



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



BOILLETINNO SISMICO IBIBLIO

numero 2 _ anni 2010-2011

BOLLETTINO SISMICO IBLEO _ numero 2 _ anni 2010-2011

Provincia Regionale di Ragusa

Commissario Straordinario: Giovanni SCARSO

tel 0932-652323 (segreteria)

fax 0932-248825

mail segreteria.presidenza@provincia.ragusa.it
commissario.scarso@pec.provincia.ragusa.it

Realizzazione

Settore Geologia e Geognostica

via Giuseppe Di Vittorio 175 – 97100 Ragusa

<http://www.provincia.ragusa.it/geologia>

<http://territorio.provincia.ragusa.it/geologia/home>

<http://www.ossigas.com>

Gruppo di lavoro

Rosario MINEO, Giuseppe ALESSANDRO

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
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.



Fin dal mio insediamento presso questo Ente ho osservato con interesse, tra le attività svolte da tutti i Settori, anche quelle coordinate dal Settore Geologia e Geognostica, il quale da tanti anni, con la supervisione dell'Università di Catania, gestisce una complessa rete di rilevamento geofisico, con stazioni fisse e portatili, per il monitoraggio della sismicità e delle emissioni di radon nel territorio ibleo.

Tutto è nato infatti dalla consapevolezza che la provincia di Ragusa si estende su una zona a rischio sismico e dall'opportunità di fornire a tutti uno strumento di informazione e di divulgazione sull'attività sismica dell'area iblea. Questo ha portato quindi alla diffusione, nell'ottobre 2011, del primo numero del Bollettino Sismico Ibleo, che ha fornito importanti risultati su una problematica che richiede continui studi e ricerche.

Studi e ricerche che proseguono con la pubblicazione di questo secondo numero del Bollettino Sismico Ibleo, che intendo presentare con l'augurio che esso aiuti a trasmettere alla cittadinanza ed alle nuove generazioni la giusta sensibilità in materia di rischio sismico, e con il compiacimento che queste realtà e questi valori rendono unica la nostra Provincia.

Giovanni SCARSO
Commissario Straordinario

INDICE

INTRODUZIONE	5
AREA DI MONITORAGGIO	6
STRUMENTAZIONE	8
DETERMINAZIONE IPOCENTRALE	9
CALCOLO DELLA MAGNITUDO	10
CATALOGO SISMICO	11
ANALISI DELLA SISMICITÀ	13
1. Distribuzione temporale degli eventi sismici	13
2. Curva di <i>strain-release</i>	14
3. Distribuzione della profondità ipocentrale	15
4. Distribuzione delle magnitudo	16
5. Distribuzione spaziale degli eventi sismici.....	17
BIBLIOGRAFIA.....	19

INTRODUZIONE

Il secondo numero del Bollettino Sismico Ibleo raccoglie le informazioni sull'attività sismica dell'area iblea, sulla base dei dati registrati dalle stazioni sismiche della Rete Sismometrica Provinciale nel periodo compreso tra il 01.01.2010 ed il 31.12.2011.

Sono descritte l'area di studio, la disposizione delle stazioni, gli strumenti adoperati, 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 dei 28 eventi sismici registrati su un numero di stazioni sufficiente per effettuare alcune analisi.

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 08.05.2010 ore 22:23 UTC (M = 3.0), con epicentro al largo di Portopalo di Capo Passero (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 nel biennio 2010-2011.

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

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

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 negli anni 2010 e 2011 sono stati registrati circa 180 eventi sismici, in questo Bollettino saranno esaminati solo i 28 terremoti che ricadono all'interno dell'area di studio sopra definita e di cui è stato possibile calcolare alcuni parametri focali.

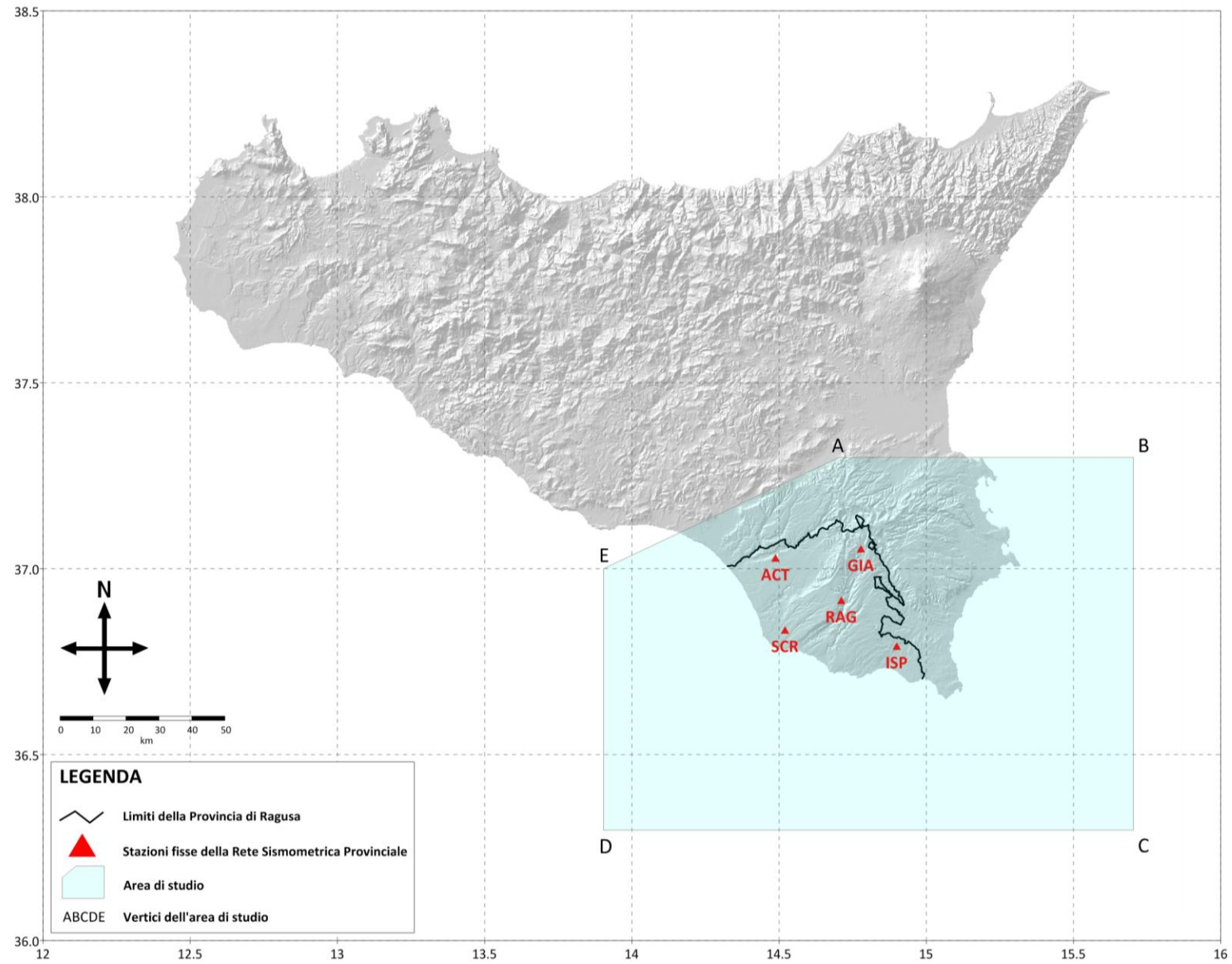


Figura 1 – Disposizione delle stazioni della Rete.

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	<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 MARS-88/MC	<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 DCF	<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 Geognostica, 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.

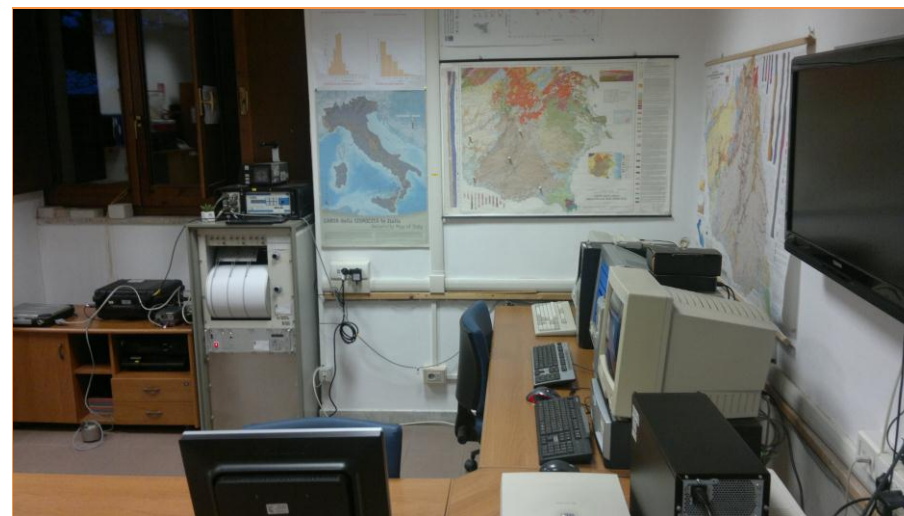


Foto 2 – Il Centro Elaborazione Dati di Ragusa.

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.

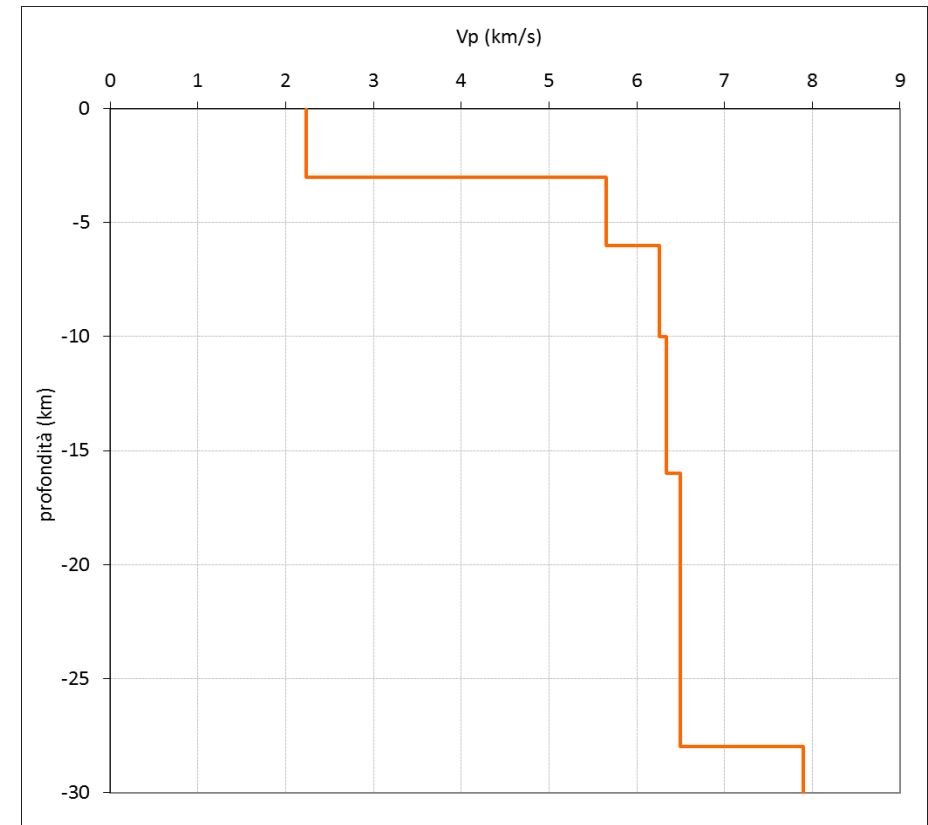


Figura 2 – Modello di velocità utilizzato.

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	$M_{WAeq} = \log\left[\frac{2800 \cdot A_{\max}}{R \cdot b}\right] - (-2.90 \cdot \log \Delta + 2.80)$	0.69
SCR	$M_{WAeq} = \log\left[\frac{2800 \cdot A_{\max}}{R \cdot b}\right] - (-2.90 \cdot \log \Delta + 2.80)$	0.90
GIA	$M_{WAeq} = \log\left[\frac{2800 \cdot A_{\max}}{R \cdot b}\right] - (-2.59 \cdot \log \Delta + 2.17)$	0.98
ISP	$M_{WAeq} = \log\left[\frac{2800 \cdot A_{\max}}{R \cdot b}\right] - (-3.02 \cdot \log \Delta + 3.03)$	1.21

CATALOGO SISMICO

La Tabella 7 elenca i 28 eventi sismici registrati nel biennio 2010-2011 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 01.01.2010 al 31.12.2011.

ID	DATA	TEMPO	LAT	LONG	PROF	M _{WAeq}	LOC
2965	16/01/2010	19:41:29.26	36,851	14,508	19,6	1,1	3 km da Santa Croce Camerina (RG)
2980	18/03/2010	18:18:00.01	36,909	14,617	15,3	1,3	5 km da Comiso (RG)
2982	27/03/2010	13:15:14.51	37,061	15,053	19,3	1,4	4 km da Canicattini Bagni (SR)
2986	03/04/2010	20:03:31.93	37,022	15,092	17,6	1,3	3 km da Canicattini Bagni (SR)
2990	10/04/2010	22:34:26.30	37,080	15,523	24,6	2,2	22 km da Siracusa (SR)
2993	03/05/2010	21:23:03.98	37,123	14,735	14,0	1,6	4 km da Vizzini (CT)
2997	08/05/2010	22:23:28.45	36,611	15,168	21,4	3,0	8 km da Portopalo di Capo Passero (SR)
3004	21/06/2010	08:42:35.13	37,057	14,977	17,1	1,4	6 km da Cassaro (SR)
3005	25/06/2010	13:39:12.61	36,948	14,550	19,3	1,1	2 km da Vittoria (RG)
3014	08/07/2010	18:16:40.72	36,994	15,060	27,8	1,9	4 km da Canicattini Bagni (SR)
3025	04/08/2010	08:00:18.57	36,634	15,143	27,7	1,9	5 km da Portopalo di Capo Passero (SR)
3030	11/08/2010	15:59:03.28	36,376	14,890	26,8	2,8	39 km da Pozzallo (RG)
3072	06/03/2011	08:44:07.03	37,037	15,047	19,1	2,3	2 km da Canicattini Bagni (SR)
3077	26/03/2011	19:24:39.31	37,062	15,018	14,3	2,3	5 km da Canicattini Bagni (SR)
3082	25/08/2011	05:10:58.90	37,072	14,633	10,6	< 1	7 km da Mazzarrone (CT)
3084	31/08/2011	15:18:40.81	37,067	14,673	4,7	< 1	5 km da Chiaramonte Gulfi (RG)
3085	31/08/2011	16:33:18.21	37,066	14,667	3,7	2,0	5 km da Chiaramonte Gulfi (RG)
3089	11/09/2011	19:18:46.31	37,247	14,670	27,3	2,1	2 km da Mineo (CT)
3104	07/10/2011	21:07:53.94	36,993	15,010	8,4	1,4	6 km da Canicattini Bagni (SR)
3105	09/10/2011	08:28:25.04	37,015	15,018	12,9	2,4	4 km da Canicattini Bagni (SR)
3106	09/10/2011	08:32:00.39	37,019	15,025	11,6	1,0	3 km da Canicattini Bagni (SR)
3107	09/10/2011	09:50:02.80	37,008	15,018	10,3	1,0	4 km da Canicattini Bagni (SR)
3112	10/10/2011	06:12:57.08	37,018	15,013	8,8	1,6	4 km da Canicattini Bagni (SR)
3113	10/10/2011	06:18:39.68	36,994	14,988	18,0	1,2	7 km da Canicattini Bagni (SR)
3114	10/10/2011	09:19:18.48	36,985	15,013	10,0	2,1	6 km da Canicattini Bagni (SR)
3115	10/10/2011	13:58:55.35	36,999	15,025	10,0	1,7	4 km da Canicattini Bagni (SR)
3117	11/10/2011	09:11:57.27	37,142	15,367	13,4	1,8	11 km da Siracusa (SR)
3119	11/10/2011	12:53:32.37	37,063	15,013	13,2	1,4	6 km da Canicattini Bagni (SR)

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 nel biennio 2010-2011.

Buona parte degli eventi riportati riguarda lo sciame sismico che ha interessato la zona di Canicattini Bagni (SR) tra il 07.10.2011 e il 11.10.2011.

Sono evidenziati i periodi di inattività della Rete (a causa di manutenzione, taratura, guasti, ecc.), durante i quali non sono stati localizzati eventi sismici.

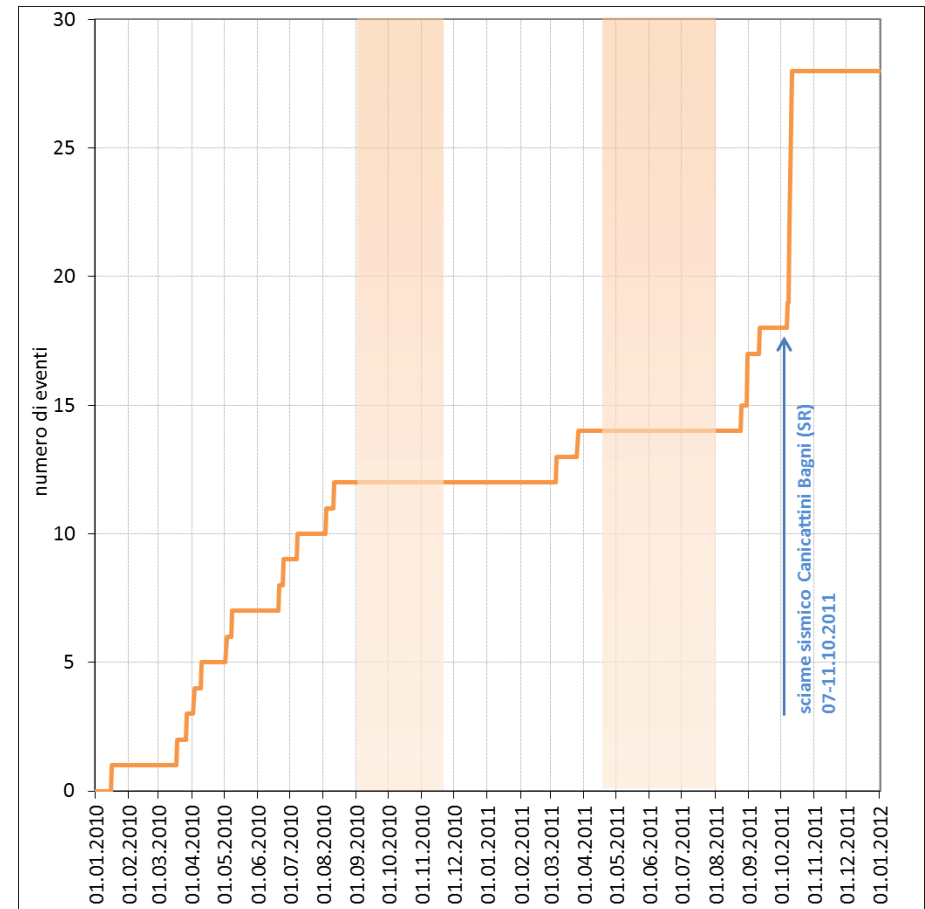


Figura 3 – Curva cumulativa degli eventi sismici localizzati nel biennio 2010-2011.

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 nel biennio 2010-2011. Le principali discontinuità nell'andamento dello *strain* sono essenzialmente dovute agli eventi del 08.05.2010 ($M=3,0$), del 11.08.2010 ($M=2,8$) ed allo sciame sismico avvenuto tra il 07.10.2011 ed il 11.10.2011 ($M_{\max}=2,4$). Va considerato tuttavia che durante i due principali periodi di malfunzionamento della Rete (evidenziati in arancione) si è intenzionalmente tralasciata la determinazione dell'energia sismica rilasciata.

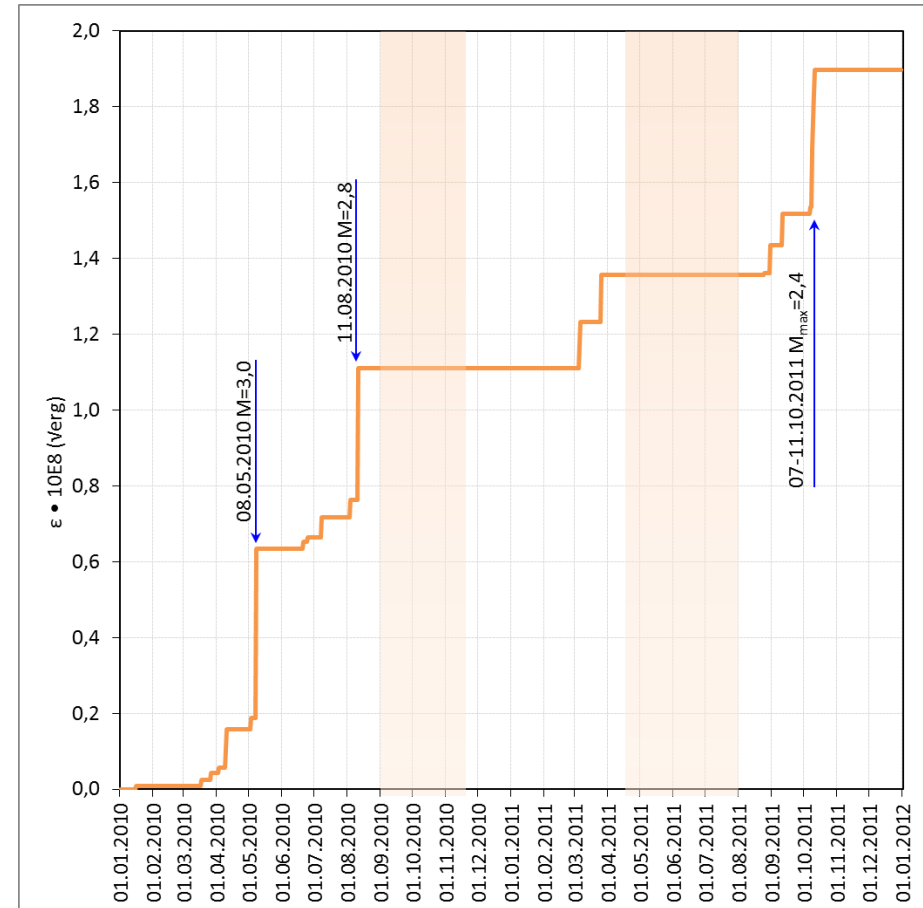


Figura 4 – Curva cumulativa di *strain-release* nel biennio 2010-2011.

3. Distribuzione della profondità ipocentrale

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

Il 65 % degli eventi sismici localizzati ha avuto ipocentri tra i 10 ed i 20 chilometri di profondità, come descritto nella seguente Tabella 8.

Tabella 8 – Suddivisione degli eventi in classi di profondità.

PROFONDITÀ	EVENTI	PERCENTUALE
0-5	2	7 %
5-10	2	7 %
10-15	10	36 %
15-20	8	29 %
20-25	2	7 %
25-30	4	14 %
30-35	0	0 %
35-40	0	0 %
40-45	0	0 %
45-50	0	0 %
50-55	0	0 %
55-60	0	0 %
60-65	0	0 %
65-70	0	0 %

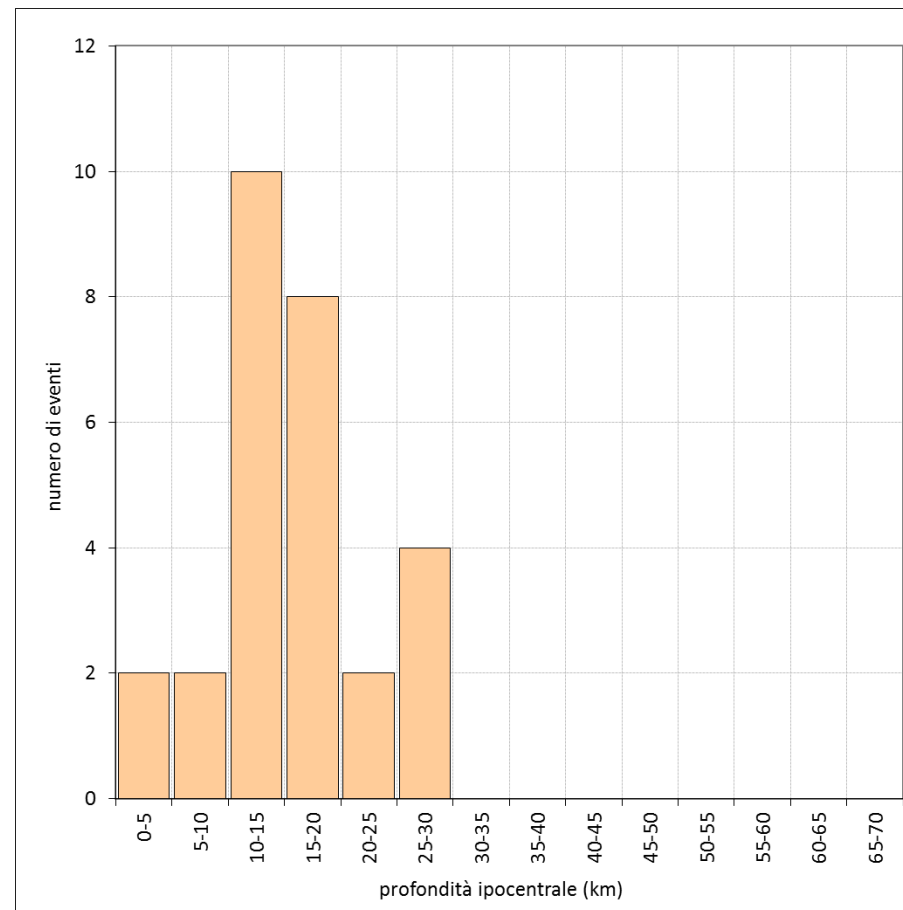


Figura 5 – Distribuzione delle profondità ipocentrali.

4. Distribuzione delle magnitudo

La Figura 6 mostra la distribuzione delle magnitudo calcolate.

Come descritto nella seguente Tabella 9, un'elevata frequenza (86 %) di eventi sismici è caratterizzata da valori di magnitudo locale compresi tra 1,0 e 2,5.

Tabella 9 – Suddivisione degli eventi in classi di magnitudo.

MAGNITUDO	EVENTI	PERCENTUALE
< 1,0	2	7 %
1,0 – 1,5	11	39 %
1,5 – 2,0	6	21 %
2,0 – 2,5	7	25 %
2,5 – 3,0	2	7 %
3,0 – 3,5	0	0 %
3,5 – 4,0	0	0 %

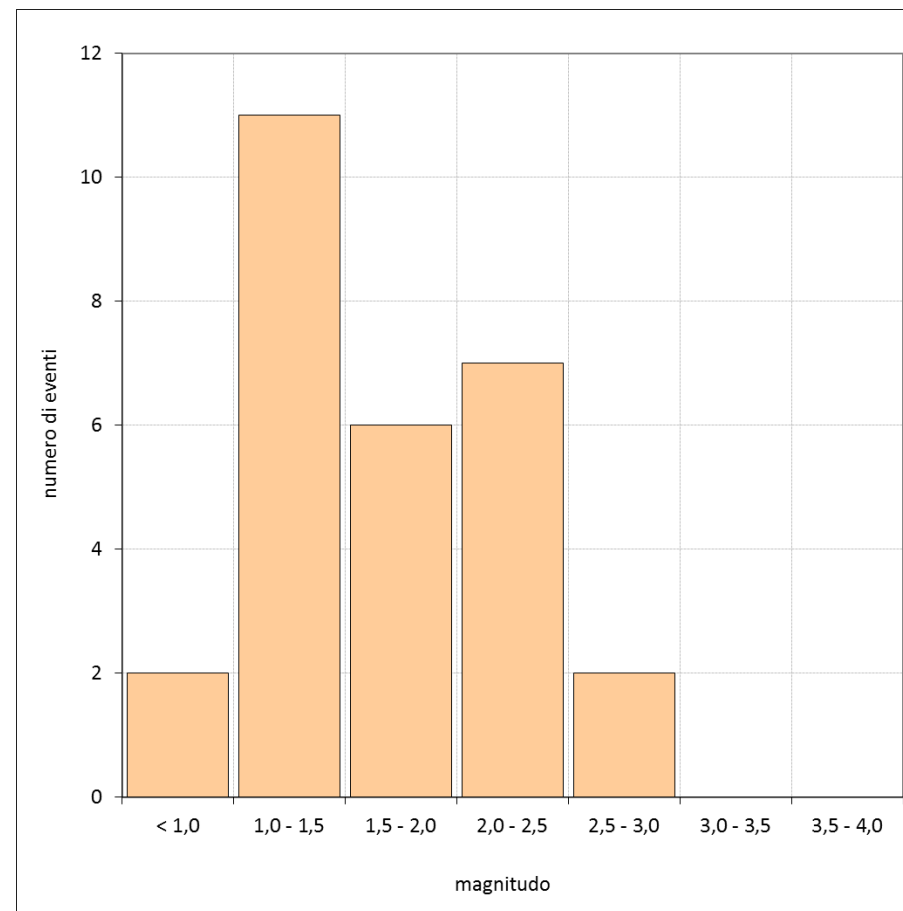


Figura 6 – Distribuzione delle magnitudo.

5. Distribuzione spaziale degli eventi sismici

La Figura 7 (nella pagina seguente) mostra gli epicentri e gli ipocentri dei 28 eventi sismici registrati dalla Rete Sismometrica Provinciale nel biennio 2010-2011 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*].

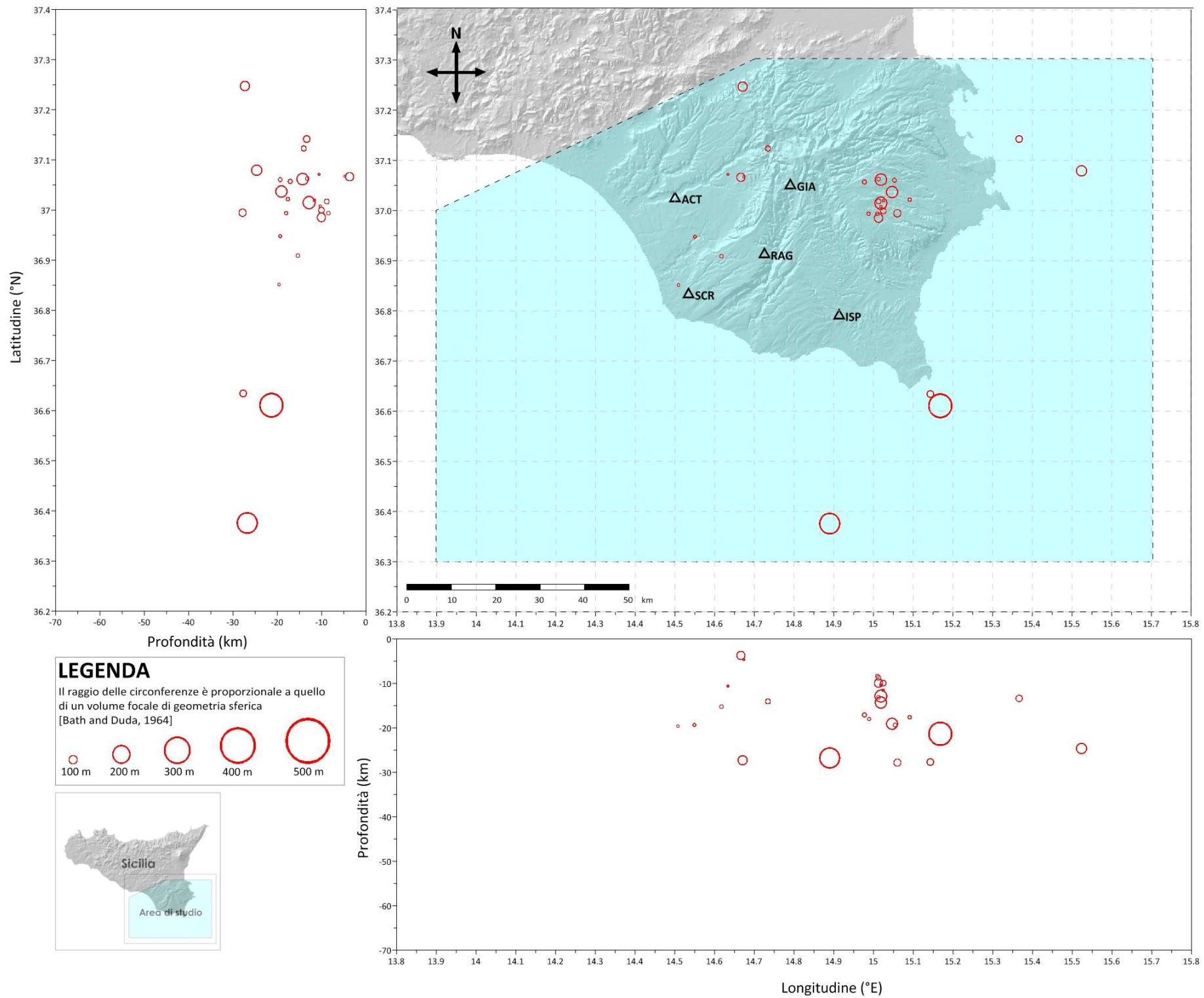


Figura 7 – Mappa degli epicentri dei 28 eventi sismici registrati e localizzati all'interno dell'area di studio nel biennio 2010-2011. Sono rappresentate anche due sezioni verticali dell'area nelle direzioni Nord-Sud ed Est-Ovest.

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
 Assessorato Territorio, Ambiente e Protezione Civile
 Settore Geologia e Geognostica