

# Rapporti tecnici

## INGV

**Studio della Sismicità nell'area tra  
Lazio, Abruzzo e Molise – L'esperimento  
di sismica passiva del progetto SLAM**

# 255



## **Direttore**

Enzo Boschi

## **Editorial Board**

Andrea Tertulliani - Editor in Chief (INGV - RM1)

Luigi Cucci (INGV - RM1)

Nicola Pagliuca (INGV - RM1)

Umberto Sciacca (INGV - RM1)

Alessandro Settimi (INGV - RM2)

Aldo Winkler (INGV - RM2)

Salvatore Stramondo (INGV - CNT)

Gaetano Zonno (INGV - MI)

Viviana Castelli (INGV - BO)

Marcello Vichi (INGV - BO)

Sara Barsotti (INGV - PI)

Mario Castellano (INGV - NA)

Mauro Di Vito (INGV - NA)

Raffaele Azzaro (INGV - CT)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Mario Mattia (INGV - CT)

Marcello Liotta (Univ. Caserta)

## **Segreteria di Redazione**

Francesca Di Stefano - coordinatore

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 095 7165851

[redazionecen@ingv.it](mailto:redazionecen@ingv.it)



# Rapporti tecnici INGV

## STUDIO DELLA SISMICITÀ NELL'AREA TRA LAZIO, ABRUZZO E MOLISE – L'ESPERIMENTO DI SISMICA PASSIVA DEL PROGETTO SLAM

Giovanni Battista Cimini<sup>1</sup>, Alberto Frepoli<sup>1</sup>, Gaetano De Luca<sup>1</sup>, Nicola Mauro Pagliuca<sup>2</sup>,  
Alessandro Marchetti<sup>1</sup>, Edoardo Giandomenico<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti)

<sup>2</sup>INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Sismologia e Tettonofisica)

# 255



## **Indice**

Introduzione	5
1. Inquadramento geologico e sismotettonica dell'area	5
2. La rete sismica temporanea	8
3. Il terremoto del 16 febbraio 2013	10
Conclusioni	17
Ringraziamenti	17
Bibliografia	17



## Introduzione

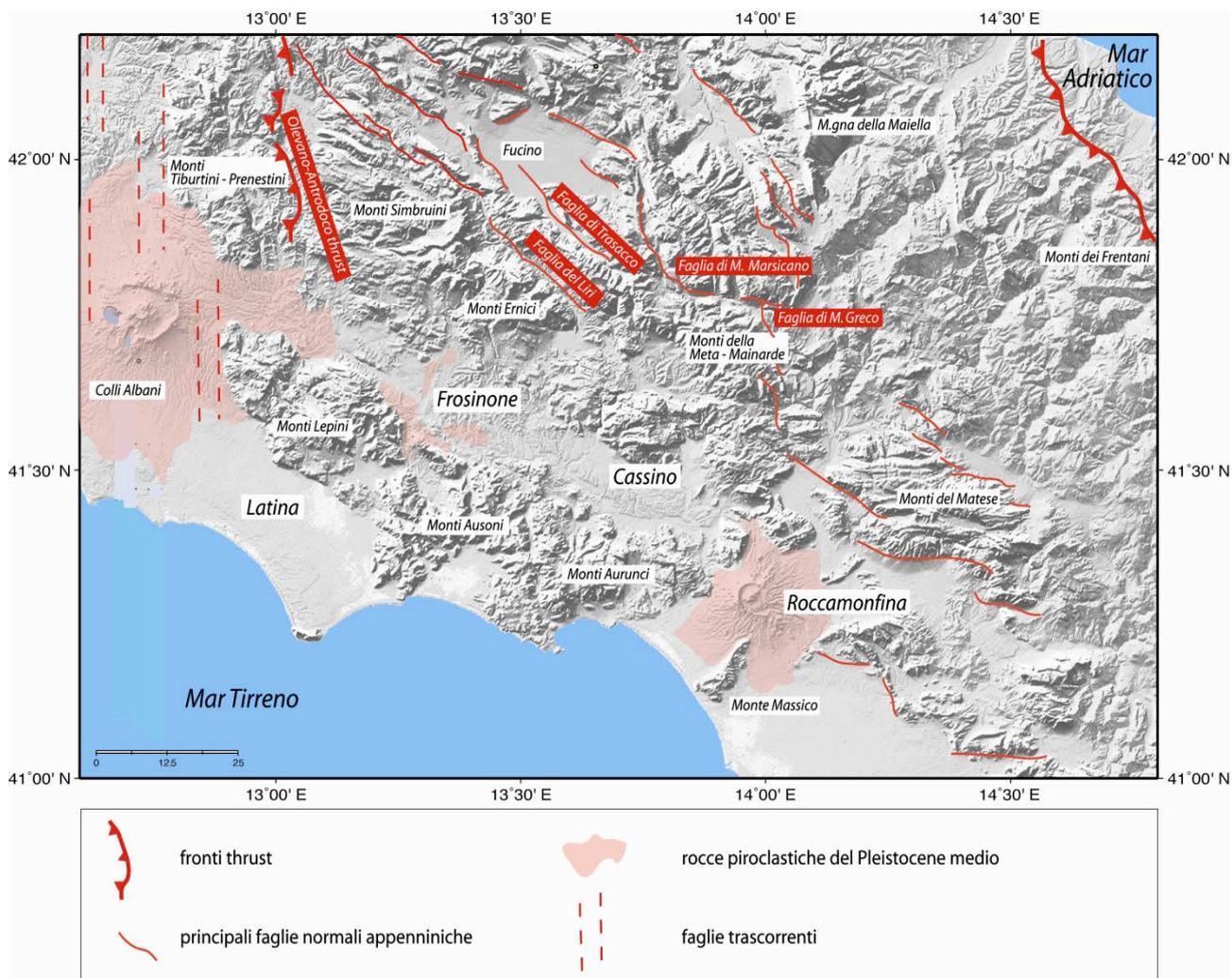
Il presente rapporto tecnico descrive l'esperimento di acquisizione dati sismici realizzato con una rete di stazioni mobili ad alta dinamica nell'area dell'Appennino Centrale comprendente il Lazio meridionale, la valle Roveto e l'alta valle del Sangro nella regione Abruzzo, e la provincia d'Isernia nel Molise. La rete è stata installata nell'ambito del progetto di ricerca "Sismicità dell'area tra Lazio, Abruzzo e Molise", denominato SLAM. Il progetto SLAM prosegue ed estende ad un'area più vasta lo studio della sismicità di fondo e di sequenze sismiche avvenute di recente nella regione, quali quelle di Campoli Appennino nella provincia di Frosinone (ottobre 2009 e maggio 2011) e di Montaquila nella provincia di Isernia (maggio 2010). La ricerca prevede innanzitutto la localizzazione precisa degli eventi sismici integrando i dati della rete nazionale dell'INGV con quelli delle reti regionali dell'Abruzzo [De Luca, 2011; De Luca et al., 2009] e del Molise [Del Pinto et al., 2011], e della rete temporanea nel periodo di operatività. Questa integrazione, unitamente alla definizione di un modello di velocità regionale, permette di aumentare il numero e migliorare la qualità delle localizzazioni ipocentrali con conseguente migliore caratterizzazione della sismotettonica dell'area in esame [Frepoli et al., 2011; Maggi et al., 2009]. Obiettivi dello studio sono inoltre la (ri)determinazione della magnitudo locale ( $M_L$ ), l'analisi del *b-value*, il calcolo dei meccanismi focali con il metodo dei primi arrivi e la determinazione del campo di *stress* [Frepoli et al., 2010]. L'intervallo temporale preso in considerazione per tali analisi comprende gli anni dal 2009 al 2013. L'area d'interesse si estende tra 41.0 e 42.2 gradi di latitudine nord e tra 12.6 e 14.8 gradi di longitudine est.

L'esperimento di sismica passiva è durato per circa 19 mesi, da novembre 2011 a maggio 2013. La strumentazione sismometrica utilizzata è stata fornita dalla Rete Sismica Mobile (Re.Mo.) del Centro Nazionale Terremoti (CNT). In caso di terremoti di rilievo o per specifici studi sulla sismicità e dell'interno terrestre, questa struttura del nostro Istituto rappresenta uno strumento fondamentale per l'installazione di reti sismiche temporanee ad integrazione ed ottimizzazione del monitoraggio sismico derivante dalle stazioni permanenti presenti sul territorio locale [Moretti et al., 2010]. Nel corso della campagna è stata registrata una cospicua attività sismica, inclusa, in particolare, la sequenza di terremoti occorsa tra febbraio ed aprile 2013 nell'area circostante la città di Sora, sul bordo sud-orientale dei Monti Ernici. I primi risultati riguardanti tale sequenza, caratterizzata dalla forte scossa del 16 febbraio di magnitudo  $M_L$  4.8, sono presentati nel paragrafo 3.

## 1. Inquadramento geologico e sismotettonica dell'area

L'area in studio si estende dalla Piana del Fucino, a nord, alla costa tirrenica della provincia di Latina e porzione settentrionale della provincia di Caserta, a sud, e dai monti del Matese – monti dei Frentani, ad est, sino al complesso dei Colli Albani ad ovest (Figura 1). Essa comprende quindi la catena dell'Appennino centrale tra il Lazio meridionale e l'Abruzzo e tra la Campania settentrionale e il Molise. La dorsale appenninica si è sviluppata durante il Neogene ed il Quaternario come risultato del processo geodinamico che ha coinvolto l'apertura del bacino tirrenico e la subduzione verso ovest della placca Adriatica [e.g. Amato et al., 1993; Cimini and Marchetti, 2006]. Nella regione, la complessa evoluzione del sistema Tirreno-Appennino ha portato alla sovrapposizione di due maggiori lineamenti tettonici. Il primo è dato dall'allineamento degli apparati vulcanici dei Colli Albani, degli Ernici e di Roccamonfina lungo la fascia peri-tirrenica in direzione NW-SE, con attività eruttiva dagli 800 ai 36 mila anni [Serri et al., 1993]. Il secondo è dato dal grande lineamento N-S, noto in letteratura come "linea Olevano-Antrdoco" [Parotto and Pratlurion, 1975], che separa da un punto di vista geologico l'Appennino settentrionale, caratterizzato dalla cosiddetta "sequenza pelagica umbro-marchigiana", da quello centro-meridionale con la sequenza di piattaforma carbonatica nota in letteratura come "piattaforma carbonatica laziale-abruzzese". La sismotettonica di questa porzione della catena è dominata in generale da un regime di sforzi nella struttura crostale che è di tipo estensivo, con la formazione di faglie normali orientate NW-SE [Montone et al., 2004; Figura 1]. Queste faglie, e le strutture secondarie ad esse associate, si ritiene siano responsabili sia dei grandi terremoti storici che della diffusa attività sismica che oggi si rileva con le reti strumentali. Il catalogo dei forti terremoti storici riporta diversi eventi significativi, spesso molto distruttivi e per la maggior parte concentrati nell'area dell'asse principale della catena montuosa (Figura 2). Gli eventi di cui si hanno le testimonianze storiche più rilevanti sono quelli del 9 settembre 1349 nell'area tra il Lazio meridionale e il Molise, del dicembre 1456 nell'Appennino meridionale inclusa l'area del Massiccio del Matese, del 23 luglio 1654 nell'area tra Lazio meridionale e Abruzzo, del 26 luglio 1805 nell'area di Boiano nel Matese settentrionale, e del 13 gennaio 1915 nella Marsica. Nel caso dell'evento del 1349, un recente studio di paelosismologia e archeosismologia [Galli and Naso, 2009] ha consentito di individuarne la probabile

struttura sismogenetica che è situata nell'area della piana di Venafro in provincia di Isernia. Nella Tabella 1 sono riportati i parametri caratteristici della sismicità storica rappresentata nella Figura 2.



**Figura 1.** Mapa tettonico-strutturale dell'area interessata dal progetto SLAM.

Riguardo alla sismicità strumentale, la sequenza sismica più significativa verificatasi negli ultimi trenta anni è quella della Valcomino-Val di Sangro del maggio 1984. La scossa principale, avvenuta il 7 maggio (Mw 5.9, NEIS), fu seguita da intensa attività sismica, inclusa la forte replica dell'11 maggio (Mw 5.5, NEIS). I meccanismi focali (database CMT) di queste due scosse sono simili tra loro ed indicano soluzioni prevalentemente normali. In particolare, gli assi estensionali (assi T) sono suborizzontali e orientati circa N60°E [Pace et al., 2002], in accordo con la direzione media SW-NE dei processi estensionali attivi lungo l'Appennino centro-meridionale.

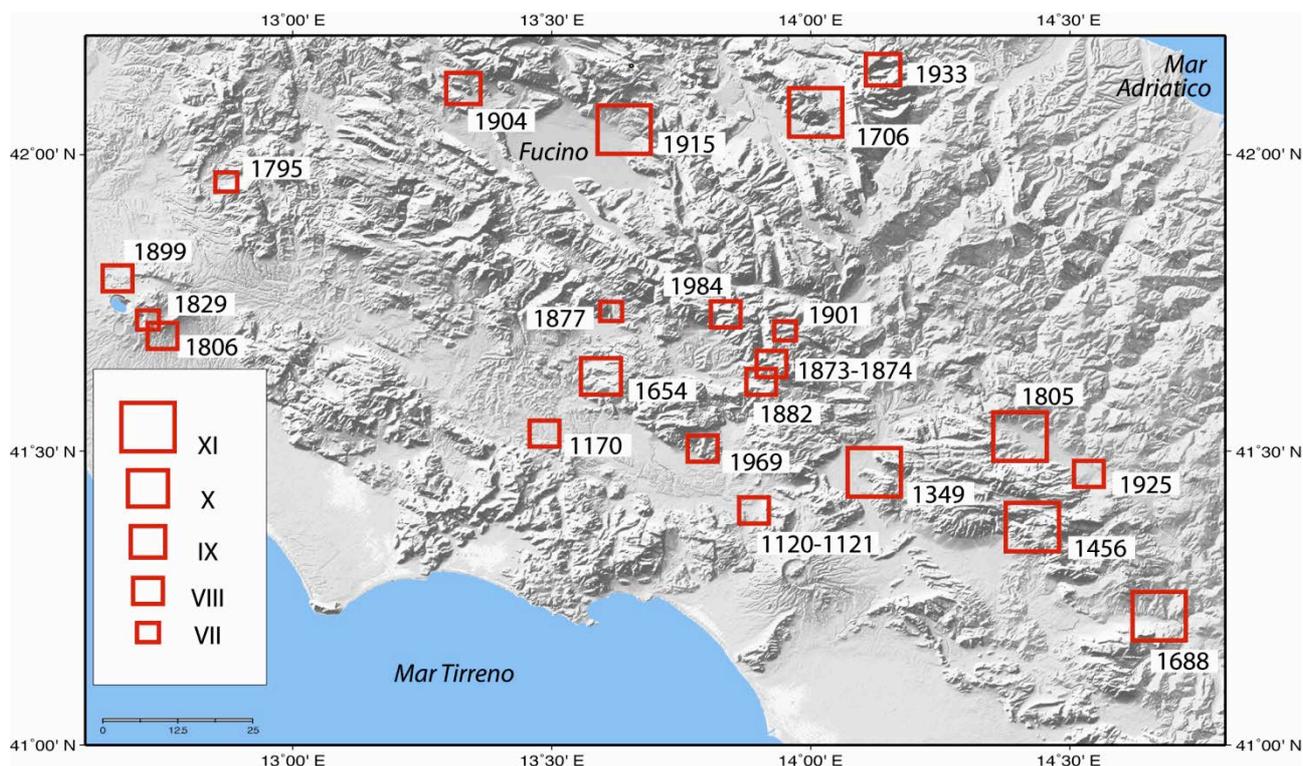


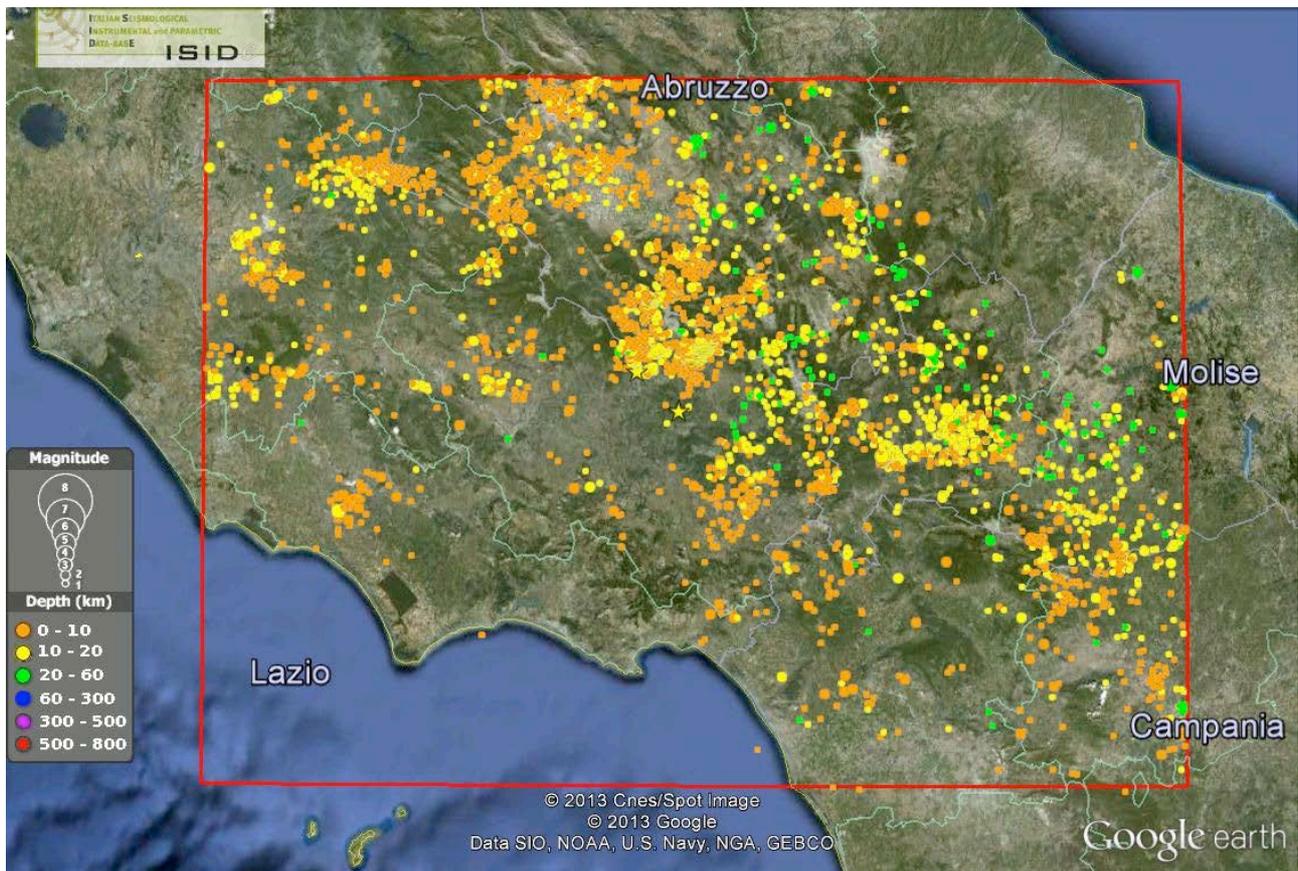
Figura 2. Mappa della sismicità storica.

Data	Intensità MCS	Magnitudo equivalente	Area epicentrale
1120-1121	VIII	5.5	Rocca d'Evandro
1170	VIII	5.2	Ceccano
9 Settembre 1349	X	6.7	Venafro-Cassino
Dicembre 1456	XI	7.1	Matese-Beneventano
23 Luglio 1654	X	6.4	Frusinate
3 Novembre 1706	X-XI	6.4	Maiella
26 Luglio 1805	X	6.7	Matese
26 Agosto 1806	VIII	5.2	Colli Albani
12 Luglio 1873	VII-VIII	5.5	Monti del Matese
6 Dicembre 1874	VIII	5.5	Monti del Matese
24 Agosto 1877	VII	5.2	Sorano
Giugno 1882	VIII	-	Monti del Matese
19 Luglio 1899	VII	5.0	Colli Albani
31 Luglio 1901	VII	-	Marsica
24 Febbraio 1904	IX	5.9	Marsica
13 Gennaio 1915	XI	6.9	Marsica
24 Settembre 1925	VII-VIII	5.2	Matese
26 Settembre 1933	IX	6.2	Maiella
17 Aprile 1969	VII-VIII	4.7	Cassinate

Tabella 1. Parametri della sismicità storica dal CPTI11 [Rovida et al., 2011].

L'attività sismica recente è distribuita su gran parte della regione in esame, con una concentrazione degli eventi lungo la dorsale appenninica. La sismicità è di magnitudo medio-bassa e in diversi casi risulta raggruppata in piccoli *cluster* a seguito di sequenze localizzate. Tra queste si evidenziano quella di febbraio 2008 nella zona di Cassino (magnitudo massima  $M_L$  4.2), quelle di ottobre 2009 e maggio 2011 di Campoli

Appennino, con circa 2000 eventi in totale, e quella di maggio 2010 nell'area di Montaquila con 380 eventi di magnitudo compresa tra 0.4 e 3.3. Da rilevare, inoltre, l'evento isolato del 6 agosto 2009 ( $M_L$  4.2) nella zona di Arpino-Casalvieri ad est di Frosinone. La prima sequenza sismica di Campoli Appennino, iniziata il 30 settembre 2009 con una scossa di  $M_L$  3.5, è durata circa un mese ed è stata caratterizzata da una fase più intensa con due eventi di  $M_L$  3.6 e 3.4 avvenuti l'8 ottobre. In occasione di questo sciame vennero installate 4 stazioni sismiche della Re.Mo. che rimasero attive da ottobre 2009 alla seconda metà di gennaio del 2010. La Figura 3 mostra la sismicità rilevata dalla rete nazionale dell'INGV nel periodo gennaio 2009 – marzo 2013, estratta dal *database* ISIDE (Italian Seismological Instrumental and parametric database: <http://iside.rm.ingv.it>). La mappa raffigura 3886 epicentri localizzati all'interno dell'area d'osservazione del progetto SLAM (rettangolo in rosso). Sono distinguibili i *cluster* di eventi della Pianura Pontina (febbraio 2012) e a nord dei Colli Albani (giugno-luglio 2012), e l'intensa attività sismica che sta interessando il settore dell'Appennino Centrale tra le province di Frosinone e di L'Aquila.

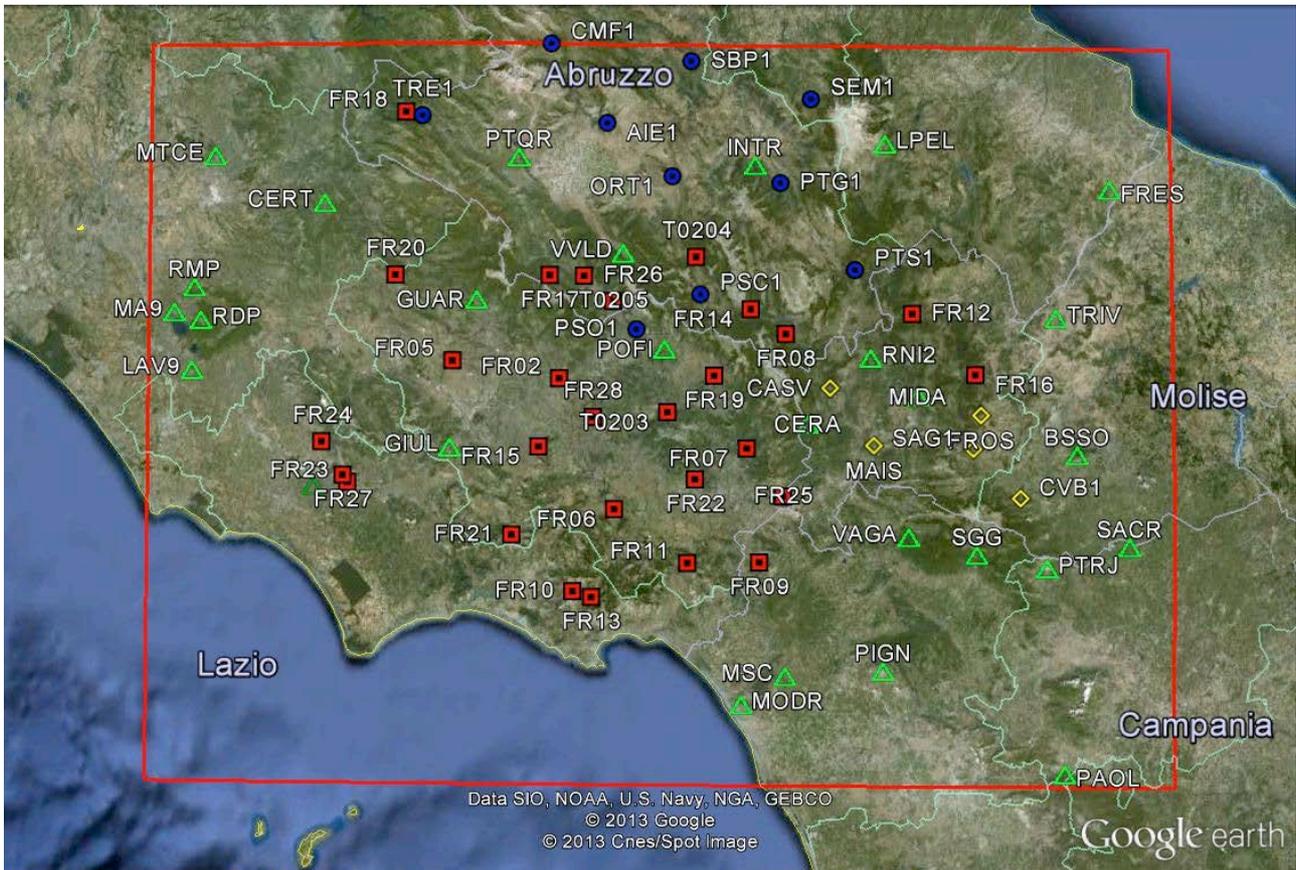


**Figura 3.** Sismicità registrata dalla rete sismica nazionale nel periodo gennaio 2009 - marzo 2013 (*database* ISIDE). Le stelle indicano gli epicentri degli eventi del 6 agosto 2009,  $M_L$  4.2, localizzato nell'area di Frosinone, e del 16 febbraio 2013,  $M_L$  4.8, nell'area di Sora.

## 2. La rete sismica temporanea

L'installazione della rete sismica temporanea è iniziata nel mese di novembre 2011 con la messa in opera delle prime 4 stazioni nei siti precedentemente utilizzati per il monitoraggio della sequenza di Campoli Appennino dell'ottobre 2009. In contemporanea è stata effettuata la selezione dei siti per il posizionamento delle altre stazioni, verificandone l'idoneità in base ai criteri comunemente indicati per contenere il rumore sismico di fondo (lontananza da ferrovie, autostrade e strade principali, condotte idriche ed elettrodotti, fiumi e laghi grandi, aree di cava, zone industriali e boschive, città e zone abitate in generale, etc.) [Trnkoczy et al., 2012], e per la sicurezza delle apparecchiature contro furti, danneggiamenti e manomissioni. L'attivazione

della rete è proseguita nei mesi successivi fino al raggiungimento di 17 stazioni operative alla fine di febbraio 2012. La Figura 4 mostra la distribuzione complessiva delle stazioni della rete SLAM (quadrati rossi) insieme alle stazioni sismiche delle reti permanenti presenti nell'area in studio (rettangolo in rosso). Durante il periodo di acquisizione, la geometria della rete è stata modificata progressivamente per ottimizzare la registrazione della sismicità nella Pianura Pontina e successivamente della sequenza nell'area di Sora. In totale sono stati monitorati 28 siti le cui posizioni sono elencate nella Tabella 2.



**Figura 4.** Mappa delle stazioni temporanee del progetto SLAM (quadrati rossi), della rete sismica Nazionale (triangoli verdi) e delle reti Regionali dell'Abruzzo (cerchi blu) e Molise (rombi gialli).

La configurazione standard delle stazioni mobili era composta da un acquirente digitale a 24 bit Reftek 130-01, un sensore a tre componenti Lennartz 3D/5s (*corner frequency* a 0.2 Hz e *sensitivity* di 400 V/m/s), un pannello solare da 70 W, batteria di alimentazione e antenna GPS (Figura 5). Nel caso delle stazioni FR16 (Chiauci) e FR20 (Piglio) i sensori installati erano rispettivamente del tipo Lennartz 3Dlite (*corner frequency* 1 Hz, *sensitivity* 400 V/m/s) e Guralp CMG40T-30s (*corner frequency* 0.033 Hz, *sensitivity* 800 V/m/s). La registrazione era in modalità continua con una frequenza di campionamento di 125 *sps*. Il livello del *background noise* di ogni sito è stato stimato analizzando le caratteristiche spettrali del rumore registrato nei primi 2-3 giorni di acquisizione. In particolare, utilizzando campioni di registrazione di 1 ora, è stata calcolata la cosiddetta *Power Spectral Density* (PSD) come media (logaritmica) su 36 finestre temporali di 100 s. La Figura 6 mostra la PSD per le stazioni di Vastogirardi e del Piglio. Gli spettri indicano due siti piuttosto buoni, significativamente nella banda di frequenze d'interesse per la registrazione dei terremoti locali (1-15 Hz). La caduta dello spettro a frequenze maggiori di 50 Hz è dovuta al filtro digitale anti-aliasing dell'acquirente RefTek. La *corner frequency* di questo filtro è posta all'80% della frequenza di Nyquist, pari, nel nostro caso, a 62.5 Hz.

Sigla	Località	Lat. (N)	Lon. (E)	Quota (m)	Funzionamento
T0203	Casalattico (FR)	41.61870	13.72131	562	04/11/2011 – 20/05/2013
T0204	Pescasseroli (AQ)	41.86654	13.72131	1376	02/11/2011 – 12/04/2012
T0205	Ridotti (AQ)	41.79539	13.60451	686	04/11/2011 – 30/11/2011
FR02	Casamari (FR)	41.67198	13.49025	266	04/11/2011 – 23/05/2013
FR05	Ferentino (FR)	41.69937	13.26305	387	12/11/2011 – 23/05/2013
FR06	Monte Leuci (FR)	41.46246	13.60844	478	18/11/2011 – 22/05/2013
FR07	Valvori (FR)	41.56089	13.89065	417	11/11/2011 – 21/05/2013
FR08	Barrea (AQ)	41.74404	13.97256	1182	14/11/2011 – 27/01/2012
FR09	Rocca d'Evandro (CE)	41.37758	13.91817	468	11/11/2011 – 17/08/2012
FR10	Itri (Sant. Civita) (LT)	41.33012	13.52067	642	03/11/2011 – 10/12/2011
FR11	Castenuovo Parano (FR)	41.37620	13.76489	465	01/12/2011 – 22/05/2012
FR12	Vastogirardi (IS)	41.77654	14.24302	1170	13/01/2012 – 20/05/2013
FR13	Itri (Rif. Tozze) (LT)	41.32087	13.56061	795	17/12/2011 – 22/04/2012
FR14	Civitella Alfedena (AQ)	41.78347	13.89761	1054	30/01/2012 – 21/05/2013
FR15	Pofi (FR)	41.56271	13.44679	141	23/02/2012 – 08/03/2013
FR16	Chiauci (IS)	41.67845	14.37870	940	02/03/2012 – 20/05/2013
FR17	Rendinara (AQ)	41.83607	13.46975	817	21/03/2012 – 30/10/2012
FR18	Carsoli (AQ)	42.09734	13.15863	485	16/11/2011 – 07/06/2012
FR19	Gallinaro (FR)	41.67727	13.82039	484	12/04/2012 – 21/05/2013
FR20	Piglio (FR)	41.83632	13.13841	856	24/04/2012 – 06/05/2013
FR21	Vallecorsa (FR)	41.42057	13.38977	326	22/05/2012 – 22/05/2013
FR22	Villa S. Lucia (FR)	41.51108	13.78065	346	09/06/2012 – 20/05/2013
FR23	Sezze Scalo(LT)	41.50267	13.03823	113	29/06/2012 – 16/08/2012
FR24	Valvisciolo (LT)	41.56753	12.98173	154	16/08/2012 – 08/11/2012
FR25	Radicosa (FR)	41.48366	13.96897	671	17/08/2012 – 21/05/2013
FR26	S. Giovanni V. R. (AQ)	41.83552	13.54277	304	30/10/2012 – 23/05/2013
FR27	Sezze - Casali (LT)	41.51420	13.02805	417	09/11/2012 – 29/04/2013
FR28	Fontana Liri (FR)	41.61039	13.56237	379	08/03/2013 – 23/05/2013

**Tabella 2.** Sigla, località, coordinate geografiche e periodo di funzionamento delle stazioni della rete SLAM.

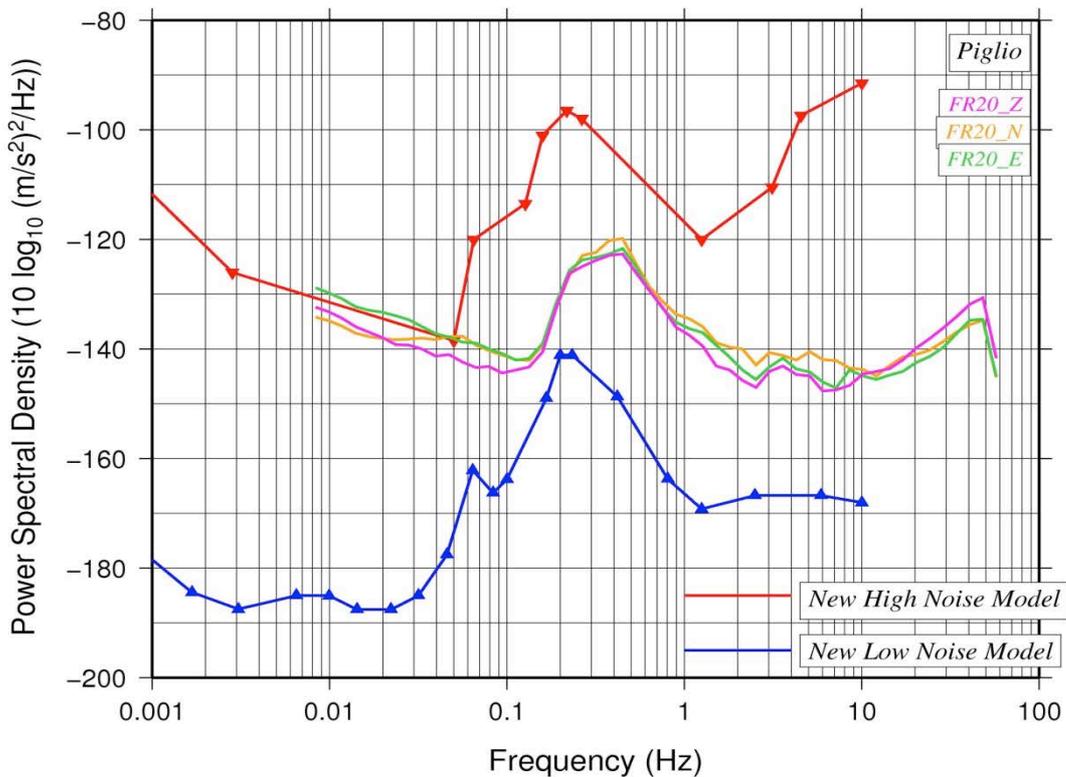
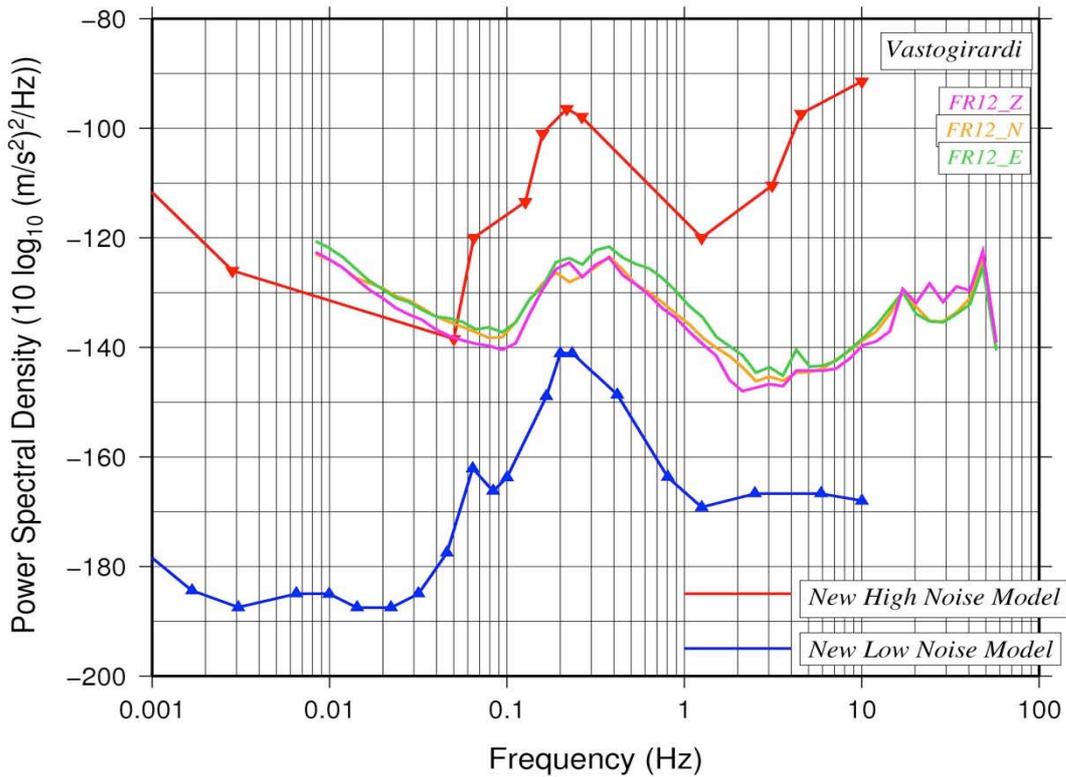
### 3. Il terremoto del 16 febbraio 2013

A partire dalla fase iniziale dell'esperimento di sismica passiva sono state rilevate diverse sequenze sismiche, la prima delle quali a novembre 2011, nei pressi di Carpinone (IS), con circa 30 eventi di magnitudo inferiore a 2.0 registrati anche dalla Rete Sismica Nazionale e dalla rete regionale del Molise. Di seguito sono state acquisite efficacemente sia la sequenza della Pianura Pontina, iniziata a luglio 2011 e ripresa nel febbraio 2012 (23 eventi in totale di cui 12 registrati dalla rete SLAM), che la sequenza di Colonna-Monteporzio del giugno-luglio 2012 (22 eventi). Nella parte finale (febbraio-maggio 2013), la campagna di monitoraggio è stata contraddistinta dall'attività sismica nell'area circostante la città di Sora tra il bordo sud-orientale dei Monti Ernici e la Val Roveto, a seguito del terremoto di magnitudo  $M_L$  4.8 del 16 febbraio 2013 alle ore 21:16 UTC. La sequenza è iniziata con alcuni *foreshock*, avvenuti il giorno prima, e alla fine di marzo aveva prodotto più di 250 *aftershock* di magnitudo compresa tra 0.5 e 3.1. La Figura 7 mostra le registrazioni del *mainshock* alle stazioni della rete SLAM. Le coordinate ipocentrali di questa scossa, ricalcolate con i dati delle varie reti, sono 41.73117N, 13.57733E e 20.5 km di profondità. Rispetto alle coordinate ottenute con i dati della sola rete nazionale INGV, tale soluzione risulta spostata di circa 2 km verso Nord e più profonda di circa 10 km, verosimilmente quindi nella crosta inferiore dell'area. Da una prima indagine, anche gli eventi *foreshock* risultano posizionati a profondità maggiori di 15 km, consistentemente quindi con l'inizio della rottura nella parte profonda del piano di faglia.

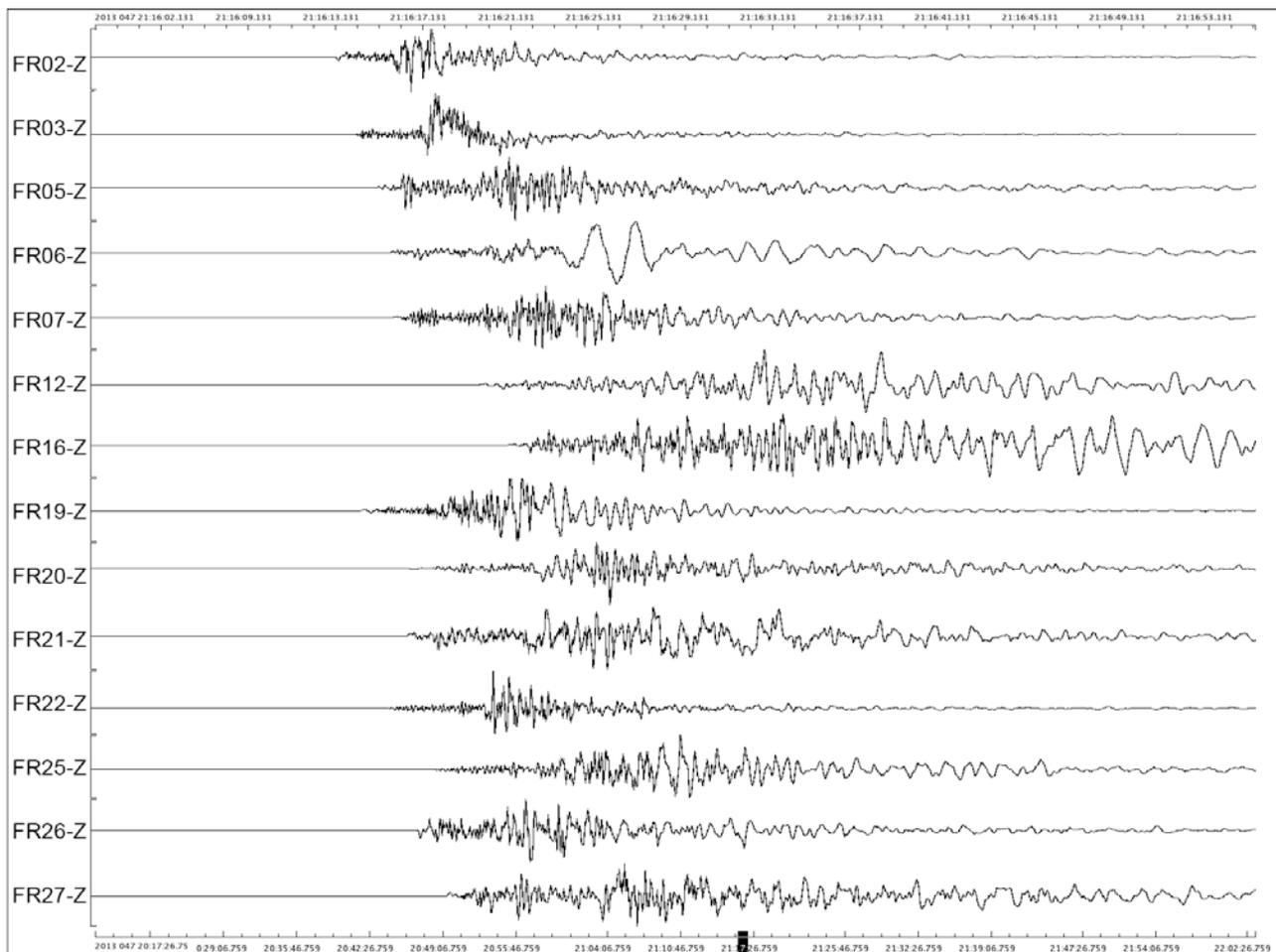


**Figura 5.** Strumentazione tipo installata nei siti della rete temporanea. L'esempio è relativo alla stazione di Villa S. Lucia (FR22).

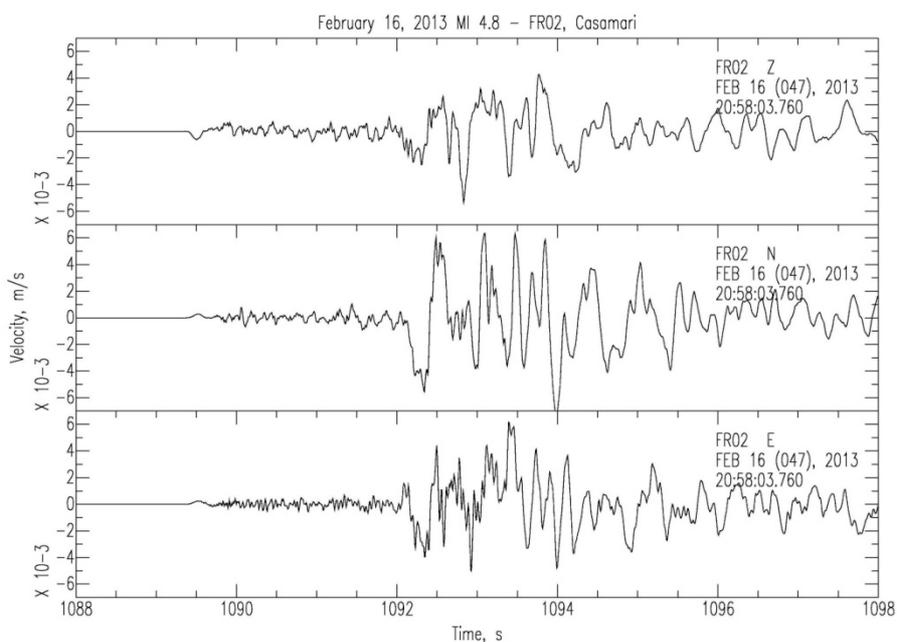
La Figura 8 evidenzia le forme d'onda per le tre direzioni del moto prodotte dal *mainshock* alla stazione più vicina dell'*array* temporaneo. Sono riconoscibili le polarità dei primi impulsi sulle tre componenti e gli arrivi delle fasi P ed S che portano a stimare una differenza S-P di circa 2.5 s. Per questo evento è stato calcolato anche il meccanismo focale illustrato nella Figura 9. Il grafico mostra la proiezione stereografica dell'emisfero inferiore con le polarità dei primi arrivi. In grigio sono evidenziati i quadranti in compressione. I valori di *strike*, *dip* e *rake* per il piano nodale orientato circa N-S sono  $175^\circ$ ,  $65^\circ$  e  $-60^\circ$  rispettivamente. È una soluzione focale di tipo normale con una piccola componente *strike*. Considerando il piano nodale circa N-S, la componente trascorrente è di tipo *strike*-sinistro. La piccola proiezione stereografica in basso a destra rappresenta la distribuzione degli assi P e T della soluzione focale con un limite di confidenza del 90%. La direzione dell'asse di minima compressione (asse T), orientato circa ENE-WSW in posizione sub-orizzontale, è compatibile con il regime di *stress* estensivo della catena appenninica. Entrambi i fattori di qualità (Qf e Qp) del meccanismo focale sono buoni (qualità A) essendo molto piccolo il numero di discrepanze rispetto al numero di polarità totale (3 su 92, fattore di qualità Qf) ed essendo piccoli i parametri di incertezza sullo *strike*, *dip* e *rake* dei due piani nodali (fattore di qualità Qp).



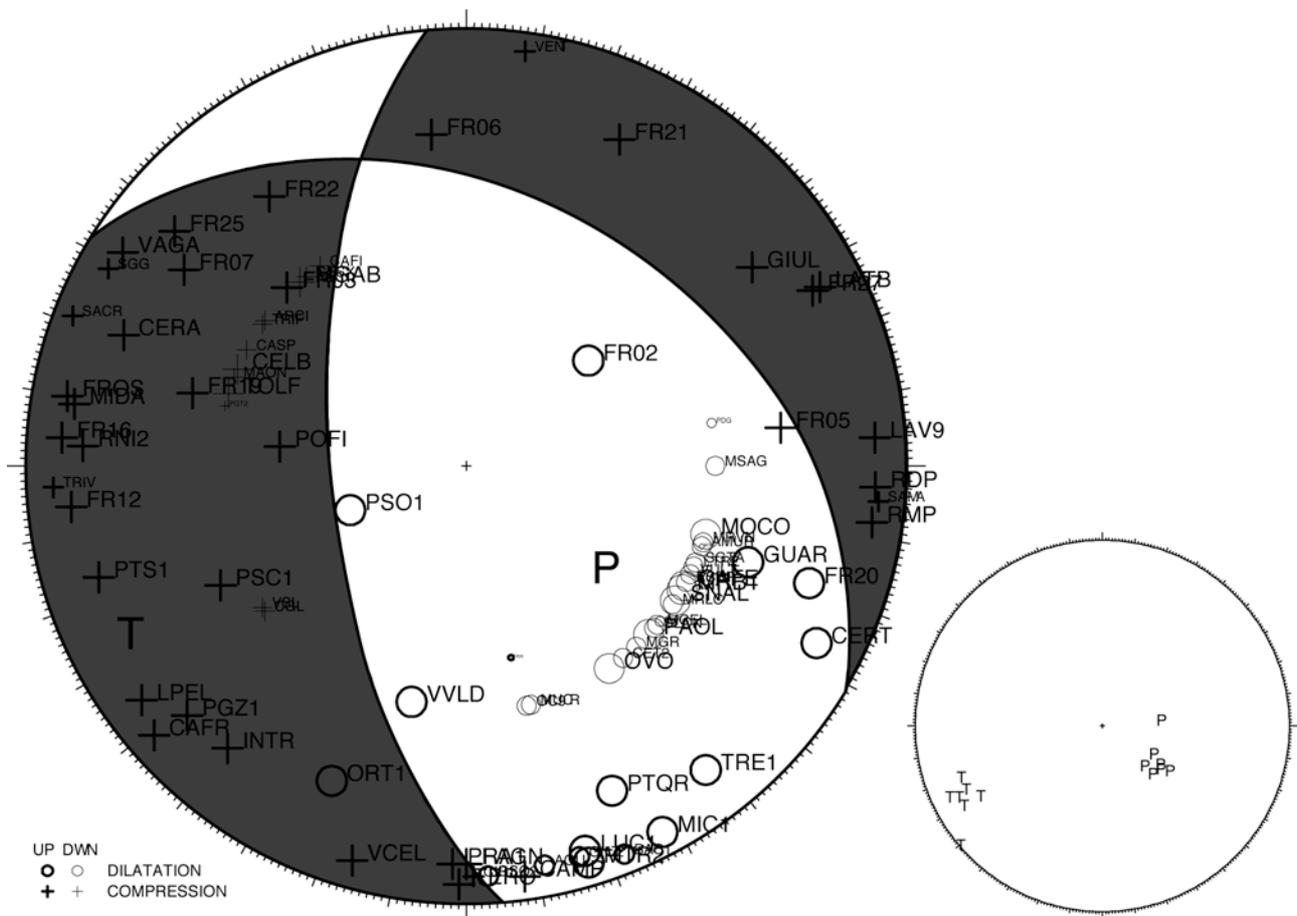
**Figura 6.** PSD del rumore di fondo osservato alle stazioni FR12 e FR20. I grafici mostrano le tre componenti del *noise* corretto per la risposta strumentale. Gli spettri sono presentati in unità di decibel riferiti a 1  $(\text{m/s}^2)^2/\text{Hz}$ . Le curve di colore rosso e blu indicano rispettivamente i modelli *high noise* e *low noise* calcolati per le stazioni su continente [Peterson, 1993].



**Figura 7.** Sismogrammi della componente verticale del moto per l'evento del 16 febbraio 2013.

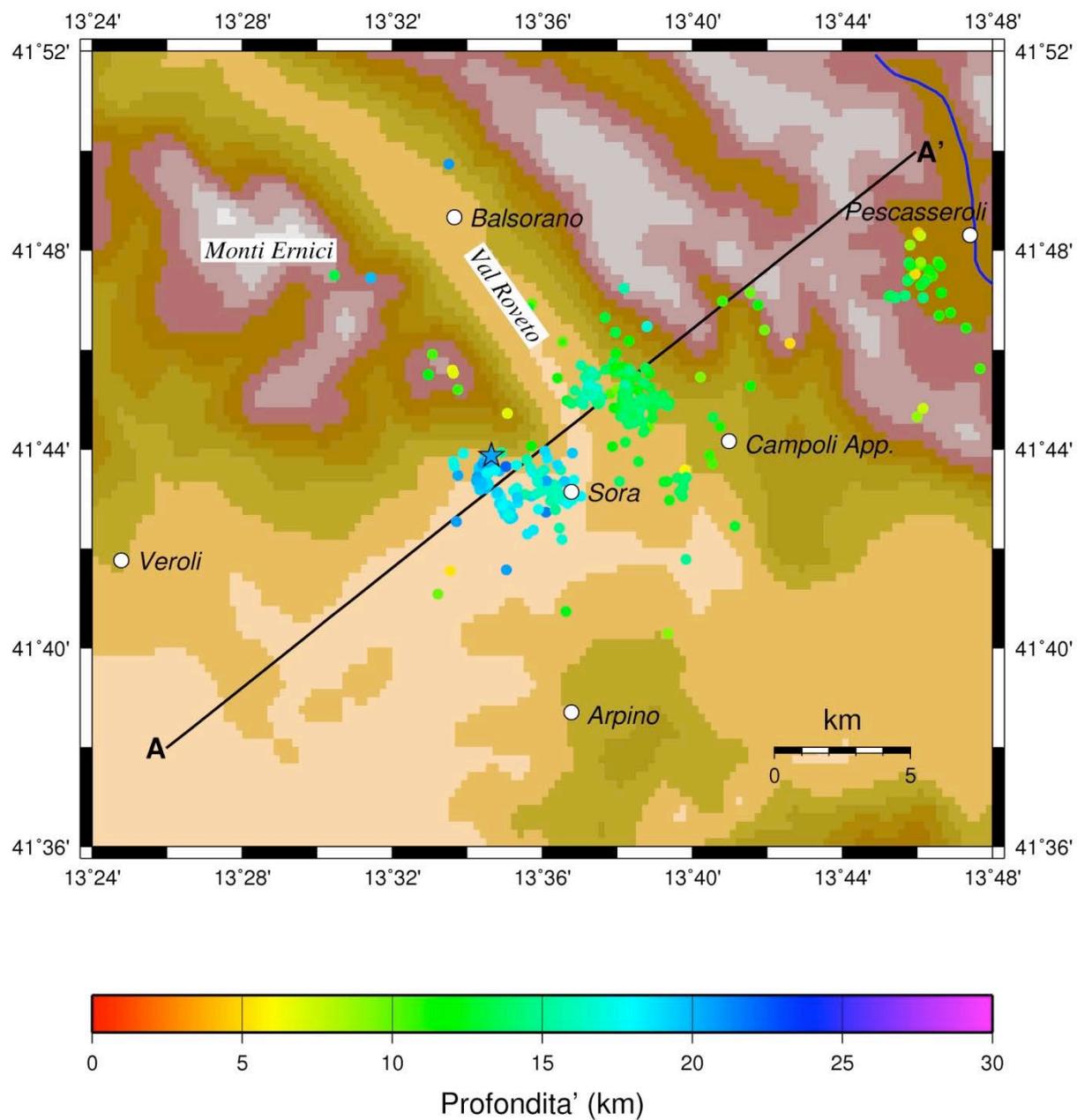


**Figura 8.** Sismogrammi dell'evento del 16 febbraio 2013 alla stazione FR02 (Casamari) della rete SLAM. La stazione era posizionata a circa 10 km dall'epicentro del terremoto.

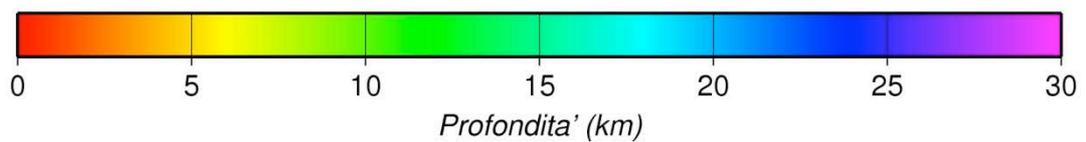
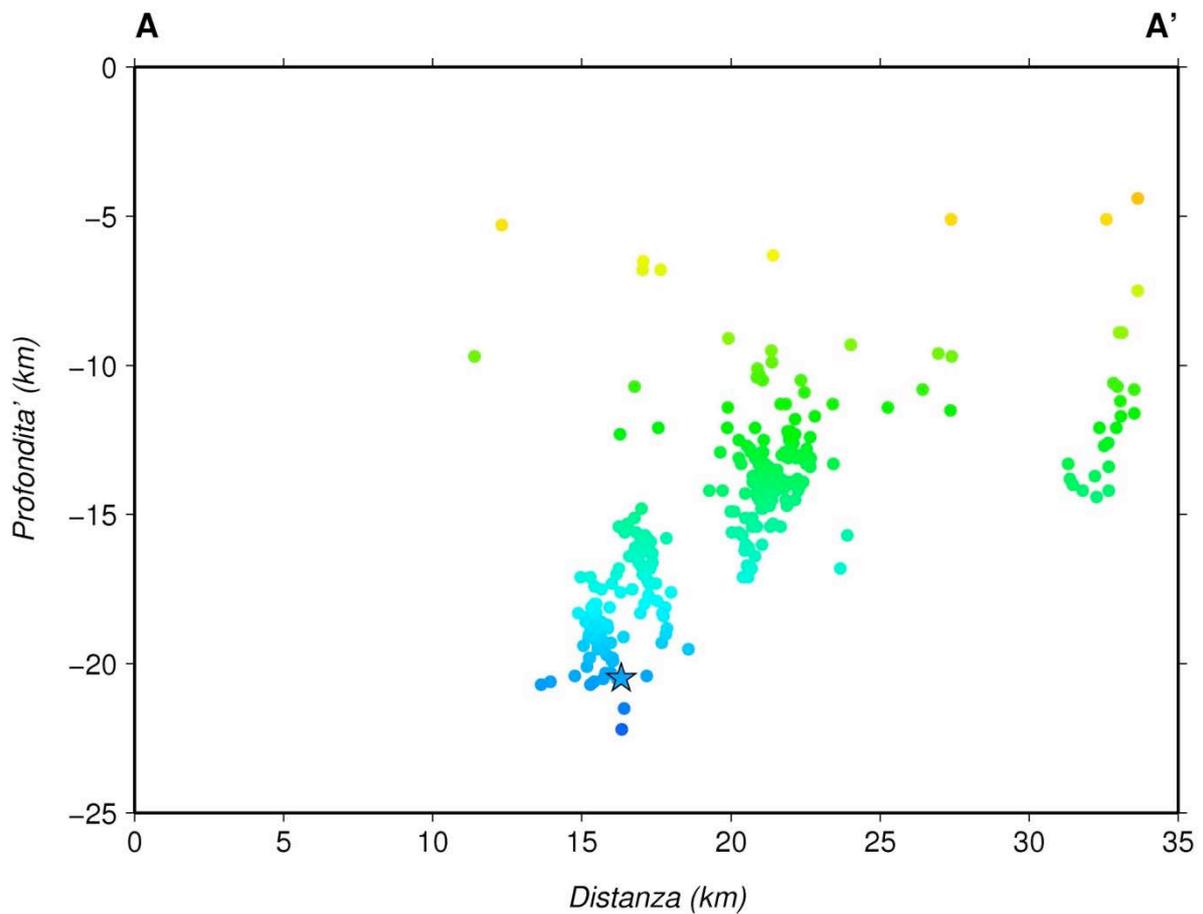
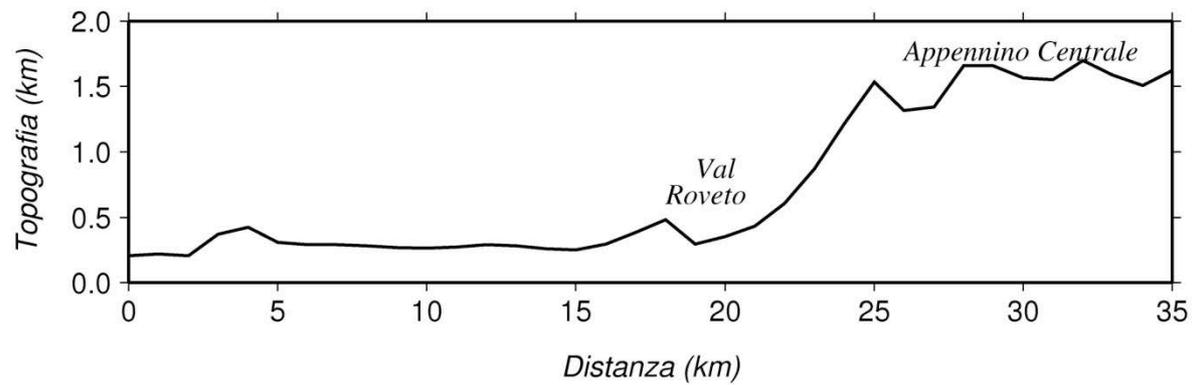


**Figura 9.** Meccanismo focale del terremoto del 16/02/2013. I settori in grigio scuro indicano i quadranti in compressione.

Le Figure 10 e 11 mostrano, infine, la distribuzione della sismicità avvenuta nell'area del *mainshock* tra febbraio e marzo 2013, rispettivamente in mappa e lungo una sezione verticale orientata SW-NE. Nella Figura 10 sono rappresentate 292 soluzioni ipocentrali calcolate con il programma Hypoellipse [Lahr, 1999] sulla base dei dati integrati e utilizzando un modello di velocità 1D ottimizzato per la regione in studio [Frepoli et al., 2010]. Da notare che gli eventi localizzati nelle vicinanze di Pescasseroli sono stati rilevati prima dell'instaurarsi della sequenza, nel periodo 8-11 febbraio. Questi terremoti ricadono nell'area dove è iniziata la sequenza dell'ottobre 2009 e, molto probabilmente, indicano una fase distinta dell'attività sismica in corso.



**Figura 10.** Sismicità registrata nel Sorano e aree limitrofe tra febbraio e marzo 2013. L'evento di magnitudo  $M_L$  4.8 è indicato con il simbolo della stella. La linea AA' identifica la traccia della sezione verticale illustrata nella Figura 11.



**Figura 11.** Profondità degli eventi della sequenza lungo un profilo SW-NE. Sono raffigurate le localizzazioni ricadenti entro una fascia orizzontale di 10 km centrata sulla traccia della sezione (278 eventi). L'ipocentro della scossa del 16 febbraio risulta posizionato alla base di una probabile struttura sismogenetica immergente verso sud-ovest.

## Conclusioni

La campagna sismica del progetto SLAM ha prodotto più di 2GB di forme d'onda di terremoti locali utilizzate per il calcolo di oltre 1200 localizzazioni ipocentrali. Con l'aggiunta delle registrazioni delle reti permanenti del periodo 2009-2013, è stato possibile creare un *dataset* di oltre 5000 eventi per studi di dettaglio sulla sismicità e sulla struttura crostale della regione investigata. Durante il monitoraggio sono state acquisite compiutamente quattro distinte sequenze sismiche, la più importante delle quali tra febbraio ed aprile 2013 nel settore Appenninico tra Sora e Pescasseroli, già sede di attività di rilievo nell'ottobre 2009 e maggio 2011. Il comportamento spazio-temporale della sismicità finora osservata in questa zona evidenzia spiccate caratteristiche di clusterizzazione degli eventi, *cluster* la cui definizione e interpretazione strutturale rappresentano elementi d'indagine fondamentali per gli studi futuri.

## Ringraziamenti

Gli autori ringraziano la Commissione Rete Mobile (Co.Re.Mo.) e la Rete Sismica Mobile (Re.Mo.) del CNT per aver reso disponibili le stazioni sismometriche utilizzate nell'esperimento. Si ringraziano F. Criscuoli, L. Giovani e G. Colasanti per l'approntamento della strumentazione e la manutenzione durante la campagna di acquisizione. Si ringraziano, inoltre, C. Del Pinto del Centro Funzionale del Dipartimento della Protezione Civile della Regione Molise per la collaborazione data nella selezione dei siti della rete temporanea nella provincia di Isernia, P. De Gori per le procedure d'estrazione delle forme d'onda e B. Angioni per l'aiuto nella realizzazione grafica del lavoro. Si ringrazia M. Castellano per la costruttiva revisione del manoscritto.

## Bibliografia

- Amato, A., Alessandrini, B., Cimini, G., Frepoli, A., and Selvaggi, G., (1993). *Active and remnant subducted slabs beneath Italy: evidence from seismic tomography and seismicity*, *Annali di Geofisica*, XXXVI, 201-214.
- Cimini, G.B. and Marchetti, A., (2006). *Deep structure of peninsular Italy from seismic tomography and subcrustal seismicity*, *Annals of Geophysics*, 49, 331-345.
- De Luca, G., Cattaneo, M., Monachesi, G. and Amato, A., (2009). *Seismicity in Central and Northern Apennines integrating the Italian national and regional networks*, *Tectonophysics*, 476, 121-135.
- De Luca, G., (2011). *La Rete Sismica regionale Abruzzo e sua integrazione con la RSN*, *Miscellanea INGV N° 10*, Riassunti estesi del I° Workshop Tecnico Monitoraggio sismico del territorio nazionale: stato dell'arte e sviluppo delle reti di monitoraggio sismico, Roma 20-21 dicembre 2010, pp. 22-23.
- Del Pinto C., De Luca G., Badiali L.: (2011). *La Rete di Monitoraggio Sismico del Molise (2006-2011)*, Rapporto interno del Centro Funzionale del Dipartimento della Protezione Civile della Regione Molise, 78 pp.
- Frepoli, A., Maggi, C., Cimini, G.B., Marchetti, A. and Chiappini, M., (2011). *Seismotectonic of Southern Apennines from recent passive seismic experiments*, *Journal of Geodynamics*, 51, 110-124, doi: 10.1016/j.jog.2010.02.007.
- Frepoli, A., Marra, F., Maggi, C., Marchetti, A., Nardi, A., Pagliuca, N.M. and Pirro M., (2010). *Seismicity, seismogenic structures, and crustal stress fields in the greater Rome area (central Italy)*, *J. Geophys. Res.*, 115, B12303.
- Galli, P.A.C. and Naso, J.A., (2009). *Unmasking the 1349 earthquake source (southern Italy): paleoseismological and archeoseismological indications from the Aquae Iuliae fault*, *Journal of Structural Geology*, 31, 128-149.
- Lahr, J.C., (1999). *HYPOELLIPSE: a computer program for determining local earthquake hypocentral parameters, magnitude, and first-motion pattern*, USGS Open-File Report 99-23, version 1.1, 119 pp.
- Maggi, C., Frepoli, A., Cimini, G.B., Console, R. and Chiappini M., (2009). *Recent seismicity and crustal stress field in the Lucanian Apennines and surrounding areas (Southern Italy): Seismotectonic implications*, *Tectonophysics*, 463, 130-144, doi: 10.1016/j.tecto.2008.09.032
- Montone, P., Mariucci, M.T., Pondrelli, S. and Amato, A., (2004). *An improved stress map for Italy and surrounding regions (central Mediterranean)*. *J. Geophys. Res.*, 109 (B10410), doi: 10.1029/2003JB002703.

- Moretti M., Govoni A., Colasanti G., Silvestri M., Giandomenico E., Silvestri S., Criscuoli F., Giovani L., Basili A., Chiarabba, C. e Delladio, A., (2010). *La Rete Sismica Mobile del Centro Nazionale Terremoti*, Rapporti Tecnici INGV N°137.
- Pace, B., Boncio, P., and Lavecchia, G., (2002). *The 1984 Abruzzo earthquake (Italy): an example of seismogenic process controlled by interaction between differently oriented synkinematic faults*, *Tectonophysics*, 350, 237-254.
- Parotto, M. and Praturlon, A., (1975). *Geological summary of the Central Apennines*, *Quad. Ric., Sci.*, 90, 257-311.
- Peterson, J. (1993). *Observations and modeling of seismic background noise*, USGS Open-file report 93-322, Albuquerque, New Mexico.
- Rovida, A., Camassi, R., Gasperini, P., e Stucchi, M., (a cura di), (2011). *CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>. DOI: 10.6092/INGV.IT-CPTI11.
- Serri, G., Innocenti, F., and Manetti, P., (1993). *Geochemical and Petrological evidence of the subduction of delaminated Adriatic continental lithosphere in the genesis of the Neogene-Quaternary magmatism of Central Italy*, *Tectonophysics*, 223, 117-147, doi: 10.1016/0040-1951(93)90161-C.
- Trnkoczy, A., Bormann, P., Hanka, W., Holcomb, L.G., Nigbor, R.L., Shinohara, M., Suyehiro, K. and H. Shiobara, H., (2012). *Site Selection, Preparation and Installation of Seismic Stations*. In: *New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP-2)*, IASPEI (P. Bormann, ed.) GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Chapter 7, pp. 1-108.

**Coordinamento editoriale e impaginazione**

Centro Editoriale Nazionale | INGV

**Progetto grafico e redazionale**

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV

© 2013 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

**<http://www.ingv.it>**



**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**