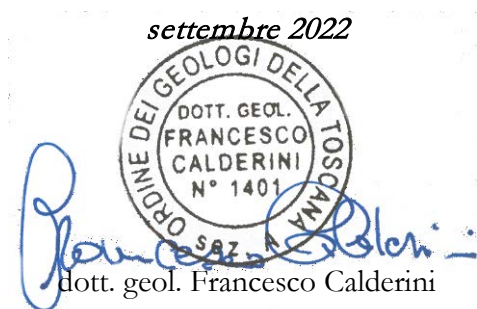




RELAZIONE TECNICA SULLE INDAGINI GEOFISICHE MASW

**REGIONE TOSCANA
PROVINCIA DI PISA
COMUNE DI MONTEVERDI MARITTIMO**
loc. capoluogo



Committenza:
Dott. Geol. Sergio Crocetti

INDICE

PARAGRAFI

1. Premessa	pg. 2
2. Acquisizione ed elaborazione dati	3
3. Risultati dell'indagine	6

1. Premessa

Su incarico ricevuto dalla Committenza è stata condotta un'indagine geofisica M.A.S.W. nell'ambito delle indagini geologiche a supporto del progetto di realizzazione di opere pubbliche in località capoluogo, in Comune di Monteverdi M.mo (PI).



Fig. 1 – Planimetria dell'area con ubicazione delle indagini (non in scala)

In data 02/09/2022 al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame, è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*, analisi multicanale della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh da misure di sismica attiva – *Park et al.*, 1999) utili a definire il profilo verticale delle Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio polarizzate orizzontali).

Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del d.m. 17 gennaio 2018. Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (Vs).

La classificazione del sottosuolo è stata condotta, in ottemperanza alle normative vigenti, calcolando la media pesata della velocità delle onde sismiche di taglio Vs secondo la seguente relazione:

$$V_{s,eq} = H / \sum (h_i / V_{si})$$

dove h_i e V_{si} indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti negli H metri superiori al substrato sismico (30 metri in assenza di substrato sismico) a partire dal piano di fondazione dell'edificio.

2. Acquisizione ed elaborazione dati

Strumentazione impiegata.

Hardware

Il sistema di acquisizione usato nella presente campagna d'indagine è composto da un sistema modulare della Ambrogeo così configurato:

- sismografo: Echo 24/2002 Seismic UNIT

Number of channels: 24

Sampler interval: 0,296 msec

A/D Conversion: 16 bit

Amplifiers

Input impedance: 1 KOhm

Gain: 10 dB - 100 dB (step 1 dB)

Saturation tension: +/- 2,3 V

Saturation level: 100 dB

Distorsion: 0,01%

Sampler: 25 msec (191 points)

50 msec (383 points)

100 msec (756 points)

200 msec (1530 points)

400 msec (3060 points)

800 msec (6121 points)

Sampling: 130 micro/sec

Record length: 25-50-10-20-400-800 millisec

Filter low pass: from 50 to 950 Hz, step 1 Hz

Digital Filter (Fir) low pass: 1000-900-800-700-600-500-400-300-200-100-50 Hz

Digital Filter (Fir) high pass: 0-25-50-75-100-125-150-175-200-225-250 Hz

Frequency response: 7-950 Hz, filter at 950 Hz

Dynamic range: 93 dB

Noise: 0,66 uV rms, gain = 55 dB

Crosstalk: 52 dB, gain = 55 dB

Power: 12 V;

- software di acquisizione dati: Ambrogeo ECHO 12/24 vers. 7.00;
- salvataggio dati in formato SEG-Y;
- 12 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz;
- collegamenti con n. 1 cavo sismico a 12 takes out spaziatati a 5 m con connettori split, montati su rullo avvolgicavo;
- sistema di starter (trigger) mediante sensore (geofono starter) accoppiato alla sorgente di energia, cavo trigger da 200 m montato su rullo avvolgicavo;
- energizzazione mediante mazza da 8 Kg.
- spaziatura tra geofoni 4 m, 1s di acquisizione, offset minimo di 2 m e sorgente sismica posizionata presso il geofono n. 1 all'esterno nord-occidentale della stesa.

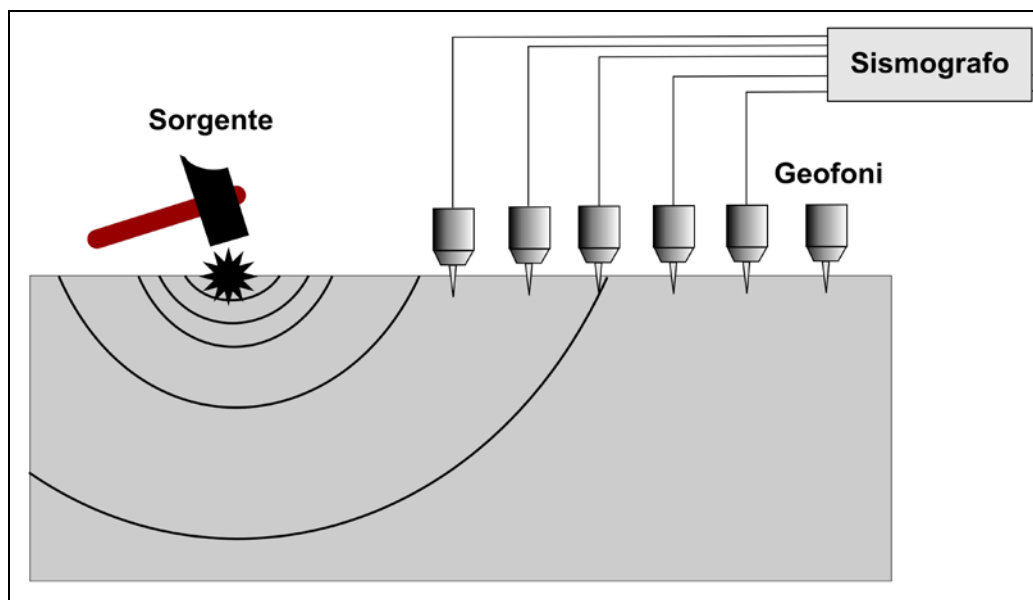


Figura 2. Stendimento sismico. Nel caso si utilizzi una sorgente ad impatto verticale e geofoni a componente verticale, si acquisiranno dati utili all'analisi delle onde di Rayleigh.



Figura 3. Fase di acquisizione della MASW nella località di interesse eseguita in data 02/09/2022

Software

Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software *winMASW* 3C (www.eliosoft.it).

Elaborazione

I dati acquisiti in campagna (Figura 4) sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime, Figure 5a e 5b) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (V_s).

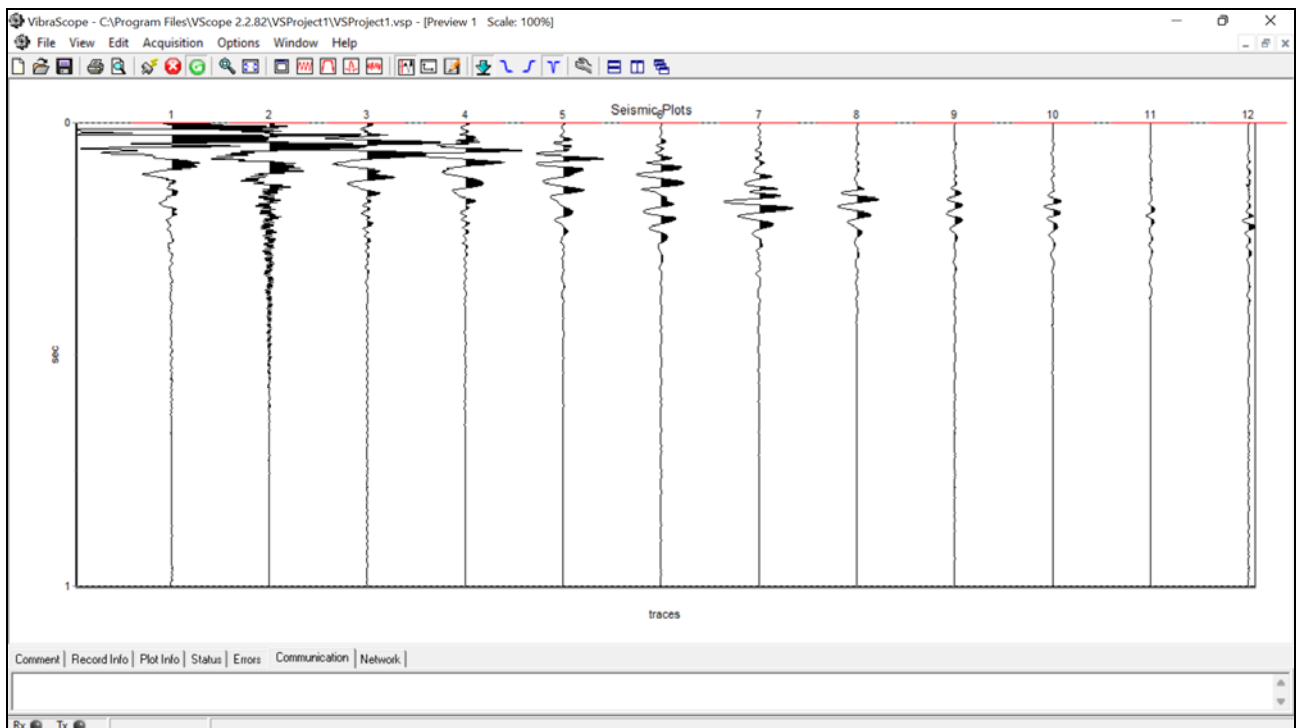


Figura 4. Dati acquisiti in campagna in data 02/09/2022

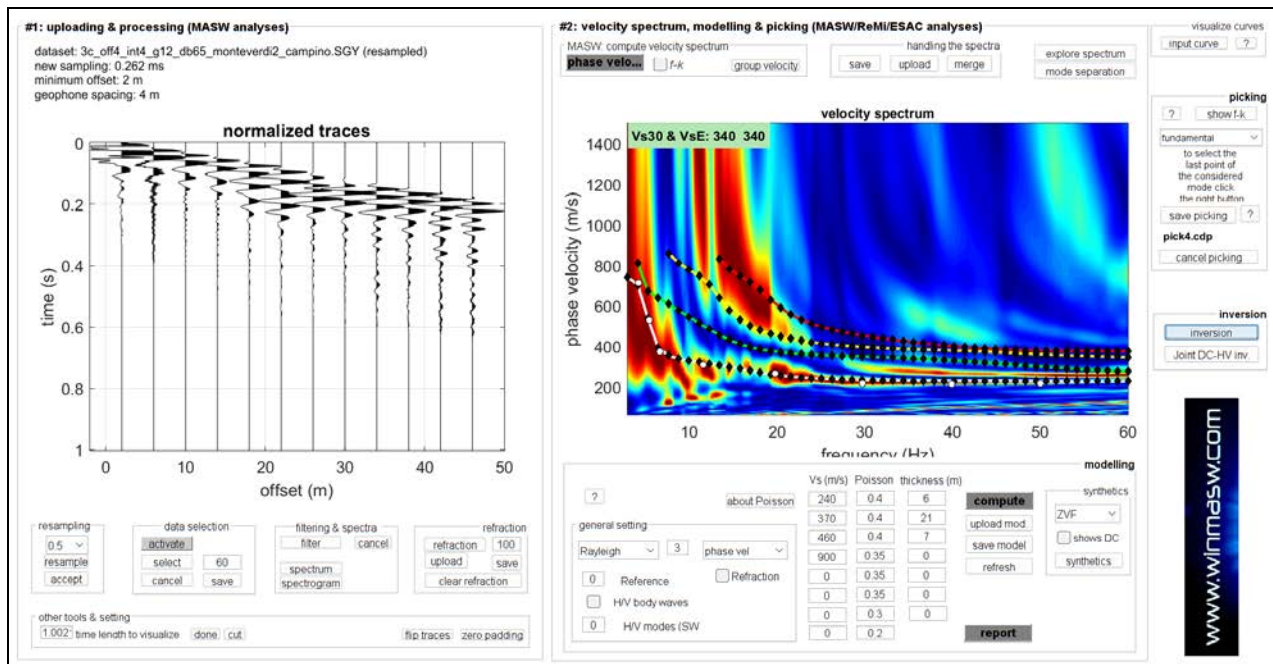


Figura 5a. Elaborazione dati e picking dello spettro di velocità

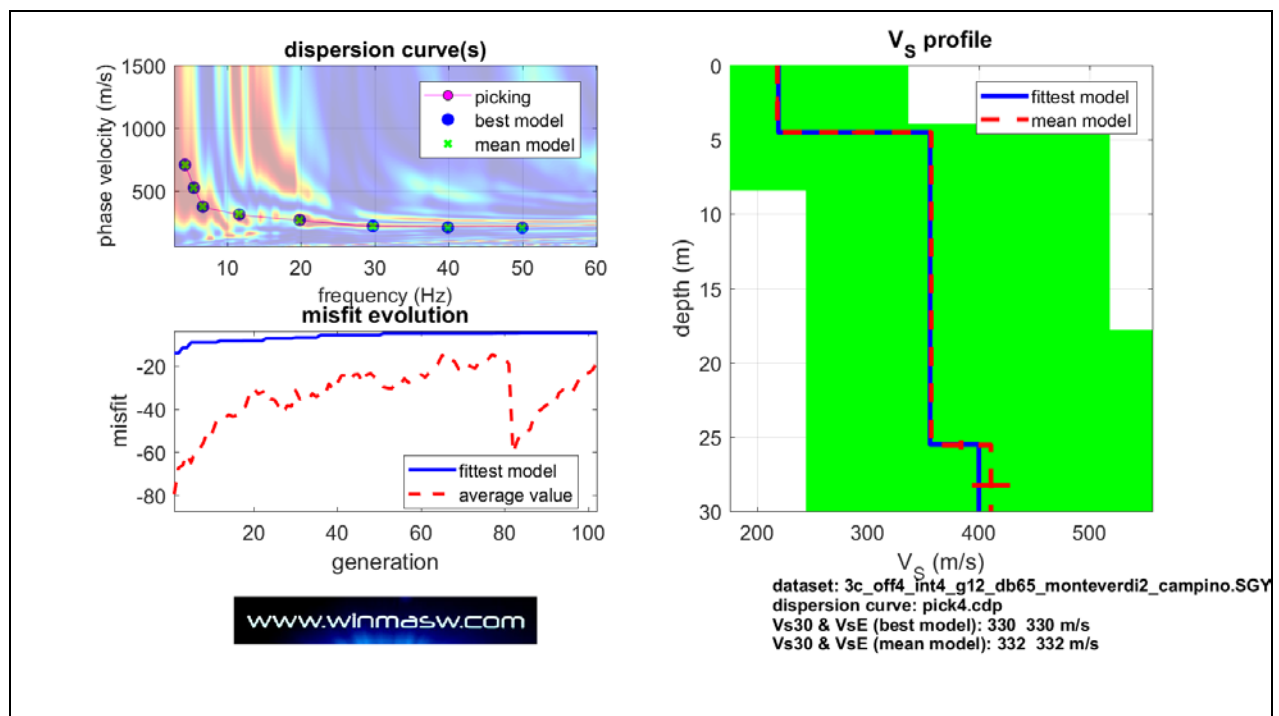


Figura 5b. Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale V_s identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).

Spessore (m)	Deviazione standard (m)	V_s (m/s)	Deviazione standard (m/s)	Densità (g/cm ³)	Modulo di taglio stimato (MPa)
4,50	0,1	218	2	1,90	90
21,00	0,3	357	1	2,02	258
5,50	0,6	411	17	2,06	347
	-	911	2	2,21	1834

Tabella 1. Modello medio individuato.

Secondo una valutazione dei dati raccolti che privilegia l'elaborazione di un modello a 4 sismostrati si ottiene, per il sito in esame, la seguente sismostratigrafia di progetto:

Sismostrato	Profondità	Spessore (m)	Litotipo/Formazione	Vs (m/s)	
1	da -0,00 a -4,50 m dal p.c.	4,5	Riporto	218	332
2	da -4,50 a -25,50 m dal p.c.	21,0	Argillite alterata con clasti calcarei	357	
3a	da -25,50 a -30,00 m dal p.c.	4,5	Siltiti alterate con clasti calcarei	411	
3b	da -30,00 a 31,00 m dal p.c.	1,0	Siltiti alterate con clasti calcarei	411	411
4	da -31,00 a ? m dal p.c.	-	Substrato roccioso costituito da calcari marnosi, siltiti e argilliti	911	911

Tabella 2. Modello sismostratigrafico.

3. Risultati dell'indagine

L'ubicazione della stesa è da considerarsi sufficientemente rappresentativa del sito in esame.

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha permesso di determinare il profilo verticale della Vs e, di conseguenza, del parametro Vseq in assenza di substrato sismico, risultato per il modello medio pari a:

Vseq	332 m/s
------	---------

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (d.m. 17 gennaio 2018) è possibile riferire il sottosuolo sismico in esame alla:

Categoria di sottosuolo	C
-------------------------	---

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Adottando un approccio più cautelativo considerato la presenza del substrato stimata 31 m di profondità ed il contrasto di impedenza tra substrato e copertura è in alternativa possibile riferire il sottosuolo sismico in esame alla:

Categoria di sottosuolo	E
-------------------------	---

Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Riferimenti

Dal Moro G., Pipan M. & Gabrielli P., 2007, *Rayleigh Wave Dispersion Curve Inversion via Genetic Algorithms and Posterior Probability Density Evaluation*, J. Appl. Geophysics, 61, 39-55

Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999, *Multichannel analysis of surface waves*, Geophysics, 64, 3; 800-808.

Castellina Marittima, settembre 2022



dott. geol. Francesco Calderini