



QUADERNI di GEOFISICA

Le attività del gruppo operativo
SISMIKO in occasione del terremoto
di Ischia M_W 3.9 (M_D 4.0) del
21 Agosto 2017



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

154

T1365

Direttore Responsabile

Valeria DE PAOLA

Editorial Board

Luigi CUCCI - Editor in Chief (luigi.cucci@ingv.it)
Raffaele AZZARO (raffaele.azzaro@ingv.it)
Christian BIGNAMI (christian.bignami@ingv.it)
Mario CASTELLANO (mario.castellano@ingv.it)
Viviana CASTELLI (viviana.castelli@ingv.it)
Rosa Anna CORSARO (rosanna.corsaro@ingv.it)
Domenico DI MAURO (domenico.dimauro@ingv.it)
Mauro DI VITO (mauro.divito@ingv.it)
Marcello LIOTTA (marcello.liotta@ingv.it)
Mario MATTIA (mario.mattia@ingv.it)
Milena MORETTI (milena.moretti@ingv.it)
Nicola PAGLIUCA (nicola.pagliuca@ingv.it)
Umberto SCIACCA (umberto.sciacca@ingv.it)
Alessandro SETTIMI (alessandro.settimi1@istruzione.it)
Andrea TERTULLIANI (andrea.tertulliani@ingv.it)

Segreteria di Redazione

Francesca DI STEFANO - Referente
Rossella CELI
Barbara ANGIONI

redazionecen@ingv.it

REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.174 | 2014, 23 LUGLIO

© 2014 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Rappresentante legale: Carlo DOGLIONI
Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

QUADERNI di GEOFISICA

Le attività del gruppo operativo SISMOKO in occasione del terremoto di Ischia M_W 3.9 (M_D 4.0) del 21 Agosto 2017

The activities of the SISMOKO after the 21 August 2017 M_W 3.9 (M_D 4.0) earthquake occurred on Ischia island

Danilo Galluzzo¹, Lucia Nardone¹, Antonio Carandente¹, Ciro Buonocunto¹, Giovanni Scarpato¹, Enrica Marotta¹, Girolamo Milano¹, Aladino Govoni², Milena Moretti²

¹INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

²INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti

Accettato 25 marzo 2019 | Accepted 25 March 2019

Come citare | How to cite Galluzzo D. et al., (2019). Le attività del gruppo operativo SISMOKO in occasione del terremoto di Ischia M_W 3.9 (M_D 4.0) del 21 Agosto 2017. Quad. Geofis., 154: 1-28.

In copertina | Mappa delle stazioni sismiche installate a Ischia in occasione della emergenza sismica a seguito del terremoto del 21 agosto 2017

Cover | Map of the seismic stations installed in Ischia on the occasion of the earthquake emergency following the earthquake of 21 August 2017

INDICE

Riassunto	7
<i>Abstract</i>	7
Introduzione	7
1. L'intervento del gruppo operativo SISMIKO	8
2. La gestione della rete e dei dati	11
3. Analisi preliminari, osservazioni e sviluppi futuri	12
Ringraziamenti	15
Bibliografia	15
Schede Stazione	17

Riassunto

In occasione del terremoto del 21 agosto 2017 di magnitudo durata 4.0 (M_w 3.9) avvenuto sull'isola d'Ischia, il gruppo SISMIKO [Moretti et al., 2016a; 2016b], quale coordinamento delle reti sismiche mobili INGV in emergenza, fu attivato e quattro stazioni sismiche digitali furono installate sull'isola, a partire dal giorno 26 agosto, nei comuni di Casamicciola e Lacco Ameno a supporto della rete sismica permanente. Per i primi 3 mesi le stazioni installate, identificate con la sigla T13, dotate di sensore velocimetrico a corto periodo e in un caso di accelerometro, hanno funzionato in modalità di acquisizione continua locale. A partire dal mese di ottobre 2017, in tempi diversi da ottobre 2017 fino a maggio 2018, i segnali acquisiti da tre delle quattro stazioni installate furono trasmessi, in tempo reale alle sale di monitoraggio dell'INGV presso la Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano (OV) e dell'Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT) a Roma per scopi di sorveglianza sismica. La geometria della rete è costituita alla data del presente manoscritto da 6 stazioni sismiche temporanee di cui 3 in trasmissione e 3 in acquisizione locale. Le stazioni sismiche sono dotate di sensori Lennartz a corto periodo LE3Dlite 1Hz, LE3D 5s Lennartz e accelerometri Episensor FBA-EST Kinematics. Sebbene a partire da settembre 2017, la sismicità di Ischia fosse stata caratterizzata da pochissimi terremoti, l'installazione delle stazioni T13 ha migliorato le prestazioni dell'intera rete sismica installata sull'isola sia per scopi di localizzazione che per la detezione di eventi sismici di magnitudo molto piccola.

Abstract

After the MD 4.0 (M_w 3.9) earthquake of August 21 2017 which occurred on the Ischia island, the SISMIKO group [Moretti et al., 2016a; 2016b], which is the coordinating group of the emergency seismic networks of INGV, was activated and four seismic mobile stations were installed in the district of Casamicciola and Lacco Ameno integrated with the permanent network on the island. At the beginning, for the first three months, all the mobile stations, coded as T13 network, acquired locally and were equipped with short period sensors and one accelerometer. Starting from October 2017, the seismic signals for three of the four stations, in separate times from October 2017 to May 2018, were transmitted in real time to the INGV monitoring acquisition room for surveillance purposes. Nowadays, the mobile seismic network on the island is composed by six stations: three of them are telemetered while the others recorded signals on local disks. The seismic stations were equipped with short period sensors LE3Dlite 1Hz, LE3D 5s and FBA-EST Kinematics accelerometers. Although starting from September 2017, the seismicity of Ischia island was characterized by few low magnitude earthquakes, the installation of mobile stations T13 improved the performance of the seismic network either for the localization analysis or for the detection of very low magnitude earthquakes.

Introduzione

In seguito al terremoto di M_w 3.9 (M_D 4.0) del 21 agosto 2017 (http://sismolab.ov.ingv.it/sismo/CATALOGO_STATICO/ISCHIA/isc_2017.html; <http://cnt.rm.ingv.it/event/16796811>), il gruppo operativo SISMIKO [Moretti et al., 2016a; 2016b] si è attivato per l'installazione di stazioni temporanee a supporto della rete sismica permanente installata sull'isola. La sismicità dell'isola

d'Ischia è stata caratterizzata negli ultimi decenni da piccoli terremoti ($M_D < 2$) con profondità minori di 2 km b.s.l., di cui la maggior parte localizzati nell'area del comune di Casamicciola, a nord del monte Epomeo. Il terremoto più forte avvenuto sull'isola risale al 1883 (XI grado della scala Mercalli, Fonte dati Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - CPTI15 [Rovida et al., 2016]); questo causò circa 2300 vittime e distrusse buona parte del comune di Casamicciola. Il recente terremoto del 21 Agosto 2017 ha causato 2 vittime e provocato notevoli danni strutturali alle costruzioni ubicate in area epicentrale. Il terremoto più forte è stato seguito da 3 eventi sismici di $M_D \geq 0.9$ e $M_{Dmax} = 2.1$ avvenuti nei successivi 10 giorni [http://sismolab.ov.ingv.it/sismo/CATALOGO_STATICO/ISCHIA/isc_2017.html]. In seguito a tale evento, i gruppi di pronto intervento dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) [Pondrelli et al., 2016], quali EMERGEO, che si occupa del rilievo degli effetti geologici cosismici [EMERGEO WG, 2016], EMERSITO, per lo studio gli effetti di sito [Cultrera et al., 2016], QUEST per il rilievo macrosismico [QUEST WG, 2016], e SISMIKO con l'importante compito di densificare nel più breve tempo possibile la rete sismica permanente presente nell'area colpita dall'evento sismico mediante l'installazione di stazioni portatili [Moretti et al., 2016a; 2016b] si sono attivati e hanno effettuato analisi preliminari, rilievi di campagna e indagini macrosismiche per l'area interessata [Gruppo di Lavoro INGV (2017)].

1. L'intervento del gruppo operativo SISMIKO

Le prime stazioni sismiche della Rete Mobile nell'ambito del gruppo operativo SISMIKO furono installate a partire dal giorno 26 agosto 2017 (T1361 e T1362, Figura 1). Nell'arco temporale di 10 giorni, la Rete Mobile era composta da 4 stazioni sismiche (T1361, T1362, T1363 e T1364) installate in modalità di acquisizione locale nei comuni di Casamicciola e Lacco Ameno come mostrato in Figura 1 e in Tabella 1. Le prime stazioni installate sono state equipaggiate con acquisitori Nanometrics Taurus e MarsLite Lennartz a tre canali, con sensori Lennartz a corto periodo e con frequenza propria pari a 5 s (LE3Dlite e LE3D5s). Alla stazione Taurus Nanometrics installata nel sito T1362 (località Pera di Basso, Comune di Casamicciola Terme) è stato aggiunto un modulo digitalizzatore Trident con accelerometro Episensor FBA-EST Kinematics.

La configurazione delle prime quattro stazioni sismiche ha permesso di intensificare il numero di stazioni intorno all'area epicentrale del terremoto di magnitudo M_W 3.9 e di localizzare con una precisione maggiore terremoti di piccola magnitudo. Nel mese di settembre 2017 è stata installata la stazione T1365 nel settore meridionale dell'isola (Comune di Barano) in maniera tale da avere un sito di monitoraggio per la parte dell'isola con poca copertura delle stazioni permanenti (Figura 1). Ad ottobre è stata disinstallata la stazione T1362 perchè venuta meno la disponibilità del sito e per tale motivo la strumentazione è stata trasferita in un sito limitrofo in proprietà privata (T1366, Via Santa Barbara, Comune di Casamicciola Terme, Figura 2).

Tutte le stazioni installate fino agli inizi di ottobre hanno registrato segnali sismici in modalità di acquisizione locale. Le stazioni sismiche hanno acquisito dati con ottima continuità senza alcuna perdita di segnale dovuta a cause accidentali di malfunzionamenti strumentali.

L'accadimento di terremoti molto piccoli ($M_D < 0$), rilevati durante l'esperimento di registrazione di rumore sismico ai fini di studi di effetti di sito e microzonazione [Vassallo et al., 2018] ad opera del gruppo operativo EMERSITO [Cultrera et al., 2016], ha messo in evidenza la necessità di avere una stazione sismica in trasmissione installata in zona rossa, ovvero la zona all'interno della quale si sono verificati crolli diffusi. Per questo motivo, la stazione sismica siglata come T1367, è stata installata in località "La Rita", composta da un digitalizzatore Gilda [Orazi et al., 2006; 2008] equipaggiato con LE3D5s (Figura 3), in seguito



Figura 1 Mappa delle stazioni sismiche installate a Ischia in occasione della emergenza sismica a seguito del terremoto del 21 agosto 2017. I simboli in rosso indicano le stazioni della Rete permanente. I simboli in verde indicano le stazioni della rete sismica mobile, T13, installate dal gruppo operativo SISMIKO [Moretti et al., 2016 a; b] a partire dal 26 agosto 2017. I triangoli verdi indicano le stazioni in acquisizione locale che a partire dai mesi di marzo-maggio 2018 sono state messe in trasmissione mentre i quadrati verdi indicano le stazioni in acquisizione locale. Il triangolo bianco indica le stazioni non più operative, mentre l'esagono verde indica stazioni in acquisizione locale che per un breve periodo sono state in trasmissione.

Figure 1 Map of the seismic stations installed in Ischia on the occasion of the earthquake emergency following the earthquake of 21 August 2017. The symbols in red indicate the stations of the permanent network. The symbols in green indicate the stations of the mobile seismic network, T13, installed by the SISMIKO operating group [Moretti et al., 2016 a; b] starting August 26, 2017. The green triangles indicate the local acquisition stations that, starting from March-May 2018, have been put into transmission, and the green squares indicate the stations in local acquisition. The white triangle indicates the stations uninstalled, while the green parallelogram indicates stations in local acquisition that briefly have been in transmission.



Figura 2 Stazione sismica T1366 equipaggiata con Taurus Nanometrics a 6 canali con sensore a corto periodo LE3Dlite Lennartz e accelerometro Episensor FBA-EST Kinematics.

Figure 2 Seismic station T1366 equipped with 6 channels Taurus Nanometrics with short period sensor LE3D lite Lennartz and accelerometer episensor FBA-EST Kinematics.

sostituito con sensore LE3Dlite 1 Hz, router UMTS con scheda SIM per trasmissione dati ed alimentazione a pannelli solari (200 W). Per circa 2 mesi i segnali di tale stazione sismica sono stati trasmessi in tempo reale nella sala di monitoraggio e di sorveglianza INGV dell'OV e utilizzati nelle localizzazioni degli eventi, pur conservando l'acquisizione locale.

L'esigenza di avere in tempo reale in sala di monitoraggio un numero maggiore di segnali per poter calcolare in maniera più robusta i parametri di localizzazione, ha indotto, nei mesi successivi, a pianificare l'installazione di stazioni sismiche in trasmissione in sostituzione di apparati strumentali funzionanti in modalità di acquisizione locale. Pertanto, da febbraio a

maggio 2018, sono state installate tre stazioni sismiche Reftek 130 a 6 canali facenti parte del parco strumentale dedicato alle emergenze gestito dal personale di SISMICO dell'ONT - sede di Roma, equipaggiate con sensore Lennartz LE3Dlite 1 Hz ed FBA-EST Episensor, dotate di router UMTS per la trasmissione in tempo reale. Tali stazioni sismiche sono state installate nei siti T1361, T1365 e T1366. Non è stato possibile mantenere in configurazione di trasmissione in tempo reale la stazione T1367 a causa della mancanza di sufficiente energia erogata dai pannelli solari. Per tale motivo, a partire dai primi mesi del 2018, la stazione T1367 è stata operativa nella sola modalità di acquisizione locale. Affiancate alle predette stazioni in tempo reale, sono stati mantenuti funzionanti gli apparati strumentali installati in precedenza dotandoli di sensori a larga banda (LE3D20s Lennartz) in modo da registrare i segnali sismici in una banda di frequenza quanto più ampia possibile.

Figura 3 Stazione sismica T1367 equipaggiata con acquisitore Gilda e sensore LE3D5s Lennartz. L'apparato strumentale è alimentato con 2 pannelli solari da 100 W ciascuno.



Figure 3 Seismic station T1367 equipped with Gilda digitizer and seismic sensor LE3D5s Lennartz. Instrumental setup is powered on by two 100 W solar panel.

Sigla	Comune-Località	Prov.	Lat	Lon	Quota (m)	Start	Stop
T1361	Lacco Ameno - Parco Negombo	NA	40.75669°	13.87889°	7	26/08/17	----
T1362	Casamicciola T. - Pera di Basso	NA	40.73456°	13.91003°	303	26/08/17	03/10/17
T1363	Casamicciola T. - Via Cretaio	NA	40.74550°	13.91351°	50	31/08/17	----
T1364	Lacco Ameno - Hotel Grazia	NA	40.74261°	13.89047°	129	31/08/17	20/11/18
T1365	Barano - Hotel Villa al Mare	NA	40.70139°	13.91815°	130	18/09/17	----
T1366	Casamicciola T. - Via S. Barbara	NA	40.73727°	13.90458°	213	03/10/17	----
T1367	Casamicciola T.- Hotel V. Jantò	NA	40.74351°	13.89522°	81	23/10/17	----
T1368	Barano	NA	40.71089°	13.91612°	314	18/09/18	----

Tabella 1 Coordinate e periodi di funzionamento delle stazioni mobili installate per l'emergenza Ischia a partire dal 26 agosto 2017.

Table 1 Geographical coordinates and operating periods of the mobile stations installed for the Ischia emergency starting from 26 August 2017.

L'attuale rete mobile operante a Ischia è composta da:

- N. 3 stazioni sismiche Reftek 130 in trasmissione, di cui due stazioni (T1361 e T1366)

equipaggiate con LE3Dlite e Episensor e una stazione (T1365) con solo LE3Dlite;

- N. 3 stazioni sismiche operanti in modalità di acquisizione locale, di cui una (T1367) equipaggiata con sensore LE3Dlite 1 Hz e altre due (T1363 e T1368) con sismometri a larga banda (rispettivamente con sensori LE3D5s e LE3D20s).

La mappa delle stazioni sismiche installate è mostrata in Figura 1 mentre le coordinate, i periodi di funzionamento e le caratteristiche tecniche sono riportati rispettivamente nella Tabella 1 e 2.

Sigla	Digitalizzatore	Sensore/i	Acquisizione	SRate	Alimentazione
T1361	Reftek 130 6 canali	LE3Dlite (1Hz)Episensor FBA-EST	In trasmissione dal 14/05/2018	125 sps	220 V
T1362	Taurus Nanometrics 6 canali	LE3Dlite (1Hz)Episensor FBA-EST	Acquisizione locale	100 sps	220 V
T1363	MarsLite Lennartz3 canali	LE3D5s	Acquisizione locale In trasmissione dall'11/01/2018 al	125 sps	220 V
T1364	Taurus Nanometrics3 canali	LE3D5s	Acquisizione locale	100 sps	Pannello Solare
T1365	Reftek 130 3 canali	LE3Dlite (1Hz)	In trasmissione dal 16/03/2018	125 sps	Pannello Solare
T1366	Reftek 130 6 canali	LE3Dlite (1Hz)Episensor FBA-EST	In trasmissione dal 16/03/2018	125 sps	220 V
T1367	Gilda 3 canali	LE3Dlite (1Hz)	Acquisizione locale In trasmissione dal 23/10/2017 al 27/02/2018	100 sps	Pannello Solare
T1368	Gilda 3 canali	LE3D20s	Acquisizione locale	100 sps	220 V

Tabella 2 Caratteristiche strumentali salienti della Rete Mobile installata a Ischia.

Table 2 Main instrumental features of mobile seismic stations installed on Ischia island.

2. La gestione della rete e dei dati

La scelta e la selezione dei siti di installazione delle stazioni sismiche mobili è stata effettuata tenendo in considerazione i seguenti aspetti fondamentali: disponibilità di privati cittadini e autorità locali ad ospitare gli strumenti; garanzia di accessibilità al sito in condizioni di sicurezza; miglioramento della copertura geometrica dell'intera rete sismica; basso livello del rumore sismico di fondo. A partire dal mese di agosto 2017 fino al mese di febbraio 2019, sono stati effettuati 24 interventi per installazione, manutenzione degli strumenti, disinstallazione ove necessario e prelievo dei dati acquisiti. In alcune occasioni, in particolare nei mesi invernali, si è reso necessario sostituire le batterie di alimentazione per la strumentazione alimentata a pannelli solari. L'accesso ai siti che ricadono in zona rossa (T1367 e T1364) è stato possibile attraverso la richiesta di permessi alle autorità locali. Per tutte le stazioni sismiche, incluse quelle in trasmissione, i segnali sono stati acquisiti in modalità continua su supporti mobili. Periodicamente, i dati registrati in locale sono stati prelevati, decodificati e conservati in formato SAC in files della durata di 1 ora.

La rete sismica temporanea installata in occasione dell'emergenza Ischia, ha un codice di rete dedicato ZM registrato presso l'International Federation of Digital Seismograph Networks

(FDSN [<http://orfeus-eu.org/opencms/stationbook/select-by-network/network/index.html?netid=1975162901>]).

Le stazioni sono state registrate presso l'*International Seismological Centre* (ISC [<http://www.isc.ac.uk/registries/>]) e le 3 stazioni in tempo reale sono disponibili senza alcun vincolo, tramite l'archivio di forme d'onda *European Integrated Data Archive* (EIDA [Mazza et al., 2012]). Appena possibile, anche i dati acquisiti in locale, saranno convertiti nel formato internazionale Standard for Exchange of Earthquake Data e integrati in EIDA.

3. Analisi preliminari, osservazioni e sviluppi futuri

A partire dal 28 agosto 2017 fino al 20 marzo 2019, la sismicità di Ischia è stata caratterizzata da 16 terremoti (www.ov.ingv.it) con magnitudo durata $-0.3 \leq M_D \leq 2.5$ e profondità massima pari a 2.5 km sotto il livello del mare.

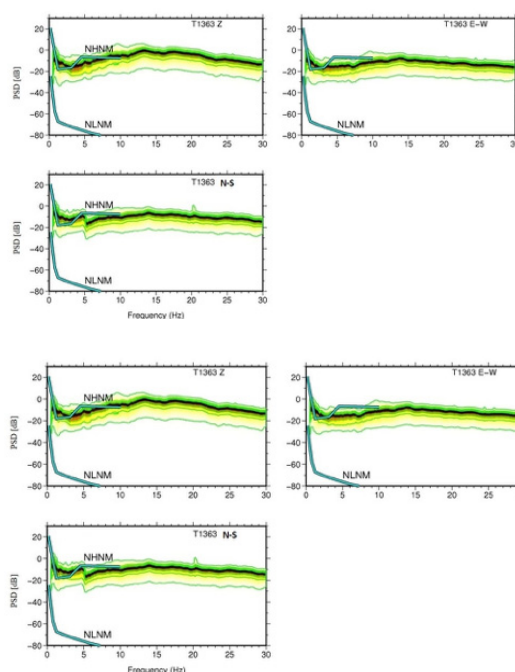
Considerando che la sismicità è stata caratterizzata da eventi di bassa energia e superficiali, il rumore di fondo e l'attenuazione del segnale hanno spesso influito notevolmente sulla possibilità di individuare fasi ben distinte ai fini della localizzazione. Per quanto riguarda il rumore di fondo, le stazioni sismiche installate nella parte interna dell'isola ed in zone più in quota (T1362 e T1366) sono caratterizzate da un migliore rapporto segnale/rumore rispetto a quelle installate in prossimità di zone abitate. Nelle Figure 4 e 5 è possibile notare la differenza in termini di *Power Spectral Density* [McNamara and Buland, 2004; Peterson, 1993] tra una delle stazioni installate in località lontane da zone abitate (T1366, via S. Barbara) ed una posta nei pressi di una strada aperta al traffico (T1363, via Cretaio). La stazione T1366 è caratterizzata da un rumore di fondo più basso rispetto alla T1363 per tutte e tre le componenti del moto.

Figura 4 Power Spectral Density del rumore sismico (1 mese di segnale in continua) per la stazione T1363 (Via Cretaio, Comune di Casamicciola Terme).

Figure 4 Power Spectral Density of seismic noise (1 month continuous signal) for the T1363 station (Via Cretaio, Casamicciola Terme district).

Figura 5 Power Spectral Density del rumore sismico (1 mese di segnale in continua) per la stazione T1366 (Via Santa Barbara, Comune di Casamicciola Terme).

Figure 5 Power Spectral Density of seismic noise (1 month continuous signal) for the T1366 station (Via Santa Barbara, Casamicciola Terme district).



Il terremoto locale più forte registrato nell'anno 2018 è stato l'evento sismico M_D 2.5 del giorno 8 agosto 2018. Le forme d'onda registrate a tutta la rete digitale sono mostrate in Figura 6. Per tale terremoto è stato effettuato un test di localizzazione utilizzando in un caso tutte le stazioni disponibili (caso a, 13 stazioni sismiche tra rete permanente e rete mobile) e nell'altro solo le

stazioni della rete permanente (caso *b*). Il risultato in termini di localizzazione epicentrale è mostrato in Figura 7. In termini di profondità, i due risultati differiscono di poco (1.5 e 1.4 km sotto il livello del mare nel caso a e b rispettivamente). Per quanto riguarda la posizione in termini di latitudine e longitudine, utilizzando il massimo numero di stazioni disponibili, l'epicentro si sposta di circa 100/200 m verso nord. Seppur tale differenza è confrontabile con gli errori associati al risultato di localizzazione ($\Delta X = \Delta Y = 150$ m, $\Delta Z = 200$ m), lo spostamento verso nord è sistematico per tutti gli eventi sismici avvenuti nel settore centrale dell'isola. Probabilmente tale differenza è dovuta al maggior numero di stazioni sismiche presenti nel settore settentrionale dell'isola i cui tempi di arrivo delle fasi P ed S influiscono in modo significativo sul risultato di localizzazione. Il valore di rms è simile per i due casi (rms = 0.35) mentre il valore del gap in azimuth è significativamente minore utilizzando l'intera rete (69° vs 95°).

Le installazioni della rete mobile nell'ambito del gruppo operativo SISMIKO, a partire dal 26 agosto 2017, hanno consentito di effettuare localizzazioni più precise e più affidabili, anche con terremoti molto piccoli ($M_D < 1$, come riportato in Tabella 3). I risultati di localizzazione nella tabella 3 mostrano un incremento del numero dei picking delle fasi P ed S prendendo in considerazione i segnali della Rete Mobile in aggiunta a quelli della Rete Permanente: in alcuni casi il numero di fasi lette è più del doppio rispetto alle fasi lette sulla sola Rete Permanente e per 2 terremoti (2017083013:10 UTC e 20190106 02:03 UTC) le letture effettuate sui segnali delle stazioni mobili sono state necessarie per la localizzazione. In aggiunta, è da notare come il valore del gap diminuisce nella totalità dei casi evidenziati. Prendendo in considerazione tali risultati, pur considerando una sismicità così poco intensa in termini di numero di terremoti, la presenza delle stazioni mobili ha permesso di migliorare e rendere più affidabili le localizzazioni dei piccoli terremoti.

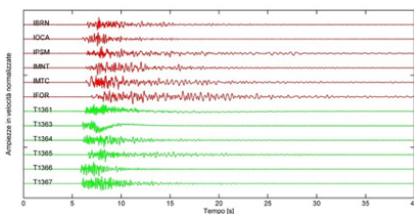


Figura 6 Terremoto locale di M_D 2.5 del giorno 8 agosto 2018 (ore 08:02 GMT) registrato alla rete sismica di Ischia. Nel grafico sono mostrati i segnali non filtrati delle componenti verticali registrati alle stazioni sismiche digitali. I sismogrammi in verde sono stati registrati dalle stazioni della rete mobile mentre quelli in rosso dalla rete permanente.

Figure 6 Local earthquake of M_D 2.5 of 8 August 2018 (at 08:02 GMT) recorded at the seismic network of Ischia. The graph shows the unfiltered signals of the vertical components recorded at the digital seismic stations. The green seismograms have been recorded by the stations of the mobile network while those in red by the permanent network.

In sintesi, in particolare nel primo semestre del 2018, le stazioni sismiche mobili in trasmissione hanno permesso di poter localizzare con maggiore affidabilità la sismicità in tempo reale e sono state utili ai fini dell'attività di sorveglianza sismica svolta nelle sale operative di Napoli e Roma. Per gli 11 terremoti locali registrati durante l'anno 2018, le localizzazioni effettuate utilizzando i segnali in tempo reale sono state elaborate utilizzando i segnali disponibili a 4 o 6 stazioni sismiche presenti sull'isola e almeno 2 tra le stazioni utilizzate ai fini della localizzazione fanno parte della rete mobile installata dal gruppo SISMIKO. Da un punto di vista degli interventi tecnici futuri, è auspicabile un incremento del numero di stazioni nel versante meridionale per ridurre il gap azimuthale per eventuali localizzazioni di terremoti locali.

Figura 7 Localizzazione dell'evento sismico di MD 2.5 dell'8 agosto 2018 (ore 8:02 GMT). La stella in giallo identifica l'epicentro localizzato considerando le letture a tutte le stazioni disponibili (caso a) mentre quello in rosso rappresenta l'epicentro calcolato con le sole stazioni sismiche della rete permanente (caso b).



Figure 7 Localization of the MD 2.5 earthquake event on 8 August 2018 (8:02 GMT). The yellow star identifies the localized epicenter considering the readings to all the available stations (case a) while the one in red represents the epicenter calculated with only the seismic stations of the permanent network (case b).

Data, Ora (UTC)	M_D	N.Pick.	Lat [°]	Long [°]	Prof. [km sotto il livello del mare]	rms [s]	Gap [°]
20170830 08:49	1.5	6P 3S 4P 1S	40.7399 40.7367	13.8985 13.9033	1.1 1.2	0.22 0.11	100° 136°
20170830 13:10	0.9	3P 1S 2P	40.7341 -	13.8942 -	0.5 -	0.12 -	157° -
20171008 06:17	0.9	8P 5S 3P 3S	40.7361 40.7379	13.8921 13.8884	1.1 1.1	0.39 0.49	106° 185°
20180325 04:01	1.7	9P 8S 4P 4S	40.7315 40.7355	13.9013 13.8950	1.1 2.7	0.46 0.49	82° 153°
20180501 15:14	1.8	8P 5S 3P 1S	40.7341 40.7338	13.9088 13.9097	1.4 3.2	0.38 0.22	76° 148°
20180808 08:00	2.5	8P 5S 5P 2S	40.7357 40.7339	13.9100 13.9116	1.5 1.4	0.35 0.35	69° 95°
20181113 16:33	0.7	9P 3S 3P 1S	40.7233 40.7220	13.8839 13.8653	1.4 1.1	0.39 0.29	110° 194°
20190106 02:03	1.2	7P 1S 3P	40.7272 -	13.8902 -	0.6 -	0.22 -	191° -

Tabella 3 Localizzazioni ipocentrali effettuate per 8 terremoti locali avvenuti sull'isola d'Ischia tra l'8 agosto 2017 e il 6 gennaio 2019. I parametri di localizzazione in nero mostrano i risultati ottenuti utilizzando le stazioni della rete permanente e della rete mobile, mentre quelli in rosso le localizzazioni ottenute con la sola rete permanente.

Table 3 Hypocentral localizations calculated for 8 local earthquakes occurred on the Ischia island between 8 August 2017 and 6 January 2019. The localization parameters in black show the results obtained using both the stations of the permanent network and the mobile network, while those in red show the locations obtained with only the permanent network.

Ringraziamenti

Gli Autori desiderano ringraziare i colleghi del Coordinamento SISMIKO, in particolare Lucia Margheriti, che hanno supportato le attività e si sono sempre resi disponibili ad ulteriori interventi e il revisore del lavoro S. Alparone che ha contribuito con utili suggerimenti a migliorare il manoscritto. Le installazioni sono state realizzate con l'aiuto dei colleghi della UF Rete Sismica Mobile dell'Osservatorio Nazionale Terremoti di Roma; l'acquisizione, archiviazione e distribuzione dei dati sono state rese possibili grazie alla collaborazione dei colleghi della UF Sala Sismica e Servizi Informatici dell'Osservatorio Nazionale Terremoti di Roma, in particolare Peter Danecek e dei colleghi Claudio Martino, Rosario Peluso e Walter De Cesare della UF Sala di Monitoraggio e Information Technology dell'Osservatorio Vesuviano di Napoli. Un particolare ringraziamento è rivolto al Professore Mario La Rocca dell'Università della Calabria che ha fornito il software di localizzazione eqloc. Si ringraziano inoltre il parco Negombo, l'agriturismo Pera di Basso, l'Hotel Grazia Terme, l'Hotel Villa a Mare, le famiglie Iacono, Castaldi, Castagna e Madonna per aver permesso l'installazione delle stazioni sismiche temporanee. Le attività di sviluppo e la realizzazione dell'infrastruttura sono stati supportati dal DPC.

Bibliografia

- Cultrera G. et al., (2016). *Site effect studies following the 2016 Mw 6.0 Amatrice earthquake (Italy): the Emersito Task Force activities*. *Annals of Geophysics*, 59, Fast Track 5, 2016; doi: 10.4401/ag-7189.
- Emergeo W.G., (2016). *Coseismic effects of the 2016 Amatrice seismic sequence: first geological results*. *Annals of Geophysics*, 59, Fast Track 5, 2016; doi: 10.4401/ag-7195.
- Gruppo di Lavoro INGV, (2017). *Rapporto di sintesi preliminare sul terremoto dell'isola d'Ischia (Casamicciola) M4.0 del 21 Agosto 2017*. https://ingvterremoti.files.wordpress.com/2017/09/rapporto-di-sintesi-sul-terremoto-6-settembre-2017_l.pdf
- McNamara D.E., Buland R.P., (2004). *Ambient Noise Levels in the Continental United States*. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 94, 1517-1527.
- Mazza S., Basili A., Bono A., Lauciani V., Mandiello A.G., Marcocci C., Mele F.M., Pintore S., Quintiliani M., Scognamiglio L. and Selvaggi G., (2012). *AIDA - Seismic data acquisition, processing, storage and distribution at the National Earthquake Center, INGV*. *Annals of Geophysics*, 55 (4); doi:10.4401/ag-6145.
- Moretti M., Margheriti L., Govoni A., (2016a). *Rapid response to earthquake emergencies in Italy: temporary seismic network coordinated deployments in the last five years*. In: D'Amico S. (Ed): *Earthquakes and their impacts on Society*, Springer.
- Moretti M. et al., (2016b). *SISMIKO: emergency network deployment and data sharing for the 2016 central Italy seismic sequence*. *Annals of Geophysics*, 59(5), 2016. doi: 10.4401/ag7212.
- Orazi M., Peluso R. and Martini M., (2006). *Data Acquisition for Volcano Monitoring*. *EOS, Transactions. A.G.U.*, 87 (38), 385-392, doi: 10.1029/2006EO380002
- Orazi M., Peluso R., Caputo A., Capello M., Buonocunto C. and Martini M., (2008). *A multiparametric low power digitizer: project and results*. In: W. Marzocchi and A. Zollo (eds.), *Conception, verification and application of innovative techniques to study active volcanoes*, Roma, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, 435-460. ISBN:978-88-89972-09-0.
- Peterson J.R., (1993). *Observation and modelling of seismic background noise*. U.S.G.S. Tech. Rept., 93-322, 1-95.
- Pondrelli S. et al., (2016). *Pianificazione e gestione di un'emergenza sismica: esercitazione INGV del 26 novembre 2015 effettuata nell'ambito della Linea di Attività T5 "Sorveglianza sismica e operatività post terremoto"*. *Quaderni di Geofisica*, 137.

- QUEST W.G., (2016). *The 24 August 2016 Amatrice earthquake: macroseismic survey in the damage area and EMS intensity assessment*. *Annals of Geophysics*, 59(5), 2016. Doi: 10.4401/ag- 7203.
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), (2016). *CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.
- Vassallo M., AA. VV. (2018). Gruppo Operativo Emersito++ Evento Sismico Ischia 2017: campagne di misure geofisiche. Rapporto n.1 31/10/2017.

SCHEDE STAZIONI

T1361**Parco Negombo****Info di Posizione (WGS84)**

Start	26/08/2017
Stop	In acquisizione
Lat	N 40.75669°
Lon	E 13.87889°
Elev	7 m

Strumenti

Data Logger	REF TEK 130 S/N 9329
Sensore	LE3Dlite S/N 0682 Episensor S/N 1357
Alimentazione	Corrente continua e batteria (45 Ah).

Configurazione

Acquisizione	<i>Tempo reale</i>
Sample rate	125 sps
Gain	1

Codice di stazione

Short period	ZM.T1361.EH*
Episensor	ZM.T1361.HN*



Il sito scelto per la stazione T1361 si trova all'esterno dell'ufficio di direzione del Parco Negombo, situato nel Comune di Lacco Ameno.

A partire dall'agosto 2017, sono state effettuate diverse sostituzioni strumentali a seconda delle esigenze sorte durante il periodo in emergenza.

Inizialmente è stata installata una stazione sismica Taurus Nanometrics con sensore a corto periodo LE3Dlite 1 Hz in acquisizione locale. A partire dal 14 maggio 2018, tale apparato strumentale è stato sostituito da una stazione sismica Reftek a 6 canali (sensore Lennartz LE3Dlite 1Hz e accelerometro Episensor FBA-EST Kinematics) in trasmissione in tempo reale. Per un breve periodo a quest'ultima stazione sismica è stata affiancato un acquisitore digitale con sensore a larga banda LE3D20s Lennartz.

Il sito, ubicato a livello del mare ed in un parco abbastanza frequentato da turisti e personale di servizio, è caratterizzato da un rumore di fondo non trascurabile anche se ha mostrato un'ottima continuità di acquisizione dati.

Le attività di controllo periodico strumentale non hanno evidenziato alcuna difficoltà di accesso in qualsiasi periodo dell'anno.

La stazione T1361 è stata inserita in EIDA a partire dal maggio 2018.

STATION BOOK

T1362

Pera di Basso

Info - Posizione (WGS84)

Start	26/08/2017
Stop	03/10/2017
Lat	N 40.73456°
Lon	E 13.91003°
Elev	303 m

Strumenti

DataLogger	Taurus Nanometrics S/N
Sensore	LE3Dlite S/N Epi FBA-EST S/N
Alimentazione	Corrente continua e batteria (2 x 90 Ah).

Configurazione

Acquisizione	Locale
Sample rate	100 sps
Gain	1

Codice di stazione

Short period	ZM.T1362.EH*
Episensor	ZM.T1362.HN*



Il sito della stazione T1362 si trovava nel deposito materiali dell'agriturismo Pera di Basso, posizionato nella parte alta del Comune di Casamicciola.

La stazione sismica installata nell'agosto del 2017 è stata tolta nell'ottobre dello stesso anno in quanto non vi è stata più disponibilità per il sito.

Il sito è stato caratterizzato da un rumore di fondo molto basso e i pochi terremoti registrati hanno mostrato un ottimo rapporto segnale/rumore.

Le attività di controllo periodico strumentale non hanno evidenziato alcuna difficoltà di gestione per l'accesso al sito nel periodo di funzionamento.

T1363

Via Cretaio - Casamicciola

Info di Posizione (WGS84)

Start	28/08/2017
Stop	In acquisizione
Lat	N 40.74550°
Lon	E 13.91351°
Elev	50 m

Strumenti

DataLogger	MarsLite Lennartz S/N 124
Sensore	LE3D5s S/N 445
Alimentazione	Corrente continua e batteria (2 x 90 Ah).

Configurazione

Acquisizione	Locale
Sample rate	125 sps
Gain	1

Codice di stazione

LE3D 5s	ZM.T1363.EH*
----------------	--------------



Il sito della stazione T1363 si trova nell'abitazione della famiglia Iacono in via Cretaio, nel Comune di Casamicciola.

La stazione sismica installata nell'agosto del 2017 è stata per un breve periodo affiancata da un acquisitore Gilda in trasmissione con UMTS a partire dal giorno 11 gennaio 2018. A causa della cattiva qualità del segnale per la trasmissione via UMTS, l'acquisitore con UMTS è stato disinstallato dopo pochi mesi.

Il sito è stato caratterizzato da un rumore di fondo molto alto a causa della vicinanza con la strada di transito dei veicoli.

Le attività di controllo periodico strumentale non hanno evidenziato alcuna difficoltà di accesso in qualsiasi periodo dell'anno.

STATION BOOK

T136I

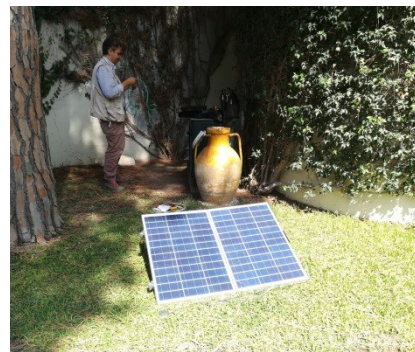
Hotel Grazia Terme

Informazioni generali

Start	28/08/2017
Stop	20/11/2018
Lat	N 40.74261°
Lon	E 13.89047°
El(v)	129 m
Strumenti	



DataLogger	Taurus Nanometrics S/N 0625
Amplificatore	LE3D5s S/N 447
Alimentazione	P. Solare 100 W e batterie (2 x 90 Ah).



Configurazione

Acquisizione	Locale
Amplificatore	100 sps
Salvo	1

Codice

LE3D 5s	ZM.T1364.EH*
----------------	--------------

Il sito della stazione T1364 si trova all'ingresso dell'Hotel Grazia Terme Comune di Lacco Ameno. La stazione sismica installata nell'agosto del 2017 ha acquisito segnali in modalità di acquisizione locale fino al novembre 2018. A partire dal novembre 2018, il sito non è stato più disponibile per problemi di accesso dovuti all'inagibilità della struttura. Il sito è stato caratterizzato da un rumore non elevato in quanto la strada limitrofa era accessibile solo per il personale autorizzato. Le attività di controllo periodico strumentali hanno evidenziato alcuni problemi nella fase iniziale dovuti ai permessi di accesso per la zona rossa.

T1365

Hotel Villa a Mare

Info - Posizione (WGS84)

Start	28/08/2017
Stop	20/11/2018
Lat	N 40.70139°
Lon	E 13.91815°
Elev	130 m



Strumenti

DataLogger	Reftek 130 S/N 9326
Sensore	LE3DLite 1 HZ S/N 1351
Alimentazione	P. Solare 200 W e batterie (2 x 90 Ah).



Configurazione

Acquisizione	<i>In tempo reale</i>
Sample rate	125 sps
Gain	1

Codice di stazione

Short Period	ZM.T1365.EH*
---------------------	--------------

La stazione T1365 è posizionata presso l'Hotel Villa a Mare nel territorio comunale di Barano, nel versante sud dell'isola d'Ischia.

Inizialmente il sito è stato equipaggiato con un acquirente Gilda con un sensore a corto periodo LE3DLite in modalità di acquisizione locale (foto in alto). Considerata l'esigenza di coprire il gap azimuthale sul versante meridionale dell'intera Rete Sismica di Ischia, a partire da febbraio 2018 è stata installata una Reftek 130 in trasmissione equipaggiata con sensore a corto periodo LE3DLite (foto in basso). Il sito è stato caratterizzato da un rumore non elevato.

Le attività di controllo periodico strumentali non hanno evidenziato problemi di accesso.

STATION BOOK

T1366

Via Santa Barbara

Info e Posizione (WGS84)

Start	03/10/2017
Stop	In acquisizione
Lat	N 40.73727°
Lon	E 13.90458°
Elev	213 m

**Strumenti**

Data Logger	Reftek 130 S/N 9325
Sensore	LE3DLite S/N L0614 Episensor S/N 01354
Alimentazione	Corrente Continua e batterie (2 x 90 Ah).

La stazione T1366 è stata installata agli inizi del mese di ottobre 2017 in sostituzione della stazione T1362. Tale strumentazione è installata nella proprietà della famiglia Castaldi. Inizialmente il sito è stato equipaggiato con un acquisitore Taurus con un sensore a larga banda LE3D20s Lennartz e un accelerometro Episensor Kinometrics in modalità di acquisizione locale. Considerata la vicinanza agli epicentri dei terremoti di piccola magnitudo avvenuti sull'Isola, a partire dall'11 marzo 2018, è stata installata una stazione sismica Reftek 130 a 6 canali in real time, equipaggiata con sismometro LE3Dlite Lennartz 1 Hz ed Episensor Kinemteris FBA-EST. Il sito è stato caratterizzato da un rumore di fondo molto basso confrontabile a quello osservato alla stazione T1362.

Configurazione

Acquisizione	<i>In tempo reale</i>
Sample rate	125 sps
Gain	1

Le attività di controllo periodico strumentali non hanno evidenziato problemi di accesso contattando preventivamente la famiglia Castaldi per l'accesso al sito.

Codice stazione

Short Period	ZM.T1365.EH*
Episensor	ZM.T1366.HN*

T1367**Hotel Villa Jantò****Info - Posizione (WGS84)**

Start	23/10/2017
Stop	In acquisizione
Lat	N 40.74351°
Lon	E 13.89522°
Elev	81 m



La stazione T1367 è stata installata nel mese di ottobre in seguito all'osservazione di microterremoti sui segnali di array temporanei installati nella zona rossa di Casamicciola per studi di microzonazione.

Strumenti

horot Peid	Gilda S/N 06
Sensore	LE3DLite S/N 0690
Alimentazione	P. Solari (200 W) e batterie (2 x 90 Ah).

La stazione T1367, costituita da un acquisitore Gilda equipaggiato con sensore a corto periodo Lennartz LE3DLite 1 HZ, è stata posizionata nell'Hotel Villa Jantò, di proprietà della famiglia Castagna.

Il sito è stato caratterizzato da un rumore di fondo non elevato ma le attività di gestione, controllo e prelievo dati hanno presentato notevoli difficoltà.

I problemi di gestione sono stati causati principalmente dalla difficoltà di accedere al sito a causa delle continue ordinanze da parte delle autorità locali che ne limitavano gli accessi.

Configurazione

Acquisizione	Acq. locale
Sample rate	100 sps
Gain	1

Codice di stazione

SaPrLi dsPg	ZM.T1368.HH*
--------------------	--------------

STATION BOOK

T136I

Barano

Informazioni generali (WGS 84)

Start	18/09/2018
Stop	In acquisizione
Lat	N 40.71089°
Lof	E 13.91612°
El(v)	314 m



Strumenti

Modello	Gilda S/N 08
Modello sensore	LE3D 20s S/N 118
Alimentazione	Corrente continua e batteria (1 x 90 Ah).

La stazione T1368 è stata installata nel mese di settembre 2018 nella proprietà della famiglia Madonna, nel comune di Barano. L'installazione è stata effettuata in vista della sostituzione della stazione T1365 alimentata solo a pannelli solari.

La stazione T1368 è costituita da un acquirente Gilda equipaggiato con sensore a larga banda LE3D 20 s Lennartz. Le attività di controllo della strumentazione non hanno palesato alcun problema di gestione per l'accesso al sito.

Configurazione

Acquisizione	Acq. locale
Risampling rate	100 sps
Scale	1

Codice identificativo

Software	ZM.T1368.HH*
-----------------	--------------

QUADERNI di GEOFISICA

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/le-collane-editoriali-ingv/quaderni-di-geofisica.html/>

I QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) accolgono lavori, sia in italiano che in inglese, che diano particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari che necessitano di rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. Per questo scopo la pubblicazione on-line è particolarmente utile e fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi. I QUADERNI DI GEOFISICA sono presenti in "Emerging Sources Citation Index" di Clarivate Analytics, e in "Open Access Journals" di Scopus.

QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) welcome contributions, in Italian and/or in English, with special emphasis on preliminary elaborations of data, measures, and observations that need rapid and widespread diffusion in the scientific community. The on-line publication is particularly useful for this purpose, and a multidisciplinary Editorial Board with an accurate peer-review process provides the quality standard for the publication of the manuscripts. QUADERNI DI GEOFISICA are present in "Emerging Sources Citation Index" of Clarivate Analytics, and in "Open Access Journals" of Scopus.

RAPPORTI TECNICI INGV

ISSN 2039-7941

<http://istituto.ingv.it/le-collane-editoriali-ingv/rapporti-tecnici-ingv.html/>

I RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico come manuali, software, applicazioni ed innovazioni di strumentazioni, tecniche di raccolta dati di rilevante interesse tecnico-scientifico. I RAPPORTI TECNICI INGV sono pubblicati esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) publish technological contributions (in Italian and/or in English) such as manuals, software, applications and implementations of instruments, and techniques of data collection. RAPPORTI TECNICI INGV are published online to guarantee celerity of diffusion and a prompt access to published data. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

MISCELLANEA INGV

ISSN 2039-6651

http://istituto.ingv.it/le-collane-editoriali-ingv/miscellanea-ingv.html

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favorisce la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV. In particolare, MISCELLANEA INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli, ecc. La pubblicazione è esclusivamente on-line, completamente gratuita e garantisce tempi rapidi e grande diffusione sul web. L'Editorial Board INGV, grazie al suo carattere multidisciplinare, assicura i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi sottomessi.

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favours the publication of scientific contributions regarding the main activities carried out at INGV. In particular, MISCELLANEA INGV gathers reports of scientific projects, proceedings of meetings, manuals, relevant monographs, collections of articles etc. The journal is published online to guarantee celerity of diffusion on the internet. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

Coordinamento editoriale e impaginazione

Francesca DI STEFANO, Rossella CELI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Progetto grafico e impaginazione

Barbara ANGIONI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

©2018
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Via di Vigna Murata, 605
00143 Roma
tel. +39 06518601

www.ingv.it



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA