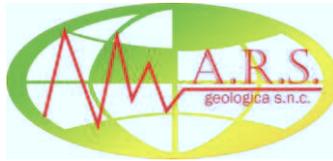


ALLEGATO 2
Tabulati e diagrammi indagini HVSR e MASW



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

INDAGINE SISMICA M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves)

LOCALITA': Vada, Comune di Rosignano M.mo (LI)

COMMITTENTI/PROMOTORI:

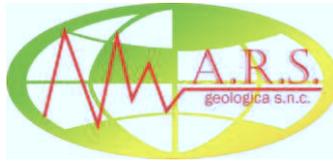
Camping Rada Etrusca - Camping Molino a Fuoco - Camping Baia del Marinaio

Camping Campo dei Fiori - Residence Gli Oleandri

IDS del Clero - Sig. Vallini Gianfranco



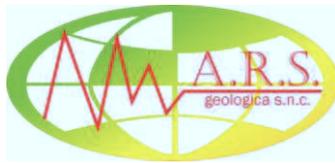
DATA: 26 Giugno 2013



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

INDICE

1. - Presentazione e finalità del progetto
2. - Metodo di acquisizione
3. - Descrizione della strumentazione utilizzata
4. - Metodo di elaborazione ed analisi dei dati sismici
5. - Parametri di acquisizione
6. - Risultati ottenuti



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

RELAZIONE TECNICA

1. Presentazione e finalità del progetto

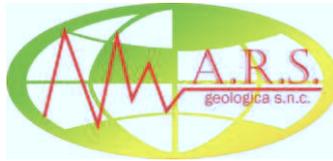
Nell'ambito degli interventi per l'ampliamento di campeggi turistici in località Vada nel comune di Rosignano Marittimo (LI), è stata realizzata una campagna di indagini sismiche condotta conformemente alla vigente normativa sismica ed in particolare ai contenuti dell'O.P.C.M. n. 3274/2003, al D.M. 14/01/2008, alla Circolare n. 617 del 02/02/2009, contenente le istruzioni per l'applicazione del precedente decreto ed al DPGR 36/R del 2009.

Per la definizione del parametro $V_{s,30}$ e della categoria di sottosuolo è stato quindi eseguito nell'area di intervento, in data 21/06/2013, n.1 stendimento sismico di lunghezza pari a 46,0 m utilizzando la tecnica di indagine M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Nella presente relazione tecnica verrà illustrato il metodo di acquisizione, elaborazione ed i risultati ottenuti.

2. Metodo di acquisizione

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano 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 onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo; onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. I metodi di utilizzo delle MASW sono di tipo attivo e passivo; nel primo caso il concetto è quello di energizzare verticalmente con i metodi tradizionali e procedere ad un'analisi del segnale non più nel campo nel tempo, come si fa abitualmente con la rifrazione, ma nel dominio della frequenza. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5/10 Hz e 70/100 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiali del suolo, generalmente compresa nei primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente. Nel caso invece del metodo passivo, denominato anche MASW o ReMI a seconda degli autori, l'analisi delle frequenze viene condotta su registrazioni, che in questo caso devono essere prolungate per un tempo sufficientemente lungo, dei "naturali" rumori di fondo. I principali vantaggi pratici nell'utilizzo di queste tecniche sono evidentemente nella semplicità di acquisizione rispetto alla sismica a rifrazione; le onde di taglio infatti non sempre possono essere rilevate in modo soddisfacente sia per il basso



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

rapporto segnale/rumore, sia per la mancanza degli spazi necessari per effettuare profili di lunghezza adeguata.

Il metodo passivo risulta inoltre particolarmente indicato in situazioni di elevato rumore di fondo caratteristico delle aree urbane, anche se può risentire negativamente di fonti di rumore orientate (fonti industriali).

Le tecniche di indagine M.A.S.W. (Multichannel analysis of surface waves) derivano da sperimentazioni condotte, alla fine degli anni '90, da ricercatori del Kansas Geological Survey. Tali indagini risultano fra le più utilizzate nel mondo poiché consentono di determinare una classificazione del suolo in modo speditivo e non invasivo generando, mediante una sorgente artificiale (generalmente una mazza battente su piastra), onde che si propagano lungo un piano verticale. Come nella prospezione sismica a rifrazione, tali energizzazioni possono essere ripetute più volte nello stesso punto, sommando in modo aritmetico i segnali per ottenere un aumento del rapporto segnale/rumore.

Data la necessità di analizzare con elevato dettaglio le basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz), vengono utilizzati geofoni ad asse verticale con frequenza di taglio non superiore a 4,5 Hz.

Le acquisizioni sono eseguite con array lineari, in cui la distanza intergeofonica è costante.

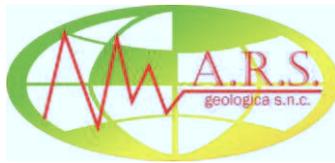
L'analisi delle onde "S" mediante tecnica MASW viene eseguita attraverso la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier che restituisce lo spettro del segnale nel dominio trasformato. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda "S" si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa: questo fenomeno è detto dispersione ed è caratteristico di questo tipo di onde.

La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché approssimativamente posa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

La curva di dispersione sperimentale viene confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente modificato in base alle differenze riscontrate tra le due curve. Ciò è finalizzato all'ottenimento di un modello sintetico che approssima nel miglior modo possibile la curva sperimentale a quella teorica. Questa delicata seconda fase di interpretazione è comunemente detta "fase di inversione".

3. Descrizione della strumentazione utilizzata

L'apparecchiatura utilizzata per l'indagine sismica si compone di:



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

• **SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI**

- n.1 sismografo analogico a 24 canali "SYSMATRACK" della ditta M.A.E. S.r.l., perfettamente idoneo per simica a rifrazione, acquisizione dati per calcolo di V_{s30} , monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche Down-Hole e VSP.
- n.1 PC portatile Samsung per il salvataggio dei dati acquisiti.

• **SISTEMA DI RICEZIONE**

- n.24 geofoni ad asse verticale con frequenza pari a 4,5 Hz, collegati al sistema di acquisizione tramite due cavi paralleli ognuno avente 12 connessioni spaziate 5 m.

• **SISTEMA DI ENERGIZZAZIONE e STARTER**

- n.1 mazza da 8 Kg
- n.1 piastra di diametro pari a 20 cm.
- n.1 geofono *starter* collegato al sismografo tramite un cavo elettrico.

4. Metodo di elaborazione ed analisi dei dati sismici

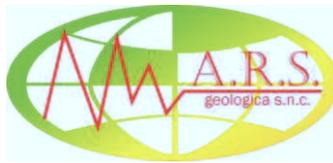
Per l'interpretazione dei dati sperimentali relativi alle indagini sismiche MASW sono stati utilizzati i software di elaborazione Geopsy e Dinver.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare una trasformata bidimensionale *velocity-frequency*, che consente di analizzare l'energia di propagazione del rumore in un'unica direzione della linea sismica rappresentando poi lo spettro di frequenza su un grafico che mette in relazione la velocità e la frequenza dell'onda.

Dallo spettro così ottenuto viene eseguito un picking i cui valori sono poi riportati sul software Dinver per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo.

Variando la geometria del modello interpretativo ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva di dispersione calcolata in modo da ottenere un buon *fitting* (indicato dal valore di RMS, *Root Mean Squared Error*) con i valori sperimentali assumendo tale modello come interpretativo.

Al fine di ridurre i casi di equivalenza, quando possibile, si opera introducendo nell'interpretazione, come inamovibili, elementi quali: le densità dei litotipi dell'area indagata ed il numero degli strati con la loro rispettiva potenza. Lo studio dello spettro di potenza permette in definitiva la ricostruzione di un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, con le velocità delle onde di superficie S e la profondità.



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

5. Parametri di acquisizione

Nella tabella sottostante sono riportati i dati tecnici utilizzati durante l'esecuzione della prova in campagna:

Lunghezza stendimento	46,0 m
N° geofoni	24
Frequenza geofoni	4.5Hz
Spaziatura intergeofonica	2,0 m
N° energizzazioni	7
Frequenza campionamento	1000 camp./s
Tempo passo di campionamento	1,00 ms
Tempo registrazione	2,05 s

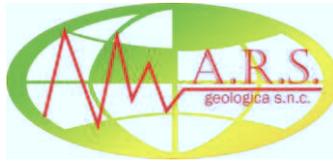
6. Risultati ottenuti

L'elaborazione dei dati ottenuti dall'indagine MASW in base a quanto descritto fin ora, ha consentito di ricavare sia il modello medio di distribuzione della velocità delle onde "S" che il parametro $V_{S,30}$ relativi al sottosuolo del sito.

Inoltre, suddividendo gli strati secondo i valori dalla velocità delle onde S è possibile ipotizzare una successione stratigrafica riportata nella tabella sottostante

Spessore strato (m)	V_s misurata in situ (m/s)	Rapporto spessore velocità	Tempi parziali-onda S misurata (sec)
1,98	151,50	h_1/V_1	0,013
5,97	101,00	h_2/V_2	0,059
0,57	404,30	h_3/V_3	0,001
11,43	498,32	h_4/V_4	0,023
10,05	866,28	h_5/V_5	0,012

Il calcolo della velocità equivalente $V_{S,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità è stato effettuato mediante la seguente espressione:



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}};$$

dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di profondità.

Il valore del parametro $V_{S,30}$, riportato per convenzione al centro del relativo stendimento geofonico, è pari a:

V_{S30}	277,45 m/s
-----------------------------	-------------------

In allegato vengono riportati l'ubicazione della prova, la curva teorica sovrapposta a quella calcolata e il modello ottenuto dall'elaborazione dei dati acquisiti.

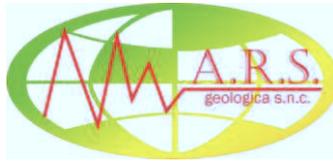
Collesalveti, 26/06/2013

A.R.S.-geologica s.n.c.

A.R.S. geologica s.n.c.
di A. BALDELLI, S. CROCETTI, R. MAGGIORE
Via Palestro, 49 - 57014 COLLESALVETTI (LI)
Partita IVA 01679040491



Fig.1 – Ubicazione indagine sismica su cartografia CTR (294060)



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

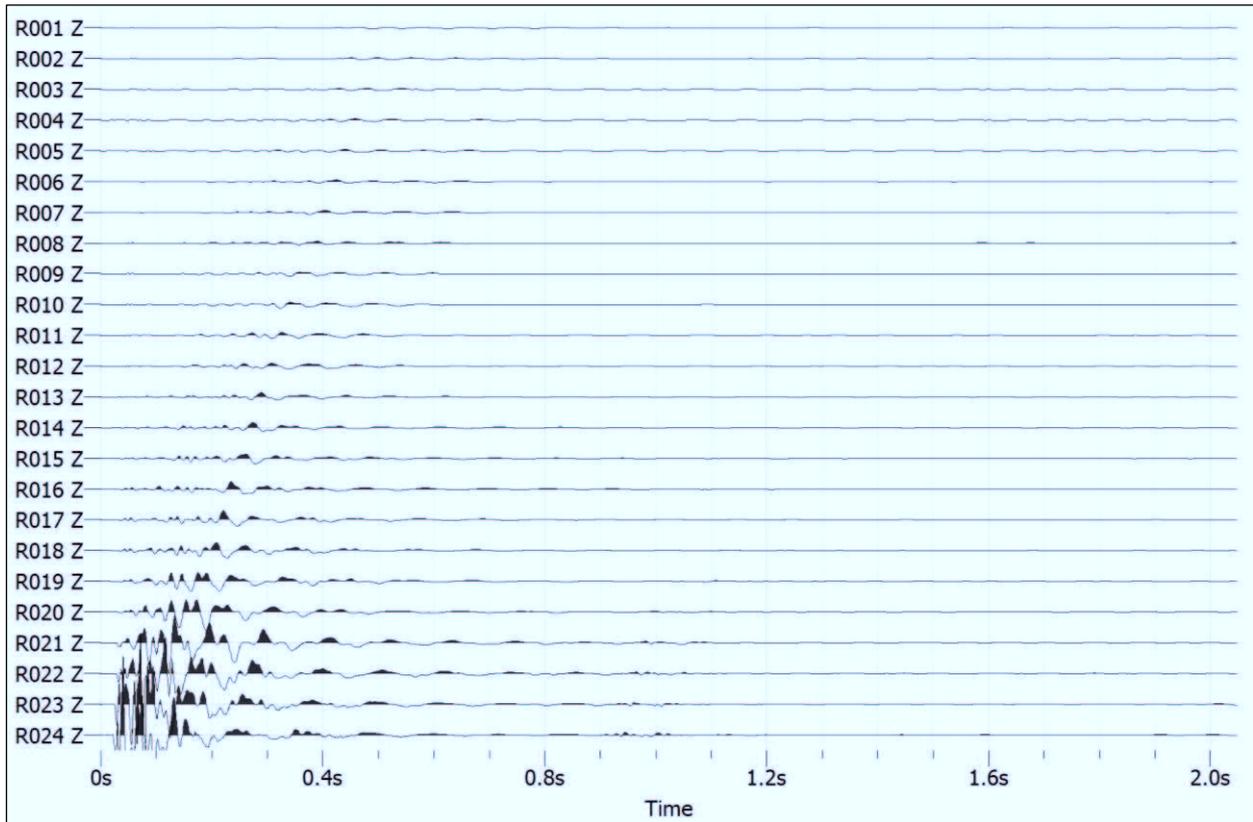


Fig.2 – Sismogramma del segnale acquisito

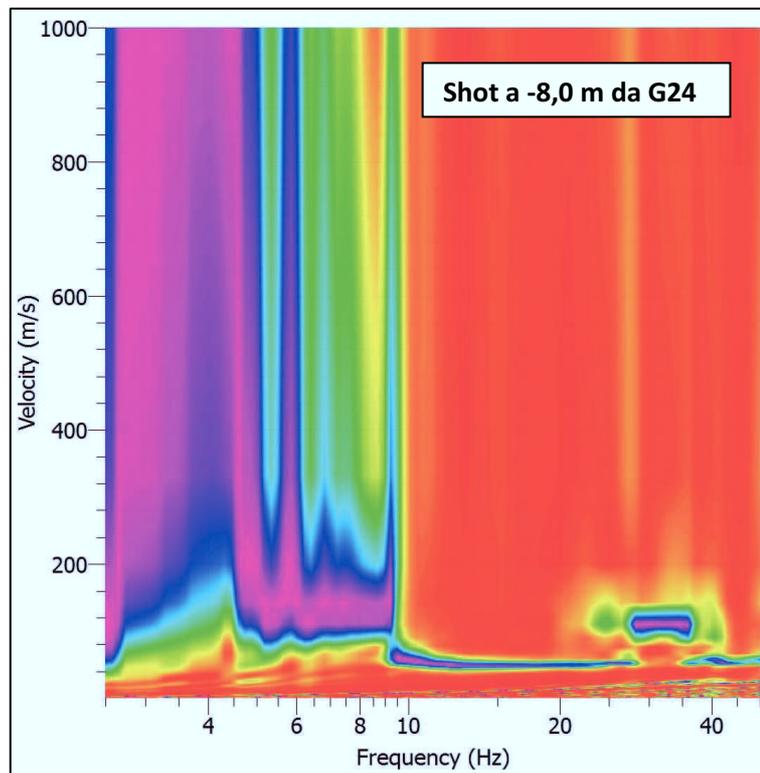
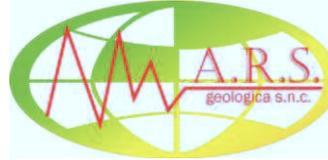


Fig.3 – Curva di dispersione



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

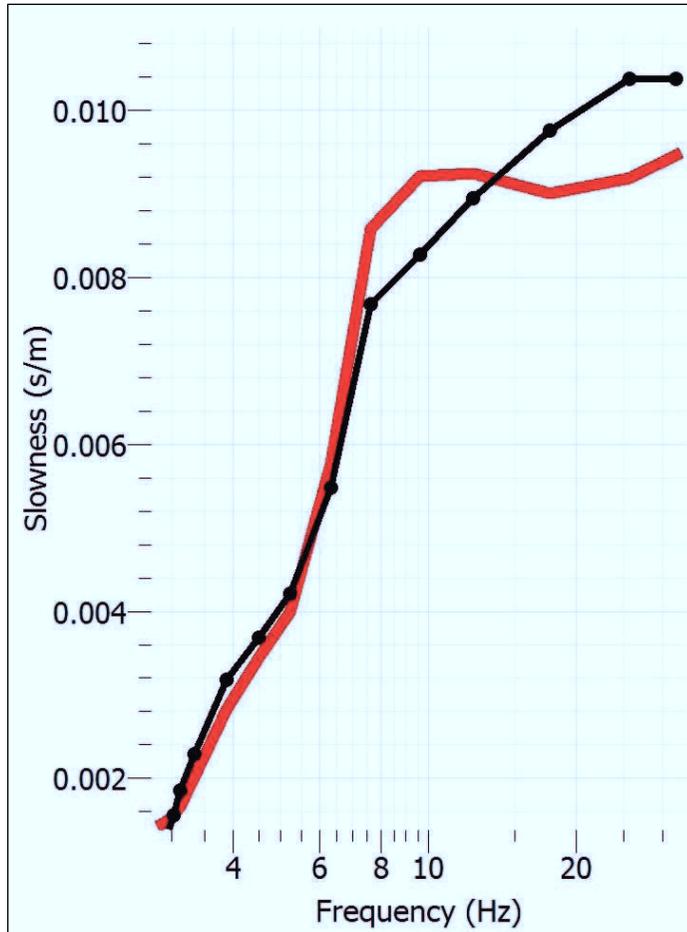


Fig.4 – Sovrapposizione della Curva calcolata (rosso) e del picking effettuato (nero)

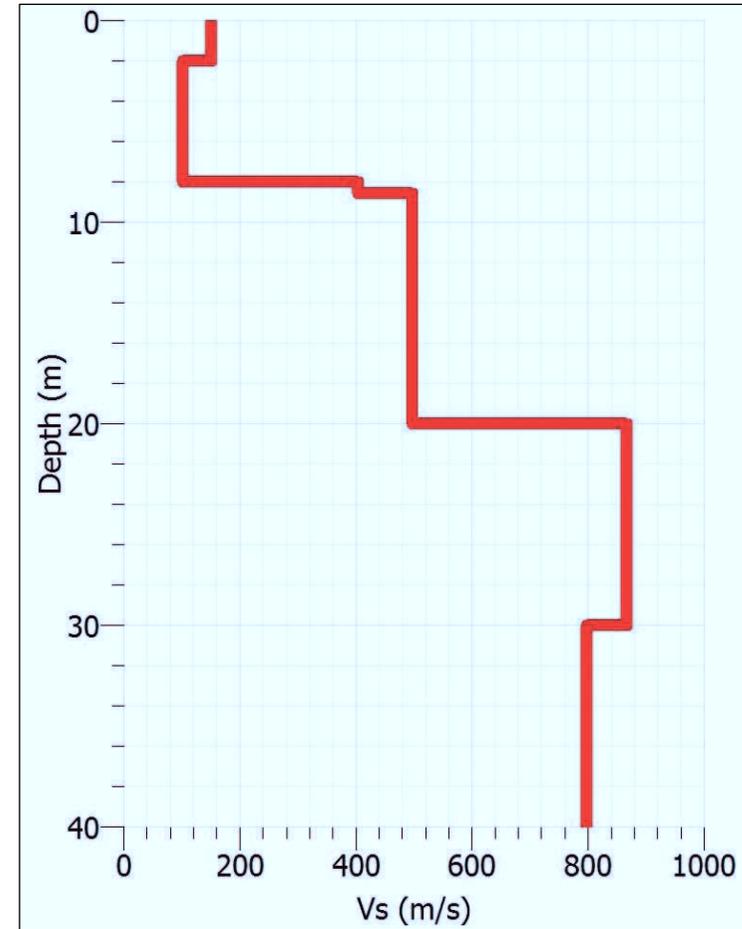
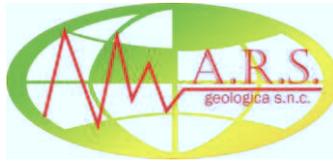


Fig.5 – Modello di velocità



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

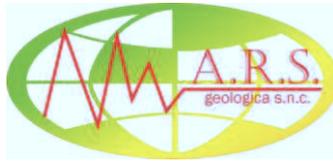
INDAGINI SISMICHE H.V.S.R. (Horizontal Vertical Spectral Ratio)

LOCALITA': Vada – Comune di Rosignano M.mo (LI)

SOGGETTI PROMOTORI: Camping Rada Etrusca, Camping Molino a Fuoco, Camping Baia del Marinaio, Camping Campo dei Fiori, Residence Gli Oleandri, IDS del Clero – Livorno, Sig. Vallini Gianfranco

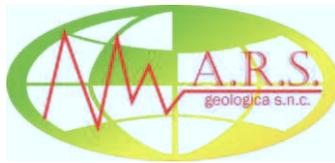


DATA: 26 Giugno 2013



INDICE

1. - Presentazione e finalità del progetto
2. - Metodo di acquisizione
3. - Descrizione della strumentazione utilizzata
4. - Metodo di elaborazione ed analisi dei dati sismici
5. – Report indagini effettuate
 - 5.1_HVSR1 - Camping Molino a Fuoco
 - 5.2_HVSR2 - Residence Gli Oleandri
 - 5.3_HVSR3 - Camping Baia del Marinaio
 - 5.4_HVSR4 – Camping Campo dei Fiori
 - 5.5_HVSR5 – Camping Rada Etrusca



RELAZIONE TECNICA

1. Presentazione e finalità del progetto

Nell'ambito degli interventi di ampliamento di campeggi turistici in località Vada, nel Comune di Rosignano M.mo (LI), sono state realizzate n. 5 indagini sismiche HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) condotte conformemente ai criteri del progetto SESAME.

Le acquisizioni sono state effettuate in corrispondenza dell'area di intervento considerando sia l'assetto geometrico della futura struttura che la risposta sismica verificata in fase di sopralluogo (considerando il rumore di fondo).

Nella presente relazione tecnica verrà illustrato il metodo di acquisizione, elaborazione ed i risultati ottenuti.

2. Metodo di acquisizione

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso.

Le vibrazioni sismiche ambientali (rumore sismico o microtremore) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} mm (Okada, 2003). L'origine del rumore sismico è dovuto alle perturbazioni atmosferiche sugli oceani che si propagano come onde superficiali sui continenti, mentre le sorgenti dei microtremori sono le attività antropiche e si propagano come onde superficiali di Rayleigh. L'analisi delle misure di rumore sismico che sembra fornire i risultati migliori è proprio quello dei rapporti spettrali H/V noto anche come metodo HVSR.

L'utilizzo di algoritmi di calcolo finalizzati ad una modellizzazione sintetica dello **spettro H/V**, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel **sottosuolo** (per esempio i cambi litologici). I dati che si possono ricavare sono spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno del sismo-strato individuato. Tramite l'elaborazione di modi superiori e l'analisi dell'andamento delle tre componenti del moto, è possibile distinguere i picchi di origine naturale da quelli generati dai modi superiori o da artefatti, al fine di garantire una corretta interpretazione dello spettro sismico registrato.

Le misure puntuali di rumore sismico possono essere utilizzate per la stima sia degli effetti di sito (funzione di amplificazione), sia degli effetti sulle costruzioni ed ottenere una stima della velocità delle onde di taglio V_s 30 per la definizione della categoria sismica dei terreni in ottemperanza alle nuove N.T.C. - D.M.14 gennaio 2008 integrato con la circ. 02/02/09 N° 617 C.S. LL.PP.



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

3. Descrizione della strumentazione utilizzata

L'apparecchiatura utilizzata per le indagini sismiche si compone di:

- n.1 PC portatile Samsung per il salvataggio dei dati acquisiti.
- n.1 Tromografo digitale SR04 a tre componenti con frequenza dei geofoni di 4,5 Hz

Il sismografo SR04 è finalizzato alla rilevazione di vibrazioni naturali e artificiali, dal rumore di fondo ai forti terremoti sfruttando le seguenti caratteristiche:

Alimentazione:	10-16Vdc o da batteria interna < 1W
Numero canali:	3 a 24 bit (SD)
Range dinamico:	124dB (144dB, 24 bit effettivi [enob], fra 0.1 e 10Hz)
Campionamento:	simultaneo sui tre canali
Samplingrates:	da 10-600 Hz
Real Time Clock:	+/-10ppm (-20/+50°C)
Sincronizzazione :	GPS via PPS modulato
Velocità:	115200 baud
Contenitore:	Monoblocco in alluminio IP66
Temperatura operativa:	-30/+60°C
Dimensioni e peso:	155x140x110 mm
Precisione rispetto a UTC:	<50ms
Interfaccia dati sismici:	RS232, cavo USB in dotazione
Formato dati:	protocollo binario SADC20HS
Peso:	3.1kg con sensori da 4.5Hz; 4.4kg con sensori da 2Hz
Conformità:	CE (EN55022, EN55011)

4. Metodo di elaborazione ed analisi dei dati sismici

Per l'interpretazione dei dati sperimentali relativi alle indagini sismiche HVSR sono stati utilizzati i software di elaborazione Geopsy e Dinver.

Il primo software permette l'analisi dei dati acquisiti fino all'ottenimento della frequenza di risonanza F0 e la verifica di altri fattori quali la permanenza spettrale .

Il software Dinver effettua l'inversione dei dati restituendo un modello monodimensionale del sottosuolo.

Al fine di ridurre i casi di equivalenza, quando possibile, si opera introducendo nell'interpretazione, come inamovibili, elementi quali: le densità dei litotipi dell'area indagata ed il numero degli strati con la loro rispettiva potenza. Lo studio dello spettro di potenza permette in definitiva la ricostruzione di un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, con le velocità delle onde di superficie S e la profondità.

5. Report indagini effettuate

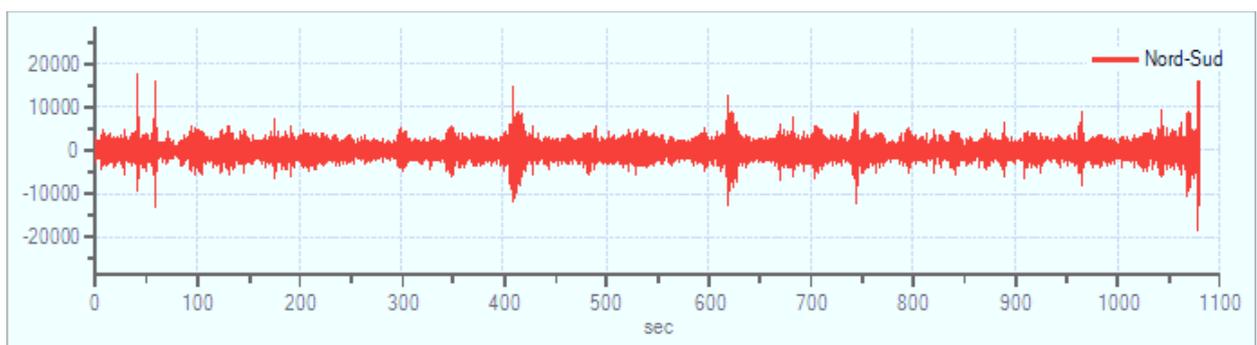
Esamineremo ora nel dettaglio ogni singola indagine HVSr riportando le relative tracce, i parametri ed risultati ottenuti.

5.1 HVSr1 – Camping Molino a Fuoco:

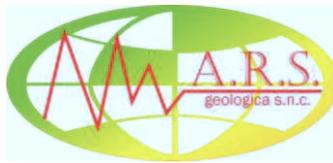
Dati generali

	N° tracce	3
	Frequenza geofoni	4.5Hz
	Frequenza campionamento	100Hz
	Tempo registrazione	1081 s
	Numero campioni:	108059
	Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale
	Latitudine	43,33344
	Longitudine	010,45997

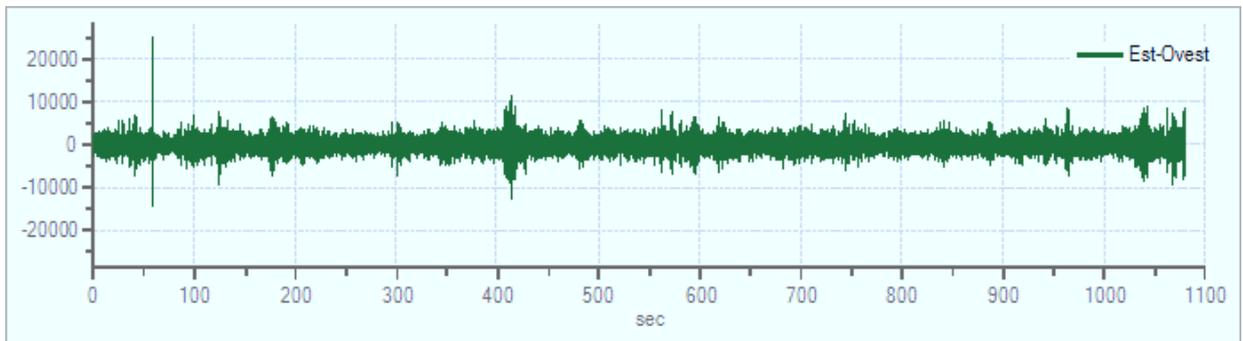
Grafici tracce:



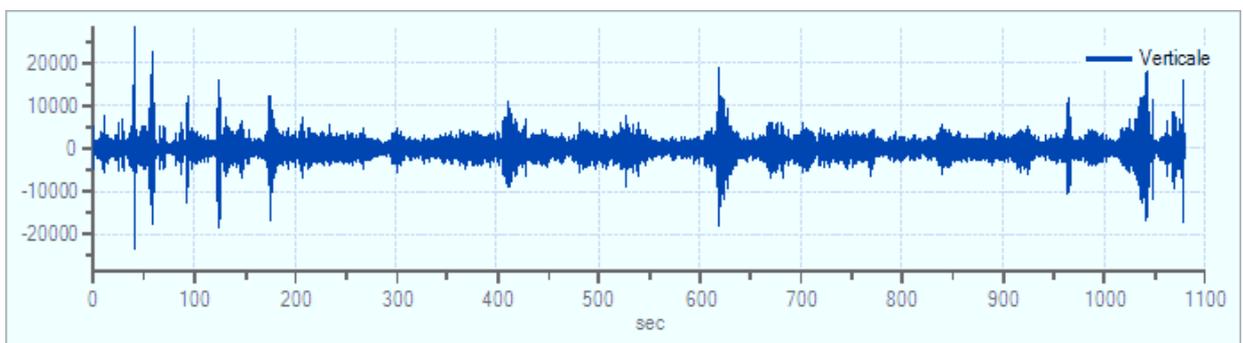
Traccia in direzione Nord-Sud



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti



Traccia in direzione Est-Ovest

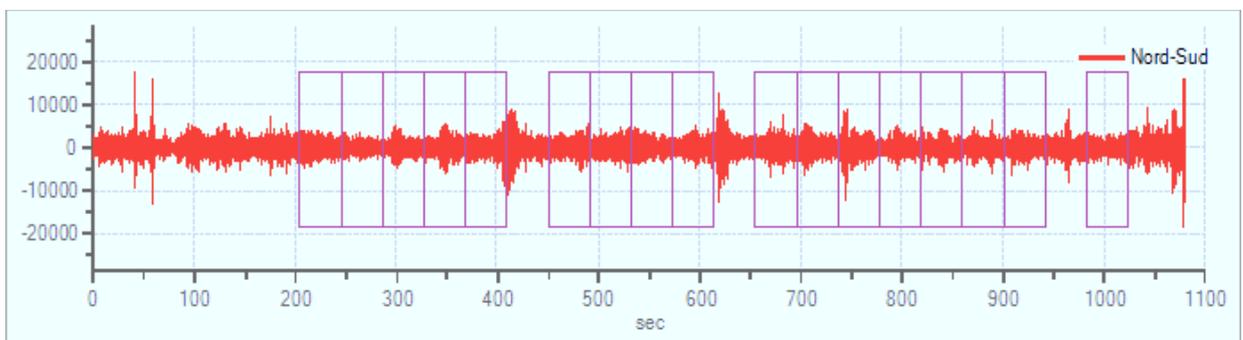


Traccia in direzione Verticale

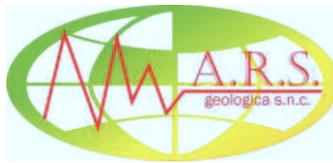
Finestre selezionate

Numero totale finestre selezionate	17
Numero finestre incluse nel calcolo	17
Dimensione temporale finestre	40,960 s
Tipo di lisciamiento	Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamiento	10,00 %

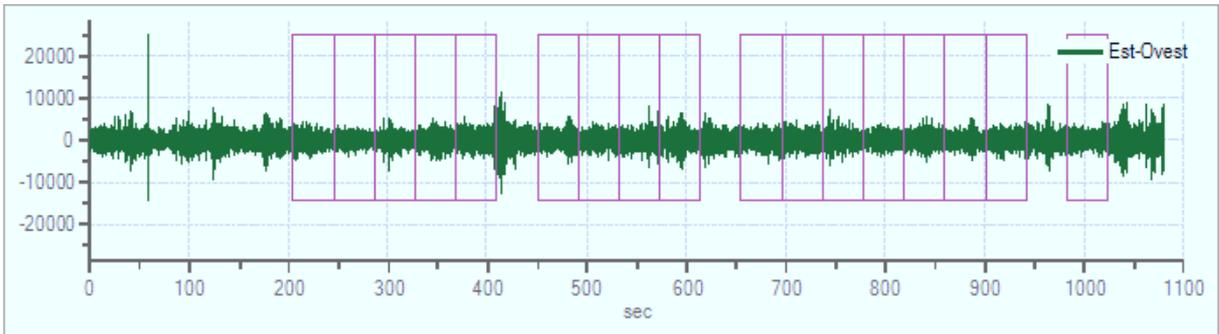
Grafici tracce con finestre selezionate:



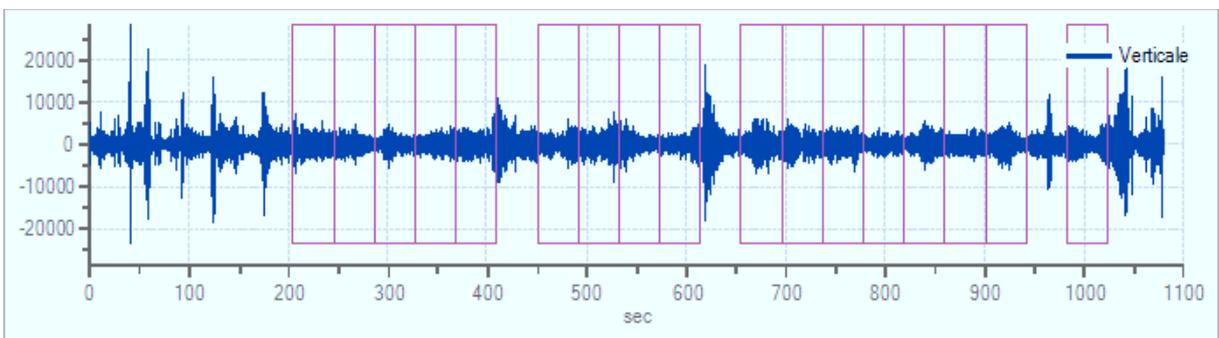
Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

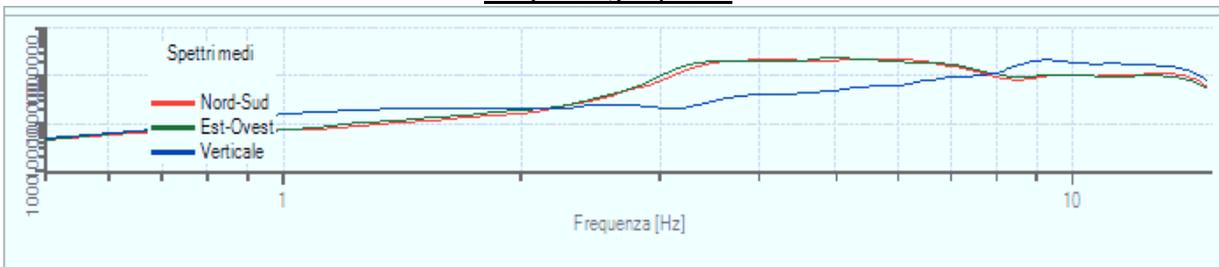


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

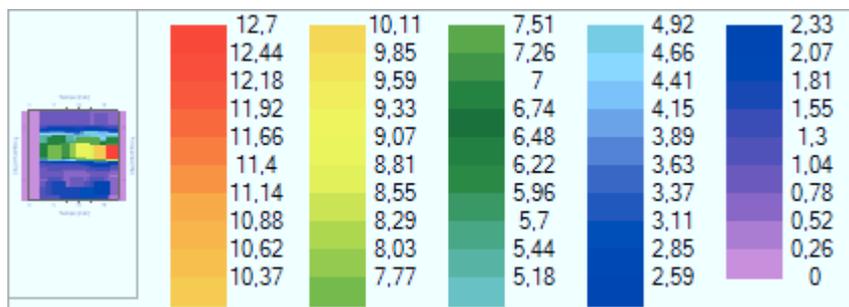


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

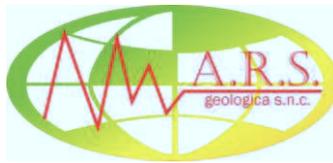
Grafici degli spettri



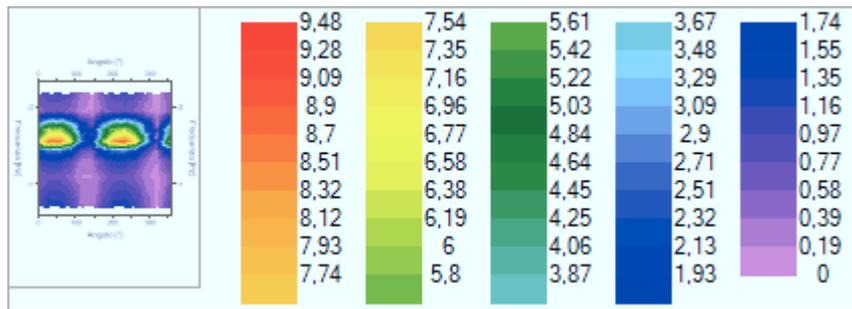
Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

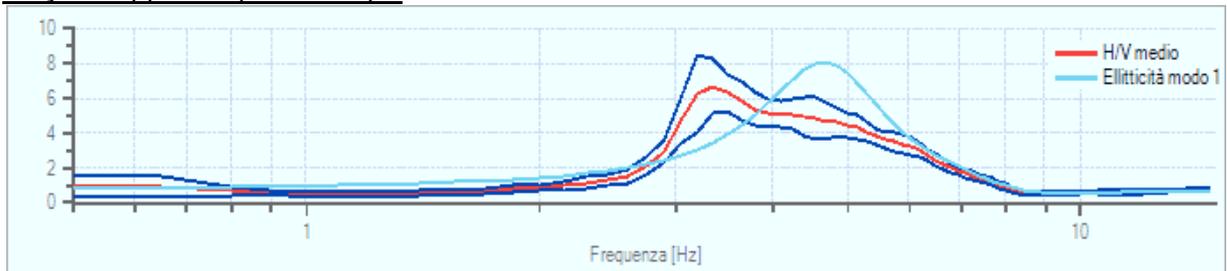


Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

Frequenza massima	15,00	Hz
Frequenza minima	0,50	Hz
Passo frequenze	0,15	Hz
Tipo lisciamento	Triangolare proporzionale	
Percentuale di lisciamento	10,00	%
Tipo di somma direzionale	Media aritmetica	
Frequenza del picco del rapporto H/V	3,35 Hz ±0,23 Hz	

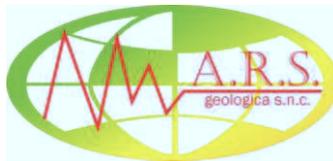
Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifica parametri SESAME	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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	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

N.B. La prova non ha per poco raggiunto i 20 min. previsti dal progetto SESAME per problemi tecnici ma è pur sempre da ritenersi valida visti i risultati ottenuti



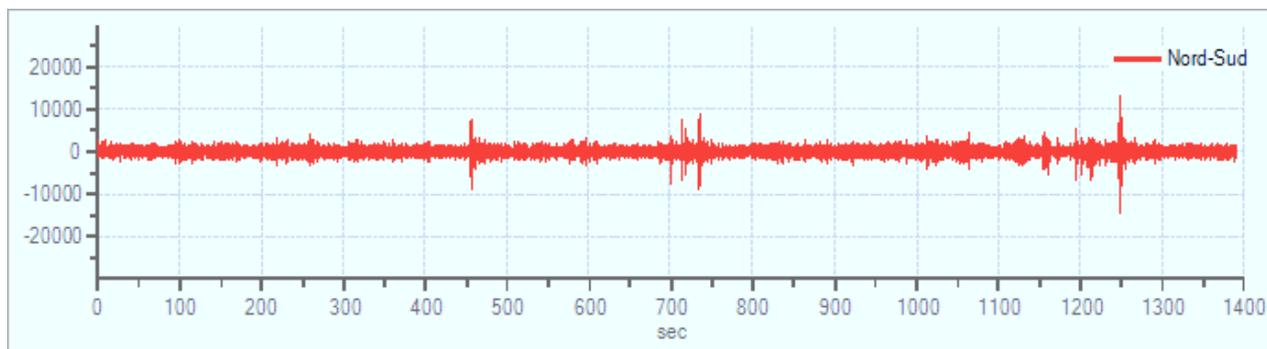
A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

5.2 HVSR2 – Residence Gli Oleandri:

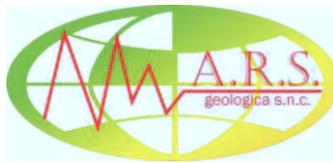
Dati generali

	N° tracce	3
	Frequenza geofoni	4.5Hz
	Frequenza campionamento	100Hz
	Tempo registrazione	1392 s
	Numero campioni:	139184
	Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale
	Latitudine	43,32902
	Longitudine	010,45836

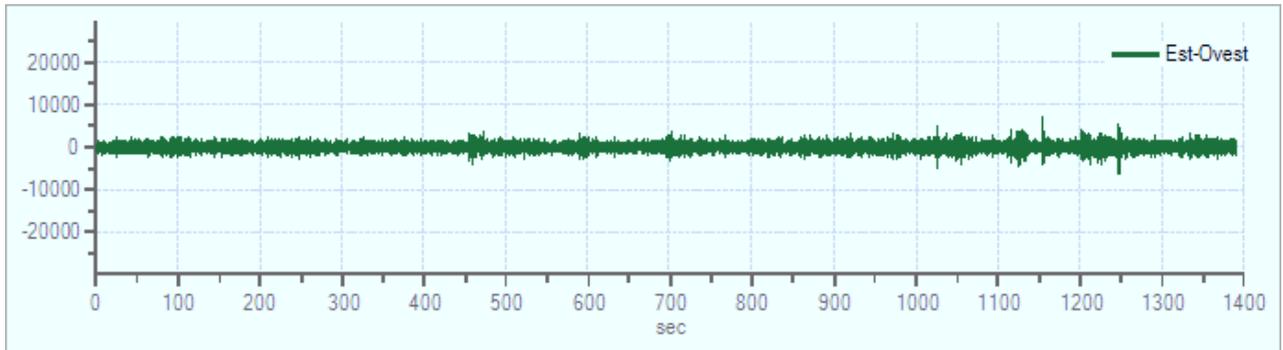
Grafici tracce:



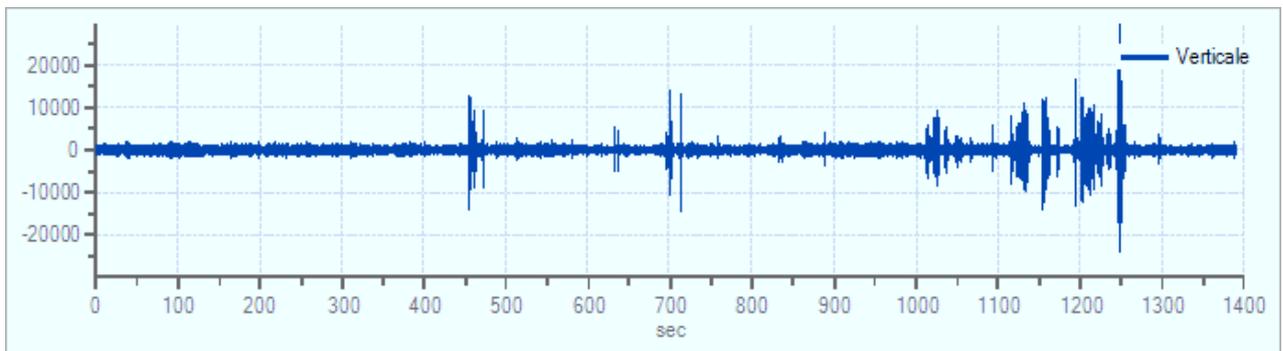
Traccia in direzione Nord-Sud



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti



Traccia in direzione Est-Ovest

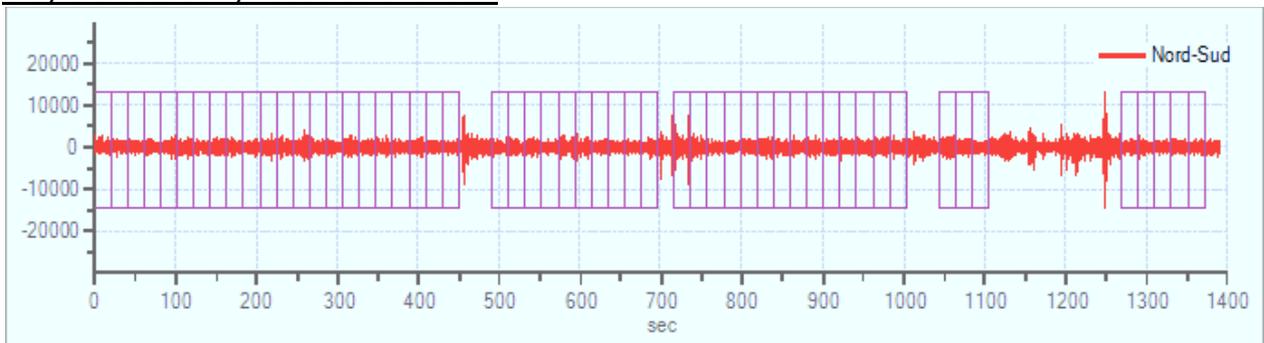


Traccia in direzione Verticale

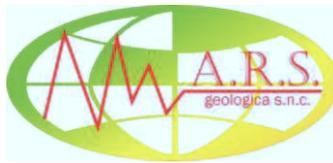
Finestre selezionate

Numero totale finestre selezionate	54
Numero finestre incluse nel calcolo	53
Dimensione temporale finestre	20,480 s
Tipo di lisciamo	Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamo	10,00 %

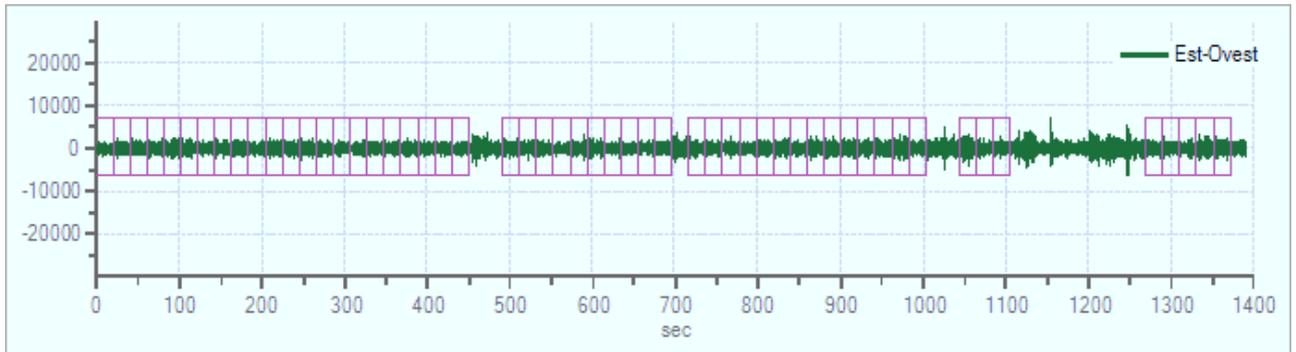
Grafici tracce con finestre selezionate:



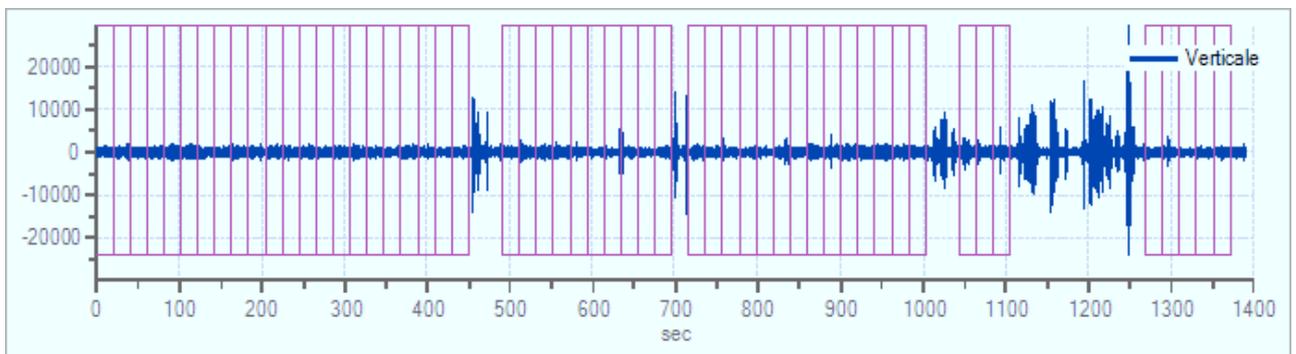
Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

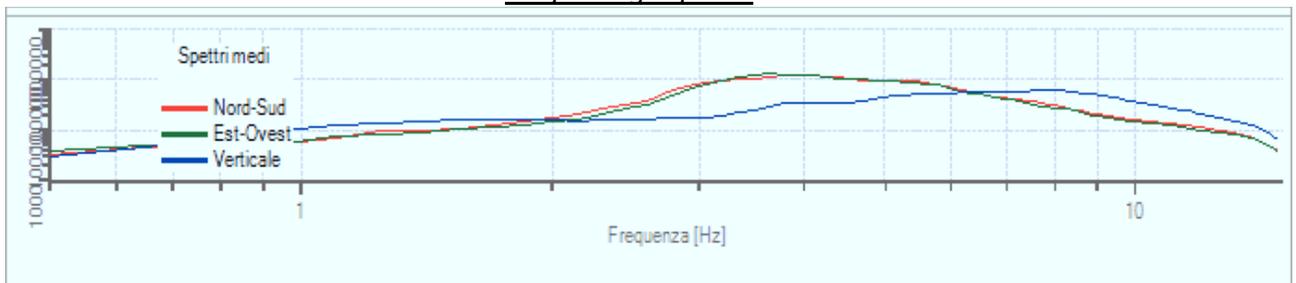


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

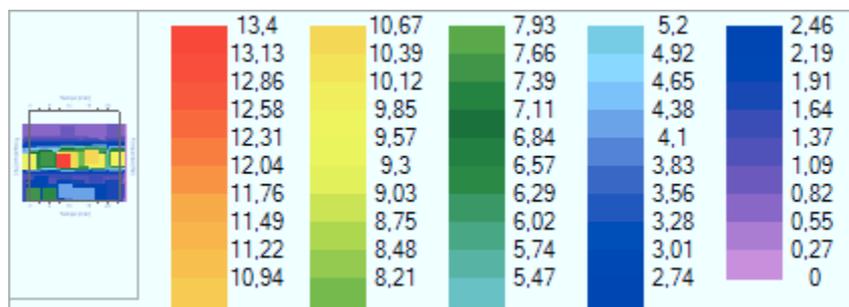


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri



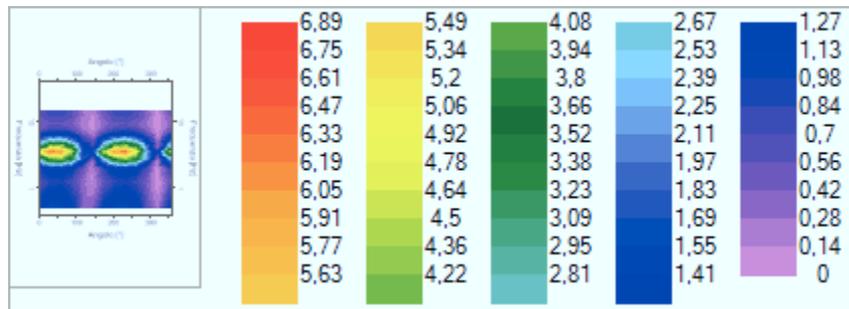
Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

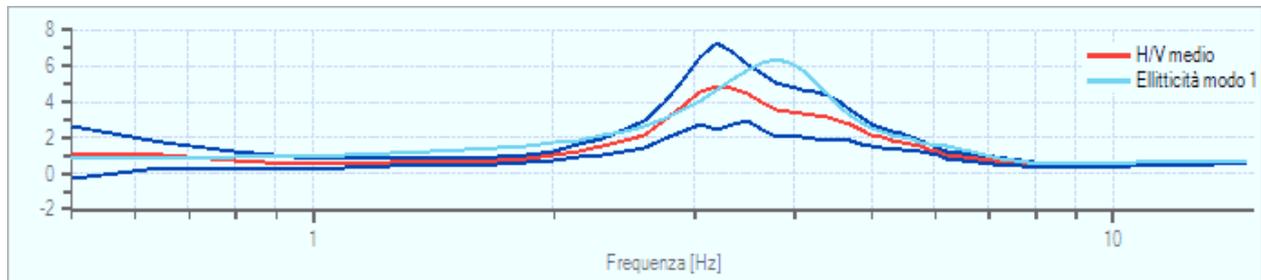


Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

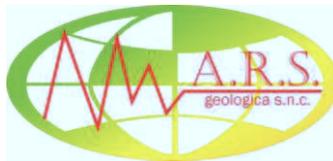
Frequenza massima	15,00	Hz
Frequenza minima	0,50	Hz
Passo frequenze	0,15	Hz
Tipo lisciamento	Triangolare proporzionale	
Percentuale di lisciamento	10,00	%
Tipo di somma direzionale	Media aritmetica	
Frequenza del picco del rapporto H/V	3,20 Hz ±0,49 Hz	

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifica parametri SESAME	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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	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



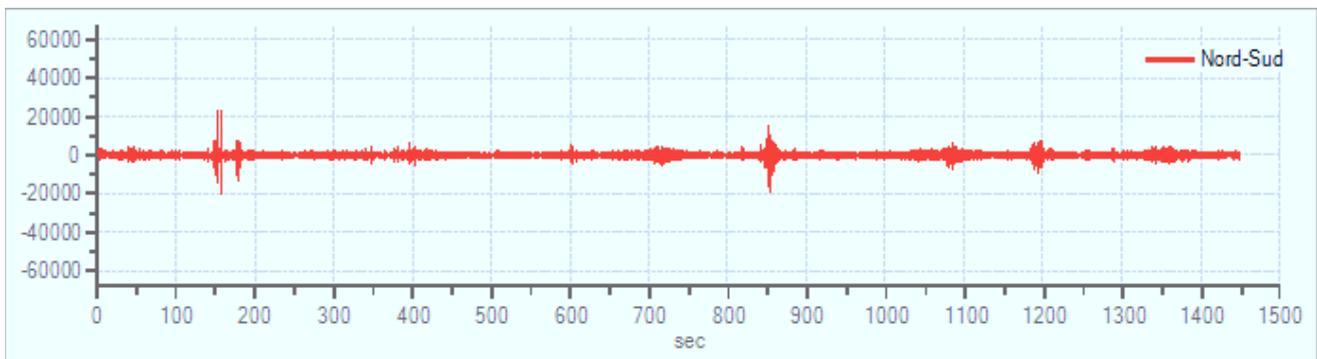
A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

5.3 HVSR3 – Camping Baia del Marinaio:

Dati generali

	N° tracce	3
	Frequenza geofoni	4.5Hz
	Frequenza campionamento	100Hz
	Tempo registrazione	1448s
	Numero campioni:	144840
	Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale
	Latitudine	43,33436
	Longitudine	010,46366

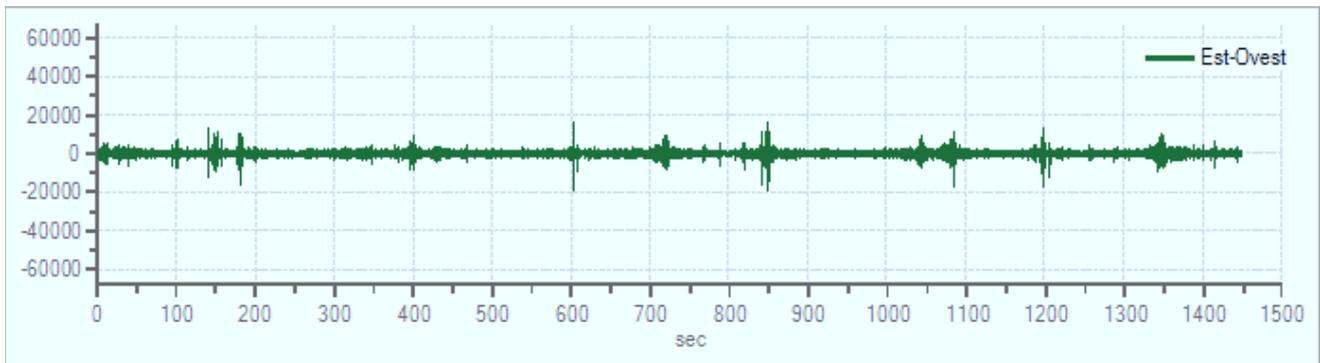
Grafici tracce:



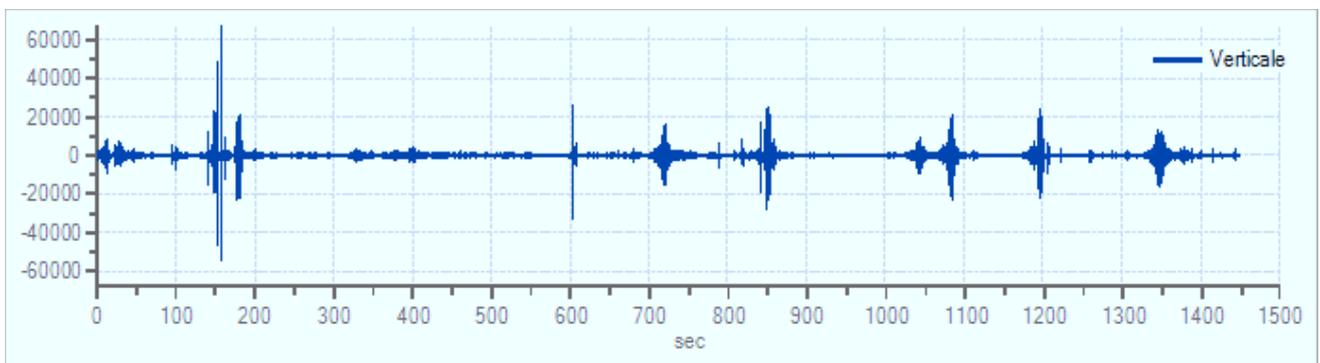
Traccia in direzione Nord-Sud



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti



Traccia in direzione Est-Ovest

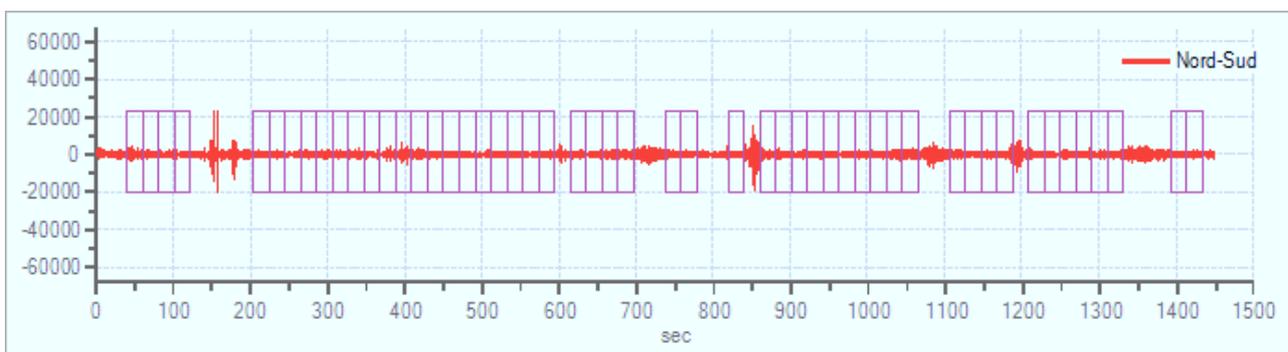


Traccia in direzione Verticale

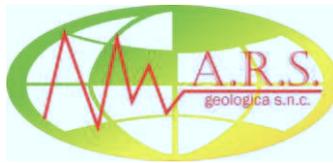
Finestre selezionate

Numero totale finestre selezionate	52
Numero finestre incluse nel calcolo	44
Dimensione temporale finestre	20,480 s
Tipo di lisciamento	Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamento	10,00 %

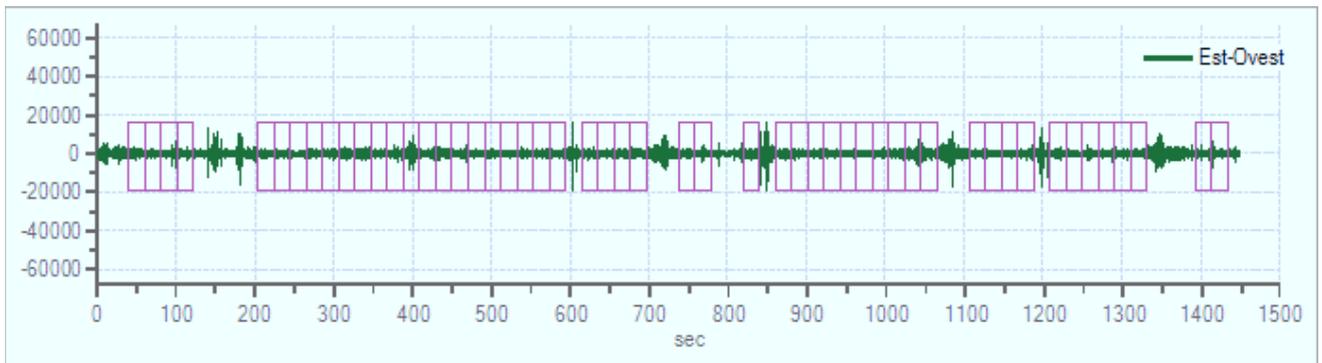
Grafici tracce con finestre selezionate:



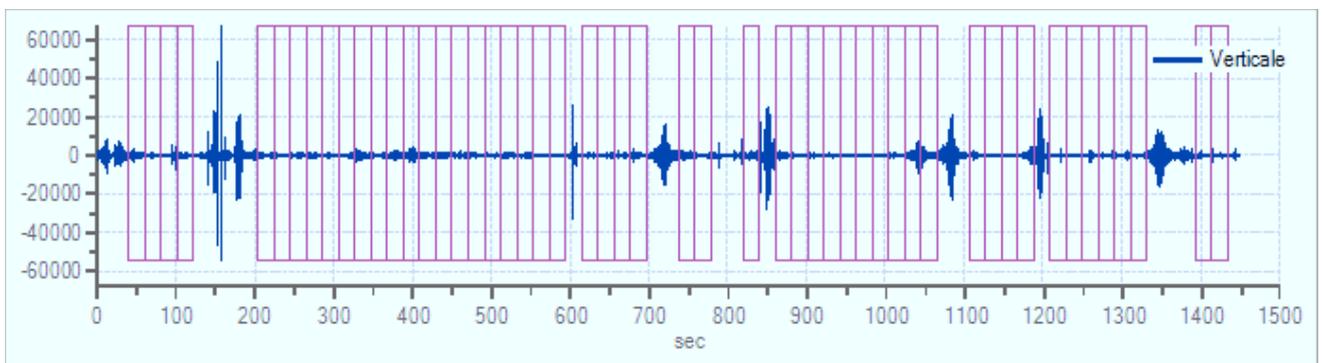
Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

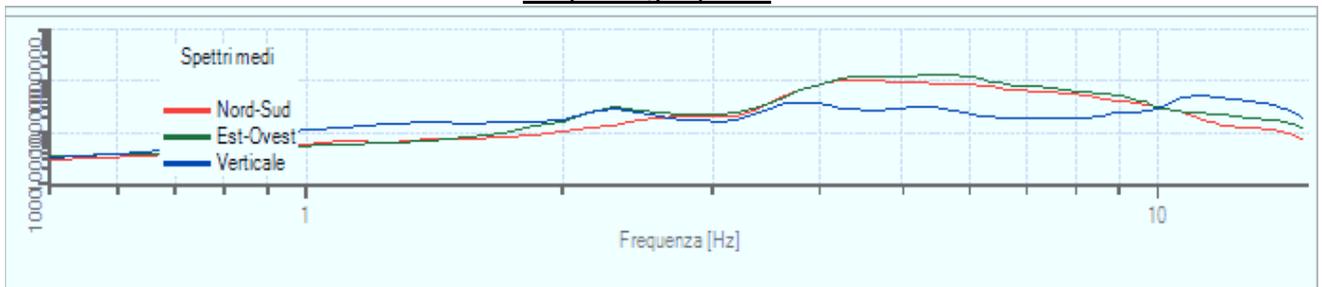


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri



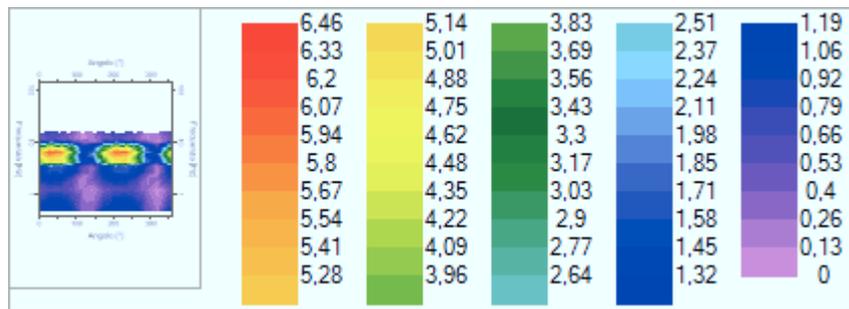
Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

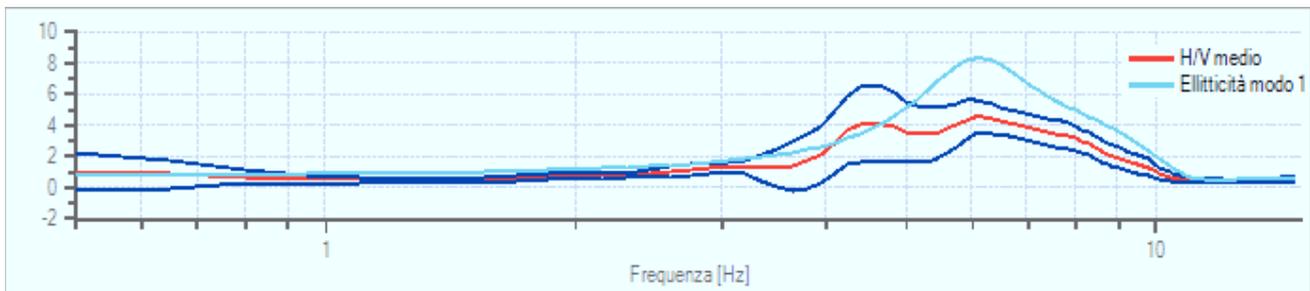


Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

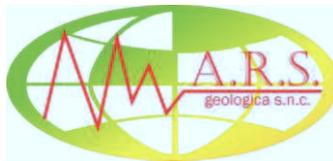
Frequenza massima	15,00 Hz
Frequenza minima	0,50 Hz
Passo frequenze	0,15 Hz
Tipo lisciamento	Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamento	10,00 %
Tipo di somma direzionale	Media aritmetica
Frequenza del picco del rapporto H/V	6,05 Hz ±0,25 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifica parametri SESAME	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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	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



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

Ok

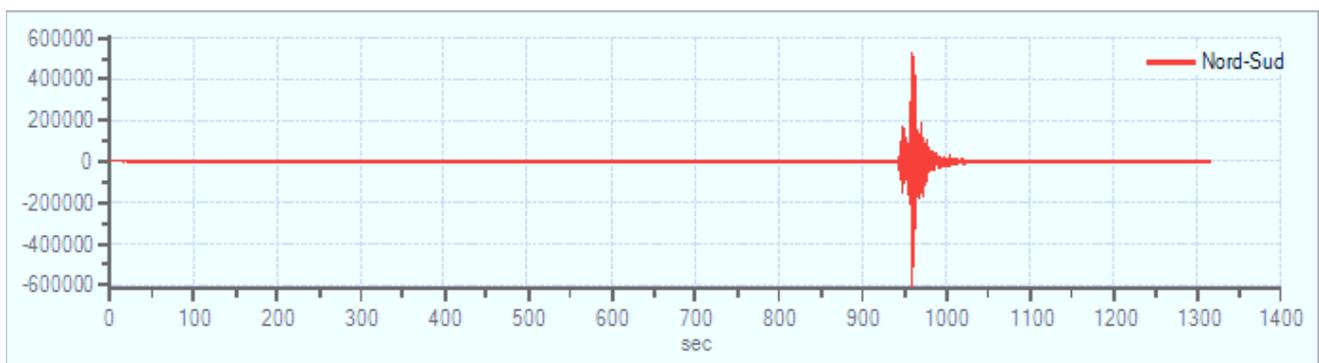
5.4 HVSR4 – Camping Campo dei fiori:

Dati generali

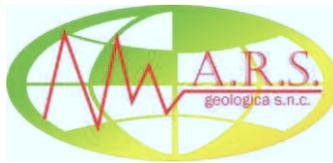


N° tracce	3
Frequenza geofoni	4.5Hz
Frequenza campionamento	100Hz
Tempo registrazione	1316 s
Numero campioni:	131583
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale
Latitudine	43,33531
Longitudine	010,46722

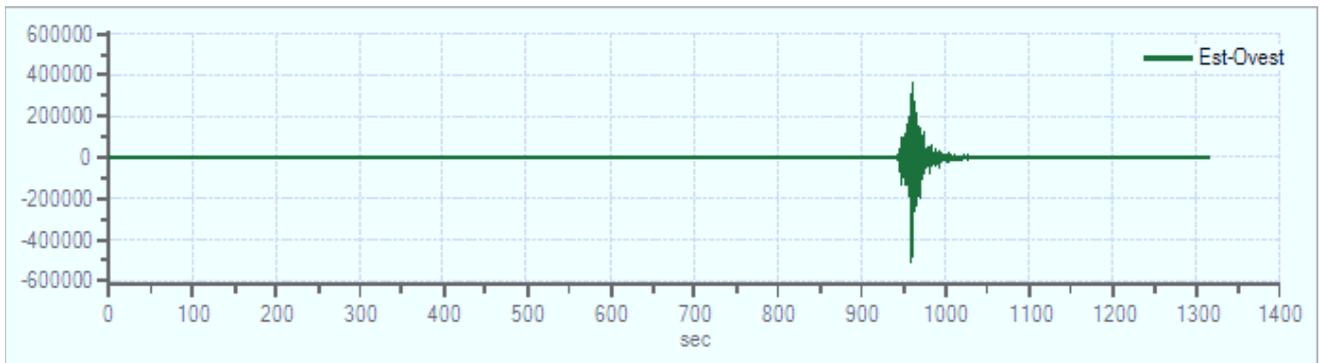
Grafici tracce:



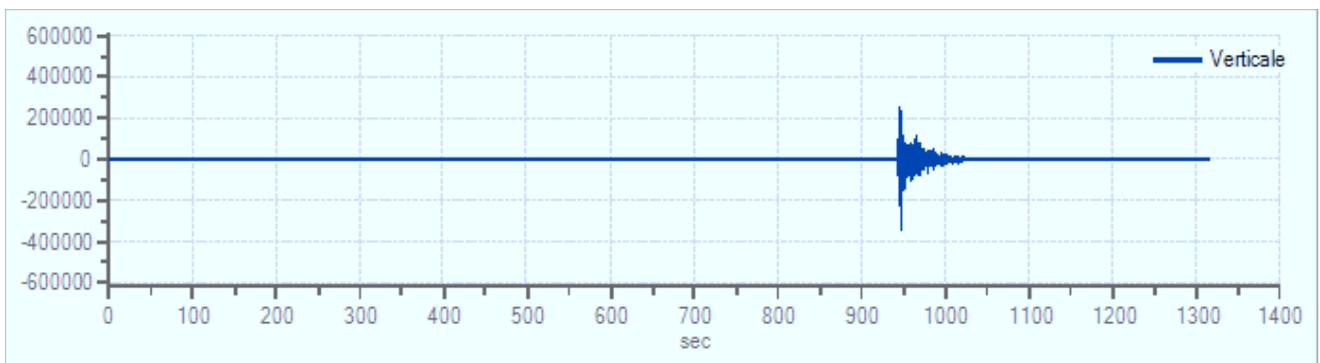
Traccia in direzione Nord-Sud



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti



Traccia in direzione Est-Ovest

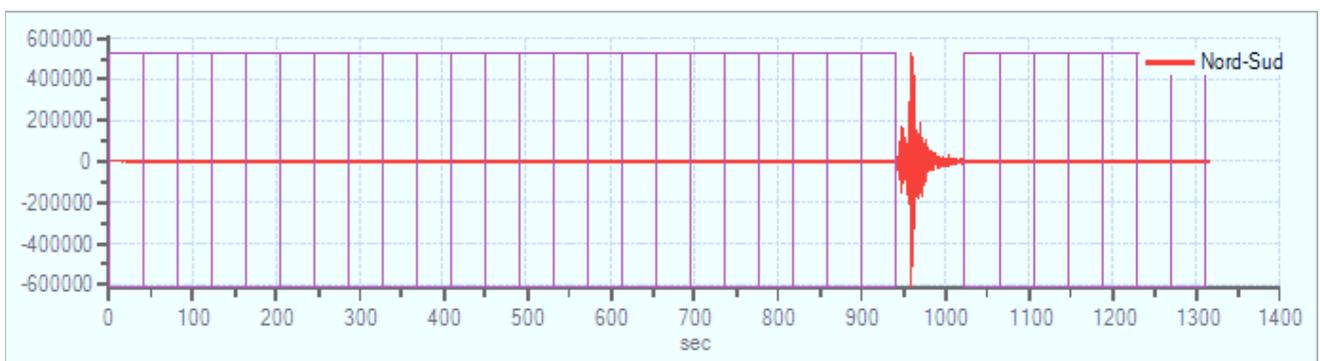


Traccia in direzione Verticale

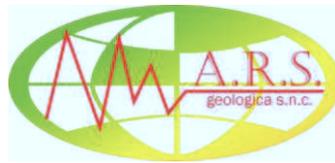
Finestre selezionate

Numero totale finestre selezionate	30
Numero finestre incluse nel calcolo	30
Dimensione temporale finestre	40,960 s
Tipo di lisciamento	Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamento	10,00 %

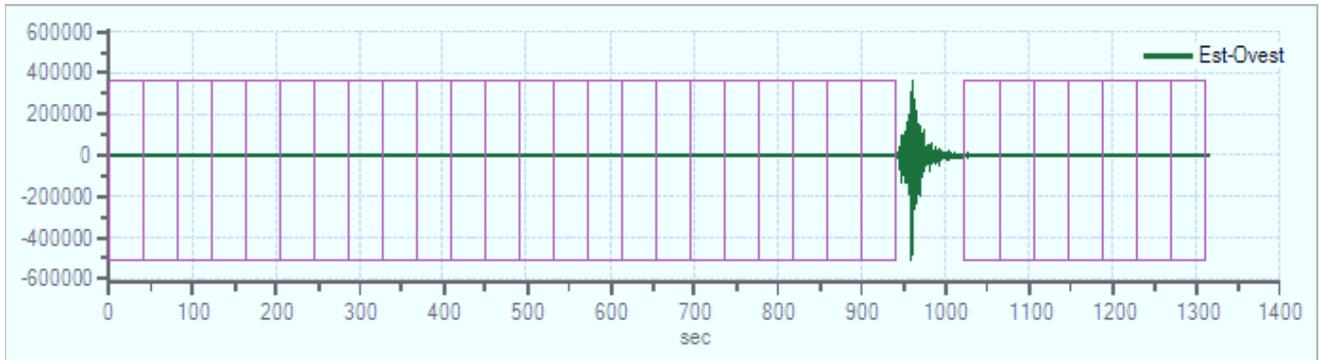
Grafici tracce con finestre selezionate:



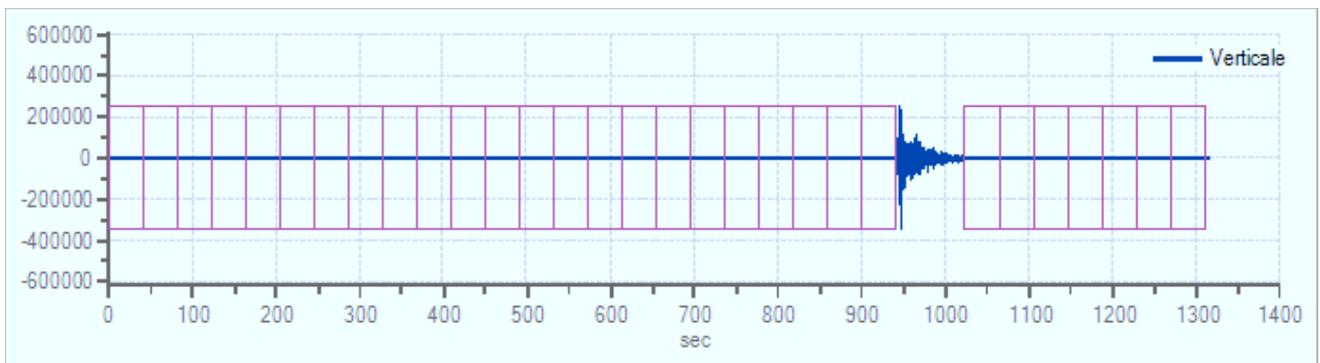
Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

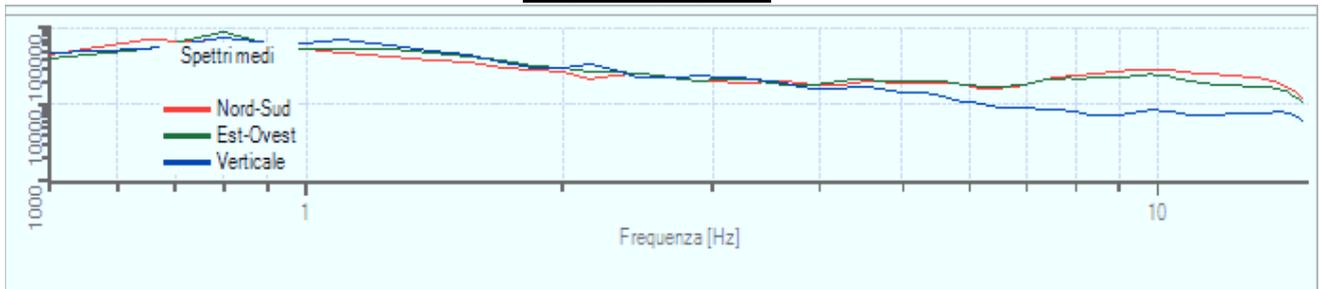


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri



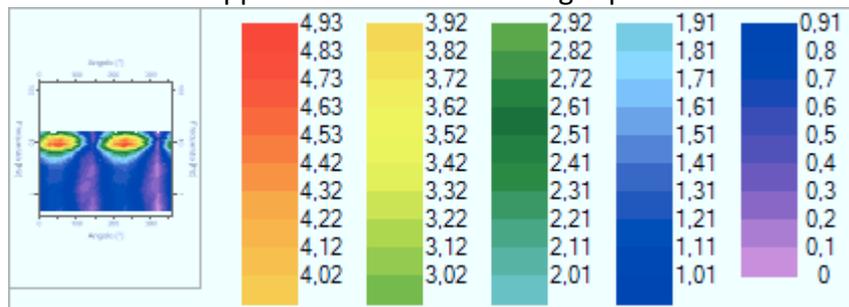
Spettri medi nelle tre direzioni





A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

Mappa della stazionarietà degli spettri

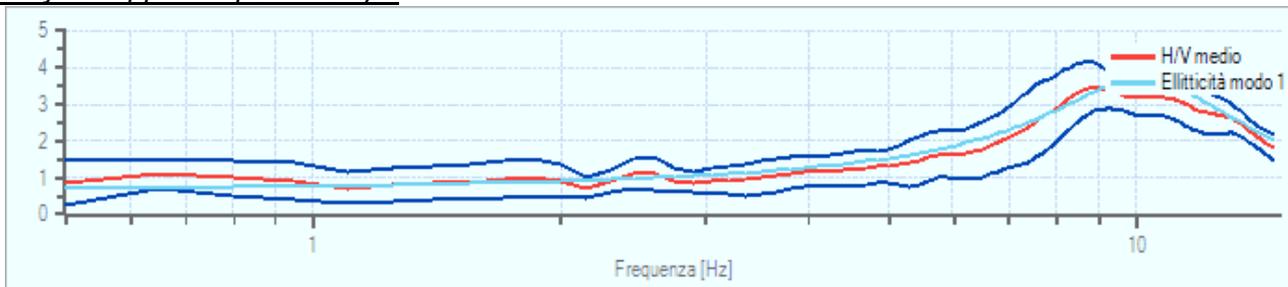


Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

Frequenza massima	15,00	Hz
Frequenza minima	0,50	Hz
Passo frequenze	0,15	Hz
Tipo lisciamento	Triangolare proporzionale	
Percentuale di lisciamento	10,00	%
Tipo di somma direzionale	Media aritmetica	
Frequenza del picco del rapporto H/V	8,90 Hz ±0,19 Hz	

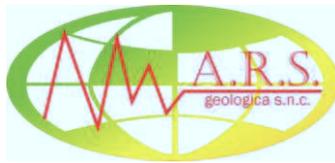
Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifica parametri SESAME	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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Non superato
$A_0 > 2$	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

N.B. Per la verifica dell'affidabilità di picco risultano verificati 5 parametri su 6, l'indagine è quindi



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

da ritenersi verificata

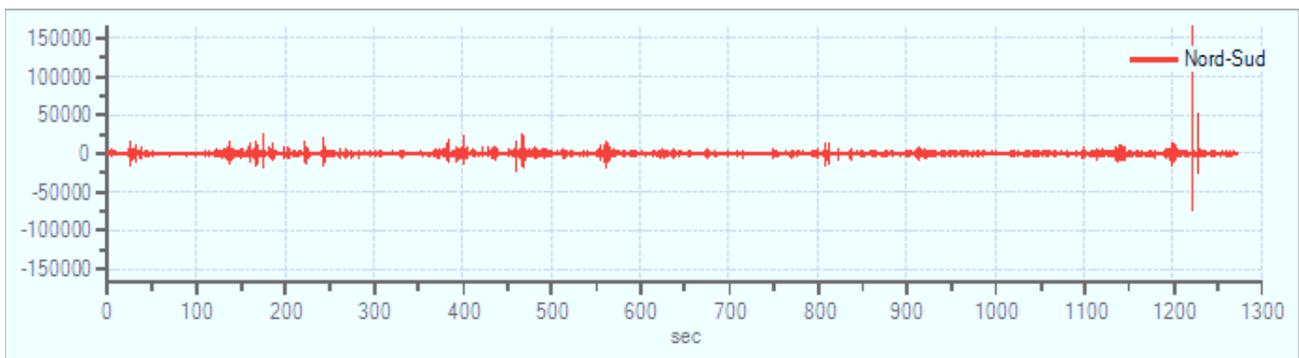
5.5 HVSR5 – Camping Rada Etrusca:

Dati generali

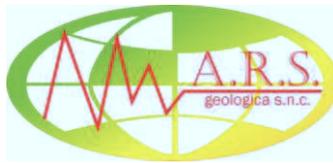


N° tracce	3
Frequenza geofoni	4.5Hz
Frequenza campionamento	100Hz
Tempo registrazione	1273 s
Numero campioni:	127334
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale
Latitudine	43,34124
Longitudine	010,45839

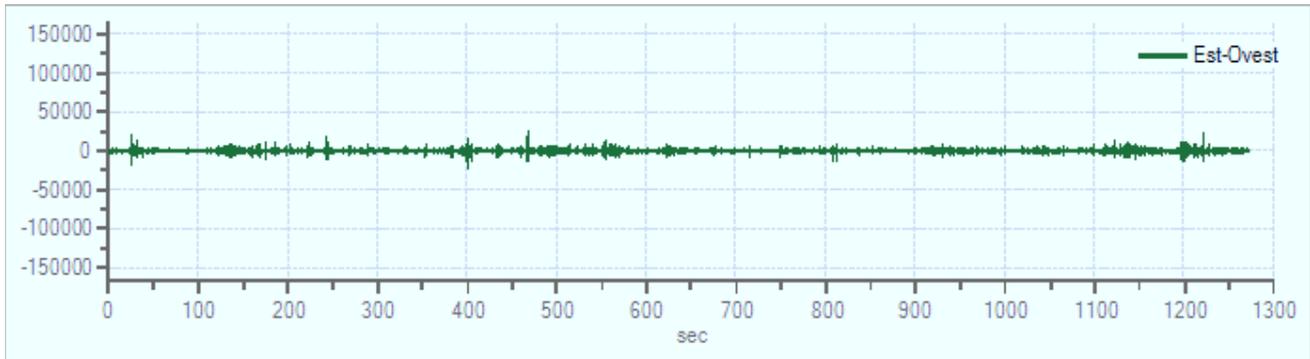
Grafici tracce:



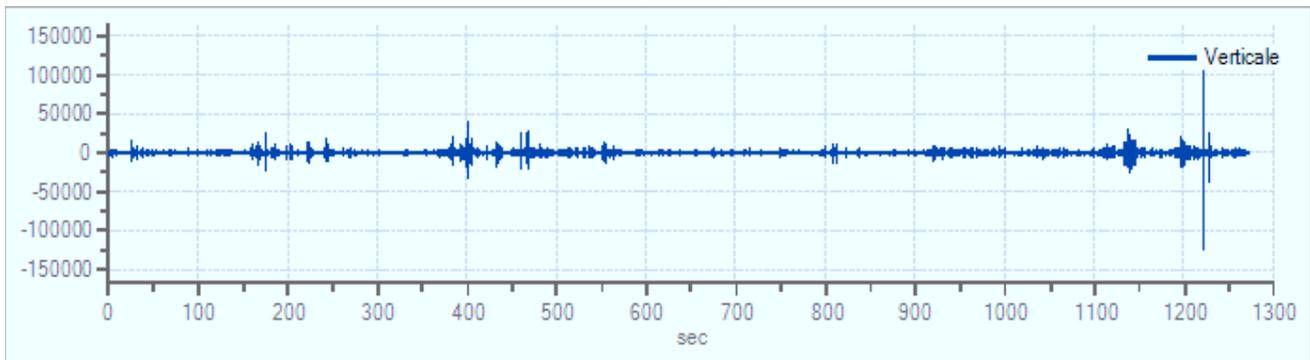
Traccia in direzione Nord-Sud



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti



Traccia in direzione Est-Ovest

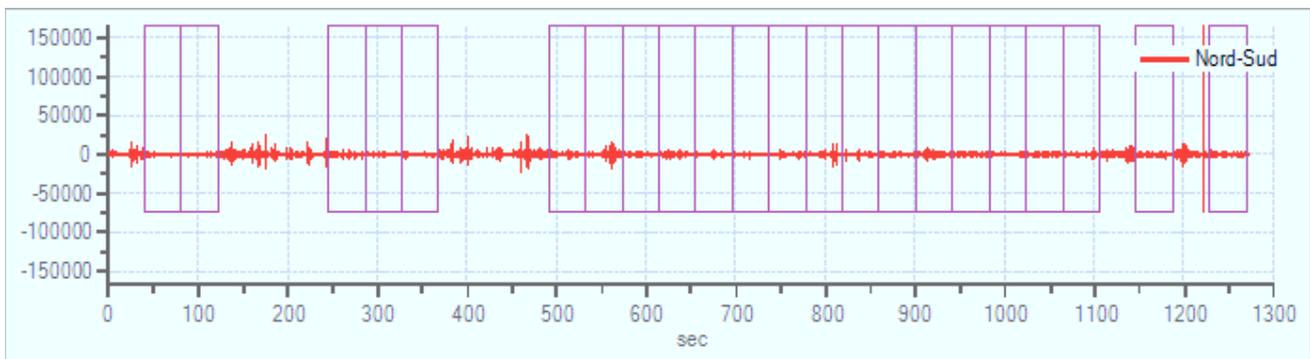


Traccia in direzione Verticale

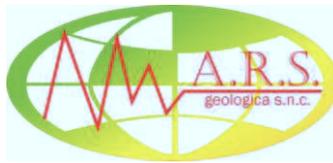
Finestre selezionate

Numero totale finestre selezionate	22
Numero finestre incluse nel calcolo	22
Dimensione temporale finestre	40,960 s
Tipo di lisciamento	Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamento	10,00 %

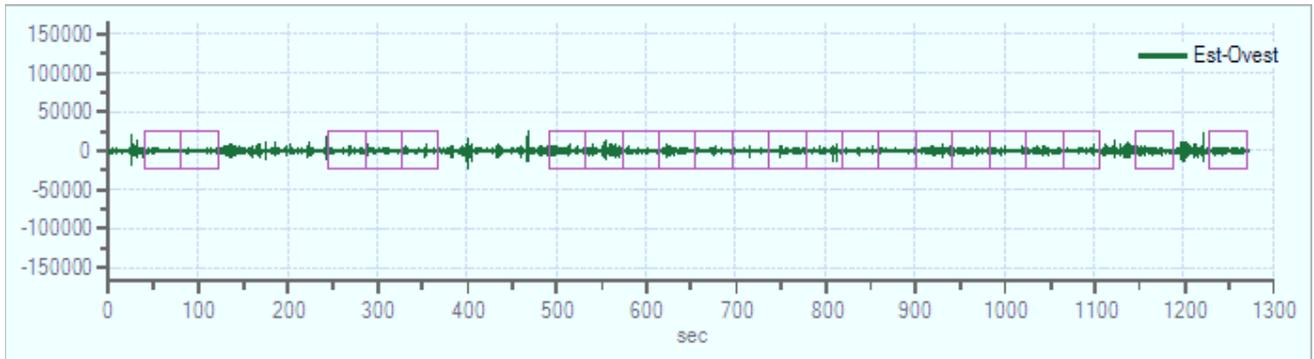
Grafici tracce con finestre selezionate:



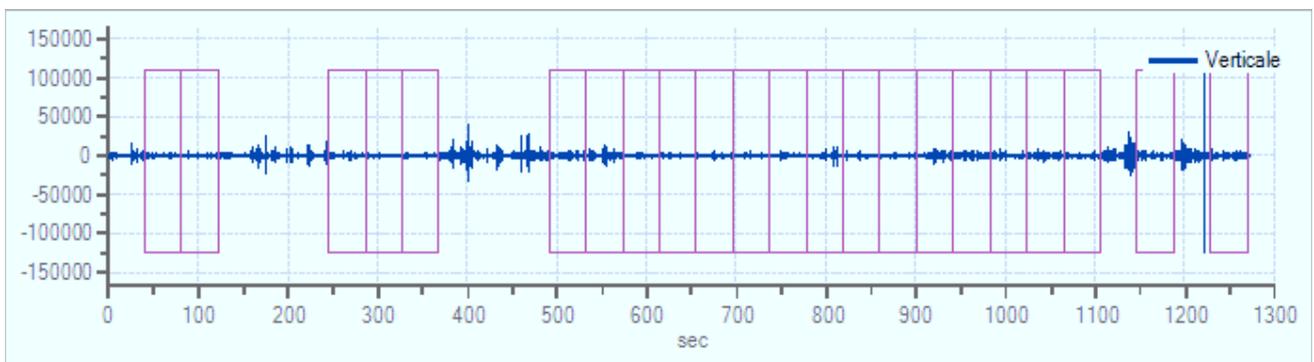
Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

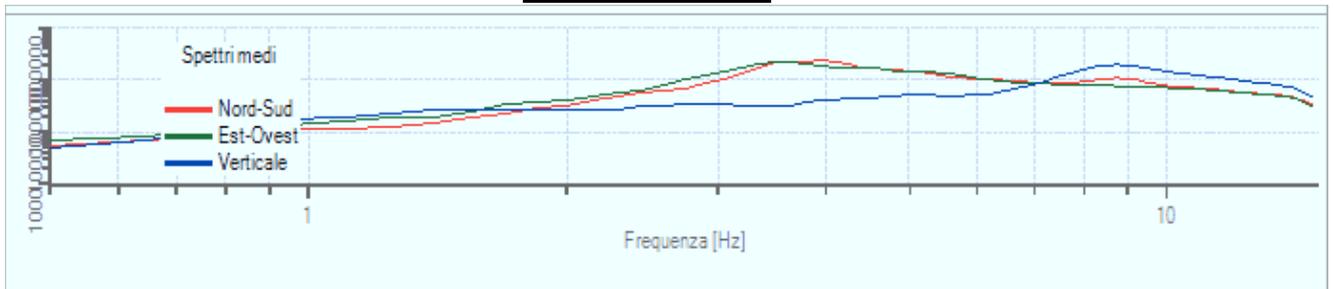


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri



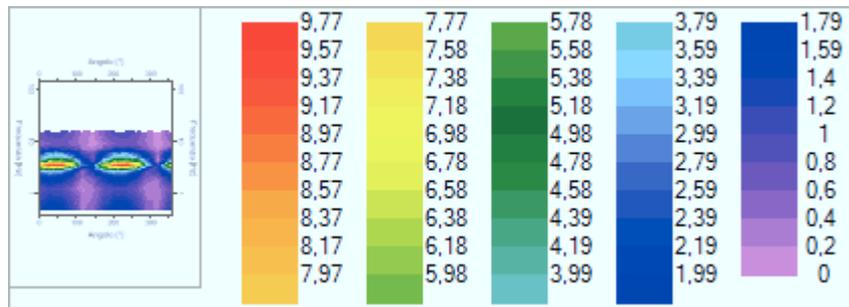
Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

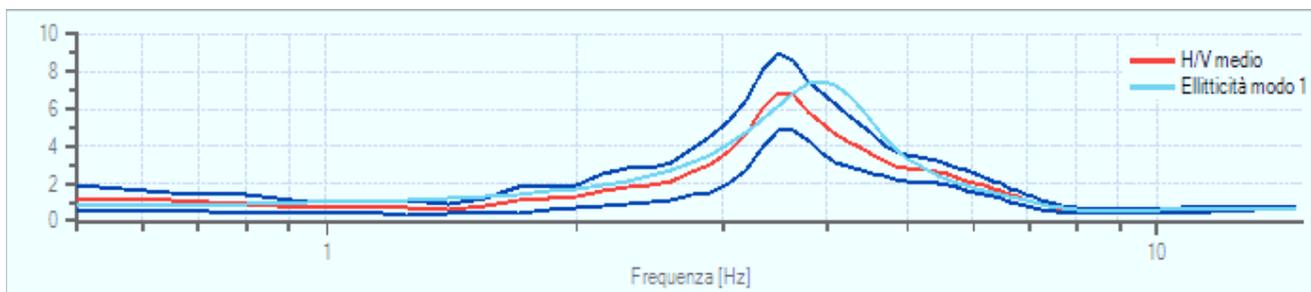


Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

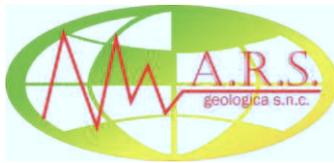
Frequenza massima	15,00 Hz
Frequenza minima	0,50 Hz
Passo frequenze	0,15 Hz
Tipo lisciamento	Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamento	10,00 %
Tipo di somma direzionale	Media aritmetica
Frequenza del picco del rapporto H/V	3,50 Hz \pm 0,30 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifica parametri SESAME	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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	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

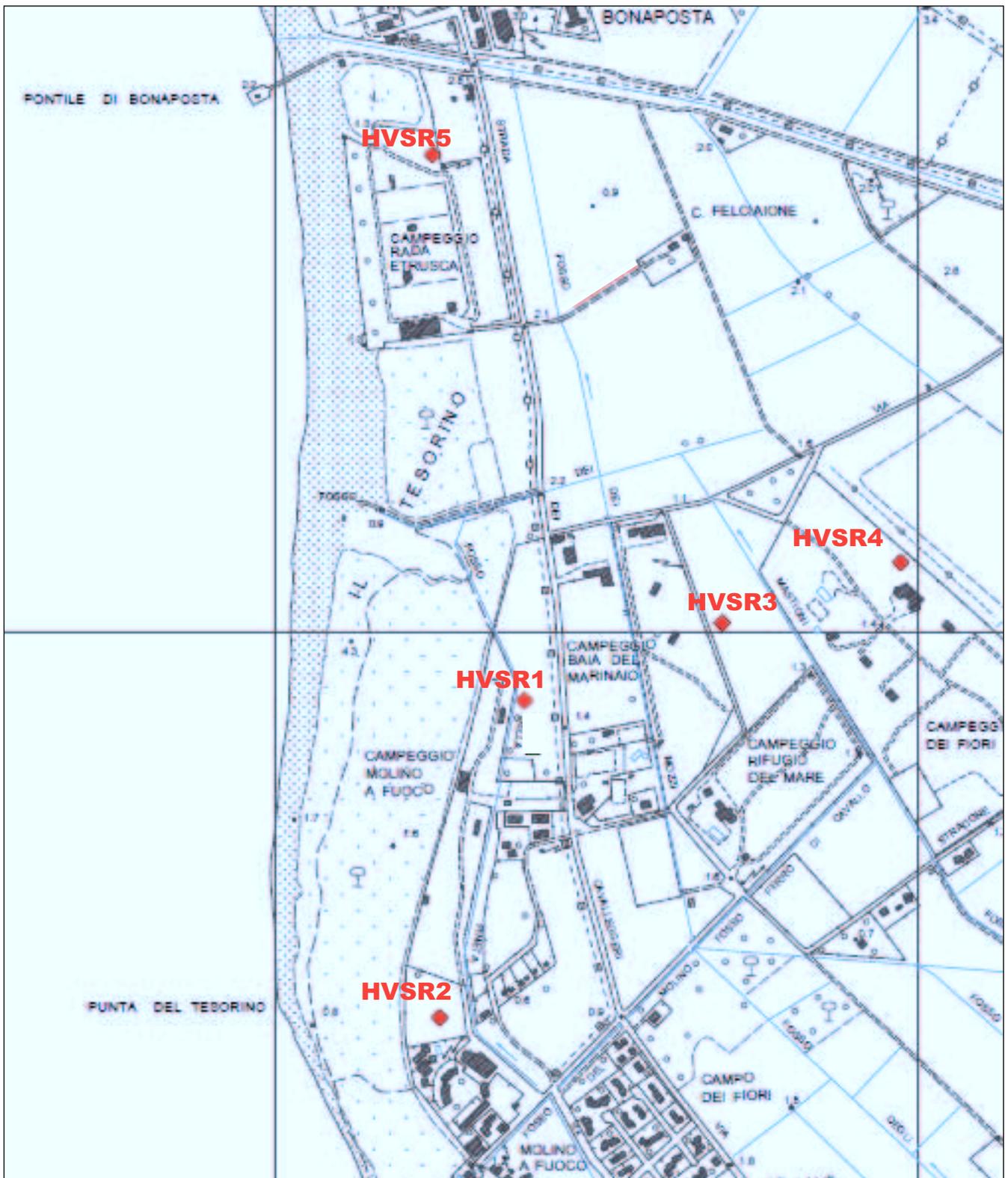


A.R.S. geologica s.n.c. di A. Baldelli, R. Maggiore, S. Crocetti

Si allega la corografia con l'ubicazione delle indagini HVSR.

Collesalveti, 26/06/2013

A.R.S. Geologica s.n.c.



◆ Indagine HVSr effettuata