

SUL TERREMOTO PROFONDO DELLE ISOLE EOLIE DEL 23 NOVEMBRE 1954

ANTONINO GIRLANDA

È accertato che la zona del basso Tirreno, comprendente il gruppo delle Eolie con l'isola di Ustica e parzialmente limitata dall'arco tracciato dalla costa occidentale della Calabria e dalla costa settentrionale della Sicilia, è anche sede di centri sismici profondi. Dagli studi microsismici fino ad oggi eseguiti risulterebbe che tali centri, la cui profondità è compresa tra 200 e 300 km., si dispongono lungo un arco parallelo all'arco costituito dall'Appennino calabro-campano, cioè lungo la fascia vulcanica attiva che comprende l'Etna, lo Stromboli ed il Vesuvio.

Alcune caratteristiche della zona (vulcanismo attivo o recentemente spento, notevoli profondità marine, anomalia isostatica positiva) la rendono, sotto certi aspetti, somigliante ad alcuni tratti dell'arco circum-pacifico, che, secondo l'elaborazione statistica di Gutenberg e Richter ⁽¹⁾, è sede del 90% ca. dei terremoti con profondità compresa tra 60 e 300 km.

Pur essendo definitivamente stabilita, nella zona, l'esistenza di ipocentri profondi, non altrettanto definitivamente risulta confermata l'esistenza, nella zona stessa, di una grande anomalia nella propagazione delle onde di dilatazione e di distorsione. Tale anomalia fu, com'è noto, sospettata in seguito ad una determinazione di Demetrescu, fondata su dati microsismici, delle coordinate spazio-temporali dell'ipocentro del terremoto del 13 aprile 1938 ($\lambda_0 = 15^\circ 05' E$; $\varphi_0 = 39^\circ 34' N$; $h = 312$ km.; $t_0 = 03^h 45^m 56^s$), dalla quale consegue un notevole anticipo nei tempi di registrazione delle P_n ed S_n nelle stazioni più vicine alla zona epicentrale. Una conferma in tal senso è stata ottenuta da Di Filippo ⁽²⁾ in uno studio sul terremoto del 16 marzo 1941 ($\lambda_0 = 12^\circ 07' 23'' E$; $\varphi_0 = 38^\circ 26' 19'' N$; $h = 85$ km.; $t_0 = 17^h 07^m 23^s,5$), sebbene gli anticipi osservati da quest'ultimo Autore siano di minore entità.

D'altra parte, da una ricerca da me effettuata sul terremoto profondo del 26 dicembre 1952 ($\lambda_0 = 15^\circ 32',8 E$; $\varphi_0 = 39^\circ 46',3 N$; $h = 265$

km.; $t_0 = 23^h 55^m 55^s,6$, nonostante siano state escluse dal calcolo delle coordinate spazio-temporali dell'ipocentro i dati delle stazioni con distanza inferiore a 1000 km., risulta che anche le stazioni più vicine non hanno dato luogo a scarti, tra tempi osservati e tempi calcolati in base alle dromocrone di Jeffreys e Bullen (J-B), che non siano contenibili nei limiti degli errori sperimentali (³).

I risultati fino ad oggi ottenuti, dato il loro carattere nettamente contrastante, non permettono di decidere sull'esistenza o meno dell'anomalia su indicata.

Ritengo quindi non del tutto priva di interesse la presente ricerca dedicata ad un nuovo movimento sismico di origine profonda verificatosi nella zona delle isole Eolie il 23 novembre 1954 e registrato a Messina alle $13^h 00^m 36^s,3$.

TABELLA I

STAZIONI	Δ	T_p Tempi di registrazione	t_p (C)	t_p (O)	O - C
Reggio Calabria	0 ^o ,8265	13h00m36s	00m34s,4	00m34s	-0 ^o ,4
Messina	0,7171	36,3	33,9	34,3	+ 0,4
Taranto	2,6663	46,0	49,4	42	- 7,4
Rocca di Papa	3,5352	01 07	58,9	01 03	+ 4,1
Roma	3,7346	09	01 01,3	05	+ 3,7
Firenze Xim.	5,8219	33	26,6	29	+ 2,9
Prato	5,9691	36	28,4	32	+ 3,6
Atene	7,0406	42,4	41,9	38,4	- 3,5
Trieste	7,0813	50	42,4	46	+ 3,6
Salò	7,6893	55	50,1	51	+ 0,9
Chur	9,1067	02 15,6	02 08,1	02 11,6	+ 3,5
Wien	9,7109	23	15,8	19	+ 3,2
Zürich	9,8736	25,1	17,8	21,1	+ 3,3
Neuchâtel	10,1748	28,5	21,6	24,5	+ 2,9
Besançon	10,7849	36	29,3	32,0	+ 2,7
Stuttgart	10,9431	38,5	31,3	34,5	+ 3,2
Istanbul	11,2448	40,5	35,1	36,5	+ 1,4
Strasbourg	11,2020	42	34,6	38	+ 3,4
Clermont	11,2414	44	35,1	40	+ 4,9
Praha	11,4712	48	37,9	44	+ 6,1
Paris	13,5335	03 10,5	03 03,5	03 06,5	+ 3,0
Uccle	14,2594	19	12,4	15	+ 2,6
Helwan	16,2042	41	35,4	37	+ 1,6
Ksara	17,6647	56	51,2	52	+ 0,8
Tamanrasset	17,6434	56	50,9	52	+ 1,0
Rathfarnham	20,6456	04 32	04 21,3	04 28	+ 6,7
Uppsala	21,3541	33	28,2	29	+ 0,8
Kiruna	29,4597	05 47	05 42,8	05 43	+ 0,2

Da un esame dei tempi di registrazione delle P_n elencati nel Bollettino del B.C.I.S. ho notato che, assumendo come coordinate spazio-temporali quelle riportate nello stesso Bollettino, i tempi di tragitto osservati non coincidono in genere con gli analoghi tempi calcolati servendosi delle dromocrone di J-B. Più precisamente ho notato che, escluse le stazioni di Messina, Reggio Calabria, Salò, Ksara, Uppsala e Kiruna, nelle quali si hanno scarti che non superano il secondo, le differenze O-C sono sistematicamente positive; solo Taranto ed Atene danno luogo a notevoli scarti negativi (tabella I). Tale fatto è certamente indizio di una valutazione non sufficientemente approssimata delle coordinate spazio-temporali.

A scopo orientativo ho calcolato le correzioni da apportare alle costanti ipocentrali determinate dal B.C.I.S., servendomi degli inizi delle P_n osservati in 14 stazioni e riportati nel già citato Bollettino. Ho escluso dalla determinazione i dati delle stazioni con distanza epicentrale inferiore a 1000 km. per evitare le possibili influenze derivanti dalla indicata eventuale anomalia nella velocità di propagazione delle P_n nelle vicinanze della zona epicentrale. Servendomi del noto metodo statistico di Caloi ⁽⁴⁾, assumendo come valori di partenza i seguenti

$$(\lambda_0) = + 14^\circ 48' ,$$

$$(\varphi_0) = + 38^\circ 36' \text{ (lat. geografica) ,}$$

$$(\Phi_0) = + 38^\circ 24' 42'',101 \text{ (lat. geocentrica) ,}$$

$$(h) = 3 R 10^{-2} + 33 \text{ km (} R = 6338 \text{ km) ,}$$

$$(t_0) = 13^h 00^m 05^s,411 ,$$

ed utilizzando gli elementi dedotti dai dati delle stazioni elencate nella tabella II, ho ottenuto le seguenti correzioni:

$$\delta\lambda_0 = + 05' 41'',916 \pm 02' 04'',748 ,$$

$$\delta\Phi_0 = + 00' 34'',092 \pm 01' 48'',709 ,$$

$$\delta h = + 0,9592621 R 10^{-2} \pm 0,1091774 R 10^{-2} ,$$

$$\delta t_0 = + 2^s,077 \pm 0^s,4 .$$

I valori più probabili delle coordinate spazio-temporali, o meglio, i

TABELLA II

STAZIONI	(Δ_i)	$t_i((\lambda_0), (\Phi_0), (h))$	$\frac{\partial t_i}{\partial (\lambda_0)} = T - \frac{\partial t_i}{\partial (\Phi_0)} (13^h 00^m +)$	$\frac{\partial t_p}{\partial (\Delta_i)}$	$\frac{\partial t_p}{\partial (h)}$	$(t_0) - (t_0)_i$
Chur	9 ^o ,1067	2 ^m 08 ^s ,266	07 ^s ,334	12 ^s ,800	-0 ^s ,343	-1 ^s ,923
Zürich	9,8736	18,082	07,018	12,800	-0,690	-1,607
Neuchâtel	10,1748	21,937	06,563	12,765	-0,769	-1,152
Besançon	10,7849	29,747	06,253	12,643	-1,014	-0,842
Stuttgart	10,9431	31,772	06,728	12,611	-1,078	-1,317
Istanbul	11,2448	35,584	04,916	12,676	-1,148	+0,495
Strasbourg	11,2020	35,045	06,955	12,580	-1,140	-1,544
Clermont	11,2414	35,542	08,458	12,576	-1,149	-3,047
Paris	13,5235	3 04,091	06,409	12,338	-1,757	-0,998
Helwan	16,2042	36,769	04,231	11,375	-3,304	+1,180
Ksara	17,6647	52,979	03,021	10,301	-4,233	+2,390
Tamanrasset	17,6434	52,756	03,244	10,307	-4,229	+2,167
Uppsala	21,3541	4 30,235	02,765	9,700	-4,800	+2,646
Kiruna	29,4597	5 45,145	01,855	8,754	-5,500	+3,556

valori più adattabili, conformemente al metodo dei minimi quadrati, ai dati sperimentali utilizzati, sono pertanto:

$$\left. \begin{aligned} \lambda_0 &= + 14^\circ 53' 41'',916 \pm 02' 04'',748 , \\ \Phi_0 &= + 38^\circ 25' 16'',193 \pm 01' 48'',709 , \\ h &= (3,9592621 \pm 0,1091774) R 10^{-2} + 33 \text{ km} = [1] \\ &= 283,938 \text{ km} \pm 6,920 \text{ km} , \\ t_0 &= 13^h 00^m 07^s,488 \pm 0^s,4 . \end{aligned} \right\}$$

I valori ottenuti si adattano in modo più che soddisfacente ai tempi di registrazione delle P_n in quasi tutte le stazioni la cui distanza epicentrale è compresa tra 700 e 3000 km ca. Si avrebbe invece uno scarto eccezionale per le stazioni più vicine all'epicentro, nel senso che tali stazioni avrebbero registrato con notevole anticipo l'onda P_n . Tale anticipo risulterebbe di 9^s,4 a Messina, di 8^s,7 a Reggio Calabria, di 12^s a Taranto (tabella III).

La notevole concordanza con i dati di stazione di alta fiducia come Chur, Zürich, Neuchâtel, Stuttgart, Strasbourg, Parigi, Uppsala, Kiruna, indurrebbe a considerare i risultati ottenuti come sufficientemente sicuri. Gli anticipi osservati nelle stazioni di Messina, Reggio Calabria

e Taranto, pur non costituendo un fatto nuovo, in quanto anticipi dello stesso ordine sarebbero stati osservati, in analoghe circostanze, da Demetrescu, condurrebbero a conseguenze eccezionali. Ad esempio, l'onda P_n avrebbe percorso il tratto ipocentro-stazione di Messina con una velocità media non inferiore a 10 km/sec, cioè, con una *velocità media* dello stesso ordine della *velocità vera* che, secondo Jeffreys ⁽¹⁾, compete all'onda P alla profondità di 600 km.

In seguito a tali risultati, ritenendo indispensabile un controllo più rigoroso del materiale sperimentale fin qui utilizzato, ho inoltrato la richiesta dei sismogrammi presso vari Osservatori. La richiesta è stata gentilmente accolta ed in massima parte soddisfatta col sollecito invio di registrazioni originali o copie fotografiche.

Per quanto riguarda le stazioni, i cui dati sono stati utilizzati nel

TABELLA III

STAZIONI	Δ	t_p (C)	t_p (O)	O - C
Reggio Calabria	0 ^m ,7742	00 ^m 38 ^s ,0	00 ^m 28 ^s ,5	— 9 ^s ,5
Messina	0,6622	37,5	28,8	— 8,7
Taranto	2,6078	51,2	38,5	— 12,7
Rocca di Papa	3,5602	01 00,9	59,5	— 1,4
Roma	3,7609	03,2	01 01,5	— 1,7
Firenze Nim.	5,8465	27,6	25,5	— 2,1
Prato	5,9943	29,4	28,5	— 0,9
Athene	6,9670	41,4	34,9	— 6,5
Trieste	7,0800	42,8	42,5	-- 0,3
Salò	7,7100	50,6	47,5	— 3,1
Chur	9,1279	02 08,2	02 08,1	— 0,1
Wien	9,6936	15,2	15,5	+ 1,3
Zürich	9,8973	17,8	17,6	— 0,2
Neuchâtel	10,2063	21,6	21,0	— 0,6
Besançon	10,8187	29,2	28,5	— 0,7
Stuttgart	10,9598	30,9	31,0	+ 0,1
Istanbul	11,1709	33,6	33,0	— 0,6
Strasbourg	11,2247	34,2	34,5	+ 0,3
Clermont	11,2892	35,0	36,5	+ 1,5
Praha	11,4635	37,2	40,5	+ 3,3
Paris	13,5609	03 02,9	03 03,0	+ 0,1
Uccle	14,2859	11,6	11,5	— 0,1
Helwan	16,1427	32,9	33,5	+ 0,6
Ksara	17,5928	48,2	48,5	+ 0,3
Tamanrasset	17,6883	49,2	48,5	— 0,7
Rathfarnham	20,6838	04 19,1	04 24,5	-- 5,4
Uppsala	21,3397	25,5	25,5	0,0
Kiruna	29,4447	05 39,7	05 39,5	— 0,2

calcolo precedente (escludendo le stazioni Ksara ed Istanbul per mancato invio delle registrazioni), ho potuto notare:

1) gli inizi direttamente osservati sui sismogrammi coincidono in genere con gli inizi riportati nel Bollettino del B.C.I.S.; solo in alcuni casi si ha un divario di qualche decimo di secondo, dovuto certamente ad un criterio di arrotondamento adottato dall'osservatore;

2) sulla componente verticale a breve periodo di Clermont Ferrand, nonostante la lieve agitazione microsismica, si può individuare chiaramente l'inizio delle P_n in una *emersio* alle 13^h 02^m 42^s,5 che precede l'*impetus* rilevato dall'osservatore di 1^s,5.

Per quanto riguarda le altre stazioni ho notato:

1) l'inizio delle P_n è alle 13^h 00^m 37^s a Reggio Calabria, alle 13^h 00^m 52^s a Taranto, alle 13^h 01^m 45^s ad Atene, per cui gli anticipi osservati in tali stazioni si ridurrebbero a 8^s,5 per Reggio Calabria, a 6^s,7 per Taranto, a 3^s,9 per Atene;

2) sul sismogramma inviato dalla stazione di Rathfarnham, nella forte agitazione microsismica, non è rilevabile alcun inizio senza ambiguità.

TABELLA IV

STAZIONI	(Δ_i)	$t_i(\lambda_o, (\Phi_o), (h))$	$(t_o)_i$ (13 ^h 00 ^m +)	$\frac{\partial t_i}{\partial (\Delta_i)}$	$\frac{\partial t_i}{\partial (h)}$	$(t_o) - (t_o)_i$
Chur	9 ^m 1279	2 ^m 08 ^s ,200	07 ^s ,400	12,417	+ 0,129	- 0,054
Zürich	9 ,8973	17 ,753	07 ,347	12,416	- 0,584	- 0,001
Neuchâtel	10 ,2063	21 ,590	06 ,910	12,465	- 0,535	+ 0,436
Besançon	10 ,8187	29 ,195	06 ,805	12,409	- 0,549	+ 0,541
Stuttgart	10 ,9598	30 ,946	07 ,354	12,408	- 0,608	- 0,008
Strasbourg	11 ,2247	34 ,233	07 ,767	12,364	- 0,709	- 0,421
Clermont	11 ,2892 _i	35 ,034	07 ,466	12,351	- 0,735	- 0,120
Paris	13 ,5609	3 02 ,860	07 ,640	12,056	- 1,589	- 0,294
Helwan	16 ,1427	32 ,945	07 ,855	10,593	- 3,709	- 0,509
Tamanrasset	17 ,6883	49 ,162	06 ,838	10,168	- 4,046	+ 0,508
Uppsala	21 ,3397	4 25 ,491	07 ,509	9,634	- 4,450	- 0,163
Kiruna	29 ,4447	5 39 ,737	07 ,263	8,755	- 5,158	+ 0,083
		$(t_o) = 13^h00^m07^s,346$				
Valori di partenza delle coordinate spaziali:						
$(\lambda_o) = + 14^\circ 53' 41'',916,$						
$(\Phi_o) = + 38^\circ 25' 16'',193,$						
$(h) = 3,9592621 R 10^{-2} + 33 \text{ km.}$						

Il controllo effettuato confermerebbe sempre più i risultati precedenti. Comunque, data la notevole correzione di profondità in precedenza ottenuta, ho ritenuto opportuno procedere ad una seconda approssimazione, servendomi dei dati direttamente osservati ed escludendo le stazioni di Istanbul e Ksara (tabella IV).

I risultati ottenuti sono i seguenti:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_0 = + 14^{\circ} 49' 46'',391 \pm 01' 45'',788 , \\ \Phi_0 = + 38^{\circ} 24' 28'',302 \pm 00' 55'',687 , \\ h = 4,0113751 R 10^{-2} + 33 \text{ km} \pm 0,0660169 R 10^{-2} , \\ t_0 = 13^{\text{h}} 00^{\text{m}} 07^{\text{s}},535 \pm 0^{\text{s}},249 . \end{array} \right. [2]$$

Come somma dei quadrati dei residui ho ottenuto il valore:

$$[vv] = [l.4] = 0,8864822.$$

Esaminando la tabella (V) si può constatare che, riferendosi ai valori [2], resta più che confermato sia l'accordo con i dati delle stazioni con distanze epicentrali comprese tra 700 e 3000 km ca, sia il forte anticipo nelle stazioni di Messina, Reggio Calabria e Taranto. Pur volendo prescindere da quest'ultima circostanza, i valori [2] non possono essere accettati senza riserve.

Innanzitutto l'entità degli errori medi ottenuti indurrebbe ad attribuire ai valori calcolati un grado di precisione indubbiamente lontano dalle possibilità sperimentali.

Inoltre, tracciando le curve che rappresentano i tempi di tragitto delle P in funzione della variabile h , in corrispondenza a diversi valori del parametro Δ (quali risultano dalle dromocrone di J-B, che qui sono state sistematicamente assunte come dromocrone di riferimento), si nota come tali curve abbiano, nell'intorno del punto $h = 0,04 R + 33 \text{ km}$, un andamento rapidamente crescente con h per piccoli valori di Δ , praticamente stazionario per valori di Δ compresi nell'intervallo $7^{\circ} - 13^{\circ}$, decisamente decrescente per valori di Δ più elevati. Più precisamente, considerando l'andamento medio nell'intervallo $7^{\circ} - 13^{\circ}$ della funzione $\frac{\partial t_P}{\partial h}$, che, per $h = 0,04 R + 33 \text{ km}$ (valore assai vicino al valore di partenza assunto nell'ultima determi-



Fig. 1 - Messina

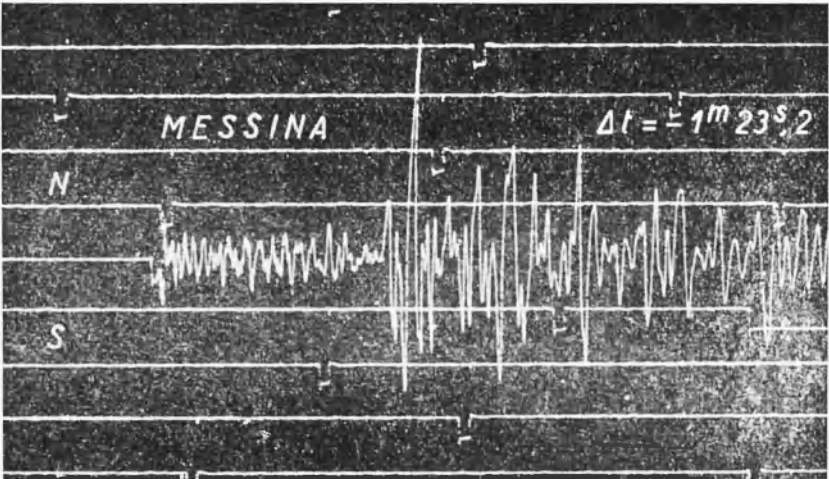


Fig. 2

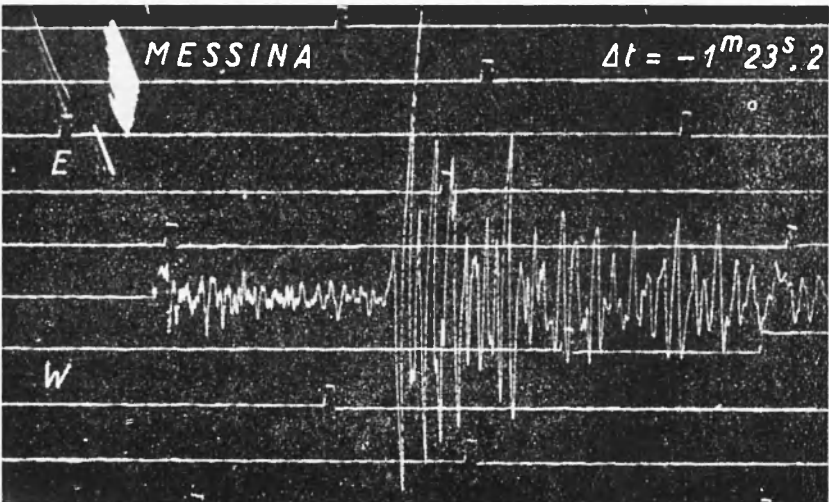


Fig. 3

TABELLA V

STAZIONI	Δ	t_p (C)	t_p (O)	O - C
Messina	06,6956	00 ^m 38 ^s ,0	00 ^m 28 ^s ,8	- 9 ^s ,2
Reggio Calabria	0,8060	38,4	29,5	- 8,9
Taranto	2,6529	51,9	44,5	- 7,4
Rocca di Papa	3,5489	01 01,0	59,5	- 1,5
Roma	3,7486	03,2	01 01,3	- 1,9
Firenze Nim. *	5,8356	27,6	25,5	- 2,1
Prato *	5,9829	29,3	28,5	- 0,8
Athene	7,0189	42,1	37,5	- 4,6
Trieste	7,0876	42,9	42,5	- 0,4
Salò	7,7019	50,5	47,5	- 3,0
Chur	9,1195	02 08,1	02 08,1	0,0
Wien *	9,7122	15,4	15,5	+ 0,1
Zürich	9,8870	17,6	17,6	0,0
Neuchâtel	10,1902	21,4	21,0	+ 0,4
Besançon	10,8010	28,9	28,5	+ 0,4
Stuttgart	10,9546	30,8	30,8	0,0
Istanbul *	11,2238	34,2	33,0	+ 0,2
Strasbourg	11,2151	34,1	34,5	- 0,4
Clermont	11,2609	34,6	35,0	- 0,4
Praha	11,4755	37,3	39,6	+ 2,3
Paris	13,5405	03 02,5	03 03,0	+ 0,5
Uccle	14,2736	11,4	11,5	+ 0,1
Helwan	16,1819	33,2	33,5	+ 0,3
Ksara *	17,6413	48,5	48,5	0,0
Tamanrasset	17,6514	48,6	48,5	- 0,1
Uppsala	21,3564	04 25,4	25,5	+ 0,1
Kiruna	29,4617	05 39,6	39,5	- 0,1

I tempi di registrazione delle P relativi alle stazioni contrassegnate con un asterisco sono quelli riportati nel Bollettino del B.C.I.S.

nazione), può essere espressa con buona approssimazione dalla relazione:

$$\frac{\partial t_p}{\partial h} = 6.337 - 0.8601515 \Delta + 0.0204545 \Delta^2,$$

si nota come, nell'intorno del valore $\Delta = 10^{\circ}$, tale funzione assume valori che si scostano assai poco dal valore zero. Se si tiene presente che il metodo più adoperato è basato sulla soluzione del sistema di equazioni di condizione

$$\delta t_o - \frac{\partial t_p}{\partial (\Delta_i)} \cos(\Phi_o) \operatorname{sen}(\alpha_i) \delta \lambda_o - \frac{\partial t_p}{\partial (\Delta_i)} \cos(\alpha_i) \delta \Phi_o + \frac{\partial t_p}{\partial (h)} \delta h +$$

$$- \left\{ T_i - \left[(t_o) + t_p \left((\lambda_o), (\Phi_o), (h) \right) \right] \right\} = v_i \quad (i = 1, 2, \dots, n),$$

dedotte in corrispondenza a ciascuna delle n stazioni di osservazione, si deduce che il gruppo di equazioni associate a quelle stazioni la cui distanza cade nell'intorno considerato non dà un contributo apprezzabile nella determinazione di δh , in quanto le equazioni di tale gruppo, anche per valori sensibilmente diversi di δh , possono dar luogo a residui che praticamente possono essere mascherati dai residui dovuti agli errori di osservazione.

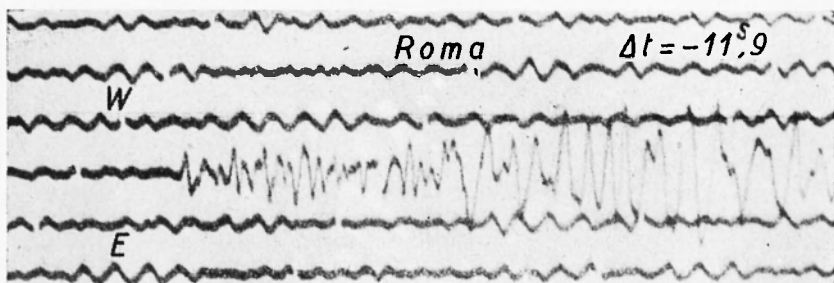


Fig. 4

Nell'ultima approssimazione eseguita sono stati utilizzati dati di stazioni le cui distanze sono in prevalenza comprese nello intervallo *critico* considerato. I soli dati di Helwan, Tamanrasset, Uppsala e Kiruna, che, ai fini della valutazione di δh possono essere considerati sensibilmente determinativi, non sono statisticamente sufficienti.

Successivamente ho avuto la possibilità di esaminare i sismogrammi di College, Hungry Horse, Tucson ed Isabella, inviatimi dall'U.S.C.G.S. e dal Prof. Gutenberg. Gli inizi, rilevabili con sufficiente precisione, darebbero luogo, in base alla precedente determinazione, alle seguenti differenze O-C:

College	+ 3 ^s ,4
Hungry Horse	+ 4,0
Tucson	+ 5,2
Isabella	+ 4,9 ,

per cui tali stazioni avrebbero registrato l'onda P con un sensibile ritardo. Ho ravvisato pertanto l'opportunità di eseguire una ulteriore

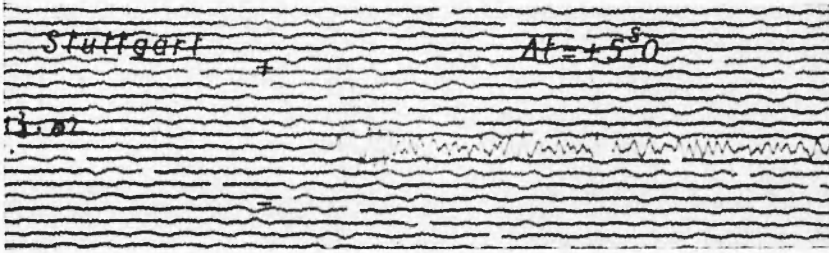


Fig. 5

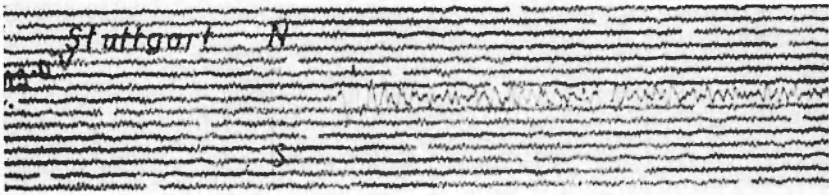


Fig. 6

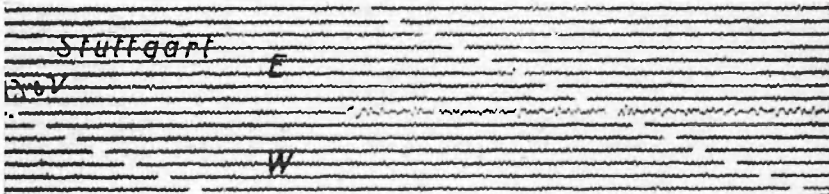


Fig. 7

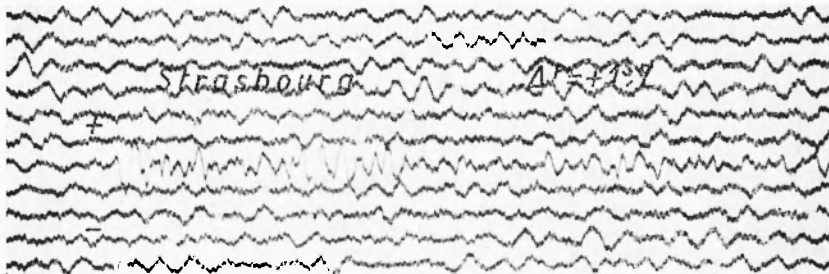


Fig. 8

determinazione utilizzando anche gli inizi osservati nelle stazioni lontane ed insistendo nel proposito di escludere i dati delle stazioni vicine.

I dati sperimentali utilizzati, unitamente agli elementi essenziali per il calcolo, sono contenuti nella tabella VI.

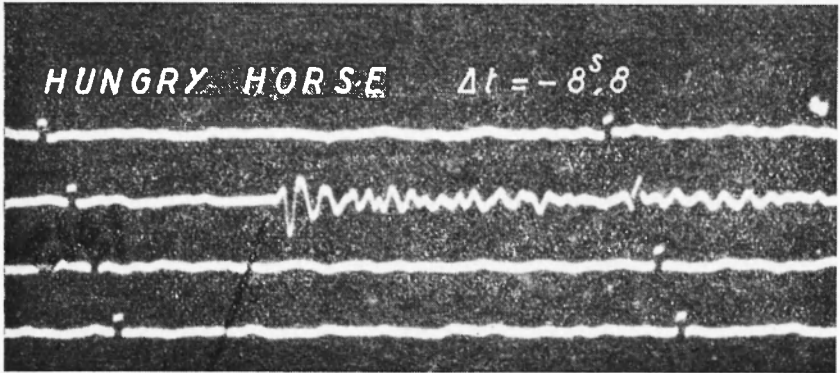


Fig. 9

Le correzioni ottenute sono le seguenti:

$$\delta \lambda_0 = + 7' 41''.660 \pm 5' 41''.223 ,$$

$$\delta \Phi_0 = - 3' 25''.817 \pm 3' 17''.331 ,$$

$$\delta h = - 0,7051056 R 10^{-2} \pm 0,1249318 R 10^{-2} ,$$

$$\delta t_0 = - 1^s,986 \pm 0^s,726 ,$$

con

$$[v v] = [ll, 4] = 16,3253473 ,$$

per cui i valori delle coordinate spazio-temporali risultano:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_0 = + 15^\circ 01' 23'',576 \pm 5' 41'',223 \\ \Phi_0 = + 38^\circ 21' 50'',376 \pm 3' 17'',331 , \\ \varphi_0 = + 38^\circ 33' 09'',059 \pm 3' 17'',331 \text{ (lat. geografica),} \\ h = 3,2541566 R 10^{-2} + 33 \text{ km} \pm 0,1249318 R 10^{-2} = \\ = 239,248 \text{ km} \pm 7,918 \text{ km} \\ t_0 = 13^h 00^m 05^s,5 \pm 0^s,7. \end{array} \right. \quad [3]$$

TABELLA VI

STAZIONI	(Δ_i)	T_i (13h ÷)	$t_i((\lambda_o), (\Phi_o), (h))$	$(t_o)_i$ (13h00m ÷)	$\frac{\partial t_p}{\partial (\Delta_i)}$	$\frac{\partial t_p}{\partial (h)}$	$(t_o) - (t_o)_i$
Chur	9°,1279	02m15s,6	02m08s,200	07s,400	12,417	÷ 0,129	+ 0,088
Zürich	9,8973	25,1	17,753	07,347	12,416	— 0,584	+ 0,141
Neuchatel	10,2063	28,5	21,590	06,910	12,465	— 0,535	+ 0,578
Besançon	10,8187	36,0	29,195	06,805	12,409	— 0,549	+ 0,683
Stuttgart	10,9598	38,3	30,946	07,354	12,408	— 0,608	+ 0,134
Strasbourg	11,2247	42,0	34,233	07,767	12,364	— 0,709	— 0,279
Clermont	11,2892	42,5	35,034	07,466	12,351	— 0,735	+ 0,022
Paris	13,5609	03 10,5	03 02,860	07,640	12,056	— 1,589	— 0,252
Helwan	16,1427	40,8	32,945	07,855	10,593	— 3,709	— 0,367
Tamanrasset	17,6883	56,0	49,162	06,838	10,168	— 4,046	÷ 0,650
Uppsala	21,3397	04 33,0	04 25,491	07,509	9,634	— 4,405	— 0,021
Kiruna	29,4447	05 47,0	05 39,737	07,263	8,755	— 5,158	+ 0,225
College	75,9802	11 28,1	11 17,466	10,634	5,502	— 6,512	— 3,146
Hungry Horse	82,2644	12 02,0	50,931	11,069	5,076	— 6,639	— 3,581
Tucson	93,3084	56,0	12 43,773	12,227	4,531	— 6,808	— 4,339
Isabella	94,4569	13 01,0	48,987	12,013	4,554	— 6,808	— 4,525

Valori di partenza delle coordinate spazio-temporali:

$(\lambda_o) = + 14^\circ 53' 41'',916$

$(h) = 3,9592621 \text{ R } 10^{-2} + 33 \text{ km.}$

$(\Phi_o) = + 38^\circ 25' 16'',193$

$(t_o) = 13^h 00^m 07^s ,488.$

Nella tabella VII sono riportati: le distanze epicentrali, i corrispondenti tempi di tragitto delle P dedotti dalle tabelle di J-B (C), i tempi di tragitto osservati (O) e le differenze $O-C$, quali risultano dall'ultima determinazione effettuata. Si può notare come l'intervento

TABELLA VII

STAZIONI	Δ	T_p	t_p (C)	t_p (O)	O - C
Messina	0 ^o ,5483	13 ^h 00 ^m 36 ^s ,3	00 ^m 32 ^s ,0	00 ^m 30 ^s ,8	- 1 ^s ,2
Reggio Calabria	0 ,6606	37 ,0	32 ,5	31 ,5	- 1 ,0
Taranto	2 ,5821	52	47 ,8	46 ,5	- 1 ,3
Rocca di Papa	3 ,6576	01 07	59 ,9	01 01 ,5	+ 1 ,7
Roma	3 ,8592	08 ,8	01 02 ,2	03 ,3	+ 1 ,1
Firenze Nim. *	5 ,9434	33	27 ,9	27 ,5	- 0 ,4
Prato *	6 ,0915	36	29 ,8	30 ,5	+ 0 ,7
Athene	6 ,8644	45	39 ,6	39 ,5	- 0 ,1
Trieste	7 ,1488	50	43 ,2	44 ,5	+ 1 ,3
Salò	7 ,8028	55	51 ,8	49 ,5	- 2 ,3
Chur	9 ,2210	02 15 ,6	02 09 ,6	02 10 ,1	+ 0 ,5
Wien *	9 ,7408	23	16 ,2	17 ,5	+ 1 ,3
Zürich	9 ,9926	25 ,1	19 ,4	19 ,6	+ 0 ,2
Neuchâtel	10 ,3084	28 ,5	23 ,4	23 ,0	- 0 ,4
Besançon	10 ,9226	36	31 ,2	30 ,5	- 0 ,7
Stuttgart	11 ,0484	38 ,3	32 ,8	32 ,8	0 ,0
Istanbul *	11 ,0919	40 ,5	33 ,4	35 ,0	+ 1 ,6
Strasbourg	11 ,3192	42 ,0	36 ,2	36 ,5	+ 0 ,3
Clermont	11 ,4017	42 ,5	37 ,3	37 ,0	- 0 ,3
Praha	11 ,5236	47 ,1	38 ,8	41 ,6	+ 2 ,8
Paris	13 ,6673	03 10 ,5	03 05 ,4	03 05 ,0	- 0 ,4
Uccle	14 ,3837	19 ,0	14 ,2	13 ,5	- 0 ,7
Helwan	16 ,0271	40 ,8	33 ,9	35 ,3	+ 1 ,4
Ksara *	17 ,4844	56	50 ,0	50 ,5	+ 0 ,5
Tamanrasset	17 ,6888	56	52 ,2	50 ,5	- 1 ,7
Uppsala	21 ,3902	04 33	04 29 ,4	04 27 ,5	- 1 ,9
Kiruna	29 ,4943	05 47	05 44 ,1	05 41 ,5	- 2 ,6
College	76 ,0500	11 28 ,1	11 22 ,6	11 22 ,6	0 ,0
Hungry Horse	82 ,3657	12 02	11 56 ,3	56 ,5	+ 0 ,2
Tucson	93 ,4191	56	12 49 ,2	12 50 ,5	+ 1 ,3
Isabella	94 ,5626	13 01	54 ,4	55 ,5	+ 1 ,1

dei dati relativi alle quattro stazioni lontane di College, Hungry Horse, Tucson ed Isabella dà luogo ad una valutazione delle coordinate spazio-temporali che fa rientrare gli anticipi delle stazioni più vicine nei limiti degli scarti attribuibili, oltre che agli errori di osservazione, alle varie cause d'indeterminazione che in genere influenzano l'approssimazione con cui si può determinare la posizione di un ipocentro. Inoltre, non solo resta conservato, come del resto era prevedibile per

le considerazioni già fatte, il buon accordo con i dati del gruppo di stazioni centro-europee, ma si ottiene una sufficiente concordanza con i tempi osservati nelle stazioni più lontane.

*Messina — Osservatorio Geofisico dell'Istituto Nazionale di Geofisica —
Settembre 1955.*

RIASSUNTO

È noto che non è facile stabilire con precisione la profondità di un ipocentro, anche quando si ha la possibilità di utilizzare chiari inizi di onde caratteristiche dei terremoti profondi come le pP , sP , sS , ecc. L'uso di laboriosi metodi statistici può, in condizioni favorevoli, condurre a risultati con una approssimazione dell'ordine di 10 km. L'operazione è resa ancora più ardua nel caso in cui l'intensità del terremoto è talmente debole da non dar luogo, come nel caso in esame, alla registrazione di onde pP , sP , sS , ... In queste condizioni sono utilizzabili, se in numero sufficiente, gli inizi delle P nelle varie stazioni.

L'applicazione di metodi statistici, fondati su un criterio di adattamento di tali inizi a dromocrone prestabilite, può dar luogo a risultati tanto più precisi quanto più attendibili sono le dromocrone di riferimento.

Le numerose applicazioni e gli ottimi risultati conseguiti dimostrano che il metodo di Caloi-Peronaci, associato all'uso delle dromocrone di Jeffreys e Bullen, permette la contemporanea determinazione delle quattro coordinate spazio-temporali di un ipocentro profondo con notevole precisione. Partendo da uno stesso valore della profondità, con tale metodo sono stati qui effettuati due tentativi, il primo utilizzando dati di stazioni le cui distanze epicentrali sono in prevalenza addensate nell'intorno dei 10° , il secondo facendo intervenire anche i dati di quattro stazioni con distanza superiore a 75° : i valori ottenuti per la profondità risultano notevolmente diversi. L'equazione fondamentale del metodo giustifica tale diversità e permette di escludere i risultati ottenuti nel primo tentativo, in quanto conseguiti utilizzando prevalentemente dati relativi a distanze rispetto alle quali i tempi di propagazione delle P sono poco sensibili alle variazioni di profondità.

I valori ottenuti nell'ultima determinazione non mettono in evidenza anticipi apprezzabili nei tempi di arrivo dell'onda P_n nelle stazioni più vicine all'epicentro.

SUMMARY

It is well known that it is not easy to determine with exactness the depth of hypocentre, even when there is the possibility of utilizing the evident beginnings of the waves which are characteristic for deep earthquakes, like the pP, sP, sS waves, etc. The use of laborious statistical methods can — in propitious conditions — give a result with an approximation of 10 kilometres. The operation is more difficult in case the intensity of the earthquake is so weak that it does not cause — as in the case now discussed — the registration of pP, sP, sS waves. Under these circumstances, the beginnings of the P waves registered in various observatories are utilizable, if in sufficient quantity.

The more reliable are the dromocrones referred to — the more precise will be the results given by the application of statistical methods based on adaption principles of such beginnings on predetermined dromocrones.

The numerous applications and the excellent results obtained demonstrate that the metod Caloi-Peronaci, along with the use of Jeffreys and Bullen's dromocrones, allows — with remarkable exactness — the contemporary determination of four spacial-temporal coordinates of a deep hypocentre. Two attempts have been made with this method taking into consideration the same value of depth, the first one utilizing the data of those observatories, the epicentral distances of which are mostly amassed around the 10° , the second one with intervention of the data of four observatories at a distance greater than 75° : the values obtained regarding the depth differ considerably. The fundamental equation of the metod justifies such a diversity and allows the exclusion of the results obtained by the first attempt because these results were obtained by utilizing in the main the data relating to distances in respect of which the propagation times of P waves are not sensitive enough to depth variations.

The values obtained in the last determination do not make evident considerable anticipations of time of arrival of the P_n waves to the observatories which are near to the epicentre.

BIBLIOGRAFIA

(1) B. GUTENBERG and C. F. RICHTER, *Seismicity of the Earth and associated phenomena*. Princeton University press, New Jersey (1949).

(2) D. DI FILIPPO, *Studio microsismico del terremoto del basso Tirreno del 16 marzo 1941*. Boll. Soc. Sismol. It., vol. XXXIX, nn. 3-4 (1941).

(3) A. GIRLANDA, *Studio di un movimento sismico del basso Tirreno, originante alla profondità di 265 km*. Rend. Acc. Naz. dei Lincei, serie VIII, vol. XVIII, 3 (1955).

(4) P. CALOI e F. PERONACI, *Il terremoto del Turkestan del 2 novembre 1946*. Annali di Geofisica, vol. I, n. 2 (1948).