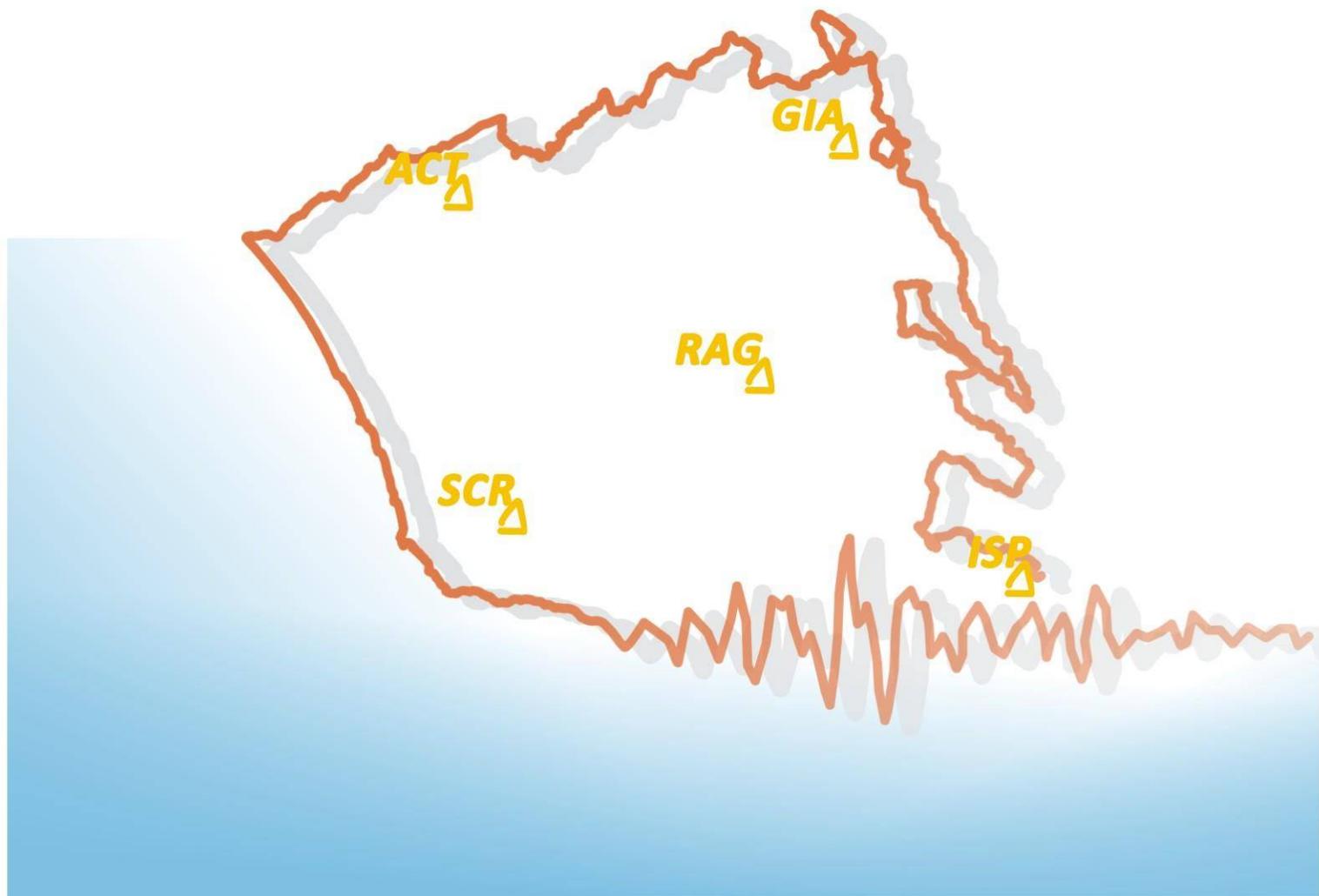




PROVINCIA REGIONALE DI RAGUSA
denominata Libero Consorzio Comunale
Settore Geologia e Tutela Ambientale
Servizio Rete Sismometrica Provinciale



BOZZETTINO SISMICO LIBERO

numero 4 _ anno 2013

BOLLETTINO SISMICO IBLEO _ numero 4 _ anno 2013

Provincia Regionale di Ragusa - denominata Libero Consorzio Comunale

Commissario Straordinario: Dario CARTABELLOTTA

tel 0932-652304/305 (segreteria)

fax 0932-248825

mail segreteria.presidenza@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>

Responsabile

Rosario MINEO

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
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 2013, sulla base dei dati registrati dalle stazioni sismiche della *Rete Sismometrica Provinciale* tra il 01.01.2013 ed il 31.12.2013.

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 2013 sono stati analizzati 24 eventi sismici. Non sono stati considerati gli eventi sismici registrati solamente su una o due stazioni (a causa di temporanei malfunzionamenti) perché in tal caso risulta impossibile definire per essi le coordinate dell'ipocentro. Tuttavia, data il suo significativo contributo in termini di rilascio energetico per l'anno 2014, si è deciso di inserire l'evento sismico occorso in data 15.12.2013 alle ore 03:57. Questo evento è stato acquisito dalla *Rete Sismometrica Provinciale* solo con il sismografo registratore su carta, e non è stato possibile definire la localizzazione ipocentrale e la magnitudo. Pertanto, nella Tabella 7 e nelle successive Figure, relativamente al suddetto evento sismico, si è fatto riferimento a quanto pubblicato dalla seguente fonte:

Gruppo Analisi Dati Sismici, 2014. Catalogo dei terremoti della Sicilia Orientale - Calabria Meridionale (1999-2014). INGV, Catania.
<http://www.ct.ingv.it/ufs/analisti/catalogolist.php>

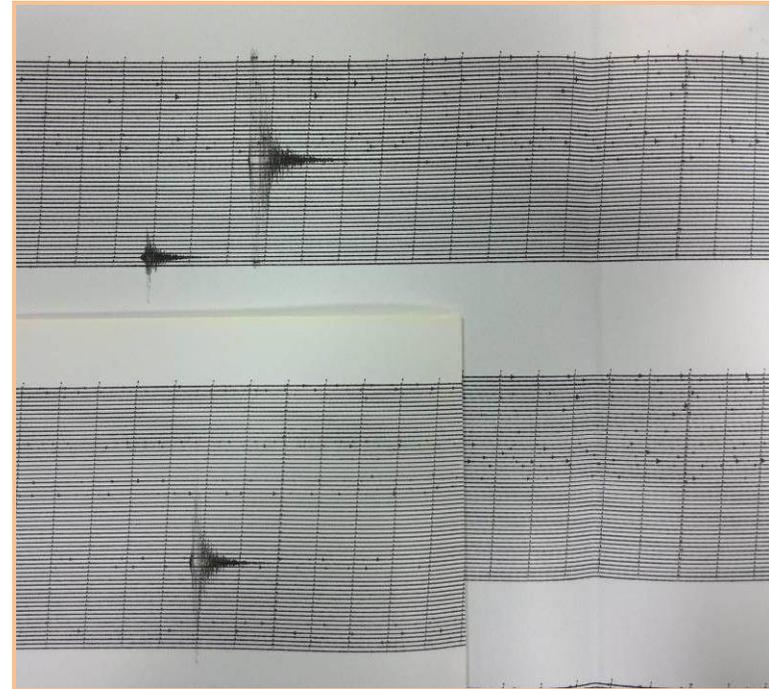


Foto 1 – Sismogrammi dei seguenti terremoti registrati dal sismografo su carta termica del *Centro Elaborazione Dati* di Ragusa (dall'altro in basso):

- a. 24.08.2013 ore 17:18 UTC (M = 3.4), con epicentro a 7 km da Pachino (SR);
- b. 26.08.2013 ore 03:45 UTC (M = 3.0), con epicentro a 46 km da Santa Croce Camerina (RG);
- c. 15.12.2013 ore 03:57 UTC (M = 4.1), con epicentro a 7 km da Ispica (RG) [fonte: INGV Catania].

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 2013.

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 geografiche 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 2013 sono stati registrati circa 150 eventi sismici, in questo *Bollettino* saranno esaminati solo i 24 terremoti che ricadono all'interno dell'area di studio sopra definita e di cui è stato possibile determinare i parametri focali.

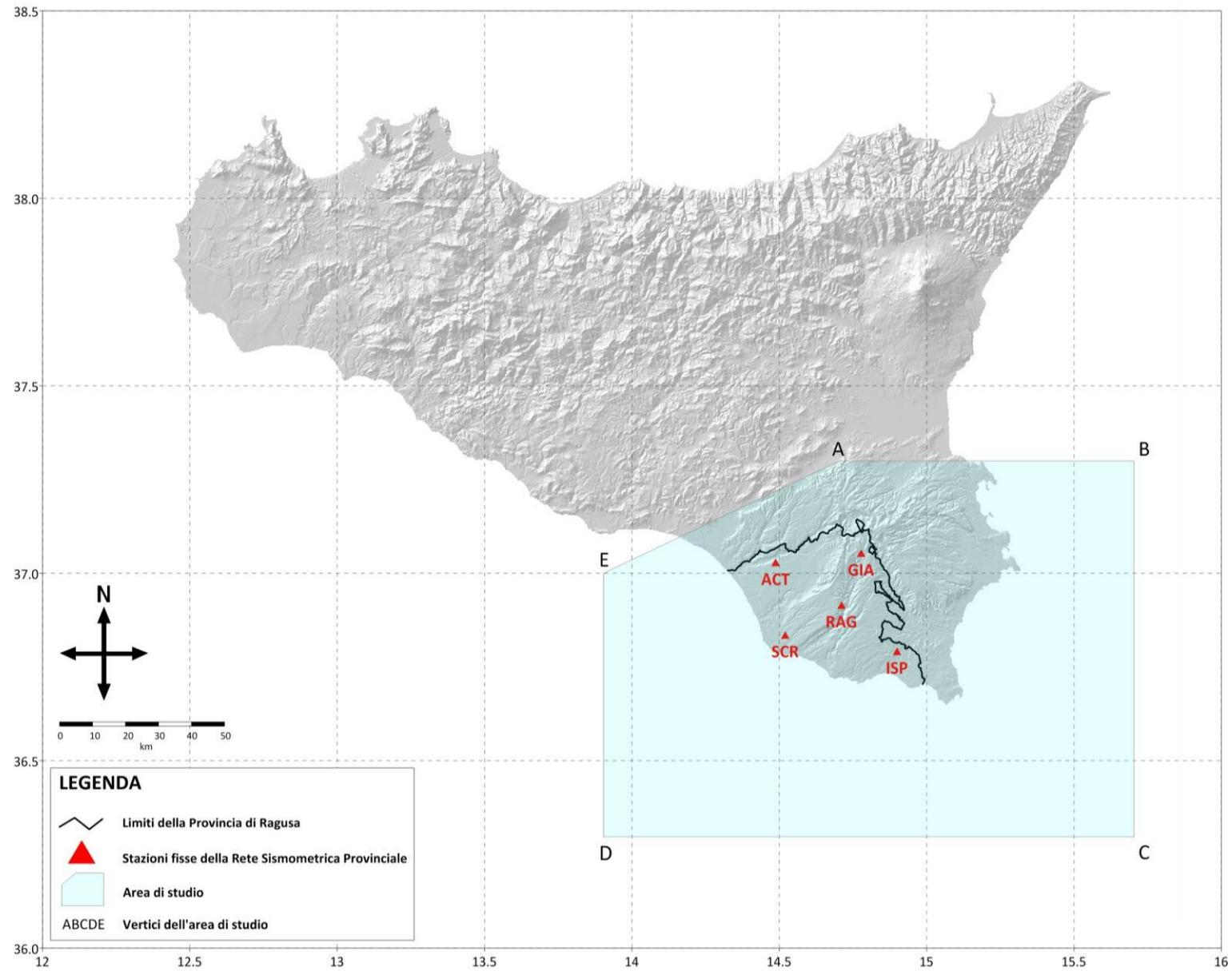


Figura 1 – Disposizione delle stazioni della Rete.

STRUMENTAZIONE

Le stazioni sismiche sono equipaggiate con attrezzature digitali le cui caratteristiche tecniche sono descritte nella Tabella 3.

Tabella 3 – Attrezzature delle stazioni della Rete.

ATTREZZATURA	CARATTERISTICHE
geofono <i>LE-3Dlite</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 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 <i>MARS-88/MC</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 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 segnale <i>DCF</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 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.

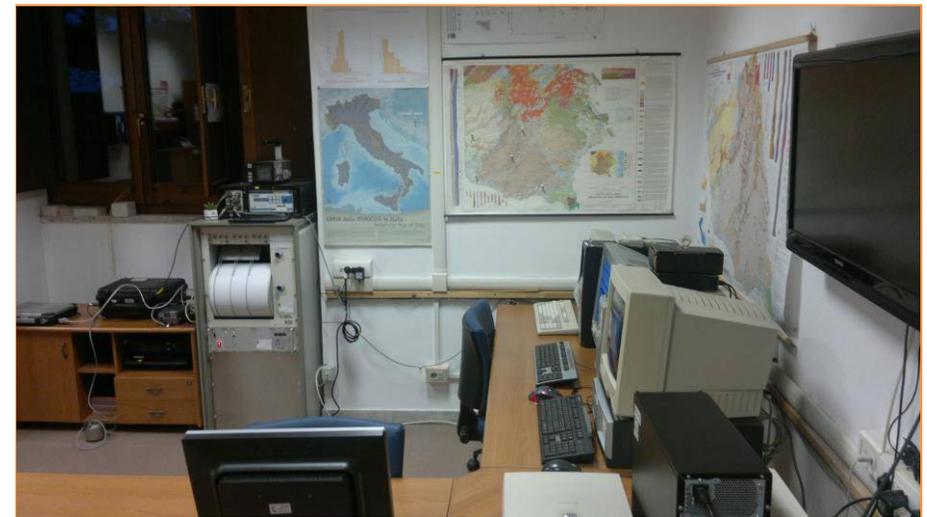


Foto 2 – Il *Centro Elaborazione Dati* di Ragusa.

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 [Musumeci et al., 2003, modificato].

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.

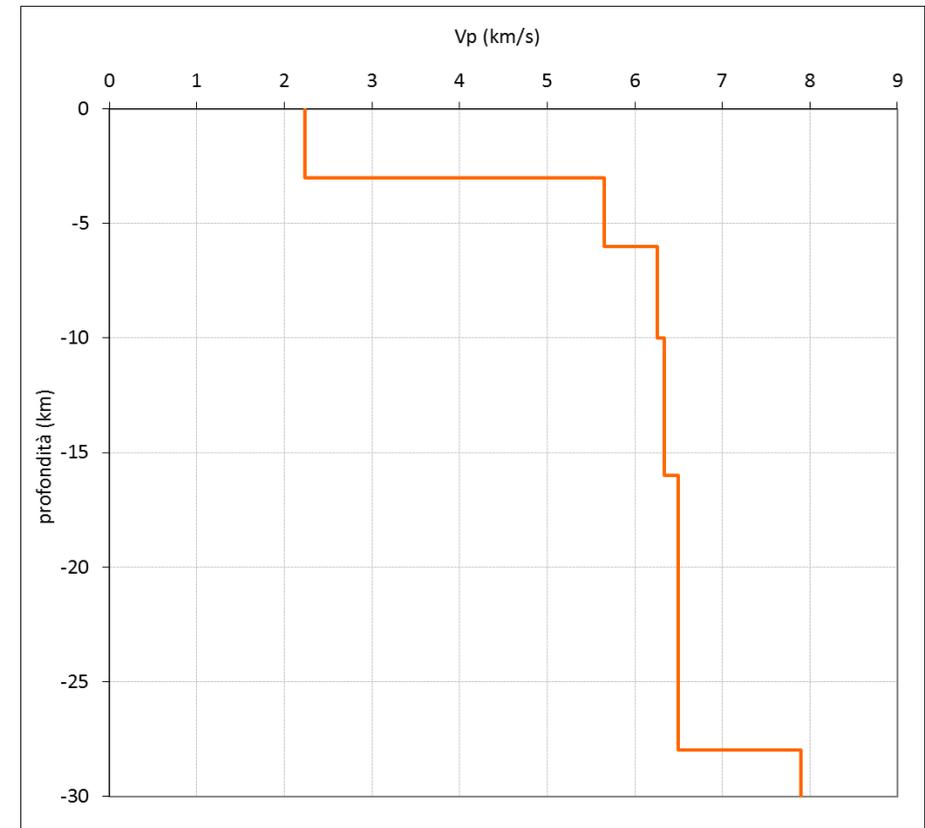


Figura 2 – Modello di velocità utilizzato [Musumeci et al., 2003, modificato].

CALCOLO DELLA MAGNITUDO

La magnitudo locale Wood-Anderson equivalente (M_{WAeq}) 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
- R 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	$M_{WAeq} = \log 2800 A_{max} / R b$	2.90 log 2.80 0.69
SCR	$M_{WAeq} = \log 2800 A_{max} / R b$	2.90 log 2.80 0.90
GIA	$M_{WAeq} = \log 2800 A_{max} / R b$	2.59 log 2.17 0.98
ISI	$M_{WAeq} = \log 2800 A_{max} / R b$	3.02 log 3.03 1.21

CATALOGO SISMICO

La Tabella 7 elenca i 24 eventi sismici registrati nell'anno 2013 dalle stazioni della *Rete Sismometrica Provinciale* con epicentro ricadente all'interno dell'area di studio definita in Figura 1. Sono presentati i seguenti dati:

<i>ID</i>	numero identificativo del terremoto nel database interno degli eventi sismici
<i>DATA</i>	data dell'evento sismico (gg/mm/aaaa)
<i>TEMPO</i>	tempo origine (<i>UTC</i>) dell'evento sismico (hh:mm:ss)
<i>LAT</i>	latitudine epicentrale in coordinate geografiche <i>WGS84</i> (gradi e frazioni di grado)
<i>LONG</i>	longitudine epicentrale in coordinate geografiche <i>WGS84</i> (gradi e frazioni di grado)
<i>PROF</i>	profondità dell'ipocentro in chilometri (il valore zero corrisponde al livello del mare)
<i>M_{WAeq}</i>	magnitudo Wood-Anderson equivalente
<i>LOC</i>	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 01.01.2013 al 31.12.2013. Maggiori informazioni sugli eventi sismici registrati sono disponibili all'indirizzo: www.provincia.ragusa.it/geologia/sismi.php

ID	DATA	TEMPO	LAT	LONG	PROF	M _{WAeq}	LOC
3328	20/01/2013	06:03:36.57	36,770	14,798	19,5	2,0	6 km da Pozzallo (RG)
3331	02/02/2013	16:23:25.79	37,285	15,530	24,5	2,2	28 km da Augusta (SR)
3343	06/03/2013	18:51:41.76	37,177	14,560	22,2	1,5	8 km da Grammichele (CT)
3345	08/03/2013	04:12:03.91	37,028	15,080	16,9	< 1	2 km da Canicattini Bagni (SR)
3346	08/03/2013	04:58:38.80	36,958	15,123	22,4	1,4	6 km da Avola (SR)
3347	08/03/2013	04:59:24.07	36,967	15,118	22,5	1,0	7 km da Avola (SR)
3348	11/03/2013	10:18:20.23	37,212	15,338	25,0	2,7	11 km da Augusta (SR)
3351	21/03/2013	09:45:54.37	36,629	14,807	21,3	2,1	11 km da Pozzallo (RG)
3352	21/03/2013	22:03:05.17	37,262	15,240	17,4	2,8	4 km da Augusta (SR)
3358	04/04/2013	11:12:27.81	37,074	15,240	23,1	1,6	3 km da Siracusa (SR)
3359	04/04/2013	17:43:09.41	36,615	14,805	20,3	1,7	13 km da Pozzallo (RG)
3372	14/05/2013	13:51:57.87	36,340	15,212	23,7	3,1	38 km da Portopalo di Capo Passero (SR)
3388	13/06/2013	07:17:08.88	37,064	15,338	27,3	1,7	6 km da Siracusa (SR)
3395	23/07/2013	16:38:15.14	36,847	14,743	16,7	< 1	3 km da Modica (RG)
3397	29/07/2013	23:24:52.54	36,982	14,748	12,8	< 1	6 km da Chiamonte Gulfi (RG)
3408	24/08/2013	17:18:17.29	36,774	15,045	4,8	3,4	7 km da Pachino (SR)
3409	26/08/2013	03:45:25.63	36,672	14,047	25,5	3,0	46 km da Santa Croce Camerina (RG)
3413	12/09/2013	02:53:04.10	36,765	14,987	11,7	1,4	7 km da Rosolini (SR)
3415	16/09/2013	02:04:03.42	37,048	14,635	17,4	< 1	6 km da Chiamonte Gulfi (RG)
3427	18/10/2013	11:05:19.73	36,765	14,972	5,9	2,6	6 km da Ispica (RG)
3439	31/10/2013	16:38:09.95	37,185	15,282	26,8	1,8	8 km da Augusta (SR)
3470	01/12/2013	17:22:07.71	37,167	15,042	13,7	1,0	2 km da Sortino (SR)
3472	08/12/2013	16:53:06.09	36,789	14,432	25,2	1,7	9 km da Santa Croce Camerina (RG)
*	15/12/2013	03:57:33.00	36,737	14,961	2,9	4,1	7 km da Ispica (RG)

* [fonte INGV Catania - Gruppo Analisi Dati Sismici (2014): Catalogo dei terremoti della Sicilia Orientale - Calabria Meridionale (1999-2014)]

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 2013.

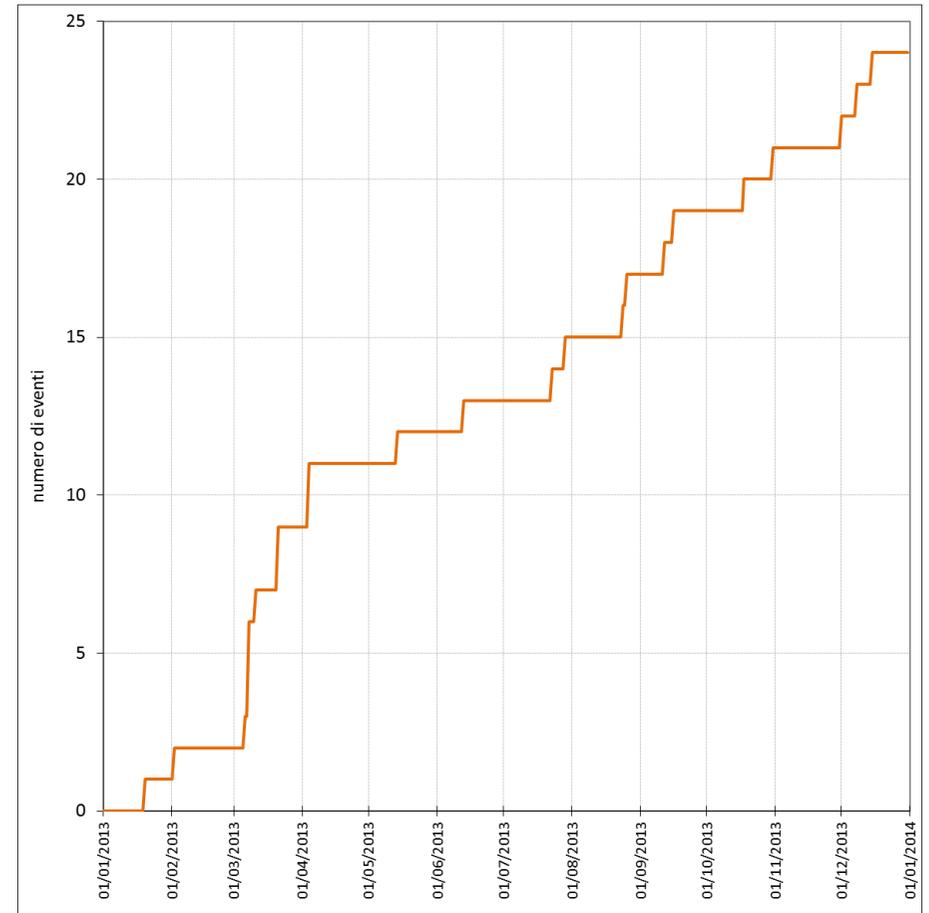


Figura 3 – Curva cumulativa degli eventi sismici localizzati nell'anno 2013.

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]:

$$\sqrt{E} \quad c$$

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]:

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

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 2013. Le principali discontinuità nell'andamento dello *strain* sono essenzialmente dovute agli eventi del 14.05.2013 ($M = 3.1$), del 24.08.2013 ($M = 3.4$), del 26.08.2013 ($M = 3.0$), e del 15.12.2013 ($M = 4.1$, fonte INGV Catania).

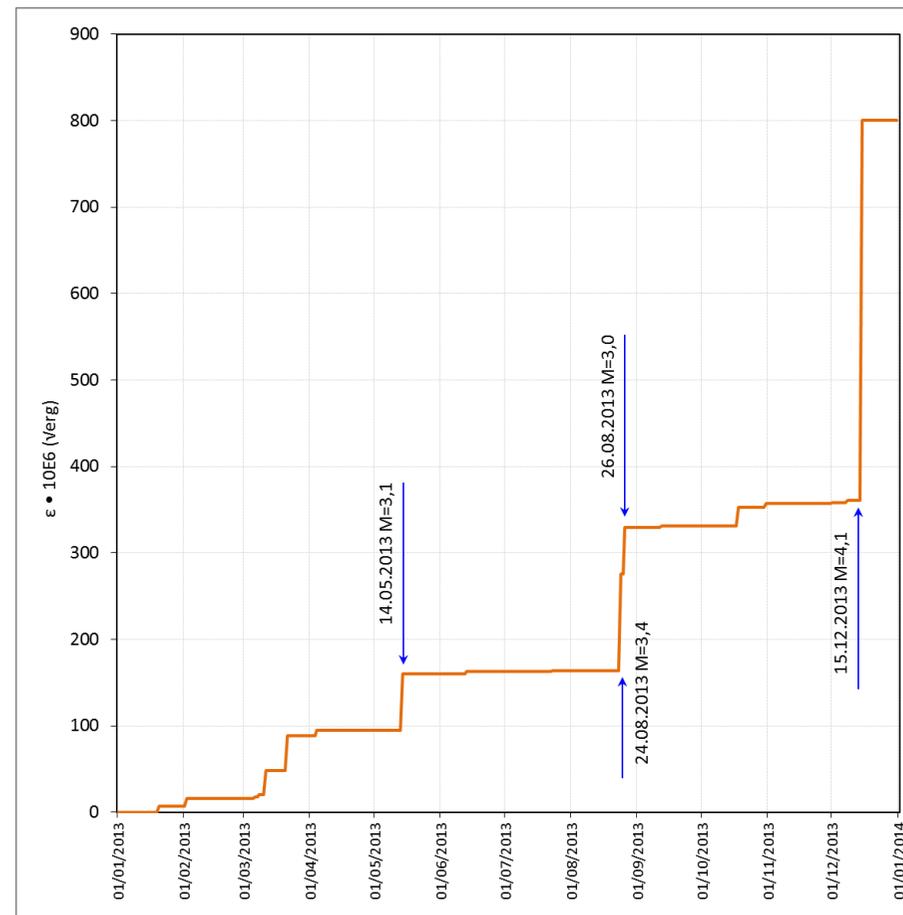


Figura 4 – Curva cumulativa di *strain-release* nell'anno 2013.

3. Distribuzione della profondità ipocentrale

La Tabella 8 e la Figura 5 mostrano la distribuzione degli eventi sismici in classi di profondità dell'ipocentro.

Tabella 8 – Suddivisione degli eventi in classi di profondità.

PROFONDITÀ	EVENTI	PERCENTUALE
0-5	2	8 %
5-10	1	4 %
10-15	3	13 %
15-20	5	21 %
20-25	8	33 %
25-30	5	21 %
30-35	0	0 %
35-40	0	0 %
40-45	0	0 %
45-50	0	0 %

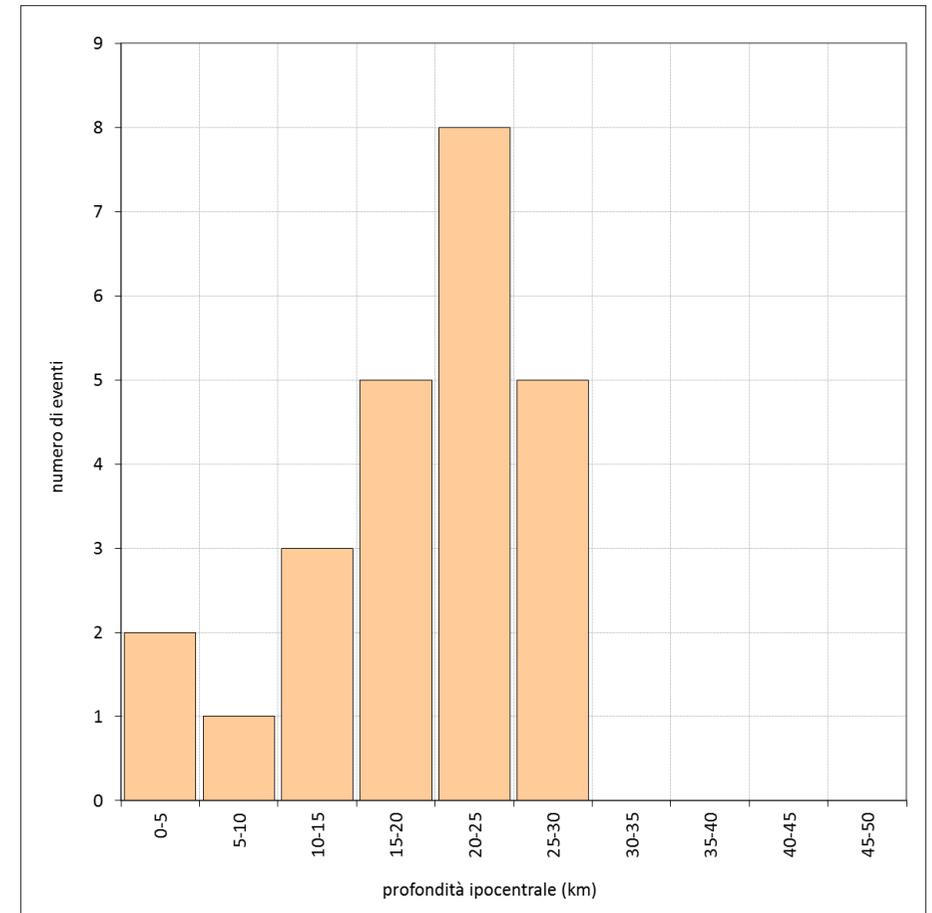


Figura 5 – Distribuzione delle profondità ipocentrali nell'anno 2013.

4. Distribuzione delle magnitudo

La Tabella 9 e la Figura 6 mostrano la distribuzione delle magnitudo calcolate.

Tabella 9 – Suddivisione degli eventi in classi di magnitudo.

MAGNITUDO	EVENTI	PERCENTUALE
< 1,0	4	17 %
1,0 - 1,5	5	22 %
1,5 - 2,0	5	22 %
2,0 - 2,5	3	13 %
2,5 - 3,0	3	13 %
3,0 - 3,5	3	13 %
3,5 - 4,0	0	0 %
4,0 - 4,5	1	4 %
4,5 - 5,0	0	0 %

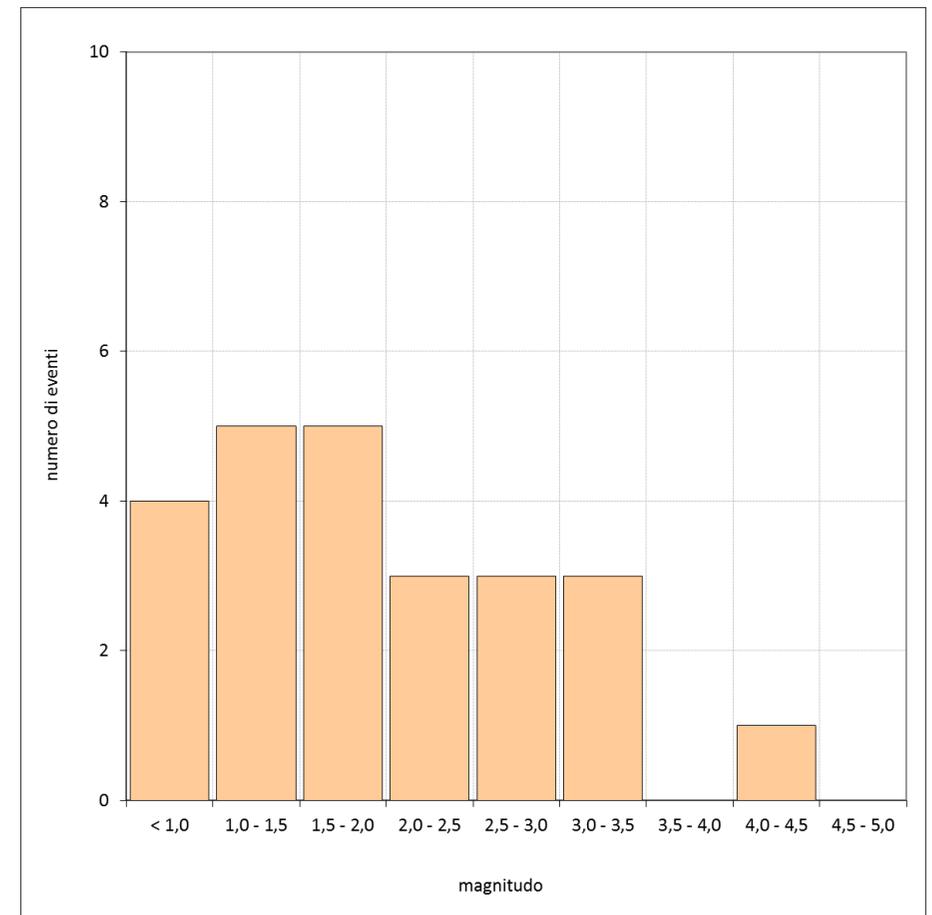


Figura 6 – Distribuzione delle magnitudo nell'anno 2013.

5. Distribuzione spaziale degli eventi sismici

La Figura 7 (nella pagina seguente) mostra gli epicentri e gli ipocentri dei 24 eventi sismici registrati dalla *Rete Sismometrica Provinciale* nell'anno 2013 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*].

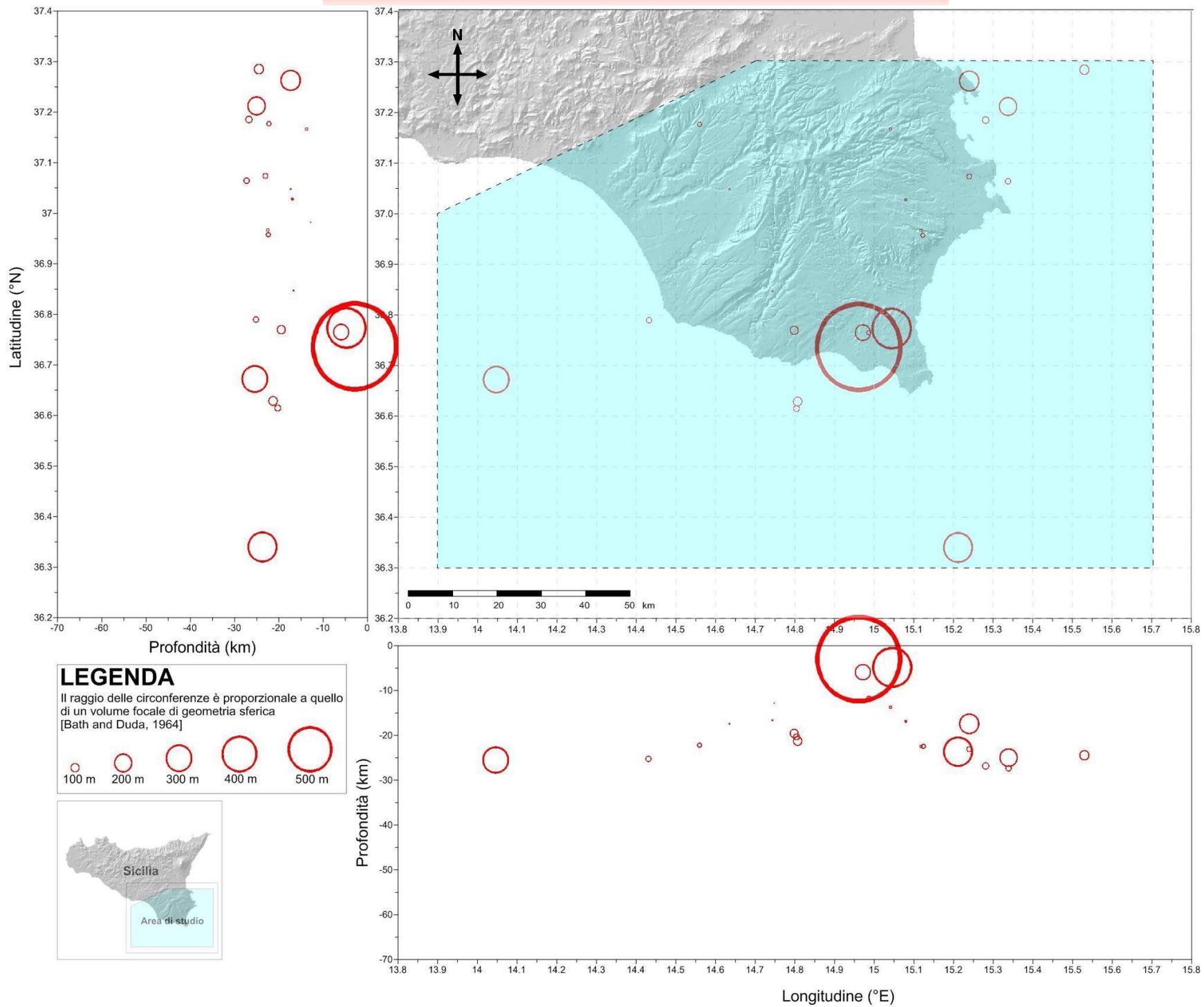


Figura 7 – Mappa degli epicentri dei 24 eventi sismici registrati e localizzati all'interno dell'area di studio nell'anno 2013. Sono rappresentate anche due sezioni verticali dell'area nelle direzioni Nord-Sud ed Est-Ovest.

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

INGV Catania - Gruppo Analisi Dati Sismici (2014): Catalogo dei terremoti della Sicilia Orientale - Calabria Meridionale (1999-2014), www.ct.ingv.it/ufs/analisti/catalogolist.php

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

