



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile

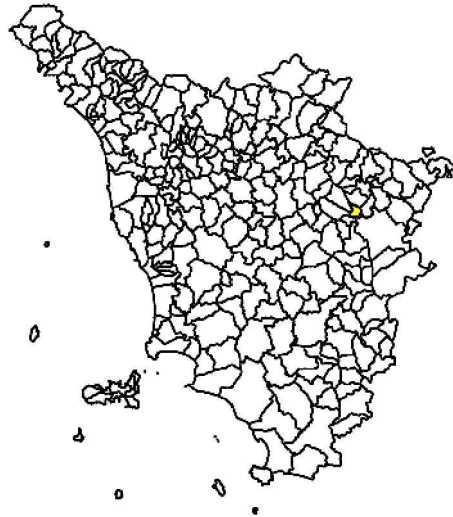


Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione Tecnica sulle Indagini

Regione Toscana  
Comune di Castiglion Fibocchi



Regione Toscana	Soggetto realizzatore: Progeo Engineering SRL Referente e coordinatore delle attività: Geol. Massimiliano Rossi Geol. Fabio Poggi  Collaboratori: Geol. Gabriele Menchetti Geol. Andrea Martini Dott. Gianluca Capaccioli	Data Ottobre 2022
-----------------	--	----------------------

## **INTRODUZIONE**

La presente relazione sulle indagini, redatta ad integrazione della relazione illustrativa, contiene in dettaglio i risultati di tutte le indagini geofisiche realizzate sia per lo studio di MS1, redatto secondo il regolamento 53/R a supporto del vigente strumento urbanistico, che per il presente studio di MS2.

Nel dettaglio il presente documento contiene:

per lo studio di MS1 i report di:

- n°24 HVSR effettuate dalla ditta Galileo Geofisica;

per lo studio di MS2 i report di:

- n°27 HVSR effettuate dalla ditta ProGeo Eng. Srl e TriGeo Snc;
- n°1 stendimento di Sismica a rifrazione in onde P ed SH realizzato dalla ditta TriGeo Snc;
- n°2 MASW + ESAC realizzate dalla ditta TriGeo Snc



# **REPORT INDAGINI HVSR DELLO STUDIO MS1**

**(FONTE: GALILEO GEOFISICA)**

**GALILEO GEOFISICA-PIAZZA GIOTTO 8-52100-Arezzo**  
**[www.Galileogeofisica.it](http://www.Galileogeofisica.it)**

**PROVINCIA DI AREZZO**  
**COMUNE DI CASTIGLION FIBOCCHI**

**MISURE TROMOMETRICHE**



## **BASI TEORICHE**

La prova sismica passiva a stazione singola mette in luce le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica. La prova, comunemente nota con il termine H/V (rapporto tra le componenti spettrali orizzontali, H, e verticale, V) fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989). In un sistema costituito da uno strato tenero (es. coperture) ed un semispazio rigido (es. bedrock), un'onda tendera' a rimanere intrappolata nello strato tenero per riflessioni multiple (alla superficie libera, nuovamente al bedrock e così via) e dara' luogo a fenomeni di risonanza per lunghezze d'onda incidenti]. Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla legge:

$$1) T^{\circ} = 4h/V_s$$

dove  $T^{\circ}$  indica il periodo,  $V_s$  e la velocità delle onde di taglio nello strato che risuona e  $H$  e lo spessore di detto strato.

Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (per l'appunto di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine. Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti.

L'Equazione 1 permette di comprendere come la tecnica H/V possa fornire anche indicazioni di carattere stratigrafico: a partire da una misura di microtremore che fornisce  $f$ , nota la  $V_s$  delle coperture, si può infatti stimare la profondità dei riflettori sismici principali o viceversa.

Misure H/V effettuate su roccia sana che non amplifica daranno invece curve piatte .

## **ACQUISIZIONE IN CAMPAGNA**

La misura di microtremore a stazione singola deve avere una durata commisurata alla frequenza di indagine di interesse. Nella già citata ipotesi che una misura di interesse ingegneristico ricada nell'intervallo 0.1-20Hz, segue che un campionamento adeguato deve durare 12-15 min, in modo da poter analizzare il segnale su finestre di almeno 30 s di lunghezza e da avere almeno 20-30 finestre su cui effettuare una media, considerando anche che qualcuna potrà dover essere rimossa per la presenza di disturbi che alterano lo spettro medio.

La frequenza di campionamento adeguata per questo tipo di prove non deve essere inferiore a 50 Hz, in modo da permettere una ricostruzione spettrale sino ad almeno 20 Hz.

**Lo strumento di misura va posto a diretto contatto col terreno e reso solidale con questo senza interfacce intermedie.**

La misura sismica passiva va' effettuata direttamente su terreno naturale e quando questo non fosse possibile è necessario tener conto degli effetti indotti dai terreni artificiali rigidi in questo tipo di misure.

L'orientamento strumentale secondo il Nord geografico e solamente una convenzione.

In presenza di elementi topografici o morfologici, lo strumento andrebbe allineato secondo gli assi di questi, in modo da' cogliere piu' efficacemente eventuali direzionalità.

## **ANALISI DEI DATI**

Le serie temporali registrate nelle tre componenti del moto vengono analizzate secondo procedure spettrali di vario tipo (FFT, wavelet, ecc.) fino alla produzione delle curve H/V, dove H è la media di due componenti spettrali orizzontali ortogonali.

Si rimanda a SESAME (Site EffectS Assessment using AMbient Excitations, 2005) per uno dei possibili esempi di protocollo di analisi.

Prima di qualsiasi interpretazione delle curve H/V sono indispensabili due accorgimenti:

**1)** la curva H/V deve essere statisticamente significativa, ossia essere caratterizzata da una deviazione in ampiezza e in frequenza ridotta. Quando questa caratteristica non sia presente sin dall'inizio, essa va ricercata tramite una pulizia del tracciato. Esistono diversi metodi per "pulire" una curva:

H/V SESAME (2005) propone la rimozione nella serie temporale di quelle finestre caratterizzate da una deviazione del segnale (STA, media a breve termine) maggiore della media a lungo termine (LTA).

Tuttavia le procedure che propongono la rimozione dei disturbi sulla base della serie temporale non appaiono le più indicate quando l'obiettivo è pulire una curva che è funzione della frequenza.

La pulizia deve infatti essere rivolta alla ricerca di un rapporto H/V stabile e quindi alla rimozione delle sole finestre in cui questo rapporto risulti alterato, a parità di frequenza, tra i canali H e i canali V. Questo tipicamente avviene in presenza di segnali di natura impulsiva, che presentano cioè spettri bianchi.

Le curve H/V non vanno mai osservate da sole ma sempre congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui derivano. Questo permette di discernere agevolmente i picchi di natura stratigrafica da quelli di natura antropica. In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili.

Alla frequenza di risonanza si genera un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma "a occhio" o "a ogiva".

Questa forma è indicativa di risonanze stratigrafiche.

È evidente però che in una misura di tremore entrano anche vibrazioni monofrequenziali (artefatti) indotte da macchinari o simili. Queste si traducono in picchi stretti (delta) ben definiti su tutte e tre le componenti spettrali e quando l'ampiezza sulle tre componenti non è simile, danno luogo a picchi o gole artefattuali nelle curve H/V.

**STRUMENTAZIONE USATA E SOFTWARE D'INTEPRETAZIONE**

**Tromino Micromed**



<b>Number of channels</b>	3+1 analog
<b>Amplifiers</b>	all channels with differential inputs
<b>Noise</b>	< 0.5 $\mu$ V r.m.s. @128 Hz sampling
<b>Input impedance</b>	10 <sup>6</sup> Ohm
<b>Frequency range</b>	DC - 360 Hz
<b>Sampling frequency</b>	16384 Hz per channel
<b>Oversampling frequency</b>	32x, 64x, 128x
<b>A/D conversion</b>	$\geq$ 24 bit equivalent
<b>Max analog input</b>	51.2 mV (781 nV/digit)



## **SOFTWARE D'INTEPRETAZIONE DEI DATI**

*Grilla-Micromed*  
*WinMasw professional-Eliosoft*  
*Geopsy*

## **RILIEVI EFFETTUATI**

Si sono effettuati 31 rilievi , tutti eseguiti su terreno (apparentemente naturale).  
I rilievi hanno avuto le seguenti caratteristiche:  
Durata registrazione: 0h20'00".  
Freq. campionamento: 128 Hz

### ***Per l'analisi sono stati scelti i seguenti parametri***

*Lunghezza finestre: 20 s*  
*Tipo di lisciamento: Triangular window*  
*Lisciamento: 10%*

*Rimozione di rumore tramite selezione manuale sulla traccia*

*Determinazione delle velocità per correlazione stratigrafiche*-Si sono effettuati dei rilievi in corrispondenza di perforazioni con stratigrafia nota (1-6-9) e si è quindi determinato la velocità media dei sedimenti sopra il bedrock che è stata di 306 metri al secondo. Solo in casi di evidenze nette si è considerato un modello a 3 strati, mentre per tutti gli altri rilievi si è cercata sempre la semplificazione massima tramite un modello a 2 strati.

## **RISULTATI OTTENUTI**

Il dato principale rilevabile tramite misure di rumore di fondo è la frequenza di sito, da cui si estrapola la presunta profondità del bedrock,  
Dall'ampiezza della curva potremo inoltre avere informazioni qualitative sull'intensità della risposta sismica (per norma, si ha amplificazioni stratigrafica per valori di H/V maggiori di 2).  
L'insieme delle informazioni frequenza intensità ci permetterà di capire su quali frequenze si concentrerà la risposta del terreno e quanto sarà forte la medesima.  
Segue una tabella riassuntiva con i dati delle misure effettuate.

**GALILEO GEOFISICA-PIAZZA GIOTTO 8-52100-Arezzo**  
**www.Galileogeofisica.it**

MISURA N°	DATA	COORDINATE GAUSS-BOAGA		CLASSE	PICCO H/V		Prof. Roccia
		X	Y		Frequenza	Ampiezza	
1	28/02/2012	1723729.435	4822304.912	A1	4.88	5--6	11
2	28/02/2012	1723719.094	4822528.523	A1	2.03	5--6	40
3	28/02/2012	1723526.505	4822731.452	B1	4.78	3	16
4	28/02/2012	1723215.002	4822308.79	A1	1.88	4--5	46
5	28/02/2012	1723265.411	4822554.374	A1	2.41	4	35
6	28/02/2012	1723331.331	4822758.596	A1	3.22	3	23
7	28/02/2012	1723001.732	4822690.091	A1	2	5	40
8	28/02/2012	1723155.545	4822891.728	A1	3.03	2--3	20
9	28/02/2012	1722797.749	4822486.401	A1	2.75	3--4	30
10	28/02/2012	1722358.044	4822315.253	A1	3.06	3--4	29
11	28/02/2012	1722506.687	4822625.464	A1	4.91	3--4	17
12	28/02/2012	1722798.802	4822934.382	A1	2.44	4--5	35
13	28/02/2012	1723012.072	4823134.726	A1	2.81	5--6	29
14	01/03/2012	1723190.443	4823357.044	A1	4.97	5	17
15	01/03/2012	1723348.134	4823513.442	A2	11.56	3--4	7
16	01/03/2012	1722857.735	4823569.022	A1	no	no	1
17	01/03/2012	1723097.38	4823487.591	B1	3.22	5--6	25
18	01/03/2012	1722124.128	4823135.844	A1	3.03	5--6	35
19	01/03/2012	1722574.772	4823568.148	A1	7.47	3	11
20	01/03/2012	1722714.507	4823734.083	A1	11.81	2--3	7
21	01/03/2012	1722251.636	4823414.44	A1	3.25	5	26
22	01/03/2012	1722579.139	4823251.999	A1	7.81	3	11
23	04/04/2012	1721849.087	4827078.257	A1	no	no	6.5
24	04/04/2012	1722020.281	4827092.958	C	no	no	1
25	04/04/2012	1723111.877	4824013.553	B1	no	no	3.9
26	04/04/2012	1723075.197	4823769.89	A2	13.66	2	6
27	25/04/2012	1723982.774	4823432.012	A1	18.41	2	6
28	04/04/2012	1723408.883	4823239.423	A2	no	no	1
29	04/04/2012	1723642.834	4823064.929	B1	4.19	4	22
30	25/04/2012	1723894.881	4822859.414	B1	2.78	4--5	32

**QUALITA' DELLA MISURAZIONE**

Si suddividono le misure nelle seguenti classi

- classe A: curva H/V affidabile ed interpretabile, che può essere usata anche da sola;
- classe B: curva H/V sospetta (da interpretare), va usata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze;
- classe C: curva H/V scadente e di difficile interpretazione, che non può essere usata.

I criteri per essere inclusa nella classe A sono:

1. stazionarietà: la curva H/V nell'intervallo di frequenze d'interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura,
2. isotropia: le variazioni azimutali d'ampiezza non superano il 30% del massimo,
3. assenza di disturbi: non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza d'interesse,
4. plausibilità fisica: i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata d'ampiezza dello spettro verticale,
5. robustezza statistica: sono soddisfatti i criteri di SESAME per una curva chiara ed attendibile,
6. durata: la misura è durata almeno 15 minuti.

La misura è di classe B se almeno una delle precedenti condizioni non è soddisfatta, mentre è di classe C se è una misura di classe B nelle quali:

- 7 la curva H/V mostra una deriva decrescente dalle basse alle alte frequenze, indice d'un movimento dello strumento durante la misura,
- 8 si evidenzia la presenza di rumore elettromagnetico in corrispondenza di diverse frequenze nell'intervallo d'interesse.

Tali criteri non riguardano l'interpretazione in chiave geologico-stratigrafica della curva, per la quale sono richiesti ulteriori criteri (per esempio i criteri SESAME per la chiarezza del picco), sicché ognuna di tali classi è ulteriormente ripartita in misure di:

- tipo 1: curva H/V che presenta almeno un picco chiaro secondo i criteri di SESAME (possibile risonanza),
- tipo 2: curva H/V che non presenta picchi chiari nell'intervallo di frequenze d'interesse (assenza di risonanza).

**CLASSE A**-primi 6 punti si-8 e 9 no

**CLASSE B**-5 punti su 6 dei primi 6-8 e 9 no

**CLASSE C**-almeno 2 punti non soddisfatti dei primi 6, o si ai punti 6 e 8

Tipo 1=punto 7 si

Tipo 2=punto 7 no

DA: IL CONTRIBUTO DELLA SISMICA PASSIVA NELLA MICROZONAZIONE

DI DUE MACROAREE ABRUZZESI-CGNTS 2009-sessione 2.1

D. Albarello 1, C. Cesi 2, V. Eulilli 2, F. Guerrini 1, E. Lunedei 1, E. Paolucci 1, D. Pileggi 1,

L.M. Puzilli 2

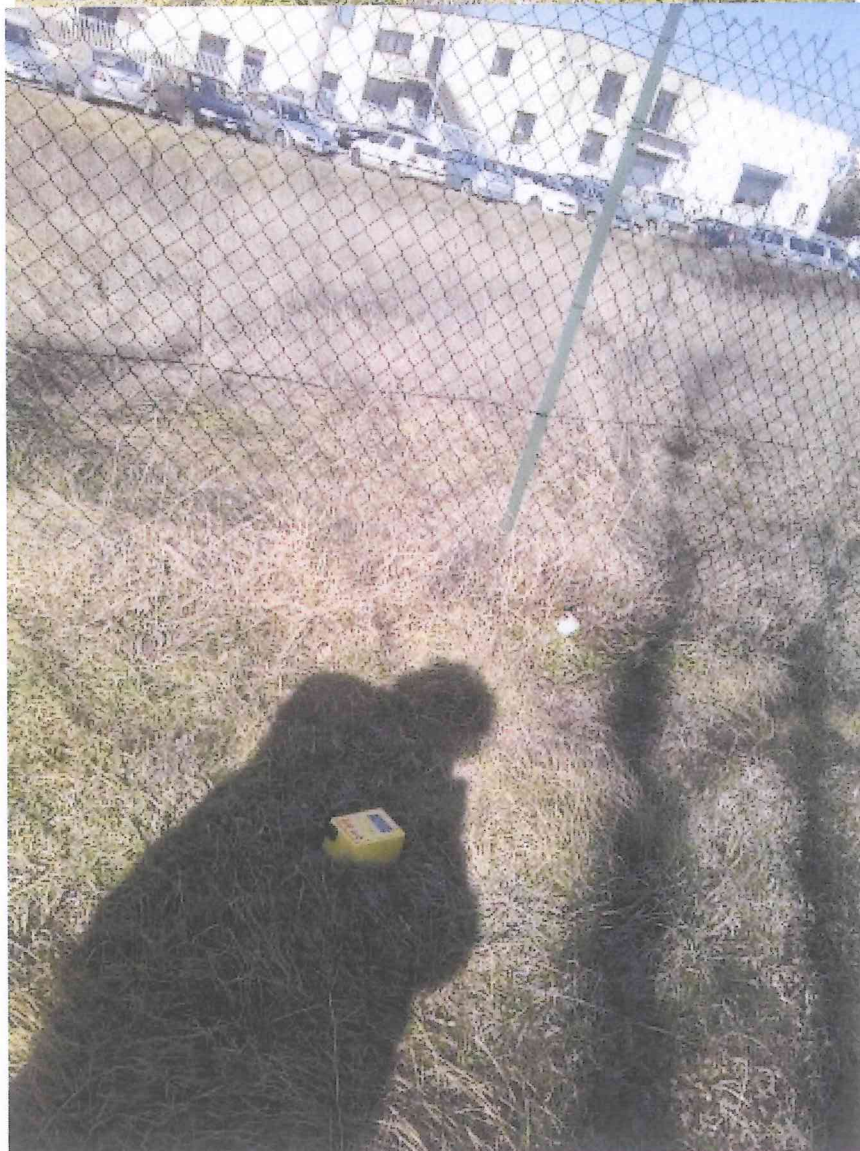
1 Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Siena

2 ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo, Servizio Geofisica



**GALILEO GEOFISICA-PIAZZA GIOTTO 8-52100-Arezzo**  
***www.Galileogeofisica.it***

# ***DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA***



**T1-T2**





**T3-T4**







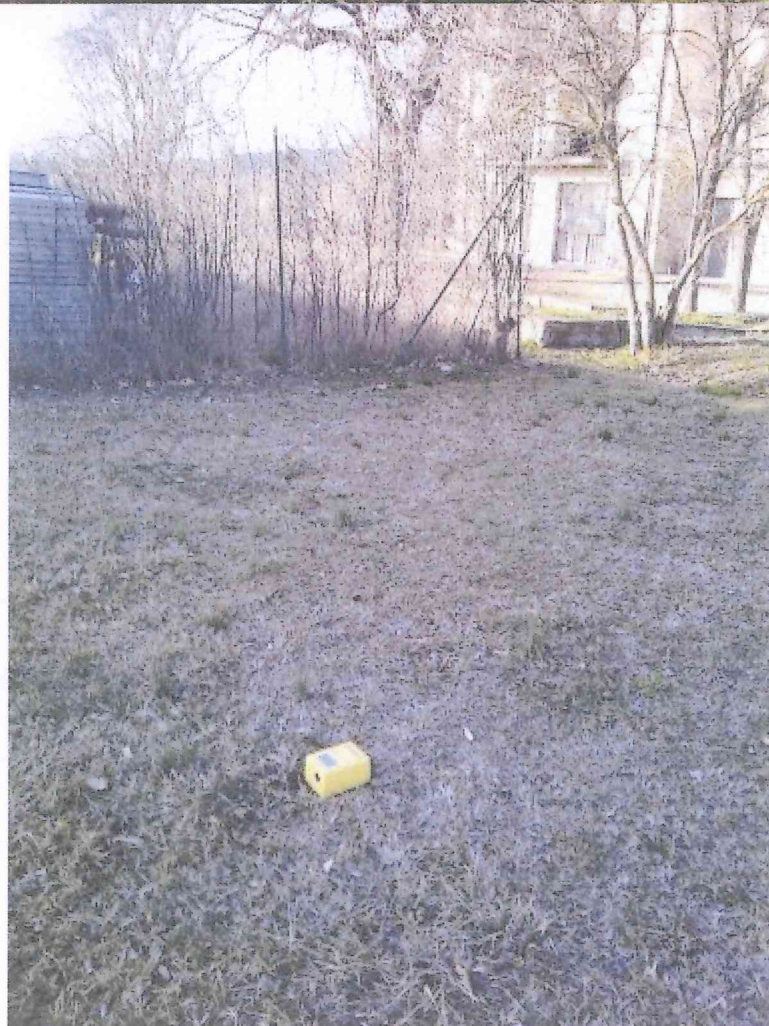


**T7-T8**



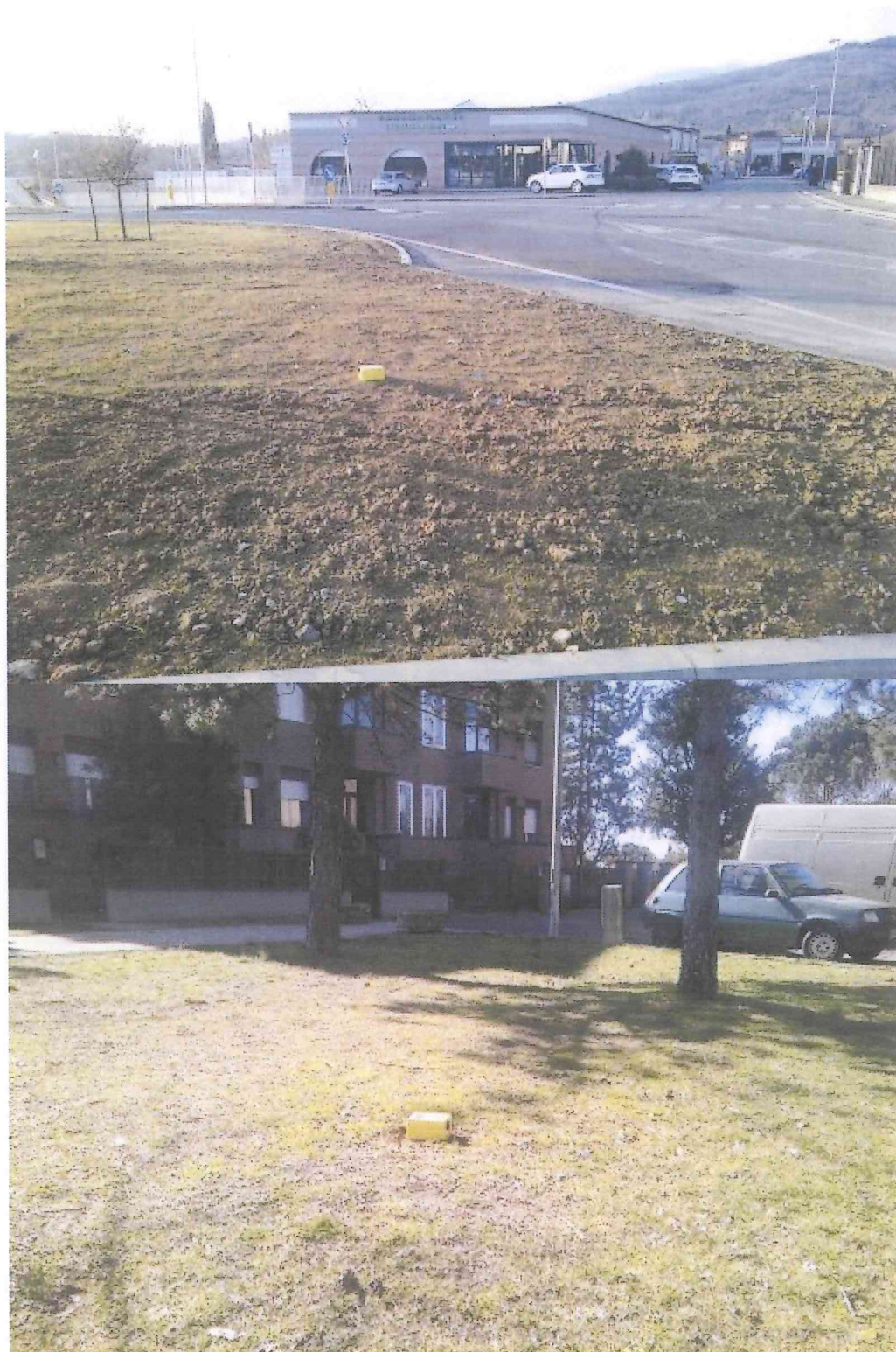
T9





**T11-T12**





**T13-T15**





**T17-T18**





**T19-T20**





**T22-T23**





**T24-T25**





**T26-T27**





**T28-T29**

**T30**





## MISURA 1

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 28/02/12 09:16:51      Fine registrazione: 28/02/12 09:36:51

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".      Analisi effettuata sull'intera traccia.

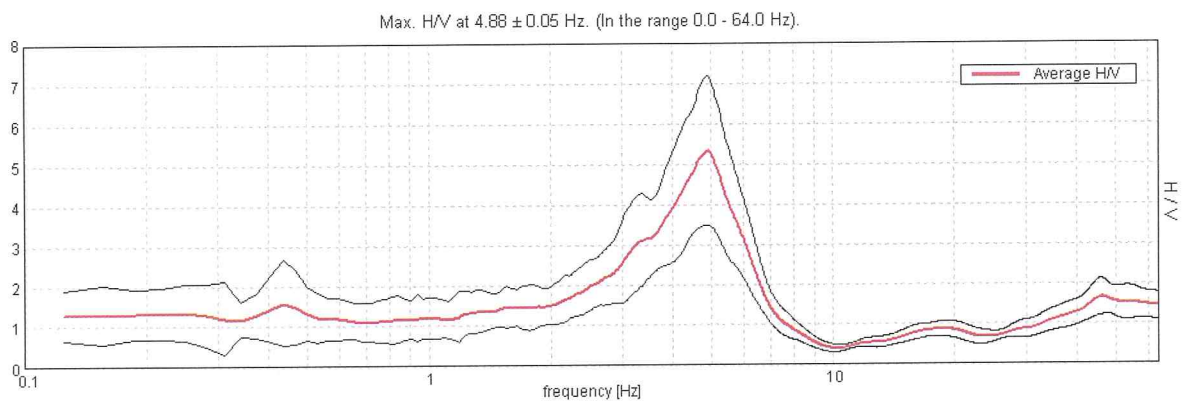
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

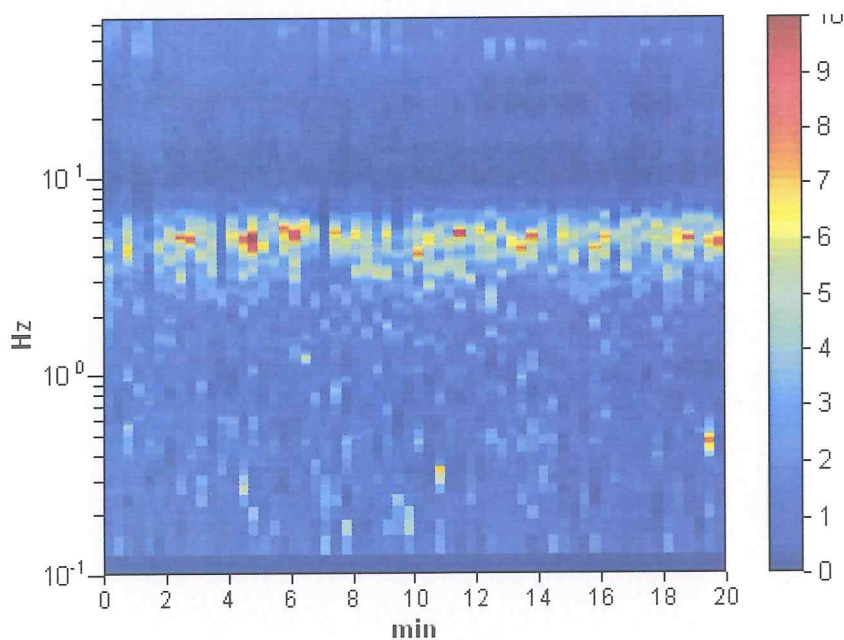
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

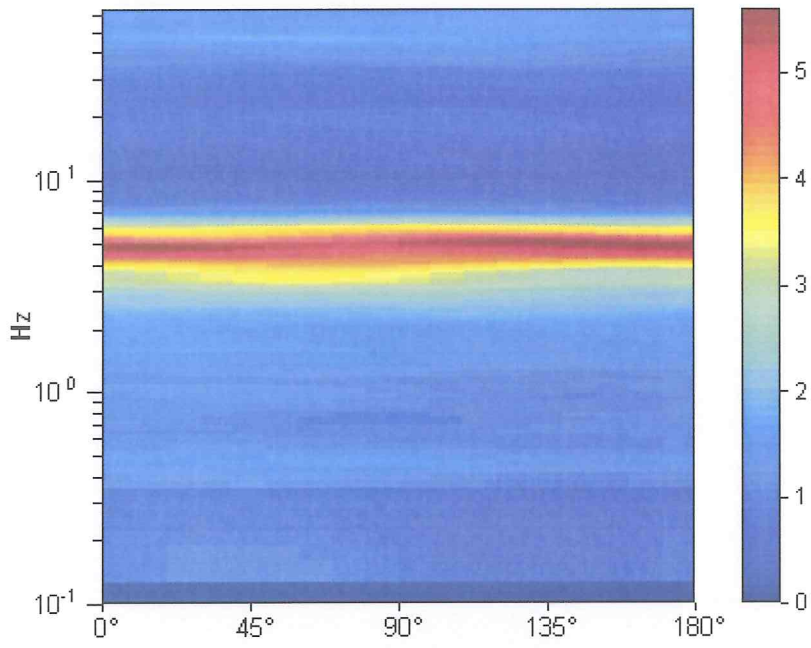


## SERIE TEMPORALE H/V

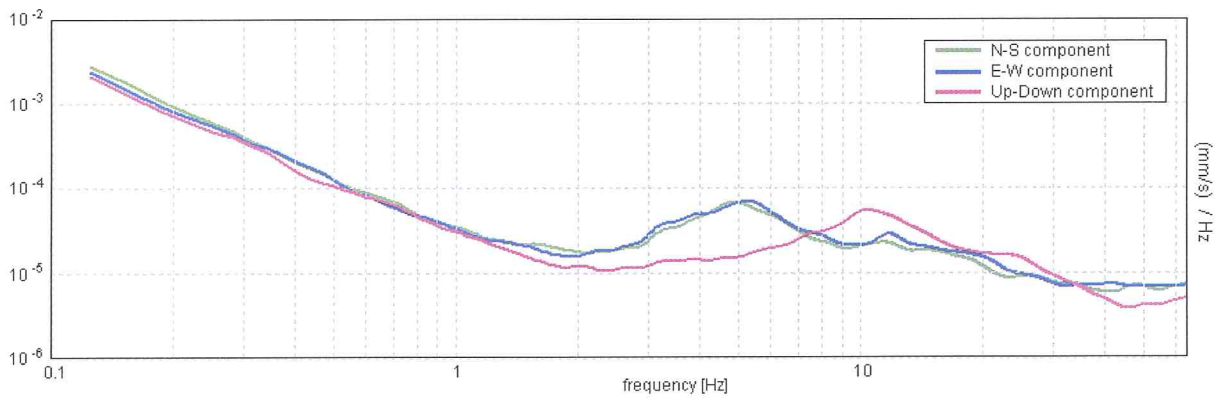




### DIREZIONALITA' H/V

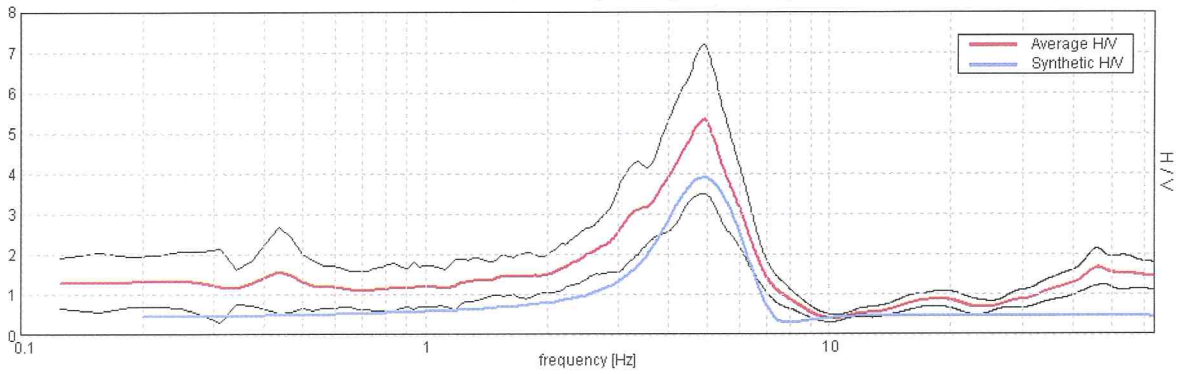


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $4.88 \pm 0.05$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

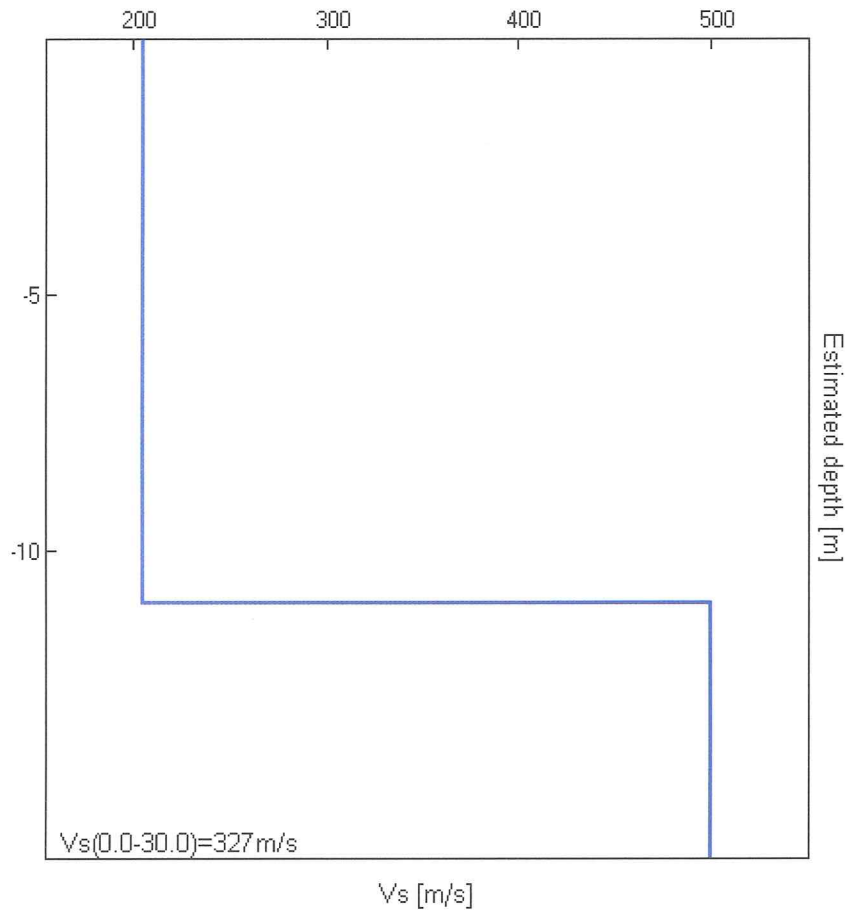


Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson

11.00 | 11.00 | 205 | 0.35

inf. | 0.00 | 500 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=327\text{m/s}$



### LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a  $4.88 \pm 0.05$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$ :  $4.88 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $5850.0 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 0 volte su 235 [ OK ]

Esiste f- in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f-) < A_0 / 2$ : 3.031 Hz [ OK ]

Esiste f+ in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f+) < A_0 / 2$ : 6.281 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $5.34 > 2$  [ OK ]

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.00458| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.02234 < 0.24375$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.9159 < 1.58$  [ OK ]

## ZONAZIONE CFIBOCCHI, T2

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 28/02/12 10:07:39

Fine registrazione: 28/02/12 10:27:39

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

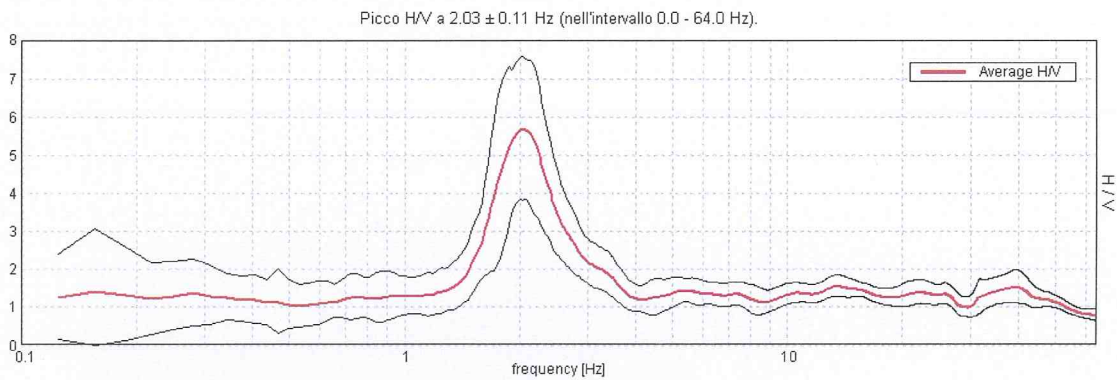
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

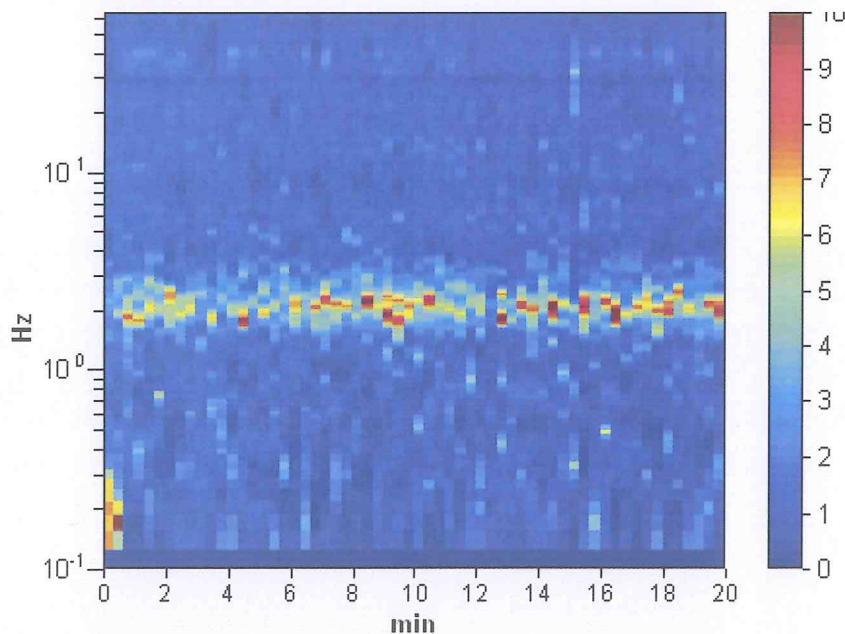
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

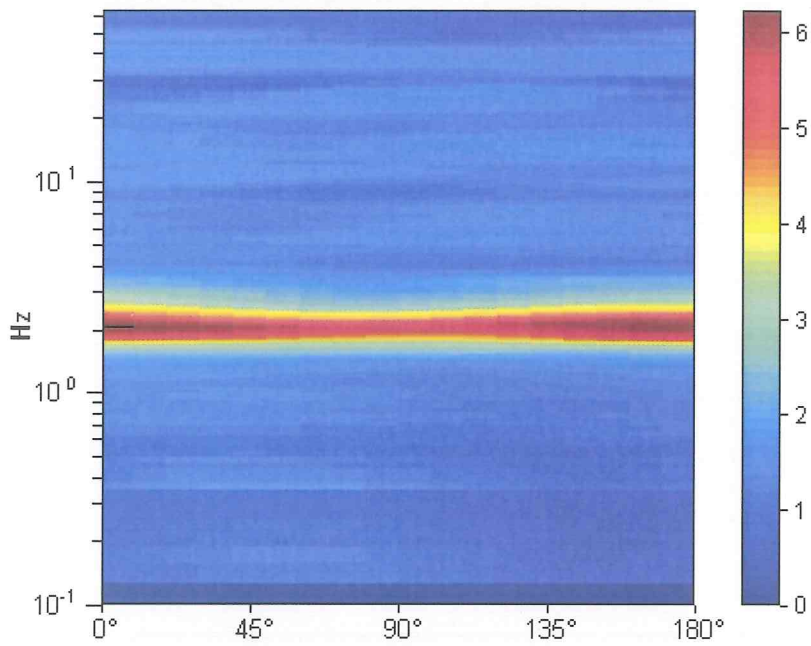
## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



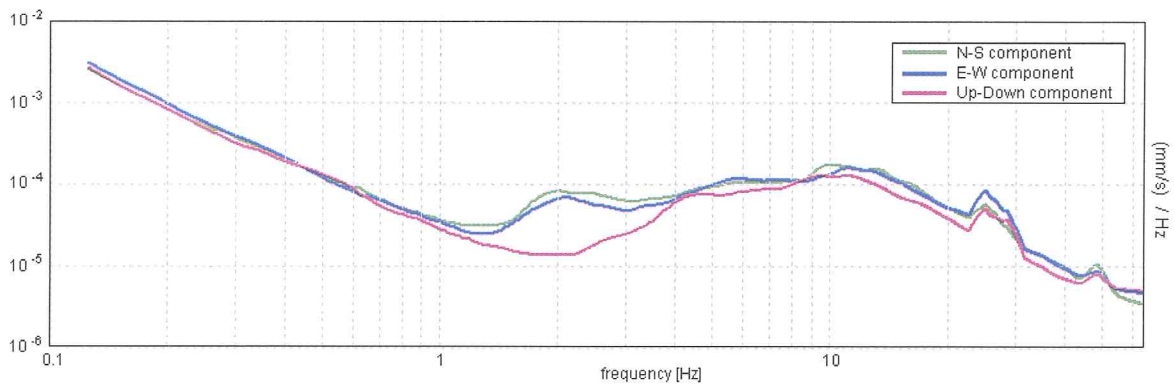
## SERIE TEMPORALE H/V



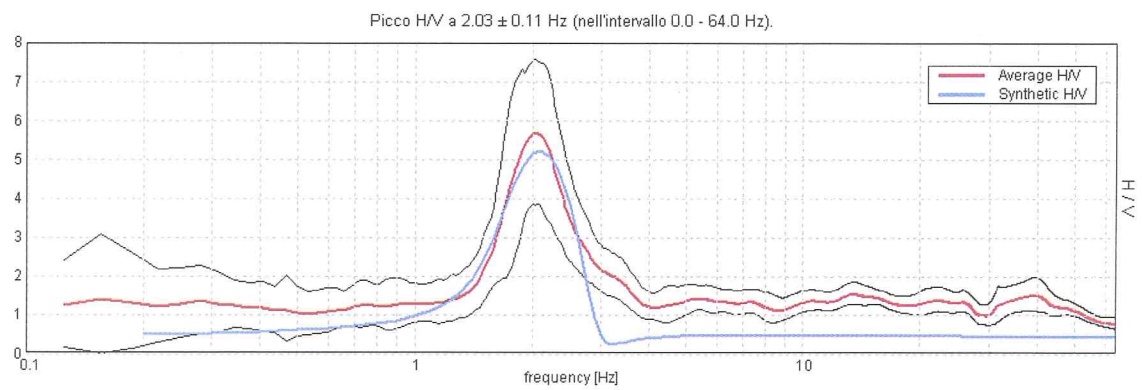
## DIREZIONALITA' H/V



**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



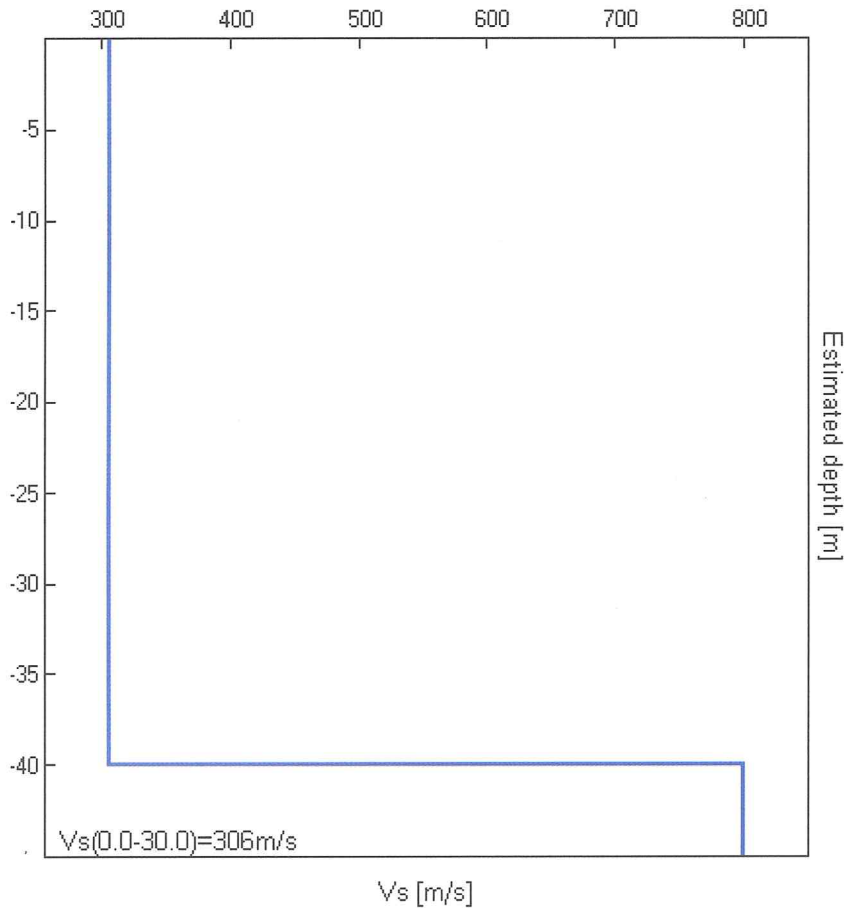
**H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO**



Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson

40.00 | 40.00 | 306 | 0.35  
inf. | 0.00 | 800 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=306\text{m/s}$



### LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a  $2.03 \pm 0.11$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$ :  $2.03 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $2437.5 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 6 volte su 98 [ NO ]

Esiste  $f_-$  in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f_-) < A_0 / 2$ : 1.594 Hz [ OK ]

Esiste  $f_+$  in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$ : 2.719 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $5.70 > 2$  [ OK ]

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.02723| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.0553 < 0.10156$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.9295 < 1.58$  [ OK ]



### Misurazione 3

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 28/02/12 10:50:36

Fine registrazione: 28/02/12 11:10:36

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

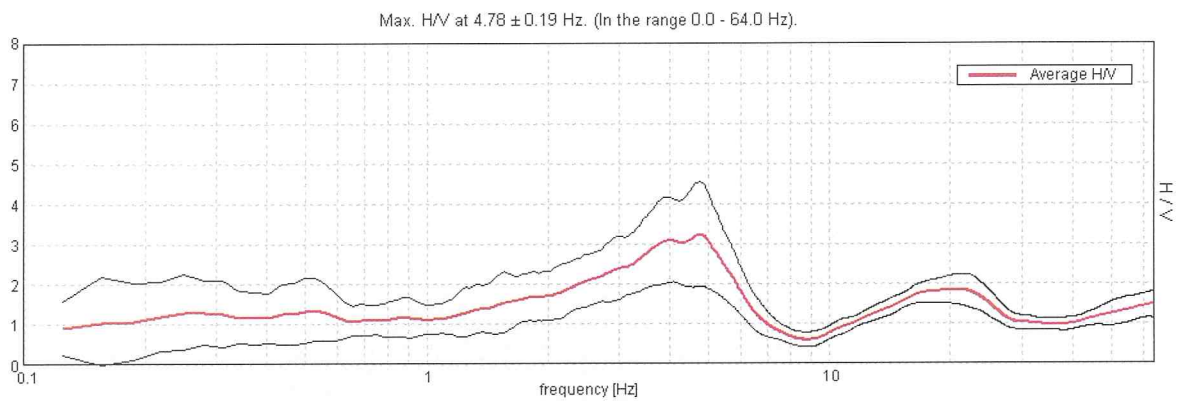
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

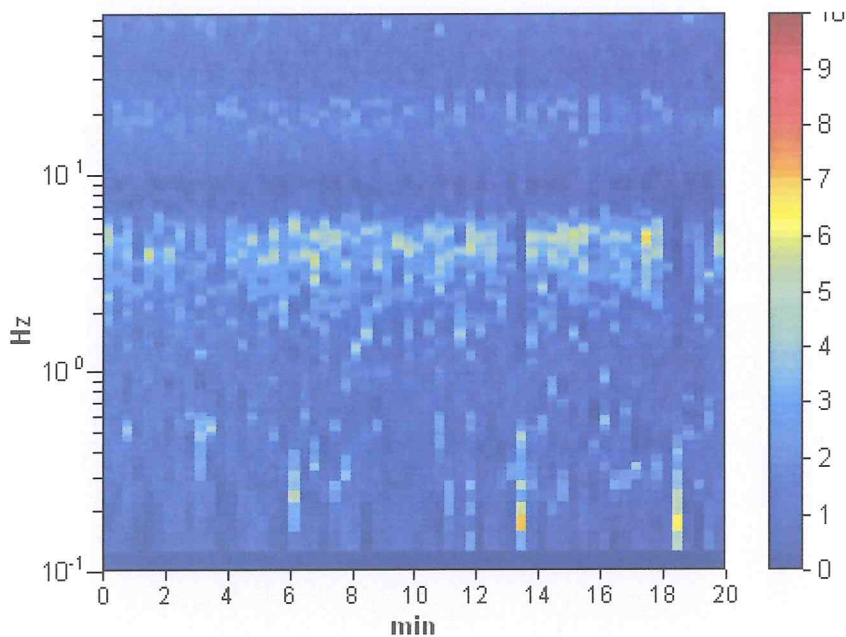
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

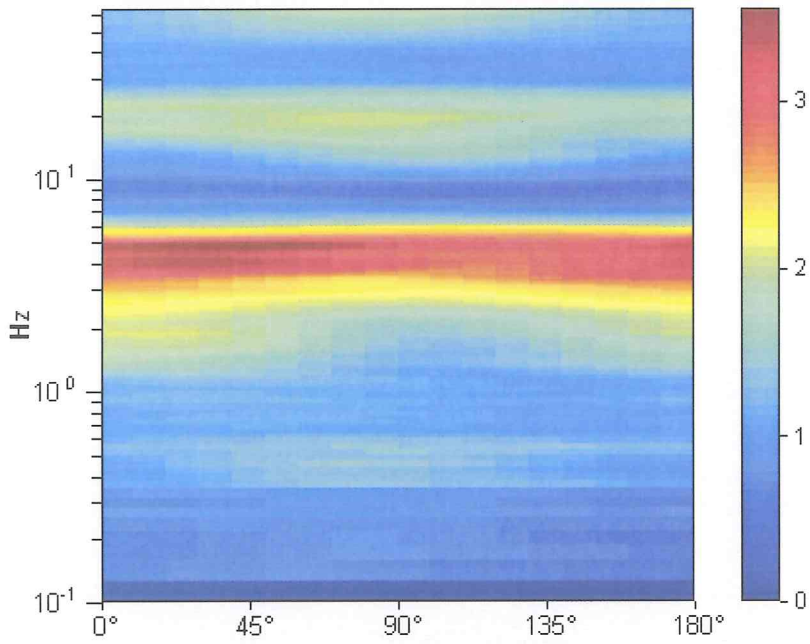
### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



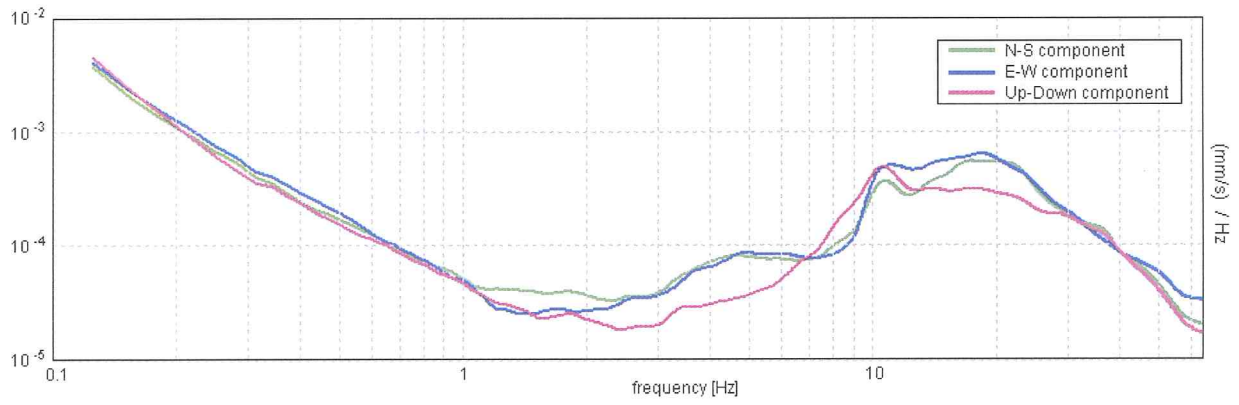
### SERIE TEMPORALE H/V



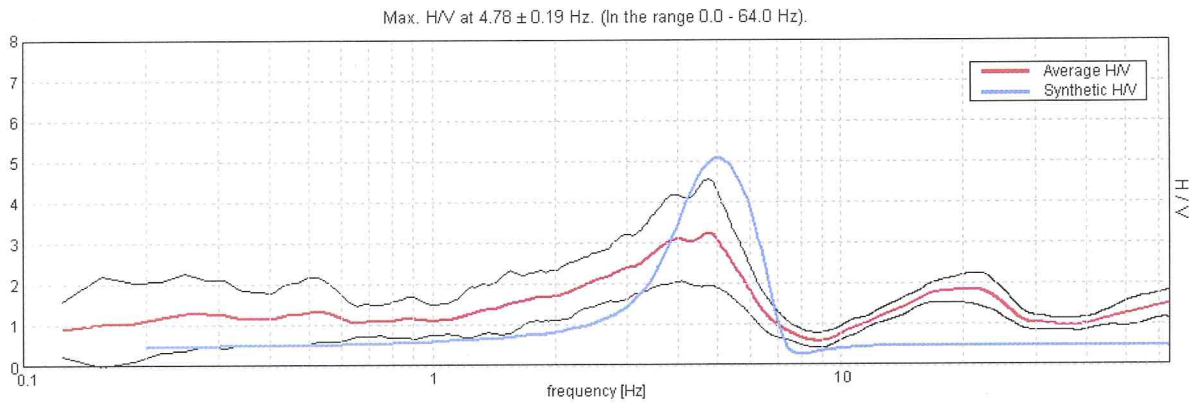
### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



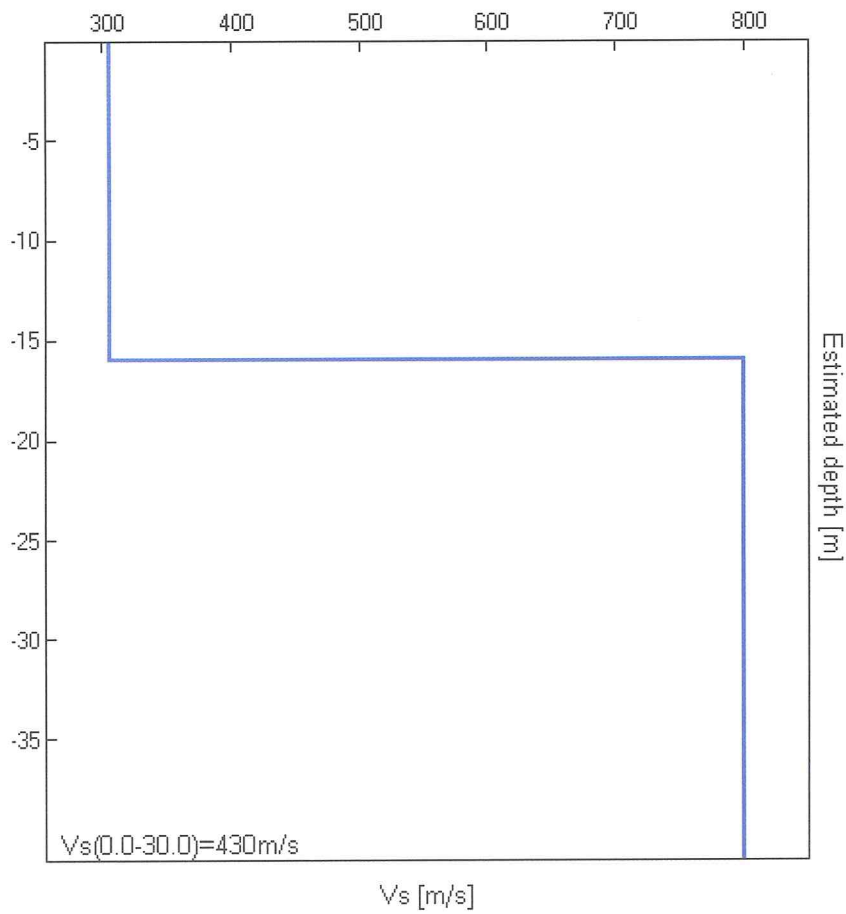
**Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson**

16.00 | 16.00 | 306 | 0.35

36.00 | 20.00 | 800 | 0.35

inf. | 0.00 | 800 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=430\text{m/s}$





## LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a  $4.78 \pm 0.19$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / Lw$ :  $4.78 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $5737.5 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5$ Hz

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5$ Hz Superato 0 volte su 230 [ OK ]

.....  
Esiste f- in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f-) < A_0 / 2$ : 1.688 Hz [ OK ]

Esiste f+ in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f+) < A_0 / 2$ : 6.219 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $3.24 > 2$  [ OK ]

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.01961| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.09374 < 0.23906$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.6407 < 1.58$  [ OK ]

## ZONAZIONE CFIBOCCHI, T4

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 28/02/12 11:25:30

Fine registrazione: 28/02/12 11:45:30

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

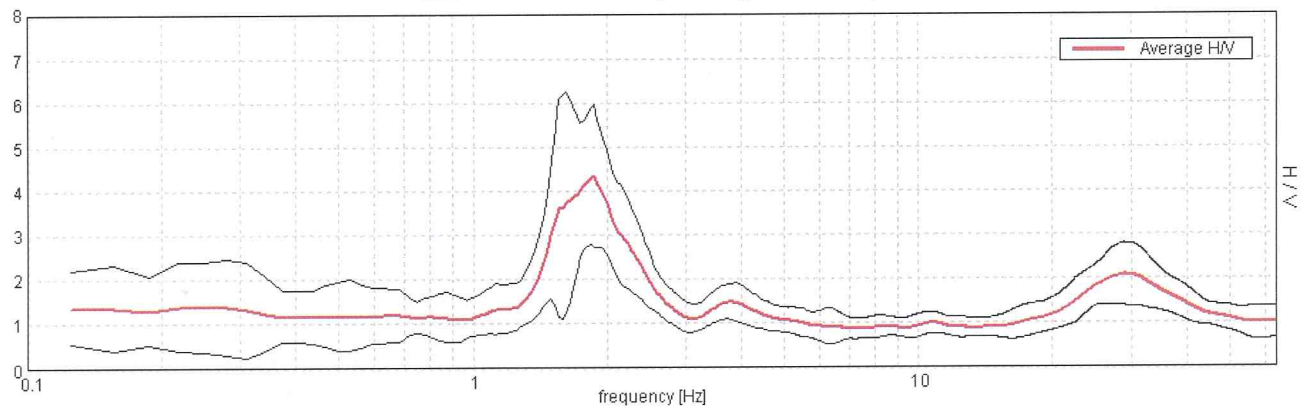
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

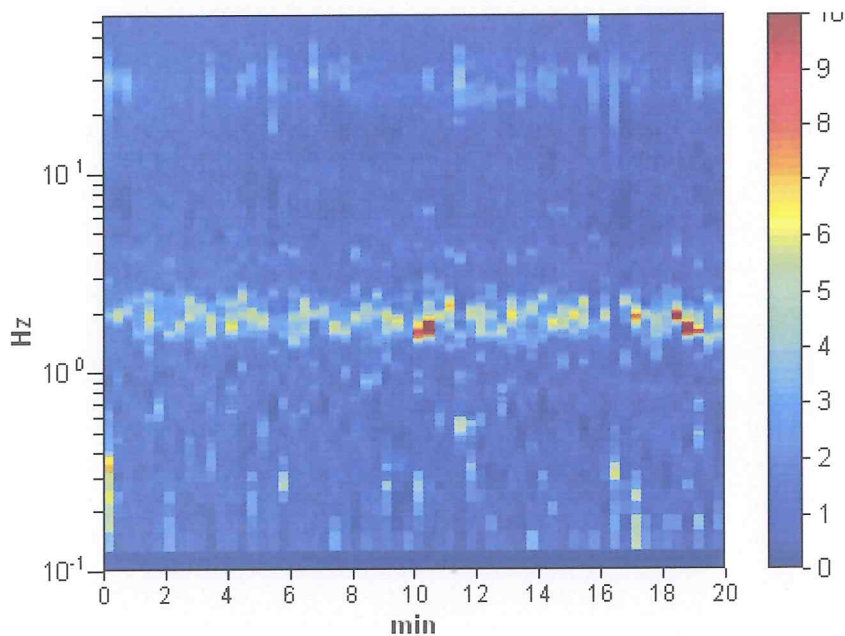
Lisciamento: 10%

## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

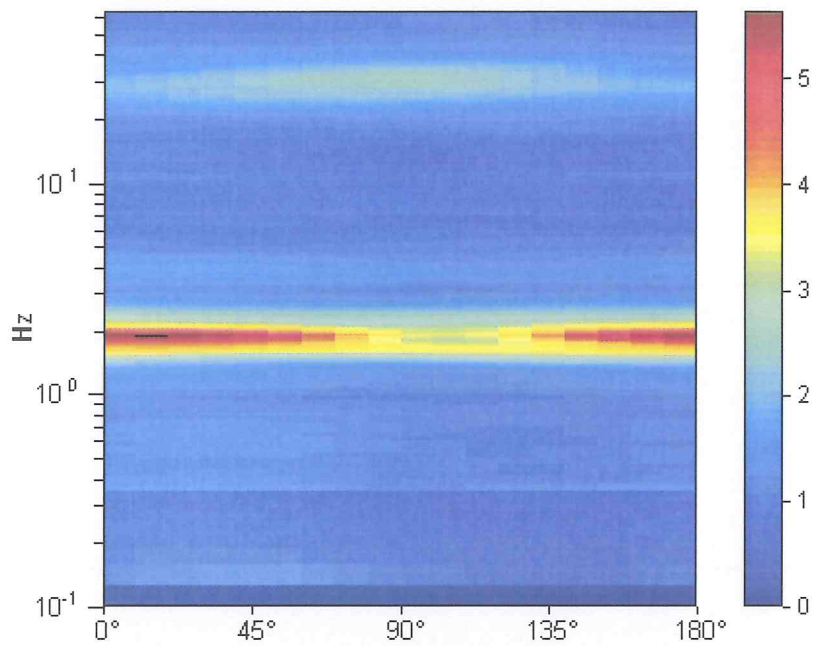
Max. H/V at  $1.88 \pm 0.05$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



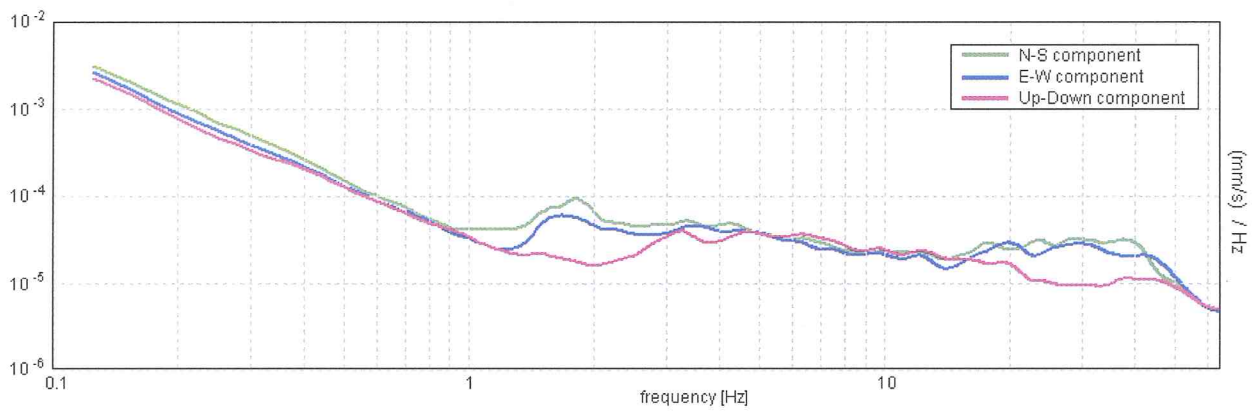
## SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

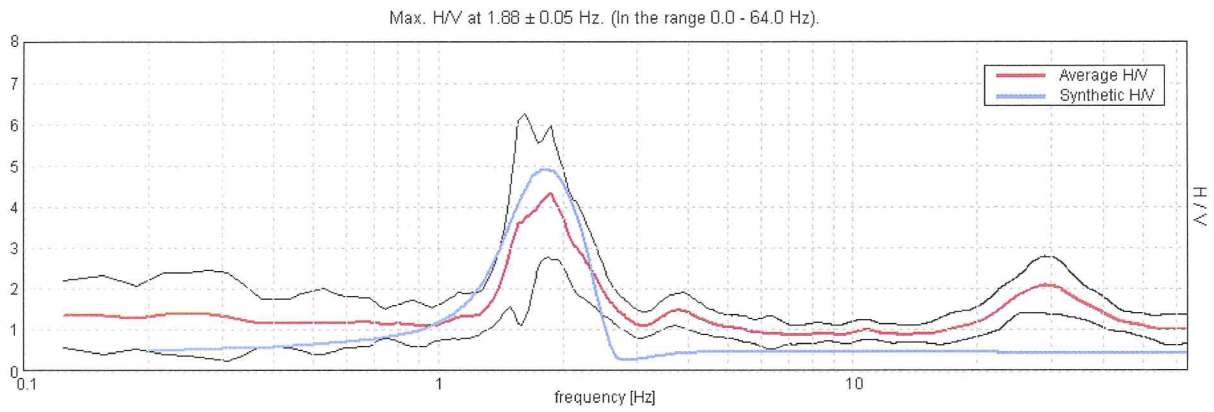


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



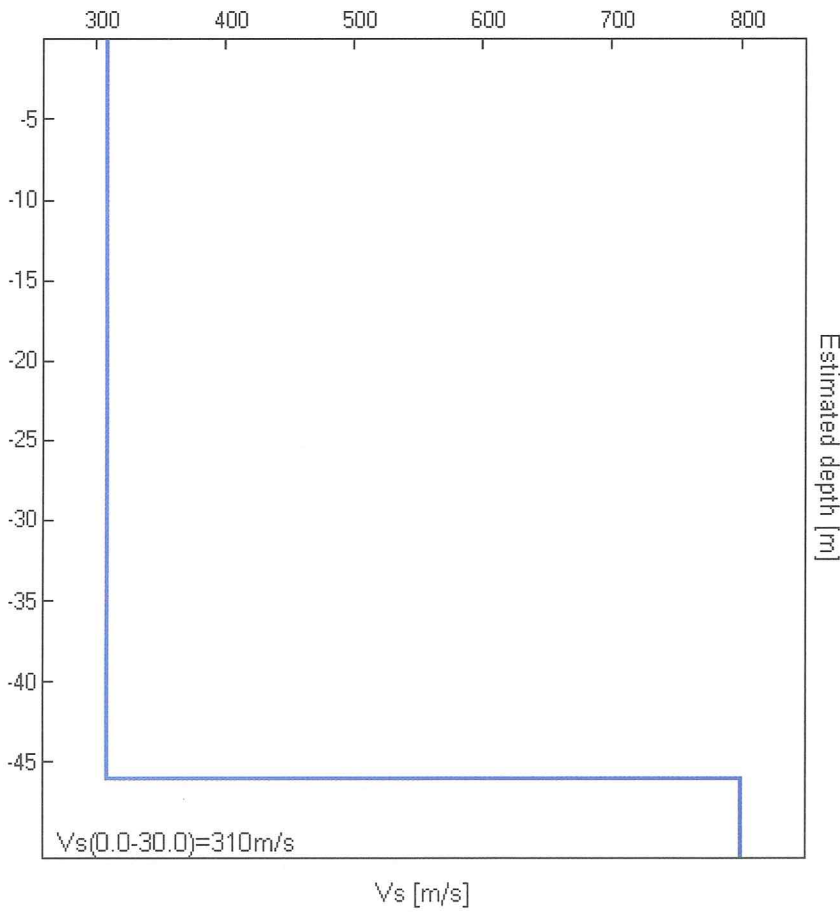


**Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson**

46.00 | 46.00 | 310 | 0.35

inf. | 0.00 | 800 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=310\text{m/s}$



**LINEE GUIDA SESAME (2005)**

Picco H/V a  $1.88 \pm 0.05$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / Lw$ :  $1.88 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $2250.0 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 5 volte su 91 [ NO ]

.....

Esiste f- in  $[f_0/4, f_0]$  |  $AH/V(f-) < A_0 / 2$ : 1.406 Hz [ OK ]

Esiste f+ in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A\_H/V(f+) < A_0 / 2$ : 2.438 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $4.34 > 2$  [ OK ]

$f\_picco[A\_H/V(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.01401| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.02626 < 0.1875$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.801 < 1.78$  [ OK ]

## MISURA 5

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 28/02/12 11:58:33

Fine registrazione: 28/02/12 12:18:33

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 82% tracciato (selezione manuale)

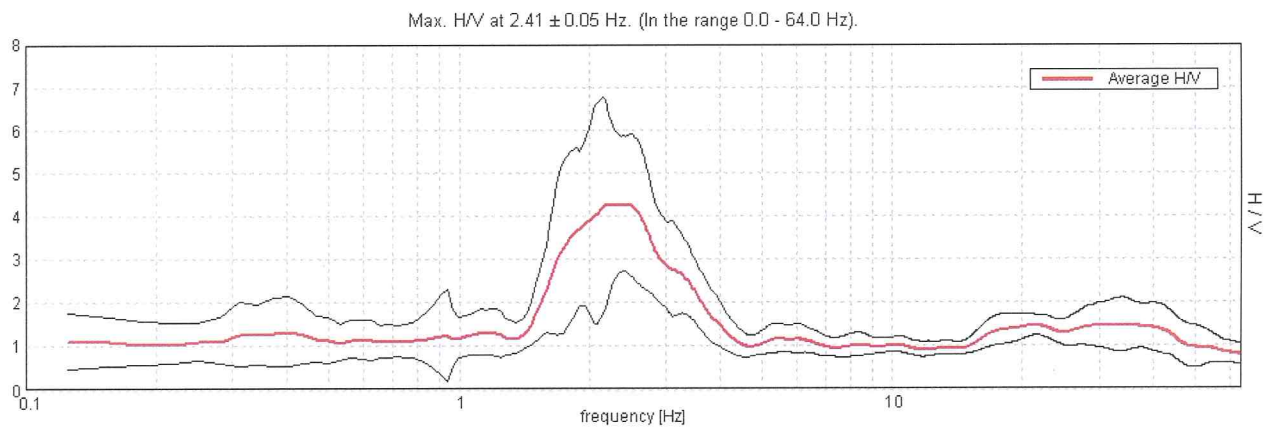
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

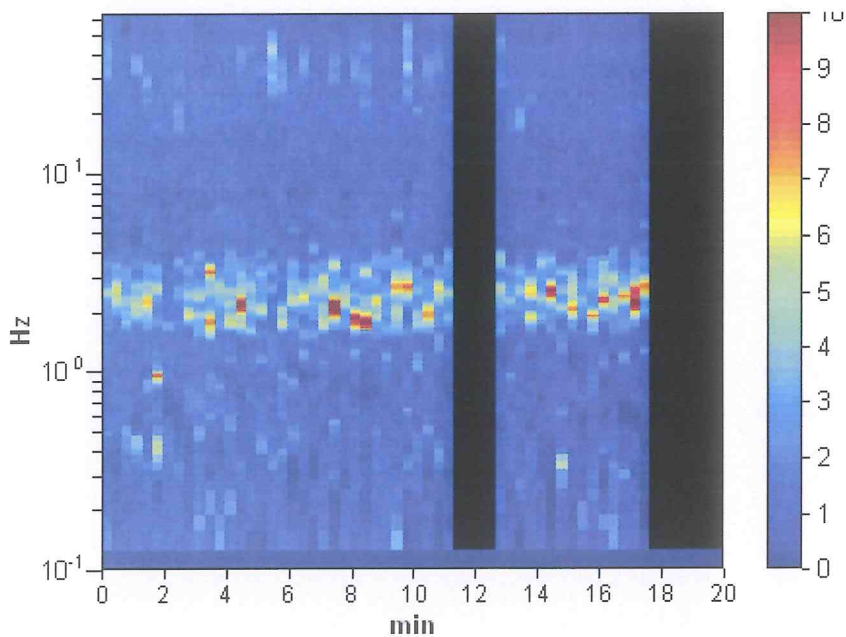
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

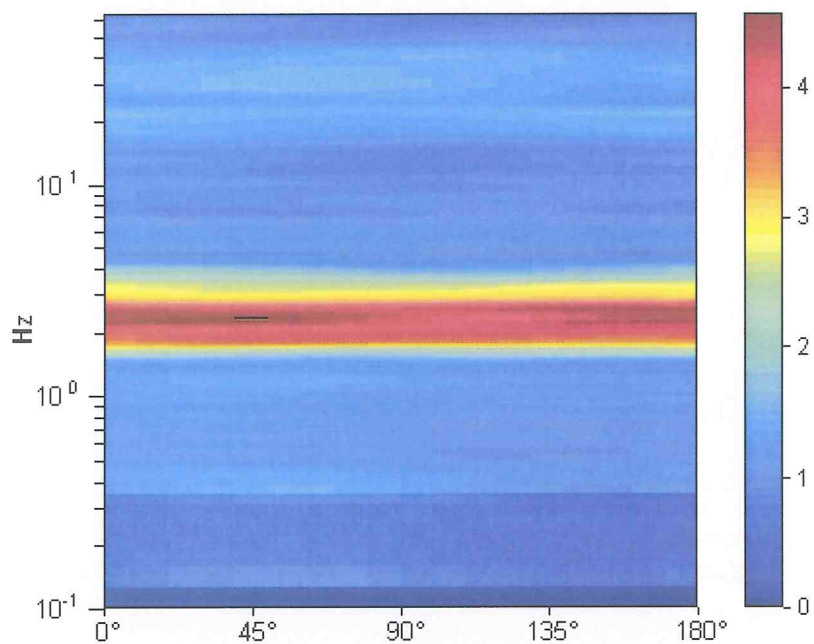


## SERIE TEMPORALE H/V

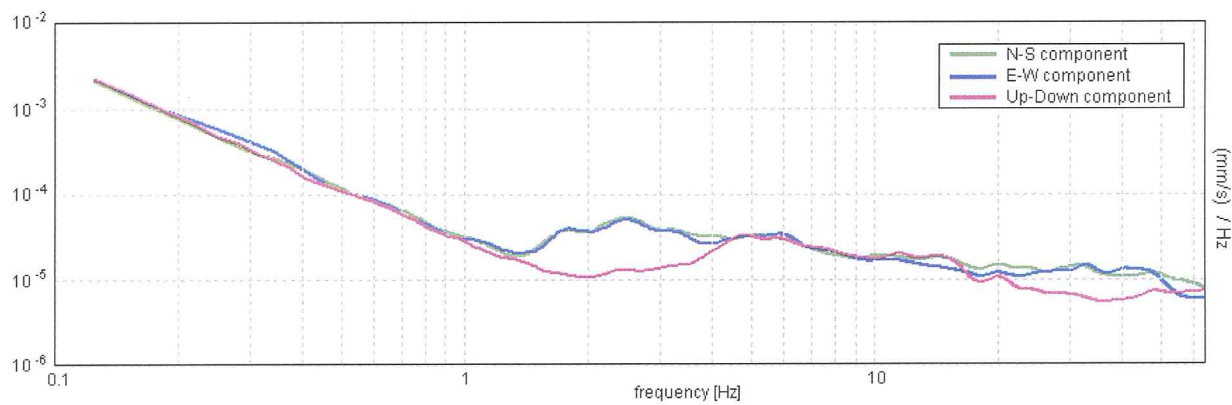




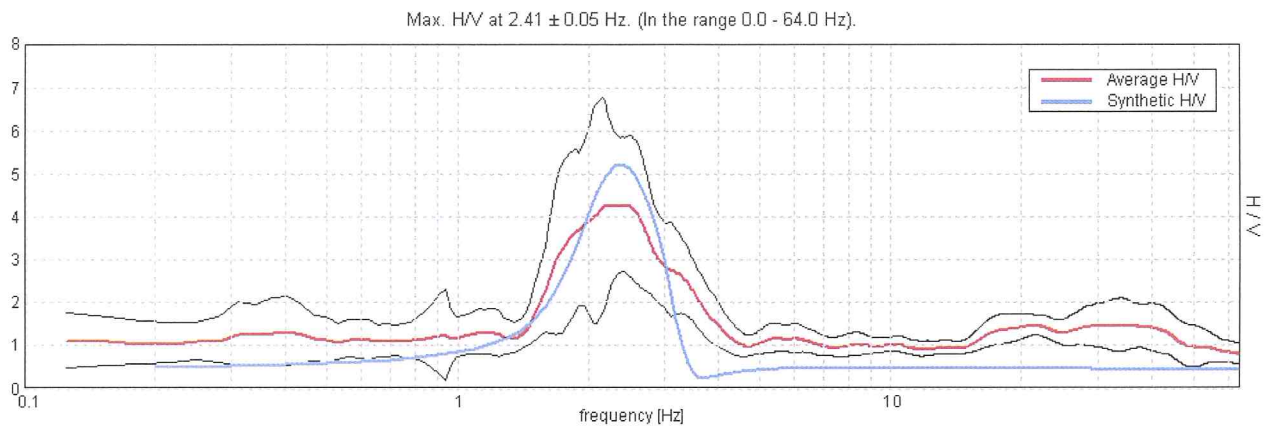
### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

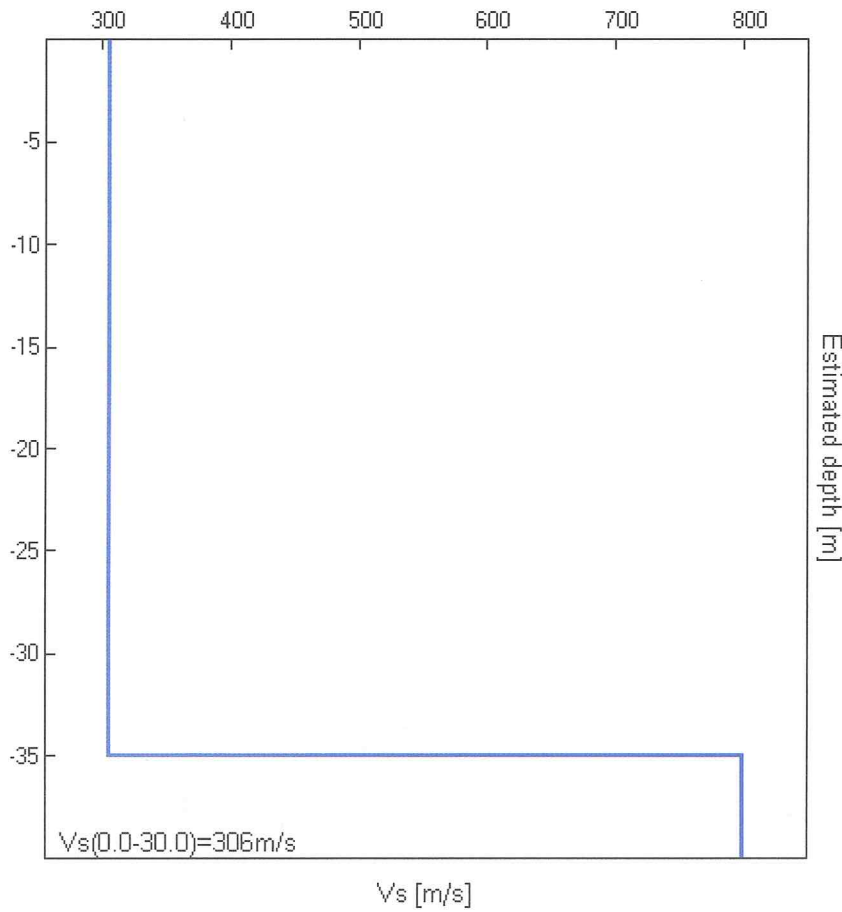


**Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson**

35.00 | 35.00 | 306 | 0.35

inf. | 0.00 | 800 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=306m/s$



**LINEE GUIDA SESAME (2005)**

Picco H/V a  $2.41 \pm 0.05$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / Lw$ :  $2.41 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $2358.1 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 8 volte su 116 [ NO ]

.....  
Esiste f- in  $[f_0/4, f_0]$  |  $AH/V(f-) < A_0 / 2$ : 1.563 Hz [ OK ]

Esiste f+ in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A\_H/V(f+) < A_0 / 2$ : 3.594 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $4.28 > 2$  [ OK ]

$f\_picco[A\_H/V(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.01108| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.02666 < 0.12031$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.7763 < 1.58$  [ OK ]



## ZONAZIONE CFIBOCCHI, T6

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 28/02/12 12:37:23

Fine registrazione: 28/02/12 12:57:23

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 68% tracciato (selezione manuale)

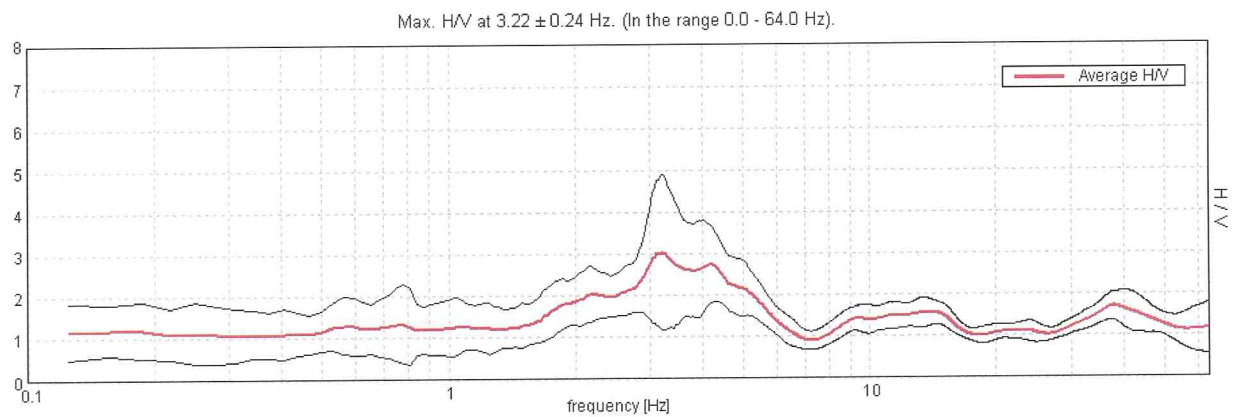
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

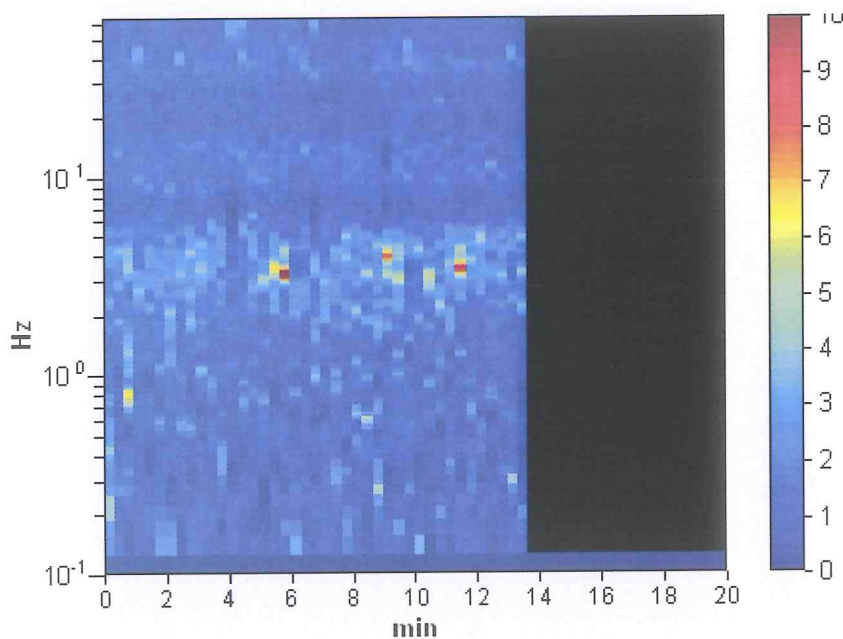
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

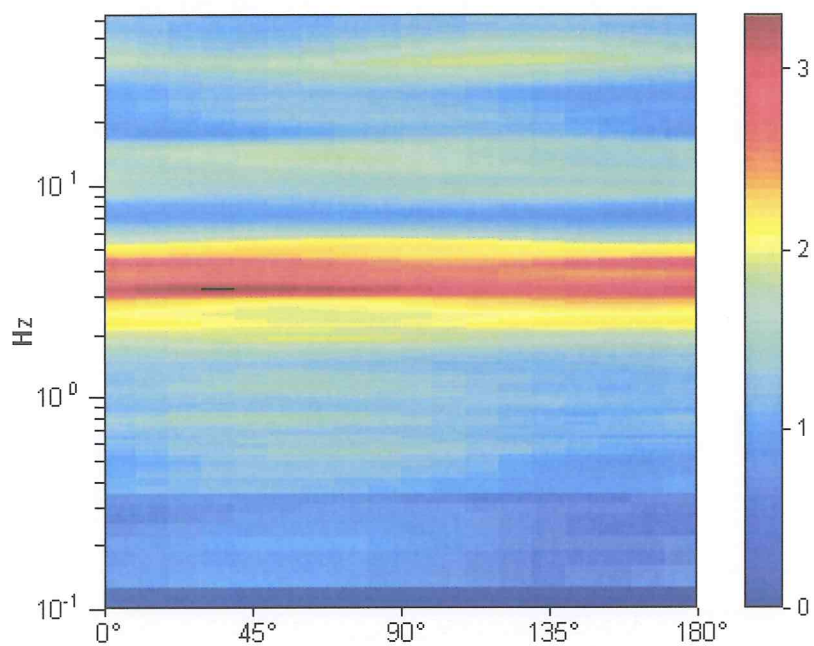
## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



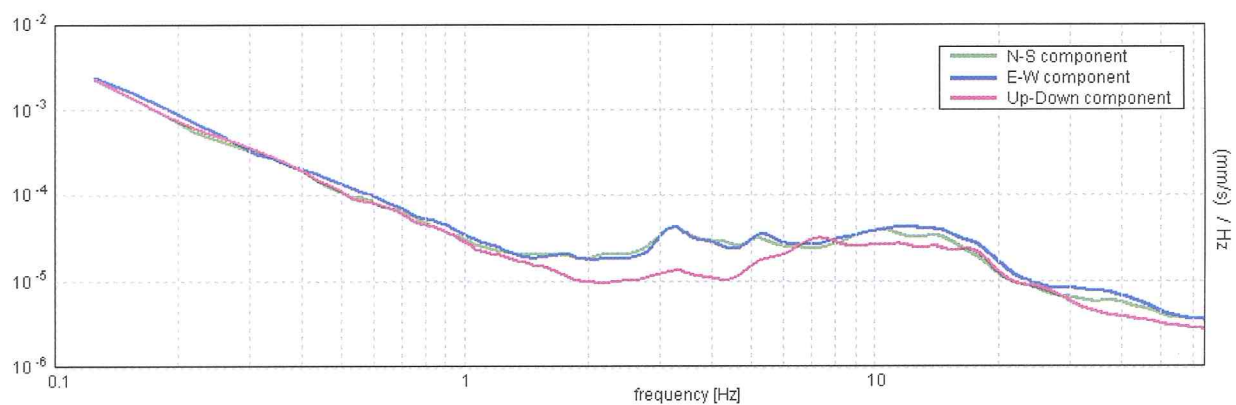
## SERIE TEMPORALE H/V



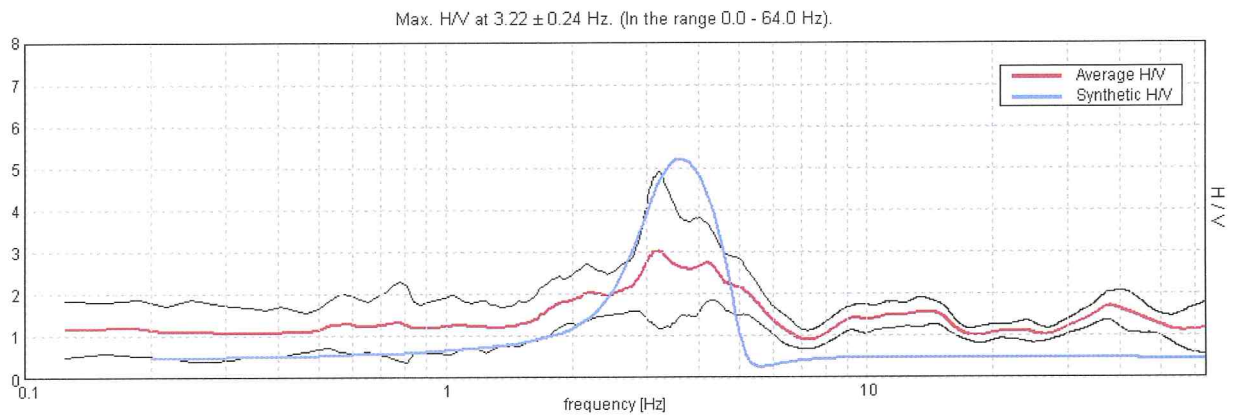
### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

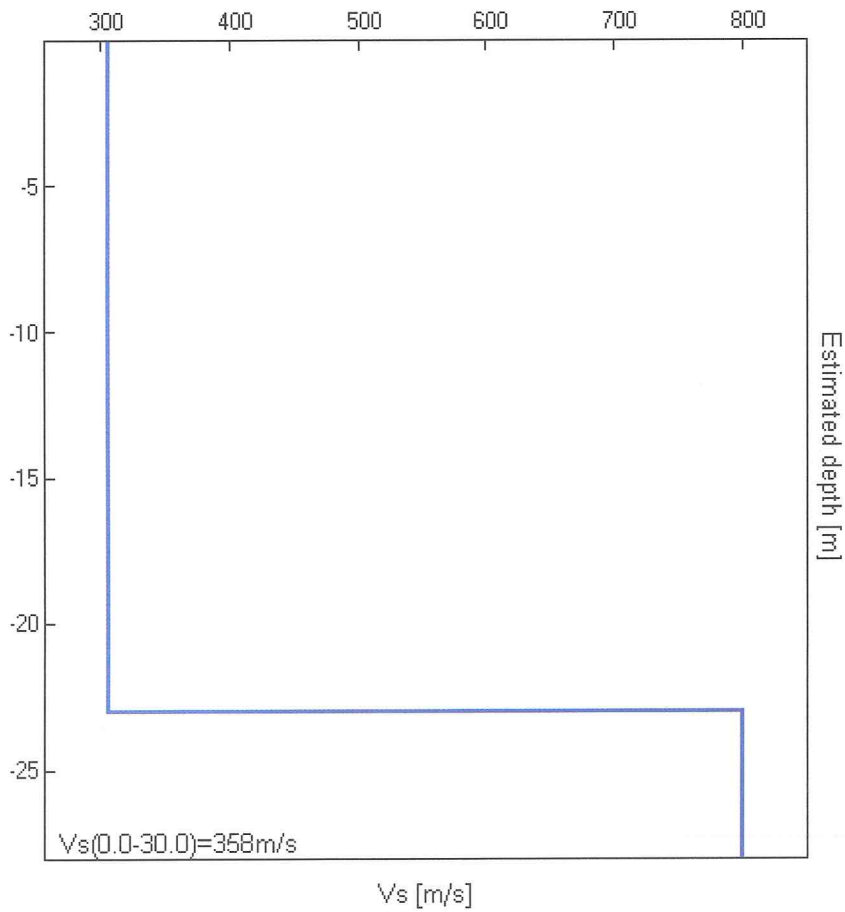


**Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson**

23.00 | 23.00 | 306 | 0.35

inf. | 0.00 | 800 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=358\text{m/s}$





## LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a  $3.22 \pm 0.24$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / Lw$ :  $3.22 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $2639.4 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5$ Hz

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5$ Hz Superato 0 volte su 156 [ OK ]

.....

Esiste f- in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f-) < A_0 / 2$ : 1.688 Hz [ OK ]

Esiste f+ in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f+) < A_0 / 2$ : 5.813 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $3.04 > 2$  [ OK ]

$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.03598| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.11582 < 0.16094$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.9138 < 1.58$  [ OK ]

## ZONAZIONE CFIBOCCHI, T7

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 28/02/12 13:51:32

Fine registrazione: 28/02/12 14:11:32

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

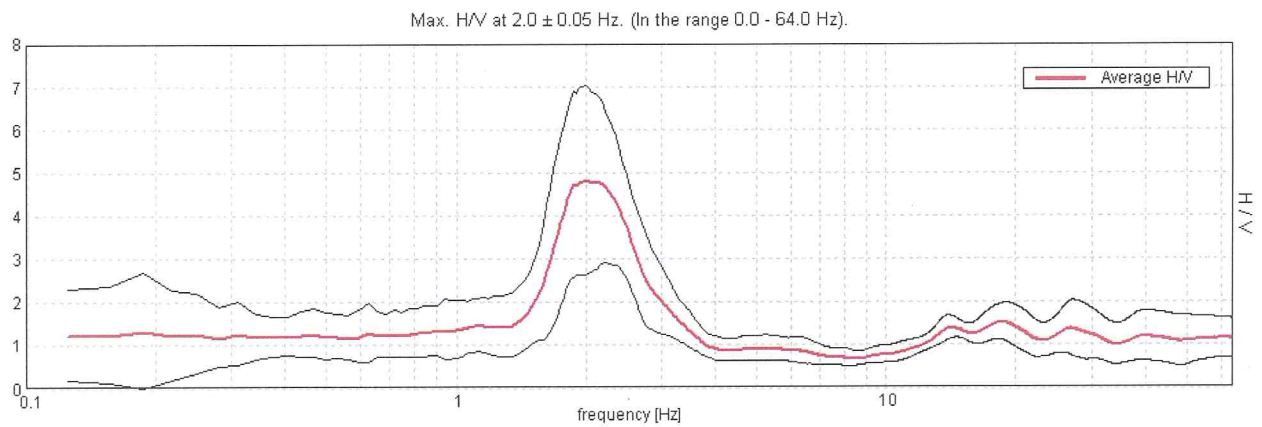
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

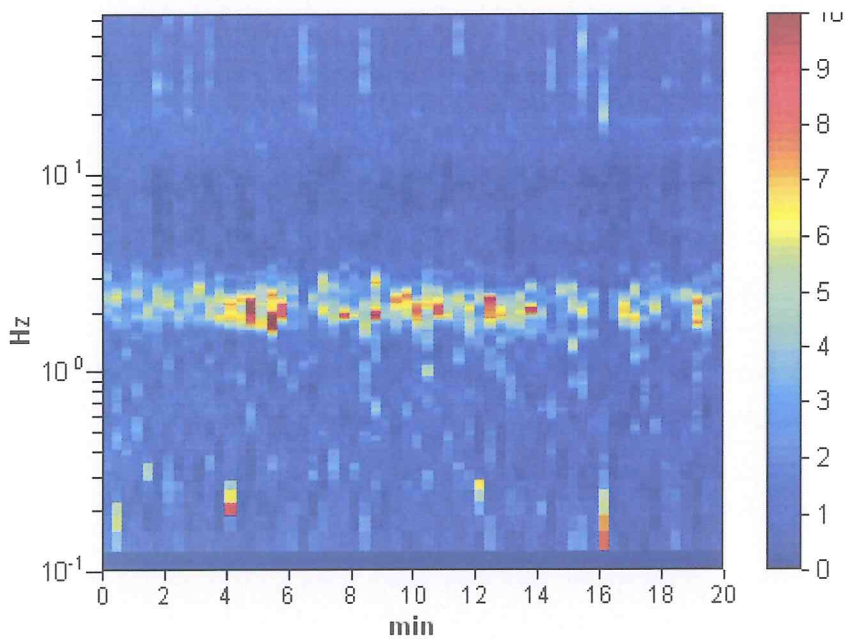
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

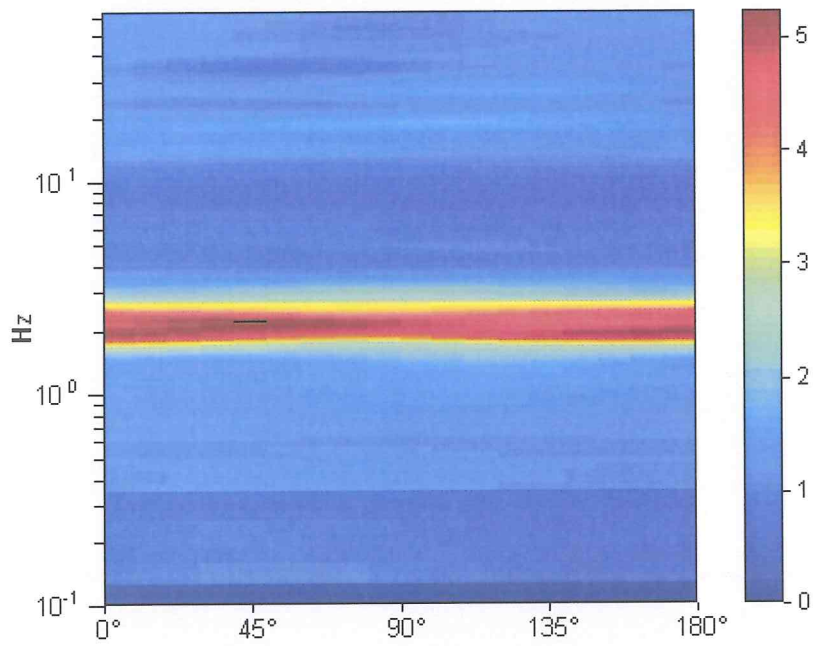
## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



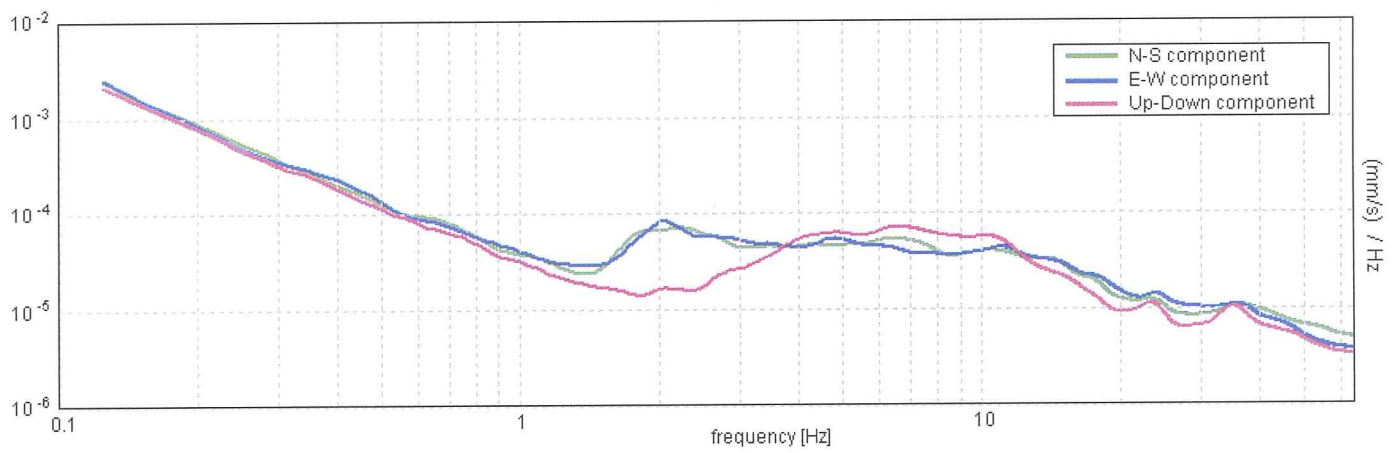
## SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

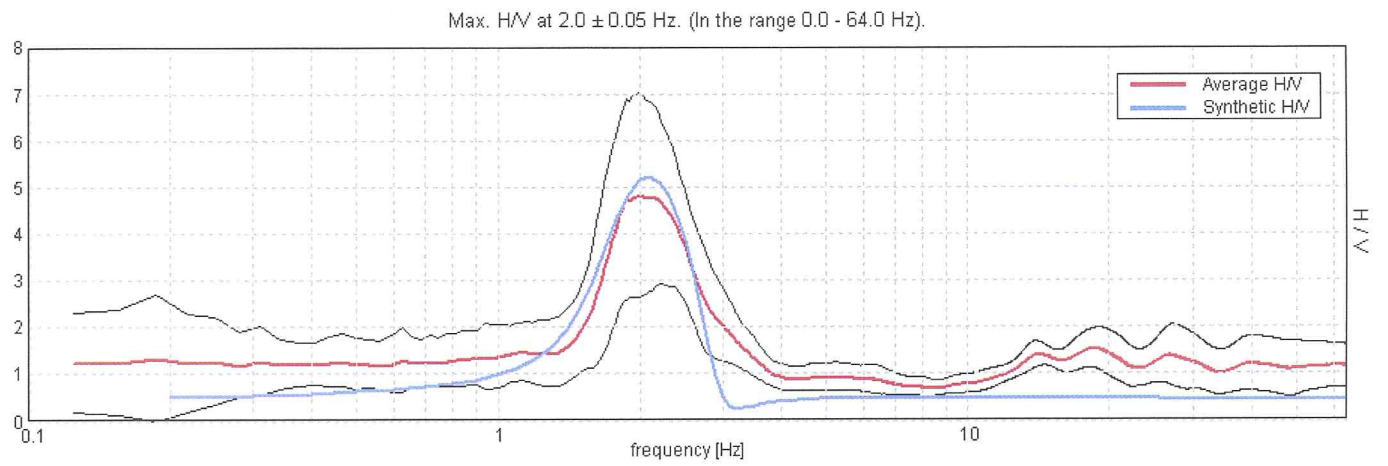


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



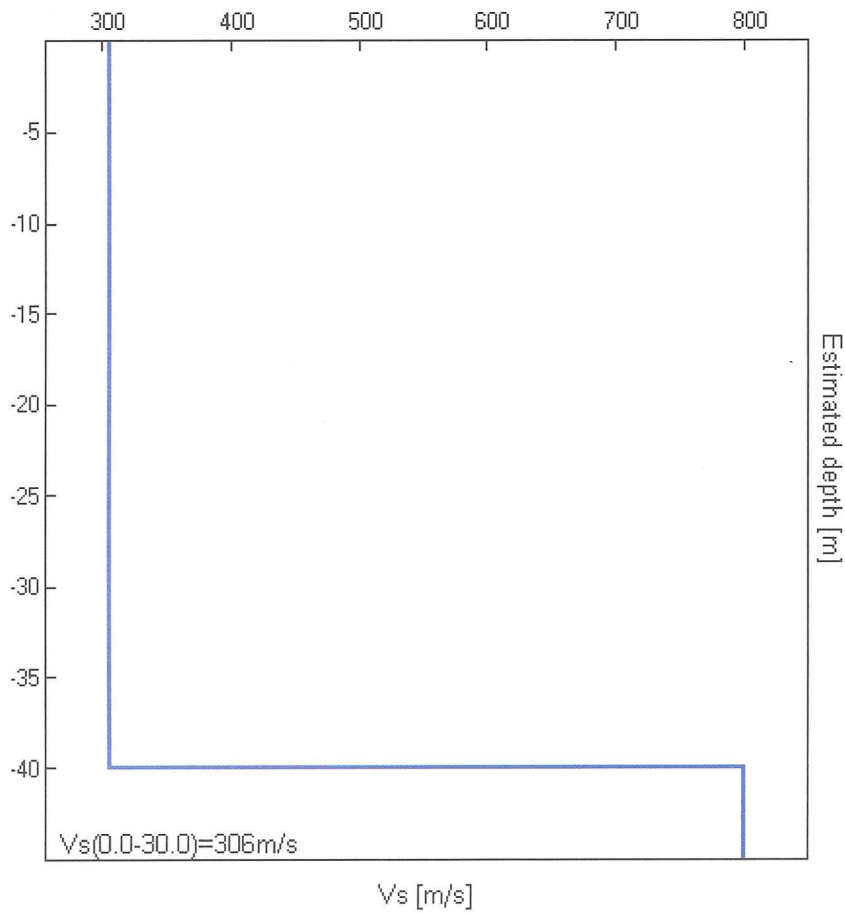


**Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson**

40.00 | 40.00 | 306 | 0.35

inf. | 0.00 | 800 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=306\text{m/s}$



## LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a  $2.0 \pm 0.05$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / Lw$ :  $2.00 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $2400.0 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5$ Hz

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5$ Hz **Superato 10 volte su 97 [ NO ]**

.....

Esiste f- in  $[f_0/4, f_0]$  |  $AH/V(f-) < A_0 / 2$ : 1.563 Hz [ OK ]

Esiste f+ in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_H/V(f+) < A_0 / 2$ : 2.813 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $4.82 > 2$  [ OK ]

$f\_picco[A_H/V(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.01284| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.02568 < 0.1$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $1.0968 < 1.58$  [ OK ]

## ZONAZIONE CFIBOCCHI, T8

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 28/02/12 14:19:18

Fine registrazione: 28/02/12 14:39:18

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 77% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

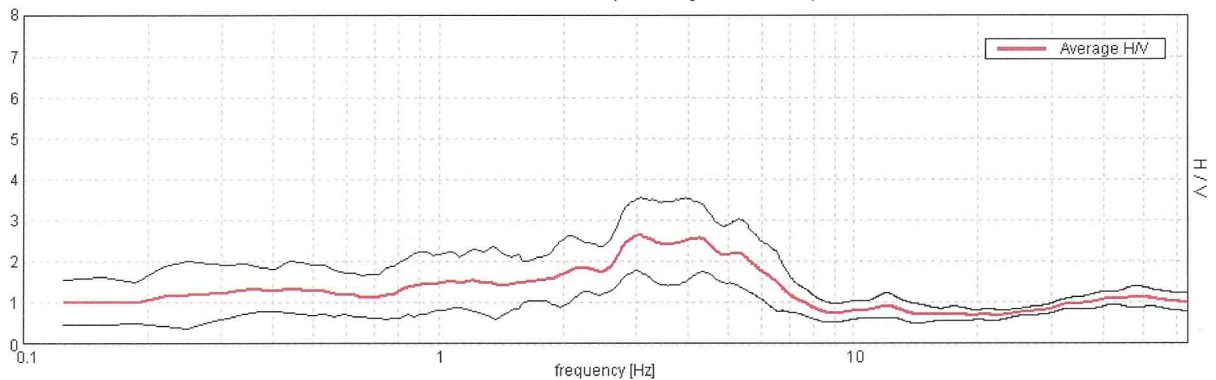
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

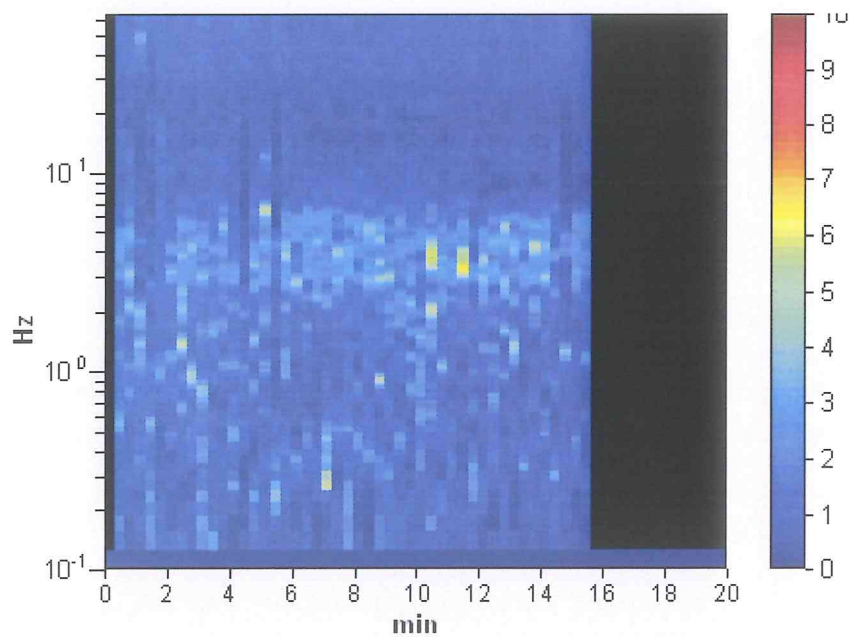
Lisciamento: 10%

## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at  $3.03 \pm 0.18$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

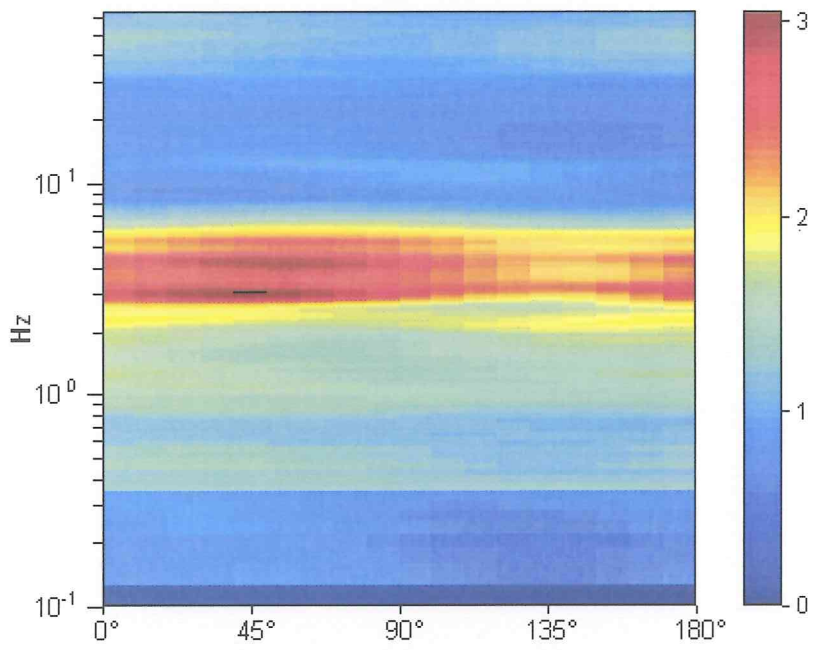


## SERIE TEMPORALE H/V

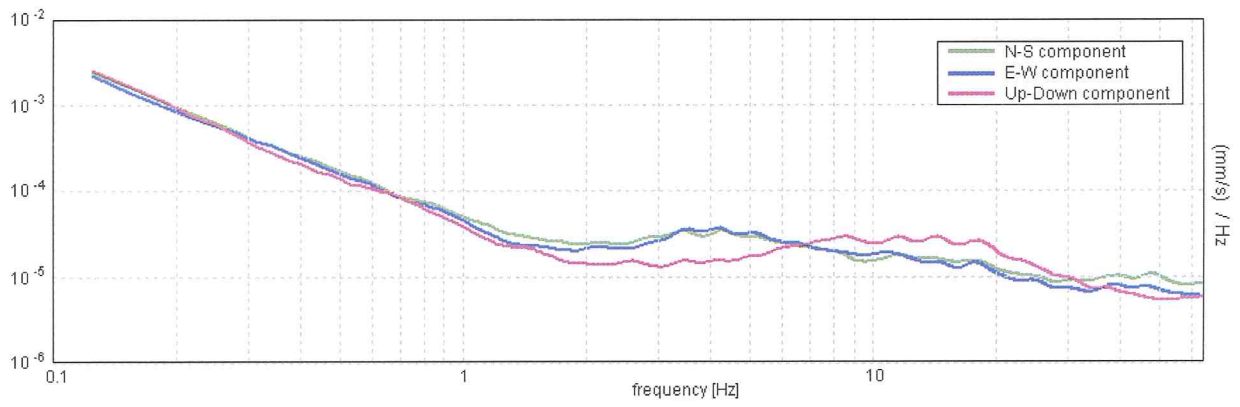




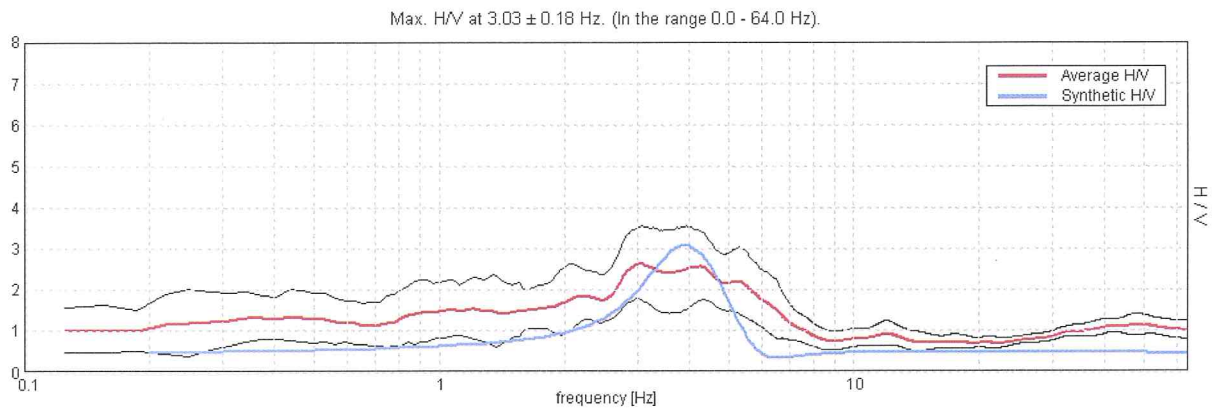
### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



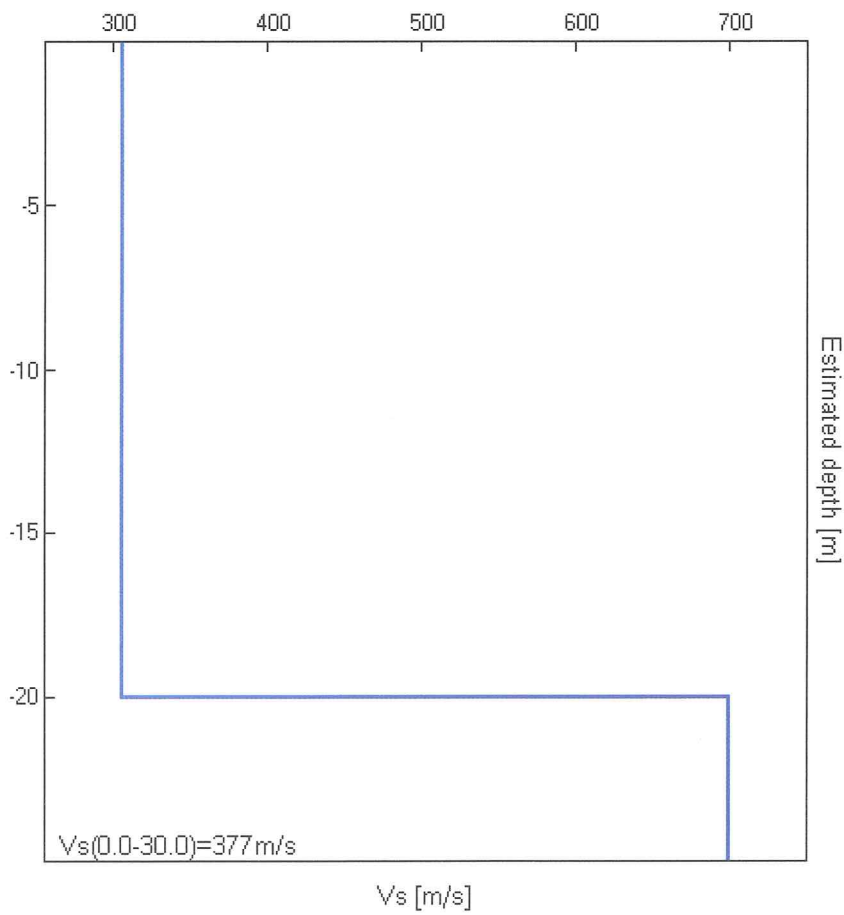
### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



**Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson**

20.00 | 20.00 | 306 | 0.35  
 inf. | 0.00 | 700 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=377\text{m/s}$



## LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a  $3.03 \pm 0.18$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / Lw$ :  $3.03 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $2788.8 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 0 volte su 146 [ OK ]

.....  
Esiste f- in  $[f_0/4, f_0]$  |  $AH/V(f-) < A_0 / 2$ : 0.813 Hz [ OK ]

Esiste f+ in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_H/V(f+) < A_0 / 2$ : 6.813 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $2.65 > 2$  [ OK ]

$f\_picco[A\_H/V(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.0299| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.09062 < 0.15156$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.4312 < 1.58$  [ OK ]



## ZONAZIONE CFIBOCCHI, T9

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 28/02/12 14:53:51

Fine registrazione: 28/02/12 15:13:51

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

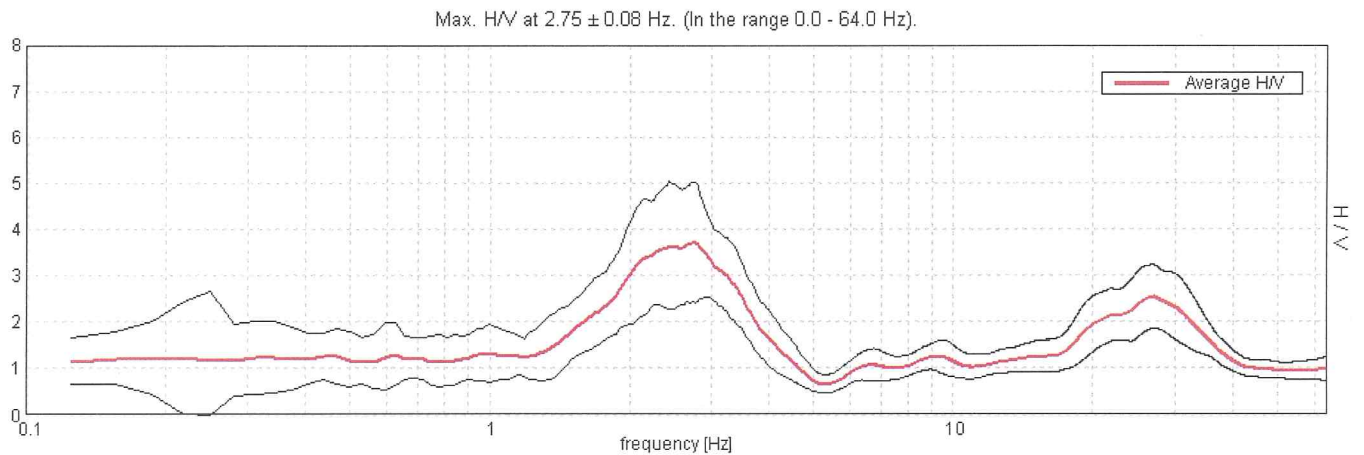
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

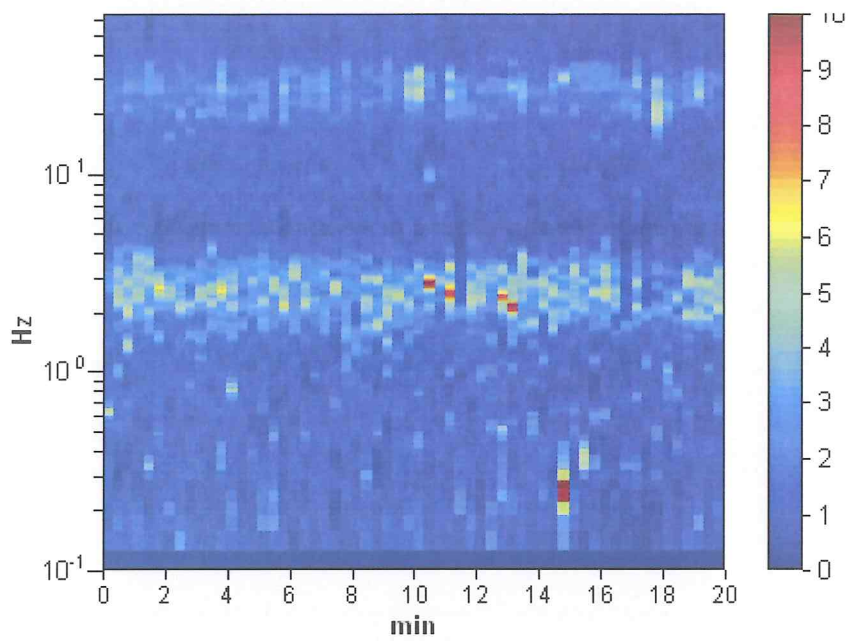
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

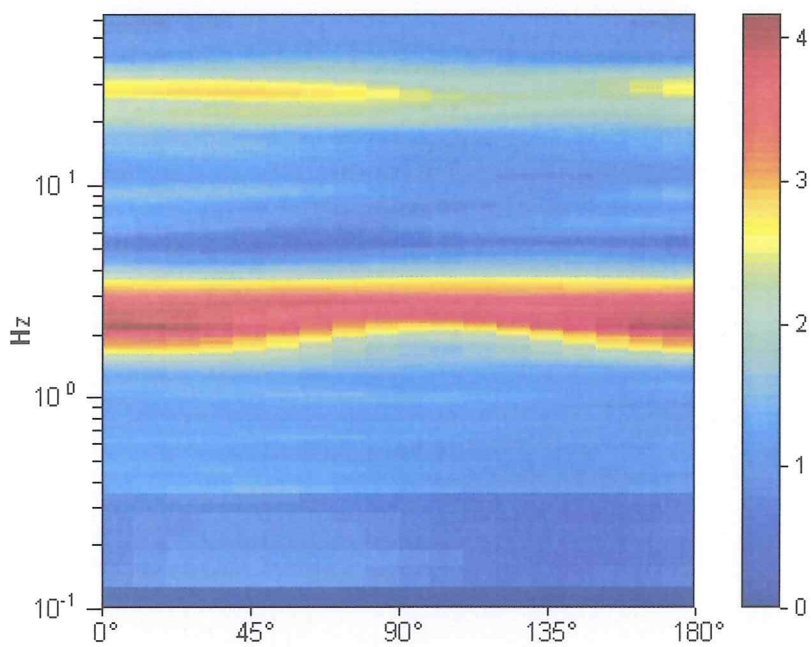
## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



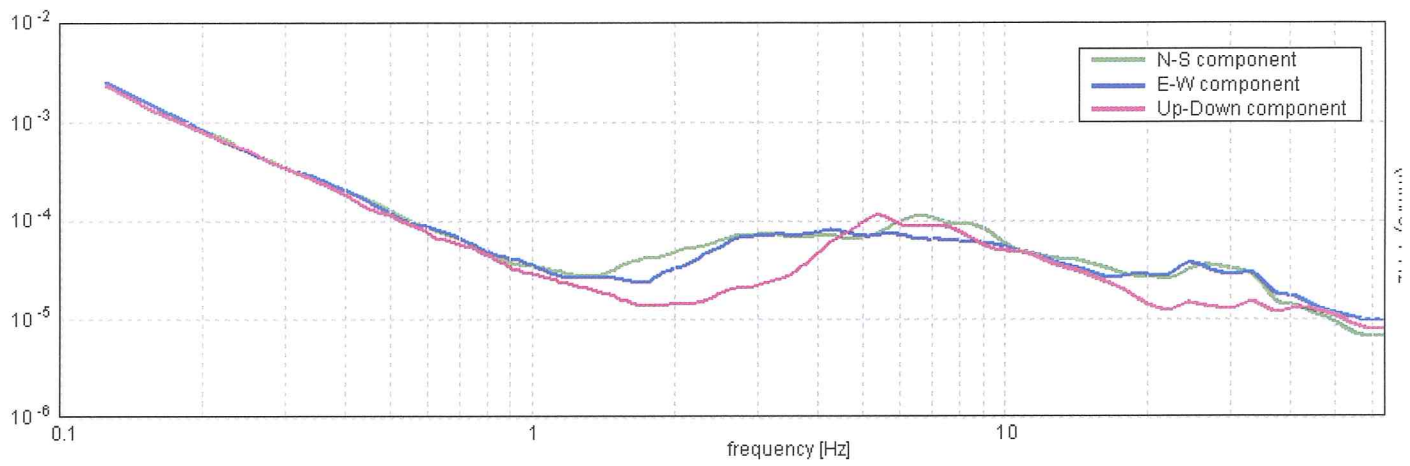
## SERIE TEMPORALE H/V



#### DIREZIONALITA' H/V

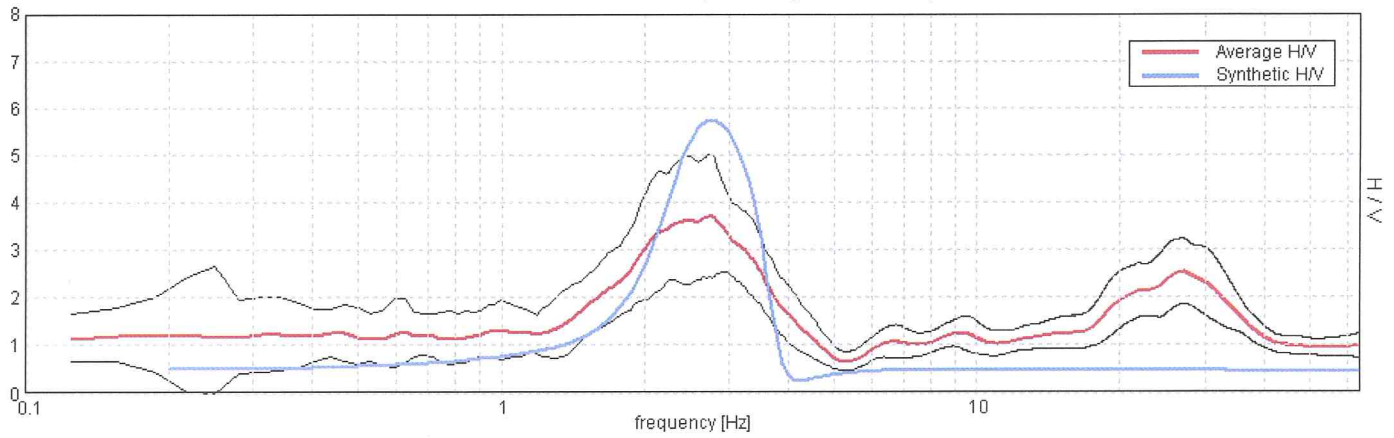


#### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



**H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO**

Max. H/V at  $2.75 \pm 0.08$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

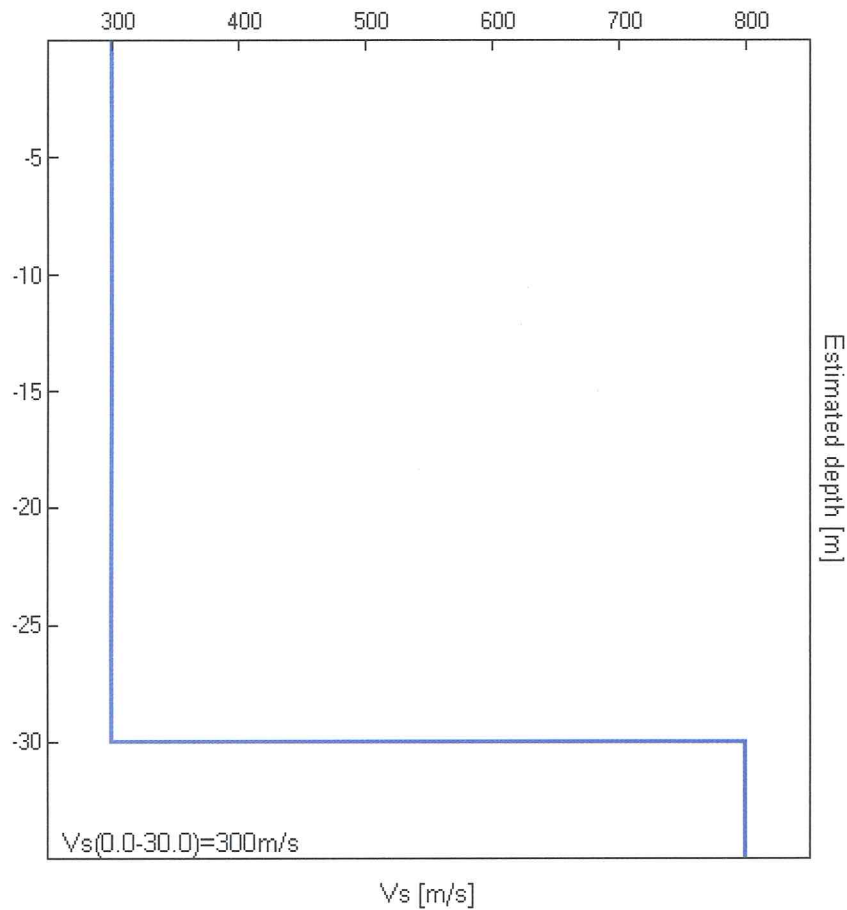


**Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson**

30.00 | 30.00 | 300 | 0.35

inf. | 0.00 | 800 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=300m/s$



### LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a  $2.75 \pm 0.08$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$ :  $2.75 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $3300.0 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5$ Hz

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5$ Hz Superato 0 volte su 133 [ OK ]

.....

Esiste  $f_-$  in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f_-) < A_0 / 2$ : 1.5 Hz [ OK ]

Esiste  $f_+$  in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$ : 3.875 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $3.71 > 2$  [ OK ]

$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.01372| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.03772 < 0.1375$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.6445 < 1.58$  [ OK ]



## MISURA 10

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 28/02/12 15:32:19

Fine registrazione: 28/02/12 15:52:19

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

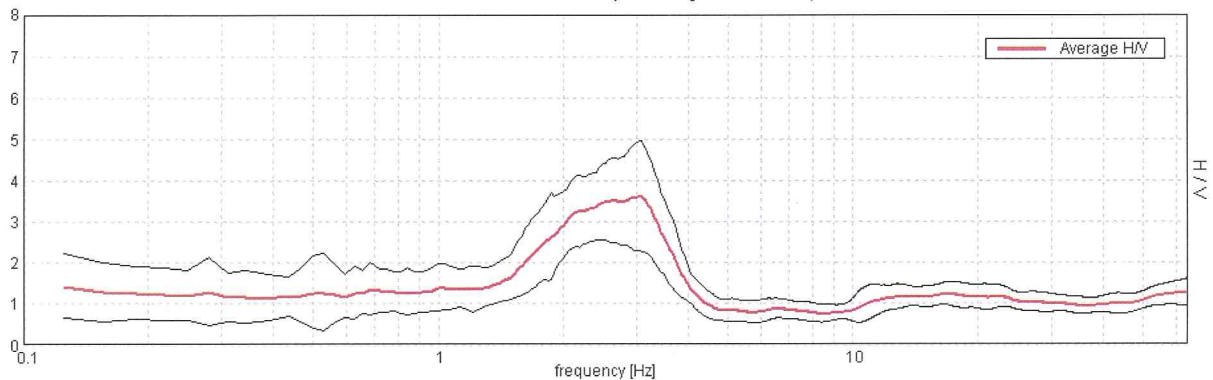
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

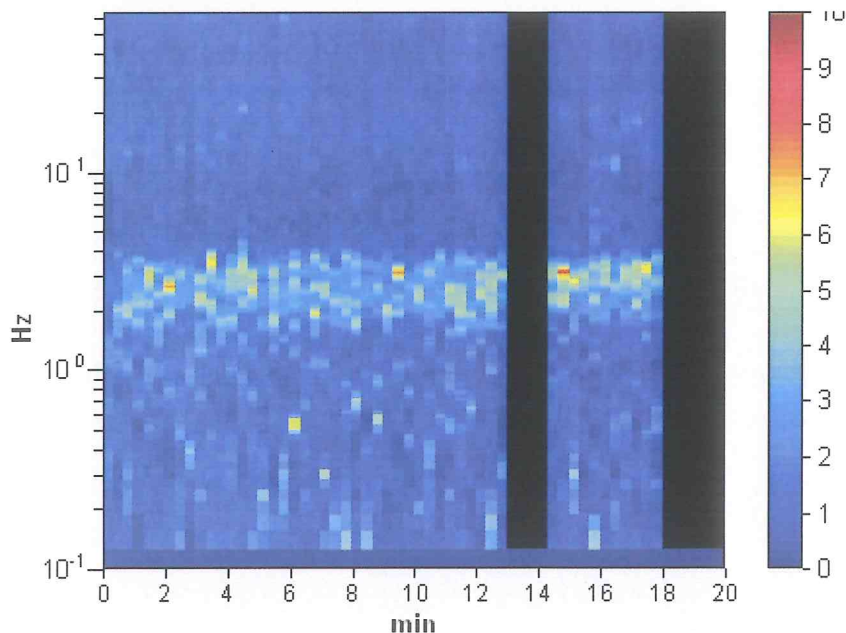
Lisciamento: 10%

## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

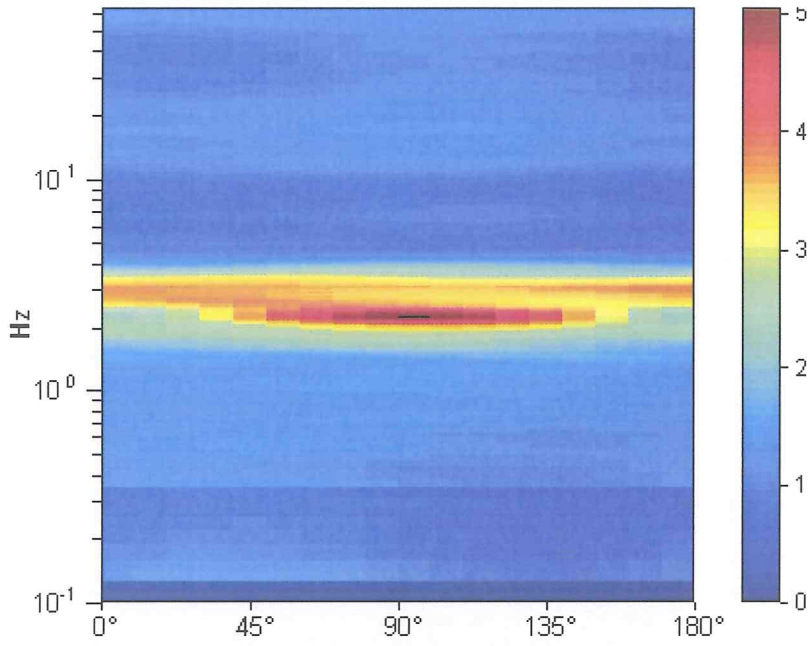
Max. H/V at  $3.06 \pm 0.18$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



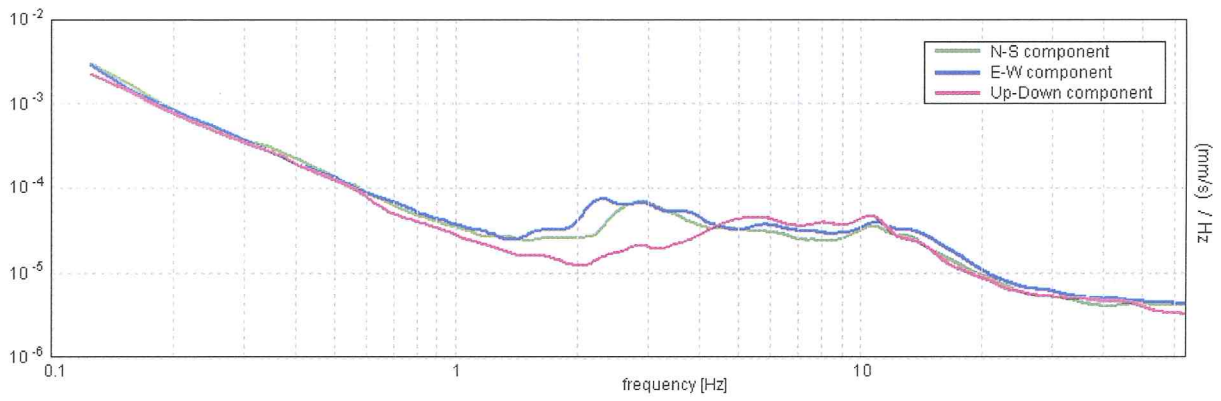
## SERIE TEMPORALE H/V



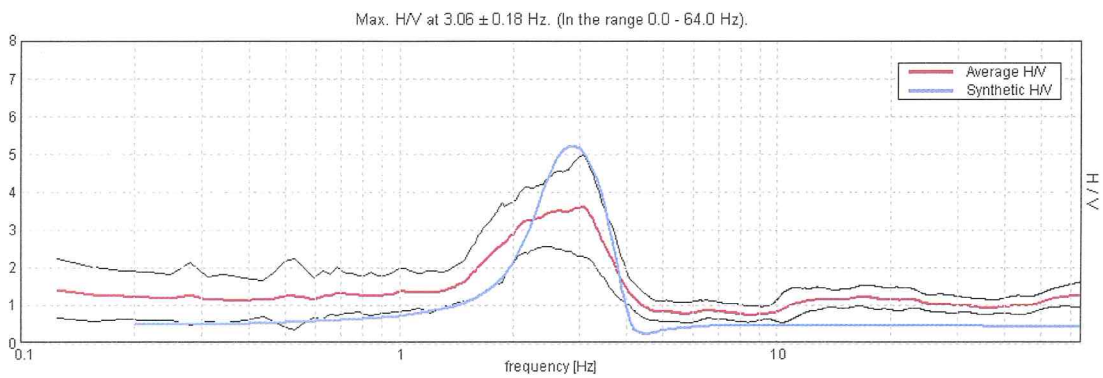
### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

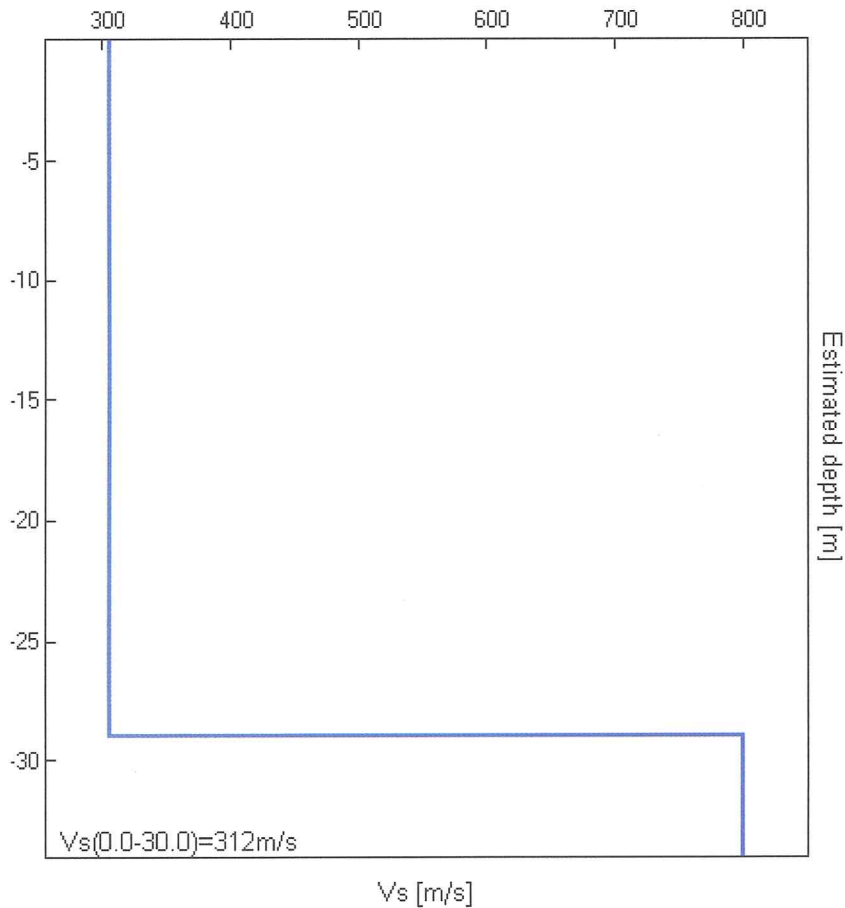


**Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson**

29.00 | 29.00 | 306 | 0.35

inf. | 0.00 | 800 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=312\text{m/s}$



**LINEE GUIDA SESAME (2005)**

Picco H/V a  $3.06 \pm 0.18$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$ :  $3.06 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $3062.5 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 0 volte su 148 [ OK ]

.....

Esiste  $f_-$  in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f_-) < A_0 / 2$ : 1.531 Hz [ OK ]

Esiste  $f_+$  in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$ : 3.844 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $3.63 > 2$  [ OK ]

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.0284| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.08699 < 0.15313$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.6597 < 1.58$  [ OK ]

## MISURA 11

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 28/02/12 16:01:21

Fine registrazione: 28/02/12 16:21:21

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 57% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

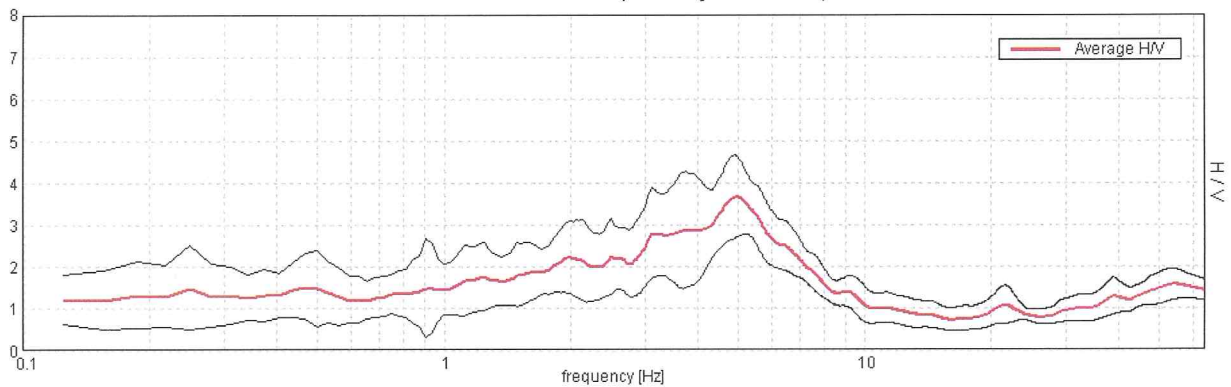
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

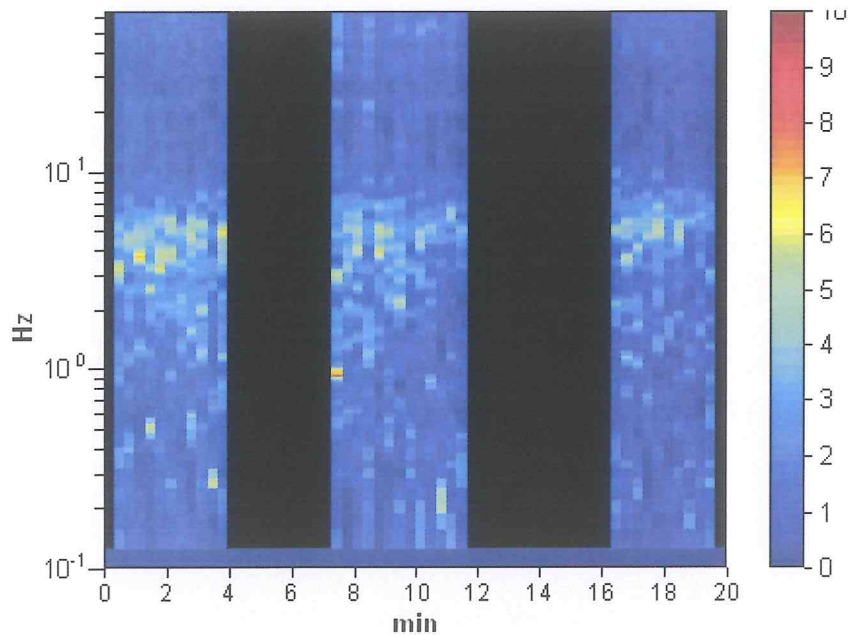
Lisciamento: 10%

## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at  $4.91 \pm 0.24$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

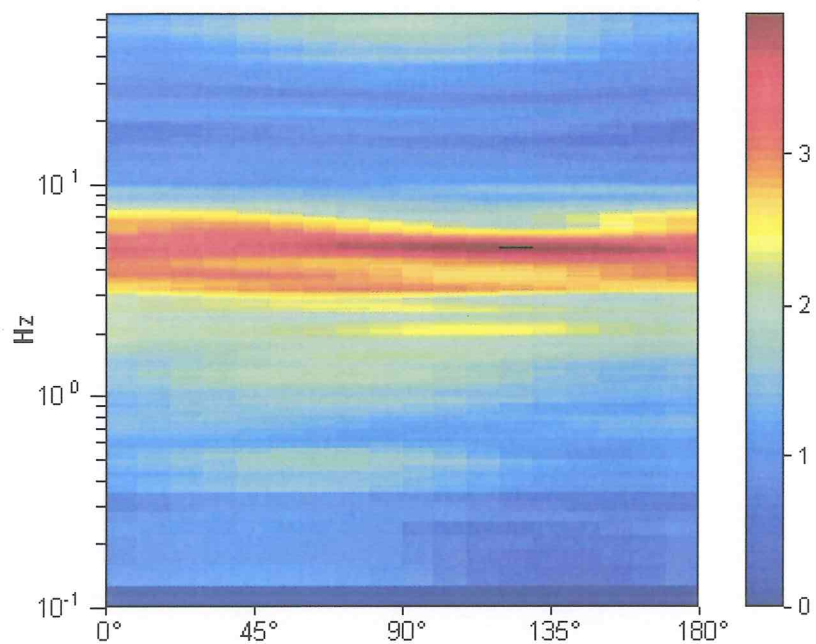


## SERIE TEMPORALE H/V

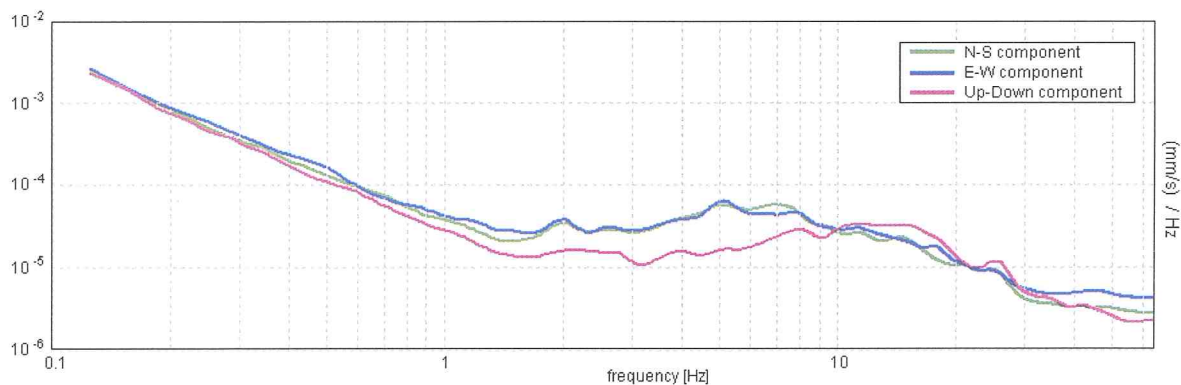




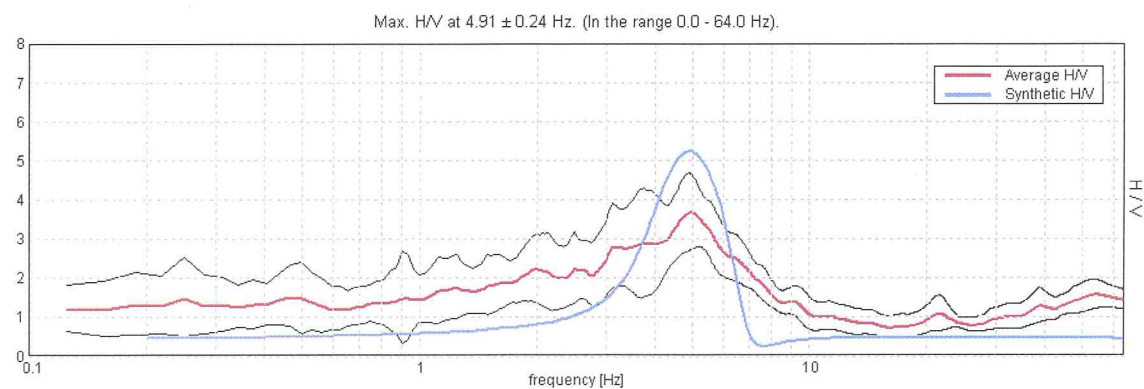
### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

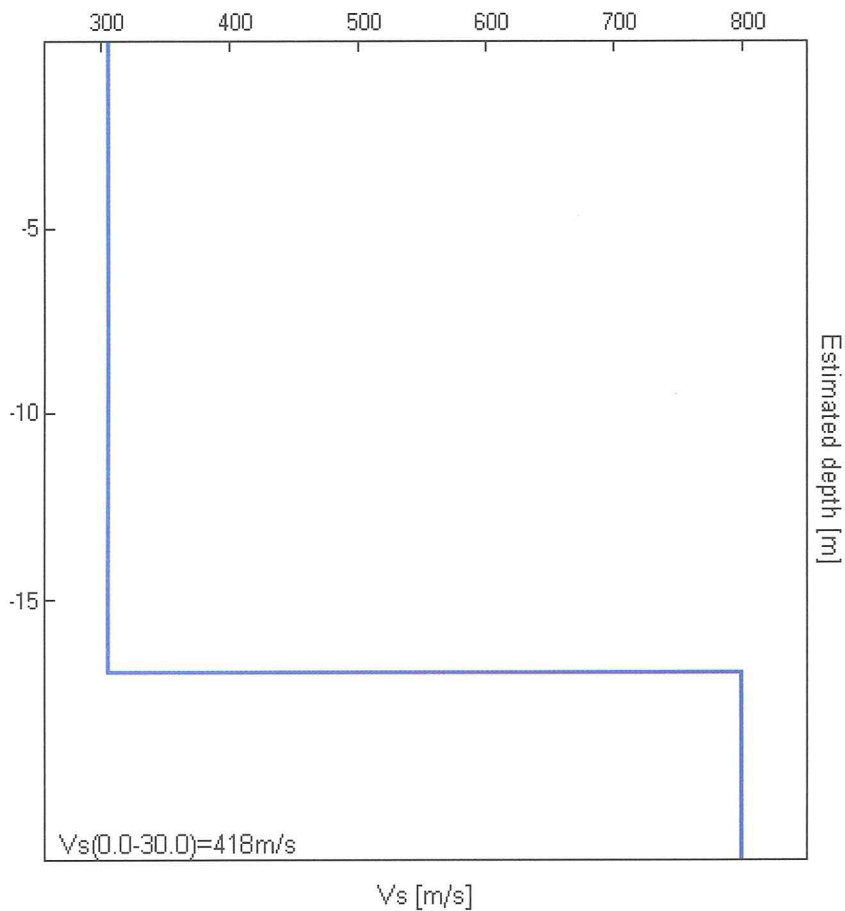


Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson

17.00 | 17.00 | 306 | 0.35

inf. | 0.00 | 800 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=418\text{m/s}$



### LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a  $4.91 \pm 0.24$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$ :  $4.91 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $3336.3 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 0 volte su 236 [ OK ]

.....

Esiste  $f$ - in  $[f_0/4, f_0]$  |  $AH/V(f-) < A_0 / 2$ : 1.531 Hz [ OK ]

Esiste  $f_+$  in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$ : 7.625 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ : 3.68 > 2 [ OK ]

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ : |0.02414| < 0.05 [ OK ]

$sf < e(f_0)$ : 0.11843 < 0.24531 [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ : 0.4773 < 1.58 [ OK ]

## ZONAZIONE CFIBOCCHI, T12

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 28/02/12 16:29:16

Fine registrazione: 28/02/12 16:49:16

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

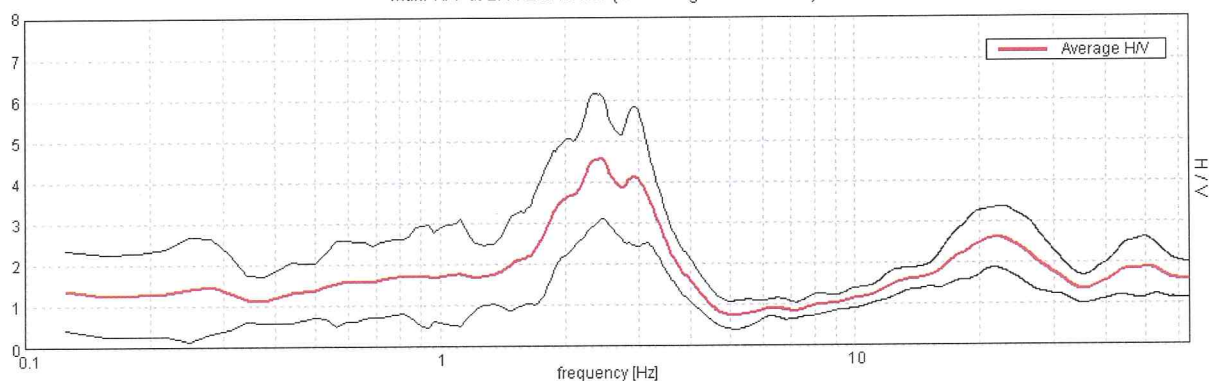
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

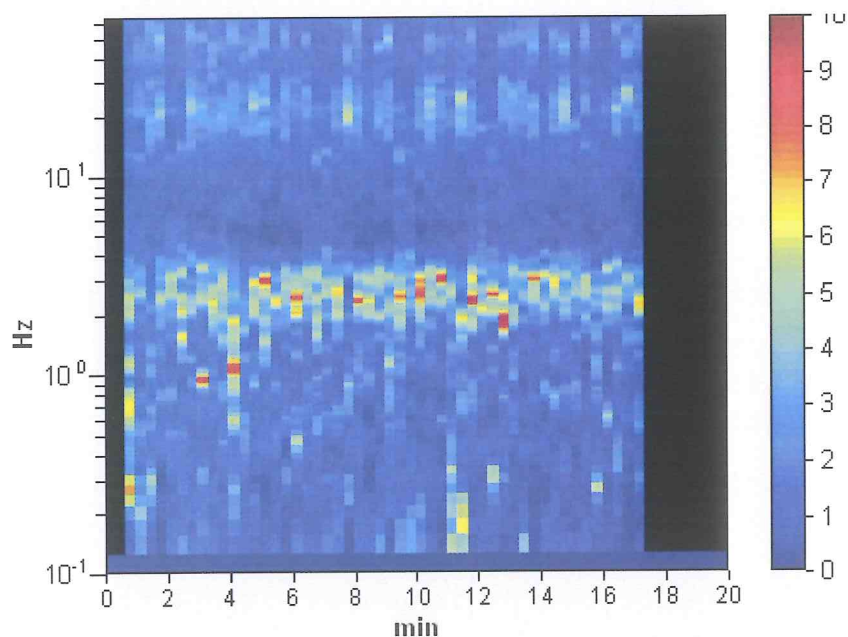
Lisciamento: 10%

## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at  $2.44 \pm 0.15$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

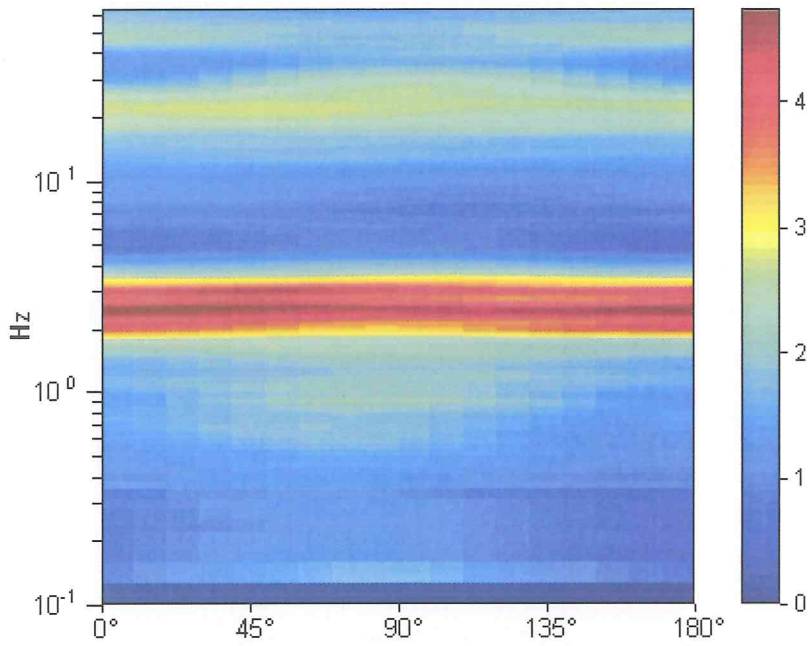


## SERIE TEMPORALE H/V

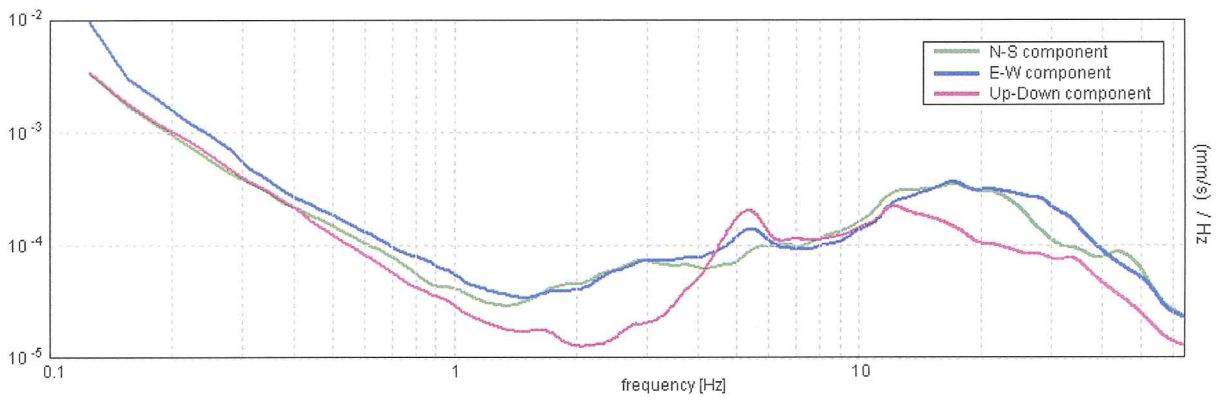




### DIREZIONALITA' H/V

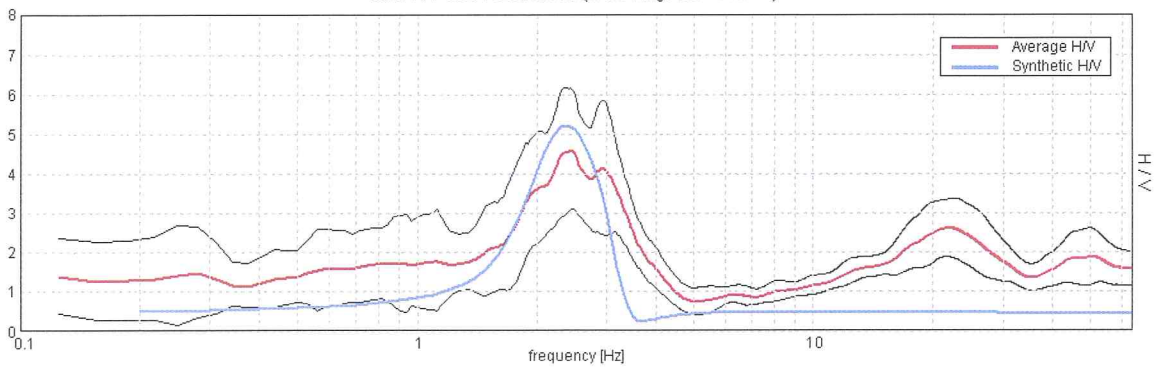


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $2.44 \pm 0.15$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

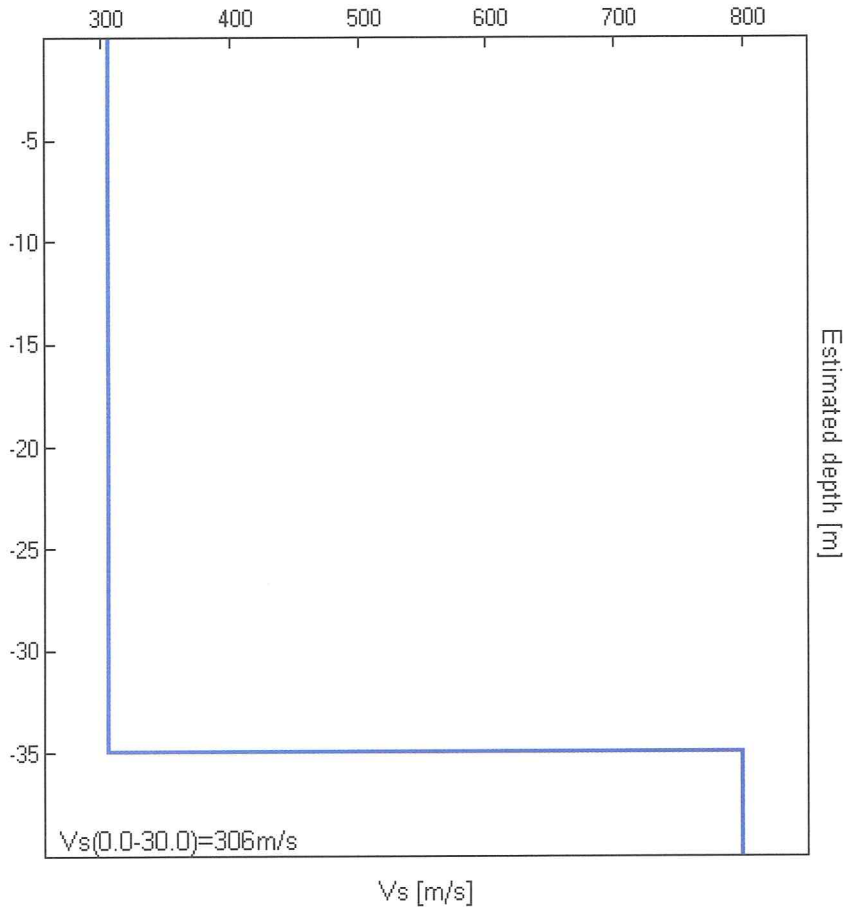


**Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson**

35.00 | 35.00 | 306 | 0.35

inf. | 0.00 | 800 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=306\text{m/s}$



**LINEE GUIDA SESAME (2005)**

Picco H/V a  $2.44 \pm 0.15$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$ :  $2.44 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $2437.5 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 0 volte su 118 [ OK ]

.....  
Esiste f- in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f-) < A_0 / 2$ : 1.656 Hz [ OK ]

Esiste f+ in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f+) < A_0 / 2$ : 3.594 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $4.61 > 2$  [ OK ]

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.03097| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.0755 < 0.12188$  [ OK ]

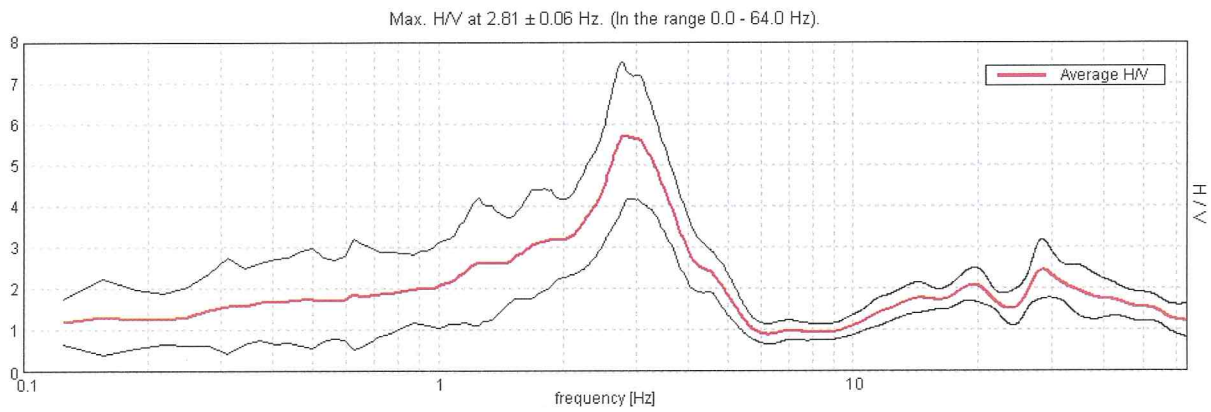
sA(f0) < q(f0): 0.7574 < 1.58 [ OK ]

### MISURA 13

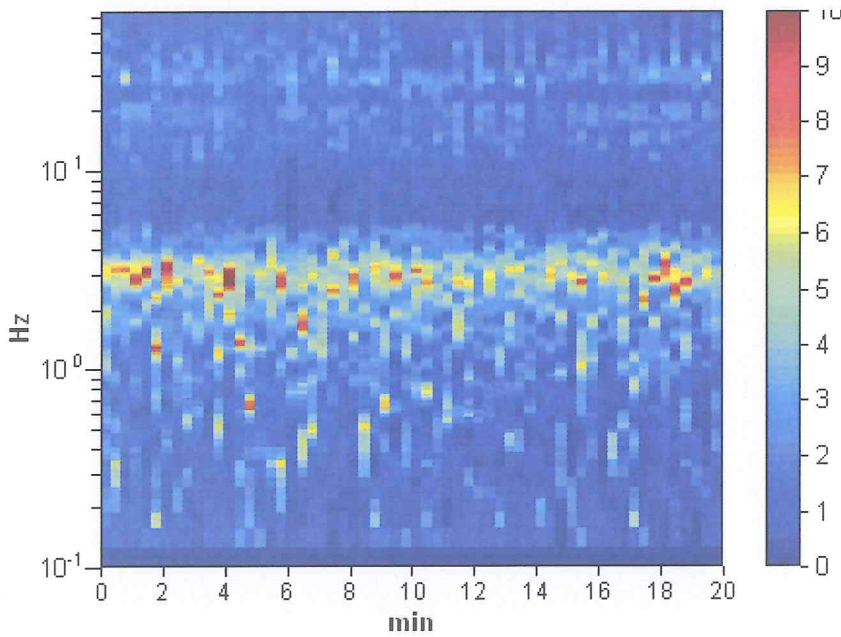
Strumento: TRZ-0135/01-11  
Inizio registrazione: 28/02/12 16:57:03      Fine registrazione: 28/02/12 17:17:03  
Tipo di lisciamento: Triangular window  
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".      (Analizzato da 0 s per 20. min)  
Freq. campionamento: 128 Hz  
Lunghezza finestre: 20 s  
Tipo di lisciamento: Triangular window  
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

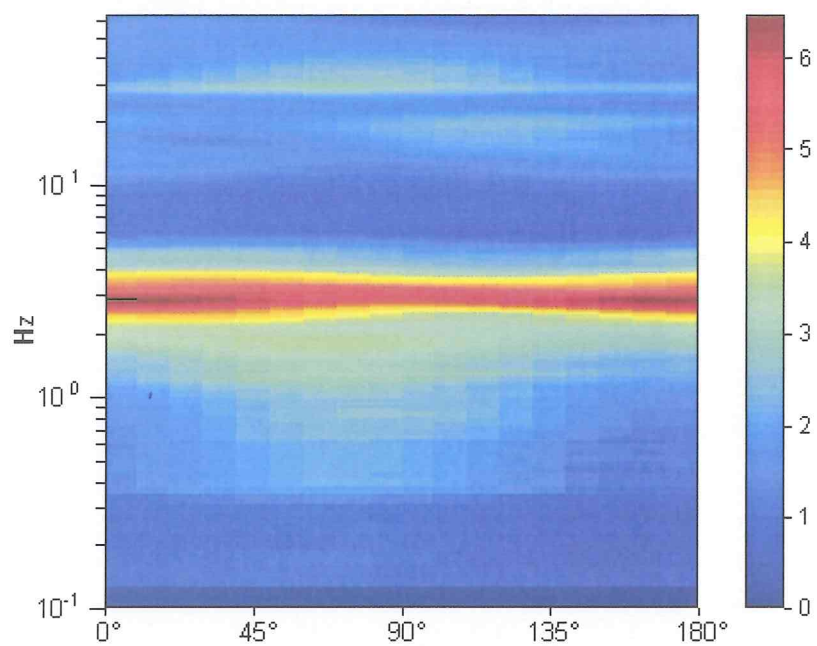


### SERIE TEMPORALE H/V

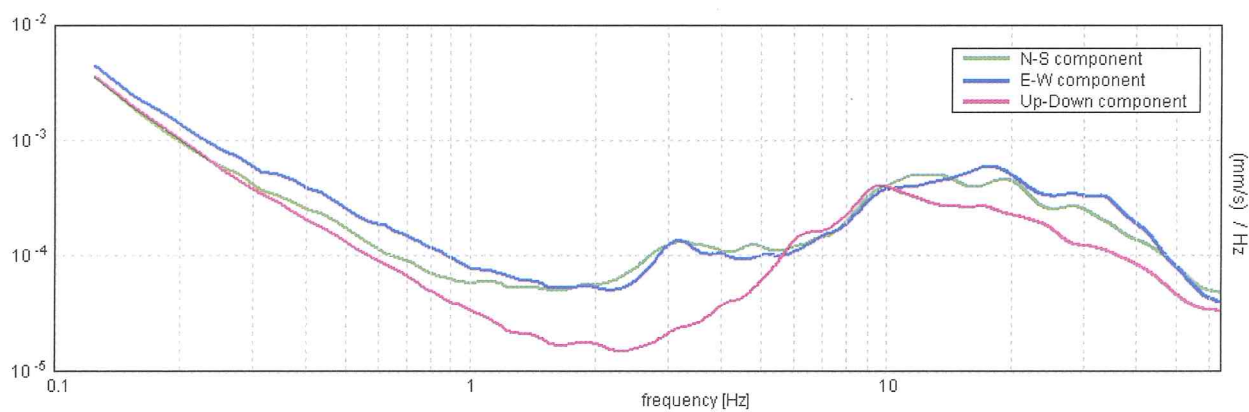




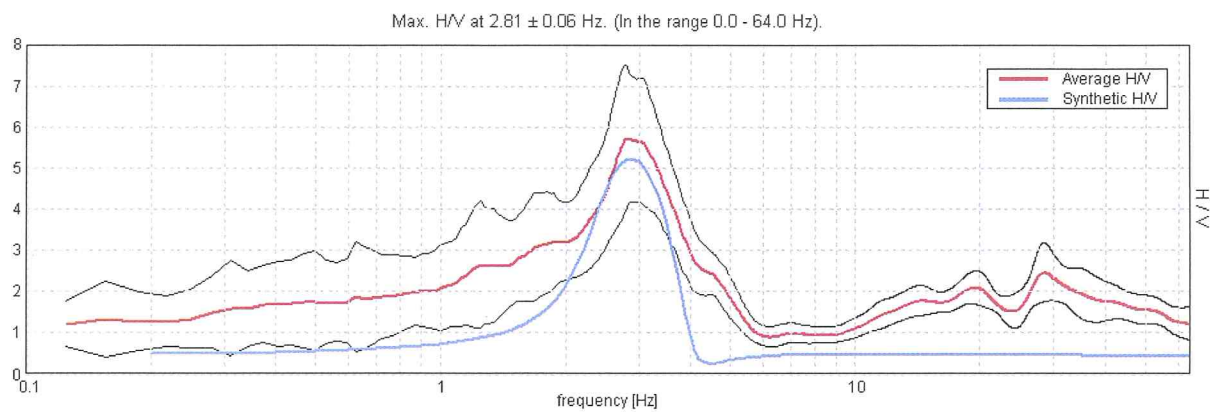
### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

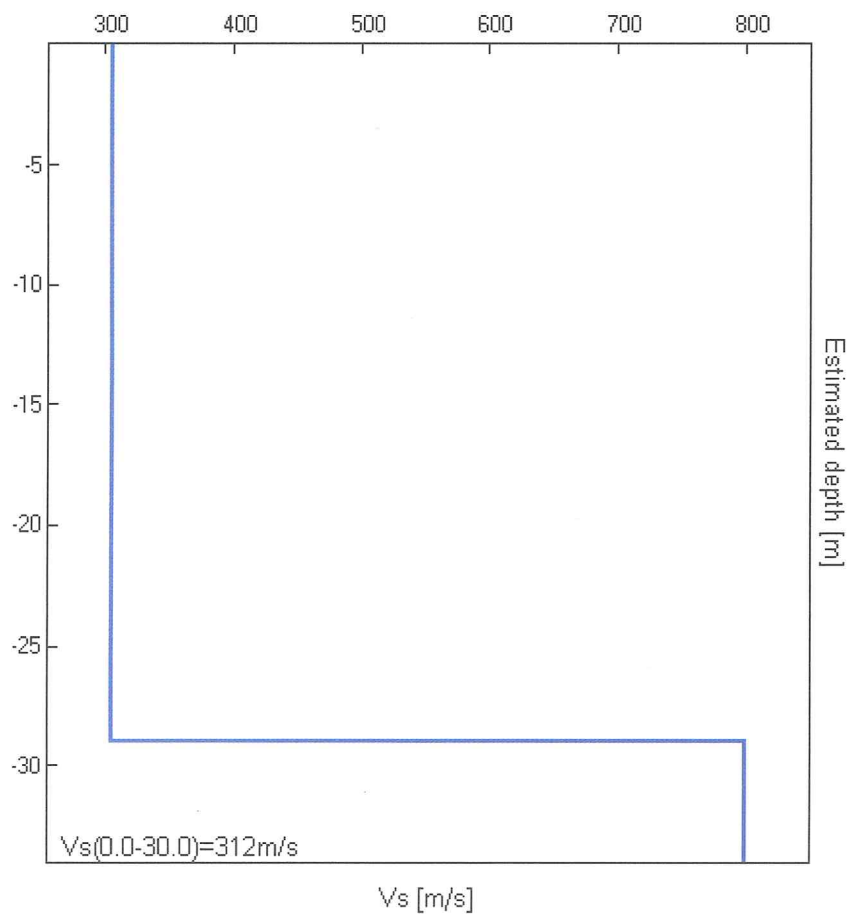


**Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson**

29.00 | 29.00 | 306 | 0.35

inf. | 0.00 | 800 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=312\text{m/s}$



## LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a  $2.81 \pm 0.06$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / Lw$ :  $2.81 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $3375.0 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5$ Hz

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5$ Hz Superato 0 volte su 136 [ OK ]

.....

Esiste f- in  $[f_0/4, f_0]$  |  $AH/V(f-) < A_0 / 2$ : 1.563 Hz [ OK ]

Esiste f+ in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_H/V(f+) < A_0 / 2$ : 4.031 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $5.74 > 2$  [ OK ]

$f\_picco[A_H/V(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.0105| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.02953 < 0.14063$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.8584 < 1.58$  [ OK ]

## ZONAZIONE CAST FIBOCCHI, 14

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 01/03/12 10:26:05

Fine registrazione: 01/03/12 10:46:05

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 68% tracciato (selezione manuale)

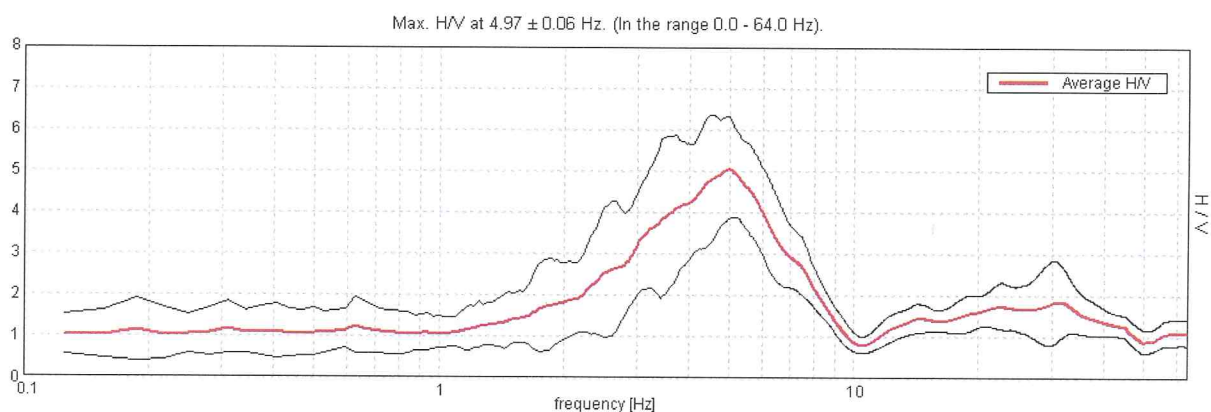
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

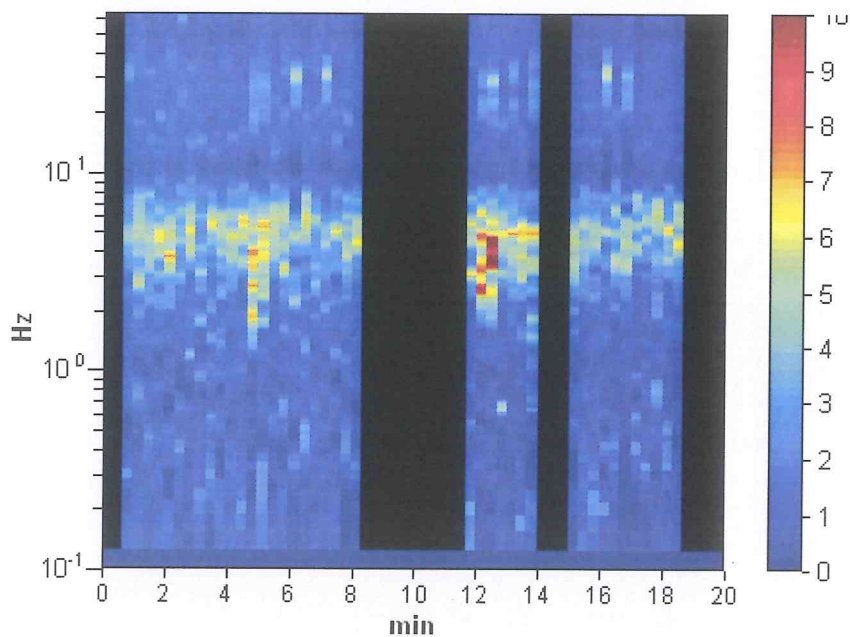
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

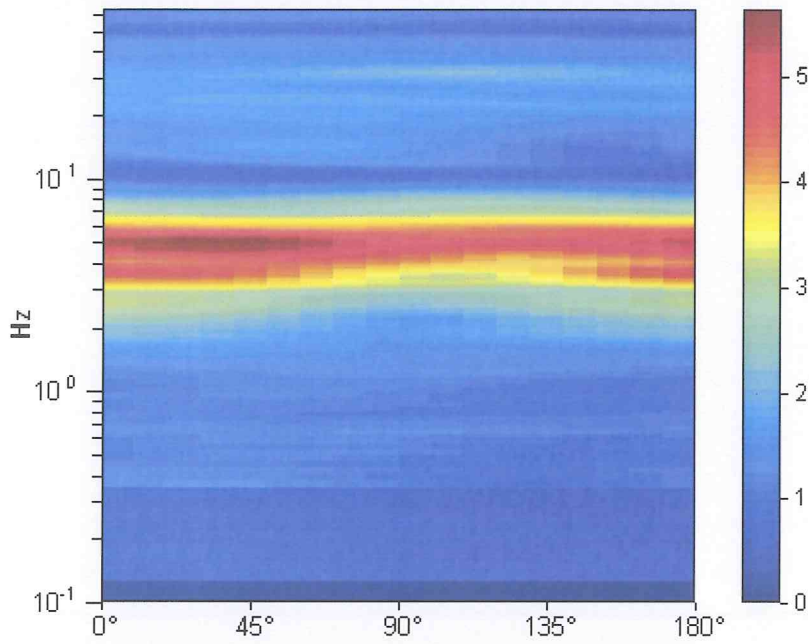


## SERIE TEMPORALE H/V

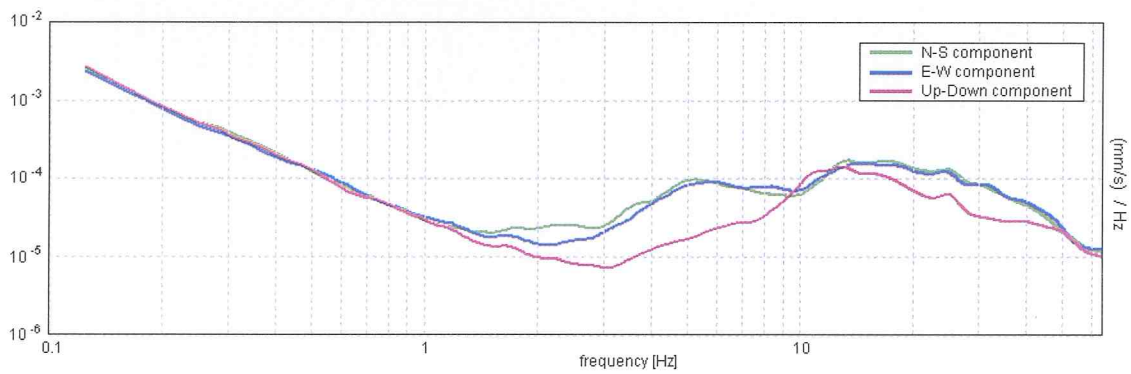




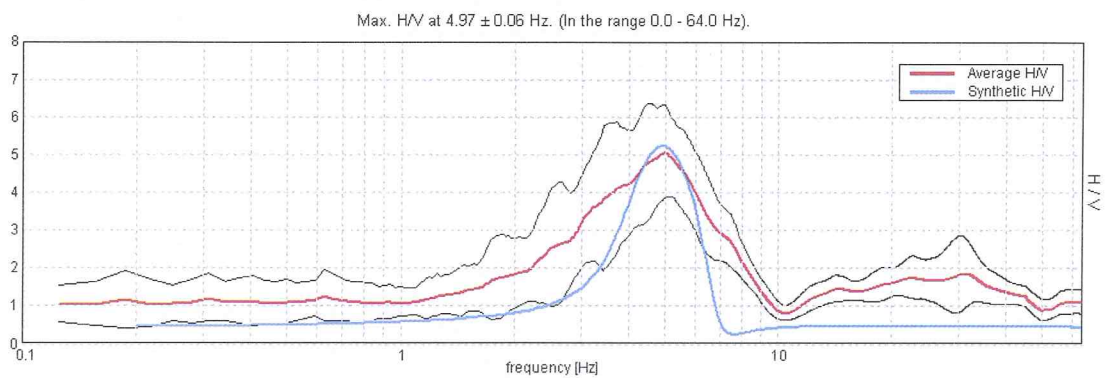
### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



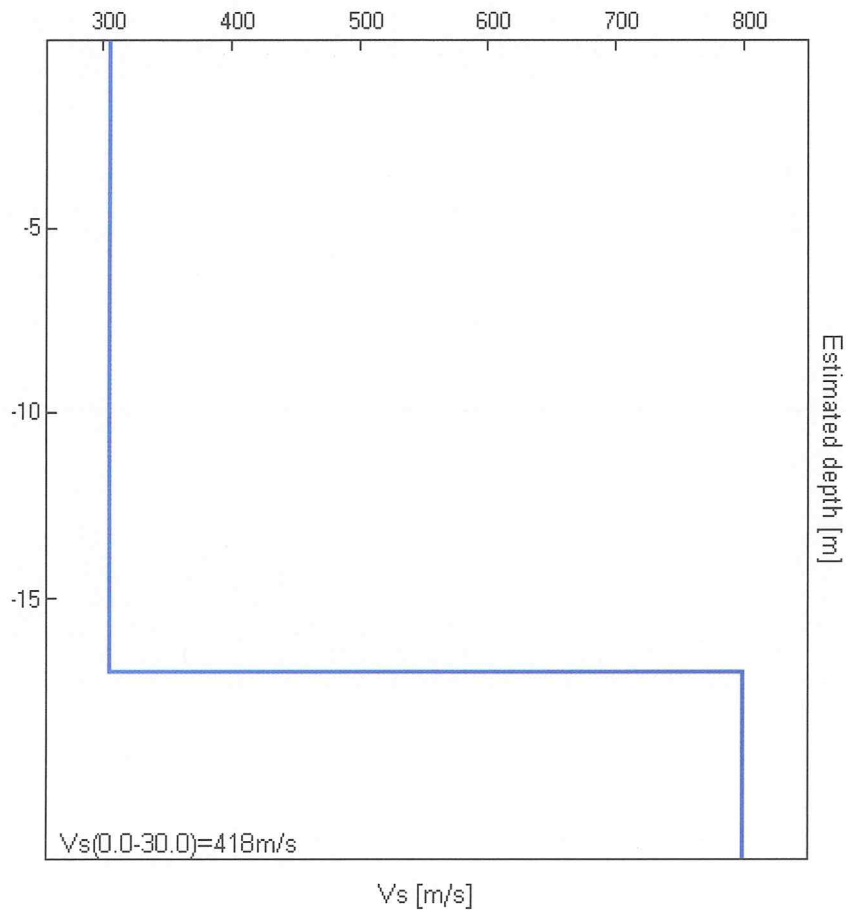
### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson

17.00 | 17.00 | 306 | 0.35  
inf. | 0.00 | 800 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=418\text{m/s}$



#### LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a  $4.97 \pm 0.06$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$ :  $4.97 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $4074.4 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 0 volte su 240 [ OK ]

.....

Esiste  $f_-$  in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f_-) < A_0 / 2$ : 2.469 Hz [ OK ]

Esiste  $f_+$  in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$ : 7.688 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $5.07 > 2$  [ OK ]

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.00609| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.03025 < 0.24844$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.6082 < 1.58$  [ OK ]

## MISURA 15

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 01/03/12 11:01:00

Fine registrazione: 01/03/12 11:21:00

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 77% tracciato (selezione manuale)

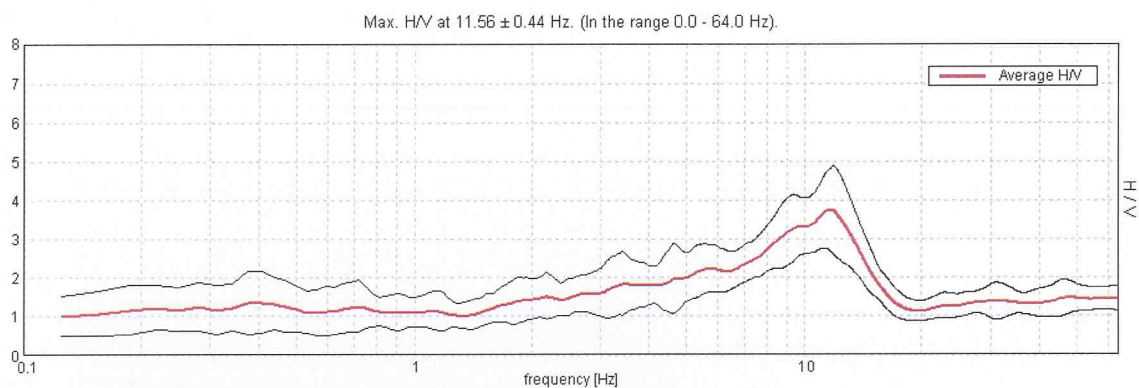
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

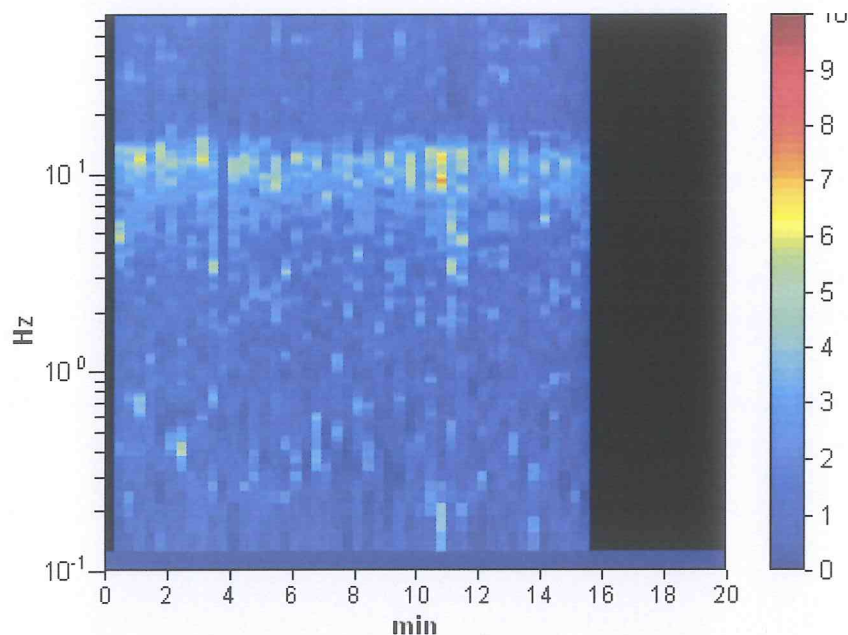
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

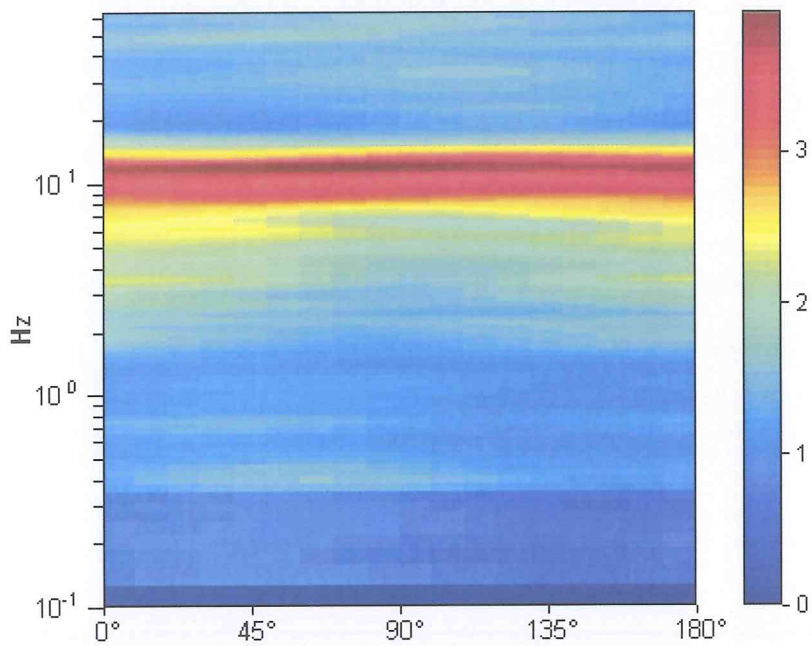
## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



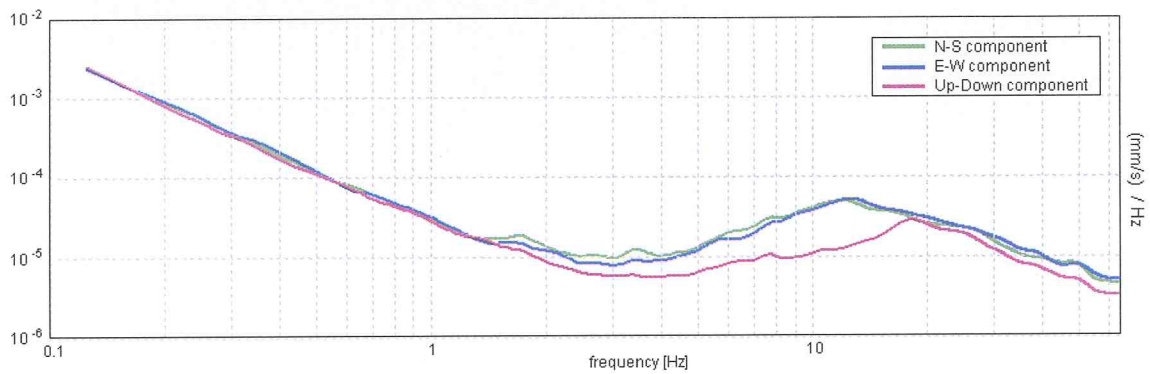
## SERIE TEMPORALE H/V



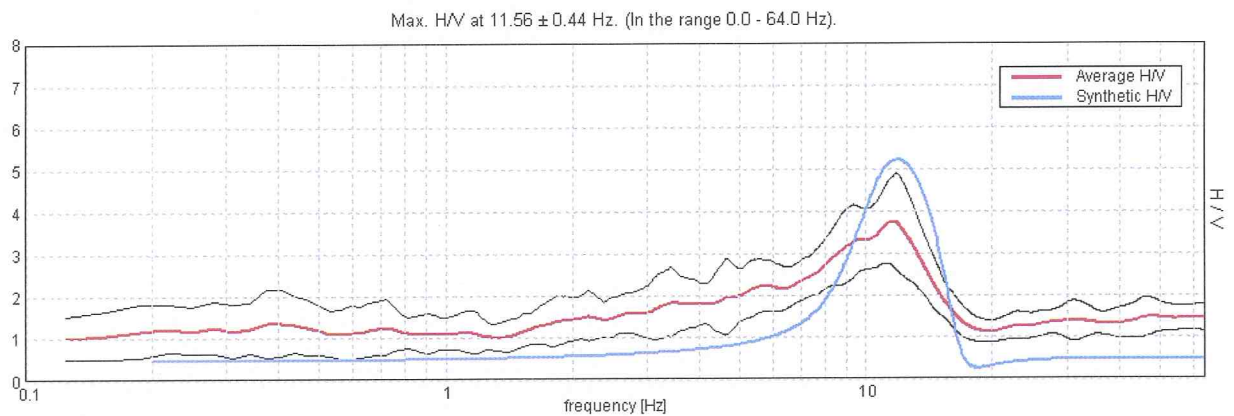
## DIREZIONALITA' H/V



**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



**H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO**



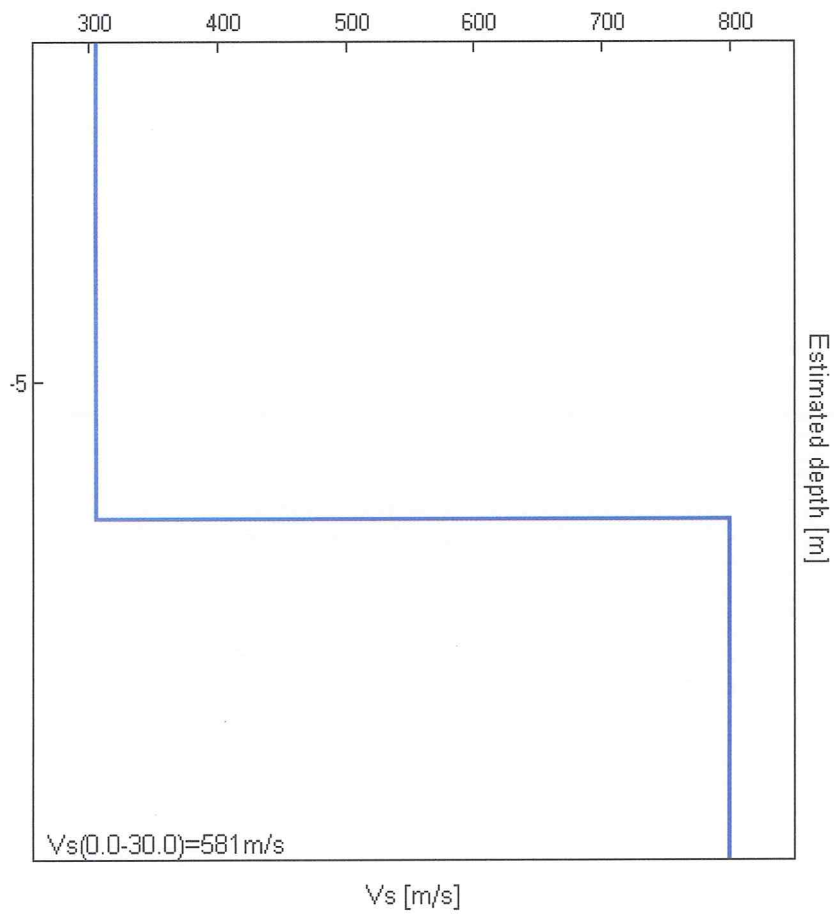


Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson

7.00 | 7.00 | 306 | 0.35

inf. | 0.00 | 800 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=581\text{m/s}$



Picco H/V a  $11.56 \pm 0.44$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / Lw$ :  $11.56 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $10637.5 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 0 volte su 556 [ OK ]

.....  
Esiste f- in  $[f_0/4, f_0]$  |  $AH/V(f_-) < A_0 / 2$ : 4.406 Hz [ OK ]

Esiste f+ in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_H/V(f_+) < A_0 / 2$ : 15.406 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $3.75 > 2$  [ OK ]

$f\_picco[A_H/V(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.01852| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.21412 < 0.57813$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.5159 < 1.58$  [ OK ]

## MISURAZIONE 16

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 01/03/12 11:35:20

Fine registrazione: 01/03/12 11:55:20

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 80% tracciato (selezione manuale)

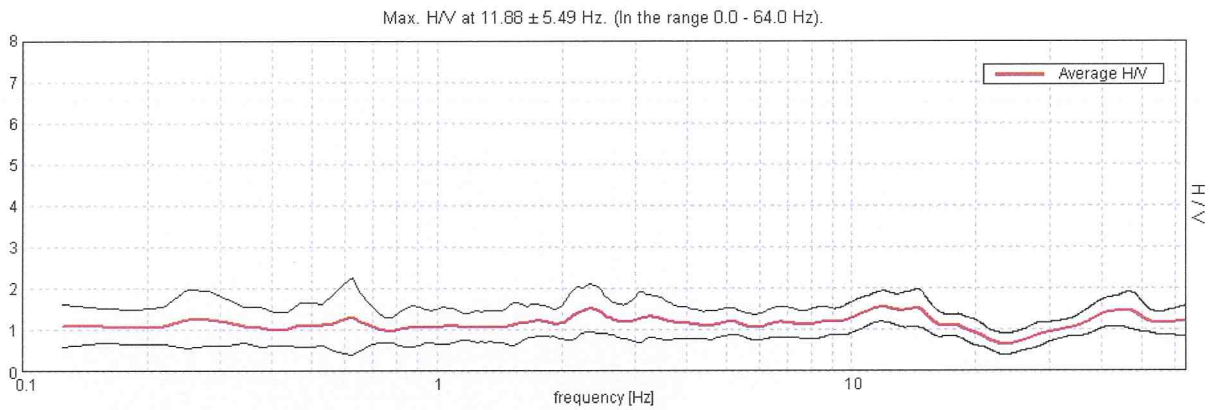
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

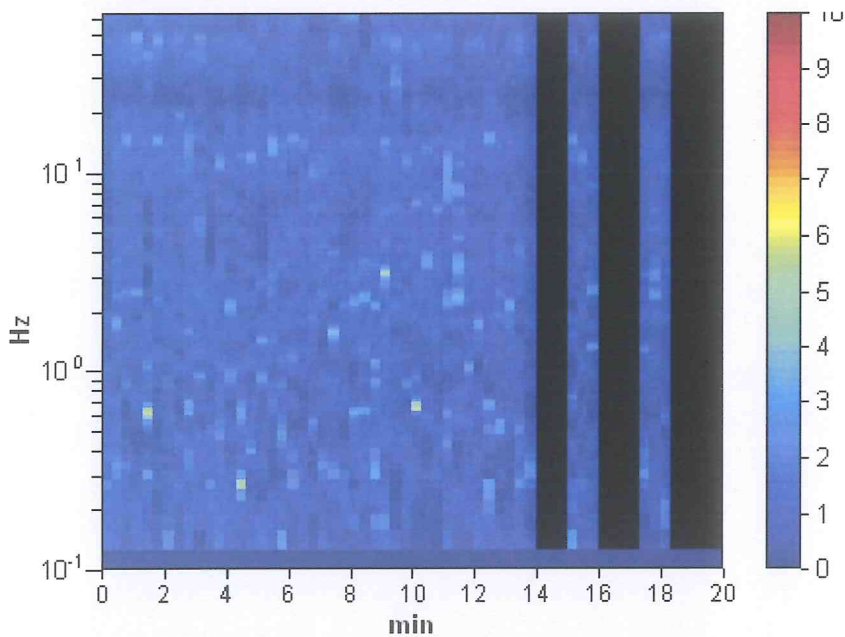
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

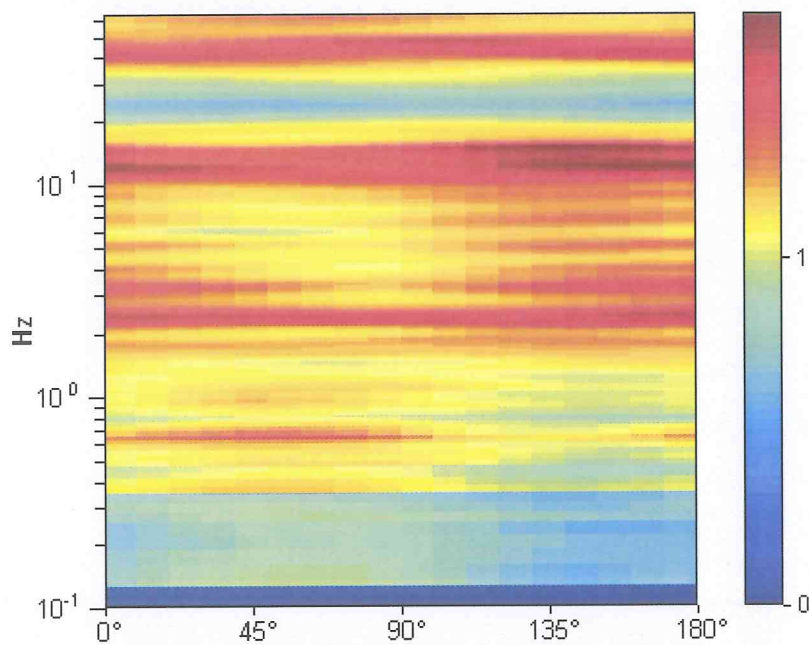
## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



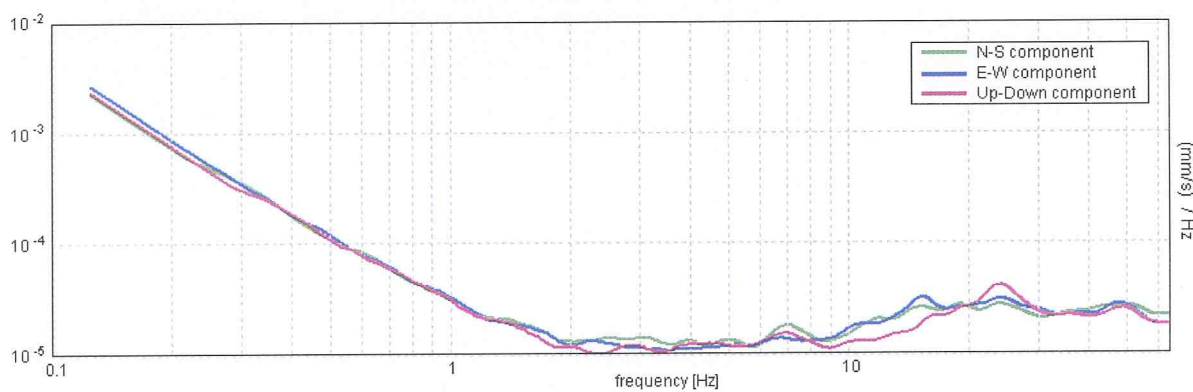
## SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

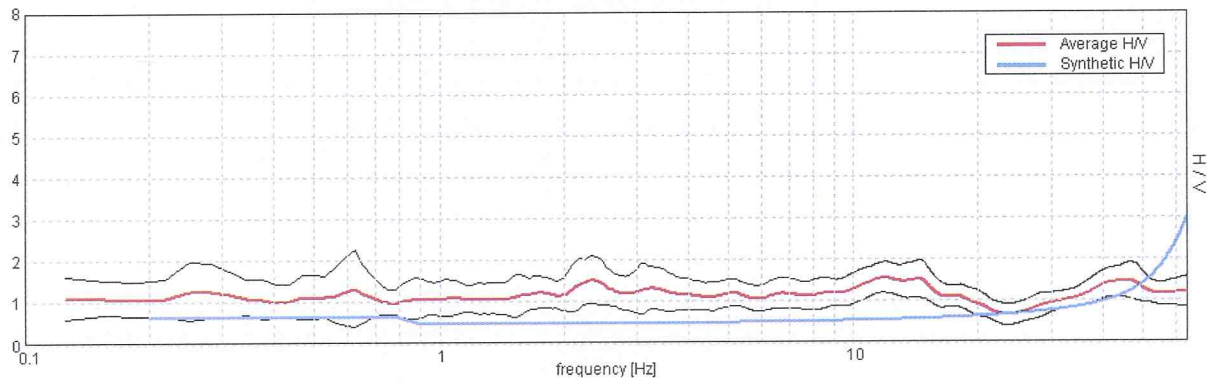


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $11.88 \pm 5.49$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



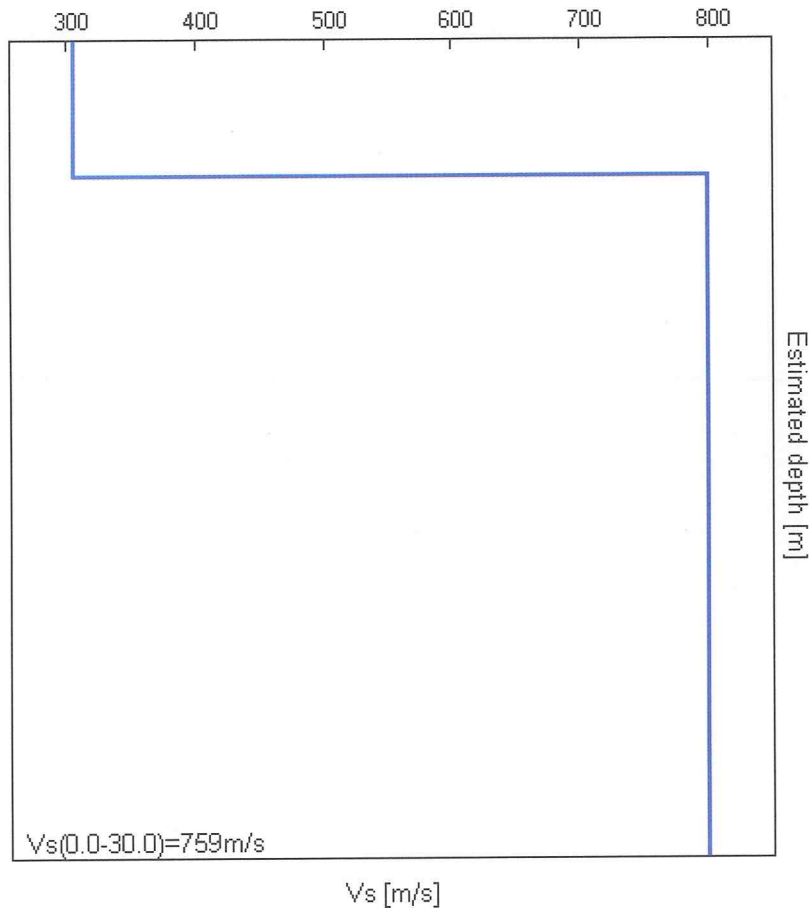


Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson

1.00 | 1.00 | 306 | 0.35

inf. | 0.00 | 800 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=759\text{m/s}$



### LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a  $11.88 \pm 5.49$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$ :  $11.88 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $11400.0 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 0 volte su 571 [ OK ]

.....  
-1.0 Hz [ NO ]

Esiste  $f_+$  in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$ : 21.438 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ : 1.56 > 2 [ NO ]

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.22735| < 0.05$  [ NO ]

$sf < e(f_0)$ :  $2.69977 < 0.59375$  [ NO ]

sA(f0) < q(f0): 0.1825 < 1.58 [ OK ]

## MISURAZIONE 17

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 01/03/12 12:17:20

Fine registrazione: 01/03/12 12:37:20

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 82% tracciato (selezione manuale)

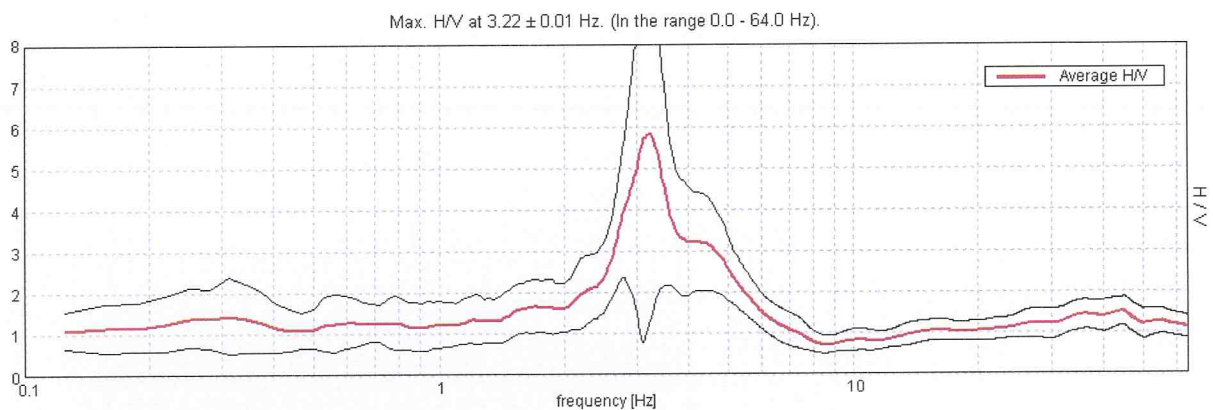
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

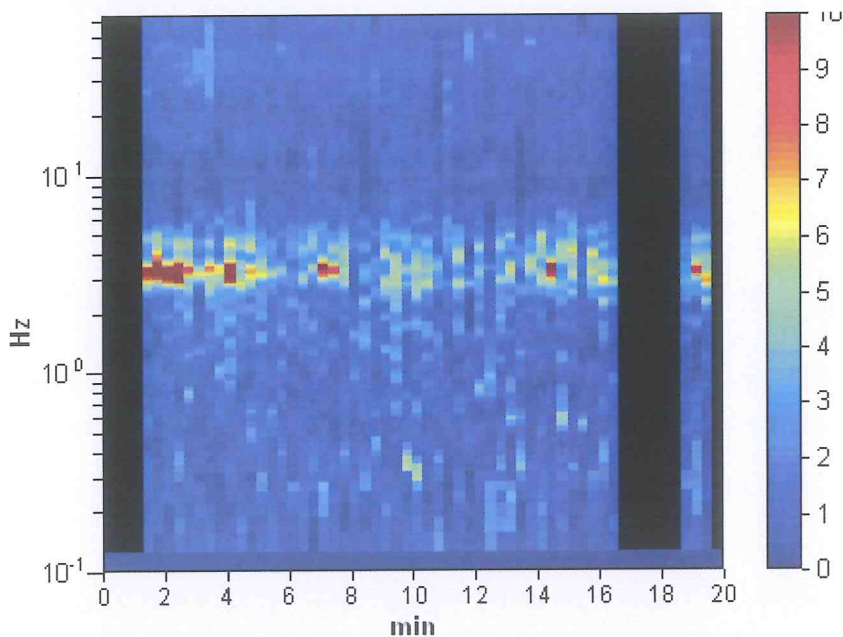
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

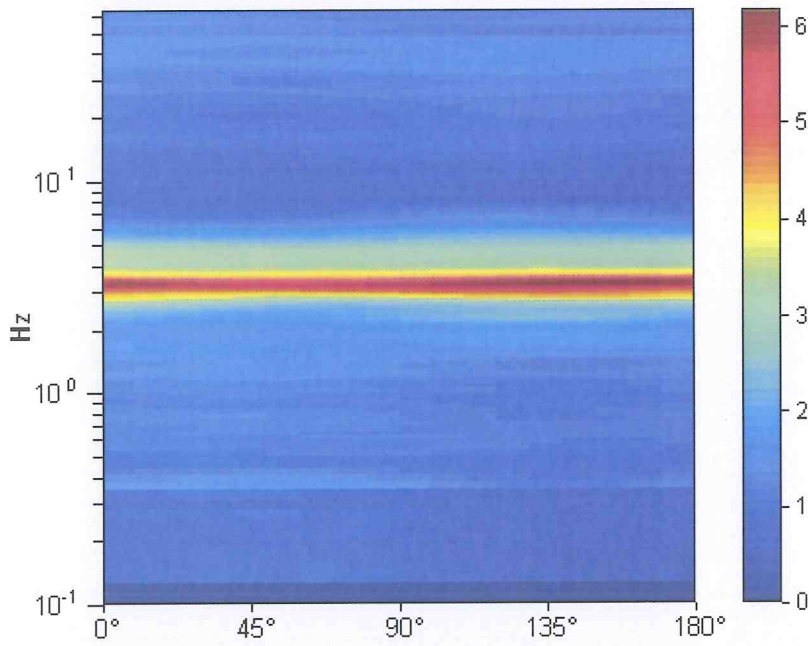
## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



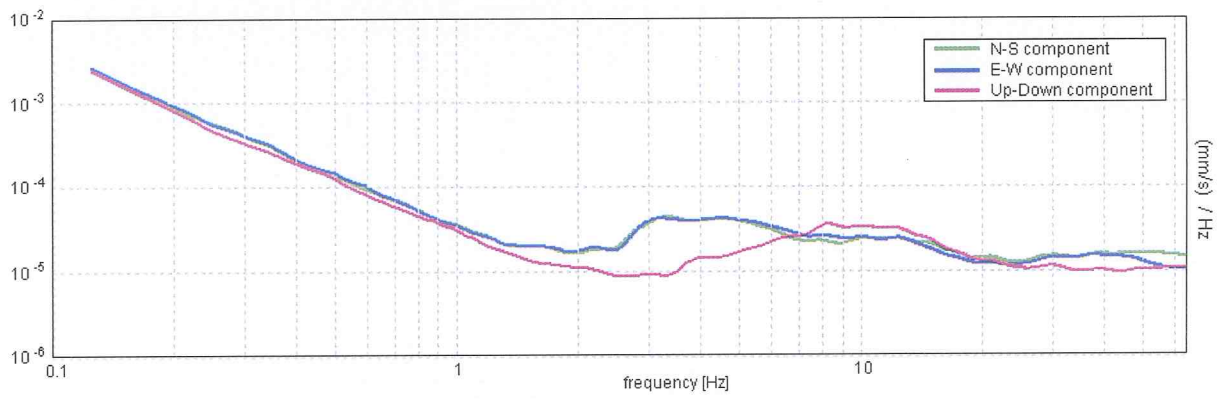
## SERIE TEMPORALE H/V



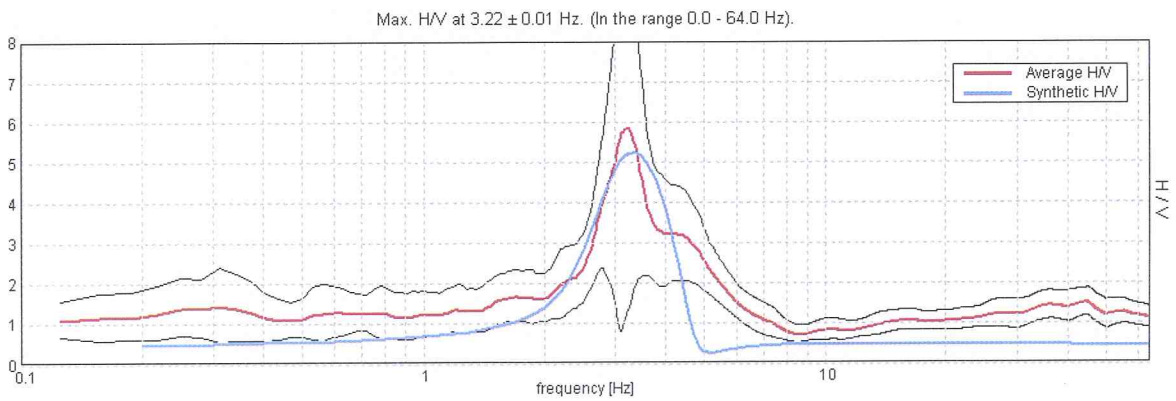
### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



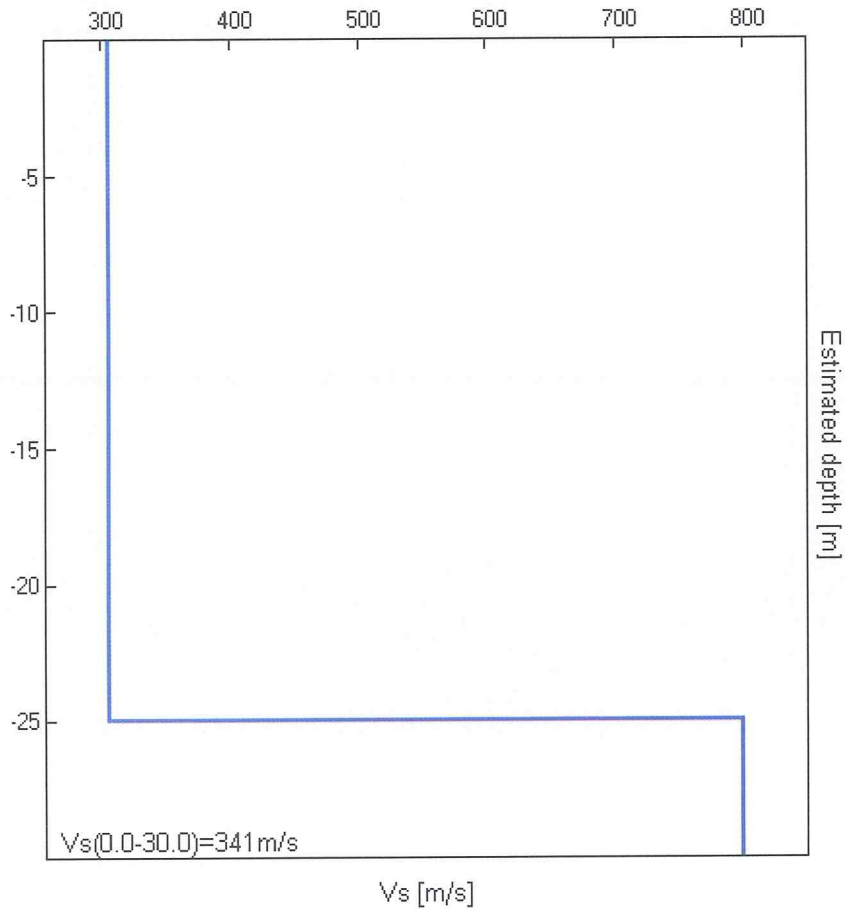


**Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson**

25.00 | 25.00 | 306 | 0.35

inf. | 0.00 | 800 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=341\text{m/s}$



## LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a  $3.22 \pm 0.01$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / Lw$ :  $3.22 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $3154.4 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 23 volte su 156 [ NO ]

.....

Esiste f- in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f-) < A_0 / 2$ : 2.625 Hz [ OK ]

Esiste f+ in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f+) < A_0 / 2$ : 4.75 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $5.85 > 2$  [ OK ]

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.00224| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.00722 < 0.16094$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $2.2656 < 1.58$  [ NO ]

## MISURAZIONE 18

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 01/03/12 13:18:55

Fine registrazione: 01/03/12 13:38:55

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.

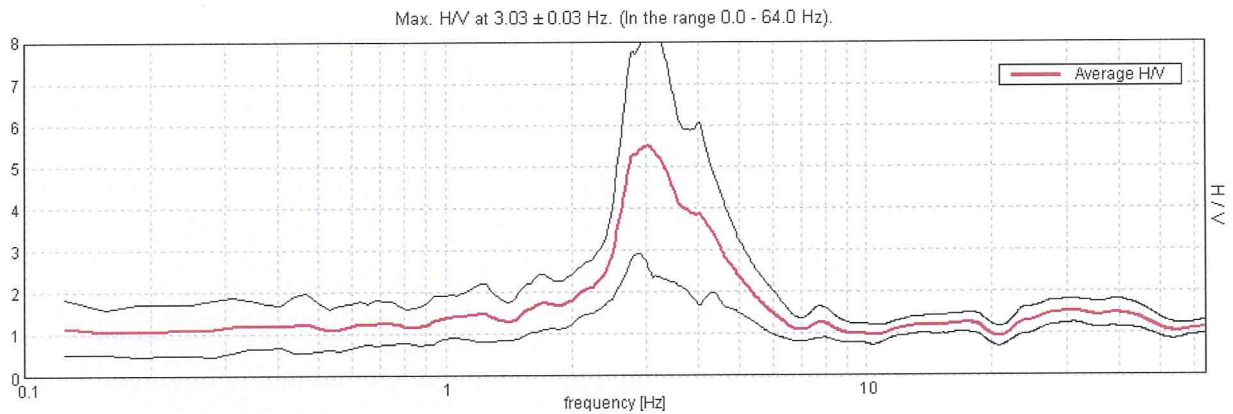
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

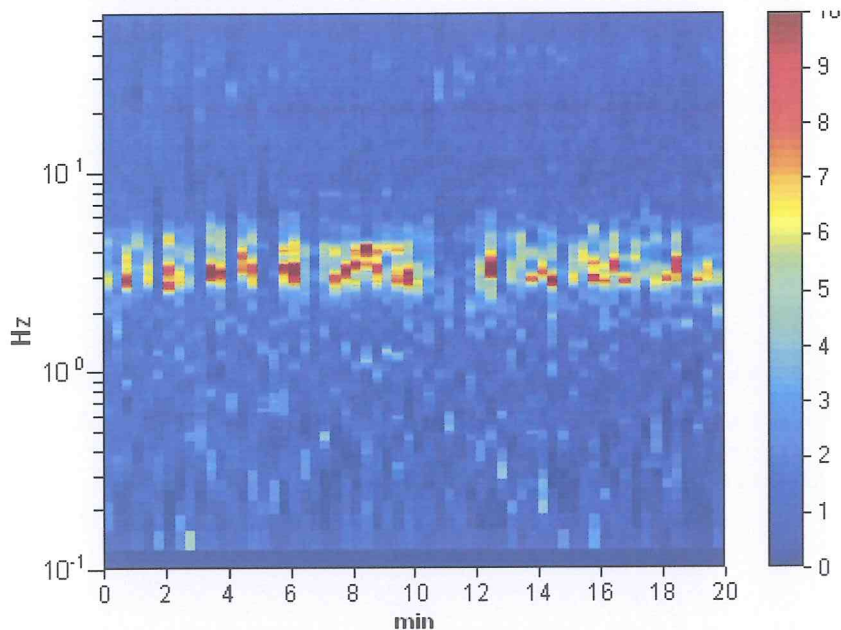
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

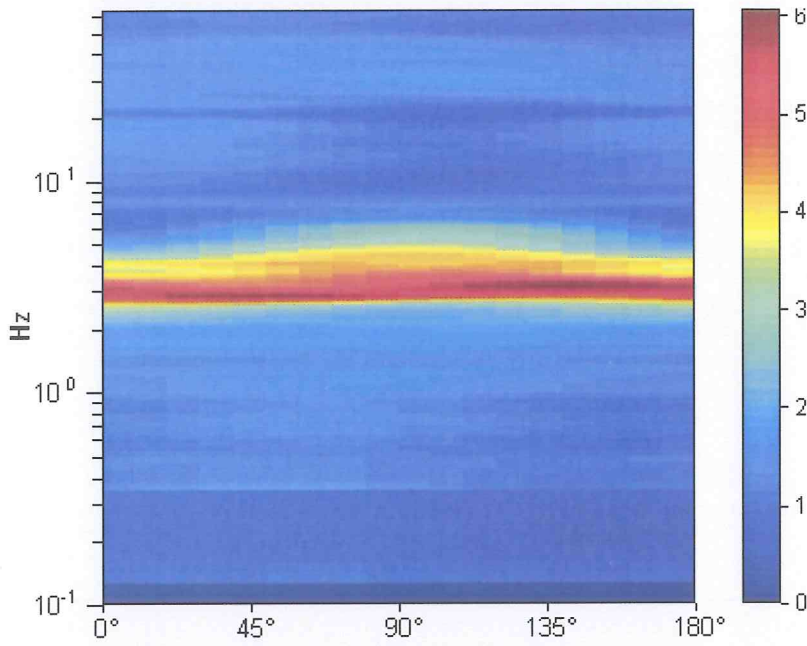
## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



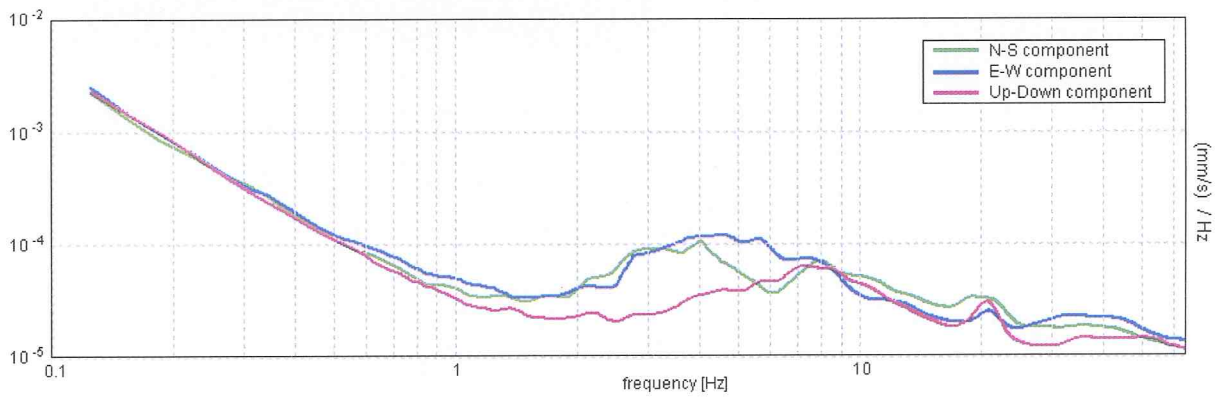
## SERIE TEMPORALE H/V



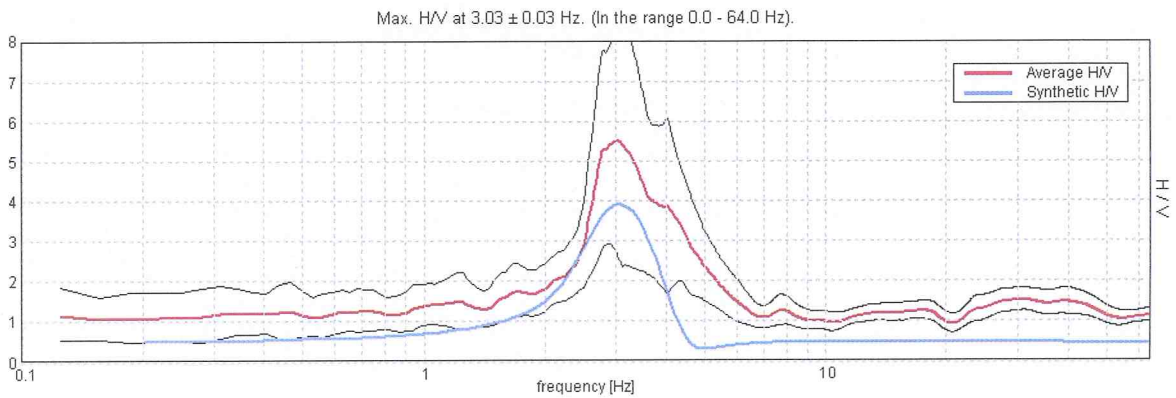
### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



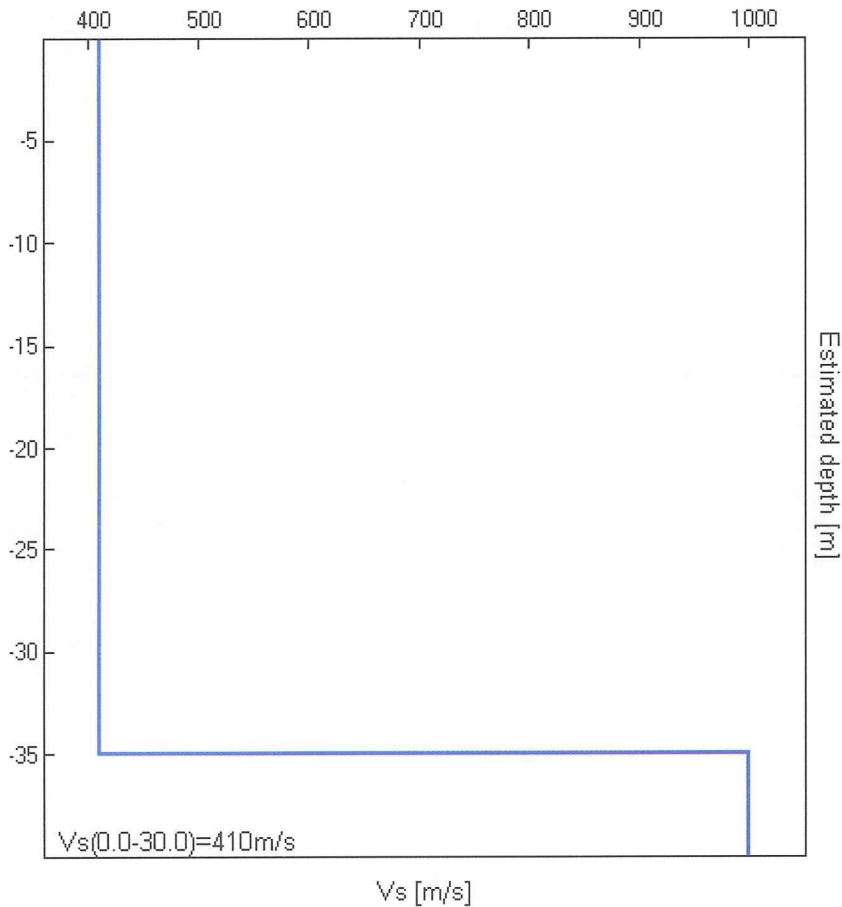


Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson

35.00 | 35.00 | 410 | 0.35

inf. | 0.00 | 1000 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=410\text{m/s}$



### LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a  $3.03 \pm 0.03$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / Lw$ :  $3.03 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $3637.5 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 38 volte su 146 [ NO ]

.....  
Esiste f- in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f-) < A_0 / 2$ : 2.469 Hz [ OK ]

Esiste f+ in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f+) < A_0 / 2$ : 4.719 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $5.52 > 2$  [ OK ]

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.0044| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.01335 < 0.15156$  [ OK ]

sA(f0) < q(f0): 1.4278 < 1.58 [ OK ]

## MISURAZIONE 19

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 01/03/12 13:49:03

Fine registrazione: 01/03/12 14:09:03

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 65% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

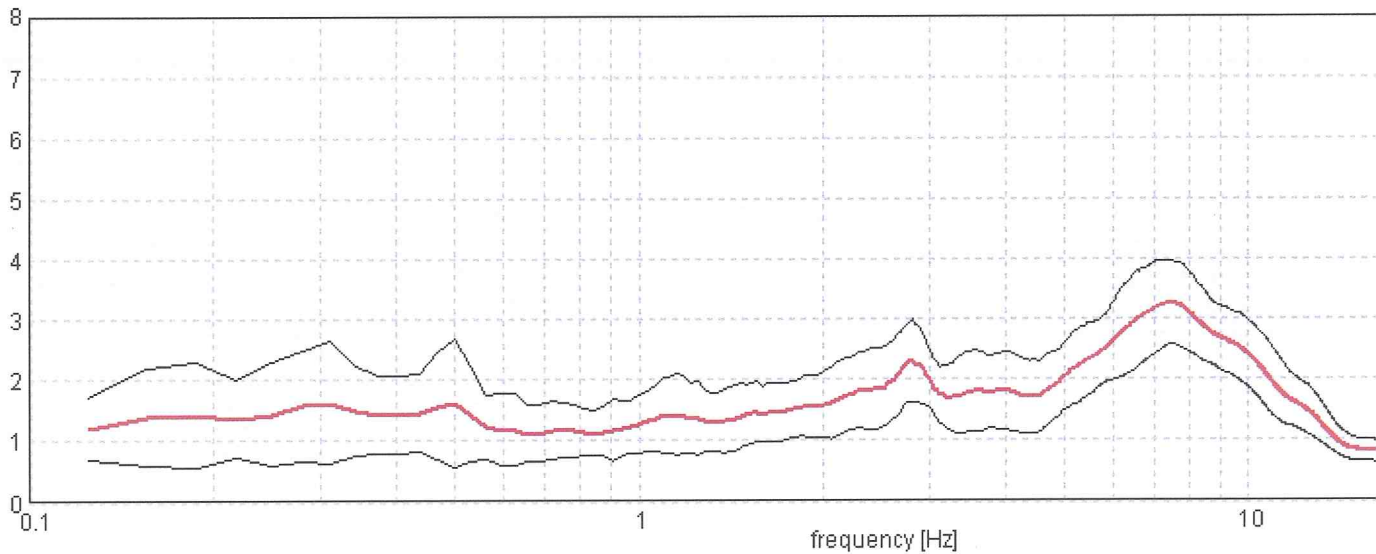
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

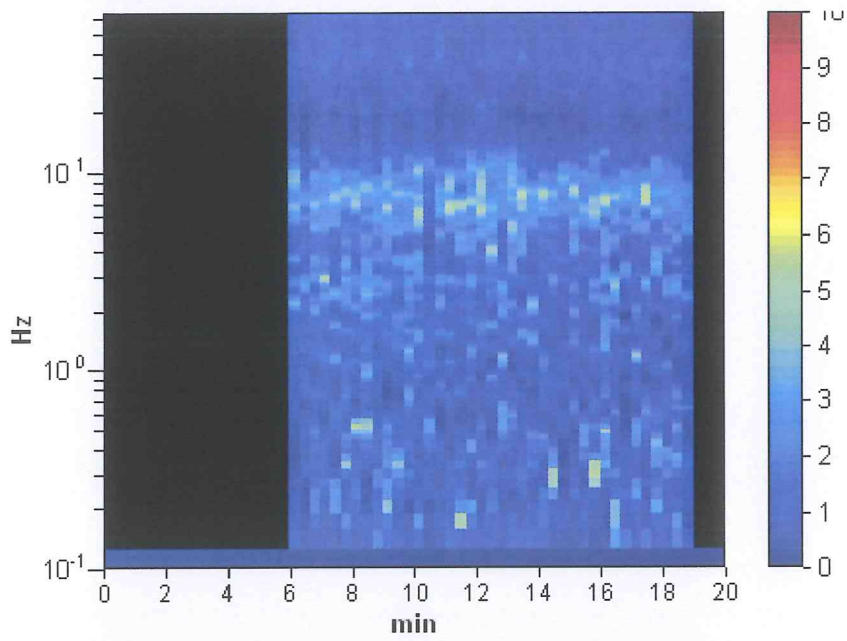
Lisciamento: 10%

## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

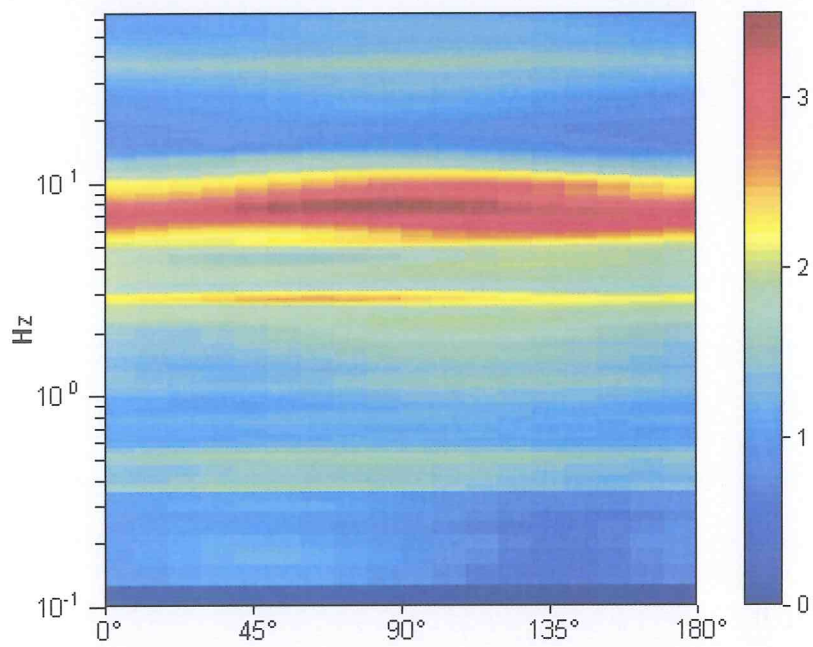
Max. H/V at  $7.47 \pm 0.14$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



## SERIE TEMPORALE H/V

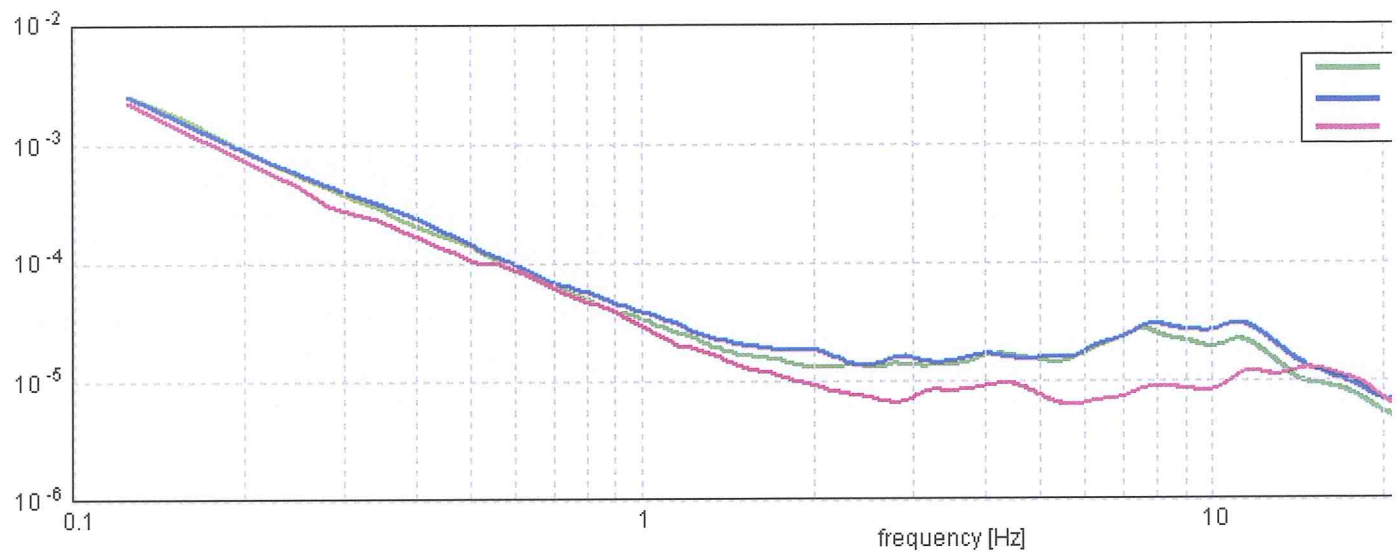


#### DIREZIONALITA' H/V



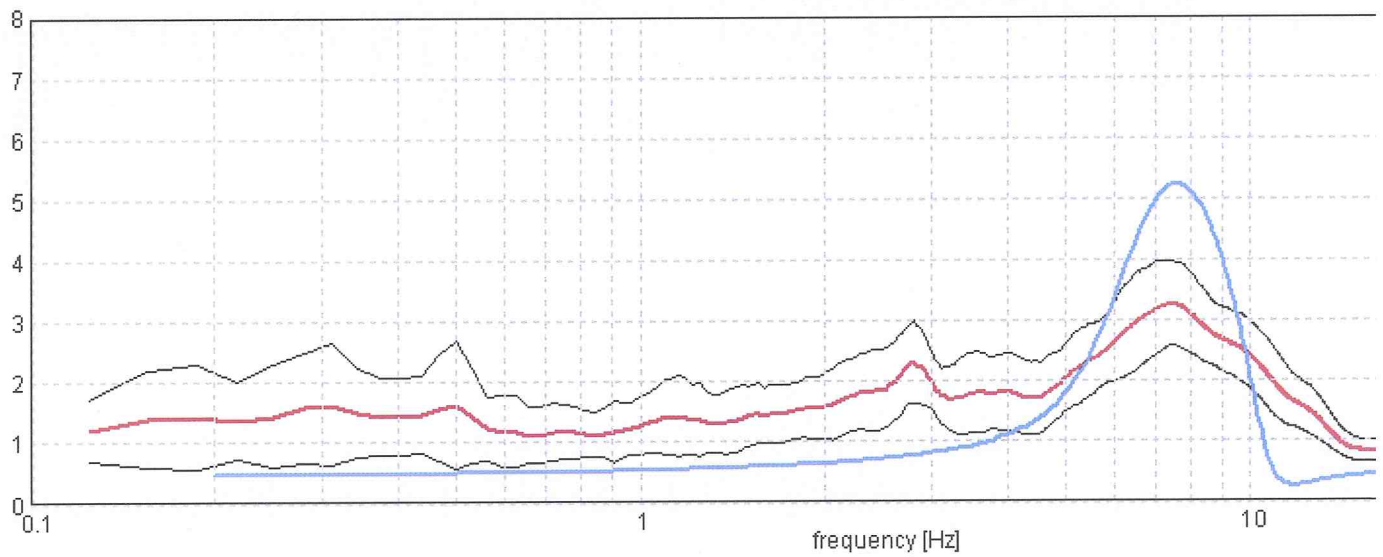
#### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





**H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO**

Max. H/V at  $7.47 \pm 0.14$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

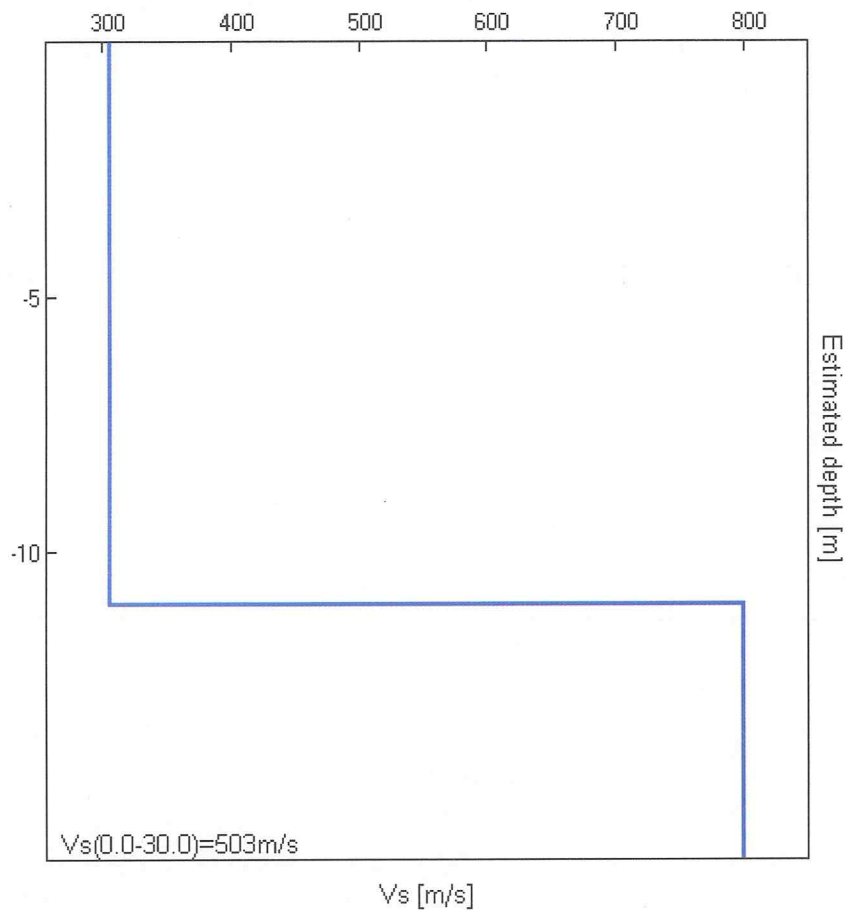


**Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson**

11.00 | 11.00 | 306 | 0.35

inf. | 0.00 | 800 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=503m/s$



### LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a  $7.47 \pm 0.14$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10$  / Lw:  $7.47 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $5825.6 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5$ Hz

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5$ Hz Superato 0 volte su 360 [ OK ]

.....

Esiste f- in  $[f_0/4, f_0]$  |  $AH/V(f-) < A_0 / 2$ : 2.063 Hz [ OK ]

Esiste f+ in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_H/V(f+) < A_0 / 2$ : 11.844 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $3.28 > 2$  [ OK ]

$f\_picco[A\_H/V(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.0091| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.06799 < 0.37344$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.3329 < 1.58$  [ OK ]

## MISURAZIONE 20

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 01/03/12 14:18:17      Fine registrazione: 01/03/12 14:38:18

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".      Analizzato 67% tracciato (selezione manuale)

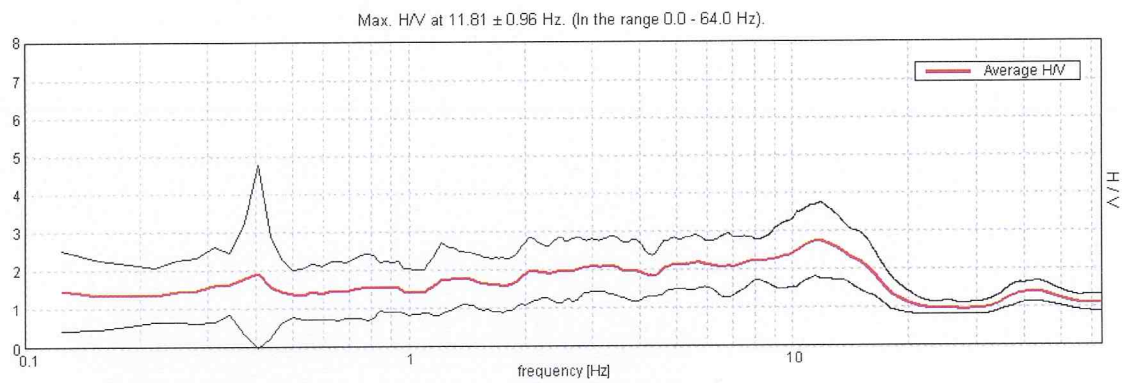
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

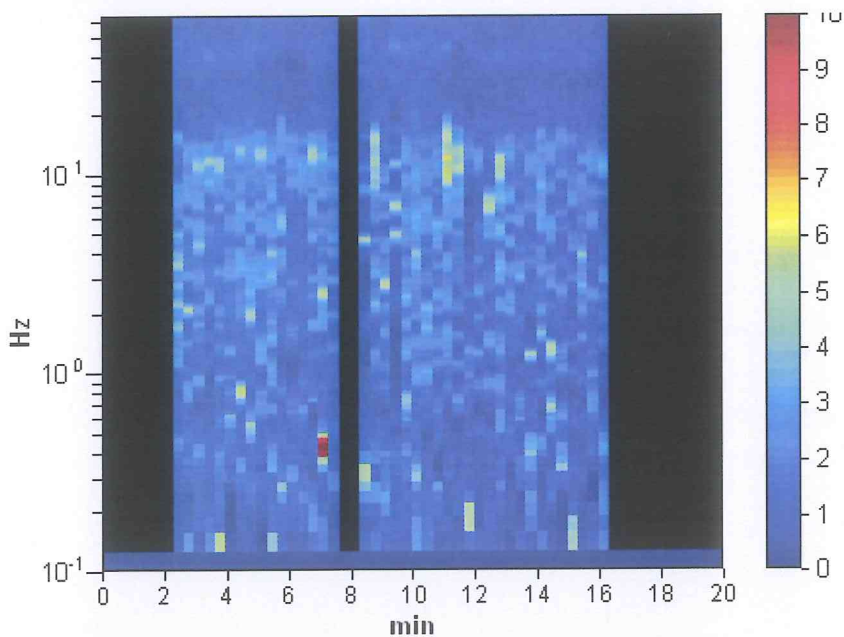
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

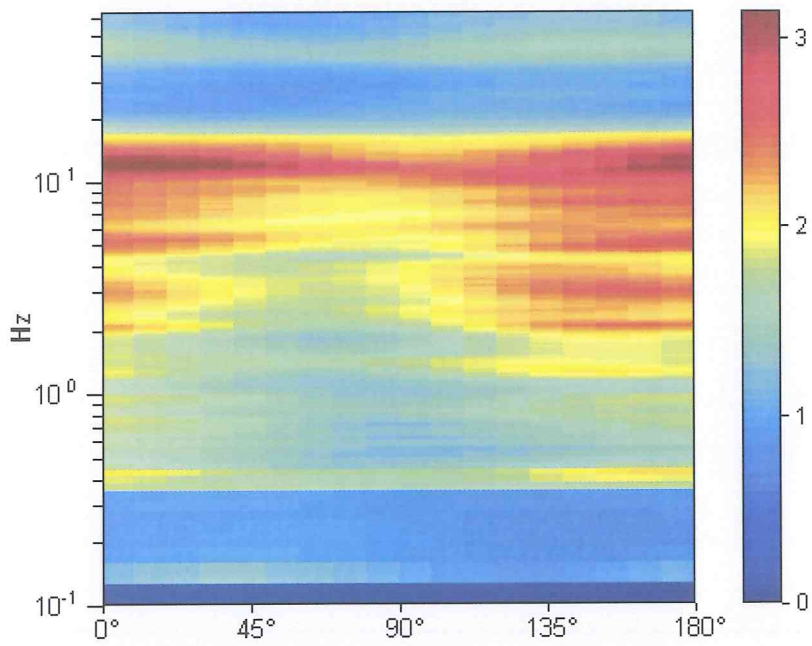
## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



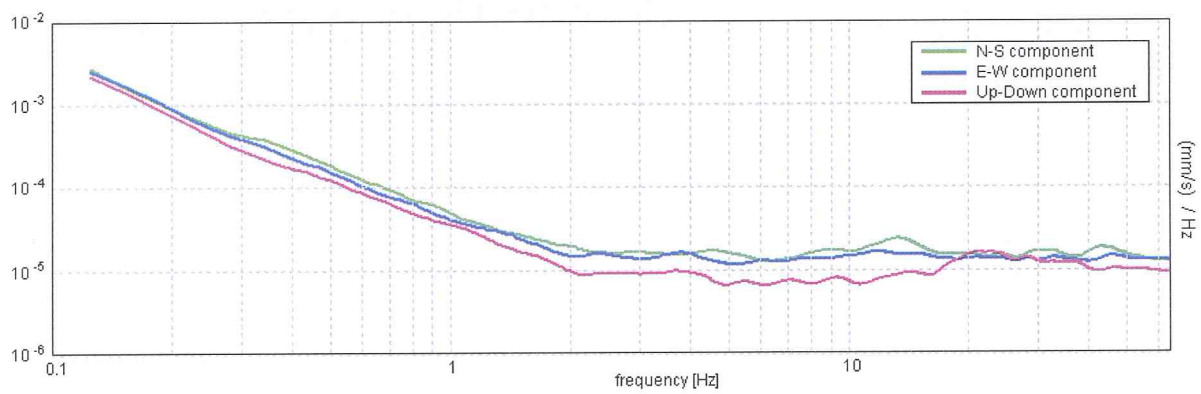
## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V

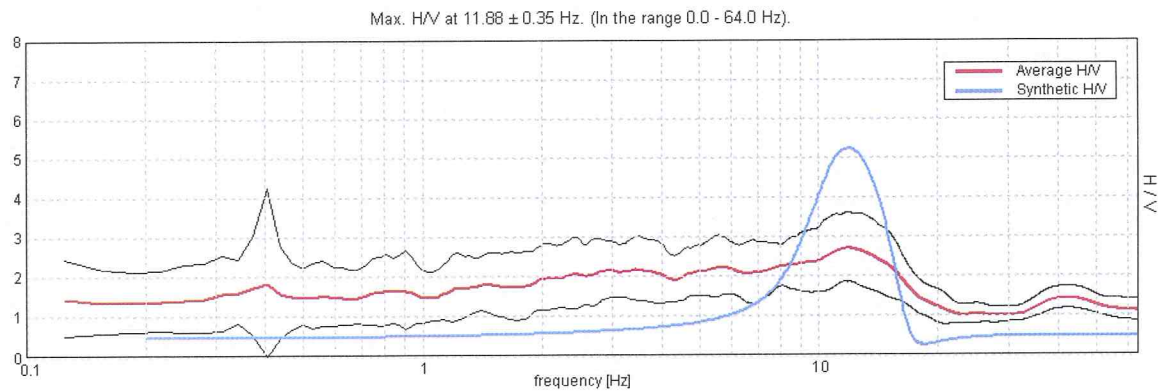


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



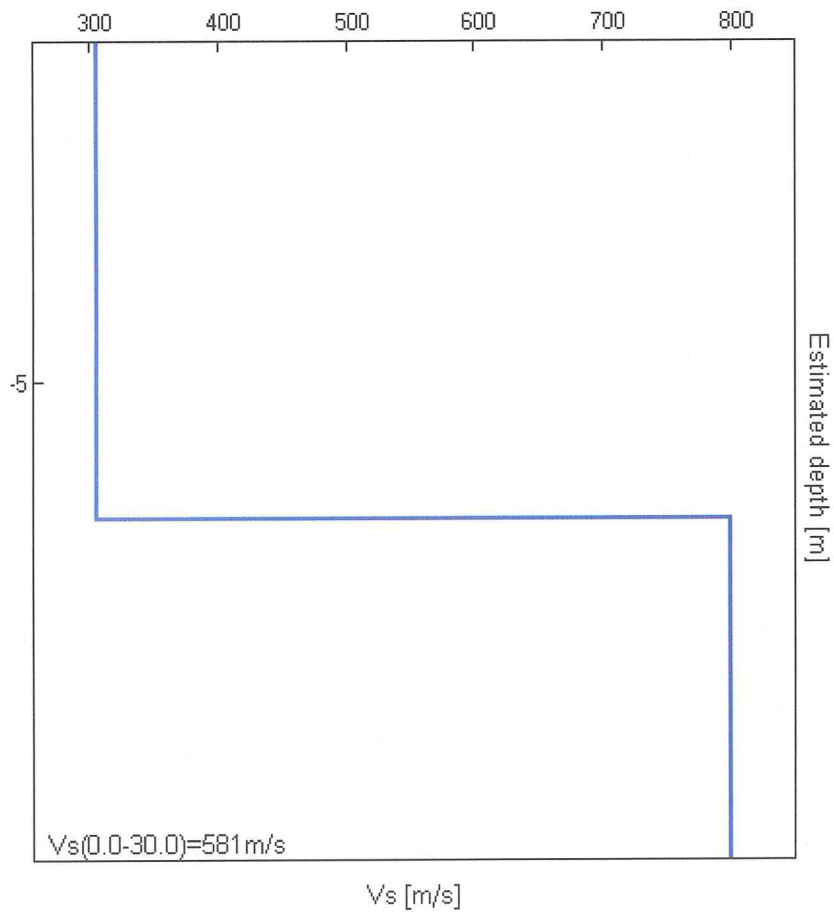


**Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson**

7.00 | 7.00 | 306 | 0.35

inf. | 0.00 | 800 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=581\text{m/s}$



**LINEE GUIDA SESAME (2005)**

Picco H/V a  $11.81 \pm 0.96$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / Lw$ : 11.81 > 0.50 [ OK ]  
 $nc(f_0) > 200$ : 9450.0 > 200 [ OK ]  
 $sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$   
 $sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 0 volte su 568 [ OK ]

.....

-1.0 Hz [ NO ]  
Esiste  $f+$  in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f+) < A_0 / 2$ : 18.0 Hz [ OK ]  
 $A_0 > 2$ : 2.75 > 2 [ OK ]  
 $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ : |0.03985| < 0.05 [ OK ]  
 $sf < e(f_0)$ : 0.47074 < 0.59063 [ OK ]  
 $sA(f_0) < q(f_0)$ : 0.4829 < 1.58 [ OK ]

## MISURAZIONE 21

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 01/03/12 14:47:40

Fine registrazione: 01/03/12 15:07:40

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 85% tracciato (selezione manuale)

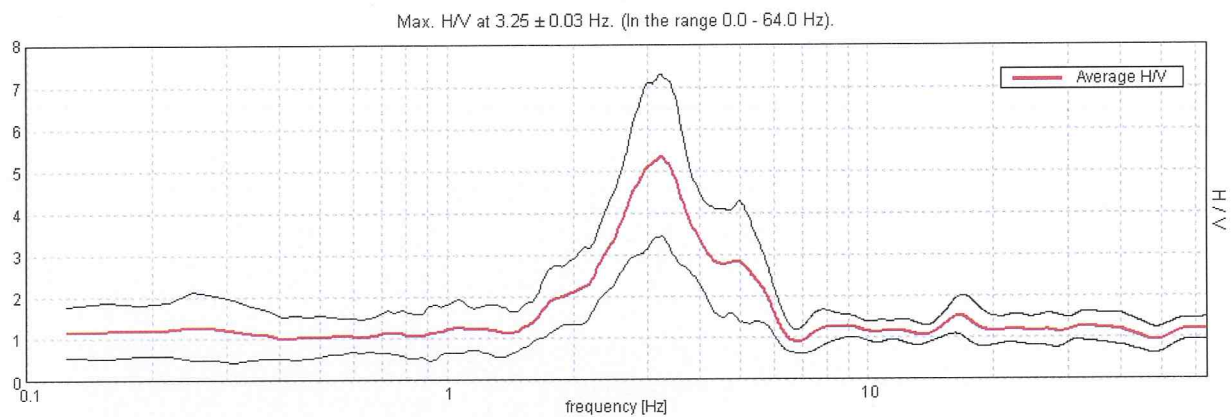
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

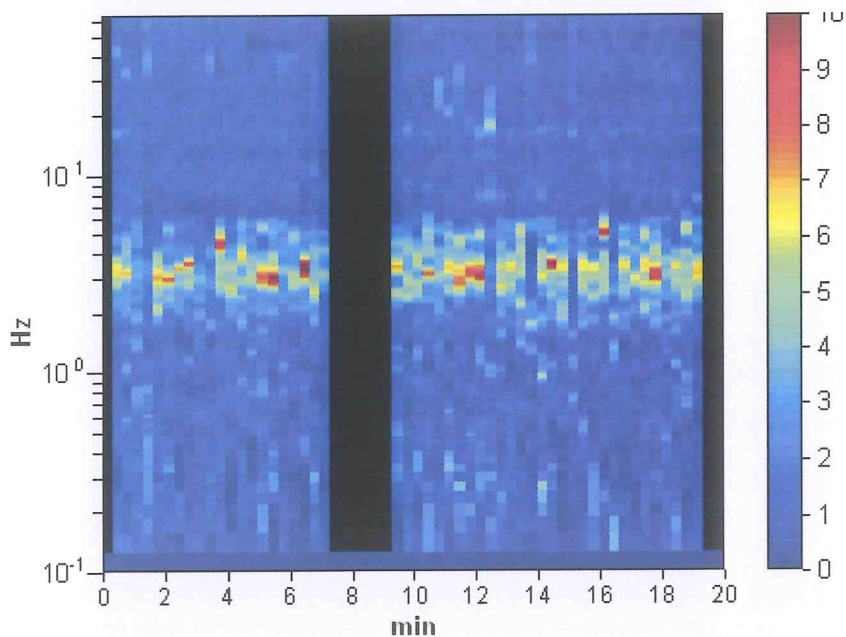
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

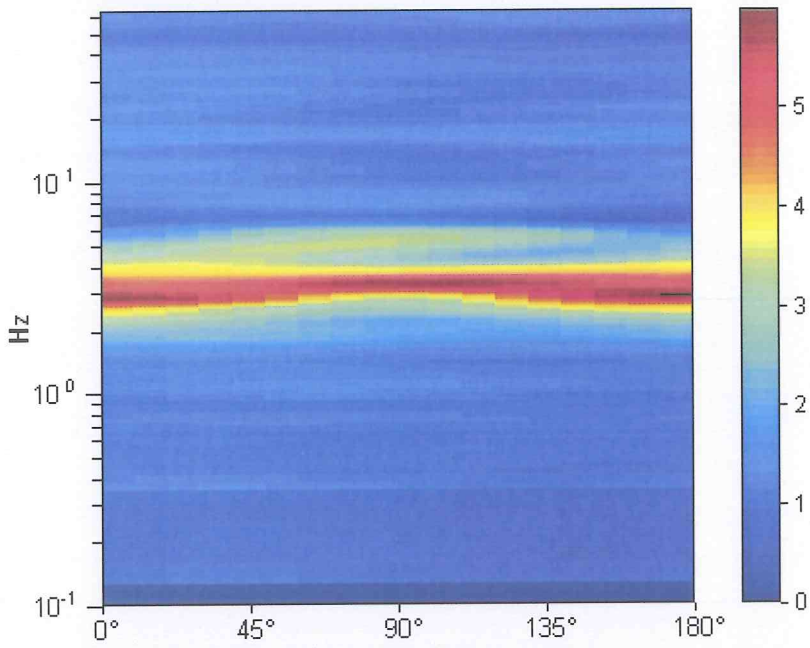
## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



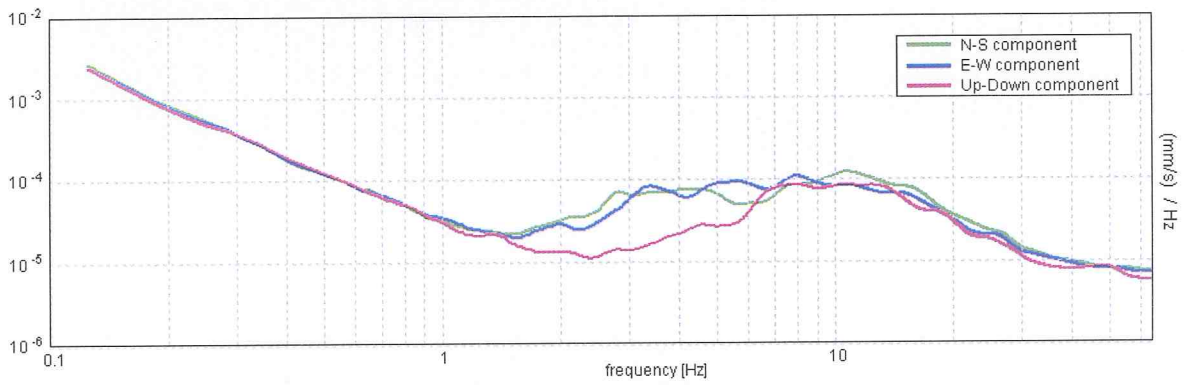
## SERIE TEMPORALE H/V



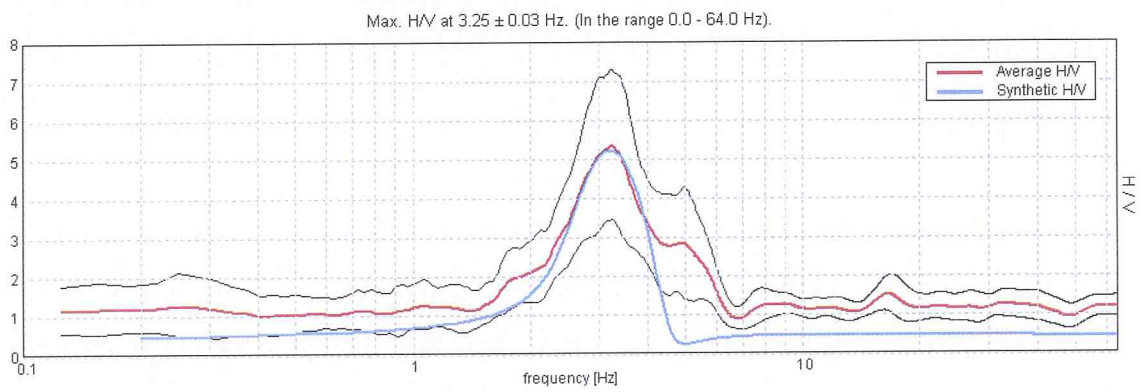
### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



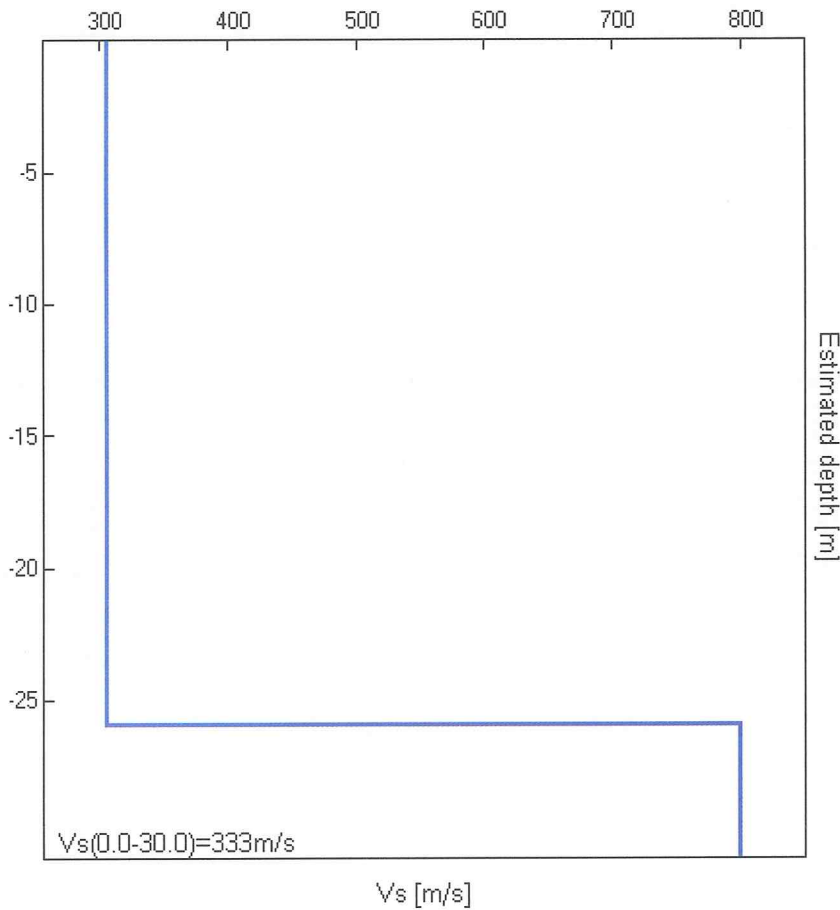


Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson

26.00 | 26.00 | 306 | 0.35

inf. | 0.00 | 800 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=333\text{m/s}$



### LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a  $3.25 \pm 0.03$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$ :  $3.25 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $3315.0 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 0 volte su 157 [ OK ]

Esiste  $f_-$  in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f_-) < A_0 / 2$ : 2.281 Hz [ OK ]

Esiste  $f_+$  in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$ : 5.188 Hz [ OK ]

A0 > 2: 5.37 > 2 [ OK ]

f\_picco[A\_H/V(f) ± sA(f)] = f0 ± 5%: |0.00471| < 0.05 [ OK ]

sf < e(f0): 0.01531 < 0.1625 [ OK ]

sA(f0) < q(f0): 0.949 < 1.58 [ OK ]

## MISURAZIONE 22

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 01/03/12 15:15:09

Fine registrazione: 01/03/12 15:35:09

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

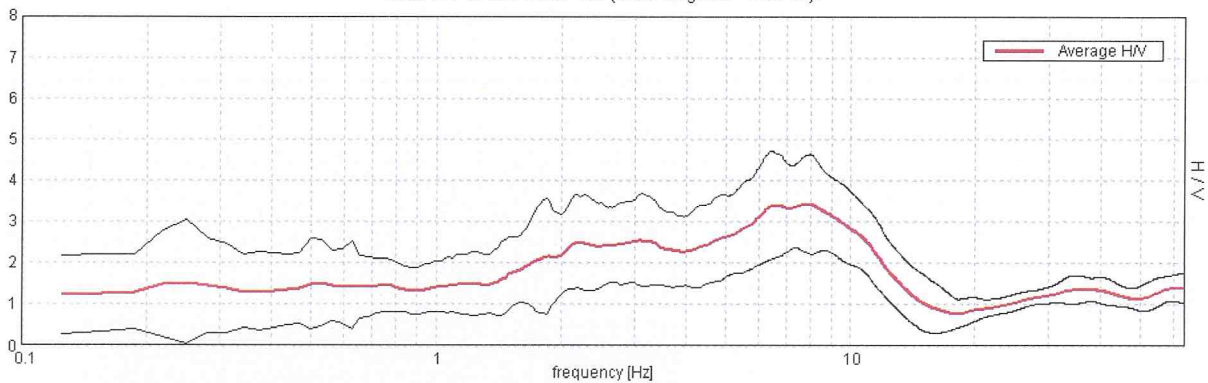
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

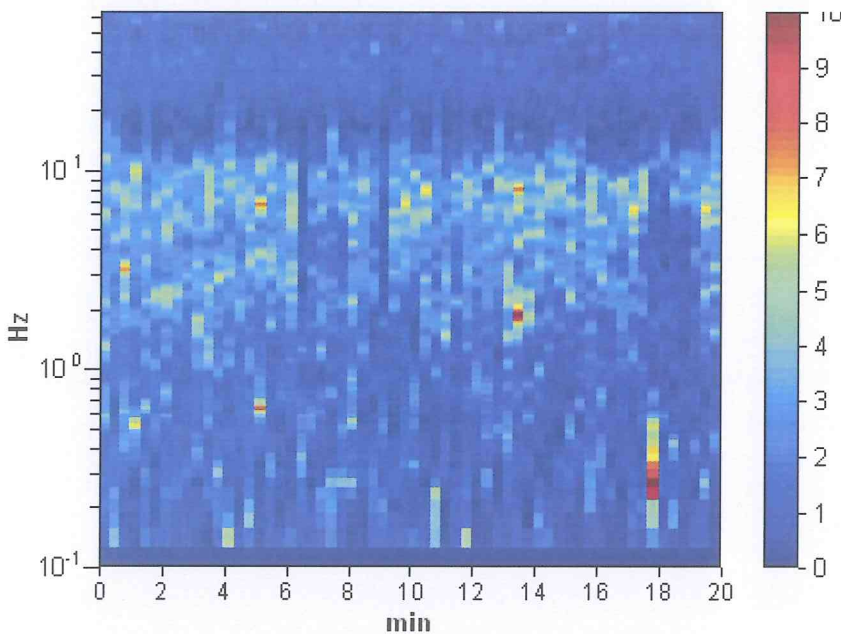
Lisciamento: 10%

## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

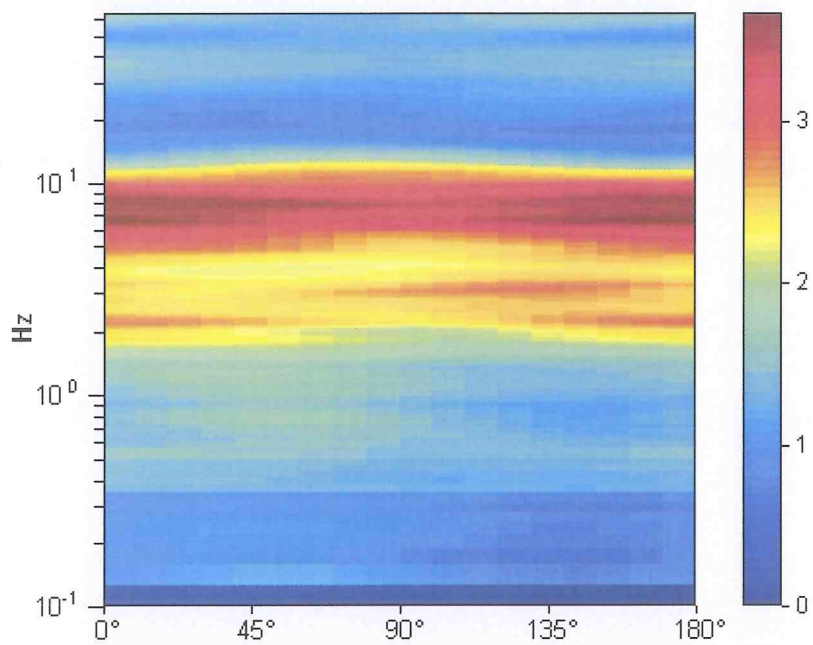
Max. H/V at 7.81 ± 0.31 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



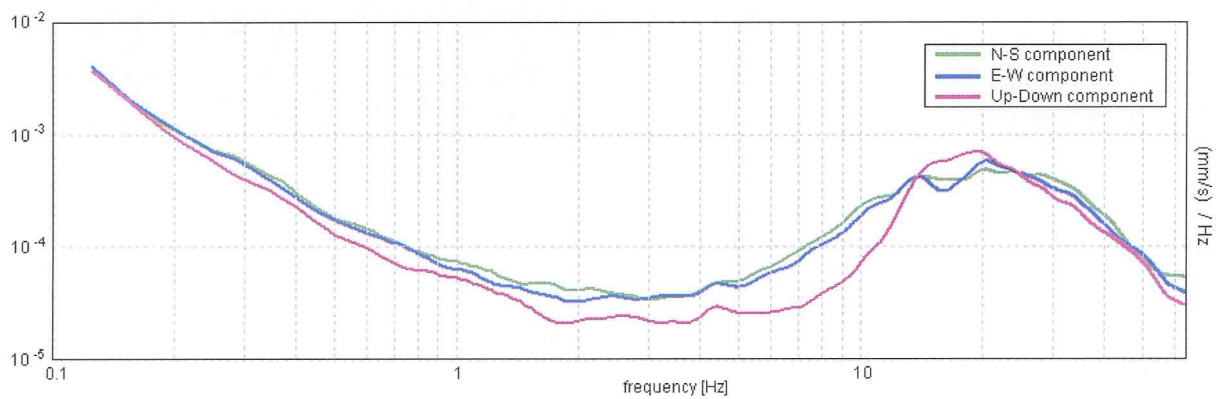
## SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

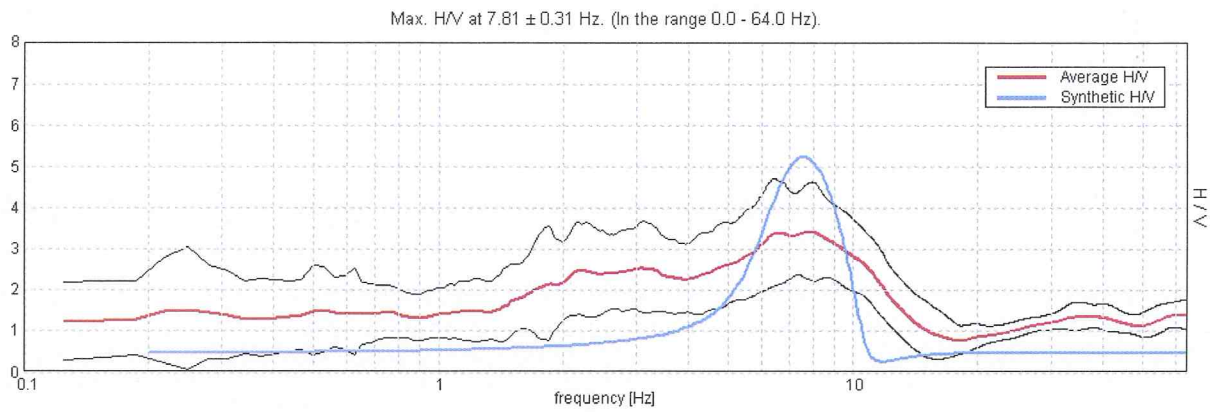


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



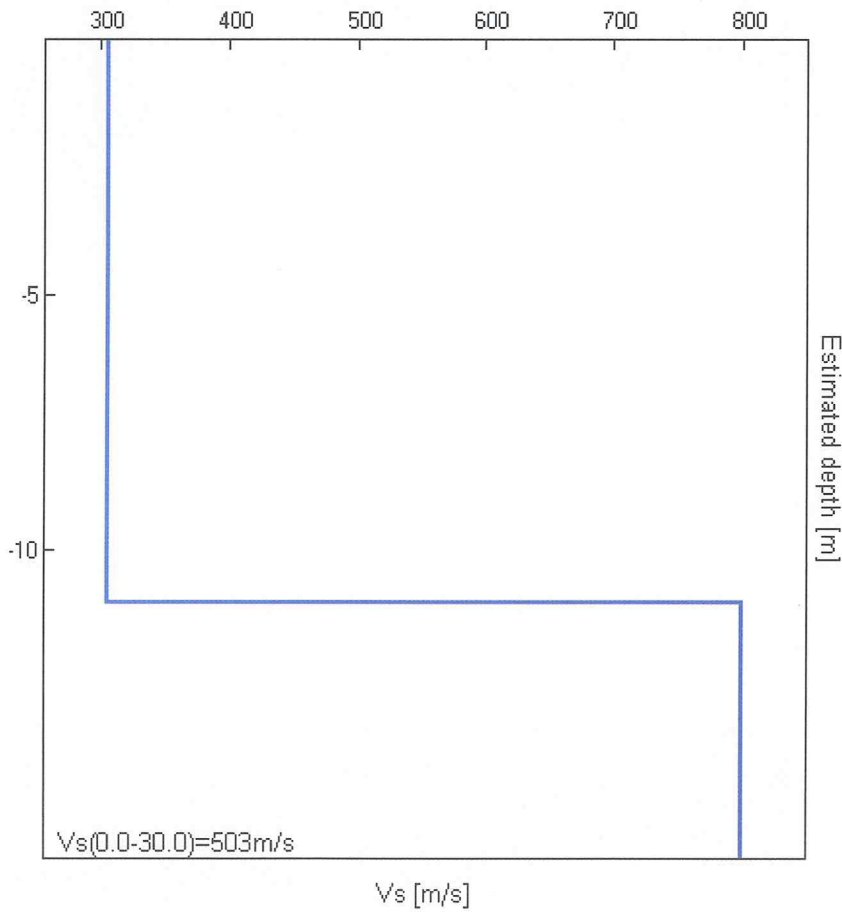


**Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson**

11.00 | 11.00 | 306 | 0.35

inf. | 0.00 | 800 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=503\text{m/s}$



**LINEE GUIDA SESAME (2005)**

Picco H/V a  $7.81 \pm 0.31$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / Lw$ :  $7.81 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $9375.0 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 0 volte su 376 [ OK ]

.....

-1.0 Hz [ NO ]

Esiste  $f_+$  in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$ : 12.594 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $3.43 > 2$  [ OK ]

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.01953| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.15254 < 0.39063$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.5865 < 1.58$  [ OK ]

## MISURAZIONE 23

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 04/04/12 12:42:22      Fine registrazione: 04/04/12 13:02:22

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".      Analizzato 58% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

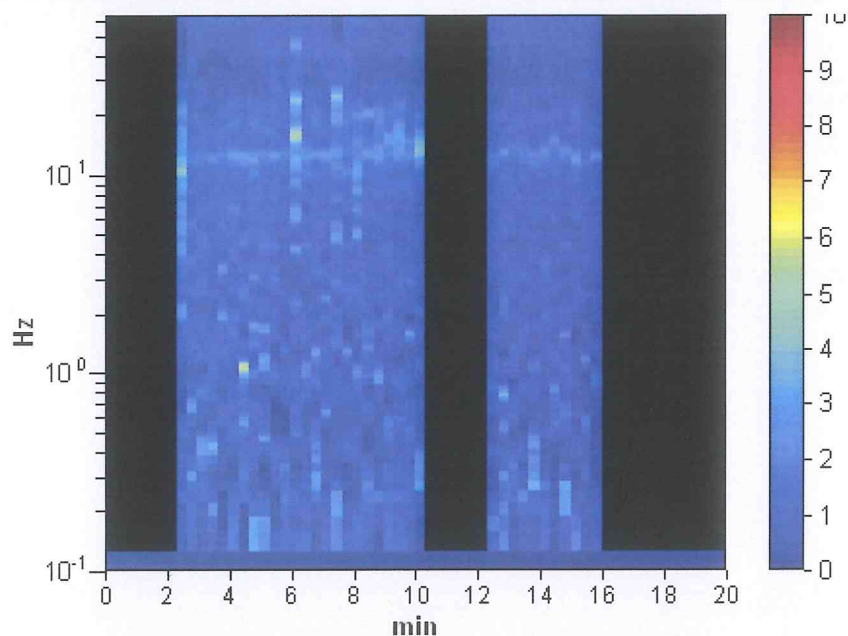
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

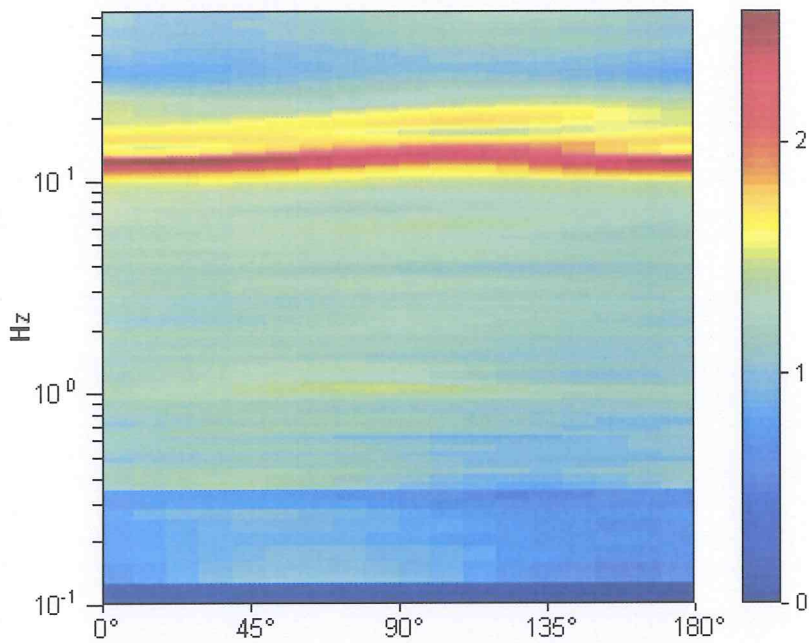
Lisciamento: 10%

## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

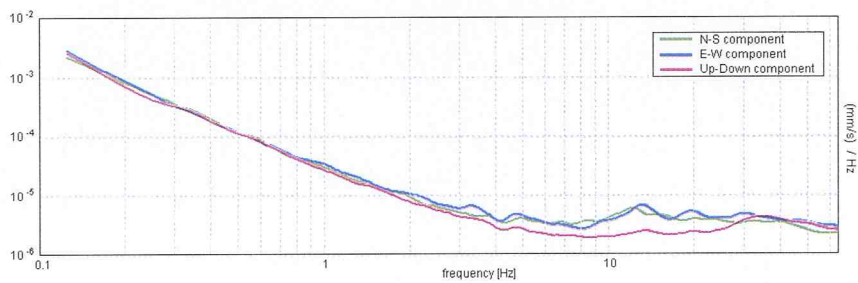
### SERIE TEMPORALE H/V



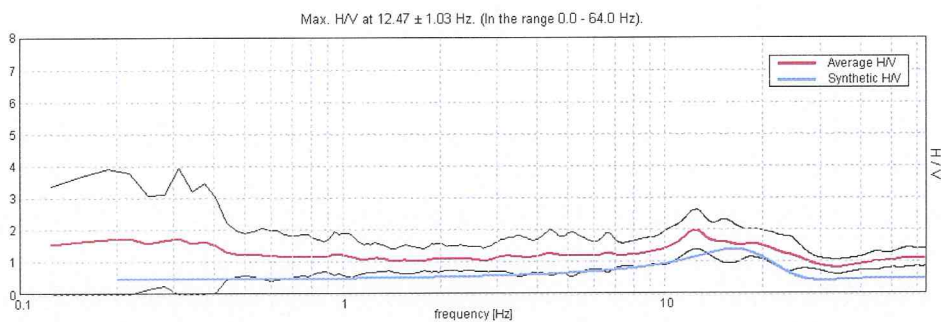
### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



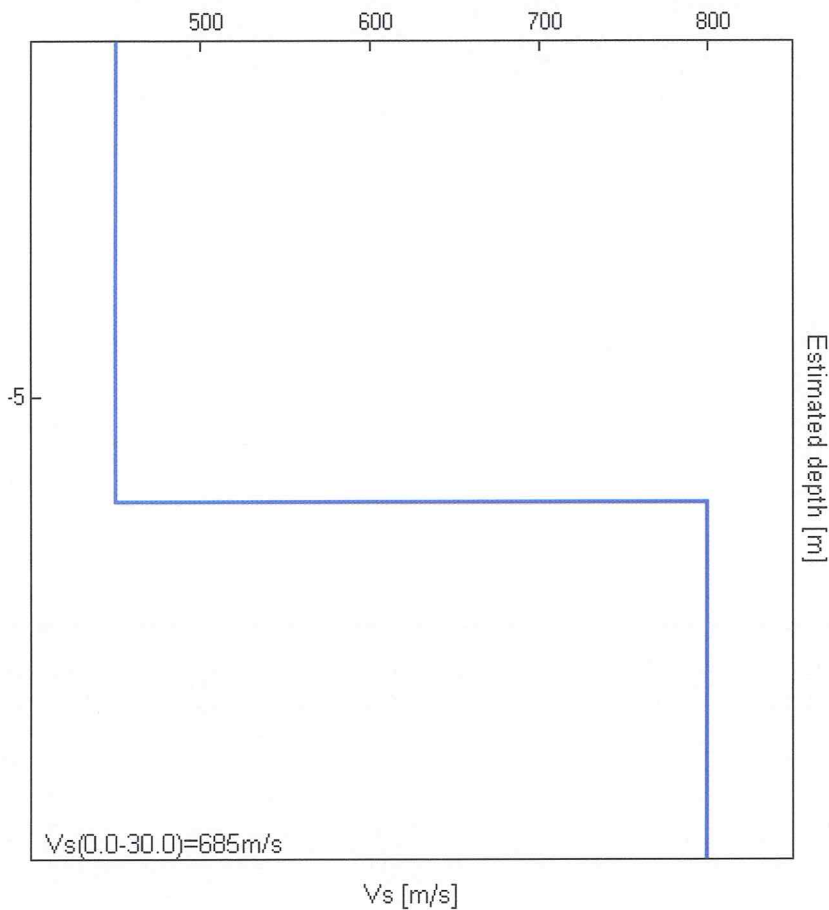
### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



**Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson**

6.50 | 6.50 | 450 | 0.35  
 inf. | 0.00 | 800 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=685\text{m/s}$



### LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a  $12.5 \pm 0.19$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$ :  $12.50 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $8750.0 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 0 volte su 601 [ OK ]

.....  
Esiste f- in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f-) < A_0 / 2$ : 3.875 Hz [ OK ]

Esiste f+ in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f+) < A_0 / 2$ : 26.625 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $2.26 > 2$  [ OK ]

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.0073| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.0913 < 0.625$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.1906 < 1.58$  [ OK ]



## ZONAZIONE CFIBOCCHI, T24 GELLO

Strumento: TRZ-0135/01-11

Inizio registrazione: 04/04/12 13:11:16

Fine registrazione: 04/04/12 13:31:16

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 40% tracciato (selezione manuale)

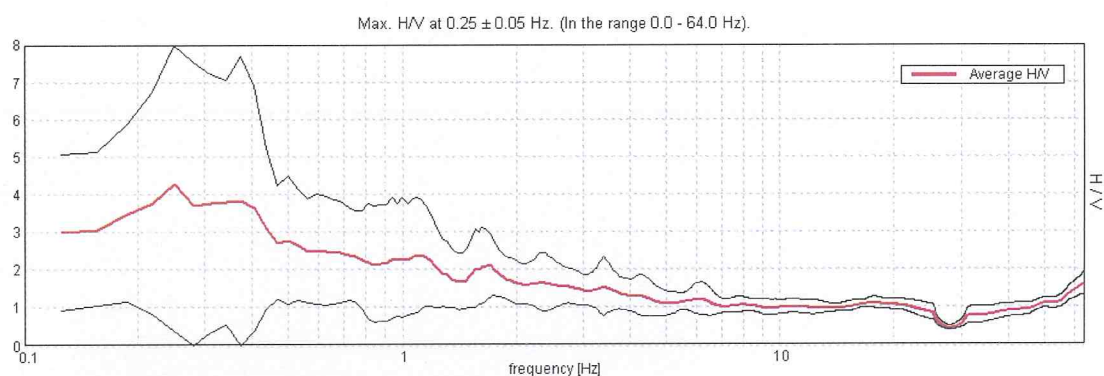
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

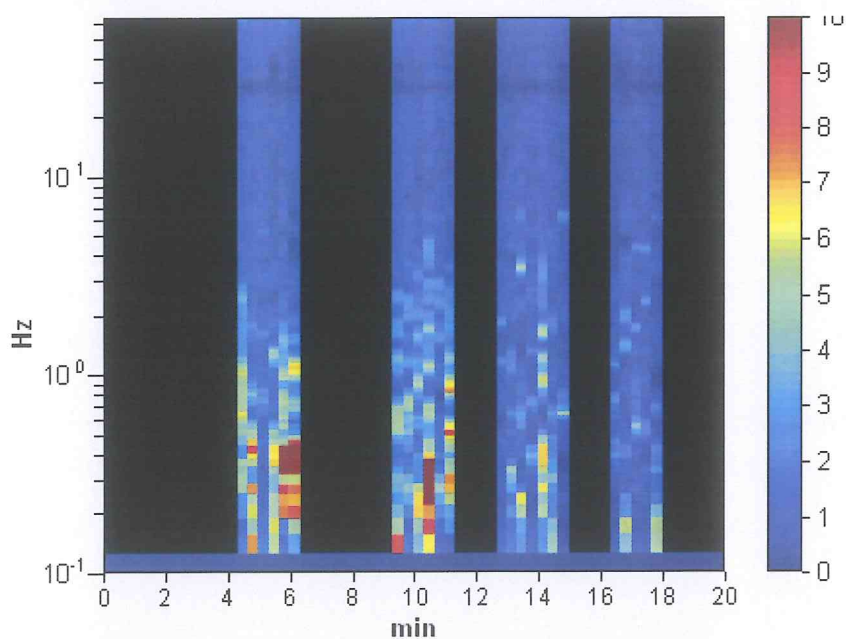
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

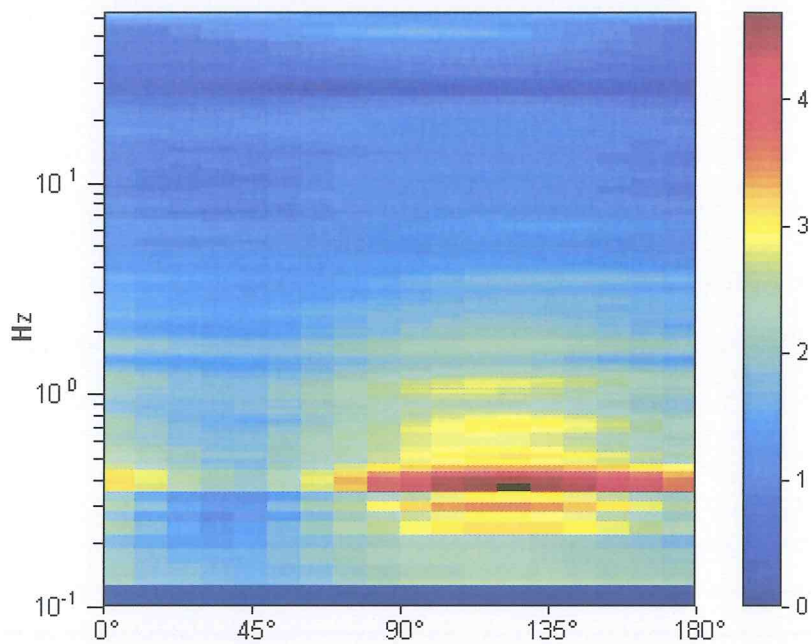
## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



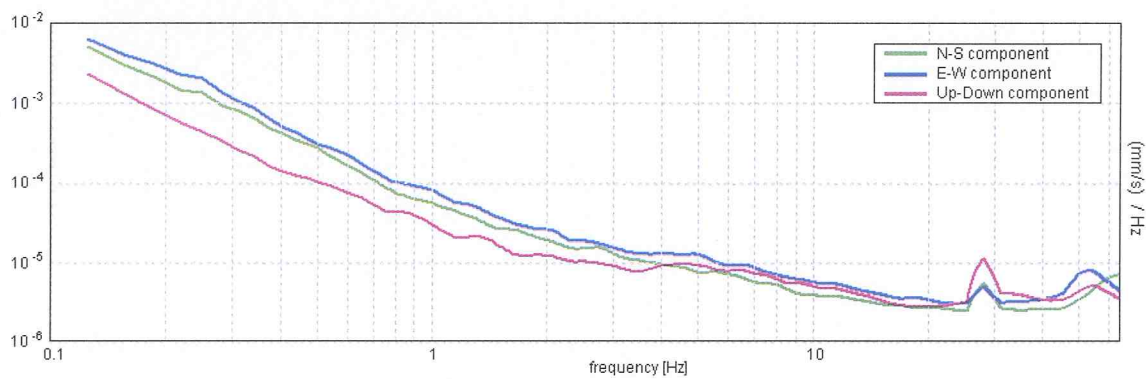
## SERIE TEMPORALE H/V



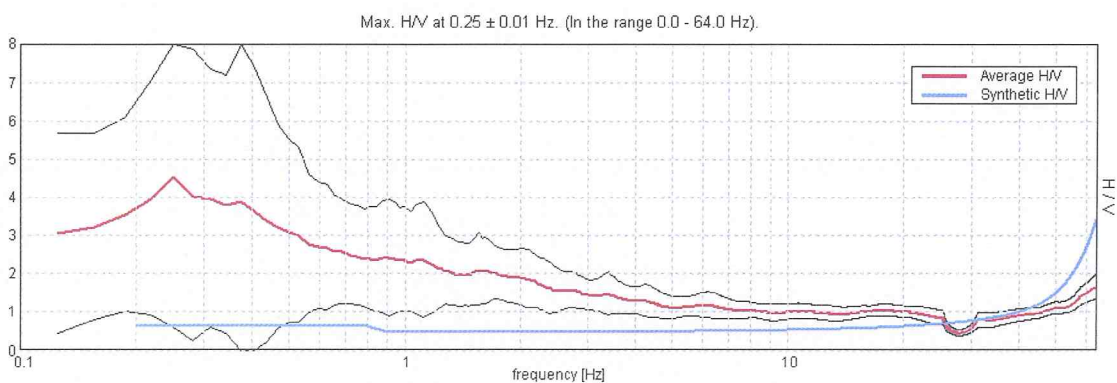
## DIREZIONALITA' H/V



**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



**H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO**

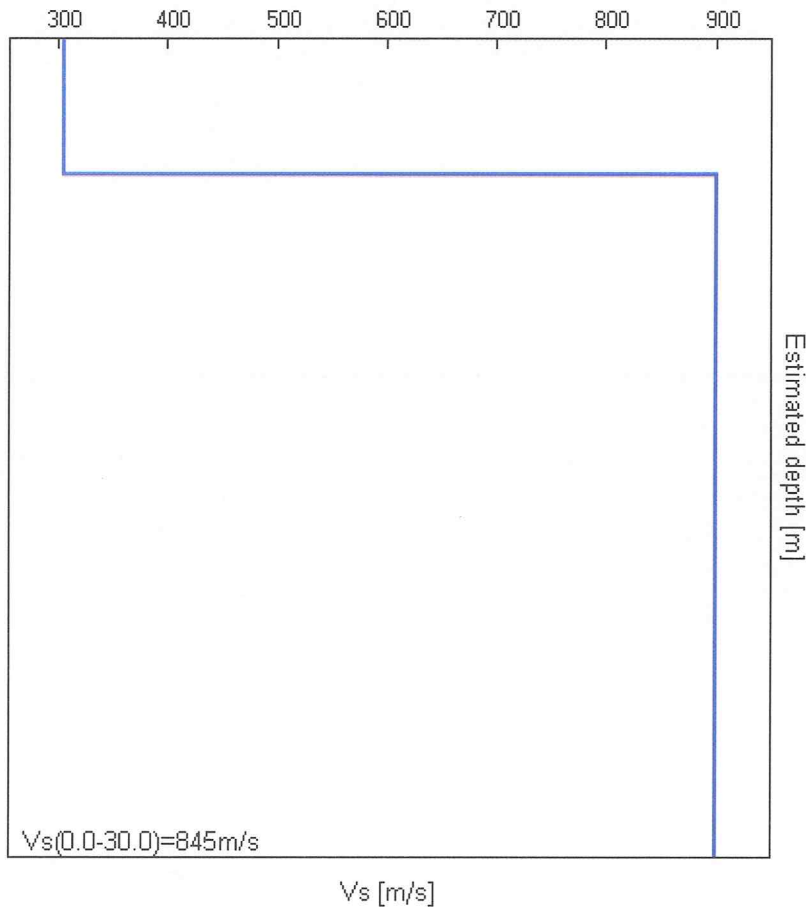


Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson

1.00 | 1.00 | 306 | 0.35

inf. | 0.00 | 900 | 0.35

$V_s(0.0-30.0)=845\text{m/s}$



### LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a  $0.25 \pm 0.05$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$ :  $0.25 > 0.50$  [ NO ]

$nc(f_0) > 200$ :  $120.0 > 200$  [ NO ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 6 volte su 13 [ NO ]

Esiste f- in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f-) < A_0 / 2$ : 0.094 Hz [ OK ]

Esiste f+ in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f+) < A_0 / 2$ : 0.844 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $4.28 > 2$  [ OK ]

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.08762| < 0.05$  [ NO ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.0219 < 0.05$  [ OK ]

Picco H/V a  $2.78 \pm 0.02$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / Lw$ :  $2.78 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $2447.5 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 1 volte su 134 [ NO ]

Esiste f- in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f_-) < A_0 / 2$ : 1.906 Hz [ OK ]

Esiste f+ in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$ : 3.156 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $4.95 > 2$  [ OK ]

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.00416| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.01156 < 0.13906$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.9946 < 1.58$  [ OK ]

# **REPORT INDAGINI HVSR DELLO STUDIO MS2**



## **1. REPORT INDAGINE GEOFISICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA HVSR**

Le indagini geofisiche a stazione singola con metodo dei rapporti spettrali HVSR sono state realizzate con sismografo a trasmissione digitale SR04-GEOBOX dotato di sistema a velocimetrica interna da 4.5 Hz, prodotto sempre dalla ditta SARA electronic instruments s.r.l.. Il digitalizzatore SR04 a 3 canali (3 componenti N-S, E-O e Verticale) e 24 bit è uno strumento ad alte prestazioni in grado di acquisire il segnale sismico per misure sismologiche, geofisiche nonché per l'esecuzione di prove HVSR (Nakamura). Geobox viene gestito dal modulo software SISMOLOG-MT di SEISMOWIN attraverso il quale si può trasformare un comune Notebook in una stazione sismica performante che permette di eseguire sia elaborazioni vibrometriche che spettrometriche in accordo alle norme UNI 9916 o 9614.

## **2. CARATTERISTICHE TECNICHE GENERALI - SARA GEOBOX SR 04**

Alimentazione: batteria interna ricaricabile, consumo minore di 1W Numero canali ed a/d converter: 3 (SD) dinamica di 144dB (24 bit effettivi fra 0.1 e 10Hz, ENOB)

Sensibilità: con velocimetri da 4.5 Hz: < 1 nanometro/secondo per count

Campionamento: simultaneo sui tre canali a 10,20,50,100,200,300,400,480,600Hz

Real Time Clock: Sincronizzato da GPS via PPS modulato (su richiesta)

Precisione RTC: +/-10ppm fra -20/+50°C (+/-40ms rispetto ad UTC)

Antenna GPS: assente Interfaccia dati: RS232 con cavo da 8 metri e adattatore USB in dotazione

Contenitore: Monoblocco in alluminio IP66

Dimensioni e peso: 155x140x110 mm 3.1kg con sensori da 4.5Hz

Temperatura operativa: -20/+50°C

Conformità: CE



### 3. CENNI TEORICI TECNICA “HVSr”

Le vibrazioni sismiche ambientali, o più comunemente rumore sismico, sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di  $10^{-4}$  -  $10^{-2}$  mm (Okada, 2003). In riferimento al contenuto in frequenza, il rumore sismico è anche detto microtremore se contiene alte frequenze (in genere maggiori di 0.5 Hz) e microsisma per basse frequenze. Per quanto riguarda l'origine del rumore sismico, è certo che le sorgenti dei microsismi sono le perturbazioni atmosferiche sugli oceani che si propagano come onde superficiali sui continenti, mentre le sorgenti dei microtremori sono le attività antropiche come il traffico veicolare, le attività industriali etc. e si propagano come onde superficiali di Rayleigh. 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 nel rispetto della normativa che ne stabilisce la soglia massima (UNI9916). In relazione agli effetti di sito, l'analisi delle misure di rumore sismico può essere condotta con tre metodi: Spettri di Fourier, Rapporti spettrali, Rapporti spettrali H/V.

Tra questi quello che sembra fornire i risultati migliori e quello dei Rapporti spettrali H/V noto anche come metodo HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o metodo di Nakamura. La tecnica dei rapporti spettrali H/V consiste nel calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore nel piano orizzontale H (generalmente lo spettro H viene calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW ) e della componente verticale V. Il metodo è applicabile alle misure di rumore registrate in una singola stazione posta su coperture.

I pregi fondamentali di tale tecnica sono: possibilità di operare in spazi molto ristretti in quanto i rilievi vengono eseguiti a "stazione singola"; la presenza di rumore ambientale non disturba il rilievo sismico a meno che questo non sia presente in modo costante e continuo per tutta la durata del singolo rilievo; non necessita di energizzazioni al di fuori del rumore sismico ambientale sempre presente, permette di raggiungere grandi profondità e permette di rilevare la presenza di inversioni di velocità nel sottosuolo. Il progetto SESAME – Site EffectS Assessment using AMbient Excitations (2005) si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola. Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti. Il segnale viene filtrato in base a criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi

contributi nelle alte frequenze) o di fenomeni di saturazione. Successivamente il segnale “ripulito” viene scomposto in finestre temporali di determinato periodo. Per ciascuna delle finestre viene valutato lo spettro di Fourier che viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all’uopo idonee. Si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea. Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quella della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l’operazione di windowing. Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio (curva HV OSSERVATA o SPERIMENTALE), 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 (nel caso che almeno 5 dei 6 criteri di verifica dell’attendibilità del picco di cui al progetto SESAME siano verificate). Recenti studi condotti da Albarello e Castellaro (2011) hanno inoltre proposto una classificazione della misura (e curva) H/V in modo da poter fornire una indicazione immediata della qualità delle singole misure H/V, con lo scopo di aiutare gli operatori nella fase interpretativa e nel confronto con altri dati osservati. Questo tipo di classificazione trova il suo principale impiego nella redazione delle mappe delle indagini relative al livello 1 della microzonazione sismica (*dalla pubblicazione “Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola, Appendice 2 Classificazione delle misure H/V” Albarello e Castellaro, 2011*).

Vengono proposte tre classi di qualità:

**Classe A:** H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola: 1. la forma dell’HVSr nell’intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (Stazionarietà), 2. Le variazioni azimutali di ampiezza non superano almeno il 30% del massimo (Isotropia), 3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di

frequenza di interesse (Assenza di disturbi), 4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (Plausibilità fisica), 5. i criteri di SESAME per una curva HVSR chiara ed attendibile (Robustezza statistica), 6. la misura è durata almeno 20 minuti (Durata) Almeno una delle condizioni della Classe A non è soddisfatta.

**Classe B:** curva H/ V sospetta (da “interpretare”): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze: 1. Almeno una delle condizioni della Classe A non è soddisfatta.

**Classe C:** curva H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata; rientrano in questa classe: 1. misure di tipo B nella quale la curva H/V mostra una ampiezza crescente al diminuire della frequenza (deriva), indice di un movimento dello strumento durante la misura; 2. misure di tipo B nella quale si evidenzia la presenza di rumore elettromagnetico in corrispondenza di diverse frequenze nell’intervallo di interesse.

I criteri delineati sopra non riguardano l’interpretazione in chiave Geologico-Stratigrafica della curva, per la quale sono richiesti ulteriori criteri (per es. criteri SESAME per la “chiarezza” del picco). Vengono aggiunte dunque 2 sottoclassi alle precedenti:

**tipo 1**, presenza di almeno un picco chiaro secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza;

**tipo 2**, non presenta picchi chiari nell’intervallo di frequenza di interesse: assenza di risonanza.

Ricavata e validata la curva HVSR è possibile STIMARE la velocità delle onde di taglio dei terreni tramite utilizzo di un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSR) basati, sulla simulazione del campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben Menahem e Singh (1981).

#### **4. RISULTATI INDAGINI “HVSR”**

Tutte le specifiche di acquisizione dei dati HVSR in ciascun punto sono consultabili nelle schede allegate dove vengono riportati i dati acquisiti ed elaborati, le tracce registrate ed utilizzate, le curve HV e gli spettri delle 3 componenti , l’analisi della direzionalità e persistenza dei picchi definiti, la validazione dei criteri SESAME, nella pagina seguente si riporta la tabella riassuntiva delle HVSR effettuate per il livello 2:

ESECUTORE	N.hvsr	Picco	Frequenza	Ampiezza
ProGeo Engineering Srl (MS2)	25	SI	20	2.5
	26	SI	3	2.3
	27	SI	9.3	3.0
	28	SI	1.8	1.3
	29	SI	2.1	5.3
	30	SI	0.5	1.5
	31	SI	4.7	5.3
	32	SI	8.3	1.4
	33	SI	1.0	1.4
	34	SI	9.9	4.9
	35	SI	2.8	4.6
	36	SI	1.7	4.8
	37	SI	3.4	5.3
	38	SI	11.4	8.1
	39	SI	1.4	1.8
	40	SI	6.3	4.2
	41	SI	20.0	1.5
	42	SI	20.0	2.2
	43	SI	3.2	4.3
	44	SI	2.7	5.0
45	SI	2.7	3.7	
46	SI	1.8	5.9	
47	SI	3.2	4.4	
48	SI	9.0	2.2	
49	SI	6.4	5.6	
TriGeo snc per ProGeo Eng. (MS2)	50	SI	2.6	1.9
	51	SI	2.2	7.0

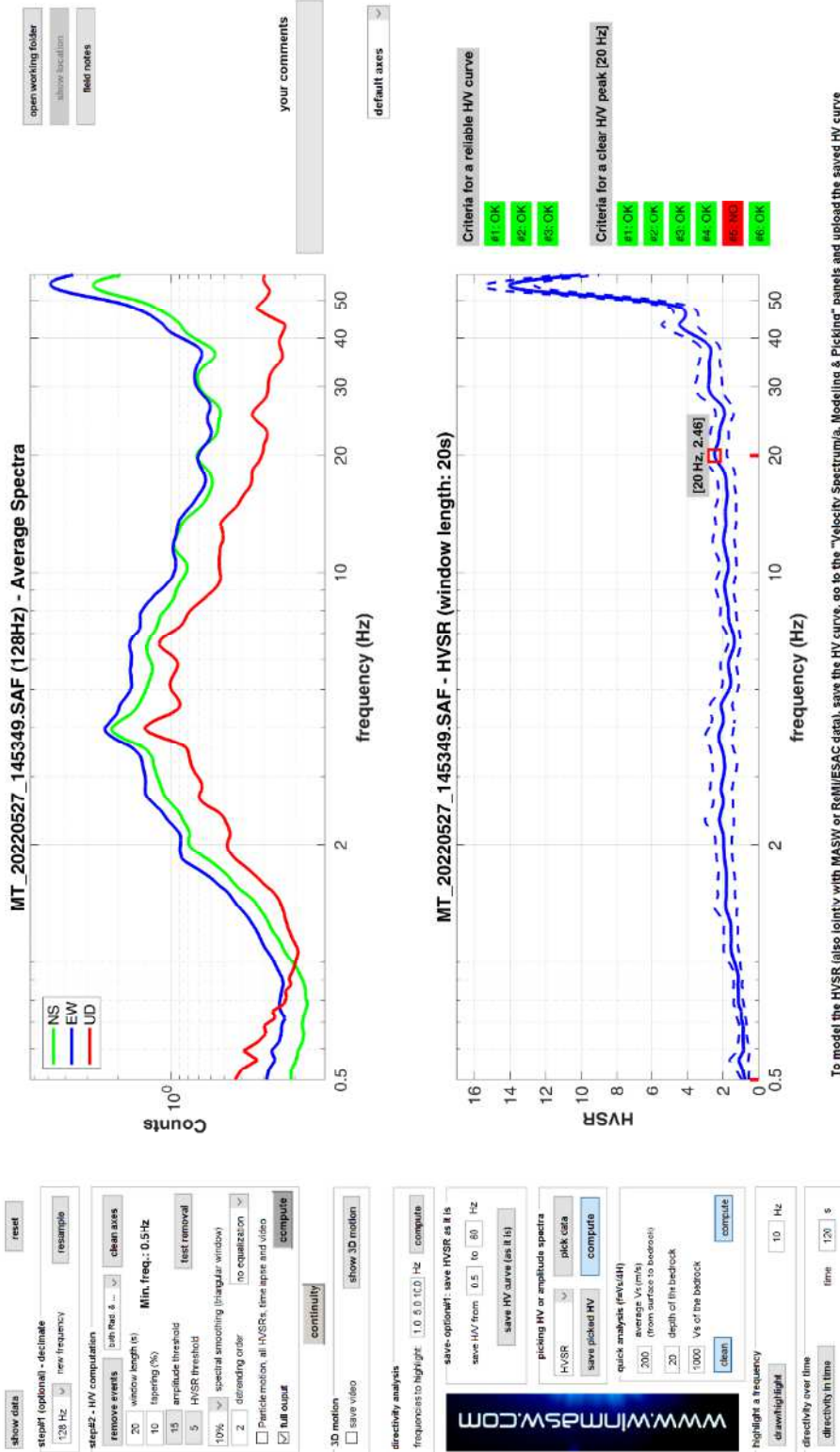
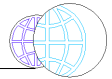




### 31 Castiglion Fibocchi – P114

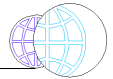


DATA	ORARIO	LUOGO
27/05/2022	14:53	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Andrea Martini, Matteo Frasconi)	Latitudine	43.536441°
	Longitudine	11.761147°
	Quota (mslm)	310.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE		NUMERO PUNTO DI MISURA
MT_20220527_145349.SAF		31
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	assente
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	30°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto riporto
	LITOLOGIA	sabbioso ghiaiosa
	ANTROPICO	si
	SUOLO	asciutto
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	elevata	
TRANSIENTI	poco frequenti	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	no	
camion	no	
persone a piedi	no	
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
OSSERVAZIONI	3 cipressi 10m	2m



To model the HVSR (also jointly with MASW or RaMIESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrumia, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 2,5 ad una frequenza di circa 20,0 Hz.



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220527\_145349.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 27 14 53 49.000

Notes: 31\_castfibok\_AR\_MS2

DATA PROCESSING

Date: 27 5 2022

Time: 17 36

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 20.0 ( $\pm 6.4$ )

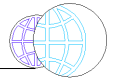
Peak HVSR value: 2.5 ( $\pm 0.7$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 19.979 > 0.5 (OK)
- #2. [ $nc > 200$ ]: 35562 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. [exists f- in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f-) < A_0/2$ ]: yes (considering standard deviations), at frequency 5.0Hz (OK)
- #2. [exists f+ in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f+) < A_0/2$ ]: yes (considering standard deviations), at frequency Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.5 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_A < \epsilon(f_0)$ ]: 6.449 > 0.999 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 1.376 < 1.58 (OK)

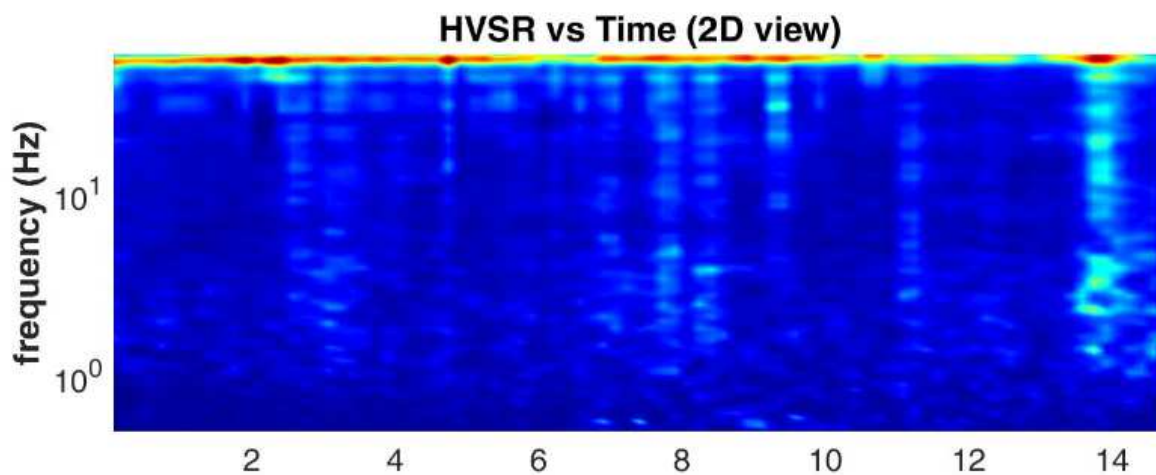


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

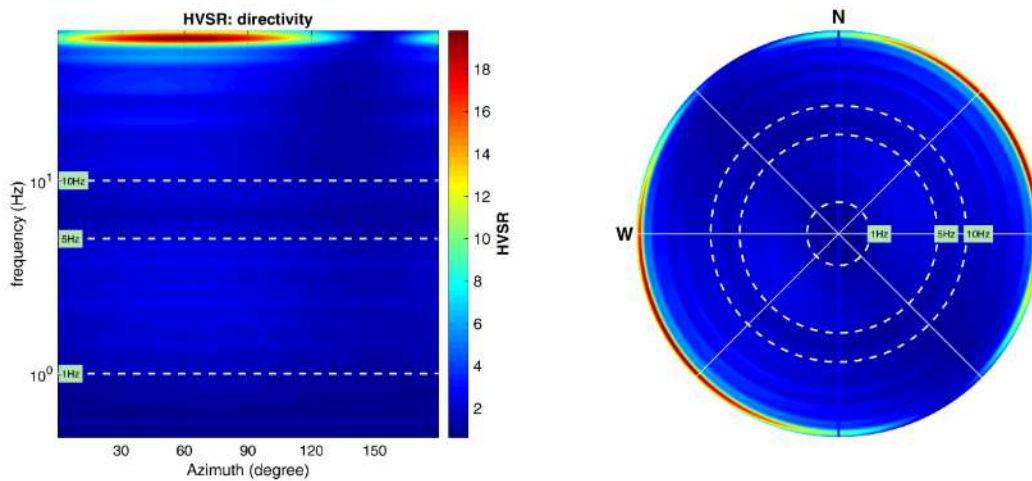
### 31 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

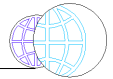
1) Stazionarietà rispettata



2) Isotropia rispettata



- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata

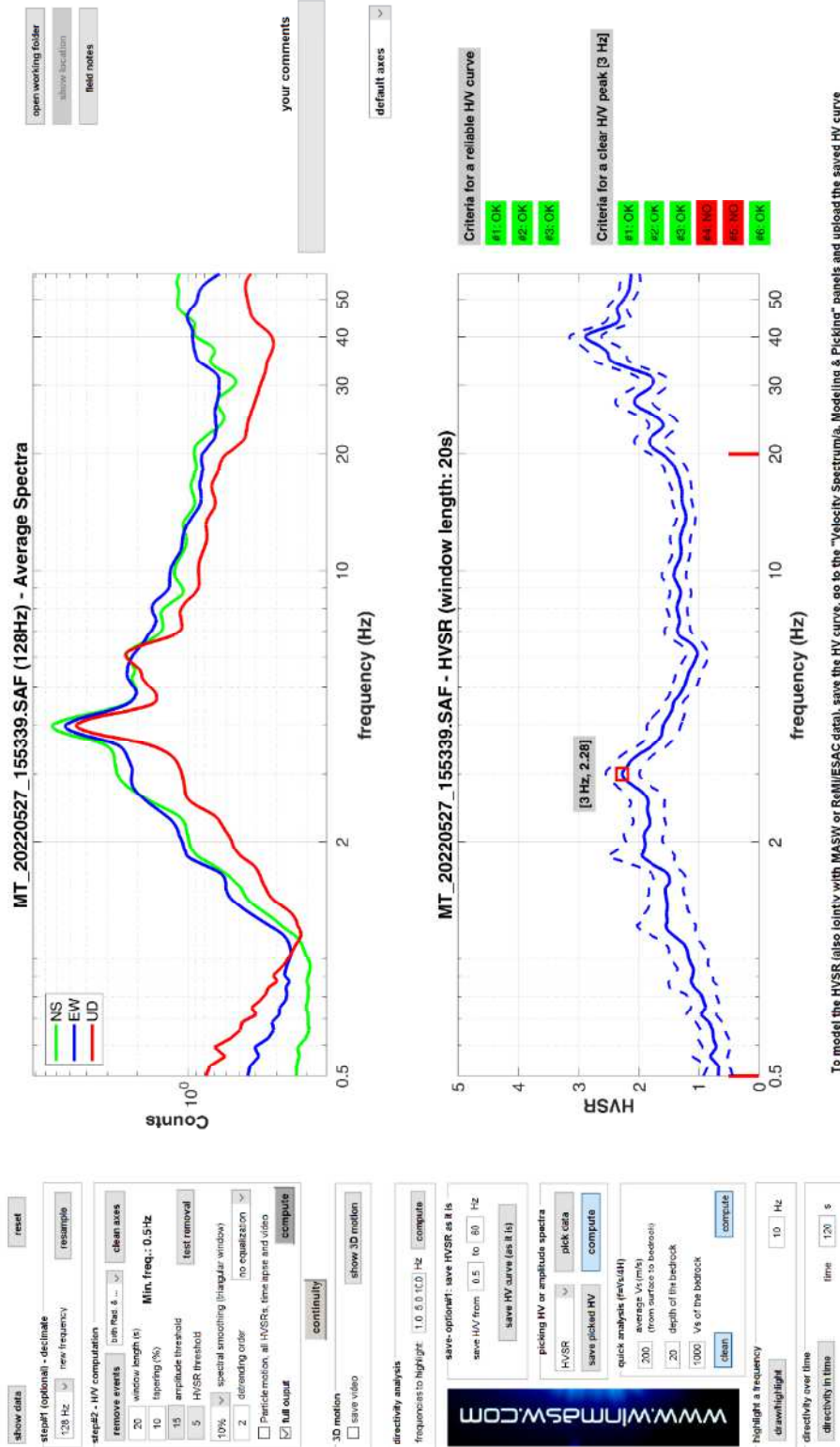


### 32 Castiglion Fibocchi – P115



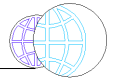
DATA	ORARIO	LUOGO
27/05/2022	15:53	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Andrea Martini, Matteo Frasconi)	Latitudine	43.535338°
	Longitudine	11.758989°
	Quota (mslm)	298.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE		NUMERO PUNTO DI MISURA
MT_20220527_155339.SAF		32
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	assente
Sereno	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	31°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto
	LITOLOGIA	alterazione substrato
	ANTROPICO	no
	SUOLO	asciutto
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	scarsa	
TRANSIENTI	poco frequente	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	no	
camion	no	
persone a piedi	no	
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
	palo media tensione 10m	6m
OSSERVAZIONI	lungo strada	





To model the HVSR (also jointly with MASW or RaMIESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrogram, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 2,3 ad una frequenza di circa 3,0 Hz.



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220527\_155339.SAF

#### DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 27 15 53 39.000

Notes: 32\_castfibok\_AR\_MS2

#### DATA PROCESSING

Date: 27 5 2022

Time: 17 38

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 3.0 ( $\pm 2.0$ )

Peak HVSR value: 2.3 ( $\pm 0.3$ )

=== **Criteria for a reliable H/V curve** =====

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 3.001 > 0.5 (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]: 6423 > 200 (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

#1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 0.8Hz (OK)

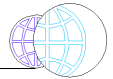
#2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 5.6Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.3 > 2 (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 2.007 > 0.150 (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.571 < 1.58 (OK)

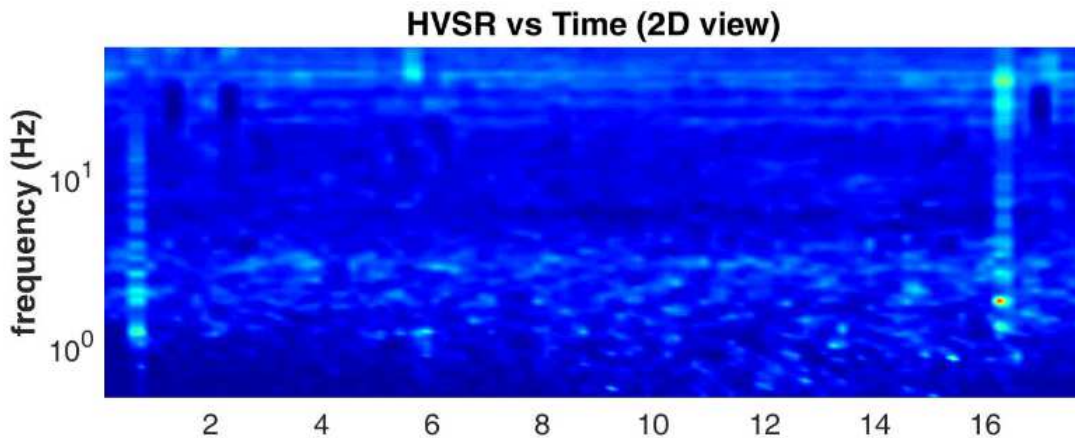


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

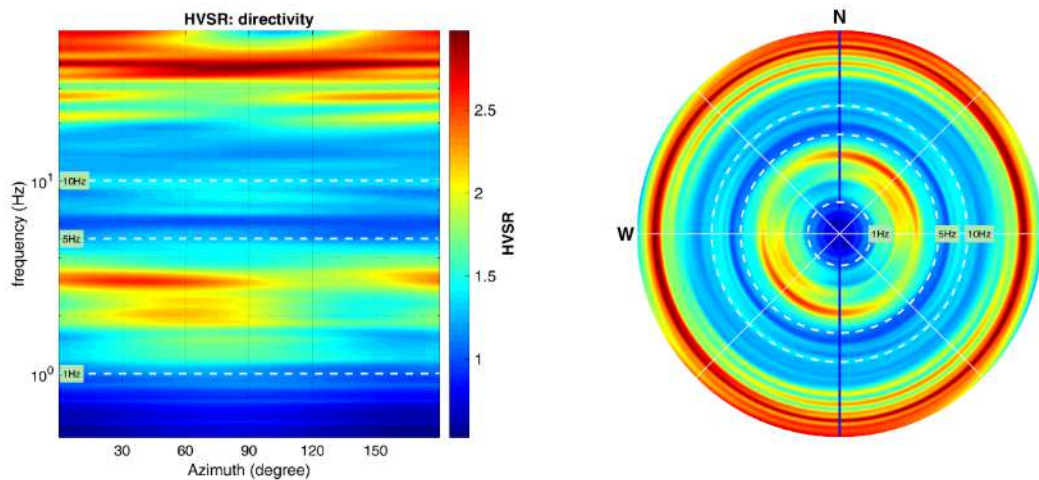
32 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE B: H/V sospetta (da “interpretare”): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

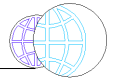
1) Stazionarietà rispettata



2) Isotropia rispettata



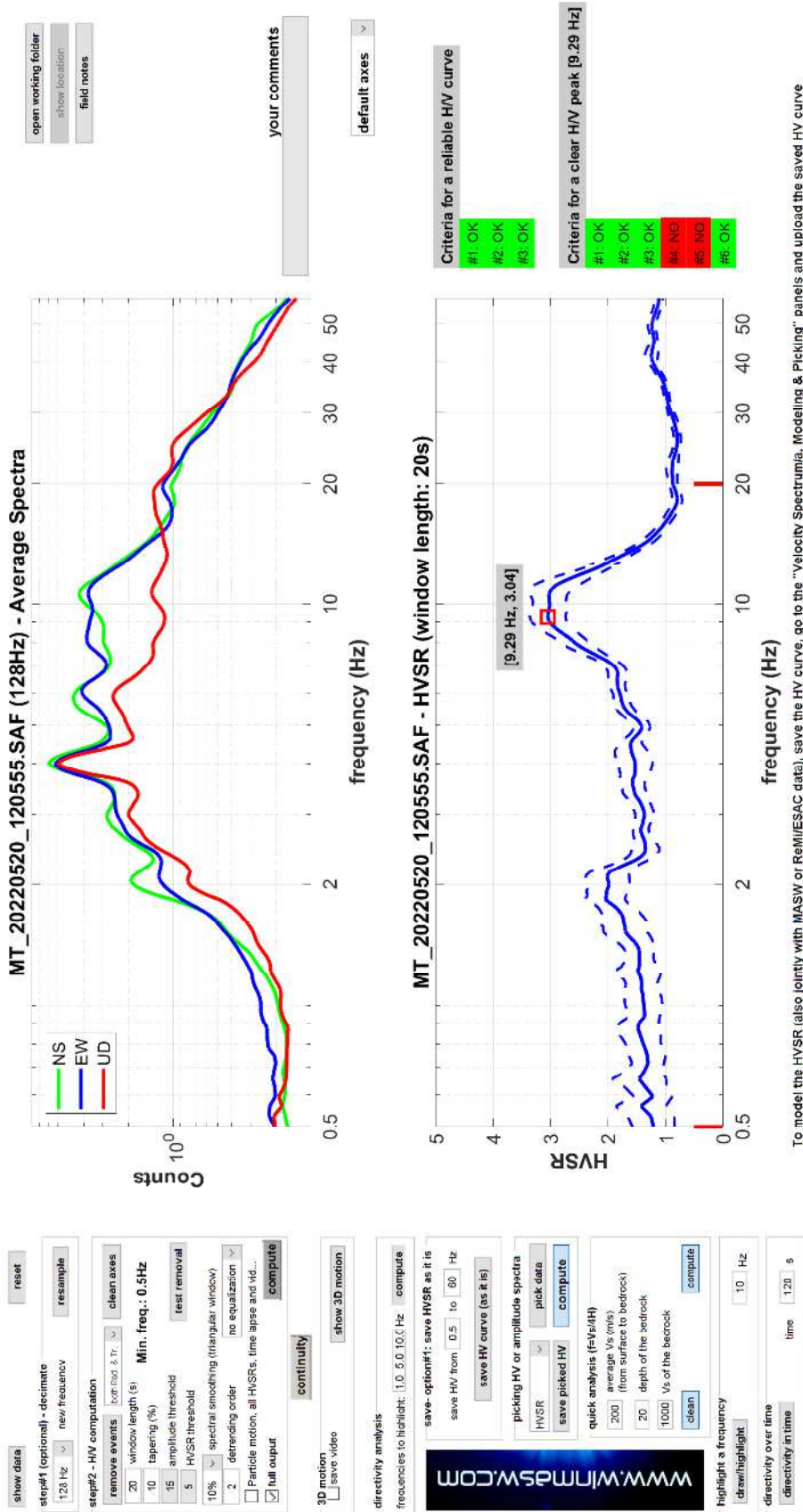
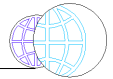
- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata



### 33 Castiglion Fibocchi – P116



DATA	ORARIO	LUOGO
20/05/2022	12:05	stadio Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Andrea Martini, Matteo Frasconi)	Latitudine	43.533929°
	Longitudine	11.762005°
	Quota (mslm)	281.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE	NUMERO PUNTO DI MISURA	
MT_20220520_120555.SAF	33	
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	debole
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	26°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto riporto
	LITOLOGIA	sabbia-ciottolosa
	ANTROPICO	si
	SUOLO	asciutto
ACCOPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	bassa	
TRANSIENTI	poco frequenti	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	si	15m
camion	no	
persone a piedi	si	15m
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
OSSERVAZIONI		



To model the HVSR (also jointly with MASW or REMMESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrogram, Modelling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 3,0 ad una frequenza di circa 9,3 Hz.





Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220520\_120555.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 20 12 05 55.000

Notes: 33\_CastFibocchi\_MS2

DATA PROCESSING

Date: 23 5 2022

Time: 9 27

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 9.3 ( $\pm 4.2$ )

Peak HVSR value: 3.0 ( $\pm 0.3$ )

=== **Criteria for a reliable H/V curve** =====

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 9.286 > 0.5 (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]: 20243 > 200 (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

#1. [exists f- in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 2.3Hz (OK)

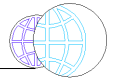
#2. [exists f+ in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 13.8Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]: 3.0 > 2 (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)

#5. [ $\sigma_f < \epsilon(f_0)$ ]: 4.233 > 0.464 (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.596 < 1.58 (OK)

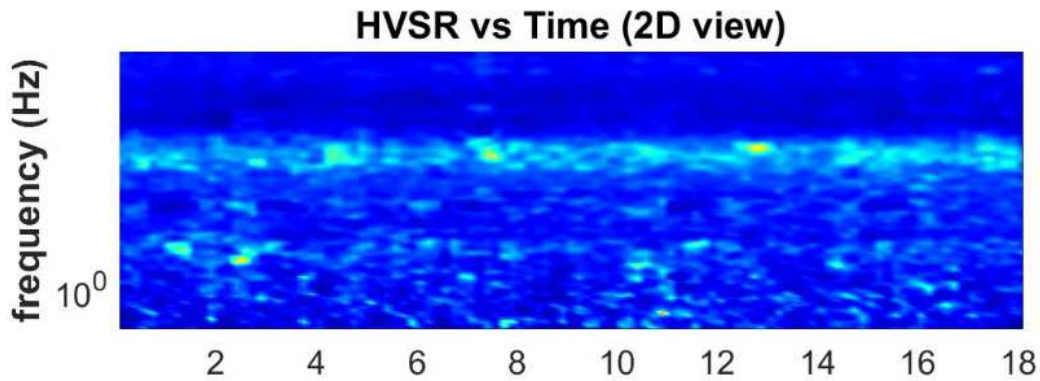


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

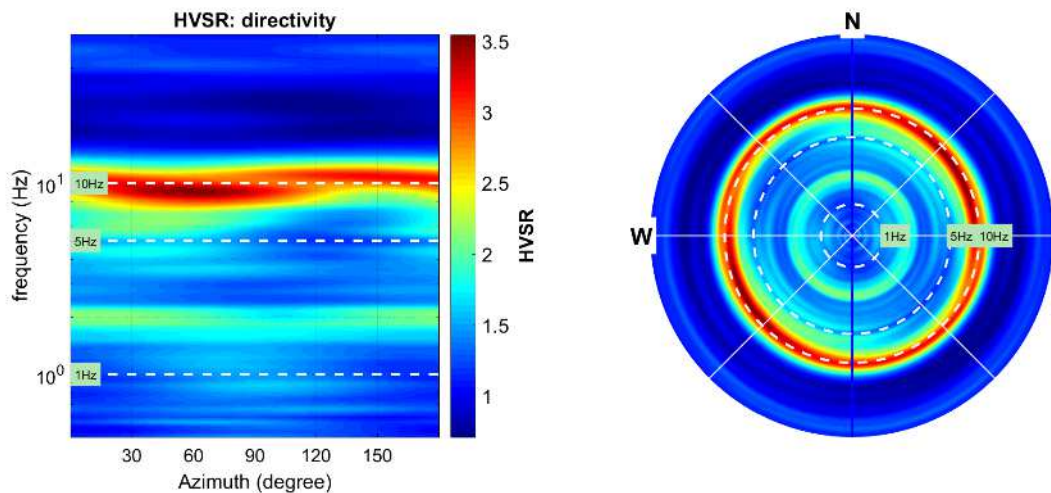
### 33 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

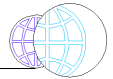
1) Stazionarietà rispettata



2) Isotropia rispettata



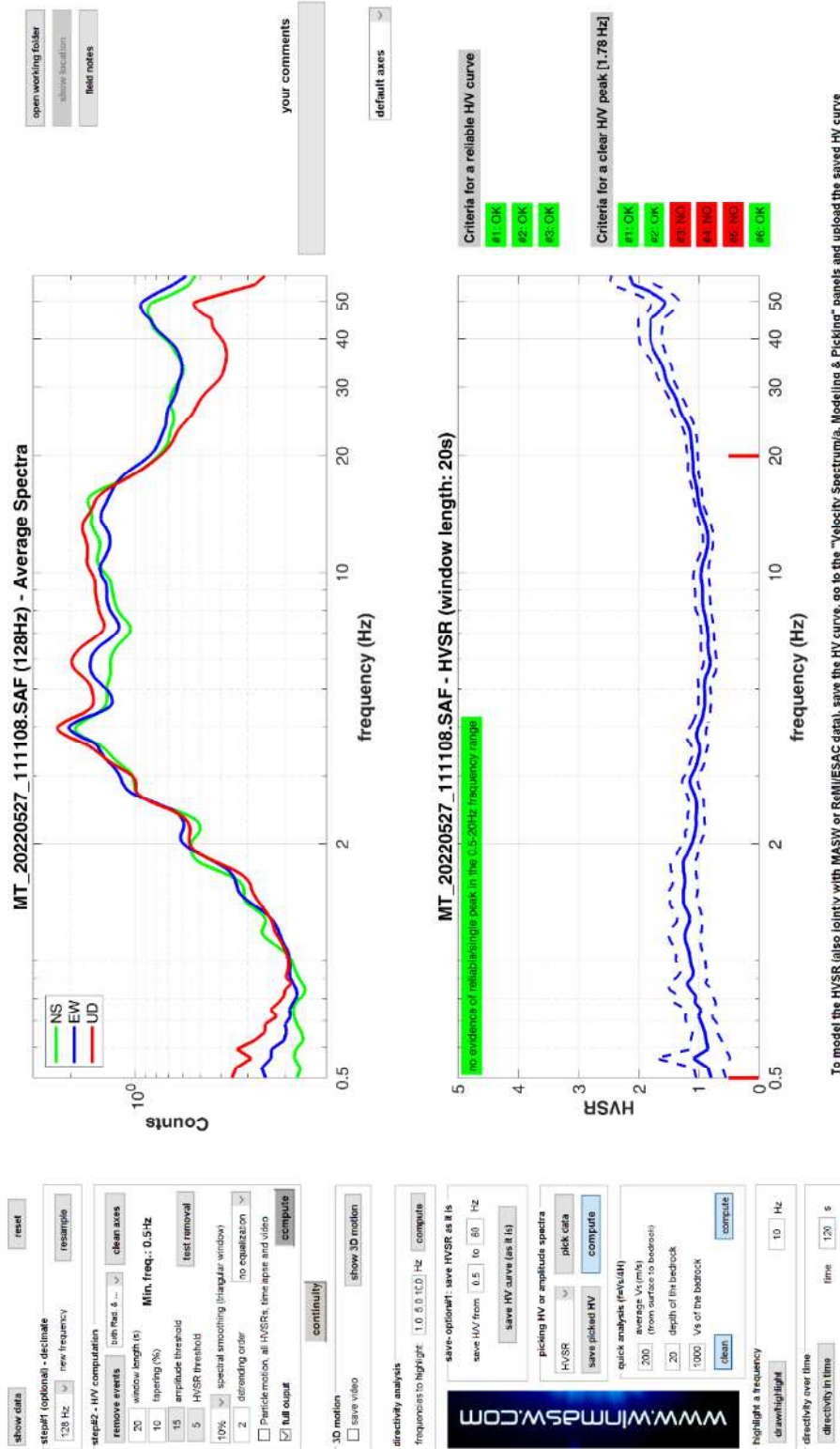
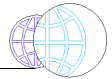
- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata



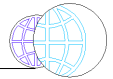
### 34 Castiglion Fibocchi – P117



DATA	ORARIO	LUOGO
27/05/2022	11:11	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Andrea Martini, Matteo Frasconi)	Latitudine	43.526567°
	Longitudine	11.764771°
	Quota (mslm)	275.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE		NUMERO PUNTO DI MISURA
MT_20220527_111108.SAF		34
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	assente
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	30°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto
	LITOLOGIA	sabbioso- frammenti litoidi
	ANTROPICO	no
	SUOLO	asciutto
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	elevata	
TRANSIENTI	poco frequenti	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	si	10m
camion	no	
persone a piedi	si	10m
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
	6-8m	10m
OSSERVAZIONI	minuto 16 ape	



È individuabile un picco di ampiezza 1,3 ad una frequenza di circa 1,8 Hz.



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220527\_111108.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 27 11 11 08.000

Notes: 34\_castfibok\_AR\_MS2

DATA PROCESSING

Date: 27 5 2022

Time: 17 41

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 19.6

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 1.8 ( $\pm 3.1$ )

Peak HVSR value: 1.3 ( $\pm 0.2$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve ===

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 1.782 > 0.5 (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]: 4028 > 200 (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ===

#1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes (considering standard deviations), at frequency 0.5Hz (OK)

#2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes (considering standard deviations), at frequency Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]: 1.3 < 2 (NO)

#4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 3.085 > 0.178 (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.410 < 1.78 (OK)



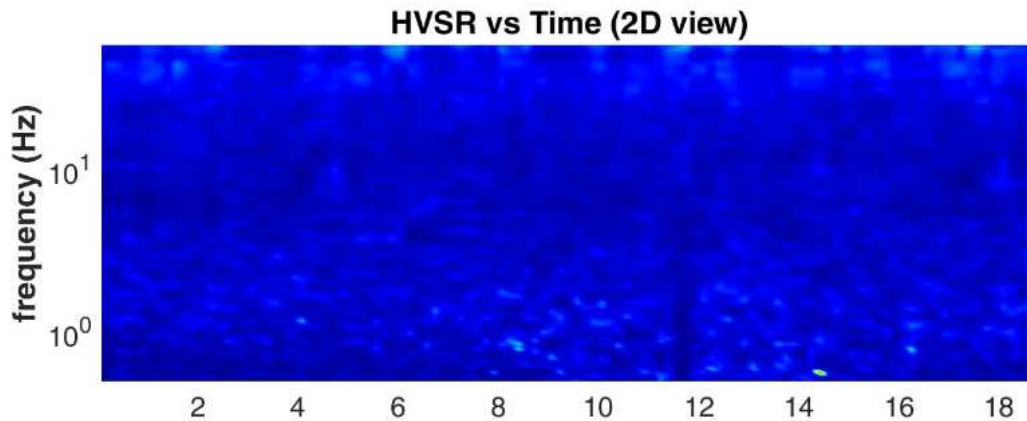


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

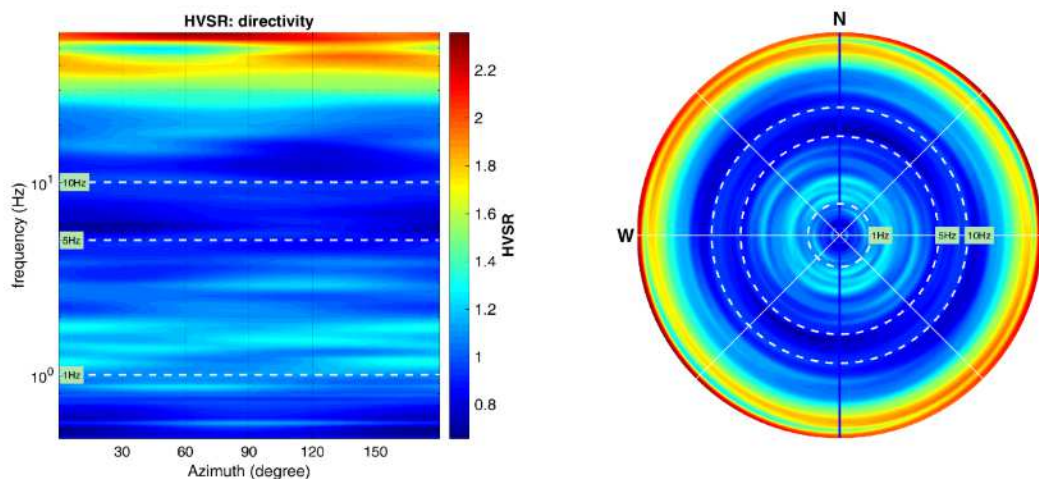
34 Castiglion fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 2: Non presenta picchi “chiari” nell’intervallo di frequenze di interesse: assenza di risonanza.

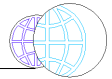
1) Stazionarietà rispettata



2) Isotropia rispettata



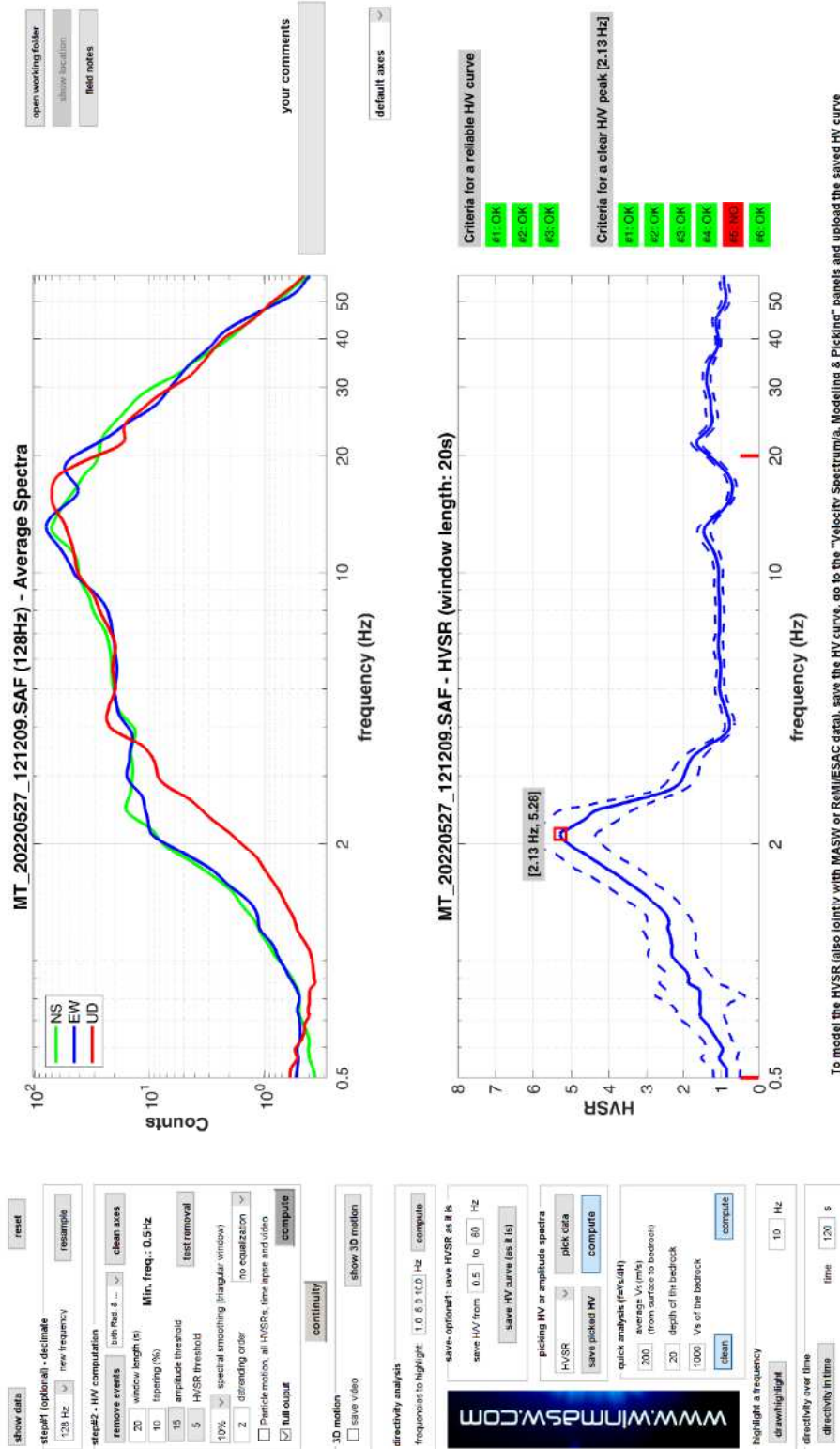
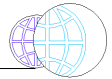
- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata



### 35 Castiglion Fibocchi – P118

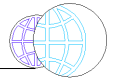


DATA	ORARIO	LUOGO
27/05/2022	12:12	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Andrea Martini, Matteo Frasconi)	Latitudine	43.523233°
	Longitudine	11.767674°
	Quota (mslm)	250.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE		NUMERO PUNTO DI MISURA
MT_20220527_121209.SAF		35
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	assente
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	30°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto
	LITOLOGIA	sabbioso ghiaiosa
	ANTROPICO	no
	SUOLO	asciutto
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	media	
TRANSIENTI	molto frequenti	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	si	10m
camion	si	10m
persone a piedi	si	10m
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
OSSERVAZIONI	rumore di fondo fabbrica in lontananza, minuto 10 auto	10m



To model the HVSR (also jointly with MASW or RaMIESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrogram, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 5,3 ad una frequenza di circa 2,1 Hz.



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220527\_121209.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 27 12 12 09.000

Notes: 35\_castfibok\_AR\_MS2

DATA PROCESSING

Date: 27 5 2022

Time: 17 43

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 19.6

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 2.1 ( $\pm 0.5$ )

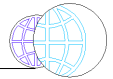
Peak HVSR value: 5.3 ( $\pm 1.0$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 2.126 > 0.5 (OK)
- #2. [ $nc > 200$ ]: 4550 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 0.6Hz (OK)
- #2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 2.8Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 5.3 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 0.488 > 0.106 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 1.503 < 1.58 (OK)

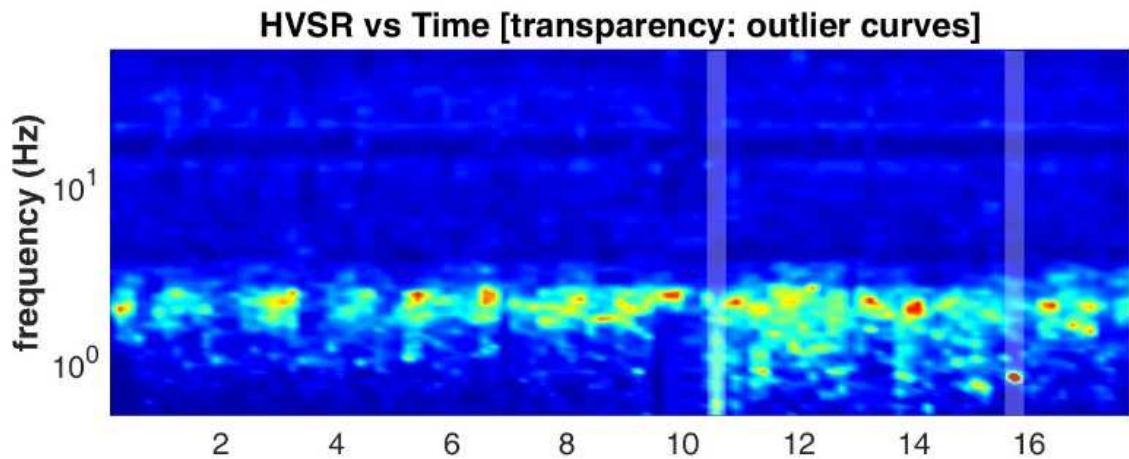


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

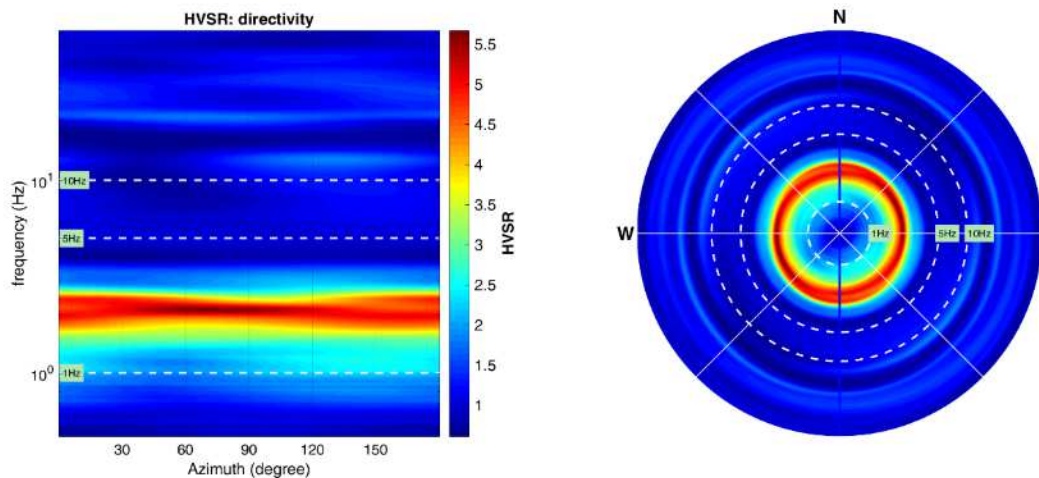
### 35 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

#### 1) Stazionarietà rispettata



#### 2) Isotropia rispettata



- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata

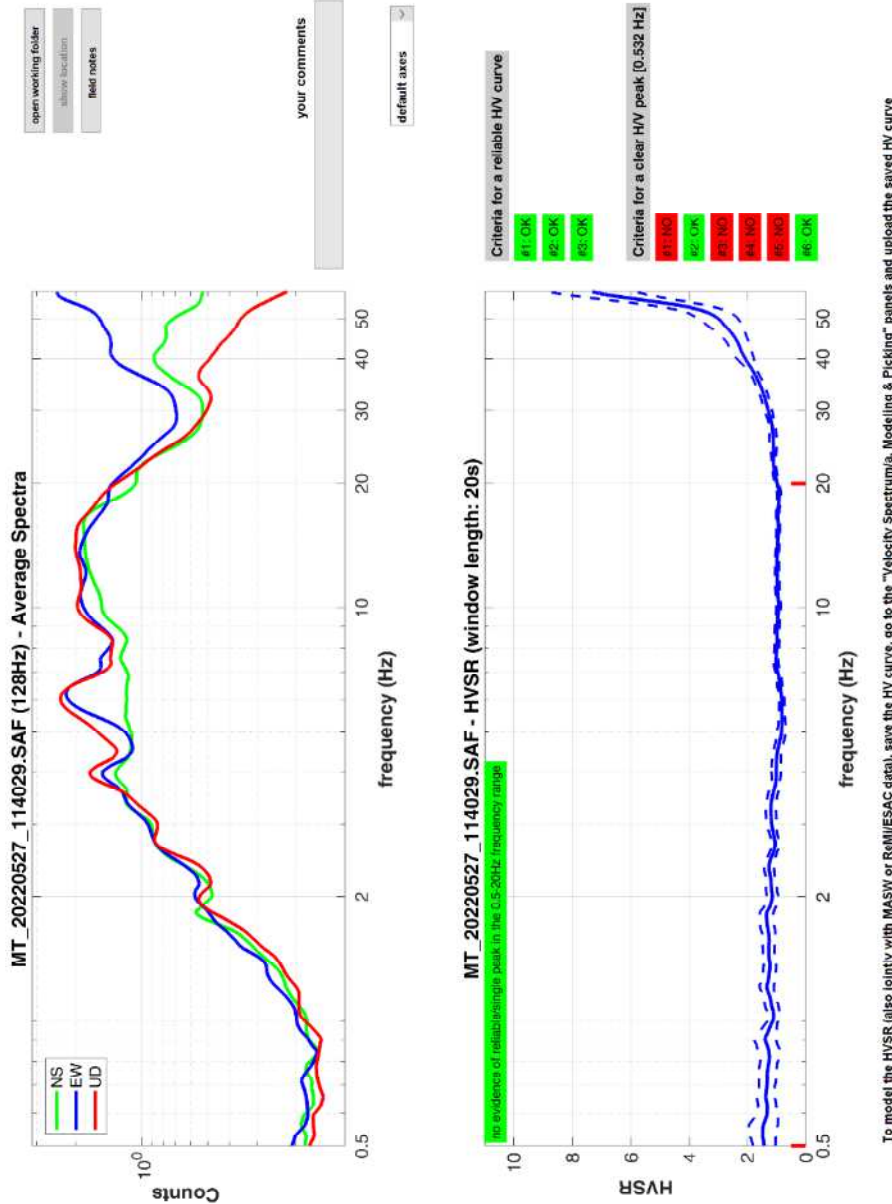
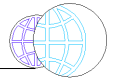




### 36 Castiglion Fibocchi - P119



DATA	ORARIO	LUOGO
27/05/2022	11:40	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Andrea Martini, Matteo Frasconi)	Latitudine	43.526634°
	Longitudine	11.763381°
	Quota (mslm)	258.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE		NUMERO PUNTO DI MISURA
MT_20220527_114029.SAF		36
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	assente
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	30°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto riporto
	LITOLOGIA	sabbioso ghiaiosa
	ANTROPICO	si
	SUOLO	asciutto
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	elevata	
TRANSIENTI	frequenti	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	si	20m
camion	no	
persone a piedi	si	20m
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
	6-8m	10m
OSSERVAZIONI		



To model the HVSR (also jointly with MASW or RaMIESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrumia, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

show data | 128 Hz | new frequency | reset | resample

steps2 - HV computation | clean area

remove events | subarea & ... | clean area

20 window length (s) | Min. freq.: 0.5 Hz

10 tapering (%) | 15 amplitude threshold | test removal

5 HVSR threshold

10% spectral smoothing (triangular window) | no equalization

2 descending order | no equalization

Periodic motion, all HVSRs, time steps and video

full output

compute

continuity

3D motion | show 3D motion

directivity analysis | save HVSR as it is | compute

frequencies to highlight: 1.0 & 0.10 Hz

save HV from: 0.5 to 80 Hz

save HV curve (as it is)

picking HV or amplitude spectra

HVSR | pick data

save picked HV | compute

quick analysis (pick/dt)

average V<sub>s</sub> (m/s) | 200 (from course to bedrock)

depth of the bedrock | 20

V<sub>s</sub> of the bedrock | 1000

clean | compute

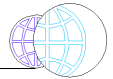
highlight a frequency | 10 Hz

draw/highlight

directivity over time

directivity in time | time | 120 s

È individuabile un picco di ampiezza 1,5 ad una frequenza di circa 0,5 Hz.



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220527\_114029.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 27 11 40 29.000

Notes: 36\_castfibok\_AR\_MS2

DATA PROCESSING

Date: 27 5 2022

Time: 17 46

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 19.7

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 0.5 ( $\pm 0.7$ )

Peak HVSR value: 1.5 ( $\pm 0.5$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]:  $0.532 > 0.5$  (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]:  $904 > 200$  (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

#1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: (NO)

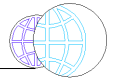
#2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes (considering standard deviations), at frequency Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]:  $1.5 < 2$  (NO)

#4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)

#5. [ $\sigma_A < \epsilon(f_0)$ ]:  $0.705 > 0.080$  (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]:  $0.953 < 2$  (OK)

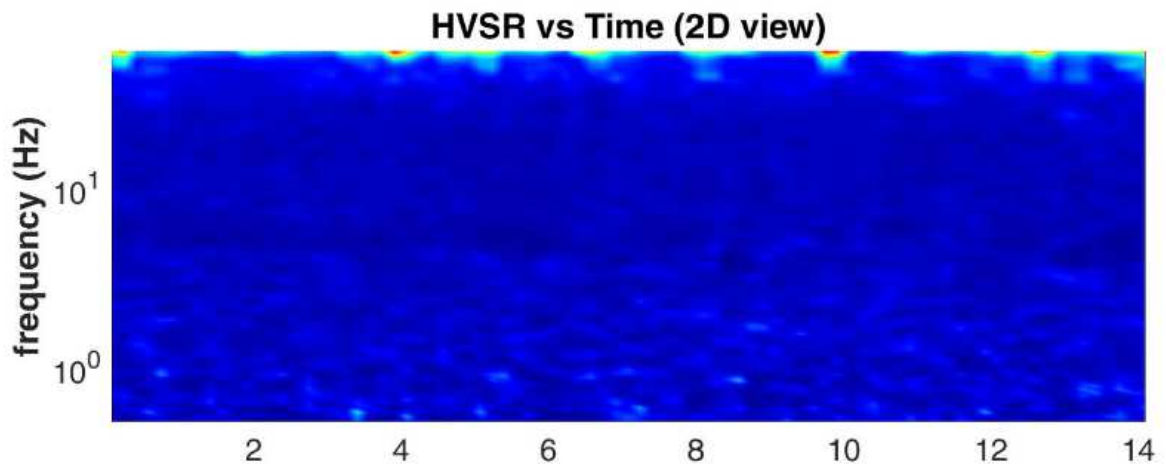


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

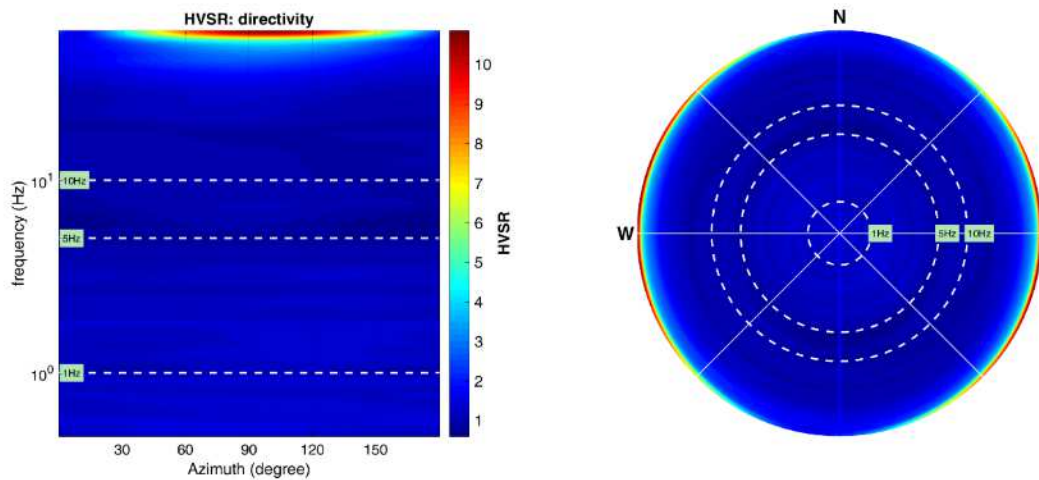
36 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 2: Non presenta picchi “chiari” nell’intervallo di frequenze di interesse: assenza di risonanza.

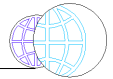
1) Stazionarietà rispettata



2) Isotropia rispettata



- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata

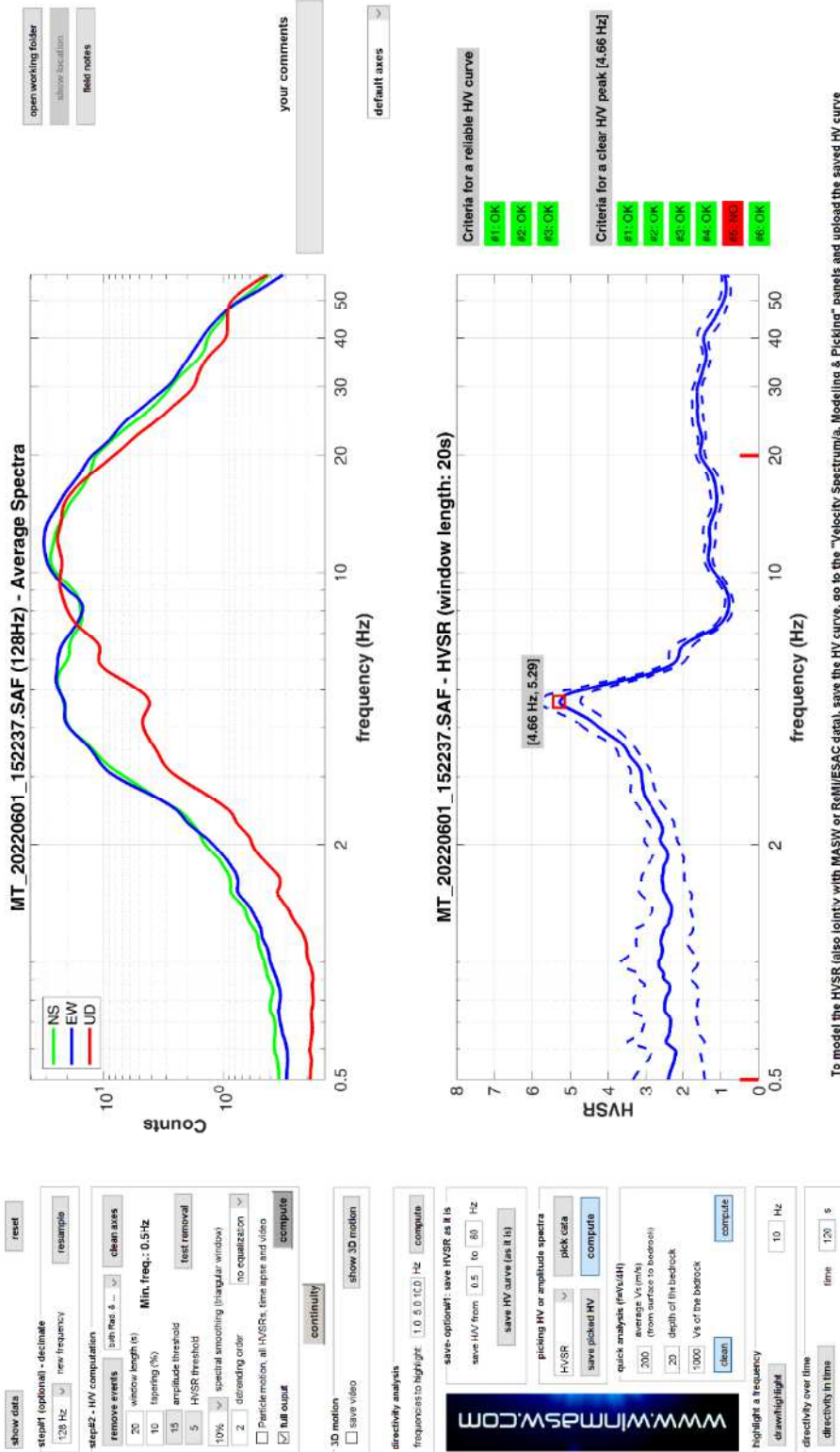
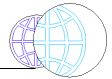


### 37 Castiglion Fibocchi – P120



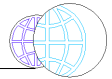
DATA	ORARIO	LUOGO
01/06/2022	15:22	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Gabriele Menchetti, Andrea Martini)	Latitudine	43.527913°
	Longitudine	11.760374°
	Quota (mslm)	273.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE		NUMERO PUNTO DI MISURA
MT_20220601_152237.SAF		37
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	debole
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	30°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto
	LITOLOGIA	sabbioso-ghiaioso
	ANTROPICO	no
	SUOLO	asciutto
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	elevata	
TRANSIENTI	molto frequente	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	si	10m
camion	si	10m
persone a piedi	no	
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
OSSERVAZIONI	recizione elettrificata	5m





To model the HVSR (also jointly with MASW or RaMIESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrumia, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 5,3 ad una frequenza di circa 4,7 Hz.



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220511\_091310.SAF

Dataset: MT\_20220601\_152237.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 06 01 15 22 37.000

Notes: 37\_cast\_fibok\_MS2

DATA PROCESSING

Date: 6 6 2022

Time: 8 59

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 4.7 ( $\pm 1.8$ )

Peak HVSR value: 5.3 ( $\pm 0.5$ )

=== **Criteria for a reliable H/V curve** ===

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 4.659 > 0.5 (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]: 10528 > 200 (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** ===

#1. [exists f- in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 1.2Hz (OK)

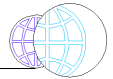
#2. [exists f+ in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 5.7Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]: 5.3 > 2 (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 1.757 > 0.233 (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.862 < 1.58 (OK)

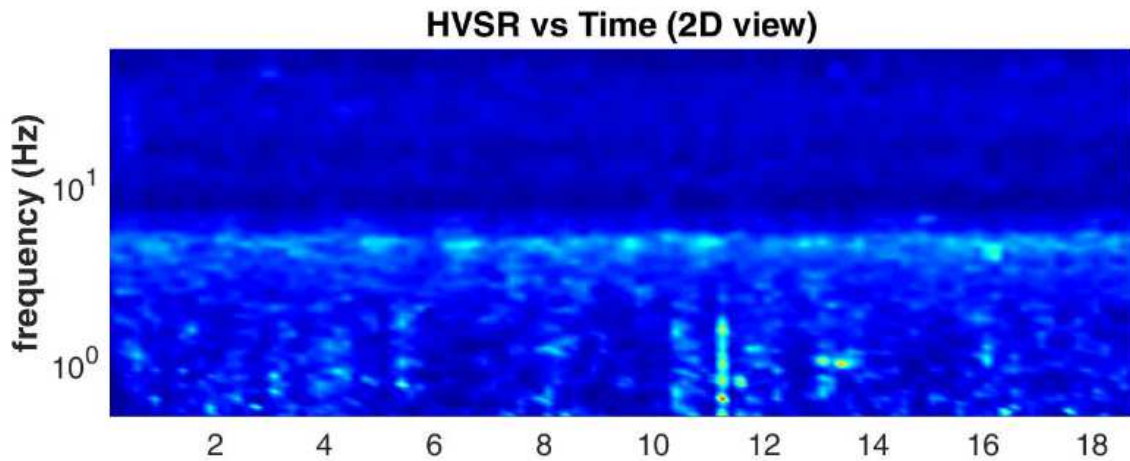


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

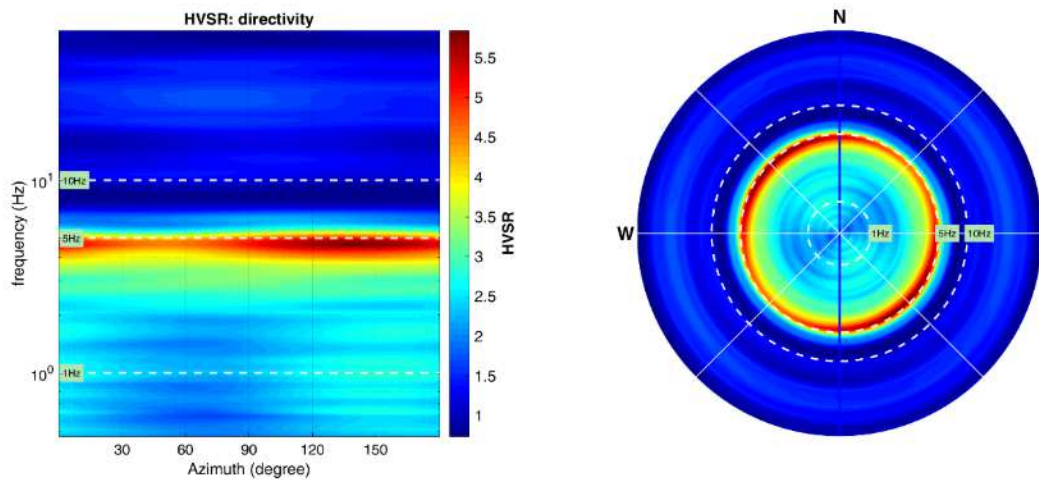
37 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

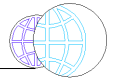
1) Stazionarietà rispettata



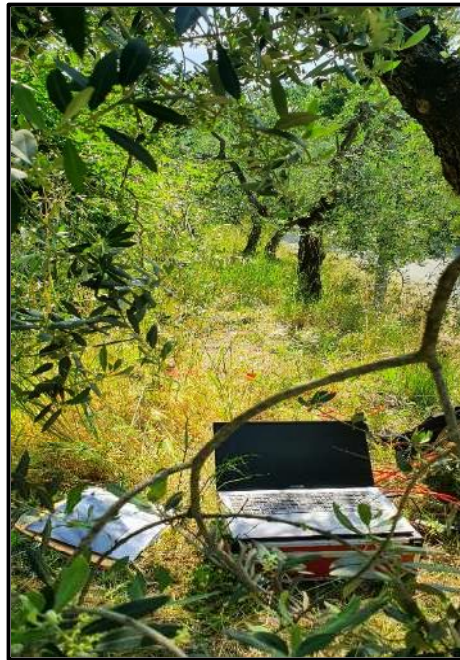
2) Isotropia rispettata



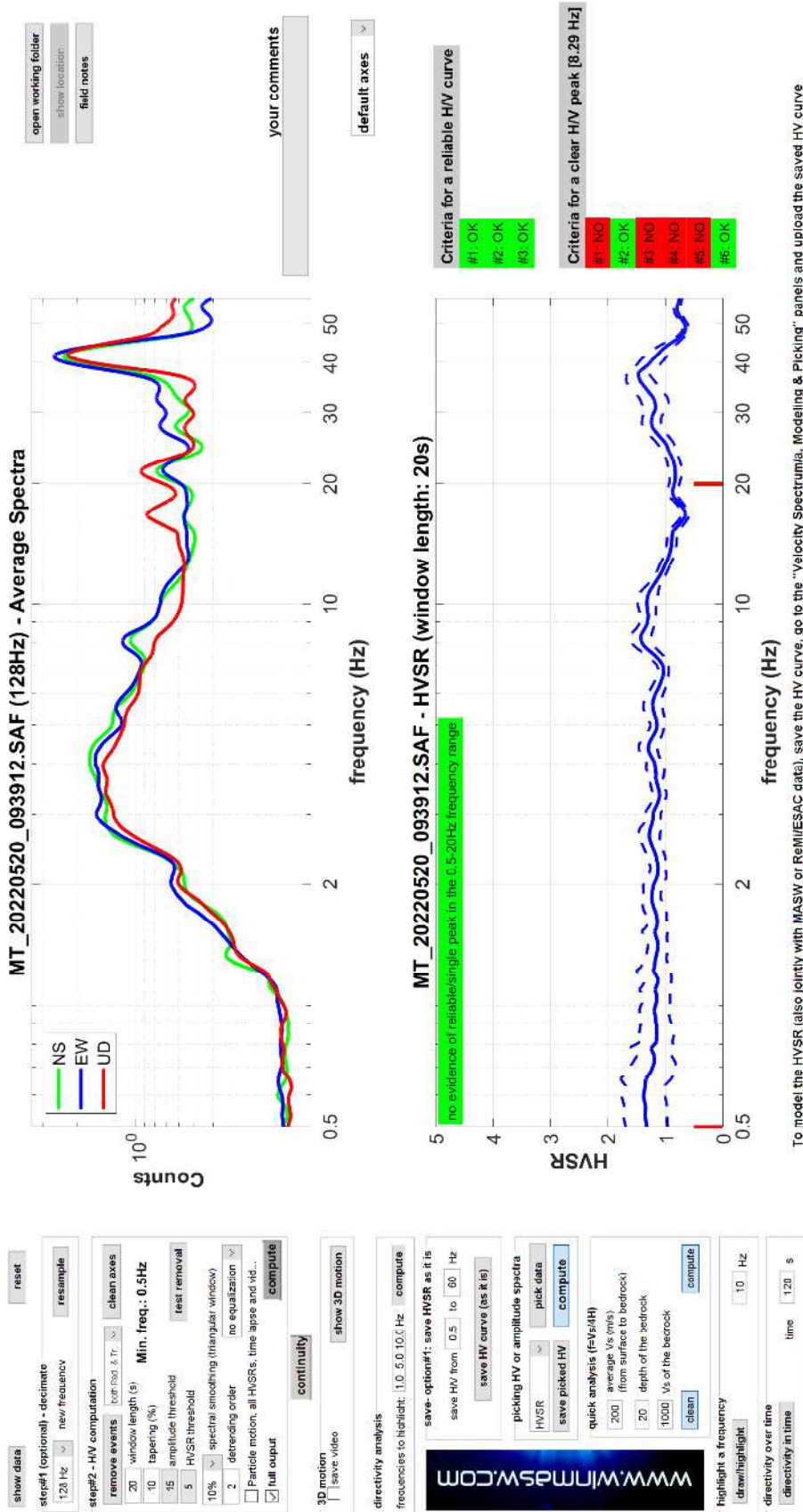
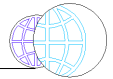
- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata



### 38 Castiglion Fibocchi– P121



DATA	ORARIO	LUOGO
20/05/2022	09:39	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Andrea Martini, Matteo Frasconi)	Latitudine	43.529420°
	Longitudine	11.774436°
	Quota (mslm)	282.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE	NUMERO PUNTO DI MISURA	
MT_20220520_093912.SAF	38	
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	assente
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	20°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto
	LITOLOGIA	sabbiosa-ciottolosa
	ANTROPICO	no
	SUOLO	asciutto
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	media	
TRANSIENTI	mediamente frequenti	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	si	5m
camion	no	
persone a piedi	si	5m
altro	trattore in lontananza	50m
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
OSSERVAZIONI	trattore in lontananza	50m



È individuabile un picco di ampiezza 1,4 ad una frequenza di circa 8,3 Hz.





Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220520\_093912.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 20 09 39 12.000

Notes: 38\_CastFibocchi\_MS2

DATA PROCESSING

Date: 23 5 2022

Time: 9 31

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 19.8

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 8.3 ( $\pm 2.4$ )

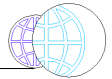
Peak HVSR value: 1.4 ( $\pm 0.2$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 8.285 > 0.5 (OK)
- #2. [ $nc > 200$ ]: 16405 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 16.1Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 1.4 < 2 (NO)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 2.416 > 0.414 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.330 < 1.58 (OK)

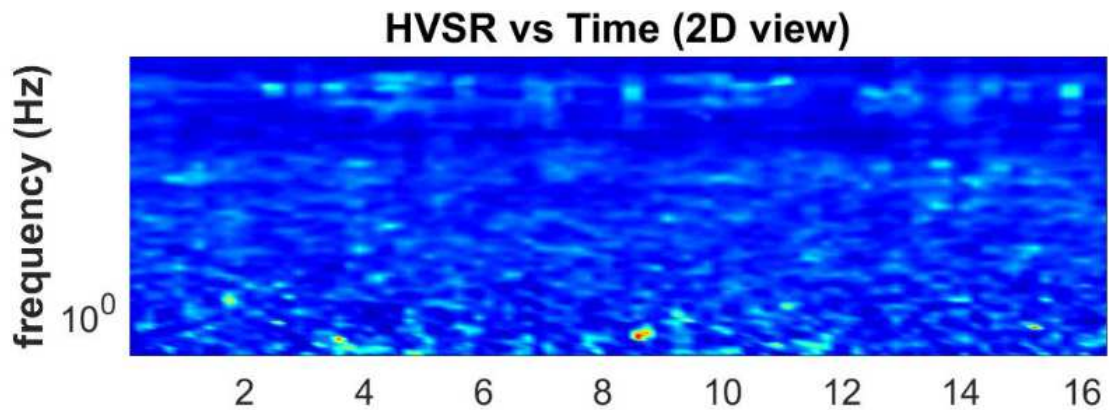


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

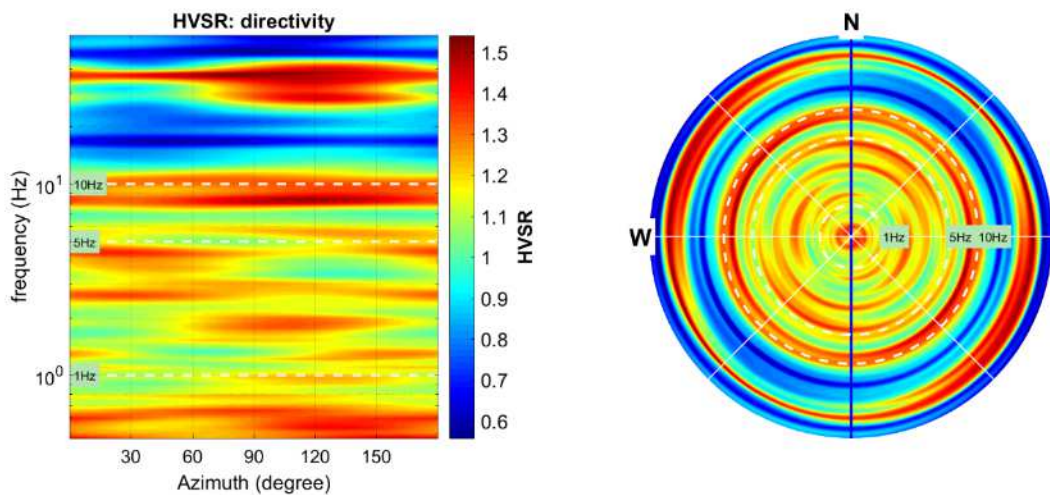
### 38 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 2: Non presenta picchi “chiari” nell’intervallo di frequenze di interesse: assenza di risonanza.

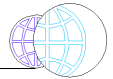
#### 1) Stazionarietà rispettata



#### 2) Isotropia rispettata



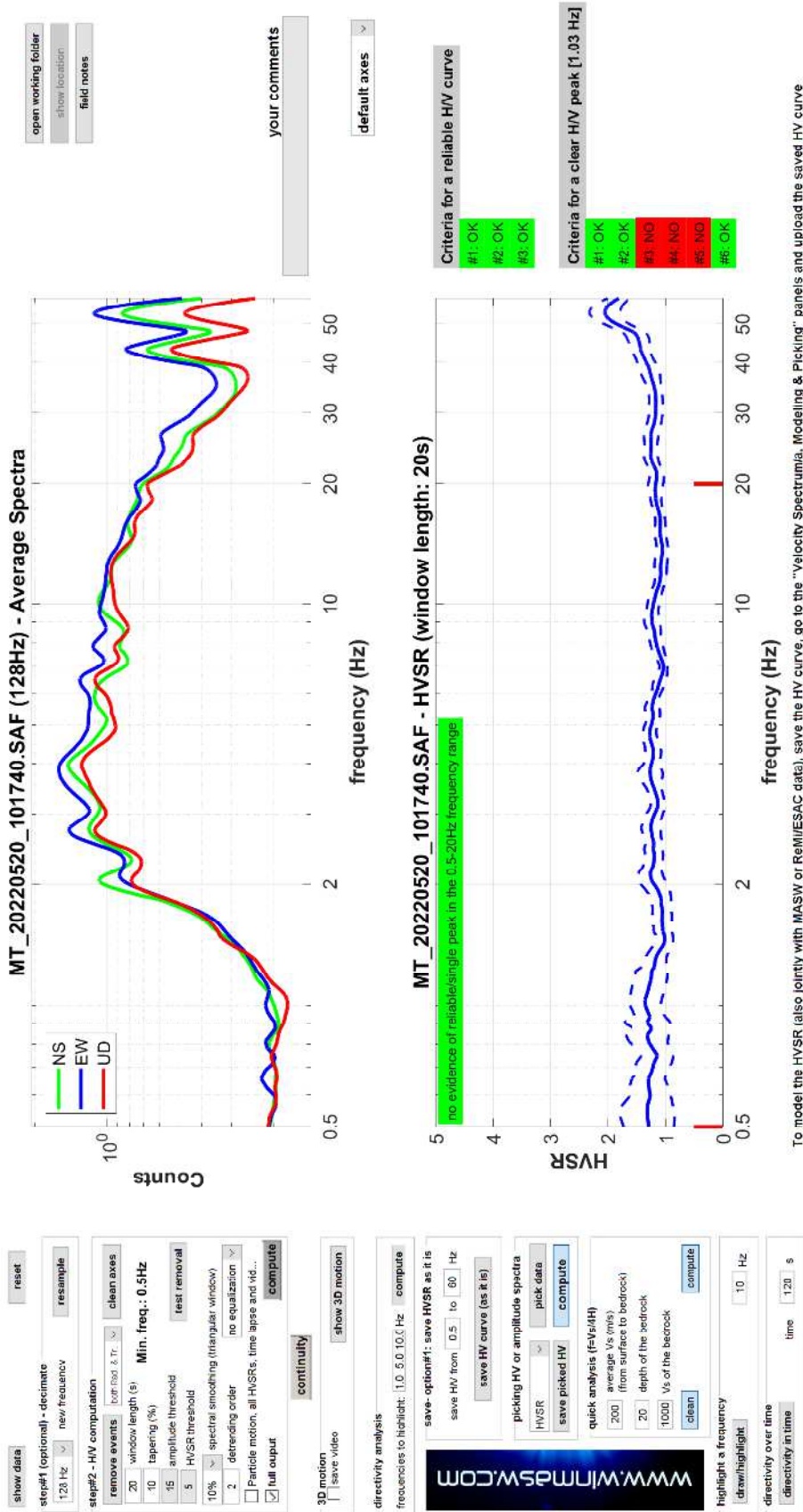
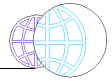
- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata



### 39 Castiglion Fibocchi– P122

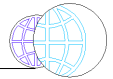


DATA	ORARIO	LUOGO
20/05/2022	10:18	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Andrea Martini, Matteo Frasconi)	Latitudine	43.530739°
	Longitudine	11.766894°
	Quota (mslm)	289.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE	NUMERO PUNTO DI MISURA	
MT_20220520_101740.SAF	39	
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	assente
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	22°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto
	LITOLOGIA	sabbia-ghiaiosa
	ANTROPICO	no
	SUOLO	asciutto
ACCOPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	elevata	
TRANSIENTI	molto frequenti	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	si	10m
camion	no	
persone a piedi	si	10m
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
	6-7m	10m
OSSERVAZIONI	cani, uomo che urla, taglia erba, idropulitrice accesa	10/20m



To model the HVSR (also jointly with MASW or REMMESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrogram, Modelling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 1,4 ad una frequenza di circa 1,0 Hz.



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220520\_101740.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 20 10 17 40.000

Notes: 39\_CastFibocchi\_MS2

DATA PROCESSING

Date: 23 5 2022

Time: 9 35

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 19.0

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 1.0 ( $\pm 1.4$ )

Peak HVSR value: 1.4 ( $\pm 0.3$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve ===

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 1.032 > 0.5 (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]: 2290 > 200 (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ===

#1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes (considering standard deviations), at frequency 0.3Hz (OK)

#2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes (considering standard deviations), at frequency Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]: 1.4 < 2 (NO)

#4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)

#5. [ $\sigma_{Af} < \epsilon(f_0)$ ]: 1.429 > 0.103 (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.948 < 1.78 (OK)



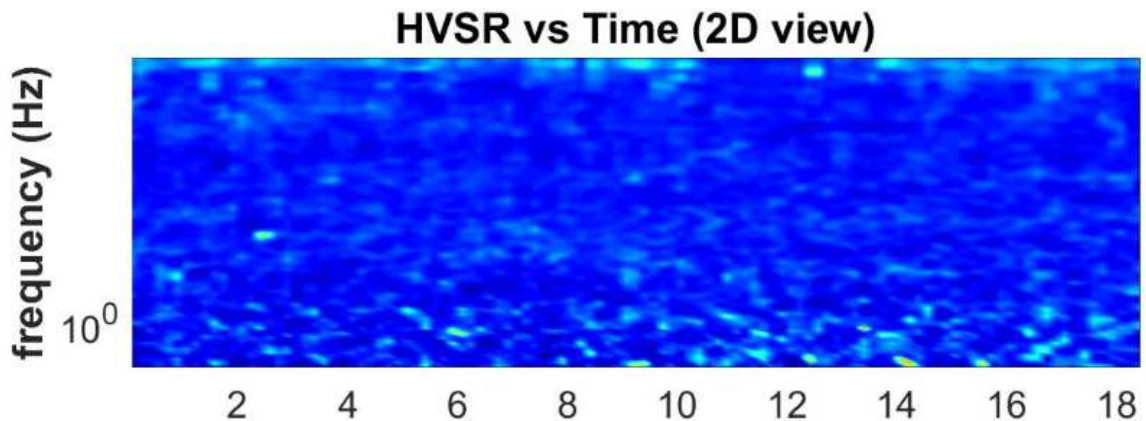


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

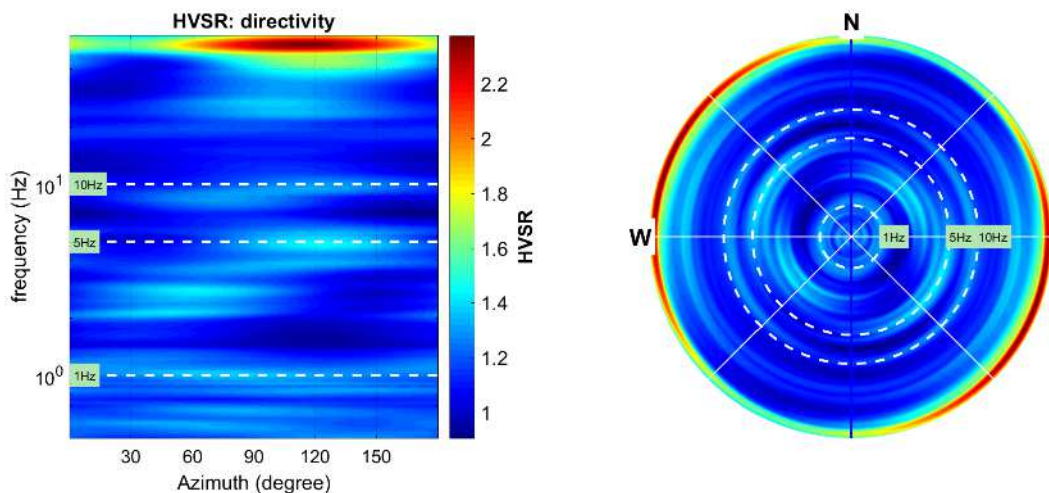
39 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 2: Non presenta picchi “chiari” nell’intervallo di frequenze di interesse: assenza di risonanza.

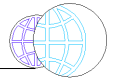
1) Stazionarietà rispettata



2) Isotropia rispettata



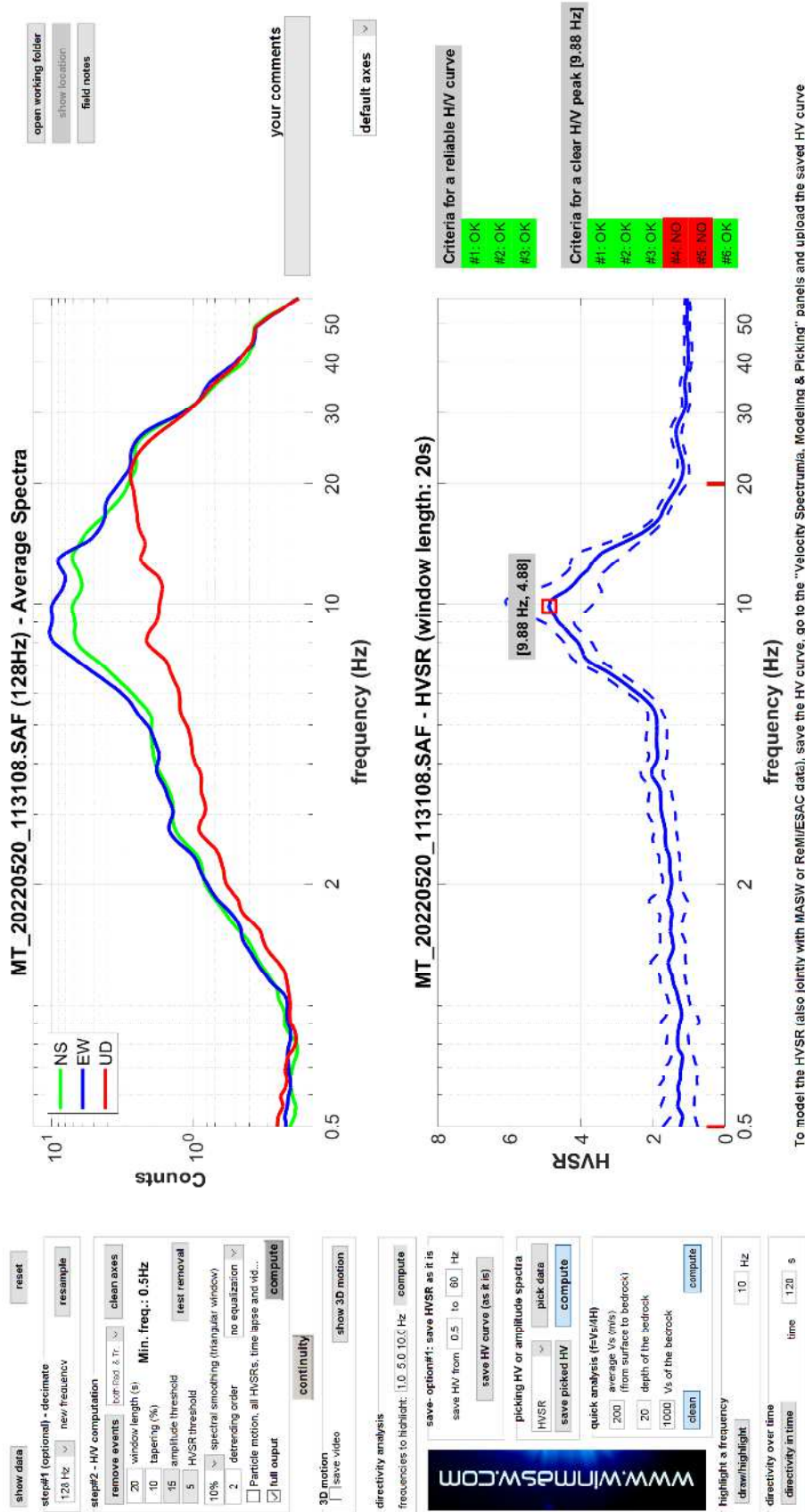
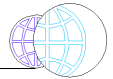
- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata



40 Castiglion Fibocchi – P123

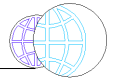


DATA	ORARIO	LUOGO
20/05/2022	11:31	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Andrea Martini, Matteo Frasconi)	Latitudine	43.531196°
	Longitudine	11.765282°
	Quota (mslm)	284.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE		NUMERO PUNTO DI MISURA
MT_20220520_113108.SAF		40
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	debole
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	27°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto
	LITOLOGIA	sabbia-ciottolosa
	ANTROPICO	no
	SUOLO	poco umido
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	elevata	
TRANSIENTI	frequenti	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	si	15m
camion	no	
persone a piedi	si	15m
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
	6-7m	10m
OSSERVAZIONI		



To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMIESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrumia, Modelling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 4,9 ad una frequenza di circa 9,9 Hz.



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220520\_113108.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 20 11 31 08.000

Notes: 40\_CastFibocchi\_MS2

DATA PROCESSING

Date: 23 5 2022

Time: 9 43

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 19.4

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 9.9 ( $\pm 2.8$ )

Peak HVSR value: 4.9 ( $\pm 1.2$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 9.880 > 0.5 (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]: 21933 > 200 (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

#1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 2.5Hz (OK)

#2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 14.9Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]: 4.9 > 2 (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)

#5. [ $\sigma_A < \epsilon(f_0)$ ]: 2.762 > 0.494 (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 1.493 < 1.58 (OK)



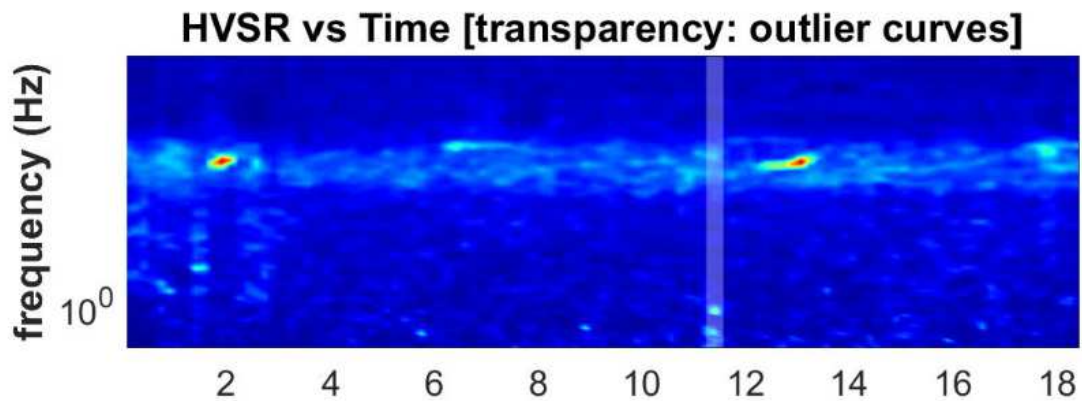


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

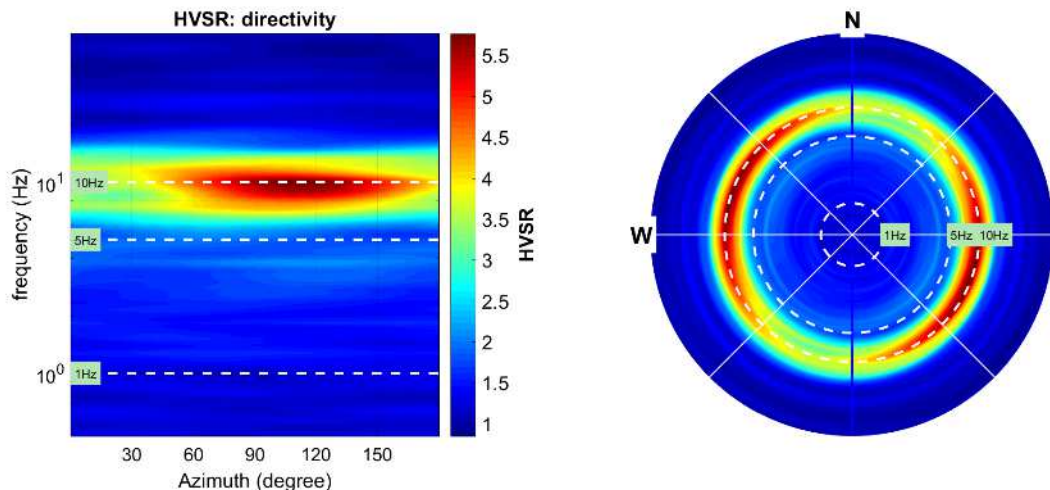
40 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

1) Stazionarietà rispettata



2) Isotropia rispettata



- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata

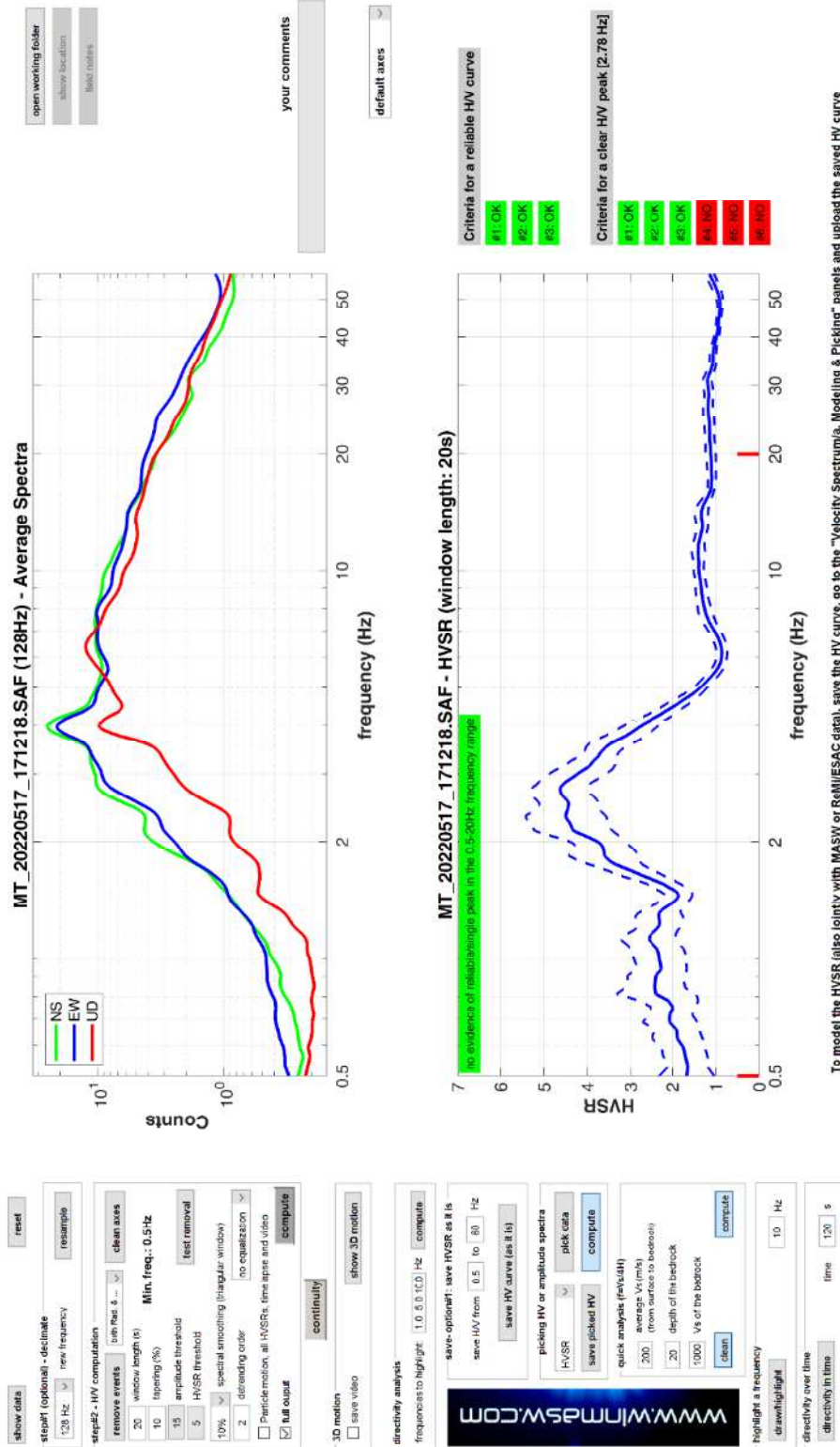
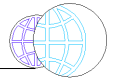




41 (Trigeo) Castiglion Fibocchi – P124

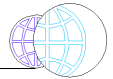


DATA	ORARIO	LUOGO
17/05/2022	17:00	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
Trigeo	Latitudine	43.527080°
	Longitudine	11.750928°
	Quota (mslm)	263.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE		NUMERO PUNTO DI MISURA
		41
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	moderato
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	28°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto
	LITOLOGIA	sabbioso
	ANTROPICO	no
	SUOLO	asciutto
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	scarsa	
TRANSIENTI	poco frequenti	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	si	20m
camion	no	
persone a piedi	no	
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
	alberi	10m
OSSERVAZIONI		



To model the HVSR (also jointly with MASW or RaMIESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrumia, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 4,6 ad una frequenza di circa 2,8 Hz



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220517\_171218.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 17 17 12 18.000

DATA PROCESSING

Date: 15 6 2022

Time: 11 39

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 2.8 ( $\pm 0.9$ )

Peak HVSR value: 4.6 ( $\pm 0.6$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 2.783 > 0.5 (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]: 6066 > 200 (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

#1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 0.7Hz (OK)

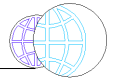
#2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 4.3Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]: 4.6 > 2 (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 0.871 > 0.139 (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 1.837 < 1.58 (NO)

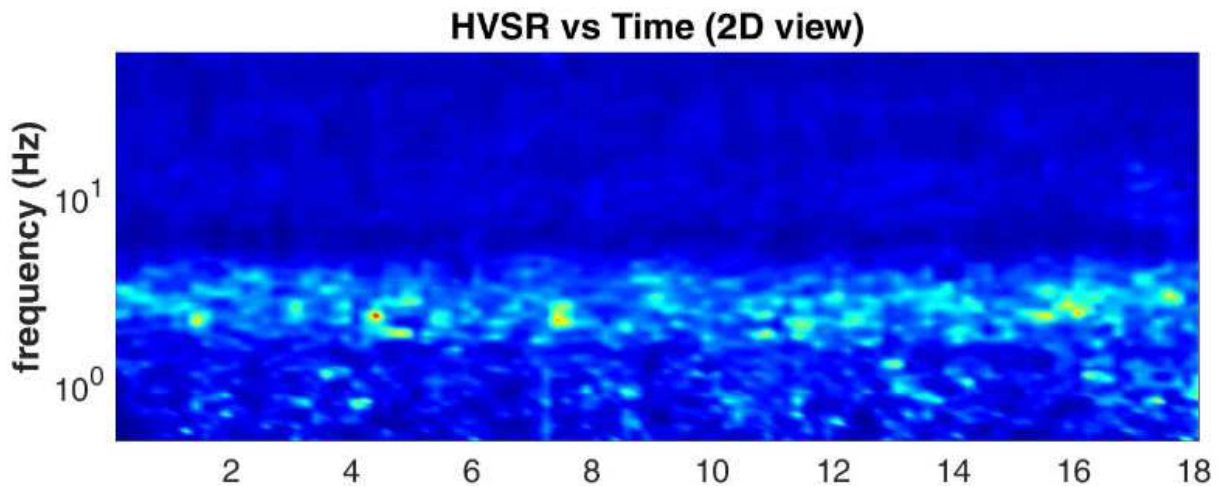


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

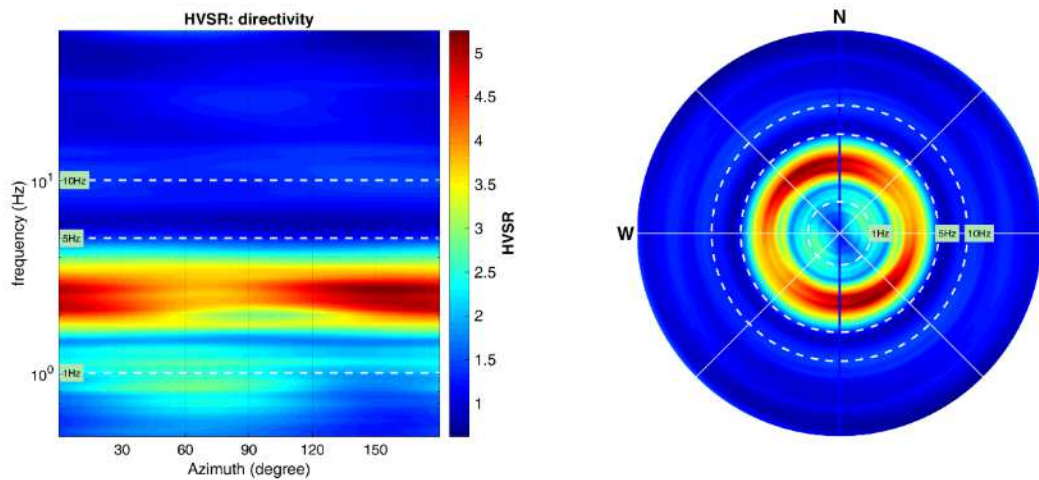
#### 41 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

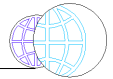
##### 1) Stazionarietà rispettata



##### 2) Isotropia rispettata



- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata

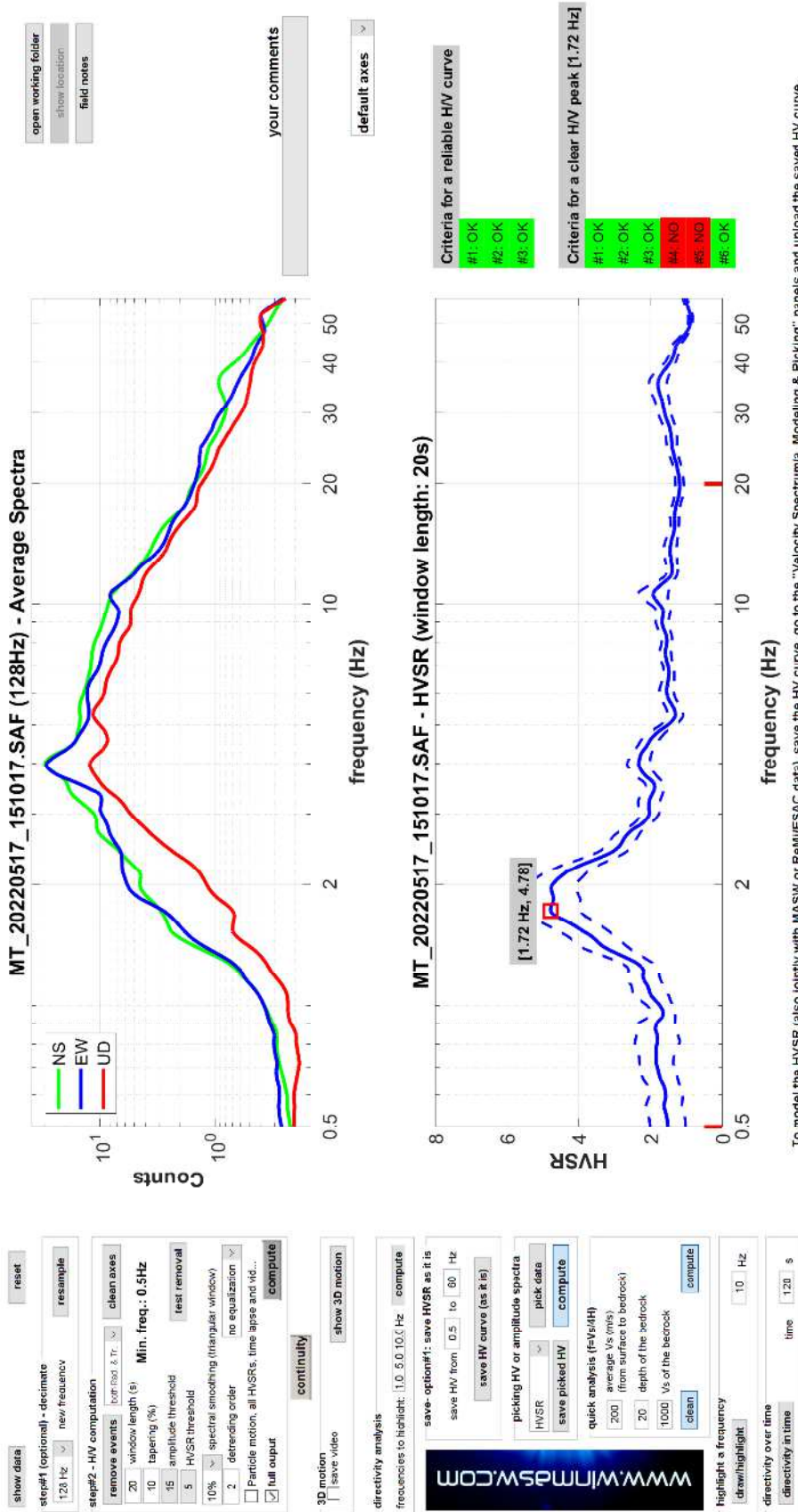


## 42 Castiglion Fibocchi – P125



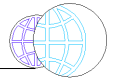
DATA	ORARIO	LUOGO
17/05/2022	15:10	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Gabriele Menchetti)	Latitudine	43.519779°
	Longitudine	11.764277°
	Quota (mslm)	255.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE		NUMERO PUNTO DI MISURA
MT_20220517_151017.SAF		42
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	leggero
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	28°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto
	LITOLOGIA	sabbioso
	ANTROPICO	no
	SUOLO	asciutto
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	bassa	
TRANSIENTI	no	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	no	
camion	no	
persone a piedi	no	
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
	filare 2m	1m
OSSERVAZIONI	cane che abbaia 2-4 minuti	





To model the HVSR (also jointly with MASW or REMMESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrogram, Modelling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 4,8 ad una frequenza di circa 1,7 Hz.



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220517\_151017.SAF

#### DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 17 15 10 17.000

Notes: 42\_Fibok\_MS2

#### DATA PROCESSING

Date: 23 5 2022

Time: 9 49

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 19.3

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 1.7 ( $\pm 0.4$ )

Peak HVSR value: 4.8 ( $\pm 0.8$ )

=== **Criteria for a reliable H/V curve** =====

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 1.720 > 0.5 (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]: 3817 > 200 (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

#1. [exists f- in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 0.5Hz (OK)

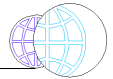
#2. [exists f+ in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 1.3Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]: 4.8 > 2 (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 0.405 > 0.172 (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.836 < 1.78 (OK)

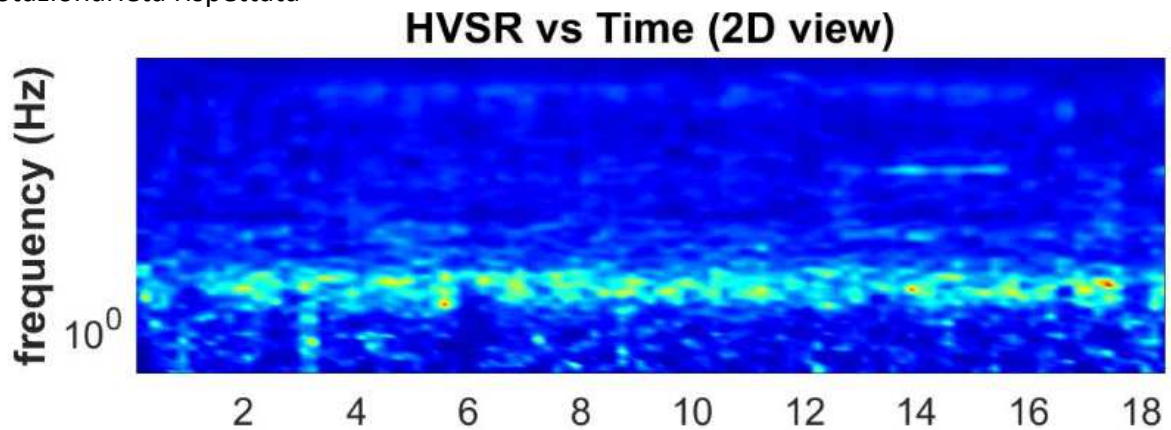


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

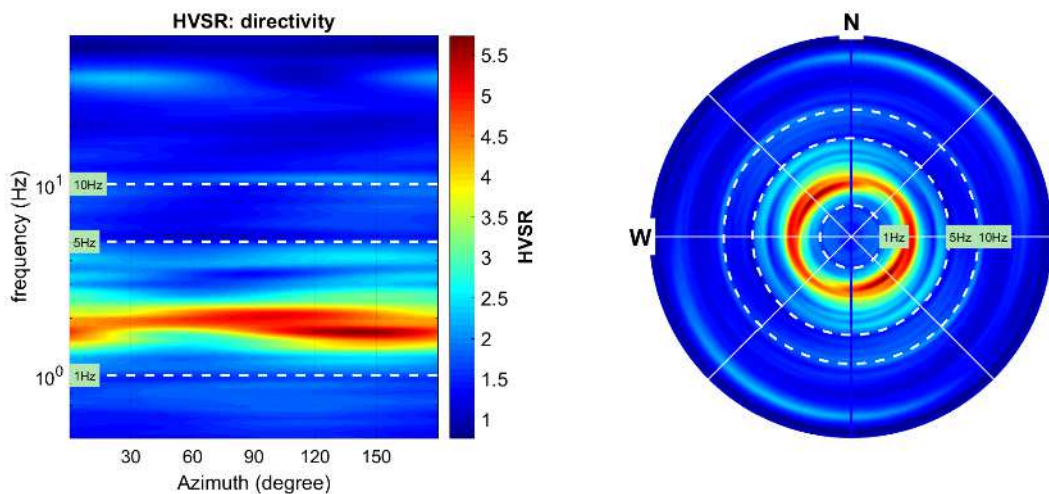
42 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

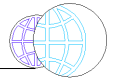
1) Stazionarietà rispettata



2) Isotropia rispettata



- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata

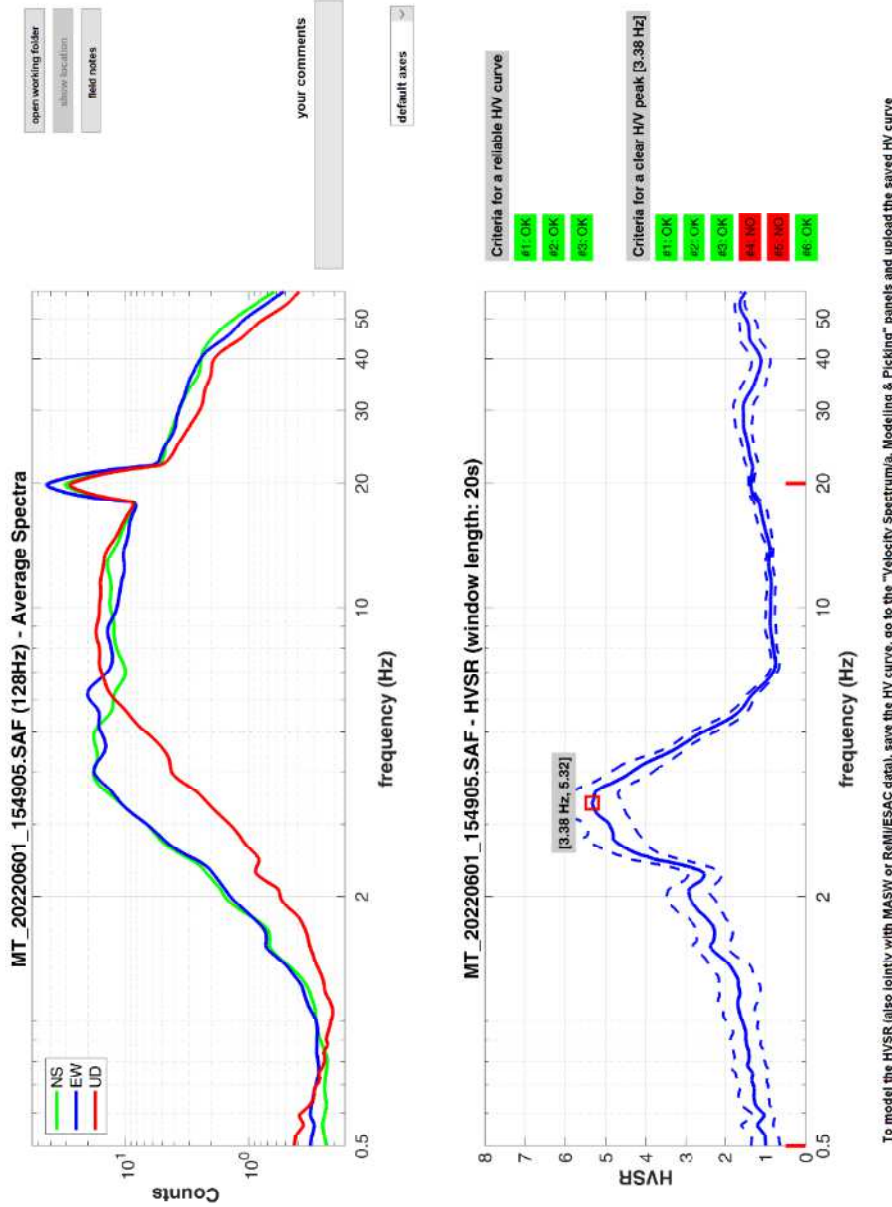


43 Castiglion Fibocchi – P126



DATA	ORARIO	LUOGO
01/06/2022	15:49	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Gabriele Menchetti, Andrea Martini)	Latitudine	43.529854°
	Longitudine	11.759395°
	Quota (mslm)	273.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE		NUMERO PUNTO DI MISURA
MT_20220601_154905.SAF		43
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	debole
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	31°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto riporto
	LITOLOGIA	sabbioso-ghiaioso
	ANTROPICO	si
	SUOLO	asciutto
ACCOPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	elevata	
TRANSIENTI	frequente	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	si	10m
camion	si	10m
persone a piedi		
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
OSSERVAZIONI	recizione elettrificata	5m





To model the HVSR (also jointly with MASW or RaMIESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrogram, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 5,3 ad una frequenza di circa 3,4 Hz.

Control panel for HVSR analysis. Includes buttons for 'show data', 'reset', 'resample', 'clean axes', 'compute', 'pick data', 'save HV curve', 'compute', 'highlight a frequency', 'draw highlight', 'directivity over time', 'directivity in time'. Parameters include 'Min. freq.: 0.5 Hz', 'window length (s): 20', 'amplitude threshold: 15', 'HVSR threshold: 5', 'spectral smoothing (triangular window): 10%', 'directivity analysis: frequencies to highlight: 1.0 & 0.1 C.D. Hz', 'save HVSR as it is', 'save HV from: 0.5 to 80 Hz', 'pick data', 'save HV curve (as it is)', 'compute', 'average V<sub>s</sub> (m/s): 200', 'depth of fit bedrock: 20', 'V<sub>s</sub> of the bedrock: 1000', 'highlight a frequency: 10 Hz', 'time: 120 s'.





Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220601\_154905.SAF

#### DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 06 01 15 49 05.000

Notes: 43\_cast\_fibok\_MS2

#### DATA PROCESSING

Date: 6 6 2022

Time: 9 2

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 3.4 ( $\pm 0.5$ )

Peak HVSR value: 5.3 ( $\pm 0.7$ )

=== **Criteria for a reliable H/V curve** =====

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]:  $3.377 > 0.5$  (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]:  $7496 > 200$  (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

#1. [exists f- in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 0.9Hz (OK)

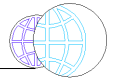
#2. [exists f+ in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 5.0Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]:  $5.3 > 2$  (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]:  $0.549 > 0.169$  (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]:  $1.215 < 1.58$  (OK)

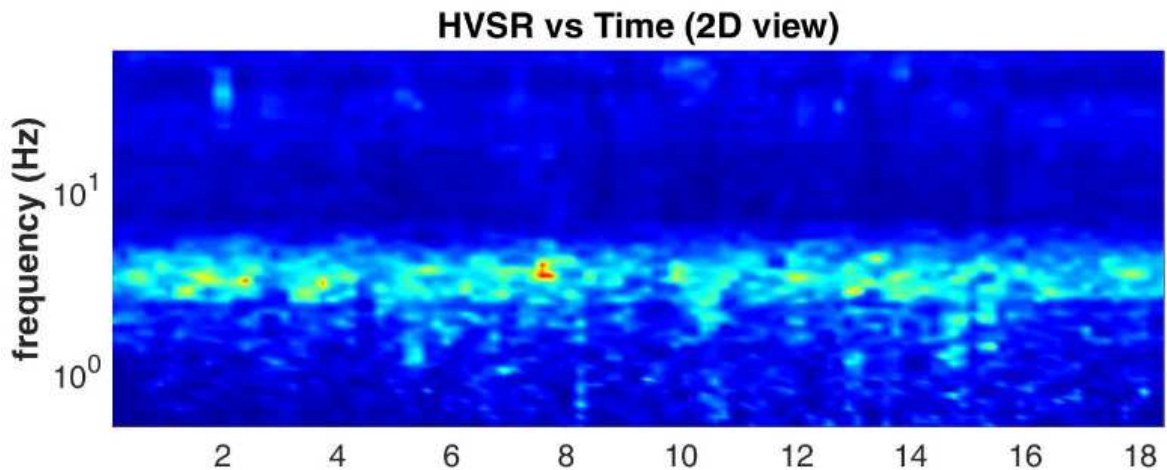


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

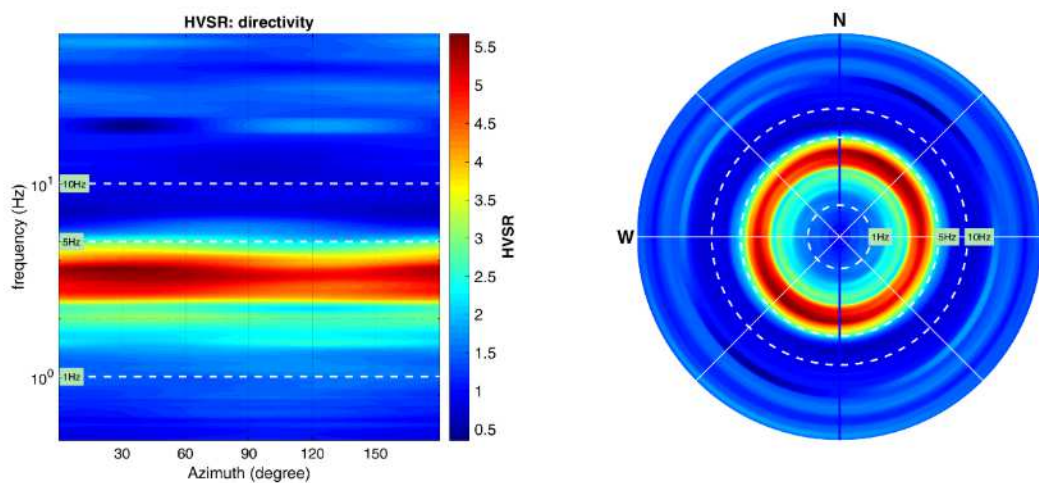
#### 43 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

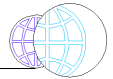
##### 1) Stazionarietà rispettata



##### 2) Isotropia rispettata



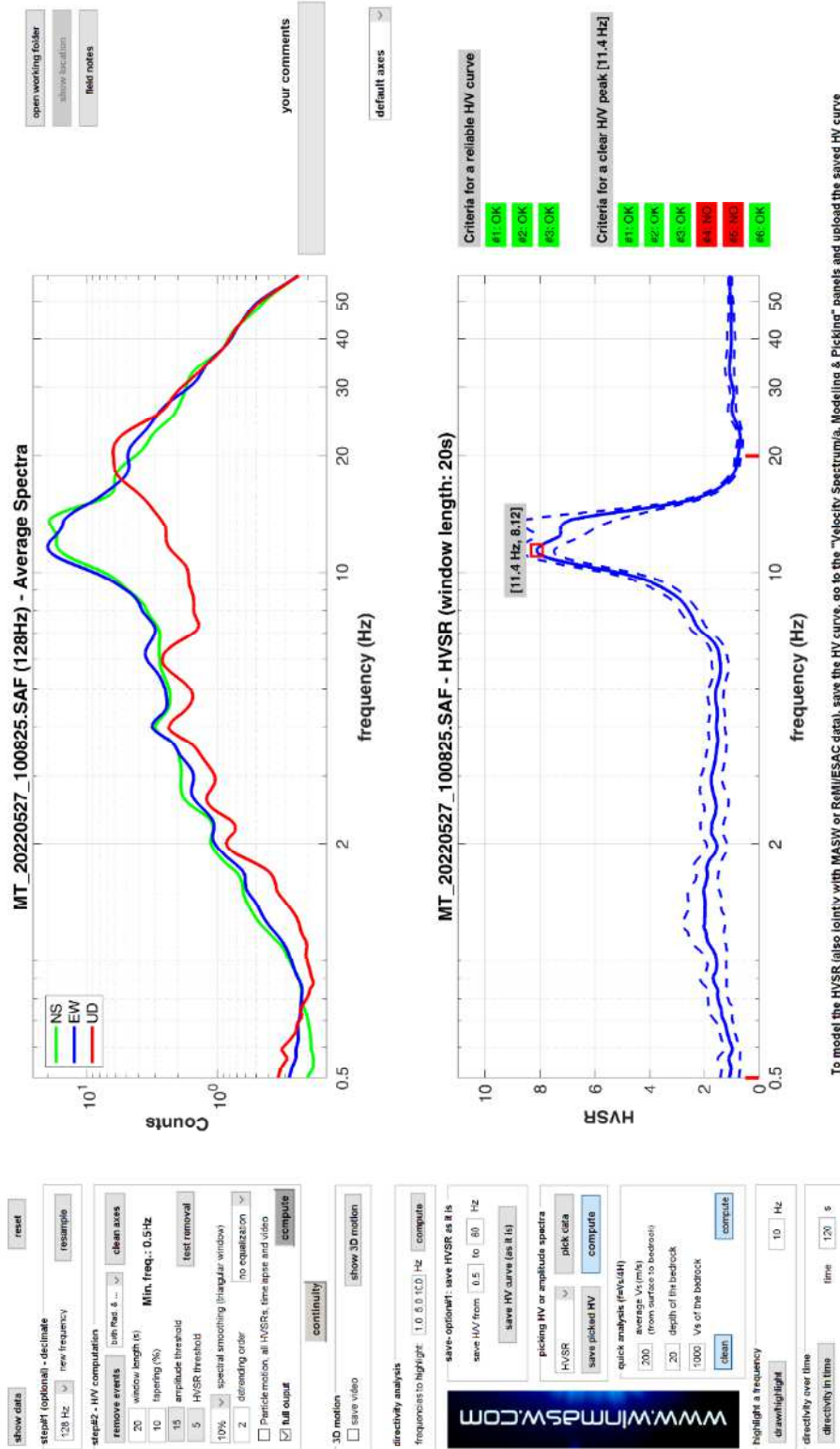
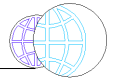
- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata



### 44 Castiglion Fibocchi – P127

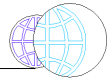


DATA	ORARIO	LUOGO
27/05/2022	10:08	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Andrea Martini, Matteo Frasconi)	Latitudine	43.527930°
	Longitudine	11.766495°
	Quota (mslm)	289.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE		NUMERO PUNTO DI MISURA
MT_20220527_100825.SAF		44
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	assente
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	27°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto riporto
	LITOLOGIA	sabbioso
	ANTROPICO	si
	SUOLO	asciutto
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	elevata	
TRANSIENTI	poco frequenti	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	si	10m
camion	no	
persone a piedi	no	
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
	6-8m	10m
OSSERVAZIONI		



To model the HVSR (also jointly with MASW or RaMIESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrogram, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 8,1 ad una frequenza di circa 11,4 Hz.



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220527\_100825.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 27 10 08 25.000

Notes: 44\_castfibok\_AR\_MS2

DATA PROCESSING

Date: 27 5 2022

Time: 17 48

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 11.4 ( $\pm 1.7$ )

Peak HVSR value: 8.1 ( $\pm 0.6$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 11.412 > 0.5 (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]: 23965 > 200 (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

#1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 2.9Hz (OK)

#2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 14.7Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]: 8.1 > 2 (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 1.721 > 0.571 (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 1.156 < 1.58 (OK)



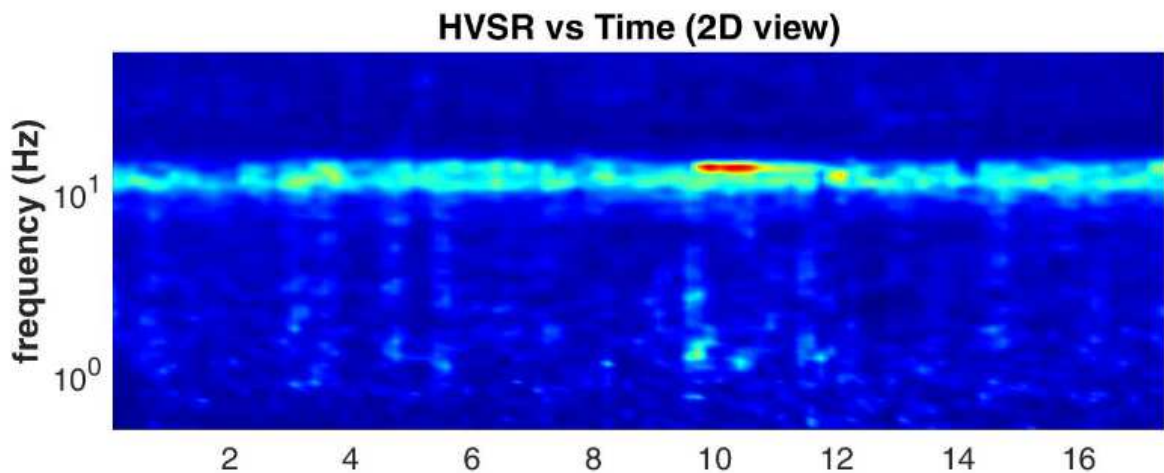


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

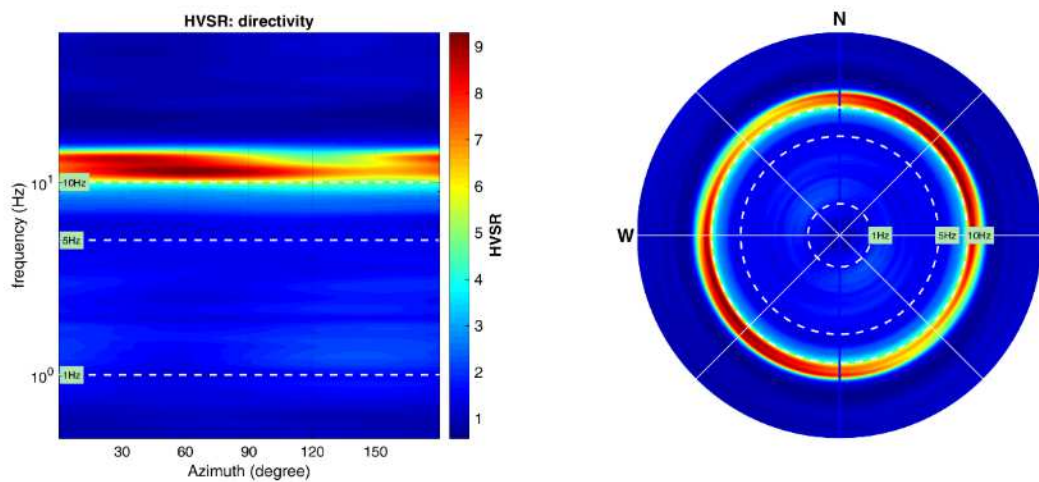
#### 44 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

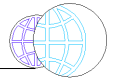
##### 1) Stazionarietà rispettata



##### 2) Isotropia rispettata



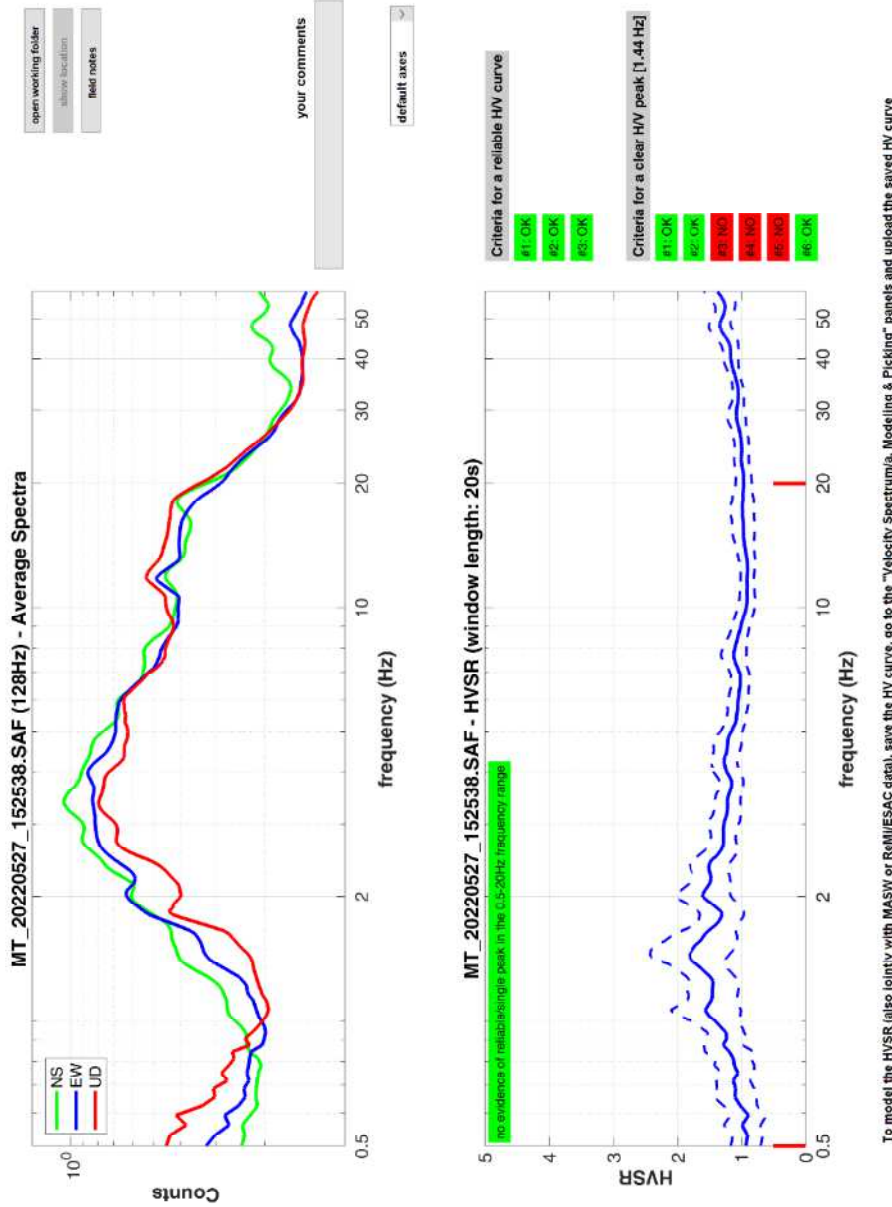
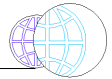
- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata



### 45 Castiglion Fibocchi – P128

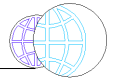


DATA	ORARIO	LUOGO
27/05/2022	15:25	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Andrea Martini, Matteo Frasconi)	Latitudine	43.539023°
	Longitudine	11.757824°
	Quota (mslm)	349.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE		NUMERO PUNTO DI MISURA
MT_20220527_152538.SAF		45
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	assente
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	30°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto riporto
	LITOLOGIA	sabbioso ghiaiosa
	ANTROPICO	si
	SUOLO	asciutto
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	elevata	
TRANSIENTI	poco frequenti	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	no	
camion	no	
persone a piedi	no	
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
OSSERVAZIONI		



To model the HVSR (also jointly with MASW or RaMIESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrumia, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 1,8 ad una frequenza di circa 1,4 Hz.



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220527\_152538.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 27 15 25 38.000

Notes: 45\_castfibok\_AR\_MS2

DATA PROCESSING

Date: 27 5 2022

Time: 17 49

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 1.4 ( $\pm 1.5$ )

Peak HVSR value: 1.8 ( $\pm 0.6$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve ===

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]:  $1.438 > 0.5$  (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]:  $3308 > 200$  (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ===

#1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 0.4Hz (OK)

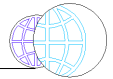
#2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes (considering standard deviations), at frequency Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]:  $1.8 < 2$  (NO)

#4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)

#5. [ $\sigma_A(f) < \epsilon(f_0)$ ]:  $1.492 > 0.144$  (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]:  $0.567 < 1.78$  (OK)



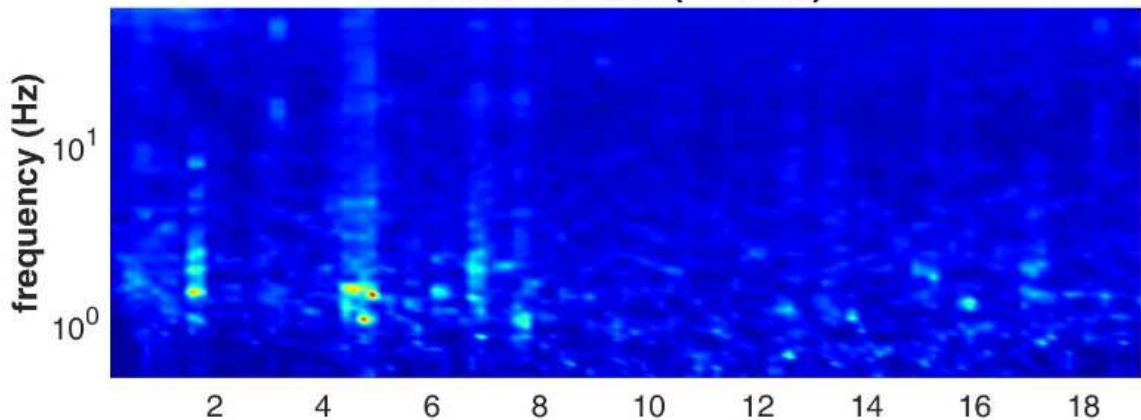
Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

45 Castiglion Fibocchi:

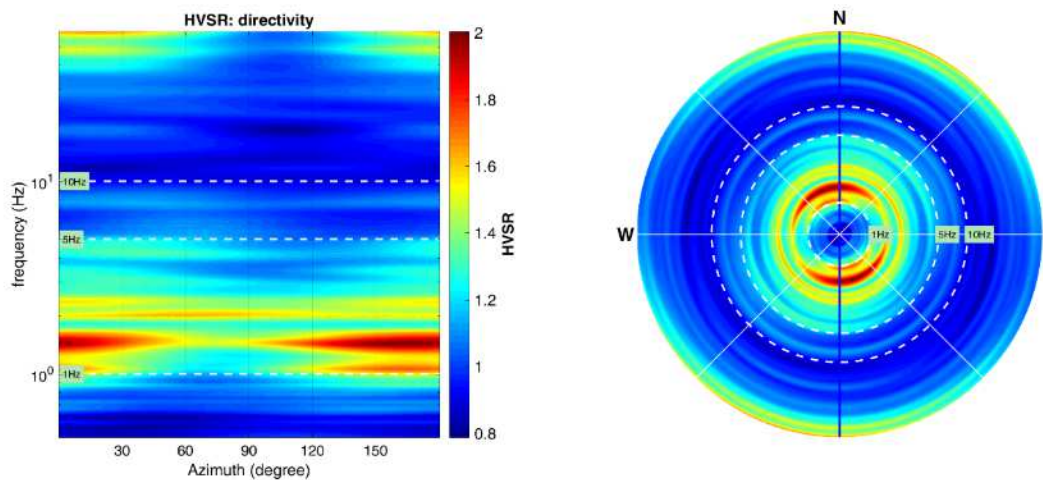
- CLASSE B: H/V sospetta (da “interpretare”): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

1) Stazionarietà rispettata

**HVSR vs Time (2D view)**

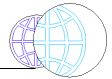


2) Isotropia rispettata



- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata

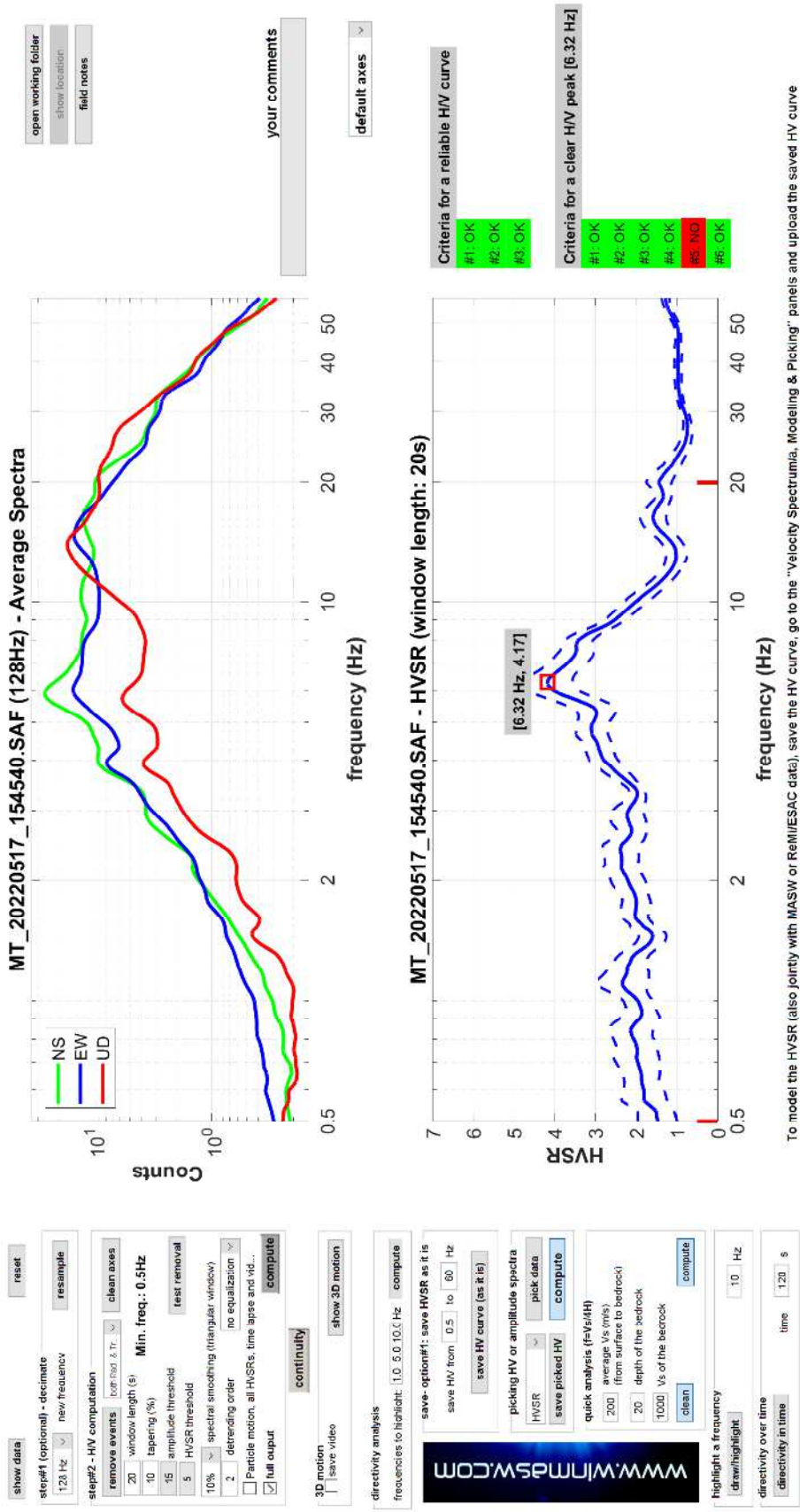
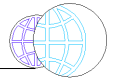




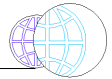
46 Castiglion Fibocchi – P129



DATA	ORARIO	LUOGO
17/05/2022	15:45	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Gabriele Menchetti)	Latitudine	43.528773°
	Longitudine	11.755902°
	Quota (mslm)	266.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE	NUMERO PUNTO DI MISURA	
MT_20220517_154540.SAF	46	
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	leggero
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	28°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto
	LITOLOGIA	sabbioso
	ANTROPICO	no
	SUOLO	asciutto
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	scarsa	
TRANSIENTI	frequenti	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	si	20m
camion	si	20m
persone a piedi	no	
altro	5 moto	20m
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
	no	
OSSERVAZIONI		



È individuabile un picco di ampiezza 4,2 ad una frequenza di circa 6,3 Hz.



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220517\_154540.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 17 15 45 40.000

Notes: 46\_Fibok\_MS2

DATA PROCESSING

Date: 23 5 2022

Time: 9 52

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 6.3 ( $\pm 2.5$ )

Peak HVSR value: 4.2 ( $\pm 0.6$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 6.316 > 0.5 (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]: 12757 > 200 (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

#1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 1.6Hz (OK)

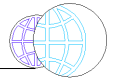
#2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 9.9Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]: 4.2 > 2 (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 2.493 > 0.316 (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 1.244 < 1.58 (OK)

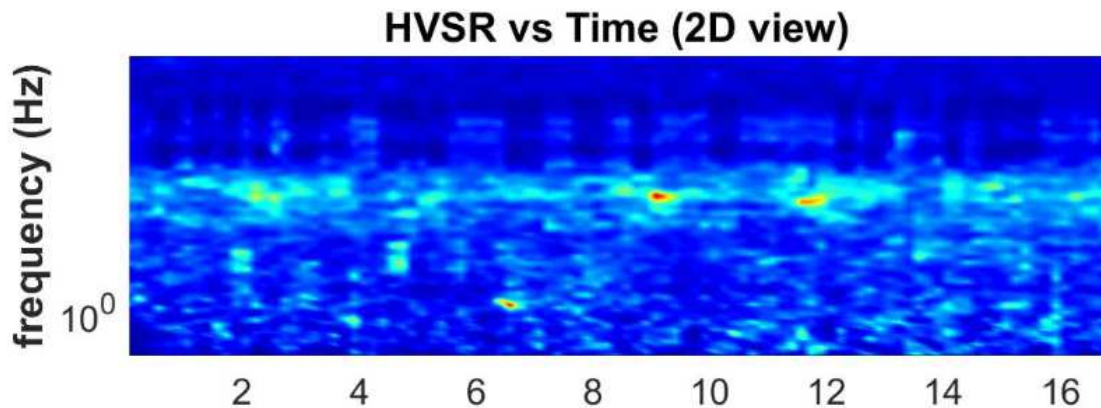


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

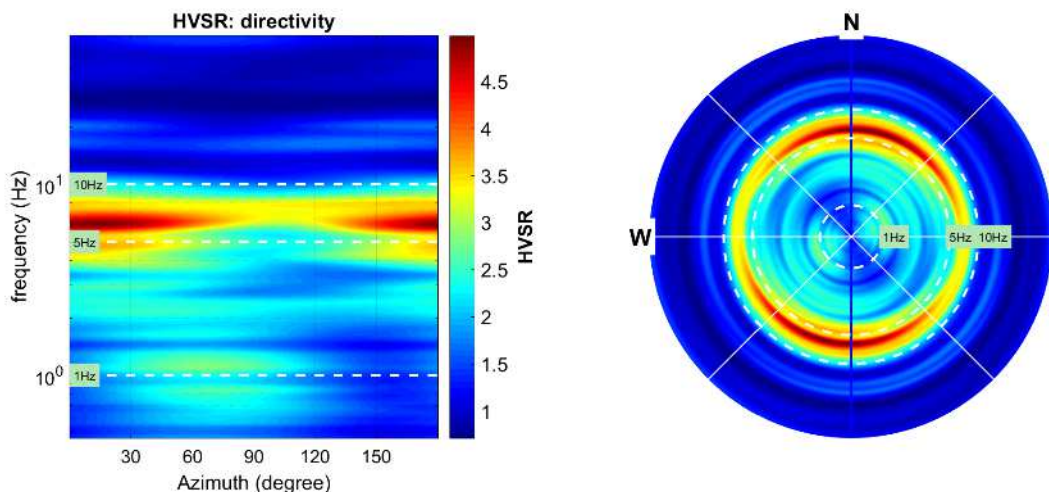
46 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

1) Stazionarietà rispettata



2) Isotropia rispettata



- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata



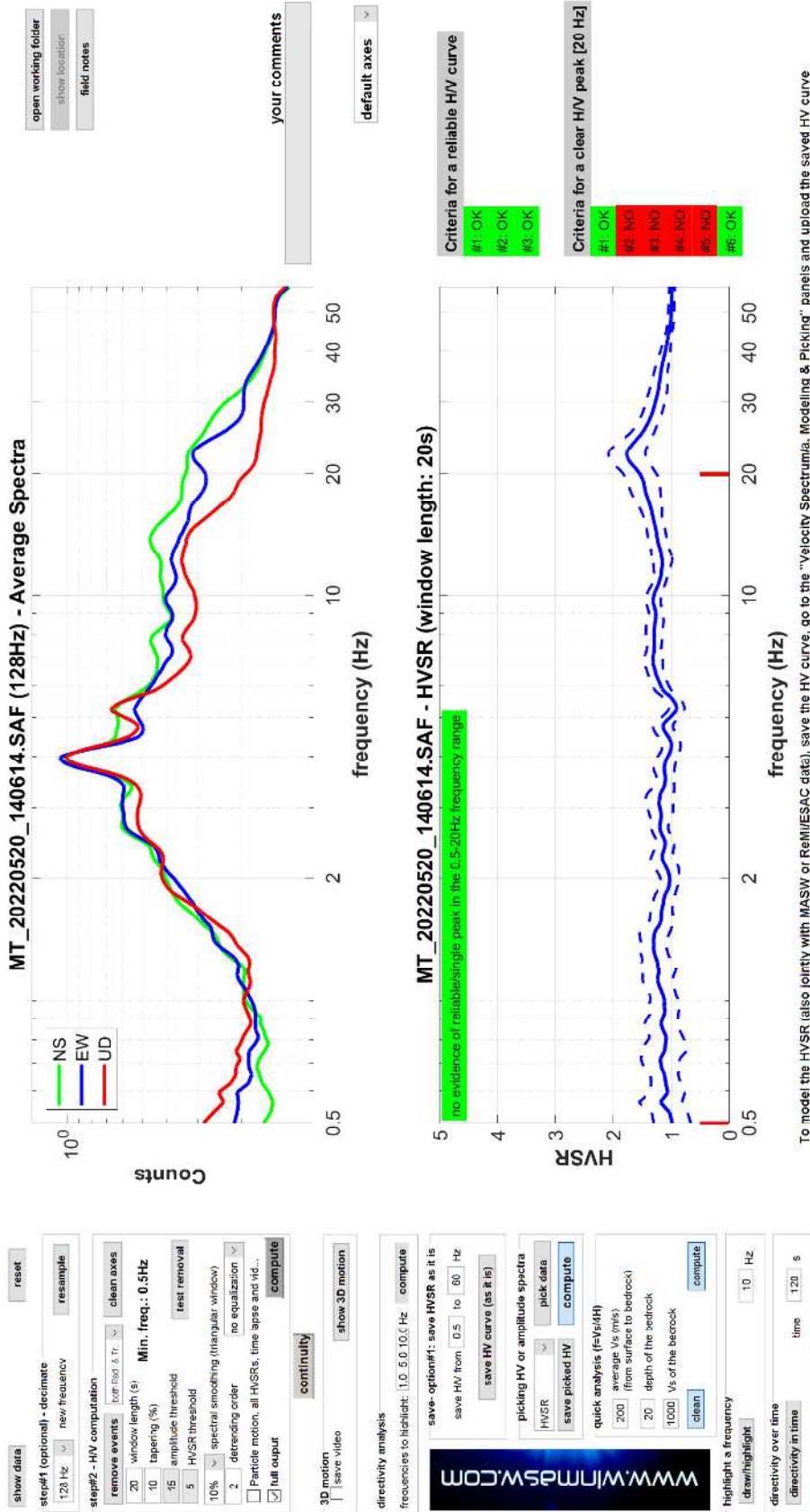


47 Gello Biscardo – P130



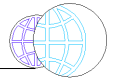
DATA	ORARIO	LUOGO
20/05/2022	14:07	Gello Biscardo Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Andrea Martini, Matteo Frasconi)	Latitudine	43.563876°
	Longitudine	11.741410°
	Quota (mslm)	494.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE		NUMERO PUNTO DI MISURA
MT_20220520_140614.SAF		47
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	debole
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	30°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto riporto
	LITOLOGIA	sabbia-ghiaiosa
	ANTROPICO	si
	SUOLO	asciutto
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	bassa	
TRANSIENTI	poco frequenti	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	no	
camion	no	
persone a piedi	si	5m
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
OSSERVAZIONI	vicino fiume	10m





To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMiESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrogram, Modelling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 1,5 ad una frequenza di circa 20,0 Hz.



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220520\_140614.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 20 14 06 14.000

Notes: 47\_gello\_CastFibocchi\_MS2

DATA PROCESSING

Date: 23 5 2022

Time: 9 54

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 20.0 ( $\pm 6.2$ )

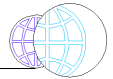
Peak HVSR value: 1.5 ( $\pm 0.3$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 20.010 > 0.5 (OK)
- #2. [ $nc > 200$ ]: 42021 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. [exists f- in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f-) < A_0/2$ ]: yes (considering standard deviations), at frequency 5.0Hz (OK)
- #2. [exists f+ in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 1.5 < 2 (NO)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 6.198 > 1.000 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.568 < 1.58 (OK)

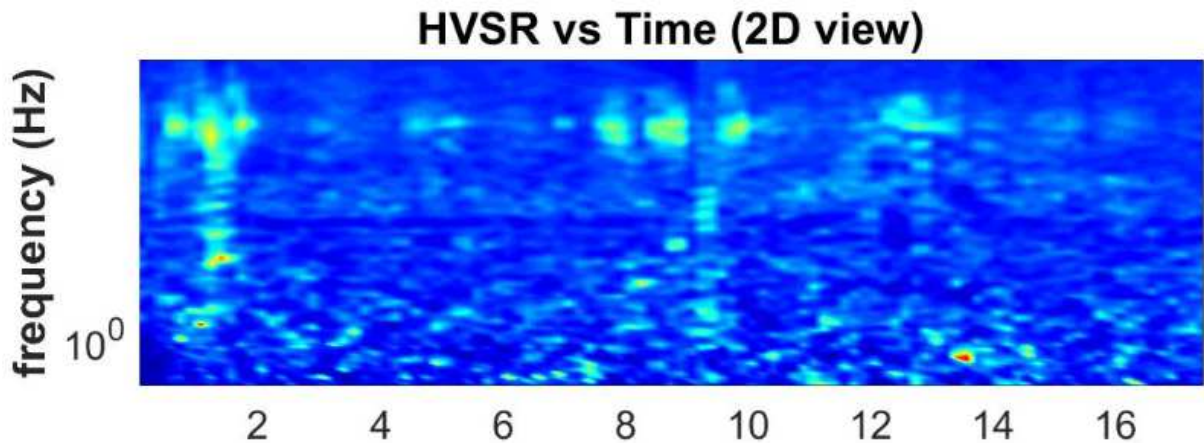


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

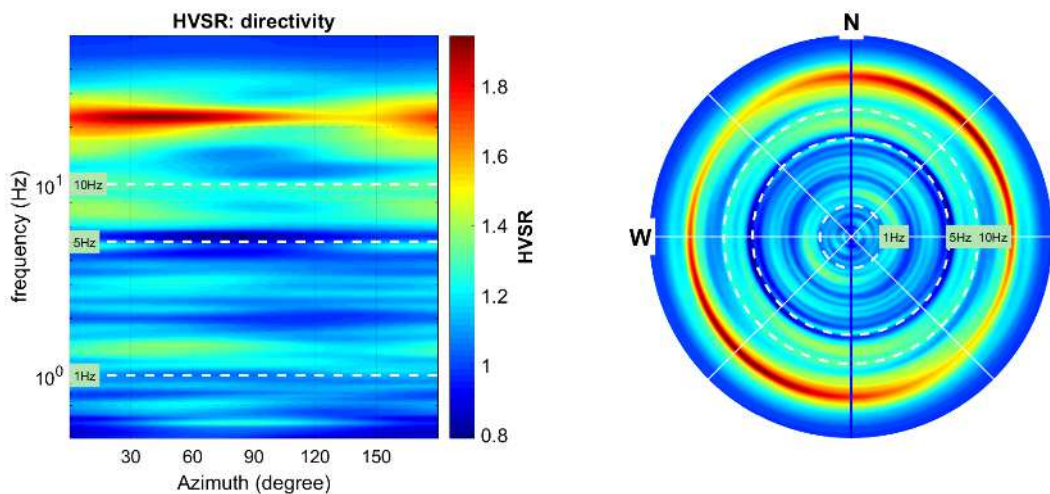
47 Gello Biscardo:

- CLASSE B: H/V sospetta (da “interpretare”): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

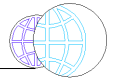
1) Stazionarietà rispettata



2) Isotropia rispettata



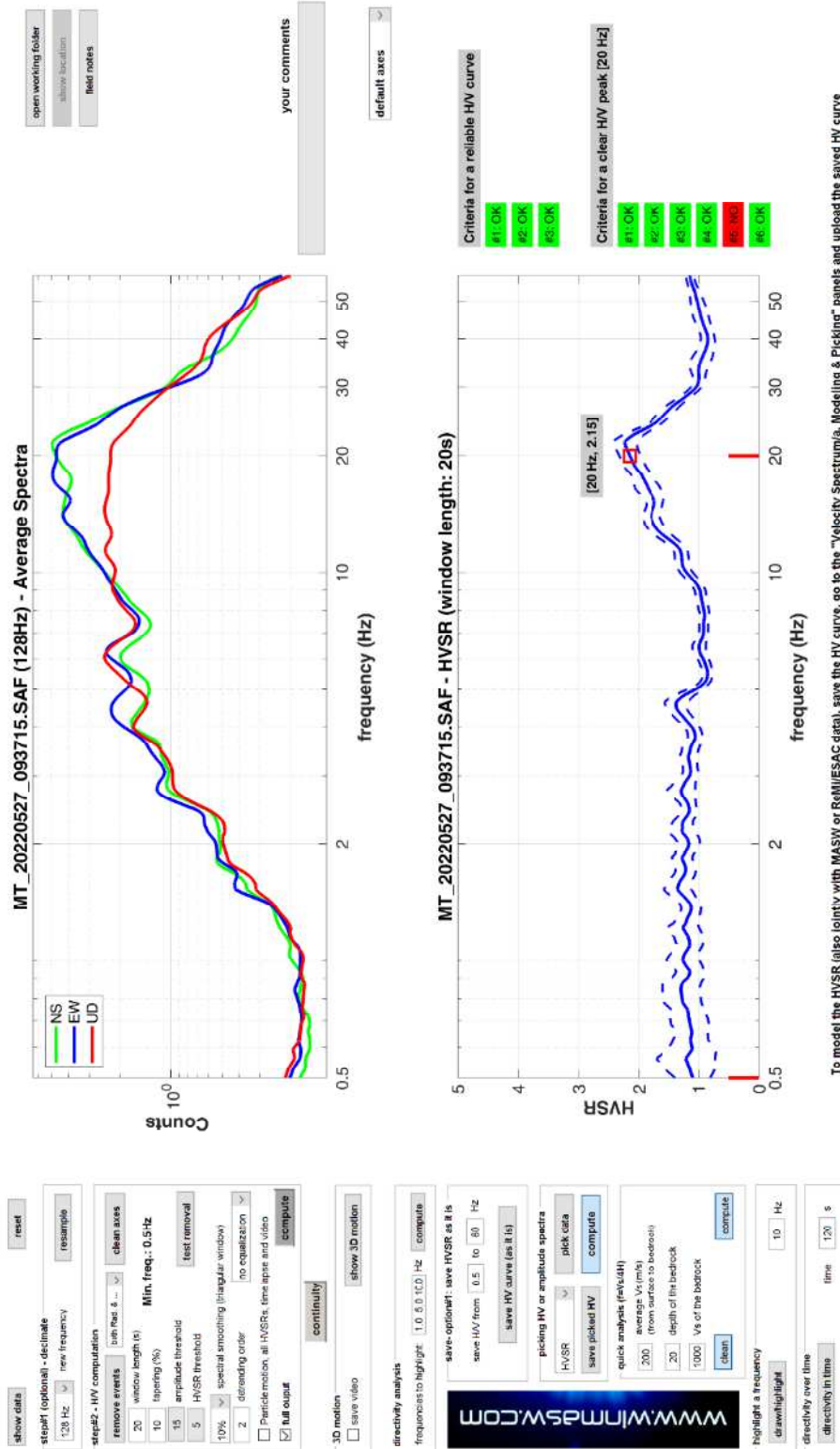
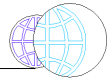
- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata



48 Castiglion Fibocchi– P131



DATA	ORARIO	LUOGO
27/05/2022	09:37	Castiglion Fibocchi scuola
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Andrea Martini, Matteo Frasconi)	Latitudine	43.529302°
	Longitudine	11.763226°
	Quota (mslm)	280.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE		NUMERO PUNTO DI MISURA
MT_20220527_093715.SAF		48
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	assente
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	25°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto riporto
	LITOLOGIA	sabbioso
	ANTROPICO	si
	SUOLO	poco umido
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	elevata	
TRANSIENTI	poco frequenti	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	si	10m
camion	no	
persone a piedi	no	
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
	6-8m	20m
OSSERVAZIONI		



To model the HVSR (also jointly with MASW or RaMIESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrogram, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 2,2 ad una frequenza di circa 20,0 Hz.





Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220527\_093715.SAF

#### DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 27 09 37 15.000

Notes: 48\_scuola\_castfibok\_AR\_MS2

#### DATA PROCESSING

Date: 27 5 2022

Time: 17 52

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 19.6

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 20.0 ( $\pm 8.4$ )

Peak HVSR value: 2.2 ( $\pm 0.2$ )

=== **Criteria for a reliable H/V curve** =====

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 20.010 > 0.5 (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]: 38019 > 200 (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

#1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 5.0Hz (OK)

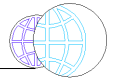
#2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 29.6Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.2 > 2 (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 8.397 > 1.000 (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.357 < 1.58 (OK)

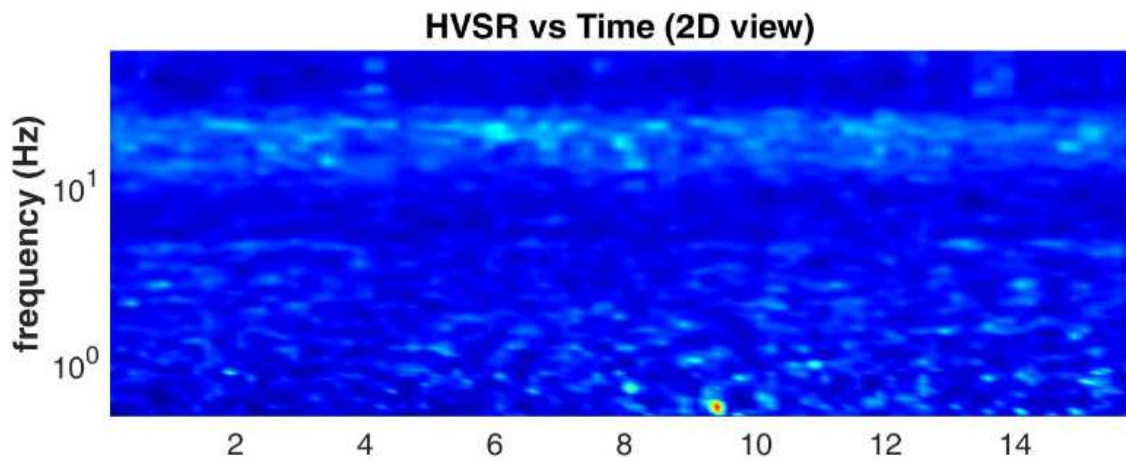


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

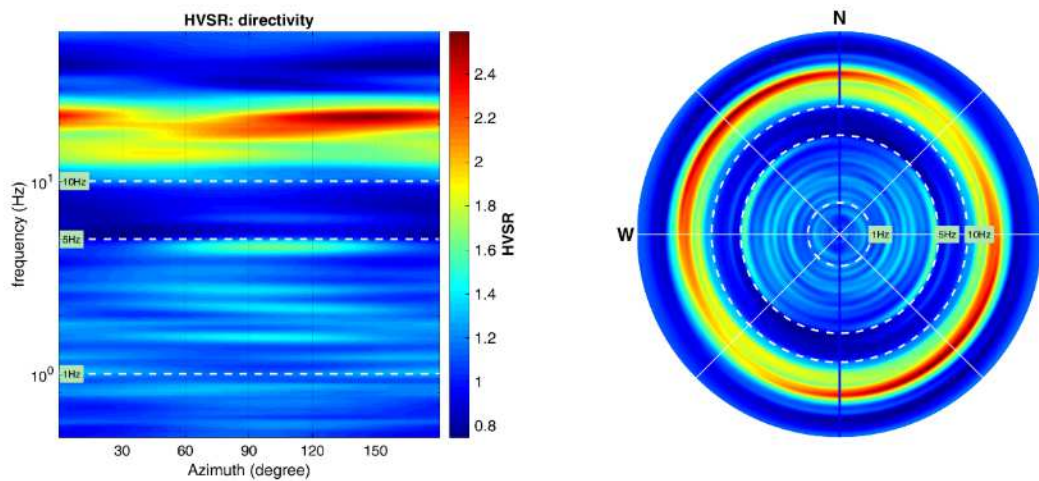
48 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

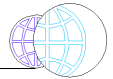
1) Stazionarietà rispettata



2) Isotropia rispettata



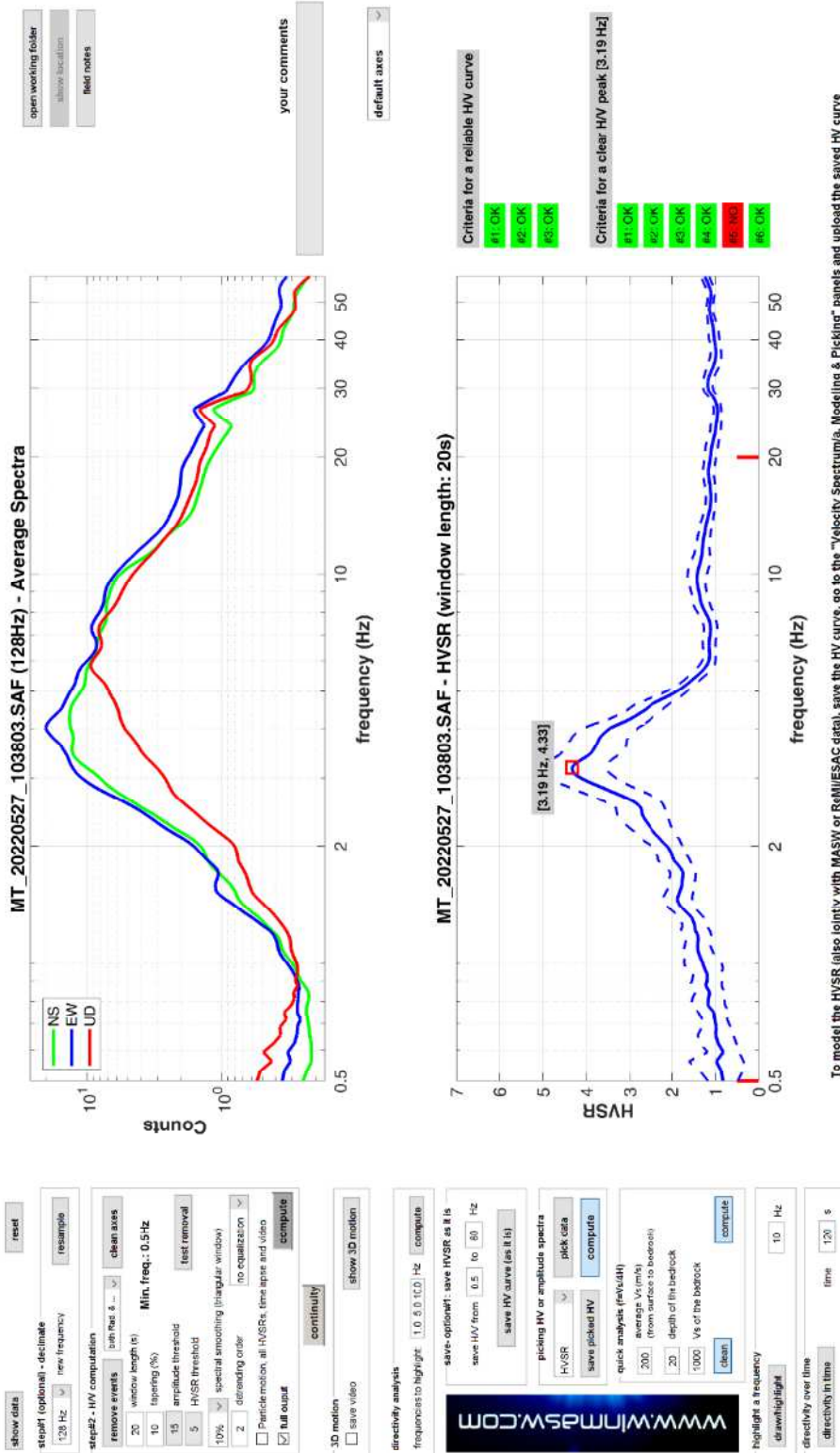
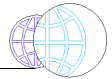
- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata



49 Castiglion Fibocchi– P132

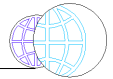


	ORARIO	LUOGO
27/05/2022	10:38	Castiglion Fibocchi
<b>OPERATORE</b>	<b>Coordinate</b>	
ProGeo Engineering (Andrea Martini, Matteo Frasconi)	Latitudine	43.527028°
	Longitudine	11.769502°
	Quota (mslm)	259.0
<b>TIPO DI STAZIONE</b>	<b>TIPO DI SENSORI</b>	<b>TIPO DI ARCHIVIAZIONE</b>
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
<b>NOME FILE</b>		<b>NUMERO PUNTO DI MISURA</b>
MT_20220527_103803.SAF		49
<b>AMPLIFICAZIONE</b>	<b>FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)</b>	<b>DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)</b>
74 nV/count	300	1200
<b>CONDIZIONI METEO</b>	VENTO	debole
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	28°C
	altre osservazioni	
<b>TIPO DI SUOLO</b>	TERRENO	compatto
	LITOLOGIA	sabbioso-frammenti litoidi
	ANTROPICO	no
	SUOLO	asciutto
<b>ACCOPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO</b>	NO	
<b>DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE</b>	scarsa	
<b>TRANSIENTI</b>	poco frequenti	<b>DISTANZA DALLA STAZIONE</b>
auto	no	
camion	no	
persone a piedi	no	
altro		
<b>SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO</b>		
<b>PRESENZA DI STRUTTURE VICINE</b>	ALTEZZA	<b>DISTANZA DALLA STAZIONE</b>
<b>OSSERVAZIONI</b>		



To model the HVSR (also jointly with MASW or RaMIESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrogram, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 4,3 ad una frequenza di circa 3,2 Hz.



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220527\_103803.SAF

#### DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 27 10 38 03.000

Notes: 49\_castfibok\_AR\_MS2

#### DATA PROCESSING

Date: 27 5 2022

Time: 17 54

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 3.2 ( $\pm 0.8$ )

Peak HVSR value: 4.3 ( $\pm 0.8$ )

=== **Criteria for a reliable H/V curve** =====

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 3.189 > 0.5 (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]: 7207 > 200 (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

#1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 0.8Hz (OK)

#2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 4.8Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]: 4.3 > 2 (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 0.767 > 0.159 (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 1.416 < 1.58 (OK)



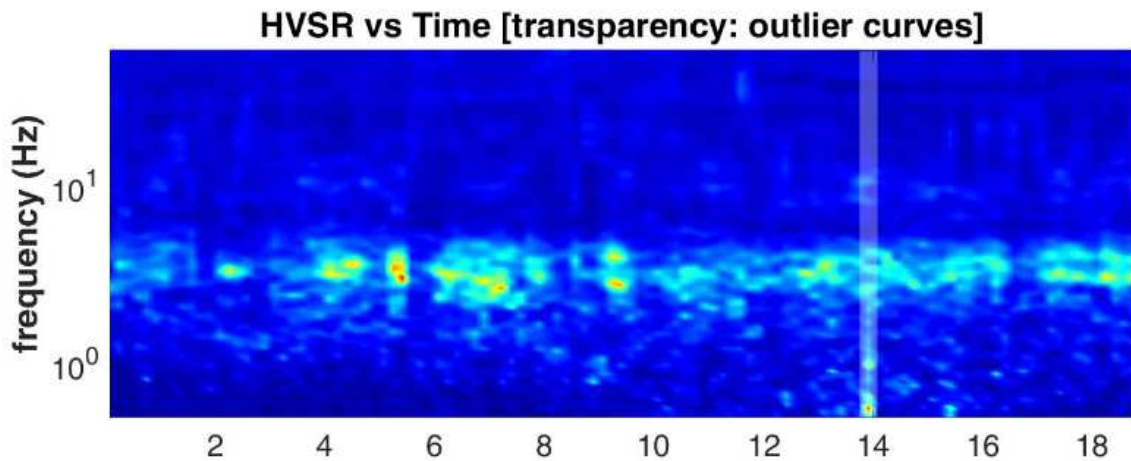


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

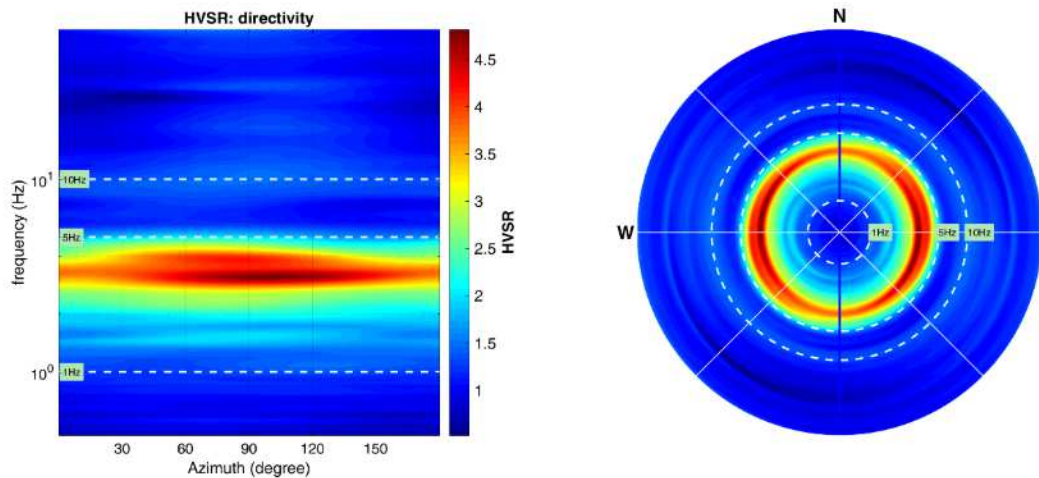
49 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

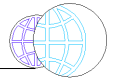
1) Stazionarietà rispettata



2) Isotropia rispettata



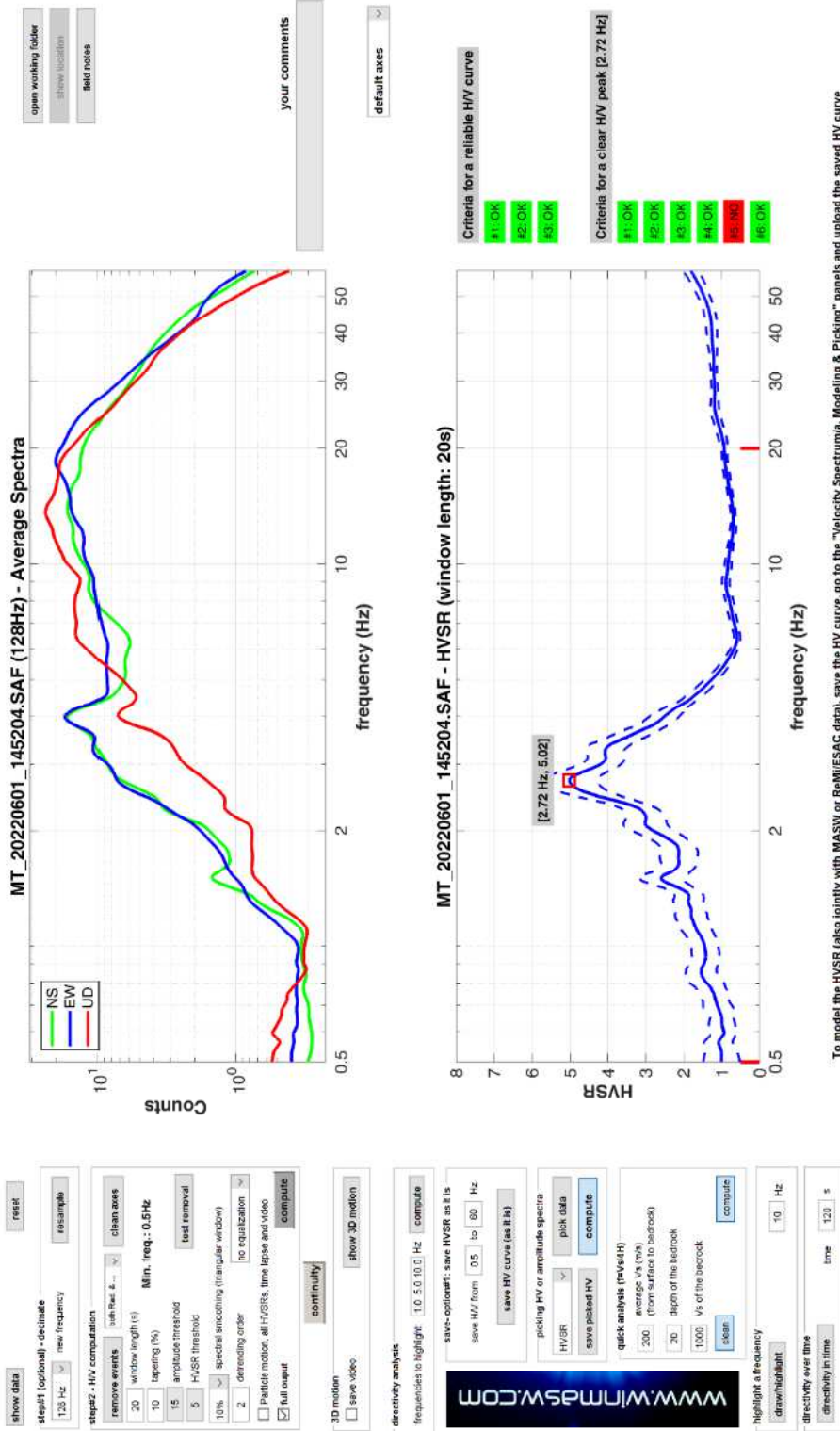
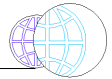
- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata



50 Castiglion Fibocchi– P133

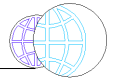


DATA	ORARIO	LUOGO
01/06/2022	14:52	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Gabriele Menchetti, Andrea Martini)	Latitudine	43.529415°
	Longitudine	11.748685°
	Quota (mslm)	272.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE		NUMERO PUNTO DI MISURA
MT_20220601_145204.SAF		50
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	debole
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	30°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto
	LITOLOGIA	sabbioso
	ANTROPICO	no
	SUOLO	asciutto
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	bassa	
TRANSIENTI	frequente	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	si	10m
camion	si	10m
persone a piedi	no	
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
OSSERVAZIONI		



To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMIESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 5,0 ad una frequenza di circa 2,7 Hz.



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220601\_145204.SAF

#### DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 06 01 14 52 04.000

Notes: 50\_cast\_fibok\_MS2

#### DATA PROCESSING

Date: 6 6 2022

Time: 9 5

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 2.7 ( $\pm 0.6$ )

Peak HVSR value: 5.0 ( $\pm 0.7$ )

=== **Criteria for a reliable H/V curve** =====

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 2.720 > 0.5 (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]: 5930 > 200 (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

#1. [exists f- in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 0.7Hz (OK)

#2. [exists f+ in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 4.0Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]: 5.0 > 2 (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 0.581 > 0.136 (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.978 < 1.58 (OK)



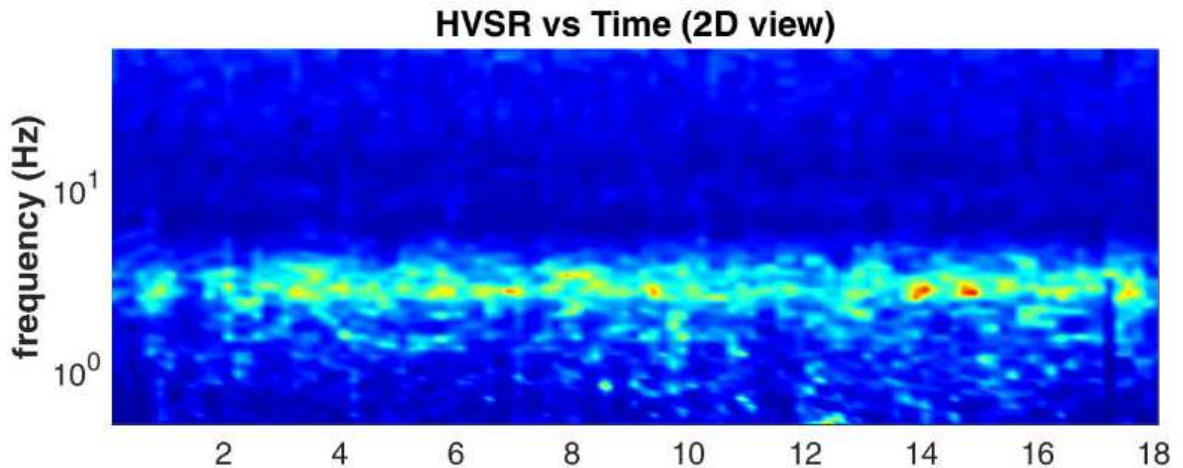


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

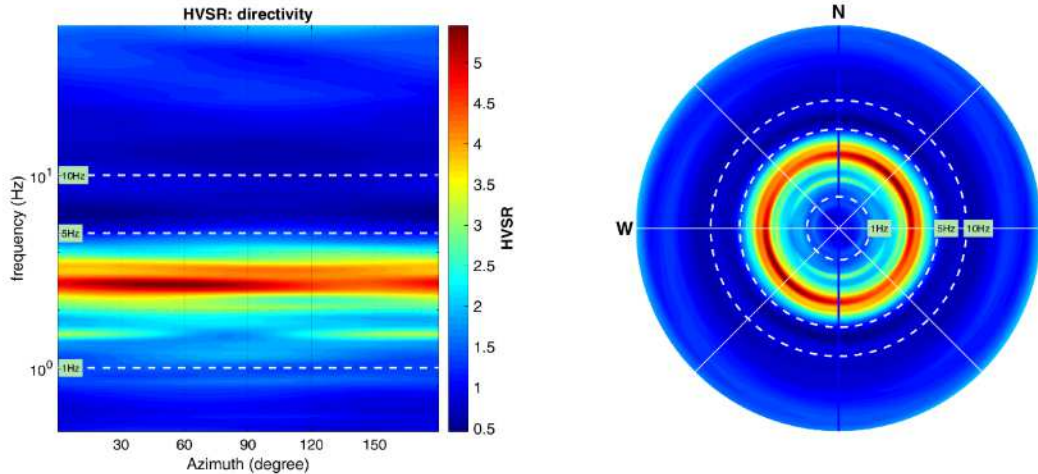
50 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

1) Stazionarietà rispettata

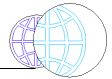


2) Isotropia rispettata



- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata

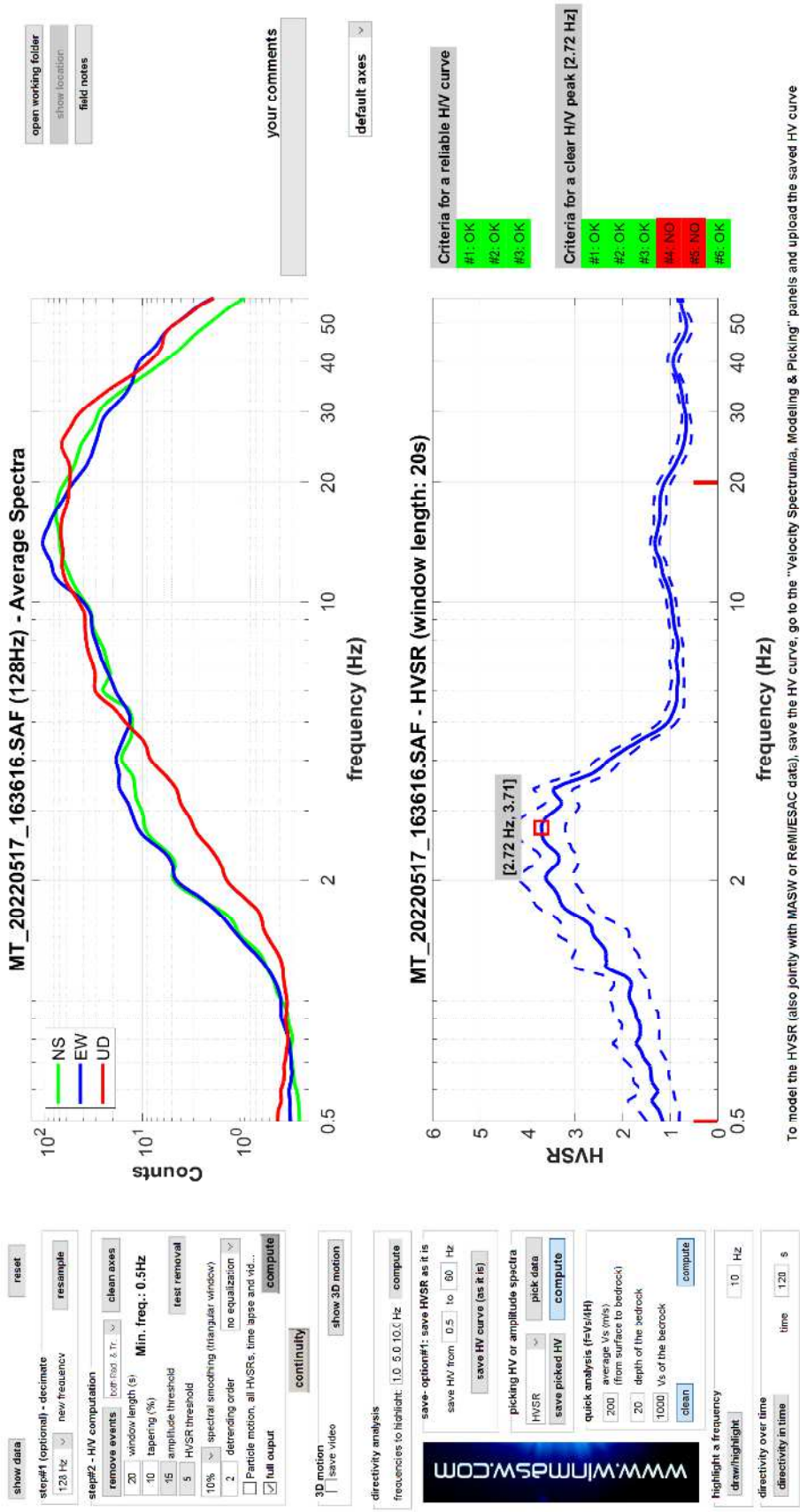
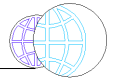




51 Castiglion Fibocchi– P134

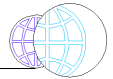


DATA	ORARIO	LUOGO
17/05/2022	16:30	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Gabriele Menchetti)	Latitudine	43.522814°
	Longitudine	11.755027°
	Quota (mslm)	263.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE		NUMERO PUNTO DI MISURA
MT_20220517_163616.SAF		51
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	leggero
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	28°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto
	LITOLOGIA	ghiaia-sabbiosa
	ANTROPICO	no
	SUOLO	asciutto
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	scarsa	
TRANSIENTI	frequenti	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	si	20m
camion	si	20m
persone a piedi	no	
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
	6m	20m
OSSERVAZIONI	capannoni zona industriale, erba alta	



To model the HVSR (also jointly with MASW or REMMESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrumia, Modelling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 3,7 ad una frequenza di circa 2,7 Hz.



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220517\_163616.SAF

#### DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 17 16 36 16.000

Notes: 51\_Fibok\_MS2

#### DATA PROCESSING

Date: 23 5 2022

Time: 9 57

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 2.7 ( $\pm 0.7$ )

Peak HVSR value: 3.7 ( $\pm 0.5$ )

=== **Criteria for a reliable H/V curve** =====

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 2.720 > 0.5 (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]: 5821 > 200 (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

#1. [exists f- in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 0.7Hz (OK)

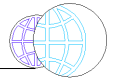
#2. [exists f+ in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 4.4Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]: 3.7 > 2 (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 0.742 > 0.136 (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.849 < 1.58 (OK)

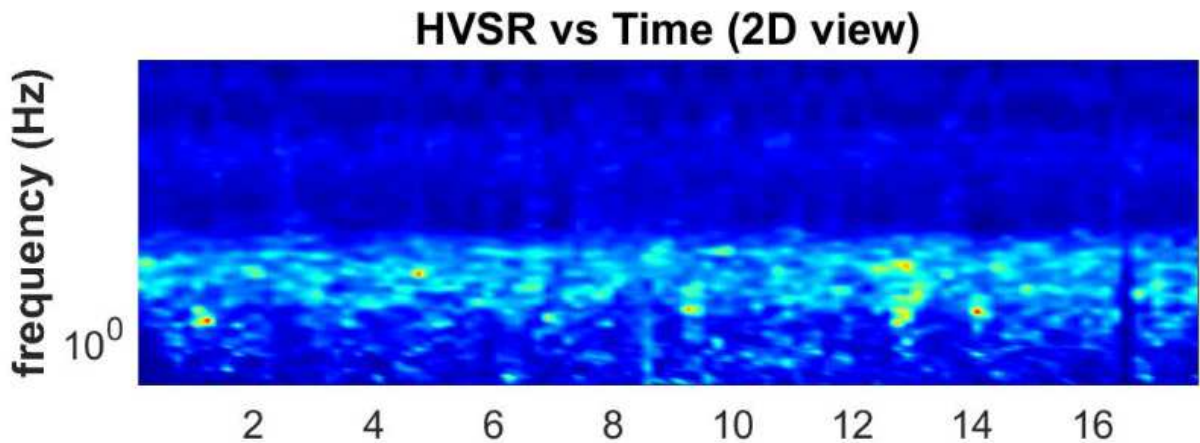


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

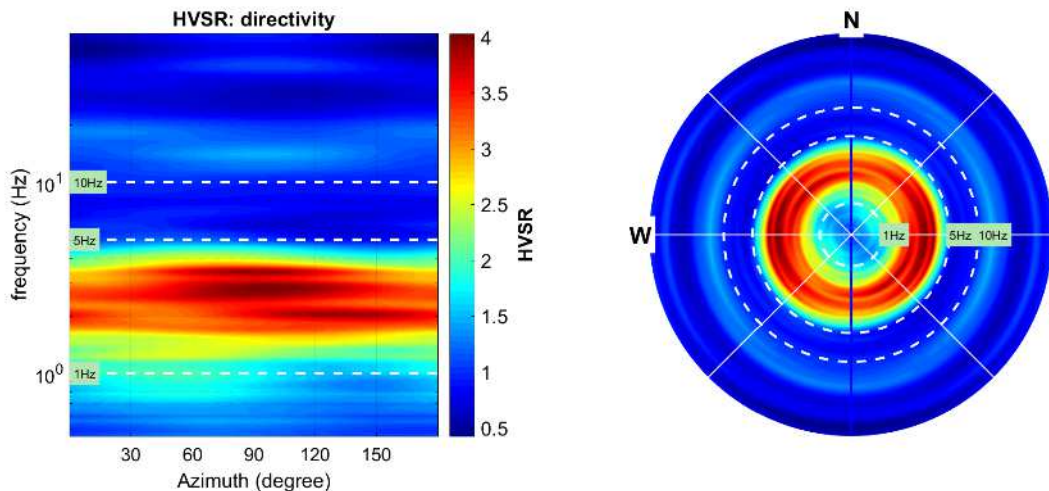
51 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

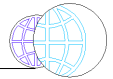
1) Stazionarietà rispettata



2) Isotropia rispettata



- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata

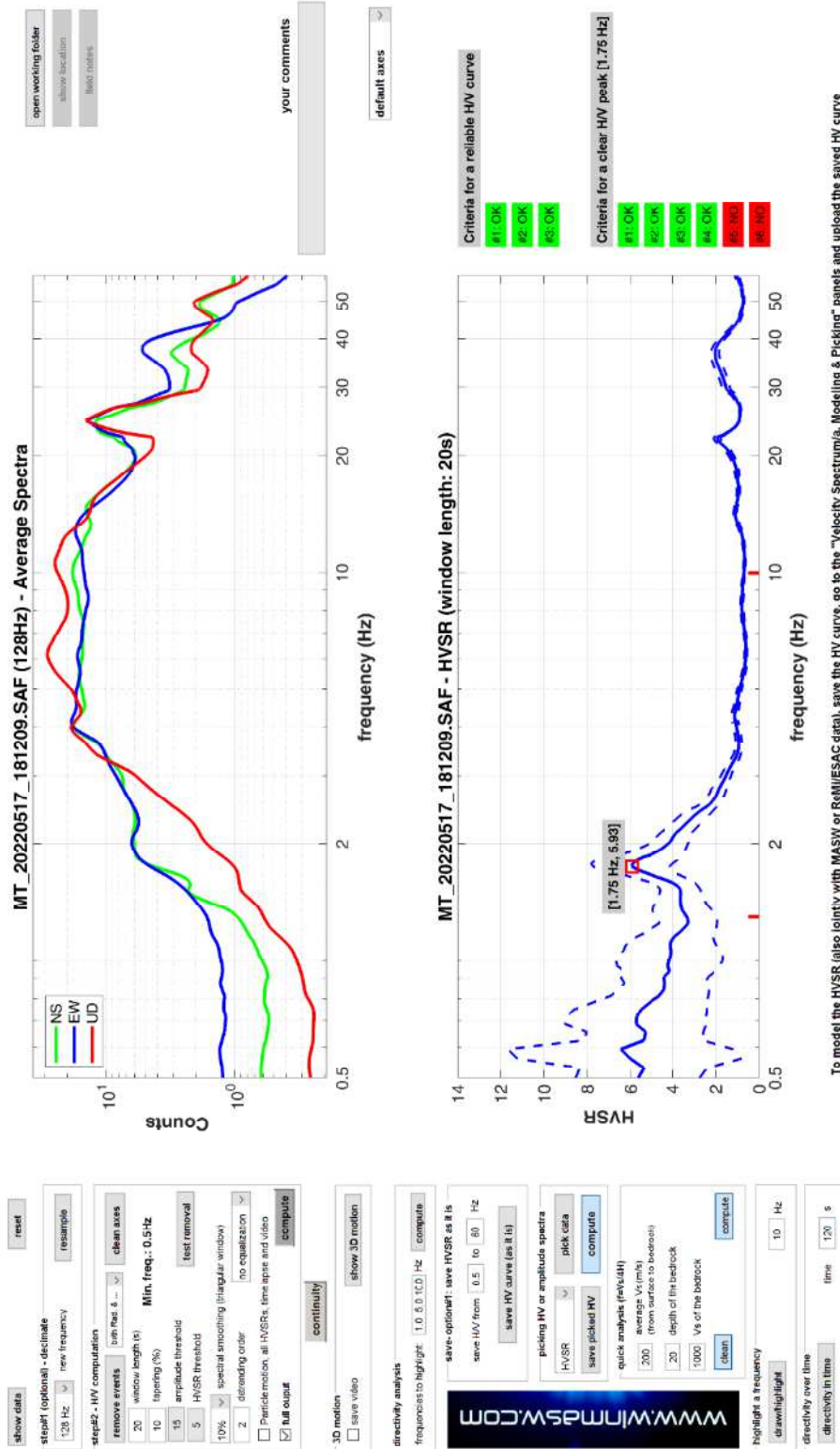


52 (TriGeo) Castiglion Fibocchi– P135



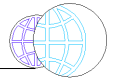
DATA	ORARIO	LUOGO
17/05/2022	18:12	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Gabriele Menchetti, Andrea Martini)	Latitudine	43.522259°
	Longitudine	11.766168°
	Quota (mslm)	255.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE	NUMERO PUNTO DI MISURA	
MT_20220517_181209.SAF	52	
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	debole
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	25°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto
	LITOLOGIA	sabbioso
	ANTROPICO	no
	SUOLO	asciutto
ACCOPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	media	
TRANSIENTI	molto frequente	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	si	10m
camion	si	10m
persone a piedi	no	
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
OSSERVAZIONI	rumore di fondo fabbrica	10m





To model the HVSR (also jointly with MASW or RaMIESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrogram, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 5,9 ad una frequenza di circa 1,8 Hz. In questo caso la finestra applicata è stata da 1-10HZ



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220517\_181209.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 17 18 12 09.000

DATA PROCESSING

Date: 17 6 2022

Time: 14 58

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 1.3-10.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 1.8 (±0.4)

Peak HVSR value: 5.9 (±1.9)

=== Criteria for a reliable H/V curve ===

#1. [f0 > 10/Lw]: 1.751 > 0.5 (OK)

#2. [nc > 200]: 3607 > 200 (OK)

#3. [f0 > 0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ===

#1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: yes (considering standard deviations), at frequency 0.5Hz (OK)

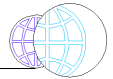
#2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes, at frequency 2.4Hz (OK)

#3. [A0 > 2]: 5.9 > 2 (OK)

#4. [fpeak[Ah/v(f) ± sigmaA(f)] = f0 ± 5%]: (OK)

#5. [sigmaAf < epsilon(f0)]: 0.425 > 0.175 (NO)

#6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 4.959 < 1.78 (NO)

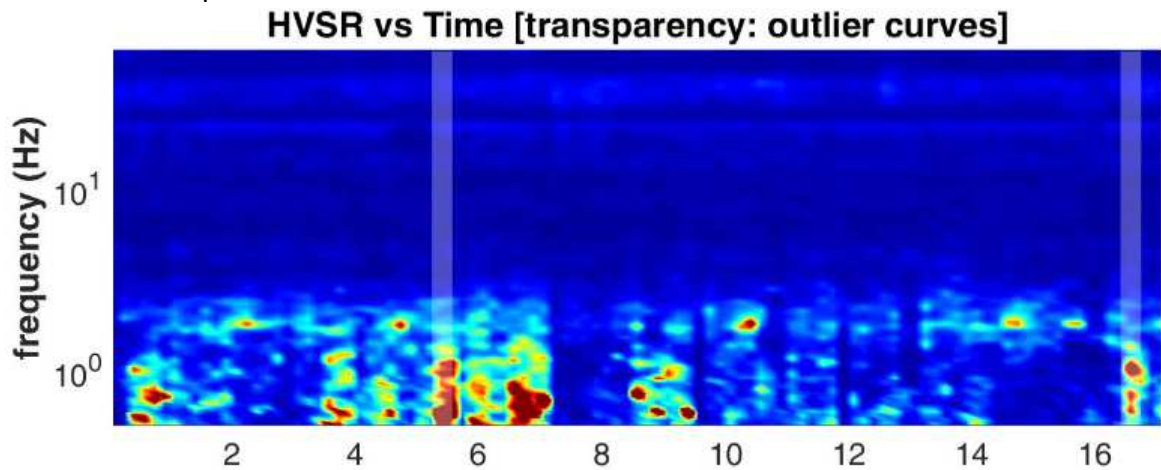


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

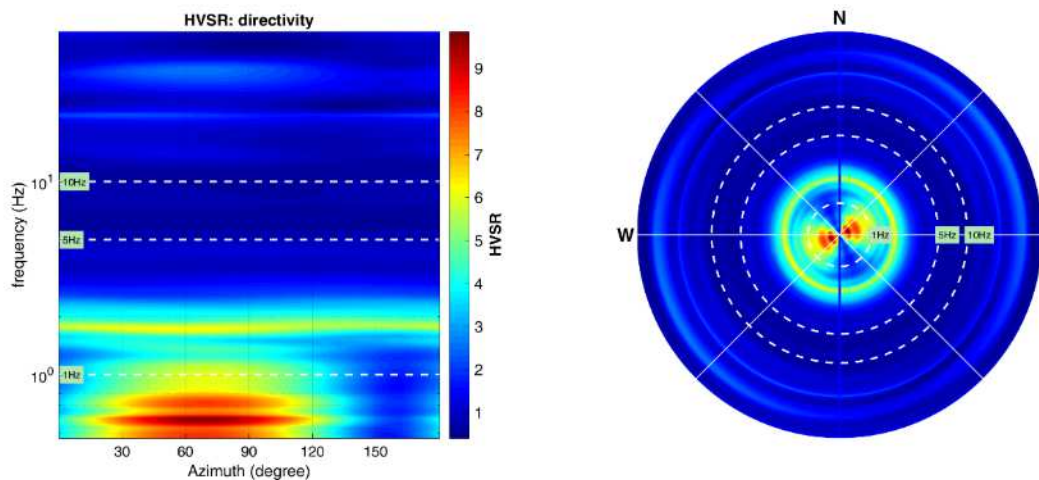
52 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE B: H/V sospetta (da “interpretare”): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

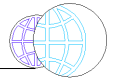
1) Stazionarietà rispettata



2) Isotropia rispettata



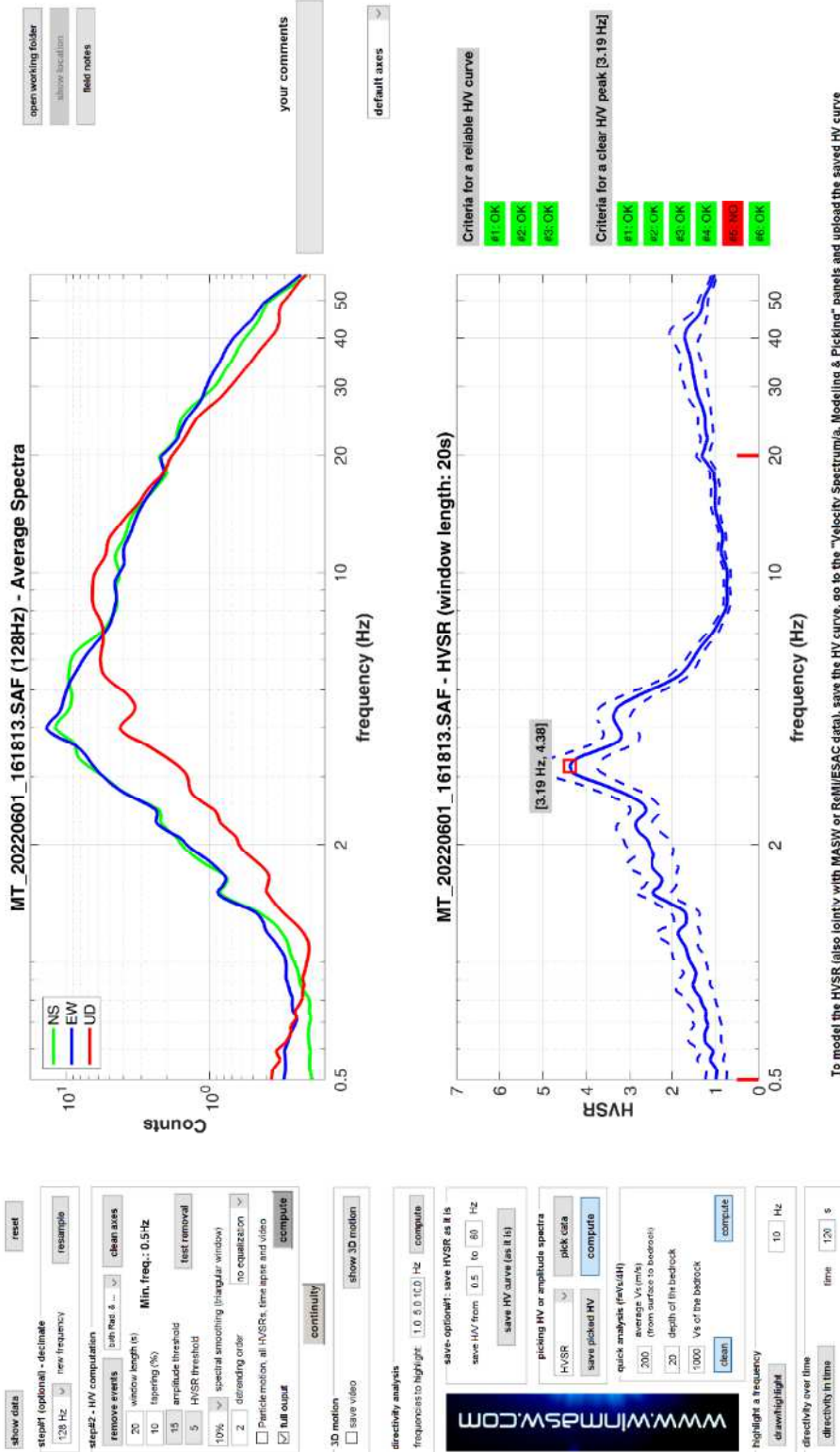
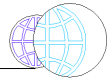
- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata



### 53 Castiglion Fibocchi– P136



DATA	ORARIO	LUOGO
01/06/2022	16:18	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Gabriele Menchetti, Andrea Martini)	Latitudine	43.531286°
	Longitudine	11.761248°
	Quota (mslm)	274.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE	NUMERO PUNTO DI MISURA	
MT_20220601_161813.SAF	53	
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	debole
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	30°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto
	LITOLOGIA	sabbioso
	ANTROPICO	no
	SUOLO	asciutto
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	elevata	
TRANSIENTI	poco frequente	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	no	
camion	no	
persone a piedi	no	
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
OSSERVAZIONI	recizione elettrificata	5m



È individuabile un picco di ampiezza 4,4 ad una frequenza di circa 3,2 Hz.





Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220601\_161813.SAF

#### DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 06 01 16 18 13.000

Notes: 53\_cast\_fibok\_MS2

#### DATA PROCESSING

Date: 6 6 2022

Time: 9 7

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 19.2

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 3.2 ( $\pm 0.8$ )

Peak HVSR value: 4.4 ( $\pm 0.6$ )

=== **Criteria for a reliable H/V curve** =====

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 3.189 > 0.5 (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]: 6825 > 200 (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

#1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 0.8Hz (OK)

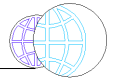
#2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 5.2Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]: 4.4 > 2 (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 0.818 > 0.159 (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.919 < 1.58 (OK)

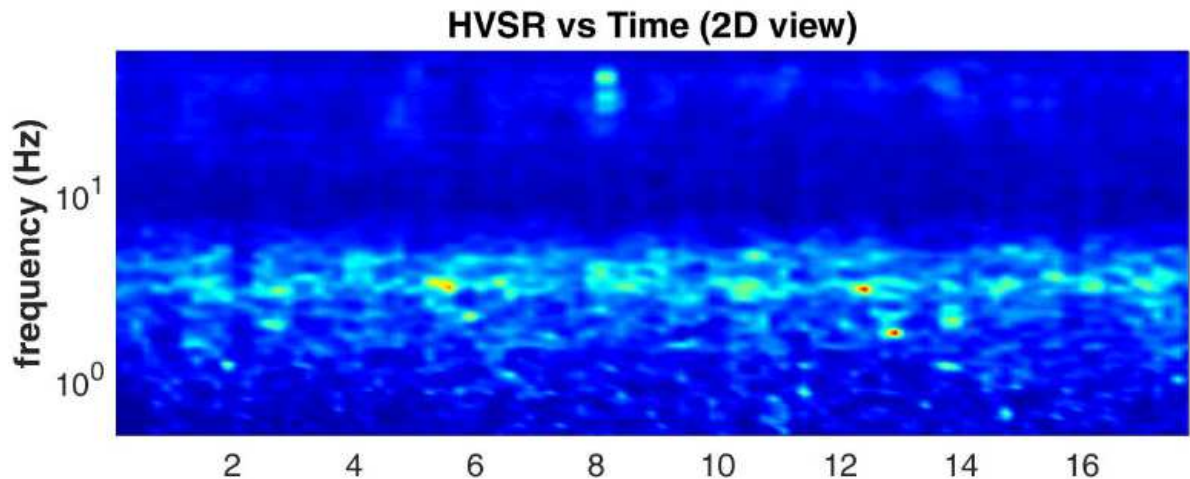


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

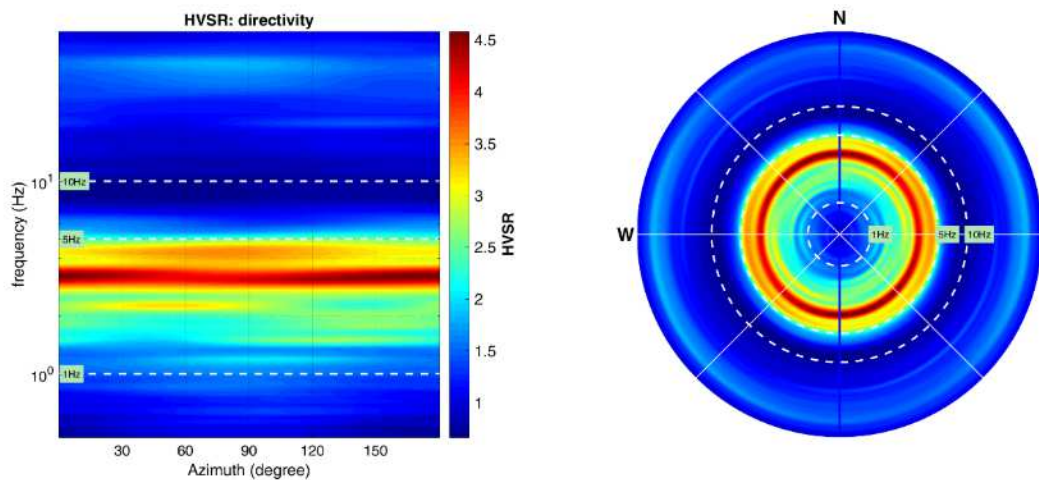
53 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

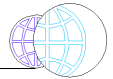
1) Stazionarietà rispettata



2) Isotropia rispettata



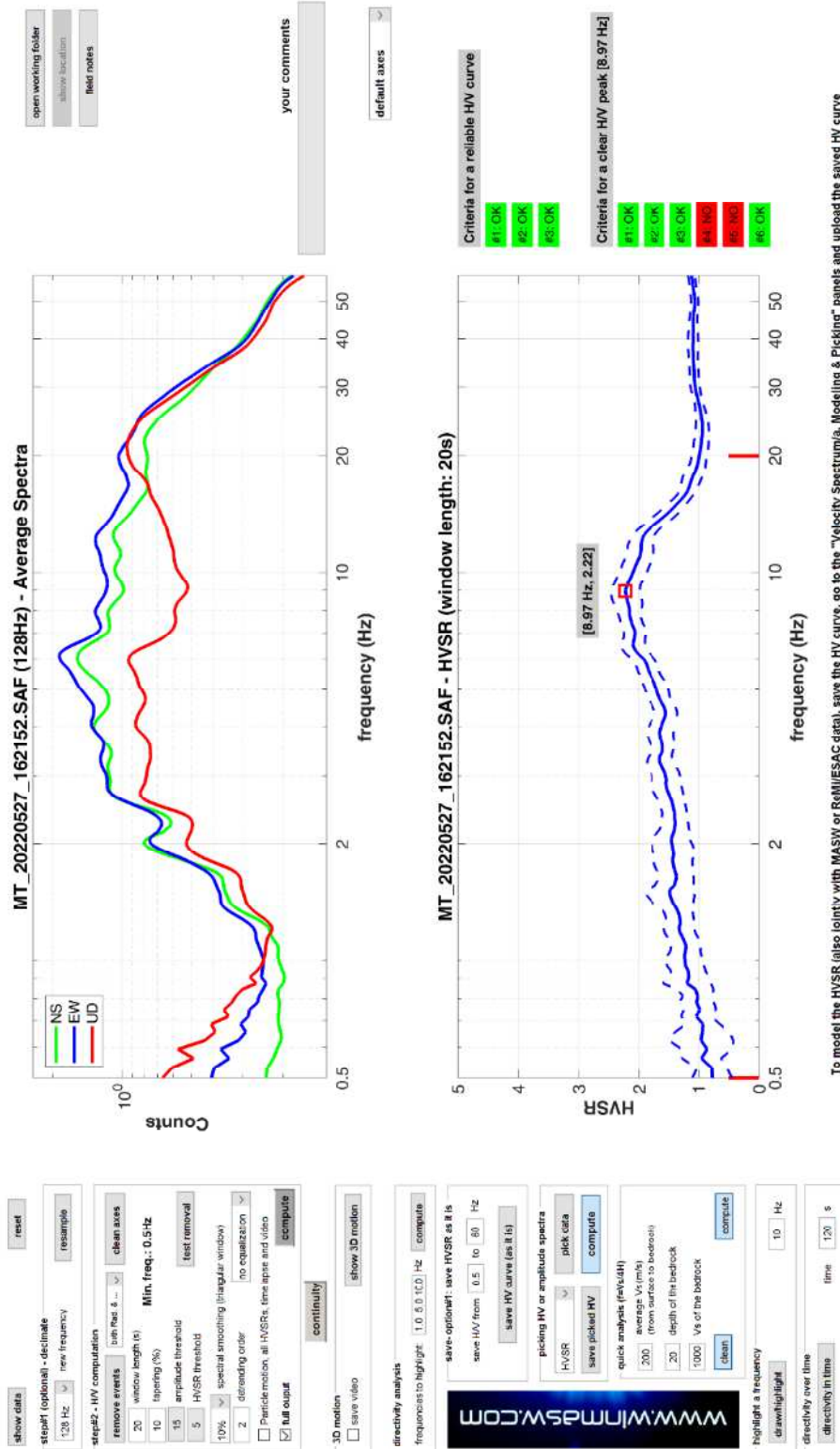
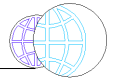
- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata



54 Castiglion Fibocchi– P137

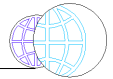


DATA	ORARIO	LUOGO
27/05/2022	16:22	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
ProGeo Engineering (Andrea Martini, Matteo Frasconi)	Latitudine	43.535003°
	Longitudine	11.755402°
	Quota (mslm)	287.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE		NUMERO PUNTO DI MISURA
MT_20220527_162152.SAF		54
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	moderato
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	31°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto
	LITOLOGIA	sabbioso
	ANTROPICO	no
	SUOLO	asciutto
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	scarsa	
TRANSIENTI	poco frequente	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	no	
camion	no	
persone a piedi	no	
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
OSSERVAZIONI		



To model the HVSR (also jointly with MASW or RaMIESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrumia, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 2,2 ad una frequenza di circa 9,0 Hz.



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220527\_162152.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 27 16 21 52.000

Notes: 54\_castfibok\_AR\_MS2

DATA PROCESSING

Date: 27 5 2022

Time: 17 57

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 9.0 ( $\pm 3.9$ )

Peak HVSR value: 2.2 ( $\pm 0.2$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 8.973 > 0.5 (OK)
- #2. [ $nc > 200$ ]: 19920 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. [exists f- in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f-) < A_0/2$ ]: yes (considering standard deviations), at frequency 2.3Hz (OK)
- #2. [exists f+ in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 17.4Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.2 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 3.854 > 0.449 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.484 < 1.58 (OK)



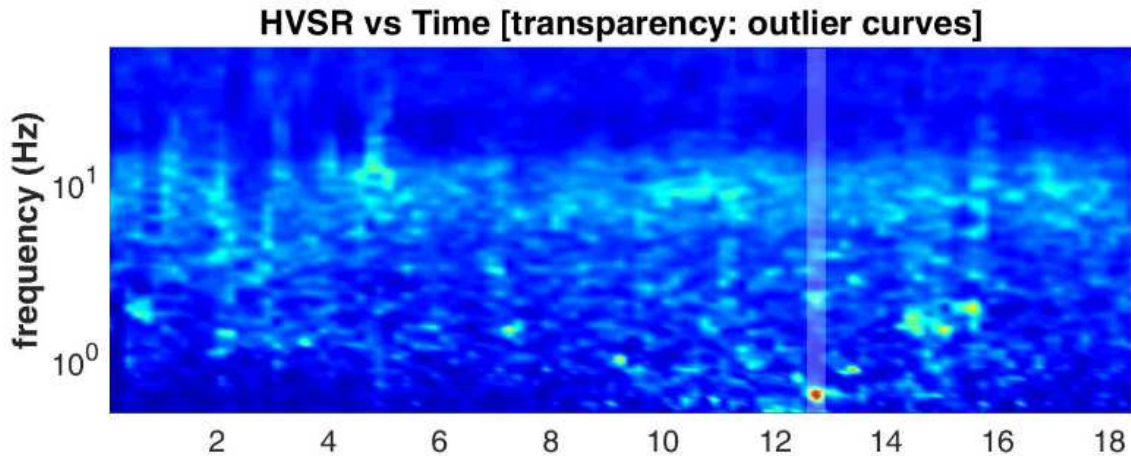


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

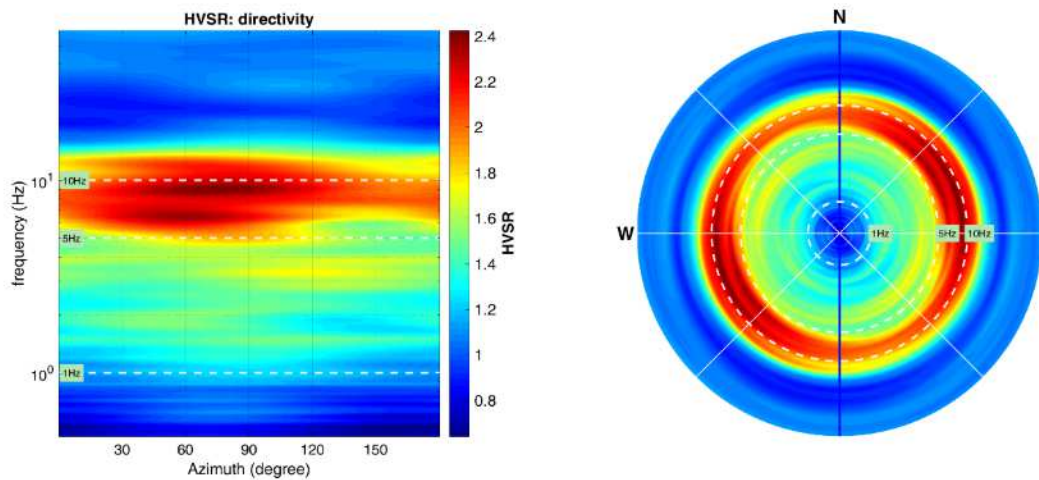
54 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE B: H/V sospetta (da “interpretare”): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

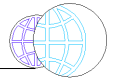
1) Stazionarietà rispettata



2) Isotropia rispettata



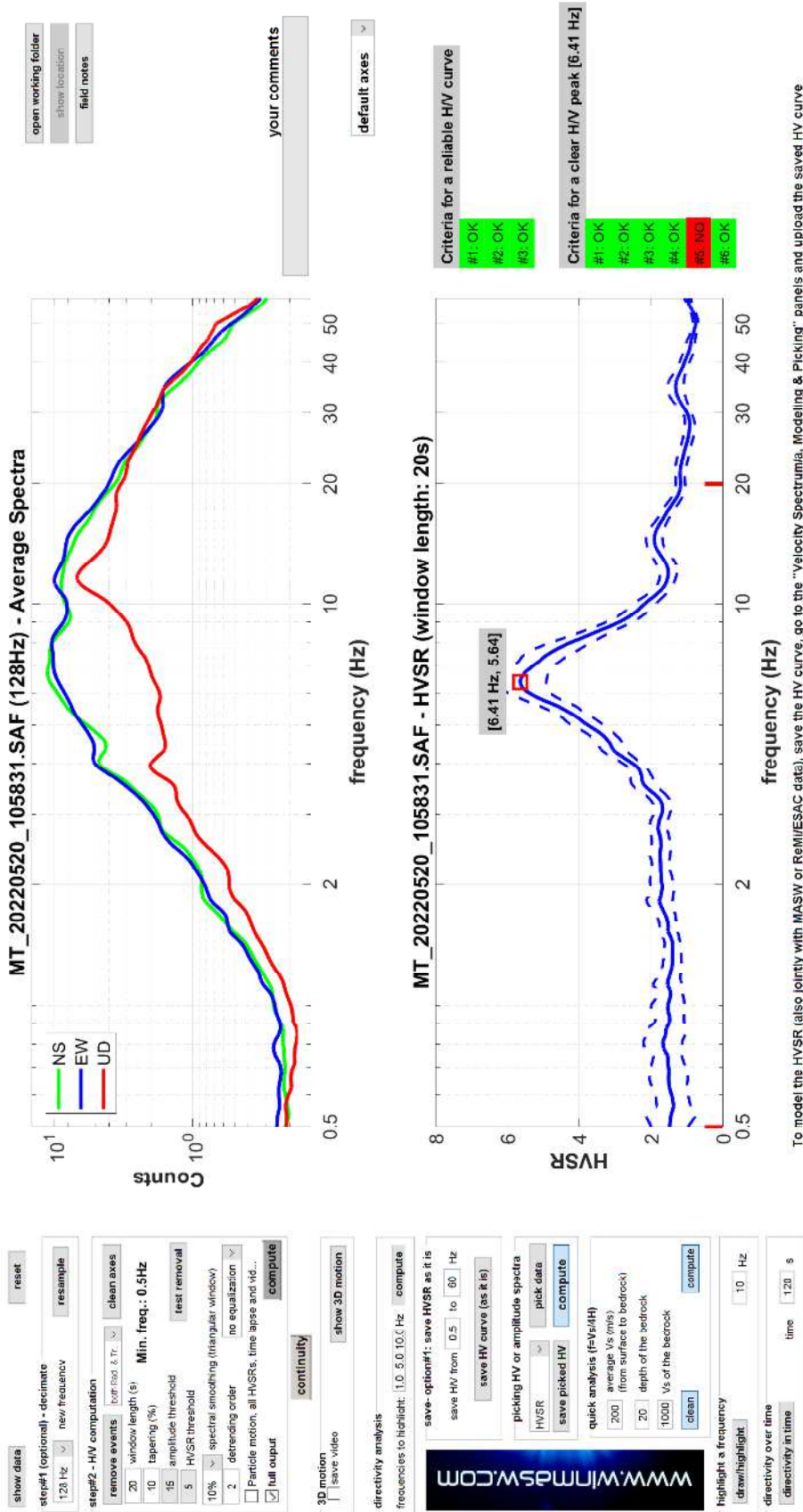
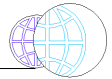
- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata



55 Castiglion Fibocchi– P138

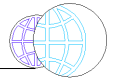


DATA	ORARIO	LUOGO
20/05/2022	10:58	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	<b>Coordinate</b>	
ProGeo Engineering (Andrea Martini, Matteo Frasconi)	Latitudine	43.530719°
	Longitudine	11.763744°
	Quota (mslm)	282.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE		NUMERO PUNTO DI MISURA
MT_20220520_105831.SAF		55
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	debole
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	27°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto
	LITOLOGIA	sabbia-ciottolosa
	ANTROPICO	no
	SUOLO	asciutto
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	elevata	
TRANSIENTI	frequenti	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	si	10m
camion	no	
persone a piedi	si	6m
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
OSSERVAZIONI	ape minuto 2-4	8mm



To model the HVSR (also jointly with MASW or REMMESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrumia, Modelling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 5,6 ad una frequenza di circa 6,4Hz.



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220520\_105831.SAF

#### DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 20 10 58 31.000

Notes: 55\_CastFibocchi\_MS2

#### DATA PROCESSING

Date: 23 5 2022

Time: 10 1

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 19.1

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 6.4 ( $\pm 1.7$ )

Peak HVSR value: 5.6 ( $\pm 0.7$ )

=== **Criteria for a reliable H/V curve** =====

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 6.409 > 0.5 (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]: 13716 > 200 (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

#1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 1.6Hz (OK)

#2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 9.1Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]: 5.6 > 2 (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 1.657 > 0.320 (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 1.099 < 1.58 (OK)



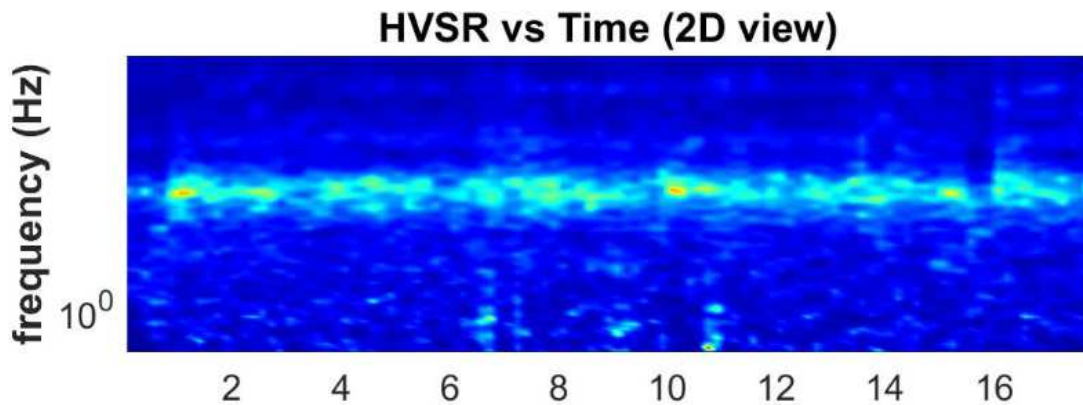


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

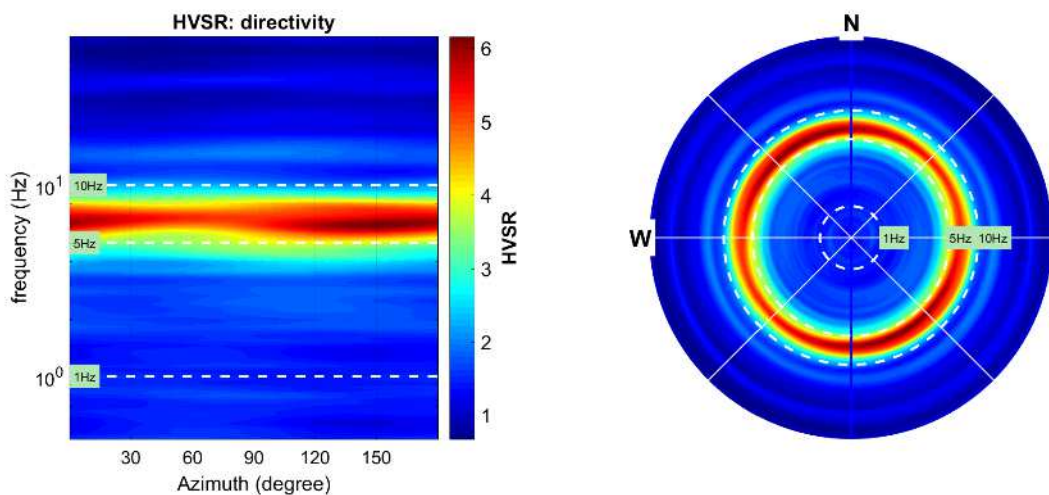
55 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

1) Stazionarietà rispettata



2) Isotropia rispettata

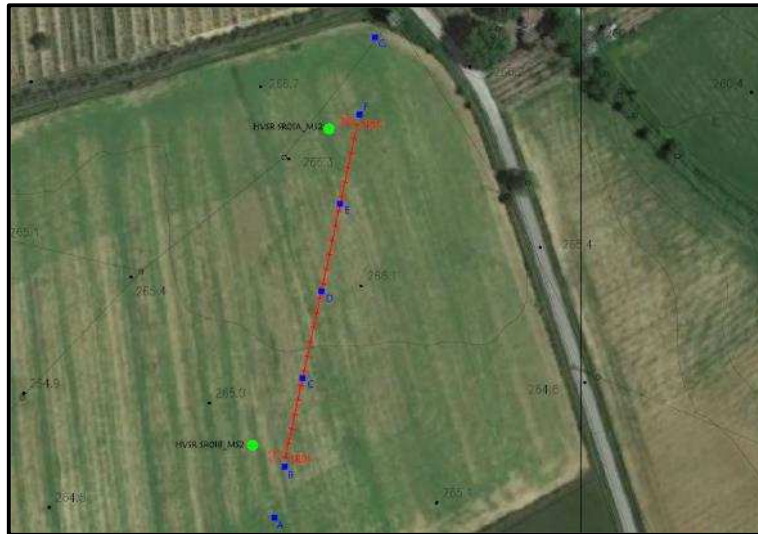


- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata

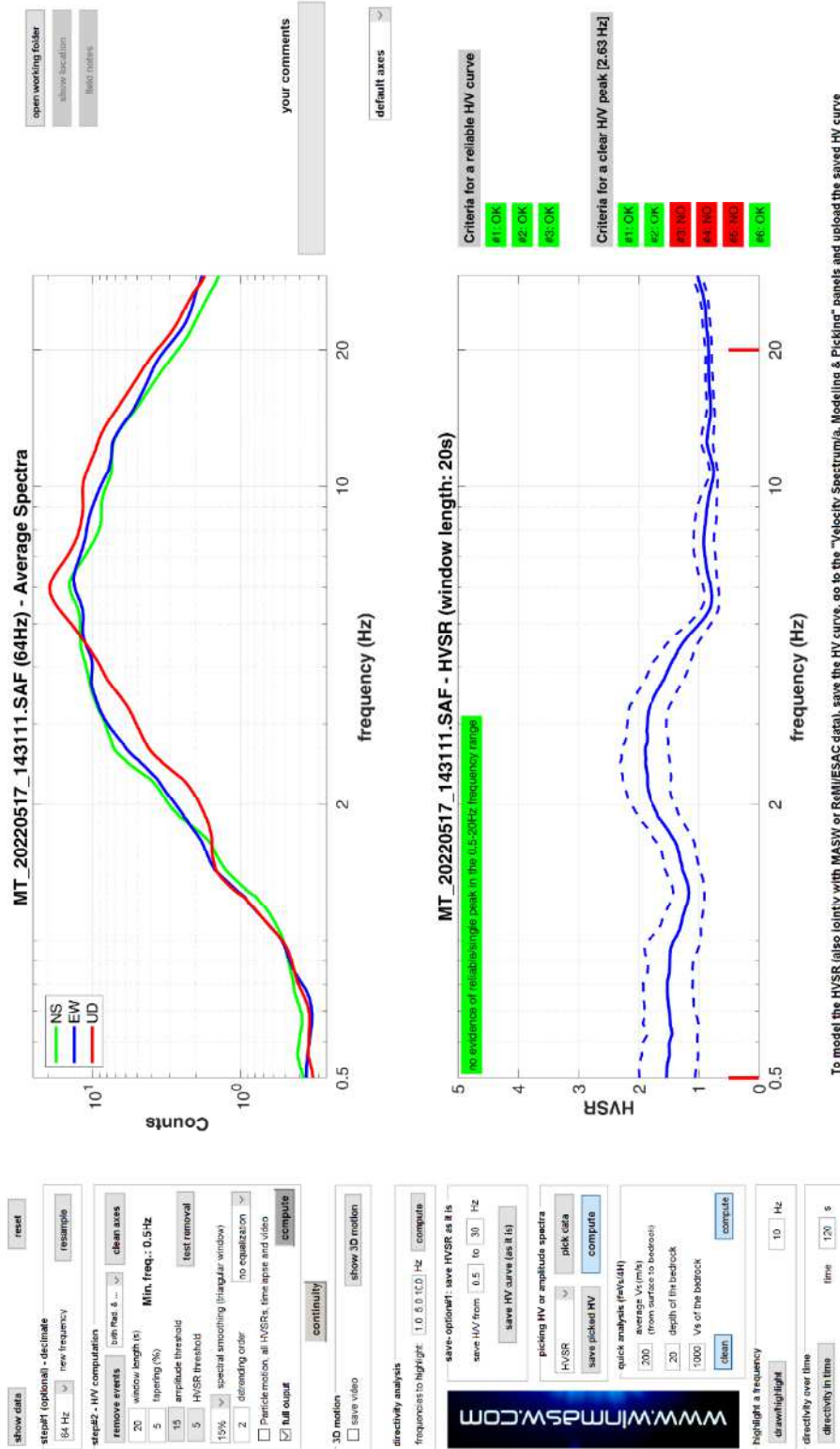
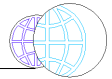




### 56 (TriGeo) Castiglion Fibocchi– P147

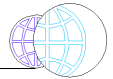


DATA	ORARIO	LUOGO
17/05/2022	14:30	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
Trigeo	Latitudine	43.524842°
	Longitudine	11.761016°
	Quota (mslm)	293.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE	NUMERO PUNTO DI MISURA	
MT_20220517_143111.SAF	56	
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	assente
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	30°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto
	LITOLOGIA	sabbioso
	ANTROPICO	no
	SUOLO	asciutto
ACCOPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	scarsa	
TRANSIENTI	poco frequenti	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	no	
camion	no	
persone a piedi	si	10m
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
OSSERVAZIONI		



To model the HVSR (also jointly with MASW or RAMIESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrumia, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

È individuabile un picco di ampiezza 1,9 ad una frequenza di circa 2,6 Hz.



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220517\_143111.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 17 14 31 11.000

DATA PROCESSING

Date: 17 6 2022

Time: 15 53

Sampling frequency (Hz): 64

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 17.5

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 2.6 (±1.0)

Peak HVSR value: 1.9 (±0.4)

=== Criteria for a reliable H/V curve ===

#1. [f0 > 10/Lw]: 2.628 > 0.5 (OK)

#2. [nc > 200]: 4362 > 200 (OK)

#3. [f0>0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ===

#1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: yes (considering standard deviations), at frequency 0.7Hz (OK)

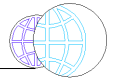
#2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes, at frequency 5.1Hz (OK)

#3. [A0 > 2]: 1.9 < 2 (NO)

#4. [fpeak[Ah/v(f) ± sigmaA(f)] = f0 ± 5%]: (NO)

#5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 0.978 > 0.131 (NO)

#6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 0.749 < 1.58 (OK)



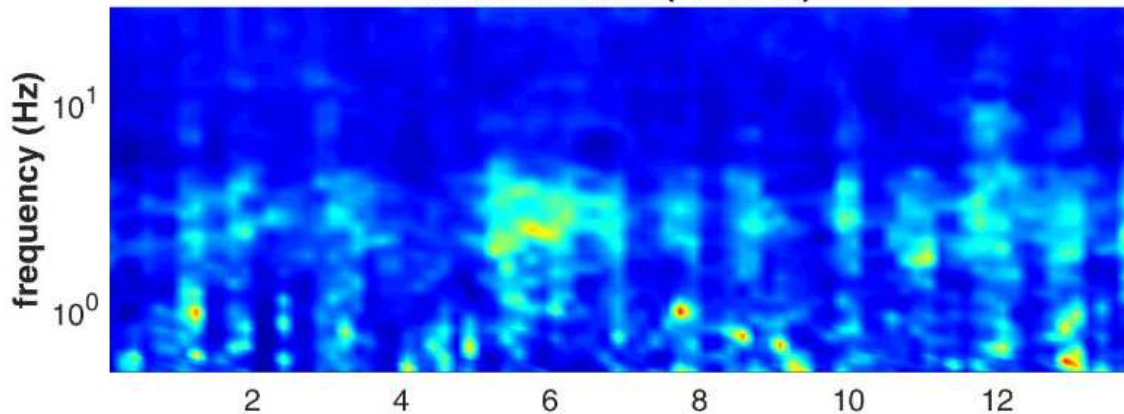
Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

56 Castiglion Fibocchi:

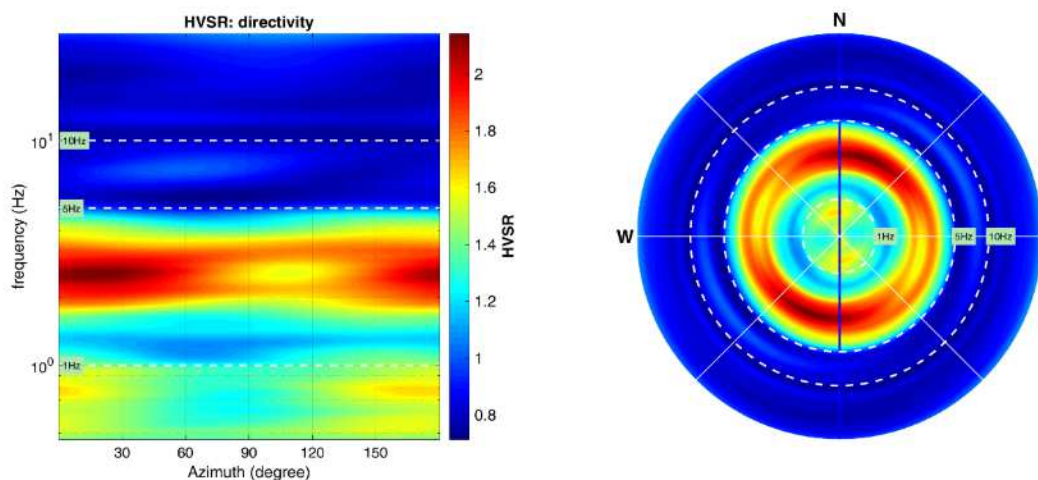
- CLASSE B: H/V sospetta (da “interpretare”): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

7) Stazionarietà rispettata

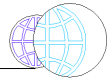
**HVSR vs Time (2D view)**



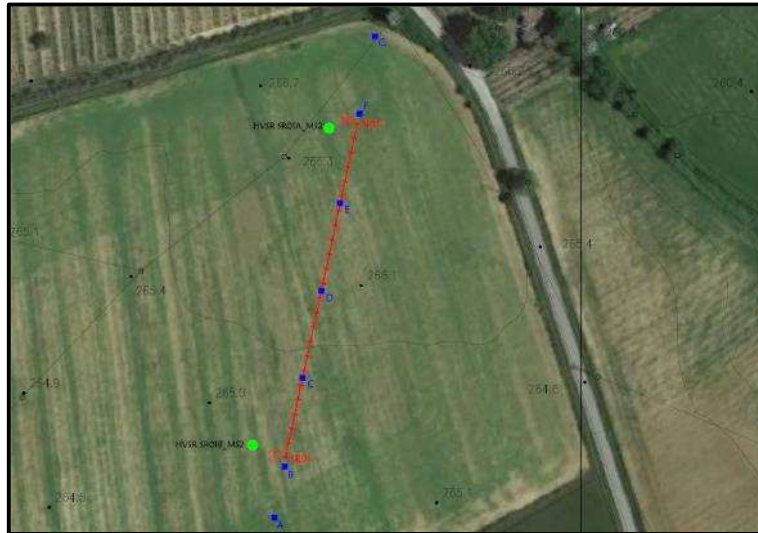
8) Isotropia rispettata



- 9) Assenza di disturbi: rispettata
- 10) Plausibilità fisica: rispettata
- 11) Robustezza statistica: rispettata
- 12) Durata: rispettata

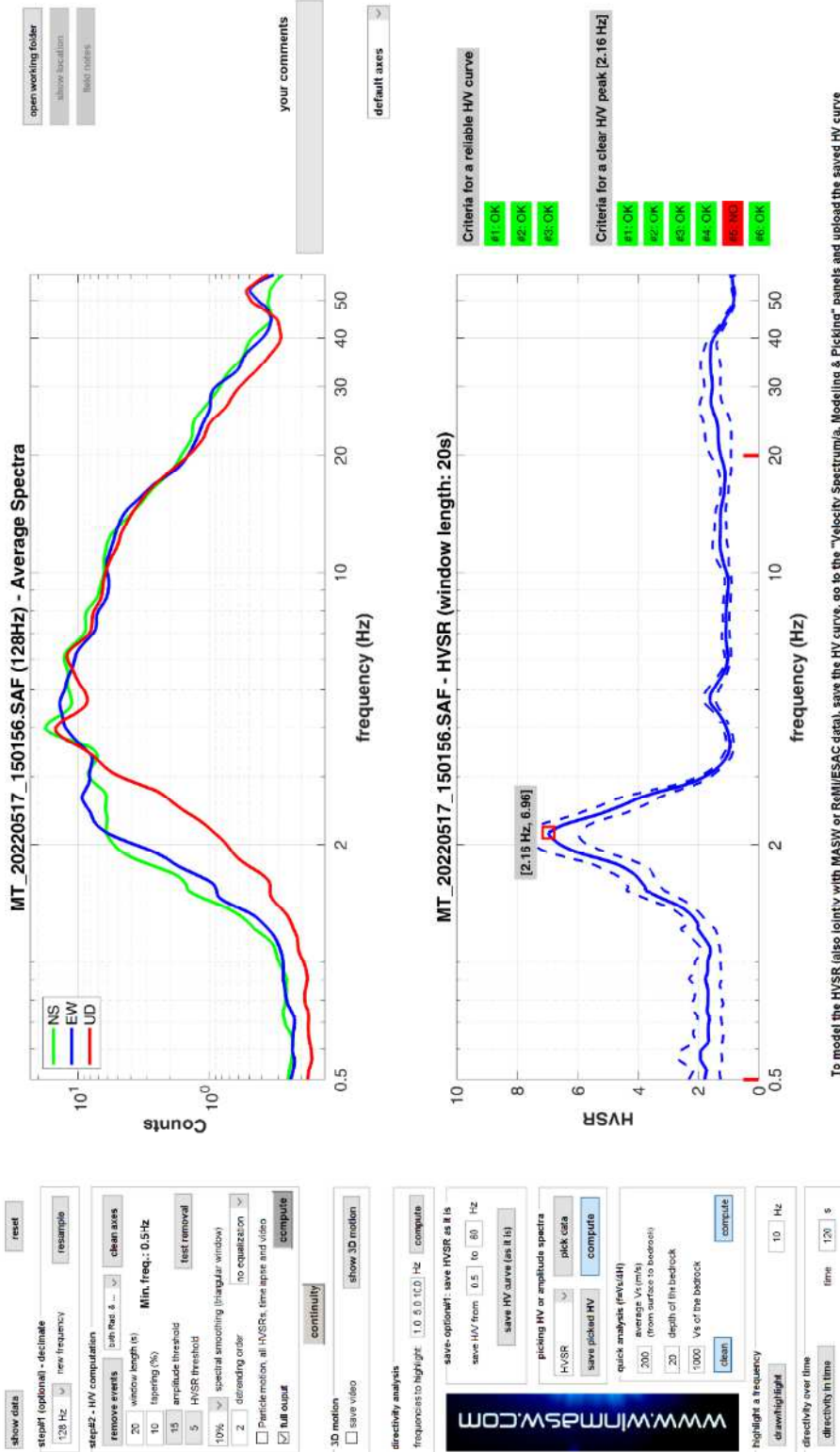
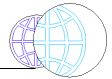


57 (TriGeo) Castiglion Fibocchi– P148

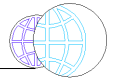


DATA	ORARIO	LUOGO
17/05/2022	15:01	Castiglion Fibocchi
OPERATORE	Coordinate	
Trigeo	Latitudine	43.523751°
	Longitudine	11.760675°
	Quota (mslm)	264.0
TIPO DI STAZIONE	TIPO DI SENSORI	TIPO DI ARCHIVIAZIONE
Sara electronic Instruments SR04S3	3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, LP	Notebook Asus X509J
NOME FILE		NUMERO PUNTO DI MISURA
MT_20220517_150156.SAF		57
AMPLIFICAZIONE	FREQ. DI CAMPIONAMENTO (Hz)	DURATA DELLA REGISTRAZIONE (SEC)
74 nV/count	300	1200
CONDIZIONI METEO	VENTO	assente
Sereni	PIOGGIA	assente
	TEMPERATURA	30°C
	altre osservazioni	
TIPO DI SUOLO	TERRENO	compatto
	LITOLOGIA	sabbioso
	ANTROPICO	no
	SUOLO	asciutto
ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE SUOLO	NO	
DENSITA' DI EDIFICI NELLE VICINANZE	scarsa	
TRANSIENTI	poco frequenti	DISTANZA DALLA STAZIONE
auto	no	
camion	no	
persone a piedi	si	10m
altro		
SORGENTE DI RUMORE MONOCROMATICO		
PRESENZA DI STRUTTURE VICINE	ALTEZZA	DISTANZA DALLA STAZIONE
OSSERVAZIONI		





È individuabile un picco di ampiezza 7,0 ad una frequenza di circa 2,2 Hz.



Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT\_20220517\_150156.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 05 17 15 01 56.000

DATA PROCESSING

Date: 17 6 2022

Time: 9 46

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 10

##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 2.2 ( $\pm 0.4$ )

Peak HVSR value: 7.0 ( $\pm 0.9$ )

=== **Criteria for a reliable H/V curve** =====

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 2.157 > 0.5 (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]: 5048 > 200 (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

#1. [exists f- in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 0.6Hz (OK)

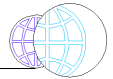
#2. [exists f+ in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 2.8Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]: 7.0 > 2 (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 0.352 > 0.108 (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 1.184 < 1.58 (OK)

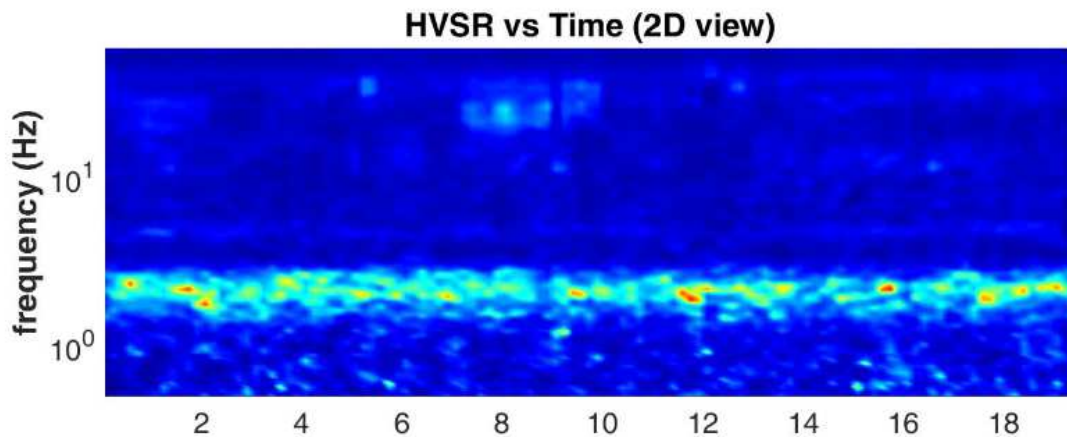


Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

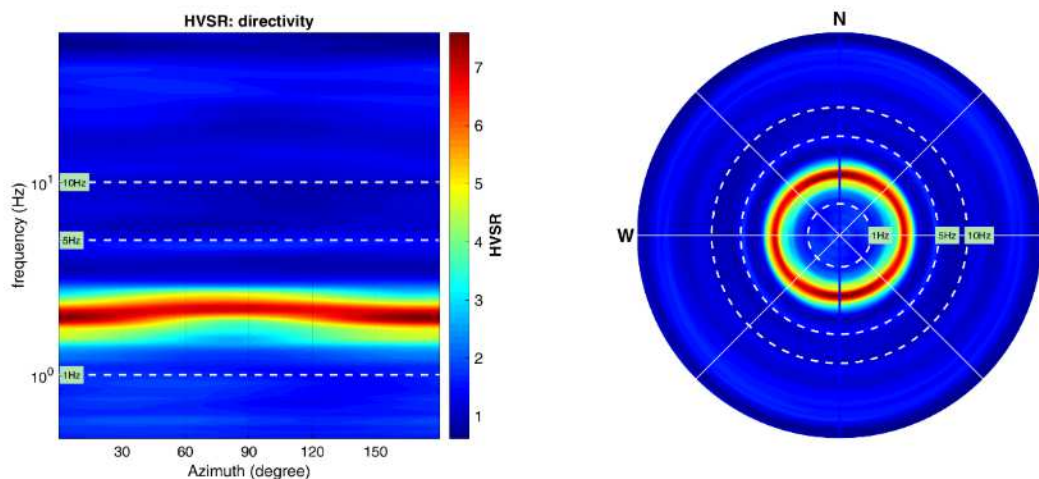
57 Castiglion Fibocchi:

- CLASSE A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.
- Sottoclasse TIPO 1: Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

13) Stazionarietà rispettata



14) Isotropia rispettata



15) Assenza di disturbi: rispettata

16) Plausibilità fisica: rispettata

17) Robustezza statistica: rispettata

18) Durata: rispettata

# **REPORT INDAGINI GEOFISICHE PER LO STUDIO MS2**

### RELAZIONE TECNICA

#### MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 2

“INDAGINE GEOFISICA DI SUPERFICIE  
MEDIANTE SISMICA A RIFRAZIONE E  
TOMOGRFIA SISMICA (ONDE P ED SH)  
LINEA SR01\_MS2, MISURE DI RUMORE  
SISMICO A STAZIONE SINGOLA HVSR  
SR01A\_MS2 E HVSR SR01B\_MS2”

CASTIGLION FIBOCCHI - AREZZO

COMMITTENTE:



01 - GIUGNO - 2022



CERTIFICATO  
ISO N°14PA00028P06

ADDETTO ALLE PROVE  
NON DISTRUTTIVE E  
SEMIDISTRUTTIVE  
NEL SETTORE CIVILE

TRIGEO s.n.c.  
di Nencetti Andrea e Burchini Benedetto  
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)  
P.IVA 02024110518  
Tel/Fax: 0575 294500 - 055 9062212  
Cell: 339 2288117 - 3287218928  
www.trigeo.it - info@trigeo.it



WWW.TRIGEO.IT

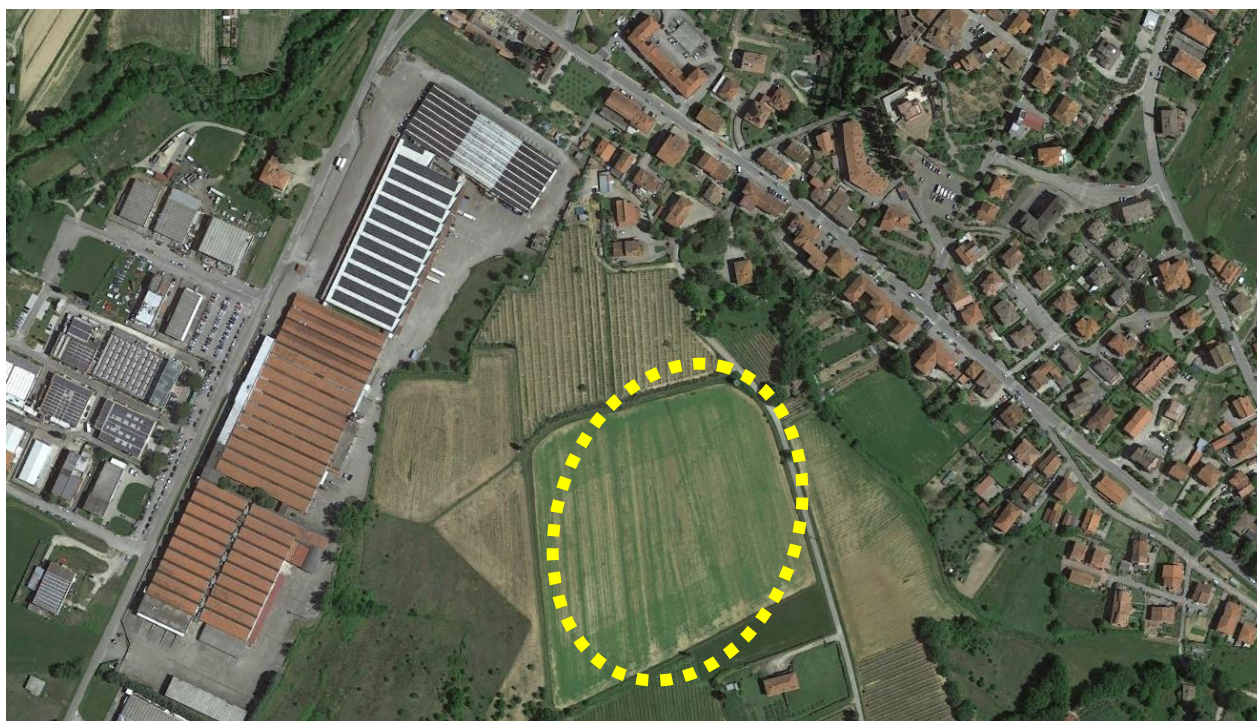


**INDICE**

<b>INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b><i>TOMOGRAFIA SISMICA</i></b>	<b>5</b>
<b>1.0 SCHEMA OPERATIVO</b>	<b>5</b>
<b>2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA</b>	<b>5</b>
<b>3.0 ANALISI DEI RISULTATI: GRM E TOMOGRAFIA SISMICA</b>	<b>8</b>
<b><i>MISURA DI RUMORE SISMICO HVSR</i></b>	<b>10</b>
<b>4.0 SCHEMA OPERATIVO</b>	<b>10</b>
<b>5.0 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA</b>	<b>11</b>
<b>6.0 CENNI TEORICI</b>	<b>12</b>
<b>7.0 INTERPRETAZIONE DELLE MISURE</b>	<b>14</b>
<b>8.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE HVSR</b>	<b>16</b>
<b>9.0 CONSIDERAZIONI FINALI</b>	<b>20</b>
<b>ALLEGATI</b>	<b>21</b>

## INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita nel mese di Maggio 2022, mediante sismica a rifrazione onde P ed onde SH (acquisizione ed elaborazione dati con metodologia tomografica) e due misure di rumore sismico HVSR nel **COMUNE DI CASTIGLION FIBOCCHI (AR)** a supporto dello Studio di Microzonazione Sismica di Livello 2 (**Fig.1**).



**Figura 1:** Area d'intervento – SR01\_MS2 – Comune di Castiglione Fibocchi (AR).

Dopo aver preso visione della zona e delle problematiche ad essa connesse è stata programmata una prospezione geofisica mediante sismica a rifrazione tesa a fornire, lungo la sezione, una caratterizzazione delle litologie presenti nell'area d'indagine nonché determinare le geometrie (spessori e superfici di contatto) nel sottosuolo dei terreni in funzione dell'andamento in profondità delle velocità delle onde sismiche compressionali P e di taglio SH. I dati ottenuti sono stati elaborati sia con la metodologia classica della rifrazione (GRM) che con la metodologia tomografica che permette di ottenere, attraverso un maggior numero di "energizzazioni" (7 per ciascun stendimento) ed un opportuno

software di elaborazione, un'ottima caratterizzazione del substrato e dei materiali di copertura.

La relazione tecnica è corredata dalle seguenti documentazioni che ne costituiscono parte integrante:

- **Tavola 01:** Planimetria generale in scala 1:5.000 del profilo sismico **SR01\_MS2** con relative coordinate WGS84.
- **Tavola 02:** Planimetria di dettaglio scala 1:1000 con ubicazione del profilo sismico SR01\_MS2 eseguito e posizionamento dei geofoni, delle energizzazioni effettuate e delle indagini HVSR;
- **Tavole 03 e 07:** Diagrammi Tempi d'arrivo-Distanze (Dromocrone) Onde P-SH. Scala 1:500;
- **Tavole 04 e 08:** Grafici delle profondità dei rifrattori individuati (sezione sismostratigrafica) e tabelle Distanze-Profondità Onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 05 e 09:** Sezioni tomografiche onde P-SH, scala 1:500
- **Tavole 06 e 10:** Sezioni litostratigrafiche interpretative onde P-SH, scala 1:500;
- **Tavole 11 e 12:** Risultati scaturiti dall'elaborazione delle due misure di rumore HVSR eseguite lungo la sezione sismica;
- **Schema dettagliato della linea sismica** con posizionamento relativo dei geofoni (quote-distanze), coordinate in WGS84 dei geofoni iniziale e finale e punti di energizzazioni (quote-distanze);
- Stampe delle **registrazioni di campagna**;
- **Tabelle Profondità** calcolate per i rifrattori individuati Onde P e SH;
- **Tabelle Velocità** sismiche calcolate per i rifrattori individuati Onde P e SH;
- **Tabelle Tempi** di arrivo Onde P e SH relativi ai vari scoppi, con riportati posizione, tempo di arrivo e quota di ciascun geofono;
- **Documentazione fotografica** della linea sismica eseguita in onde P-SH;

Di seguito viene descritto, lo schema operativo e le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all'interpretazione scaturita dai dati elaborati.

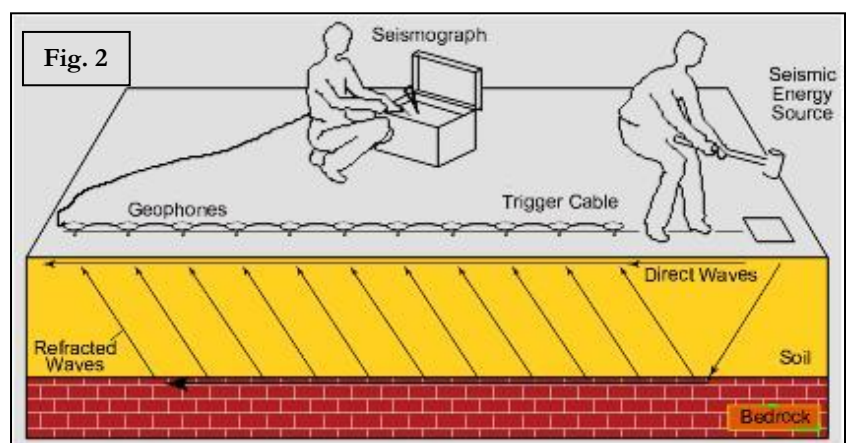
## TOMOGRAFIA SISMICA

### 1.0 SCHEMA OPERATIVO

Dopo una prima analisi dei test eseguiti in loco ed in considerazione dei risultati prefissati e degli spazi a disposizione è stata scelta una distanza inter-geofonica di **5 m** per la sezione eseguita sia con onde P che con onde SH. Complessivamente sono stati acquisiti **115 mt** di rilievo.

### 2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

Il principio dell'analisi sismica è basato sul calcolo del tempo che impiega un'onda sismica ad attraversare differenti strati del sottosuolo; la velocità con cui la deformazione prodotta artificialmente si



propaga nei terreni è funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni stessi e pertanto la possibilità di determinare dette velocità con grande dettaglio permette di assegnare caratteri ragionevolmente realistici ai terreni da investigare e di seguirne l'andamento in profondità.

Un sistema digitale di acquisizione dati (**Fig.2**) in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

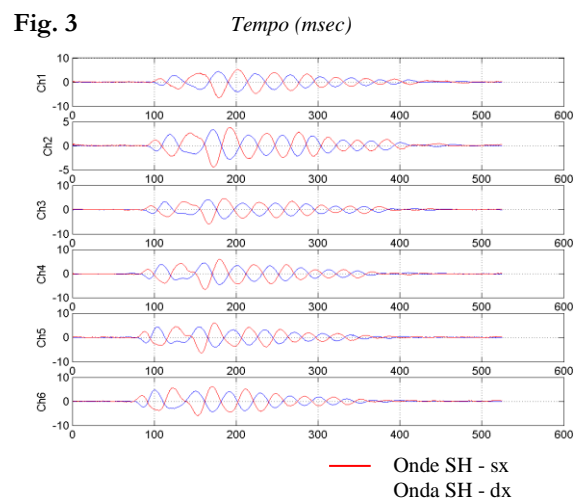
Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo Geometrics GEODE a 24 ch, strumentazione che presenta le seguenti caratteristiche: A/D Conversion: 24 bit; Dynamic Range: 144 dB; Distortion: 0.0005% 2 ms, 1.75 to 208 Hz; Bandwidth: 1.75 Hz to 20 kHz; Common Mode Rejection: > -100 dB at <=100 Hz, 36 dB; Crosstalk: -125 dB at 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms; Noise Floor: 0.2uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 to 208 Hz; Stacking Trigger Accuracy: 1/32 of sample interval; Maximum Input Signal: 2.8 VPP; Input Impedance: 20 kOhm, 0.02 uf; Preamplifier Gains; Anti-alias Filters: -3 dB at 83% of Nyquist frequency; Sample

Interval: 0.02 to 16.0 ms; Record Length: 16,000 samples; Acquisition and Display Filters: *LowCut, Notch, HighCut*; Data Formats: SEG-2 standard with SGOS.

Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni “PASI” verticali ed orizzontali, del tipo elettromagnetico a bobina mobile e nel caso dei geofoni orizzontali dotati di bolla livellante, con frequenza caratteristica di 10 Hz, 70 % di smorzamento. Il cavo di connessione tra geofoni e sismografo è uno standard NK-27-21C.

Generalmente come sorgente di energia sismica per le onde P, nel caso di rilievi a piccola profondità si fa uso di una mazza da 8 kg o del Minibang; nel nostro caso, dato le distanze in gioco, l'utilizzo della mazza ha consentito di ottenere risultati ottimali. Per quel che riguarda la produzione di onde SH si utilizza generalmente una trave di circa 2.00 m di lunghezza, la cui estremità viene colpita

con una massa battente di ca. 10/15 kg. La trave è resa solidale al terreno mediante l'applicazione di un carico (rappresentato nel nostro caso dalla stessa autovettura). La tavola viene colpita lateralmente dalla massa, in modo da generare onde di taglio SH. Per poter riconoscere in maniera inequivocabile sui sismogrammi le onde di taglio S, che non costituiscono mai la prima fase, sono state effettuate energizzazioni ai due estremi della tavola, in modo da generare treni d'onda identici, ma in opposizione di fase (**Fig. 3**). Ogni energizzazione viene registrata sull'Hard Disk sia singolarmente che, invertendo la fase, come somma.



Il metodo di elaborazione utilizzato nel corso delle analisi dei dati in rifrazione, è stato il *Generalized Reciprocal Method* (GRM) che consente di delineare rifrattori ondulati, ad ogni profondità e di numero infinito da dati sismici a rifrazione in linea che consistano di tempi-distanza in andata e ritorno. I tempi di arrivo a due sensori distinti e per profili in andata e ritorno sono combinati per ottenere la velocità del rifrattore, il calcolo della sezione tempi-profondità ed il fattore di conversione in profondità. Il fattore di conversione, e quindi il metodo, è indipendente dalla pendenza degli strati fino ad angoli superiori a 20 gradi. Il



GRM in definitiva è un metodo di interpretazione globale e sintetico per il quale molti dei metodi esistenti sono dei casi particolari.

Oltre al GRM, in alcuni casi, è stato utilizzato, per conferma e confronto, un algoritmo di inversione che usa il *delay-time method* per ottenere un primo modello approssimato in profondità, che viene quindi affinato mediante una serie di *ray-tracing*, ed un processo di aggiustamento con iterazioni successive che tende a minimizzare le discrepanze tra i tempi di arrivo misurati in campagna ed il corrispondente modello di profondità. In questo caso specifico è stato utilizzato come sistema di elaborazione principale il *delay-time method* affinato mediante una serie di *ray-tracing*, ed il GRM come verifica e conferma dei risultati ottenuti.

Terminata la fase preliminare di verifica dati, mediante la metodologia GRM, è stato utilizzato un nuovo sistema di analisi dei dati sismici che consente di elaborare profili a bassa, media ed elevata copertura. Le dromocrone ricavate dall'interprete vengono elaborate sulla base di tre distinte metodologie analitiche: CMP (intercept time refraction), Plus-Minus e Wavefront. Il metodo Wavefront rappresenta un'ulteriore ottimizzazione del metodo GRM. Invece di assumere come costante la distanza XY tra i vari ricevitori, il metodo Wavefront stima ad ogni geofono la distanza rispetto agli altri, attraverso l'angolo d'emergenza del fronte d'onda sia diretto che inverso. Tale caratteristica permette di analizzare, con ottimi risultati, anche rifrattori con superfici irregolari.

Il software, utilizzato nel corso del presente lavoro, permette, successivamente ai predetti passaggi, di utilizzare il metodo "Delta-t-V" che è in grado di evidenziare gradienti di velocità verticali all'interno degli strati, aumenti lineari di velocità con la profondità, faglie e locali anomalie di velocità. Il metodo Delta-t-V valuta la distribuzione delle velocità lungo il profilo di interesse. Ciò consente, sfruttando il metodo dell'inversione, di ottenere in corrispondenza delle varie stazioni installate, valori di profondità in funzione della velocità.

I dati così ottenuti vengono definitivamente elaborati mediante metodologia tomografica che permette una stima migliore delle velocità, risultando meno dipendente dalla spaziatura dei ricevitori e da topografie estreme.

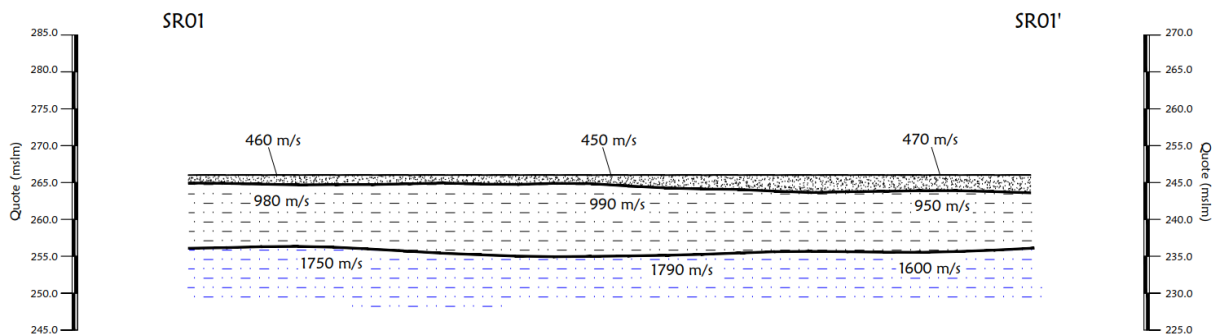
### 3.0 ANALISI DEI RISULTATI: GRM E TOMOGRAFIA SISMICA

I risultati ottenuti dalla **Sezione SR01\_MS2** eseguita rispettivamente con Onde P ed Onde SH indicano la presenza di due superfici rifrangenti individuate dalle Onde P e una superficie rifrangente, individuata dalle Onde SH.

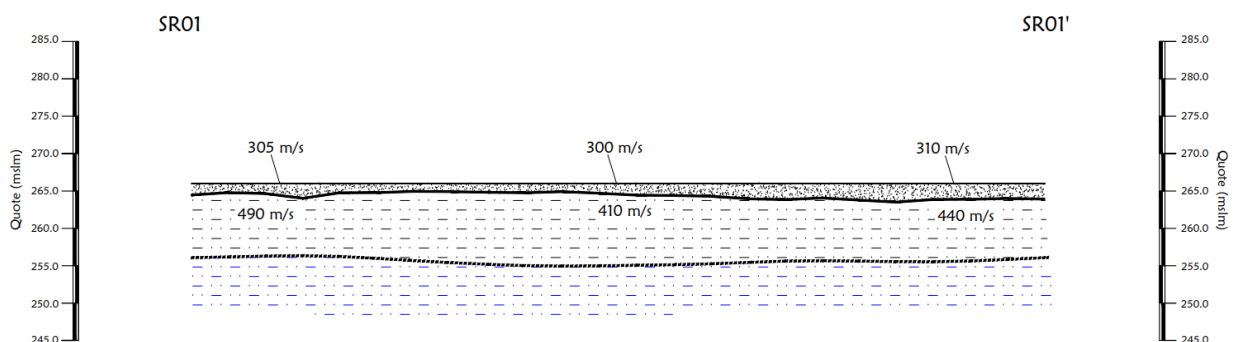
Il rifratte superficiale, che presenta profondità medie di ca. **1.60 m** (onde P) e ca. **1.65 m** (onde SH), mette a contatto un terreno di copertura e vegetale, caratterizzato da velocità delle onde sismiche compressionali (P) comprese tra **450-470 m/s** e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra **300-310 m/s**, con un orizzonte costituito da limi, che presenta velocità delle onde P comprese tra **950-990 m/s** e delle onde SH tra **410-490 m/s**.

Il rifratte profondo, individuato dalle Onde P (indicato in modo tratteggiato nella Tav. 10 allegata relativa alle onde SH), con profondità di ca. **10 m**, mette a contatto l'orizzonte intermedio con un probabile orizzonte saturo, che presenta velocità delle onde P comprese tra **1600-1790 m/s**.

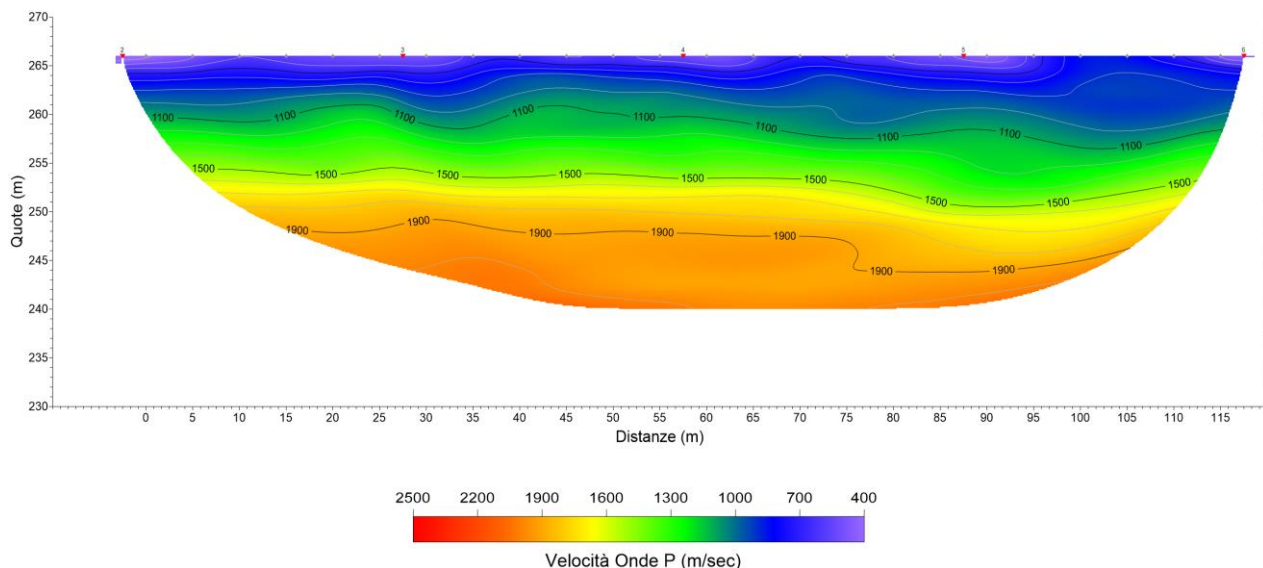
Sezione sismostratigrafica - onde P



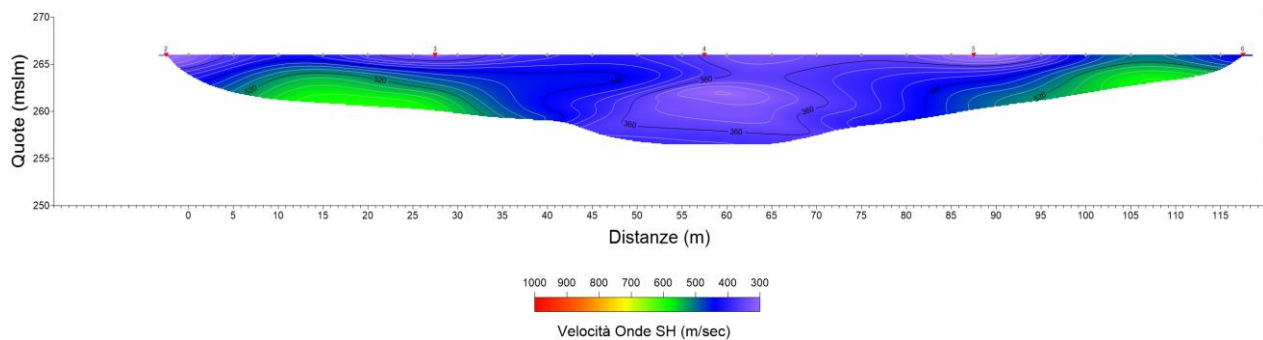
Sezione litostratigrafica - onde SH



Le sezioni tomografiche mostrano valori di velocità che aumentano gradualmente con la profondità, indicazione del passaggio a litologie sempre più compatte. Nella tomografia sismica delle Onde P, a ca. **10 m** dal p.c. si osserva il graduale passaggio tra gli orizzonti superiori, costituiti da terreno di copertura, vegetale e limi ad un probabile orizzonte saturo, che a causa del suo possibile contenuto di acqua non è individuato nella tomografia sismica delle Onde SH.



Sezione tomografica SR01\_MS2 – Onde P.



Sezione tomografica SR01\_MS2 – Onde SH.

## MISURA DI RUMORE SISMICO HVSR

### 4.0 SCHEMA OPERATIVO

Sono state eseguite, vicino alla stesa sismica, due misure di rumore a stazione singola elaborate con tecnica HVSR.

La misura di microtremore a stazione singola deve avere una durata commisurata alla frequenza di indagine di interesse. Le misure di tipo passivo mirano a determinare caratteristiche medie del moto del suolo associato alle vibrazioni ambientali. Si tratta quindi di misure che devono risultare statisticamente rappresentative del fenomeno analizzato.

Poiché una misura di interesse ingegneristico ricade nell'intervallo 0.1-20 Hz, segue che un campionamento adeguato deve durare 15-40 minuti, in modo da poter analizzare il segnale su finestre di almeno 30 s di lunghezza e da avere almeno 20-30 finestre su cui effettuare una media, considerando che qualcuna potrà essere rimossa per la presenza di disturbi (transienti) che alterano lo spettro medio.

Nel nostro caso la durata delle misure è stata pari a **1200 secondi (20 minuti)**.

La Frequenza di campionamento adeguata per questo tipo di prove non deve essere inferiore a 50 Hz, in modo da permettere una ricostruzione spettrale sino ad almeno 20 Hz.

Nel nostro caso è stata utilizzata una Frequenza di campionamento pari a **300 Hz** ed in fase di elaborazione i dati sono stati ricampionati a **128 Hz**.

## 5.0 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata nel presente lavoro risulta essere: SISMOMETRO SR04S3 “GeoBox” della Sara electronic instruments, di cui si riportano sotto (Fig.4) le caratteristiche tecniche, dotato di 3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, Technology – Huston – Texas –USA con frequenza di ca. 4.5 Hz di cui si allega l’ultimo certificato di calibrazione.



Alimentazione:	10-16Vdc (batteria interna)
Consumo di energia:	< 1 W
Numero canali:	3
Convertitore A/D:	24 bit ( $\Sigma\Delta$ )
Range dinamico:	124dB @ 100SPS
Campionamento:	simultaneo sui tre canali
Sampling rates:	10-600
Impedenza d'ingresso:	300 kOhm
Sensibilità:	2V p-p (119nV/count)
Real Time Clock:	+/-10ppm (-20/+50°C)
Sincron. Real Time Clock:	GPS via PPS modulato
Precisione rispetto a UTC:	<50µs
Antenna GPS:	amplificata con 10mt di cavo e connettore BNC
CPU:	AVR RISC processor @ 11.592MHz
Interfaccia dati sismici:	RS232, cavo USB in dotazione
Formato dati:	protocollo binario SADC20HS
Velocità:	115200 baud
Interfaccia dati GPS:	RS232
Formato dati:	NMEA; 4800 baud, n,8,1
Contenitore:	Alluminio IP66
Temperatura operativa:	-30/+60°C

**Figura 4:** Sismometro Geobox SR04S3.

I dati sono stati quindi registrati ed archiviati su un *notebook Toshiba satellite*, mediante il software di acquisizione **SEISMOWIN** mediante l’applicazione **SEISMOLOG-MT** per l’acquisizione dei microtremori.

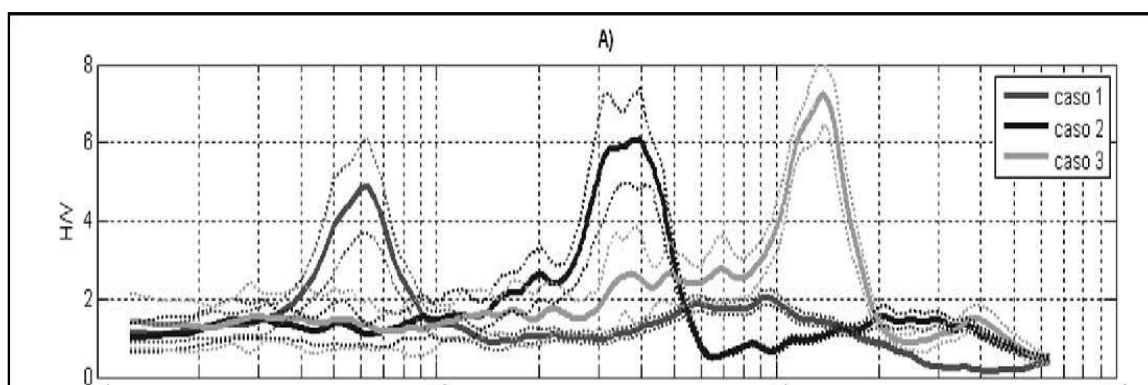


## 6.0 CENNI TEORICI

La prova H/V o HVSR acronimo per *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* è una tecnica di indagine sismica passiva non invasiva, applicata e resa nota da Nakamura (1989).

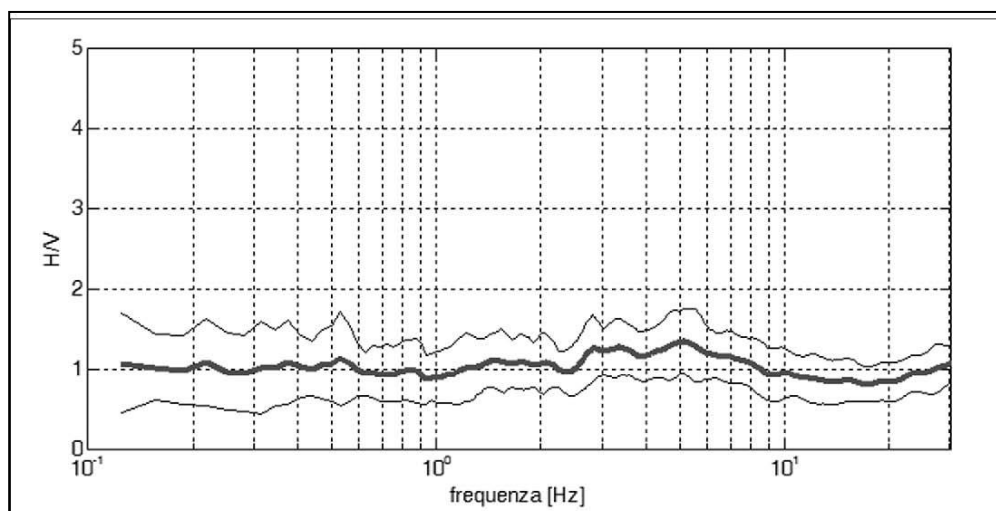
Si tratta di una valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e le componenti verticali (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno, misurati in un punto con apposito sismometro a tre componenti.

L'esito di questa prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione (**Fig.5**). Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura (Albarello et al., 2010).



**Figura 3:** Esempio di bedrock sismico a diverse profondità che genera risonanze a diverse frequenze. Caso 1: bedrock a 300 m di profondità. Caso 2: bedrock a 20 m di profondità. Caso 3: bedrock a 4 m di profondità.

Quando la misura è effettuata su un basamento sismico affiorante (e quindi dove non sono attesi fenomeni di risonanza sismica) la curva non mostra massimi significativi e si assesta intorno ad ampiezza 1 (**Fig.5**).



**Figura 5:** Curva H/V di un sito su roccia non fratturata e morfologicamente piatta. Si noti l'assenza di amplificazione per risonanza in tutto il dominio delle frequenze.

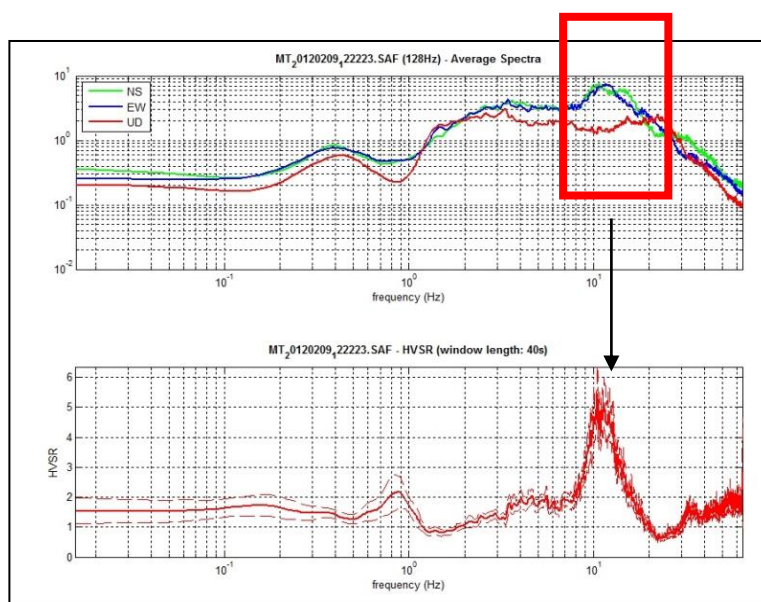
Pertanto, questa prova ha lo scopo di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni. Contestualmente fornisce indicazioni di tipo qualitativo sull'entità delle risonanze attese. In generale, la stima della frequenza di risonanza  $f$  sarà tanto più precisa quanto maggiore è il contrasto di impedenza sismica responsabile del fenomeno, ovvero dove sono maggiori gli effetti potenzialmente pericolosi.

Inoltre, se i risultati della prova sono invertiti mediante opportune procedure numeriche, soprattutto in associazione ad altre indicazioni sperimentali (per esempio le curva di dispersione delle onde superficiali, prove Down Hole, sismica a rifrazione) possono fornire vincoli importanti al profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo. In casi semplici (coperture soffici al disopra di un basamento sismico rigido), è possibile stabilire una relazione fra lo spessore dello strato soffice, la velocità media delle onde S all'interno di quest'ultimo ( $V_s$ ) e la frequenza di risonanza fondamentale  $f$  dello strato, nella forma:

$$f = \frac{V_s}{4h}$$

## 7.0 INTERPRETAZIONE DELLE MISURE

Prima di qualsiasi interpretazione delle curve H/V sono indispensabili due accorgimenti. Il primo è che la curva H/V deve essere statisticamente significativa, ossia essere caratterizzata da una deviazione in ampiezza e in frequenza ridotta. Quando questa caratteristica non sia presente sin dall'inizio, essa va ricercata tramite una pulizia del tracciato; Il secondo che la curva H/V non va mai osservata da sola ma sempre congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui essa deriva. Questo permette di discernere agevolmente i picchi di natura stratigrafica da quelli generati da fonti di disturbo di natura antropica (motori elettrici, ecc.). In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si genera spesso un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma "a occhio" o "a ogiva" come quella indicata dal rettangolo in **Fig. 6**; Questa forma è indicativa di risonanze stratigrafiche.



**Figura 6:** Forma ad "Ogiva" tipica di una risonanza.

Nel 2004 il progetto SESAME ha stabilito una serie di criteri per la valutazione della significatività dei picchi H/V. Si tratta essenzialmente di criteri di tipo statistico che hanno lo scopo di segnalare situazioni poco chiare per le quali sono necessarie ulteriori indagini (ripetizione della misura, variazione delle condizioni di accoppiamento con il terreno, ecc.).

La prima parte di questi criteri è dedicata alla valutazione dell’attendibilità statistica della curva H/V. In pratica, individuata la frequenza del picco di risonanza, i criteri aiutano a verificare se la registrazione è stata effettuata per un periodo abbastanza lungo e analizzata per un numero sufficiente di intervalli di tempo adeguati.

La seconda parte è dedicata alla valutazione della chiarezza del picco H/V. In pratica viene analizzata la morfologia del picco e si valuta semplicemente se il picco ha una forma geometricamente ben definita. Naturalmente, i criteri SESAME (2004) risultano non soddisfatti nei siti che non presentano amplificazione e considerano significativi solo picchi con ampiezza H/V superiore a 2. Questo criterio ha carattere puramente empirico.

Sulla base delle frequenze di risonanza determinate sperimentalmente sarà poi possibile fornire una stima di massima degli spessori delle coperture soffici responsabili dei possibili fenomeni di risonanza osservati. Un abaco utile in questo senso, (Albarello et al., 2010), è fornito in **Tab.1**.

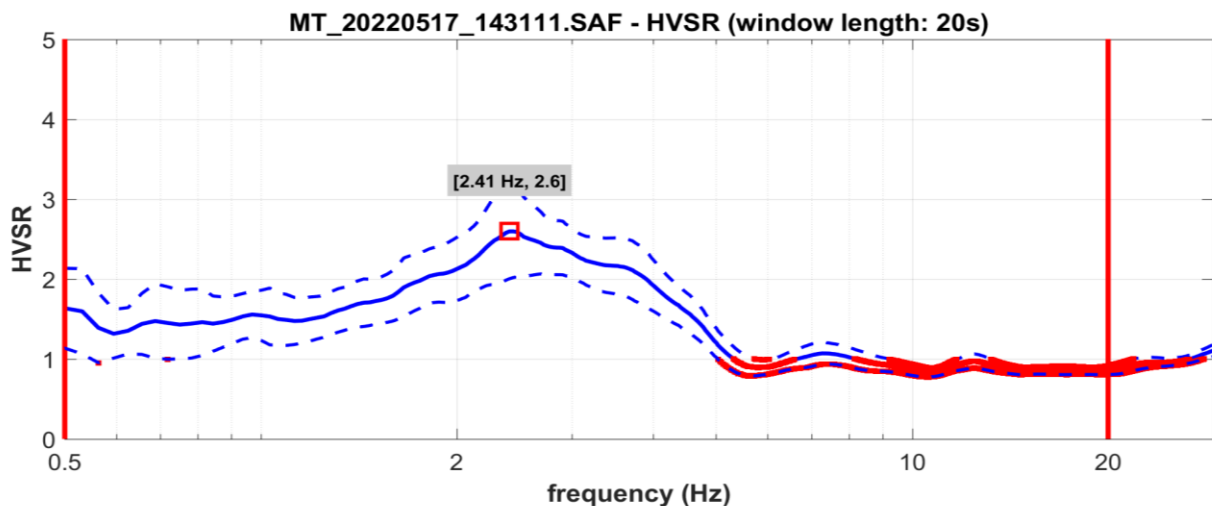
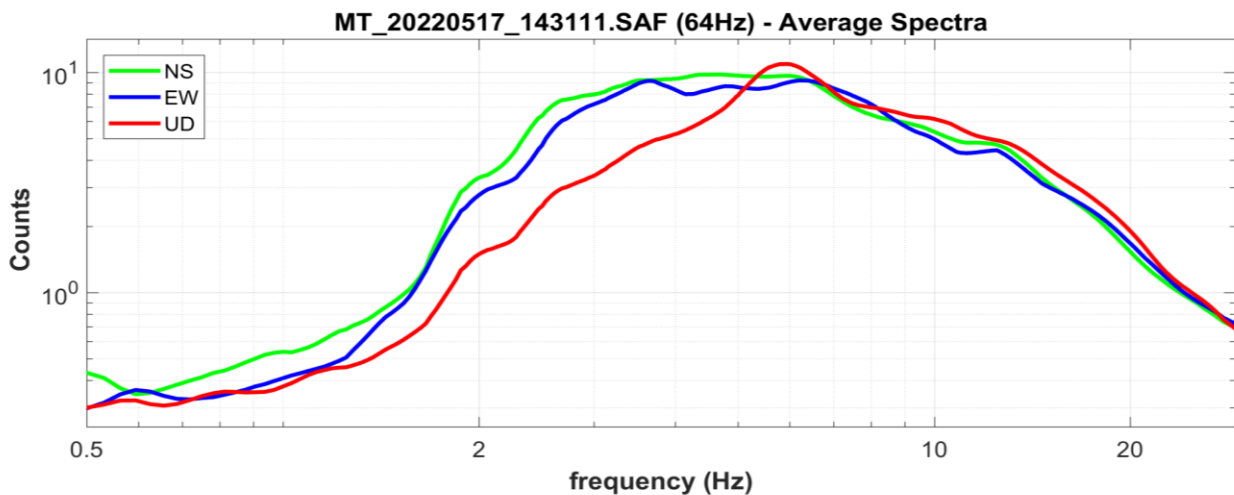
$F_0$ (Hz)	h (m)
<1	>100
1 -2	50-100
2 -3	30-50
3 -5	20-30
5 -8	10-20
8 -20	5-10
>20	<5

**Tab 1:** Abaco per la stima dello spessore delle coperture (H) a partire dai valori delle frequenze di risonanza determinate dalle misure HVSR.

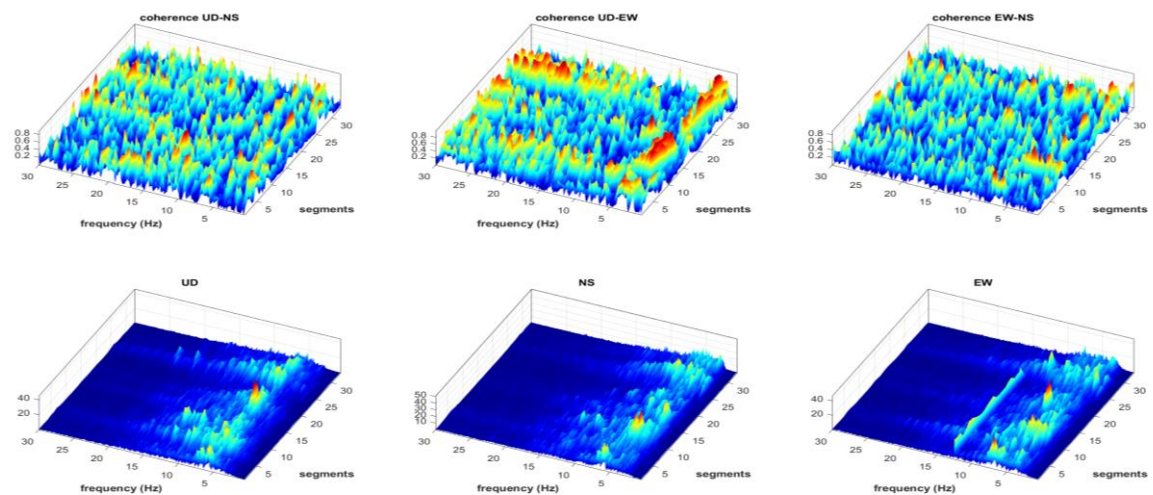
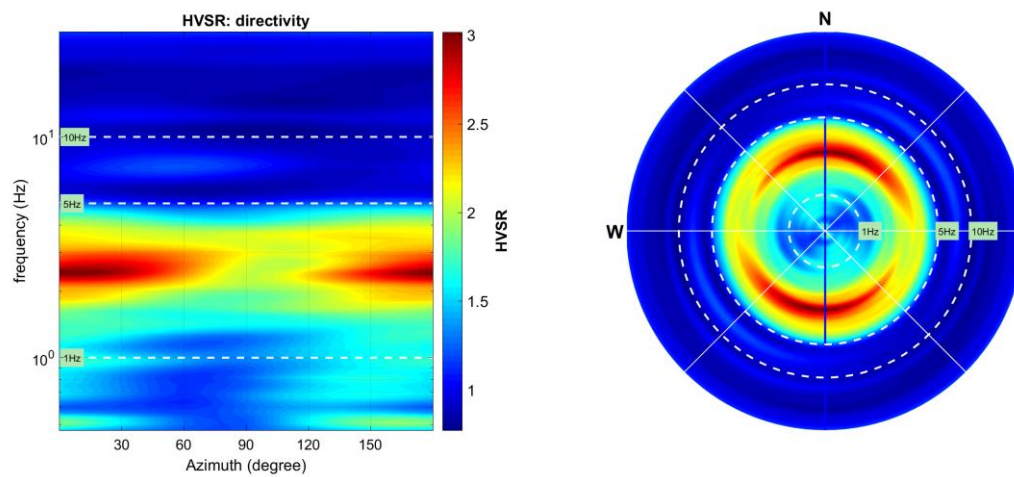
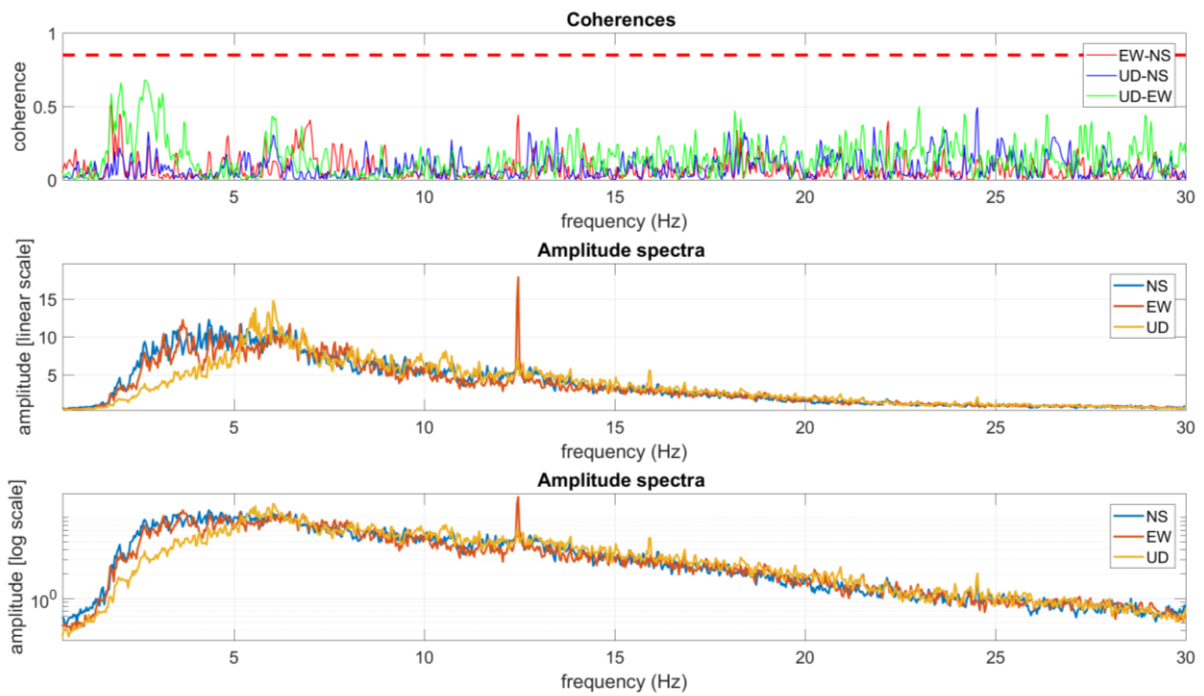
## 8.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE HVSR

Vengono qui riportati i Report dell'elaborazione delle misure eseguite secondo la tecnica H/V mediante software **WINMASW 2018 Academy**. I dati registrati sono stati ripuliti dai transienti attribuibili a disturbi locali e puntuali. Sui dati ripuliti è stata quindi eseguita l'elaborazione.

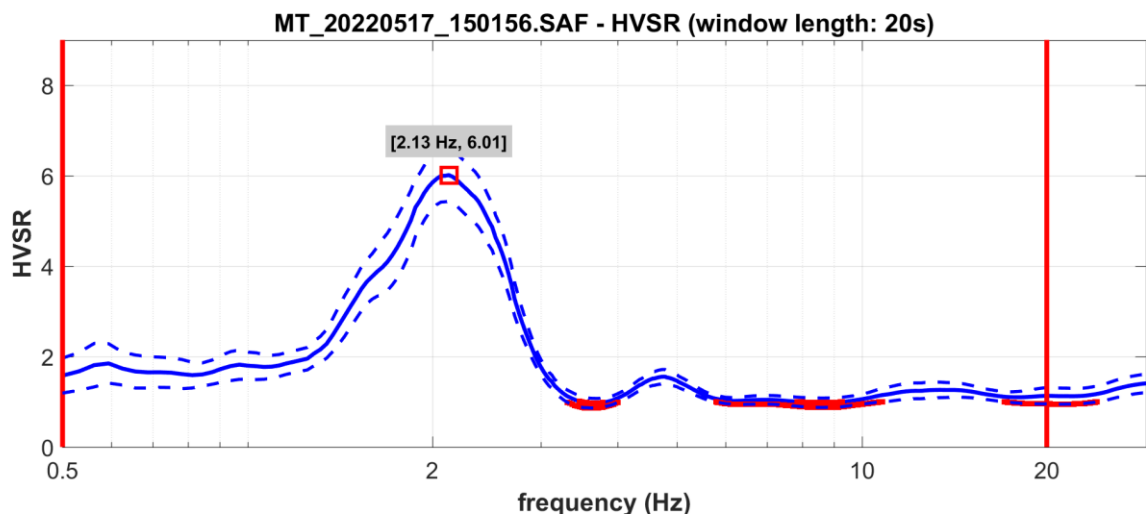
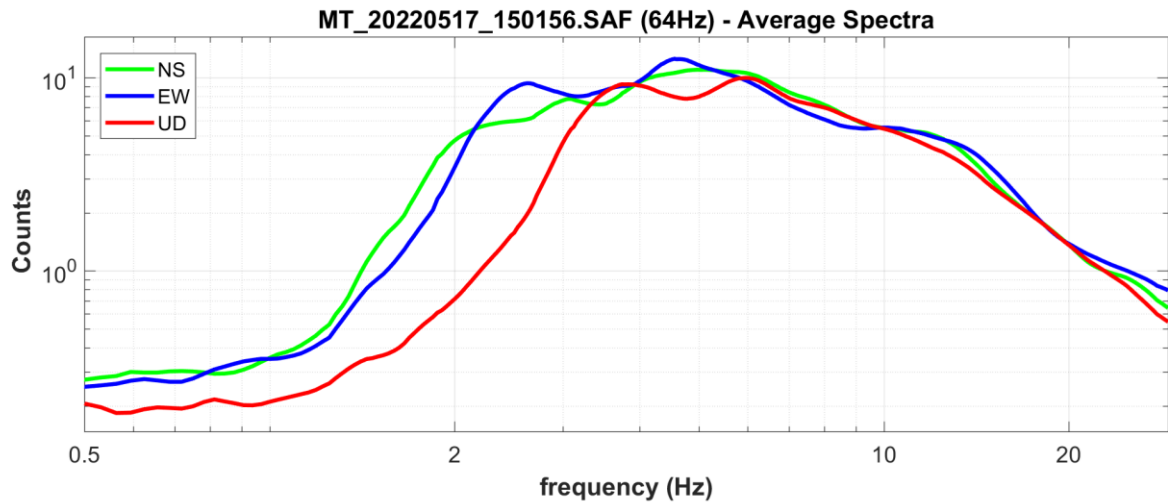
La misura di rumore a stazione singola **HVSR SR01A\_MS2** elaborata con tecnica HVSR ha evidenziato la presenza di un picco significativo a **2.41 Hz**, con ampiezza 2.6.

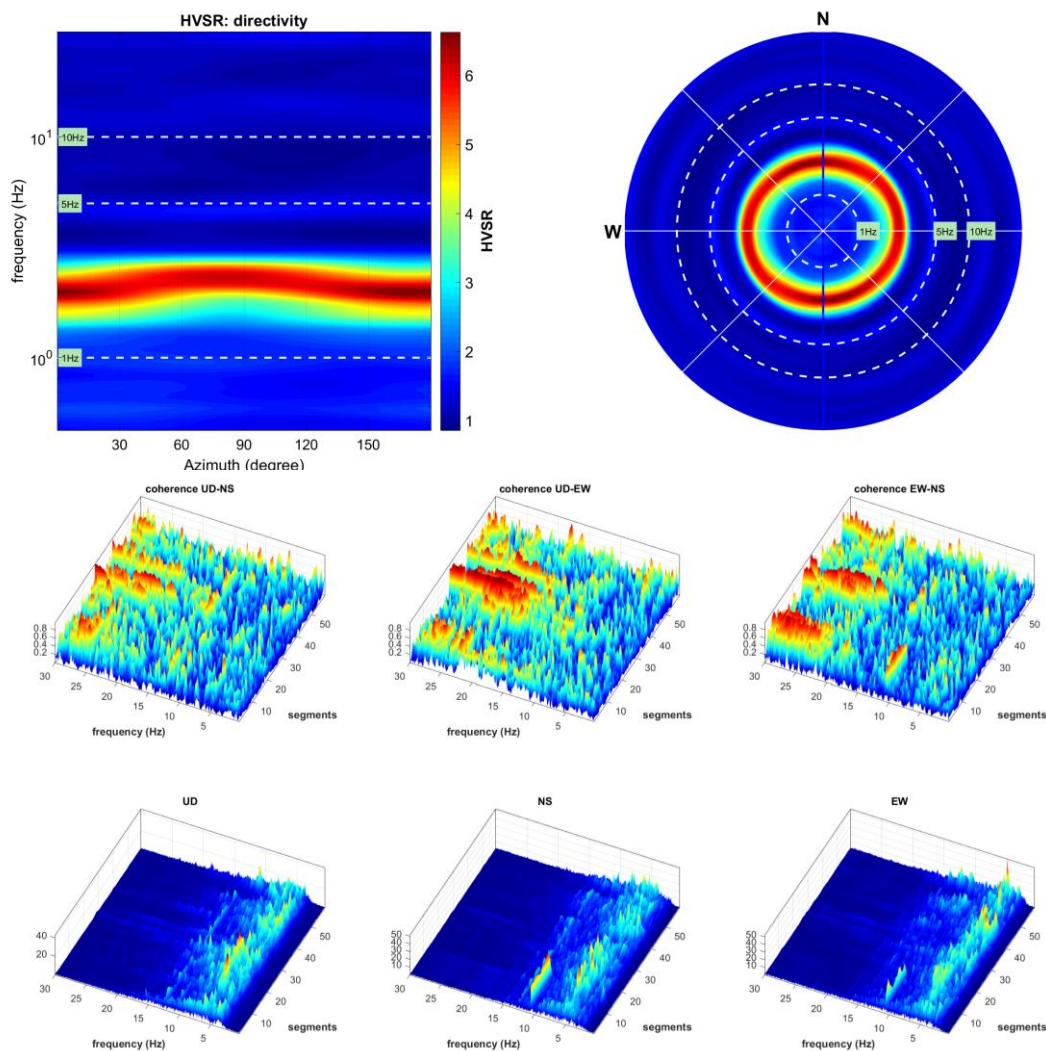
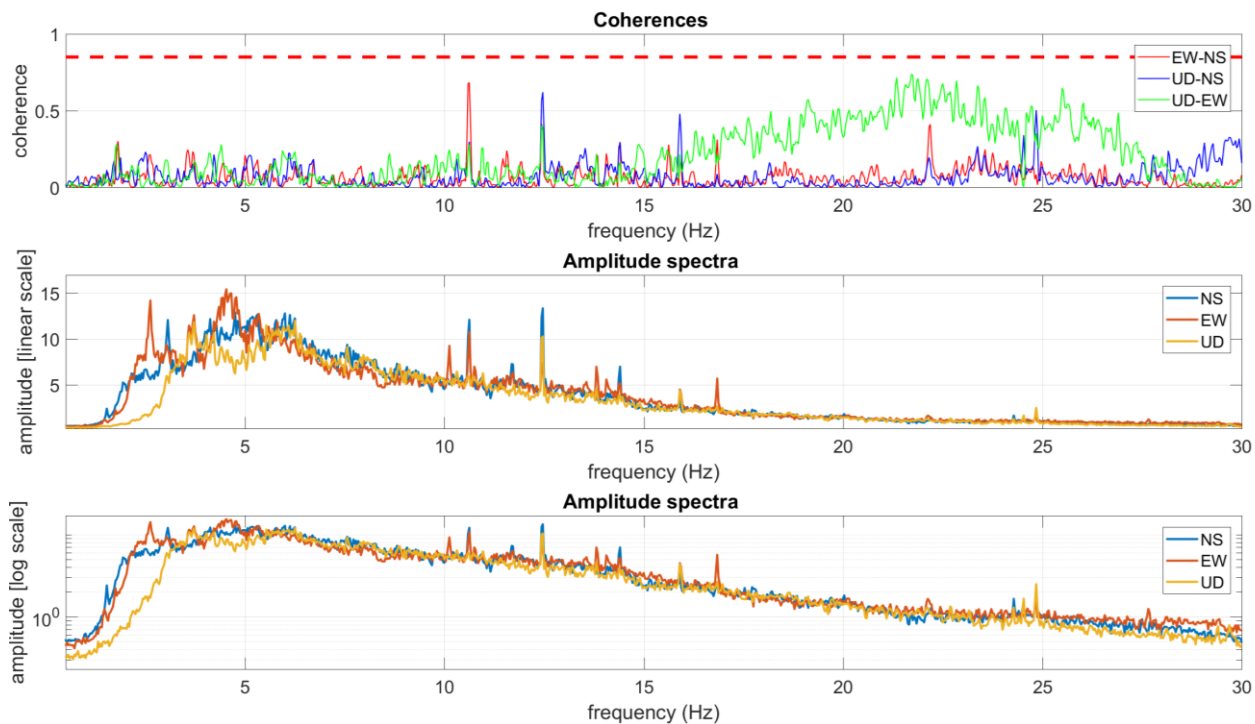






La misura di rumore a stazione singola **HVSR SR01B\_MS2** elaborata con tecnica HVSR ha evidenziato la presenza di un picco significativo a **2.13 Hz**, con ampiezza 6.01.





## 9.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio ha individuato le caratteristiche geofisiche dei materiali superficiali e profondità di un'area posta nel comune di **CASTIGLION FIBOCCHI**.

Sulla base di quanto fino ad ora riportato è possibile trarre le seguenti considerazioni conclusive relativamente all'area in oggetto:

- I risultati ottenuti dalla **Sezione SR01\_MS2** eseguita rispettivamente con Onde P ed Onde SH indicano la presenza di due superfici rifrangenti individuate dalle Onde P e una superficie rifrangente, individuata dalle Onde SH.

Il rifratteore superficiale, che presenta profondità medie di ca. **1.60 m** (onde P) e ca. **1.65 m** (onde SH), mette a contatto un terreno di copertura e vegetale, caratterizzato da velocità delle onde sismiche compressionali (P) comprese tra **450-470 m/s** e da velocità delle onde di taglio (SH) comprese tra **300-310 m/s**, con un orizzonte costituito da limi, che presenta velocità delle onde P comprese tra **950-990 m/s** e delle onde SH tra **410-490 m/s**.

Il rifratteore profondo, individuato dalle Onde P (indicato in modo tratteggiato nella Tav. 10 allegata relativa alle onde SH), con profondità di ca. **10 m**, mette a contatto l'orizzonte intermedio con un probabile orizzonte saturo, che presenta velocità delle onde P comprese tra **1600-1790 m/s**.

- Le sezioni tomografiche mostrano valori di velocità che aumentano gradualmente con la profondità, indicazione del passaggio a litologie sempre più compatte. Nella tomografia sismica delle Onde P, a ca. **10 m** dal p.c. si osserva il graduale passaggio tra gli orizzonti superiori, costituiti da terreno di copertura, vegetale e limi ad un probabile orizzonte saturo, che a causa del suo possibile contenuto di acqua non è individuato nella tomografia sismica delle Onde SH.
- La misura di rumore a stazione singola **HVSR SR01A\_MS2** elaborata con tecnica HVSR ha evidenziato la presenza di un picco significativo a **2.41 Hz**, con ampiezza 2.6.

- La misura di rumore a stazione singola **HVSR SR01B\_MS2** elaborata con tecnica HVSR ha evidenziato la presenza di un picco significativo a **2.13 Hz**, con ampiezza 6.01.
- 

Arezzo, lì 01/06/2022

**TRIGEO s.n.c.**  
di Nencetti Andrea e Burchini Benedetto  
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)  
P.IVA 02024110518  
Tel/Fax: 0575 294900 - 055 9062212  
Cell: 339 2288117 - 3287219928  
www.trigeo.it - info@trigeo.it



## ALLEGATI



SCHEMA DELLA LINEA SISMICA SR01\_MS2 – CASTIGLION FIBOCCHI (AR)

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0.00	5.00	266
2	5.00	5.00	266
3	10.00	5.00	266
4	15.00	5.00	266
5	20.00	5.00	266
6	25.00	5.00	266
7	30.00	5.00	266
8	35.00	5.00	266
9	40.00	5.00	266
10	45.00	5.00	266
11	50.00	5.00	266
12	55.00	5.00	266
13	60.00	5.00	266
14	65.00	5.00	266
15	70.00	5.00	266
16	75.00	5.00	266
17	80.00	5.00	266
18	85.00	5.00	266
19	90.00	5.00	266
20	95.00	5.00	266
21	100.00	5.00	266
22	105.00	5.00	266
23	110.00	5.00	266
24	115.00	5.00	266

*COORDINATE WGS84 DEI GEOFONI 1 E 24*

COORDINATE	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	43°,523824	43°,524756
Y(m)	11°,760510	11°,760859

*PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT*

ONDE P	$\Sigma$ ONDE SH	SHOT POINT	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
DAT.5564	DAT.5565	A - ESTERNO SX	-20.0	266
DAT.5566	DAT.5562	B - ESTREMO SX	-2.5	266
DAT.5567	DAT.5560	C - INTERMEDIO SX	27.5	266
DAT.5568	DAT.5558	D - CENTRALE	57.5	266
DAT.5569	DAT.5556	E - INTERMEDIO DX	87.5	266
DAT.5570	DAT.5552	F - ESTREMO DX	117.5	266
DAT.5571	DAT.5554	G - ESTERNO DX	145	266

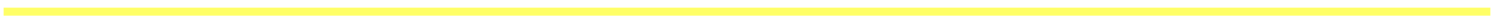


**REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA – Sezione SR01\_MS2**

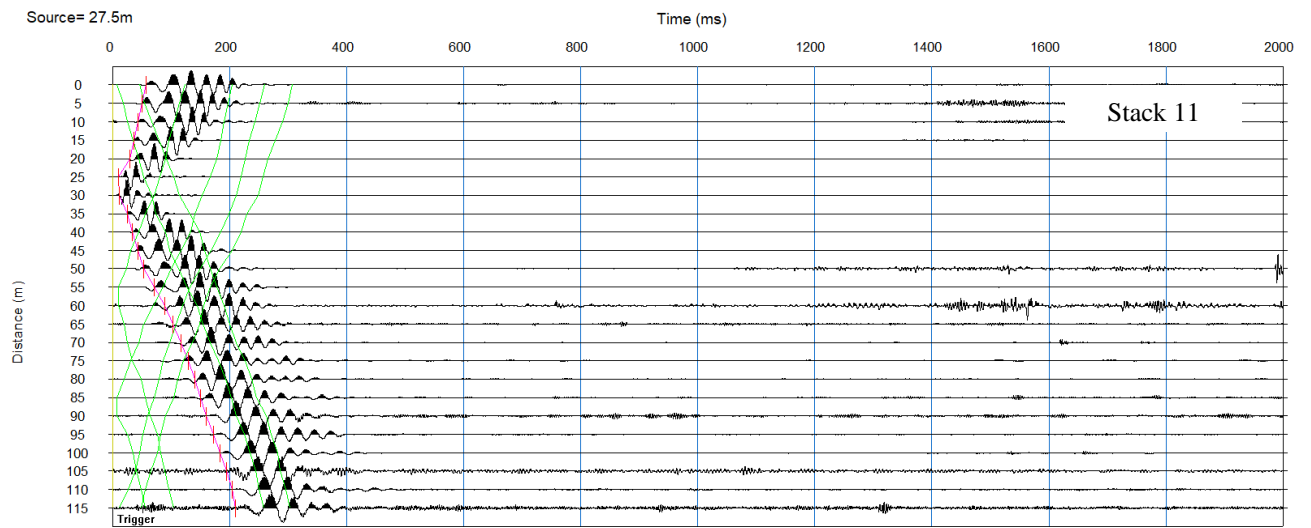
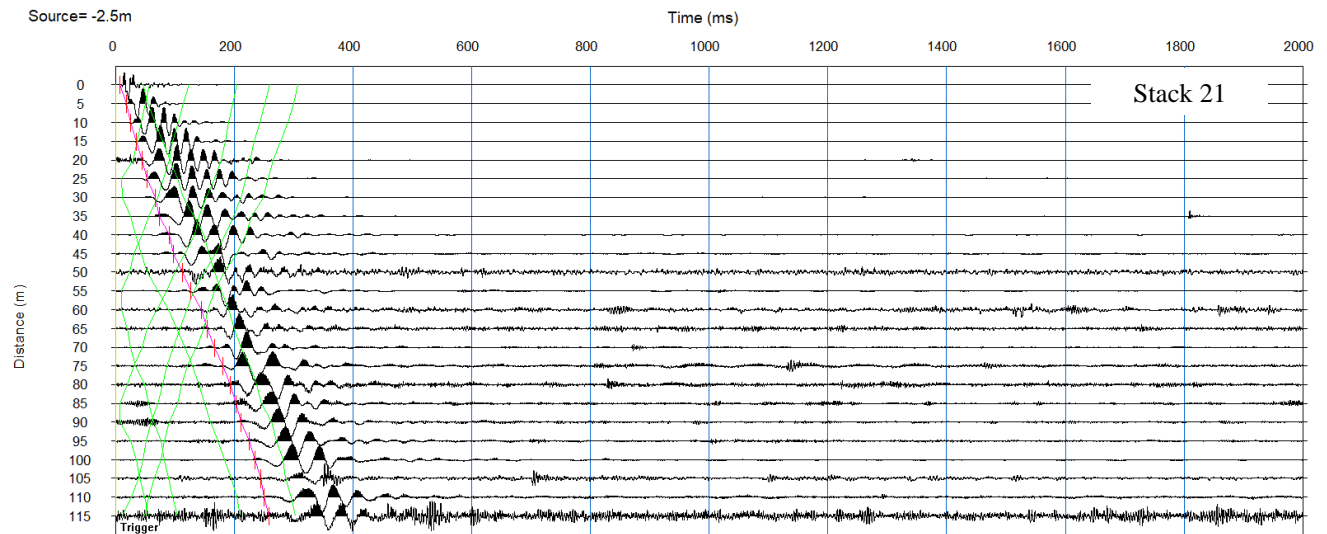
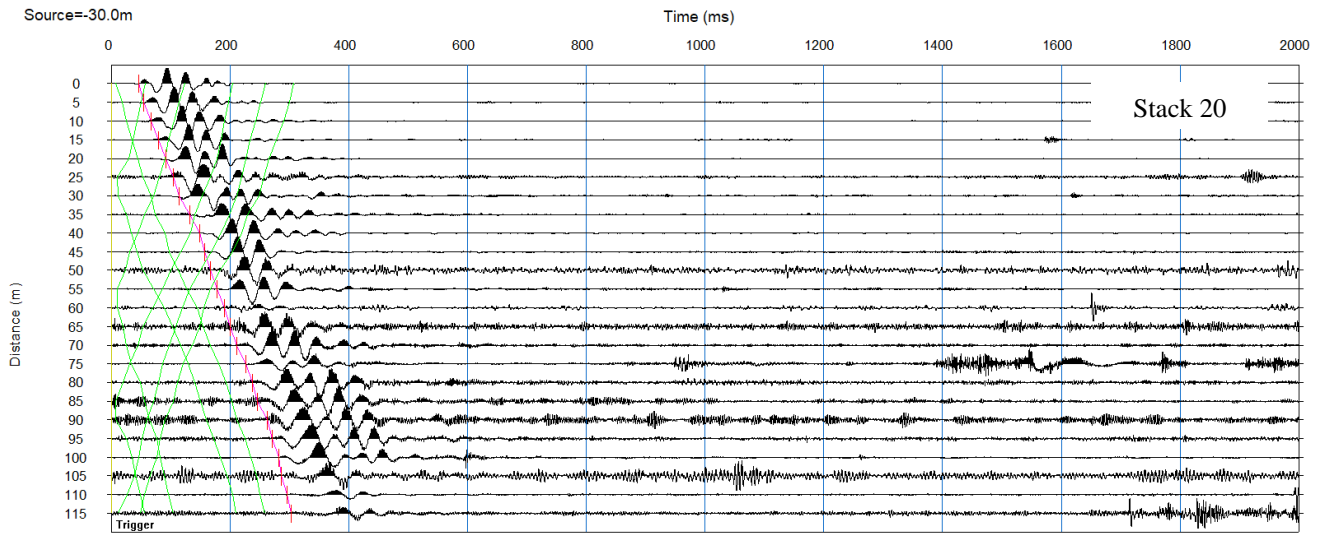
**Comune di Castiglion Fibocchi**

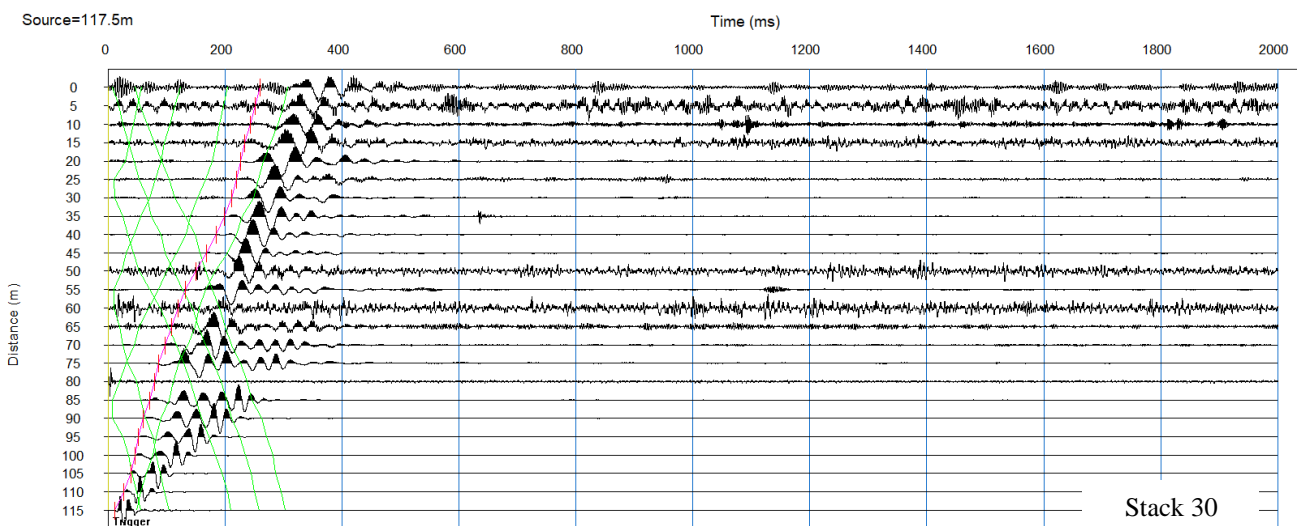
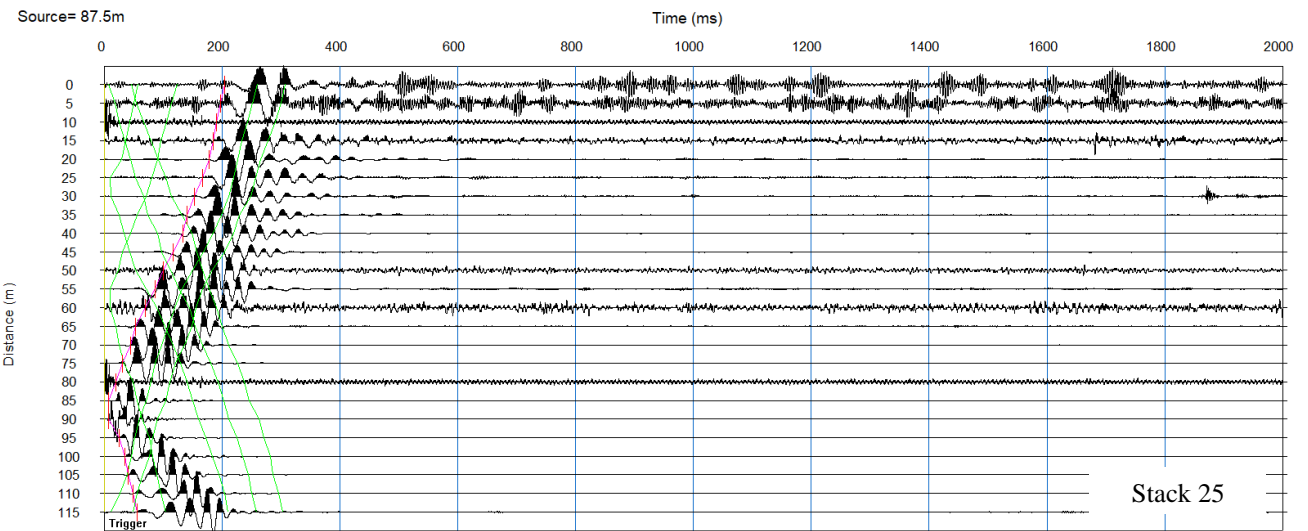
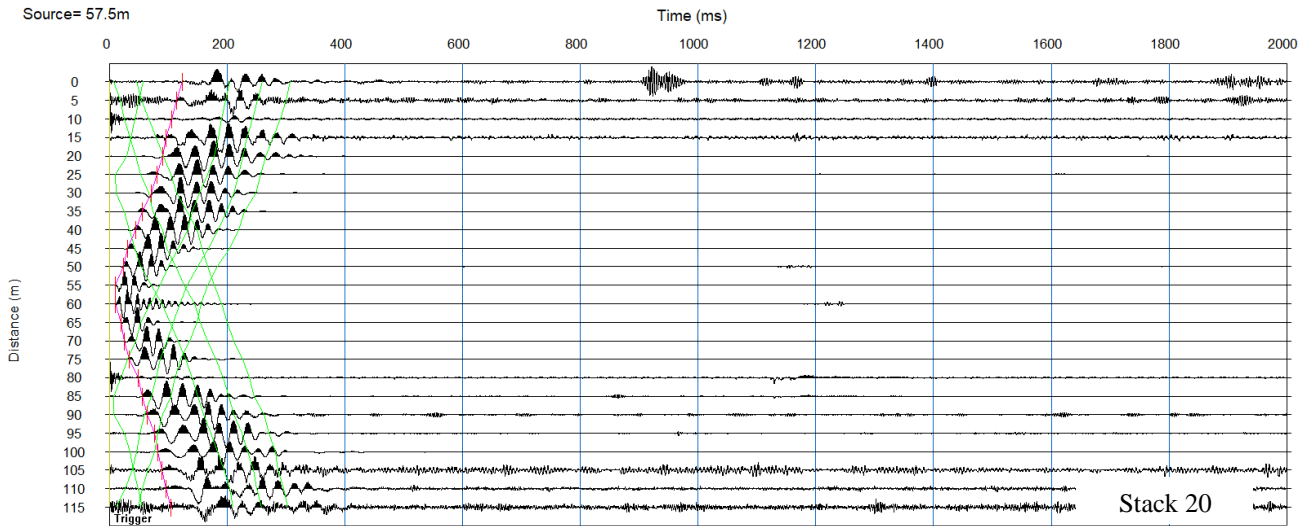
**file 5551 - 5564 Onde SH**

**file 5565 – 5571 Onde P**

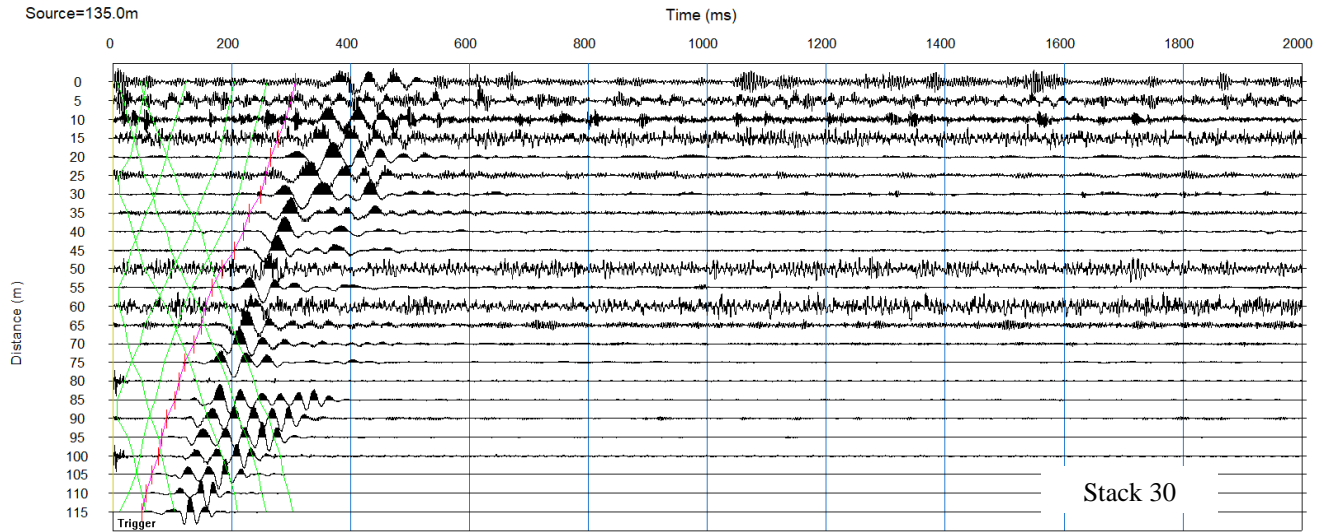


# ONDE SH $\Sigma$



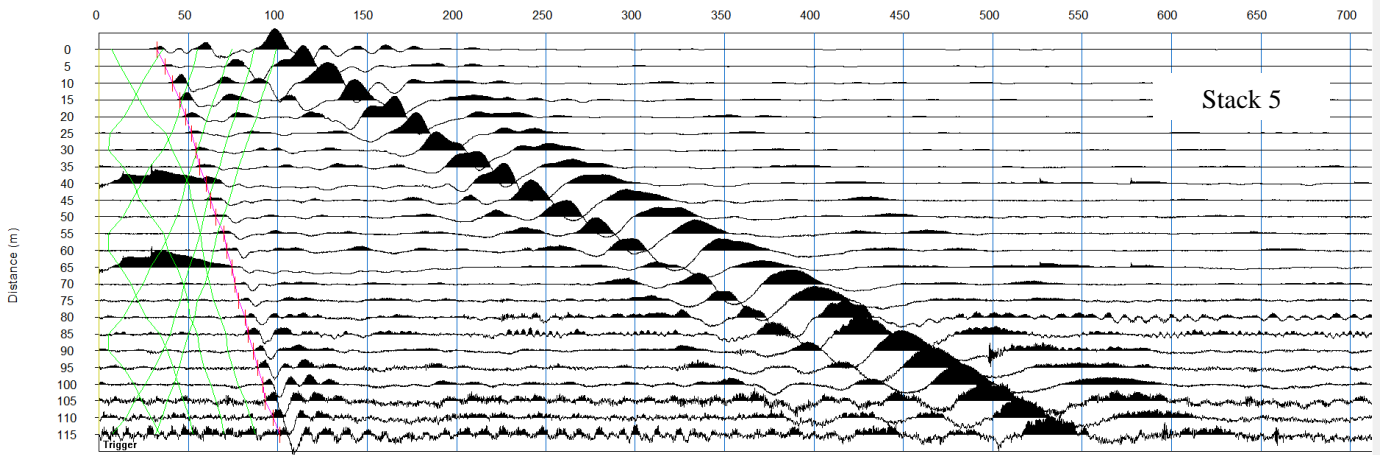




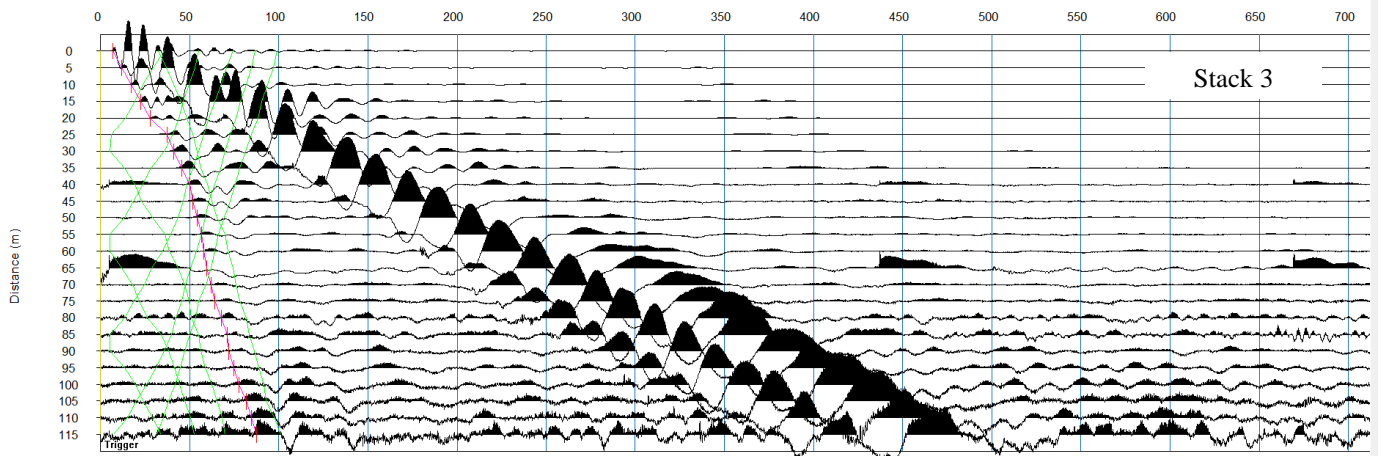


# ONDE P

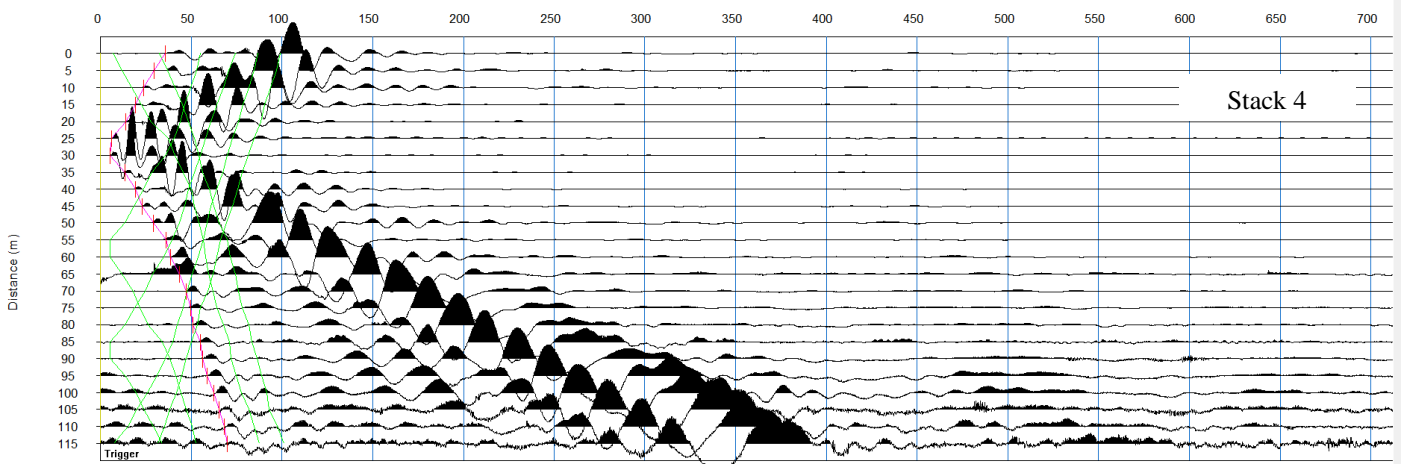
Source=-30.0m

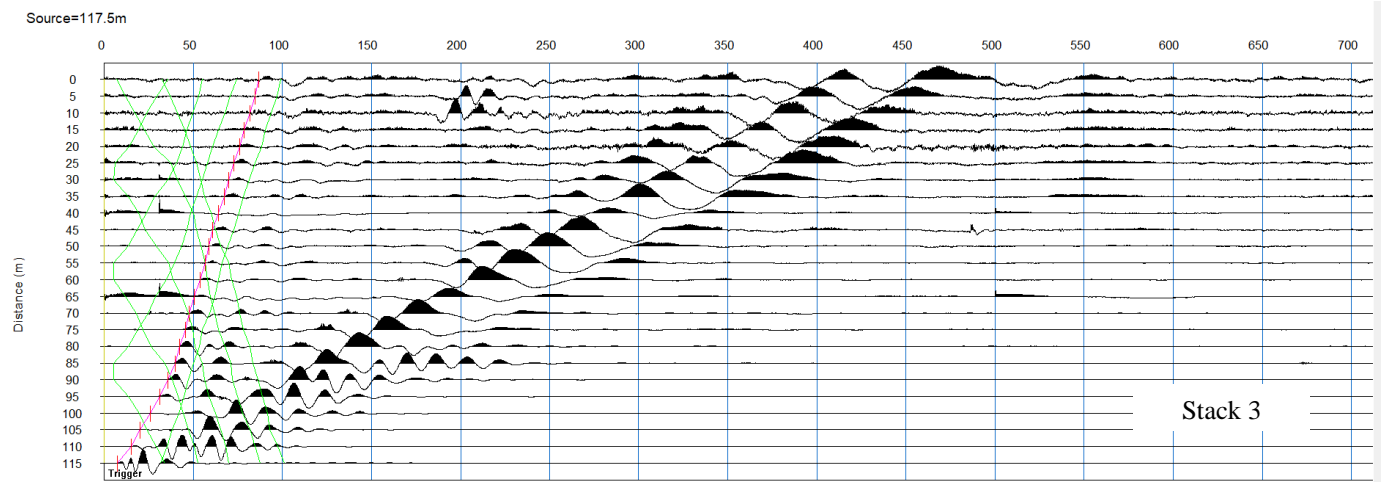
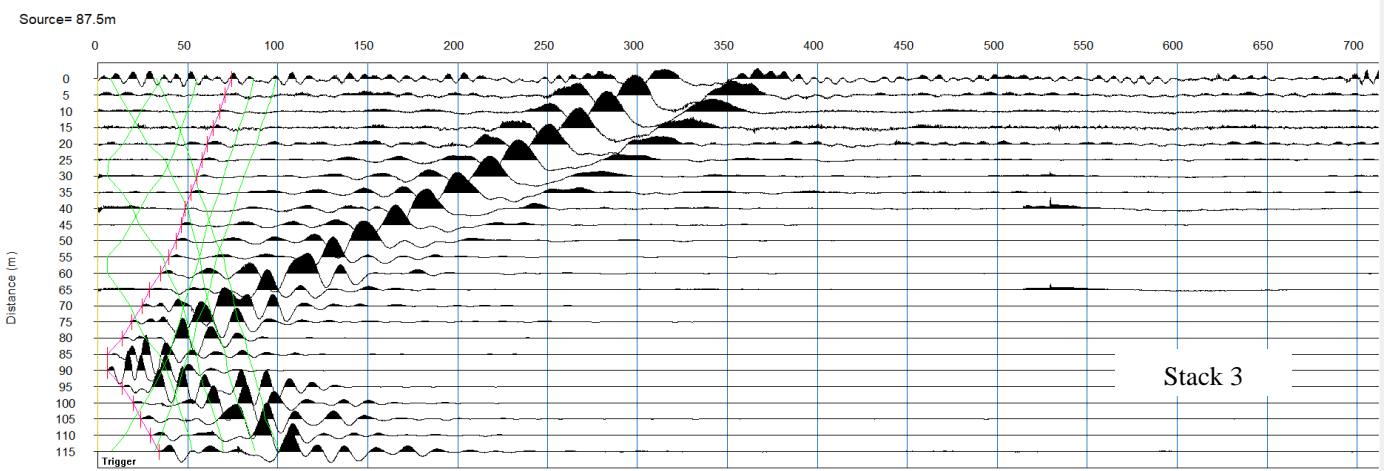
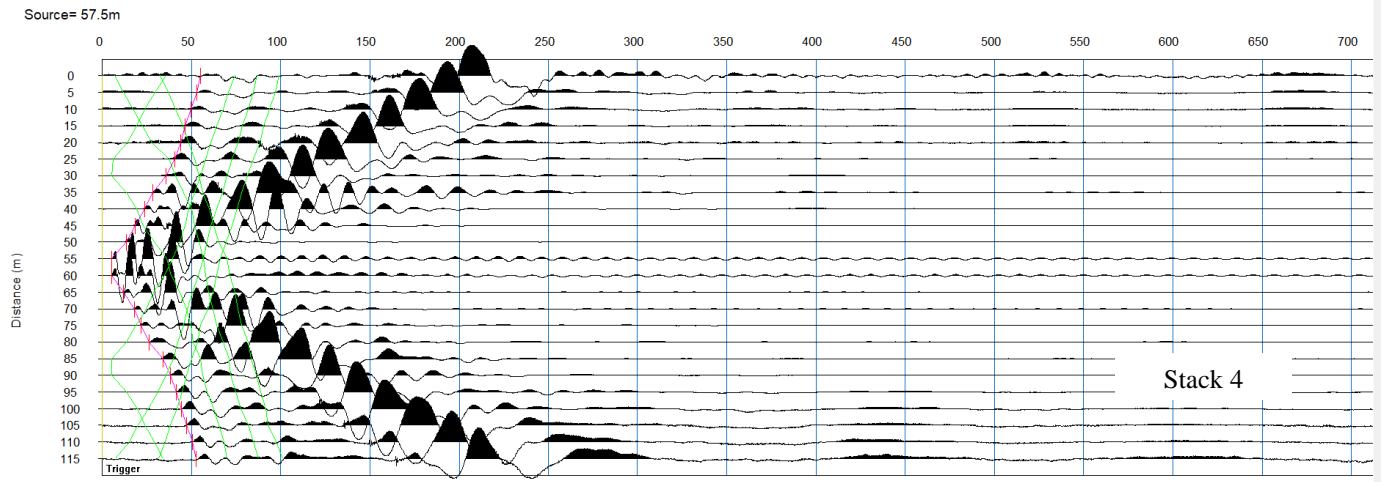


Source=-2.5m

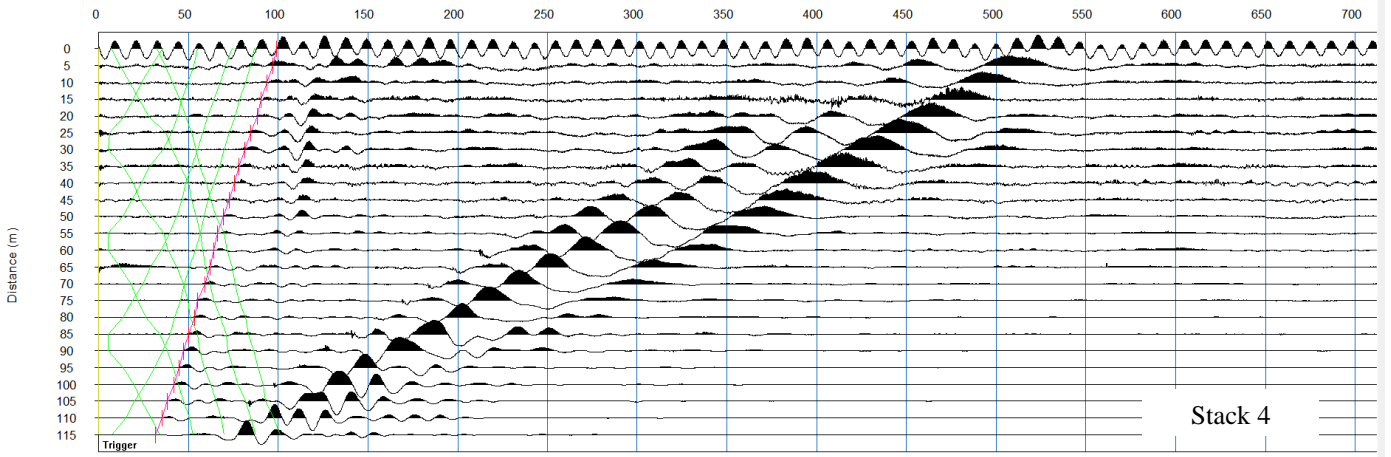


Source=27.5m





Source=135.0m



**PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – SR01\_MS2 – ONDE P**

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 2 (m)
1	0	1.06	9.92
2	5	1.11	9.82
3	10	1.21	9.71
4	15	1.31	9.66
5	20	1.28	9.76
6	25	1.28	10.00
7	30	1.18	10.30
8	35	1.07	10.58
9	40	1.21	10.81
10	45	1.25	10.98
11	50	1.11	11.05
12	55	1.15	11.01
13	60	1.46	10.94
14	65	1.72	10.86
15	70	1.86	10.74
16	75	1.94	10.55
17	80	2.17	10.38
18	85	2.36	10.33
19	90	2.24	10.38
20	95	2.19	10.45
21	100	2.11	10.47
22	105	2.10	10.36
23	110	2.23	10.16
24	115	2.39	9.91

**PROFONDITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – SR01\_MS2 – ONDE SH**

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	PROFONDITÀ LIVELLO 1 (m)
1	0	1.54
2	5	1.23
3	10	1.35
4	15	1.99
5	20	1.25
6	25	1.22
7	30	1.05
8	35	1.09
9	40	1.18
10	45	1.24
11	50	1.10
12	55	1.31
13	60	1.57
14	65	1.61
15	70	1.71
16	75	2.05
17	80	2.16
18	85	1.95
19	90	2.22
20	95	2.49
21	100	2.14
22	105	2.12
23	110	2.00
24	115	2.09



**VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – SR01\_MS2 – ONDE P**

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V <sub>1</sub> LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V <sub>2</sub> LIVELLO 2 (m/s)	VELOCITÀ V <sub>3</sub> LIVELLO 3 (m/s)
1	0	450	950	1600
2	5	450	950	1620
3	10	450	955	1625
4	15	450	957	1623
5	20	450	955	1635
6	25	452	960	1640
7	30	455	960	1660
8	35	460	960	1670
9	40	462	965	1690
10	45	462	968	1710
11	50	465	968	1720
12	55	465	970	1720
13	60	465	973	1730
14	65	465	975	1740
15	70	468	977	1760
16	75	465	980	1760
17	80	468	980	1770
18	85	468	980	1775
19	90	470	983	1780
20	95	470	985	1780
21	100	470	985	1785
22	105	470	987	1790
23	110	470	988	1790
24	115	470	990	1790

**VELOCITÀ LIVELLI INDIVIDUATI – SR01\_MS2 – ONDE SH**

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m)	VELOCITÀ V <sub>1</sub> LIVELLO 1 (m/s)	VELOCITÀ V <sub>2</sub> LIVELLO 2 (m/s)
1	0	300	410
2	5	300	415
3	10	300	417
4	15	302	420
5	20	303	423
6	25	305	424
7	30	305	425
8	35	305	428
9	40	303	430
10	45	303	435
11	50	305	440
12	55	305	447
13	60	307	453
14	65	307	460
15	70	307	468
16	75	308	470
17	80	308	475
18	85	308	480
19	90	309	483
20	95	309	485
21	100	309	487
22	105	310	490
23	110	310	490
24	115	310	490

TEMPI ONDE P – SR01\_MS2

GEOFONI N°	DISTANZA (M)	SHOT POINT A TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT B TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT C TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT D TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT E TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT F TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec
1	0	31.68	7.25	33.88	52.69	69.79	87.47	101.01
2	5	35.51	14.92	29.27	50.28	68.18	84.48	97.34
3	10	38.26	19.97	23.76	47.18	65.2	81.73	92.75
4	15	41.78	25.71	19.63	44.08	62.44	77.59	91.6
5	20	44.54	30.99	13.43	41.67	58.88	74.61	88.63
6	25	47.06	35.58	5.17	37.88	56.13	71.85	86.09
7	30	50.05	39.72	5.17	33.75	54.87	70.94	83.33
8	35	53.26	42.24	13.43	26.17	50.73	67.72	81.73
9	40	54.87	45.45	18.94	21.75	49.59	64.05	78.05
10	45	59	47.52	24.45	17.91	47.06	61.98	75.99
11	50	61.98	50.51	28.58	11.71	43.39	59.46	74.15
12	55	64.05	53.72	34.78	5.05	38.57	57.85	71.4
13	60	66.12	56.47	39.26	5.05	36.04	56.47	69.79
14	65	69.33	58.54	43.39	13.31	28.93	54.18	65.2
15	70	72.54	60.61	46.49	18.37	22.96	51.65	62.44
16	75	75.53	64.05	48.55	23.65	19.05	50.05	59.92
17	80	78.05	67.26	51.65	28.24	13.31	45.45	56.24
18	85	81.27	69.79	55.1	35.58	5.05	40.86	54.18
19	90	84.48	72.54	57.85	40.63	6.13	37.5	51.65
20	95	88.15	75.99	60.95	43.85	13.77	27.78	48.44
21	100	90.22	78.28	64.05	46.39	19.05	22.5	45
22	105	93.66	81.73	67.49	49.59	23.65	16.99	40.86
23	110	96.88	84.48	70.59	52.8	29.38	11.71	36.73
24	115	98.94	86.55	74.38	54.87	35.58	6.89	32.37

## TEMPI ONDE SH – SR01\_MS2

GEOFONI N°	DISTANZA (M)	SHOT POINT A TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT B TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT C TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT D TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT E TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT F TEMPO DI ARRIVO IN msec	SHOT POINT G TEMPO DI ARRIVO IN msec
1	0	47.52	11.36	55.75	103.31	209.19	257.75	302.17
2	5	55.27	26.34	48.55	96.07	203.17	249.48	295.97
3	10	64.57	38.22	40.29	88.33	194.21	243.8	286.67
4	15	75.41	45.97	34.61	81.13	183.54	234.5	281.25
5	20	82.13	51.65	24.79	75.41	172.78	224.69	271.18
6	25	89.36	59.92	7.23	63.53	160.38	211.26	262.06
7	30	103.31	71.28	7.75	54.75	150.31	202.48	246.38
8	35	110.54	79.8	20.14	47.52	141.01	193.7	237.09
9	40	120.87	86.78	29.96	33.57	128.62	180.27	227.01
10	45	136.36	97.62	43.9	24.79	116.22	166.84	210.74
11	50	147.73	107.95	53.2	20.14	102.27	153.93	200.67
12	55	154.96	118.8	69.21	9.13	88.33	144.11	189.82
13	60	166.84	131.2	85.74	9.81	70.51	126.55	178.2
14	65	182.85	150.31	100.21	22.73	52.17	112.6	167.36
15	70	204.03	167.87	116.22	30.99	42.61	97.62	155.99
16	75	219.01	184.92	132.75	43.9	33.06	90.39	147.73
17	80	229.34	197.83	140.5	55.27	25.31	74.38	131.2
18	85	248.45	210.74	153.41	70.76	10.85	66.12	113.64
19	90	256.71	219.01	166.84	80.06	9.3	52.5	103.31
20	95	264.98	226.24	177.17	89.36	28.67	44.94	91.43
21	100	277.89	233.47	183.88	96.07	35.64	34.61	79.03
22	105	290.29	242.25	190.08	104.86	41.88	25.31	67.15
23	110	300.1	250.52	196.8	113.64	49.25	18.08	54.24
24	115	306.82	259.81	204.03	123.45	56.56	7.75	45.25





Vista generale Sezione SR01\_MS2 – da G1 a G24.



Vista generale Sezione SR01\_MS2 – da G24 a G1.





Shot point E – Sezione SR01\_MS2 – onde SH.



Shot point F – Sezione SR01\_MS2 – onde SH.



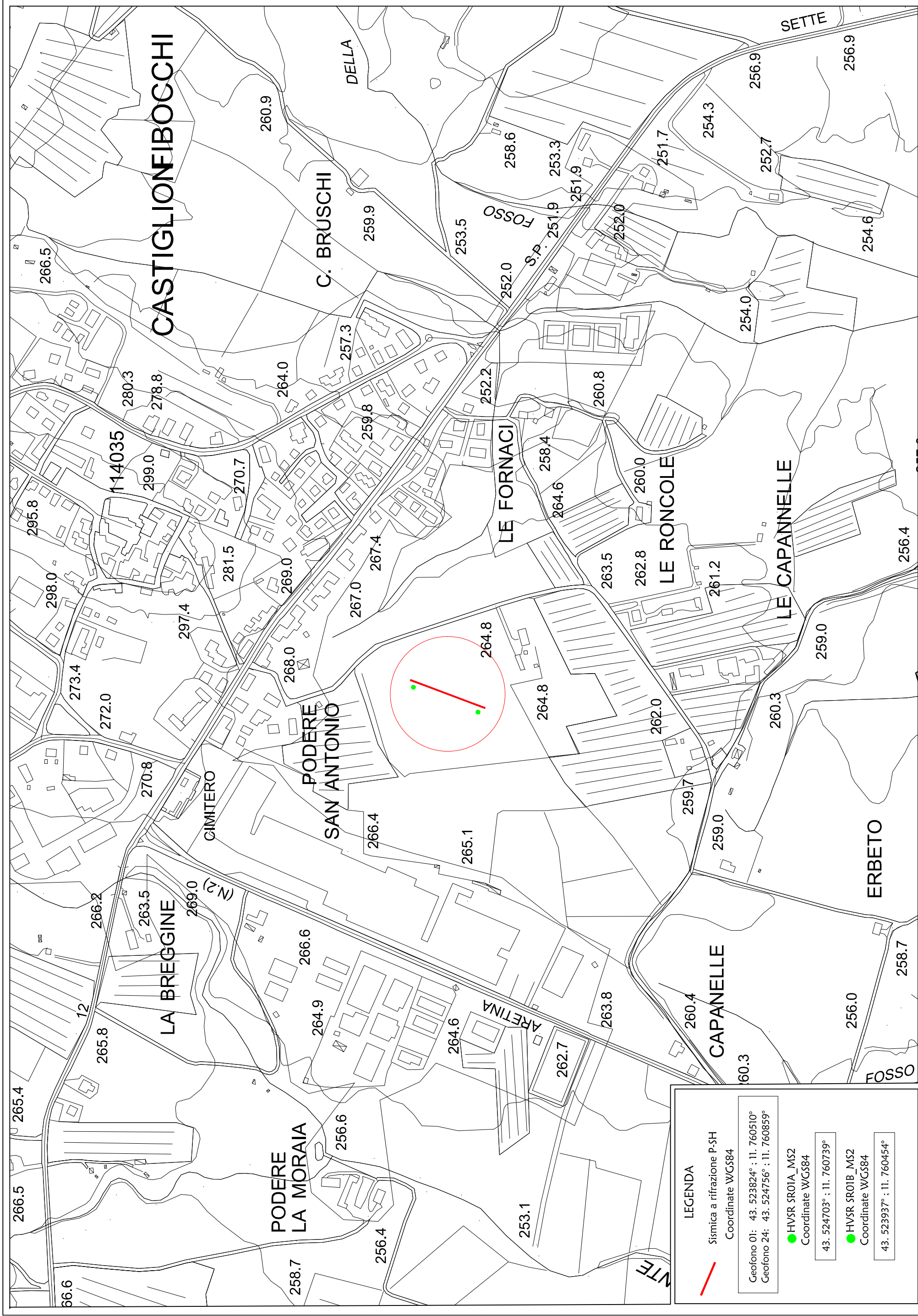


Shot point E – Sezione RIFR20\_MS2 – onde P.




Shot point G – Sezione SR01\_MS2 – onde P.







**LEGENDA**

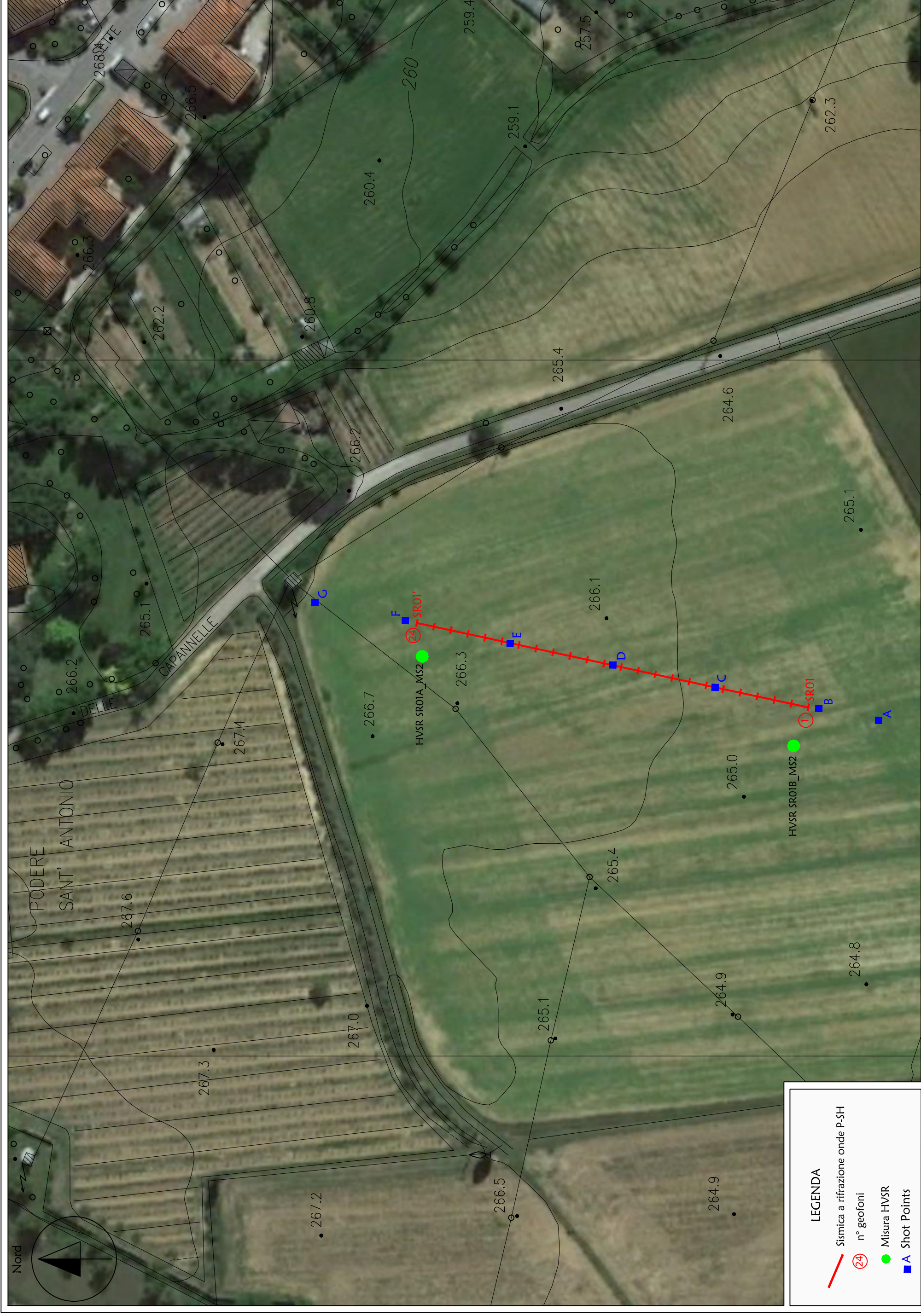

 Sismica a rifrazione P-SH  
 Coordinate WGS84

Geofono 01: 43. 523824° ; 11. 760510°  
 Geofono 24: 43. 524756° ; 11. 760859°






 HVSR SR01A\_MS2  
 Coordinate WGS84  
 43. 524703° ; 11. 760739°


 HVSR SR01B\_MS2  
 Coordinate WGS84  
 43. 523937° ; 11. 760454°



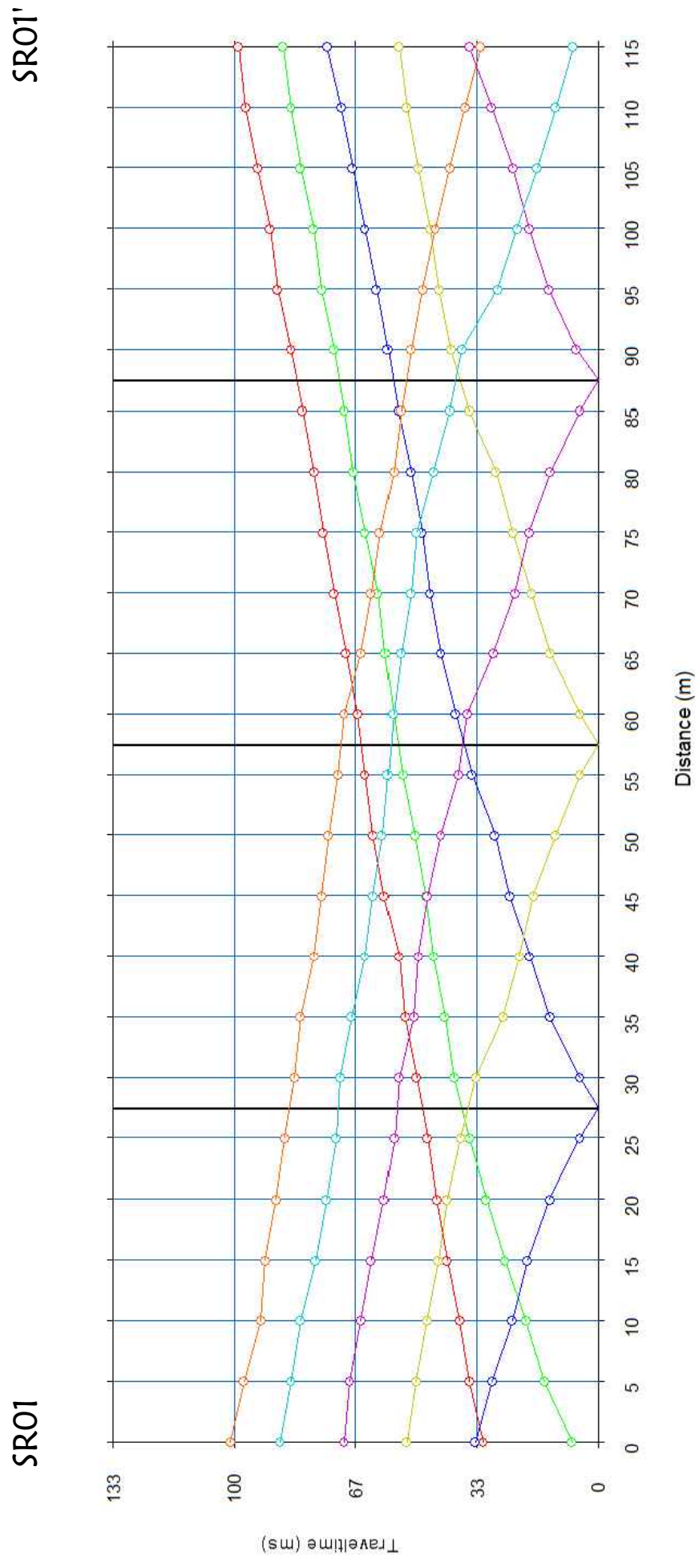


**LEGENDA**

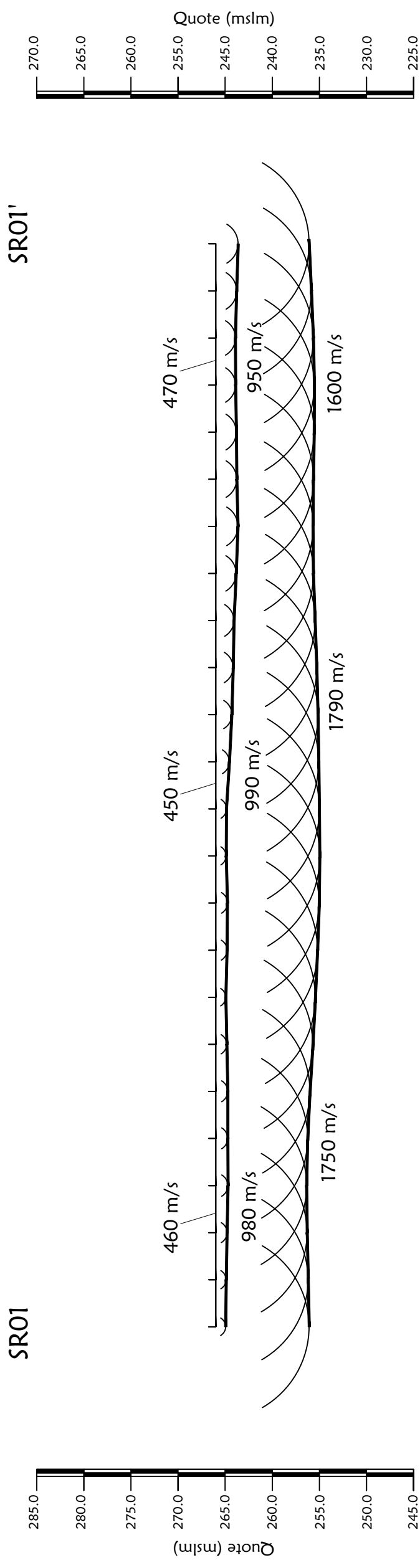
-  Sismica a rifrazione onde P-SH
-  n° geofoni
-  Misura HVSR
-  Shot Points



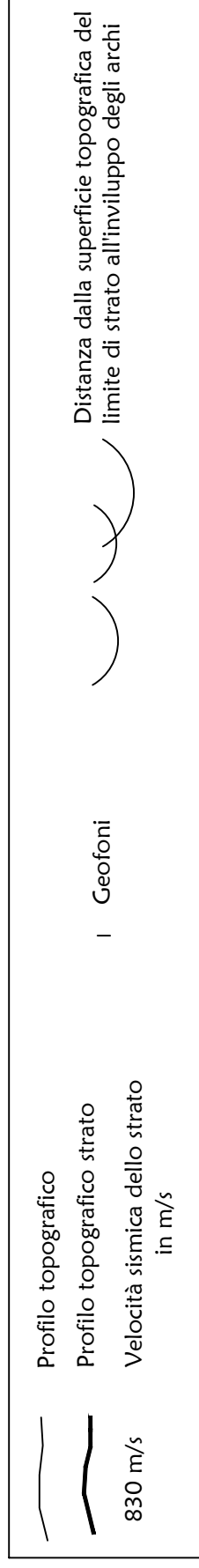
# Dromocrone - onde P



# Sezione sismostratigrafica - onde P



Numero geofoni	Distanze (m)	Quote (mslm)	Profondità da p.c. Livello 1 (m)	Profondità da p.c. Livello 2 (m)
1	266,00	0	1,06	9,92
2	266,00	5	1,11	9,82
3	266,00	10	1,21	9,71
4	266,00	15	1,31	9,66
5	266,00	20	1,28	9,76
6	266,00	25	1,28	10,00
7	266,00	30	1,18	10,30
8	266,00	35	1,07	10,58
9	266,00	40	1,21	10,81
10	266,00	45	1,25	10,98
11	266,00	50	1,11	11,05
12	266,00	55	1,15	11,01
13	266,00	60	1,46	10,94
14	266,00	65	1,72	10,86
15	266,00	70	1,86	10,74
16	266,00	75	1,94	10,55
17	266,00	80	2,17	10,38
18	266,00	85	2,36	10,33
19	266,00	90	2,24	10,38
20	266,00	95	2,19	10,45
21	266,00	100	2,11	10,47
22	266,00	105	2,10	10,36
23	266,00	110	2,23	10,16
24	266,00	115	2,39	9,91

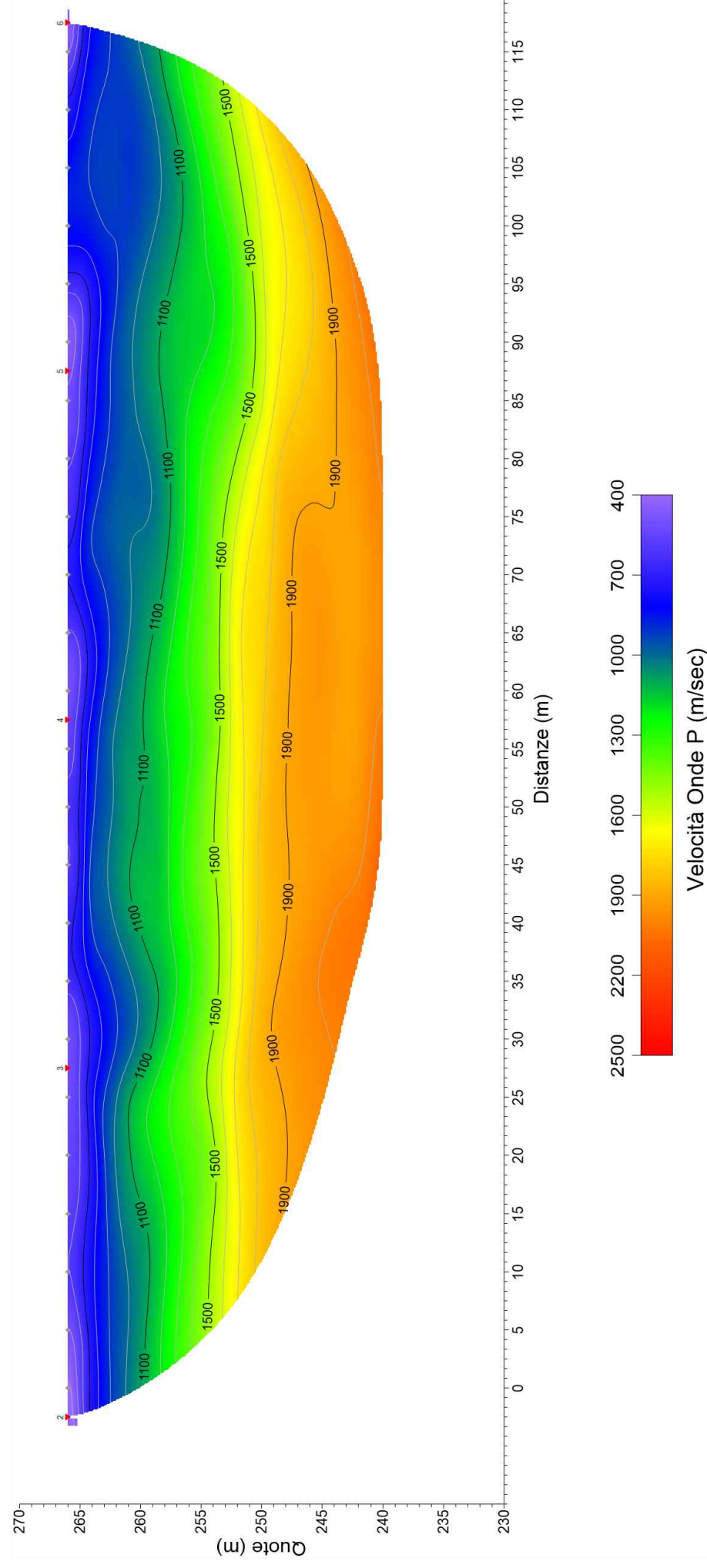




# Tomografia sismica - onde P

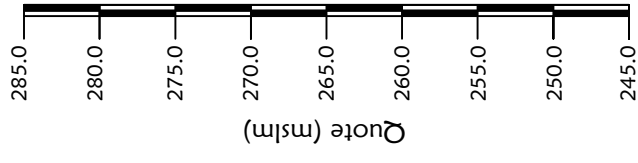
SR01

SR01'

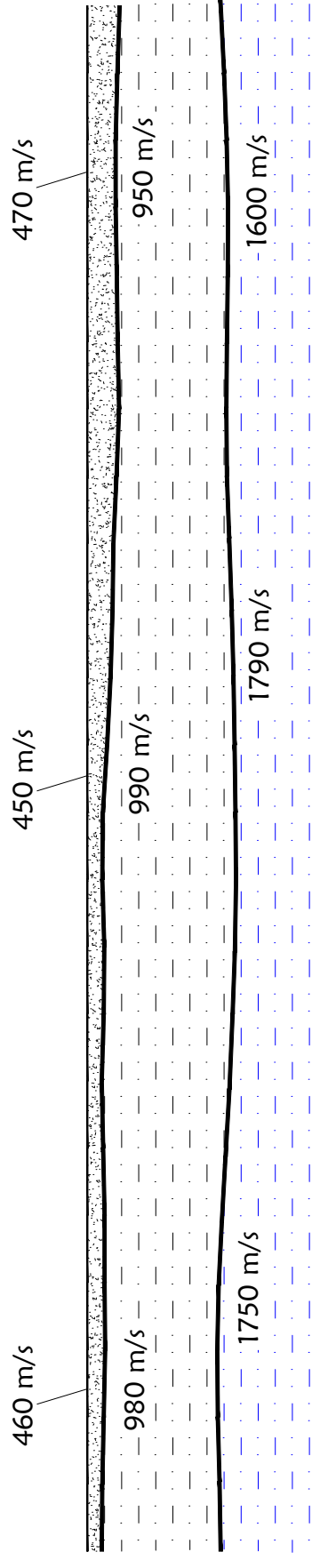
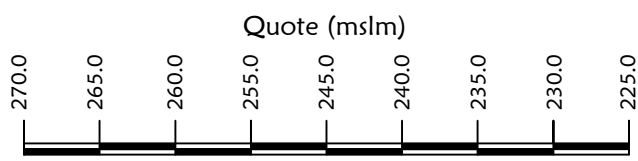


# Sezione sismostratigrafica - onde P

SR01



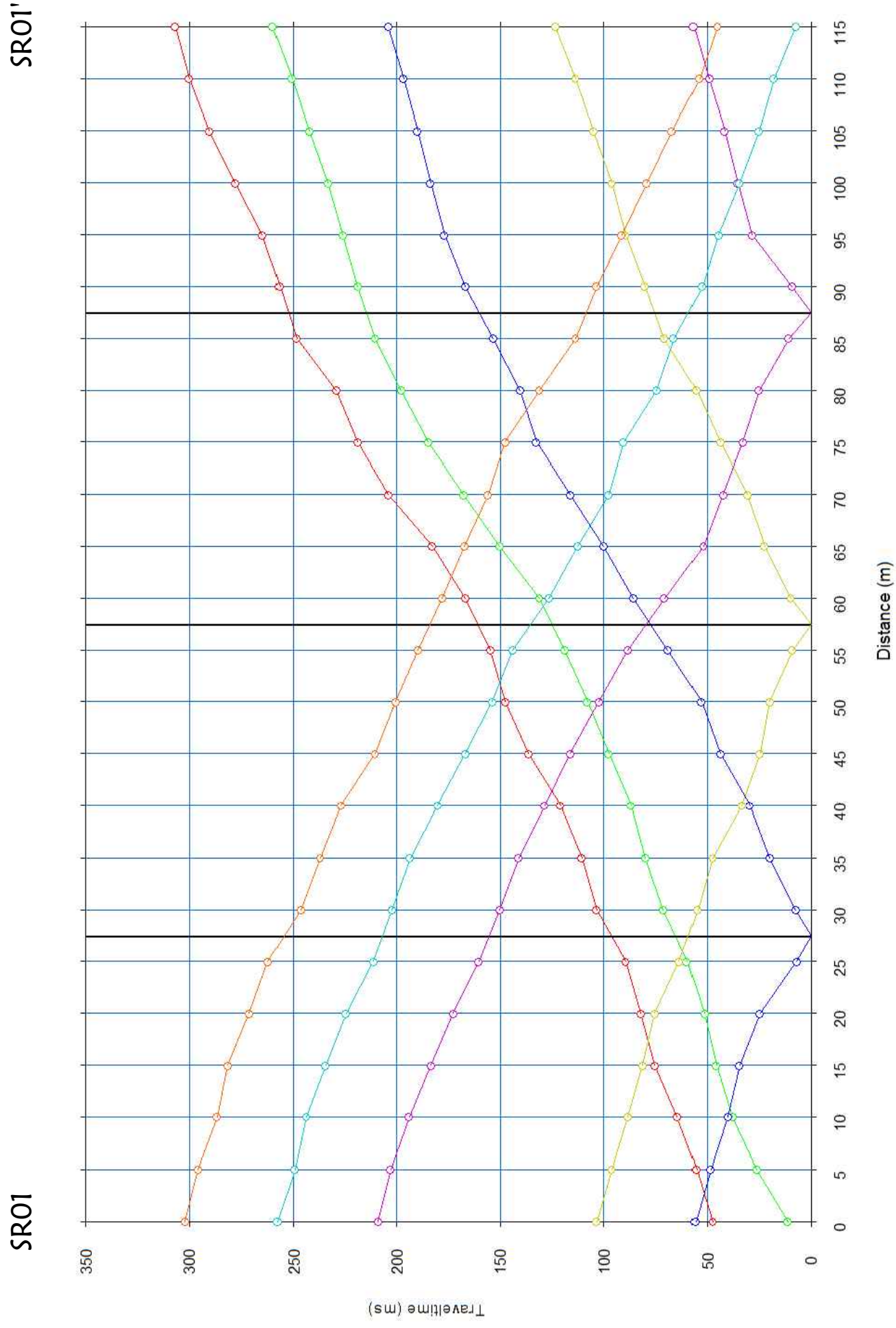
SR01'



**LEGENDA**

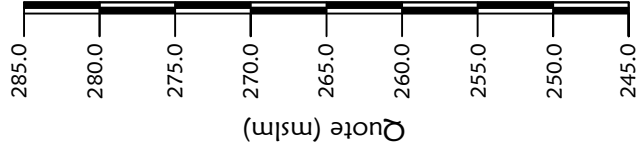
- Terreno di copertura e vegetale
- Limi
- Orizzonte saturo?

# Dromocrone - onde SH

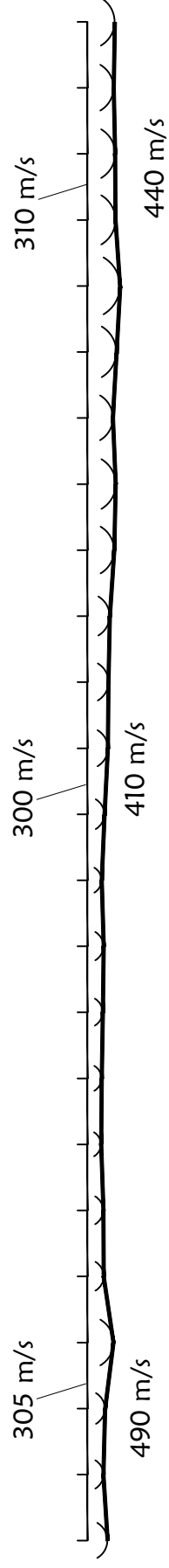
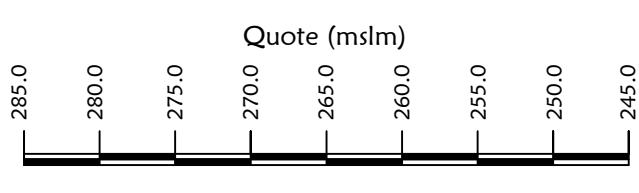


# Sezione sismostratigrafica - onde SH

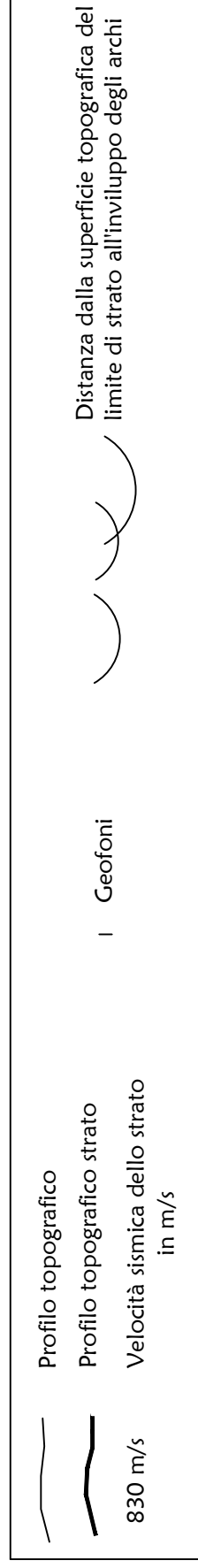
SR01



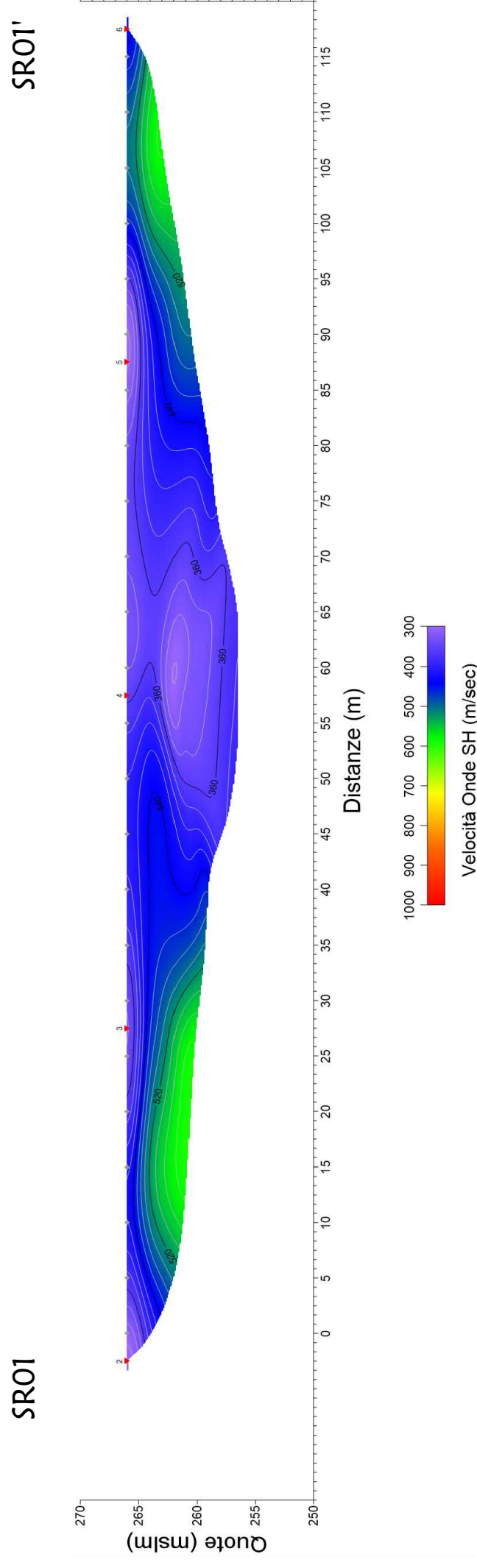
SR01'



Numero geofoni	Distanze (m)	Quote (mslm)	Profondità da p.c. Livello 1 (m)
1	1.54	266.00	0
2	1.23	266.00	5
3	1.35	266.00	10
4	1.99	266.00	15
5	1.25	266.00	20
6	1.22	266.00	25
7	1.05	266.00	30
8	1.09	266.00	35
9	1.18	266.00	40
10	1.24	266.00	45
11	1.10	266.00	50
12	1.31	266.00	55
13	1.57	266.00	60
14	1.61	266.00	65
15	1.71	266.00	70
16	2.05	266.00	75
17	2.16	266.00	80
18	1.95	266.00	85
19	2.22	266.00	90
20	2.49	266.00	95
21	2.14	266.00	100
22	2.12	266.00	105
23	2.00	266.00	110
24	2.09	266.00	115

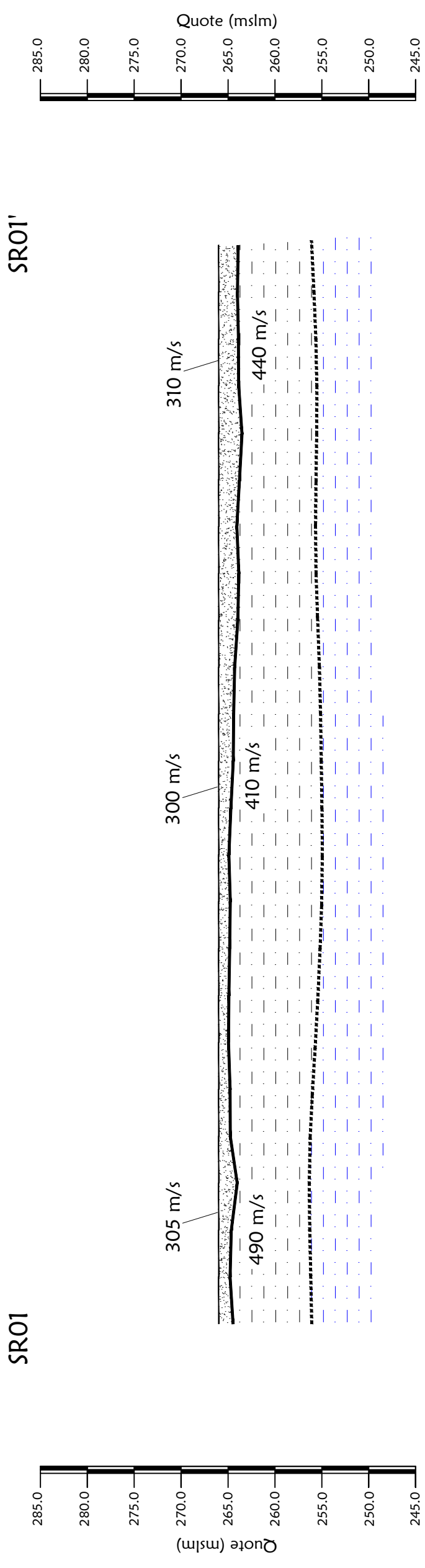


# Tomografia sismica - onde SH





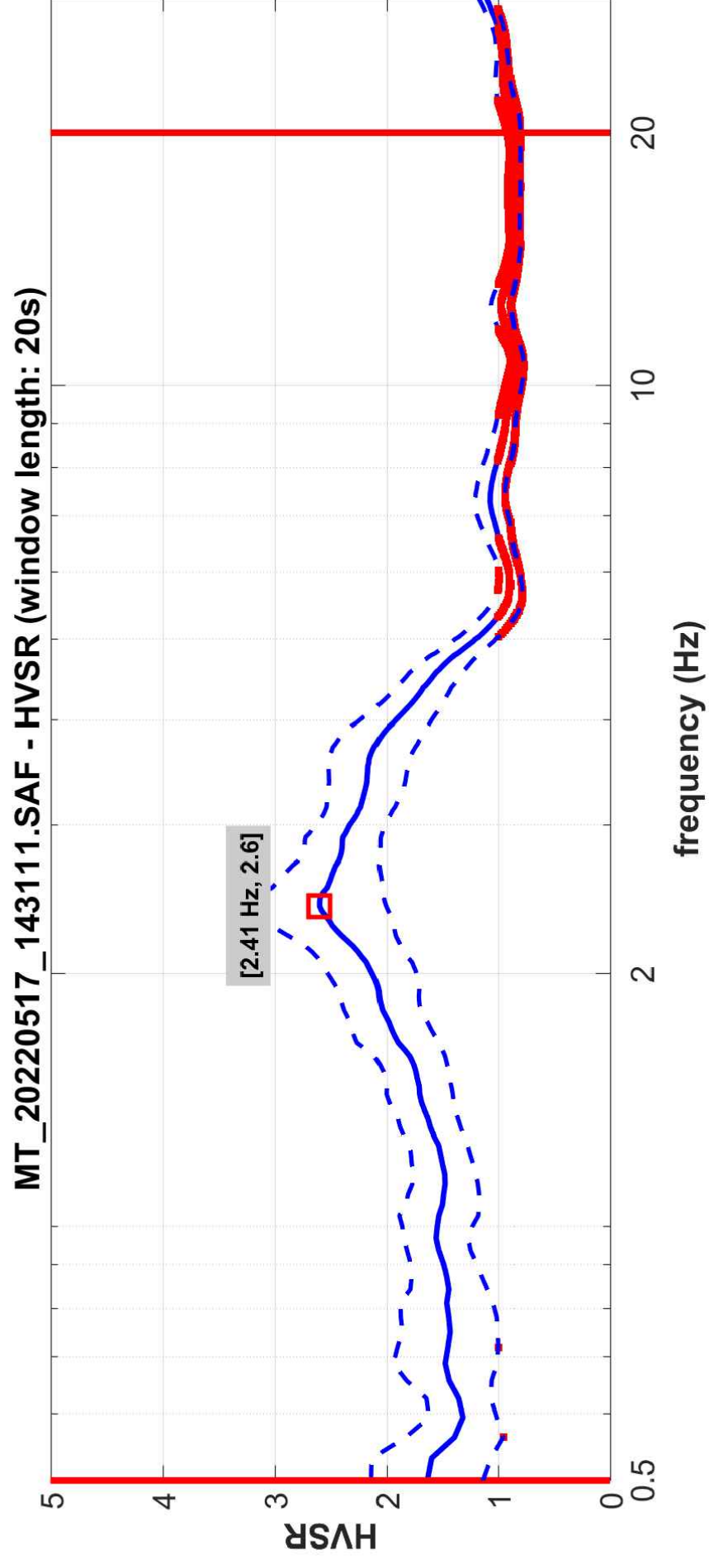
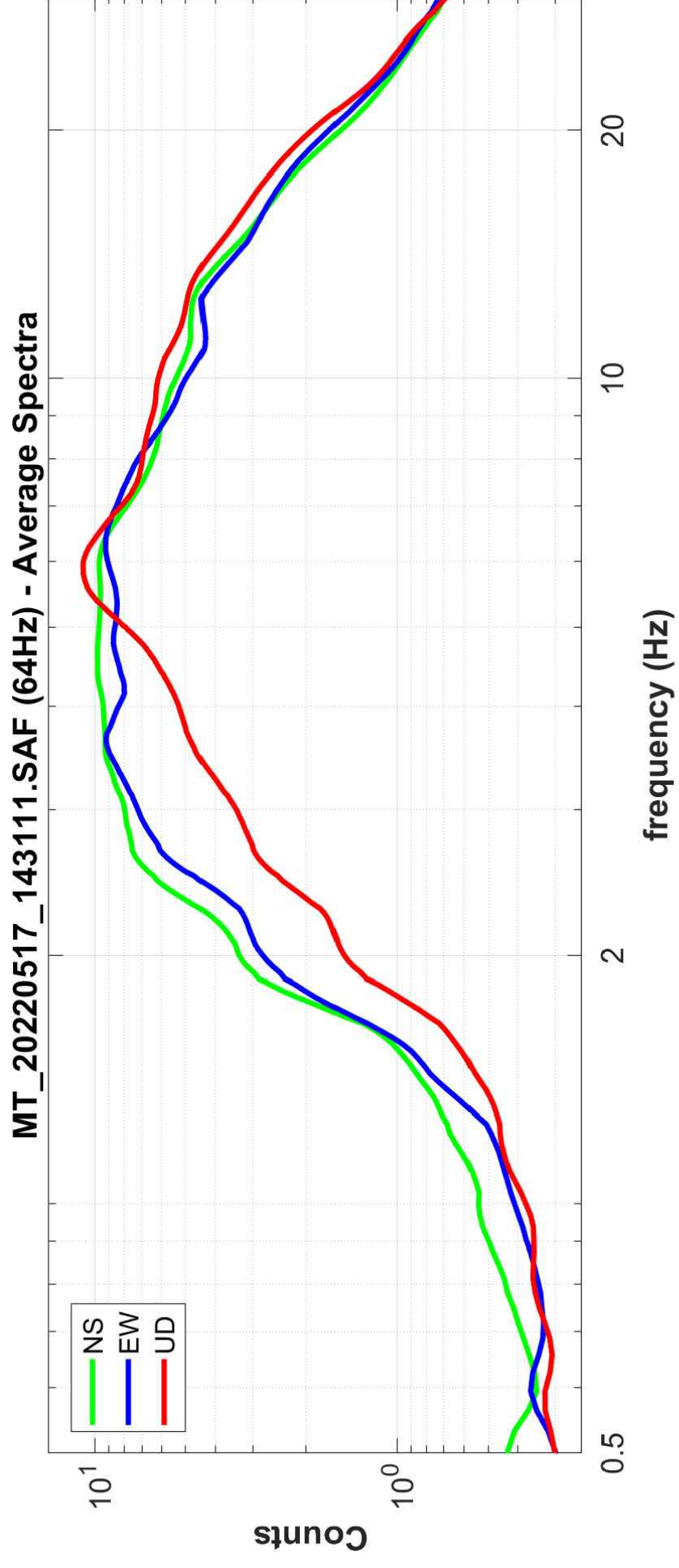
# Sezione litostratigrafica - onde SH



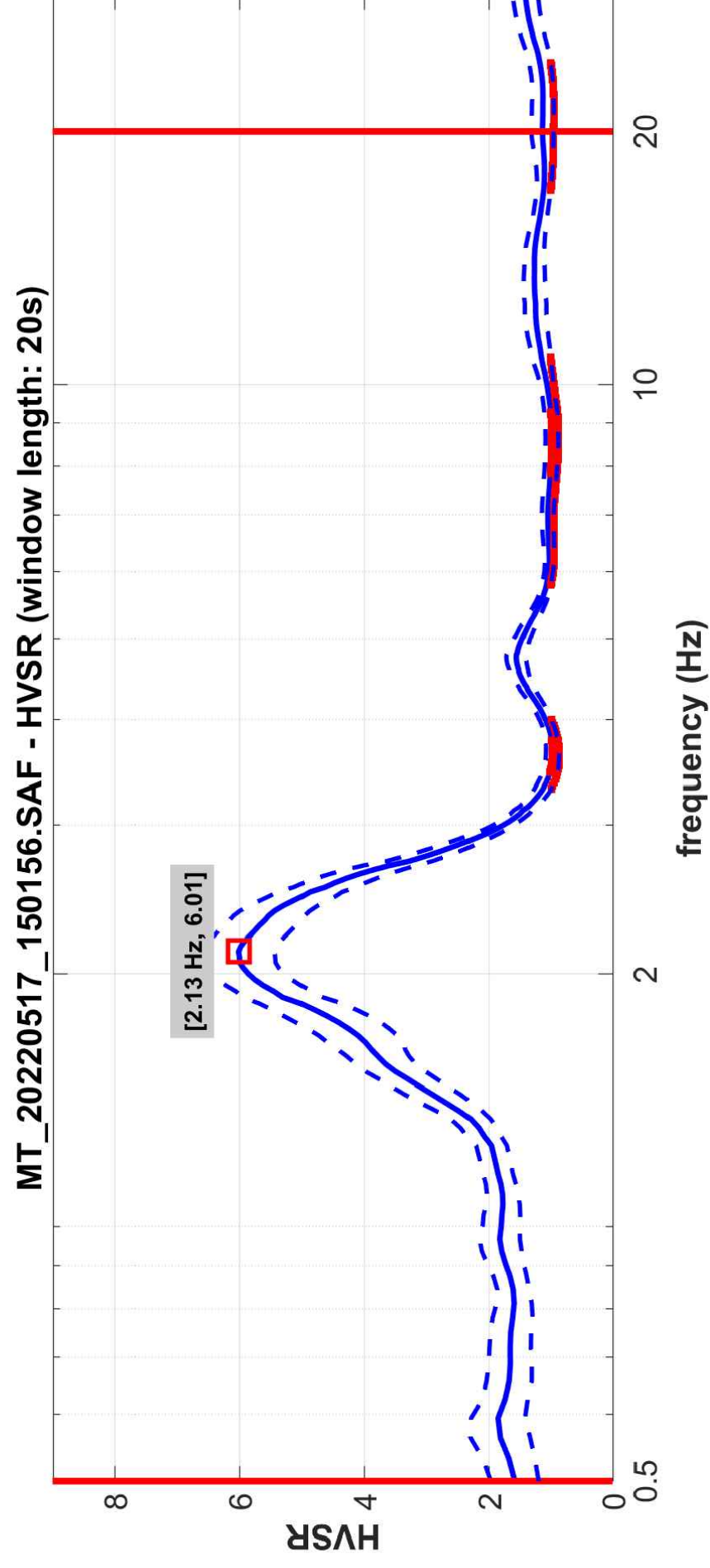
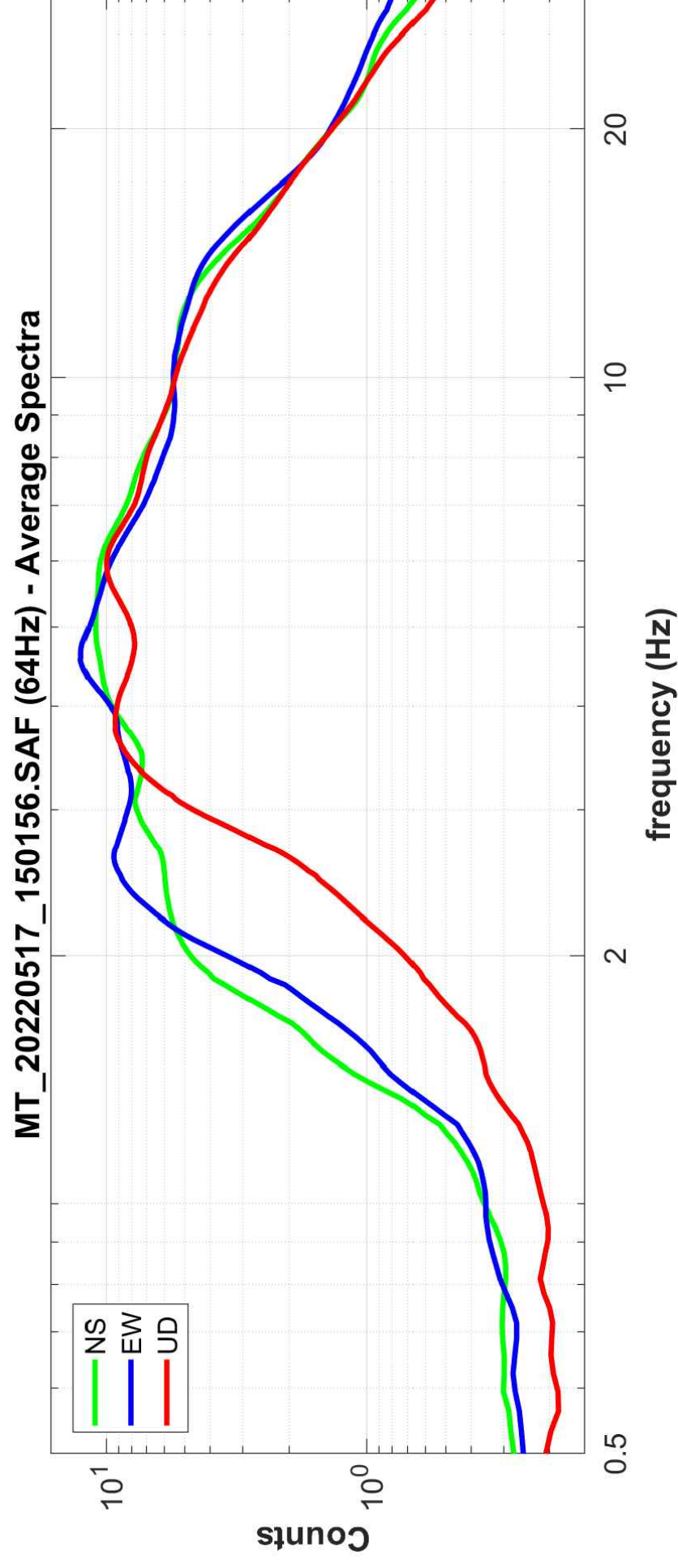
**LEGENDA**

- Terreno di copertura e vegetale
- Limi
- Orizzonte saturo?

# Elaborazione Misura di Rumore - HVSR SR01A\_MS2



# Elaborazione Misura di Rumore - HVSR SR01B\_MS2



### RELAZIONE TECNICA

#### MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 2

#### “INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE MEDIANTE SISMICA PASSIVA A STAZIONE MULTIPLA LINEA ESAC-MASW01\_MS2 E MISURA DI RUMORE SISMICO A STAZIONE SINGOLA HVSR 41\_MS2”

#### TRIGEO snc

di Andrea Nencetti e Benedetto Burchini  
Via Mazzini, 18  
52011 Soci (AR)  
P.IVA 02024110518  
info@trigeo.it

#### FIRENZE

Via Nino Bixio, 9  
50131 Firenze  
firenze@trigeo.it  
T/F 055 400619  
M 328 7213928

#### AREZZO

Via Petrarca, 33  
52100 Arezzo  
arezzo@trigeo.it  
T/F 0575 294500  
M 339 2288117

### COMMITTENTE:



14 - GIUGNO - 2022



CERTIFICATO  
ISO N°14PA00028P06

ADDETTO ALLE PROVE  
NON DISTRUTTIVE E  
SEMIDISTRUTTIVE  
NEL SETTORE CIVILE

TRIGEO s.n.c.

di Nencetti Andrea e Burchini Benedetto  
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)  
P.IVA 02024110518  
Tel/Fax: 0575 294500 - 055 9062212  
Cell: 339 2288117 - 328 7213928  
www.trigeo.it - info@trigeo.it



WWW.TRIGEO.IT

**INDICE**

<b>INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>1.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI</b>	<b>4</b>
<i>INDAGINE ESAC-MASW</i>	<b>4</b>
<b>2.0 SCHEMA OPERATIVO</b>	<b>4</b>
<b>3.0 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA</b>	<b>5</b>
<b>4.0 INDAGINE DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE MULTIPLA (ESAC)</b>	<b>6</b>
<b>5.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE ESAC-MASW</b>	<b>8</b>
<i>INDAGINE HVSR</i>	<b>10</b>
<b>6.0 SCHEMA OPERATIVO</b>	<b>10</b>
<b>7.0 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA</b>	<b>11</b>
<b>8.0 CENNI TEORICI</b>	<b>12</b>
<b>9.0 INTERPRETAZIONE DELLE MISURE</b>	<b>14</b>
<b>10.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE HVSR</b>	<b>16</b>
<b>ALLEGATI</b>	<b>18</b>



## INTRODUZIONE

Il presente lavoro riguarda i risultati delle indagini effettuate nel mese di Maggio 2022, mediante misure di sismica passiva a stazione multipla (o array sismici) denominata **ESAC-MASW 01\_MS2** ed una misura di rumore sismico a stazione singola **HVSR41\_MS2**.

Le indagini in questione sono state effettuate a supporto dello studio di microzonazione sismica di Livello 2 del comune di Castiglion Fibocchi (**Fig.1**).



**Figura 1:** Ubicazione indagine ESAC-MASW 01\_MS2.

L'indagine di tipo **ESAC** è stata eseguita al fine di identificare i principali contrasti d'impedenza sismica potenzialmente responsabili di fenomeni di risonanza, le geometrie sepolte dei diversi corpi geologici presenti nell'area di studio e la loro caratterizzazione dinamica in termini di valori di velocità di propagazione delle onde di taglio (VS). Dopo una descrizione delle tecniche di analisi utilizzate, verranno descritti i risultati ottenuti dalle indagini di sismica passiva a stazione multipla (o array sismici) e dalle indagini di sismica attiva di tipo **MASW** eseguita in un ramo dello stendimento ESAC, nonché i risultati ottenuti

in termini di profili di VS dalle inversioni congiunte delle curve di dispersione ottenute da questi due tipi di indagine.

## 1.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI

La relazione tecnica è corredata dalle seguenti documentazioni che ne costituiscono parte integrante:

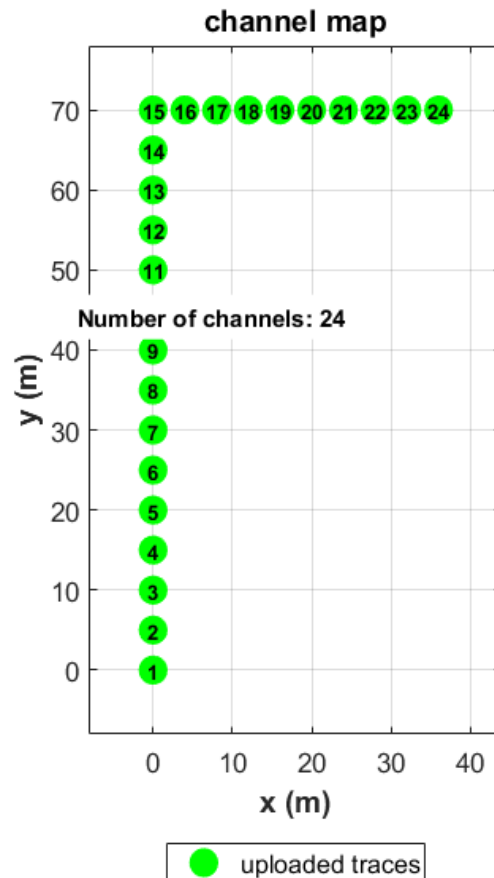
- **Tavola 01** inquadramento corografico generale in scala 1.5.000 e coordinate WGS84 delle indagini effettuate.
- **Tavola 02** con inquadramento di dettaglio in scala 1:1000.
- **Tavola 03** con i risultati dell'elaborazione ESAC-MASW 01\_MS2
- **Schema Linea** dell'indagine ESAC-MASW 01\_MS2.
- **Documentazione fotografica delle indagini.**

### INDAGINE ESAC-MASW

## 2.0 SCHEMA OPERATIVO

Nella **tavola 02**, viene riportato un inquadramento corografico di dettaglio in scala 1:1000, con inserita la sezione sismica eseguita e la posizione di ogni singolo geofono.

Dopo una prima analisi dei test eseguiti in loco ed in considerazione dei risultati prefissati e degli spazi a disposizione è stata scelta una distanza intergeofonica di **5 m** per il primo ramo (70 m, da G 1 a G 15) dove è stata eseguita anche l'indagine MASW e di **4 m** per il secondo ramo (36 m, da G 15 a G 24).



### 3.0 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Un sistema digitale di acquisizione dati in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo Geometrics GEODE a 24 ch, strumentazione che presenta le seguenti caratteristiche: A/D Conversion: 24 bit; Dynamic Range: 144 dB; Distortion: 0.0005% 2 ms, 1.75 to 208 Hz; Bandwidth: 1.75 Hz to 20 kHz; Common Mode Rejection: > -100 dB at <=100 Hz, 36 dB; Crosstalk: -125 dB at 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms; Noise Floor: 0.2uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 to 208 Hz; Stacking Trigger Accuracy: 1/32 of sample interval; Maximum Input Signal: 2.8 VPP; Input Impedance: 20 kOhm, 0.02 uf; Preamplifier Gains; Anti-alias Filters: -3 dB at 83% of Nyquist frequency; Sample Interval: 0.02 to 16.0 ms; Record Length: 16,000 samples; Acquisition and Display Filters: *LowCut, Notch, HighCut*; Data Formats: SEG-2 standard with SGOS.

Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni “PASI” verticali, del tipo elettromagnetico a bobina mobile e nel caso dei geofoni orizzontali dotati di bolla livellante, con frequenza caratteristica di 4.5 Hz, 70 % di smorzamento. Il cavo di connessione tra geofoni e sismografo è uno standard NK-27-21C.

#### 4.0 INDAGINE DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE MULTIPLA (ESAC)

Il termine array sismico (o antenna sismica) si riferisce all’acquisizione del campo di vibrazioni ambientali attraverso configurazioni a stazione multipla, ovvero con l’utilizzo di più sensori sincronizzati tra di loro. Per questo studio è stata utilizzata una configurazione costituita da 24 geofoni verticali con frequenza propria pari a 4.5 Hz, disposti regolarmente con spaziatura di 5 e 4 m seguendo una geometria ad L. La lunghezza del ramo minore è stata 36 m, mentre quella del ramo maggiore 70 m. La durata di ciascuna acquisizione è stata di 33 minuti con frequenza di campionamento di 250 Hz. Con lo scopo di ricavare la curva di dispersione delle velocità delle onde di Rayleigh ( $V_R$ ), le acquisizioni sono state analizzate tramite la tecnica ESAC.

Il metodo ESAC, ovvero “Extended Spectral AutoCorrelation method” (Ohori *et al.*, 2002; Okada, 2003), è frutto di una idea sviluppata inizialmente da Aki (1957). Secondo Aki (1957), il campo d’onda delle vibrazioni ambientali può essere rappresentato come la combinazione lineare di onde piane di diverse frequenze e con fase ed ampiezza casuale che si muove sul piano orizzontale e che provengono da direzioni differenti. Aki (1957) dimostrò che, sebbene ogni serie temporale dedotta dalla registrazione di questo campo d’onde in un punto abbia un carattere stocastico, due registrazioni effettuate in punti diversi mostrino delle “somiglianze” (in senso statistico) e che da queste sia possibile dedurre informazioni sulle velocità di fase delle diverse onde misurate nelle due posizioni. Considerando il  $j$ -mo e l’ $n$ -mo sensore di un array, queste “somiglianze” sono rivelate dell’andamento del coefficiente di correlazione spaziale (o coefficiente di autocorrelazione)  $\rho_{jn}(\omega)$  definito dalla relazione:

$$\rho_{jn}(\omega) = \frac{\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \text{Re}(mS_{jn}(\omega))}{\sqrt{\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M mS_{jj}(\omega) \sum_{m=1}^M mS_{nn}(\omega)}}, \quad (1)$$

dove  $\omega$  è la frequenza,  $mS_{jn}$  è il cross-spettro per l' $m$ -mo segmento temporale della registrazione tra il  $j$ -mo e l'  $n$ -mo sensore e  $\text{Re}$  indica la sua parte reale;  $mS_{jj}$  e  $mS_{nn}$  sono gli spettri di potenza (o autospettri) dell' $m$ -mo segmento temporale ai sensori  $j$ -mo e  $n$ -mo rispettivamente.  $M$  è il numero totale di segmenti temporali utilizzati.

Aki (1957) dimostrò che sotto condizioni molto generali (in particolare che le onde siano tutte fra loro indipendenti e che le direzioni di provenienza siano distribuite con probabilità uniforme attorno ai due sensori) il coefficiente di autocorrelazione relativo alla componente verticale delle vibrazioni ambientali misurate in due posizioni dipende sola dalla loro distanza relativa  $r_{jn}$  e può essere espressa nella forma:

$$\rho_{jn}(r_{jn}, \omega_0) = J_0 \left[ \frac{\omega_0}{c(\omega_0)} r_{jn} \right], \quad (2)$$

dove  $c(\omega_0)$  è la velocità di fase delle onde di Rayleigh alla frequenza  $\omega_0$  e  $J_0$  rappresenta la funzione di Bessel di ordine zero. Dato che  $J_0$  ha forma nota, la relazione (2) può essere utilizzata per risalire dal coefficiente di autocorrelazione  $\rho_{jn}$  alle velocità di fase  $c$ , una volta nota la distanza  $r$  fra i sensori.

È opportuno far notare che la relazione (1) mette in evidenza che il coefficiente di autocorrelazione, in quanto espressione del cosiddetto cross-spettro (al numeratore della (1)) è proporzionale alle differenze di fase fra i segnali registrati nelle due posizioni. Quindi, l'informazione di base utilizzata per la stima della velocità di fase è (indirettamente tramite il coefficiente di autocorrelazione  $\rho_{jn}$ ) la misura dello sfasamento medio osservato fra le registrazioni nelle due posizioni  $j$ -ma e  $n$ -ma. La risoluzione del metodo in termini di precisione nella determinazione della velocità  $c(\omega_0)$ , sarà tanto maggiore quanto maggiore sarà la sua capacità di risolvere le differenze di fase fra le registrazioni. Generalmente, per garantire una buona accuratezza delle misure per un certo intervallo di velocità, è necessario, a parità di modalità di campionamento, scegliere una opportuna distanza fra i



sensori. Maggiore è la velocità attesa, maggiore sarà la distanza tra i sensori necessaria a determinarla.

Nel metodo ESAC, i sensori vengono distribuiti sul terreno a varie distanze gli uni dagli altri in configurazioni più o meno ordinate (p.es., Ogori *et al.*, 2002). Per una data frequenza, vengono calcolate le diverse funzioni di autocorrelazione per tutte le distanze relative alle diverse coppie di sensori. La velocità di fase, in questo caso, viene determinata utilizzando la (2) in modo da riprodurre al meglio l'andamento osservato del coefficiente di correlazione in funzione della distanza  $r$ . Il metodo ESAC richiede quindi la misura sincronizzata di un numero relativamente elevato di sensori (16 o più) che però devono essere dislocati sul terreno una sola volta.

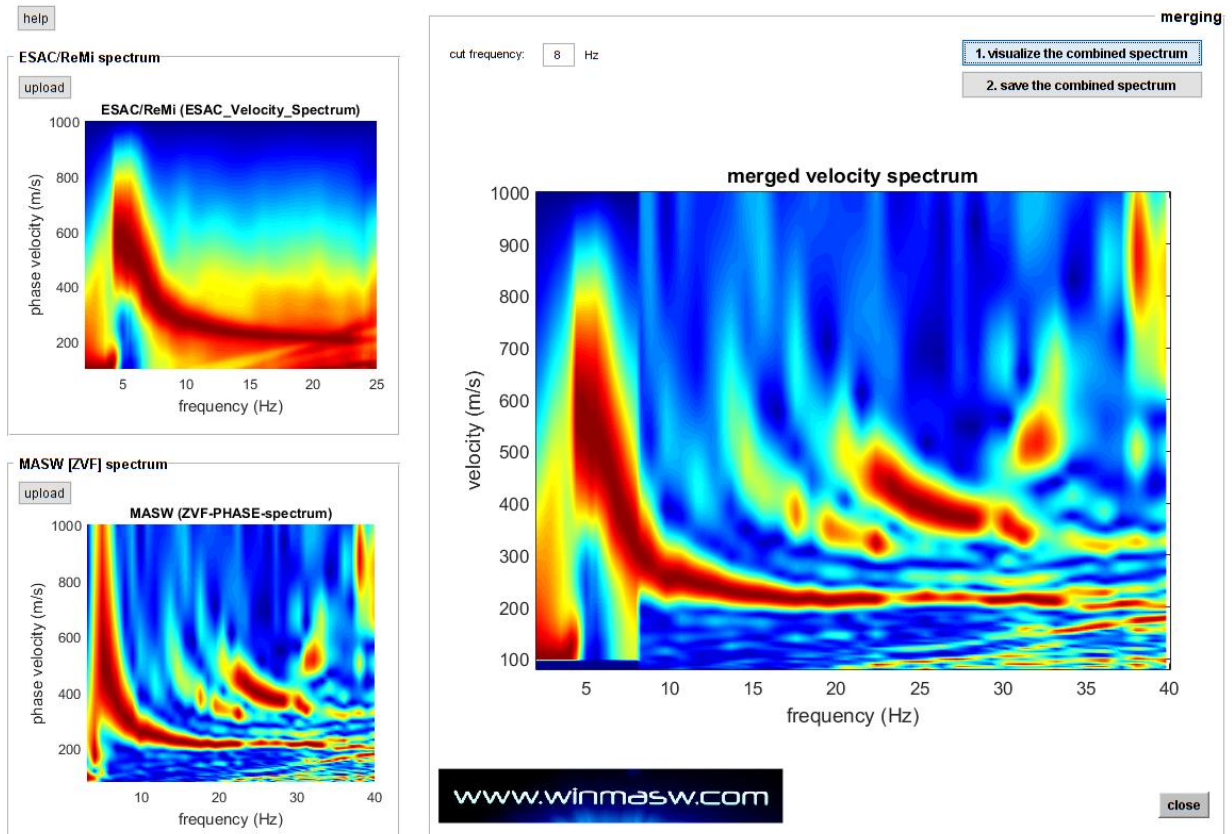
L'esito finale di questo tipo di misura è una curva che rappresenta l'andamento delle velocità di fase  $c$  in funzione della frequenza di vibrazione  $\omega_0$ . Se si assume che il campo d'onde delle vibrazioni ambientali sia dominato dalle onde superficiali, la curva  $c(\omega_0)$  dedotta da misure della componente verticale del moto del suolo corrisponde alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh relative al modo fondamentale.

## 5.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE ESAC-MASW

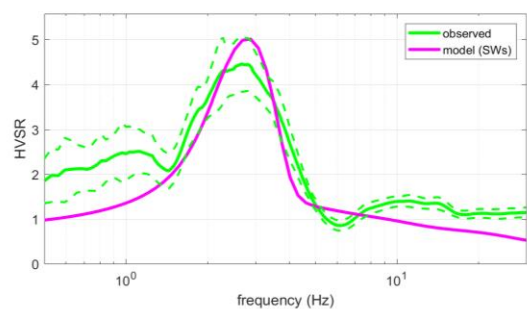
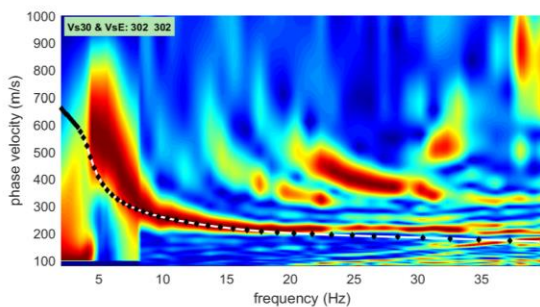
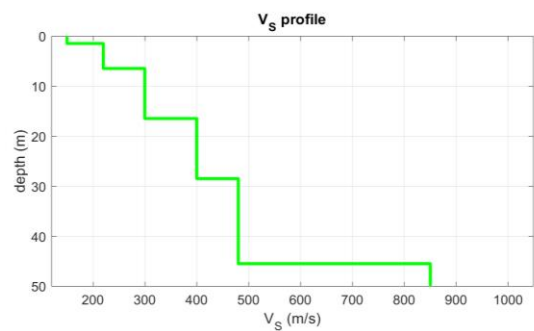
Al fine ottenere informazioni sul profilo di  $V_s$  per il sito analizzato, è stata presa in considerazione la curva di dispersione delle onde di Rayleigh ottenuta dagli array sismici (ESAC) integrata con quella ottenuta dall'indagine MASW realizzata nello stesso sito.

Per un profilo di  $V_s$  più dettagliato anche nella sua parte superficiale, le curve di dispersione ottenute dai due tipi di indagine (attiva e passiva) sono state combinate insieme.

La curva risultante è stata poi invertita ed i risultati di tale inversione sono mostrati nella **Tavola 03**. L'indagine MASW è stata eseguita sullo stendimento lineare composto da 15 geofoni appartenenti al ramo lungo dell'array sismico (lunghezza complessiva 70 m). La Figura sotto mostra i due spettri ottenuti dall'analisi Esac e dall'analisi MASW ed il merge tra i due a 8 Hz:



Di seguito viene riportato il risultato dell'inversione finale, il modello stratigrafico e l'analisi congiunta con la misura di rumore sismico HVSR41\_MS2:



**Modello**

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	150	1.5000	1.5000
2	220	5	6.5000
3	300	10	16.5000
4	400	12	28.5000
5	480	17	45.5000
6	850	0	0

**INDAGINE HVSR****6.0 SCHEMA OPERATIVO**

È stata eseguita, vicino alla stesa sismica, una misura di rumore a stazione singola elaborata con tecnica HVSR.

La misura di microtremore a stazione singola deve avere una durata commisurata alla frequenza di indagine di interesse. Le misure di tipo passivo mirano a determinare caratteristiche medie del moto del suolo associato alle vibrazioni ambientali. Si tratta quindi di misure che devono risultare statisticamente rappresentative del fenomeno analizzato.

Poiché una misura di interesse ingegneristico ricade nell'intervallo 0.1-20 Hz, segue che un campionamento adeguato deve durare 15-40 minuti, in modo da poter analizzare il segnale su finestre di almeno 30 s di lunghezza e da avere almeno 20-30 finestre su cui effettuare una media, considerando che qualcuna potrà essere rimossa per la presenza di disturbi (transienti) che alterano lo spettro medio.

Nel nostro caso la durata delle misure è stata pari a **1200 secondi (20 minuti)**.

La Frequenza di campionamento adeguata a questo tipo di prove non deve essere inferiore a 50 Hz, in modo da permettere una ricostruzione spettrale sino ad almeno 20 Hz.

Nel nostro caso è stata utilizzata una Frequenza di campionamento pari a **300 Hz** ed in fase di elaborazione i dati sono stati ricampionati a **128 Hz**.

## 7.0 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata nel presente lavoro risulta essere: SISMOMETRO SR04S3 “GeoBox” della Sara electronic instruments, di cui si riportano sotto (Fig.2) le caratteristiche tecniche, dotato di 3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, Technology – Huston – Texas –USA con frequenza di ca. 4.5 Hz di cui si allega l’ultimo certificato di calibrazione.



Alimentazione:	10-16Vdc (batteria interna)
Consumo di energia:	< 1 W
Numero canali:	3
Convertitore A/D:	24 bit ( $\Sigma\Delta$ )
Range dinamico:	124dB @ 100SPS
Campionamento:	simultaneo sui tre canali
Sampling rates:	10-600
Impedenza d'ingresso:	300 kOhm
Sensibilità:	2V p-p (119nV/count)
Real Time Clock:	+/-10ppm (-20/+50°C)
Sincron. Real Time Clock:	GPS via PPS modulato
Precisione rispetto a UTC:	<50µs
Antenna GPS:	amplificata con 10mt di cavo e connettore BNC
CPU:	AVR RISC processor @ 11.592MHz
Interfaccia dati sismici:	RS232, cavo USB in dotazione
Formato dati:	protocollo binario SADC20HS
Velocità:	115200 baud
Interfaccia dati GPS:	RS232
Formato dati:	NMEA; 4800 baud, n,8,1
Contenitore:	Alluminio IP66
Temperatura operativa:	-30/+60°C

**Figura 2:** Sismometro Geobox SR04S3.

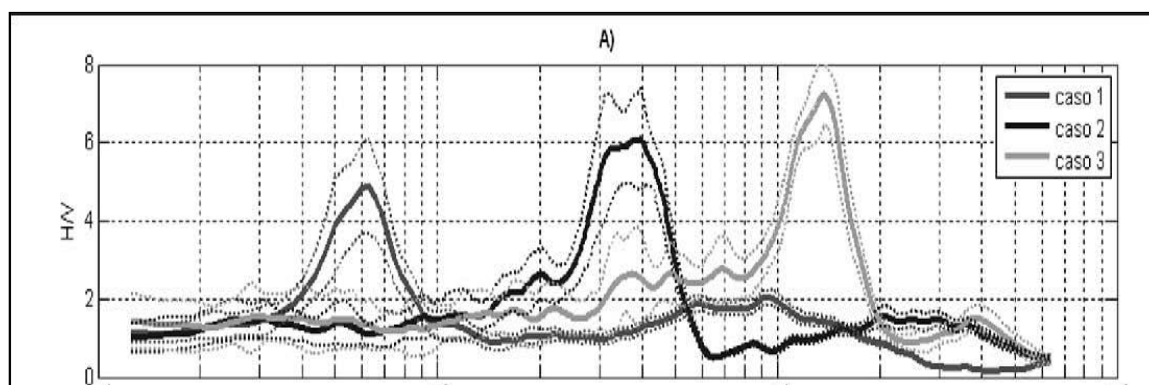
I dati sono stati quindi registrati ed archiviati su un *notebook Toshiba satellite*, mediante il software di acquisizione **SEISMOWIN** mediante l'applicazione **SEISMOLOG-MT** per l'acquisizione dei microtremori.

## 8.0 CENNI TEORICI

La prova H/V o HVSR acronimo per *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* è una tecnica di indagine sismica passiva non invasiva, applicata e resa nota da Nakamura (1989).

Si tratta di una valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e le componenti verticali (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno, misurati in un punto con apposito sismometro a tre componenti.

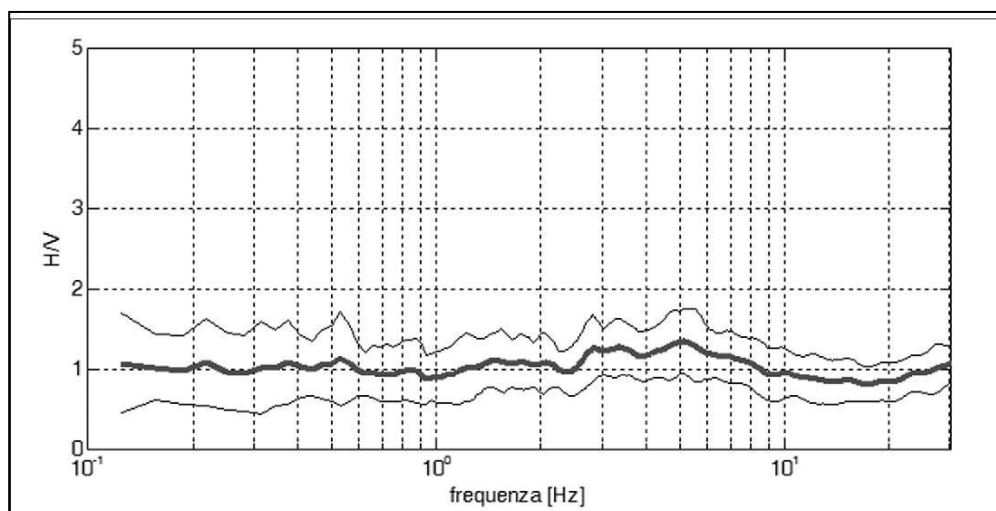
L'esito di questa prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione (**Fig.3**). Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura (Albarelo et al., 2010).



**Figura 3:** Esempio di bedrock sismico a diverse profondità che genera risonanze a diverse frequenze. Caso 1: bedrock a 300 m di profondità. Caso 2: bedrock a 20 m di profondità. Caso 3: bedrock a 4 m di profondità.

Quando la misura è effettuata su un basamento sismico affiorante (e quindi dove non sono attesi fenomeni di risonanza sismica) la curva non mostra massimi significativi e si assesta intorno ad ampiezza 1 (**Fig.4**).





**Figura 4:** Curva H/V di un sito su roccia non fratturata e morfologicamente piatta. Si noti l'assenza di amplificazione per risonanza in tutto il dominio delle frequenze.

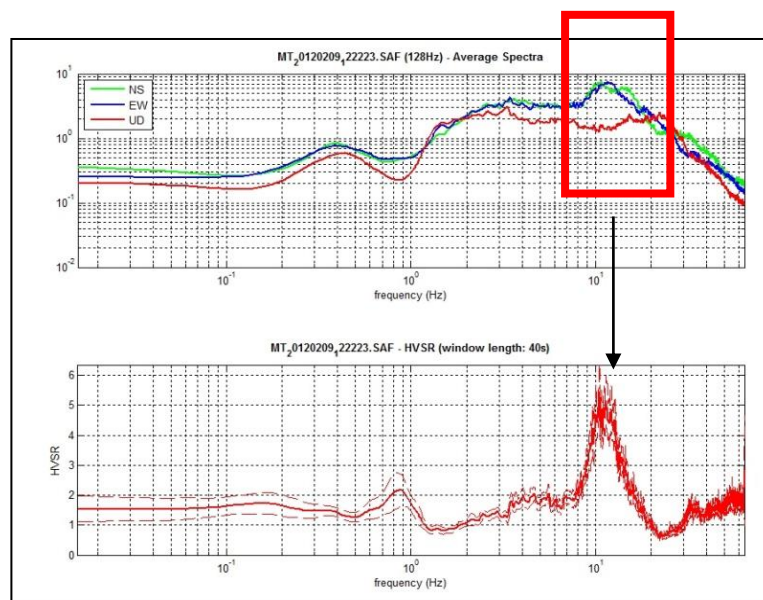
Pertanto, questa prova ha lo scopo di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni. Contestualmente fornisce indicazioni di tipo qualitativo sull'entità delle risonanze attese. In generale, la stima della frequenza di risonanza  $f$  sarà tanto più precisa quanto maggiore è il contrasto di impedenza sismica responsabile del fenomeno, ovvero dove sono maggiori gli effetti potenzialmente pericolosi.

Inoltre, se i risultati della prova sono invertiti mediante opportune procedure numeriche, soprattutto in associazione ad altre indicazioni sperimentali (per esempio le curva di dispersione delle onde superficiali, prove Down Hole, sismica a rifrazione) possono fornire vincoli importanti al profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo. In casi semplici (coperture soffici al disopra di un basamento sismico rigido), è possibile stabilire una relazione fra lo spessore dello strato soffice, la velocità media delle onde S all'interno di quest'ultimo ( $V_s$ ) e la frequenza di risonanza fondamentale  $f$  dello strato, nella forma:

$$f = \frac{V_s}{4h}$$

## 9.0 INTERPRETAZIONE DELLE MISURE

Prima di qualsiasi interpretazione delle curve H/V sono indispensabili due accorgimenti. Il primo è che la curva H/V deve essere statisticamente significativa, ossia essere caratterizzata da una deviazione in ampiezza e in frequenza ridotta. Quando questa caratteristica non sia presente sin dall'inizio, essa va ricercata tramite una pulizia del tracciato; Il secondo che la curva H/V non va mai osservata da sola ma sempre congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui essa deriva. Questo permette di discernere agevolmente i picchi di natura stratigrafica da quelli generati da fonti di disturbo di natura antropica (motori elettrici, ecc.). In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si genera spesso un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma "a occhio" o "a ogiva" come quella indicata dal rettangolo in Fig. 5; Questa forma è indicativa di risonanze stratigrafiche.



**Figura 5:** Forma ad "Ogiva" tipica di una risonanza.

Nel 2004 il progetto SESAME ha stabilito una serie di criteri per la valutazione della significatività dei picchi H/V. Si tratta essenzialmente di criteri di tipo statistico che hanno lo scopo di segnalare situazioni poco chiare per le quali sono necessarie ulteriori indagini (ripetizione della misura, variazione delle condizioni di accoppiamento con il terreno, ecc.).

La prima parte di questi criteri è dedicata alla valutazione dell’attendibilità statistica della curva H/V. In pratica, individuata la frequenza del picco di risonanza, i criteri aiutano a verificare se la registrazione è stata effettuata per un periodo abbastanza lungo e analizzata per un numero sufficiente di intervalli di tempo adeguati.

La seconda parte è dedicata alla valutazione della chiarezza del picco H/V. In pratica viene analizzata la morfologia del picco e si valuta semplicemente se il picco ha una forma geometricamente ben definita. Naturalmente, i criteri SESAME (2004) risultano non soddisfatti nei siti che non presentano amplificazione e considerano significativi solo picchi con ampiezza H/V superiore a 2. Questo criterio ha carattere puramente empirico.

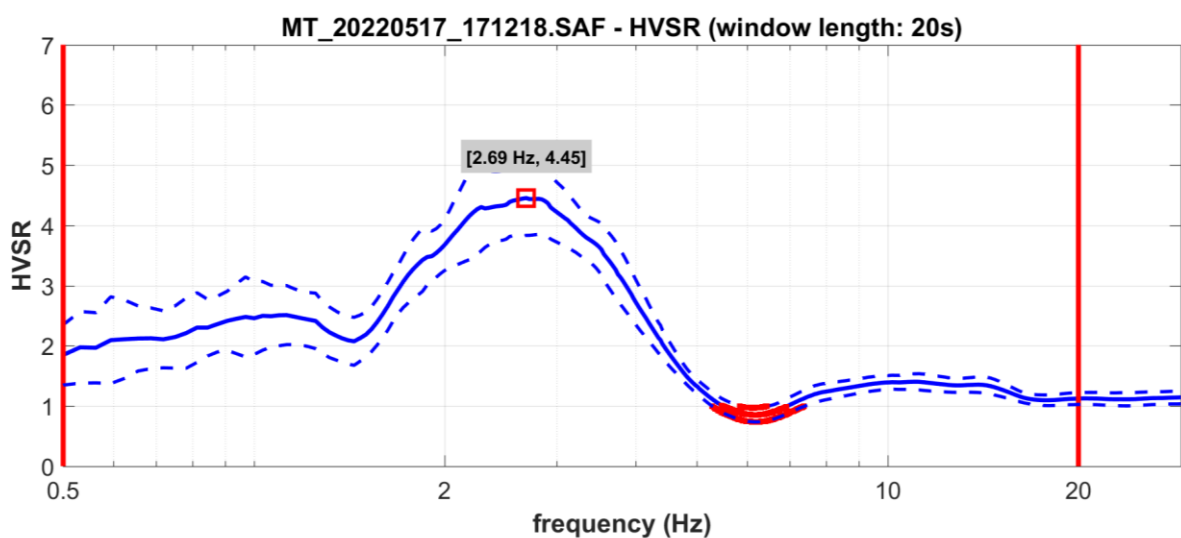
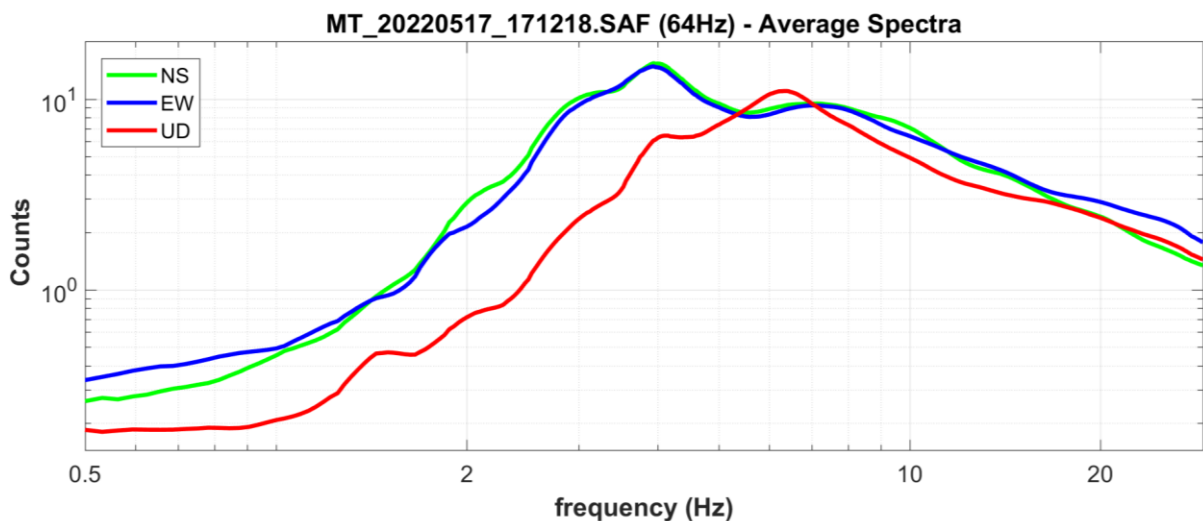
Sulla base delle frequenze di risonanza determinate sperimentalmente sarà poi possibile fornire una stima di massima degli spessori delle coperture soffici responsabili dei possibili fenomeni di risonanza osservati. Un abaco utile in questo senso, (Albarello et al., 2010), è fornito in **Tab.1**.

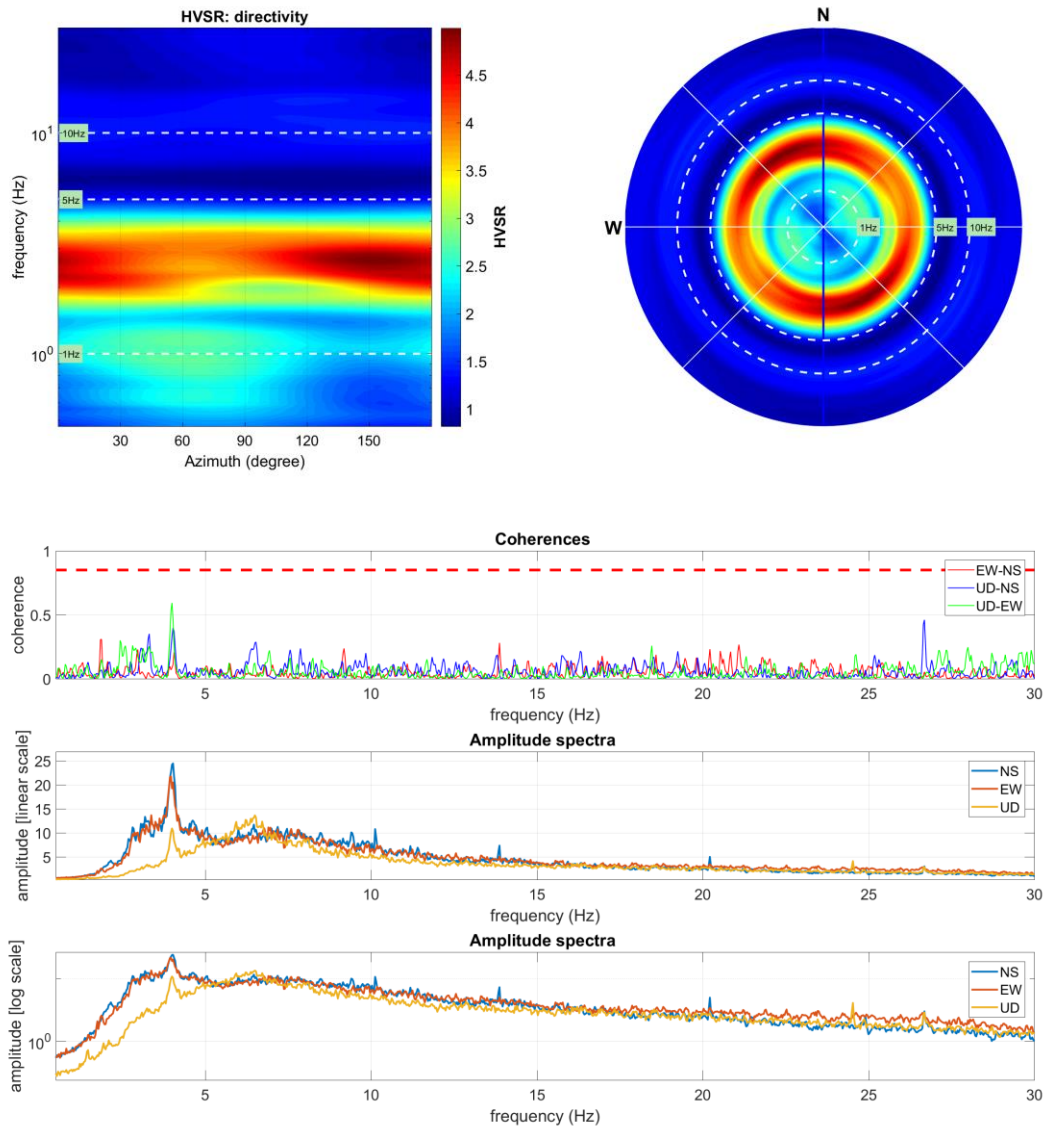
$F_0$ (Hz)	h (m)
<1	>100
1 -2	50-100
2-3	30-50
3-5	20-30
5-8	10-20
8-20	5-10
>20	<5

**Tab 1:** Abaco per la stima dello spessore delle coperture (H) a partire dai valori delle frequenze di risonanza determinate dalle misure HVSR.

## 10.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE HVSR

Vengono qui riportati i Report dell'elaborazione delle misure eseguite secondo la tecnica H/V mediante software WINMASW 2018 Academy; la misura di rumore a stazione singola **HVSR41\_MS2** elaborata con tecnica HVSR ha evidenziato la presenza di un picco stratigrafico significativo a **2.69 Hz** con ampiezza 4.45; applicando la formula sopra citata ed in funzione delle velocità Vs ottenute dalle indagini sismiche, si stima approssimativamente una profondità dell'orizzonte compatto di ca. 40 m dal piano campagna, in accordo con l'indagine ESAC-MASW (vedi anche analisi congiunta, CAP.5.0).





Arezzo, li 14/06/2022

**TRIGEO s.n.c.**  
 di Nencetti Andrea e Burchini Benedetto  
 Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)  
 P.IVA 02024110518  
 Tel/Fax: 0576 294300 - 055 9062212  
 Cell: 339 2288117 - 328 7218928  
 www.trigeo.it - info@trigeo.it



## ALLEGATI

SCHEMA DELLA LINEA SISMICA ESAC-MASW 01\_MS2

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m) X	DISTANZA PROGRESSIVA (m) Y	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0	5	256
2	5	0	5	256
3	10	0	5	256
4	15	0	5	256
5	20	0	5	256
6	25	0	5	256
7	30	0	5	256
8	35	0	5	256
9	40	0	5	256
10	45	0	5	256
11	50	0	5	256
12	55	0	5	256
13	60	0	5	256
14	65	0	5	256
15	70	0	5	256
16	70	4	4	256
17	70	8	4	256
18	70	12	4	256
19	70	16	4	256
20	70	20	4	256
21	70	24	4	256
22	70	28	4	256
23	70	32	4	256
24	70	36	4	256

COORDINATE WGS84 DEI GEOFONI 1 E 24

COORDINATE	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	43.522447°	43.521792°
Y(m)	11.766065°	11.766425°

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT

ONDE P	SHOT POINT	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
DAT.4694	A - ESTERNO SX	-5.0	256
DAT.4692	B - ESTREMO SX	-2.5	256
DAT.4696	C – ESTREMO DX	72.5	256
DAT.4698	D – ESTREMO DX	75	256

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

ESAC-MASW 01\_MS2, HVS41\_MS2

Comune di Castiglion Fibocchi



Fase di acquisizione ESAC-MASW 01\_MS2.

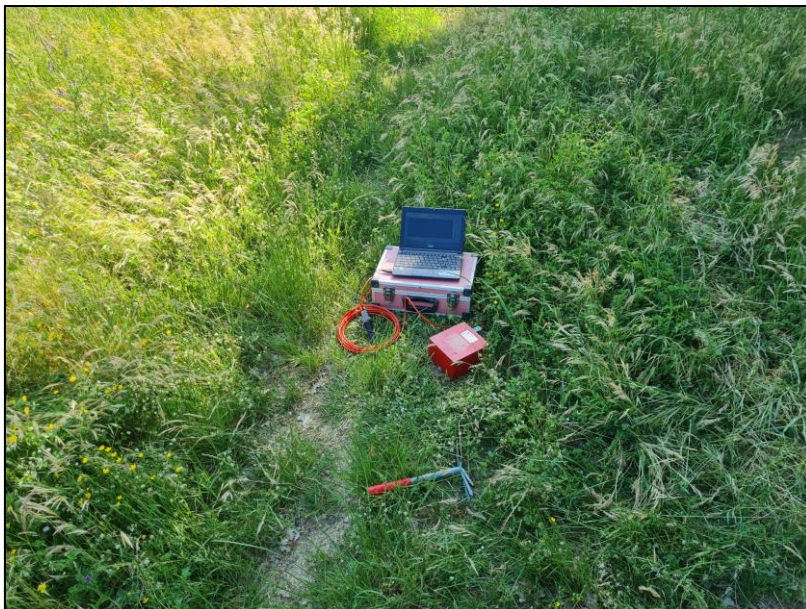


ESAC-MASW 01\_MS2 – Vista da G1 a G15.

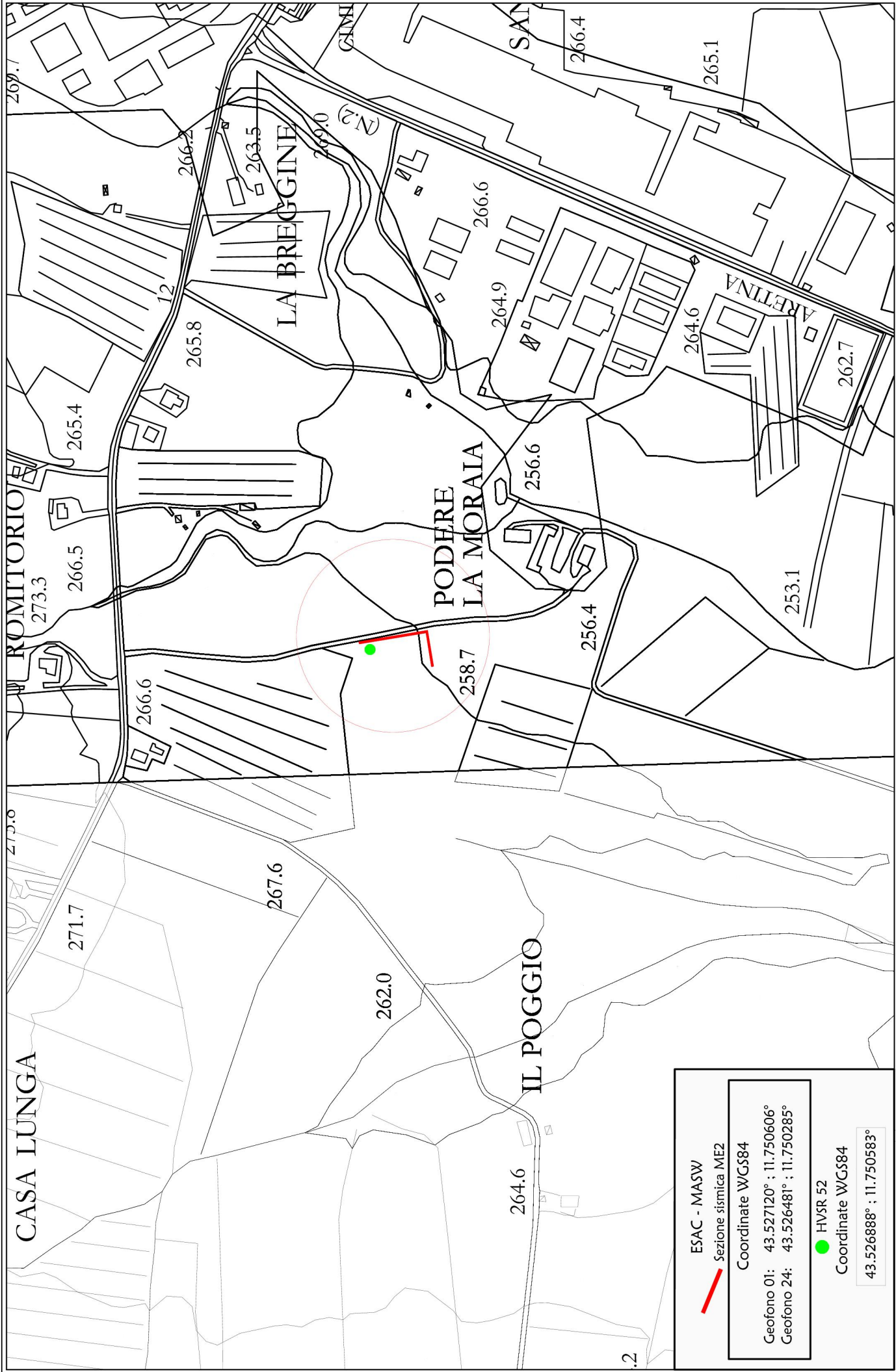




ESAC-MASW 01\_MS2 – Vista da G24 a G15.



Fase di acquisizione HVSr 41\_MS2.

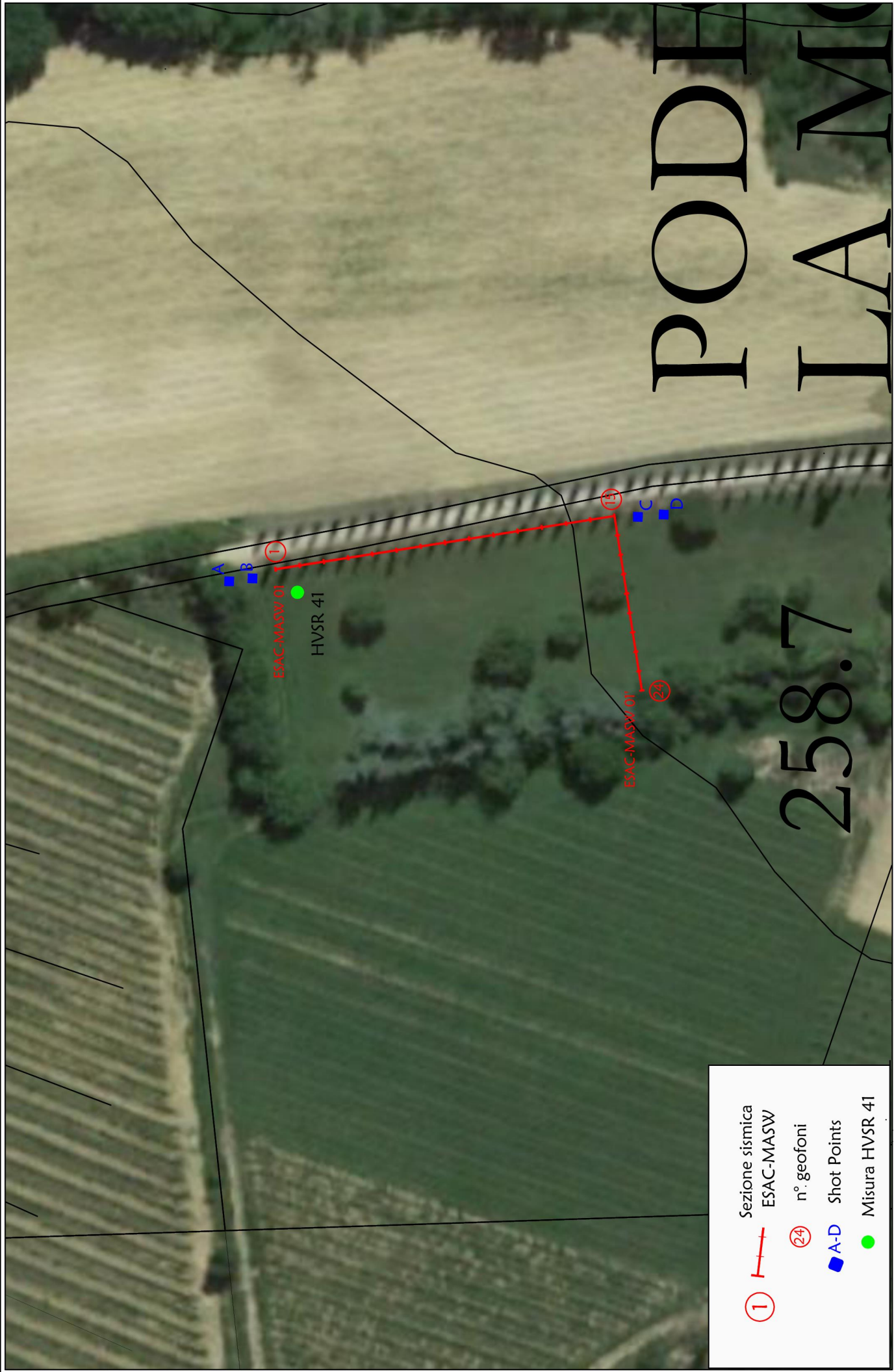


ESAC - MASW  
 Sezione sismica ME2

Coordinate WGS84  
 Geofono 01: 43.527120° ; 11.750606°  
 Geofono 24: 43.526481° ; 11.750285°

HVSR 52  
 Coordinate WGS84  
 43.526888° ; 11.750583°





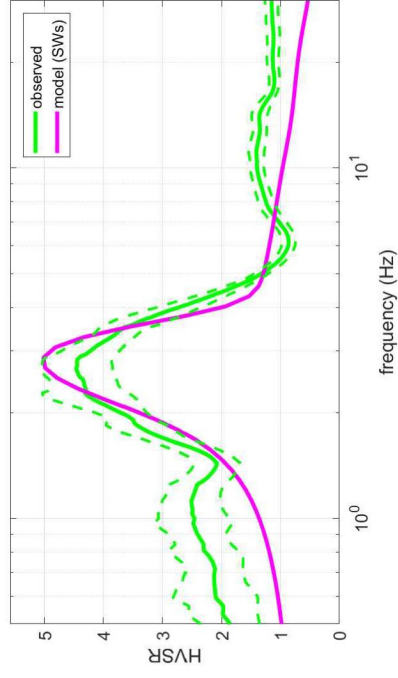
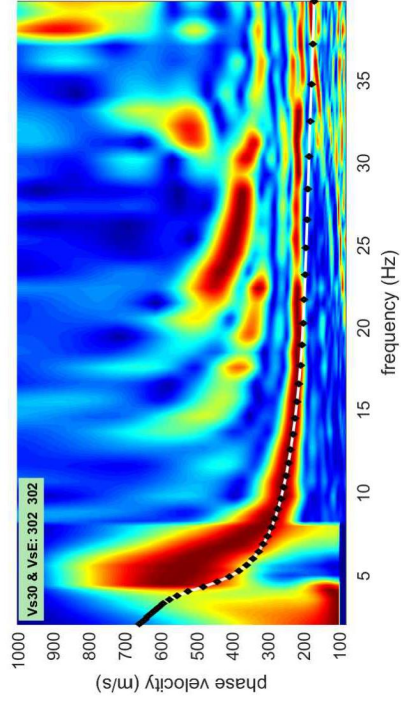
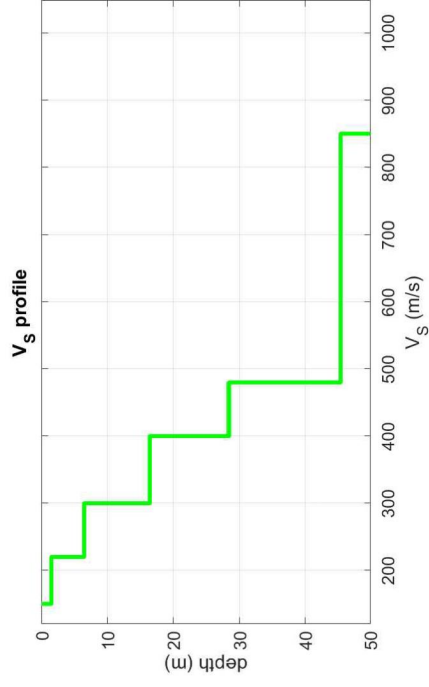
	Sezione sismica ESAC-MASW
	n° geofoni
	Shot Points
	Misura HVSR 41

Scala 1: 1000

Maggio 2022

Tavola 02 - Planimetria Generale - Sezione ESAC-MASW 01\_MS2 - Comune di Castiglion Fibocchi (AR)

Elaborazione ESAC-MASW sezione 01\_MS2 e congiunta con HVSR41\_MS2



### RELAZIONE TECNICA

#### MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 2

#### “INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE MEDIANTE SISMICA PASSIVA A STAZIONE MULTIPLA LINEA ESAC-MASW02\_MS2 E MISURA DI RUMORE SISMICO A STAZIONE SINGOLA HVSR 52\_MS2”

#### TRIGEO snc

di Andrea Nencetti e Benedetto Burchini  
Via Mazzini, 18  
52011 Soci (AR)  
P.IVA 02024110518  
info@trigeo.it

#### FIRENZE

Via Nino Bixio, 9  
50131 Firenze  
firenze@trigeo.it  
T/F 055 400619  
M 328 7213928

#### AREZZO

Via Petrarca, 33  
52100 Arezzo  
arezzo@trigeo.it  
T/F 0575 294500  
M 339 2288117

### COMMITTENTE:



CERTIFICATO  
ISO N°14PA00028P06

ADDETTO ALLE PROVE  
NON DISTRUTTIVE E  
SEMIDISTRUTTIVE  
NEL SETTORE CIVILE

14 - GIUGNO - 2022

TRIGEO s.n.c.  
di Nencetti Andrea e Burchini Benedetto  
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)  
P.IVA 02024110518  
Tel/Fax: 0575 294500 - 055 9062212  
Cell. 339 2288117 - 328 7213928  
www.trigeo.it - info@trigeo.it



WWW.TRIGEO.IT

**INDICE**

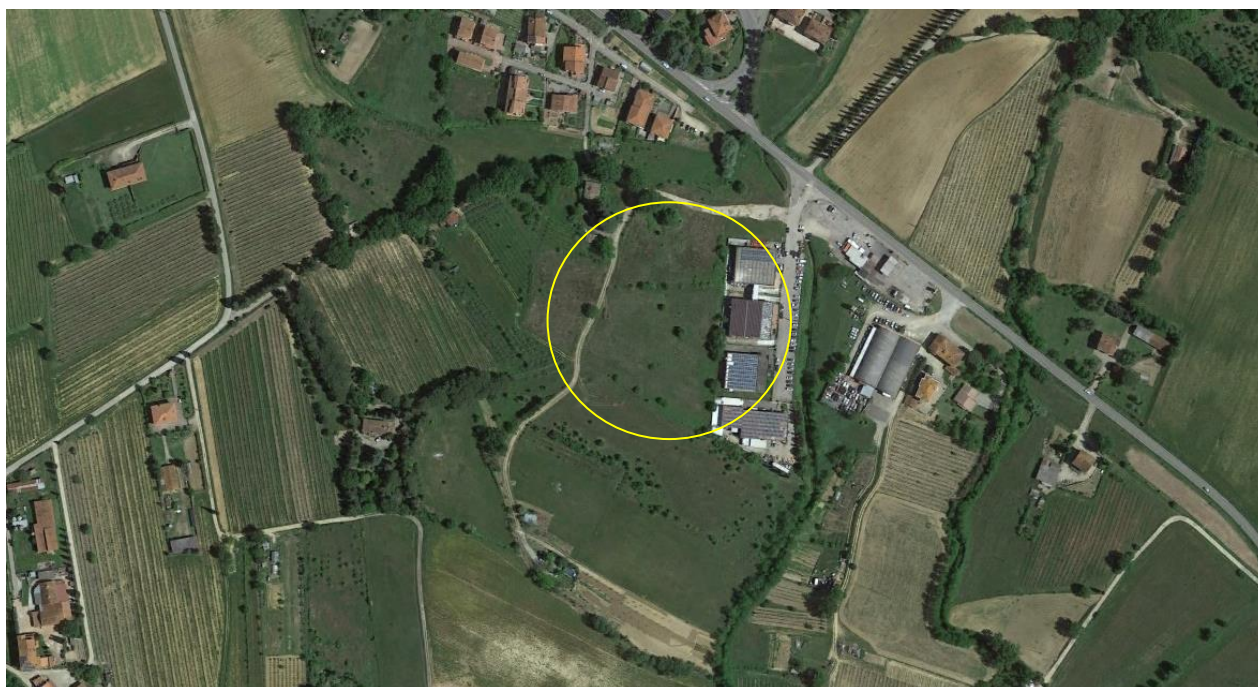
<b>INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>1.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI</b>	<b>4</b>
<i>INDAGINE ESAC-MASW</i>	<b>4</b>
<b>2.0 SCHEMA OPERATIVO</b>	<b>4</b>
<b>3.0 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA</b>	<b>5</b>
<b>4.0 INDAGINE DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE MULTIPLA (ESAC)</b>	<b>5</b>
<b>5.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE ESAC-MASW</b>	<b>8</b>
<i>INDAGINE HVSR</i>	<b>10</b>
<b>6.0 SCHEMA OPERATIVO</b>	<b>10</b>
<b>7.0 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA</b>	<b>10</b>
<b>8.0 CENNI TEORICI</b>	<b>12</b>
<b>9.0 INTERPRETAZIONE DELLE MISURE</b>	<b>14</b>
<b>10.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE HVSR</b>	<b>16</b>
<b>ALLEGATI</b>	<b>17</b>



## INTRODUZIONE

Il presente lavoro riguarda i risultati delle indagini effettuate nel mese di Maggio 2022, mediante misure di sismica passiva a stazione multipla (o array sismici) denominata **ESAC-MASW 02\_MS2** ed una misura di rumore sismico a stazione singola **HVSR52\_MS2**.

Le indagini in questione sono state effettuate a supporto dello studio di microzonazione sismica di Livello 2 del comune di Castiglion Fibocchi (**Fig.1**).



**Figura 1:** Ubicazione indagine ESAC-MASW 02\_MS2.

L'indagine di tipo **ESAC** è stata eseguita al fine di identificare i principali contrasti d'impedenza sismica potenzialmente responsabili di fenomeni di risonanza, le geometrie sepolte dei diversi corpi geologici presenti nell'area di studio e la loro caratterizzazione dinamica in termini di valori di velocità di propagazione delle onde di taglio (VS). Dopo una descrizione delle tecniche di analisi utilizzate, verranno descritti i risultati ottenuti dalle indagini di sismica passiva a stazione multipla (o array sismici) e dalle indagini di sismica attiva di tipo **MASW** eseguita in un ramo dello stendimento ESAC, nonché i risultati ottenuti in termini di profili di VS dalle inversioni congiunte delle curve di dispersione ottenute da questi due tipi di indagine.



## 1.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI

La relazione tecnica è corredata dalle seguenti documentazioni che ne costituiscono parte integrante:

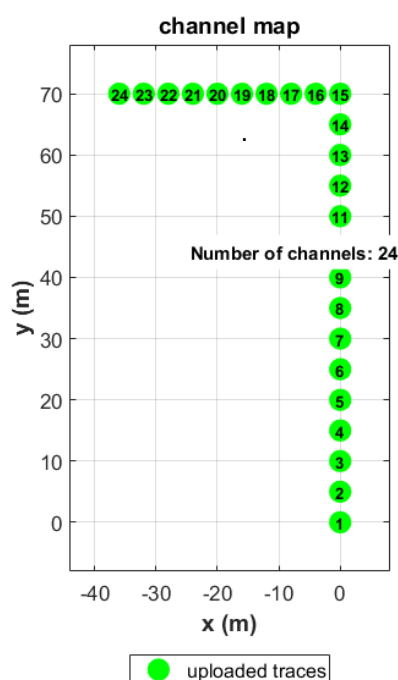
- **Tavola 01** inquadramento corografico generale in scala 1.5.000 e coordinate WGS84 delle indagini effettuate.
- **Tavola 02** con inquadramento di dettaglio in scala 1:500.
- **Tavola 03** con i risultati dell'elaborazione ESAC-MASW 02\_MS2
- **Schema Linea** dell'indagine ESAC-MASW 02\_MS2.
- **Documentazione fotografica delle indagini.**

### INDAGINE ESAC-MASW

## 2.0 SCHEMA OPERATIVO

Nella **tavola 02**, viene riportato un inquadramento corografico di dettaglio in scala 1:500, con inserita la sezione sismica eseguita e la posizione di ogni singolo geofono.

Dopo una prima analisi dei test eseguiti in loco ed in considerazione dei risultati prefissati e degli spazi a disposizione è stata scelta una distanza intergeofonica di **5 m** per il primo ramo (70 m, da G 1 a G 15) dove è stata eseguita anche l'indagine MASW e di **4 m** per il secondo ramo (36 m, da G 15 a G 24).



### 3.0 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Un sistema digitale di acquisizione dati in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo Geometrics GEODE a 24 ch, strumentazione che presenta le seguenti caratteristiche: A/D Conversion: 24 bit; Dynamic Range: 144 dB; Distortion: 0.0005% 2 ms, 1.75 to 208 Hz; Bandwidth: 1.75 Hz to 20 kHz; Common Mode Rejection: > -100 dB at <=100 Hz, 36 dB; Crosstalk: -125 dB at 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms; Noise Floor: 0.2uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 to 208 Hz; Stacking Trigger Accuracy: 1/32 of sample interval; Maximum Input Signal: 2.8 VPP; Input Impedance: 20 kOhm, 0.02 uf; Preamplifier Gains; Anti-alias Filters: -3 dB at 83% of Nyquist frequency; Sample Interval: 0.02 to 16.0 ms; Record Length: 16,000 samples; Acquisition and Display Filters: *LowCut, Notch, HighCut*; Data Formats: SEG-2 standard with SGOS.

Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni "PASI" verticali, del tipo elettromagnetico a bobina mobile e nel caso dei geofoni orizzontali dotati di bolla livellante, con frequenza caratteristica di 4.5 Hz, 70 % di smorzamento. Il cavo di connessione tra geofoni e sismografo è uno standard NK-27-21C.

### 4.0 INDAGINE DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE MULTIPLA (ESAC)

Il termine array sismico (o antenna sismica) si riferisce all'acquisizione del campo di vibrazioni ambientali attraverso configurazioni a stazione multipla, ovvero con l'utilizzo di più sensori sincronizzati tra di loro. Per questo studio è stata utilizzata una configurazione costituita da 24 geofoni verticali con frequenza propria pari a 4.5 Hz, disposti regolarmente con spaziatura di 5 e 4 m seguendo una geometria ad L. La lunghezza del ramo minore è stata 36 m, mentre quella del ramo maggiore 70 m. La durata di ciascuna acquisizione è stata di 33 minuti con frequenza di campionamento di 250 Hz. Con lo scopo di ricavare la curva di dispersione delle velocità delle onde di Rayleigh ( $V_R$ ), le acquisizioni sono state analizzate tramite la tecnica ESAC.

Il metodo ESAC, ovvero “Extended Spectral AutoCorrelation method” (Ohori *et al.*, 2002; Okada, 2003), è frutto di una idea sviluppata inizialmente da Aki (1957). Secondo Aki (1957), il campo d’onda delle vibrazioni ambientali può essere rappresentato come la combinazione lineare di onde piane di diverse frequenze e con fase ed ampiezza casuale che si muove sul piano orizzontale e che provengono da direzioni differenti. Aki (1957) dimostrò che, sebbene ogni serie temporale dedotta dalla registrazione di questo campo d’onde in un punto abbia un carattere stocastico, due registrazioni effettuate in punti diversi mostrino delle “somiglianze” (in senso statistico) e che da queste sia possibile dedurre informazioni sulle velocità di fase delle diverse onde misurate nelle due posizioni. Considerando il *j*-mo e l’*n*-mo sensore di un array, queste “somiglianze” sono rivelate dall’andamento del coefficiente di correlazione spaziale (o coefficiente di autocorrelazione)  $\rho_{jn}(\omega)$  definito dalla relazione:

$$\rho_{jn}(\omega) = \frac{\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \text{Re}(mS_{jn}(\omega))}{\sqrt{\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M mS_{jj}(\omega) \sum_{m=1}^M mS_{nn}(\omega)}}, \quad (1)$$

dove  $\omega$  è la frequenza,  $mS_{jn}$  è il cross-spettro per l’*m*-mo segmento temporale della registrazione tra il *j*-mo e l’ *n*-mo sensore e *Re* indica la sua parte reale;  $mS_{jj}$  e  $mS_{nn}$  sono gli spettri di potenza (o autospettri) dell’*m*-mo segmento temporale ai sensori *j*-mo e *n*-mo rispettivamente. *M* è il numero totale di segmenti temporali utilizzati.

Aki (1957) dimostrò che sotto condizioni molto generali (in particolare che le onde siano tutte fra loro indipendenti e che le direzioni di provenienza siano distribuite con probabilità uniforme attorno ai due sensori) il coefficiente di autocorrelazione relativo alla componente verticale delle vibrazioni ambientali misurate in due posizioni dipende sola dalla loro distanza relativa  $r_{jn}$  e può essere espressa nella forma:

$$\rho_{jn}(r_{jn}, \omega_0) = J_0 \left[ \frac{\omega_0}{c(\omega_0)} r_{jn} \right], \quad (2)$$

dove  $c(\omega_0)$  è la velocità di fase delle onde di Rayleigh alla frequenza  $\omega_0$  e  $J_0$  rappresenta la funzione di Bessel di ordine zero. Dato che  $J_0$  ha forma nota, la relazione (2) può essere utilizzata per risalire dal coefficiente di autocorrelazione  $\rho_{jn}$  alle velocità di fase  $c$ , una volta nota la distanza  $r$  fra i sensori.

È opportuno far notare che la relazione (1) mette in evidenza che il coefficiente di autocorrelazione, in quanto espressione del cosiddetto cross-spettro (al numeratore della (1)) è proporzionale alle differenze di fase fra i segnali registrati nelle due posizioni. Quindi, l'informazione di base utilizzata per la stima della velocità di fase è (indirettamente tramite il coefficiente di autocorrelazione  $\rho_{jn}$ ) la misura dello sfasamento medio osservato fra le registrazioni nelle due posizioni  $j$ -ma e  $n$ -ma. La risoluzione del metodo in termini di precisione nella determinazione della velocità  $c(\omega_0)$ , sarà tanto maggiore quanto maggiore sarà la sua capacità di risolvere le differenze di fase fra le registrazioni. Generalmente, per garantire una buona accuratezza delle misure per un certo intervallo di velocità, è necessario, a parità di modalità di campionamento, scegliere una opportuna distanza fra i sensori. Maggiore è la velocità attesa, maggiore sarà la distanza tra i sensori necessaria a determinarla.

Nel metodo ESAC, i sensori vengono distribuiti sul terreno a varie distanze gli uni dagli altri in configurazioni più o meno ordinate (p.es., Ohori *et al.*, 2002). Per una data frequenza, vengono calcolate le diverse funzioni di autocorrelazione per tutte le distanze relative alle diverse coppie di sensori. La velocità di fase, in questo caso, viene determinata utilizzando la (2) in modo da riprodurre al meglio l'andamento osservato del coefficiente di correlazione in funzione della distanza  $\approx r$ . Il metodo ESAC richiede quindi la misura sincronizzata di un numero relativamente elevato di sensori (16 o più) che però devono essere dislocati sul terreno una sola volta.

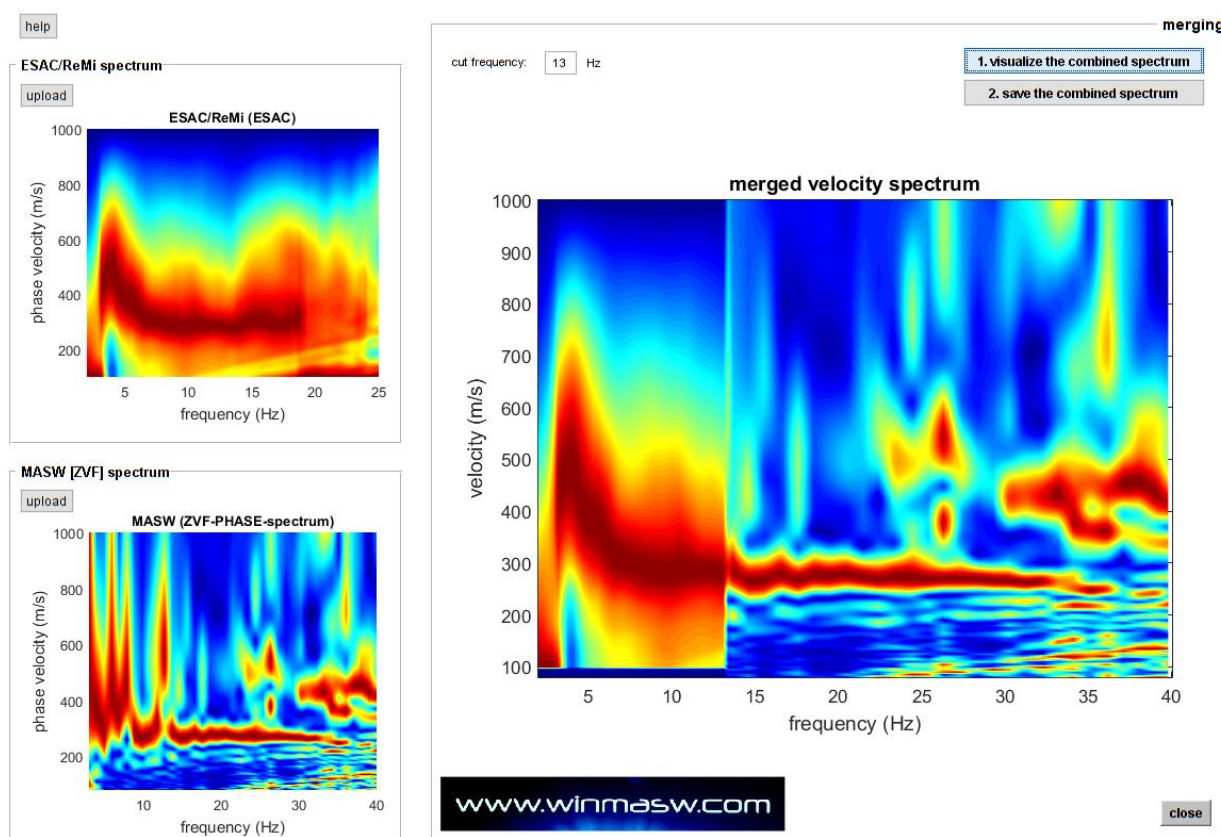
L'esito finale di questo tipo di misura è una curva che rappresenta l'andamento delle velocità di fase  $c$  in funzione della frequenza di vibrazione  $\omega_0$ . Se si assume che il campo d'onde delle vibrazioni ambientali sia dominato dalle onde superficiali, la curva  $c(\omega_0)$  dedotta da misure della componente verticale del moto del suolo corrisponde alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh relative al modo fondamentale.

## 5.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE ESAC-MASW

Al fine ottenere informazioni sul profilo di  $V_s$  per il sito analizzato, è stata presa in considerazione la curva di dispersione delle onde di Rayleigh ottenuta dagli array sismici (ESAC) integrata con quella ottenuta dall'indagine MASW realizzata nello stesso sito.

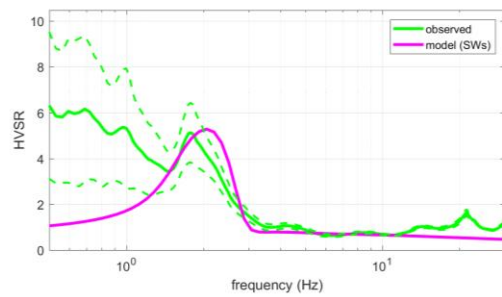
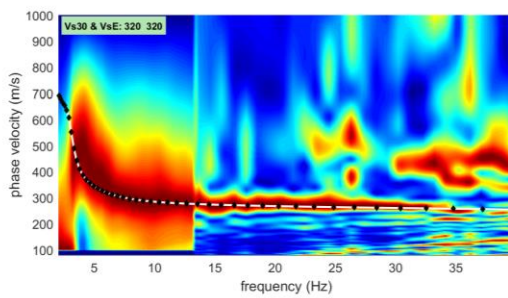
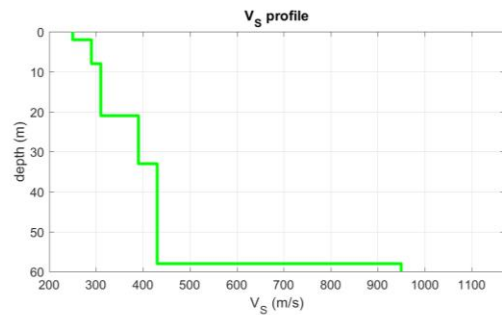
Per un profilo di  $V_s$  più dettagliato anche nella sua parte superficiale, le curve di dispersione ottenute dai due tipi di indagine (attiva e passiva) sono state combinate insieme.

La curva risultante è stata poi invertita ed i risultati di tale inversione sono mostrati nella **Tavola 03**. L'indagine MASW è stata eseguita sullo stendimento lineare composto da 15 geofoni appartenenti al ramo lungo dell'array sismico (lunghezza complessiva 70 m). La Figura sotto mostra i due spettri ottenuti dall'analisi Esac e dall'analisi MASW ed il merge tra i due a 13 Hz:





Di seguito viene riportato il risultato dell'inversione finale, il modello stratigrafico e l'analisi congiunta con la misura di rumore sismico HVSR52\_MS2:



**Modello**

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	250	2	2
2	290	6	8
3	310	13	21
4	390	12	33
5	430	25	58
6	950	0	0

## INDAGINE HVSR

### 6.0 SCHEMA OPERATIVO

È stata eseguita, vicino alla stesa sismica, una misura di rumore a stazione singola elaborata con tecnica HVSR.

La misura di microtremore a stazione singola deve avere una durata commisurata alla frequenza di indagine di interesse. Le misure di tipo passivo mirano a determinare caratteristiche medie del moto del suolo associato alle vibrazioni ambientali. Si tratta quindi di misure che devono risultare statisticamente rappresentative del fenomeno analizzato.

Poiché una misura di interesse ingegneristico ricade nell'intervallo 0.1-20 Hz, segue che un campionamento adeguato deve durare 15-40 minuti, in modo da poter analizzare il segnale su finestre di almeno 30 s di lunghezza e da avere almeno 20-30 finestre su cui effettuare una media, considerando che qualcuna potrà essere rimossa per la presenza di disturbi (transienti) che alterano lo spettro medio.

Nel nostro caso la durata delle misure è stata pari a **1200 secondi (20 minuti)**.

La Frequenza di campionamento adeguata per questo tipo di prove non deve essere inferiore a 50 Hz, in modo da permettere una ricostruzione spettrale sino ad almeno 20 Hz.

Nel nostro caso è stata utilizzata una Frequenza di campionamento pari a **300 Hz** ed in fase di elaborazione i dati sono stati ricampionati a **128 Hz**.

### 7.0 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata nel presente lavoro risulta essere:  
SISMOMETRO SR04S3 "GeoBox" della Sara electronic instruments, di cui si riportano sotto (Fig.2) le caratteristiche tecniche, dotato di 3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, Technology – Huston – Texas –USA con frequenza di ca. 4.5 Hz di cui si allega l'ultimo certificato di calibrazione.



Alimentazione:	10-16Vdc (batteria interna)
Consumo di energia:	< 1 W
Numero canali:	3
Convertitore A/D:	24 bit ( $\Sigma\Delta$ )
Range dinamico:	124dB @ 100SPS
Campionamento:	simultaneo sui tre canali
Sampling rates:	10-600
Impedenza d'ingresso:	300 kOhm
Sensibilità:	2V p-p (119nV/count)
Real Time Clock:	+/-10ppm (-20/+50°C)
Sincron. Real Time Clock:	GPS via PPS modulato
Precisione rispetto a UTC:	<50 $\mu$ s
Antenna GPS:	amplificata con 10mt di cavo e connettore BNC
CPU:	AVR RISC processor @ 11.592MHz
Interfaccia dati sismici:	RS232, cavo USB in dotazione
Formato dati:	protocollo binario SADC20HS
Velocità:	115200 baud
Interfaccia dati GPS:	RS232
Formato dati:	NMEA; 4800 baud, n,8,1
Contenitore:	Alluminio IP66
Temperatura operativa:	-30/+60°C

**Figura 2:** Sismometro Geobox SR04S3.

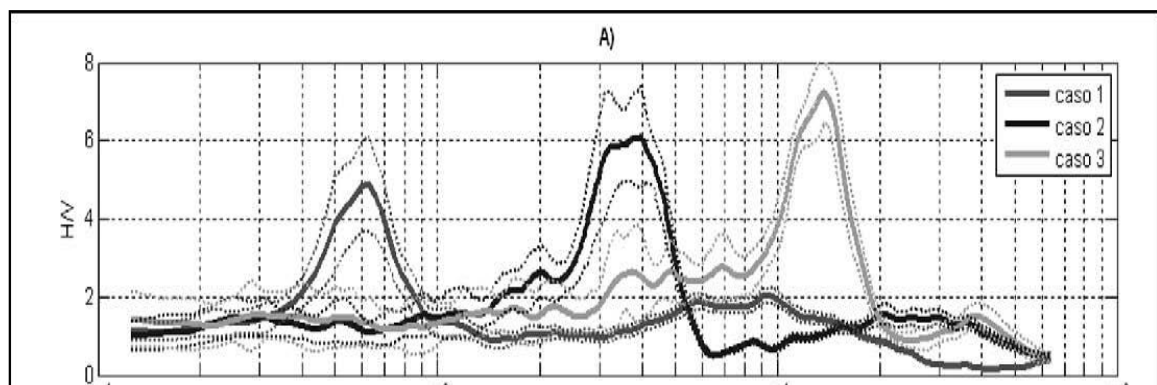
I dati sono stati quindi registrati ed archiviati su un *notebook Toshiba satellite*, mediante il software di acquisizione **SEISMOWIN** mediante l'applicazione **SEISMOLOG-MT** per l'acquisizione dei microtrempi.

## 8.0 CENNI TEORICI

La prova H/V o HVSR acronimo per *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* è una tecnica di indagine sismica passiva non invasiva, applicata e resa nota da Nakamura (1989).

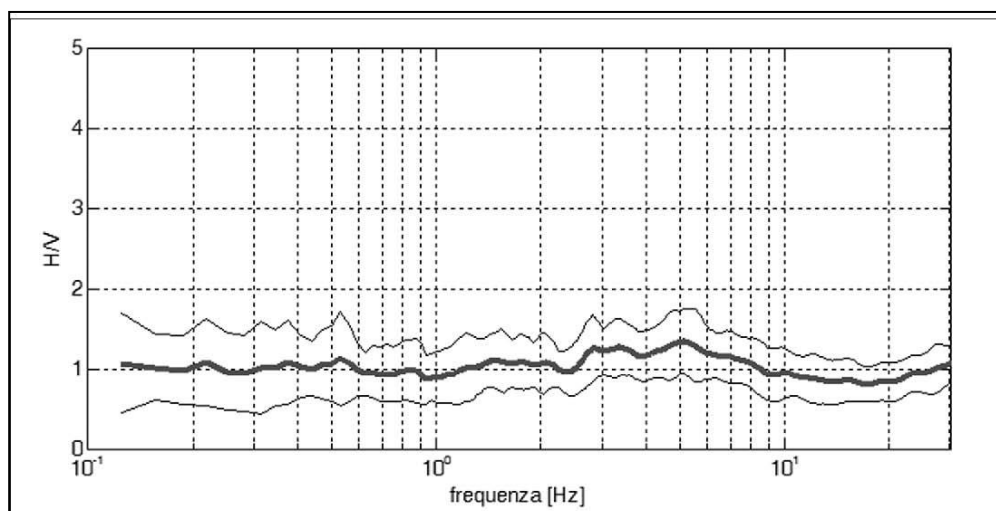
Si tratta di una valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e le componenti verticali (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno, misurati in un punto con apposito sismometro a tre componenti.

L'esito di questa prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione (**Fig.3**). Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura (Albarello et al., 2010).



**Figura 3:** Esempio di bedrock sismico a diverse profondità che genera risonanze a diverse frequenze. Caso 1: bedrock a 300 m di profondità. Caso 2: bedrock a 20 m di profondità. Caso 3: bedrock a 4 m di profondità.

Quando la misura è effettuata su un basamento sismico affiorante (e quindi dove non sono attesi fenomeni di risonanza sismica) la curva non mostra massimi significativi e si assesta intorno ad ampiezza 1 (**Fig.4**).



**Figura 4:** Curva H/V di un sito su roccia non fratturata e morfologicamente piatta. Si noti l'assenza di amplificazione per risonanza in tutto il dominio delle frequenze.

Pertanto, questa prova ha lo scopo di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni. Contestualmente fornisce indicazioni di tipo qualitativo sull'entità delle risonanze attese. In generale, la stima della frequenza di risonanza  $f$  sarà tanto più precisa quanto maggiore è il contrasto di impedenza sismica responsabile del fenomeno, ovvero dove sono maggiori gli effetti potenzialmente pericolosi.

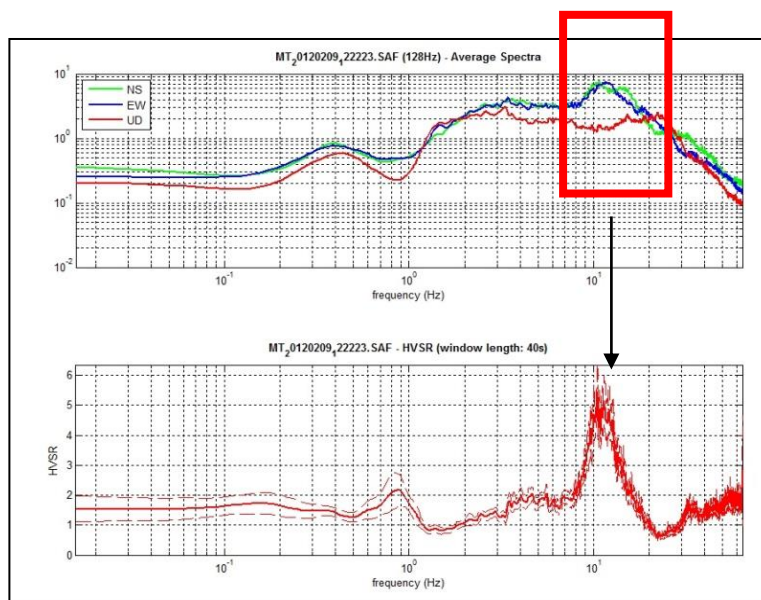
Inoltre, se i risultati della prova sono invertiti mediante opportune procedure numeriche, soprattutto in associazione ad altre indicazioni sperimentali (per esempio le curva di dispersione delle onde superficiali, prove Down Hole, sismica a rifrazione) possono fornire vincoli importanti al profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo. In casi semplici (coperture soffici al disopra di un basamento sismico rigido), è possibile stabilire una relazione fra lo spessore dello strato soffice, la velocità media delle onde S all'interno di quest'ultimo ( $V_s$ ) e la frequenza di risonanza fondamentale  $f$  dello strato, nella forma:

$$f = \frac{V_s}{4h}$$



## 9.0 INTERPRETAZIONE DELLE MISURE

Prima di qualsiasi interpretazione delle curve H/V sono indispensabili due accorgimenti. Il primo è che la curva H/V deve essere statisticamente significativa, ossia essere caratterizzata da una deviazione in ampiezza e in frequenza ridotta. Quando questa caratteristica non sia presente sin dall'inizio, essa va ricercata tramite una pulizia del tracciato; Il secondo che la curva H/V non va mai osservata da sola ma sempre congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui essa deriva. Questo permette di discernere agevolmente i picchi di natura stratigrafica da quelli generati da fonti di disturbo di natura antropica (motori elettrici, ecc.). In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si genera spesso un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma "a occhio" o "a ogiva" come quella indicata dal rettangolo in **Fig. 5**; Questa forma è indicativa di risonanze stratigrafiche.



**Figura 5:** Forma ad "Ogiva" tipica di una risonanza.

Nel 2004 il progetto SESAME ha stabilito una serie di criteri per la valutazione della significatività dei picchi H/V. Si tratta essenzialmente di criteri di tipo statistico che hanno lo scopo di segnalare situazioni poco chiare per le quali sono necessarie ulteriori indagini (ripetizione della misura, variazione delle condizioni di accoppiamento con il terreno, ecc.).

La prima parte di questi criteri è dedicata alla valutazione dell’attendibilità statistica della curva H/V. In pratica, individuata la frequenza del picco di risonanza, i criteri aiutano a verificare se la registrazione è stata effettuata per un periodo abbastanza lungo e analizzata per un numero sufficiente di intervalli di tempo adeguati.

La seconda parte è dedicata alla valutazione della chiarezza del picco H/V. In pratica viene analizzata la morfologia del picco e si valuta semplicemente se il picco ha una forma geometricamente ben definita. Naturalmente, i criteri SESAME (2004) risultano non soddisfatti nei siti che non presentano amplificazione e considerano significativi solo picchi con ampiezza H/V superiore a 2. Questo criterio ha carattere puramente empirico.

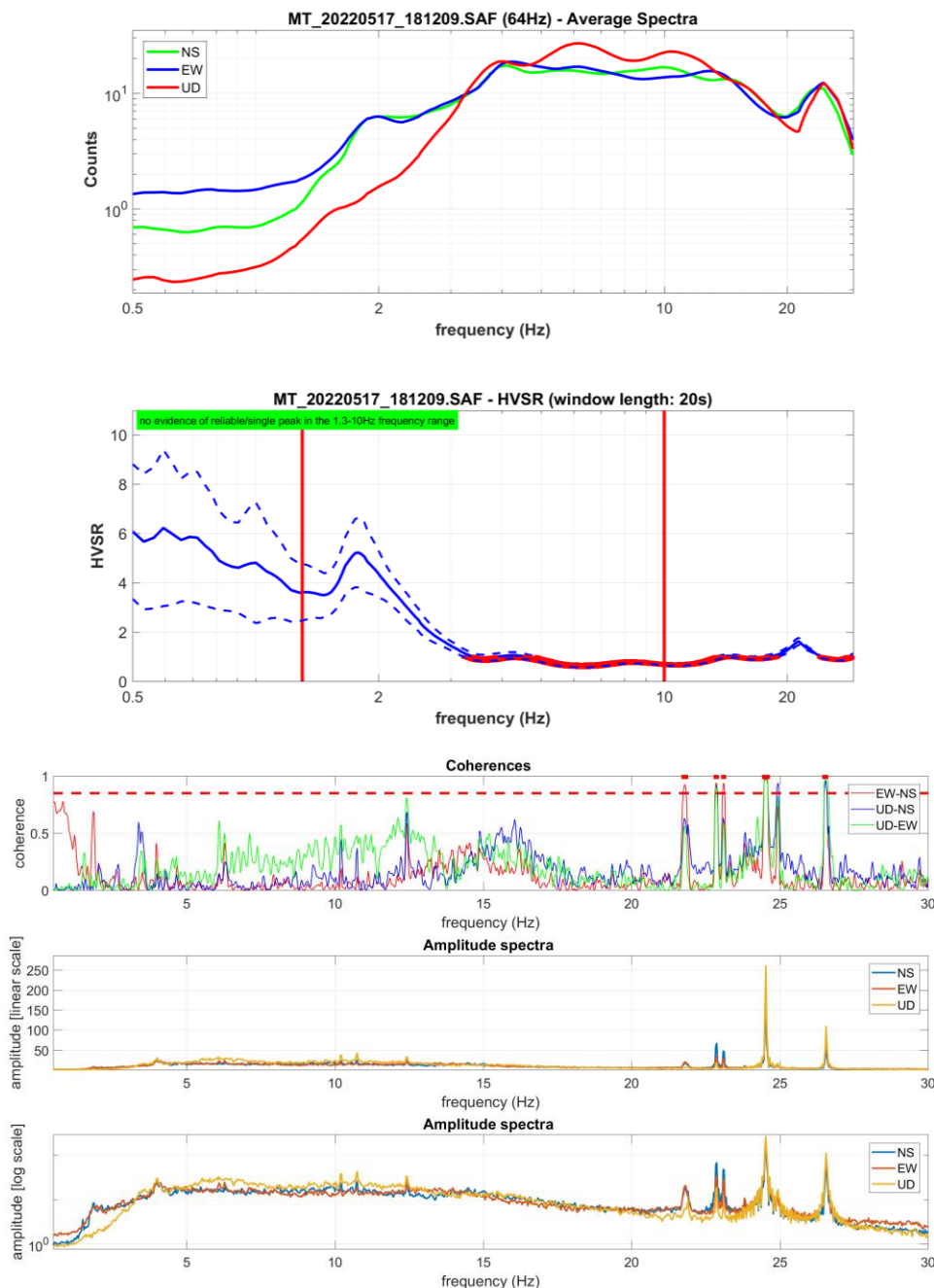
Sulla base delle frequenze di risonanza determinate sperimentalmente sarà poi possibile fornire una stima di massima degli spessori delle coperture soffici responsabili dei possibili fenomeni di risonanza osservati. Un abaco utile in questo senso, (Albarello et al., 2010), è fornito in **Tab.1**.

$F_0$ (Hz)	h (m)
<1	>100
1 -2	50-100
2 -3	30-50
3 -5	20-30
5 -8	10-20
8 -20	5-10
>20	<5

**Tab 1:** Abaco per la stima dello spessore delle coperture (H) a partire dai valori delle frequenze di risonanza determinate dalle misure HVSR.

## 10.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE HVSR

Vengono qui riportati i Report dell'elaborazione delle misure eseguite secondo la tecnica H/V mediante software WINMASW 2018 Academy; la misura di rumore a stazione singola **HVSR52\_MS2** elaborata con tecnica HVSR ha evidenziato la presenza di picco stratigrafico intorno ai **2 Hz**.



Arezzo, li 14/06/2022

TRIGEO s.n.c.  
 di Nencetti Andrea e Burchini Benedetto  
 Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)  
 P.IVA 02024110518  
 Tel/Fax: 0575 294900 - 055 9062212  
 Cell: 339 2288172 - 339 7218988  
 www.trigeo.it - info@trigeo.it

**ALLEGATI**

## SCHEMA DELLA LINEA SISMICA ESAC-MASW 01\_MS2

GEOFONI N°	DISTANZA PROGRESSIVA (m) X	DISTANZA PROGRESSIVA (m) Y	DISTANZA INTERGEOFONICA (m)	QUOTA (in mslm)
1	0	0	5	256
2	5	0	5	256
3	10	0	5	256
4	15	0	5	256
5	20	0	5	256
6	25	0	5	256
7	30	0	5	256
8	35	0	5	256
9	40	0	5	256
10	45	0	5	256
11	50	0	5	256
12	55	0	5	256
13	60	0	5	256
14	65	0	5	256
15	70	0	5	256
16	70	4	4	256
17	70	8	4	256
18	70	12	4	256
19	70	16	4	256
20	70	20	4	256
21	70	24	4	256
22	70	28	4	256
23	70	32	4	256
24	70	36	4	256

*COORDINATE WGS84 DEI GEOFONI 1 E 24*

COORDINATE	GEOFONO 1	GEOFONO 24
X(m)	43.522447°	43.521792°
Y(m)	11.766065°	11.766425°

*PUNTI DI ENERGIZZAZIONE – SHOT POINT*

ONDE P	SHOT POINT	POSIZIONE DA G1 (m)	QUOTA (m)
DAT.4694	A - ESTERNO SX	-5.0	256
DAT.4692	B - ESTREMO SX	-2.5	256
DAT.4696	C – ESTREMO DX	72.5	256
DAT.4698	D – ESTREMO DX	75	256



**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

**ESAC-MASW 02\_MS2, HVS52\_MS2**

**Comune di Castiglion Fibocchi**



Fase di acquisizione ESAC-MASW 02\_MS2.



ESAC-MASW 02\_MS2 – Vista da G1 a G15.

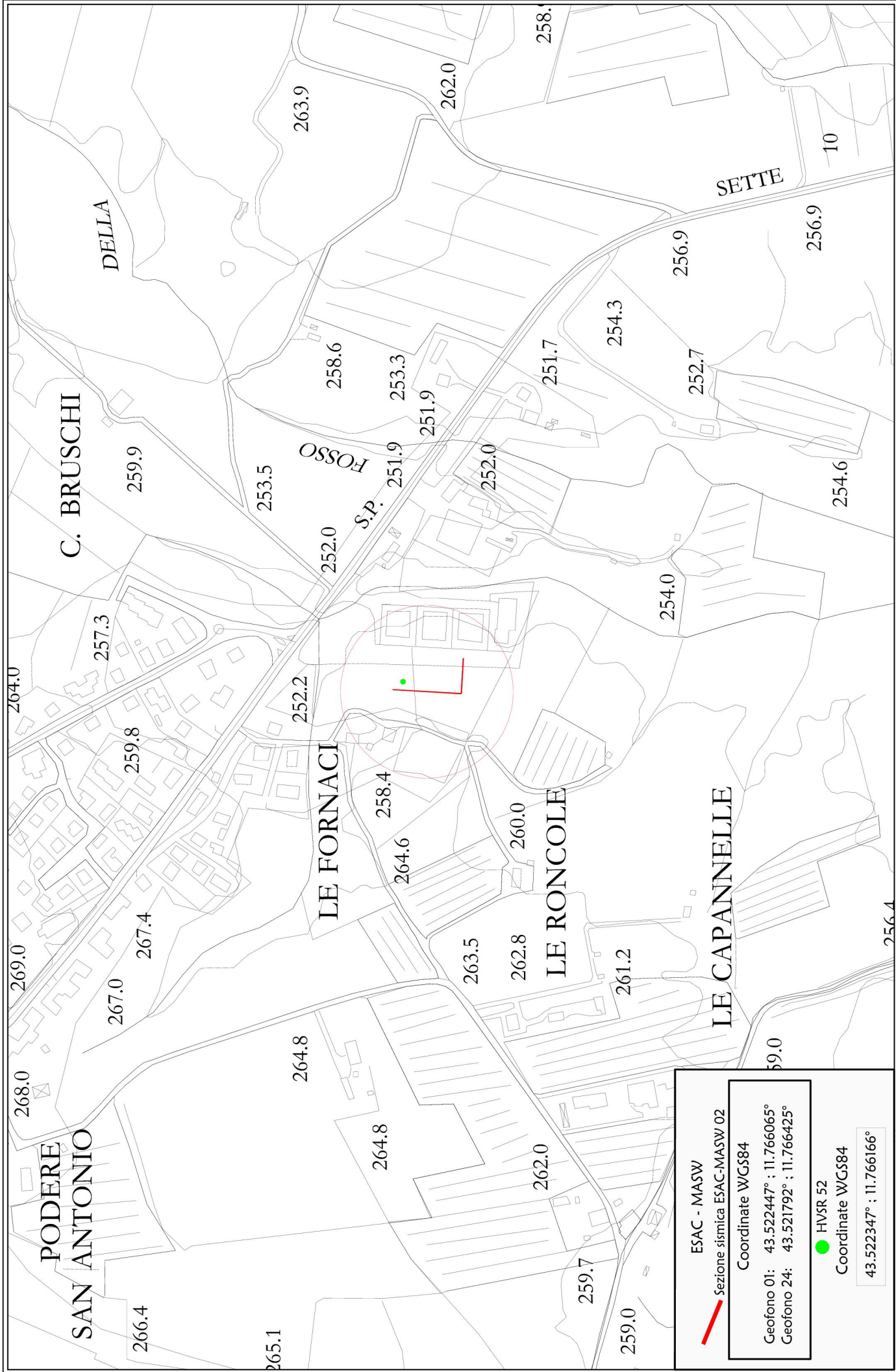


ESAC-MASW 02\_MS2 – Vista da G24 a G15.



Fase di acquisizione HVSR 52\_MS2.





ESAC - MASW  
 Sezione sismica ESAC-MASW 02

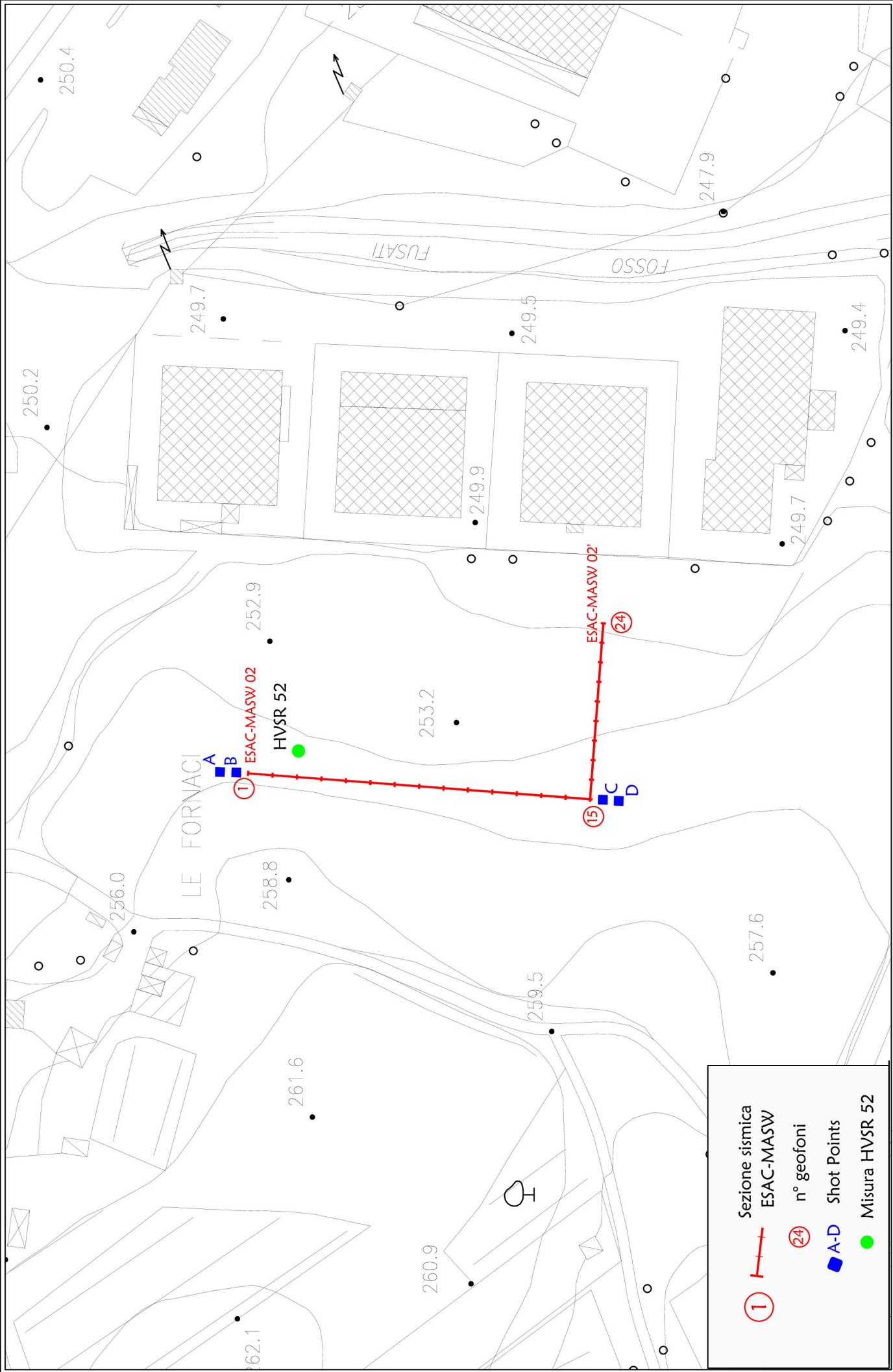
Coordinate WGS84  
 Geofono 01: 43.522447° ; 11.766065°  
 Geofono 24: 43.521792° ; 11.766425°

HVSR 52  
 Coordinate WGS84  
 43.522347° ; 11.766166°

Scala 1: 5000

Maggio 2022

Tavola 01 - Planimetria Generale - Sezione ESAC-MASW 02\_MS2 - Comune di Castiglion Fibocchi (AR)



<b>①</b>	Sezione sismica ESAC-MASW
<b>②④</b>	n° geofoni
<b>A-D</b>	Shot Points
<b>●</b>	Misura HVSR 52

Elaborazione ESAC-MASW sezione 02\_MS2 e congiunta con HVSr52\_MS2

