

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

N. 88

PAOLO EMILIO VALLE

Contributo allo studio delle onde S K S

ROMA
ANNO MCMXLII-XX

Estratto dal « *Bollettino della Società Sismologica Italiana* »

Vol. XXXIX - N. 3-4 - Anno 1941-XX

ROMA - SCUOLA TIPOGRAFICA PIO X - VIA DEGLI ETRUSCHI, 7-9 - ROMA

Riassunto: Allo scopo di contribuire alle ricerche sulle onde sismiche che hanno attraversato il nucleo terrestre, si è proceduto ad una verifica dello stato di polarizzazione della fase SKS utilizzando i sismogrammi relativi al terremoto del 15-4-41-XIX (Messico Centrale). Si è trovato — nei limiti degli errori sperimentali — che tale tipo di onde vibra nel piano principale.

È stato inoltre eseguito un accurato studio sull'andamento del periodo pervenendo alla conclusione che — almeno nel caso esaminato e per $83^\circ < \Delta < 101^\circ$ — questi è sensibilmente indipendente dalla distanza epicentrale.

Premessa. — È noto che le onde sismiche spaziali, pur presentando un carattere nettamente oscillatorio, non sono sinusoidali nè possono essere considerate come la somma di un limitato numero di componenti armoniche, trattandosi, in generale, di impulsi irregolari, susseguentisi nel tempo senza una legge determinata; non avrebbe quindi senso parlare di periodo di un'onda sismica.

Tuttavia si usa comunemente definire come periodo, ad un certo istante, il doppio della distanza (in secondi) tra due successivi passaggi del sismogramma per la linea di riposo o anche la distanza tra due successivi massimi.

Se si è ovviato con una convenzione all'inconveniente della definizione del periodo di un'onda sismica, non si è ancora potuto provvedere ad una semplice e conveniente sistemazione della teoria degli strumenti. L'attuale teoria si basa, com'è noto, sull'ipotesi che il sismografo sia sottoposto all'azione di una perturbazione sinusoidale. In tale ipotesi, il periodo dell'onda registrata sul sismogramma coincide con quello dell'onda incidente, indipendentemente dal periodo proprio dello strumento, da cui

dipende soltanto l'ingrandimento dinamico, il quale è massimo se la perturbazione e il sismografo sono in risonanza.

Ora, come si è già detto, l'ipotesi suddetta è ben lungi dall'essere in pratica verificata e quindi nessun affidamento, per quanto riguarda la determinazione dell'ampiezza degli spostamenti del suolo, può essere fatto sulle registrazioni di un sismografo basandosi sulle curve di ingrandimento dedotte dalla sopracitata teoria. La quale, come è stato sperimentalmente provato, non è generalmente valida neppure in prima approssimazione ⁽²⁾, ⁽³⁾.

Il metodo rigoroso che permetterebbe di stabilire esattamente l'entità degli spostamenti, consiste nell'integrazione dell'equazione del sismografo partendo dal sismogramma; un tale metodo, oltre che laboriosissimo, presuppone la conoscenza delle condizioni iniziali del moto della massa dello strumento le quali non possono essere facilmente stabilite con precisione.

È da notare inoltre che, in pratica, anche lo pseudo-periodo dell'onda registrata, viene a dipendere dal periodo dello strumento. Non è quindi possibile eseguire, con la precisione desiderabile, uno studio che si basi sul confronto delle ampiezze degli spostamenti o sugli pseudo-periodi utilizzando i dati di diversi Osservatori poichè questi possiedono strumenti, che, in generale, hanno caratteristiche diverse. Tuttavia, con l'ipotesi che gli spostamenti vengano, per così dire, alterati nello stesso rapporto dagli strumenti che registrano le tre componenti, quando si presenti la circostanza — quasi sempre verificata — che detti strumenti abbiano caratteristiche sensibilmente uguali, è possibile confrontare enti che dipendano dai loro mutui rapporti e dedotti da osservazioni eseguite con diverse terne di strumenti.

Per quanto riguarda i periodi di un'onda sismica, il loro studio va eseguito con particolari accorgimenti.

In questa nota si espongono i risultati di una ricerca sullo stato di polarizzazione della fase SKS e sull'andamento del periodo con la distanza epicentrale. Tale ricerca è stata eseguita utilizzando le registrazioni del terremoto del 15-4-41 avvenuto nel Messico centrale ⁽⁴⁾. La singolare chiarezza delle registrazioni ha consentito che lo studio fosse fatto con notevole accuratezza.

Stato di polarizzazione della fase.

1. — E' stato provato che le onde di distorsione dirette, tendono a vibrare nel piano principale con l'aumentare della di-

stanza epicentrale. Questo fatto è senza dubbio in relazione con il meccanismo della propagazione del raggio sismico nel tragitto che compie dall'ipocentro all'Osservatorio.

Le onde SKS devono necessariamente presentarsi polarizzate dato che esse compiono il tragitto K come onde longitudinali.

Ora, come è noto dalla teoria della rifrazione delle onde elastiche piane, quando un'onda longitudinale incide sulla superficie di separazione di due mezzi dà luogo, fra l'altro e sotto certe condizioni, ad un'onda trasversale rifratta che vibra nel piano normale alla superficie di separazione dei due mezzi (⁴).

Quindi, dopo avere percorso il nucleo, l'onda di distorsione deve vibrare nel piano principale.

Si potrebbe obiettare che l'invocata teoria presuppone che l'onda incidente sia sinusoidale e piana. Ma i risultati ottenuti con la prima schematizzazione sono da ritenere validi anche se l'onda incidente non è sinusoidale, ma più complessa: basta pensarla come la somma di un grandissimo numero di componenti armoniche. Per quanto riguarda la seconda ipotesi, si può ritenere che, essendo l'incremento della velocità abbastanza piccolo e dipendente sostanzialmente dalla distanza dal centro della terra al punto che si considera, la schematizzazione sia ragionevole.

2. - Il vettore spostamento (⁵) di un'onda trasversale presenta una indeterminazione del suo azimut nel piano d'onda. La conoscenza dell'angolo d'emergenza ϵ permette di ovviare a questo inconveniente. Si ha con i simboli della fig. 1

$$\text{tang } \beta = \sin \epsilon \quad \text{tang } \gamma = \frac{V_y}{V_x} \quad (1)$$

L'asse x è rivolto verso l'epicentro, cioè il piano xz è il piano principale. β è l'angolo che il vettore spostamento fa con detto piano.

In considerazione dell'orientamento che, nella maggior parte dei casi, è dato agli strumenti, indicando con A_E ed A_N gli spostamenti nelle direzioni E-W, N-S rispettivamente, l'angolo sperimentale γ è dato da

$$\text{tang } \gamma = \frac{A_E \cos \delta + A_N \sin \delta}{-A_E \sin \delta + A_N \cos \delta} \quad (3)$$

con $\delta = 2\pi - \alpha$, dove α è l'azimut dell'Osservatorio rispetto all'epicentro. Si ha:

delle onde SKS interessi il punto di contatto della dromocrona delle onde S con quella delle onde SKS stesse.

TABELLA I

<i>Osservatorio</i>	Δ'	e			α		
De Bilt	2,530	76°	23'	46''	295°	50'	40''
Uccle	2,541	76°	24'	51''	295°	19'	19''
Copenaghen	2,736	76°	44'	19''	301°	22'	18''
Lund	2,771	76°	47'	48''	301°	57'	58''
Gottinga	2,818	76°	52'	29''	299°	32'	42''
Neuchâtel	2,863	76°	56'	58''	297°	24'	09''
Basilea	2,875	76°	58'	10''	297°	51'	02''
Stoccarda	2,912	77°	01'	51''	299°	01'	17''
Jena	2,937	77°	04'	21''	300°	48'	10''
Zurigo	2,943	77°	04'	56''	298°	34'	55''
Coira	3,026	77°	13'	12''	299°	16'	35''
Trieste	3,339	77°	44'	20''	302°	20'	24''
Vienna	3,345	77°	44'	55''	304°	25'	20''
Roma	3,459	77°	55'	14''	301°	13'	26''
Sofia	4,069	78°	56'	40''	309°	11'	23''
Bucarest	4,112	79°	00'	55''	311°	35'	49''
S. Fernando	2,374	76°	08'	11''	289°	30'	35''

Da tutte le registrazioni risulta che la direzione iniziale dello spostamento relativo alla fase SKS, è stata verso SE. L'epicentro si trova rispetto agli Osservatori stessi verso NW.

I valori dell'angolo γ , in funzione del tempo, sono stati dedotti dai sismogrammi compatibilmente con l'entità degli scorrimenti.

1) S. FERNANDO

				β
SKS	20	32	51	indeterminato
I max			53,5	— 3°,31

2) DE BILT

				β
iSKS	20	32	59,2	indeterminato
		33	01,2	— 2°,2
I max		33	03,2	0°
			05,2	— 2°,2
			07,2	indeterminato
			09,2	+ 4°,55
II max			11,2	— 4°,55

				3) UCCLE
				β
iSKS	20	32	58,9	indeterminato
		33	00,9	- 3°,53
			02,9	- 1°,30
I max			03,9	3°,9
			06,9	- 4°,33
			08,9	indeterminato
				4) COPENAGHEN
				β
iSKS	20	33	10,8	indeterminato
I max			13,8	+ 2°,70
			16,8	indeterminato
II max			22,8	+ 1°,80
			26,0	indeterminato
III max			30,0	- 0°,45
			32	indeterminato
IV max			34,8	- 6°,9
			37,2	indeterminato
V max			40,8	- 7°,46
			44,4	indeterminato
VI max			47,6	- 3°,40
				5) LUND
				β
iSKS	20	33	17	indeterminato
I max			20	+ 6°,05
			23	indeterminato
II max			26	+ 5°,63
				6) GOTTINGA
				β
iSKS	20	33	15,6	indeterminato
I max			19,38	+ 2°,73
			22,89	indeterminato
II max			26,95	+ 5°,25
			31,8	indeterminato
III max			35,6	+ 15°,00
				7) NEUCHÂTEL
				β
iSKS	20	33	19,7	indeterminato
			20,7	+ 7°,50
I max			21,7	- 6°,33
			22,7	- 6°,91
			23,7	+ 0°,96
			24,7	+ 3°,58
			25,7	indeterminato
			26,7	- 0°,01
II max			27,7	- 3°,58

			28,7	— 3°58
			29,7	0°00
8) BASILEA				
				β
iSKS	20	33	17,5	indeterminato
			18,5	— 3°98
			19,5	+ 3°66
			20,5	+ 0°10
I max			21,5	— 3°50
			22,5	+ 0°01
			23,5	+ 2°36
			24,5	indeterminato
			25,5	— 15°56
			26,5	— 4°93
			27,5	— 14°25
II max			28,5	— 10°55
9) STOCCARDA				
				β
iSKS	20	33	22	indeterminato
			24	+ 11°06
			26	+ 9°40
I max			28	+ 0°26
			29	indeterminato
			30	+ 4°60
II max			32	+ 4°60
			34	+ 8°63
10) JENA				
				β
iSKS	20	33	24,75	indeterminato
I max			27,75	— 7°56
			30,75	indeterminato
II max			33,75	— 6°93
11) ZURIGO				
				β
iSKS	20	33	24,8	indeterminato
			27,47	— 0°40
I max			28,13	— 0°18
			28,80	— 1°96
			29,46	— 1°96
			30,12	— 6°61
			30,80	indeterminato
			31,46	indeterminato
			32,12	— 0°50
			32,80	+ 4°33
II max			33,46	— 1°96
			34,12	— 7°61
			34,80	— 4°30
			35,46	— 1°96

12) COIRA

				β
iSKS	20	33	29,4	indeterminato
			31,4	+ 11°,20
I max			31,9	+ 5°,28
			33,4	+ 11°,96
			34,4	- 12°,06
			35,4	+ 1°,63
			36,4	indeterminato
			37,4	+ 8°,79
II max			38,4	+ 6°,16

13) TRIESTE

				<i>Meccanici</i>	<i>Elettromagnetici</i>
				β	β
iSKS	20	33	41,7	indeterminato	indeterminato
I max			44,7	- 7°,41	-
I max			45,3	-	- 6°,43
			47,7	indeterminato	-
			48,9	-	indeterminato
II max			50,7	- 7°,10	-
II max			52,5	-	- 8°,85

14) VIENNA

				β
SKS	20	33	46	indeterminato
i max			50,2	+ 0°,73
			54,1	indeterminato
II max			56,9	- 5°,83
		34	00,4	indeterminato
III max			03,6	- 0°,83
			07,5	indeterminato

16) ROMA

				<i>Galitzin</i>	<i>Wilip</i>	<i>Meccanici</i>
				β	β	β
iSKS	20	33	51	indeterminato	indeterminato	indeterminato
			52,62	-	-	+ 4°,30
I max			53,43	-	-	+ 0°,45
I max			54	-	- 4°,80	-
			54,24	-	-	- 1°,23
			55,86	-	-	indeterminato
I max			56	+ 6°,60	-	-
			57	-	indeterminato	-
			57,48	-	-	- 5°,91
II max			59,1	-	-	- 0°,17
II max		34	00	-	+ 5°,07	- 5°,33
			01	indeterminato	-	-
			2,34	-	-	indeterminato
II max			06	+ 11°,08	-	-

17) SOFIA

			β
iSKS	20	34	22,5
			24,5
I max			25,5
			26,5
			28,5
II max			30,5
			31,5
			32,5
			34,5
			36,5

β
 indeterminato
 - 7°,50
 - 0°,58
 - 5°,90
 indeterminato
 - 3°,85
 - 6°,96
 + 0°,60
 - 5°,46
 indeterminato

18) BUCAREST

			<i>Galitzin</i>	<i>Mainka</i>
			β	β
iSKS	20	34	24	Indeterminato
I max			27,1	- 1°,90
			30,2	indeterminato
II max			33,3	- 8°,45

β

Indeterminato

- 3°,37

- 1°,90

indeterminato

indeterminato

- 5°,96

- 8°,45

Le figure 2 e 3 danno una veduta d'insieme dell'andamento dell'angolo β in funzione del tempo.

L'equazione della retta che interpola i punti sperimentali del primo diagramma è:

$$\beta = 0,042 t + 2,97 \quad (6)$$

e quella relativa al diagramma dei massimi è:

$$\beta = -0,043 t + 0,90 \quad (7)$$

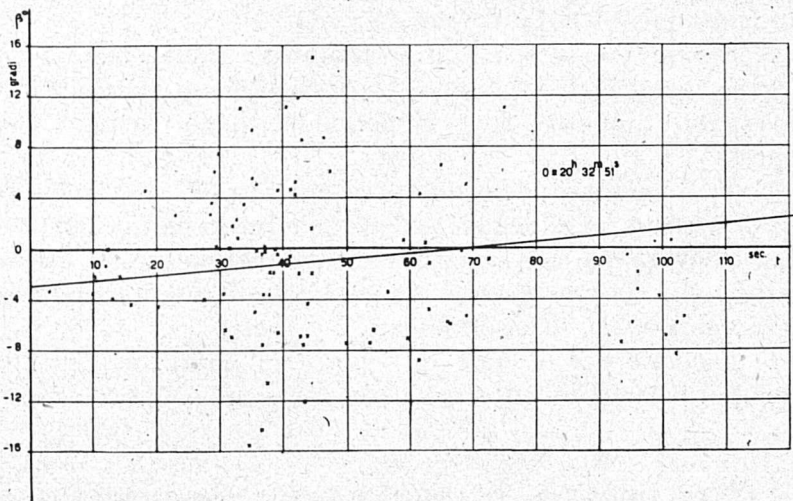


Fig. 1

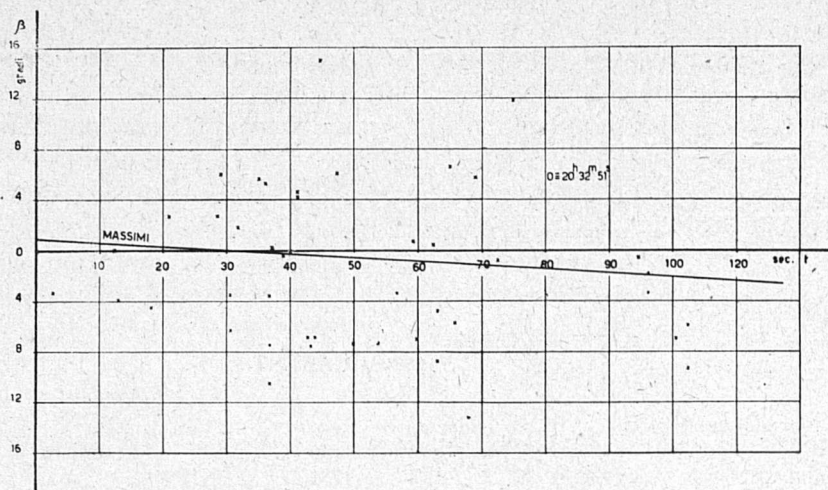


Fig. 3

In relazione quindi ai risultati ottenuti, risulta verificato — nei limiti degli errori sperimentali — che le onde SKS, almeno nel caso esaminato, vibrano nel piano principale.

Studio del periodo*.

1. — L'energia di un'onda elastica sinusoidale è proporzionale al quadrato del rapporto $a/T\phi$, dove a indica l'ampiezza dello spostamento e $T\phi$ il periodo.

Anche se l'onda non è rigorosamente sinusoidale, la sua energia dipenderà, con buona approssimazione, dal quadrato dello stesso rapporto, dove il periodo è quello definito nella premessa.

Con l'aumentare della distanza epicentrale, tale rapporto deve decrescere in dipendenza della perdita d'energia dell'onda sismica, dovuta sia alla ripartizione dell'energia stessa su una superficie d'onda crescente al crescere dell'effettivo cammino del raggio sismico, sia all'assorbimento del mezzo.

In generale per le onde di distorsione dirette si riscontra, contemporaneamente ad una diminuzione dell'ampiezza, un au-

* I calcoli numerici di questa parte del lavoro sono stati gentilmente eseguiti dall'Istituto per le Applicazioni del calcolo.

mento del periodo. Questo fatto si nota facilmente confrontando registrazioni relative ad Osservatori con distanze epicentrali che differiscono notevolmente fra loro.

Nel caso in esame, la mancanza di varie registrazioni della componente verticale, non ha consentito la determinazione delle ampiezze degli spostamenti; d'altra parte, per quanto si è detto nella premessa, i valori dedotti in base alle curve di ingrandimento, nei diversi Osservatori, non sarebbero stati confrontabili. Si è quindi cercato di vedere se gli pseudo-periodi delle onde SKS dipendessero dalla distanza epicentrale.

T A B E L L A I I

Componente E-W

<i>Osservatorio</i>	T	Δ°	Tp	Tp ₁	v ₁	Tp ₂	v ₂
	sec.		sec.	sec.	sec.	sec.	sec.
Copenaghen	12,6	87,365	15,2	13,66	-1,54	14,15	-1,05
Roma	10,54	94,590	12	13,10	1,10	13,05	1,05
»	26,12	»	20	18,58	-1,42	20,06	0,06
»	9,4	»	11,35	12,82	1,47	12,77	1,42
Uccle	24,2	85,410	20	17,74	-2,26	17,10	-2,90
De Bilt	25,6	85,302	16	18,35	2,35	17,34	1,34
Vienna	10,7	93,450	13,41	13,15	-0,26	13,17	-0,24
Sofia	9,5	100,689	14	12,84	-1,16	12,40	-1,60
Bucarest	12,3	101,115	12,4	13,57	1,17	13,07	0,67
»	12,2	»	12,4	13,55	1,15	13,04	0,64
Jena	9,1	89,870	12	12,75	0,75	13,01	1,01
Neuchâtel	2,66	88,626	10	11,46	1,46	11,32	1,32
Trieste	10,7	93,393	14,5	13,02	-1,48	13,04	-1,46
Trieste *	5,4	»	12	11,95	-0,05	12,04	0,04
Basilea	3,4	88,753	14	11,58	-2,42	11,52	-2,48
Zurigo	2,8	89,429	10,6	11,48	0,88	11,42	0,82
Stoccarda	10	89,117	15	12,97	-2,03	13,28	-1,72
S. Fernando	20	83,738	14	16,08	2,08	16,13	2,13
Lund *	10,4	87,709	12	13,07	1,07	13,49	1,49
Coira *	2,68	90,255	11	11,47	0,47	11,45	0,45
Gottinga	9,2	88,185	14,1	12,77	-1,33	13,11	-0,99

TABELLA III

Componente N-S

<i>Osservatorio</i>	T	Δ°	Tp	Tp_1	v_1	Tp_2	v_2
	sec.		sec.	sec.	sec.	sec.	sec.
Copenaghen	12,59	87,365	15,2	13,62	-1,58	13,72	-1,48
Roma	10,24	94,590	12	12,95	0,95	12,93	0,93
»	24,72	»	20	18,78	-1,22	19,92	-0,08
»	9,2	»	11,35	12,69	1,34	12,62	1,27
Uccle	24,2	85,410	20	18,50	-1,50	17,88	-2,12
De Bilt	23,9	85,302	16	18,34	2,34	17,72	1,72
Vienna	9,1	93,450	13,41	12,67	-0,74	12,62	-0,79
Sofia	9,6	100,689	14	12,79	-1,21	12,57	-1,43
Bucarest	11,5	101,115	12,4	13,29	0,89	13,30	0,90
»	12,2	»	12,4	13,50	1,10	13,59	1,19
Jena	9,3	89,370	12	12,72	0,72	12,80	0,80
Neuchâtel	2,78	88,626	10	11,57	1,57	11,63	1,63
Trieste	10,2	93,393	14,5	12,94	-1,56	12,95	-1,55
Trieste *	5,5	»	12	11,94	-0,06	11,75	-0,25
Basilea	3,2	88,753	14	11,62	-2,38	11,68	-2,32
Zurigo	2,8	89,429	10,6	11,57	0,97	11,57	0,97
Stoccarda	10	89,117	15	12,89	-2,11	12,99	-2,01
S. Fernando	15	83,738	11,75	14,41	2,66	14,35	2,60
Lund *	10,5	87,709	12	13,02	1,02	13,15	1,15
Coira *	2,72	90,255	11	11,56	0,56	11,50	0,50
Gottinga	10,2	88,185	14,7	12,94	-1,76	13,06	-1,64

Dalle tabelle II e III si nota subito una netta dipendenza del periodo dell'onda registrata Tp dal periodo del sismografo T , nel senso che Tp tende ad aumentare con l'aumentare di T .

Si è quindi provveduto a stabilire un primo legame fra Tp e T con una relazione del tipo

$$Tp = a + bT + cT^2 \quad (8)$$

Tale approssimazione è stata eseguita per le due componenti E-W e N-S, includendo nell'insieme dei dati concernenti la componente E-W i dati relativi ai sismografi orientati nel

sensu N-E e nell'insieme dei dati concernenti la componente N-S dati relativi ai sismografi orientati nel senso N-W. Nelle tabelle questi dati sono segnati con asterisco.

Nei due casi si sono ottenute, col metodo dei minimi quadrati, per i coefficienti a , b , c i seguenti valori

$$\begin{aligned} \text{comp. E-W } a &= 11,078214 & b &= 0,12802831 & c &= 0,0^260927682 \\ \text{comp. N-S } a &= 11,332972 & b &= 0,056763487 & c &= 0,0^298931756 \end{aligned} \quad (9)$$

Le somme dei quadrati degli scarti valgono

$$\begin{aligned} \text{comp. E-W } [vv]_1 &= 45,59 \\ \text{comp. N-S } [vv]_1 &= 46,43 \end{aligned}$$

Dalle tabelle, e specialmente dalle relazioni sopra scritte, appare che per quanto diminuisca il periodo del sismografo, il periodo dell'onda registrata non diminuisce a partire da un certo valore.

Se ne deduce che, nel caso in esame, il periodo dell'onda non risulta, in ogni caso, inferiore agli 11 secondi.

Onde mettere in luce l'eventuale dipendenza di tale periodo dalla distanza epicentrale Δ , si è proceduto ad una ulteriore approssimazione, mediante una formula del tipo

$$T\phi = (c_1 \Delta + c_2) + (c_3 \Delta + c_4) T + (c_5 \Delta + c_6) T^2 \quad (11)$$

Tale relazione è stata suggerita dal fatto che se vi era dipendenza di $T\phi$ da Δ , questa doveva essere abbastanza regolare.

Nei due casi si sono trovati i seguenti valori dei coefficienti c_i

$$\text{comp. E-W } \left\{ \begin{array}{l} c_1 = -4,4402984 \\ c_3 = 3,8945428 \\ c_5 = -0,15234517 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} c_2 = 0,17030512 \\ c_4 = -0,041151264 \\ c_6 = 0,0^21739749 \end{array} \right. \quad (12)$$

$$\text{comp. N-S } \left\{ \begin{array}{l} c_1 = 18,609065 \\ c_3 = -0,11490201 \\ c_5 = -0,023601788 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} c_2 = -0,081811456 \\ c_4 = 0,0^221174324 \\ c_6 = 0,0^236949531 \end{array} \right. \quad (12')$$

Le somme dei quadrati degli scarti sono

$$\begin{aligned} \text{comp. E-W } [vv]_2 &= 40,48 \\ \text{comp. N-S } [vv]_2 &= 44,22 \end{aligned} \quad (13)$$

Confrontando i valori (10) con i valori (13), si nota che l'abbassamento dell'errore quadratico è pressochè trascurabile di fronte alla duplicazione del numero dei parametri minimizzati. La dipendenza di $T\phi$ da Δ risulta, nell'intervallo di Δ conside-

rato e cioè fra gli 83° e i 101° , affatto trascurabile e quindi la variazione dell'energia dell'onda sismica deve attribuirsi quasi esclusivamente ad una progressiva diminuzione dell'ampiezza degli spostamenti.

Si potrebbe obiettare che, nell'intervallo considerato della distanza epicentrale, il cammino reale del raggio sismico subisce un aumento poco considerevole. Occorre però rilevare che tale aumento di tragitto, valutabile nel tempo a più di $1^m,5$ deve dar luogo indubbiamente ad una sensibile variazione dell'energia associata all'onda e se tale variazione fosse dipesa anche da un incremento del periodo, il calcolo sopra esposto l'avrebbe certamente posto in evidenza.

E' ovvio che le conclusioni a cui si è pervenuti non hanno un valore assoluto, dato che si riferiscono ad un solo terremoto. Tuttavia ulteriori studi permetteranno di accertare se tali conclusioni possano applicarsi in generale alla fase SKS.

Va osservato che una notevole influenza sui periodi e le ampiezze delle onde sismiche, deve avere la natura degli strati geologici attraversati, specie quelli immediatamente sottostanti agli strumenti, i quali probabilmente presentano anche un'azione di filtri passa-banda.

Inoltre, nel caso dell'onda SKS, il tragitto K deve influire notevolmente sulle modalità dinamiche e cinematiche della propagazione.

Roma, giugno 1942-XX.

BIBLIOGRAFIA

(1) VALLE P. E., *Dromocrone e velocità apparenti delle onde spaziali relative al terremoto del 14-4-41-XIX (Messico centrale)*. Pubblicazione dell'Istituto Nazionale di Geofisica del C. N. R. n. 76 1942-XX.

(2) MARTIN H., *Einschwingvorgänge und ihre Bedeutung bei der Aufzeichnung von stossähnlichen Erschütterungen*. Veröffentlichungen der Reichsanstalt für Erdbebenforschung in Jena, Heft 26, Leipzig, 1935.

(3) SIEBERG A., *Beiträge zur erdbebenkundlichen Bautechnik und Bodenmechanik*. Veröffentlichungen der Reichsanstalt für Erdbebenforschung in Jena. Heft 29, Berlin 1937.

(4) *Handbuch der Geophysik*. Band. IV, Berlin 1929.

(5) BOUASSE H., *Séismes et Sismographes*.