



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

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione illustrativa

Regione Emilia – Romagna

Comune di Castellarano



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Regione Emilia Romagna	Comune Castellarano	Giugno 2013



STUDIO GEOLOGICO AMBIENTALE

# ARKIGEO

*di Gasparini Dott. Geol. Giorgio*

Via S. Martino 4 - 41030 BASTIGLIA (MO)

Tel. /Fax : 059 – 815262

e-mail : «arkigeo@arkigeo.191.it»

C.F.: GSP GRG 54M14 A959S P. I.V.A.: 02350330367

## **INDICE RELAZIONE**

1. INTRODUZIONE.....	1
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO .....	4
2.1. <i>Classificazione sismica</i> .....	4
2.2. <i>Pericolosità sismica</i> .....	6
2.2.1. <i>Pericolosità di base</i> .....	7
2.2.2. <i>Pericolosità locale</i> .....	10
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	12
3.1. <i>Inquadramento tettonico e strutturale</i> .....	12
3.2. <i>Inquadramento stratigrafico-litologico</i> .....	17
3.3. <i>Inquadramento morfologico</i> .....	19
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI .....	21
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	23
5.1. <i>Modelli geologici-Zone con substrato marino non rigido subaffiorante (copertura con spessore inferiore a 3 m)</i> .....	24
5.2. <i>Modelli geologici-Zone con substrato marino non rigido con coperture con spessore superiore a 3 m</i> .....	25
6. INTERPRETAZIONE E INCERTEZZE .....	27
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	30
8. ELABORATI CARTOGRAFICI.....	31
9. BIBLIOGRAFIA .....	37
10. ALLEGATI.....	39



STUDIO GEOLOGICO AMBIENTALE

**ARKIGEO**

*di Gasparini Dott. Geol. Giorgio*

Via S. Martino 4 - 41030 BASTIGLIA (MO)

Tel. /Fax : 059 – 815262

e-mail : «arkigeo@arkigeo.191.it»

C.F.: GSP GRG 54M14 A959S P. I.V.A.: 02350330367

## **MICROZONAZIONE SISMICA**

**Regione Emilia-Romagna**

**Comune di Castellarano**

### **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

#### **1. INTRODUZIONE**

Vengono qui descritti gli studi e gli elaborati prodotti nell'ambito dello studio finalizzato alla microzonazione sismica del territorio del Comune di Castellarano (RE) realizzata con il contributo di cui all'OPCM 4007/2012 e in collaborazione con il Capo Settore Arch. Mauro Bisi e con il Tecnico Istruttore Geom. Silvia Guiglia dell'Ufficio "Edilizia privata e urbanistica" del Comune di Castellarano (RE).

Le indagini e gli studi sono stati condotti conformemente ai contenuti e agli indirizzi della:

- Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n. 112 del 2 maggio 2007 (Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della LR 20/2000 per "*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*").
- Delibera della Giunta Regionale n. 1302 del 10 settembre 2012 "*Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 4007/2012 a favore degli Enti locali*".
- Gruppo di lavoro Ms, 2008 "*Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*" approvati dalla Conferenza delle Regioni e delle Provincie Autonome - Dipartimento della Protezione Civile, Roma.

- Contributi per l'aggiornamento degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (suppl. alla rivista Ingegneria Sismica, 2011).
- PTCP - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Reggio Emilia approvato dal Consiglio Provinciale con atto n. 124 del 17 giugno 2010.

Il territorio del Comune di Castellarano (Figure 1 e 2) si estende per una superficie di circa 57,49 Km<sup>2</sup> nella media alta collina Reggiana, tra le Valli del F. Secchia, a est, e del Rio delle Viole e del Torrente Tresinaro, a ovest; esso confina con i comuni di Casalgrande a nord, di Scandiano e di Viano a nord ovest, di Baiso a ovest e a sud ovest, di Prignano sulla Secchia (MO) a sud est e di Sassuolo (MO) a est.



Figura 1 – Territorio di Castellarano e aree limitrofe (immagine da satellite).

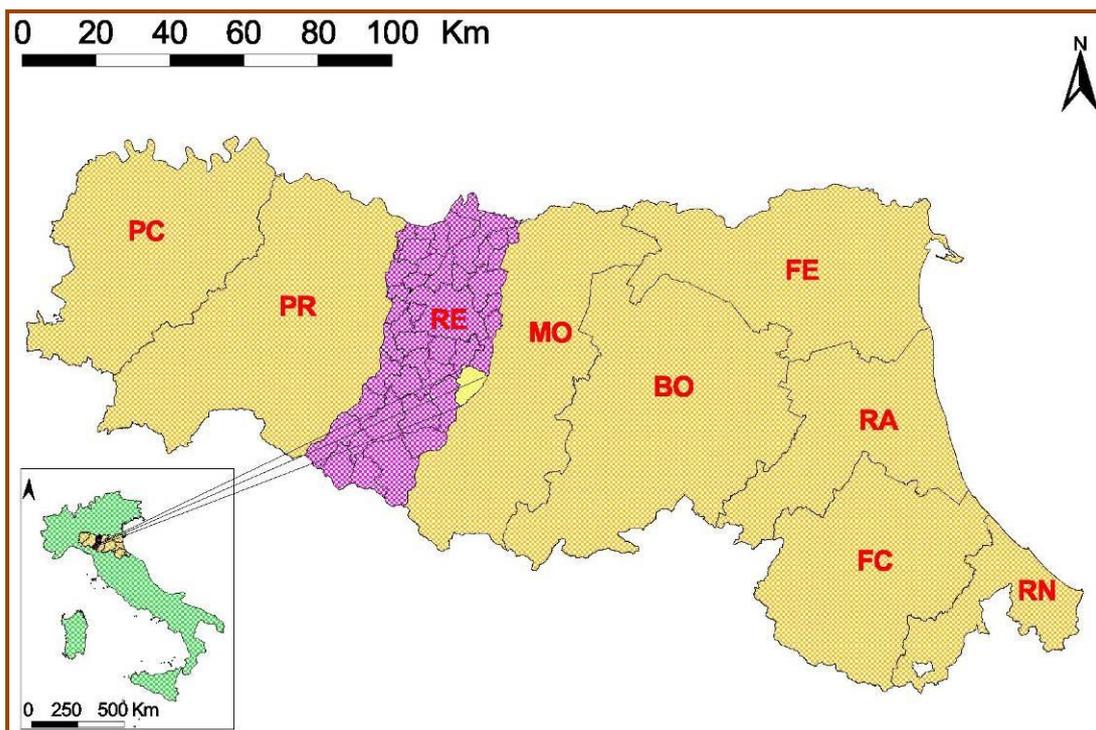


Figura 2 - Inquadramento regionale del Comune di Castellarano.

Dal punto di vista cartografico, la topografia del territorio comunale è descritta nelle seguenti Tavole alla scala 1:25.000 della Carta Topografica Regionale e Sezioni alla scala al 10.000 della Carta Tecnica Regionale.

Scala 1:25.000:

1. Tav. 218 NE Viano
2. Tav. 218 SE Carpineti
3. Tav. 219 NO Sassuolo
4. Tav. 219 SO Serramazzoni

Scala 1:10.000:

5. Sez. 218080 Viano
6. Sez. 218120 Baiso
7. Sez. 219010 Scandiano
8. Sez. 219020 Villalunga
9. Sez. 219050 Castellarano
10. Sez. 219060 Sassuolo
11. Sez. 219090 Roteglia

Per la redazione delle tavole cartografiche si è fatto riferimento sempre alla Carta Tecnica Regionale, utilizzando tuttavia non le Sezioni ma gli elementi alla scala 1:5000, nella versione del 2008.

Il presente studio è stato condotto facendo riferimento sia a dati di archivio che a dati originali. Per quanto attiene le informazioni archivistiche la gran parte sono state fornite dal Comune di Castellarano (indagini geognostiche a corredo di studi conservati presso l'archivio comunale e in particolare presso l'Ufficio "Edilizia Privata e Urbanistica"), mentre i dati relativi alla cartografia geologica di dettaglio sono stati

forniti dall'Ufficio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna. Si è inoltre fatto riferimento ai dati raccolti, elaborati e descritti nell'Indagine geologica realizzata nell'Ambito del Quadro Conoscitivo del redigendo PSC comunale nonché contenuti nel PTCP provinciale.

## **2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO**

### **2.1. Classificazione sismica**

Il Comune di Castellarano è compreso nell'elenco dei comuni sismici classificati in zona 2 dall'Allegato n. 1 all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 (s.m.i) del 20 marzo 2003 (*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*).

A seguito dell'entrata in vigore del DM 14.09.2005 (*Norme tecniche per le costruzioni*), ora sostituito dal DM 14.01.2008 (*Norme tecniche per le costruzioni*), la validità di tale ordinanza è cessata; come tuttavia indicato nella Del. di GR 1677/2005, la classificazione sismica dei comuni italiani riportata nella citata OPCM 3274/2003 resta comunque valida.

Nell'aprile del 2006 è stata emanata l'Ordinanza PCM 3519/2006 dove sono indicati i *Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*. A detta Ordinanza è allegata la Mappa di Pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale (Figura 3) nella quale è possibile verificare che il territorio del Comune di Castellarano ricade nell'area per la quale sono indicati valori dell'accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ )<sup>1</sup> compresi tra 0,150 e 0,175 volte l'accelerazione di gravità  $g$ , ascritta ad una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ( $Vs_{30} > 800$  m/s; cat. A di cui al DM 14.01.2008).

Con la Deliberazione dell'Assemblea Legislativa n. 112/2007 la Regione Emilia-Romagna ha approvato la "*Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio*", in merito a "*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*"; tra i vari documenti allegati alla citata deliberazione regionale vi è anche l'elenco dei valori di  $a_{max}$  (PGA) per ciascun

---

<sup>1</sup> Anche in documenti ufficiali è possibile che l'accelerazione massima al suolo possa essere indicata sia con la sigla  $a_{max}$  che con PGA (peak ground acceleration, lett. accelerazione di picco al suolo).

Comune della Regione che per Castellarano corrisponde a 0,161g. Come si evince dalla comparazione con i dati precedentemente disponibili si tratta di un valore che rientra nel *range* della Zona 2 (0,15÷0,175 Ag/g) ma lievemente inferiore al massimo indicato nella cartografia di cui all'Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n. 2374 da usare come ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Figura 3).

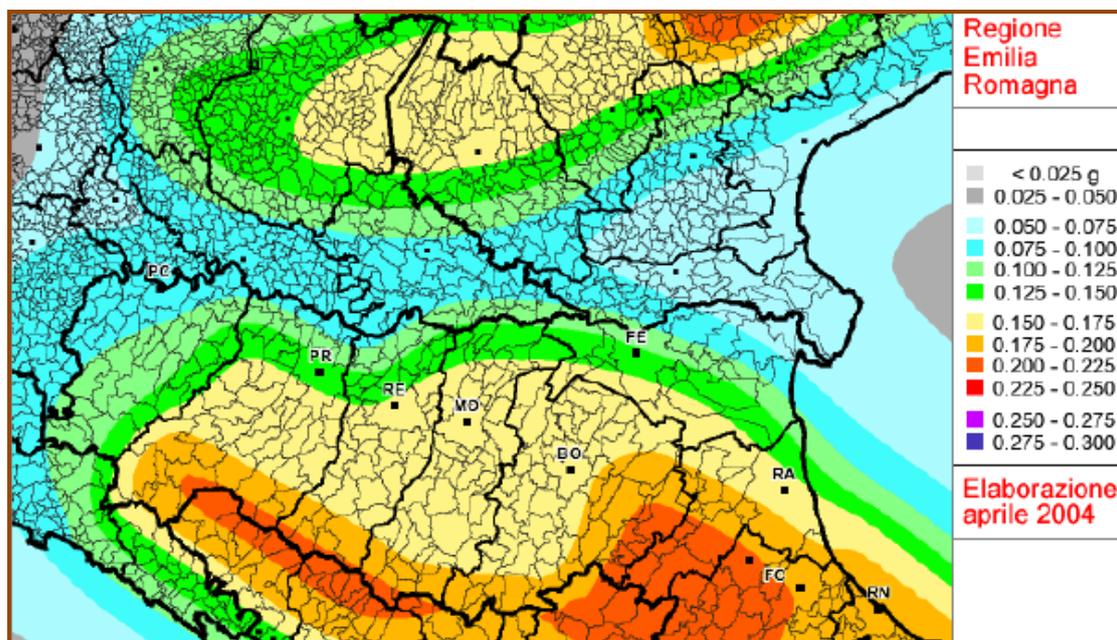


Figura 3 - Mappa di pericolosità sismica di riferimento (Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n. 2374 All. 1) espressa in termini di accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A, All. 2, 3.1) allegata all'Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006. (Fonte: Sito web della Regione Emilia-Romagna).

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 Gennaio 2008), hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva solo ai fini progettuali: per ciascuna zona - e quindi territorio comunale - precedentemente veniva infatti fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera.

Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del Comune) rimane utile solo, ed è questo il caso della Microzonazione Sismica, per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli Enti preposti (Regione, Genio Civile, ecc.).

Per quanto riguarda la classificazione sismica del Comune di Castellarano, in riferimento agli effetti macrosismici osservati (*Scala Mercalli Caccani Sieberg*) si riporta la carta, per l'Emilia Romagna, delle massime intensità attese dove si può notare che per il Comune di Castellarano l' $I_{max}$  raggiunge il 9° grado.

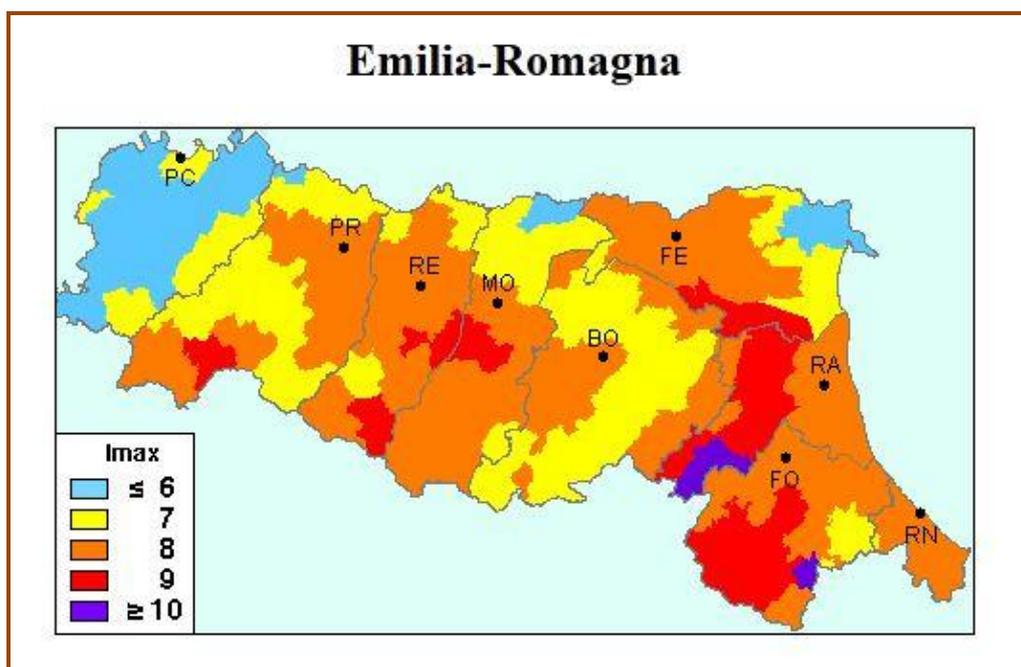


Figura 4 – Massime intensità macrosismiche.

## 2.2. Pericolosità sismica

Il concetto di pericolosità, non solo ristretto al campo sismico, viene grossolanamente definito come la probabilità che un evento “pericoloso” di una certa magnitudo colpisca un dato territorio durante uno specifico intervallo di tempo.

In coerenza con tale definizione, per definire la pericolosità sismica occorre:

- fissare un valore di un determinato parametro sismico: magnitudo, scuotimento tellurico; accelerazione, ecc..;
- delimitare il territorio per il quale si vuole definire la pericolosità;
- fissare un tempo di ritorno dell'evento per il quale si vuole determinare la probabilità di accadimento.

Le numerose ricerche, e soprattutto le osservazioni compiute in occasione di eventi tellurici che nel passato, anche recente, hanno colpito varie regioni del mondo, hanno evidenziato che non sempre esiste una relazione diretta tra i dissesti o i danni causati dal terremoto e l'energia sprigionata dal medesimo.

Si è inoltre osservato che a parità di distanza dall'epicentro in alcune aree si riscontravano danni maggiori rispetto ad altre.

Si sono poi verificati casi paradossali, per i quali il terremoto ha causato i maggiori danni a centinaia di chilometri di distanza dall'epicentro mentre le zone vicine sono state colpite con effetti meno marcati. Tale duplice natura della pericolosità sismica viene solitamente descritta considerandola come formata da due distinte componenti: la pericolosità di base e la pericolosità locale.

### **2.2.1. Pericolosità di base**

La pericolosità di base (o pericolosità regionale) prescinde dalle caratteristiche locali e dipende solamente dalla sismicità che si risente nella regione all'interno della quale si colloca il territorio preso in considerazione (in questo caso il territorio del Nuovo Circondario Imolese).

Nel capitolo precedente di "Classificazione sismica" abbiamo già dato conto dell'attribuzione quantitativa della pericolosità sismica di base; si ricordano ora, visto il loro interesse, dati e mappe più significativi utilizzate nel procedimento probabilistico di analisi della pericolosità sismica (PSHA) per la costruzione delle mappe di pericolosità.

Per quanto riguarda la **sismicità** è stata caratterizzata la distribuzione temporale (ricorrenza), spaziale e di magnitudo dei terremoti tramite catalogo tenendo conto del periodo di completezza di quest'ultimo.

Senza pretese di esaustività riteniamo interessante, in questa sede, riportare la "storia sismica" del Comune di Castellarano (Figura 5).

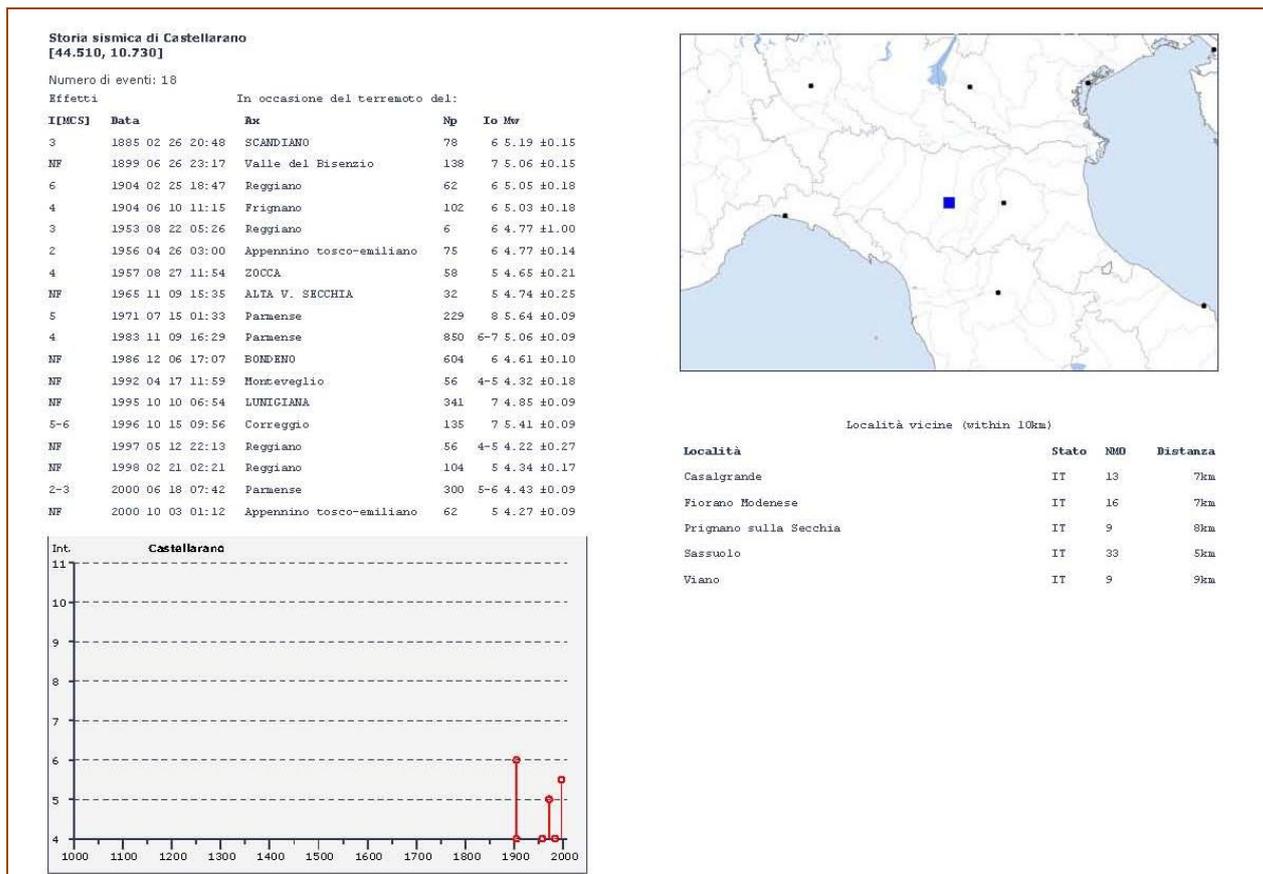


Figura 5 – “Storia sismica” Comune di Castellarano.

Da queste ultime estraiamo (“*Catalogue of Strong Earth Quakes in Italy*” - CFTI4med) e riportiamo la descrizione dei principali effetti di uno dei terremoti storici del territorio in esame (Figura 6).

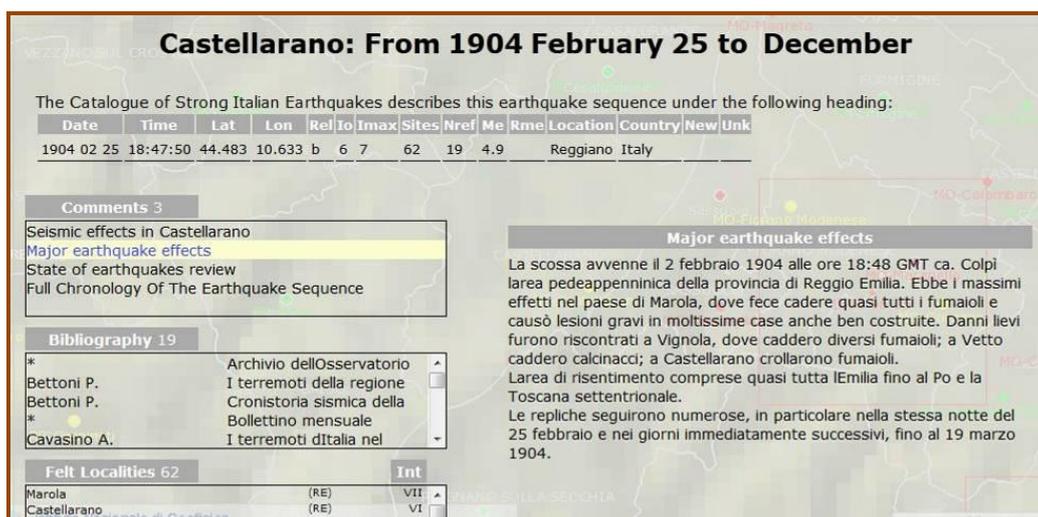


Figura 6 – Estratto da “*Catalogue of Strong Earth Quakes in Italy*”: descrizione degli effetti di uno dei terremoti storici del Comune di Castellarano.

Per quanto riguarda le **sorgenti** sono state caratterizzate le faglie attive attraverso parametri che ne riassumono il comportamento (zone sismiche). A tale proposito si riportano:

- 1) un estratto, dal “Geoportale Nazionale” del Ministero dell’Ambiente, della mappa delle zone sismiche (Figura 7) (tratta da “*Rapporto Conclusivo della zonazione sismogenetica ZS9 - Appendice 2*” (Marzo 2004) del Gruppo di Lavoro per la redazione della Mappa di Pericolosità Sismica (Ordinanza PCM 20.03.03 n. 3274) dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) dalla quale, per la zona riguardante il Comune in oggetto e cioè la n. 913, si possono dedurre i seguenti valori massimi della magnitudo momento ( $M_w$  max).
  - 913 “Appennino Emiliano-Romagnolo”  $M_w = 6,14$

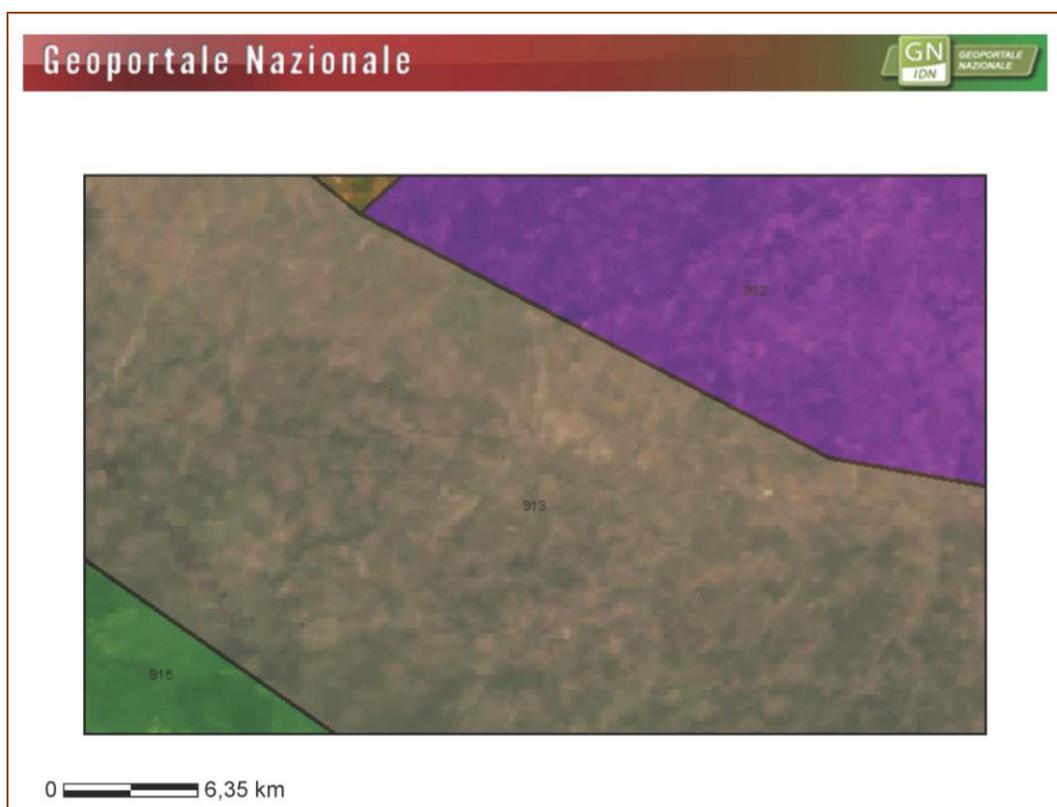


Figura 7 – Mappa zone sismiche.

- 2) un estratto, della mappa delle “Sorgenti sismogenetiche” (Figura 8) tratto dal “*Database of Individual Seismogenetic Sources - 3*” dal quale si può segnalare, per l’area di interesse, la seguente sorgente: ITC046 LANGHIRANO-SASSUOLO.

Per quanto riguarda, infine, la “**propagazione dell’energia**”, sono state definiti i modelli empirici predittivi del moto al suolo in funzione di distanza, frequenza e magnitudo. Fra le leggi di attenuazione sismica più usate in letteratura si segnala quella di *Pugliese e Sabetta*.

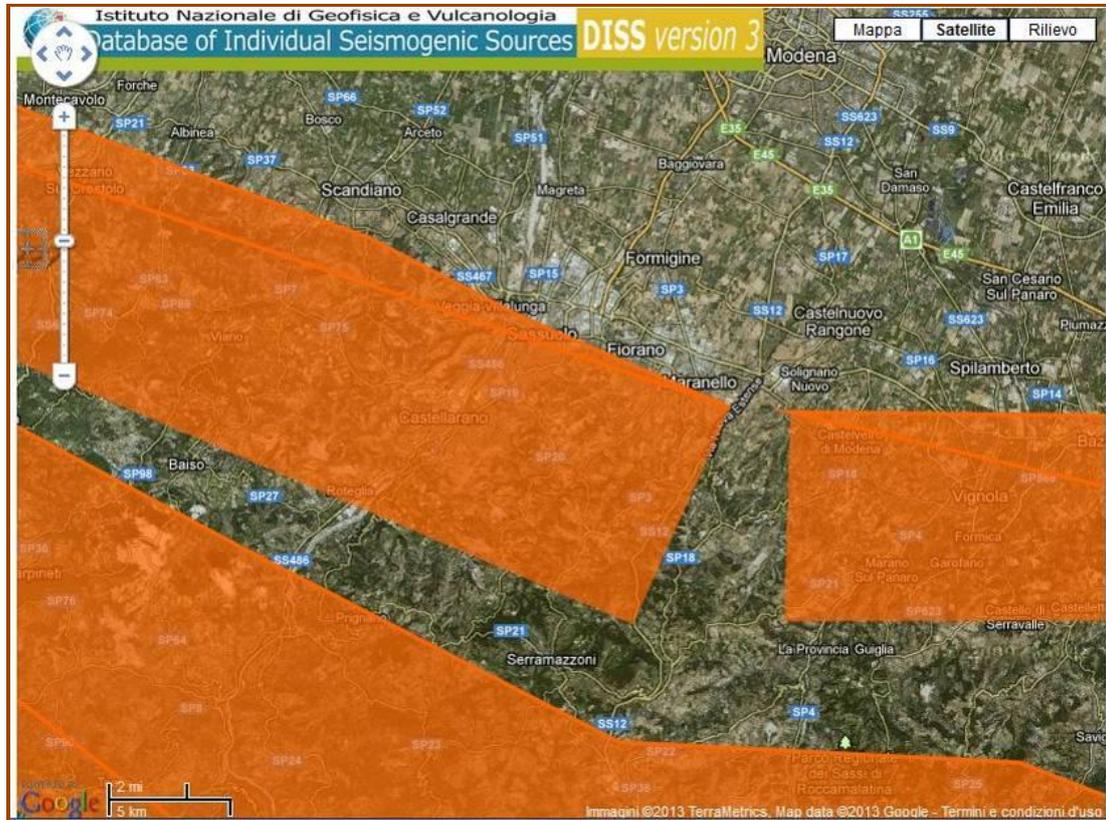


Figura 8 – Estratto mappa “Sorgenti sismogenetiche”.

### 2.2.2. *Pericolosità locale*

La pericolosità locale dipende da fattori geologici e morfologici locali, tanto che lo stesso evento sismico può essere risentito in maniera diversa in settori diversi del medesimo territorio, anche a parità di tipologia edilizia (così detto effetto a “macchie di leopardo”).

La pericolosità locale si occupa pertanto di quegli aspetti che, in caso di terremoto, possono dare luogo localmente a instabilità e/o ad amplificazione dello scuotimento tellurico.

Sulla base delle più recenti normative e indirizzi si assume come pericolosità sismica di base il terremoto con probabilità di accadimento pari a uno (certezza probabilistica) in un intervallo di tempo di 475 anni<sup>2</sup>.

Ciò corrisponde a una probabilità di accadimento del 10% su 50 anni.

Per descrivere la pericolosità del terremoto di riferimento si possono utilizzare varie grandezze quali ad esempio:

- il valore di accelerazione massima al suolo atteso PGA (*peak ground acceleration*) o  $a_{max}$ , già introdotto nel paragrafo precedente;
- lo spettro di risposta elastico (che può essere definito in accelerazione, in velocità o in spostamento);
- l'Intensità di Housner;
- altri parametri.

Le grandezze elencate vengono solitamente utilizzate per esprimere il valore della pericolosità di base per l'intero territorio considerato (comunale o anche più grande - Tabella 1); esse descrivono il "terremoto di riferimento" definito su base statistica, analizzando la serie storica degli eventi sismici avvenuti nell'area in studio o nella regione che la comprende.

Gli stessi parametri possono essere utilizzati, attraverso vari procedimenti più o meno rigorosi, anche per valutare qualitativamente e quantitativamente gli effetti sismici di sito che possono variare all'interno del territorio considerato in relazione alle differenti caratteristiche morfologiche e litotecniche locali.

Il dato della pericolosità di base è di norma riferito a un contesto litologico e morfologico ideale, riassumibile in un "sito di riferimento" pianeggiante con substrato roccioso affiorante.

Tali condizioni non corrispondono quasi mai al contesto reale del sito o del territorio per il quale si vuole valutare la pericolosità sismica.

Basta ad esempio la presenza di una copertura detritica di 5 o più m di spessore, perché vi sia la possibilità che, in caso di scossa tellurica, si verifichino degli effetti locali di amplificazione dello scuotimento e che quindi la pericolosità sismica locale sia da considerare più alta della pericolosità di base.

---

<sup>2</sup> Alcuni studiosi (ad es. Wang & Ormsbee, 2005) criticano tali scelte che sono comunque entrate a far parte dell'impianto normativo di numerosi paesi e regioni del mondo. Con argomentazioni fisico-matematiche viene infatti evidenziato che l'incertezza nella determinazione della pericolosità sismica può essere molto grande, tanto che l'assegnazione di un determinato valore di pericolosità può essere affetta da un errore elevato.

Attraverso valutazioni quali-quantitative è possibile stimare localmente il potenziale di incremento del risentimento sismico utilizzando le stesse grandezze (PGA, Spettro di risposta elastico, Intensità di Housner o intensità spettrale SI) e quindi calcolare l'eventuale fattore di amplificazione, rapportando il risultato ottenuto con quello del sito di riferimento al quale viene attribuita la pericolosità di base (ad es.  $PGA/PGA_0$ ,  $SI/SI_0$ ).

Il fattore di amplificazione non è altro che il valore del rapporto tra la grandezza che esprime la pericolosità al sito (comprensiva quindi degli effetti locali) e il valore attribuito al sito di riferimento e cioè quello definito dalla pericolosità di base.

Nella progettazione e nella pianificazione territoriale la pericolosità di base (o pericolosità regionale), essendo un parametro che non può essere modificato, perché dipende solamente dalla sismicità naturale dell'area, può essere tenuta in considerazione al livello delle prescrizioni normative.

Essa infatti è quasi sempre applicabile all'intero territorio comunale (o a una grande sua parte) senza distinzioni particolari all'interno di ampi settori territoriali. Si tratta di fatto di un dato da assumere tal quale nella progettazione.

I risultati dell'analisi della pericolosità locale, proprio perché indirizzati a riconoscere quelle situazioni territoriali per le quali la pericolosità sismica si discosta dal valore regionale, possono essere presi come riferimento per indirizzare non solo gli aspetti normativi e d'indirizzo per l'uso di un territorio, ma anche le scelte di localizzazione e di trasformazione urbanistica.

La pericolosità locale dipende infatti dalle caratteristiche del sito e può variare fortemente a seconda del variare delle condizioni morfologiche e litologiche. Già a livello dell'intero territorio comunale è possibile riconoscere settori caratterizzati da pericolosità locale più alta rispetto ad altri meno pericolosi.

### **3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA**

#### ***3.1. Inquadramento tettonico e strutturale***

Dal punto di vista geologico, il territorio del Comune di Castellano fa parte nel sistema montuoso dell'Appennino Settentrionale, che è una catena (Figure 9, 10 e 11) formata dalla sovrapposizione di "falde tettoniche", strutturalmente inquadrabile nel contesto del modello di prisma d'accrescimento (Treves, 1984).

Secondo gli studiosi di geologia, la genesi e l'evoluzione della catena appenninica sarebbero iniziati a partire almeno dall'Eocene, se non nel Cretaceo superiore, durante la fase orogenica mesoalpina (AA.VV., 1992).

In tale periodo, le successioni liguri furono impilate le une sulle altre, a formare un prisma di accrezione che, secondo alcuni autori, sarebbe da considerare un elemento strutturale della catena alpina successivamente inglobato nella struttura geologica Appenninica (Cerrina Ferroni et al., 2004).

La frequente attività sismica che si riscontra soprattutto nell'area di pianura, ma anche nell'alto Appennino, sono la testimonianza diretta e attuale che l'evoluzione della catena non si è ancora conclusa.

Le principali unità tettoniche (falde) che formano il prisma d'accrezione appenninico settentrionale (Treves, 1984) sono denominate come segue<sup>3</sup> (dall'alto verso il basso in ordine di sovrapposizione):

- Unità liguri (Liguridi)
- Unità subliguri
- Falda toscana
- Unità umbro-romagnole e marchigiano-adriatiche.

Secondo il modello del prisma d'accrezione (Treves, 1984) le Liguridi sovrastano geometricamente le Unità subliguri che, a loro volta si pongono al di sopra della Falda toscana e delle Successioni Umbro-Romagnola e Marchigiano-Adriatica, etc.

A complicare ulteriormente tale quadro strutturale (semplificato) interverrebbero accavallamenti tettonici fuori sequenza e faglie distensive neotettoniche.

---

<sup>3</sup> Le denominazioni possono differire a seconda degli autori consultati.

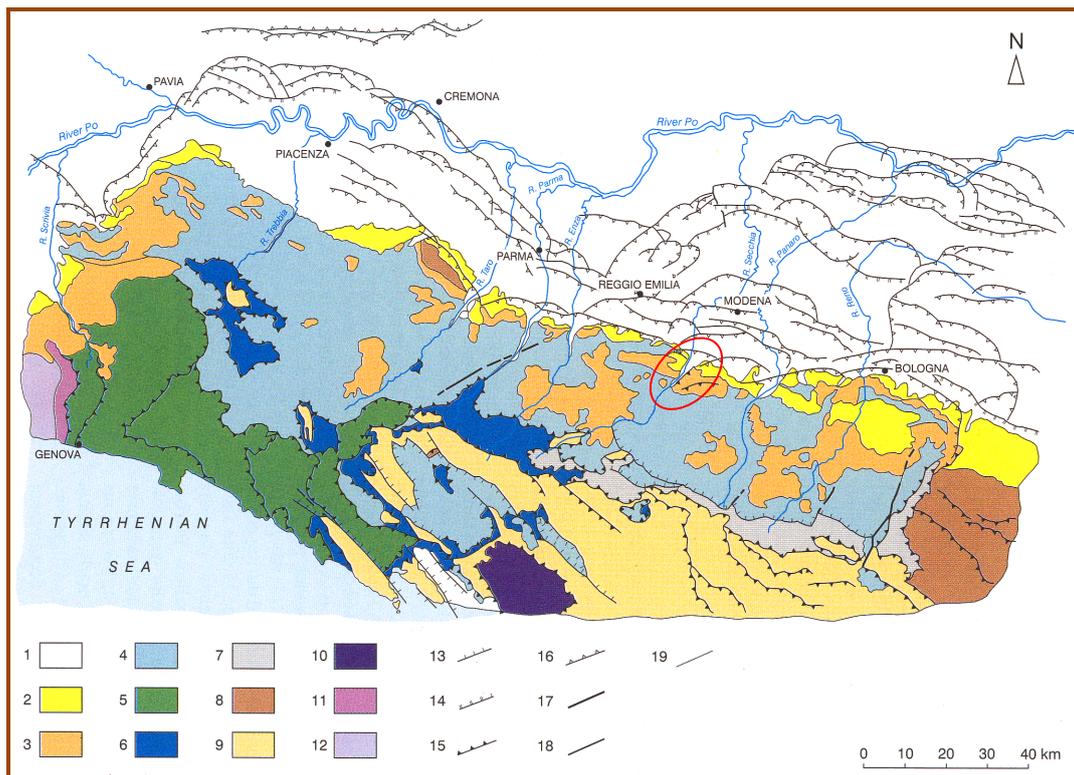


Figura 9 - Carta geologica schematica dell'Appennino Settentrionale (Estratto da Bettelli & De Nardo, 2001). LEGENDA: 1) depositi quaternari; 2) Depositi marini del Miocene Sup.-Pleistocene; 3) Successione epiliguri; 4) Unità liguri esterne; 5) Unità liguri interne; 6) Unità subliguri; 7) Unità tettonica Sestola-Vidiciatico e Melange di Firenzuola; 8) Unità umbro-romagnole; 9) Unità toscane; 10) Unità metamorfiche toscane; 11) Zona Sestri-Voltaggio; 12) Gruppo di Voltri; 13) Faglie dirette; 14) Faglie dirette (nel sottosuolo); 15) Faglie inverse e sovrascorrimenti; 16) Faglie inverse (nel sottosuolo); 17) Faglie trascorrenti, di strappo o di trasferimento; 18) Faglie ad alto angolo a cinemática ignota (nel sottosuolo); 19) Limiti litologici. (L'ovale a bordo rosso individua il territorio di Castellaro).

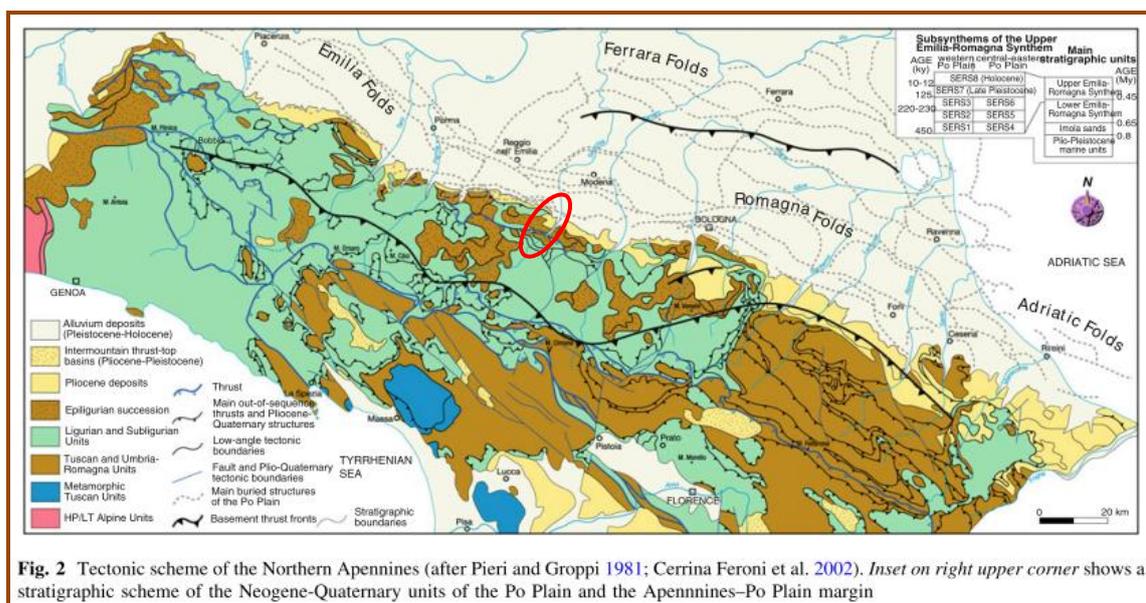


Fig. 2 Tectonic scheme of the Northern Apennines (after Pieri and Groppi 1981; Cerrina Feroni et al. 2002). Inset on right upper corner shows a stratigraphic scheme of the Neogene-Quaternary units of the Po Plain and the Apennines-Po Plain margin

Figura 10 – Schema tettonico dell'Appennino Settentrionale (estratto da Boccaletti et al., 2011). L'ovale a bordo rosso individua indicativamente il Comune di Castellaro.

L'evoluzione strutturale della catena appenninica continua anche ai giorni nostri, come mostrano con la loro attività sismica le strutture tettoniche che hanno controllato la sedimentazione nel bacino padano, talora dislocando pure le unità sedimentarie più recenti plio-pleistoceniche di ambiente marino (che affiorano nei pressi del margine pedecollinare) e i depositi continentali del Pleistocene che affiorano principalmente nelle valli o che formano il sottosuolo della pianura.

Tale attività sismogenetica si localizza in settori specifici della catena montuosa (Martelli, 2011):

- 1) nell'alto Appennino, soprattutto in corrispondenza del crinale principale;
- 2) nel basso Appennino, soprattutto nell'area pedemontana;
- 3) in pianura, in corrispondenza delle strutture tettoniche sepolte (così dette Pieghie Emiliane e Pieghie Ferraresi) (Figure 11 e 12) e a nord del Po.

Dati geologici, morfologici e strutturali mostrano che il settore romagnolo dell'Appennino Settentrionale (a est della Linea del Sillaro) risulta più sollevato rispetto al settore emiliano (Martelli, 2011). I dati gps confermerebbero l'attuale sollevamento differenziale della catena in diminuzione relativa da est verso ovest<sup>4</sup> (Martelli, 2011).

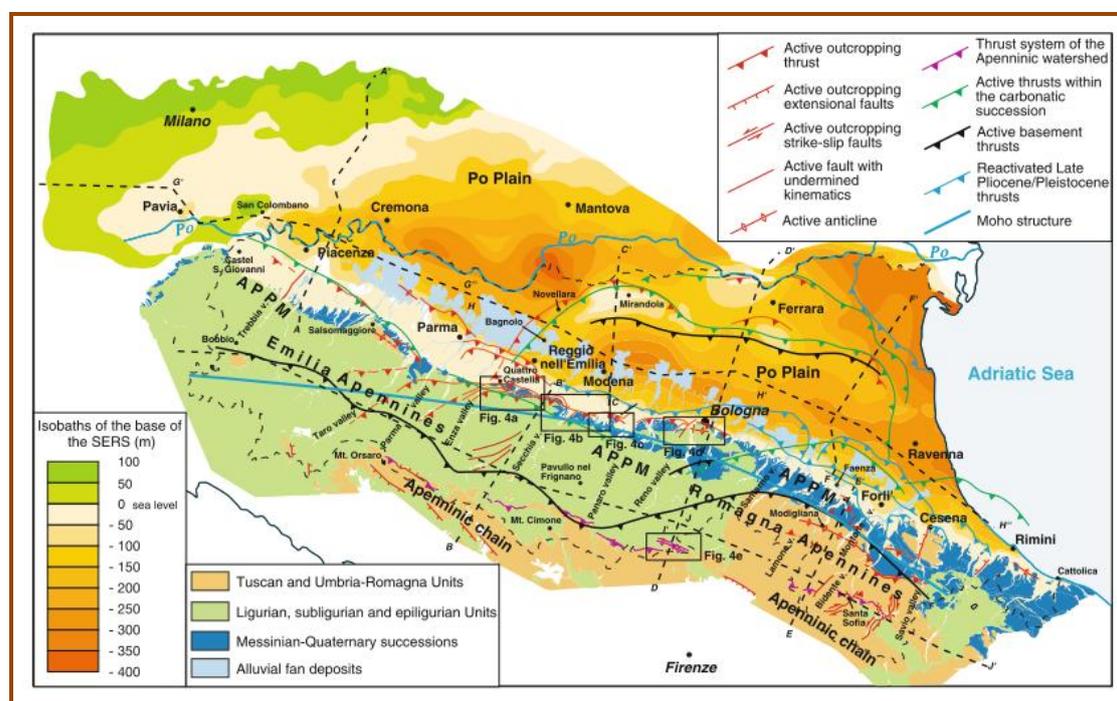


Figura 11 – Strutture tettoniche attive del settore padano dell'Appennino Settentrionale (estratto da Boccaletti et al., 2011).

<sup>4</sup> Velocità di sollevamento crostale relativamente più alte per i settori orientali della catena (Martelli, 2011).

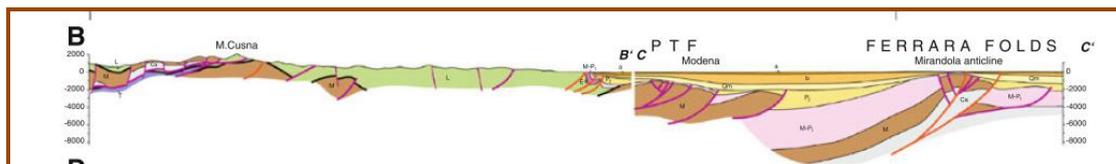


Figura 12 – Sezioni geologiche attraverso l'Appennino Settentrionale (per l'ubicazione si veda la figura precedente) (estratto da Boccaletti et al., 2011).

Nel settore di alta montagna (presso il crinale principale) i dati sismologici evidenziano meccanismi focali sia di tipo estensionale che di tipo compressivo, con i primi localizzati prevalentemente a bassa profondità relativa (entro 12-15 Km) rispetto i secondi (generalmente oltre i 20 km) (Boccaletti et al., 2004 e 2010; Catalogo dei meccanismi dei terremoti mediterranei RCMT, <http://www.bo.ingv.it/RCMT/>).

La zona pede-appenninica è caratterizzata da meccanismi focali prevalentemente di tipo compressivo (Boccaletti et al., 2004; 2011) che si concentrano in una fascia nella quale le evidenze geologiche di attività tettonica sono particolarmente significative (dislocazione di depositi continentali, modifiche del reticolo idrografico, ecc.) (Ghiselli e Martelli, 1997; Boccaletti et al., 2004; Boccaletti et al., 2011; Martelli, 2011) e che è riconducibile a un sistema di strutture di accavallamento che nel complesso formano il così detto Fronte di Accavallamento Pedemontano (*Piedmont Thrust Front*, Boccaletti et al., 1985).

Per quanto riguarda i settori della pianura, dove le conoscenze geologiche profonde sono legate principalmente agli studi per la ricerca petrolifera (Pieri & Groppi, 1981) le strutture che mostrano maggiori dislocazioni recenti sono le Pieghe Emiliane e l'arco delle Pieghe Ferraresi e le Pieghe Adriatiche (Figure 11 e 12) (Martelli, 2011), come confermato anche dalle recenti sequenze sismiche del 2012.

Facendo riferimento alla collocazione dell'area in studio in prossimità del margine appenninico padano occorre evidenziare come tale fascia sia suddivisibile in due settori distinti, rispettivamente posti a NO e a SE di Bologna (Boccaletti et al., 2012), nel primo dei quali si colloca anche il Comune di Castellarano.

Tale settore è caratterizzato, dal punto di vista strutturale, dalla presenza del così detto PTF o *Pede-Appenninic Thrust Front* (Boccaletti et al., 1985) (piega-faglia di Sassuolo in Gasperi et al., 1987): un fronte di accavallamento che determina, con evidente marcatura nella morfologia del paesaggio, il sollevamento differenziale dei settori collinari (a sud) relativamente a quelli di pianura a nord (Boccaletti et al., 2011). Ciò è particolarmente evidenziato dal dislivello altimetrico che si registra tra la

collina e l'alta pianura lungo il margine pedecollinare, tanto che, ad esempio, ci sono circa 100 m di dislivello tra Cadiroggio e i primi capannoni della zona produttiva di Sant'Antonio posti verso nord a meno di 1 Km in linea d'aria (Figura 13).

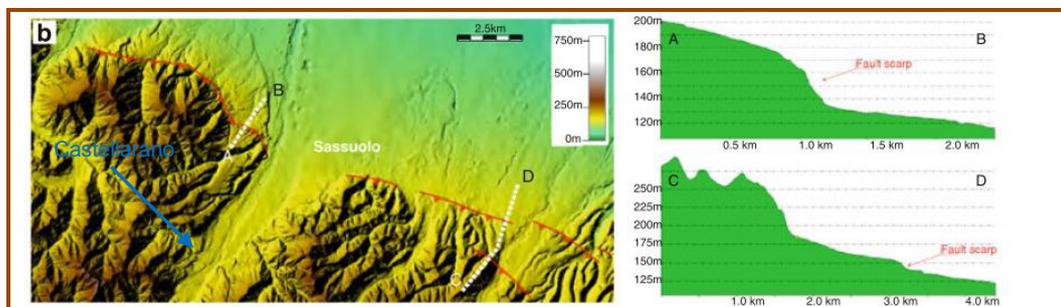


Figura 13 – Scarpata morfologica (sezioni AB e CD) correlata all'attività tettonica del PTF (estratto con inserimenti grafici da Boccaletti et al., 2011).

### 3.2. Inquadramento stratigrafico-litologico<sup>5</sup>

Gli aspetti e le caratteristiche geologiche del territorio di Castellarano sono stati descritti in numerosi lavori scientifici e/o divulgativi (ad es. Papani, 1971; Bettelli & Panini, 1984; Gasperi et al., 1988; Bettelli et al. 1989 a, 1989 b, 1989 c, Barbacini et al., 2002; Chicchi et al., 2003 e relative bibliografie).

Dal punto di vista litostratigrafico e geolitologico il territorio comunale può essere suddiviso in tre parti (Figura 14):

- la parte est prospiciente il corso del Fiume Secchia caratterizzata da un substrato formato da sedimenti generalmente molto grossolani di ambiente fluviale depositati prevalentemente dal F. Secchia tra il Pleistocene medio e l'attuale, terrazzati a formare un sistema di superfici subpianeggianti organizzate secondo una gerarchia locale di almeno 5 ordini. Sedimenti analoghi, ma molto meno estesi, sono riconoscibili anche nella zona ovest del territorio comunale, nell'area prospiciente il T. Tresinaro. Tali depositi fluviali giacciono in discordanza sulle formazioni del substrato marino riferibili principalmente alle Argille Azzurre Plioceniche, per la parte che comprende la conurbazione formata dal settore nord del capoluogo e le frazioni di Tressano e Ca' de' Fii. Presso il capoluogo p.d. e a Roteglia, il substrato marino è dato da formazioni appartenenti alle unità liguri e/o alla successione epiligure;

<sup>5</sup> Per una descrizione dettagliata delle diverse formazioni e unità litostratigrafiche presenti nel territorio di Castellarano si rimanda alla Relazione Geologica facente parte del Quadro conoscitivo del PSC Comunale.

- la parte centro-settentrionale del territorio comunale che dal punto di vista geologico strutturale corrisponde alla terminazione orientale della così detta Struttura di Viano o Sinclinale di Viano (Papani, 1971) dove affiorano principalmente le unità della Successione Epiligure (di natura prevalentemente argillosa o arenaceo-arenitica) e, sul fianco settentrionale della sinclinale, le Argille Azzurre plioceniche (argille siltoso marnose);
- la parte meridionale, di alta collina, caratterizzata da un substrato roccioso di origine marina prevalentemente argilloso riferibile a formazioni delle Liguridi, ma anche alla Successione epiligure (Papani, 1971; Bettelli et al., 1989a, 1989b, 1989c).

Come accennato, le rocce che costituiscono il substrato marino sono ascrivibili alle:

- unità liguri (Argille a palombini, Argille varicolori di Cassio, Arenarie di Scabiazza, Flysch di Monte Cassio, Argille di Viano);
- successione epiligure (Brecce argillose di Baiso, Formazione di Monte Piano Formazione di Ranzano; Brecce argillose della Val Tiepido-Canossa, Formazione di Antognola, Formazione di Contignaco, Formazione di Pantano e Formazione del Termina);
- unità messiniano-plioceniche di ambiente marino (Formazione a Colombacci, Argille Azzurre).

Al contrario, le coperture continentali sono suddivisibili in:

- unità pleistoceniche di origine fluviale che ricoprono le unità liguri, epiliguri e plioceniche, in contatto stratigrafico discordante (Subsintemi di Bazzano, Villa Verrucchio e Ravenna) e che per lo più formano superfici subpianeggianti terrazzate anche molto estese (parallelamente al corso dei fiumi principali, i terrazzi più recenti, olocenici, parallelamente a/e lungo il margine pedecollinare, i terrazzi più antichi);
- coperture superficiali del Pleistocene superiore ed oloceniche formatesi per processi di alterazione in posto (depositi eluviali e colluviali), gravitativi (accumuli franosi), fluviali (depositi alluvionali recenti non terrazzati degli alvei e delle zone golenali attuali, depositi di conoide) o per attività umane (discarica).

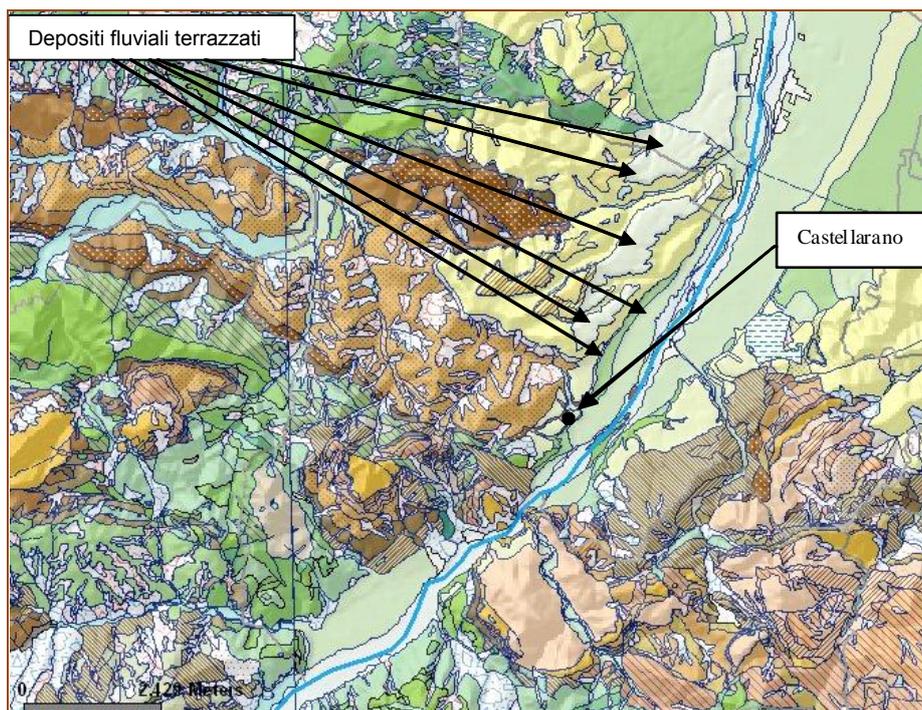


Figura 14 - Carta Geologica (ripresa dal Quadro Conoscitivo del PSC di Castellarano che a sua volta la richiama dal sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna). Il nord è diretto verso l'alto, il giallo indica le Argille azzurre plioceniche, i toni del verde chiaro posti nella parte NE della figura indicano le unità sedimentarie continentali. I toni dell'arancio e del marrone sono riferiti prevalentemente alle unità della Successione Epiligure, mentre i verdi più scuro sono riferiti alle unità Liguridi.

### 3.3. *Inquadramento morfologico*

Castellarano è un comune collinare. Nel suo settore orientale s'individua tuttavia un'ampia fascia subpianeggiante coincidente con il terrazzo morfologico fluviale del secondo ordine del F. Secchia (Figura 14).

Gli agenti morfogenetici che principalmente hanno interessato, e interessano tuttora, tale areale sono il reticolo delle acque incanalate (Fiume Secchia, Torrente Tresinaro e reticolo idrografico minore) e la forza di gravità.

A questi si aggiunge localmente l'azione di trasformazione operata dall'uomo che in certi casi ha modificato in maniera evidente e relativamente rapida le forme del paesaggio. Come spesso accade, l'evoluzione delle forme del paesaggio del territorio in esame è fortemente controllata dalle caratteristiche del substrato litologico. Si verifica infatti che i diversi settori in cui il territorio è stato suddiviso nel capitolo precedente su base litologica (Settori nord occidentale, settentrionale, centrale, orientale e meridionale) si distinguono l'uno dall'altro anche a livello delle forme di paesaggio e dell'evoluzione morfogenetica. Il settore est presenta morfologie poco accentuate a causa della presenza delle ampie superfici terrazzate. Al contrario, ove

prevale la presenza di substrati argillosi (Argille Azzurre plioceniche e varie formazioni a dominante argillosa liguridi e della Successione Epiligure) i versanti sono modellati dalla gravita (frane, depositi eluviali e colluviali, falde detritiche, ecc.) o dal ruscellamento (calanchi qualora l'assetto strutturale sia favorevole e si presentino valori di acclività particolarmente accentuati).

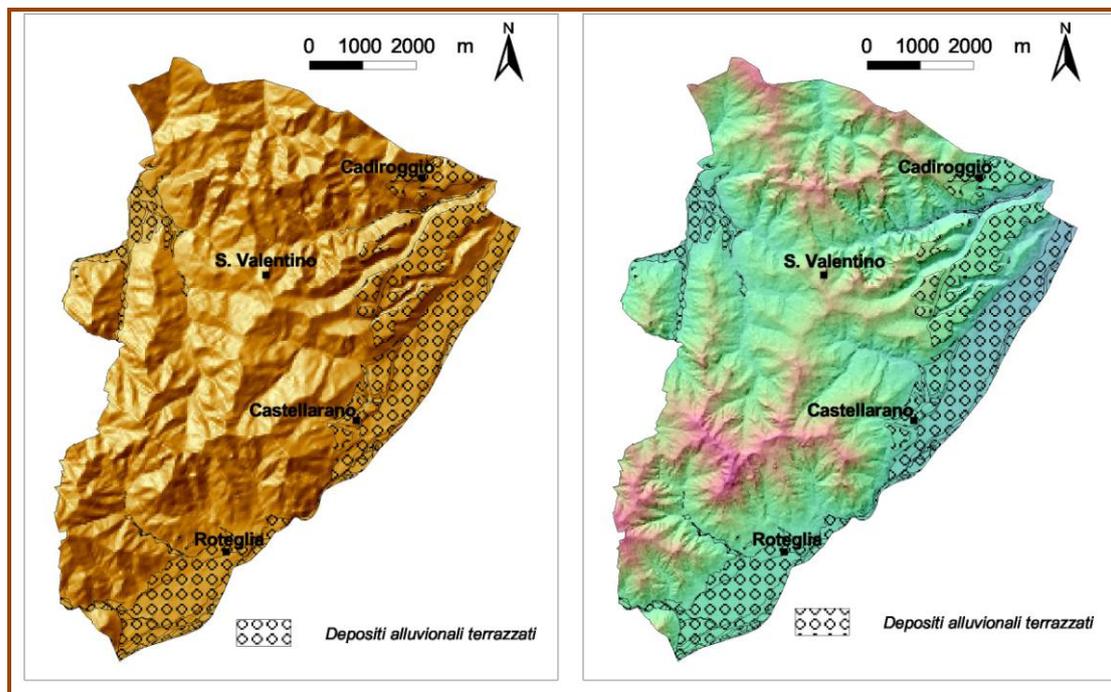


Figura 15 - A sinistra: Modello digitale del terreno (maglia 40x40 m) del territorio comunale di Castellarano. A destra Modello digitale del terreno (maglia 5x5 m) del territorio comunale di Castellarano. In entrambe le figure sono evidenziati i depositi alluvionali terrazzati che delineano la forma e l'estensione dei terrazzi morfologici di origine fluviale che costituiscono le parti di territorio a morfologia subpianeggiante (ripreso dalla Relazione Geologica contenuta nel Quadro Conoscitivo del PSC comunale).

Elemento regolatore principale del paesaggio del territorio comunale è il Fiume Secchia che ne borda il confine orientale e che fin dall'antichità ha condizionato fortemente la collocazione degli insediamenti principali. Sul terrazzo morfologico del Secchia di ordine due, ed in parte su quello di ordine tre, sorge infatti il capoluogo, ormai fuso in conurbazione con le frazioni di Tressano e Ca' de' Fii, nonché la frazione di Roteglia<sup>6</sup>, con le rispettive zone industriali.

Se si esclude il settore orientale dei terrazzi fluviali, che è sostanzialmente subpianeggiante (Figure 15 e 16), la gran parte dei versanti è caratterizzata da valori di acclività moderata rientranti nelle classi di inclinazione 7°-16° e 16°-22° (Figura 16).

<sup>6</sup> Separata dall'area del capoluogo per la presenza di un grande affioramento di rocce a consistenza lapidea che nel recente passato geologico ha probabilmente rappresentato una soglia morfologica importante.

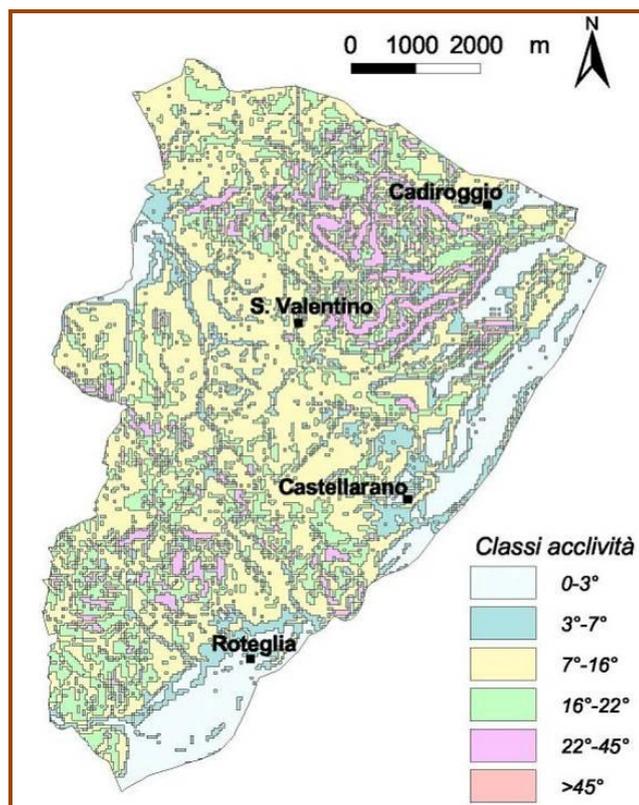


Figura 16 - Carta dell'acclività media del territorio comunale di Castellarano. Le classi di acclività sono state definite sulla base delle classi medie dei valori dell'angolo di attrito interno di terreni argillosi. Terreni argillosi inalterati normalconsolidati o sovraconsolidati presentano generalmente valori di angolo di attrito interno di picco maggiori o uguali a 22°, dell'angolo di attrito interno in condizioni critiche (resistenza operativa disponibile a rottura) compresi generalmente tra 16° e 22° e dell'angolo di attrito interno in condizioni residue compresi generalmente tra 7° e 16°. Il valore di acclività di un versante formato da materiale argilloso costituisce un'indicazione approssimata della sua propensione più o meno elevata al dissesto da frana. Ciò è valido solamente come indicazione generale per versanti in argilla. (Ripreso dalla Relazione Geologica contenuta nel Quadro Conoscitivo del PSC comunale).

Localmente, soprattutto nel settore centrale e meridionale, sono presenti versanti molto acclivi e scarpate subverticali (ad esempio nell'area di Monte Stadola, presso la stretta del Pescale sul F. Secchia e nella valle del Rio Rocca) dove affiorano litologie stratificate e relativamente più resistenti agli agenti erosivi da permettere la formazione di versanti ad acclività più alta.

#### 4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Per le analisi a supporto dello studio di microzonazione sismica del territorio comunale di Castellarano ci si è avvalsi delle informazioni geologiche, tecniche e sismiche deducibili da un insieme piuttosto articolato e voluminoso di informazioni che in parte erano già state tenute in conto e comprese nell'indagine geologica facente parte del QC del PSC, ma che per un'altra buona parte sono state acquisite

presso l'unità tecnica comunale (dati geognostici contenuti in relazione e studi a supporto di progetti vari) e in parte sono stati rilevati ex novo (indagini sismiche a stazione singola e indagini sismiche con metodologia MASW).

Si è infatti proceduto, con la collaborazione dell'unità tecnica comunale, alla raccolta di una grande mole di indagini geognostiche (meccaniche e geofisiche) nonché stratigrafiche puntuali giungendo alla realizzazione di una Banca Dati Geognostici che consta di oltre 350 prove e sondaggi puntuali e/o lineari, tutti geograficamente localizzati e ciascuno associato a un "file" contenente la scansione dei dati relativi alla prova medesima.

A tale corpus di dati vanno aggiunte le indagini geofisiche originali appositamente eseguite per incrementare le conoscenze locali soprattutto in relazione alle caratteristiche sismiche (profili verticali di velocità  $V_s$ , valori del  $V_{s30}/V_{sh}$  e valore della frequenza propria di sito) che nel complesso sono 58.

Per una visione d'insieme della localizzazione e distribuzione delle singole prove geognostiche e indagini (che principalmente si posizionano all'interno delle conurbazione, formata dal capoluogo assieme alle frazioni di Tressano e Ca' de' Fii, nonché nella frazione di Roteglia) si rimanda alla consultazione della carta specifica (Carta delle Indagini), nella quale è indicata la localizzazione di ciascun singolo dato puntuale e/o lineare.

In relazione alle indagini geofisiche, specifiche per la conoscenza delle caratteristiche sismiche locali (velocità  $V_s$ ,  $V_{s30}/V_{sh}$  e frequenza propria di sito), il loro numero raggiunge le 107 unità delle quali 58 sono di nuova realizzazione.

Più in particolare si contano:

- 37 MASW (delle quali 13 di nuova esecuzione);
- 18 Remi;
- 53 acquisizioni a stazione singola secondo la metodologia di Nakamura (o metodo HV o HVSR) (delle quali 45 di nuova esecuzione).

Sono infine da ricordare, più per l'interpretazione stratigrafica che geofisica, circa una quindicina di basi sismiche a rifrazione contenute nella relazione geologica a supporto di una precedente variante al PRG comunale.

Tutte le prove (sia di tipo meccanico che geofisiche) sono state raccolte in un data base informatico. Le prove geofisiche di nuova esecuzione (sismiche a stazione singola e MASW) sono riportate negli Allegati n. 1 e n. 2.

## 5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

È stata condotta un'analisi dettagliata delle informazioni stratigrafiche, litologiche e sedimentarie deducibili, oltre che dalle carte geologiche, da sopralluoghi (ad esempio lungo il corso del fiume Secchia dove è esposta la successione di terreni posti immediatamente al di sotto dei depositi alluvionali) e delle indagini geognostiche (principalmente prove penetrometriche e indagini geofisiche) raccolte con la collaborazione dell'Unità tecnica Comunale.

Lo scopo del lavoro era di definire il modello geologico del terreno all'interno degli areali indicati dal Comune di Castellarano come aree di studio per la Microzonazione sismica (le aree urbanizzate e urbanizzabili che localmente sono state ampliate per tenere conto di situazioni geomorfologiche locali). A tal fine sono state realizzate anche due sezioni interpretative (Allegato n. 3), orientate grossomodo sud-nord, delle quali una, dal capoluogo fino a Ca' de' Fii, ha lo scopo di definire il quadro litotecnico del sottosuolo in coincidenza del terrazzo fluviale sul quale sorgono il paese e la zona industriale, l'altra invece (a cavallo della frazione di San Valentino) di natura prettamente geologica, descrive l'assetto geologico strutturale dei settori centro settentrionali del Comune (sinclinale di Viano).

Nonostante l'evidente variabilità geologica che caratterizza il territorio di Castellarano (il substrato marino è formato da unità litostratigrafiche che spaziano dal Cretaceo fino al Pliocene, con complicazioni strutturali a scala regionale quali la citata struttura di Viano), sono risultati sufficienti 14 modelli geologici per descrivere le caratteristiche del primo sottosuolo delle aree da sottoporre a microzonazione, dei quali 5 sono riferibili ad aree nelle quali il substrato marino è subaffiorante o comunque la copertura superficiale è pressoché trascurabile, mentre gli altri 9 sono riferibili a situazioni per le quali è presente una copertura superficiale significativa.

Vengono qui di seguito riportate le descrizioni sintetiche (sottoforma di *logs* tabellari) di ciascun modello geologico, denominato come Zona n, con "n" compreso tra 1 e 14. Le denominazioni Zona 1, Zona 2,... sono le medesime utilizzate nella *Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica* che identificano le aree stabili suscettibili di amplificazione stratigrafica.

**5.1. Modelli geologici-Zone con substrato marino non rigido subaffiorante (copertura con spessore inferiore a 3 m)**

Zona 1		
Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
-	Substrato marino subaffiorante, dato da alternanze di torbiditi calcarenitico-marnose e peliti. Strati competenti generalmente prevalenti su quelli pelitici, stratificazione da inclinata a subverticale. Valori di velocità Vs medio alti, ma non superano gli 800 m/s almeno entro 10-15 m di profondità a partire dal piano campagna. Le coperture superficiali sono limitate ai detriti eluviali e al suolo (solitamente pochi decimetri)	Aree non pianeggianti con presenza principalmente del Flysch di Monte Cassio

Zona 2		
Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
-	Substrato marino subaffiorante, dato in prevalenza da unità arenitiche (alternanze di strati, solitamente decimetrici, areanacei con strati marnosi o pelitici). Valori di velocità Vs medio alti, ma non superano gli 800 m/s almeno entro 10-15 m di profondità a partire dal piano campagna. Le coperture superficiali sono limitate ai detriti eluviali e al suolo (solitamente pochi decimetri)	Aree non pianeggianti con presenza principalmente delle Formazioni di Pantano o di Ranzano

Zona 3		
Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
-	Substrato marino subaffiorante, dato in prevalenza da unità pelitico-marnose). Valori di velocità Vs che non superano mai gli 800 m/s, almeno entro i 30 m di profondità a partire dal piano campagna. Le coperture superficiali sono limitate ai detriti eluviali e al suolo (solitamente pochi decimetri)	Aree non pianeggianti con presenza principalmente delle Formazioni di Pantano o di Ranzano

Zona 4		
Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
-	Substrato marino subaffiorante, dato in prevalenza da unità argillitiche con inclusi (tessitura a blocchi in pelite). Valori di velocità Vs che non superano mai gli 800 m/s, almeno entro i 30 m di profondità a partire dal piano campagna. Le coperture superficiali sono limitate ai detriti eluviali e al suolo (solitamente pochi decimetri)	Aree non pianeggianti con presenza principalmente di formazioni appartenenti ai così detti Complessi di base liguri (Argille a palombini, Argille Varicolori, ecc.) o a melange sedimentari epiliguri (ad es. Breccie argillose poligeniche di Baiso)

Zona 5		
Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
-	Substrato marino subaffiorante, dato in prevalenza da argille siltose e argille marnose con locale presenza di strati sabbiosi e resti fossili. Valori di velocità $V_s$ che non superano mai gli 800 m/s, almeno entro i 30 m di profondità a partire dal piano campagna. Le coperture superficiali sono limitate ai detriti eluviali e al suolo (solitamente pochi decimetri)	Aree non pianeggianti con substrato formato da rocce riferibili alle Argille Azzurre plioceniche

**5.2. Modelli geologici-Zone con substrato marino non rigido con coperture con spessore superiore a 3 m**

Zona 6		
Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
5-10 m	Depositi prevalentemente ghiaiosi e ciottolosi a matrice sabbioso-limosa. La coltre superficiale pedogenizzata può raggiungere i 2 m di spessore e presenta tessitura limo-sabbiosa con inclusi ciottoli e ghiaie	Depositi fluviali del F. Secchia olocenici, terrazzati secondo più ordini.
-	Substrato marino: argille siltose e argille marnose con locale presenza di strati sabbiosi e resti fossili.	Argille Azzurre plioceniche

Zona 7		
Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
4-8 m	Depositi prevalentemente ghiaiosi e ciottolosi a matrice sabbioso-limosa. La coltre superficiale pedogenizzata può raggiungere i 2 m di spessore e presenta tessitura limo-sabbiosa con inclusi ciottoli e ghiaie	Depositi fluviali del F. Secchia olocenici, terrazzati secondo più ordini
-	Substrato marino: unità arenitiche, arenitico pelitiche oppure flysch calcarenitici e arenacei	

Zona 8		
Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
5-10 m	Depositi prevalentemente ghiaiosi e ciottolosi a matrice sabbioso-limosa. La coltre superficiale pedogenizzata può raggiungere i 2 m di spessore e presenta tessitura limo-sabbiosa con inclusi ciottoli e ghiaie	Depositi fluviali del F. Secchia pre-olocenici, su resti di terrazzo morfologico
-	Substrato marino: unità arenitiche, arenitico pelitiche oppure flysch calcarenitici e arenacei	

Zona 9		
Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
5-10 m	Depositi prevalentemente ghiaiosi e ciottolosi a matrice sabbioso-limosa. La coltre superficiale pedogenizzata può raggiungere i 2 m di spessore e presenta tessitura limo-sabbiosa con inclusi ciottoli e ghiaie	Depositi fluviali del F. Secchia olocenici, terrazzati secondo più ordini
-	Substrato marino: unità argillitiche con inclusi (tessitura a blocchi in pelite)	

Zona 10		
Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
5-10 m?	Depositi argillosi e argilloso-limosi intercalati a corpi ghiaiosi e conglomeratici	Depositi continentali di genesi fluviale antichi (pre-olocenici)
-	Substrato marino: argille siltoso-marnose con locale presenza di corpi sabbiosi e di arenarie poco cementate, nonché macrofossili marini	Argille Azzurre plioceniche

Zona 11		
Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
2-8 m?	Detrito di versante ed eluvio-colluviale prevalentemente argilloso con inclusi lapidei	
-	Substrato marino: argille con inclusi (tessitura a blocchi in pelite) e argilliti	Melange sedimentari e complessi di base liguri

Zona 12		
Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
2-8 m?	Detrito di versante ed eluvio-colluviale misto	
-	Substrato marino: arenarie, alternanze di arenarie e peliti, flysch calcarenitici e arenacei	

Zona 13		
Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
10-15 m?	Depositi argillosi e argilloso-limosi intercalati a corpi ghiaiosi e conglomeratici	Depositi continentali di genesi fluviale antichi (pre-olocenici)
-	Substrato marino: argille siltoso-marnose con locale presenza di corpi sabbiosi e di arenarie poco cementate, nonché macrofossili marini	Argille Azzurre plioceniche

Zona 14		
Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
0-5m?	Detriti argilloso-limosi con frammenti rocciosi da rimaneggiamento antropico	
4-6m?	Ghiaie e ciottoli prevalenti in matrice limo-sabbiosa	Depositi fluviali
-	Substrato marino: argille siltoso-marnose con locale presenza di corpi sabbiosi e di arenarie poco cementate, nonché macrofossili marini	Argille Azzurre plioceniche

## 6. INTERPRETAZIONE E INCERTEZZE

Come qualsiasi studio a scala territoriale basato principalmente su dati puntuali (o tutt'al più rilevati lungo un allineamento di sensori che comunque resta di lunghezza limitata) la maggiore o minore densità nella distribuzione delle informazioni condizionano fortemente il grado di incertezza interpretativa.

Di fatto, anche una carta geologica, seppure di dettaglio, riporta pochi dati oggettivi (l'ubicazione degli affioramenti, gli assetti stratigrafici nell'ipotesi che il rilievo non sia stato affetto da errore e che la polarità fosse evidentemente chiara, ecc.), mentre per gran parte costituisce un documento di lavoro e d'interpretazione "soggettiva" basata su alcune ipotesi che hanno lo scopo di rendere conto dei dati (pressoché puntuali) e di inquadrarli in una visione generale.

A incrementare e a rendere variabile il grado di incertezza interpretativa del lavoro contribuisce anche l'eventuale variabilità latero-verticale nelle caratteristiche litologiche e negli spessori del primo sottosuolo (che, oltre tutto, spesso non si riflette in variazioni delle caratteristiche "sismiche" (su un terrazzo fluviale ghiaioso le velocità  $V_s$  dei depositi fluviali possono essere paragonabili a quelle del primo substrato formazionale, soprattutto se di natura non completamente lapidea), a seguito di molteplici cause legate ad esempio all'evoluzione del sistema idrografico o ad altri fenomeni morfogenetici che possono coesistere, e insistere, sul medesimo sito (instabilità gravitative di versante, quali i fenomeni franosi; erosione selettiva su formazioni rocciose a composizione bifasica o più complessa; erosione a rivoli, con formazione di calanchi; azione fluviale; depositi da sbarramento; formazione di coltri detritiche di varia origine e spessore, eluvio-colluviale, falde di detrito, depositi eolici; ecc.).

Considerate tali premesse potrebbe risultare alquanto opinabile l'estendere la validità di un modello geologico, magari basato solamente su uno o due dati puntuali, su settori territoriali anche di estensione non particolarmente grande.

Si è pertanto sempre cercato di raggiungere un compromesso tra conoscenze stratigrafiche e litologico-tecniche legate, in alcuni casi, a pochi dati puntuali e coerenza con il contesto geologico all'intorno.

Come già accennato le fonti dati principali sono state per le informazioni geognostiche puntuali (prove meccaniche e geofisiche) l'archivio comunale, per le informazioni geologico cartografiche l'Ufficio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (anche in riferimento ai vari siti web cartografici che cura e gestisce, dai quali è possibile risalire a molte informazioni di natura sia generale-carta geologica- che più specifiche-suoli, idrogeologia, sezioni geologiche, ecc.). Altre informazioni sono state mutate dal PTCP della Provincia di Reggio Emilia, nonché dal Quadro Conoscitivo del redigendo PSC comunale. A tutto ciò si devono aggiungere le indagini geofisiche di nuova esecuzione, distribuite su tutte le aree di indagine. Come ci si poteva aspettare, i dati geognostici non sono uniformemente distribuiti sul territorio comunale, ma si concentrano laddove, per iniziativa pubblica o privata, si sono attuati interventi di realizzazione e/o sistemazione urbanistico-edilizia. Occorre inoltre tenere conto, per quanto attiene i dati di natura geofisica, del fatto che, prima del 2005/2008 (entrata in vigore in forma provvisoria e poi definitiva del DM inerente le *Norme tecniche per le costruzioni*), non si eseguivano quasi mai indagini, se non per problematiche particolari quali la definizione della geometria dei corpi franosi per mezzo della sismica a rifrazione in onde P. Ne consegue che per tale tipologia di informazioni ci si è affidati principalmente alle indagini di nuova esecuzione.

Al di là delle problematiche relative alla distribuzione spaziale delle indagini disponibili (l'ubicazione di quelle di nuova esecuzione aveva anche lo scopo di sopperire a tale aspetto) occorre puntualizzare alcuni elementi relativi alla rappresentatività e affidabilità delle informazioni:

- in archivio è stata reperita la stratigrafia relativa a un solo sondaggio a rotazione che ha raggiunto circa i 10 m di profondità, privo di ulteriori prove geognostiche di corredo (SPT, di laboratorio o geofisiche in foro);
- i dati stratigrafici puntuali sono ascrivibili esclusivamente a prove penetrometriche statiche e dinamiche (da medio leggere a superpesanti). Tale tipologia di indagine essendo condizionata dalle caratteristiche dei terreni presenti al sito (l'indagine va a rifiuto in ghiaie, in presenza di trovanti lapidei o suoli particolarmente resistenti, e roccia) non è (spesso) rappresentativa di una colonna di spessore significativo di sottosuolo (qualora composto da rocce, più o meno tenere, o da coperture

ghiaiose come accade spesso nel territorio di Castellarano). Ne consegue che le indagini meccaniche dell'archivio spesso si limitano a esplorare (ad es. sui terrazzi fluviali di Castellarano e Roteglia) lo spessore della copertura superficiale pedogenizzata arrestandosi a bassa profondità (a pochi metri dal piano campagna). In questi casi è stato necessario fare riferimento principalmente ai dati geologici (osservazione degli affioramenti presenti, ad esempio, lungo il corso del F. Secchia) per estrapolare informazioni sulla natura litologica del sottosuolo;

- le indagini geofisiche reperite in archivio, non sempre sono complete (a volte mancano i dati originali, sismogrammi o spettri di velocità; più spesso non sono presenti informazioni relative alla geometria della stesa e ai parametri di acquisizione; pressoché sempre non si hanno indicazioni relative alla fase interpretativa (inversione automatica dei dati o modellazione diretta facendo riferimento alle conoscenze geologiche locali derivanti da indagini geognostiche, rilevamento diretto e cartografie tematiche). Nel complesso, volendo dare una valutazione soggettiva<sup>7</sup> ai contenuti informativi delle indagini (non al risultato finale dell'interpretazione) la gran parte delle indagini presenta una valutazione di media qualità: la maggioranza delle indagini geofisiche (oltre i 2/3) contiene infatti informazioni non complete, ma comunque sufficienti ad essere annoverate con un giudizio Medio, mentre solo 7 delle indagini da archivio disponibili contengono un numero di informazioni da farle ritenere di scarsa qualità.

Nel complesso, le indagini disponibili da archivio, seppure interpretate alla luce dei dati geologici (cartografici e da osservazioni dirette su affioramenti) sono state giudicate non sufficienti a caratterizzare il sottosuolo delle aree da indagare. Pertanto si è reso necessario procedere con una campagna di nuove indagini geofisiche (oltre 50 come descritto nei capitoli precedenti) per colmare le lacune presenti nella documentazione disponibile, nella consapevolezza che un qualsiasi archivio di informazioni può essere migliorato con successive integrazioni.

---

<sup>7</sup> Le indagini sismiche in onde di superficie, attive e passive, sono state valutate per il contenuto informativo che apportavano con un giudizio sintetico (Buono, Medio, Scarso) basato esclusivamente sul fatto che fossero disponibili almeno 5 informazioni su 7 (Buono) o 3 su 7 (Medio) tra le seguenti: geometria della stesa e parametri di acquisizione; sismogrammi, spettro di velocità, picking della curva di dispersione; modello di profilo verticale di velocità, scostamento statistico tra modello e dati; correlazione tra indagine geofisica e dati geologici disponibili. Per le indagini a rifrazione sono stati considerati i seguenti criteri: sismogrammi, dromocrone, geometria della stesa e parametri di acquisizione e modello sismostratigrafico (giudizio Buono in presenza di almeno 3 delle quattro informazioni; giudizio Medio per disponibilità di almeno sismogrammi-o dromocrone- e modello sismostratigrafico). Per le indagini a stazione singola si è fatto riferimento alla presenza delle seguenti informazioni: grafico H/V, spettro delle singole componenti, parametri di acquisizione; parametri di elaborazione, grafico direzionalità e modello di profilo verticale di velocità (Buono per compresenza di tutte e 6 le informazioni, Medio per compresenza di 5 informazioni su 6).

## 7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Come già accennato nel capitolo 1, i riferimenti principali che sono stati presi come guida per l'espletamento del presente studio sono stati:

- Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n. 112 del 2007 (Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della LR 20/2000 per *"Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"*).
- Delibera della Giunta Regionale n. 1302 del 10 settembre 2012 *"Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 4007/2012 a favore degli Enti locali"*.
- *"Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica"* approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome (e documenti correlati raggiungibili sul sito web della Protezione Civile);
- Contributi per l'aggiornamento degli *"Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica"* (suppl. alla rivista Ingegneria Sismica, 2011).
- *PTCP - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale* della Provincia di Reggio Emilia approvato dal Consiglio Provinciale con atto n. 124 del 17 giugno 2010.

Sostanzialmente il lavoro si è articolato su tre fasi, non pienamente slegate l'una dall'altra, ma in parziale sovrapposizione.

Nella PRIMA FASE si è proceduto:

- alla raccolta sistematica dei dati disponibili principalmente presso l'unità tecnica comunale, ma anche da altre fonti (cartografie e pubblicazioni varie; sito web cartografico del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna; Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Reggio Emilia, Relazione Geologica compresa nel Quadro Conoscitivo del Redigendo PSC; ecc.). Ogni singolo dato è stato localizzato cartograficamente e scansionato come *file* (in formato .pdf) contenente i diagrammi, le tabelle e tutto ciò che fosse utile per una lettura e interpretazione delle informazioni derivanti dall'indagine specifica;
- alla sistematizzazione dei dati raccolti all'interno di una struttura SIT e di una banca dati (organizzata secondo le linee guida della Protezione Civile);
- a una prima valutazione della distribuzione e delle informazioni apportate dai dati raccolti (sia stratigrafici, ma anche di natura più specificatamente geofisica) con lo scopo (come descritto anche nel capitolo precedente) di verificare l'esistenza di

aree più o meno “scoperte” in relazione alle conoscenze disponibili riguardo le caratteristiche del sottosuolo, nonché una valutazione preliminare delle informazioni.

In una SECONDA FASE si è proceduto all'analisi e interpretazione dei dati (si veda il capitolo 4 per una descrizione delle indagini disponibili e di quelle di nuova esecuzione) con lo scopo di definire oltre che i modelli geologici del sottosuolo anche l'andamento spaziale di certe grandezze e parametri (profili verticali della velocità delle onde S, valori del VS30 o del VSh in condizioni particolari, valori della frequenza di sito, ecc.). Durante questa fase sono state eseguite le nuove indagini geofisiche (misure di microtremore a stazione singola -Allegato n. 2- e MASW -Allegato n. 3-) ad integrazione di quelle disponibili da archivio ritenute non sufficienti a caratterizzare dal punto di vista sismico tutti gli areali in studio (sia per il numero limitato, sia per la distribuzione non ottimale, sia perché alcune risultavano di difficile interpretazione per la mancanza di tutte le informazioni di corredo (sismogrammi, spettri di velocità, ecc.).

Nella TERZA FASE dello studio si è proceduto all'allestimento delle cartografie specifiche sia per l'analisi di primo livello sia per l'analisi di secondo livello.

Sebbene le indagini raccolte nella banca dati comprendano informazioni distribuite all'interno del territorio comunale, anche al di fuori del territorio urbanizzato, lo studio di microzonazione sismica si è concentrato sugli areali indicati preventivamente dal Comune di Castellarano (Comunicazione Prot. 5693 del 4 maggio 2013 avente come oggetto: *Risposta alla richiesta di indicazione, da parte della Amministrazione Comunale di Castellarano, della aree in cui realizzare la microzonazione sismica-riscontro nota protocollo n. 5522 del 30/04/2013*), coincidenti sostanzialmente con il territorio urbanizzato e con il territorio urbanizzabile.

Come già accennato tali areali sono stati localmente ampliati per tenere conto di particolari condizioni locali (ad esempio delle porzioni di versante interne al territorio urbanizzato che erano interessate da corpi franosi che si estendevano anche al di fuori del territorio urbanizzato medesimo).

## **8. ELABORATI CARTOGRAFICI**

Nell'approntare lo studio di microzonazione sismica (analisi di primo e secondo livello) si è proceduto (come anche richiesto dalle citate linee guida) all'allestimento di diverse cartografie sia di natura analitica sia di sintesi (carte di microzonazione

sismica p.d.), per le quali si è adottata una scala 1:10.000, risultata la più adatta a garantire un buon grado di dettaglio e di leggibilità, unito comunque alla praticità di mantenere nello stesso foglio tutti gli areali sottoposti a studio.

#### Carte pertinenti all'analisi di primo livello

- *CARTA DELLE INDAGINI*, che riporta le ubicazioni di tutte le indagini geognostiche sia di tipo meccanico che di tipo geofisico (cfr. capitolo 4), suddividendole per tipologia. La simbologia utilizzata per la rappresentazione, come di tutti gli altri documenti cartografici prodotti, riprende quella indicata negli *Standard di rappresentazione e archiviazione informatica*, versione 2.0 reperibili sul sito web della Protezione Civile. È stata redatta un'unica carta (valida per il primo e il secondo livello di analisi), nella quale sono state riportate le ubicazioni sia delle prove e indagini da archivio sia di quelle di nuova esecuzione (Allegati n. 2 e n. 3). Più in particolare sono riportate (Capitolo 4) le ubicazioni delle oltre 350 prove e sondaggi (puntuali e lineari) reperite presso l'archivio comunale (tra le quali 163 prove penetrometriche statiche, 142 prove penetrometriche dinamiche, 8 misure di microtremore a stazione singola, 18 misure passive tipo Remi, 24 misure attive tipo MASW, più qualche stratigrafia di scavi e sondaggi, nonché profili sismici a rifrazione). A questi si aggiungono le indagini di nuova esecuzione (45 misure di rumore a stazione singola e 13 attive tipo MASW).

Complessivamente la base dati comprende oltre 400 indagini puntuali e/o lineari, tra meccaniche e geofisiche. Le indagini MASW di nuova esecuzione sono state sempre rilevate in siti dove è stata eseguita un'acquisizione di rumore sismico a stazione singola, in maniera da fungere da taratura per quest'ultima, dal momento che dallo spettro di velocità (o meglio dalla curva di dispersione) è possibile dedurre direttamente i valori della velocità di fase delle onde di *Rayleigh* che sono in prima approssimazione direttamente correlati con la velocità delle onde di taglio.

- *CARTA GEOLOGICO-TECNICA*, che descrive, per tutto il territorio comunale, le caratteristiche del primo sottosuolo, sia in termini di substrato marino che di copertura, nonché le principali forme del rilievo (accumuli di versante, scarpate, ecc.). Essa è stata compilata facendo riferimento principalmente ai dati derivati dalla Carta geologica Regionale che, in parte, erano già stati elaborati nell'ambito della redazione dell'Indagine Geologica compresa nel Quadro Conoscitivo del redigendo PSC. Le informazioni dalla Carta Geologica Regionale sono state integrate da quelle geognostiche (vedi Carta delle indagini) e da quanto

desumibile dalla Cartografia ed elaborati contenuti nel PTCP della Provincia di Reggio Emilia, in special maniera per quanto attiene la parte relativa ai dissesti di versante e alla valutazione della pericolosità sismica di primo livello a scala provinciale;

- *CARTA DELLE FREQUENZE*, che riporta il valore della frequenza naturale ricavata per mezzo di misure di microtremore a stazione singola con indicazione anche dell'ampiezza del rapporto H/V in corrispondenza della frequenza naturale. Nel complesso, gran parte delle misure ha evidenziato valori della frequenza naturale di sito compresi all'incirca tra 2 e 8 Hz. Anche nei casi in cui il grafico del rapporto H/V evidenziava un picco piuttosto "ampio"<sup>8</sup> a frequenze superiori a 10 Hz, spesso era presente un secondo picco (di ampiezza superiore a 2) nell'intervallo di frequenza tra 2 e 8 Hz. Più nello specifico: presso Roteglia l'intervallo di frequenza è risultato compreso tra 2 e 4 Hz (con poche locali eccezioni); tra Castellarano e Ca' de Fii, i valori delle frequenze sono risultati un po' più variabili (anche per una condizione geologica e morfologica più varia) ma nel settore a nord (tra Tressano e Ca' de' Fii), geologicamente simile a Roteglia (terrazzo fluviale ghiaioso su substrato prevalentemente argilloso), sono stati riscontrati valori prevalentemente compresi tra 2 e 4 Hz; più compositi e variabili sono stati i risultati delle misure eseguite in collina. I dati di frequenza naturale di sito rivestono una certa importanza in quanto occorre evitare che la frequenza naturale di sito coincida con una frequenza di risonanza degli edifici e/o manufatti sui quali insistono. In prima approssimazione la frequenza di risonanza di un edificio è legata al numero di piani secondo la formulazione seguente:

$$f = 10/N$$

essendo N il numero di piani. Ne consegue che un edificio di un piano avrà una frequenza di risonanza circa a 10 Hz, uno di due piani a circa 5 Hz, uno a tre piani a circa 3.33 Hz, ecc.;

- *CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE, in prospettiva sismica* che individua, entro gli areali di studio, le zone stabili suscettibili di amplificazione (ne sono state distinte 14 sulla base del modello geologico – cfr capitolo 5-) e le zone instabili (depositi franosi) che non verranno trattate in sede di microzonazione di secondo livello, ma saranno rimandate all'analisi di terzo livello. Essa è stata realizzata come sinergia delle informazioni riportate nelle carte precedenti, interpretando le informazioni geologiche e geognostiche con lo scopo di definire un modello

---

<sup>8</sup> Ampiezza superiore a 2-2.5.

geologico che descrivesse le caratteristiche litologico-tecniche del sottosuolo. Si rimanda al capitolo 5 per ulteriori approfondimenti relativi ai modelli geologici che sono stati definiti e alla loro descrizione. Nella carta sono inoltre indicate le aree interessate da depositi e fenomeni franosi il cui studio, in quanto instabili, viene demandato ad un'analisi di terzo livello.

Carte pertinenti all'analisi di secondo livello:

- *CARTA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO*, che riporta i valori puntuali del VS30 (velocità media equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m a partire dal piano campagna) ricavata dalle indagini sismiche (Remi, MASW e misure di microtremore a stazione singola). Per alcune indagini, per le quali il modello di profilo verticale di velocità indica la presenza di un substrato caratterizzato da velocità delle onde di taglio pari o maggiore a 800 m/s a profondità inferiore a 30 m, oppure evidenzia un contrasto di velocità marcato (ad esempio con raddoppio o quasi dei valori) entro una profondità inferiore a 30 m) viene riportato anche il valore di VSH (essendo H la profondità dell'interfaccia, prevista nel modello di profilo verticale di velocità, in corrispondenza della quale si ha determina il contrasto di velocità. L'interpretazione delle indagini di nuova esecuzione (determinazione del modello di profilo verticale di velocità, stima del valore del VS30/Vsh) è stata condotta tenendo conto, laddove presenti, delle informazioni deducibili dalle indagini geognostiche (prove penetrometriche) e da osservazioni dirette della geologia. Come già accennato in precedenza, le indagini MASW di nuova esecuzione sono ubicate in corrispondenza di misure di microtremore a stazione singola, pertanto a tali verticali corrispondono due valori del Vs30 (eventualmente del VSh). Tali valori non sono comunque da considerare indipendenti, in quanto il risultato della MASW è stato utilizzato in questi casi per tarare l'interpretazione della misura a stazione singola, la quale ha funto da riferimento comparativo per l'interpretazione di altre misure H/V eseguite nei paraggi. Riguardo ai risultati occorre evidenziare che molte formazioni marine (del substrato) presenti nel territorio del Comune di Castellarano (Argille Azzurre, Marne di Monte Piano, Argille di Viano, Marne di Antognola; Formazione di Ranzano, Argille Varicolori, ecc.) mostrano all'incirca nella prima decina di metri più superficiale (sia quando sub affioranti, ma anche quando presenti al di sopra di coperture continentali quaternarie e recenti) valori delle velocità delle onde di taglio che sono paragonabili a quelle rilevate nella copertura continentale di

origine fluviale (depositi prevalentemente ghiaiosi dei terrazzi morfologici) o anche delle coperture eluvio-colluviali. Ciò ha come conseguenza che, senza dati geognostici precisi, nei modelli dei profili verticali di velocità delle onde di taglio viene ad essere difficile la distinzione tra copertura e primo substrato, non essendoci un chiaro contrasto di velocità non segnalato nemmeno da picchi significativi del rapporto H/V.

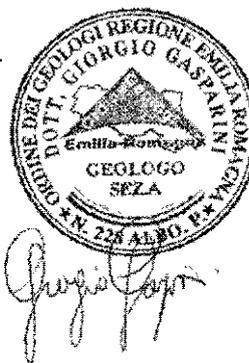
- *CARTE DI MICROZONAZIONE SISMICA*, che costituiscono il risultato dell'analisi di microzonazione sismica di secondo livello e che suddividono i territori studiati (nella fattispecie le zone stabili suscettibili di amplificazione indicate nella *Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica*, richiamata in precedenza) in "zone" caratterizzate da ugual fattore di amplificazione. Le linee guida regionali (DAL 112/2007) prevedono che vengano realizzate tre cartografie di microzonazione sismica di secondo livello, facendo riferimento a fattori di amplificazione determinati, sulla base dei valori della velocità delle onde di taglio e di appositi abachi, in termini di PGA (Peak Ground Acceleration = accelerazione di picco al suolo) e di Intensità spettrale (o di Housner) tenendo conto di due intervalli di periodo (da 0.1 a 0.5 secondi e da 0.5 a 1 secondo). Nelle carte sono inoltre riportate le aree nelle quali si è stimata la possibilità di occorrenza di un effetto di amplificazione per cause. Per la valutazione dei fattori di amplificazione stratigrafica sono stati utilizzati gli abachi contenuti nella DAL 112/2007. Più in particolare si è tenuto conto del fatto che nelle aree indagate si riscontra che il substrato marino, quando subaffiorante, non presenta comunque valori della velocità  $V_s$  maggiori di 800 m/s. In termini di PGA i fattori di amplificazione stratigrafica che sono stati determinati oscillano tra 1.6 e 2 con i valori più bassi che si presentano laddove le coperture o l'orizzonte alterato, fratturato e/o decompresso della formazione subaffiorante presenta spessori limitati, mentre i valori più alti si rinvergono generalmente in corrispondenza di aree sub pianeggianti (terrazzi fluviali più o meno recenti) dove una copertura di depositi continentali (compresa generalmente fra i 5 e i 10 m) si sovrappone a unità del substrato caratterizzate da valori di  $V_s$  che nella prima decina di metri sono paragonabili a quelli delle coperture. A Roteglia i valori del fattore di amplificazione (in termini di PGA) sono pressoché uniformi (tra 1.8 e 2), mentre la microzonazione appare più composita tra Castellarano e Ca' de' Fii anche se però, come già detto, i valori del coefficiente di amplificazione non presentano una grande variabilità (tra 1.6 e 2). I medesimi commenti potrebbero essere fatti

in riferimento ai fattori di amplificazione in termini di intensità di Housner per i quali si riscontra un intervallo di variabilità leggermente più alto con valori massimi superiori raggiungono in alcuni casi 2.3.

Per quanto riguarda la determinazione del fattore di amplificazione topografico, si è fatto riferimento al metodo proposto nella DAL 112/2007 con una lieve modifica per le aree in corrispondenza di scarpate di terrazzo in zona urbana. Sono state infatti individuate alcune porzioni di pendio caratterizzate da pendenza superiore a 15 gradi e altezza superiore ai 30 m per le quali sono stati determinati valori del fattore di amplificazione topografica attorno 1.1-1.15. Per quanto attiene le scarpate dei terrazzi morfologici (che in generale presentano acclività dell'ordine di 35°-45° ma che a fiume possono essere anche subverticali, non si è tenuto conto della condizione di dislivello pari o superiore a 30 m (cfr. DAL 112/2007). Tale applicazione "conservativa" del metodo ha portato all'individuazione di alcune fasce di larghezza generalmente variabile tra i 15 e i 20 m, in corrispondenza di bordi di terrazzo per le quali si è determinato un valore del fattore topografico dell'ordine di 1.15-1.30. Per tre piccole fasce, ascrivibili a bordi scarpate fluviali a fiume recenti (molto acclivi, localmente sub verticali), che solo in piccola porzione ricadono nelle aree studio (territorio urbanizzato e urbanizzabile) è stato determinato il valore massimo del fattore di amplificazione topografica: 1.4.

Bastiglia, Giugno 2013

Dott. Geol. Giorgio Gasparini



## 9. BIBLIOGRAFIA

- ◆ AA.VV. (1992) - *Appennino Tosco-Emiliano. (A cura di Bortolotti V.) Guide geologiche regionali*. N. 4, pp. 336, BE-MA Editrice, Firenze.
- ◆ AA. VV. (1997) – *La microzonazione sismica nella pianificazione urbanistica e territoriale: l'esperienza del "Masterplan" del Rubicone e prospettive regionali*. Proc. Conv. Geologia delle grandi aree urbane, Bologna 4/5 novembre 1997.
- ◆ AA.VV. (2001) – *Il rischio sismico in Italia. Ingegneria Sismica*, 1/2001, 5-36.
- ◆ AA.VV. (2005) - *Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica. Linee guida*. Patron Editore, Bologna, edizione Provvisoria.
- ◆ Benini A., Martelli L., Poccianti C. & Rosselli S. (a cura di) (in stampa) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 253- Marradi*. (sito web cartografico dell'Ufficio Geologico, Sismico e dei Suoli della regione Emilia-Romagna).
- ◆ Bettelli G. & De Nardo M.T. (2001) – *Geological outlines of the Emilia Apennines (Italy) and introduction into the rock units cropping out in the areas of landslides reactivated in the 1994-1999 period*. Quad. Geol. Appl. N. 8/1(2001), 1-26, Pitagora Ed., Bologna.
- ◆ Bettelli G. & Panini F. (1989) - *I Melanges dell'Appennino Settentrionale dal T. Tresinaro al T. Sillaro*. Mem. Soc. Geol. It., 39(1987), 187-214.
- ◆ Bettelli G. & Panini F. (1992) – *Liguridi, melanges e tettoniti nel Complesso caotico lungo la «linea del Sillaro» (Appennino settentrionale, Province di Firenze e Bologna)*. II Mem. Descr. Carta geol. D'It. XLVI(1991), 387-415.
- ◆ Bettelli G., Panini F., Fioroni C., Nirta G, Remitti F., Vannucchi P e Carlini M. (2012) - *Revisiting the Geology of the "Sillaro Line", Northern Apennines, Italy*. Rend. Soc. Geol. It., 22, 14-17.
- ◆ Boccaletti M, Coli M, Eva C, Ferrari G, Giglia G, Lazzarotto A, Merlanti F, Nicolich R, Papani G, Postpischl D (1985) *Considerations on the seismotectonics of the Northern Apennines*. Tectonophysics 117,7–38.
- ◆ Boccaletti M. Corti G. e Martelli L. (2011) - *Recent and active tectonics of the external zone of the Northern Apennines (Italy)*. Int J Earth Sci. Pubbl. online 19may2010.
- ◆ Boncio P., Bracone V. (2009) - *Active stress from earthquake focal mechanisms along the Padan–Adriatic side of the Northern Apennines (Italy), with considerations on stress magnitudes and pore-fluid pressures*. Tectonophysics 476,180–194.
- ◆ Burrato P., Ciucci F., Valensise G. (2003) - *An inventory of river anomalies in the Po Plain, Northern Italy: evidence for active blind thrust faulting*. Ann Geophys 46(5), 865–882.
- ◆ Calabrese L. & Cibirri U. (a cura di) (in stampa) – *Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio n. 222 Lugo*. Regione Emilia-Romagna.

- ◆ Camassi R & Stucchi M. (1996) – *NT4.1-Un catalogo parametrico di terremoti di area italiana alla di sopra della soglia di danno.*
- ◆ Castellarin A., Eva C., Giglia G. e Vai G.B. (1986) – *Analisi strutturale del fronte appenninico padano.* Giornale di Geologia, 47, (1-1) (1985), 47-75.
- ◆ Castellarin A. & Pini G.A. (1989) (con contributo di Borsetti A.M. e Rabbi E.) - *L'arco del Sillaro: la messa in posto delle argille scagliose al margine appenninico padano (Appennino bolognese).* Mem. Soc. geol. It., 39(1987), 127-141.
- ◆ Cerrina Ferroni A., Martelli L., Martinelli P & Ottria G. (2002) – *Carta geologico-strutturale dell'Appennino emiliano-romagnolo.* Scala 1:250.000. Carta e Note Illustrative, S.EL.CA, Firenze.
- ◆ Cerrina Ferroni A., Ottria G. & Ellero A. (2004) – *The Northern Apennines, Italy: Geological structure and transpressive evolution.* In "Geology of Italy" Spec. Vol. of the Italian Geological Society for the IGC 32 Florence-2004, 15-32.
- ◆ Elmi C. & Zecchi R. (1974) - *Caratteri sismotettonici dell'Emilia Romagna.* Quad. Mercanzia n. 21, Cam. Comm. Ind. Art. e Agr., Bologna.
- ◆ Martelli L., Filippini M., Bagli S., Severi P. & Tomasetti F. (2006) - *Riduzione del rischio sismico nella pianificazione territoriale e urbanistica in Emilia-Romagna: definizione e rappresentazione della pericolosità sismica locale. L'esempio della cartografia per il quadro conoscitivo del PTCP di Rimini.* Il Geologo dell'Emilia Romagna, n. 24, 7-17.
- ◆ Martelli L., Amorosi A. & Severi P. (a cura di) (in stampa) – *Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio n. 221 Bologna.*
- ◆ Martelli L. (2011) – *Quadro sismo tettonico dell'Appennino Emiliano-Romagnolo e della Pianura Padana centrale.* Atti del GNGTS 2011, sessione 1.2.
- ◆ Michetti A, Giardina F., Livio F., Mueller Karl, Serva L., Sileo G, Vittori E., Devoti R., Riguzzi F., Carcano C., Rogledi S., Bonadeo L., Brunamonte F. e Fioraso G (2012) - *Active compressional tectonics, Quaternary capable faults and the seismic landscape of the Po Plain (Northern Italy).* Ann. Geophys. 55, 5, 969-1001.
- ◆ Pagani M. & Marcellini A. (a cura di) (2003) - *Castelnovo ne' Monti: analisi di pericolosità sismica.* CNR-Regione Emilia-Romagna. Scaricabile da Sito Web Servizio Geologico Sismico e dei Suoli - Regione Emilia-Romagna.
- ◆ Pieri M. & Groppi G. (1981) – *Subsurface Geological Structure of the Po Plain, Italy.* C.N.R., Prog. Finaliz. Geodinamica, Pubbl. n. 414, pp. 13.
- ◆ Regione Emilia-Romagna. (2003) – *Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna.* Regione Emilia-Romagna e CNR.
- ◆ Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP (1998) – *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna.* A cura di G. Di Dio. S.EL.CA Firenze, pp. 120.
- ◆ Regione Lombardia (1996) - *Determinazione del rischio sismico a fini urbanistici in Lombardia.*

- ◆ TC4 (1993) Technical Committee for earthquake engineering, ISSMGE (1993) - *Manual for zonation on seismic geotechnical hazard*. The Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering.
- ◆ Tento A., Arrigoni V., Frassinetti G. & Martelli L. (2002) - *Elementi di microzonazione sismica dell'area di Predappio Bassa*. Scaricabile da Sito Web Servizio Geologico Sismico e dei Suoli - Regione Emilia-Romagna.
- ◆ Treves B. (1984) - *Orogenic belts as accretionary prism: the example of the Northern Apennines*. *Ofioliti*, 9/3, 577-618.
- ◆ Vai G.B. & Castellarani A. (1993) – Correlazione sinottica delle unità stratigrafiche nell'appennino settentrionale. *Studi Geol. Camerti, CROP 1/1, Vol. Spec. (1992/2)*, 171-185.

## 10. ALLEGATI

ALLEGATO N. 1 – Nuove indagini sismiche: registrazioni di rumore sismico ambientale a stazione singola.

ALLEGATO N. 2 – Indagini sismiche attive con metodologia MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*).

ALLEGATO N. 3 – Sezione litotecnica e sezione geologica.



# ALLEGATI



**Nuove indagini sismiche:  
registrazioni di rumore sismico ambientale a stazione singola**



STUDIO GEOLOGICO AMBIENTALE  
**ARKIGEO**  
*di Gasparini Dott. Geol. Giorgio*  
Via S. Martino 4 - 41030 BASTIGLIA (MO)  
Tel. /Fax : 059 – 815262  
e-mail : «arkigeo@arkigeo.191.it»  
C.F.: GSP GRG 54M14 A959S P. I.V.A.: 02350330367

**Indagini sismiche passive a stazione singola (metodologia HVSR o di Nakamura) per la Microzonazione Sismica del Comune di Castellarano (RE).**

**. Rilievi sismici passivi a stazione singola (Metodologia HVSR o di Nakamura)**

Sono state eseguite n. 45 misure sismometriche passive a stazione singola (tromometrie), ubicate come da Figura 1, ed identificate con numeri da 1 a 45.

**. Introduzione**

Scopo delle prove è la determinazione e la caratterizzazione dei fenomeni di risonanza sismica eventualmente presenti in corrispondenza dell'area indagata a partire da misure del campo di vibrazione ambientale.

Il metodo utilizzato a questo scopo è quello inizialmente proposto da Nakamura (1989) e prevede l'esecuzione di una misura prolungata del moto del suolo lungo le 3 direzioni principali (NS, EW, UD).

A partire da queste misure, viene costruita ed interpretata una curva che rappresenta il rapporto delle componenti spettrali medie del moto del suolo lungo le direzioni verticale ed orizzontale in funzione della frequenza di vibrazione (curva HVSR o Horizontal to Vertical Spectral Ratios).

Nel caso in esame le misure sono state eseguite utilizzando un tromografo digitale modello Tromino (versione zero) prodotto dalla ditta "Micromed Spa" ([www.tromino.it](http://www.tromino.it)) utilizzando sessioni di misura di durata di 20 minuti con un campionamento di 128 cps.

Le misure sono state eseguite seguendo gli standard più avanzati (*Albarello e Castellarano, 2011*).

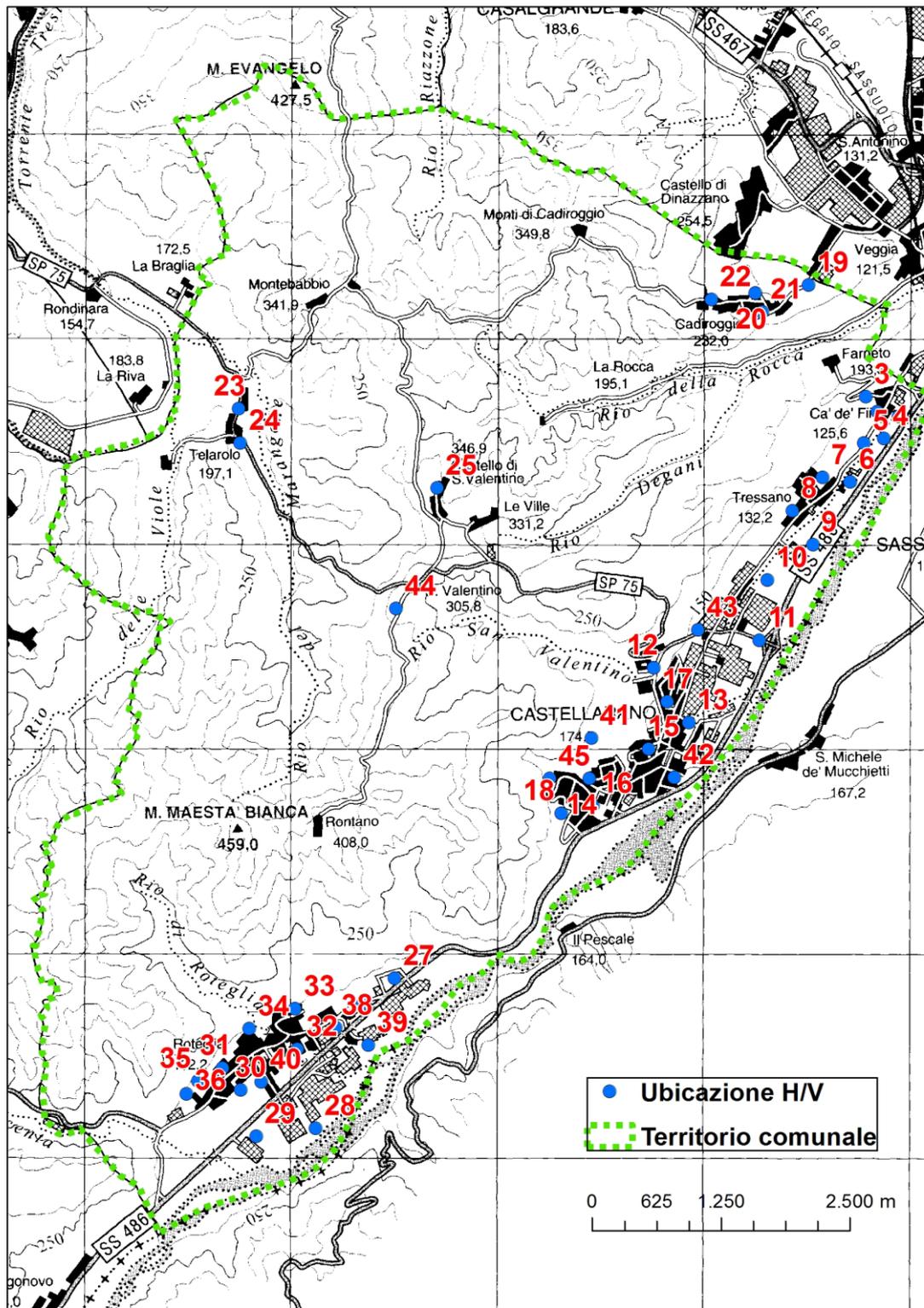


Figura 1 – Ubicazione misure sismometriche passive a stazione singola (tromometrie).

### . **Basi fisiche del metodo**

È stato osservato e finora confermato che i valori massimi della funzione H/V (rapporto delle componenti spettrali medie del moto del suolo riferito alla media delle direzioni orizzontali (H) e della direzione verticale (V)) corrispondono alla frequenza di risonanza delle onde S (a prescindere dalla composizione tipologica delle onde in arrivo a condizione che la distribuzione delle stesse sia aleatoria e casuale attorno al punto di misura) per strutture geologiche che generano apprezzabili contrasti di impedenza [ $\mu=(\rho_2.V_2) / (\rho_1.V_1)$ ].

In casi semplici (coperture soffici al di sopra di un basamento sismico rigido) è possibile stabilire una relazione fra lo spessore  $h$  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:

$$f = V_s/4h$$

Dall'equazione emerge come la tecnica H/V possa fornire anche indicazioni di carattere stratigrafico: a partire da una misura di vibrazioni ambientali, che vincola il valore di  $f$  e nota la  $V_s$  delle coperture, si può infatti stimare la profondità dei riflettori sismici principali o viceversa.

L'equazione sopra menzionata vale però solo nei sistemi costituiti da monostrato + bedrock mentre nei casi multistrato è necessario ricorrere a modelli più complessi, basati sulla propagazione delle onde di superficie (*Scherbaum et al.*, 2003; *Ohrnberger et al.*, 2004; *Castellaro e Mulargia*, 2009; *Lunedei e Albarello*, 2010).

Si sottolinea che, oltre ad un software di calcolo adatto, condizione necessaria per trasformare una curva H/V in un profilo di  $V_s$ , è il possesso di un vincolo che normalmente è la profondità di un contatto tra litologie diverse.

In assenza di qualsiasi vincolo esistono infiniti modelli (cioè combinazioni,  $V_s - H$ ) che soddisfano la stessa curva H/V.

### . **Strumentazione utilizzata**

Come già ricordato in premessa è stato utilizzato un sismometro tipo Tromino (Versione Zero) della ditta "Micormed Spa" di Treviso dotato di 3 velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione disposti secondo 3 direzioni ortogonali.

Lo strumento è dotato di apposito software "Grilla" per la scelta, organizzazione, archiviazione, visualizzazione e analisi dei dati acquisiti.

Lo strumento è stato settato per acquisire i dati nel seguente modo:

- |                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| 1) durata della registrazione | 20'                      |
| 2) frequenza di campionamento | 128 Hz                   |
| 3) lunghezza delle finestre   | 20''                     |
| 4) tipo di lisciamento        | <i>triangular window</i> |
| 5) lisciamento                | 10%                      |

### **. Elaborazione dei dati**

#### **. Metodologia**

Per calcolare lo spettro medio relativo a ciascuna componente del moto, la relativa serie misurata è stata suddivisa in finestre temporali da 20 secondi ciascuna (senza sovrapposizione).

Dalla serie temporale relativa a ciascuna finestra è stata eliminata la deriva lineare eventualmente presente ed è applicata come "tapering" una finestra "coseno" di ampiezza pari al 5% della durata della finestra.

Mediante la procedura FFT dalla serie così elaborata è stato calcolato lo spettro che a sua volta è stato lisciato utilizzando una finestra mobile di tipo triangolare con un'ampiezza pari al 10% della frequenza centrale di volta in volta considerata.

Lo spettro medio è stato quindi ottenuto come media degli spettri ottenuti dalle singole finestre temporali.

Per quanto riguarda l'analisi si è fatto riferimento al protocollo SESAME *Site Effects Assessment Using Ambient Excitations, 2004*) come pure per l'analisi della significatività dei picchi H/V.

I risultati ottenuti vengono esposti, per ogni prova, in schede riportate di seguito nel presente Allegato n. 1.

#### **. Vincoli stratigrafici di riferimento**

In fase di "inversione" della curva H/V nel corrispondente profilo di velocità si è ricorso a "vincoli" stratigrafici attingendo ai dati bibliografici raccolti nel corso dello Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Castellarano (RE) nonché a n. 13 stendimenti sismici tipo MASW eseguiti appositamente per la MZS in oggetto.

Riportiamo di seguito, a tale riguardo, una tabella con l'abbinamento delle prove tromometriche alle MASW ed alle altre indagini bibliografiche sulle quali è stata eseguita la "taratura" sopra descritta.

---

**Studio Geologico Ambientale ARKIGEO di Gasparini Dott. Geol. Giorgio**


---

<b>ID HV</b>	<b>ID Indagini puntuali</b>	<b>ID Indagini lineari</b>
035014P319HVS319	035014P269CPT269	<u>035014L69MASW70</u> 035014L60SR60
035014P320HVS320		035014L59SR59
035014P321HVS321	035014P233CPT233	<u>035014L70MASW71</u>
035014P322HVS322	035014P71DP71 035014P206HVS206	
035014P323HVS323	035014P267CPT267	
035014P324HVS324		
035014P325HVS325	035014P262CPT262	
035014P326HVS326	035014P201CPT201	
035014P327HVS327	035014P299CPT299	<u>035014L71MASW72</u>
035014P328HVS328		035014L16MASW16
035014P329HVS329		
035014P330HVS330	035014P252CPT252	<u>035014L72MASW73</u>
035014P331HVS331		
035014P332HVS332	035014P224CPT224	035014L6MASW6
035014P333HVS333		<u>035014L79MASW80</u>
035014P334HVS334	035014P291CPT291	<u>035014L78MASW79</u>
035014P335HVS335		035014L27REMI27
035014P336HVS336		035014L61SR61
035014P337HVS337		<u>035014L73MASW74</u>
035014P338HVS338	035014P153CPT153	035014L13MASW13
035014P339HVS339		
035014P340HVS340		035014L38REMI38
035014P341HVS341		<u>035014L75MASW76</u>
035014P342HVS342		
035014P343HVS343	035014P295CPT295	
035014P344HVS344		<u>035014L80MASW81</u>
035014P345HVS345	035014P89DP89	035014L37REMI37 <u>035014L81MASW82</u>
035014P346HVS346		
035014P347HVS347		
035014P348HVS348	035014P213CPT213	
035014P349HVS349	035014P256CPT256	
035014P350HVS350	035014P114DP114	035014L40REMI40 <u>035014L74MASW75</u>
035014P351HVS351	035014P242CPT242	
035014P352HVS352	035014P276CPT276	
035014P353HVS353		
035014P354HVS354		035014L66SR66
035014P355HVS355		
035014P356HVS356	035014P285CPT285	035014L65SR65 <u>035014L77MASW78</u>
035014P357HVS357		035014L14MASW14
035014P358HVS358		
035014P359HVS359		035014L67SR67 <u>035014L76MASW77</u>
035014P360HVS360	035014P311DP311	
035014P361HVS361		035014L68SR68
035014P362HVS362		035014L8MASW8
035014P363HVS363		



**MZS CASTELLARANO, CA' DE' FII 1**

Instrument: TRZ-0187/01-12

Start recording: 24/04/13 07:54:28      End recording: 24/04/13 08:14:28

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00".      Analyzed 72% trace (manual window selection)

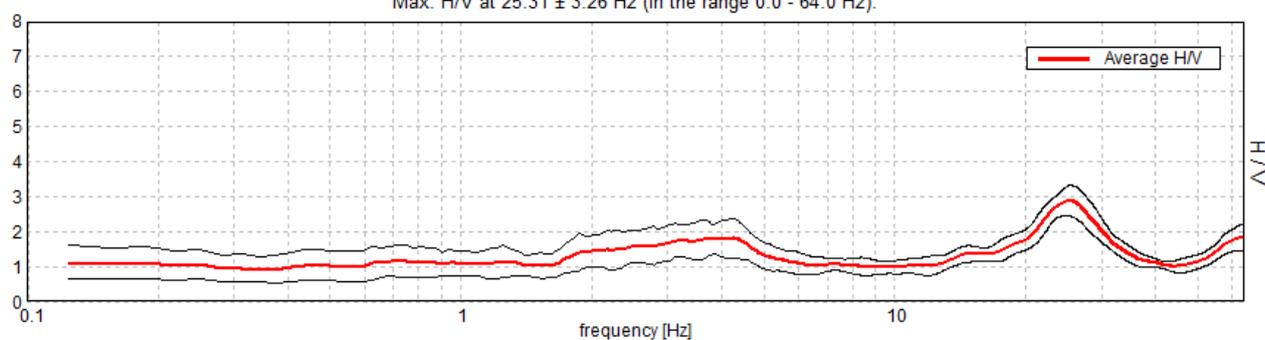
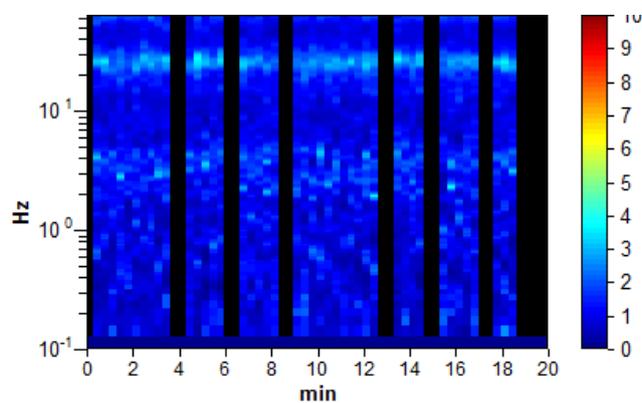
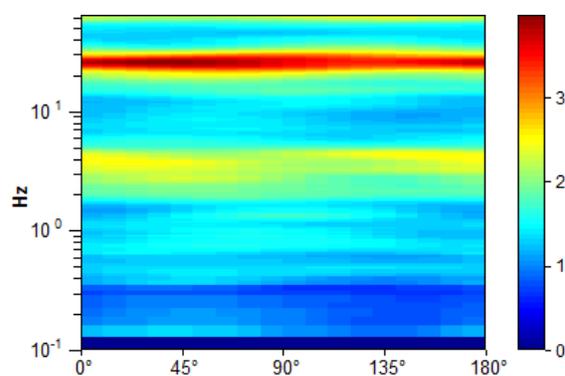
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

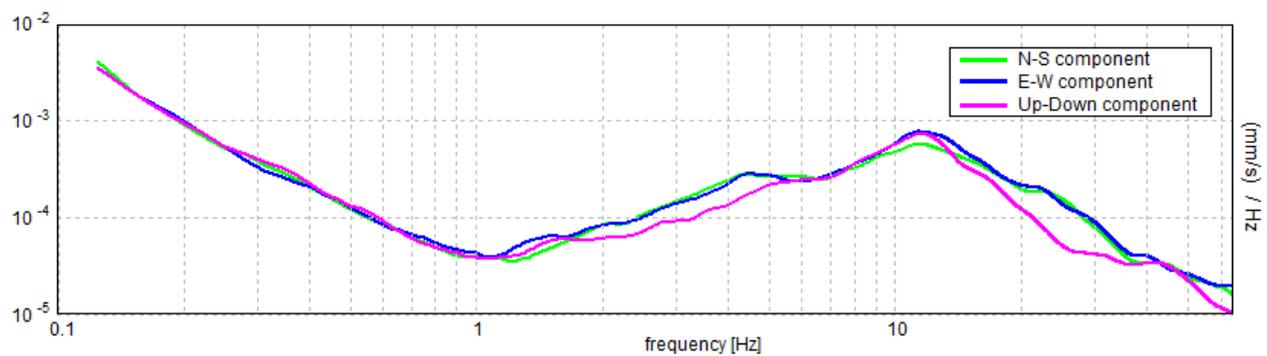
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

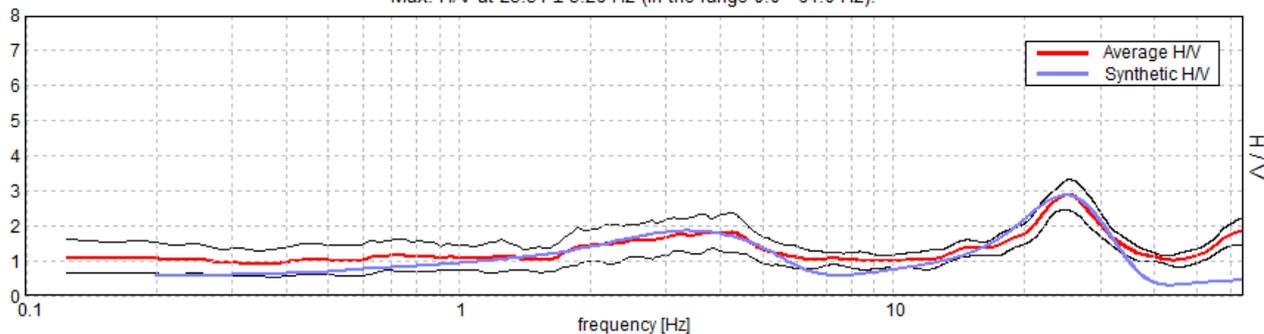
 Max. H/V at  $25.31 \pm 3.26$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**SERIE TEMPORALE H/V**

**DIREZIONALITA' H/V**


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



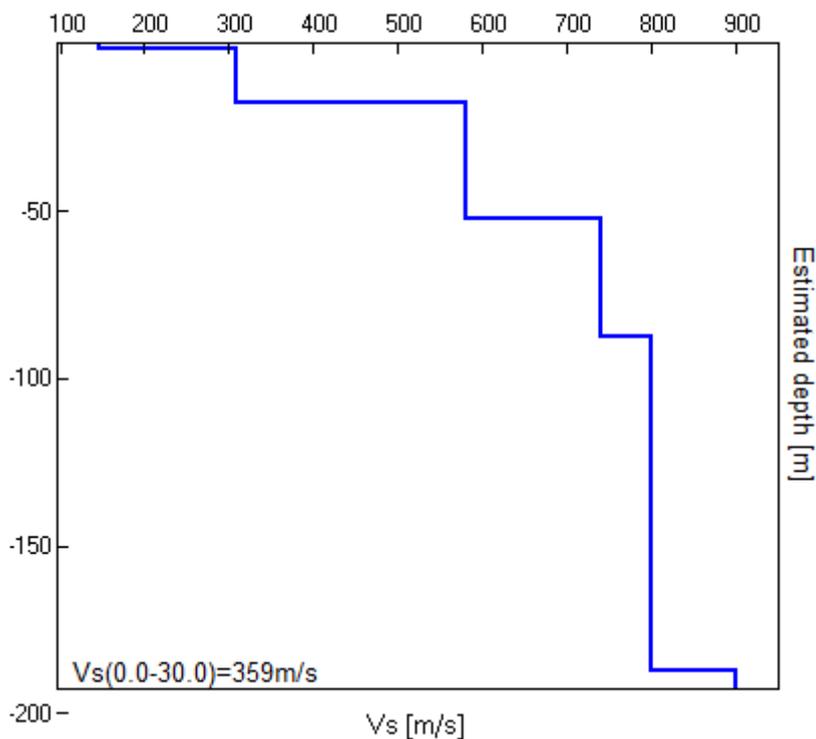
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 25.31 ± 3.26 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.47	1.47	147	0.42
17.47	16.00	308	0.36
52.47	35.00	580	0.32
87.47	35.00	740	0.32
187.47	100.00	800	0.32
inf.	inf.	900	0.32

Vs(0.0-30.0)=359m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 25.31 ± 3.26 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	25.31 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	21768.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1216	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	17.438 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	33.906 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.88 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.12879  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$3.25996 < 1.26563$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4359 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

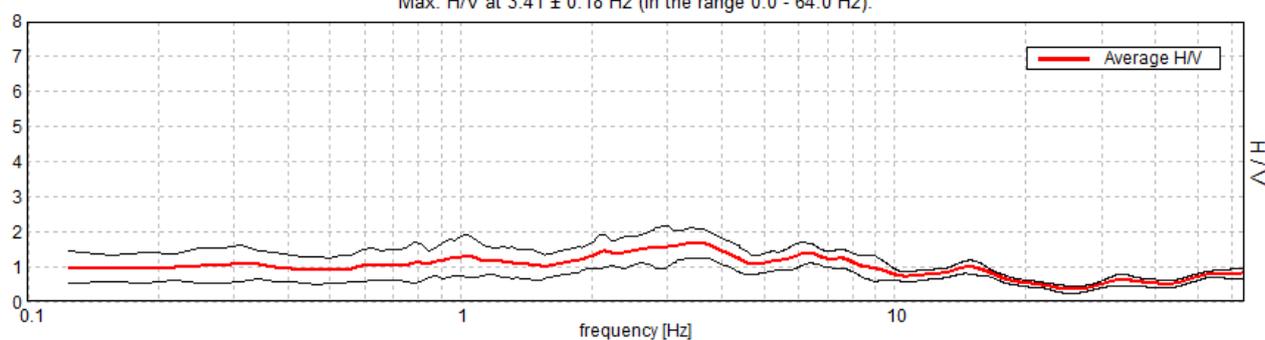
## MZS CASTELLARANO, CA' DE' FII 2

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 24/04/13 08:28:23 End recording: 24/04/13 08:48:22  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 639765 4933471

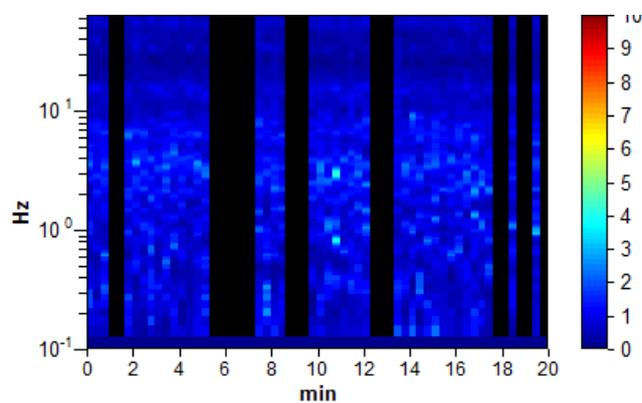
Trace length: 0h20'00". Analyzed 68% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

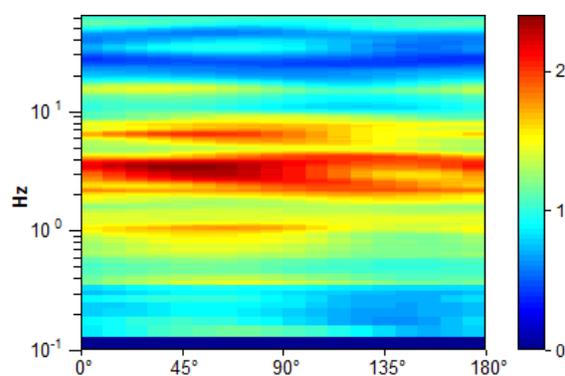
Max. H/V at  $3.41 \pm 0.18$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



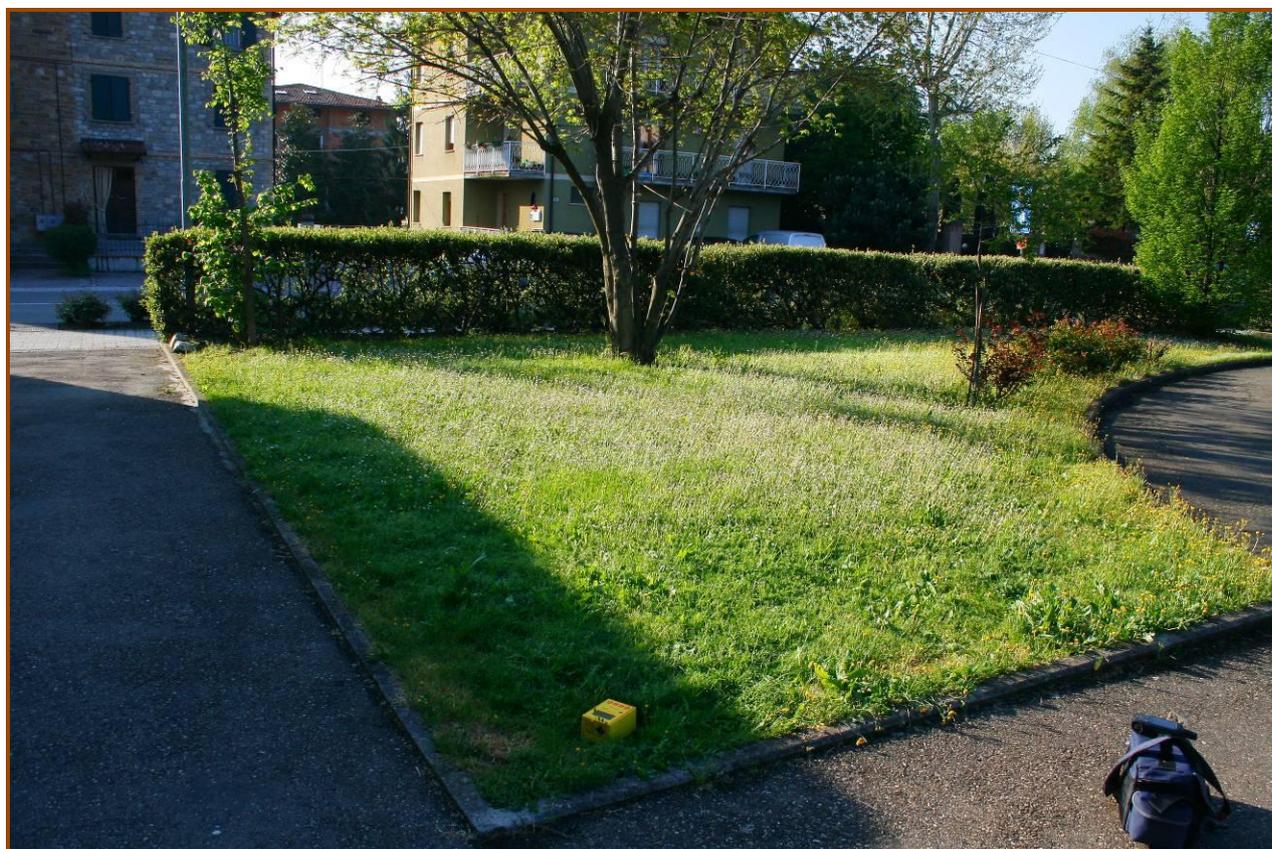
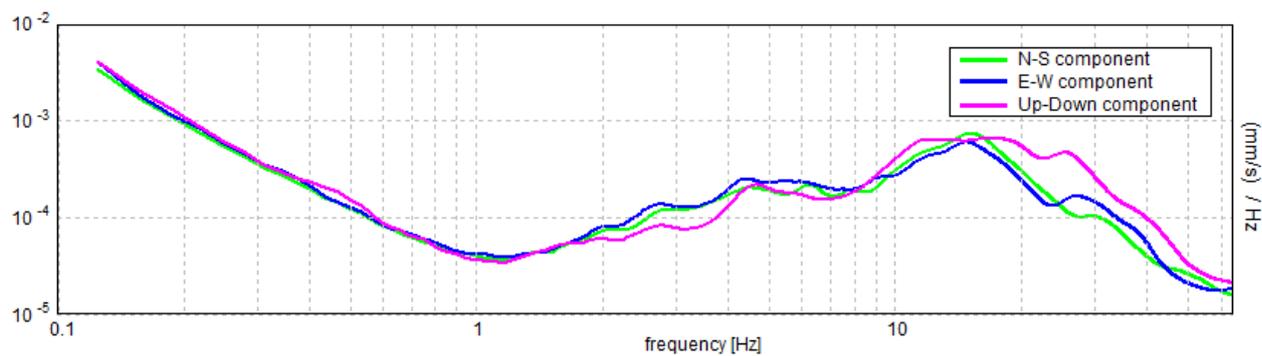
### SERIE TEMPORALE H/V



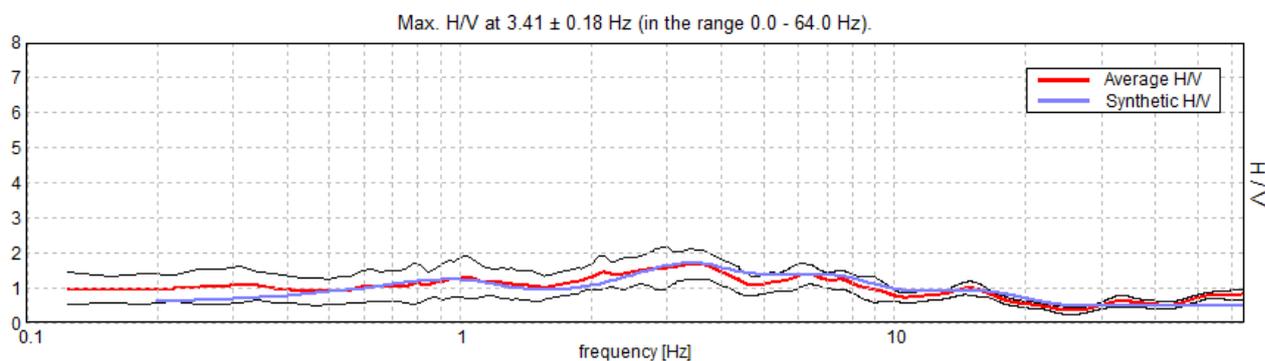
### DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

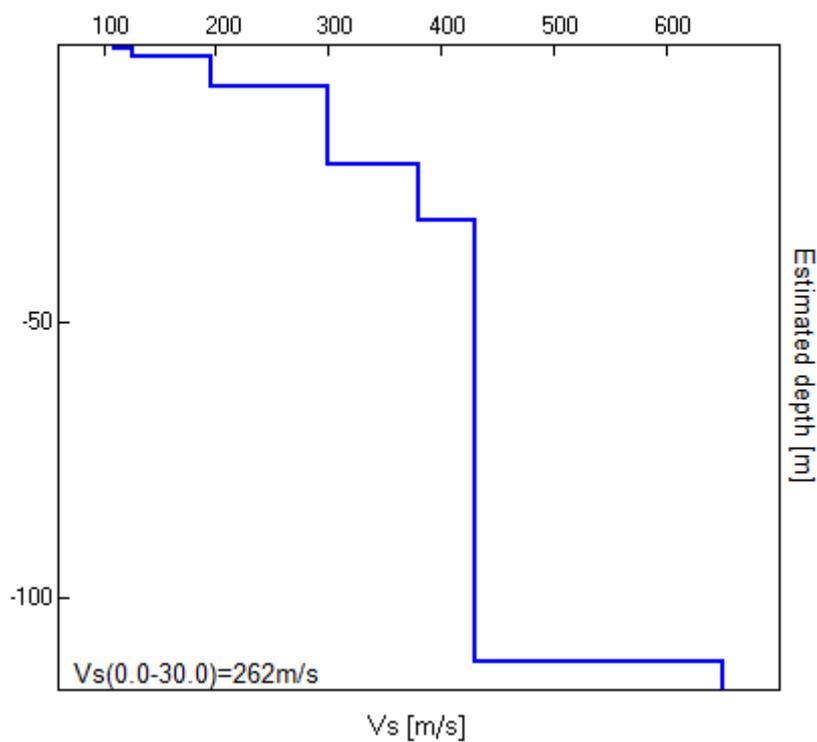


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.75	0.75	110	0.38
2.05	1.30	125	0.38
7.55	5.50	195	0.38
21.55	14.00	300	0.38
31.55	10.00	380	0.35
111.55	80.00	430	0.33
inf.	inf.	650	0.32

Vs(0.0-30.0)=262m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 3.41 ± 0.18 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	3.41 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2793.1 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 164	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	9.656 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.67 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.05239  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.17845 < 0.17031		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4354 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

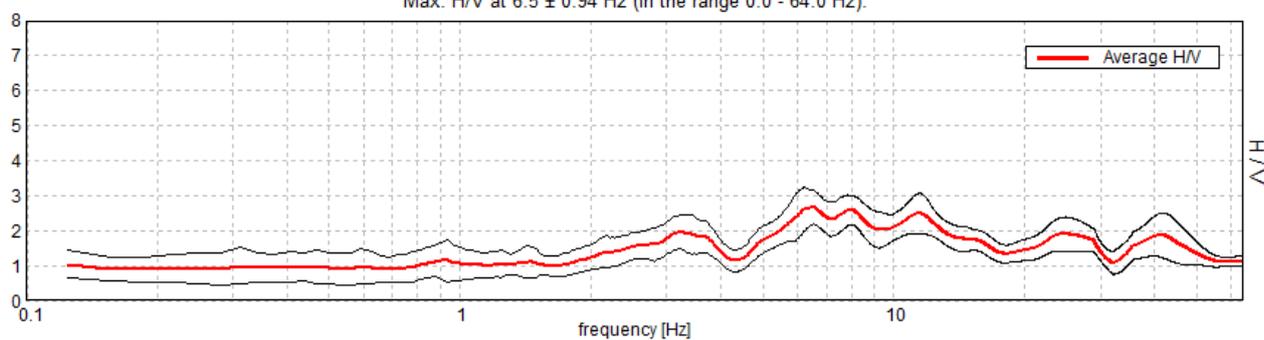
## MZS CASTELLARANO, CA' DE' FII 3

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 24/04/13 09:04:42 End recording: 24/04/13 09:24:42  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 639651 4933620

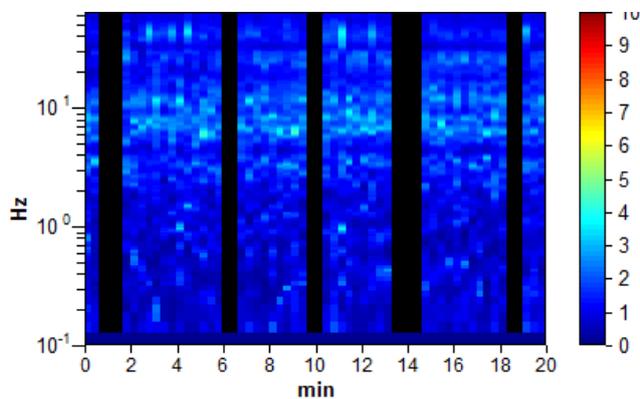
Trace length: 0h20'00". Analyzed 78% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

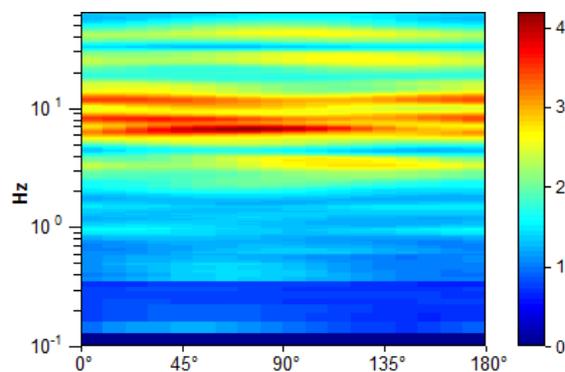
Max. H/V at  $6.5 \pm 0.94$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



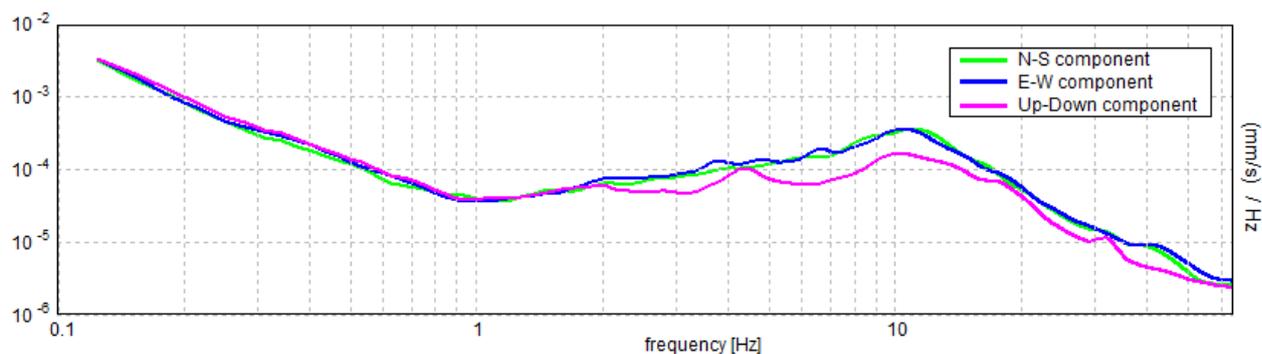
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

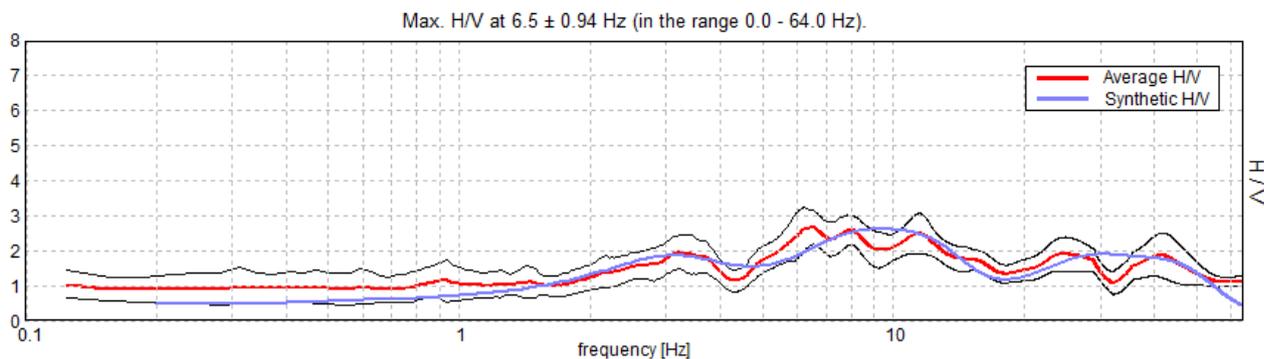


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



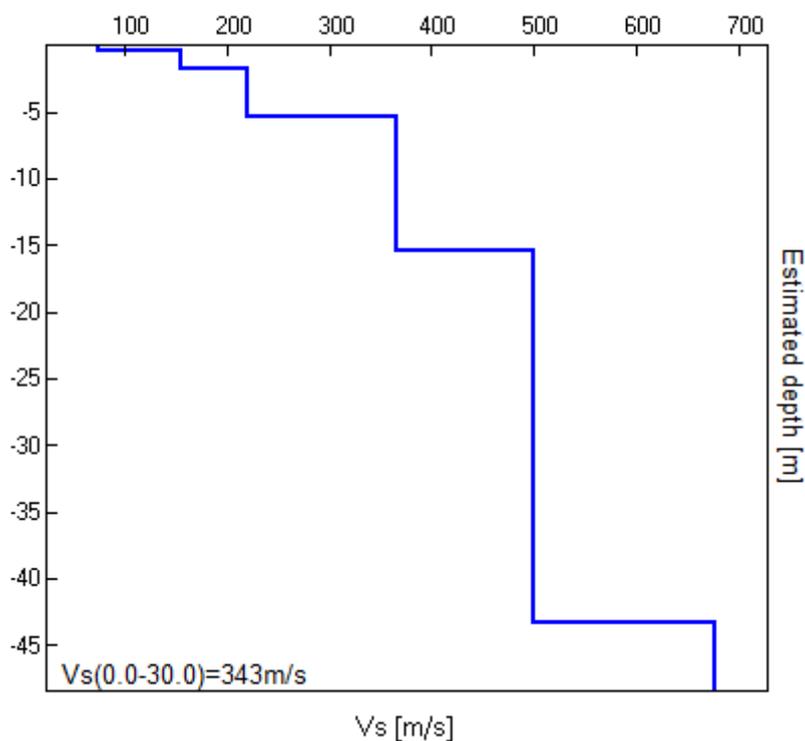


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.45	0.45	75	0.40
1.75	1.30	155	0.40
5.35	3.60	220	0.40
15.35	10.00	365	0.40
43.35	28.00	500	0.40
inf.	inf.	676	0.40

Vs(0.0-30.0)=343m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 6.5 ± 0.94 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	6.50 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	6110.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 313	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.625 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	18.094 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.67 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.14525  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.94413 < 0.325		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4988 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

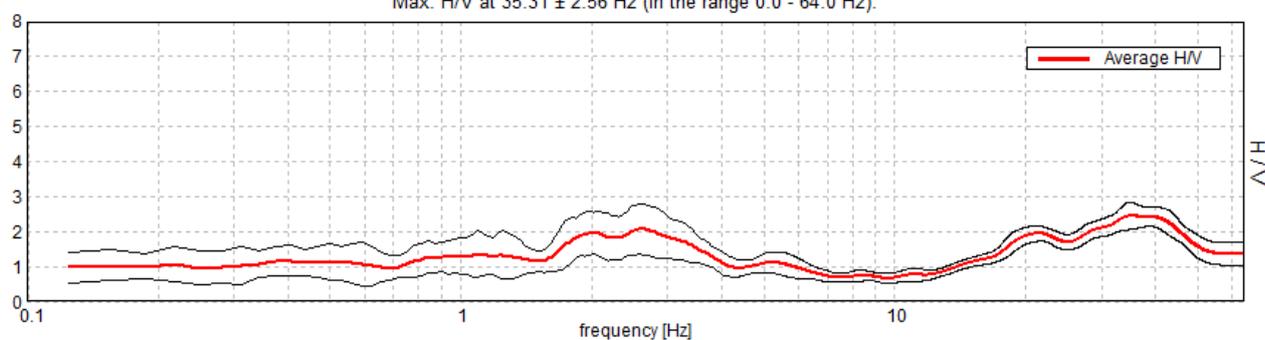
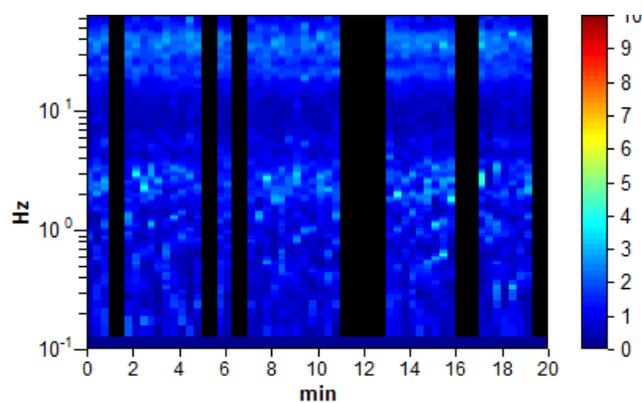
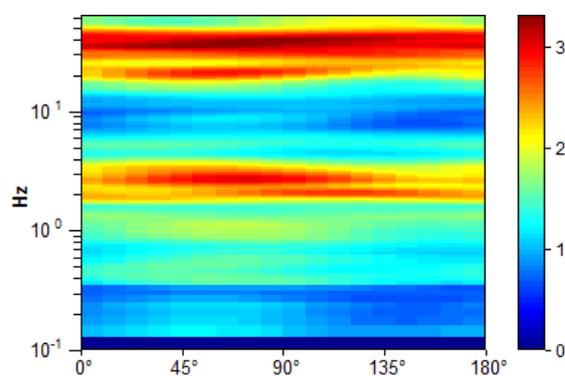
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

**MZS CASTELLARANO, CA' DE' FII 4**

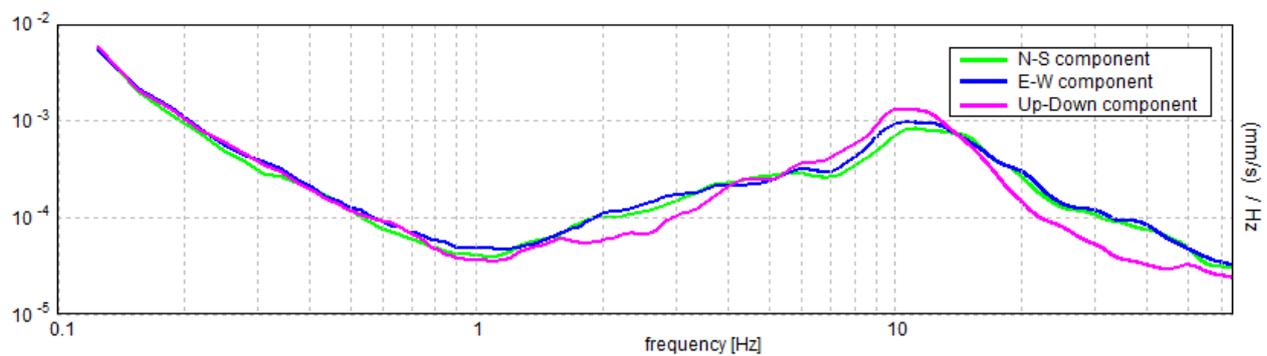
Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 24/04/13 09:42:16      End recording: 24/04/13 10:02:16  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS      UTM 32 T 639829 4933210

Trace length: 0h20'00".      Analyzed 72% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

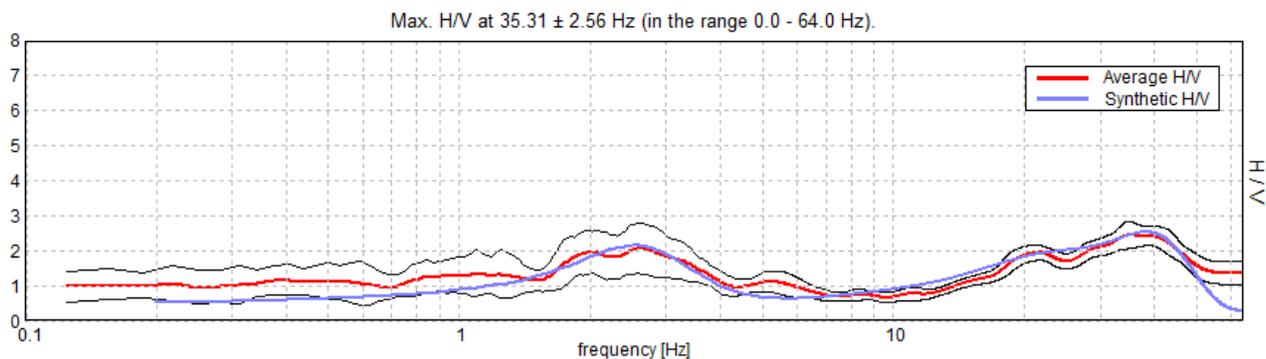
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

 Max. H/V at  $35.31 \pm 2.56$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**SERIE TEMPORALE H/V**

**DIREZIONALITA' H/V**


## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

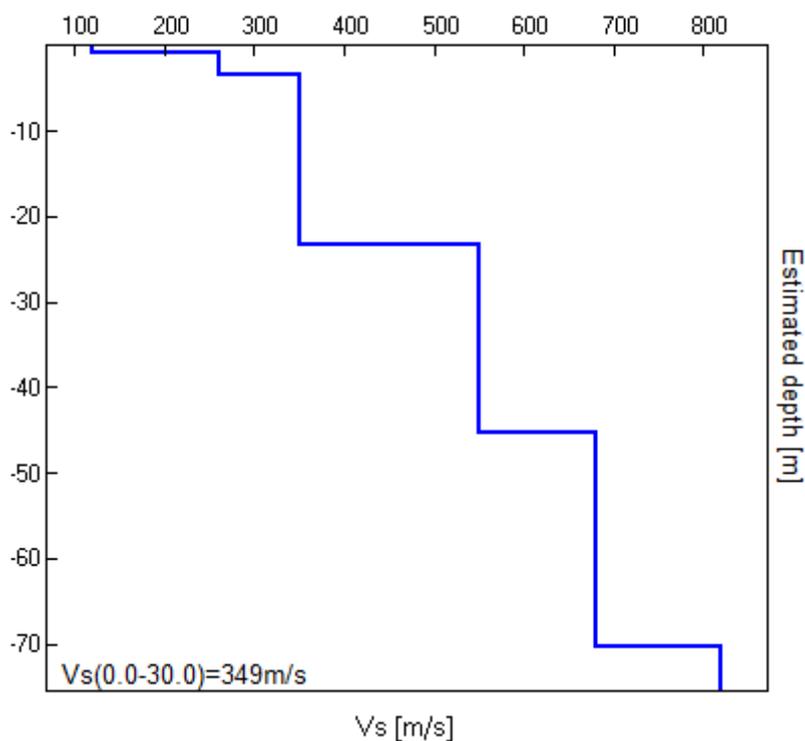


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.80	0.80	119	0.40
3.40	2.60	260	0.38
23.40	20.00	350	0.35
45.40	22.00	550	0.32
70.40	25.00	680	0.30
inf.	inf.	820	0.30

Vs(0.0-30.0)=349m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 35.31 ± 2.56 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	35.31 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	30368.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1484	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	16.375 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.45 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.07263  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.56468 < 1.76563		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3845 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

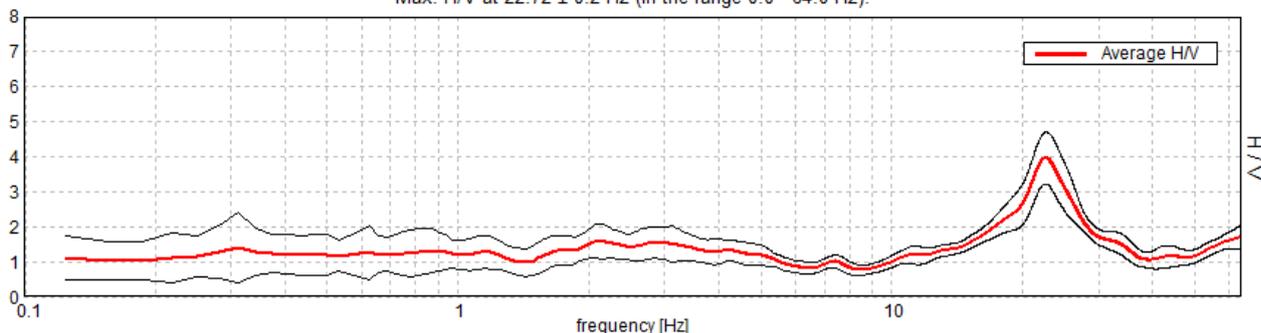
**MZS CASTELLARANO, CA' DE' FII 5**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 24/04/13 10:11:34 End recording: 24/04/13 10:31:34  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 639633 4933165

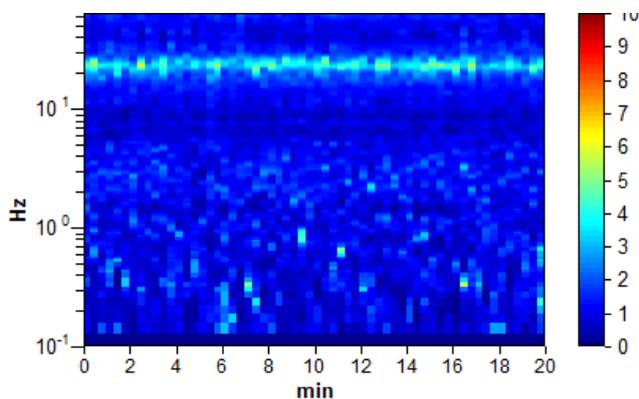
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

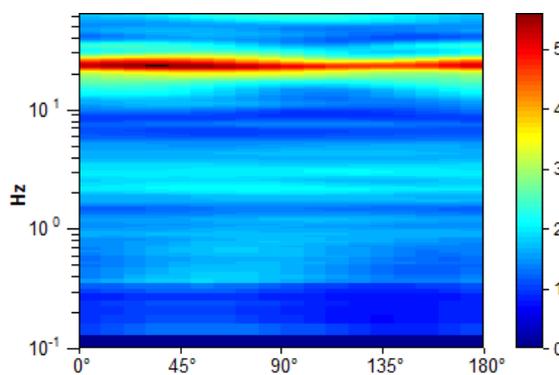
Max. H/V at 22.72 ± 0.2 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



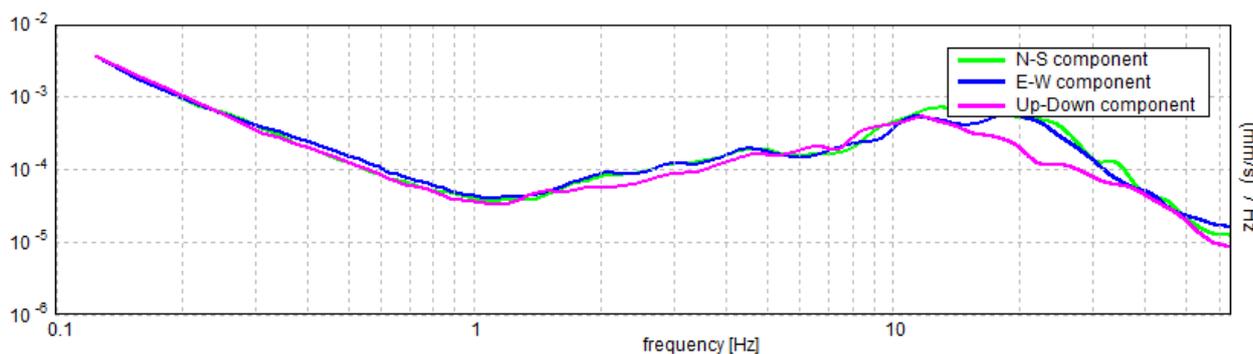
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



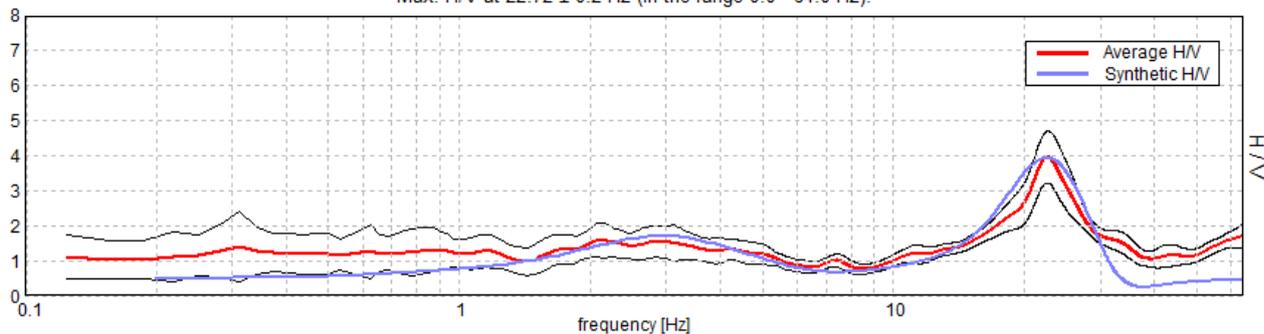
**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**





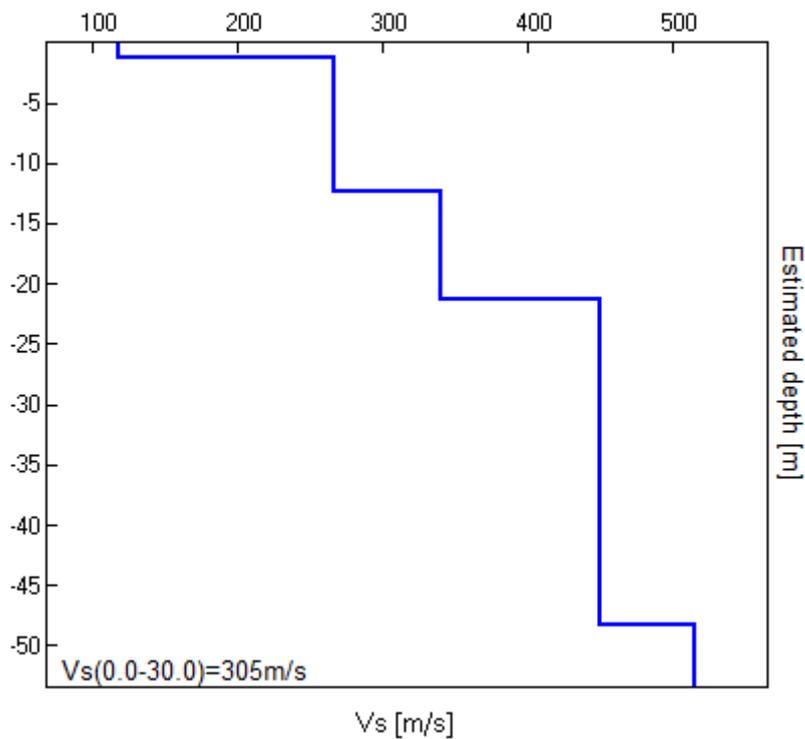
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 22.72 ± 0.2 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.35	1.35	118	0.42
12.35	11.00	267	0.42
21.35	9.00	340	0.42
48.35	27.00	450	0.42
inf.	inf.	515	0.42

Vs(0.0-30.0)=305m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 22.72 ± 0.2 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	22.72 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	27262.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1092	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	17.219 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	28.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.96 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00872  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.19801 < 1.13594	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.7434 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

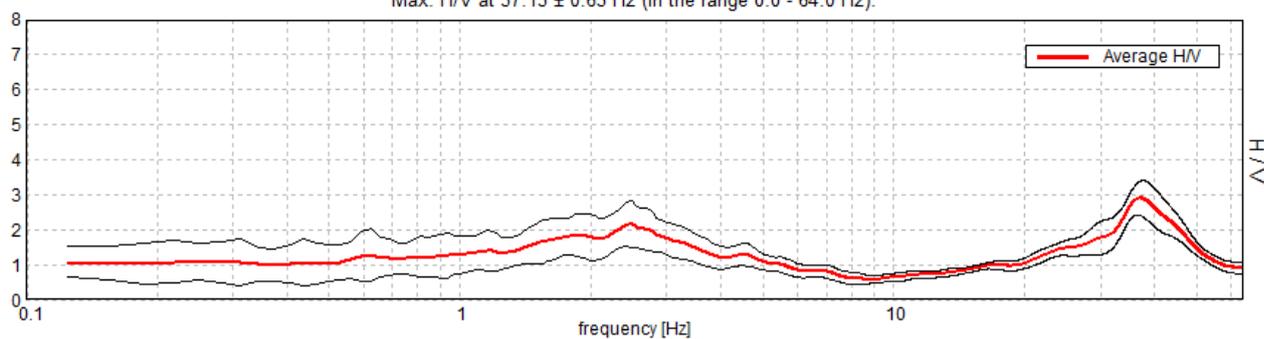
## MZS CASTELLARANO, TRESSANO 6

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 24/04/13 10:40:06 End recording: 24/04/13 11:00:06  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 639501 4932783

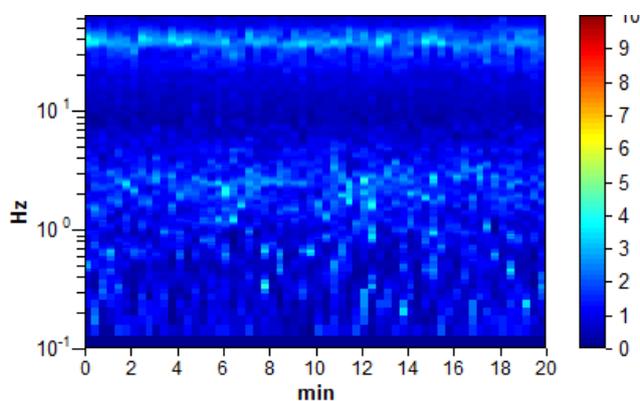
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

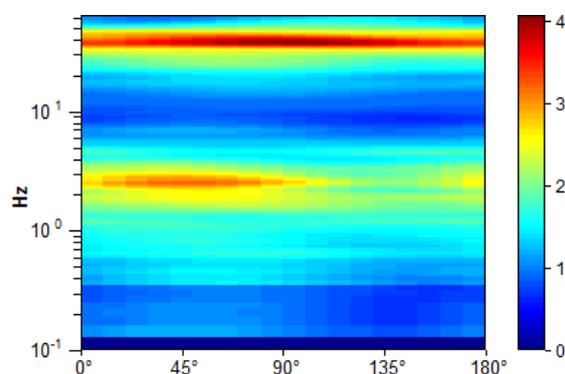
Max. H/V at  $37.13 \pm 0.63$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



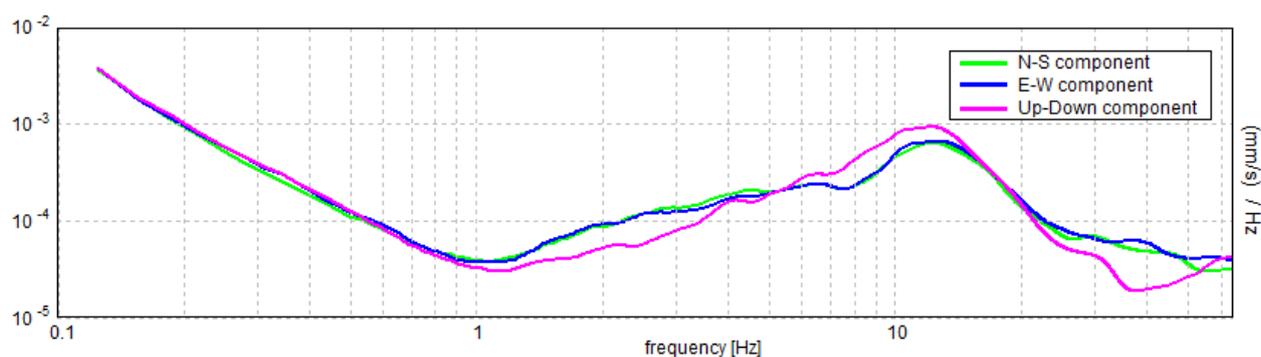
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

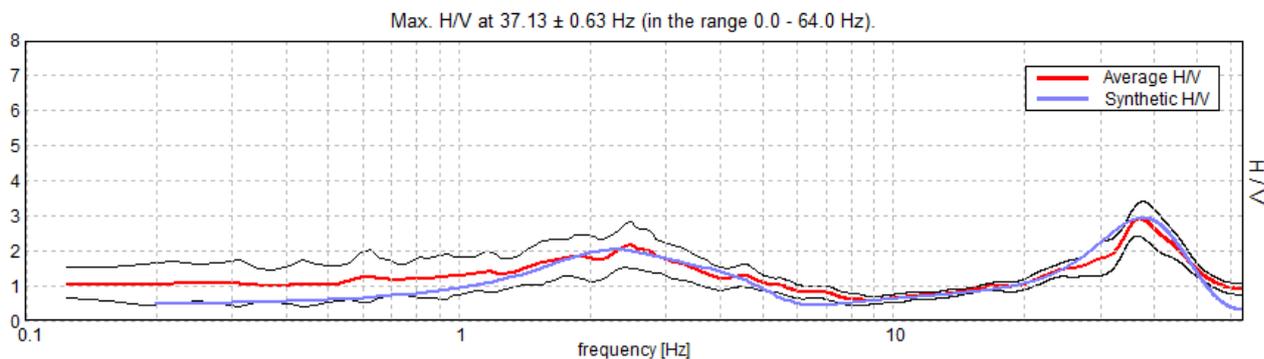


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



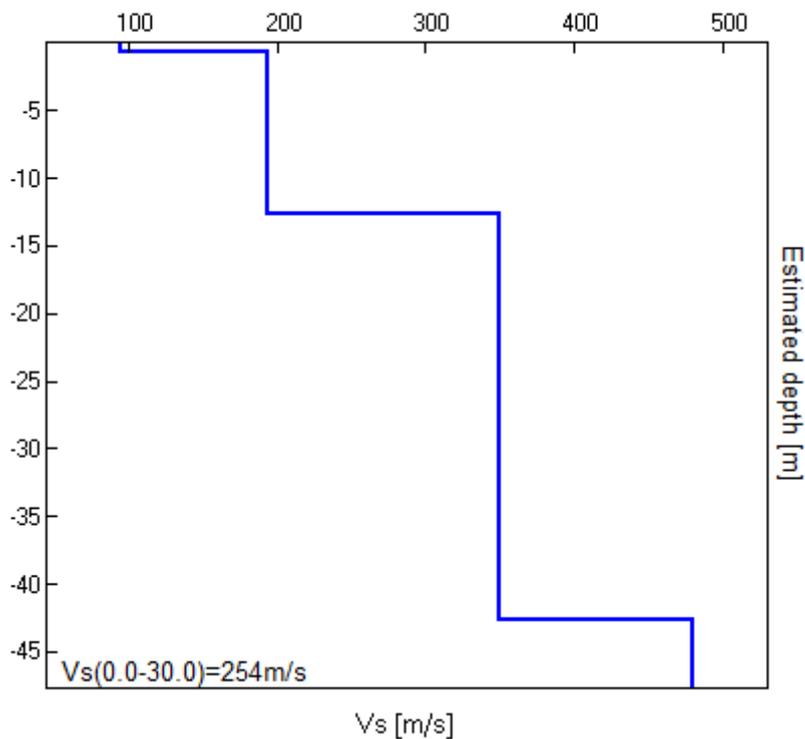


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.63	0.63	95	0.42
12.63	12.00	194	0.42
42.63	30.00	350	0.42
inf.	inf.	480	0.42

Vs(0.0-30.0)=254m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 37.13 ± 0.63 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	37.13 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	44550.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1455	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	24.281 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	50.063 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.90 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01704  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.63265 < 1.85625	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4987 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

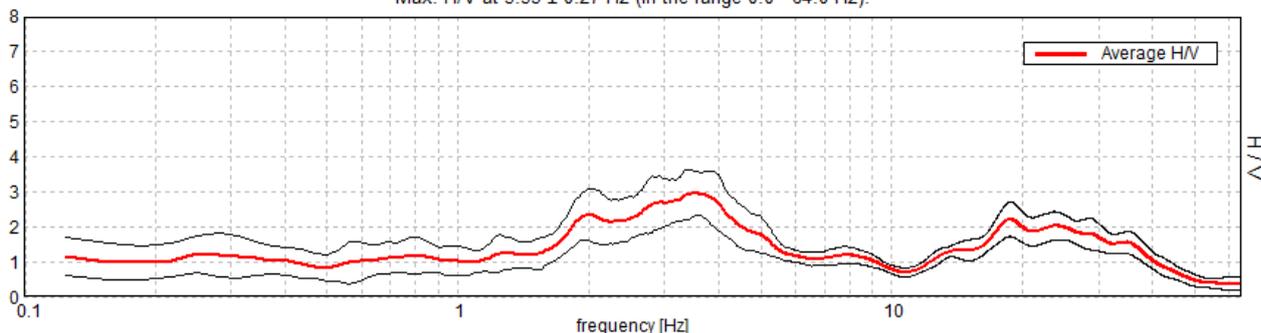
**MZS CASTELLARANO, TRESSANO 7**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 24/04/13 11:13:27 End recording: 24/04/13 11:33:27  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 639234 4932829

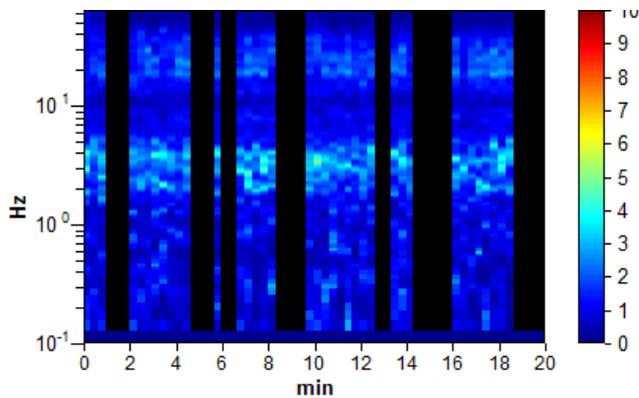
Trace length: 0h20'00". Analyzed 62% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

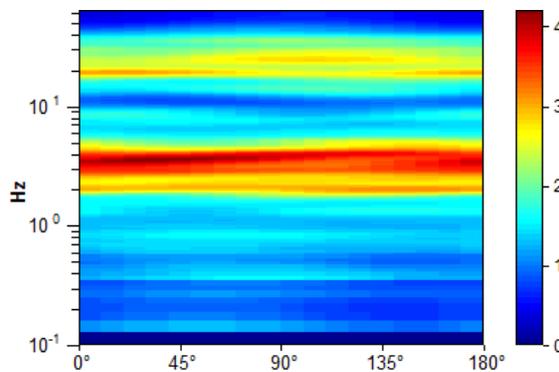
Max. H/V at 3.53 ± 0.27 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



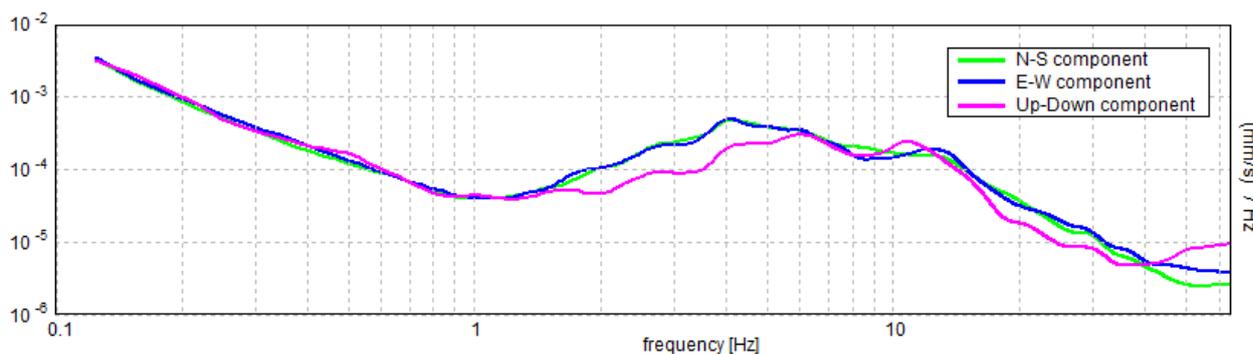
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



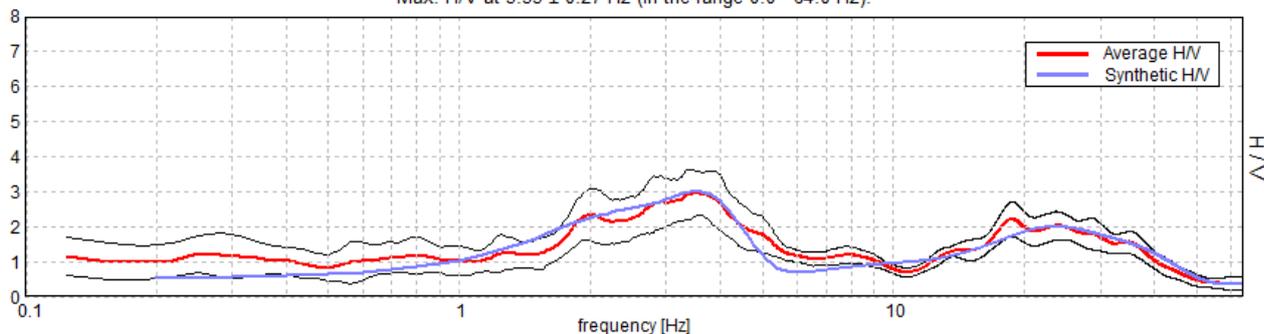
**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**





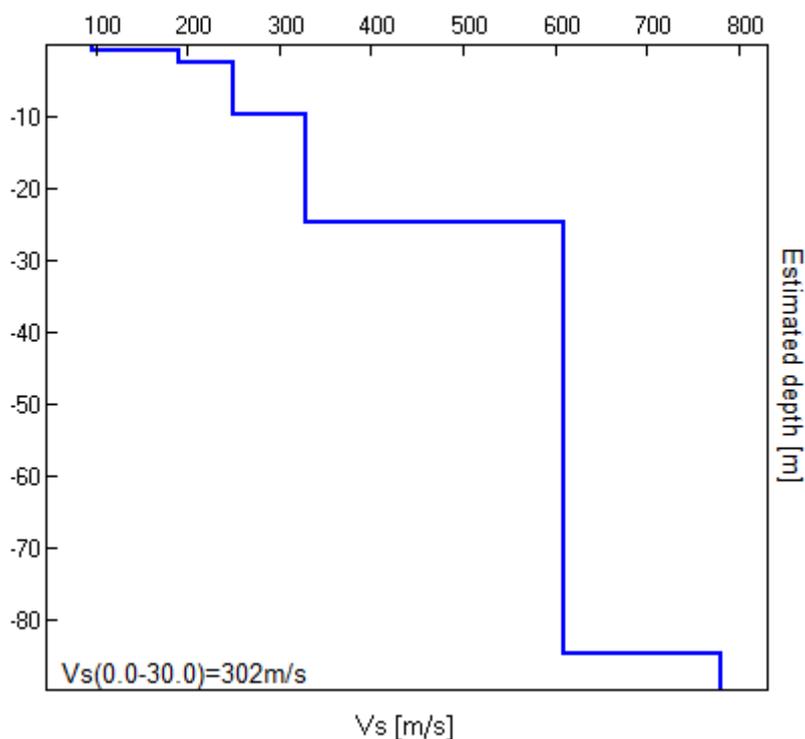
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 3.53 ± 0.27 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.70	0.70	97	0.40
2.50	1.80	190	0.40
9.50	7.00	250	0.40
24.50	15.00	329	0.40
84.50	60.00	610	0.40
inf.	inf.	780	0.40

Vs(0.0-30.0)=302m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 3.53 ± 0.27 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.53 > 0.50$	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	$2613.1 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 170	<b>OK</b>	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

<b>Esiste <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	1.656 Hz	<b>OK</b>	
<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>	5.344 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	$2.95 > 2$	<b>OK</b>	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.07647  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.27005 < 0.17656$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6388 < 1.58$	<b>OK</b>	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## MZS CASTELLARANO, TRESSANO 8

Instrument: TRZ-0187/01-12

Start recording: 24/04/13 11:52:15 End recording: 24/04/13 12:12:15

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 638940 4932504

Trace length: 0h20'00". Analyzed 65% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

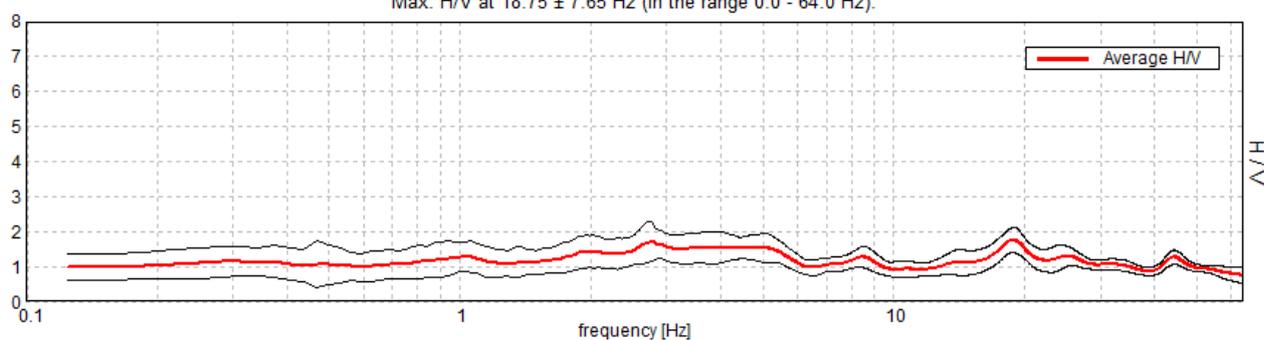
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

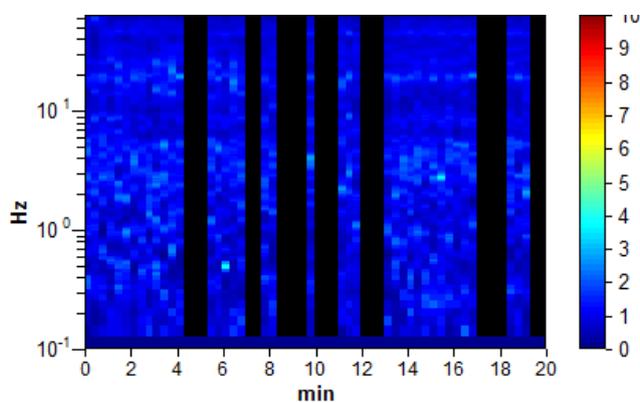
Smoothing: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

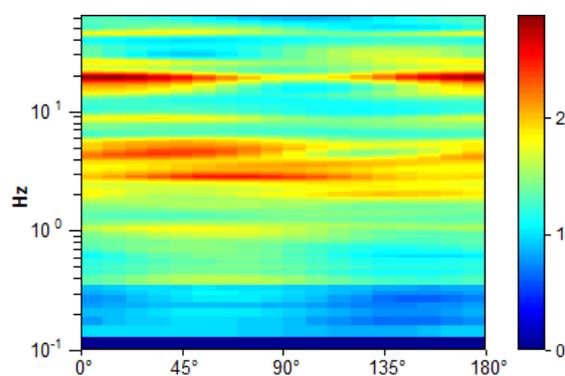
Max. H/V at  $18.75 \pm 7.65$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



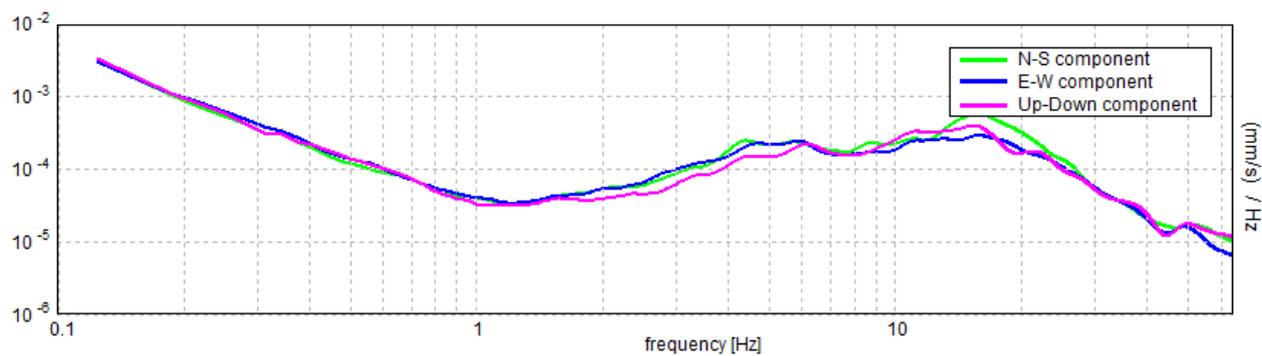
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

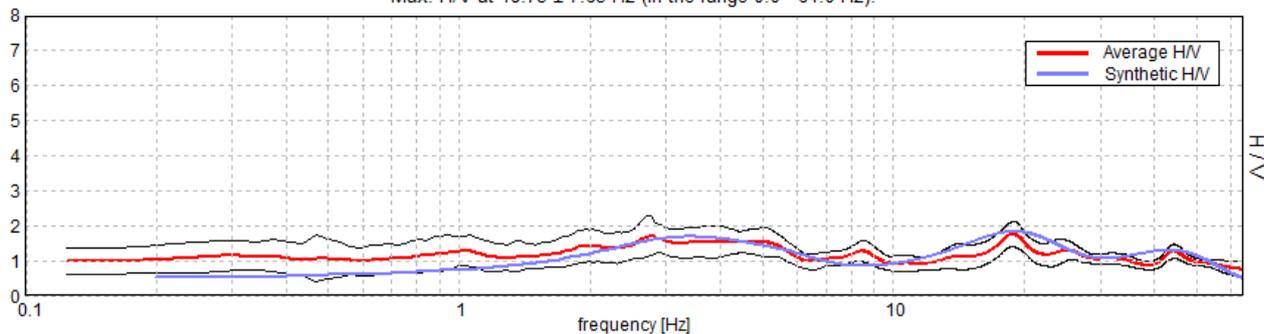


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



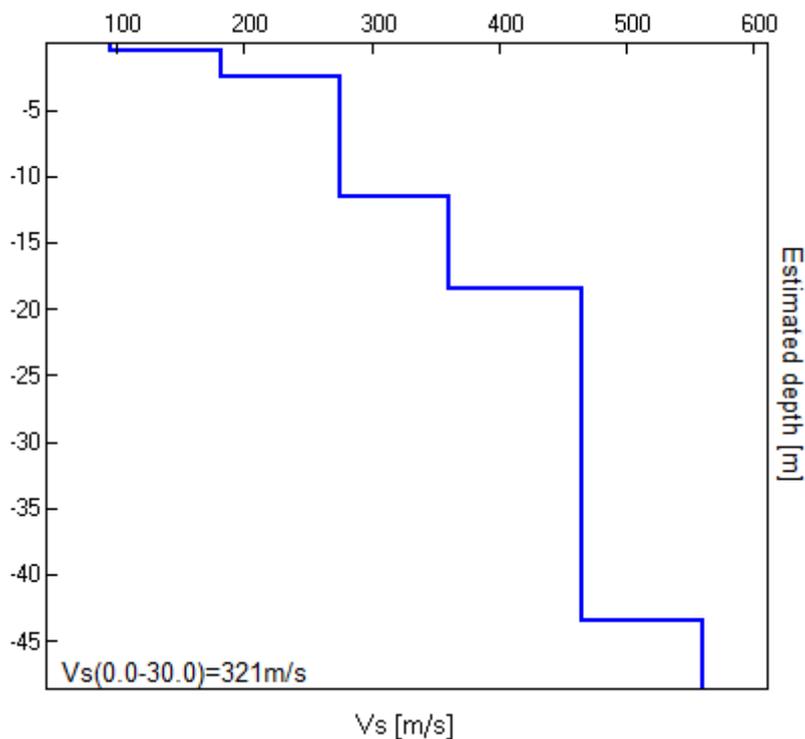
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 18.75 ± 7.65 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.55	0.55	95	0.40
2.55	2.00	182	0.40
11.55	9.00	275	0.40
18.55	7.00	361	0.38
43.55	25.00	465	0.34
inf.	inf.	560	0.32

Vs(0.0-30.0)=321m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 18.75 ± 7.65 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	18.75 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	14625.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 901	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	37.406 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.76 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.40794  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	7.64885 < 0.9375		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3535 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

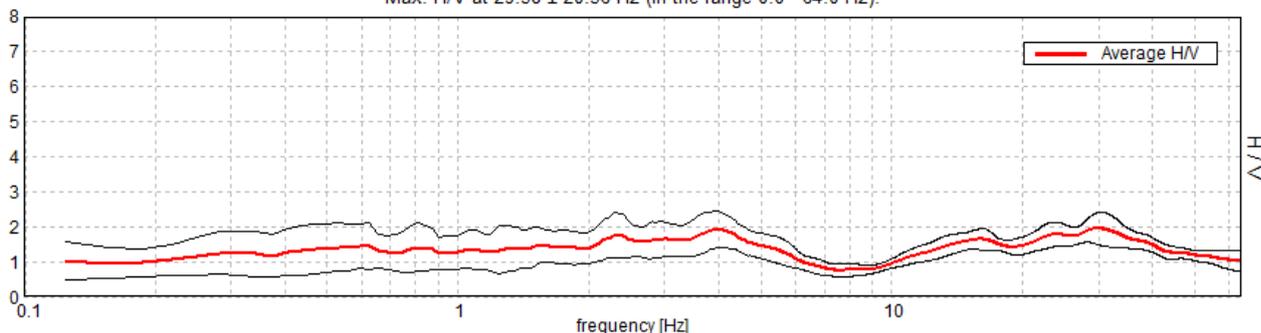
**MZS CASTELLARANO, TRESSANO 9**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 24/04/13 12:25:39      End recording: 24/04/13 12:45:39  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS      UTM 32 T 639139 4932171

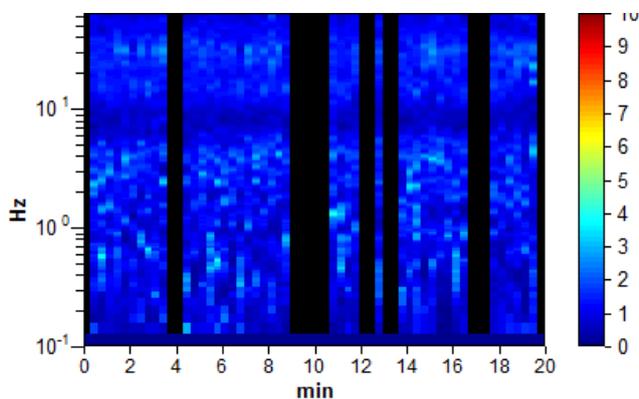
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 73% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

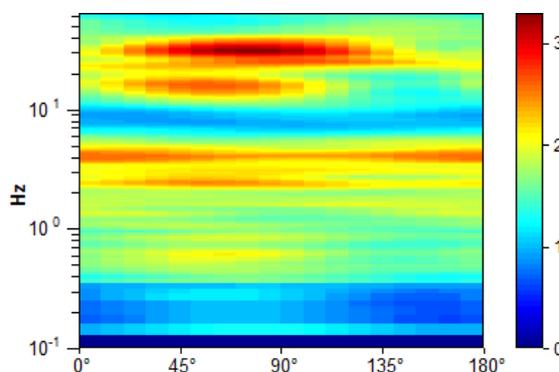
Max. H/V at 29.38 ± 20.56 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



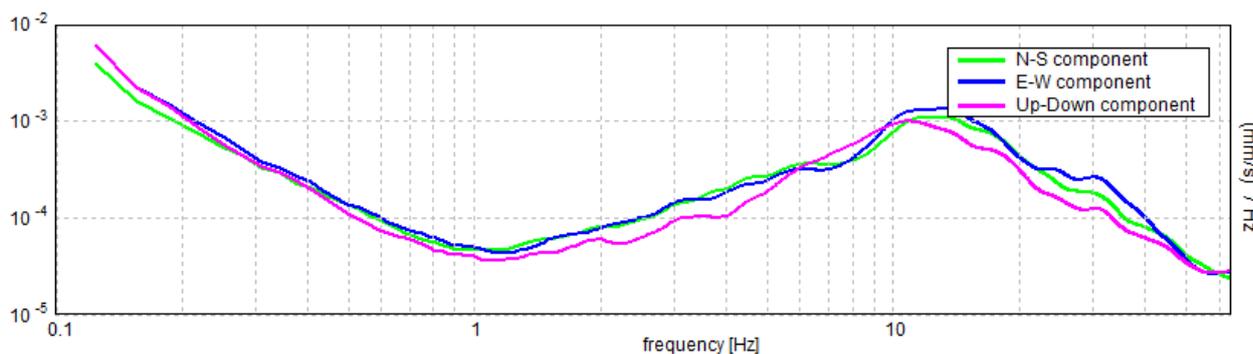
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



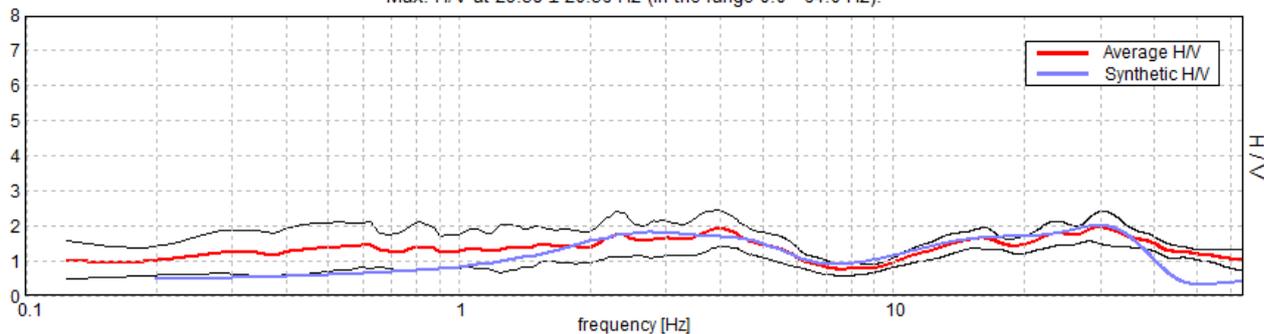
**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**





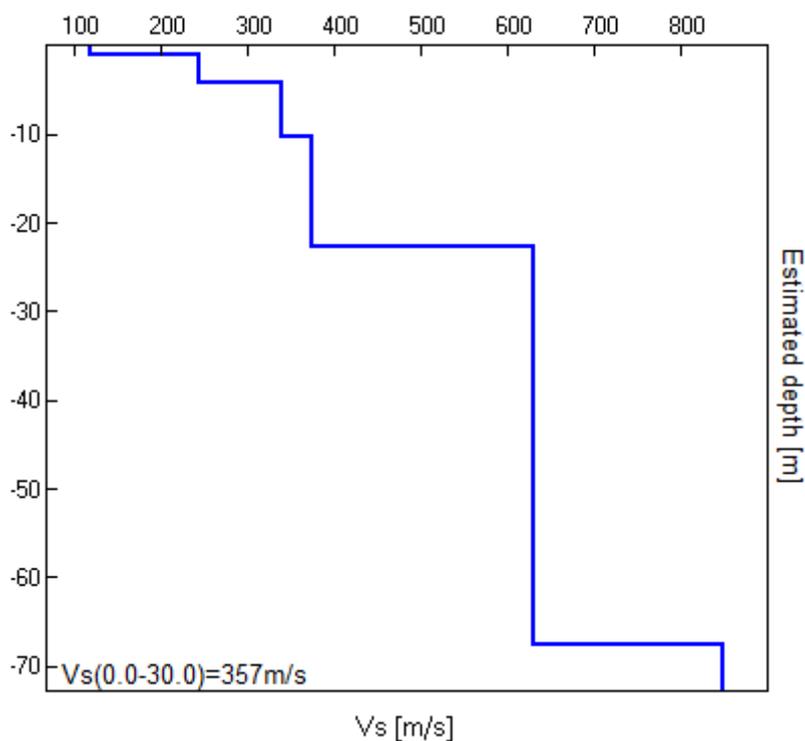
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 29.38 ± 20.56 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	118	0.40
4.20	3.20	245	0.38
10.20	6.00	340	0.38
22.70	12.50	375	0.36
67.70	45.00	630	0.36
inf.	inf.	850	0.36

Vs(0.0-30.0)=357m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 29.38 ± 20.56 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	29.38 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	25850.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1411	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	10.125 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.94 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.69988  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	20.55903 < 1.46875		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4258 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

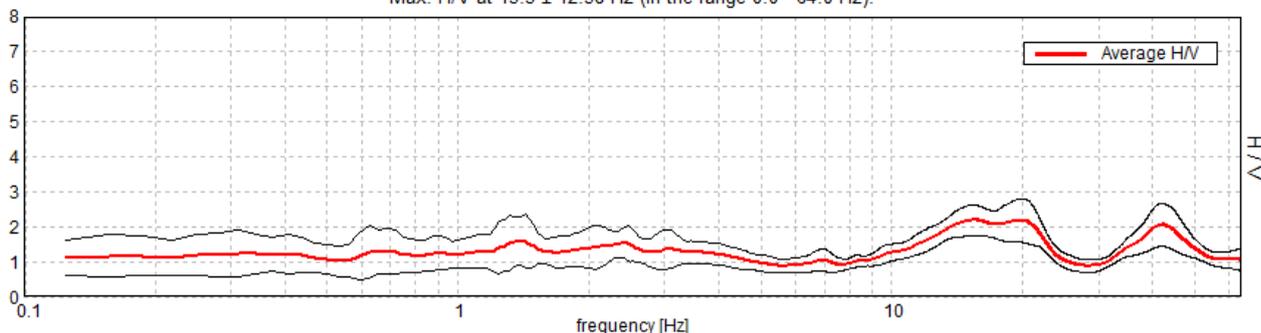
**MZS CASTELLARANO, TRESSANO 10**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 24/04/13 12:53:54 End recording: 24/04/13 13:13:54  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 638697 4931825

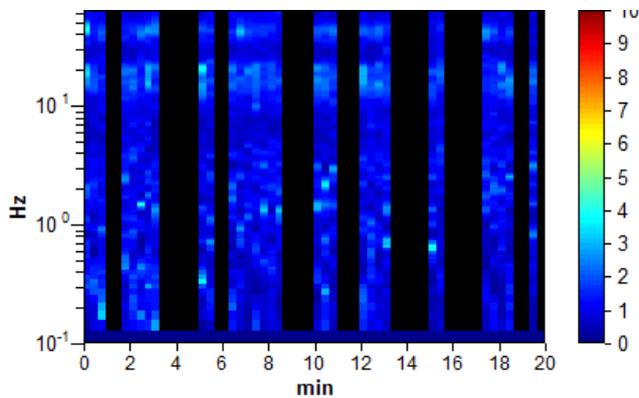
Trace length: 0h20'00". Analyzed 52% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

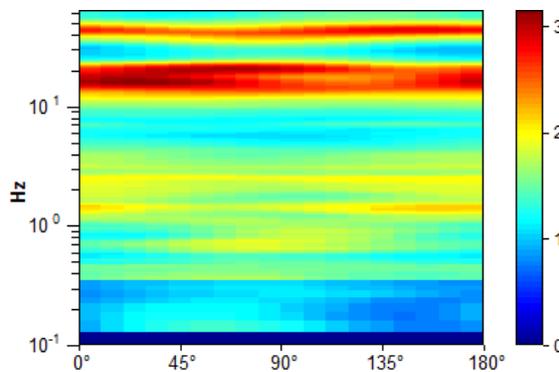
Max. H/V at 15.5 ± 12.38 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



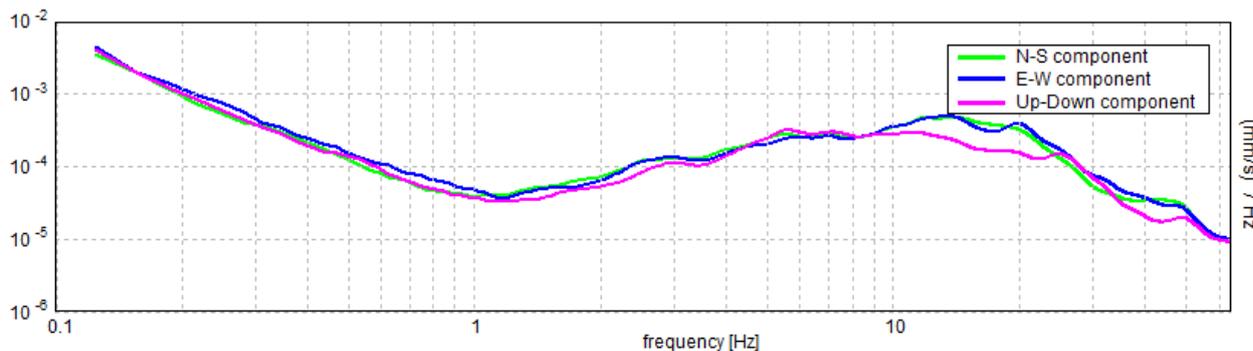
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

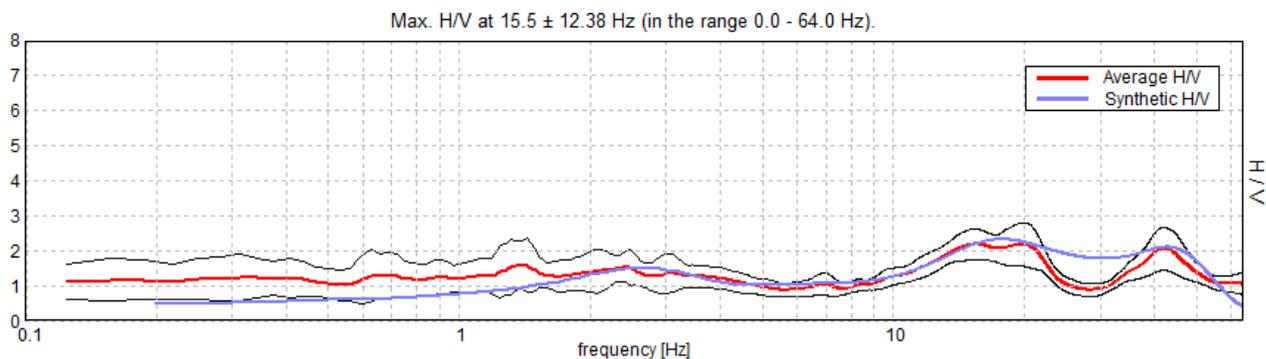


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



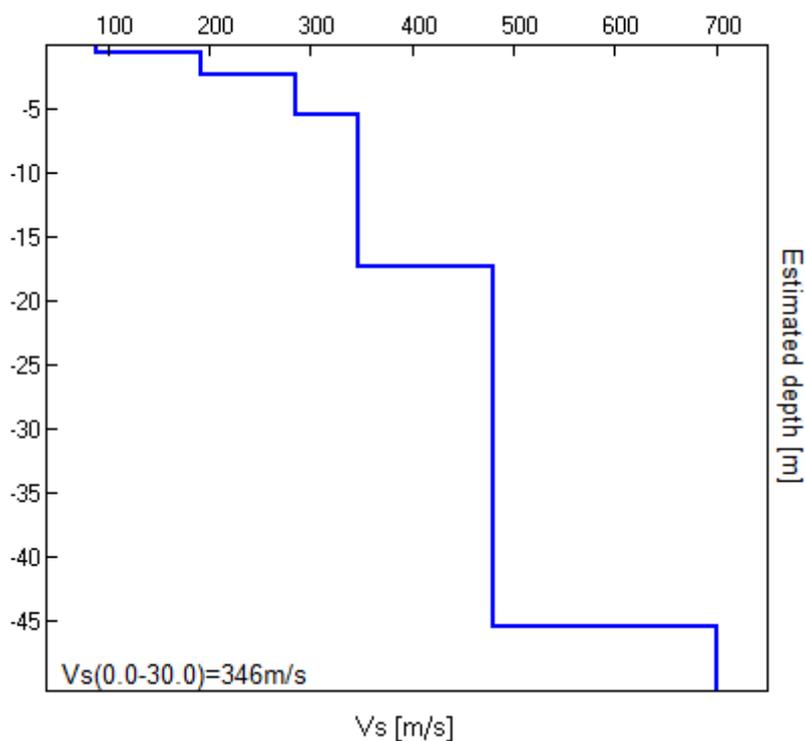


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.55	0.55	90	0.40
2.35	1.80	192	0.40
5.35	3.00	286	0.36
17.35	12.00	348	0.34
45.35	28.00	480	0.34
inf.	inf.	700	0.34

Vs(0.0-30.0)=346m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 15.5 ± 12.38 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	15.50 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	9610.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 745	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.188 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	24.563 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.19 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.79856  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	12.37767 < 0.775		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.437 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

**MZS CASTELLARANO, TRESSANO 11**

Instrument: TRZ-0187/01-12

Start recording: 24/04/13 13:23:53      End recording: 24/04/13 13:43:53

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS      UTM 32 T 638617 4931236

Trace length: 0h20'00".      Analyzed 65% trace (manual window selection)

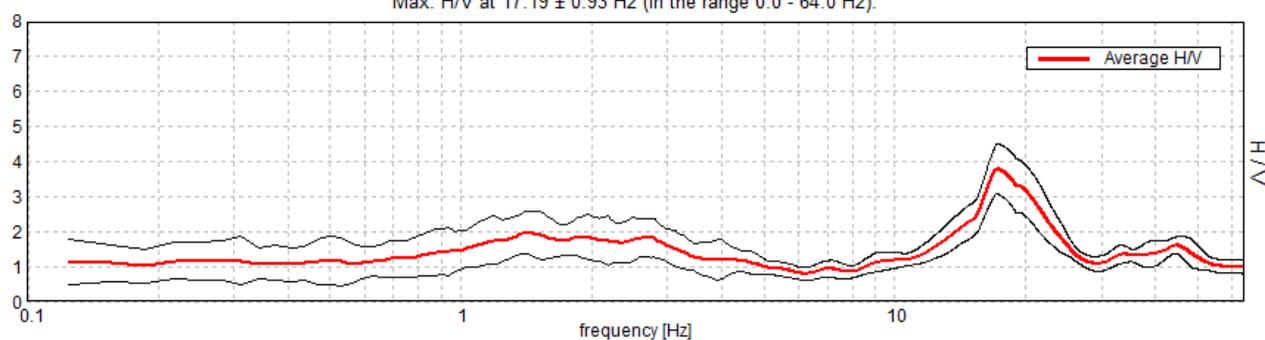
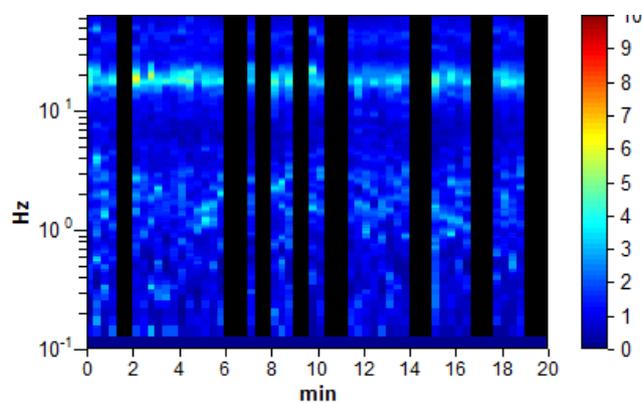
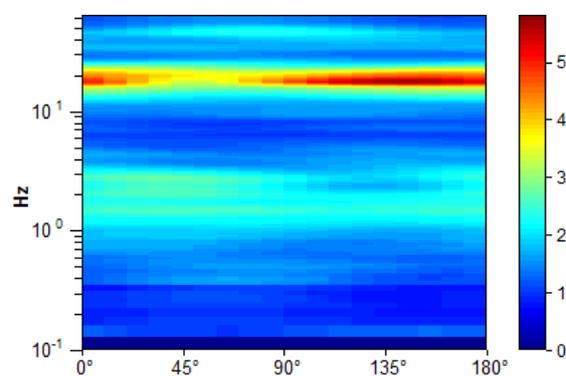
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

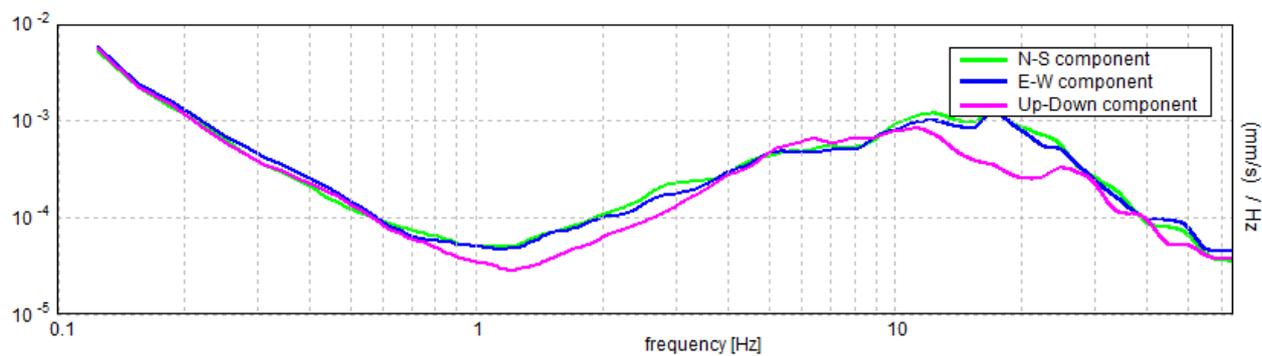
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

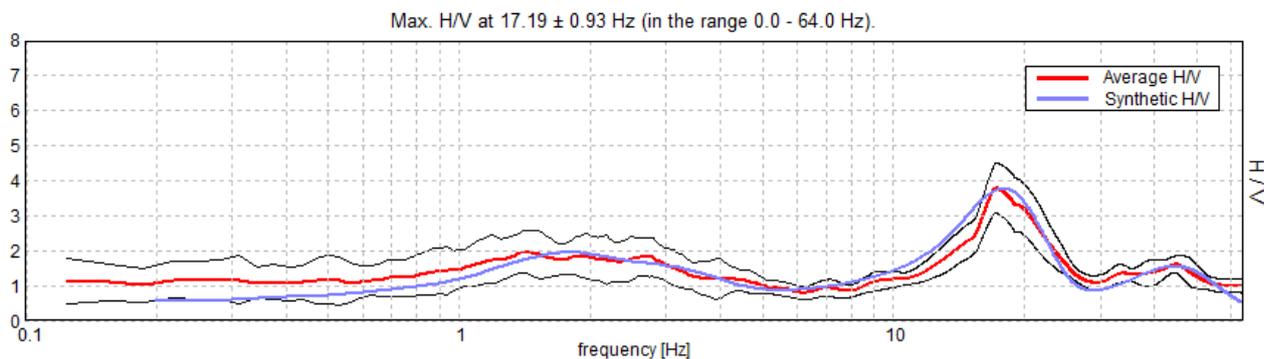
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

 Max. H/V at  $17.19 \pm 0.93$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**SERIE TEMPORALE H/V**

**DIREZIONALITA' H/V**


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

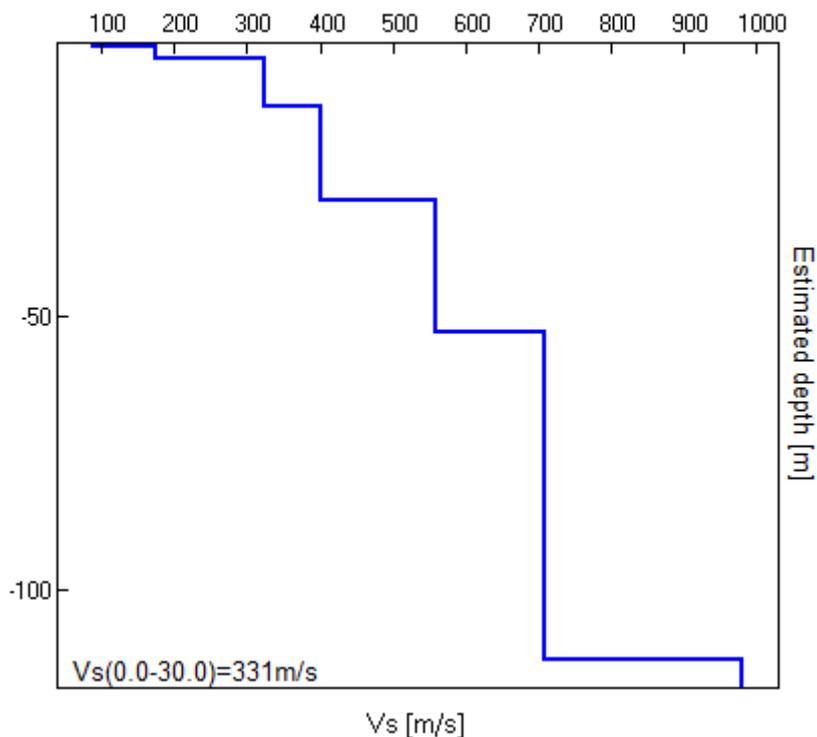


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.52	0.52	89	0.40
2.67	2.15	175	0.40
11.67	9.00	325	0.40
28.67	17.00	400	0.36
52.67	24.00	560	0.34
112.67	60.00	710	0.30
inf.	inf.	980	0.30

Vs(0.0-30.0)=331m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 17.19 ± 0.93 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	17.19 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	13406.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 826	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	13.5 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	23.938 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.79 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.05385  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.92551 < 0.85938		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.7111 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

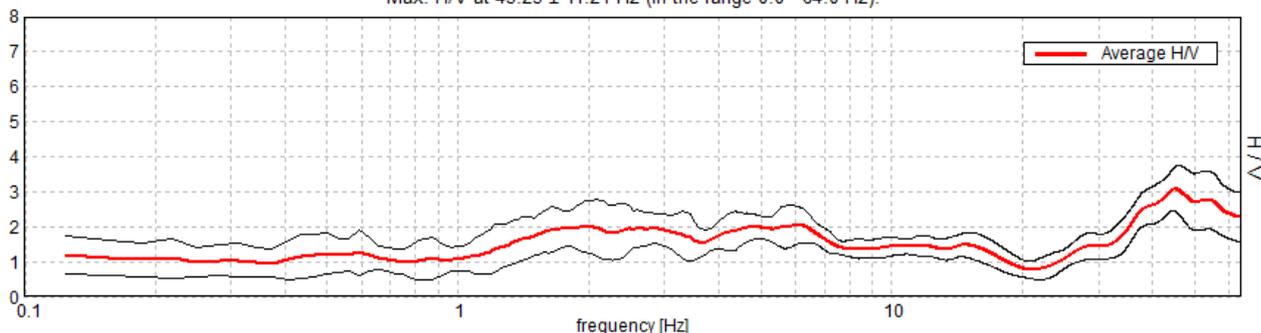
**MZS CASTELLARANO, CASTELLARANO 12**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 24/04/13 13:54:53 End recording: 24/04/13 14:14:53  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available

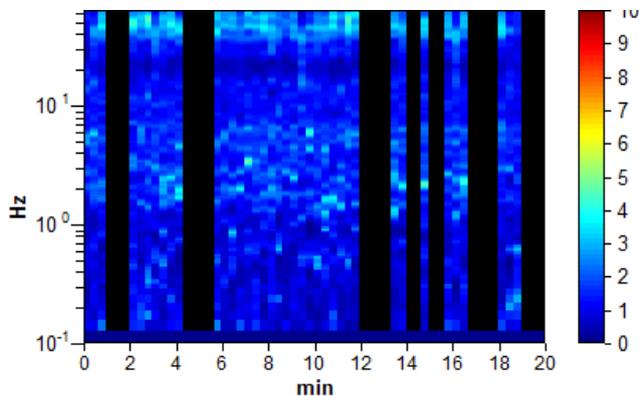
Trace length: 0h20'00". Analyzed 63% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

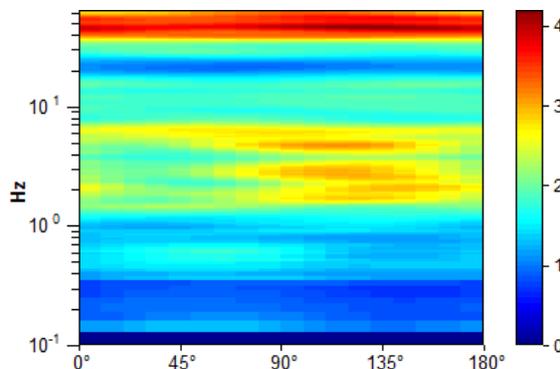
Max. H/V at 45.25 ± 11.21 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



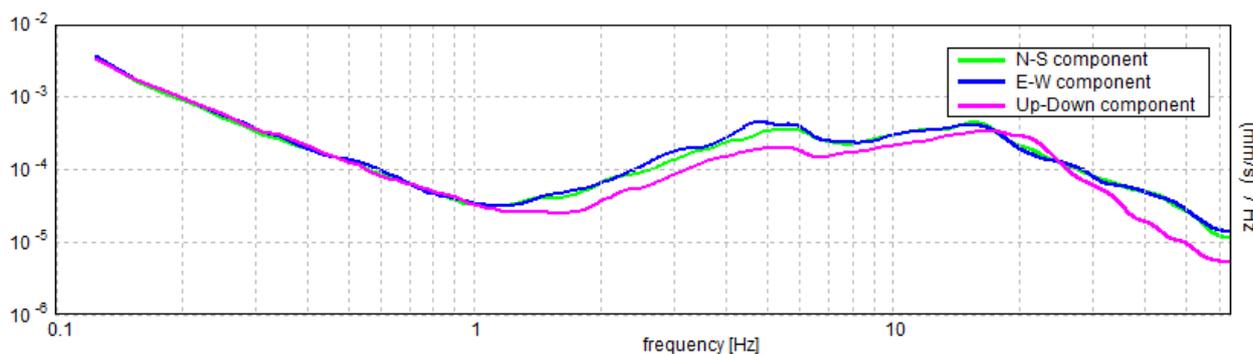
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



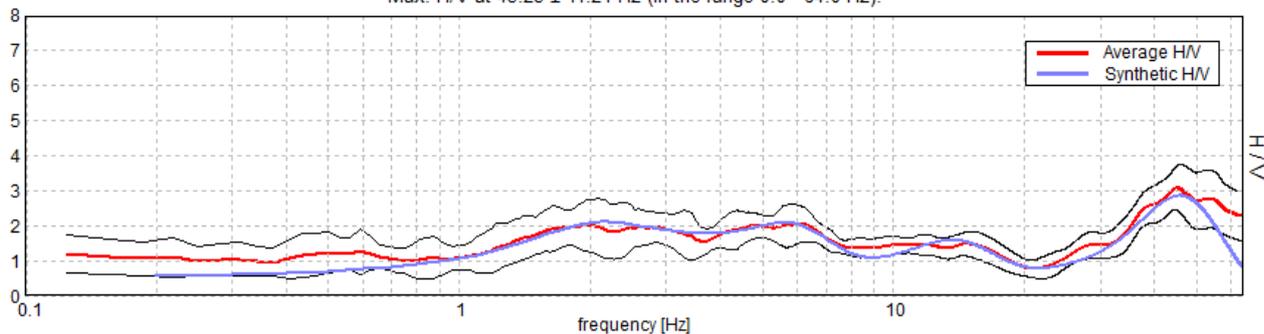
**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**





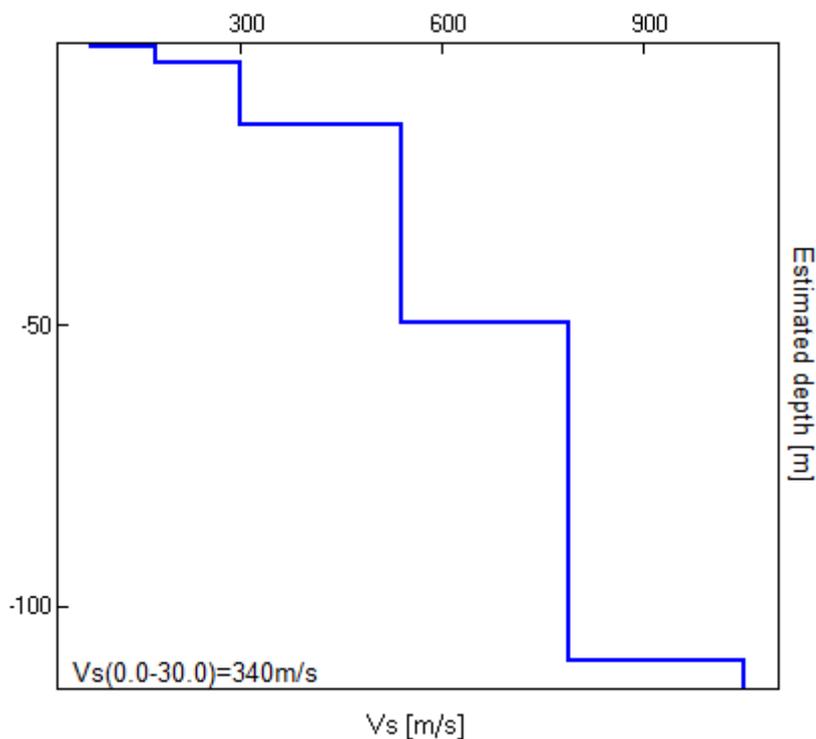
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 45.25 ± 11.21 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.45	0.45	80	0.40
3.45	3.00	175	0.38
14.45	11.00	300	0.36
49.45	35.00	540	0.32
109.45	60.00	790	0.30
inf.	inf.	1050	0.30

Vs(0.0-30.0)=340m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 45.25 ± 11.21 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	45.25 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	34390.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1325	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	32.469 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	3.08 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.24784  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	11.21463 < 2.2625		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.6534 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

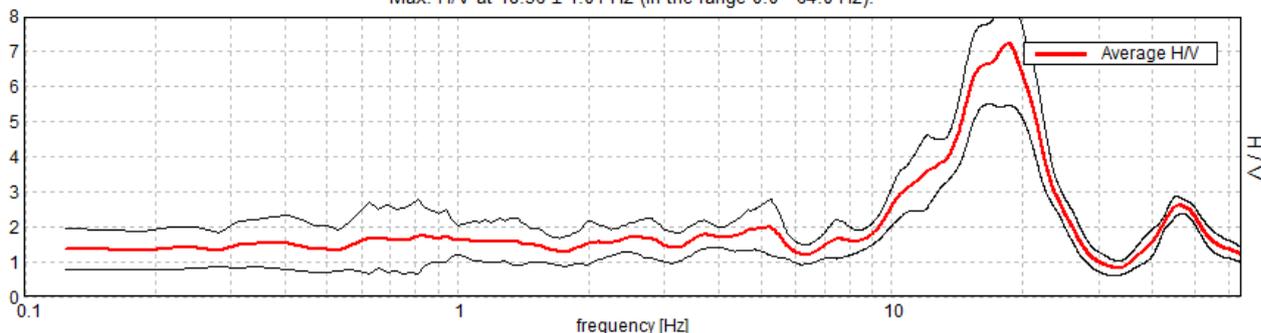
**MZS CASTELLARANO, CASTELLARANO 13**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 24/04/13 14:55:48 End recording: 24/04/13 15:15:48  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 637933 4930429

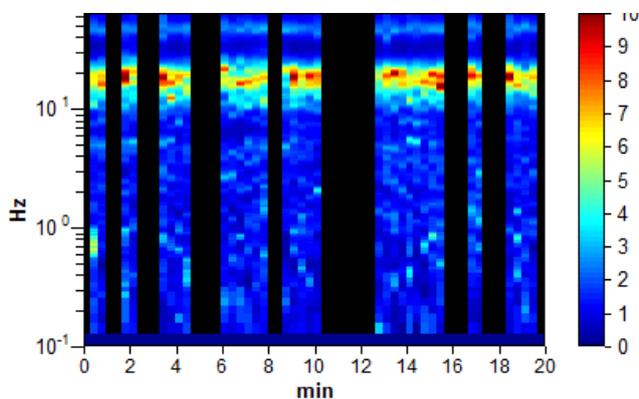
Trace length: 0h20'00". Analyzed 57% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

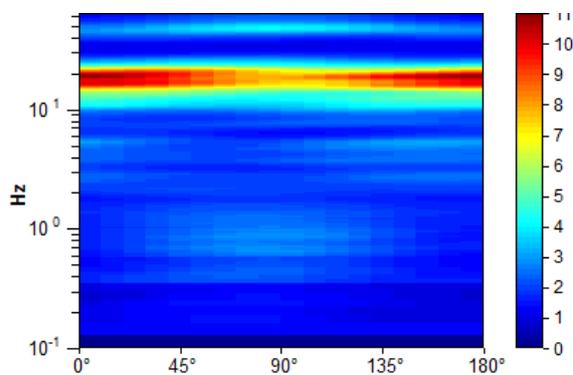
Max. H/V at 18.56 ± 1.01 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



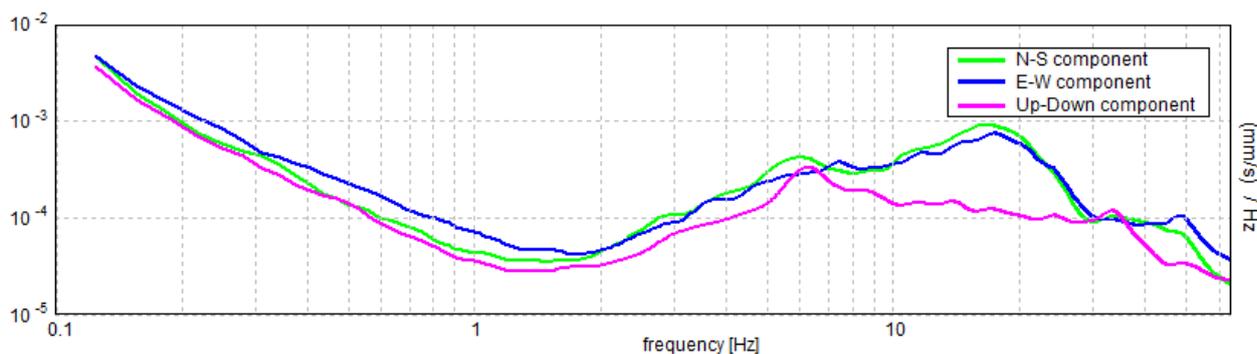
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

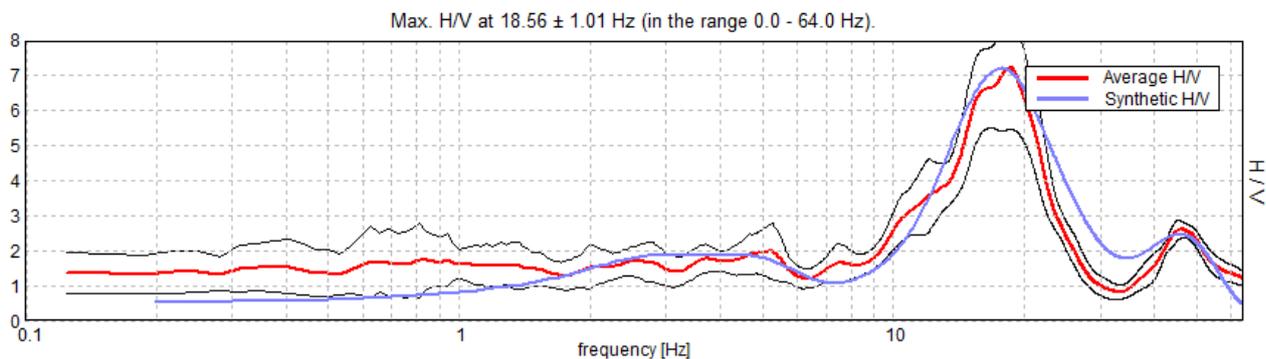


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



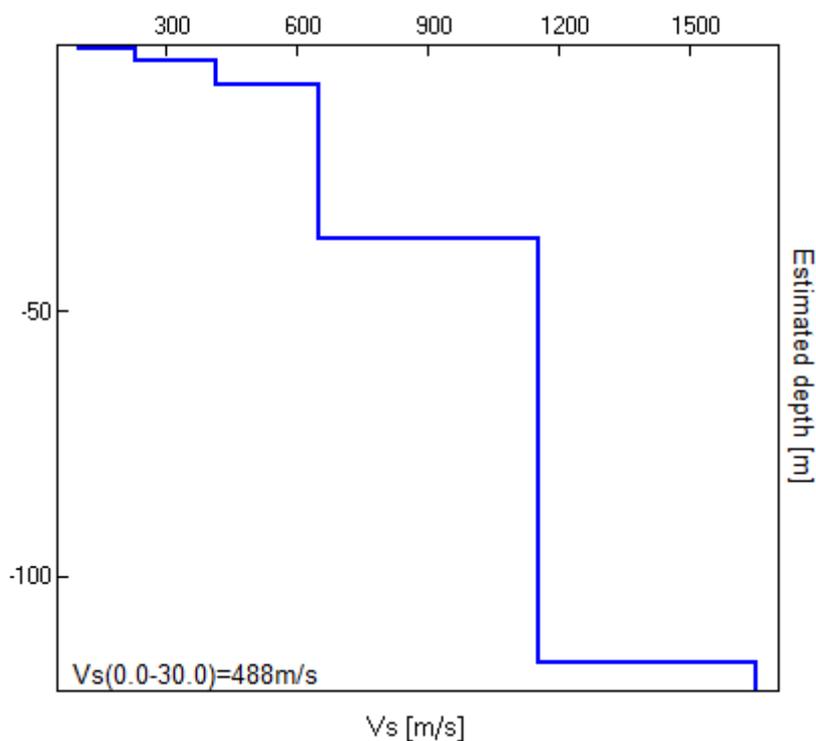


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.60	0.60	100	0.40
2.80	2.20	229	0.38
7.40	4.60	415	0.36
36.40	29.00	650	0.34
116.40	80.00	1150	0.30
inf.	inf.	1650	0.30

Vs(0.0-30.0)=488m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 18.56 ± 1.01 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	18.56 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	12622.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 892	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	12.219 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	22.938 Hz	OK	
$A_0 > 2$	7.24 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.05456  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.01277 < 0.92813		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.762 < 1.58		NO

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

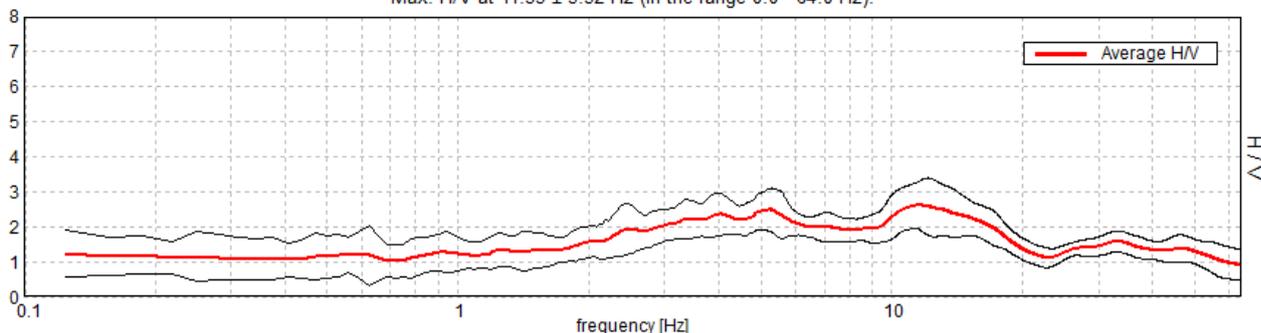
**MZS CASTELLARANO, CASTELLARANO 14**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 24/04/13 15:26:35      End recording: 24/04/13 15:46:35  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS      UTM 32 T 636969 4929884

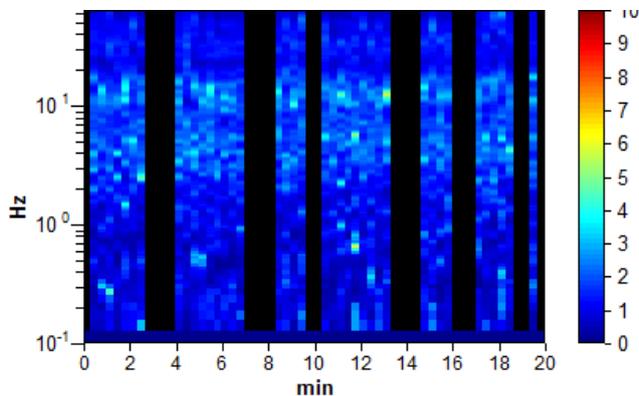
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 65% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

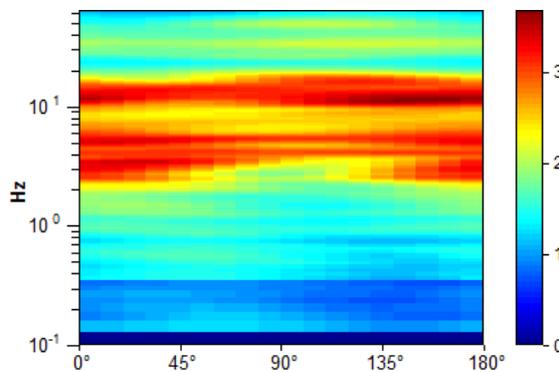
Max. H/V at 11.53 ± 3.52 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



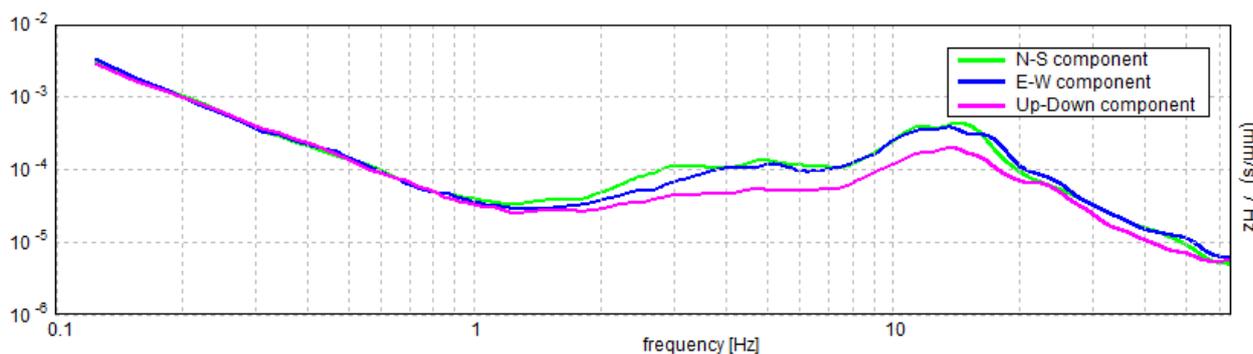
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



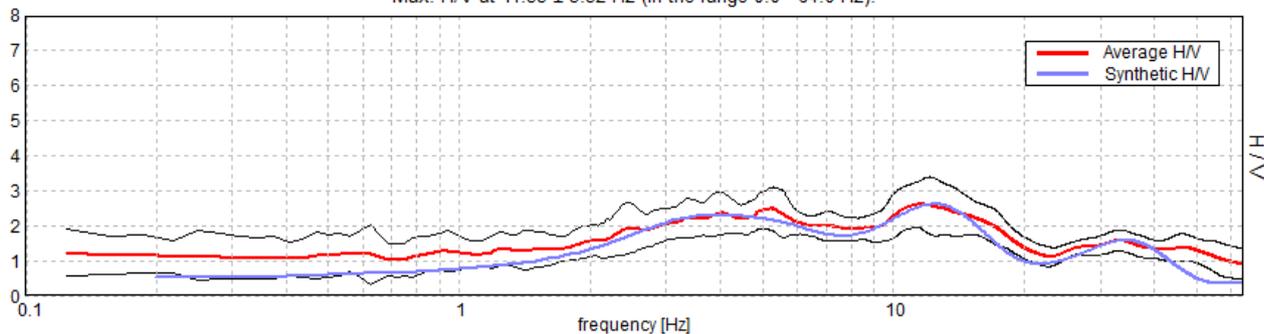
**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**





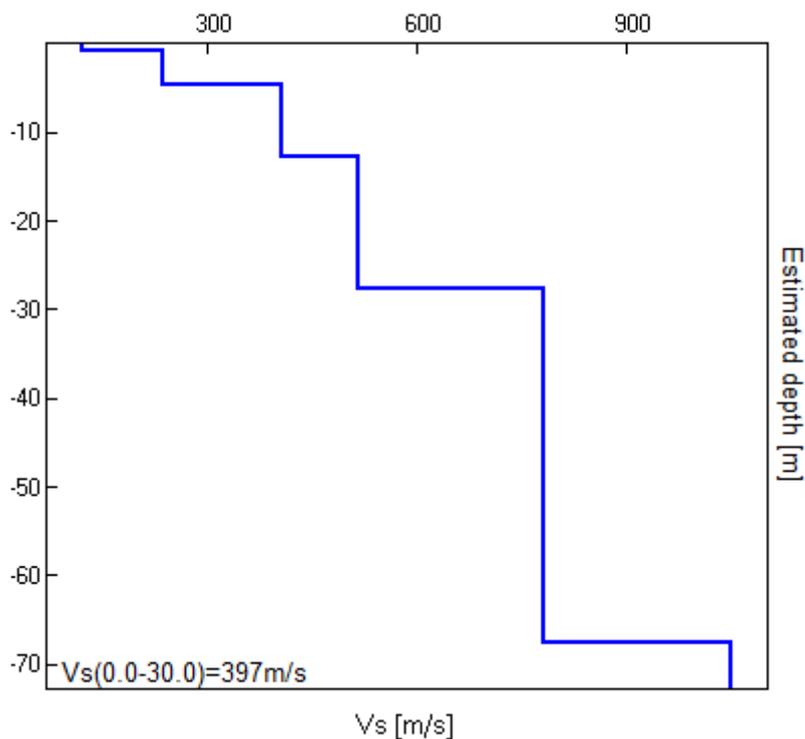
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 11.53 ± 3.52 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.90	0.90	120	0.40
4.70	3.80	235	0.40
12.70	8.00	405	0.36
27.70	15.00	515	0.32
67.70	40.00	780	0.30
inf.	inf.	1050	0.30

Vs(0.0-30.0)=397m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 11.53 ± 3.52 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	11.53 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	8994.4 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 554	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	20.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.61 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.30503  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	3.51737 < 0.57656		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.6741 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

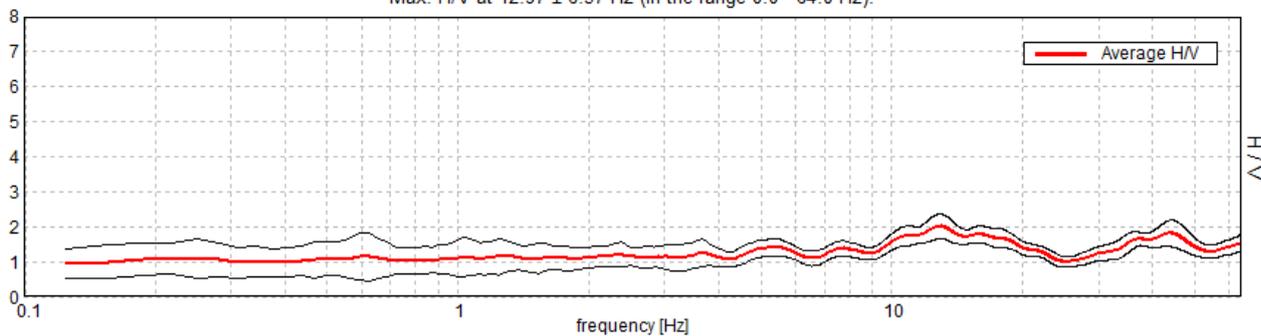
**MZS CASTELLARANO, CASTELLARANO 15**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 24/04/13 15:56:58      End recording: 24/04/13 16:16:58  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS      UTM 32 T 637545 4930170

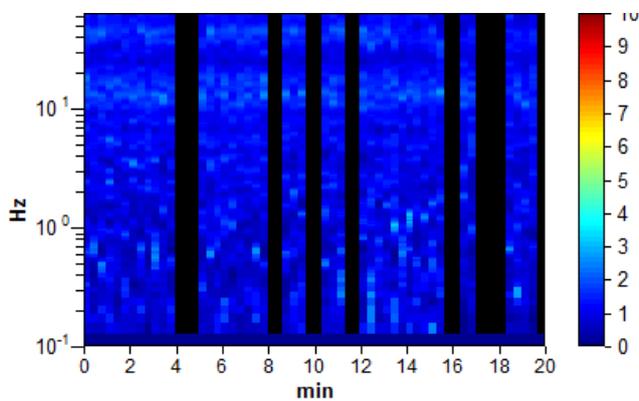
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 73% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

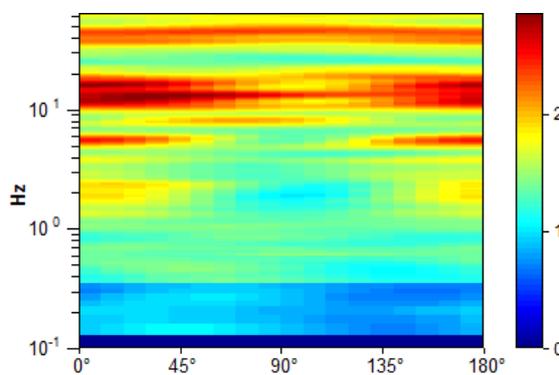
Max. H/V at 12.97 ± 6.37 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



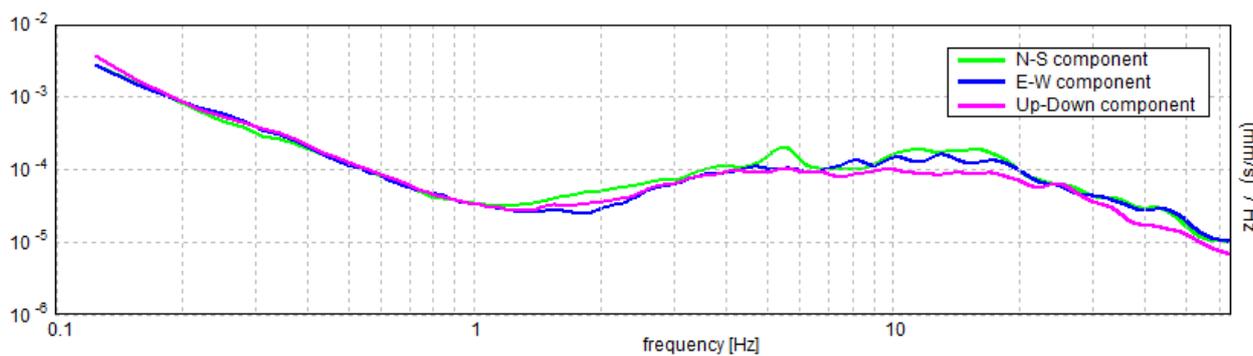
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



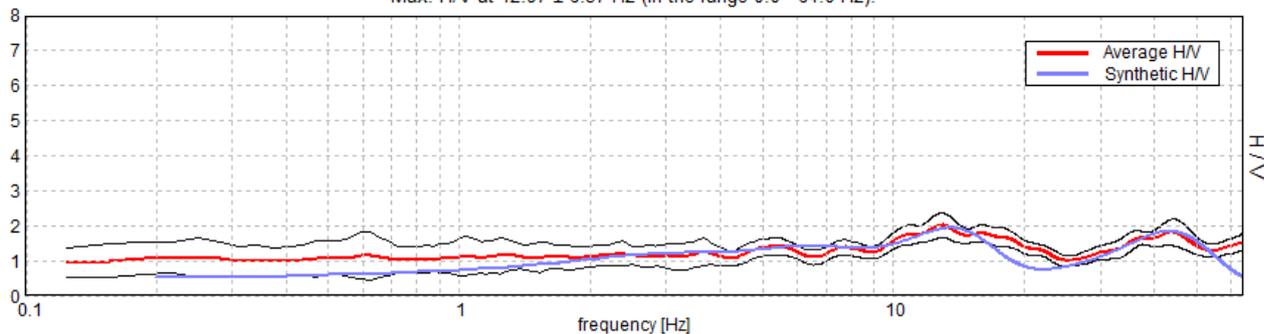
**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**





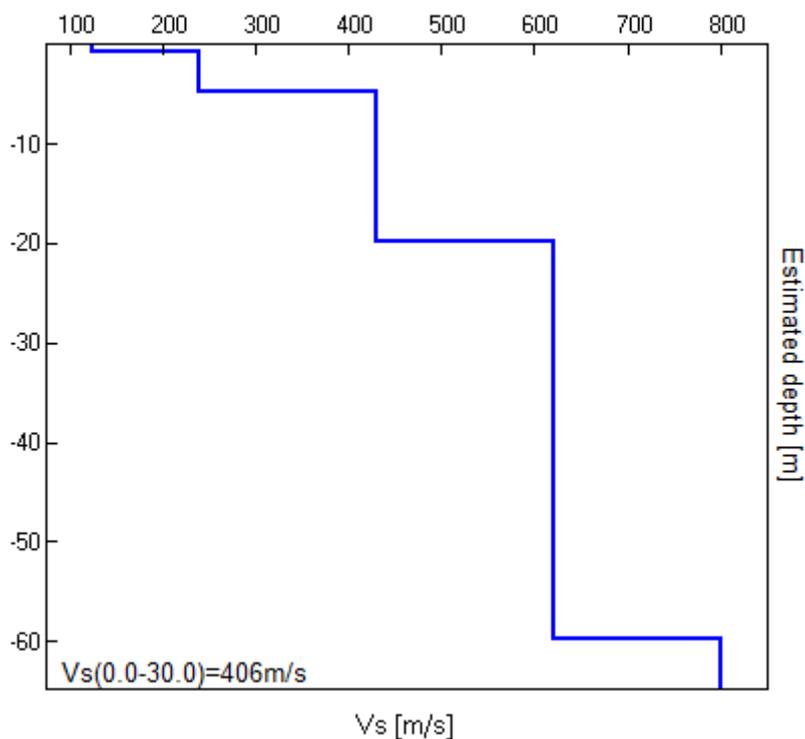
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 12.97 ± 6.37 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.73	0.73	125	0.40
4.73	4.00	240	0.38
19.73	15.00	430	0.36
59.73	40.00	620	0.30
inf.	inf.	800	0.30

Vs(0.0-30.0)=406m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 12.97 ± 6.37 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	12.97 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	11412.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 624	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	24.688 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.01 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.49139  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	6.37273 < 0.64844		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3507 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

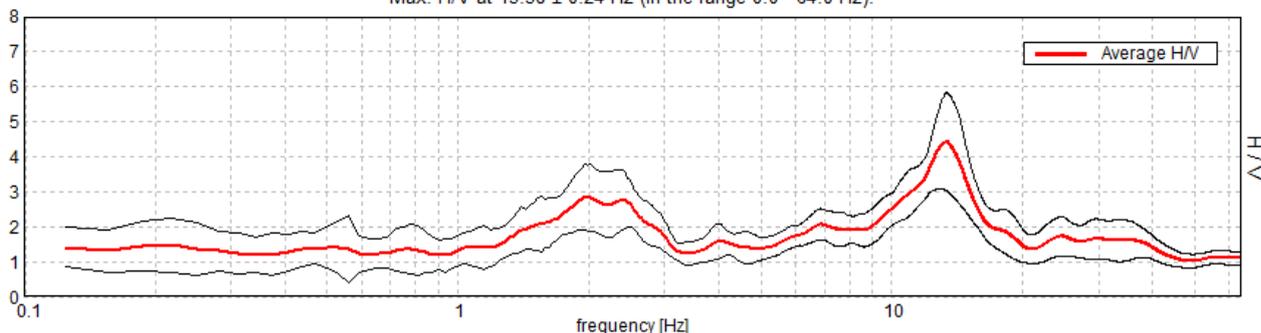
**MZS CASTELLARANO, CASTELLARANO 16**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 24/04/13 16:32:33      End recording: 24/04/13 16:52:33  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS      UTM 32 T 637001 4929613

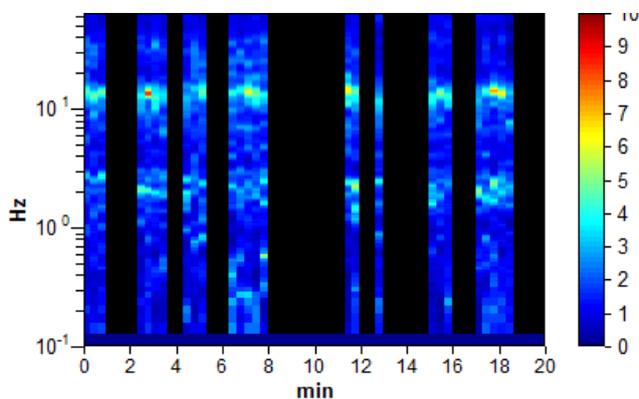
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 43% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

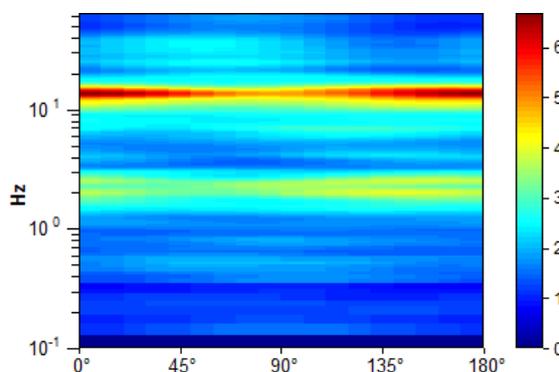
Max. H/V at 13.38 ± 0.24 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



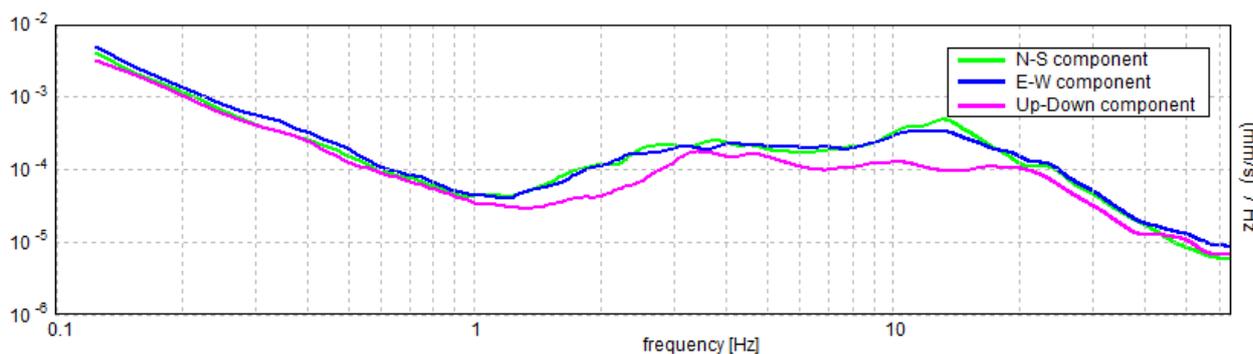
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

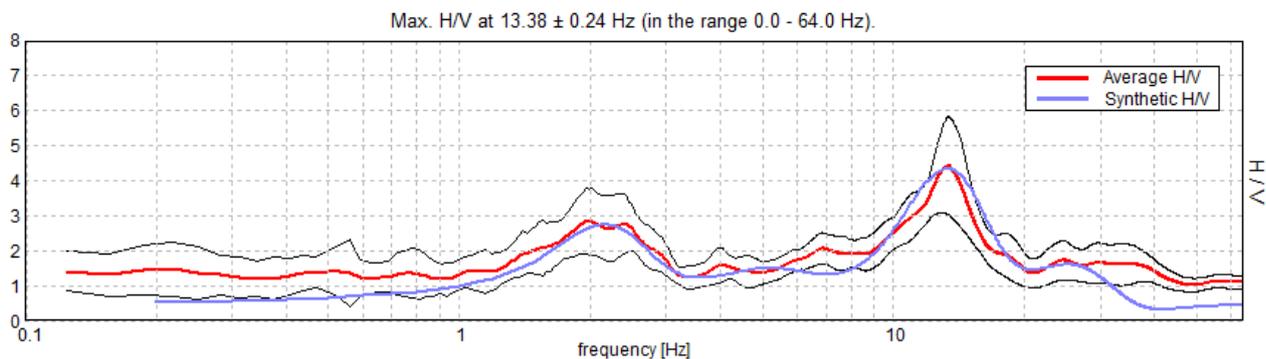


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



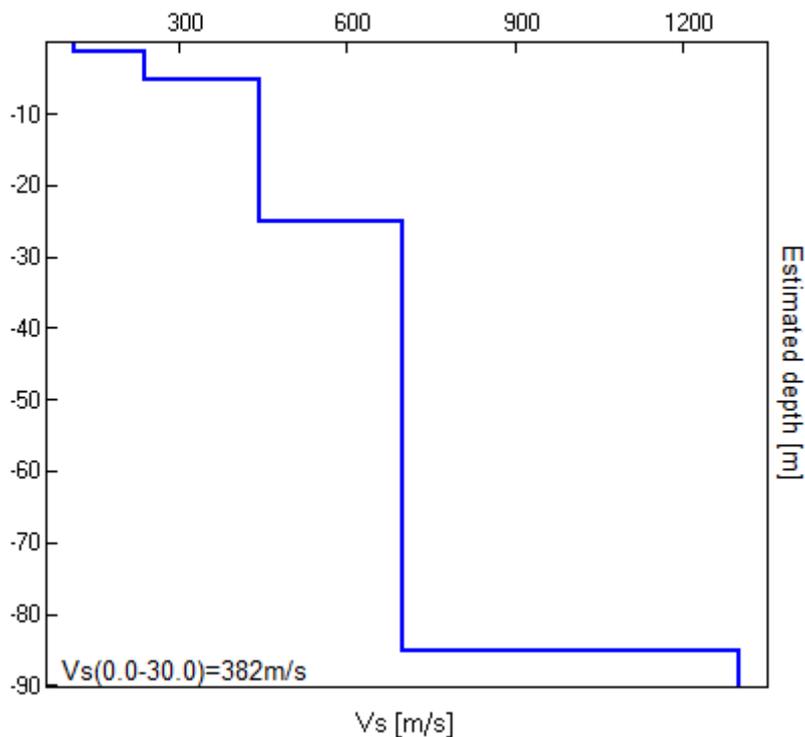


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.20	1.20	115	0.40
5.10	3.90	240	0.36
25.10	20.00	445	0.35
85.10	60.00	700	0.32
inf.	inf.	1300	0.30

Vs(0.0-30.0)=382m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 13.38 ± 0.24 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	13.38 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	6955.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 643	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.406 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	16.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.43 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01778  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.23784 < 0.66875	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.404 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

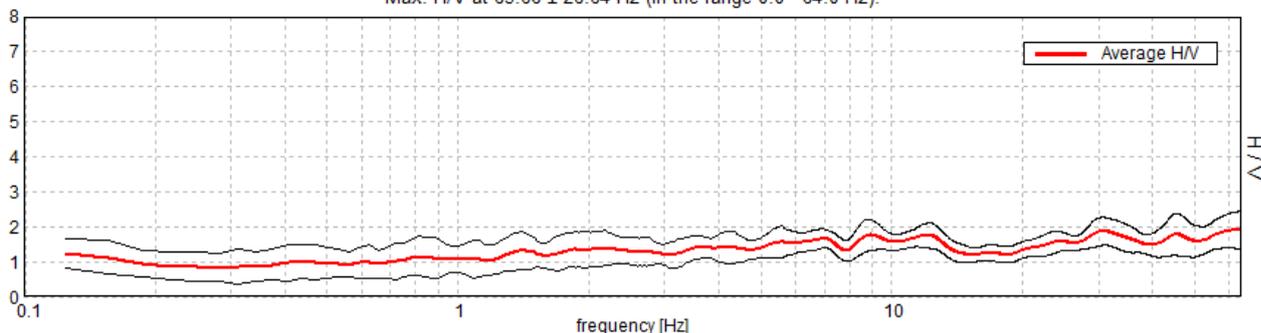
**MZS CASTELLARANO, CASTELLARANO 17**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 24/04/13 14:24:07 End recording: 24/04/13 14:44:07  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 637724 4930632

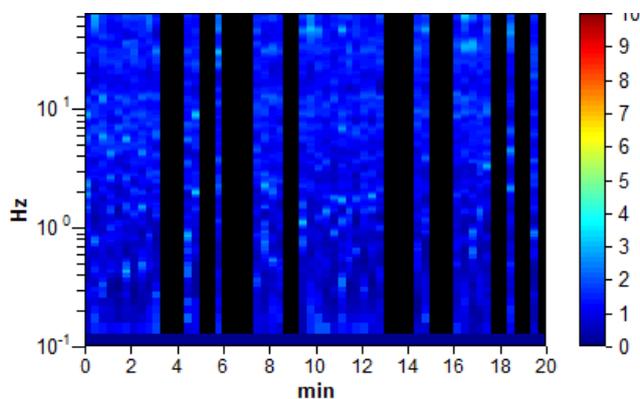
Trace length: 0h20'00". Analyzed 62% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

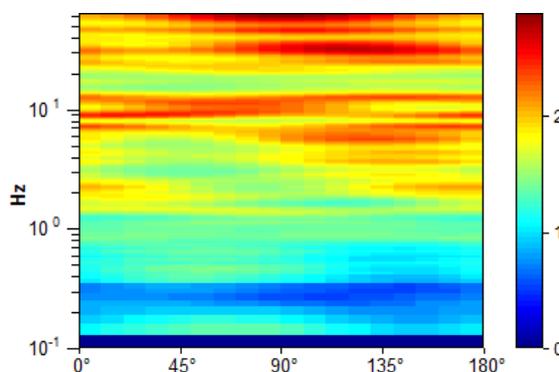
Max. H/V at 63.66 ± 26.64 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



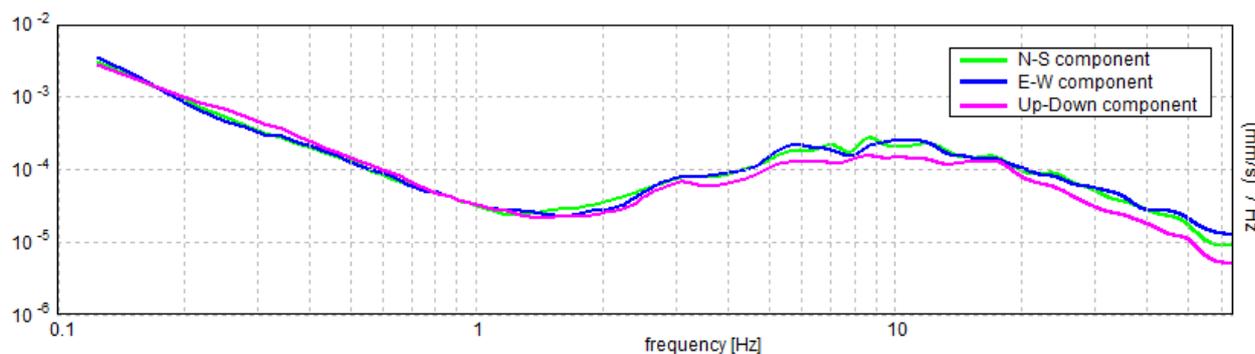
**SERIE TEMPORALE H/V**

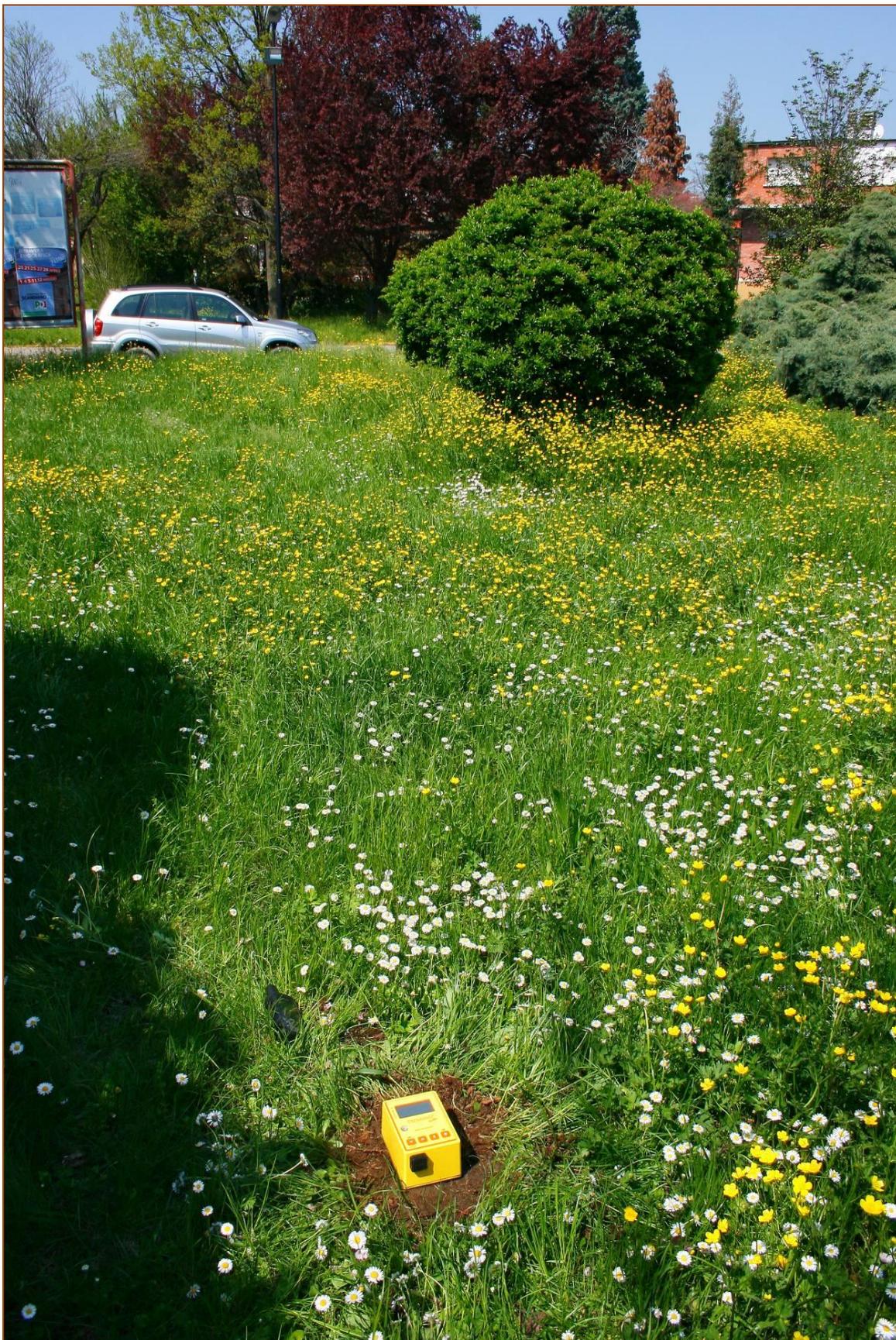


**DIREZIONALITA' H/V**



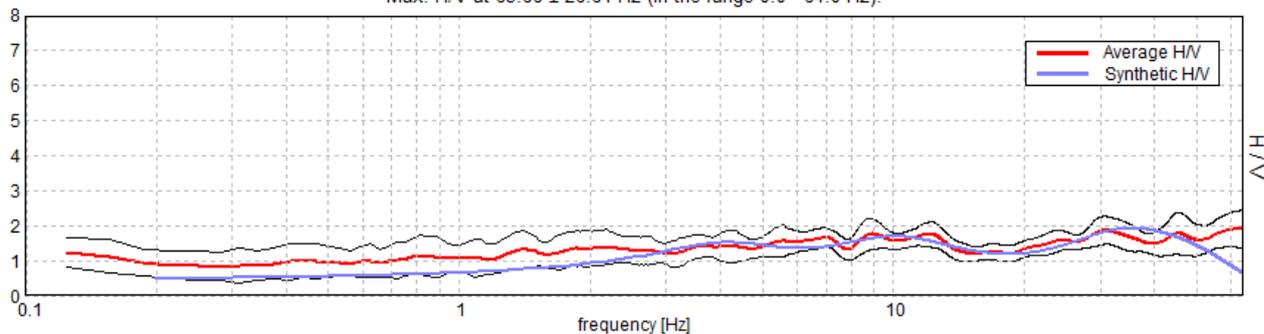
**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**





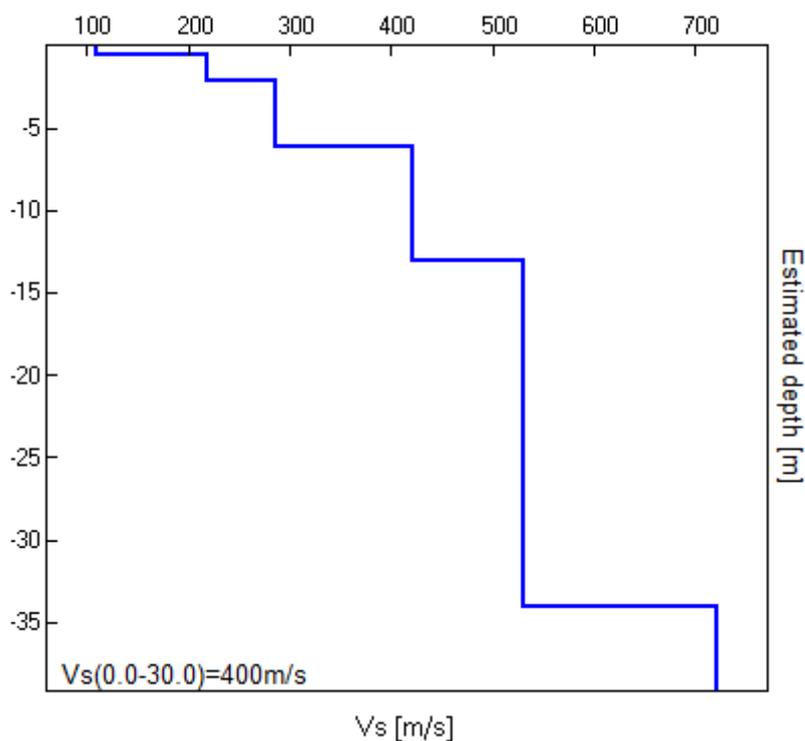
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 63.66 ± 26.64 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.60	0.60	110	0.40
2.10	1.50	218	0.40
6.10	4.00	285	0.38
13.10	7.00	420	0.34
34.10	21.00	530	0.32
inf.	inf.	720	0.30

Vs(0.0-30.0)=400m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 63.66 ± 26.64 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	63.66 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	47105.6 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1030	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.91 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.4185  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	26.64024 < 3.18281		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5341 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

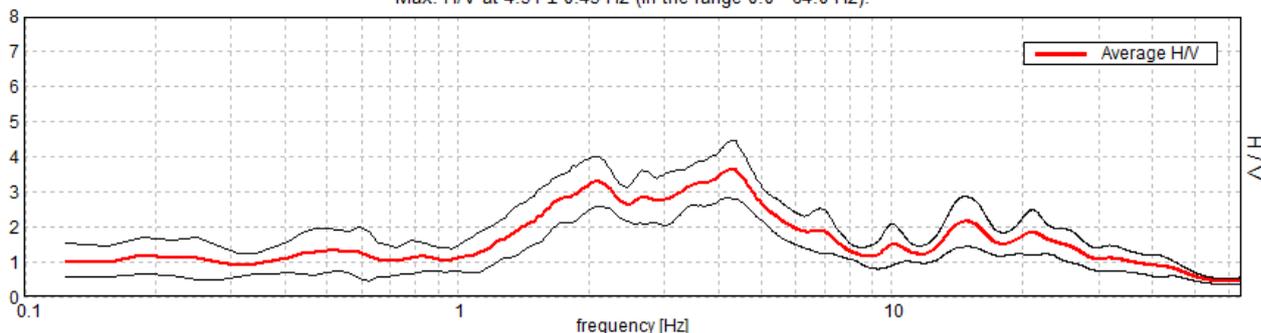
**MZS CASTELLARANO, CASTELLARANO 18**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 24/04/13 17:03:04      End recording: 24/04/13 17:23:04  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS      UTM 32 T 636698 4929541

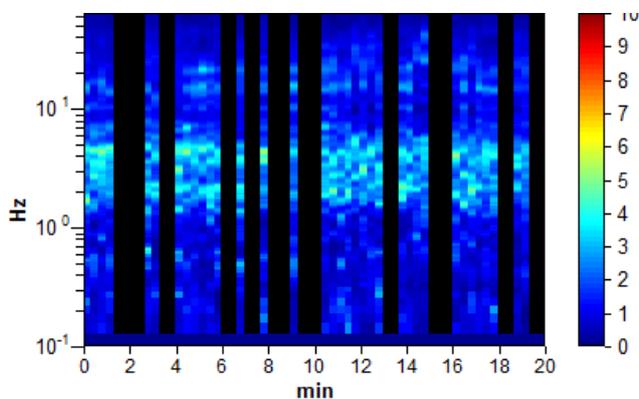
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 58% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

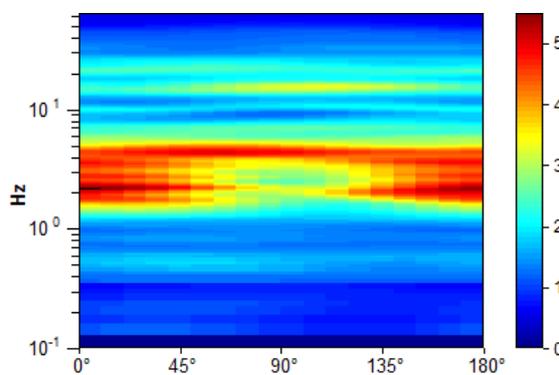
Max. H/V at 4.31 ± 0.45 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



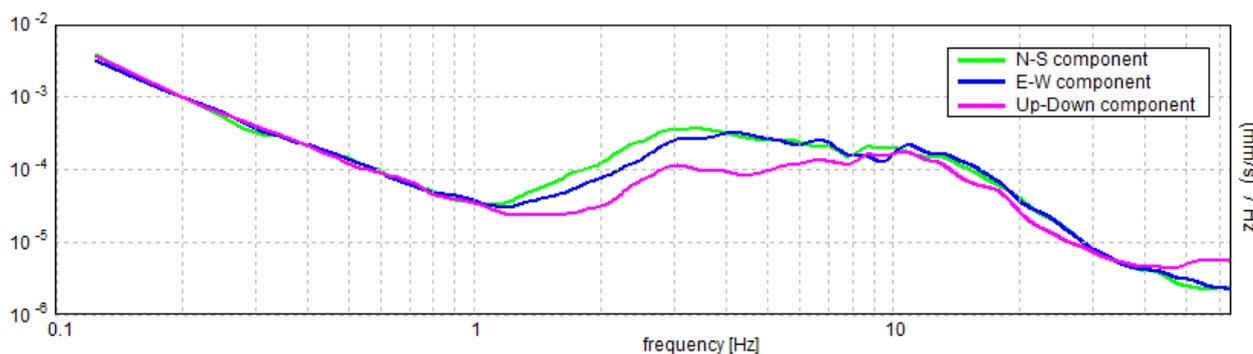
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

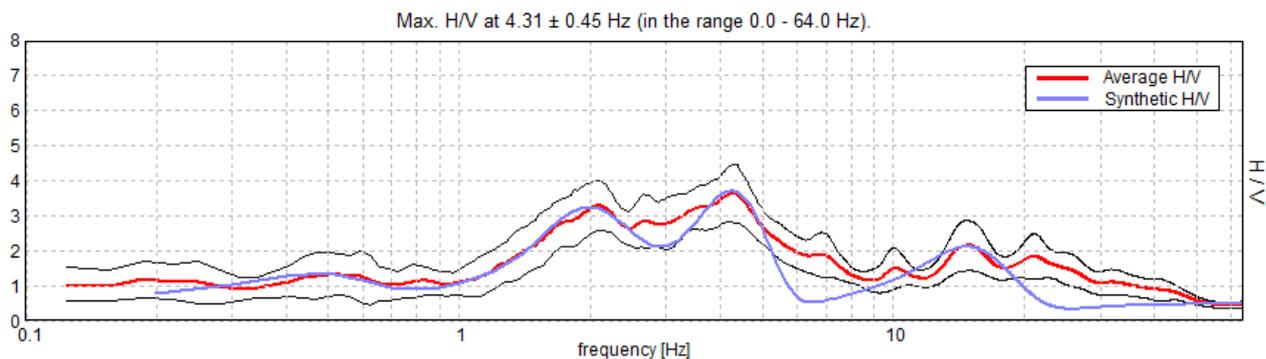


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



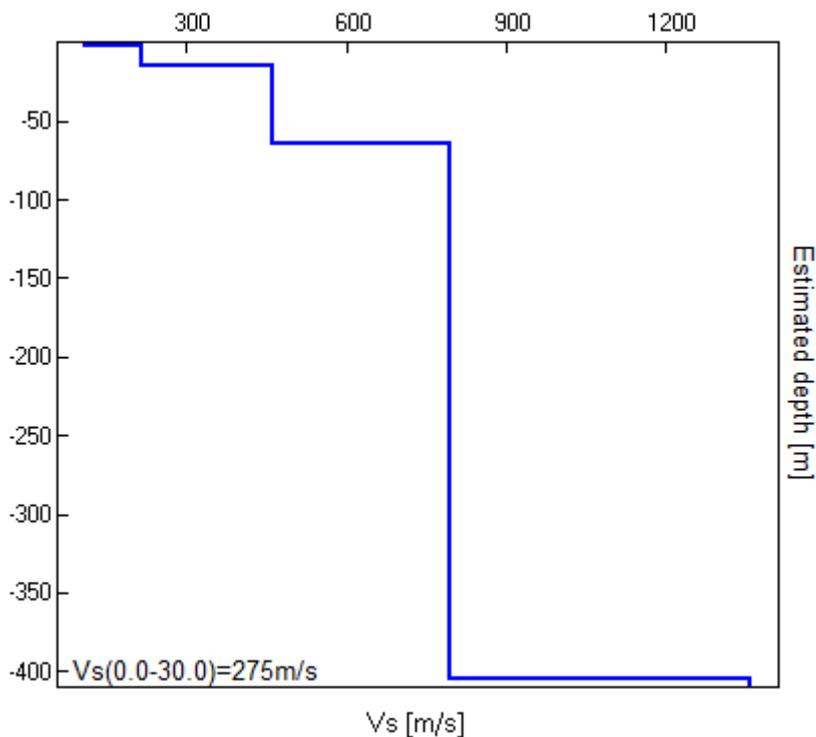


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.80	1.80	107	0.40
14.30	12.50	215	0.40
64.30	50.00	460	0.34
404.30	340.00	795	0.30
inf.	inf.	1361	0.30

Vs(0.0-30.0)=275m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 4.31 ± 0.45 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	4.31 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	3018.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 208	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.313 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.125 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.64 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.10464  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.45125 < 0.21563		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.8381 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

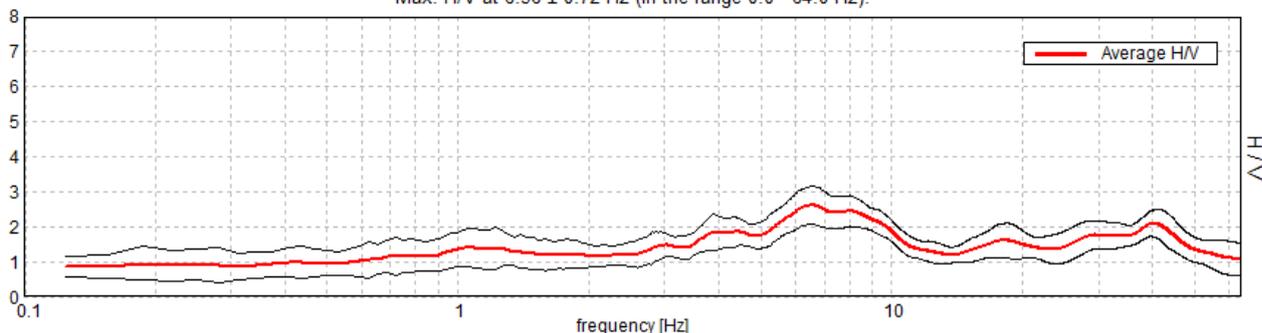
**MZS CASTELLARANO, CADIROGGIO 19**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 24/04/13 17:44:07 End recording: 24/04/13 18:04:07  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 639098 4934710

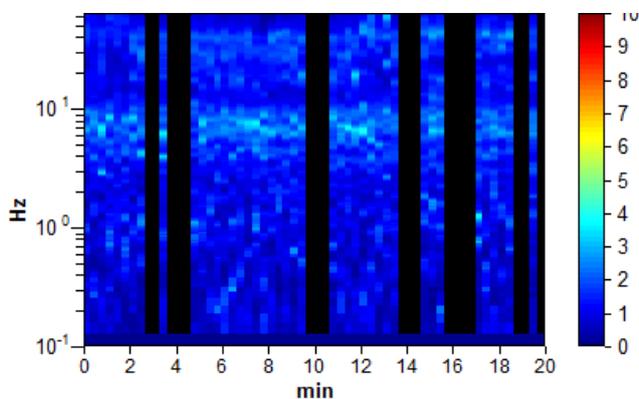
Trace length: 0h20'00". Analyzed 70% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

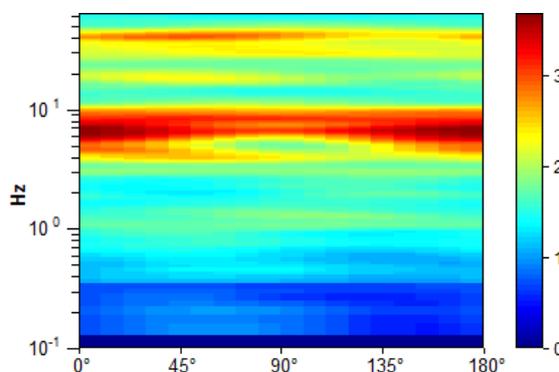
Max. H/V at 6.56 ± 0.72 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



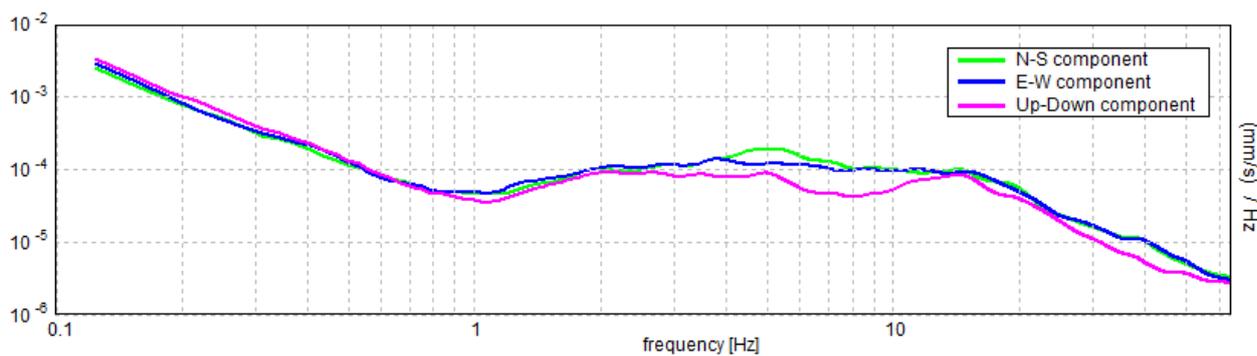
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

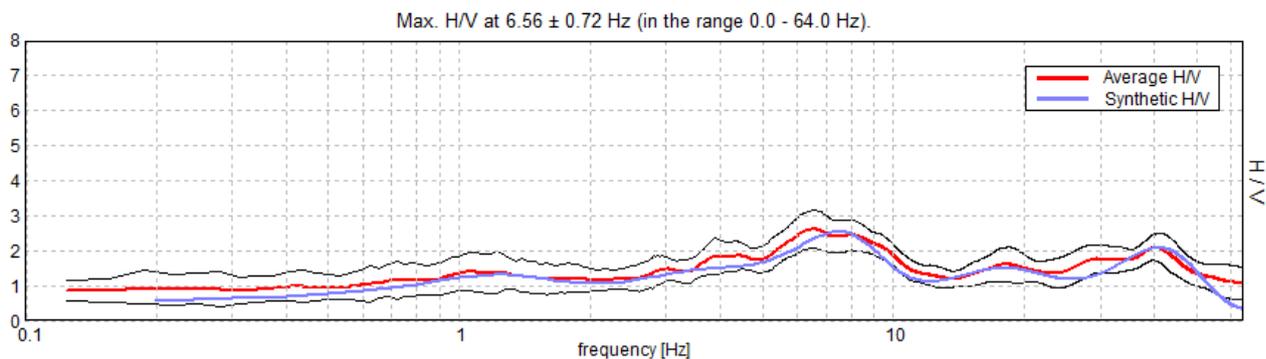


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



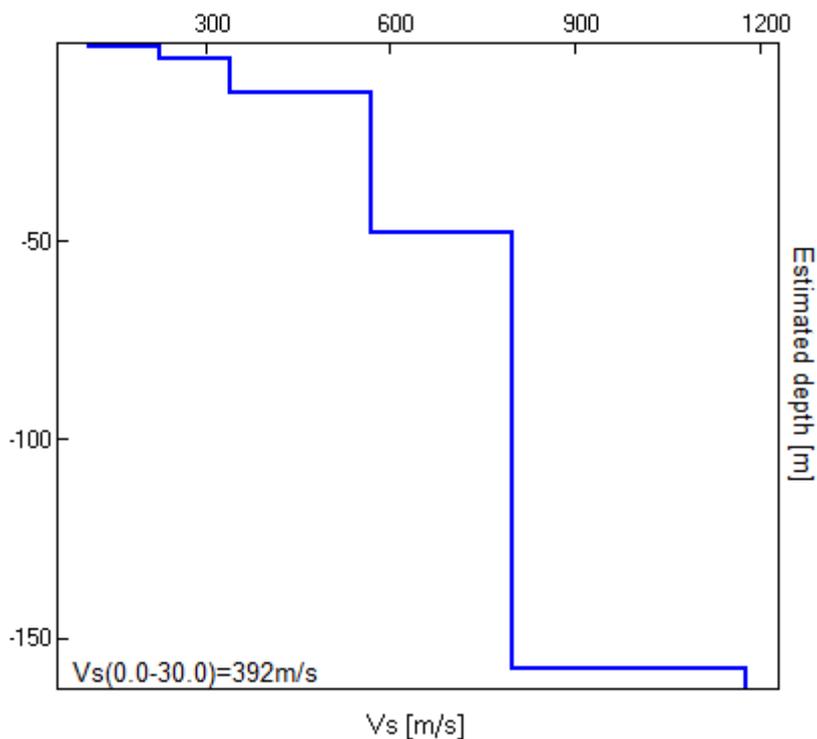


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.70	0.70	110	0.42
3.70	3.00	226	0.42
12.70	9.00	340	0.38
47.70	35.00	570	0.34
157.70	110.00	800	0.32
inf.	inf.	1180	0.30

Vs(0.0-30.0)=392m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 6.56 ± 0.72 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	6.56 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	5512.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 316	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.719 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	11.906 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.62 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.10995  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.72158 < 0.32813		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5507 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

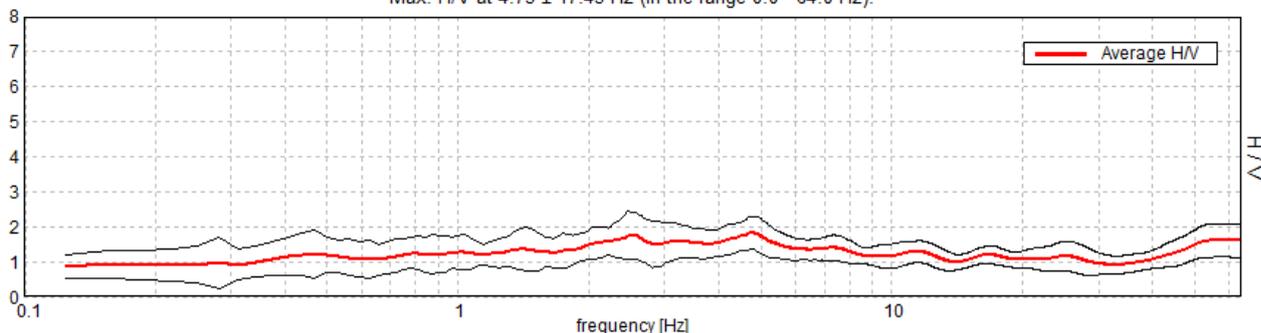
**MZS CASTELLARANO, CADIROGGIO 20**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 24/04/13 18:12:19 End recording: 24/04/13 18:32:19  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 638577 4934636

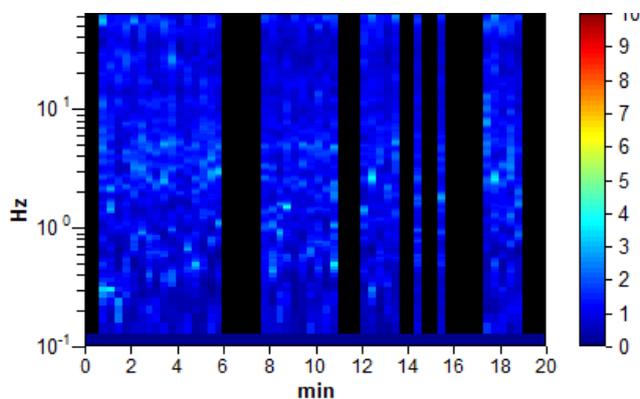
Trace length: 0h20'00". Analyzed 63% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

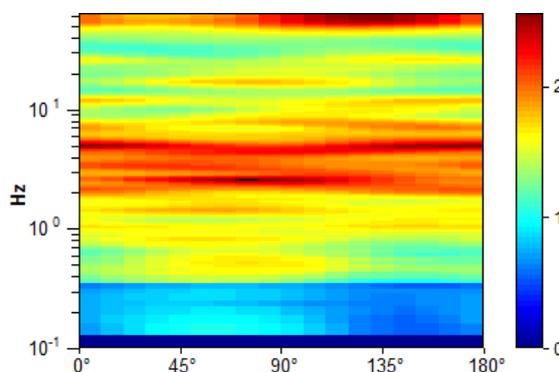
Max. H/V at 4.75 ± 17.45 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



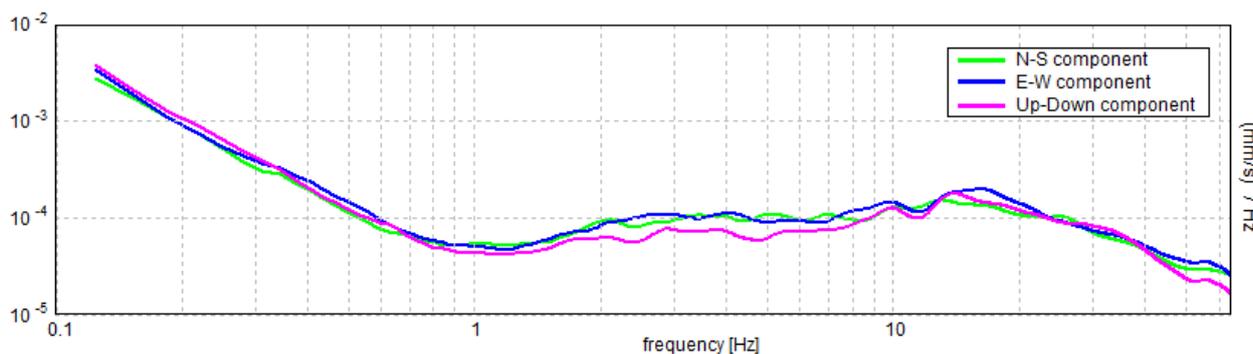
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



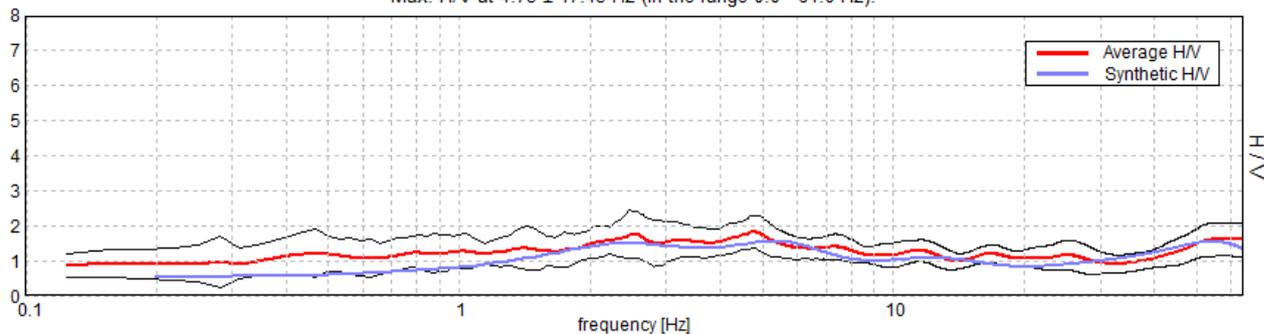
**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**





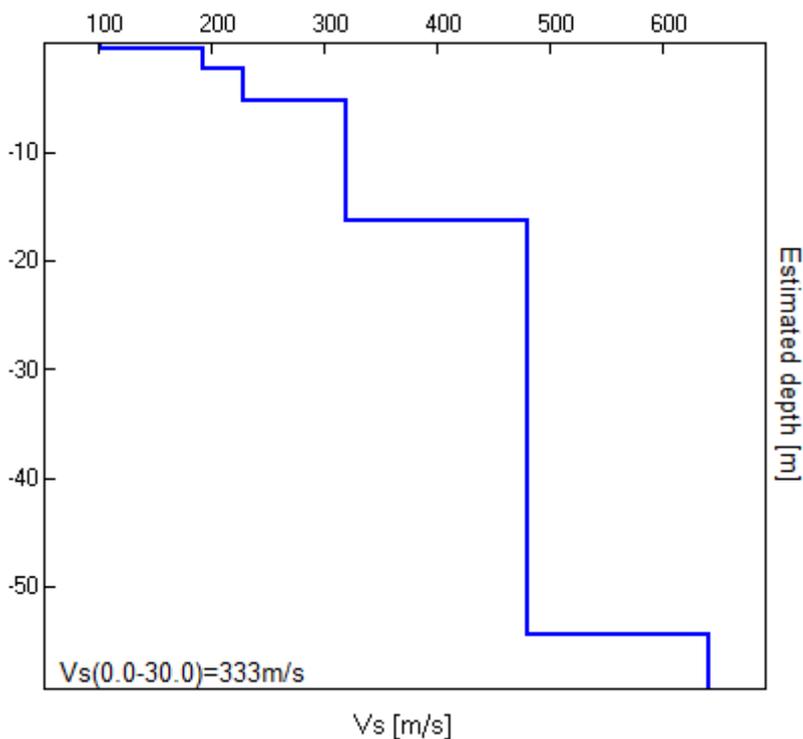
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 4.75 ± 17.45 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.45	0.45	102	0.42
2.25	1.80	192	0.42
5.35	3.10	228	0.42
16.35	11.00	320	0.38
54.35	38.00	480	0.36
inf.	inf.	640	0.34

Vs(0.0-30.0)=333m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 4.75 ± 17.45 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	4.75 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	3610.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 229	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.81 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 3.67387  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	17.45086 < 0.2375		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4602 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

**MZS CASTELLARANO, CADIROGGIO 21**

Instrument: TRZ-0187/01-12

Start recording: 24/04/13 18:40:20 End recording: 24/04/13 19:00:20

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

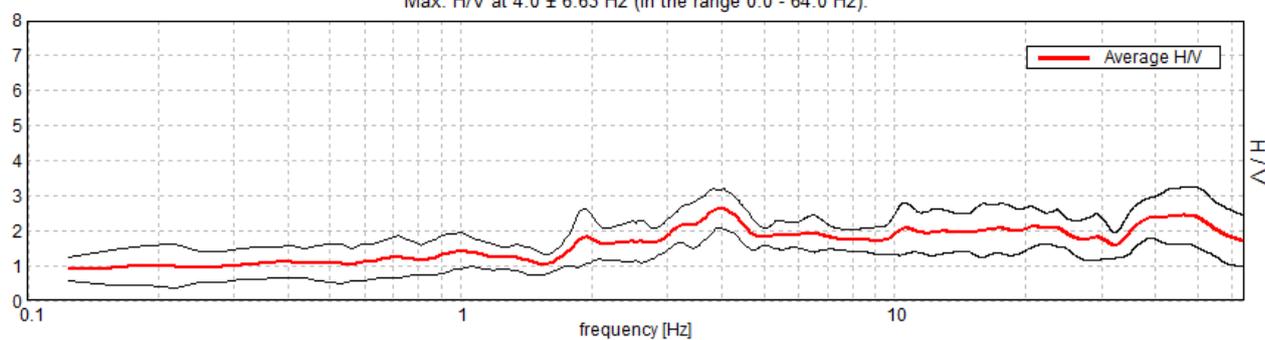
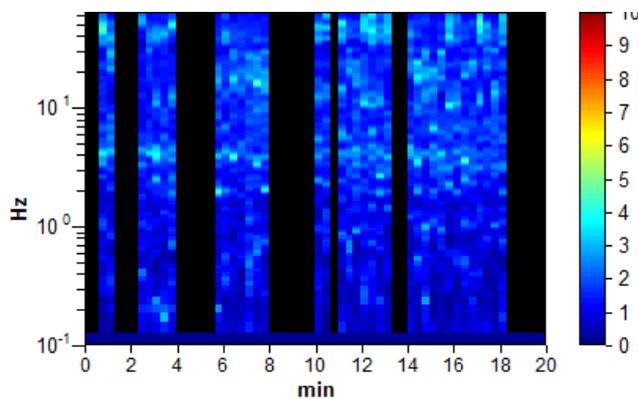
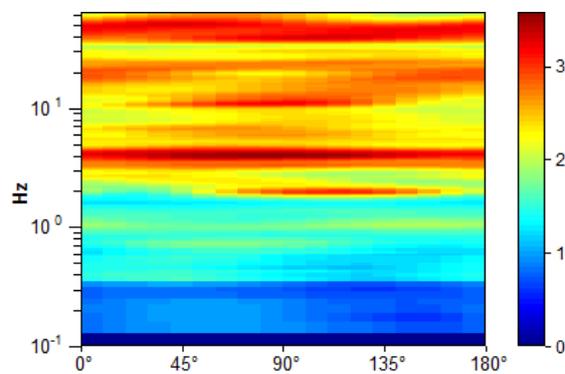
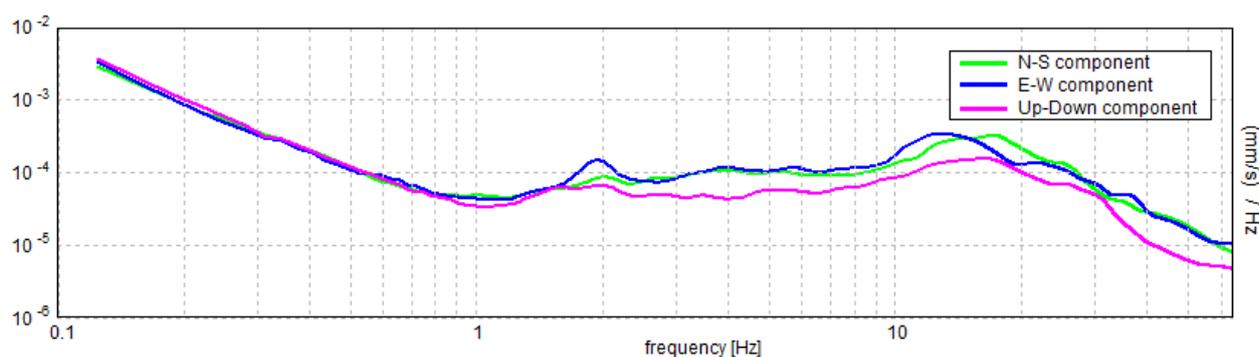
Trace length: 0h20'00". Analyzed 60% trace (manual window selection)

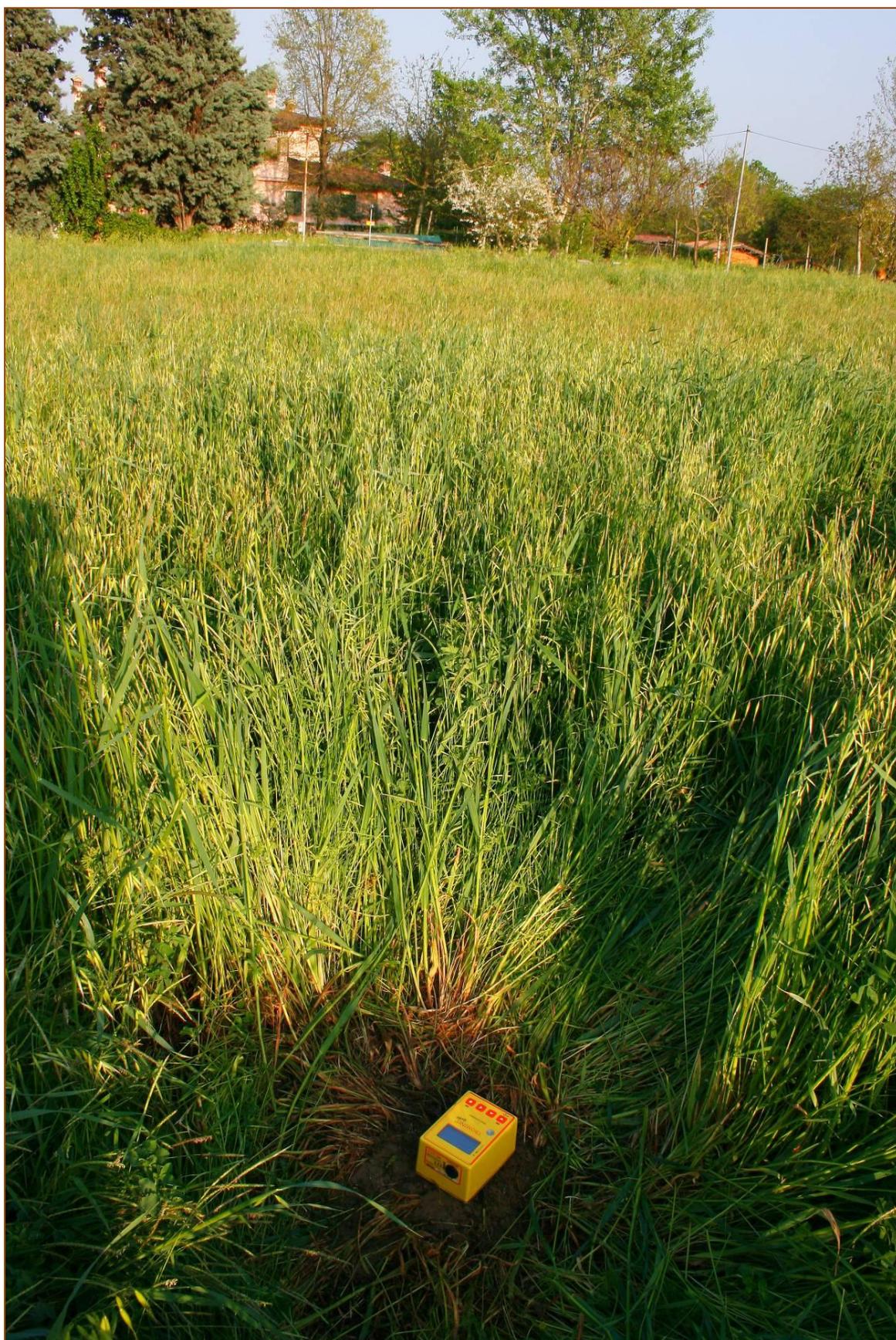
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

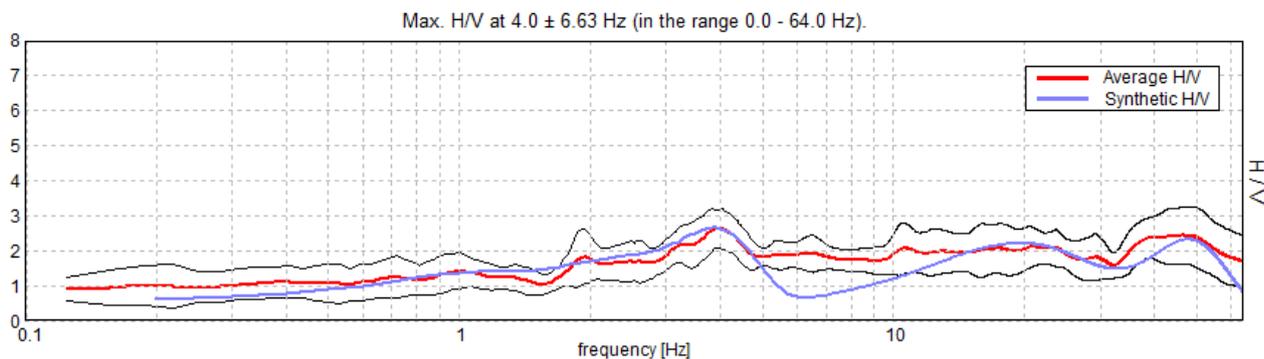
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**
Max. H/V at  $4.0 \pm 6.63$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).
**SERIE TEMPORALE H/V**

**DIREZIONALITA' H/V**

**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**


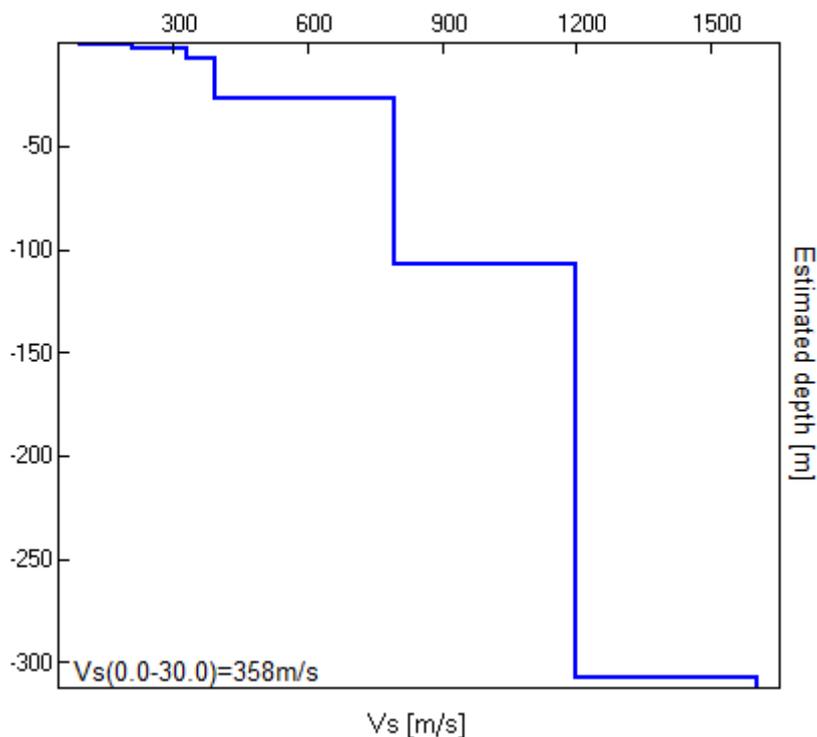


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.53	0.53	95	0.40
2.63	2.10	210	0.40
7.13	4.50	330	0.38
27.13	20.00	393	0.36
107.13	80.00	795	0.30
307.13	200.00	1200	0.30
inf.	inf.	1600	0.30

Vs(0.0-30.0)=358m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 4.0 ± 6.63 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	4.00 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2880.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 193	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.719 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.62 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 1.65637  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	6.62547 < 0.2		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5547 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

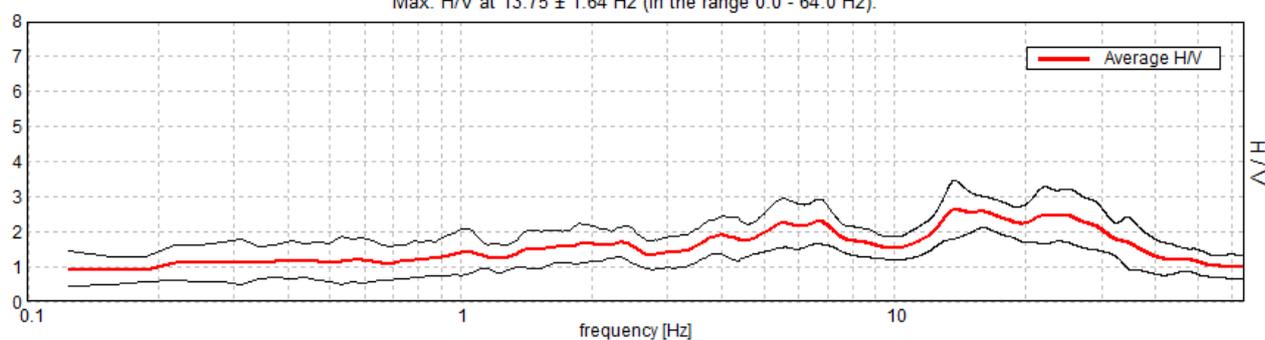
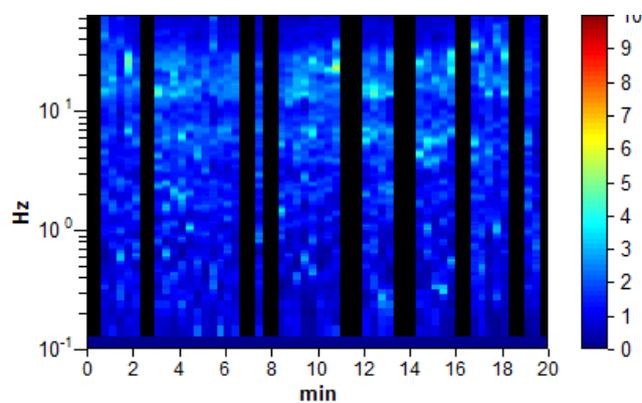
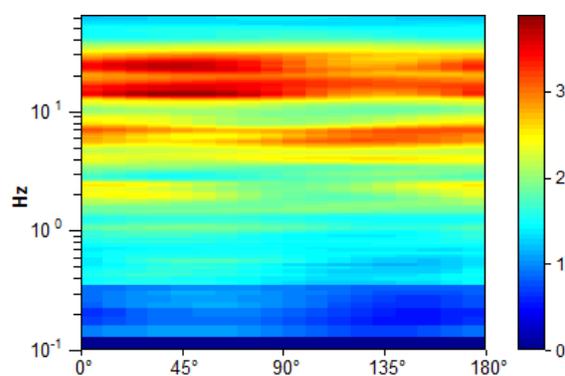
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

**MZS CASTELLARANO, CADIROGGIO 22**

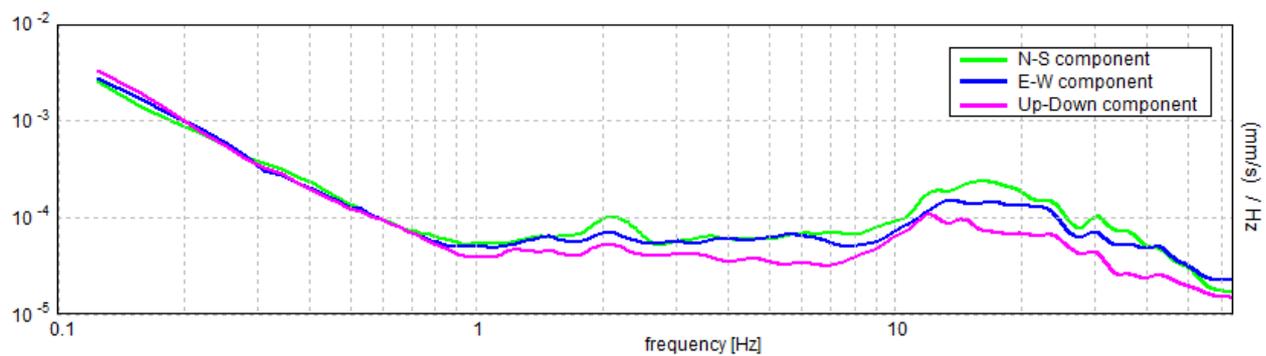
Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 24/04/13 19:06:34      End recording: 24/04/13 19:26:34  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS      UTM 32 T 638154 4934572

Trace length: 0h20'00".      Analyzed 68% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

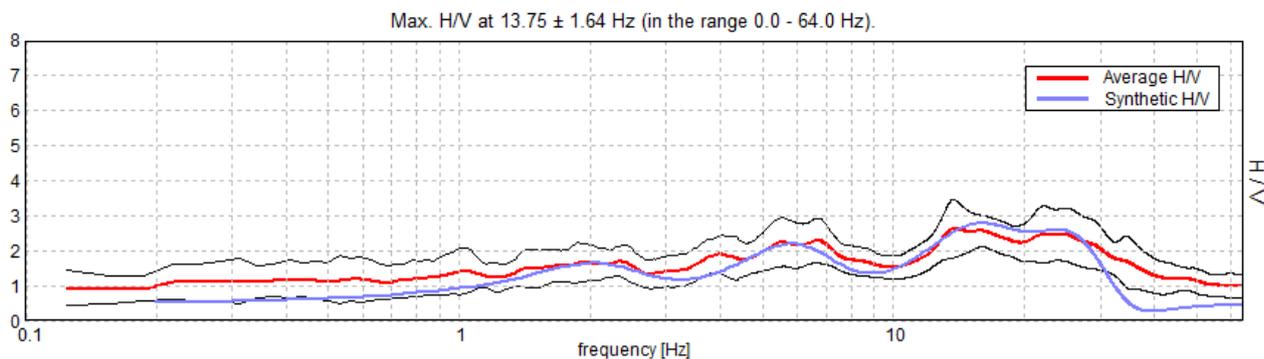
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

 Max. H/V at  $13.75 \pm 1.64$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**SERIE TEMPORALE H/V**

**DIREZIONALITA' H/V**


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

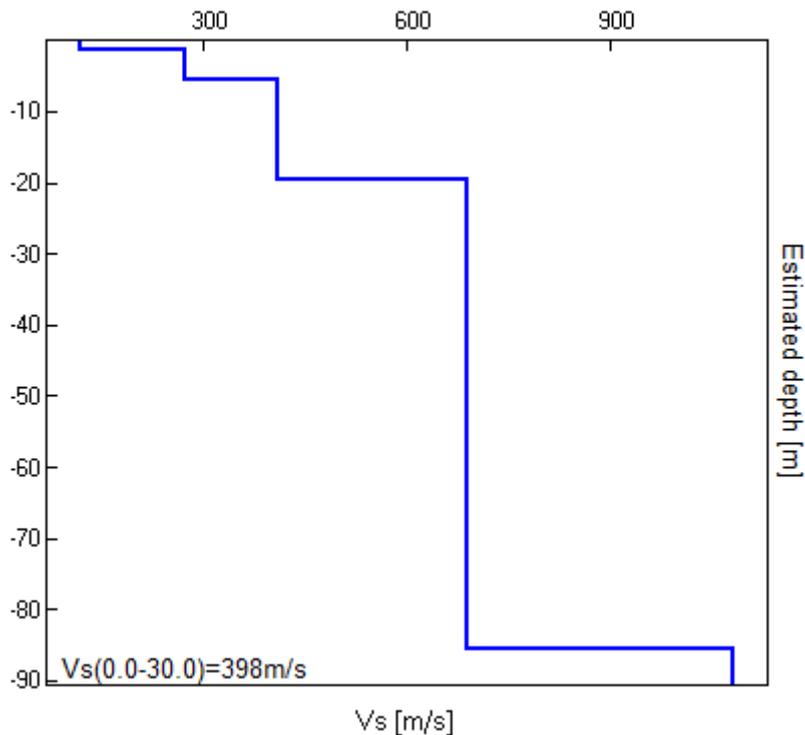


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.30	1.30	120	0.40
5.50	4.20	275	0.40
19.50	14.00	410	0.36
85.50	66.00	690	0.32
inf.	inf.	1080	0.30

Vs(0.0-30.0)=398m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 13.75 ± 1.64 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	13.75 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	11275.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 661	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	39.281 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.63 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.11952  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.64346 < 0.6875		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.8371 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

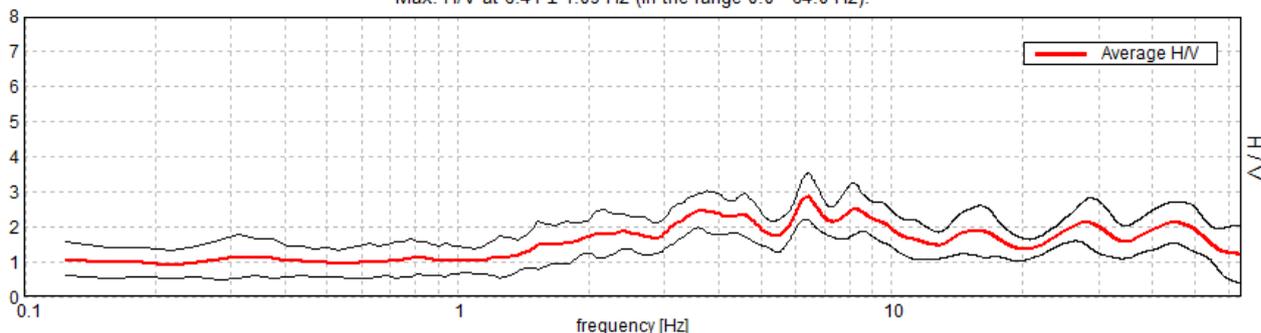
**MZS CASTELLARANO, TELAROLO 23**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 25/04/13 08:42:05      End recording: 25/04/13 09:02:05  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS      UTM 32 T 633565 4933503

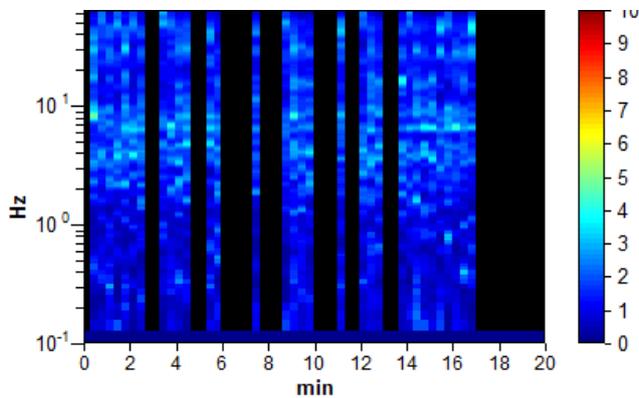
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 53% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

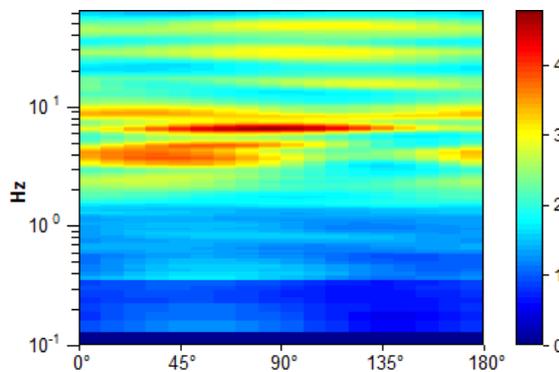
Max. H/V at 6.41 ± 1.09 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



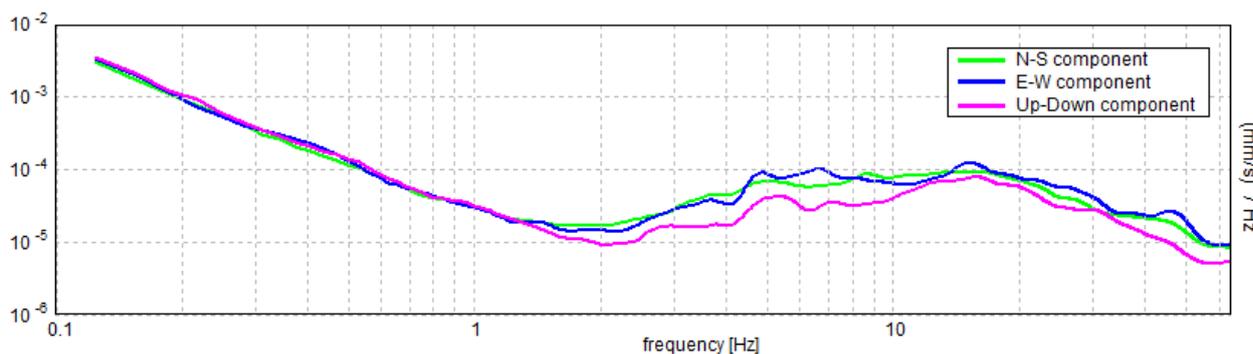
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

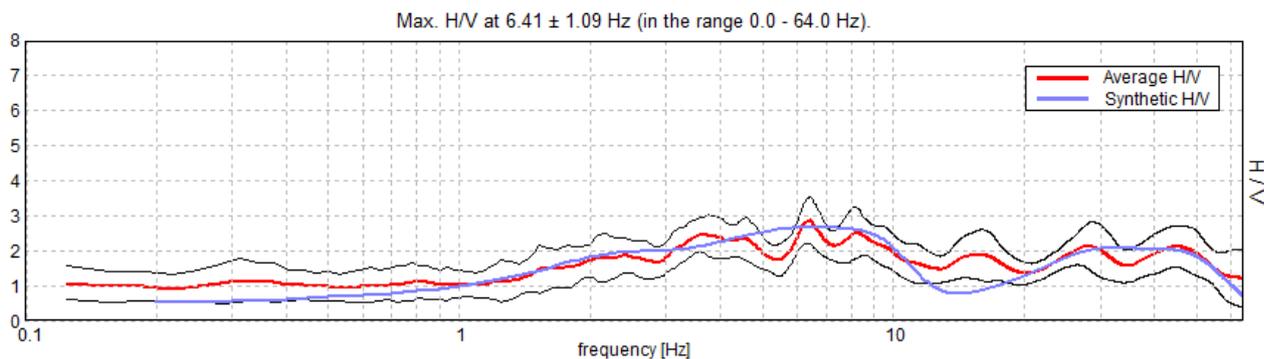


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



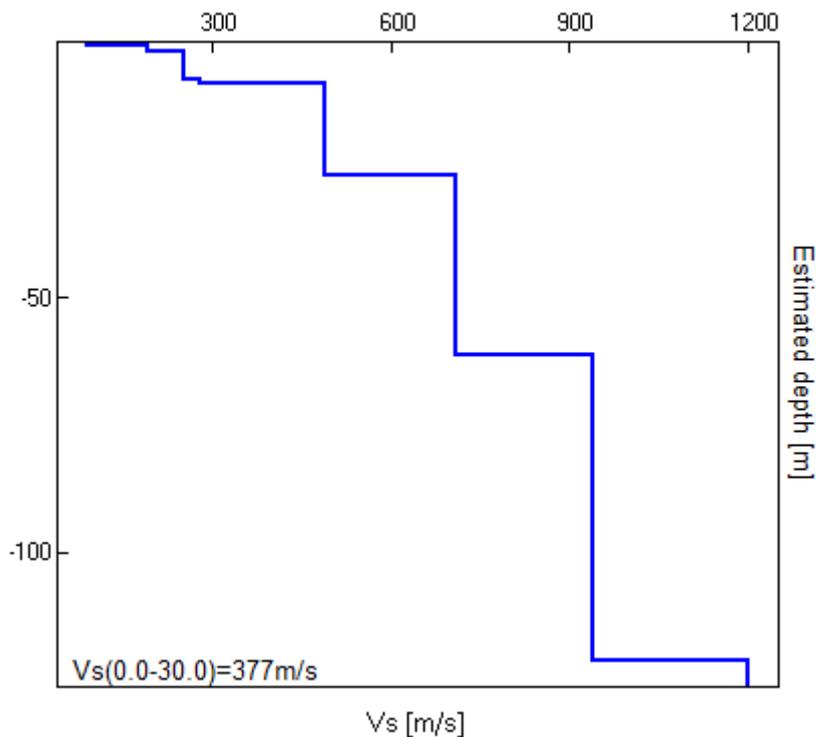


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.50	0.50	90	0.40
2.00	1.50	190	0.40
7.20	5.20	253	0.38
8.20	1.00	280	0.38
26.20	18.00	490	0.36
61.20	35.00	710	0.32
121.20	60.00	940	0.30
inf.	inf.	1200	0.30

Vs(0.0-30.0)=377m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 6.41 ± 1.09 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	6.41 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	4100.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 308	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	18.938 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.86 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.17076  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.09396 < 0.32031		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.6634 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

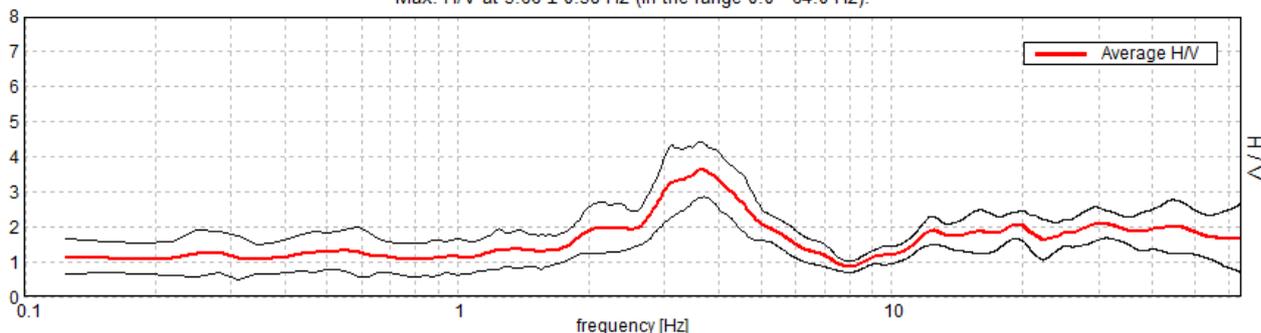
**MZS CASTELLARANO, TELAROLO 24**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 25/04/13 09:12:48 End recording: 25/04/13 09:32:48  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 633579 4933168

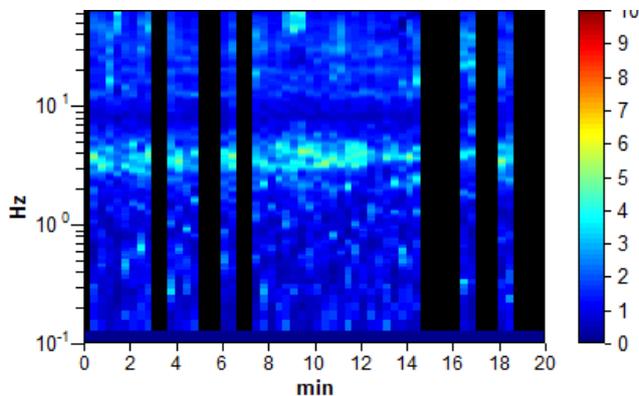
Trace length: 0h20'00". Analyzed 67% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

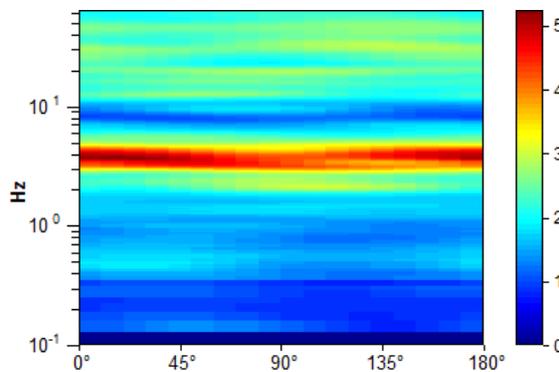
Max. H/V at 3.66 ± 0.38 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



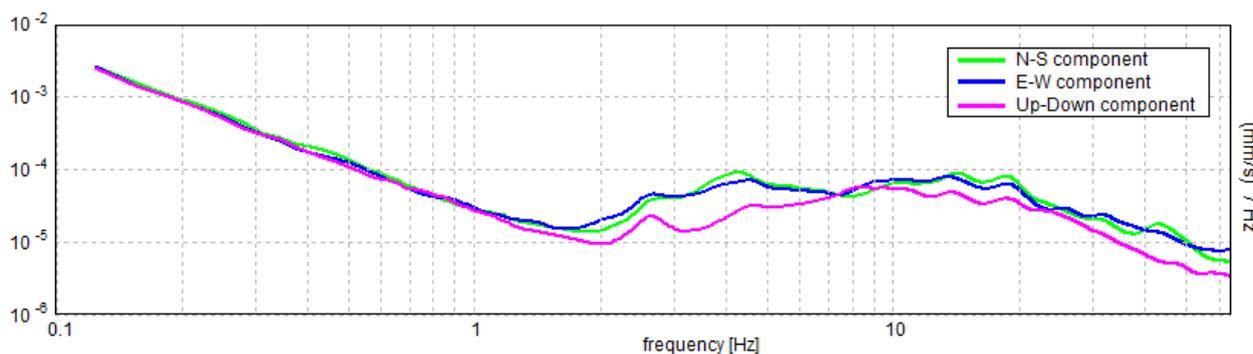
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

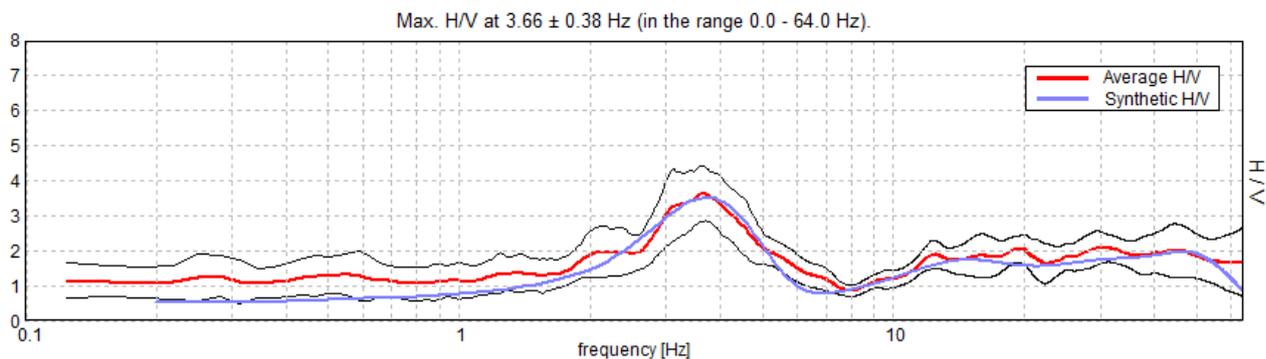


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



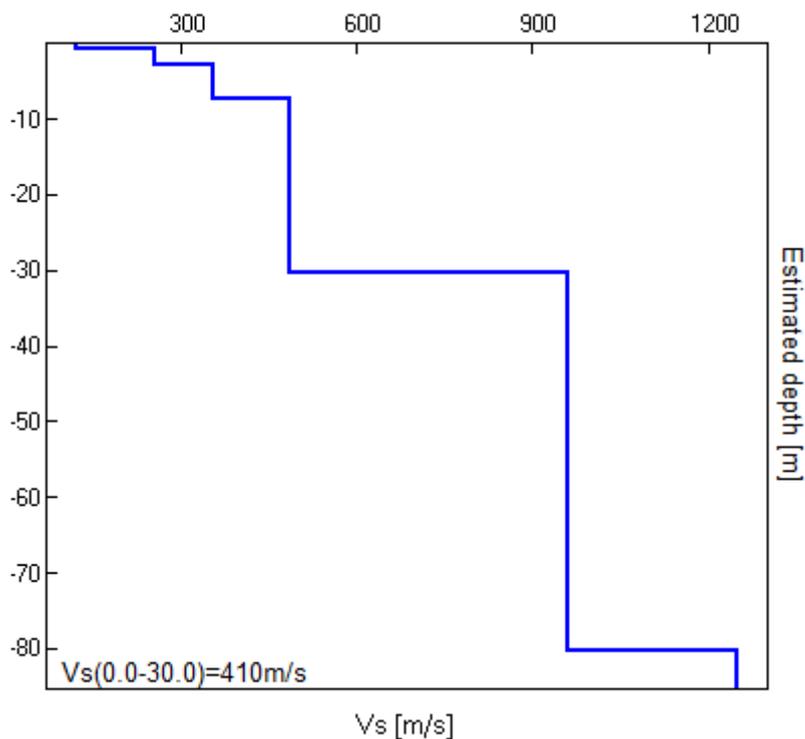


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.65	0.65	120	0.40
2.75	2.10	255	0.40
7.25	4.50	355	0.38
30.25	23.00	485	0.34
80.25	50.00	960	0.32
inf.	inf.	1250	0.30

Vs(0.0-30.0)=410m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 3.66 ± 0.38 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	3.66 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2925.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 176	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.938 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.63 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.10377  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.3794 < 0.18281		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.7905 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

**MZS CASTELLARANO, S.VALENTINO 25**

Instrument: TRZ-0187/01-12

Start recording: 25/04/13 07:06:26      End recording: 25/04/13 07:26:26

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS      UTM 32 T 635490 4932727

Trace length: 0h20'00".      Analyzed 55% trace (manual window selection)

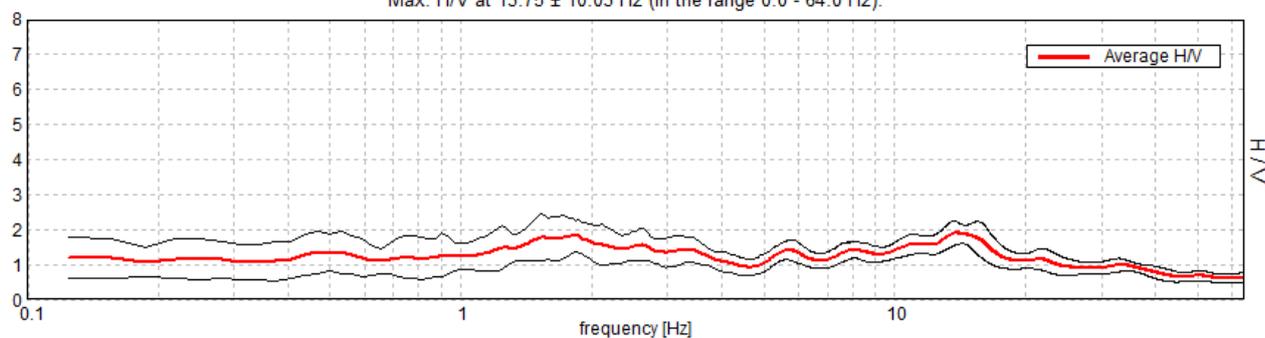
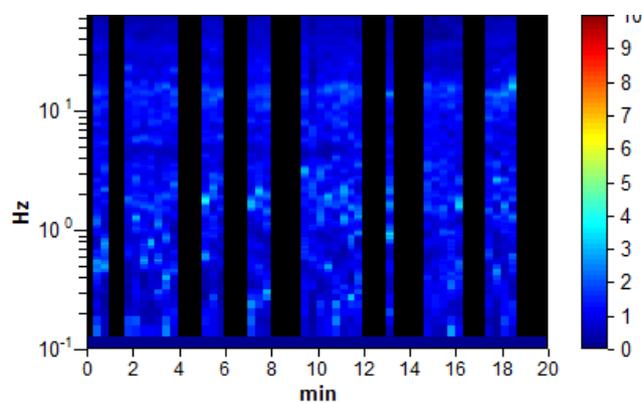
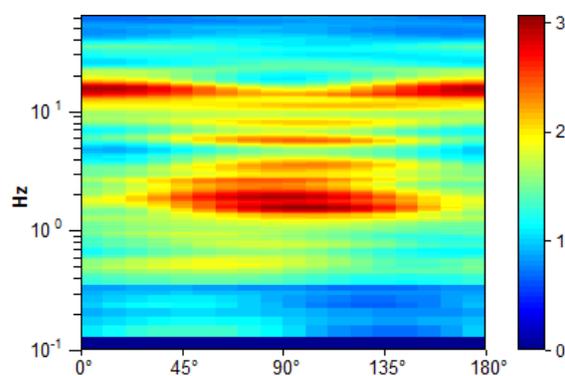
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

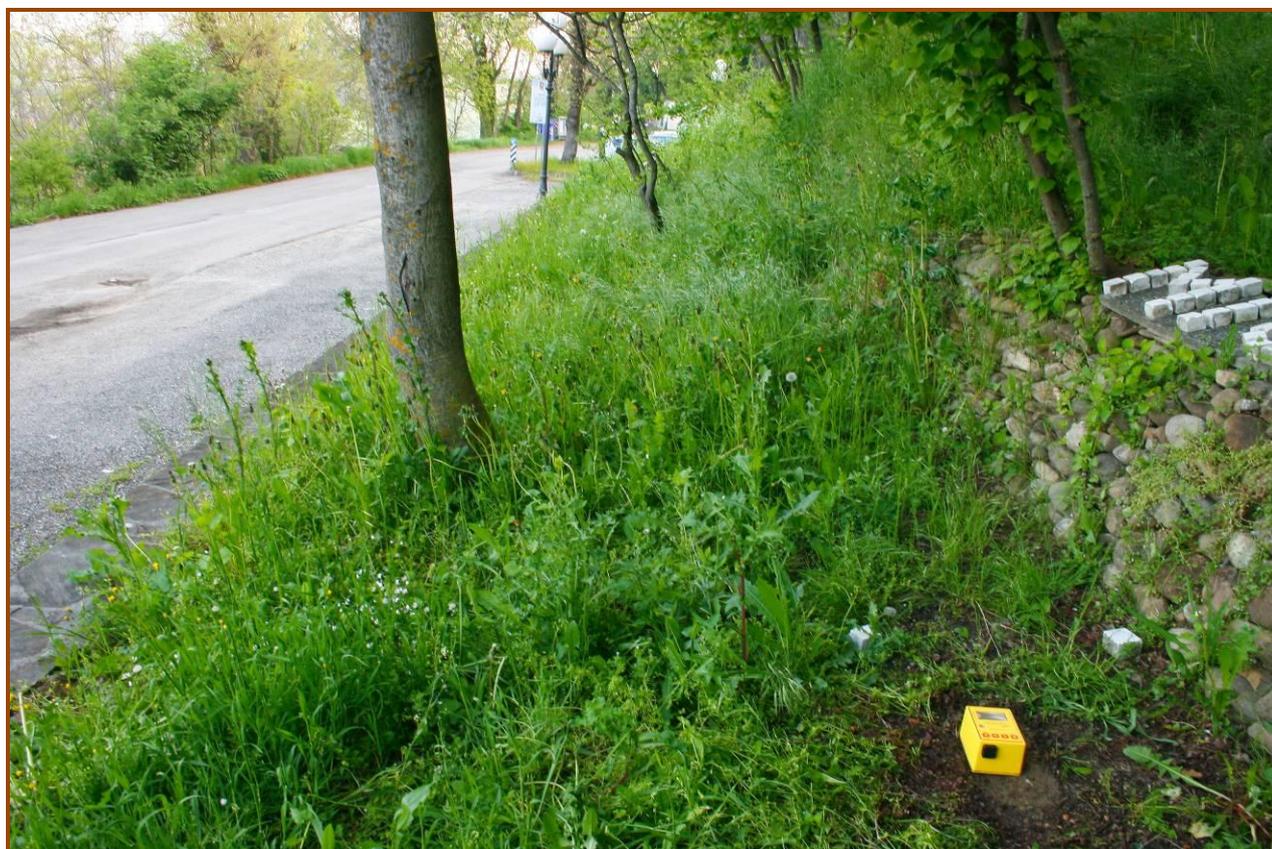
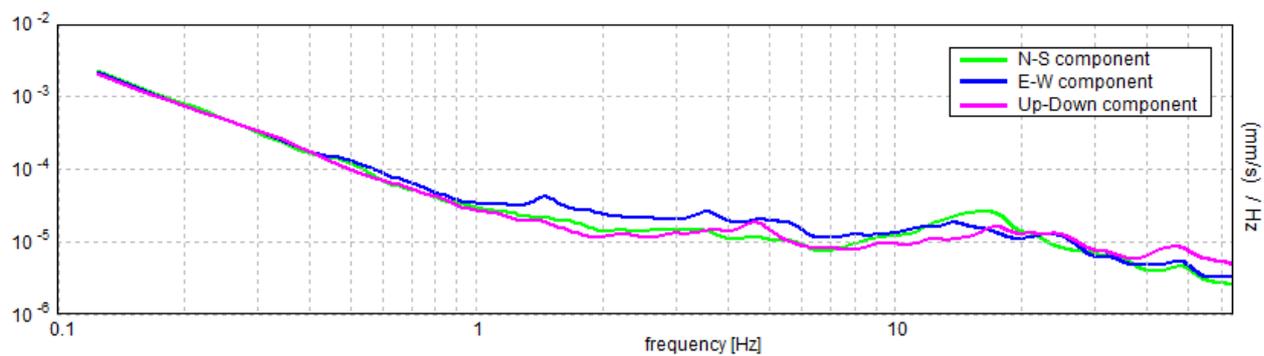
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

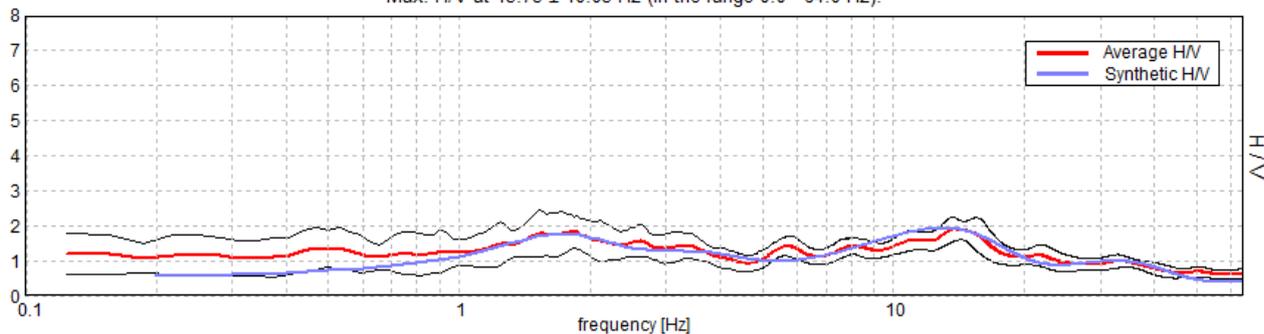
 Max. H/V at  $13.75 \pm 10.03$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**SERIE TEMPORALE H/V**

**DIREZIONALITA' H/V**


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



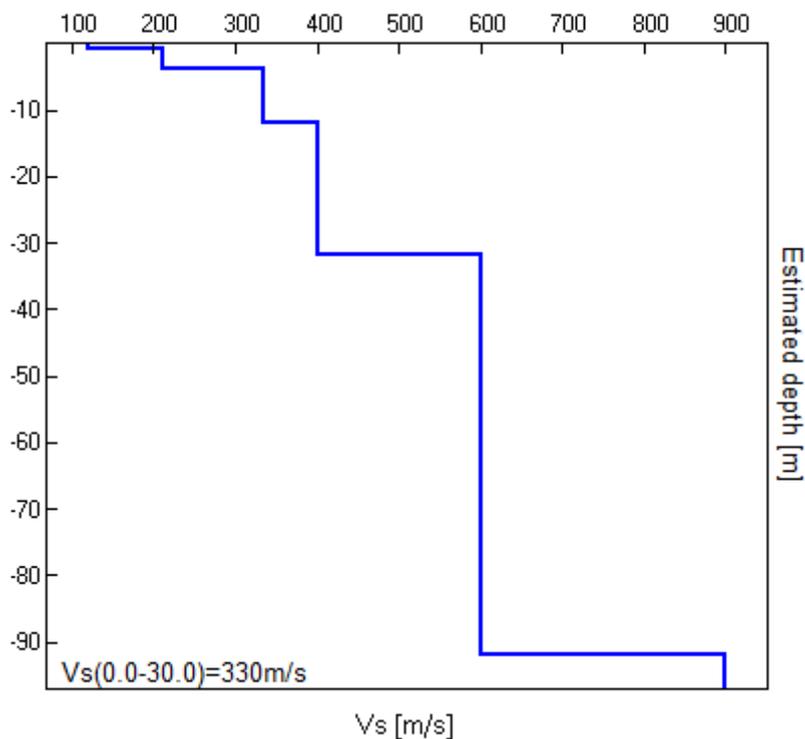
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 13.75 ± 10.03 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.90	0.90	119	0.40
3.90	3.00	210	0.40
11.90	8.00	335	0.38
31.90	20.00	400	0.34
91.90	60.00	600	0.32
inf.	inf.	900	0.32

Vs(0.0-30.0)=330m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 13.75 ± 10.03 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	13.75 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	9075.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 661	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.781 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	24.406 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.90 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.72927  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	10.02745 < 0.6875		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3492 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

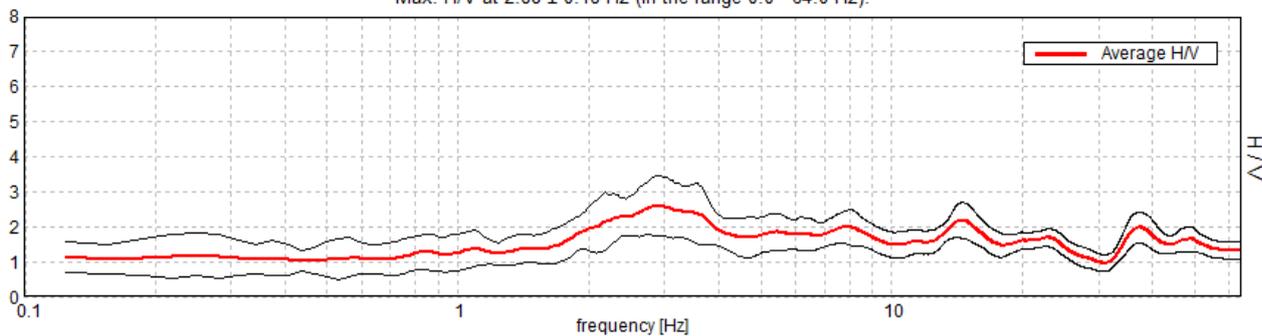
**MZS CASTELLARANO, S.VALENTINO 26**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 25/04/13 07:36:52      End recording: 25/04/13 07:56:52  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS      UTM 32 T 635267 4931758

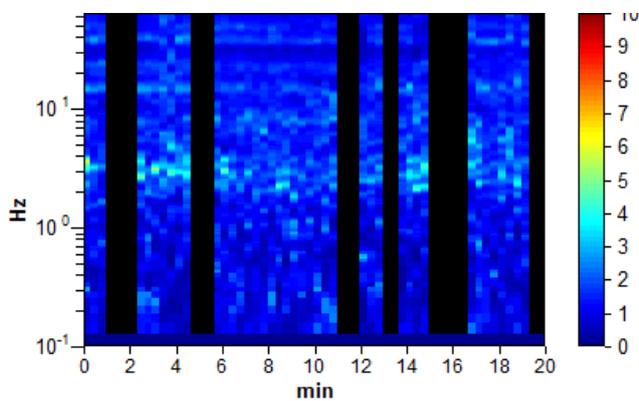
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 68% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

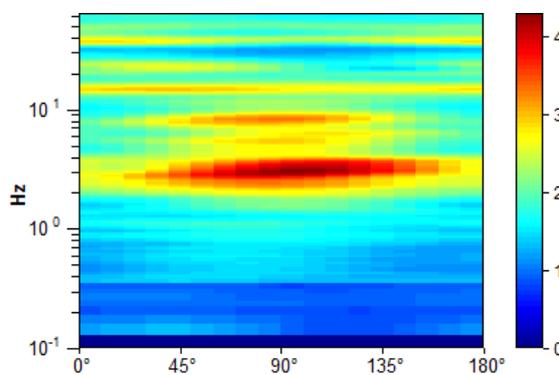
Max. H/V at 2.88 ± 0.18 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



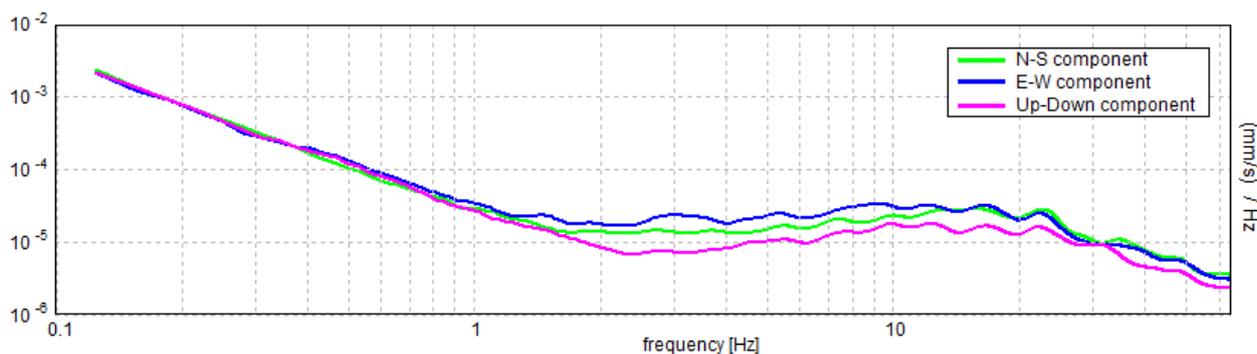
**SERIE TEMPORALE H/V**

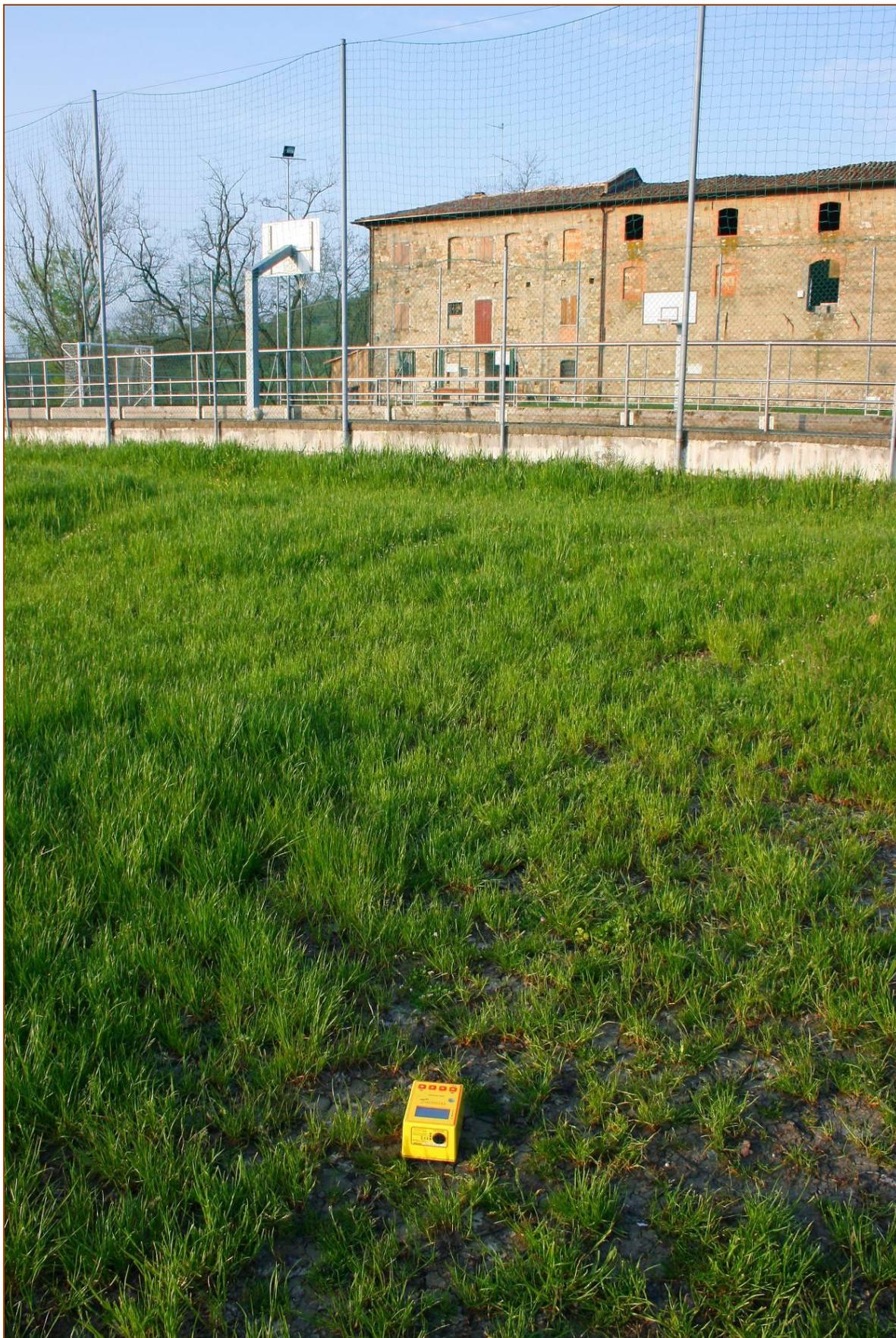


**DIREZIONALITA' H/V**

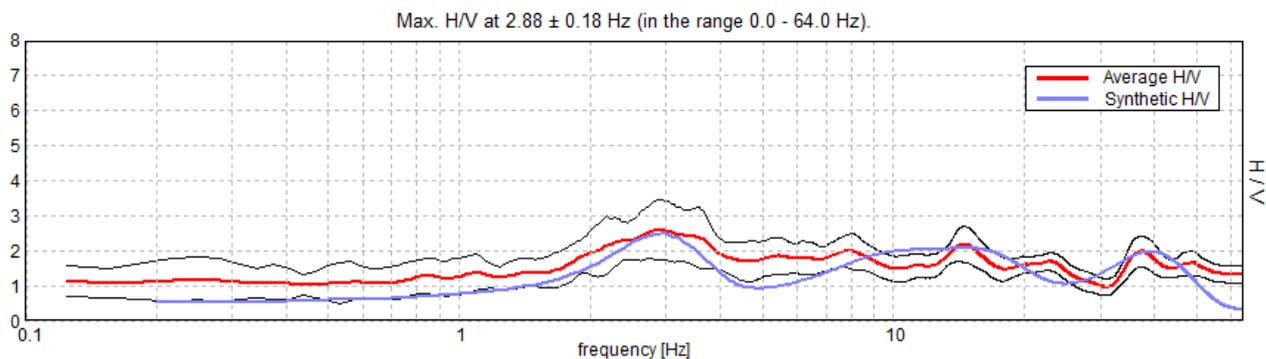


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



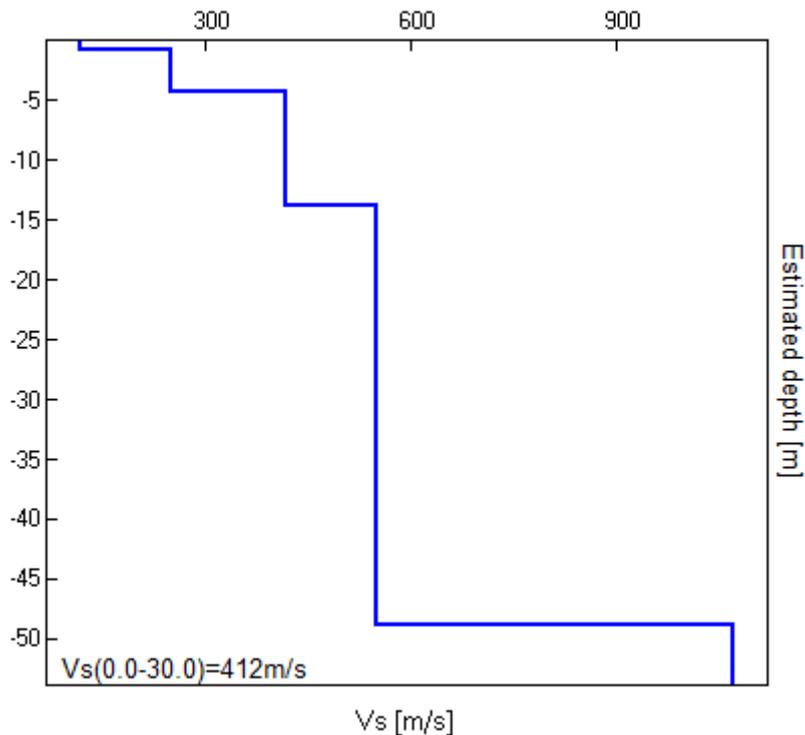


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.80	0.80	120	0.40
4.30	3.50	250	0.40
13.80	9.50	420	0.36
48.80	35.00	550	0.32
inf.	inf.	1070	0.30

Vs(0.0-30.0)=412m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 2.88 ± 0.18 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	2.88 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2357.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 139	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.281 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.59 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.06246  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.17958 < 0.14375		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.8492 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

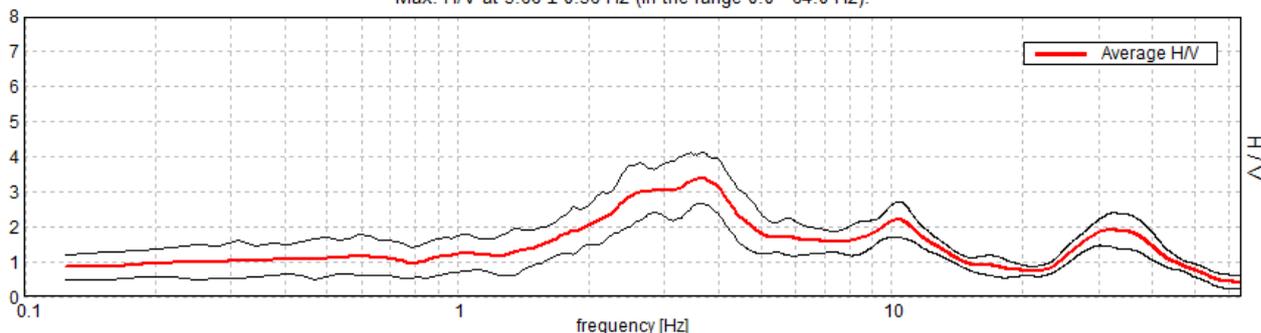
**MZS CASTELLARANO, ROTEGLIA 27**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 25/04/13 12:02:45      End recording: 25/04/13 12:22:44  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available

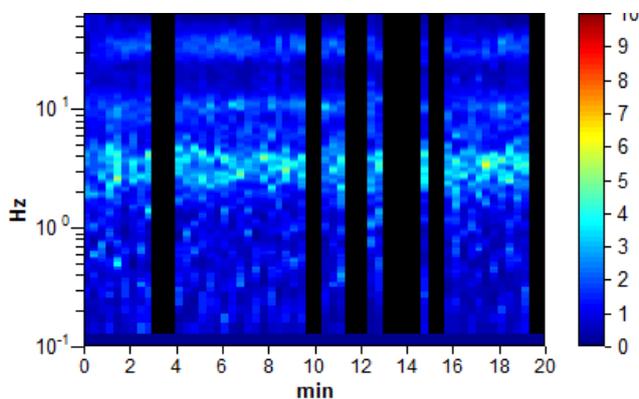
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 72% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

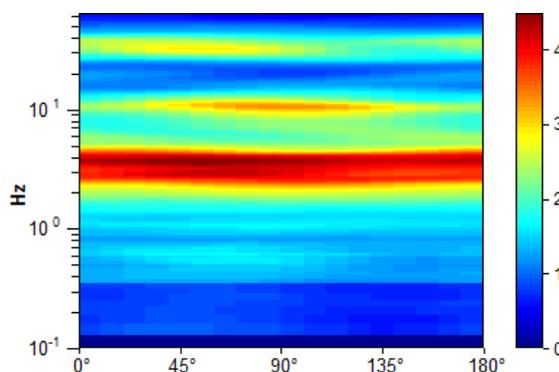
Max. H/V at 3.66 ± 0.56 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



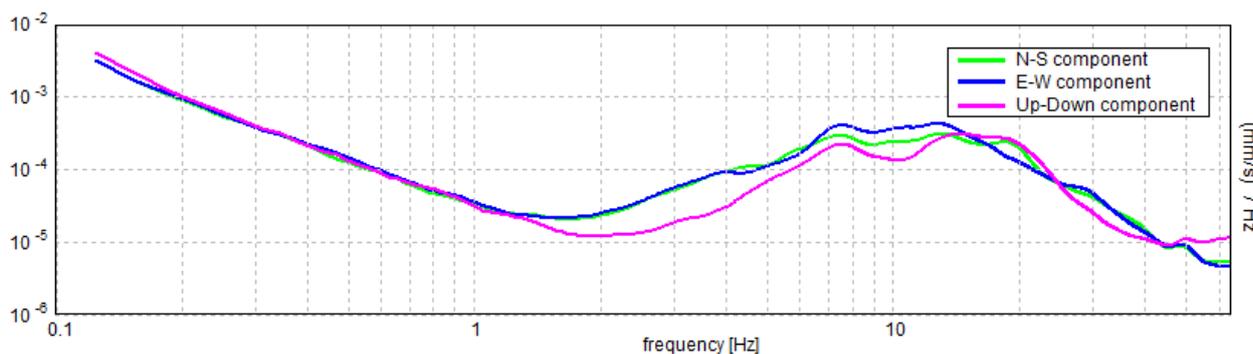
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

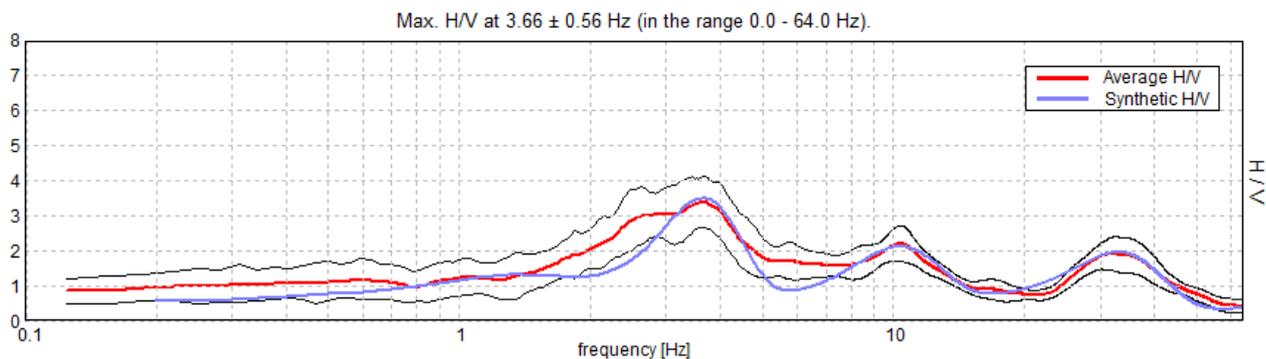


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



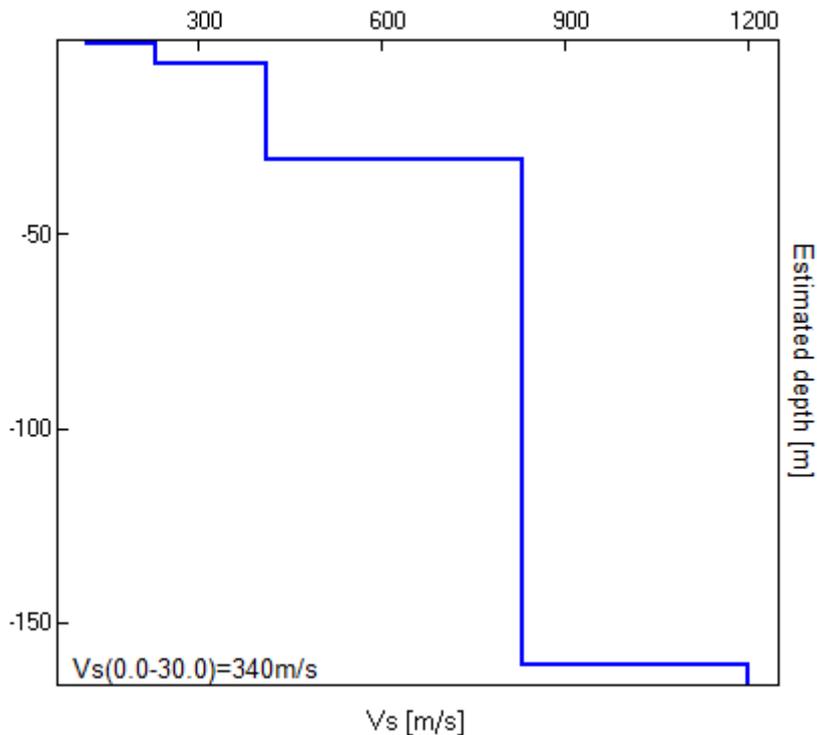


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.90	0.90	118	0.42
5.90	5.00	230	0.38
30.90	25.00	410	0.36
160.90	130.00	830	0.34
inf.	inf.	1200	0.30

Vs(0.0-30.0)=340m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 3.66 ± 0.56 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	3.66 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	3144.4 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 176	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.688 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.281 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.39 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.15379  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.5623 < 0.18281$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7288 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

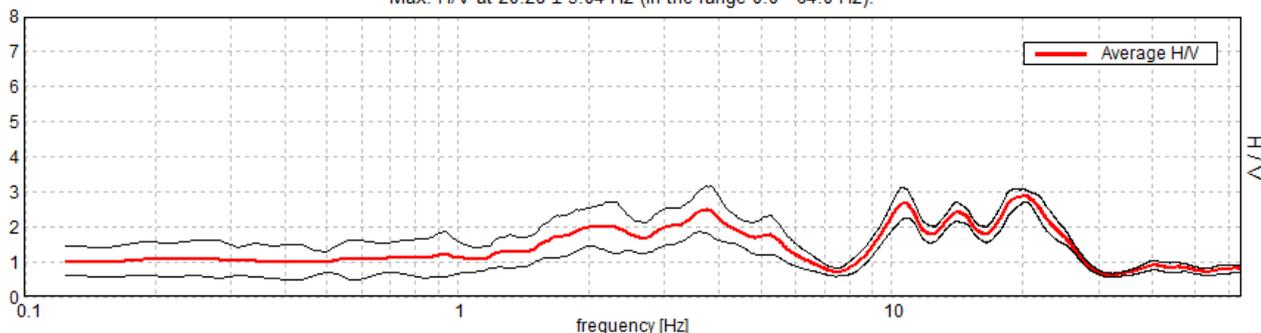
**MZS CASTELLARANO, ROTEGLIA 28**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 26/04/13 09:54:24 End recording: 26/04/13 10:14:24  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 634312 4926460

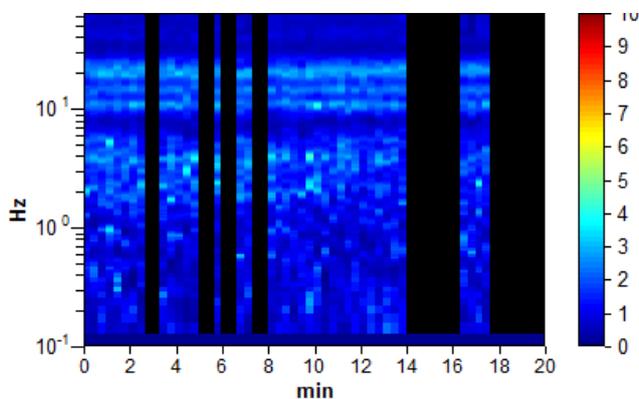
Trace length: 0h20'00". Analyzed 63% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

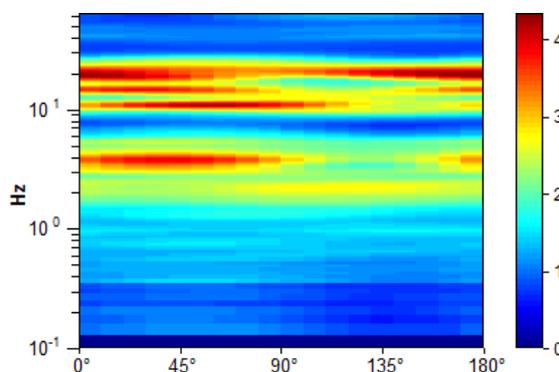
Max. H/V at 20.28 ± 5.04 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



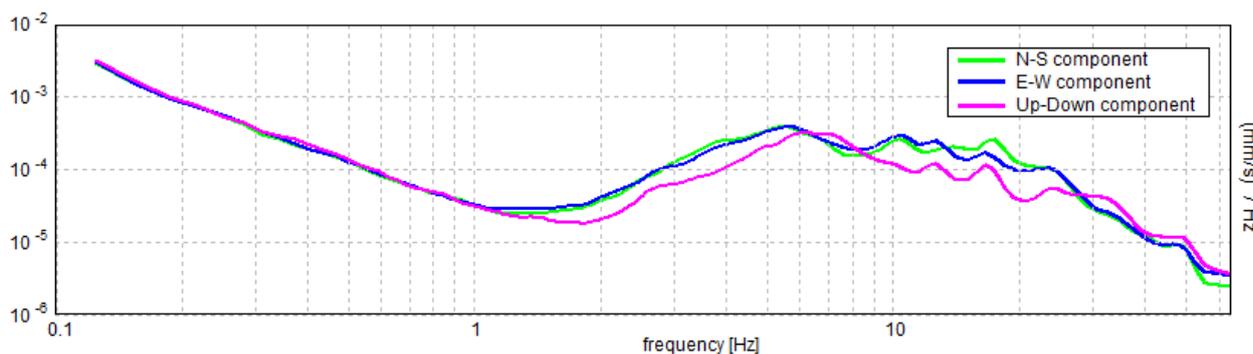
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



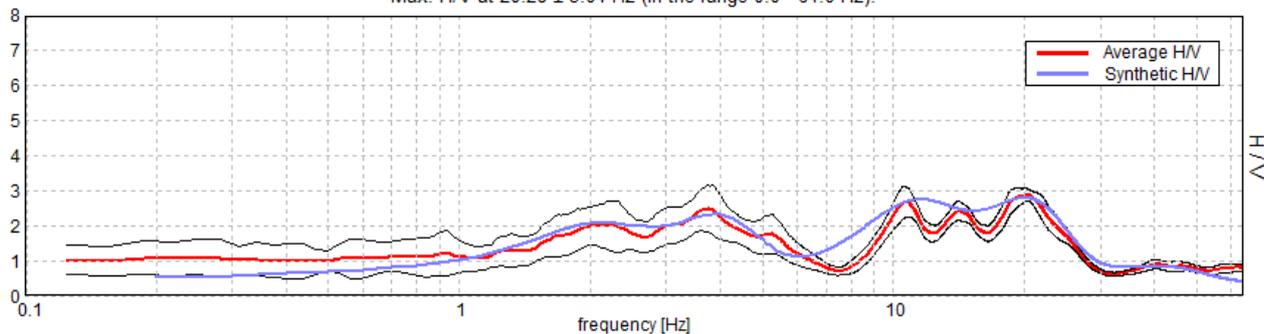
**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**





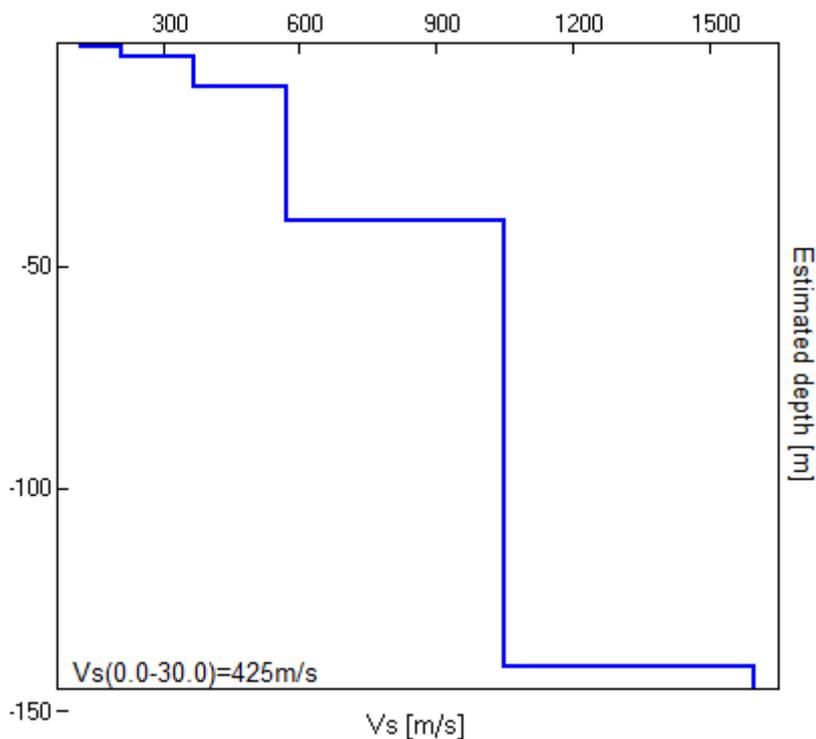
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 20.28 ± 5.04 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.75	0.75	119	0.40
2.85	2.10	210	0.40
9.85	7.00	370	0.36
39.85	30.00	570	0.34
139.85	100.00	1050	0.32
inf.	inf.	1600	0.30

Vs(0.0-30.0)=425m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 20.28 ± 5.04 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	20.28 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	15413.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 974	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.031 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	26.125 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.88 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.24863  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	5.04257 < 1.01406		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1789 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

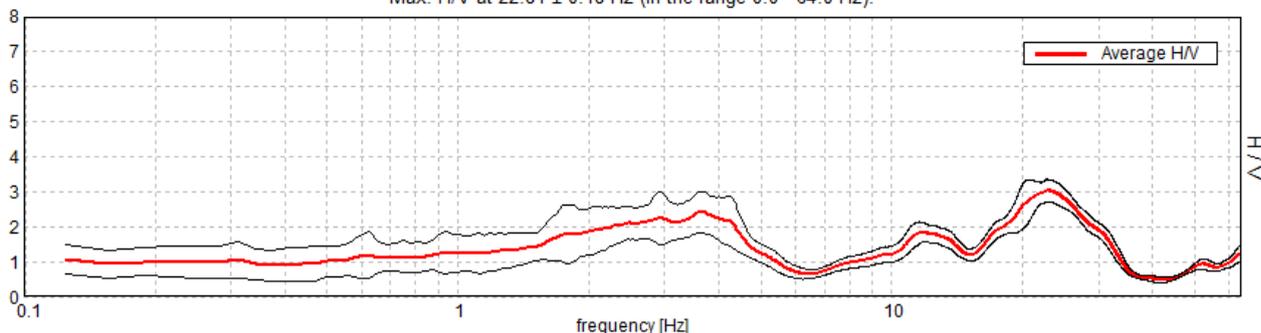
**MZS CASTELLARANO, ROTEGLIA 29**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 26/04/13 09:21:09      End recording: 26/04/13 09:41:09  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS      UTM 32 T 633733 4926380

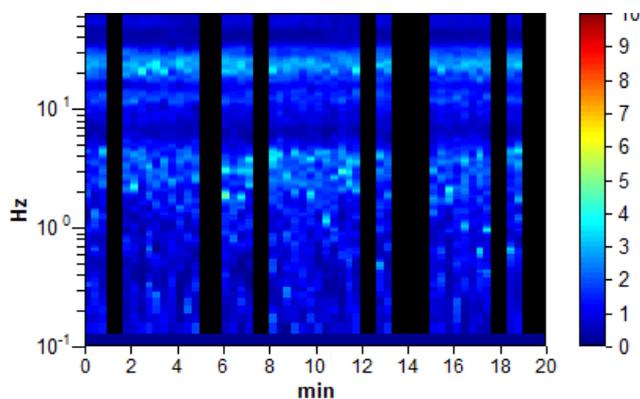
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 68% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

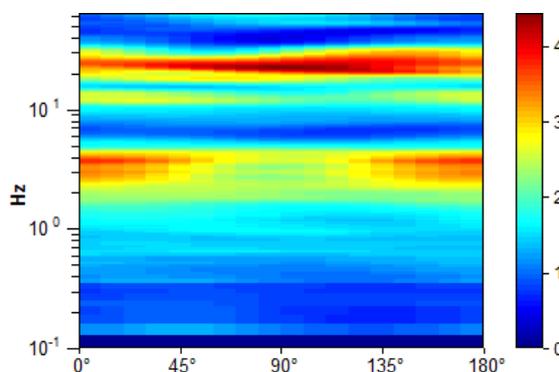
Max. H/V at 22.81 ± 0.18 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



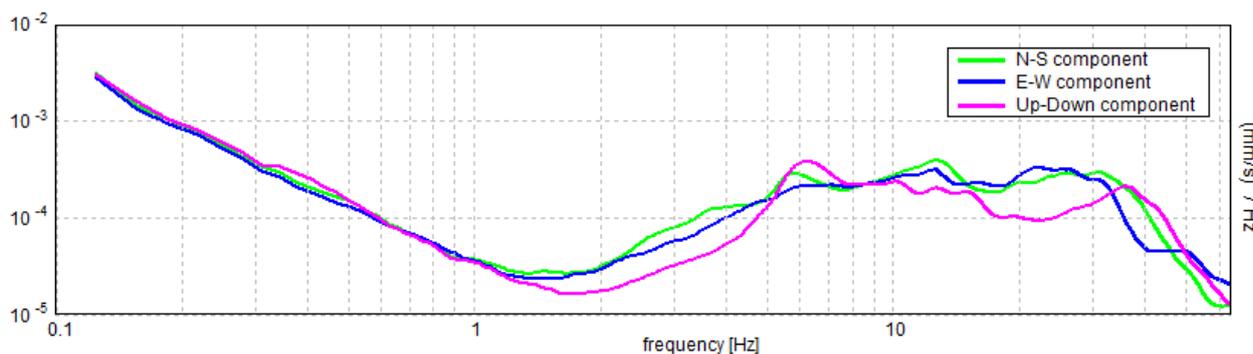
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

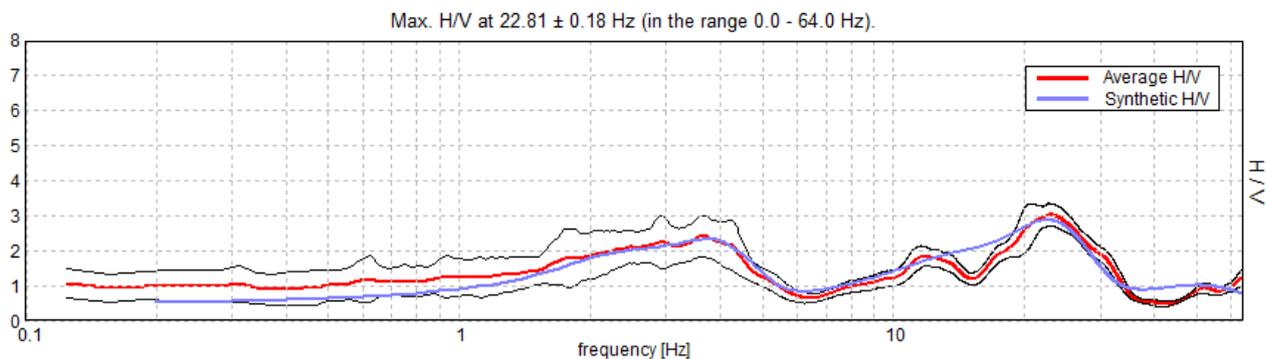


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



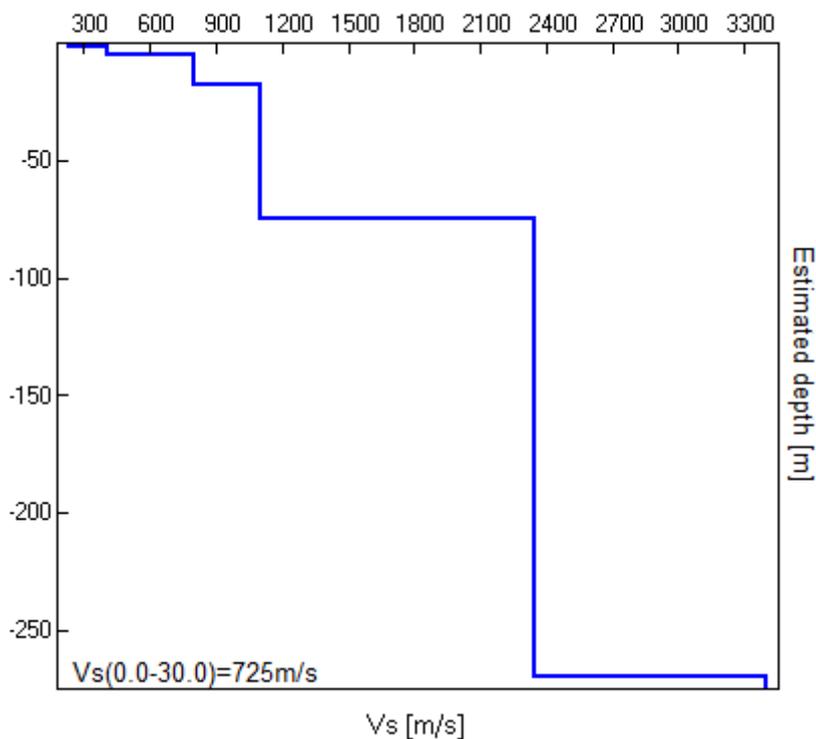


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.15	1.15	230	0.36
4.90	3.75	410	0.34
17.80	12.90	800	0.34
74.80	57.00	1100	0.30
269.80	195.00	2350	0.30
inf.	inf.	3400	0.30

Vs(0.0-30.0)=725m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 22.81 ± 0.18 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	22.81 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	18706.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1096	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	16.406 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	32.063 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.03 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00808  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.18443 < 1.14063	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.33 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## MZS CASTELLARANO, ROTEGLIA 30

Instrument: TRZ-0187/01-12

Start recording: 26/04/13 08:13:43 End recording: 26/04/13 08:33:43

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 633583 4926833

Trace length: 0h20'00". Analyzed 63% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

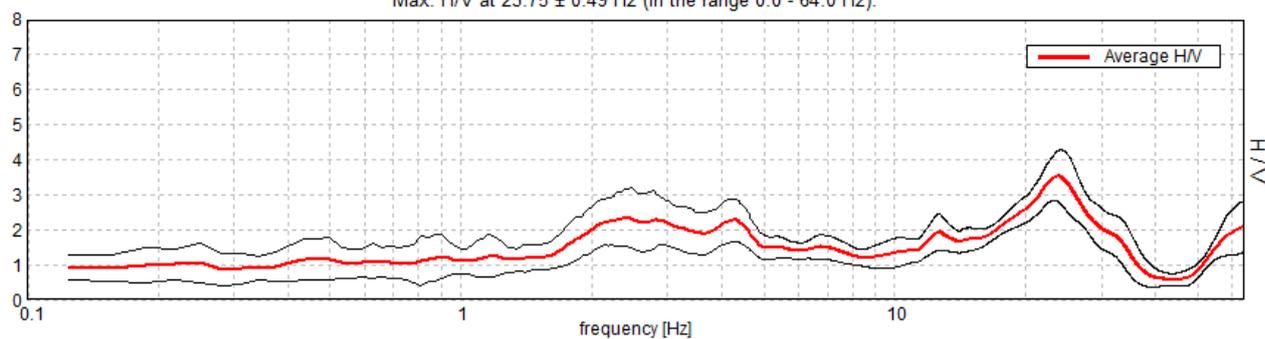
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

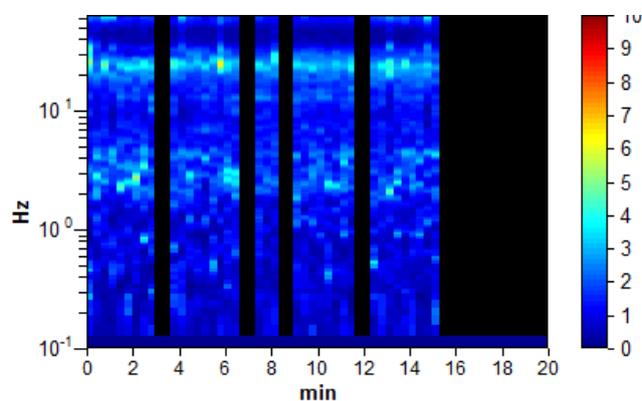
Smoothing: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

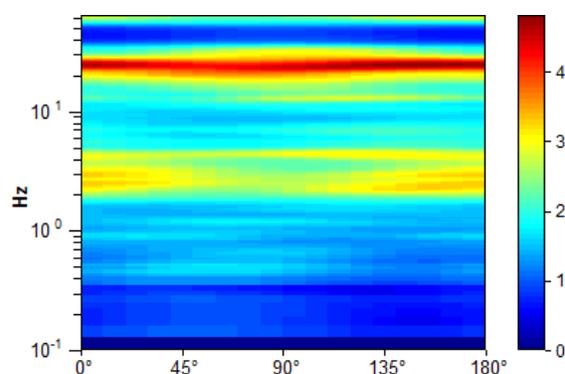
Max. H/V at  $23.75 \pm 0.49$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



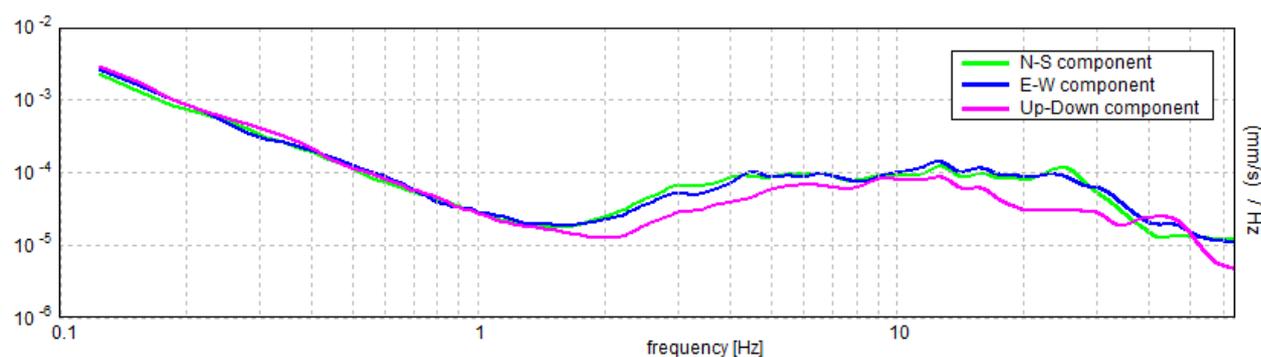
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V



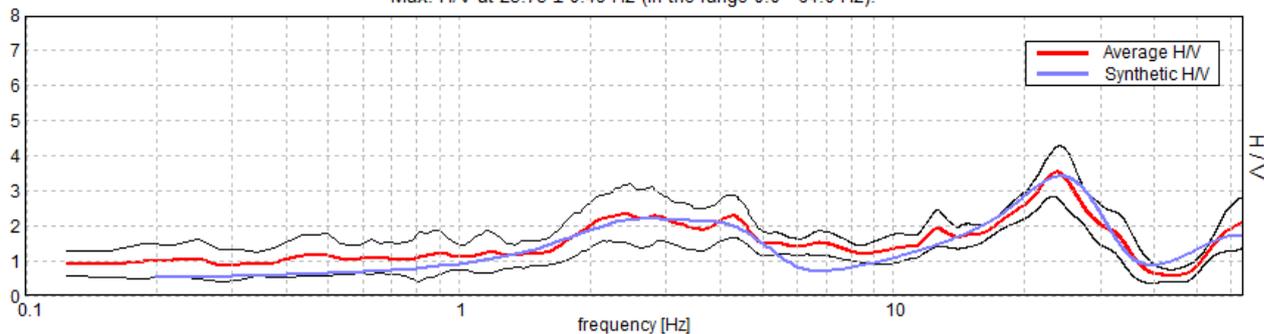
### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





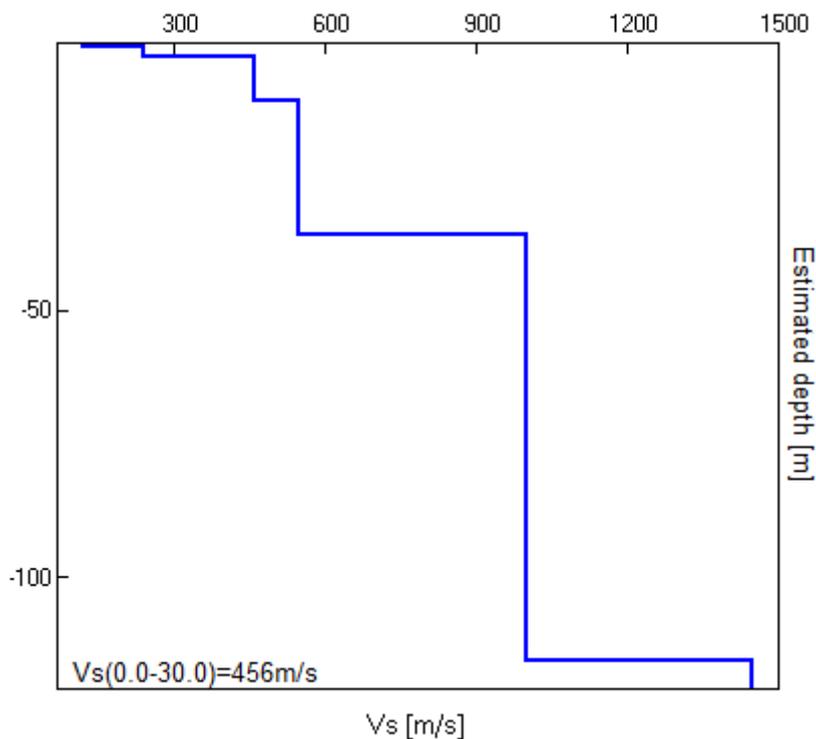
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 23.75 ± 0.49 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.50	0.50	119	0.40
2.65	2.15	240	0.40
10.65	8.00	460	0.40
35.65	25.00	550	0.38
115.65	80.00	1000	0.30
inf.	inf.	1450	0.30

Vs(0.0-30.0)=456m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 23.75 ± 0.49 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	23.75 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	18050.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1141	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	15.844 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	32.781 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.53 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02072  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.49207 < 1.1875	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.7197 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

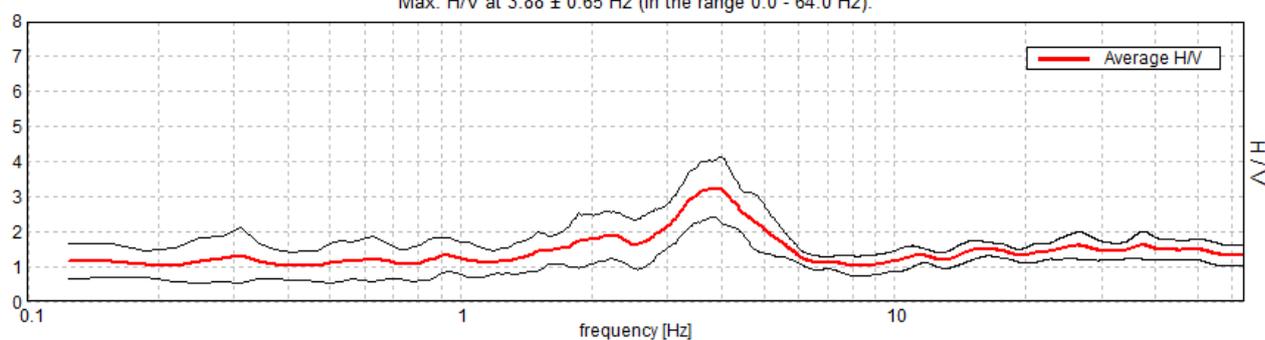
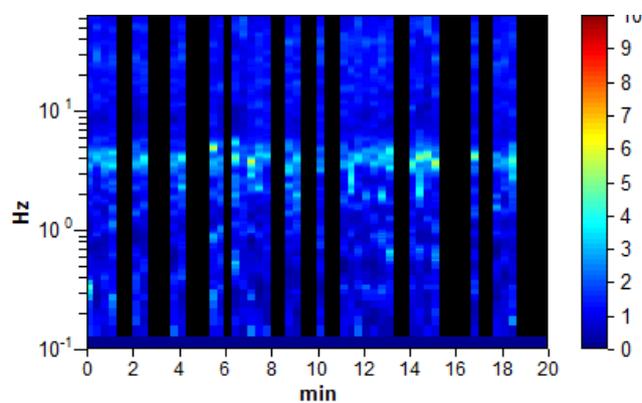
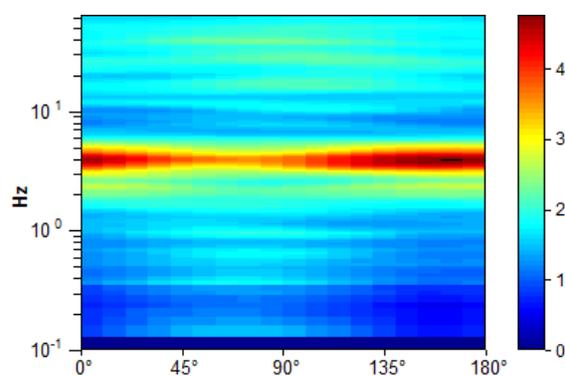
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

**MZS CASTELLARANO, ROTEGLIA 31**

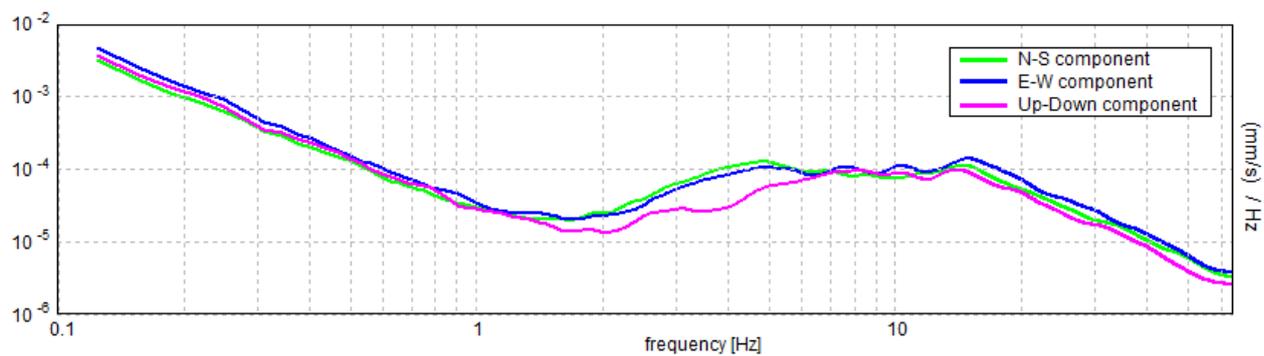
Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 26/04/13 07:42:24      End recording: 26/04/13 08:02:24  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS      UTM 32 T 633410 4927051

Trace length: 0h20'00".      Analyzed 55% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

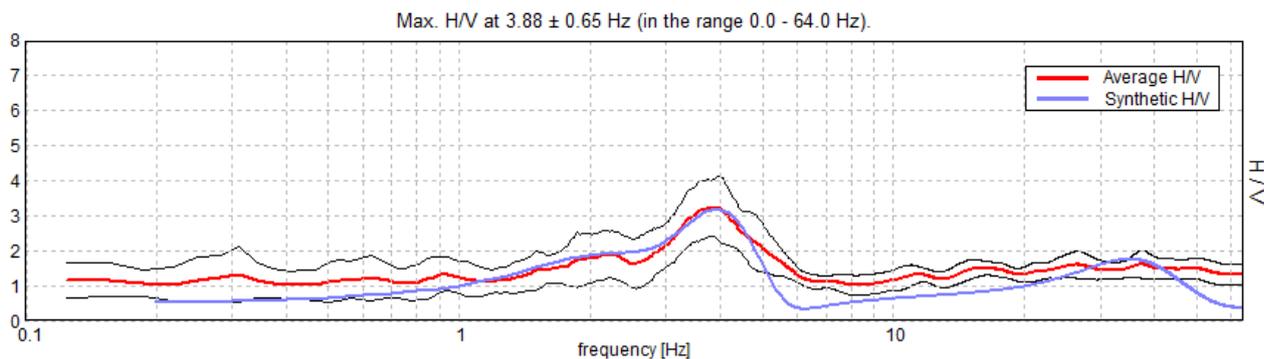
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

 Max. H/V at  $3.88 \pm 0.65$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**SERIE TEMPORALE H/V**

**DIREZIONALITA' H/V**


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

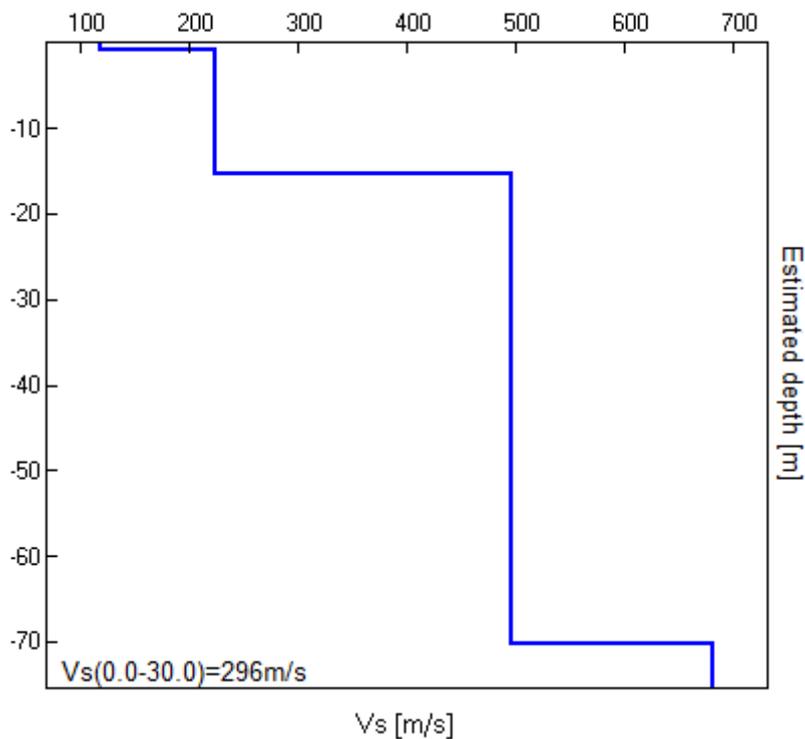


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.80	0.80	119	0.40
15.30	14.50	223	0.40
70.30	55.00	495	0.36
inf.	inf.	680	0.34

Vs(0.0-30.0)=296m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 3.88 ± 0.65 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	3.88 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2557.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 187	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.781 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.625 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.22 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.16698  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.64705 < 0.19375		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.837 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

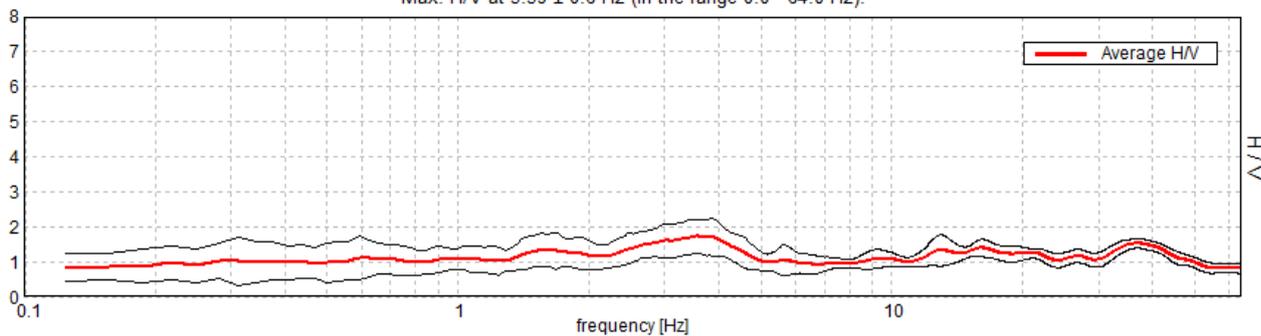
**MZS CASTELLARANO, ROTEGLIA 32**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 26/04/13 11:45:27 End recording: 26/04/13 12:05:27  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 634136 4927235

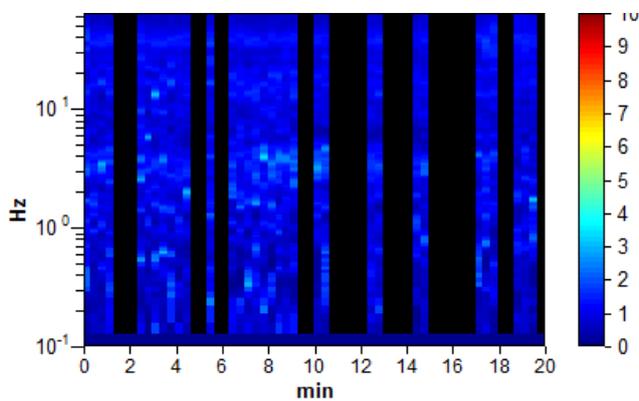
Trace length: 0h20'00". Analyzed 55% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

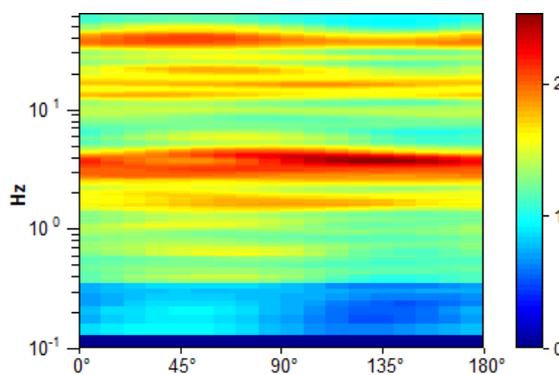
Max. H/V at 3.59 ± 0.6 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



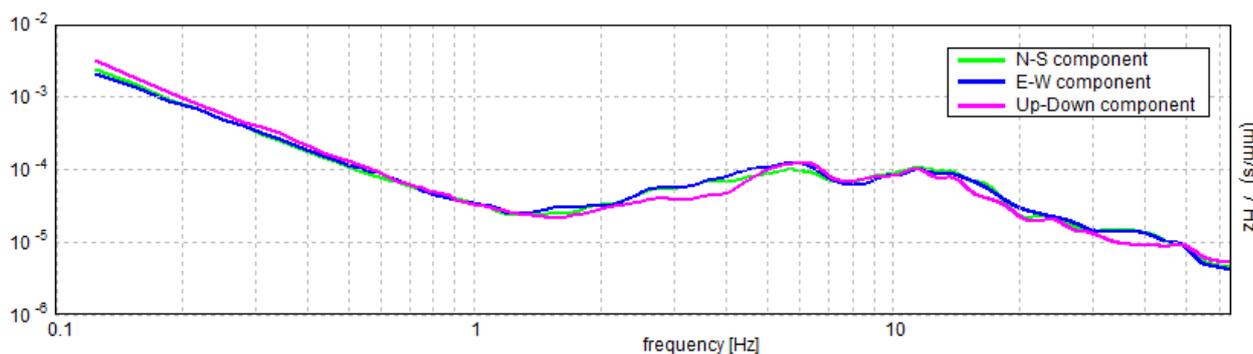
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

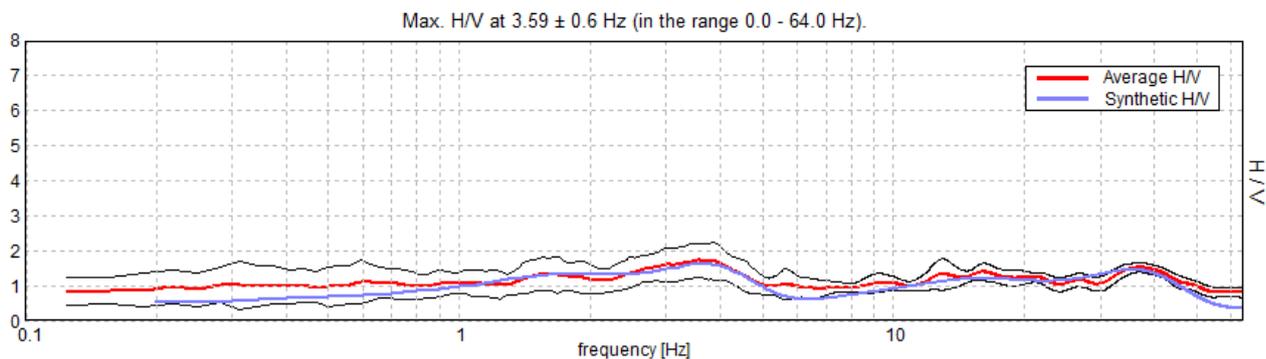


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



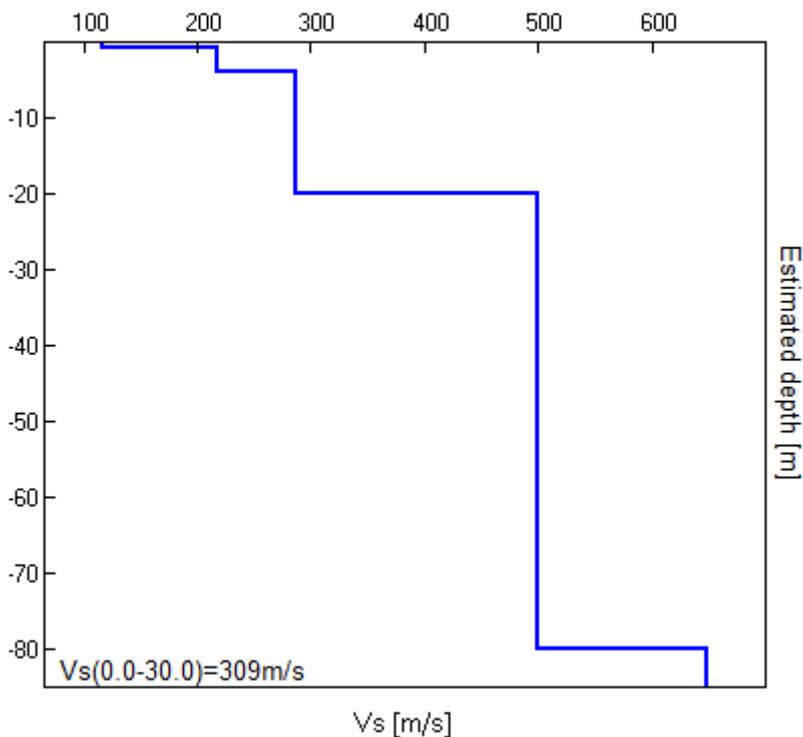


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.80	0.80	116	0.40
3.80	3.00	218	0.40
19.80	16.00	286	0.40
79.80	60.00	500	0.34
inf.	inf.	649	0.34

Vs(0.0-30.0)=309m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 3.59 ± 0.6 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	3.59 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2371.9 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 174	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.72 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.16691  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.59985 < 0.17969		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4864 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

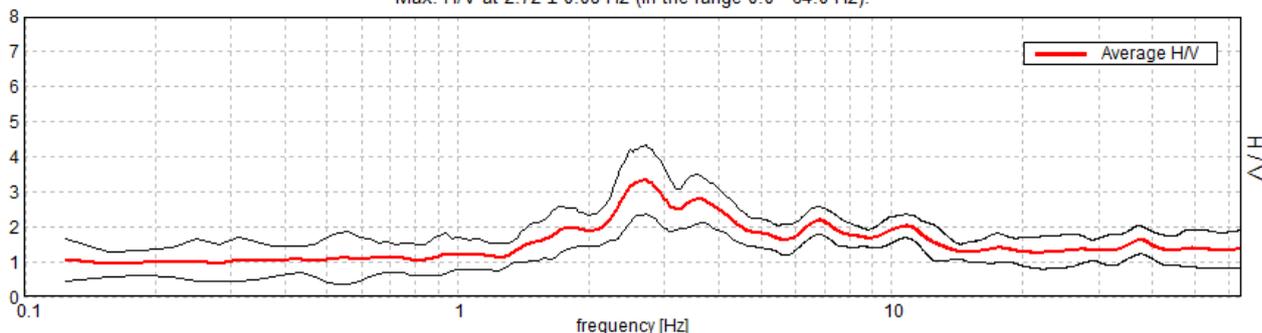
**MZS CASTELLARANO, ROTEGLIA 33**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 26/04/13 12:13:11      End recording: 26/04/13 12:33:11  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS      UTM 32 T 634112 4927630

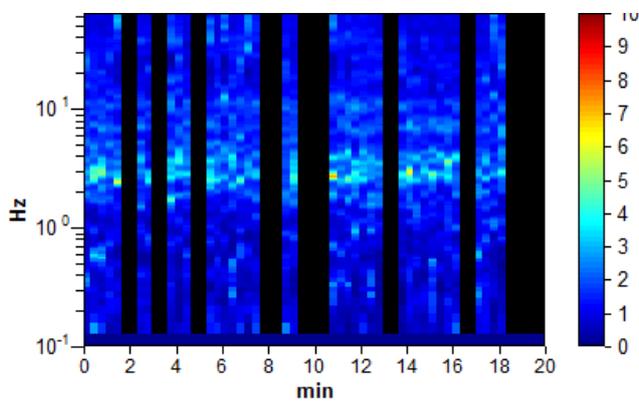
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 63% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

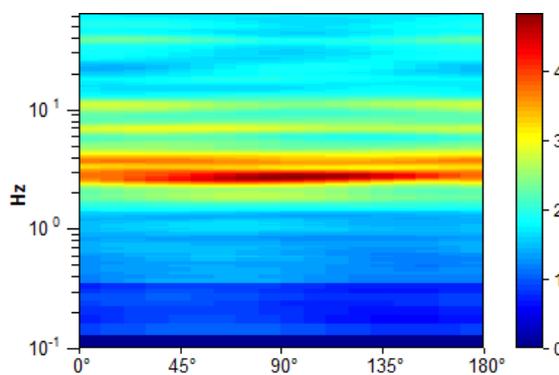
Max. H/V at 2.72 ± 0.08 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



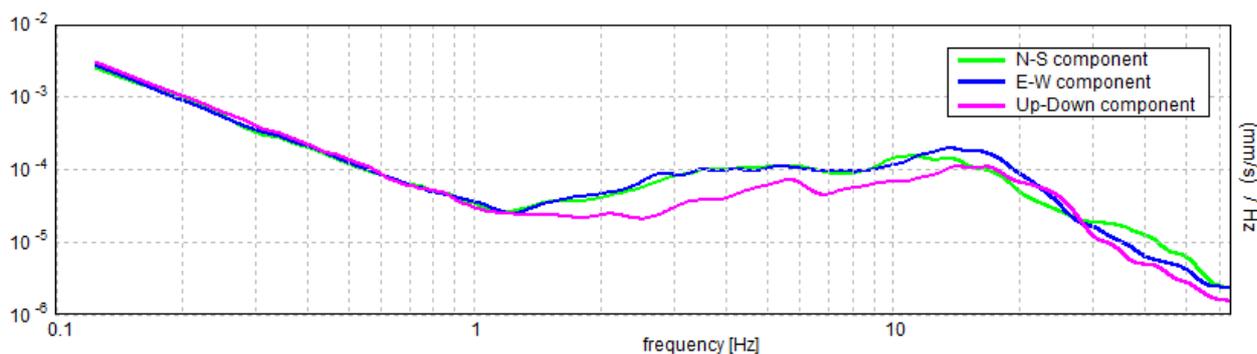
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

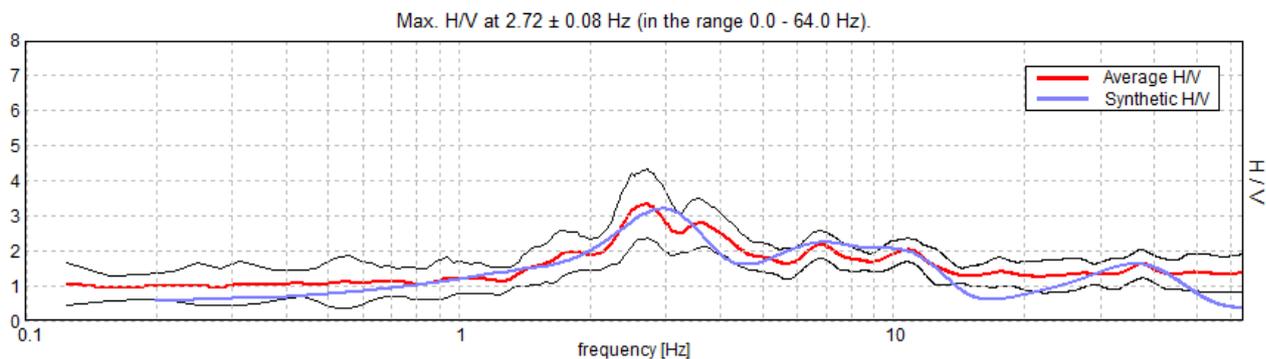


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



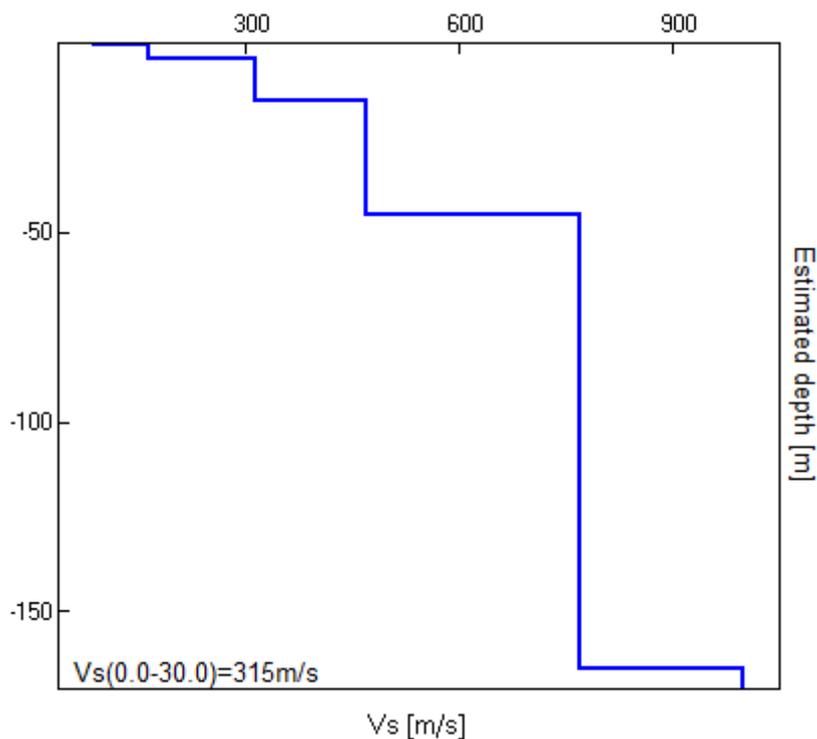


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.60	0.60	89	0.40
4.30	3.70	166	0.40
15.30	11.00	315	0.40
45.30	30.00	470	0.38
165.30	120.00	770	0.32
inf.	inf.	1000	0.30

Vs(0.0-30.0)=315m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 2.72 ± 0.08 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	2.72 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2066.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 132	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.594 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.34 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0293  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.07967 < 0.13594	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.9836 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

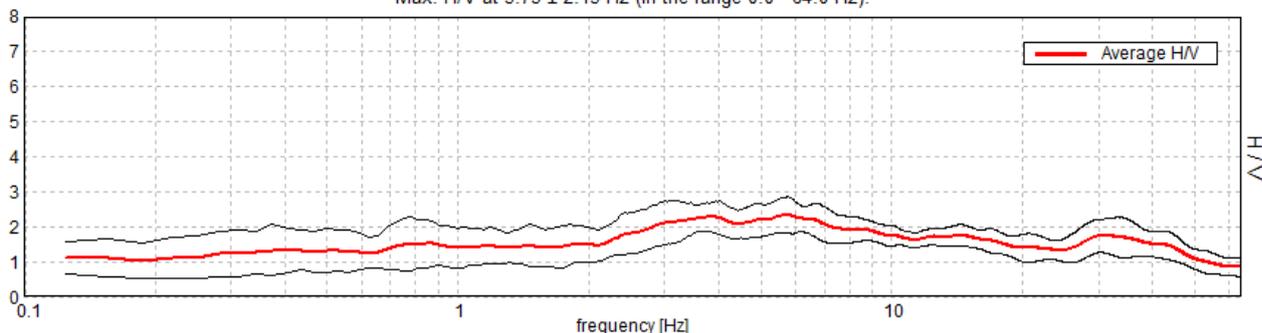
**MZS CASTELLARANO, ROTEGLIA 34**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 26/04/13 12:41:31 End recording: 26/04/13 13:01:31  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 633669 4927433

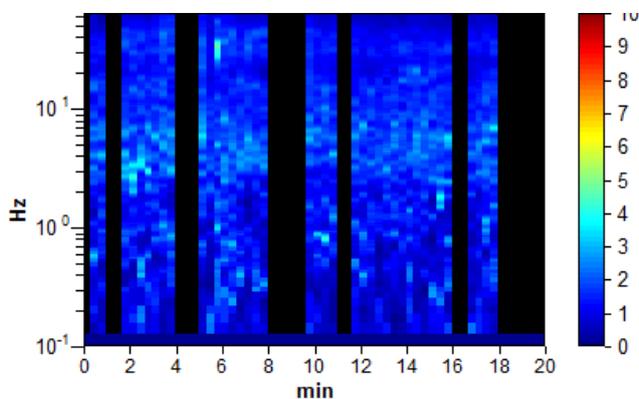
Trace length: 0h20'00". Analyzed 65% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

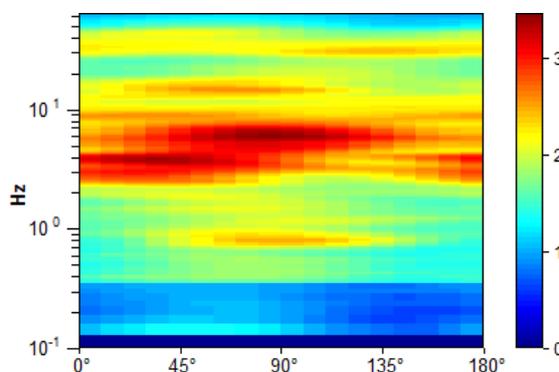
Max. H/V at 5.75 ± 2.15 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



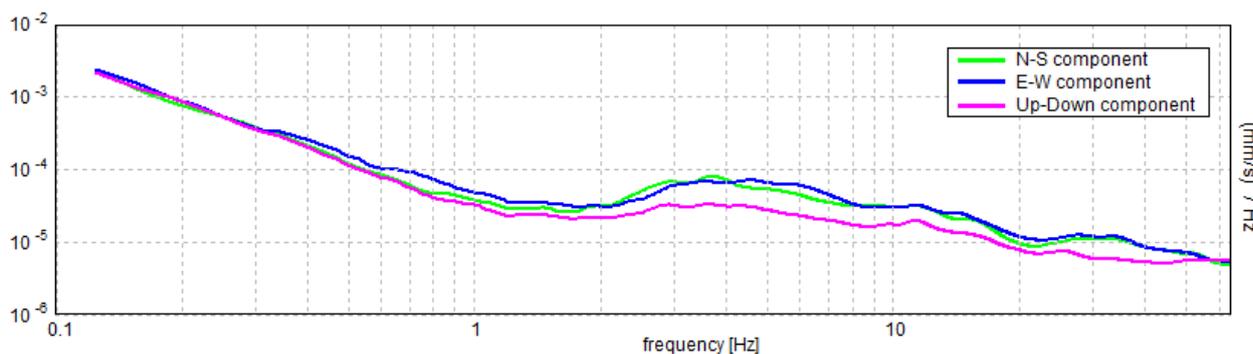
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

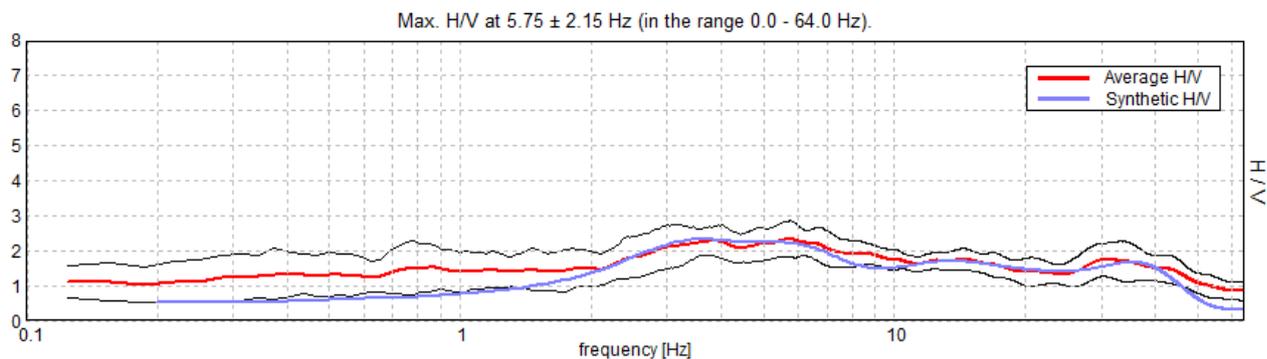


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



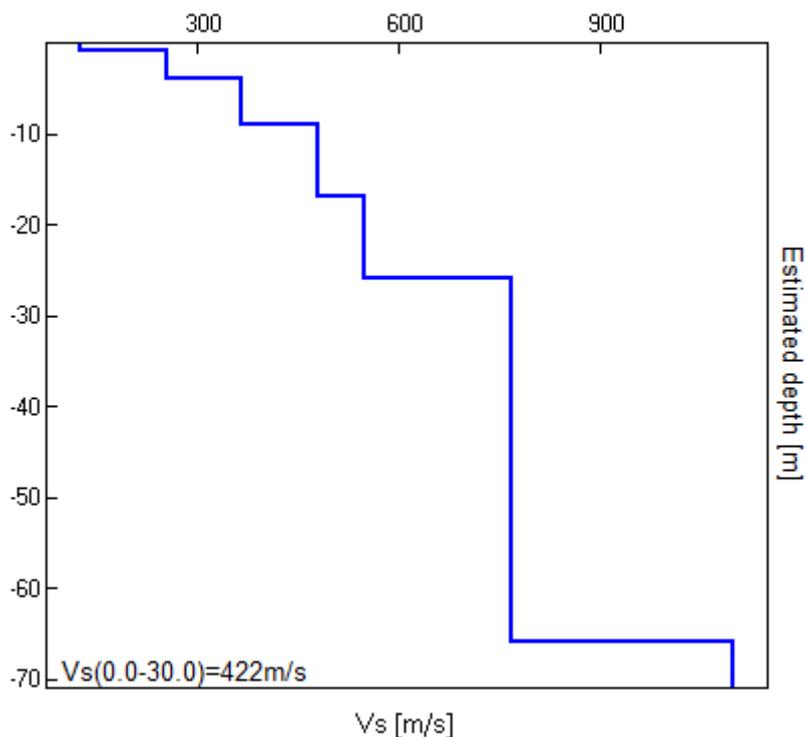


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.90	0.90	125	0.40
3.90	3.00	255	0.40
8.90	5.00	365	0.40
16.90	8.00	480	0.36
25.90	9.00	550	0.36
65.90	40.00	770	0.30
inf.	inf.	1100	0.30

Vs(0.0-30.0)=422m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 5.75 ± 2.15 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	5.75 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	4485.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 277	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.33 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.37447  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.15319 < 0.2875		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5192 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

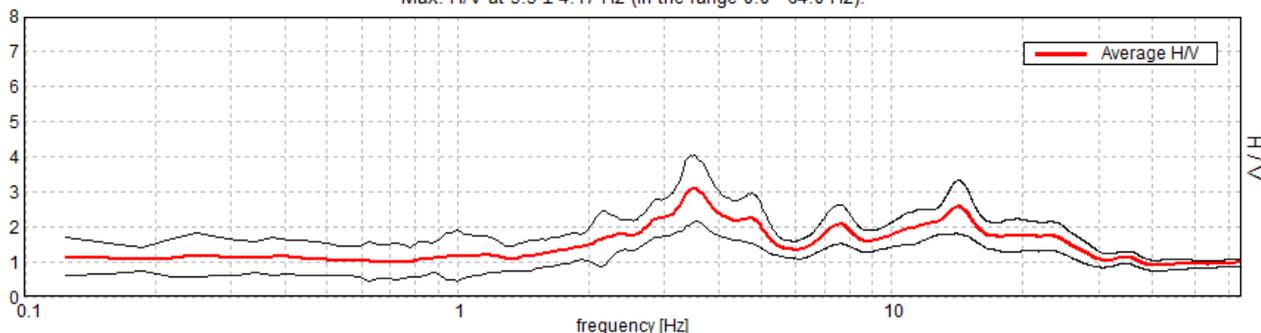
**MZS CASTELLARANO, ROTEGLIA 35**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 26/04/13 07:10:14 End recording: 26/04/13 07:30:14  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 633169 4926922

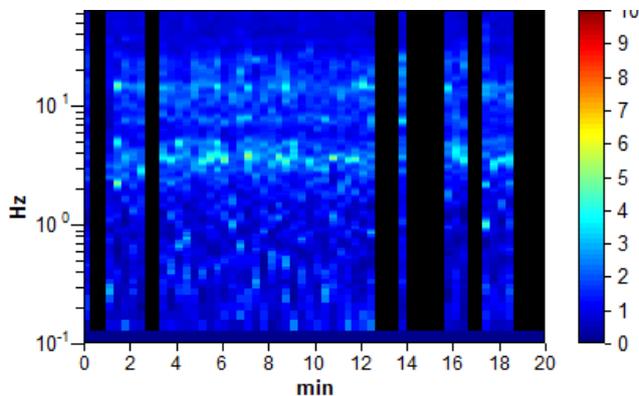
Trace length: 0h20'00". Analyzed 70% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

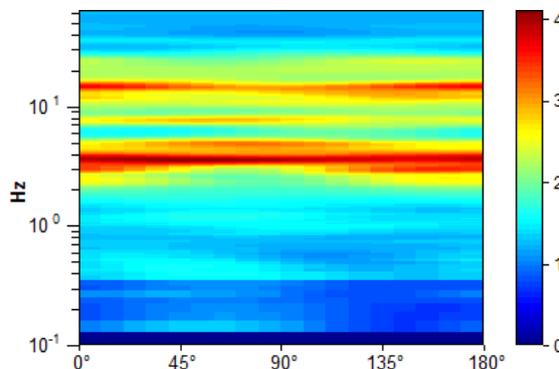
Max. H/V at 3.5 ± 4.17 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



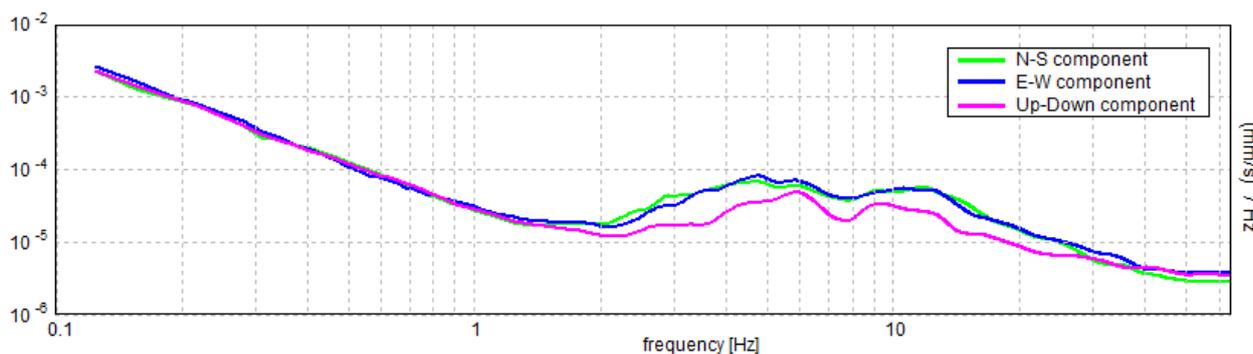
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

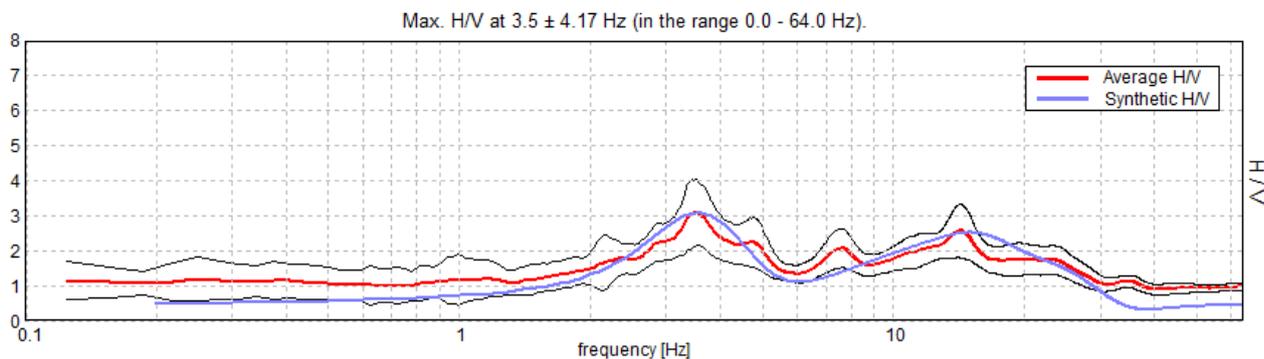


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



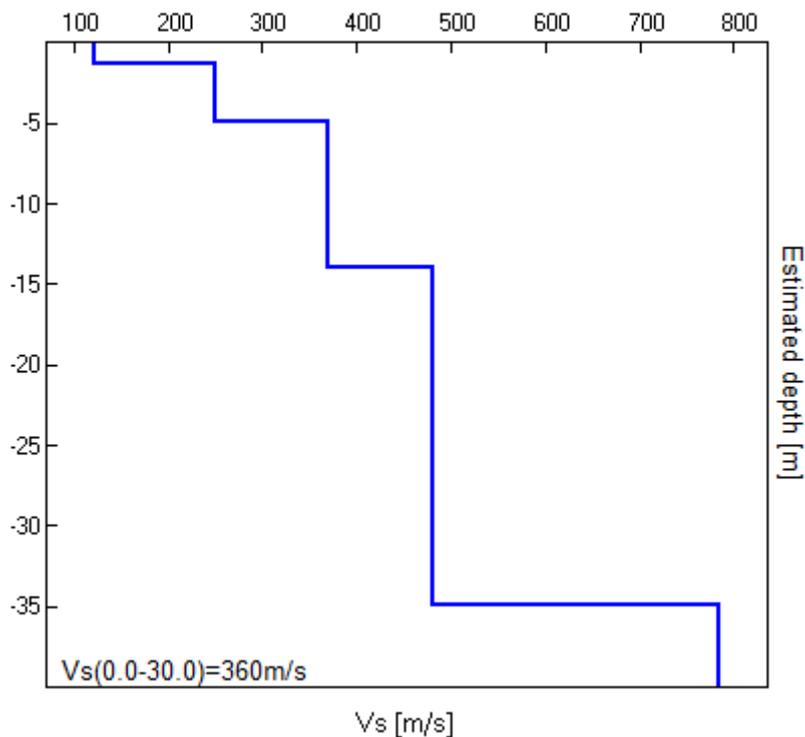


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.35	1.35	121	0.40
4.95	3.60	250	0.40
13.95	9.00	370	0.40
34.95	21.00	480	0.38
inf.	inf.	785	0.34

Vs(0.0-30.0)=360m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 3.5 ± 4.17 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	3.50 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2940.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 169	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.063 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.09 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 1.19213  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	4.17244 < 0.175		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.9526 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

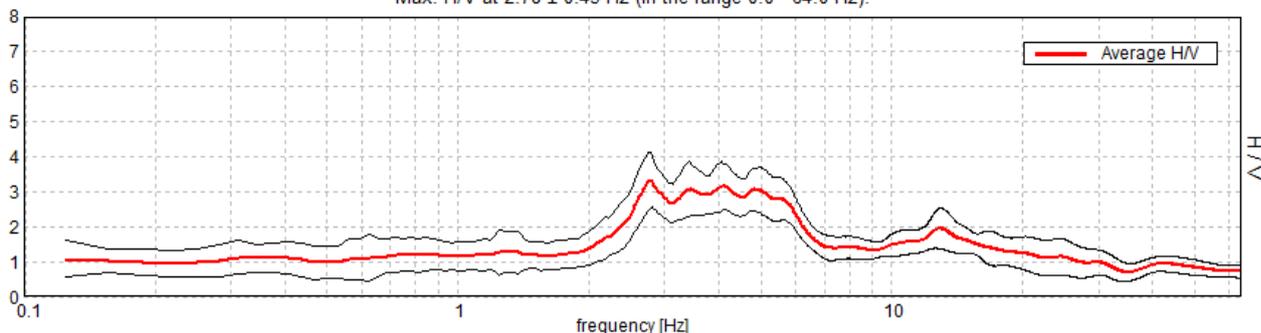
**MZS CASTELLARANO, ROTEGLIA 36**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 26/04/13 06:42:02 End recording: 26/04/13 07:02:02  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 633056 4926796

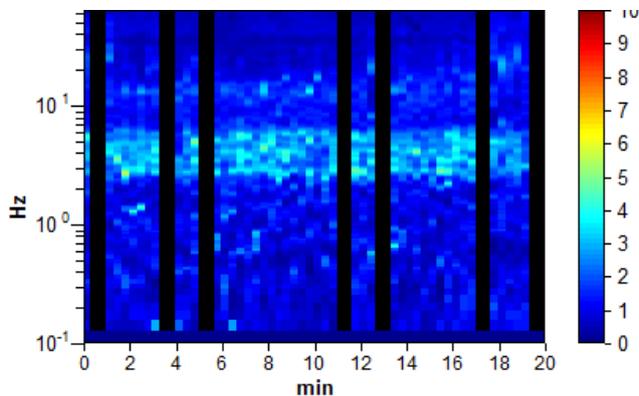
Trace length: 0h20'00". Analyzed 77% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

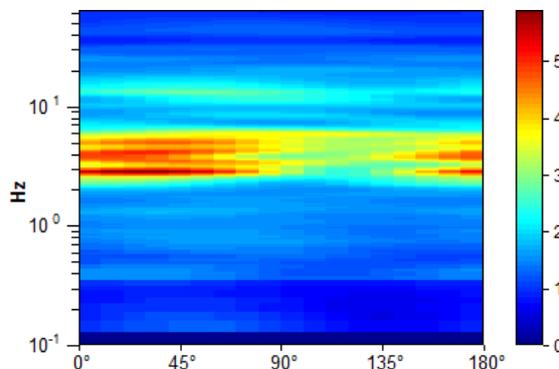
Max. H/V at 2.78 ± 0.45 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



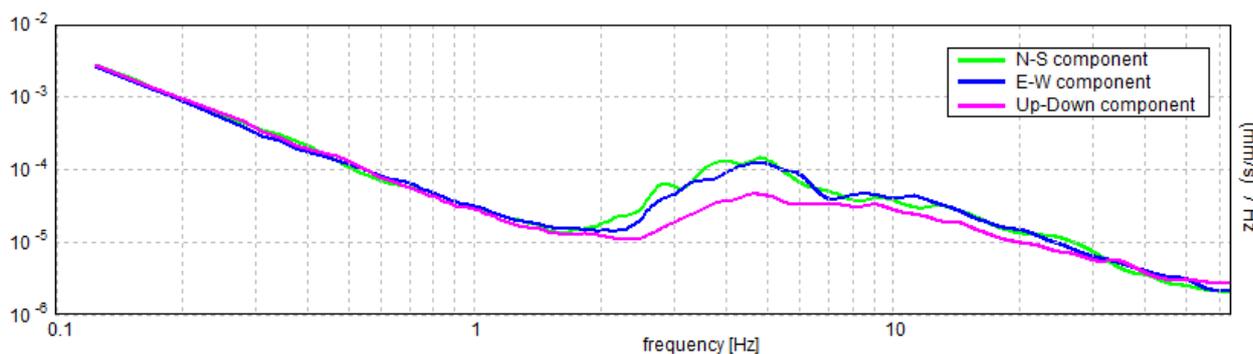
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

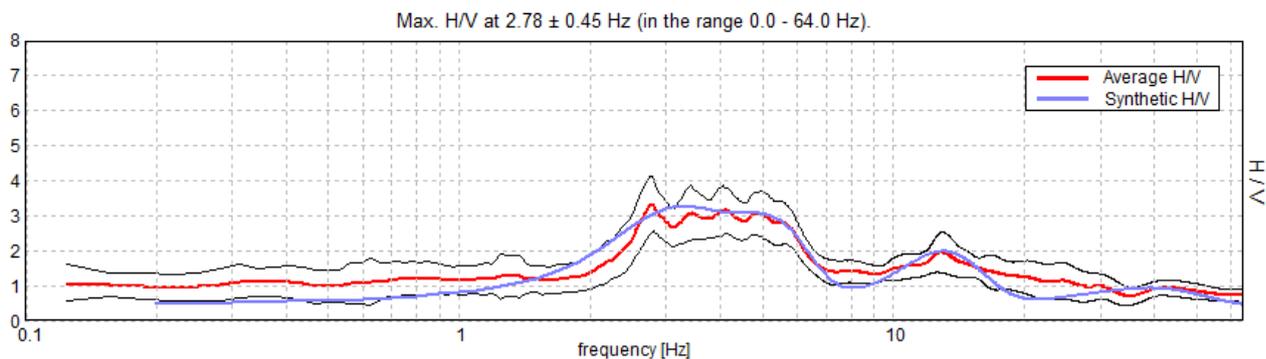


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



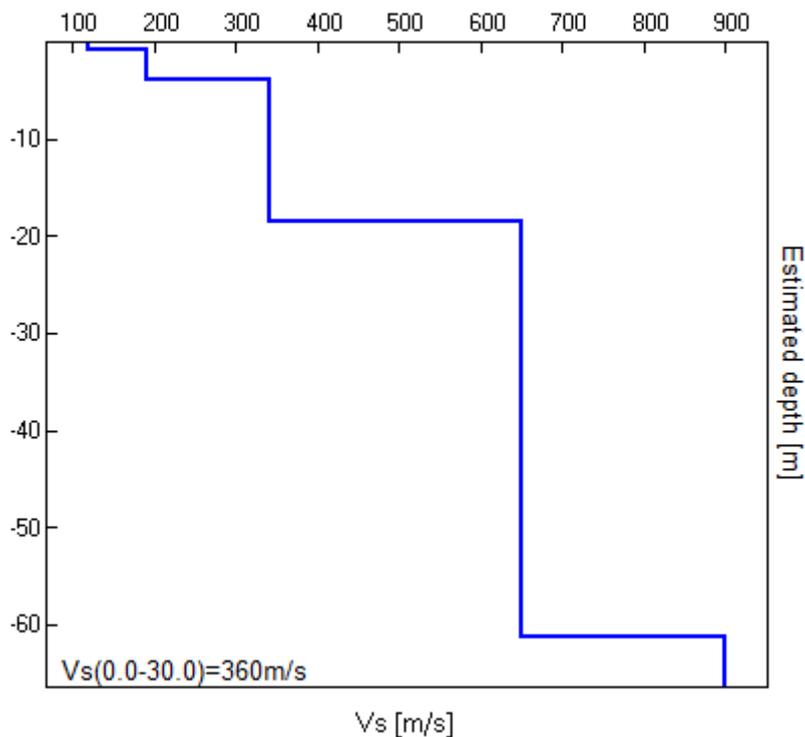


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.70	0.70	118	0.40
3.90	3.20	190	0.40
18.40	14.50	340	0.40
61.40	43.00	650	0.40
inf.	inf.	900	0.40

Vs(0.0-30.0)=360m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 2.78 ± 0.45 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	2.78 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2558.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 134	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.156 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.594 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.33 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.16323  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.45398 < 0.13906		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.786 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

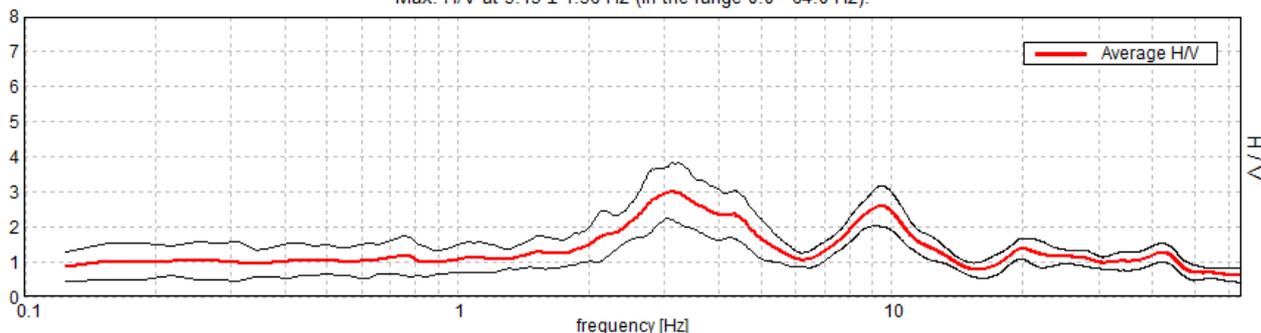
**MZS CASTELLARANO, ROTEGLIA 37**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 25/04/13 12:33:23      End recording: 25/04/13 12:53:23  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS      UTM 32 T 634767 4927675

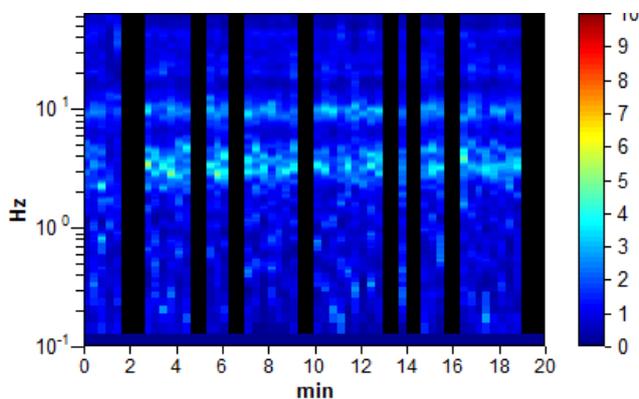
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 70% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

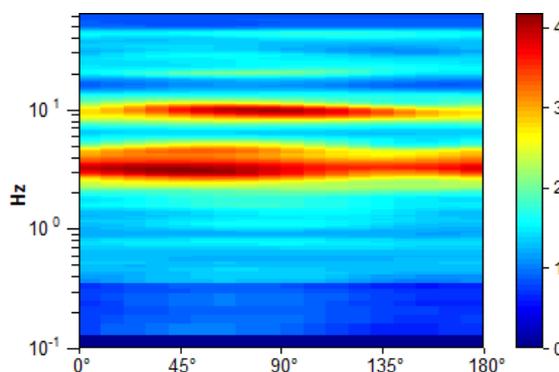
Max. H/V at 3.13 ± 1.36 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



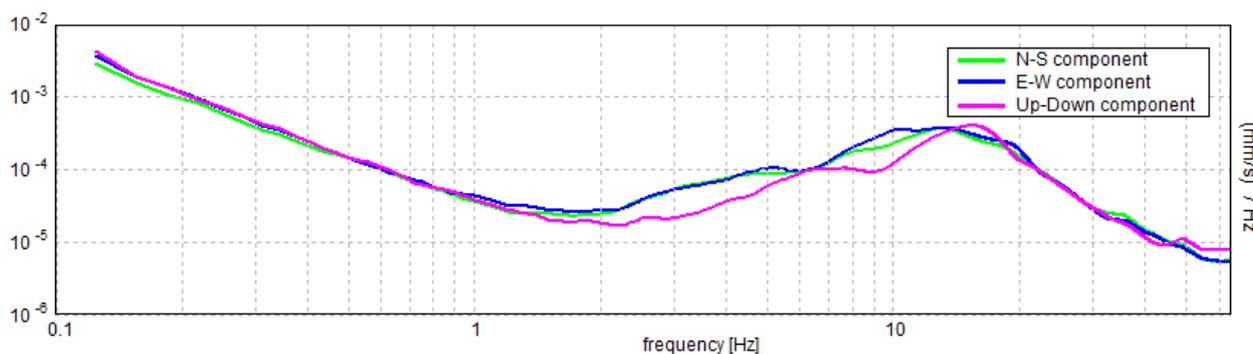
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

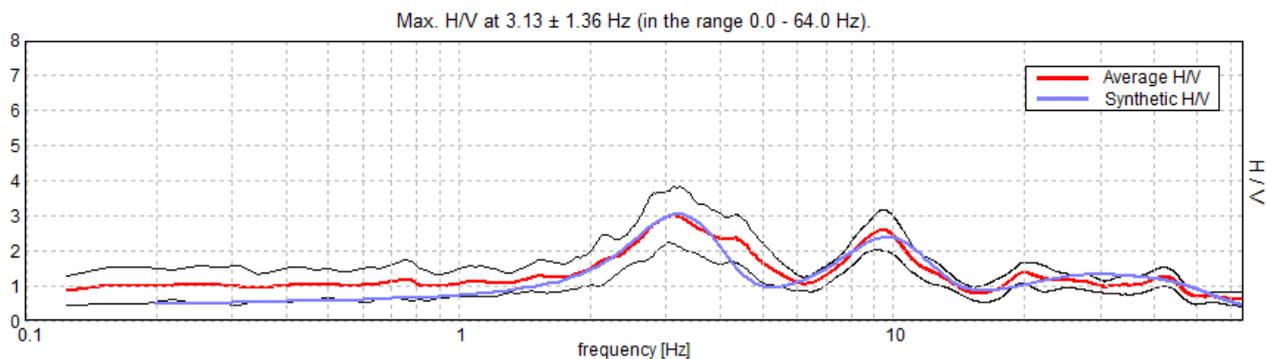


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



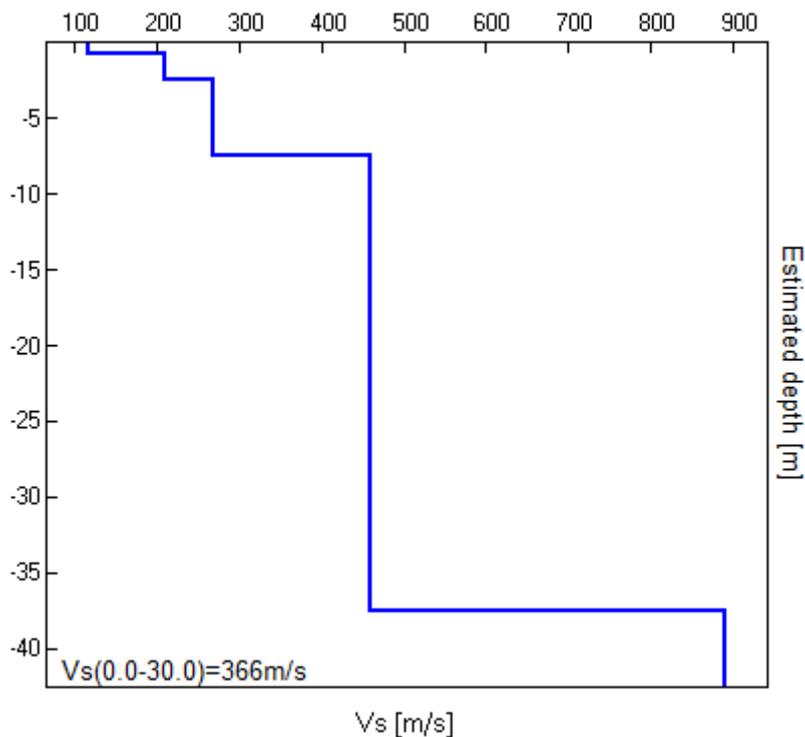


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.70	0.70	117	0.40
2.50	1.80	210	0.40
7.50	5.00	270	0.40
37.50	30.00	460	0.34
inf.	inf.	890	0.32

Vs(0.0-30.0)=366m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 3.13 ± 1.36 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	3.13 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2625.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 151	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.0 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.219 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.01 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.43549  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.3609 < 0.15625		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.8064 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

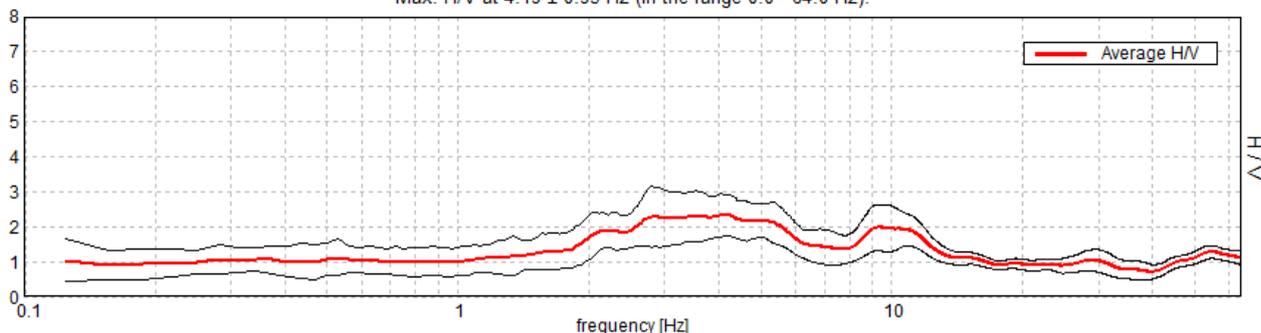
**MZS CASTELLARANO, ROTEGLIA 38**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 26/04/13 10:39:10      End recording: 26/04/13 10:59:10  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available

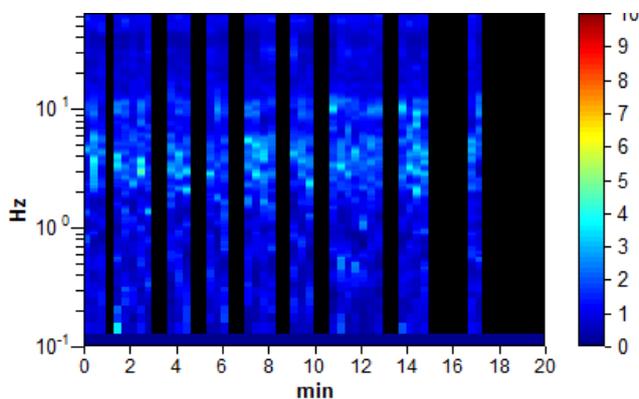
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 57% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

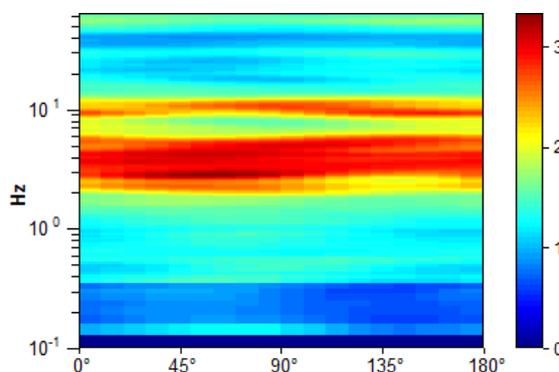
Max. H/V at 4.19 ± 0.93 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



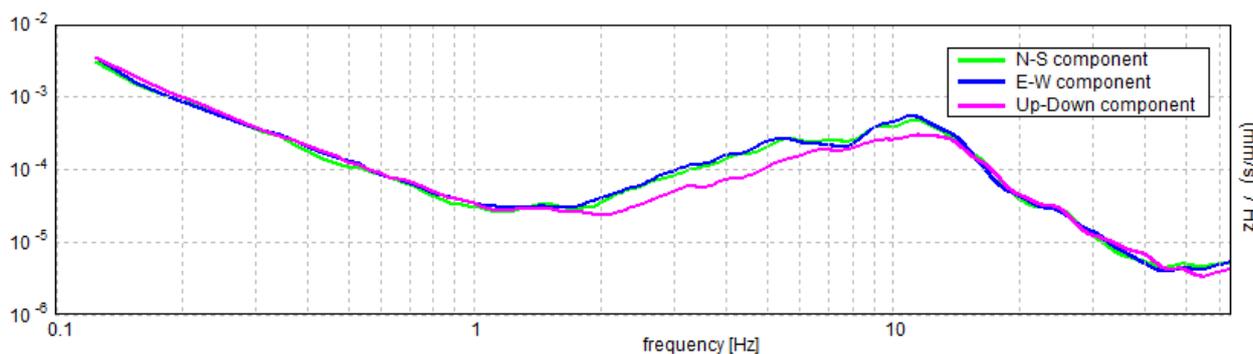
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

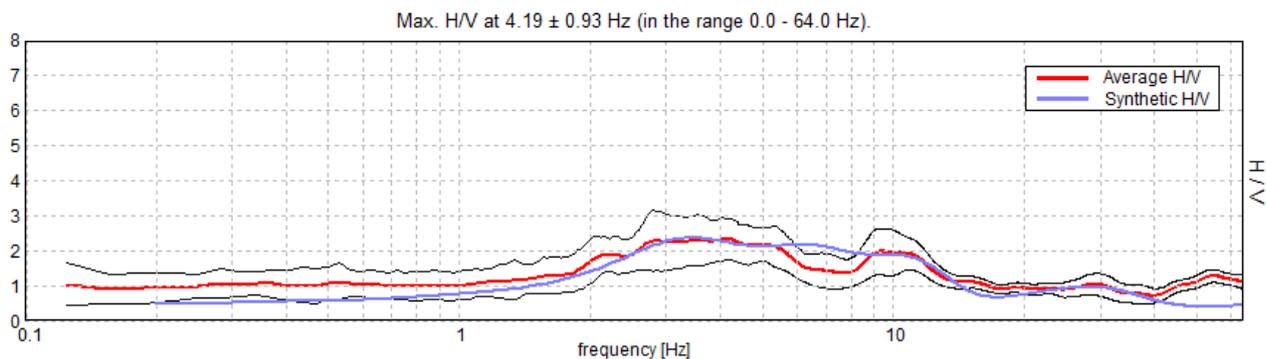


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



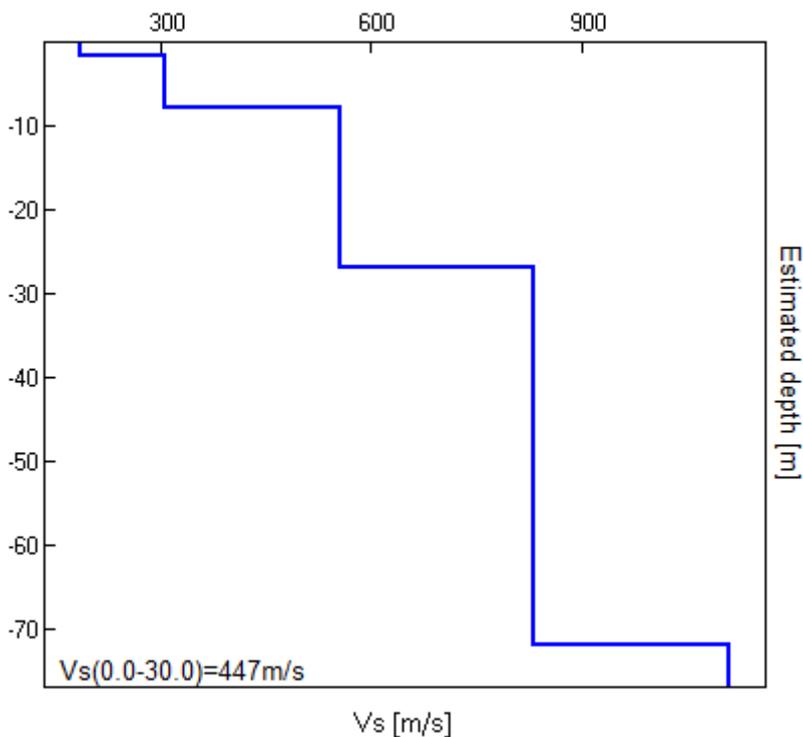


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.60	1.60	185	0.40
7.80	6.20	305	0.40
26.80	19.00	555	0.40
71.80	45.00	830	0.36
inf.	inf.	1110	0.35

Vs(0.0-30.0)=447m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 4.19 ± 0.93 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	4.19 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2847.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 202	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.406 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	13.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.33 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.22204  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.92981 < 0.20938		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5913 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

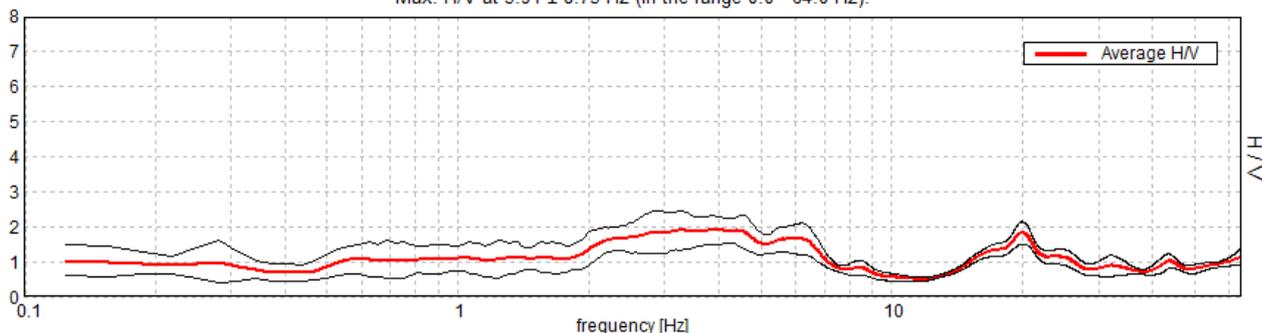
**MZS CASTELLARANO, ROTEGLIA 39**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 26/04/13 11:15:12      End recording: 26/04/13 11:35:12  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS      UTM 32 T 63634822 4927272

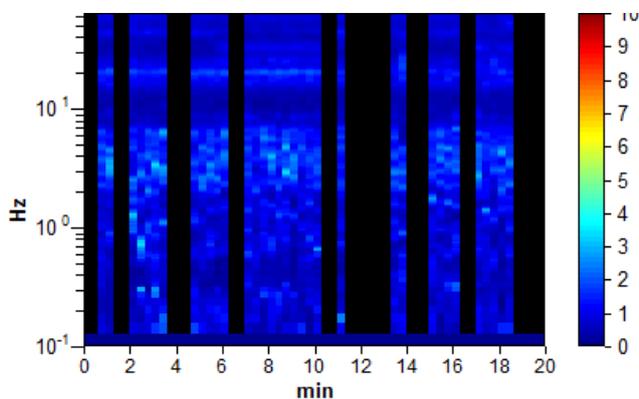
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 57% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

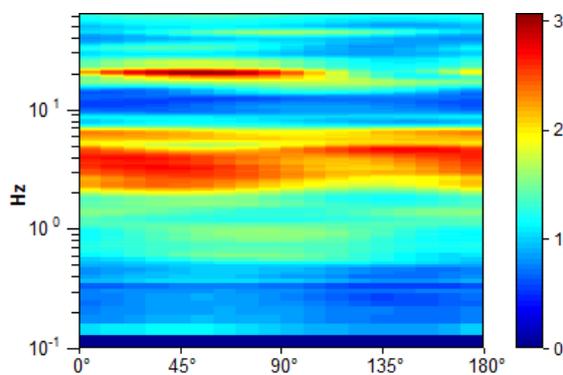
Max. H/V at 3.91 ± 8.75 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



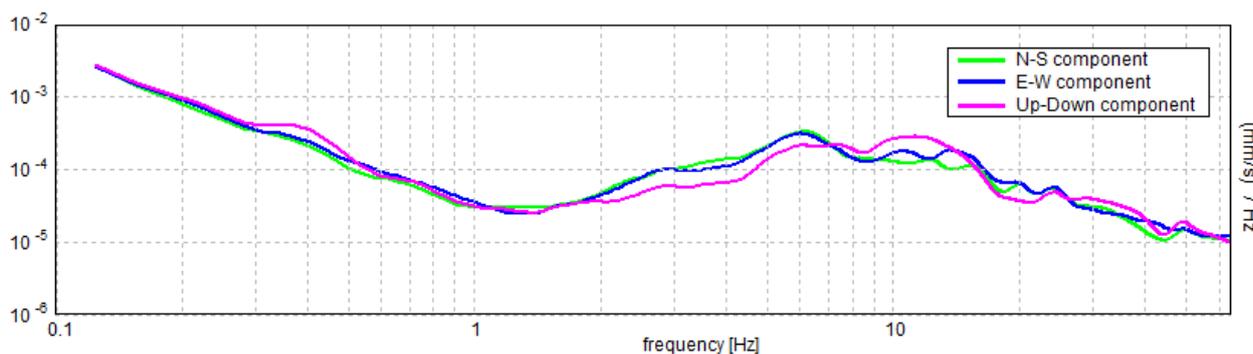
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



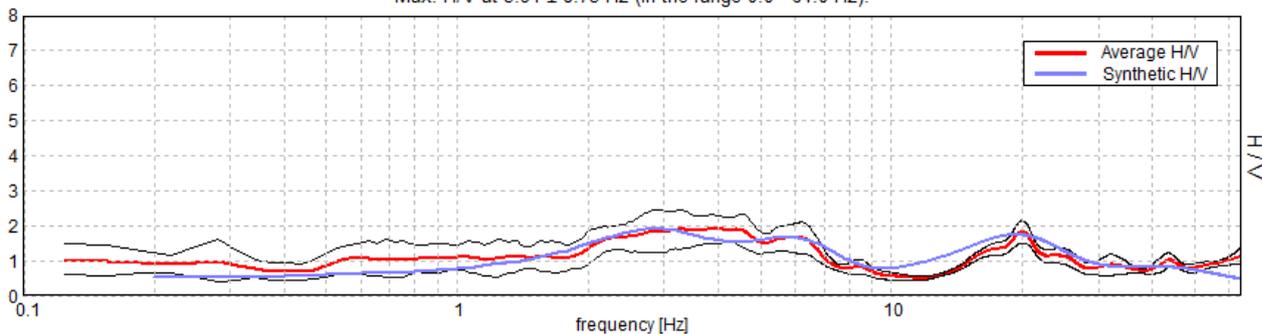
**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**





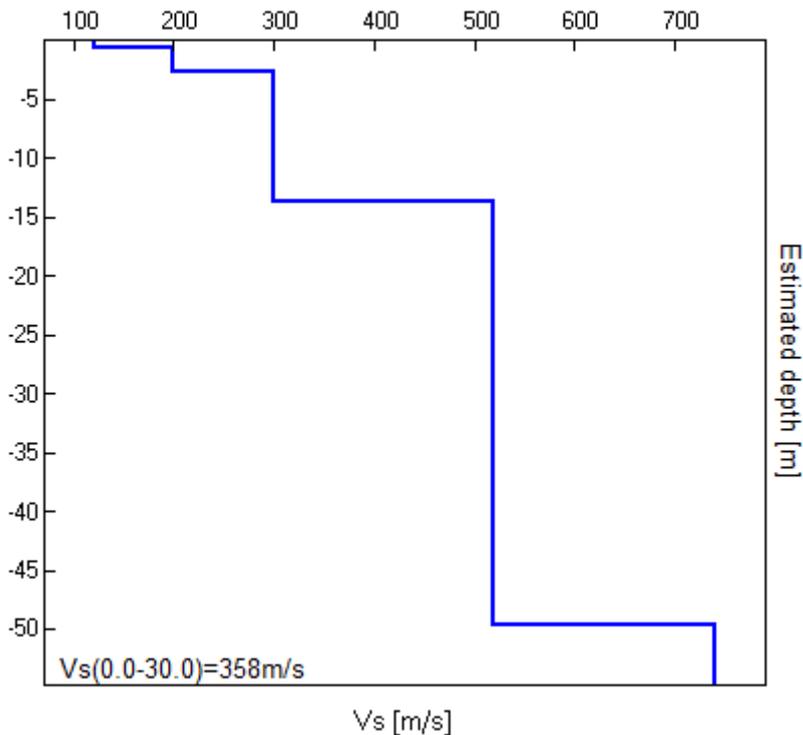
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 3.91 ± 8.75 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.70	0.70	121	0.40
2.70	2.00	200	0.40
13.70	11.00	300	0.40
49.70	36.00	520	0.36
inf.	inf.	740	0.34

Vs(0.0-30.0)=358m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 3.91 ± 8.75 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	3.91 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2656.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 188	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.219 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.91 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 2.2397  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	8.74881 < 0.19531		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4075 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

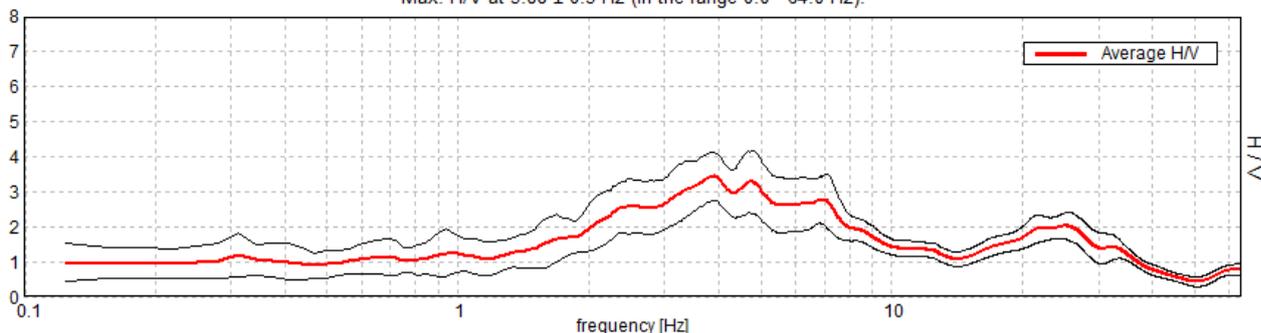
**MZS CASTELLARANO, ROTEGLIA 40**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 26/04/13 08:44:38 End recording: 26/04/13 09:04:38  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 633784 4926911

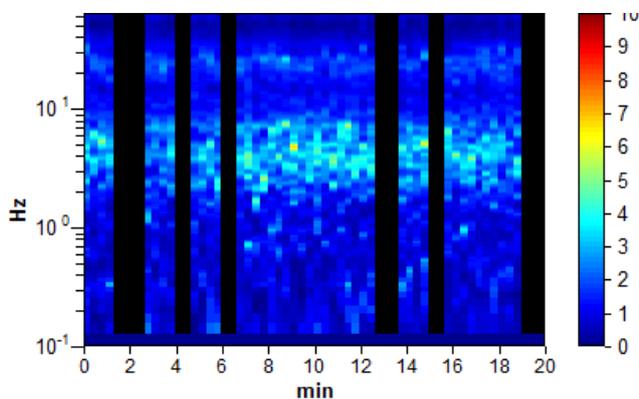
Trace length: 0h20'00". Analyzed 73% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

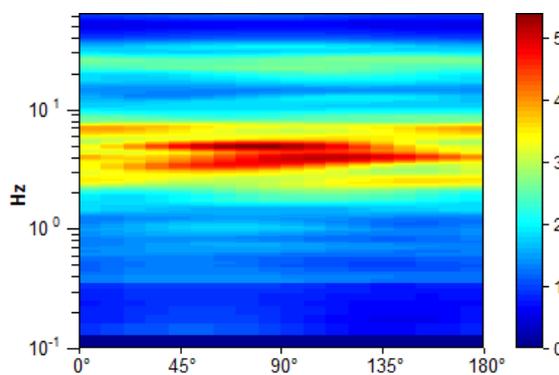
Max. H/V at 3.88 ± 0.3 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



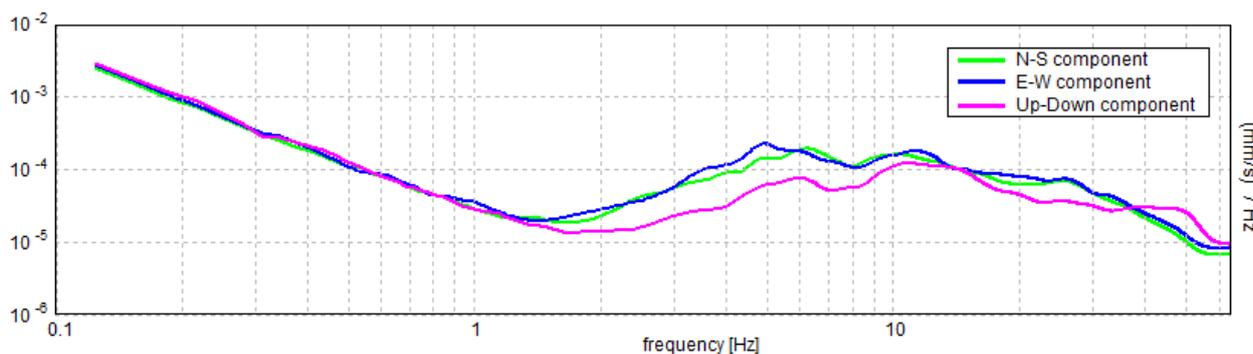
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

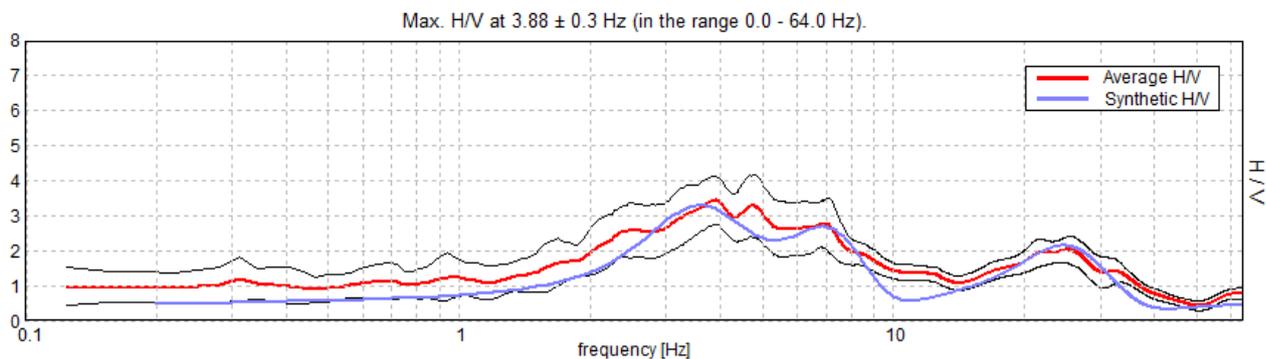


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



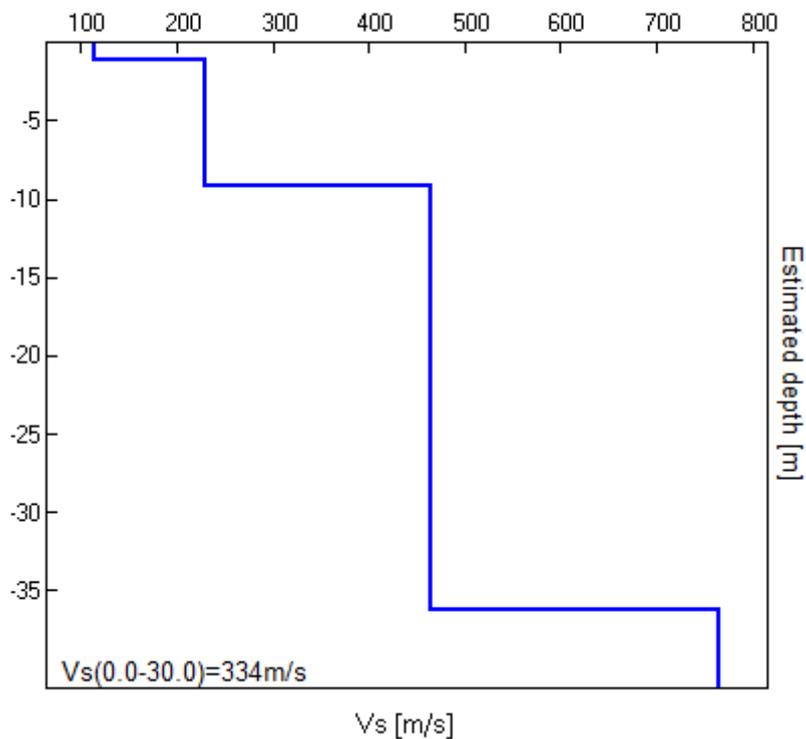


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.15	1.15	114	0.40
9.15	8.00	230	0.40
36.15	27.00	465	0.34
inf.	inf.	765	0.32

Vs(0.0-30.0)=334m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 3.88 ± 0.3 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	3.88 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	3410.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 187	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.875 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	9.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.44 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.07671  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.29725 < 0.19375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.698 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

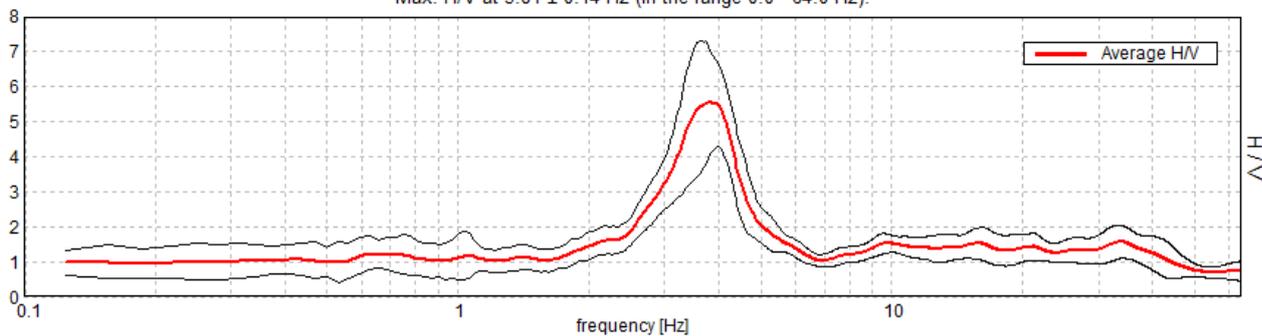
### MZS CASTELLARANO, CASTELLARANO 41

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 25/04/13 10:23:18 End recording: 25/04/13 10:43:18  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 636987 4930278

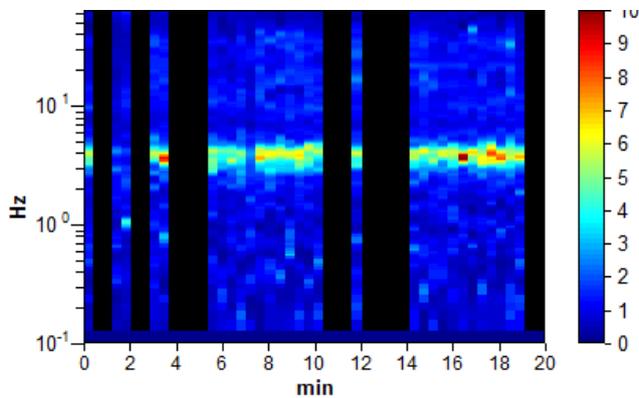
Trace length: 0h20'00". Analyzed 62% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 25 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

#### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

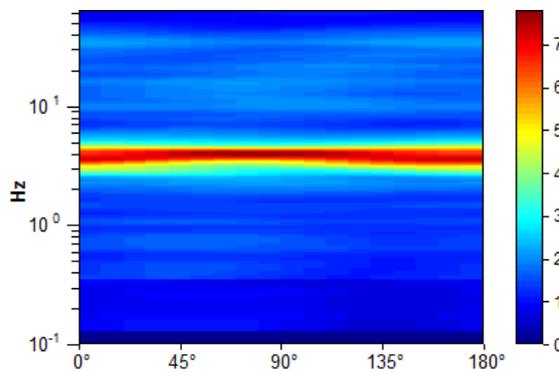
Max. H/V at 3.81 ± 0.14 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



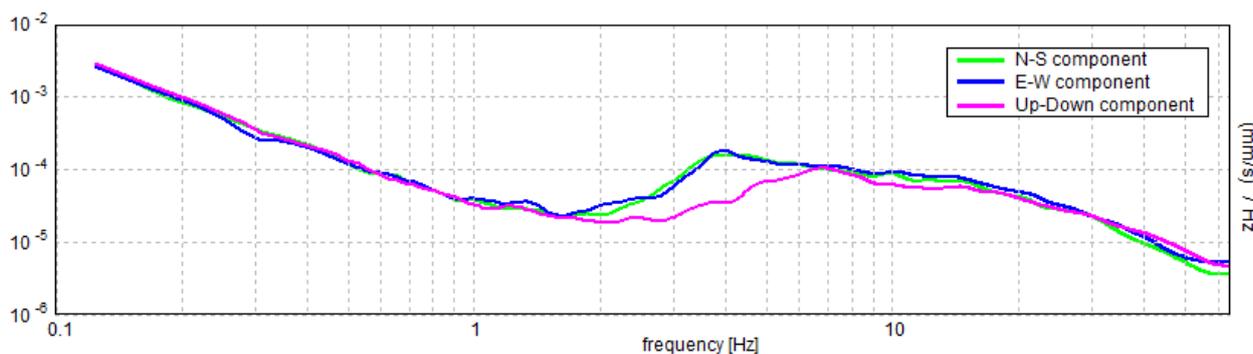
#### SERIE TEMPORALE H/V



#### DIREZIONALITA' H/V

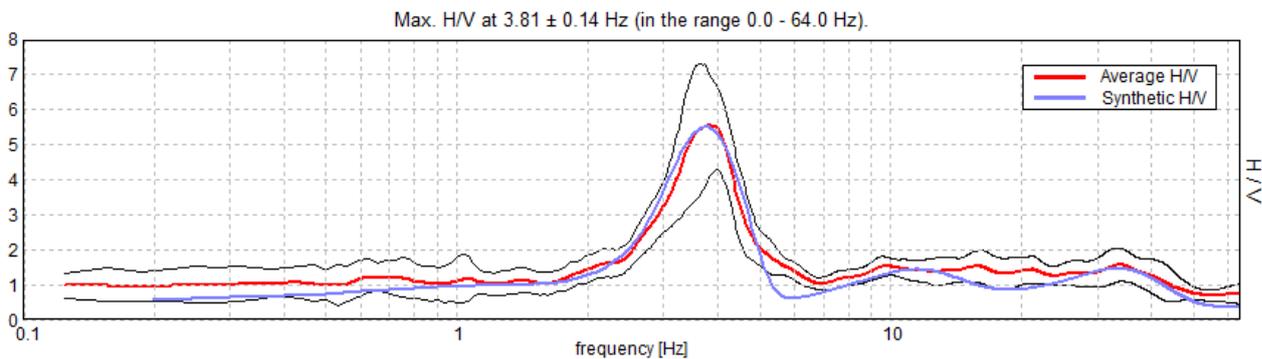


#### .SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



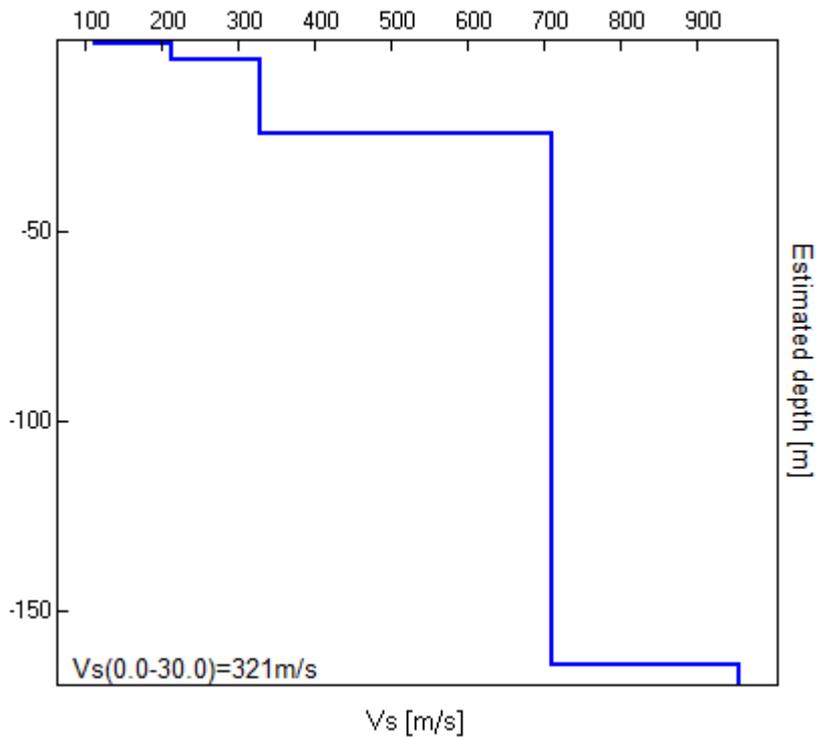


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.85	0.85	115	0.40
4.85	4.00	213	0.40
24.35	19.50	329	0.38
164.35	140.00	710	0.30
inf.	inf.	955	0.30

Vs(0.0-30.0)=321m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

**Max. H/V at 3.81 ± 0.14 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteria per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	3.81 > 0.40	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2859.4 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 184	OK	

### Criteria per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.813 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.656 Hz	OK	
$A_0 > 2$	5.55 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03647  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.13905 < 0.19063	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.5129 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

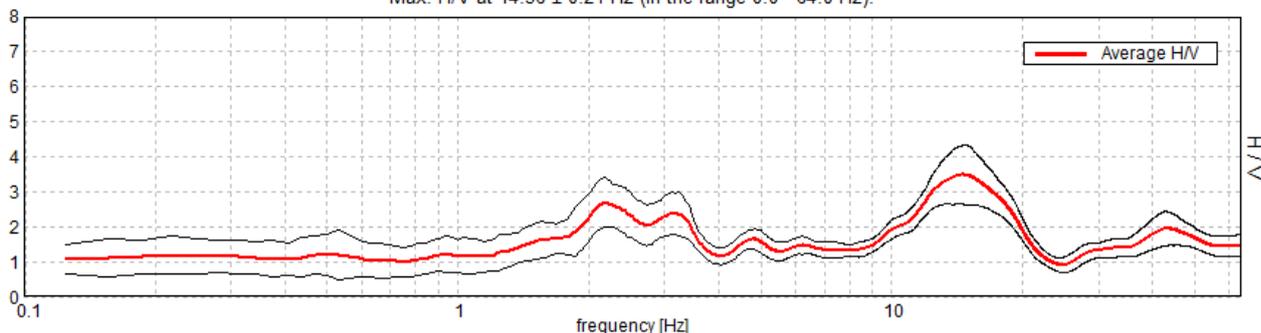
**MZS CASTELLARANO, CASTELLARANO 42**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 25/04/13 11:27:51 End recording: 25/04/13 11:47:51  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 637795 4929892

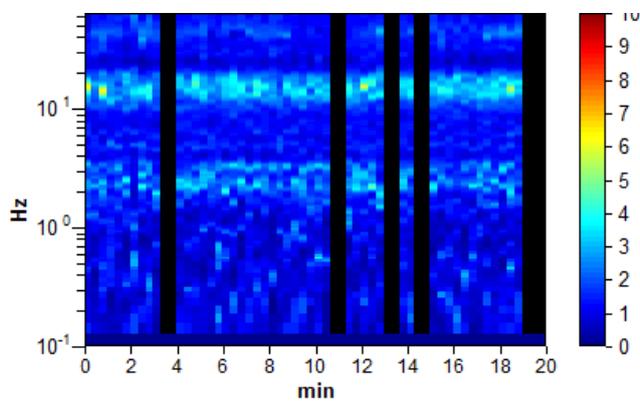
Trace length: 0h20'00". Analyzed 82% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

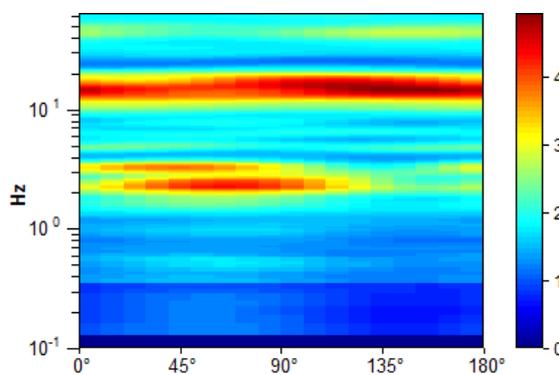
Max. H/V at 14.56 ± 0.21 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



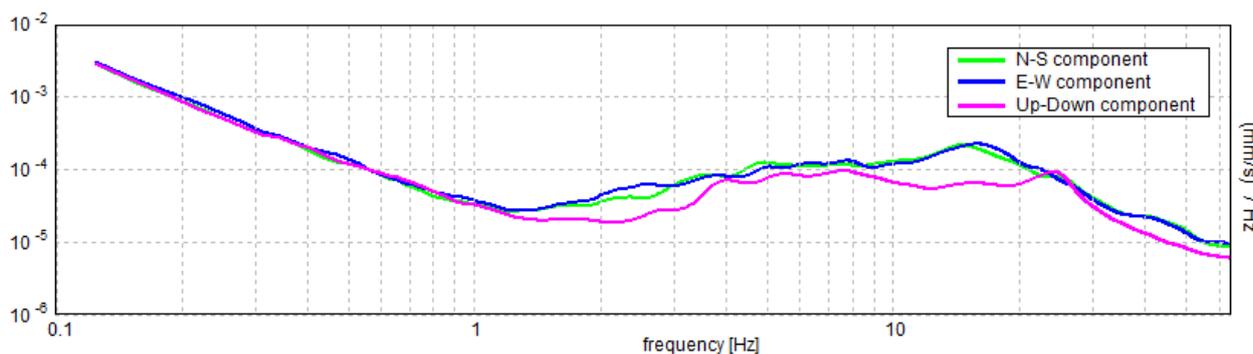
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

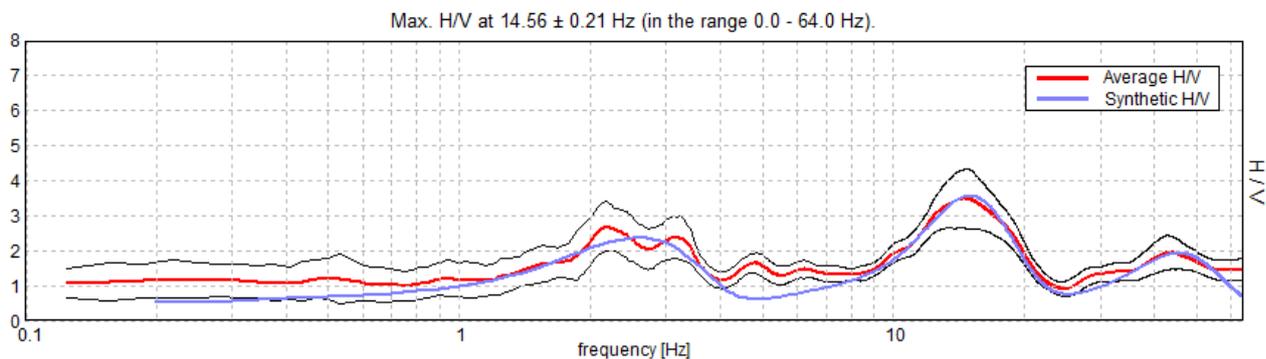


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



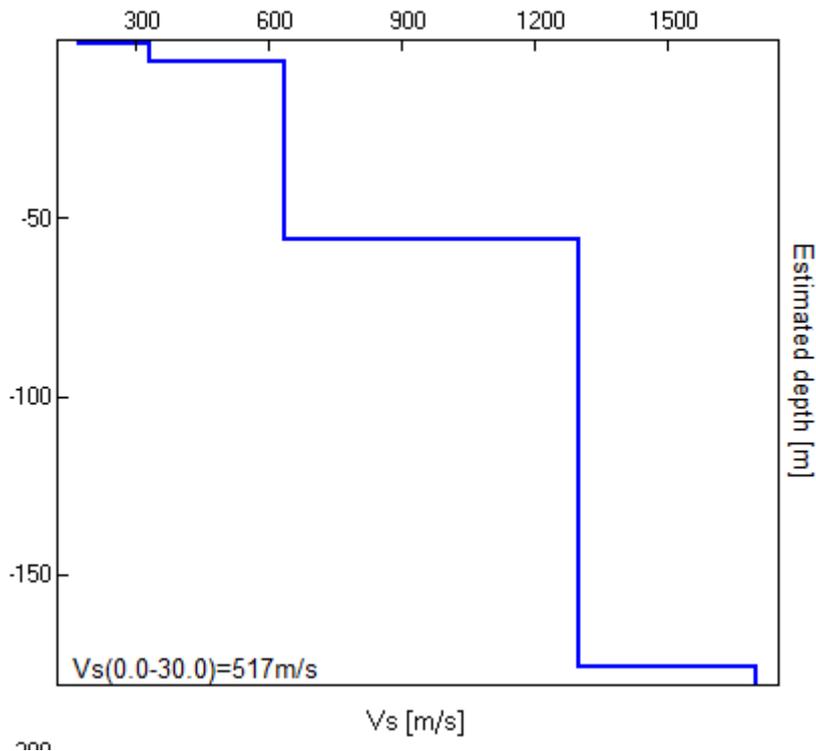


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	176	0.44
5.80	4.80	332	0.40
55.80	50.00	638	0.34
175.80	120.00	1300	0.30
inf.	inf.	1700	0.30

Vs(0.0-30.0)=517m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 14.56 ± 0.21 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	14.56 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	14271.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 700	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.594 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	20.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.48 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01439  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.20949 < 0.72813	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.8377 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

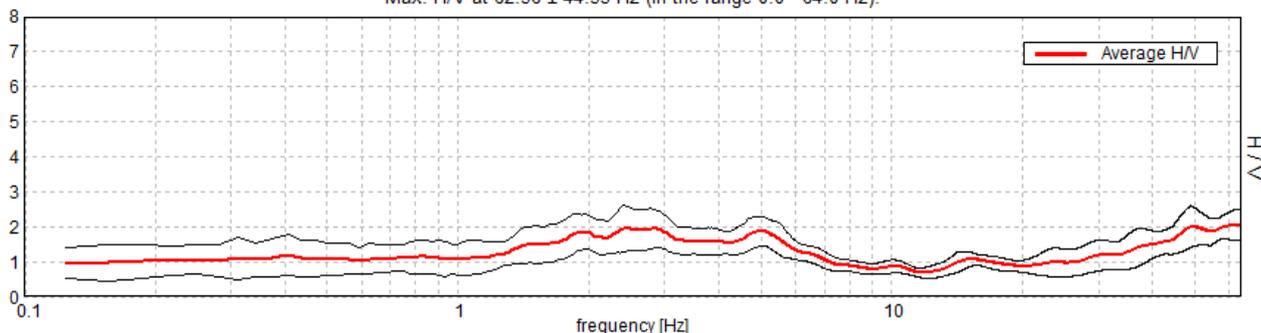
**MZS CASTELLARANO, CASTELLARANO 43**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 25/04/13 09:52:18 End recording: 25/04/13 10:12:18  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 638024 4931335

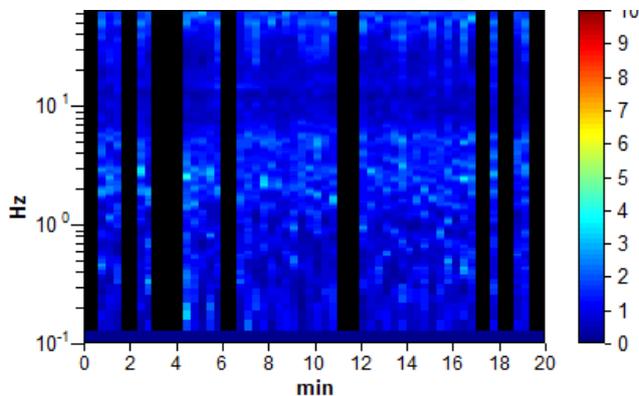
Trace length: 0h20'00". Analyzed 68% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

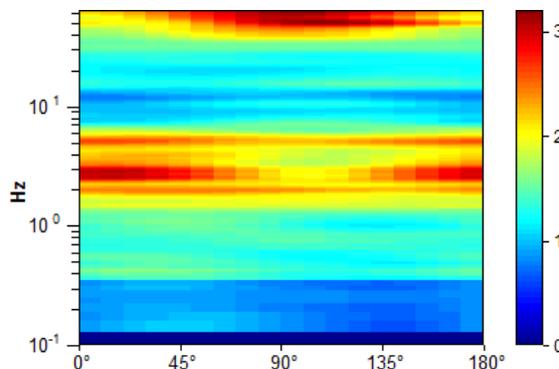
Max. H/V at 62.56 ± 44.33 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



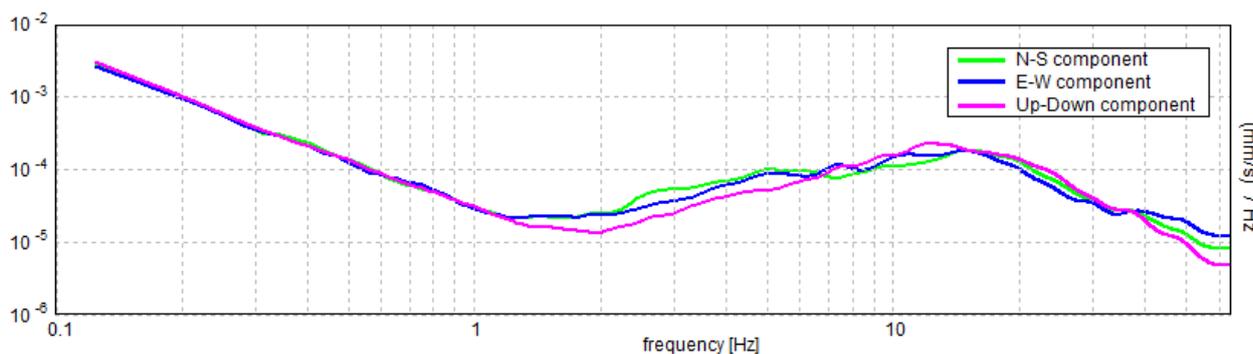
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



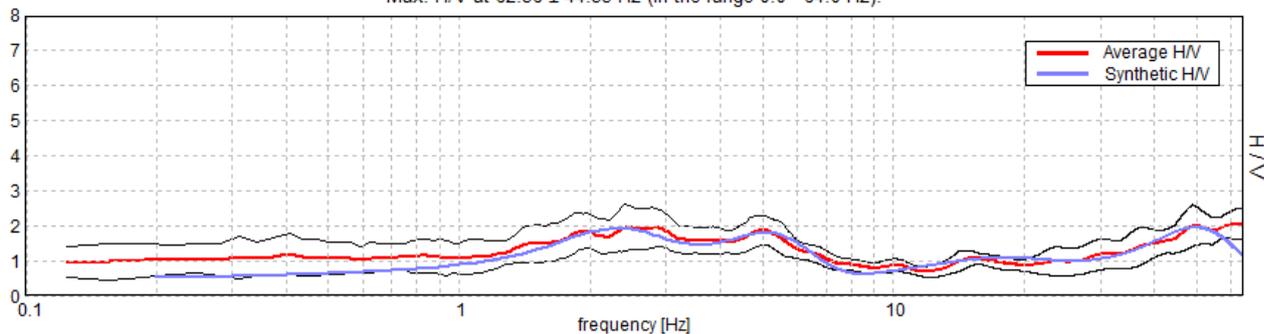
**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**





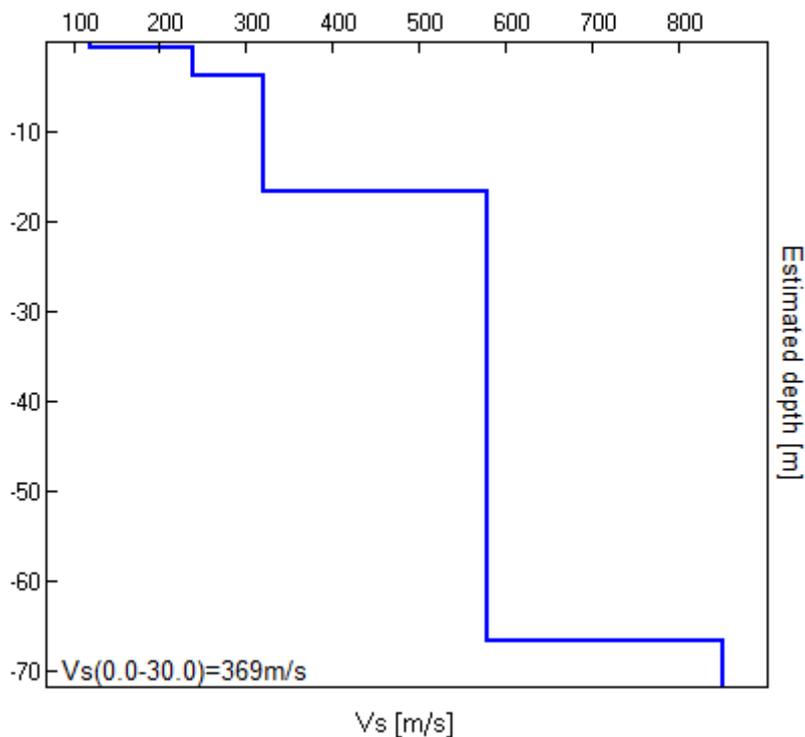
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 62.56 ± 44.33 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.60	0.60	119	0.40
3.60	3.00	238	0.40
16.60	13.00	321	0.40
66.60	50.00	580	0.36
inf.	inf.	853	0.32

Vs(0.0-30.0)=369m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 62.56 ± 44.33 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	62.56 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	51301.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1048	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	27.438 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.05 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.7085  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	44.32547 < 3.12813		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.45 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

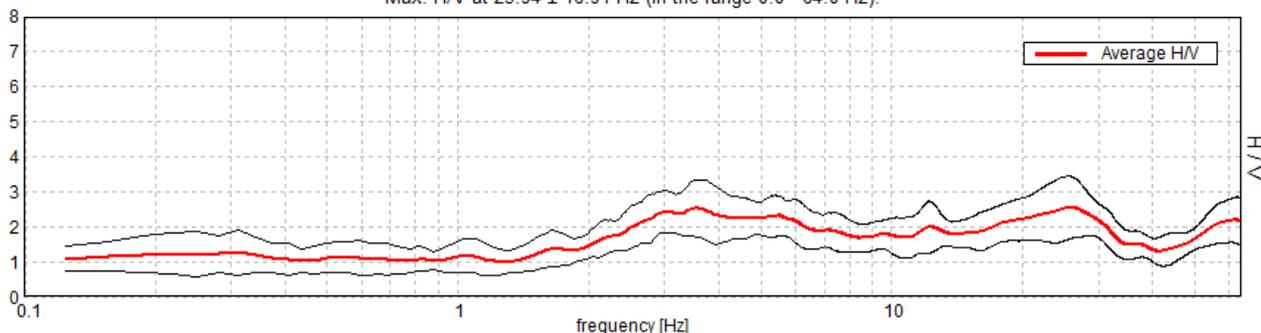
**MZS CASTELLARANO, S.VALENTINO 44**

Instrument: TRZ-0187/01-12  
 Start recording: 25/04/13 08:03:39 End recording: 25/04/13 08:23:39  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 635091 4931547

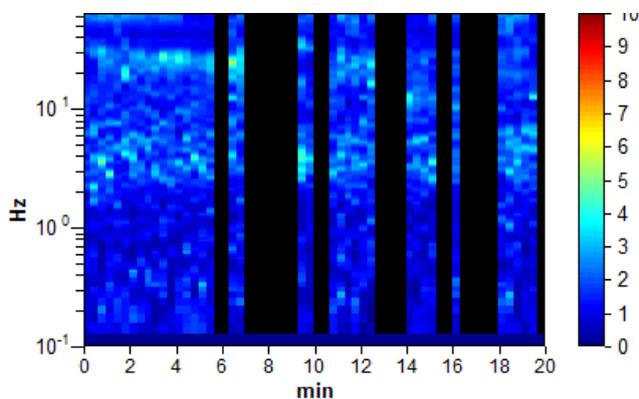
Trace length: 0h20'00". Analyzed 62% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

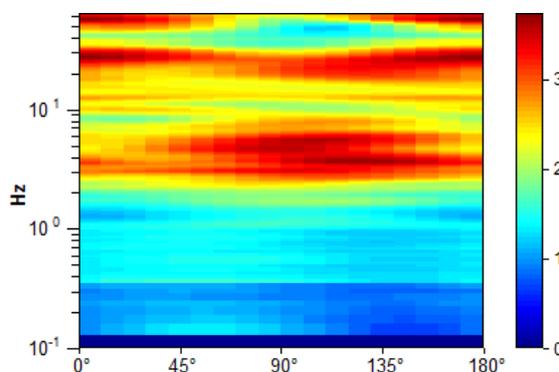
Max. H/V at 25.94 ± 16.91 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



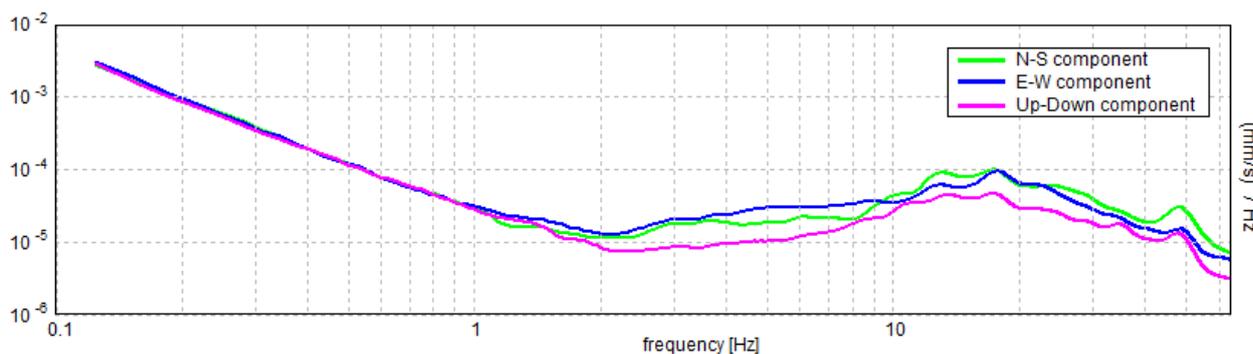
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



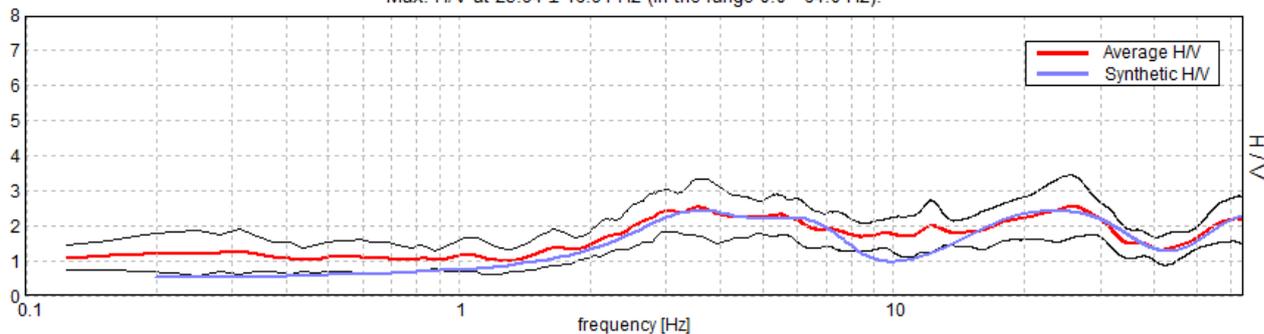
**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**





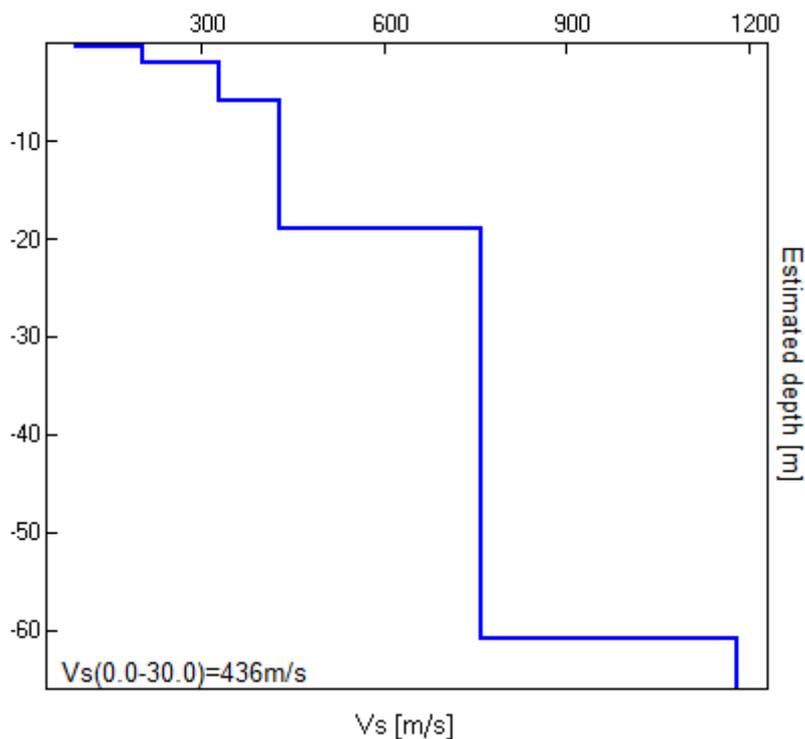
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 25.94 ± 16.91 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.40	0.40	96	0.42
2.05	1.65	205	0.42
5.95	3.90	330	0.40
18.95	13.00	430	0.36
60.95	42.00	760	0.30
inf.	inf.	1180	0.30

Vs(0.0-30.0)=436m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 25.94 ± 16.91 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	25.94 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	19193.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1246	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.55 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.65213  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	16.9147 < 1.29688		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.8836 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## MZS CASTELLARANO, CASTELLARANO 45

Instrument: TRZ-0187/01-12

Start recording: 25/04/13 10:56:29 End recording: 25/04/13 11:16:29

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 636584 4929881

Trace length: 0h20'00". Analyzed 48% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

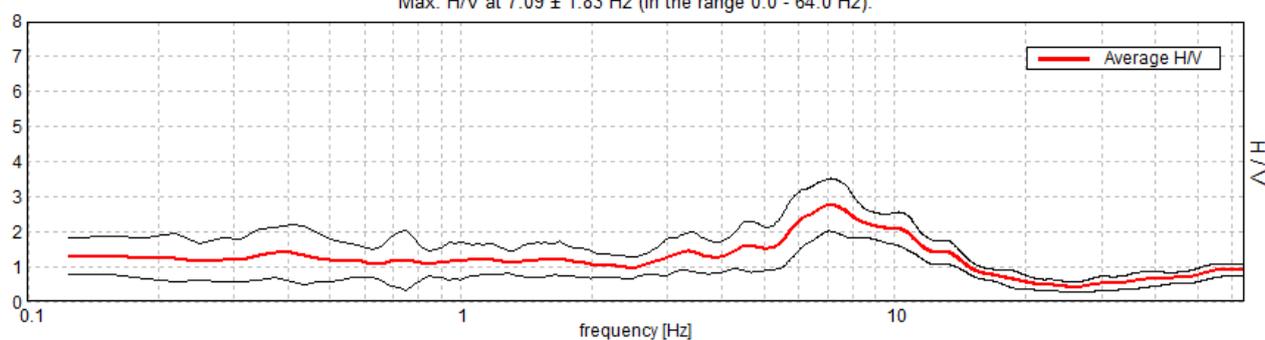
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

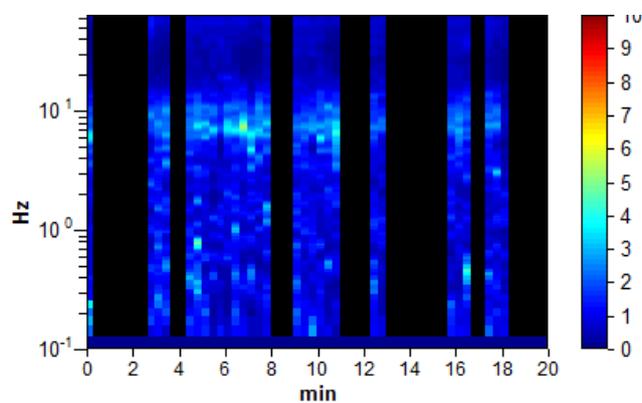
Smoothing: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

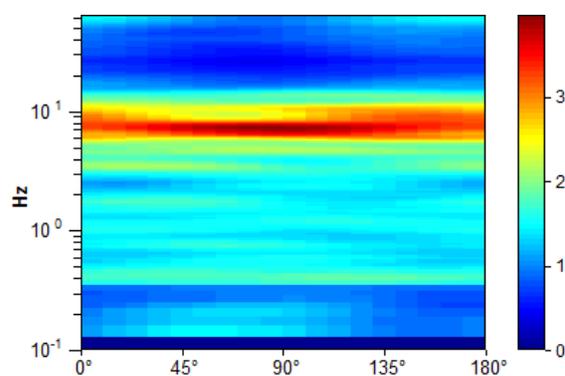
Max. H/V at  $7.09 \pm 1.83$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



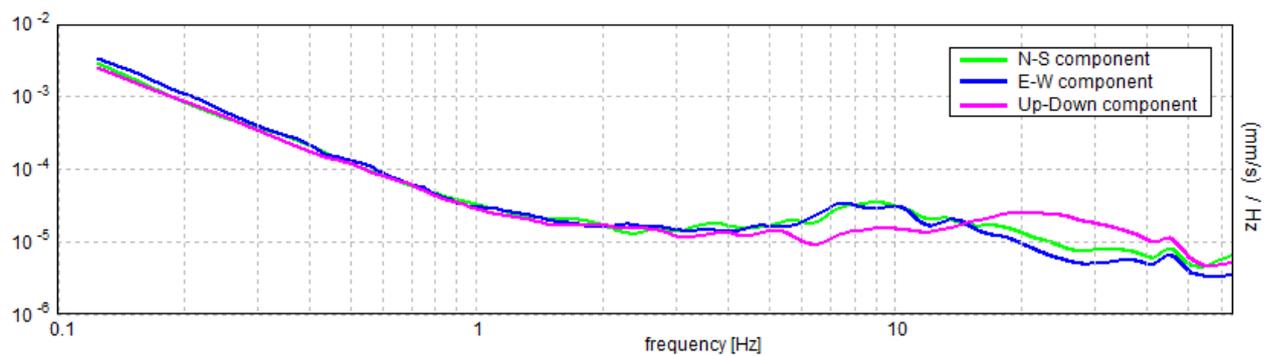
### SERIE TEMPORALE H/V



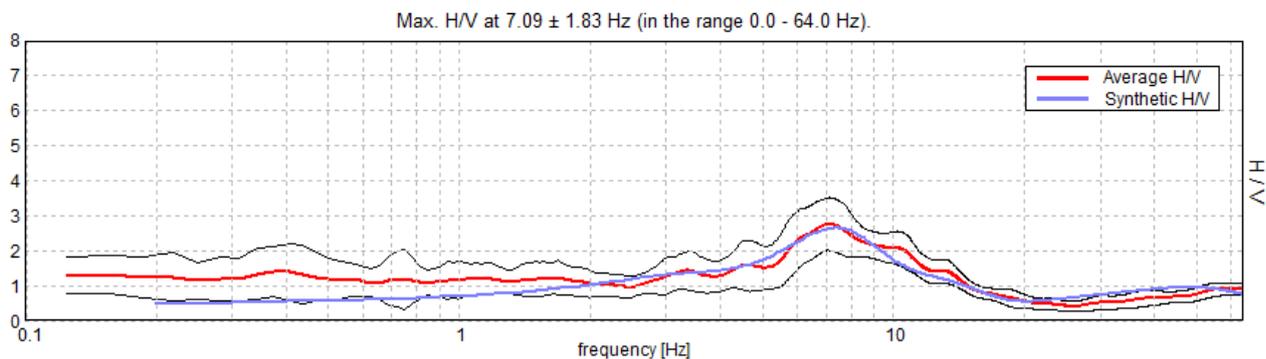
### DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

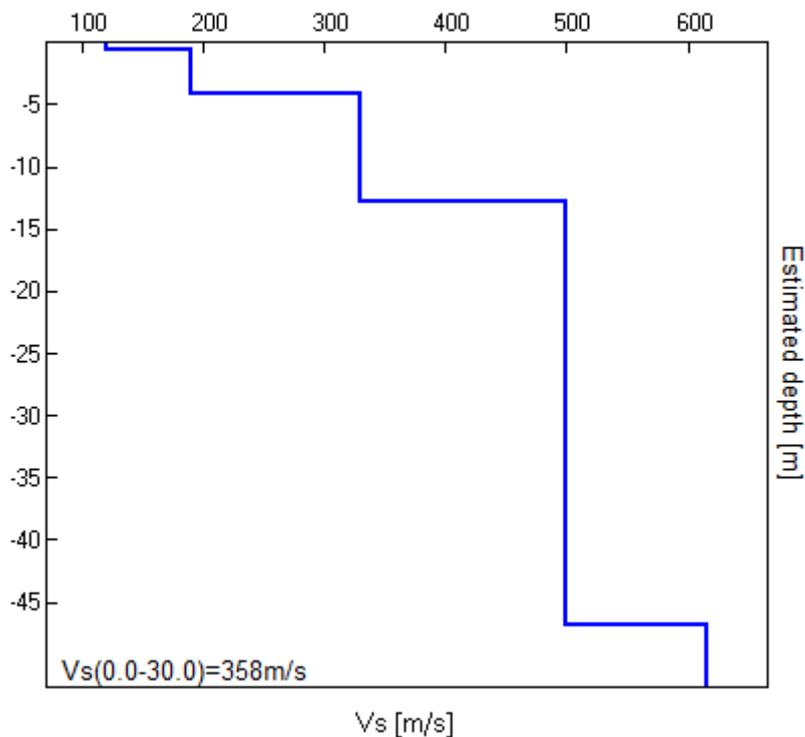


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.55	0.55	121	0.40
4.05	3.50	190	0.40
12.75	8.70	330	0.40
46.75	34.00	500	0.36
inf.	inf.	615	0.34

Vs(0.0-30.0)=358m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Max. H/V at 7.09 ± 1.83 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	7.09 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	4114.4 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 342	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.156 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	13.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.76 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.25775  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.8284 < 0.35469		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.7513 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

**Indagini sismiche attive con metodologia MASW**  
*(Multichannell Analysis of Surface Waves)*



---

## ***Indagini sismiche attive (metodologia MASW) per la microzonazione sismica del Comune di Castellarano (RE)***

COMUNE DI CASTELLARANO  
(PROVINCIA DI REGGIO EMILIA)

### ***Introduzione***

Nell'ambito degli studi per la microzonazione sismica del Comune di Castellarano (RE), su incarico del Dott. Geol. Giorgio Gasparini, sono state acquisite 13 basi sismiche attive con metodologia *MASW* (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) ubicate come da figura 1 e identificate con i numeri da 1 a 13.

### ***Strumentazione, geometria e parametri di acquisizione***

È stato utilizzato un sismografo digitale Dolang modello DBS280, munito di 24 geofoni da 4.5 Hz e di sistema di energizzazione formato da piastra e mazza (con chiusura del circuito di attivazione, *trigger*, a contatto).

Per tutte le acquisizioni sismiche è stata utilizzata la medesima geometria degli stendimenti: lunghezza totale della stesa (escludendo l'*offset* minimo tra punto di energizzazione e primo geofono) 34,5 m di lunghezza, con distanza intergeofonica di 1.5 m.

Per ogni stendimento sono state eseguite più acquisizioni, variando l'*offset* minimo (distanza tra punto di energizzazione e primo geofono) a seconda dei casi e compatibilmente con le condizioni logistiche, per distanze pari a multipli (3, 5 o 7 volte) della distanza intergeofonica (1,5 m).

Sono state eseguite registrazioni solitamente di 2.4 secondi complessivi con un passo di campionamento di 600 ms (4096 campioni totali). In diversi casi, tuttavia, per ridurre l'effetto del rumore indotto dal traffico veicolare, è stato necessario modificare i parametri di registrazione (passo di campionamento e/o durata della registrazione), oppure, in sede di elaborazione, sopprimere alcune tracce (solitamente l'ultima) caratterizzate da anomalie o da rapporto segnale/rumore non ottimale.

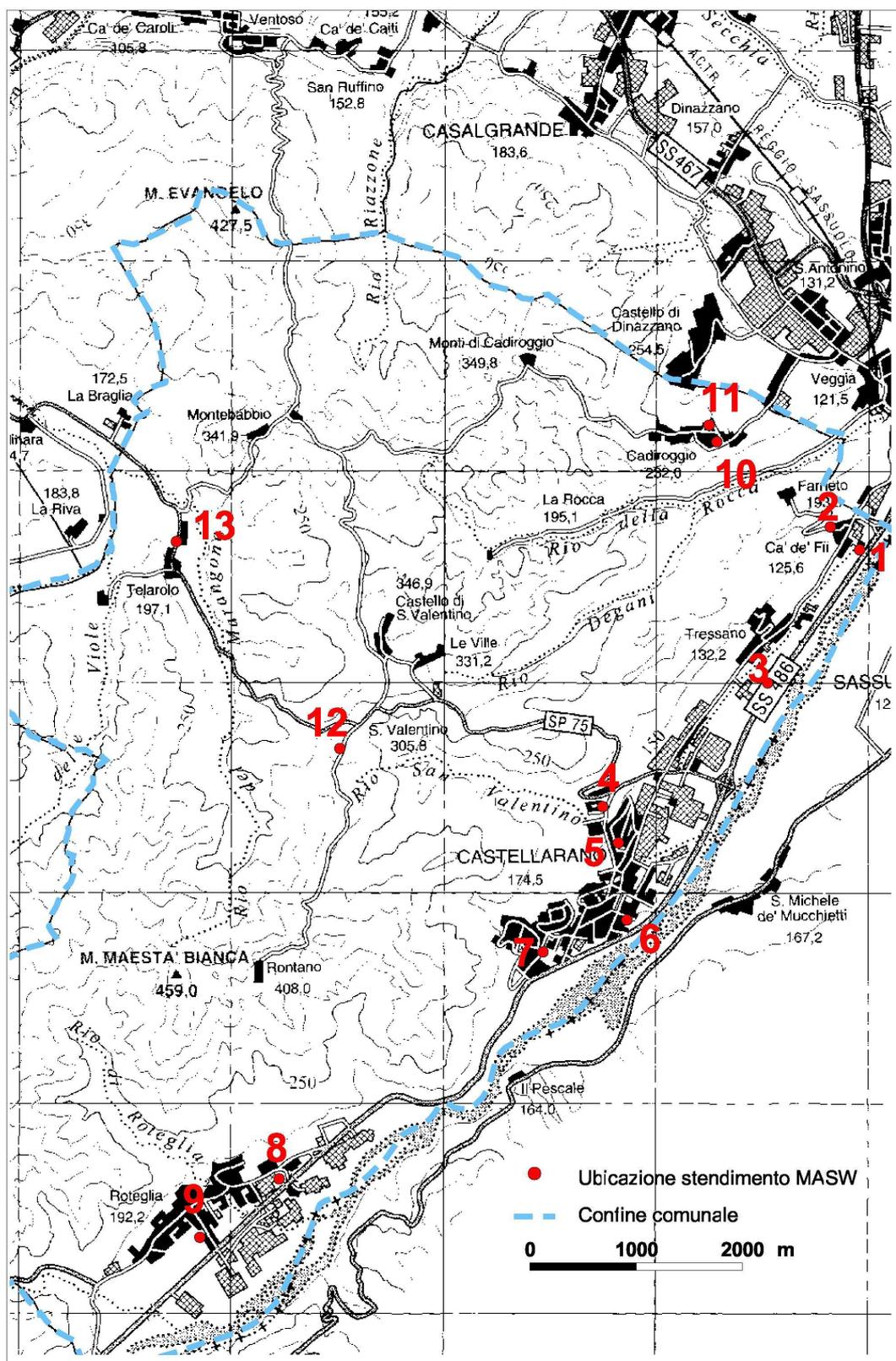


Figura 1 - Inquadramento territoriale con ubicazione delle indagini di sismica attiva (metodologia MASW)

---

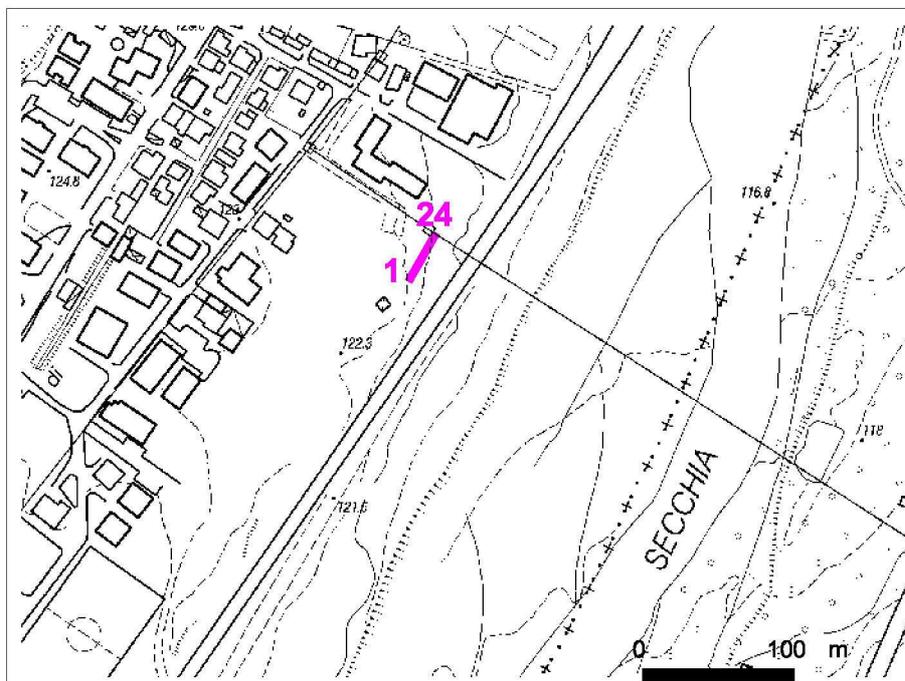
Per ciascuna acquisizione verranno qui di seguito illustrati l'ubicazione, i sismogrammi, lo spettro f-k, la curva di dispersione apparente (sperimentale), il *picking* interpretativo dell'andamento della curva di dispersione apparente, il modello di profilo verticale di velocità ricavato per modellazione diretta dei dati (coadiuvata dalle conoscenze geologiche e stratigrafiche derivanti dall'osservazione di affioramenti presenti nelle aree circostanti, nonché da dati geognostici e cartografici) e valore del VS30 o anche (per i casi nei quali il modello di profilo verticale di velocità preveda la presenza di un *bedrock* sismico o di un marcato contrasto di velocità/impedenza sismica a profondità non elevata) del VSh. L'interpretazione litologica dei modelli di profilo verticale di velocità sarà anch'essa basata sulle conoscenze derivanti dalla cartografia geologica e dai dati geognostici disponibili, nonché dalle osservazioni dirette degli affioramenti (quando presenti).

Nelle carte (estratte dalla CTR regionale) che riportano l'ubicazione di ciascun stendimento sismico i numeri 1 e 24 stanno a indicare gli estremi dello stendimento (1=primo geofono con offset minimo e 24=ultimo geofono, con offset massimo).



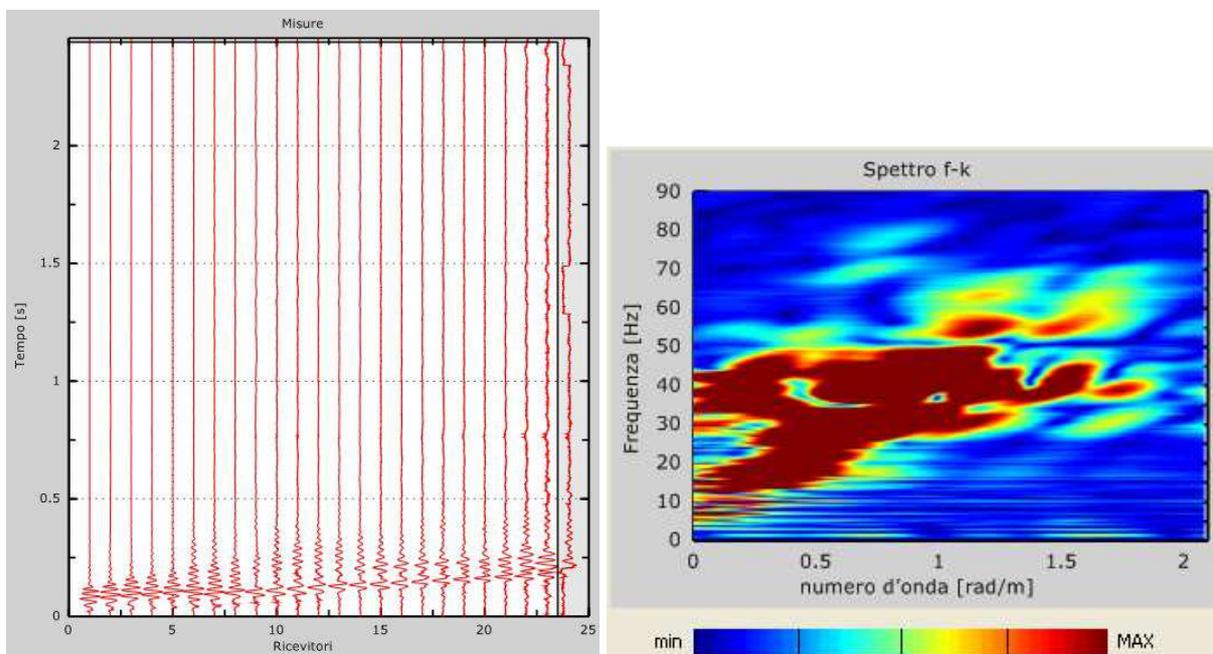
## MASW 1

Ubicazione

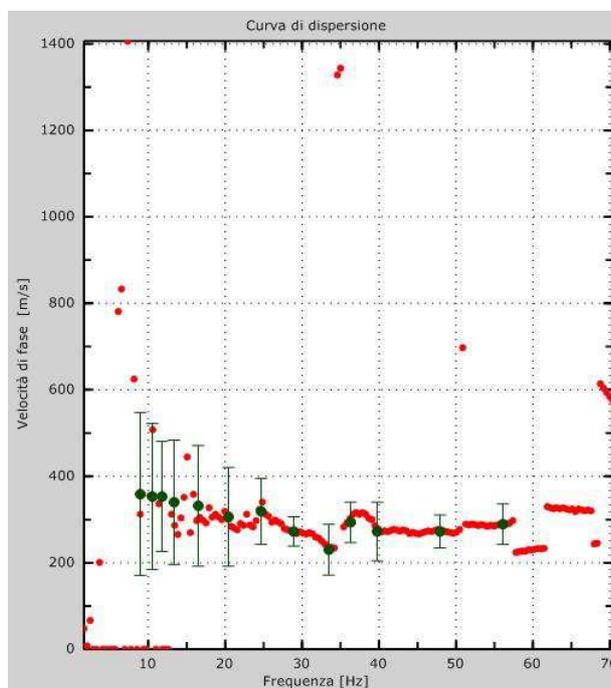


## MASW 1

### Sismogrammi e spettro f-k

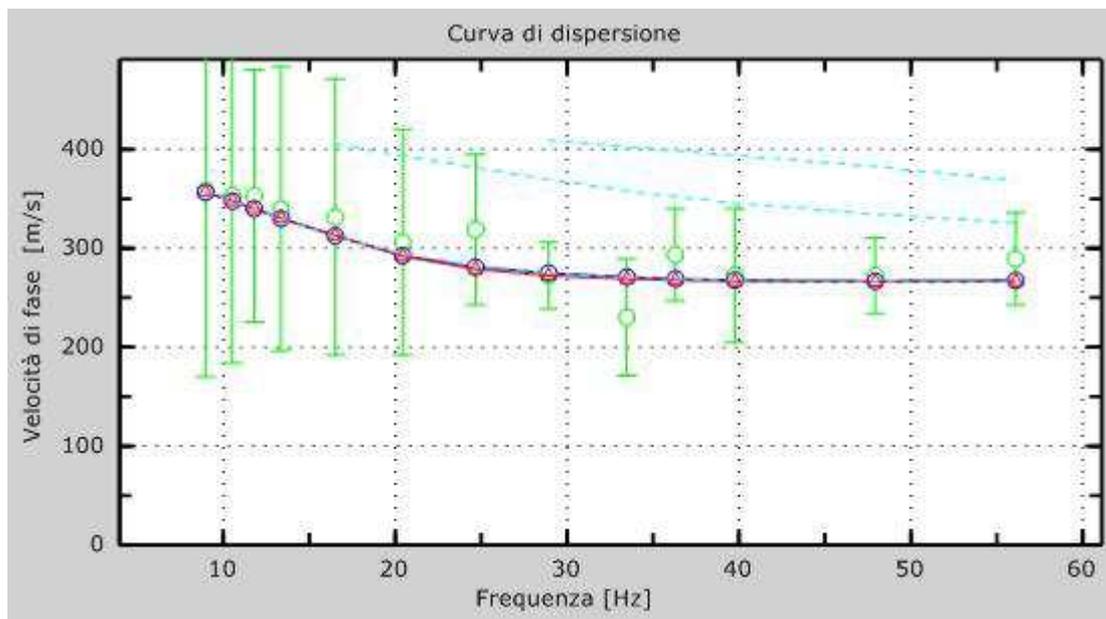


### Curva sperimentale e *picking*

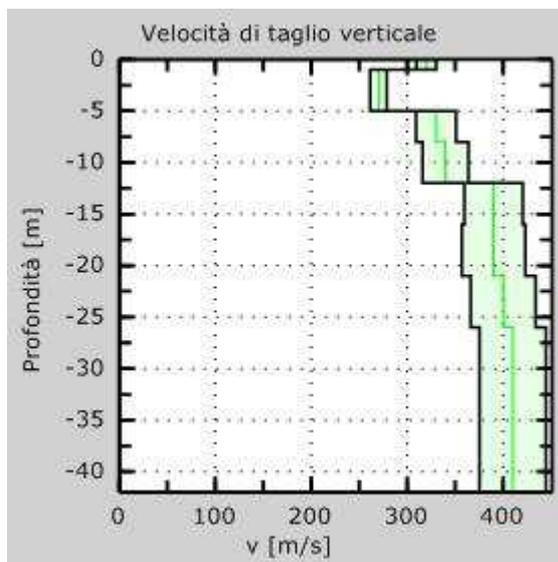


## MASW 1

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e modello di profilo verticale di velocità: curva effettiva in blu-discrepanza 6%, curva apparente in rosso-discrepanza 6%. In turchese modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



## MASW 1

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geologici e geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato dalla presenza di un orizzonte superficiale prevalentemente ghiaioso di circa 8 m di spessore ( $V_s$  dell'ordine dei 300 m/s), al di sotto del quale sono presenti le Argille Azzurre plioceniche (osservabili in affioramento nel greto del Fiume Secchia poco più ad est) caratterizzate da valori di  $V_s$  crescenti con la profondità.

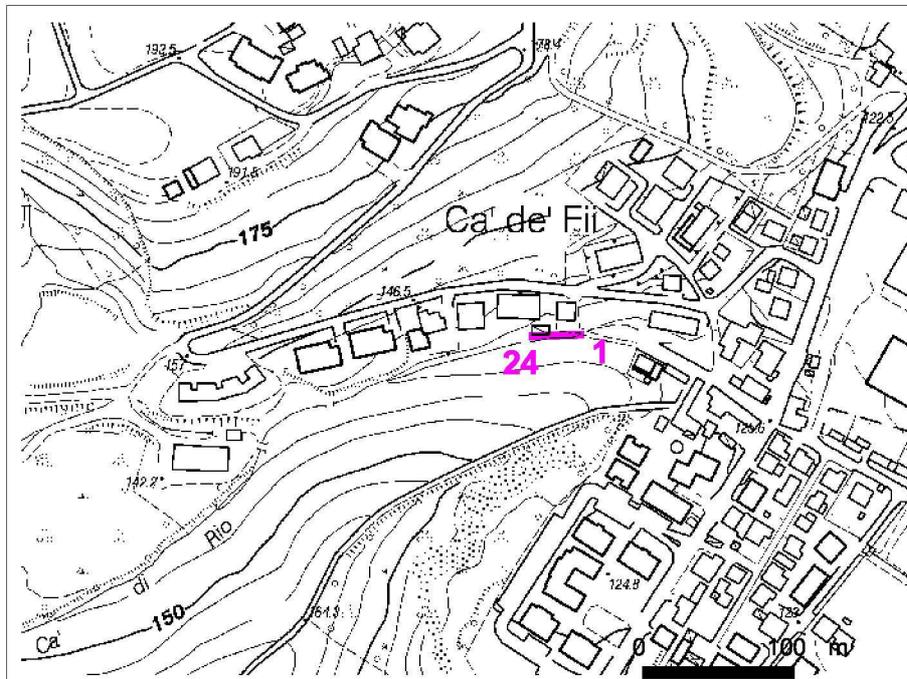
Caratteristiche degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per MASW1

Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità ( $\text{kg/m}^3$ )	Coefficiente di Poisson	$V_s$ (m/s)	$V_p$ (m/s)
Suolo limoso misto a ghiaia	1	-1	1800	0,4	320	784
Depositi fluviali terrazzati prevalentemente ghiaiosi	4	-5	1800	0,45	270	895
	3	-8	1800	0,45	330	1094
Formazione delle Argille Azzurre plioceniche	4	-12	2000	0,4	340	833
	9	-21	2200	0,35	390	812
	5	-26	2200	0,35	400	833
	6	-32	2200	0,35	410	853

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore di  $V_{s30}$  pari a circa 356 m/s.

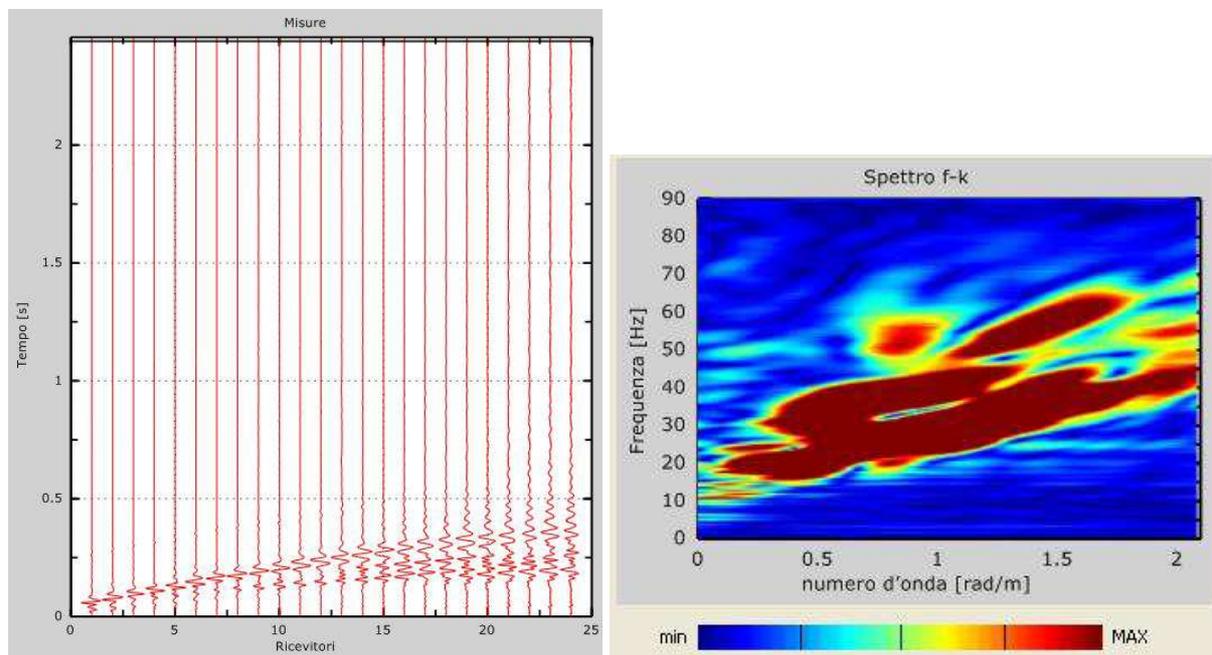
## MASW 2

### Ubicazione

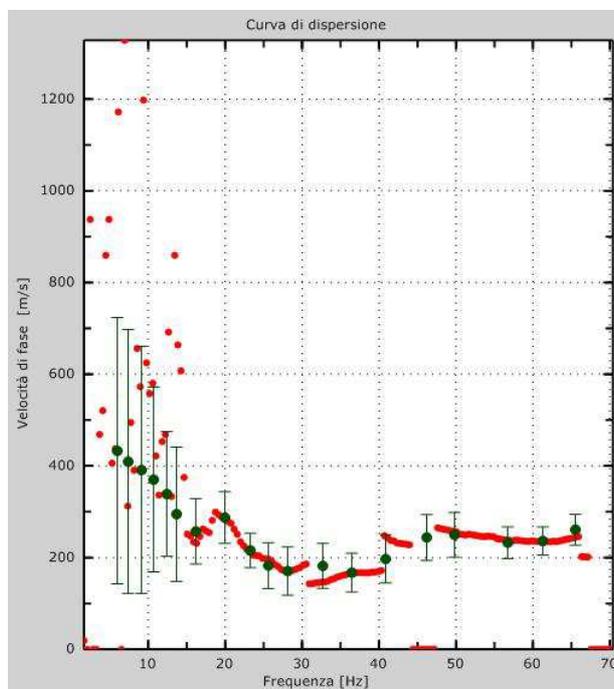


## MASW 2

### Sismogrammi e spettro f-k

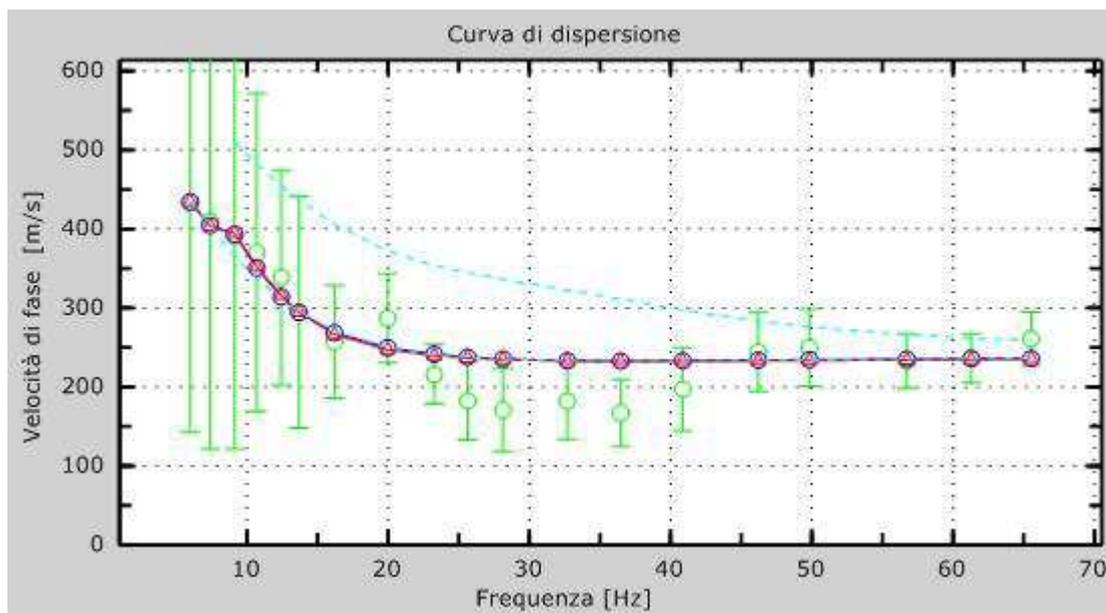


### Curva sperimentale e picking

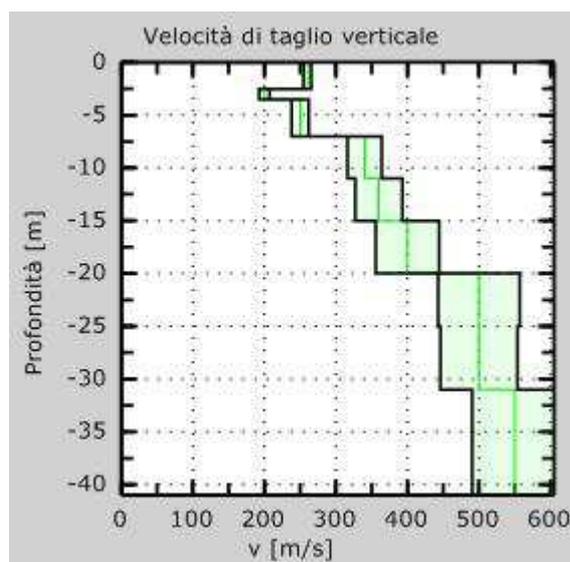


## MASW 2

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e modello di profilo verticale di velocità: curva effettiva in blu-discrepanza 11%, curva apparente in rosso-discrepanza 11%. In turchese modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



## MASW 2

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geologici e geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato dalla presenza di rocce argilloso siltose (Formazione delle Argille Azzurre plioceniche) al di sotto di una coltre superficiale data principalmente da detrito eluviale proveniente dalla medesima formazione (al fondo di una vallecola secondaria).

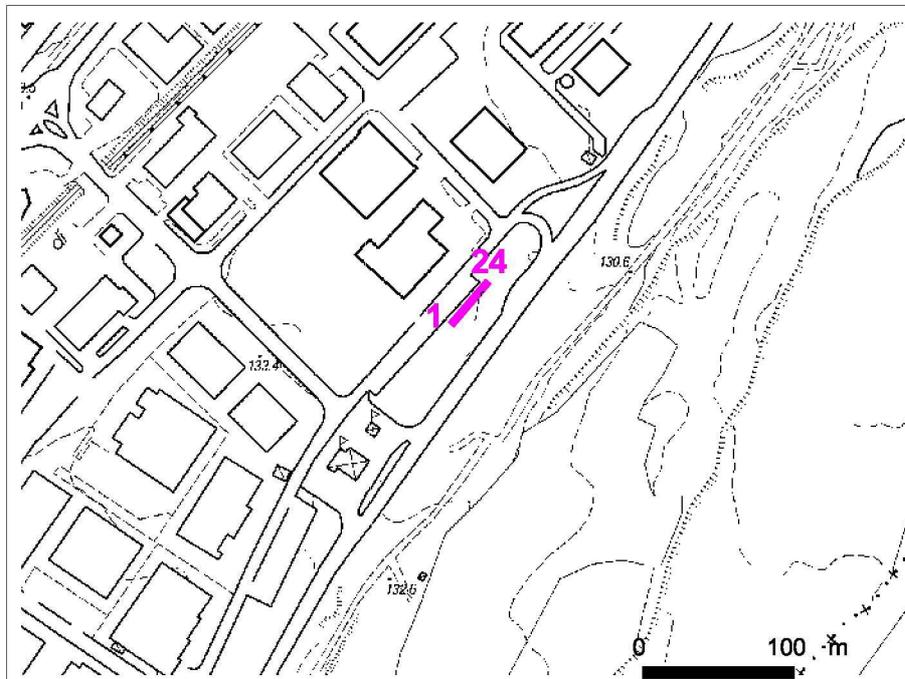
Caratteristiche degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per MASW2

Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente di Poisson	Vs (m/s)	Vp (m/s)
Argille limose (detrito eluviale-colluviale) derivanti da Argille Azzurre	2,5	-2,5	1900	0,4	260	637
	1	-3,5	2000	0,4	200	490
Formazione delle Argille Azzurre plioceniche	3,5	-7	2100	0,48	250	1275
	4	-11	2200	0,35	340	708
	4	-15	2300	0,35	360	749
	5	-20	2300	0,35	400	833
	11	-31	2300	0,35	500	1031

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore del Vs30 pari a circa 357 m/s.

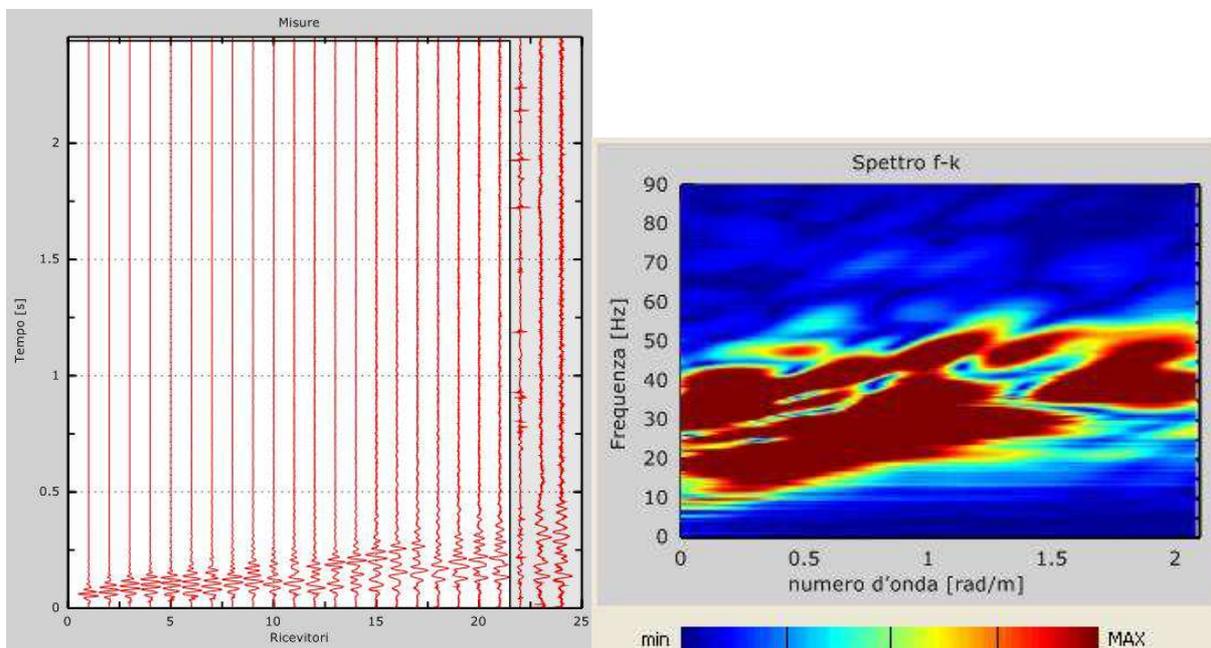
## MASW 3

Ubicazione

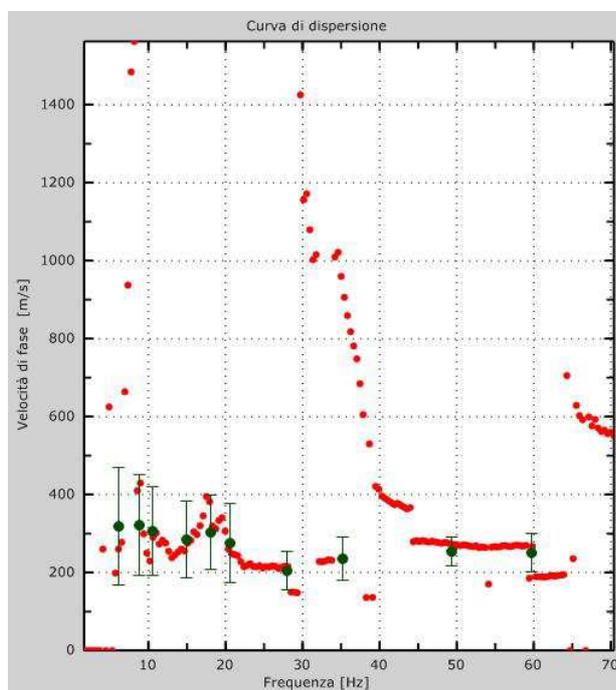


## MASW 3

### Sismogrammi e spettro f-k

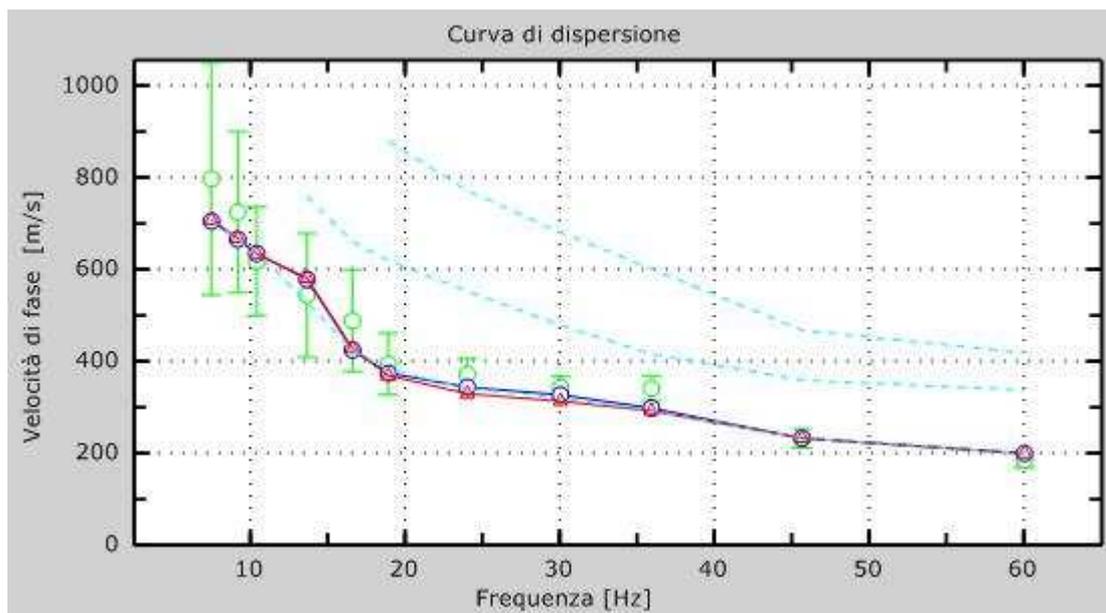


### Curva sperimentale e picking

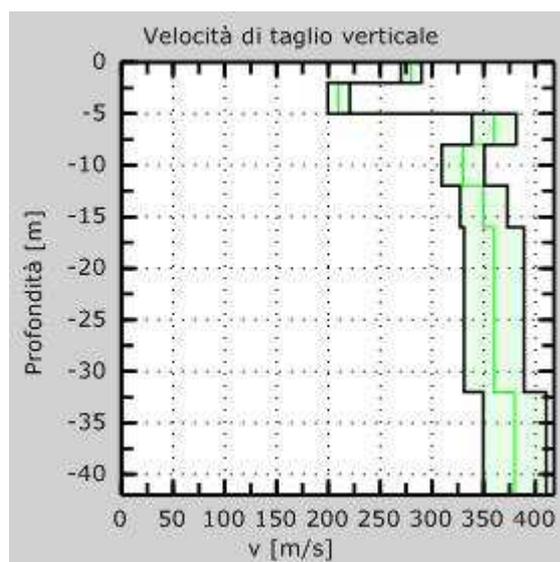


### MASW 3

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e modello di profilo verticale di velocità: curva effettiva in blu-discrepanza 7%, curva apparente in rosso-discrepanza 7%. In turchese modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



### MASW 3

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geologici e geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato dalla presenza di depositi fluviali terrazzati di circa 8 m di spessore su Argille Azzurre plioceniche.

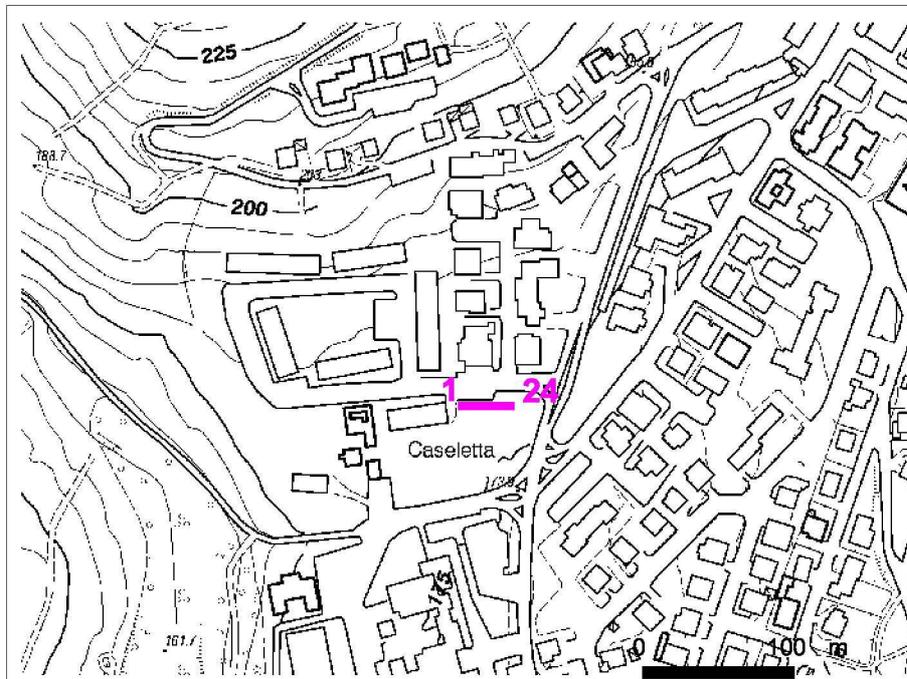
Caratteristiche degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per MASW3

Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente di Poisson	Vs (m/s)	Vp (m/s)
Suolo limoso misto a ghiaia	2	-2	1800	0,4	280	686
Depositi fluviali terrazzati prevalentemente ghiaiosi	3	-5	1800	0,45	210	696
	3	-8	1900	0,45	360	1194
Formazione delle Argille Azzurre plioceniche	4	-12	2000	0,4	330	808
	4	-16	2000	0,35	350	729
	16	-32	2200	0,35	360	749

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore del Vs30 pari a circa 325 m/s.

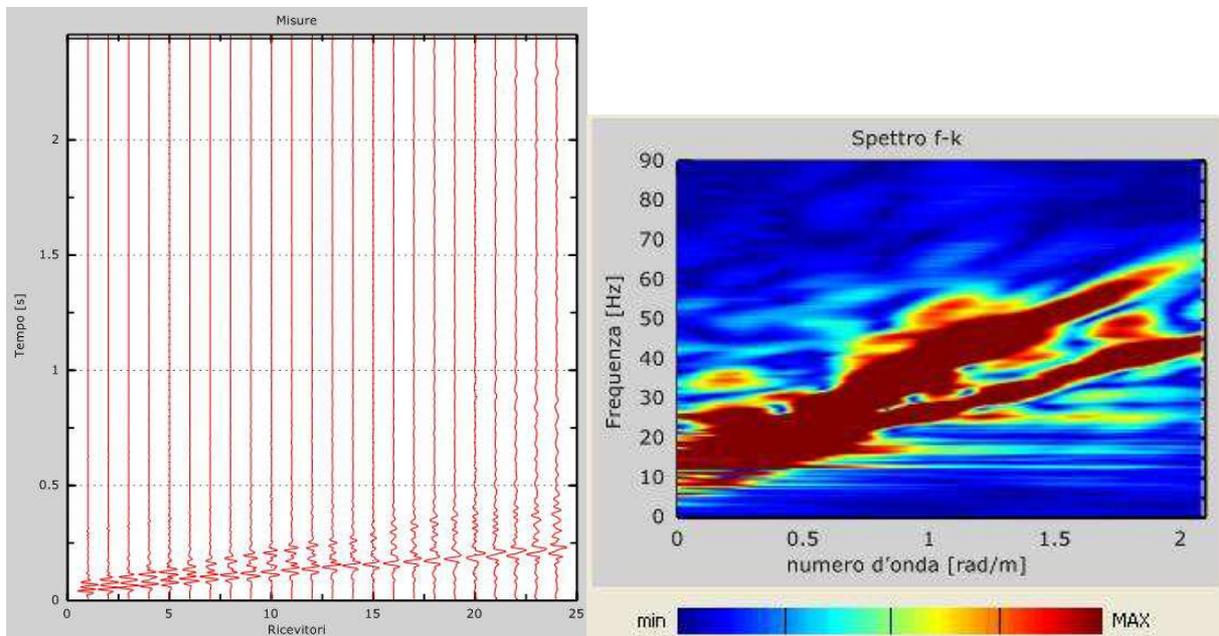
## MASW 4

Ubicazione

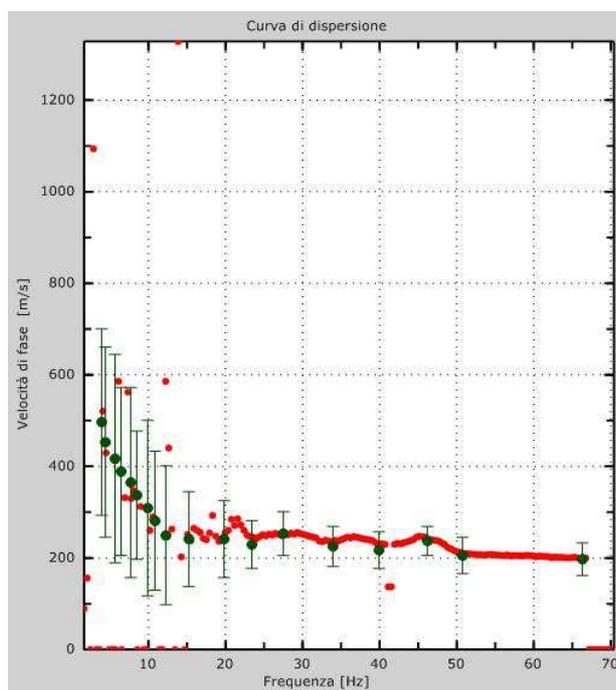


## MASW 4

### Sismogrammi e spettro f-k

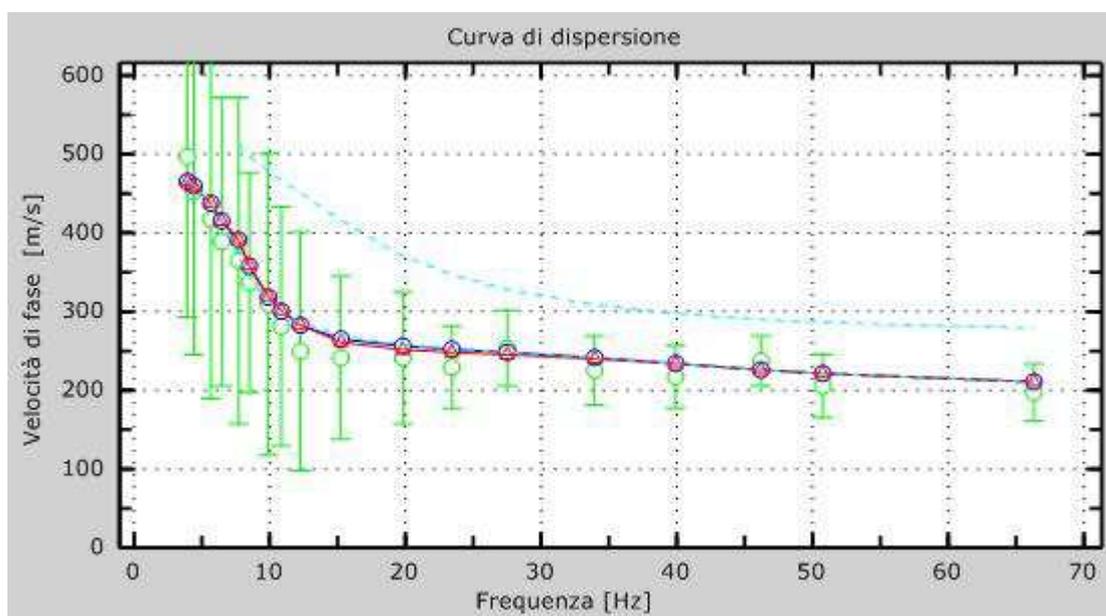


### Curva sperimentale e picking

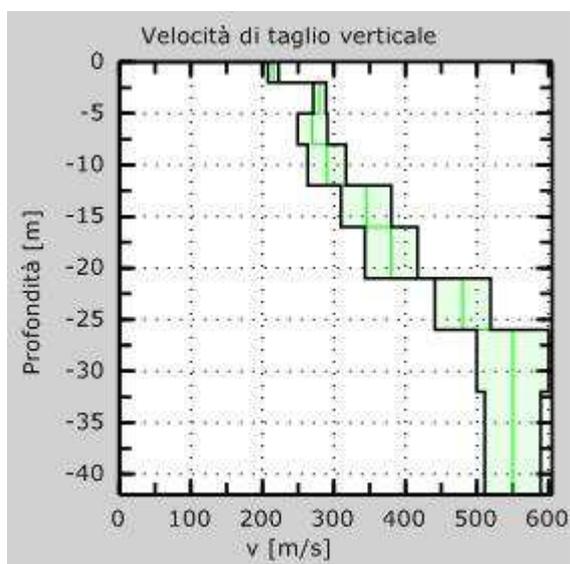


## MASW 4

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e modello di profilo verticale di velocità: curva effettiva in blu-discrepanza 7%, curva apparente in rosso-discrepanza 7%. In turchese modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



## MASW 4

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geologici e geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato dalla presenza di rocce argilloso siltose (Formazione delle Argille Azzurre plioceniche) al di sotto di una coltre superficiale data principalmente da detrito eluviale proveniente dalla medesima formazione. I valori di Vs sono sostanzialmente crescenti con la profondità.

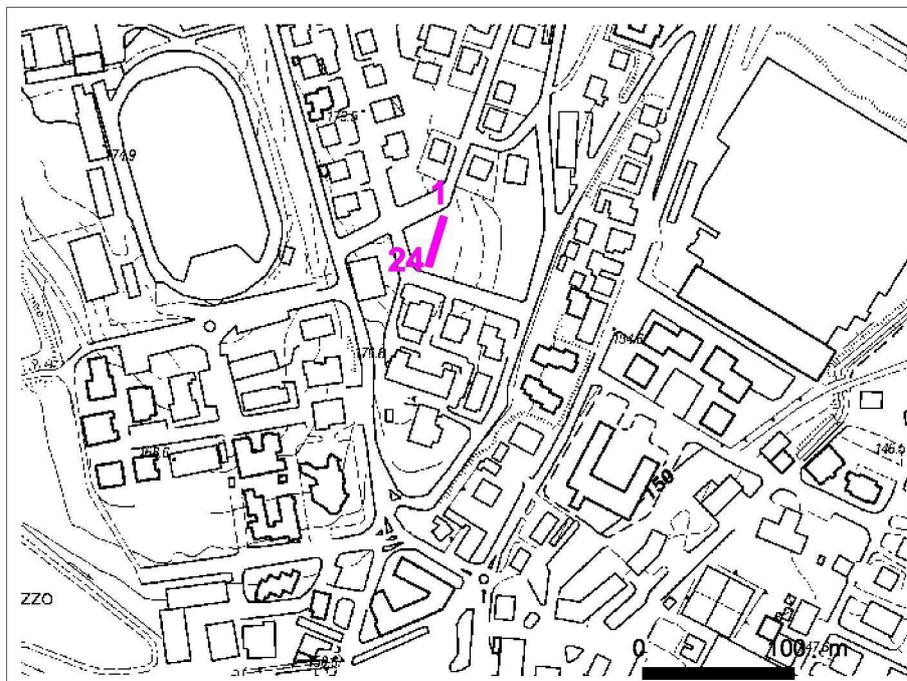
Caratteristiche degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per MASW4

Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità ( $\text{kg/m}^3$ )	Coefficiente di Poisson	Vs (m/s)	Vp (m/s)
Argille limose (detrito eluviale) derivanti da Argille Azzurre	2	-2	1800	0,4	215	527
Formazione delle Argille Azzurre plioceniche	3	-5	1800	0,4	280	686
	3	-8	2000	0,4	270	661
	4	-12	2200	0,4	290	710
	4	-16	2200	0,4	345	845
	5	-21	2300	0,35	380	791
	5	-26	2300	0,35	480	999
	6	-32	2300	0,35	550	1145

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore del Vs30 pari a circa 343 m/s.

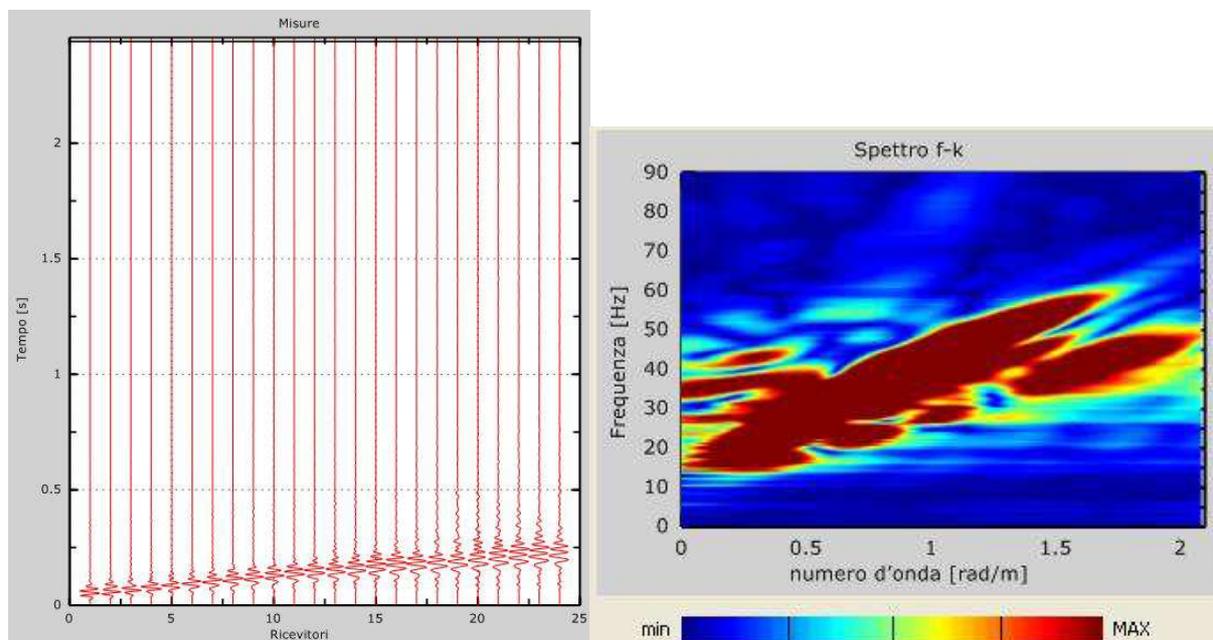
## MASW 5

Ubicazione

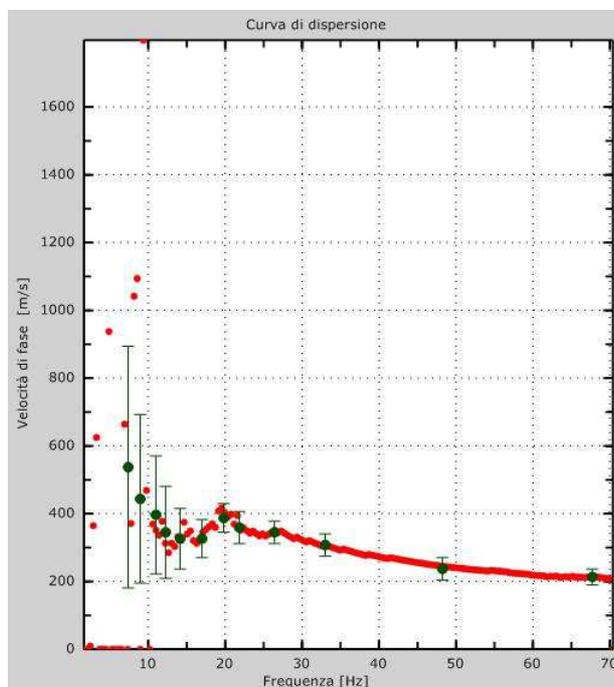


## MASW 5

### Sismogrammi e spettro f-k

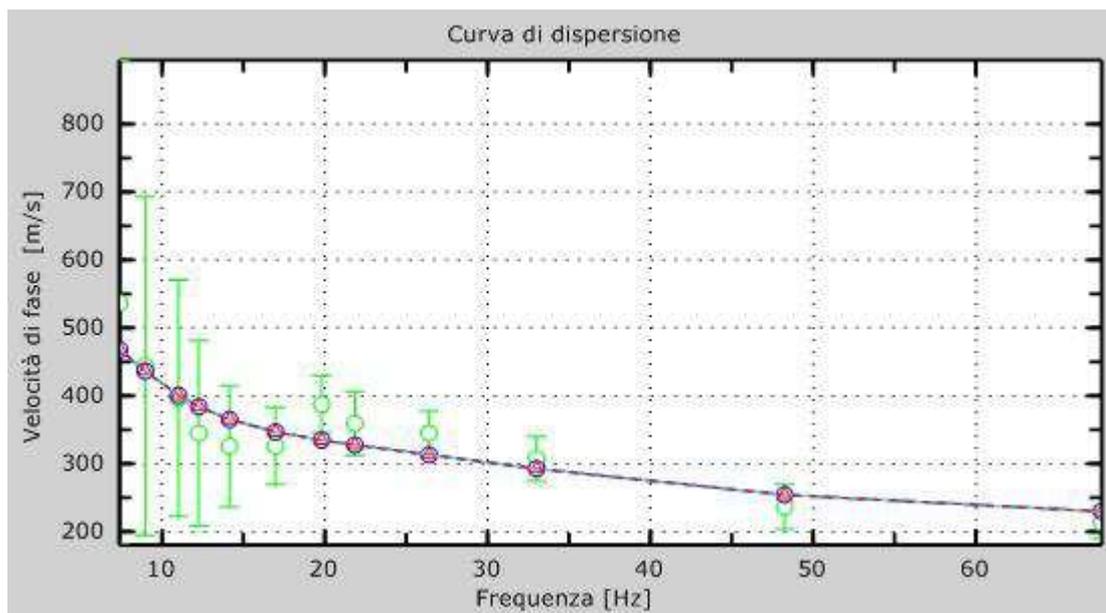


### Curva sperimentale e picking

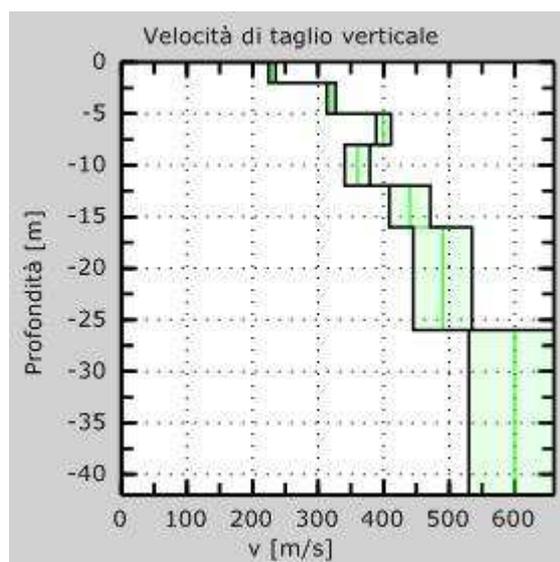


## MASW 5

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e modello di profilo verticale di velocità: curva effettiva in blu-discrepanza 9%, curva apparente in rosso-discrepanza 9%. In turchese modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



## MASW 5

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geologici e geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato dalla presenza della Formazione di Ranzano a bassa profondità.

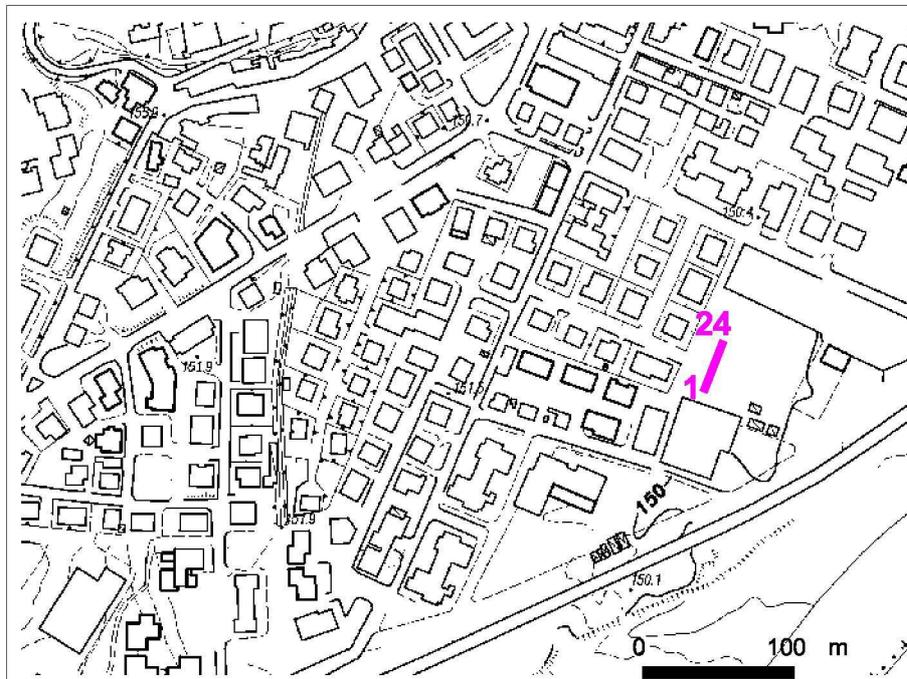
Caratteristiche degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per MASW5

Suolo e detrito, in parte rimaneggiato (parco urbano)	2	-2	1800	0,4	230	563
Formazione di Ranzano (alterata e decompressa)	3	-5	1900	0,4	320	784
	3	-8	1900	0,4	400	980
Formazione di Ranzano: alternanze di strati arenacei, siltosi e pelitico-siltoso-marnosi	4	-12	2000	0,35	360	749
	4	-16	2200	0,35	440	916
	10	-26	2200	0,35	490	1020
	6	-32	2200	0,35	600	1249

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore del Vs30 pari a circa 421 m/s.

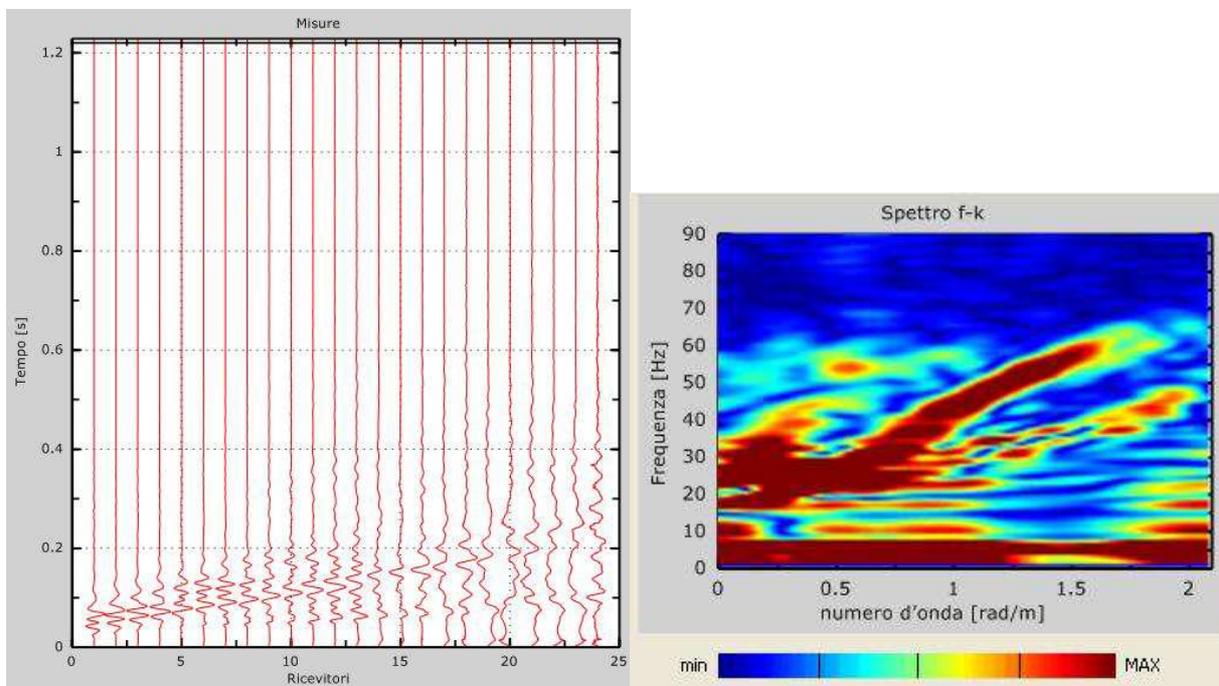
## MASW 6

### Ubicazione

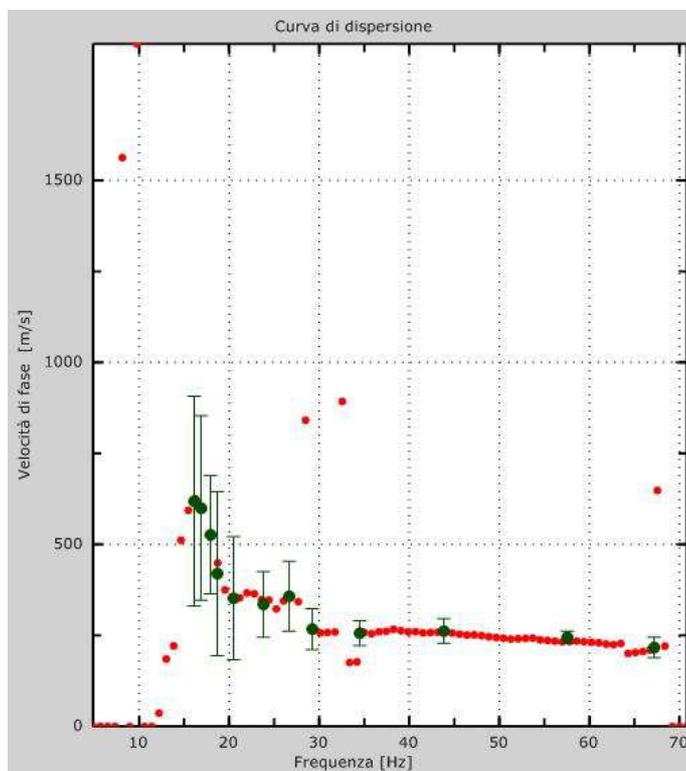


## MASW 6

### Sismogrammi e spettro f-k

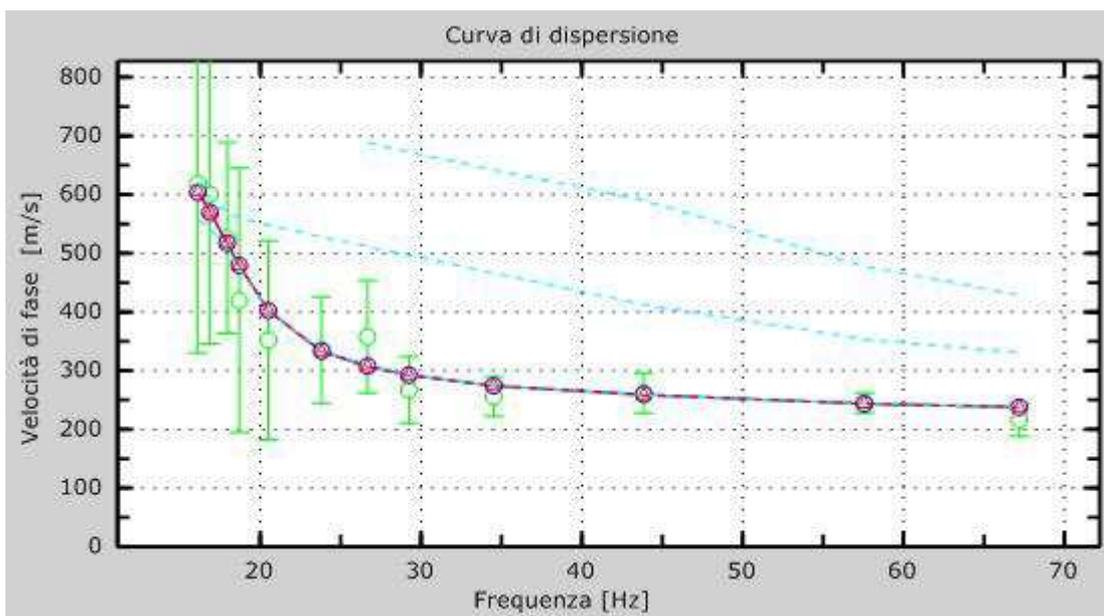


### Curva sperimentale e picking

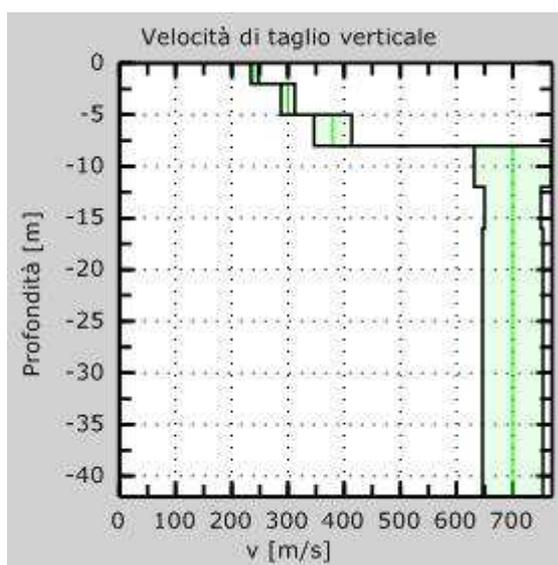


## MASW 6

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e modello di profilo verticale di velocità: curva effettiva in blu-discrepanza 8%, curva apparente in rosso-discrepanza 8%. In turchese modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



## MASW 6

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geologici e geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da terreni superficiali a velocità crescente fino a 8 m di profondità, profondità alla quale il modello prevede la presenza di un'interfaccia che marcherebbe un forte contrasto d'impedenza.

Tenuto conto anche dei dati geologici e delle osservazioni in fiume, si deduce che tale contrasto d'impedenza dovrebbe coincidere con la superficie di appoggio dei depositi prevalentemente ghiaiosi di terrazzo fluviale ( $V_s$  dell'ordine di 300-350 m/s) su rocce a consistenza lapidea riferibili alla Formazione del Flysch di Monte Cassio.

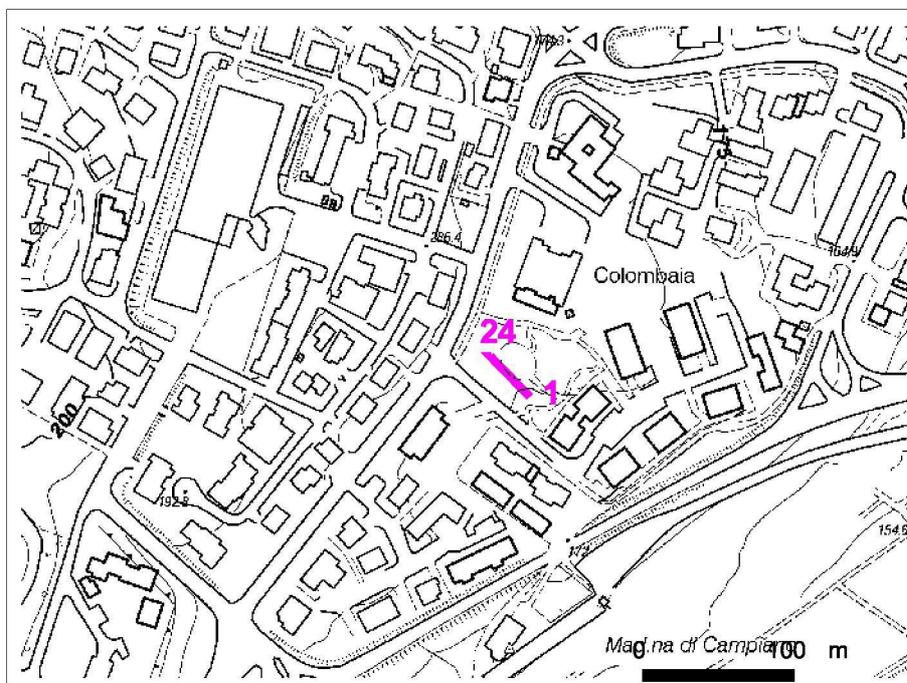
Caratteristiche degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per MASW6

Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente di Poisson	$V_s$ (m/s)	$V_p$ (m/s)
Suolo e detriti in parte rimaneggiati (parco urbano)	2	-2	1800	0,4	240	588
Depositi prevalentemente ghiaiosi di terrazzo fluviale	3	-5	1800	0,4	300	735
	3	-8	1800	0,4	380	931
Flysch di Monte Cassio: torbiditi calcarenitiche e calcareo marnose	24	-32	2200	0,35	700	1457

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore del  $V_{s30}$  pari a circa 520 m/s, consideratottuttavia il marcato contrasto di impedenza tra depositi ghiaiosi e Formazione del Flysch di Monte Cassio ( $V_s$  che quasi raddoppia accompagnata da un probabile incremento anche della densità dei materiali) si ritiene opportuno fare riferimento al valore di  $V_{s8}$  pari a circa 305 m/s, nonostante che il modello di velocità non preveda per il substrato marino valori di  $V_s$  pari o superiori a 800 m/s.

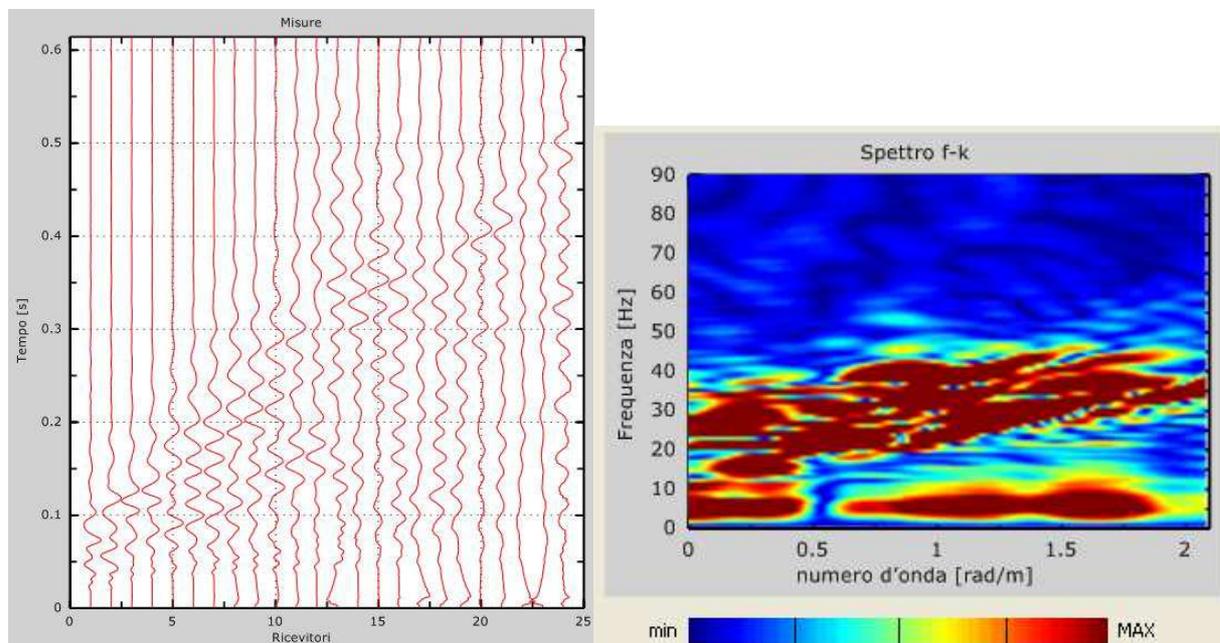
## MASW 7

### Ubicazione

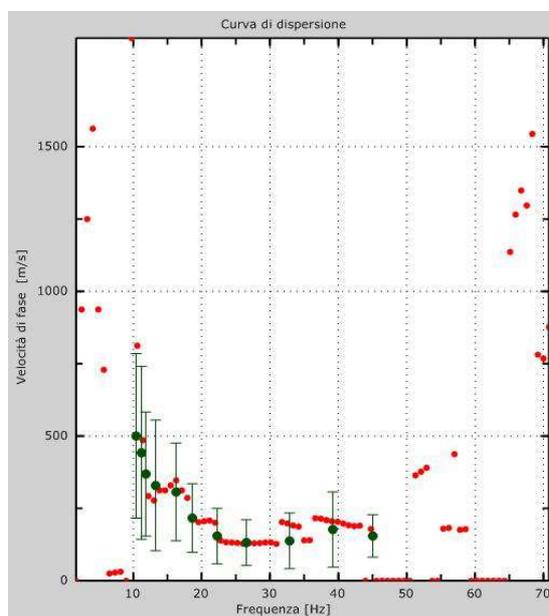


## MASW 7

### Sismogrammi e spettro f-k

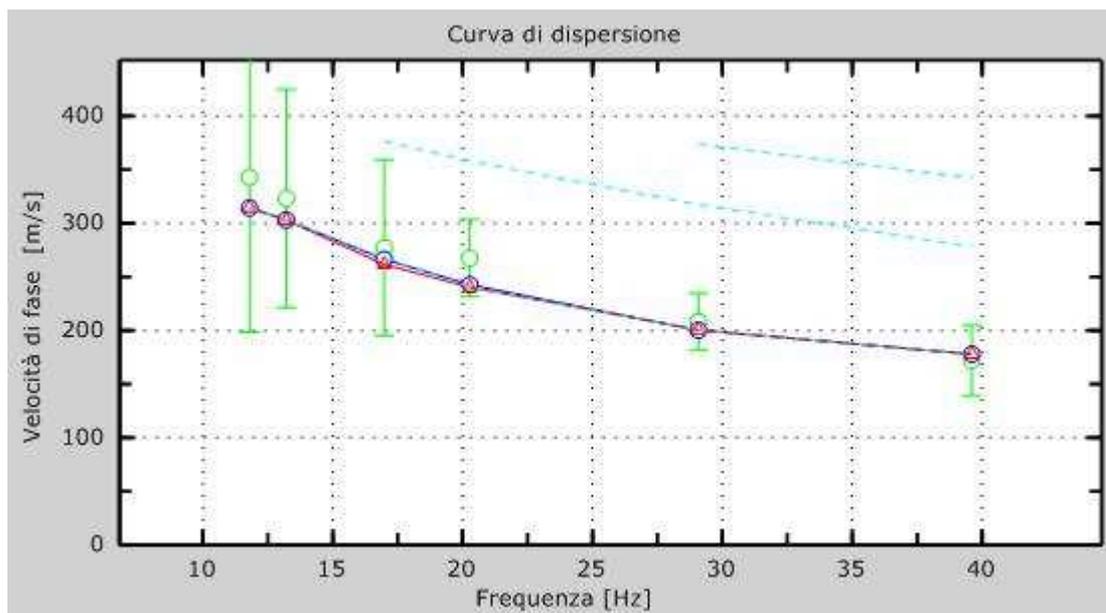


### Curva sperimentale e picking

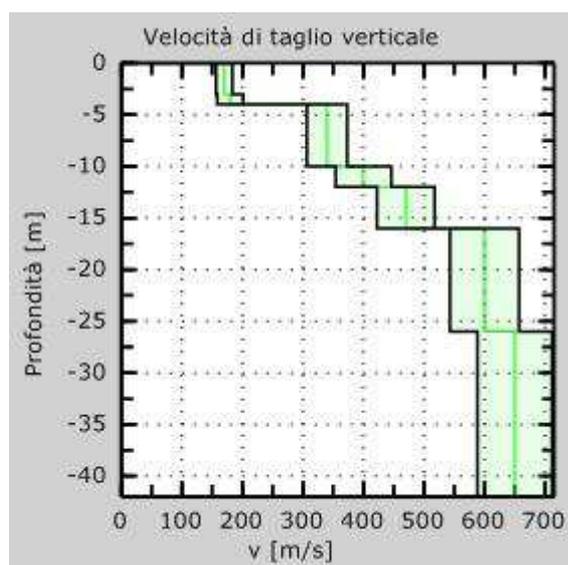


## MASW 7

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e modello di profilo verticale di velocità: curva effettiva in blu-discrepanza 9%, curva apparente in rosso-discrepanza 9%. In turchese modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



## MASW 7

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geologici e geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da tendenzialmente aumento dei valori di Vs con la profondità con la profondità.

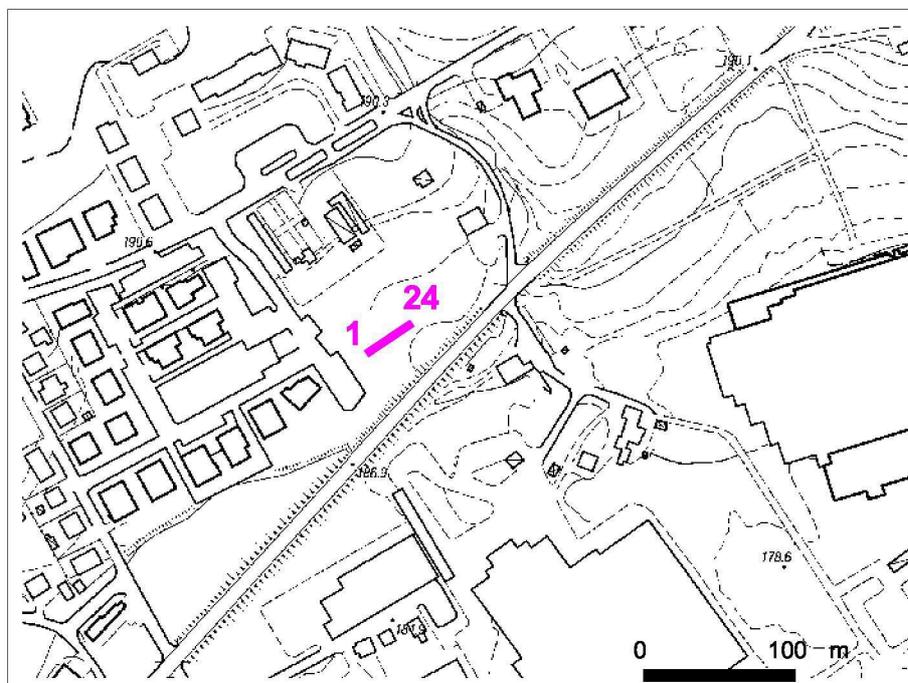
Caratteristiche degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per MASW7

Suolo e detriti in parte rimaneggiati (parco urbano)	3	-3	1800	0,4	170	416
	1	-4	1800	0,4	180	441
Flysh di Monte Cassio alterato e/o decompresso	6	-10	1800	0,35	340	708
	2	-12	1800	0,35	400	833
Flysch di Monte Cassio: torbiditi calcarenitiche e calcareo marnose	4	-16	2200	0,35	470	978
	10	-26	2200	0,35	600	1249
	6	-32	2200	0,35	650	1353

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore del Vs30 pari a circa 388 m/s.

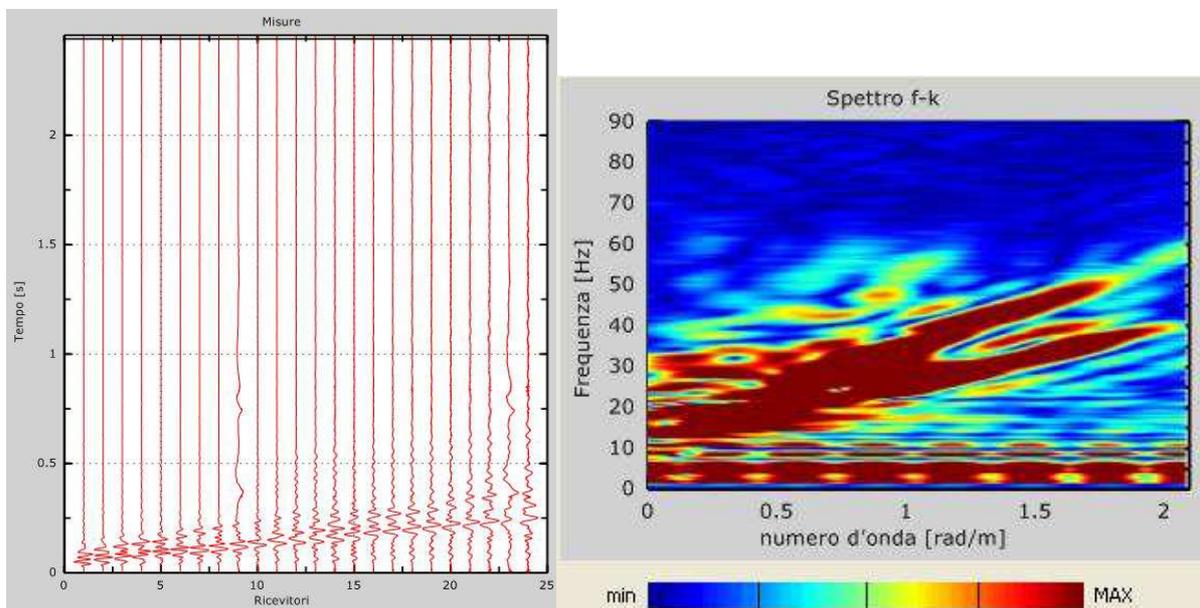
## MASW 8

Ubicazione

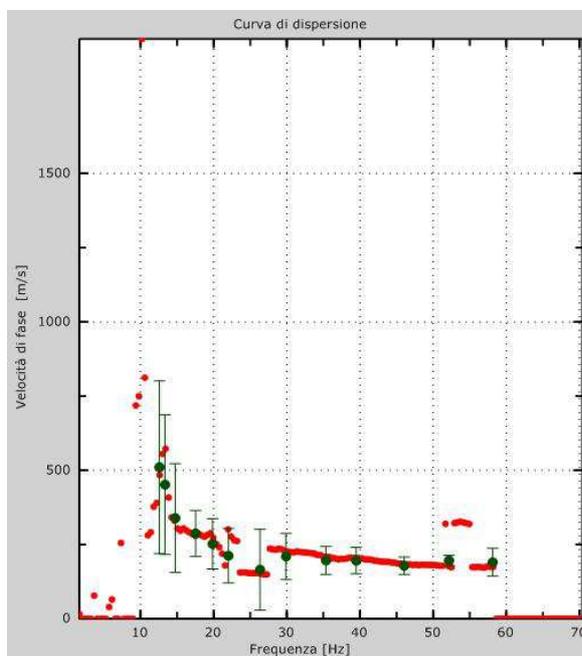


## MASW 8

### Sismogrammi e spettro f-k

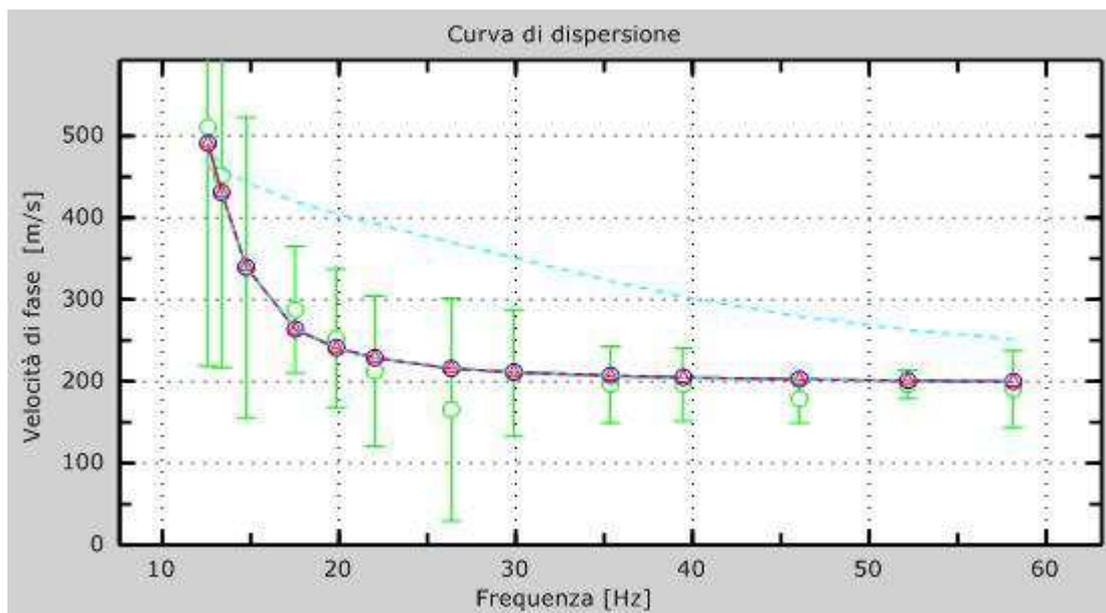


### Curva sperimentale e picking

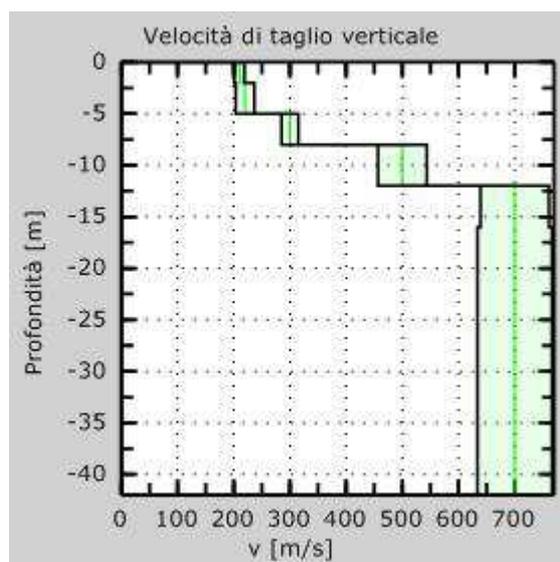


## MASW 8

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e modello di profilo verticale di velocità: curva effettiva in blu-discrepanza 7%, curva apparente in rosso-discrepanza 7%. In turchese modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



## MASW 8

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geologici e geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da velocità crescenti con la profondità. Si distingue un primo orizzonte relativamente più lento fino a circa 8 m, correlabile con depositi prevalentemente ghiaiosi di terrazzo fluviale. Seguono terreni prevalentemente argillitici riferibili alla formazione delle Breccie argillose di Baiso, particolarmente compatta oltre i 12 m di profondità (secondo il modello di velocità).

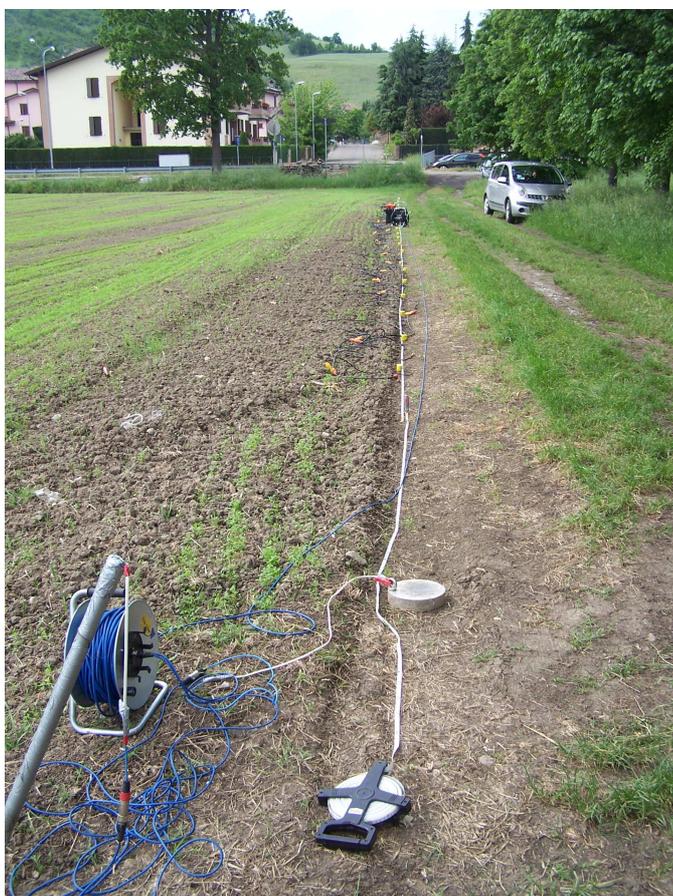
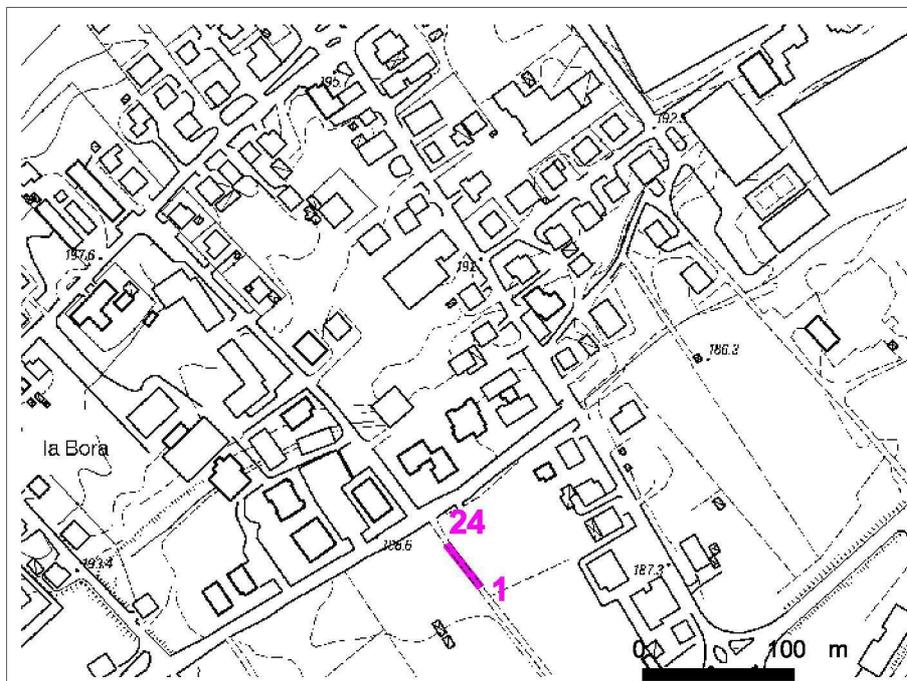
Caratteristiche degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per MASW8

Depositi prevalentemente ghiaiosi e ghiaioso-limosi di terrazzo fluviale	2	-2	1800	0,35	210	437
	3	-5	2000	0,35	220	458
	3	-8	2000	0,35	300	624
Breccie argillose di Baiso (alterate e decompresse)	4	-12	2200	0,35	500	1041
Breccie argillose di Baiso (da Carta Geologica)	18	-30	2200	0,35	700	1457

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un  $V_{s30}$  pari a circa 448 m/s. Tenuto conto che il modello di profilo verticale di velocità prevede tra gli 8 e i 12 m di profondità un incremento dei valori che da 300 passano a 700 m/s (passando per uno strato intermedio a 500 m/s) si ritiene anche importante considerare il valore di  $V_{s12}$  pari a circa 291 m/s.

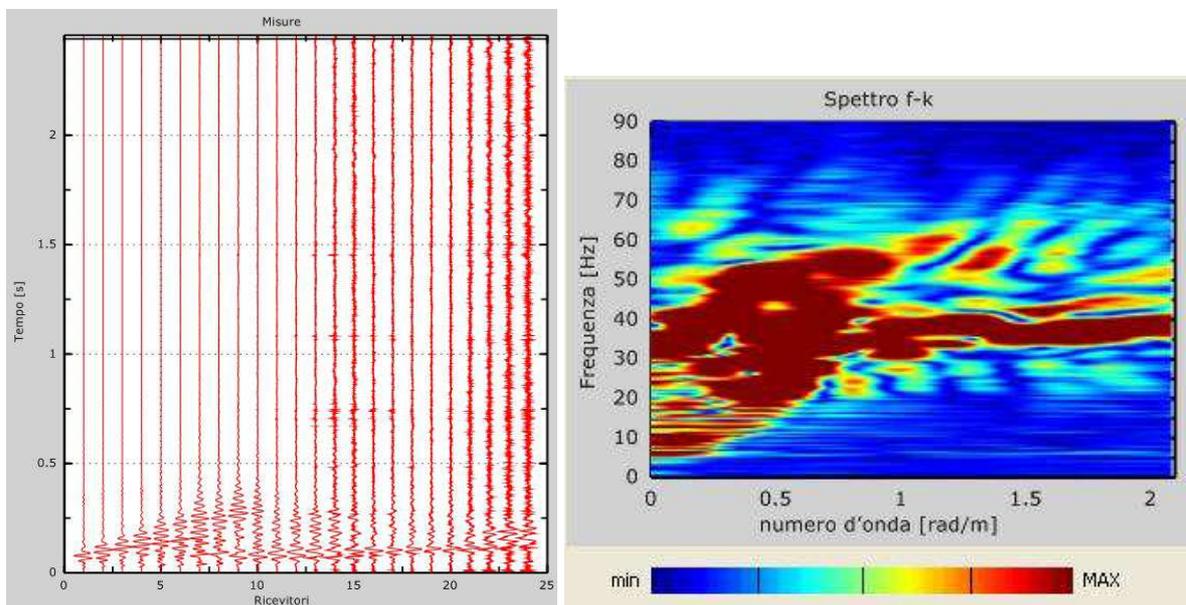
## MASW 9

### Ubicazione

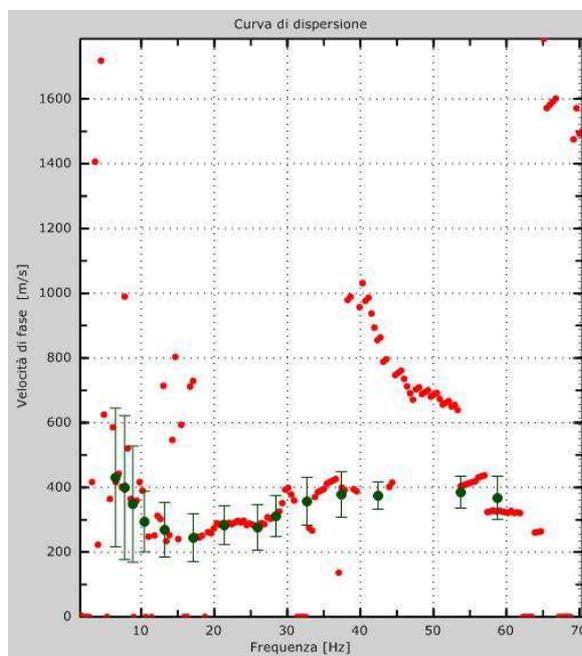


## MASW 9

### Sismogrammi e spettro f-k

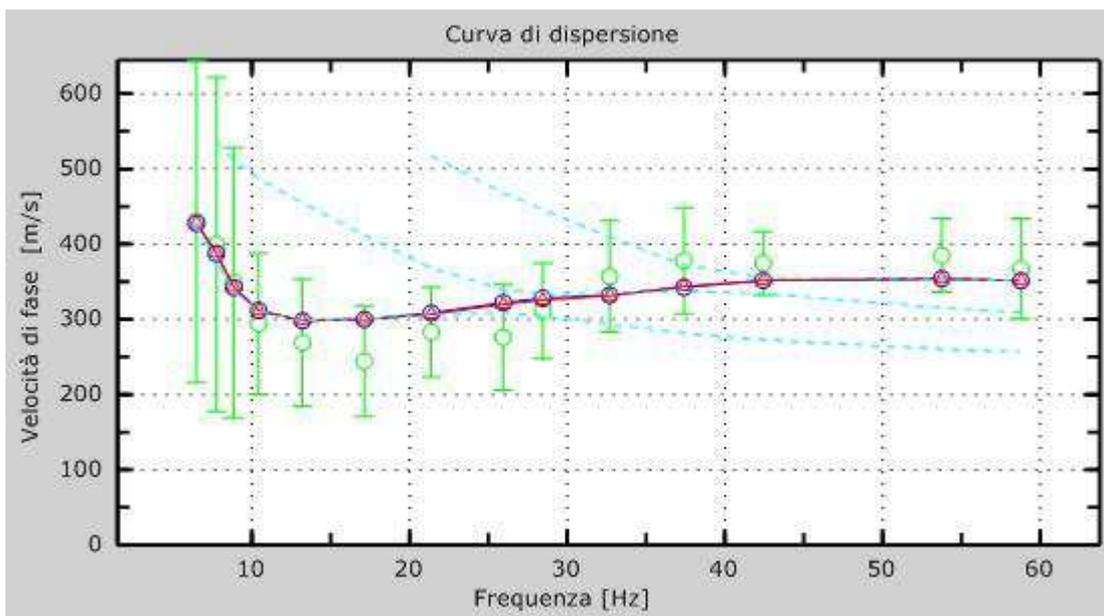


### Curva sperimentale e picking

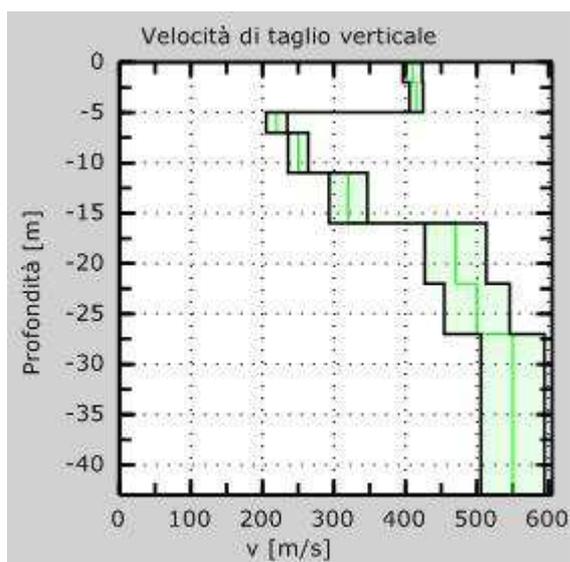


## MASW 9

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e modello di profilo verticale di velocità: curva effettiva in blu-discrepanza 8%, curva apparente in rosso-discrepanza 8%. In turchese modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



## MASW 9

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geologici e geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da inversione di velocità nei livelli prossimi alla superficie (tra 5 e 7 m), probabilmente per la sovrapposizione di depositi ghiaiosi ( $V_s$  all'incirca di 400 m/s) su formazioni argillitiche, o argillitiche con inclusi, che nella parte meno profonda sono probabilmente a contatto con acqua, e/o alterate e/o decomprese. Oltre i 7 m il modello di profilo verticale di velocità indicherebbe un incremento dei valori con la profondità.

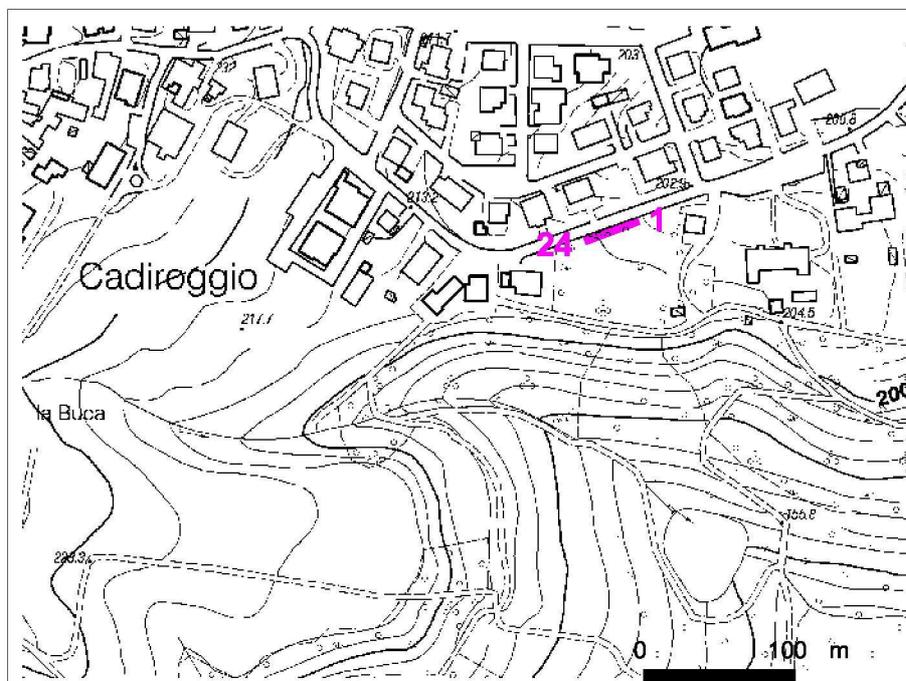
Caratteristiche degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per MASW9

Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente di Poisson	Vs (m/s)	Vp (m/s)
Depositi prevalentemente ghiaiosi e ghiaioso-limosi di terrazzo fluviale	2	-2	1800	0,35	410	853
	3	-5	1800	0,45	415	1376
	2	-7	1800	0,45	220	730
Depositi ghiaiosi e/o Argille Varicolori alterate	4	-11	2000	0,35	250	520
Argille varicolori alterate e/o decomprese	5	-16	2200	0,35	320	666
	6	-22	2200	0,35	470	978
Argille varicolori	5	-27	2200	0,35	500	1041
	4	-31	2200	0,35	550	1145

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore del  $V_{s30}$  pari a circa 370 m/s.

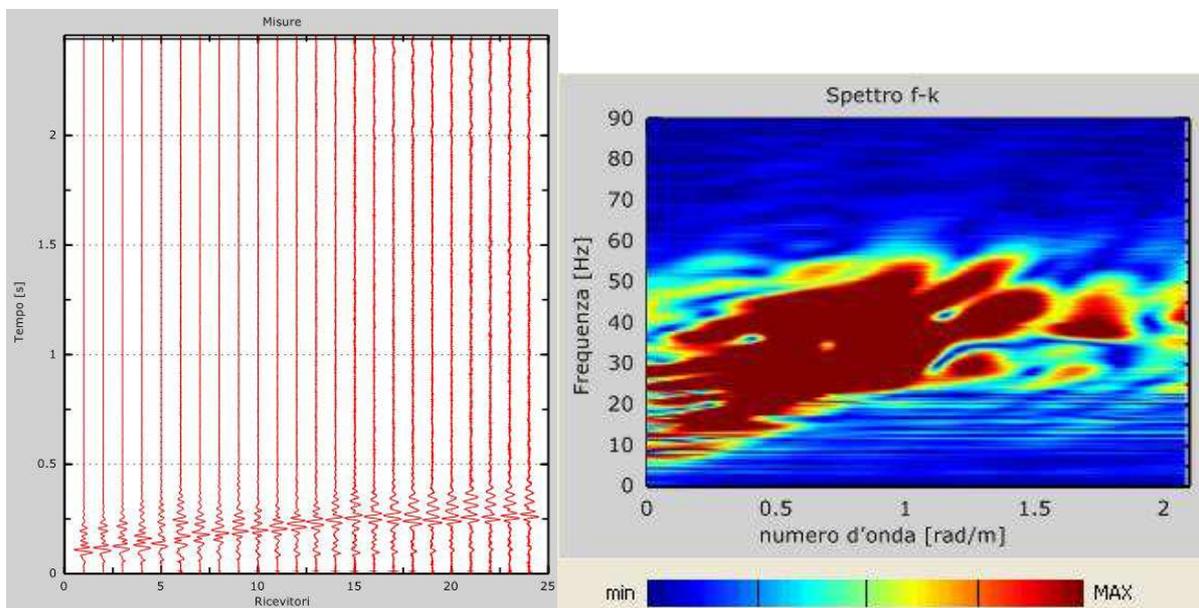
## MASW 10

Ubicazione

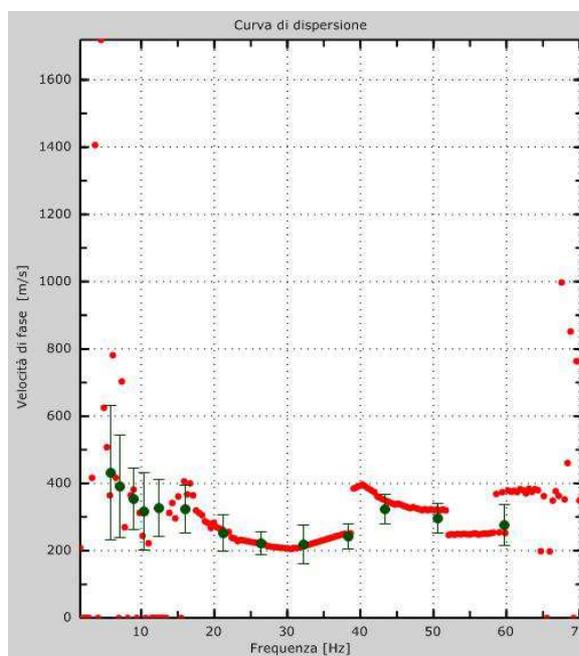


**MASW 10**

## Sismogrammi e spettro f-k

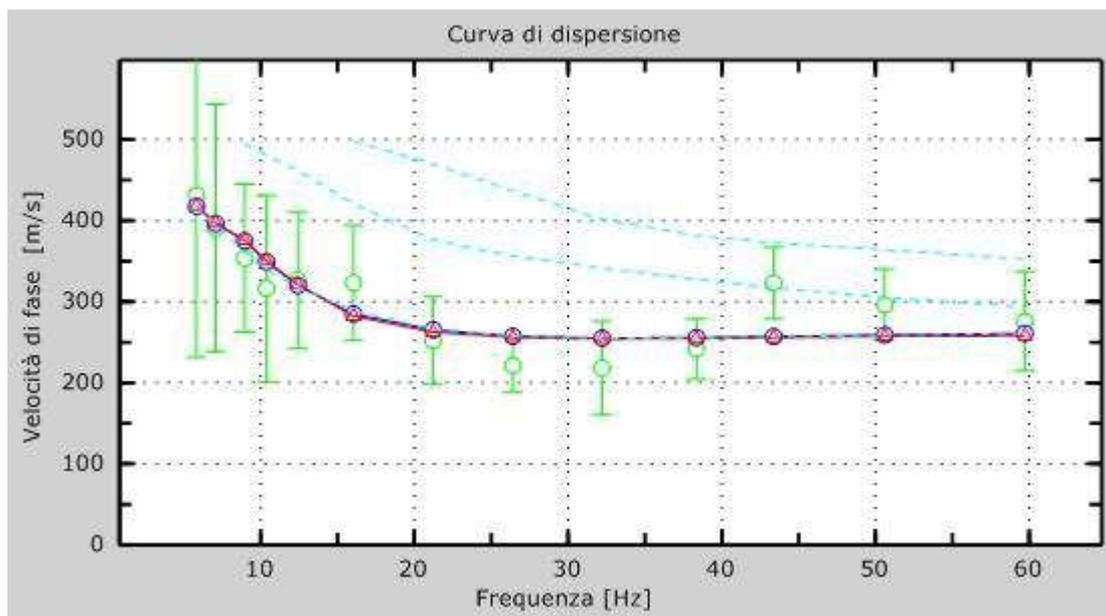


## Curva sperimentale e picking

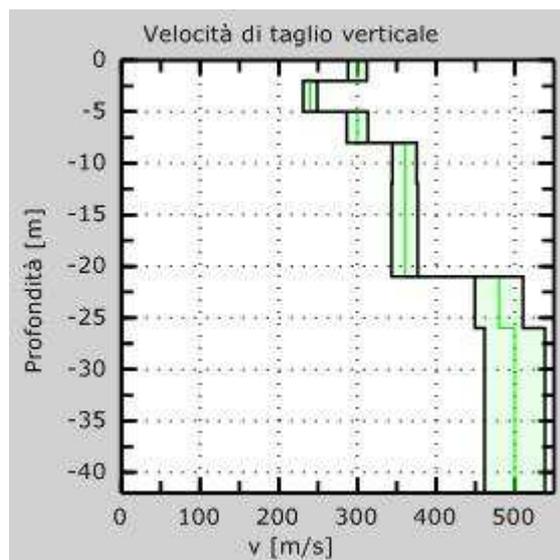


## MASW 10

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e modello di profilo verticale di velocità: curva effettiva in blu-discrepanza 10%, curva apparente in rosso-discrepanza 10%. In turchese modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



## MASW 10

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geologici e geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità suddivisibile in due porzioni principali: terreni caratterizzati da velocità  $V_s$  dell'ordine dei 250-300 m/s fino a circa 8 m, identificabili con i depositi continentali dei terrazzi antichi del margine pedecollinare (argille con strati e/o orizzonti ghiaiosi) che poggiano in discordanza sulle Argille Azzurre plioceniche, caratterizzate da valori di  $V_s$  che aumentano con la profondità.

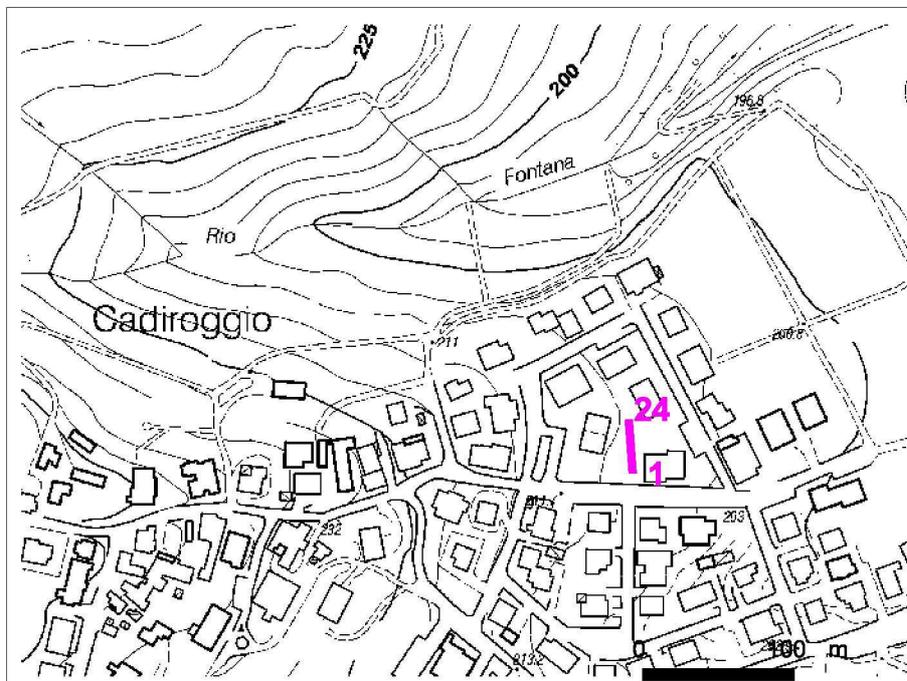
Caratteristiche degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per MASW10

Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente di Poisson	$V_s$ (m/s)	$V_p$ (m/s)
Argille e livelli ghiaiosi (depositi fluviali ed i terrazzi antichi-Quaternario Continentale)	2	-2	1800	0,45	300	995
	3	-5	1800	0,45	240	796
	3	-8	1800	0,4	300	735
Formazione delle Argille Azzurre plioceniche	4	-12	1800	0,4	360	882
	9	-21	2000	0,35	360	749
	5	-26	2200	0,35	480	999
	6	-32	2200	0,35	500	1041

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore del  $V_{s30}$  pari a circa 358 m/s.

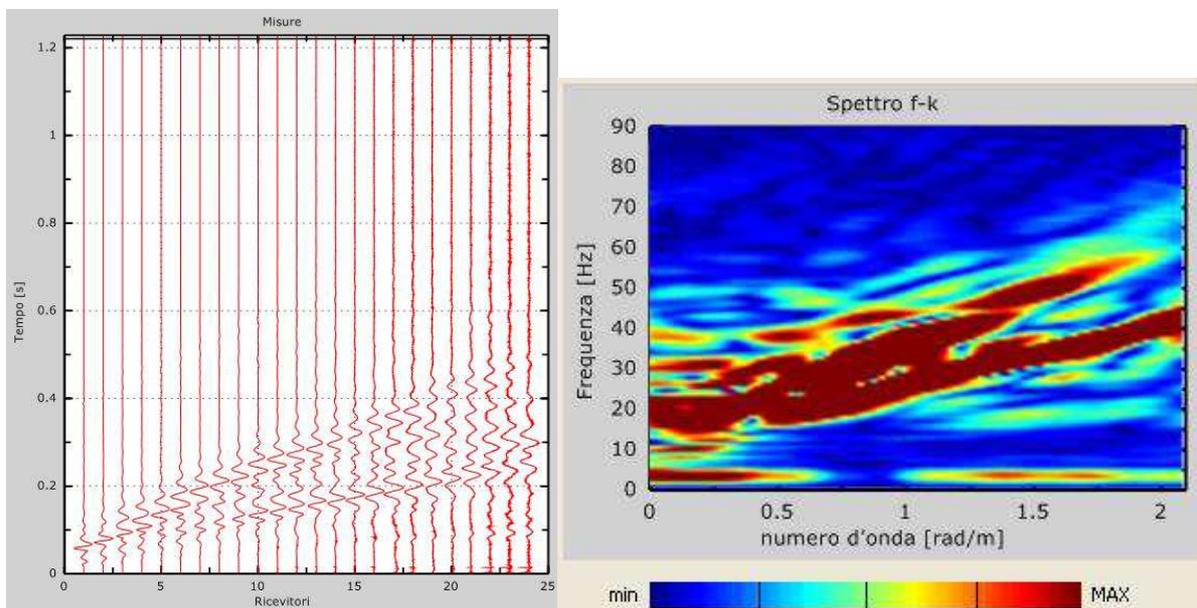
## MASW 11

### Ubicazione

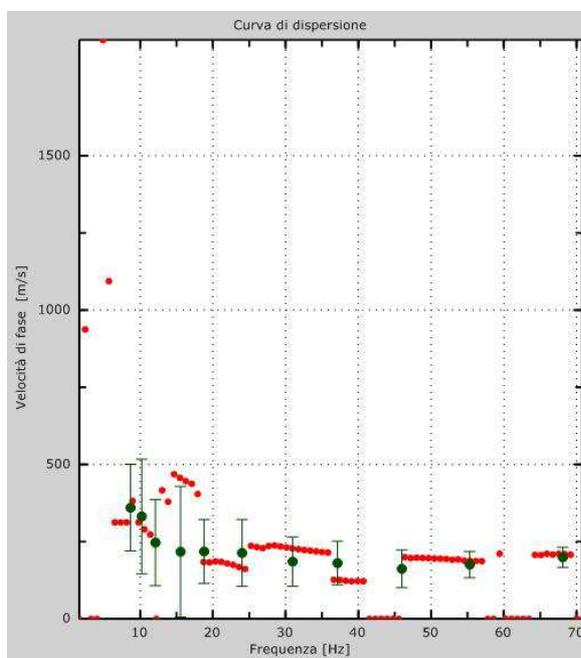


## MASW 11

### Sismogrammi e spettro f-k

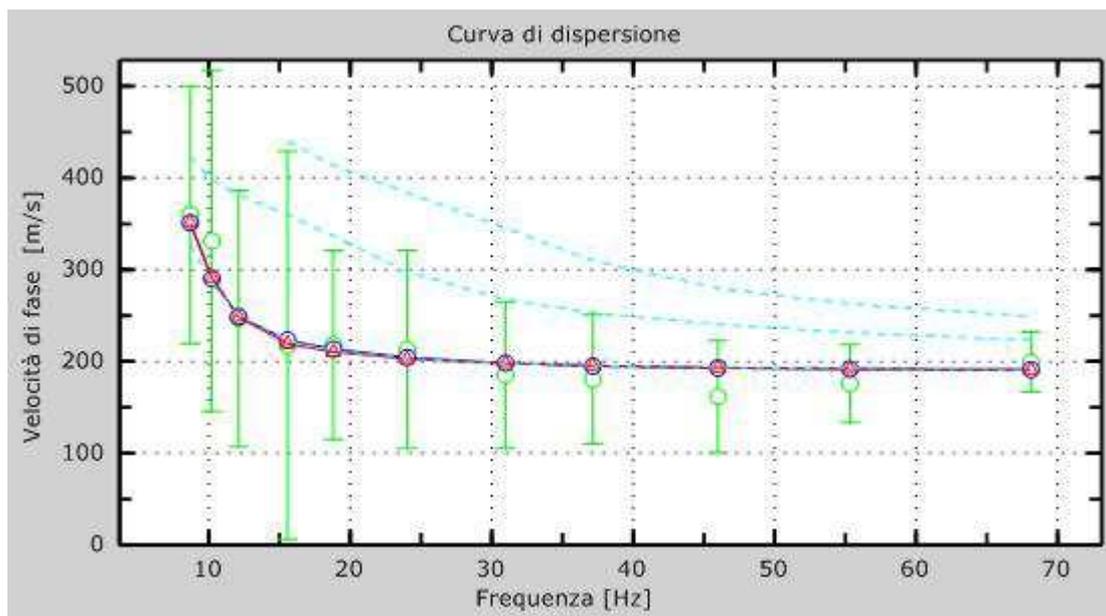


### Curva sperimentale e picking

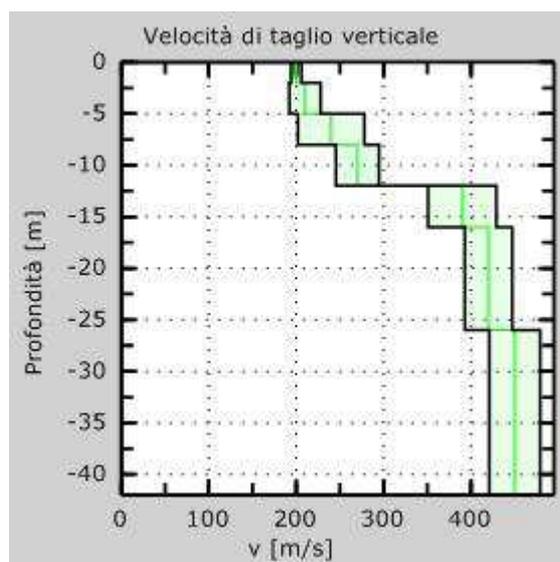


## MASW 11

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e modello di profilo verticale di velocità: curva effettiva in blu-discrepanza 8%, curva apparente in rosso-discrepanza 8%. In turchese modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



## MASW 11

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geologici e geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità suddivisibile in due porzioni principali. Terreni caratterizzati da velocità  $V_s$  dell'ordine dei 200-250 m/s fino a circa 8 m, identificabili con i depositi continentali dei terrazzi antichi del margine pedecollinare (argille con strati e/o orizzonti ghiaiosi) sui quali sono presenti anche probabili terreni rimaneggiati, essendo il sito sede di un parco urbano. Questi terreni giacciono in discordanza sulle Argille Azzurre plioceniche, caratterizzate da valori di  $V_s$  in aumento con la profondità.

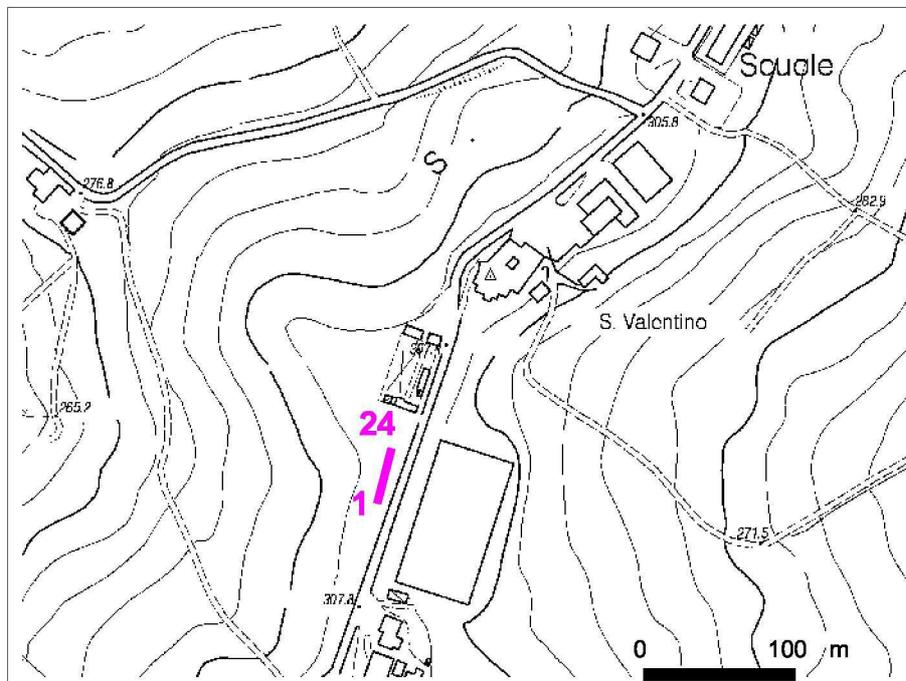
Caratteristiche degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per MASW11

Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente di Poisson	Vs (m/s)	Vp (m/s)
Suolo e detriti argillosi e argilloso-limosi rimaneggiati (parco urbano), su depositi argillosi con intercalazioni ghiaiose del quaternario marino dei terrazzi antichi	2	-2	1800	0,45	200	663
	3	-5	1800	0,45	210	696
	3	-8	1800	0,45	240	796
Formazione delle Argille Azzurre plioceniche	4	-12	2000	0,4	270	661
	4	-16	2200	0,35	390	812
	10	-26	2200	0,35	420	874
	6	-32	2200	0,35	450	937

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore del  $V_{s30}$  pari a circa 317 m/s.

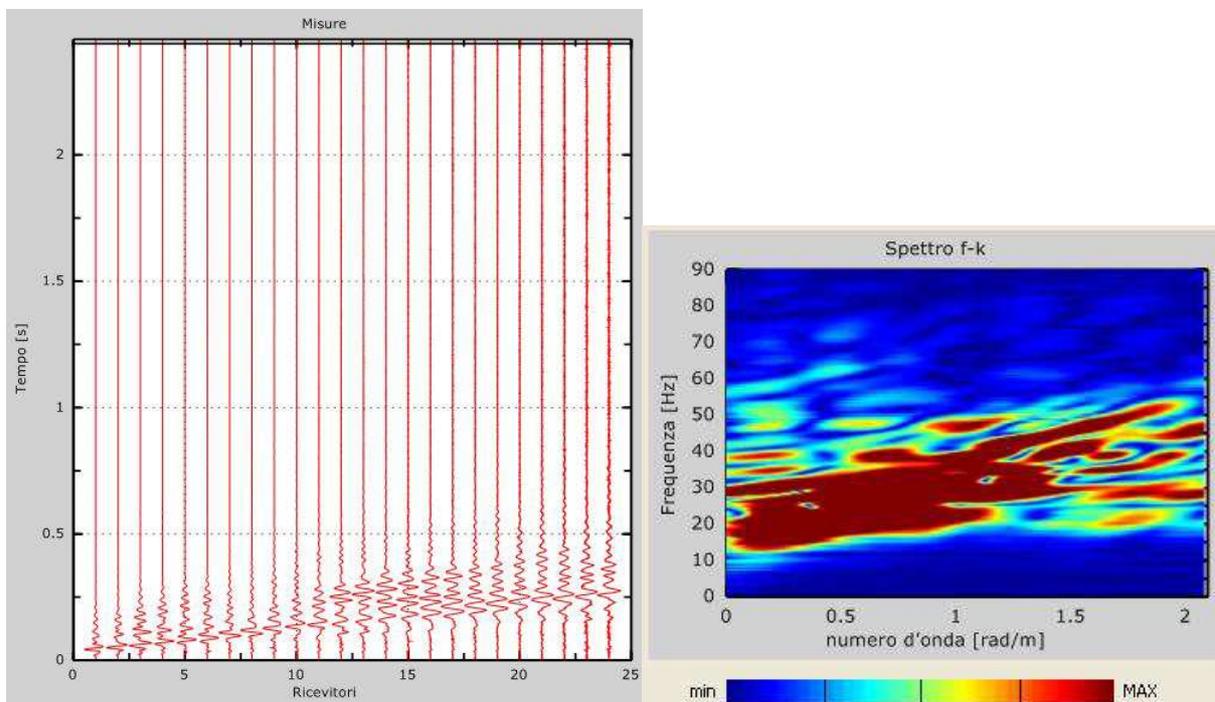
**MASW 12**

## Ubicazione

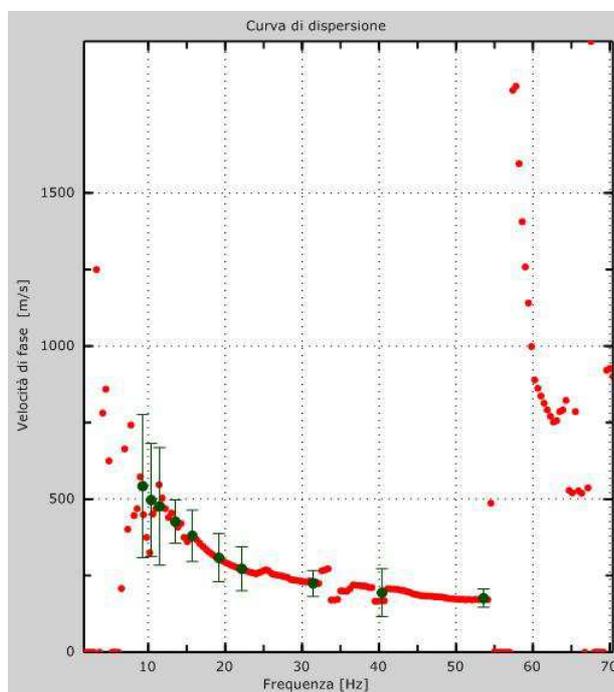


## MASW 12

### Sismogrammi e spettro f-k

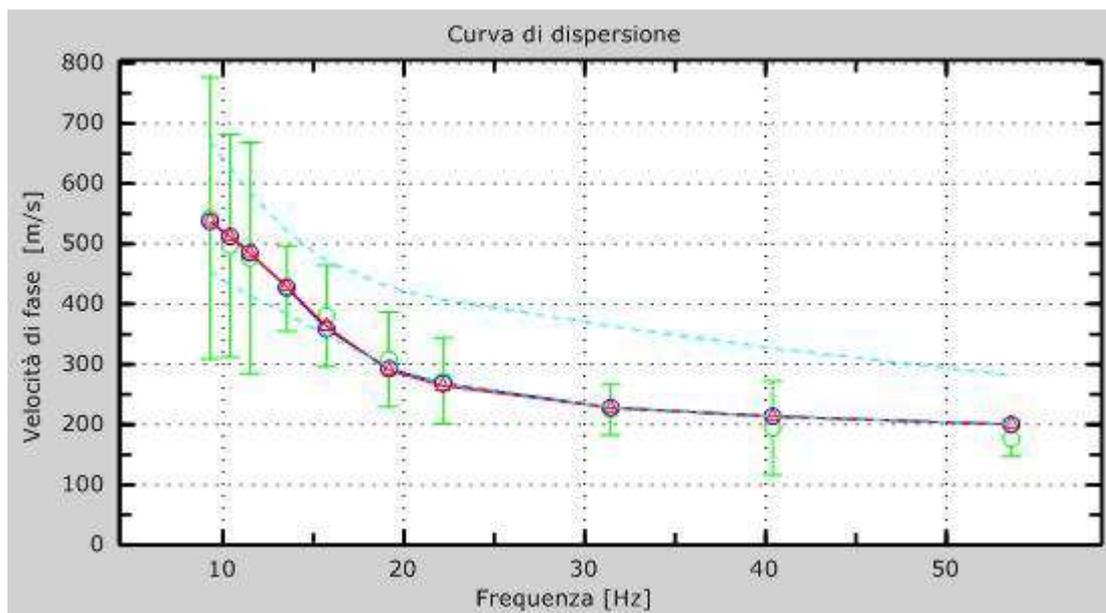


### Curva sperimentale e picking

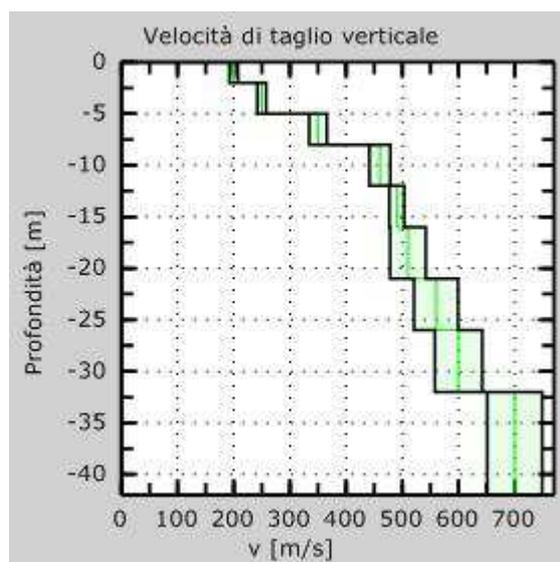


## MASW 12

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e modello di profilo verticale di velocità: curva effettiva in blu-discrepanza 4%, curva apparente in rosso-discrepanza 4%. In turchese modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



## MASW 12

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geologici e geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da valori di Vs crescenti con la profondità. L'areale in esame è caratterizzato dalla presenza delle Argille Azzurre plioceniche subaffioranti, come anche osservabile direttamente sul suolo agrario per la presenza di *chips* di materiale argilloso e resti di conchiglie.

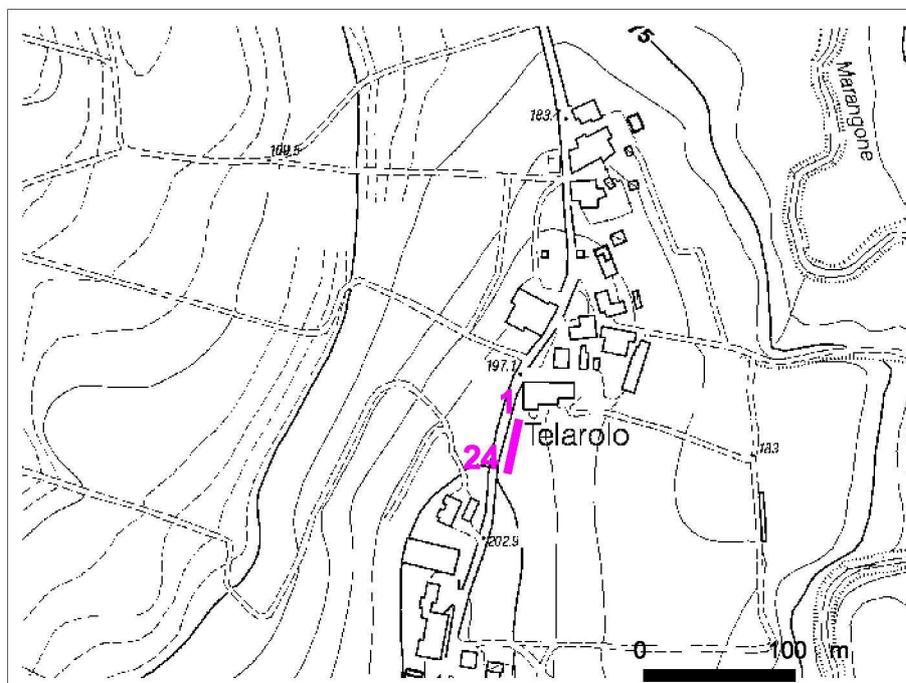
Caratteristiche degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per MASW12

Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità ( $kg/m^3$ )	Coefficiente di Poisson	Vs (m/s)	Vp (m/s)
Argille limose e suolo (detrito eluviale) derivanti da Argille Azzurre	2	-2	1800	0,4	200	490
Formazione delle Argille Azzurre plioceniche	3	-5	2000	0,35	250	520
	3	-8	2000	0,35	350	729
	4	-12	2100	0,35	460	958
	4	-16	2200	0,35	490	1020
	5	-21	2200	0,35	510	1062
	5	-26	2200	0,35	560	1166
	6	-32	2200	0,35	600	1249

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore del Vs30 pari a circa 411 m/s.

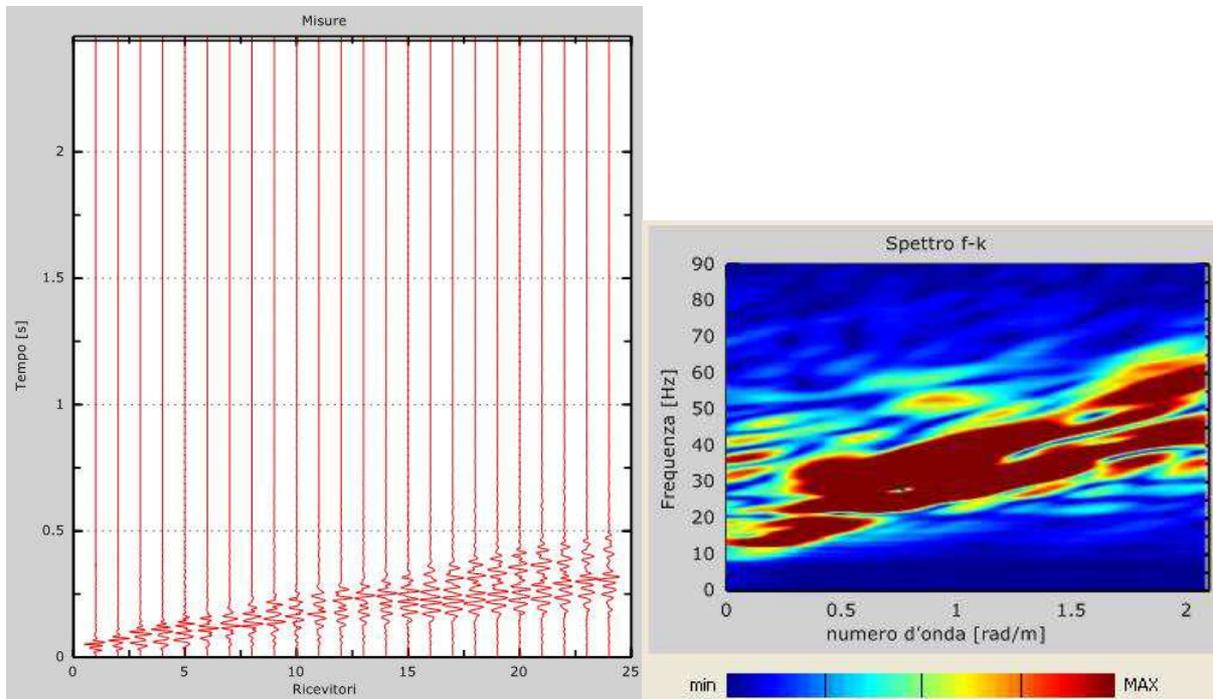
## MASW 13

### Ubicazione

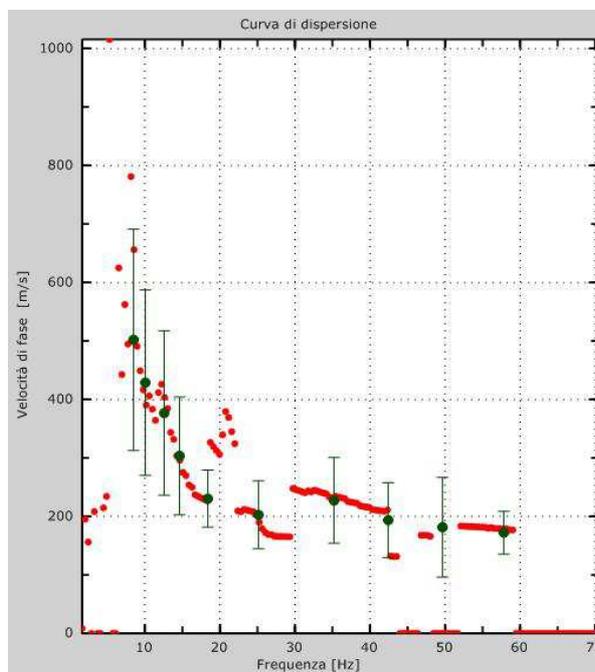


**MASW 13**

## Sismogrammi e spettro f-k

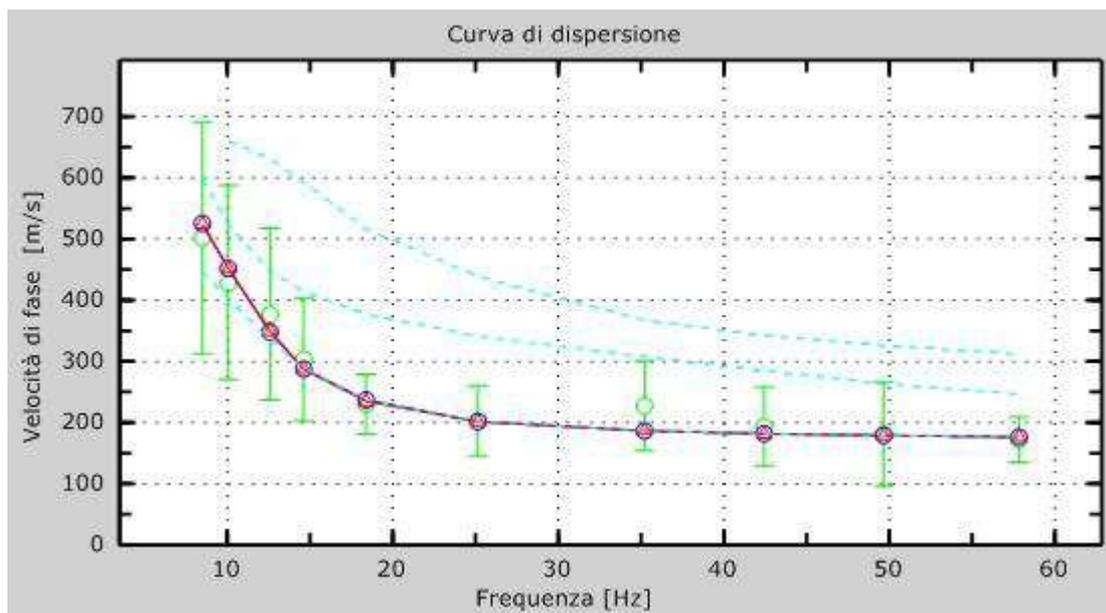


## Curva sperimentale e picking

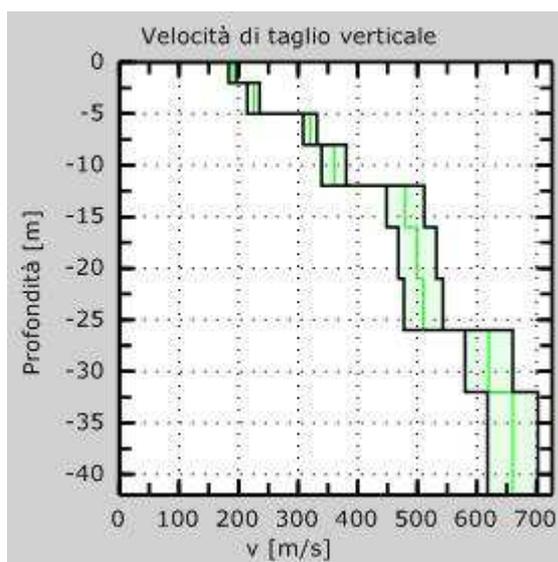


## MASW 13

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e modello di profilo verticale di velocità: curva effettiva in blu-discrepanza 7%, curva apparente in rosso-discrepanza 7%. In turchese modi di Rayleigh relativi al modello di profilo verticale di velocità.



Modello di profilo verticale di velocità (incertezza 0.1sigma-8%)



## MASW 13

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geologici e geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da valori di Vs crescenti con la profondità. L'areale in esame è caratterizzato dalla presenza della Formazione di Ranzano subaffiorante, che presenta un orizzonte superficiale pedogenizzato e areato e miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità

Caratteristiche degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per MASW13

Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente di Poisson	Vs (m/s)	Vp (m/s)
Suolo e detrito eluviale	2	-2	1800	0,4	190	310
Formazione di Ranzano (Arenarie alternate a peliti)	3	-5	1800	0,4	225	551
	3	-8	1800	0,4	320	784
	4	-12	2100	0,35	360	749
	4	-16	2100	0,35	480	999
	5	-21	2200	0,35	500	1041
	5	-26	2300	0,35	510	1062
	6	-32	2300	0,35	620	1291

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore del Vs30 pari a circa 380 m/s.

## Conclusioni

Sono stati descritte le modalità e la strumentazione di acquisizione, nonché i risultati delle elaborazioni, di 13 basi sismiche attive con metodologia *MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)* ubicate come da figura 1 e identificate con i numeri da 1 a 13, acquisite, su incarico del Dott. Geol. Giorgio Gasparini, nell'ambito degli studi per la Microzonazione Sismica del Comune di Castellarano (provincia di Reggio Emilia).

Vengono riportati con appositi elaborati grafici, per ciascuna acquisizione, l'ubicazione, i dati e la loro relativa interpretazione, eseguita tenendo conto non solo dei risultati delle acquisizioni sismiche, ma anche dei dati geologici disponibili (cartografici, geognostici e derivanti da osservazioni dirette sul terreno).

Vignola, maggio 2013

Dott. Geol. Marco Capitani

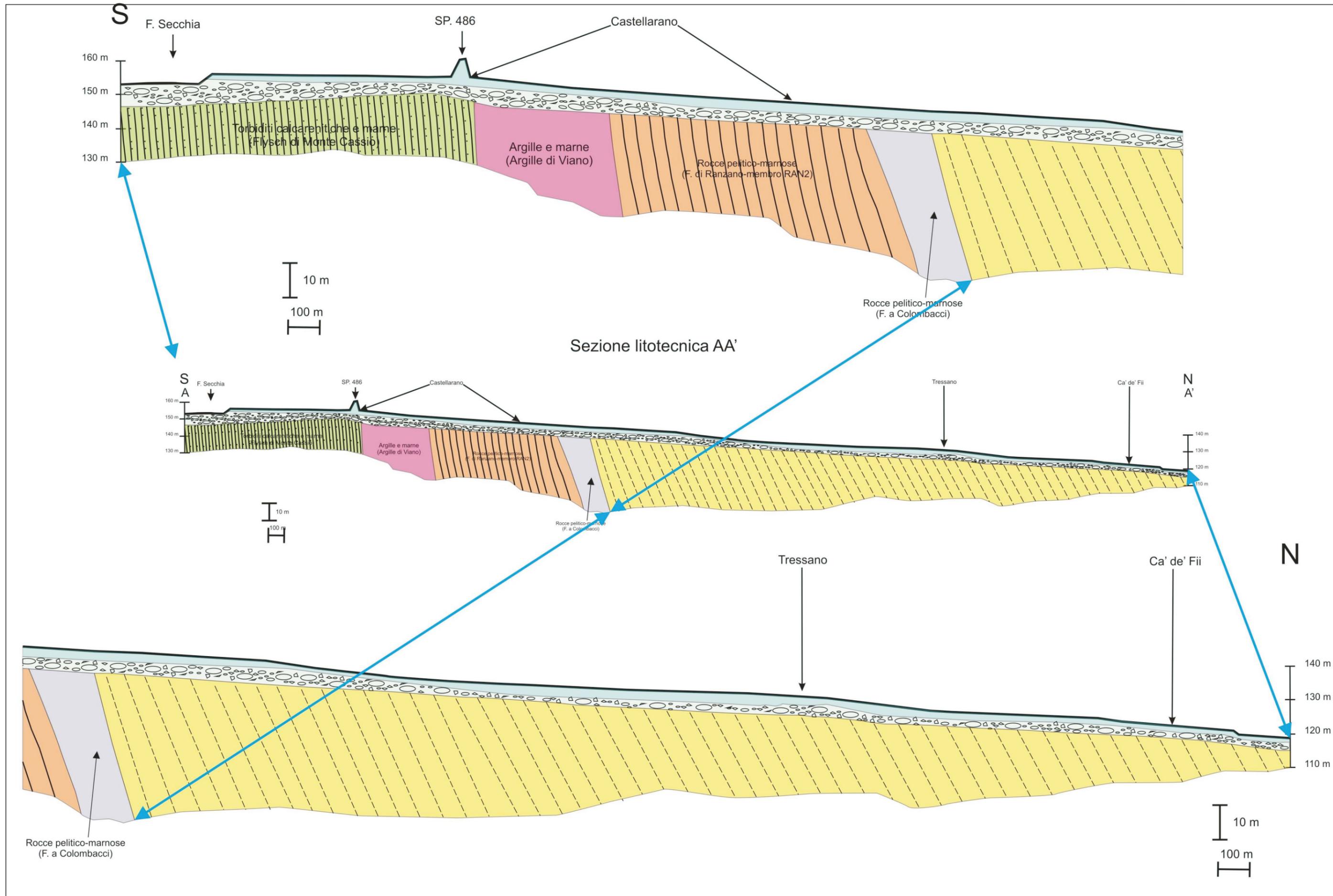


*Marco Capitani*

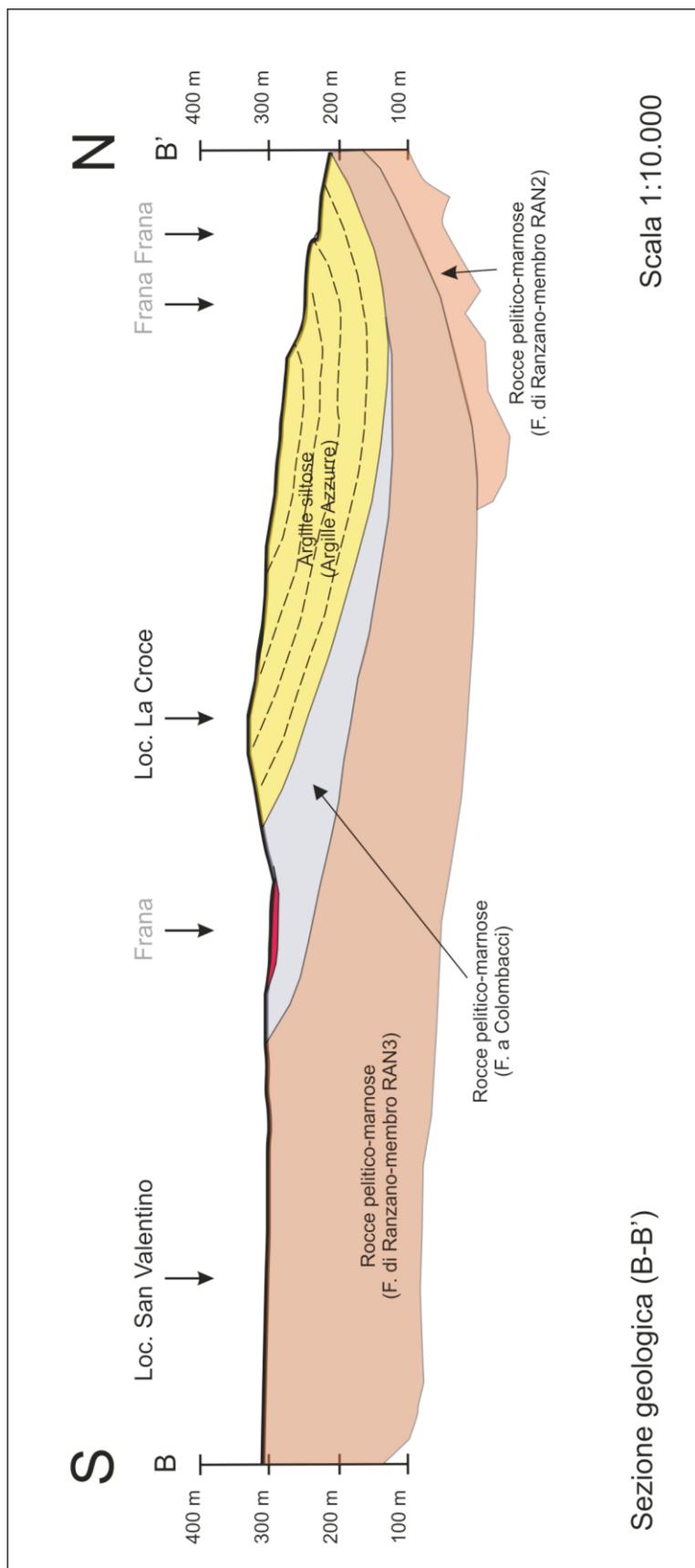


**Sezione Litotecnica  
e  
Sezione Geologica**









Sezione geologica (B-B')

Scala 1:10.000

