



Denominazione progetto	Progetto N°
Accordo quadro per interventi manutentivi vari presso il patrimonio immobiliare di Ateneo - Contratto applicativo per l'intervento di " <i>Ristrutturazione e ampliamento di due laboratori presso l'Edificio Bioscientifico (B8)</i> "	09-24

Coordinamento della progettazione:

ing. A.G. Nigro



Antonio
Giuseppe
Nigro
26.09.2024
13:34:04
GMT+02:00

visto il R.U.P.:

dott. geol. S. Maugeri



SALVATORE
MAUGERI
26.09.2024
13:59:16
GMT+02:00

visto il Coordinatore A.P.S.E.Ma.:

ing. A. Pappalardo

PROGETTISTI:

Aspetti strutturali:

ing. A.G. Nigro

Coordinatore sicurezza in fase di progettazione:

ing. S. Pulvirenti

Aspetti edili /tecnico ammin.:

ing. G.L. Iacona

Aspetti edili:

arch. E. Porto

Aspetti geologici:

geol. S. Maugeri

PROGETTO ESECUTIVO

Progetto delle strutture

Titolo elaborato		Documento / Tavola N°	Scala
RAPPORTO INDAGINI SPERIMENTALI		ST_03	
		Data	Revisione
		Settembre 2024	0

Nome file 09-24_ST_03_rapp.indagini sperimentali_0.pdf

Tabella revisioni			
Rev.	Data	Descrizione	Redatto
0	Settembre 2024	Emissione progetto esecutivo	Ing. A.G. Nigro
1			
2			
3			

Pagina lasciata intenzionalmente bianca

PREMESSA

Su incarico della Multiservizi Inteco srl sono state eseguite indagini geofisiche che hanno riguardato la valutazione della velocità di propagazione delle onde sismiche dei terreni interessati e la risposta sismica di sito HVSR a supporto del progetto di **Realizzazione di due nuovi laboratori presso il Dipartimento Bioscientifico – Catania.**

Le indagini sono state eseguite nei luoghi indicati dalla committenza.

In particolare, le prove sismiche sono state eseguite per il calcolo del parametro V_{seq} (V_s equivalente), secondo quanto previsto dalle NTC 2018 e per la stima del profilo di velocità V_s entro 30,00 m di profondità dal p.c.



Per il caso specifico è stata eseguita una prospezione sismica basata sulla propagazione di onde superficiali di Rayleigh (surface wave method – SWM) di tipo attivo (MASW).

La misura di rumore ambientale a stazione singola HVSR ha restituito informazioni dinamiche riguardanti la risposta in frequenza del sito.

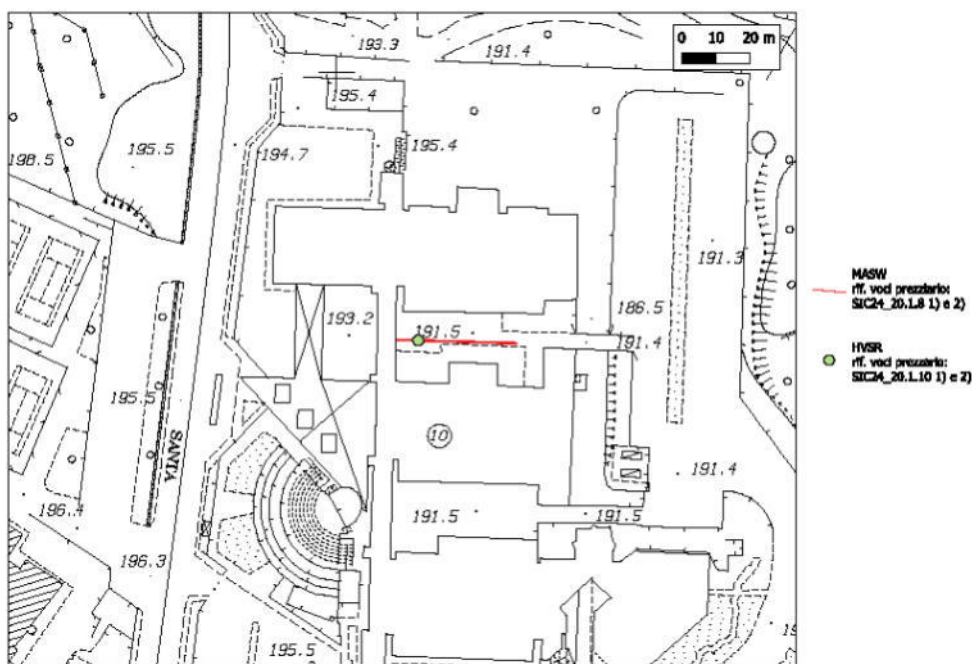


Figura 1. Ubicazione delle indagini MASW (linea rossa), HVSr (cerchio verde).

1. RISPOSTA SISMICA DEL SITO HVSr (Horizontal/Vertical Spectral Ratio)¹

Il comportamento dei siti conseguentemente ad un input sismico è inteso in termini di differente energia e/o diversa distribuzione in frequenza della stessa a causa degli effetti di amplificazione o attenuazione selettiva di determinate frequenze (risposta in frequenza del sito).

Tale azione selettiva è funzione delle caratteristiche fisiche - geometriche (litologici e strutturali) dei mezzi attraversati da un'onda sismica.

In genere i terreni rigidi presentano curve spettrali H/V (terreni rocciosi o terreni sedimentari compatti) poco amplificate e con risposte centrate nella banda “audio - frequency” ($f > 20$ Hz) legate allo stato di alterazione superficiale del sito roccioso², mentre le curve spettrali H/V relative ai terreni

¹ L'elaborazione dei dati è stata eseguita tramite codici di calcolo SAC sviluppati per ambiente LINUX

²BARD P.Y. (1999). Microtremor measurements: a tool for site effect estimation? in *The Effects of Surface Geology on Seismic Motion*, Irikura, Kudo, Okada and Sasatani (eds), Balkema Rotterdam, 1251-1279.

CRANSWICK E., 1988. The information content of high-frequency seismograms and the near-surface geologic structure of hard-rock recording sites. *Pageoph* 128, 333-363.

IRIKURA K. AND KAWANAKA T.: Characteristics of microtremors on ground with discontinuous underground structure; *Bull. Disaster Prev. Inst., Kyoto Univ.*, 30, 81-96 – 1980.

LACHET, C & BARD P-Y (1994). Numerical and Theoretical Investigations on the Possibilities and Limitations of Nakamura's Technique. *J. Phys. Earth*, 42, 377-397, 1994.

LERMO J. & CHÀVEZ-GARCÍA F. : Are microtremor Useful in Site Response Evaluation ?. *Bull. Seism. Soc. Am.* 84, 5, 1350-1364, Oct. 1994

MARRA F., AZZARA R., BELLUCCI F., CASERTA A., CULTRERA G., MELE G., PALOMBO B., ROVELLI A., AND BOSCHI E. (in press) – Large amplification of ground motion at rock sites within a fault zone in Nocera Umbra (Central Italy).

NAKAMURA, Y., 1989: A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface. *Quarterly Rept. RTRI. Jpn.* 30, 25-33.

soffici sono caratterizzate da amplificazioni a frequenze < 10 Hz e con livelli di ampiezza legati al contrasto di impedenza sismica.

Nel presente lavoro la valutazione della risposta sismica del sito è stata esaminata attraverso il campionamento di "microtremori" al fine di quantizzare, tramite analisi dei rapporti spettrali tra la componente orizzontale e verticale del moto del suolo, gli effetti di amplificazione sismica locale.

2. DESCRIZIONE DEL METODO HVSR

La tesi di partenza si basa sul fatto che l'energia dei microtremori consiste principalmente in onde di Rayleigh, e che l'effetto di amplificazione del sito è legato al contrasto di rigidità tra due mezzi attraversati dall'onda sismica.

Recentemente è stato dimostrato [Per una rassegna si veda Bard, 1999], che i rapporti spettrali H/V utilizzati con misure di microtremore, mostrano una significativa coerenza con le forme di spettri H/V calcolati mediante registrazioni di terremoti.

In accordo con quanto descritto sugli effetti di sito [Nakamura, 1989; Lachet & Bard, 1994; Lermo & Chàvez-García, 1994], in questo lavoro è stata applicata la tecnica dei rapporti spettrali H/V

[Nakamura, 1989]
$$S_M(\omega) = \frac{H_s(\omega)}{V_s(\omega)}^3$$
, presupponendo un probabile contrasto di rigidità sismica tra i terreni costituenti il substrato.

3. ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Al fine di applicare la tecnica dei rapporti spettrali H/V, è necessario campionare i microtremori registrando le tre componenti del moto del suolo.

Specificatamente è stato utilizzato un trasduttore del moto del suolo 3D, avente periodo fondamentale di 1 s., interfacciato ad un sistema di conversione analogico – digitale.

Le caratteristiche tecniche del sistema sopra descritto sono:

- ✓ SAMPLE RATE 0.01 e 0.00005 sec;
- ✓ sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break)
- ✓ filtri High Pass e Band Reject
- ✓ "Automatic Gain Control"
- ✓ convertitore A/D a 24 bit
- ✓ n.1 geofono 3D periodo 1 Hz.

TOKIMATSU K., 1995: Geotechnical site characterization using surface waves; First international conference on earthquake geotechnical engineering. - IS-TOKYO '95.

³ **Hs (ω)** spettro della risultante orizzontale del moto del suolo; **Vs (ω)** spettro della componente verticale del moto del suolo

Per il sito in esame è stata registrata una serie temporale della durata di 20 min.

Tale segnale è stato suddiviso in finestre temporali di 30.00 sec, selezionando quelle il cui rapporto STA/LTA non supera le 2 unità.

Nella figura seguente sono riportati i criteri che hanno consentito la scelta delle serie temporali da elaborare.

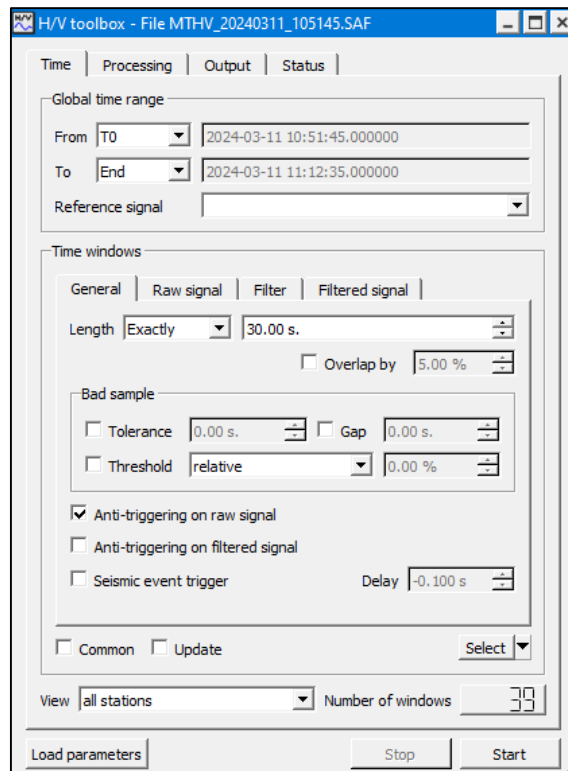


Figura 2. Parametri per la selezione delle finestre temporali

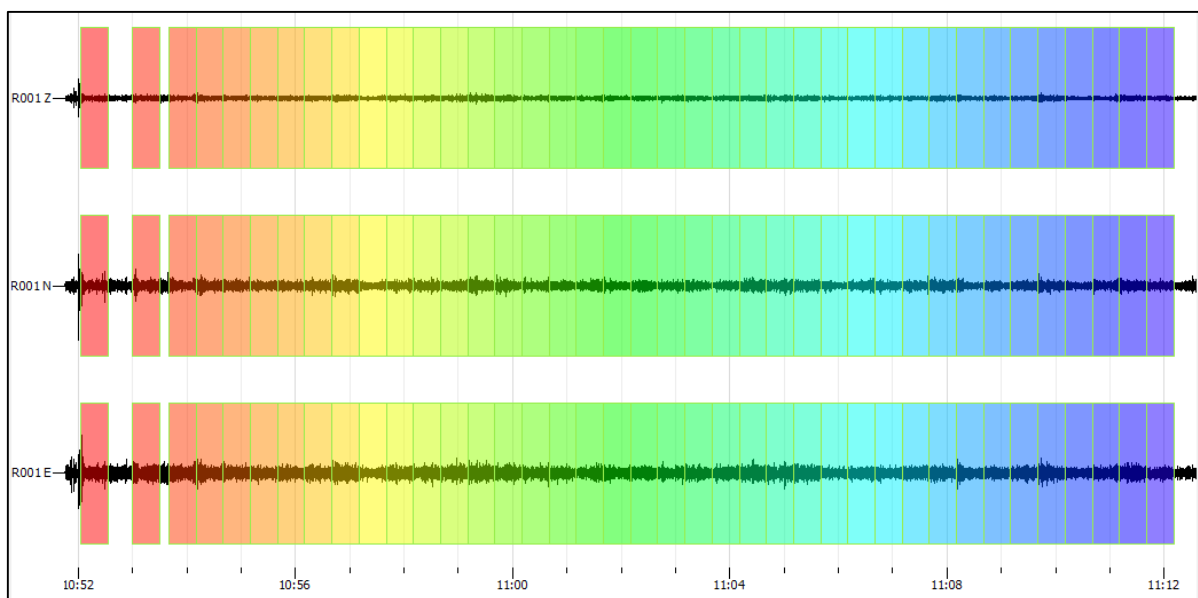


Figura 3. Finestre temporali selezionate sulla base dei parametri di fig.2

Le finestre temporali selezionate sono state processate nel seguente modo:

1. applicazione di una funzione “base - line” al fine di eliminare off - set e trend anomali;
2. applicazione di una funzione “cosine-taper (5%)” per evitare l’insorgenza di effetti di bordo;
3. applicazione di filtro a banda passante tra 0.25 e 25 Hz;
4. per ciascuna finestra temporale è stata applicata una “smoothing function” del tipo Konno-ohmachi con una bandwidth = 15.00%;
5. calcolo degli spettri dei microtremori relativi ad ogni finestra temporale tramite il comune algoritmo della Fast Fourier Transform (FFT);
6. calcolo dei rapporti spettrali (media geometrica ± 1 s.d) H/V;

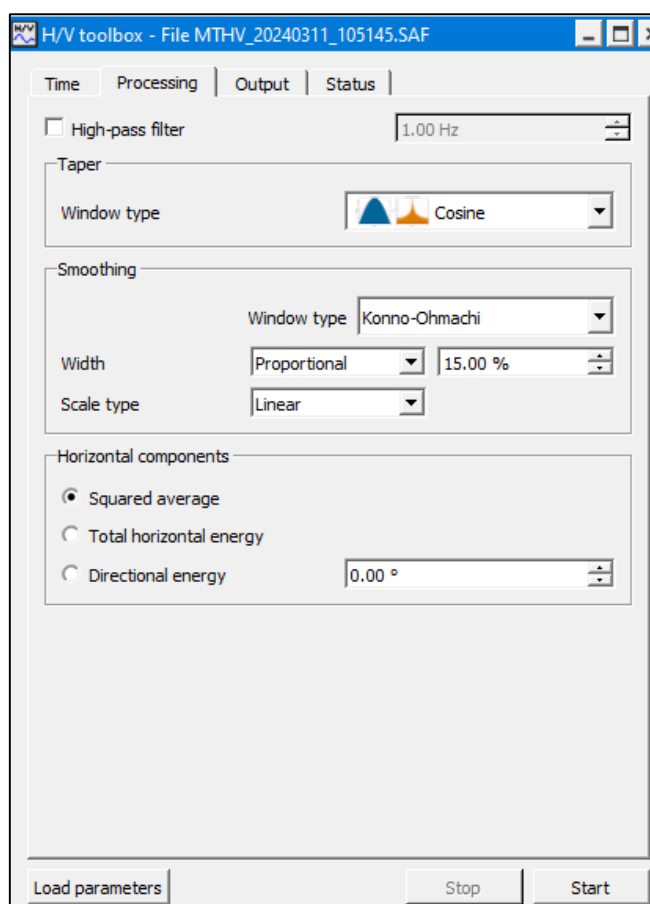


Figura 4. Parametri utilizzati per il calcolo dei rapporti H/V

4. CRITERI PER LA INTERPRETAZIONE DELLA CURVA H/V

Di seguito sono riportati i criteri utilizzati per definire l’interpretazione della curva H/V.

Tali criteri riguardano la validità sia della curva H/V sia della frequenza di picco.

In particolare, per quanto riguarda la validità della curva H/V devono essere rispettati tutti i requisiti, mentre per la frequenza di picco occorre che siano soddisfatti cinque criteri su sei.

CRITERI PER LA VALIDITA' CURVA H/V	CRITERI PER LA DEFINIZIONE DEL PICCO H/V
1. $f_0 > \frac{10}{l_w}$	1. $\exists f^- \in \left[\frac{f_0}{4}, f_0 \right] A_{H/V}(f^-) < \frac{A_0}{2}$
2. $n_c(f_0) > 200$	2. $\exists f^+ \in [f_0, 4f_0] A_{H/V}(f^+) < \frac{A_0}{2}$
3. $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	3. $A_0 > 2$
oppure	4. $f_{\text{picco}} \left[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f) \right] = f_0 \pm 5\%$
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	5. $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
	6. $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

-	l_w = lunghezza della finestra temporale
-	n_w = numero di finestre temporali selezionate per il calcolo della curva media H/V
-	$n_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0$ numero significativo di cicli
-	f = frequenza (Hz)
-	f_0 = frequenza del picco H/V
-	σ_f = standard deviation della frequenza del picco H/V ($f_0 \pm \sigma_f$)
-	$\varepsilon(f_0)$ = soglia di stabilità per le condizioni $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
-	A_0 = Ampiezza del picco H/V alla frequenza f_0
-	$A_{H/V}(f)$ = Ampiezza della curva H/V alla frequenza f
-	f^- = frequenza tra $f_0/4$ e f_0 per la quale $A_{H/V}(f) < A_0/2$
-	f^+ = frequenza tra f_0 e $4f_0$ per la quale $A_{H/V}(f) < A_0/2$
-	$\sigma_A(f)$ = standard deviation di $A_{H/V}(f)$, dove $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva media $A_{H/V}$ va divisa e moltiplicata
-	$\sigma_{\log H/V}(f)$ = standard deviation di $\log A_{H/V}(f)$, dove $\sigma_{\log H/V}(f)$ è il valore assoluto per il quale la curva media H/V va sommata o sottratta.
-	$\theta(f_0)$ = valore soglia per le condizioni di stabilità $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

valori soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Banda di frequenza [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.20 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Tabella 1 – Tabella riepilogativa dei criteri di validità delle curve H/V e dei picchi di frequenza.

5. RISULTATI

Nel caso in esame sia i criteri di validità delle curve e della definizione dei picchi sono tutti rispettati (Tab. 1).

Lo spettro HVSR calcolato mostra un andamento ben definito con una banda di frequenza significativa con un picco a frequenza pari a 14.40 Hz.

L'analisi sulla direzionalità del rumore ambientale registrato non evidenzia alcuna direttività relativo al picco a 14.40 Hz.

Successiva analisi sull'ellitticità della curva mostra che il picco a 14.40 Hz trova riscontro con i risultati dal modello di velocità del sottosuolo ottenuti tramite analisi MASW condotta in sito (fig. 7).

Le frequenze in H/V sono riferibili ad un contrasto d'impedenza sismica poco profondo.

HVSR

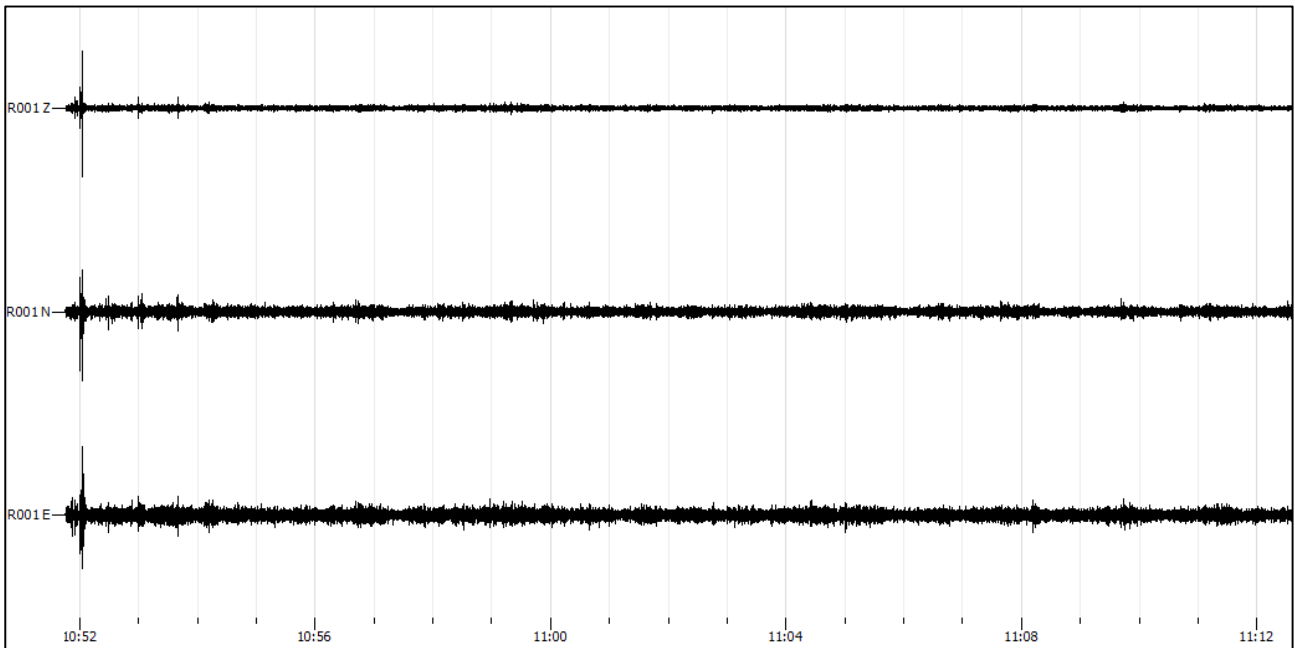


Figura 5. Microtremori registrati nelle tre componenti del moto del suolo

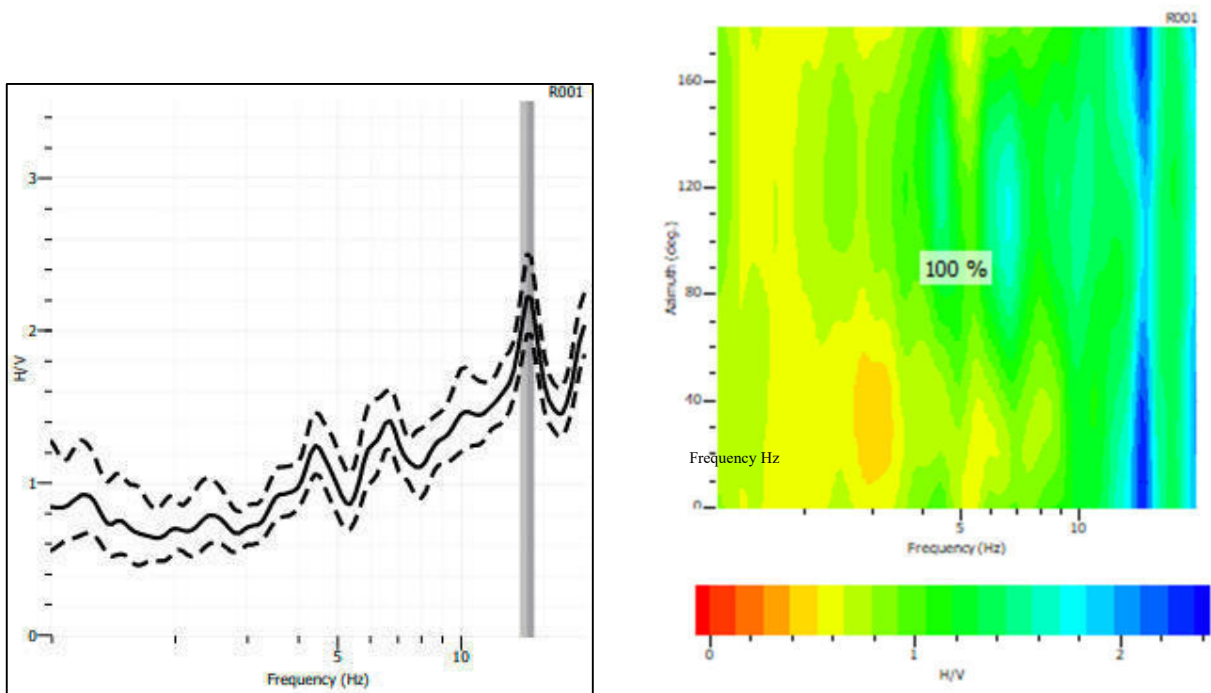


Figura 6. Curva H/V e analisi sulla direzionalità del rumore ambientale

	F (Hz)	<i>Ampiezza</i>
f_0	14.40	2.20

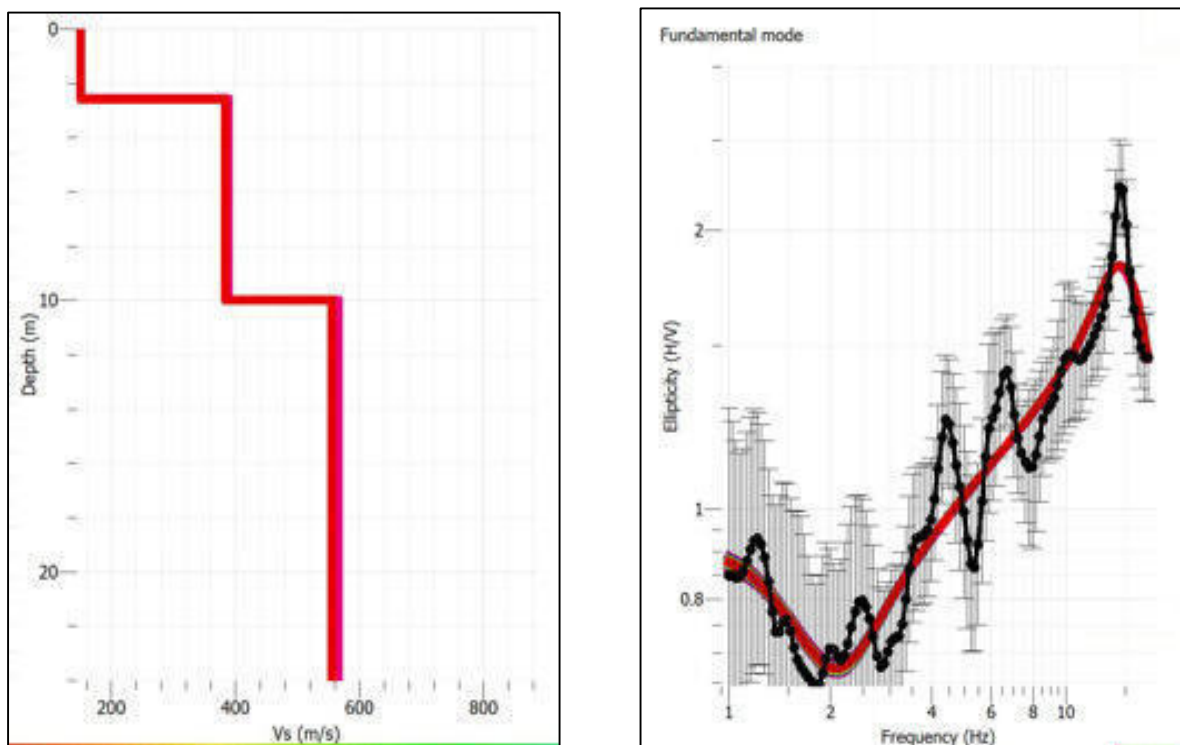


Figura 7. Curva di ellitticità e modello del sottosuolo associato

6. PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè sono onde con diverse lunghezze d'onda che si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo; in altre parole, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè si tratta di onde la cui velocità dipende dalla frequenza.

Strumentazione e configurazione geometrica utilizzata

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale A6000S MAE, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- capacità di campionamento dei segnali tra 0.002 e 0.00003 sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del “tempo zero” (time break);
- filtri High Pass e Band Reject;
- “Automatic Gain Control”;
- convertitore A/D a 24 bit;

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea". In particolare è stato utilizzato il seguente set-up:

- 12 geofoni ad asse di oscillazione verticale con interspazio (Gx) di 3 metri;
- n. 2 energizzazioni ad offset (Sx) 3 e 6 metri;
- passo di campionatura pari a 1000 Hz;
- lunghezza delle tracce sismiche pari a 2048 sec.;
- massa battente pesante di 10 Kg.

Tale configurazione ha consentito di mitigare gli effetti near-field dovuti alle onde di volume ed ha altresì consentito di avere le seguenti risoluzioni spazio-temporali: lungo i numeri d'onda k la risoluzione è di 0.174 m^{-1} , mentre la risoluzione in frequenza è pari a 0.244 Hz.

Elaborazione dati

L'analisi MASW può essere ricondotta in quattro fasi:

- la prima fase prevede la trasformazione delle serie temporali (fig. 8) nel dominio frequenza f – numero d'onda K (fig. 9);
- la seconda fase consiste nella individuazione delle coppie f - k cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale). Attraverso tali punti applicando la (1) si ottiene la curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano V_{fase} (m/sec) – frequenza (Hz) (fig.11).

$$V_R(\omega) = \frac{2\pi f}{k_{MAX}} \quad (1)$$

- la terza fase consiste nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p , la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo;

- la quarta ed ultima fase consiste nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo.

7. DEFINIZIONE SUOLO TIPO

Le NTC 2018 definiscono l'azione sismica di progetto, in assenza di analisi specifiche, sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera. La norma suddivide il territorio nazionale in zone sismiche, contraddistinte dal valore a_g dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità. I valori convenzionali di a_g assegnati alle aree sismiche fanno riferimento all'accelerazione di picco in superficie per suolo di tipo A, cioè roccia affiorante o suolo omogeneo molto rigido (vedi tabella 2), per il quale il moto sismico al bedrock non subisce variazioni sostanziali.

SUOLO	CARATTERISTICHE DINAMICHE IN “RANGE” DI V_{SEQ}
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30m, 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
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30m.

Tabella 2 “Range” V_{SEQ} da normativa DM 2018.

In presenza di suoli di tipo B, C, D E il moto sismico in superficie in genere risulta modificato rispetto al moto sismico al bedrock, in funzione dell'intensità e del contenuto in frequenza dell'input sismico e delle caratteristiche geotecniche sismiche e dello spessore del suolo attraversato dalle onde sismiche per giungere in superficie.

In assenza di una specifica analisi di amplificazione sismica locale per il suolo in esame, per valutare l'accelerazione sismica spettrale in presenza di suoli di tipo B, C, D E la normativa introduce un

fattore di amplificazione S e i periodi T che definiscono lo spettro di risposta di un oscillatore semplice con smorzamento pari al 5%.

La classificazione del suolo è convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro la profondità di rinvenimento del bedrock:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

8. RISULTATI MASW

MODELLO FINALE

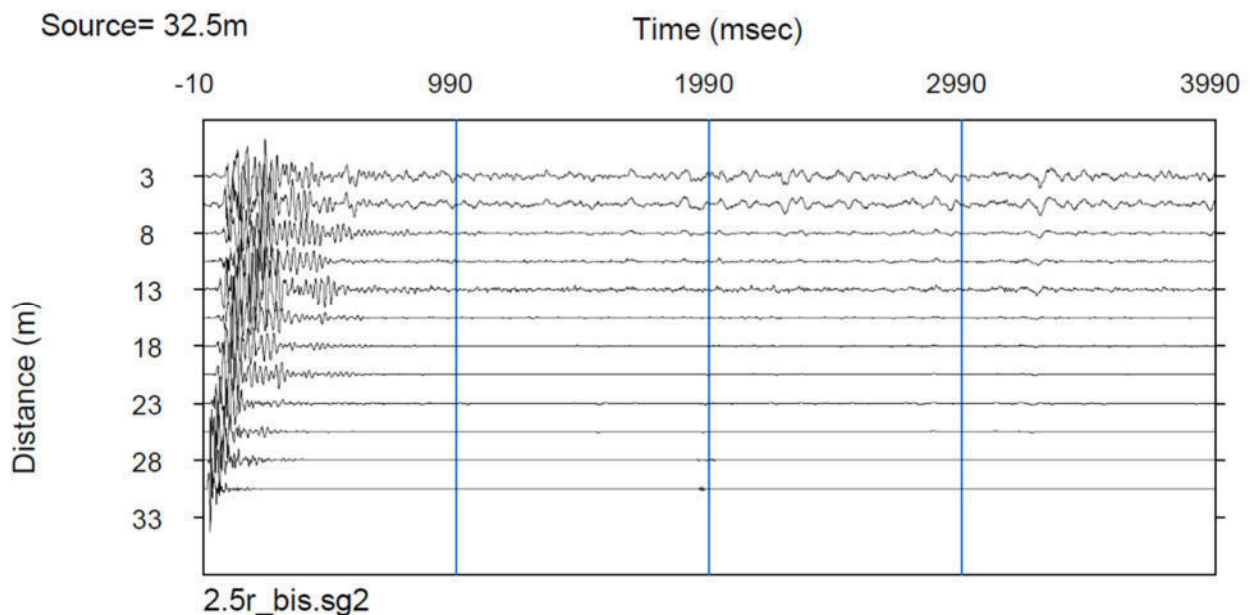


Figura 8 Serie temporali prova MASW offset 2.5 metri

La velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) - frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 17.87 Hz e 39.11 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 290.04 m/s e 410.12 m/s (Fig.9).

La curva mostra, nel suo complesso, un andamento normal dispersivo.

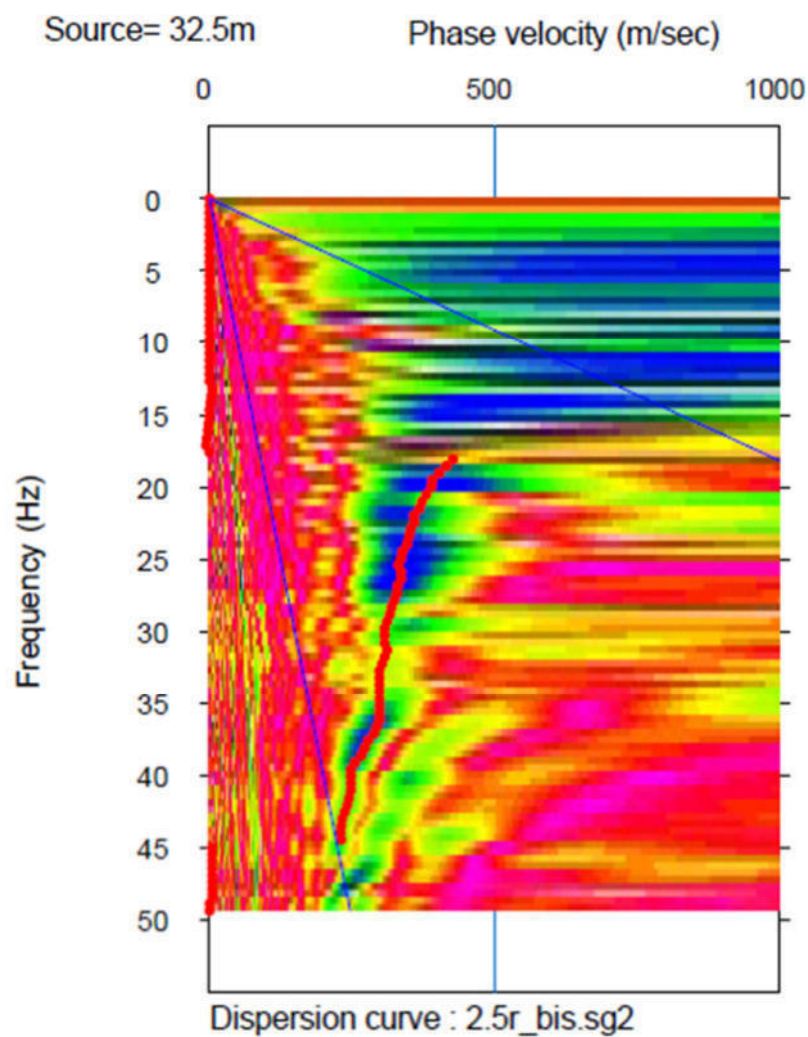


Figura 9 Densità spettrale normalizzata nel piano Velocità di fase apparente /frequenza

Z (m)	V _s (m/sec)
0.00	265.70
3.75	397.42
10.00	515.23
18.74	519.15

Tabella 3 - Modello di velocità teorico relativo alla curva teorica di Fig. 11

La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità a variazione continua degli strati ha uno scarto pari $RMSE = 9.78$ m/s con la curva di dispersione sperimentale (Fig. 11)

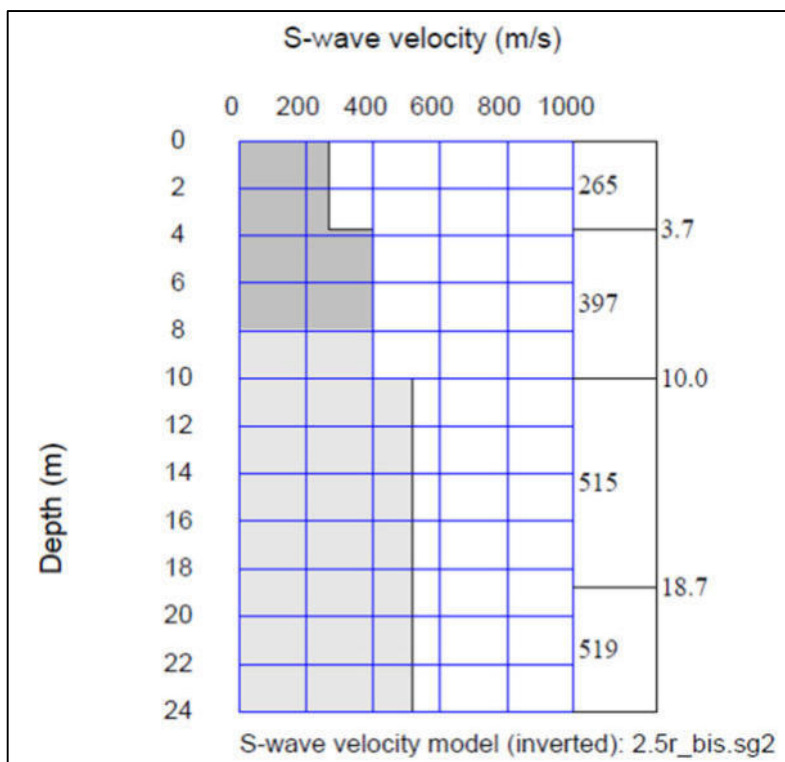


Figura 10 - Modello di velocità del sottosuolo

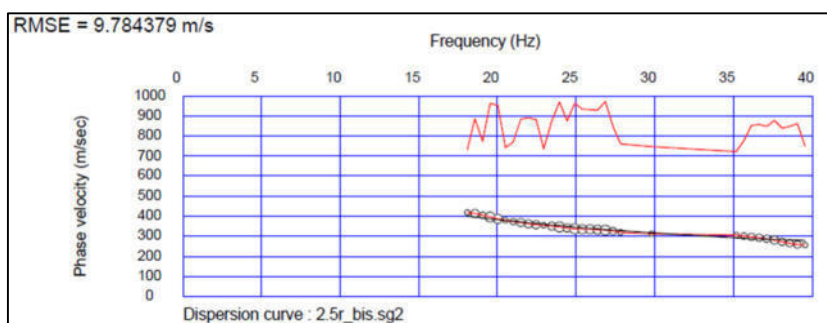


Figura 11 – Confronto tra curva di dispersione teorica calcolata attraverso il modello di velocità teorico del sottosuolo (curva nera) con la curva sperimentale (curva rossa).

Il profilo di velocità stimato individua una sequenza di sismostrati in cui il “bedrock” sismico non viene intercettato entro i 30,00 m dal p.c.

DEFINIZIONE SUOLO TIPO

Per il caso in esame, utilizzando i valori del modello di velocità relativo alle onde di taglio, tenuto conto che non è stato intercettato il bedrock entro 30,00 m di profondità dal p.c., si è proceduto al calcolo della velocità V_{Seq} media per una profondità di 30,00 m (come prescritto nella normativa).

Il sottosuolo appartiene quindi alla CATEGORIA **B⁴**

⁴ La categoria del sottosuolo è stata definita a partire dal piano campagna

Sismostrato	Spessore h (m)	V _s (m/s)	h/V _s (sec)	V _{seq} (m/s)
1	3.75	265.70	0,0141	438.00
2	6.25	397.42	0,0157	
3	8.74	515.23	0,0170	
4	11.26	519.15	0,0217	
Suolo tipo A		V _{seq} > 800 m/s		
Suolo tipo B		360 m/s < V _{seq} < 800 m/s		
Suolo tipo C		180 m/s < V _{seq} < 360 m/s		
Suolo tipo D		100 m/s < V _{seq} < 180 m/s		
Suolo tipo E		100 m/s V _s < 360 m/s max giacenti su di un substrato V _s > 800 m/sec		

MODULO ELASTO-DINAMICI

sismostrato	1°	2°	3°	4°	Grandezze fisiche	
VP (m/s)	532,61	701,22	971,51	976,59	VP (m/s)	Velocità delle onde sismiche negli strati
VS (m/s)	265,70	397,42	515,23	519,15	VS (m/s)	
γ (g/cm³)	1,68	1,77	1,88	1,89	γ (g/cm³)	Densità geofisica
σ	0,33	0,26	0,30	0,30	σ	Coeff. Poisson
E (Kg/cm²)	3229,60	7208,29	13307,28	13510,53	E (Kg/cm²)	mod. Young
Estat (Mpa)	13,00	45,50	118,41	121,24	Estat (Mpa)	mod. Young Statico
K (Kg/cm²)	3229,51	5046,73	11266,46	11363,47	K (Kg/cm²)	mod. Volume
G (Kg/cm²)	1210,19	2852,75	5101,16	5184,21	G (Kg/cm²)	mod. Taglio
M (Kg/cm²)	4862,82	8881,22	18136,82	18345,16	M (Kg/cm²)	mod. Contrasto
IS (t/m²*sec.)	446,66	703,93	970,93	832,87	IS (t/m²*sec.)	Impedenza sismica
t	1,22	1,16	0,92	0,00	t	Coeff. Rifrazione

9. CONCLUSIONI

Il presente lavoro ha avuto come scopo quello della definizione della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio e per definire la categoria di appartenenza del suolo secondo la normativa sismica vigente.

I principali risultati possono così essere sintetizzati:

- H.V.S.R.

- Lo spettro HVSR calcolato mostra un andamento ben definito con una banda di frequenza significativa con un picco a frequenza pari a 14.40 Hz.

L'analisi sulla direzionalità del rumore ambientale registrato non evidenzia alcuna direttività relativo al picco a 14.40 Hz.

Successiva analisi sull'ellitticità della curva mostra che il picco a 14.40 Hz trova riscontro con i risultati dal modello di velocità del sottosuolo ottenuti tramite analisi MASW condotta in sito.

- **M.A.S.W.**

- La curva di dispersione mostra, nel suo complesso, un andamento normal dispersivo e le velocità di fase risulta così dispersa nel piano velocità di fase (m/s) - frequenza (Hz):

	f_{min} (Hz)	f_{max} (Hz)	$V_{fasemin}$ (m/s)	$V_{fasemax}$ (m/s)
<i>MASW</i>	17.87	39.11	290.04	410.12

- In accordo alle NTC 2018:

	V_{seq} (m/s)	Suolo tipo
<i>MASW</i>	438.00	<i>B</i>

Catania li 14 Marzo 2024

S.G.M. s.r.l.
Società Geognostica Mediterranea
Dott. Geol. Corrado Zocco

S.G.M. s.r.l.
 SOCIETA' GEOGNOSTICA MEDITERRANEA
 Via Umberto 196 - CATANIA
 Partita IVA 03917900874

