



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



BOILLETTINO SISMICO LIBERO

numero 5 _ anno 2014

BOLLETTINO SISMICO IBLEO _ numero 5 _ anno 2014

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 2014, sulla base dei dati registrati dalle stazioni sismiche della *Rete Sismometrica Provinciale* tra il 01.01.2014 ed il 31.12.2014.

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 2014 sono stati analizzati 23 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.

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

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

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 2014.

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 2014 sono stati registrati 195 eventi sismici, in questo *Bollettino* saranno esaminati solo i 23 terremoti che ricadono all'interno dell'area di studio sopra definita e di cui è stato possibile determinare i parametri focali.

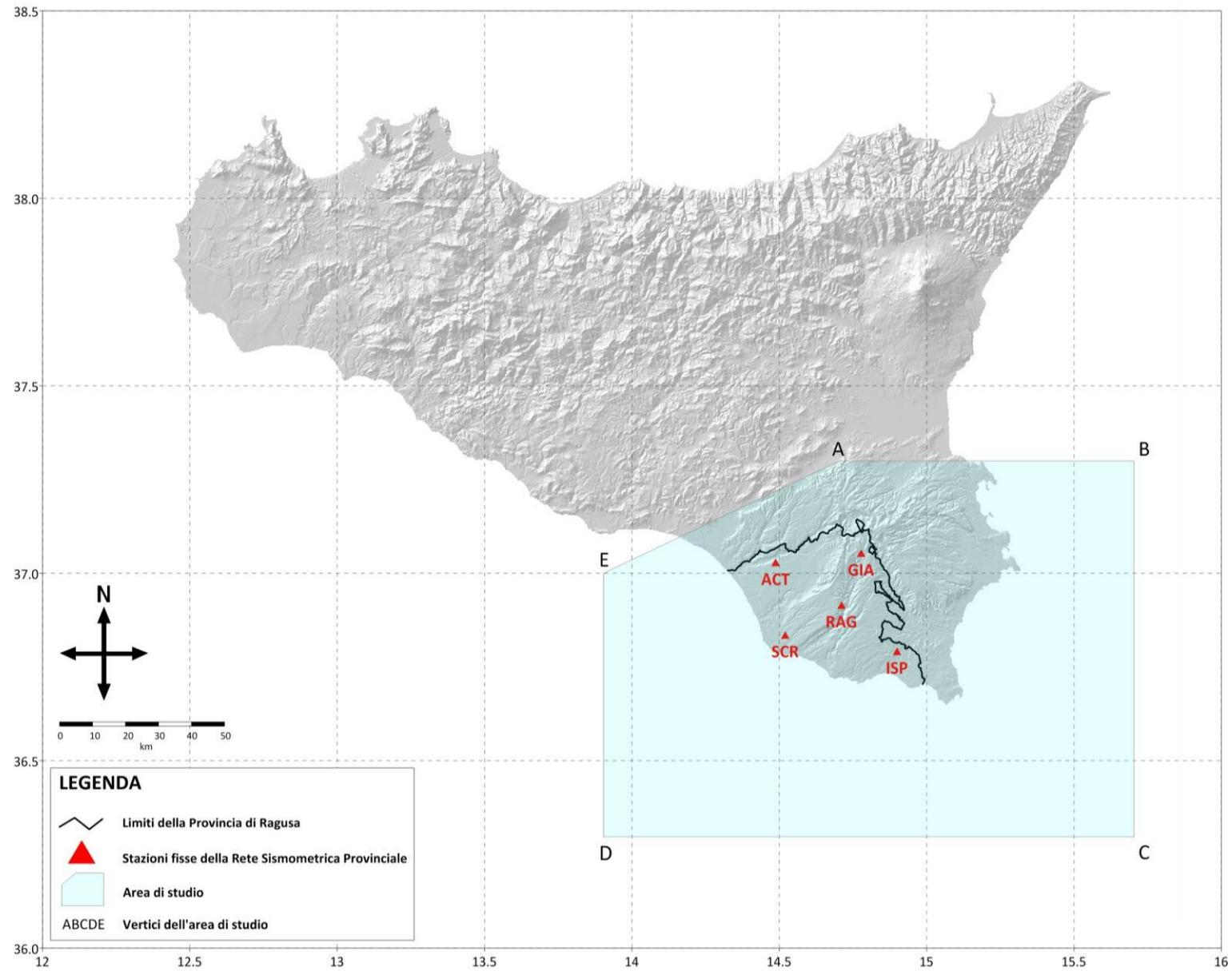


Figura 1 – Disposizione delle stazioni della Rete.

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 1), 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 1 – 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.

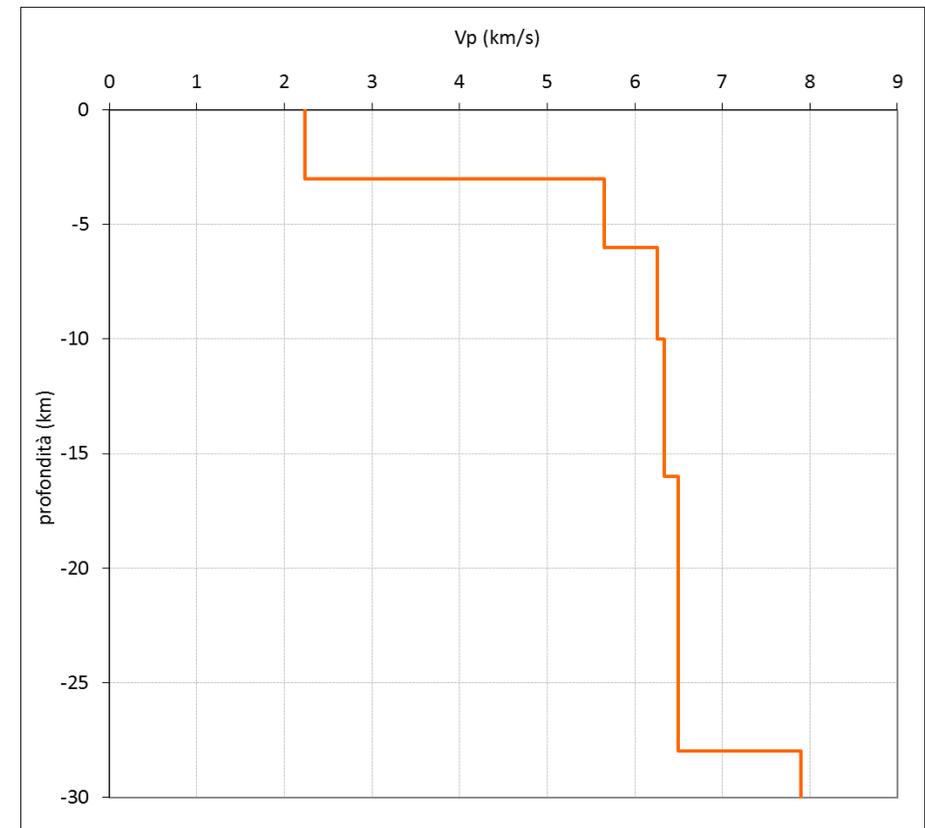


Figura 2 – Modello di velocità utilizzato [Musumeci et al., 2003, modificato].

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 23 eventi sismici registrati nell'anno 2014 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 degli eventi sismici registrati dal 01.01.2014 al 31.12.2014. 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
3478	01/01/2014	01:59:50.80	36,773	14,975	9,6	1,5	6 km da Rosolini (SR)
3539	12/02/2014	02:30:25.59	37,045	14,697	14,6	< 1	2 km da Chiamonte Gulfi (RG)
3553	28/02/2014	16:58:27.39	37,037	14,692	16,4	1,1	2 km da Chiamonte Gulfi (RG)
3555	07/03/2014	02:40:39.34	36,762	14,968	0,8	< 1	6 km da Ispica (RG)
3565	14/03/2014	20:25:35.31	36,910	15,122	26,2	1,4	1 km da Avola (SR)
3571	30/03/2014	18:08:05.31	37,301	15,255	13,5	1,8	8 km da Augusta (SR)
3591	23/06/2014	10:23:38.04	36,943	14,947	14,0	< 1	12 km da Noto (SR)
3593	24/06/2014	02:46:04.51	36,856	14,763	16,9	< 1	2 km da Modica (RG)
3594	26/06/2014	21:00:31.26	37,045	14,733	14,7	< 1	4 km da Chiamonte Gulfi (RG)
3605	27/07/2014	18:09:22.14	37,102	14,667	12,9	< 1	7 km da Licodia Eubea (CT)
3610	15/08/2014	08:49:10.16	37,014	14,693	8,8	< 1	1 km da Chiamonte Gulfi (RG)
3619	03/09/2014	21:22:31.23	36,962	14,752	13,2	< 1	5 km da Ragusa (RG)
3629	23/09/2014	06:33:38.51	37,064	14,995	6,1	1,3	6 km da Cassaro (SR)
3630	25/09/2014	16:08:24.87	36,948	14,952	9,6	< 1	12 km da Noto (SR)
3646	29/10/2014	16:07:14.22	36,663	15,493	24,9	2,5	32 km da Portopalo di Capo Passero (SR)
3648	05/11/2014	07:47:54.05	37,030	14,842	10,8	< 1	5 km da Giarratana (RG)
3651	07/11/2014	16:53:33.80	37,073	15,052	26,1	1,4	5 km da Canicattini Bagni (SR)
3653	08/11/2014	00:15:34.13	37,016	15,055	7,4	< 1	1 km da Canicattini Bagni (SR)
3656	10/11/2014	01:27:11.76	37,101	15,575	14,9	2,5	27 km da Siracusa (SR)
3657	11/11/2014	10:30:04.69	36,323	14,358	25,0	2,9	57 km da Santa Croce Camerina (RG)
3658	12/11/2014	00:08:58.29	36,371	14,235	26,7	2,2	56 km da Santa Croce Camerina (RG)
3660	12/11/2014	12:07:12.41	36,354	14,242	25,7	2,6	58 km da Santa Croce Camerina (RG)
3669	20/12/2014	23:53:25.37	36,983	14,640	18,2	1,0	5 km da Comiso (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 2014.

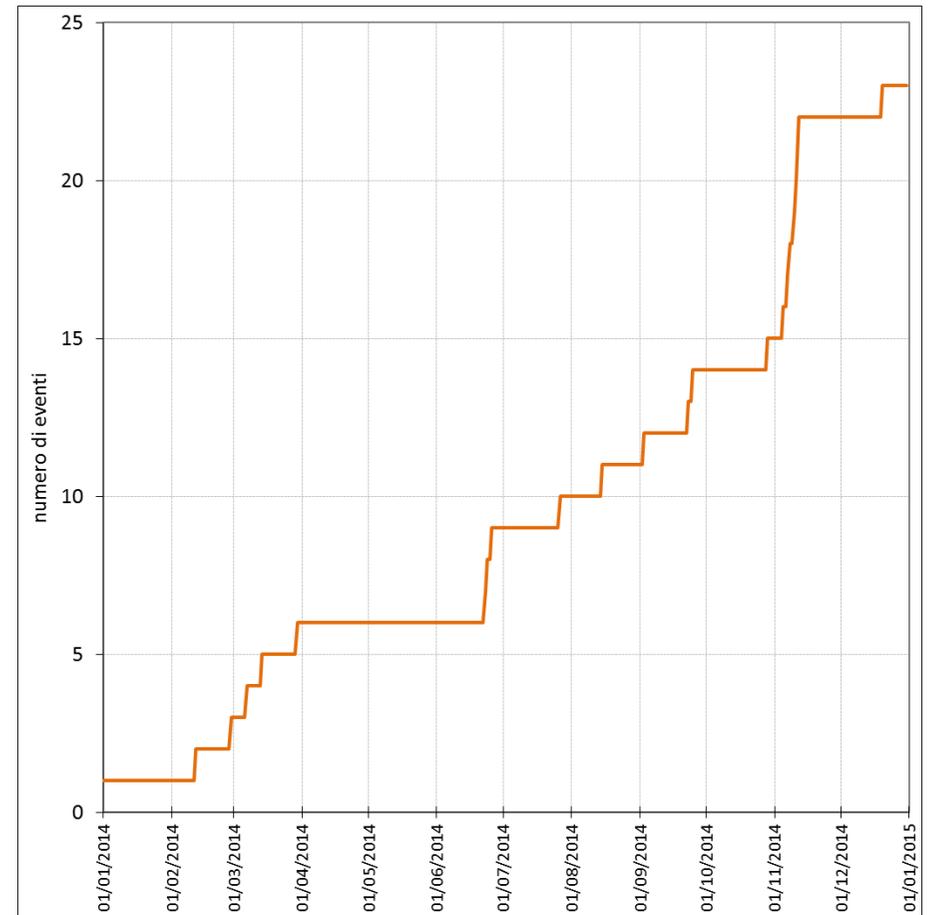


Figura 3 – Curva cumulativa degli eventi sismici localizzati nell'anno 2014.

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 2014. La principale discontinuità nell'andamento dello *strain* è essenzialmente dovuta all'evento del 11.11.2014 ($M = 2.9$).

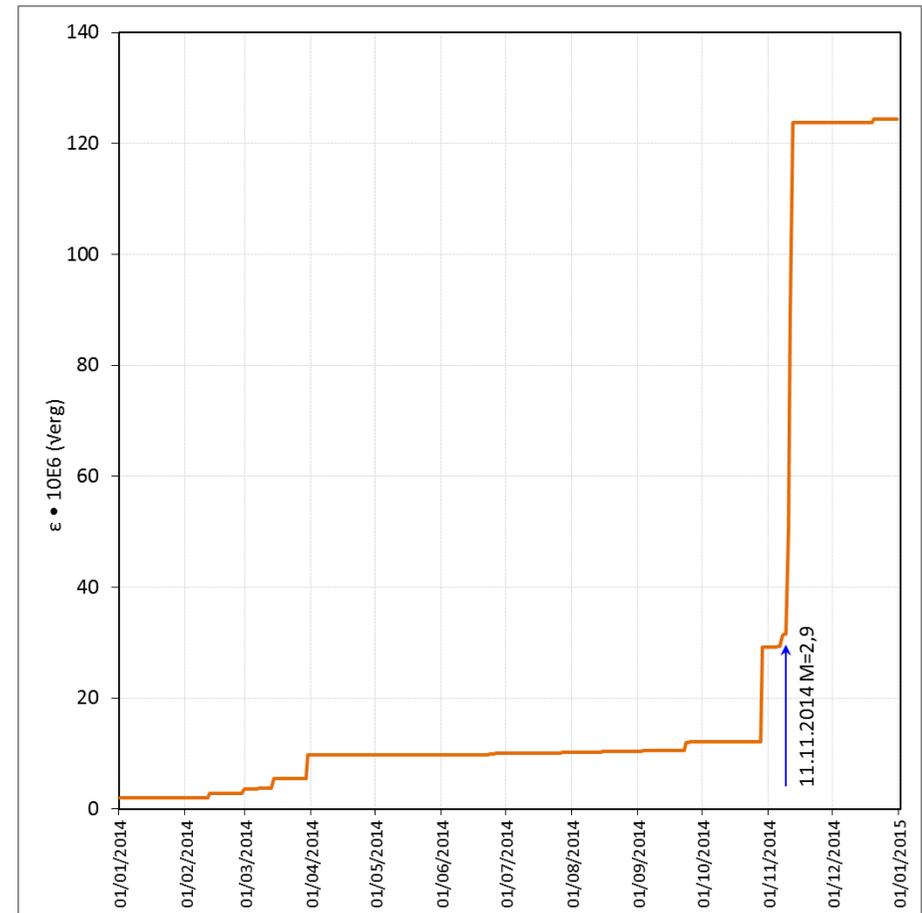


Figura 4 – Curva cumulativa di *strain-release* nell'anno 2014.

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	1	4 %
5-10	5	22 %
10-15	8	35 %
15-20	3	13 %
20-25	1	4 %
25-30	5	22 %
30-35	0	0 %
35-40	0	0 %

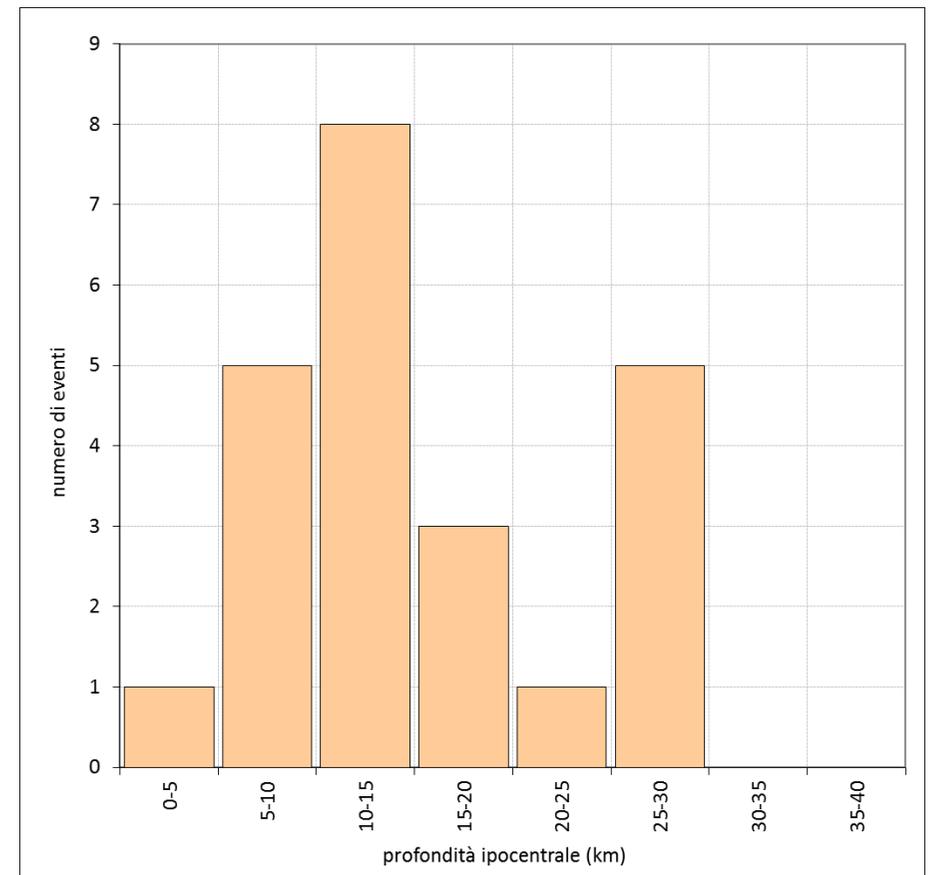


Figura 5 – Distribuzione delle profondità ipocentrali nell'anno 2014.

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	11	48 %
1,0 - 1,5	6	26 %
1,5 - 2,0	1	4 %
2,0 - 2,5	2	9 %
2,5 - 3,0	3	13 %
3,0 - 3,5	0	0 %
3,5 - 4,0	0	0 %

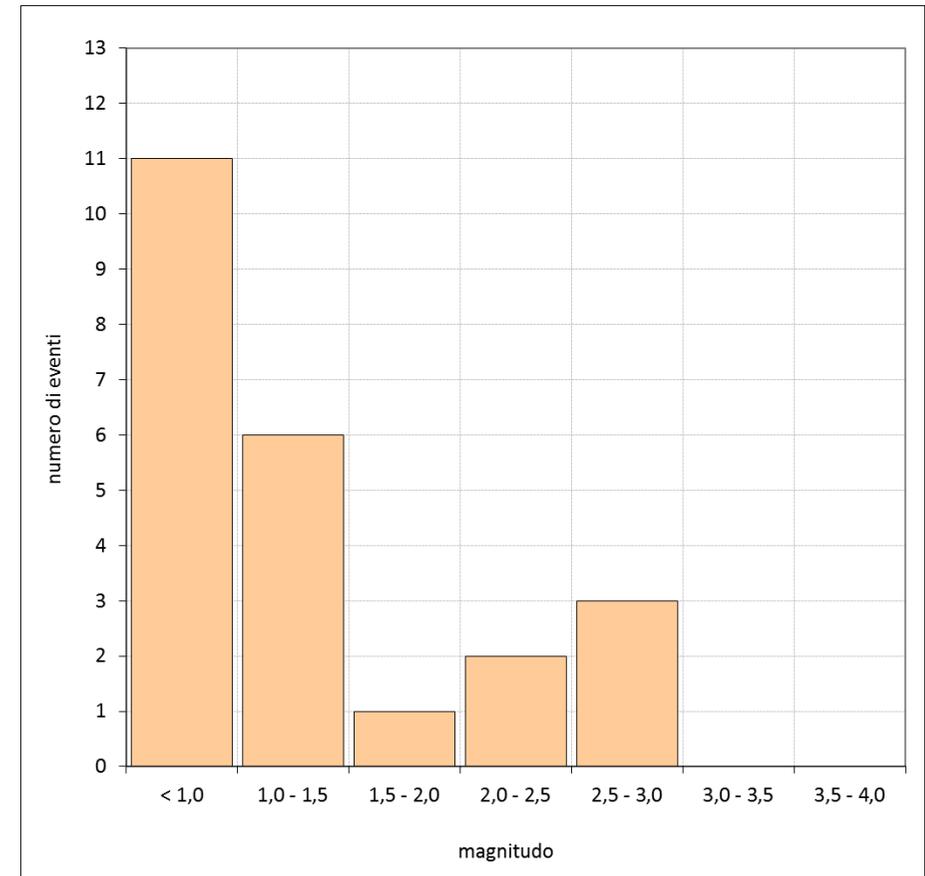


Figura 6 – Distribuzione delle magnitudo nell'anno 2014.

5. Distribuzione spaziale degli eventi sismici

La Figura 7 (nella pagina seguente) mostra gli epicentri e gli ipocentri dei 23 eventi sismici registrati dalla *Rete Sismometrica Provinciale* nell'anno 2014 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*].

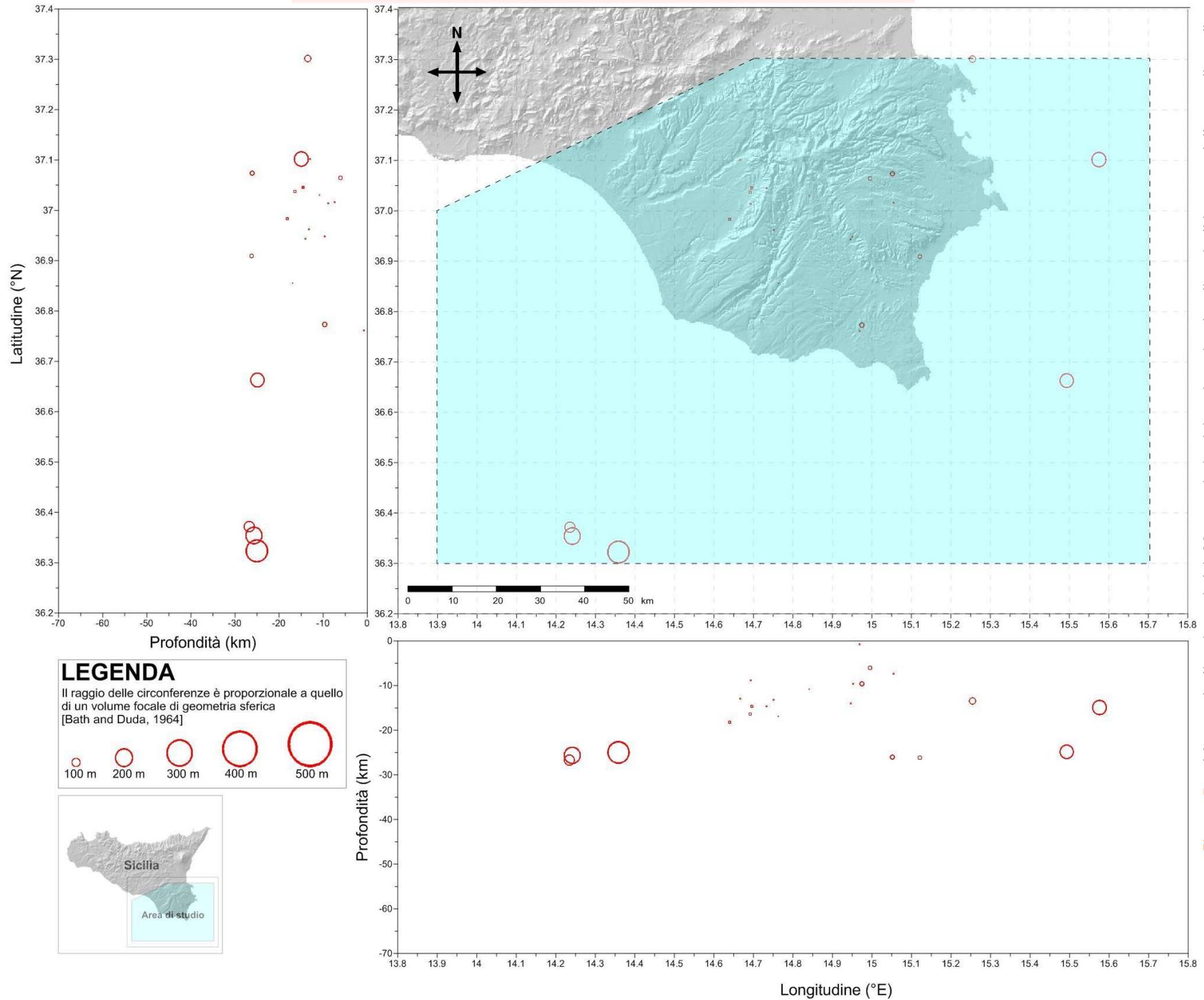


Figura 7 – Mappa degli epicentri dei 23 eventi sismici registrati e localizzati all'interno dell'area di studio nell'anno 2014. Sono rappresentate anche due sezioni verticali dell'area nelle direzioni Nord-Sud ed Est-Ovest.

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



PROVINCIA REGIONALE DI RAGUSA
denominata Libero Consorzio Comunale
Settore Geologia e Tutela Ambientale