

SOILTECNO s.r.l. - DERUTA (PG)  
Indagini nel sottosuolo

Procedure di Geofisica v2.0 - Indagine Sismica a Rifrazione

Stendimento: OMG                    profilo: A-B                    azimuth: NO60W  
Localita : Ferriera di TORGIANO                    Data: 22/07/08  
Offset = 5 m                    Distanza intergeofonica = 5 m

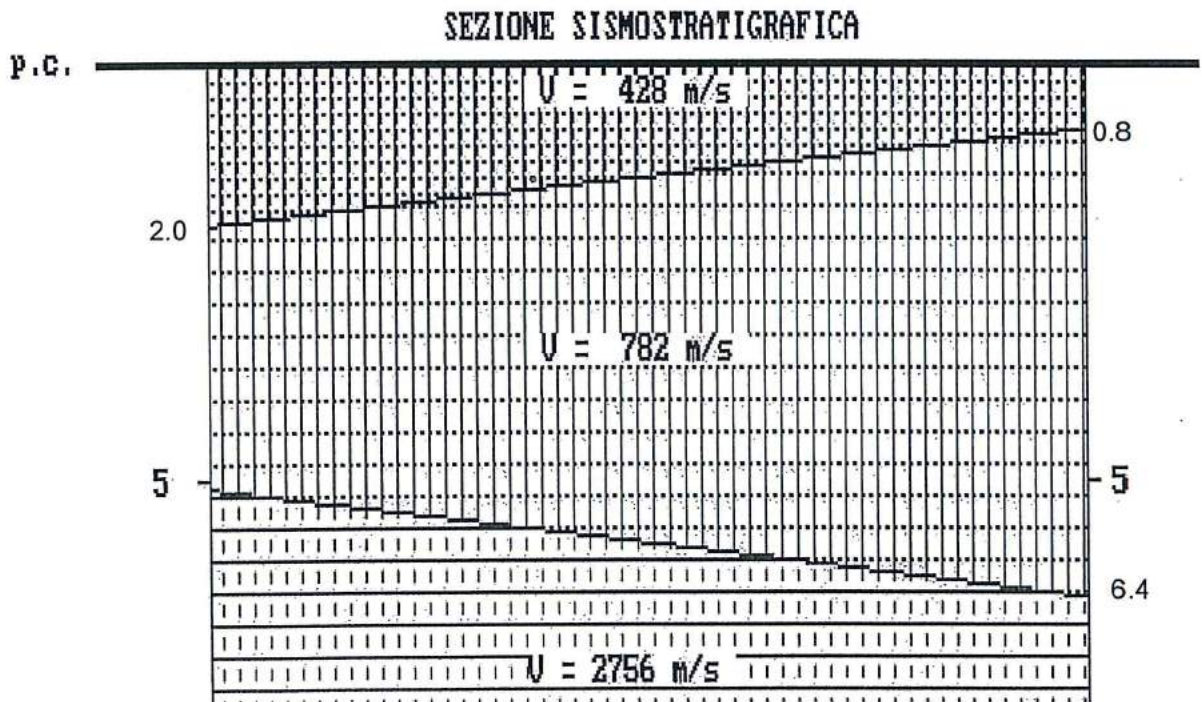
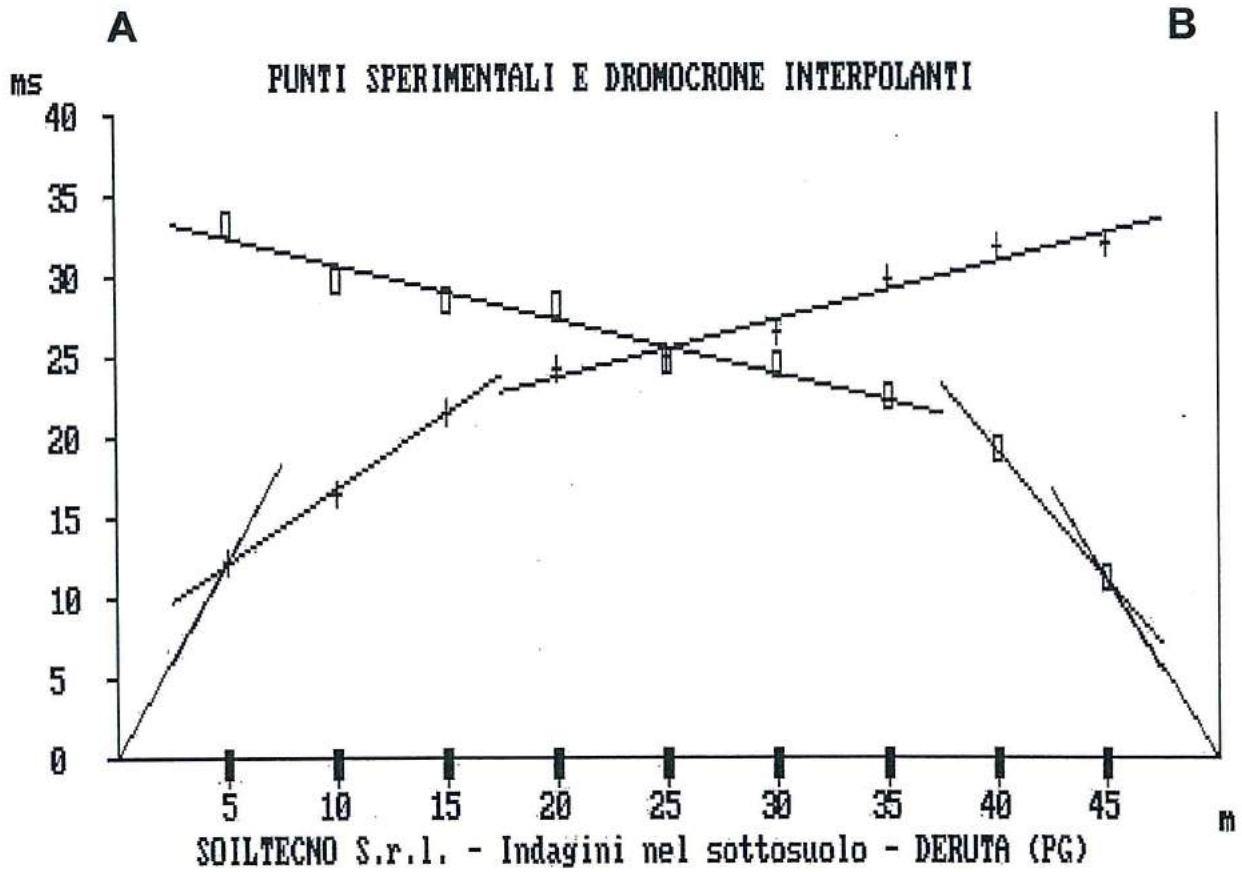
PUNTI SPERIMENTALI

Stendim. diretto		Stendim. coniugato	
Distanza [m]	Tempo [ms]	Distanza [m]	Tempo [ms]
5.0	12.2	5.0	11.2
10.0	16.6	10.0	19.2
15.0	21.4	15.0	22.4
20.0	24.2	20.0	24.4
25.0	25.0	25.0	24.8
30.0	26.4	30.0	28.2
35.0	29.8	35.0	28.6
40.0	31.8	40.0	29.8
45.0	32.0	45.0	33.2

Strato	Vel. dir. [m/s]	t. int. [ms]	Vel. con. [m/s]	t. int. [ms]
1	409.8	0.0	446.4	0.0
2	1087.0	7.5	625.0	3.2
3	2786.6	16.5	2978.7	17.3

INTERPRETAZIONE

Strato	Velocita [m/s]	Spess.A [m]	Spess.B [m]	Dip [deg]	Prof.A [m]	Prof.B [m]
1	428.1	2.0	0.8	= =	2.0	0.8
2	781.5	3.1	5.6	10	5.1	6.4
3	2755.7	= = =	= = =	-10	= = =	= = =



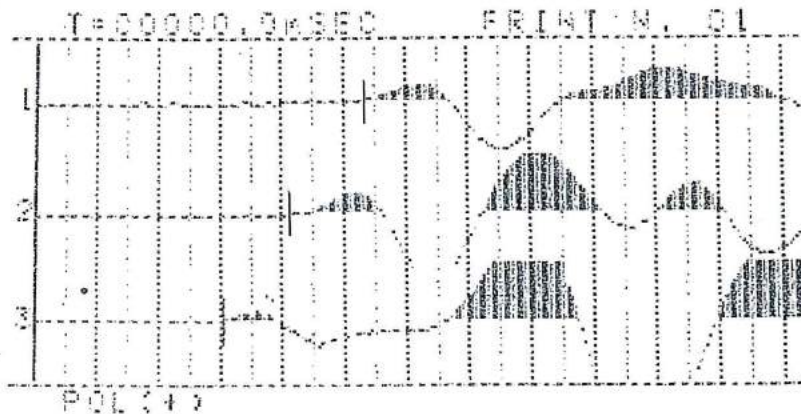
TEST SYSTEM SYSTEM  
 PART 001 111 0111 0 1010E TIBEN TIBAV

TEST 1  
 01:01 01:01:00

RECORD TIME 50 msec  
 DELAY TIME 0 msec

MARKER TIME  
 CH 01 01.7  
 CH 02 16.7  
 CH 03 17.9

GRID STEP 00 msec



OPERATOR :

NOTE

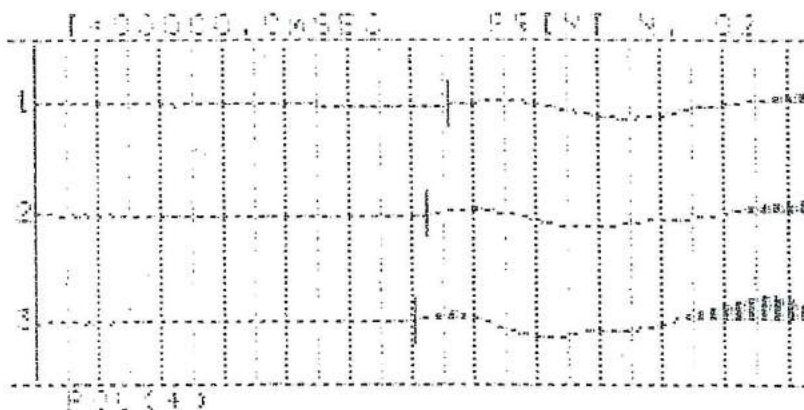
TEST SYSTEM SYSTEM  
 PART 001 111 0111 0 1010E TIBEN TIBAV

TEST 2  
 01:00 01:01:00

RECORD TIME 50 msec  
 DELAY TIME 0 msec

MARKER TIME  
 CH 01 04.4  
 CH 02 05.0  
 CH 03 04.9

GRID STEP 00 msec



OPERATOR :

NOTE

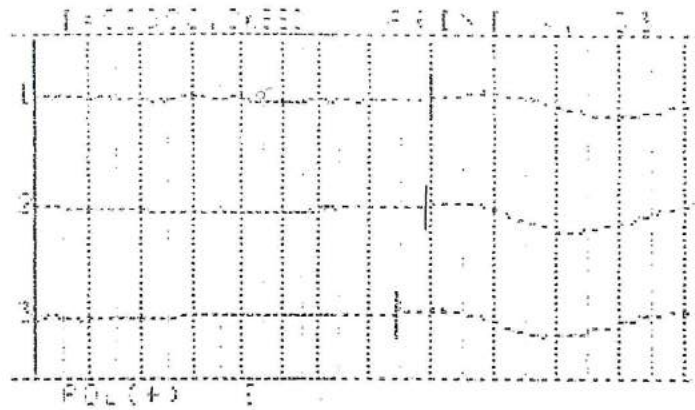
TEST SYSTEM SYSTEM  
 PART 001 111 0111 0 1010E TIBEN TIBAV

TEST 3  
 01:00 01:01:00

RECORD TIME 50 msec  
 DELAY TIME 0 msec

MARKER TIME  
 CH 01 00.0  
 CH 02 01.0  
 CH 03 00.0

GRID STEP 00 msec



OPERATOR :

NOTE

Committente: O.M.G. S.r.l.  
 Località: Ferrera di TORGIANO

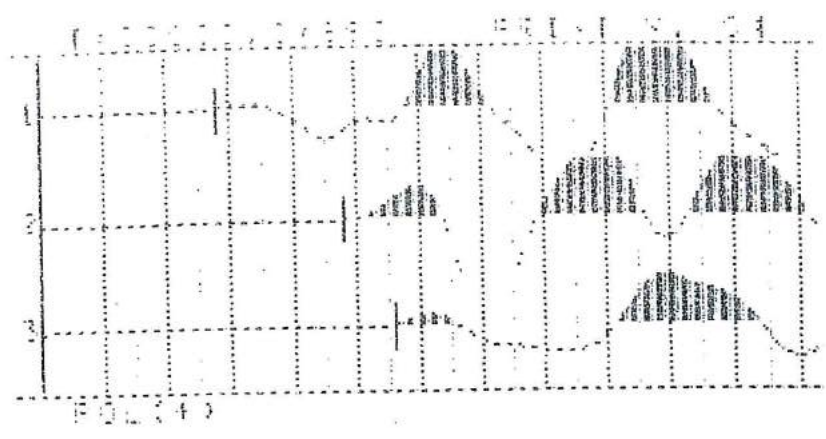
Profilo sismico a rifrazione A-B  
 Scoppio diretto

TEST SYSTEMIC SYSTEMS  
 TEST 01 VIA CALLI 0 LINEE TRIN ITALIA

TEST 9  
 7:40 01 7:00

RECORD TIME 50 0000  
 DELAY TIME 0 0000  
 MARKER TIME 11 0  
 CU 01 10 0  
 CU 02 10 0  
 CU 03 00 0

CPID STEP 00 0000



OPERATOR :

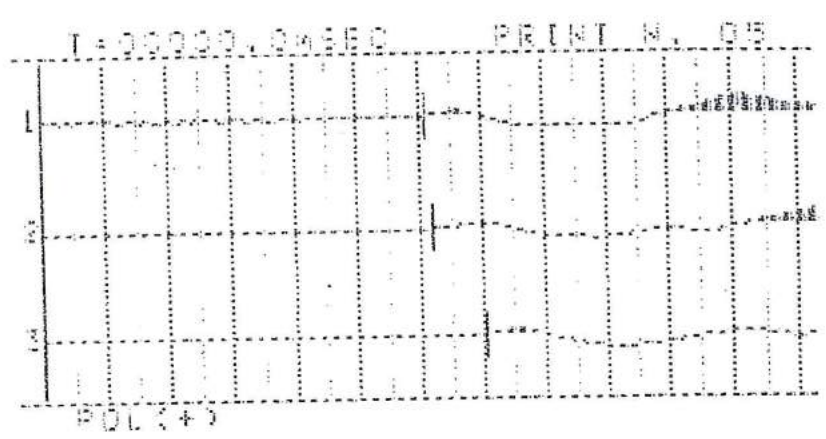
NOTE

TEST SYSTEMIC SYSTEMS  
 TEST 01 VIA CALLI 0 LINEE TRIN ITALIA

TEST 0  
 7:40 01 7:00

RECORD TIME 50 0000  
 DELAY TIME 0 0000  
 MARKER TIME 04 4  
 CU 01 04 0  
 CU 02 04 0  
 CU 03 00 0

CPID STEP 00 0000



OPERATOR :

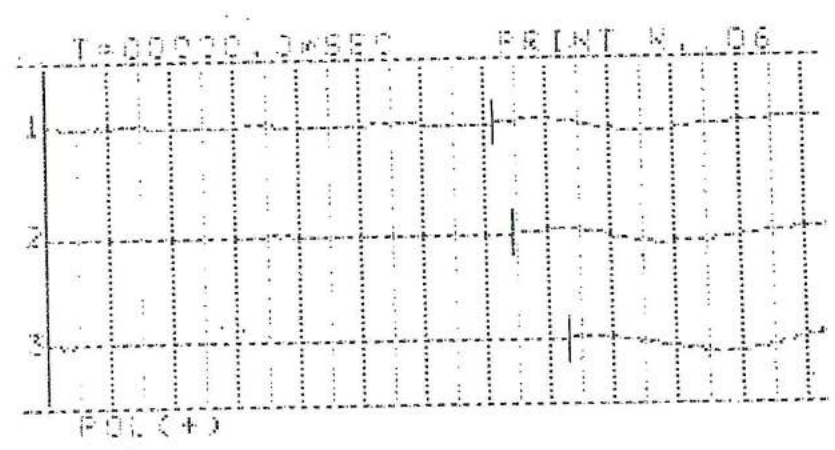
NOTE

TEST SYSTEMIC SYSTEMS  
 TEST 01 VIA CALLI 0 LINEE TRIN ITALIA

TEST 11  
 7:40 01 7:00

RECORD TIME 50 0000  
 DELAY TIME 0 0000  
 MARKER TIME 00 0  
 CU 01 00 0  
 CU 02 00 0  
 CU 03 00 0

CPID STEP 00 0000



OPERATOR :

NOTE


Committente: O.M.G. S.r.l.  
 Località: Ferriera di TORGIANO

Profilo sismico a rifrazione A-B  
 Scoppio coniugato

## Rilievo sismico dei microtremori - stazione singola - HVSR-1

<b>Dott. Maurizio Battistoni</b> <b>C.FISC:</b> <b>BTTMRZ62D26G478E</b> <b>P.IVA: 01800730549</b>	<b>Via: Via Foscolo snc</b> <b>06053 Deruta (PG) - San Nicolò di Celle</b> - <b>Tel: - 075-974740 Fax:</b> <b>Email: mbatti@libero.it</b> <b>Web:</b>
--	--

### Piano attuativo nuova area industriale

	<b>Data: dicembre 2012</b>
	<b>Il committente OMG Srl</b>
	<b>IL Tecnico</b> 
	<b>Il Progettista</b>
<b>Ditta esecutrice: Soiltecno Srl</b>	

211FD2618BC5455AB3BFE19C72525582

## **Cenni sulla teoria della 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.

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 succitato 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.

## Dati generali

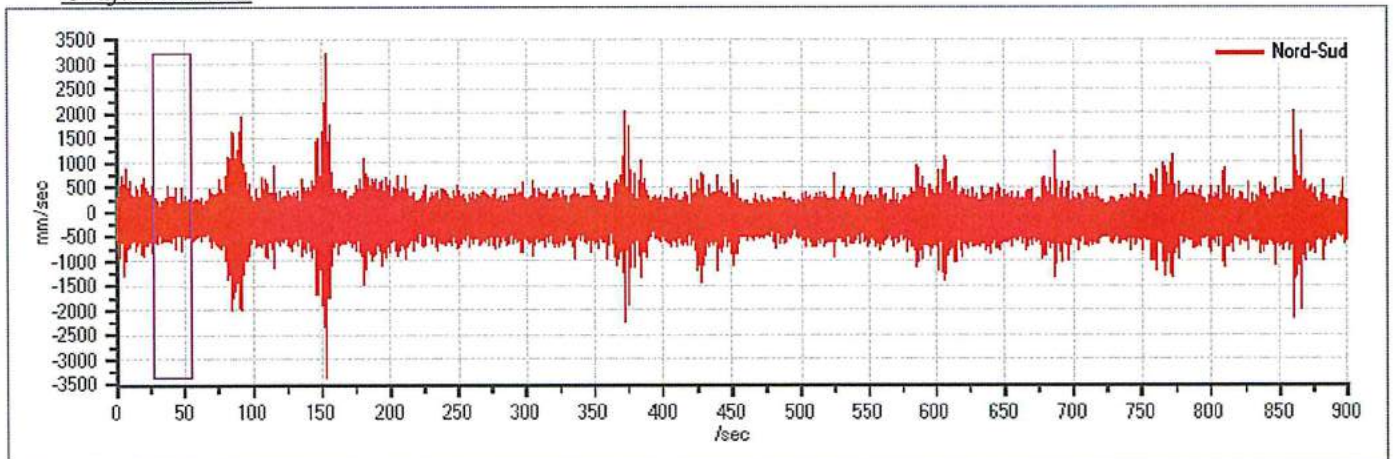
Nome progetto: Piano attuativo nuova area industriale  
Committente: OMG Srl  
Cantiere: Ferriera  
Località: Torgiano  
Operatore: Battistoni  
Responsabile: Battistoni  
Data: 13/12/2012 0.00.00  
Zona: 2  
Latitudine: Longitudine:

## Tracce in Input

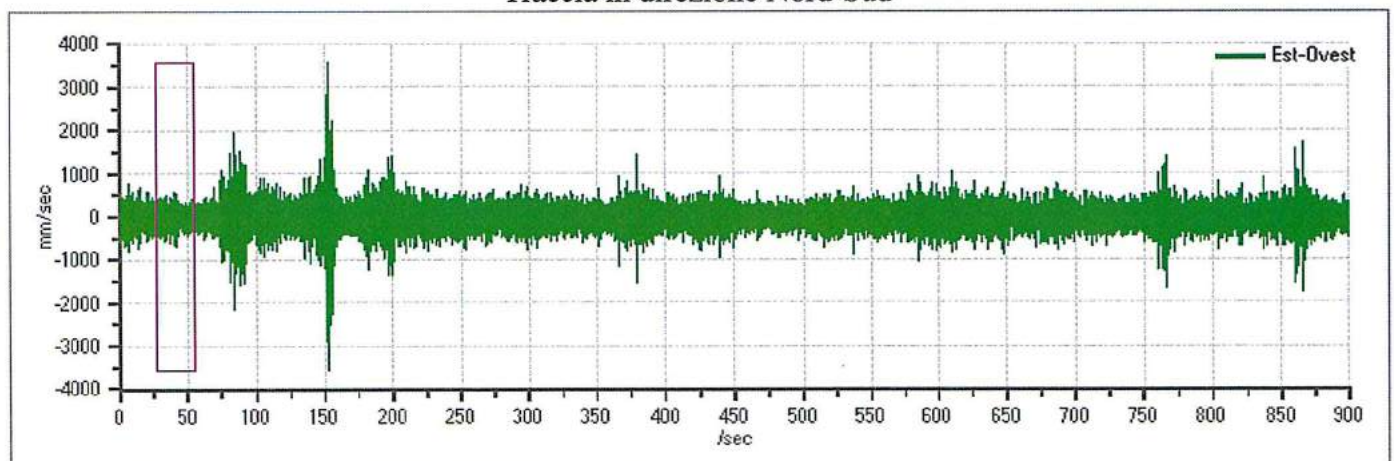
### Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3  
Durata registrazione: 900 s  
Frequenza di campionamento: 300,00 Hz  
Numero campioni: 270000  
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

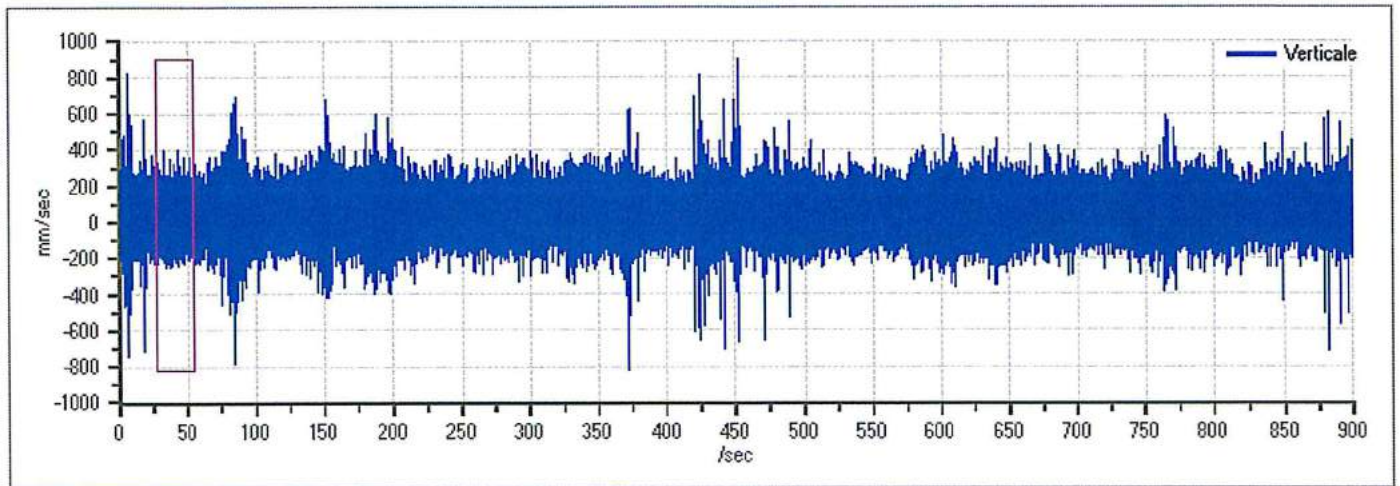
### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

## Finestre selezionate

### Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 26  
 Numero finestre incluse nel calcolo: 26  
 Dimensione temporale finestre: 27,307 s  
 Tipo di lisciamo: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamo: 10,00 %  
 Coefficiente di banda: 40,00

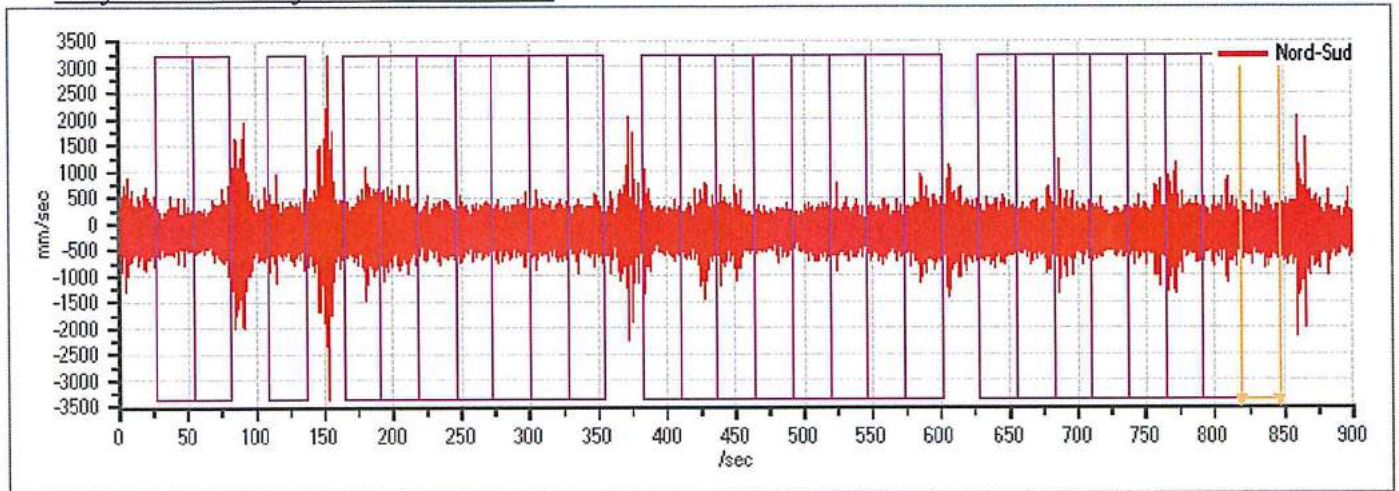
### Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	27,307	54,613	Inclusa
2	54,613	81,92	Inclusa
3	109,227	136,533	Inclusa
4	163,84	191,147	Inclusa
5	191,147	218,453	Inclusa
6	218,453	245,76	Inclusa
7	245,76	273,067	Inclusa
8	273,067	300,373	Inclusa
9	300,373	327,68	Inclusa
10	327,68	354,987	Inclusa
11	382,293	409,6	Inclusa
12	409,6	436,907	Inclusa
13	436,907	464,213	Inclusa
14	464,213	491,52	Inclusa
15	491,52	518,827	Inclusa
16	518,827	546,133	Inclusa
17	546,133	573,44	Inclusa
18	573,44	600,747	Inclusa
19	628,053	655,36	Inclusa
20	655,36	682,667	Inclusa
21	682,667	709,973	Inclusa
22	709,973	737,28	Inclusa

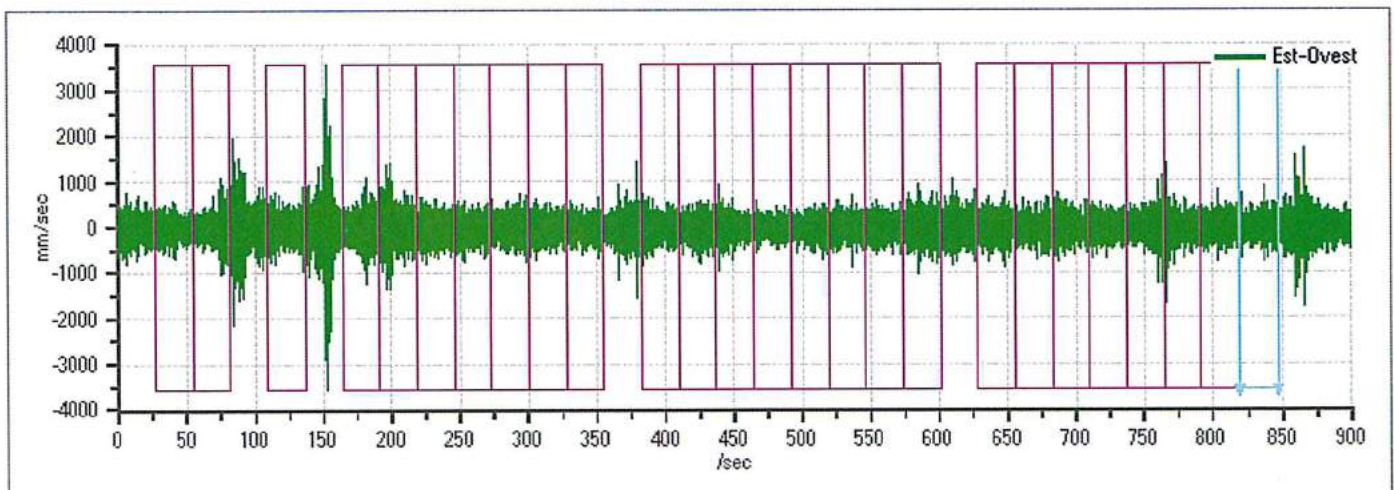


23	737,28	764,587	Inclusa
24	764,587	791,893	Inclusa
25	791,893	819,2	Inclusa
26	819,2	846,507	Inclusa

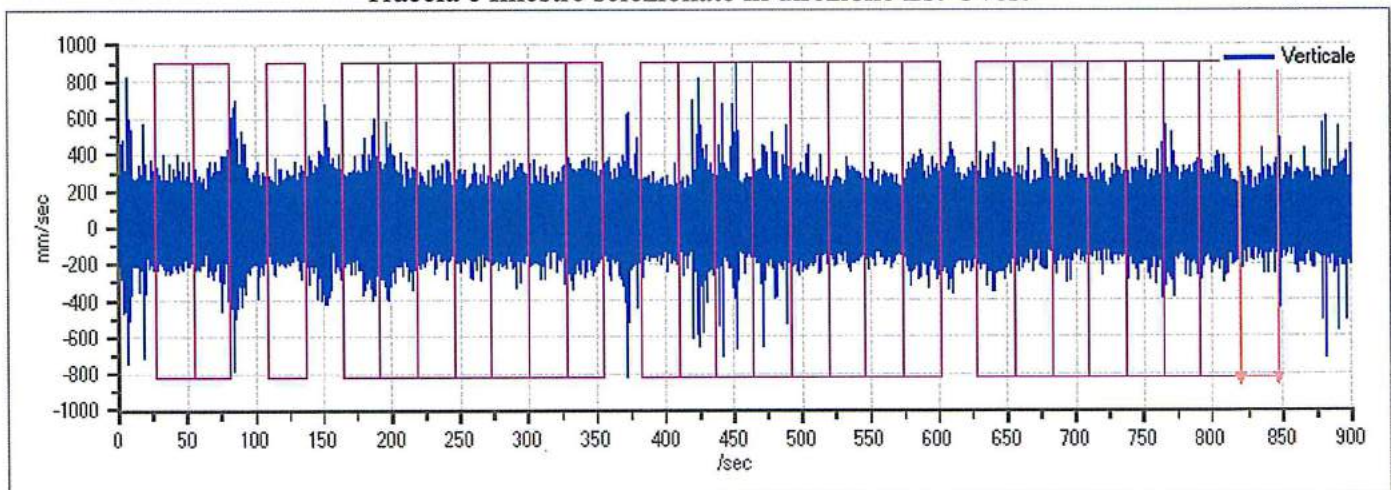
*Grafici tracce con finestre selezionate:*



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

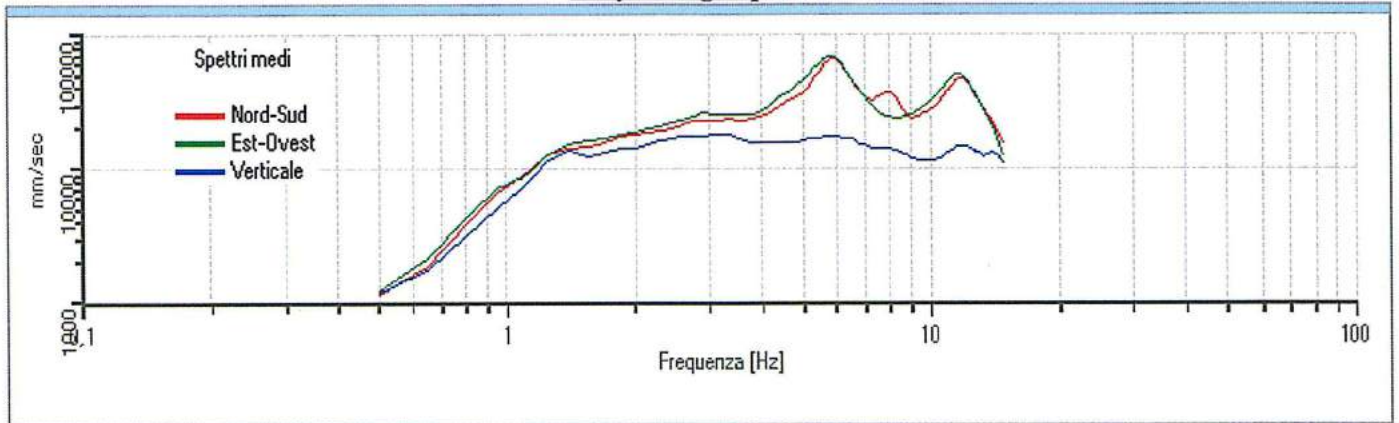


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

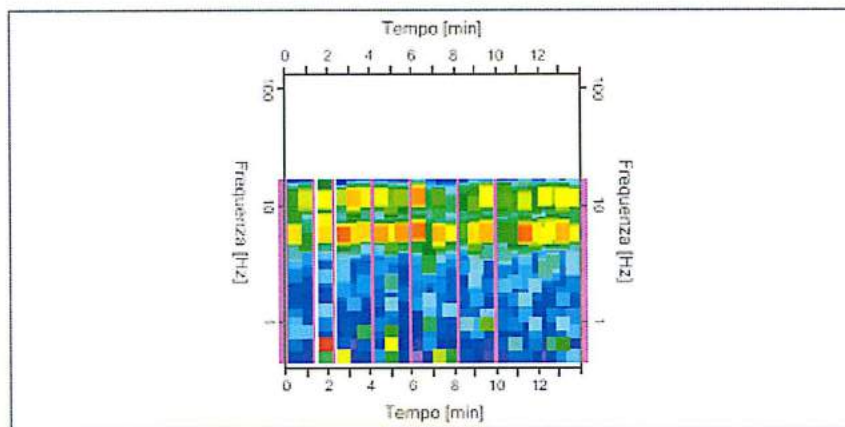


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

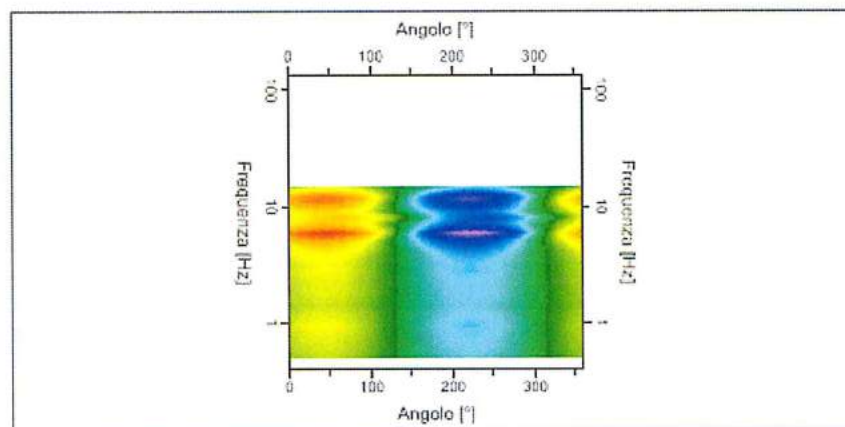
### Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mapa della stazionarietà degli spettri



Mapa della direzionalità degli spettri

## Rapporto spettrale H/V

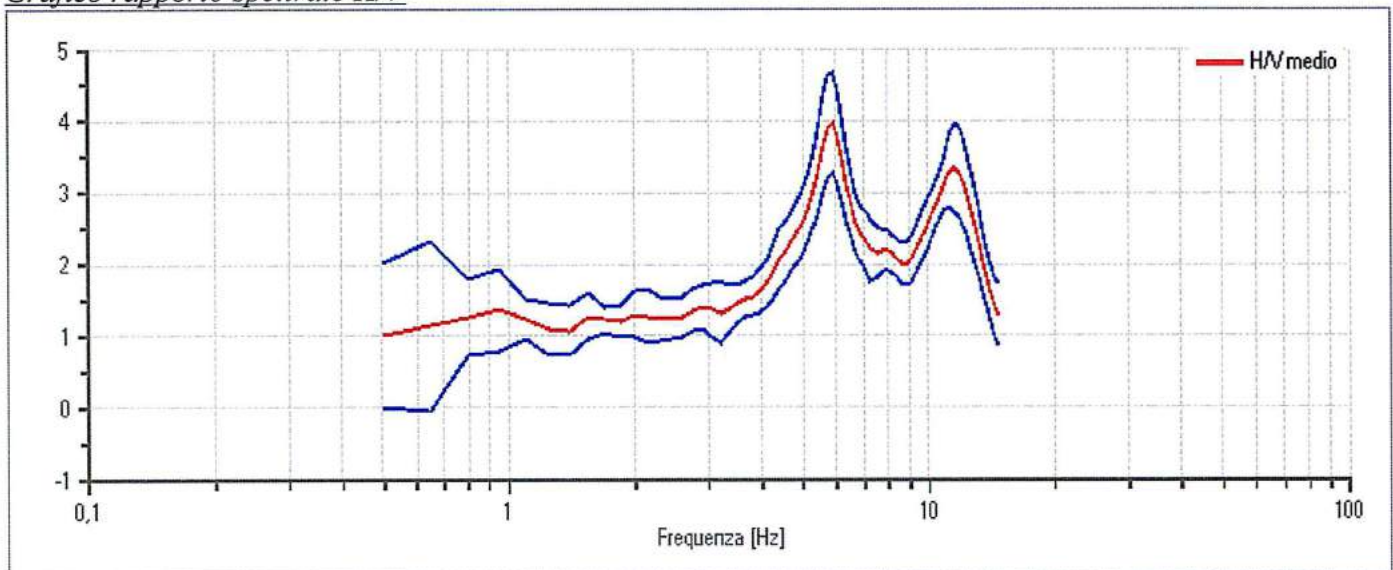
### Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 15,00 Hz  
 Frequenza minima: 0,50 Hz  
 Passo frequenze: 0,15 Hz  
 Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

### Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 5,90 Hz  $\pm$  0,18 Hz

### Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

### Verifiche SESAME:

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 $f_0 > 0.5\text{Hz}$	OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	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
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	OK

## Modello stratigrafico

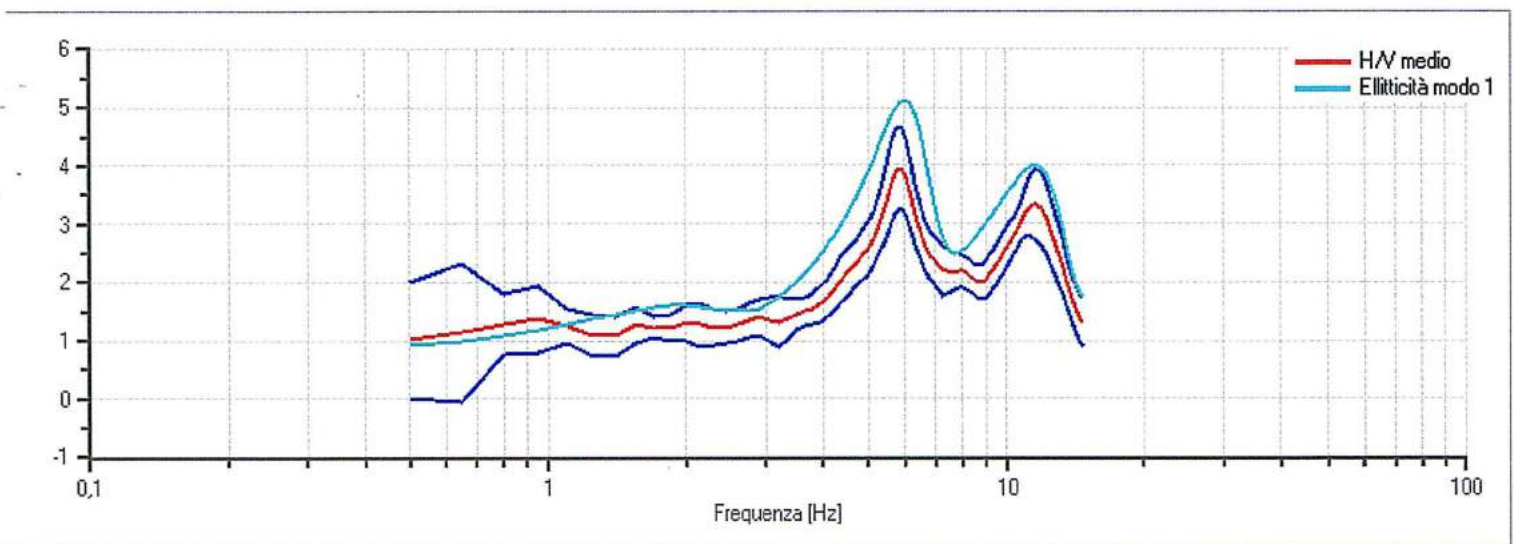
### Dati riepilogativi:

Numero strati: 5  
Frequenza del picco dell'ellitticità: 6,05 Hz  
Valore di disadattamento: 0,11  
Valore Vs30: 381,90 m/s

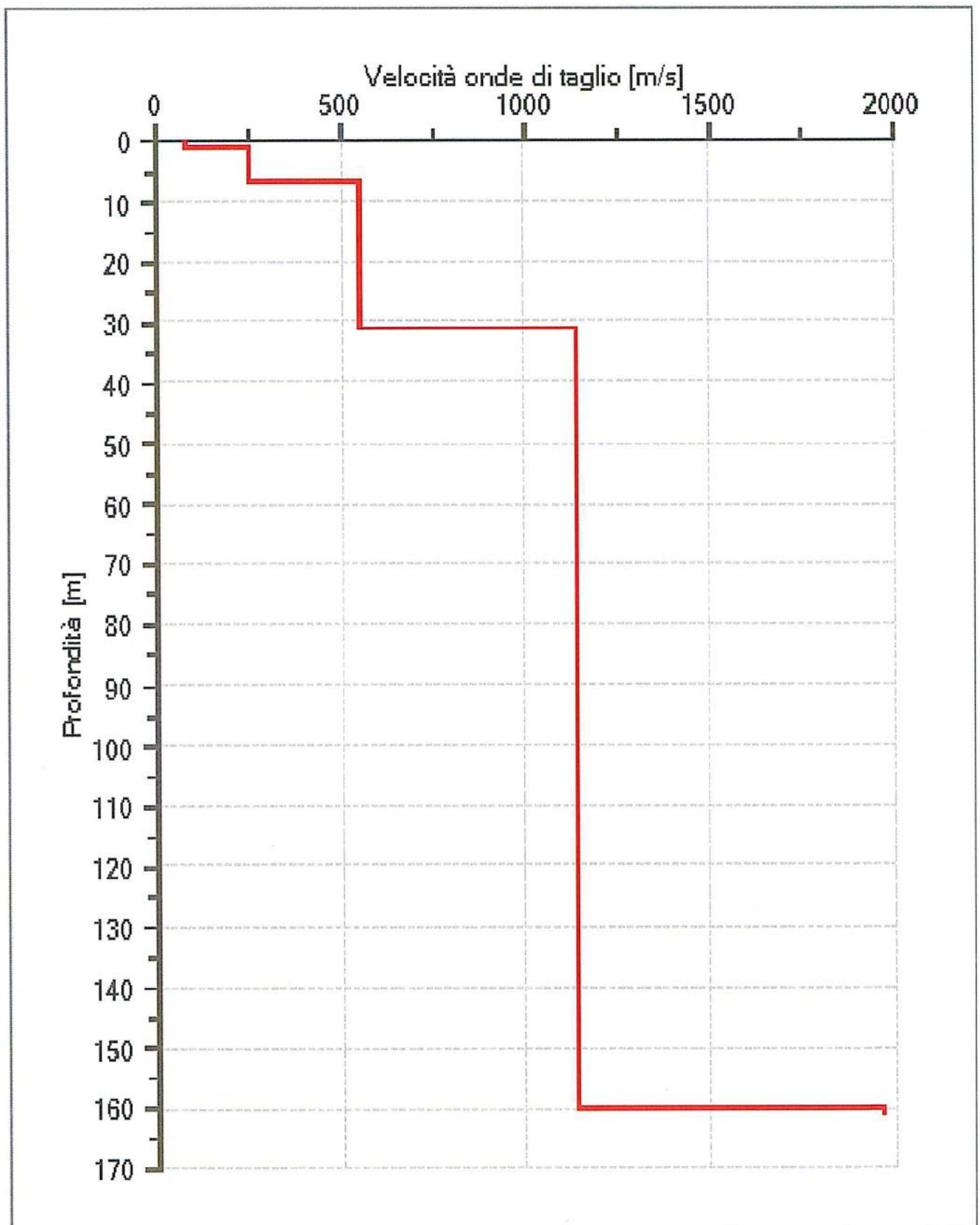
### Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Volume [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità Onde di taglio [m/s]
1	0	1,04	18	0,4	80
2	1,04	6	19	0,4	252
3	7,04	24,02	20	0,4	550
4	31,06	129,06	21	0,35	1139
5	160,12	1	23	0,35	1963

Curva di ellitticità del modello interpretativo ottenuto.



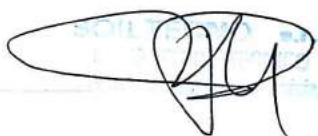
Profilo delle velocità delle onde di taglio.



**Rilievo ismico dei Microtremori - stazione singola - HVSR-2**

<b>Dott. Maurizio Battistoni</b> <b>C.FISC:</b> <b>BTTMRZ62D26G478E</b> <b>P.IVA: 01800730549</b>	<b>Via: Via Foscolo snc</b> <b>06053 Deruta (PG) - San Nicolò di Celle</b> - <b>Tel: - 075-974740</b> <b>Fax:</b> <b>Email: mbatti@libero.it</b> <b>Web:</b>
--	---

**Piano attuativo nuova area industriale**

	<b>Data: dicembre 2012</b>
	<b>Il committente: OMG Srl</b>
	<b>IL Tecnico</b> 
	<b>Il Progettista</b>
<b>Ditta esecutrice. Soiltecno Srl</b>	

211FD2618BC5455AB3BFE19C72525582

## Cenni sulla teoria della 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  $V_{s30}$  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.

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 succitato 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  $V_{s30}$ .

## Dati generali

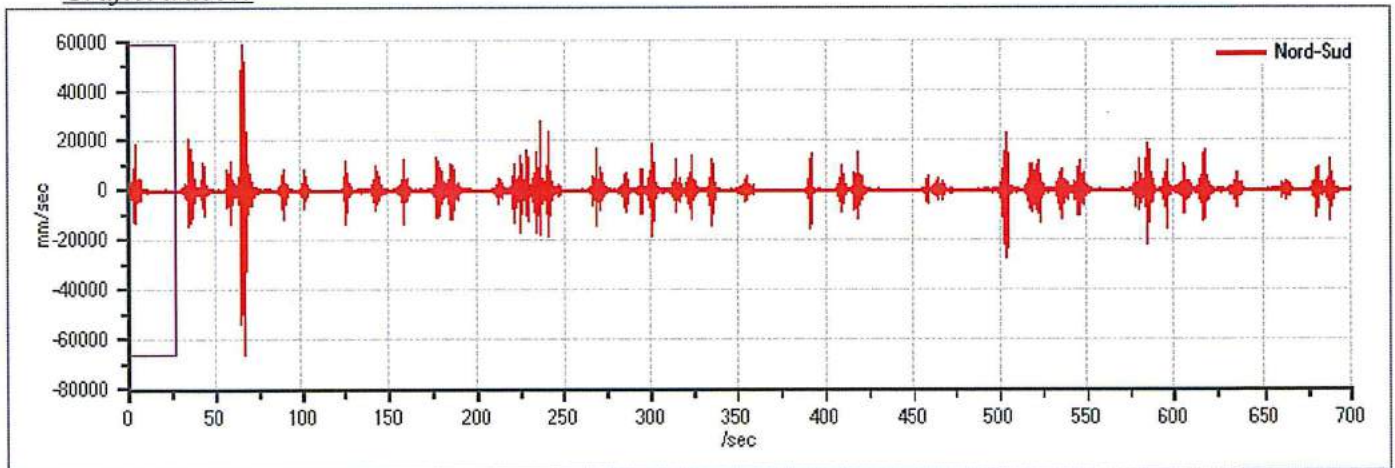
Nome progetto: Piano attuativo nuova area industriale  
Committente: **OMG Srl**  
Cantiere: Ferriera  
Località: Torgiano  
Operatore: Battistoni  
Responsabile: Battistoni  
Data: 13/12/2012 0.00.00  
Zona: 2  
Latitudine: Longitudine:

## Tracce in Input

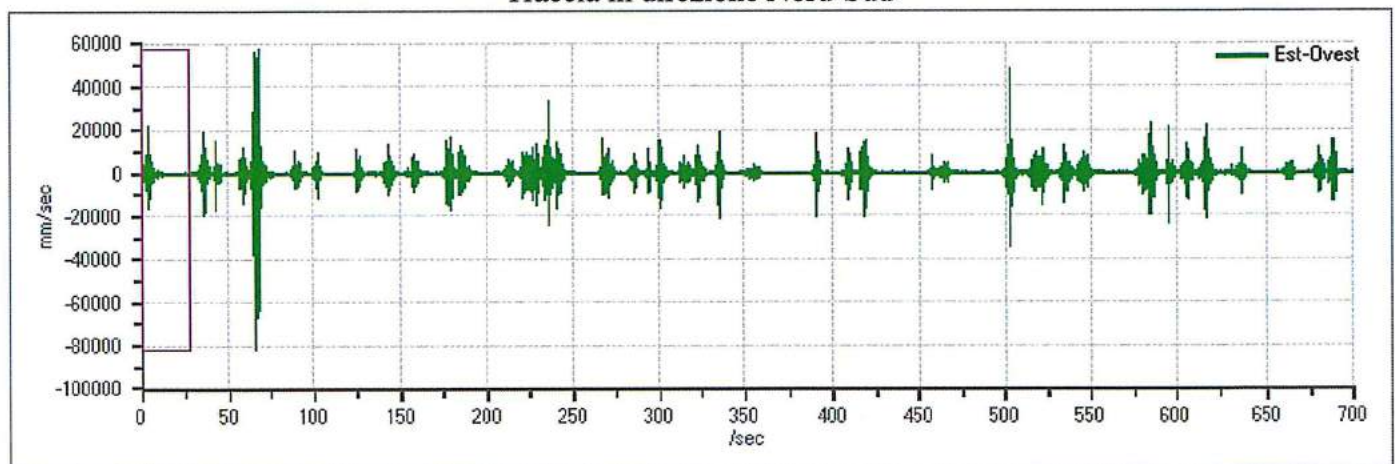
### Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3  
Durata registrazione: 700 s  
Frequenza di campionamento: 300,00 Hz  
Numero campioni: 210000  
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

### Grafici tracce:

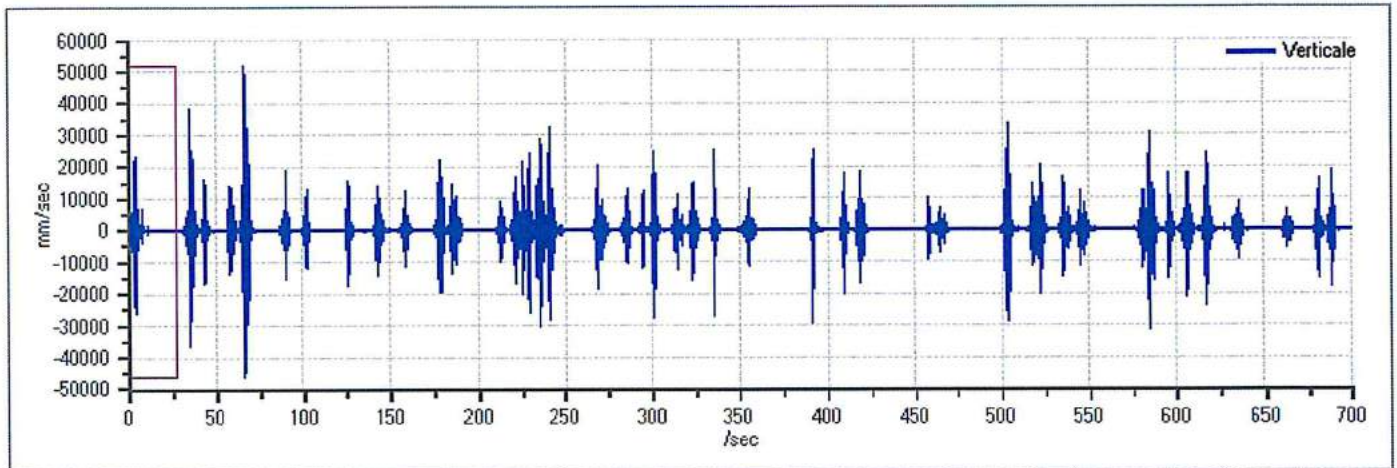


Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest





Traccia in direzione Verticale

## Finestre selezionate

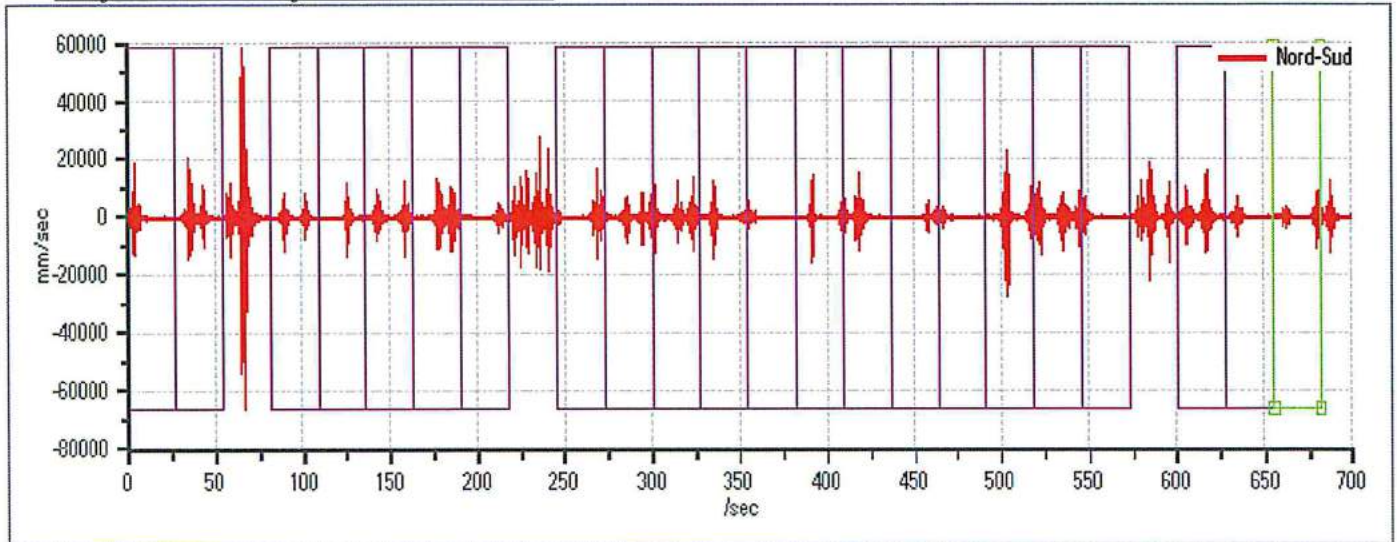
### Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 22  
 Numero finestre incluse nel calcolo: 22  
 Dimensione temporale finestre: 27,307 s  
 Tipo di lisciamto: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamto: 10,00 %  
 Coefficiente di banda: 40,00

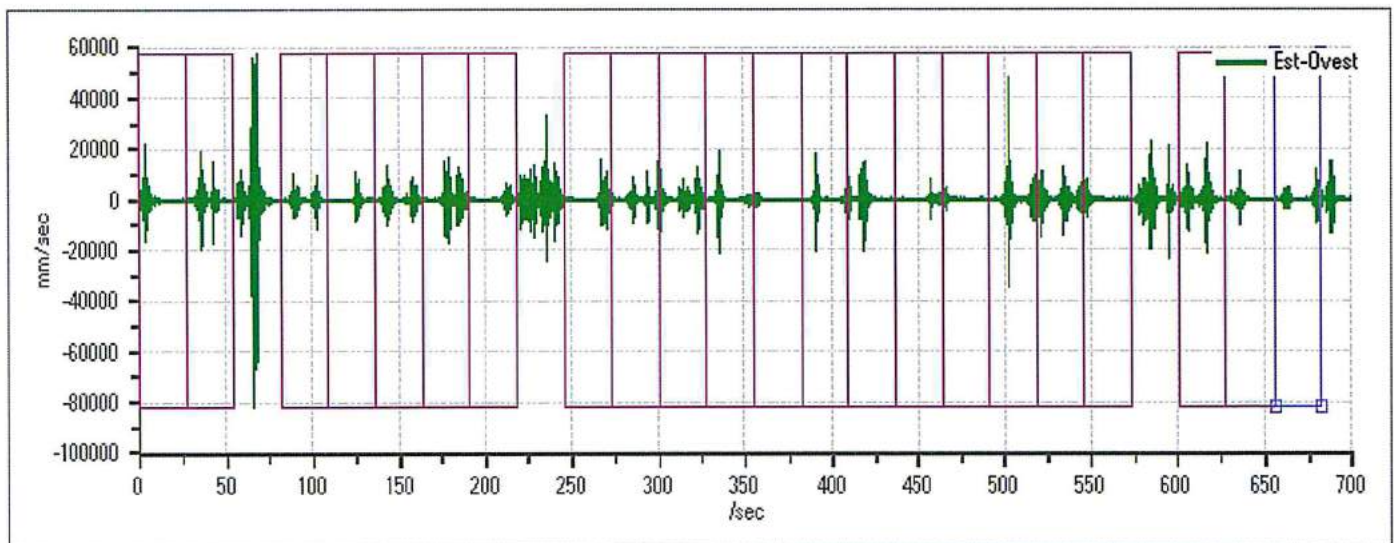
### Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	27,307	Inclusa
2	27,307	54,613	Inclusa
3	81,92	109,227	Inclusa
4	109,227	136,533	Inclusa
5	136,533	163,84	Inclusa
6	163,84	191,147	Inclusa
7	191,147	218,453	Inclusa
8	245,76	273,067	Inclusa
9	273,067	300,373	Inclusa
10	300,373	327,68	Inclusa
11	327,68	354,987	Inclusa
12	354,987	382,293	Inclusa
13	382,293	409,6	Inclusa
14	409,6	436,907	Inclusa
15	436,907	464,213	Inclusa
16	464,213	491,52	Inclusa
17	491,52	518,827	Inclusa
18	518,827	546,133	Inclusa
19	546,133	573,44	Inclusa
20	600,747	628,053	Inclusa
21	628,053	655,36	Inclusa
22	655,36	682,667	Inclusa

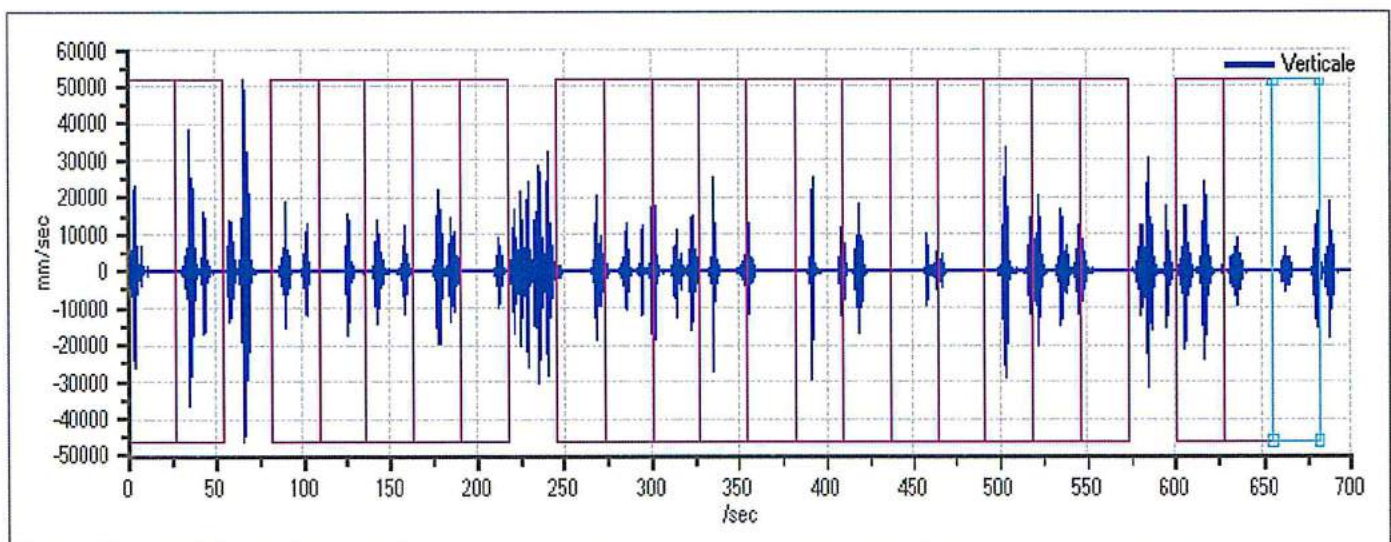
*Grafici tracce con finestre selezionate:*



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

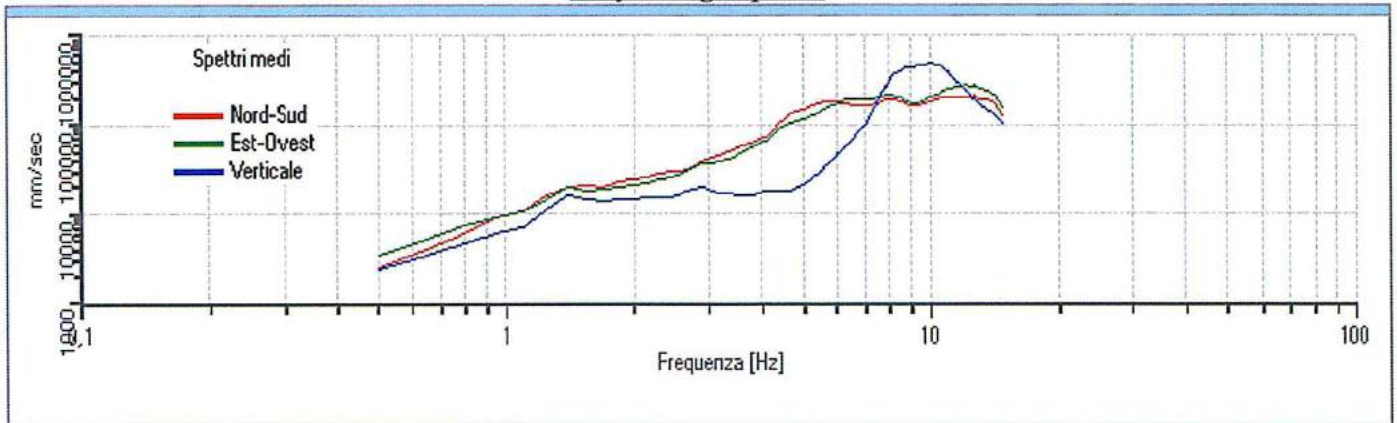


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

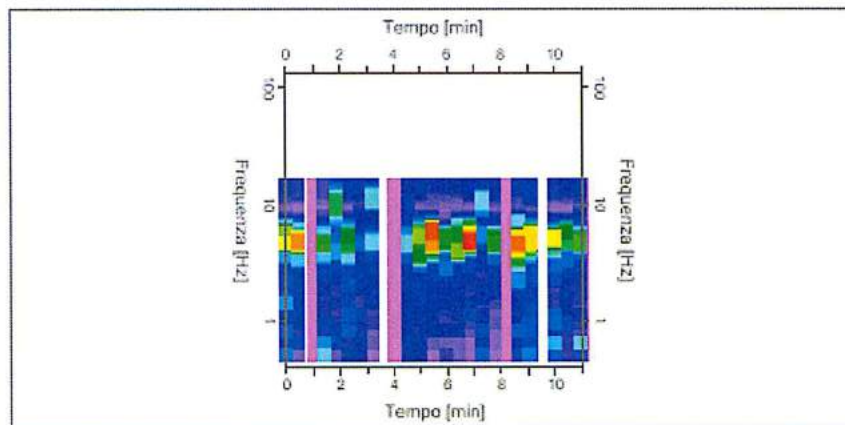


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

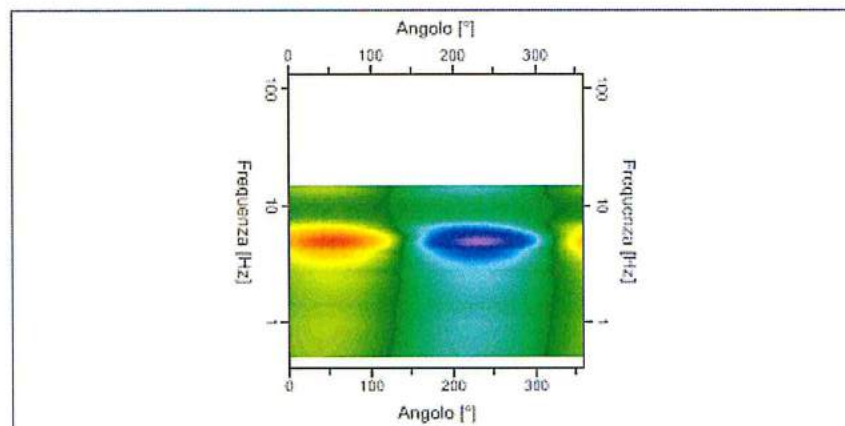
### Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mapa della stazionarietà degli spettri



Mapa della direzionalità degli spettri

## Rapporto spettrale H/V

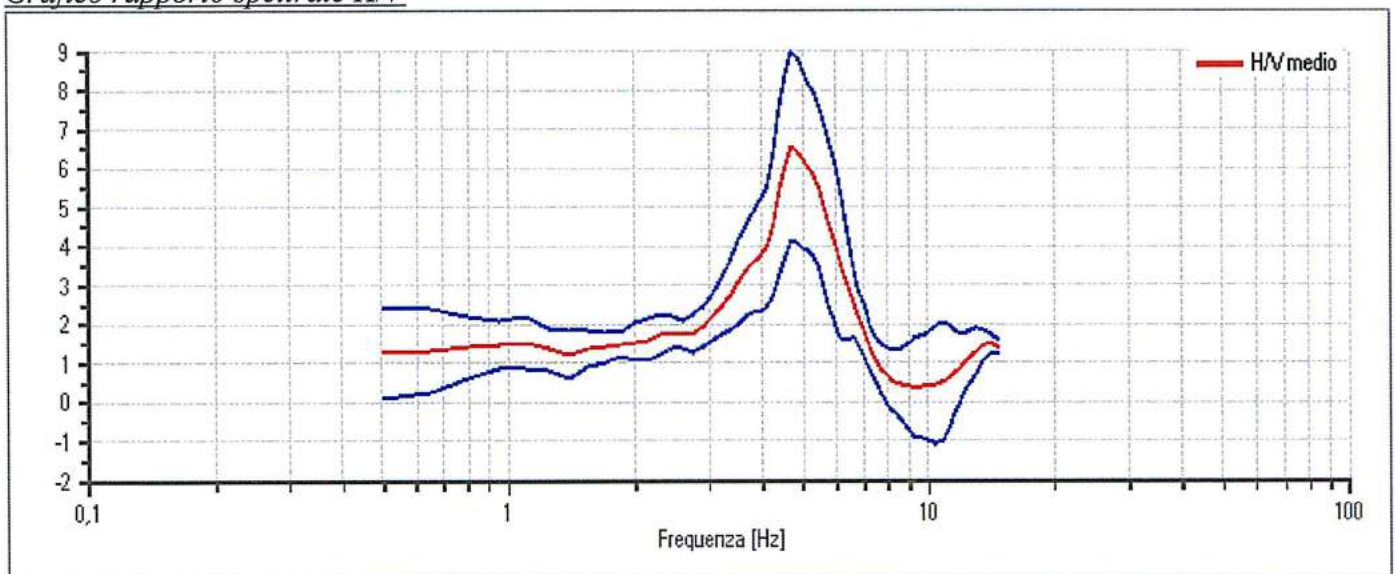
### Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 15,00 Hz  
 Frequenza minima: 0,50 Hz  
 Passo frequenze: 0,15 Hz  
 Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

### Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 4,70 Hz  $\pm$  0,37 Hz

### Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

### Verifiche SESAME:

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 $f_0 > 0,5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0,5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0,5\text{Hz}$	Non superato
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	OK
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	OK
$A_0 > 2$	OK
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	OK

## Modello stratigrafico

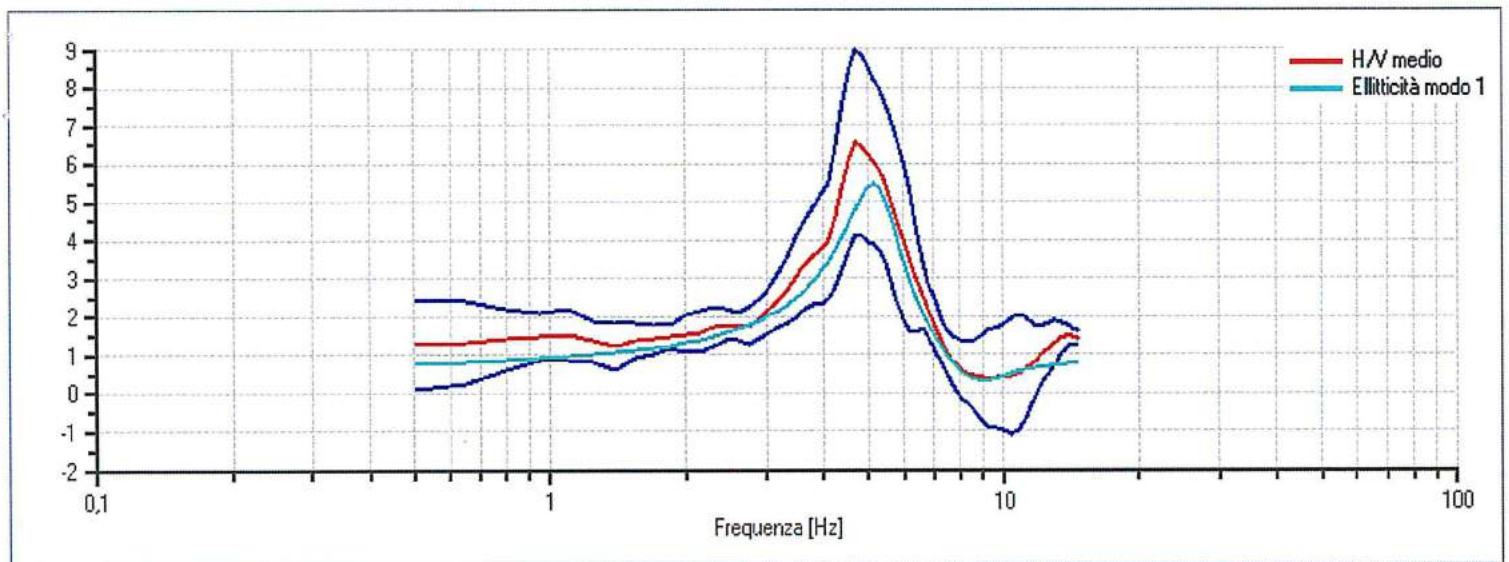
### Dati riepilogativi:

Numero strati: 5  
Frequenza del picco dell'ellitticità: 5,15 Hz  
Valore di disadattamento: 0,20  
Valore Vs30: 491,29 m/s

### Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità Onde di taglio [m/s]
1	0	1	18	0,4	209
2	1	17,08	19	0,4	383
3	18,08	7,82	20	0,4	1200
4	25,9	30,69	21	0,35	800
5	56,59	1	23	0,35	1623

Curva di ellitticità del modello interpretativo ottenuto.



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

