

**Studio degli accelerogrammi
ottenuti nei recenti eventi sismici dell'Italia Centrale**

*(On the study of accelerograms obtained during the last seismic events
of Central Italy)*

R. CONSOLE - F. PERONACI

Ricevuto il 23 Settembre 1971

RIASSUNTO. — Si espongono alcune considerazioni riguardanti l'analisi delle registrazioni ottenibili con gli accelerografi M.O. 2. Le medesime considerazioni vengono messe in pratica su quattro terremoti effettivamente registrati ottenendone alcune grandezze fondamentali e gli spettri di velocità. Questi ultimi vengono poi mediati e tradotti in spettri di accelerazione.

I risultati dimostrano la validità dell'uso del calcolatore elettronico per questo tipo di studi e confermano l'importanza dell'installazione di una rete accelerometrica nazionale.

SUMMARY. — Some considerations about the analysis of records obtainable by M.O. 2 accelerographs are exposed. The same considerations are put into practice on four earthquakes really recorded, obtaining some fundamental constants and the velocity spectra. The latter are then averaged and translated in acceleration spectra.

The results show the validity of using an electronic computer for these studies and confirm the importance of a national accelerometric network.

1 - In seguito all'installazione di apparecchiature accelerometriche (M.O. 2) in prossimità dell'epicentro di zone colpite da terremoti, si sono ottenute registrazioni di repliche aventi intensità superiori al

IV-V. In particolare sono state registrate tre leggere scosse a Mignano Montelungo (di cui una da parte del C.N.E.N.) ed una più forte a Valfabbrica (Perugia). Nessuna registrazione è stata ottenuta a Tuscania sebbene l'I.N.G. vi avesse installato uno strumento sin dal pomeriggio seguente la scossa principale.

1. - DETERMINAZIONE DELLE ACCELERAZIONI.

Come è noto, gli accelerografi M.O. 2 registrano su pellicola fotografica da 35 mm non perforata. La sensibilità per l'accelerazione è pari a circa 1,5 cm/g per le due componenti orizzontali, mentre la soglia di scatto è di circa 0,01 g; pertanto i terremoti di intensità appena sufficiente ad avviare il meccanismo generano una traccia con ondulazioni di pochi decimi di millimetro; questo si è verificato per le tre scosse registrate a Mignano.

Come si è già accennato in un precedente articolo, nel tentativo di utilizzare registrazioni di così scarsa entità si è proceduto ad ingrandire fotograficamente (5 volte) il tratto di pellicola contenente l'inizio della registrazione per una durata di circa 4 secondi, periodo nel quale sono comprese le onde di massima ampiezza. Dato che non si disponeva di una attrezzatura automatica, su queste riproduzioni fotografiche si sono lette le quote dei singoli punti della traccia, ad intervalli di un millimetro, cercando di apprezzare il decimo di millimetro. L'intervallo scelto sull'asse dei tempi corrisponde a circa 1/80 di secondo, il che ci consente di rilevare componenti di frequenza inferiore a 40 Hz. Si è constatato che un lettore sufficientemente esercitato può portare a termine l'analisi dei 300 punti che compongono l'accelerogramma in meno di mezz'ora. Successivamente i dati sono stati riportati su schede perforate.

Le quote dei punti sono state rilevate rispetto ad una linea di zero arbitraria, pertanto occorre tradurle in accelerazioni vere, come se queste fossero misurate rispetto alla posizione di riposo della traccia. Questo è un problema fondamentale nell'analisi degli accelerogrammi.

Si è subito scartato il metodo di ricavare direttamente dall'accelerogramma la linea di zero, dato che questo porta ad errori dello stesso ordine di grandezza delle oscillazioni che si intendono misurare. Si è scelto perciò il metodo analitico dei minimi quadrati. In pratica il metodo consiste nel determinare, rispetto al reticolo usato come riferimento, l'equazione della retta che rende minima la somma dei quadrati

degli scarti tra i punti sperimentali e la retta cercata. L'intero calcolo viene rapidamente svolto dall'elaboratore elettronico, e quindi i valori che interessano vengono determinati per differenza dalla retta in questione e moltiplicati per l'opportuno fattore di scala.

Col metodo descritto si compensa automaticamente l'errore che il lettore compie nel valutare il parallelismo tra il reticolo e la linea di fede, errore che, come si è potuto constatare successivamente, è dell'ordine di due o tre decimi di millimetro sull'intero accelerogramma.

2. - DETERMINAZIONE DELLE GRANDEZZE FONDAMENTALI DELLA SCOSSA.

Il passo successivo delle nostre elaborazioni consiste nel determinare l'accelerazione massima e la potenza del terremoto. Quest'ultima, definita come

$$P = \int_0^{\infty} a^2(t) dt ,$$

dove $a(t)$ è l'accelerazione istantanea, viene in realtà calcolata come somma dei quadrati delle accelerazioni ottenute punto per punto (vedi paragrafo 1).

I valori di queste grandezze sono stati riportati nella Tabella I e messi a confronto con la magnitudo (determinata con gli strumenti campione dell'Osservatorio Sismico di Monteporzio Catone) e l'intensità macrosismica rilevata sul luogo.

Tabella I

Terremoto	M	I_0	Componente	A_{max} (cm/sec ²)	P (cm ² /sec ³)
Mignano 21/11/70	3,27	V-VI	SE-NW	16,8	108,7
			NE-SW	14,8	77,9
Mignano 26/11/70	3,15	V	SE-NW	9,3	24,3
			NE-SW	10,5	36,5
Mignano 6/ 1/71	3,20	V	NE-SW	10,0	31,8
			SE-NW	11,5	22,7
Valfabbrica 14/2/71	4,00	VI-VII	NE-SW	78,9	914,7
			SE-NW	49,2	361,4

Si può notare una maggiore uniformità tra i valori relativi alle due componenti delle registrazioni effettuate a Mignano rispetto a quella effettuata a Valfabbrica, dove è evidente una polarizzazione delle onde (Fig. 1).

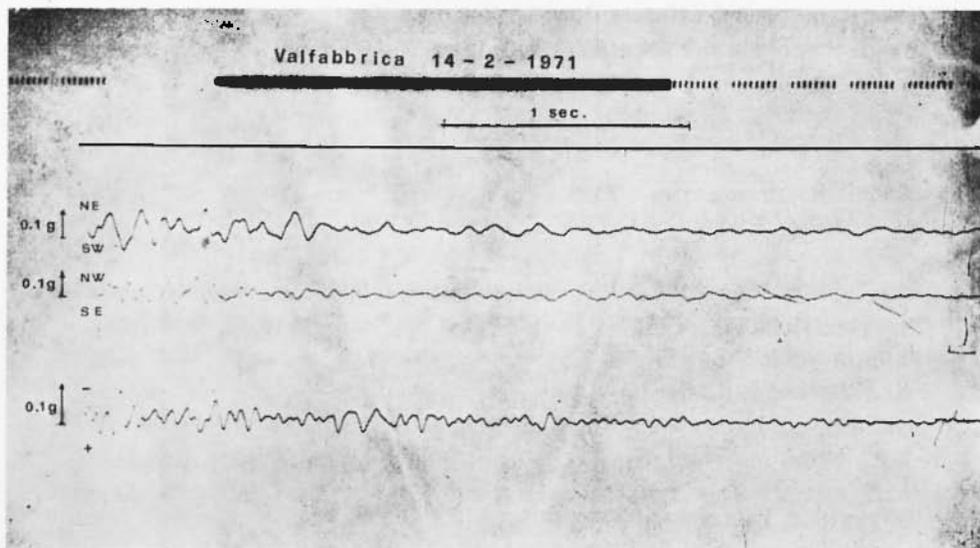


Fig. 1

3. - SPETTRI DI RISPOSTA.

Seguendo la teoria classica degli spettri di risposta, descritta in una precedente memoria, abbiamo elaborato gli spettri per ciascuna delle otto componenti a nostra disposizione. Allo scopo di risparmiare il tempo impiegato sul calcolatore abbiamo scelto un incremento del periodo T non costante, diradando i punti nella zona meno significativa, ed abbiamo ripetuto il calcolo per tre valori dello smorzamento.

Le Figure 2-9 si riferiscono agli spettri disegnati da un « plotter » collegato all'elaboratore elettronico che ha eseguito i calcoli. Le leggere differenze che si possono riscontrare tra i primi quattro diagrammi e quelli riportati nell'articolo citato sono dovute ad un miglioramento nella determinazione della linea di zero.

Prima di ottenere i valori medi dello spettro di risposta occorre procedere alla normalizzazione delle curve, cioè riportarle a valori uguali

per le intensità. A tale scopo definiamo l'intensità spettrale come l'area contenuta dalla curva dello spettro di velocità fra i periodi 0,1 sec e 2,5 sec:

$$SI_h = \int_{0.1}^{2.5} S_v(h, T) dT .$$

Applicando tale formula otteniamo i risultati della Tabella II.

Tabella II

Terremoto	Componente	SI_0	$SI_{0.1}$	$SI_{0.2}$
Mignano 21/11/70	SE-NW	4,233	2,753	2,301
	NE-SW	4,240	2,735	2,189
Mignano 26/11/70	SE-NW	2,877	1,957	1,619
	NE-SW	2,874	2,086	1,804
Mignano 6/ 1/71	NE-SW	2,292	1,532	1,243
	SE-NW	2,445	1,668	1,480
Valfabbrica 14/2/71	NE-SW	6,994	5,822	5,556
	SE-NW	3,237	2,538	2,453

Dividendo le ordinate delle curve relative a ogni componente per la propria intensità spettrale, e moltiplicandole per l'intensità della prima, ne otteniamo i valori normalizzati. Nell'eseguire i calcoli abbiamo distinto la media dei soli dati di Mignano (Fig. 10) da quella generale (Fig. 11).

Dallo spettro medio di velocità, mediante la formula

$$S_a = \frac{2\pi}{T} S_v ,$$

otteniamo quello dell'accelerazione (Figg. 12 e 13).

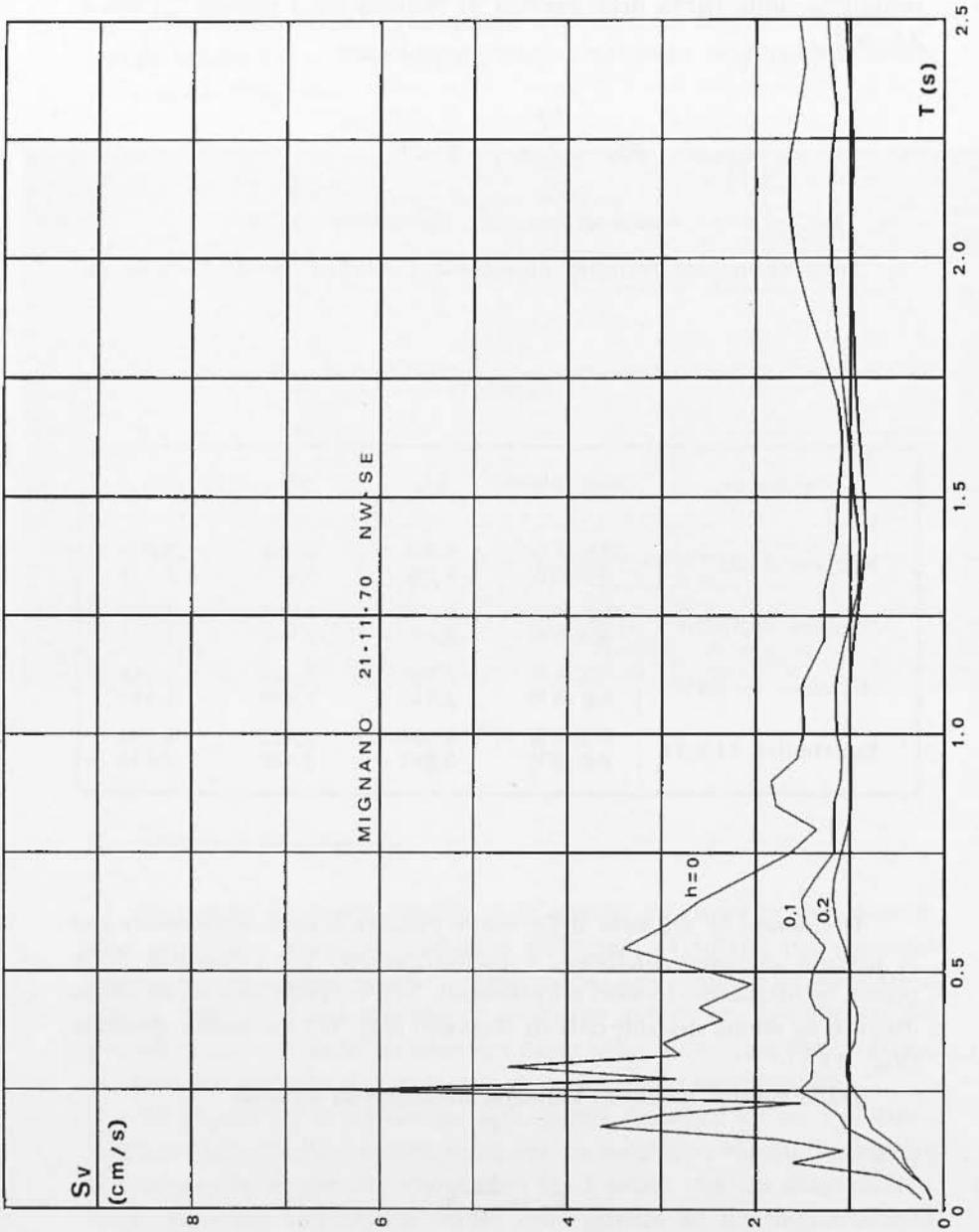


Fig. 2

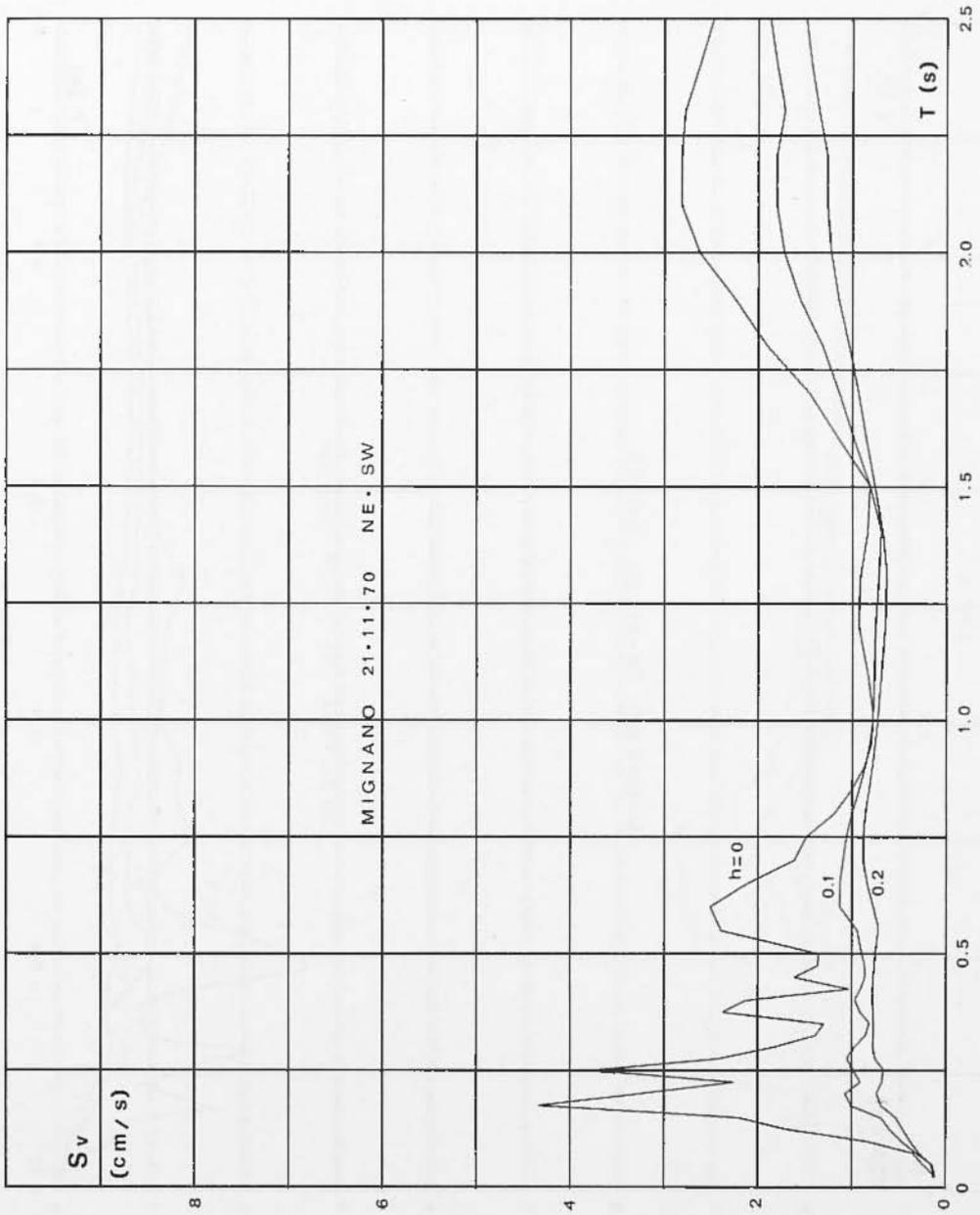


Fig. 3

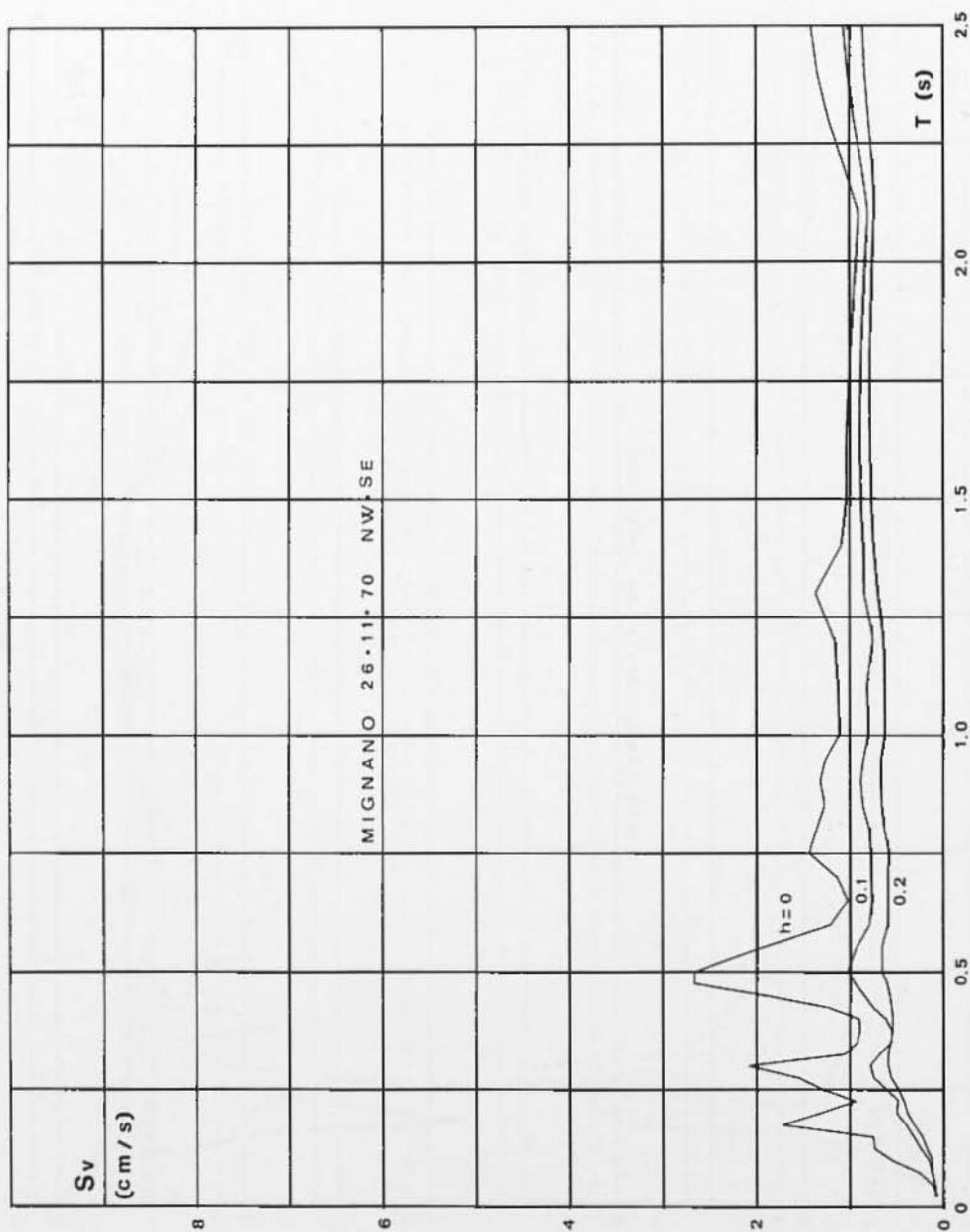


Fig. 4

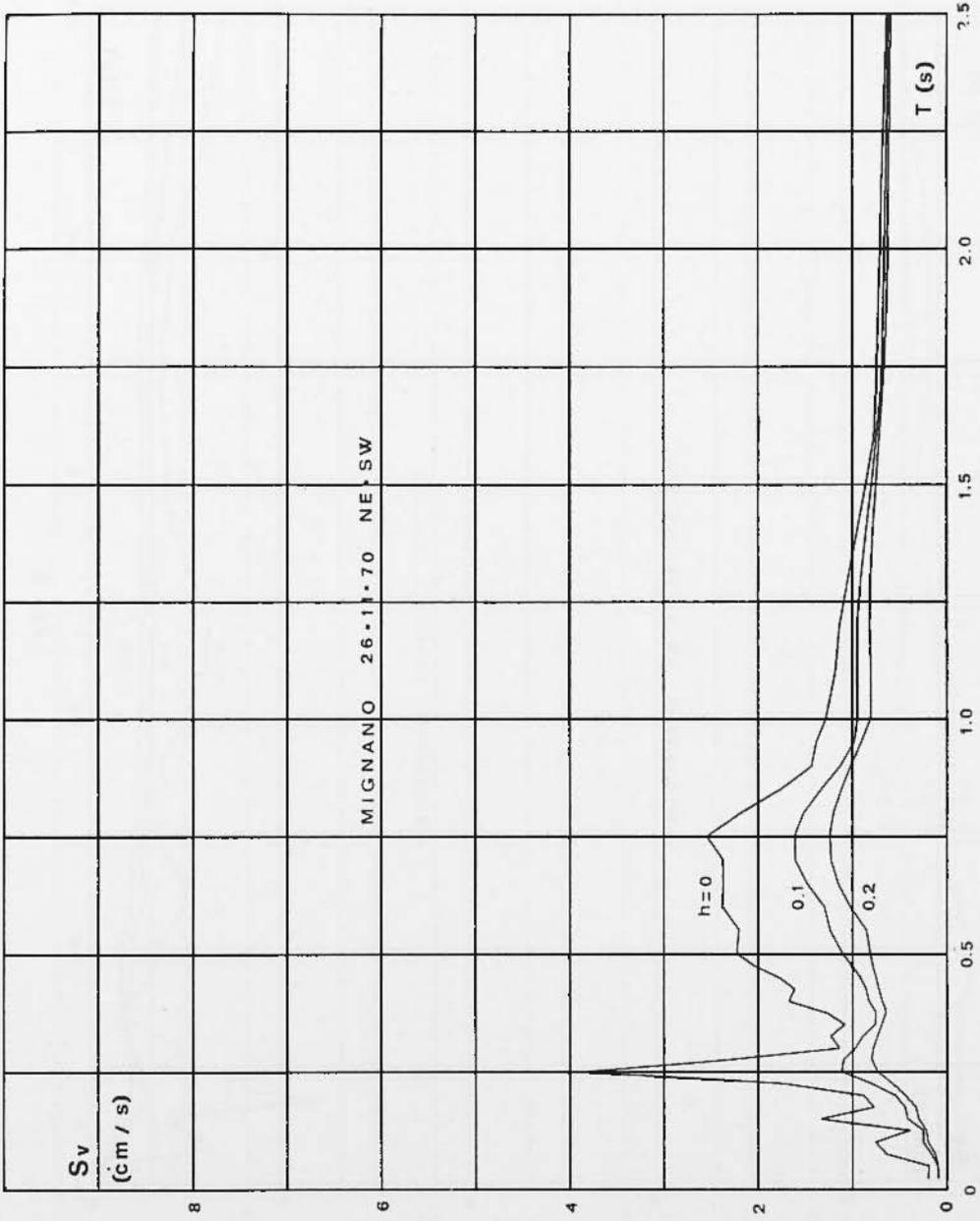


Fig. 5

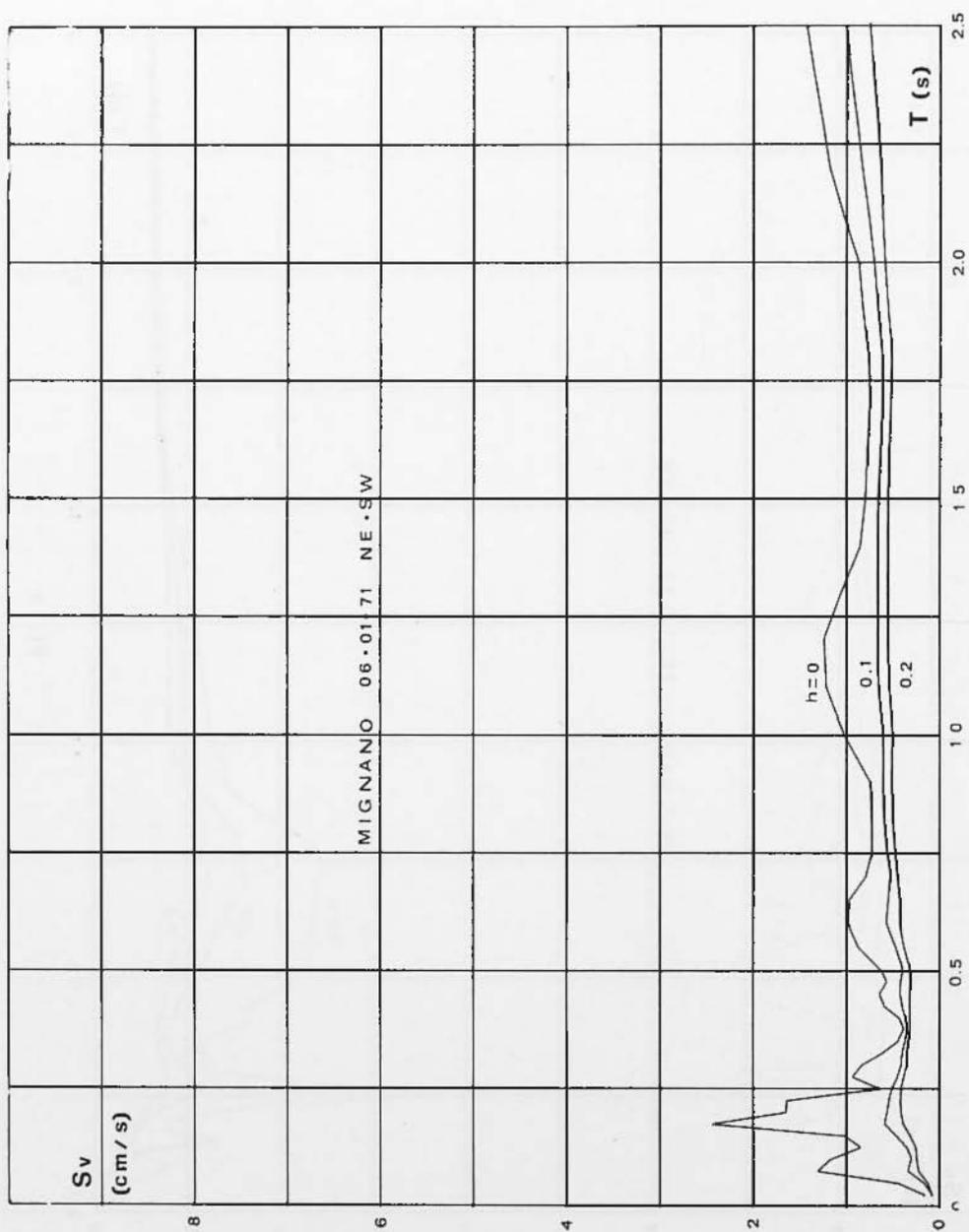


Fig. 6



Fig. 7

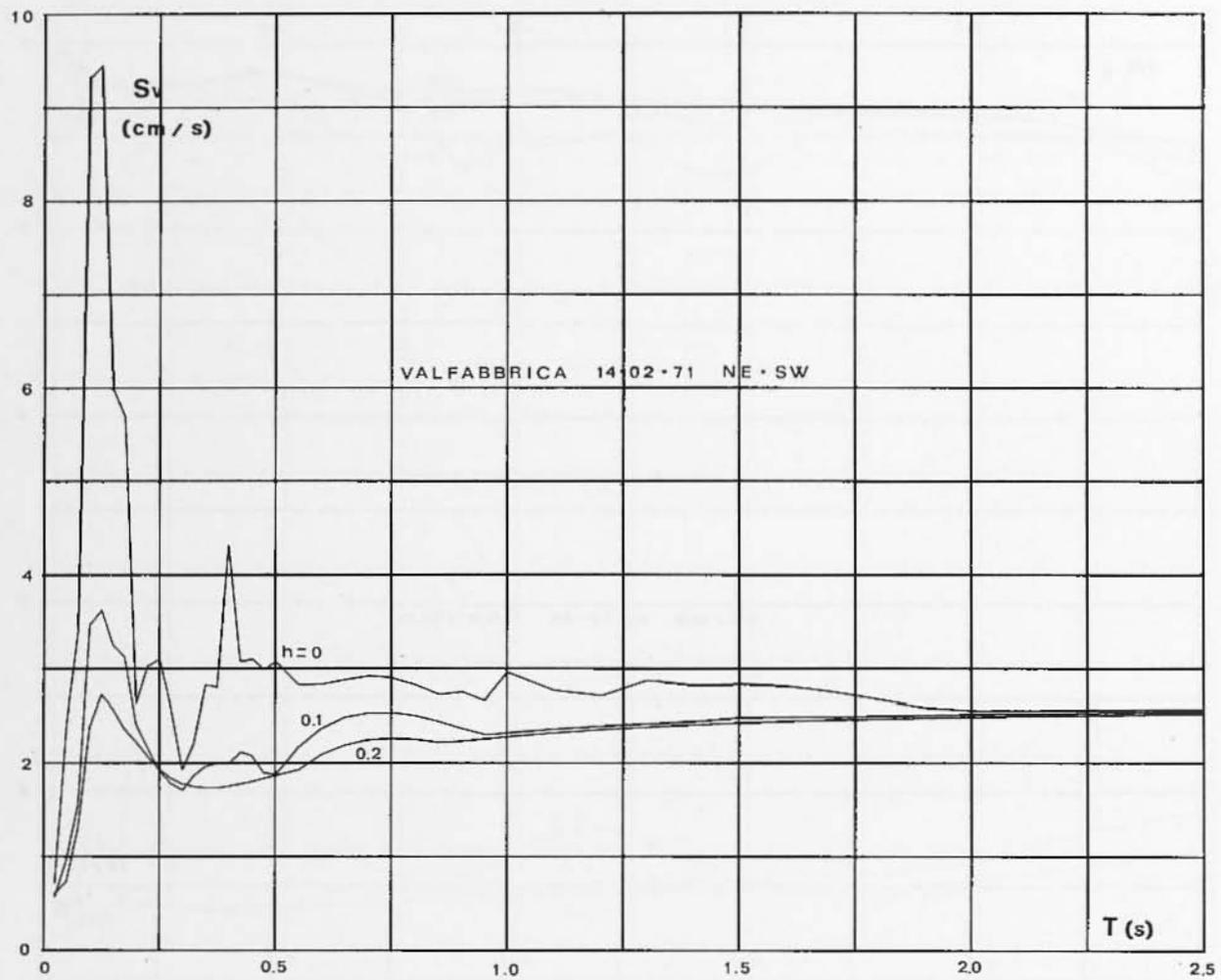


Fig. 8

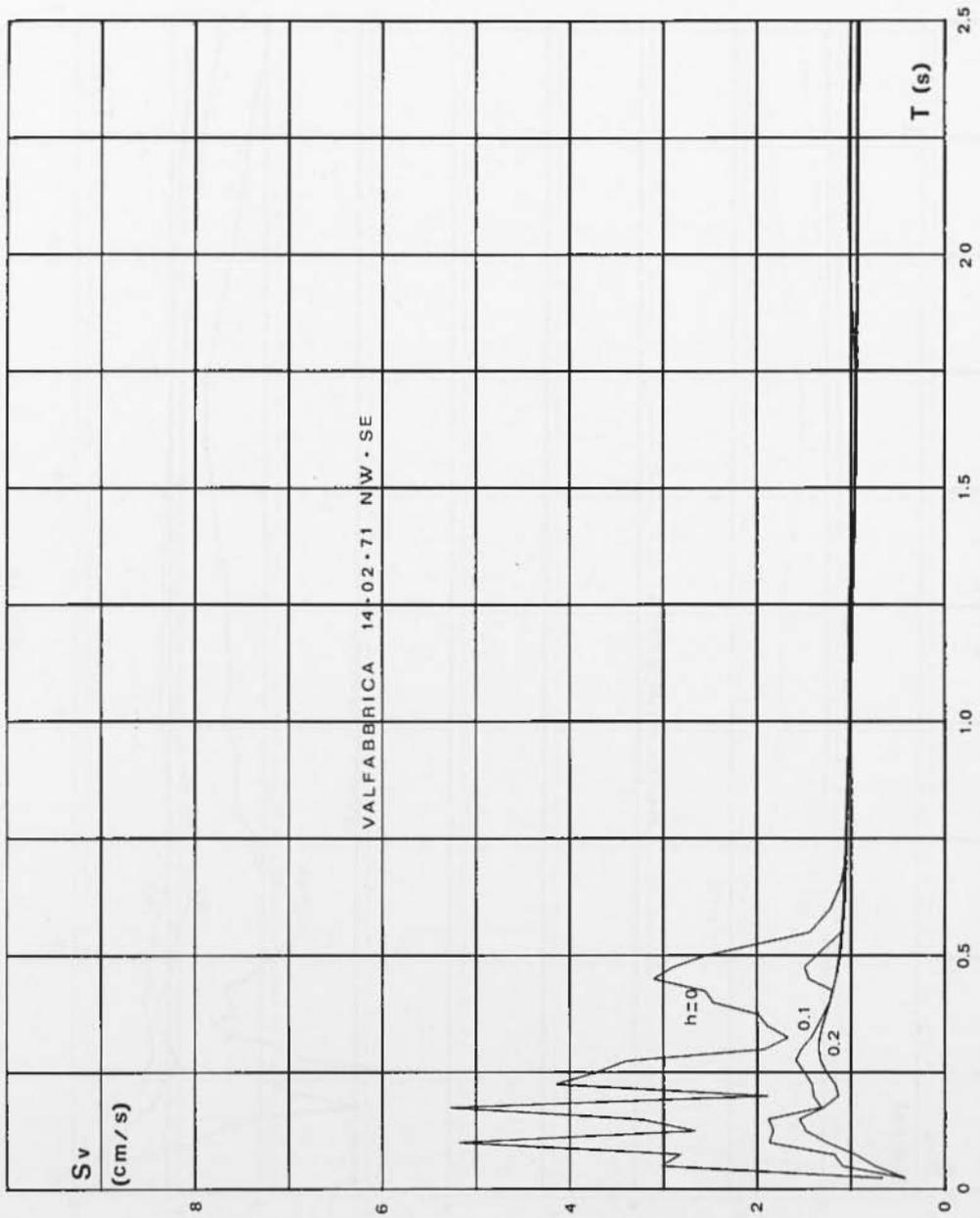


Fig. 9

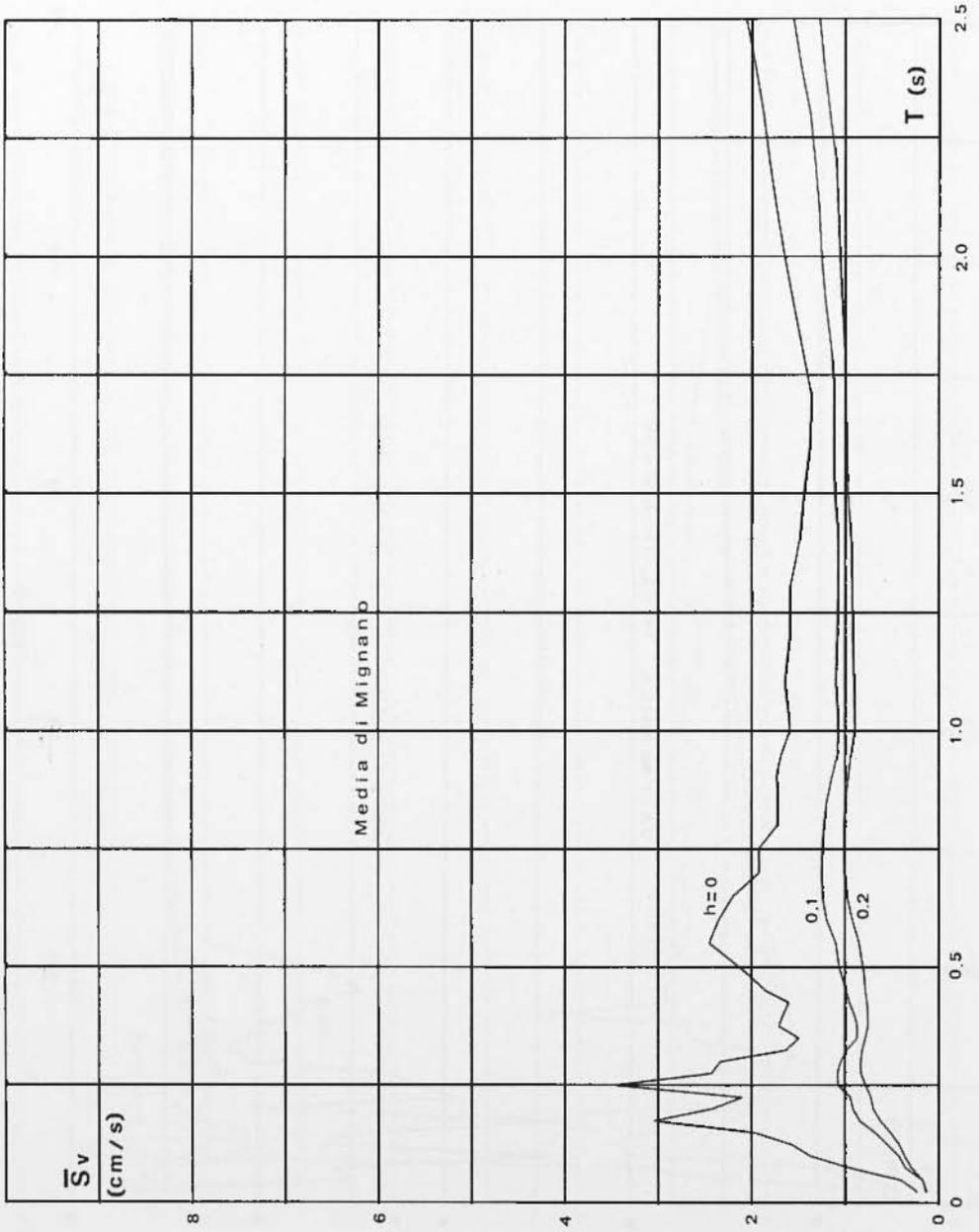


Fig. 10

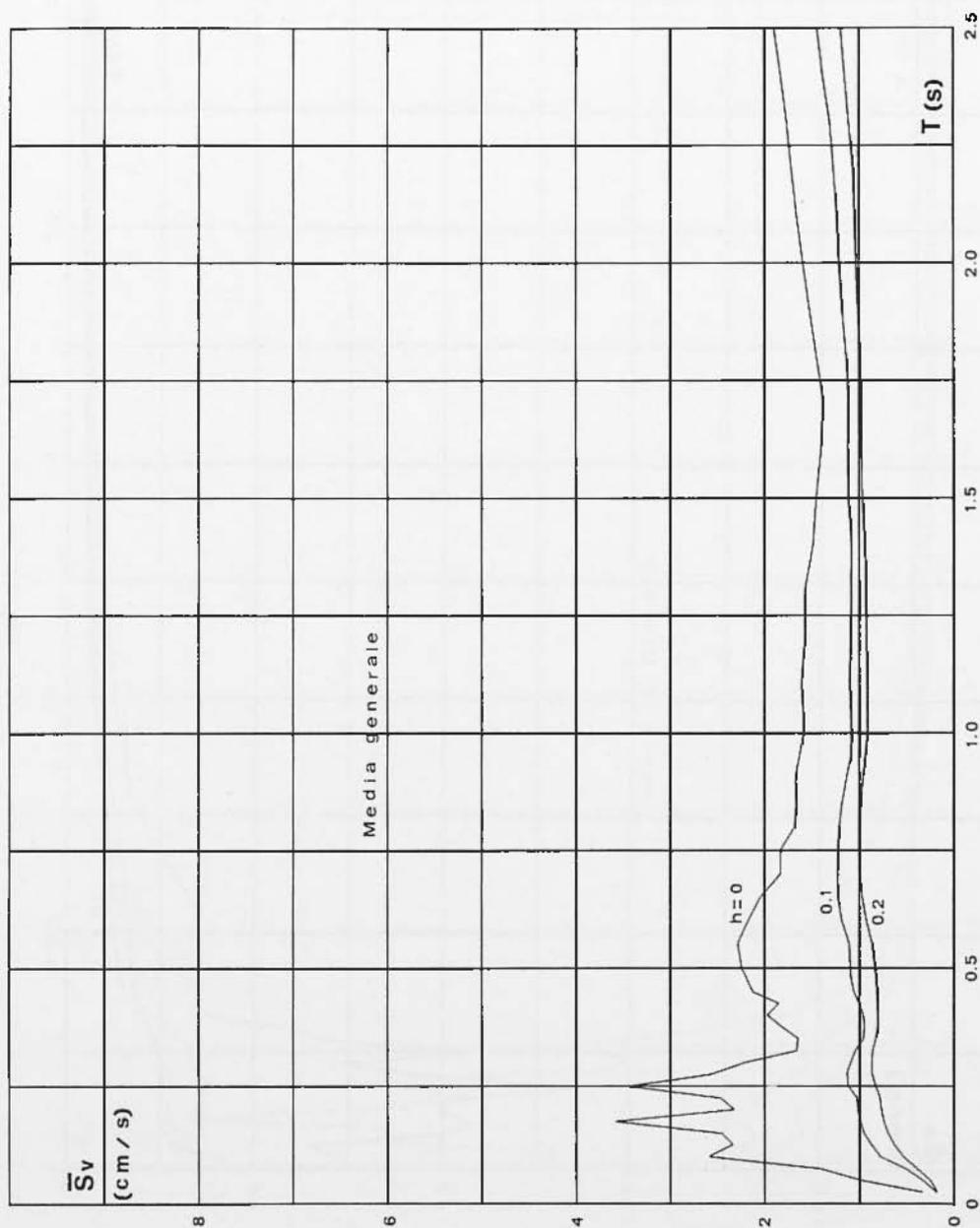


Fig. 11

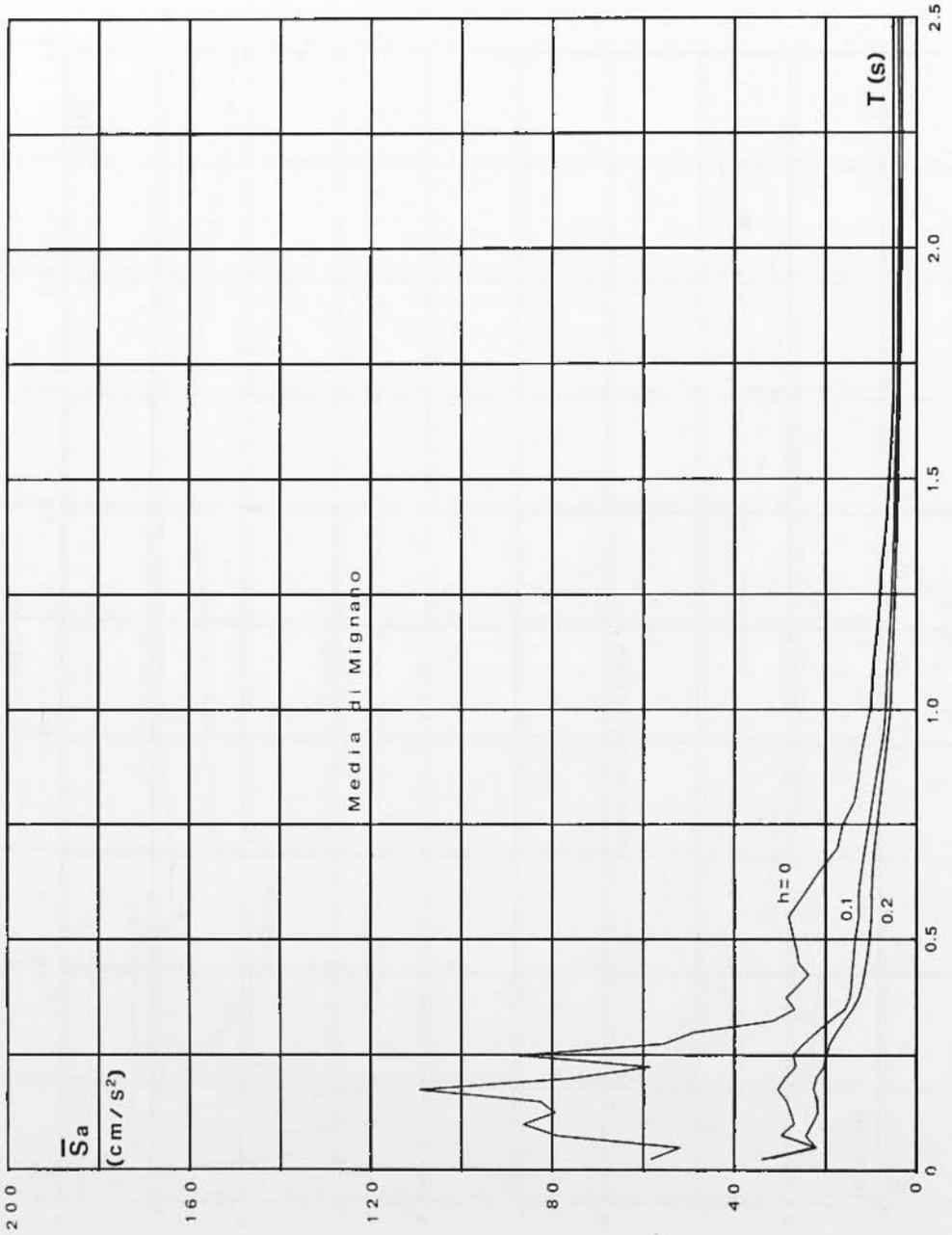


Fig. 12

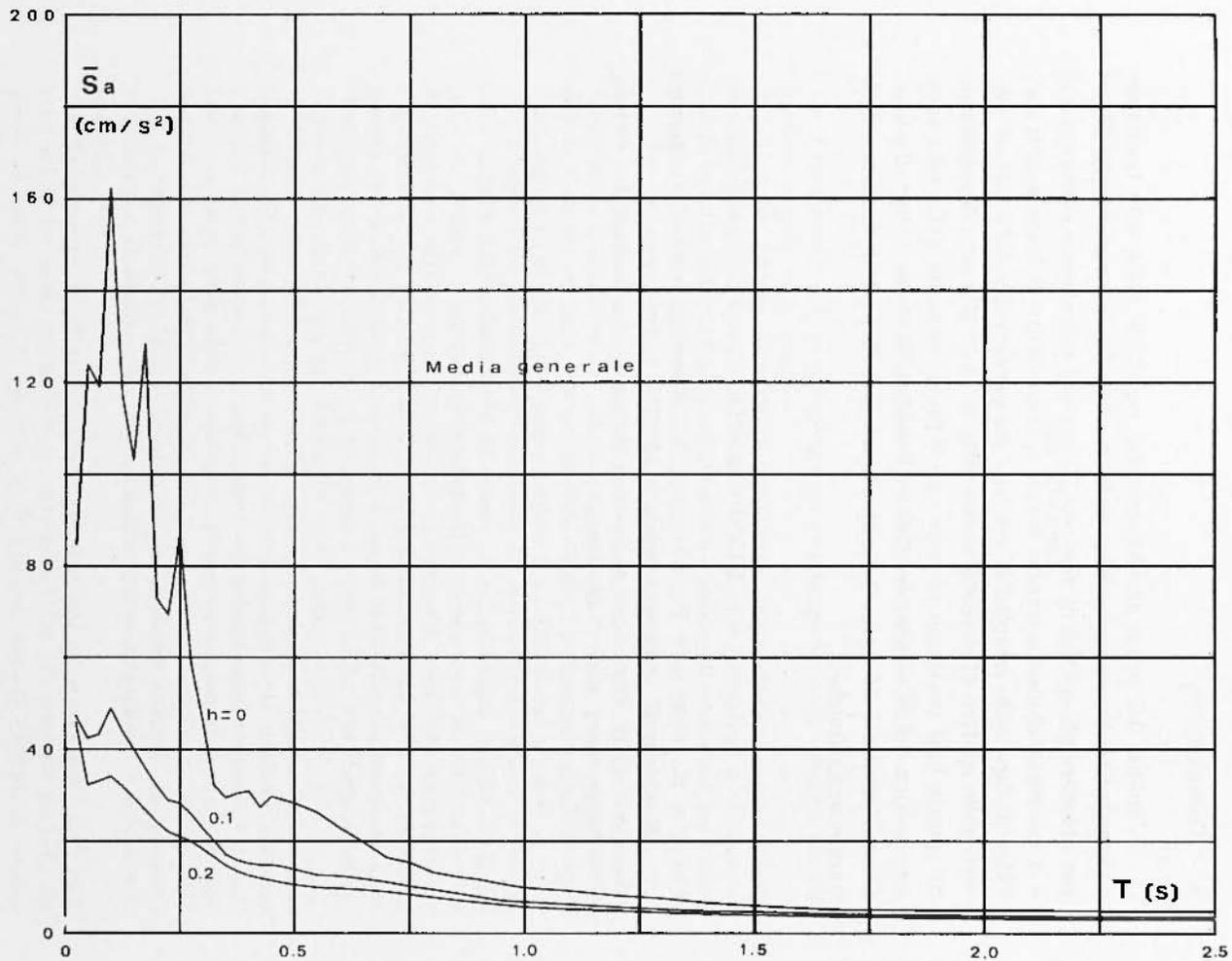


Fig. 13

4. - CONCLUSIONI.

L'analisi dei primi accelerogrammi registrati dalla rete nazionale ha consentito di provare su dati reali i metodi di elaborazione più adatti per ottenere gli spettri di risposta. L'uso del calcolatore elettronico si è dimostrato idoneo a questo scopo e, nonostante si fosse partiti dall'idea di fare delle semplici prove, si è già pervenuti a dei risultati concreti sullo spettro di risposta medio nella zona di Mignano Montelungo. Su queste basi possiamo ritenere che il funzionamento della rete accelerometrica del Ministero dei Lavori Pubblici, in corso di installazione, fornirà risultati di notevole importanza per il perfezionamento delle norme antisismiche.

BIBLIOGRAFIA

- CONSOLE R., PERONACI F., SONAGLIA A., *Fenomeni sismici a Mignano Montelungo*, "Ann. di Geofisica", **XXIV**, 1, 1971.
- HOUSNER G. W., *Spectrum Analysis of Strong-Motion Earthquakes*. "Bull. Seism. Soc. Am.", **43**, 1953.
-