

**Sismogenia e caratteristiche sismiche del tratto di faglia della
« Carbonara » da Monte S. Angelo a San Severo ***

(Seismogenesis and seismic features of the « Carbonara »
segment fault from Monte S. Angelo to San Severo. Italy)

P. FAVALI **

Received on June 15th, 1978

ABSTRACT

In this paper the seismic features of the Carbonara fault (a great regional fault that crosses the Gargano headland from East to West) have been determined applying Brune's theory to experimental data, obtained by means of local seismic network working on the area for 123 days (from July 2 to December 2, 1975).

On the basis of obtained results, it is evident that during the observation time the Carbonara fault has presented a seismic low value in number and in energy activity with microactivity characteristics ($M_L < 3$). Furthermore, the stress drop is low during shocks, with an average of few decimillimeter displacements along the fault, while linear equivalent sizes of seismic foci are a few hundred meters. The hypocentral depths derived are lower than twenty Kilometers, wavening between five and fifteen kilometers.

* Tesi di laurea in scienze geologiche discussa nell'A.A. 1975-76 presso la facoltà di Scienze dell'Università degli Studi di Roma.

** Borsista del C.N.R. — Progetto finalizzato Geodinamica c/o Ist. Naz. di Geofisica — Monte Porzio Catone (Roma).

RIASSUNTO

In questo lavoro sono state determinate le caratteristiche sismiche della faglia della « Carbonara » (grande faglia a carattere regionale che attraversa, con orientamento est-ovest, il promontorio garganico) applicando la teoria di Brune a dati sperimentali ottenuti mediante una rete sismica locale che ha operato nella zona per 123 giorni dal 24 luglio al 2 dicembre 1975.

Sulla base dei risultati ottenuti si è visto che la faglia della « Carbonara » ha presentato (per il periodo d'osservazione) un'attività sismica numericamente ed energeticamente bassa, con caratteristiche di microattività ($M_L < 3$). Inoltre la quantità di tensione elastica rilasciata durante le scosse è di valori bassi con spostamenti medi, lungo la faglia, di pochi decimi di millimetro, mentre le dimensioni lineari equivalenti delle sorgenti sismiche sono di poche centinaia di metri. Le profondità ipocentrali riscontrate sono minori di venti chilometri, oscillando tra i cinque ed i quindici chilometri.

1. LINEAMENTI GEOTETTONICI

La Puglia fa parte dell'avampese appenninico, o meglio la parte emersa di questo, in quanto è una regione interessata dall'orogenesi alpina solo in maniera marginale.

Nell'area settentrionale si distinguono tre diverse unità geologiche. L'Appennino dauno, situato nella zona più occidentale, è costituito in prevalenza da terreni argillosi-marnosi di natura fliscioide ed è legato strettamente alle vicende orogenetiche appenniniche; si mostra infatti con notevoli accavallamenti tettonici e sovrascorrimenti pliocenici vergenti a nord-est.

La Fossa Pedepenninica, rappresentata dal Tavoliere delle Puglie, è costituita in netta prevalenza da terreni sabbiosi-argillosi più conglomeratici al tetto d'età plio-pleistocenica ed in facies marina.

Paleogeograficamente rappresenta un ciclo di riempimento della depressione strutturale iniziata a formare nel Pliocene. Il Promontorio garganico costituisce il residuo affiorante della

antica piattaforma carbonatica che nel Giurassico-Cretacico inferiore occupava gran parte dell'area pugliese. Rappresenta, nel suo complesso, un « horst » leggermente ripiegato suddiviso in zolle secondarie da vari sistemi di faglie: a direzione appenninica (nordovest-sudest), antippenninica (nordest-sudovest), ed est-ovest costituito dall'unica grande faglia della « Carbonara ».

Attraverso una analisi macrosismica degli eventi sismici avvenuti nell'area dal 1900 al 1975 abbiamo messo in evidenza la fascia sismicamente attiva: Monte S. Angelo-S. Giovanni Rotondo-S. Marco in Lamis-S. Severo che praticamente tende a sovrapporsi all'andamento della faglia della « Carbonara ».

2. TEORIA DI BRUNE

Questa teoria prende in esame un modello di terremoto di origine tettonica, che ha come sorgente una faglia, e fu presentata per la prima volta da James N. Brune (1970).

Applicandola si giunge alla determinazione dell'espressione della dimensione della faglia circolare equivalente che ha determinato la scossa (r).

$$r = \frac{2.34 \beta}{\pi f_0} \quad [1]$$

con:

- β = velocità delle onde di taglio;
- f_0 = frequenza di taglio dello spettro del sismogramma

Mentre da studi precedenti di Keilis-Borok (1960) si possono ricavare l'espressione del momento sismico (M_0), e dello stress drop (= tensione elastica rilasciata durante la scossa) ($\Delta\sigma$).

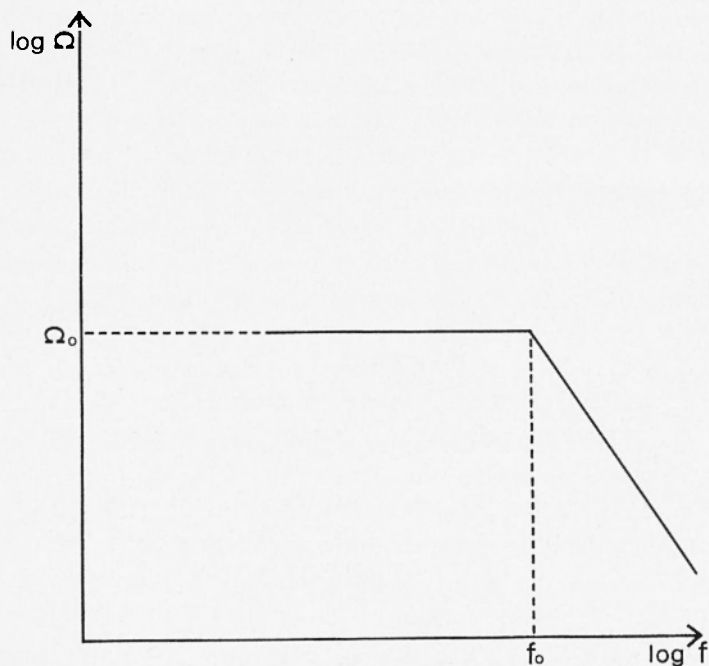
$$M_0 = \frac{4 \pi \rho \beta^3 \Omega_0}{K R \vartheta \varphi} \quad [2]$$

dove:

- ρ = densità del mezzo attraversato;
- R = distanza ipocentrale;
- Ω_0 = ampiezza dello spettro del sismogramma (scala log.)
- K = fattore correttivo dovuto all'amplificazione terra-aria
- $R\delta\varphi$ = funzione di irraggiamento

$$\Delta\sigma = 7/16 M_0 / r^3 \quad [3]$$

i valori di « f_0 » e di « Ω_0 » sono ricavabili sperimentalmente dagli spettri di ampiezza del sismogramma. Infatti s'è visto che uno spettro in scala semilogaritmica (log delle ampiezze in funzione delle frequenze) ha un andamento del tipo riportato in fig. 1. Il valore di f_0 è rappresentato dalla « frequenza di



TAB. 1

taglio », alla quale lo spettro subisce una netta diminuzione in ampiezza, mentre il valore di Ω_0 è dato dall'altezza del pianerottolo che precede la frequenza di taglio.

Successivi lavori hanno permesso di ricavare altre espressioni utili per lo studio dei parametri focali, quali:

$$\bar{u} = 1 / \pi \rho \beta^2 \cdot M_0 / r \quad [4]$$

che rappresenta lo spostamento medio lungo la faglia.

La relazione empirica che lega la magnitudo locale (M_L) al momento sismico è:

$$M'_L = \frac{\log M_0 - 17}{1.4} = \frac{\log M_0 - 16}{1.5} = \frac{\log M_0 - 15.1}{1.7} \quad [5]$$

Quelle che legano la M_L al momento, allo stress drop ed alla dimensione della faglia sono:

$$M''_L = \frac{\log M_0 + \log \sigma - 14.2}{2.0} = \log M_0 - 1.5 \log r - 17.8 \quad [6]$$

L'ultima espressione è valida per $0.1 < r < 10$ Km.

Infine l'espressione che dà una valutazione dell'energia radiata (E_s) in funzione della M_L del sisma è la seguente:

$$\log E_s = 2.0 M_L + 8.1 \quad [7]$$

3. RETE SISMICA SULLA « CARBONARA » (caratteristiche)

La rete sismica, fonte dei dati sperimentali (*), è entrata in funzione il 24 luglio 1975, operando per 123 giorni fino al 2 dicembre 1975. Era inizialmente formata da quattro stazioni poste

* I dati sperimentali sono stati gentilmente forniti dalla Geotecneco-ENI S.p.A.

dapprima a Torre Maggiore, Borgo Duanera, Lucera, Rignano Garganico. Successivamente la stazione di Torre Maggiore è stata spostata a sud sui primi affioramenti calcarei (Monte Aquilone); un'altra stazione è stata poi installata a Sannicandro.

I segnali sismici erano inviati ad una stazione centrale posta a Rignano. Le stazioni periferiche avevano geofoni del tipo « Geotech S-13 » modulatori ed amplificatori « Lennartz » (gain 36 dB). Mentre a Rignano era posto un geofono « Mark L4-3D, L4-C ». I trasduttori sono tutti di breve periodo. Il segnale del tempo era modulato mediante radiorecettori (captato dall'emittente di Mainflingen-R.F.T.) ed orologi al quarzo « Lennartz » a correzione automatica. Nella stazione centrale era stato installato anche un registratore a carta termosensibile « Helicorder », oltre ai registratori stereofonici « Philips » a nastro magnetico.

4. ATTIVITÀ SISMICA

Nel periodo di funzionamento della rete sopra descritta, sono stati registrati 247 eventi sismici, raggruppabili in tre categorie:

- Terremoti con epicentro fuori dell'area italiana;
- Terremoti con epicentro nell'Appennino meridionale;
- Terremoti con epicentro nel promontorio del Gargano.

Sul totale dei 247 eventi solo 48 cadono entro un raggio di 100 Km. da Rignano, con una frequenza di circa un evento ogni tre giorni. Dall'analisi dei tempi *S-P* degli eventi che cadono entro i 100 Km., si possono distinguere due categorie: una con raggio tra i 60 ed 100 Km. (causati dall'Appennino meridionale) ed un'altra concentrata sui 20-30 Km. generati dalla fascia sismicamente attiva del Gargano (la faglia della « Carbonara »).

5. ATTIVITÀ ASCRIVIBILE ALLA FAGLIA DELLA CARBONARA

Per poter fare un'analisi delle caratteristiche sismiche della « Carbonara » sono stati presi in esame sette eventi con ritardi (*S-P*) massimi di 4 sec. ed un unico evento con ritardo di poco superiore ai 5 sec. I ritardi sono tutti calcolati dalla stazione centrale di Rignano Garganico le cui caratteristiche sono espresse nella tabella seguente (v. tab. 1).

FIG. 1
Caratteristiche della stazione di Rignano Garganico.

Coord.	Alt (m)	Periodo funz.	Sismometro	Freq. mod. (Hz)	Gain (dB)	Nat. geol. substrato
41°40'31" N	580	24/7	Mark L4-3D	430 (Z)	36	Calcarei compatti cretaci
15°35'12" E		2/12	(3 comp.)	2200 (EW)		

Mentre nella tabella successiva (tab. 2) è riportato l'elenco degli otto terremoti: con ritardi, distanze ipocentrali (per la loro determinazione è stato preso un coefficiente di Omori pari a 7.0) e profondità (quando è stato possibile calcolarle).

TAB. 2
Elenco 8 terremoti.

Data	Ora	<i>S-P</i> (Rig) (sec)	<i>R</i> (Km)	<i>h</i> (Km)	<i>M_L</i> (trad.)
7 agosto	16:25	4.0	28.0	13	
25 settembre	09:54	3.4	23.8	6	
5 ottobre	21:38	3.3	23.1	10	
13 ottobre	12:01	2.8	19.6		
17 ottobre	11:35	2.65	18.55		
22 ottobre	18:25	3.4	23.8	15	2.3
1 novembre	00:20	5.3	37.1	10	1.8
21 novembre	04:03	3.5	24.5	5	1.7

6. PREPARAZIONE NASTRO MAGNETICO

Gli otto sismogrammi descritti precedentemente sono stati digitalizzati mediante un digitalizzatore della marca « Calma » (*), che converte il segnale analogico in codice binario trasferendolo direttamente su nastro magnetico (a sette piste). La velocità di campionatura è stata scelta in 100 campioni/sec., corrispondente ad una frequenza di Nyquist di:

$$f_N = 1/2 \Delta t = 50 \text{ Hz} \quad [8]$$

tale da ricoprire tutta la banda utile del segnale proveniente dal sismogramma.

Gli spettri dei sismogrammi, necessari allo studio delle caratteristiche sismiche, sono stati eseguiti col metodo della FFT (Fast Fourier Transform). Per l'esecuzione di tale operazione abbiamo usato un programma Fortran V composto di due « subroutine » e di un « main », la prima subroutine prepara le tavole che poi vengono usate per il calcolo della trasformata, mentre la seconda la esegue.

Il « main » invece chiama i valori da nastro su cui si devono eseguire gli spettri e li fa calcolare chiamando le due « subroutine ». Inoltre alla parte reale del sismogramma (che è quella digitalizzata) aggiunge zeri se la traccia è troppo corta od opera un taglio, se troppo lunga, fino alla lunghezza standard del « file » pari a 2048 valori, mentre impiega tutti zeri per la parte immaginaria.

(*) Si ringrazia l'Istituto Naz. di Geofisica per aver concesso l'uso del digitalizzatore.

Da notare che l'esecuzione della trasformata avviene dopo aver mediato i valori letti da nastro, questo per evitare possibili errori nel posizionamento del sismogramma sul piano del digitalizzatore.

Infine il programma esegue direttamente i grafici degli spettri in scala semilogaritmica, prendendo in considerazione fra tutti i valori su cui è stata eseguita la trasformata quelli corrispondenti alle frequenze comprese fra 0.35 e 50 Hz. con una scansione di 0.05 Hz. Comunque, prima di far questo, effettua la deconvoluzione del sismogramma dalla curva di risposta del sismografo.

7. DECONVOLUZIONE DEL SEGNALE

Per ottenere spettri almeno proporzionali al moto reale del terreno è necessario deconvolvere il segnale, in quanto quest'ultimo è il risultato di una convoluzione tra due funzioni del tempo (il moto reale del terreno e la risposta degli strumenti). Per eseguire l'operazione di deconvoluzione abbiamo trovato l'equazione teorica della curva di risposta del sismografo, applicabile a qualunque tipo di strumento di cui si conoscano le caratteristiche.

$$J(\omega) = -\frac{1}{G' S}(\omega_0^2 - \omega^2) + \frac{2 i \omega_0 \omega h}{\omega^2} + \frac{1 + i \omega \tau_B}{i \omega \tau_A} \cdot \quad [9]$$

$$(1 + i \omega \tau_A) Y(\omega)$$

in cui:

- $J(\omega), Y(\omega)$ = spettri d'ampiezza rispettivamente del moto del terreno e della traccia del sismogramma
- $G' = G \cdot K$ con K fattore d'attenuazione
- h = smorzamento
- ω, ω_0 = frequenze angolari
- $\tau_{A,B} = 1/2 \pi f_{A,B}$ ($f_{A,B}$ = frequenze di taglio ad alto ed a basso).

Nel nostro caso le caratteristiche dello strumento di registrazione sono sintetizzabili nelle tabelle seguenti.

TAB. 3
Caratteristiche del sismografo.

Periodo proprio	Frequenza angolare	Smorzamento	Frequenza di taglio	
			a basso	ad alto
$T_s = 1 \text{ sec}$	$\omega_0 = 6.283 \text{ sec}^{-1}$	$h = 0.3$	$f_B = 2 \text{ Hz}$	$f_A = 20 \text{ Hz}$

Poiché il guadagno è stato di 36 dB, abbiamo avuto una amplificazione corrispondente di 63 volte; mentre i valori della sensibilità (S) di registrazione e di $1/G'S$ sono riportati nella tabella seguente (tab. 4).

TAB. 4
Valori di S e di $1/G'S$

N.	Data	Ora	$S(\text{mV/mm})$	$\left(\frac{1}{G'S}\right) \cdot 10^{-1}$		
				Z	NS	EW
1	7 agosto	16:25	30	75	24	22.5
2	25 settembre	09:54	30	75	24	22.5
3	5 ottobre	21:38	30	75	24	22.5
4	13 ottobre	12:01	30	75	24	22.5
5	17 ottobre	11:35	—	—	—	—
6	22 ottobre	18:25	100	250	80	75
7	1 novembre	00:20	10	25	8	7.5
8	21 novembre	04:03	10	25	8	7.5

8. PARAMETRI FOCALI

Abbiamo eseguito due serie di spettri, una ottenuta nel modo descritto ed un'altra con l'aggiunta del fattore di correzione che tiene conto della attenuazione dovuta alla distanza:

$$\frac{\pi f R}{O \beta} \quad [10]$$

in cui:

f = frequenze calcolate dal programma

R = distanza ipocentrale

Q = fattore di qualità preso pari a 250

β = velocità delle onde di taglio

Il calcolo dei parametri focali è stato fatto mediante le formule citate nel §2 ponendovi:

$\beta_1 = 3.5 \text{ km. sec.}^{-1}$ (velocità delle onde S)

$C = 2.5 \text{ g cm.}^{-3}$ (densità del mezzo attraversato)

Il valore della densità è stato stimato trattandosi di un substrato calcareo piuttosto compatto.

Il valore di $R\theta\varphi$ è stato tratto da un lavoro di W. Thatcher e T.C. Hanks (1973)

$$R\theta\varphi = 0.425 \quad [11]$$

Il valore del fattore di amplificazione dovuta alla riflessione sulla superficie di separazione terra-aria (B. E. Tucker e J. N. Brune 1973), è stato preso pari a $K = 2$.

La determinazione di f_o è stata fatta prendendo in considerazione gli spettri privi della correzione con la distanza, in particolare è stato preso il valor medio delle frequenze di taglio degli spettri di ciascuna delle tre componenti dei sismogrammi.

Invece per il calcolo di Ω_o , individuate le frequenze relative ai pianerottoli degli spettri, abbiamo preso in considerazione le corrispondenti ampiezze corrette con il fattore di attenuazione con la distanza e calcolato il valore medio per ciascuna componente. Determinati così i valori medi delle ampiezze dei pianerottoli, ciascun numero è stato moltiplicato per il corrispondente $1/G'S$ (V. tab. 4) in modo da individuare gli Ω delle tre componenti il cui valor medio abbiamo preso come Ω_o .

I risultati sono elencati nella Tabella 5.

Tab. 5 -
Parametri focali

N. (*)	R (Km)	f_0 (Hz)	$\Omega_0 \cdot 10^{-6}$ (cm/sec.)	$M_0 \cdot 10^{19}$ (dyne/cm)	r Km.	$\Delta\beta \cdot 10^{-1}$ (bars)	$\bar{u} \cdot 10^4$ (cm)	M'_L	M''_L	$(E_s)M'_L \cdot 10^{12}$ (ergs)	$(E_s)M''_L \cdot 10$ (ergs)
1	28.0	5.0	8.97	3.98	0.259	9975	615	2.30	2.69	5.01	30.20
2	23.8	4.7	7.20	2.72	0.276	5632	370	2.19	2.48	3.02	11.48
3	23.1	4.9	6.08	2.22	0.268	5047	322	2.14	2.42	2.40	8.71
4	19.6	4.5	2.91	0.90	0.290	1611	111	1.88	1.97	0.72	1.10
5	18.5	4.3	2.71	0.80	0.303	1246	90	1.84	1.89	0.60	0.72
6	23.8	5.0	16.23	6.12	0.259	15431	950	2.42	2.88	8.71	72.44
7	37.1	4.9	1.93	1.13	0.268	2573	164	1.94	2.12	0.95	2.19
8	24.5	4.8	3.60	1.40	0.272	3031	196	2.00	2.48	1.26	11.48

(*) Per il riferimento alle scosse vedere la tab. 4.

9. SINTESI SISMOTETTONICA E CONCLUSIONI

Sulla base di considerazioni di carattere geologico abbiamo messo in luce che il promontorio garganico si presenta come un « horst » leggermente ripiegato suddiviso in zolle secondarie da vari sistemi di faglie che si intersecano, tra questi abbiamo evidenziato quello che taglia il promontorio da est ad ovest costituito dalla grande faglia regionale detta della « Carbonara ». Da una analisi di carattere macrosismico abbiamo visto che all'andamento della faglia si sovrappone una fascia sismicamente attiva.

Mentre dallo studio dei parametri focali i cui risultati sono elencati nel paragrafo precedente, si è potuto vedere che:

— L'attività sismica locale, imputabile alla faglia della

« Carbonara », è piuttosto bassa sia numericamente che energeticamente.

— I valori delle magnitudo locali dicono che ci troviamo di fronte ad una microattività ($M_L < 3$).

— Le profondità ipocentrali sono inferiori ai 20 Km, oscillando tra i 5 ed i 15 Km.

— La quantità di tensione elastica liberata durante le scosse è di valori bassi.

— Gli spostamenti medi lungo la faglia sono di pochi decimi di millimetro.

— Le dimensioni equivalenti delle sorgenti sismiche sono di poche centinaia di metri.

Tali risultati valgono chiaramente per i pochi mesi di registrazione.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia per l'aiuto ed i preziosi consigli il Dr. Rodolfo Console, Dirigente l'Osservatorio Geofisico Centrale - Ist. Naz. di Geofisica - Monte Porzio Catone (Roma).



BIBLIOGRAFIA

- AKI K., 1967 - *Scaling law of seismic spectrum*. « J. Geophys. Res. ». 72, pp. 1217-1231.
- AKI K., 1968 - *Seismic displacements near a fault*. « J. Geophys. Res. ». pp. 5359-5376.
- AKI K., 1973 - *Scaling law of earthquakes source time-function*. « Geophys. J. ». 31, p. 325.
- BRUNE J.N., 1968 - *Seismic moment, seismicity and rate of slip along major fault zones*. « J. Geophys. Res. ». 73, pp. 777-784.
- BRUNE J.N., 1970 - *Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes*. « J. Geophys. Res. ». 75, n. 26, pp. 4997-5009.
- BRUNE J.N., 1971 - *Correction*. « J. Geophys. Res. ». 76, n. 20, p. 5002.
- CALCAGNILE G., MONGELLI F., RICCHETTI G., 1974 - *Sulla sismicità dell'area garganica*. « Atti IV Simp. Naz. Conservazione Nat. » ed.: Cacucci - Bari.
- COTECCHIA V., 1971 - *Taluni problemi geotecnici in relazione alla natura dei terreni pugliesi*. « Riv. It. di Geotec. » A.V., n. 1-2, pp. 89-122.
- COTECCHIA V., MAGRI G., 1967 - *Idrogeologia del Gargano*. Geol. Appl. Idrogeol. » 1, pp. 1-86 - Bari.
- CROSTELLA A., 1964 - *Geologia dell'Appennino foggiano*. « Boll. Soc. Geol. » 83, fasc. 1, pp. 121-141 - Roma.
- DAHLEN F.A., 1974 - *On the ratio of P-waves to S-waves corner frequencies for shallow earthquake sources*. « Bull. Am. Seism. Soc. » 64, n. 4, pp. 1159-1180.
- DE PANFILIS M., 1959 - *Attività sismica in Italia dal 1953 al 1957*. « Ann. Geof. » 12, n. 1, pp. 21-148 - Roma.
- DI FILIPPO D., MARCELLI L., 1950 - *Magnitudo ed energia dei terremoti in Italia*. « Ann. Geof. » 3, pp. 337-348 - Roma.
- DE VISENTINI G., GIORGETTI F., IACCARINO E., 1973 - *General catalogue of Italian earthquakes*. CNEN RT/Prot. 12.
- HANKS T.C., WYSS N., 1972 - *The use of body-wave spectra in the determination of seismic sources parameters*. « Bull. Am. Seism. Soc. » 62, pp. 561-589.
- JACOBACCI A., MASTELLI G., PERNO U., 1957 - *Osservazioni geologiche F° 163*. « Boll. Serv. Geol. » 80, n. 1, pp. 69-72.

KANAMORI H., ANDERSON D.L., 1975 - *Theoretical basis of some empirical relations in seismology*. « Bull. Am. Seism. Soc. » 65, n. 5, pp. 1073-1095.

KEILIS-BOROK V., 1959 - *On estimation of the displacements in an earthquake source and of source dimensions*. « Ann. Geof. » 12, pp. 205-214 - Roma.

KEILIS-BOROK L., 1960 - *Investigation of the mechanism of earthquakes*. « Sov. Res. Geophys. » p. 201.

MARTINIS B., 1961 - *Tettonica delle Murge nordoccidentali*. « Pubbl. Ist. Geol. Univ. Milano » Roma.

MARTINIS B., 1964 - *Osservazioni sulla tettonica del Gargano orientate*. « Boll. Serv. Geol. » 85, pp. 45-83 - Roma.

MATTAVELLI L., PAVAN G., 1965 - *Studio petrografico delle facies carbonatiche del Gargano*. « Rend. Soc. Min. » A. XXI, pp. 207-245/Pv.

MOLNAR P., TUCKER B. E., BRUNE J. N., 1973 - *Corner frequencies of P and S waves and models of earthquake sources*. « Bull. Am. Seism. Soc. » 63, n. 6, pp. 2091-2104.

MONGELLI F., RICCHETTI G., 1970 - *Heat flow along the Candelaro fault Gargano healdland*. Pubbl. Ist. Geod. geof. Univ. Bari pubbl. 70 - Bari.

PAVAN G., PIRINI C., 1966 - *Stratigrafia F° 157*. « Boll. Eerv. Geol. » 86, pp. 123-189 - Roma.

RADINA G., 1969 - *Studi geologici ed applicazioni geofisiche in taluni problemi di ingegneria civile in Puglia e Lucania*. « Boll. Soc. Natur. in Napoli » 77, n. 1, pp. 35-49 - Napoli.

RANDALL M. J., 1973 - *The spectral theory of seismic sources*. « Bull. Am. Seism. Soc. » 63, n. 3, pp. 1133-1144.

THATCHER W., HANK7 T. C., 1973 - *Source parameters of Southern California earthquakes*. « J. Geophys. Res. » 78, n. 35, pp. 8547-8575.

TUCKER B. E., BRUNE J. N., 1973 - *Seismograms, S-wave spectra, and source parameters for aftershocks of San Fernando earthquakes*.

UDIAS A., LOPEZ ARROYO A., 1970 - *Analisis de frecuencias y su programacion*. « Rev. de Geofisica » XXIX, n. 1, pp. 1-39 - Madrid.

WYSS M., BRUNE J. N., 1968 - *Seismic moment, stress, and source dimension for earthquake in the California-Nevada region*. « J. Geoph. Res. » 73, n. 14, pp. 4681-4694.

WYSS M., HANKS T. C., 1972 - *The source parameters of the San Fernando earthquake inferred from teleseismic body-waves*. « Bull. Am. Seism. Soc. » 62, pp. 591-602.

ZACCARIA G., 1974 - *Gravimetria di Puglia*. « Boll. Serv. Geol. » 75 (1953), pp. 865-907 - Roma.

ZACCARIA G., RAIMONDI C., MORELLI C., DICEGLIE S., COTECCHIA V., 1956 - *Studio geofisico della regione pugliese*. « Metano » A. X, n. 10; pp. 529-571 - Padova.

ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE: Carta d'Italia 1:200.000

F° 5162 - Napoli (1963)

F° 5163 - Campobasso (1964)

F° 5262 - Barletta (1964)

F° 5263 - Foggia (1964)

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA - Bollettini definitivi. (1946-1974);
Bollettini provvisori (1975).

SERVIZIO GEOLOGICO - Carta Geologica d'Italia 1:100.000

F° 163 - Lucero (1964)

F° 157 - Monte S. Angelo (1965)

F° 155 - San Severo (1969)

F° 156 - San Marco in Lamis (1970).