

3 INDAGINE GEOFISICA

3.1 Strumentazione impiegata

n.	Strumentazione Sismica
1	Sismografo GEOMETRICS "GEODE" 24 ch - 24 bit
1	Computer portatile HP per registrazione dei dati di campagna
24	Geofoni verticali con frequenza pari a 4,5 Hz
1	Cavo di collegamento per geofoni
1	Trigger dispositivo "hammer switch"
1	Massa battente del peso di 6,5 kg

3.2 Finalità della prospezione

Le finalità della prospezione geofisica possono così essere sinteticamente riassunte:

- ricostruzione di una successione sismica stratigrafica in funzione delle onde di taglio S.
- definire il valore V_{seq} per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla normativa antisismica

3.3 Lavori svolti

L'indagine geofisica si è svolta attraverso l'esecuzione di un allineamento sismico costituito da 24 geofoni (Figura 3 e Figura 4), sul quale è stata acquisita una prova "MASW"; l'ubicazione delle indagini è riportata in appendice.

Di seguito si riporta il dettaglio delle indagini:

prove MASW n°	Interdistanza Geofoni (m)	Geofoni n°	Offset energizzazioni (m)
1	2,5	24	2,5 e 5m



Figura 3 Acquisizione dati geofisici



Figura 4 Acquisizione dati geofisici

3.4 Onde superficiali

La conoscenza dell'andamento nel primo sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio è, come noto, importante negli studi di microzonazione sismica dedicati alla stima di possibili effetti di sito, capaci di amplificare il moto del terreno durante un terremoto.

Negli ultimi anni hanno avuto ampio sviluppo tecniche geofisiche basate sull'analisi della propagazione delle onde superficiali ed, in particolare, delle onde di Rayleigh.

Le proprietà dispersive di tali onde in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S. Tuttavia, diversi studi hanno messo in evidenza che la velocità delle onde P e la densità sono parametri di secondo ordine rispetto alle onde S nel determinare la velocità di fase delle onde di Rayleigh. Quindi, dato che le onde superficiali campionano una porzione di sottosuolo che cresce in funzione del periodo dell'onda e che la loro velocità di fase è fortemente condizionata in massima parte dalle velocità delle onde S dello strato campionato, la forma di questa curva è essenzialmente condizionata dalla struttura del sottosuolo ed in particolare dalle variazioni con la profondità delle velocità delle onde S.

Pertanto, utilizzando appositi formalismi è possibile stabilire una relazione (analiticamente complessa ma diretta) fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo. Tale relazione consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli. L'operazione d'inversione, quindi, consiste nella minimizzazione, attraverso una procedura iterativa, degli scarti tra i valori di velocità di fase sperimentali della curve di dispersione e quelli teorici relativi ad una serie di modelli di prova "velocità delle onde S - profondità".

3.4.1 *Onde superficiali MASW*

Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato sullo studio spettrale delle onde superficiali presenti in un sismogramma realizzato per mezzo di un'energizzazione sismica artificiale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al., 1999).

Lo scopo della prova MASW è quello di ricostruire il profilo di rigidità del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di Rayleigh con un successivo processo d'inversione, attraverso il quale è fornita una stima indiretta della distribuzione delle onde Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio).

La prova consiste nel produrre in un punto sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione dinamica verticale e nel

registrare tramite uno stendimento lineare di sensori le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.

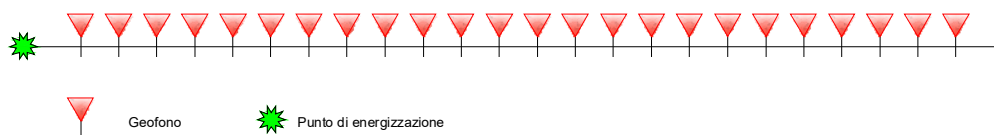


Figura 5 rappresentazione schematica di array per acquisizione di MASW

In riferimento all'indagine geofisica la prova MASW è stata acquisita con le seguenti caratteristiche:

- Numero geofoni: 24;
- Spaziatura dei geofoni: 2,5 metri;
- Frequenza geofoni: 4.5 Hz;
- Tempo di registrazione degli eventi: 2 s;
- Tempo di campionamento: 0.25×10^{-3} s;
- offset minimo 2,5 – 5 metri
-

La metodologia “MASW” consente di eseguire un'analisi dei dati sismici in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della velocità delle onde S.

Il profilo verticale delle velocità sismiche delle onde S (V_s) è ottenuto tramite l'inversione (considerando tanto il modo fondamentale che quelli superiori) delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

Ottenuto il sismogramma si determina lo spettro di velocità sul quale si identifica la curva di dispersione.

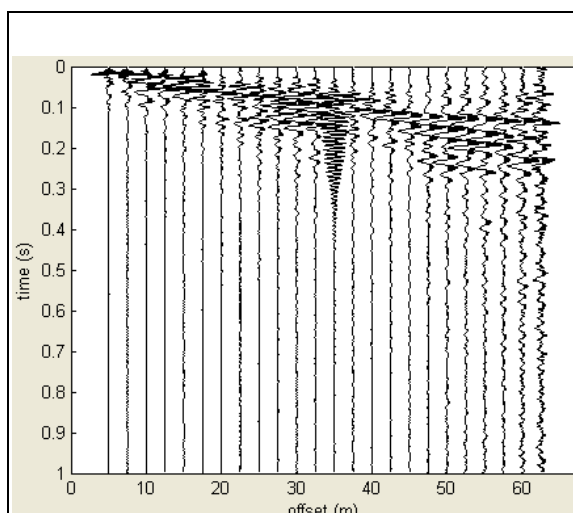


Figura 6 sismogramma

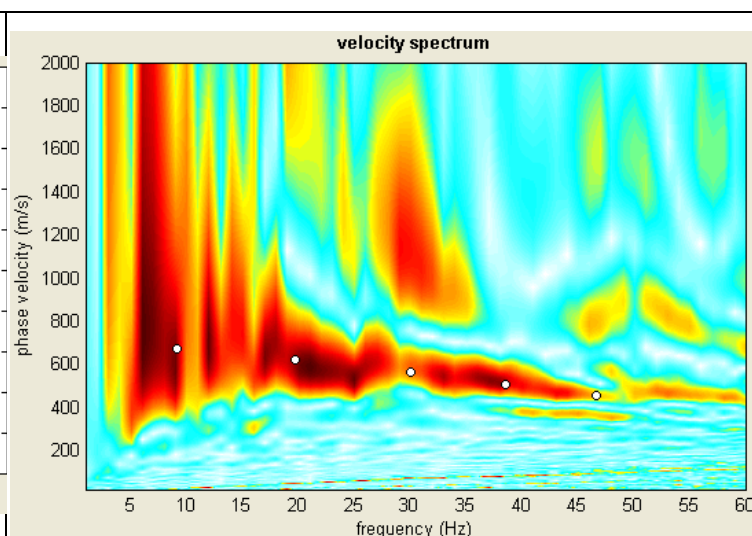


Figura 7 spettro di velocità con curva di dispersione e picking

L'operazione di inversione è ottimizzata definendo uno spazio di ricerca i cui confini sono definiti da valori di V_s e spessori all'interno dei quali si cerca la soluzione. Tali assunzioni sono fatte sulla base delle conoscenze geologiche del sito e delle informazioni derivate dalla sismica a rifrazione.

Una volta fissati i limiti minimi e massimi dello spazio di ricerca, sono quindi impostati i parametri genetici che definiscono sia il numero di individui (ossia il numero di modelli che costituiscono la popolazione che si evolverà verso soluzioni sempre migliori) sia il numero di generazioni al passare delle quali sono esplorati modelli sempre migliori.

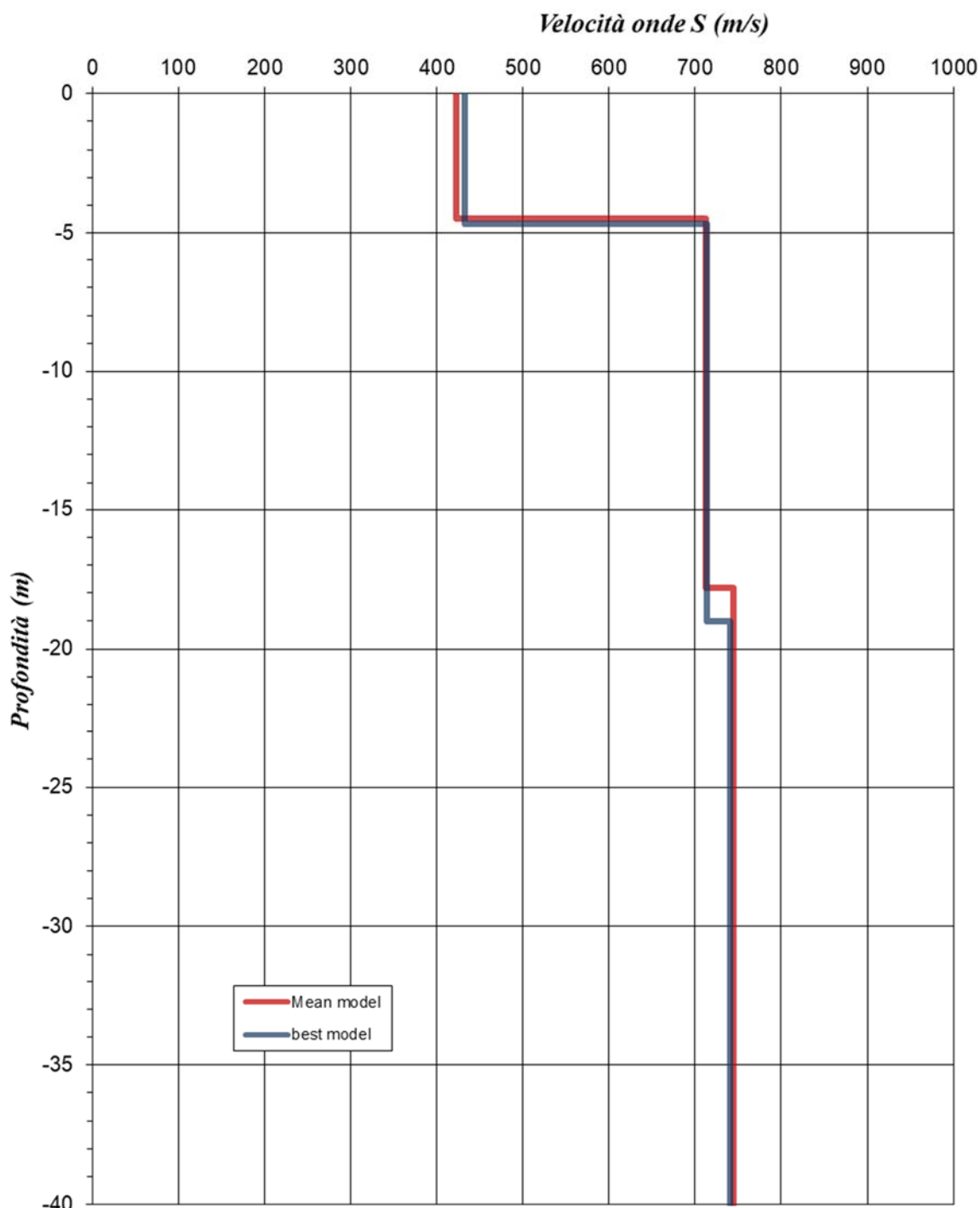


Figura 8 modello interpretativo

3.5 Risultanze ottenute

L'interpretazione delle prove MASW, relativamente alle onde S, ha reso evidente le seguenti successioni:

PROVA MASW					
Best model			Mean model		
Profondità da p.c. (m)		Velocità Onde S (m/s)	Profondità da p.c. (m)		Velocità Onde S (m/s)
0	4,7	432	0	4,5	423
4,7	19,0	714	4,5	17,8	713
19,0	40	741	17,8	40	745
V_{seq} = 656 m/s			V_{seq} = 656 m/s		

In definitiva, le prove realizzate evidenziano che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa italiana, in classe **B** – “*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s*”.