

Rapporti tecnici

INGV

**Analisi preliminare dei dati acquisiti
dalla rete sismica mobile *Fiumenet*
installata nel settore orientale della
faglia della Pernicana-Provenzana
(Mt. Etna, Italia)**

385



Direttore Responsabile

Silvia MATTONI

Editorial Board

Luigi CUCCI - Editor in Chief (INGV-RM1)

Raffaele AZZARO (INGV-CT)

Mario CASTELLANO (INGV-NA)

Viviana CASTELLI (INGV-BO)

Rosa Anna CORSARO (INGV-CT)

Mauro DI VITO (INGV-NA)

Marcello LIOTTA (INGV-PA)

Mario MATTIA (INGV-CT)

Milena MORETTI (INGV-CNT)

Nicola PAGLIUCA (INGV-RM1)

Umberto SCIACCA (INGV-RM2)

Alessandro SETTIMI

Salvatore STRAMONDO (INGV-CNT)

Andrea TERTULLIANI (INGV-RM1)

Aldo WINKLER (INGV-RM2)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano - Referente

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860068

redazionecen@ingv.it

in collaborazione con:

Barbara Angioni (RM1)

REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.173 | 2014, 23 LUGLIO

© 2014 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Rappresentante legale: Carlo DOGLIONI

Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma



Rapporti tecnici INGV

ANALISI PRELIMINARE DEI DATI ACQUISITI DALLA RETE SISMICA MOBILE *FIUMENET* INSTALLATA NEL SETTORE ORIENTALE DELLA FAGLIA DELLA PERNICANA-PROVENZANA (MT. ETNA, ITALIA)

Salvatore Alparone¹, Simona Caruso¹, Danilo Contrafatto¹, Giacomo Dario D'Amico²,
Ferruccio Ferrari¹, Angelo Ferro¹, Salvatore Gambino¹, Graziano Larocca¹, Alfio Messina¹,
Salvatore Rapisarda¹, Danilo Reitano¹, Marco Sassano¹, Luciano Scuderi¹, Orazio Torrisi¹,
Andrea Ursino¹, Luciano Zuccarello¹

¹INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania - Osservatorio Etneo)

²A.R.I. (Associazione Radioamatori Italiani - Sezione "G. Damiani", Acireale)

385

Come citare: Alparone S. et al., (2017). Analisi preliminare dei dati acquisiti dalla rete sismica mobile *Fiumenet* installata nel settore orientale della faglia della Pernicana-Provenzana (Mt. Etna, Italia). Rapp. Tec. INGV, 385: 1-22.

Indice

Introduzione	7
1. Inquadramento strutturale e sismicità dell'area	7
2. La rete sismica mobile: scelta dei siti e caratteristiche tecniche	10
3. Analisi dati acquisiti	13
4. Conclusioni	16
Ringraziamenti	17
Bibliografia	17

Introduzione

Il sistema strutturale Provenzana-Pernicana, ubicato nel versante nord-orientale del Monte Etna, rappresenta uno dei lineamenti tettonici più attivi del vulcano. Secondo le conoscenze di letteratura [Azzaro et al., 1998a; Alparone et al., 2012], la prosecuzione orientale di tale sistema di faglie è caratterizzata da un basso tasso di accadimento di terremoti e da movimenti di *creep* asismico, che talvolta producono danni ai manufatti esistenti (strade, case, autostrade, gasdotti, ecc.).

Allo scopo di migliorare la capacità di indagine della rete sismica permanente, gestita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Osservatorio Etneo - Sezione di Catania – (INGV-OE), e studiare con dettaglio la sismicità del prolungamento orientale di questo sistema di faglie, è stata realizzata l'installazione di una rete sismica locale composta da sei stazioni prossime alla struttura. Una rete locale consente di localizzare terremoti anche di bassa energia, utili sia nelle attività di sorveglianza e monitoraggio [e.g. Rapisarda et al., 2009; Moretti et al., 2010; Castellano et al., 2012] che di ricerca [e.g. Gambino et al., 2009].

La rete sismica mobile, costituita da stazioni digitali equipaggiate con sensori tre-componenti, opererà per un periodo medio-lungo (1÷2 anni) allo scopo di verificare l'eventuale presenza di attività microsismica del sistema strutturale investigato, non rilevabile dall'attuale rete permanente.

Lo scopo di questo lavoro è quello di illustrare gli aspetti tecnici relativi all'installazione di questa rete sismica mobile e di effettuare una prima analisi dei dati registrati nel periodo compreso tra ottobre e dicembre 2015.

1. Inquadramento strutturale e sismicità dell'area

Il sistema di faglie Provenzana-Pernicana (PP) è uno dei più attivi lineamenti tettonici del Monte Etna [Azzaro et al., 1998b; 2012]. La sua prosecuzione orientale è oggetto di un ampio dibattito scientifico riguardo le sue caratteristiche sismotettoniche. Nel suo insieme, tale sistema, che si sviluppa dal *Rift* di Nord-Est fino al Mar Ionio per una lunghezza complessiva di circa 18 chilometri, è considerato il confine settentrionale di un settore instabile che comprende gran parte del fianco orientale del vulcano [Borgia et al., 1992; Lo Giudice and Rasà, 1992; Fig. 1].

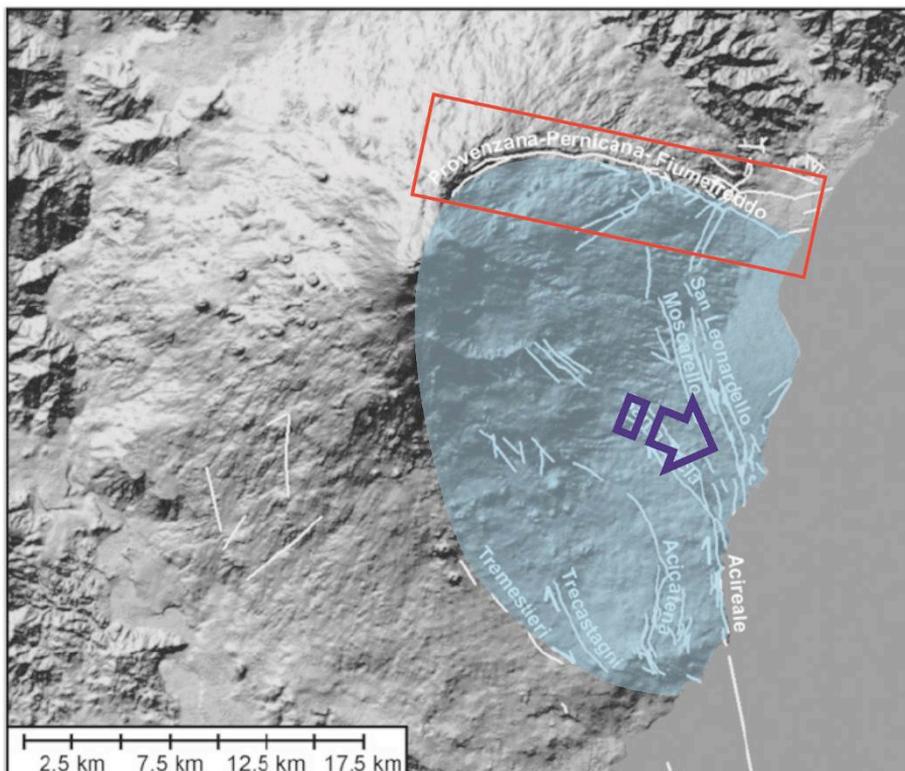


Figura 1. Distribuzione delle faglie capaci del vulcano Etna (da [ITHACA, 2006]). In azzurro è evidenziato il settore instabile del fianco orientale con direzione del movimento indicato dalla freccia blu, secondo Rust and Neri [1996]; il rettangolo rosso comprende il settore in cui è presente il Sistema PP – Fiumefreddo.

In particolare, il movimento del sistema strutturale PP è accomodato verso est da faglie minori che nel loro complesso definiscono il Sistema Orientale della Provenzana-Pernicana (SOPP). Quest'ultimo, corrispondente ai segmenti di faglia da PFS5 a PFS12 riportati da Barreca et al. [2012], risulta approssimativamente articolato in tre porzioni: *i*) un tratto compreso tra Presa e Contrada Civi in cui sono presenti numerose faglie di modeste dimensioni, tra loro interconnesse; *ii*) la faglia di Fiumefreddo; *iii*) la struttura tettonica che attraversa S. Venera, Gona e giunge fino a Fondachello [Branca et al., 2011; Fig. 4]. Il sistema PP presenta un *trend* E-W, che risulta essere in notevole contrasto con l'orientamento delle principali tendenze strutturali riconoscibili nella regione etnea [Rasà et al., 1982; Azzaro et al., 1988; Fig. 1].

Inoltre, esso è riconducibile ad una "faglia capace", cioè una faglia attiva che presenta chiare evidenze di ordine storico e geologico che indicano la possibilità di significativi spostamenti superficiali nel prossimo futuro [Azzaro et al., 1998a]. Il sistema PP presenta principalmente una cinematica laterale sinistra, chiaramente visibile ad ovest del villaggio di Presa e si muove sia in maniera cosismica che per *creep* asismico con un elevato *slip rate* [Azzaro et al., 1997; 1998b; Tibaldi and Groppelli, 2002]. In particolare, il sistema PP risulta sismicamente attivo sino alla zona di Vena-Presa ed è caratterizzato da una sismicità estremamente superficiale (profondità < 3 km) con terremoti che raggiungono valori di magnitudo sino a 4.3 [Azzaro, 1997; Alparone et al., 2012; Gruppo Analisi Dati Sismici, 2017; Fig.3]. Diversamente, la caratteristica principale del SOPP risiede nel fatto che i movimenti si manifestano per *creep* asismico. In particolare, lungo questa struttura insistono alcune *lifelines* che hanno subito e/o potranno avere gravi ripercussioni in occasione di movimenti del SOPP.

In prossimità dell'abitato di Fondachello si trova un piccolo stagno costiero, conosciuto come Gurna di Fondachello [Carveni et al., 2006] che rappresenta anche un geosito di notevole importanza geologico-naturalistico. Secondo Boccone, in Alibrandi [1985], in occasione del disastroso terremoto dell'11 gennaio 1693 si formò, tra la costa del Mar Jonio e la Gurna di Fondachello, una fontana di acqua fangosa che raggiungeva i 32 metri di altezza. Attualmente non vi è alcuna traccia del vulcano di fango, l'unica manifestazione di origine endogena riscontrata nel territorio, lungo un canale di drenaggio, è un fenomeno di gorgogliamento d'acqua dovuto alla emissione di bolle gassose. Tale fenomenologia viene monitorata costantemente tramite una stazione geochimica che effettua campionamenti di CO₂ (anidride carbonica) ed He (elio) gestita dalla Sezione di Palermo dell'INGV [Marco Liuzzo, comunicazione personale].

Il monitoraggio sismico dell'Etna viene eseguito presso l'INGV-OE da un gruppo esperto di analisti-sismologi che ogni giorno riconosce, analizza ed archivia gli eventi sismici verificatisi nella zona dell'edificio vulcanico e registrati dalle oltre 50 stazioni della rete sismica permanente dell'INGV-OE [Gruppo Analisi Dati Sismici, 2017]. Tutti i terremoti locali sono classificati utilizzando il tempo di registrazione e la magnitudo locale e vengono utilizzati per calcolare il tasso giornaliero dei terremoti e il relativo rilascio di strain sismico. Infine, tutti i parametri ipocentrali dei terremoti registrati ad almeno sei stazioni sono localizzati e archiviati nel database dell'INGV-OE [Alparone et al., 2009; Gruppo Analisi Dati Sismici, 2017; Alparone et al., 2015].

In Fig. 2 viene riportata la frequenza di accadimento giornaliera e rilascio di *strain* sismico associato dei terremoti verificatisi nell'area della faglia della PP nel periodo 1 luglio 2015 – 1 marzo 2017. Dal punto di vista energetico, nel periodo considerato, il principale rilascio si è verificato durante una sequenza sismica avvenuta i primi di dicembre del 2015 che ha interessato il versante nord-orientale del vulcano, nel settore occidentale di tale struttura, mentre nel restante periodo la sismicità risulta estremamente modesta. Tale sequenza, costituita da circa 150 scosse ha interessato un intervallo di profondità compreso tra 0 e 1.5 km sotto il livello medio del mare. La scossa più energetica, di magnitudo locale (Ml) pari a 3.6, è stata registrata alle 09:28 di giorno 8 dicembre; solamente altri tre terremoti hanno raggiunto una Ml pari a 2.3 (8 dicembre, ore 09:32, Ml=2.7; ore 09:36, Ml=2.3; ore 10:53, Ml=3.2). La maggior parte degli altri terremoti, hanno mostrato valori di magnitudo molto bassi, concentrati nell'intervallo compreso tra 0.5 e 1.5. (Fig. 3).

Nel restante periodo l'attività sismica lungo tale struttura è risultata parecchio modesta essendo caratterizzata da un ridotto numero di terremoti di bassa magnitudo.

La distribuzione dei terremoti in funzione della profondità lungo la struttura, riportata in Fig. 3, mostra una sismicità prevalentemente compresa tra 0 e 3 km, in buon accordo con i dati di letteratura [Alparone et al., 2012; 2015]. È interessante notare il ridottissimo numero di terremoti nel settore orientale della faglia Provenzana-Pernicana.

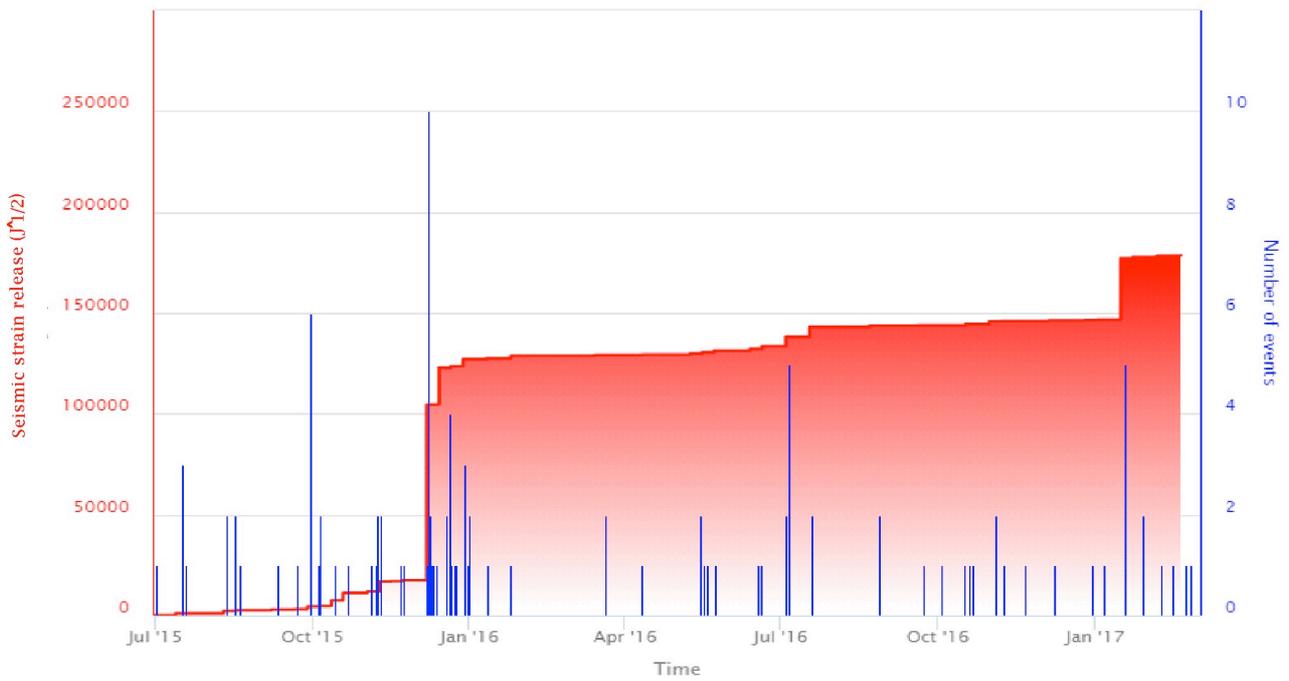


Figura 2. Frequenza giornaliera di accadimento dei terremoti e curva cumulativa del rilascio di *strain* sismico associato relativo al periodo 1 luglio 2015 – 1 marzo 2017 nell'area della faglia della PP (poligono giallo in Fig. 3).

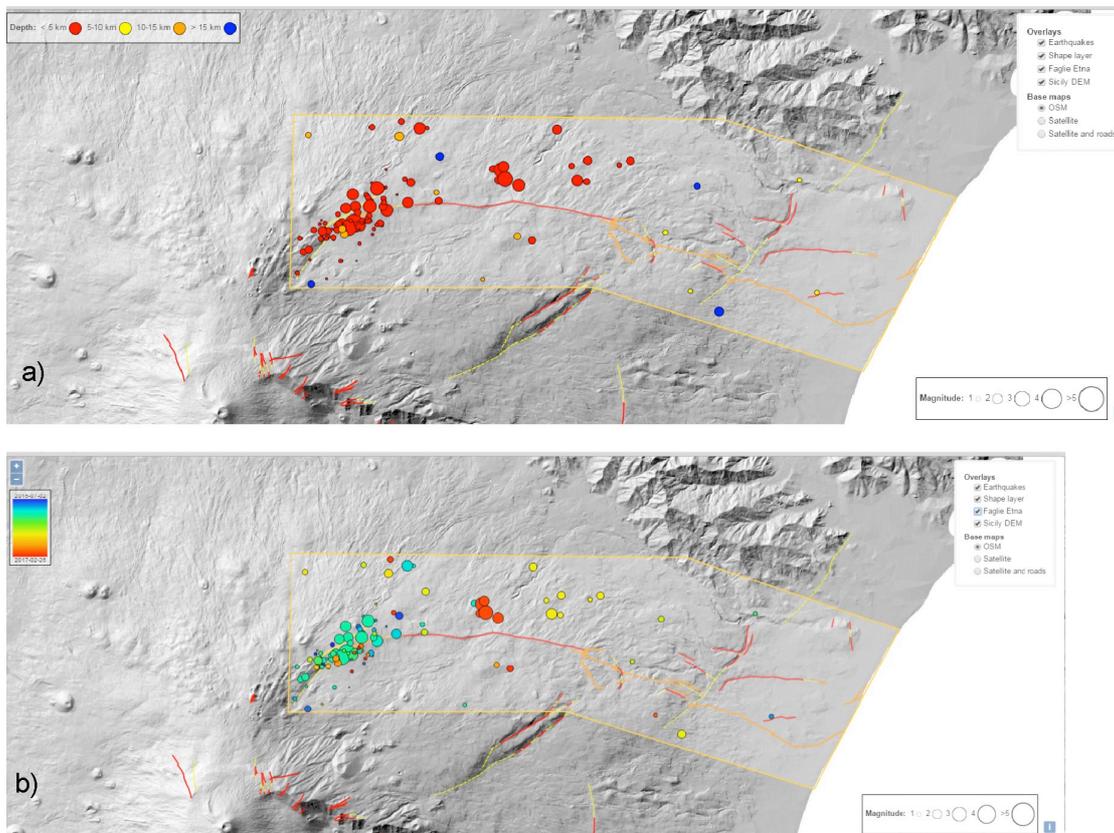


Figura 3. Mappa dei terremoti lungo la faglia della PP in funzione della profondità (a) e della distribuzione temporale (b) relativo al periodo 1 luglio 2015 – 1 marzo 2017. Nella Fig. 3b, i colori blu e rosso si riferiscono ai terremoti meno e più recenti, rispettivamente.

2. La rete sismica mobile *Fiumenet*: scelta dei siti e caratteristiche tecniche

La rete sismica mobile, denominata *Fiumenet*, è stata installata a partire da agosto 2015 in sei siti individuati all'interno dei comuni di Fiumefreddo e Piedimonte Etneo (Fig. 4, Tab. 1). In particolare sono state installate le seguenti stazioni: Vena (EFVN), Ricostruttori (EFRC), Gona (EFGO), Gurna (EFGU), EFRI (Riserva), EFLN (Lo Furno). L'area oggetto di studio è risultata fortemente antropizzata, pertanto, la scelta di utilizzare dei siti molto prossimi alla struttura tettonica ci ha costretto, talvolta, a ubicare le stazioni in prossimità di sorgenti di rumore antropico (strade, autostrade, abitazioni, linee ferroviarie, ecc.).

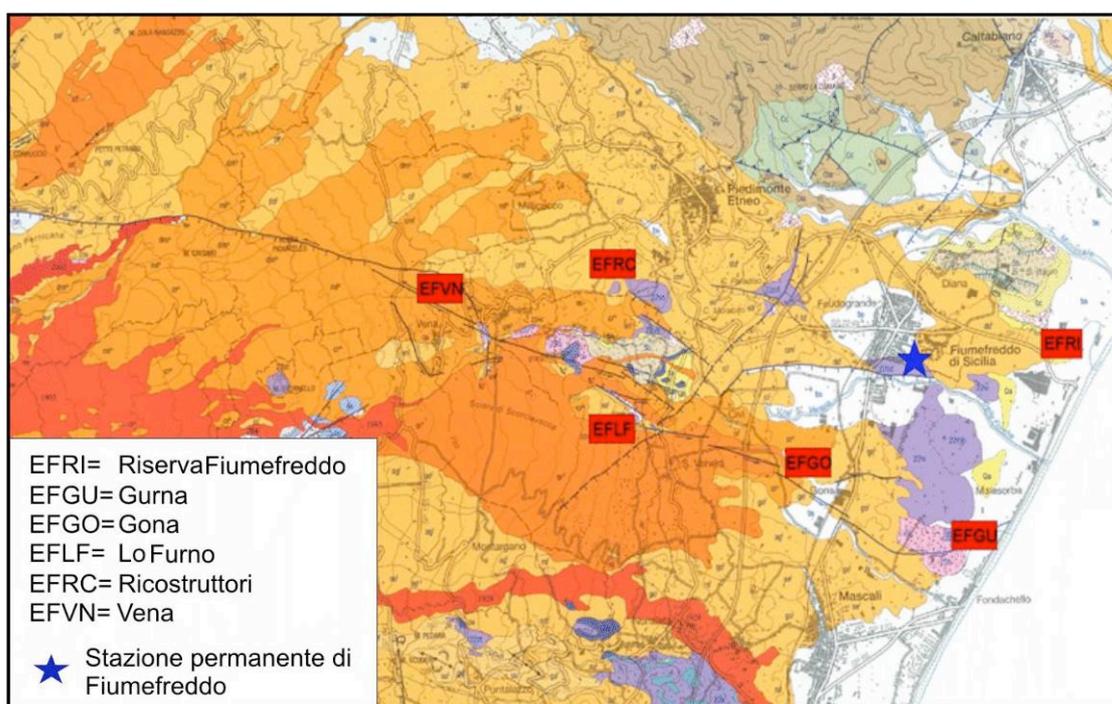


Figura 4. Mappa geologica dell'area investigata secondo Branca et al. [2011]. I rettangoli in rosso indicano le stazioni sismiche della *Fiumenet*. La stella blu mostra l'ubicazione della stazione (EFIU) della rete sismica permanente.

In particolare la stazione EFGU ricade all'interno della Gurna di Fondachello, in prossimità di una stazione di monitoraggio geochimico delle acque, gestita dalla Sezione di Palermo dell'INGV.

Nome	Sigla stazione	Latitudine	Longitudine	Quota (m)	Sensore
GONA	EFGO	37.778156°	15.194926°	118	pavimento (cemento)
RISERVA	EFRI	37.789012°	15.231049°	56	interrato
GURNA	EFGU	37.767766°	15.2178°	40	interrato
LO FURNO	EFLN	37.779366°	15.1677°	331	interrato
FRATI	EFRC	37.804236°	15.161191°	479	interrato
VENA	EFVN	37.789544°	15.134805°	834	interrato

Tabella 1. Coordinate e quote delle stazioni sismiche temporanee installate.

La rete sismica mobile utilizzata è costituita da sei stazioni digitali Nanometrics Taurus [Nanometrics Inc. Documentation, 2007; <http://www.nanometrics.ca>], equipaggiate con sensori *broadband* a tre componenti Lennartz LE-3D 20 sec [Lennartz electronic GmbH Documentation, 2006; <http://www.lennartz-electronic.de>]. La stazione sismica mobile Taurus utilizza un sistema operativo Linux ed è costituita da un convertitore analogico-digitale a tre canali a 24 bit e un *data logger* con un *range* dinamico di circa 140 dB a 100 Hz (Fig. 5 e Fig. 6). La potenza assorbita dalla stazione è di circa 800 mW a 12V. Il basso assorbimento della stazione ha permesso l'utilizzo di due pannelli fotovoltaici da 20 W ciascuno, collegati ad una batteria da 12 V/12 Ah. La registrazione in continuo dei segnali sismici è stata effettuata in locale, su supporti di memoria di massa di tipo *compact flash* da 4/16 GB. Tale scelta è stata imposta dall'impossibilità di utilizzo del sistema di trasmissione *wireless* (unico sistema di trasmissione in forza alla rete mobile in quel periodo), causa la scarsa visibilità tra i siti.



Figura 5. Strumentazione utilizzata: stazione digitale Nanometrics Taurus, (a sinistra) e sensore *broadband* a tre componenti Lennartz LE-3D 20 sec (a destra).

I sensori sismici a tre componenti Lennartz della serie LE-3D/20s sono caratterizzati da un periodo proprio di 20 secondi, raggiunto correggendo elettronicamente la frequenza propria di 2 Hz del geofono elettrodinamico interno. In tal modo si ottiene un comportamento simile a quello di un sensore *broadband*. Essi sono dotati di buone prestazioni per le attività di campagna, in quanto sono facilmente trasportabili e non necessitano di un blocco meccanico della massa. Infine, hanno un buon fattore di trasduzione (1000 V/m/s) e un consumo energetico molto basso (circa 50mA a 12V).

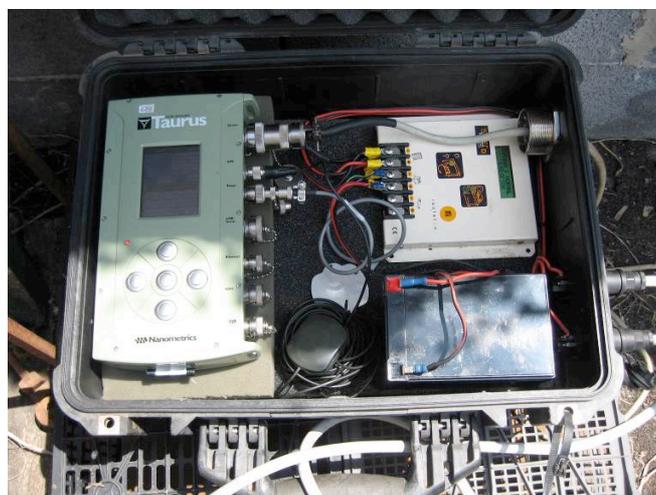


Figura 6. Stazione sismica tipo utilizzata per l'acquisizione dei dati.

Questo tipo di strumentazione è stata impiegata, in passato, in numerose campagne di acquisizione dati, in aree sismiche e vulcaniche [Cammarata et al., 2013; Rapisarda et al., 2009] e recentemente anche nella campagna 2016-2017 in Antartide [Cannata et al., 2017].

La distanza media tra le stazioni è di circa 2 km (Fig. 4). I sensori sono stati posizionati curandone la corretta orientazione geografica.

Dalla metà di marzo 2016 i *files* acquisiti dalla stazione di Gona (EFGO), sono stati trasmessi direttamente alla sede INGV-OE di Catania, utilizzando un collegamento *wi-fi* diretto tra la stazione e un ricevitore installato presso il ponte radio INGV di Monte Veneretta (Castelmola) a circa 7 km a NE della rete *Fiumenet*. Quest'ultimo è collegato al sistema *wi-fi* utilizzato per il trasferimento dei dati acquisiti dalle stazioni della rete sismica permanente fino a Catania. La distanza di collegamento stazione – ponte radio è di circa 5 km e, grazie all'assenza di ostacoli, il collegamento è sufficientemente robusto e privo di errori di trasmissione.

Nel corso dei mesi si è riscontrato che, in giornate con bassa radiazione luminosa, a causa dell'eccessivo assorbimento da parte di tutto il sistema, l'acquisizione presentava periodi con assenza di segnale derivanti dallo spegnimento della strumentazione. Le soluzioni possibili erano quelle di estendere la pannellatura fotovoltaica, utilizzando anche batterie più performanti, oppure minimizzare i consumi.

Inizialmente è stata adottata la prima soluzione, sicuramente più facile da realizzare, ma non soddisfacente per le esigenze di una rete mobile che necessita, in fase di emergenza, di installazioni rapide.

Per la seconda soluzione è stata sviluppata l'idea di attivare in maniera automatica, la modalità “*communication mode*” della Taurus, che permette ad un *server* presso la sede dell'INGV-OE di interrogare, via TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*), la stazione remota attivando la procedura di scarico di tutti i nuovi dati presenti all'interno dell'acquisitore. Tale modifica è stata realizzata con un intervento *hardware* sulla Taurus e con la realizzazione di una scheda di interfaccia elettronica di controllo che gestisce l'attivazione della connessione TCP/IP, l'accensione dell'apparato *wi-fi* ed il suo spegnimento.

I *files* trasferiti sono archiviati presso il sistema di *storage* dell'INGV-OE, resi disponibili per il *processing* e per una eventuale integrazione con i dati della rete sismica permanente.

Lo *storage* dei dati, in formato *miniseed* e SAC (*Seismic Analysis Code*) [<http://www.iris.edu/manuals/sac/manual.htm>], è stato effettuato su NAS (*Network Attached Storage*) dedicati. Per alcuni eventi, allo scopo di poterli integrare con quelli della rete sismica permanente, è stata inoltre effettuata una conversione in formato SUDS (*Seismic Unified Data System*). Nelle figure 7-12 è possibile osservare le installazioni della rete *Fiumenet*.



Fig. 7. Stazione EFLN



Fig. 8. Stazione EFGU



Fig. 9. Stazione EFRG



Fig. 10. Stazione EFDN



Fig. 11. Stazione EFDI
(riserva)



Fig. 12. Stazione EFGO

Figure 7-12. Particolari delle sei installazioni della rete *Fiumenet*.

3. Analisi dati acquisiti

L'analisi si è focalizzata sui dati registrati tra ottobre e dicembre 2015 alle stazioni di EFVN, EFRC, EFGO e EFGU. Durante questo primo periodo le stazioni hanno avuto un funzionamento medio piuttosto continuo (oltre al 90%) ad eccezione della stazione EFVN relativamente ai mesi di novembre e dicembre. (Fig. 13).

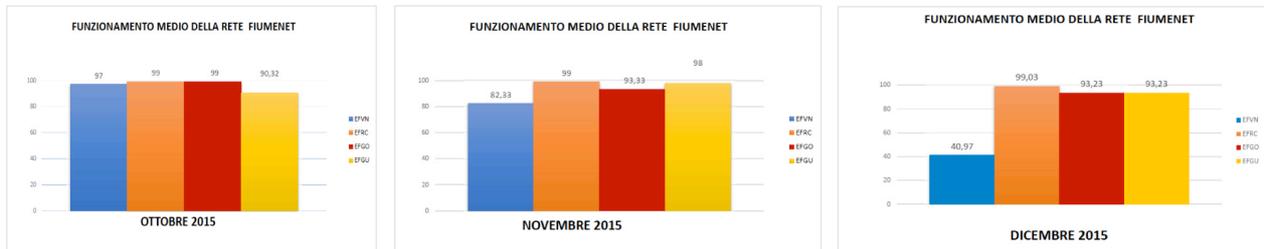


Figura 13. Percentuali medie di funzionamento mensili delle quattro stazioni attive tra ottobre e dicembre 2015.

Tra tutte le stazioni installate, EFRC risulta essere caratterizzata dal miglior rapporto segnale/rumore, mentre le stazioni EFGU e EFGO, ubicate a più bassa quota, presentano una maggiore rumorosità soprattutto nelle ore diurne in quanto prossime a zone urbanizzate caratterizzate da un elevato *noise* antropico (Fig. 14).

Una prima analisi dei dati, attraverso l'uso del programma *SeisGram 2K Seismogram Viewer v7* [Lomax, 2016], è consistita nell'individuare e catalogare tutta la sismicità registrata dalla rete (Fig. 15).

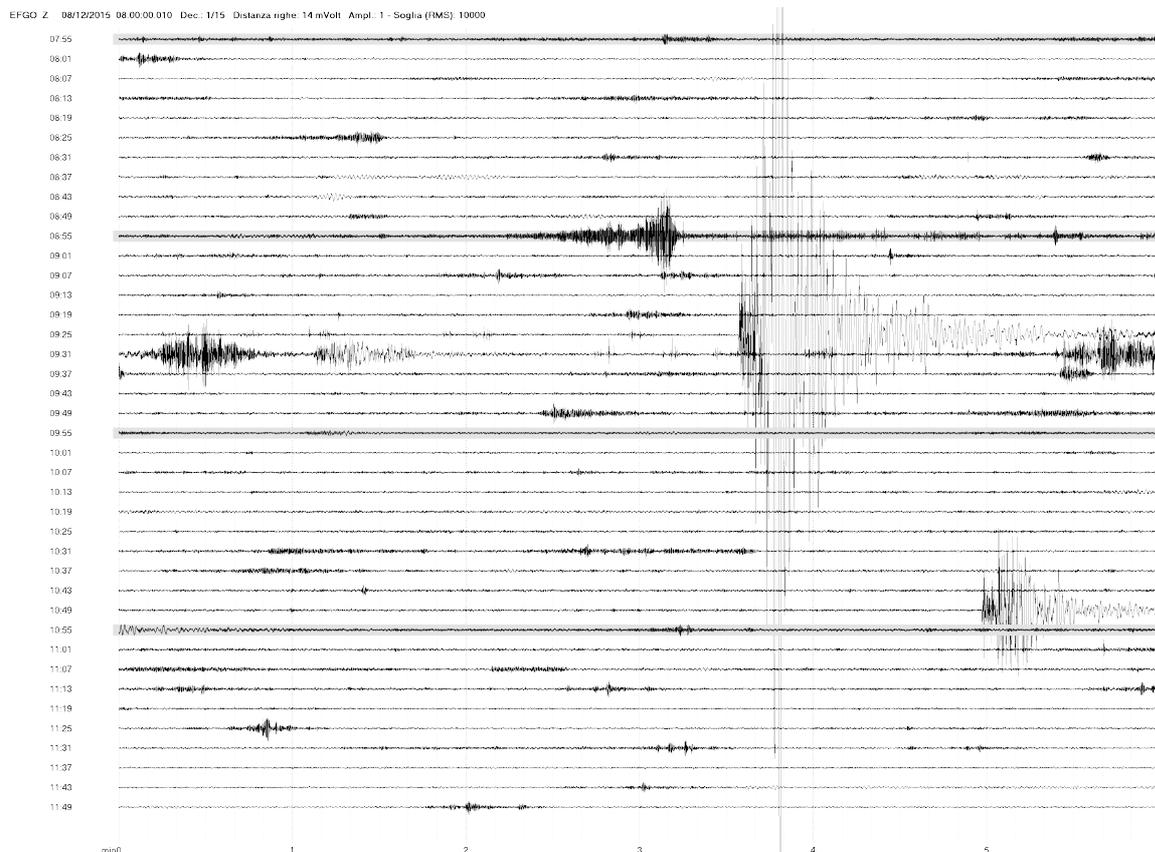


Figura 14. Esempio di visualizzazione dei sismogrammi alla stazione sismica di Gona (EFGO) nel formato standard ("bitmap") utilizzato dall'INGV-OE. Sono riportati i segnali della componente verticale nell'intervallo di tempo compreso tra le 08:00-12:00 (UTC) del 08 dicembre 2015.

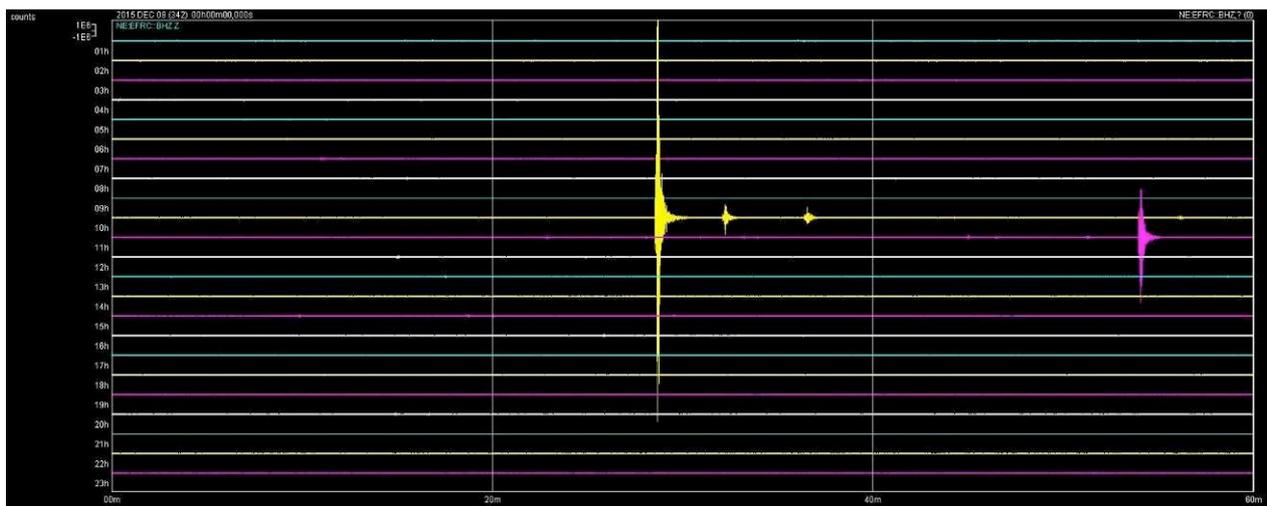


Figura 15. Esempio di visualizzazione *Helicorder* [Lomax, 2016] dei sismogrammi alla stazione sismica dei Ricostruttori (EFRC). L'immagine (ottenuta utilizzando la funzione *Helicorder* all'interno del programma SeisGram 2K, riguarda la registrazione della componente verticale nell'intervallo di tempo compreso tra le 00:00-23:00 (UTC) del 08/12/2015. L'evento più energetico corrisponde al terremoto delle ore 9:28 (MI=3.6) cui fanno seguito ore 9:32 (MI=2.7) ore 9:36 (MI=2.3) e 10:53 (MI=3.2) localizzati nel settore occidentale della Faglia della Pernicana-Provenzana.

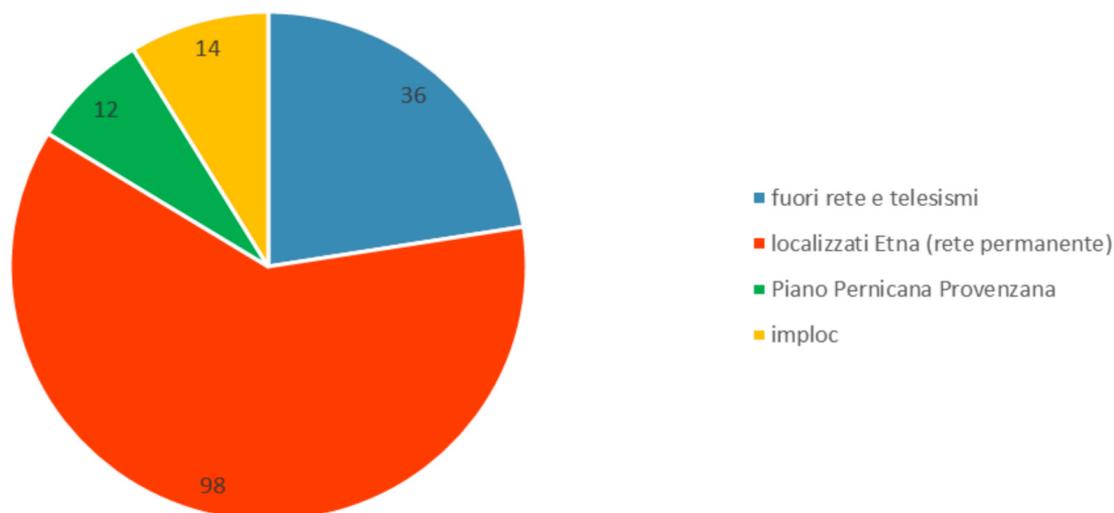


Figura 16. Tipologia degli eventi acquisiti dalla rete *Fiumenet* e permanente durante il periodo analizzato (ottobre- dicembre 2015).

Le stazioni della rete mobile *Fiumenet*, nel periodo considerato, hanno registrato decine di terremoti con durata superiore a 10 secondi (Fig. 14). In generale è stato possibile distinguere diversi tipi di segnali sismici, la maggior parte dei quali già registrati dalla rete sismica permanente dell'INGV-OE. Da una comparazione effettuata con i *database* prodotti dal Gruppo Analisi Dati Sismici [2017] la rete *Fiumenet* ha registrato:

- terremoti lontani denominati terremoti “fuori rete” e telesismi (registrati anche dalla rete sismica permanente);
- terremoti locali (già localizzati con i dati della rete sismica permanente dal Gruppo Analisi Dati Sismici dell'INGV-OE);
- micro-terremoti locali registrati da un ridotto numero (2-3 massimo) di stazioni della rete sismica permanente e quindi non localizzabili analiticamente, definiti “imploc” (Fig. 17).

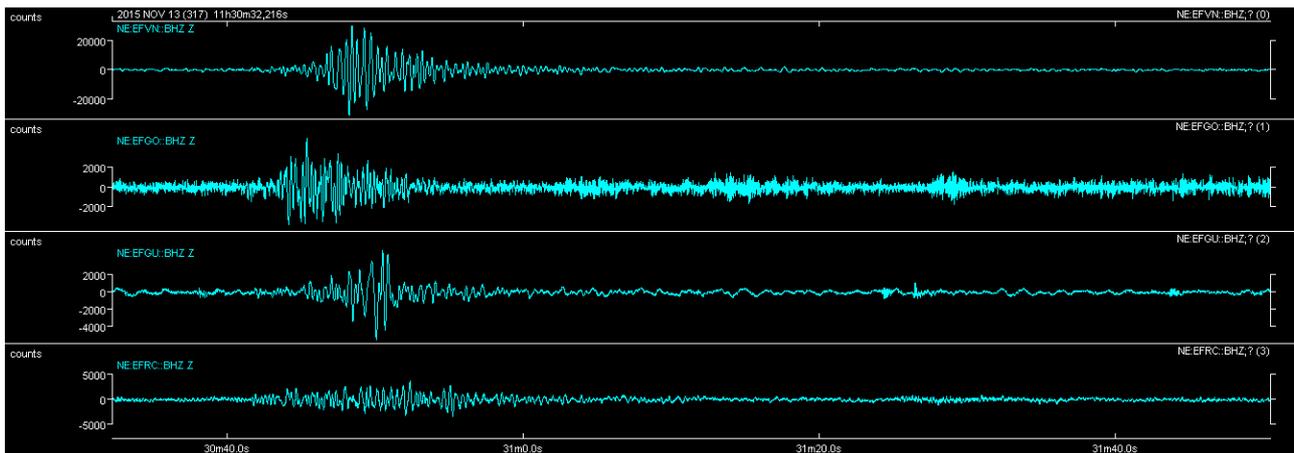


Figura 17. Esempio di evento sismico “imploc” così come viene registrato dalla rete *Fiumenet*, 13 novembre 2015 alle ore 11:30 UTC alle stazioni di EFVN, EFRC, EFGO e EFGU.

I terremoti registrati dalla rete permanente sono localizzati attraverso l’algoritmo *Hypoellipse* [Lahr, 1989] ed il modello crostale monodimensionale di velocità proposto per l’area etnea da Hirn et al. [1991] (Tab. 2).

Livello	Velocità onde P (km/s)	Limite superiore km	Rapporto VP/VS
1	3.0	0.0	1.73
2	3.59	0.5	1.73
3	4.0	2.0	1.73
4	4.8	4.0	1.73
5	5.59	6.0	1.73
6	6.5	12.0	1.73
7	8.0	30.0	1.73

Tabella 2. Modello di velocità utilizzato per le localizzazioni.

A titolo esemplificativo, per alcuni eventi “imploc”, si è proceduto alla localizzazione analitica attraverso l’integrazione tra i dati della rete permanente e quelli della *Fiumenet*.

In particolare, solamente per tre terremoti di bassissima magnitudo registrati dalla rete sismica permanente è stata effettuata l’integrazione con le fasi P e S relative alle stazioni della rete *Fiumenet*; tale integrazione ha consentito di ottenere una buona localizzazione ipocentrale dei terremoti prossimi alla faglia della Pernicana-Provenzana (Fig. 18 e Tab. 3).

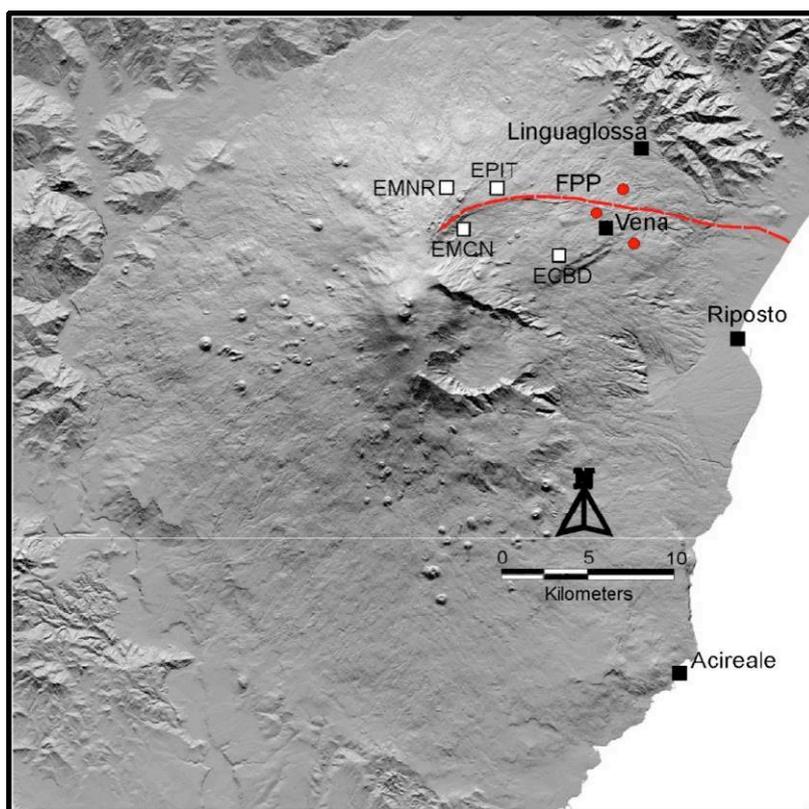


Figura 18. Localizzazioni analitiche di tre terremoti integrando i dati della rete permanente e della rete *Fiumenet*. I quadrati bianchi indicano le stazioni sismiche della rete permanente INGV-OE; FFP= Faglia Pernicana-Provenzana.

Data	Ora	Lat	Long	Prof.	Ml	Nl	Gap	Rms	Sh	Sez	Toponimo	Visibilità stazioni rete permanente
04/11/2015	23:26:59	37.7845	15.1378	13.17	1.5	12	142	0.22	0.8	0.7	0.8 km S Vena (Ct)	EMNR, ECBD
06/11/2015	05:26:22	37.8119	15.1312	0.58	1.0	15	114	0.20	0.4	1.3	2.3 km N Vena (Ct)	ECBD, EMNR, EMCN
23/12/2015	10:50:39	37.8	15.1144	0.73	0.6	8	179	0.24	1.2	2.4	2.2 km Vena (Ct)	EPIT, EMNR

Tabella 3. Parametri ipocentrali dei terremoti di Fig. 18.

4. Conclusioni

In questo lavoro sono illustrati gli aspetti tecnici relativi all'installazione di una rete sismica mobile denominata *Fiumenet* in corrispondenza del SOPP, un'importante faglia "capace" ubicata nel basso versante nord-orientale del vulcano Etna. Lo scopo di questa installazione è quello di verificare se i movimenti di questo sistema tettonico, che dai dati di letteratura risultano essere asismici (*creep*), potrebbero essere associati ad una microsismicità non rilevabile dall'attuale rete sismica permanente gestita dall'INGV-OE.

Tale installazione potrebbe pertanto essere considerata un test valido ai fini del monitoraggio, per periodi medio-lunghi, con reti sismiche dense, di porzioni di faglia dell'edificio vulcanico che si muovono tipicamente per *creep* asismico e/o caratterizzate da una modesta sismicità.

Inoltre, in questo lavoro sono riportati i risultati di un'analisi preliminare effettuata sui segnali sismici acquisiti dalla rete mobile *Fiumenet* nel periodo compreso tra ottobre e dicembre 2015. In particolare, in tale periodo con la rete *Fiumenet* sono state registrate le seguenti tipologie di terremoti:

- 36 eventi lontani (fuori rete e telesismi);
- 98 eventi locali, già localizzati con i dati della rete sismica permanente dal Gruppo Analisi Dati Sismici dell'INGV-OE [Gruppo Analisi Dati Sismici, 2017];
- 14 eventi locali registrati da un numero ridotto di stazioni della rete permanente (“imploc”).

Per quanto concerne il funzionamento medio delle stazioni nel trimestre di riferimento, esso è risultato abbastanza costante e continuo ad eccezione della stazione di Vena relativamente al mese di dicembre. Riguardo la qualità del segnale si evidenzia che le stazioni di Gurna e Gona, presentano un segnale estremamente rumoroso legato alla presenza di sorgenti di *noise* antropico (strade, autostrade, abitazioni, linee ferroviarie ecc), mentre un migliore rapporto segnale/rumore è stato riscontrato alle stazioni di Vena e Ricostruttori poste a più alta quota.

Seppur preliminarmente, i dati della rete *Fiumenet* non hanno consentito di individuare una ulteriore micro-sismicità lungo la faglia di Piano Pernicana-Provenzana che non sia stata già rilevata dalla rete sismica permanente. Di contro, l'integrazione dei dati della rete sismica permanente con quella *Fiumenet* permette di effettuare la localizzazione di alcuni terremoti di bassa energia con un miglioramento dei parametri relativi al vincolo della stessa localizzazione.

Uno studio completo e dettagliato di questa attività microsismica registrata anche dalla rete *Fiumenet*, integrato con dati provenienti da altre discipline (geochimica, deformazioni del suolo), consentirebbe una maggiore comprensione delle dinamiche e dei meccanismi di attivazione di questa importante struttura tettonica del vulcano.

Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano i proprietari dei siti che gratuitamente e con una straordinaria disponibilità hanno ospitato la strumentazione utilizzata: il Sig. Sebastiano Casella (stazione di Gona - EFGO); l'Associazione I Ricostruttori nella Preghiera – San Basilio – Piedimonte Etneo (stazione di Ricostruttori - EFRC); il Dott. Ing. Salvatore Patanè (stazione di Vena - EFVN); il Dott. Geol. Lo Furno (stazione EFLN); il Dott. Agr. Gaetano Torrisi ed il Sig. Sebastiano Casella della Città Metropolitana di Catania – Ufficio Gestione Riserve Naturali e tutto personale della Riserva Naturale Orientata “Fiume Fiumefreddo” (CT) (stazione Riserva). Si ringrazia Marco Liuzzo della Sezione di Palermo dell'INGV per le informazioni fornite sulla attività geochimica della Gurna di Fondachello.

Gli Autori ringraziano l'Editore Milena Moretti ed il revisore per gli utili suggerimenti e consigli che hanno migliorato la qualità del lavoro.

Un sincero ringraziamento alla Segreteria del CEN ed in particolare alla Dott.ssa Rossella Celi.

Il lavoro è stato svolto nell'ambito del progetto “Smart Concrete”.

Bibliografia

- Alibrandi A., (1985). *Prefazione alla ristampa anastatica di MERCURIO G.A. (1847) - Sulla salsa di Fondachello nel Comune di Mascali, del fondamento parziale del cono argilloso e dell'apparizione d'un'acqua minerale gassosa*. Stabilimento di Pietro Giuntini, Catania, 29 pp.
- Alparone S., Barberi G., Di Grazia G., Giampiccolo E., Maiolino V., Mostaccio A., Musumeci C., Scaltrito A., Scarfi L. and Ursino A., (2009). *Routine analysis for seismic monitoring of eastern Sicily (Italy)*. Poster Conferenza A. Rittmann “La vulcanologia italiana: stato dell'arte e prospettive future”, Nicolosi (CT), 11-13 giugno 2009, ISBN 978-88-89972-11-3, 233 pp.
- Alparone S., Cocina O., Gambino S., Mostaccio A., Spampinato S., Tuvè T., Ursino A., (2012). *Seismological features of the Pernicana-Provenzana Fault System (Mt. Etna, Italy) and implications for the dynamics of northeastern flank of the volcano*. J. Volcanol. Geotherm. Res., doi:10.1016/j.jvolgeores.2012.03.010.

- Alparone S., Maiolino V., Mostaccio A., Scaltrito A., Ursino A., Barberi G., D'Amico S., Di Grazia G., Giampiccolo E., Musumeci C., Scarfi L. and Zuccarello L., (2015). *Instrumental seismic catalogue of Mt. Etna earthquakes (Sicily, Italy): ten years (2000-2010) of instrumental recordings*. *Annals of Geophysics*, 58,4, DOI 10.4401/ag-6591.
- Azzaro R., Lo Giudice E., Rasà R., (1988). *Il terremoto di Piano Pernicana (Etna Nord) del 28-10-1988. Campo macrosismico e quadro deformativo fragile associato all'evento*. *Boll. GNV*, 22-4
- Azzaro R., (1997). *Seismicity and active tectonics along the Pernicana fault, Mt. Etna (Italy)*. *Acta Vulcanol.*, 9 (1/2), 7-14.
- Azzaro R., Branca S., Giammanco S., Gurrieri S., Rasà R., Valenza M., (1998a). *New evidence for the form and extent of the Pernicana fault system (Mt. Etna) from structural and soil-gas surveying*. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 84, 143–152.
- Azzaro R., Ferreli L., Michetti A.M., Serva L., Vittori E., (1998b). *Environmental hazard of capable faults: the case of the Pernicana fault (Mt. Etna, Sicily)*. *Natural Hazards* 17, 147–162.
- 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*, *Ital. J. Geosci. (Boll.Soc.Geol.It.)*, 131, 1, 153-170, 13 figs., 1 tab., 1 extra pl., doi:10.3301/IJG.2011.29.
- Barreca G., Bonforte A., Neri M., (2012). *A pilot GIS database of active faults of Mt. Etna (Sicily): A tool for integrated hazard evaluation*. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2012.08.013>.
- Borgia A., Ferrari L., Pasquare G., (1992). *Importance of gravitational spreading in the tectonic evolution of Mt. Etna*. *Nature*, 357, 231–235. doi:10.1038/357231a0.
- Branca S., Coltelli M., GropPELLI G., Lentini F., (2011). *Geological map of Etna volcano. 1:50.000 scale*. *Ital. J. Geosci.*, Vol. 130, No. 3, 265-291, doi: 10.3301/IJG.2011.15.
- Cannata A., Larocca G., Del Carlo P., Giudice G., Giuffrida G., Liuzzo M., Zuccarello L., Di Grazia G., Gambino S., Privitera E., Delladio A., Grigioni P., (2017). *Characterization of seismic signals recorded in Tethys Bay, Victoria Land (Antarctica): data from atmosphere-cryosphere-hydrosphere interaction*. *Annals of Geophysics*, 60, 5, 2017; S0555; doi: 10.4401/ag-7408.
- Cammarata L., Gambino S., Maiolino V., Messina A., Rapisarda S., Scaltrito A., Zuccarello L., (2014). *Contributo delle reti sismiche mobili durante i periodi di crisi: l'esempio della sequenza dei Monti Nebrodi del 2011*. *Rapporti Tecnici INGV*, 287.
- Carveni P., Benfatto S., Maniscalco R., Salleo Puntillo M., Sturiale G., (2006). *La Salsa e la Gurna di Fondachello: evoluzione di un vulcano di fango e di uno stagno costiero all'estrema periferia nord-orientale dell'edificio vulcanico etneo (Sicilia)*. *Il Quaternario*, 19 (1), 67-76.
- Castellano M., Galluzzo D., La Rocca M. e Capello M., (2012). *Lo studio dei vulcani attivi e delle strutture crostali con reti sismiche temporanee: storia, evoluzione e prospettive della Rete Sismica Mobile dell'Osservatorio Vesuviano (INGV)*. *Quaderni di Geofisica*, 97.
- Gambino S., Cammarata L. and Rapisarda S., (2009). *High precision locations of long-period events at La Fossa Crater (Vulcano Island, Italy)*. *Annals of Geophysics*, 52, 2.
- Gruppo Analisi Dati Sismici, (2017). *Catalogo dei terremoti della Sicilia Orientale - Calabria Meridionale (1999-2017)*. INGV, Catania (<http://www.ct.ingv.it/ufs/analisti/catalogolist.php>).
- Hirn A., Nercessian A., Sapin M., Ferrucci F. and Wittlinger G. (1991). *Seismic heterogeneity of Mt Etna: structure and activity*, *Geophys. J. Int.*, 105, 139-153.
- ITHACA, (2006). *ITaly HAZard from CAPable faults*. (<http://sgi.isprambiente.it/ArcGIS/rest/services/servizi/ithaca/MapServer>).
- Lahr J.C. (1989). *HYPOELLIPSE/VERSION 2.0*: A computer program for determining local earthquakes hypocentral parameters, magnitude, and first motion pattern*, U.S. Geol. Sur., Open File Rept., 89-116, 81 pp.
- Lennartz electronic GmbH Documentation, (2006). *LE-xD Seismometer Family (doc 990-0003)*. Lennartz electronic GmbH (<http://www.lennartz-electronic.de>).
- Lomax A., (2016). *SeisGram2K Seismogram Viewer v7.0.0X10 (29Mar2016) (BETA) - Copyright (C) 2000-2016 Anthony Lomax (www.alomax.net)*.
- Nanometrics Inc. Documentation, (2007). *Taurus Portable Seismograph User Guide (part 15148R5)* Nanometrics Inc. (www.nanometrics.ca).

- Lo Giudice E. and Rasà R., (1992). *Very shallow earthquakes and brittle deformation in active volcanic areas: the Etnean region as example*. Tectonophysics. 202, 257–268 pp.
- Moretti M., Govoni A., Colasanti G., Silvestri M., Giandomenico E., Silvestri S., Criscuoli F., Giovani L., Basili A., Chiarabba C., Delladio A., (2010). *La Rete Sismica Mobile del Centro Nazionale Terremoti*. Rapporti Tecnici INGV, 137.
- Rapisarda S., Alparone S., Cammarata L., Cannata A., Contrafatto D., Ferrari F., Manni M., Maturano M., Milluzzo V., Platania P.R., L Scuderi., Torrisi O., Zuccarello L., e Gambino S., (2009). *Installazione di 5 stazioni digitali a larga-banda sull'isola di Vulcano: un contributo alla conoscenza della sismicità superficiale della fossa*. Quaderni di Geofisica, 67.
- Rasà R., Romano R., Lo Giudice E., (1982). *Morphotectonic map of Mt. Etna*. Carta scala 1:100.000. Mem. Soc. Geol. It., 23.
- Rust D. and Neri M., (1996). *The boundaries of large-scale collapse on the flanks of Mt. Etna, Sicily*. In: McGuire, W.J., Jones, A.P., Neuberg, J. (Eds.). *Volcano Instability on the Earth and Other Planets*. Geological Society Special Publication, London, UK, 110. 193–208.
- Tibaldi A. and Groppelli G., (2002). *Volcano–tectonic activity along structures of the unstable NE flank of Mt. Etna (Italy) and their possible origin*. Journal of Volcanology and Geothermal Research 115, 277–302 pp.

Quaderni di Geofisica

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/quaderni-di-geofisica/>

I Quaderni di Geofisica coprono tutti i campi disciplinari sviluppati all'interno dell'INGV, dando particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari, che per tipologia e dettaglio necessitano di una rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. La pubblicazione on-line fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. L'Editorial Board multidisciplinare garantisce i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

Rapporti tecnici INGV

ISSN 2039-7941

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/rapporti-tecnici-ingv/>

I Rapporti Tecnici INGV pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico e di rilevante interesse tecnico-scientifico per gli ambiti disciplinari propri dell'INGV. La collana Rapporti Tecnici INGV pubblica esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. L'Editorial Board multidisciplinare garantisce i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

Miscellanea INGV

ISSN 2039-6651

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/miscellanea-ingv/>

La collana Miscellanea INGV nasce con l'intento di favorire la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV (sismologia, vulcanologia, geologia, geomagnetismo, geochimica, aeronomia e innovazione tecnologica). In particolare, la collana Miscellanea INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli ecc..

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV

© 2017 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

<http://www.ingv.it>



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia