

PUBBLICAZIONI
DELL'ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA
DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
diretto dal prof. ANTONINO LO SURDO Accademico d'Italia

N. 66

DOMENICO DI FILIPPO

Il terremoto del Monte Amiata
del 19 giugno 1940-XVIII

ROMA
ANNO MCMXLI-XIX

ESTRATTO DA "LA RICERCA SCIENTIFICA"
ANNO 12° - N. 7-8-9 - LUGLIO-SETTEMBRE 1941 - XIX, pag. 887

ROMA, 1941-XIX - TIPOGRAFIA TERME - VIA PIETRO STERBINI, 6

Riassunto: Si riferiscono i risultati dello studio del terremoto del Monte Amiata del 19 giugno 1940-XVIII e precisamente: determinazioni dell'epicentro, del tempo origine e delle dromocrone delle fasi *Pg*, *Sg*, *Pn*. I valori delle velocità medie delle onde dirette longitudinali e trasversali sono risultati, per la zona interessata, rispettivamente di 5,6 e 3,26 km/sec; mentre per le onde rifratte si è avuto il valore che normalmente si trova per gli strati più profondi. Il movimento iniziale del suolo nelle varie stazioni intorno all'epicentro è risultato di compressione: il terremoto si ritiene quindi dovuto ad un brusco sollevamento di strati all'ipocentro.

1. - Il 19 giugno 1940-XVIII alle 15^h 10^m circa, tempo medio dell'Europa centrale, si verificò una scossa di terremoto nella zona del Monte Amiata. Dalle notizie raccolte dall'Ufficio centrale di meteorologia di Roma, gentilmente messe a mia disposizione, ho potuto rilevare che la zona più colpita comprende l'abitato di Radicofani (Siena), ove si ebbe una scossa che raggiunse l'intensità del VII^o della Scala Mercalli producendo lesioni su quasi tutti i fabbricati, crollo di soffitti, caduta di travi e rendendo inabitabili 15 case su 400, senza però produrre vittime. Di VI^o÷VII^o fu avvertito ad Abbadia di S. Salvatore (Siena) dove produsse spavento generale, caduta di qualche fumaiolo e lesioni leggere agli edifici; di V^o a S. Flora (Grosseto). Raggiunse il IV^o a Castiglion del Piano (Grosseto), Pitigliano (Grosseto), Ficulle (Terni), Arcidosso (Grosseto), Chiusi (Siena), e Città della Pieve (Perugia), in quest'ultima fu anche avvertito un leggero boato; di III^o a Montefiascone (Viterbo), Bagnoregio (Viterbo), Montepulciano (Siena), Pienza (Siena), Montalcino (Siena), e di II^o a Siena, Asciano (Siena), Sinalunga (Siena), Castiglion del Lago (Perugia) e Scansano (Grosseto).

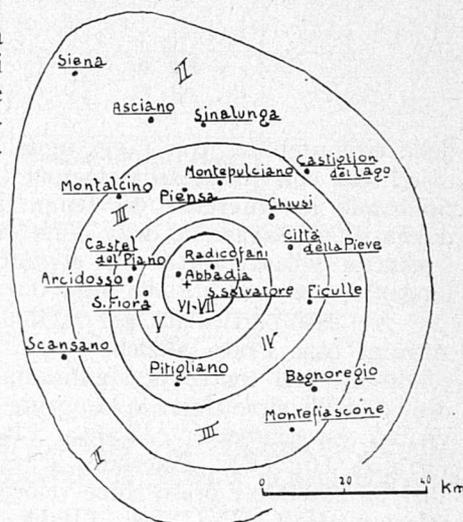


Fig. 1 - Isosiste del terremoto del 16 giugno 1940-XVIII (+ Epicentro con i dati sismografici).

Dalla cartina del luogo, (fig. 1) ove sono riportate le linee isosiste otte-

nute dalle osservazioni macrosismiche, si rileva facilmente che il sisma presenta una propagazione abbastanza regolare e investe una zona alquanto ristretta; difatti a solo 40 km da Radicofani, VII^o, si riduce al II^o della scala Mercalli. È evidente che si tratta di un terremoto con ipocentro poco profondo, conclusione alla quale è anche pervenuto il prof. Caloi ⁽¹⁾ col calcolo.

2. - La determinazione accurata delle coordinate dell'epicentro è stata fatta con i metodi microsismici, come del resto si usa, molto più precisi dei metodi macrosismici e ciò al fine di avere riferimento molto più sicuro per la determinazione della velocità delle varie fasi di un terremoto.

I metodi di calcolo che si valgono dei dati degli osservatori più vicini danno maggiore attendibilità ai risultati; in questo caso sono stati adoperati i tempi rilevati dalle registrazioni delle stazioni più vicine.

Dato lo scarso numero di stazioni vicine, aggravato dal fatto che la correzione del tempo di Siena non dava troppo affidamento, non ho potuto applicare che il metodo grafico di Caloi ⁽²⁾ nel caso di tre stazioni. Come si sa, detto metodo consiste nel prendere come stazione base la più vicina all'epicentro e condurre per le altre due

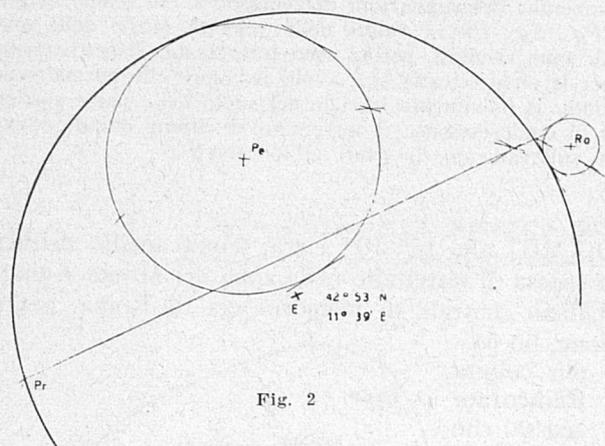


Fig. 2

delle circonferenze con raggi uguali alle differenze delle rispettive distanze epicentrali con quella della stazione base. Queste differenze si ottengono moltiplicando le differenze dei tempi di arrivo delle onde *Pg* per la velocità media di propagazione della detta onda in quella zona. L'epicentro, secondo i principî della geometria dei contatti, coincide col centro della circonferenza tangente esternamente alle altre due e passante per la stazione base.

Nel caso particolare, per ragioni di costruzione, ho dovuto prendere come stazione base Prato, anzichè la più vicina, e in base agli stessi principî, facendo uso del centro di similitudine interno, invece dell'esterno, cercare il centro della circonferenza tangente alle altre due, internamente con la più vicina, esternamente coll'altra (Roma), e passante per la stazione base (Prato) (fig. 2). Tracciate le circonferenze su di una carta d'Italia all'1 : 1 250 000 e preso come velocità media delle *Pg* il valore di 5,3 km/sec calcolato da Caloi ⁽³⁾ per l'Italia centrale, ho ottenuto per l'epicentro un punto di coordinate

$$\varphi_0 = 42^\circ 53' N \quad \lambda_0 = 11^\circ 39' E$$

Caloi ⁽¹⁾ ha applicato a questo terremoto un nuovo metodo analitico per la ricerca dell'epicentro basato sulla differenza dei tempi di arrivo delle fasi *Sg*

e Pg , metodo che presenta sugli altri il vantaggio di lasciare i risultati immuni dagli eventuali errori di correzione del tempo, adoperando i dati ottenuti dalle stazioni vicine, compresa Siena, ha calcolato per l'epicentro le coordinate geografiche

$$\varphi_0 = 42^\circ 52' 49'' N \quad \lambda_0 = 11^\circ 43' 15'' E$$

in buon accordo col risultato precedente, se si tiene conto della diversità dei metodi.

Presi questi valori come coordinate dell'epicentro si vede che ad essi corrisponde un punto nelle vicinanze di Radicofani e di Abbadia di San Salvatore, paesi compresi nella zona di maggiore intensità macrosismica.

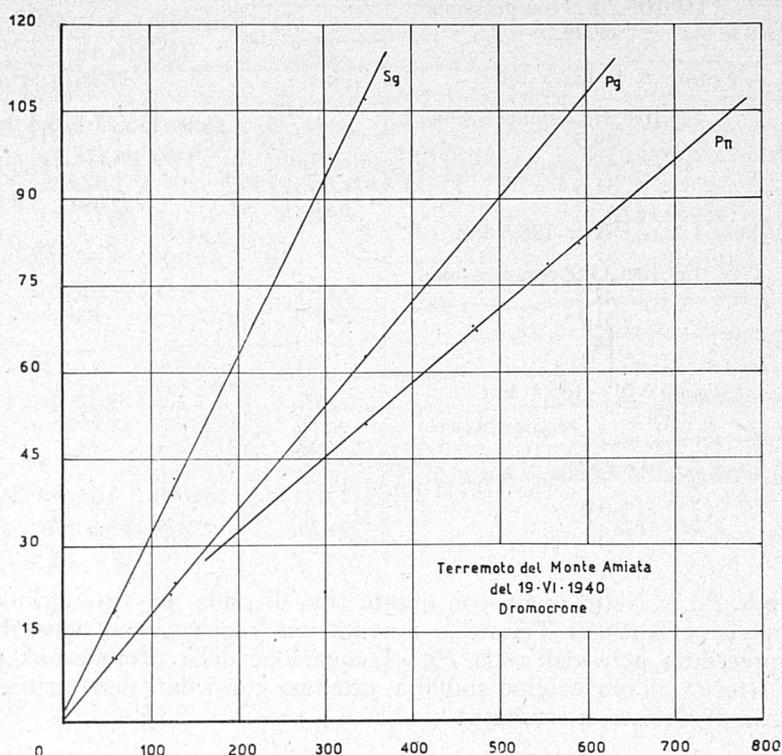


Fig. 3

3. - Stabilite così le coordinate dell'epicentro, per calcolare le distanze epicentrali delle stazioni sismiche, ho adoperato la formula di trigonometria sferica

$$\cos \Delta = \sin \varphi_0 \sin \varphi + \cos \varphi_0 \cos \varphi \cos (\lambda_0 - \lambda)$$

dove φ_0, λ_0 sono le coordinate dell'epicentro, φ e λ quelle della stazione e Δ la distanza richiesta.

Determinate le distanze epicentrali e scelto come tempo origine provvisorio $15^h 10^m 10^s$ (t. m. E. c.), con i tempi di registrazione delle varie fasi ottenuti dai sismogrammi originali di 11 stazioni avuti a disposizione, con il metodo

dei minimi quadrati ho calcolato le dromocrone relative alle fasi Pg , Sg , Pn che riporto nella fig. 3. Le altre fasi non mi è stato possibile individuarle, date le deboli registrazioni ottenute nelle stazioni poste ad una certa distanza.

Segue l'elenco delle stazioni con la distanza epicentrale e i tempi di arrivo con l'individuazione delle varie fasi:

1. - <i>S. Pietro di P.</i> : $\Delta = 56,3$ km	7. - <i>Trieste</i> : $\Delta = 347,4$ km
<i>iPg</i> 15 ^h .10 ^m .21 ^s compressione	<i>iEN Pn</i> 15 ^h .11 ^m .01 ^s (compressione)
<i>iSg</i> 29	(<i>P*</i>) 04,3
2. - <i>Siena</i> : $\Delta = 57,4$ km	<i>iEPg</i> 12,7
<i>iPg</i> 15 ^h .10 ^m .20 ^s .9 compressione	<i>iESg</i> 57,3
<i>iSg</i> 29,08	8. - <i>Zagabria</i> : $\Delta = 469,4$ km
3. - <i>Prato</i> : $\Delta = 122,5$ km	<i>ez Pn</i> 15 ^h .11 ^m .18 ^s
<i>izPg</i> 15 ^h .10 ^m .31 ^s .7 compressione	<i>enw</i> 12.10
<i>iERiPg</i> 39,6	9. - <i>Coira</i> : $\Delta = 473,3$ km
<i>iESg</i> 49	<i>iz Pn</i> 15 ^h .11 ^m .17 ^s .2 compressione
<i>iE</i> 51,6	<i>iPg</i> 32,8
4. - <i>Roma I.N.G.</i> : $\Delta = 126,5$ km	<i>iSn</i> 12.08
<i>izPg</i> 15 ^h .10 ^m .33 ^s .8 compressione	10. - <i>Zurigo</i> : $\Delta = 555,9$ km
<i>iN</i> 47,7	<i>ez Pn</i> 15 ^h .11 ^m .28 ^s .6
<i>iSg</i> 51,7	<i>ezPg</i> 46,7
<i>iEN</i> 54	11. - <i>Neuchâtel</i> : $\Delta = 591,1$ km
5. - <i>Livorno</i> : $\Delta = 135,4$ km	<i>ez Pn</i> 15 ^h .11 ^m .32 ^s .3
<i>Pg</i> (compressione)	<i>ezPg</i> 12.11,5
6. - <i>Napoli</i> : $\Delta = 306,7$ km	<i>eN Sn</i> 28,3
<i>iEPg</i> 15 ^h .11 ^m .04 ^s	12. - <i>Basilea</i> : $\Delta = 610,5$ km
<i>iESg</i> 47	<i>ez Pn</i> 15 ^h .11 ^m .34 ^s .9

Onde Pg. - Netto inizio con questo tipo di onda nei sismogrammi delle stazioni vicine, anche a Trieste si è avuta una registrazione netta di questa onda, preceduta però dall'onda Pn . L'equazione della dromocrona più probabile, riferita all'ora origine stabilita, ottenuta con i dati delle prime quattro stazioni e di Trieste, è risultata:

$$t = 0,1783 \Delta + 0,7$$

oppure

$$t = \frac{\Delta}{5,6} + 0,7$$

La velocità media delle onde Pg risulta di km/sec 5,6, valore superiore a 5,3 km/sec avuto da Caloi e Rosini per l'Italia centrale, ma inferiore a 5,7 km/sec trovato per l'Europa centrale da Gutenberg, Gräfe e Caloi; ciò confermerebbe l'osservazione del prof. Caloi della diminuzione della velocità di quest'onda dal Nord Germania verso il Mediterraneo.

Le differenze fra i tempi osservati nelle varie stazioni e quelli calcolati con l'equazione su scritta sono :

	oss. calc.		oss. cal.	
Siena	- 0,03		Roma	+ 0,55
S. Pietro di P.	+ 0,27		Trieste	+ 0,06
Prato	- 0,84			

con $[v] = 1,1$

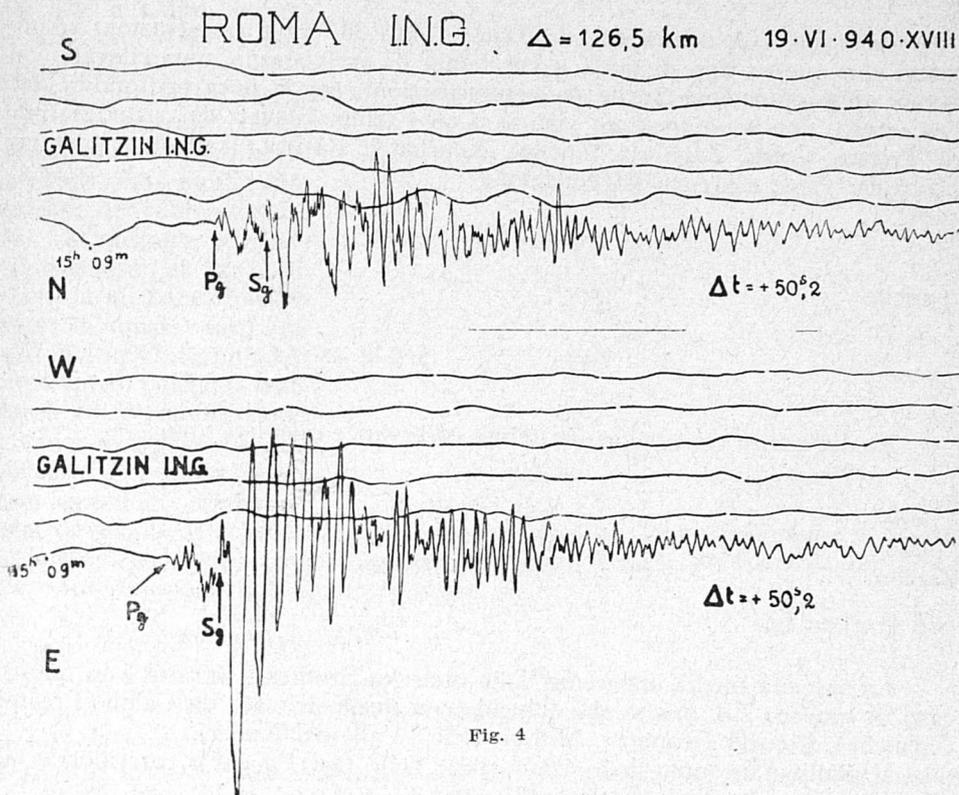


Fig. 4

Onde S_g . - Dai dati delle prime quattro stazioni e di Trieste e Napoli, risulta come dromocrona di questo tipo d'onda riferita allo stesso tempo origine :

$$t = 0,3064 \Delta + 1,9$$

che si può mettere nella forma :

$$t = \frac{\Delta}{3,26} + 1,9$$

da cui si rileva un valore di 3,26 km/sec per la velocità delle onde S_g , che, come per le P_g , è compreso tra i valori 3,3 km/sec ottenuto per l'Europa cen-

trale da Caloi e 3,01 km/sec calcolato da Caloi e Rosini per l'Italia centrale.

Le differenze fra i tempi osservati e calcolati sono :

	oss.-calc.		oss.-calc.	
Siena	— 0,41		Roma	+ 1,02
S. Pietro di P.	— 0,17		Napoli	+ 1,08
Prato	— 0,45		Trieste	— 1,06

con $[v] = 3,7$.

Onde Pn. - A cominciare da Trieste (km 347,4) le registrazioni si iniziano con questo tipo di onda, i cui tempi di arrivo sono stati rilevati con buona approssimazione anche se le registrazioni, per la poca profondità dell'epicentro, non sono risultate vistose. Con i tempi rilevati dai sismogrammi di Trieste, Coira, Zagabria, Zurigo, Neuchâtel, Basilea, la dromocrona più probabile viene espressa dall'equazione :

$$t = 0,1284 \Delta + 6,8$$

o anche

$$t = \frac{\Delta}{7,8} + 6,8$$

Le differenze tra i valori dei tempi osservati e calcolati sono :

	oss.-calc.		oss.-calc.	
Trieste	— 0,38		Zurigo	+ 0,45
Coira	— 0,35		Neuchâtel	— 0,37
Zagabria	+ 0,95		Basilea	— 0,26

con $[v] = 1,6$.

La velocità media apparente delle onde longitudinali rifratte è in questo caso di km/sec 7,8, valore che coincide con quello trovato da Caloi (Prealpi Carniche), Conrad (Tauern), Mohorovicic (Valle del Kulpa).

Il punto d'incontro delle dromocrone delle fasi *Pg* e *Pn* corrisponde ad una distanza epicentrale di circa 130 km.

4. - La determinazione del tempo origine all'ipocentro si può fare facilmente, conoscendo i dati di due o più stazioni e la velocità media, con la formula

$$t - 0 = \frac{\sqrt{\Delta^2 + h^2}}{v}$$

Però, come ha trovato il prof. Caloi, in questo caso l'ipocentro si può considerare alla profondità di qualche chilometro, che corrisponde praticamente alla coincidenza dell'ipocentro con l'epicentro. Applicata la formula per ogni stazione ho ottenuto come media per le onde longitudinali dirette $O_{Pg} = 0^s,676$ e per le trasversali dirette $O = 1^s,942$, il cui valore medio

1^s,3 ho considerato come tempo da aggiungere al tempo origine provvisorio per avere, in definitiva, come origine del terremoto all'ipocentro 10^h 10^m 11^s,3 (tempo medio Europa centrale).

5. - La direzione del movimento del suolo nelle varie stazioni, relativa al primo impulso è risultata di netta compressione fino a Coira, incerta a Livorno e a Trieste, come può rilevarsi dalla cartina dove sono riportate le stazioni con le frecce che indicano la direzione del movimento iniziale del suolo (fig. 5).

Nonostante lo scarso numero di stazioni, data la distribuzione di esse in quasi tutti gli azimut nell'intorno dell'epicentro, poichè si tratta di tutte compressioni, e tenendo conto che alla medesima conclusione sono pervenuti, studiando

due terremoti della stessa zona, Caloi (Appennino Tosco-Emiliano) e Rosini (Garfagnana), posso concludere che la scossa è stata generata da un sollevamento brusco del suolo all'ipocentro.

Roma, giugno 1941-XIX.

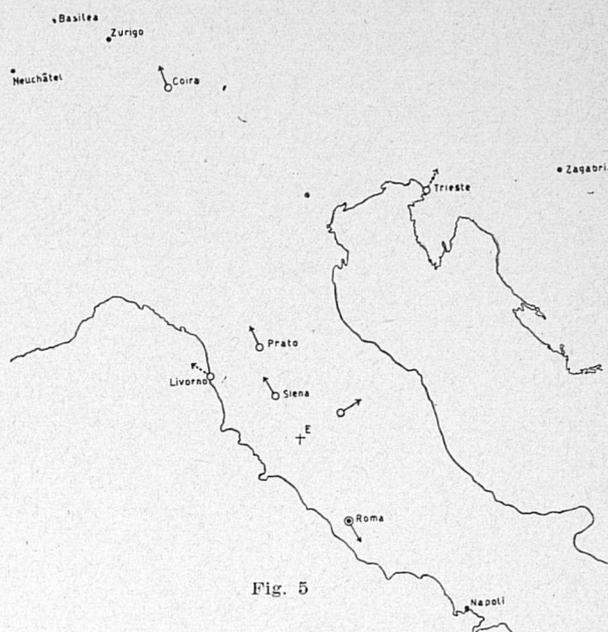


Fig. 5

BIBLIOGRAFIA

- (1) CALOI P.: *Determinazione delle coordinate ipocentrali di un terremoto ad origine vicina con i tempi delle onde longitudinali e trasversali dirette.* « Ric. scient. », 1941, n. 4.
- (2) CALOI P.: *Nuovi metodi per la determinazione delle coordinate epicentrali e della profondità ipocentrale di un terremoto ad origine vicina.* « Ric. scient. », 1939, n. 7-8.
- (3) CALOI P.: *Caratteristiche sismiche dell'Appennino toско-romagnolo.* « Ric. scient. », 1940, n. 4.
GRÄFE H.: *Das Nordtiroler Beben vom 8 oktober 1930.* I. u. II. Teil. « Zeitschrift für Geophysik », VIII-Heft 3/4, 1932 e IX-Heft 1/2, 1933.
CALOI P.: *Ricerche su terremoti ad origine vicina.* « Ric. scient. », 1938, n. 7-8.
CALOI P.: *Studio microsismico del terremoto delle Prealpi Carniche dell'8 giugno 1934.* « Bollettino del Comitato per la geodesia e la geofisica del Consiglio nazionale delle ricerche », 1935, n. 3.
CONRAD V.: *Das Schwadorfer Beben vom 8 oktober 1927.* « Gerlands Beitrage zur Geophysik », XX, 1928.
CALOI P.: *Il terremoto dell'Appennino toско-romagnolo dell'11 febbraio 1939-XVII.* « Ric. scient. », 1939, n. 11.
ROSINI E.: *Il terremoto della Garfagnana del 15 ottobre 1939-XVII.* « Ric. scient. », 1940, n. 7-8.