

# Sismologia



*A cura di Borriello G., Buonocunto C., Capello M., Caputo A., Castellano M., Cusano P., D'Auria L., De Cesare W., Giudicepietro F., Lo Bascio D., Martini M., Orazi M., Petrosino S., Ricciolino P., Scarpato G., Talarico G., Torello V., Bianco F., Del Pezzo E. e La Rocca M.*

1. Introduzione	pag. 15
2. Distribuzione della rete e strumentazione	pag. 16
3. Installazione nuove stazioni	pag. 19
4. Manutenzione della rete	pag. 19
4.1. Miglioramento installazioni e funzionalità stazioni	pag. 19
4.2. Sistemi di alimentazione	pag. 20
4.3. Sensori	pag. 20
4.4. Modulatori ed acquisitori	pag. 20
4.5. Telemetria	pag. 21
5. Sala di monitoraggio	pag. 21
6. Analisi dei dati	pag. 22
6.1. Vesuvio	pag. 23
6.1.1. Antenna sismica di "Bunker Est"	pag. 28
6.2 Campi Flegrei	pag. 31
6.3. Ischia	pag. 33
6.4. Attività sismica in zone esterne alle aree vulcaniche napoletane	pag. 34
6.5. Evento sismico di "Posillipo" del 26.11.03	pag. 35



# Sismologia

*Borriello G., Buonocunto C., Capello M., Caputo A., Castellano M., Cusano P., D'Auria L., De Cesare W., Giudicepietro F., Lo Bascio D., Martini M., Orazi M., Petrosino S., Ricciolino P., Scarpato G., Talarico G. e Torello V. Bianco F., Del Pezzo E. e La Rocca M.*

## 1. Introduzione

La Rete Sismica dell'Osservatorio Vesuviano (RSOV) è 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 in collaborazione con la Rete Sismica Nazionale Centralizzata (INGV – Centro Nazionale Terremoti).

La ricezione dei dati delle stazioni della RSOV è centralizzata presso la sede OV di via Manzoni. Nel mese di Marzo 2003 un cedimento strutturale ha reso inagibile l'edificio che ospitava detta sede. La necessità di individuare una soluzione alternativa nel più breve tempo possibile ha portato allo spostamento di tutto il sistema di centralizzazione ed acquisizione presso l'edificio adiacente, nei locali occupati dal Dipartimento di Urbanistica del Comune di Napoli. I limiti e la precarietà della nuova installazione hanno determinato per alcune stazioni un aumentato dei disturbi e delle interferenze sui segnali radio.

Per questo motivo molti degli interventi effettuati sulla rete sismica durante l'anno sono stati indirizzati a cercare di ridurre questo inconveniente per migliorare la qualità dei segnali. Sulla base di tale esperienza è in programma una ristrutturazione della rete che prevede la centralizzazione dei segnali con sistemi ridondanti ed indipendenti.

## 2. Distribuzione della rete e strumentazione

La Rete Sismica è attualmente costituita da 28 stazioni analogiche a corto periodo (1 Hz) e 3 stazioni digitali a larga banda distribuite sul territorio con una geometria 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 (9 stazioni di cui 4 a componente verticale e 5 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.

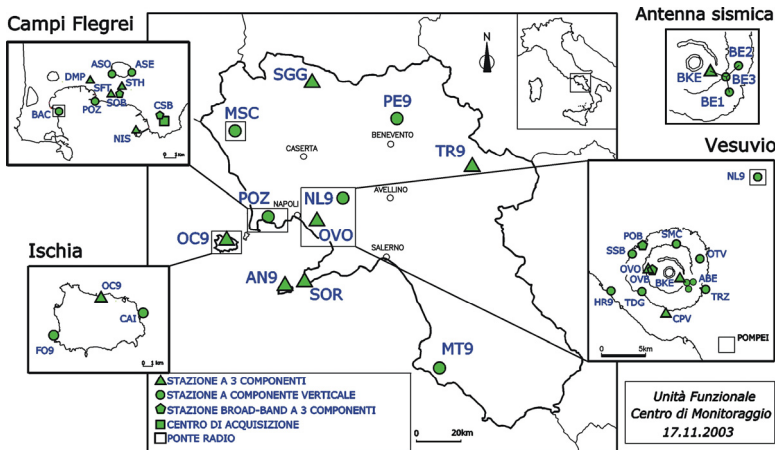


Fig. 1: Rete Sismica dell'Osservatorio Vesuviano – INGV.

La Tab. 1 mostra l'elenco delle stazioni con l'anno di installazione. Le coordinate sono determinate su base cartografica al 25000.

**Tab. 1:** <sup>1</sup>CP = Corto periodo; LB = Larga banda; IC = componente verticale; 3C = tre componenti. <sup>2</sup>Data di installazione. <sup>3</sup>Convertita in 3C a Marzo 2001. <sup>4</sup>Convertita in 3C a Giugno 2001.

Sigla	Località	Lat. N	Long. E	Quota (m. slm)	Sensore <sup>1</sup>	Data <sup>2</sup>
ABE	Antenna Bunker Est	40°49.06'	14°26.39'	820	CP-3x1C	2003
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 <sup>3</sup>	Vesuvio Bunker Est	40°49.07'	14°26.33'	863	CP-3C	1992
CAI	Ischia Castel Aragonese	40°43.88'	13°57.92'	80	CP-1C	1996
CPV <sup>4</sup>	Vesuvio Cappella Nuova	40°46.93'	14°25.33'	190	CP-3C	1992
CSB	Posillipo	40°48.37'	14°11.58'	160	LB-3C	2002
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-Casamicciola	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
OVV	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	Solfatarà	40°49.79'	14°08.31'	90	CP-3C	2000
SGG	Mt. Matese	41°23.20'	14°22.75'	880	CP-3C	1977
SMC	S.Maria di Castello	40°51.12'	14°26.08'	406	CP-1C	1995
SOB	Solfatarà	40°49.65'	14°08.66'	175	LB-3C	2000
SOR	Sorrento	40°34.92'	14°20.10'	497	CP-3C	1976
SSB	Vesuvio S.Sebastiano	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

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. 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 (1s); 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 sono il risultato di un progetto sviluppato e realizzato dal Laboratorio di Manutenzione e Sviluppo della Rete Sismica (sistema MARCAP) modificato per garantire il mantenimento degli standard di risposta della precedente strumentazione. I nuovi apparati hanno sostituito quasi tutti i precedenti 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 digitalizzati a 100Hz da un acquisitore locale costituito da una stazione *Kinematics K2* e trasmessi in continuo via porta seriale 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 da 75W. Un sistema di alimentazione a tampone con caricabatteria *KERT* da 3A e batterie al piombo sigillate *FIAMM* da 70 A/h garantisce un'autonomia di 3-4 giorni in caso di interruzione della corrente elettrica.

### **3. Installazione nuove stazioni**

Il potenziamento della rete sismica nel 2003 ha visto la realizzazione di un'Antenna Sismica (Antenna Bunker Est - ABE) realizzata nell'area della stazione di Bunker Est (BKE - Vesuvio; Fig. 1). Nel mese di Giugno l'antenna è stata prima realizzata in configurazione tripartita con due nuove stazioni (BE1 e BE2) in aggiunta alla stazione a tre componenti di Bunker Est (BKE). Successivamente, nel mese di Ottobre, è stata installata una nuova stazione (BE3) ottenendo, così, l'attuale configurazione quadripartita con i lati più lunghi di 200 metri (Fig. 1). Scopo dell'Antenna è il monitoraggio e l'analisi di eventuali segnali a bassa frequenza (2-4 Hz) caratterizzati da inizi emergenti, non localizzabili con metodi standard.

E' stata effettuata, inoltre, la ricerca di nuovi siti per l'installazione di altre stazioni a larga banda ed a corto periodo al fine di migliorare ulteriormente la geometria della rete. Per tre siti nell'area dei Campi Flegrei e due esterni all'area del Vesuvio si è in attesa delle relative autorizzazioni all'installazione da parte dei competenti Enti locali. La ricerca di siti con caratteristiche adeguate è resa difficile, specialmente per i sensori a larga banda, dalla intensa urbanizzazione dell'area.

### **4. Manutenzione della rete**

#### **4.1. Miglioramento installazioni e funzionalità stazioni**

Nel 2003 è continuato il programma di miglioramento e standardizzazione delle stazioni sismiche della rete. Gli interventi di manutenzione straordinaria su tutta la rete vengono effettuati di norma entro 24-36 ore. Nel secondo semestre dell'anno è stato effettuato il controllo e la taratura di tutti i demodulatori Lennartz (operativi e di riserva) presenti presso il sistema di acquisizione al fine di uniformarne la risposta in ampiezza. Analogamente sono stati controllati e, ove necessario, tarati gli amplificatori delle stazioni analogiche ed effettuate le calibrazioni di tutte le

stazioni peninsulari. Il controllo ed il ciclo di calibrazioni per le stazioni di Ischia sarà effettuato entro il mese di Febbraio 2004.

## **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 2003 hanno subito minimi danni da fulmini o scariche elettriche.

## **4.3. Sensori**

Tutti i sismometri operativi hanno funzionato senza problemi. L'unica eccezione è relativa al sismometro Geotech S13 della componente Nord-Sud della stazione di San Gregorio Matese (SGG); per questo sensore è stato necessario sostituire la bobina di calibrazione risultata interrotta.

## **4.4. Modulatori ed acquisitori**

Sono stati sostituiti quasi tutti i vecchi modulatori, alcuni dei quali in funzione da circa 30 anni. I nuovi apparati (Capello, 1996) hanno bassi costi di produzione e una modularità che li rende estremamente funzionali per le operazioni di verifica e controllo.



## **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 elettromagnetica. 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 gestore del servizio. 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 operativo sulla stazione digitale dell'Osservatorio Vesuviano (OVB).

I segnali acquisiti dalla rete sismica dell'Osservatorio Vesuviano sono monitorati ed analizzati tramite un sistema di moduli software distribuiti su rete informatica, comunicanti tramite protocollo TCP/IP, appositamente realizzati dal personale dell'Osservatorio Vesuviano. Alcune delle forme d'onda e dei risultati ottenuti dalle elaborazioni automatiche o supervisionate manualmente sono pubblicati in modo automatico sul sito web dell'Osservatorio Vesuviano.

## **5. Sala di monitoraggio**

La sala di monitoraggio dell'Osservatorio Vesuviano è preposta alla sorveglianza del Vesuvio, dei Campi Flegrei e di Ischia.

In essa, da maggio 2003, si svolgono anche le attività per la sorveglianza dello Stromboli, utilizzando i segnali in trasmissione continua della rete sismica a larga banda installata sull'isola a seguito della recente crisi eruttiva (dic. 2002 - lug. 2003).

La sala riceve i dati trasmessi da 40 stazioni sismiche, tra monocomponenti e triassiali per un totale di 94 canali, installate nelle aree citate ed è dotata di sistemi per la visualizzazione e l'analisi dei segnali in tempo reale, con procedure automatiche e manuali. Nella sala si svolgono i turni di sorveglianza e da qui partono le comunicazioni alle autorità di Protezione Civile.

Dal gennaio 2000 l'acquisizione, parte della trasmissione dati, la visualizzazione e l'analisi automatica dei segnali della rete analogica sono effettuate utilizzando i moduli software del Sistema Sismometrico Modulare Integrato (SISMI), sviluppato presso l'Osservatorio Vesuviano. Questo sistema, innovativo rispetto ai tradizionali, ha garantito elevate prestazioni offrendo flessibilità, efficienza, affidabilità e semplicità d'uso.

Per l'acquisizione dei segnali delle stazioni a larga banda della rete di monitoraggio dei vulcani della Campania è stato installato un sistema, considerato provvisorio, che sfrutta il software di acquisizione IASPEI e realizza la temporizzazione dei segnali grazie a un dispositivo hardware-software sviluppato presso l'Osservatorio Vesuviano.

Per l'analisi manuale "off Line" è utilizzato il programma Winpick, in uso anche presso il laboratorio sismico.

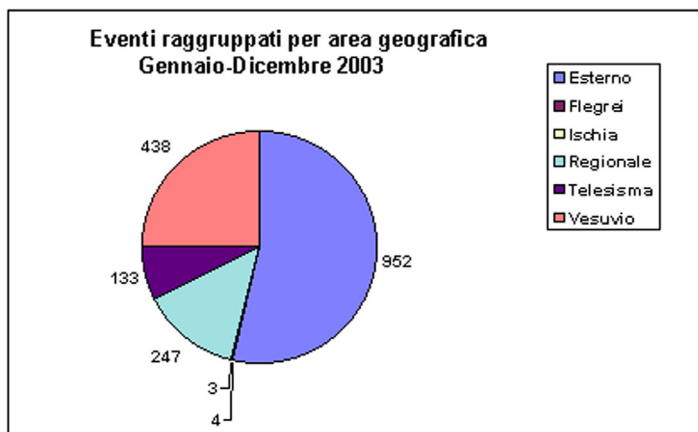
Oltre ai sistemi fin qui citati nella sala di monitoraggio dell'Osservatorio Vesuviano è utilizzato anche Earthworm (USGS) per le localizzazioni automatiche degli eventi sismici delle aree flegrea e vesuviana e per l'importazione ed esportazione dei dati da e verso le altre sezioni INGV ed i sistemi di acquisizione remoti della rete a larga banda di Stromboli.

Nel 2002 è stato introdotto il sistema Web Based Seismological Monitoring (WBSM) sviluppato presso l'Osservatorio Vesuviano, che crea un database automatico delle forme d'onda e dei dati parametrici generati dai processi per la localizzazione automatica e fornisce un'interfaccia web per l'accesso a tutte le informazioni.

## **6. Analisi dei dati**

Nel corso dell'anno 2003 la rete sismica permanente dell'Osservatorio Vesuviano ha registrato 2885 eventi sismici. Di questi 1777 sono eventi naturali e 1108 eventi artificiali (probabili esplosioni).

La distribuzione per area geografica dei terremoti registrati è mostrata in Fig. 2.



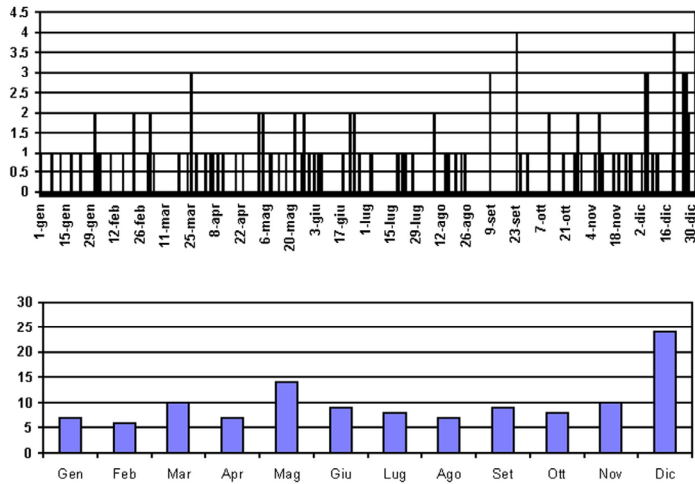
**Fig. 2:** *Distribuzione geografica dei terremoti registrati nell'anno 2003. Regionali = terremoti avvenuti nell'area campana (ad esclusione delle aree Vesuvio - Campi Flegrei - Ischia). Esterni = terremoti esterni all'area campana e con distanza focale minore di 1400 km. Telesismi = terremoti esterni all'area campana e con distanza focale maggiore di 1400 km.*

## 6.1. Vesuvio

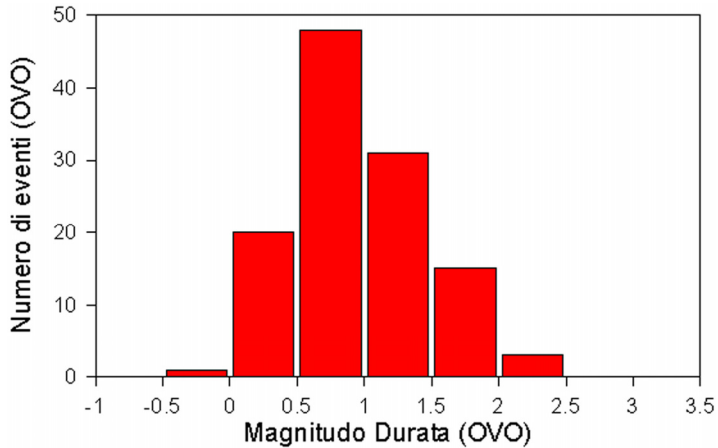
Al Vesuvio, la stazione sismica OVO (Fig. 1), considerata come stazione di riferimento per tutte le analisi effettuate riguardo la sismicità, ha registrato nel 2003 119 terremoti con magnitudo  $M_D \geq 0$ .

La distribuzione giornaliera e mensile di tali eventi è riportata in Fig. 3.

La distribuzione della sismicità per classi di magnitudo è mostrata in Fig. 4. Nel periodo di tempo considerato, non sono avvenuti terremoti con magnitudo superiore a 2.3.

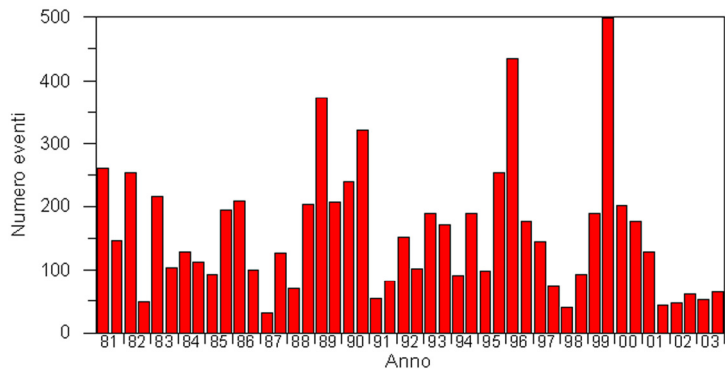


**Fig. 3:** *Distribuzione giornaliera e mensile dei terremoti alla stazione OVO.*



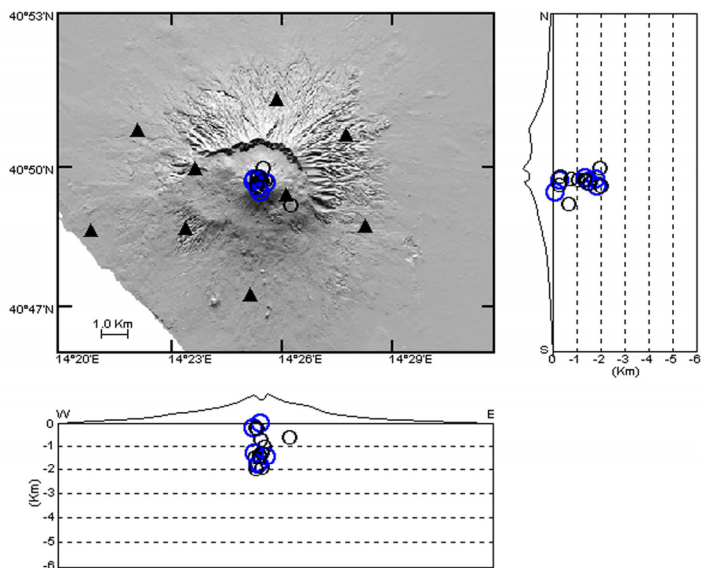
**Fig. 4:** *Numero di eventi registrati alla stazione OVO per classi di magnitudo di ampiezza 0.5.*

Al fine di confrontare la sismicità avvenuta nel 2003 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 Fig. 5.



**Fig. 5:** *Distribuzione temporale con frequenza semestrale del numero di eventi sismici registrati alla stazione OVO per il periodo 1981-2003.*

Le localizzazioni ipocentrali degli eventi verificatisi nel 2003 sono riportate in Fig. 6.



**Fig. 6:** *Localizzazioni dei terremoti avvenuti nell'anno 2003. I cerchi neri rappresentano eventi con  $M_D \leq 1.5$ , i cerchi blu rappresentano eventi con  $1.5 < M_D < 2.5$ .*

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	$V_p = 2 \text{ km/s}$	semispazio	$V_p = 6 \text{ km/s}$
0 - 2 km	$V_p = 3 \text{ km/s}$		$V_p/V_s = 1.90$

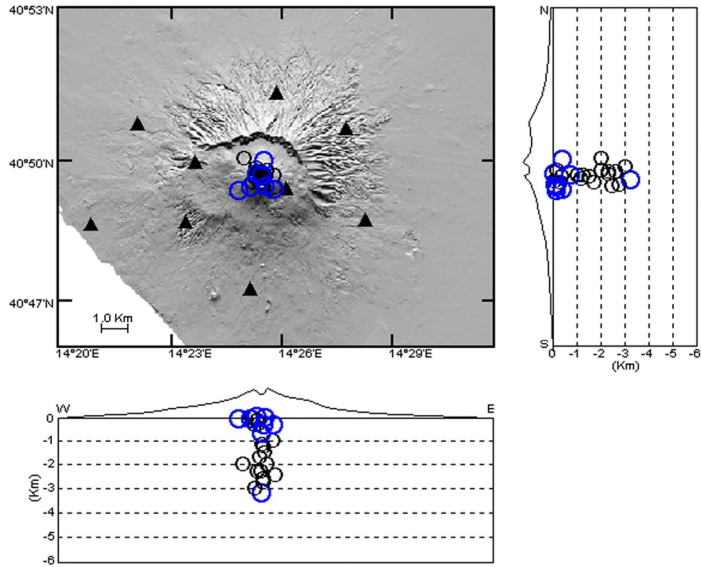
La tabella seguente riporta i parametri ipocentrali dei terremoti con  $M_D > 2.1$ .

**Tab. 2:** Parametri ipocentrali dei terremoti con  $M_D > 2.1$  avvenuti nel corso del 2003.

Data	Ora GMT	Lat N	Lon E	Prof. (km)	MD	RMS (s)	ERH (km)	ERZ (km)	Q
19/04/03	10:04	40-49.46	14-25.45	1.33	2.3	0.27	0.8	0.5	B
23/11/03	04:59	40-49.38	14-25.77	1.45	2.3	0.05	0.1	0.1	A

I terremoti avvenuti nel 2003 sono stati localizzati (Fig. 7) anche con il modello di velocità in uso presso l'Osservatorio Vesuviano prima dell'introduzione del nuovo modello derivato dalla tomografia sismica. Il modello, utilizzato per le localizzazioni di routine fino al mese di dicembre 2000, è riportato di seguito:

topografia	$V_p = 3 \text{ km/s}$	10 - 23 km	$V_p = 6.2 \text{ km/s}$
0 - 2.5 km	$V_p = 3 \text{ km/s}$	23 - 30 km	$V_p = 6.7 \text{ km/s}$
2.5 - 4 km	$V_p = 3.5 \text{ km/s}$	semispazio	$V_p = 8.2 \text{ km/s}$
4 - 10 km	$V_p = 4 \text{ km/s}$		$V_p/V_s = 1.80$



**Fig. 7:** Localizzazioni dei terremoti avvenuti nell'anno 2003, 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  $1.5 < M_D < 2.5$ .

L'evento di magnitudo 2.3 avvenuto il 23 Novembre alle ore 4:59 GMT è stato rilevato con un numero sufficiente di dati di polarità dei primi arrivi delle onde P, per cui è stato possibile determinarne il meccanismo focale.

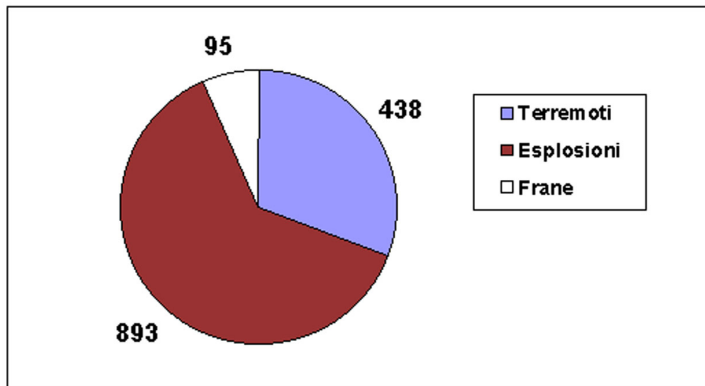
La Fig. 8 mostra la soluzione (proiezione emisfero inferiore) ottenuta utilizzando il codice di calcolo FPFIT.



**Fig. 8:** Meccanismo focale dell'evento del 23/11/2003 ore 4:59 GMT.

Oltre alla sismicità del Vesuvio, le stazioni sismiche hanno registrato 893 eventi artificiali probabilmente associati sia alle esplosioni che avvengono nel tratto di mare antistante le città di Torre del Greco - Torre Annunziata (vedi Rendiconto sull'attività di sorveglianza anno 2002), sia relativi all'attività estrattiva delle cave presenti nell'area Vesuviana. La bassa energia di questi segnali rilevati al più a due stazioni sismiche non ne consente la localizzazione.

Nel corso dell'anno sono stati rilevati anche 95 segnali sismici riconducibili a fenomeni franosi. La distribuzione degli eventi naturali ed artificiali rilevati nell'area Vesuviana è mostrata nella Fig. 9.



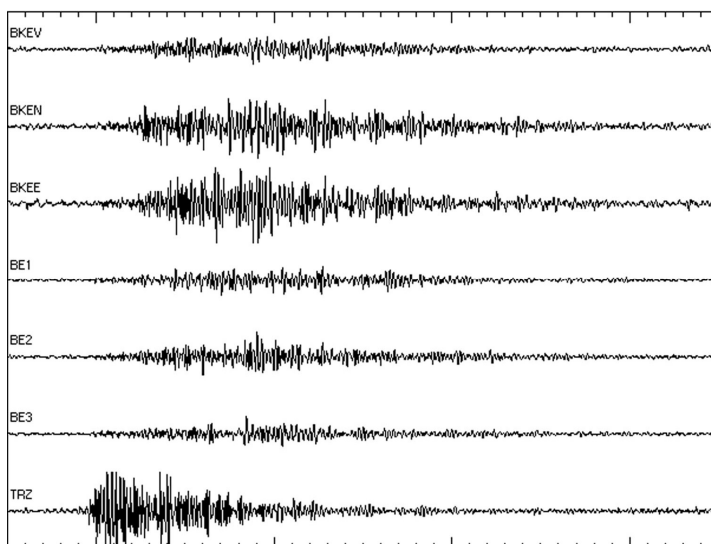
**Fig. 9:** *Distribuzione degli eventi rilevati nell'area Vesuviana.*

### **6.1.1. Antenna sismica di “Bunker Est”**

Nel corso del 2003 è stata installata un'antenna sismica quadripartita nell'area della stazione di Bunker Est (BKE; Fig. 1) con lo scopo di analizzare segnali sismici a bassa frequenza (2-4 Hz) con inizi emergenti non localizzabili con le tecniche tradizionali. Sono stati registrati segnali sismici appartenenti a diverse tipologie di fenomeni quali esplosioni artificiali nelle cave del settore sud-orientale del vulcano, esplosioni artificiali causate da pescatori di frodo lungo il litorale da Ercolano a Torre Annunziata, fenomeni franosi nell'area del cratere del Vesuvio e delle pareti interne del Monte

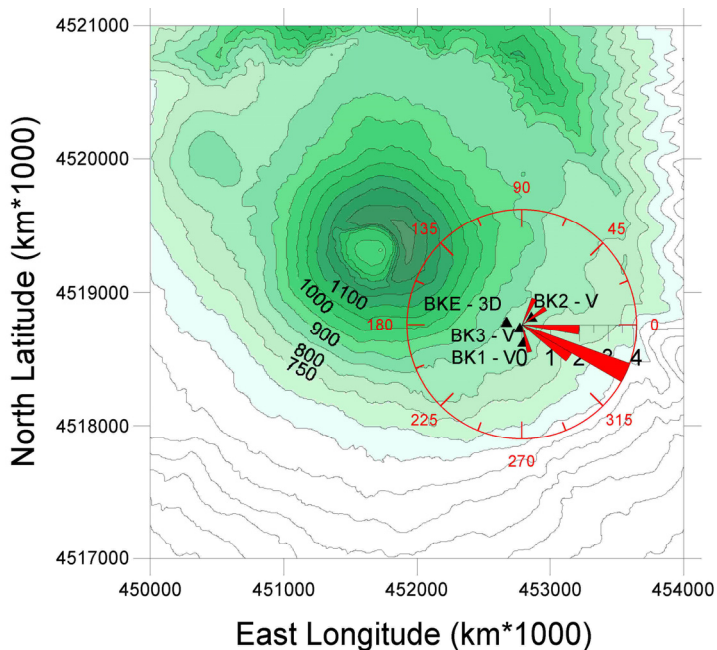


Somma. Con questi segnali è stata testata l'efficacia dell'antenna sismica nella definizione della direzione di provenienza del fronte d'onda (back-azimuth). La determinazione del back-azimuth, della velocità apparente e dei parametri di polarizzazione è stata effettuata impiegando diversi metodi (Zero Lag Cross Correlation, MUSIC). In Fig. 10 sono rappresentate le tracce dei segnali delle stazioni dell'antenna sismica e della stazione di Terzigno (TRZ) relativi ad un'esplosione in cava avvenuta proprio nella zona di Terzigno.



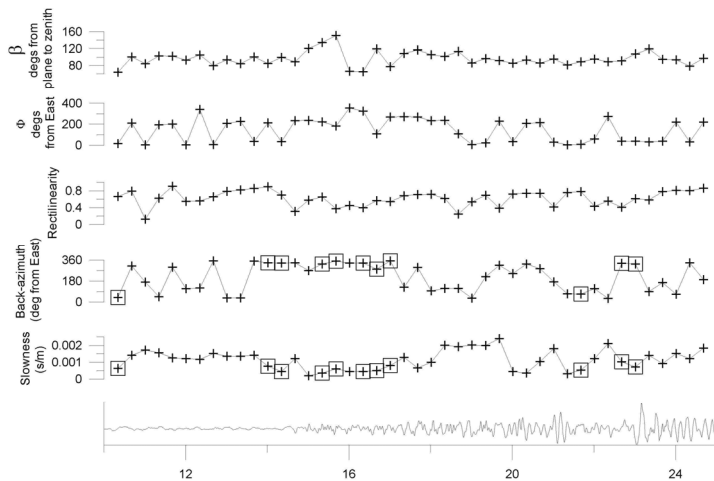
**Fig. 10:** *Traccia dell'esplosione artificiale registrata alle 14:26 del 5 dicembre avvenuta nella zona di Terzigno. La finestra temporale è di 40s.*

Il risultato dell'analisi effettuata con MUSIC evidenzia un segnale ben correlato con direzione di propagazione coincidente con la zona di provenienza dell'evento (Fig. 11).



**Fig. 11:** *Direzione di provenienza del segnale sismico associato all'esplosione avvenuta nell'area di Terzigno, ottenuta con la tecnica MUSIC.*

In Fig. 12 sono riportati i valori di back-azimuth, slowness ed i parametri di polarizzazione derivati dall'analisi. I primi risultati ottenuti delle analisi effettuate confermano la validità dell'antenna sismica nell'individuazione della direzione di provenienza del fronte d'onda, fornendo un efficace contributo ai sistemi di monitoraggio.



**Fig. 12:** *Andamento dei parametri di polarizzazione, back-azimuth e slowness in funzione del tempo, relativi all'esplosione artificiale a Terzigno.*

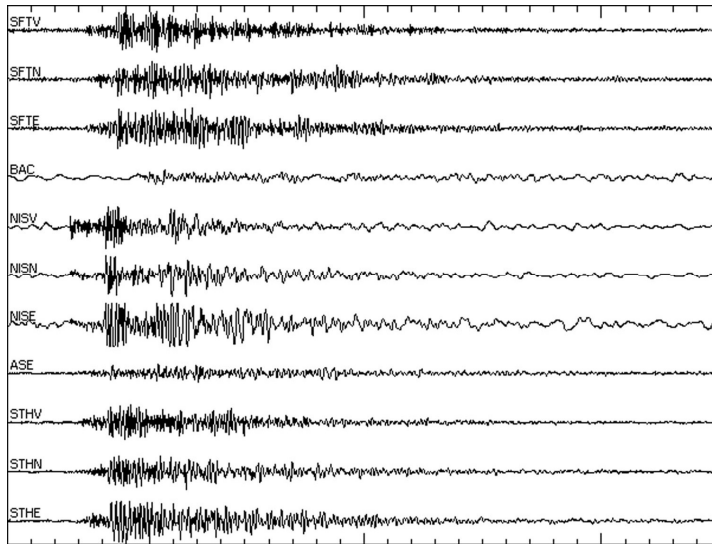
## 6.2. Campi Flegrei

Nel corso del 2003 le stazioni installate nell'area Flegrea hanno registrato 4 eventi sismici (Tab. 3).

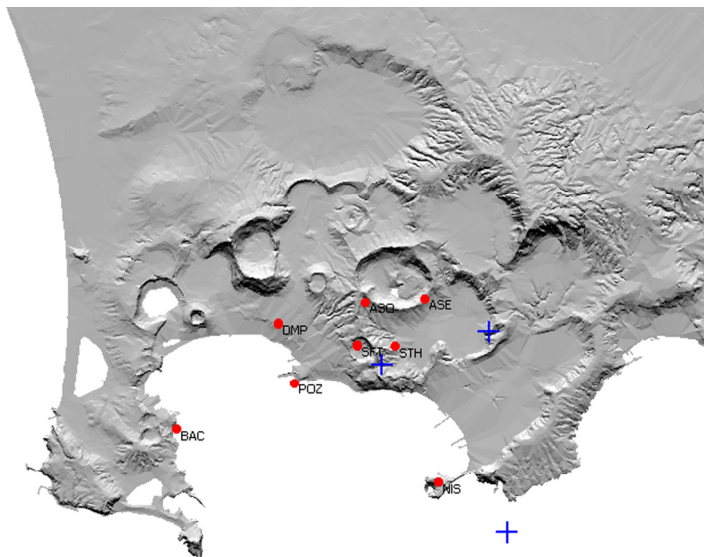
**Tab. 3:** *Terremoti registrati dalle stazioni sismiche in area Flegrea.*

Data	Ora GMT	Magnitudo
31/01/2003	03:23	ND
18/02/2003	15:32	1.7
02/03/2003	06:58	0.9
26/11/2003	17:13	1.4

Le localizzazioni relative agli ultimi 3 eventi elencati nella Tab. 2 sono mostrate nella Fig. 14.



**Fig. 13:** *Traccia dell'evento registrato alle 17:13 del 26 novembre. La finestra temporale è di 30 s.*



**Fig. 14:** *Localizzazioni dei terremoti avvenuti nell'area Flegrea durante l'anno 2003.*

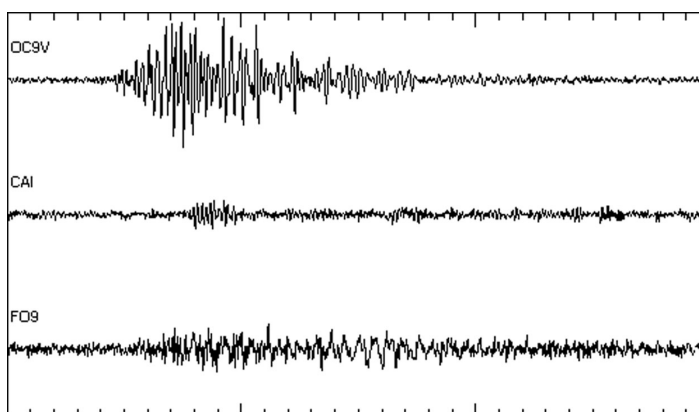
Le stazioni sismiche hanno inoltre rilevato 46 probabili esplosioni artificiali avvenute nel Golfo di Pozzuoli.

### 6.3. Ischia

Nel corso del 2003 le stazioni sismiche installate ad Ischia hanno registrato 4 terremoti locali (Tab. 4). Inoltre sono state rilevate 3 esplosioni di natura artificiale.

**Tab. 4:** *Terremoti registrati alle stazioni di Ischia.*

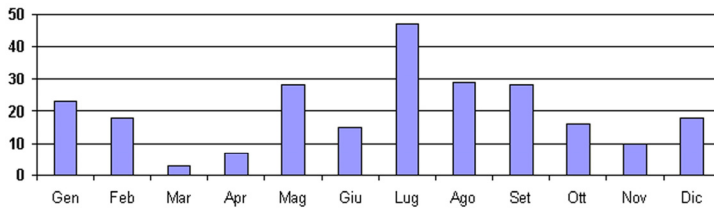
Data	Ora GMT	Durata (s)
11/06/2003	01:23	34
21/07/2003	15:35	12
07/12/2003	16:55	22
14/12/2003	17:51	22



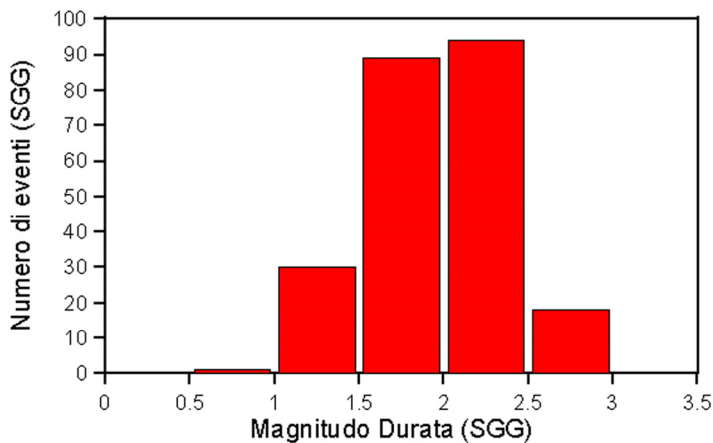
**Fig. 15:** *Traccia dell'evento registrato alle 16:55 del 7 dicembre. La finestra temporale è di 30 s.*

#### 6.4. Attività sismica in zone esterne alle aree vulcaniche napoletane

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 alle zone sismogenetiche dell'Appennino campano. In particolare, la stazione SGG (Fig. 1), ubicata sul massiccio del Matese, ha registrato 242 eventi sismici (Fig. 16 e Fig. 17). La massima magnitudo rilevata è pari a 3.0.



**Fig. 16:** Distribuzione temporale con frequenza mensile dei terremoti regionali registrati alla stazione SGG.

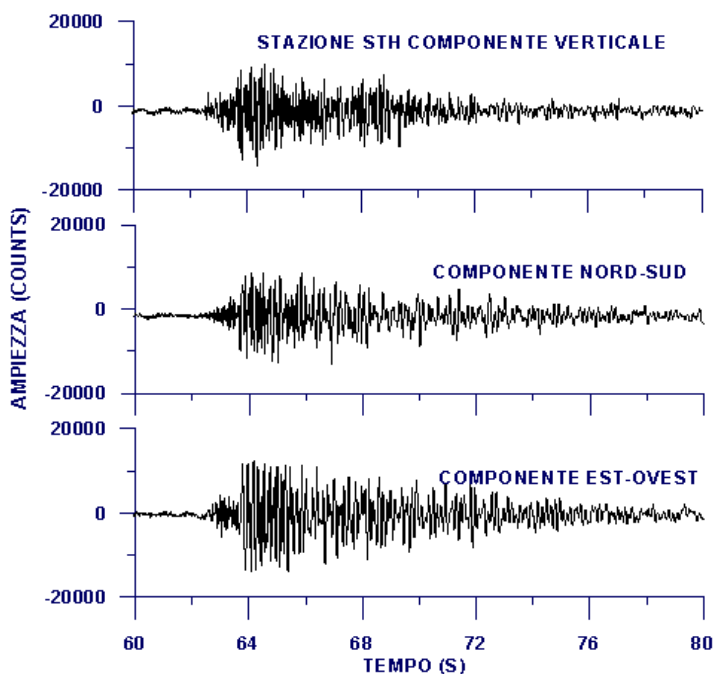


**Fig. 17:** Numero di eventi locali registrati alla stazione SGG per classi di magnitudo di ampiezza 0.5.

La stazione NL9 (Fig. 1), installata sui contrafforti dei monti di Avella, ha registrato 2 terremoti locali. La stazione ha inoltre registrato 152 esplosioni relative all'attività estrattiva delle cave presenti nella zona.

## 6.5. Evento sismico di "Posillipo" del 26.11.03

Il giorno 26 novembre 2003 la rete sismica dell'Osservatorio Vesuviano ha registrato alle ore 18:13 locali un evento di magnitudo 1.2 (Fig. 18), localizzato in prossimità della città di Napoli (Fig. 19).



**Fig. 18:** Il terremoto del 26.11.03 ore 17:13 GMT registrato alla stazione STH della rete dei Campi Flegrei.

Pur essendo di modesta energia l'evento è stato avvertito dalla popolazione residente nelle aree di Posillipo, Fuorigrotta e Bagnoli ed interpretato, a causa del boato che lo ha accompagnato, come effetto di una esplosione.

L'Osservatorio Vesuviano, nel comunicato emesso poco dopo l'evento, ha precisato che il fenomeno aveva le caratteristiche di evento naturale in base alle seguenti evidenze:

- presenza di onde S, tipica degli eventi di natura tettonica.
- assenza di ulteriori arrivi secondari.
- profondità ipocentrale certamente non inferiore a 2 Km.

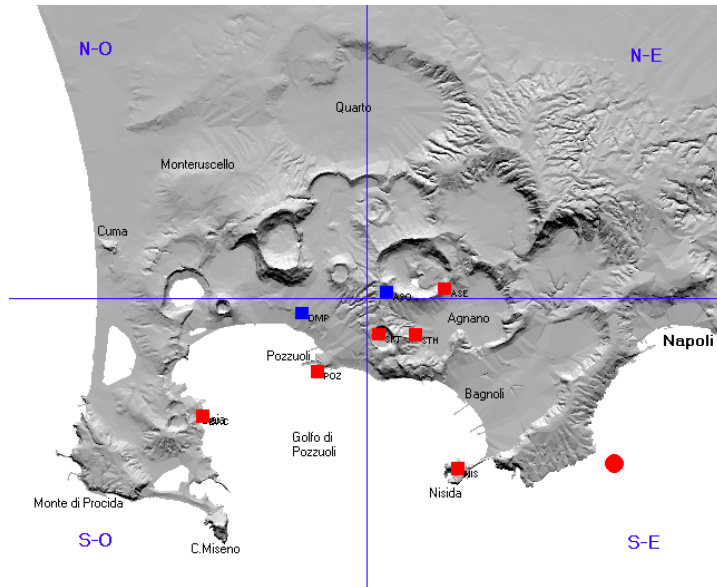
Diversamente da questo caso, eventi di origine artificiale, estremamente superficiali, privi della fase S diretta e caratterizzati da ulteriori arrivi dovuti alla propagazione delle onde in presenza di fondali marini, sono spesso registrati dalla rete sismica di monitoraggio dell'Osservatorio Vesuviano ed attribuiti ad esplosioni artificiali a mare.

I calcoli effettuati per l'evento sismico, tenendo presente che l'errore sulla determinazione della posizione è di circa 1 km (coordinate epicentrali) e 2 km (profondità), a causa della posizione decentrata della sorgente rispetto alle stazioni della rete sismica, hanno fornito i parametri mostrati in Tab. 5.

**Tab. 5:** *Parametri epicentrali del terremoto del 26 11 2003.*

<b>Tempo origine</b>	17:13:26.11 GMT
	Latitudine 40° 47.91'
<b>Localizzazione</b>	Longitudine 14° 12.50'
	Profondità 5.33 km
<b>Magnitudo</b>	1.2
<b>Area della localizzazione</b>	Golfo di Napoli, in prossimità di Posillipo





**Fig. 19:** Localizzazione dell'evento sismico del 26.11.03 ore 17:13 GMT (cerchio rosso). I quadrati in rosso evidenziano le stazioni della rete flegrea che hanno contribuito alla localizzazione.

