

Sismologia



A cura di Alessio G., Borriello G., Buonocunto C., Capello M., Caputo A., Castellano M., Cusano P., De Cesare W., Giudicepietro F., Martini M., Petrosino S., Ricciolino P., Scarpato G., Talarico G. e Torello V.

1. Introduzione	pag. 13
2. Distribuzione della rete e strumentazione	pag. 13
3. Procedure di calibrazione e sistemi di controllo	pag. 14
4. Manutenzione della rete	pag. 15
4.1. Miglioramento installazioni e funzionalità stazioni	pag. 15
4.2. Sistemi di alimentazione	pag. 16
4.3. Sensori	pag. 16
4.4. Modulatori	pag. 16
4.5. Telemetria	pag. 17
4.6. Stazioni in avaria	pag. 17
5. Installazione nuove stazioni	pag. 17
6. Analisi dei dati	pag. 19
6.1. Introduzione	pag. 19
6.2. Vesuvio	pag. 19
6.2.1. Attività sismica	pag. 19
6.2.2. Eventi di natura artificiale	pag. 24
6.3. Campi Flegrei	pag. 25
6.3.1. Attività sismica	pag. 25
6.4. Ischia	pag. 28
6.4.1. Attività sismica	pag. 28
6.5. Sismicità localizzata in zone esterne all'area vulcanica napoletana	pag. 29

Sismologia

Alessio G., Borriello G., Buonocunto C., Capello M., Caputo A., Castellano M., Cusano P., De Cesare W., Giudicepietro F., Martini M., Petrosino S., Ricciolino P., Scarpato G., Talarico G. e Torello V.

1. Introduzione

La Rete Sismica dell'Osservatorio Vesuviano (RSOV) è una rete regionale costituita da stazioni sismiche analogiche a corto periodo e stazioni digitali a larga banda con trasmissione continua dei segnali al Centro di Acquisizione (fig. 1). La rete è progettata per il monitoraggio delle aree vulcaniche attive della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia) e fornisce informazioni relative alla sismicità a scala regionale rilevata dalla Rete Sismica Nazionale Centralizzata (INGV – Centro Nazionale per il Monitoraggio della Sismicità).

Il miglioramento e la standardizzazione della rete iniziato nella prima metà del 2000 è continuato nel 2002. In particolare è stata effettuata l'installazione di adeguate protezioni elettriche per proteggere la strumentazione da sovratensioni e scariche atmosferiche.

Futuri miglioramenti ed espansioni della rete sono inseriti nel piano triennale delle attività dell'I.N.G.V. e prevedono la conversione in larga banda di alcune stazioni analogiche e la ridondanza dei sistemi di trasmissione (telemetria UHF e telefonica digitale) per garantire la continuità dell'acquisizione dei segnali.

2. Distribuzione della rete e strumentazione

La Rete Sismica è attualmente costituita da 28 stazioni analogiche a corto periodo (1 Hz) e 4 stazioni digitali a larga banda distribuite sul territorio con una geometria irregolare che prevede la più alta densità al Vesuvio (12 stazioni di cui 7 a componente verticale e 5 a tre componenti) ed ai Campi Flegrei (10 stazioni di cui 4 a componente verticale e 6 a tre componenti). Ischia è monitorata da 3 stazioni (2 a componente verticale e 1 a tre componenti) mentre altre 7 stazioni (3 a componente verticale e 4 a tre componenti) sono distribuite a scala regionale (fig. 1). In tabella 1 è riportato l'elenco delle stazioni con l'anno di installazione. Le coordinate sono determinate su base cartografica al 25.000. La distribuzione delle stazioni sul territorio è stata realizzata tenendo conto prevalentemente della geometria della rete e dei vincoli determinati dagli algoritmi di calcolo ipocentrale utilizzati, garantendo un'efficace copertura azimutale delle aree da monitorare. Studi di dettaglio sulla recente attività sismica del Vesuvio e dei Campi Flegrei hanno contribuito significativamente a migliorare le conoscenze sulle caratteristiche della sismicità in termini di tipologia di eventi e volumi focali; importanti informazioni sono state ottenute, inoltre, per quanto riguarda il modello di velocità e l'assetto strutturale del Vesuvio. Queste informazioni sono attualmente

utilizzate per la progettazione dello sviluppo della rete sismica di sorveglianza sia in termini di geometria della rete stessa che di caratteristiche della strumentazione da impiegare per il monitoraggio delle aree di vulcanismo attivo.

L'attuale geometria della rete, in particolare nelle aree del Vesuvio e dei Campi Flegrei, tenendo conto dell'elevato livello del rumore antropico, è tale da garantire localizzazioni affidabili di eventi locali con magnitudo minima $M \geq 1.0$.

Le stazioni analogiche sono equipaggiate con sismometri a corto periodo; quelle a componente verticale con sensori Mark L4-C o Geotech S13, mentre quelle a tre componenti sono dotate di sensori Mark L4-3D o terne di sensori Geotech S13. Gli apparati di amplificazione e modulazione in uso sono il risultato di un progetto sviluppato dal laboratorio elettronico della rete sismica (MACAP) modificato per garantire il mantenimento degli standard di risposta della precedente strumentazione. I nuovi apparati hanno sostituito quasi tutti i modulatori in esercizio (Lennartz Mars-66) ormai obsoleti. La trasmissione dei segnali è effettuata prevalentemente mediante telemetria UHF con apparati radio sintetizzati a banda stretta (ERE PMDU2000) programmabili via porta RS-232 su tutta la banda operativa (430-450 MHz). Per alcune stazioni (NIS, STH, DMP, SFT, PE9 e TR9) la trasmissione è realizzata mediante linea telefonica dedicata.

Le stazioni digitali a larga banda sono costituite da sensori a 3 componenti Guralp CMG-40T con risposta in frequenza 60s – 50Hz. I dati sono digitizzati a 100Hz da un acquisitore locale costituito da una stazione Kinematics K2 e trasmessi in continuo via porta RS-232 a 9600 baud mediante telemetria UHF. E' in corso l'installazione di nuovi apparati rice-trasmittitori costituiti da radio-modem *SATEL* mod. SATELLINE 3AS a banda stretta con canalizzazione a 12.5 kHz. Particolare attenzione è stata posta per garantire un corretto isolamento termico del sensore al fine di minimizzare gli effetti delle variazioni di temperatura secondo gli standard adottati a livello internazionale.

Per tutte le stazioni il sistema di alimentazione primaria è garantito dalla linea elettrica o da pannelli solari. Un sistema di alimentazione a tampone con caricabatteria KERT da 3A e batterie sigillate FIAMM da 70 A/h garantisce un'autonomia di 3-4 giorni in caso di interruzione della corrente elettrica.

A partire dal mese di Maggio 2002 sono state installate nell'area del Vesuvio 4 stazioni digitali temporanee *Lennartz* PCM5800 dotate di sensori a tre componenti a corto periodo (fig. 1). Queste stazioni operano con acquisizione a soglia e registrazione locale su registratori a nastro magnetico *UHER* 4200 Report. I dati elaborati vanno ad integrare quelli forniti dalla rete sismica permanente. A causa del progressivo deterioramento delle parti meccaniche e dei motori dei registratori *UHER*, i periodi di funzionamento di queste stazioni non sono stati continui. Attualmente è allo studio la possibilità di sostituire i registratori a nastro con supporti digitali convenzionali.

3. Procedure di calibrazione e sistemi di controllo

Le stazioni sismiche vengono calibrate con periodicità semestrale per definirne correttamente la funzione di trasferimento. La calibrazione periodica viene effettuata inviando alla bobina di calibrazione del sensore un treno di impulsi di corrente nota (on/off e off/on); l'analisi mediante un programma *Mathcad* fornisce la costante di

calibrazione dinamica e la risposta in ampiezza e fase dello strumento. E' in corso di installazione su ogni stazione un circuito che effettua una calibrazione giornaliera (due impulsi di corrente nota) al fine di controllare la polarità, lo smorzamento ed il corretto funzionamento della stazione.

L'impulso per la calibrazione giornaliera viene anche impiegato per un controllo dello stato di alimentazione della stazione. Un circuito controlla la tensione della batteria ed inibisce l'impulso di calibrazione quando la tensione scende al di sotto di 12.2V qualsiasi ne sia la causa (avaria del caricabatteria, attivazione dei sistemi di protezione elettrica). In questo modo è possibile ripristinare il corretto funzionamento dell'alimentazione prima che la batteria esaurisca la carica di riserva.

E' stato realizzato, inoltre, un circuito che scollega la strumentazione dalla batteria nel caso in cui la tensione di quest'ultima scenda sotto i 10V (tensione non più sufficiente a garantire il funzionamento della strumentazione): questo al fine di proteggere la batteria da eccessivi livelli di scarica.

Le stazioni trasmesse via linea telefonica sono dotate di un controllo remoto. Un apparato auto-alimentato genera un segnale ad onda quadra di 3 Hz modulato alla stessa frequenza portante della stazione sismica. Tale segnale viene trasmesso sulla linea telefonica solo in caso di avaria al modulatore. In questo modo, l'assenza del segnale sismico e la presenza della nota a 3 Hz indicano l'avaria del modulatore; viceversa, l'assenza di qualsiasi segnale è sintomo dell'interruzione della linea telefonica e consente di attivare le procedure per l'assistenza del gestore della linea.

4. Manutenzione della rete

4.1. Miglioramento installazioni e funzionalità stazioni

Durante il 2002 è continuato il programma di miglioramento e standardizzazione delle stazioni sismiche della Rete.

Sono state ristrutturare le stazioni analogiche dell'Osservatorio Vesuviano (OVO), installata nella galleria in prossimità della Sede Storica, e di Solfatara Tennis Hotel (STH). La prima, al fine da ridurre le cadute di segnale e le interferenze lungo i circa 30 metri di cavo necessari al raggiungimento della superficie, ha visto lo spostamento dell'apparato di modulazione all'interno della galleria sotterranea in prossimità dei sensori. Per la seconda si è proceduto con l'installazione della strumentazione in un armadio a tenuta stagna ed il posizionamento del sensore all'interno di un cubo in PVC.

E' stata ristrutturata la stazione di Nisida (NIS) con l'installazione della strumentazione in un armadio a tenuta stagna e la messa in esercizio del quadro per la protezione elettrica. Analoga operazione è stata effettuata alla stazione di S.Gregorio Matese (SGG) con la strumentazione installata in un armadio di PVC. Nel mese di Settembre, inoltre, è stato ripristinato il funzionamento della stazione di Monte Stella (MT9) nel Cilento.

Gran parte delle stazioni sono state dotate di un quadro elettrico in cui sono alloggiati le protezioni da sovratensione e gli scaricatori.

Gli interventi di manutenzione straordinaria vengono effettuati di norma entro 24-36 ore.

4.2. Sistemi di alimentazione

I sistemi di alimentazione impiegati si sono dimostrati adeguati alle necessità. Gli impianti dei pannelli solari che alimentano alcune stazioni della Rete (BKE, TDG, SOB) sono attualmente ben dimensionati in funzione dei consumi anche per lunghi periodi di scarsa o assente insolazione.

La messa a terra della strumentazione e l'installazione di adeguati sistemi di protezione da sovratensioni ha sensibilmente migliorato il grado di affidabilità delle stazioni sismiche che nel corso del 2002 hanno subito minimi danni da fulmini o scariche elettriche.

E' continuata, quindi, l'installazione dei nuovi sistemi di protezione completi di messa a terra. In particolare si è intervenuto sulle stazioni di Ottaviano (OTV), Solfatara (SFT) ed il ponte radio di Pompei.

4.3. Sensori

E' stato sostituito il sensore *Guralp* della stazione a larga banda della Solfatara (SOB) in quanto quello in funzione mostrava un forte offset della componente verticale non compensabile in sito.

Nel mese di Luglio la stazione di Ercolano (HR9) ha mostrato un segnale anomalo, risultato essere causato dalla parziale interruzione del cavo del sismometro a causa di lavori effettuati all'interno della zona archeologica. E' stata ripristinata l'integrità del cavo che successivamente è stato posizionato in modo da evitare analoghi danni.

E' stata migliorata l'installazione dei sensori della stazione di S. Gregorio Matese (SGG) con la realizzazione di un pozzetto con base di cemento su roccia in posto. Alla stazione di Bunker Est è stato sostituito il sensore Mark L4-3D con una terna di sismometri Geotech S13. Alla stazione di Treviso è stato riscontrato il cattivo funzionamento di due componenti della terna di sismometri Geotech S13; si è proceduto quindi alla sostituzione con un sensore a tre componenti Mark L4-3D.

Lo standard attualmente adottato per l'installazione dei sensori garantisce un adeguato isolamento da agenti corrosivi.

4.4. Modulatori

Sono stati sostituiti quasi tutti i vecchi modulatori, alcuni dei quali in funzione da circa 30 anni. I nuovi apparati sono caratterizzati da bassi costi di produzione e da una modularità che li rende estremamente funzionali per le operazioni di verifica e controllo.

È in corso di progettazione un nuovo prototipo di modulatore analogico caratterizzato da bassissimi consumi e miglior rapporto regnale/rumore.

4.5. Telemetria

La gran parte delle stazioni della Rete Sismica dell'Osservatorio Vesuviano è installata in aree altamente urbanizzate e caratterizzate da elevati livelli di rumore di origine antropica ed elettromagnetico. Quest'ultimo, in particolare, determina occasionalmente interferenze sulle trasmissioni radio che risultano disturbate anche su frequenze di trasmissione autorizzate. Le stazioni trasmesse via linea telefonica dedicata non soffrono di tale problema, ma risultano più elevati i tempi di ripristino a seguito di avarie sulla linea, questo a causa delle procedure previste dal titolare del servizio.

E' stato sostituito il trasmettitore della stazione di Astroni Est (ASE) con il nuovo apparato a sintesi di frequenza *ERE* PMDU2000.

Per le stazioni a larga banda sono stati acquistati dei nuovi sistemi di trasmissione radio costituiti da radio-modem *SATEL* modello *SATELLINE 3AS* a banda stretta. Il primo di questi apparati è stato installato sulla stazione digitale dell'Osservatorio Vesuviano (OVB).

4.6. Stazioni in avaria

A causa delle priorità necessarie a garantire il più alto livello di funzionalità delle stazioni installate sulle aree vulcaniche, per tutto il 2002 è risultata non operativa la stazione di Capri (AN9). La stazione di Astroni Ovest (ASO), a causa del furto di tutti gli strumenti, ha avuto un periodo di interruzione di circa due mesi. E' stata ripristinata nel mese di Luglio.

Problemi legati all'accesso dell'ex Osservatorio Geodinamico di Casamicciola (Ischia) non hanno consentito il rapido ripristino della stazione installata al suo interno (OC9) che è rimasta in avaria per diversi mesi. Analogo problema si è presentato per la stazione di Forio Punta Imperatore (FO9) che è risultata non operativa per alcuni mesi.

5. Installazione nuove stazioni

Nel corso del 2002 è stata installata la quarta stazione digitale a larga banda presso il Ponte Radio Centralizzato di Posillipo (CSB) che copre ad EST l'area dei Campi Flegrei (fig. 1). Si è proceduto, inoltre, alla ricerca di siti per l'installazione di altre 4 stazioni a larga banda e 3 stazioni a corto periodo al fine di migliorare ulteriormente la geometria della Rete. La ricerca di nuovi siti con caratteristiche adeguate è resa difficile, specialmente per i sensori a larga banda, dalla già citata intensa urbanizzazione dell'area. E' da tenere presente, inoltre, che le aree da monitorare sono estremamente

vicine al mare il cui effetto a bassa frequenza è particolarmente evidente proprio alle stazioni a larga banda. Per tre siti nell'area dei Campi Flegrei e due esterni all'area del Vesuvio si è in attesa delle autorizzazioni da parte dei competenti Enti locali.

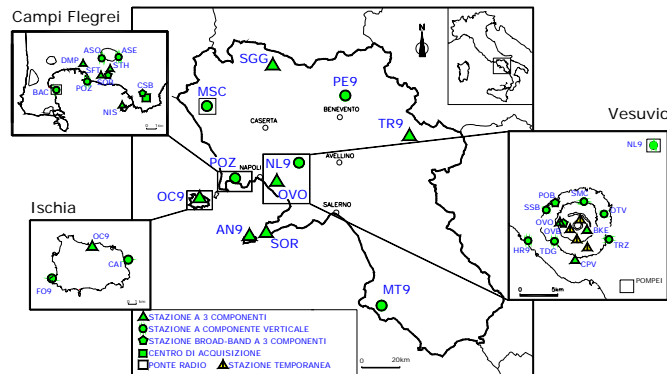


Fig. 1: Rete Sismica dell'Osservatorio Vesuviano (RSOV).

Tab. 1: Elenco delle stazioni della rete sismica dell'O.V. Per ognuna di essa vengono precisate la sigla, la località, le coordinate, il tipo di sensore e la data di installazione.

Sigla	Località	LAT-N	LONG-E	Quota (m slm)	Sensore ¹	Data ²
AN9	Capri-Anacapri	40°33.07'	14°13.01'	250	CP-3C	1998
ASE	Cratere Astroni	40°50.46'	14°09.55'	100	CP-1C	2000
ASO	Cratere Astroni	40°50.41'	14°08.46'	200	CP-1C	2000
BAC	Castello di Baia	40°48.58'	14°04.96'	15	CP-1C	1970
BKE ³	Vesuvio-Bunker Est	40°49.07'	14°26.33'	863	CP-3C	1992
CAI	Ischia-Castello Aragonese	40°43.88'	13°57.92'	80	CP-1C	1996
CPV ⁴	Vesuvio-Cappella Nuova	40°46.93'	14°25.33'	190	CP-3C	1992
DMP	Pozzuoli	40°50.10'	14°06.85'	46	CP-3C	2000
FO9	Forio d'Ischia	40°42.65'	13°51.32'	234	CP-1C	1995
HR9	Ercolano Scavi	40°48.30'	14°20.93'	34	CP-1C	1987
MSC	Mt. Massico	41°11.49'	13°58.28'	109	CP-1C	1979
MT9	Mt. Stella	40°14.22'	15°03.90'	1125	CP-1C	1988
NIS	Nisida	40°47.81'	14°09.80'	3	CP-3C	1983
NL9	Nola	40°55.23'	14°32.70'	75	CP-1C	1992
OC9	Ischia	40°44.75'	13°54.05'	123	CP-3C	1993
OTV	Ottaviano	40°50.35'	14°27.98'	363	CP-1C	1996
OVO	O.V. Sede storica	40°49.65'	14°23.80'	584	CP-3C	1971
OVB	O.V. Sede storica	40°49.65'	14°23.80'	584	LB-3C	2000
PE9	Pescosannita	41°14.00'	14°50.00'	395	CP-1C	1999
POB	Vesuvio-Pollena	40°51.13'	14°23.00'	170	LB-3C	2000
POZ	Pozzuoli	40°49.22'	14°07.23'	3	CP-1C	1982
SFT	Solfatara	40°49.79'	14°08.31'	90	CP-3C	2000
SGG	Mt. Matese	41°23.20'	14°22.75'	880	CP-3C	1977
SMC	Vesuvio-Mt. Somma	40°51.12'	14°26.08'	406	CP-1C	1995
SOB	Solfatara	40°49.65'	14°08.66'	175	LB-3C	2000
SOR	Sorrento	40°34.92'	14°20.10'	497	CP-3C	1976
SSB	Vesuvio	40°50.47'	14°22.23'	175	CP-1C	1993
STH	Agnano	40°49.78'	14°09.00'	100	CP-3C	1983
TDG	Torre del Greco	40°48.35'	14°23.53'	300	CP-1C	1995
TR9	Trevico	41°02.75'	15°13.92'	1094	CP-3C	1980
TRZ	Terzigno	40°48.42'	14°28.52'	175	CP-1C	1994

¹ CP = Corto periodo; LB = Larga banda; 1C = componente verticale; 3C = tre componenti. ² Data di installazione. ³ Convertita in 3C a Marzo 2001. ⁴ Convertita in 3C a Giugno 2001.

6. Analisi dei dati

6.1. Introduzione

Nel corso dell'anno 2002 la rete sismica permanente dell'Osservatorio Vesuviano ha registrato 4143 eventi sismici. Di questi 2867 sono eventi naturali e 1276 eventi artificiali (probabili esplosioni). La distribuzione per area geografica dei terremoti registrati è mostrata in figura 2.

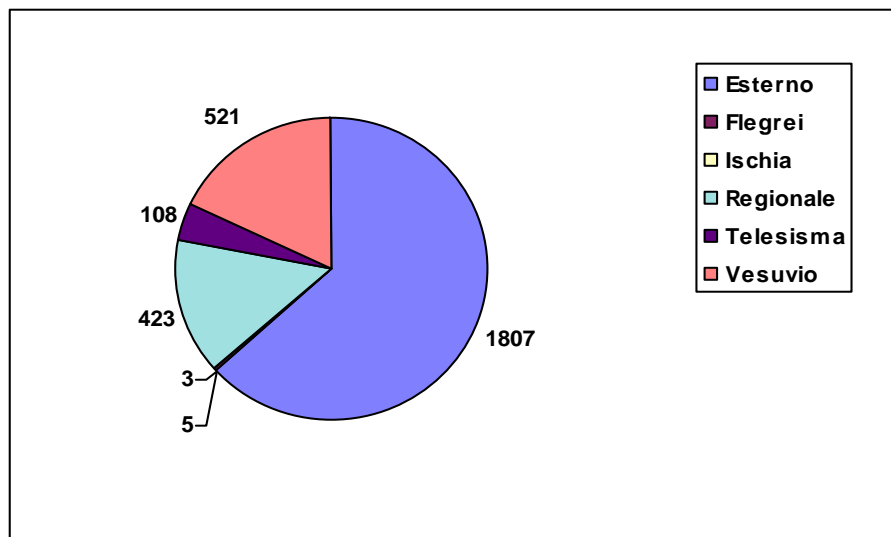


Fig. 2: Distribuzione geografica dei terremoti registrati nel 2002. Regionali = terremoti avvenuti nell'area campana (ad esclusione delle aree Vesuvio - Campi Flegrei - Ischia). Esterni = terremoti esterni all'area campana e con distanza focale minore di 1400Km. Telesismi = terremoti esterni all'area campana e con distanza focale maggiore di 1400Km. Vesuvio = terremoti registrati alle stazioni OVO e BKE.

6.2. Vesuvio

6.2.1. Attività sismica

Al Vesuvio, la stazione sismica OVO (fig. 1), considerata come stazione di riferimento per tutte le analisi effettuate riguardo la sismicità, ha registrato nel 2002 108 terremoti con magnitudo $M_D \geq -0.2$. La distribuzione giornaliera e mensile di tali eventi è riportata in figura 3. La distribuzione della sismicità per classi di magnitudo è mostrata in figura 4. Dal grafico si nota che, nel periodo di tempo considerato, non sono avvenuti terremoti con magnitudo superiore a 2.5.

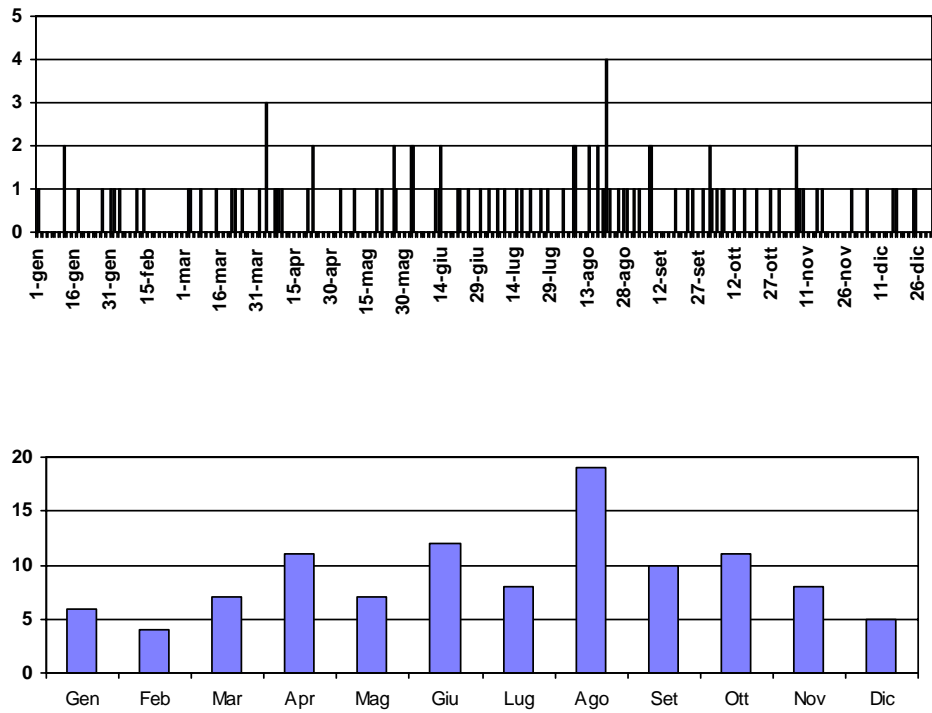


Fig. 3: *Distribuzione giornaliera e mensile dei terremoti alla stazione OVO.*

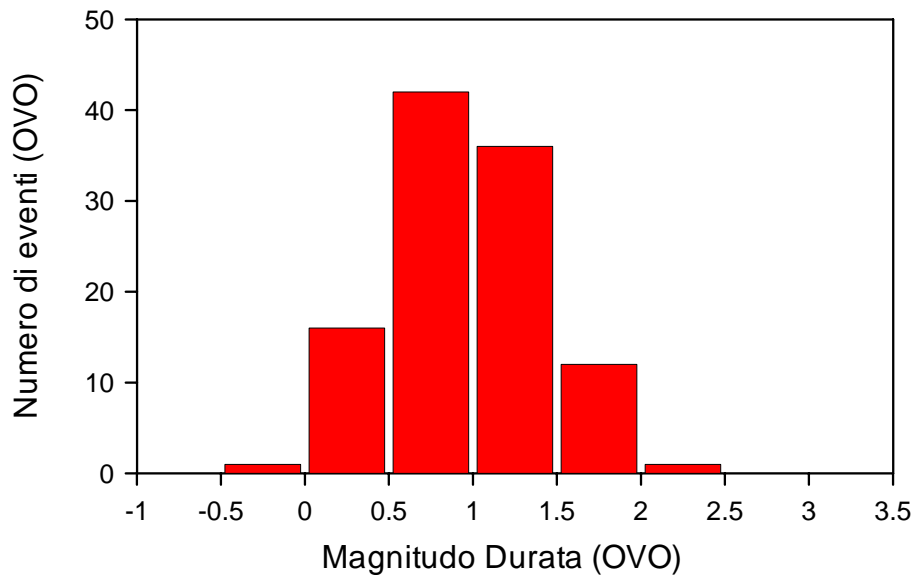


Fig. 4: *Numero di eventi registrati alla stazione OVO per classi di magnitudo di ampiezza 0.5.*

Al fine di confrontare la sismicità avvenuta nel 2002 con quella degli anni precedenti, si è calcolata la distribuzione semestrale, a partire dal 1981, del numero di terremoti. Il grafico relativo è riportato in figura 5.

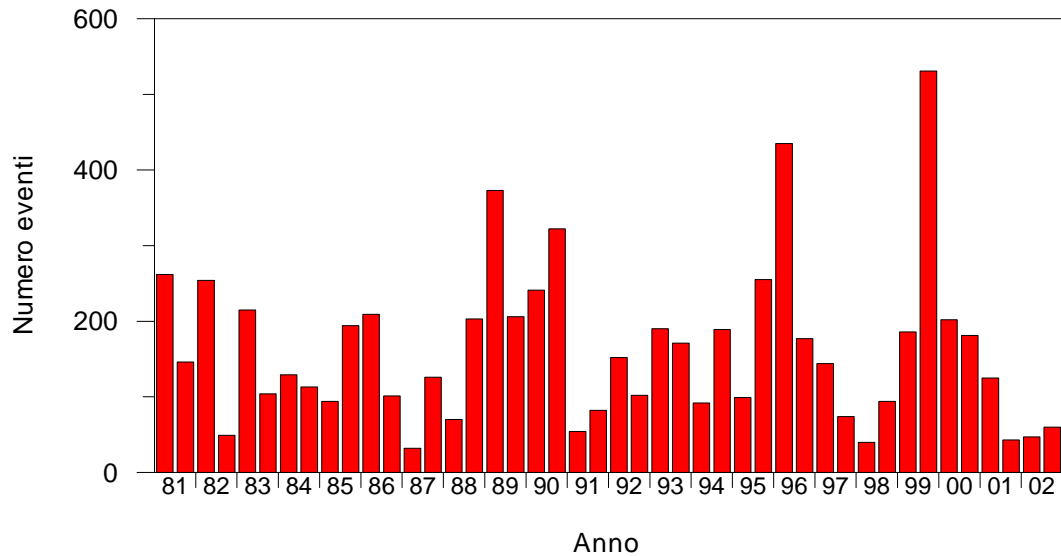


Fig. 5: Distribuzione temporale con frequenza semestrale del numero di eventi sismici registrati alla stazione OVO per il periodo 1981-2002.

Le localizzazioni ipocentrali degli eventi verificatisi nel 2002 sono riportate in figura 6. Tutti i terremoti risultano localizzati nell'area craterica, con ipocentri fortemente concentrati nei primi due chilometri di profondità. Il modello di velocità attualmente utilizzato è stato introdotto dal gennaio 2001 e deriva dai risultati della tomografia sismica. Tale modello è riportato di seguito:

topografia $V_p = 2.0 \text{ km/s}$
 0 – 2 km $V_p = 3.0 \text{ km/s}$
 semispazio $V_p = 6.0 \text{ km/s}$
 $V_p/V_s = 1.90$

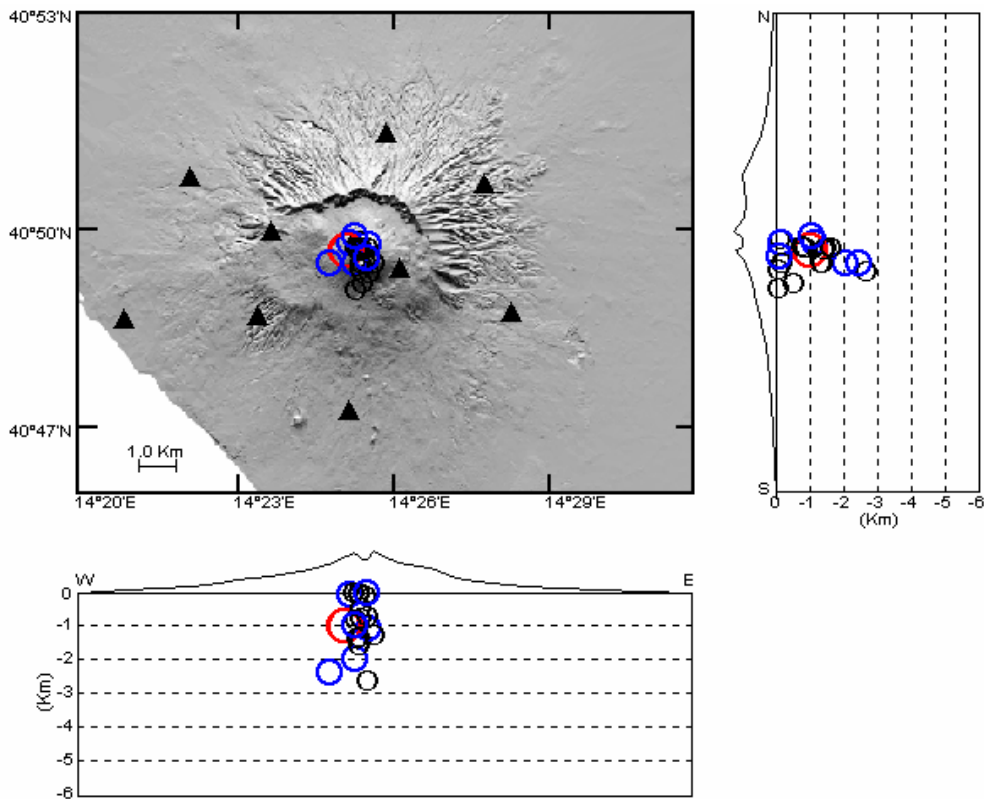


Fig. 6: Localizzazioni dei terremoti avvenuti nell'anno 2002. I cerchi neri rappresentano eventi con $M_D \leq 1.5$, i cerchi blu rappresentano eventi con $1.5 < M_D < 2.5$.

I terremoti avvenuti nel 2002 sono stati localizzati anche con il modello di velocità in uso presso l'Osservatorio Vesuviano prima dell'introduzione del nuovo modello (fig. 7). Il modello, utilizzato per le localizzazioni di routine fino al mese di dicembre 2000, è riportato di seguito:

topografia	$V_p = 3.0 \text{ km/s}$
0 - 2.5 km	$V_p = 3.0 \text{ km/s}$
2.5 - 4 km	$V_p = 3.5 \text{ km/s}$
4 - 10 km	$V_p = 4.0 \text{ km/s}$
10 - 23 km	$V_p = 6.2 \text{ km/s}$
23 - 30 km	$V_p = 6.7 \text{ km/s}$
semispazio	$V_p = 8.2 \text{ km/s}$
	$V_p/V_s = 1.80$

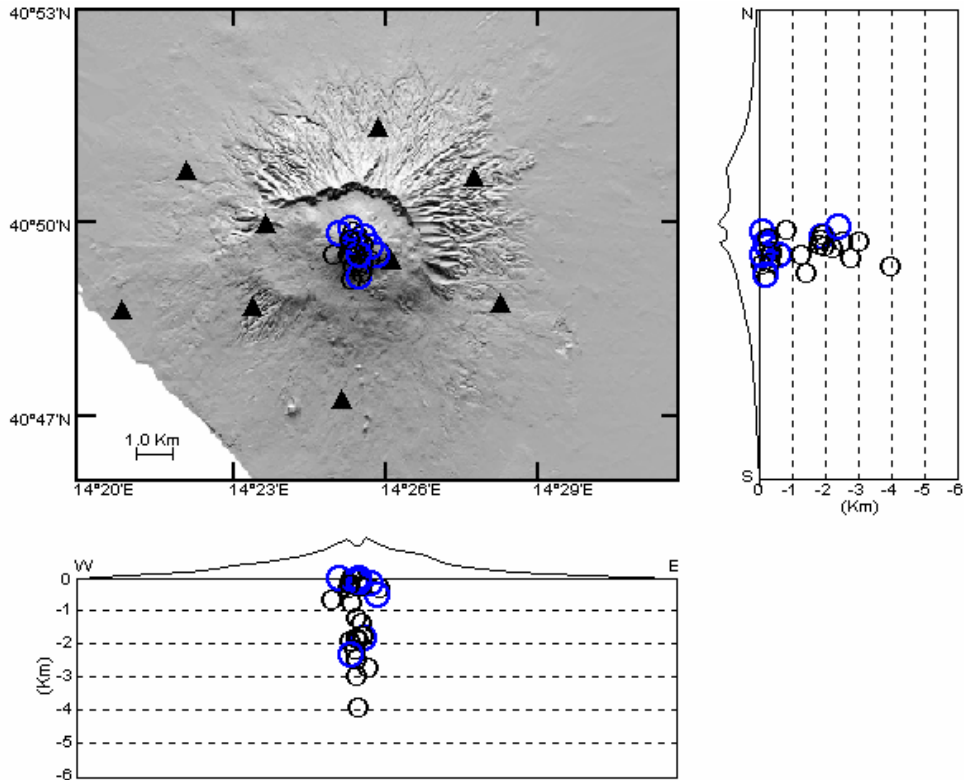


Fig. 7: Localizzazioni dei terremoti avvenuti nell'anno 2002, effettuate con il modello di velocità in uso fino a dicembre 2000. I cerchi neri rappresentano eventi con $M_D \leq 1.5$, i cerchi blu rappresentano eventi con $1.5 < M_D < 2.5$.

Nel corso del 2002, sono stati registrati anche 52 eventi riconducibili a fenomeni franosi. Particolarmente notevoli sono quelli verificatisi il 19 giugno (fig. 8) e registrati alla stazione BKE.

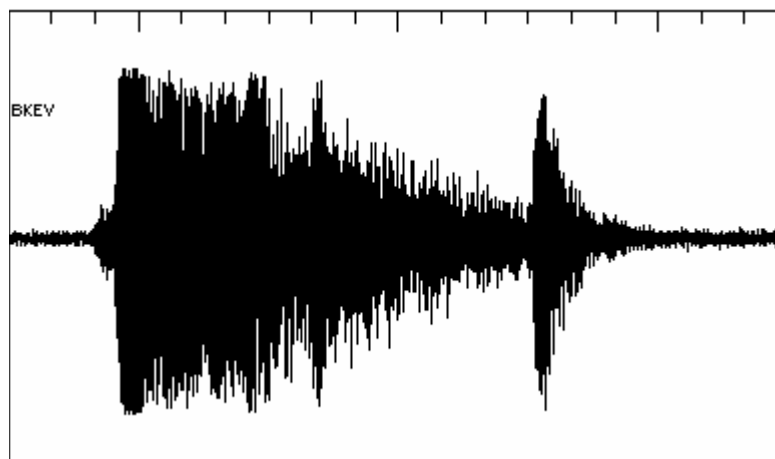


Fig. 8: Frane del giorno 19 giugno avvenute alle ore 12:51 (GMT) sul bordo sommitale del cratere. La durata della finestra temporale rappresentata è di 3 minuti.

6.2.2. Eventi di natura artificiale

Le stazioni sismiche installate sulle pendici del Vesuvio oltre a registrare eventi naturali hanno rilevato 1276 eventi interpretati come registrazioni di probabili esplosioni. In particolare la stazione sismica CPV (fig. 1) ha registrato 561 eventi di questo tipo; la bassa energia di questi segnali rilevati al più a due stazioni sismiche non ne consente la localizzazione che probabilmente è situata nel tratto di mare antistante le città di Torre del Greco - Torre Annunziata. La distribuzione mensile di tali esplosioni è mostrata nella figura 9.

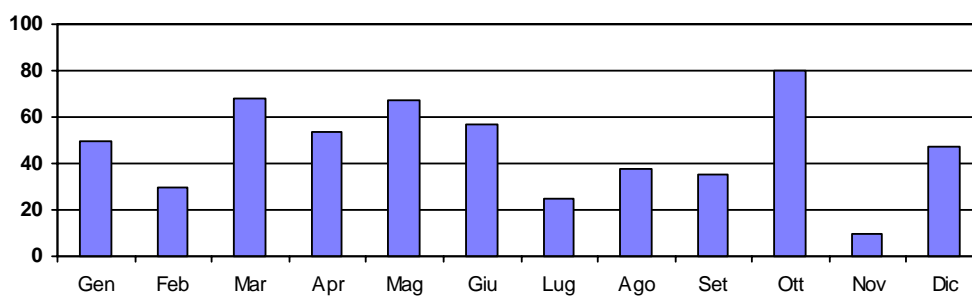


Fig. 9: Distribuzione mensile delle esplosioni registrate alla stazione CPV.

Questi eventi avvengono in limitate fasce orarie (durante la notte o nelle prime ore del mattino), come evidenziato dall'istogramma della frequenza oraria riportato nella figura 10.

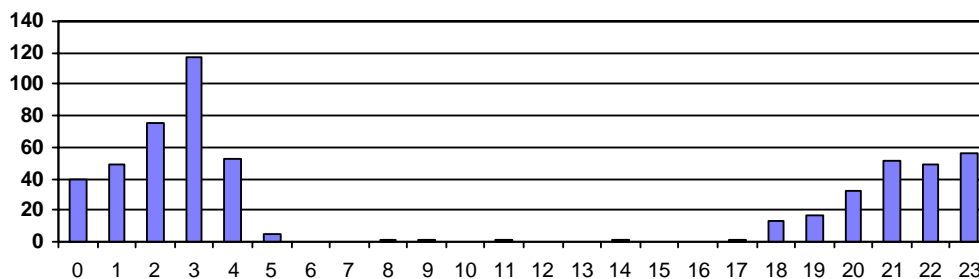


Fig. 10: Frequenza oraria (ora locale) delle esplosioni registrate alla stazione CPV.

6.3. Campi Flegrei

6.3.1. Attività sismica

Nel corso del 2002 sono stati registrati 3 segnali transienti di bassa energia (figg. 11 e 12) alla stazione POZ (tab. 2).

Tab. 2: *Data, ora e magnitudo dei segnali transienti di bassa energia alla stazione POZ.*

Data	Ora GMT	Magnitudo
13/06/2002	12:15	0.1
13/06/2002	13:45	-0.1
19/06/2002	12:00	0.2

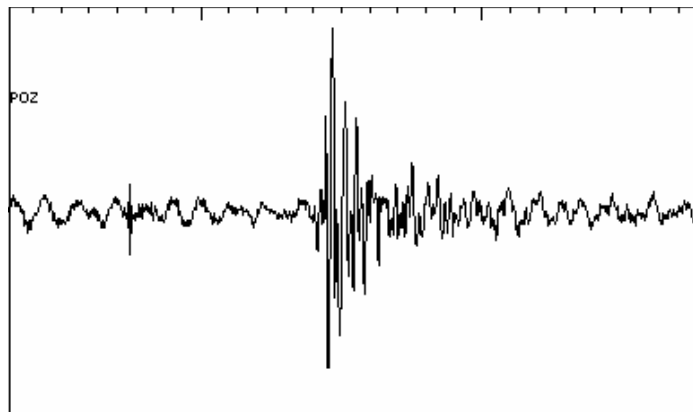


Fig. 11: *Traccia dell'evento registrato alle 12:15 del 13 giugno alla stazione POZ. L'evento successivo, registrato alle 13:45 presenta una forma d'onda analogica. L'intervallo temporale tra due tick maggiori è di 10s.*

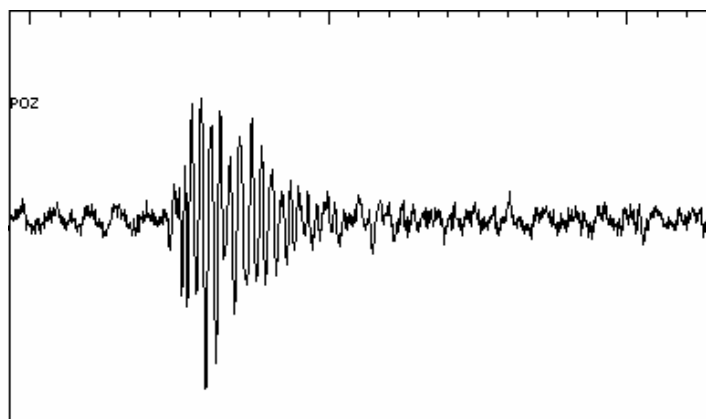


Fig. 12: *Traccia dell'evento registrato alle 12:00 del 19 giugno alla stazione POZ. L'intervallo temporale tra due tick maggiori è di 10s.*

Inoltre sono stati registrati 2 eventi sismici con magnitudo inferiore ad 1.0 (tab. 3). Solo per il secondo evento è stato possibile valutare l'epicentro ed è stato localizzato sul bordo orientale degli Astroni.

Tab. 3: *Data ed ora degli eventi di bassa energia.*

Data	Ora GMT
30/10/2002	10:25
25/12/2002	6:35

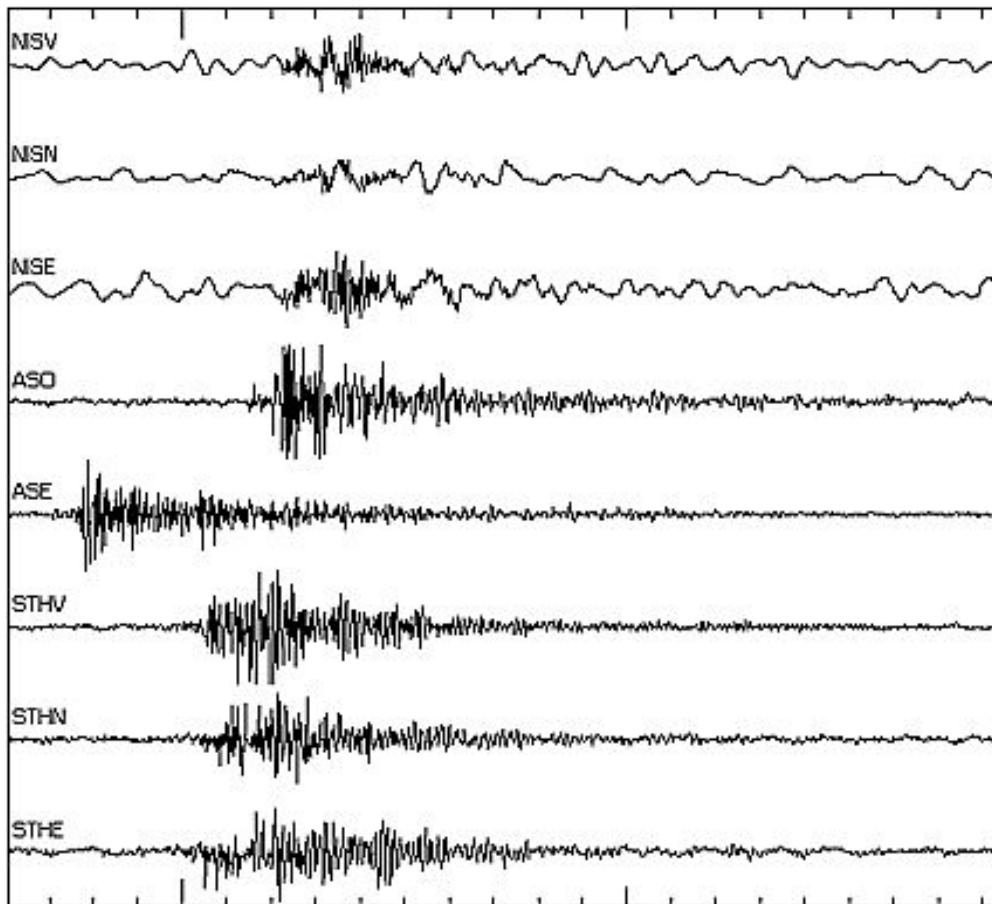


Fig. 13: *Traccia dell'evento registrato alle ore 06:35 del 25 Dicembre. L'intervallo temporale tra i due tick maggiori è di 10s.*

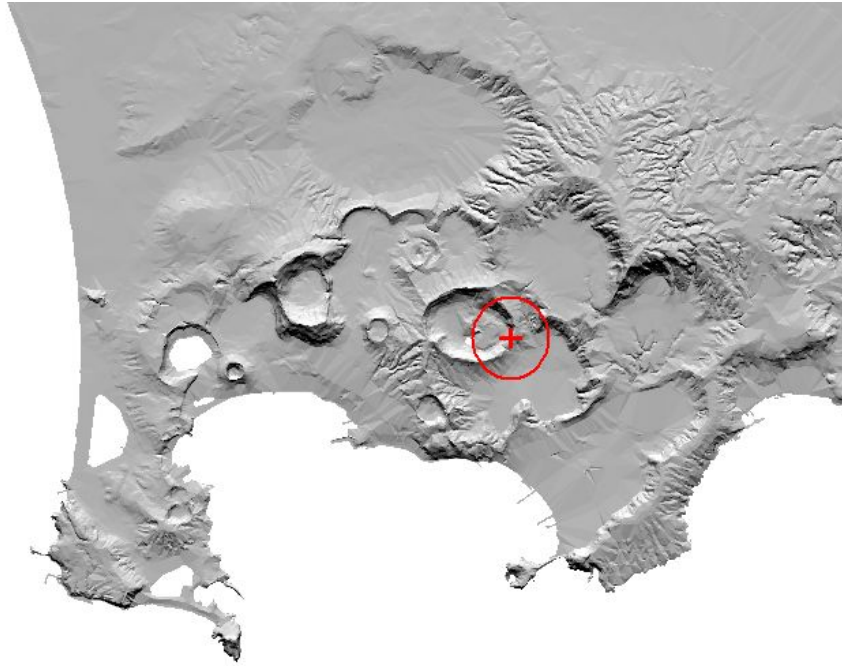


Fig. 14: Localizzazione epicentrale dell'evento del 25 Dicembre 2002.

Le stazioni sismiche hanno inoltre rilevato 76 probabili esplosioni artificiali avvenute nel Golfo di Pozzuoli. Le distribuzioni mensile ed oraria di tali esplosioni sono mostrate nella figura 15.

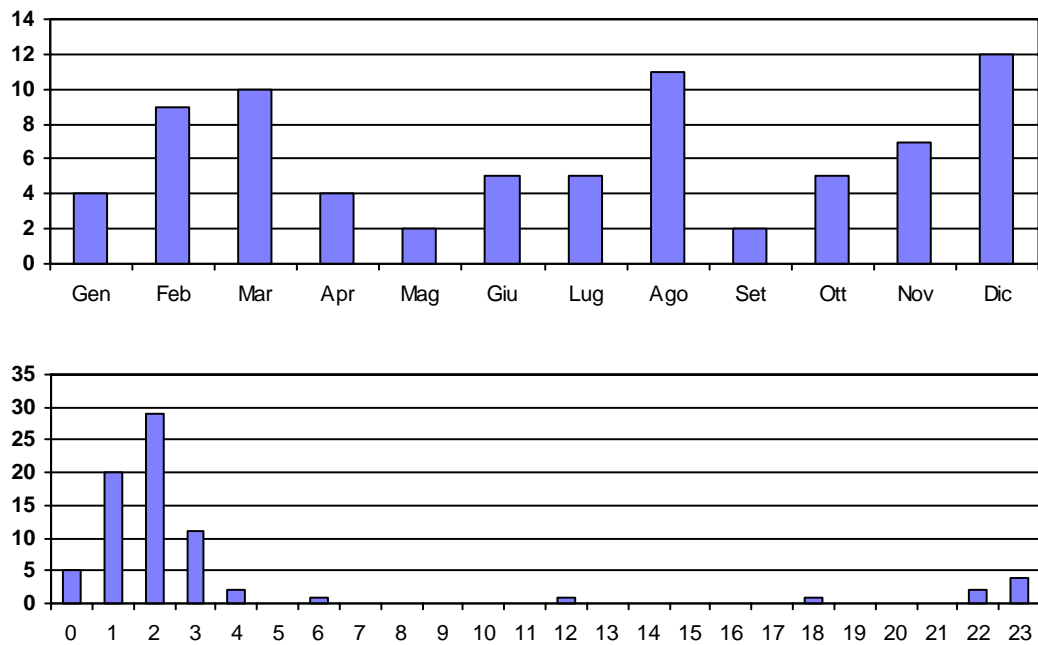


Fig. 15: Frequenza mensile ed oraria delle esplosioni registrate nell'area Flegrea.

6.4. Ischia

6.4.1. Attività sismica

Nel corso del 2002 la stazione OC9 (fig. 1) ha registrato 2 terremoti locali (fig. 16) e un transiente di dubbia origine (fig. 17) (tab. 4). Inoltre sono state rilevate 2 esplosioni di natura artificiale.

Tab. 4: *Data e ora dei terremoti e del transiente registrati alla stazione OC9.*

Data	Ora	Durata (s)
31/03/2002	01:20	19
07/06/2002	08:22	12
07/06/2002	13:47	10

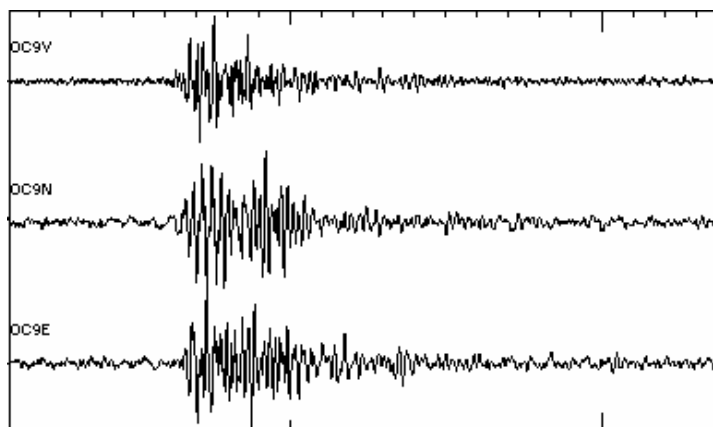


Fig. 16: *Traccia del terremoto registrato alle 08:22 del 7 giugno alla stazione OC9. L'evento successivo, registrato alle 13:47 presenta una forma d'onda analoga. L'intervallo temporale tra due tick maggiori è di 10s.*

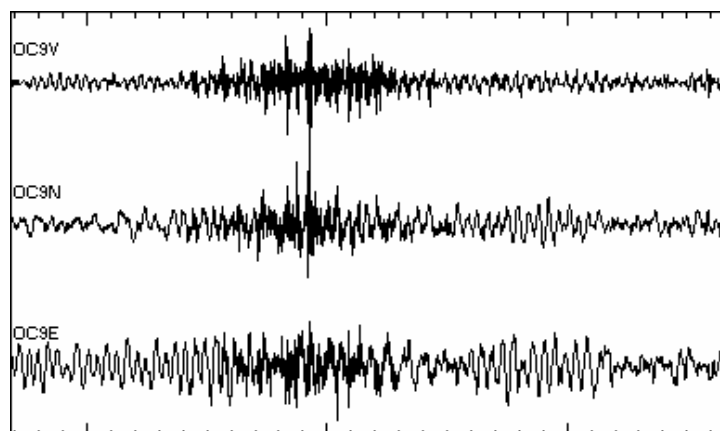


Fig. 17: *Traccia del transiente registrato alle 01:20 del 31 marzo alla stazione OC9. L'intervallo temporale tra due tick maggiori è di 10s.*

6.5. Sismicità localizzata in zone esterne all'area vulcanica napoletana

Le stazioni sismiche dell'Osservatorio Vesuviano esterne alle aree vulcaniche napoletane, oltre a contribuire allo studio della sismicità di tali aree, hanno registrato terremoti relativi ad altre zone sismogenetiche dell'Appennino campano. In particolare, la stazione SGG (fig. 1), ubicata sul massiccio del Matese, ha registrato 411 eventi sismici (fig. 18).

Dalla figura 19 si evince che la stazione SGG è in grado di rilevare anche la sismicità di bassa energia dell'area. La massima magnitudo rilevata è pari a 3.2.

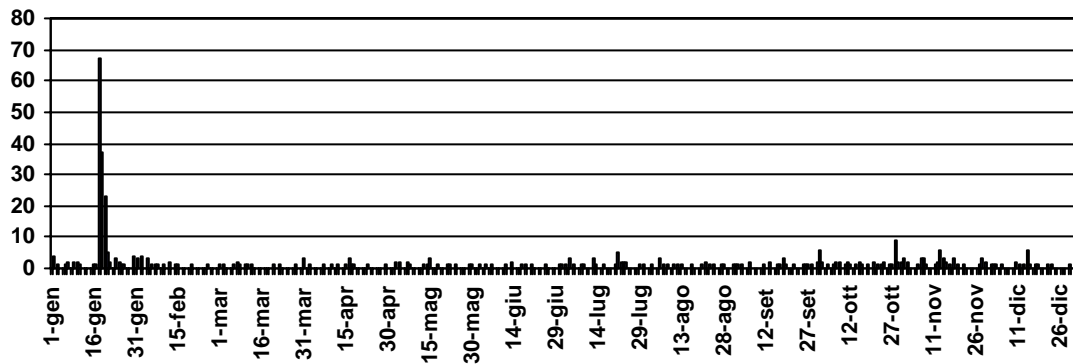


Fig. 18: Distribuzione temporale con frequenza giornaliera dei terremoti regionali registrati alla stazione SGG.

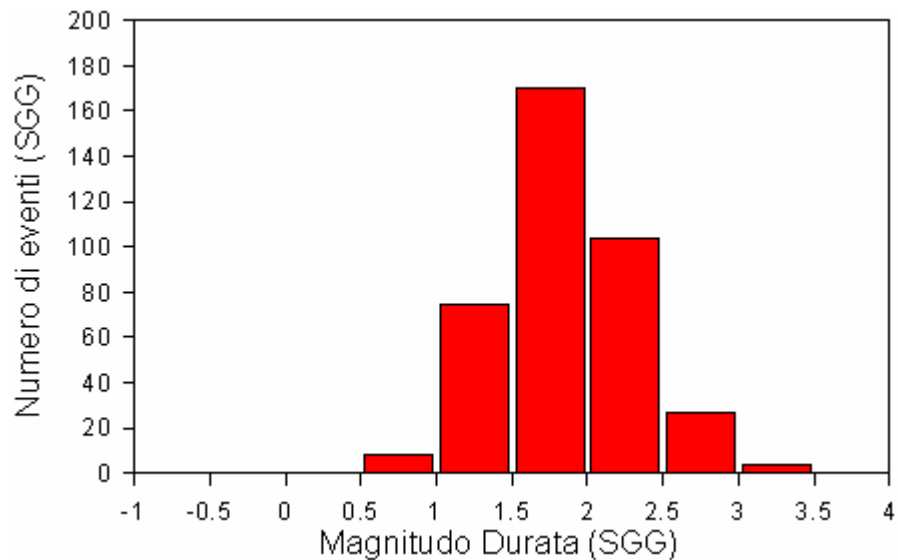


Fig. 19: Numero di eventi locali registrati alla stazione SGG per classi di magnitudo di ampiezza 0.5.

La stazione NL9 (fig. 1), installata sui contrafforti dei monti di Avella, ha registrato 12 terremoti locali. La stazione ha inoltre registrato 338 esplosioni relative all'attività

estrattiva delle cave presenti nella zona. La figura 20 riporta la distribuzione settimanale ed oraria delle esplosioni. Da tali grafici si nota come tali scoppi avvengano soprattutto nei giorni feriali, quasi sempre intorno alle ore 17:00.

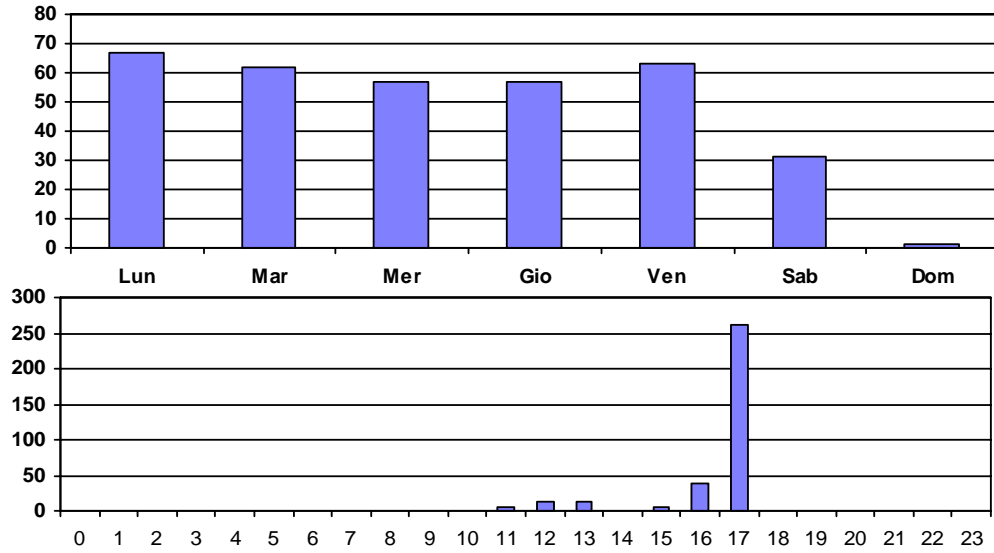


Fig. 20: *Distribuzione settimanale ed oraria (ora locale) delle esplosioni registrate alla stazione NL9.*