

I tempi di tragitto delle P_n per i terremoti della Sicilia Occidentale

(P_n travel times for earthquakes occurred in the Western Sicily)

L. MARCELLI - G. PANNOCCHIA (*)

Ricevuto il 5 Giugno 1972

RIASSUNTO. — Questo lavoro fa seguito agli studi già pubblicati sui terremoti della Sicilia occidentale del Gennaio 1968. Partendo dai dati ipocentrali dei 10 terremoti studiati, differenti l'uno dall'altro anche per le profondità ipocentrali, sono state calcolate le curve dei tempi di tragitto delle P_n per ogni terremoto, fino a distanze di 35° .

Tenendo presente le considerazioni relative alla « 20° discontinuity » e le considerazioni fatte da Herrin⁽⁸⁾ relativamente alla revisione delle tabelle Jeffreys-Bullen, le curve P_n dei terremoti della Sicilia sono state calcolate con tre criteri diversi: 1) considerando l'insieme di tutte le stazioni disponibili fino a distanze non superiori ai 35° (equazioni generali); 2) considerando solo le stazioni comprese fra 2° e 20° (equazioni del I ramo); 3) considerando infine solo le stazioni con distanze comprese tra 20° e 34° (equazioni del II ramo).

Le equazioni usate sono state quelle espresse da polinomi in Δ^2 .

Il terremoto n. 9 è stato sottoposto ad una indagine particolare: per esso sono state calcolate anche le dromocrone in Δ^3 e poste a confronto con quelle in Δ^2 . Le varie curve ottenute sono state messe a confronto tra loro ed anche con la curva di Herrin (interpolata per la stessa profondità ipocentrale) e ne sono stati discussi i risultati.

(*) Istituto Nazionale di Geofisica, Roma.

Le 30 equazioni relative ai 10 terremoti sono state messe in grafici e sottoposte ad ampi esami e discussioni. Particolare attenzione è stata posta ai punti di incontro tra i I e i II rami delle dromocrone, ed all'esame dei residui: su quest'ultimo argomento sono stati fatti anche dei tentativi per cercare la possibilità di correlare i residui ottenuti sia con le distanze epicentrali sia con gli azimut delle stazioni.

Sono state calcolate le tabelle numeriche delle 30 equazioni trovate.

Sono state riportate infine le equazioni, le tabelle numeriche ed i grafici relativi ai tempi di tragitto delle P_n di tre terremoti con epicentro rispettivamente nell'Italia settentrionale, nell'Italia centrale, nell'Italia meridionale.

SUMMARY. — This paper continues the study already published on the earthquakes of Western Sicily occurred in January 1968. On the basis of the hypocentral data of 10 earthquakes studied, different from each other also due to their hypocentral depths, the curves of the P_n travel times of each earthquake have been calculated up to distances of 35° .

Taking into account the considerations on « 20° discontinuity » and those made by Herrin⁽⁸⁾ concerning the revision of the Jeffreys-Bullen tables, the P_n curves of the Sicilian earthquakes have been calculated on three different criteria: 1) considering the total of all stations available up to distances of 35° maximum (general equations); 2) considering only the stations included between 2° and 20° (equations of the first branch); 3) considering only the stations of distances between 20° and 34° (equations of the second branch).

The equations used were the ones expressed by polynomials in Δ^2 .

Especially the earthquake n. 9 has been itemized. For it also the dromochrones in Δ^3 have been calculated and compared with those in Δ^2 . The various curves obtained have been confronted among themselves as well as with the Herrin curve (interpolated for the same hypocentral depth) and the results have been discussed.

The 30 equations concerning 10 earthquakes have been expressed in graphs and subjected to thorough examinations and discussions. Particular attention to the intersection-points of the first and the second branches of the dromochrones and to the examination of the residuals has been paid. Concerning this latter point, attempts to correlate the residuals obtained with both the epicentral distances and the azimuths of the stations have also been made.

The numerical tables of the 30 equations found have been calculated.

At last, the equations, the numerical tables and the graphs for the P_n travel times of 3 earthquakes with epicentres in Northern Italy, Central Italy and Southern Italy, respectively, are given.

INTRODUZIONE

In questi ultimi anni molti studiosi di sismologia hanno posto una particolare attenzione sul problema di migliorare la precisione con cui vengono stimati i tempi di tragitto delle onde sismiche.

È nota l'importanza di questo problema, giacché molte proprietà della crosta terrestre e del mantello vengono messe in luce dalla conoscenza delle velocità delle onde sismiche e dei tempi di tragitto.

Le numerose esplosioni nucleari che si sono susseguite a partire dal 1945 hanno reso possibile la utilizzazione di tali sorgenti di energia in sostituzione dei terremoti naturali, offrendo su questi ultimi il vantaggio di una conoscenza esatta dei dati ipocentrali, ed eliminando così alcuni degli inevitabili errori dovuti all'incertezza dei dati di partenza.

Molti congressi sono stati tenuti su questo argomento, ed in particolare si è sentito il bisogno di sottoporre ad una revisione le tavole dei tempi di tragitto di Jeffreys-Bullen (¹⁰), che per anni hanno costituito il punto base per molti studi nel campo della sismologia. Un gruppo di studiosi, presieduto da Eugene Herrin, ha pubblicato infatti, nel 1968, delle nuove tabelle (⁸) dedotte dalle osservazioni effettuate su un gran numero di esplosioni e di terremoti.

Nei vari congressi che hanno preceduto tale lavoro, tutti i partecipanti si erano trovati d'accordo nell'ammettere che, per distanze epicentrali inferiori ai 20°, la struttura della crosta terrestre, che può variare da regione a regione, incide notevolmente sui tempi di tragitto delle onde sismiche e che quindi è impossibile assumere, per queste distanze, un modello unico, valido come media mondiale. Fu concordato pertanto di superare questa difficoltà assumendo *arbitrariamente* come modello per la distribuzione delle velocità nel mantello superiore, quello relativo alla parte centrale degli Stati Uniti.

È evidente quindi che le nuove tabelle di Herrin ...etc. (⁸), mentre costituiscono un miglioramento rispetto alle tabelle di Jeffreys-Bullen per le distanze epicentrali superiori ai 20°, lasciano insoluto il problema per distanze inferiori ai 20°.

A questo scopo in molte parti del mondo sono stati intrapresi studi per il calcolo dei tempi di tragitto regionali delle P_n .

SCOPO DELLA RICERCA. *Materiale usato. Dati di partenza.*

Il lavoro che qui presentiamo fa seguito allo studio iniziato fin dal Gennaio 1968, quando esplose un lungo periodo sismico nella Sicilia occidentale (Italia meridionale), in una zona che per l'addietro non aveva rivelato una particolare attitudine sismica.

Tra le numerosissime scosse che si succedettero nei primi giorni, dieci furono da noi scelte per farne uno studio dettagliato; tra l'altro, ne furono dedotti analiticamente i caratteri sismici fondamentali: φ , λ , H , h .

Ci proponiamo ora, partendo da tali risultati, di porre una particolare attenzione sui tempi di propagazione delle onde P , inserendoci così in un argomento che, come già detto è di attuale interesse generale. Confidiamo in tal modo di poter portare un contributo alla conoscenza di una zona che è finora nota solo in maniera incompleta. La maggior parte degli studi che sono stati fatti per l'Italia si riferiscono per lo più a terremoti avvenuti nelle parti centrali e settentrionali della penisola, mentre scarsi sono quelli relativi alla parte meridionale ed in particolare alla Sicilia, sicché anche le dromocrone in uso corrente per l'analisi dei sismi italiani, mal si accordano, sovente, con i tempi di arrivo delle onde relative ai sismi con epicentro in zone meridionali. Pertanto la nostra ricerca che ci condurrà alla determinazione di dromocrone valide per terremoti provenienti dal sud, potrà avere anche un interesse pratico.

RICHIAMI

I dieci terremoti di cui ci serviremo, sono tutti compresi entro un'area abbastanza circoscritta, ed è logico che sia così, appartenendo essi ad uno stesso episodio sismico. Tuttavia sia gli epicentri che le profondità ipocentrali differiscono tutti l'uno dall'altro, per cui ci sembra che l'esame che ci accingiamo ad esporre possa offrire un interesse notevole.

Riportiamo la fig. 1 del lavoro citato, e per comodità di riferimento conserveremo ai terremoti in studio i numeri progressivi (1, 2, ... 10) che avevamo loro dato, e che in un certo senso rappresentavano la loro successione cronologica. Però l'ordine che daremo loro nel presente lavoro sarà quello delle profondità ipocentrali, che è più confacente al tipo di studio che ci proponiamo.

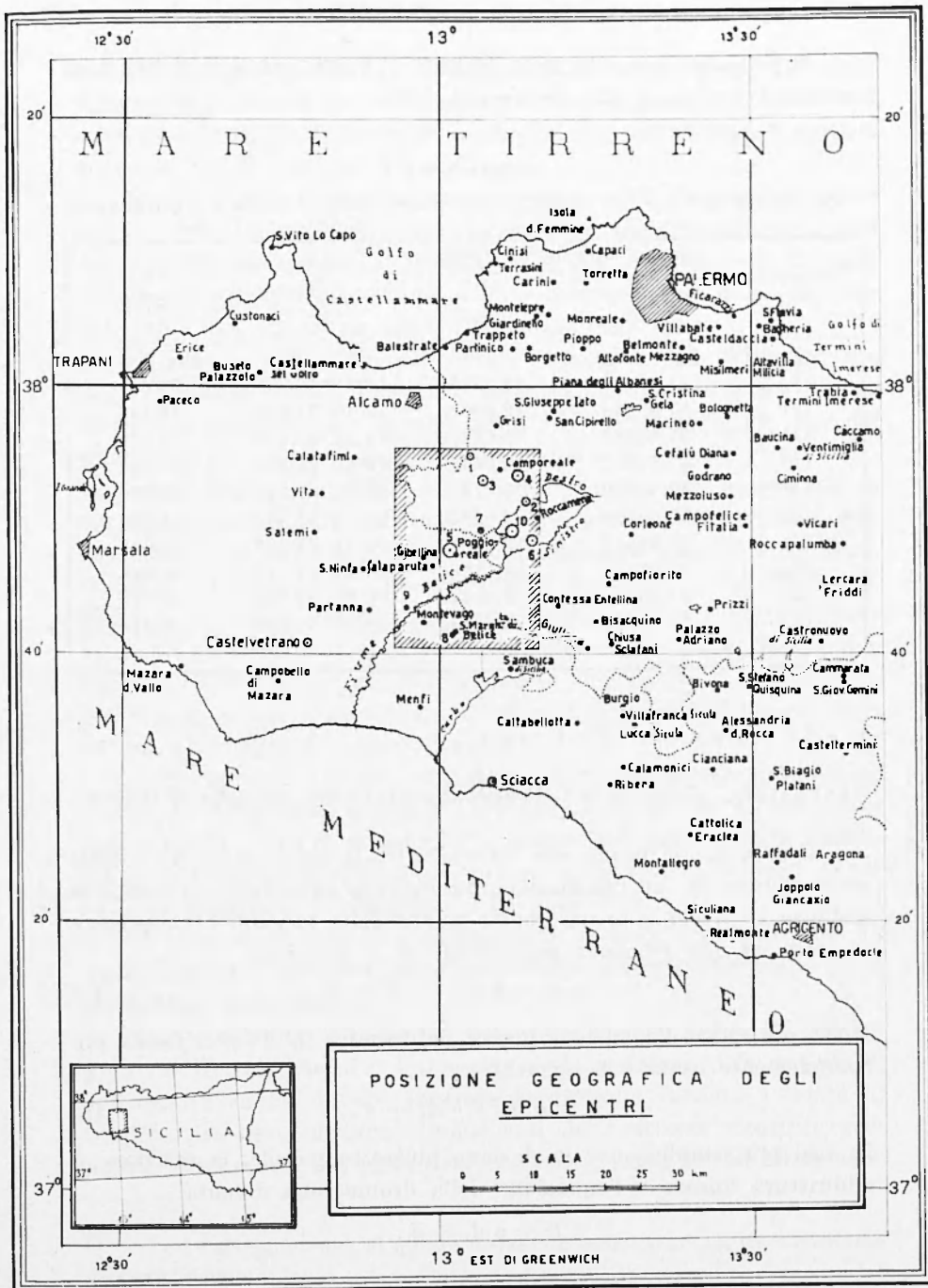


Fig. 1

Riportiamo pertanto nella Tabella 1 i dati ipocentrali dei dieci terremoti (in coordinate geocentriche) (*).

TABELLA 1

DATI IPOCENTRALI DI 10 TERREMOTI CON EPIC. NELLA SICILIA OCCIDENTALE.

Terremoto n.	coordin. epicentrali (geoc.)		<i>H</i>	<i>h</i> km
	φ'_0 gradi	λ'_0 gradi		
(2)	37,66890	13,13760	13 ^h 15 ^m 46,730 ^s	28,417
(9)	37,53658	12,94960	13 10 31,820	34,468
(7)	37,63340	13,06570	18 22 55,028	38,574
(1)	37,72412	13,05060	12 28 26,590	39,934
(5)	37,60690	13,01500	02 01 07,714	43,774
(3)	37,69308	13,06870	15 48 33,061	44,217
(6)	37,61912	13,14810	03 18 41,065	45,617
(10)	37,63298	13,11560	16 42 47,144	46,986
(4)	37,69982	13,12440	01 33 03,767	48,773
(8)	37,50018	13,01850	22 19 57,892	57,345

1. — LE DROMOCRONE P_n . I PARTE

GENERALITÀ - *Cenni su la «20^a discontinuità» e sul «modello di Herrin».*

È noto che il legame che intercede tra il tempo di arrivo t_i delle onde sismiche in un qualsiasi punto P_i della superficie terrestre e la distanza Δ_i a cui si trova questo punto dalla sorgente di energia è espresso da una relazione polinomiale in Δ del tipo:

$$t_i = a \Delta_i + b \Delta_i^2 + c \Delta_i^3 + d. \quad [\alpha]$$

Molto più spesso l'equazione manca del termine in Δ^3 , e la forma più comunemente usata è la seguente:

$$t_i = a \Delta_i + b \Delta_i^2 + d. \quad [\beta]$$

In casi più semplici, ove le Δ siano piuttosto piccole, la relazione è addirittura lineare e l'equazione della dromocrona diventa:

$$t_i = a \Delta_i + d. \quad [\gamma]$$

(*) I dati erano stati ottenuti facendo uso delle tabelle Jeffreys-Bullen.

Nella presente ricerca ci siamo limitati a considerare soltanto stazioni comprese entro una distanza limite di circa 34° dalla zona epicentrale; tale distanza contiene ampiamente tutti i tragitti europei e questo è sufficiente per i nostri scopi.

Per la ricerca delle dromocrone delle onde P abbiamo deciso di servirci della $[\beta]$ giacché, come vedremo, un tentativo fatto su uno dei terremoti di adottare lo schema $[\alpha]$, ci ha persuaso della inutilità di affrontare calcoli più complessi: infatti le due serie di residui trovati con i due schemi rimangono pressoché inalterate.

Ci sembra opportuno richiamare l'attenzione su l'interesse che molti sismologi hanno mostrato, alcuni anni or sono, e continuano tuttora a mostrare, per la così detta « 20° discontinuity ». Sin dal 1926 Byerly aveva notato che le dromocrone delle onde P presentavano una brusca variazione intorno ad una distanza epicentrale di 20° ed egli collegò tale osservazione con la probabile esistenza di una discontinuità a circa 400 km di profondità dalla superficie terrestre. Dopo di lui Gutenberg, Jeffreys, Bullen, Lehmann, Caloi, Girlanda, Federico ed altri ancora si sono interessati del problema. Sottolineiamo in modo particolare il lavoro dei due sismologi italiani Girlanda e Federico (?) dell'università di Messina, in quanto per il loro studio, essi si sono serviti di un terremoto con epicentro nella Sicilia orientale ad una profondità di circa 77 km (*).

Dopo approfondite ed accurate indagini essi hanno comprovato l'esistenza della tanto discussa « 20° discontinuity » ed hanno calcolato a 537 km circa di profondità la superficie di discontinuità responsabile delle anomalie riscontrate intorno a distanze epicentrali di 20° sulla propagazione in superficie delle onde P .

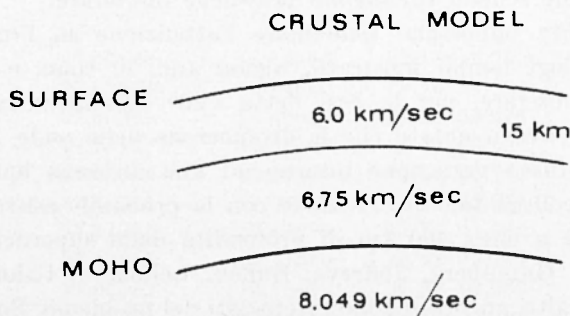
Il terremoto studiato da Girlanda e Federico può costituire un utile confronto con quelli da noi studiati concernenti invece la parte occidentale della Sicilia.

Come abbiamo accennato nella introduzione, l'équipe (presieduta da Herrin) che si è interessata della revisione delle tabelle di Jeffreys-Bullen ha dovuto superare le difficoltà inerenti i tempi di tragitto per brevi distanze (influenzati dalle diverse strutture geologiche della crosta terrestre) ricorrendo per i primi 20° ad un modello

(*) I dati ipocentrali di questo terremoto sono i seguenti (in coordinate geocentriche):

23/12/1959: $H = 09\ 29\ 04,0$; $\varphi_0' = 37^\circ\ 39'\ 23'',43$, $\lambda_0' = 14^\circ\ 39'\ 21'',41$,
 $h = 77,13$ km

arbitrario, ultra semplificato, che non intendeva affatto rappresentare un modello di distribuzione delle velocità reali valido in ogni punto del mantello superiore. Esso infatti non comporta alcuna inversione di velocità e per le dromocrone non sono previste cuspidi. È il modello che più si adatta alla struttura terrestre al di sotto degli Stati Uniti (ne riportiamo lo schema), ma non si può certo ritenere valido ovunque e tanto meno per l'Italia e per l'Europa centro-meridionale la cui struttura è estremamente complessa.



Crust-upper-mantle model used in travel-time studies. Travel times for mantle P waves out to 13° fit. T_p (sec) = 7.41 + 13.73A - 0.0005A³. [vedi Herrin et al. (9)].

Le considerazioni inerenti la « 20° discontinuity » unite alla ipotesi di lavoro di cui sopra ci hanno indotto ad effettuare i nostri calcoli, per la ricerca delle dromocrone, in tre modi diversi; e cioè per ogni terremoto abbiamo calcolato tre equazioni: la [1], la [2], e la [3] (vedi tabelle 3, 5, ecc.).

Nella equazione [1] abbiamo considerato i dati di tutte le stazioni disponibili, senza discriminazione di distanza, fino a $\Delta = 35^\circ$ ca. (equazioni generali).

Nella equazione [2] abbiamo considerato i dati di tutte le stazioni disponibili con $\Delta \leq 20^\circ$ (I ramo).

Nella equazione [3] abbiamo considerato le stazioni con $20^\circ \leq \Delta \leq 35^\circ$ (II ramo).

2. LE DROMOCRONE P_n . II PARTE

2.1 Il terremoto n. 9

Durante il corso dei lavori per la ricerca delle equazioni delle dromocrone, ci siamo chiesti quale differenza quantitativa potesse

comportare la scelta di una equazione polinomiale arrestata al secondo ordine, su l'equazione calcolata fino al Δ^3 . Per rispondere a questa domanda abbiamo ritenuto opportuno calcolarle entrambe per uno stesso terremoto e porne a confronto i risultati.

Abbiamo scelto, senza alcun motivo particolare, il terremoto n. 9, profondo km 34,47, per il quale avevamo disponibili i dati di 26 stazioni, 18 delle quali con distanze epicentrali $\Delta < 20^\circ$; le altre 8 con $20^\circ \leq \Delta \leq 34^\circ$.

Per ciascuno dei due rami abbiamo risolto, con il metodo dei minimi quadrati, i due sistemi di n equazioni (18 e 8 rispettivamente), una volta con la equazione generica in Δ^2 :

$$t_{Pn} = d + a \Delta + b \Delta^2$$

e una volta con la equazione generica in Δ^3 :

$$t_{Pn} = \bar{d} + a \Delta + b \Delta^2 + c \Delta^3.$$

Le quattro equazioni delle dromocrone, cui siamo pervenuti alla fine dei calcoli sono le seguenti:

(18 stazioni) $\Delta \leq 20^\circ$. I ramo

$$t_{Pn} = 2,75040 + 14,51201 \Delta - 0,03775 \Delta^2$$

$$t_{Pn} = 3,74697 + 13,93323 \Delta + 0,04025 \Delta^2 - 0,00292 \Delta^3$$

(8 stazioni) $20^\circ \leq \Delta \leq 34^\circ$. II ramo

$$t_{Pn} = 67,38842 + 10,94835 \Delta - 0,03142 \Delta^2$$

$$t_{Pn} = -297,82000 + 50,80844 \Delta - 1,46715 \Delta^2 + 0,01707 \Delta^3.$$

Nella tabella 2 sono posti a confronto i residui calcolati per ciascuna stazione, con i due tipi di dromocrone.

È evidente la attendibilità dovuta ad entrambe le serie dei risultati, anche se l'equazione in Δ^3 del secondo ramo sembra a prima vista piuttosto dissimile dalla sua corrispondente in Δ^2 .

Abbiamo disegnato le quattro equazioni nel grafico della figura 2. Il grafico conferma le nostre presunzioni; il primo ramo della dromocrone in Δ^2 si identifica quasi sovrapponendosi con il primo ramo della dromocrone in Δ^3 , e così avviene per il II ramo, talché resta giustificata la decisione di impostare i calcoli per la ricerca delle altre dromocrone secondo la equazione in Δ^2 .

TABELLA 2
 IL TERREMOTO N. 9 (I RESIDUI).

STAZIONI	A^0 (geoc.)	tempi di tragitto P_n ($t_{oss} - H$) sec	I residui (v_i) con		$(v_i)_{A^2} - (v_i)_{A^3}$
			l'eq. in A^2	l'eq. in A^3	
Messina Univ.	2,11422	33 ,680	-0,41676	-0,32280	-0,09396
Messina ING	2,11422	32 ,680	+0,58324	+0,67720	-0,09396
Reggio Calabria	2,16546	34 ,580	-0,58144	-0,50209	-0,07935
Sétif	6,23331	91 ,280	+0,46151	+0,17380	+0,28771
Monaco	7,31713	105 ,180	+1,73551	+1,52929	+0,20622
Isola	7,84249	112 ,880	+1,35889	+1,20529	+0,15360
Trieste	7,93595	117 ,880	-2,34048	-2,48412	+0,14364
Liublijana	8,39671	122 ,180	-0,23801	-0,33058	+0,09257
Lanslevillard	8,80656	127 ,180	+0,44357	+0,39805	+0,04552
Monteynard	9,05527	129 ,180	+1,88515	+1,86840	+0,01675
Roseland	9,25364	135 ,180	-1,37321	-1,36710	-0,00611
Vonglans	10,22092	149 ,680	-2,54714	-2,43563	-0,11151
Karlsperké II.	11,41149	163 ,180	+0,25817	+0,46812	-0,20995
Garchy	12,01415	170 ,880	+0,77104	+1,00893	-0,23789
Pruhonicé	12,31430	176 ,880	-1,14884	-0,90418	-0,24466
Moxa	12,95458	183 ,180	+1,23215	+1,47268	-0,24053
Ifrane	15,28678	216 ,180	-0,40933	-0,46408	+0,05475
Tamanrasset	16,19700	227 ,580	+0,31798	-0,00478	+0,32276
Uddeholm	22,39133	295 ,880	+0,90344	+0,01540	+0,88804
Lillehammer	23,38479	305 ,180	+1,05131	+1,12641	-0,07510
Bakurijani	23,78345	311 ,280	-1,27485	-0,95149	-0,32336
Moscow	24,49712	317 ,180	-0,44396	+0,15573	-0,59969
Skalstugan	25,89144	331 ,180	-1,38595	-0,74492	-0,64103
Kiruna	30,45709	370 ,180	+1,51703	+0,77795	+0,73908
Sodankyla	30,68860	373 ,180	+0,60691	-0,14663	+0,75354
Bangui	33,59464	400 ,680	-0,94631	-0,22657	-0,71974

Per analizzare più in profondità l'argomento abbiamo voluto anche stabilire un confronto tra i risultati da noi conseguiti per questo terremoto e la corrispondente dromocrona dedotta per interpolazione dalle tabelle di Herrin per la quale riportiamo nella tabella 3 i valori numerici. Nella tabella abbiamo riportato altresì i valori dedotti dalle equazioni (in A^2) [1], [2] e [3] del terremoto n. 9 e le differenze [t_{P_n} (Herrin) — t_{P_n}].

Per rendere più evidenti i risultati ci è sembrato utile costruire il grafico della figura 3, nel quale abbiamo riportato le ultime tre colonne della tabella.

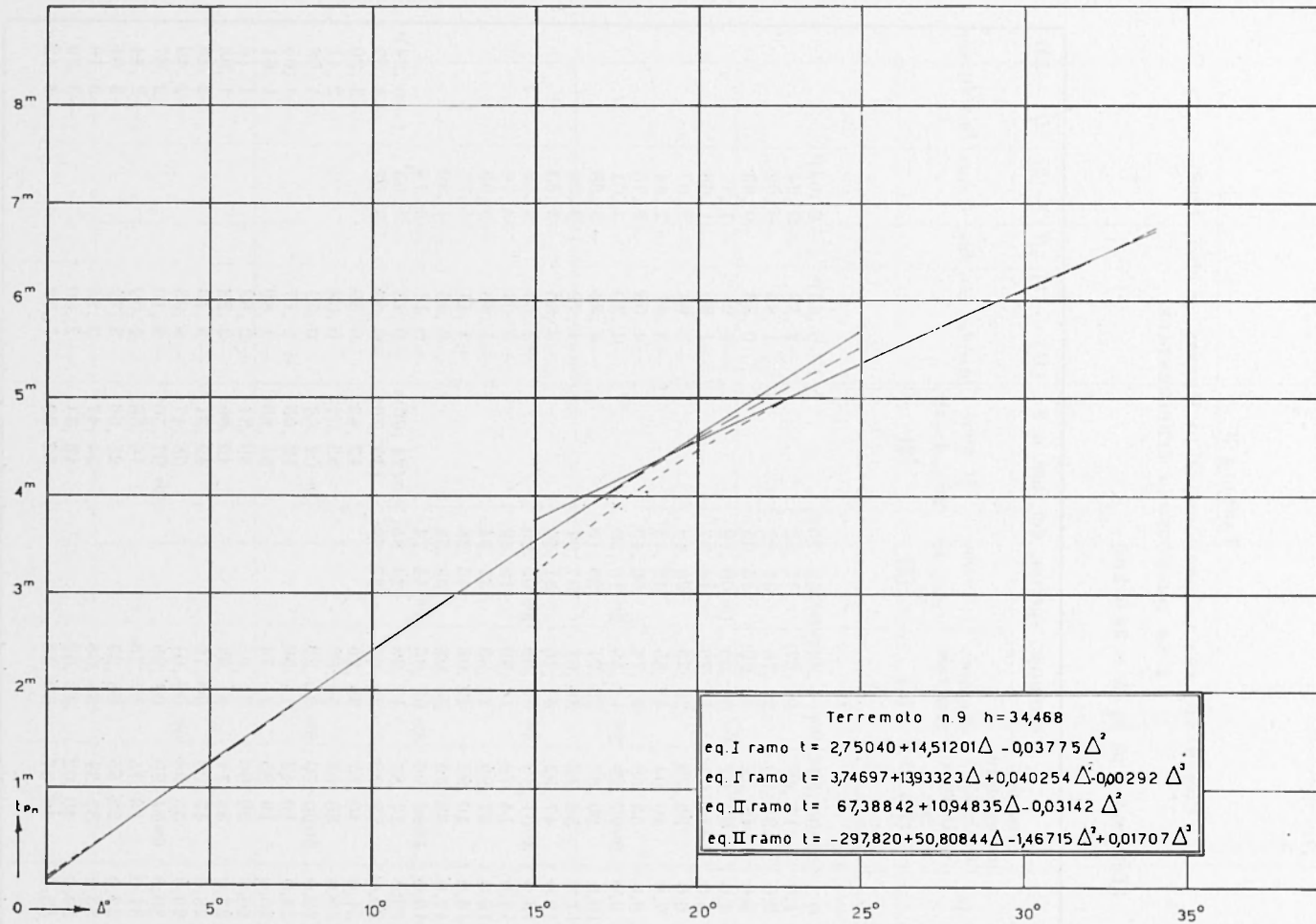


Fig. 2

TABELLA 3
 CONFRONTO TRA LA DROMOCRONA DI HERRIN (e altri, 1968)
 E LA DROMOCRONA SPERIMENTALE.

(Terremoto n. 9) [$h = 34,5$ km]

A ^o	dromoc. interpolata dalle tab. di Herrin et al... (H)	dromoc. sperim. del terr. n. 9			(H) — [1]	(H) — [2]	(H) — [3]
		dromoc. generale [1]	I ramo $\Delta \leq 20^\circ$ [2]	II ramo $20^\circ \leq \Delta \leq 35^\circ$ [3]	$t_{\text{Her}} - t_{\text{eq. gen.}}$	$t_{\text{Her}} - t_{\text{I ramo}}$	$t_{\text{Her}} - t_{\text{II ramo}}$
0	0m05,39 ^s	0m(-1,44) ^s	0m(02,75) ^s		(+6,83) ^s	(+2,64) ^s	
1,0	17,46	14,27	17,22		+3,19	+0,24	
2,0	31,60	29,75	31,62		+1,85	-0,02	
3,0	45,32	44,99	45,95		+0,33	-0,63	
4,0	59,02	1m 00,00	1m 00,19		-0,98	-1,17	
5,0	1m12,71	14,79	14,37		-1,99	-1,66	
6,0	26,39	29,33	28,46		-2,94	-2,07	
7,0	40,04	43,65	42,48		-3,61	-2,44	
8,0	53,68	57,74	56,43		-4,06	-2,75	
9,0	2m07,29	2m 11,59	2m 10,30		-4,30	-3,01	
10,0	20,87	25,21	24,10		-4,34	-3,23	
11,0	34,42	38,61	37,81		-4,19	-3,39	
12,0	47,93	51,76	51,46		-3,83	-3,53	
13,0	3m01,40	3m 04,69	3m 05,03		-3,29	-3,63	
14,0	14,78	17,39	18,52		-2,61	-3,74	
15,0	27,99	29,85	31,94		-1,86	-3,95	
16,0	40,97	42,08	45,28		-1,11	-4,31	
17,0	53,65	54,08	58,54		-0,43	-4,89	
18,0	4m05,96	4m 05,85	4m 11,74		+0,11	-5,78	
19,0	17,82	17,39	24,85	4m(24,06) ^s	+0,43	-7,03	(-6,24) ^s
20,0	29,22	28,69	37,89	(33,79)	+0,53	-8,67	-4,57
21,0	40,15	39,76		43,45	+0,39	-3,30	-3,30
22,0	50,63	50,60		53,04	+0,03	-2,41	-2,41
23,0	5m00,70	5m 01,22		5m 02,58	-0,52	-1,88	-1,88
24,0	10,42	11,59		12,05	-1,17	-1,63	-1,63
25,0	19,85	21,74		21,46	-1,89	-1,61	-1,61
26,0	29,06	31,65		30,81	-2,59	-1,75	-1,75
27,0	38,11	41,34		40,09	-3,23	-1,98	-1,98
28,0	47,06	50,79		49,31	-3,73	-2,25	-2,25
29,0	55,98	6m 00,01		58,47	-4,03	-2,49	-2,49
30,0	6m04,89	08,99		6m 07,56	-4,10	-2,67	-2,67
31,0	13,75	17,75		16,59	-4,00	-2,84	-2,84
32,0	22,55	26,27		25,56	-3,72	-3,01	-3,01
33,0	31,31	34,56		34,47	-3,25	-3,16	-3,16
34,0	40,02	42,62		43,31	-2,60	-3,29	-3,29
35,0	48,67	50,45		52,09	-1,78	-3,42	-3,42

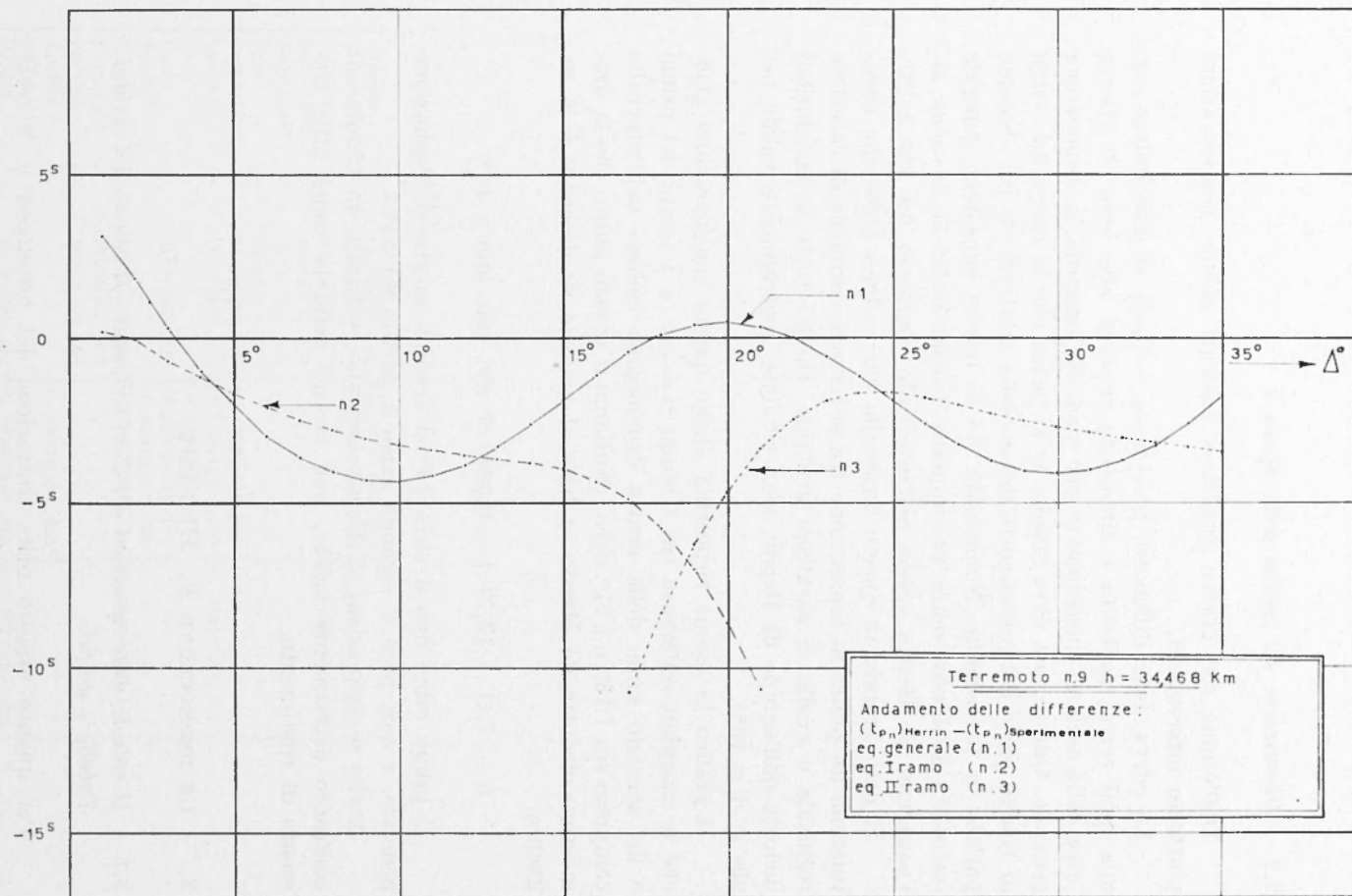


Fig. 3

2.2 - *Discussione del grafico della figura 3*

Dall'esame del grafico risultano evidenti alcune considerazioni piuttosto interessanti.

La curva delle differenze $\{[t_{P_n}]_{\text{Herrin}} - [t_{P_n}]\}$ si distribuisce con una qual certa regolarità e simmetria rispetto allo zero di Herrin (asse delle ascisse) specialmente per quel che riguarda la dromocrona generale. Questo non deve stupire se si pensa che la curva dei tempi di Herrin parte dal presupposto del modello arbitrario di cui abbiamo parlato in precedenza. Nonostante ciò la nostra equazione generale (calcolata anch'essa senza presupporre discontinuità) si avvicina all'equazione di Herrin specie nell'intervallo compreso fra 16° e 24° .

È però proprio in questo intervallo che cadono i 20° che costituiscono un punto di separazione tra le ricerche sismiche di carattere regionale e quelle di carattere generale. Infatti tutte le conclusioni dedotte dall'équipe di Herrin sono ritenute generalmente valide per $20^\circ \leq \Delta \leq 105^\circ$.

Il grafico in esame rispecchia anche queste considerazioni giacché le maggiori differenze tra i tempi t_P (Herrin) e i tempi del primo e del secondo ramo della nostra dromocrona cadono nell'intervallo compreso tra i 13° e i 21° circa. (Notiamo a questo punto che la dromocrona dedotta da Herrin in base al modello su descritto è la seguente:

$$t_P = 7,41 + 13,73 \Delta - 0,0005 \Delta^2 \text{ che vale fino a } 13^\circ).$$

Il primo ramo fino a circa 13° si accorda meglio dell'equazione generale, e così pure il secondo ramo a partire da $24^\circ,5$.

Anche se l'equazione di Herrin non può costituire un termine di confronto decisamente valido, può servire tuttavia come utile elemento di riferimento.

3. - LE DROMOCRONE P_n . III PARTE

3.1 - *Il calcolo delle equazioni dei dieci terremoti. Il calcolo dei residui. Tabelle e grafici.*

Per quanto esposto nella trattazione del terremoto n. 9 resta dunque giustificata la decisione adottata di impostare il calcolo di

TABELLA 5
 QUADRO GENERALE DELLE EQUAZIONI DELLE DROMOCRONE $P_{.1}$.

Terr. n.	h (in km)	H h m s	num. delle staz. usate	dromocrona generale (equaz. [1])	num. delle staz. usate	I ramo della dromocrona $\Delta \leq 20^\circ$ (equaz. [2])	num. delle staz. usate	II ramo della dromocrona $20^\circ < \Delta < 34^\circ$ (equaz. [3])
2	28,42	13 15 46,730	(24)	$t_{Pn} = -1,70991 + 15,94227 \Delta - 0,11923 \Delta^2$	(18)	$t_{Pn} = 2,48676 + 14,63894 \Delta - 0,04233 \Delta^2$	(6)	$t_{Pn} = 74,73053 + 10,67822 \Delta - 0,03085 \Delta^2$
9*	34,47	13 10 31,820	(26)	$t_{Pn} = -1,43848 + 15,82410 \Delta - 0,11588 \Delta^2$	(18)	$t_{Pn} = 2,75040 + 14,51201 \Delta - 0,03775 \Delta^2$	(8)	$t_{Pn} = 67,38842 + 10,94835 \Delta - 0,03142 \Delta^2$
7	38,57	18 22 55,028	(26)	$t_{Pn} = -1,38743 + 15,83706 \Delta - 0,11725 \Delta^2$	(19)	$t_{Pn} = 2,60514 + 14,63158 \Delta - 0,04935 \Delta^2$	(7)	$t_{Pn} = 42,71245 + 12,90179 \Delta - 0,07022 \Delta^2$
1	39,93	12 28 26,590	(25)	$t_{Pn} = -1,57149 + 15,86665 \Delta - 0,11845 \Delta^2$	(21)	$t_{Pn} = 3,14881 + 14,44403 \Delta - 0,03453 \Delta^2$	(4)	$t_{Pn} = 74,36349 + 10,47294 \Delta - 0,02510 \Delta^2$
5	43,77	02 01 07,714	(66)	$t_{Pn} = -2,66178 + 16,00276 \Delta - 0,12060 \Delta^2$	(56)	$t_{Pn} = 1,78076 + 14,90058 \Delta - 0,06581 \Delta^2$	(10)	$t_{Pn} = 60,93208 + 11,33850 \Delta - 0,03754 \Delta^2$
3	44,22	15 48 33,061	(30)	$t_{Pn} = -1,52682 + 15,82431 \Delta - 0,11661 \Delta^2$	(24)	$t_{Pn} = 1,39512 + 14,98282 \Delta - 0,06987 \Delta^2$	(6)	$t_{Pn} = 67,46704 + 10,82153 \Delta - 0,02845 \Delta^2$
6	45,62	03 18 41,065	(23)	$t_{Pn} = -0,27145 + 15,66019 \Delta - 0,11242 \Delta^2$	(18)	$t_{Pn} = 3,87552 + 14,27214 \Delta - 0,03038 \Delta^2$	(5)	$t_{Pn} = 53,86260 + 11,86305 \Delta - 0,04783 \Delta^2$
10	46,99	16 42 47,144	(55)	$t_{Pn} = -1,51042 + 15,82199 \Delta - 0,11681 \Delta^2$	(42)	$t_{Pn} = 2,89231 + 14,61268 \Delta - 0,05233 \Delta^2$	(13)	$t_{Pn} = 44,98707 + 12,48019 \Delta - 0,05843 \Delta^2$
4	48,77	01 33 03,767	(58)	$t_{Pn} = -1,62023 + 15,84214 \Delta - 0,11690 \Delta^2$	(48)	$t_{Pn} = 3,76160 + 14,34210 \Delta - 0,03506 \Delta^2$	(10)	$t_{Pn} = 20,81344 + 14,17451 \Delta - 0,08745 \Delta^2$
8	57,34	22 19 57,892	(26)	$t_{Pn} = -1,59575 + 15,69482 \Delta - 0,11306 \Delta^2$	(21)	$t_{Pn} = 3,15511 + 14,26498 \Delta - 0,02901 \Delta^2$	(5)	$t_{Pn} = 119,46672 + 6,92699 \Delta + 0,04173 \Delta^2$

* Di questo terremoto sono state calcolate anche le equazioni in Δ^3 (v. testo).

tutte le curve dei tempi di tragitto delle P_n relative ai 10 terremoti in esame con le equazioni in Δ^2 dello schema [β].

La tabella 4 contiene le distanze epicentrali geocentriche e i tempi di tragitto delle P_n per ciascuna stazione utilizzata ai fini della ricerca, e per tutti i terremoti (i dati ipocentrali di partenza sono quelli della tabella 1). Durante l'elaborazione e nelle ripetizioni dei calcoli effettuate per ottenere migliori risultati, alcune stazioni sono state scartate.

Il metodo di calcolo usato è stato quello consueto dei minimi quadrati, per la soluzione dei 30 differenti sistemi di equazioni del tipo [β] (tre equazioni per ognuno dei 10 terremoti):

$$t_{P_n} = d + a \Delta + b \Delta^2 \quad [\beta]$$

La tabella 5 riassume tutti i risultati conseguiti. Le equazioni delle dromocrone che ivi compaiono sono riferite ciascuna al proprio tempo origine: accanto ad ogni equazione abbiamo riportato anche il numero delle stazioni usate. Di ogni equazione ottenuta ci siamo serviti per calcolare i residui delle stazioni utilizzate, e i risultati ci sono sembrati piuttosto soddisfacenti, specie quelli ottenuti con le dromocrone spezzate in due rami: ma su questo argomento torneremo tra breve. Nelle tabelle 6, 7, 8, riportiamo il quadro generale dei residui.

Le 30 equazioni calcolate sono state disegnate in una serie di 10 grafici (figg. 4, 5) ognuno dei quali contiene le tre curve relative a ciascun terremoto (equazione generale, I ramo, II ramo).

In ogni grafico sono stati riportati anche i tempi di tragitto delle stazioni utilizzate ai fini del calcolo.

Nella fig. 6 abbiamo riportato i due rami delle dromocrone P_n calcolati da Federico-Girlanda (*) per il terremoto della Sicilia orientale ($h = 77$ km).

4. - DISCUSSIONE DEI RISULTATI

4.1. - *L'esame delle equazioni.*

Un attento esame della tabella 5 rivela una soddisfacente omogeneità nei risultati ottenuti, specialmente se ci si riferisce alle equazioni generali ed ai primi rami delle curve. Le equazioni del II ramo invece si presentano all'apparenza meno omogenee tra loro.

Ciò è dovuto probabilmente al fatto che esse sono state calcolate con un numero piuttosto scarso di stazioni, mentre per le equazioni [1] e [2] le stazioni disponibili sono state molte di più.

Tuttavia i risultati, ripetutamente controllati, soddisfano pienamente i dati sperimentali. La tabella 8 dei corrispondenti residui ne è una conferma.

4.2 — *L'esame dei grafici. I punti di incontro fra I e II ramo delle dromocrone.*

La serie dei dieci grafici (figg. 4, 5) rende più evidente il contenuto numerico delle tabelle. Per ogni terremoto le tre curve si presentano sempre con caratteristiche analoghe, ma differenti nei particolari da terremoto a terremoto (forse a causa delle diverse profondità ipocentrali).

La parte iniziale delle dromocrone generali aderisce fin quasi a sovrapporsi per alcuni tratti alle dromocrone dei primi rami; lo stesso accade per la parte finale delle dromocrone generali con i secondi rami: invece esiste una porzione centrale — più o meno estesa intorno ai 20° — nella quale le curve generali differiscono più sensibilmente dai due rami spezzati, mentre I e II ramo si incontrano in un punto (che non è sempre lo stesso per i dieci terremoti): in un piccolo intorno i due tratti di curva si mantengono prossimi.

Questi risultati sono una logica conseguenza delle premesse fatte circa la non validità di un modello unico della crosta terrestre per i primi 20° di distanza epicentrale.

Ci sembra interessante soffermarci un momento a considerare i punti di incontro dei due rami delle dromocrone.

Abbiamo ricordato in precedenza gli studi che numerosi scienziati hanno svolto sulla « 20° discontinuity » ed abbiamo già parlato dell'esame approfondito che hanno fatto su questo argomento gli autori italiani Girlanda-Federico (?) prendendo il via da un terremoto con epicentro nella Sicilia orientale, a 77 km di profondità.

Non è questa la sede per affrontare in maniera esauriente un problema che potrebbe eventualmente costituire da solo argomento di una ulteriore ricerca; tuttavia riteniamo perlomeno interessante (se non utile) porre a confronto alcuni risultati.

Nello studio dei due autori citati, viene chiamata spesso in causa la stazione di Goteborg che si trova proprio al limite inferiore dei 20°

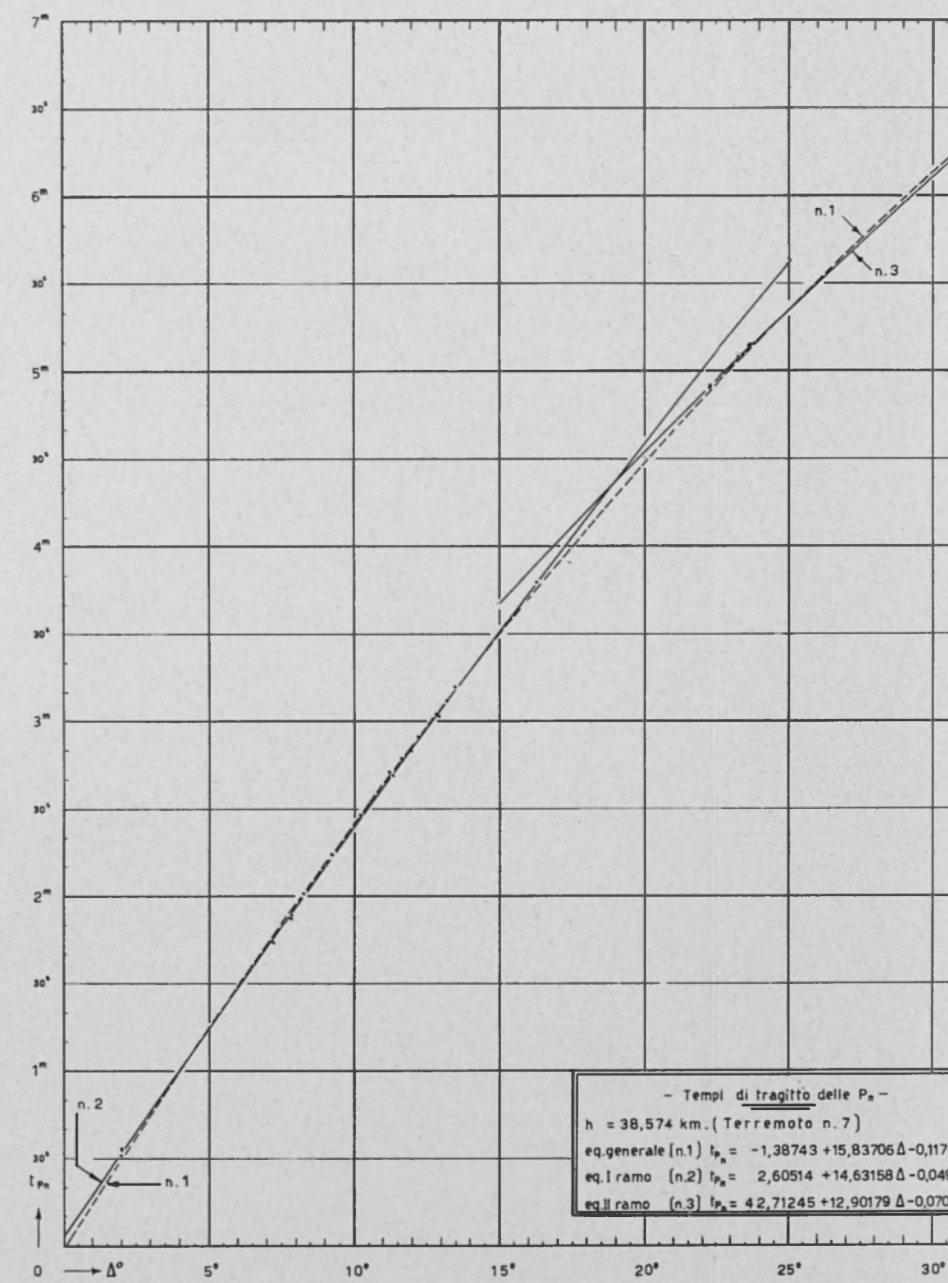
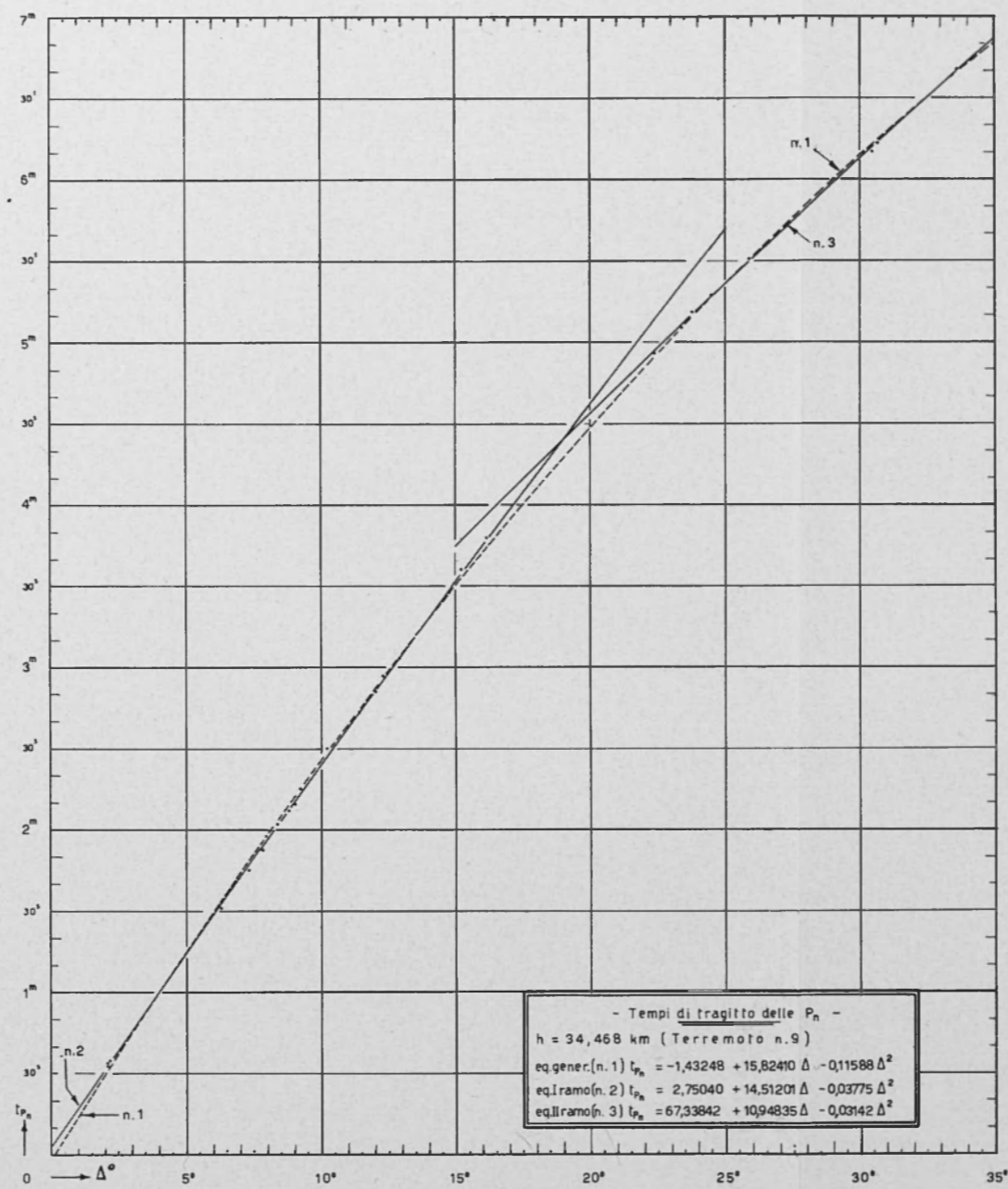
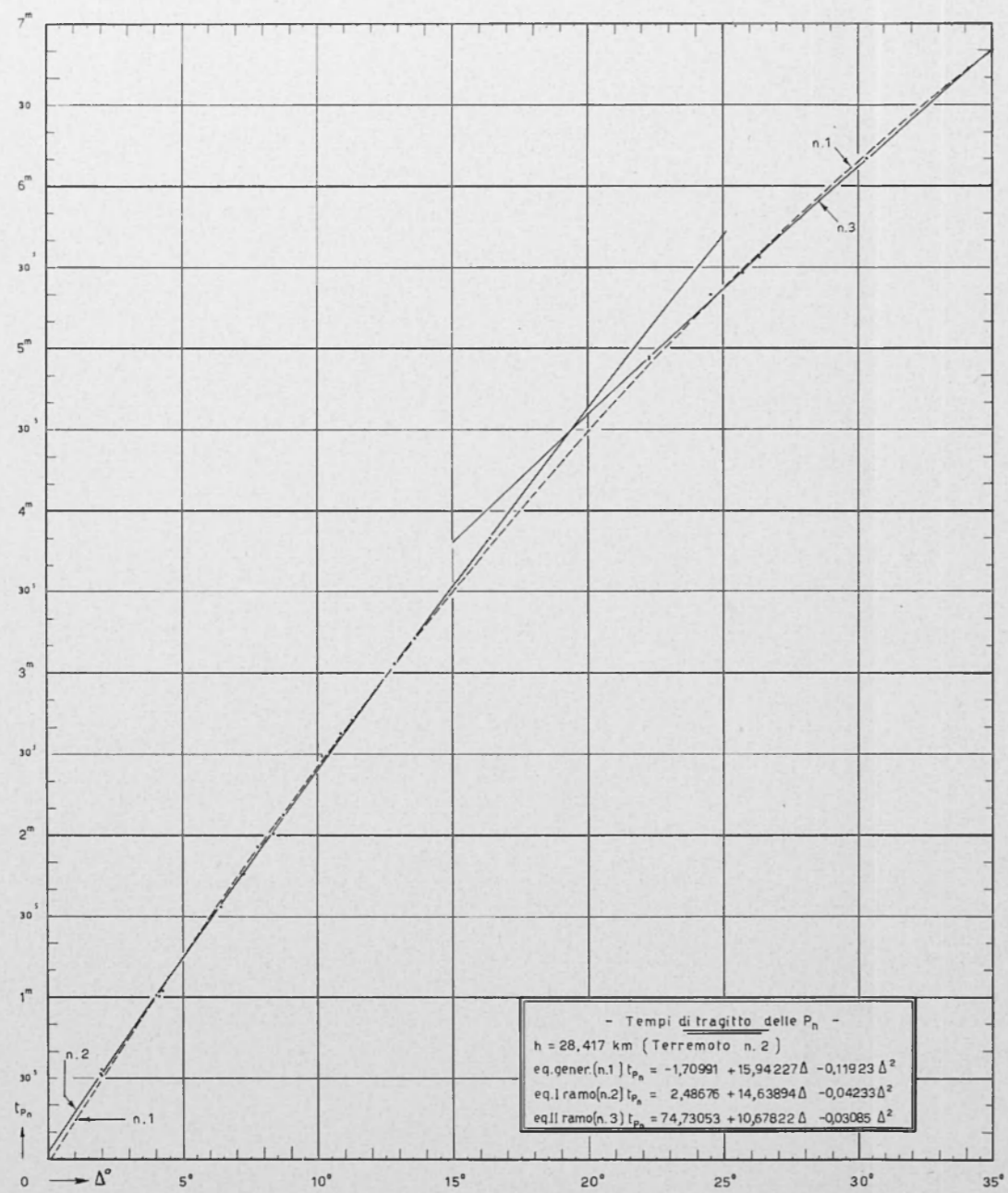


Fig. 4

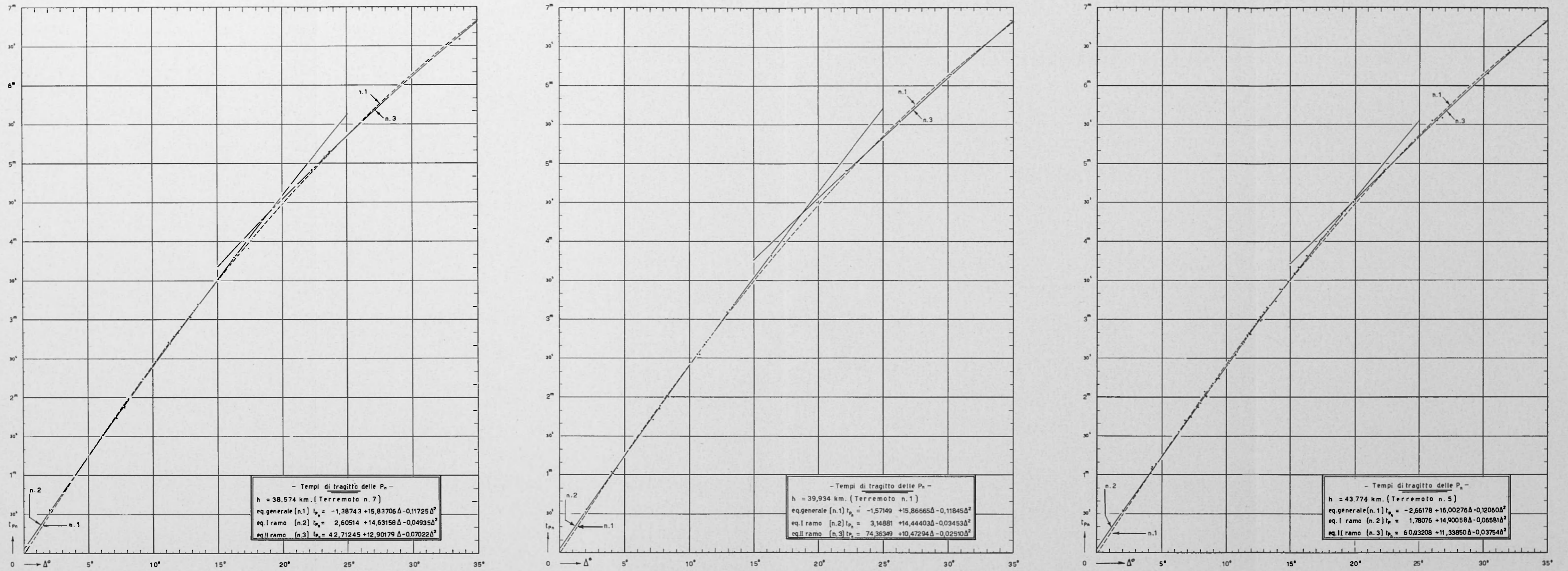


Fig. 4

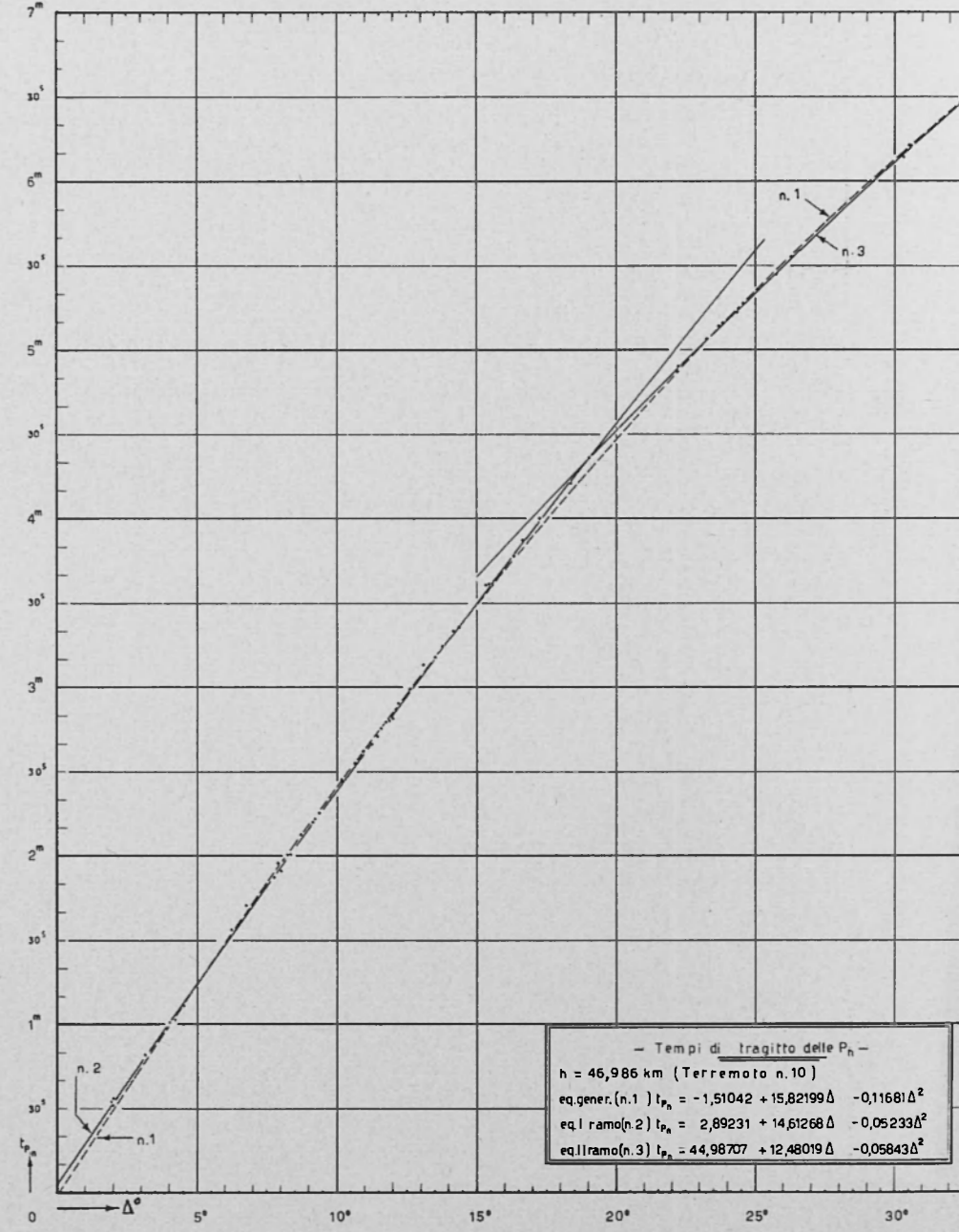
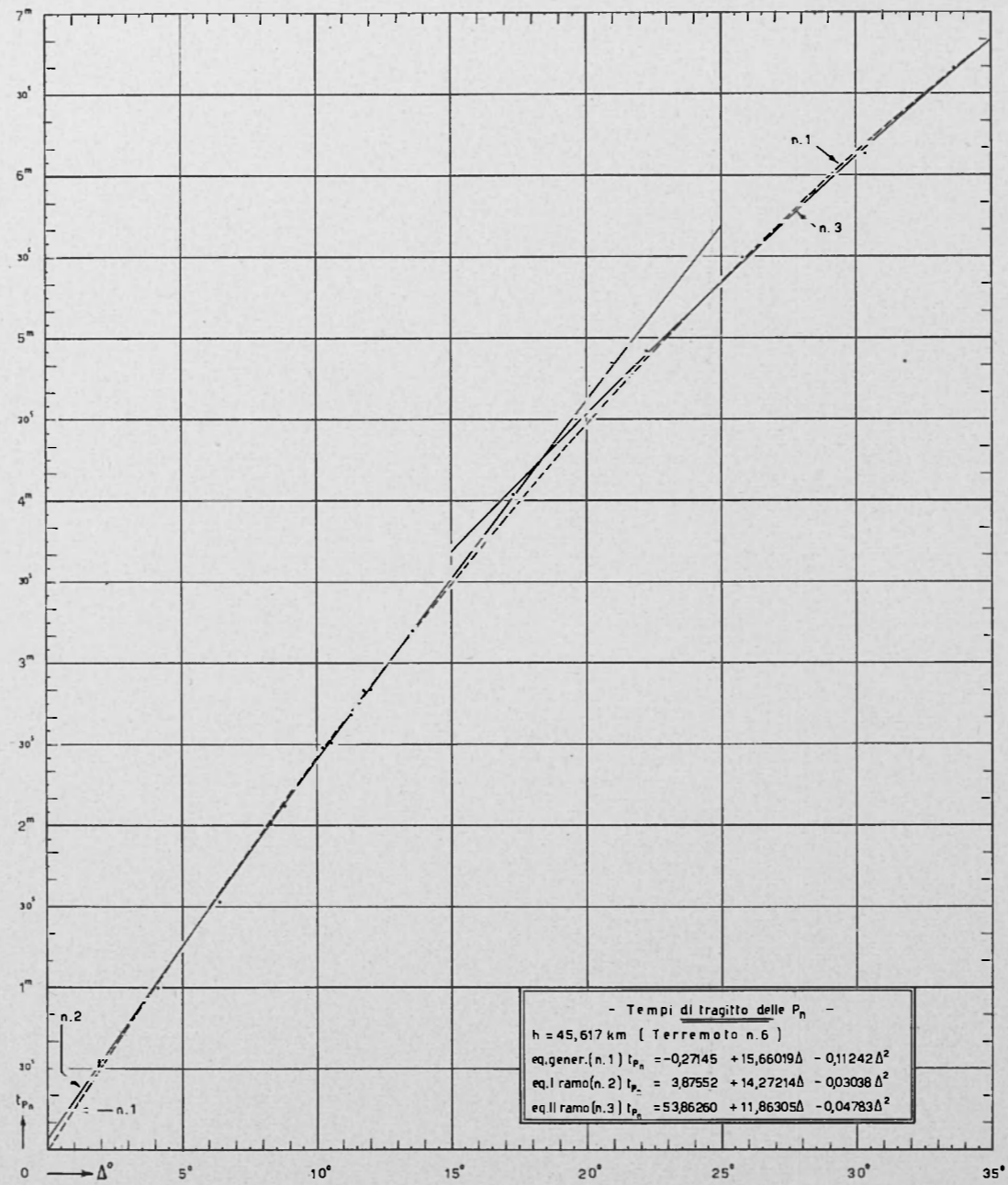
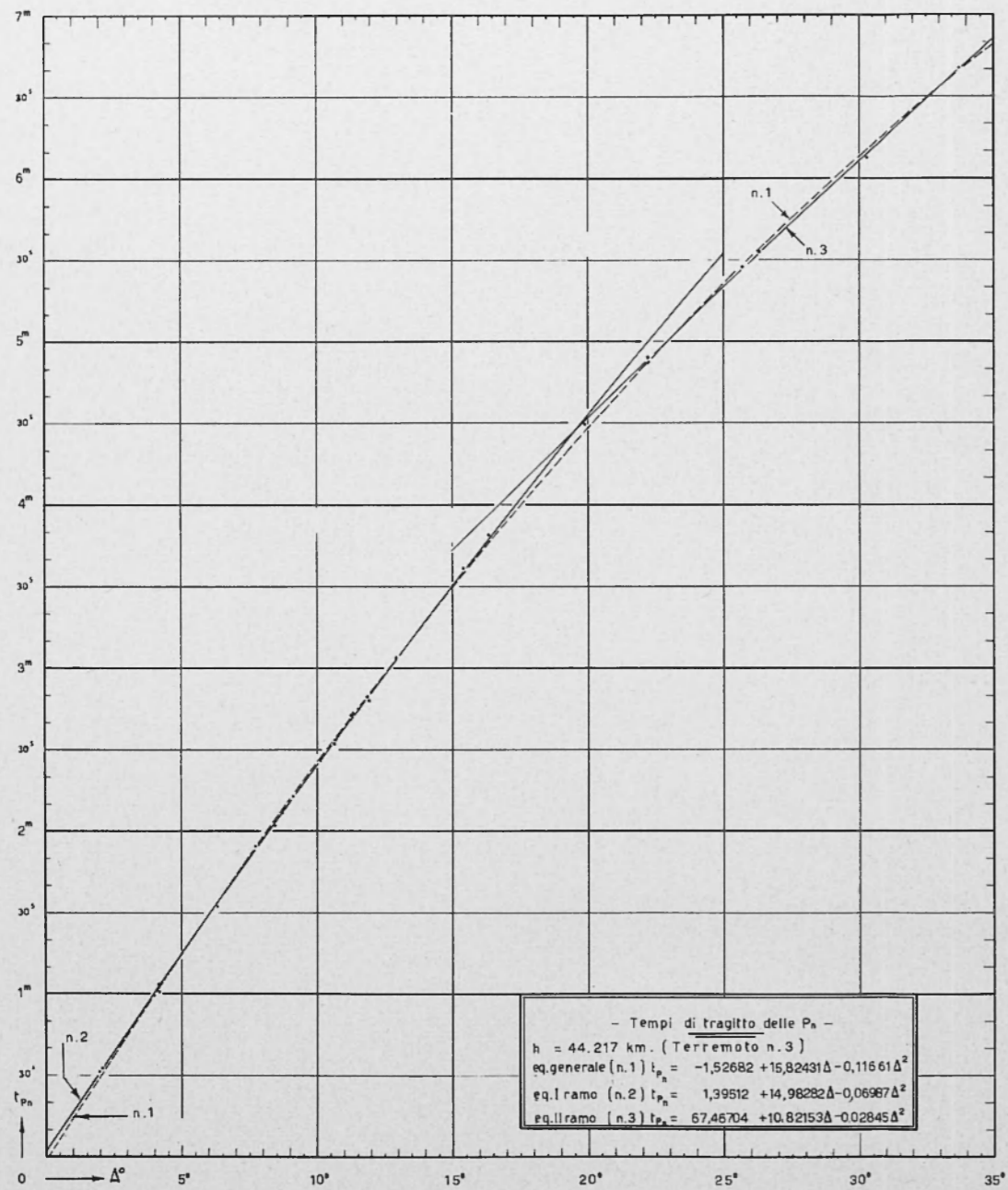


Fig. 5

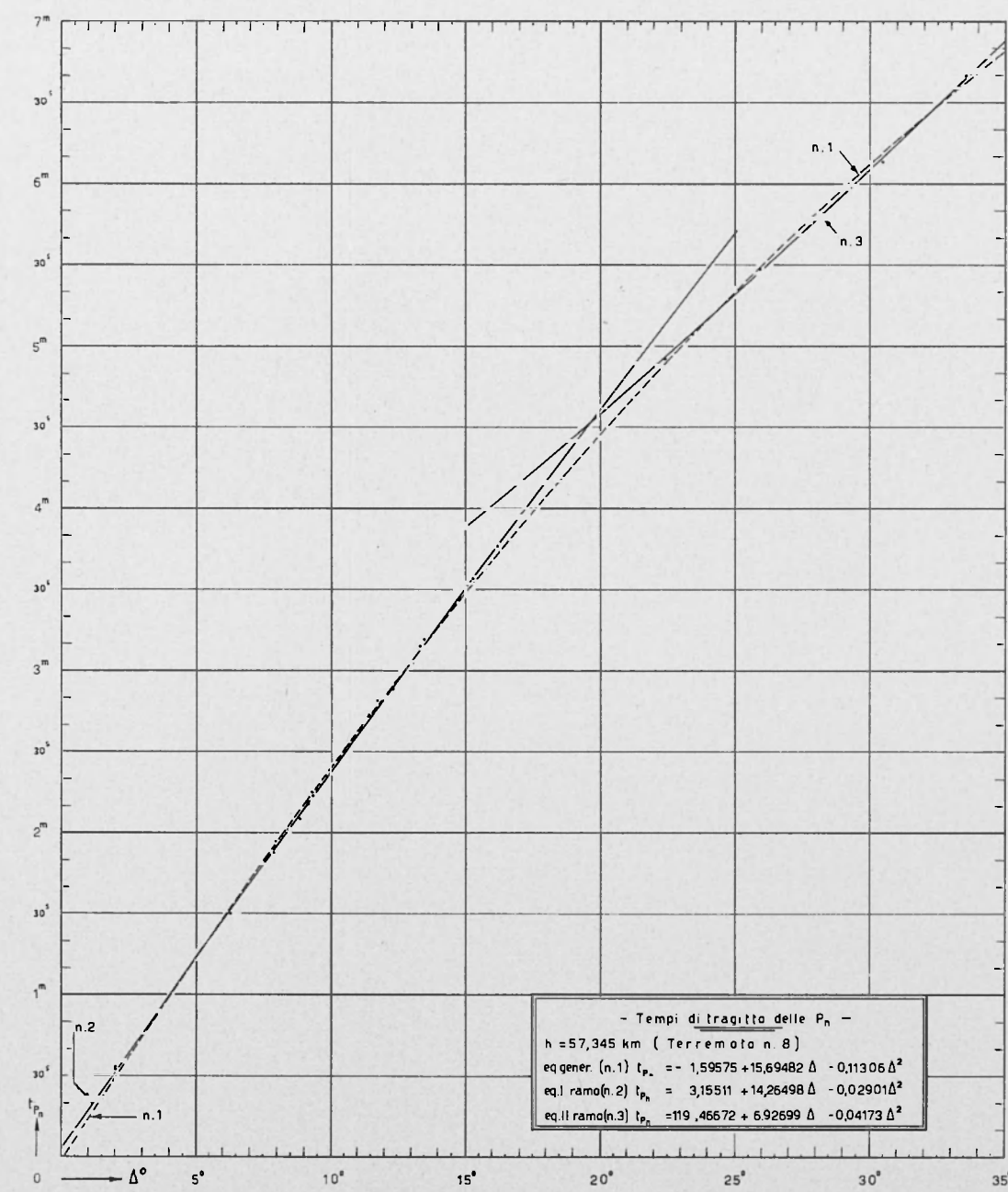
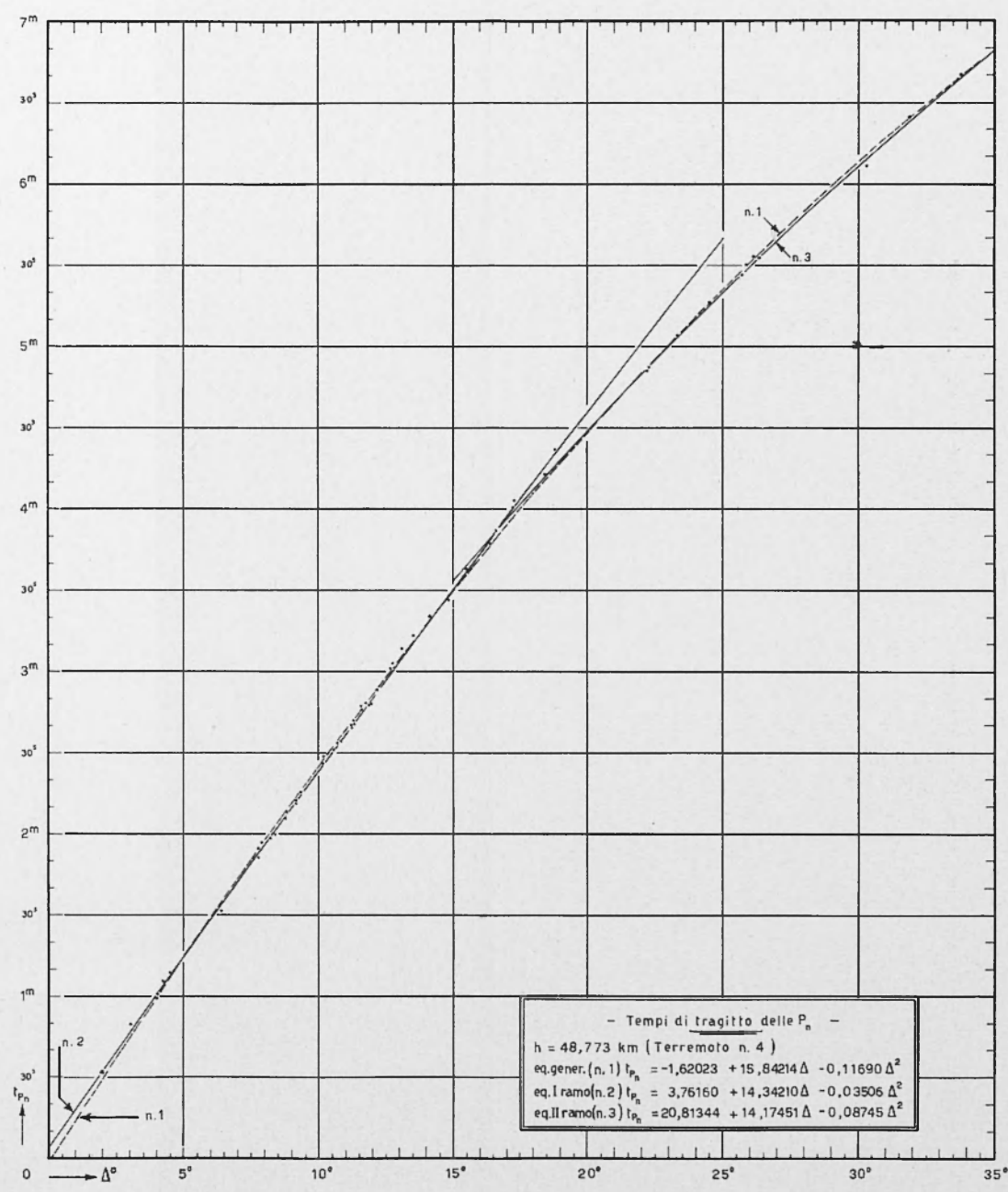
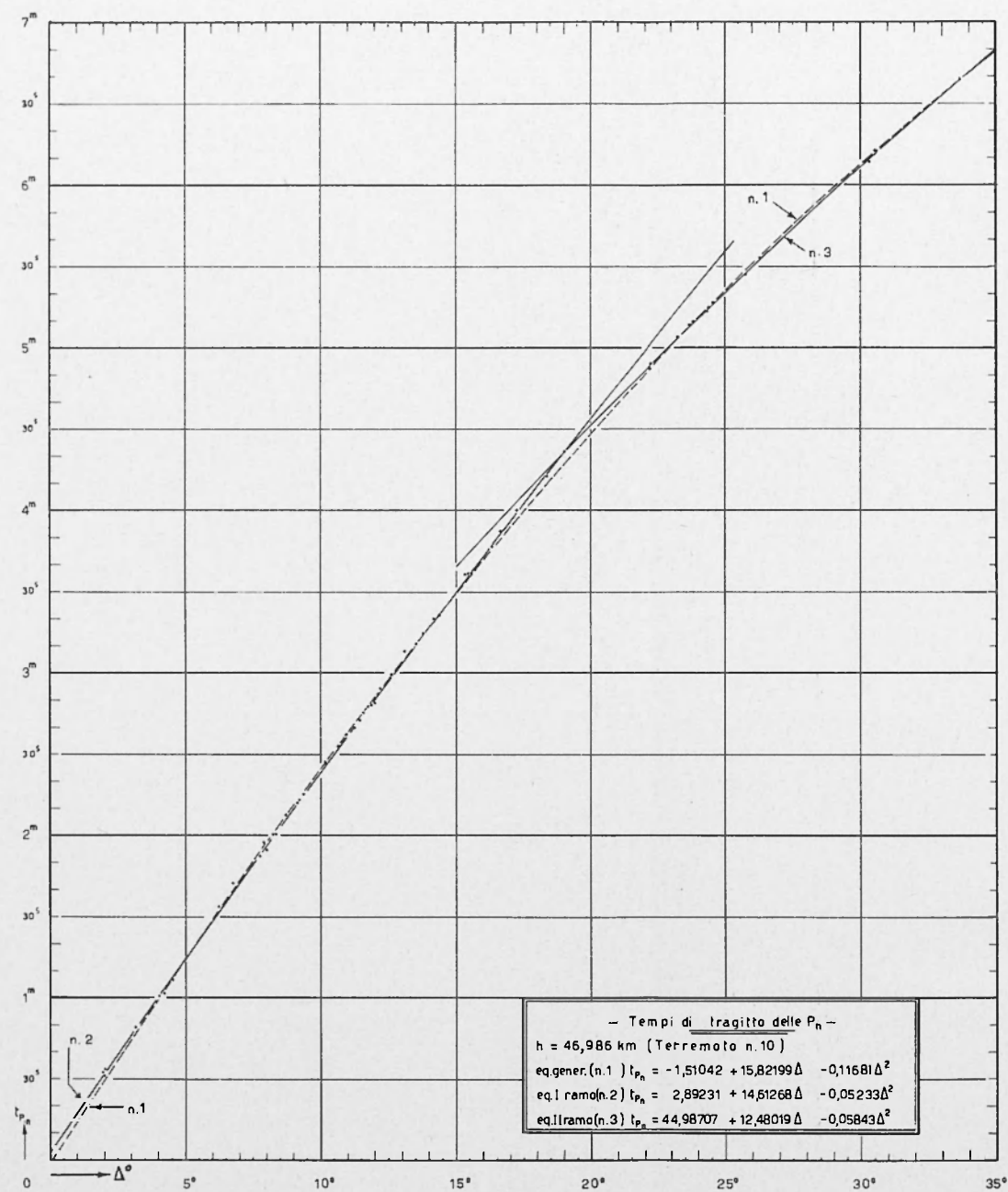


Fig. 5

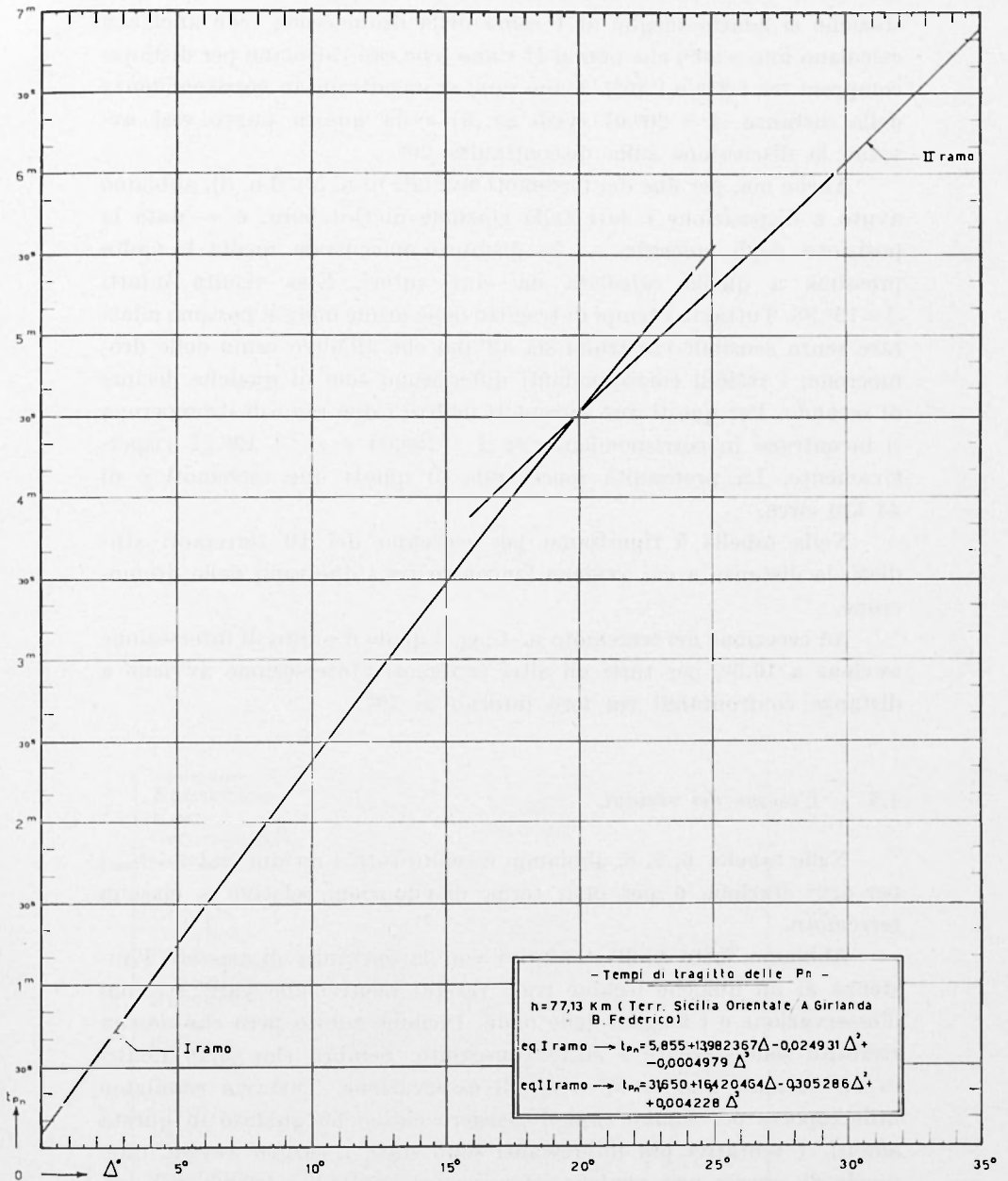


Fig. 6

($A = 19^{\circ},945$). Essi trovano che il tempo di tragitto relativo a tale stazione si adatta meglio al I ramo della dromocrona (che anch'essi calcolano fino a 20°) che non al II ramo (che essi calcolano per distanze comprese tra i 21° e i 30°). I due rami si incontrano in corrispondenza della distanza $A = 20^{\circ},07$ (vedi fig. 6) e da questo punto essi avviano la discussione sulla discontinuità 20° .

Anche noi, per due dei terremoti studiati (il n. 5 e il n. 3), abbiamo avuto a disposizione i dati della stazione di Goteborg, e — data la posizione degli epicentri — la distanza epicentrale media è molto prossima a quella calcolata dai due autori. Essa risulta infatti $A = 19^{\circ},88$. Tuttavia i tempi di tragitto delle prime onde si possono adattare senza sensibili variazioni sia all'uno che all'altro ramo delle dromocrone: i residui corrispondenti differiscono solo di qualche decimo di secondo. Per questi due terremoti inoltre i due rami di dromocrona si incontrano in corrispondenza di $A = 19^{\circ},69$ e $A = 19^{\circ},77$ rispettivamente. La profondità ipocentrale di questi due terremoti è di 44 km circa.

Nella tabella 9 riportiamo per ciascuno dei 10 terremoti studiati, la distanza a cui avviene l'incontro tra i due rami delle dromocrone.

Ad eccezione del terremoto n. 4 per il quale il punto di intersezione avviene a $16,5^{\circ}$, per tutti gli altri terremoti l'intersezione avviene a distanze confrontabili tra loro intorno ai 19° .

4.3. — *L'esame dei residui.*

Nelle tabelle 6, 7, 8, abbiamo raccolto tutti i residui ($t_{\text{calc.}} - t_{\text{oss.}}$) per ogni stazione e per ogni terna di equazioni relative a ciascun terremoto.

Abbiamo fatto molti tentativi con la speranza di trovare l'esistenza di un qualche legame tra i residui relativi alle varie stazioni d'osservazione e i tragitti delle onde. Diciamo subito però che nessun risultato soddisfacente è stato conseguito. Sembra che tutto rientri in un normale quadro di errori di osservazione. Tuttavia riteniamo utile esporre per sommi capi il pensiero che ci ha guidato in questa analisi. I tentativi più interessanti sono stati, a nostro avviso, due: quello di cercare una qualche relazione tra i residui e le distanze epicentrali (presupponendo un qualche legame con eventuali superfici di discontinuità) e quello di cercare una qualche relazione tra i residui

TABELLA 6

RESIDUI OTTENUTI CON LE DROMOCRONE GENERALI. (Equazioni [1])

MARCELLI L. - PANNOCCHIA G.

STAZIONI	(Terr. n. 2) $h=28,417$ km	(Terr. n. 9) $h=34,468$ km	(Terr. n. 7) $h=38,574$ km	(Terr. n. 1) $h=39,934$ km	(Terr. n. 5) $h=43,774$ km	(Terr. n. 3) $h=44,217$ km	(Terr. n. 6) $h=45,617$ km	(Terr. n. 10) $h=46,986$ km	(Terr. n. 4) $h=48,773$ km	(Terr. n. 8) $h=57,345$ km
Messina Univ.	-2,40110	-2,18083	-2,81882	-1,85308	-2,09454	-1,65228	-1,62351	-3,24752	-2,89004	-3,00419
Messina ING	-2,30110	-1,18083	-2,91482		-2,99454		-3,82351	-1,94752	-3,39004	-1,90419
Reggio Calabria	-3,52889	-2,29541	-0,36873	-3,33529	-2,05585	-2,56192	-1,90618	-3,60796	-2,29781	
Napoli								-2,19148	-3,51139	
Roma	+0,64941			-2,77270	-0,21324	+0,78732	+2,43651	+1,21820	+1,03685	
Taranto	+2,08421			+0,84147	-3,14974	-1,65559			+0,95931	
Cagliari	+1,85205				+2,32328	+1,84887		+1,89868	-2,18821	
L'Aquila	+0,23147			+1,44409	-0,38708	-0,94303		+0,99651	-1,39046	
Sétif	+1,97104	+1,41562		+0,03360	-0,42367	+1,95351	+3,58458		+3,30448	+2,40410
Prato								-1,08927		
Bologna					-1,60775			-1,94081		
Monaco	+2,60983	+2,96426	+3,32825	+3,70659	+2,67239				+3,56983	+2,47654
Isola		+2,65471	+2,60591	+2,79602	+2,71534				+0,10490	-0,81480
Trieste	-0,46260	-1,03725	+1,69912	+0,48126	+0,01898	+0,10377		+2,37800	-1,01853	
Pavia								-1,24558		
Liublijana		+1,08181	+0,85425							+1,51300
Algeri					+2,20689			+4,01788		
Zagabria					-2,19083			+1,12302	+2,07453	
Atene	+2,71140			+3,33135	+3,36309	+1,45081	+2,33356	+2,55776	+2,87707	
Lanslevillard	+1,79602	+1,75027		+0,55995	+1,73823	+0,61919	+2,17389	+0,45488	+2,28753	+3,55317
Monteynard		+3,17110								+1,48882
Belgrado					+0,27421				+1,59298	
Barcelona					+0,69142		-0,20958			
Sofia								+1,98147	+2,47562	+1,19096
Roseland		-0,11074	-0,09403		+0,31672	+0,74936		+1,47478	+1,71809	-0,35101
Chur					+2,74899			+1,79986	+0,94009	
Vouglans	-0,92220	-1,48728	-0,24562	-0,82084	+1,75098	+0,91553	-0,77847	+0,31953	+1,10130	
Neuchâtel					-0,20359			+1,34244	-0,82745	
Pavlikeny					+2,83318		+2,49858		+1,98674	
Bratislava									+0,49759	
Vienna				+0,01508	+2,16997	+1,65663		+1,08648		
Clermont Fer.	+0,03138			+2,45106	+2,16807			-0,35595	+1,74522	
Kasperské H.		+0,86794	+1,27946		+1,83577	-1,17356	+1,60356	+2,35479	+2,49998	+0,13021
Stoccarda	+0,27640		-0,05180	+0,50927	+1,92984	-0,23749	-0,43789		+1,44603	
Bue					+1,56706	+0,42297		+1,57150	+2,81914	
Strasbourg				+0,20060	+0,69095	+1,45512	+1,24159	+0,78328	+1,79627	+0,91540
Campulung			+0,17853	+0,43961	+0,14276			+0,15329	+0,15329	-1,70029
Karlsruhe					+1,03160			-0,21201		
Bucarest					+3,16026		-1,31570	+0,97031	+0,10422	
Erlangen						+0,51616		+2,58586	+2,67003	
Garchy		+1,06853	+1,52363			+2,74167	+1,79203	+2,80283	+3,38063	+1,33446
Praga								-0,51220	+0,36300	
Pruhonice		-1,02804	-0,46722							+1,83521
Almeria					+0,60448					
Istanbul					+3,11516			+1,42892	-1,18322	
Moxa	+0,17458	+0,92898	+0,46889						+1,29794	+0,65697
Niedzica					-0,32116					-1,52693
Tannus									-1,70001	
Luxembourg					+2,61372					
Vrincioaia			+2,24144	-2,16733	-0,54997	-0,65745				
Focsani								-2,52072		
Cracovia			+0,11421	-1,35833	-1,37329				-1,24453	-1,62125
Toledo	-0,19490		-0,92616	-0,78843	+0,20480		-0,43341	+0,63595	-2,21701	-2,26351
Malaga					+2,79286					
Bensberg								-0,22643		
Iasi					-2,31969			-0,97290	-2,24985	
Uccle					-0,65675			+0,18984		
Kishinev					-0,55759				+0,40065	
Ifrane		-2,79844			-0,60304	-2,31561		-1,98774	-3,35356	-1,61541
De Bilt					-0,73457			-3,22656		
Wittveen					-1,83171					
Tamanrasset	-2,42716	-3,11582	-2,07622	-2,41764	-3,25206	-3,06596	-1,24262	-1,21290	-1,33829	-3,26762
Rabat Z.					+0,48856			-3,40025	-2,89381	
Simferopol					-3,60498				-3,61957	
Averroes					-3,60403		-5,68892	-3,13622	-5,20135	
Lisbona					-1,64144					
Kobenhaven					-2,12954					
Karlskrona					-1,54624			-2,28348	-3,30274	
Ksara					-4,06996				-6,37275	
Gerusalemme					-3,67184			-3,98888		
Goteborg					-2,13069	-3,26920				
Uppsala	-3,15011		-1,75269	-2,44972	-0,18203	-0,15387	-1,35970	+0,08585	+1,88902	
Uddeholm	-2,01509	-1,09478	-2,37344	-1,98779	-1,14018	-2,17435	-1,11269	-1,09496	-0,78757	-1,87983
Lillehammer		+0,05598	-1,19133					+0,38332		-0,50351
Bakurijani		-1,91460	-1,64700					-1,74997		
Nurmijarvi			-0,17222					-0,28119		
Mosca		-0,51422						+0,56487		
Pulkovo	-2,50190				-0,07352			-0,18203	+0,11918	
Skalstugan	+1,78637	-0,59183			+1,66400	+0,95954	-0,99104	+1,85813	+1,87741	+0,93336
Goris					-1,42108				-0,04034	
Umea	+1,82480			+1,32907	+2,81207	+0,78691		+1,31508	+1,54843	
Tabriz					+4,25293				-1,02153	
Kiruna	+1,90313	+2,84329		+1,80747	+2,62953	+2,98766	+3,51793	+2,82191		+3,71027
Sodankyla		+1,86635						+0,05222		
Teheran								+0,27042		
Apatity					-2,00833				-0,20845	
Shiraz			-0,56062							
Bangui		-1,29569	+3,38307		+0,42130	-1,06574	-0,27739	-0,09260	-0,28909	-1,71346

TABELLA 7

RESIDUI OTTENUTI CON LE DROMOCRONE DEL I RAMO [$\Delta \leq 20^\circ$]. (Equazioni [2])

MARCELLI L. - PANNOCCHIA G.

STAZIONI	(Terr. n. 2) $h=28,417$ km	(Terr. n. 9) $h=34,468$ km	(Terr. n. 7) $h=38,574$ km	(Terr. n. 1) $h=39,934$ km	(Terr. n. 5) $h=43,774$ km	(Terr. n. 3) $h=44,217$ km	(Terr. n. 6) $h=45,617$ km	(Terr. n. 10) $h=46,986$ km	(Terr. n. 4) $h=48,773$ km	(Terr. n. 8) $h=57,345$ km
Messina Univ.	-0,64344	-0,41676	-0,96400	+0,35985	+0,32137	-0,21917	+0,13763	-0,97085	-0,11561	-0,85265
Messina ING	-0,54344	+0,58324	-1,06400		-0,57863		-2,06237	+0,32915	-0,61561	+0,24735
Reggio Calabria	-1,82764	-0,58144	+1,43087	-1,18692	+0,31372	-1,16667	-0,20224	-1,38337	+0,40835	
Napoli								-0,95799	-1,97707	
Roma	+0,61449			-2,40707	+0,61616	+1,07170	+2,25578	+1,74309	+1,69451	
Taranto	+2,00729			+1,10241	-2,40031	-1,42536			+1,54865	
Cagliari	+1,69723				-1,54940	+2,06378		+2,32065	-1,68417	
L'Aquila	-0,07902			+1,49718	+0,16493	-0,85202		+1,24060	-1,07775	
Sètif	+0,77392	+0,46151		-0,89682	-0,75006	+1,41430	+2,20671		+2,43644	+1,49027
Prato								-1,72464		
Bologna								-2,77837		
Monaco	+1,19191	+1,73551	+2,14186	+2,53310	+1,99246					
Isola		+1,35889	+1,32501	+1,53388	+1,89118				+2,23423	+1,17688
Trieste	-1,95273	-2,34048	+0,41522	-0,78252	-0,81732	-0,69129		+1,26475	-1,22639	-2,12072
Pavia								-2,37783	-2,37306	
Liublijana		-0,23801	-0,48014							+0,18337
Algeri					+1,33614			+2,85704		
Zagabria					-3,12522			-0,06558	+0,65802	
Atene	+1,18668			+2,02274	+2,40186	+0,60133	+0,61020	+1,35418	+1,43683	
Lanslevillard	+0,27686	+0,44357		-0,74525	+0,72853	-0,24256	+0,45993	-0,79008	+0,81103	+2,23388
Monteynard		+1,88515								+0,19004
Belgrado					-0,76205				+0,10937	
Barcellona					-0,36319		-1,88480			
Sofia								+0,71618	+0,98392	-0,08107
Roseland		-1,37321	-1,44421		-0,74504	-0,11495		+0,20874	+0,22641	-1,62650
Chur					+1,67162			+0,53254	-0,54907	
Vouglans	-2,22368	-2,54714	-1,48762	-1,90851	+0,65144	+0,10986	-2,24576	-0,90377	-0,31092	
Neuchâtel					-1,30248			+0,12256	-2,23515	
Pavlikeny					+1,75457		+1,14861		+0,65584	
Bratislava						+0,23282			-0,80631	
Vienna				-0,91195	+1,09421	+0,91600		-0,07024		
Clermont Fer.	-1,04993			+1,59224	+1,10316			-1,47488	+0,48546	
Kasperské II.		+0,25817	+0,32406						+1,36228	-0,47329
Stoccarda	-0,65041		-1,01547	-0,17883	+0,82035	-1,80717	+0,54854	+1,32480	+0,30438	
Bue					+0,93161	-0,84455	-1,43227		+1,72171	
Strasbourg				-0,42037	+0,57153	-0,17974		+0,57889	+0,70642	+0,36122
Campulung			-0,65863	-0,05394	-0,26296	+0,90603	+0,33111	-0,16045	-0,86598	-2,13757
Karlsruhe					-0,81045				-1,20596	
Bucarest					+0,11129		-2,13481	+0,07904	-0,84194	
Erlangen					+2,25903	+0,03879		+1,74423	+1,78241	
Garchy		+0,77104	+0,82227			+2,27942	+1,11709	+1,98224	+2,52793	+1,07533
Praga								-1,26271	-0,40331	
Pruhonice		-1,14884	-1,07069							+1,74467
Almeria					-0,20602					
Istanbul					+2,41703			+0,86662	-1,67740	
Moxa	+0,11010	+1,23215	+0,19056						+0,88906	+1,02052
Niedzica					-1,02012					-1,26141
Taunus									-2,13183	
Luxembourg					+1,92481					
Vrincioaia		+2,01758	-1,82525	-1,17267	-0,80475					
Focsani								-2,88989		
Cracovia			+0,01863	-0,86692	-1,92343				-1,46170	-0,99796
Toledo	+0,25811		-0,83271	-0,00688	-0,25855		-0,01731	+0,48532	-2,14947	-1,49967
Malaga					+2,51121					
Bensberg								-0,23071		
Iasi					-2,46187			-0,76169	-1,73700	
Uecle					-0,72970			+0,54602		
Kishinev					-0,38540				+1,46334	
Ifrane		-0,40933			-0,16833	-1,26232		-0,88936	-1,60833	+0,97384
De Bilt					-0,31076			-2,20666		
Wittween					-1,21344					
Tamanrasset	+0,85442	+0,31798	+0,33187	+1,54383	-2,22962	-1,38797	+2,12706	+0,64633	+1,45904	+0,36197
Rabat Z.					+1,69852			-1,27195	+0,19974	
Simferopol					-1,79236				+0,21019	
Averroes					-1,89837		-0,97155	-0,35895	-1,25713	
Lisbona					-0,36325					
Kobenhavn					+0,14000					
Karlskrona					+1,21994			+1,72920	+2,12506	
Ksara					-0,82714				-0,13243	
Gerusalemme					-0,21264			+0,84902		
Goteborg					+2,10681	+1,35953				

TABELLA 8
RESIDUI OTTENUTI CON LE DROMOCRONE DEL II RAMO [20° < A ≤ 34°]. (Equazioni [3])

STAZIONI	(Terr. n. 2) h = 28,417 km	(Terr. n. 9) h = 34,468 km	(Terr. n. 7) h = 38,574 km	(Terr. n. 1) h = 39,934 km	(Terr. n. 5) h = 43,774 km	(Terr. n. 3) h = 44,217 km	(Terr. n. 6) h = 45,617 km	(Terr. n. 10) h = 46,986 km	(Terr. n. 4) h = 48,773 km	(Terr. n. 8) h = 57,345 km
Uppsala	-0,22352		+0,32195	-0,19762	+0,72388	+1,23908	+0,25867	+1,13416	+1,82358	
Uddeholm	+0,84441	+0,90344	-0,33675	+0,20980	-0,27418	-0,83034	+0,45848	-0,08292	-0,87070	+0,40095
Lillehammer		+1,05131	+0,05473					-0,05260		+0,11222
Bakurijani		-1,27485	-0,67143					-1,61930		
Nurmijarvi			+0,66187					-0,28184		
Mosca		-0,44396						+0,30803		
Pulkovo	-2,20459				-0,96667			-0,54731	-0,62693	
Skalstugan	+1,07101	-1,38595			+0,19967	-0,40642	-1,83486	+0,99823	+0,89977	-1,27773
Goris					-2,94873				-1,04176	
Umea	+0,72741			-0,01867	+1,15492	-0,82164		+0,28316	+0,49234	
Tabriz					+2,50283				-2,05117	
Kiruna	-0,21532	+1,51703		+0,00710	+1,18384	+1,33360	+1,90535	+1,67061	+3,01699	+1,33938
Sodankyla		+0,60691						-1,05150		
Teheran								-0,83018		
Apatity					-2,66825				-1,02247	
Shiraz			-1,98672							
Bangui		-0,94631	+1,96977		+1,11755	-0,51313	-0,78315	+0,06794	-0,59864	-0,58173

TABELLA 9
DISTANZE A CUI AVVIENE L'INCONTRO TRA IL I E IL II RAMO DELLE DROMOCRONE.

Incontro tra I e II ramo	h = 28,42 (Terr. n. 2)	h = 34,47 (Terr. n. 9)	h = 38,57 (Terr. n. 7)	h = 39,93 (Terr. n. 1)	h = 43,77 (Terr. n. 5)	h = 44,22 (Terr. n. 3)	h = 45,62 (Terr. n. 6)	h = 46,99 (Terr. n. 10)	h = 48,77 (Terr. n. 4)	h = 57,34 (Terr. n. 8)	h = 77,13 (Terr. Girlanda Federico)
A°	19°,33	18°,77	18°,88	18°,78	19°,69	19°,77	18°,34	18°,75	16°,5	19°,53	20°,07

e la distribuzione azimutale delle stazioni (presupponendo un qualche legame con eventuali direzioni di propagazione).

A questo scopo per ciascuna stazione abbiamo calcolato i seguenti elementi: la distanza epicentrale media (\bar{A}), l'azimut medio (α) rispetto alla zona epicentrale e i residui medi relativi alle equazioni generali ($\bar{\epsilon}_1$), alle equazioni dei I rami ($\bar{\epsilon}_2$) ed alle equazioni dei II rami ($\bar{\epsilon}_3$) (ved. tab. 10). Per il primo tentativo ci siamo serviti dei \bar{A} e degli $\bar{\epsilon}$: i risultati, messi in grafico (\bar{A} in ascisse, $\bar{\epsilon}$ in ordinate - ved. fig. 7) hanno convalidato quanto è stato messo in luce con tutte le elaborazioni precedenti e cioè: i residui medi relativi alle equazioni spezzate in due rami ($\bar{\epsilon}_2$ e $\bar{\epsilon}_3$) sono generalmente più piccoli di quelli relativi alle equazioni generali ($\bar{\epsilon}_1$): essi inoltre si distribuiscono in maniera abbastanza regolare intorno alla linea di zero entro una fascia di $\pm 2^s$. I residui medi relativi alle equazioni generali invece, oltre ad essere prevalentemente più elevati degli altri, presentano un netto allontanamento dalla linea di zero lungo un intervallo che va da 16° a 24° circa: entro questo intervallo che contiene il limite di 20° imposto dalla nostra scelta cadono gli scarti massimi di Averroes ($\bar{A} = 17^\circ,3$; $\bar{\epsilon}_1 = -4^s,4$) e di Ksara ($\bar{A} = 18^\circ,9$, $\bar{\epsilon}_1 = -5^s,2$): questi scarti però

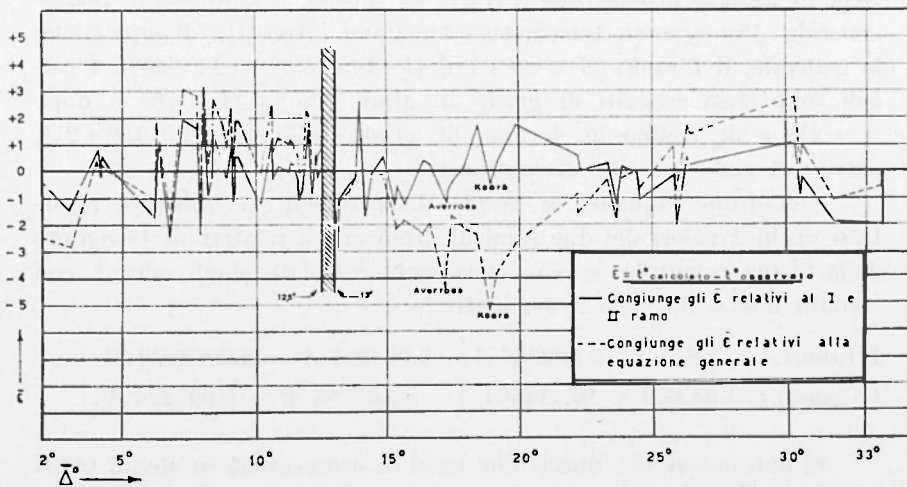


Fig. 7 - L'esame dei residui: i residui medi (ϵ) relativi alle equazioni generali ed alle equazioni spezzate in due rami, visti in funzione delle Δ epicentrali. (Per l'intervallo $12^\circ,5-13^\circ$ in cui si addensano sei stazioni vedi tab. 10).

si riducono entro limiti accettabili ($\bar{\varepsilon}_2 = -1^s,1$ e $\bar{\varepsilon}_1 = -0^s,5$ rispettivamente) quando si considerano le equazioni del I ramo.

Per il secondo tentativo ci siamo serviti oltre che dei \bar{A} e degli $\bar{\varepsilon}$, anche degli \bar{a} . Si è così ottenuta una distribuzione azimutale dei residui. Un attento esame di essa non ha però messo in luce alcun elemento di particolare interesse sicché non riteniamo utile soffermarci sui particolari.

Aggiungiamo però che molte delle stazioni, da noi utilizzate, sono servite anche per lo studio più volte ricordato del terremoto della Sicilia orientale. In quella occasione gli autori trovarono i seguenti residui: Atene = $-1^s,073$, Monaco = $-1^s,732$, Garchy = $-1^s,679$, in ottimo accordo con i nostri (si noti che essi hanno calcolato $t_{oss.} - t_{calc.}$ mentre noi abbiamo fatto $t_{calc.} - t_{oss.}$): inoltre nell'intervallo che va tra i 16° e i 24° cadono per quel terremoto numerosi residui piuttosto elevati (Sinferopol $+3^s,671$, Sotchi $+2^s,284$, Goteborg $+2^s,809$, Tbilisi $+3^s,155$, Makhatchkala $+3^s,390$, Apatity $+4^s,821$).

5. - TABELLE NUMERICHE DELLE DROMOCRONE P_n

A chiusura di questo lavoro abbiamo calcolato le tabelle numeriche di tutte le dromocrone trovate. La tabella 11 contiene il quadro generale. Per ciascun terremoto compaiono i tre tipi di equazione: la generale, il I ramo ($\Delta \leq 20^\circ$) e il II ramo ($20^\circ \leq \Delta \leq 35^\circ$). I calcoli sono stati eseguiti di grado in grado fino a $\Delta = 18^\circ$ e dopo $\Delta = 21^\circ$ e di decimo in decimo di grado nell'intervallo $18^\circ - 21^\circ$, entro cui cade la « 20° discontinuity ».

Nell'ultimo riquadro a destra della tabella 11 abbiamo riportato anche i valori dei due rami di dromocrona relativi al terremoto della Sicilia orientale le cui equazioni, calcolate dagli autori con termini fino a Δ^3 , sono le seguenti:

$$\text{I ramo) } t = 5,855 + 13,982367 \Delta - 0,024931 \Delta^2 - 0,0004979 \Delta^3$$

$$\text{II ramo) } t = 31,650 + 16,420464 \Delta - 0,305286 \Delta^2 + 0,004228 \Delta^3.$$

Si può notare che questi due rami di dromocrona in alcuni tratti coincidono con quelle oggetto del presente studio: in alcuni punti invece se ne discostano. Questo terremoto è sensibilmente più profondo degli altri e forse in ciò si può ricercare il motivo delle discordanze che si riscontrano.

TABELLA II

I TEMPI DI TRAGITO DELLE P_n

[QUADRO GENERALE: I 10 TERREMOTI E IL TERREMOTO DELLA SICILIA ORIENTALE].

MARCELLI L. - PANNOCCHIA G.

(Sicilia orientale)

A°	(Terrem. n. 2) h = 28,42 km			(Terrem. n. 9) h = 34,47 km			(Terrem. n. 7) h = 38,57 km			(Terrem. n. 1) h = 39,93 km			(Terrem. n. 5) h = 43,77 km			(Terrem. n. 3) h = 44,22 km			(Terrem. n. 6) h = 45,62 km			(Terrem. n. 10) h = 46,99 km			(Terrem. n. 4) h = 48,77 km			(Terrem. n. 8) h = 57,34 km			A°	dromocrona Girlanda-F. derloco h = 77,13 km	
	dromoc. generale	I ramo Δ ≤ 20°	II ramo 20° < Δ < 35°	dromoc. generale	I ramo Δ ≤ 20°	II ramo 20° < Δ < 35°	dromoc. generale	I ramo Δ ≤ 20°	II ramo 20° < Δ < 35°	dromoc. generale	I ramo Δ ≤ 20°	II ramo 20° < Δ < 35°	dromoc. generale	I ramo Δ ≤ 20°	II ramo 20° < Δ < 35°	dromoc. generale	I ramo Δ ≤ 20°	II ramo 20° < Δ < 35°	dromoc. generale	I ramo Δ ≤ 20°	II ramo 20° < Δ < 35°	dromoc. generale	I ramo Δ ≤ 20°	II ramo 20° < Δ < 35°	dromoc. generale	I ramo Δ ≤ 20°	II ramo 20° < Δ < 35°	dromoc. generale	I ramo Δ ≤ 20°	II ramo 20° < Δ < 35°		I ramo	II ramo
1,0	00 ^m 11,11*	00 ^m 17,08*		00 ^m 14,27*	00 ^m 17,22*		00 ^m 14,33*	00 ^m 17,19*		00 ^m 14,18*	00 ^m 17,56*		00 ^m 13,22*	00 ^m 16,62*		00 ^m 14,18*	00 ^m 16,31*		00 ^m 15,28*	00 ^m 18,12*		00 ^m 14,19*	00 ^m 17,45*		00 ^m 14,11*	00 ^m 18,07*		00 ^m 13,99*	00 ^m 17,39*		1,0	00 ^m 19,81*	
2,0	29,70	31,60		29,75	31,62		29,82	31,67		29,69	31,90		28,86	31,32		29,66	31,08		30,60	32,30		29,67	31,91		29,60	32,31		29,34	31,57		2,0	33,72	
3,0	15,04	16,02		11,99	15,95		15,07	16,06		14,96	16,17		11,90	15,89		14,26	16,42		45,70	46,42		44,90	46,26		44,85	46,47		44,47	45,69		3,0	47,56	
4,0	01 00,15	01 00,37		01 00,00	01 00,19		01 00,08	01 00,34		01 00,00	01 00,37		01 00,33	01 00,33		01 00,33	01 00,33		01 00,57	01 00,48		01 00,57	01 00,51		01 00,57	01 00,57		01 00,57	01 00,57		4,0	59,75	
5,0	15,02	14,62		11,79	14,37		14,87	14,37		14,80	14,87		14,34	14,64		14,64	14,56		15,22	14,48		14,68	14,65		14,67	14,60		14,60	14,60		5,0	15,08	
6,0	29,65	28,80		29,33	28,46		29,41	28,62		29,36	28,57		29,01	28,82		29,22	28,78		29,64	28,41		29,22	28,68		29,22	28,55		28,50	27,70		6,0	28,74	
7,0	14,04	12,89		13,65	12,48		13,73	12,48		13,69	12,57		13,45	12,86		13,45	12,85		13,53	12,85		13,52	12,44		13,55	12,44		12,73	11,59		7,0	42,34	
8,0	58,20	56,89		57,74	56,43		57,81	56,50		57,78	56,49		57,64	56,79		57,60	56,79		57,82	56,11		57,59	56,44		57,64	56,25		56,73	55,42		8,0	55,86	
9,0	12,11	10,81		11,59	10,30		11,55	10,29		11,63	10,35		11,45	10,56		11,45	10,58		11,56	10,17		11,43	10,17		11,43	10,17		10,00	9,0	9,0	9,0		
10,0	25,79	24,64		25,21	24,10		25,26	23,99		25,25	24,14		25,31	24,21		25,06	24,24		25,09	23,56		25,03	23,79		25,11	23,68		24,05	22,90		10,0	22,69	
11,0	39,23	38,39		38,61	37,81		38,63	37,86		38,63	37,86		38,78	37,72		38,43	37,75		38,39	37,59		38,40	37,39		38,40	37,28		37,37	36,56		11,0	35,98	
12,0	05,39	05,64		05,03	05,46		05,17	05,08		05,17	05,09		05,00	05,11		05,17	05,13		05,17	05,13		05,17	05,13		05,17	05,13		05,13	05,08		12,0	49,19	
13,0	18,11	19,14		17,39	18,52		17,35	17,77		17,35	18,60		17,74	17,49		17,16	17,46		17,16	16,94		17,16	17,10		17,16	17,08		17,08	17,18		13,0	03 02,32	
14,0	30,60	32,55	(03 ^m 47,96*)	29,85	31,94	(03 ^m 44,54*)	29,79	30,98	(03 ^m 40,44*)	29,78	32,04	(03 ^m 45,81*)	30,24	30,48	(03 ^m 42,56*)	29,60	30,42	(03 ^m 43,39*)	30,42	31,12	(03 ^m 41,05*)	29,54	30,31	(03 ^m 39,04*)	29,71	31,00	(03 ^m 33,75*)	28,39	30,60	(03 ^m 52,76*)	14,0	28,30	
15,0	12,84	15,87	(57,68)	12,08	15,28	(54,52)	11,99	14,08	(51,10)	11,97	15,41	(55,50)	12,51	14,34	(52,74)	11,81	13,23	(53,33)	11,81	14,45	(51,43)	11,74	14,30	(49,71)	11,93	14,26	(45,22)	10,58	13,97	(01 00,98)	15,0	41,15	
16,0	54,85	59,12	(04 07,34)	54,08	58,54	(04 04,43)	53,96	57,08	(04 01,75)	53,93	58,72	(04 05,15)	54,53	56,07	(04 02,84)	53,79	55,91	(04 03,21)	53,46	57,72	(04 01,71)	53,71	56,18	(04 00,26)	53,91	57,44	(56,51)	52,54	57,28	(09,20)	17,0	01 03,34	
17,0	06,62	12,27	(16,94)	04 05,85	11,74	(14,28)	04 05,69	04 09,98	(12,19)	04 05,65	11,95	(14,74)	04 06,31	04 08,67	(12,36)	04 05,53	11,11	(13,04)	04 05,53	11,11	16,94	(11,90)	04 05,44	04 08,97	(10,70)	04 10,56	(04 07,62)	04 10,53	(17,67)	18,0	04 06,56		
18,1	13,58	17,90	(17,90)	13,05	15,26	(15,26)	11,27	13,23	(13,23)	11,27	13,27	(15,70)	09,92	13,86	(13,86)	09,92	13,86	(14,02)	09,92	12,25	(12,91)	10,24	04 08,97	(11,74)	11,87	(08,72)	11,85	(18,52)	18,1	18,1			
18,2	14,89	18,86	(18,86)	14,36	16,24	(16,24)	11,59	14,59	(14,59)	11,59	14,59	(16,66)	11,17	14,86	(14,86)	11,57	15,00	(15,00)	11,57	15,72	(15,97)	12,78	04 08,97	(13,93)	13,17	(09,82)	13,17	(19,36)	18,2	18,2			
18,3	16,20	19,81	(19,81)	15,68	17,22	(17,22)	13,84	15,30	(15,30)	13,84	15,91	(17,61)	12,42	15,85	(15,85)	12,42	15,97	(15,97)	12,42	14,88	(14,94)	12,78	04 08,97	(15,95)	14,95	(12,02)	15,81	(21,05)	18,4	18,4			
18,4	17,51	20,77	(20,77)	16,99	18,20	(18,20)	15,12	17,23	(16,33)	15,12	17,23	(18,57)	13,42	16,85	(16,85)	13,42	16,95	(16,95)	13,42	16,20	(16,95)	14,05	04 08,97	(17,97)	17,09	(15,87)	17,59	(14,84)	18,5	18,5			
18,5	18,82	21,72	(21,72)	18,30	19,18	(19,18)	16,40	17,36	(17,36)	16,40	18,55	(19,52)	14,92	17,85	(17,85)	14,92	17,93	(17,93)	14,92	17,51	(16,96)	15,32	04 08,97	(18,90)	18,40	(16,90)	18,40	(22,75)	18,6	18,6			
18,6	20,13	22,67	(22,67)	19,61	19,86	(19,86)	17,68	18,39	(18,39)	17,68	18,59	(20,48)	15,90	18,38	(18,38)	15,90	18,83	(18,83)	15,90	18,38	(18,98)	17,85	04 08,97	(19,97)	19,70	(15,30)	19,70	(23,59)	18,7	18,7			
18,7	21,43	23,63	(23,63)	20,92	21,14	(21,14)	18,96	19,42	(19,42)	18,96	21,18	(21,43)	17,41	19,83	(19,83)	17,41	19,88	(19,88)	17,41	20,14	(18,98)	19,75	04 08,97	(20,99)	19,70	(17,93)	20,14	(24,44)	18,8	18,8			
18,8	22,74	24,58	(24,58)	22,23	22,23	(22,23)	20,24	20,44	(20,44)	20,24	22,49	(22,38)	18,65	21,45	(20,86)	18,65	21,45	(20,86)	18,65	21,45	(19,98)	19,12	04 08,97	(21,99)	21,00	(18,96)	21,00	(25,29)	18,9	18,9			
18,9	24,04	25,53	(25,53)	23,54	23,09	(23,09)	21,51	21,47	(21,47)	21,51	23,81	(23,34)	19,89	21,83	(21,83)	19,89	21,83	(21,83)	19,89	21,83	(20,99)	20,38	04 08,97	(22,99)	20,38	(17,47)	22,40	(24,44)	18,8	18,8			
19,0	25,35	26,48	(26,48)	24,85	24,06	(24,06)	22,79	22,79	(22,79)	22,79	25,12	(24,29)	21,13	24,08	(22,81)	21,13	24,08	(22,81)	21,13	24,08	(21,99)	21,64	04 08,97	(23,99)	21,64	(18,56)	23,60	(26,14)	19,0	19,0			
19,1	26,65	27,43	(27,43)	26,16	25,04	(25,04)	24,06	23,52	(23,52)	24,06	26,43	(25,24)	22,37	24,80	(23,78)	22,37	24,80	(23,78)	22,37	25,39	(23,00)	22,90	04 08,97	(24,00)	24,91	(19,64)	24,91	(27,00)	19,1	19,1			
19,2	27,95	28,38	(28,38)	27,46	26,01	(26,01)	25,34	24,54	(24,54)	25,34	27,75	(26,19)	23,61	24,79	(24,79)	23,61	24,75	(24,75)	23,61	25,39	(25,77)	24,16	04 08,97	(25,00)	26,21	(23,07)	26,21	(28,70)	19,2	19,2			
19,3	29,25	29,33	(29,33)	28,77	26,99	(26,99)	26,61	25,56	(25,56)	26,61	29,06	(27,14)	24,85	25,78	(25,78)	24,85	25,78	(25,78)	24,85	26,01	(25,00)	25,42	04 08,97	(26,00)	28,80	(25,11)	27,50	(21,81)	19,3	19,3			
19,4	30,55	30,28	(30,28)	30,08	27,88	(27,88)	27,88	26,58	(26,58)	27,88	30,37	(28,09)	26,08	26,77	(26,77)	26,08	26,77	(26,77)	26,08	28,01	(25,00)	26,68	04 08,97	(27,00)	28,99	(26,00)	28,99	(28,89)	19,4	19,4			
19,5	31,85	31,23	(31,23)	31,38	29,16	(29,16)	29,16	27,60	(27,60)	29,16	31,68	(29,04)	27,32	27,76	(27,76)	27,32	27,76	(27,76)	27,32	28,01	(25,00)	27,94	04 08,97	(28,00)	30,63	(26,13)	30,10	(23,96)	19,5	19,5			
19,6	33,15	32,17	(32,17)	32,68	29,91	(29,91)	30,43	28,61	(28,61)	30,43	32,99	(29,99)	28,55	28,75	(28,75)	28,55	2																

5.1. — I TEMPI DI TRAGITTO P_n IN ITALIA*Dromocrone a confronto.*

Può essere interessante infine mettere a confronto i risultati di questo lavoro con quelli relativi ad alcuni terremoti avvenuti in altre parti d'Italia.

TABELLA 12
DROMOCRONE P_n D'ITALIA A CONFRONTO.

.1°	(Di Filippo-Marcelli) Italia Centrale ($h = 5$ km)	(Caloi) Italia Nord-Orientale ($h = 17$ km)	(Marcelli-Pannocchia) Italia Meridionale ($h = 28$ km)
1	26,46 ^s	24,93 ^s	17,08 ^s
2	40,02	38,82	31,60
3	53,59	52,71	46,02
4	1 ^m 07,16	1 ^m 06,60	1 ^m 00,37
5	20,72	20,49	14,62
6	34,29	34,37	28,80
7	47,86	48,26	42,89
8	2 ^m 01,42	2 ^m 02,15	56,89
9	15,00	16,04	2 ^m 10,81
10	28,56	29,93	24,64
11	42,12	42,78	38,39
12	55,69	56,17	52,06
13	3 ^m 09,26	3 ^m 09,55	3 ^m 05,64
14	22,82	22,56	19,14
15	36,39	34,67	32,55
16	49,96	47,22	45,87
17	4 ^m 03,52	59,89	59,12
18	17,09	4 ^m 11,50	4 ^m 12,27
19	30,66	23,39	25,35
20	44,22	35,22	38,33

Basterà considerare le dromocrone dedotte dallo studio di un terremoto con epicentro nell'Italia settentrionale, di uno con epicentro nell'Italia centrale e di uno con epicentro nell'Italia meridionale per rendersi conto del notevole influsso che ha il tragitto percorso dai raggi sismici sui tempi di propagazione.

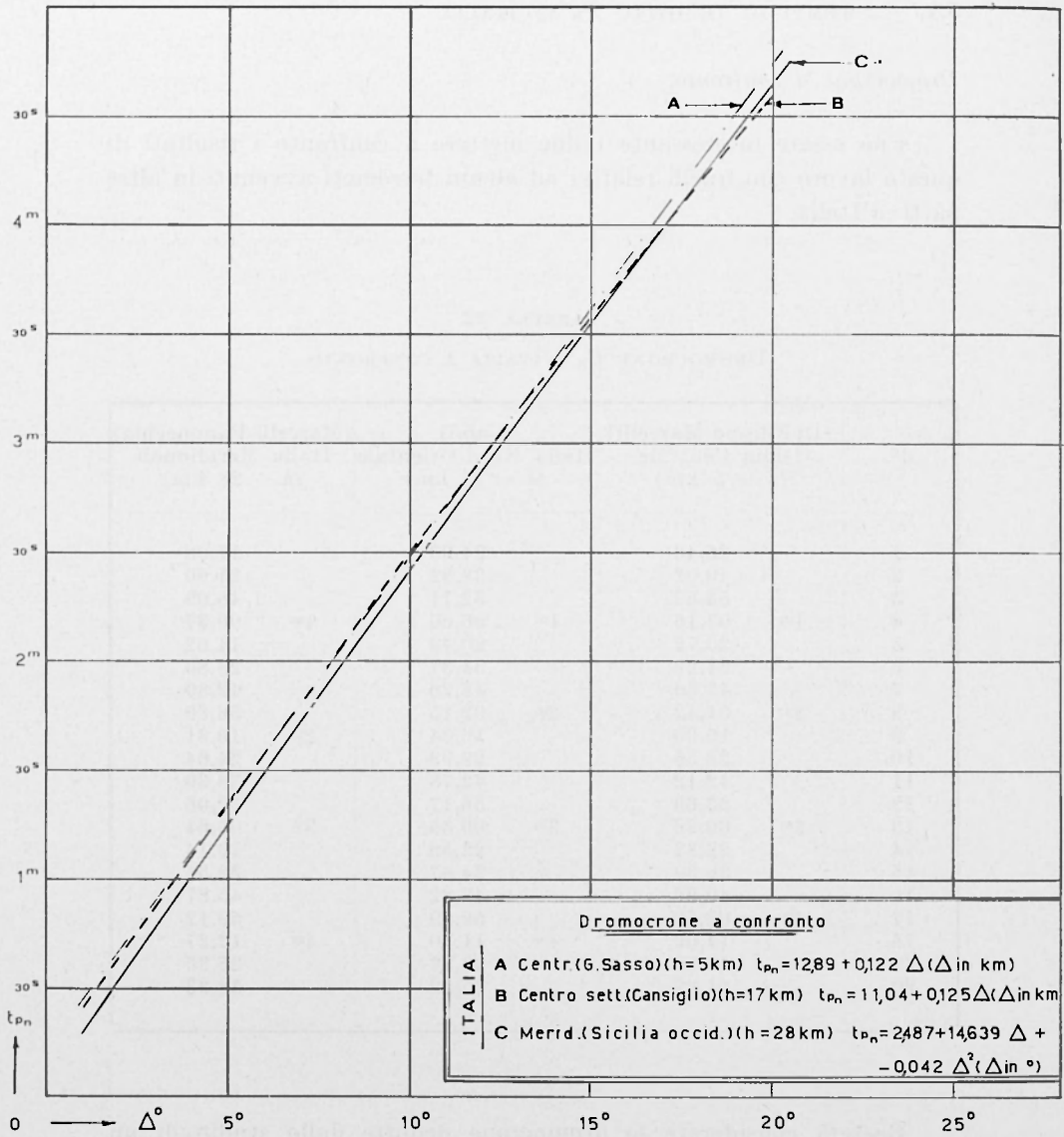


Fig. 8

I terremoti posti a confronto sono i seguenti:

Italia Nord-Orientale: terremoto del Cansiglio del 18/10/1936 (¹), $h = 17$ km. La dromocrona delle P_n , fino a 1100 km è (riferita al tempo origine):

$$t_{P_n} = 11,04 + 0,125 \Delta \quad (\Delta \text{ in km});$$

Italia Centrale: terremoto del Gran Sasso del 5/9/1950 (⁶), $h = 5$ km. La dromocrona delle P_n è (riferita al tempo origine):

$$t_{P_n} = 12,89 + 0,122 \Delta \quad (\Delta \text{ in km});$$

Italia Meridionale: terremoto della Sicilia Occidentale del Gennaio 1968 (¹¹), $h = 28$ km. Scegliamo il terremoto meno profondo la cui dromocrona (I ramo P_n) è:

$$t_{P_n} = 2,487 + 14,639 \Delta - 0,042 \Delta^2 \quad (\Delta \text{ in gradi}).$$

La tabella 12 riporta i valori numerici delle tre serie di valori dei tempi di tragitto delle P_n e la figura 8 ne pone a confronto i grafici. Sia l'una che l'altra rendono evidenti le differenze delle tre curve e si manifesta quindi la necessità pratica di fare una scelta, per il loro uso, a seconda della posizione dell'epicentro.

CONCLUSIONI

Da quanto esposto nel corso del presente lavoro si può concludere che i risultati conseguiti rendono sempre più manifesta l'esigenza di intensificare le ricerche sismologiche a livello regionale in modo da arricchire la conoscenza particolareggiata della crosta terrestre e degli strati più alti del mantello superiore.

Se ogni Nazione si impegnasse in studi dettagliati sul proprio territorio, si potrebbe colmare il vuoto dei primi 20° che mancano al quadro generale del modello unico ideato dal gruppo di Herrin, e si potrebbe così rendere tale modello più aderente ad una realtà che varia in maniera sensibile al variare delle caratteristiche tettonico-geologiche regionali.

BIBLIOGRAFIA

- (1) CALOI P., 1938. - *Ricerche su terremoti ad origine vicina. Scosse del Consiglio dell'Ottobre 1936.* « La Ricerca Scientifica », Anno IX, serie II, II, 7-8.
 - (2) CALOI P., 1939. - *Tempi di tragitto per terremoti ad origine vicina.* « La Ricerca Scientifica », Anno X, 5, 388, Maggio.
 - (3) CALOI P., 1967. - *On the upper mantle.* « Advances in Geophysics » Academic Press, New York.
 - (4) DE PANFILIS M., MARCELLI L., 1968. - *Il periodo sismico della Sicilia occidentale iniziato il 14 Gennaio 1968.* « Annali di Geofisica », XXI, 4.
 - (5) DI FILIPPO D., MARCELLI L., 1952. - *Dromocrone per terremoti vicini e velocità delle onde nell'Italia centrale.* « Annali di Geofisica », V, 2.
 - (6) FEDERICO B., GIRLANDA A., 1965. - *Il terremoto della Sicilia del 23 Dicembre 1959 e la « discontinuità 20° ».* « Annali di Geofisica », XVIII, 2.
 - (7) GIRLANDA A., FEDERICO B., 1966. - *La « discontinuità 20° ».* « Annali di Geofisica », XIX, 2.
 - (8) HERRIN E., 1968. - *Introduction to « 1968 seismological tables for P phases ».* « Bulletin of the Seismological Society of America », 58, 4, pp. 1193-1241, Agosto.
 - (9) HERRIN E., TUCKER W., TAGGART J., GORDON D. W., LOBDELL J. L., 1968. - *Estimation of surface focus P travel times.* « Bulletin of the Seismological Society of America », 58, 4, pp. 1273-1291, Agosto.
 - (10) JEFFREYS H., BULLEN K. E., 1940. - *Seismological tables.* « British Association for the Advancement of Science Gray » Milne Trust.
 - (11) MARCELLI L., PANNOCCHIA G., 1971. - *Uno studio analitico sui dati ipocentrali di 10 terremoti avvenuti in Sicilia occidentale nel Gennaio 1968.* « Annali di Geofisica », XXIV, 2.
-