

STRUTTURE SISMOGENETICHE IN ITALIA CENTRALE

INDICE

RIASSUNTO	pag. 283
ABSTRACT	” 283
INTRODUZIONE	” 283
METODO DI ANALISI	” 283
APPLICAZIONE IN ITALIA CENTRALE	” 285
CONCLUSIONI	” 285
BIBLIOGRAFIA	” 286

RIASSUNTO

La distribuzione geografica dell'attività sismica è stata analizzata per evidenziare la presenza di strutture sismogenetiche, definite come addensamenti lineari degli epicentri. A tal fine il territorio italiano compreso tra il 41° e 43° parallelo nord è stato esaminato sui nodi di una griglia regolare: ad ogni nodo è stata ricercata, mediante un apposito algoritmo, la direzione di migliore allineamento degli epicentri.

La soglia di significatività dei parametri di allineamento è stata stabilita confrontando i risultati con quelli ottenuti su una distribuzione di punti *random*. Sono state quindi prodotte diverse mappe con gli insiemi di allineamenti significativi, in funzione della loro lunghezza dei vari raggi di influenza e dei valori di soglia di *magnitudo*. La sismicità è stata reinterpretata in funzione dei maggiori allineamenti trovati mostrando che l'identità di alcune strutture è rilevabile anche nella dimensione temporale degli eventi sismici.

ABSTRACT

The geographical distribution of seismic activity was analyzed in order to show the presence of seismogenetic structures, defined as linear clustering of epicenters. To this end a regular grid was superimposed onto the Italian territory between latitude 41° and 43° north: each node of the grid was examined, using a specific algorithm inside fixed radius, to find the direction of the best alignment of epicenters. The level of significance of the alignment parameters was established by comparing the results of the algorithm with those obtained from a random distribution of points.

Thus several maps of significant alignments were produced, in function of the length of alignments, the various ranges of influence and values of magnitude level. The seismicity was then reinterpreted according to the most important alignments found, showing that the identity of certain structures is evident even in the temporal dimension of the seismic events.

PAROLE CHIAVE: Epicentro, allineamento, struttura sismogenetica, catalogo sismico.

(*) Istituto Nazionale di Geofisica - Roma.

KEY WORDS: Epicenter, Alignement, Seismogenetic Structure, Seismic Catalog.

INTRODUZIONE

La distribuzione degli epicentri nell'Italia centrale non segue andamenti totalmente casuali, ma si possono riconoscere aree a diversa attività sismica (figura 1); per la loro definizione lavori precedenti hanno utilizzato ad esempio: il flusso tettonico (CATTANEO *et al.*, 1981; CATTANEO *et al.*, 1983; CASSINIS, 1984), il conteggio degli epicentri per unità di area e di tempo (GASPERINI *et al.*, 1991; SLEJKO & KIKKO, 1991), la localizzazione degli eventi maggiori (CAPUTO, 1987) o più semplicemente la carta degli epicentri.

Il nostro scopo è quello di riconoscere, mediante metodi statistici, l'esistenza di strutture sismogenetiche, evidenziandone le caratteristiche geometriche e temporali: in particolare è stata definita struttura sismogenetica un'area in cui vi è una distribuzione degli epicentri prevalentemente lineare e continua, distinta da un intorno asismico o con sismicità ridotta.

L'analisi di distribuzioni di punti viene generalmente svolta al fine di evidenziarne il carattere *random*, uniforme o a *cluster* (DAVIS, 1986); il nostro scopo si differenzia però da questo tipo di analisi, in quanto vi è la necessità di mettere in risalto distribuzioni addensate linearmente. Sulla base delle tecniche già esistenti, è stato quindi definito un algoritmo che analizza la localizzazione degli epicentri, evidenziando gli allineamenti preferenziali significativamente differenti da una distribuzione *random*.

METODO DI ANALISI

Le due condizioni per riconoscere un allineamento (addensamento e continuità) sono state verificate entro cerchi di raggi definiti e per linee a diverse direzioni. In figura 2 vi è una esemplificazione dell'algoritmo usato: sono presi in considerazione solo gli epicentri situati all'interno del cerchio, vengono poi provate alcune direzioni di allineamento, prendendo differenti linee passanti per il centro. Per ogni direzione, considerate le distanze *D* tra gli epicentri e la linea, viene calcolata la seguente espressione:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n D_i^2 M_i}{\sum_{i=1}^n M_i}$$

dove *n* è il numero di eventi entro l'area circolare ed *M* la *magnitudo*. Più gli eventi sono addensati più il valore *V* risulta piccolo, essendo assimilabile ad una varianza della disposizione degli epicentri rispetto alla

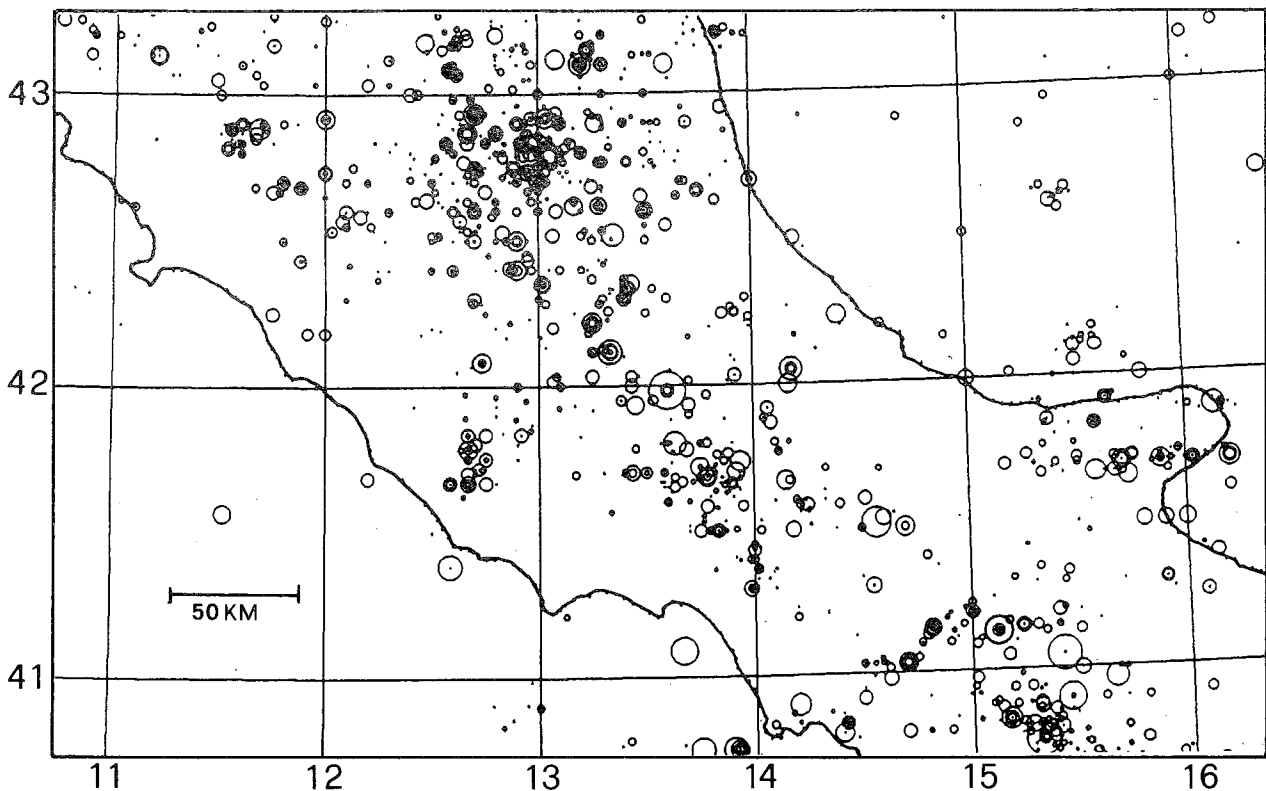


Fig. 1 - Epicentri dei terremoti avvenuti dopo il 1800 in Italia centrale con *magnitudo* superiore a 3.5 (dal Catalogo ING).

linea di prova. Per stabilire se, in ogni cerchio, il minimo valore di V trovato sia significativamente diverso da quello prodotto da punti distribuiti casualmente, è stata condotta una simulazione calcolando il valore V sulla ridistribuzione casuale degli stessi eventi in ogni area circolare. In figura 3 sono mostrate le distribuzioni di frequenza dei valori V calcolati sia con gli epicentri reali che con quelli simulati: si nota che i due istogrammi si riferiscono a popolazioni distinte; sono stati quindi considerati significativi i valori di V mino-

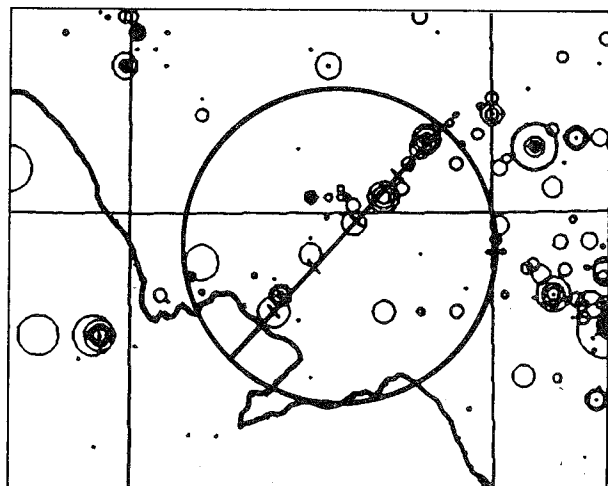


Fig. 2 - Esempificazione dell'algoritmo usato: considerando i terremoti all'interno dell'area circolare, viene scelta la linea che presenta la minor distanza con gli epicentri; successivamente, attraverso l'applicazione delle (2) e (3), viene verificata la sufficiente uniformità della distribuzione degli epicentri lungo l'allineamento.

ri di 70, corrispondenti alla soglia che racchiude l'1% del totale dei dati casuali.

L'altra condizione, che prevede una distribuzione omogenea degli epicentri lungo l'allineamento già

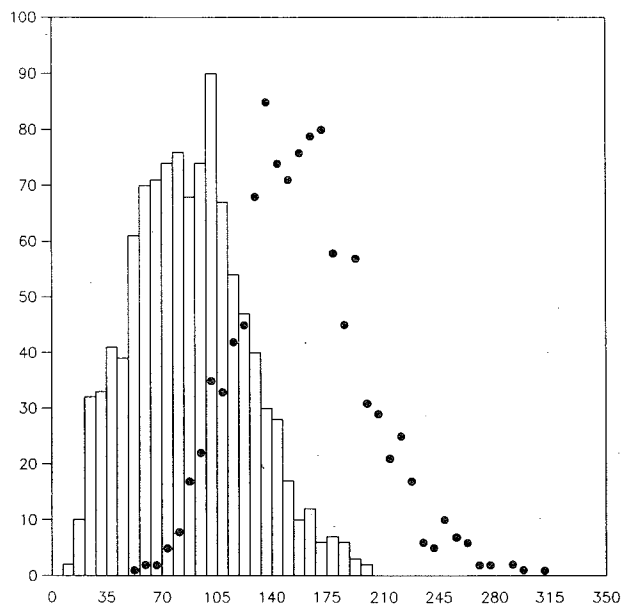


Fig. 3 - Distribuzione di frequenza del parametro V per gli epicentri reali (istogramma a barre) e per gli epicentri con coordinate casuali (cerchi pieni); la separazione delle due distribuzioni indica che i terremoti in Italia Centrale presentano un certo grado di addensamento lineare distinto da un andamento casuale. Si sono considerati significativi gli allineamenti che presentano un valore V minore di 70.

risultato significativo con il test precedente, è stata verificata dividendo la linea considerata in cinque segmenti uguali e osservando il numero delle proiezioni degli epicentri, pesati in ragione della loro *magnitudo*, entro ciascun segmento. Tale distribuzione di frequenza è poi confrontata con una distribuzione uniforme, ottenuta calcolando il valore medio pesato del numero di terremoti in ciascun segmento. Il confronto tra le due distribuzioni è condotto con il test del χ^2 il cui valore viene ottenuto con la seguente espressione:

$$\chi^2 = \frac{\sum_{j=1}^5 (F_{0j} - F_u)^2}{F_u}$$

con:

$$F_0 = \sum_{k=1}^{n_c} M_k \quad F_u = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{5}$$

dove n_c è il numero di terremoti entro ognuno dei cinque segmenti. Analogamente all'altro test, fissata una soglia di confidenza, si accettano solo gli allineamenti che soddisfano la condizione di uniformità.

APPLICAZIONE IN ITALIA CENTRALE

Il metodo sopra descritto è stato applicato alla sismicità dell'Italia centrale, nell'area compresa tra i paralleli 41° e 43° nord. Sui nodi di una griglia regolare, con la maglia di 3 km di lato, sono stati considerati i terremoti entro un raggio variabile da 15 a 30 km, e sono state ricavate le direzioni degli allineamenti risultati significativi ai test di V e χ^2 . È stato possibile così ottenere varie carte degli allineamenti in funzione dei diversi raggi applicati, permettendo l'individuazione di strutture di diverso significato: dagli elementi regionali fino a quelli di carattere locale. Un altro parametro variabile è dato dalla *magnitudo* minima degli eventi sismici considerati: il criterio di massima seguito è sta-

to di adottare *magnitudo* minime crescenti in proporzione al raggio usato.

Sono stati utilizzati gli eventi, avvenuti dopo il 1800, riportati sul catalogo dell'Istituto Nazionale di Geofisica, con precisione della localizzazione epicentrale migliore di due decimi di grado.

Le informazioni sugli allineamenti trovati con le varie combinazioni raggio-*magnitudo* minima usate, sono state integrate in un'unica carta mostrata in figura 4. Dal confronto con la figura 1 si nota che la maggior parte della sismicità della regione ricade in prossimità delle strutture qui delineate. Si precisa che tali strutture non devono intendersi come l'espressione di particolari elementi tettonici, come ad esempio grandi faglie: gli elementi analizzati non sono sufficienti a dimostrare l'esistenza di specifici elementi deformativi piuttosto che altri. Quello che si vuole evidenziare è piuttosto la presenza di addensamenti lineari della sismicità, statisticamente evidenti, che potrebbero corrispondere anche ad un'insieme di strutture tettoniche diverse.

Si sono considerati appartenenti ad una struttura gli eventi localizzati ad una distanza non superiore a 15 km dall'allineamento significativo: la rappresentazione a linee usata è da intendersi quindi indicativa della parte centrale della struttura. In figura 5 è rappresentata l'evoluzione temporale dei terremoti di alcuni allineamenti: in ascissa sono riportati i chilometri misurati da un estremo della struttura, in ordinata è espressa la scala temporale in giorni dal 1800 al 1990.

Nella struttura 1, che attraversa l'Appennino Campano, si notano zone che vengono attivate in tutta la loro lunghezza: ciò avviene però in periodi diversi nei due settori a differente orientazione dell'allineamento.

Per quanto riguarda la struttura 6, che si sviluppa negli Abruzzi e nel Lazio, si nota un periodo di attività sismica intensa attorno al 1910 lungo tutto l'allineamento; successivamente, intorno al 1984, vi è un altro periodo di attività che si è esplicata nel solo settore meridionale, al contrario di quello settentrionale dove una maggiore quantità di energia sismica è stata rilasciata nel periodo precedente.

La struttura 9, che dai Monti Prenestini giunge fino all'Aquila, mostra un periodo di attività intensa attorno al 1905 ed una certa ripresa nel 1960 circa.

Infine la struttura 11, alto laziale, mostra che i periodi di attività interessano l'intero allineamento: tali periodi sono centrati negli anni 1905, 1959 e 1980.

CONCLUSIONI

L'analisi della distribuzione degli epicentri, basata su criteri statistici, ha mostrato l'esistenza di strutture sismogenetiche con propria identità sia nella distribuzione areale, che nell'evoluzione temporale degli eventi sismici.

Ciò può contribuire alla reinterpretazione dell'attività sismica della regione, assegnando gli eventi a strutture definite: in questo modo si possono ridurre i problemi e le incertezze derivanti dallo studio del singolo evento; si evita inoltre la generalizzazione eccessiva dell'informazione sismica assegnando, ad esempio, caratteri di alta sismicità ad una zona caratterizzata da aree a comportamenti differenziati.

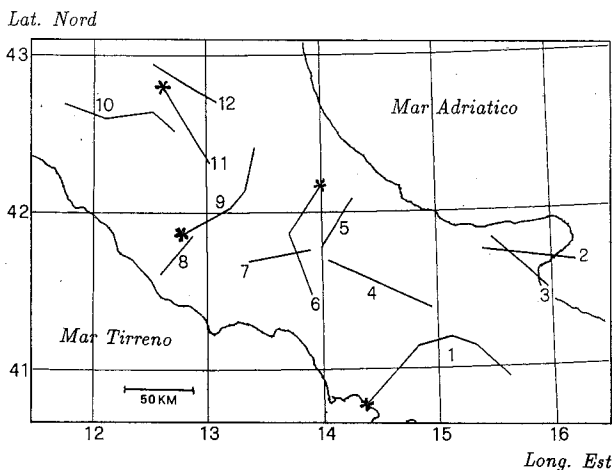


Fig. 4 - Segmenti identificati attraverso la metodologia utilizzata riferibili alle principali strutture sismogenetiche dell'Italia Centrale. Sembra rilevante la presenza di elementi trasversali alla catena (segmenti 2, 5, 7, 8, 9, parte di 1 e 6) che, in definitiva, potrebbero caratterizzare questo tratto della regione appenninica fino alla penisola garganica. Gli asterischi nelle strutture 1, 6, 9 e 11 indicano l'origine chilometrica utilizzata nella figura 5.

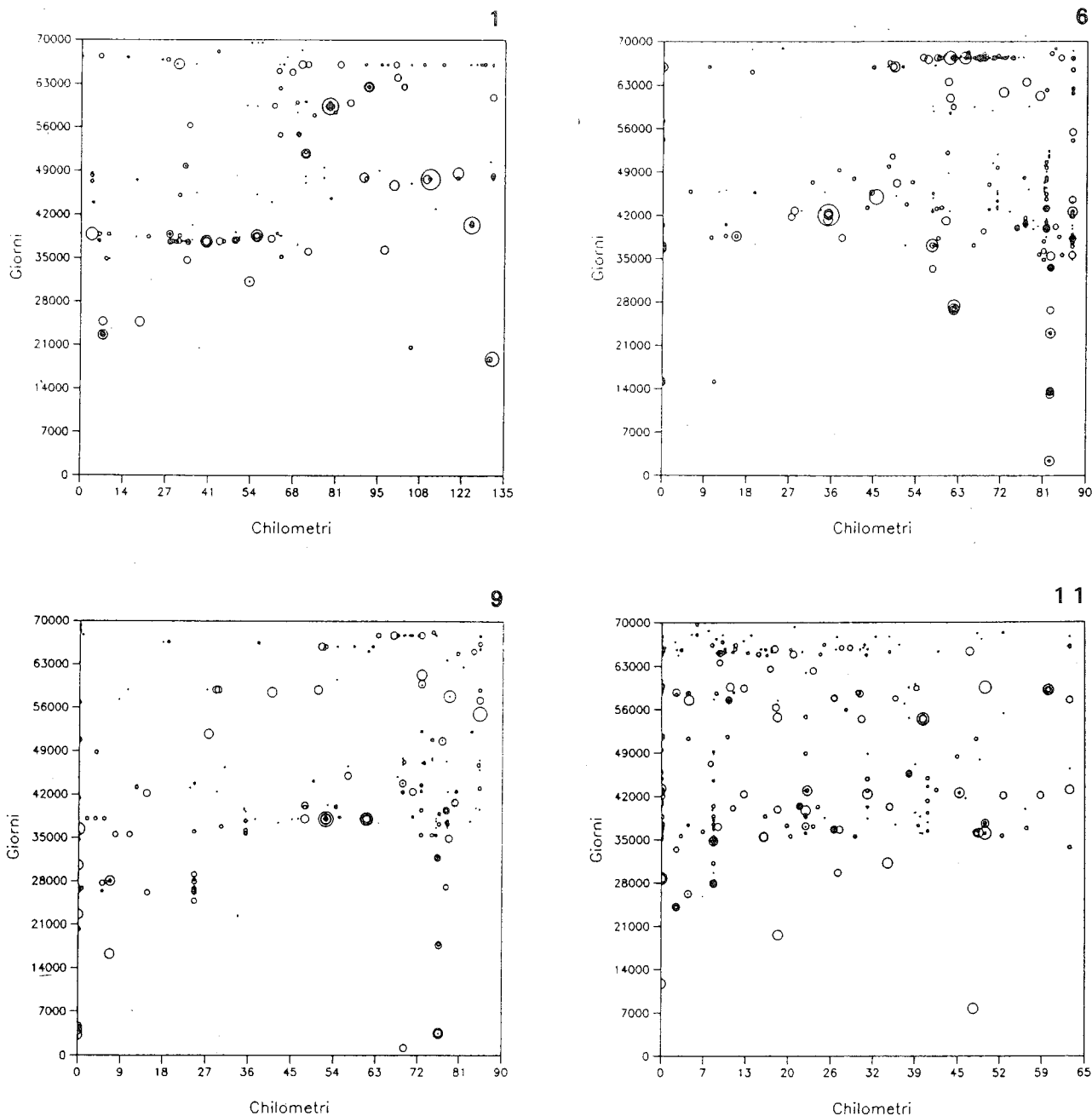


Fig. 5 - Diagrammi dell'evoluzione temporale dell'attività sismica per gli allineamenti 1, 6, 9 e 11 della figura 4. In ascissa è riportata la posizione della proiezione dell'epicentro sulla linea in chilometri dall'origine (indicata con l'asterisco nella figura 4), in ordinata il numero di giorni a partire dall'inizio dell'anno 1800. La struttura 1 presenta due periodi diversi di attivazione sismica, probabilmente legati alla diversa orientazione dei settori dell'allineamento. La struttura 6 mostra un periodo di attività attorno al 1910, successivamente il settore meridionale della struttura è interessato da una ripresa dell'attività: si noti la differente orientazione del settore rispetto all'altro. La struttura 9 mostra un periodo piuttosto omogeneo di attività attorno al 1905. Infine la struttura 11 ha dei periodi di attività che interessano tutto l'allineamento (1905, 1959 e 1980).

BIBLIOGRAFIA

CASSINIS R. (1984) - *Seismicity and crustal structures in the Italian region: a preliminary zoning*. In *Problems and Methods for Lithospheric Exploration*, Physical Sciences, **19**, 53-91.

CATTANEO M., EVA C. & MERLANTI F. (1981) - *Seismicity of Northern Italy: a statistical approach*. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, **23**, (89), 31-42.

CATTANEO M., EVA C., GIGLIA G. & MERLANTI F. (1983) - *Seismic hazard in the Northwestern Apennines*. *PAGEOPH*, **121**, (2), 221-245.

CAPUTO M. (1987) - *Pattern recognition delle aree con vocazione a forti terremoti in Italia: una rassegna*. In: BOSCHI E. & DRAGONI M., *Aree Sismogenetiche e Rischio Sismico in Italia*, **I**, 177-222.

DAVIS J.C. (1986) - *STATISTICS AND DATA ANALYSIS IN GEOLOGY*. Wiley and Sons Inc., New York.

GASPERINI P., MULARGIA F. & TINTI F. (1991) - *Immagine di dettaglio di alcune aree sismogenetiche italiane*. In: BOSCHI E. & DRAGONI M., *Aree Sismogenetiche e Rischio Sismico in Italia*, **II**, 327-336.

SLEJKO D. & KIJKO A. (1991) - *Seismic hazard assessment for the main seismogenic zones in the Eastern Alps*. *Tectonophysics*, **191**, 165-183.