



PROVINCIA REGIONALE DI RAGUSA
Assessorato Territorio, Ambiente e Protezione Civile
Settore Geologia e Tutela Ambientale
Rete Sismometrica Provinciale



Member of CISQ Federation
RINA
ISO 9001:2008
Sistema Qualità Certificato



RINA
BS OHSAS 18001:2007
Certified Health & Safety System



BOLLETTINO SISMICO IBILE

numero 3 _ anno 2012

BOLLETTINO SISMICO IBLEO _ numero 3 _ anno 2012

Provincia Regionale di Ragusa

Commissario Straordinario: Giovanni SCARSO

tel 0932-652323 (segreteria)
fax 0932-248825
mail segreteria.presidenza@provincia.ragusa.it
pec commissario.scarso@pec.provincia.ragusa.it

Realizzazione

Settore Geologia e Tutela Ambientale
via Giuseppe Di Vittorio 175 – 97100 Ragusa
<http://www.provincia.ragusa.it/geologia>
<http://territorio.provincia.ragusa.it/geologia/home>

Gruppo di lavoro

Rosario MINEO

Responsabile Scientifico

Giuseppe PATANÈ – Università degli Studi di Catania – Dipartimento di Scienze Geologiche

Contatti

Dirigente: Salvatore BUONMESTIERI

tel 0932-675522
fax 0932-675513
mail salvatore.buonmestieri@provincia.ragusa.it
pec salvatore.buonmestieri@pec.provincia.ragusa.it

Responsabile: Rosario MINEO

tel 0932-675552
mail rosario.mineo@provincia.ragusa.it

Servizio Rete Sismometrica Provinciale / Rete Rilevamento Emissioni Gas Radon

tel 0932-675552
mail reti.geofisiche@provincia.ragusa.it

Disclaimer

Tutti i diritti di proprietà intellettuale relativi a questi dati e informazioni sono della Provincia Regionale di Ragusa e sono tutelati dalle leggi in vigore. La riproduzione del presente documento o di parte di esso è autorizzata solo dopo avere consultato la Dirigenza e se la fonte è citata in modo esauriente. Il materiale proposto può non essere esauriente, completo, preciso o aggiornato.

INDICE

INTRODUZIONE	4
AREA DI MONITORAGGIO	5
STRUMENTAZIONE	7
DETERMINAZIONE IPOCENTRALE	8
CALCOLO DELLA MAGNITUDO	9
CATALOGO SISMICO	10
ANALISI DELLA SISMICITÀ	12
1. Distribuzione temporale degli eventi sismici	12
2. Curva di <i>strain-release</i>	13
3. Distribuzione della profondità ipocentrale	14
4. Distribuzione delle magnitudo	15
5. Distribuzione spaziale degli eventi sismici.....	16
BIBLIOGRAFIA.....	18

INTRODUZIONE

Questo numero del Bollettino Sismico Ibleo raccoglie le informazioni sull'attività sismica dell'area iblea nell'anno 2012, sulla base dei dati registrati dalle stazioni sismiche della Rete Sismometrica Provinciale tra il 01.01.2012 ed il 31.12.2012.

Sono descritte l'area di studio, la disposizione delle stazioni, le caratteristiche delle attrezzature, il modello di velocità crostale, l'algoritmo di calcolo degli ipocentri, le formule per il calcolo della magnitudo. Successivamente sono elencati i parametri spazio-temporali degli eventi sismici registrati su un numero di stazioni sufficiente per l'esecuzione di alcune analisi.

Per l'anno 2012 sono stati analizzati 32 eventi sismici. Non sono stati considerati gli eventi sismici registrati solamente su una o due stazioni, a causa dell'impossibilità di definire per essi le coordinate dell'ipocentro.

Maggiori informazioni sugli eventi sismici registrati dalla Rete (visualizzazione del sismogramma e della cartografia della zona epicentrale) sono disponibili al seguente indirizzo internet:

www.provincia.ragusa.it/geologia/sismi.php

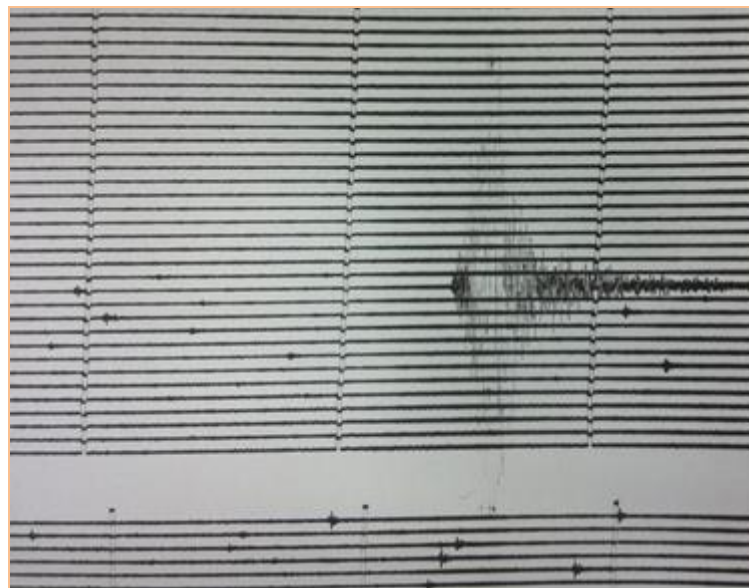


Foto 1 – Sismogramma del terremoto del giorno 27.06.2012 ore 01:14 UTC ($M = 3.3$), con epicentro a 2 km da Canicattini Bagni (SR), registrato dal sismografo su carta termica del Centro Elaborazione Dati di Ragusa.

AREA DI MONITORAGGIO

La Tabella 1 elenca le stazioni fisse della Rete Sismometrica Provinciale le cui registrazioni sono state utilizzate per la redazione di questo Bollettino.

Tabella 1 – Elenco delle stazioni della Rete attive nell'anno 2012.

SIGLA	TIPO STAZIONE	COMUNE	LAT. N (WGS84)	LONG. E (WGS84)	QUOTA (m)
RAG	fissa	Ragusa	36,912°	14,725°	535
SCR	fissa	Santa Croce Camerina (RG)	36,833°	14,534°	109
GIA	fissa	Giarratana (RG)	37,050°	14,791°	583
ACT	fissa	Acate (RG)	37,024°	14,501°	202
ISI	fissa	Ispica (RG)	36,780°	14,903°	164

La disposizione delle stazioni della Rete all'interno del territorio provinciale è visualizzata in Figura 1 (pagina seguente). È rappresentata anche l'area di studio definita dal poligono ABCDE, i cui vertici hanno le coordinate riportate in Tabella 2.

Tabella 2 – Coordinate dei vertici dell'area di studio.

VERTICE	LAT. N (WGS84)	LONG. E (WGS84)
A	37,3°	14,7°
B	37,3°	15,7°
C	36,3°	15,7°
D	36,3°	13,9°
E	37,0°	13,9°

La scelta di definire questa area di studio è subordinata ai limiti di applicabilità di un modello di velocità crostale per l'area iblea che non permette determinazioni epicentrali ed ipocentrali attendibili per eventi sismici localizzati nell'area etnea, nella Sicilia centrale, nell'alto Ionio e nel basso Canale di Sicilia.

Quindi, sebbene nell'anno 2012 sono stati registrati circa 180 eventi sismici, in questo Bollettino saranno esaminati solo i 32 terremoti che ricadono all'interno dell'area di studio sopra definita e di cui è stato possibile calcolare i parametri focali.

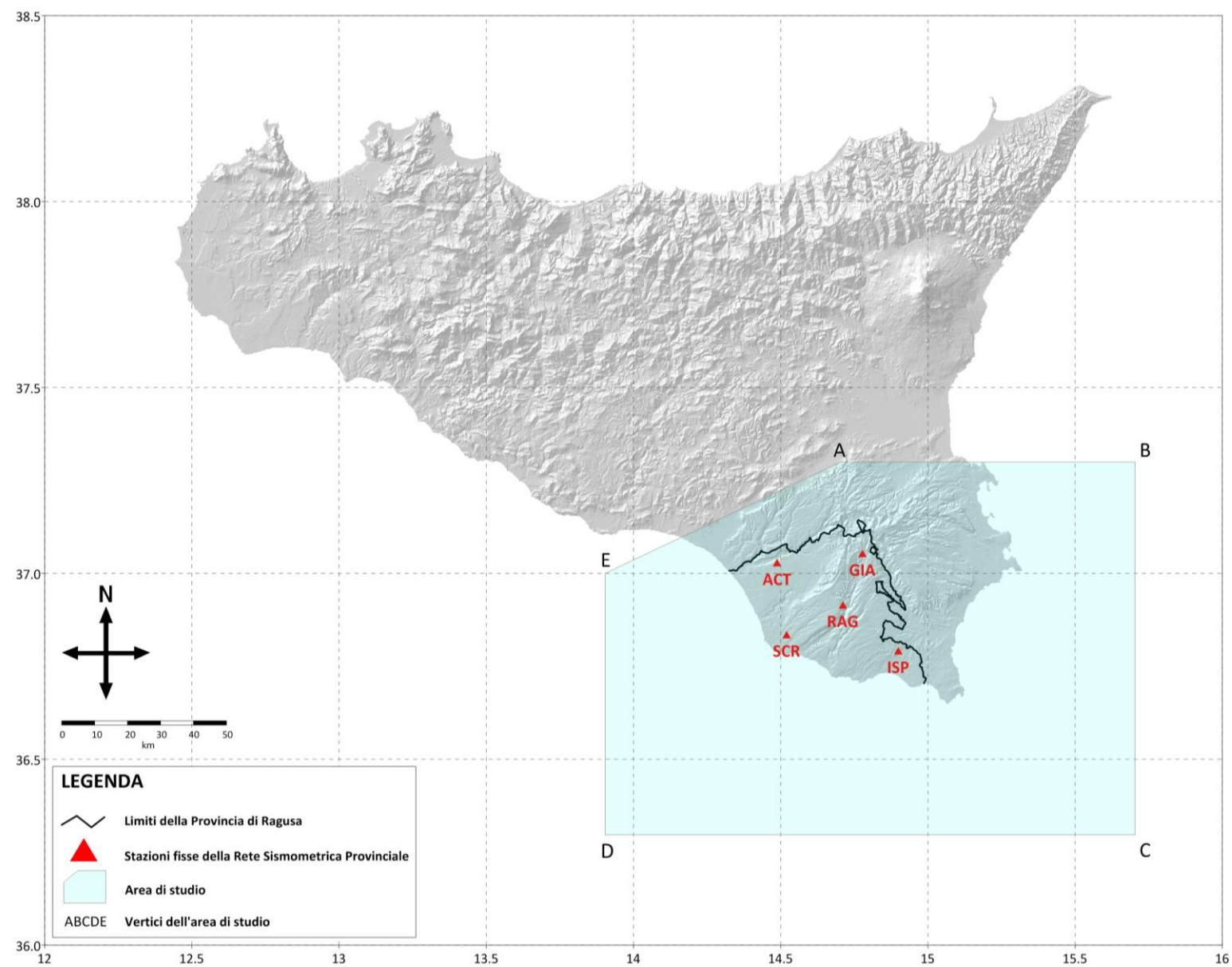


Figura 1 – Disposizione delle stazioni della Rete.

STRUMENTAZIONE

Le stazioni sismiche sono equipaggiate con attrezzature digitali di alto livello tecnologico con le caratteristiche tecniche descritte nella Tabella 3.

Tabella 3 – Attrezzature delle stazioni della Rete.

ATTREZZATURA	CARATTERISTICHE
geofono LE-3Dlite	- numero di canali: 3 - sensibilità: 400 V/m/s - smorzamento interno: 0.707 critico - frequenza naturale: 1 Hz - frequenza d'angolo superiore: > 80 Hz - RMS noise @ 1 Hz: < 3 nm/s - full-scale range: ± 5 V - peso: 1.8 kg - dimensioni: diametro 97 mm, altezza 68 mm - alimentazione: 12 V - consumo: 8mA @ 12 V DC
digitalizzatore MARS-88/MC	- numero di canali: 3 - campionamento: 16 bit - intervallo di campionamento: 62.5 Hz - sensibilità: 2 μV, 8 μV, 32 μV, 128 μV - alimentazione: batteria tampone 10 Ah – 12 V DC - registrazione: continua, a finestra temporale, triggerata - trigger: di tipo puro STA/LTA, puro STA/soglia e combinazioni
antenna ricevente DCF	- per la ricezione del segnale radio temporale codificato ad onde lunghe (77.5 kHz) e banda stretta (10 Hz) trasmesso in continuo da Francoforte (Germania)

Il Centro Elaborazione Dati (Foto 2), situato nei locali del Settore Geologia e Tutela Ambientale, gestisce i collegamenti telematici con le stazioni sismiche (collegate tramite un modem seriale per la trasmissione dei dati su linea telefonica analogica), acquisisce i dati registrati, elabora le informazioni raccolte mediante particolari software di analisi dati.

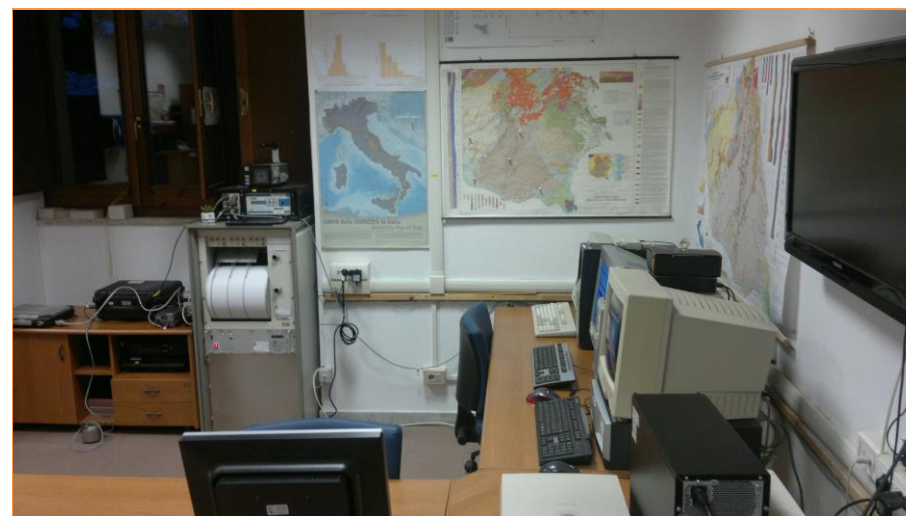


Foto 2 – Il Centro Elaborazione Dati di Ragusa.

DETERMINAZIONE IPOCENTRALE

La determinazione dell'ipocentro è stata eseguita, per gli eventi sismici registrati da almeno tre stazioni, con il software *DE - Determinazione Epicentrale* (F. Failla e S. Failla, GeoWaves, 2003), appositamente realizzato per la determinazione di ipocentri anche esterni alla Rete. Esso sfrutta l'adattamento per personal computer dei codici di B. Lienert dell'*HIGP-Hawai'i Institute of Geophysics and Planetology* [Lienert et al., 1986] e [Lienert et al., 1995].

L'analisi delle tracce sismiche è stata effettuata con il software *PITSA* (*Programmable Interactive Tool for Seismic Analysis*), attraverso l'analisi del *particle motion*, che ha permesso di leggere i tempi di arrivo delle fasi P e S con buona precisione.

Tabella 4 – Modello di velocità utilizzato.

STRATO (km)	VELOCITÀ ONDE P (km/s)
0 - 3	2,230
3 - 6	5,657
6 - 10	6,254
10 - 16	6,336
16 - 28	6,499
28 - ...	7,900

Il modello di velocità crostale utilizzato per l'area iblea è un modello a 6 strati [Musumeci et al., 2003, modificato] con $V_p/V_s = 1,732$, schematizzato nella Tabella 4 e rappresentato nella Figura 2.

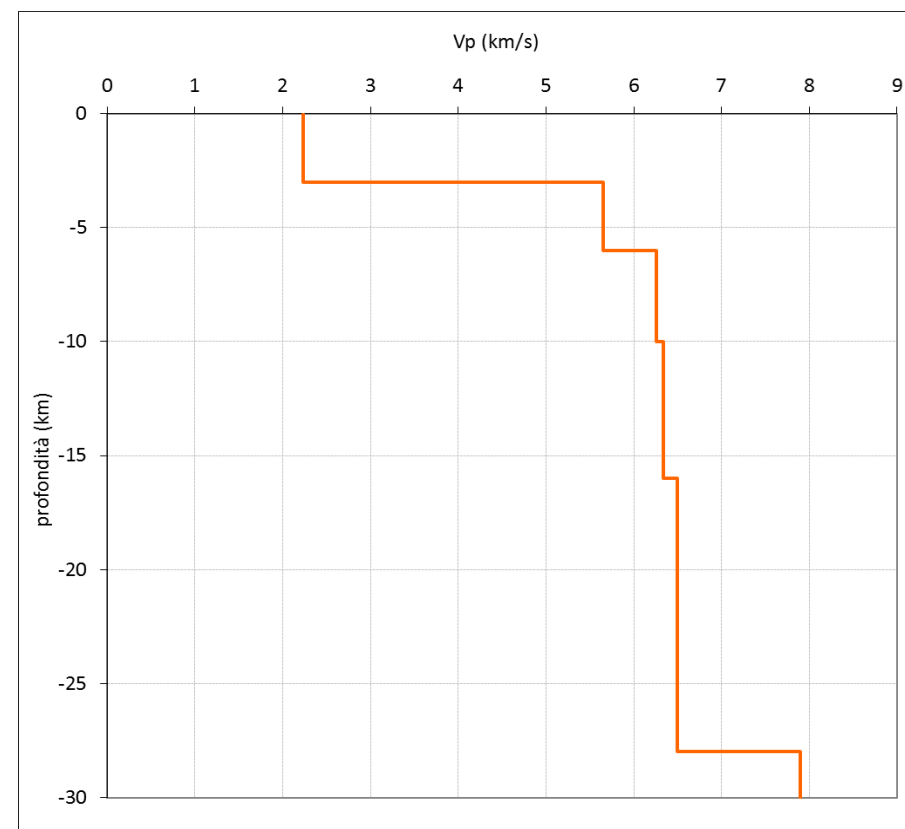


Figura 2 – Modello di velocità utilizzato.

CALCOLO DELLA MAGNITUDO

La magnitudo locale Wood-Anderson equivalente è stimata misurando l'ampiezza delle onde S nel dominio delle frequenze e deducendo da essa l'ampiezza massima che si otterrebbe su un sismografo Wood-Anderson standard [Scherbaum e Stoll, 1983; Patanè et al., 1995].

Le equazioni usate nel calcolo della magnitudo sono mostrate nella Tabella 5. Per la stazione di Acate non esiste un'equazione di calcolo perché non è ancora disponibile una stima del coefficiente di risposta di sito (b).

dove:

- $A_{\max}$ è l'ampiezza massima spettrale dello spostamento del suolo
- Δ è la distanza epicentrale in chilometri, misurata dalla stazione in esame
- R è il coefficiente di "radiation pattern" per le onde SH e vale $R = 0,63$
- b è il coefficiente di risposta di sito

Tabella 5 – Equazioni della magnitudo Wood-Anderson equivalente.

STAZIONE	MAGNITUDO	VALORE b
RAG	$M_{WAeq} = \log[(2800 \cdot A_{\max}) / (R \cdot b)] - (-2.90 \cdot \log \Delta + 2.80)$	0.69
SCR	$M_{WAeq} = \log[(2800 \cdot A_{\max}) / (R \cdot b)] - (-2.90 \cdot \log \Delta + 2.80)$	0.90
GIA	$M_{WAeq} = \log[(2800 \cdot A_{\max}) / (R \cdot b)] - (-2.59 \cdot \log \Delta + 2.17)$	0.98
ISI	$M_{WAeq} = \log[(2800 \cdot A_{\max}) / (R \cdot b)] - (-3.02 \cdot \log \Delta + 3.03)$	1.21

CATALOGO SISMICO

La Tabella 7 elenca i 32 eventi sismici registrati nell'anno 2012 dalle stazioni della Rete Sismometrica Provinciale con epicentro ricadente all'interno dell'area di studio definita in Figura 1. Sono presentati i seguenti dati:

- ID numero identificativo del terremoto nel database interno degli eventi sismici
- DATA data dell'evento sismico (gg/mm/aa)
- TEMPO tempo origine (UTC) dell'evento sismico (hh:mm:ss)
- LAT latitudine epicentrale in coordinate geografiche WGS84 (gradi e frazioni di grado)
- LONG longitudine epicentrale in coordinate geografiche WGS84 (gradi e frazioni di grado)
- PROF profondità dell'ipocentro in chilometri (il valore zero corrisponde al livello del mare)
- M_{WAeq} magnitudo Wood-Anderson equivalente
- LOC località più prossima all'epicentro

La conversione da ora UTC (Tempo Universale Coordinato) in ora locale si ottiene nel seguente modo:

- dall'ultima domenica di ottobre all'ultima domenica di marzo:
ora locale = ora UTC + 1 ora
- dall'ultima domenica di marzo all'ultima domenica di ottobre:
ora locale = ora UTC + 2 ore

Gli eventi sismici inseriti nell'elenco hanno gli errori massimi ammessi come mostrato nella Tabella 6.

Tabella 6 – Errori massimi ammessi.

PARAMETRO	SIGNIFICATO	VALORE MASSIMO
ERH	errore sulla latit./longit.	2 km
ERZ	errore sulla profondità	2 km
RMS	errore sul tempo origine	0,3 s

Eccezionalmente sono stati ammessi errori ERH ed ERZ pari a 3 km, relativamente ad eventi sismici con epicentro in mare.

Tabella 7 – Elenco eventi sismici registrati dal 01.01.2012 al 31.12.2012.

ID	DATA	TEMPO	LAT	LONG	PROF	M _{WAeq}	LOC
3156	05/02/2012	09:18:53.28	36,962	14,772	13,8	< 1	7 km da Ragusa (RG)
3157	05/02/2012	09:45:41.77	36,977	14,738	10,9	< 1	6 km da Ragusa (RG)
3158	05/02/2012	10:45:27.26	36,978	14,733	10,3	1,1	6 km da Chiaramonte Gulfi (RG)
3169	24/03/2012	05:37:21.27	36,716	15,147	26,1	2,1	5 km da Portopalo di Capo Passero (SR)
3176	29/03/2012	20:18:14.29	36,966	14,775	11,2	1,2	7 km da Ragusa (RG)
3180	02/04/2012	08:05:27.18	37,217	15,025	12,4	< 1	6 km da Carlentini (SR)
3181	05/04/2012	03:14:33.57	36,966	14,783	11,1	< 1	8 km da Ragusa (RG)
3182	11/04/2012	06:35:33.02	37,107	14,715	12,7	< 1	4 km da Monterosso Almo (RG)
3196	10/05/2012	04:22:52.65	36,972	14,763	9,3	< 1	7 km da Ragusa (RG)
3212	09/06/2012	03:01:12.85	36,855	15,182	46,4	1,7	7 km da Avola (SR)
3217	15/06/2012	00:24:37.18	36,977	14,973	9,2	< 1	9 km da Canicattini Bagni (SR)
3219	16/06/2012	06:21:53.32	37,247	15,265	25,1	2,0	4 km da Augusta (SR)
3223	25/06/2012	10:52:50.06	37,009	14,958	12,6	2,1	7 km da Palazzolo Acreide (SR)
3224	25/06/2012	10:57:35.39	37,013	14,968	9,7	< 1	8 km da Palazzolo Acreide (SR)
3226	26/06/2012	21:26:59.57	36,993	14,688	6,1	< 1	4 km da Chiaramonte Gulfi (RG)
3227	27/06/2012	01:07:37.54	37,010	15,013	2,6	1,4	4 km da Canicattini Bagni (SR)
3228	27/06/2012	01:09:45.25	37,011	15,018	3,0	< 1	4 km da Canicattini Bagni (SR)
3229	27/06/2012	01:14:18.66	37,007	15,048	8,4	3,3	2 km da Canicattini Bagni (SR)
3230	27/06/2012	01:16:18.71	37,010	14,990	20,9	< 1	6 km da Canicattini Bagni (SR)
3231	27/06/2012	01:20:58.05	36,975	15,062	13,6	1,7	6 km da Canicattini Bagni (SR)
3232	27/06/2012	01:31:22.33	36,977	15,065	10,1	< 1	6 km da Canicattini Bagni (SR)
3233	27/06/2012	01:33:23.97	36,986	15,050	7,3	< 1	5 km da Canicattini Bagni (SR)
3234	27/06/2012	02:48:00.43	37,005	15,020	15,3	2,1	4 km da Canicattini Bagni (SR)
3236	27/06/2012	10:23:15.16	36,974	15,017	13,8	< 1	7 km da Canicattini Bagni (SR)
3237	27/06/2012	15:28:35.56	36,987	15,010	15,5	< 1	6 km da Canicattini Bagni (SR)
3243	02/07/2012	02:03:33.88	36,966	15,052	7,9	< 1	7 km da Canicattini Bagni (SR)
3245	03/07/2012	23:49:57.24	36,973	15,010	14,8	< 1	7 km da Canicattini Bagni (SR)
3252	28/07/2012	02:51:22.52	37,100	15,518	22,9	2,5	22 km da Siracusa (SR)
3258	17/08/2012	09:29:01.99	37,103	15,347	22,8	2,3	7 km da Siracusa (SR)
3285	10/11/2012	08:12:38.03	36,857	14,690	25,5	< 1	7 km da Modica (RG)
3308	30/11/2012	12:07:34.51	36,934	14,558	17,6	< 1	3 km da Vittoria (RG)
3311	06/12/2012	20:43:42.06	36,708	14,787	17,6	1,6	5 km da Pozzallo (RG)

ANALISI DELLA SISMICITÀ

1. Distribuzione temporale degli eventi sismici

La Figura 3 mostra il numero cumulativo degli eventi sismici localizzati dalle stazioni della Rete Sismometrica Provinciale nell'anno 2012.

Buona parte degli eventi riportati riguarda lo sciame sismico che ha interessato la zona di Canicattini Bagni (SR) il 27.06.2012.

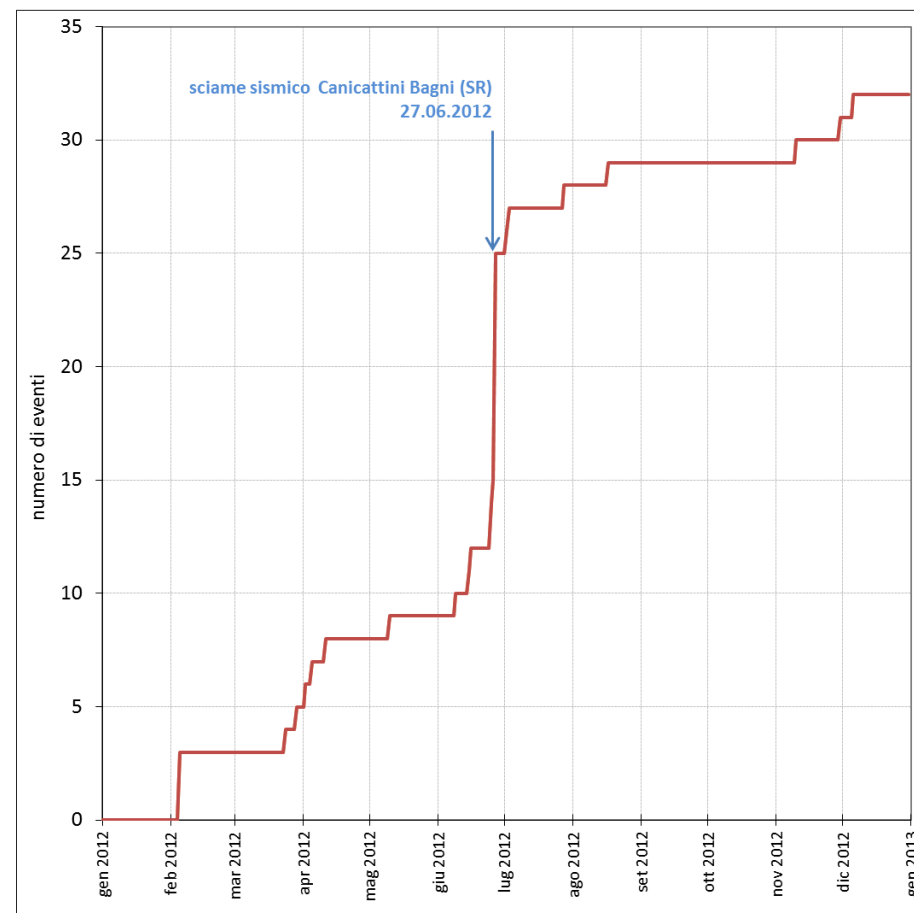


Figura 3 – Curva cumulativa degli eventi sismici localizzati nell'anno 2012.

2. Curva di *strain-release*

Un modo di esaminare la sismicità di un'area consiste nel considerare l'andamento temporale dello *strain-release*, cioè della deformazione avvenuta in seguito al rilascio dell'energia sismica.

Se si trascura l'energia persa sotto forma di calore e di deformazione permanente, allora lo *strain-release* (ϵ) può essere assunto proporzionale alla radice quadrata dell'energia sismica rilasciata [Benioff, 1951]:

$$\sqrt{E} = c \cdot \epsilon$$

dove c è una costante dipendente dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del volume roccioso in cui si è accumulata l'energia potenziale.

L'energia rilasciata si ricava dalla formula [Richter, 1958]:

$$\log E = 9.9 + 1.9 \cdot M_L - 0.024 \cdot M_L^2$$

dove M_L è la magnitudo.

La curva di *strain-release* può fornire utili indicazioni sui rapporti che legano il rilascio di energia ai tempi di accumulo della stessa. Inoltre questo approccio permette il confronto qualitativo e quantitativo delle sismicità corrispondenti a diverse zone sismogenetiche.

La Figura 4 mostra la curva cumulativa di *strain-release* per gli eventi sismici registrati dalla Rete nell'anno 2012. La principale discontinuità nell'andamento dello *strain* è essenzialmente dovuta allo sciame sismico avvenuto il 27.06.2012 ($M_{\max}=3,3$) nella zona di Canicattini Bagni (SR).

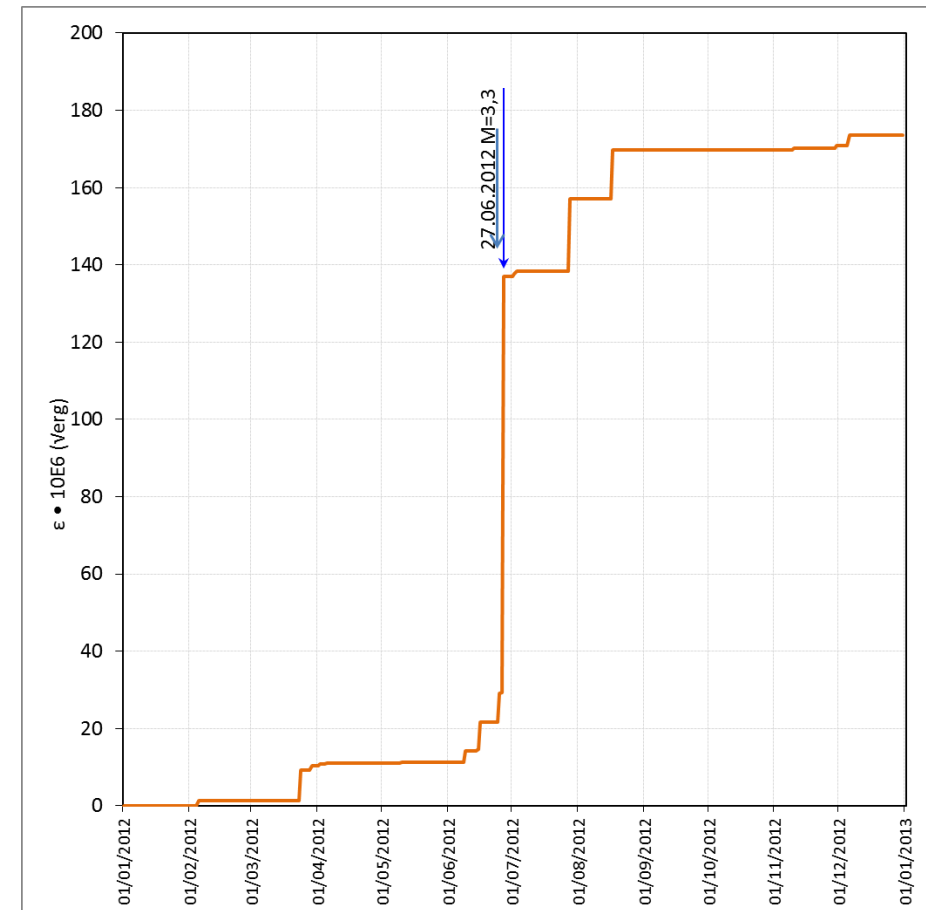


Figura 4 – Curva cumulativa di *strain-release* nell'anno 2012.

3. Distribuzione della profondità ipocentrale

La Figura 5 mostra la distribuzione degli eventi sismici in classi di profondità dell'ipocentro.

Il 60 % degli eventi sismici localizzati ha avuto ipocentri tra 5 e 15 chilometri di profondità, come mostrato nella Tabella 8.

Tabella 8 – Suddivisione degli eventi in classi di profondità.

PROFONDITÀ	EVENTI	PERCENTUALE
0-5	2	6 %
5-10	7	22 %
10-15	12	38 %
15-20	4	13 %
20-25	3	9 %
25-30	3	9 %
30-35	0	0 %
35-40	0	0 %
40-45	0	0 %
45-50	1	3 %
50-55	0	0 %
55-60	0	0 %
60-65	0	0 %
65-70	0	0 %

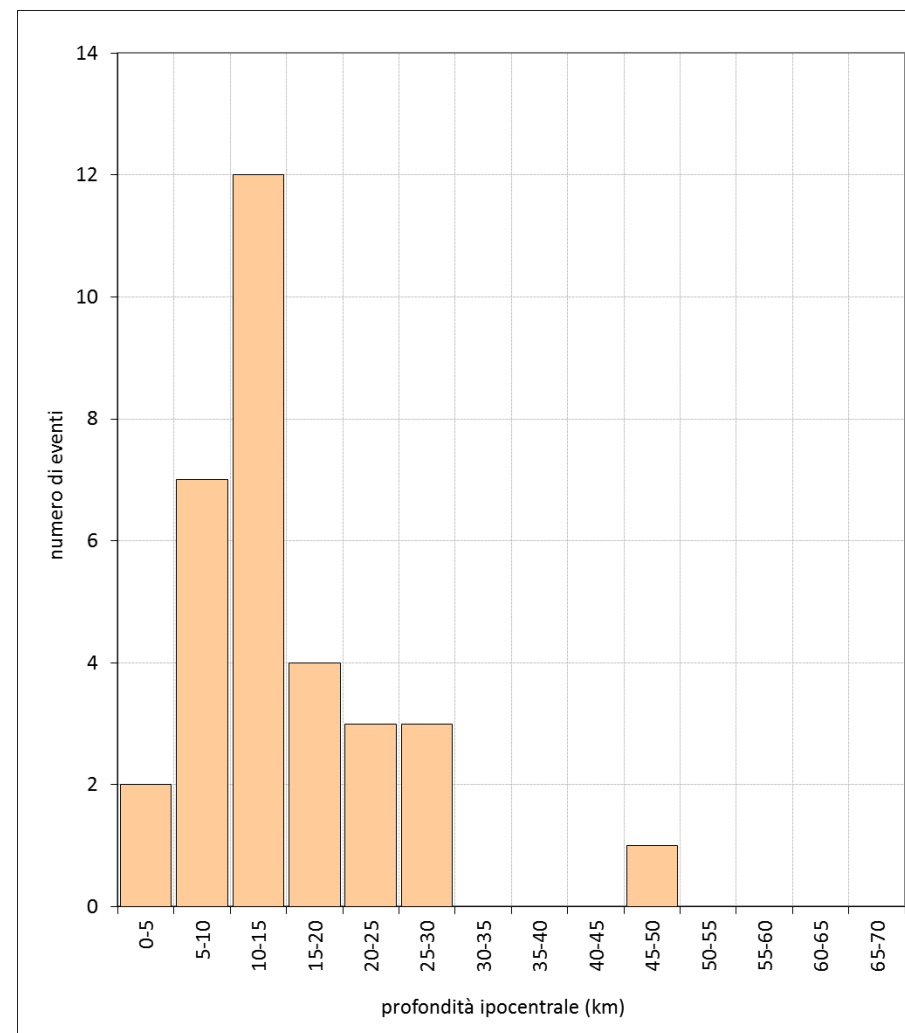


Figura 5 – Distribuzione delle profondità ipocentrali.

4. Distribuzione delle magnitudo

La Figura 6 mostra la distribuzione delle magnitudo calcolate.

Come descritto nella Tabella 9, la maggior parte degli eventi sismici registrati presenta valori di magnitudo locale inferiori a 1,0.

Tabella 9 – Suddivisione degli eventi in classi di magnitudo.

MAGNITUDO	EVENTI	PERCENTUALE
< 1,0	19	59 %
1,0 – 1,5	3	9 %
1,5 – 2,0	3	9 %
2,0 – 2,5	5	16 %
2,5 – 3,0	1	3 %
3,0 – 3,5	1	3 %
3,5 – 4,0	0	0 %

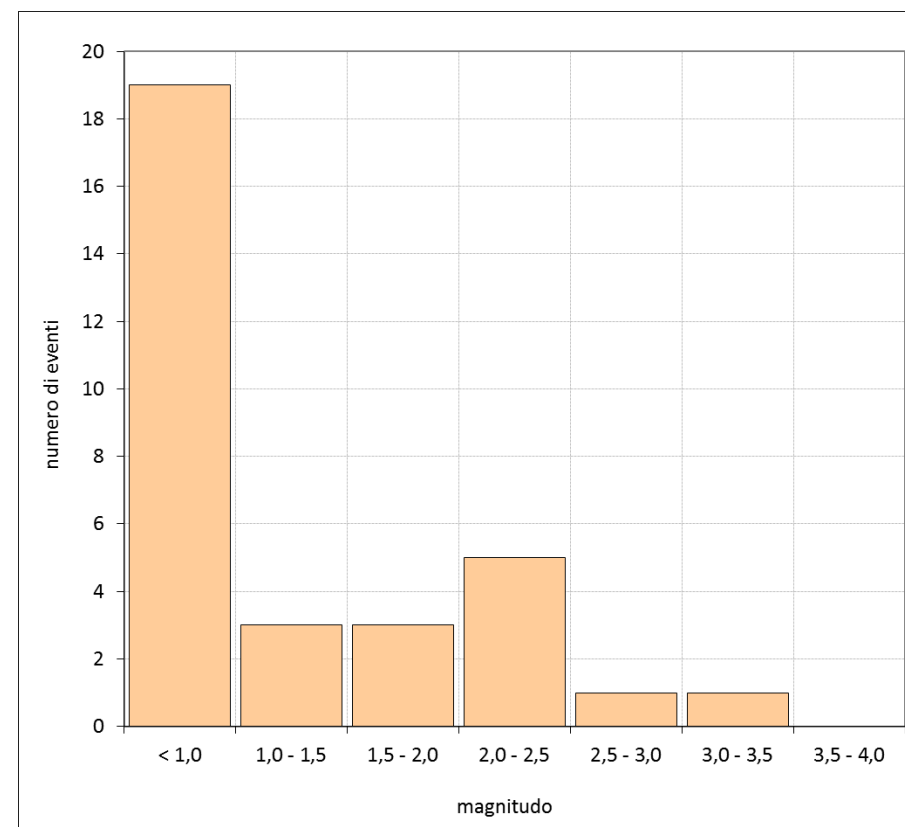


Figura 6 – Distribuzione delle magnitudo.

5. Distribuzione spaziale degli eventi sismici

La Figura 7 (nella pagina seguente) mostra gli epicentri e gli ipocentri dei 32 eventi sismici registrati dalla Rete Sismometrica Provinciale nell'anno 2012 e ricadenti nell'area di studio. Sono stati considerati solo gli eventi sismici registrati da almeno tre stazioni, e per i quali è stato possibile definire con buona precisione i tempi di arrivo delle fasi P e S.

Gli eventi sono stati rappresentati tramite circonferenze il cui raggio (di dimensioni non omogenee con la scala di rappresentazione dell'area) è proporzionale a quello di un volume focale di geometria sferica [Bath and Duda, 1964].

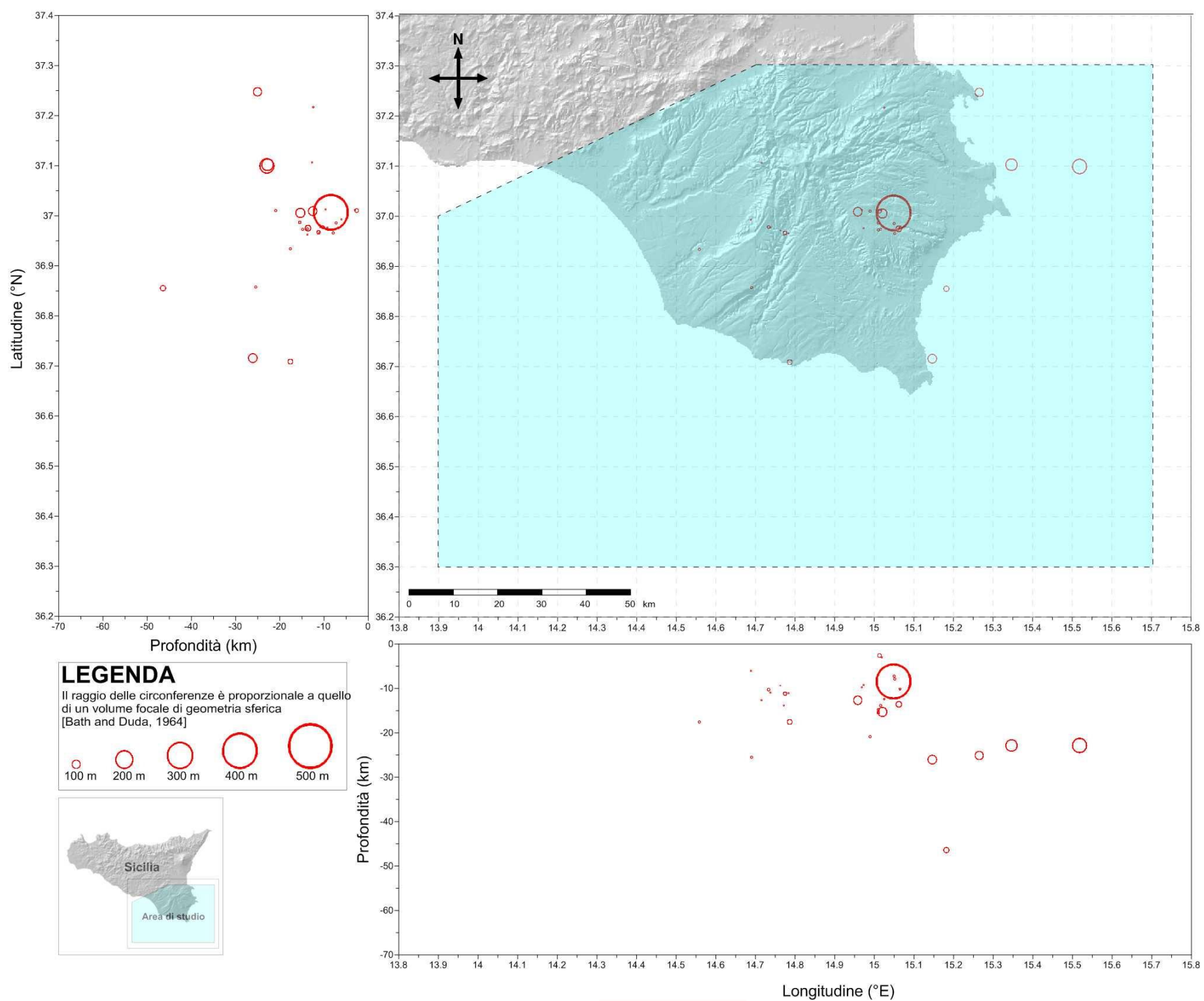


Figura 7 – Mappa degli epicentri registrati e localizzati all'interno dell'area di studio nell'anno 2012. Sono rappresentate anche due sezioni verticali dell'area nelle direzioni Nord-Sud ed Est-Ovest.

BIBLIOGRAFIA

- Bath M. and Duda S.J. (1964): **Earthquake volume, plain area, seismic strain, deformation and related quantities**, *Ann. Geofis.*, 17, 353-368
- Benioff H. (1951): **Earthquake and rock creep**, part 1, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 58, 1583-1606
- Bormann P., IASPEI (2002): **New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP)**, GeoForschungsZentrum Potsdam, Potsdam, Germany
- Lienert B.R.E., Berg E. and Frazer L.N. (1986): **Hypocenter: An earthquake location method using centered, scaled, and adaptively least squares**, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 76, 771-783
- Lienert B.R.E. and Havskov J. (1995): **A computer program for locating earthquakes both locally and globally**, *Seis. Res. Lett.*, 66, 26-36
- Musumeci C., Di Grazia G. and Gresta S. (2003): **Minimum 1-D velocity model in Southeastern Sicily (Italy) from local earthquake data: an improvement in location accuracy**, *Journal of Seismology*, 7, 469-478
- Patanè G., Coco G., Corrao M., Imposa S., Montalto A. (1995): **Source parameters of seismic events at Mount Etna volcano, Italy, during the outburst of the 1991-93 eruption**, *Physics of the Earth and Planetary Interior*, 89, 149-162
- Patanè G., Coco G., Corrao M., Imposa S. (1993): **Il terremoto ibleo del 13.12.1990: studio macrosismico e strumentale**, Convegno annuale G.N.G.T.S. 1993 – ROMA
- Richter C.F. (1958): **Elementary Seismology**, Freeman and Co., San Francisco, CA, 768
- Scherbaum F. and Stoll D. (1983): **Source parameters and scaling laws of the 1978 Swabian Jura (Southwest Germany) aftershocks**, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 73, 1321-1343

