

Geoindagini s.n.c.

Via Piane, 34 - 66010 - Giuliano Teatino (CH)

Tel. 0871.718613 Cell. 338.7404669 - 349.2902916

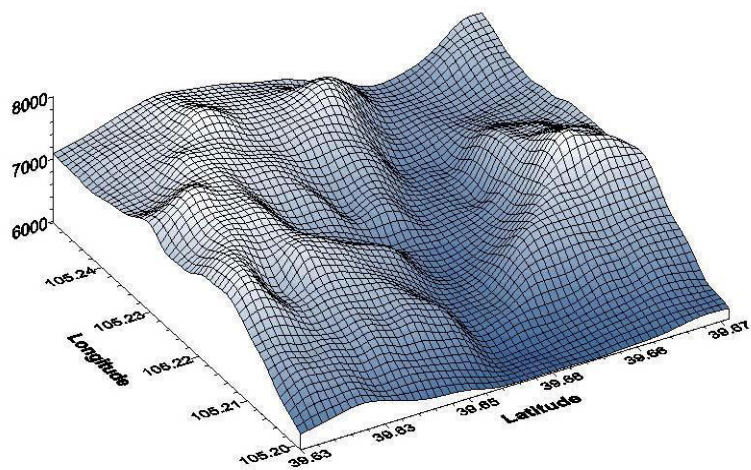
E-mail: geoindagini@virgilio.it

COMUNE DI PESCARA
PROVINCIA DI PESCARA

COMMITTENTE:
COMUNE DI PESCARA

Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1

INDAGINE DI MICROTREMORI



Geoindagini s.n.c.

Sommario

1.0 - PREMESSA 1

2.0 - GENERALITA' SULLA TECNICA DI NAKAMURA 1

3.0 - ESECUZIONE DELLE MISURE ED ELABORAZION DEL DATO DI CAMPAGNA 3

4.0 - UBICAZIONE DELLE MISURE CONDOTTE 5

5.0 - REPORT DELLE MISURE CONDOTTE 6

6.0 - CONCLUSIONI 89

1.0 -PREMESSA

La presente relazione riporta i risultati ottenuti dall'esecuzione di n. 41 indagini sismiche passive tipo HVSR basate sulla misura dei microtremori ambientali, eseguite sui terreni del territorio comunale della Città di Pescara con le seguenti finalità:

- ✓ La caratterizzazione delle frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo mediante l'individuazione dei picchi del rapporto H/V nei diversi siti investigati.

2.0 - GENERALITA' SULLA TECNICA DI NAKAMURA

Il metodo si basa sulla misura del rumore sismico ambientale, il quale risulta prodotto sia da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) sia dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore in quanto riguarda oscillazioni molto piccole (10 -15 m/s² in termini di accelerazione), inferiori di diversi ordini di grandezza rispetto a quelle indotte dai terremoti nel campo vicino.

Lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso pianeggiante presenta dei picchi a 0.14 e 0.07 Hz, comunemente interpretati come originati dalle onde oceaniche. Tali componenti spettrali vengono attenuate molto poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ma anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazione. Questa informazione è però sepolta all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste è la tecnica di Nakamura dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

Il metodo l'HVSR è basato sullo studio dei valori medi del rapporto di ampiezza fra le componenti del rumore sismico misurate sul piano orizzontale e verticale, ed in particolare la cosiddetta "funzione H/V" che rappresenta i rapporti spettrali medi in funzione della frequenza di vibrazione naturale di un sito.

La tecnica di Nakamura non richiede l'individuazione di una stazione di riferimento, permettendo così di operare in campagna utilizzando una sola stazione sismica. Il metodo HVSR considera i microtremori come composti principalmente da onde di Rayleigh e presuppone che l'amplificazione relativa agli effetti di sito sia causata dalla presenza di uno strato sedimentario giacente su di un semispazio elastico.

In queste condizioni le componenti del moto sismico da analizzare sono quattro:

-) quelle orizzontali di superficie (Hs) e quelle orizzontali al bedrock (Hb);

-) quelle verticali di superficie (V_s) e quelle verticali al bedrock (V_b).

Secondo Nakamura è inoltre possibile fare una stima della forma spettrale della sorgente dei microtremori

$A_s(\omega)$ (in funzione della frequenza) con la seguente relazione:

$$A_s(\omega) = V_s(\omega) / V_b(\omega) \quad (1)$$

in cui $V_s(\omega)$ e $V_b(\omega)$ sono le ordinate spettrali delle componenti verticali del moto, rispettivamente in superficie e al tetto del bedrock.

Nakamura definisce poi come effetto di sito il rapporto spettrale $S_e(\omega)$:

$$S_e(\omega) = H_s(\omega) / H_b(\omega) \quad (2)$$

dove $H_s(\omega)$ e $H_b(\omega)$ sono le ordinate spettrali delle componenti orizzontali del moto, rispettivamente in superficie e al tetto del bedrock.

Per compensare l'effetto di sito $S_e(\omega)$ dallo spettro di sorgente $A_s(\omega)$ viene calcolato il rapporto spettrale modificato $S_m(\omega)$ come:

$$S_m(\omega) = S_e(\omega) / A_s(\omega) = (H_s(\omega)/V_s(\omega)) / (H_b(\omega)/V_b(\omega)) \quad (3)$$

Nakamura assume infine che per tutte le frequenze di interesse $H_b(\omega)/V_b(\omega) = 1$, basandosi su registrazioni, sperimentalmente verificate da lui, di microtremori in pozzo; quindi l'effetto di sito modificato $S_m(\omega)$ è descritto da:

$$S_m(\omega) = S_e(\omega) / A_s(\omega) = H_s(\omega)/V_s(\omega) \quad (4)$$

La frequenza di risonanza è ricercata al primo picco individuato dal rapporto tra la componente orizzontale e quella verticale dei segnali registrati.

Le misure di microtremori possono inoltre essere utilizzate per valutazioni stratigrafiche o, alternativamente, di velocità delle onde di taglio (V_s). Il metodo risulta molto semplice ed intuitivo nell'ipotesi di un sottosuolo stratificato orizzontalmente e i cui parametri variano solo con la profondità (sistema monodimensionale 1D).

Nel caso ideale di un sottosuolo formato da due soli strati (la copertura (1) ed il bedrock (2)), separati da una superficie orizzontale e distinguibili per un diverso valore di impedenza sismica, ovvero per differenti densità e/o velocità delle onde sismiche, un'onda che viaggia nel mezzo (1) viene parzialmente riflessa dall'orizzonte che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le massime ampiezze di oscillazione (condizione di risonanza), quando la sua lunghezza d'onda λ è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore h del primo strato. In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza f_r della copertura (mezzo (1)), relativa alle onde P è pari a:

$$f_r = V_{P1} / (4 h) \quad (5)$$

mentre quella relativa alle onde S è:

$$f_r = V_{S1} / (4 h) \quad (6)$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati alle varie profondità. Questo, insieme ad una stima degli spessori degli strati, che è solitamente disponibile almeno a livello di massima, è in grado di fornire previsioni sulle velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo.

Il problema principale di questa visione è che i microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. Essi sono costituiti in misura molto maggiore da onde superficiali e in particolare da onde di Rayleigh, tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume poiché le onde di superficie sono prodotte dall'interferenza costruttiva di queste ultime.

Il metodo risulta molto semplice ed intuitivo nell'ipotesi di un sottosuolo stratificato orizzontalmente e i cui parametri variano solo con la profondità (sistema monodimensionale).

Nel 2004, nell'ambito di un progetto europeo denominato SESAME (Site Effect S assessment using Ambient Excitations), sono state elaborate le linee guida per l'esecuzione e l'interpretazione di misure sismiche di microtremore, creando così le premesse per la standardizzazione di questo tipo di indagine geofisica (Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements, processing and interpretation. SESAME European research project, December 2004).

3.0 - ESECUZIONE DELLE MISURE ED ELABORAZION DEL DATO DI CAMPAGNA

Per la rilevazione del rumore sismico ambientale è stato utilizzato il tromografo digitale (MAE), composto da un sensore di superficie dotato di tre geofoni elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, con periodo proprio di 2.0 Hz, che permettono la registrazione del microtremore nel campo di frequenze compreso tra 0 e 200 Hz. I segnali acquisiti, della durata di 45 minuti, sono stati digitalizzati mediante un sismografo multicanale modello Vibralog avente le seguenti caratteristiche:

Convertitori: risoluzione 24 bit, tecnologia sigma-delta

Range dinamico: 144 dB (teorico)

Distorsione massima: +/-0.0010%

Banda passante: 2Hz-30KHz

Common mode rejection: 110dB a 60Hz

Diafonia: -120dB a 20Hz

Range massimo segnale in ingresso: +/-5V

Livelli di amplificazione: 0dB, 6dB, 12dB, 18dB, 24dB, 30dB, 36dB impostabili singolarmente per ogni canale

Filtro anti-alias: -3dB, 80% della frequenza di Nyquist, -80dB

Frequenze di campionamento: 100, 500, 1000, 2000 campioni al secondo; 250c/s in registrazione continua

Formato dei dati: SEG-2 standard (32-bit long integer), BIN proprietario convertibile in ASCII

Il segnale acquisito dai tre velocimetri ad una frequenza di campionamento di 250 Hz, amplificato e digitalizzato a 24 bit equivalenti, è stato quindi trasmesso ad un software dedicato open source quale Geopsy.

In fase di elaborazione sono state completate le seguenti operazioni:

- il rumore sismico, registrato nelle sue tre componenti per un intervallo di tempo minimo di 45 minuti;
- la registrazione è stata suddivisa in finestre temporali della durata di 25 secondi ciascuno;
- le finestre sono state 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.

Di fatti, oltre ad applicare un filtro anti-triggering nel filtraggio del segnale, per la discriminazione dei transitori è stato utilizzato un algoritmo basato sul rapporto tra due valori medi dell'ampiezza di oscillazione del sismogramma calcolato sia sul breve intervallo di tempo ((short Term Average o STA) che su un intervallo più lungo (Long Term Average o LTA). Nello specifico tutti gli spettri sono stati filtrati secondo le indicazioni riportate nella seguente tabella riassuntiva:

STA	1.00 secondi
LTA	30.00 secondi
Minimo valore STA/LTA	0.2 secondi
Massimo valore STA/LTA	2.5 secondi

- per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, è stato valutato lo spettro di Fourier e sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.
- per ciascuna finestra temporale è stato calcolato il rapporti spettrale fra le componenti del moto, ottenendo così 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.

Dalle registrazioni del rumore sismico ambientale in campo libero sono state ricavate le curve del rapporto H/V, secondo la procedura descritta in SESAME (2005).

Il risultato finale consiste nella graficizzazione delle medie degli spettri di ciascuna finestra e nell'interpretazione secondo la tecnica di Nakamura.

4.0 - UBICAZIONE DELLE MISURE CONDOTTE

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche delle acquisizioni eseguite nelle stazioni di misura:

Prove sismiche HVSR - Coordinate geografiche e lunghezza di registrazione del segnale.

Stazioni di misura	Località	Data di esecuzione della misura
HVSR 1	42.47057° N - 14.20388° E	20-03-2013 ore 08:09
HVSR 2	42.47306° N - 14.20349° E	20-03-2013 ore 09:12
HVSR 3	42.46708° N - 14.20752° E	20-03-2013 ore 10:17
HVSR 4	42.46792° N - 12.20616° E	20-03-2013 ore 11:11
HVSR 5	42.474578° N - 14.207725° E	15-05-2013 ore 08:24
HVSR 6	42.464989° N - 14.214122° E	14-05-2013 ore 15:20
HVSR 7	42.466169° N - 14.218811° E	14-05-2013 ore 16:16
HVSR 8	42.456614° N - 14.220122° E	18-04-2013 ore 13:08
HVSR 9	42.470478° N - 14.211428° E	14-05-2013 ore 14:08
HVSR 10	42.463675° N - 14.222601° E	11-05-2013 ore 08:33
HVSR 11	42.464902° N - 14.226970° E	11-05-2013 ore 09:31
HVSR 12	42.457411° N - 14.210536° E	21-05-2013 ore 11:53
HVSR 13	42.451750° N - 14.210669° E	21-05-2013 ore 10:03
HVSR 14	42.449103° N - 14.211189° E	14-05-2013 ore 09:39
HVSR 15	42.452000° N - 14.238175° E	14-05-2013 ore 11:10
HVSR 16	42.458386° N - 14.232825° E	14-05-2013 ore 12:15
HVSR 17	42.465300° N - 14.189997° E	15-05-2013 ore 07:19
HVSR 18	42.459300° N - 14.216744° E	14-05-2013 ore 14:15
HVSR 19	42.455131° N - 14.227950° E	14-05-2013 ore 07:21
HVSR 20	42.439686° N - 14.197208° E	04-06-2013 ore 15:10
HVSR 21	42.436717° N - 14.200417° E	04-06-2013 ore 07:42
HVSR 22	42.433119° N - 14.202028° E	04-06-2013 ore 09:42
HVSR 23	42.429431° N - 14.204167° E	04-06-2013 ore 10:50
HVSR 24	42.433497° N - 14.197486° E	04-06-2013 ore 08:41
HVSR 25	42.450047° N - 14.225303° E	04-06-2013 ore 14:07
HVSR 26	42.452008° N - 14.201775° E	04-06-2013 ore 13:07
HVSR 27	42.445083° N - 14.244333° E	05-06-2013 ore 09:43
HVSR 28	42.445833° N - 14.240347° E	05-06-2013 ore 08:40
HVSR 29	42.446378° N - 14.250314° E	05-06-2013 ore 10:39
HVSR 30	42.492194° N - 14.183022° E	31-07-2013 ore 19:34
HVSR 31	42.485617° N - 14.191244° E	01-08-2013 ore 17:51
HVSR 32	42.476261° N - 14.176806° E	31-07-2013 ore 18:16
HVSR 33	42.466069° N - 14.200186° E	25-07-2013 ore 10:44
HVSR 34	42.450272° N - 14.235203° E	24-07-2013 ore 19:13
HVSR 35	42.446008° N - 14.231867° E	24-07-2013 ore 18:12
HVSR 36	42.447869° N - 14.231533° E	24-07-2013 ore 17:06
HVSR 37	42.435592° N - 14.236797° E	24-07-2013 ore 20:26
HVSR 38	42.458925° N - 14.191789° E	25-07-2013 ore 09:29
HVSR 39	42.482381° N - 14.179239° E	31-07-2013 ore 17:14
HVSR 40	42.481778° N - 14.180492° E	30-07-2013 ore 20:02
HVSR 41	42.462844° N - 14.204622° E	30-07-2013 ore 18:44

5.0 -REPORT DELLE MISURE CONDOTTE

Dalle registrazioni del rumore sismico ambientale in campo libero sono state ricavate le curve H/V, secondo la procedura sopra descritta in SESAME (2005).

Di seguito si riportano le immagini riassuntive per ogni registrazione di sismica passiva effettuate in cui vengono visualizzate le finestre utilizzate per il calcolo, il grafico degli spettri medi nelle tre direzioni, la mappa della direzionalità degli spettri, il rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia.

POSTAZIONE HVSR 1

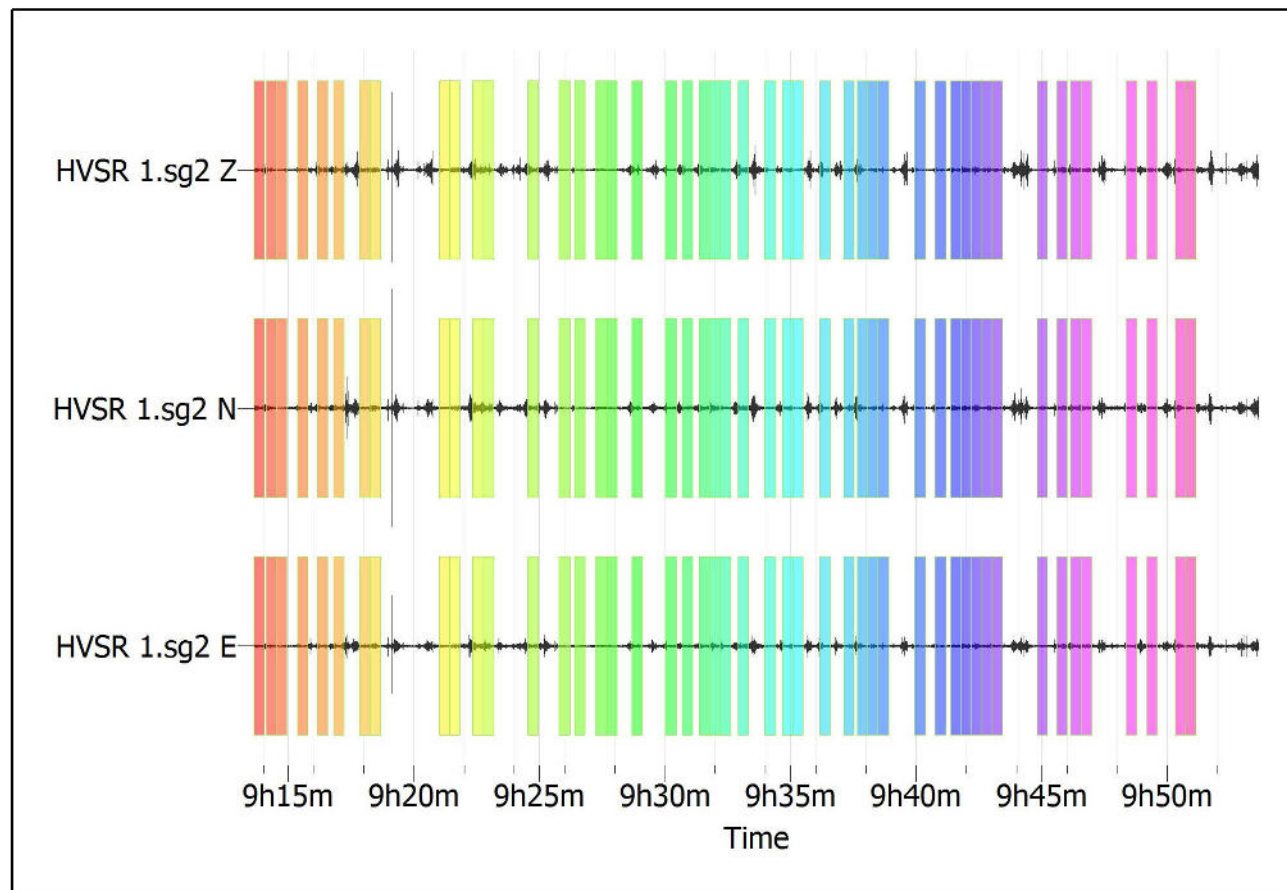


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

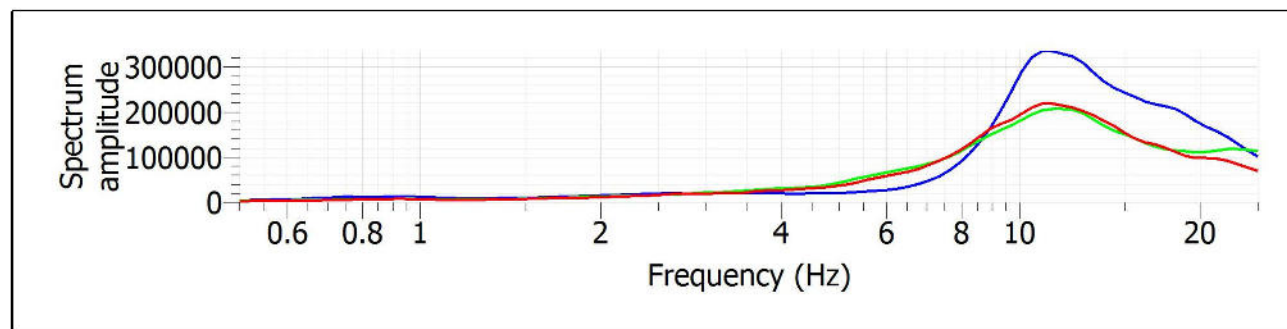


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

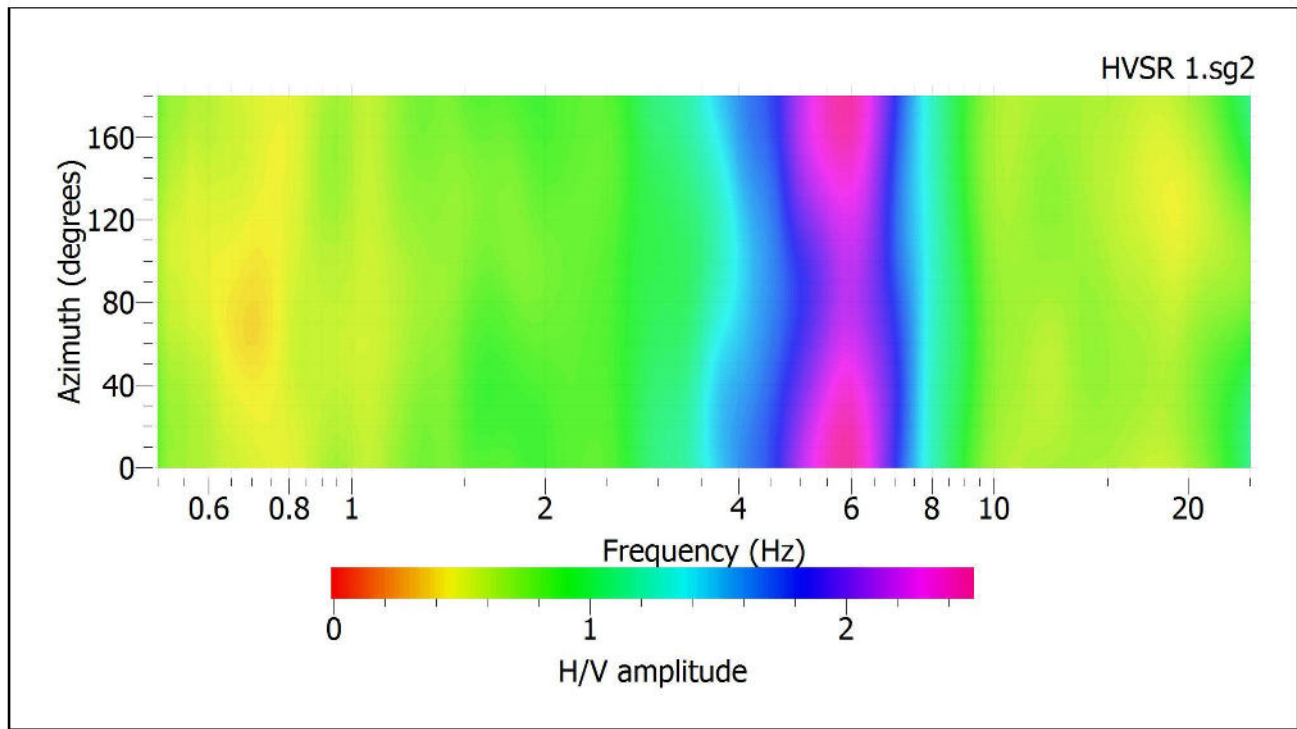


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

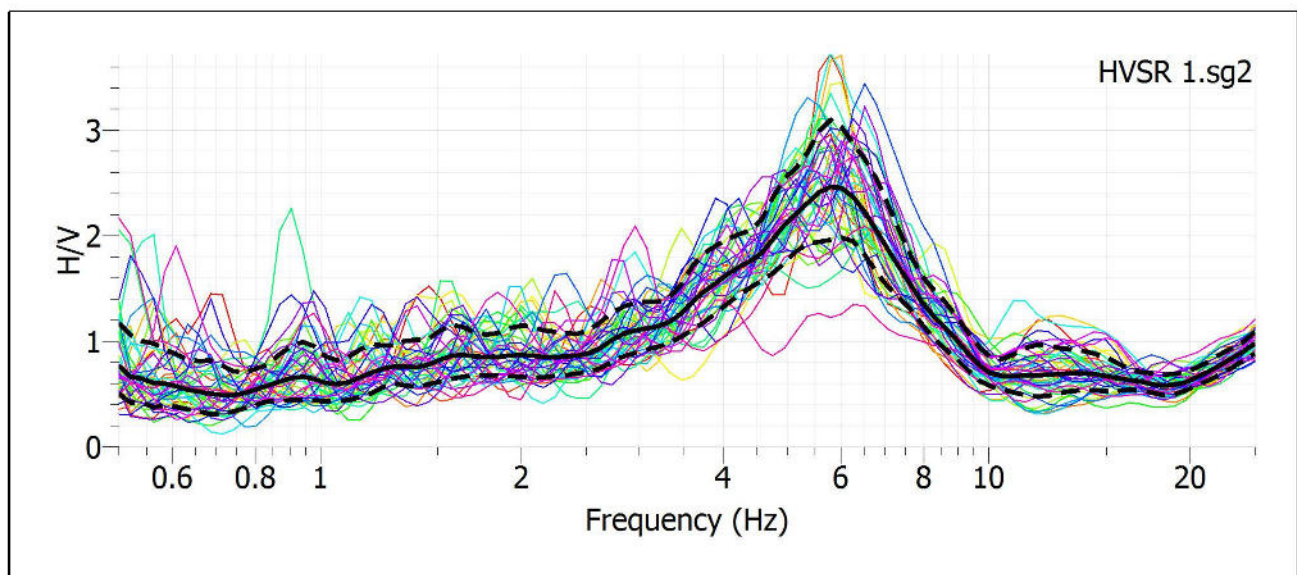


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 2

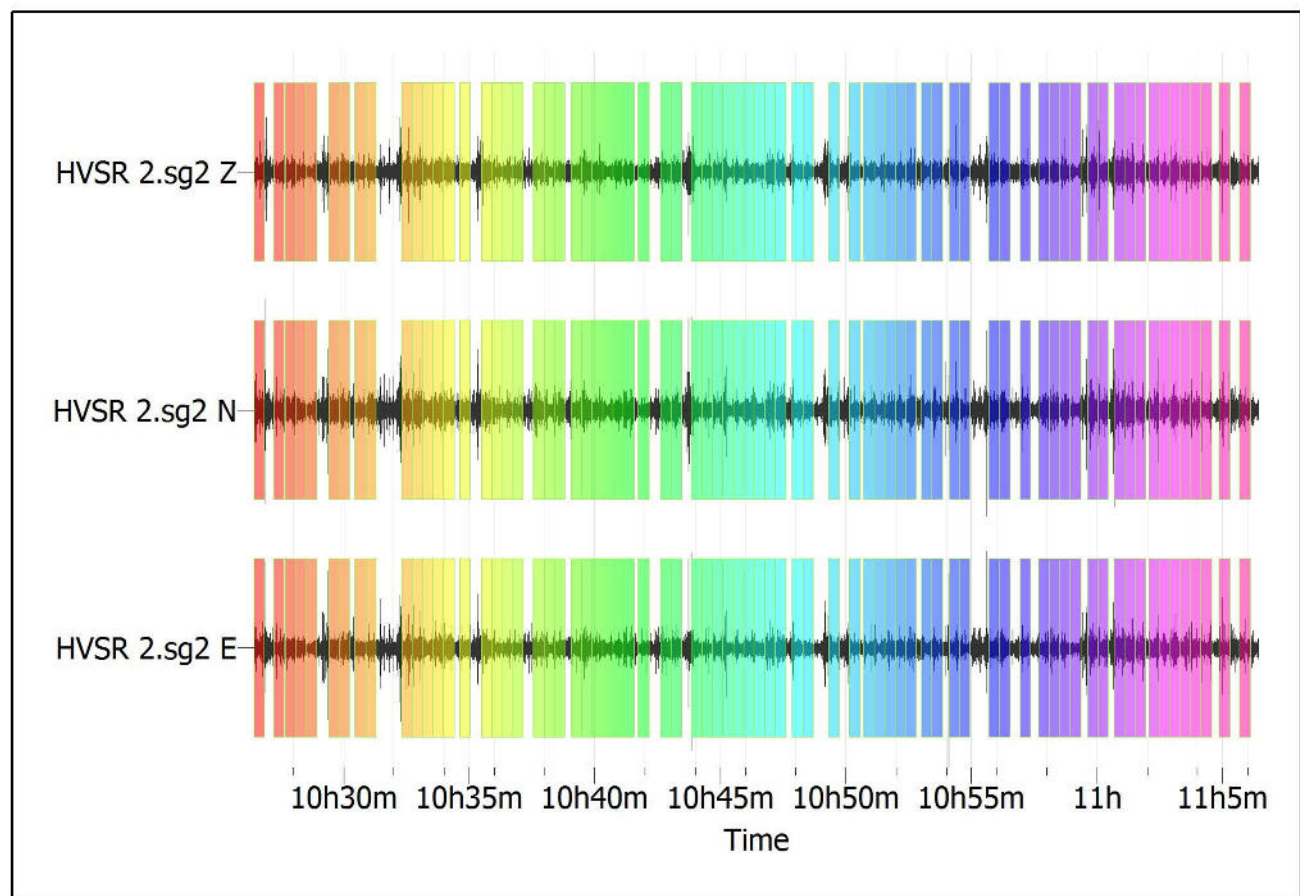


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

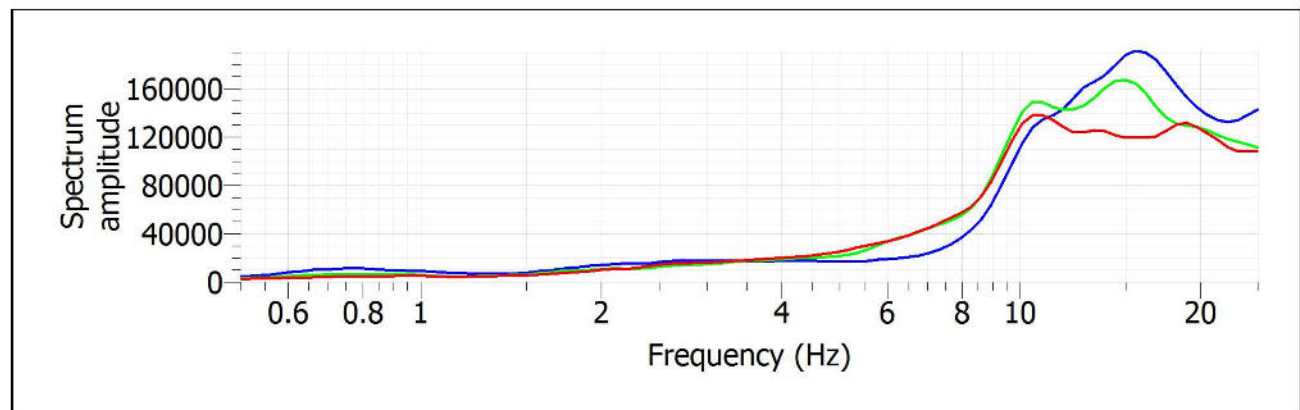


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

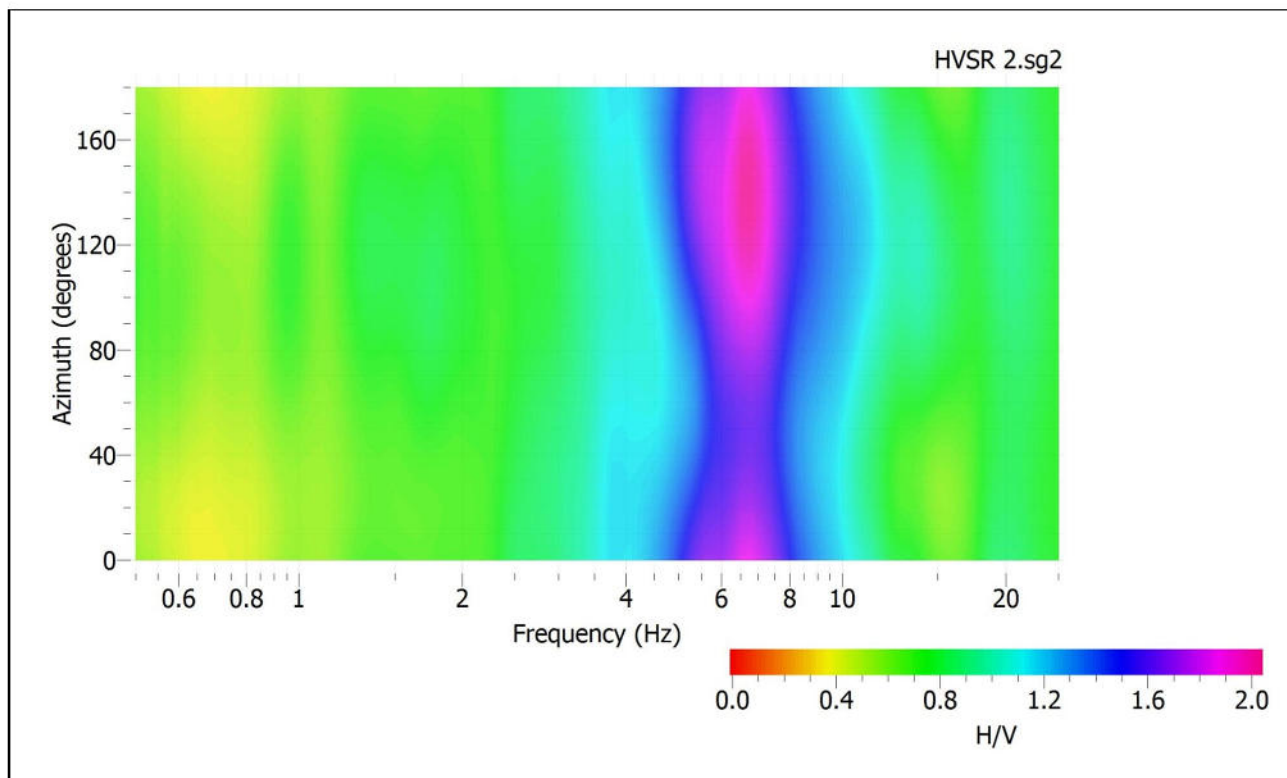


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

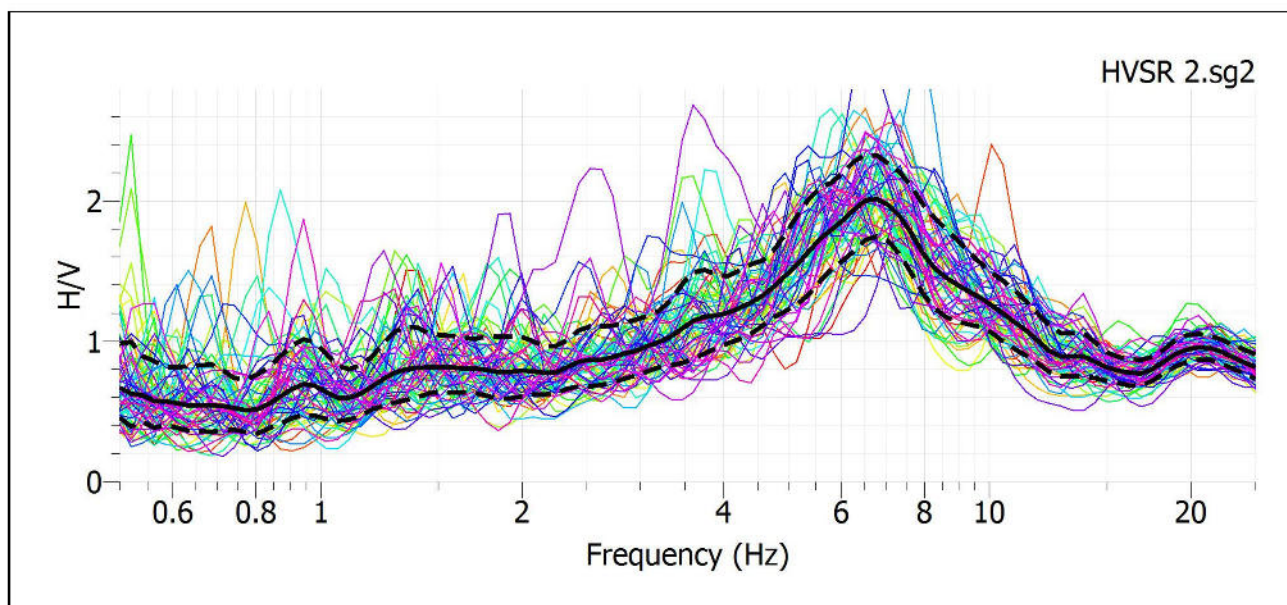


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 3

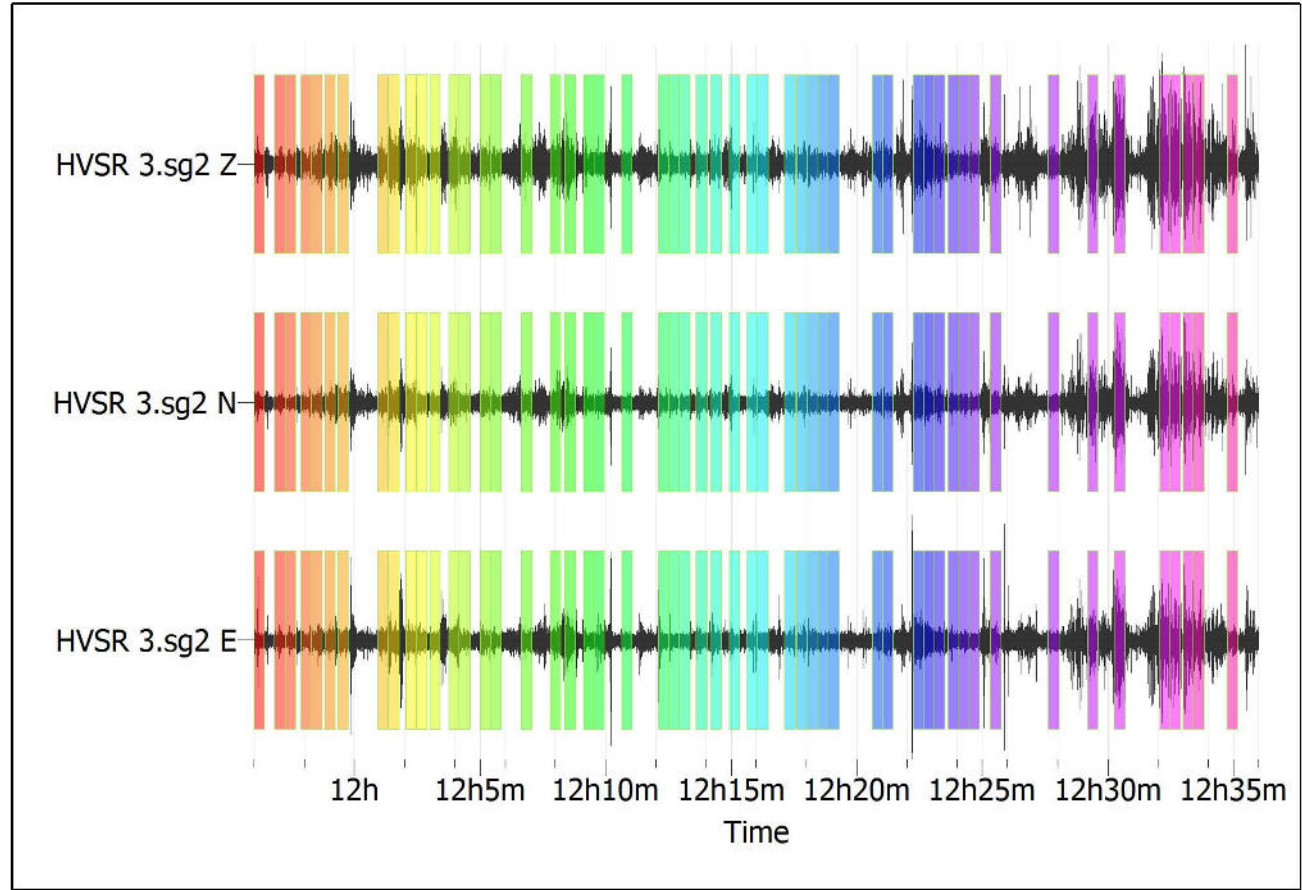


Fig. 1: *Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest*

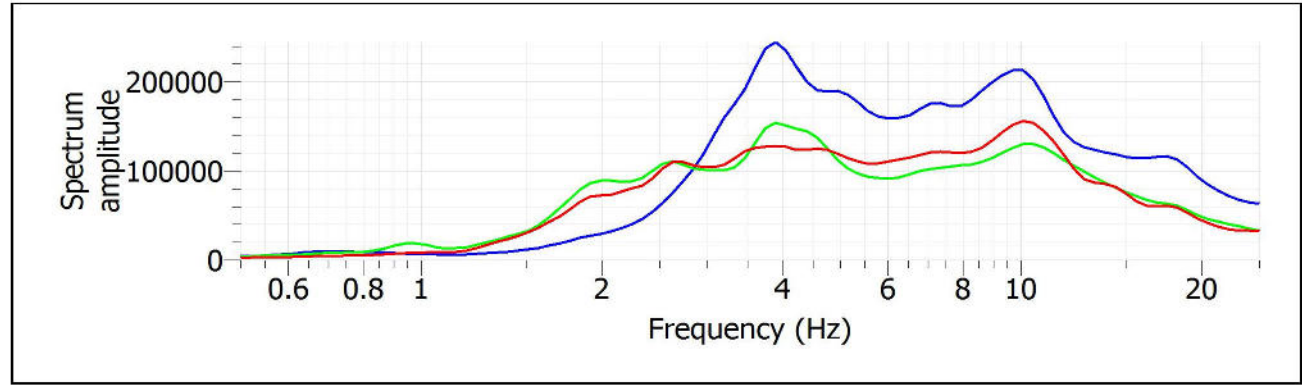


Fig. 2: *Spettri medi nelle tre direzioni*

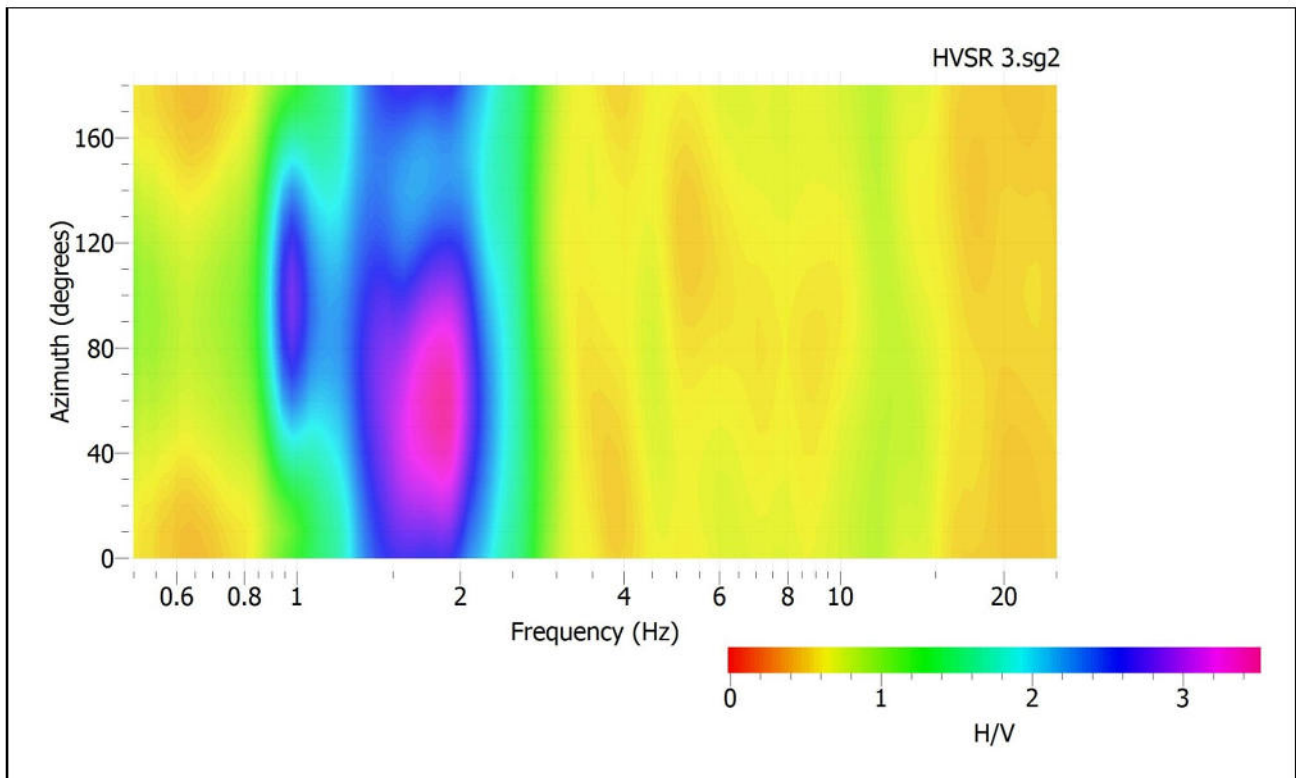


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

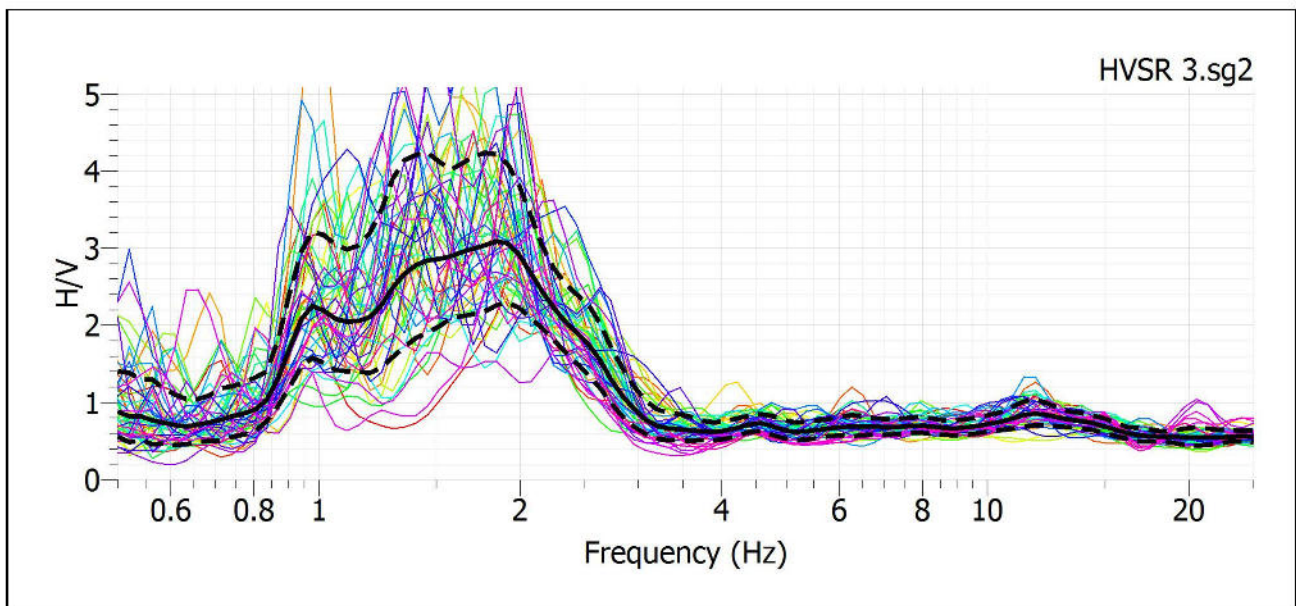


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

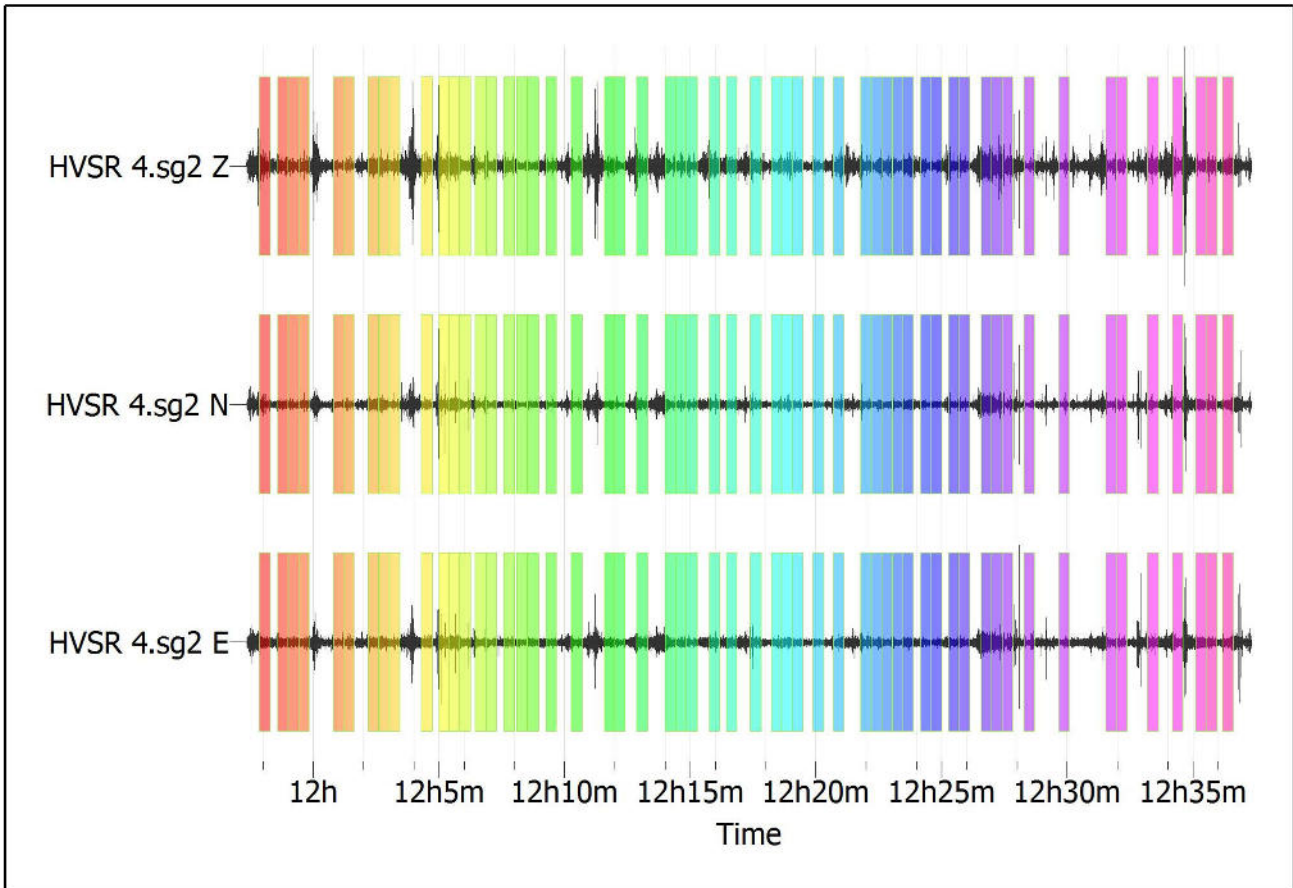
POSTAZIONE HVSR 4

Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

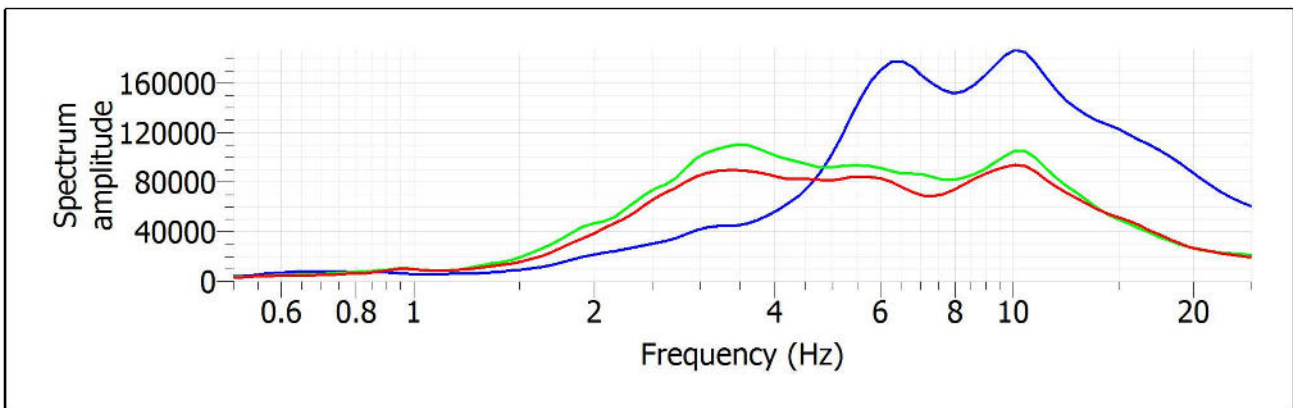


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

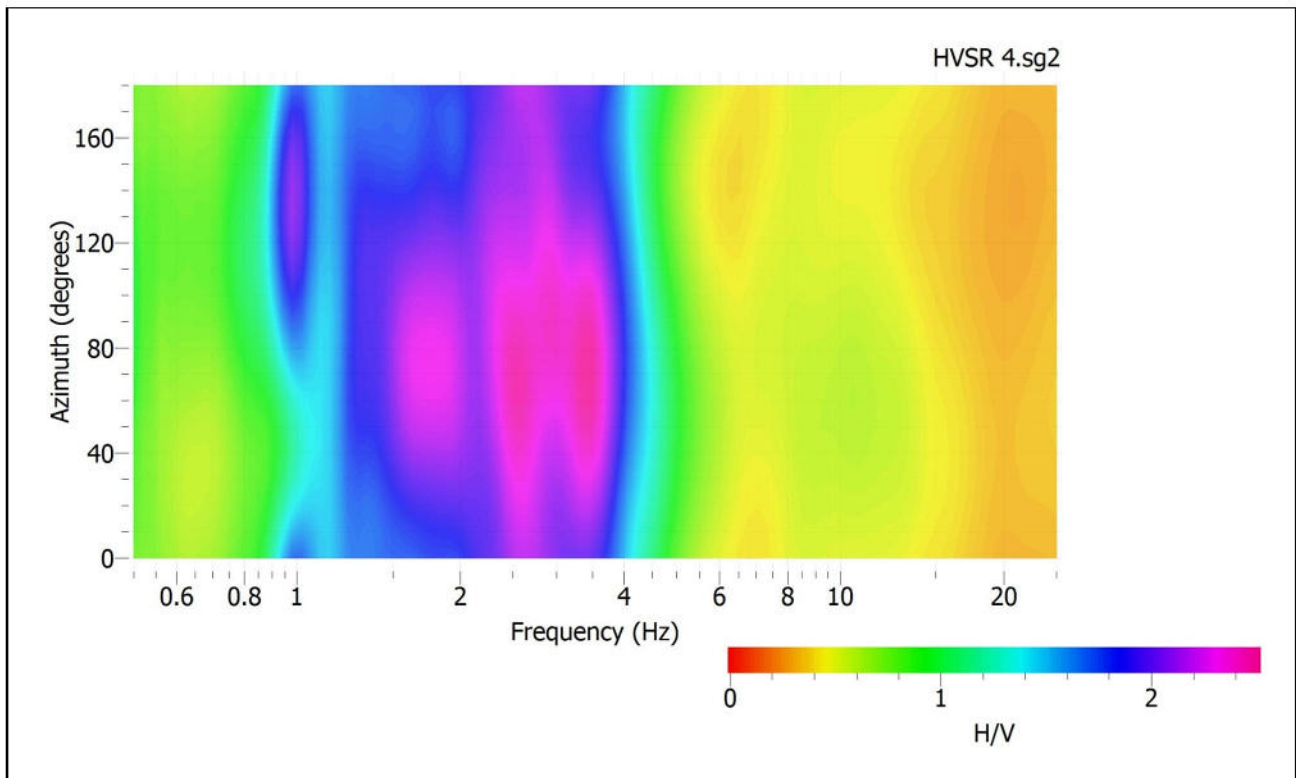


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

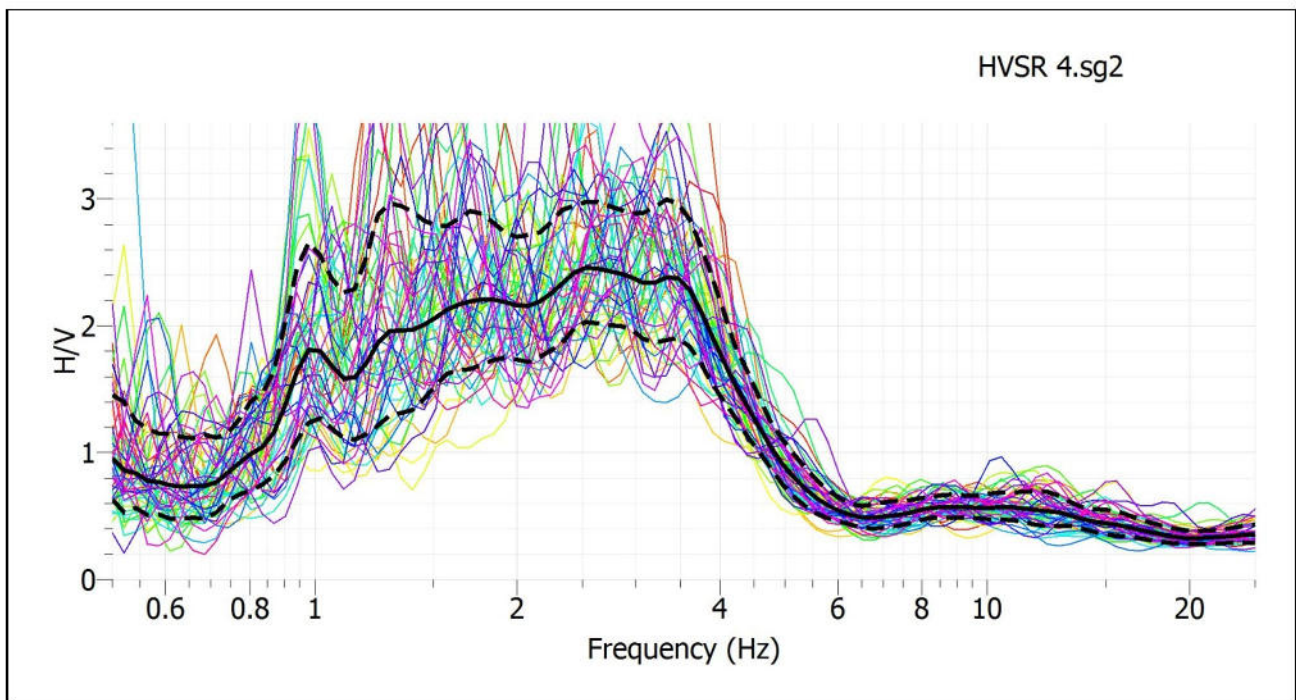


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 5

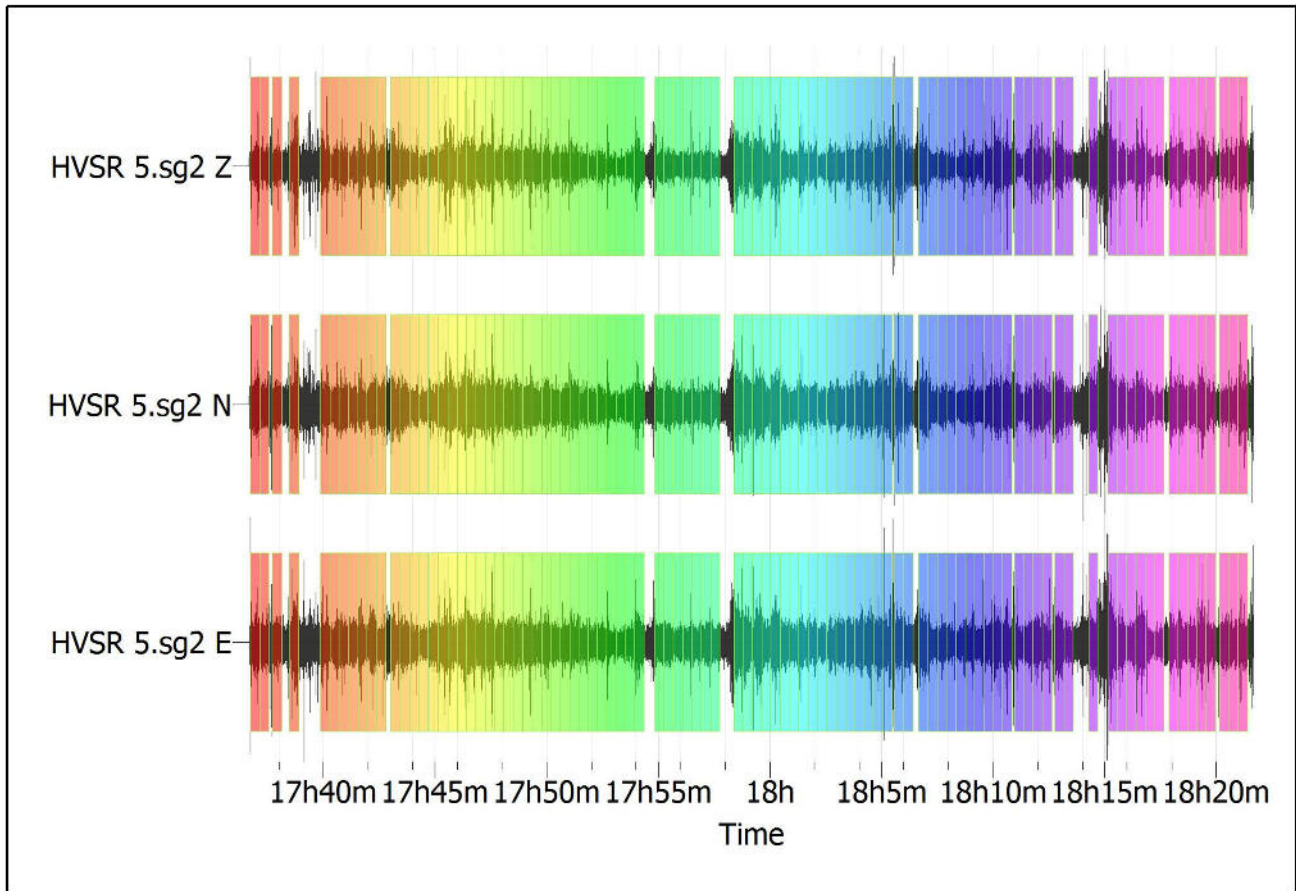


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

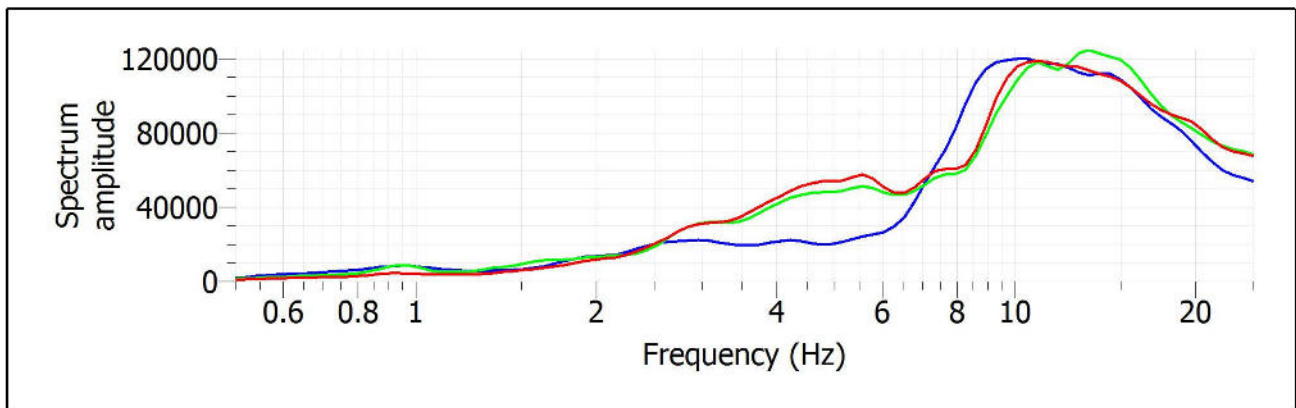


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

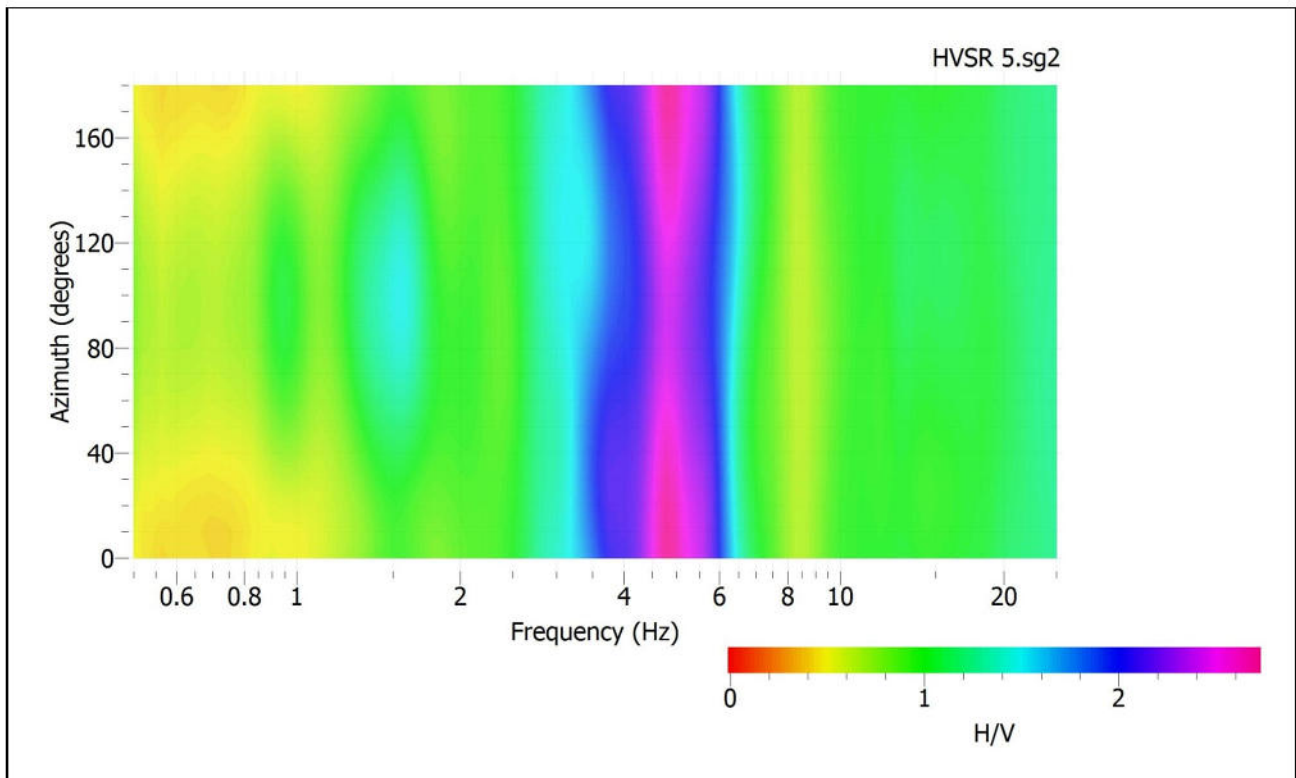


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

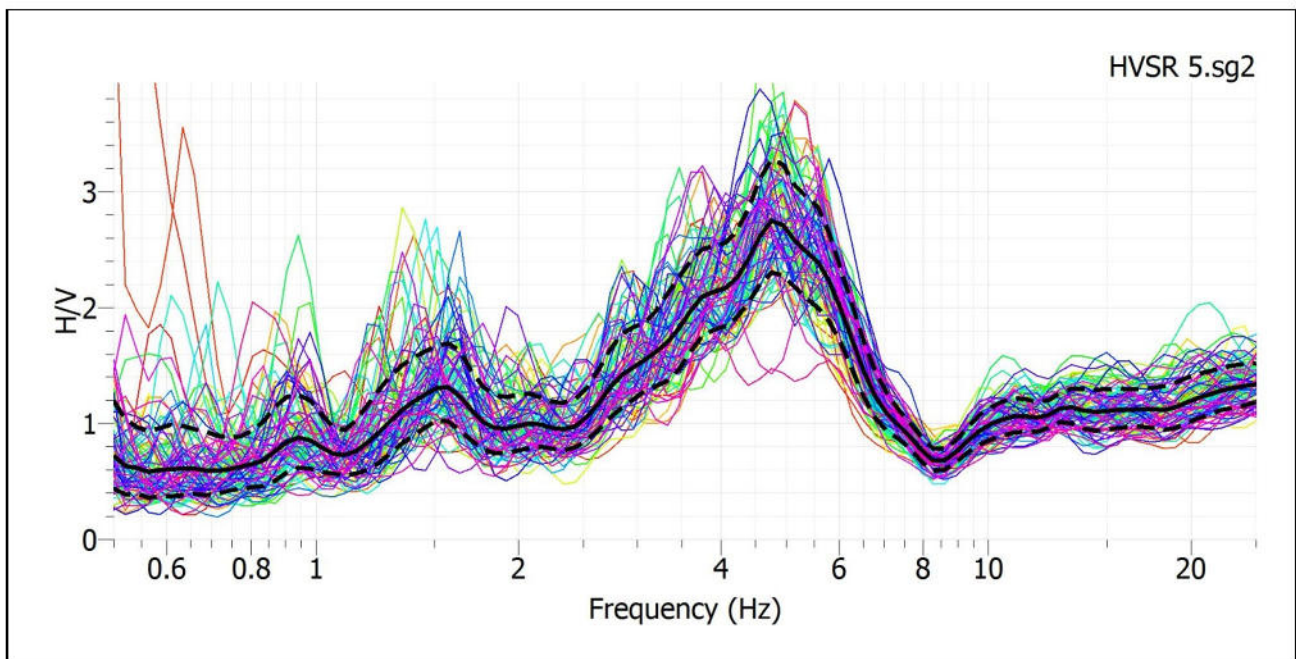


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 6

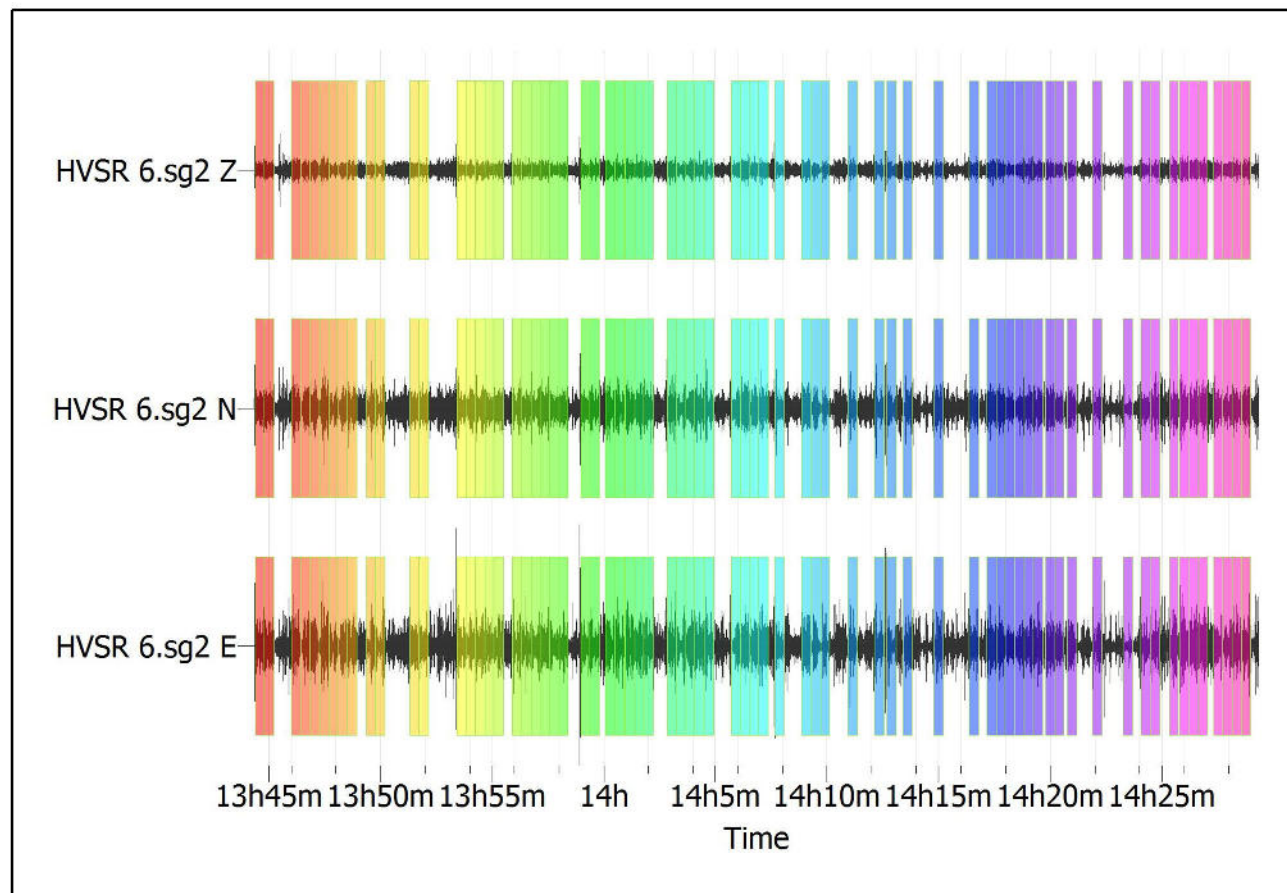


Fig. 1: *Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest*

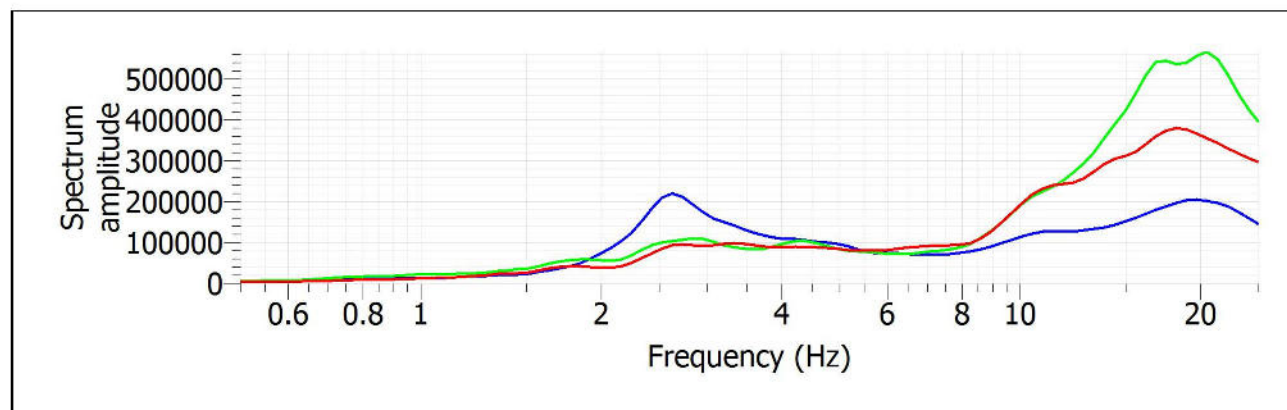


Fig. 2: *Spettri medi nelle tre direzioni*

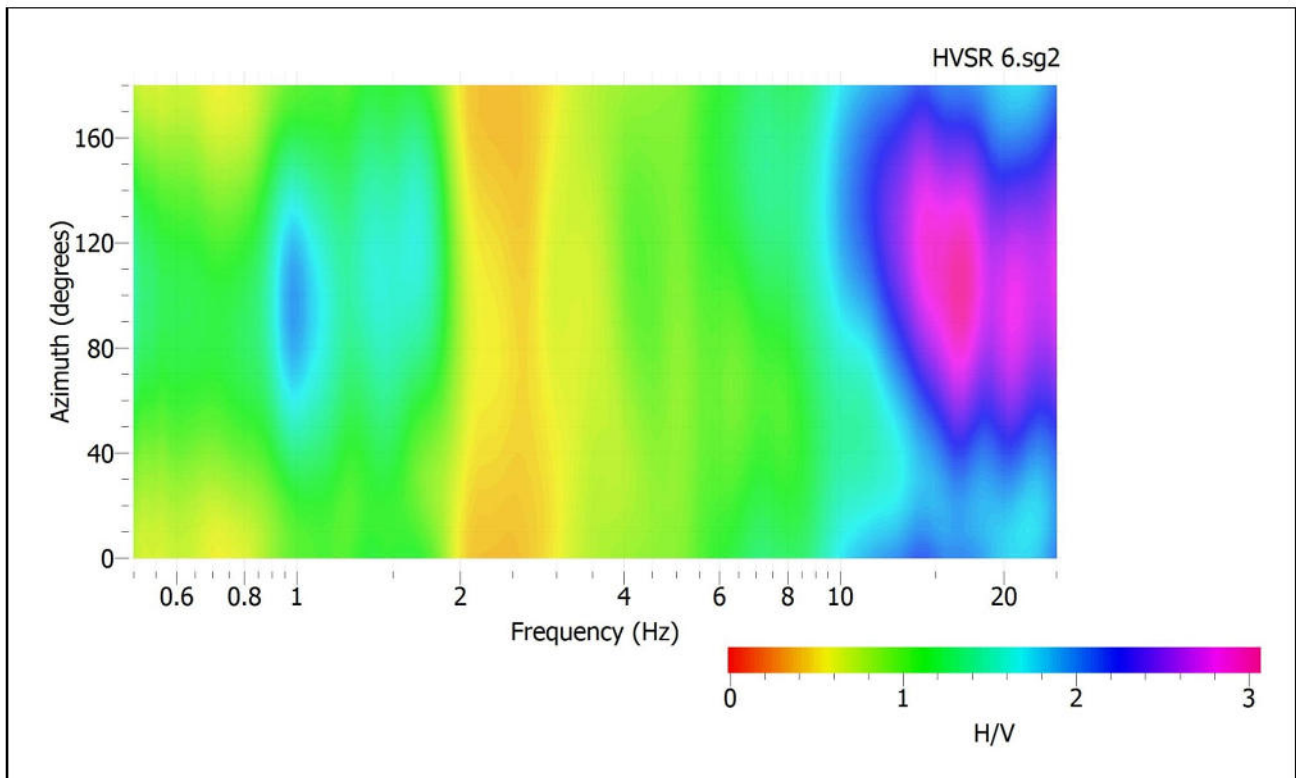


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

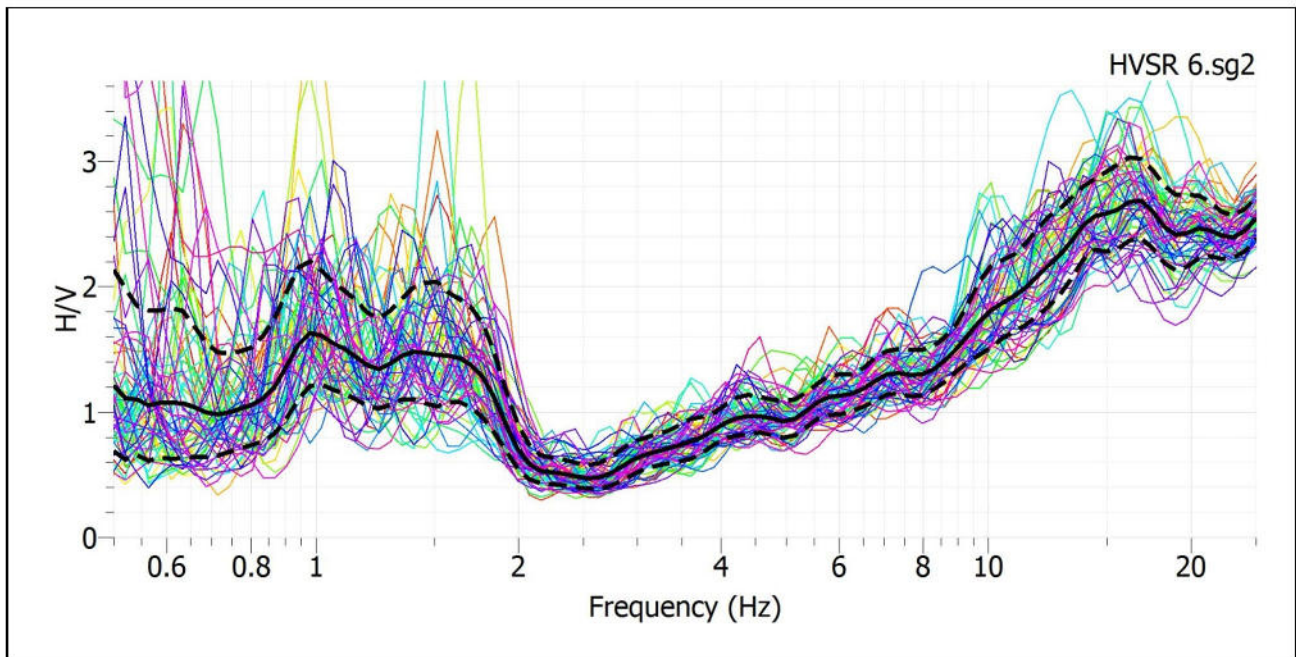


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 7

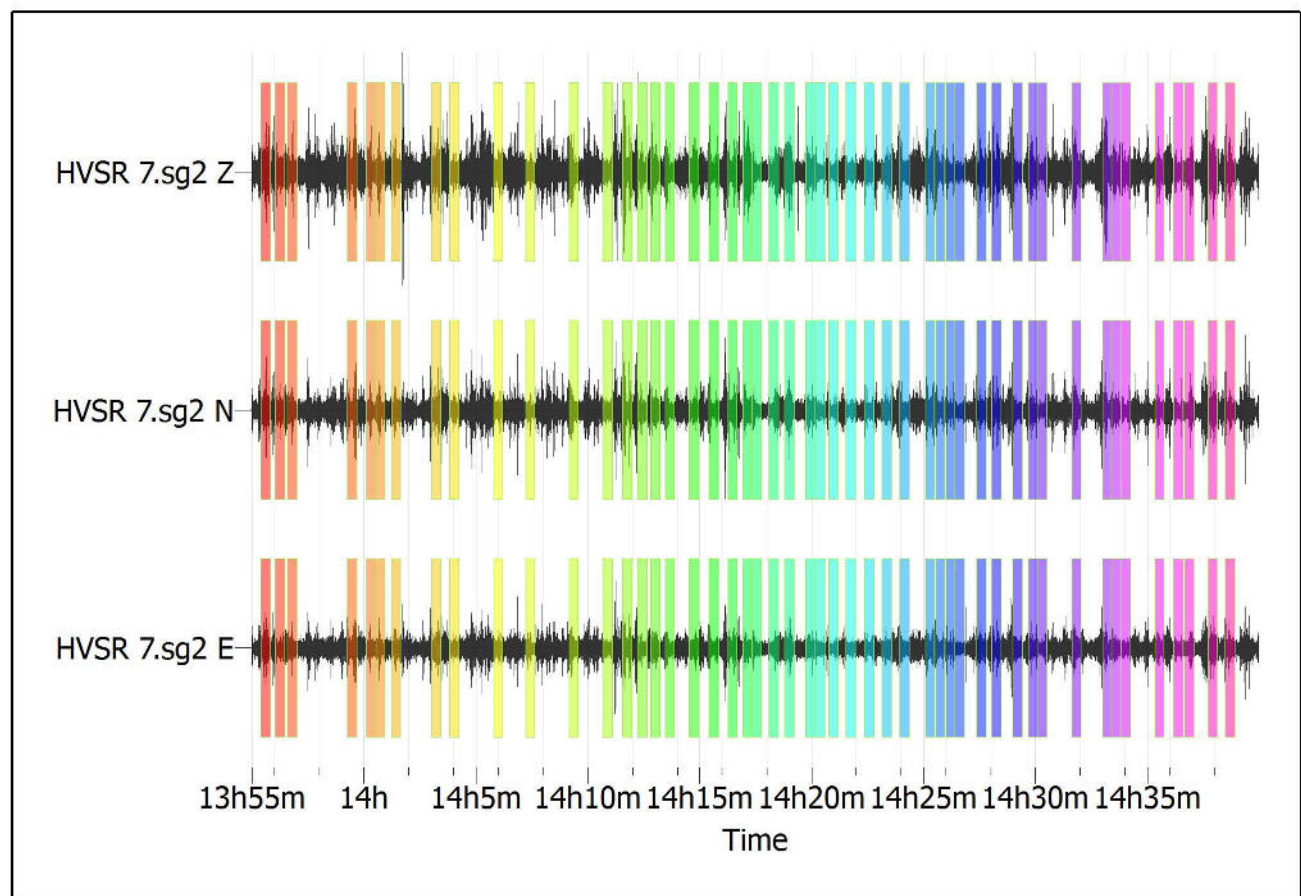


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

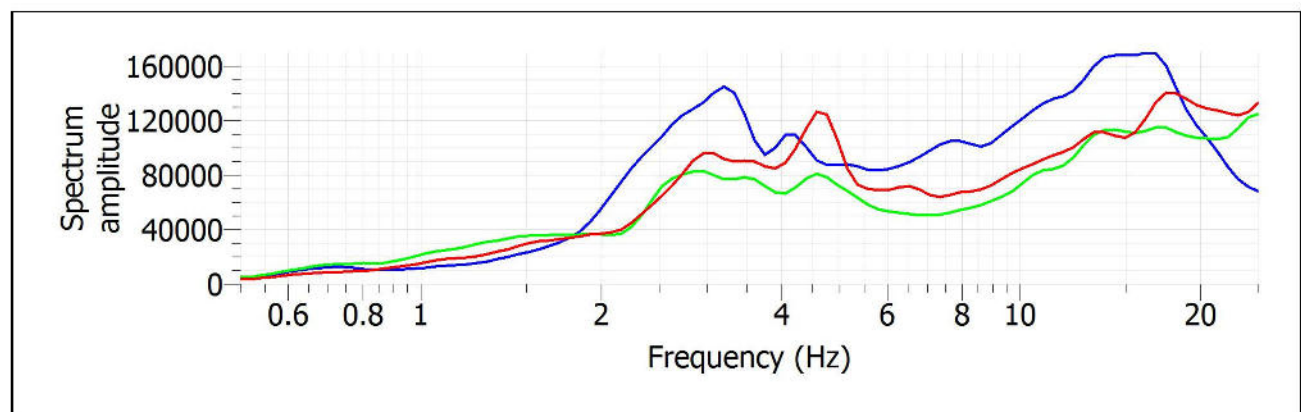


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

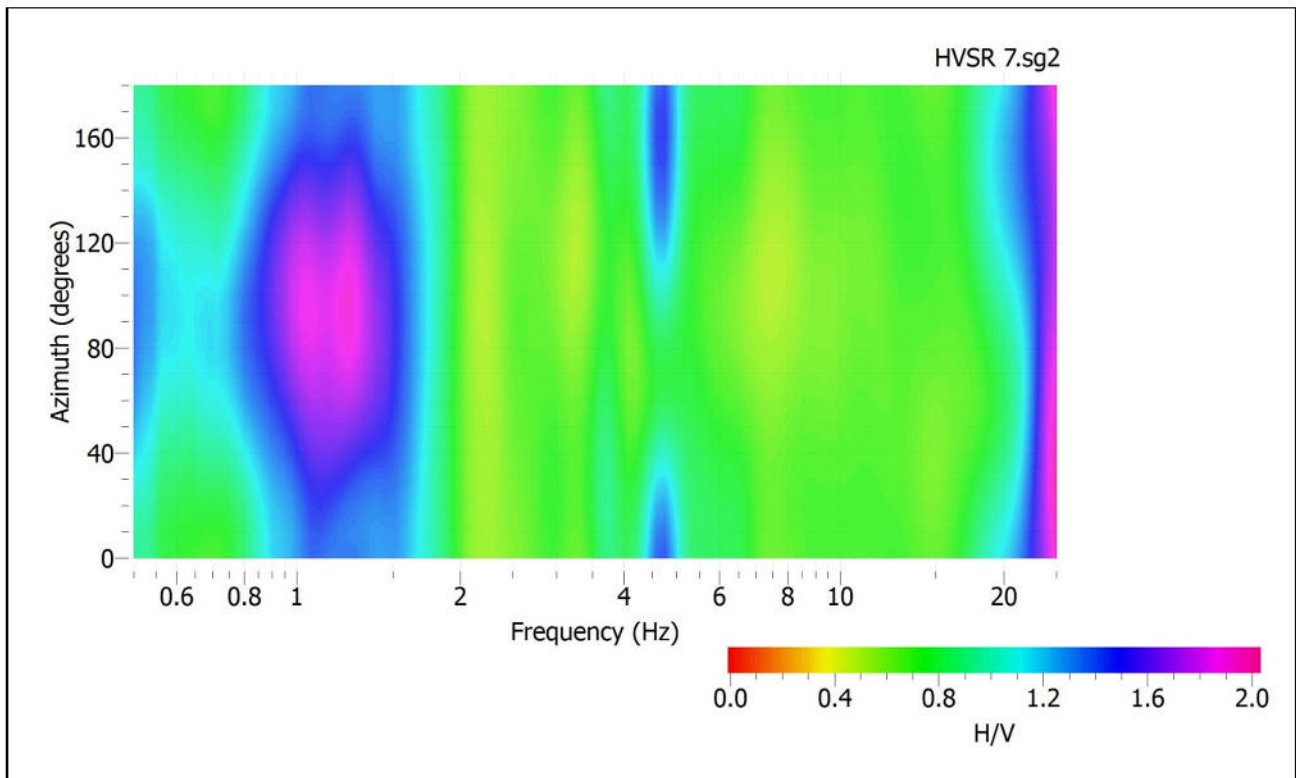


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

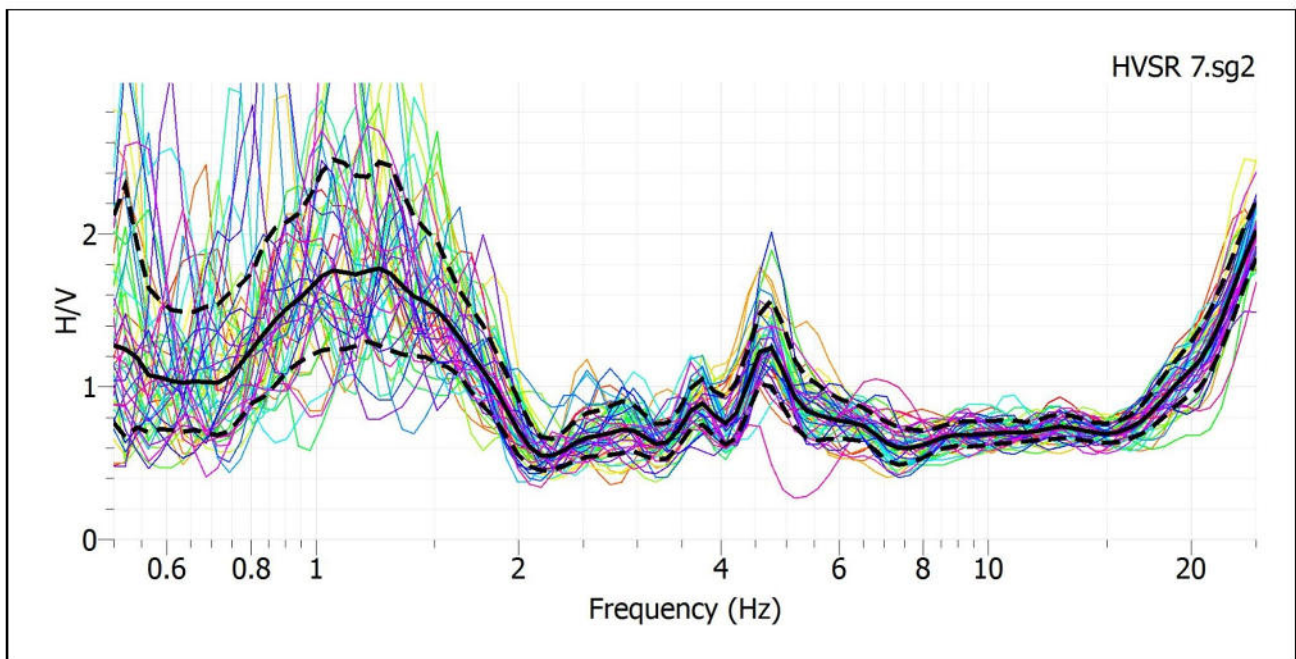


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSr 8

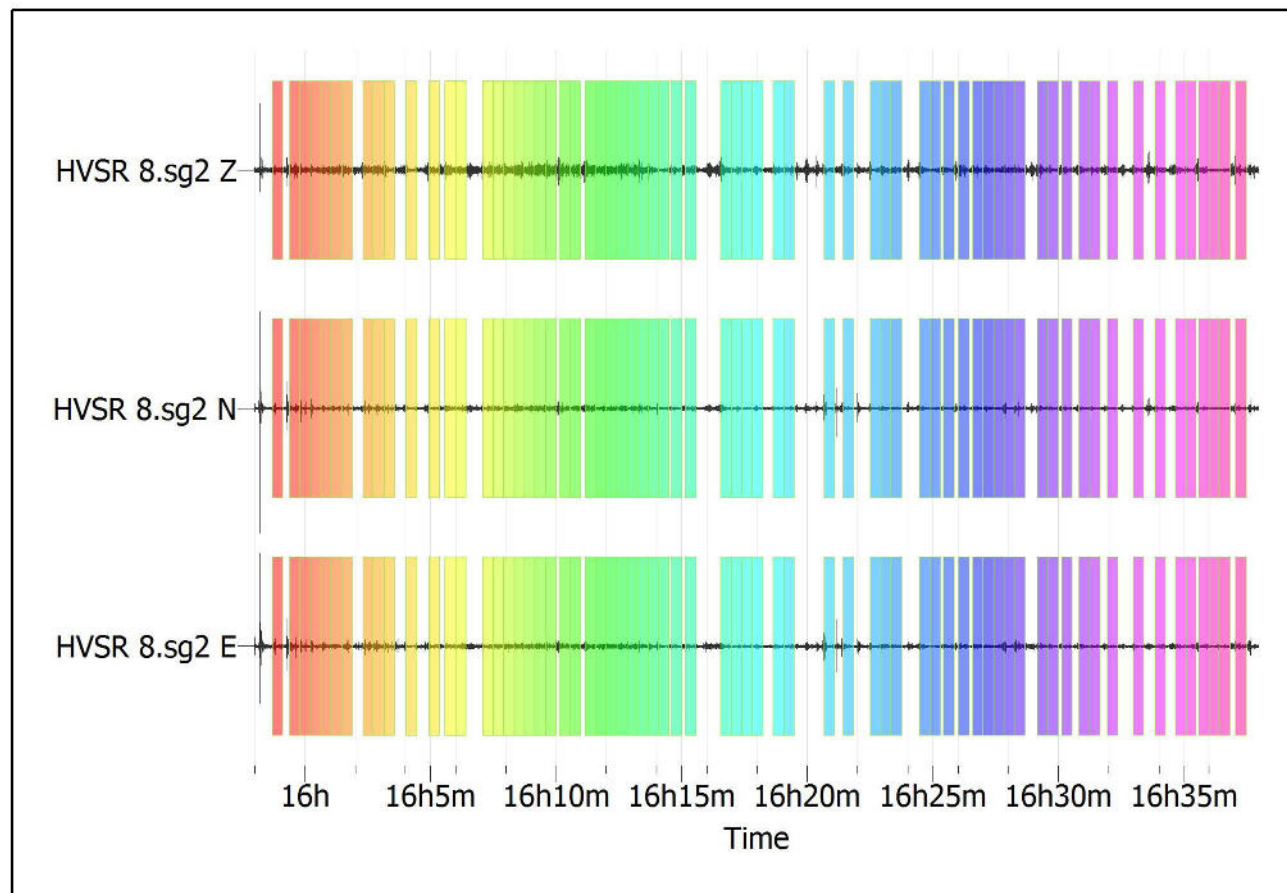


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

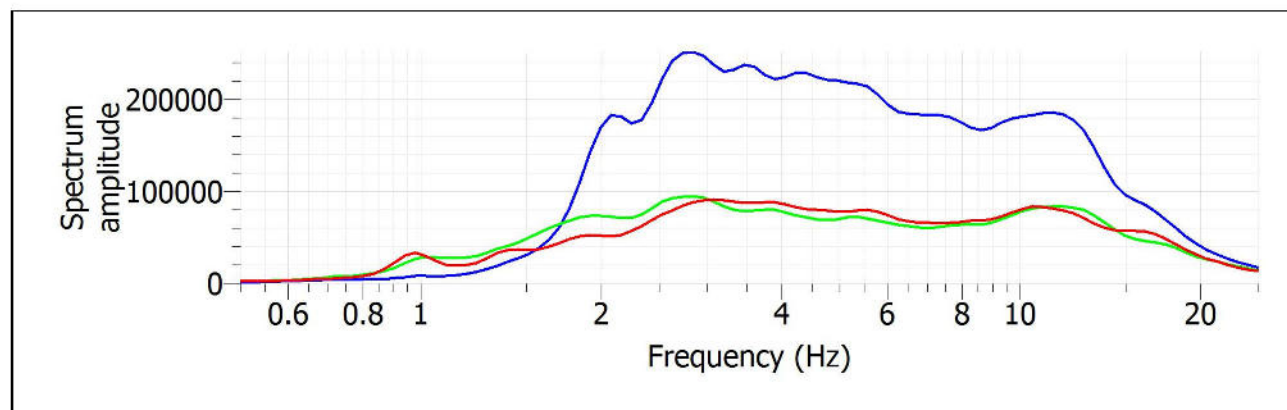


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

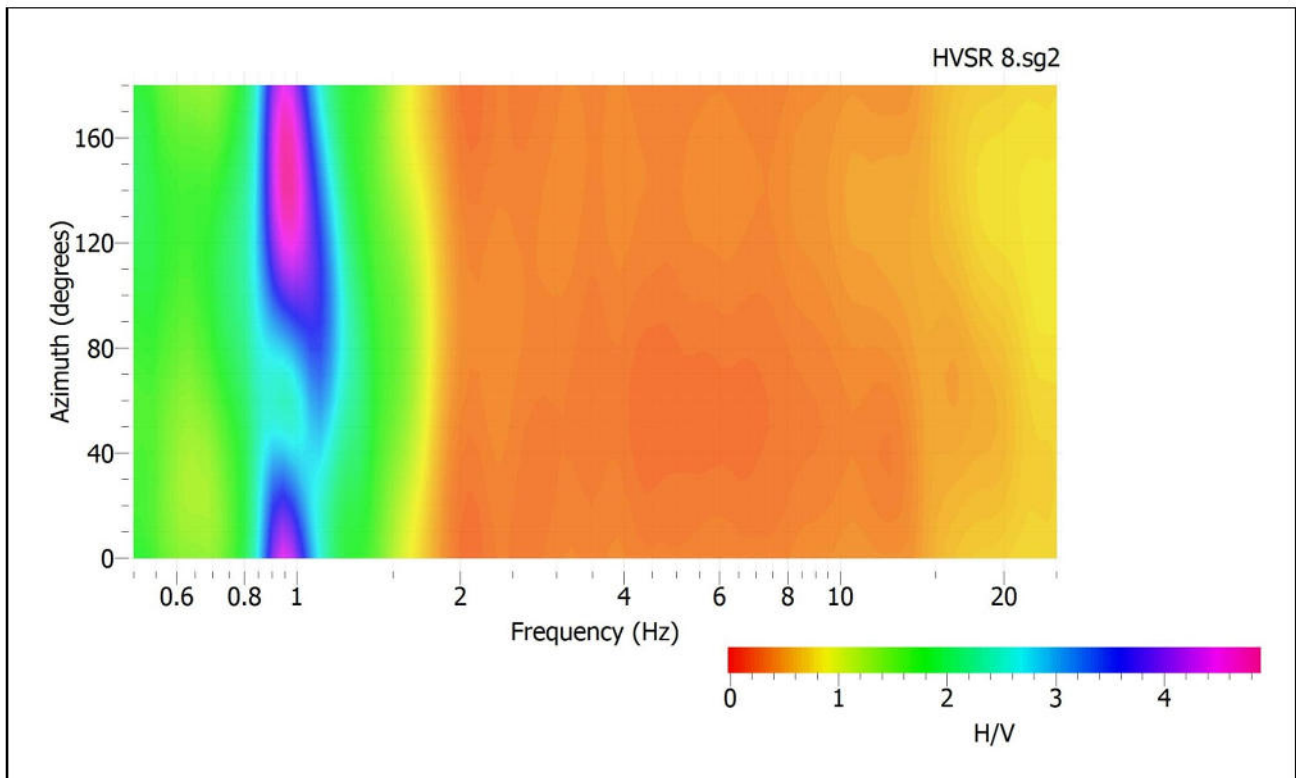


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

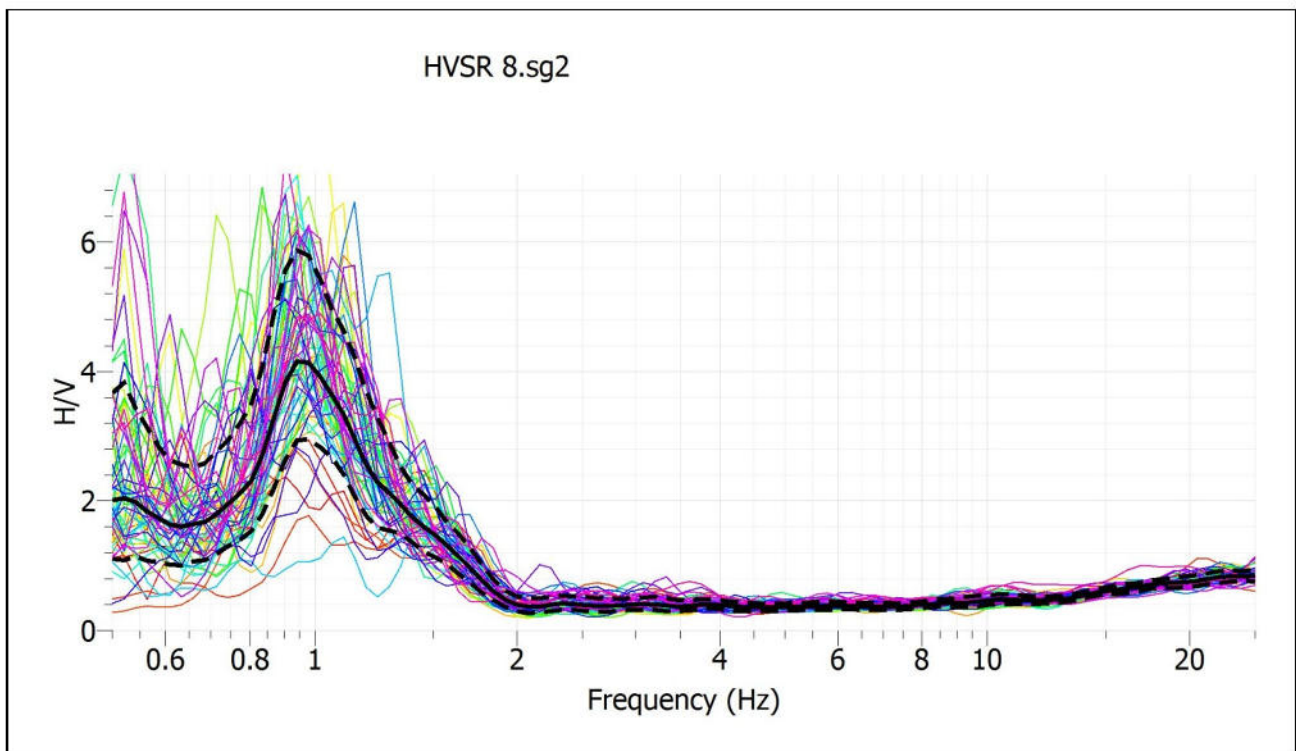


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSr 9

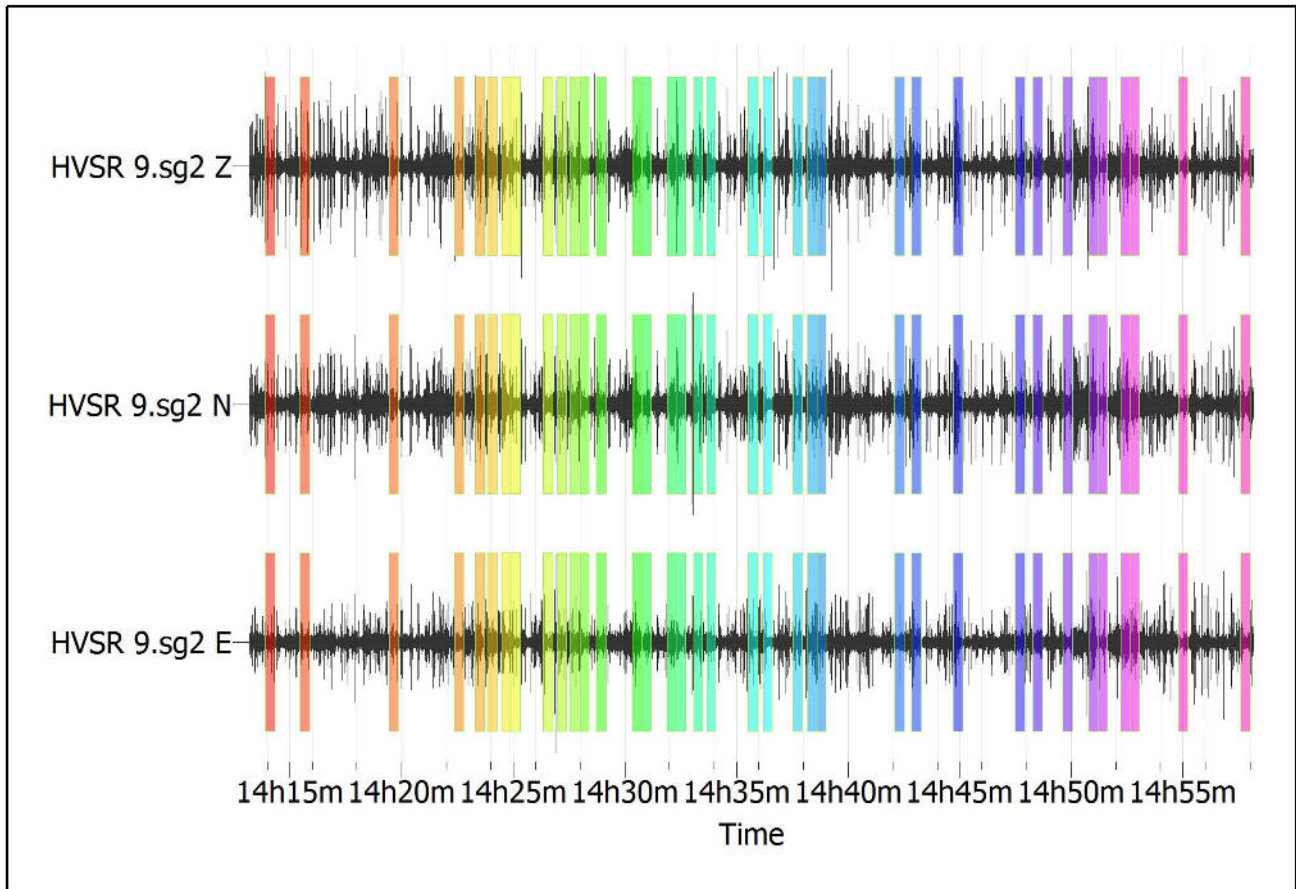


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

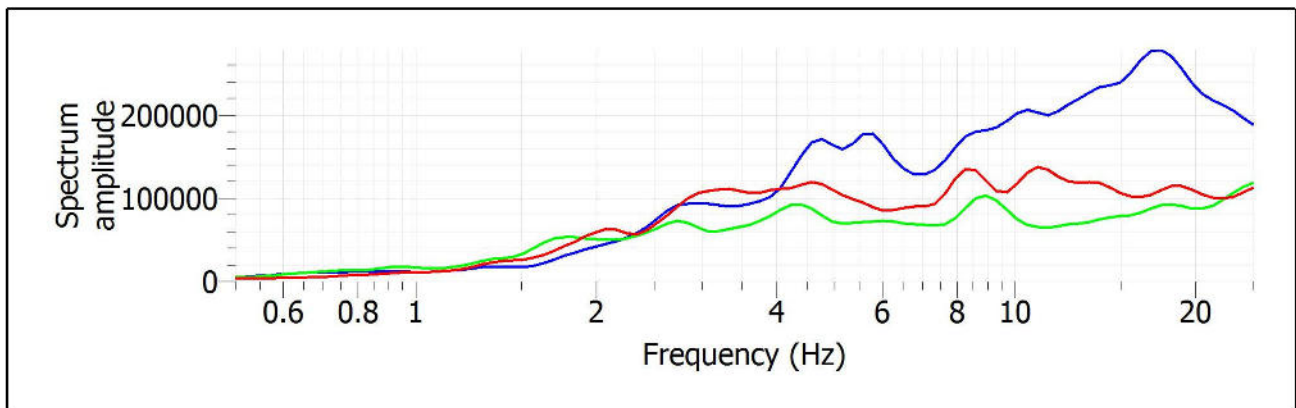


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

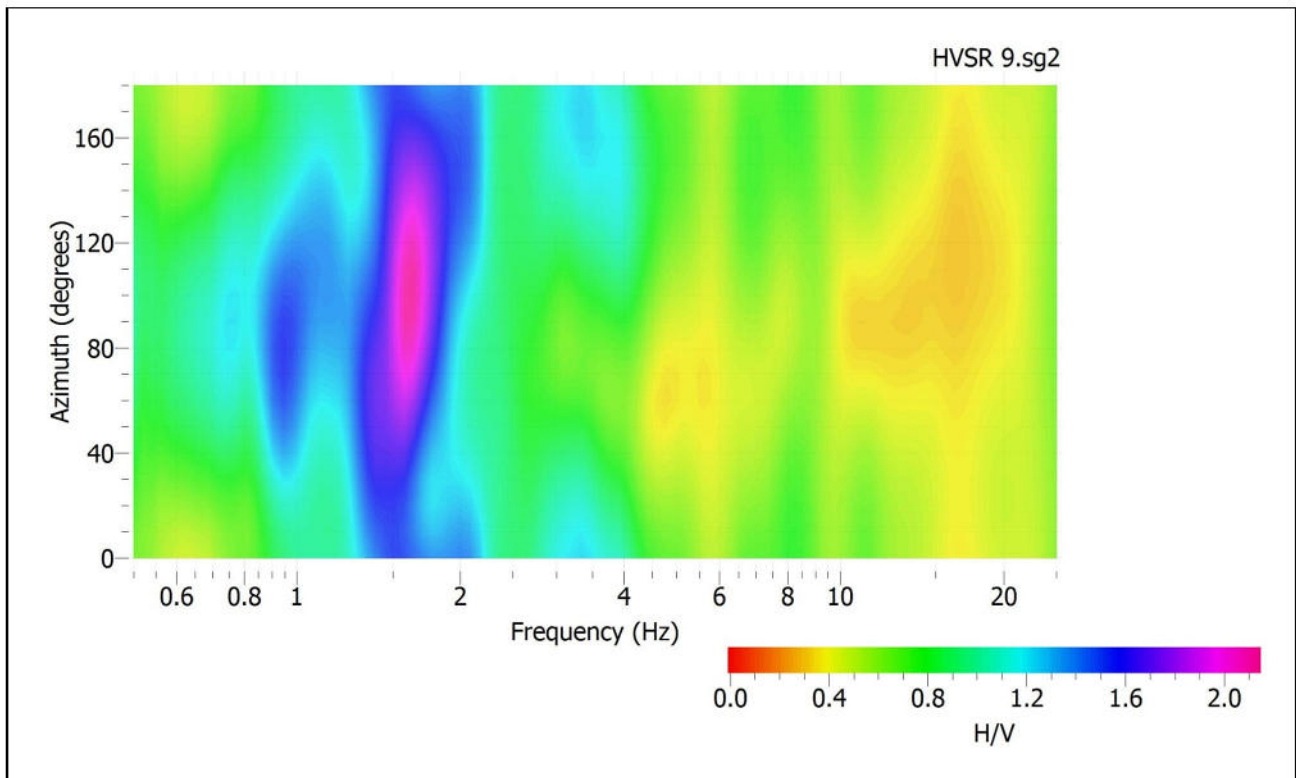


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

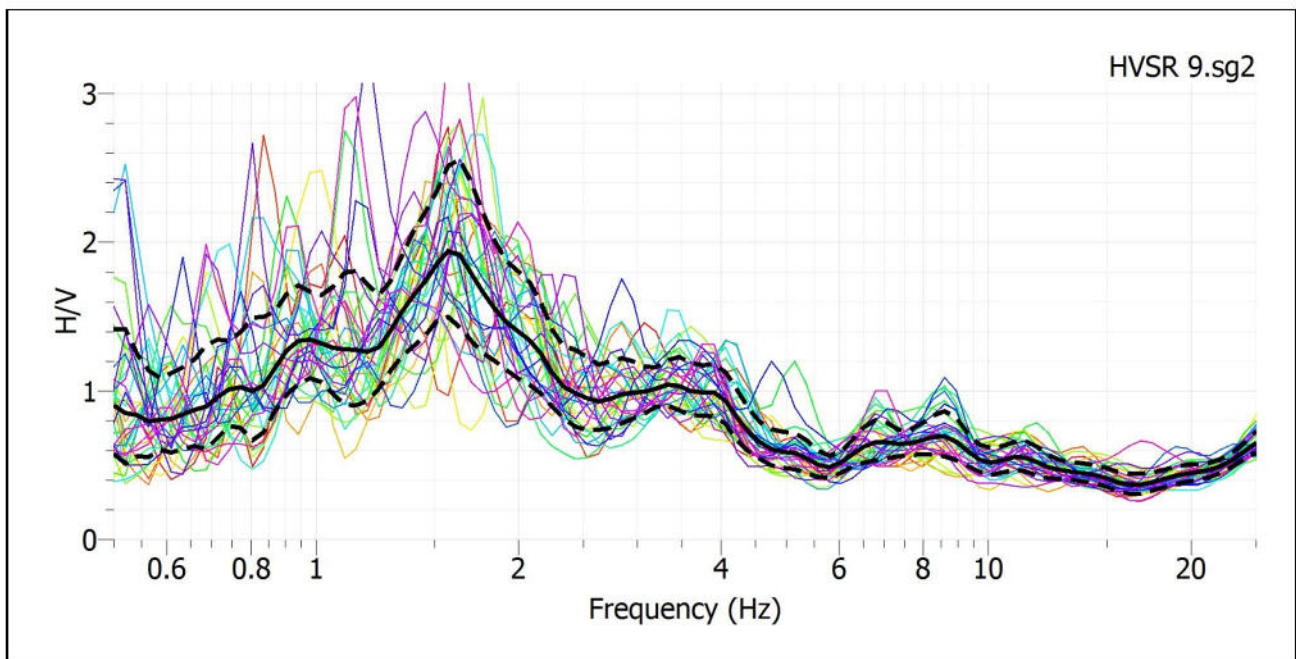


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 10

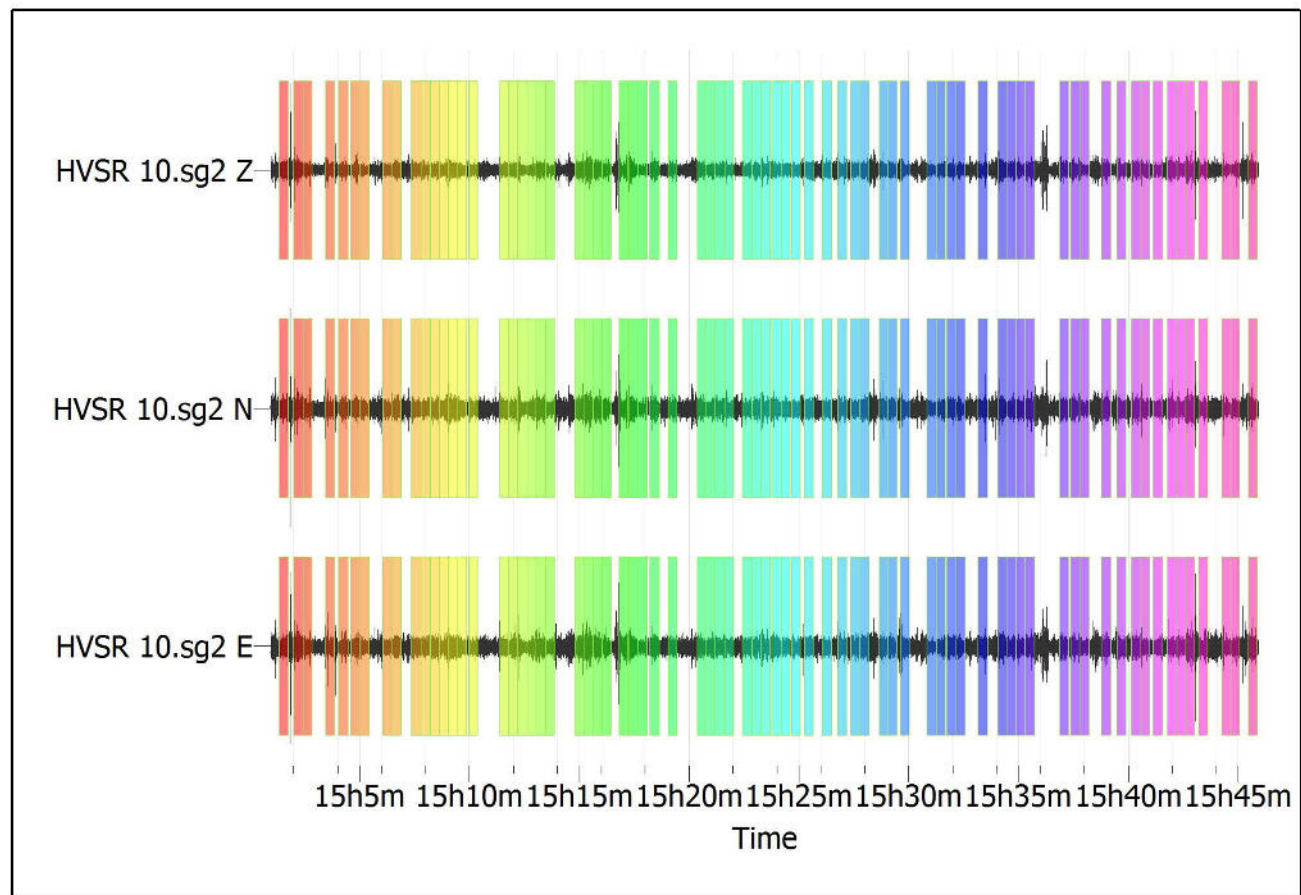


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

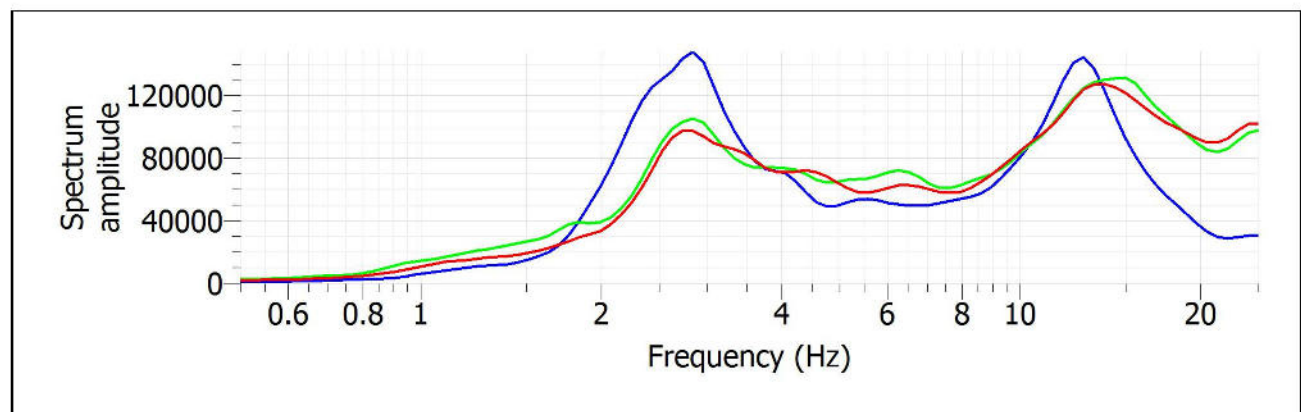


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

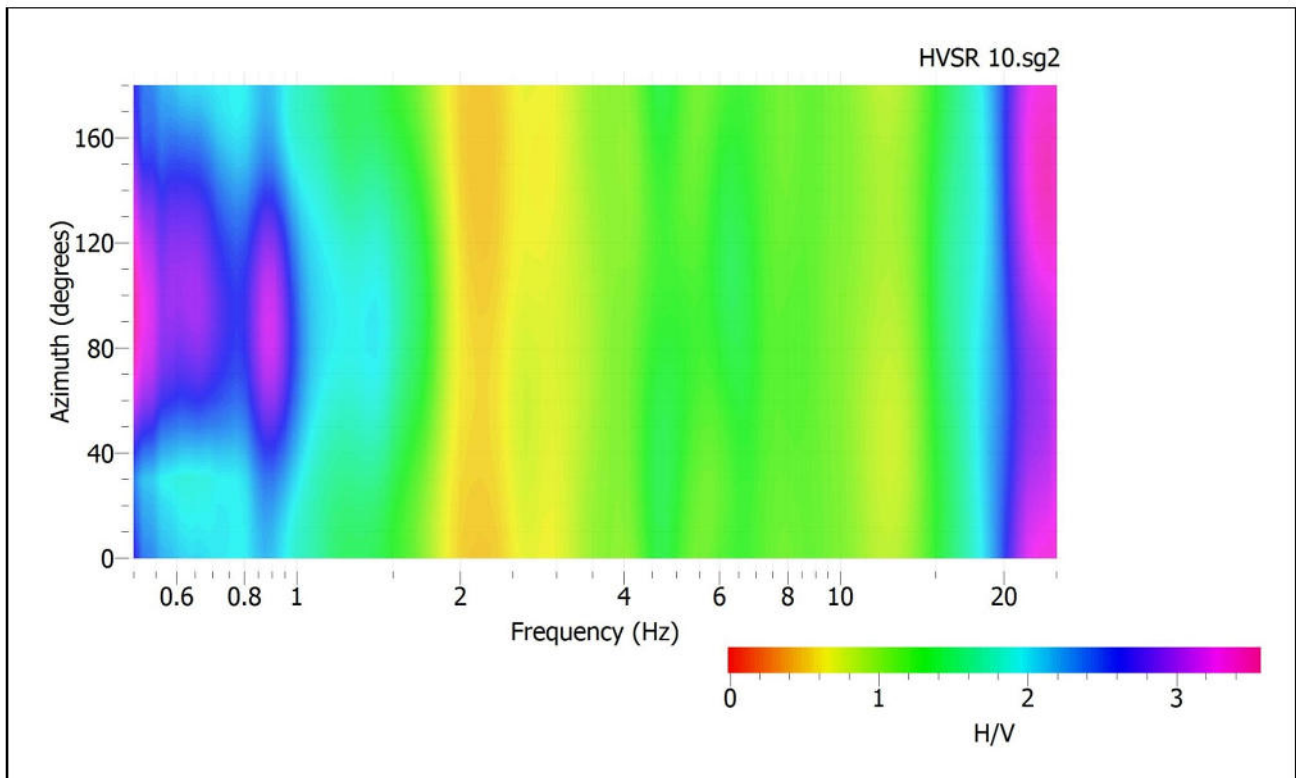


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

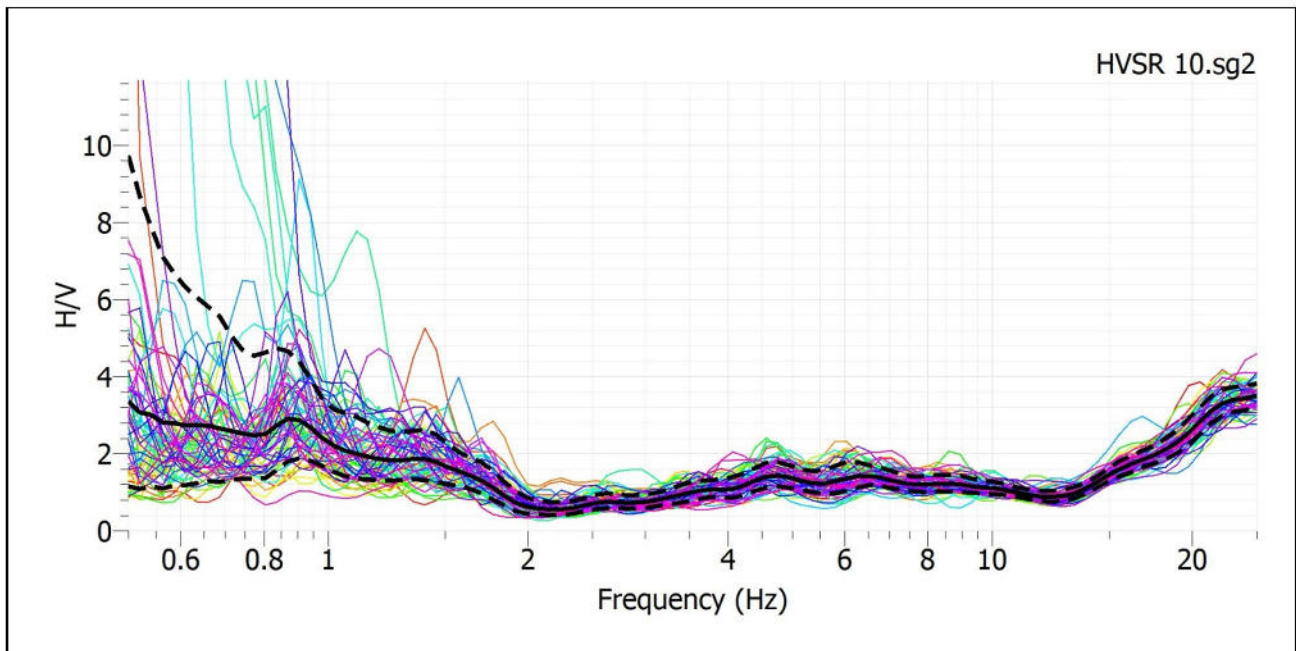


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 11

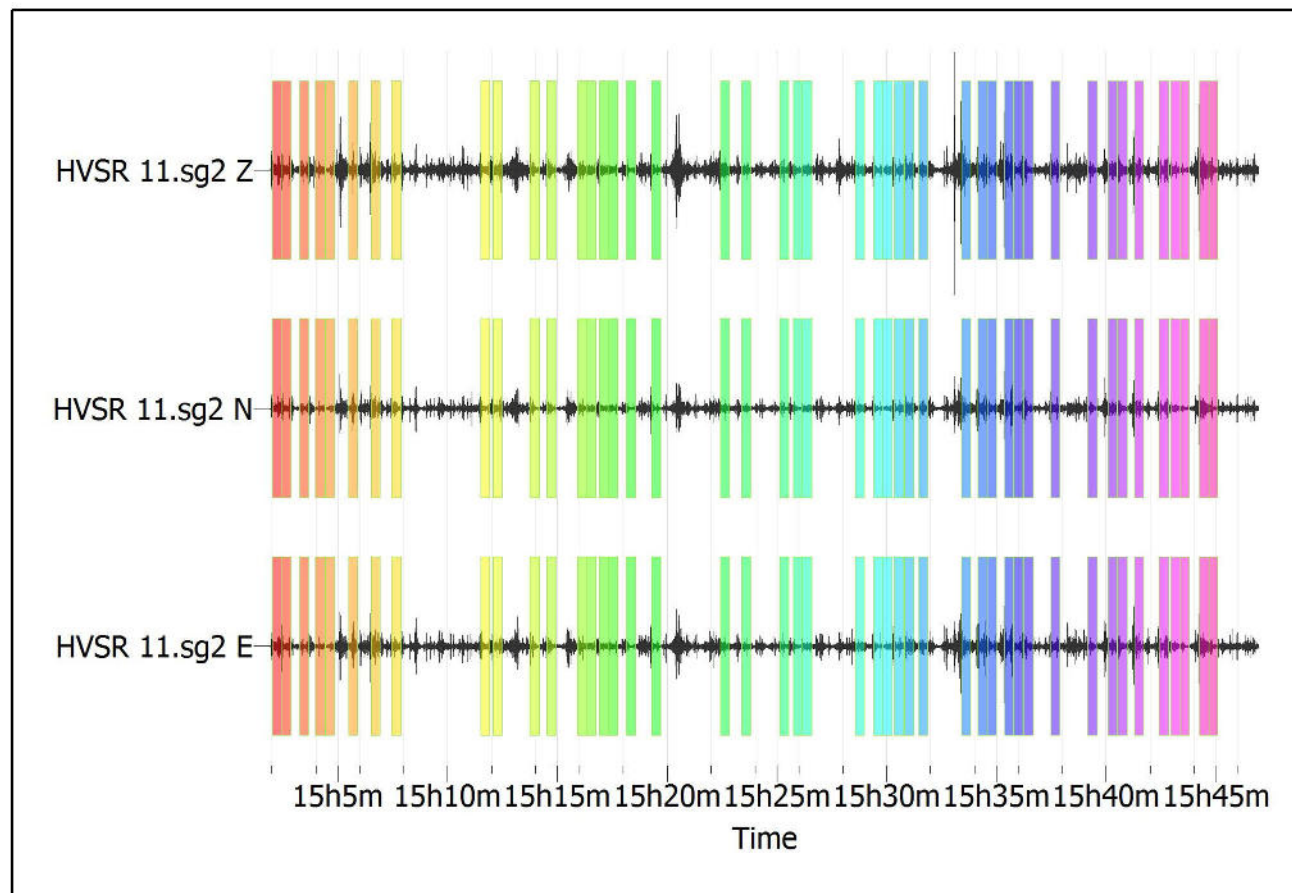


Fig. 1: *Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest*

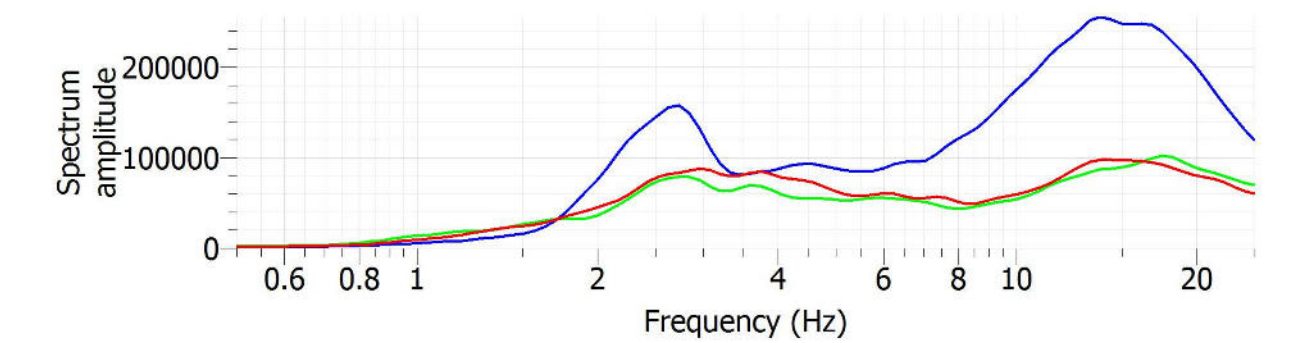


Fig. 2: *Spettri medi nelle tre direzioni*

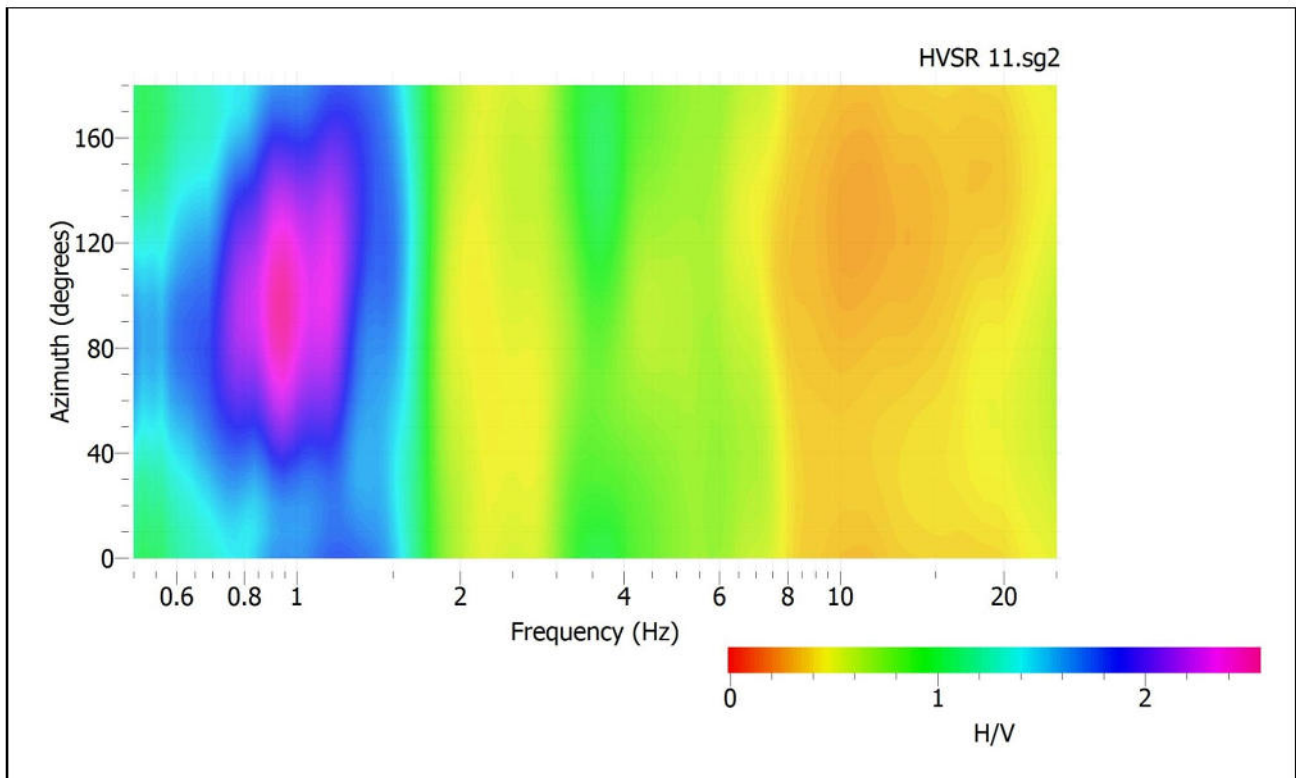


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

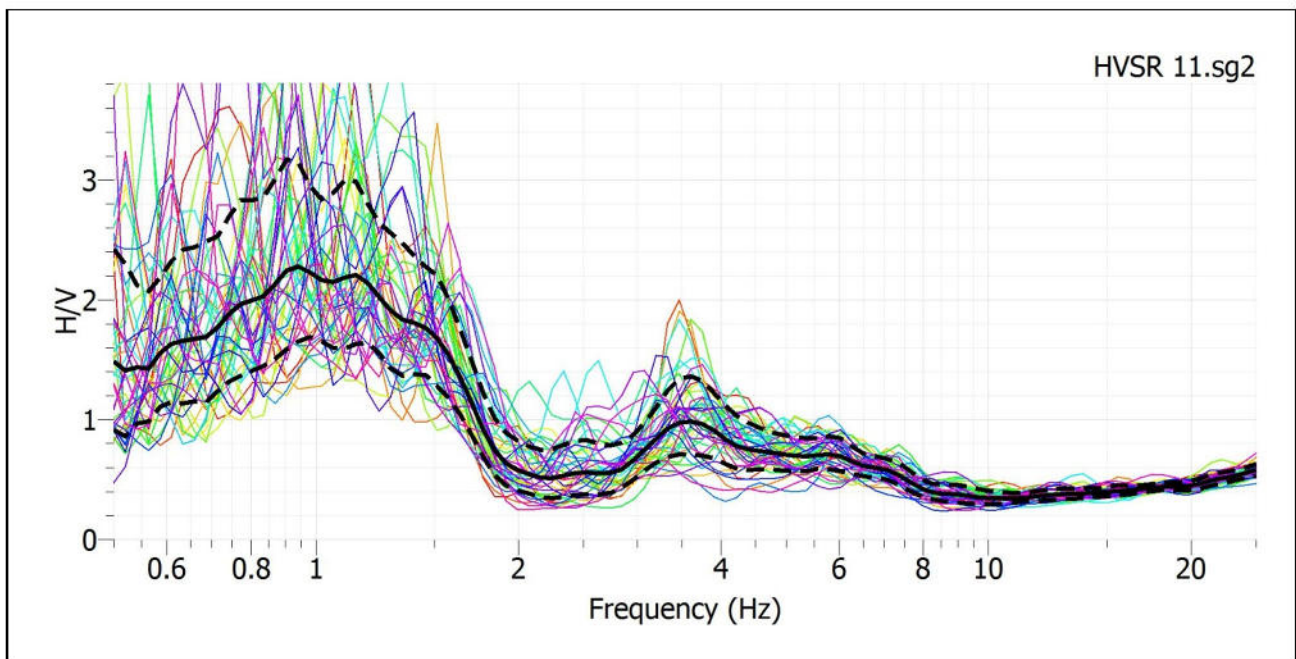


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSr 12

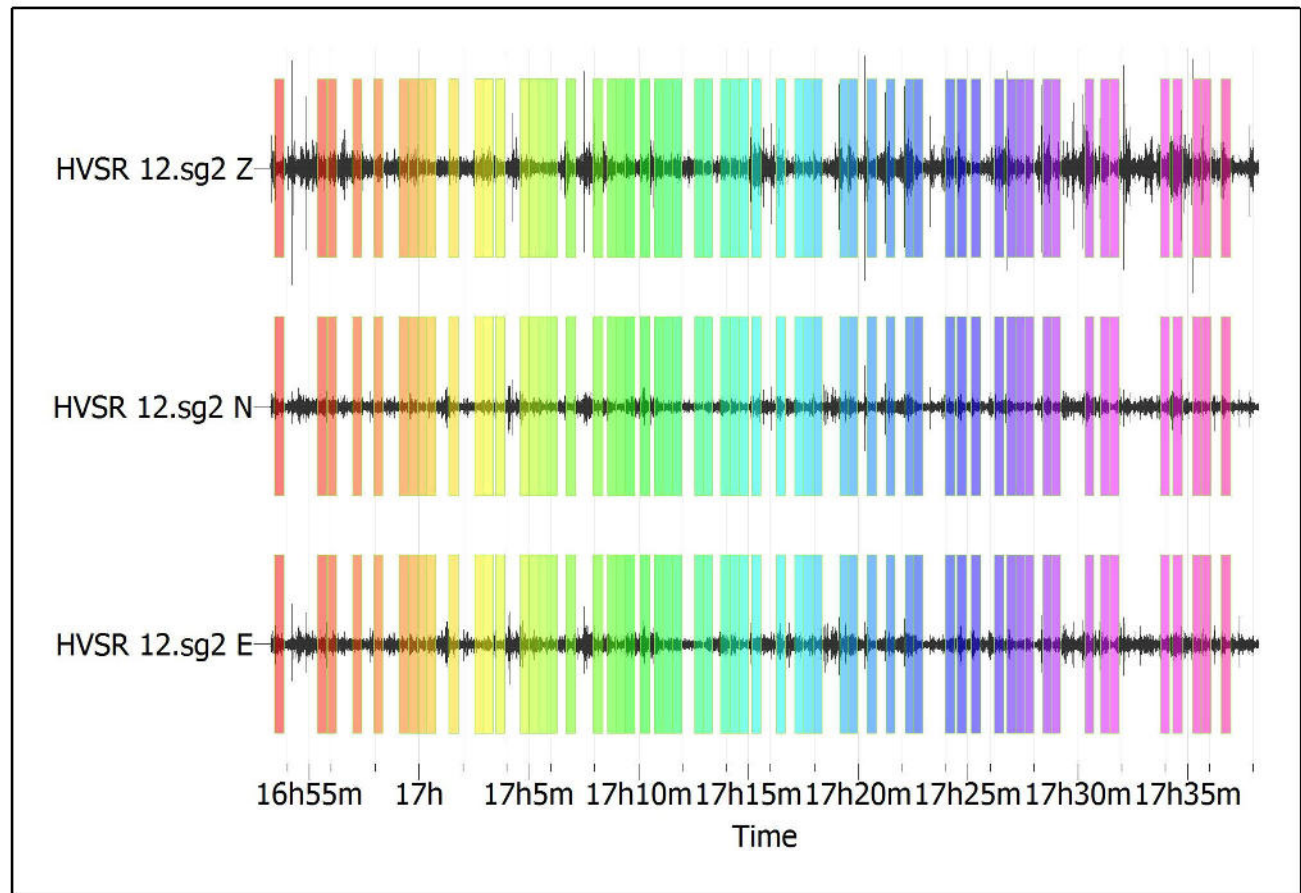


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

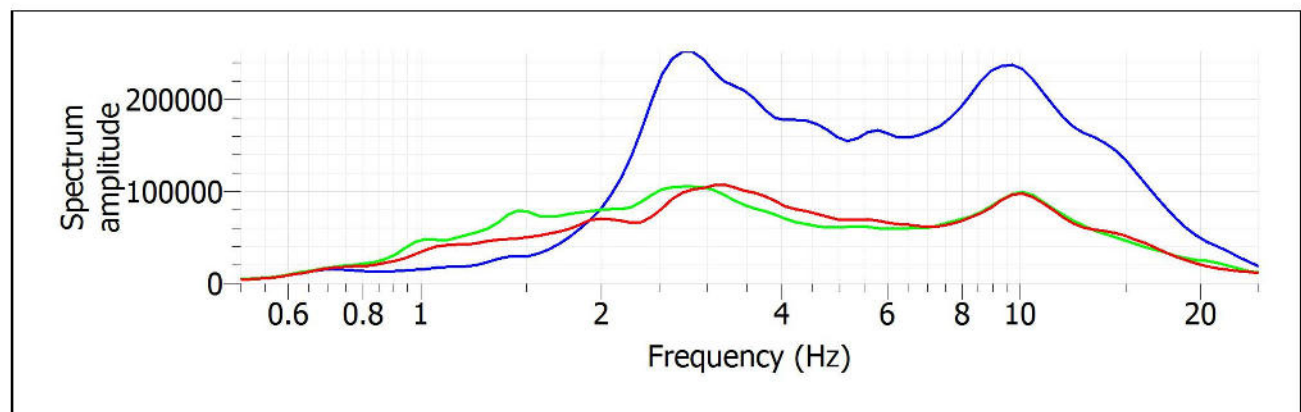


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

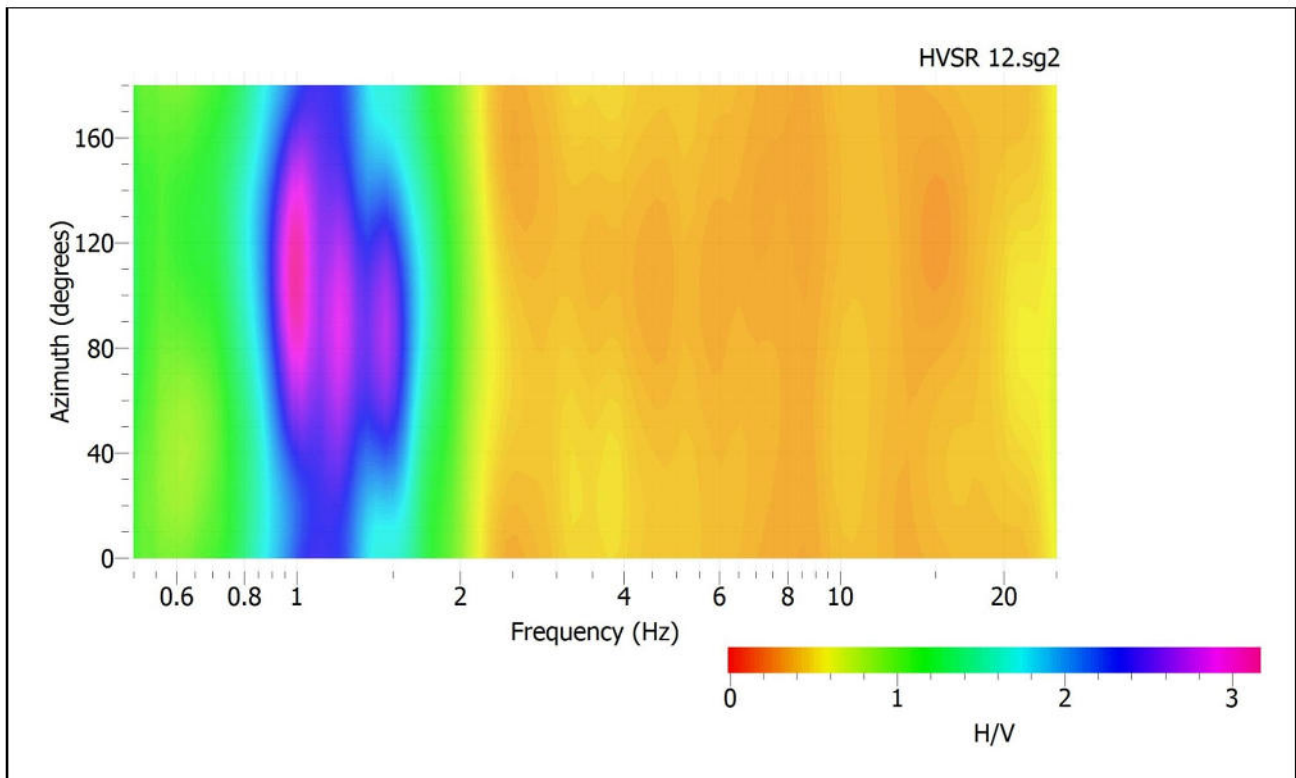


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

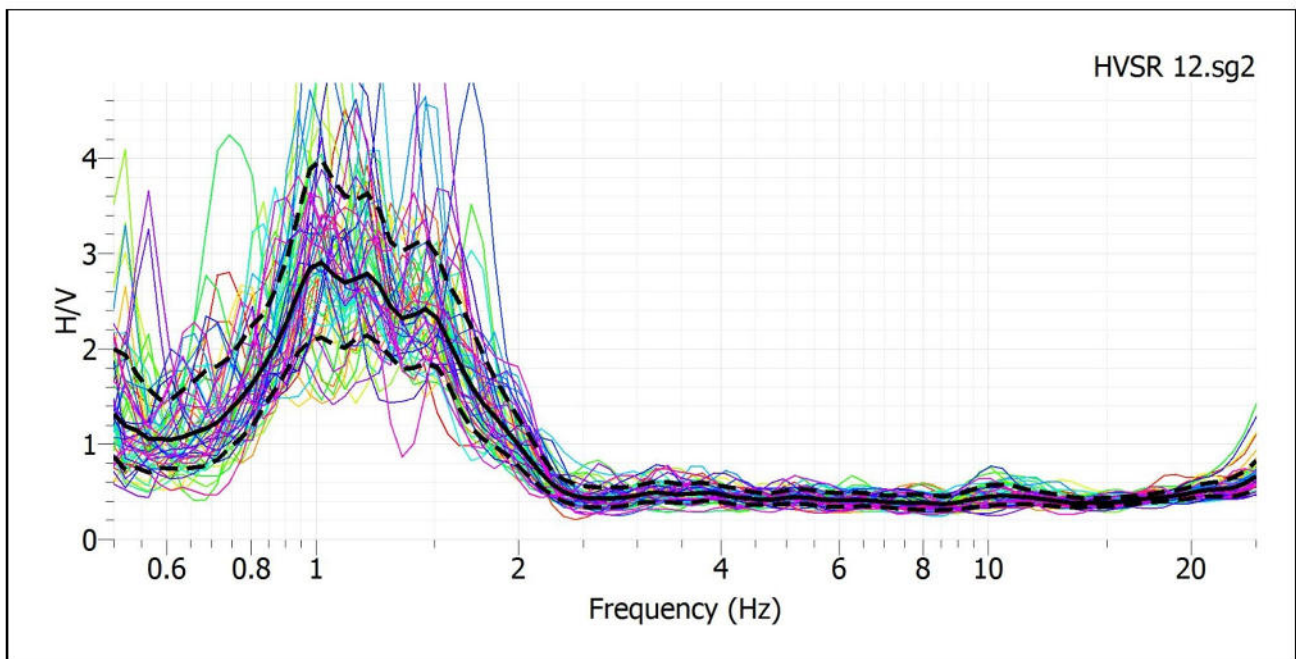


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 13

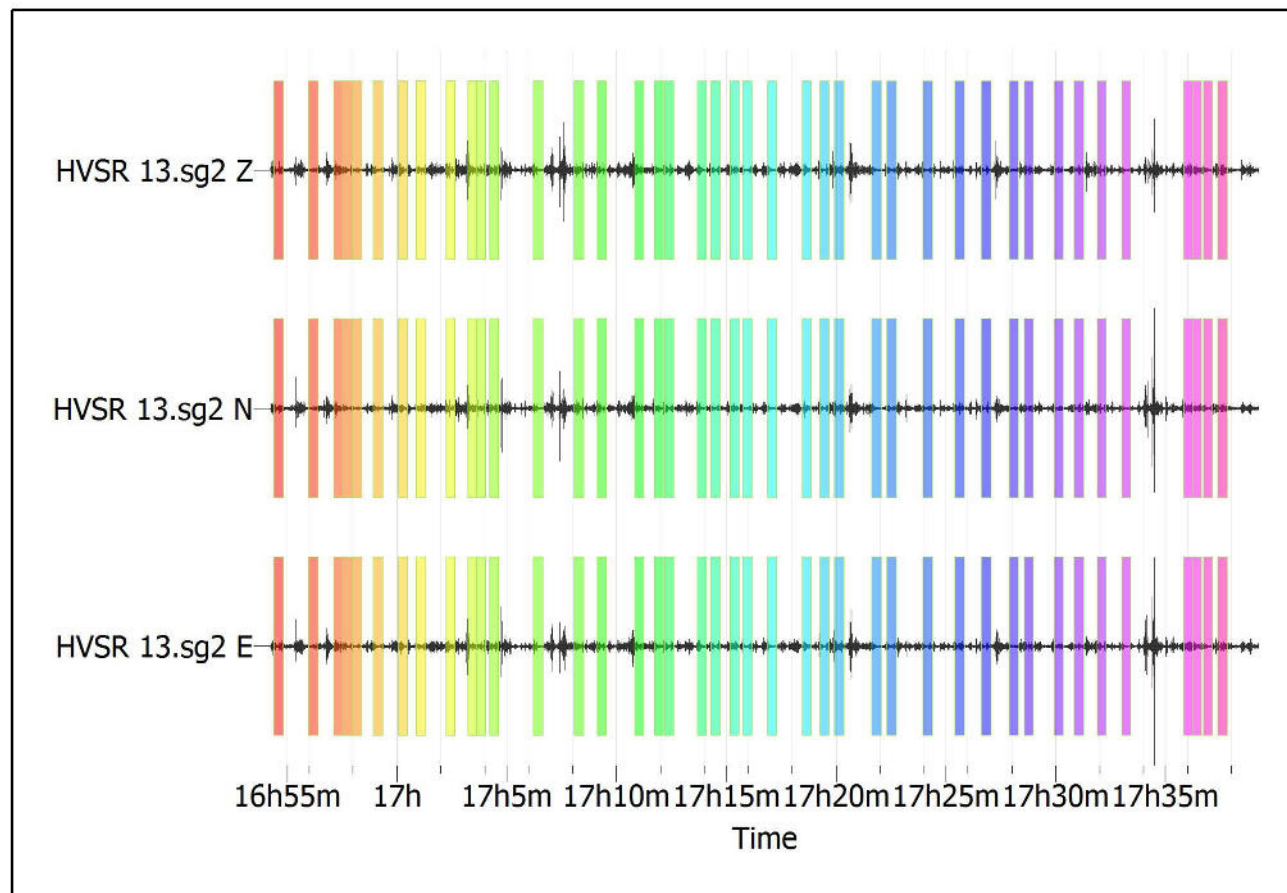


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

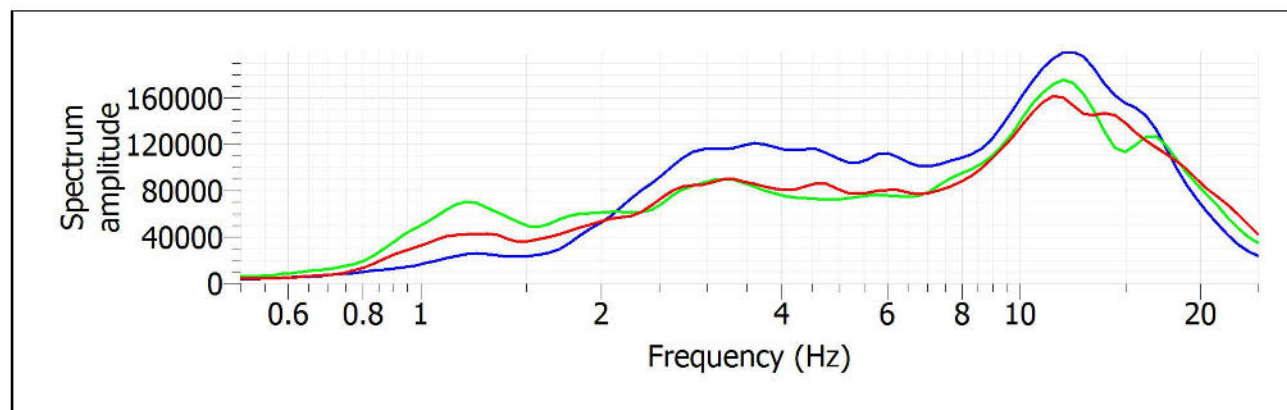


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

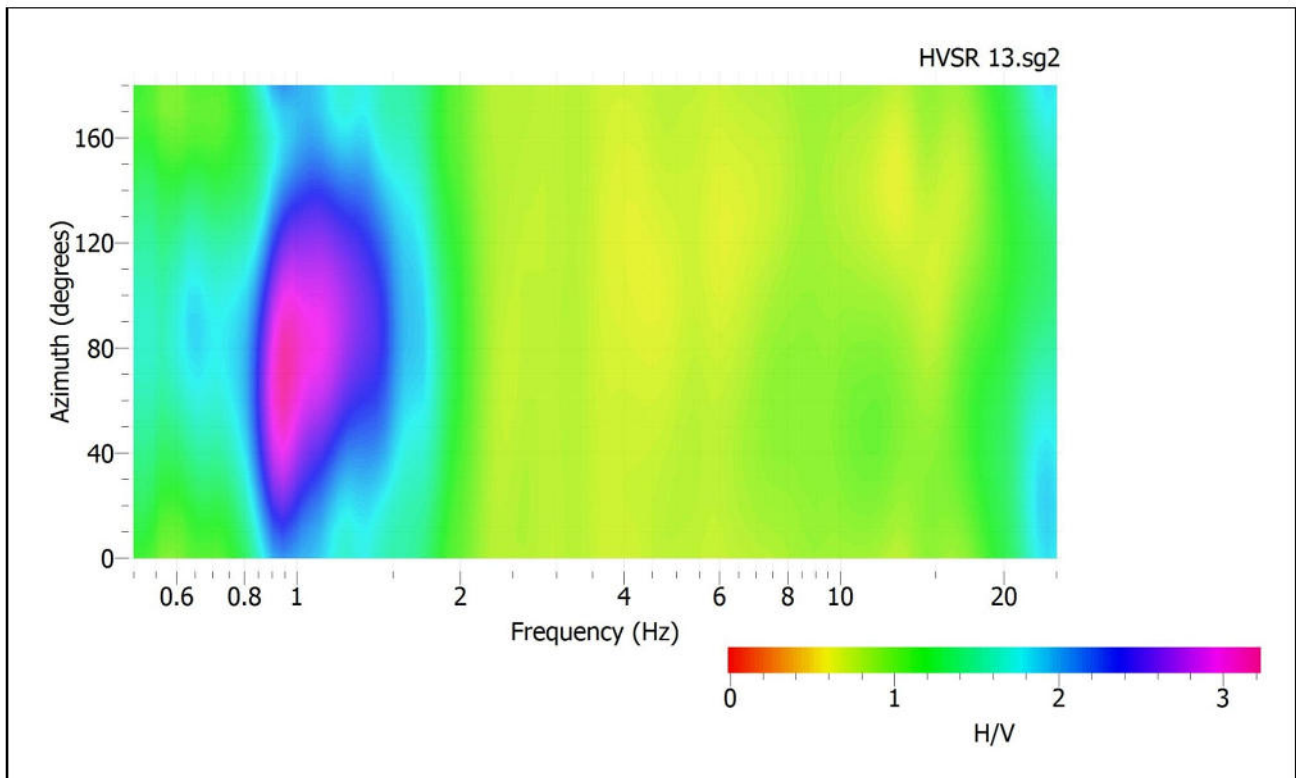


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

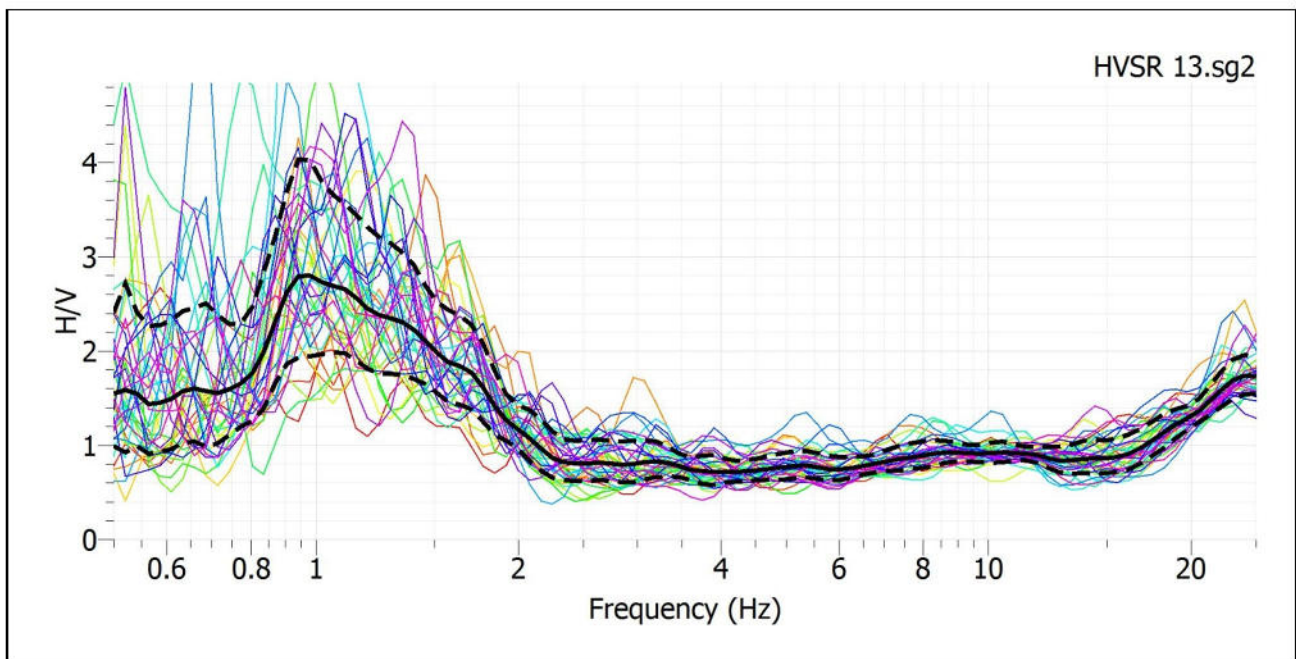


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSr 14

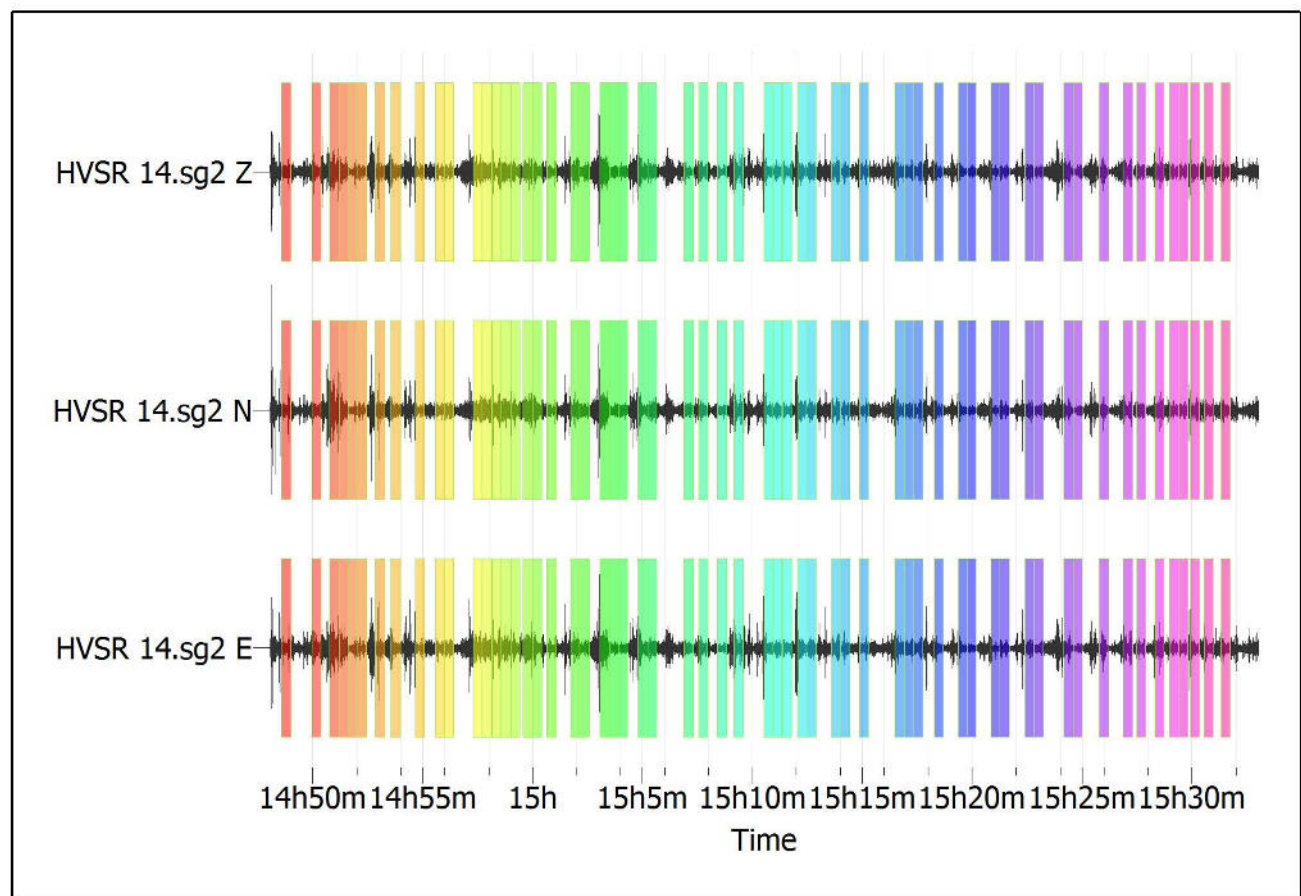


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

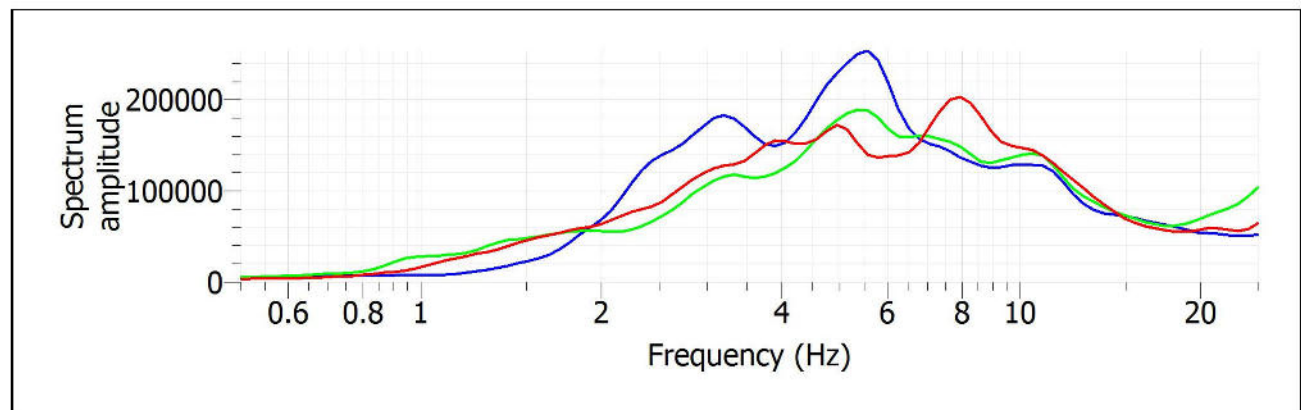


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

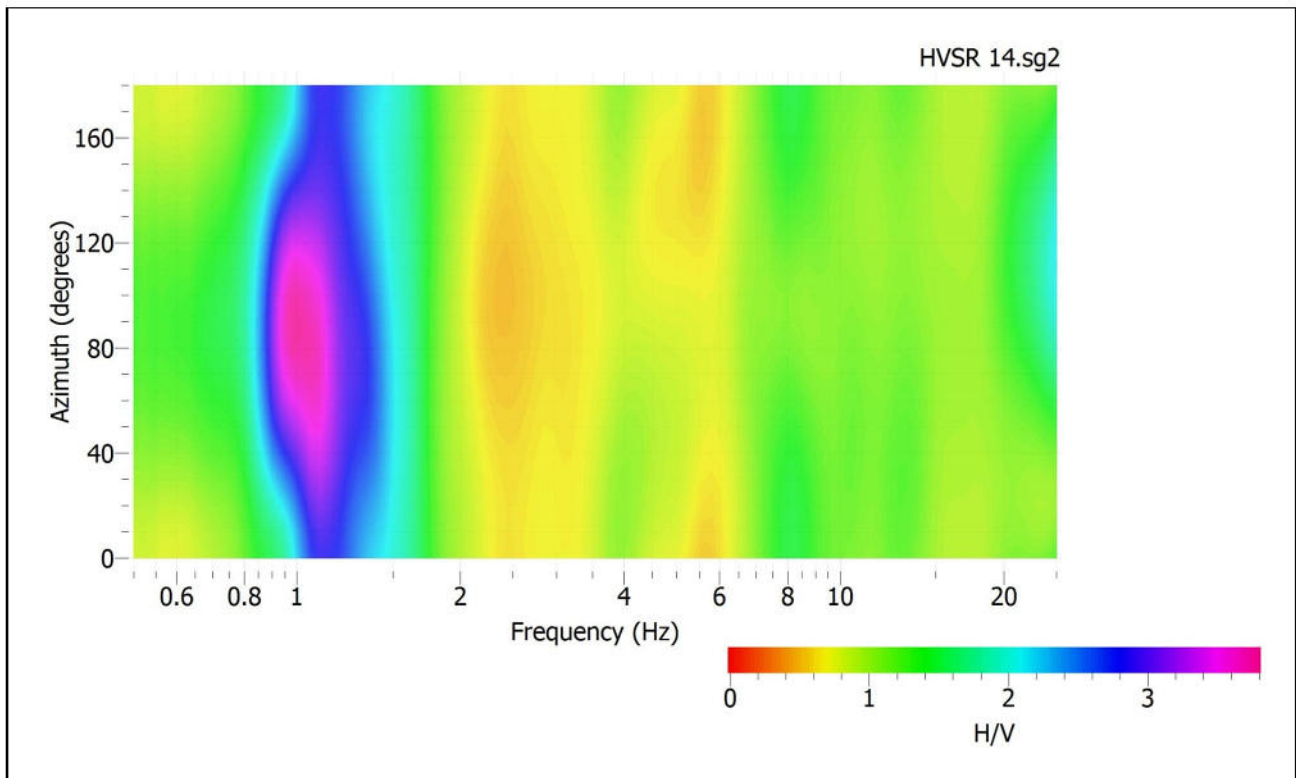


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

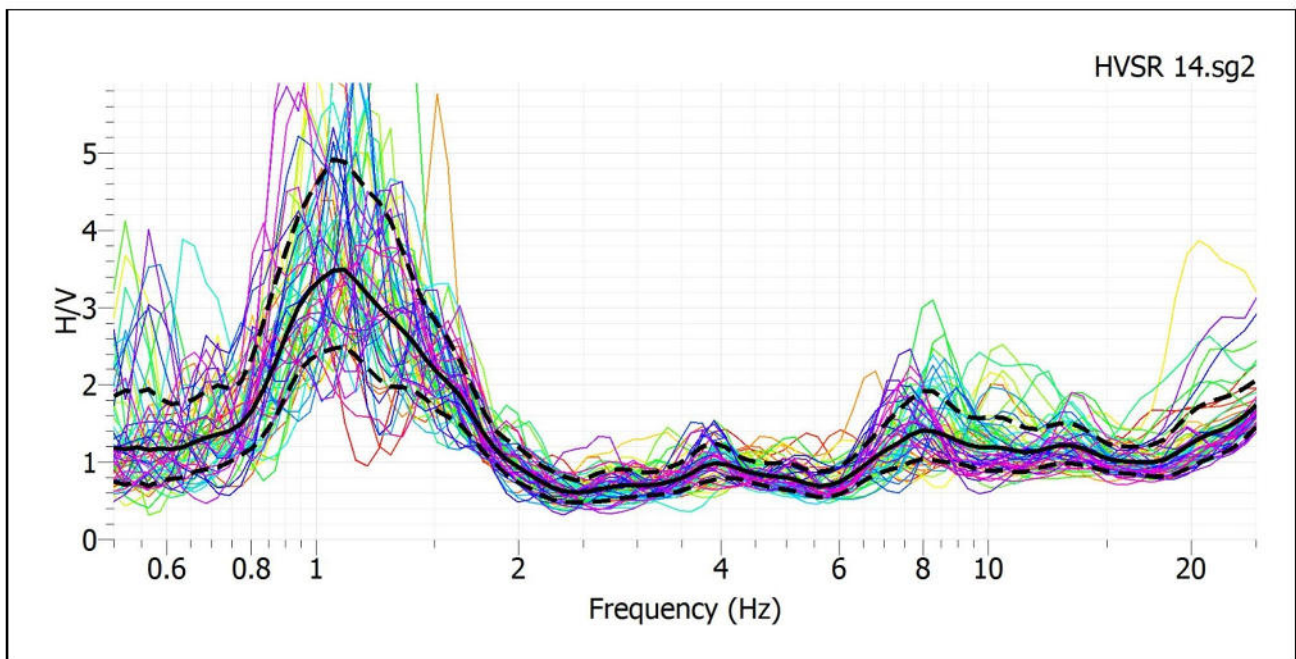


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 15

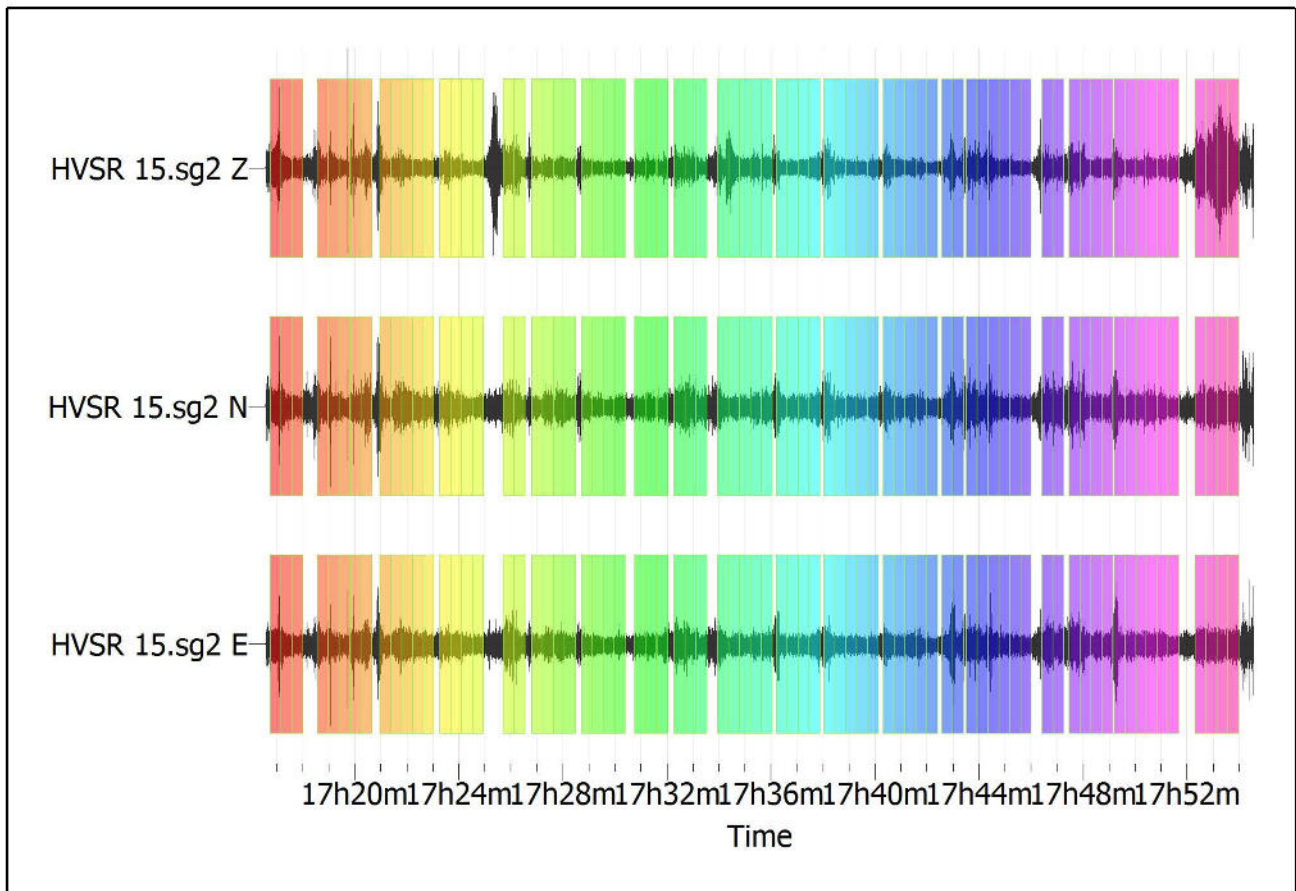


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

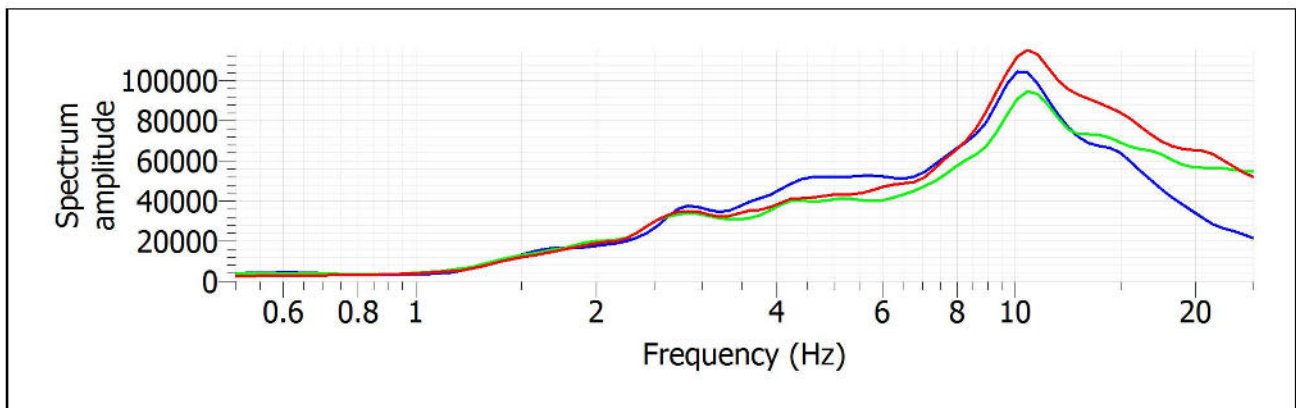


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

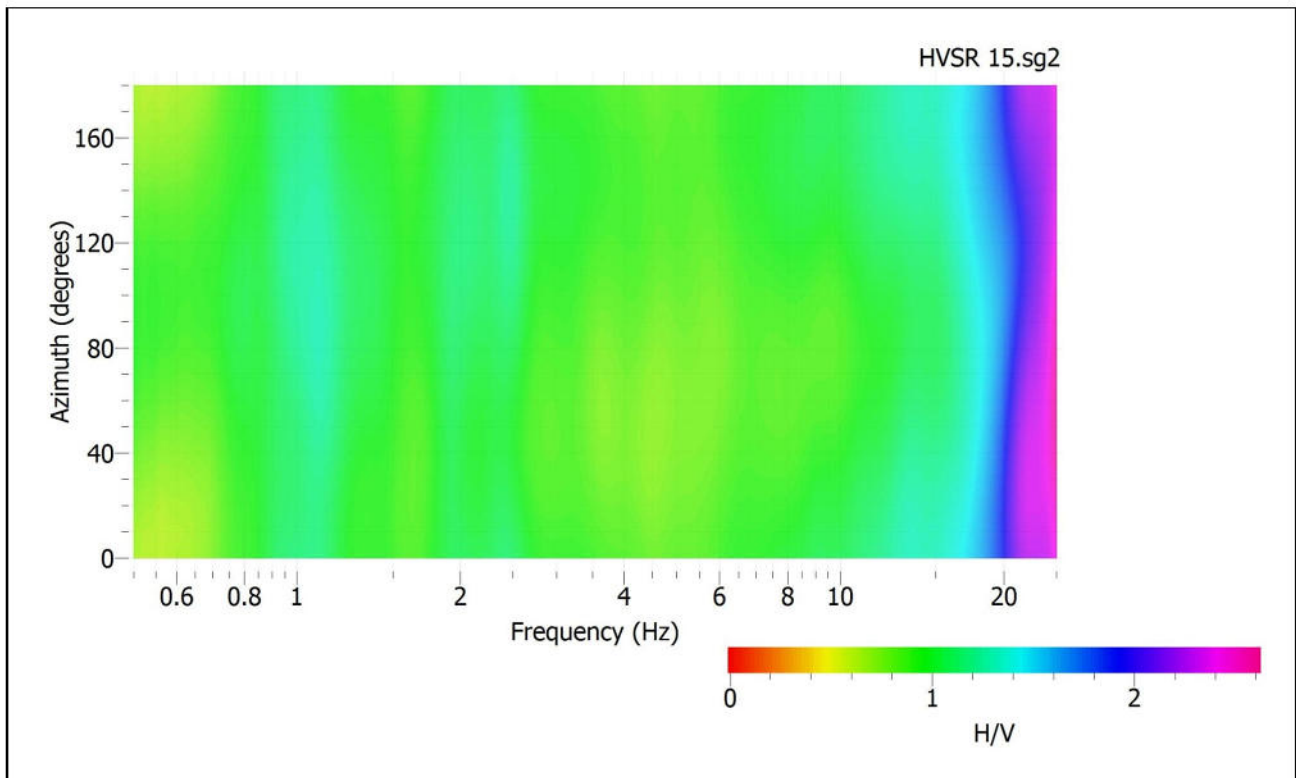


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

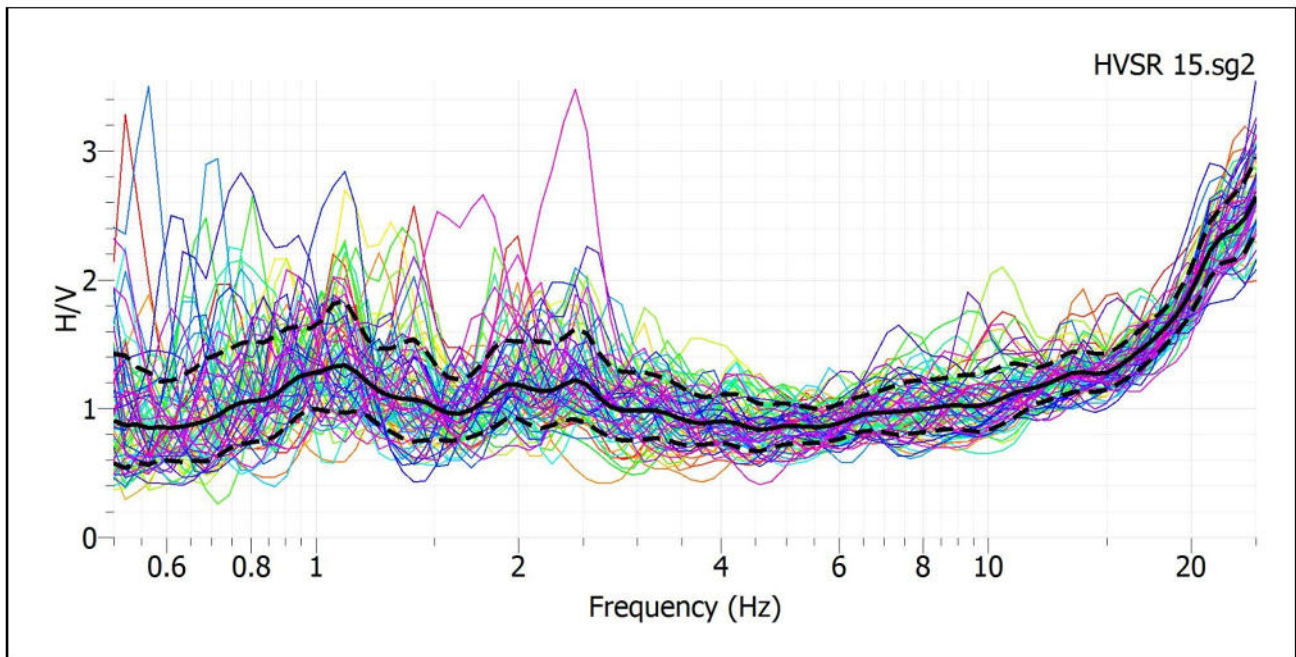


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 16

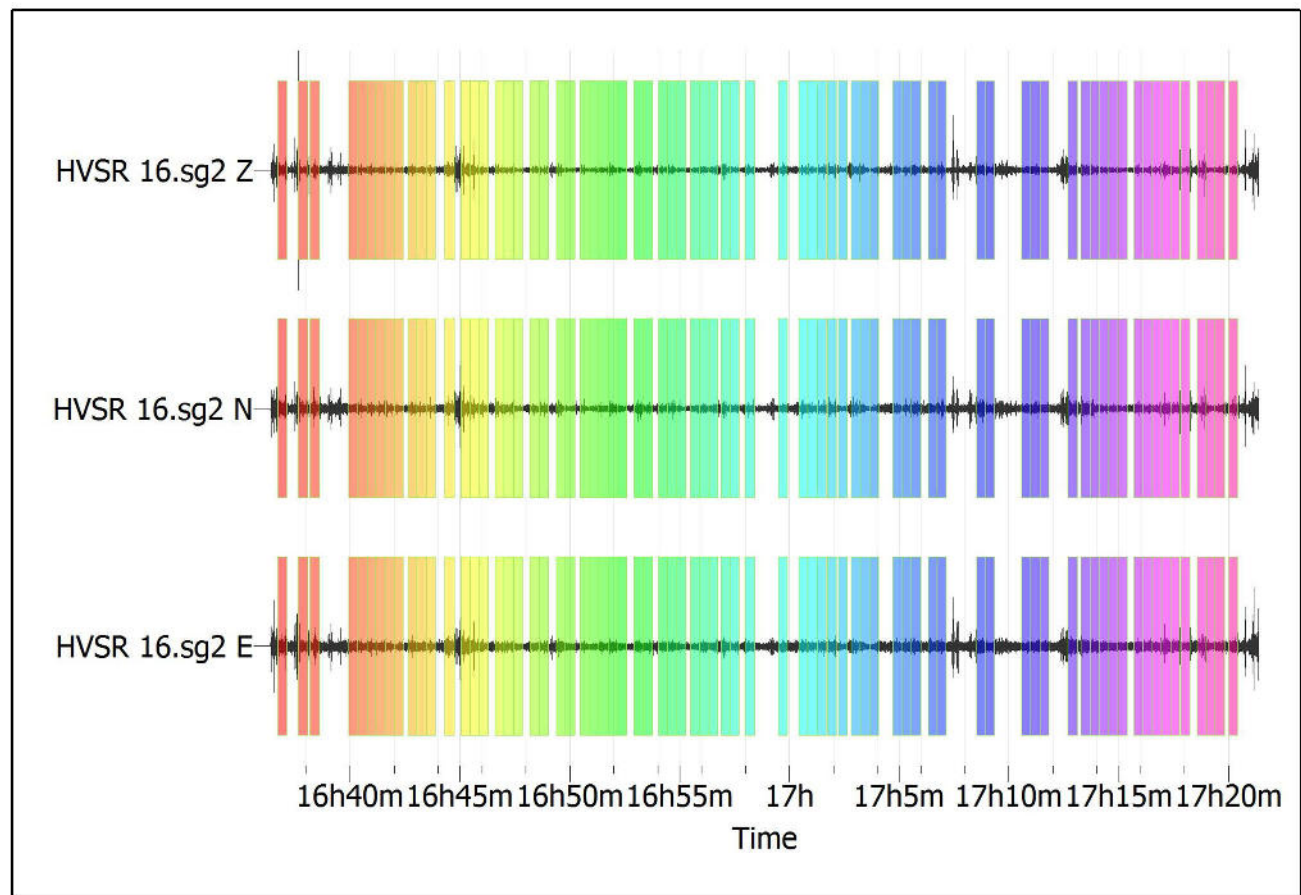


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

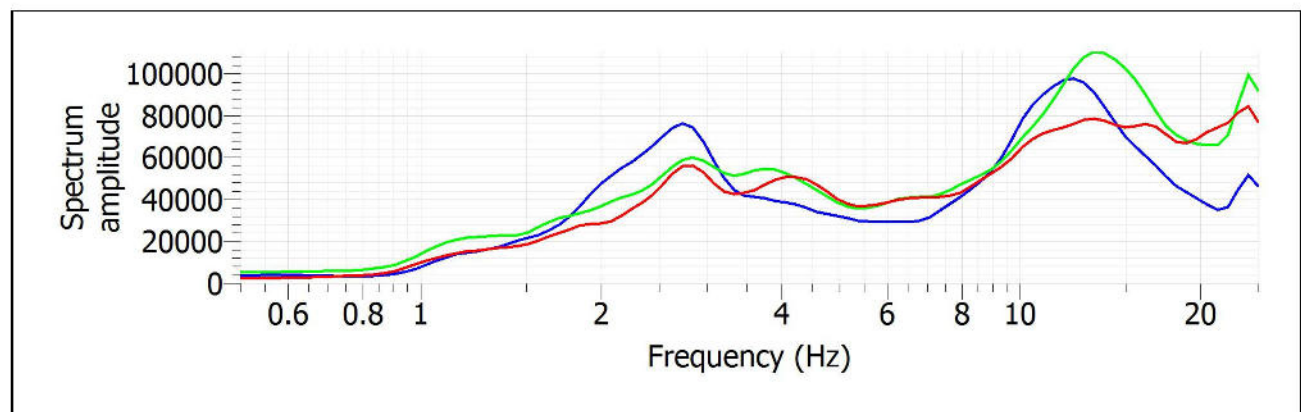


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

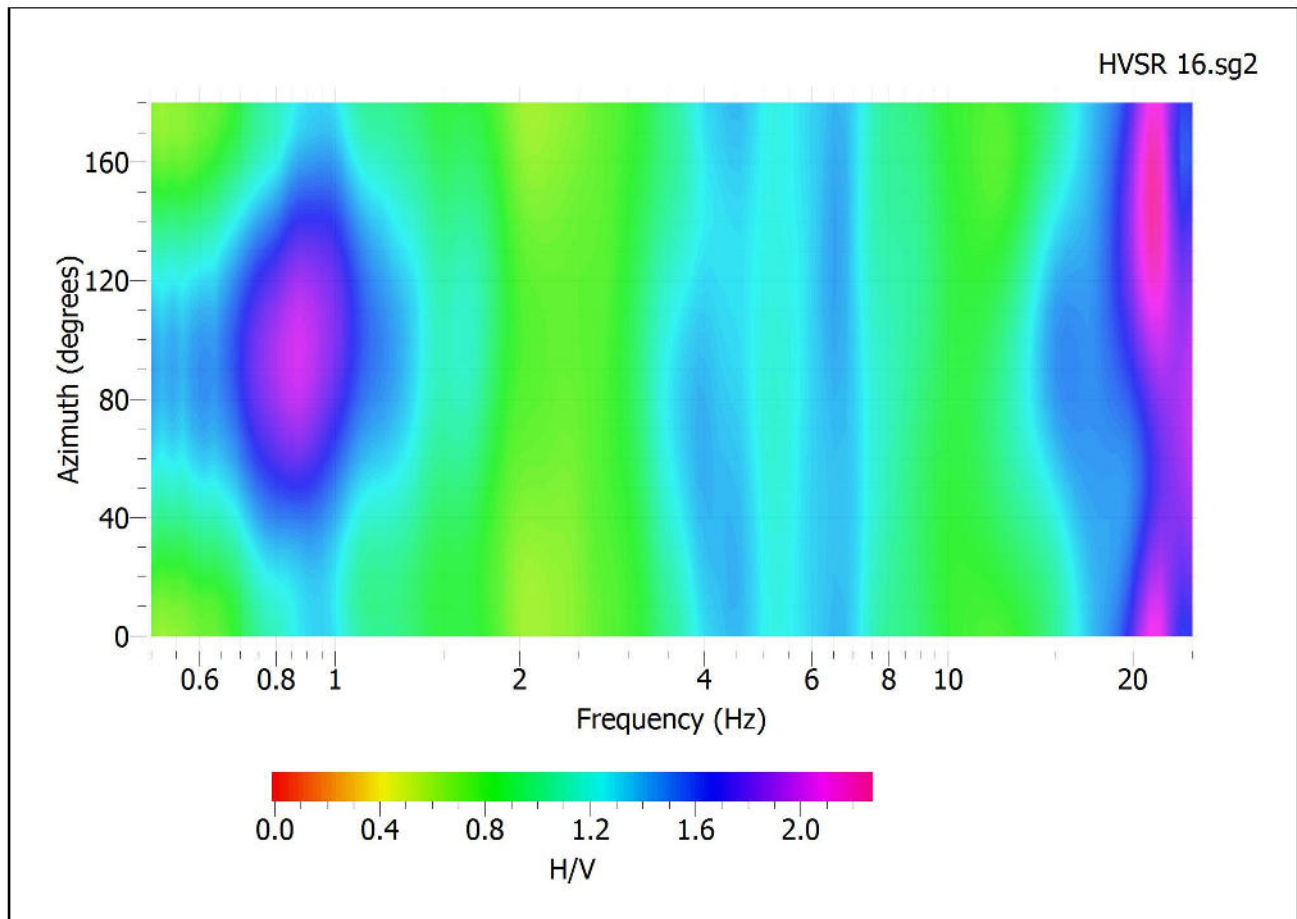


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

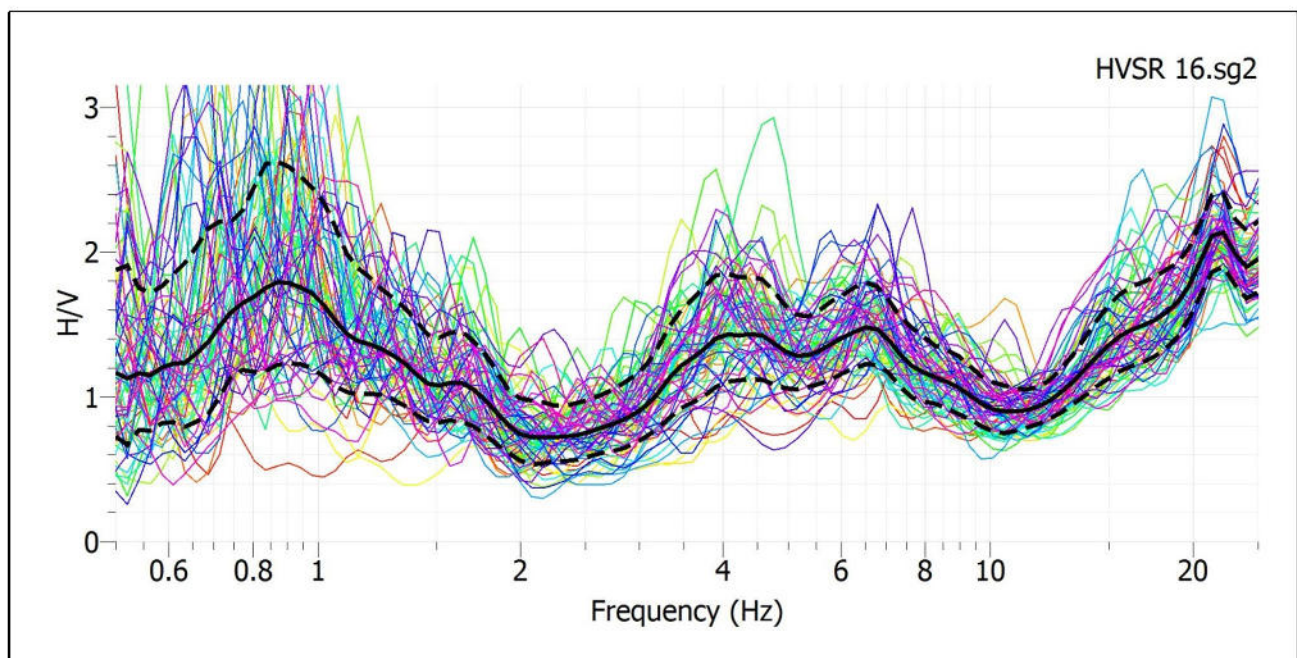


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 17

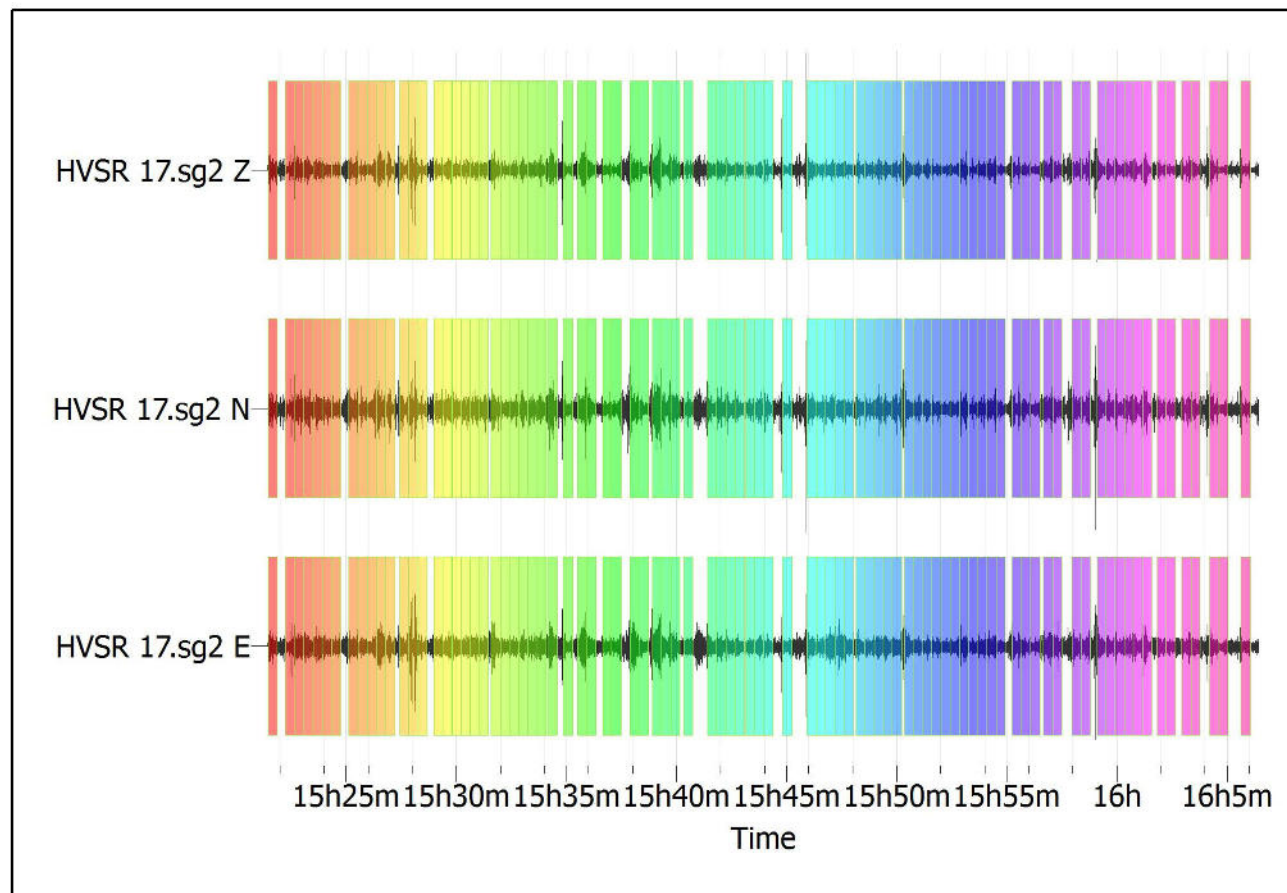


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

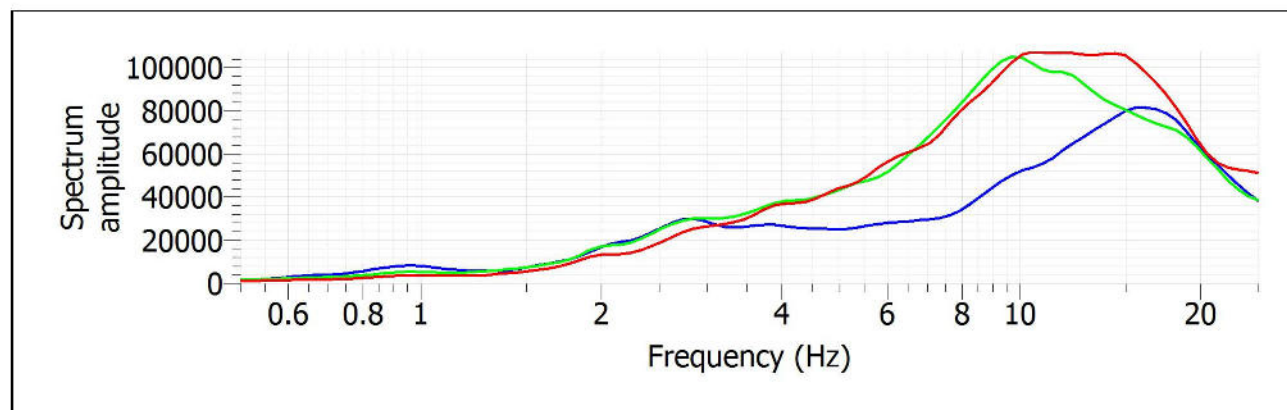


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

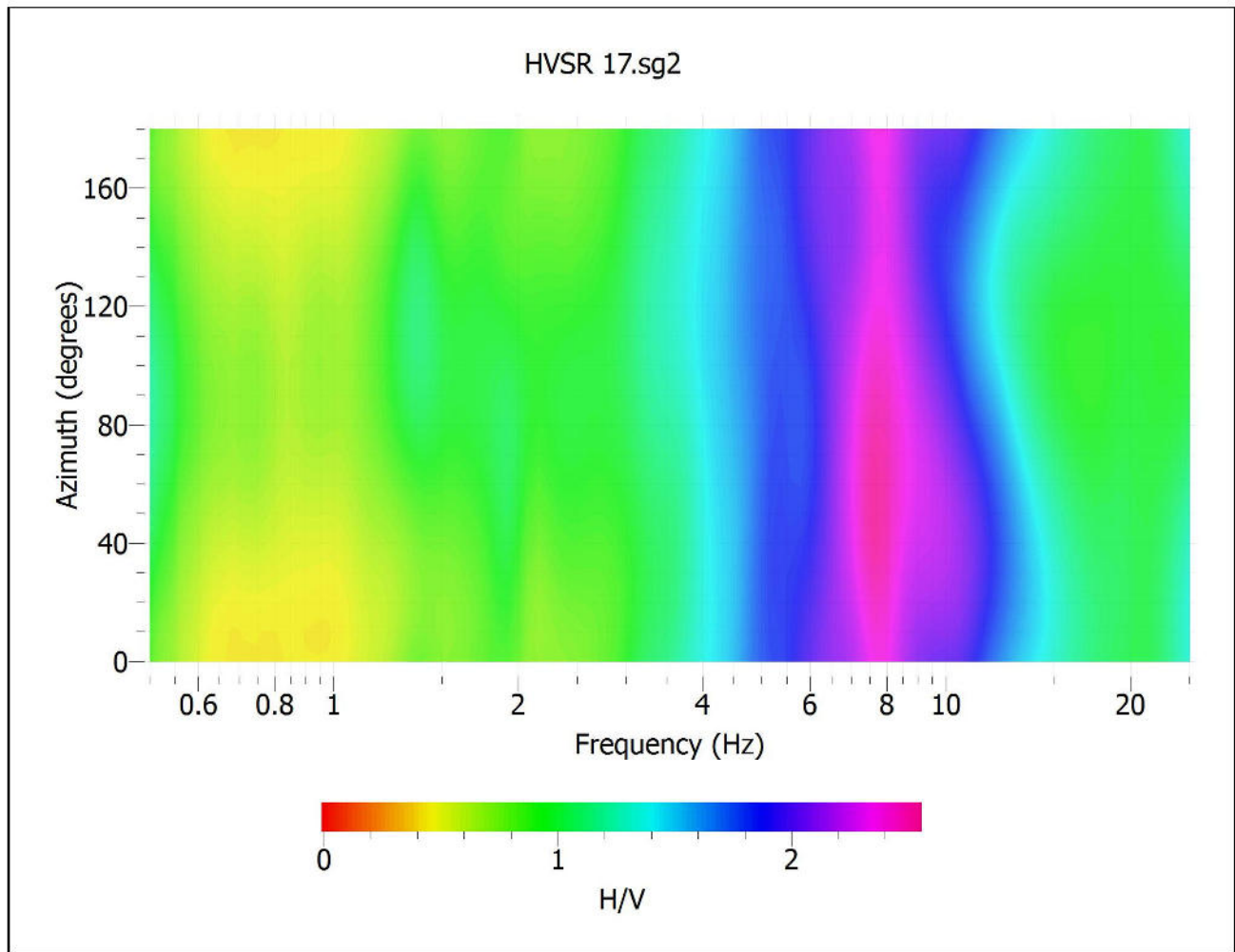


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

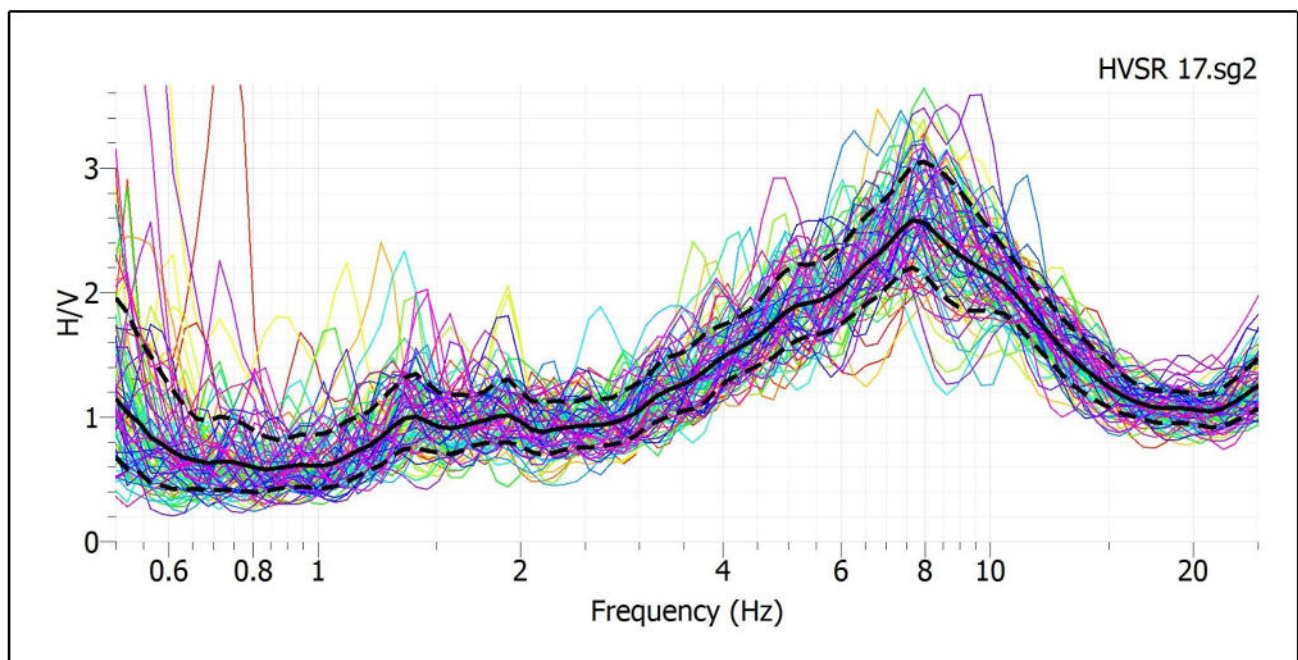


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 18

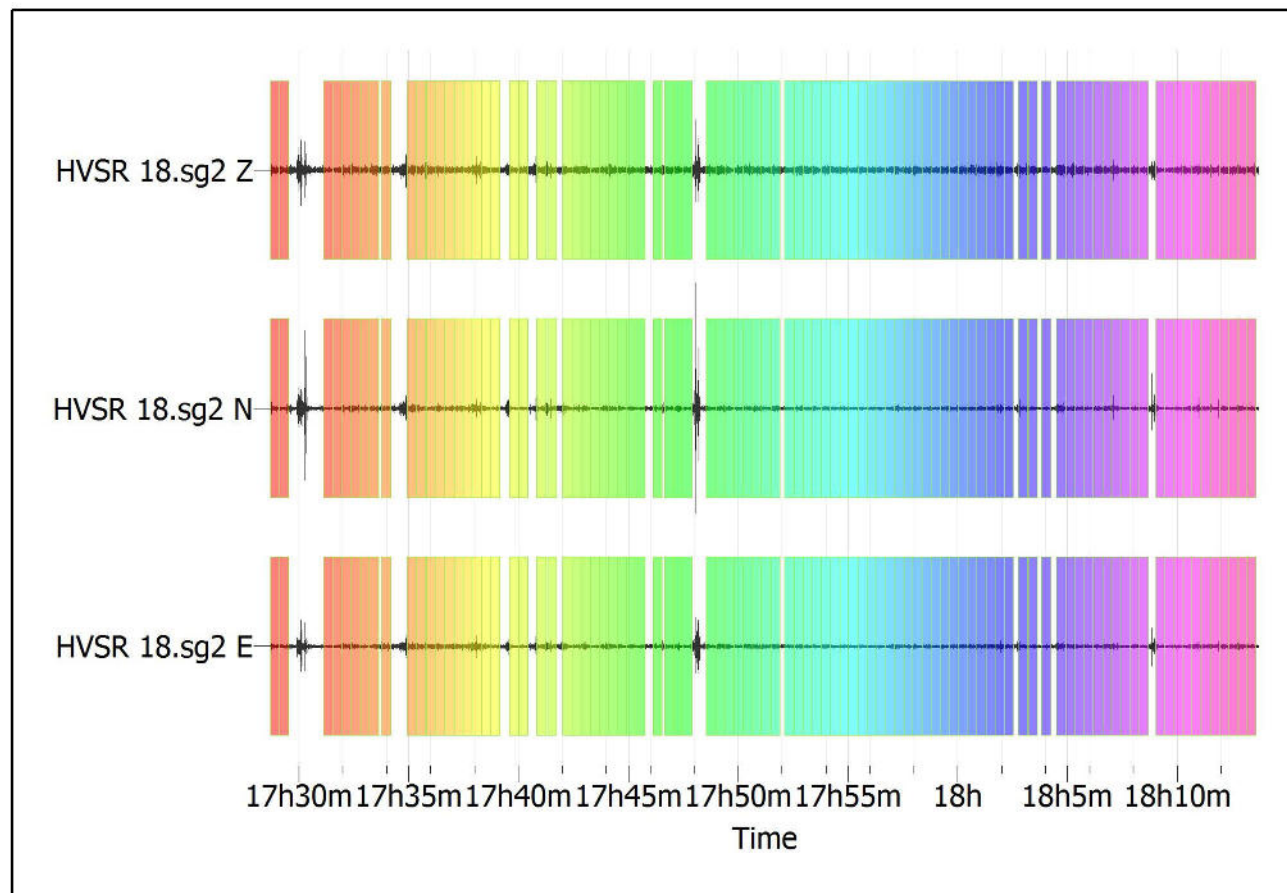


Fig. 1: *Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest*

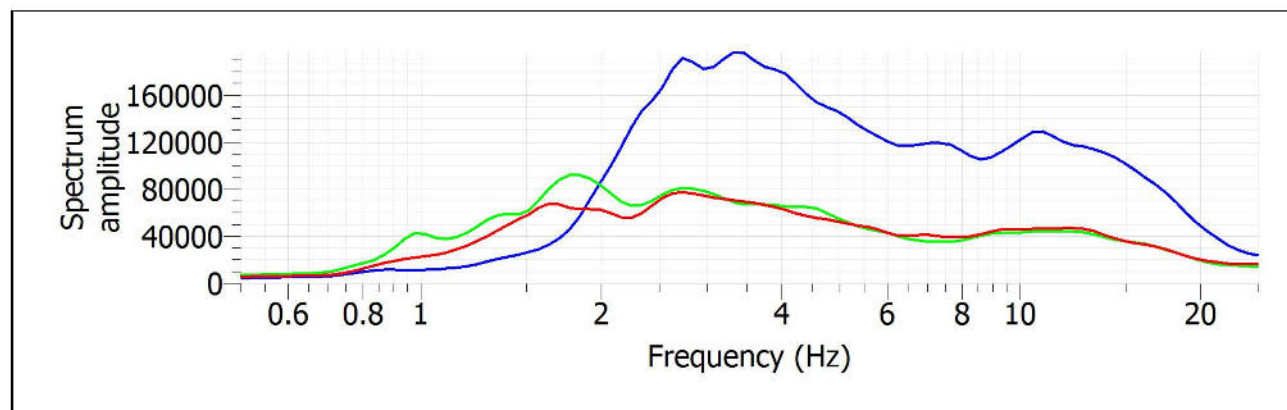


Fig. 2: *Spettri medi nelle tre direzioni*

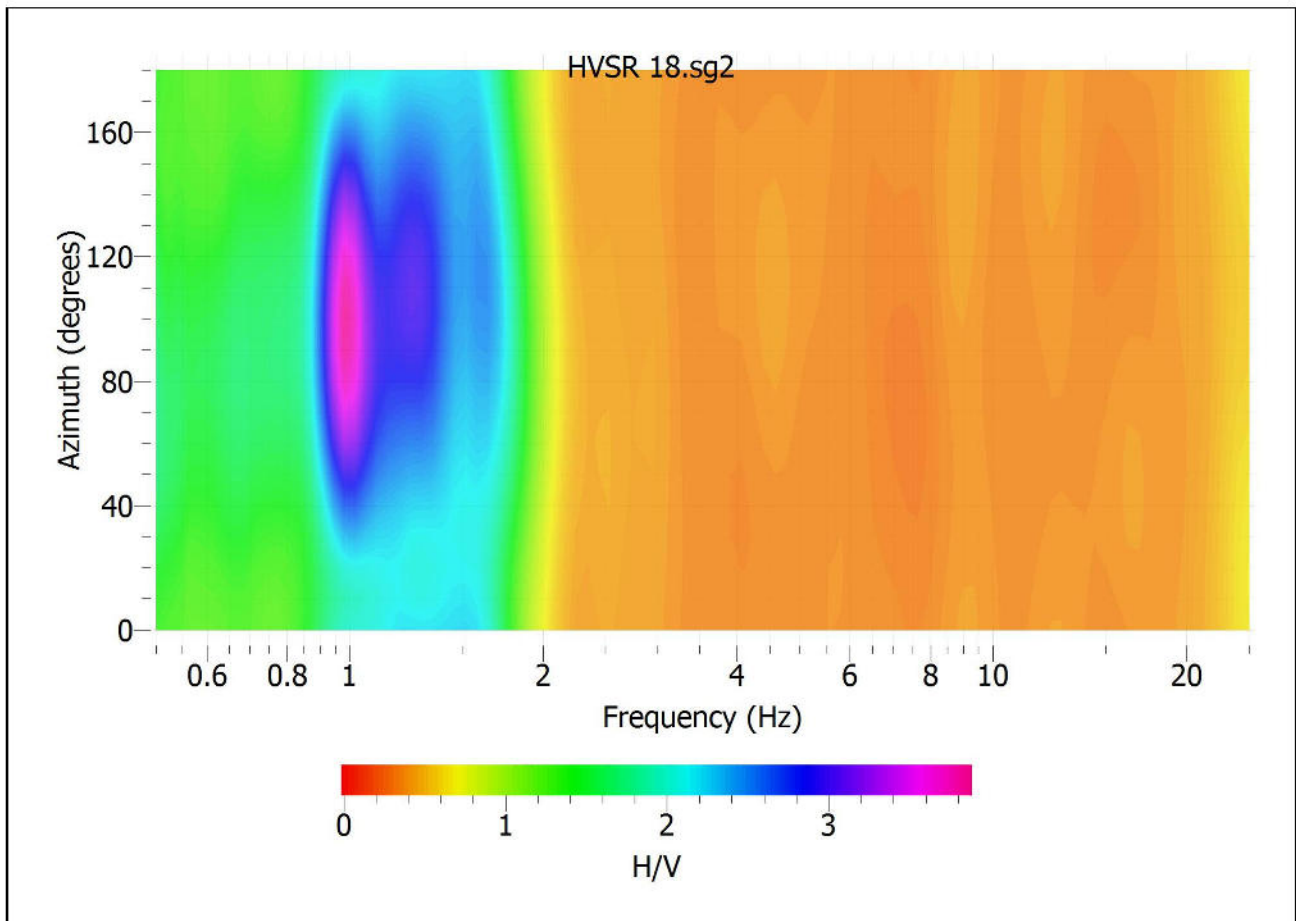


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

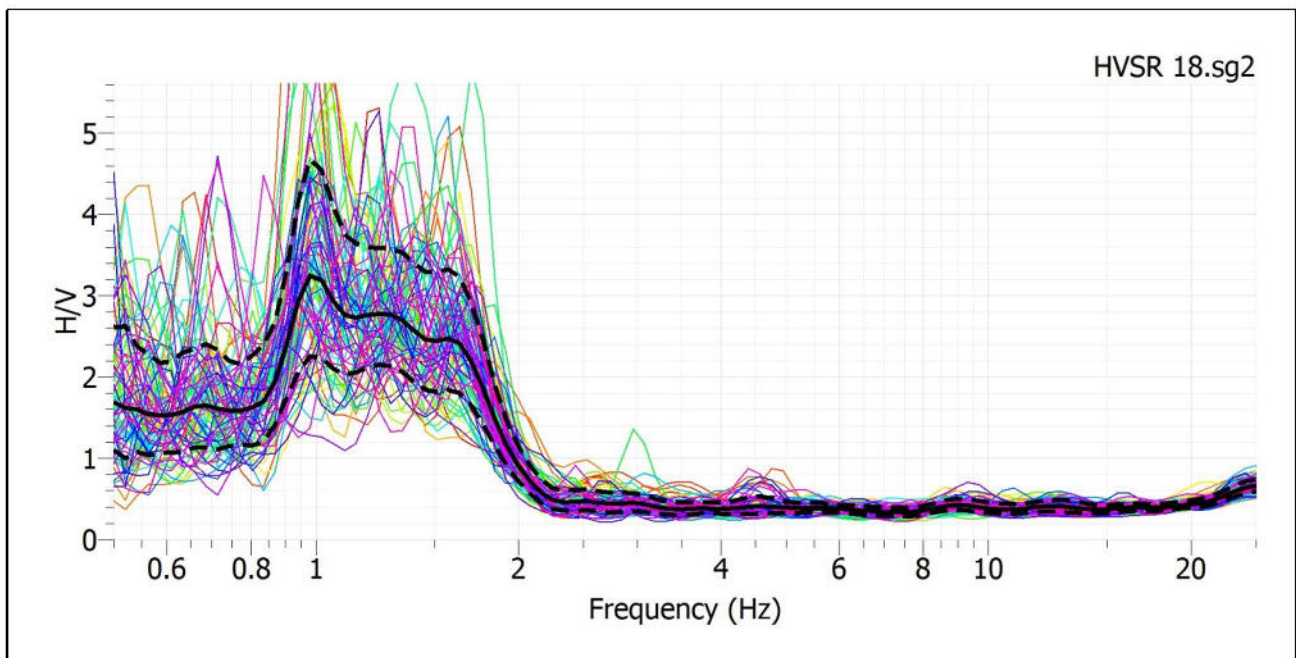


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 19

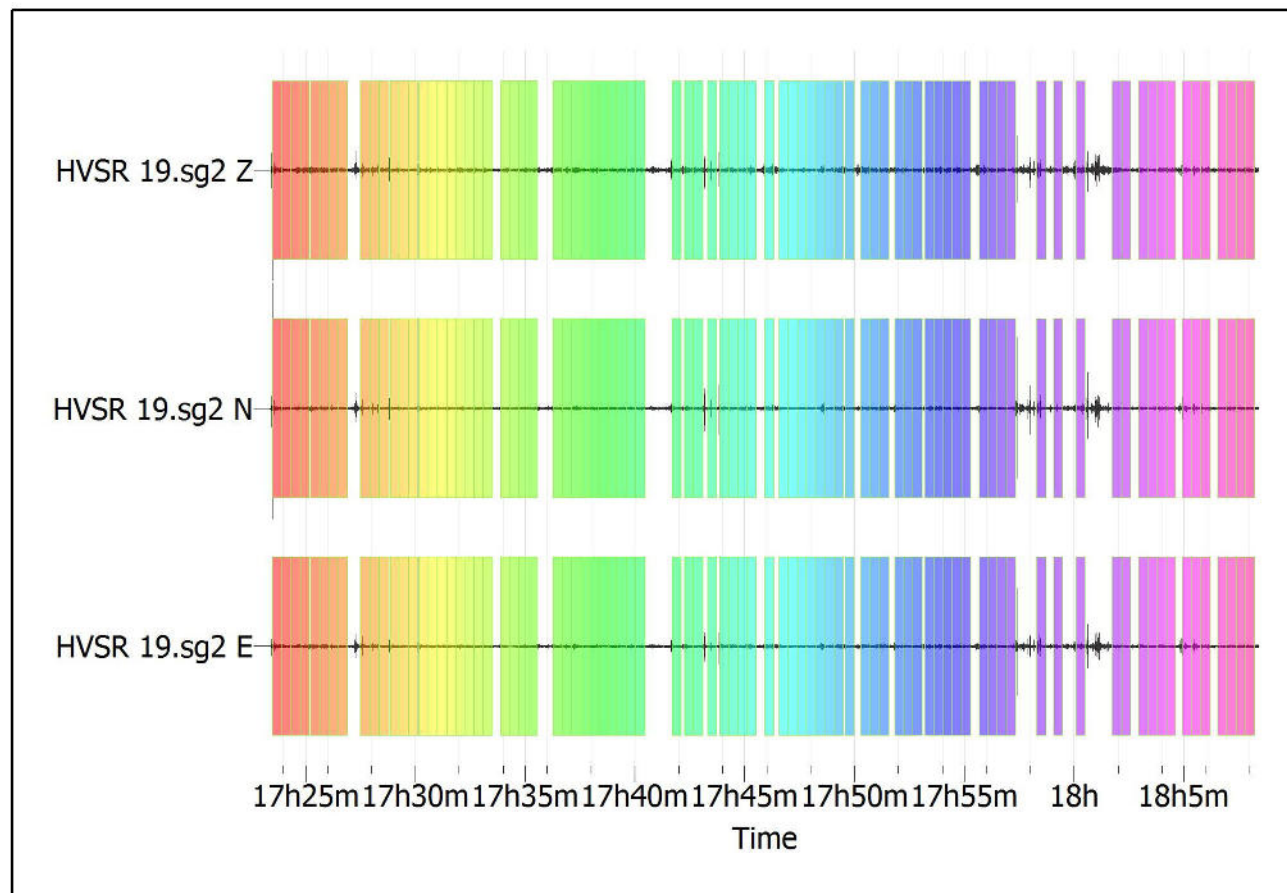


Fig. 1: *Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest*

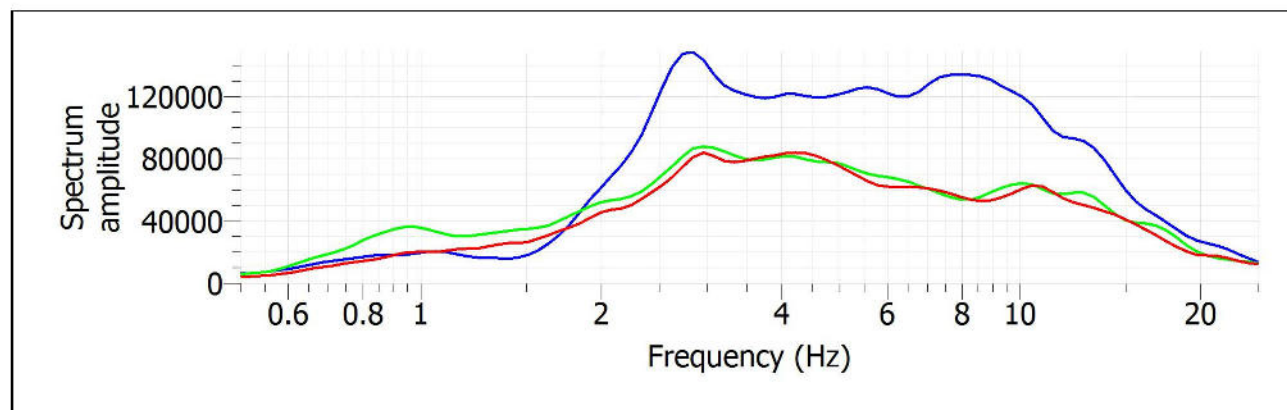


Fig. 2: *Spettri medi nelle tre direzioni*

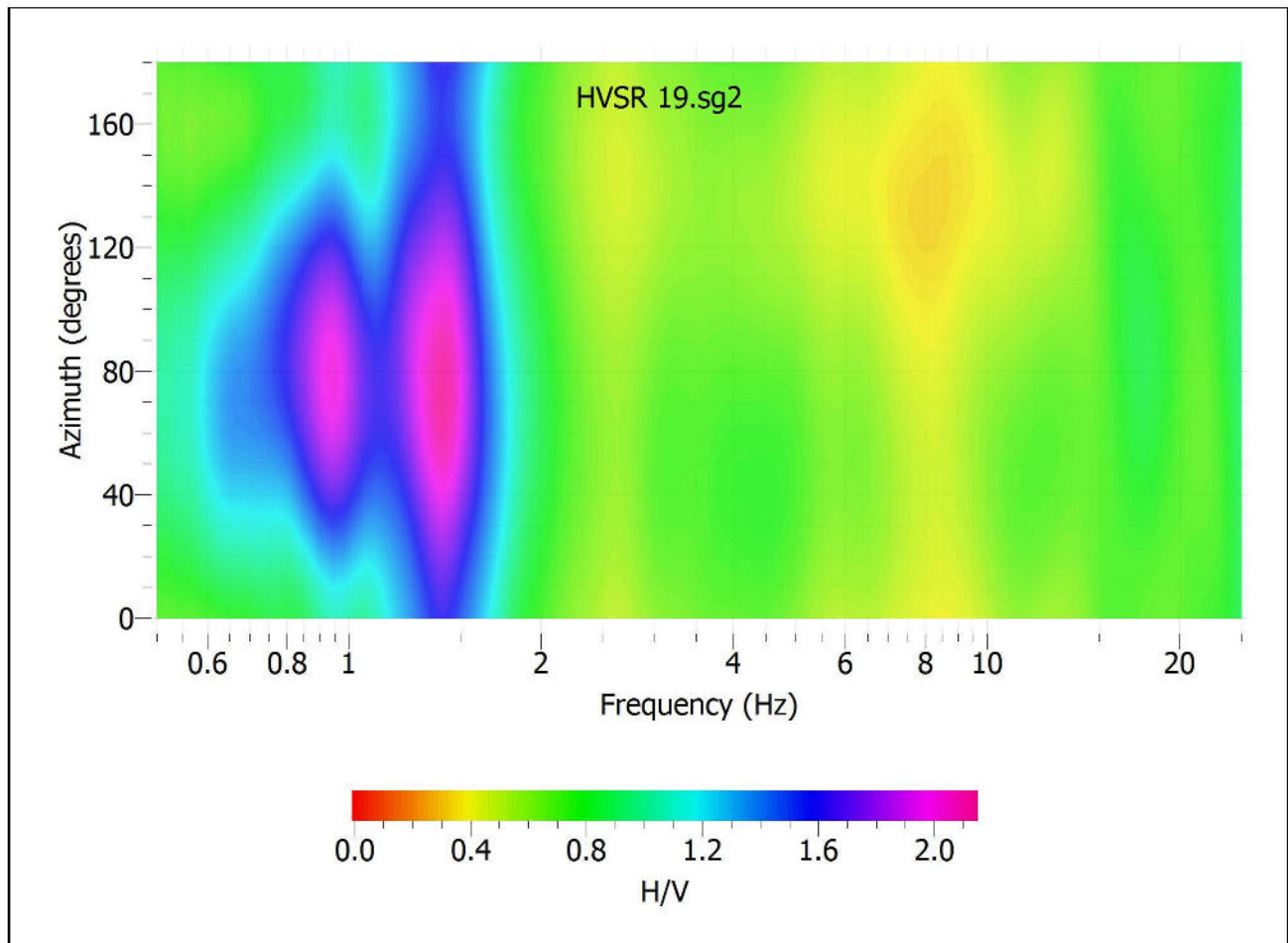


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

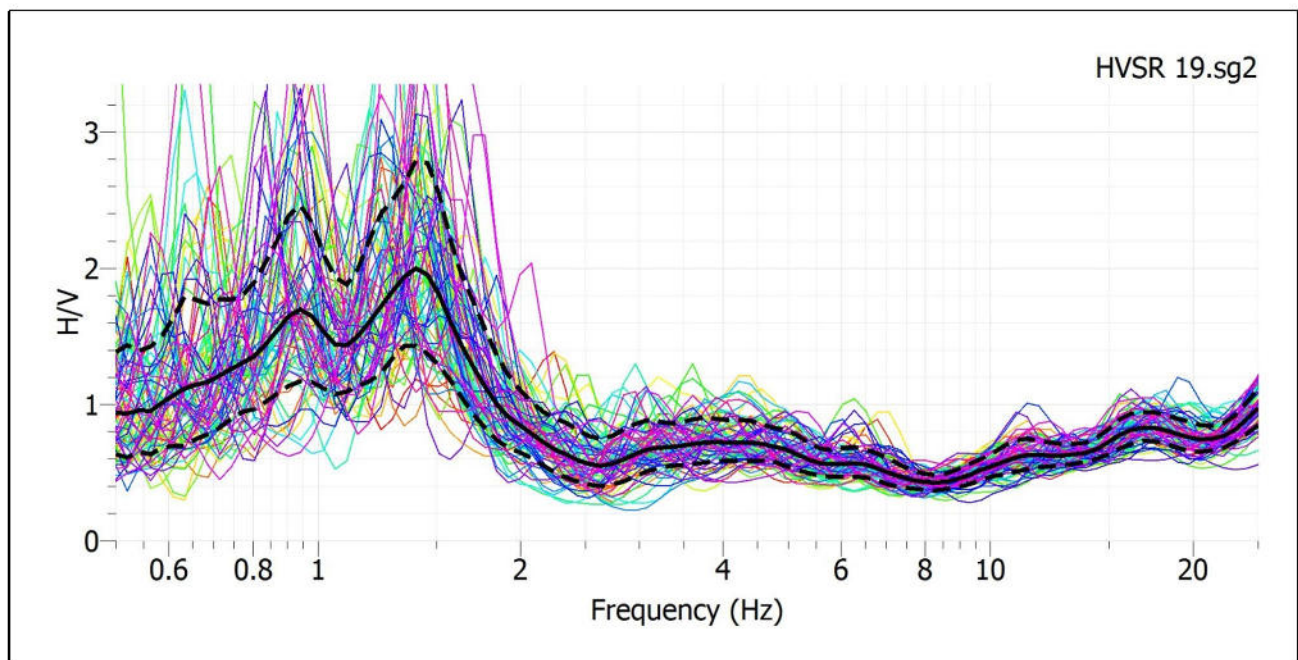


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 20

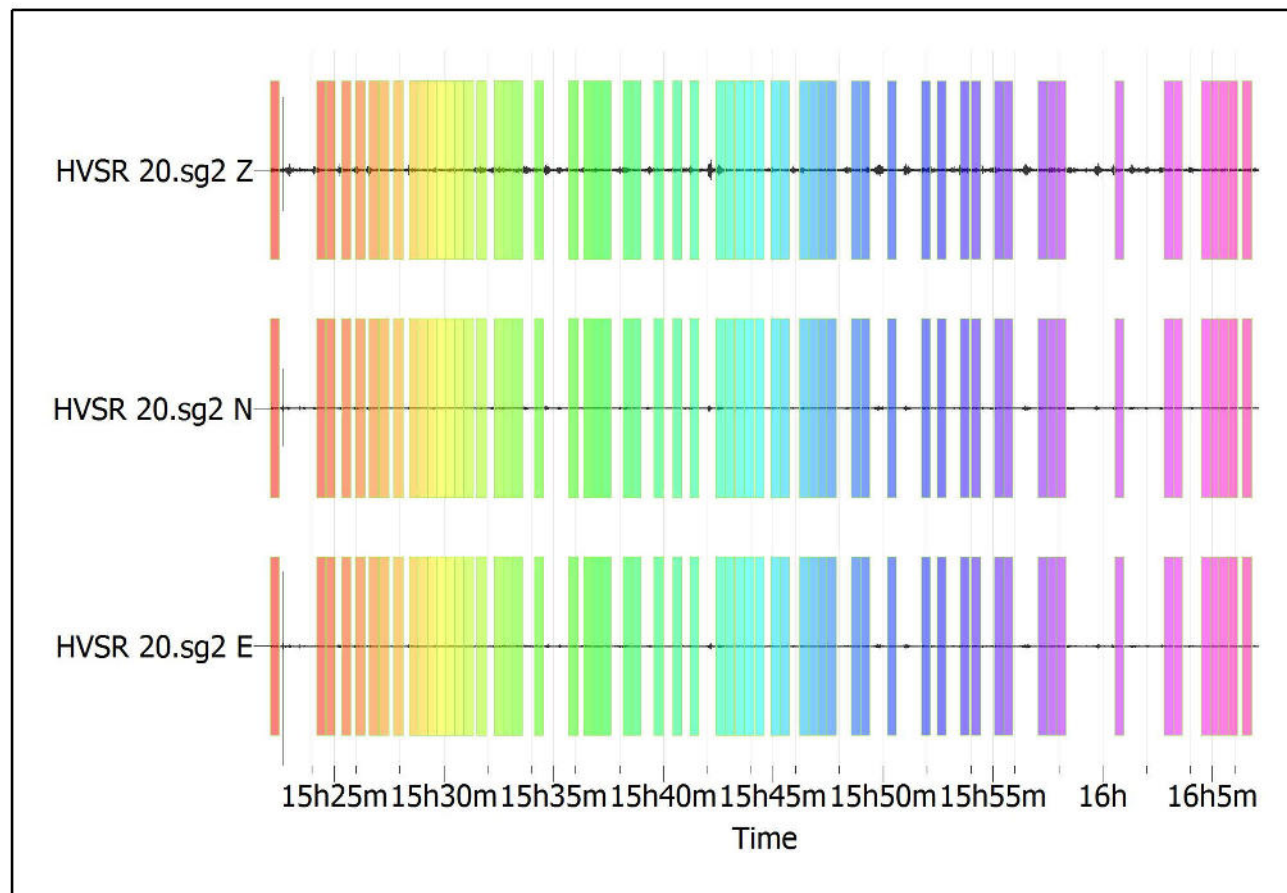


Fig. 1: *Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest*

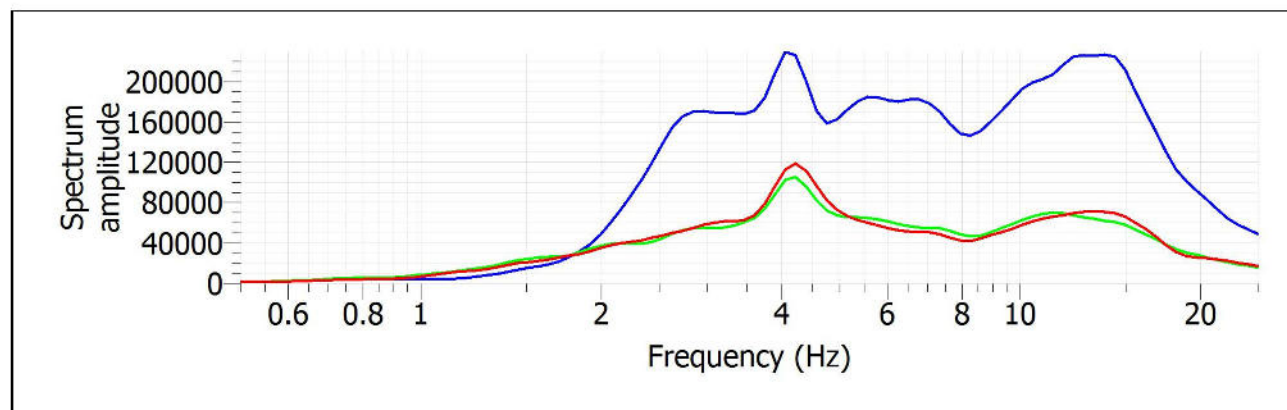


Fig. 2: *Spettri medi nelle tre direzioni*

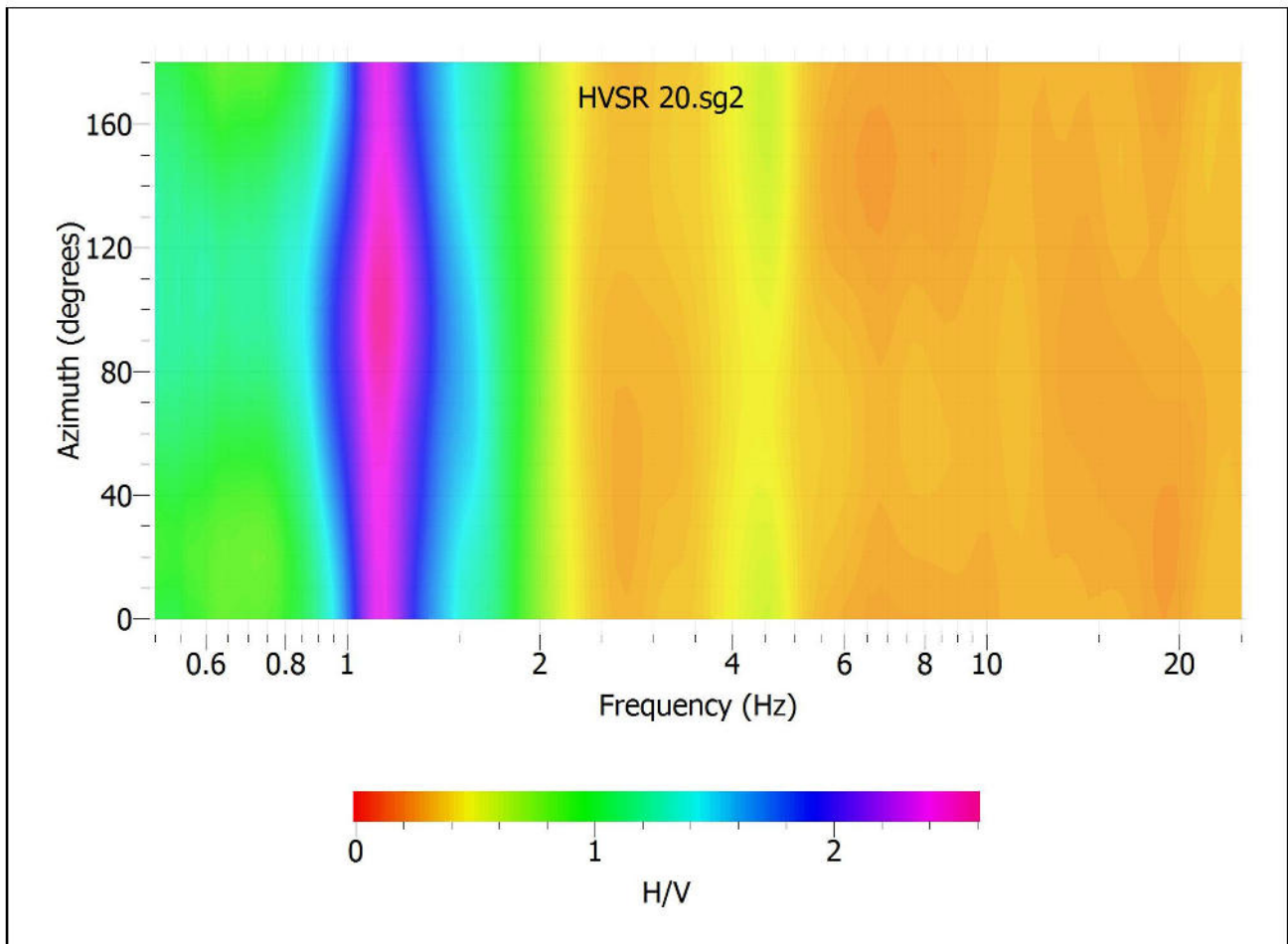


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

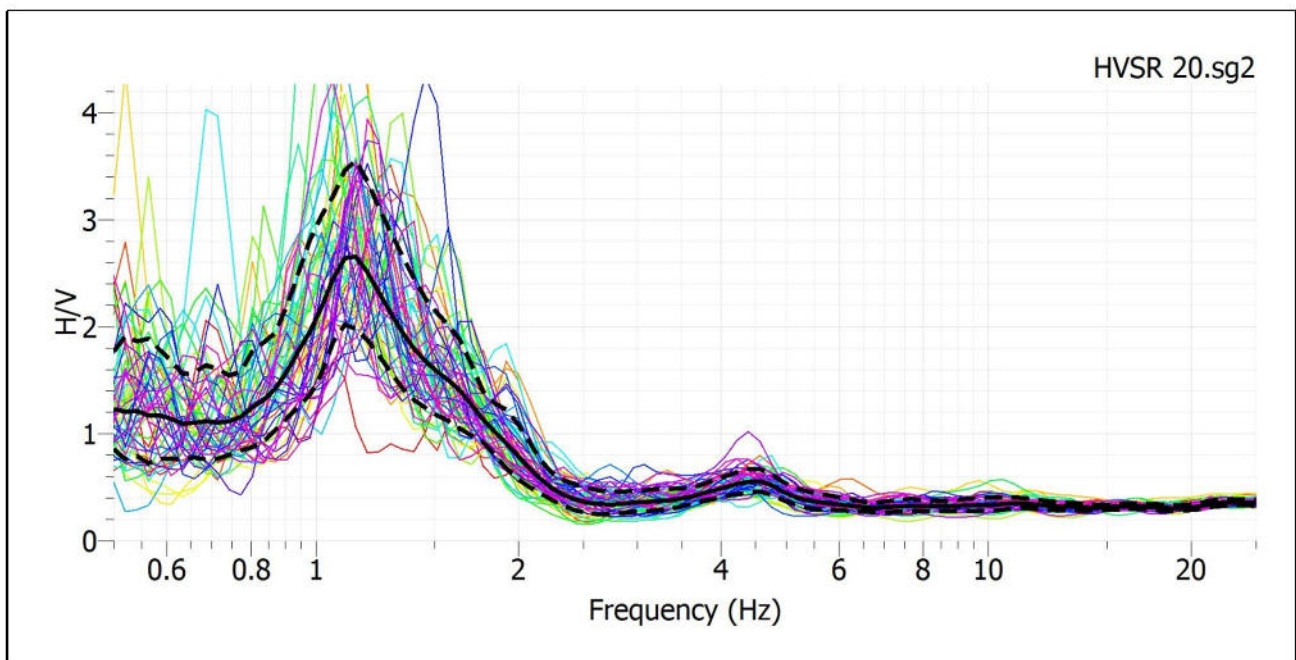


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 21

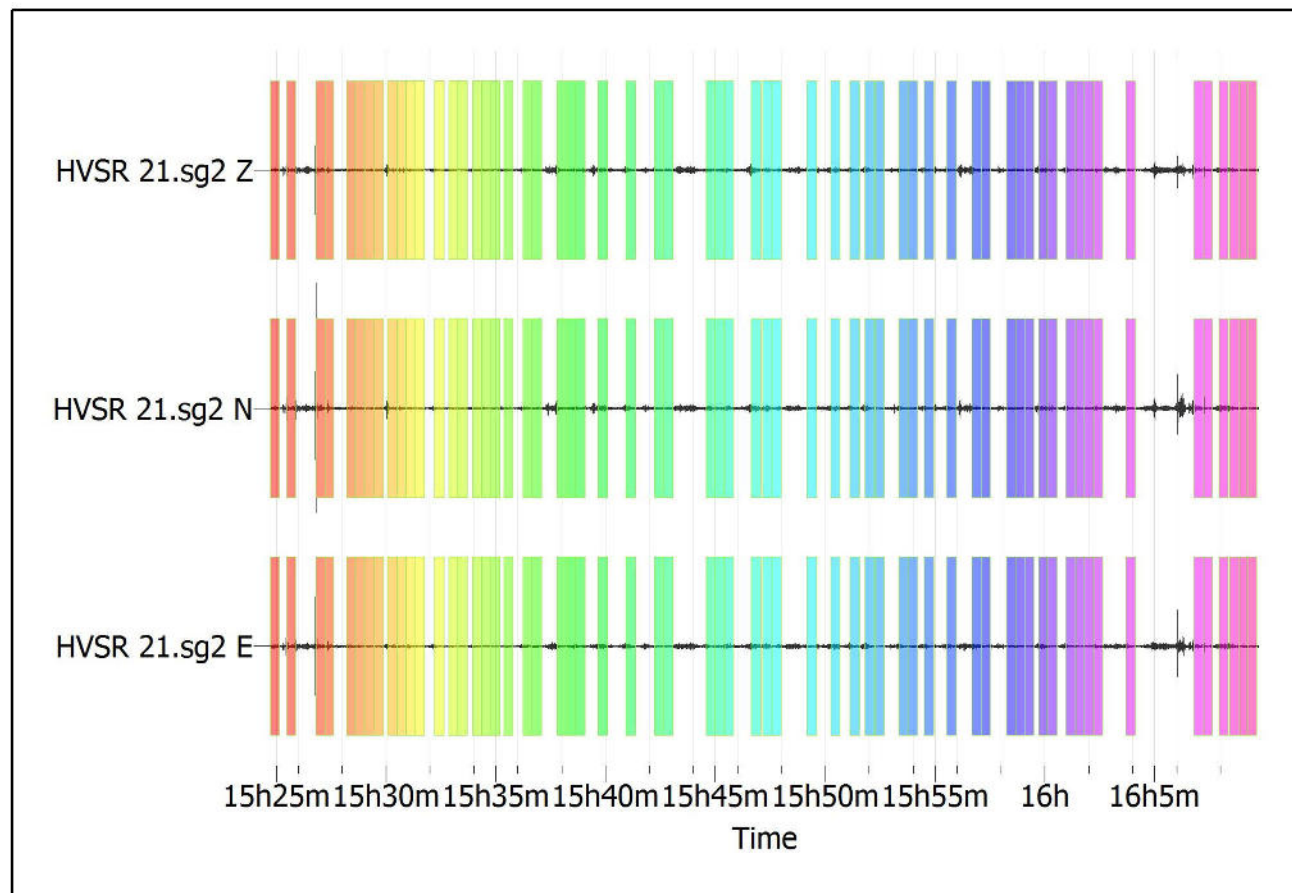


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

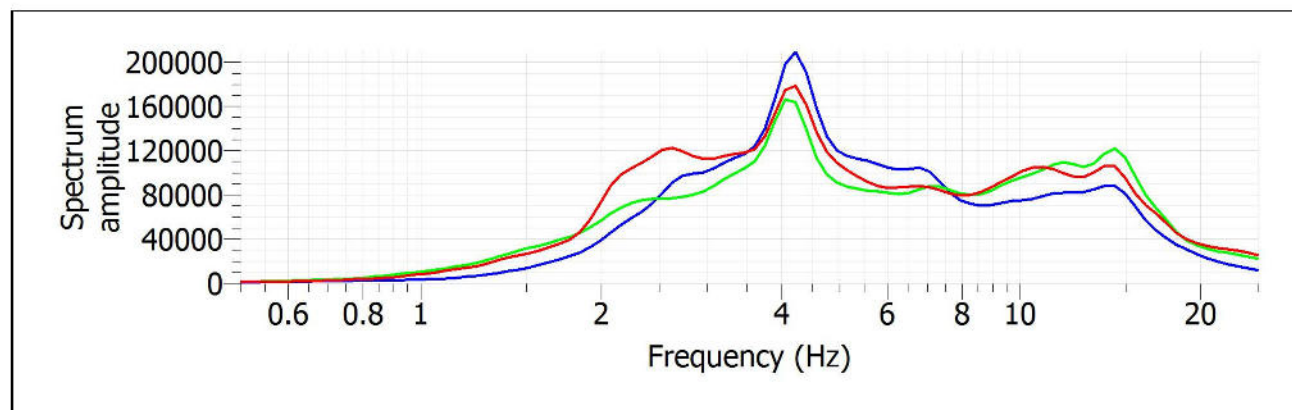


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

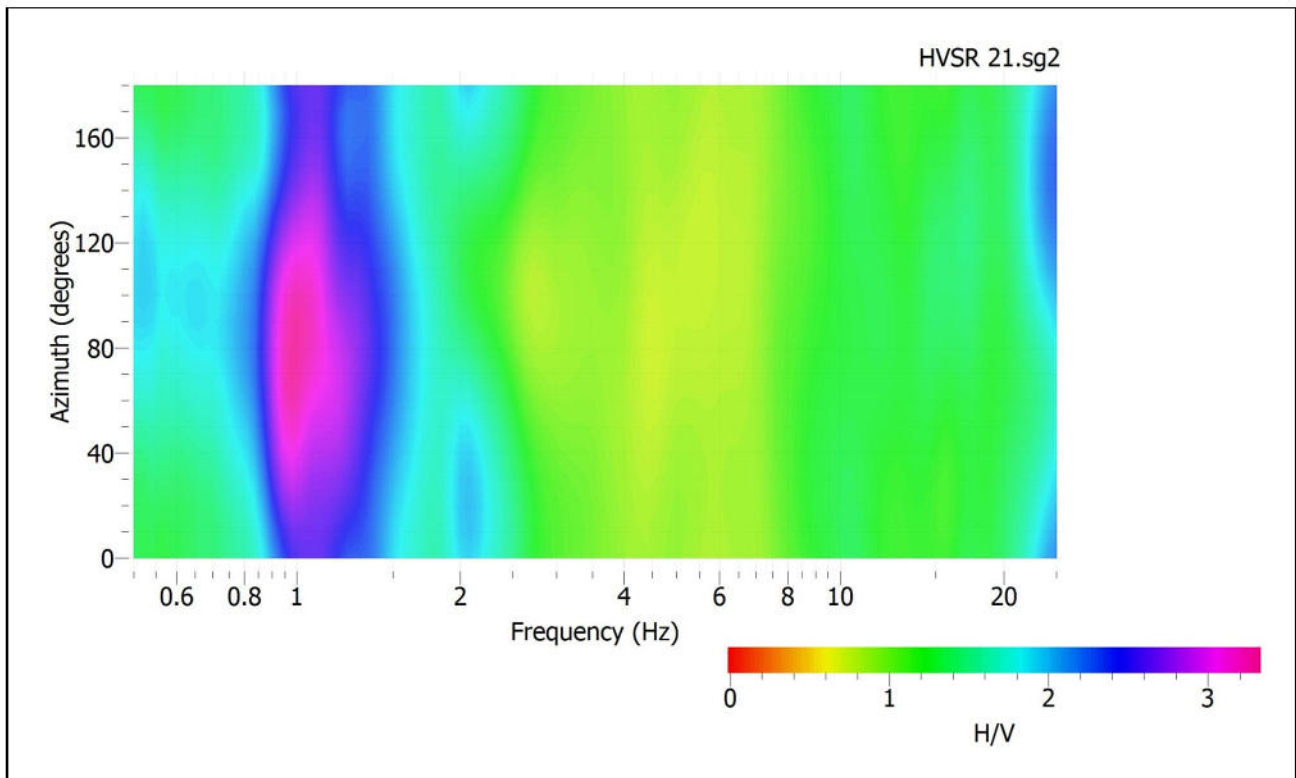


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

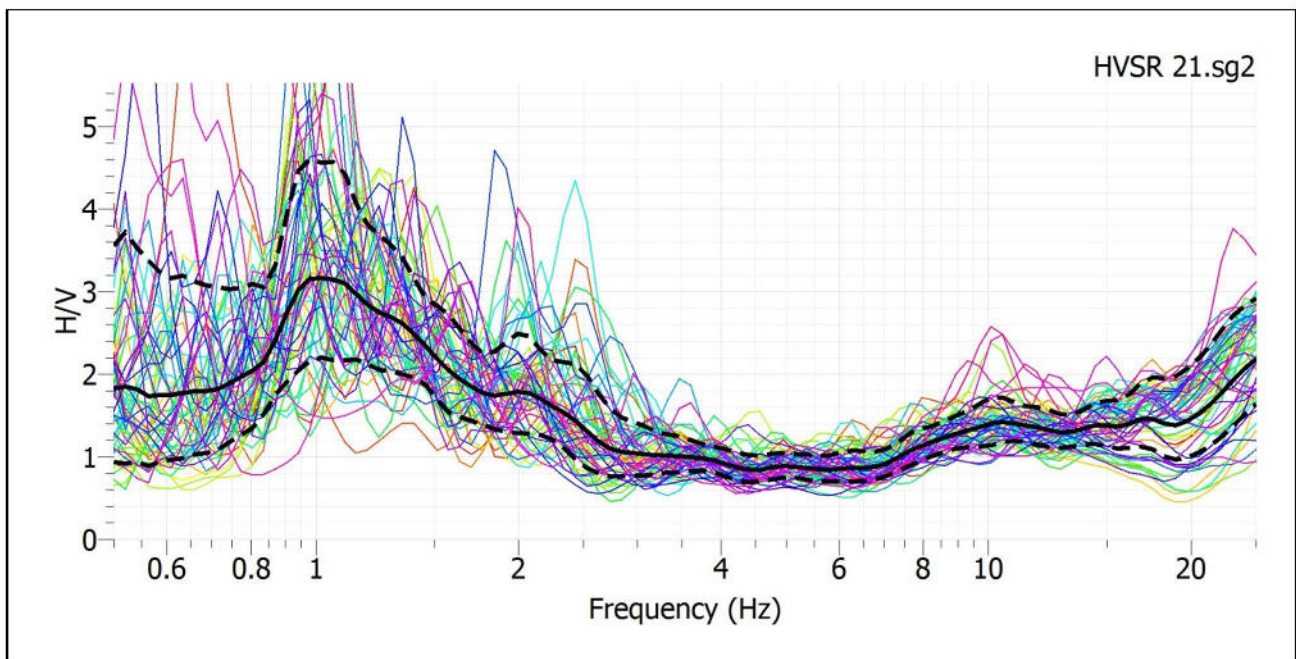


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 22

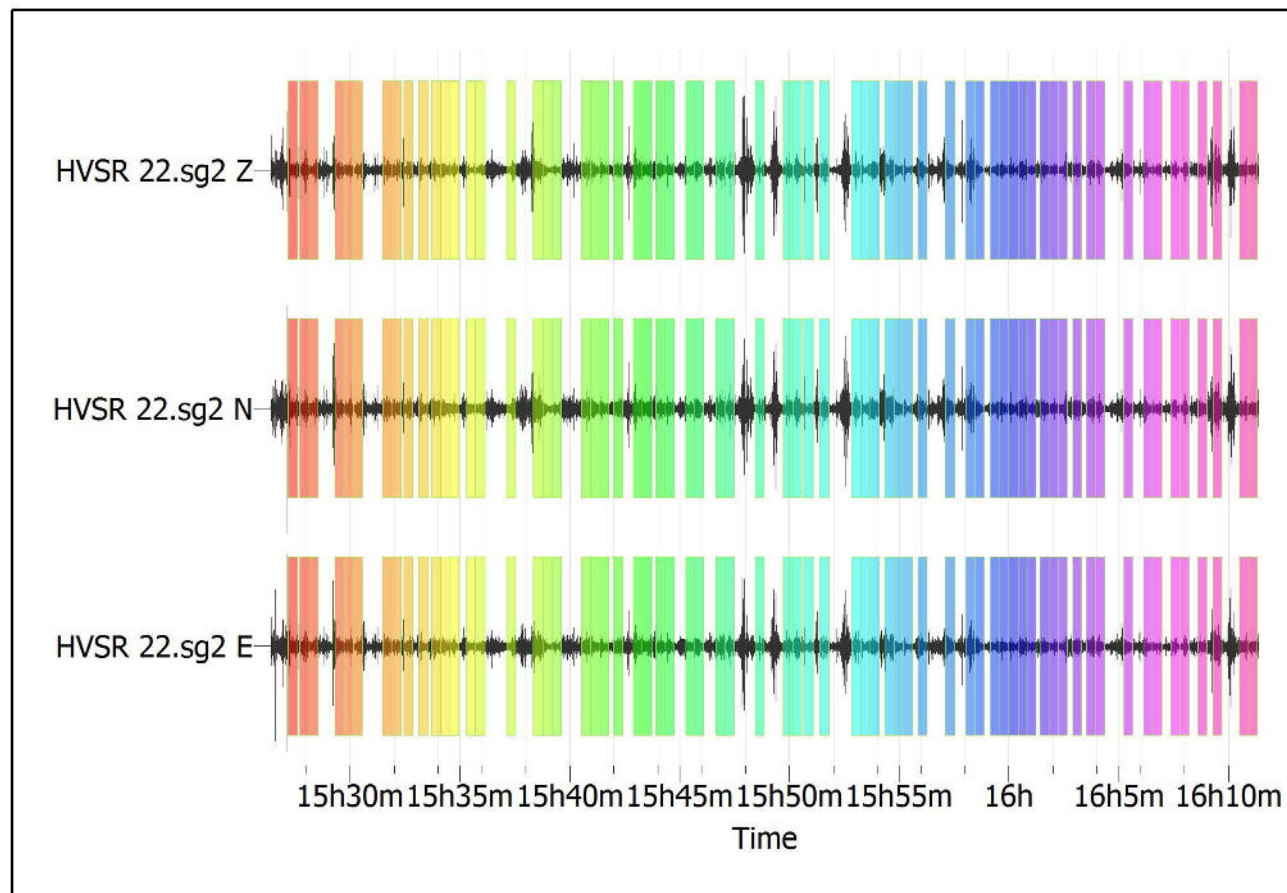


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

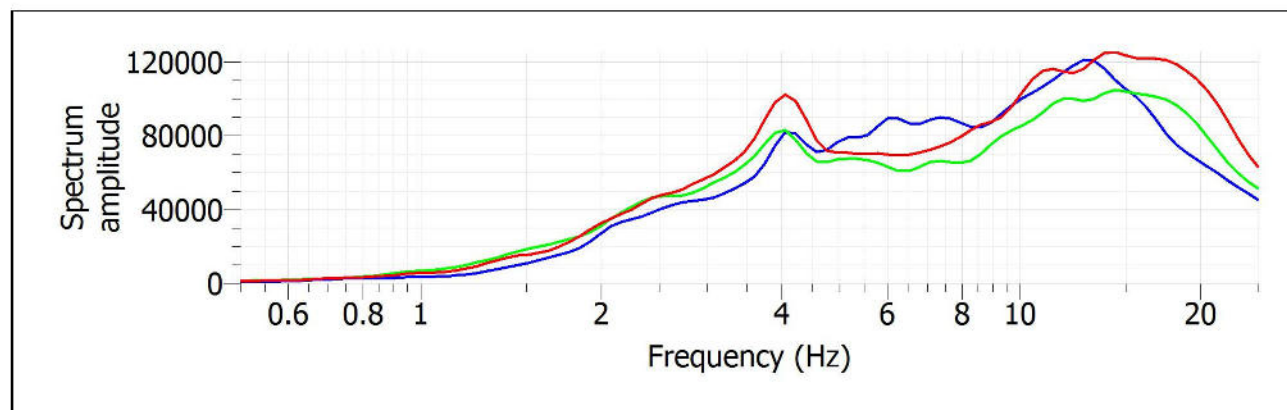


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

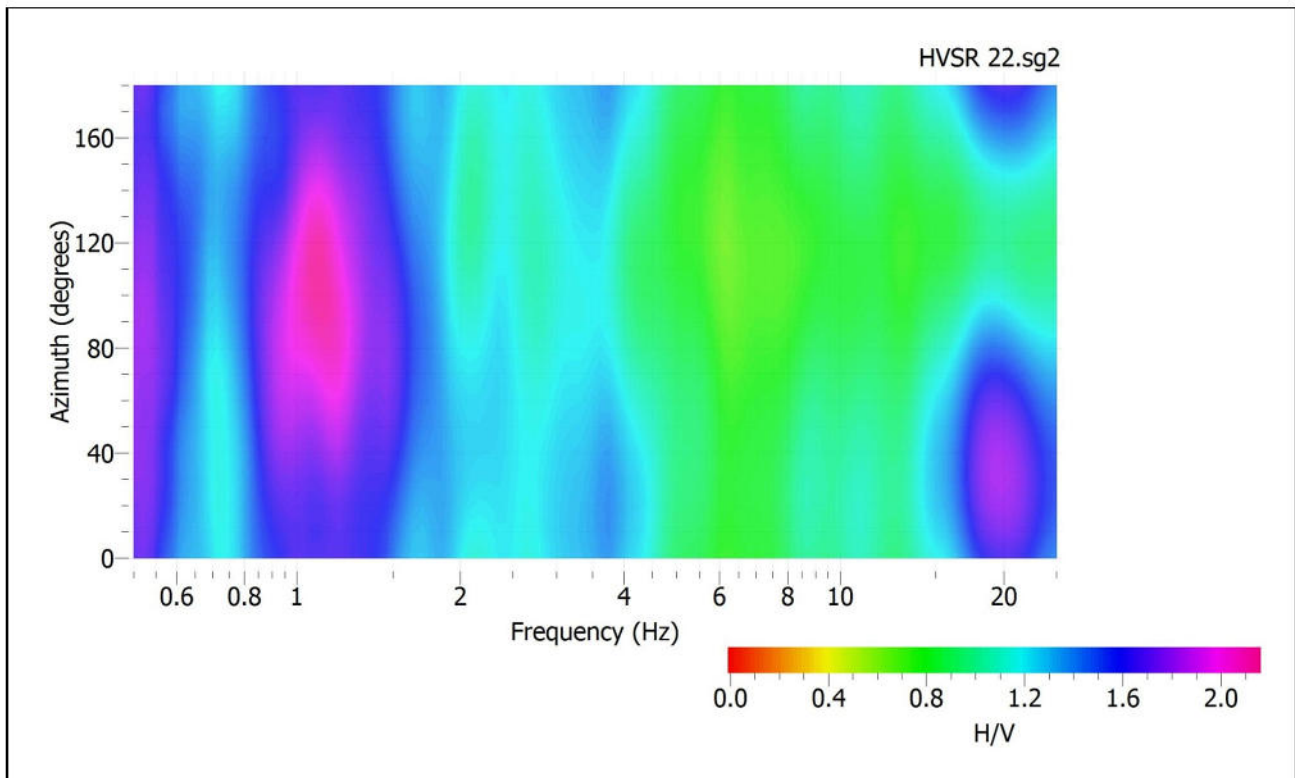


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

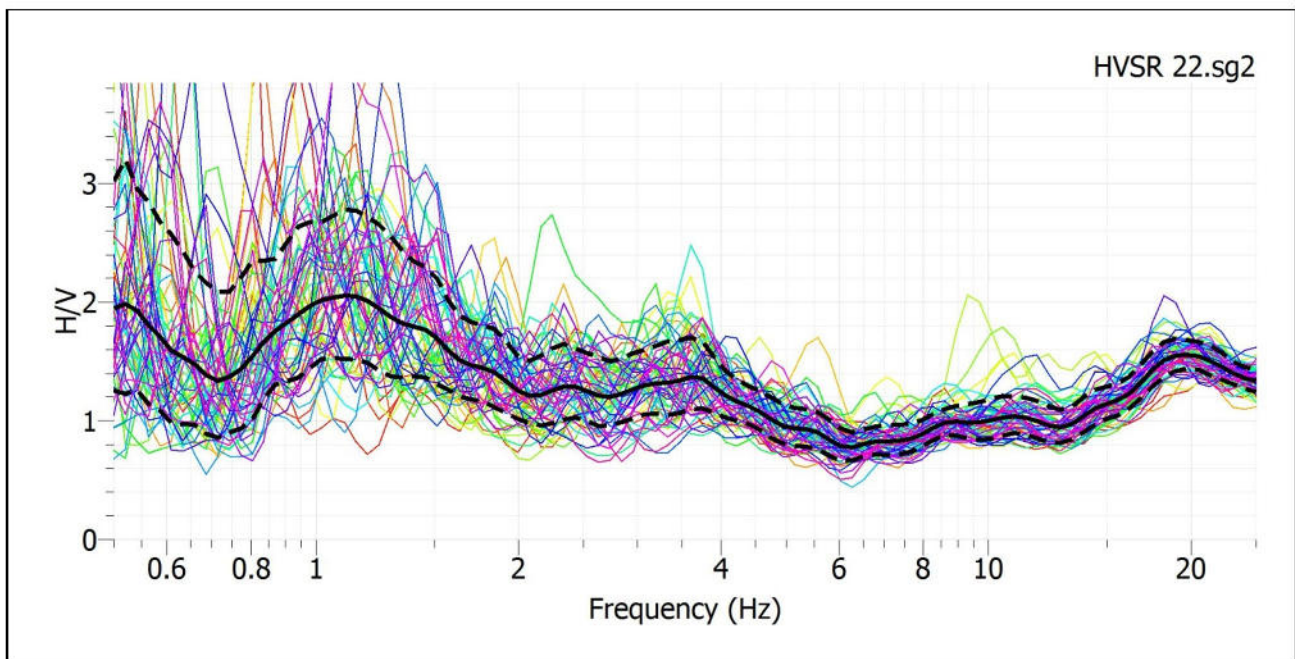


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 23

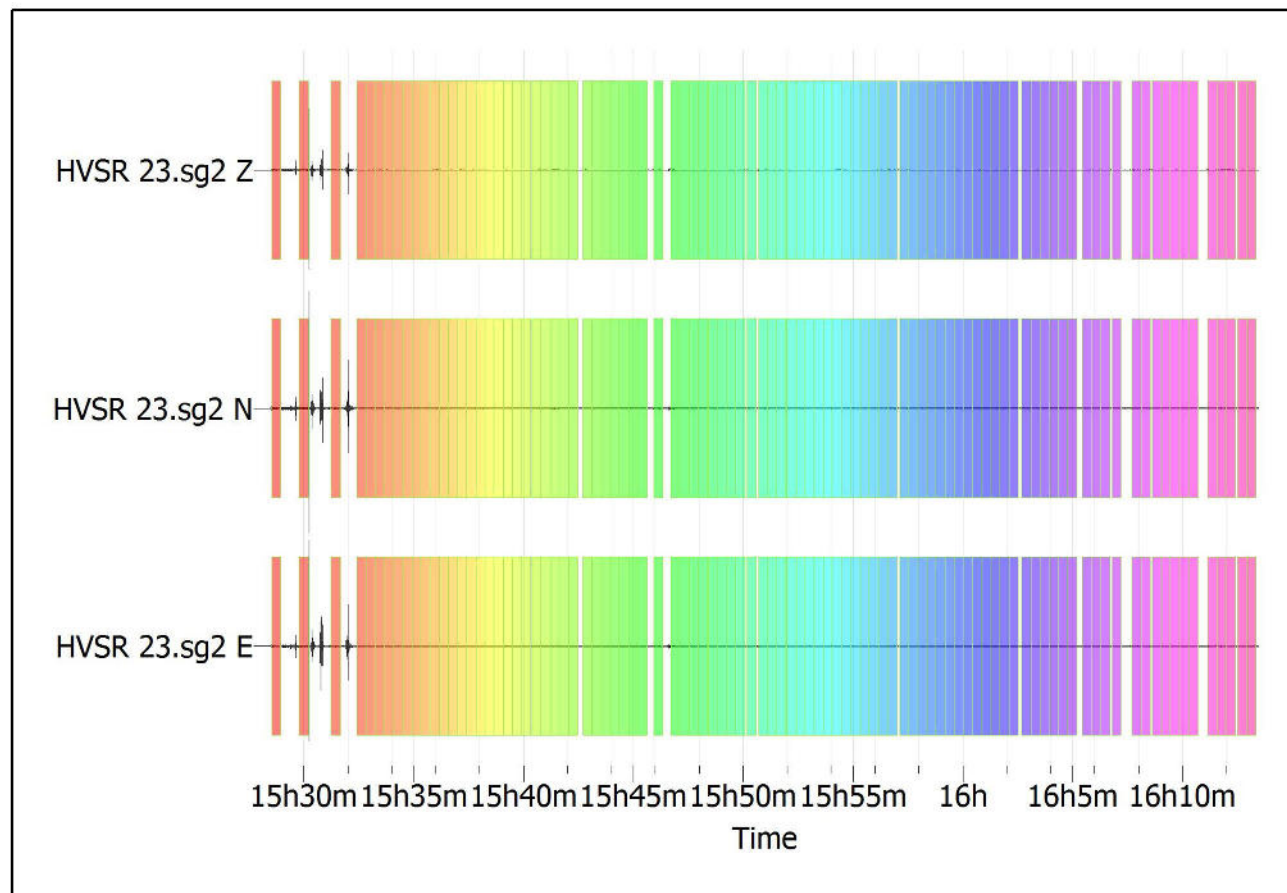


Fig. 1: *Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest*

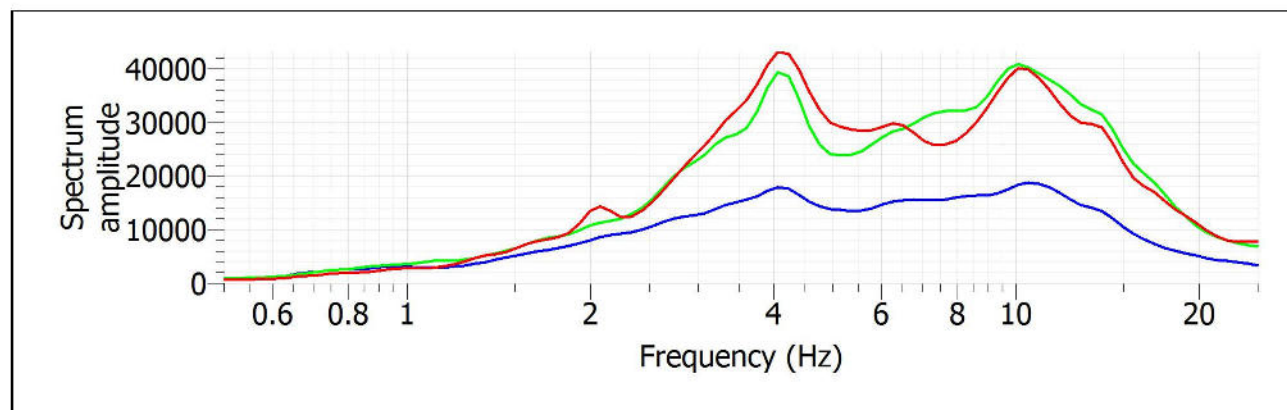


Fig. 2: *Spettri medi nelle tre direzioni*

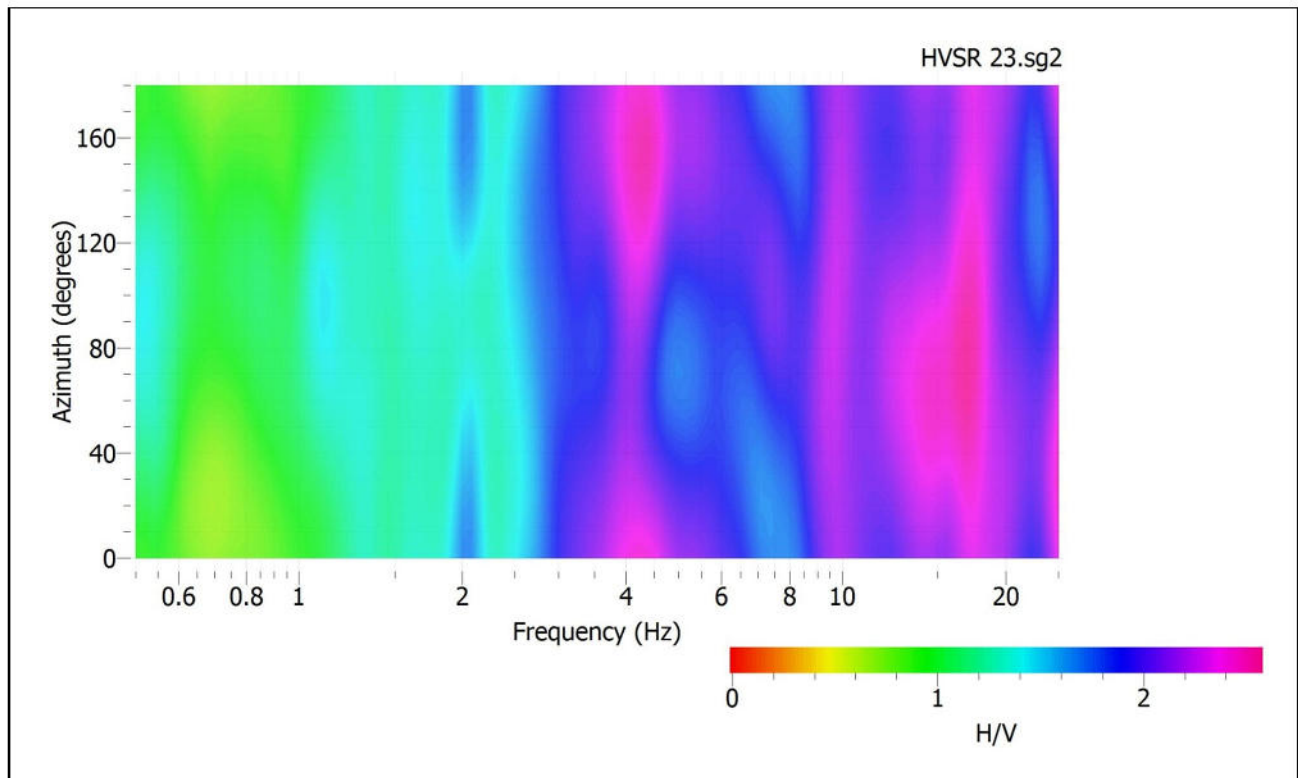


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

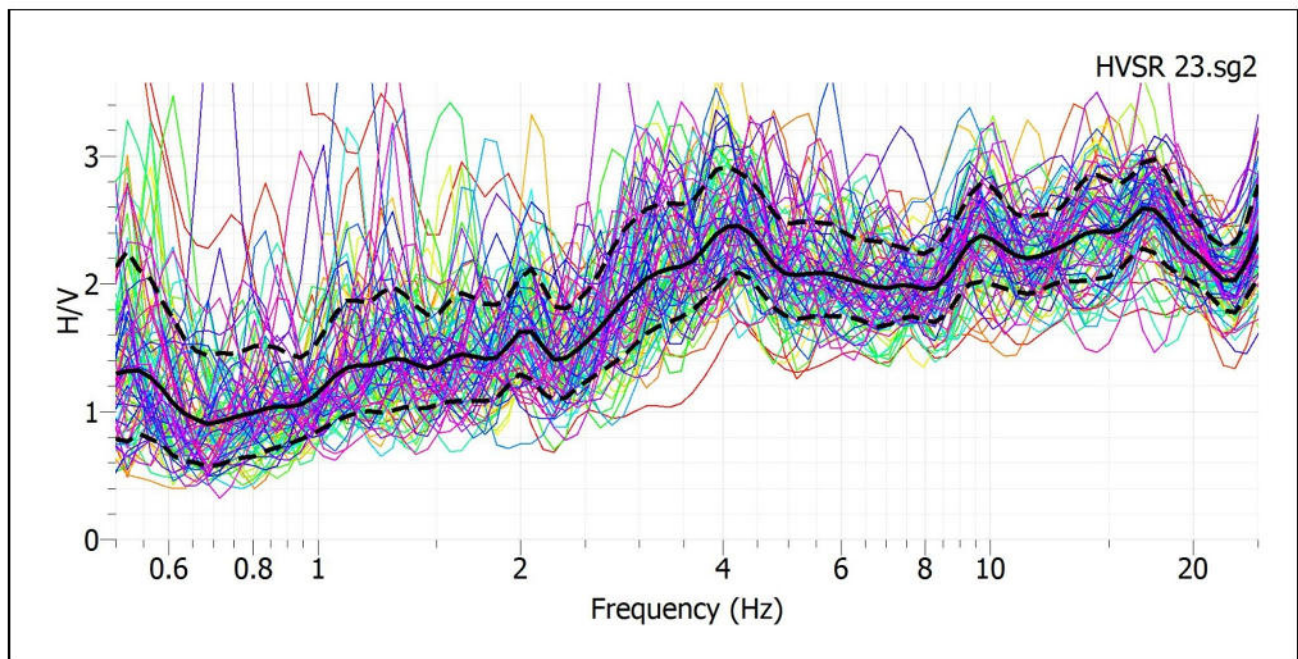


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 24

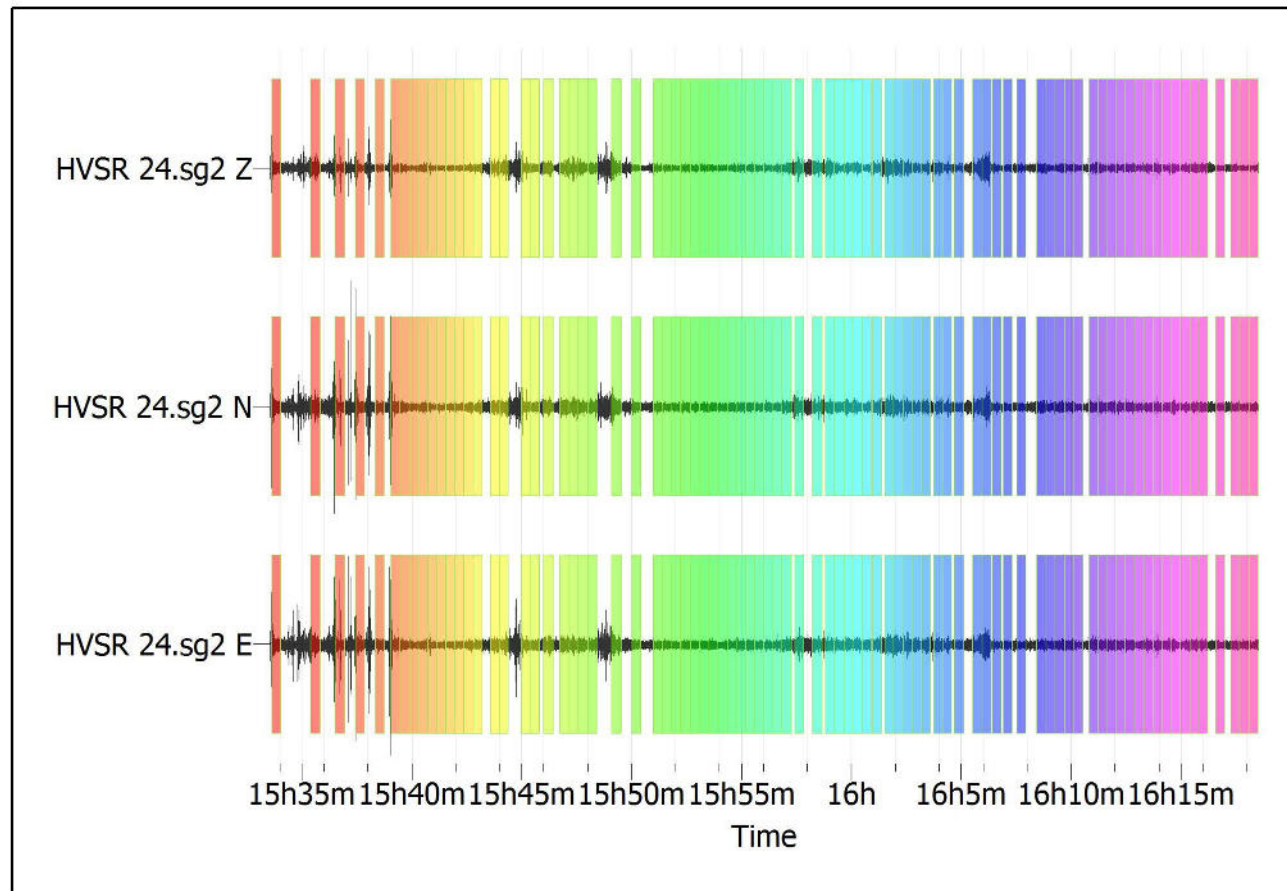


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

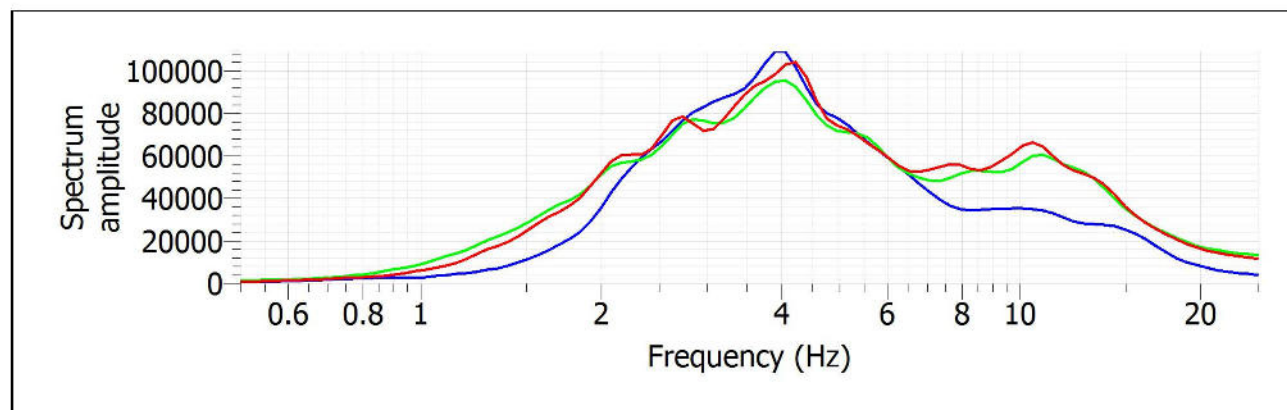


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

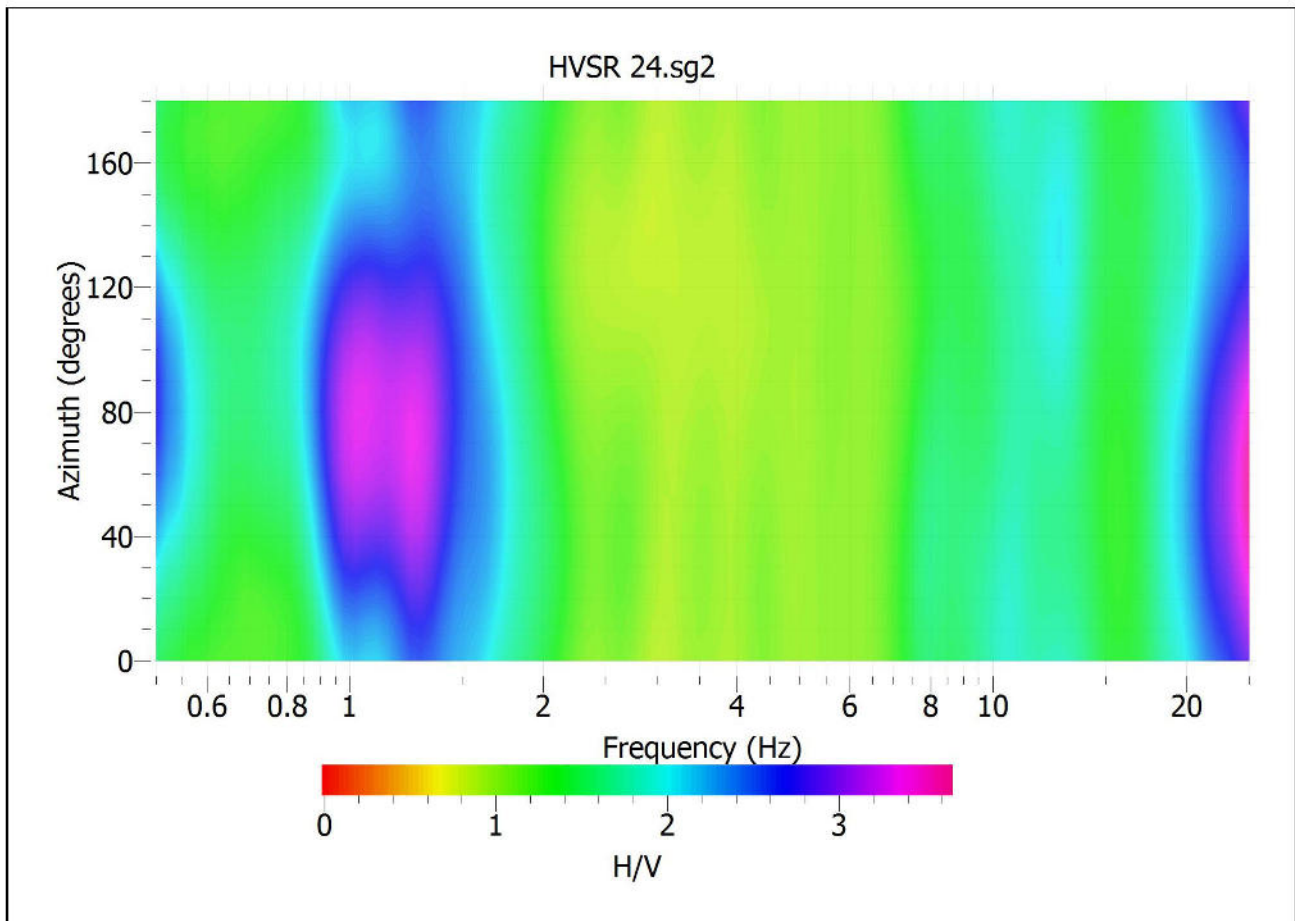


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

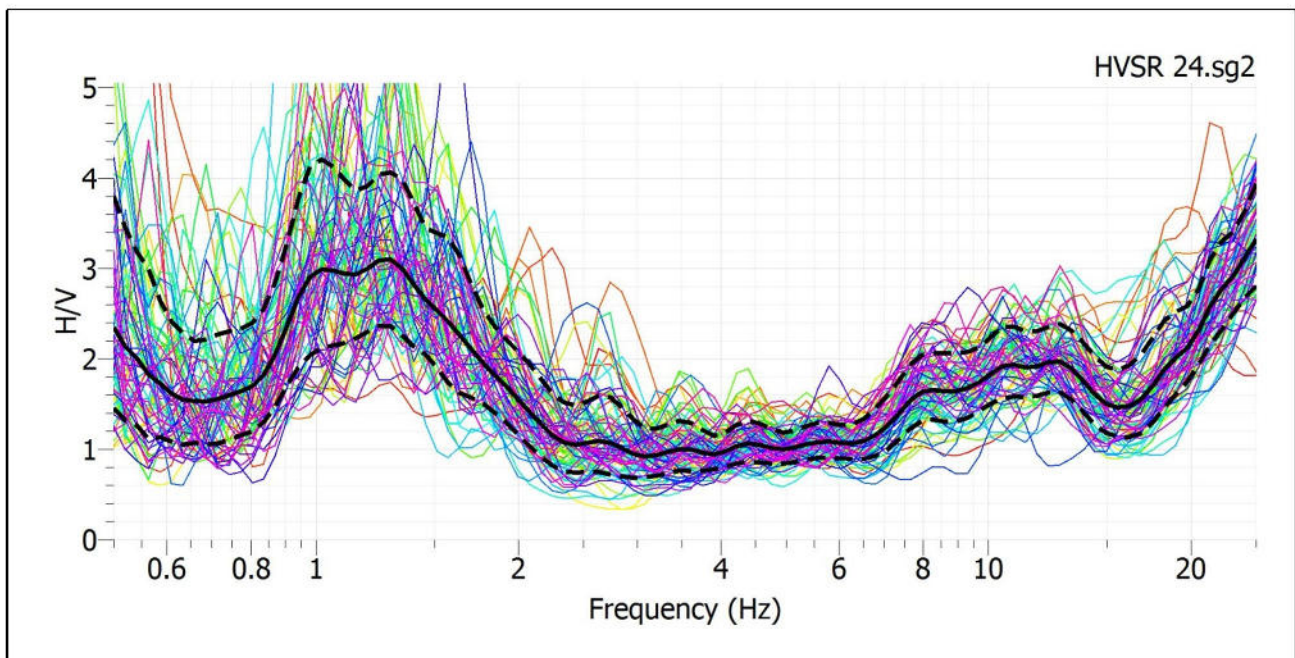


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 25

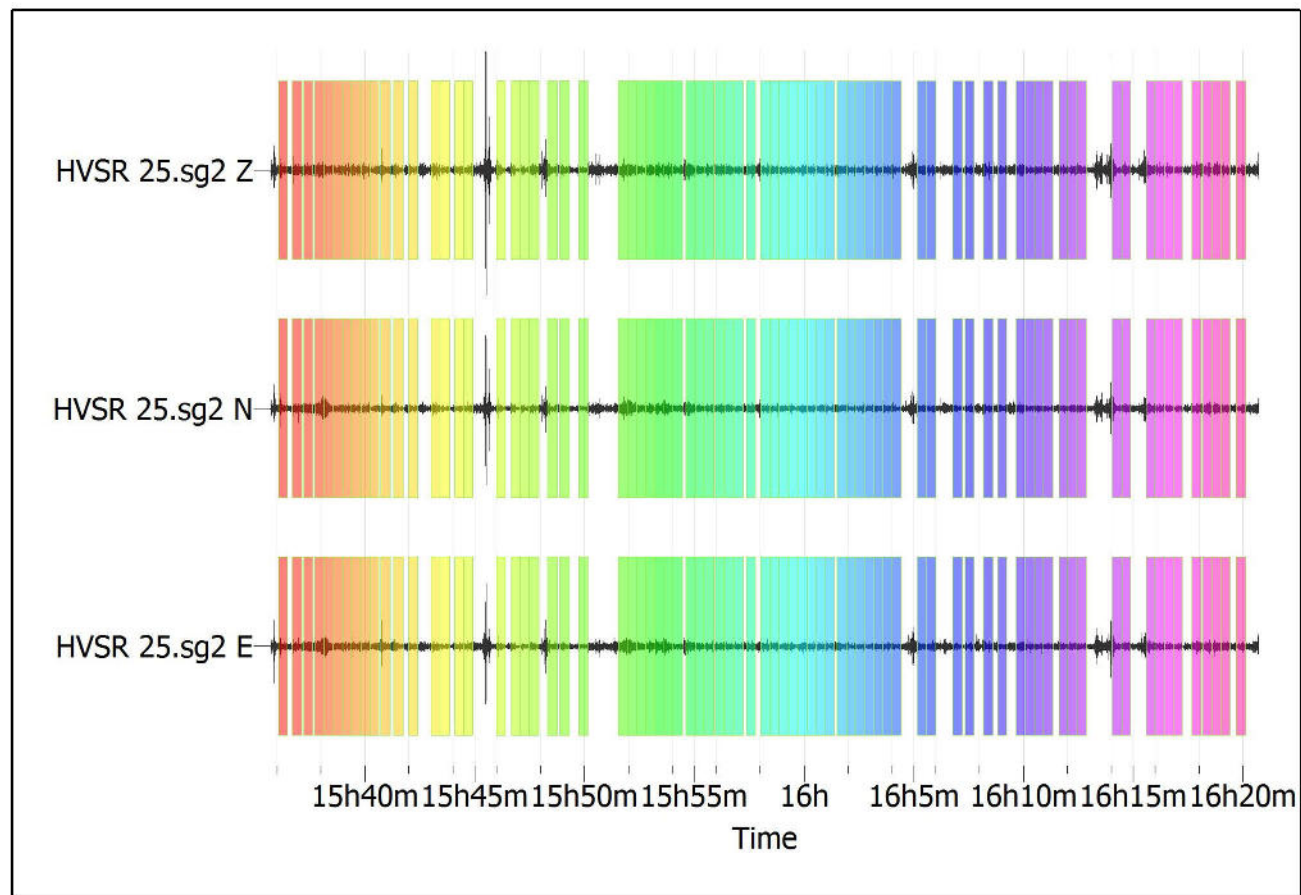


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

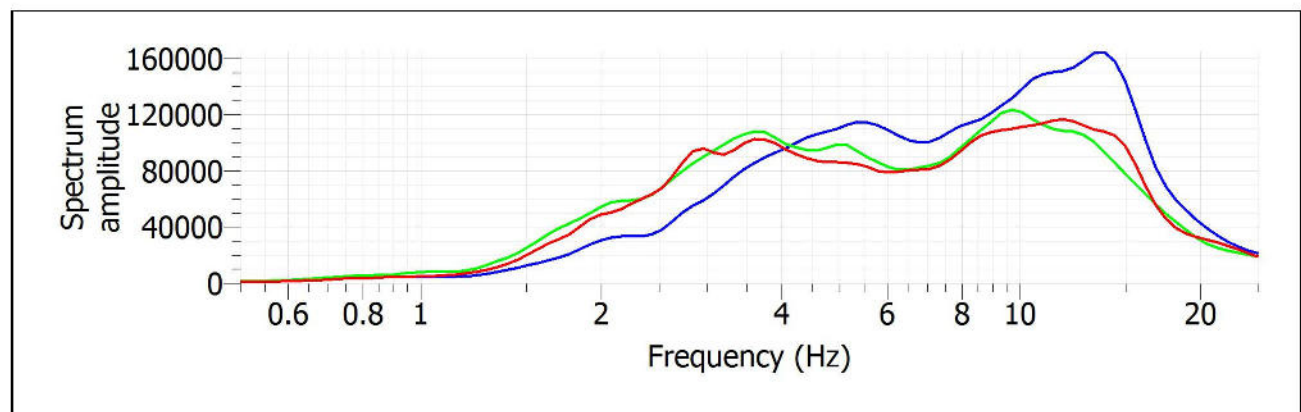


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

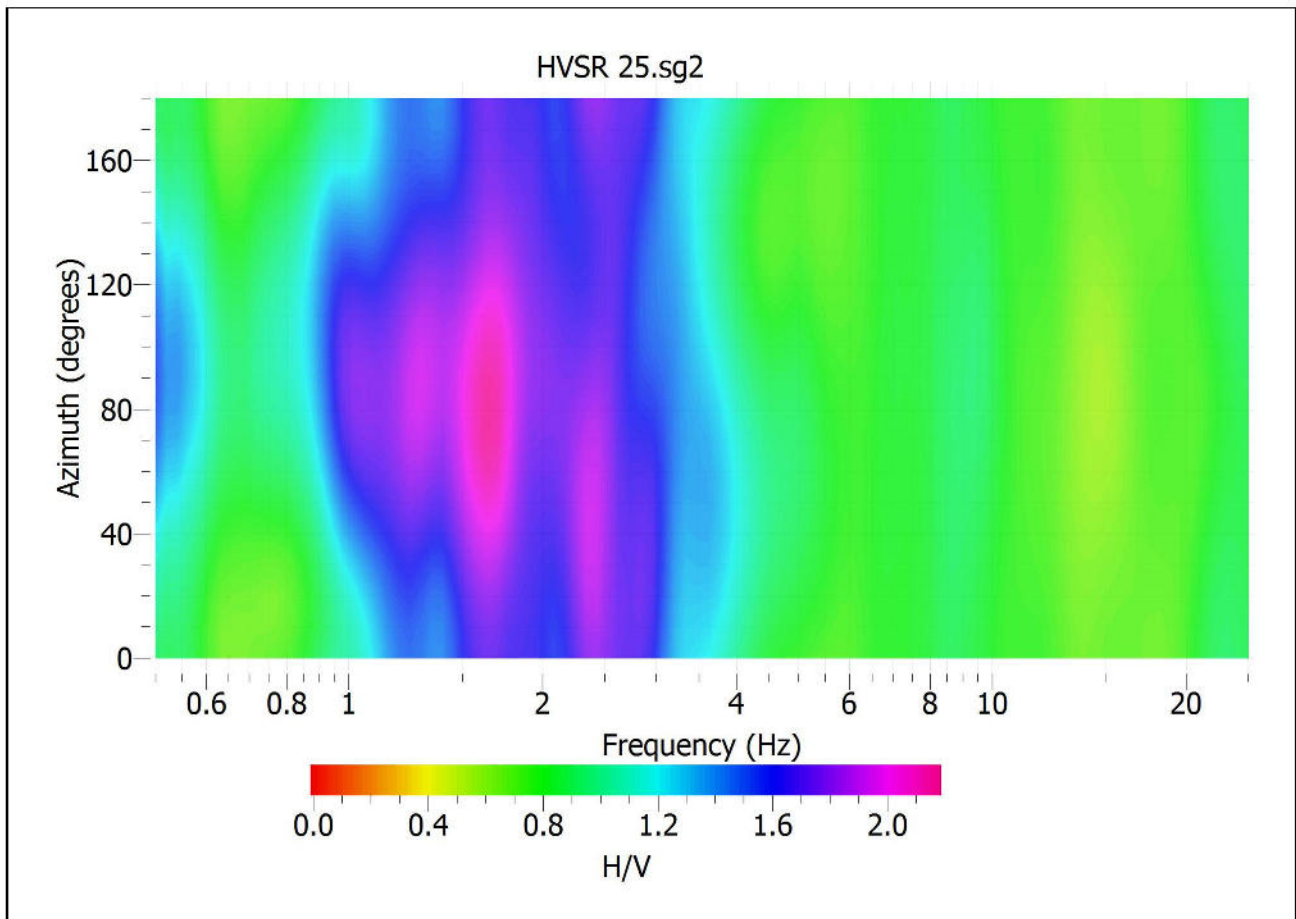


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

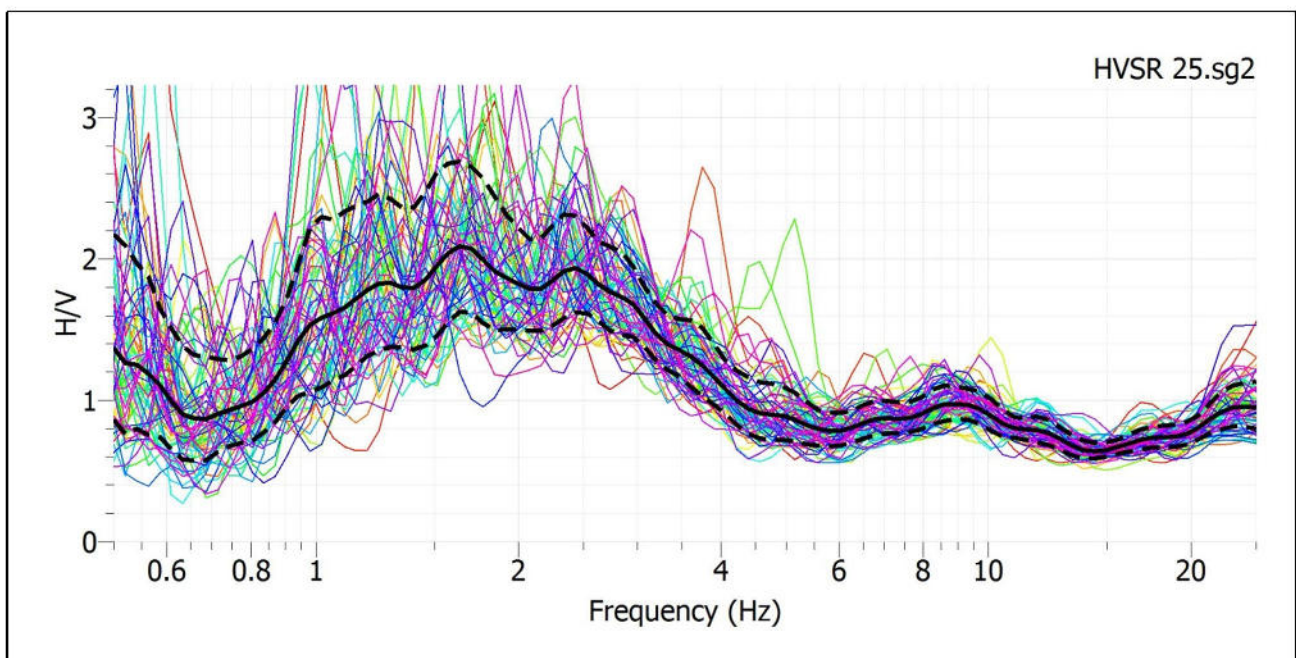


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 26

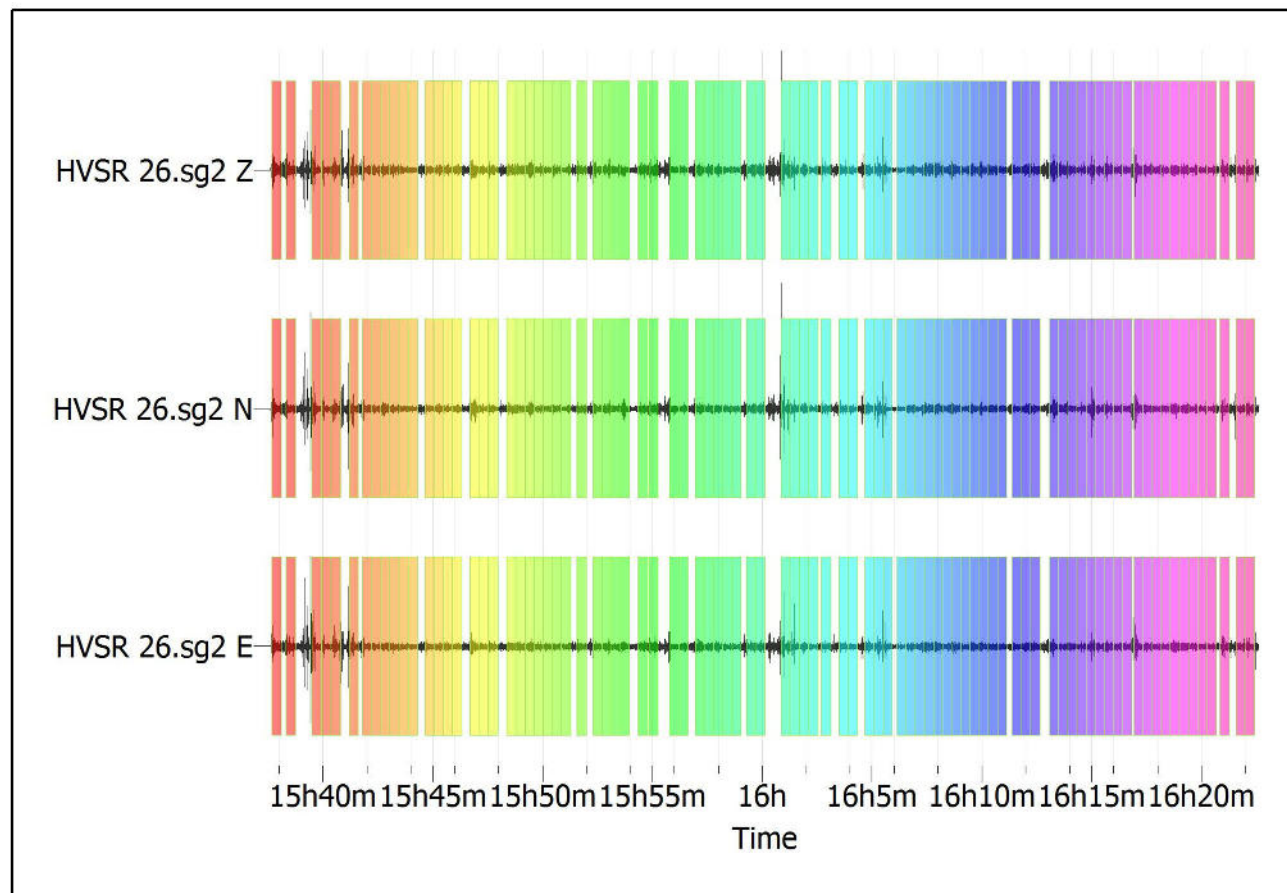


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

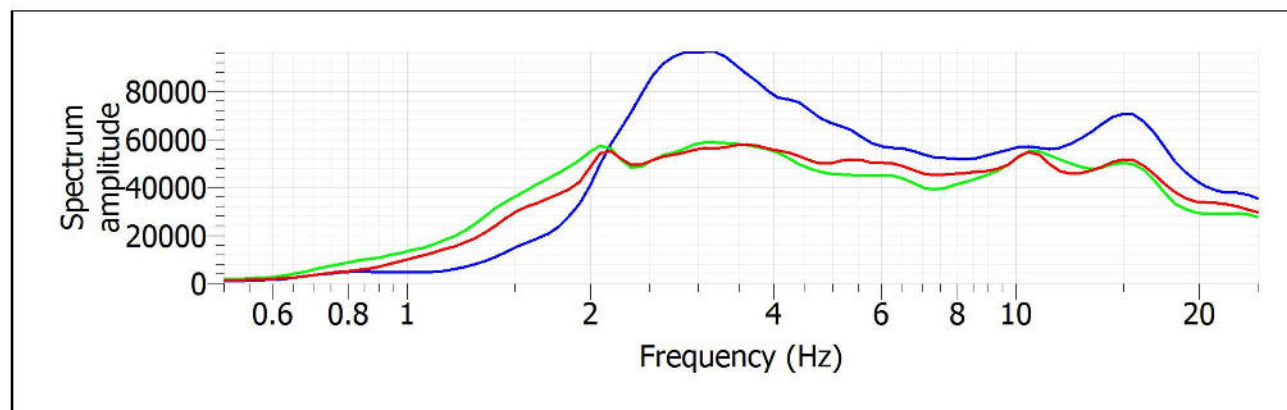


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

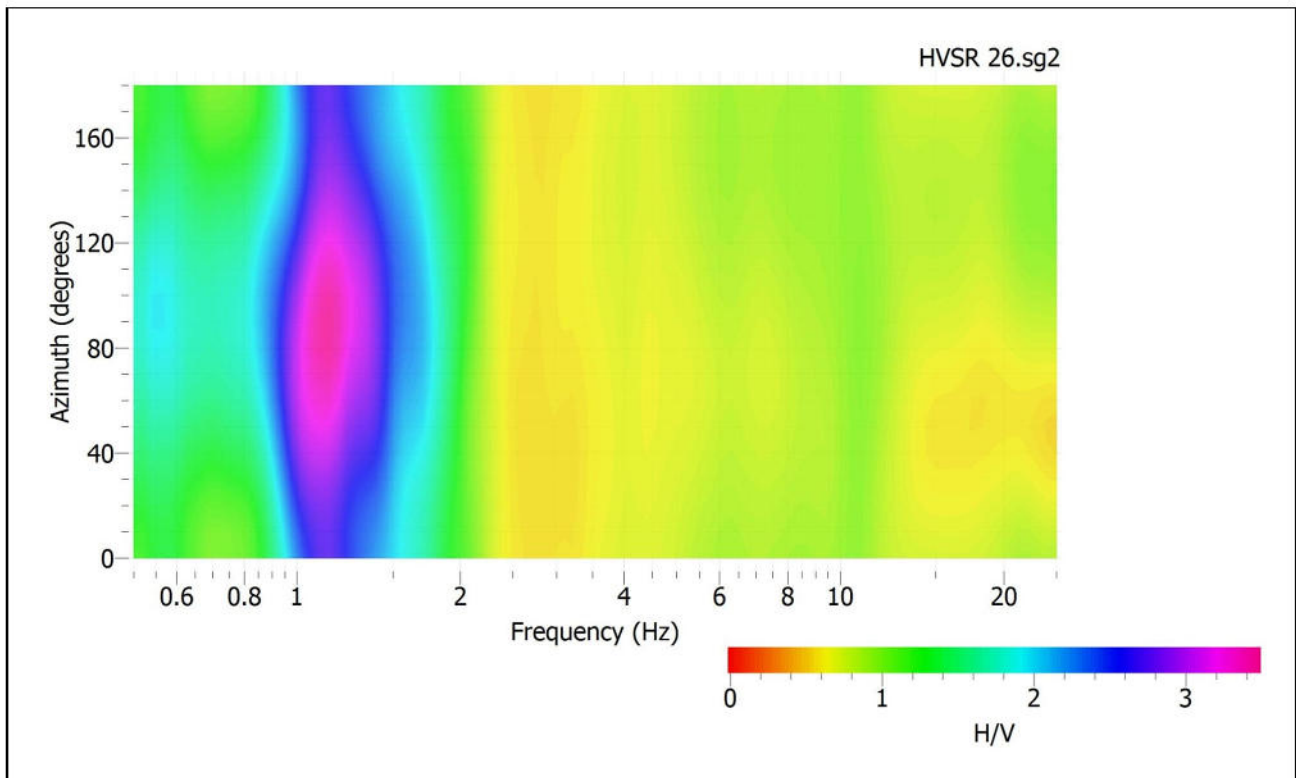


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

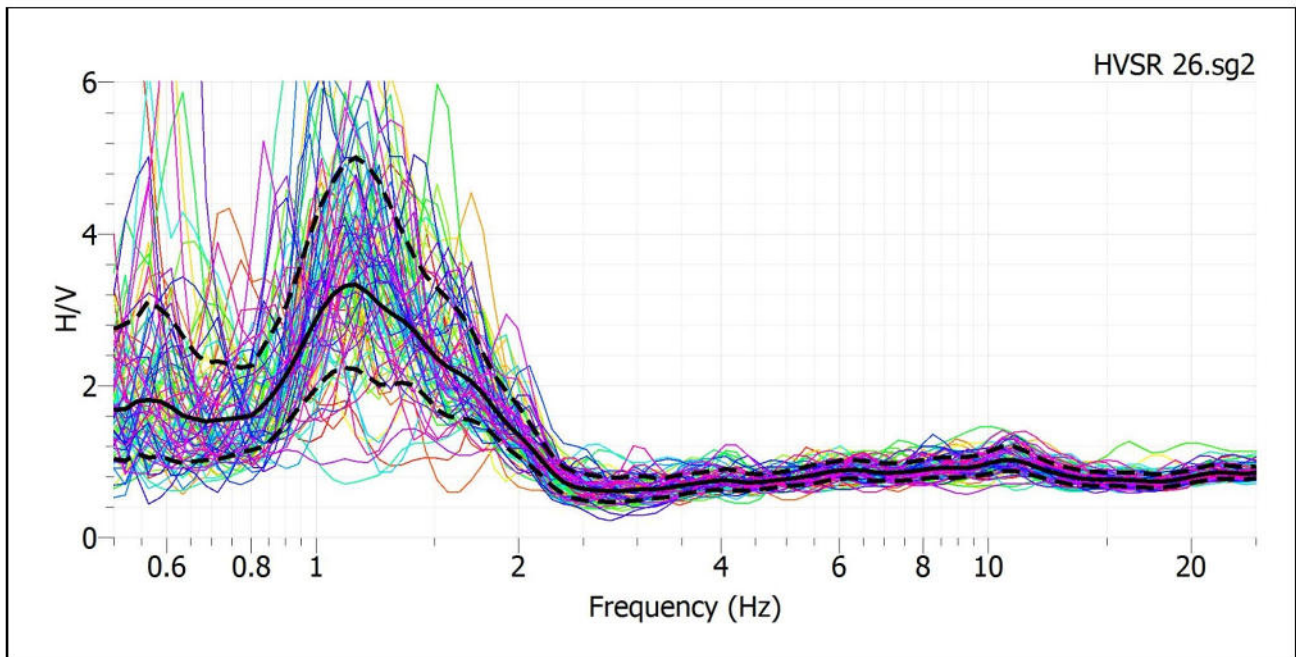


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 27

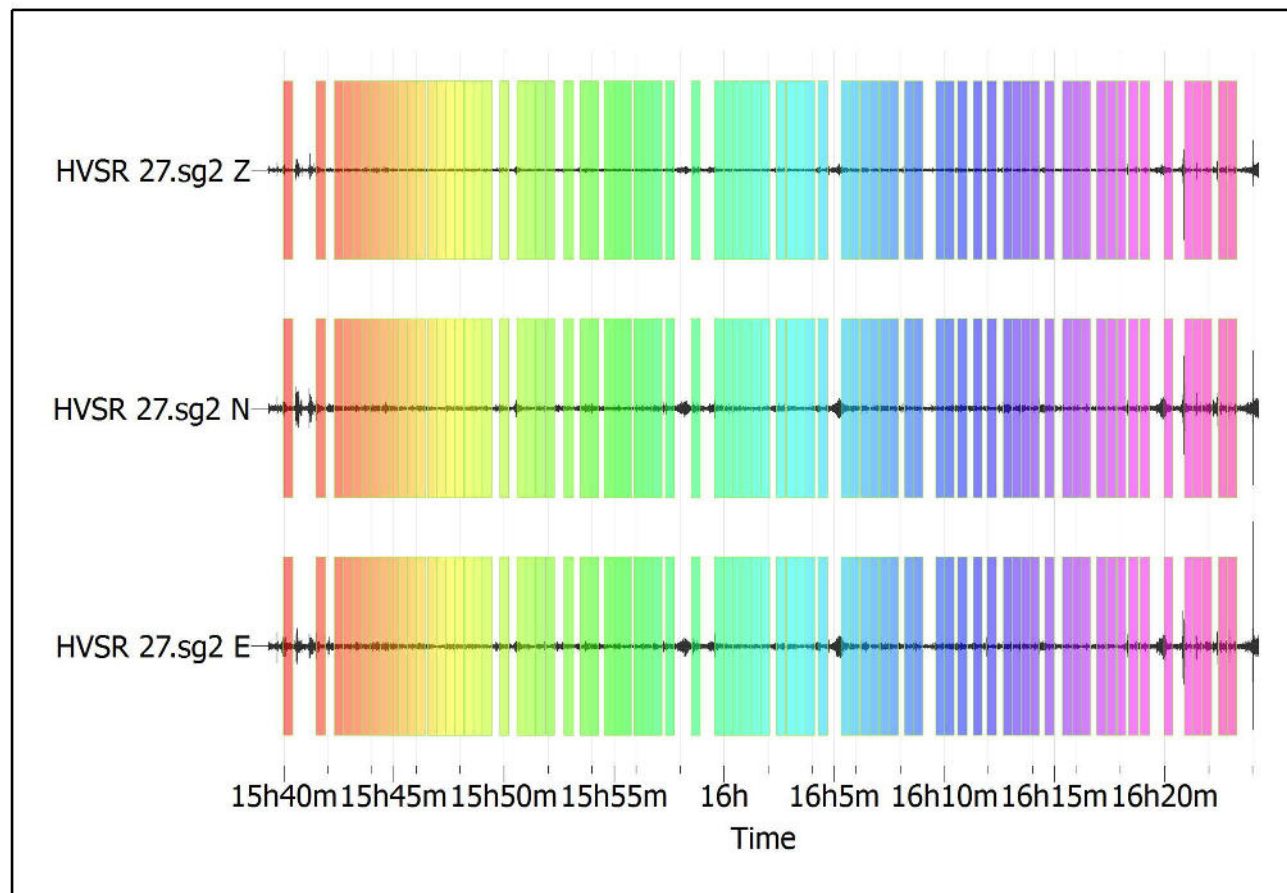


Fig. 1: *Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest*

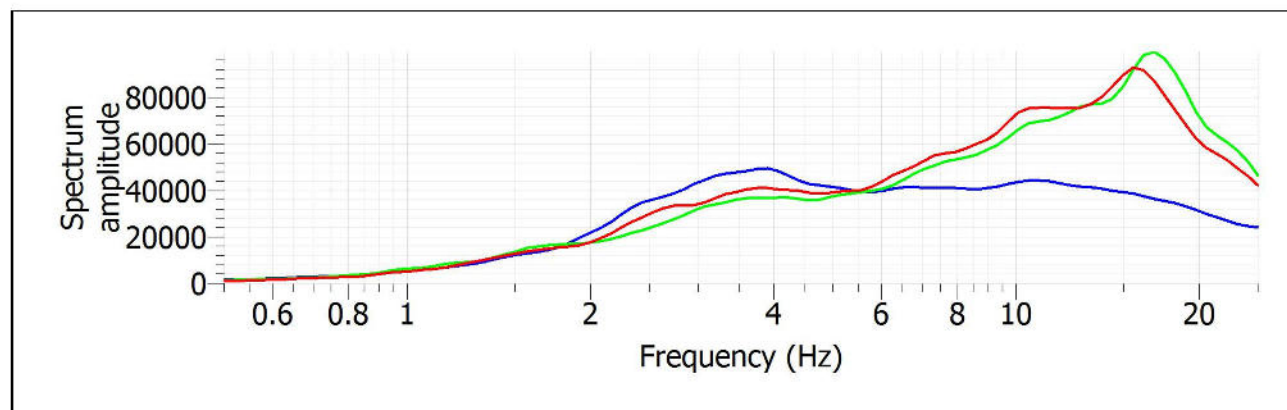


Fig. 2: *Spettri medi nelle tre direzioni*

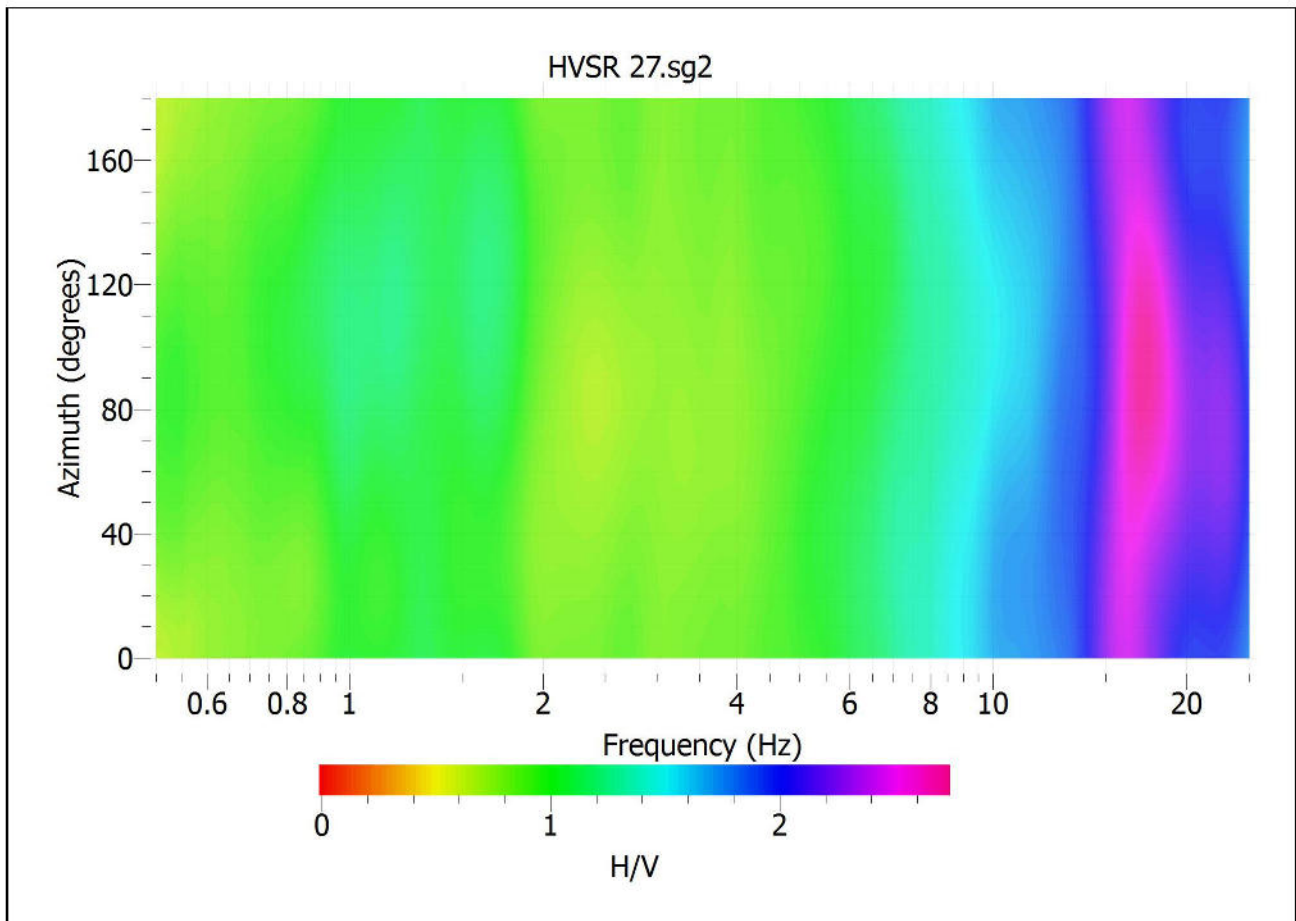


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

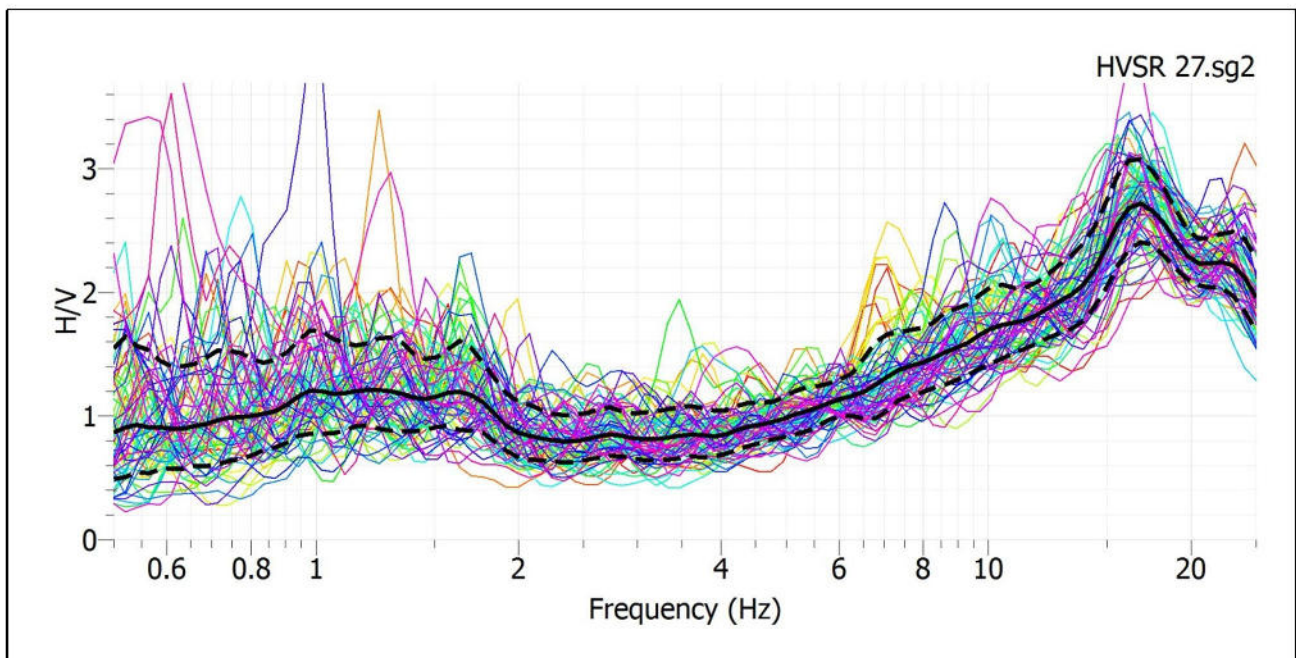


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 28

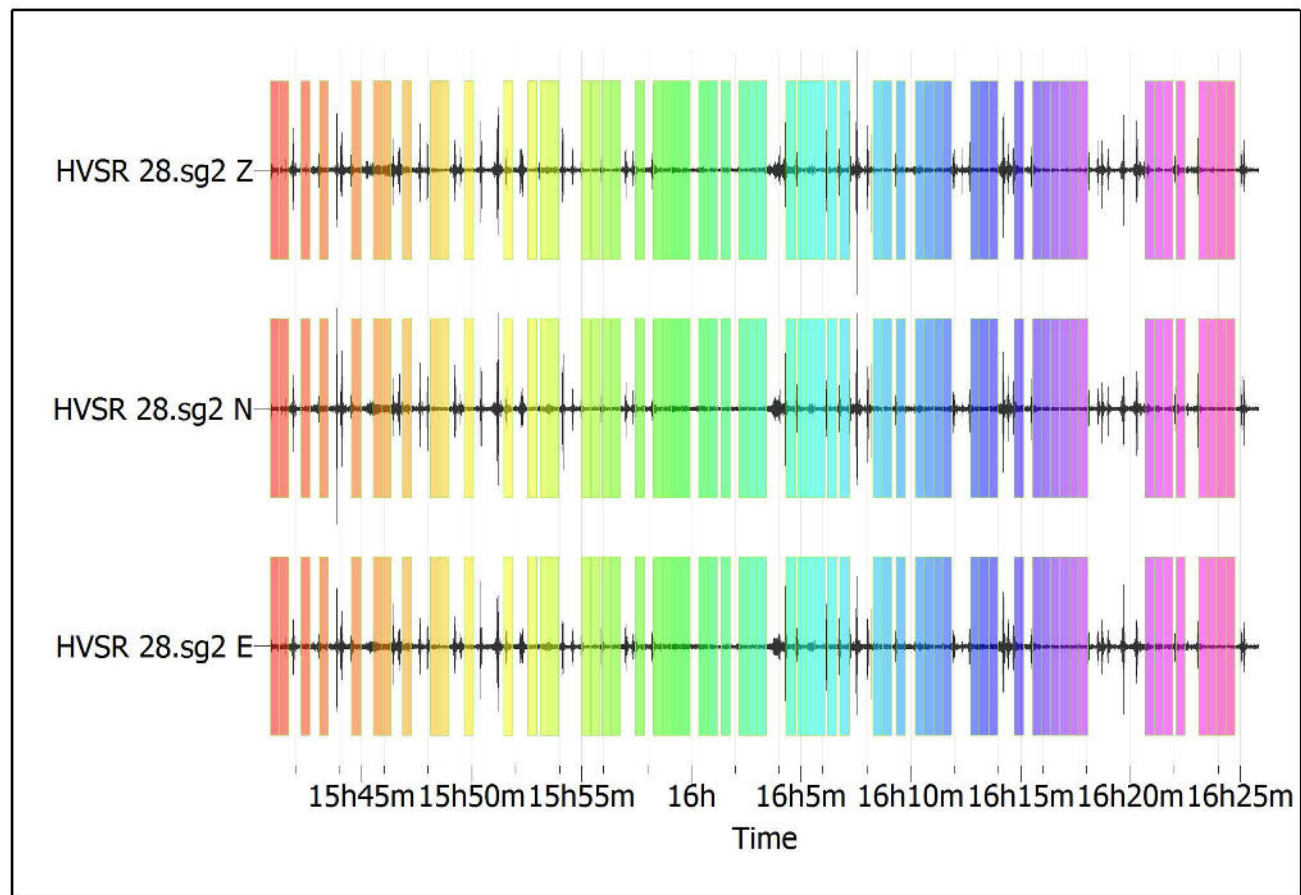


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

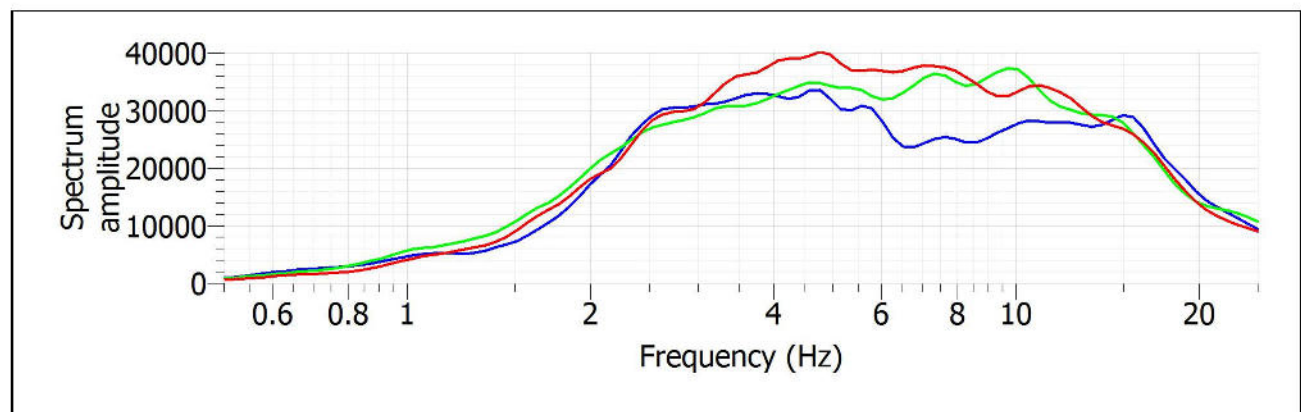


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

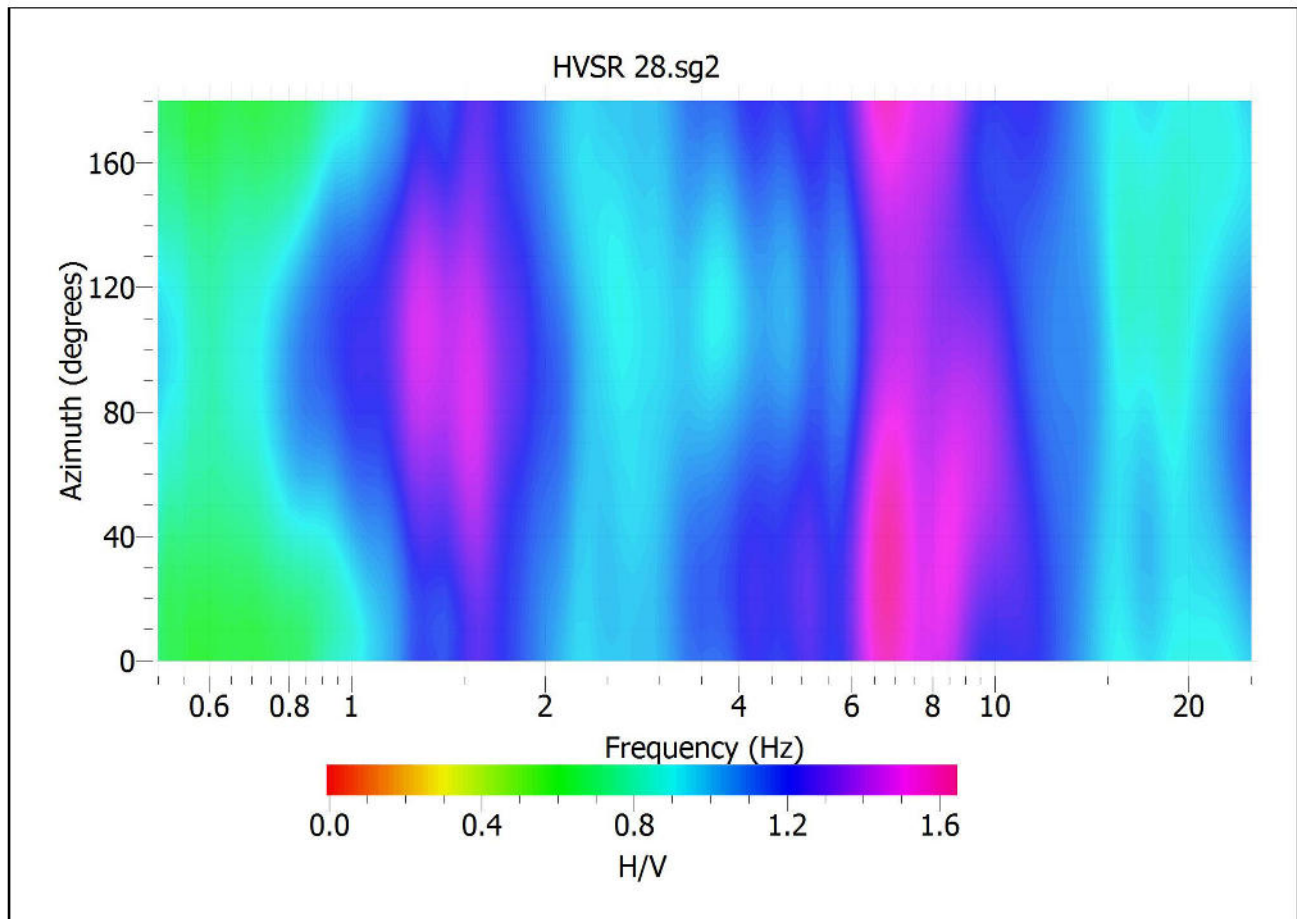


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

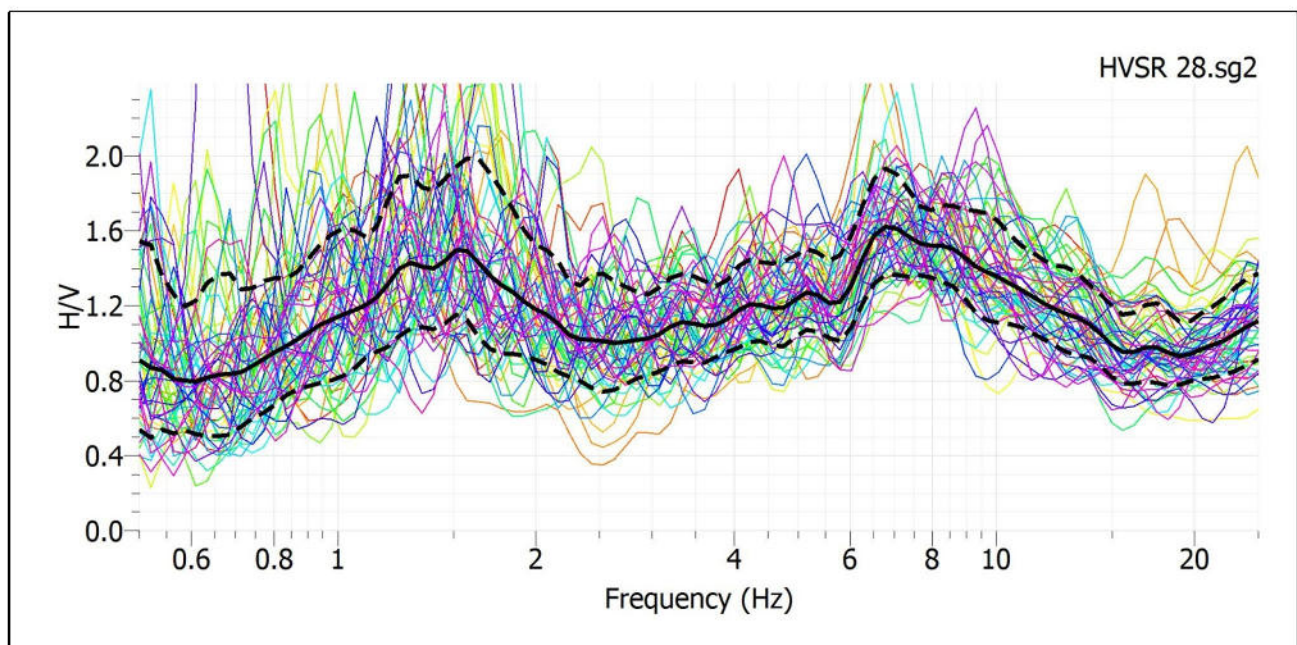


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 29

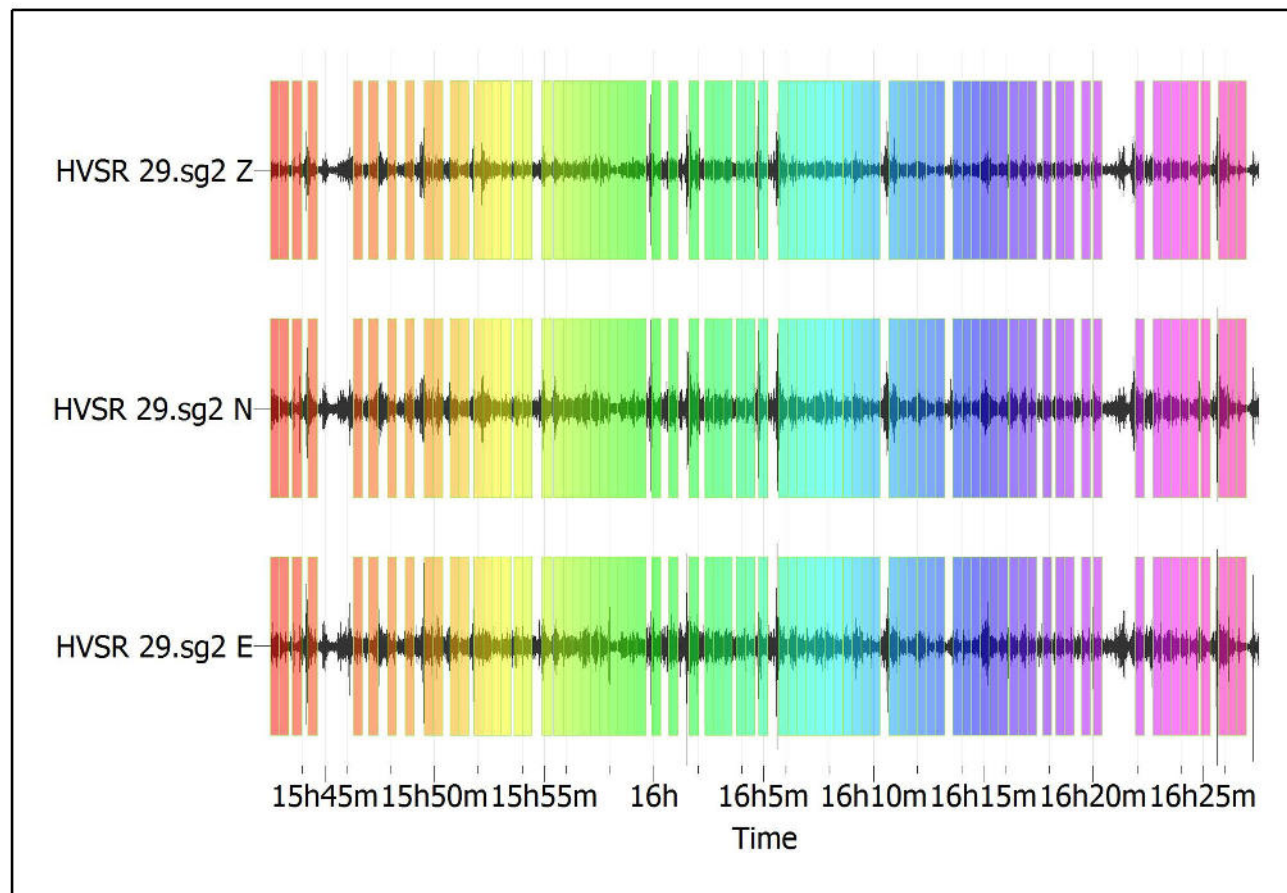


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

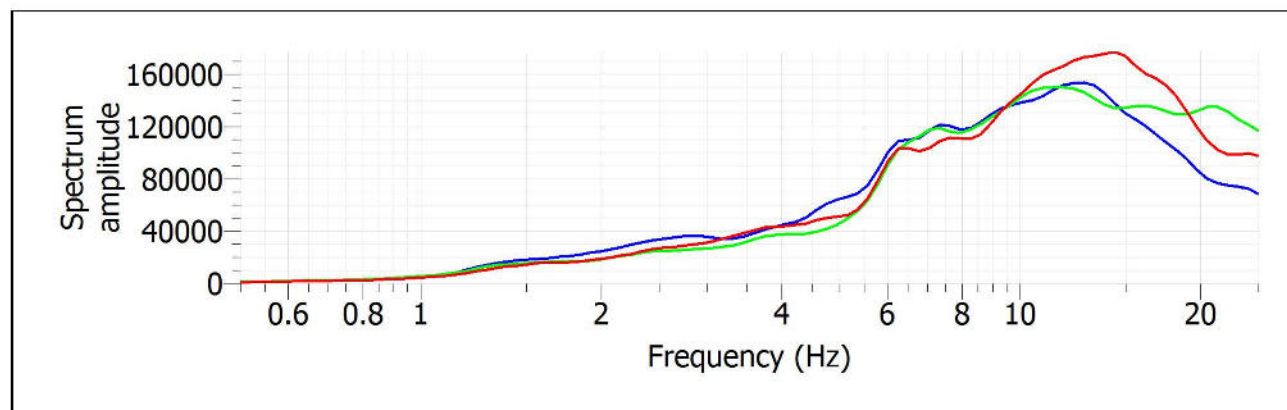


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

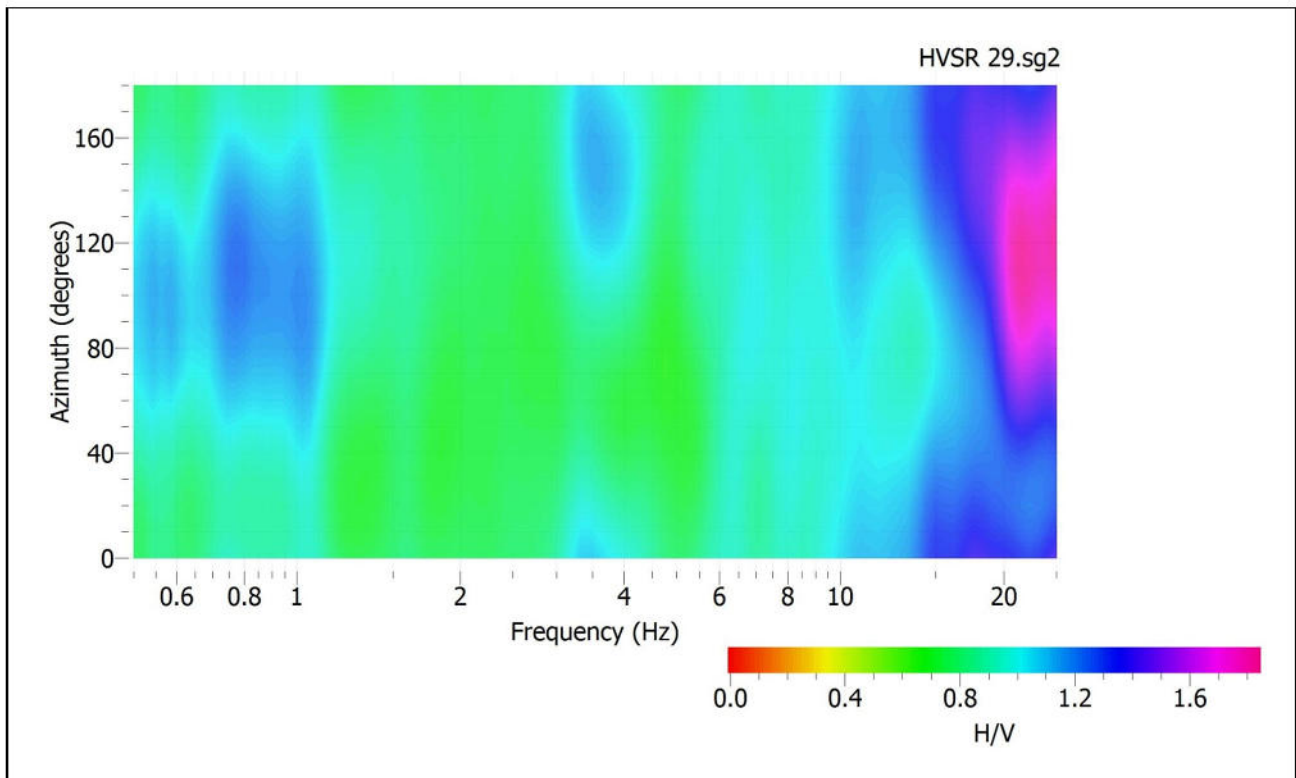


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

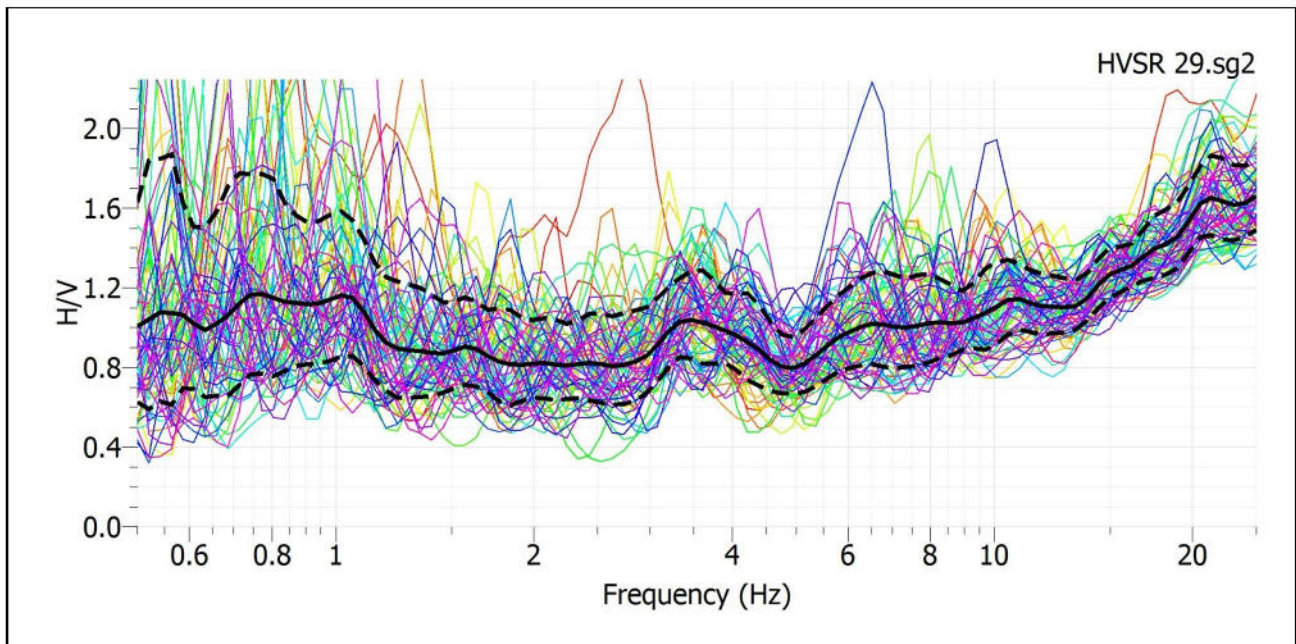


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 30

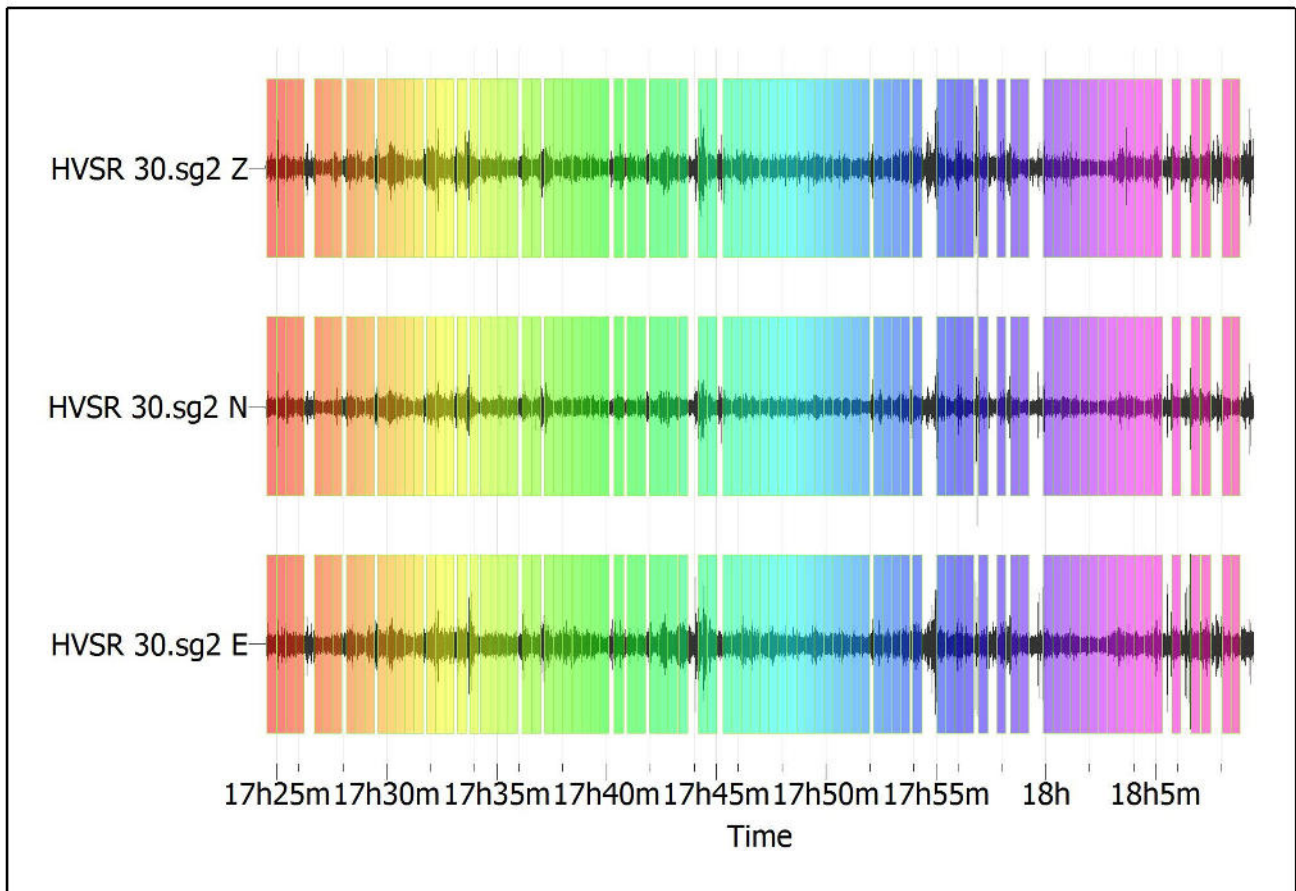


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

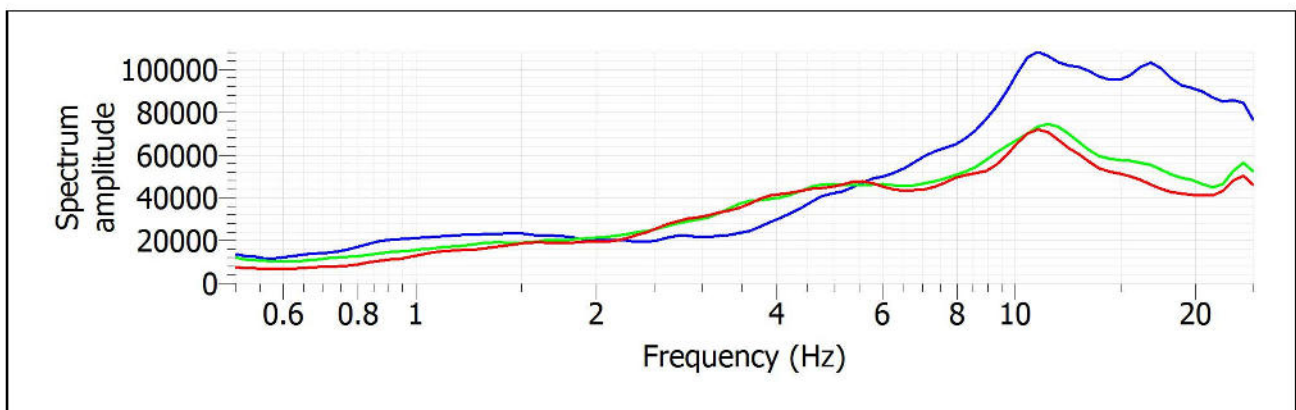


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

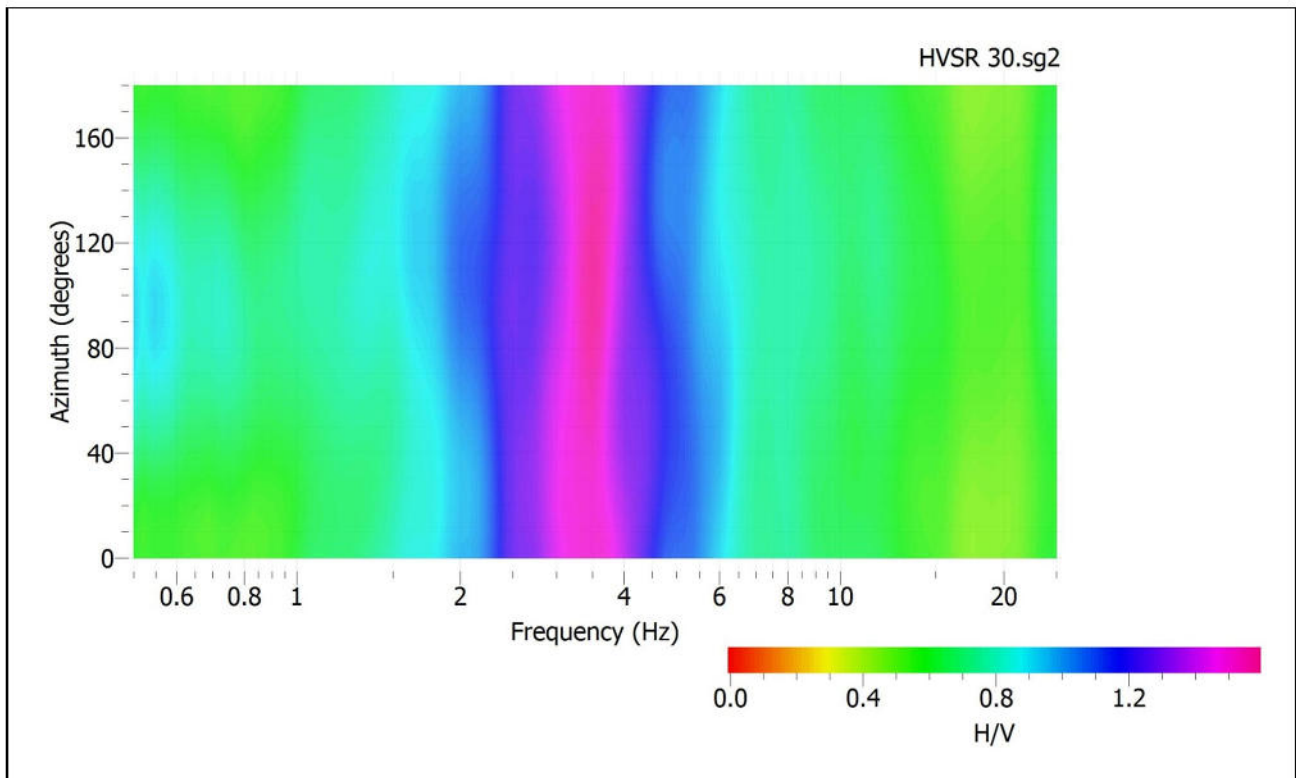


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

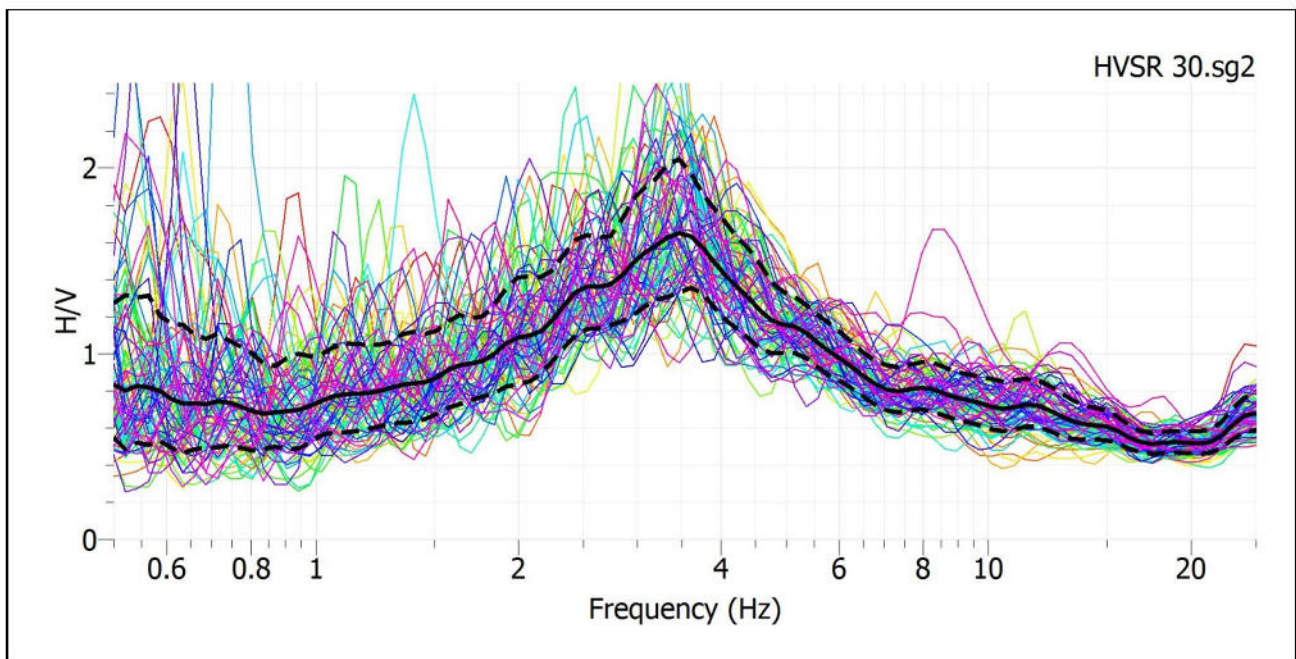


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 31

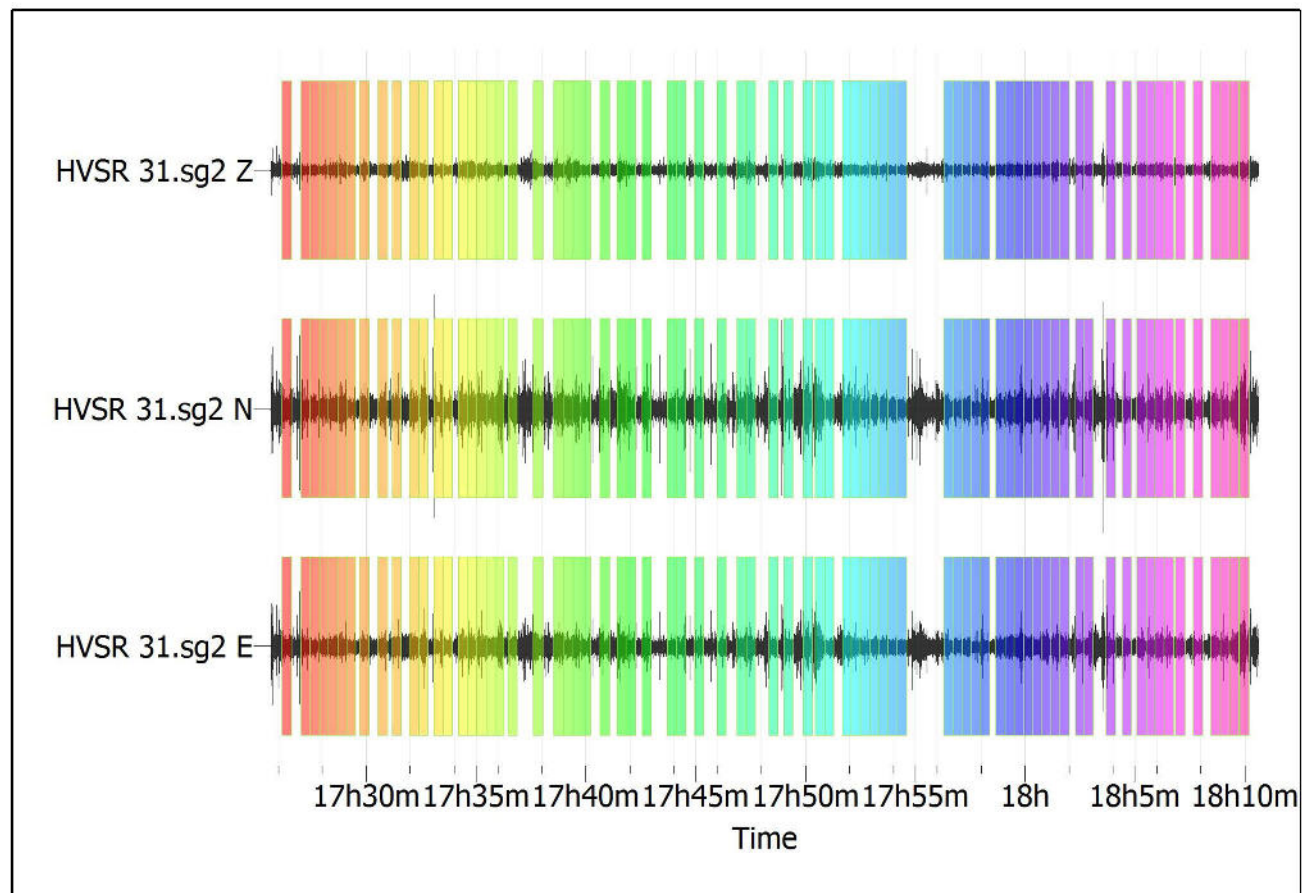


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

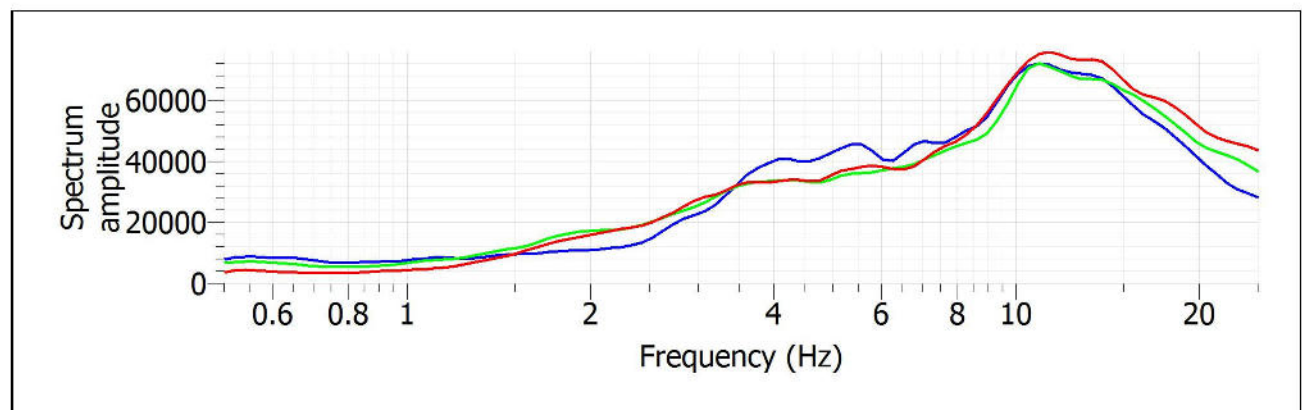


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

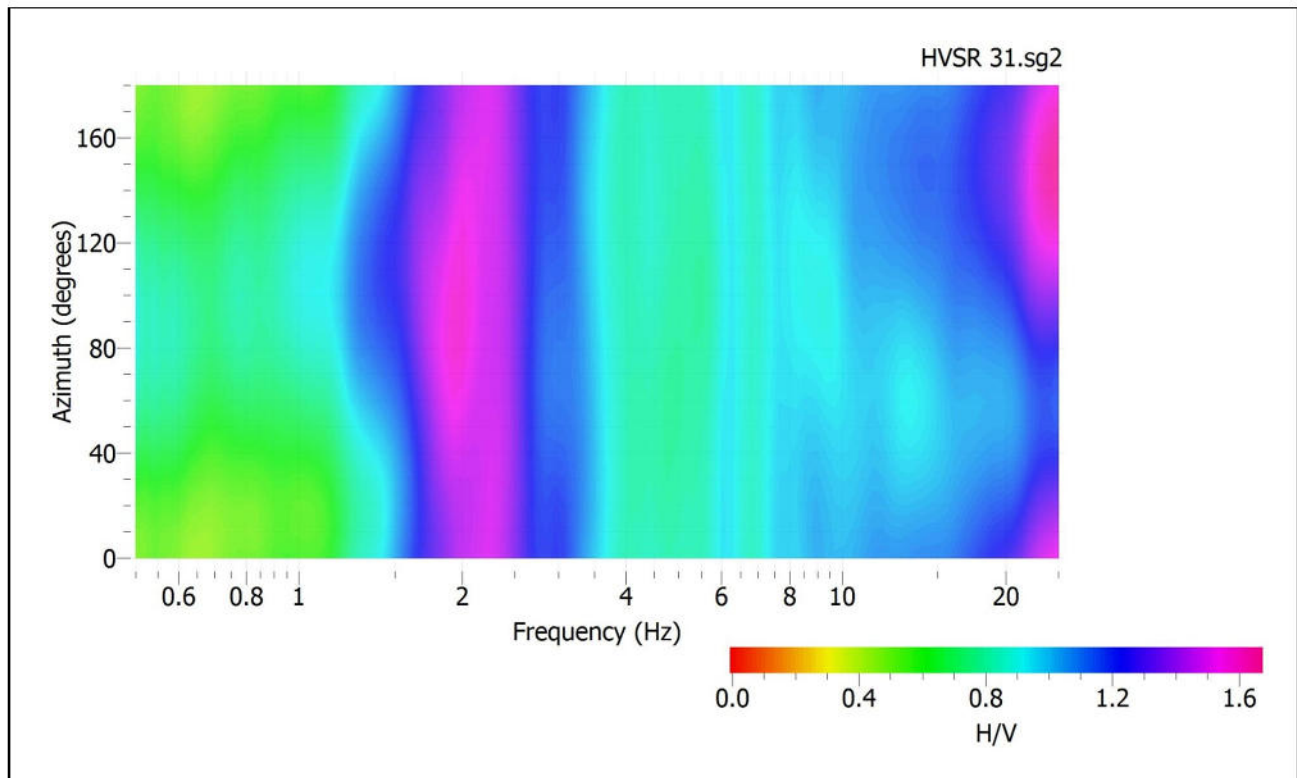


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

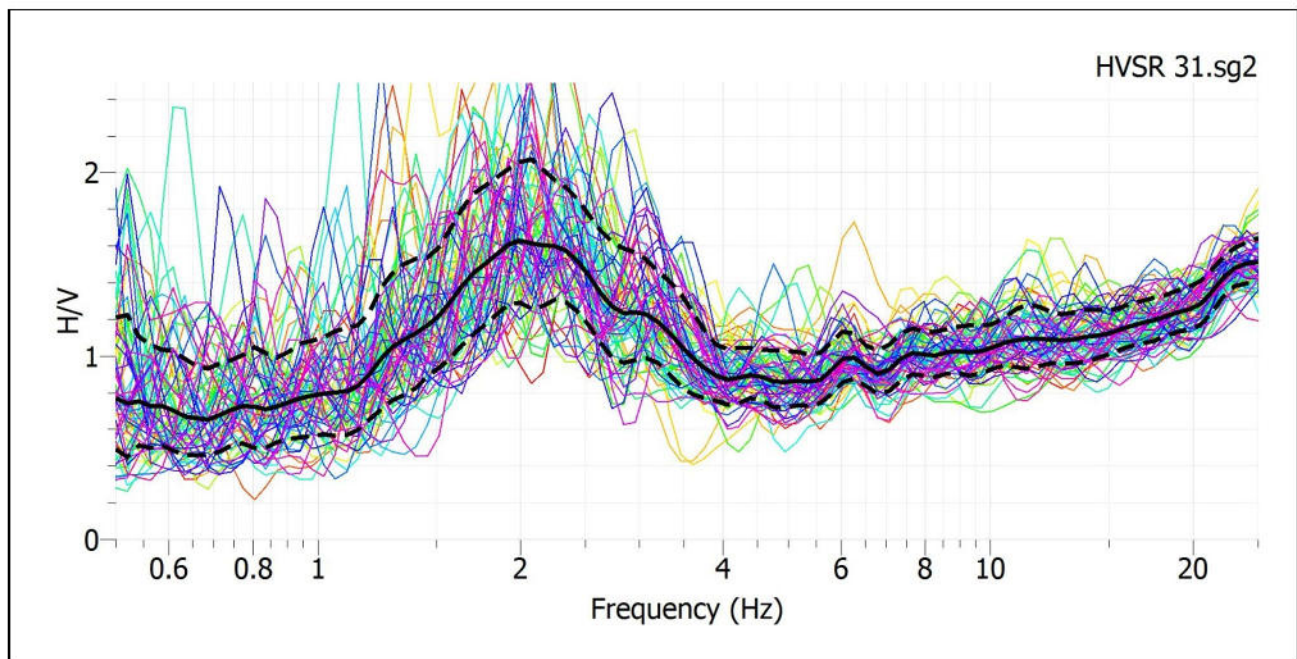


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 32

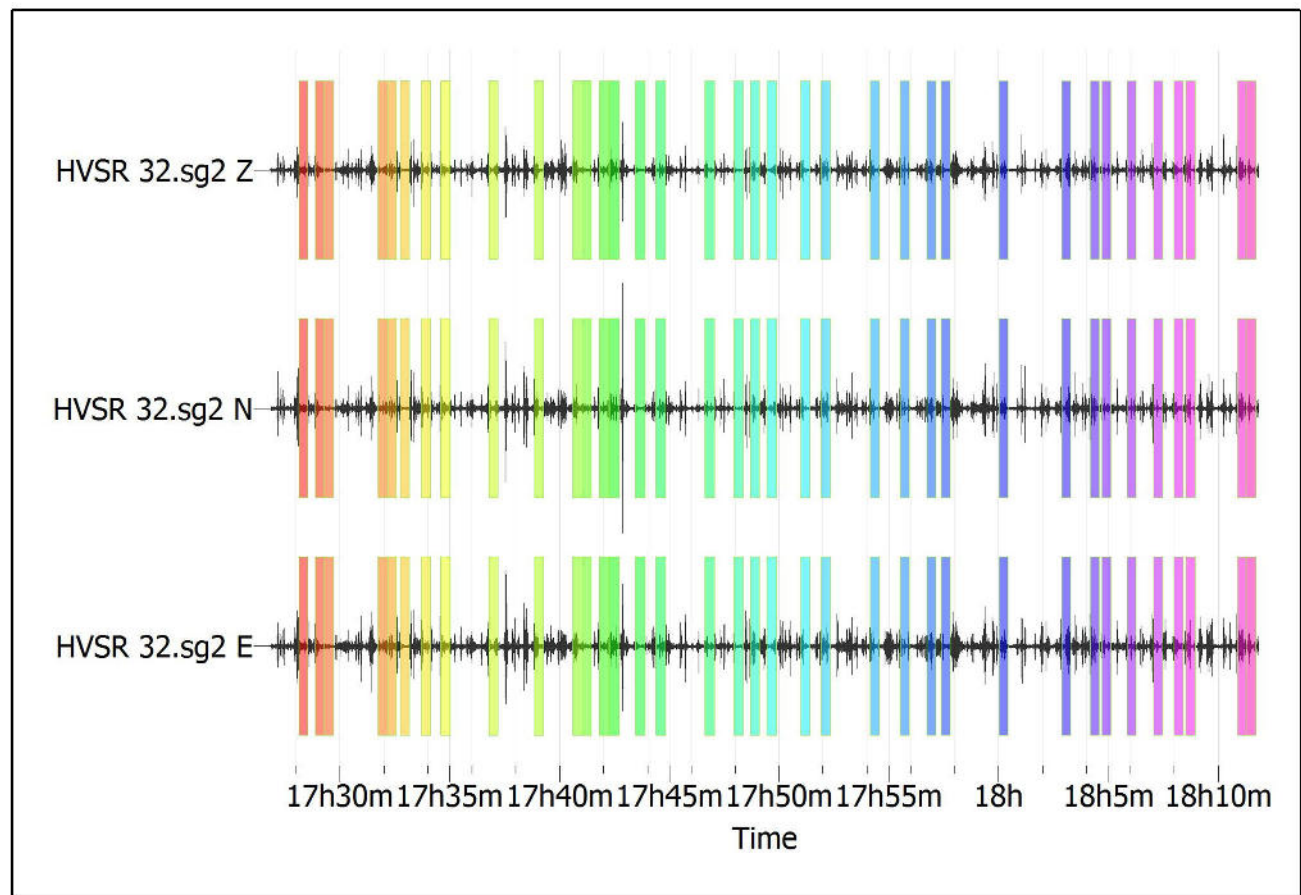


Fig. 1: *Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest*

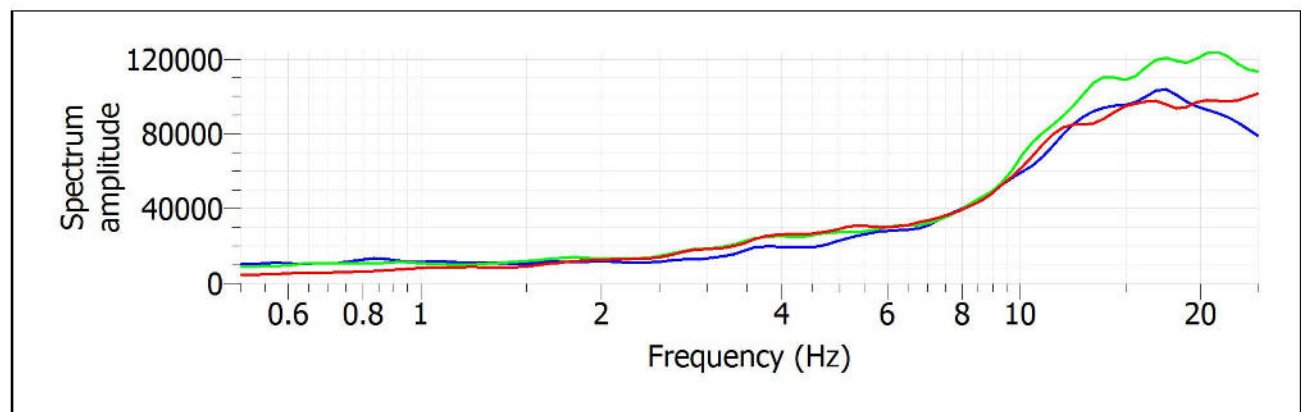


Fig. 2: *Spettri medi nelle tre direzioni*

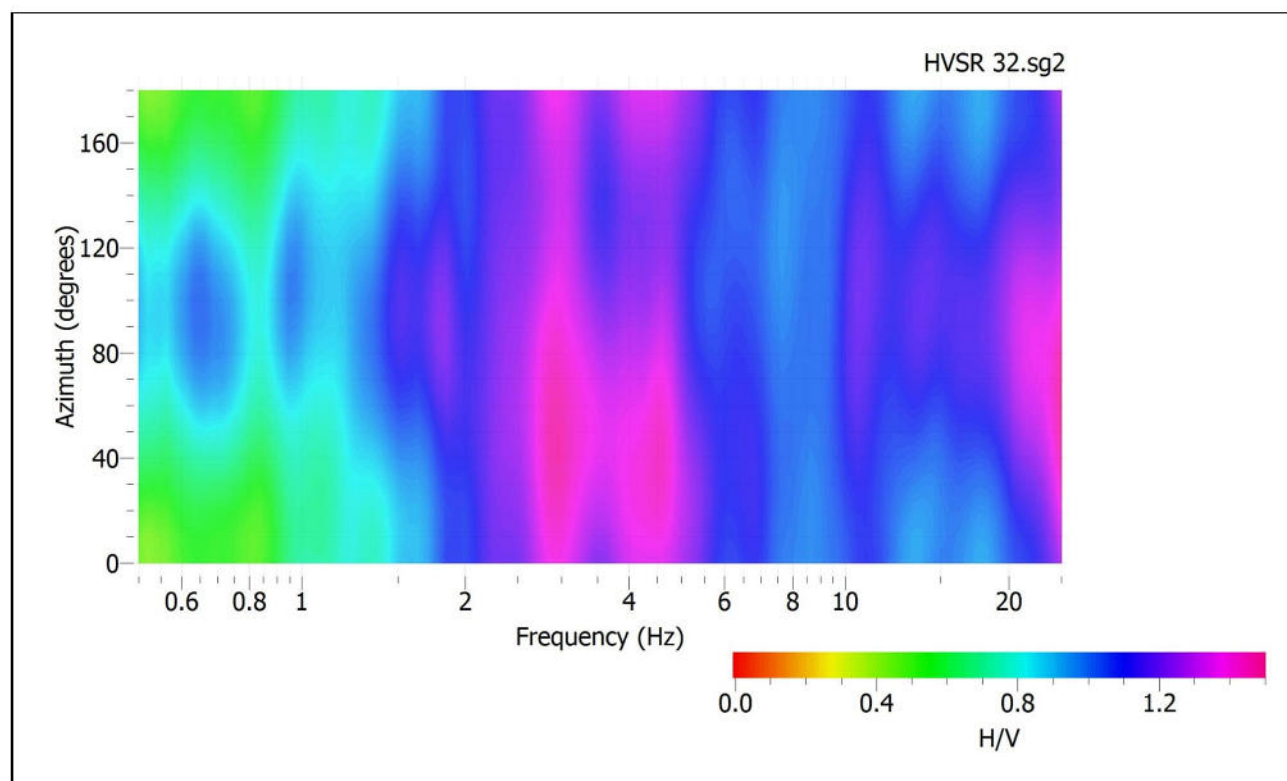


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

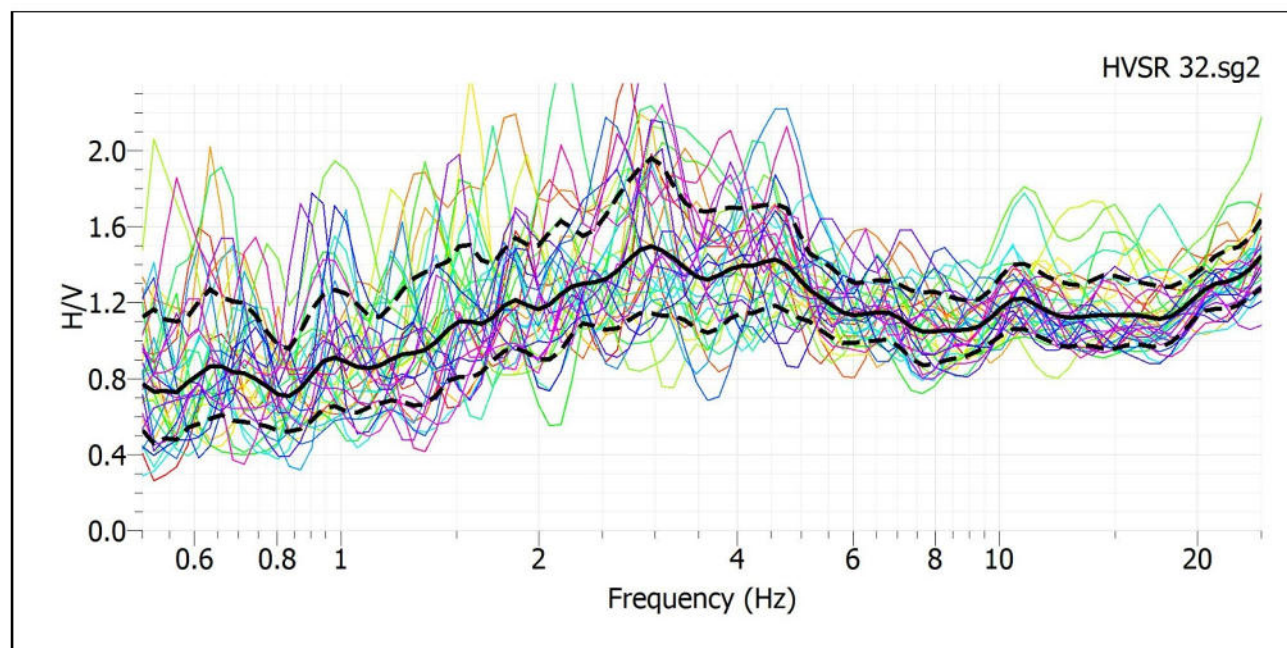


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 33

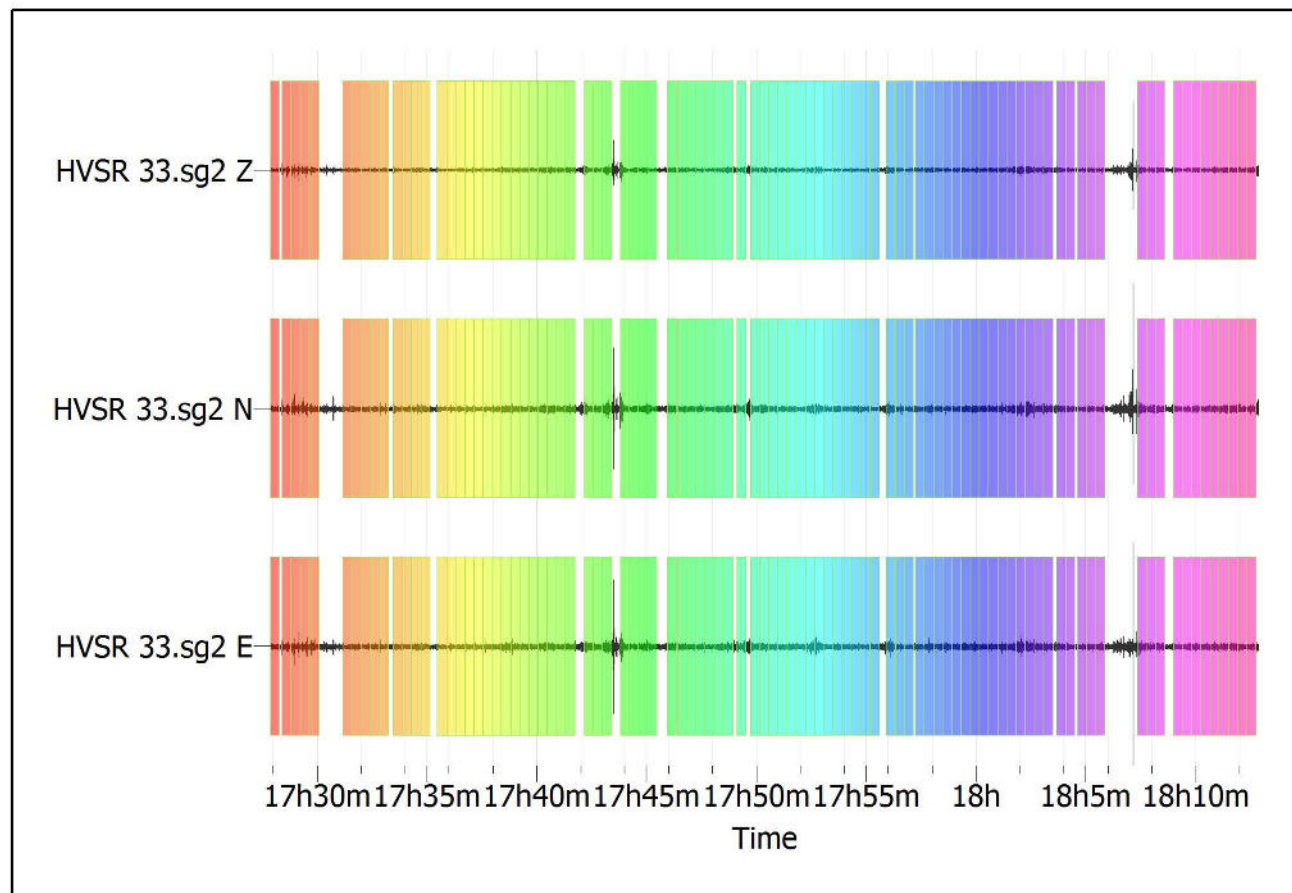


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

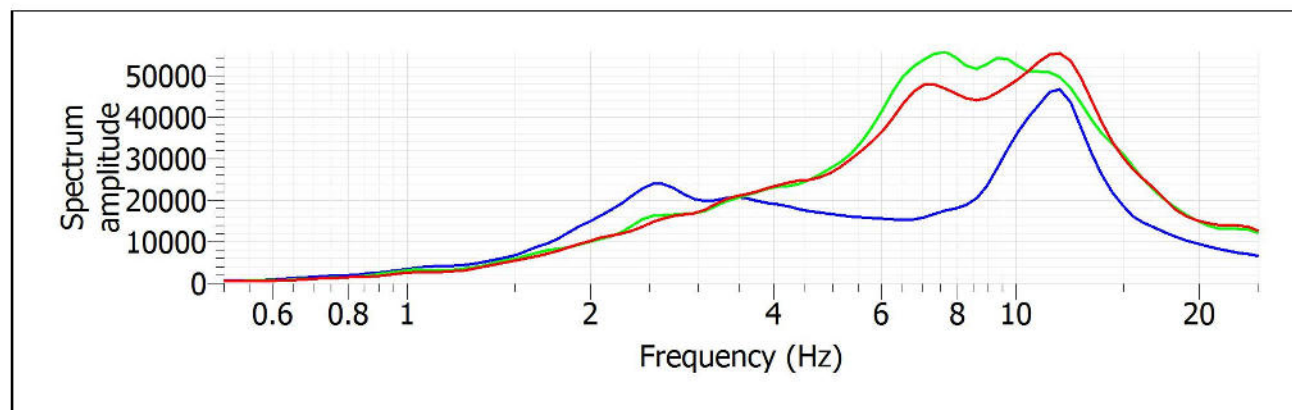


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

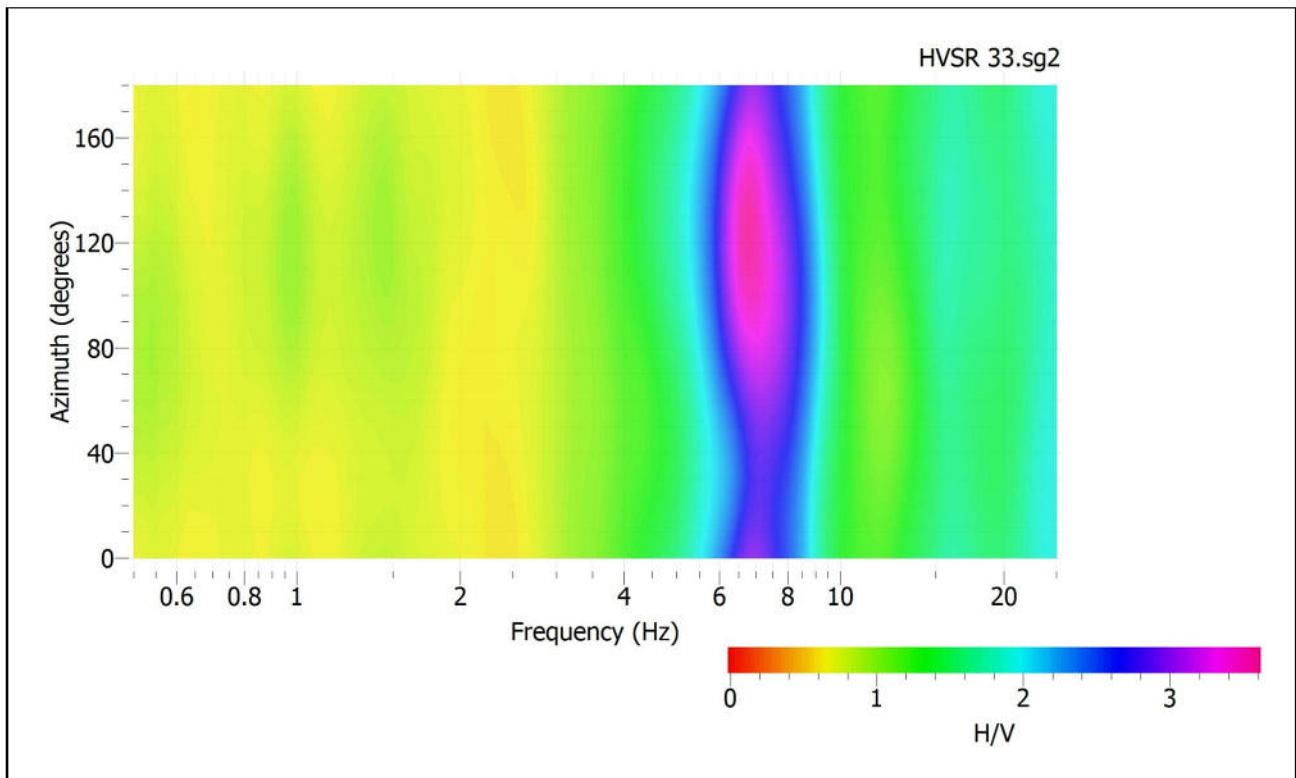


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

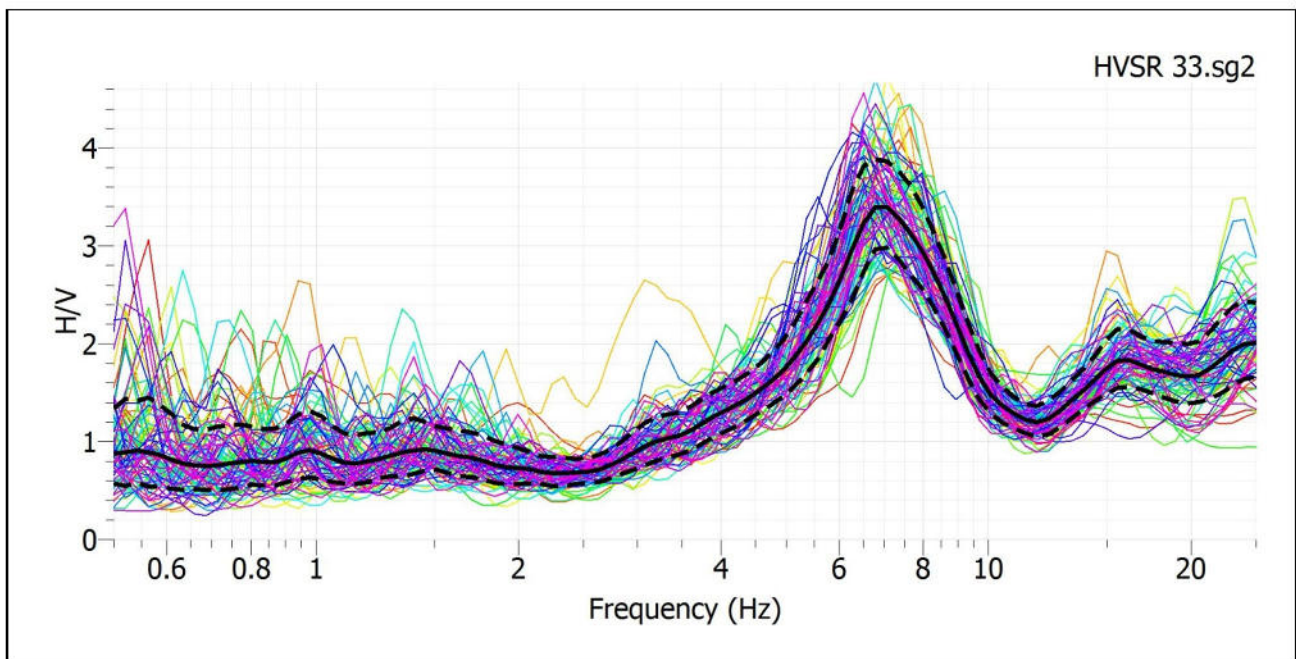


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 34

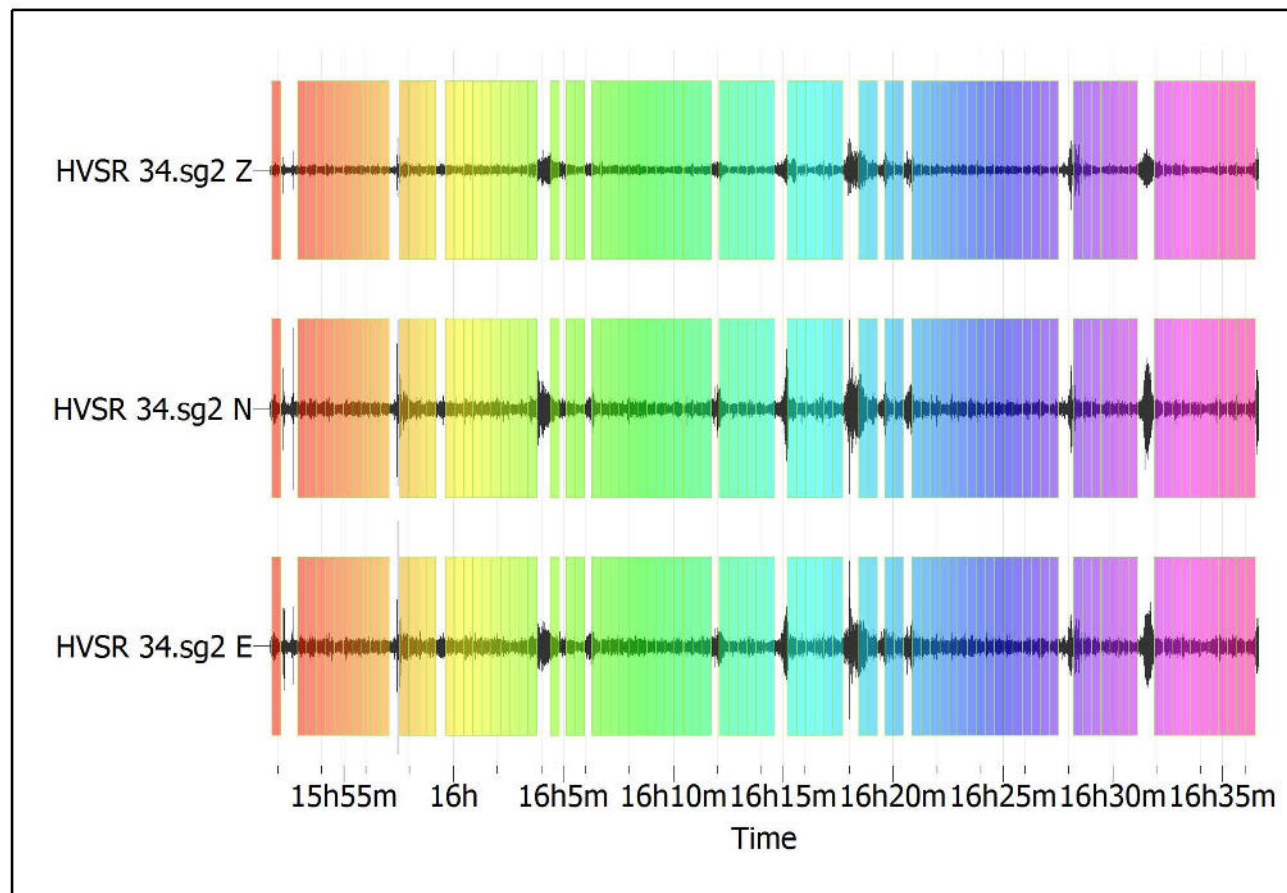


Fig. 1: *Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest*

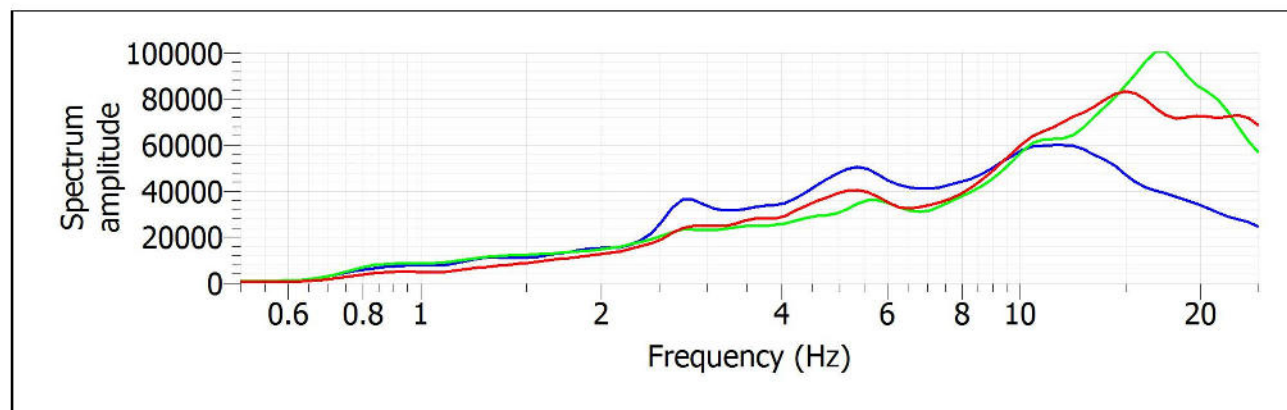


Fig. 2: *Spettri medi nelle tre direzioni*

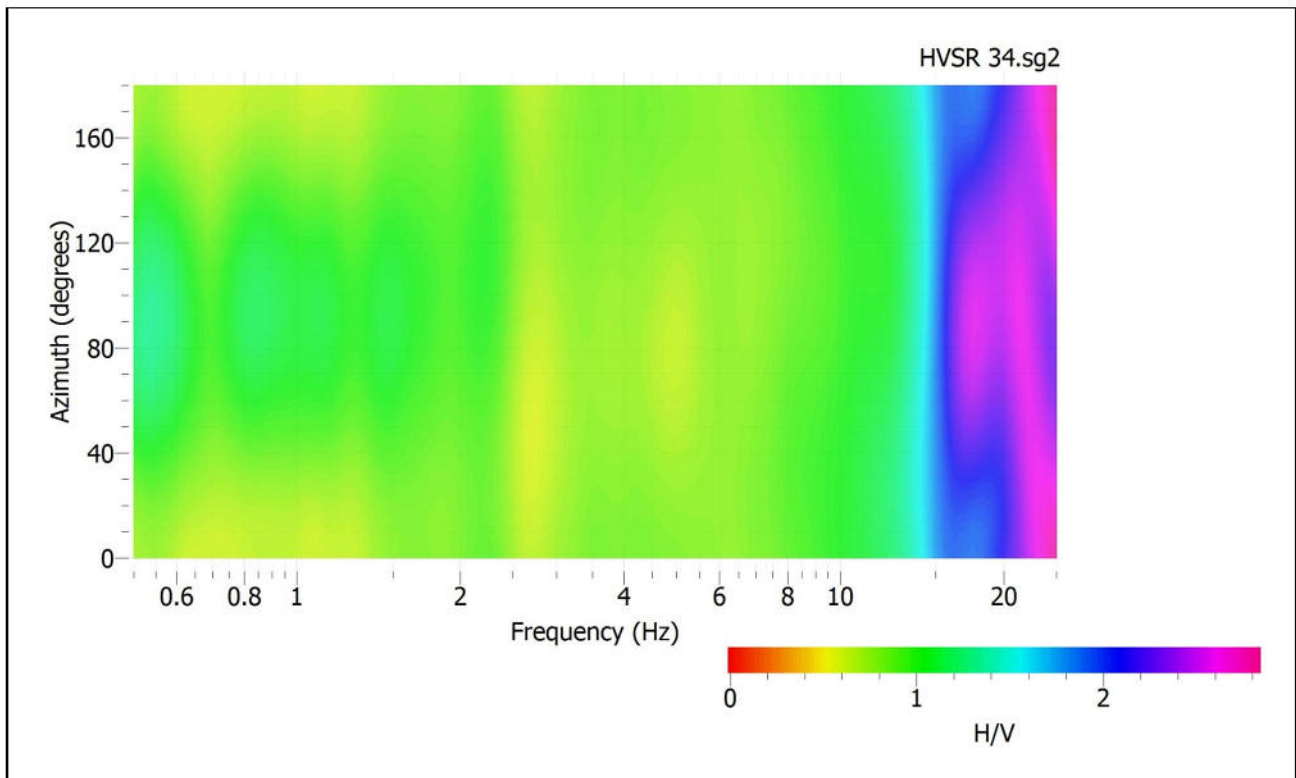


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

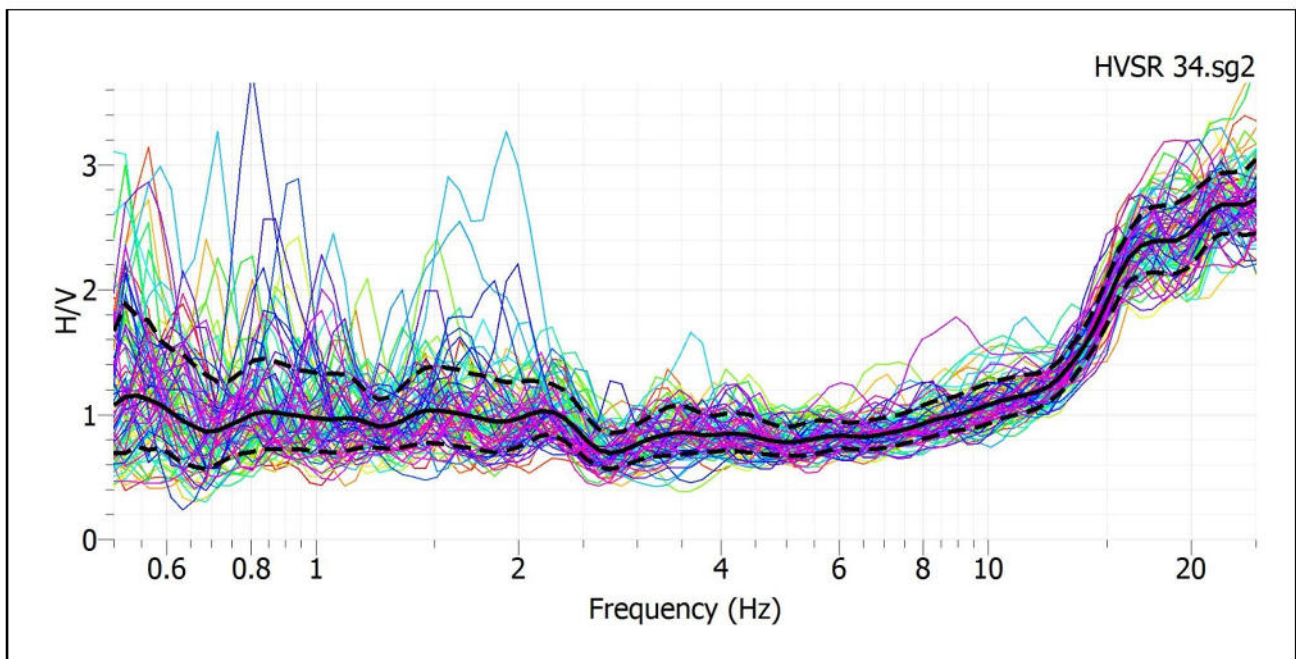


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 35

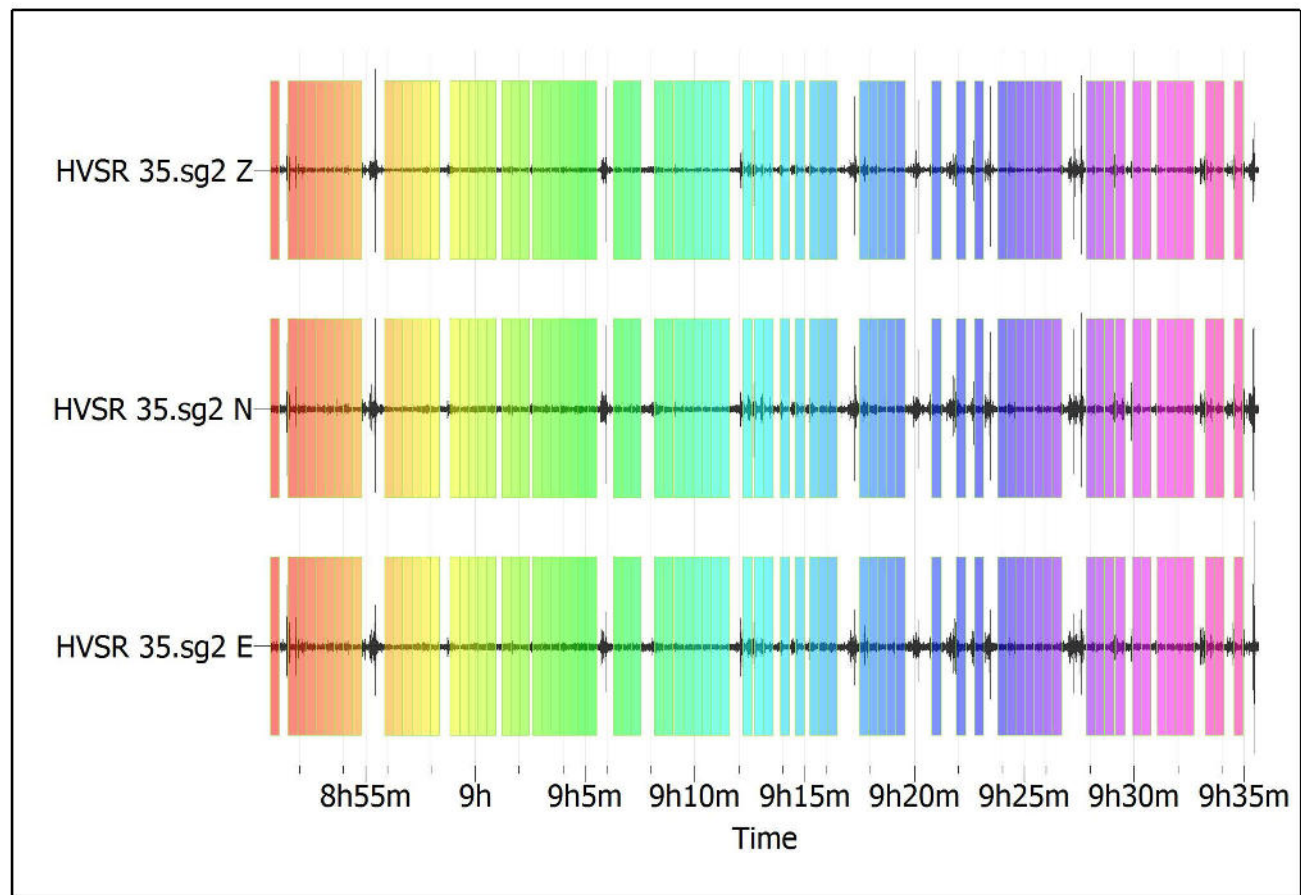


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

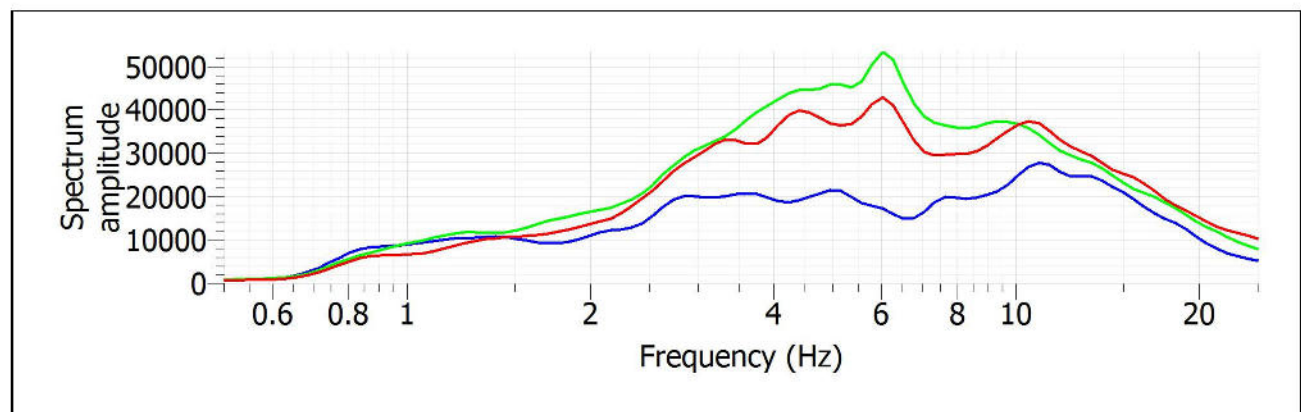


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

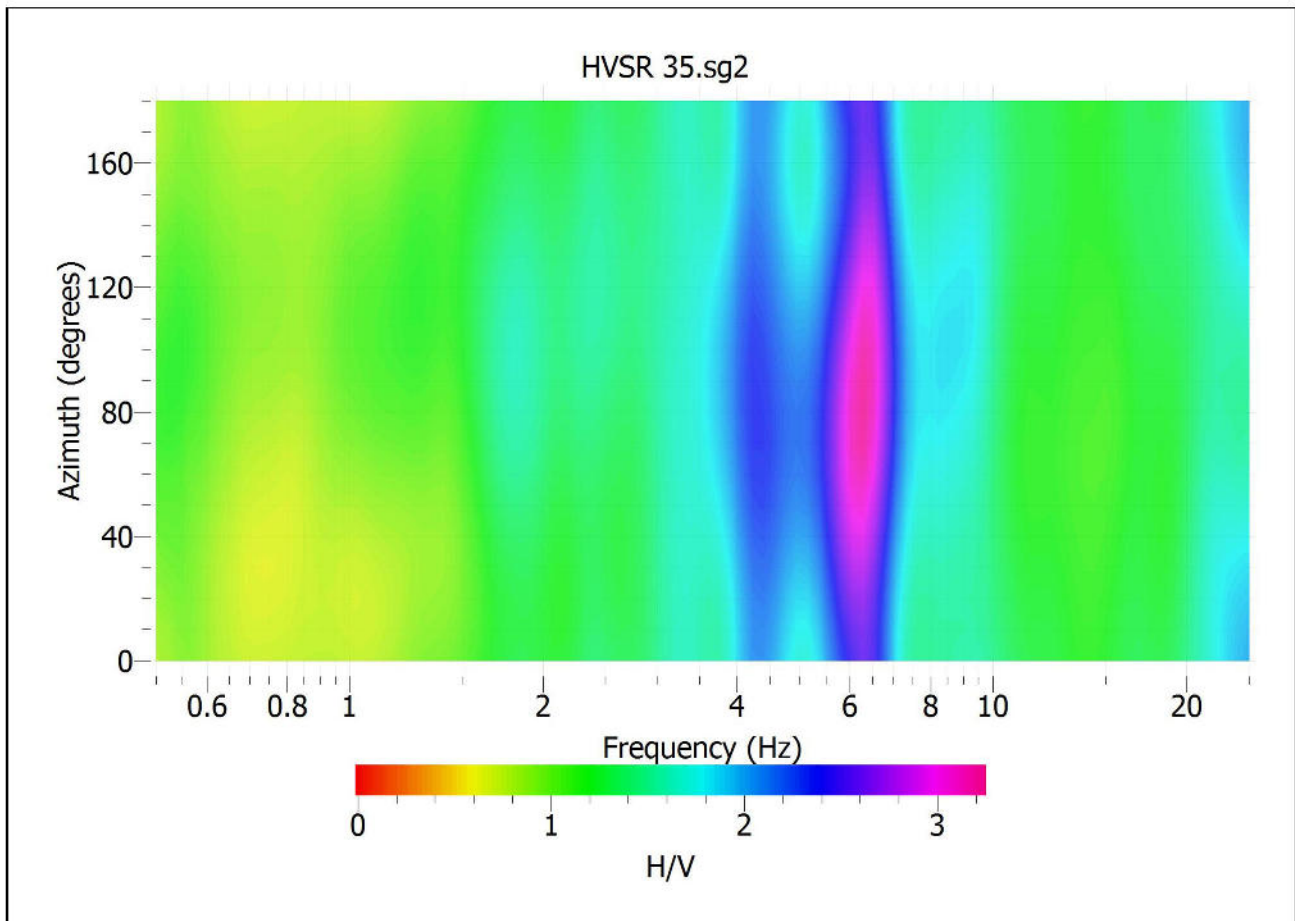


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

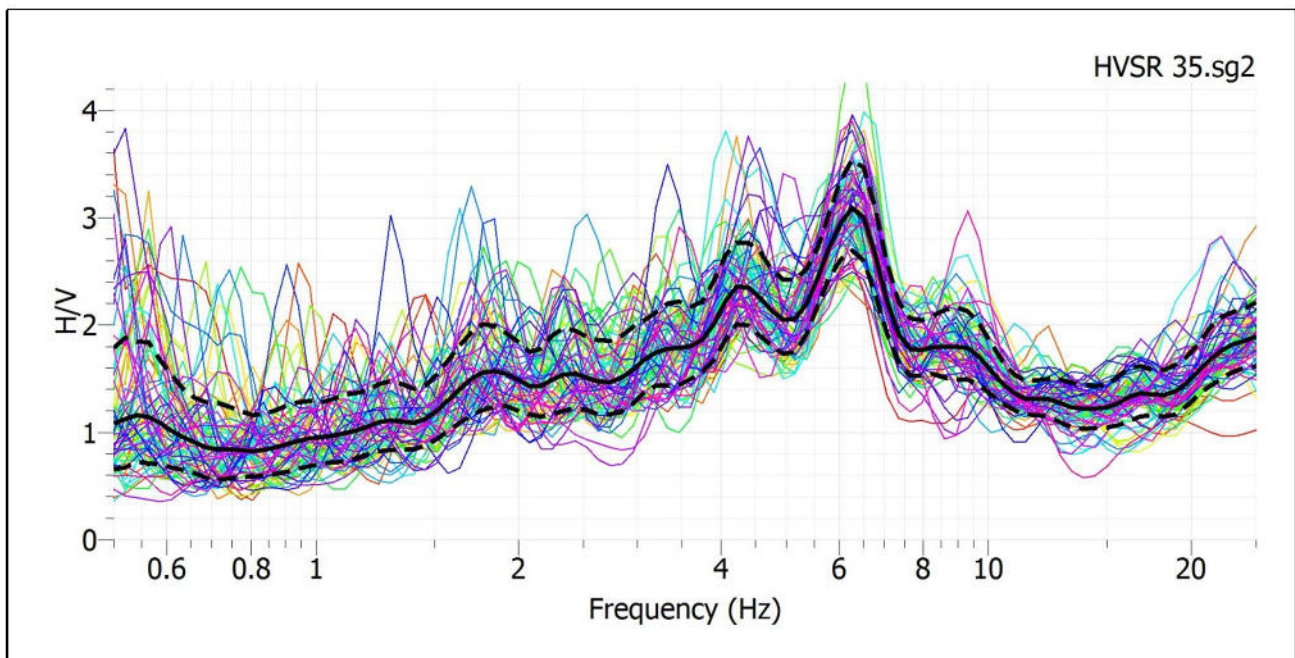


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 36

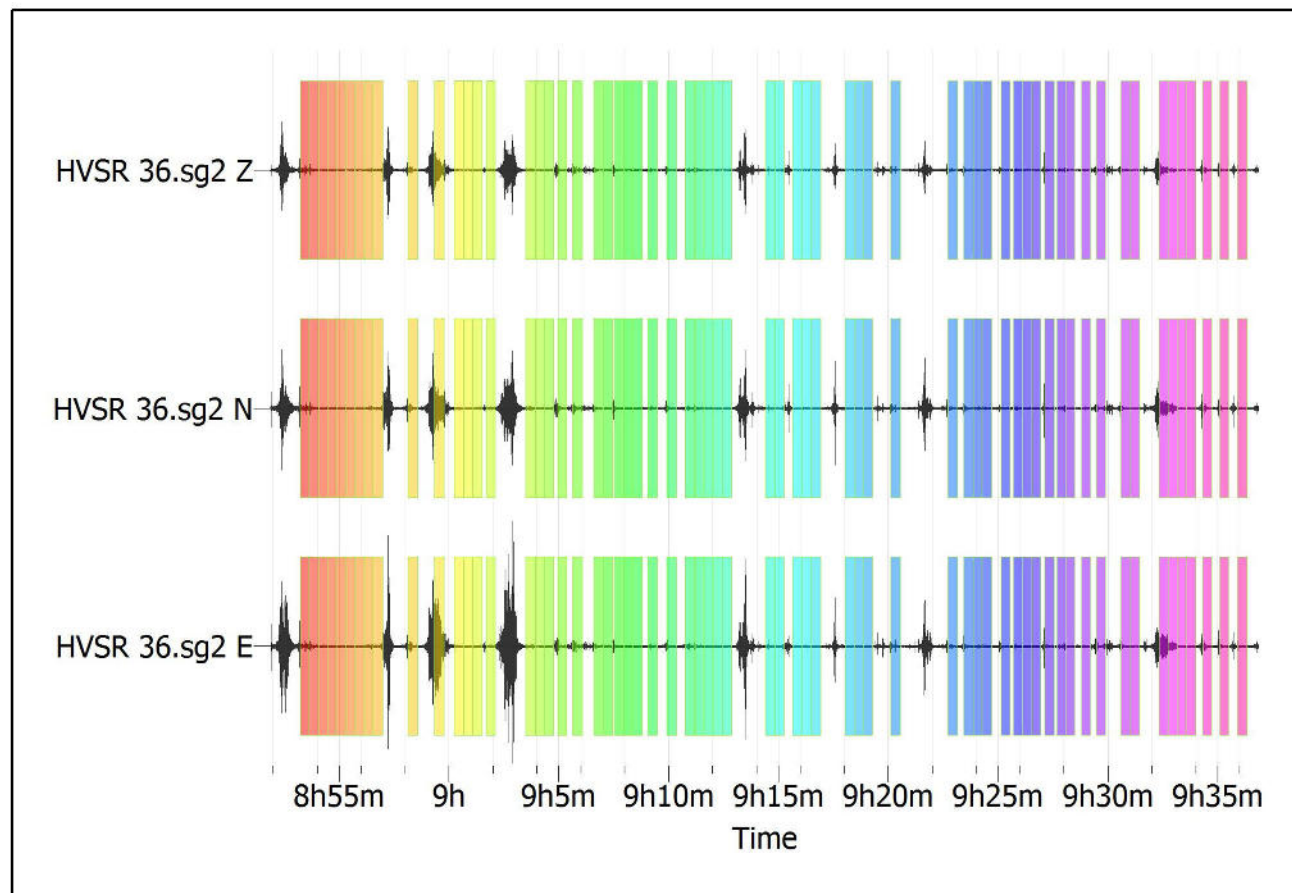


Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

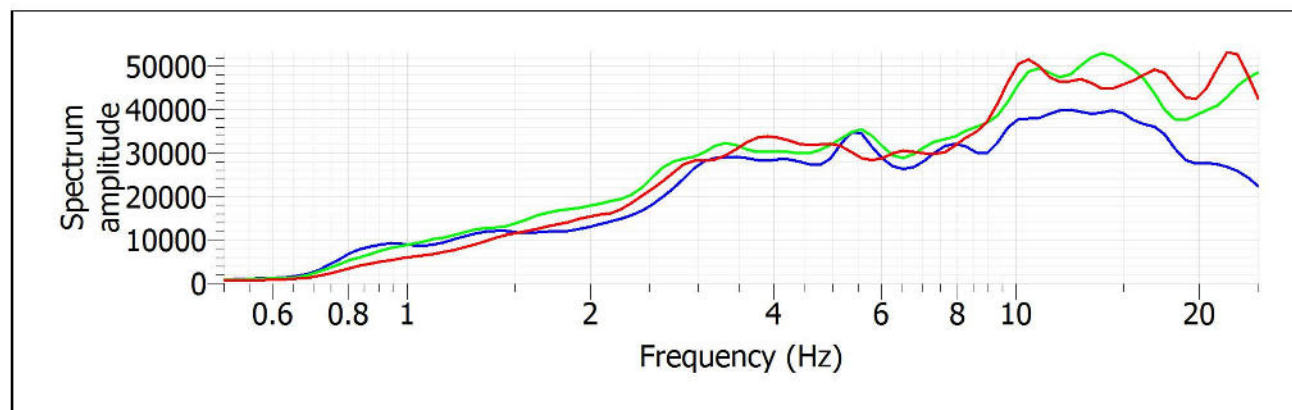


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

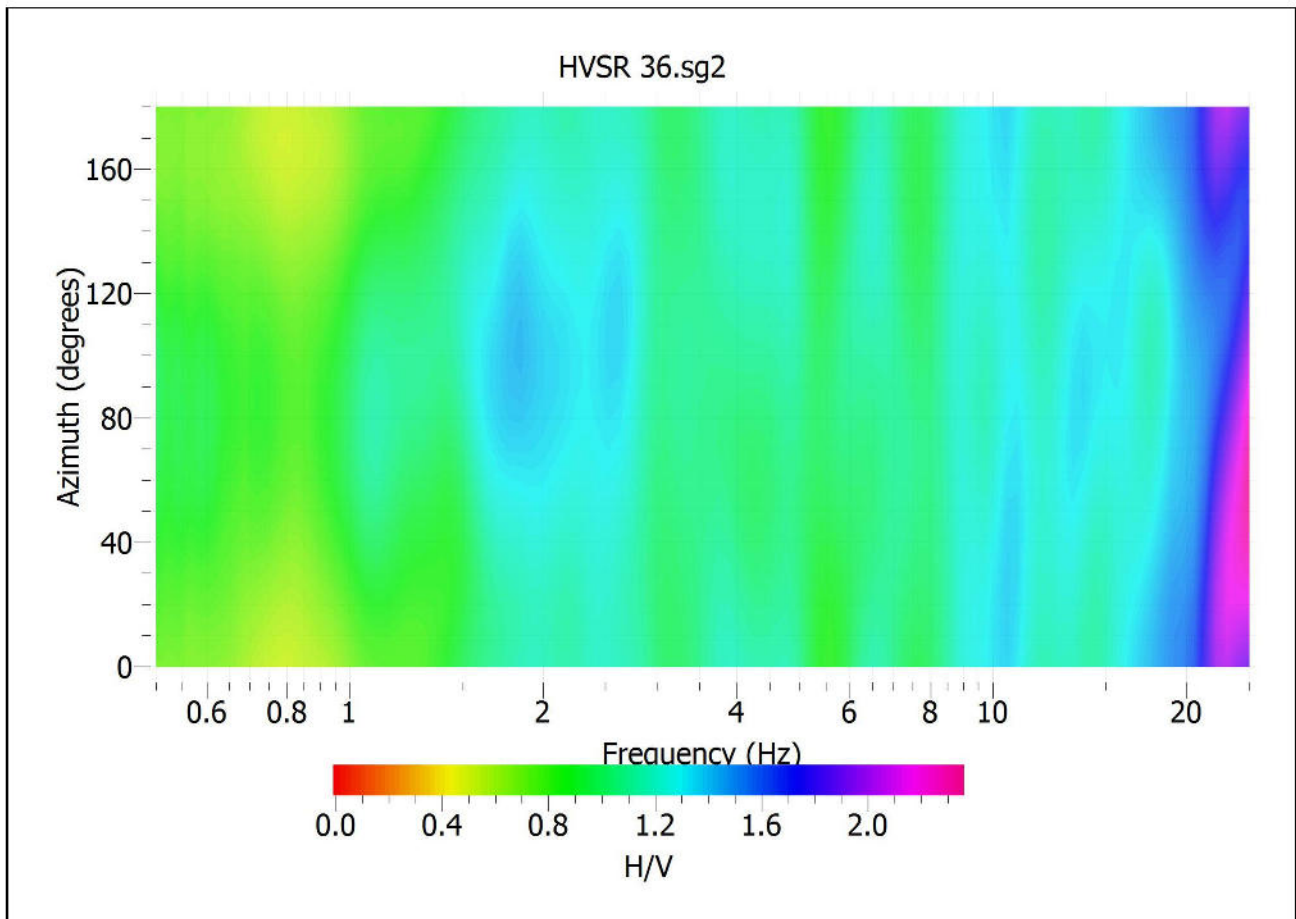


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

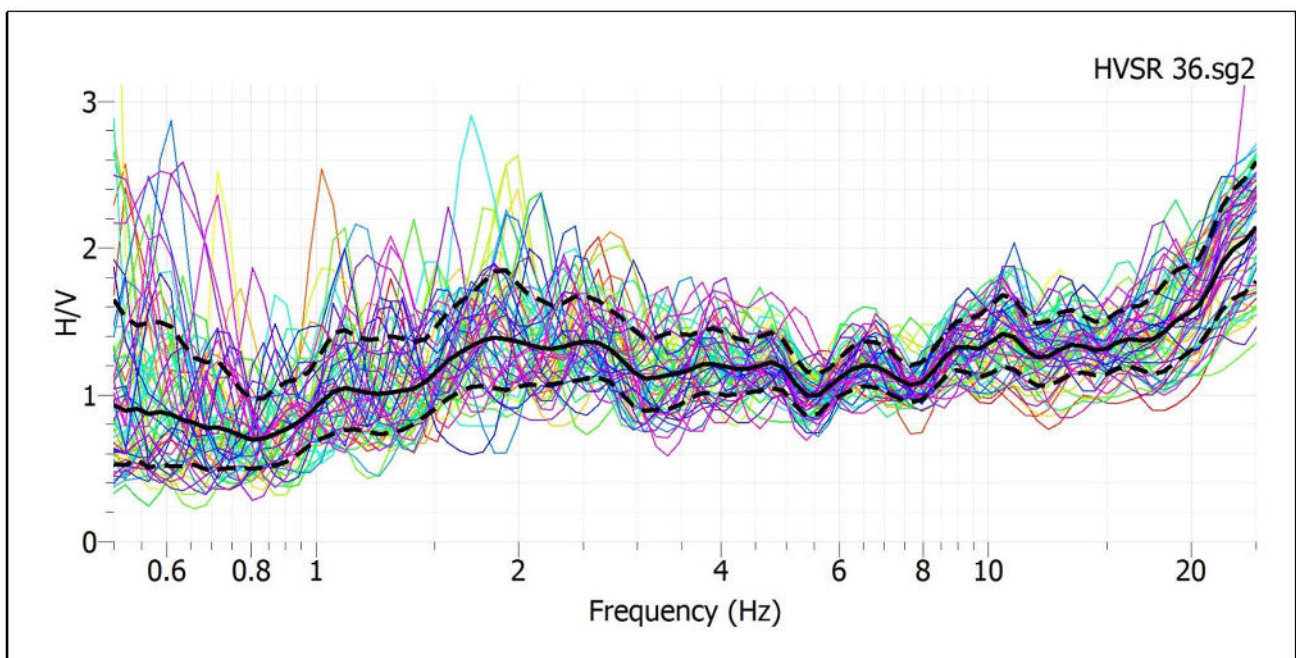


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSr 37

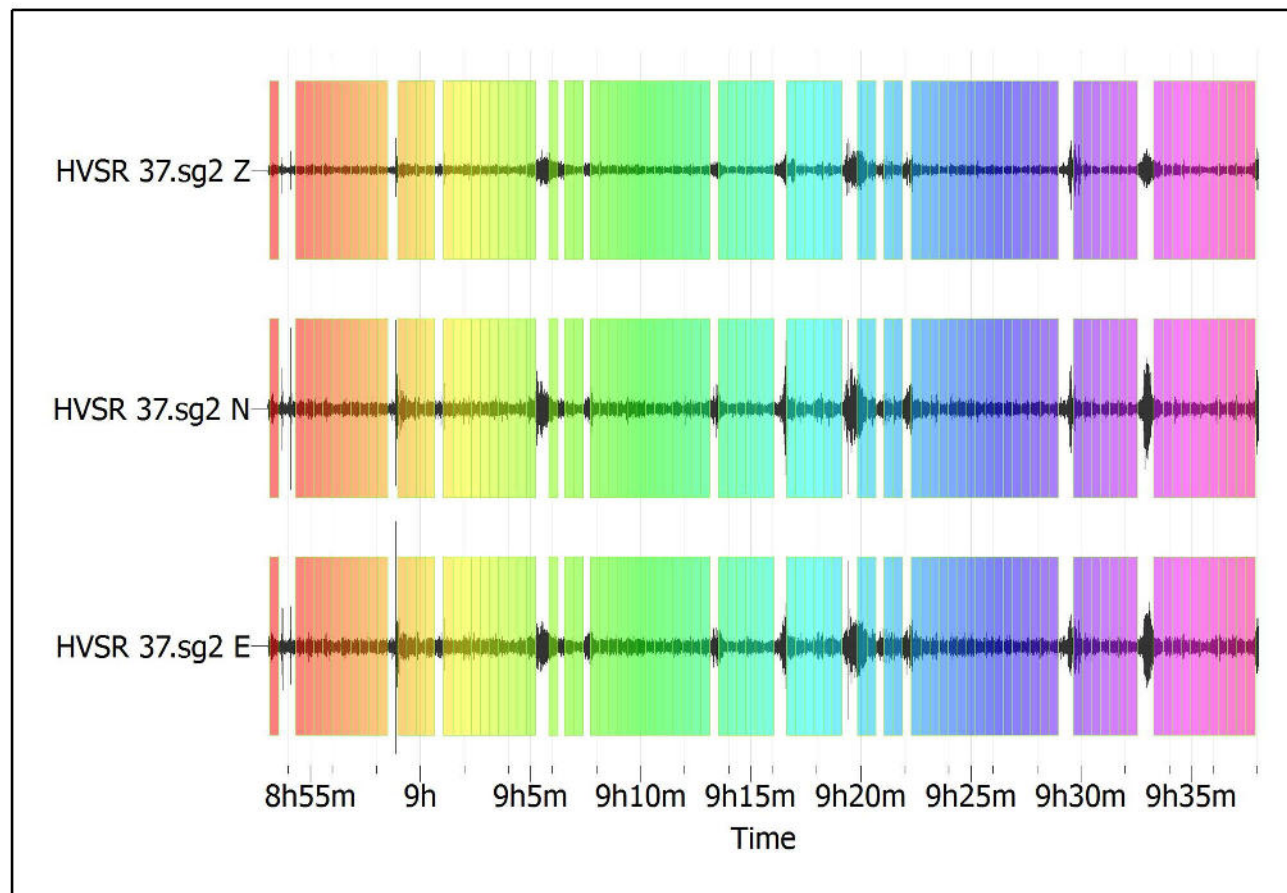


Fig. 1: *Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest*

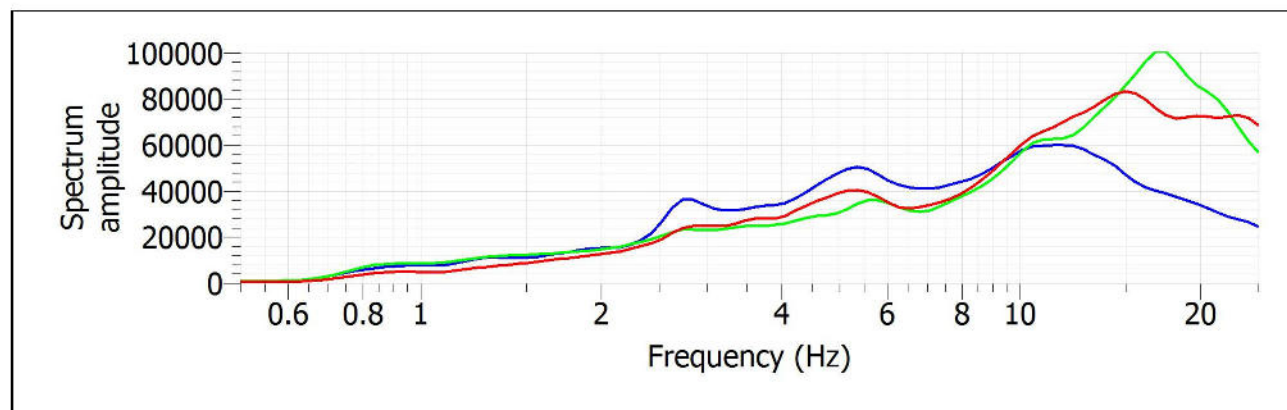


Fig. 2: *Spettri medi nelle tre direzioni*

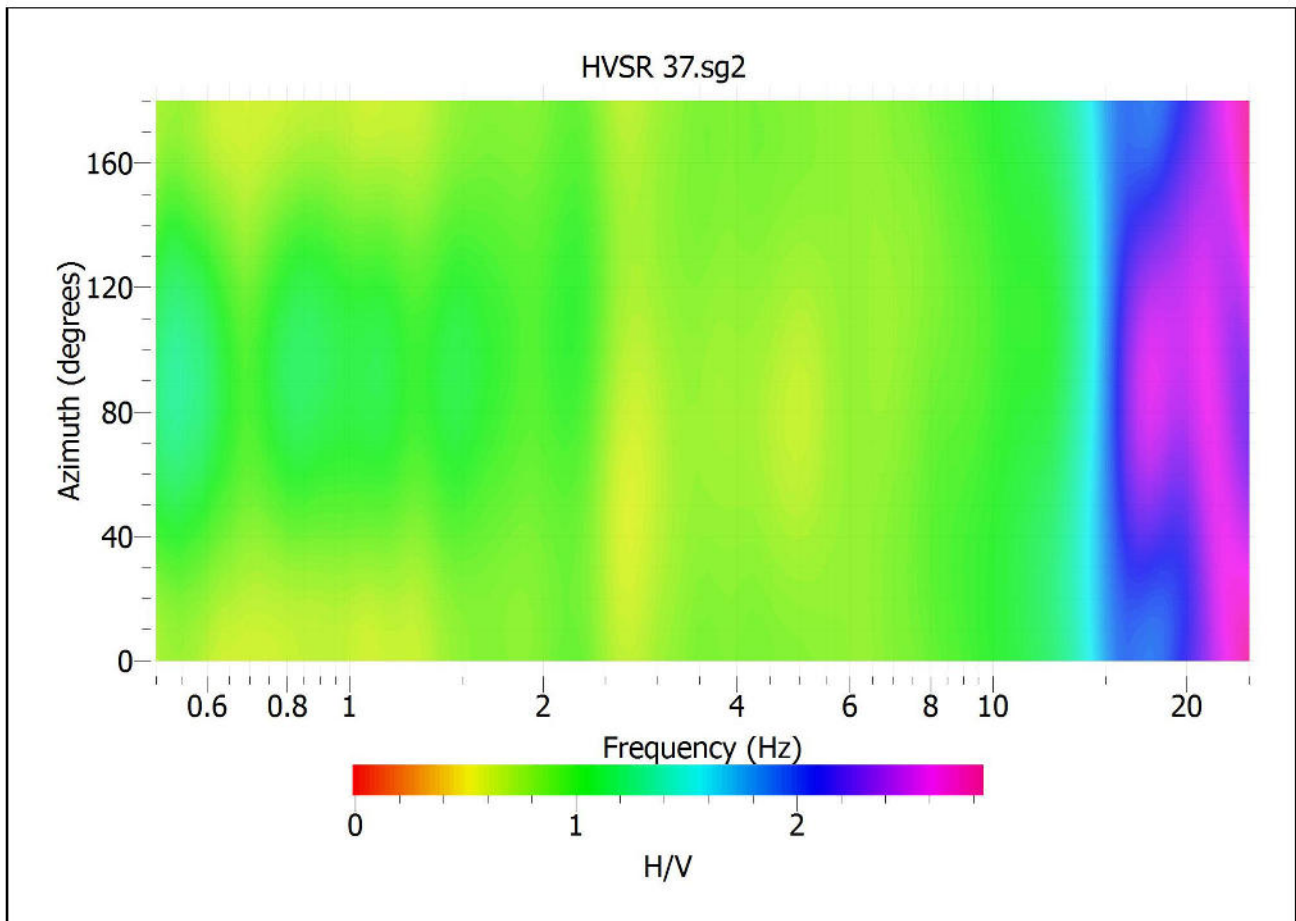


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

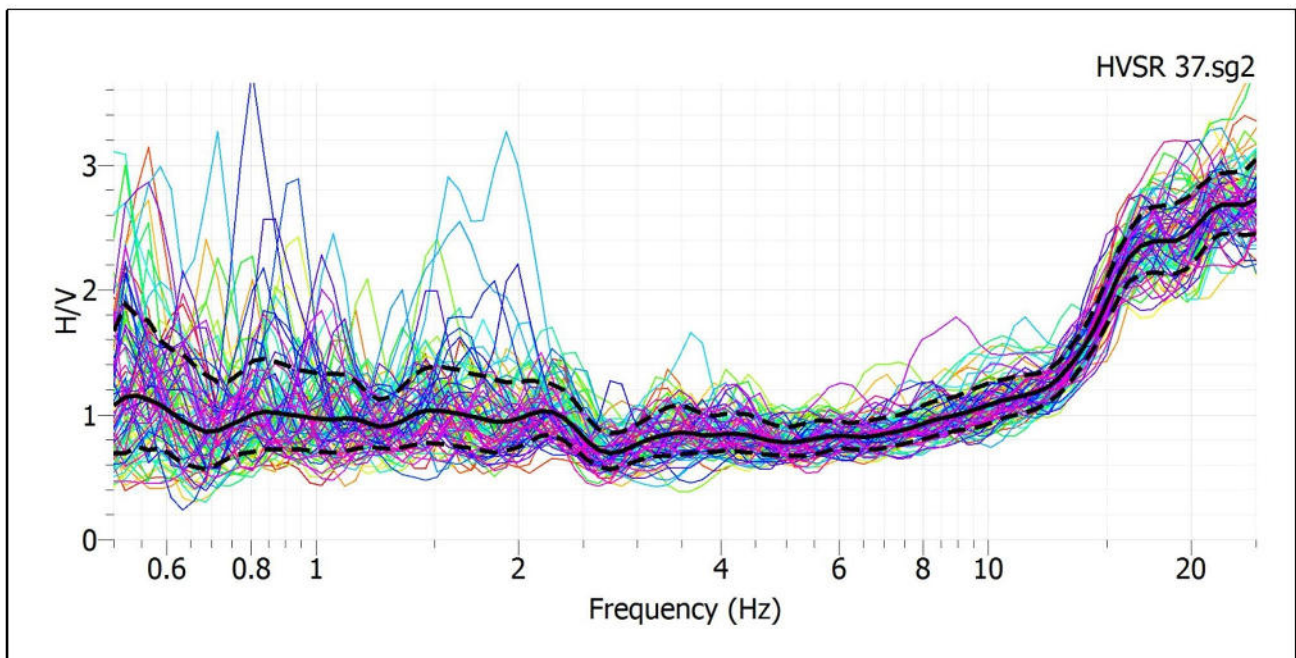


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

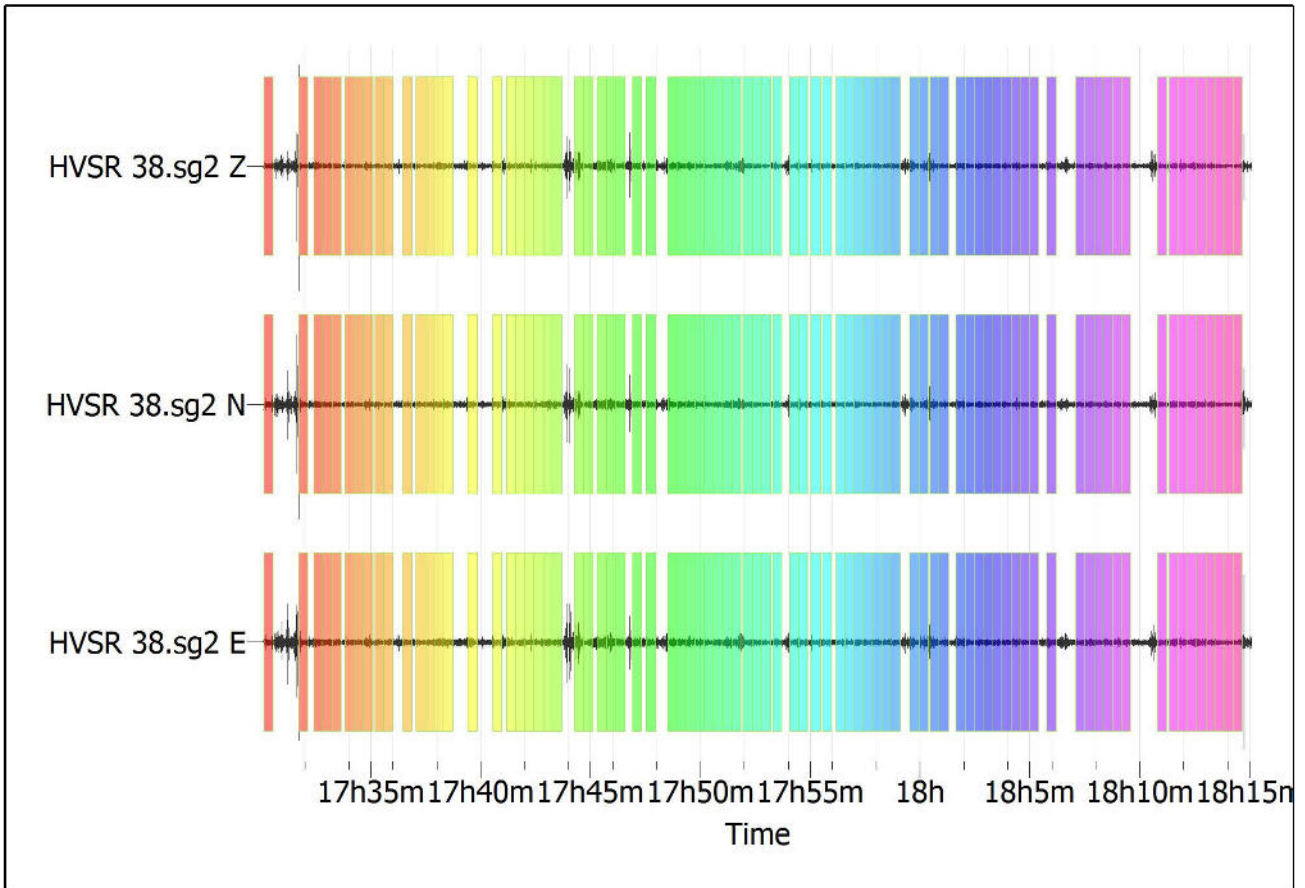
POSTAZIONE HVSR 38

Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

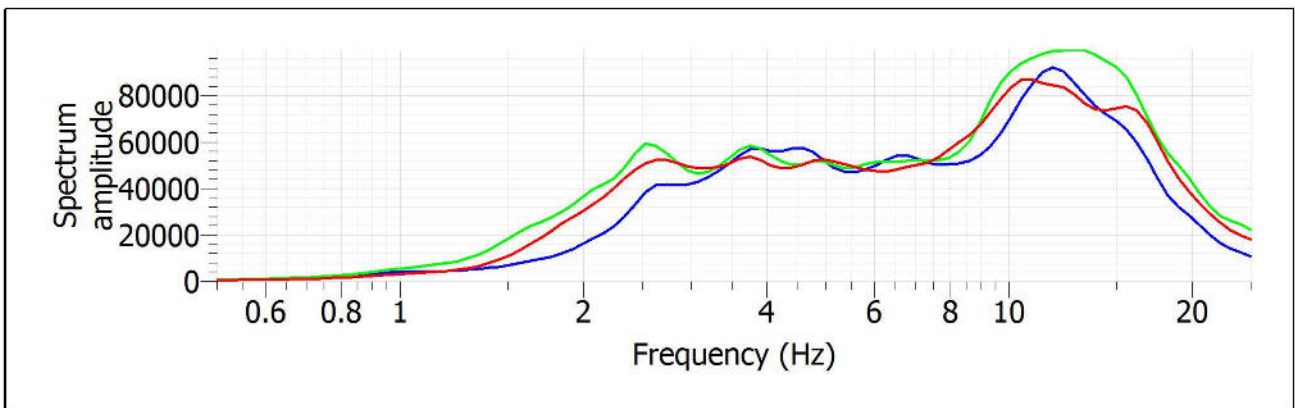


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

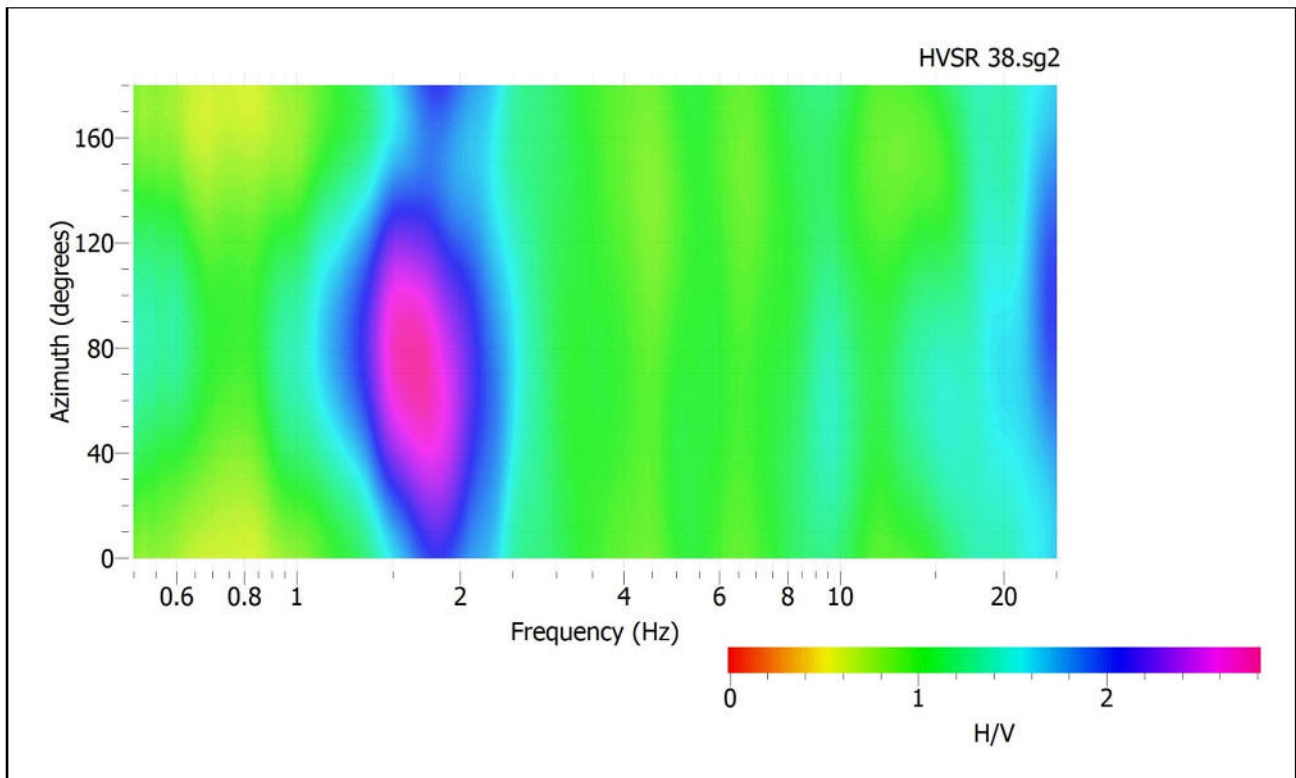


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

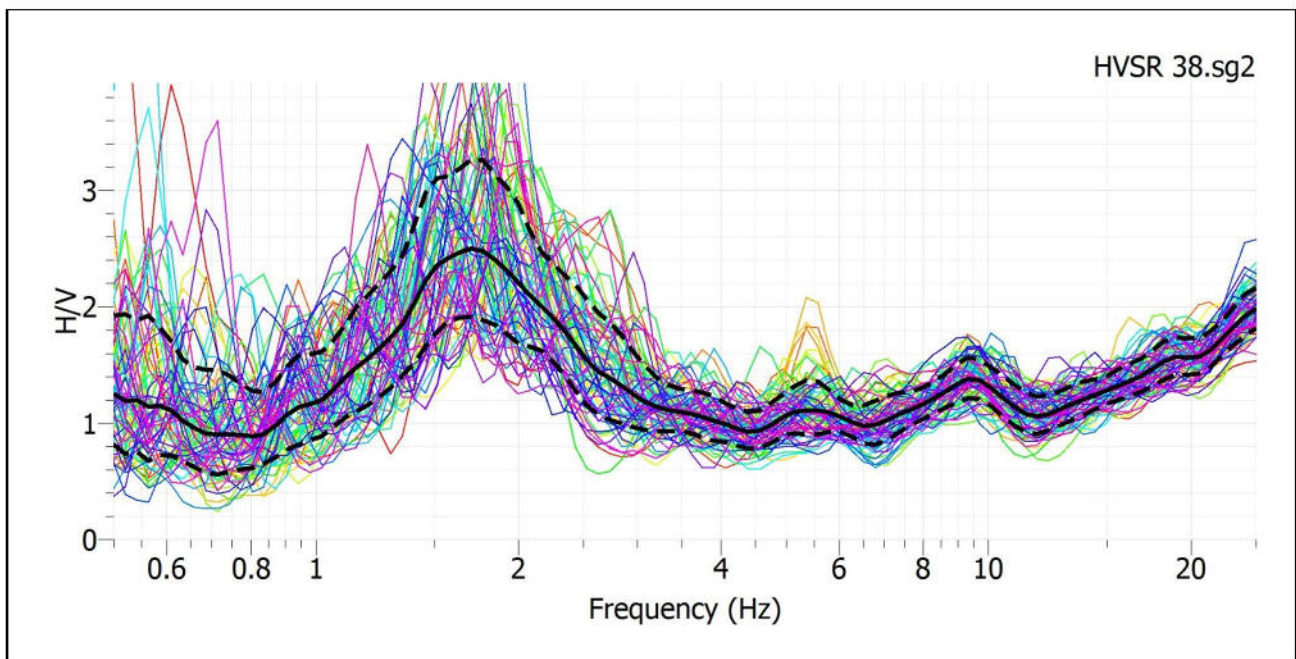


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 39

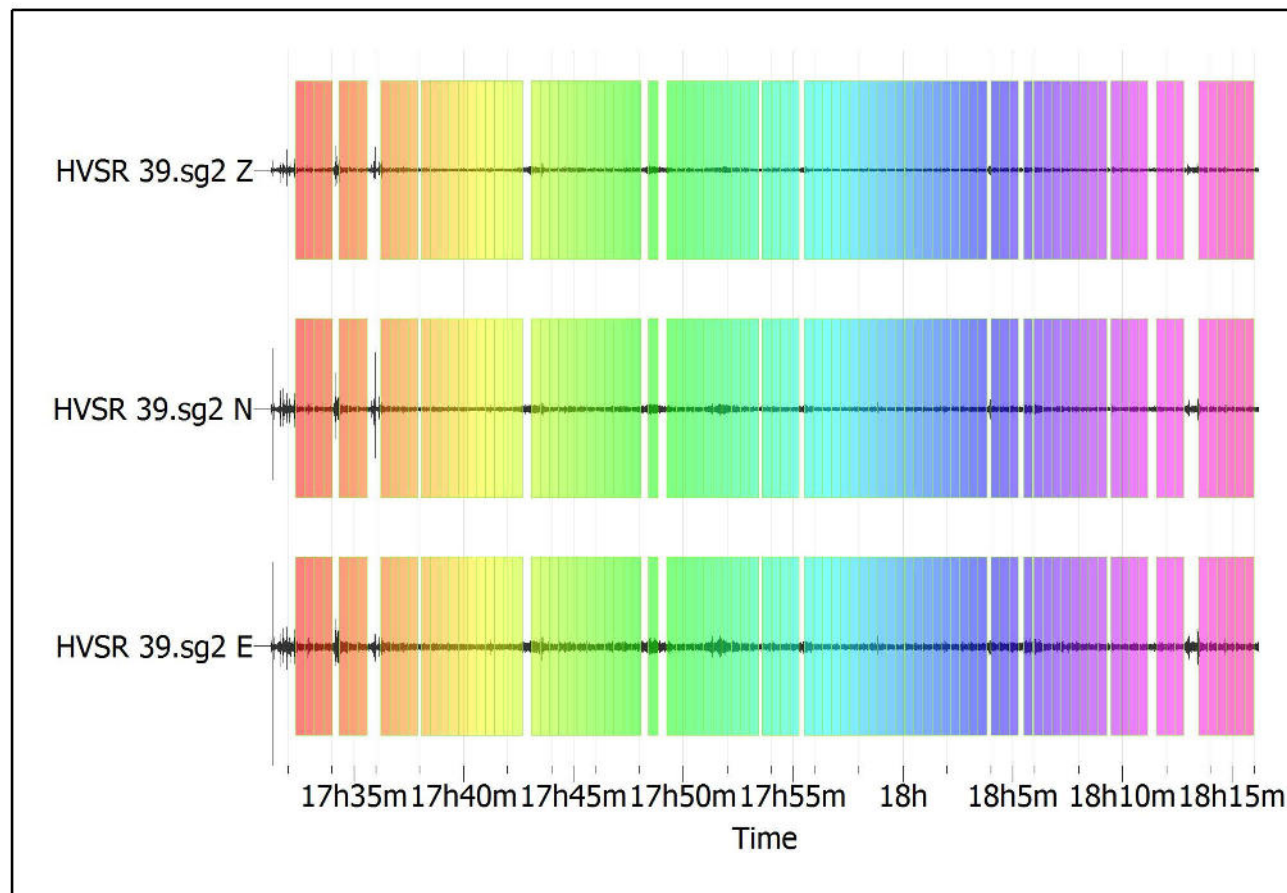


Fig. 1: *Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest*

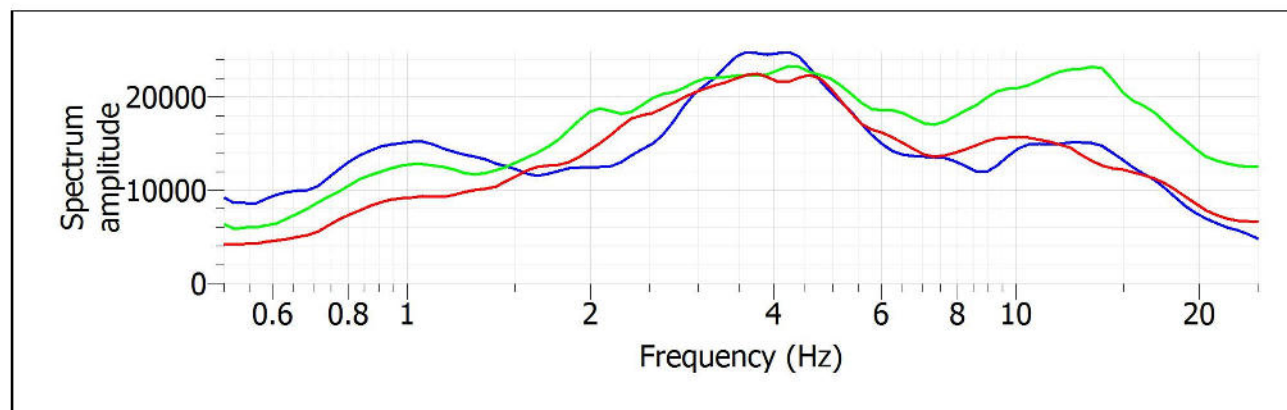


Fig. 2: *Spettri medi nelle tre direzioni*

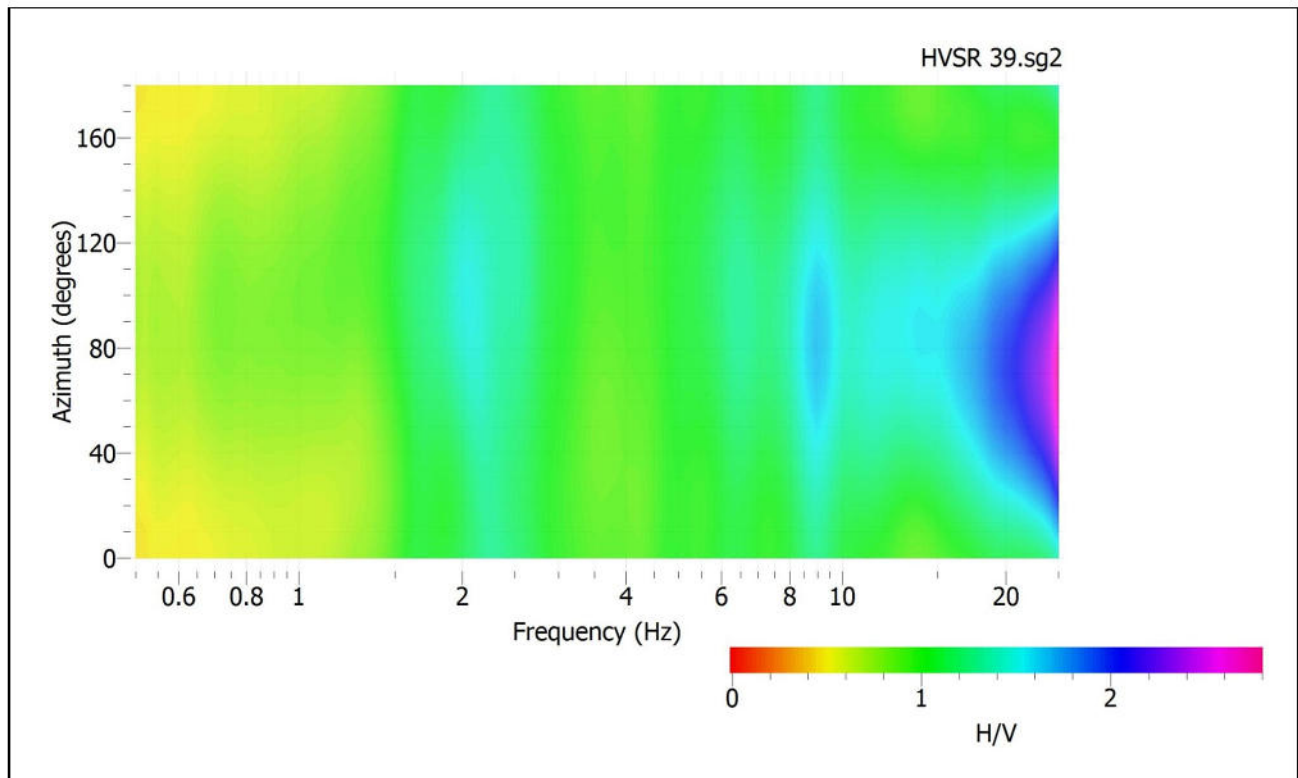


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

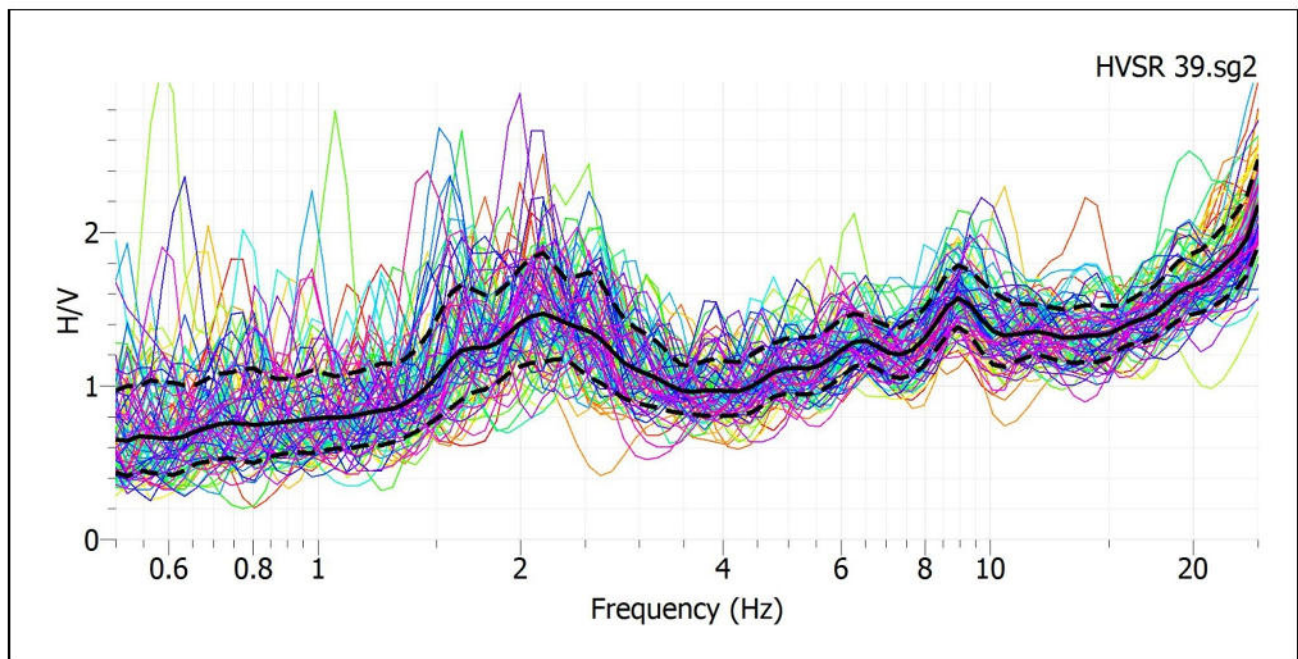


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

POSTAZIONE HVSR 40

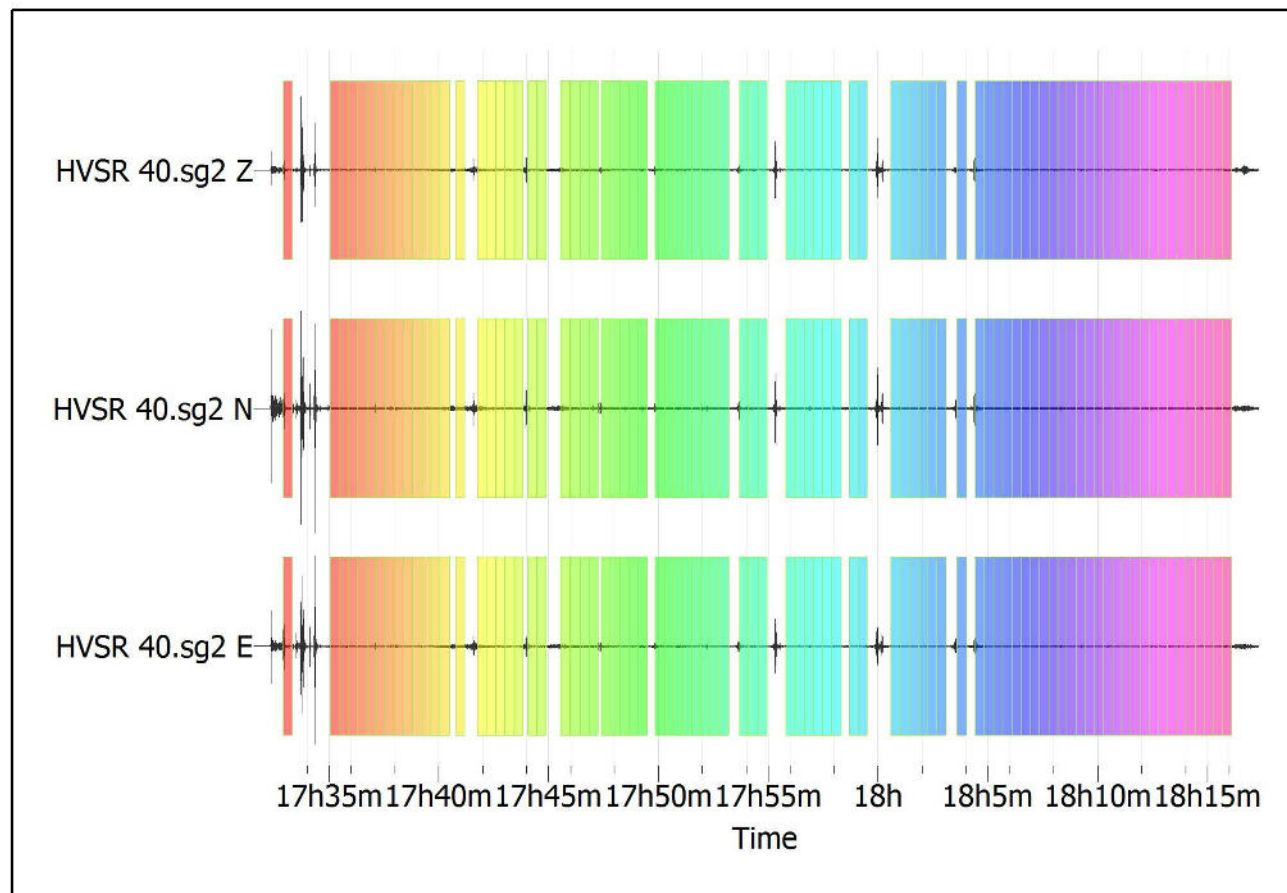


Fig. 1: *Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest*

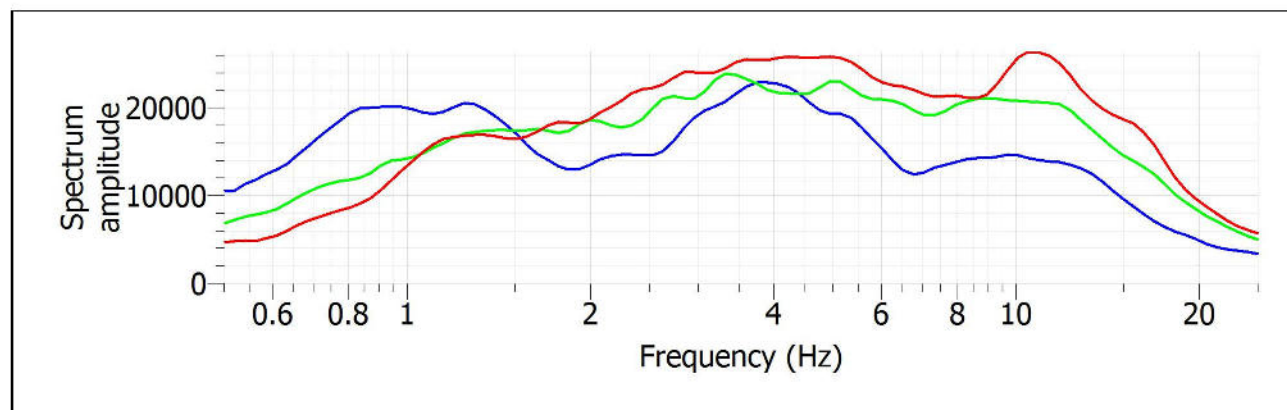


Fig. 2: *Spettri medi nelle tre direzioni*

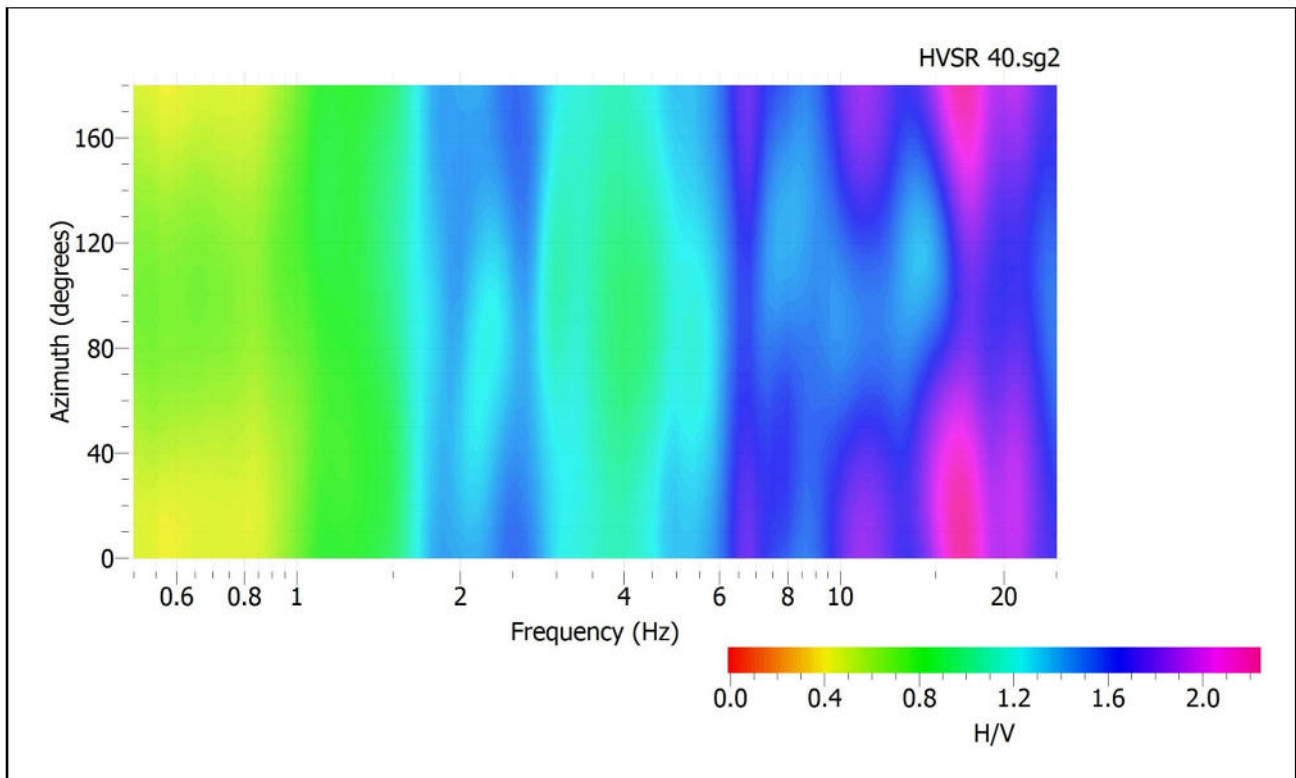


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

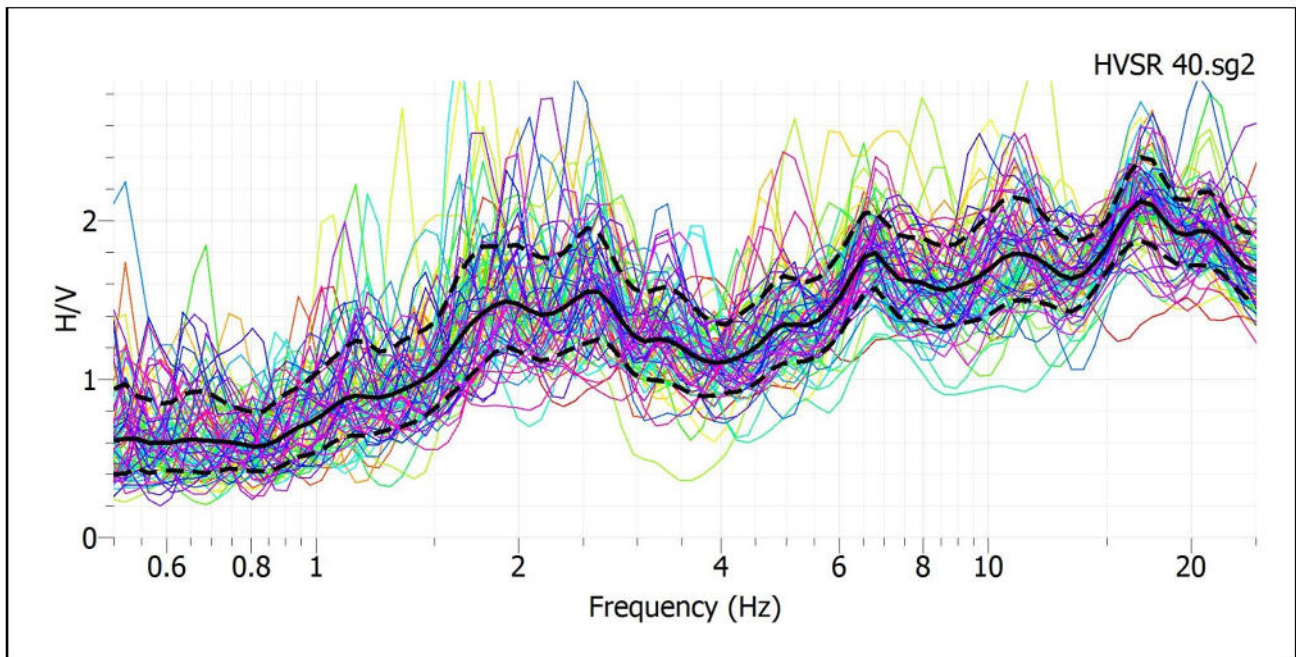


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

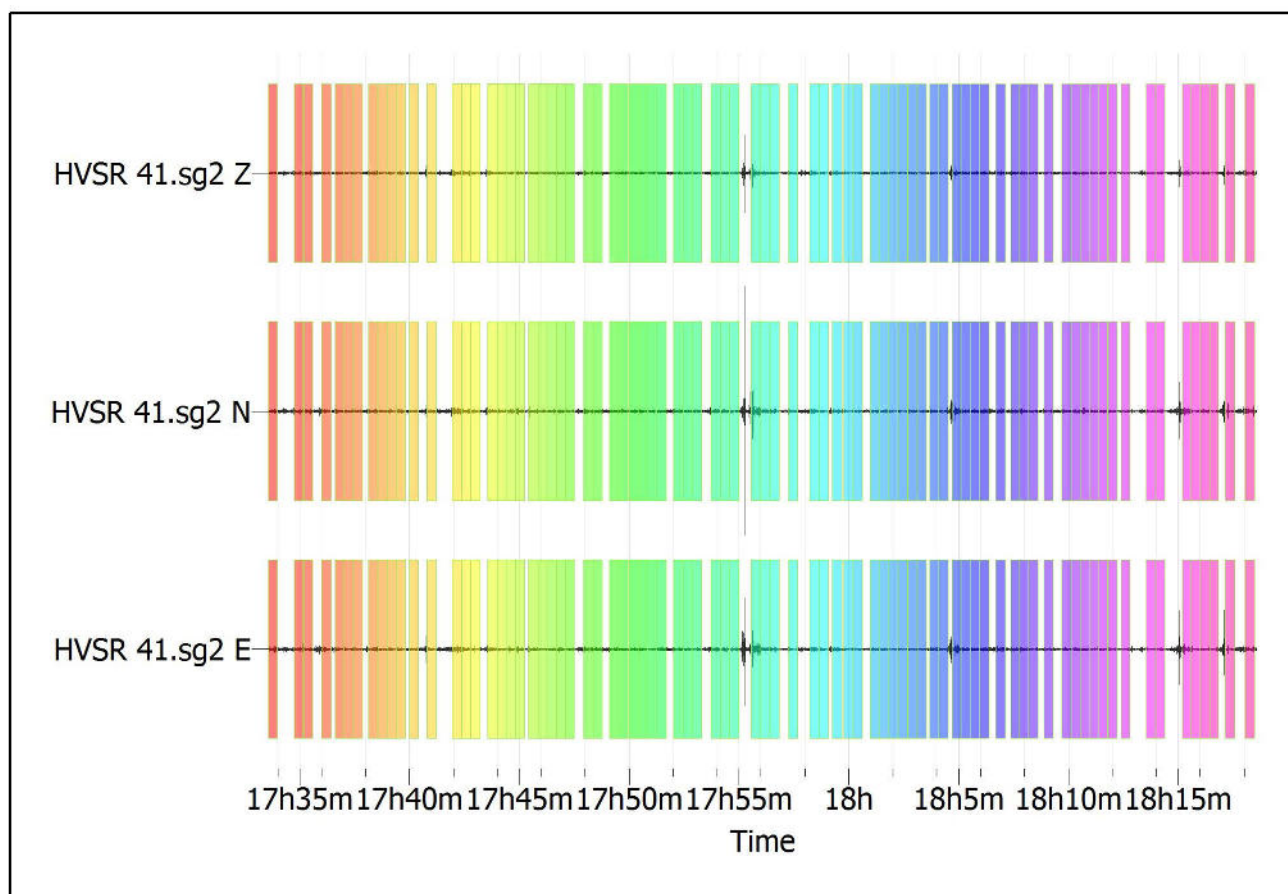
POSTAZIONE HVSr 41

Fig. 1: Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale, Nord-Sud e Est-Ovest

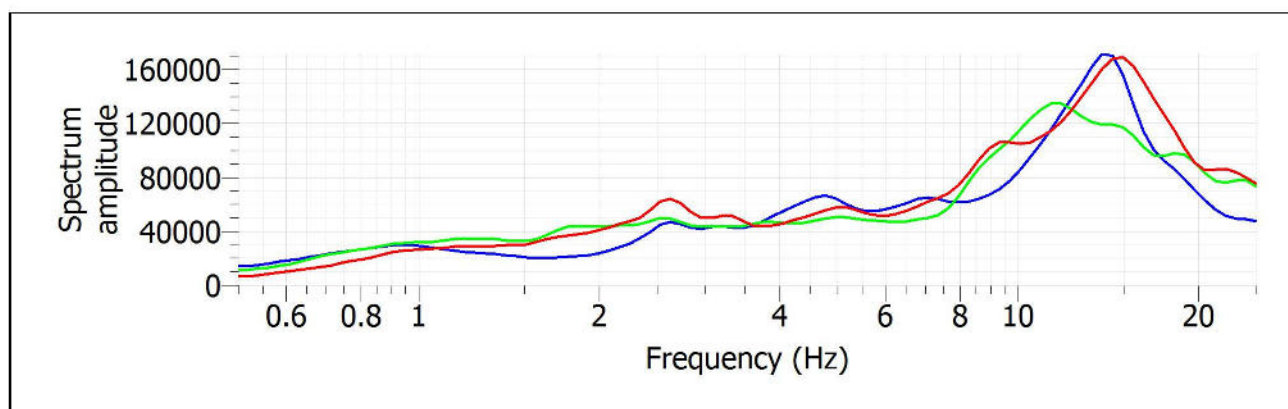


Fig. 2: Spettri medi nelle tre direzioni

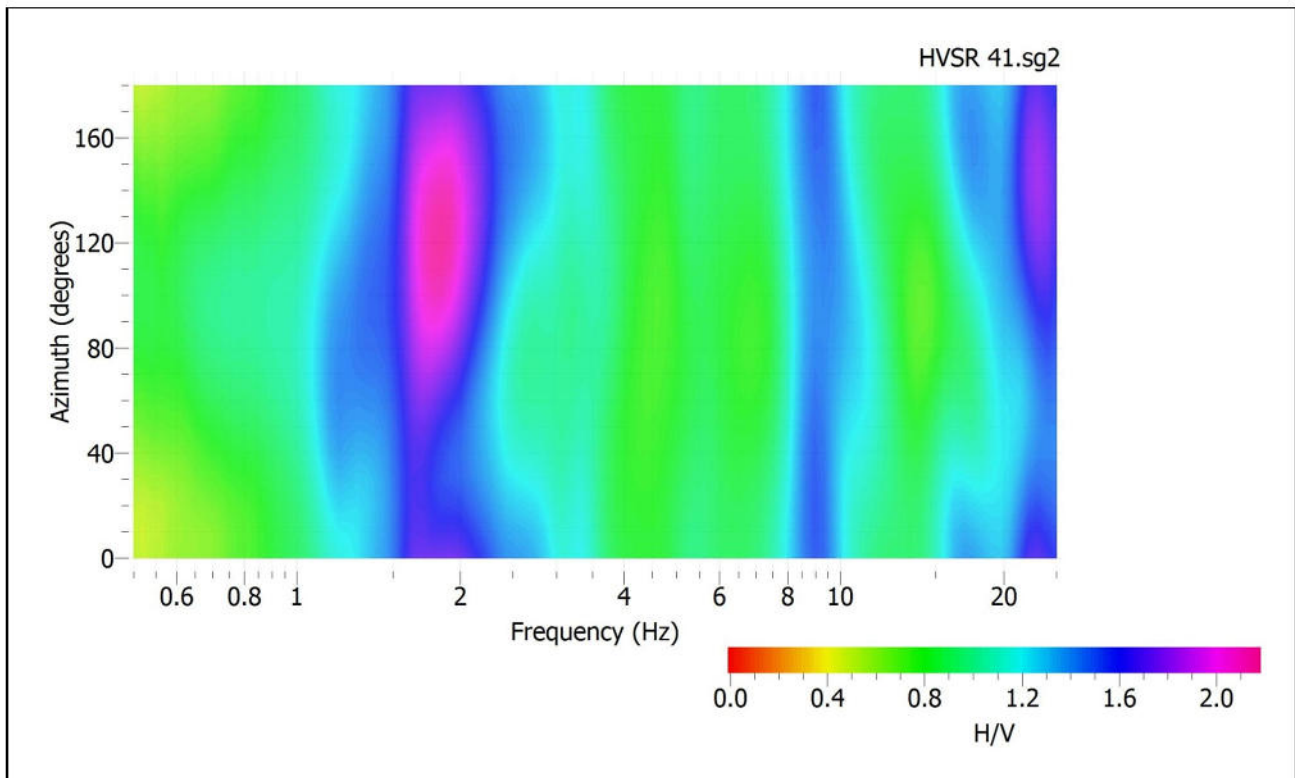


Fig. 3: Mappa della direzionalità degli spettri

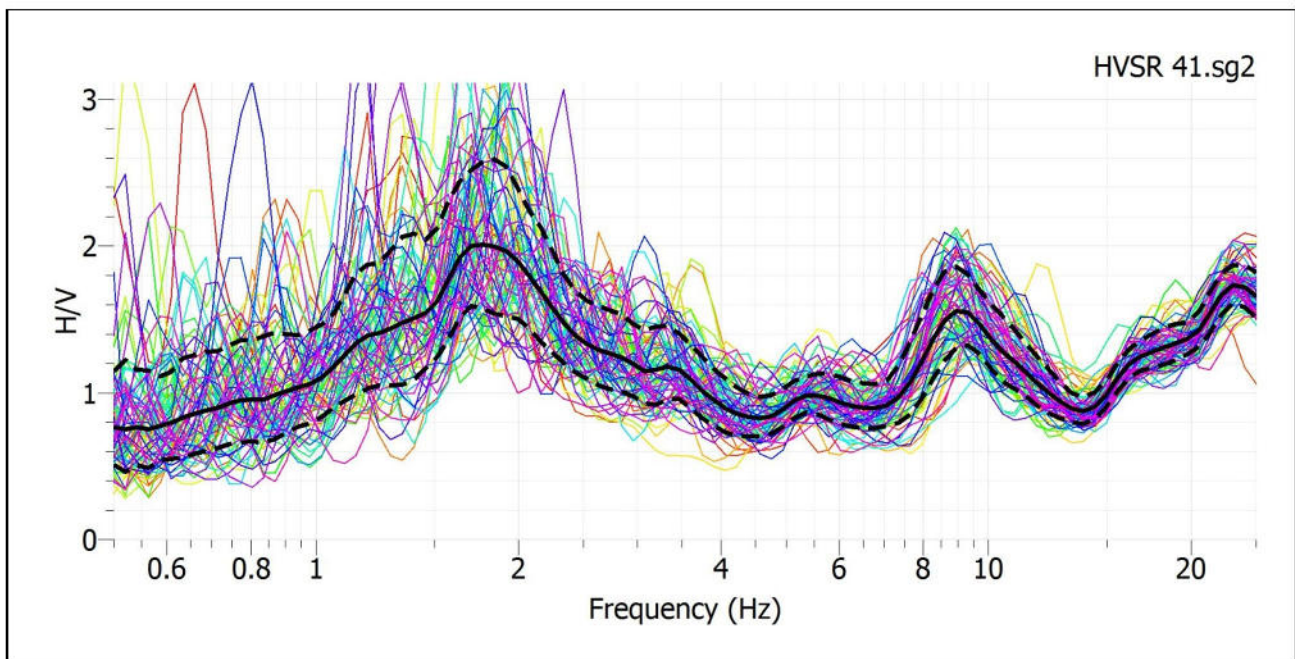


Fig. 4: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

6.0 CONCLUSIONI

Scopo del presente lavoro è stato quello di condurre n. 41 indagini sismiche passive tipo HVSR basate sulla misura dei microtremori ambientali, da eseguire sui terreni del territorio comunale della Città di Pescara.

I capitoli precedentemente illustrati riportano in sintesi tutti i dati richiesti dal committente.

Oltre alla presente copia cartacea, sarà consegnato al committente un supporto informatizzato contenente i file di campagna delle indagini condotte, le immagini fotografiche delle singole postazioni e l'elaborazione dei dati di campagna con il software Geopsy ed il software Easy HVSR.

Per ogni eventuale problema si raccomanda di interpellare per tempo la sottoscritta al fine di ricercare, anche mediante la predisposizione di ulteriori indagini, soluzioni mirate ad ottimizzare in ogni caso le scelte tecniche.

Si rimane a disposizione per eventuali chiarimenti.

Tanto si doveva in adempimento dell'incarico ricevuto.

Giuliano Teatino, Ottobre 2013

la società incaricata

(Geoindagini s.n.c.)