

TOTAL E&P ITALIA S.P.A.

*Rete di monitoraggio microsismico installata presso la
concessione Gorgoglione*

Rapporto periodico di monitoraggio settembre – dicembre 2018

Oggetto: Rete microsismica Tempa Rossa - Report settembre – dicembre 2018

Cliente: TOTAL E&P Italia S.p.A.

ref

S18MN04-1

Autore

Date

Chiara Cocorullo

4 February 2019

Checked By

date

Filippo Di Fronzo – Stefano Limonta

4 February 2019

Cod.

Version

S18MN04-1

Rev. 1 - 4 February 2019

Solgeo S.r.l.

via Pastrengo 9

24068 Seriate (BG)- Italy

Tel. +39035 4520075

www.solgeo.it e_mail info@solgeo.it

Versione

COD	NOTE
Rev. 00 – Gennaio 2019	1 ^a Emissione
Rev. 1 – Febbraio 2019	1 ^a Emissione

Indice

1. Introduzione	4
2. Descrizione della rete	4
3. Operatività della rete di monitoraggio – interventi e/o sostituzioni	6
3.1. Copertura dei dati.....	6
3.2. Sostituzioni	7
4. Procedura di elaborazione dati	8
4.1. Modello di velocità	9
5. Eventi sismici entro 50 km dalla rete.....	10
Opere citate.....	19
Tabella 1: coordinate delle stazioni microsismiche (WGS84) e strumentazione installata.	5
Tabella 2: parametri del trigger STA/LTA.....	8
Tabella 3: modello di velocità (Maggi, Frepoli, Console, & Chiappini, 2009)	9
Tabella 4: numero di eventi localizzati e distribuzione spaziale	11
Tabella 5: eventi sismici localizzati entro 50 km dalla rete di monitoraggio.	14
Figura 1: rete microsismica. Proiezioni in superficie dei Domini di rilevazione e, in nero, i limiti della Concessione...	5
Figura 2: percentuale di funzionamento della rete nel periodo settembre - dicembre 2018.....	7
Figura 3: il sensore a banda larga: a sinistra fuori asse, a destra in asse	7
Figura 4: modello di velocità (Maggi, Frepoli, Console, & Chiappini, 2009)	10
Figura 5: eventi sismici localizzati entro 50 km dalla rete	15
Figura 6: eventi sismici con epicentro nei Domini di Rilevazione	16
Figura 7: numero di eventi per magnitudo locale nel periodo settembre-dicembre 2018, entro 50 km dalla rete ...	17
Figura 8: distribuzione di magnitudo locale nel periodo settembre-dicembre 2018, entro 50 km dalla rete: in rosso gli eventi il cui epicentro ricade nei Domini di Rilevazione.	17
Figura 9: distribuzione delle profondità degli ipocentri degli eventi sismici localizzati entro i Domini di Rilevazione.	18

1. Introduzione

La rete microsismica denominata Tempa Rossa è stata installata presso la Concessione Gorgoglione, su richiesta di TOTAL E&P Italia Spa, ed è sita in Basilicata, in provincia di Potenza (PZ).

Lo scopo della rete è il monitoraggio sismico del volume individuato dai Domini di Rilevazione, in accordo con il documento *“Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell’ambito delle attività antropiche”* (Dialuce, et al., 2014), redatto nel 2014 dal Gruppo di Lavoro istituito dalla Commissione per gli Idrocarburi e le Risorse Minerarie (CIRM) del MISE (Ministero dello Sviluppo Economico) e in accordo al documento di progettazione della rete redatto da INGV (Piccinini, et al., 2016).

Gli Indirizzi e le Linee Guida (da qui in avanti ILG) prevedono il monitoraggio del sito al fine di misurare in continuo l’eventuale sismicità indotta, e forniscono riferimenti tecnici per la progettazione della rete di monitoraggio, in termini di volumi dell’area da monitorare e di caratteristiche della strumentazione.

Per l’inquadramento geologico si rimanda alla progettazione della rete redatta da INGV (Piccinini, et al., 2016), per la descrizione della strumentazione, gli schemi d’impianto, i collegamenti elettrici e le schede monografiche si rimanda al Manuale HW (Solgeo srl, 2018).

In questo report, che riguarda il periodo settembre-dicembre 2018, vengono descritti:

- lo stato di funzionamento della rete;
- la procedura di elaborazione dati;
- gli eventi sismici localizzati entro 50 km dalla rete, specificando quelli il cui epicentro ricade nei Domini di Rilevazione.

2. Descrizione della rete

La rete di monitoraggio è costituita da 12 stazioni a sei canali, la cui installazione è stata completata il 20/09/2018.

In Figura 1 sono mostrati i siti in cui sono installate le stazioni di monitoraggio; in Tabella 1 è riportata la strumentazione per ogni stazione sismica.

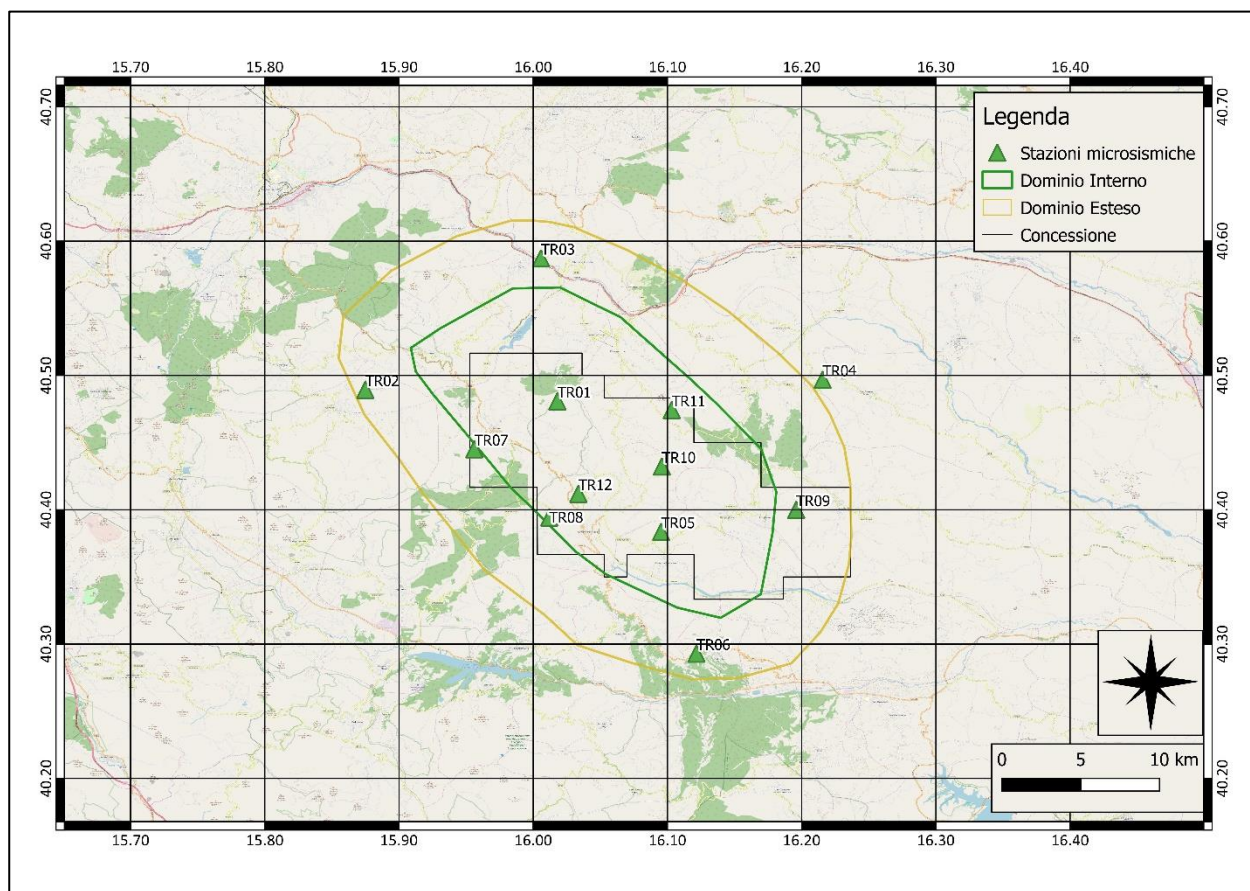


Figura 1: rete microsismica. Proiezioni in superficie dei Domini di rilevazione e, in nero, i limiti della Concessione.

ID	Comune	Lat.	Long.	Data di installazione	Sensore 1	Sensore 2
TR01	Laurenzana	40.48°	16.02°	05/09/18	Sism. SARA SS02	Acc. SARA SA10
TR02	Calvello	40.49°	15.87°	20/09/18	Sism. SARA SS02	Acc. SARA SA10
TR03	Albano di Lucania	40.59°	16.01°	05/09/18	Sism. SARA SS02	Acc. SARA SA10
TR04	San Mauro Forte	40.50°	16.22°	07/08/18	Sism. SARA SS02	Acc. SARA SA10
TR05	Guardia Perticara	40.38°	16.10°	03/09/18	Sism. SARA SS08 (BB)	Acc. SARA SA10
TR06	Galicchio	40.29°	16.12°	09/08/18	Sism. SARA SS02	Acc. SARA SA10
TR07	Laurenzana	40.45°	15.96°	18/09/18	Sism. SARA SS02	Acc. SARA SA10
TR08	Corleto Perticara	40.39°	16.01°	31/08/18	Sism. SARA SS02	Acc. SARA SA10
TR09	Stigliano	40.40°	16.21°	19/09/18	Sism. SARA SS02	Acc. SARA SA10
TR10	Corleto Perticara	40.43°	16.10°	30/08/18	Sism. SARA SS02	Acc. SARA SA10
TR11	Pietrapertosa	40.47°	16.10°	19/09/18	Sism. SARA SS02	Acc. SARA SA10
TR12	Corleto Perticara	40.41°	16.03°	03/09/18	Sism. SARA SS02	Acc. SARA SA10

Tabella 1: coordinate delle stazioni microsismiche (WGS84) e strumentazione installata.

3. Operatività della rete di monitoraggio – interventi e/o sostituzioni

Nei paragrafi seguenti viene riportata la copertura dei dati acquisiti dalla rete nel periodo esaminato e sono elencati gli interventi di manutenzione. Lo stato delle stazioni, in particolare il voltaggio delle batterie, è monitorato in tempo reale dal software SEISMOSTRU.

3.1. Copertura dei dati

Nel periodo di riferimento (01/09/2018 – 31/12/2018), la rete nel suo complesso ha garantito una copertura dei dati pari a 99.7%.

La copertura della rete è stata calcolata con il software SEISMOSCAN (appartenente alla suite SEISMOWIN), che fornisce il totale dei secondi di dato mancante per singolo canale in un periodo a scelta dell'utente (singolo giorno, un mese intero, ecc...). Per il mese in cui una data stazione è stata installata, la percentuale di funzionamento mensile è stata calcolata a partire dal giorno successivo a quello di installazione della stazione stessa.

Si segnala che il sismometro Broad Band è, tuttora, spesso fuori asse, a causa degli assestamenti del terreno successivi alla costruzione dell'opera civile: per tale motivo i dati del periodo settembre-dicembre 2018 del sensore a banda larga sono stati esclusi dal calcolo della copertura della rete. In Figura 3 il sensore BB, prima e dopo allineamento.

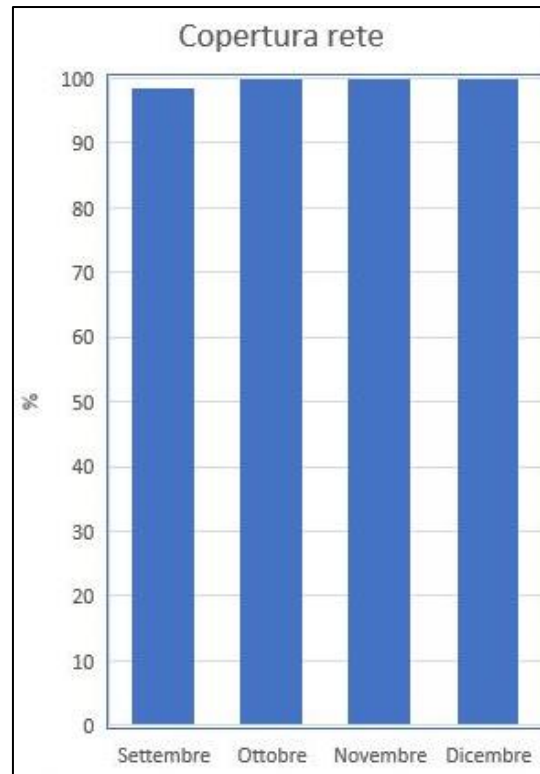


Figura 2: percentuale di funzionamento della rete nel periodo settembre - dicembre 2018

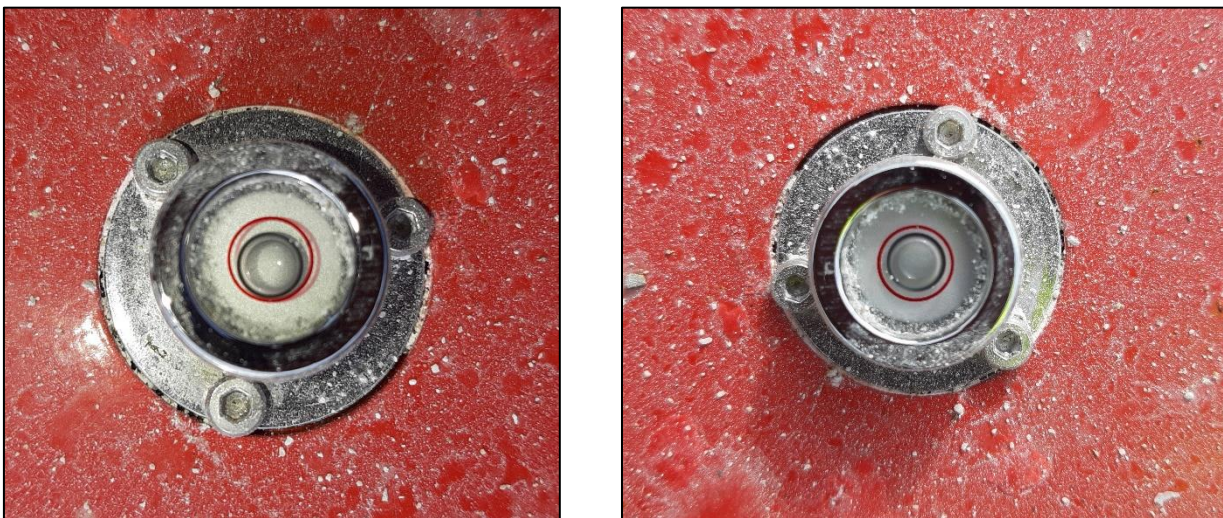


Figura 3: il sensore a banda larga: a sinistra fuori asse, a destra in asse

3.2. Sostituzioni

Nel periodo di riferimento non sono state effettuate sostituzioni.

4. Procedura di elaborazione dati

I dati sono stati acquisiti in tempo reale tramite il software SEISMOLOG, che esegue, durante la stessa fase di acquisizione, una pre-elaborazione dei segnali costituita da filtraggio e triggering con algoritmo STA/LTA (Short Term Average/Long Term Average) (Trnkoczy, 1999;2002); in Tabella 2 i parametri utilizzati per il triggering STA/LTA.

Filtro		Frequenza [Hz]	Ordine
	Passa-alto	1	2
	Passa-basso	20	2
STA/LTA			
	Lunghezza STA [s]	0.5	
	Lunghezza LTA [s]	5	
	Soglia di trigger	3	
	Soglia di de-trigger	2	
	Pre-event (PEM) [s]	10	
	Post event (PET) [s]	30	

Tabella 2: parametri del trigger STA/LTA

I segnali così selezionati vengono inviati al software SEISMODESK, che esegue il picking e la localizzazione automatica degli eventi sismici, se rilevati da almeno 3 stazioni: per questa prima localizzazione SEISMODESK implementa Hypo71 (Lee & Lahr, 1975).

Le localizzazioni automatiche sono state riviste dall'operatore, che:

- ha corretto, laddove necessario, i picking manuali;
- ha estratto una porzione di segnale più lunga, laddove il Post-event risultava troppo breve;
- ha estratto il segnale di tutti i velocimetri, laddove l'evento automatico era stato localizzato utilizzando poche stazioni;
- ha localizzato l'evento con HypoEllipse (Lahr, 2002), implementato all'interno di SEISMODESK.

Inoltre, è stata eseguita anche un'elaborazione offline costituita da:

- triggering STA/LTA dei segnali acquisiti dai velocimetri, utilizzando il software SEISMOSCAN;
- estrazione dei tag su tutti i segnali (acquisiti da velocimetri e accelerometri), utilizzando il software SEISMOSCAN;
- picking automatico;
- controllo manuale ed eventuale correzione del picking;

- localizzazione con HypoEllipse.

4.1. Modello di velocità

Il modello crostale utilizzato è quello di (Maggi, Frepoli, Console, & Chiappini, 2009), descritto in Tabella 3 e mostrato in Figura 4.

Profondità [km]	Vp [km/s]	Vs [km/s]	Vp/Vs
0 - 2	4.27	2.33	1.83
2 - 11	5.52	3.02	1.83
11 - 23	6.10	3.33	1.83
23 - 35	6.50	3.55	1.83
35 - 45	7.31	3.99	1.83
45 -	7.90	4.32	1.83

Tabella 3: modello di velocità (Maggi, Frepoli, Console, & Chiappini, 2009)

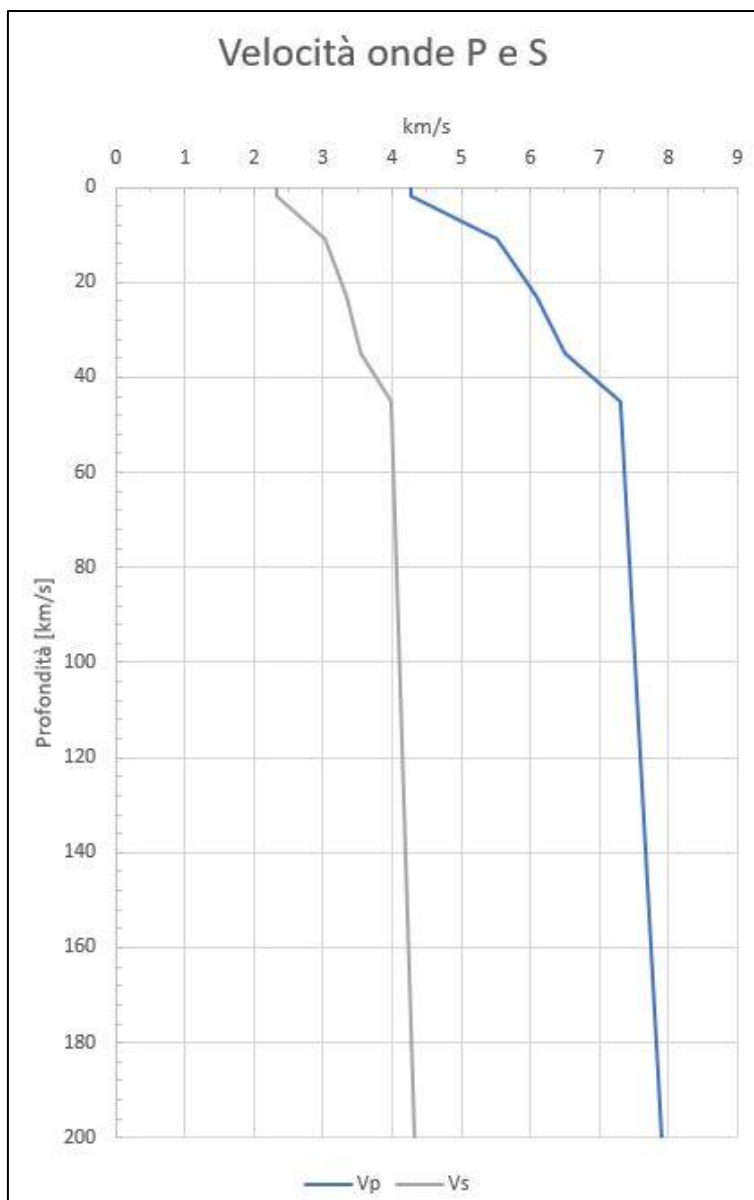


Figura 4: modello di velocità (Maggi, Frepoli, Console, & Chiappini, 2009)

5. Eventi sismici entro 50 km dalla rete

Nel periodo 01/09/2018 – 31/12/2018 sono stati localizzati 132 eventi sismici. Vengono di seguito riportati i 50 eventi sismici localizzati entro 50 km dalla rete di monitoraggio: di questi, solamente 12 hanno l'epicentro nei Domini di Rilevazione. In Tabella 4 il numero di eventi localizzati il cui epicentro ricade nelle aree di interesse.

Eventi localizzati	Eventi con epicentro entro 50 km dalla rete	Eventi con epicentro nei Domini di Rilevazione	Eventi con epicentro entro i limiti della Concessione	Eventi con epicentro nel DI	Eventi con epicentro nel DE
132	50	12	5	7	5

Tabella 4: numero di eventi localizzati e distribuzione spaziale

In Tabella 5 il dettaglio degli eventi sismici localizzati entro 50 km dalla rete di monitoraggio.

Id	Tempo Origine [gg/mm/aaaa hh:mm:ss UTC]	Lat. (°)	Long. (°)	Incertezza sulla localizzazione ¹ [km]	Profondità [km]	Deviazione standard della profondità [km]	M _i	Incertezza sulla magnitudo	RMS ² [s]	Gap ³ [°]	N. Fasi ⁴	Dist. epicentrale dalla stazione più vicina [km]
1	09/09/2018 03:07:53	40.54	15.67	0.9	21.1	1.5	1.2	0.2	0.3	314	17	18.5
2	09/09/2018 03:43:06	40.58	15.69	0.8	22.6	1.1	1.4	0.2	0.4	317	22	18.6
3	09/09/2018 19:39:43	40.36	16.34	0.5	23.5	0.7	0.7	0.2	0.2	282	16	12.8
4	12/09/2018 21:48:11	40.48	16.40	0.5	32.6	0.5	1.7	0.2	0.3	299	27	15.9
5	16/09/2018 01:23:40	40.61	15.87	0.7	27.9	0.6	0.8	0.3	0.3	309	16	12.2
6	16/09/2018 18:58:43	40.36	15.72	1.8	65.7	1.1	1.1	0.2	2.1	320	10	19.1
7	19/09/2018 22:07:45	40.35	16.15	0.7	16.6	0.8	0.1	0.2	0.6	183	10	5.9
8	21/09/2018 11:54:21	40.24	15.76	1.6	19.1	2.5	0.6	0.4	0.5	301	16	27.9
9	22/09/2018 17:08:10	40.49	15.80	0.5	17.0	0.3	1.3	0.2	0.5	320	22	6.6
10	22/09/2018 17:11:36	40.52	15.79	0.3	16.0	0.3	1.7	0.2	0.5	296	40	8.0
11	23/09/2018 00:32:18	40.23	15.84	0.3	13.0	0.9	1.8	0.3	0.6	293	40	23.6
12	23/09/2018 13:55:06	40.33	15.82	0.6	31.8	0.6	0.4	0.2	1.2	277	19	17.9
13	26/09/2018 22:51:03	40.39	15.88	0.8	35.7	0.5	1.1	0.2	0.8	239	21	8.7
14	29/09/2018 18:35:45	40.43	16.25	0.3	14.0	0.3	1.0	0.3	0.6	239	31	5.6
15	29/09/2018 19:10:12	40.43	16.23	0.3	12.3	0.3	0.2	0.3	0.5	221	20	4.0
16	30/09/2018 02:43:33	40.30	16.29	0.9	29.7	0.5	1.2	0.3	0.4	282	16	13.6
17	30/09/2018 18:08:42	40.52	16.11	0.2	19.7	0.3	0.9	0.1	0.4	160	42	5.4
18	07/10/2018 00:12:16	40.34	16.14	0.2	10.2	0.3	0.3	0.3	0.8	124	22	3.5
19	10/10/2018 15:30:04	40.40	15.79	0.4	14.0	0.5	0.8	0.3	0.4	282	26	12.3
20	12/10/2018 22:35:58	40.50	16.23	0.2	15.5	0.3	1.8	0.3	1.0	258	41	1.4

¹ $\sqrt{SDX^2 + SDY^2}$, con SDX e SDY deviazioni standard in latitudine e longitudine

² Errore quadratico medio dei residui dei traveltimes

³ La massima separazione azimutale, in gradi, tra le stazioni utilizzate per la localizzazione

⁴ Numero di letture dei primi arrivi delle onde P e S

21	20/10/2018 13:55:45	40.51	16.05	0.2	12.7	0.4	0.4	0.2	0.5	120	21	4.2
22	21/10/2018 01:47:00	40.69	15.72	0.5	35.1	0.4	1.9	0.1	0.8	326	36	26.0
23	22/10/2018 13:36:40	40.43	16.35	0.5	12.3	0.5	0.6	0.2	0.5	313	16	13.3
24	25/10/2018 23:00:34	40.81	16.22	1.6	29.8	3.5	-	-	1.7	325	9	31.0
25	27/10/2018 07:36:25	40.34	16.29	0.3	15.9	0.3	2.1	0.2	0.6	269	42	10.1
26	27/10/2018 12:58:04	40.45	16.34	0.3	21.7	0.3	2.8	0.3	1.1	288	38	11.0
27	27/10/2018 13:47:42	40.39	16.30	0.3	17.8	0.3	1.7	0.2	0.5	265	38	10.4
28	28/10/2018 01:14:34	40.42	16.35	0.3	15.1	0.4	1.7	0.3	0.9	289	36	13.6
29	28/10/2018 01:35:44	40.39	16.31	0.3	15.5	0.4	1.0	0.2	0.3	269	26	13.0
30	03/11/2018 00:45:45	40.46	16.17	0.2	6.7	0.3	0.3	0.2	0.9	112	23	5.5
31	05/11/2018 06:22:15	40.48	15.82	0.3	12.7	0.3	2.0	0.3	0.8	285	41	5.1
32	11/11/2018 03:56:42	40.11	15.89	0.4	9.4	0.3	1.6	0.3	0.2	314	26	28.4
33	11/11/2018 05:34:46	40.10	15.84	0.4	8.1	0.5	0.9	0.2	0.4	316	21	32.4
34	19/11/2018 13:07:02	40.37	16.46	0.5	16.5	0.8	1.9	0.3	1.7	309	21	22.5
35	04/12/2018 18:09:23	40.70	16.02	0.4	25.3	0.4	1.2	0.3	0.4	295	34	12.1
36	05/12/2018 16:23:28	40.44	16.09	1.4	49.1	1	-	-	0.3	59	13	0.7
37	08/12/2018 07:57:08	40.47	16.23	0.5	22.5	0.5	0.5	0.2	0.8	219	18	2.8
38	12/12/2018 17:49:15	40.70	15.81	0.5	22.7	0.6	1.1	0.2	0.4	316	23	20.8
39	16/12/2018 19:23:29	40.48	16.15	0.5	11.9	0.5	0.1	0.2	0.7	155	11	4.2
40	20/12/2018 02:22:44	40.46	16.00	0.4	21.2	0.5	0.4	0.2	0.8	77	18	3.0
41	20/12/2018 04:56:05	40.03	16.33	3.1	96.5	2.4	2.0	0.1	0.5	334	17	34.1
42	21/12/2018 06:24:46	40.36	16.09	0.2	7.8	0.5	0.1	0.4	0.9	139	19	2.5
43	21/12/2018 14:20:26	40.50	15.73	0.6	19.7	0.4	1.0	0.3	0.7	312	23	12.7
44	26/12/2018 18:59:28	40.63	16.18	0.4	22.1	0.5	1.1	0.1	0.4	285	33	15.1
45	27/12/2018 02:05:26	40.00	15.90	0.6	24.4	1.3	1.7	0.2	0.8	328	20	37.5
46	27/12/2018 18:02:48	40.33	16.27	1.0	34.2	0.8	1.1	0.3	0.6	265	15	9.9
47	28/12/2018 02:28:58	40.64	15.77	0.3	20.6	0.4	2.5	0.3	0.6	314	38	18.7
48	28/12/2018 14:06:39	40.40	15.66	3.3	0.1	3.9	0.9	0.3	0.6	315	18	20.3

49	29/12/2018 07:15:57	40.73	16.54	1.0	45.5	1.5	1.8	0.2	1.0	331	12	37.6
50	30/12/2018 13:13:27	40.37	16.17	0.4	13.6	0.7	0.0	0.4	0.7	180	13	4.1

Tabella 5: eventi sismici localizzati entro 50 km dalla rete di monitoraggio.

Gli eventi con sfondo verde hanno epicentro nei Domini di Rilevazione; gli eventi in grassetto e con i bordi in rosso hanno epicentro nella Concessione e l'ipocentro si trova a profondità ≥ 10.2 km. L'evento dell'8/12 (ID 37) dista 500 m dal Dominio Esteso, ma poiché l'errore sulla localizzazione è pari a 500 m è stato considerato tra gli eventi con epicentro che ricade nei Domini.

In Figura 5 gli epicentri dei 50 eventi sismici localizzati entro 50 km dalla rete.

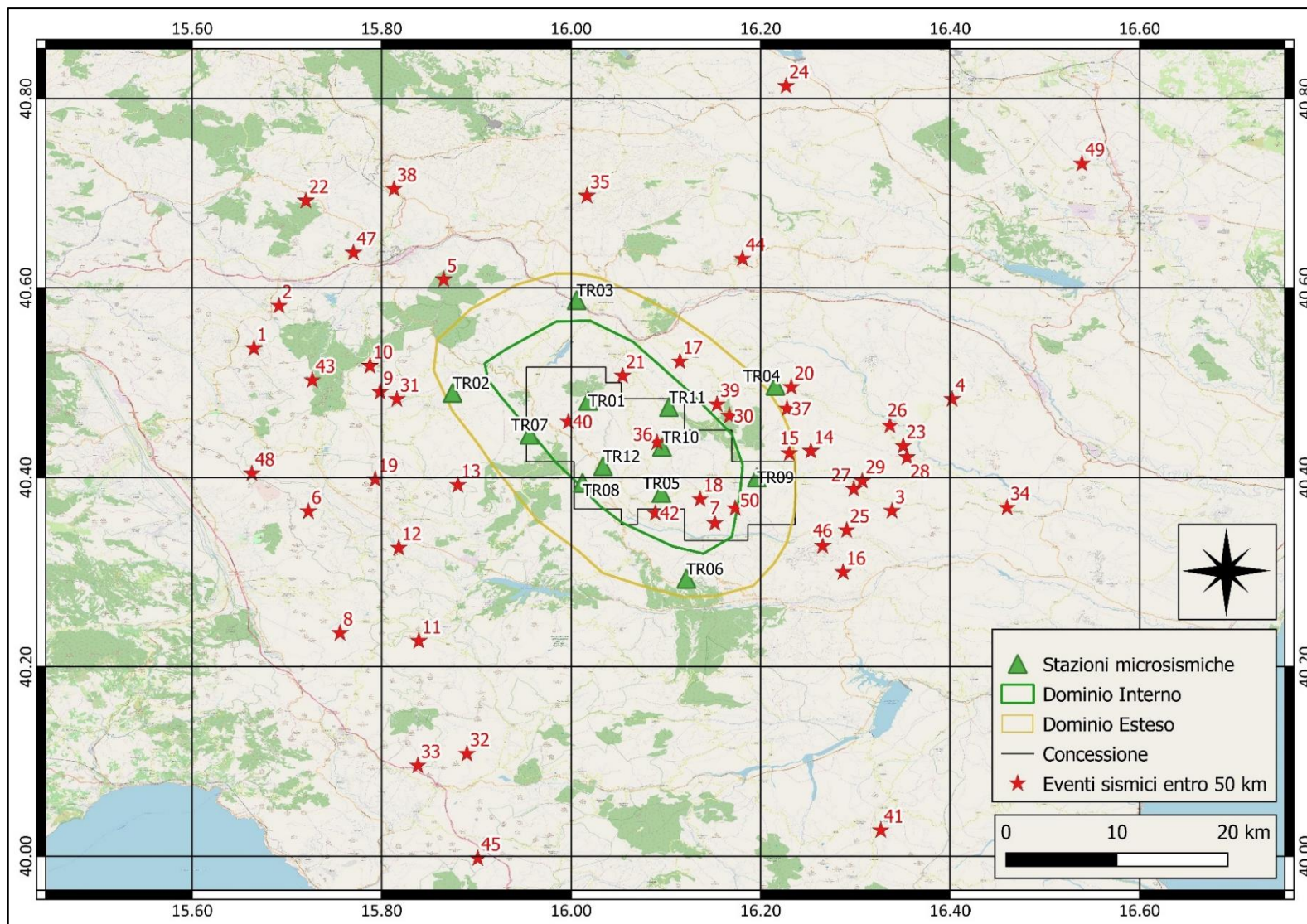


Figura 5: eventi sismici localizzati entro 50 km dalla rete

In Figura 6 gli eventi sismici il cui epicentro ricade all'interno dei Domini di Rilevazione.

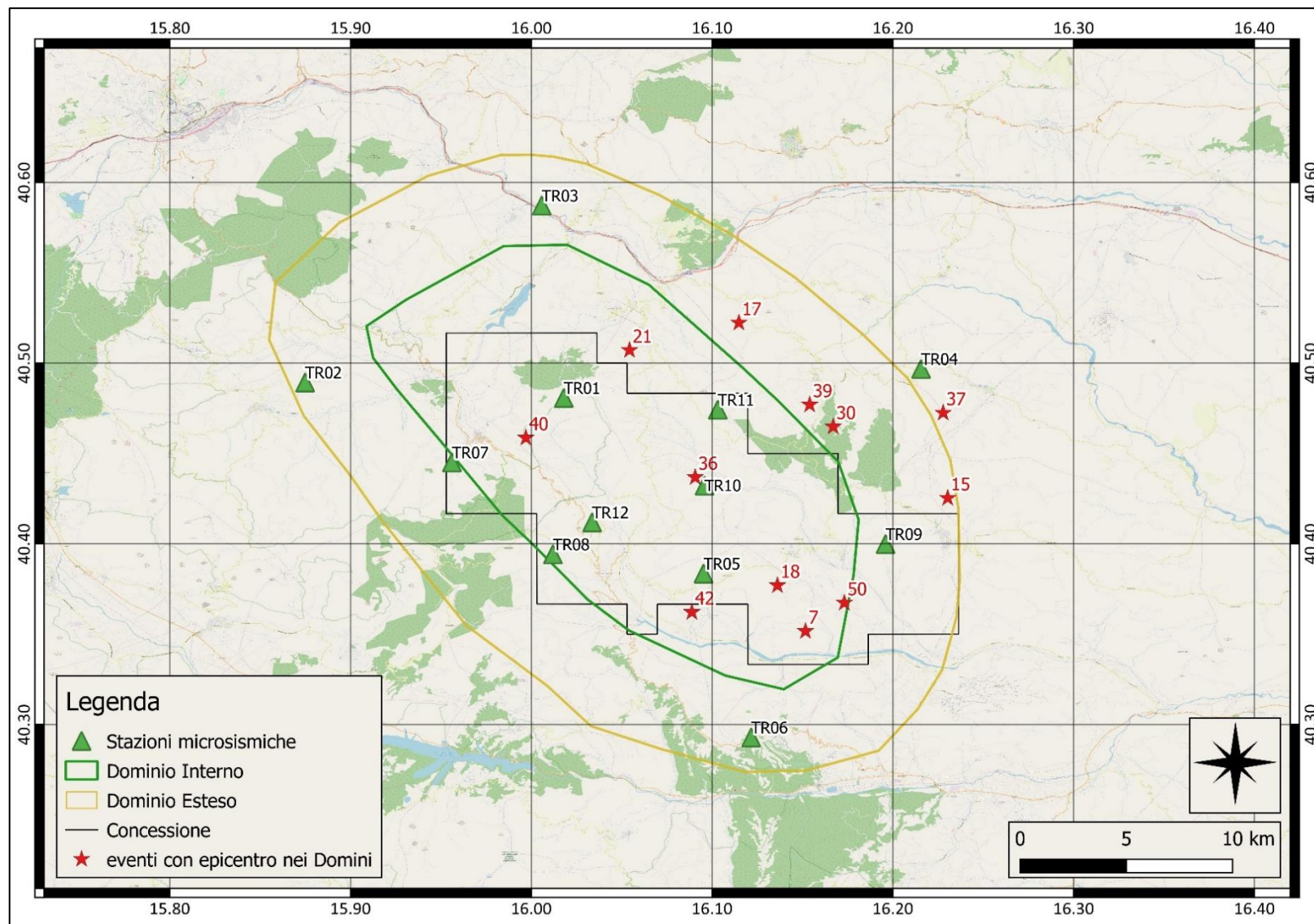


Figura 6: eventi sismici con epicentro nei Domini di Rilevazione

In Figura 7 il numero di eventi sismici suddivisi per magnitudo locale, localizzati entro 50 km dalla rete.

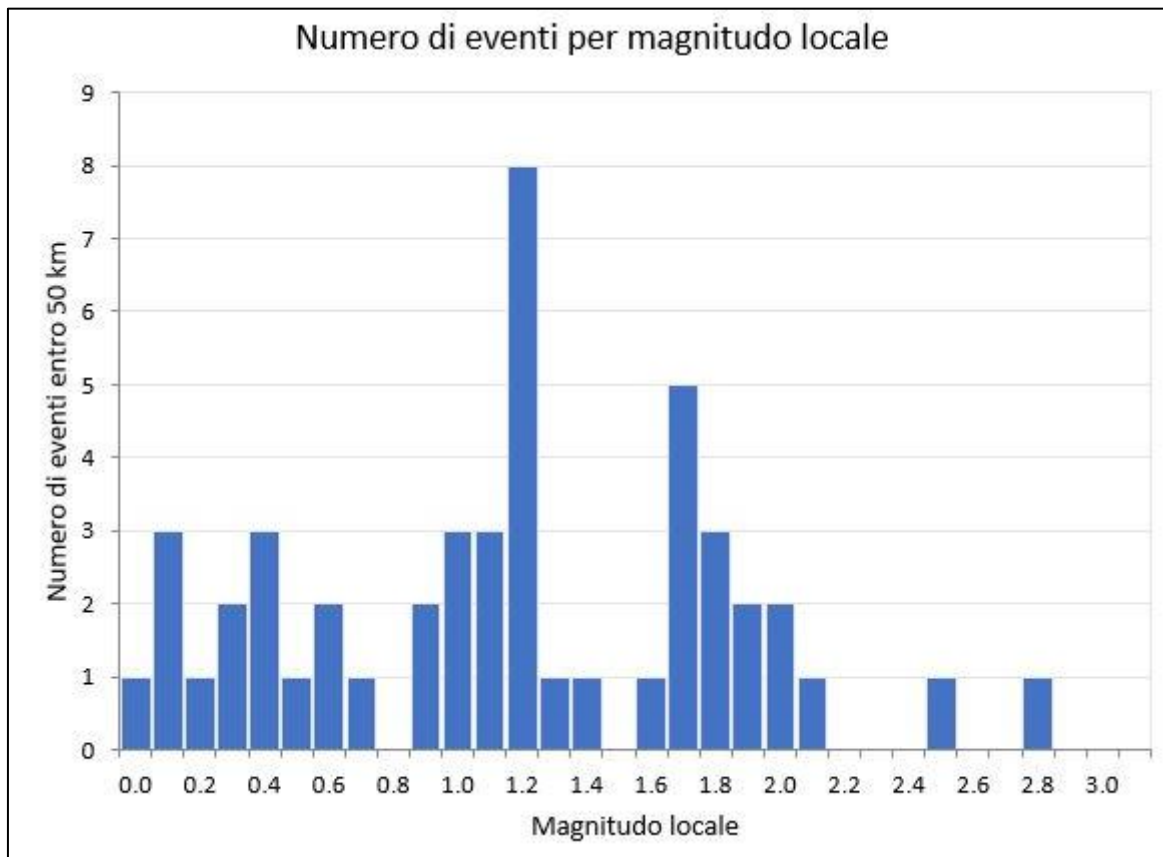


Figura 7: numero di eventi per magnitudo locale nel periodo settembre-dicembre 2018, entro 50 km dalla rete

In Figura 8 la distribuzione di magnitudo locale degli eventi localizzati entro 50 km dalla rete.

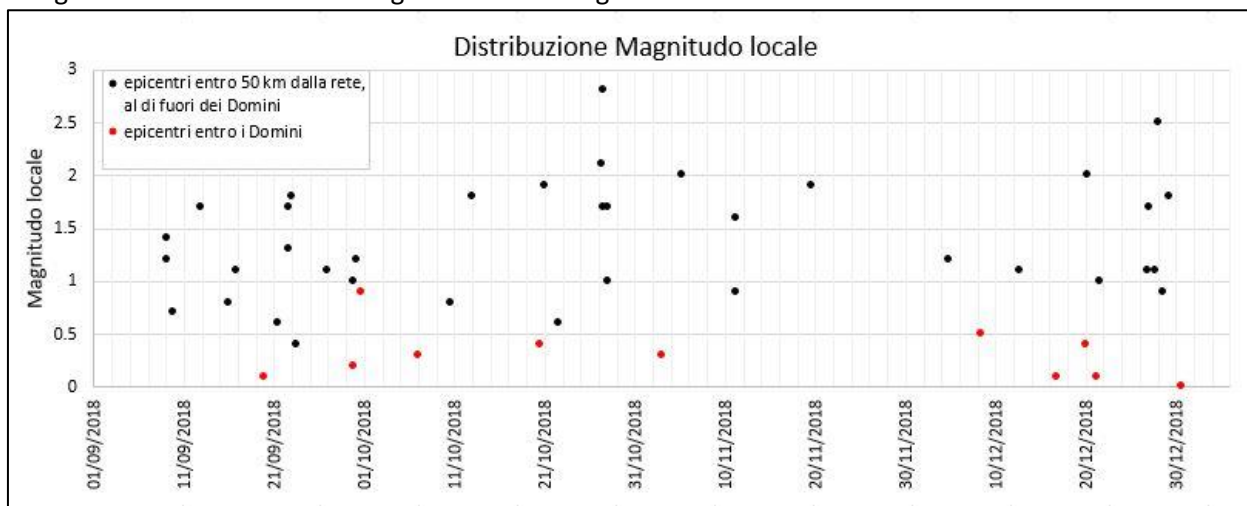


Figura 8: distribuzione di magnitudo locale nel periodo settembre-dicembre 2018, entro 50 km dalla rete: in rosso gli eventi il cui epicentro ricade nei Domini di Rilevazione.

In Figura 9 la distribuzione delle profondità degli eventi sismici il cui epicentro ricade nei Domini di Rilevazione.

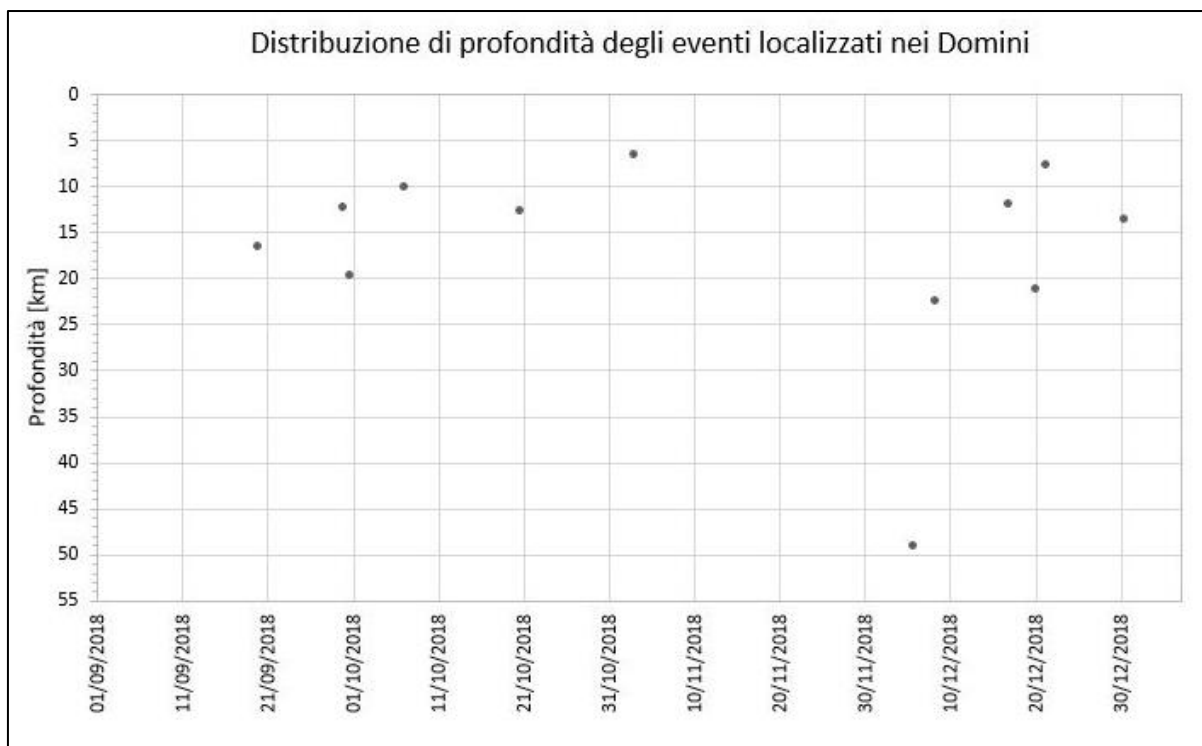


Figura 9: distribuzione delle profondità degli ipocentri degli eventi sismici localizzati entro i Domini di Rilevazione.

Opere citate

- Dialuce, G., Chiarabba, C., Di Bucci, D., Doglioni, C., Gasparini, P., Lanari, R., . . . Zollo, A. (2014). Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche.
- Lahr, J. (2002). *Hypoellipse: A computer program for determining local earthquake hypocentral parameters, magnitude, and first motion pattern* (Vols. Open File Report 99-23). United States Geological Survey. Retrieved from <https://pubs.usgs.gov/of/1999/ofr-99-0023/>
- Lee, W., & Lahr, J. (1975). *Hypo71 (Revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes* (Vols. Open File Report 75-311). United States Geological Survey.
- Maggi, C., Frepoli, G., Console, R., & Chiappini, M. (2009, Gennaio). *Recent seismicity and crustal stress field in the Lucanian Apennines and surrounding areas (Southern Italy): Seismotectonic implications. Tectonophysics, 463(1-4), 130-144.*
doi:10.1016/j.tecto.2008.09.032
- Piccinini, D., Improta, L., Anselmi, M., Moretti, M., Fracassi, U., Buttinelli, M., . . . Vallocchia, M. (2016). *Monitoraggio sismico di baseline - Campagna di sismica passiva per lo studio della sismicità di fondo nell'area della Concessione Gorgolione.*
- Solgeo srl. (2018). *Manuale Hw rete microsismica Gorgoglione - Descrizione rete - Schede stazioni - Schemi d'impianto - Collegamenti elettrici.*
- Trnkoczy, A. (1999;2002). Understanding and parameter setting of STA/LTA trigger algorithm. In P. Bormann, *New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP-2)* (p. 20). Potsdam: IASPEI, GFZ German Research Centre for Geosciences.
doi:10.2312/GFZ.NMSOP-2_IS8.1