

Contributi allo studio sismotettonico della Sicilia nordorientale: distribuzione spaziale della sismicità nel periodo 1978-1997

M. Aloisi¹, G. Barberi¹, A. Mostaccio¹, G. Neri^{1, 2}, A. Scaltrito¹

1 - Sistema Poseidon, Sezione distaccata di Messina (e-mail: geoforum@www.unime.it)

2 - Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Messina

1 Area di indagine e dati

Viene proposta un'analisi della sismicità originatasi nel settore 37.5°-39°N 14°-16.5°E (Fig.1) nel range di profondità 0-50 Km, nell'intervallo temporale Gennaio 1978 - Marzo 1997. Sono stati utilizzati i dati di tutte le reti sismiche permanenti operanti nell'area in studio (Fig.1) ad eccezione della rete Poseidon, relativamente alla quale l'analisi è stata avviata da pochi mesi ed è tuttora in corso.

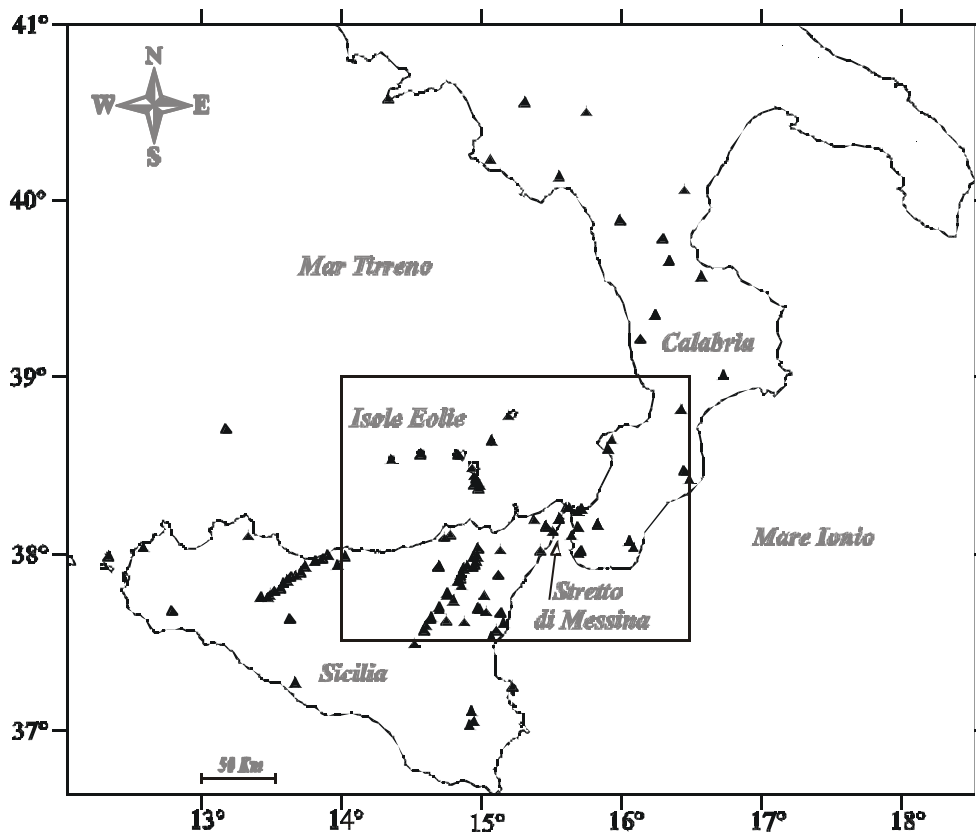


Fig.1 – Mappa dell'area calabro-siciliana con indicazione delle stazioni sismiche utilizzate per le analisi (triangoli) e del settore di interesse specifico per l'indagine sismologica condotta nel presente lavoro (rettangolo).

I dati dei tempi d'arrivo delle fasi P ed S e le polarità dei primi impulsi P risultano, com'era del resto ampiamente prevedibile, di qualità notevolmente

variabile all'interno del campione, soprattutto in funzione dell'evoluzione tecnologica realizzatasi nell'intervallo di tempo preso in esame. Analoga valutazione circa l'evoluzione nel tempo può essere espressa con riferimento alla geometria di rete, in conseguenza del progressivo intensificarsi delle attività di monitoraggio sismico nell'area calabro-siciliana negli ultimi decenni. Relativamente a quest'ultimo aspetto va tuttavia rilevato come, nonostante gli sforzi profusi dalle numerose istituzioni di ricerca operanti nell'area, la geometria di rete rimanga ancora oggi comunque relativamente lontana dalla configurazione ottimale, in particolare per l'assenza di stazioni sismometriche da fondale marino. Ciò rappresenta una limitazione per le analisi ed impone evidentemente una certa cautela nella fase dell'interpretazione dei risultati, in particolari per le zone perimetrali dell'area qui presa in esame.

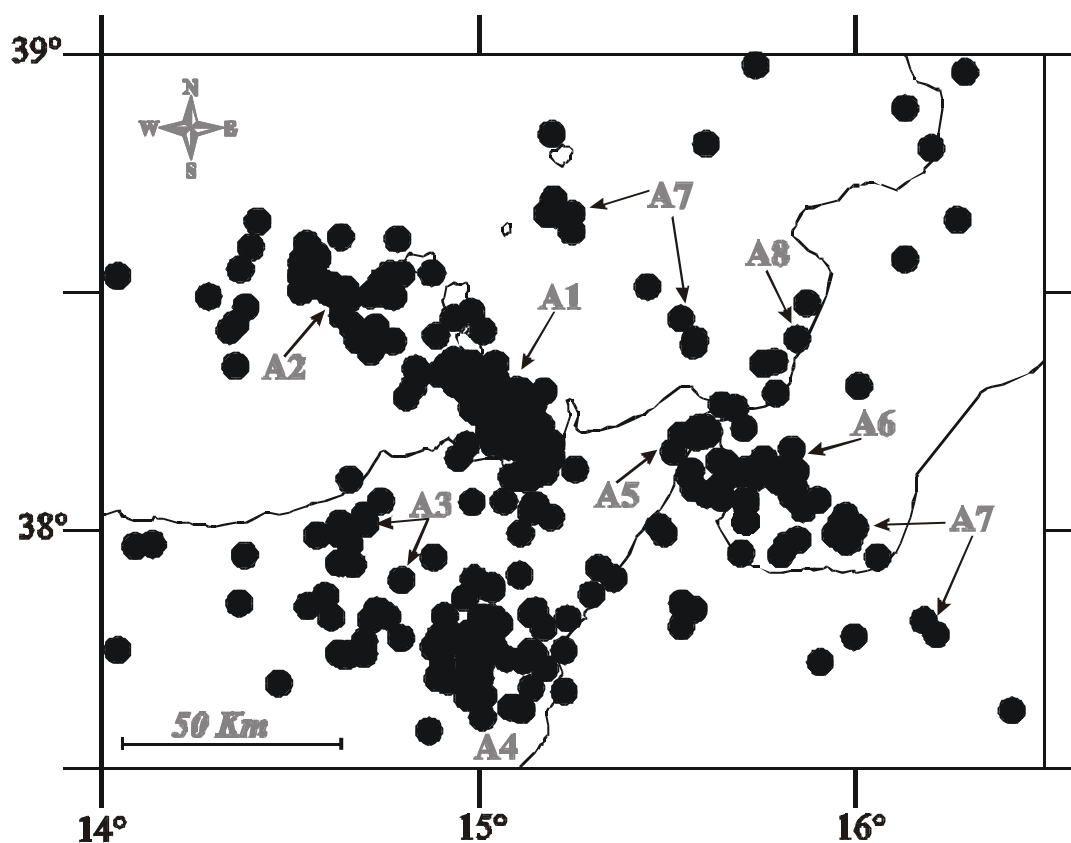


Fig.2 – Distribuzione degli epicentri degli eventi 1978-1997 localizzati con incertezze ERH ed ERZ non superiori a 5 km.

2 Metodi di analisi e risultati

La localizzazione delle scosse è stata effettuata utilizzando la procedura standard HYPO71PC (Lee e Lahr, 1975) ed un modello di velocità crostale 1D (Hirn et al., 1991) scelto tra quelli proposti in letteratura per l'area d'indagine, sulla base di una serie di tests di qualità effettuati in una precedente analisi (Arena, 1997). Su un totale di 944 eventi preventivamente selezionati in base al numero di dati P ed S disponibili, 376 risultano localizzati con incertezze epi- ed ipocentrali ERH ed ERZ non superiori a 5 Km (Fig.2). Le scosse si riducono a 223 (Fig.3) se si adotta una soglia di qualità più selettiva (ERH ed $ERZ \leq 3\text{Km}$). Sono riportate in Figura 4 le sezioni verticali N-S ed E-W relative al campione di Figura 2. L'impiego di altri modelli di velocità di qualità prossima seppur non equivalente al primo (Arena, 1997) ha condotto a risultati analoghi. E' in corso una ulteriore analisi di localizzazione basata sull'impiego di modelli crostali tridimensionali; va al riguardo precisato che l'unico modello 3D ad oggi disponibile in letteratura per la Sicilia Nordorientale è quello proposto da De Luca et al. (1997) e che tale modello copre solo parzialmente il settore di nostro interesse.

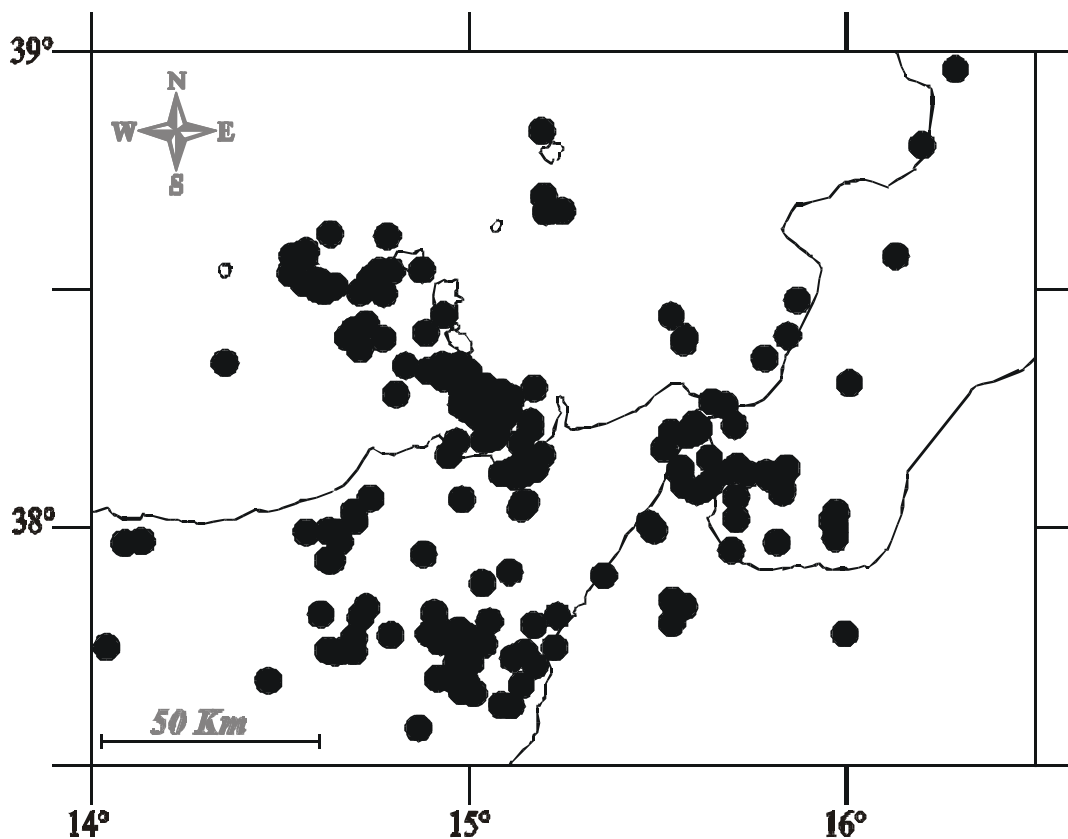


Fig.3 - Distribuzione degli epicentri degli eventi 1978-1997 localizzati con incertezze ERH ed ERZ non superiori a 3 km.

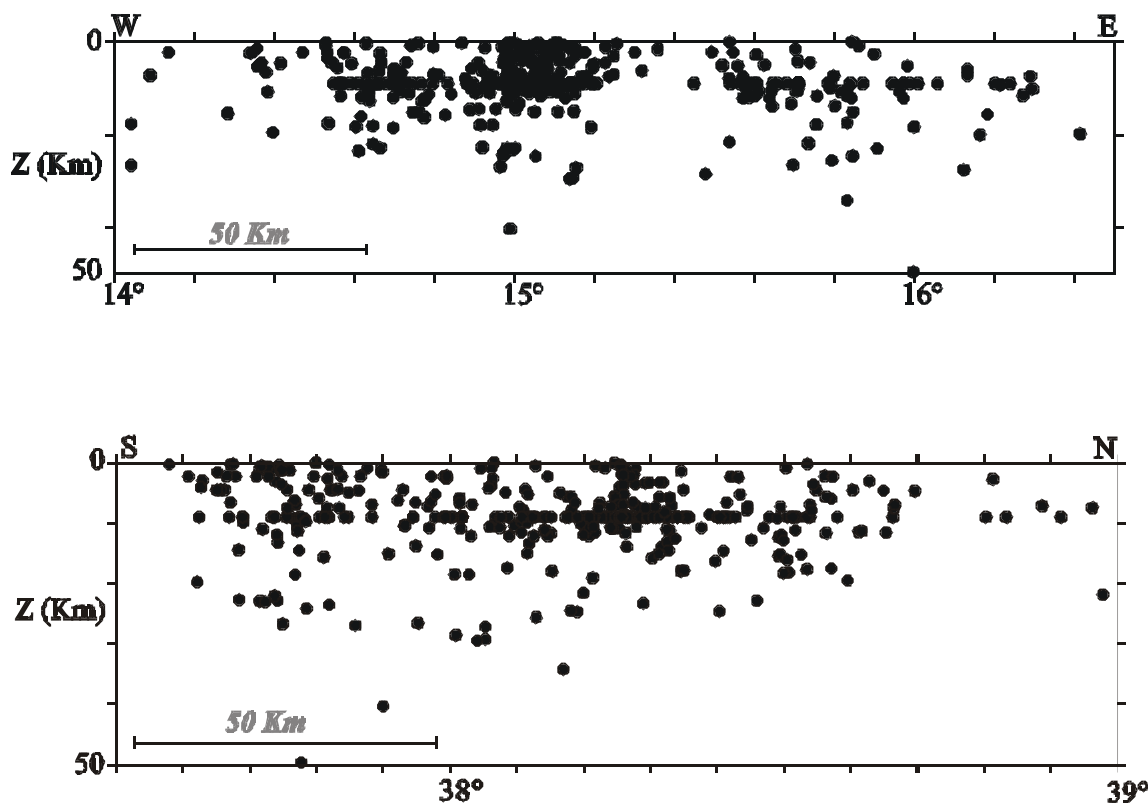


Fig.4 – Sezioni verticali corrispondenti a Fig.2.

3 Prime indicazioni sui meccanismi focali

La figura 5 mostra una prima serie di risultati ottenuti utilizzando il già citato modello di velocità 3D di De Luca et al. (1997) per il calcolo dei meccanismi focali del sottoinsieme 1988-1991 del campione di Figura 2. La localizzazione ipocentrale è stata effettuata utilizzando l'algoritmo di Thurber (1983, 1993) ed i valori così ottenuti per gli angoli di take-off alla sorgente sono stati impiegati per il calcolo del meccanismo attraverso l'algoritmo standard FPFIT (Reseanberg ed Oppenheimer, 1985). I valori numerici delle incertezze sui parametri di faglia, unitamente alle aree di confidenza ottenute per gli assi P e T, hanno guidato la selezione dei meccanismi di più elevata qualità (errore $\leq 30^\circ$). Questi ultimi costituiscono il contenuto di Figura 5 e presentano livelli di vincolo statisticamente superiori rispetto alle soluzioni ottenute con l'applicazione del modello 1D di Hirn et al. (1991). E' in corso l'estensione dell'analisi al periodo 1992-1997. Sono infine riportate in Figura 6 le soluzioni focali reperite in letteratura e ritenute di qualità compatibile con i criteri di selezione adottati per la costituzione del dataset di Figura 5. Le valutazioni di qualità per i meccanismi 'da letteratura' sono state effettuate esaminando direttamente sull'articolo la distribuzione delle polarità sulla sfera focale, la geometria di rete utilizzata e, ove possibile, il grado di conoscenza della legge di velocità lungo i percorsi ipocentro-stazione. In alcuni lavori gli autori hanno riportato

le incertezze statistiche sui parametri del meccanismo. Quando disponibili più soluzioni per lo stesso evento (da autori e/o metodi diversi) il loro confronto ha costituito un ulteriore strumento di analisi e valutazione.

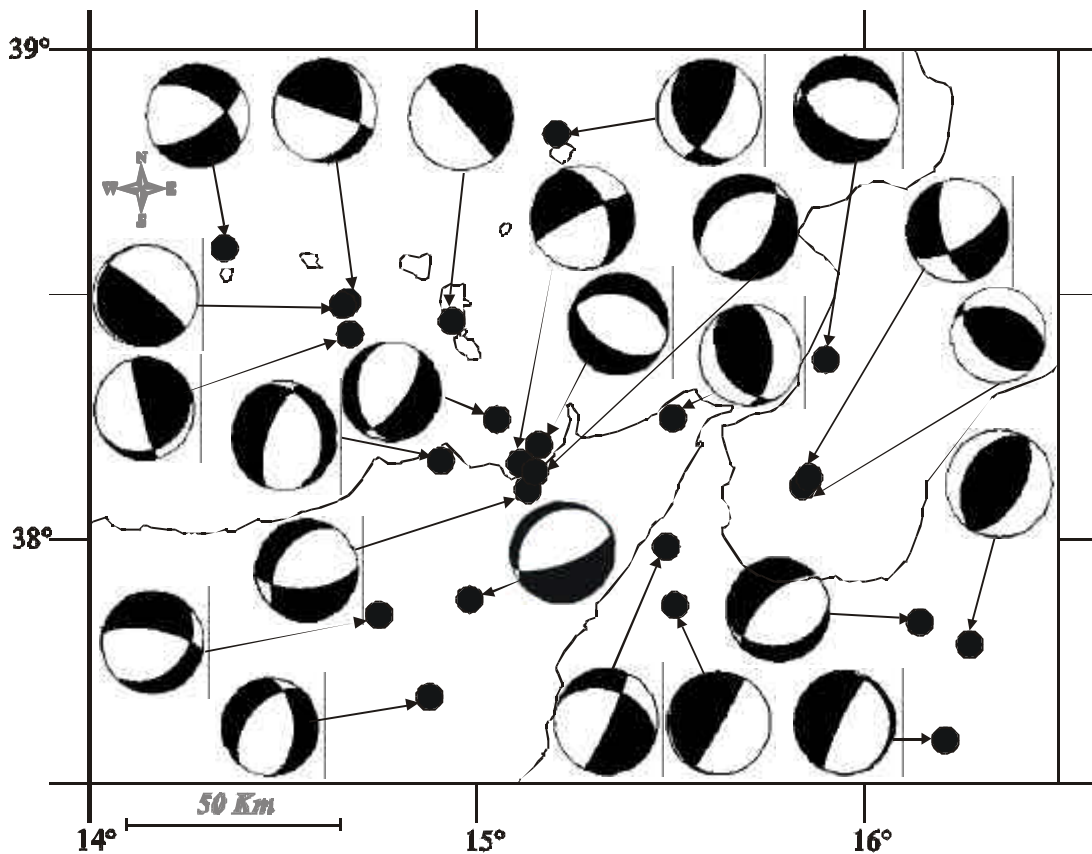


Fig.5 – Soluzioni a faglia piana stimate in ambiente 3D con incertezze inferiori a 30° (vedi testo).

4 Discussione

L'area oggetto della presente indagine (settore rettangolare indicato in Fig.1) non è a tutt'oggi dotata di sistemi di rilevamento sismometrico da fondale marino e ciò influisce significativamente sulla qualità delle stime dei principali parametri della sismicità locale. L'evoluzione tecnologica ed il potenziamento delle strutture di osservazione a terra nel corso degli ultimi venti anni hanno d'altro canto progressivamente ridotto tale limitazione, incrementando la percentuale degli eventi ben localizzati ed abbassando la soglia di magnitudo oltre la quale l'analisi presenta requisiti di accuratezza accettabile. Si può a ben ragione affermare che il campione dei dati acquisiti negli ultimi venti anni non presenta caratteristiche di omogeneità tali da consentire un'analisi sufficientemente attendibile dei patterns temporali a

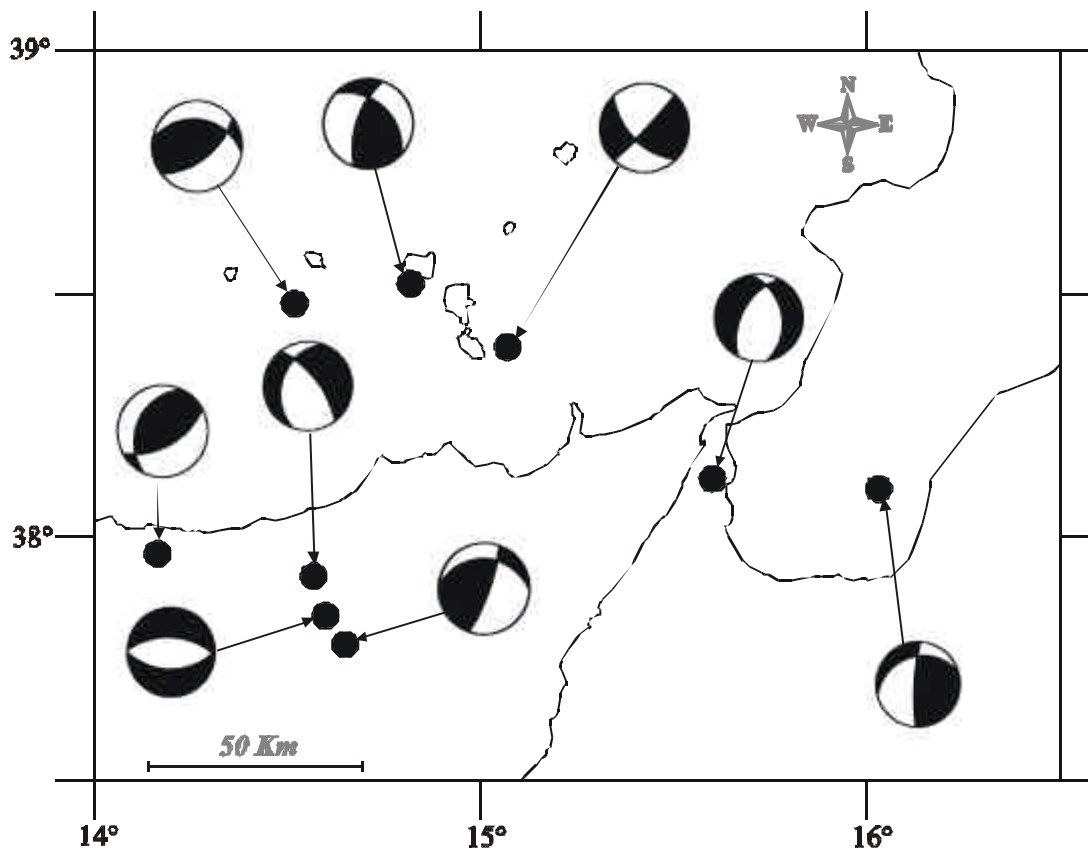


Fig.6 – Soluzioni a faglia piana tratte dalla letteratura, con soglia di qualità equivalente a quella utilizzata in Figura 5.

medio-lungo termine della fenomenologia sismica a carattere locale. Per contro, le caratteristiche del campione non sembrano nel complesso pregiudicare le analisi della distribuzione spaziale dell'attività finalizzate all'individuazione delle strutture sismogenetiche nei settori più interni all'area in studio. In attesa del completamento delle localizzazioni ipocentrali e dei calcoli dei meccanismi focali, attraverso l'impiego di modelli di velocità tridimensionali, proponiamo una serie di valutazioni preliminari sui risultati ottenuti localizzando le sorgenti sismiche in ambiente 1D ed avendo comunque verificato la qualità dei risultati attraverso tests e controlli di vario genere; è stato in particolare esaminato il grado di stabilità dei parametri ipocentrali per opportune variazioni del modello e della geometria di rete. Risulta alquanto evidente in Figura 2 l'addensamento di epicentri nel settore del Golfo di Patti (A1) e la prosecuzione verso WNW nell'area delle Eolie (A2). Tale risultato rappresenta una ulteriore conferma di quanto già rilevato in precedenti studi condotti su intervalli temporali più ristretti (es. Neri et al., 1996) ed attribuito all'attività dei sistemi strutturali regionali denominati 'Sisifo' e 'Vulcano' (Finetti e Del Ben, 1986), il secondo anche noto in letteratura come Eolie-Tindari-Giardini. E' altresì confermata la sostanziale assenza della sismicità nel tratto siciliano intermedio della stessa

struttura. Allineamenti ‘minori’, e dunque da verificare con successive analisi, sono rilevabili a SW degli addensamenti precedentemente discussi (A3). Una cospicua quantità di eventi è localizzata in corrispondenza dell’edificio vulcanico etneo (A4) ove è anche rilevabile una eterogeneità di distribuzione epicentrale già osservata in precedenti studi condotti con finalità vulcanologiche (es. Cocina et al., 1997, 1998). A tali lavori si rimanda il lettore interessato agli aspetti specifici. Due addensamenti sembrano evidenziarsi nell’area dello Stretto di Messina, sulla fascia costiera siciliana (A5) e sul versante calabrese (A6) rispettivamente. Il primo di tali addensamenti si colloca in corrispondenza del sistema strutturale da vari autori posto in relazione all’attività sismica del 1908, il secondo corrisponde approssimativamente al sistema strutturale ‘Reggio Calabria’ (Valensise e Pantosti, 1992). Appare chiaro in Figura 2 l’allineamento epicentrale NW-SE dal Tirreno allo Ionio indicato con A7, ma lo stesso allineamento risulta meno evidente se si adotta una soglia di incertezza ipocentrale più selettiva (Fig.3) o se si utilizzano altri modelli di velocità. Anche in questo caso sono evidentemente necessarie ulteriori analisi. Infine, un allineamento ‘minore’ (A8) è rilevabile lungo la costa tirrenica della Calabria Meridionale, a sud di Capo Vaticano. Come detto in precedenza le analisi di approfondimento sono tuttora in corso e, parallelamente, si sviluppano i contatti con altre Unità di Ricerca GNDT ai fini dell’interpretazione sismotettonica dei risultati.

Bibliografia

- Anderson H., Jackson J. (1987): Active tectonics of the Adriatic region. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, **91**, 937-983.
- Arena G. (1997): Modelli strutturali per la litosfera siciliana. *Tesi di laurea, Università degli studi di Messina*.
- Barberi G., Caccamo D., De Luca G., Neri G., Scarpa R. (1998): Seismic response to stress-strain fields in the lithosphere of Sicily. *Ann. Geofis.*, **XLII (5)**, 789-800.
- Cocina O., Neri G., Privitera E., Spampinato S. (1997): Stress tensor computations in the Mount Etna area (southern Italy) and tectonic implications. *J. Geodynamics*, **23**, 109-127.
- Cocina O., Neri G., Privitera E., Spampinato S. (1998): Seismogenic stress field beneath Mt. Etna (south Italy) and possible relationships with volcano-tectonic features. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **83**, 335-348.
- De Luca G., Filippi L., Caccamo D., Neri G., Scarpa R. (1997): Crustal structure and seismicity of southern Tyrrhenian basin. *Phys. Earth Planet. Int.*, **103**, 117-133.
- Dziewonski A. M., Ekström G., Franzen J. E., Woodhouse J. H. (1987): Global seismicity of 1978: centroid-moment tensor solutions for 512 earthquakes. *Phys. Earth Planet. Int.*, **46**, 316-342.
- Finetti I., Del Ben A. (1986): Geophysical study of the Tyrrhenian opening. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, **28**, 75-155.
- Frepoli A., Amato A., Chiarabba C. (1993): Studio di meccanismi focali di alcuni terremoti italiani recenti. *Proceedings of the GNGTS-CNR Annual Meeting, Rome*, 217-226.
- Gasparini C., Iannaccone G., Scarpa, R. (1985): Fault-plane solutions and seismicity of the Italian peninsula. *Tectonophysics*, **117**, 59-78.
- Hirn A., Nercessian A., Sapin M., Ferrucci F., Wittlinger G. (1991): Seismic heterogeneity of Mt. Etna: structure and activity. *Geophys. J. Int.*, **105**, 139-153.

- Jeffreys H., Bullen K. E. (1967): Seismological tables. *Brit. Ass., Gray Milne Trust*.
- Lee W. H. K., Lahr J. C. (1975): Hypo71 (revised): a computer program for determining hypocenter, magnitude and first motion pattern of local earthquakes. *U. S. Sur., Open-file report*, 75-311.
- Neri G., Caccamo D., Cocina O., Montalto, A. (1996): Geodynamic implications of recent earthquake data in the Southern Tyrrhenian Sea. *Tectonophysics*, **258**, 233-249.
- Reasenberg P. A., Oppenheimer D. (1985): FPFIT, FPLOT AND FPPAGE: fortran computer programs for calculating and displaying earthquake fault-plane solutions. *U. S. Geol. Sur., Open-file Report*, 85-739.
- Thurber C. H. (1983): Earth structure and earthquake locations in the Coyote Lake area, Central California. *J. Geophys. Res.*, **88**, 8226-8236.
- Thurber C. H. (1993): Local earthquake tomography: velocity and V_p/V_s - theory, in *Seismic Tomography: Theory and Practice*. Iyer, H. M. and Hirahara, K. (Eds.), Reidel, Berlin.
- Valensise G., Pantosti D. (1992): A 125 kyr-long geological record of seismic source repeatability: the Messina Strait (southern Italy) and the 1908 earthquake ($M_S = 7 \frac{1}{2}$). *Terra Nova*, **4**, 472-483.