

INDAGINE GEOFISICA (M.A.S.W. + H.V.S.R.)



Progetto di ampliamento di una cava autorizzata Loc. Serro la serpa S. Andrea di Conza AVELLINO	Data: febbraio 2013 Prot.: 006/2013/GS
	Il committente: Andreone Marbles srl Conza della Campania
	Il Geologo Dott. E. Spagnuolo
	Il Progettista Ing.
Indagine geofisica tramite tecnica MASW + HVSR EASY MASW/HVSR - Geostru Software	

INDICE

LA TECNICA MASW	1
Dati generali.....	3
Tracce.....	4
Analisi spettrale.....	5
Curva di dispersione.....	6
Inversione	7
Risultati.....	9
LA TECNICA HVSR	10
Dati generali.....	12
Tracce INPUT.....	13
FINESTRE SELEZIONATE.....	15
RAPPORTO SPETTRALE H/V	18
Risultati.....	18
VERIFICHE (progetto SESAME)	19
MODELLO STRATIGRAFICO	19

LA TECNICA MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

1.20

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

2.20

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

DATI GENERALI

Committente	ANDREONE MARBLES srl
Cantiere	S. Andrea di Conza
Località	Serro la Serpa
Operatore prova	GEOSAFE SAS
Comune	S. ANDREA DI CONZA - Av
Data	01/02/2013 13.30
Latitudine	40.8358
Longitudine	15.3752
Strumentazione	M.A.E. srl 24 canali 24 bit per canale / geofoni 4.5 Hz verticali

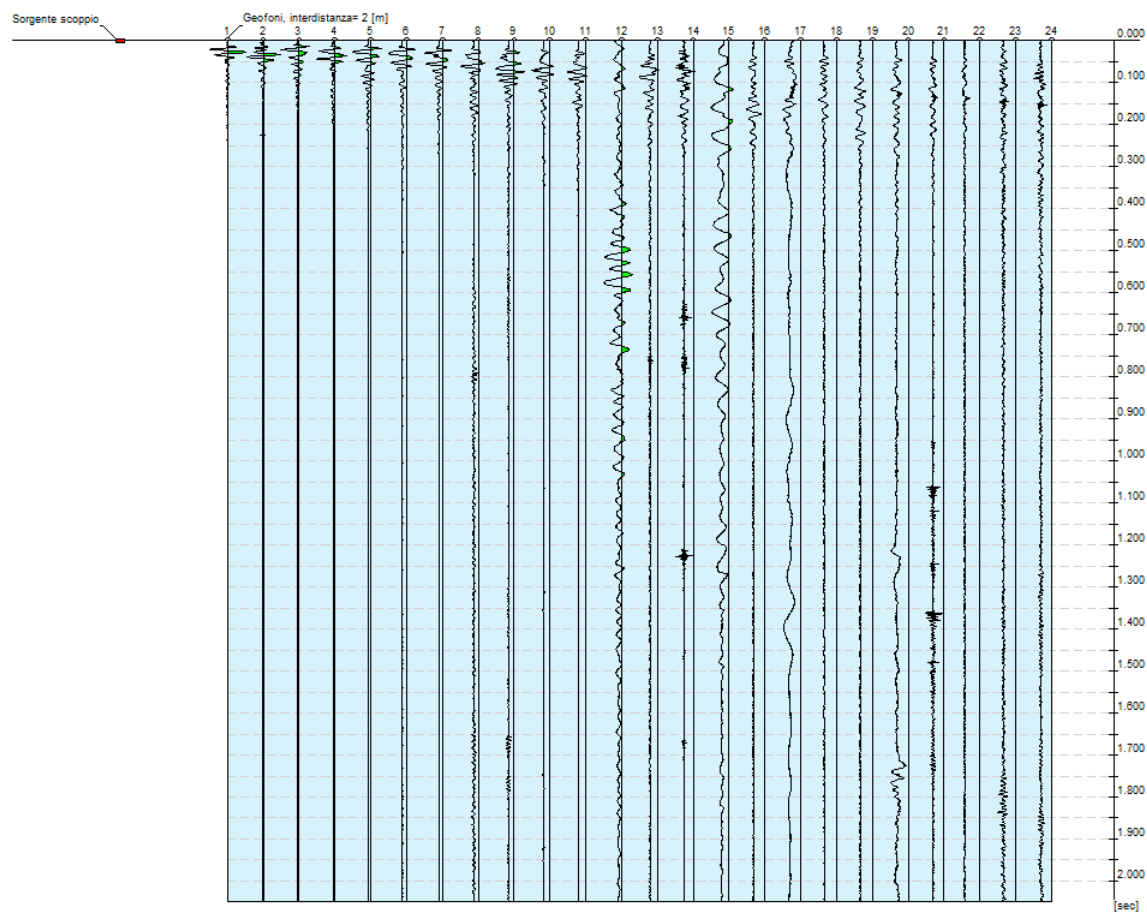
3.20



TRACCE

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2048.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

4.20

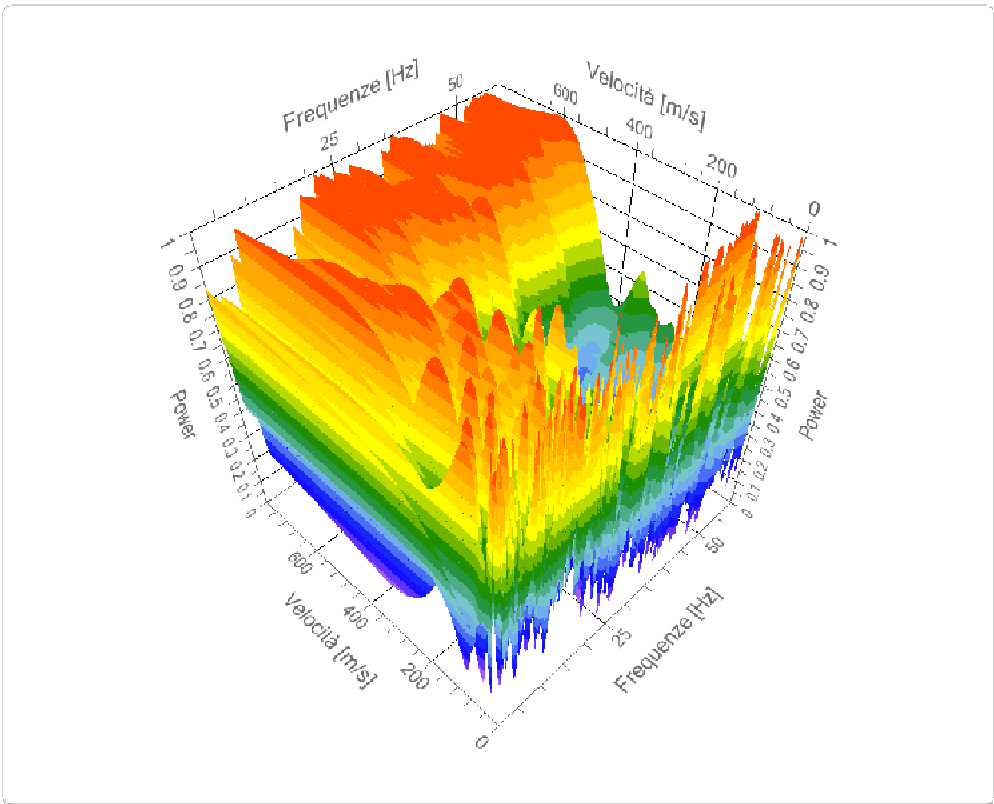


ANALISI SPETTRALE

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

5.20

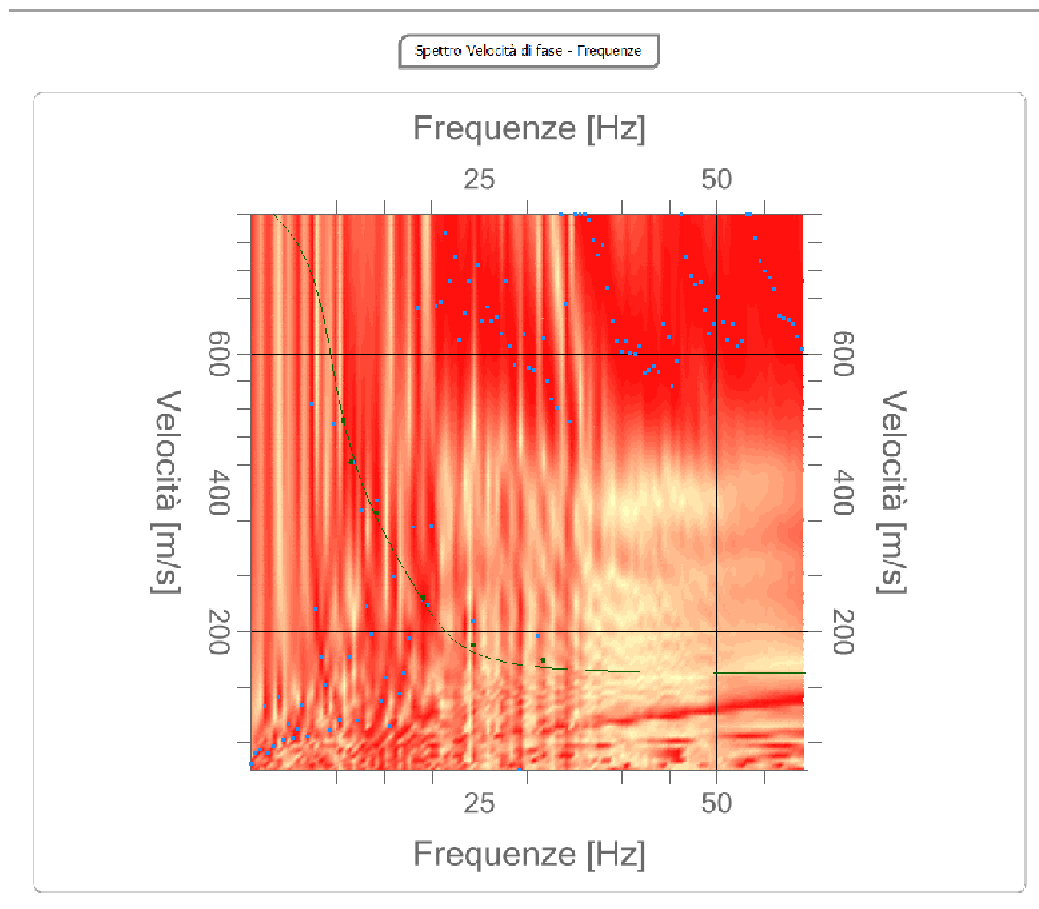
Spettro Velocità di fase - Frequenze



CURVA DI DISPERSIONE

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	10.7	503.4	0
2	11.5	443.8	0
3	14.2	370.0	0
4	19.1	247.9	0
5	24.4	179.8	0
6	31.8	158.5	0

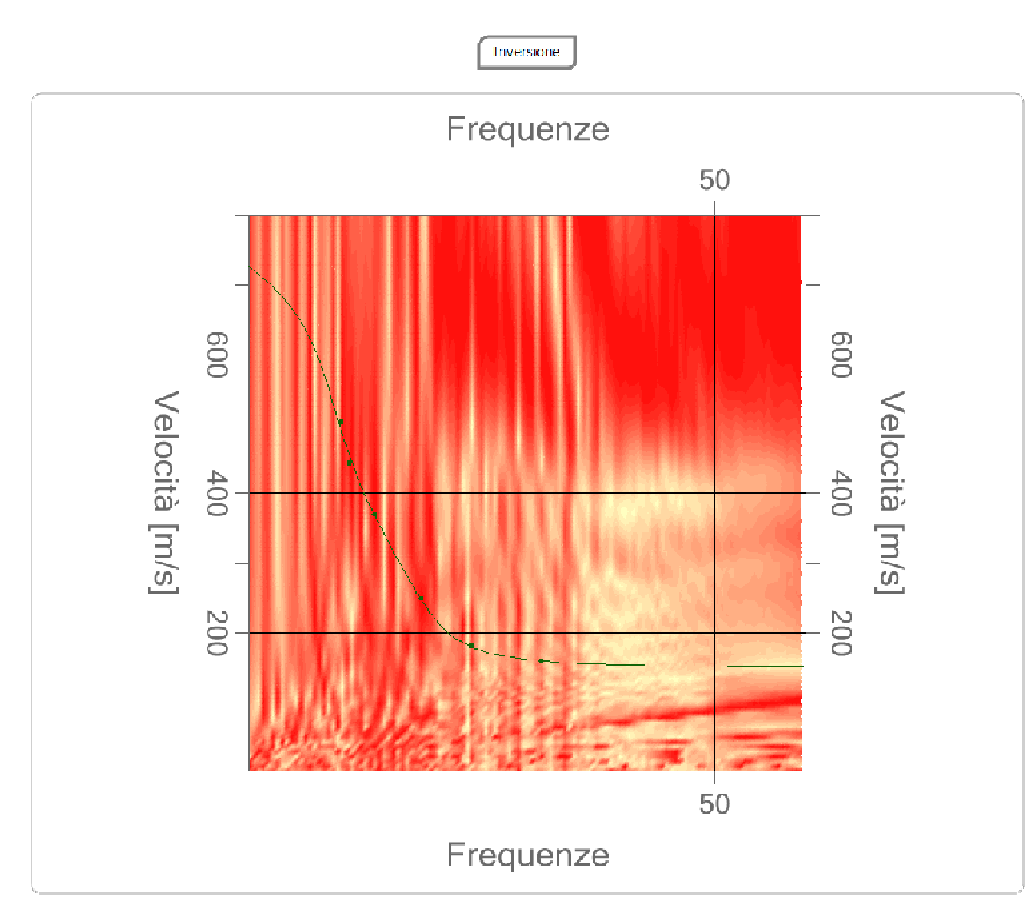
6.20

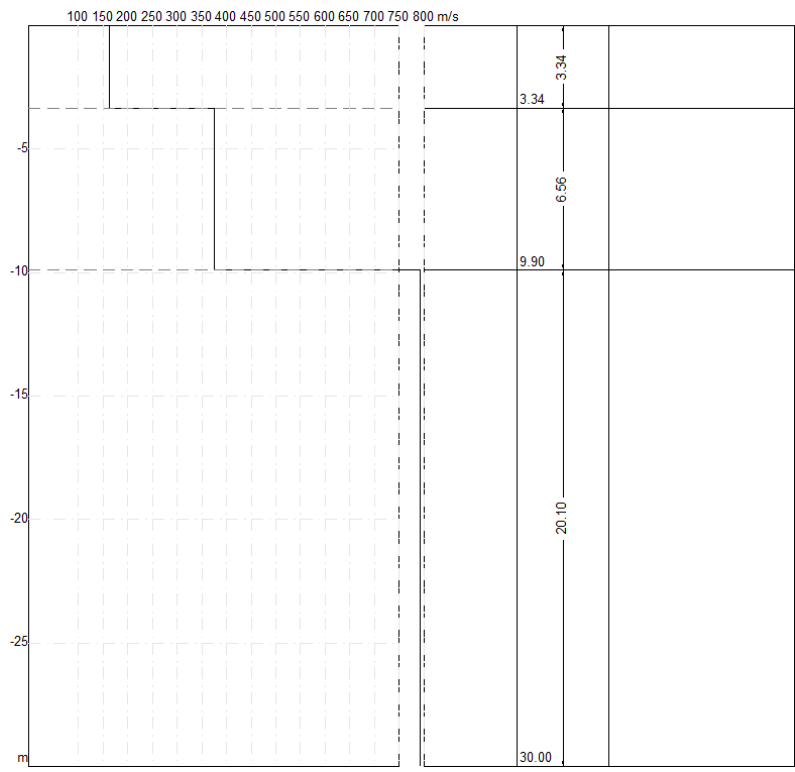
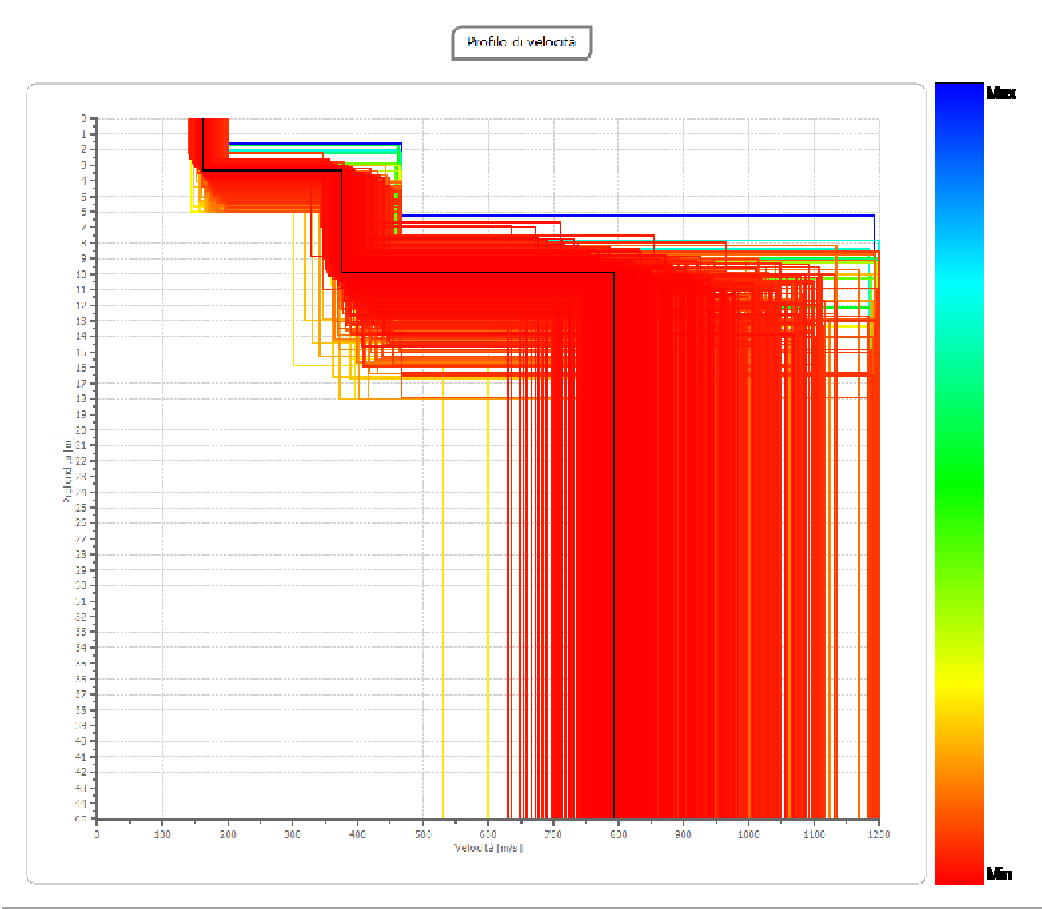


INVERSIONE

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso saturo per unità di volume [kg/mc]	Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	3.34	3.34	1800.0	0.3	No	303.1	162.0
2	9.90	6.56	2000.0	0.3	No	701.0	374.7
3	oo	oo	2200.0	0.3	No	1482.3	792.3

7.20





RISULTATI

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	472.45
Categoria del suolo	B

9.20

Suolo di tipo **B**: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

LA TECNICA HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo Vs30 attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

10.20

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del suddetto progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo Vs30.

11.20

DATI GENERALI

Committente	ANDREONE MARBLES srl
Cantiere	S. Andrea di Conza
Località	Serro la Serpa
Operatore prova	GEOSAFE SAS
Comune	S. ANDREA DI CONZA - Av
Data	01/02/2013 13.30
Latitudine	40.8358
Longitudine	15.3752
Strumentazione	M.A.E. srl 24 canali 24 bit per canale / 3 geofoni 2.0 Hz verticali

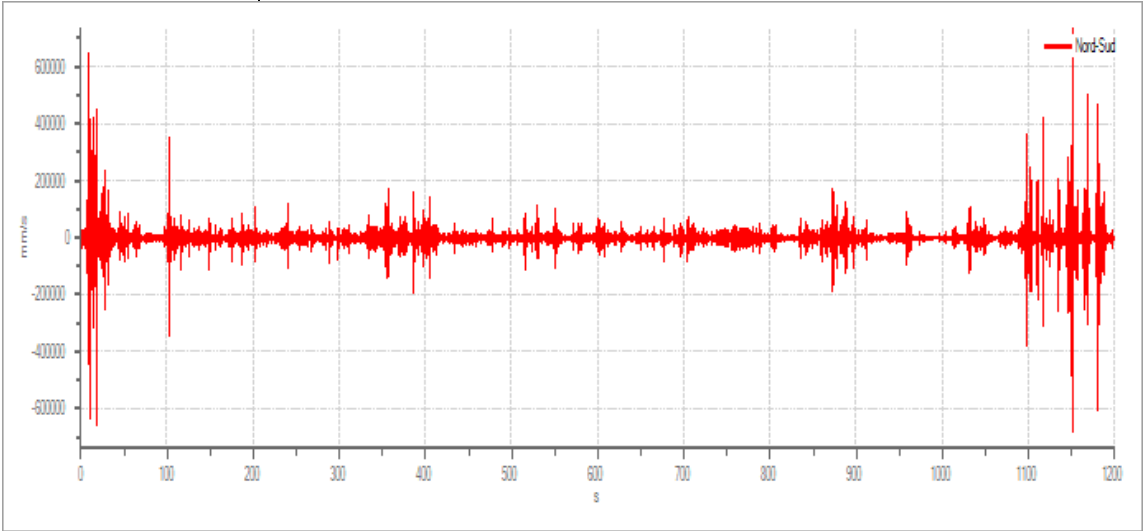
12.20



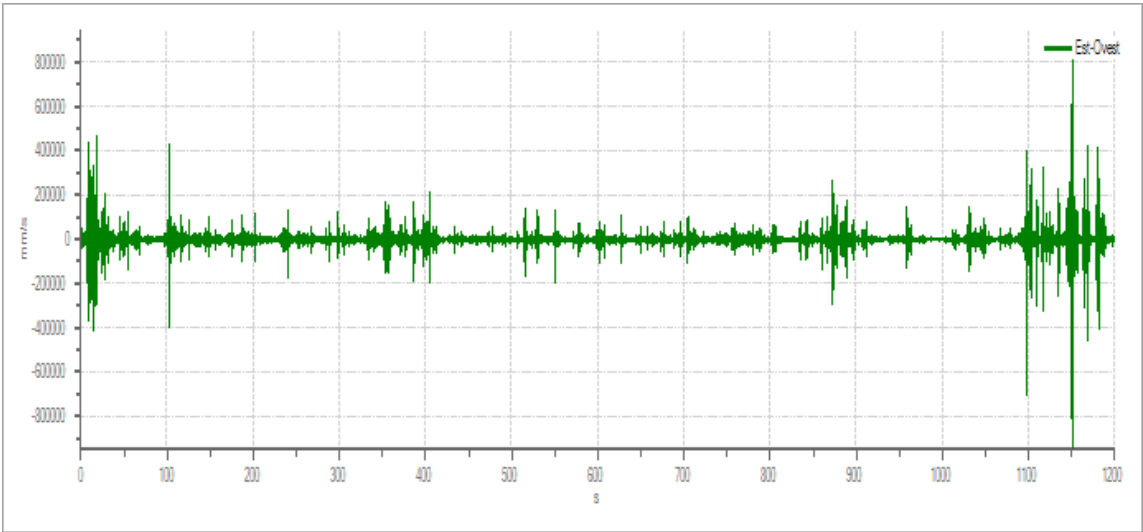
TRACCE INPUT

N. tracce	3
Durata registrazione [sec]	1200
Frequenza di campionamento [Hz]	250
Numero di campioni	300000
Direz. Tracce	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale

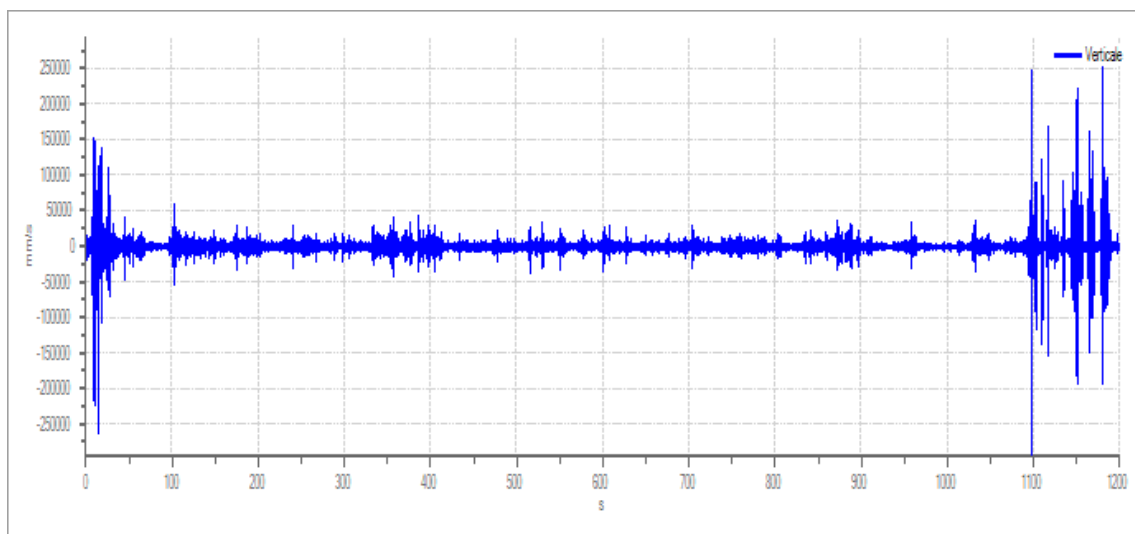
13.20



NORD-SUD



EST-OVEST



VERTICALE

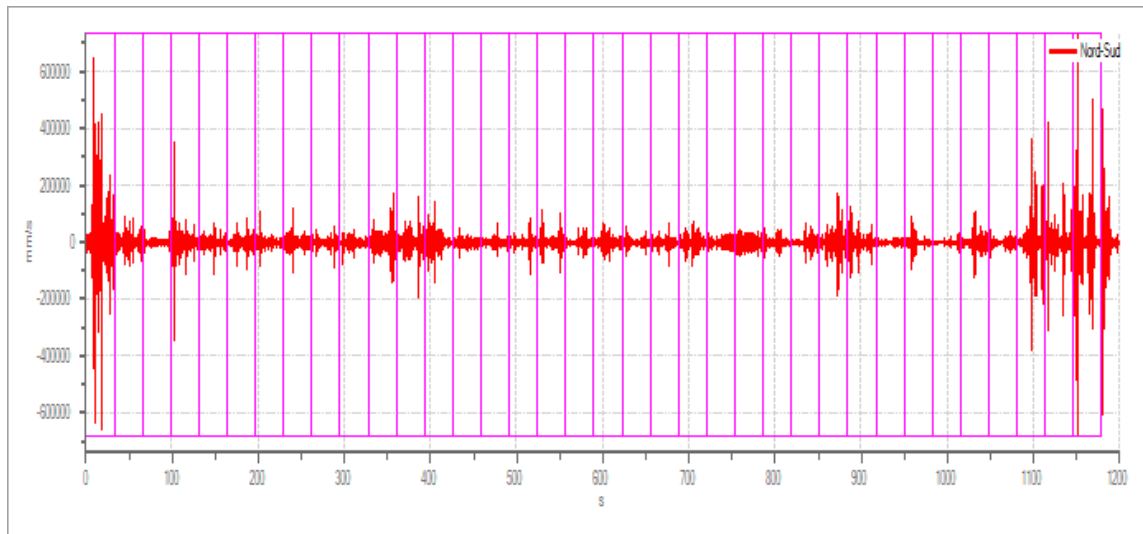
14.20

FINESTRE SELEZIONATE

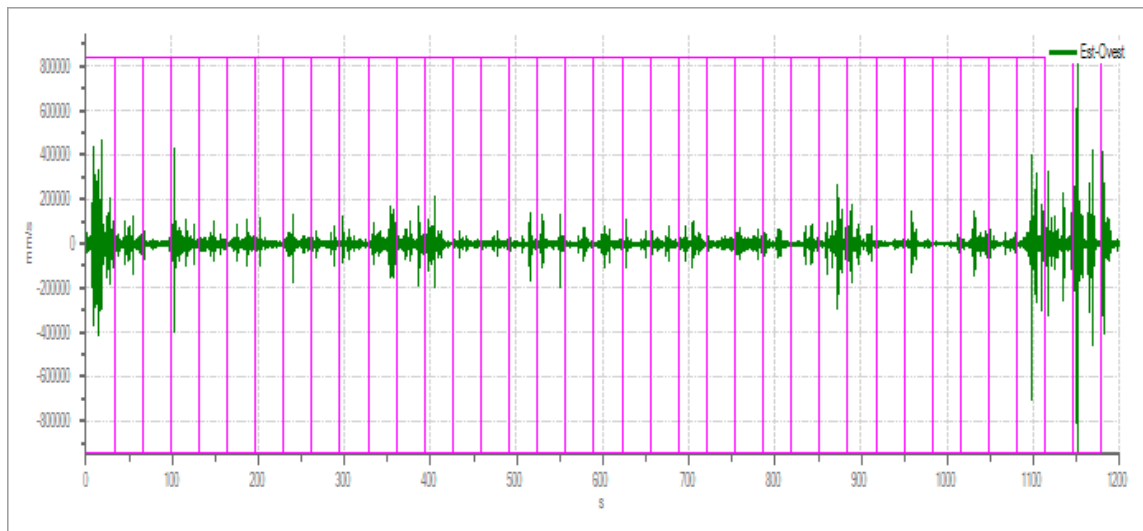
Numero totale finestre selezionate	36
Numero finestre incluse nel calcolo	36
Dimensione temporali finestre [sec]	32.768
Tipo di lisciamento	Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamento [%]	10

15.20

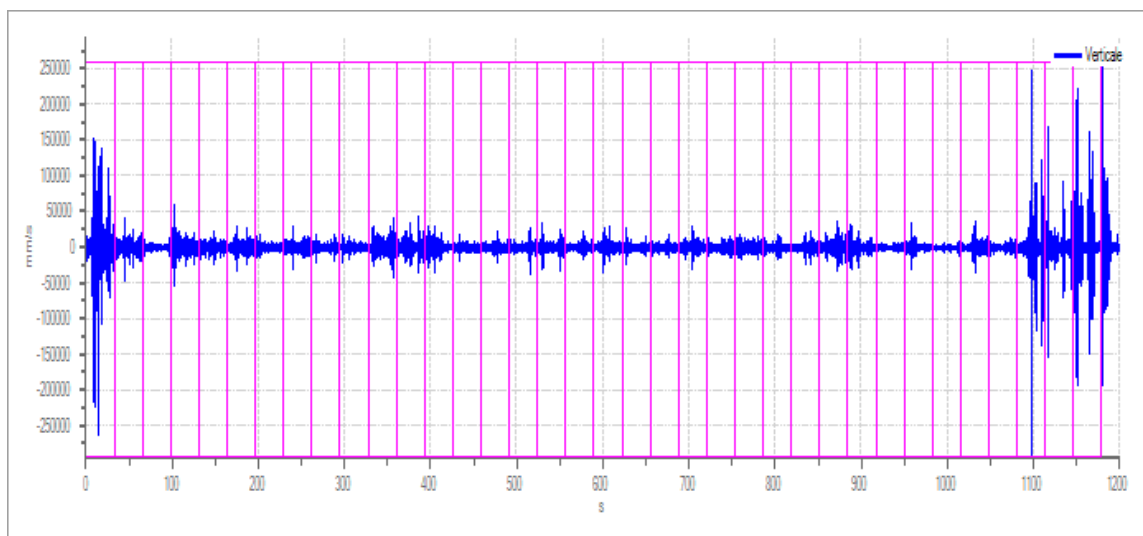
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	32.768	Inclusa
2	32.768	65.536	Inclusa
3	65.536	98.304	Inclusa
4	98.304	131.072	Inclusa
5	131.072	163.84	Inclusa
6	163.84	196.608	Inclusa
7	196.608	229.376	Inclusa
8	229.376	262.144	Inclusa
9	262.144	294.912	Inclusa
10	294.912	327.68	Inclusa
11	327.68	360.448	Inclusa
12	360.448	393.216	Inclusa
13	393.216	425.984	Inclusa
14	425.984	458.752	Inclusa
15	458.752	491.52	Inclusa
16	491.52	524.288	Inclusa
17	524.288	557.056	Inclusa
18	557.056	589.824	Inclusa
19	589.824	622.592	Inclusa
20	622.592	655.36	Inclusa
21	655.36	688.128	Inclusa
22	688.128	720.896	Inclusa
23	720.896	753.664	Inclusa
24	753.664	786.432	Inclusa
25	786.432	819.2	Inclusa
26	819.2	851.968	Inclusa
27	851.968	884.736	Inclusa
28	884.736	917.504	Inclusa
29	917.504	950.272	Inclusa
30	950.272	983.04	Inclusa
31	983.04	1015.808	Inclusa
32	1015.808	1048.576	Inclusa
33	1048.576	1081.344	Inclusa
34	1081.344	1114.112	Inclusa
35	1114.112	1146.88	Inclusa
36	1146.88	1179.648	Inclusa



NORD-SUD

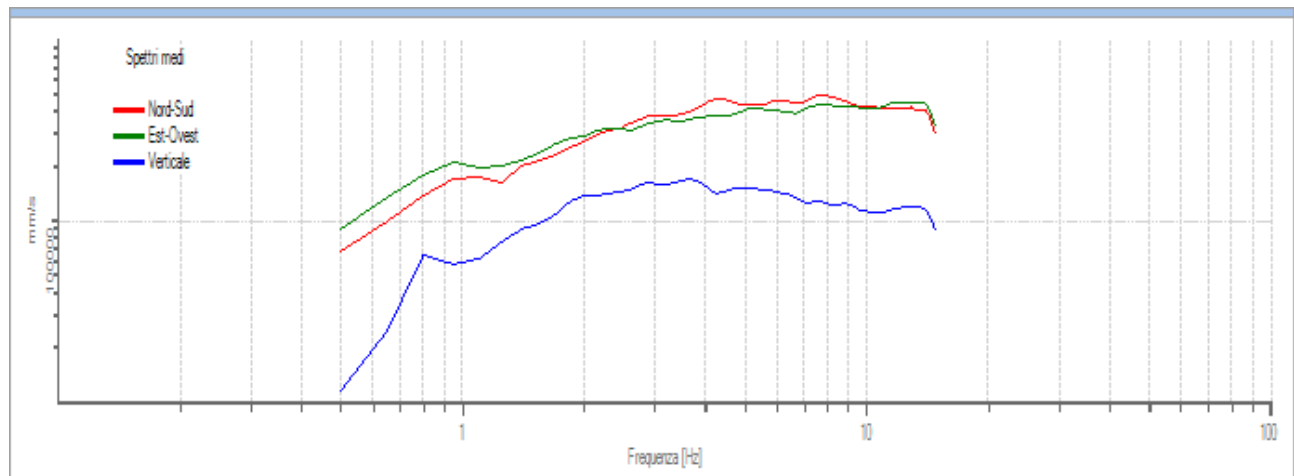


EST-OVEST



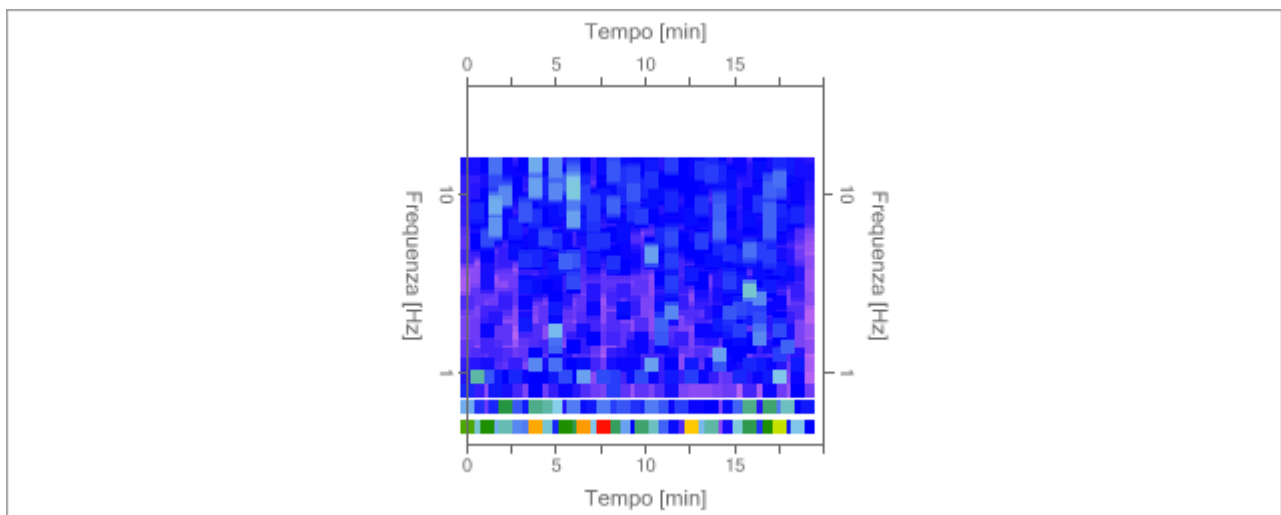
VERTICALE

16.20

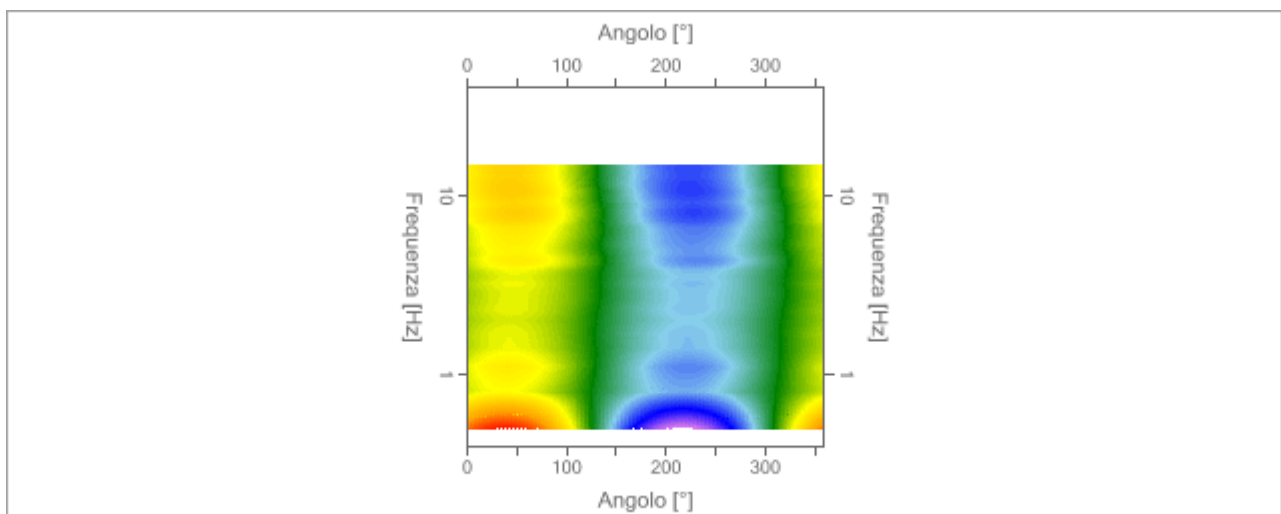


SPETTRI MEDI NELLE TRE DIREZIONI

17.20



MAPPA DELLA STAZIONARIETA' DEGLI SPETTRI



MAPPA DELLA DIREZIONALITA' DEGLI SPETTRI

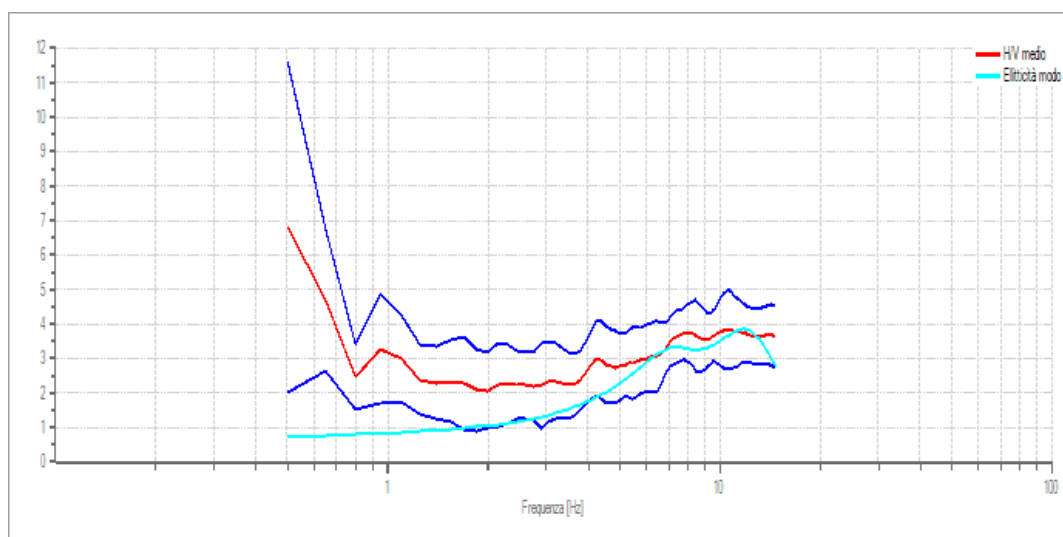
RAPPORTO SPETTRALE H/V

Frequenza massima[Hz]	15.00
Frequenza minima[Hz]	0.50
Passo frequenze [Hz]	0.15
Tipo di lisciamento	Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamento [%]	10
Tipo di somma direzionale	Media aritmetica

18.20

RISULTATI

Frequenza del picco del rapporto H/V [Hz] **0.50 ± 0.71**



RAPPORTO SPETTRALE H/V E SUO INTERVALLO DI FIDUCIA

VERIFICHE (PROGETTO SESAME)

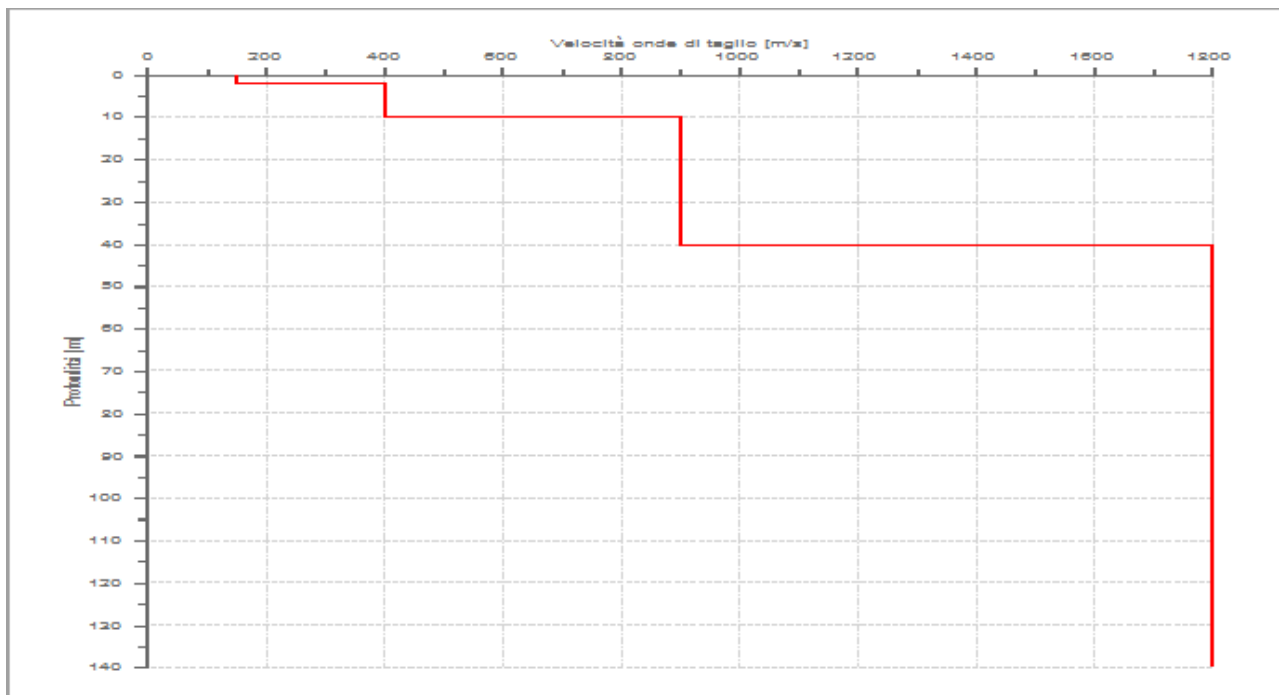
19.20

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

MODELLO STRATIGRAFICO

Numero di strati	4
Frequenza di picco dell'ellitticità [Hz]	11.90
Valore di disadattamento	- 1.00
Valore di Vs(30) [m/s]	540.00

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	2	18	0.3	150
2	2	8	20	0.3	400
3	10	30	22	0.3	900
4	40	100	22	0.3	1800



20.20

PROFILO DELLE VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO

$$360 < V_{s(30)} \text{ [m/s]} < 800$$

Ipotetico suolo di tipo: B

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).