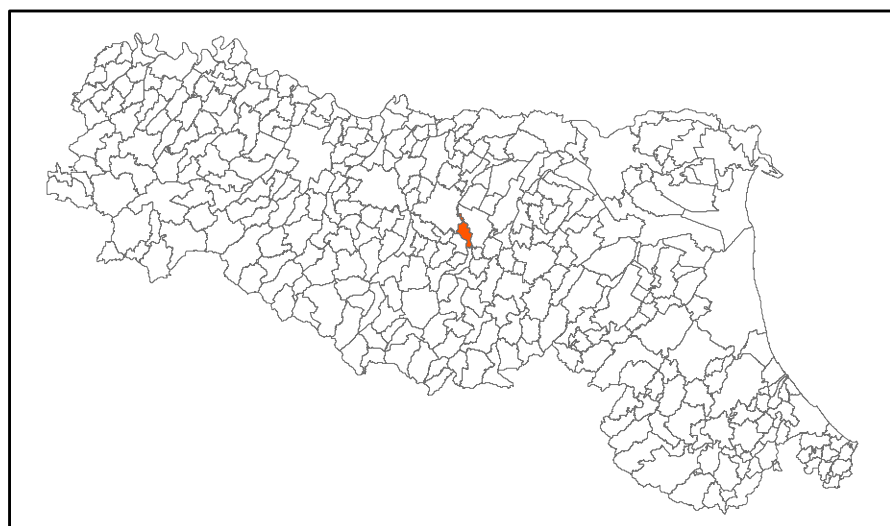


Attuazione dell'articolo 11 dalla legge 24 giugno 2009, n. 77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione illustrativa

### Regione Emilia – Romagna Comune di San Cesario sul Panaro



Regione	Soggetto realizzatore	Data
<b>Emilia Romagna</b>	<b>Comune di San Cesario S.P.</b>	<b>Ottobre 2014</b> <i>Con modifiche del Giugno 2015 conseguenti ai controlli effettuati nell'Aprile 2015 dalla Regione Emilia Romagna</i> <i>Con modifiche dell'Ottobre 2015 conseguenti alla preistruttoria del Settembre 2015 effettuata dalla Regione Emilia Romagna</i>



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**

### **INDICE RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

1. INTRODUZIONE.....	1
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	3
2.1. <i>Classificazione sismica</i> .....	3
2.2. <i>Pericolosità sismica</i> .....	5
2.2.1. <i>Pericolosità di base</i> .....	6
2.2.2. <i>Pericolosità locale</i> .....	9
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	11
3.1. <i>Inquadramento tettonico e strutturale</i> .....	11
3.2. <i>Inquadramento stratigrafico-litologico</i> .....	20
3.2.1. <i>Stratigrafia</i> .....	20
3.2.1.1. <i>Subsistema di Villa Verucchio (Unità di Vignola)</i> .....	21
3.2.1.2. <i>Subsistema di Ravenna</i> .....	21
3.2.1.3. <i>Depositi attuali in evoluzione</i> .....	24
3.3. <i>Inquadramento morfologico</i> .....	26
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	27
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	28
5.1. <i>Modelli geologici</i> .....	33
6. INTERPRETAZIONE E INCERTEZZE.....	34
6.1. <i>Interpretazioni</i> .....	34
6.2. <i>Incertezze</i> .....	36
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	39
7.1. <i>Prima fase</i> .....	40
7.2. <i>Seconda fase</i> .....	41
7.2.1. <i>Primo livello</i> .....	41
7.2.2. <i>Secondo livello</i> .....	43
7.3. <i>Terza fase</i> .....	43
8. ELABORATI CARTOGRAFICI.....	44
. BIBLIOGRAFIA.....	48

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**

### **ELENCO ALLEGATI**

ALLEGATO N. 1 – Indagini sismiche: registrazioni di rumore sismico ambientale a stazione singola (HVSr) – *Eseguite nel 2012 e nel 2014*

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

\*\*\*\*\*

## **MICROZONAZIONE SISMICA**

### **ELENCO TAVOLE**

- Carta geologico-tecnica – *scala 1:10.000*
- Carta delle indagini – *scala 1:10.000*
- Carta delle frequenze naturali del terreno – *scala 1:10.000*
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica – *scala 1:10.000*
- Carta della velocità delle onde di taglio – *scala 1:10.000*
- Carta di microzonazione sismica Livello 2 – FA PGA – *scala 1:10.000*
- Carta di microzonazione sismica Livello 2 – FA SI (0.1s - 0.5s) – *scala 1:10.000*
- Carta di microzonazione sismica Livello 2 – FA SI (0.5s - 1s) – *scala 1:10.000*

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 San Cesario sul Panaro**

**- RELAZIONE ILLUSTRATIVA -**

### **1. INTRODUZIONE**

Vengono qui descritti le indagini, le ricerche e gli elaborati prodotti nell'ambito dello studio finalizzato alla microzonazione sismica del territorio del Comune di San Cesario sul Panaro (MO), realizzata con il contributo di cui all'OPCM 52/2013 e in collaborazione con il Capo del 4° Settore Urbanistica Edilizia Privata Ambiente Arch. Alessandro Magnani e con l'Ing. Linda Rinaldi dell'Ufficio Tecnico del Comune di San Cesario sul Panaro (MO).

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. 1919 del 16 dicembre 2013 “Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all’Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 52/2013 a favore degli enti locali”.
- Gruppo di lavoro Ms, 2008 “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” approvati dalla Conferenza delle Regioni e delle Province 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 Modena.

Il territorio del Comune di San Cesario sul Panaro si estende su una superficie di circa 26,22 Km<sup>2</sup> nella pianura modenese medio-alta (Figure 1 e 7), a est del F.Panaro<sup>1</sup>. Esso confina con i comuni di Modena, Spilamberto, Savignano sul Panaro, Valsamoggia (in Provincia di Bologna) e Castelfranco Emilia.

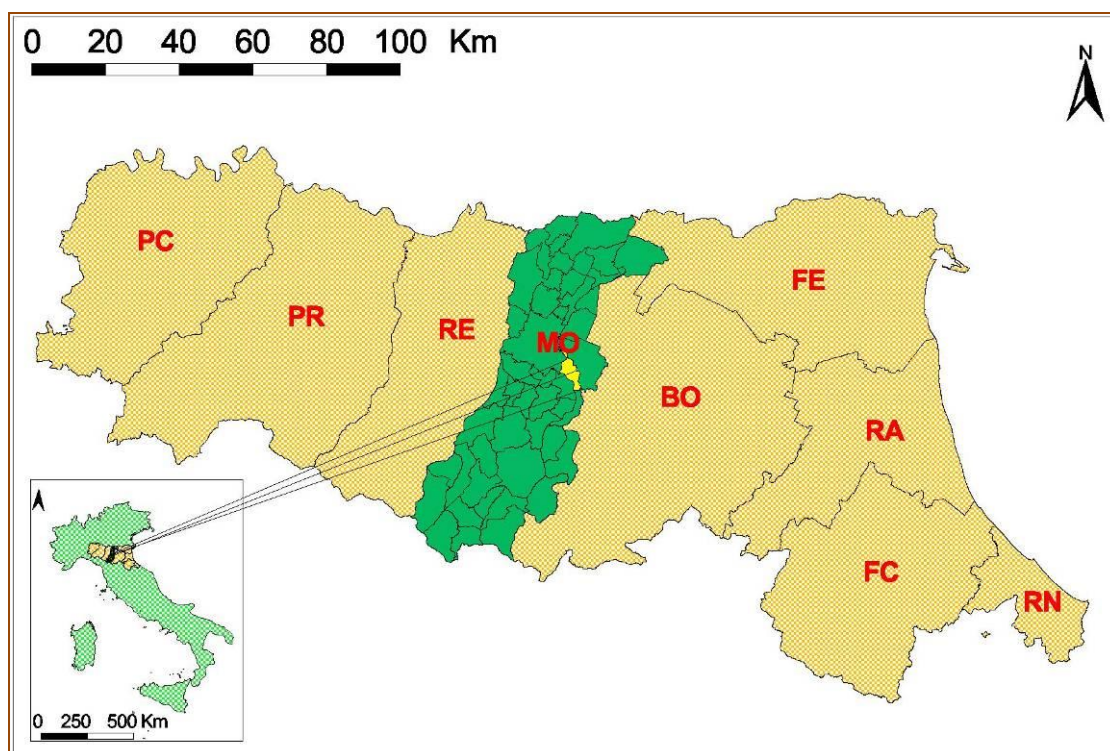


Figura 1 – Inquadramento regionale del territorio del Comune di San Cesario sul Panaro.

<sup>1</sup> Una piccola striscia di territorio comunale ricade in sinistra Panaro.

Dal punto di vista cartografico, la topografia del territorio comunale è descritta nelle seguenti Tavole alla scala 1:25.000 della Carta Topografica Regionale nn. 201SE, 202SO, 219NE e 220NO e nelle Sezioni alla scala al 10.000 della Carta Tecnica Regionale nn. 201160, 202130, 219040, 220010 e 220050.

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 San Cesario sul Panaro (indagini geognostiche a corredo di studi conservati presso l'archivio comunale) nell'ambito dei lavori per la redazione del Piano Strutturale Comunale. Altre indagini geognostiche e informazioni sono state ricavate dal sito web di cartografia geologica curato dall'Ufficio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

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

### **2.1. *Classificazione sismica***

Il Comune di San Cesario sul Panaro è compreso nell'elenco dei comuni sismici classificati in zona 3 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 2) nella quale è possibile verificare che il territorio del Comune di San Cesario sul Panaro ricade

nell'area per la quale sono indicati valori dell'accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ )<sup>2</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 ( $V_{s30} > 800$  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 Comune della Regione che per San Cesario corrisponde a 0,162g. Come si evince dalla comparazione con i dati precedentemente disponibili si tratta di un valore che rientra nel range della Zona 3 (0,15÷0,175 Ag/g).

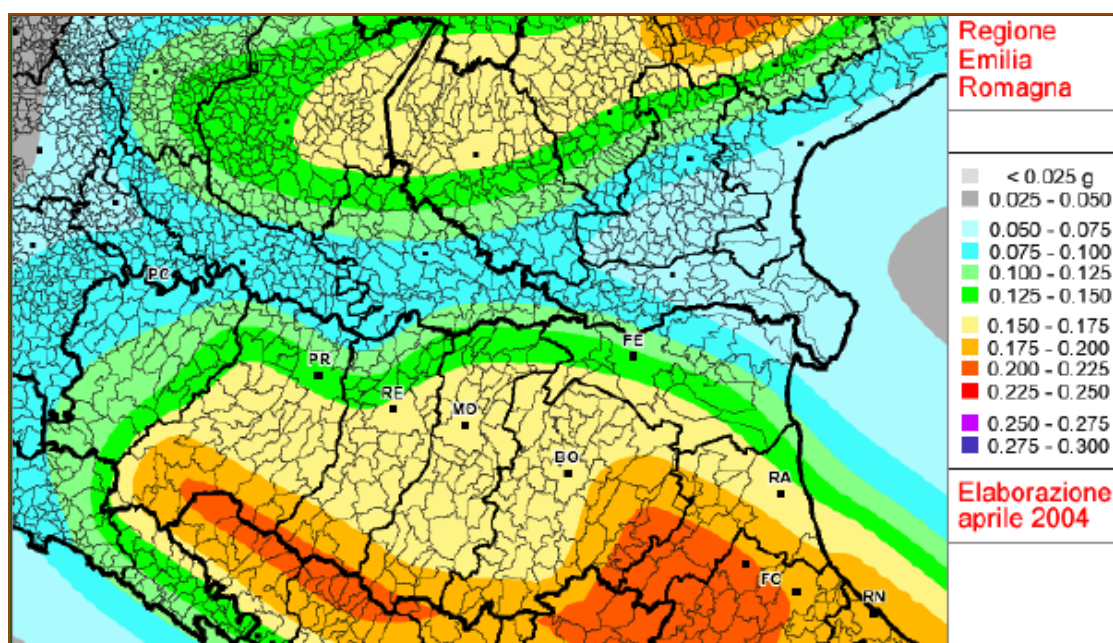


Figura 2 - Mappa di pericolosità sismica di riferimento (Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n. 2374 All. 1) espressa in termini di accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A, All. 2, 3.1) allegata 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.

<sup>2</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).



Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione occorre considerare un'accelerazione di riferimento per il sito in esame, individuata sulla base delle coordinate geografiche 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. Pertanto, 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 San Cesario sul Panaro, in riferimento agli effetti macrosismici osservati (*Scala Mercalli Cancani Sieberg*), si riporta la mappa delle massime intensità attese per i comuni dell'Emilia-Romagna (Figura 3), nella quale si può notare che per il Comune di San Cesario sul Panaro l' $I_{max}$  raggiunge l'8° grado.

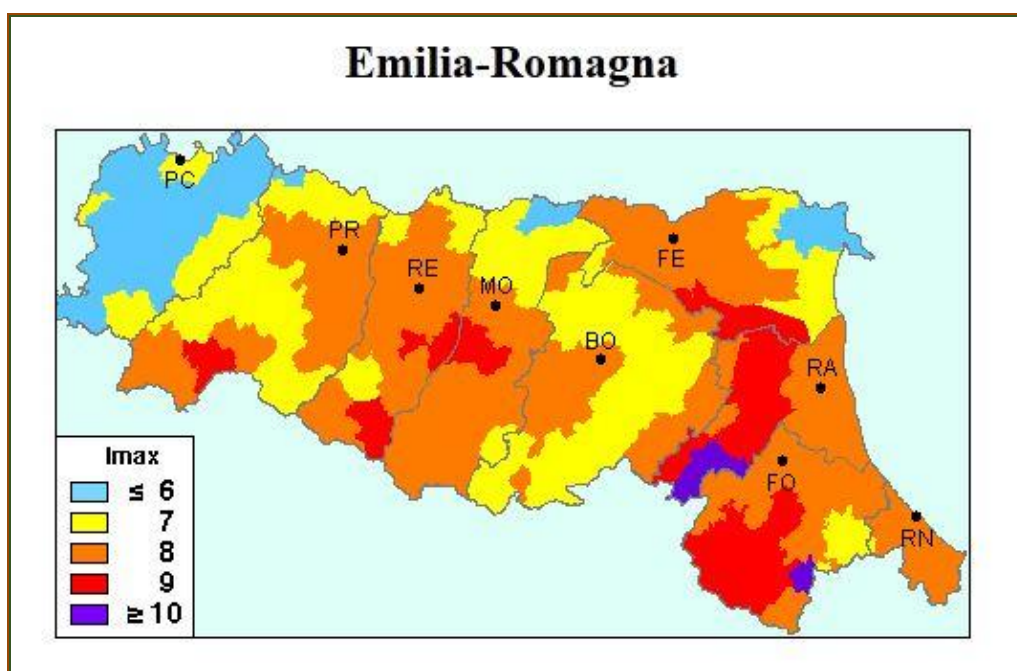


Figura 3 – Massime intensità macrosismiche.

## 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. È stato 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 danni più importanti 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 comunale).

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 San Cesario sul Panaro (Figura 4).

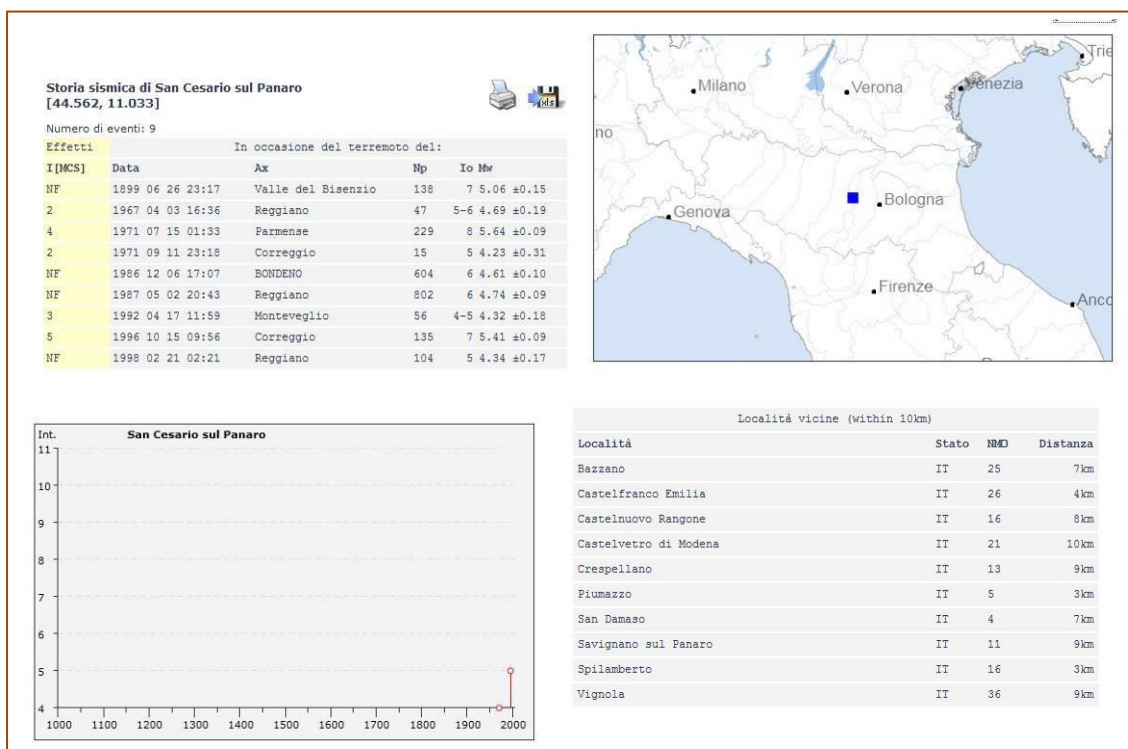


Figura 4 – “Storia sismica” Comune di San Cesario sul Panaro.

Per quanto riguarda le **sorgenti** sono state caratterizzare 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 5) (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 le zone nelle quali ricade il Comune in oggetto e cioè la n. 912 e la 913, si possono dedurre i seguenti valori massimi della magnitudo momento (Mw max).

- 912 “Dorsale Ferrarese” Mw = 6,14
- 913 “Appennino Emiliano-Romagnolo” Mw = 6,14

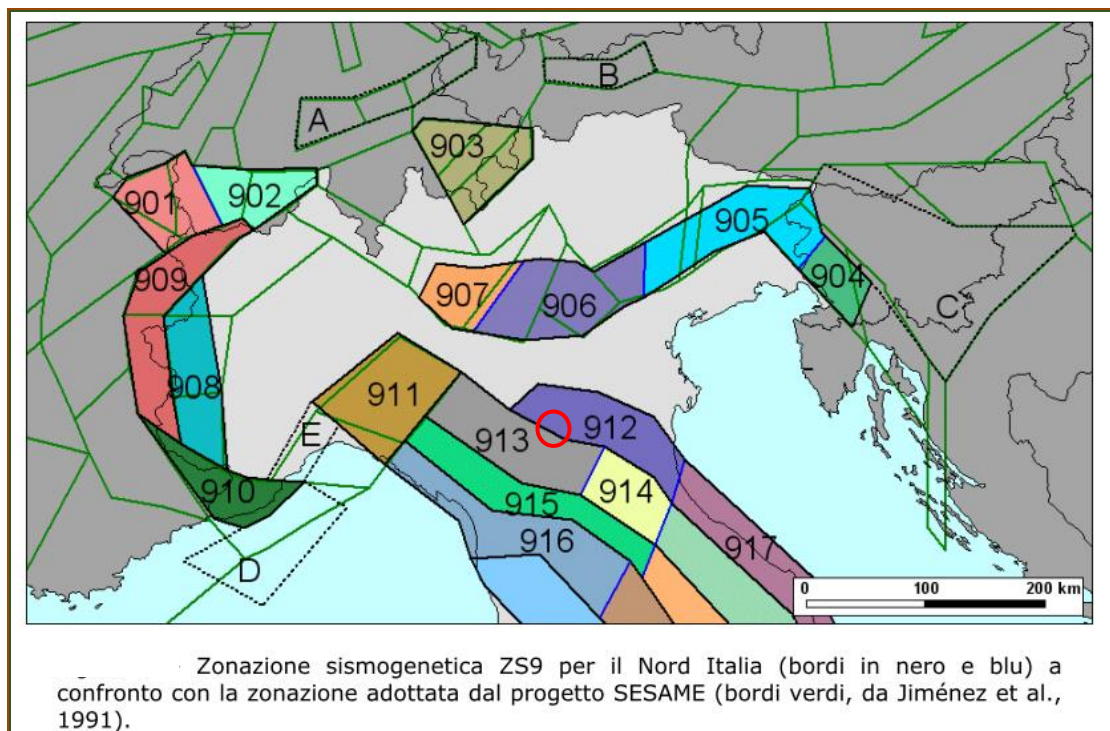


Figura 5 – Mappa zone sismiche (estratto da App. 2 al Rapporto Conclusivo-Zonazione Sismogenetica ZS9-INGV). Il cerchio rosso individua l'ubicazione di San Cesario sul Panaro.

2) un estratto, della mappa delle “Sorgenti sismogenetiche” (Figura 6) tratto dal “*Database of Individual Seismogenetic Sources - 3*” dal quale si può segnalare, per l'area di interesse, la seguente sorgente: ITCS047 Castelvetro di Modena-Castel San Pietro Terme.

Per quanto riguarda, infine, la “**propagazione dell'energia**”, sono stati 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*.

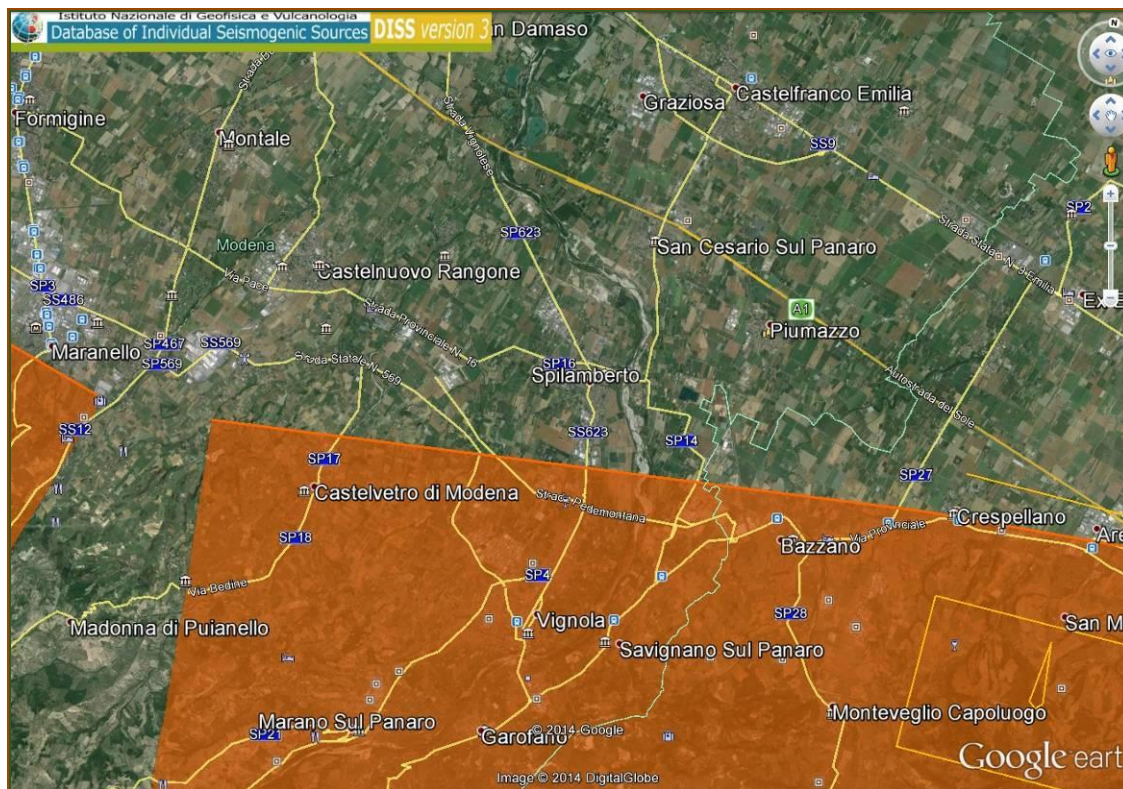


Figura 6 – Estratto mappa “Sorgenti sismogenetiche”. (Dati da: <http://diss.rm.ingv.it/diss/KML-HTMLoptions.html>).

### 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>3</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:

<sup>3</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.

- 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); 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 al di sopra di un substrato rigido (così detto *bedrock* sismico), 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.

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 a livello delle prescrizioni normative.

Essa è quasi sempre valida sulla scala dell'intero territorio comunale (o di una sua parte significativa) 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 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***

Il territorio Comunale di San Cesario sul Panaro, dal punto di vista geologico, è posto nella fascia pedeappenninica. Più in particolare esso si colloca nella medio-alta pianura modenese, a ridosso della prima fascia collinare (posta pochi chilometri più a sud del confine comunale) dove s'individuano i più vicini affioramenti di rocce marine (Argille Azzurre Plioceniche e altre formazioni più antiche).

Tali formazioni, infatti, s'immergono verso nord al di sotto dei depositi continentali pleistocenici e attuali (Figure 6, 7 e 8) tanto che la base dei terreni marini pliocenici s'approfondisce procedendo da sud verso nord, raggiungendo, all'altezza di Spilamberto (in riva sinistra Panaro) e poco a sud di San Cesario (in riva destra) la profondità di circa 1.500 m.

\* \* \*

Sulla base degli studi promossi dalla Regione Emilia-Romagna è stata definita l'architettura stratigrafica a scala regionale dei depositi continentali della pianura emiliano-romagnola, attraverso l'uso della stratigrafia sequenziale e delle unità a limiti inconformi<sup>4</sup> (*unconformity bounded units*) (Regione Emilia Romagna, ENI-AGIP, 1997).

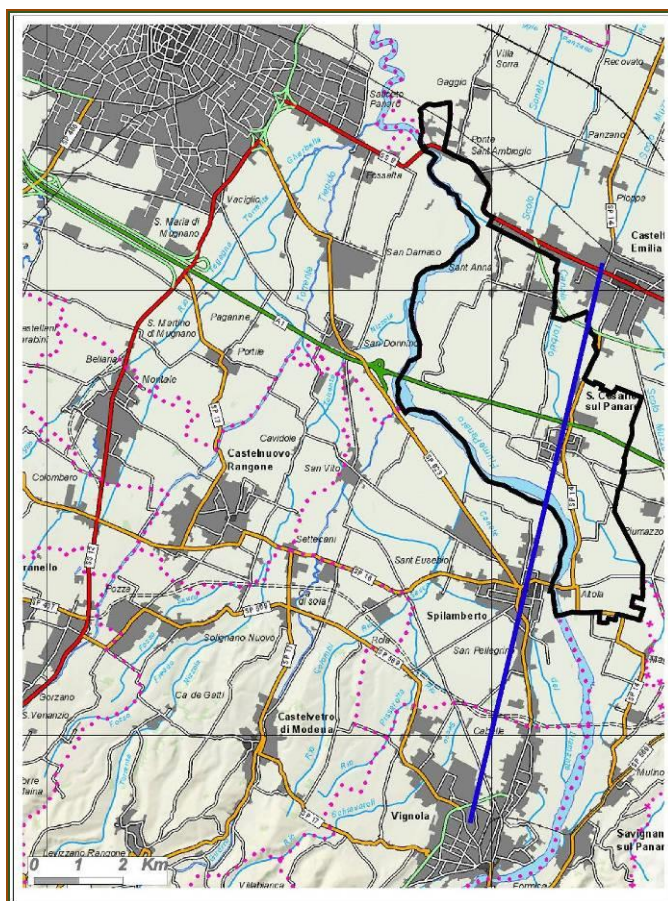


Figura 7 – Comune di San Cesario (perimetro in nero), inquadramento territoriale. (Base cartografica estratta e ridotta con inserti grafici da provincia di Modena, Carta del territorio, scala originale 1:100.000). La linea blu indica la traccia della Sezione Geologica di cui alla Figura 9.

<sup>4</sup> Unità stratigrafiche delimitate alla base e al tetto da superfici di discontinuità dimostrabili, significative e specificamente designate (discordanze angolari, disconformità, ecc.), di estensione regionale, o comunque significativa a scala subregionale.



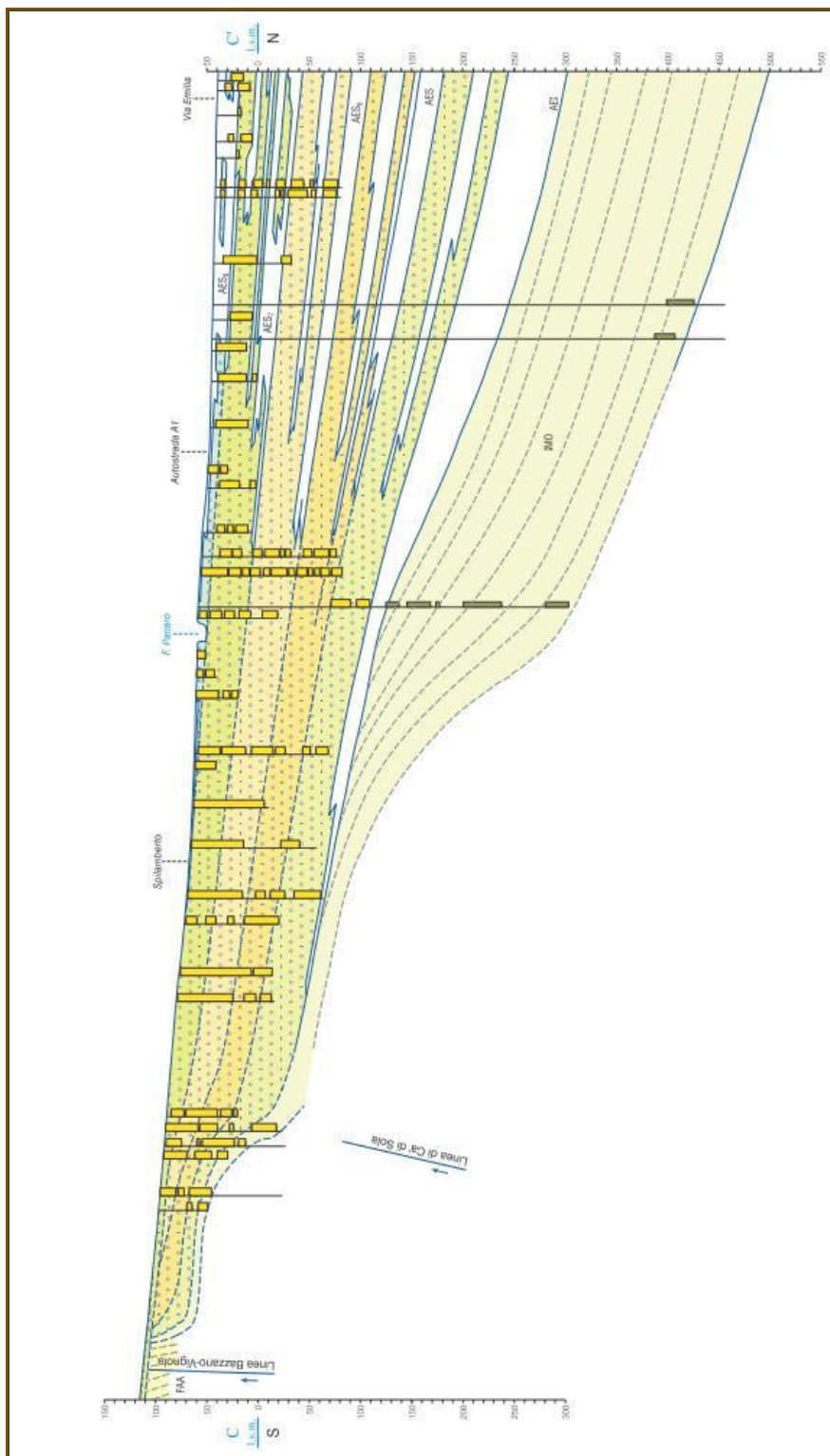


Figura 8 – Sezione geologica da Vignola a Castelfranco Emilia (da sito web cartografico della Regione Emilia-Romagna, Ufficio Geologico, Sismico e dei Suoli); non in scala. Sigle principali: AES8: subsintema di Ravenna; AES7b: subsintema di Villa Verucchio, Unità di Vignola; AES7a: subsintema di Villa Verucchio, unità di Niviano; AES6: Subsintema di Bazzano; AES: Sintema emiliano-romagnolo superiore (indifferenziato); AEI: Sintema emiliano-romagnolo inferiore; IMO: Sabbie di Imola (Quaternario marino); FAA: Argille Azzurre (Pliocene marino). Per gli altri simboli si veda la figura che segue (Figura 9).

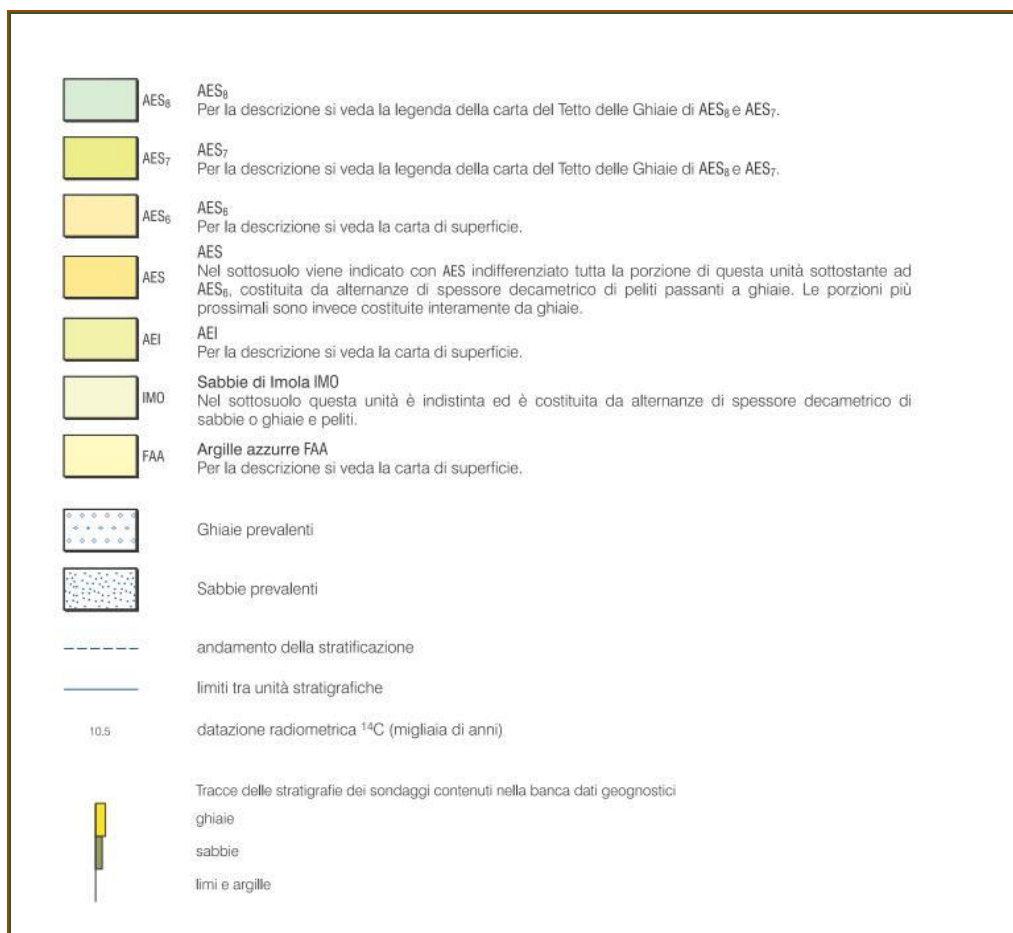


Figura 9 – Legenda della Sezione Geologica riportata nella Figura precedente. Legenda stratigrafica: AES8:subsintema di Ravenna (AES8a:Unità di Modena); AES7:subsintema di Villa Verucchio (AES7b: unità di Vignola; AES7a:Unità di Niviano); AES6:subsintema di Bazzano; AES: Sintema emiliano-romagnolo superiore indifferenziato ma distinto da AES6, AES7 e AES8; AEI: Sintema emiliano-romagnolo inferiore.

I depositi del così detto Quaternario continentale della pianura emiliano-romagnola sono stati così raggruppati (Figure 8 e 10) in un unico *Supersintema emiliano romagnolo*, il cui limite inferiore affiora solamente a ridosso del margine appenninico oppure nelle aree intravallive collinari (Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998). A sua volta il *Supersintema emiliano romagnolo* è stato suddiviso in due sintemi:

- *Sintema emiliano-romagnolo inferiore*, che comprende le unità stratigrafiche di ambiente continentale, sedimentate all'incirca tra 650 mila e 350/450 mila anni fa, indicato con la sigla cartografica AEI;
- *Sintema emiliano-romagnolo superiore*, comprendente i depositi continentali da 350/450 mila anni fa fino al presente, indicato con la sigla cartografica AES, i cui termini superiori (subsintema di Ravenna e subsintema di Villa Verucchio) affiorano o comunque si rinvergono, negli scavi e nelle perforazioni, a

relativamente bassa profondità (pozzi per acqua e indagini geognostiche) anche nel Comune di San Cesario (Sezione di cui alla Figura 9).

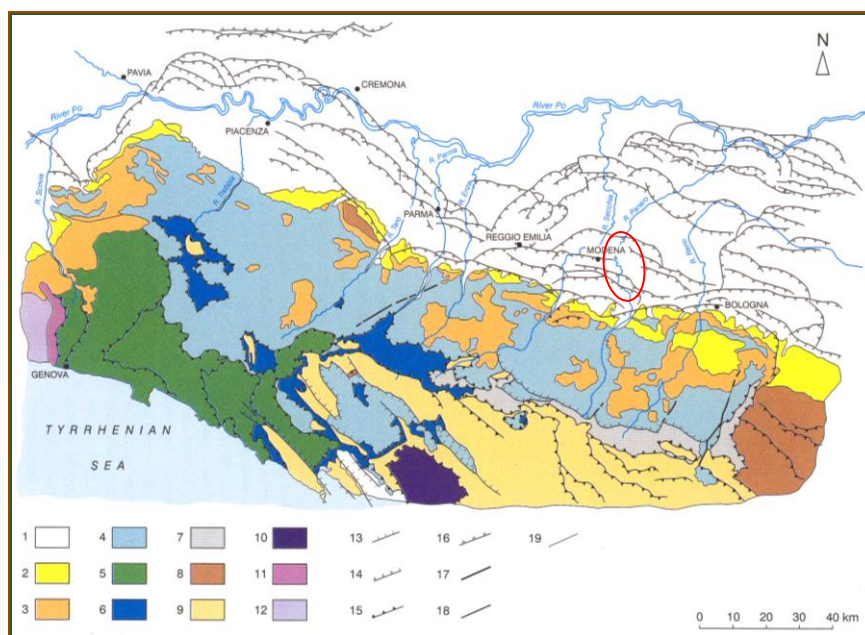


Figura 10 - Carta geologica schematica dell'Appennino Settentrionale (Estratto da Bettelli & De Nardo, 2001).  
**LEGENDA:** 1) depositi quaternari; 2) Depositi marini del Miocene Sup.-Pleistocene; 3) Successione epiligure; 4) Unità liguri esterne; 5) Unità liguri interne; 6) Unità subliguri; 7) Unità 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 sovrascorimenti; 16) Faglie inverse (nel sottosuolo); 17) Faglie trascorrenti, di strappo o di trasferimento; 18) Faglie ad alto angolo a cinematica ignota (nel sottosuolo); 19) Limiti litologici. (L'ovale a bordo rosso individua il territorio di San Cesario).

Nell'areale in esame, si verifica che i terreni marini sottostanti i depositi continentali, del Pliocene medio-superiore, sono costituiti principalmente dalle Argille Azzurre (argille marnose e/o sabbiose grigio bluastre con orizzonti fossiliferi e livelli o orizzonti anche importanti di sabbie) che comunque non affiorano all'interno nel territorio comunale, ma si trovano a profondità generalmente superiori ai 100-150 m rispetto il p.c (in aumento procedendo da sud verso nord: Figura 8).

\* \* \*

Dal punto di vista sismo-tettonico si può affermare che l'evoluzione strutturale della catena appenninica (considerando sia la sua parte emersa che quella sepolta nel sottosuolo padano: Figure 10 e 11), continua anche ai giorni nostri, come evidenziato dall'attività sismica in corrispondenza delle 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.



Figura 11 – Principali strutture sepolte della Pianura Emiliano-Romagnola (Estratto con modifiche da Regione Emilia-Romagna, Eni-Agip, 1998).

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 Pieghe Emiliane e Pieghe Ferraresi) (Figure 10, 11, 12 e 13) fino a nord del corso del fiume 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>5</sup> (Martelli, 2011).

<sup>5</sup> Velocità di sollevamento crostale relativamente più alte per i settori orientali della catena (Martelli, 2011).

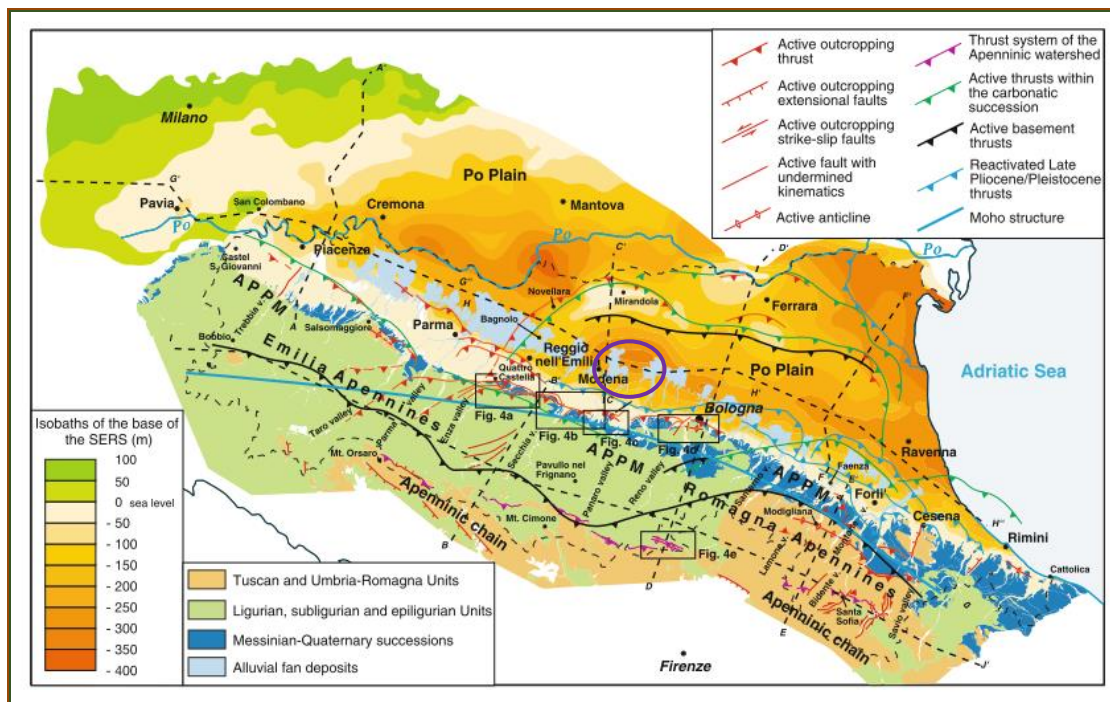


Figura 12 – Strutture tettoniche attive del settore padano dell’Appennino Settentrionale (estratto da Boccaletti et al., 2011).

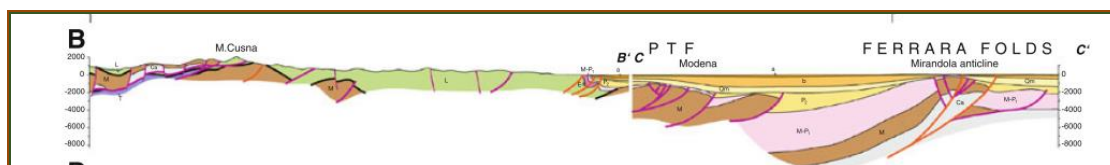


Figura 13 – Sezioni geologiche attraverso l’Appennino Settentrionale fino a comprendere i settori sepolti della catena in Pianura Padana (per l’ubicazione si veda la figura precedente) (estratto da Boccaletti et al., 2011).

Nel settore di alta montagna (presso il crinale principale) i dati sismologici mostrano meccanismi focali sia di tipo estensionale che di tipo compressivo, con i primi localizzati a profondità relativamente basse (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, scarpate strutturali; ecc.: Ghiselli e Martelli, 1997; Boccaletti et al., 2004; Boccaletti et al., 2011; Martelli, 2011). Tali movimenti sono attribuibili 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).

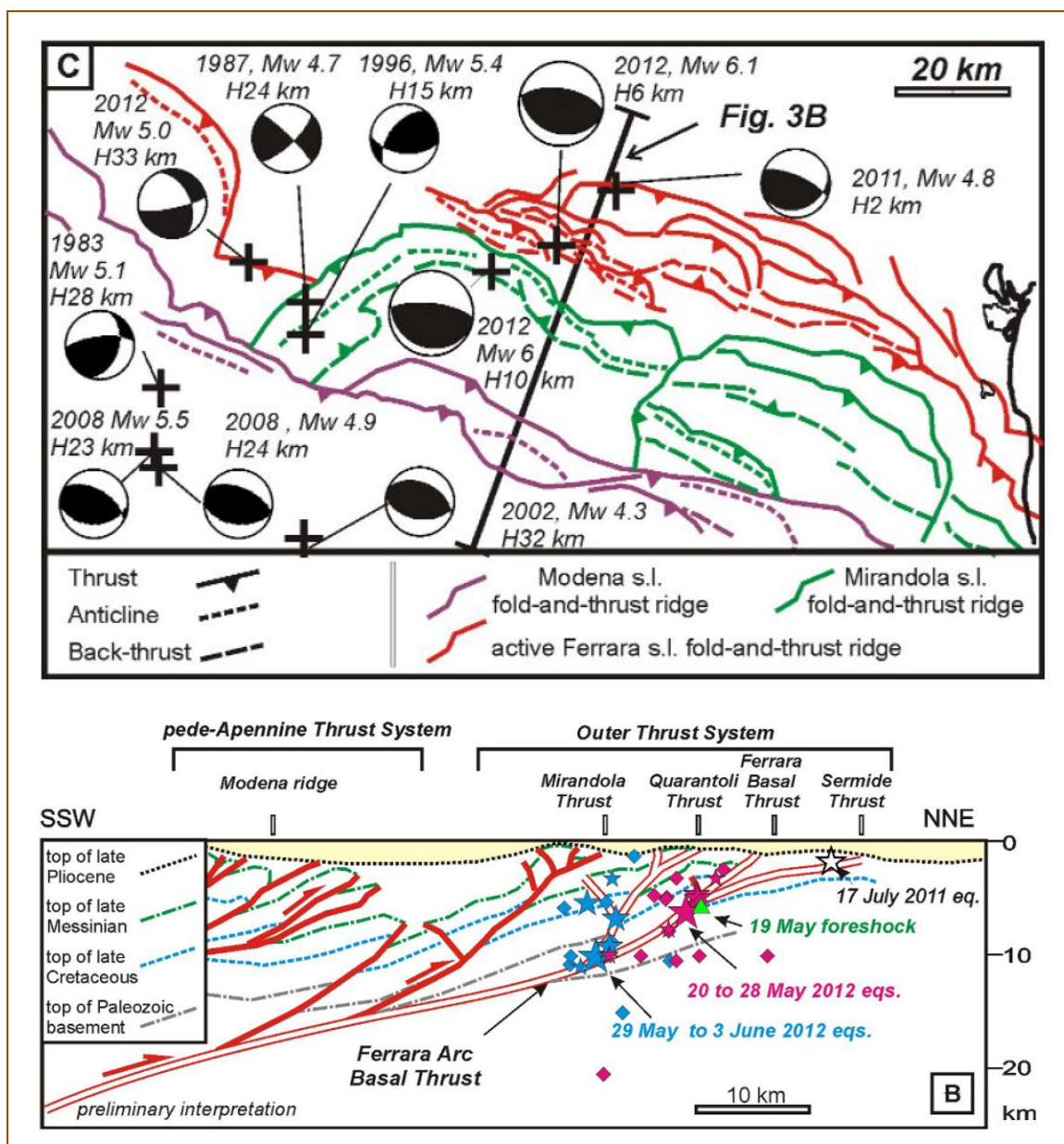


Figura 14 – Quadro sismotettonico della pianura emiliano-romagnola, con indicazione della posizione epicentrale e della risoluzione focale dei principali eventi sismici avvenuti nelle ultime decine di anni, e sezione sismotettonica interpretativa della sequenza sismica del maggio-giugno 2012 (da Lavecchia et al., 2012).

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, l'arco delle Pieghe Ferraresi e le Pieghe Adriatiche (Figure 10, 11, 12 e 13) (Martelli, 2011), come confermato sia dalle recenti sequenze sismiche del 2012 che da altri eventi, anche forti e con magnitudo che ha raggiunto e/o superato il valore 5, avvenuti negli ultimi 30-40 anni (Figura 14).

Nella figure 15 e 16 è riportato l'andamento delle principali strutture tettoniche sepolte che caratterizzano l'assetto geologico della pianura modenese, inquadrata a livello regionale come da Figure 10, 11 e 12. Sono presenti principalmente strutture (pieghe e faglie) con andamento ONO-ESE/O-E (fronti principali) le cui rampe laterali (ad andamento generalmente SO-NE) si posizionano solitamente al di fuori dei confini provinciali (ad esempio la direttrice di collegamento tra Novi di Modena, e Reggio Emilia, passando per Correggio, che rappresenta la rampa laterale del sistema delle Pieghe Ferraresi), che interessano, oltre che i livelli più profondi della copertura alluvionale quaternaria (la cui sedimentazione è stata controllata dai movimenti di tali strutture), soprattutto le formazioni marine antiche (plioceniche e pre-plioceniche).

Se si prende come riferimento la profondità del tetto dei sedimenti marini, che rappresenta lo spessore dei depositi continentali, si riconosce una morfologia sepolta a valli e dorsali orientata all'incirca secondo un andamento est-ovest. Tale morfologia è ancor più accentuata se si fa riferimento al tetto delle unità pre-plioceniche (Figura 15).

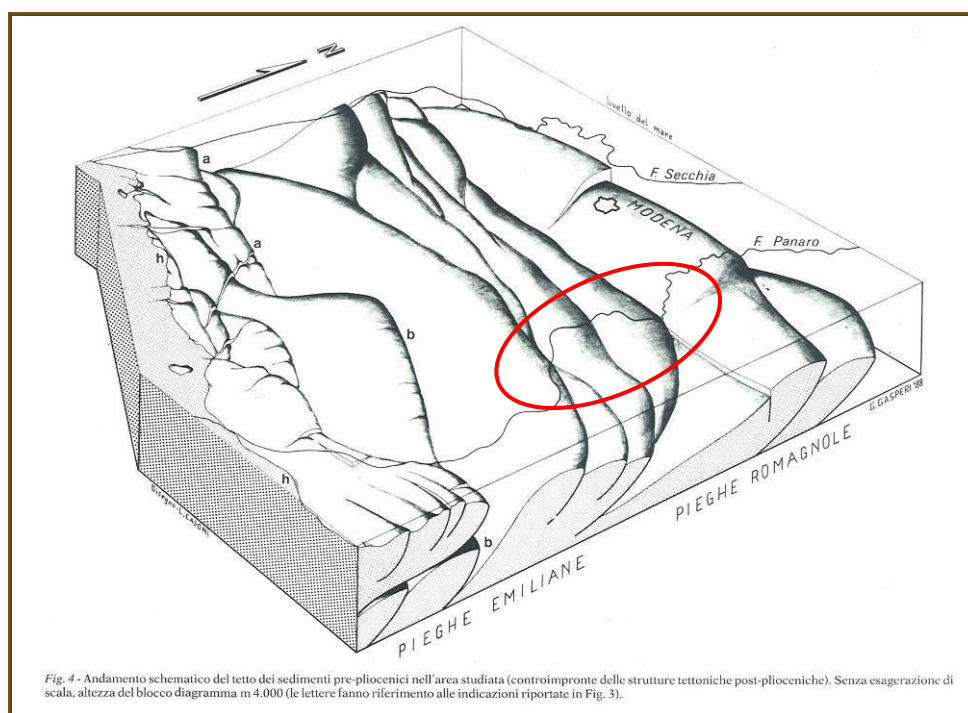


Figura 15 – Andamento schematico del tetto dei sedimenti pre-pliocenici. (Il cerchio rosso individua indicativamente la posizione del territorio di San Cesario). (Estratto da Gasperi et al., 1987).

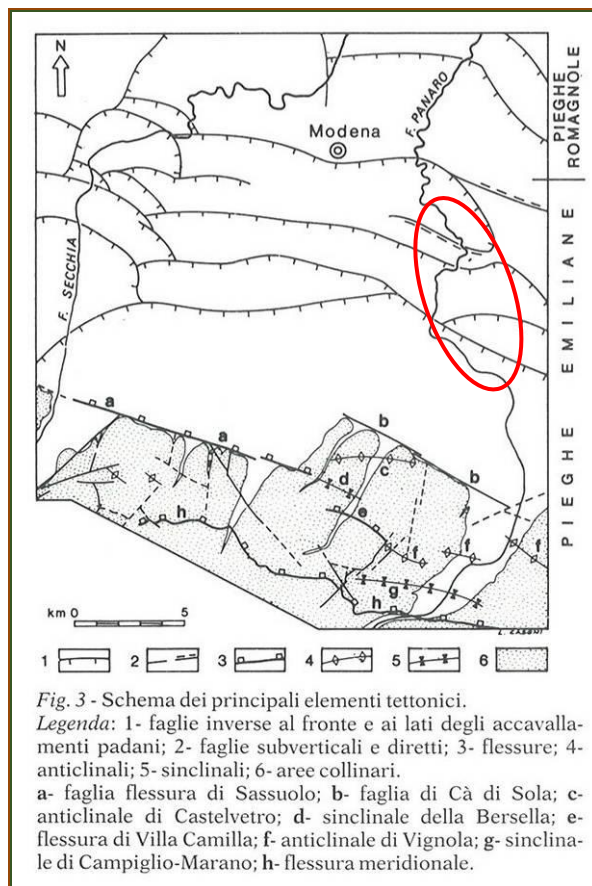


Figura 16 – Schema strutturale dell’alta pianura modenese. (Estratto da Gasperi et al., 1987).

Si tratta per lo più di strutture ad andamento arcuato (in pianta) riconducibili a superfici di accavallamento lungo le quali si concentra l’energia e la deformazione tettonica indotta, a scala regionale, dal generale movimento di avvicinamento relativo dell’Europa all’Africa, con la prima che tende a sottoscorrere alla seconda. Tale processo, che dura da decine di milioni di anni e che ha dato origine alle catene Alpina e Appenninica, è tutt’ora in corso, come evidenziato anche dalla sismicità collegata a tali strutture (ad es. 1996 presso Correggio-Novellara, o, più recentemente, 2012 nella bassa pianura modenese e ferrarese).

### 3.2. Inquadramento stratigrafico-litologico

#### 3.2.1. Stratigrafia

Come già accennato nel capitolo precedente, il primo sottosuolo del territorio comunale (Figura 8) è formato da depositi alluvionali ascrivibili al subsistema di Ravenna e al sottostante subsistema di Villa Verucchio.



Ne consegue che in affioramento, laddove possibile, si possono osservare solamente sedimenti di ambiente continentale relativamente recenti, riferibili al subsistema di Ravenna (Figura 17) o, in via subordinata, depositi fluviali in evoluzione confinati esclusivamente nell'alveo del Fiume Panaro.

Solo in alcuni scavi di cava, sono localmente osservabili ghiaie forse attribuibili al subsistema di Villa Verucchio che affiora più estesamente nell'area pedecollinare, poco più a sud del territorio comunale di San Cesario, tra Vignola, e Savignano sul Panaro.

#### **3.2.1.1. *Subsistema di Villa Verucchio (Unità di Vignola)***

I terreni più antichi, osservati in scavi di cava sono (dubitativamente) attribuibili alla così detta unità di Vignola, i cui limiti inferiore e superiore sono rispettivamente datati grossomodo tra i 30000/35000 e gli 8000/15000 anni fa (note illustrative Fogli Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000: nn. 201, 202, 219, 220 e relative bibliografie).

L'unità è composta, nei settori di alta e media pianura, principalmente da ghiaie grossolane e ciottoli fluviali sub-arrotondati in matrice clasto-sostenuta limosa e limo-sabbiosa.

Per quanto riguarda San Cesario sul Panaro, l'unità è visibile in affioramenti limitati all'interno delle cave, ma spesso le ghiaie non sono distinguibili dai sovrastanti depositi del subsistema di Ravenna, soprattutto in assenza (o se non viene riconosciuto) del paleosuolo che solitamente è posto alla sommità dell'unità di Vignola e che indicherebbe un periodo di stasi nella sedimentazione.

Dal punto di vista stratigrafico, l'unità di Vignola costituisce la porzione sommitale del subsistema di Villa Verucchio.

#### **3.2.1.2. *Subsistema di Ravenna***

Pressoché tutti i depositi affioranti o sub affioranti nel territorio in esame sono da attribuire a tale unità (Figura 7) la cui sedimentazione è riconducibile ad ambienti di piana inondabile.

Essa comprende sedimenti, prevalentemente fini, nella bassa e media pianura, grossolani, nell'alta pianura e nei fondivalle collinari, depositi durante il periodo ultimo postglaciale, al di sopra dell'esteso corpo ghiaioso riferibile all'unità di Vignola.

In essa si distingue un'unità pellicolare superficiale (Unità di Modena) formata dai sedimenti di deposizione post-romana distinguibile, soprattutto nella media-bassa pianura, per la presenza in posizione immediatamente sottostante di un paleosuolo (di età romana) che nelle prove penetrometriche è evidenziato da un incremento repentino dei valori di resistenza alla punta.

Il subsistema è formato principalmente da depositi fini che, nel territorio di San Cesario sul Panaro, sono presenti soprattutto nei settori a nord dell'autostrada, laddove i depositi ghiaiosi si rinvengono solitamente oltre i 5 m di profondità, ma anche a profondità superiori ai 15-20 m (ad es. nell'area della Graziosa).

A sud dell'autostrada e, localmente a nord in corrispondenza di paleoalvei del Panaro, i depositi superficiali fini presentano uno spessore limitato da quasi assenti fino a localmente 5 m circa dal p.c. e ricoprono terreni ghiaioso-ciottolosi e subordinatamente sabbiosi, indicativi di ambienti di canale, argine o rotta fluviale ad alta energia anch'essi ascrivibili al subsistema di Ravenna.

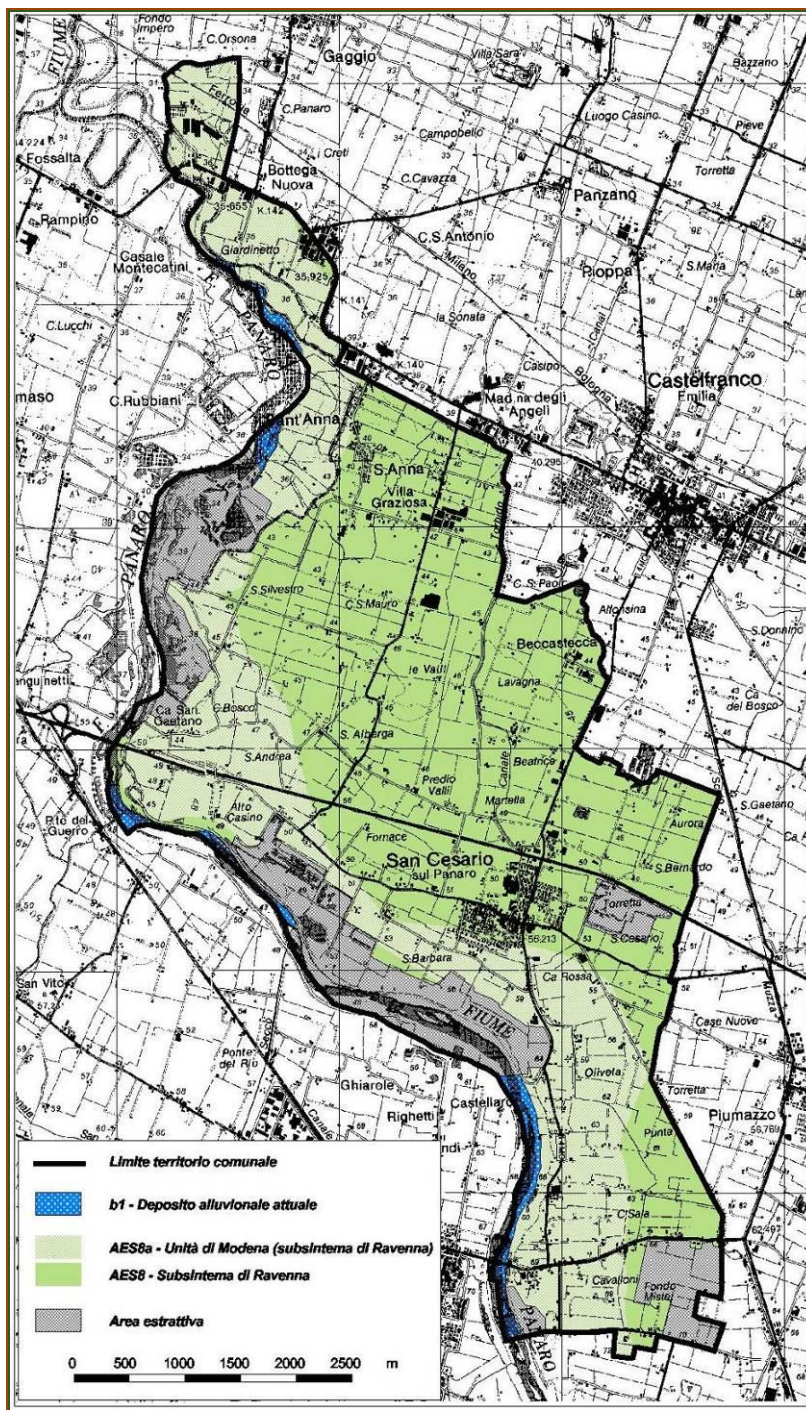


Figura 17 – Carta geologica del comune di San Cesario sul Panaro (unità affioranti o sub affioranti della copertura olocenica). (Basato sui dati della carta geologica regionale desumibili dal sito web cartografico e dal catalogo dei dati cartografici della Regione Emilia-Romagna - Ufficio Geologico Sismico e dei Suoli; Base topografica: estratto da carta topografica alla scala 1:50.000).

Lo spessore complessivo dell'unità è variabile e può presentare una potenza che da pochi metri può anche raggiungere i 20 (zona della Graziosa dove si sovrappone alle ghiaie della sottostante unità di Vignola).

Per quanto riguarda l'unità di Modena, non vi sono grosse differenze, a livello litologico, con la generalità del subsistema di Ravenna. La si individua principalmente su base morfologica (attraverso l'andamento del microrilievo) e per la posizione (lungo una fascia sub parallela e prospiciente al corso attuale del fiume (Figura 18) a testimoniare l'attuale posizione acquisita sostanzialmente dopo l'epoca romana) oppure, come già accennato, è riconoscibile nel sottosuolo per la presenza alla base di un orizzonte sovraconsolidato (paleo suolo romano).

L'unità di Modena comprende quei sedimenti di deposizione recente (post sesto secolo d.C.) e pertanto costituisce la parte stratigraficamente più alta e più recente, generalmente subaffiorante, del subsistema di Ravenna, la cui porzione basale viene invece indicativamente riferita all'Olocene (post-glaciale: 10.0000-12000 anni b.p.).

### ***3.2.1.3. Depositi attuali in evoluzione***

Nell'alveo del fiume Panaro sono presenti sedimenti fluviali in evoluzione ghiaiosi a sud, più fini (limoso sabbioso argillosi) nella porzione settentrionale del tratto fluviale che delimita a ovest il territorio comunale.

La deposizione di materiali fini si verifica attualmente anche all'interno dell'area delle casse di espansione fluviale di Sant'Anna, in occasione delle piene principali che comportano un apporto torbido di materiali limo-argillosi e sabbiosi che, per gran parte, decanta all'interno dei laghi prima che l'acqua in eccesso defluisca verso il fiume.

Attraverso l'analisi interpretativa di dati stratigrafici derivanti da prove penetrometriche e stratigrafie di pozzi e sondaggi, e per mezzo della realizzazione di alcune sezioni geologiche (cfr. tavole fuori testo), è stato possibile tracciare a grandi linee l'andamento delle principali unità stratigrafiche del primo sottosuolo (indicativamente fino a profondità di 50-100 m) del territorio comunale di San Cesario. Si possono pertanto distinguere tre settori:

- un settore meridionale, a sud dell'autostrada;
- un settore centrale, tra l'autostrada e la Via Emilia;
- un settore settentrionale, a nord della Via Emilia.

Il settore sud è caratterizzato da un primo sottosuolo a composizione prevalentemente ghiaiosa e ciottolosa. I depositi grossolani sono ricoperti da un sottile strato di suolo e/o di terreni limosi che solo localmente raggiungono i 3-5 m di spessore, mentre più diffusamente risultano meno di 1-1.5 m.

Tale bancata ghiaiosa superficiale supera i 10-15 m di spessore e, verso fiume, può anche raggiungere i 20-25 m, essendo formata dall'amalgamazione dei depositi ghiaiosi recenti (unità di Modena del subsistema di Ravenna) con altri più antichi (persino con quelli dell'unità di Vignola del subsistema di Villa Verucchio). Le ghiaie e i ciottoli formano pertanto un grosso corpo, lateralmente esteso e continuo, delimitato alla base da un banco argilloso, argilloso-limoso, plurimetrico non ovunque continuo, soprattutto verso fiume. Alcune stratigrafie di pozzi (che per imprecisioni descrittive e di nomenclatura sono ritenute non pienamente affidabili) segnalano spessori di ghiaie per 40-50 m di ghiaie, in contraddizione tuttavia con altri dati vicini che ridurrebbero a circa la metà lo spessore complessivo dei depositi molto grossolani superficiali. Al di sotto dello strato argilloso (che, ove presente, è posto alla base delle ghiaie superficiali), nel settore meridionale del territorio comunale si individua un secondo orizzonte ghiaioso (attribuibile alla così detta unità di Vignola del subsistema di Villa Verucchio). Il cui spessore è valutato (da sezioni geologiche interpretative) in circa 10-20 m, con base posta a circa 50 m dal p.c. Scendendo in profondità la successione prosegue con un orizzonte pelitico prevalente (Unità di Niviano del subsistema di Villa Verucchio) sovrastante depositi grossolani attribuibili al subsistema di Bazzano (suddivisi in almeno due orizzonti plurimetrici separati da un banco pelitico) la cui base si attesterebbe alla profondità di circa 70-80 m dal p.c.

Nel settore centrale, pur distinguendo la medesima successione di unità stratigrafiche descritta per il settore meridionale, si hanno alcune variazioni significative. Si verifica l'approfondimento del primo orizzonte ghiaioso il cui tetto si posiziona a una profondità compresa tra i 5 e i 15 m o più metri dal p.c., per la presenza di una copertura superficiale plurimetrica di peliti argilloso-limose. Le ghiaie hanno uno spessore di alcuni metri, variabile lateralmente, e sovrastano un secondo banco plurimetrico di argille, posto al di sopra delle ghiaie dell'Unità di Vignola le quali hanno la base posta a circa 30-35 m dal p.c. Il resto della successione è simile a quella descritta per il settore meridionale se non che aumentano le profondità (base dell'unità di Niviano a circa 50 m dal p.c.) e base delle ghiaie del subsistema di Bazzano a circa 80-90 m dal p.c.

Le conoscenze stratigrafiche relative al settore settentrionale sono relativamente minori. I terreni pelitici superficiali presentano qui spessori pluridecametrici, con i depositi grossolani dell'unità di Vignola che presentano uno spessore di pochi metri (tra 27/30 e 31-33 m dal p.c.) sono in parte ghiaiosi, ma tendono a passare verso nord a sabbie, all'incirca poco prima del confine comunale.

Segue un banco plurimetrico di peliti (dubitativamente attribuito nelle sezioni all'unità di Niviano) che sovrasta i depositi grossolani del subsistema di Bazzano che qui presentano uno spessore ridotto a pochi metri e che anch'essi passano da ghiaiosi a sabbiosi all'incirca nei pressi dell'estrema propaggine nord del territorio comunale. Circa a 40 m di profondità i dati stratigrafici indicherebbero la presenza di una potente successione pelitica (parte inferiore del subsistema di Bazzano) con base posta oltre i 90 m dal p.c. a sovrastare un altro banco ghiaioso plurimetrico.

### **3.3. Inquadramento morfologico**

Il territorio comunale è complessivamente pianeggiante: i valori di acclività sono mediamente molto contenuti: 0,05-0,1 gradi nei settori nord e 0,1-0,3 gradi a sud del capoluogo. I bassi valori del gradiente topografico comportano l'assenza di elementi topografici di rilievo a parte alcune situazioni locali situazioni particolari di origine artificiale o lungo il fiume quali: il Fiume Panaro, le Casse di Espansione del fiume Panaro, le dove si sono avuti 8° sono in attività) scavi di cava; il rilevato dell'autostrada A1 (Milano-Bologna-Roma).

Come detto, con l'eccezione del fiume, le forme del paesaggio e la loro evoluzione sono fortemente collegate alle trasformazioni umane piuttosto che agli agenti morfogenetici naturali e, in ogni caso, i dislivelli topografici non sono mai molto pronunciati, come normalmente atteso in un areale di pianura.

Il Fiume Panaro, ad esempio, scorre ribassato rispetto la campagna circostante, in un alveo che per gran parte è bordato da muri in calcestruzzo, così detti muraglioni, che furono realizzati diversi decenni orsono per finalità di difesa idraulica, in un'epoca durante la quale il livello medio del fiume era più elevato di quanto non lo sia attualmente.

Il fiume, in tempi più recenti, è andato soggetto ad inalveamento pronunciato dopo la realizzazione della traversa tra Altolà e Spilamberto, realizzata a difesa del ponte stradale, ma che ha determinato la formazione di un salto idraulico e conseguente erosione a valle, con la quota d'alveo che s'abbassa di diversi metri.

Le casse di espansione e le altre aree estrattive rappresentano invece settori, di estensione ragguardevole per il territorio di San Cesario, dove l'escavazione di materiali inerti, nonostante gli interventi di ripristino finale, ha comportato la sostanziale modifica delle forme del paesaggio, con la formazione di ampie depressioni (profonde fino a dieci metri) in un areale che altrimenti sarebbe stato pianeggiante.

Anche l'autostrada A1 può essere considerata come un elemento del paesaggio di origine artificiale che ne ha modificato i caratteri naturali, sia a livello morfologico, che idraulico e visuale.

Con tali premesse ne deriva che solamente in corrispondenza della regione fluviale, delle casse di espansione, del rilevato autostradale e del canal torbido si può riscontrare la presenza di elementi morfologici che determinano passaggi di quota localmente bruschi (scarpate) o declivi, sempre comunque su dislivelli dell'ordine di pochi metri, mentre tutto il restante territorio comunale è da considerare pianeggiante, tanto che anche le tracce di alcuni paleoalvei del Panaro sono forme mal percettibili, sul terreno, individuabili solo a livello interpretativo (micro rilievo o analisi granulometrica di superficie dei suoli e dei sedimenti che formano il primo sottosuolo).

#### **4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI**

Per le analisi a supporto dello studio di microzonazione sismica del territorio comunale di San Cesario sul Panaro ci si è avvalsi dei dati geologici e sismici ottenuti da fonti diverse e in modo particolare:

- presso il Servizio Urbanistica del Settore 4° - Urbanistica-Edilizia Privata - Ambiente del Comune di San Cesario sul Panaro (dati geognostici contenuti in relazione e studi a supporto di progetti vari;
- dalla banca dati geognostici dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna consultabile sul sito web specifico della cartografia geologica;
- con il rilievo *ex novo* (indagini sismiche passive a stazione singola e indagini sismiche attive con metodologia MASW).

I dati raccolti con la collaborazione del Servizio Urbanistica Comunale sono quelli che sono stati utilizzati anche per la redazione dell'indagine geologico-ambientale di supporto al Quadro Conoscitivo del redigendo PSC (Piano Strutturale Comunale).

Presso gli archivi comunali e nella banca dati geognostici regionale sono state complessivamente visionate e catalogate oltre 400 indagini puntuali e 21 indagini geofisiche lineari così suddivise:

- 178 prove penetrometriche statiche di cui 176 CPT (penetrometriche statiche con punta meccanica), una sola CPTU (penetrometrica statica con piezocono) e una sola CPTe (penetrometrica statica con punta elettrica);
- 80 stratigrafie di pozzi per acqua;
- 30 sondaggi a rotazione;
- 18 sondaggi elettrici verticali (SEV);
- 17 prove penetrometriche dinamiche leggere (DL);
- 60 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DP);
- 30 misure di rumore ambientale a stazione singola (HVSR) delle quali 22 eseguite nell'ambito degli studi per l'indagine geologico ambientale a supporto del Quadro Conoscitivo del redigendo Piano Strutturale Comunale;
- 9 acquisizioni sismiche attive in onde di superficie (MASW);
- 6 acquisizioni sismiche passive lineari (Remi);
- 6 acquisizioni sismiche attive a rifrazione.

Dal data base di prove geognostiche della Regione sono state considerate anche alcune indagini ricadenti al di fuori del territorio comunale, ma comunque utili per la comprensione della stratigrafia del sottosuolo interno al territorio comunale.

A tale insieme di dati bibliografici e da archivio vanno poi aggiunte le indagini geofisiche appositamente eseguite:

- 33 misure di rumor ambientale a stazione singola (HVSR) (Allegato 1);
- 7 acquisizioni di sismica attiva in onde di superficie (MASW) (Allegato 2).

Per una visione d'insieme della localizzazione e distribuzione delle singole prove geognostiche e indagini si rimanda alla consultazione della carta specifica (Carta delle Indagini), nella quale è indicata la localizzazione di ciascun singolo dato puntuale e/o lineare.

Tutte le prove (sia di tipo meccanico che geofisiche) sono state raccolte in un data base informatico. Gli elaborati, le schede e le descrizioni delle prove geofisiche di nuova esecuzione (sismiche a stazione singola e MASW) sono riportate, oltre che nel citato data base informatico anche negli Allegati nn. 1 e 2.

## **5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO**

È stata condotta un'analisi comparata delle informazioni stratigrafiche, litologiche e sedimentarie deducibili dalle carte geologiche e sezioni geologiche pubblicate (ad esempio, le informazioni reperibili sui vari siti web tematici curati dal Servizio Geologico e Sismico della Regione Emilia-Romagna: sito della carta geologica, sito delle sezioni geologiche, sito dedicato all'idrogeologia, ecc.), da osservazioni puntuali occasionali (scavi, trincee, ecc...) e dalle indagini geognostiche



(prove penetrometriche, stratigrafie di pozzi e indagini geofisiche) raccolte con la collaborazione del Servizio Urbanistica Comunale e/o mutate dalla Banca Dati Geognostici di Pianura della Regione.

Lo scopo del lavoro era di comprendere e di definire l'architettura stratigrafico-strutturale del sottosuolo del territorio comunale di San Cesario sul Panaro, riconoscendo quegli areali con caratteristiche simili e descrivibili attraverso il medesimo modello geologico. A tal fine sono state utilizzate anche le cinque sezioni geologiche interpretative delle quali si è già accennato.

Una parte del lavoro è consistita inoltre nel verificare l'eventuale presenza di depositi sabbiosi di spessore significativo e sotto falda nei primi 20 m di sottosuolo. L'analisi era stata già condotta in occasione della redazione dell'indagine geologica per il Quadro Conoscitivo del redigendo PSC. In quell'occasione era stato applicato il metodo semplificato di Sheriff & Ishibashi (1978), descritto ad esempio in *"Analisi di dettaglio finalizzata alla valutazione della pericolosità di liquefazione: il caso della costa emiliano-romagnola"* di J. Facciorusso, C. Madiari, G. Vannucchi e L. Martelli, contenuto nel volume *"Microzonazione sismica uno strumento consolidato per la riduzione del rischio – L'esperienza della Regione Emilia Romagna"*, a cura di J. Facciorusso (2012).

Alcuni degli autori citati hanno tuttavia appurato, nelle aree colpite dal sisma del 2012 e che sono state interessate da fenomeni di liquefazione, che tale metodologia non è pienamente efficace nell'individuare aree potenzialmente soggette a liquefazione e, a seguito degli studi condotti sul campo, hanno proposto una nuova metodologia di valutazione del fenomeno per la microzonazione sismica (*Microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza delle aree epicentrali dei terremoti della pianura emiliana di maggio-giugno 2012 (Ordinanza del Commissario Delegato-Presidente della Regione Emilia-Romagna n. 70/2012)* – Relazione Illustrativa – a cura di Luca Martelli e Maria Romani).

Si è pertanto rivisto lo studio condotto per l'indagine geologica del Quadro Conoscitivo del PSC, applicando la metodologia messa a punto nelle aree colpite dal fenomeno nel 2012.

Le verticali esplorate dalle prove penetrometriche e descritte nelle stratigrafie di pozzi, sono state re-interpretate per individuare la presenza di potenziali orizzonti liquefacibili entro i primi 20 m di profondità e sono state classificate secondo lo schema seguente (Figura 18):

- L1: presenza di orizzonti liquefacibili di almeno 30-40 cm di spessore, sotto falda, nei primi 5 m a partire dal piano campagna;
- L2: presenza di orizzonti liquefacibili di almeno 1 m di spessore tra 5 e 10 m di profondità a partire dal p.c.;
- L3: presenza di orizzonti liquefacibili di almeno 2 m di spessore posti tra 10 e 15 m dal p.c.;
- L4: presenza di orizzonti liquefacibili di almeno 2 m di spessore posti tra 15 e 20 m;
- N: assenza di orizzonti liquefacibili importanti nei primi 15-20 m;
- X: dato non interpretabile.

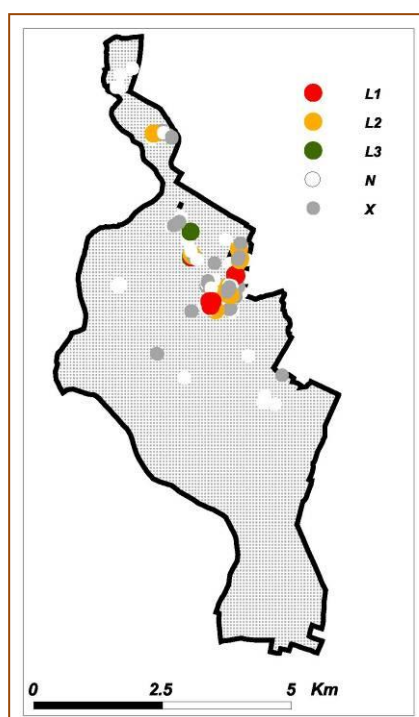


Figura 18 – Ubicazione delle verticali (indagini geognostiche e stratigrafie di pozzi) che sono state interpretate in relazione alla verifica della presenza di terreni potenzialmente liquefacibili in condizioni sismiche.

Si è così verificato che la gran parte dei dati non evidenziano la presenza di terreni potenzialmente liquefacibili. Tuttavia, nel settore nord orientale a sud della via Emilia (in corrispondenza dell'area che comprende la zona produttiva in Località *La Graziosa*) circa una ventina di prove evidenzieranno la presenza di terreni potenzialmente liquefacibili, rientrando esse (principalmente) nelle classi L1 ed L2 di cui allo schema sopra descritto (Figura 18).

Si è pertanto provveduto a delimitare un'areale di "attenzione" la cui valutazione verrà demandata a un'analisi di terzo livello per le problematiche relative al fenomeno

della liquefazione dei terreni in condizioni sismiche. I limiti di tale areale sono stati definiti facendo non solo riferimento alle verticali geognostiche testé descritte, ma anche alla Carta delle Unità del Paesaggio, che fa parte dei documenti cartografici prodotti per il Quadro Conoscitivo del redigendo PSC. Nell'area in esame, l'analisi del microrilievo aveva portato all'individuazione di forme allungate in senso SO-NE (valli e dossi) che erano state interpretate come tracce di paleo-corsi del Fiume Panaro (dossi) e fasce di interalveo (valli), coerentemente con l'evoluzione del corso fluviale che a partire dal periodo eneolitico si sarebbe spostato progressivamente di diversi chilometri verso ovest a partire da una collocazione che lo vedeva transitare a est dell'attuale paese di Castelfranco Emilia.

In coerenza con gli *Standard di rappresentazione e archiviazione informatica* per la microzonazione sismica (versione 3.0), gli areali così delimitati sono stati classificati come  $ZA_{LQ1}$  – *Zona di attenzione per liquefazione di tipo 1<sup>6</sup>* nella Carta di primo livello (Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica) come pure nelle carte di secondo livello (che riportano i fattori di amplificazione stratigrafica, per le aree stabili suscettibili di amplificazione, e individuano inoltre le aree suscettibili di instabilità da terremoto da approfondire con studi di terzo livello).

\* \* \*

Nello studiare l'architettura stratigrafica del sottosuolo, per definire i modelli geologici che meglio la descrivessero, si è proceduto anche all'analisi dei dati puntuali con lo scopo di verificare la presenza di terreni pelitici caratterizzati da valori di resistenza alla punta  $R_p$  inferiori a 1,4 MPa (terreni soffici) entro una profondità di 15 m dal p.c. Ciò soprattutto ai fini delle definizioni degli areali per i quali, come stabilito dalla DAL 112/2007 e anche dalle norme del PTCP provinciale, si rendono necessari approfondimenti di terzo livello in relazione alla valutazione dei cedimenti post-sismici in terreni così detti "soffici" (caratterizzati da valori della coesione non drenata pari o inferiori a 70 KPa)<sup>7</sup>. Si è verificato che il sottosuolo di quasi tutta l'area nord del territorio comunale è interessata dalla presenza di spessori significativi cumulati (>4-5 m) di terreni caratterizzati da valori della coesione non drenata (valutata sulla base dei valori della resistenza alla punta) inferiore a 70 KPa (Figura 19).

---

<sup>6</sup> Sono così definite le aree per le quali negli studi di primo livello sono state verificate le seguenti condizioni: 1) terreni sabbiosi; 2) falda a profondità inferiore a 15 m, 3)  $M_w$  attesa al sito >5; 4) Accelerazione massima in superficie (pga) >0.1g.

<sup>7</sup> Per il presente studio si è adottata la seguente correlazione empirica che lega la resistenza alla punta alla coesione non drenata  $C_u = R_p/20$ . Pertanto sono stati considerati strati con coesione non drenata <70 KPa, quelli caratterizzati da valori di  $R_p$  pari o inferiori a 1,4 MPa.

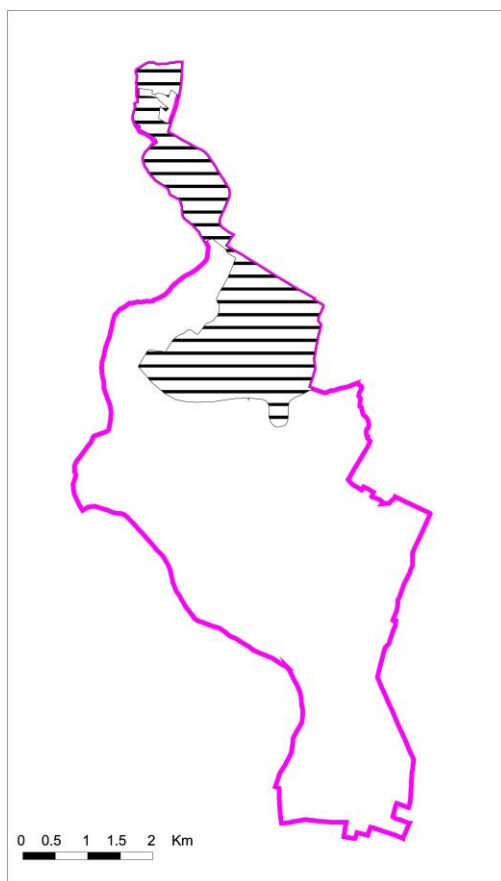


Figura 19-Areale del Comune di San Cesario (retino orizzontale) nel quale i dati geognostici segnalano la presenza di terreni con  $Cu < 70 \text{ KPa}$  per spessori cumulati pari a 3-4 m o superiori nei primi 10 m a partire dal p.c.

Dalla valutazione sinottica dei dati disponibili si è pervenuti alla definizione di **8** stratigrafie tipo, corrispondenti ad altrettanti modelli geologici per mezzo dei quali è stato descritto il primo sottosuolo del Comune di San Cesario. Sulla base di tali modelli geologici il territorio comunale viene suddiviso in zone utilizzate anche per la *Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica*, che sono tutte da considerare suscettibili di effetti di amplificazione stratigrafica. Due di queste presentano caratteristiche del sottosuolo (livelli sabbiosi, altezza della falda, ecc) da farle ritenere potenzialmente suscettibili di instabilità da liquefazione. Tali areali, adiacenti l'uno all'altro, sono ascritti alle così dette zone di attenzione per instabilità e più precisamente come *Zone di attenzione per liquefazione tipo 1* (figura 1.1.3-3 degli Standard di archiviazione – Versione 3) di cui si è già accennato in precedenza. A queste zone si aggiungono le aree estrattive o oggetto di attività estrattiva in passato (che nelle carte di microzonazione sono state classificate come *Zone di attenzione per cedimenti differenziali/crollo di cavità/sinkhole*).

Come già detto, gli otto modelli geologici sono stati definiti tenendo conto sia di dati puntuali (sondaggi e prove penetrometriche) che di analisi di tipo “estensivo” (morfologia, unità litologiche e geologiche di superficie, assetto topografico, ecc.). Si tratta quindi di strumenti che descrivono “estesamente” le caratteristiche medie del sottosuolo. Tuttavia, come evidenziato nelle colonne stratigrafiche descrittive che seguono, si può verificare una certa variabilità negli spessori dei diversi orizzonti. Ne consegue che settori il cui sottosuolo è descritto dal medesimo modello geologico possono, a una verifica puntuale, mostrare differenze negli spessori di alcuni strati, banchi od orizzonti litologici.

### 5.1. Modelli geologici

Vengono qui di seguito riportate le colonne stratigrafiche descrittive dei modelli geologici utilizzati come riferimento per la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS). I log stratigrafici descrittivi delle Zone 7 e 8 sono riferiti alle aree classificate come *Zone di attenzione per liquefazione tipo 1*, di cui il log relativo alla Zona 7 è il più ampiamente diffuso (parte settentrionale) con la Zona 8 subordinata e limitata alla porzione sud dell’area suscettibile di liquefazione dei terreni sabbiosi.

Zona 1			
	Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
Strato 1	0-2 m	Terreno agrario e/o suolo a tessitura prevalentemente limosa	Subsistema di Ravenna
Strato 2	20-40 m	Ghiaie e ciottoli in matrice limo-sabbiosa di spessore metrico con lenti e/o strati poco continui lateralmente limosi e/o pelitici	Subsistema di Ravenna e Subsistema di Villa Verucchio

Zona 2			
	Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
Strato 1	2-5 m	Terreno agrario, suolo e depositi superficiali a tessitura prevalentemente limosa	Subsistema di Ravenna
Strato 2	20-30 m	Ghiaie e ciottoli in matrice limo-sabbiosa con sporadiche presenze di lenti e/o strati poco continui lateralmente limosi e/o pelitici di spessore decimetrico	Subsistema di Ravenna e Subsistema di Villa Verucchio

Zona 3			
	Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
Strato 1	5-8 m	Terreno agrario, suolo e depositi superficiali a tessitura prevalentemente limosa	Subsistema di Ravenna
Strato 2	20-30 m	Ghiaie e ciottoli in matrice limo-sabbiosa con di lenti e/o strati poco continui lateralmente limosi e/o pelitici di spessore da decimetrico a metrico	Subsistema di Ravenna e Subsistema di Villa Verucchio

Zona 4			
	Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
Strato 1	8-15 m	Terreno agrario, suolo e depositi superficiali a tessitura prevalentemente limo-argillosa soffici	Subsistema di Ravenna
Strato 2	10-20 m	Ghiaie e ciottoli in matrice limo-sabbiosa con di lenti e/o strati poco continui lateralmente limosi e/o pelitici di spessore da decimetrico a metrico	Subsistema di Villa Verucchio

Zona 5			
	Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
Strato 1	>15 m	Terreno agrario, suolo e depositi superficiali a tessitura prevalentemente limo-argillosa soffici	Subsistema di Ravenna e Subsistema di Villa Verucchio (?)
Strato 2	5-10 m	Ghiaie e ciottoli in matrice limo-sabbiosa con lenti e/o strati limosi e/o pelitici di spessore da decimetrico a plurimetrico	Subsistema di Villa Verucchio

Zona 6			
	Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
Strato 1	0-2 m	Terreno agrario, suolo e depositi superficiali a tessitura prevalentemente limo-argillosa soffici	Subsistema di Ravenna
Strato 2	5-10 m	Ghiaie e ciottoli in matrice limo-sabbiosa con lenti e/o strati limosi e/o pelitici di spessore da decimetrico a plurimetrico	Subsistema di Ravenna
Strato 3	>10 m	Terreni pelitici (alternanze di limi, limi argillosi, argille limose e argille con più radi strati sabbiosi e/o ghiaiosi)	Subsistema di Ravenna

Zona 7			
	Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
Strato 1	8-15 m	Terreno agrario, suolo e depositi superficiali a tessitura prevalentemente limo-argillosa soffici, con presenza di spessori apprezzabili di terreni sabbiosi	Subsistema di Ravenna
Strato 2	10-20 m	Ghiaie e ciottoli in matrice limo-sabbiosa con di lenti e/o strati poco continui lateralmente limosi e/o pelitici di spessore da decimetrico a metrico	Subsistema di Villa Verucchio

Zona 8			
	Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
Strato 1	5-8 m	Terreno agrario, suolo e depositi superficiali a tessitura prevalentemente limosai, con presenza di spessori apprezzabili di terreni sabbiosi	Subsistema di Ravenna
Strato 2	20-30 m	Ghiaie e ciottoli in matrice limo-sabbiosa con di lenti e/o strati poco continui lateralmente limosi e/o pelitici di spessore da decimetrico a metrico	Subsistema di Ravenna e Subsistema di Villa Verucchio

## 6. INTERPRETAZIONE E INCERTEZZE

### 6.1. Interpretazioni

I dati disponibili e quelli di nuova acquisizione, per lo più di natura puntuale, hanno richiesto un notevole sforzo d'interpretazione e omogeneizzazione. Come scritto più avanti, è stato necessario valorizzare certi dati, ritenuti "soggettivamente" di qualità migliore, rispetto ad altri: sia per l'accuratezza descrittiva delle informazioni contenute sia per la maggiore estensione della verticale indagata.

Indicativamente, il grado di interpretazione è stato diverso a seconda del lavoro o dell'elaborato da approntare.

Per la carta geologico-tecnica, si è fatto principalmente riferimento alla carta geologica della RER (disponibile sul sito web cartografico dell'Ufficio Geologico Sismico e dei Suoli regionale e alle carte tematiche (nonché alla relazione) prodotte per l'Indagine Geologica a corredo del Quadro Conoscitivo del redigendo Piano Strutturale Comunale.

Per la realizzazione delle sezioni geologiche si è cercato di dare un'interpretazione di tipo stratigrafico-ambientale ai sondaggi, alle stratigrafie di pozzi e alle prove penetrometriche, tenendo conto del quadro geologico-strutturale regionale e delle sezioni geologiche (a scala regionale) consultabili sul sito web specifico curato sempre dall'Ufficio Geologico Sismico e dei Suoli regionale.

Per la carta MOPS i dati da pozzi sono stati interpretati cercando di correlarli con le stratigrafie deducibili dalle prove penetrometriche, tenendo conto dei limiti di cui si scriverà nel paragrafo che segue. L'interpretazione dei dati penetrometrici, in questa fase, ha comportato anche la valutazione (fortemente interpretativa perché basata sia sull'assunzione di correlazioni empiriche che sull'assunzione di valori discriminanti di percentuali di spessore) degli spessori cumulati di terreni sabbiosi e terreni soffici, la cui esistenza è stata valutata sulla base rispettivamente del valore del rapporto  $R_p/R_I$  e della correlazione empirica tra valore di resistenza alla punta e coesione non drenata.

Per la realizzazione delle carte delle indagini, delle frequenze e delle velocità, i dati disponibili sono stati semplicemente geolocalizzati e riportati in carta. Si precisa, tuttavia, che per quanto attiene la frequenza di sito e il parametro di velocità  $V_{s30}$ , il processo interpretativo si pone a monte della determinazione del valore del parametro medesimo. Sono, ad esempio, processi interpretativi (soggettivi) sia la determinazione del picco di frequenza  $H/V$ , e il suo eventuale uso in chiave stratigrafica o per ricavare il profilo verticale di velocità, sia la determinazione della curva di dispersione delle onde di superficie, *picking*, e relativa modellazione.

Anche per quanto riguarda le carte di amplificazione, gran parte del processo interpretativo è inglobata nei dati relativi alle indagini sismiche e alla determinazione del valore del  $V_{s30}$  che è stato utilizzato come dato di ingresso negli abachi regionali (DAL 112/2007). A tal riguardo si evidenzia che sono stati utilizzati gli abachi regionali denominati PIANURA 1 (che la DAL 112/2007 indica per *ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da presenza di potenti orizzonti di*

ghiaie (anche decine di metri) e da alternanze di sabbie e peliti, con substrato poco profondo (<100 da p.c.). Tale scelta è stata dettata da due ordini di considerazioni generali:

- la successione stratigrafica corrisponde a quella indicata per gli abachi PIANURA 1;
- le misure di rumore sismico a stazione singola nei settori centrale e settentrionale del territorio comunale indicano frequenze di sito che sembrerebbero attribuibili (sulla base dei valori di VS determinati nei depositi di copertura nelle prime decine di metri a partire dal p.c.) a un'interfaccia posta a una profondità compresa all'incirca tra circa 40/50 e 100 m. Tali profondità, come si deduce dalle sezioni geologiche eseguite e dalla sezione di bibliografia di cui alla Figura 9, corrisponderebbero sostanzialmente la prima al passaggio tra AES6 e AES e la seconda alla base di AES (al passaggio con AEI e quindi passaggi tra unità stratigrafiche continentali<sup>8</sup>).

## 6.2. Incertezze

Come qualsiasi studio a scala territoriale, basato sulla comparazione di dati puntuali (o tutt'al più rilevati lungo una disposizione lineare di sensori che comunque copre un'estensione limitata) e su analisi di tipo estensivo (morfologica, topografica, litologica, paleoambientale, ...) la maggiore o minore densità nella distribuzione delle informazioni condiziona fortemente il grado d'incertezza interpretativa, nonché di coerenza. Già la collocazione in un ambiente di pianura che può presentare repentine variazioni laterali, nonché verticali, della stratigrafia, contribuisce all'incertezza interpretativa difficilmente quantificabile. Tale variabilità caratteristica di un ambiente di pianura non sempre si riflette in variazioni delle caratteristiche "sismiche" del sottosuolo: uno strato di sabbia, anche plurimetrico, all'interno di una successione prevalentemente pelitica può non essere distinguibile per mezzo del metodo sismico in quanto non sempre genera un contrasto (di velocità) significativo dal punto di vista strumentale.

Anche una normale 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 si tratta di un documento di lavoro e d'interpretazione

---

<sup>8</sup> Non si può tuttavia escludere la presenza, nelle unità continentali più antiche di sedimenti parzialmente cementati (a comportamento lapideo) come mostrano alcuni affioramenti lungo il Panaro (nel Comune di Savignano) o in maniera ancor più evidente lungo il Fiume Secchia, a Sassuolo.



“soggettiva” basata su alcune ipotesi che hanno lo scopo di rendere conto dei dati (pressoché puntuali) e di inquadrarli in una visione generale.

Considerate tali premesse, appare utopistica la pretesa che un modello geologico sia valido in assoluto per tutto l'areale per il quale è stato definito, a meno che non si faccia riferimento a modelli descrittivi delle proprietà medie del sottosuolo.

Nel corso del lavoro si è pertanto cercato un compromesso tra conoscenze stratigrafiche e litologico-tecniche legate, in alcuni casi, a pochi dati puntuali e coerenza con il contesto geologico all'intorno (analisi estensiva).

Come già accennato, le fonti dati principali sono state:

- per le informazioni geognostiche puntuali (prove meccaniche e geofisiche), l'archivio comunale e quello regionale;
- per le informazioni geologico cartografiche, i siti web specifici che fanno capo all'Ufficio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna;
- altre informazioni sono state mutate dal PTCP della Provincia di Modena e soprattutto dal Quadro Conoscitivo del redigendo PSC.

A tali fonti di dati si aggiungono i rilievi sismici di nuova esecuzione che, per le misure di rumore ambientale a stazione singola, sono stati distribuiti in maniera di coprire tutto il territorio comunale, partendo da una suddivisione dello stesso secondo una matrice quadrata, con l'esecuzione di alcune misure anche al di fuori del confine comunale, al fine di avere una copertura il più completa possibile. Gli stendimenti sismici lineari attivi in onde di superficie (MASW) sono stati invece ubicati in maniera che ricadessero in aree urbanizzate o prospicienti ad esse, tenendo comunque conto della posizione di eventuali indagini pregresse.

\* \* \*

I dati geognostici da archivio e bibliografia non sono uniformemente distribuiti sul territorio comunale, ma concentrati laddove, per iniziativa pubblica o privata, si sono attuati interventi di realizzazione e/o sistemazione urbanistico-edilizia.

Per quanto attiene i dati di natura geofisica da archivio occorre tenere conto anche 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 specifiche problematiche e, pressoché sempre, si trattava di indagini a rifrazione in onde P. Anche per tale motivo è stato possibile reperire in archivio un numero non grande di rilievi sismici e, pertanto, per tale tipologia di dati ci si è affidati principalmente alle indagini di nuova esecuzione.

\* \* \*

Al di là delle problematiche relative alla distribuzione spaziale delle indagini disponibili (la scelta delle ubicazioni 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:

- non sono state reperite stratigrafie da sondaggi a carotaggio continuo che esplorassero delle verticali significative (oltre i 10-15 m) al di fuori di quelle eseguite in passato all'interno di cave per le quali i lavori hanno determinato la modifica sostanziale della morfologia (scavi) e di conseguenza hanno annullato l'utilità dei sondaggi nel descrivere una condizione stratigrafica pressoché ad oggi profondamente mutata (per l'abbassamento del piano campagna e l'asportazione di una parte della successione);
- le stratigrafie dei pozzi per acqua sono spesso sommarie e non è possibile verificarne l'attendibilità dell'attribuzione litologica e/o granulometrica. C'è ad esempio il sospetto che con il termine "argilla" oppure "terra" si faccia riferimento a generici terreni fini (argille, ma anche limi) come pure il termine "sabbia" sia utilizzato a indicare l'insieme dei terreni incoerenti e comprenda anche terreni che in realtà andrebbero classificati come limi. Alcune stratigrafie indicano dati in contraddizione con altre relative a pozzi posti nelle vicinanze per cui, soprattutto nella realizzazione delle sezioni (cfr. Carta geologico-Tecnica e Carta delle MOPS) è stato necessario valutare criticamente stratigrafie di pozzi che indicavano la presenza di ghiaie continue fino a 40-50 m a partire dalla superficie del p.c.;
- anche per le prove penetrometriche da archivio (per gran parte CPT) si hanno informazioni molto varie: quasi sempre mancano le caratteristiche della strumentazione di prova; spesso è presente il solo grafico della  $R_p$  o della  $R_p$  e della  $R_l$ ; le unità di misura non sono sempre omogenee ( $\text{kg/cm}^2$ ; MPa per la resistenza alla punta e KPa per quella laterale; ...);
- spesso risulta difficile correlare dati puntuali (prove penetrometriche, stratigrafie, ecc) anche distanti pochi metri l'uno dall'altro, sia forse per effettive cause geologiche (variazioni laterali di facies e degli spessori) sia per le soprarichiamate disomogeneità e incertezze insite nella documentazione;
- le indagini geofisiche reperite in archivio, non sempre sono complete e comunque non sono ben distribuite sul territorio da studiare. 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 (se sia stato adottato un approccio d'inversione automatica dei dati ovvero di 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>9</sup> ai contenuti informativi delle indagini geofisiche reperite in archivio (non al risultato finale dell'interpretazione) la gran parte delle indagini presenta una valutazione di medio-buona qualità.

\* \* \*

Tenuto conto di quanto indicato qui sopra sono state ritenute non sufficienti agli scopi del presente studio le indagini geofisiche disponibili. Si è pertanto proceduto, come già descritto nei capitoli precedenti, con una campagna di nuove indagini geofisiche ad integrazione di quelle da archivio e di quelle (22 misure di rumore ambientale a stazione singola) che erano state prodotte nell'ambito dell'indagine geologica per il Quadro Conoscitivo del PSC

## **7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI**

Come già accennato nel capitolo 1, i principali riferimenti 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. 1919 del 16 dicembre 2013 *"Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 52/2013 a favore degli enti locali"*.

---

<sup>9</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).

- “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Provincie 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 Modena approvato dal Consiglio Provinciale con atto n. 46 del 18 marzo 2009.

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

### **7.1. Prima fase**

Nella PRIMA FASE si è proceduto:

- alla raccolta sistematica dei dati disponibili principalmente presso l'unità tecnica comunale (che aveva fornito gran parte delle informazioni già in occasione della redazione dello studio geologico per il Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale 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 Modena, 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 nei capitoli precedenti) 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;
- approntamento di una carta delle indagini sulla quale sono ubicate tutte le indagini da archivio, puntuali e lineari. La carta, nelle fasi successive dello studio, è stata poi integrata con le ubicazioni delle nuove indagini geofisiche appositamente eseguite. Da essa sono state poi ricavate le informazioni per realizzare alcune carte specifiche quali la carta delle frequenze e la carta delle velocità, nonché per

valutare (analisi di primo livello) l'eventuale presenza di terreni sabbiosi (condizione predisponente il fenomeno della liquefazione dei terreni in condizioni sismiche) e/o di terreni soffici (in relazione all'eventualità del manifestarsi di cedimenti post-sismici).

## **7.2. Seconda fase**

Nella SECONDA FASE dello studio 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 e il capitolo 6 per una descrizione delle problematiche interpretative e delle incertezze insite nella base informativa) 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, valori della frequenza di sito, stima della profondità del così detto *bedrock* sismico o meglio dei principali contrasti d'impedenza), nonché verificare l'eventuale presenza di aree nelle quali vi fossero le cause predisponenti per instabilità da terremoto (liquefazione, cedimenti post-sismici, ecc.).

Sono state anche eseguite nuove indagini geofisiche (misure di microtremore a stazione singola -Allegato n. 1- e indagini attive in onde di superficie MASW -Allegato n. 2) ad integrazione di quelle disponibili da archivio che non erano state ritenute sufficienti a caratterizzare dal punto di vista sismico il territorio 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 quali sismogrammi, spettri di velocità, ecc.). Questa fase del lavoro ha previsto analisi e studi che rientrano sia nel primo che nel secondo livello di approfondimento previsti dalla DAL 112/2007 e dai Criteri nazionali della Protezione Civile.

### **7.2.1. Primo livello**

Nell'ambito degli studi del primo livello di approfondimento sono state affrontate le tematiche relative a:

- analisi dell'assetto geologico di inquadramento regionale e comprensione del modello geologico a grande scala fino oltre i 100 m di profondità, descritto attraverso le sezioni geologiche;
- litologia di superficie (Carta Geologico-Tecnica) per descrivere le caratteristiche litologiche, sedimentarie e granulometriche del primo sottosuolo (entro 2-3 m da p.c);

- valutazione dell'eventuale presenza di terreni sabbiosi sotto falda (fattore predisponente al fenomeno della liquefazione dei terreni in condizioni sismiche). Come descritto in precedenza sono state individuate due zone di attenzione per liquefazione tipo 1 adiacenti l'una all'altra (che presentano tuttavia un'architettura del sottosuolo descrivibile facendo riferimento a due modelli geologici distinti);
- valutazione della presenza di aree caratterizzate da sedimenti soffici (come indicato nella DAL 112) e cioè caratterizzati da valori di coesione non drenata pari o inferiori a 70 KPa. In maniera simile a quanto descritto al punto precedente, sono state analizzate le verticali penetrometriche disponibili per i settori di territorio posti a nord dell'autostrada, in quanto a sud la presenza di estesi corpi ghiaiosi, già a modesta profondità e pressoché superficiali, esclude la possibilità del fenomeno. Considerando la relazione empirica che correla la coesione non drenata alla resistenza alla punta ( $C_u = R_p/20$ ), per ciascuna verticale si è fatta una valutazione dello spessore cumulato di terreni caratterizzati da valori della resistenza alla punta pari o inferiori a 1,4 MPa (ovvero 14 Kg/cm<sup>2</sup> per le prove più datate espresse con le unità del così detto Sistema Pratico). Occorre evidenziare che il valore di coesione non drenata indicato dalla DAL 112 è alto se comparato coi valori medi riscontrabili in molte aree della media bassa pianura modenese, dove sono molto frequenti valori della resistenza statica alla punta dell'ordine di 0,8-1 MPa. Trattandosi di una tipologia di instabilità che gli standard di archiviazione cartografica non prevedono, ma la cui valutazione è prevista dalla DAL 112, il dato non è stato riportato né in carta né in banca dati, ma solo descritto sinteticamente nella carte di cui alla Figura 19. Le zone interessate dalla presenza di terreni soffici nel sottosuolo, corrispondono comunque a quelle descritte dai modelli geologici 4, 5 e 7;
- analisi delle frequenze di sito (Carta delle frequenze): a partire dalle misure di rumore ambientale a stazione singola (rapporto HVSR) è stata approntata una cartografia che riporta l'ubicazione di tutte le misure HVSR con indicata la frequenza del rapporto H/V con ampiezza massima e, quando rilevato, il valore della frequenza del secondo picco (con ampiezza inferiore) del grafico HVSR, qualora l'ampiezza superasse il valore di "2";
- redazione di cinque sezioni geologiche interpretative finalizzate a una migliore comprensione dell'assetto stratigrafico e strutturale del sottosuolo fino oltre

100 m di profondità. Di tali documenti e dei loro contenuti si è già parlato nei capitoli precedenti ai quali si rimanda;

- definizione dei modelli geologici. Dalla valutazione comparata di tutti i dati ed elaborati disponibili, compresi quelli realizzati per l'occasione (carta geologico-tecnica, sezioni geologiche, banca dati e carta delle indagini, ecc.) si è pervenuti alla definizione di 8 modelli geologici finalizzati alla descrizione delle microzone omogenee in prospettiva sismica. Si rimanda al capitolo 5 per una descrizione più dettagliata dei modelli geologici e delle modalità che hanno portato alla loro definizione;
- predisposizione della così detta Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica che descrive il territorio sulla base dei modelli geologici e della presenza di elementi litologici predisponenti il fenomeno dei cedimenti post-sismici.

### **7.2.2. Secondo livello**

Gran parte del lavoro che è stata eseguita nell'ambito della seconda fase dello studio ha comportato la redazione di elaborati e documenti ascrivibili al così detto secondo livello di approfondimento. Tra le altre cose, in questa fase si è affrontata:

- l'analisi delle indagini sismiche disponibili e di nuova esecuzione, con lo scopo principale di valutare i modelli di profilo verticale di velocità delle onde S e i valori del parametro Vs30, per il quale è stata approntata una specifica cartografia nella quale sono riportate le ubicazioni delle indagini puntuali e lineari con indicato per ciascuna il valore del parametro Vs30);
- sono stati determinati i valori dei fattori di amplificazione in termini di PGA, di Intensità spettrale nell'intervallo 0.1-0.5 secondi e di Intensità spettrale nell'intervallo 0.5-1 secondi, per ciascun punto di indagine, utilizzando gli abachi specifici riportati in allegato alla DAL 112/2007. Come è già stato descritto nei capitoli precedenti sono stati utilizzati gli abachi così detti PIANURA 1 (Allegato A2.1.2 alla DAL 112/2007).

### **7.3. Terza fase**

Nella terza fase dello studio sono state allestite materialmente le diverse cartografie specifiche per l'analisi di primo e secondo livello che descrivono tutto il territorio comunale; è stato inoltre prodotto il presente report, nonché la banca dati informatizzata.

## 8. ELABORATI CARTOGRAFICI

Nell'approntare lo studio di microzonazione sismica (come anche richiesto dalle linee guida) sono state allestite diverse cartografie sia di natura analitica sia di sintesi (carte di microzonazione sismica p.d.), realizzate alla scala 1:10.000.

### Carte relative 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. Come per tutti gli altri elaborati cartografici, la simbologia utilizzata per la rappresentazione delle prove riprende quella indicata negli *Standard di rappresentazione e archiviazione informatica*, versione 3.0, reperibili sul sito web della Protezione Civile. È stata redatta un'unica carta delle indagini (valida per il primo e per 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 nn. 1 e 2). Più in particolare sono riportate (Capitolo 4) le ubicazioni di poco meno di 500 prove e sondaggi (puntuali e lineari) reperiti presso l'archivio comunale, nella banca dati geognostici di pianura regionale o eseguite appositamente per il presente studio.
- *CARTA GEOLOGICO-TECNICA*, che descrive, per tutto il territorio comunale, le caratteristiche litologiche dei primi 2-3 m superficiali. Essa è stata compilata facendo riferimento principalmente alle cartografie redatte per il Quadro Conoscitivo del redigendo Piano Strutturale Comunale che a sua volta riprendono per gran parte la Carta Geologica Regionale, integrata con le informazioni puntuali da indagini geognostiche nonché da archivio (PAE comunale e indagini geologiche varie).
- *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. La carta mostra che le suddivisioni, nelle quali può essere ripartito il territorio comunale sulla base della geologia superficiale e sotterranea (modello 3d), sono coerentemente confermate anche a livello della frequenza di sito. Si riscontrano infatti valori del rapporto H/V a frequenze di circa 2-3 Hz nel settore posto all'incirca a ridosso della Via Emilia o a nord della medesima e valori sui 3-4 Hz all'incirca tra l'autostrada e la via Emilia. Tali settori indicherebbero la probabile



presenza di un'interfaccia (contrasto di impedenza) che darebbe luogo a risonanza a tali frequenze (indicativamente si tratterebbe di un passaggio fisico posto tra 50 e 100 m di profondità. Più a sud le misure di rumore ambientale a stazione singola diventano meno significative dal punto di vista dell'individuazione della frequenza di sito. Si verificano infatti (in corrispondenza del capoluogo, misure che danno picchi del grafico H/V attorno ai 4-5 Hz o superiori o a frequenze più alte, mentre a sud del capoluogo molte delle misure non hanno fornito grafici del rapporto H/V con picchi significativi. Tali risultati sono probabilmente riconducibili alla presenza di grandi e potenti (pluridecamentrici) orizzonti ghiaiosi e ciottolosi a bassa profondità, caratterizzati da velocità  $V_s$  relativamente alte (>250-300 m/s) a bassa profondità per cui non si distinguerebbero da terreni pelitici, fini ma compatti, per cui il metodo non risolverebbe la presenza di un passaggio di impedenza significativo (seppure non se ne possa escludere l'esistenza.

\* \* \*

I dati di frequenza naturale di sito (riportati nella Carta delle Frequenze) sono di interesse non solo perché possono fornire informazioni grossolane di tipo stratigrafico (contrastati di impedenza), ma anche per finalità pratiche.

È buona norma evitare che la frequenza naturale di sito coincida con una delle frequenze di risonanza degli edifici e/o dei manufatti. 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*. La carta è stata realizzata facendo riferimento alla legenda contenuta negli *Standard di rappresentazione e archiviazione informatica*, versione 3.0 della Protezione Civile.

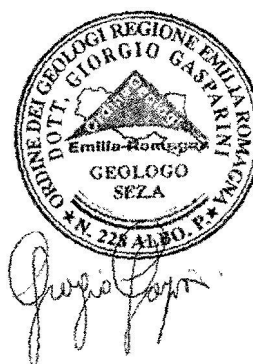
Carte inerenti l'analisi di secondo livello:

- *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, rifrazione in onde S e misure di microtremore a stazione singola). L'interpretazione delle indagini di nuova esecuzione (determinazione del modello di profilo verticale di velocità, stima del valore del VS30) è stata condotta tenendo conto, laddove presenti, delle informazioni deducibili dalle indagini geognostiche (prove penetrometriche, stratigrafie di pozzi e sondaggi) e da osservazioni dirette della geologia. Come già scritto, le indagini MASW di nuova esecuzione sono state ubicate in corrispondenza di centri urbani nelle vicinanze di misure di microtremore a stazione singola, onde garantire un confronto tra i risultati e un'eventuale taratura delle misure. Da un'osservazione anche sommaria della Carta i valori del VS30 confermano, come per la carta delle frequenze, la suddivisione del territorio basata sulle caratteristiche geologiche e più in particolare secondo i modelli geologici che descrivono le così dette MOPS (microzone omogenee in prospettiva sismica) definite al primo livello; i valori di VS30 più alti (300-460 m/s) sono ricorrenti nella zona sud del territorio comunale (compreso il capoluogo) per la già richiamata presenza di ghiaie di notevole spessore; Vs30 più bassi (solitamente tra 250 e 300 m/s) sono tipici del settore compreso tra l'autostrada e la Via Emilia, mentre i valori più bassi (anche inferiori a 200 m/s) sono stati determinati a nord della via Emilia.
- *CARTE DI MICROZONAZIONE SISMICA*. Rappresentano il risultato dell'analisi di microzonazione sismica di secondo livello e suddividono il territorio comunale 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). Per la valutazione dei fattori di amplificazione stratigrafica sono stati utilizzati gli abachi contenuti nella citata DAL 112/2007.

Come già descritto in altra parte della presente relazione, sono stati utilizzati gli abachi denominati PIANURA1. In termini di PGA il fattore di amplificazione è risultato pari a 1.7 per il settore nord e 1.6 per i settori sud; in termini di Intensità spettrale nell'intervallo 0.1-0.5 secondi si distinguono due settori (i cui limiti coincidono con limiti di MOPS): sud e nord, rispettivamente con valori del fattore di amplificazione di 1.7-1.8 e 1.9-2.0; mentre nell'intervallo 0.5-1 si distinguono tre settori rispettivamente da sud verso nord con fattori di amplificazione 2.1-2.2, 2.3-2.4 e  $\geq 2.5$ .

Bastiglia, Ottobre 2015

Dott. Geol. Giorgio Gasparini





## . 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.
- ◆ ARPA-Emilia-Romagna (2010) - *Supporto tecnico alla Regione Emilia-Romagna per la ricostruzione del quadro conoscitivo relativo ai principali acquiferi freatici di pianura*.
- ◆ 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)*. 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., Bonini M, Corti G, Gasparini P, Martelli L, Piccardi L, Severi P, Vannucci G (2004) *Seismotectonic map of the Emilia- Romagna Region*. Emilia-Romagna Region-SGSS and CNR-IGG, Selca, Florence.
- ◆ 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.
- ◆ Ghiselli F. & Martelli L. (1997) - *Evoluzione dei campi di stress lungo il margine appenninico-padano dal Pleistocene all'Attuale: analisi strutturale dei depositi pleistocenici affioranti tra Castell'Arquato (Piacenza) e Rimini*. Il Quaternario 10(2):437–444.
- ◆ Lavecchia G., De Nardis R., Cirillo D., Brozzetti F. & Boncio P. (2012) - *The May-June 2012 Ferrara Arc earthquakes (northern Italy): structural control of the spatial evolution of the seismic sequence and of the surface pattern of coseismic fractures*. Annals of geophysics, 55, 533-540.
- ◆ 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.







PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia-Romagna



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione illustrativa

### - **FASCICOLO ALLEGATI** -

Regione Emilia – Romagna  
Comune di San Cesario sul Panaro

## **ELENCO ALLEGATI**

ALLEGATO N. 1 - Nuove indagini sismiche: registrazioni di rumore sismico a stazione singola (HVSR)  
- *Eseguite nel 2012 e nel 2014* -

ALLEGATO N. 2 - Indagini sismiche attive con metodologia MASW



**Indagini sismiche:  
registrazioni di rumore sismico ambientale a stazione singola (HVSR)**

*- Eseguite nel 2012 e nel 2014 -*



**Indagini sismiche passive a stazione singola (metodologia HVSR o di Nakamura) per la Microzonazione Sismica del Comune di SAN CESARIO SUL PANARO (MO).**

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

Sono state eseguite n. 55 misure sismometriche passive a stazione singola (tromometrie), ubicate come da Figura 1 ed identificate con numeri da 1/2012 a 22/2012 e da 1/2014 a 33/2014; a tale Figura è abbinata la Tabella 1 dove è riportata la corrispondenza fra la numerazione delle schede di prova H/V ed il codice definitivo delle medesime contenute nell'archivio informatico.

***. 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 Castellaro, 2011).

**TABELLA 1**

<b>CODICE DEFINITIVO DI PROVA DELL'ARCHIVIO INFORMATICO</b>	<b>NUMERO D'ORDINE CON ANNO DI ESECUZIONE DELLE INDAGINI H/V</b>	<b>CODICE DEFINITIVO DI PROVA DELL'ARCHIVIO INFORMATICO</b>	<b>NUMERO D'ORDINE CON ANNO DI ESECUZIONE DELLE INDAGINI H/V</b>
036036P212	1/2012	036036P400	1/2014
036036P213	2/2012	036036P401	2/2014
036036P214	3/2012	036036P402	3/2014
036036P215	4/2012	036036P403	4/2014
036036P216	5/2012	036036P404	5/2014
036036P217	6/2012	036036P405	6/2014
036036P218	7/2012	036036P406	7/2014
036036P219	8/2012	036036P407	8/2014
036036P220	9/2012	036036P408	9/2014
036036P221	10/2012	036036P409	10/2014
036036P222	11/2012	036036P410	11/2014
036036P223	12/2012	036036P411	12/2014
036036P224	13/2012	036036P412	13/2014
036036P225	14/2012	036036P413	14/2014
036036P226	15/2012	036036P414	15/2014
036036P227	16/2012	036036P415	16/2014
036036P228	17/2012	036036P416	17/2014
036036P229	18/2012	036036P417	18/2014
036036P230	19/2012	036036P418	19/2014
036036P231	20/2012	036036P419	20/2014
036036P232	21/2012	036036P420	21/2014
036036P233	22/2012	036036P421	22/2014
		036036P422	23/2014
		036036P423	24/2014
		036036P424	25/2014
		036036P425	26/2014
		036036P426	27/2014
		036036P427	28/2014
		036036P428	29/2014
		036036P429	30/2014
		036036P430	31/2014
		036036P431	32/2014
		036036P432	33/2014



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

E' 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 "Micromed 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 liscio utilizzando una finestra mobile di tipo triangolare con un’ampiezza pari al 10% della frequenza centrale di volta in volta considerata.

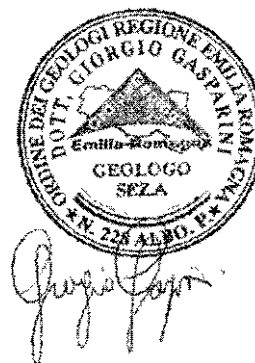
Lo spettro medio è stato quindi ottenuto come media degli spettri ottenuti dalle singole finestre temporali.

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 San Cesario sul Panaro (MO) nonché a n. 7 stendimenti sismici tipo MASW eseguiti appositamente per la MS in oggetto.





**Indagini sismiche:  
registrazioni di rumore sismico ambientale a stazione singola (HVSR)**

***- Eseguite nel 2012 -***



**PSC\_S\_CESARIO, 1 S.CESARIO STECCONE**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 04/07/12 07:23:51 Fine registrazione: 04/07/12 07:43:52

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 661854 4936857

Durata registrazione: 0h20'00".

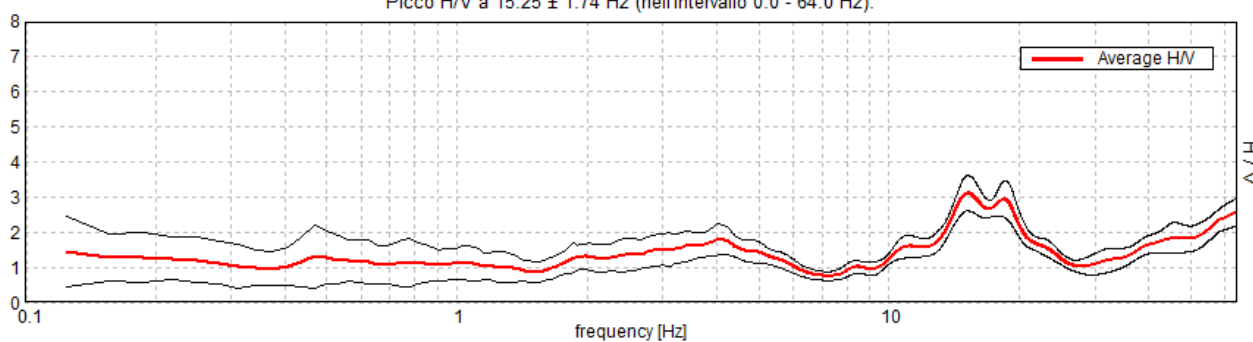
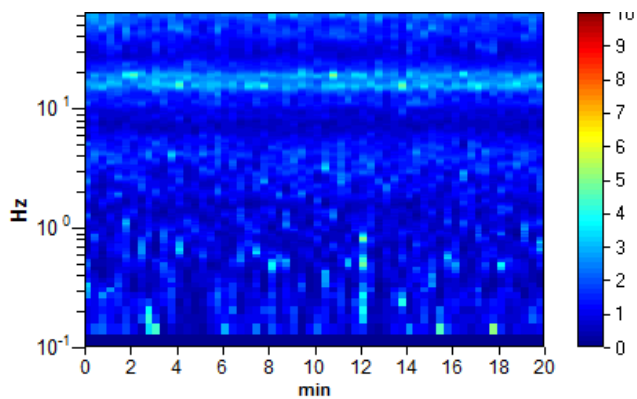
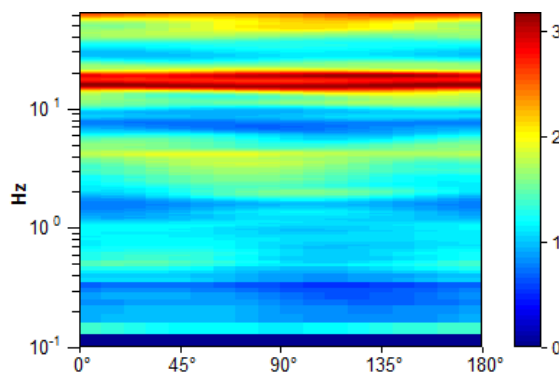
Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

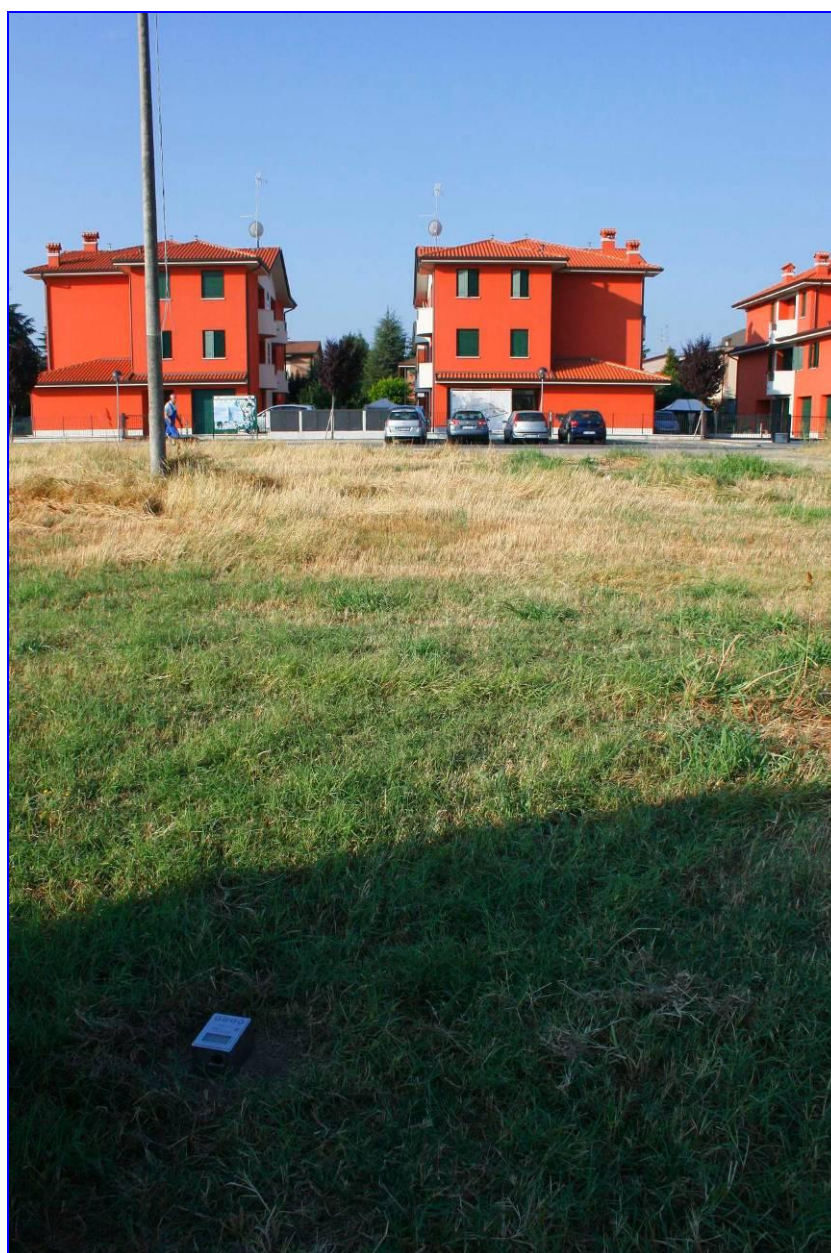
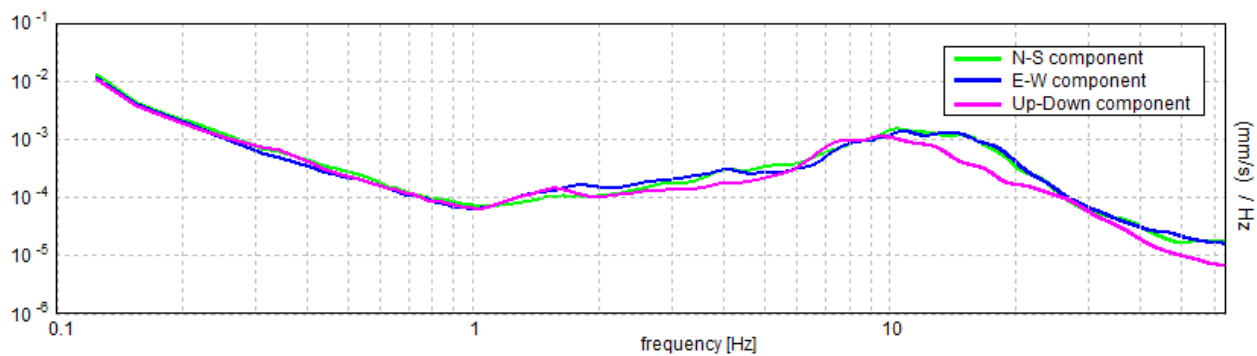
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

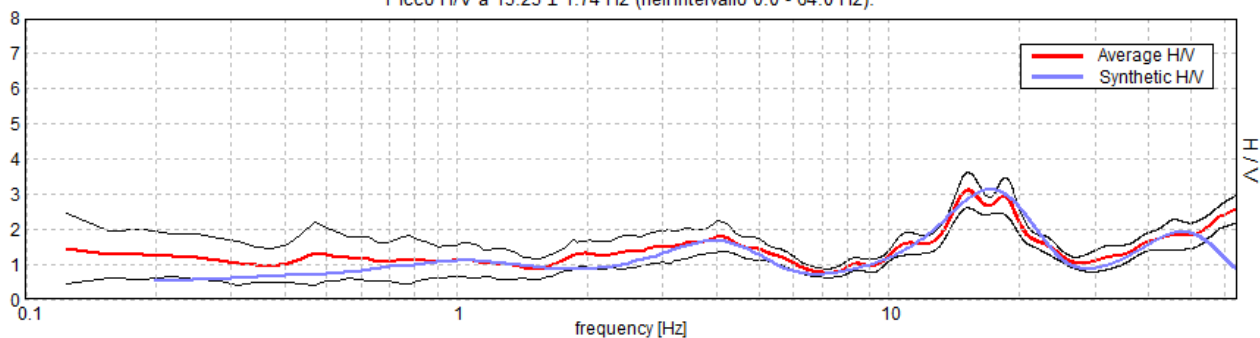
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $15.25 \pm 1.74$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



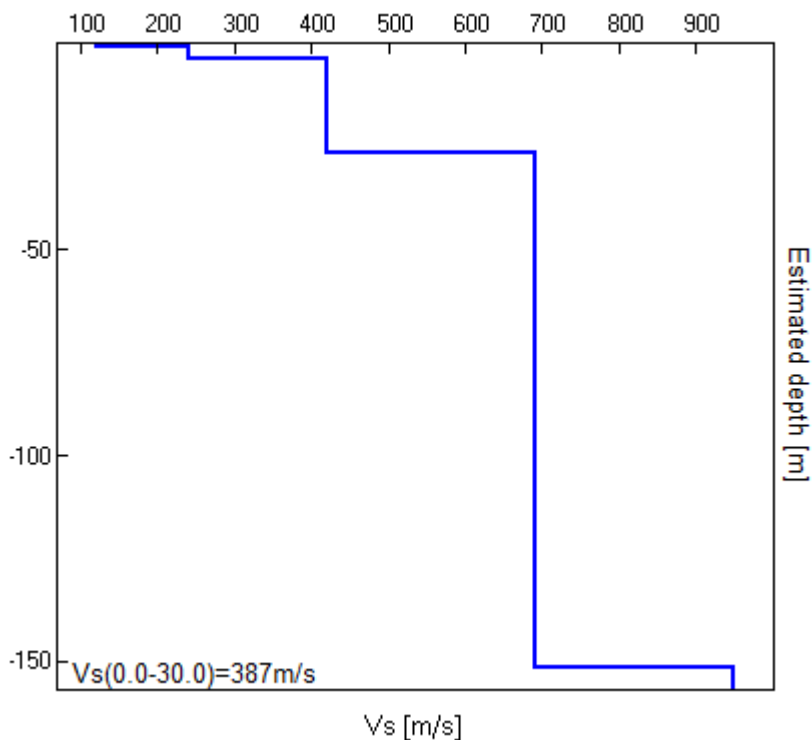
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 15.25 ± 1.74 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.65	0.65	120	0.42
3.65	3.00	240	0.42
26.65	23.00	420	0.42
151.65	125.00	690	0.42
inf.	inf.	950	0.42

Vs(0.0-30.0)=387m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $15.25 \pm 1.74$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$15.25 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$18300.0 > 200$	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 733	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	10.75 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	23.063 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.12 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.05643  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.86057 < 0.7625$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.252 < 1.58$	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



**PSC\_S\_CESARIO, 2 CESARIO CARTIERA**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 04/07/12 08:01:45 Fine registrazione: 04/07/12 08:21:46

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 661395 4936900

Durata registrazione: 0h20'00".

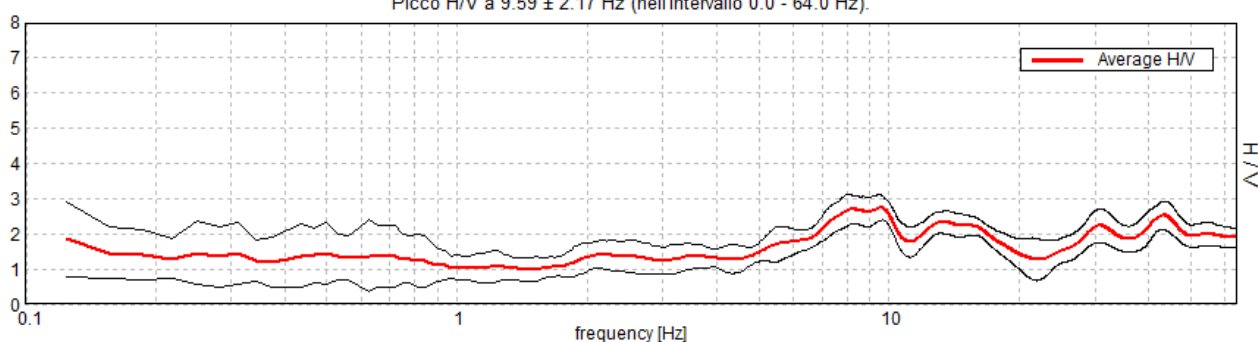
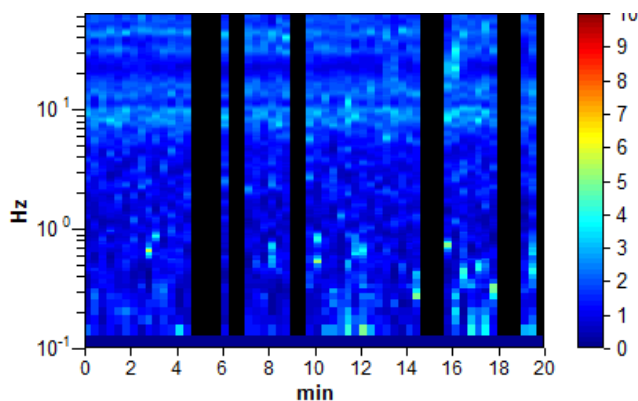
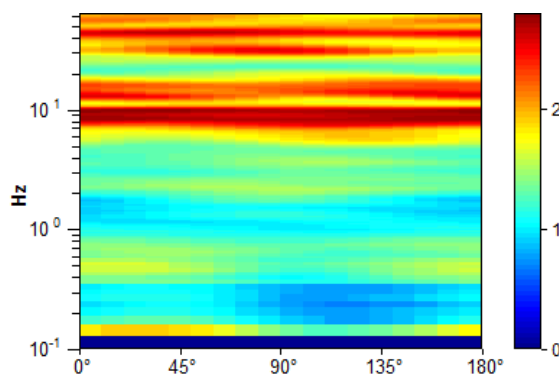
Analizzato 75% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

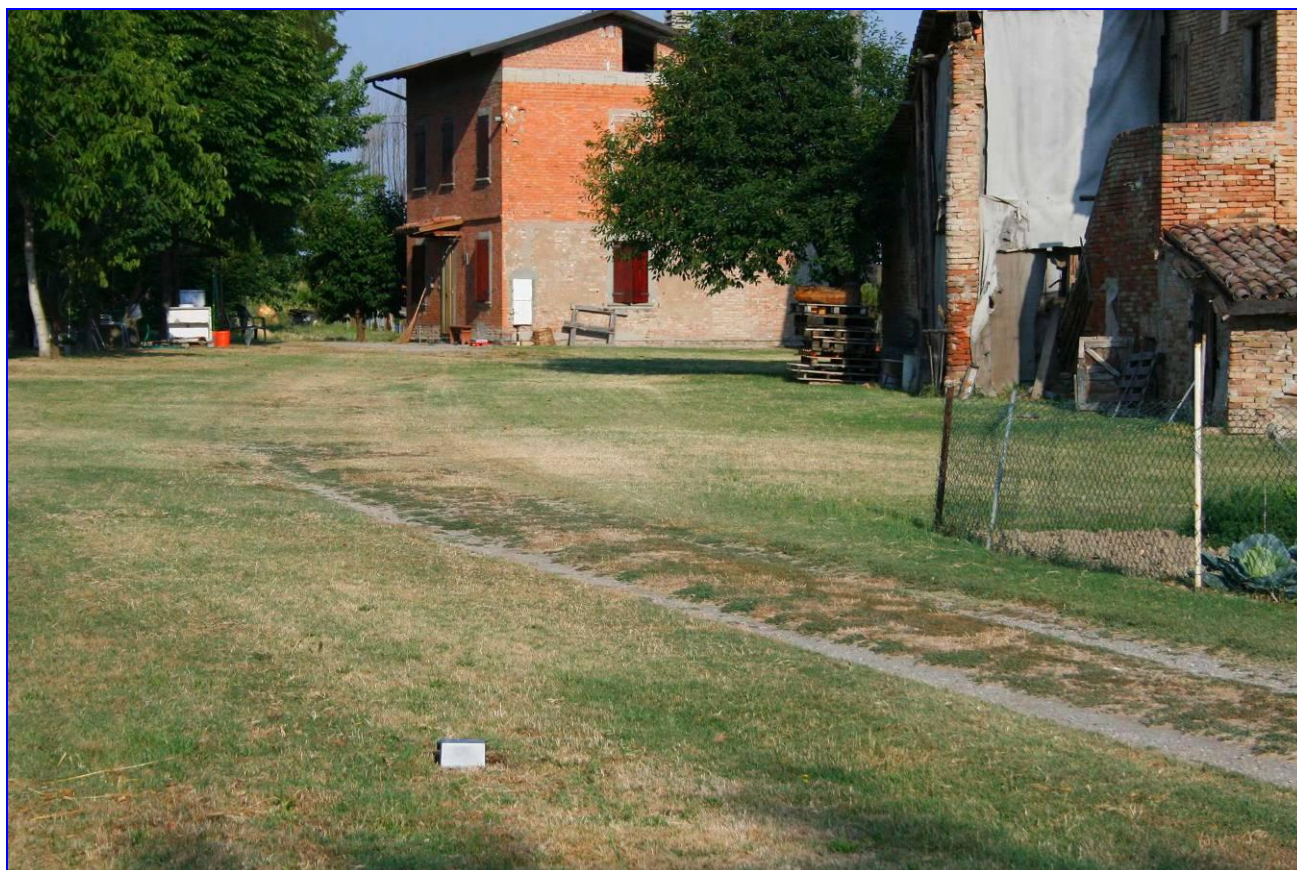
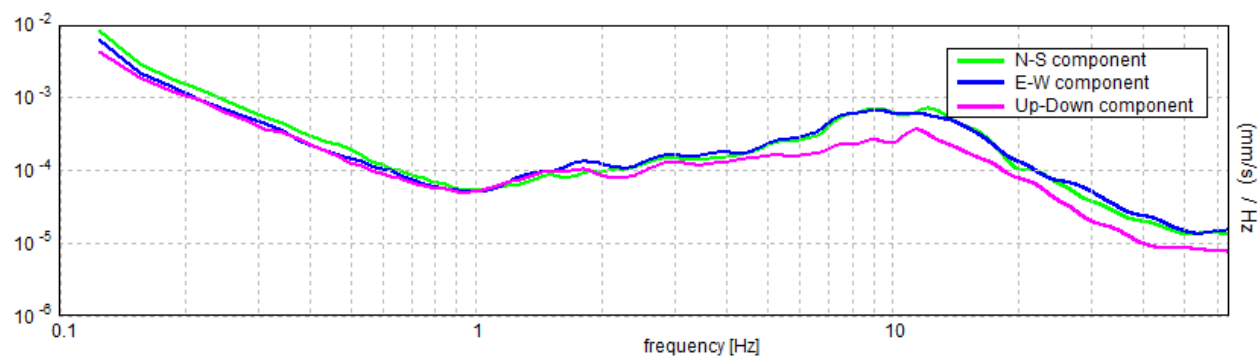
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

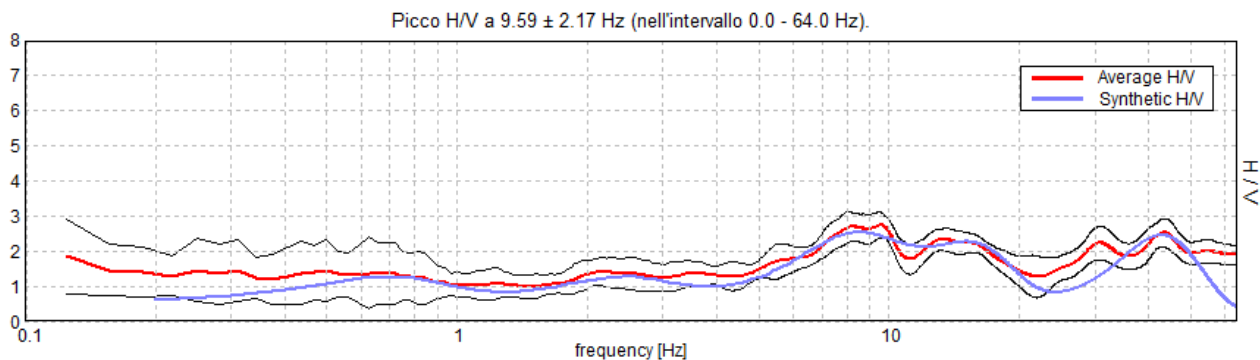
Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $9.59 \pm 2.17$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

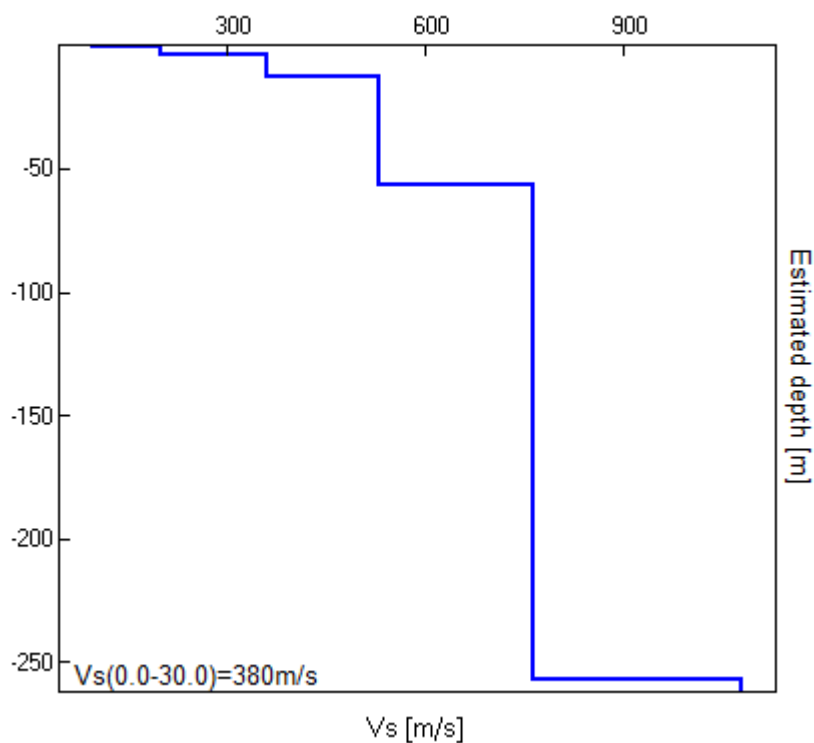


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.58	0.58	95	0.42
3.58	3.00	200	0.42
12.58	9.00	360	0.42
56.58	44.00	530	0.42
256.58	200.00	765	0.42
inf.	inf.	1080	0.42

$V_s(0.0-30.0)=380\text{m/s}$



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $9.59 \pm 2.17$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	9.59 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	8634.4 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 462	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 $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	20.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.74 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.1111  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.06588 < 0.47969		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1767 < 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

**PSC\_S\_Cesario, 3 S.CESARIO PIAZZA NENNI**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 21/07/12 08:00:15 Fine registrazione: 21/07/12 08:20:16

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 661747 4936566

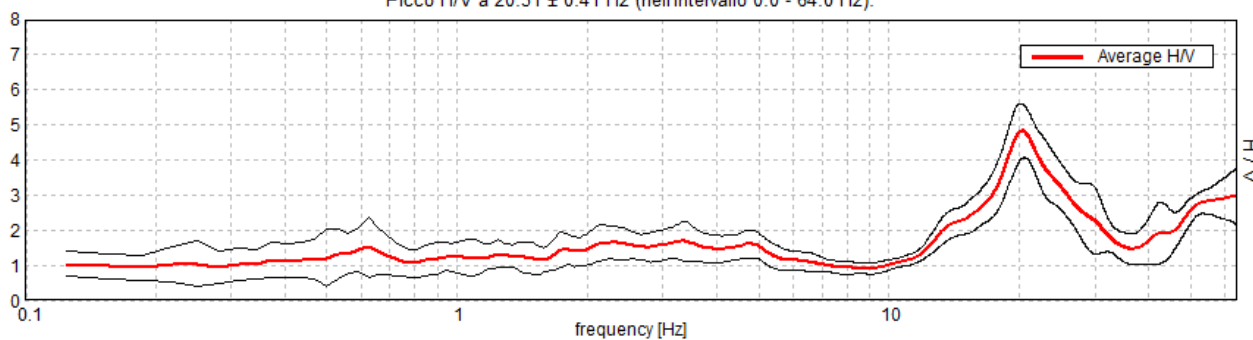
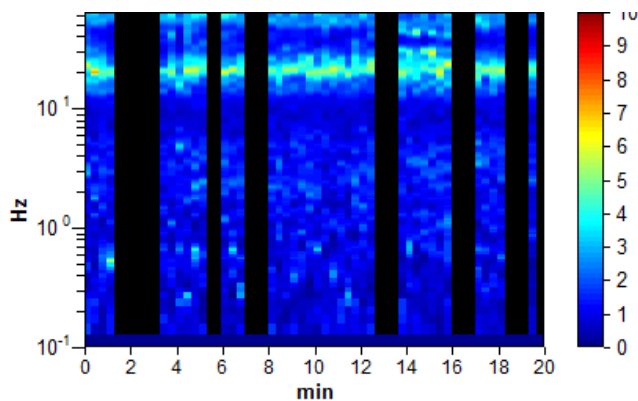
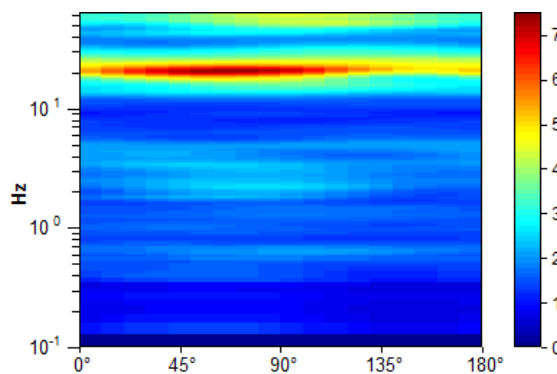
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 65% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

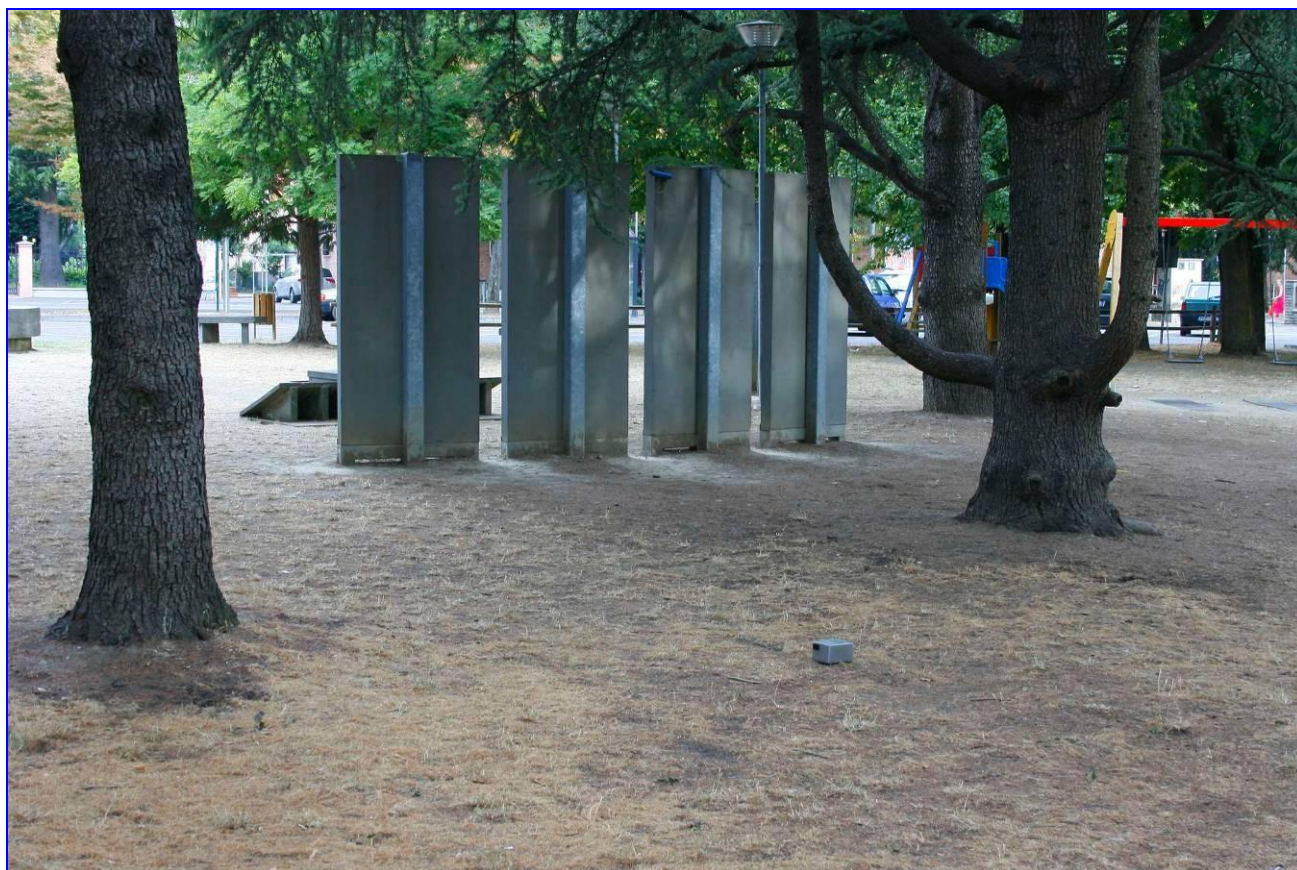
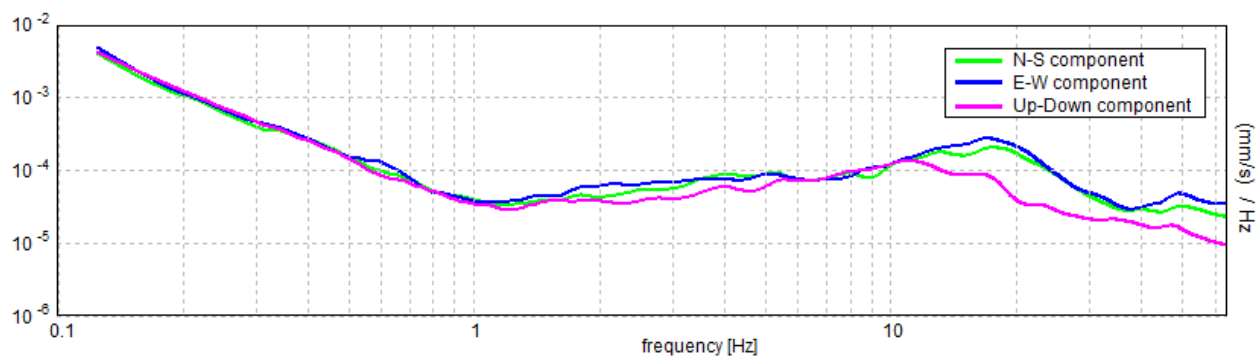
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

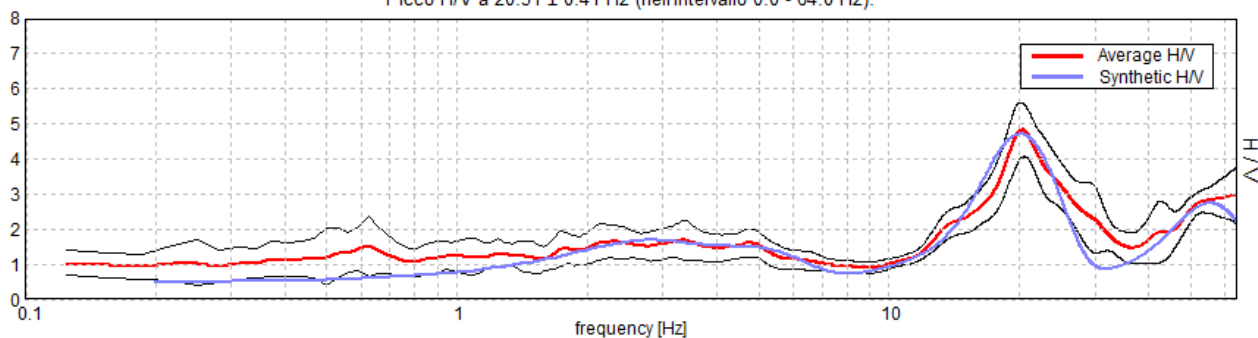
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $20.31 \pm 0.41$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



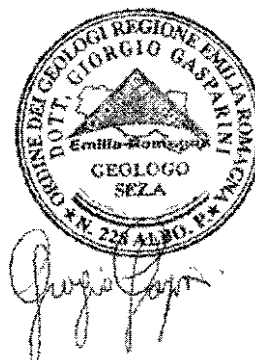
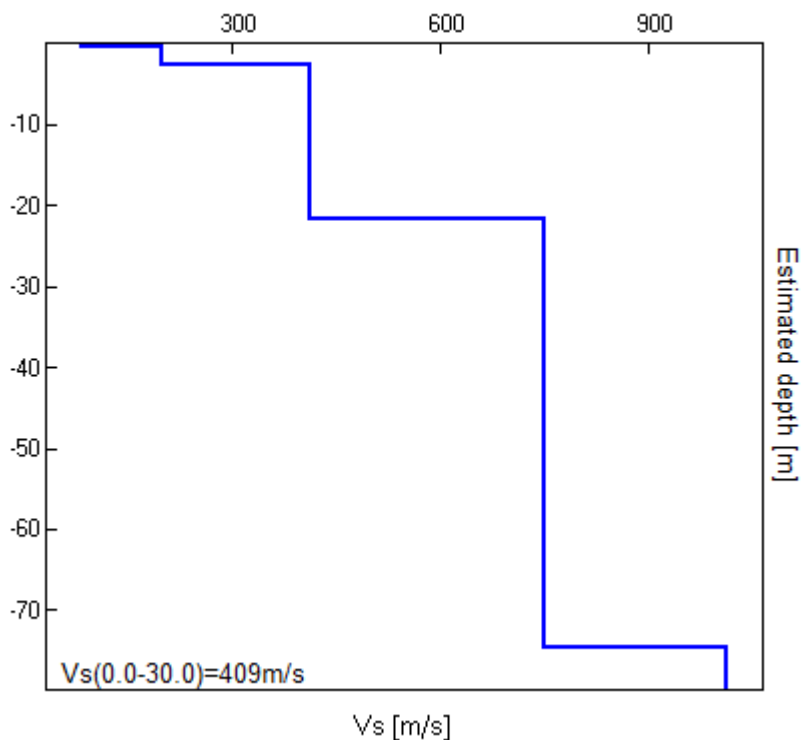
**H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO**

Picco H/V a  $20.31 \pm 0.41$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.40	0.40	84	0.35
2.70	2.30	200	0.35
21.70	19.00	413	0.38
74.70	53.00	750	0.40
inf.	inf.	1013	0.40

Vs(0.0-30.0)=409m/s



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

**Picco H/V a  $20.31 \pm 0.41$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$20.31 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$15843.8 > 200$	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 976	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	15.438 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	28.781 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.83 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01997  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.40573 < 1.01563$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7801 < 1.58$	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



**PSC\_S\_CESARIO, 4 S.CESARIO FALEGNAMERIA**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 21/07/12 08:34:50 Fine registrazione: 21/07/12 08:54:51

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 661464 4936363

Durata registrazione: 0h20'00".

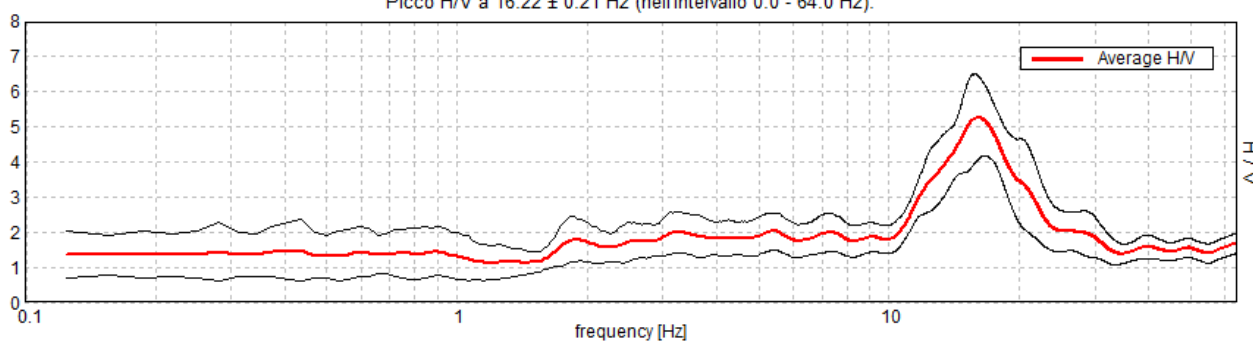
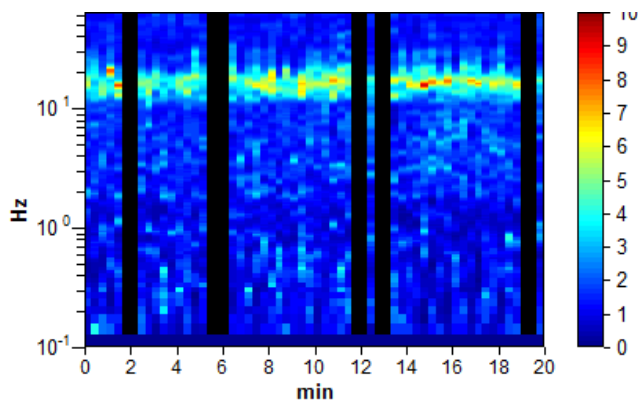
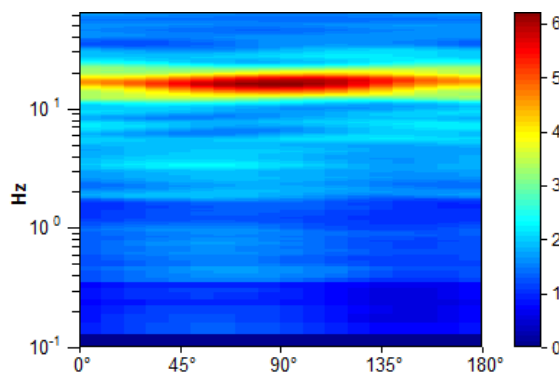
Analizzato 82% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

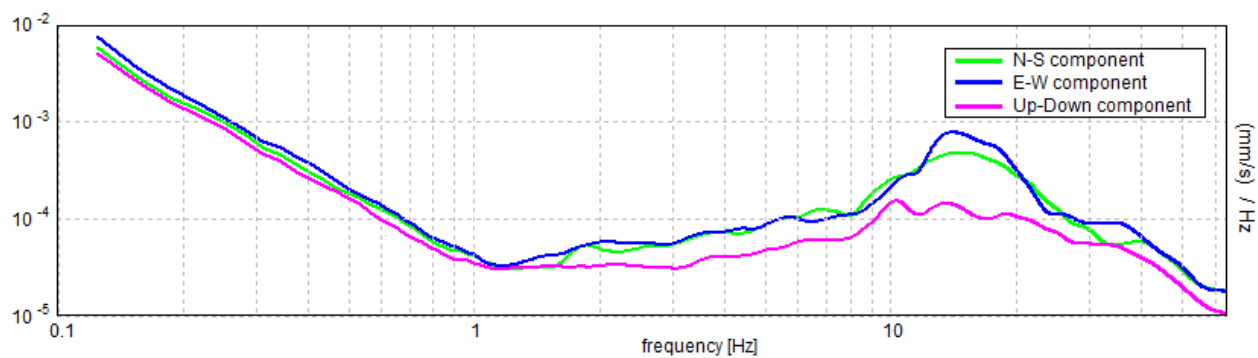
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

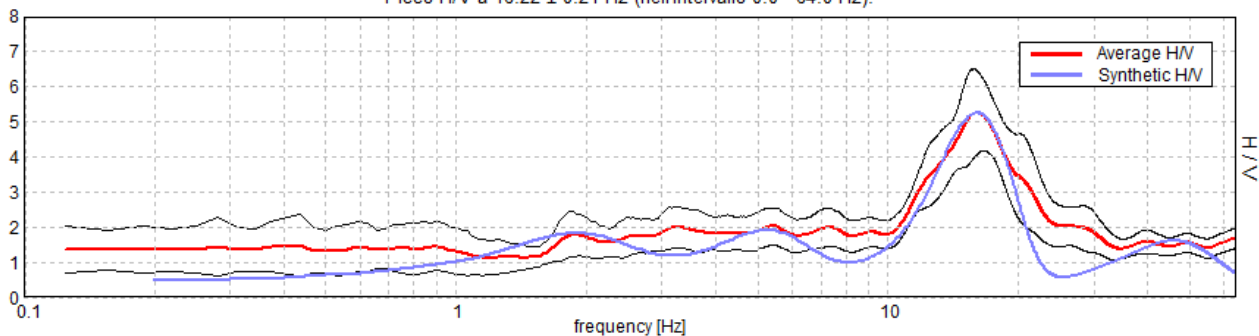
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $16.22 \pm 0.21$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



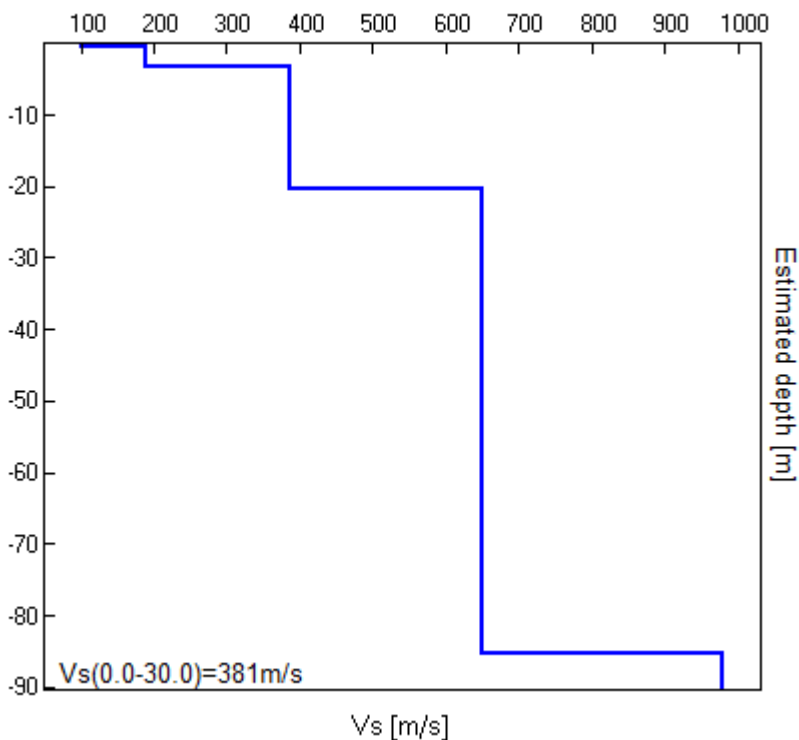
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a  $16.22 \pm 0.21$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.55	0.55	100	0.42
3.25	2.70	188	0.42
20.25	17.00	387	0.42
85.25	65.00	650	0.42
inf.	inf.	980	0.42

$V_s(0.0-30.0)=381\text{m/s}$



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

**Picco H/V a  $16.22 \pm 0.21$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$16.22 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$15894.4 > 200$	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 780	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	11.344 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	22.406 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.26 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00636  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.10307 < 0.81094$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5656 < 1.58$	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

**PSC\_S\_CESARIO, 5 S.CESARIO VILLA BOSCHETTI**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 21/07/12 09:04:57 Fine registrazione: 21/07/12 09:24:58

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 661791 4936301

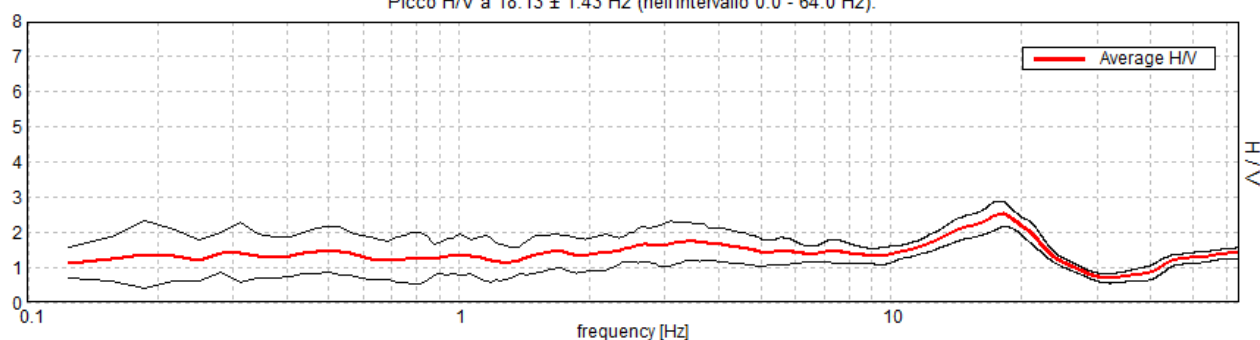
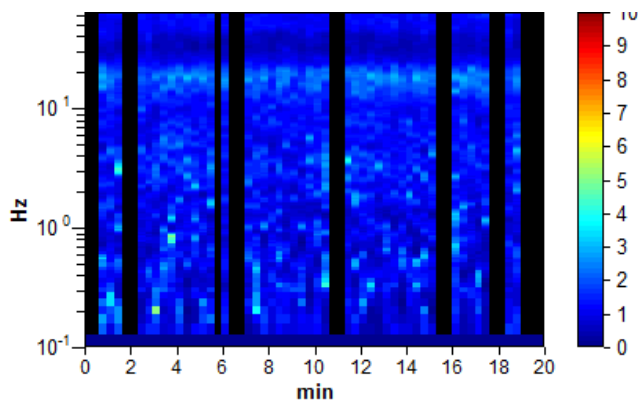
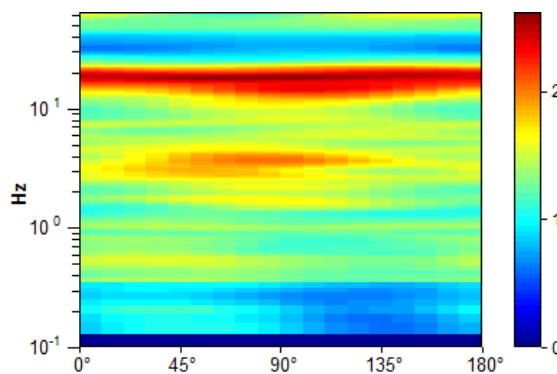
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 73% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

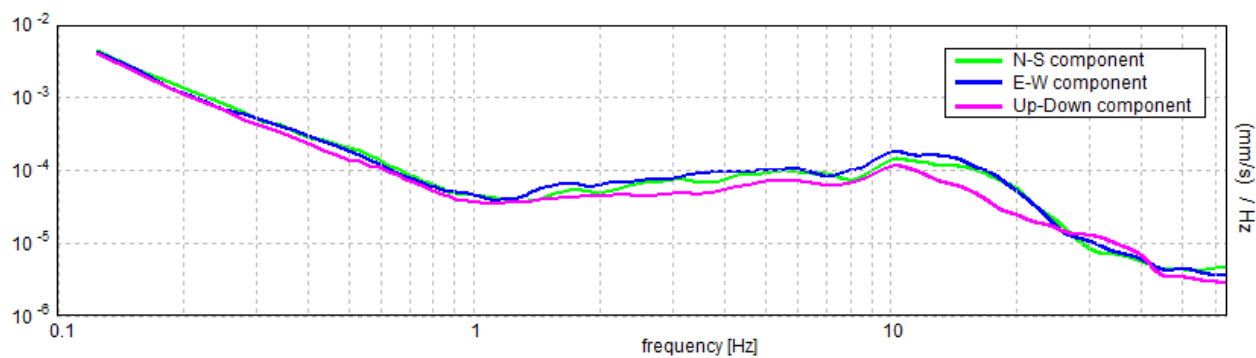
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

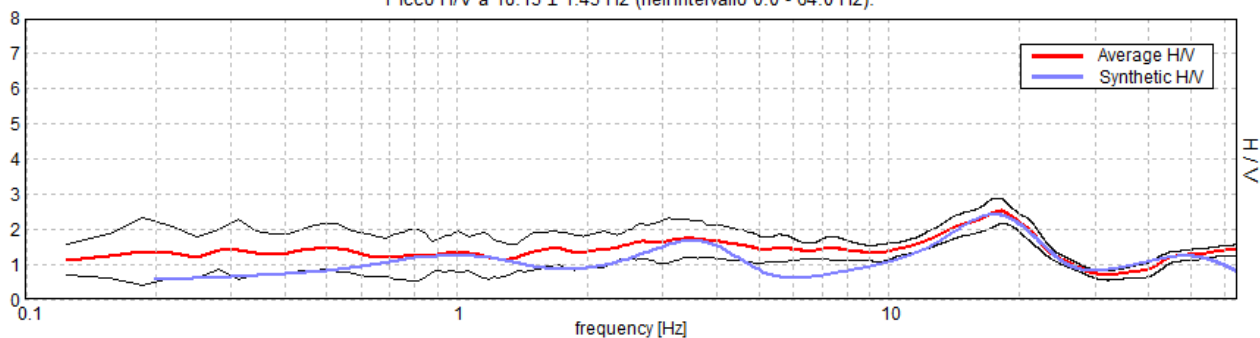
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $18.13 \pm 1.43$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



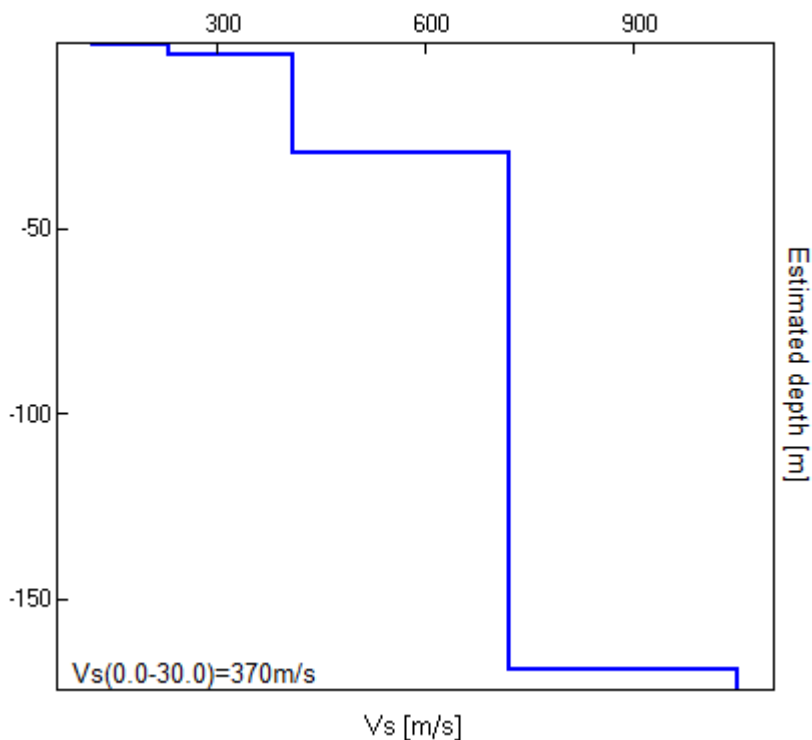
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 18.13 ± 1.43 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.60	0.60	120	0.35
3.30	2.70	230	0.35
29.30	26.00	410	0.40
169.30	140.00	720	0.42
inf.	inf.	1050	0.42

Vs(0.0-30.0)=370m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $18.13 \pm 1.43$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$18.13 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$15950.0 > 200$	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 871	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			<b>NO</b>
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	24.094 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.52 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03867  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.7009 < 0.90625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1769 < 1.58$	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



**PSC\_S\_CESARIO, 6 S.CESARIO VIA PIOPPE**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 21/07/12 09:40:33 Fine registrazione: 21/07/12 10:00:34

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 661481 4935988

Durata registrazione: 0h20'00".

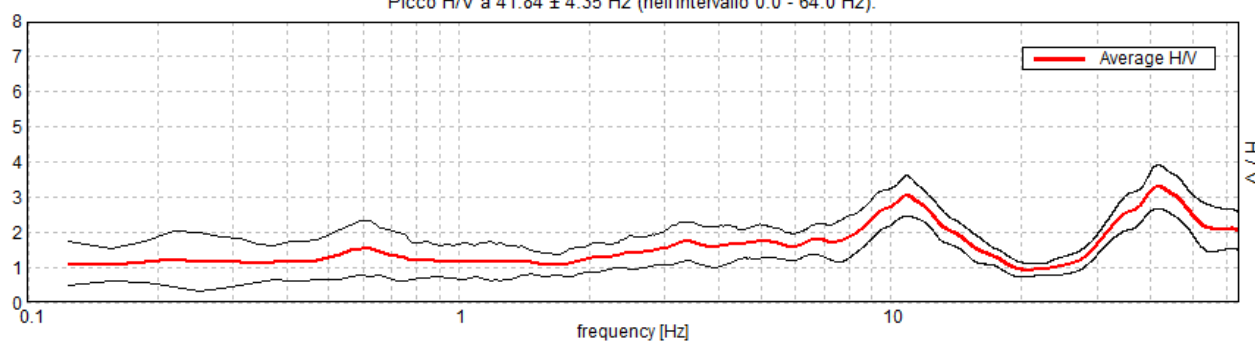
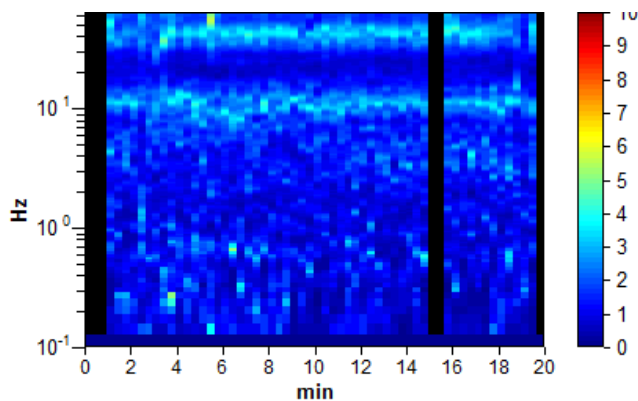
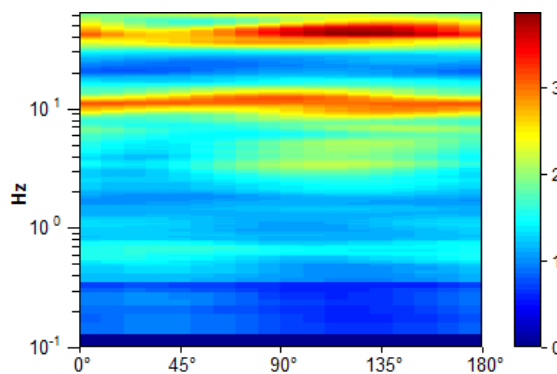
Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

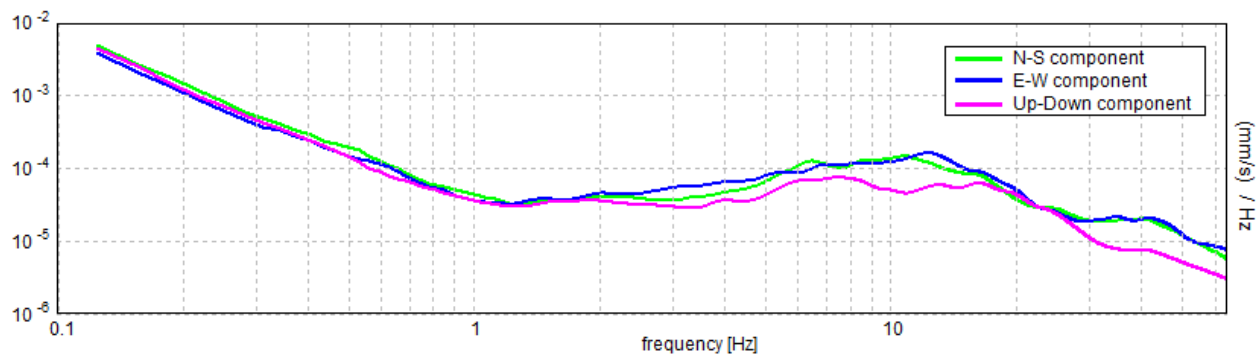
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

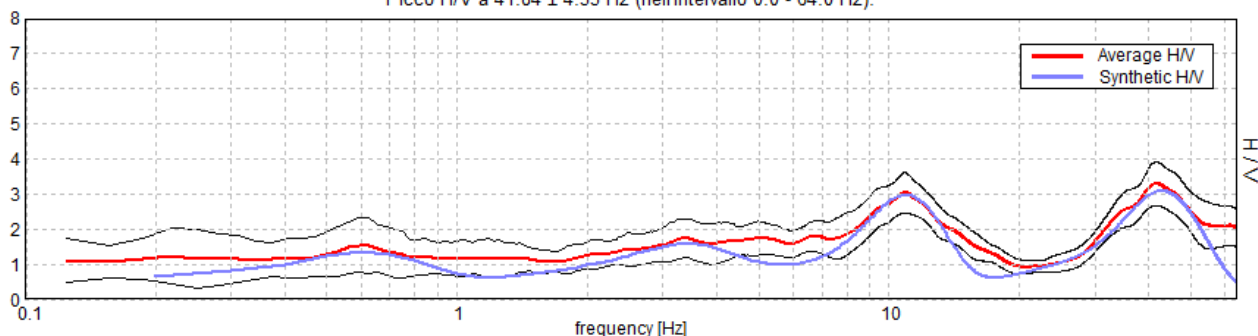
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $41.84 \pm 4.35$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



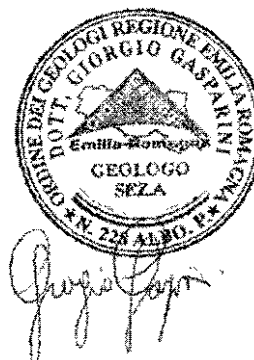
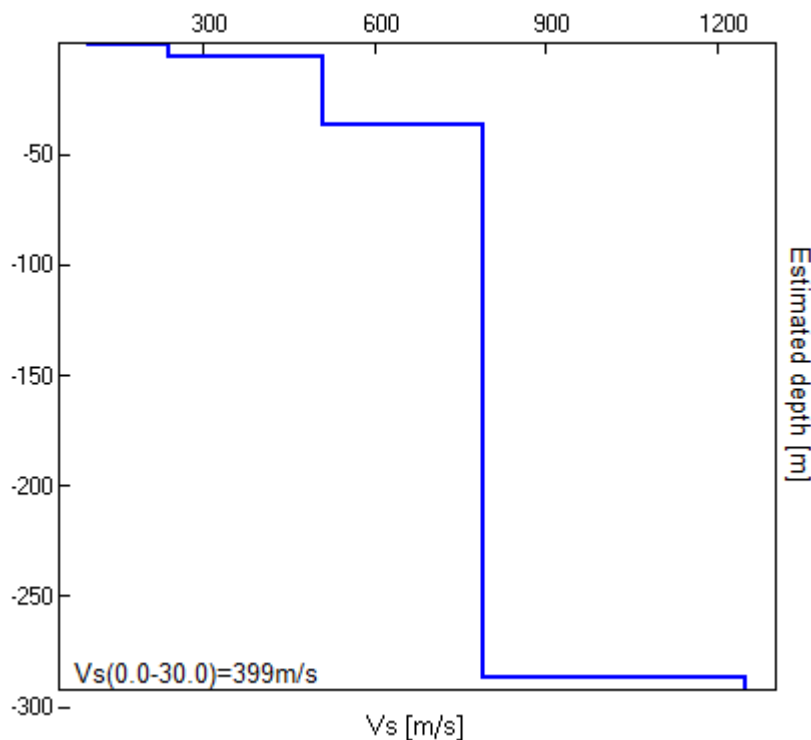
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a  $41.84 \pm 4.35$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.60	0.60	100	0.35
5.80	5.20	240	0.35
36.80	31.00	510	0.40
286.80	250.00	790	0.42
inf.	inf.	1250	0.42

$V_s(0.0-30.0)=399\text{m/s}$



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

**Picco H/V a  $41.84 \pm 4.35$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$41.84 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$45191.3 > 200$	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 1380	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	30.0 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$3.28 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.05139  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$2.15018 < 2.09219$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3061 < 1.58$	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

**PSC\_S\_CESARIO, 7 S.CESARIO CANOVA FORMIGINI**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 21/07/12 10:15:17 Fine registrazione: 21/07/12 10:35:18

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 660557 4936482

Durata registrazione: 0h20'00".

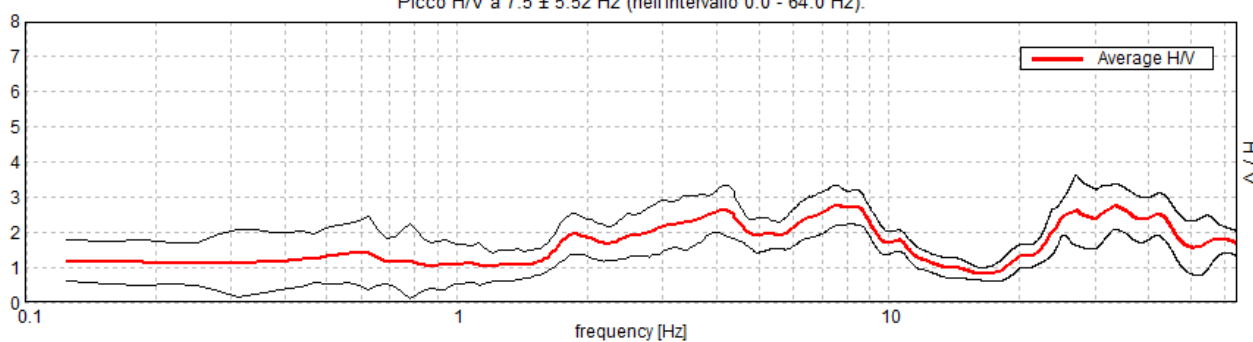
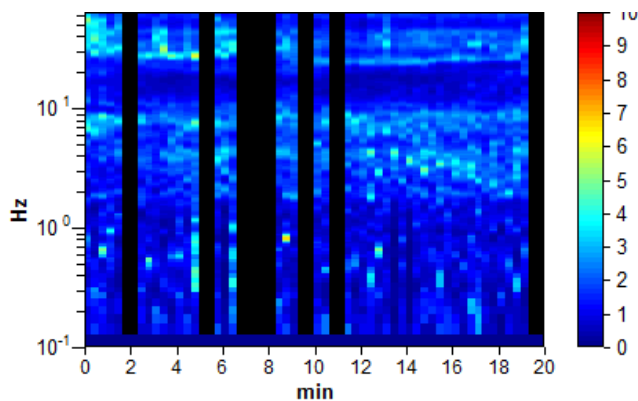
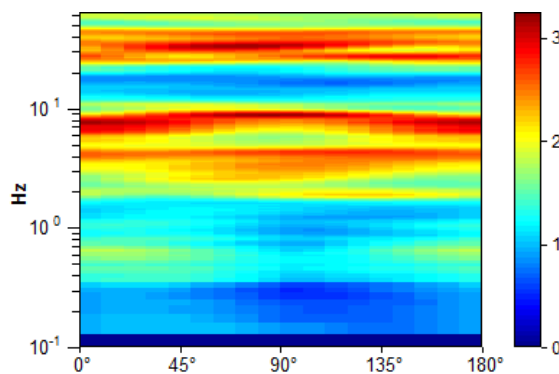
Analizzato 75% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

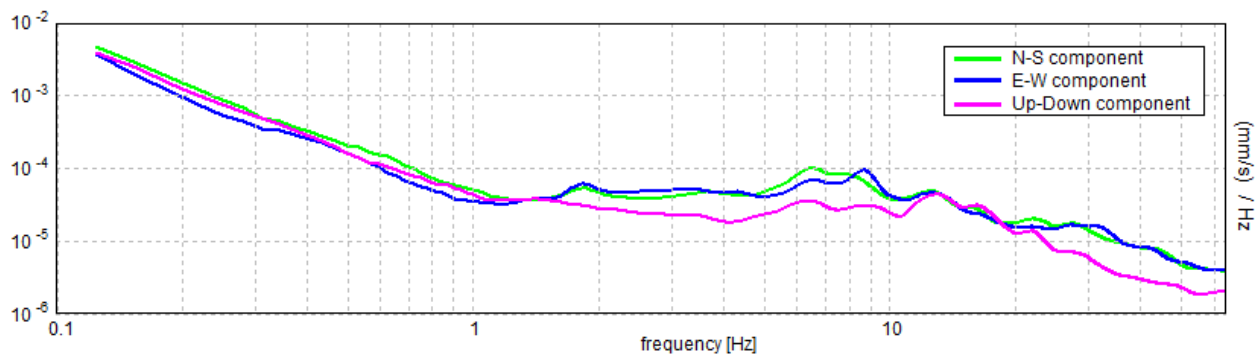
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

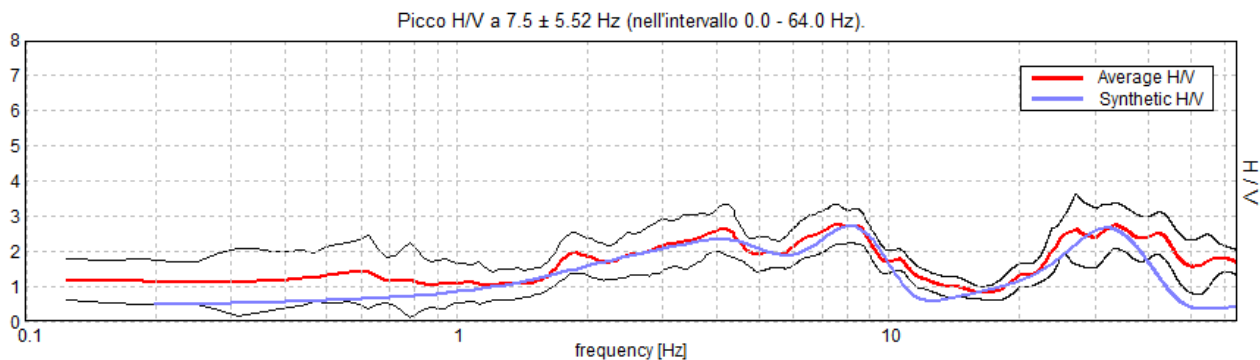
Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $7.5 \pm 5.52$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

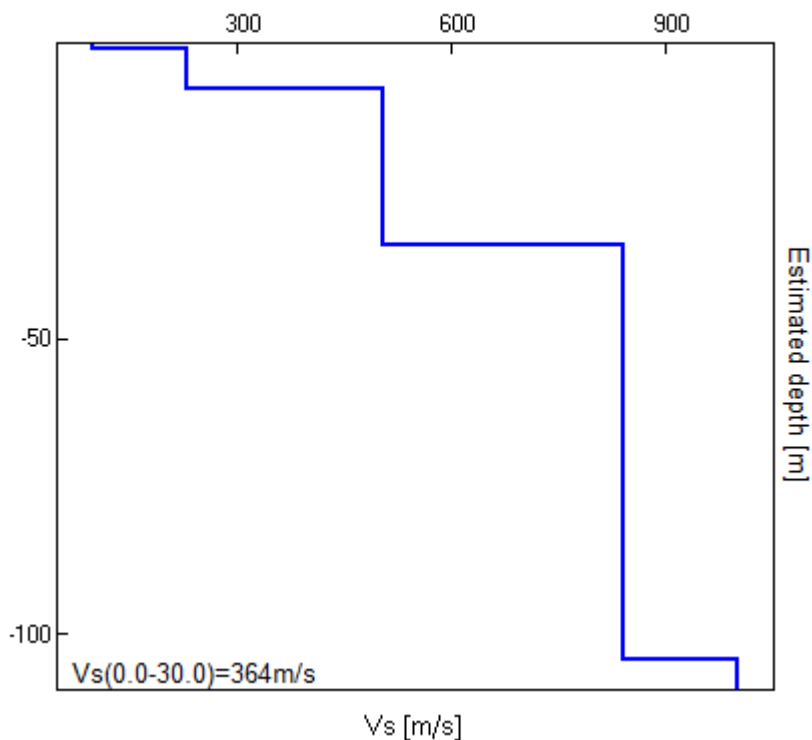


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.79	0.79	100	0.35
7.79	7.00	230	0.35
34.29	26.50	505	0.38
104.29	70.00	840	0.42
inf.	inf.	1000	0.42

Vs(0.0-30.0)=364m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $7.5 \pm 5.52$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$7.50 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$6750.0 > 200$	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 361	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 $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	11.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.76 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.36113  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$2.70849 < 0.375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2885 < 1.58$	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



**PSC\_S\_CESARIO, 8 S.CESARIO CENTRO CIVICO ALTOLÀ**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 21/07/12 10:55:16 Fine registrazione: 21/07/12 11:15:17

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 661848 4933121

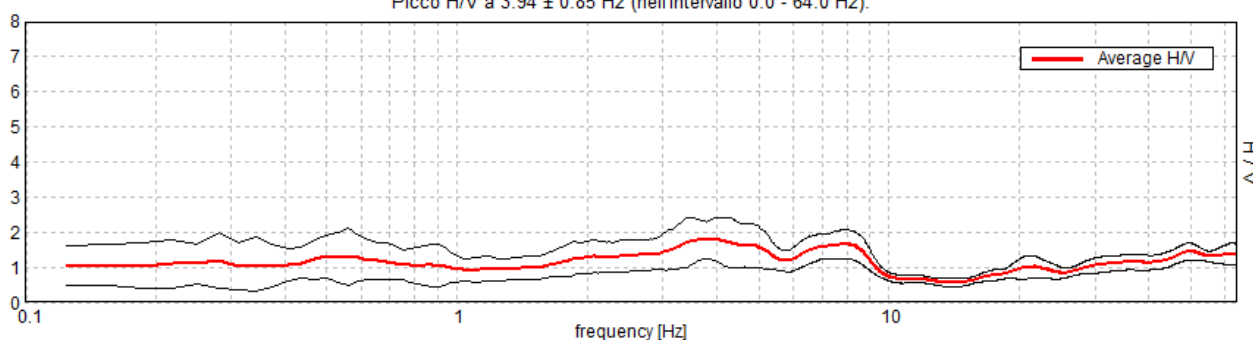
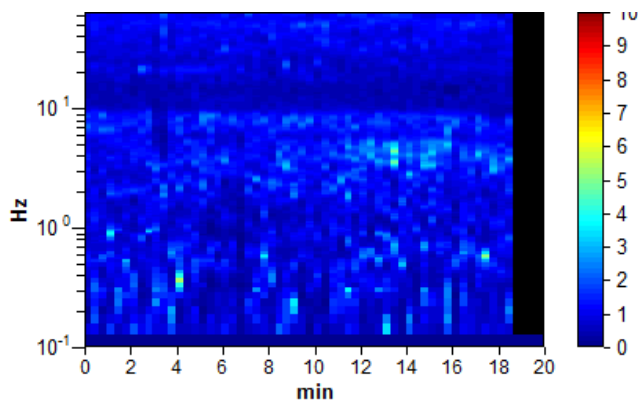
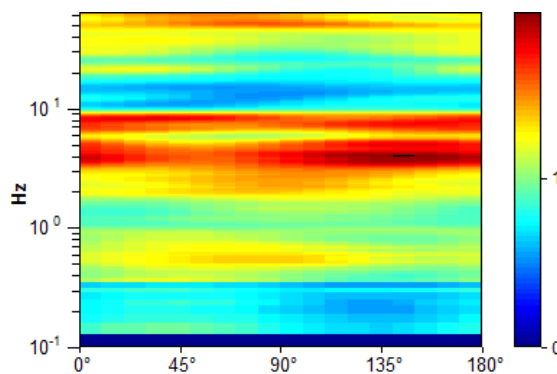
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 93% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

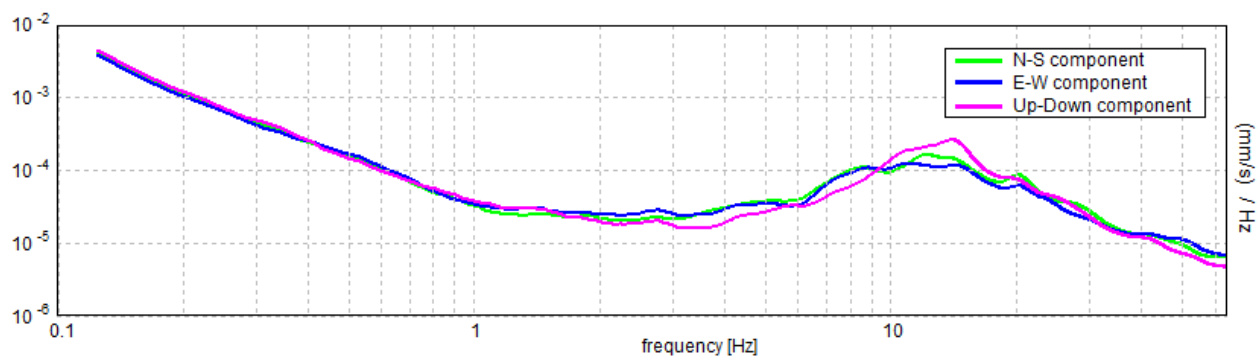
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

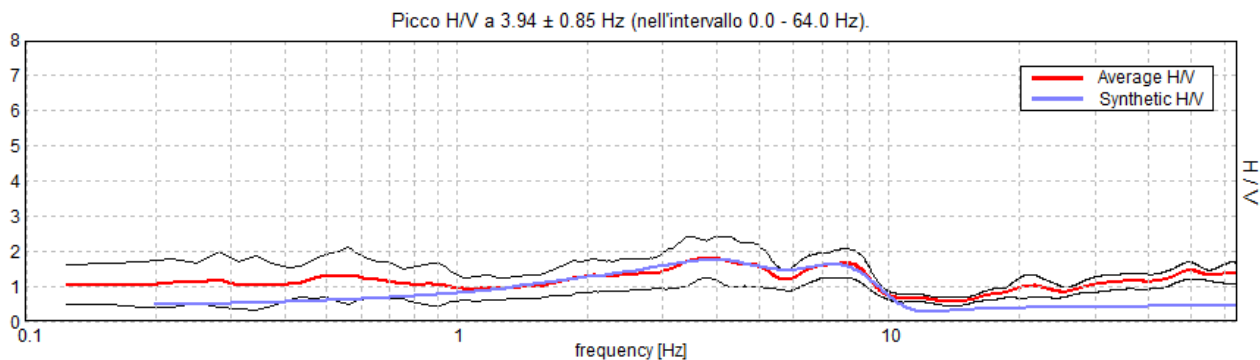
Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $3.94 \pm 0.85$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

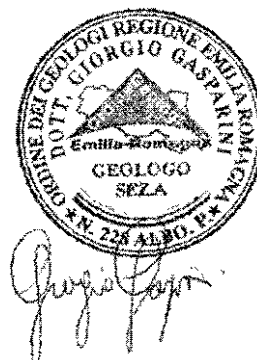
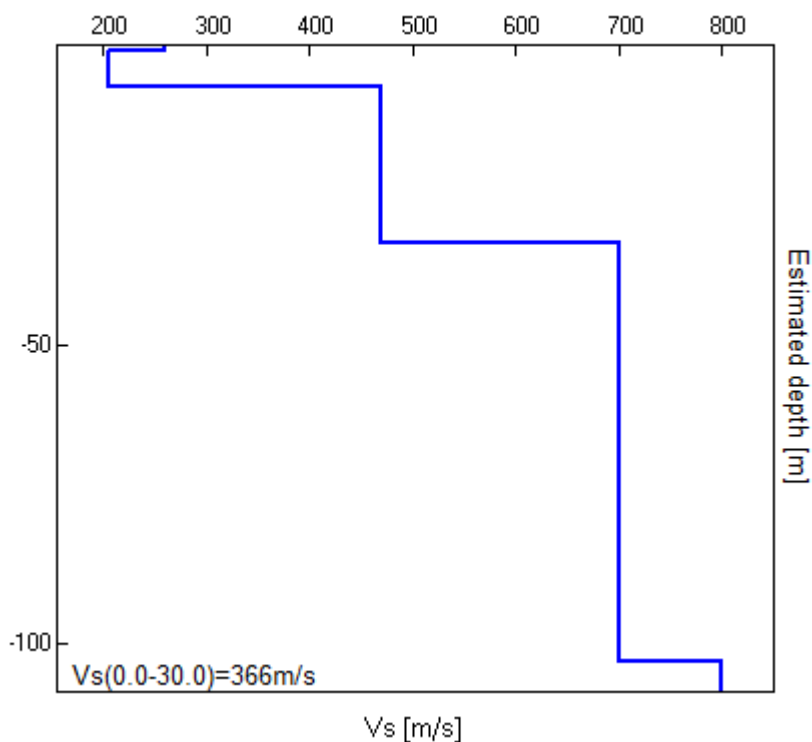


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	260	0.35
7.00	6.00	205	0.35
33.00	26.00	470	0.40
103.00	70.00	700	0.40
inf.	inf.	800	0.45

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].

**Picco H/V a  $3.94 \pm 0.85$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.94 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$4410.0 > 200$	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 190	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 $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	9.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.79 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.1073  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.42251 < 0.19688$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2941 < 1.58$	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

**PSC\_S\_CESARIO, 9 S.CESARIO BACINO IRRIGUO**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 21/07/12 11:24:30 Fine registrazione: 21/07/12 11:44:31

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 662825 4932955

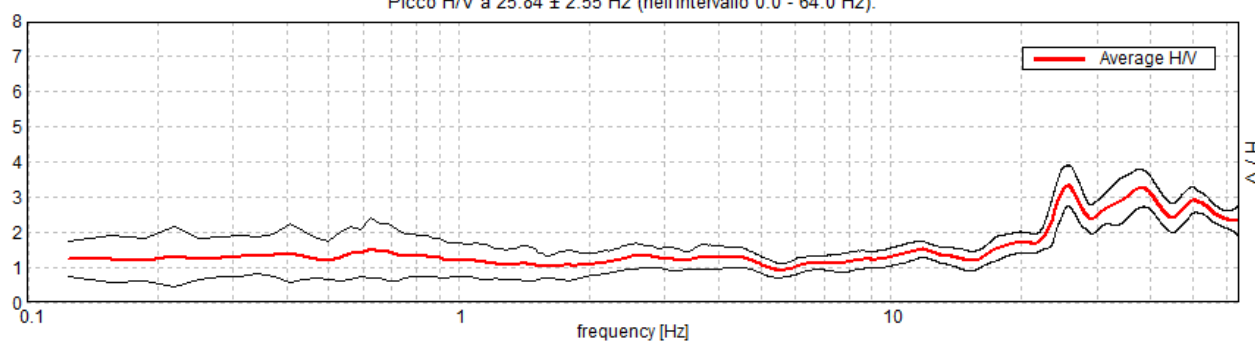
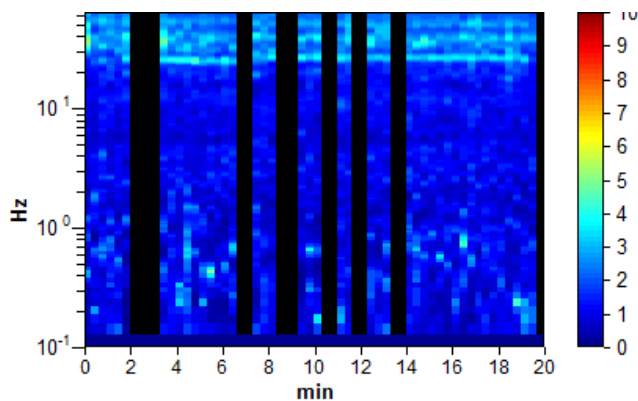
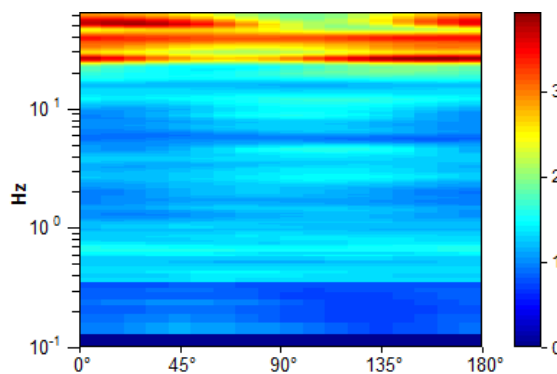
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 73% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

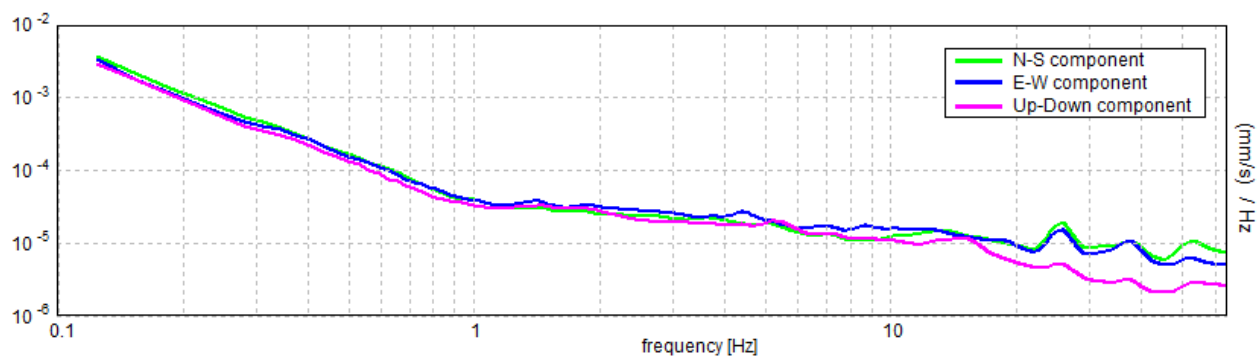
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

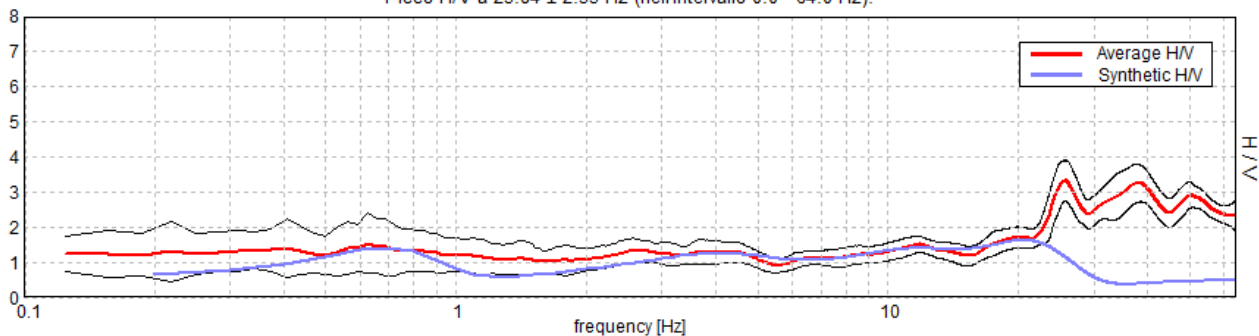
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $25.84 \pm 2.55$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



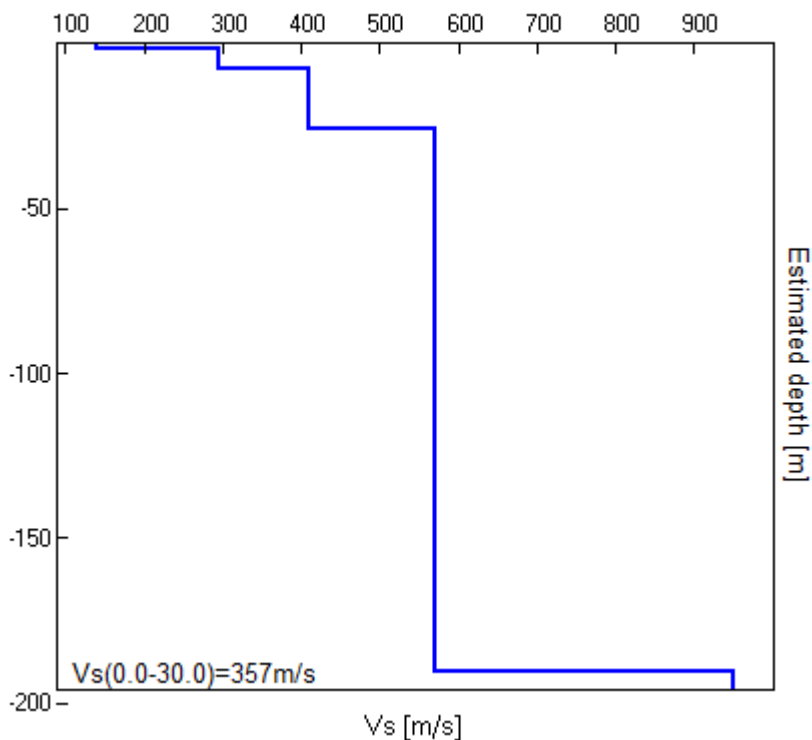
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 25.84 ± 2.55 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.70	1.70	140	0.35
7.70	6.00	295	0.35
25.70	18.00	410	0.38
190.70	165.00	570	0.40
inf.	inf.	950	0.40

Vs(0.0-30.0)=357m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $25.84 \pm 2.55$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$25.84 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$22742.5 > 200$	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 1242	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	19.0 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$3.32 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04833  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.249 < 1.29219$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2871 < 1.58$	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



**PSC\_S\_CESARIO, 10 S.CESARIO CANTACUCCO**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 21/07/12 11:58:40 Fine registrazione: 21/07/12 12:18:41

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 662497 4934023

Durata registrazione: 0h20'00".

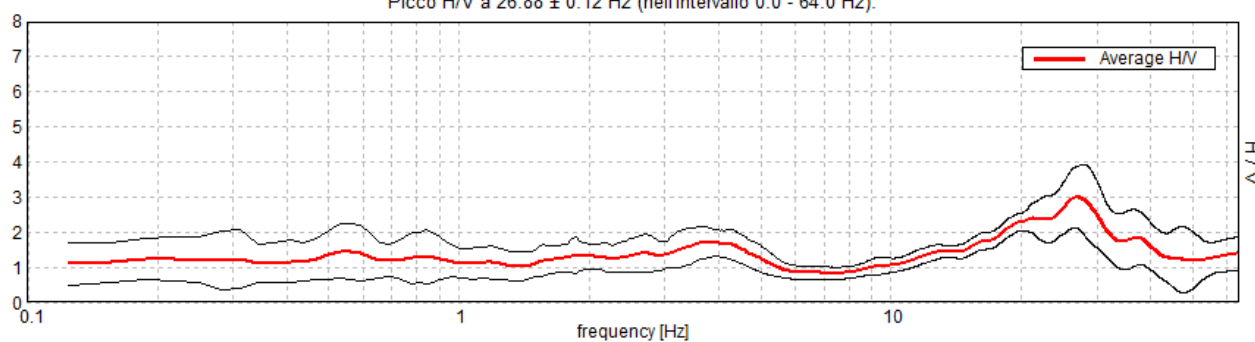
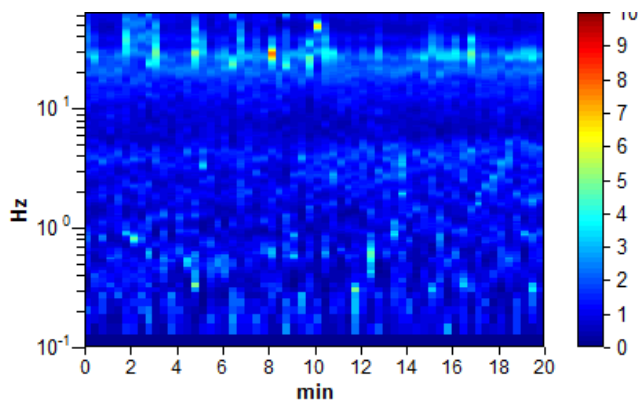
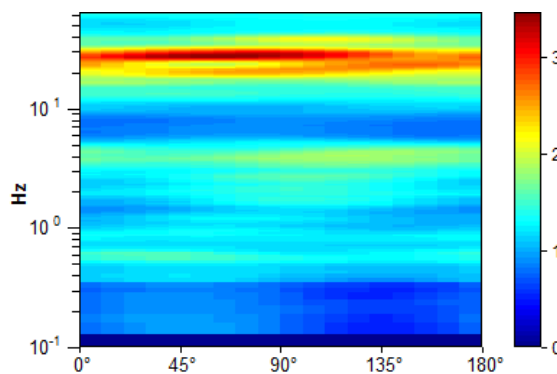
Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

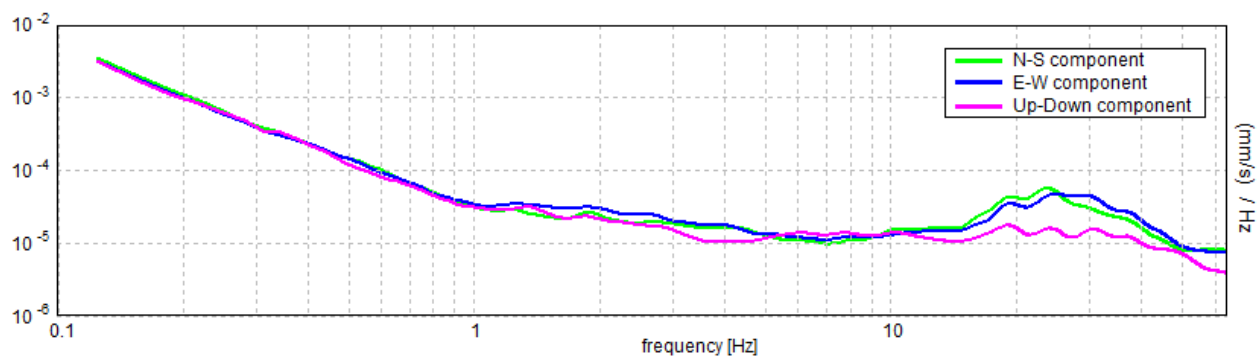
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

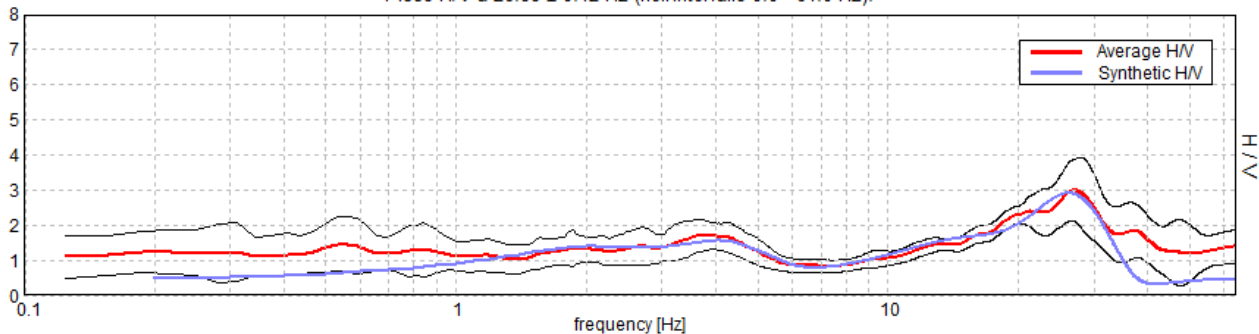
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $26.88 \pm 0.12$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



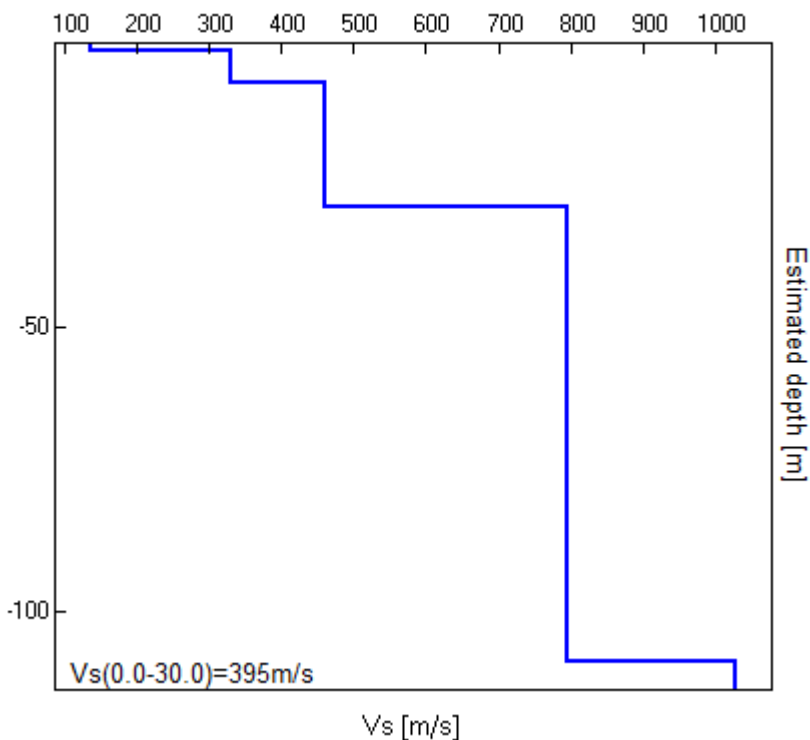
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 26.88 ± 0.12 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.40	1.40	137	0.35
6.80	5.40	331	0.35
28.80	22.00	460	0.38
108.80	80.00	795	0.40
inf.	inf.	1027	0.40

Vs(0.0-30.0)=395m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $26.88 \pm 0.12$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$26.88 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$32250.0 > 200$	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 1291	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	14.875 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	40.781 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.00 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00219  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0588 < 1.34375$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4326 < 1.58$	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

**PSC\_S\_CESARIO, 11 S.CESARIO BAGNESE**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 22/07/12 16:30:00 Fine registrazione: 22/07/12 16:50:01

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 658444 4944065

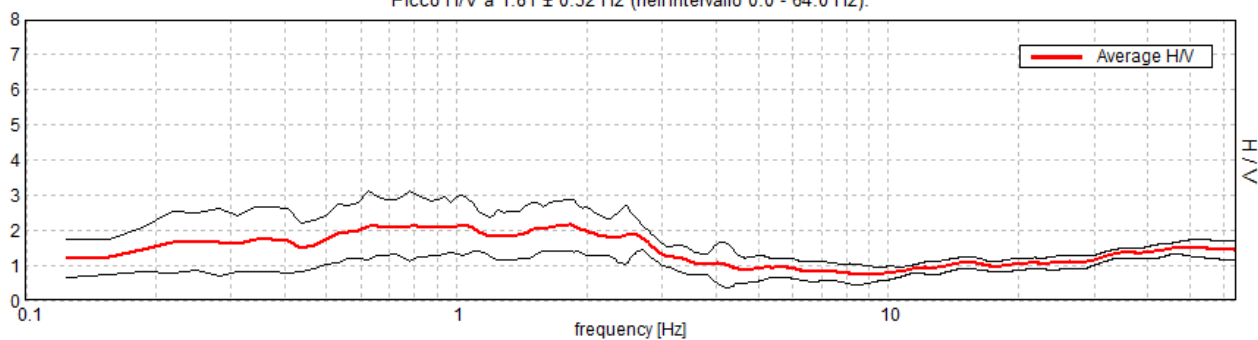
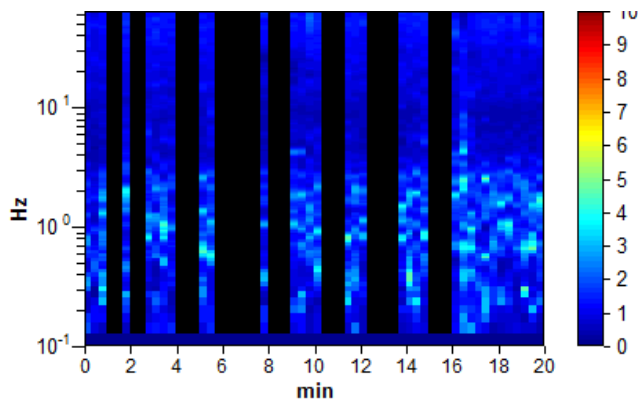
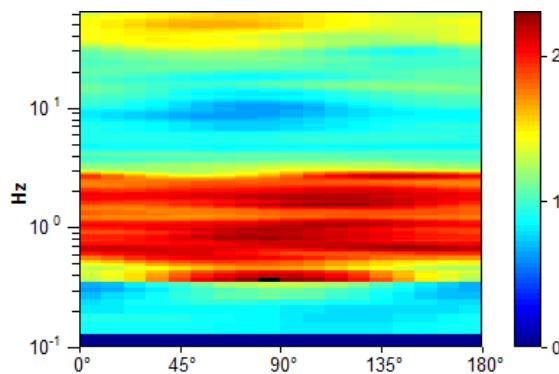
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 57% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

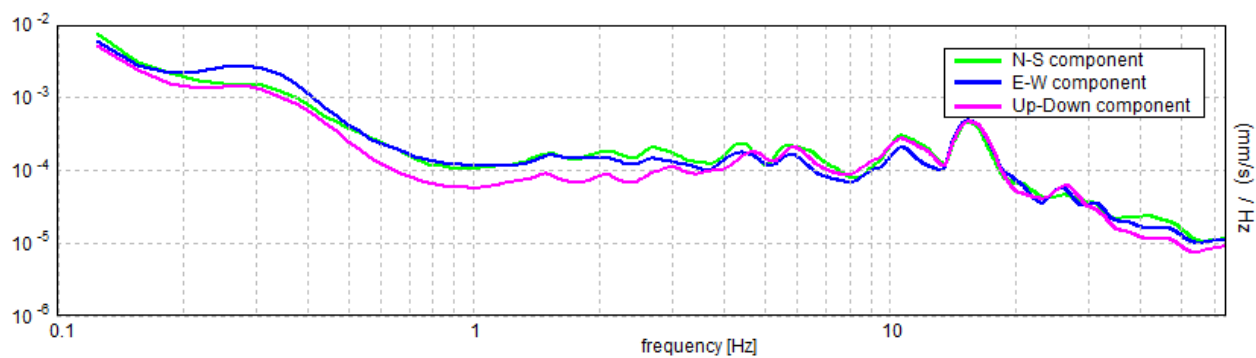
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

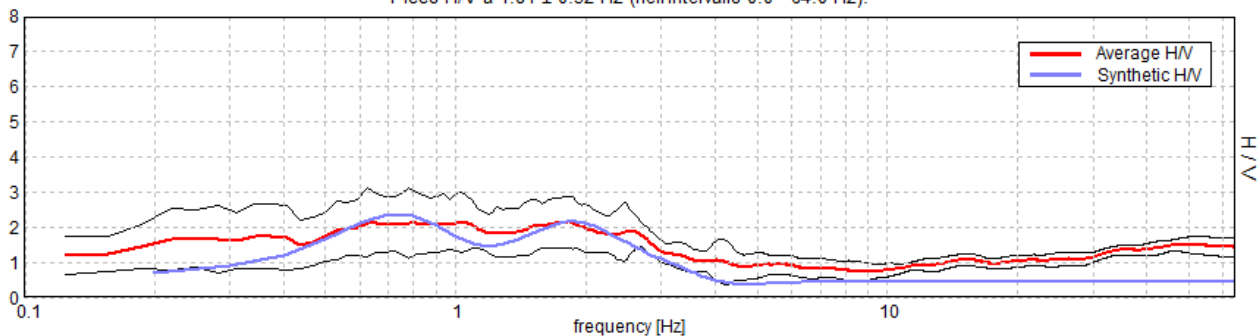
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $1.81 \pm 0.32$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



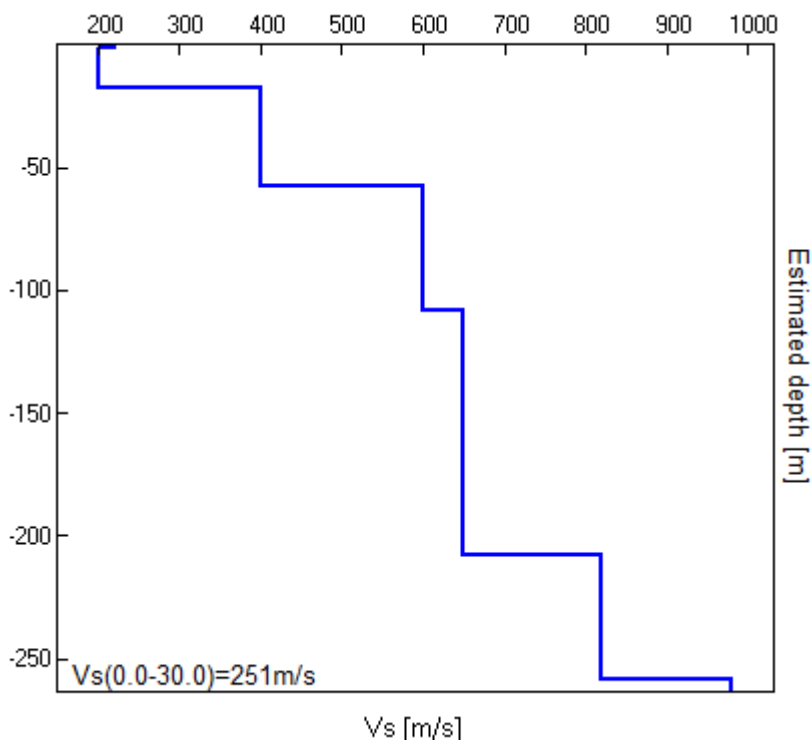
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a  $1.81 \pm 0.32$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	220	0.35
18.00	17.00	200	0.35
58.00	40.00	400	0.38
108.00	50.00	600	0.40
208.00	100.00	650	0.42
258.00	50.00	820	0.42
inf.	inf.	980	0.42

$V_s(0.0-30.0)=251\text{m/s}$



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $1.81 \pm 0.32$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.81 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1232.5 > 200$	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 88	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 $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.15 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0867  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.15714 < 0.18125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3574 < 1.78$	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



**PSC\_S\_CESARIO, 12 S.CESARIO CÀ DEL FITTONE**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 22/07/12 17:04:23 Fine registrazione: 22/07/12 17:24:24

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 659734 4942405

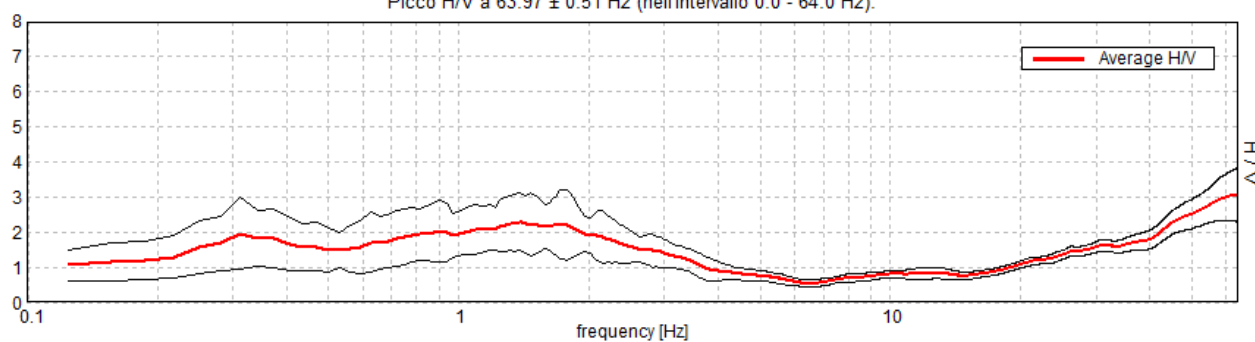
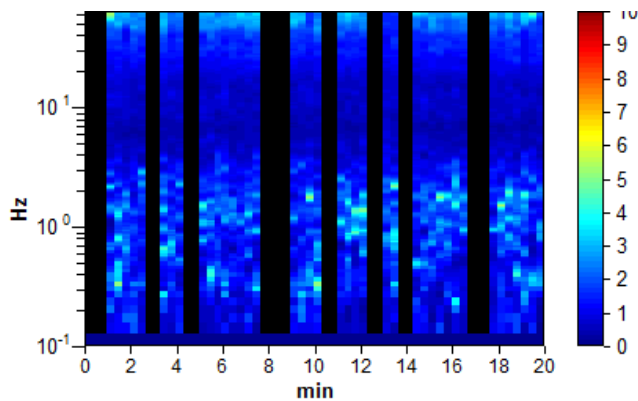
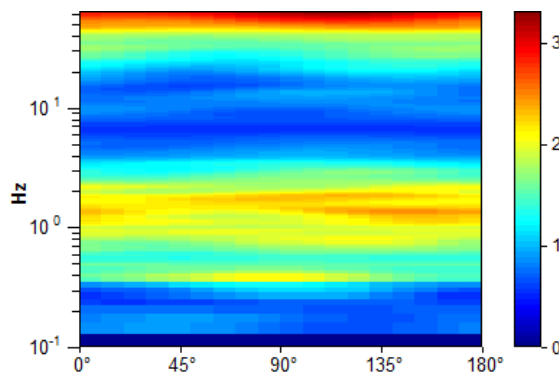
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 67% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

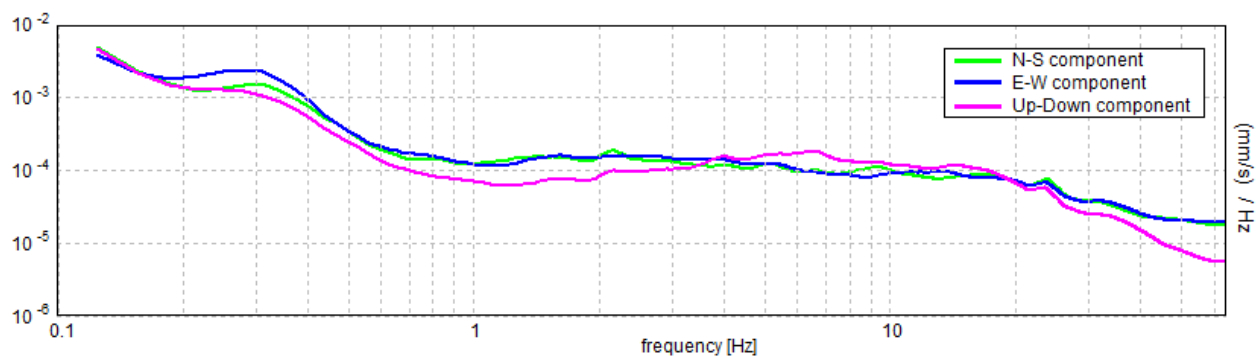
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

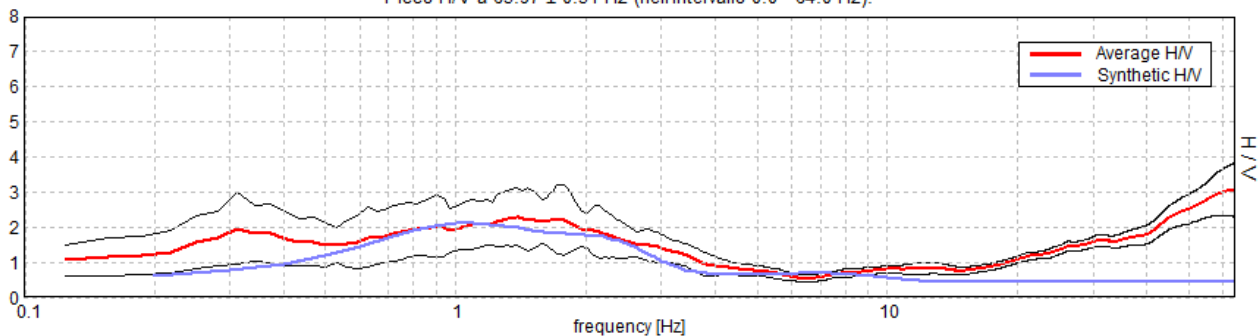
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $63.97 \pm 0.51$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



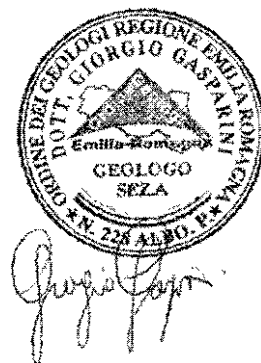
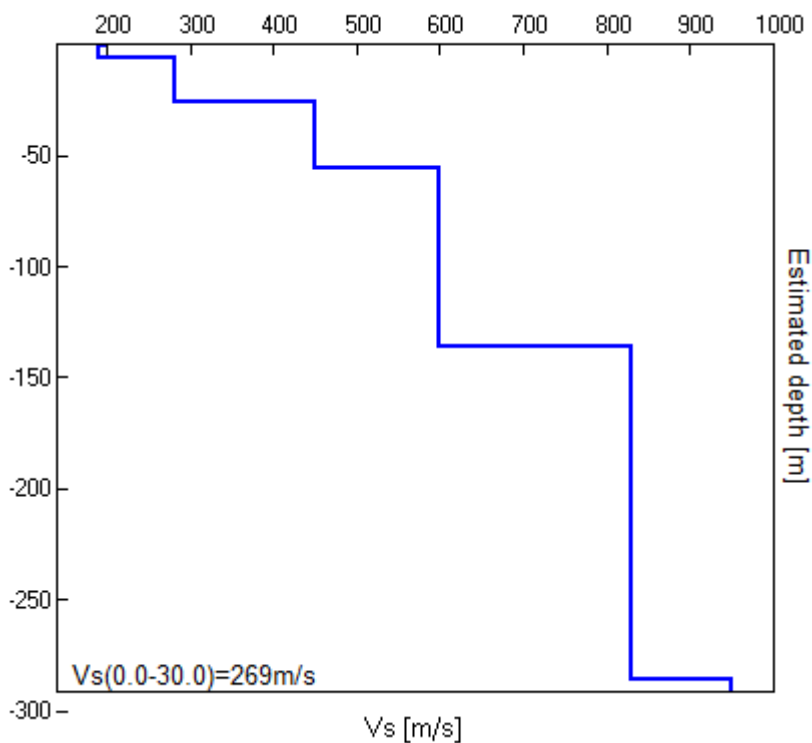
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 63.97 ± 0.51 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	200	0.35
6.00	5.00	190	0.35
26.00	20.00	280	0.35
56.00	30.00	450	0.41
136.00	80.00	600	0.42
286.00	150.00	830	0.42
inf.	inf.	950	0.45

Vs(0.0-30.0)=269m/s



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

**Picco H/V a  $63.97 \pm 0.51$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$63.97 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$51175.0 > 200$	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 1026	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	29.313 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$3.06 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00388  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.24795 < 3.19844$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3787 < 1.58$	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

**PSC\_S\_CESARIO, 13 S.CESARIO S.ANNA NORD**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 22/07/12 17:34:04 Fine registrazione: 22/07/12 17:54:05

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 660198 4941282

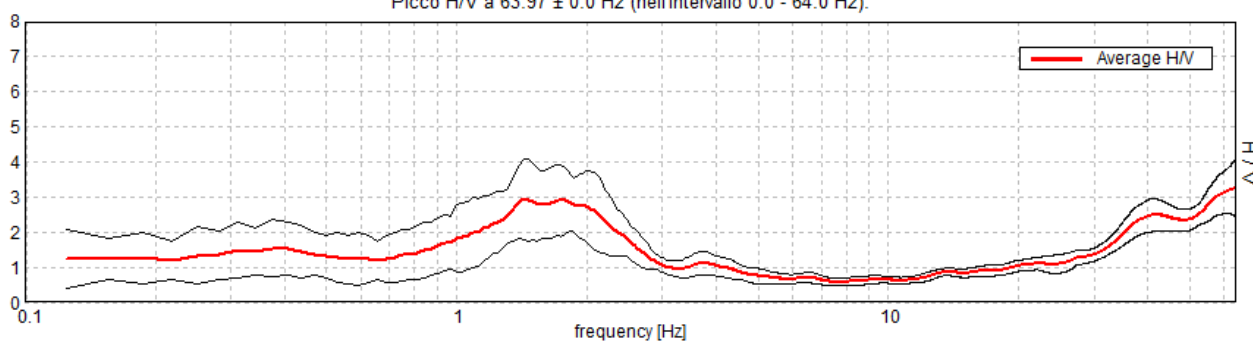
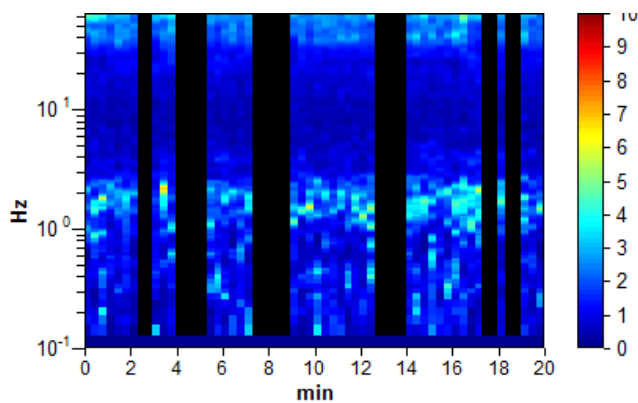
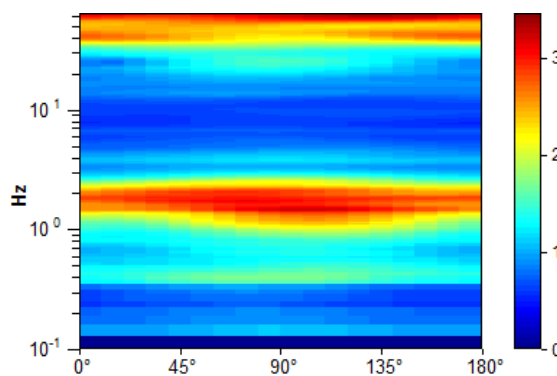
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 68% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

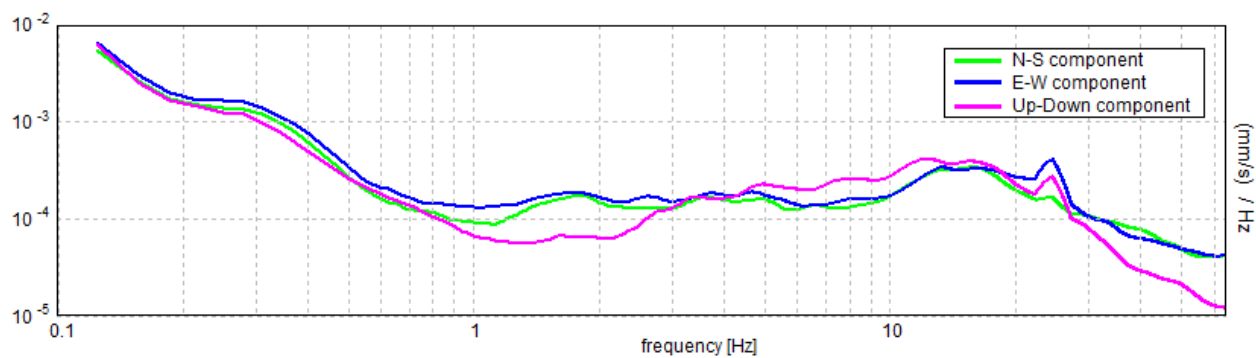
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

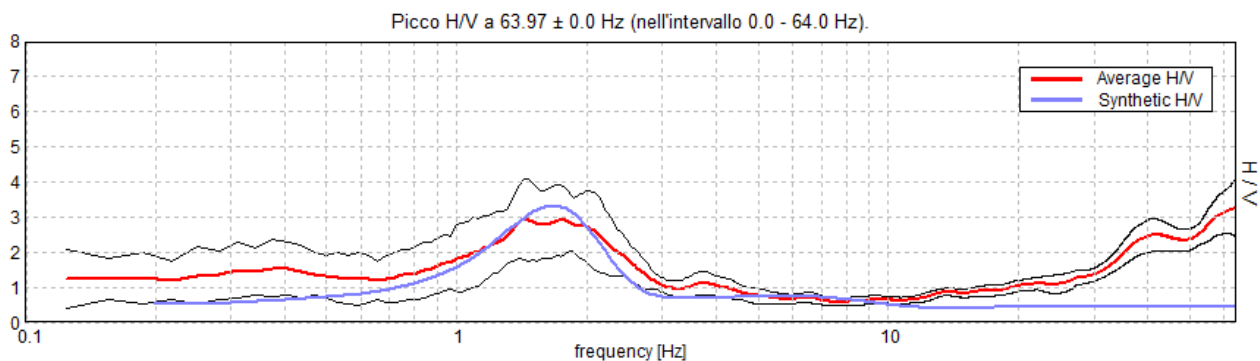
Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $63.97 \pm 0.0$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

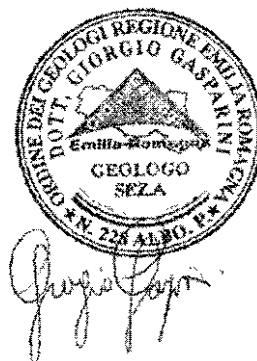
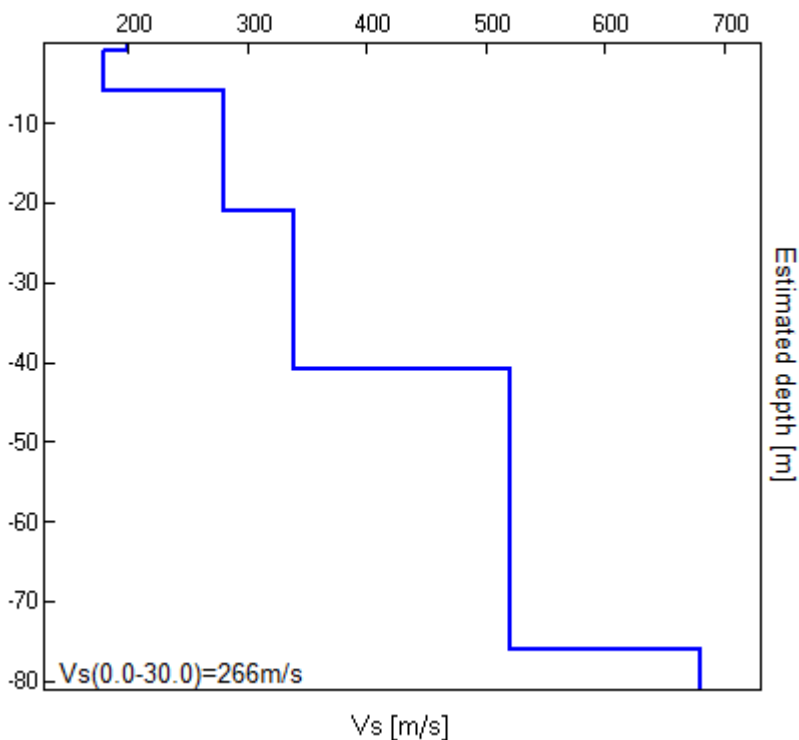


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	200	0.35
6.00	5.00	180	0.35
21.00	15.00	280	0.35
41.00	20.00	340	0.40
76.00	35.00	520	0.40
inf.	inf.	680	0.45

Vs(0.0-30.0)=266m/s



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

**Picco H/V a  $63.97 \pm 0.0$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$63.97 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$52454.4 > 200$	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 1026	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	32.719 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$3.26 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0 < 3.19844$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4116 < 1.58$	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



**PSC\_S\_CESARIO, 14 S.CESARIO VIA DELLA MECCANICA**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 22/07/12 18:13:44 Fine registrazione: 22/07/12 18:33:45

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 661238 4939349

Durata registrazione: 0h20'00".

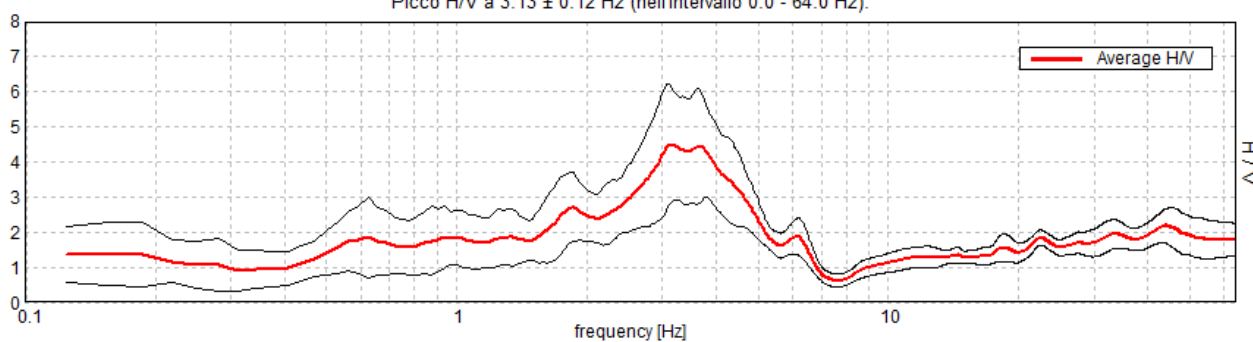
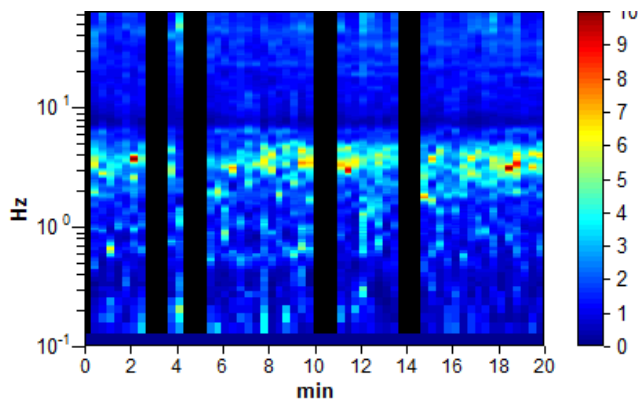
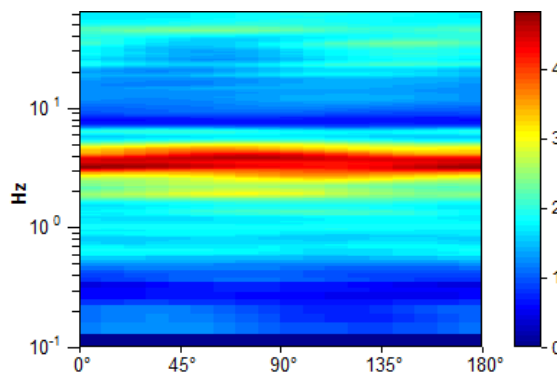
Analizzato 78% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

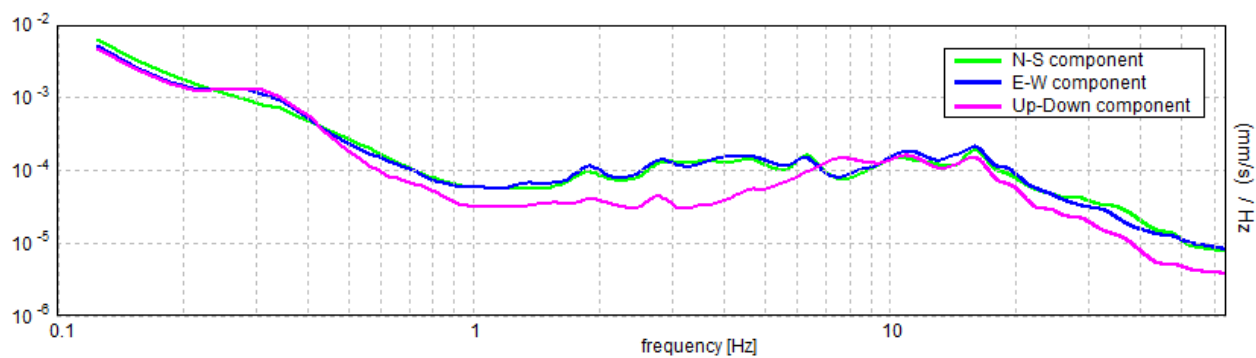
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

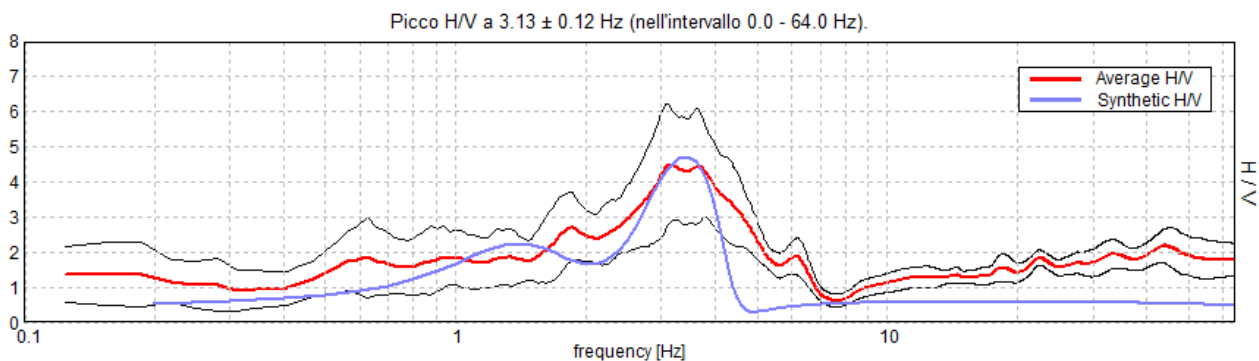
Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $3.13 \pm 0.12$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

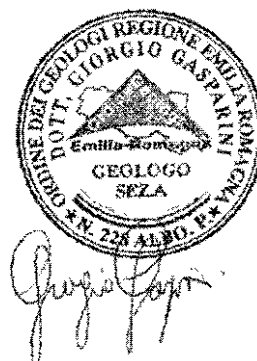
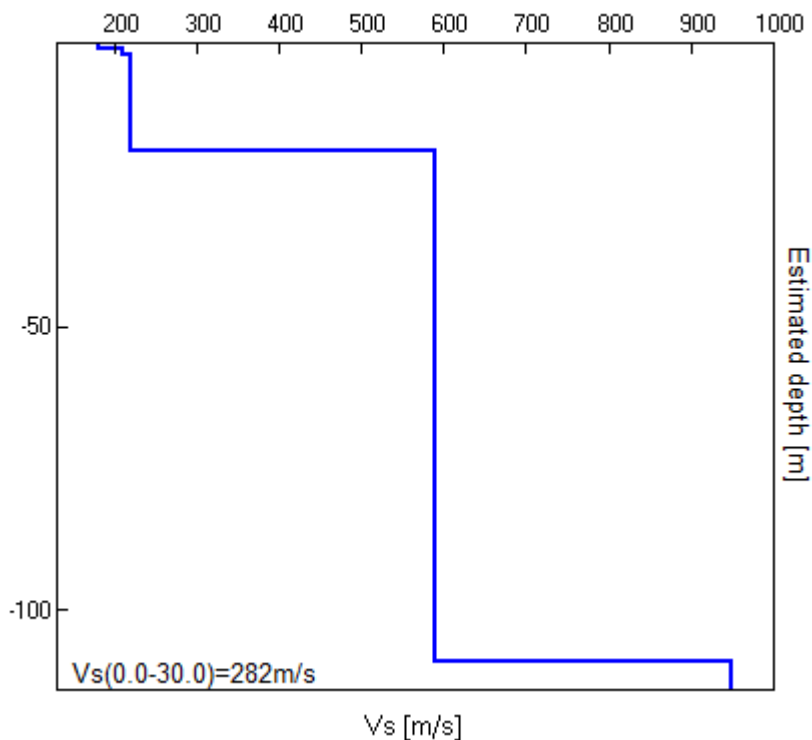


**H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO**



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	180	0.35
2.00	1.00	210	0.35
7.00	5.00	220	0.35
19.00	12.00	220	0.35
109.00	90.00	590	0.40
inf.	inf.	950	0.41

Vs(0.0-30.0)=282m/s



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

**Picco H/V a  $3.13 \pm 0.12$  Hz (nell'intervallo 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	
$n_c(f_0) > 200$	$2937.5 > 200$	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 151	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.688 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.063 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.52 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01903  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.05946 < 0.15625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8245 < 1.58$	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

**PSC\_S\_CESARIO, 15 S.CESARIO MOLINO REPETTO**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 28/07/12 07:33:43 Fine registrazione: 28/07/12 07:53:44

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 661094 4939913

Durata registrazione: 0h20'00".

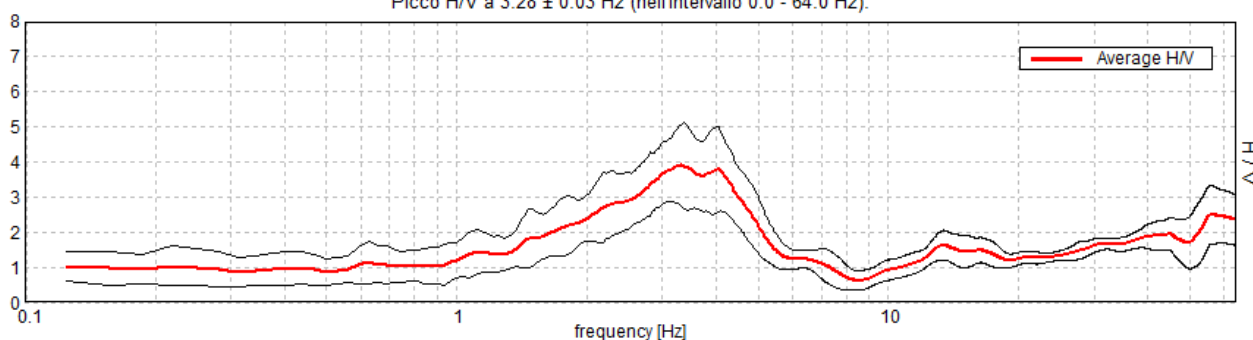
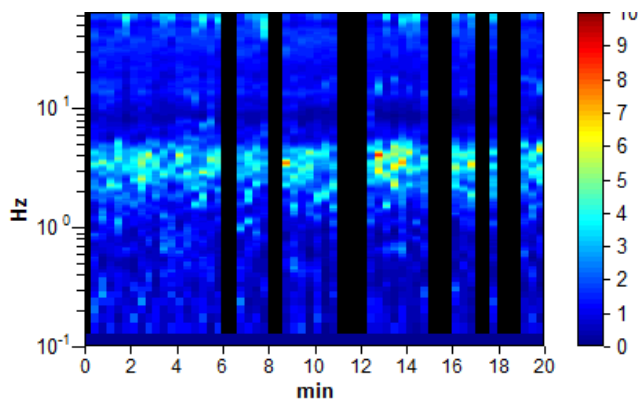
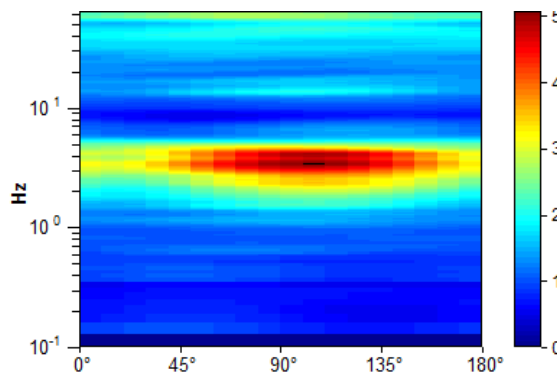
Analizzato 72% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

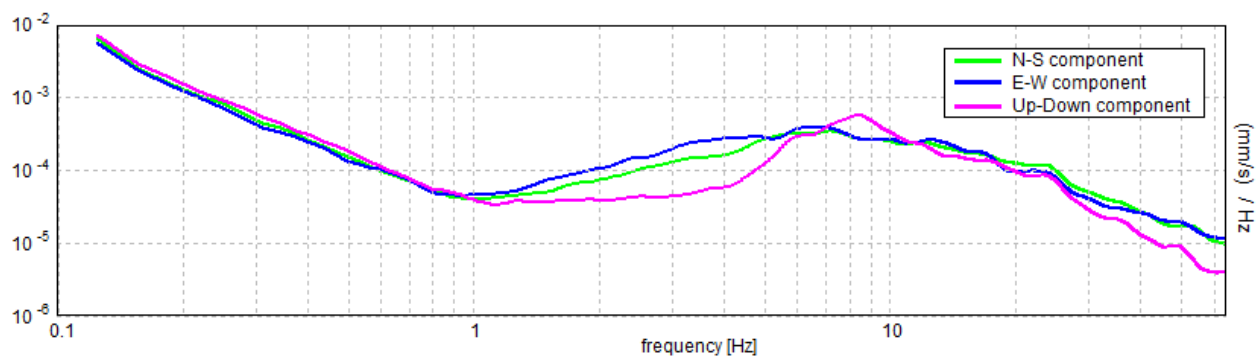
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

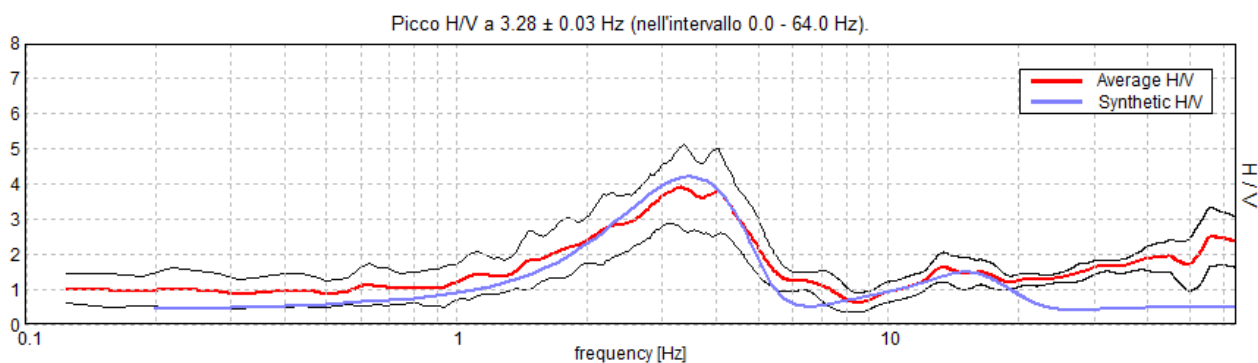
Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $3.28 \pm 0.03$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

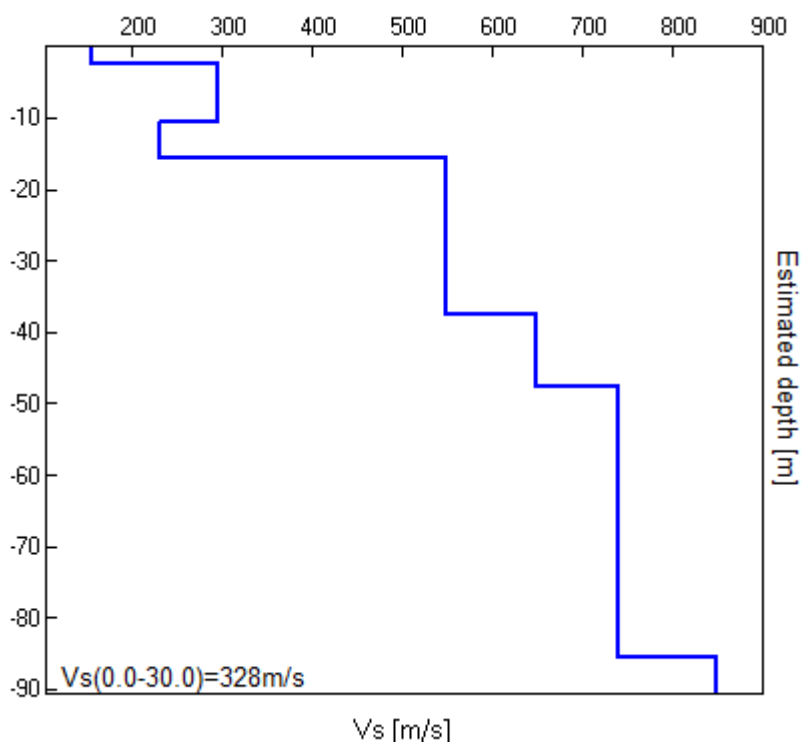


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.50	2.50	155	0.35
10.50	8.00	295	0.35
15.50	5.00	230	0.40
37.50	22.00	550	0.45
47.50	10.00	650	0.45
85.50	38.00	740	0.45
inf.	inf.	850	0.48

Vs(0.0-30.0)=328m/s



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

**Picco H/V a  $3.28 \pm 0.03$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.28 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2821.9 > 200$	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 158	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.625 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.156 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.90 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00494  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01622 < 0.16406$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5507 < 1.58$	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



**PSC\_S\_CESARIO, 16 S.CESARIO VIA BENEDELLO**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 28/07/12 08:07:16 Fine registrazione: 28/07/12 08:27:17

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 659442 4939217

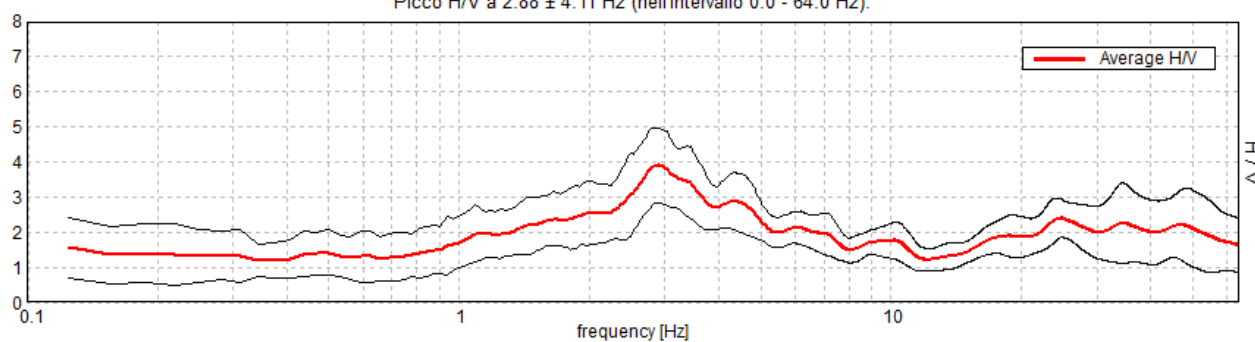
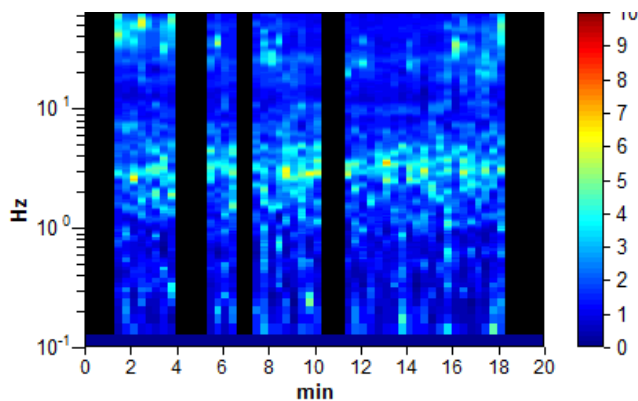
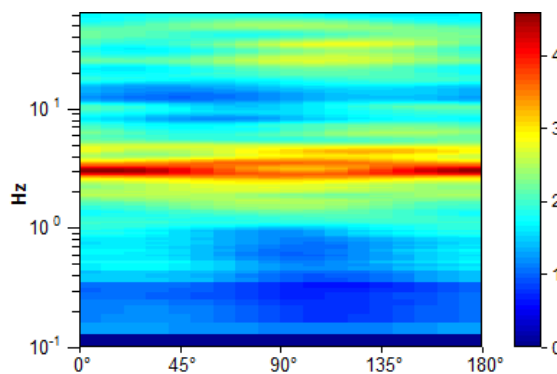
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 70% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

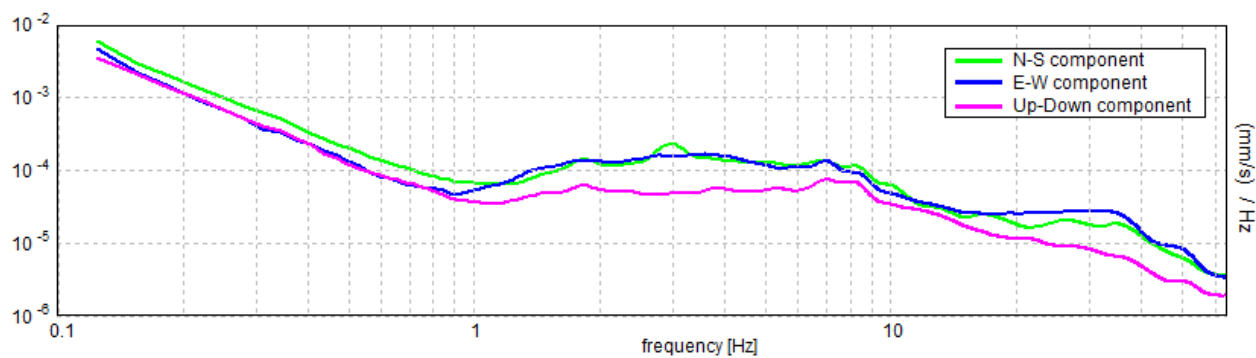
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

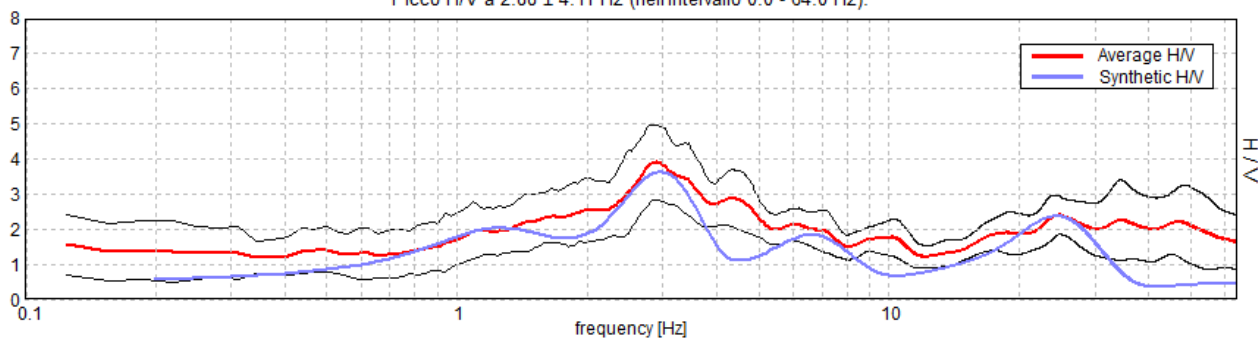
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $2.88 \pm 4.11$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



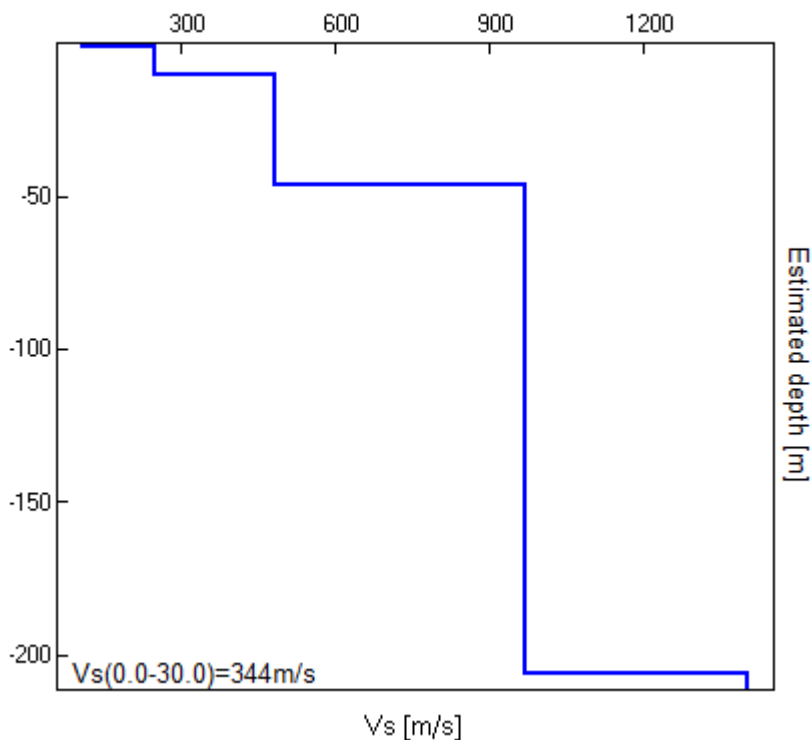
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 2.88 ± 4.11 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.15	1.15	112	0.35
10.15	9.00	250	0.35
46.15	36.00	485	0.38
206.15	160.00	970	0.40
inf.	inf.	1400	0.40

Vs(0.0-30.0)=344m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $2.88 \pm 4.11$  Hz (nell'intervallo 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	
$n_c(f_0) > 200$	2415.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 139	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.25 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.90 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.69966  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.01153 < 0.14375		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5265 < 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

**PSC\_S\_CESARIO, 17 S.CESARIO LUOGO VALLI**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 28/07/12 08:35:02 Fine registrazione: 28/07/12 08:55:03

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 660453 4938903

Durata registrazione: 0h20'00".

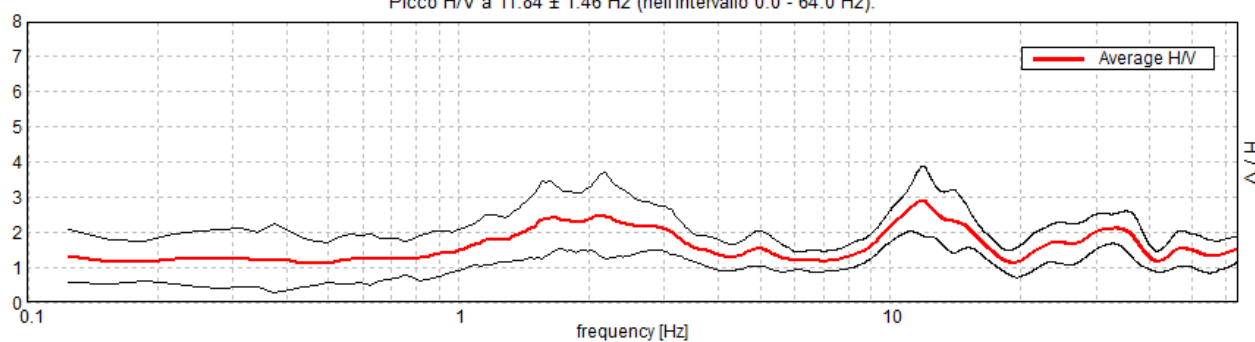
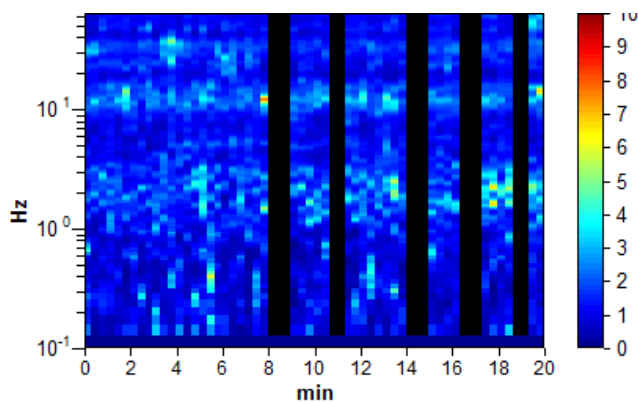
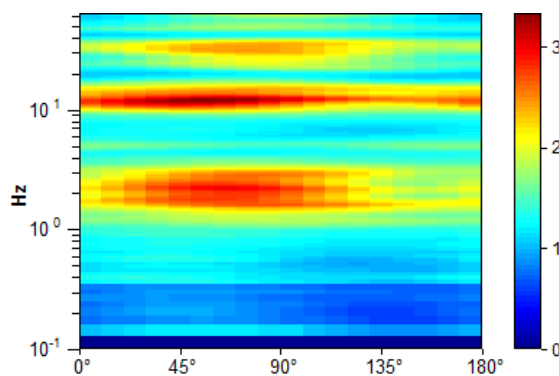
Analizzato 78% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

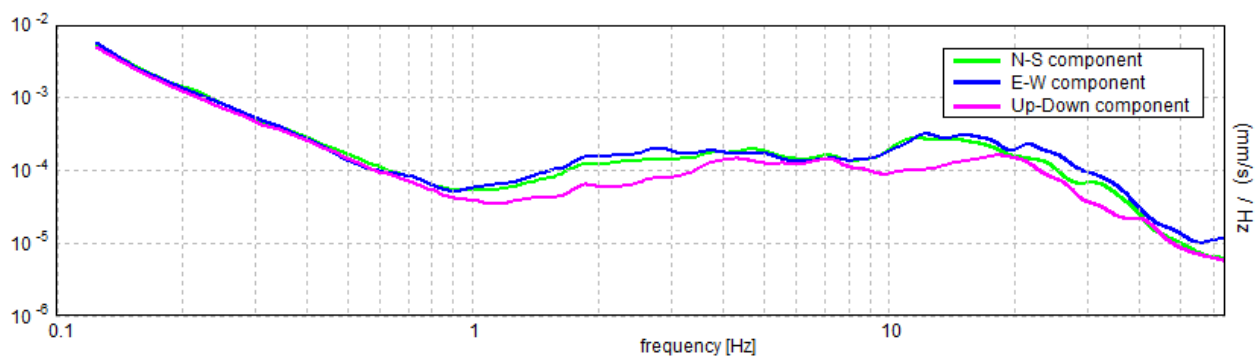
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

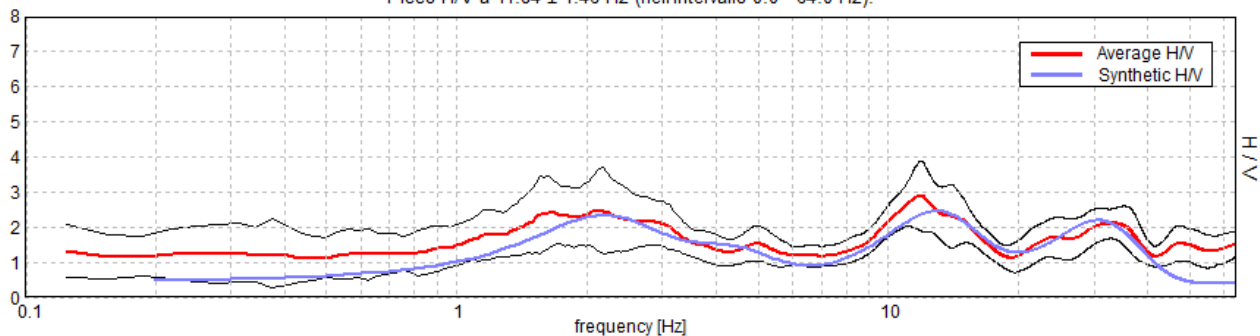
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $11.84 \pm 1.46$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



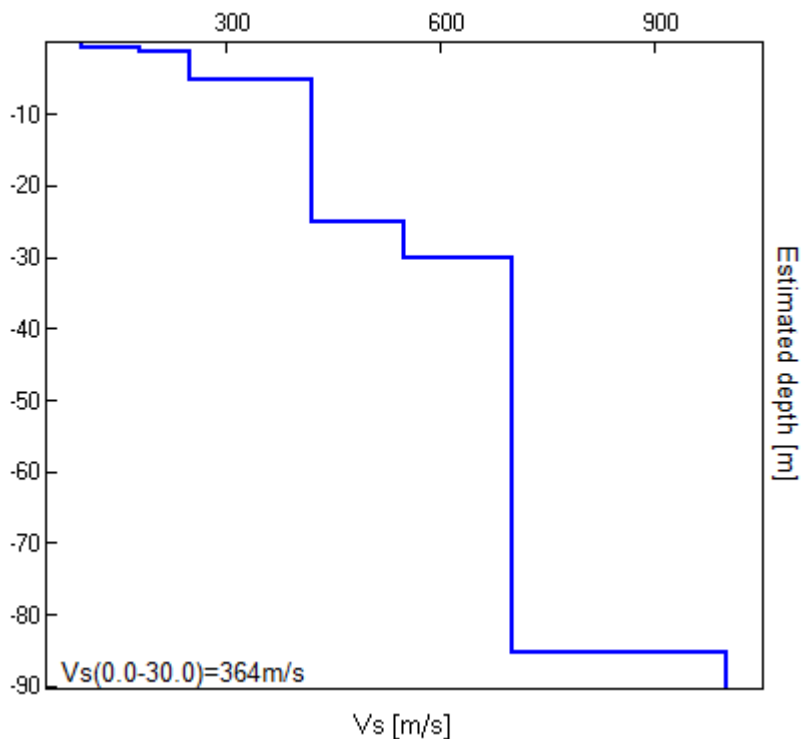
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 11.84 ± 1.46 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.70	0.70	100	0.35
1.40	0.70	180	0.35
2.90	1.50	250	0.40
5.20	2.30	250	0.40
25.20	20.00	420	0.42
30.20	5.00	550	0.42
85.20	55.00	700	0.42
inf.	inf.	1000	0.45

Vs(0.0-30.0)=364m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $11.84 \pm 1.46$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$11.84 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$11133.1 > 200$	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 570	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	8.594 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	17.313 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.89 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.06054  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.71698 < 0.59219$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.483 < 1.58$	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



**PSC\_S\_CESARIO, 18 S.CESARIO CIPOLLA**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 28/07/12 09:03:50 Fine registrazione: 28/07/12 09:23:51

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 659407 4937416

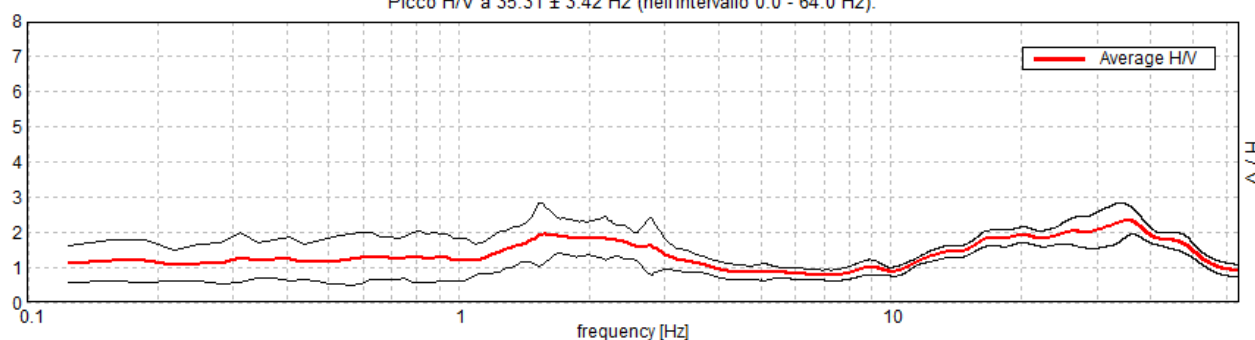
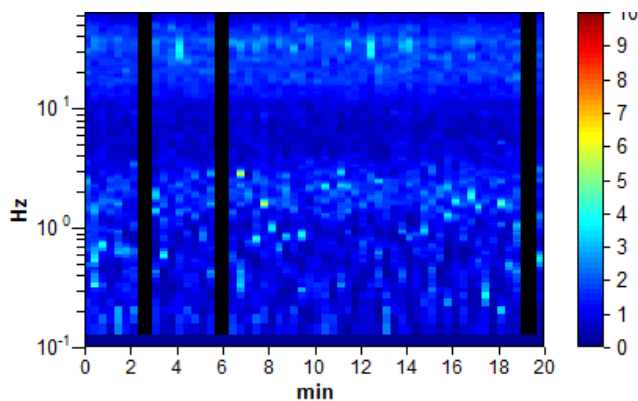
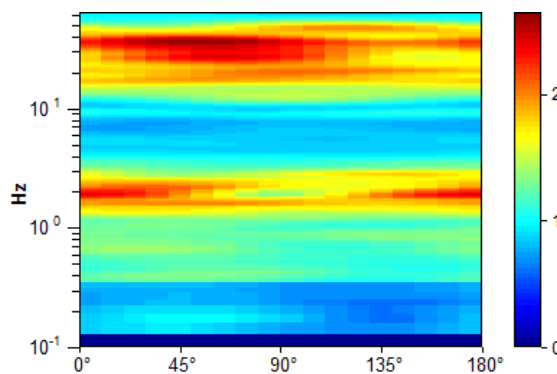
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

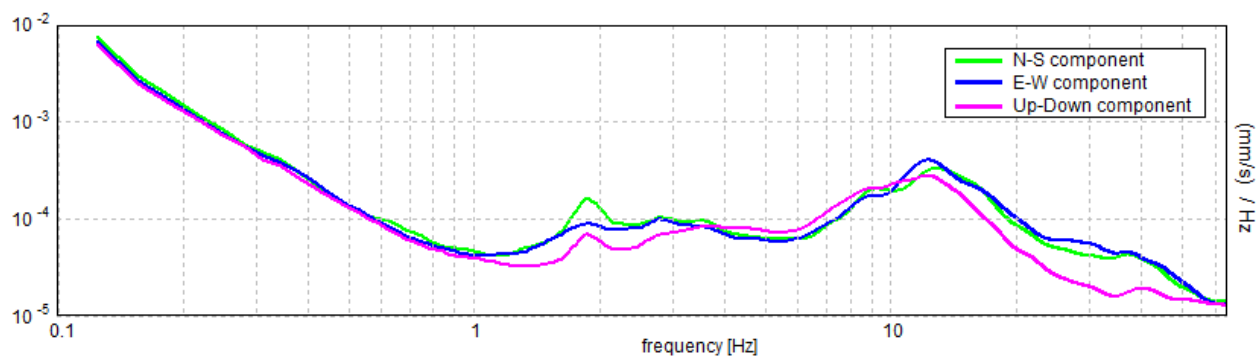
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

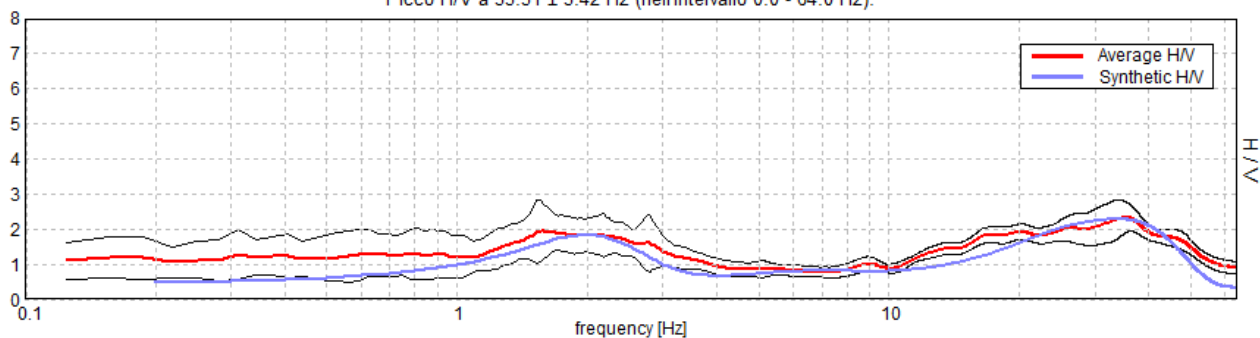
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $35.31 \pm 3.42$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



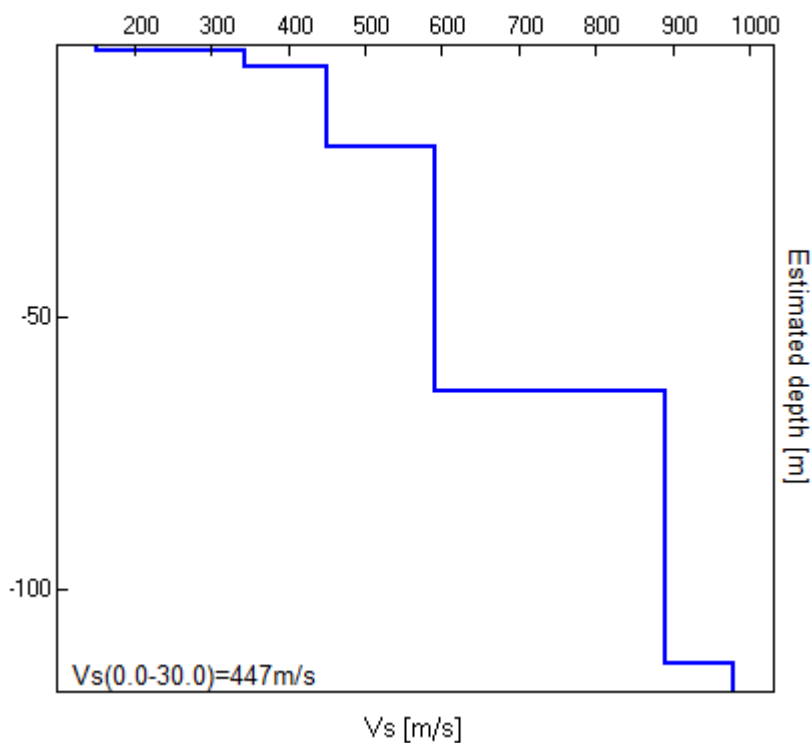
**H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO**

Picco H/V a 35.31 ± 3.42 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	150	0.35
3.80	2.80	345	0.40
18.80	15.00	450	0.42
63.80	45.00	590	0.42
113.80	50.00	890	0.42
inf.	inf.	980	0.42

Vs(0.0-30.0)=447m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $35.31 \pm 3.42$  Hz (nell'intervallo 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	
$n_c(f_0) > 200$	$38137.5 > 200$	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 1484	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	11.5 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	53.688 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.34 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04786  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.68995 < 1.76563$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2177 < 1.58$	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

**PSC\_S\_CESARIO, 19 S.CESARIO BELFIORE**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 28/07/12 09:33:08 Fine registrazione: 28/07/12 09:53:09

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 661105 4937387

Durata registrazione: 0h20'00".

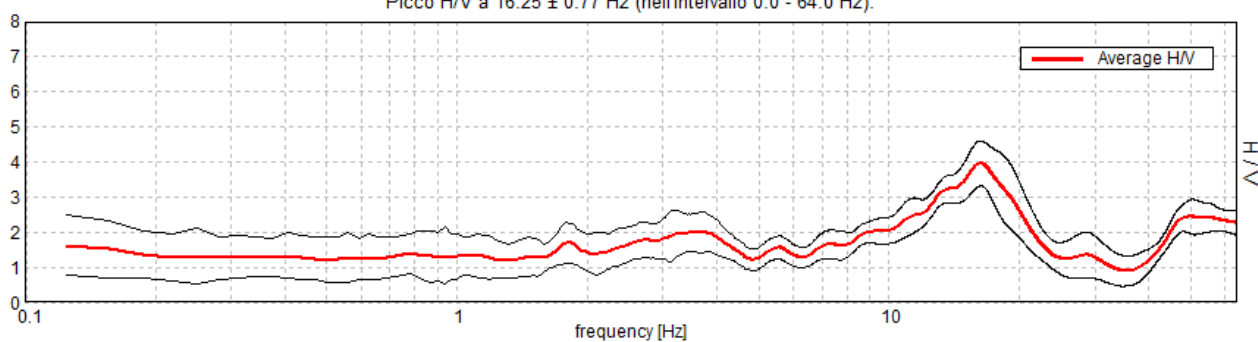
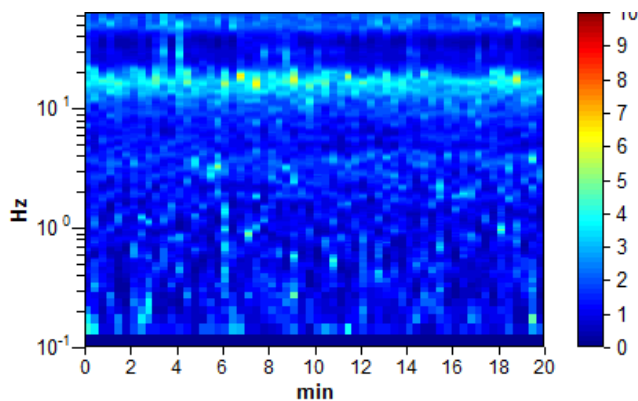
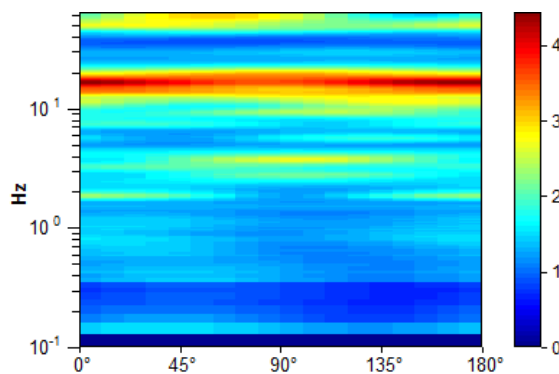
Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

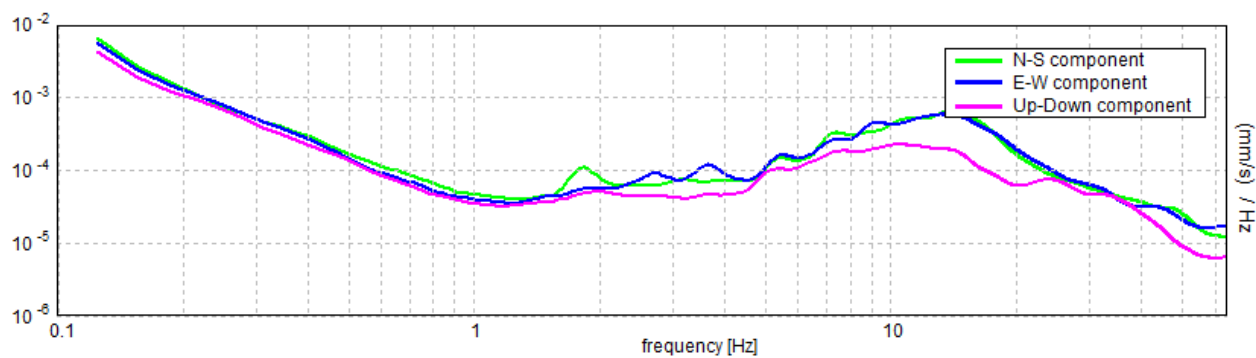
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

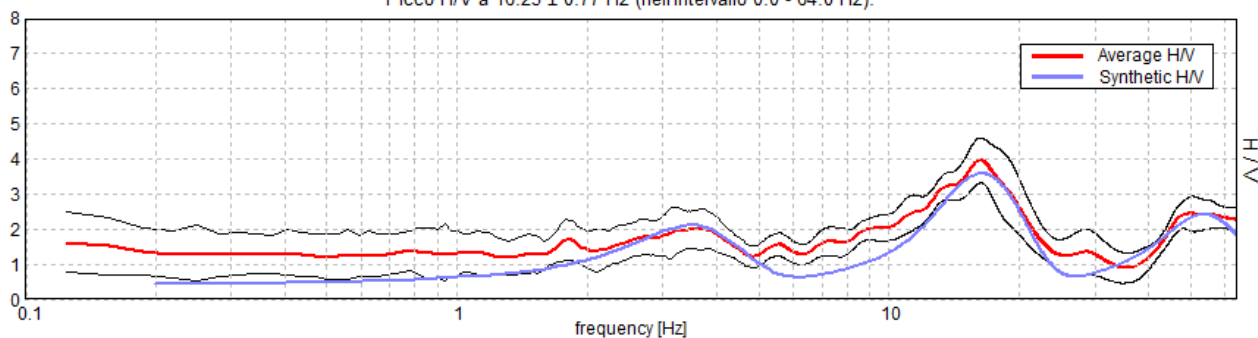
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $16.25 \pm 0.77$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



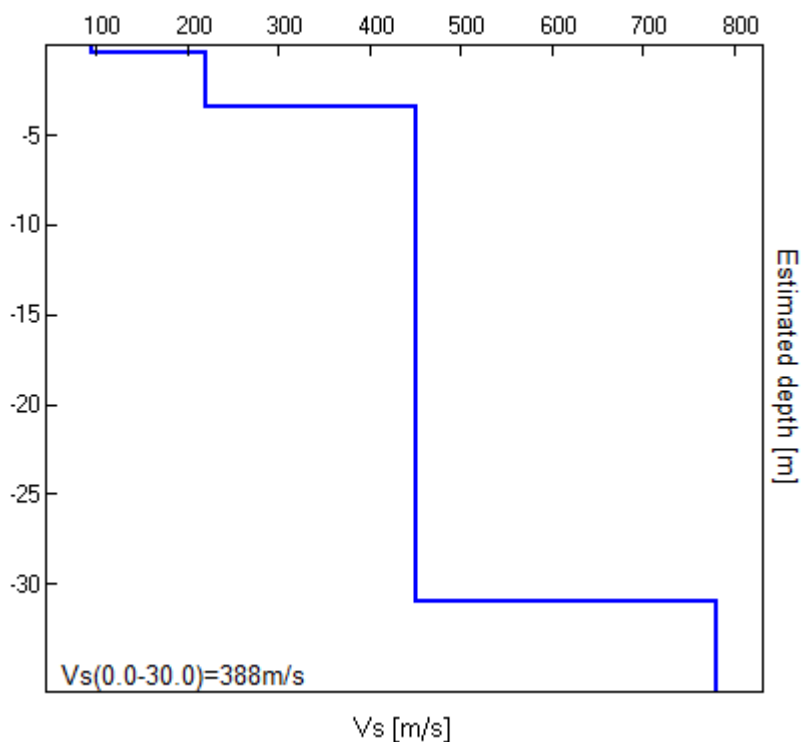
**H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO**

Picco H/V a  $16.25 \pm 0.77$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.45	0.45	95	0.35
3.45	3.00	220	0.40
30.95	27.50	450	0.42
inf.	inf.	780	0.48

$V_s(0.0-30.0)=388\text{m/s}$



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $16.25 \pm 0.77$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$16.25 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$19500.0 > 200$	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 781	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	8.875 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	21.594 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.96 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0234  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.38018 < 0.8125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.318 < 1.58$	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



**PSC\_S\_CESARIO, 20 S.CESARIO PREDIO VALLI**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 28/07/12 10:19:19 Fine registrazione: 28/07/12 10:39:20

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 660788 4938091

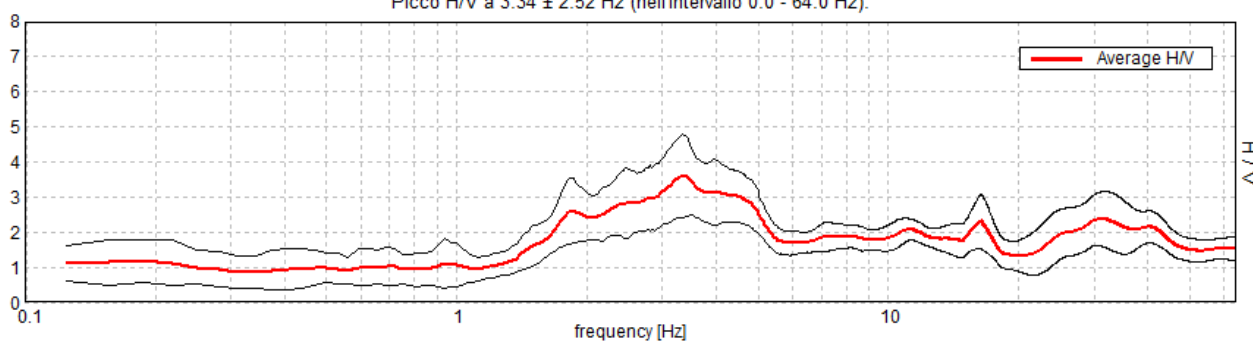
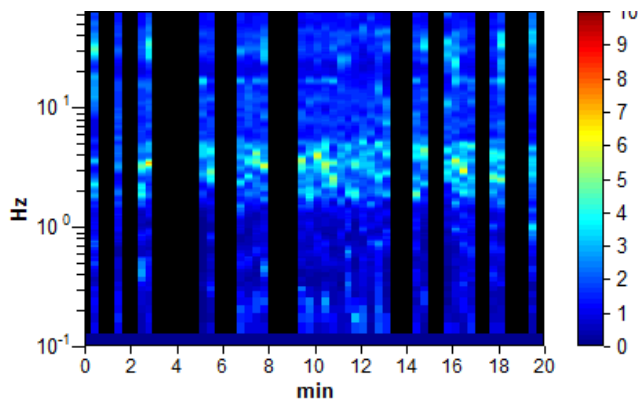
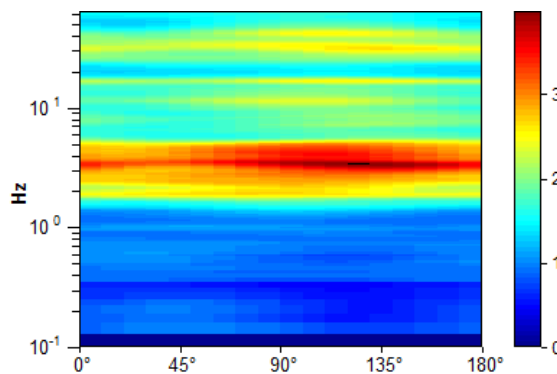
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 52% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

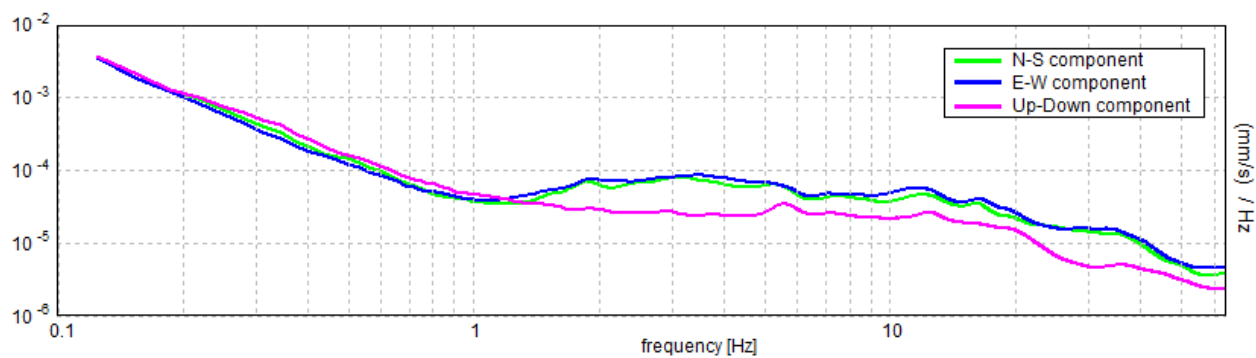
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

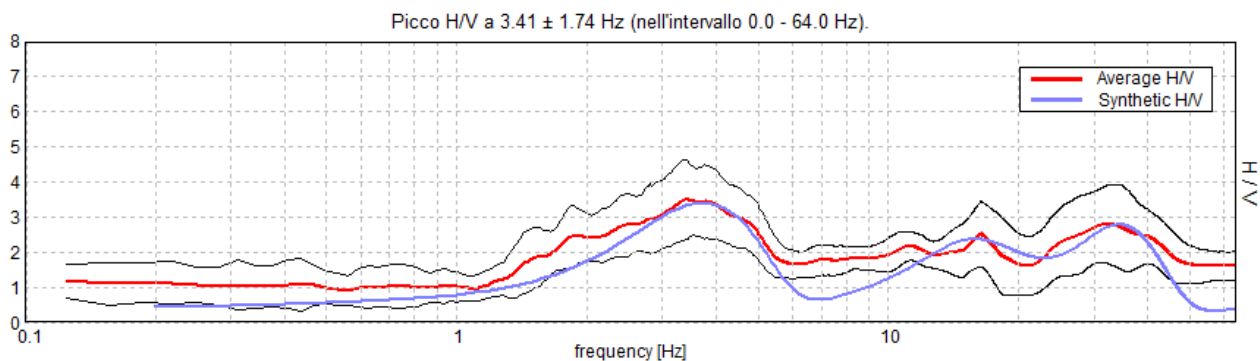
Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $3.34 \pm 2.52$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

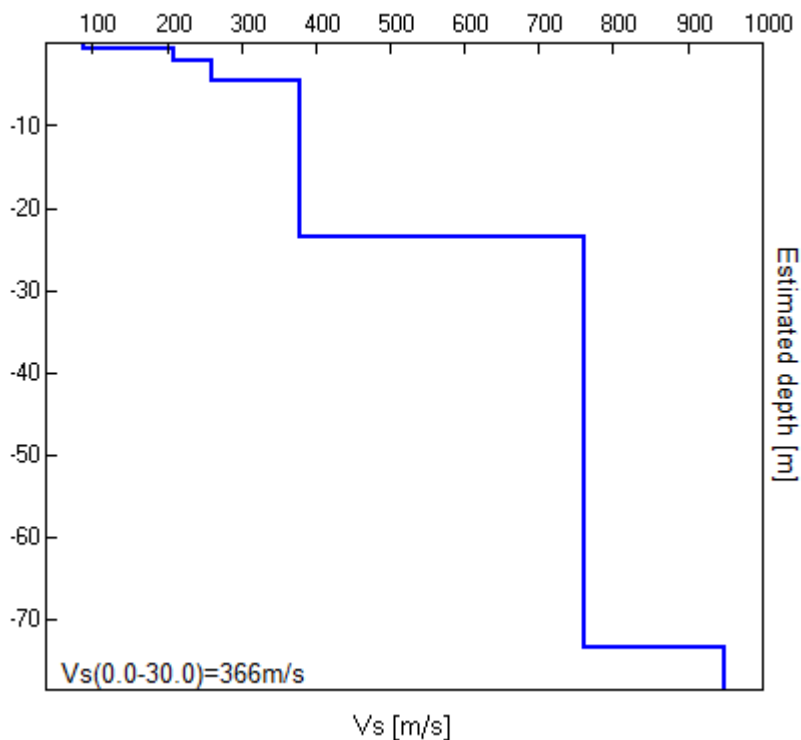


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.65	0.65	88	0.35
2.15	1.50	210	0.38
4.45	2.30	260	0.39
23.45	19.00	380	0.40
73.45	50.00	760	0.45
inf.	inf.	950	0.45

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].

**Picco H/V a  $3.34 \pm 2.52$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.34 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2073.1 > 200$	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 162	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.594 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.59 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.36356  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.21564 < 0.16719$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5696 < 1.58$	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

**PSC\_S\_CESARIO, 21 S.CESARIO SOLIMEI**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 28/07/12 10:55:08 Fine registrazione: 28/07/12 11:15:09

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 662970 4937527

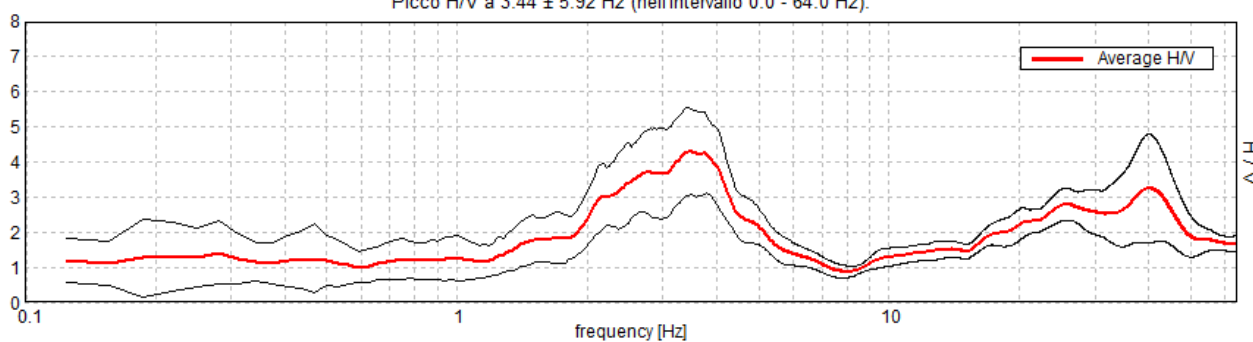
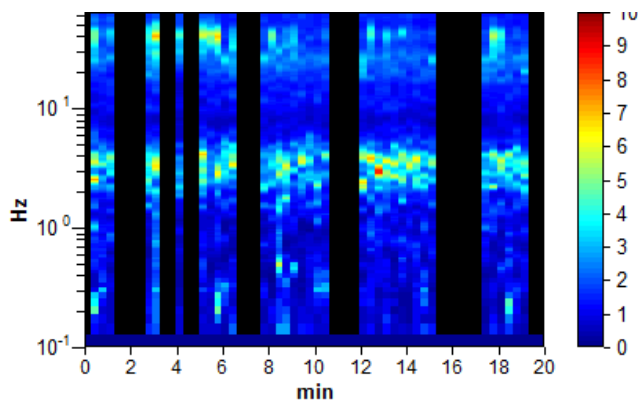
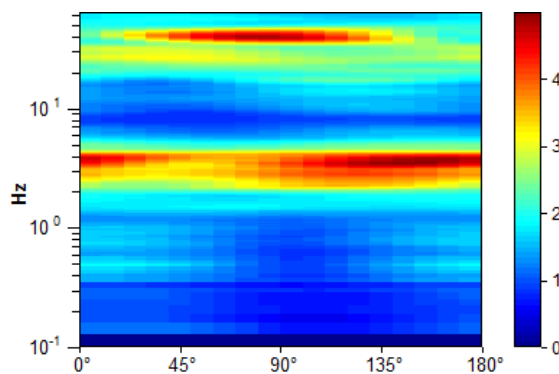
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 60% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

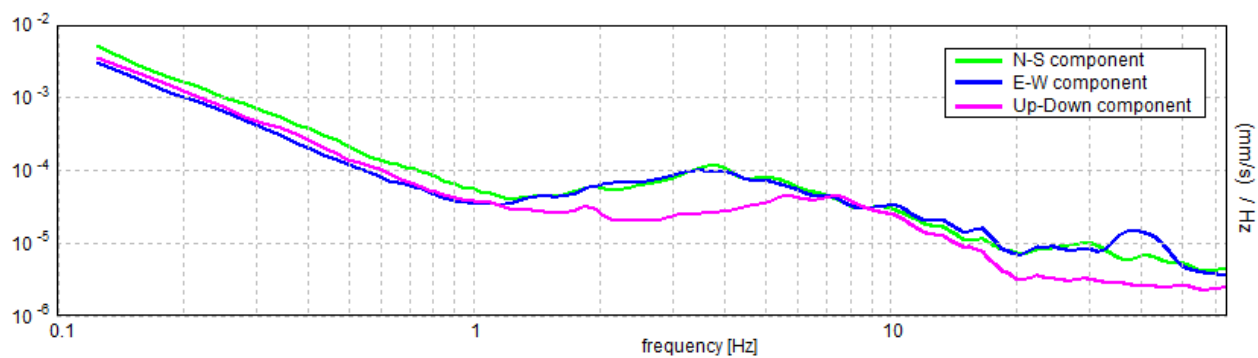
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

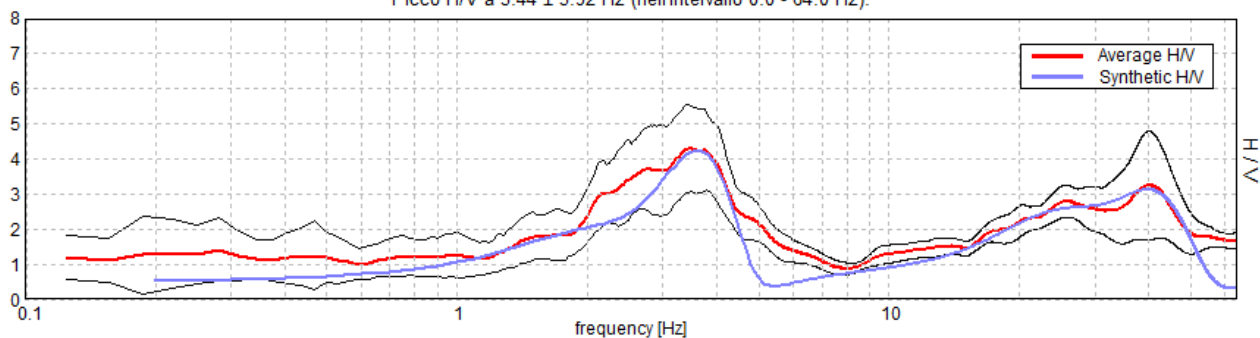
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $3.44 \pm 5.92$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



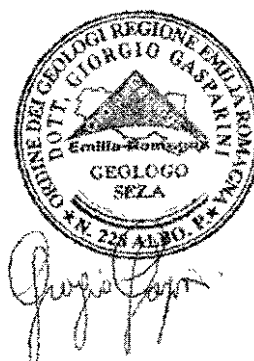
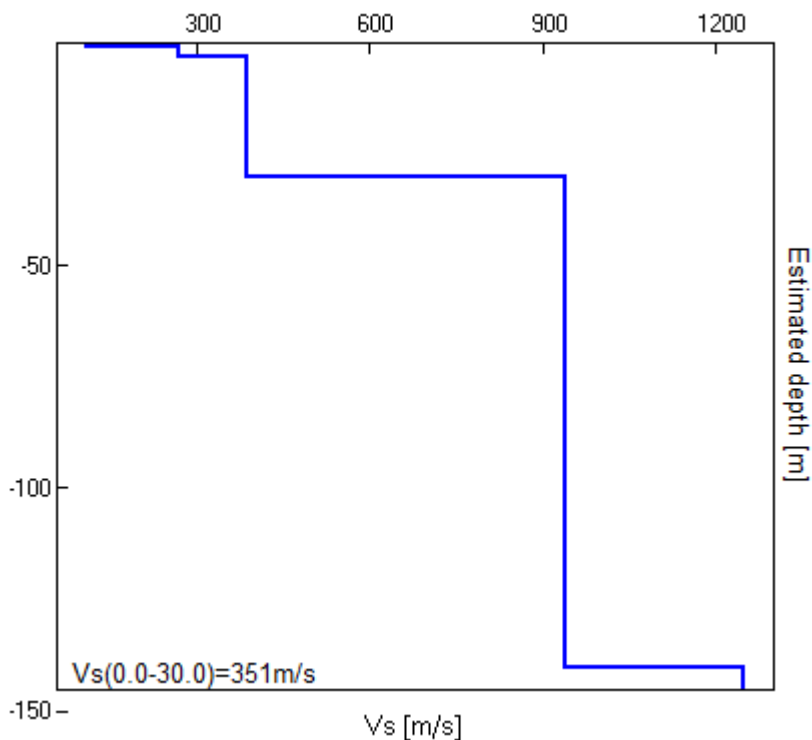
**H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO**

Picco H/V a  $3.44 \pm 5.92$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.72	0.72	107	0.35
3.12	2.40	268	0.35
30.12	27.00	385	0.38
140.12	110.00	940	0.40
inf.	inf.	1250	0.40

Vs(0.0-30.0)=351m/s



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

**Picco H/V a  $3.44 \pm 5.92$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.44 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2475.0 > 200$	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 166	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 $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.31 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.83645  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$2.8753 < 0.17188$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6102 < 1.58$	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



**PSC\_S\_CESARIO, 22 S.CESARIO BECCASTECCA**

Strumento: TR-0006/01-05

Inizio registrazione: 28/07/12 11:35:19 Fine registrazione: 28/07/12 11:55:20

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 661799 4938566

Durata registrazione: 0h20'00".

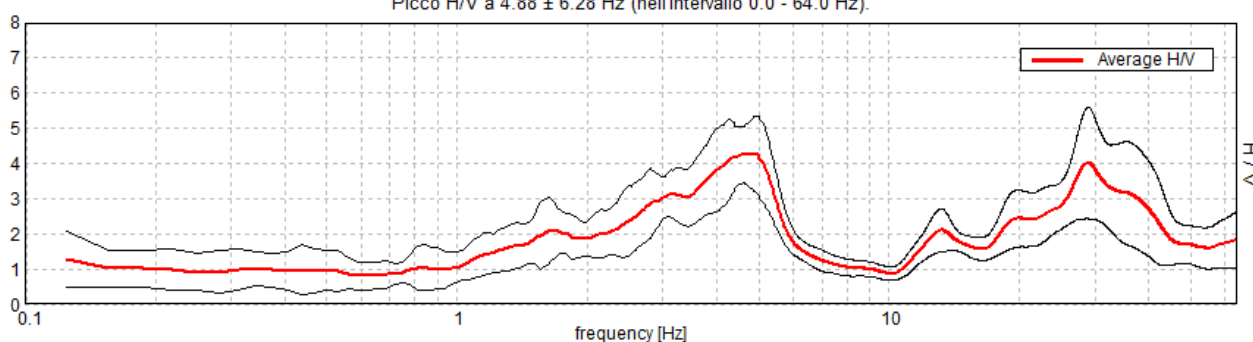
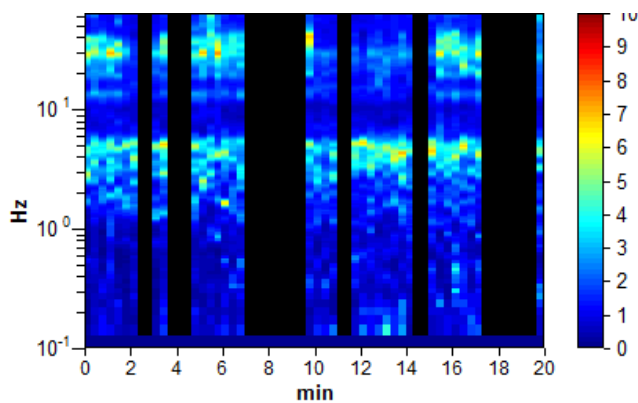
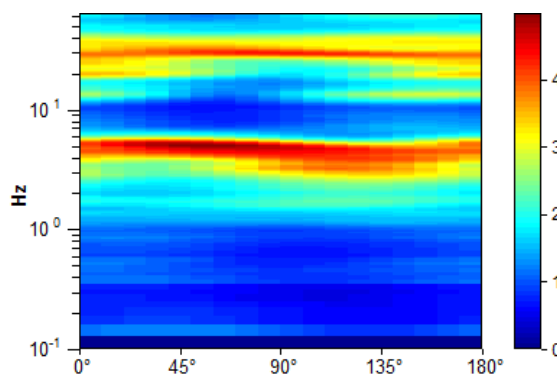
Analizzato 60% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

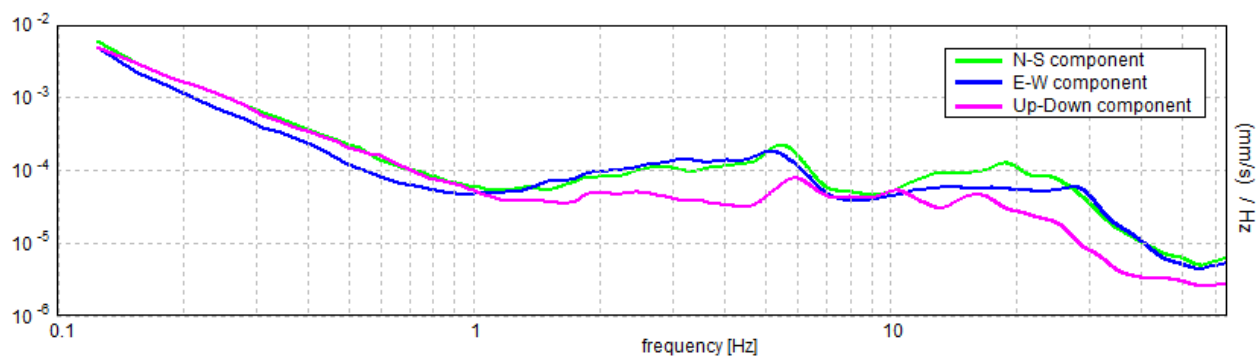
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

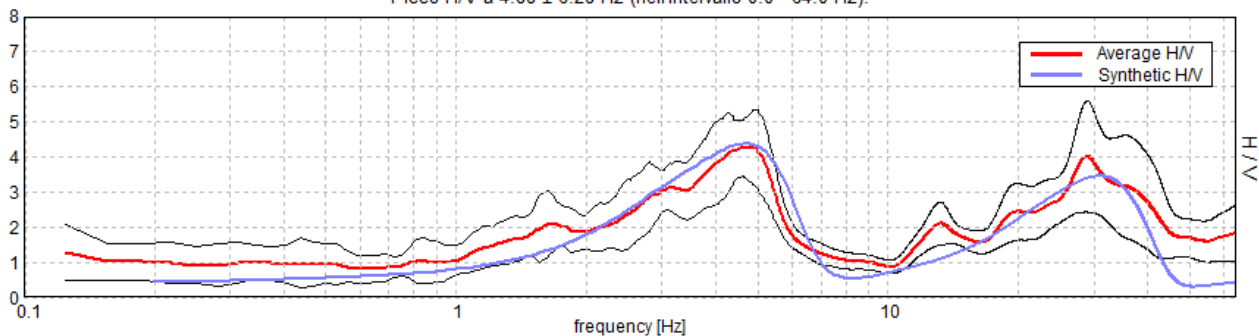
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $4.88 \pm 6.28$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



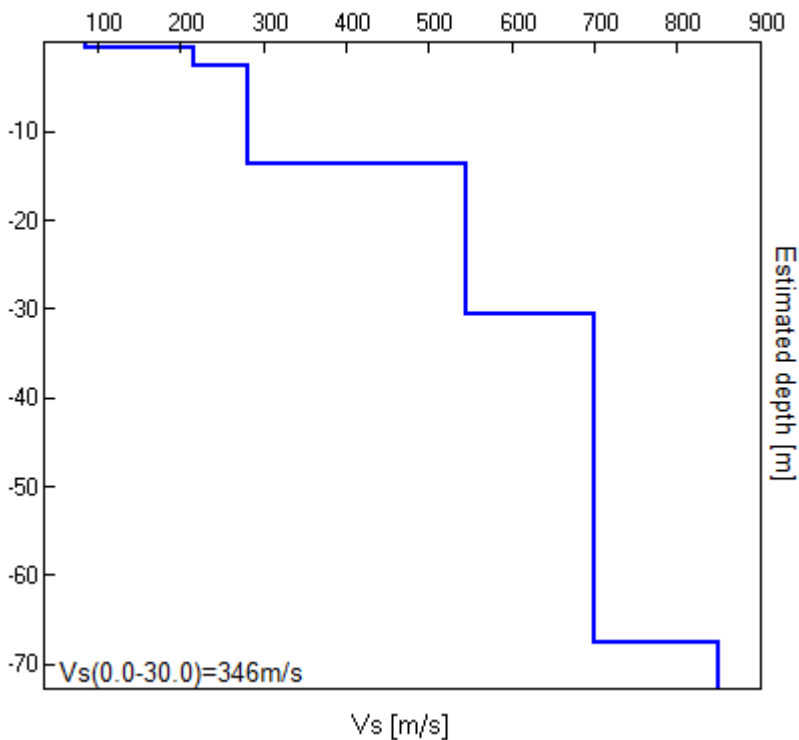
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a  $4.88 \pm 6.28$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.70	0.70	85	0.35
2.70	2.00	215	0.38
13.70	11.00	280	0.40
30.70	17.00	545	0.45
67.70	37.00	700	0.48
inf.	inf.	850	0.48

$V_s(0.0-30.0)=346\text{m/s}$



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $4.88 \pm 6.28$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	4.88 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	3510.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 235	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.344 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.781 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.28 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.62564  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	3.04998 < 0.24375		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5184 < 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:  
registrazioni di rumore sismico ambientale a stazione singola (HVSR)**

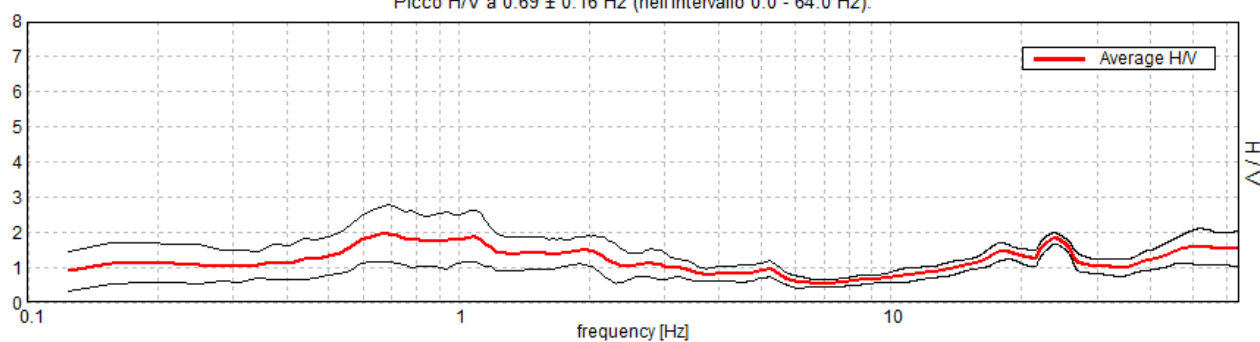
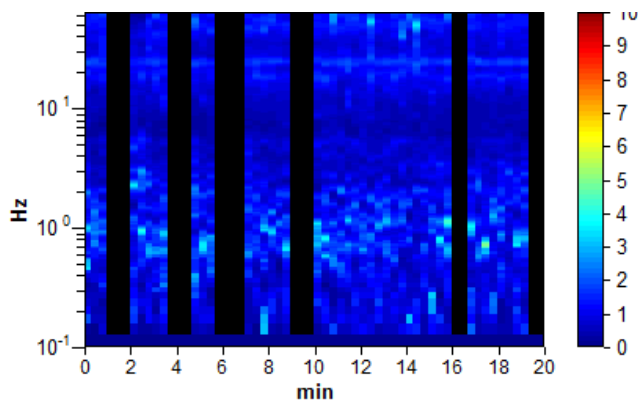
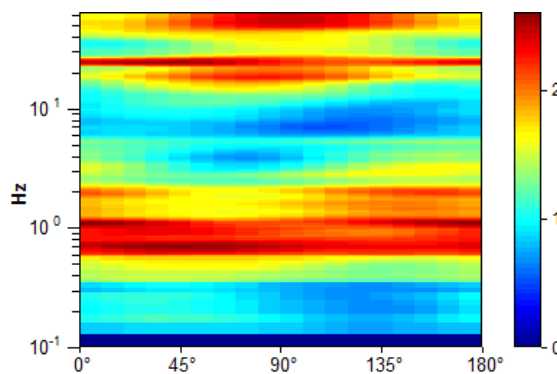
***- Eseguite nel 2014 -***



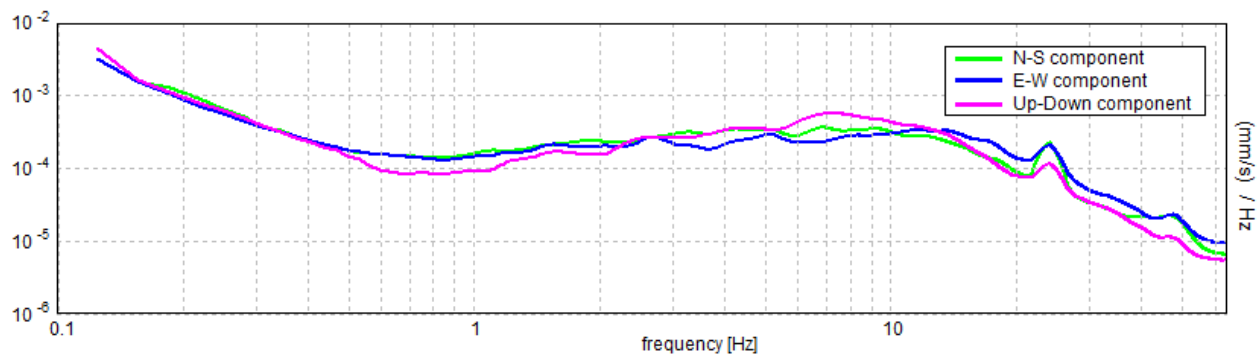
**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_1**

Strumento: TRZ-0187/01-12  
 Inizio registrazione: 06/06/14 10:43:01 Fine registrazione: 06/06/14 11:03:01  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 659307 4944141

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 72% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $0.69 \pm 0.16$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

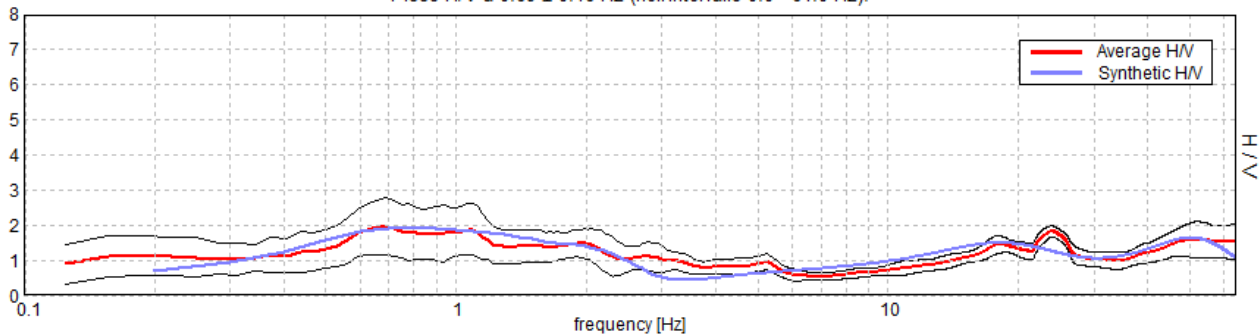
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





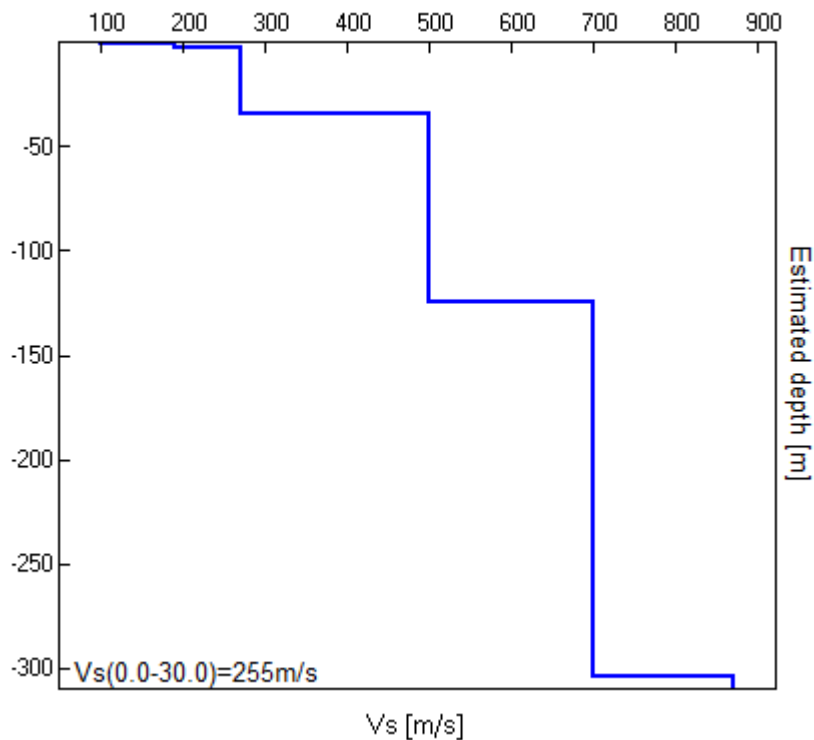
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a  $0.69 \pm 0.16$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.50	0.50	100	0.42
2.60	2.10	190	0.42
34.60	32.00	270	0.42
124.60	90.00	500	0.42
304.60	180.00	700	0.42
inf.	inf.	870	0.45

Vs(0.0-30.0)=255m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $0.69 \pm 0.16$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	0.69 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	591.3 > 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 34	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
$A_0 > 2$	1.97 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.23084  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.1587 < 0.10313		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.8274 < 2.0	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_2**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 06/06/14 11:13:41 Fine registrazione: 06/06/14 11:33:41

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 658670 4943366

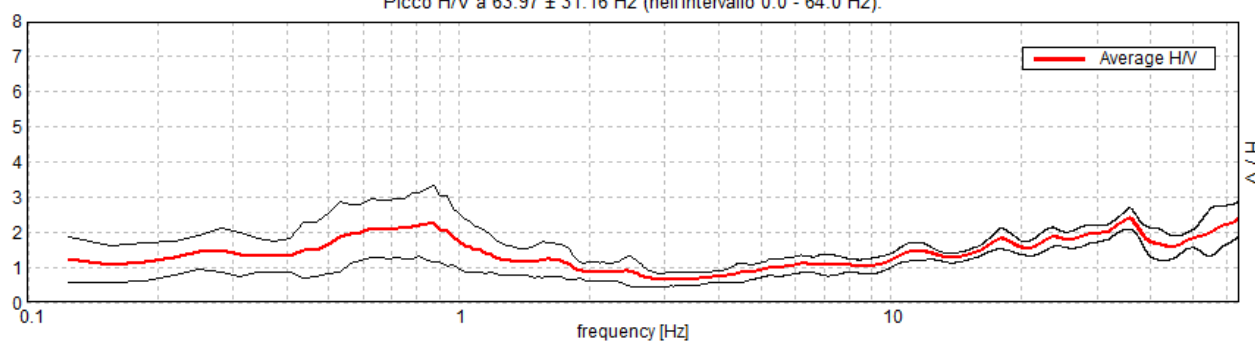
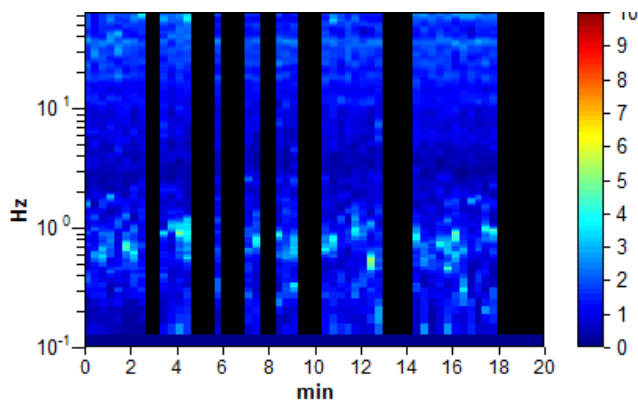
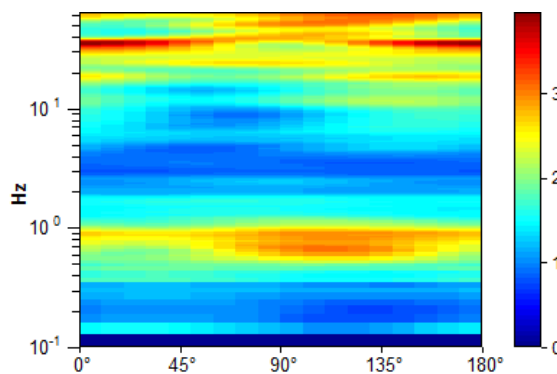
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 62% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

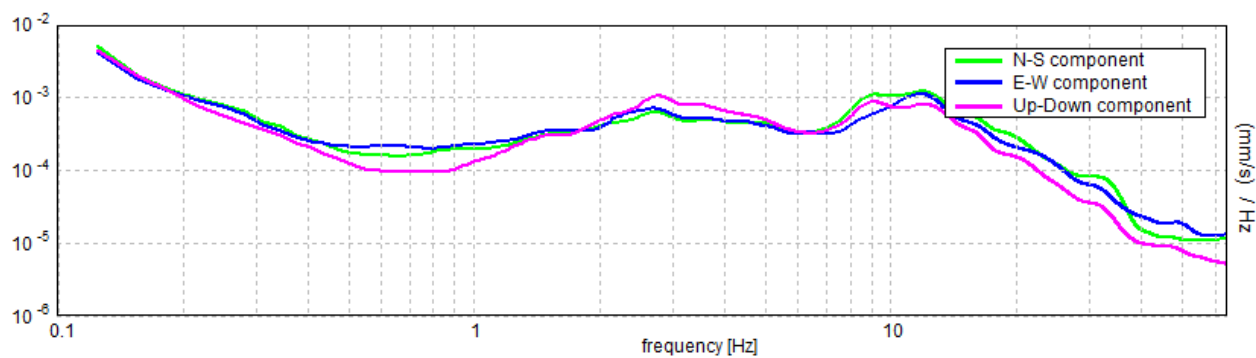
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

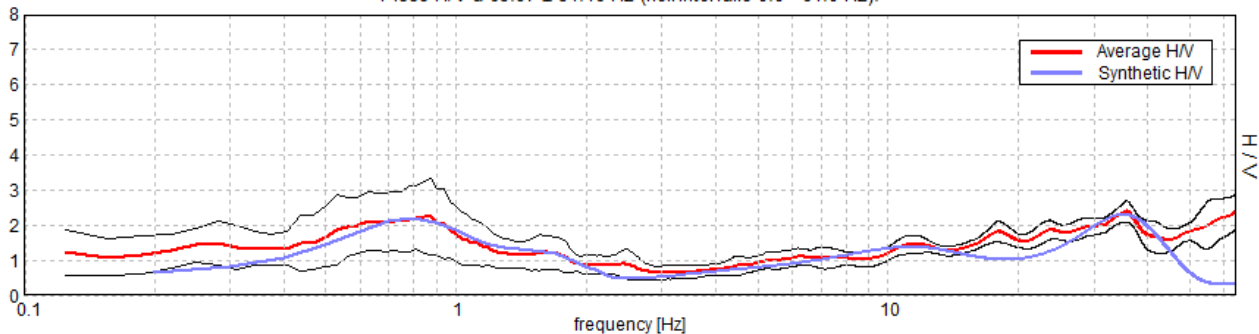
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $63.97 \pm 31.16$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



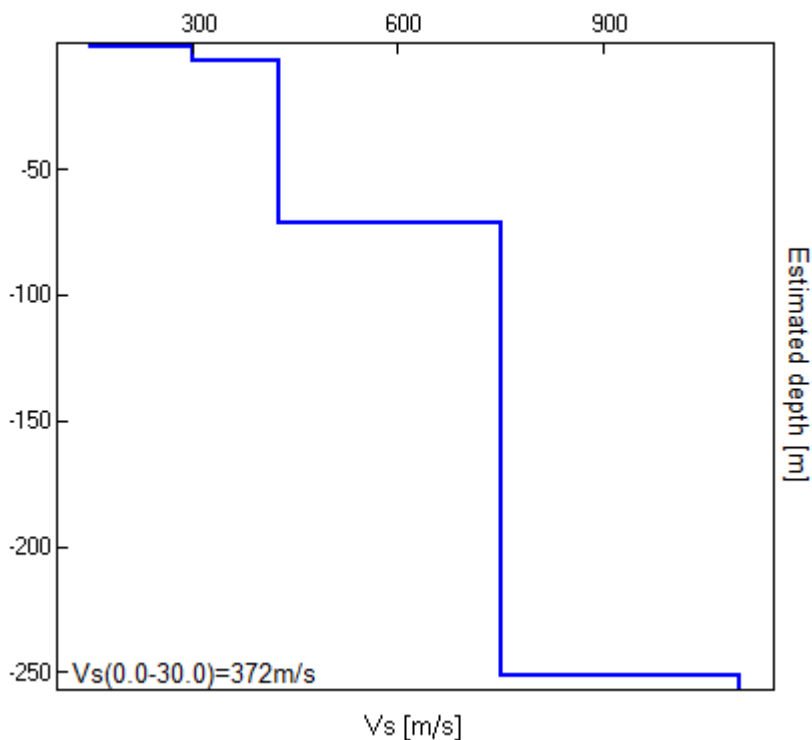
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 63.97 ± 31.16 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.10	1.10	150	0.42
6.60	5.50	300	0.42
71.60	65.00	425	0.42
251.60	180.00	750	0.42
inf.	inf.	1100	0.42

Vs(0.0-30.0)=372m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $63.97 \pm 31.16$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$63.97 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$47336.9 > 200$	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 1026	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
$A_0 > 2$	$2.39 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.48711  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$31.16011 < 3.19844$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5085 < 1.58$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_3**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 06/06/14 11:53:00 Fine registrazione: 06/06/14 12:13:00

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 659611 4942508

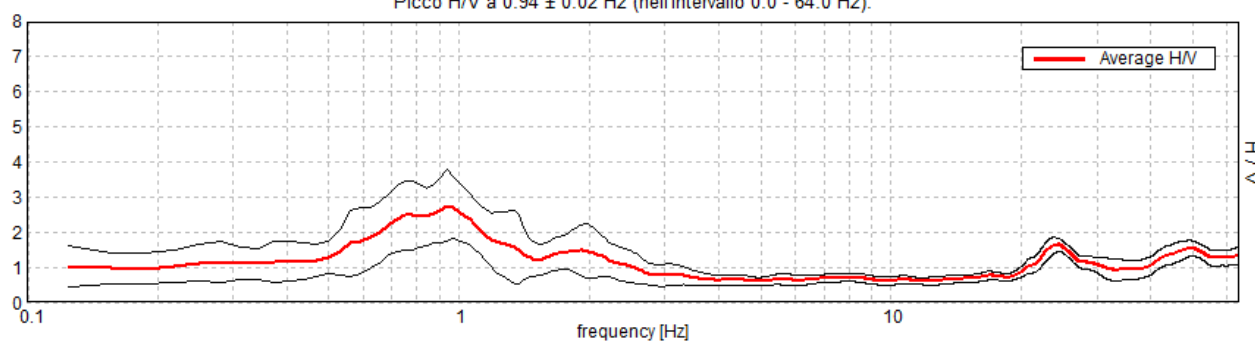
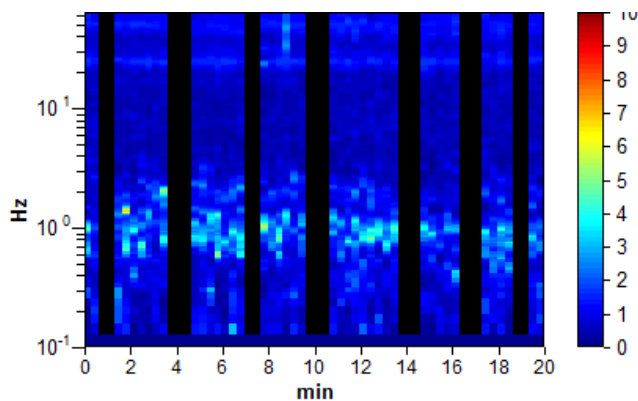
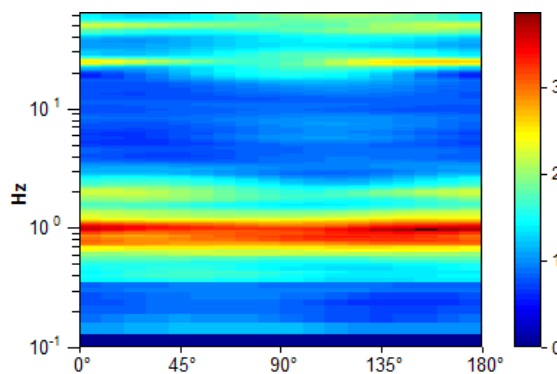
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 70% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

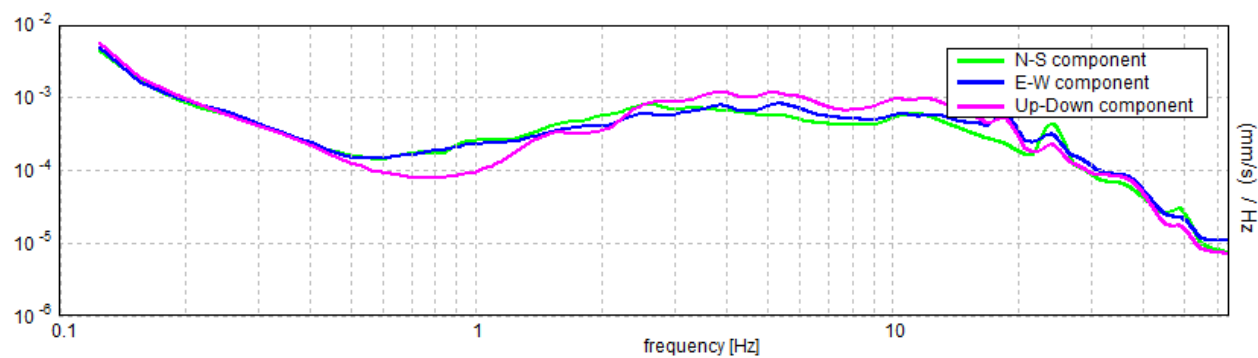
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $0.94 \pm 0.02$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

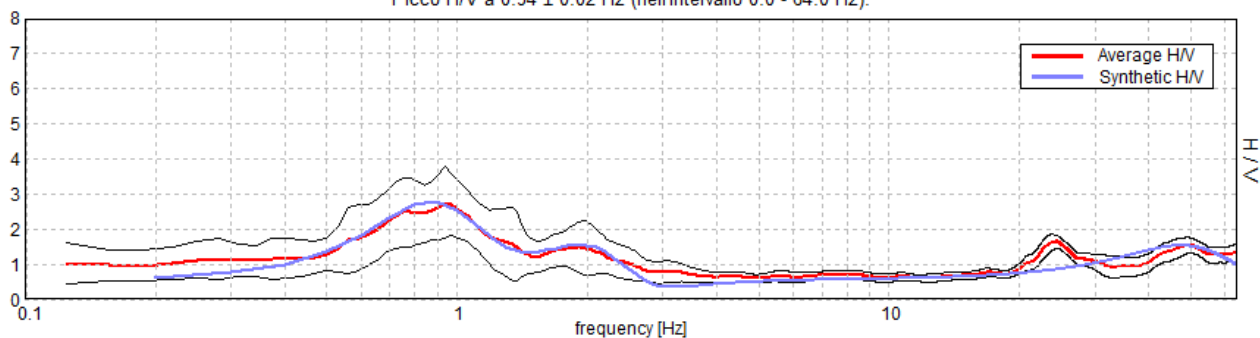
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





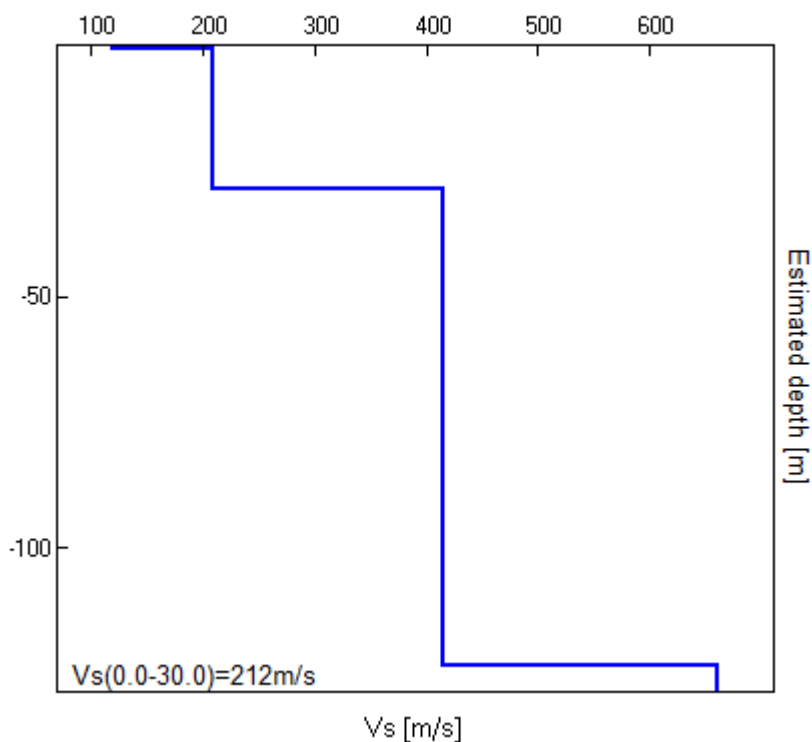
**H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO**

Picco H/V a  $0.94 \pm 0.02$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.58	0.58	120	0.42
28.58	28.00	210	0.42
123.58	95.00	415	0.42
inf.	inf.	660	0.42

Vs(0.0-30.0)=212m/s



*Giorgio Gaspari*

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

**Picco H/V a  $0.94 \pm 0.02$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.94 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$787.5 > 200$	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 46	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.5 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.75 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02572  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02411 < 0.14063$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.0218 < 2.0$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_4**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 06/06/14 12:31:54 Fine registrazione: 06/06/14 12:51:54

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 658808 4941467

Durata registrazione: 0h20'00".

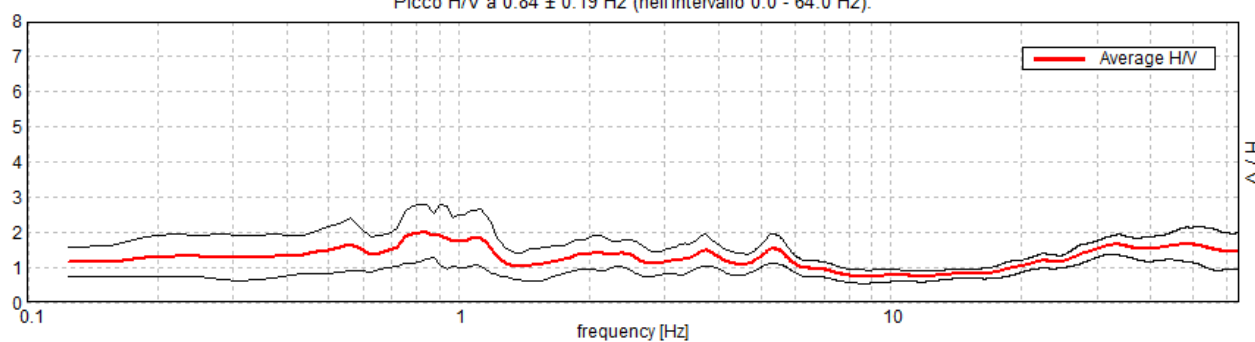
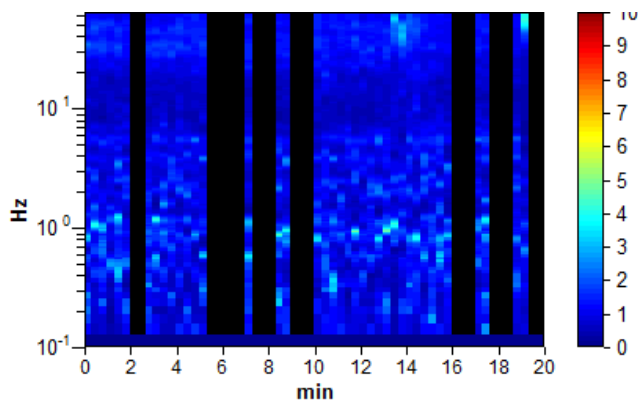
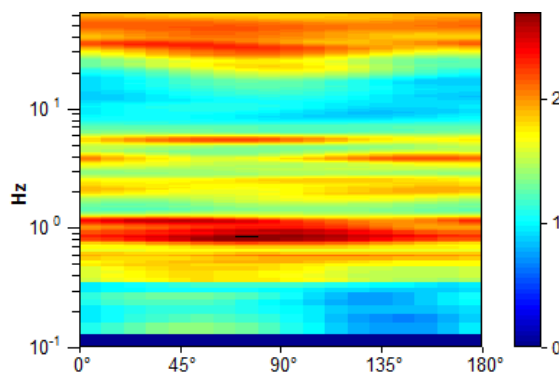
Analizzato 65% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

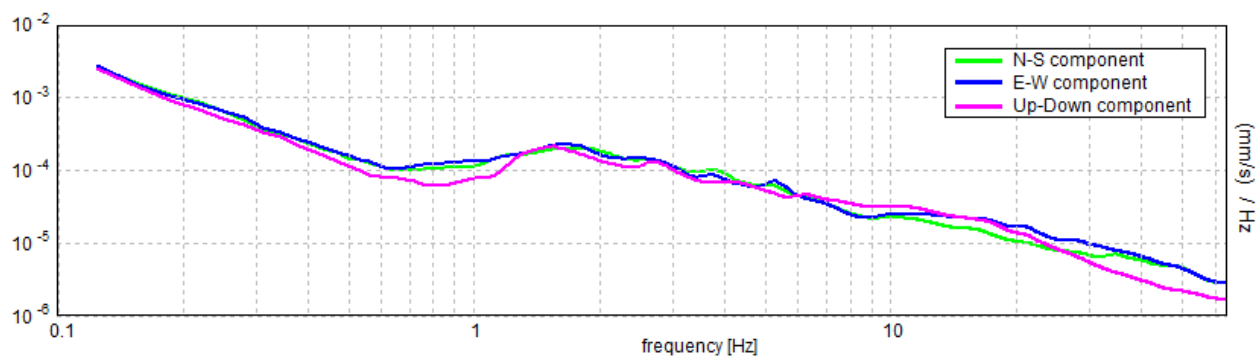
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

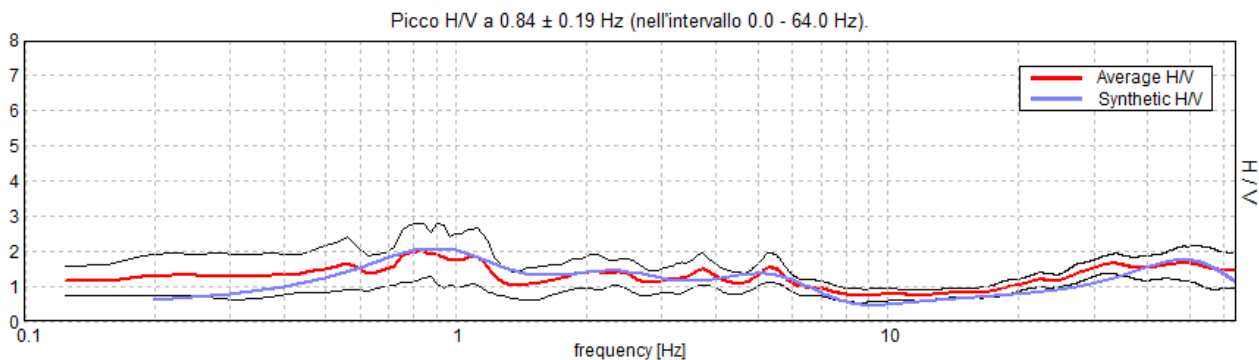
Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $0.84 \pm 0.19$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

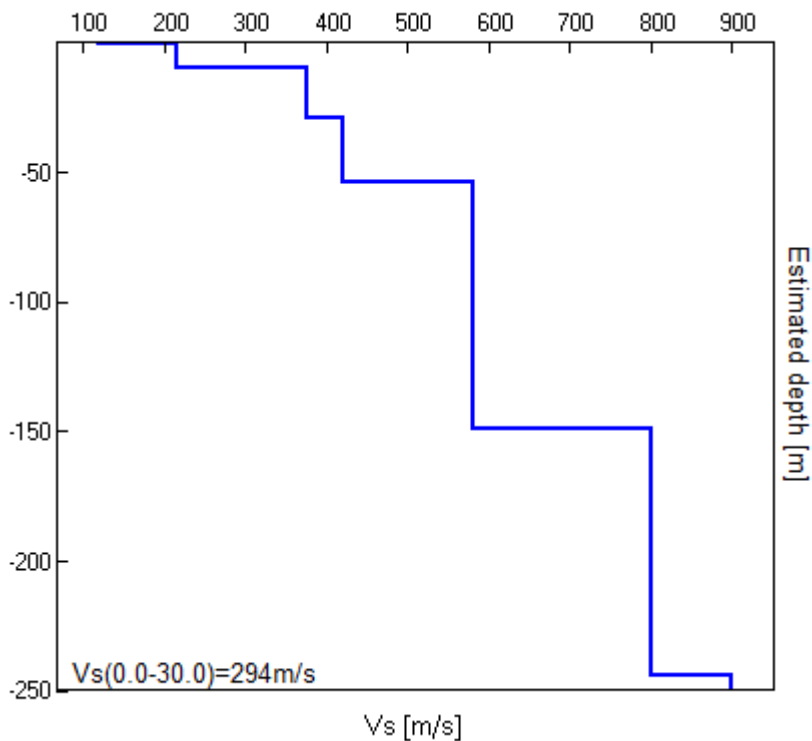


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.57	0.57	118	0.42
10.07	9.50	215	0.42
29.07	19.00	375	0.42
54.07	25.00	420	0.42
149.07	95.00	580	0.42
244.07	95.00	800	0.42
inf.	inf.	900	0.42

Vs(0.0-30.0)=294m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $0.84 \pm 0.19$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.84 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$658.1 > 200$	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 42	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
$A_0 > 2$	$2.01 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.22669  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.19127 < 0.12656$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7759 < 2.0$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_5**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 06/06/14 14:23:26 Fine registrazione: 06/06/14 14:43:26

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 660222 4941062

Durata registrazione: 0h20'00".

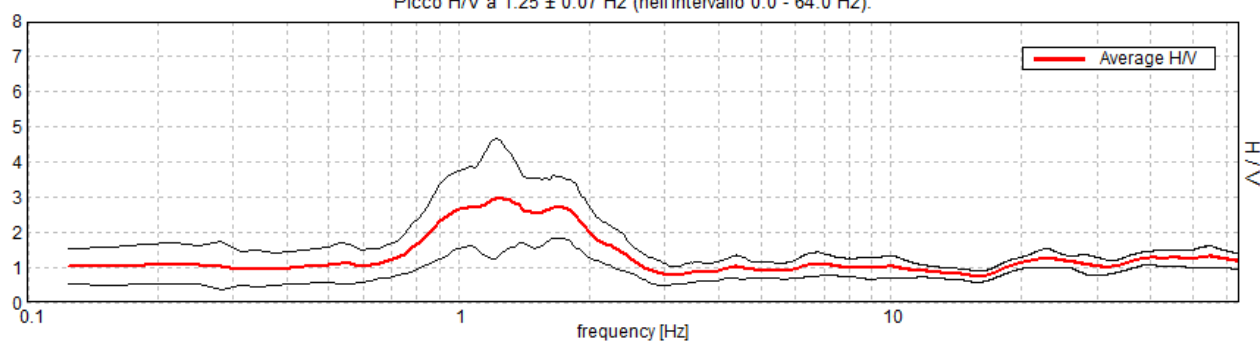
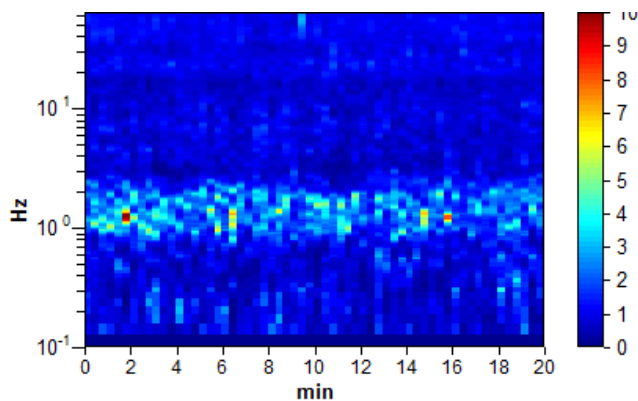
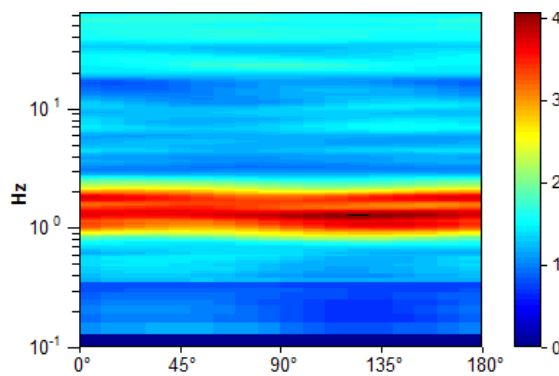
Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

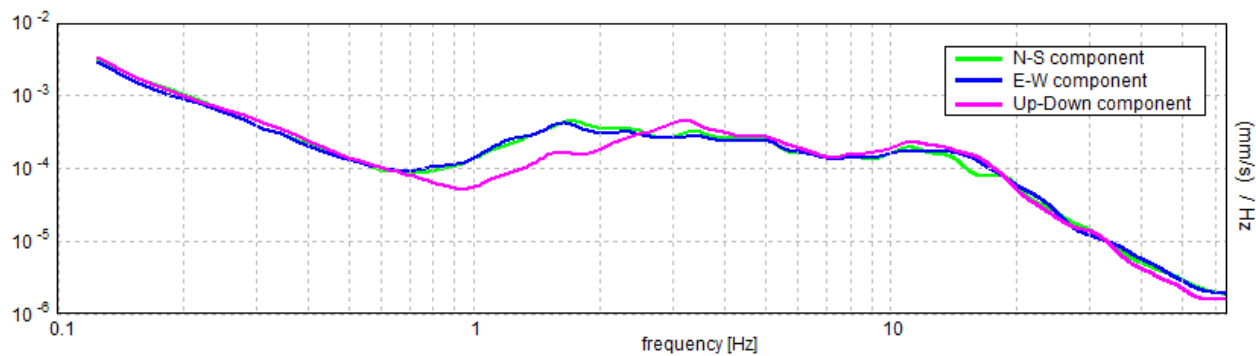
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

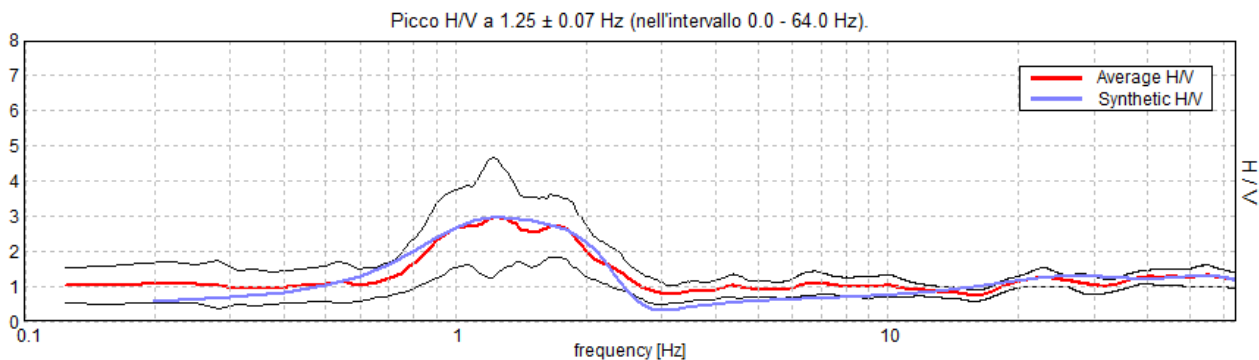
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $1.25 \pm 0.07$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

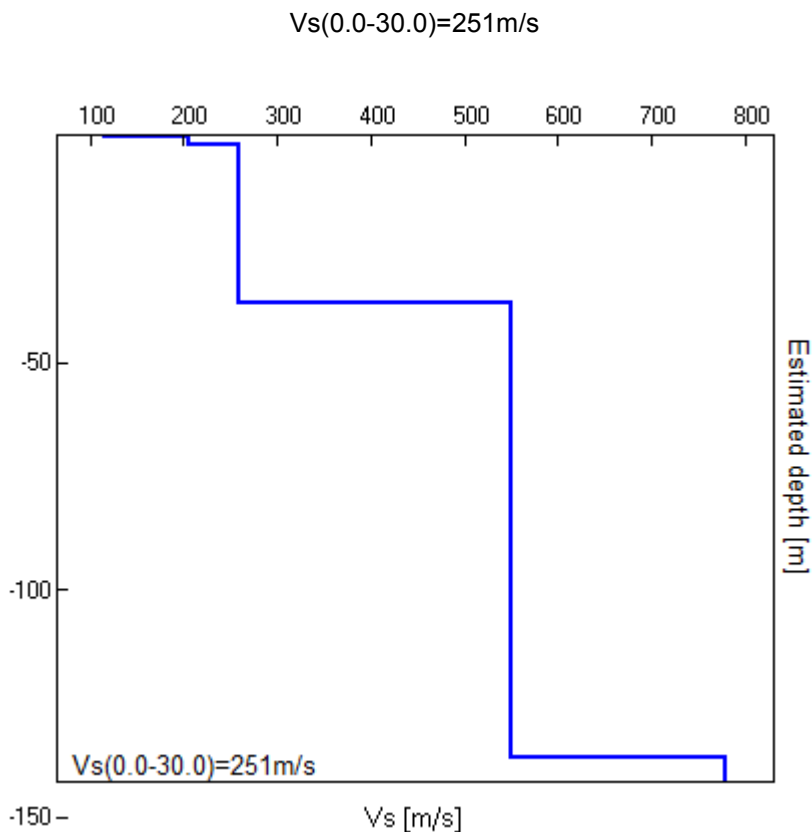




H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.50	0.50	115	0.42
2.10	1.60	205	0.42
37.10	35.00	260	0.42
137.10	100.00	550	0.42
inf.	inf.	780	0.42



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $1.25 \pm 0.07$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.25 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1500.0 > 200$	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 61	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.75 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.99 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.05572  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.06964 < 0.125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.639 < 1.78$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_6**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 06/06/14 14:59:08 Fine registrazione: 06/06/14 15:19:08

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 6603229 4940492

Durata registrazione: 0h20'00".

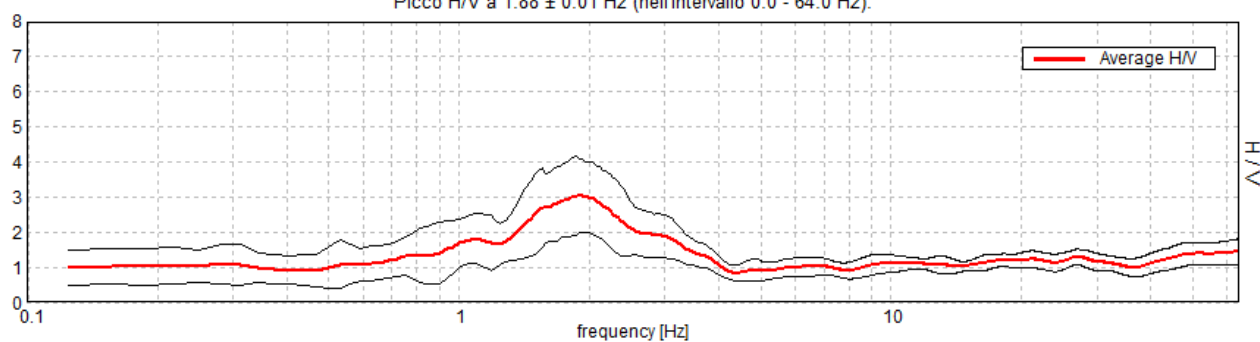
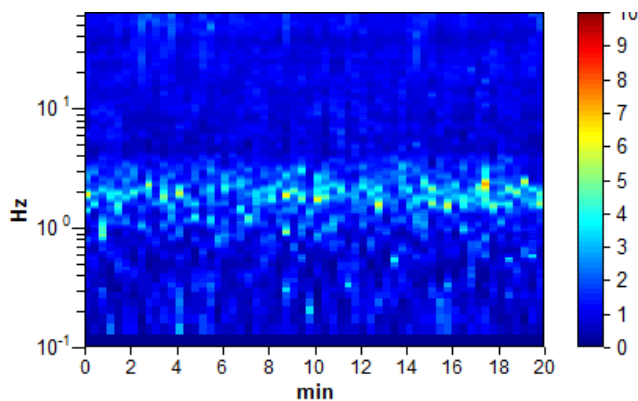
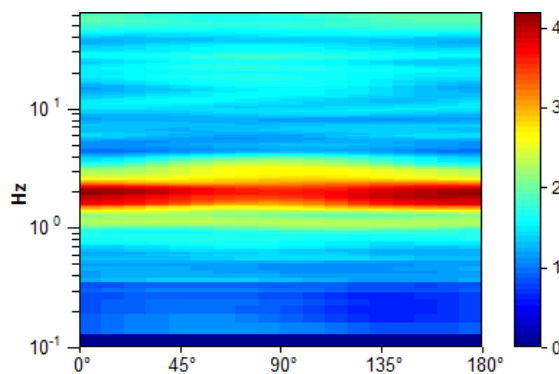
Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

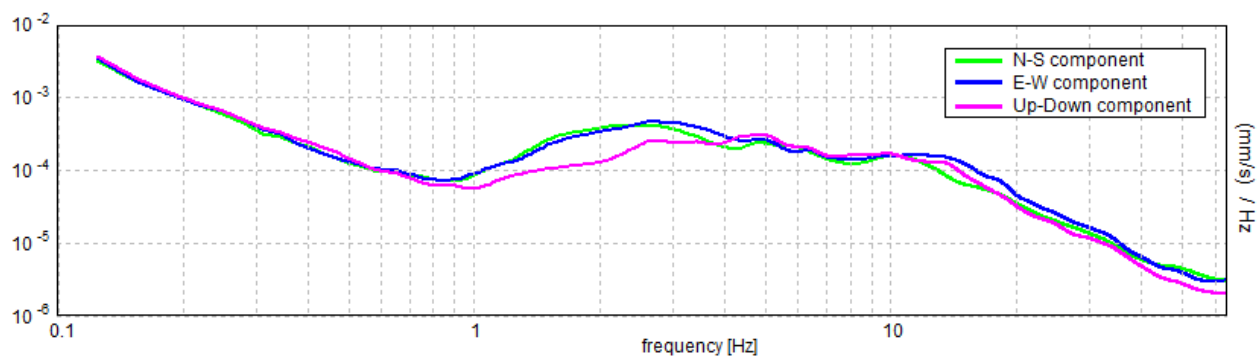
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

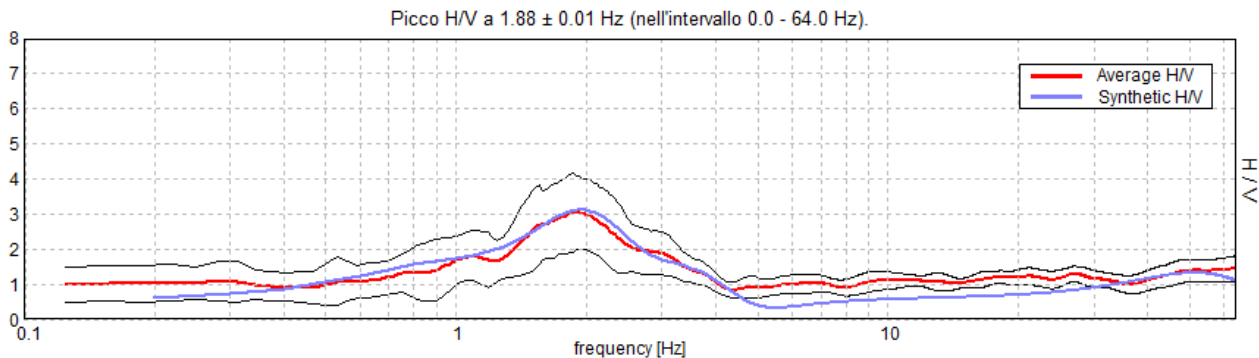
Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $1.88 \pm 0.01$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

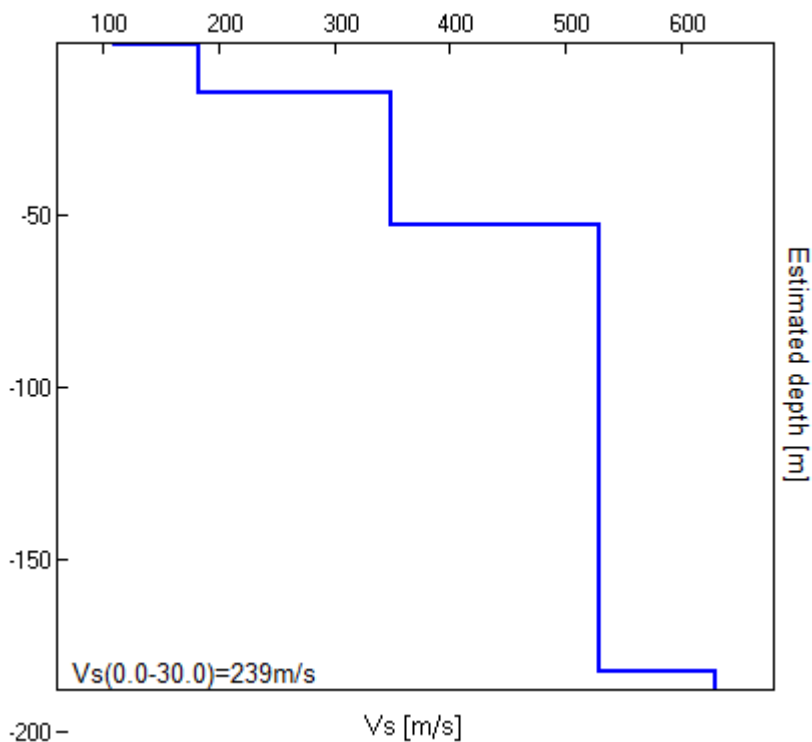


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.47	0.47	110	0.45
14.47	14.00	182	0.45
52.47	38.00	350	0.45
182.47	130.00	530	0.45
inf.	inf.	630	0.45

Vs(0.0-30.0)=239m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $1.88 \pm 0.01$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.88 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2250.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 91	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.938 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.05 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0043  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.00807 < 0.1875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.1283 < 1.78$	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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

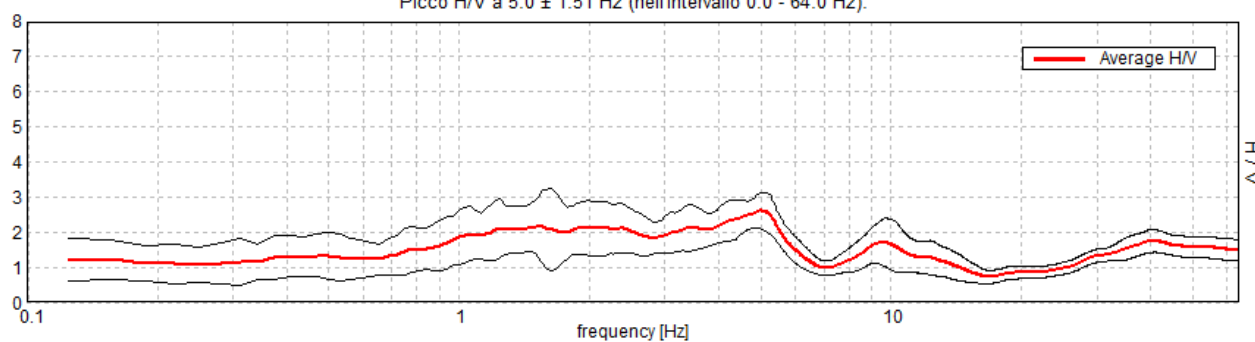
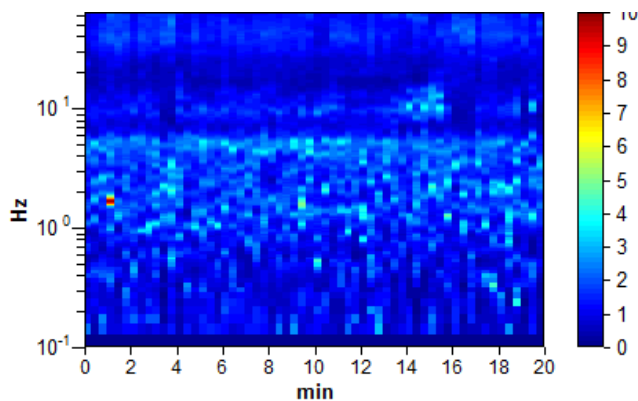
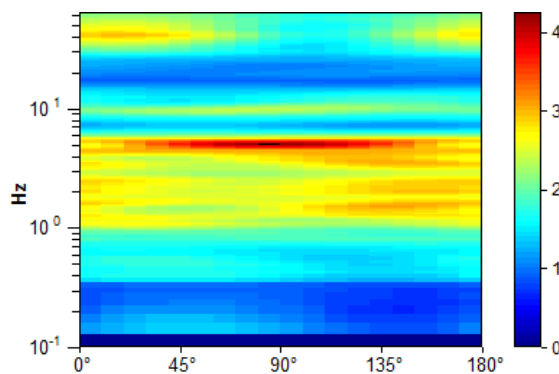
**Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$**

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

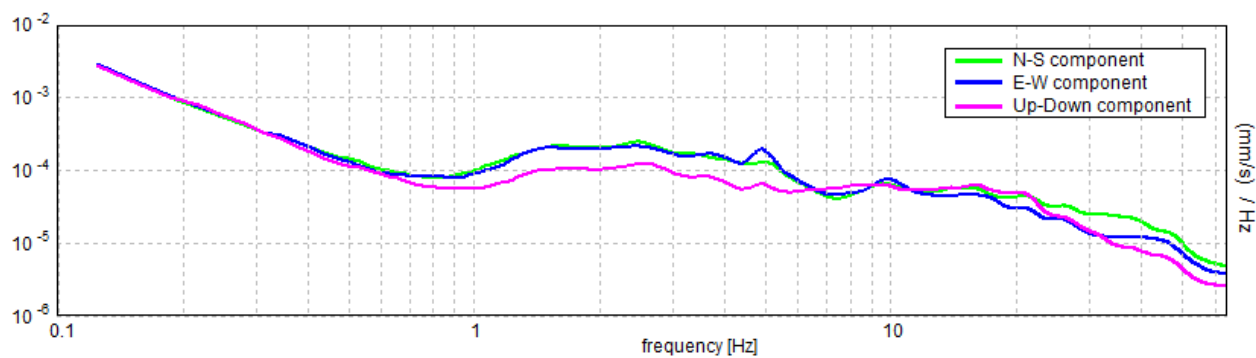
**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_7**

Strumento: TRZ-0187/01-12  
 Inizio registrazione: 06/06/14 13:56:16 Fine registrazione: 06/06/14 14:16:16  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 659913 4940220

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

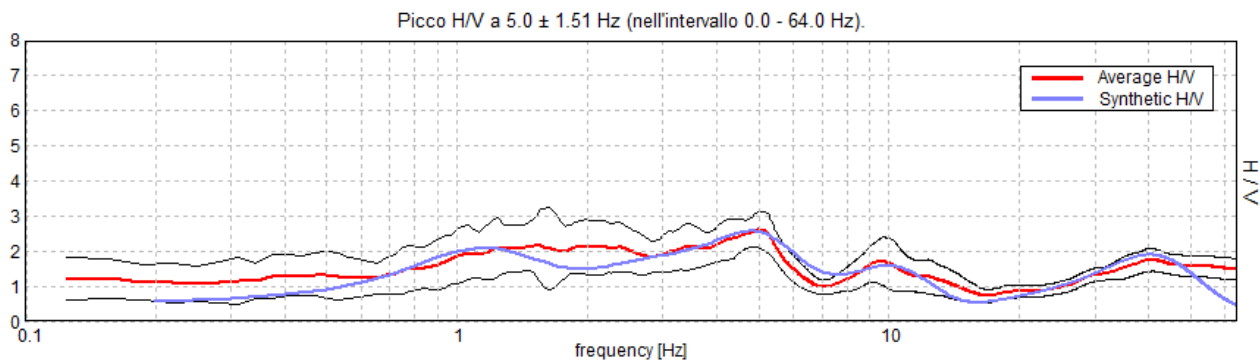
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $5.0 \pm 1.51$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



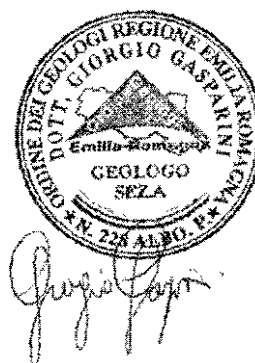
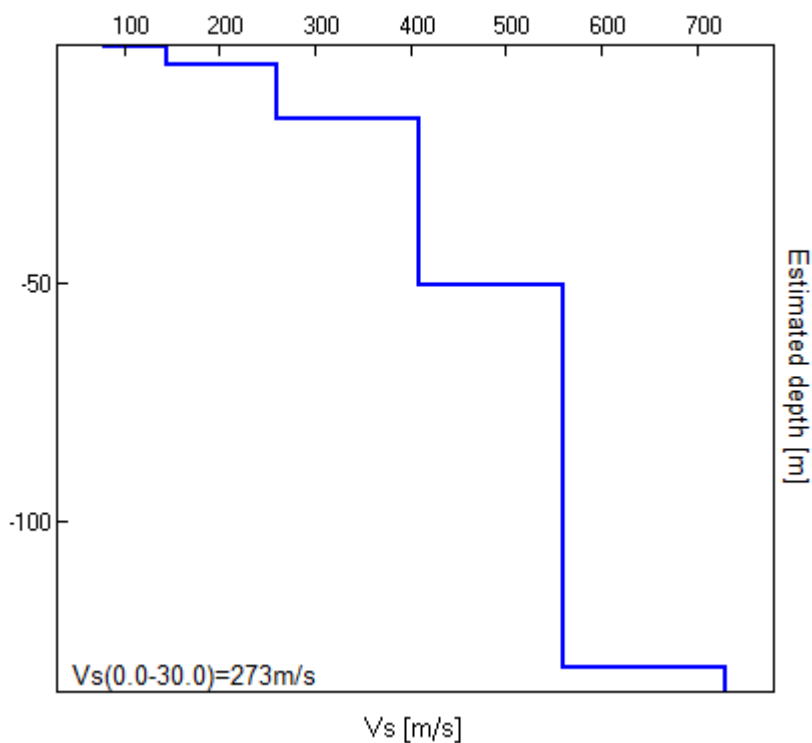


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.48	0.48	80	0.45
3.98	3.50	145	0.45
15.48	11.50	260	0.45
50.48	35.00	410	0.45
130.48	80.00	560	0.45
inf.	inf.	730	0.45

$V_s(0.0-30.0)=273\text{m/s}$



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

**Picco H/V a  $5.0 \pm 1.51$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$5.00 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$6000.0 > 200$	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 241	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 $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.281 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.61 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.30228  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.51138 < 0.25$		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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_8**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 06/06/14 13:17:59 Fine registrazione: 06/06/14 13:37:59

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 657999 49440737

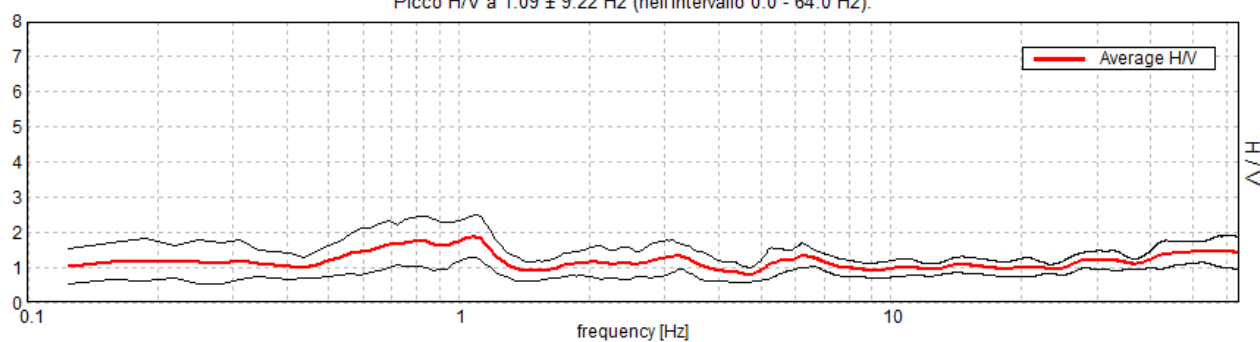
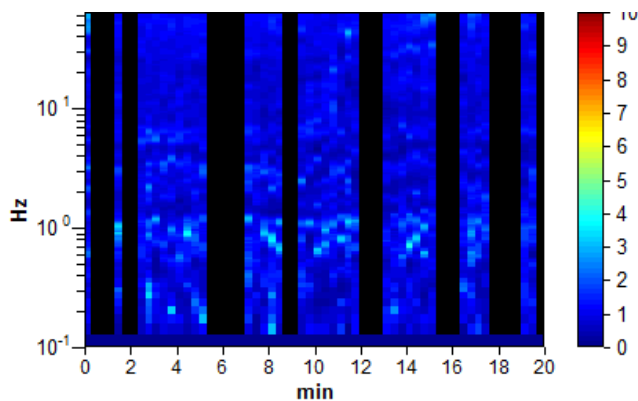
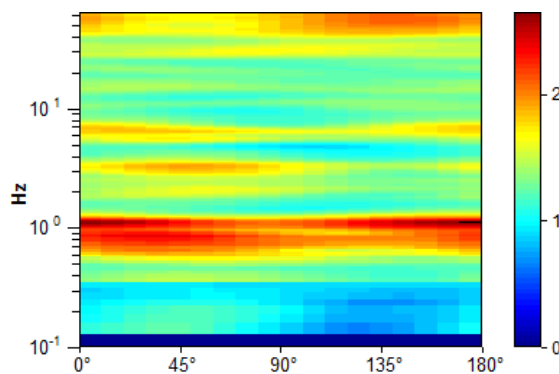
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 62% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

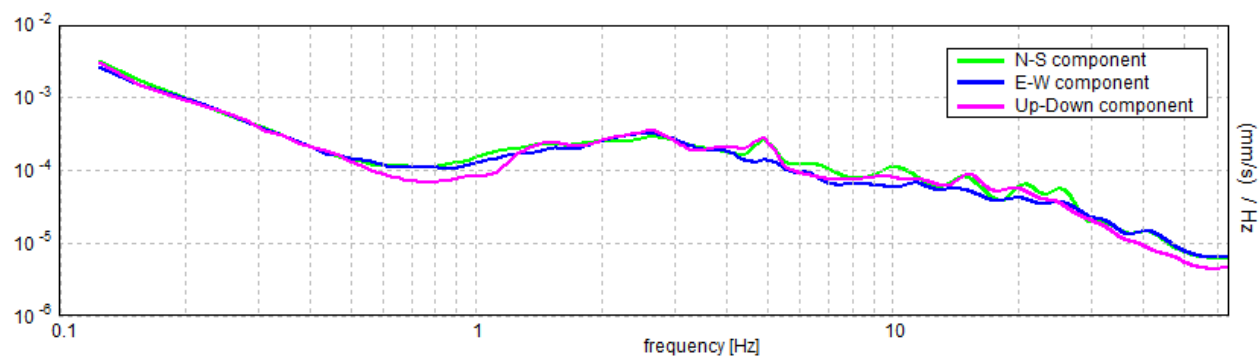
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

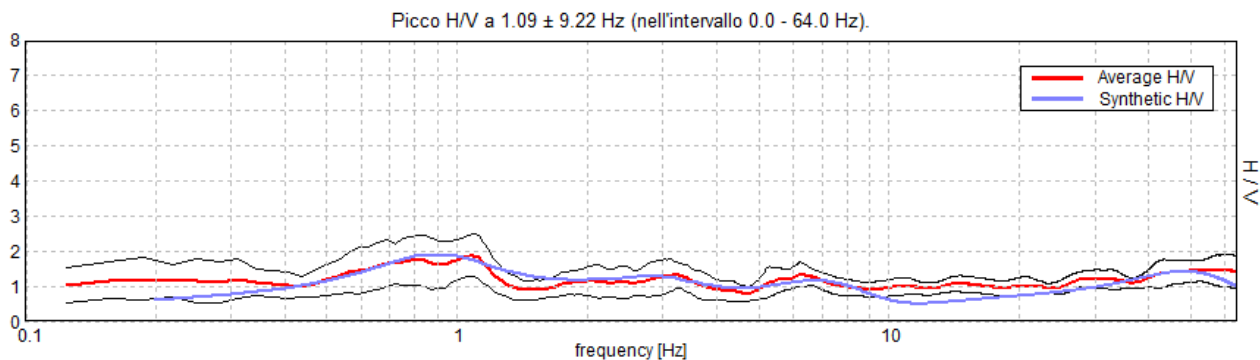
Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $1.09 \pm 9.22$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

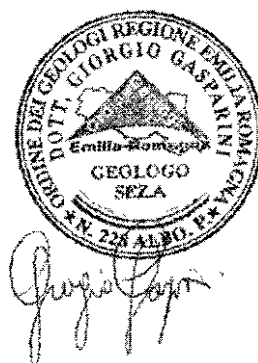
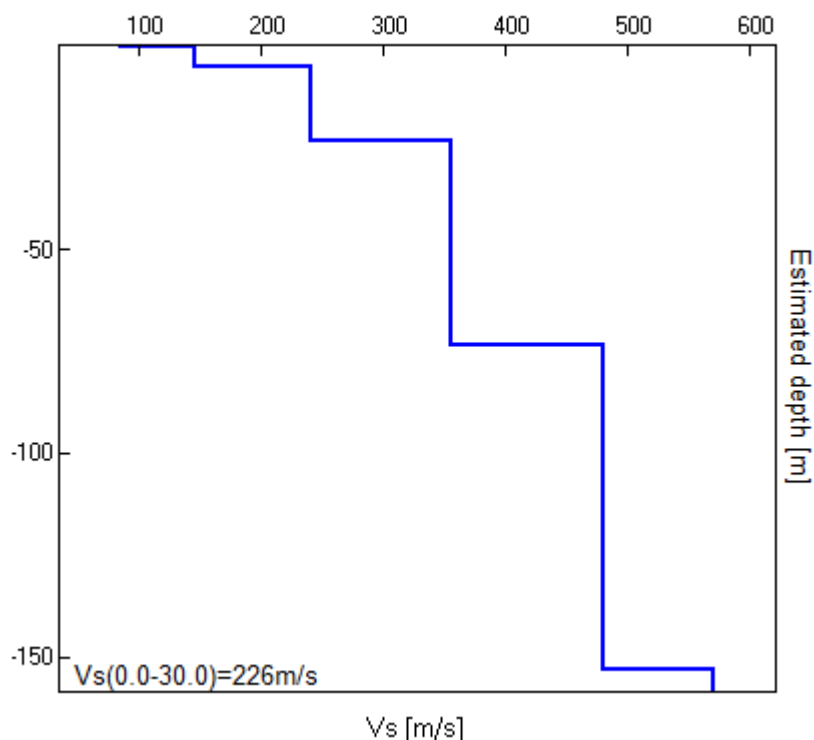


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.40	0.40	85	0.42
5.40	5.00	145	0.42
23.40	18.00	240	0.42
73.40	50.00	355	0.42
153.40	80.00	480	0.42
inf.	inf.	570	0.42

Vs(0.0-30.0)=226m/s



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

**Picco H/V a  $1.09 \pm 9.22$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	1.09 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	809.4 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 54	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 $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.406 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.88 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 8.43239  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$9.22293 < 0.10938$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6123 < 1.78$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_9**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 06/06/14 15:31:07 Fine registrazione: 06/06/14 15:51:07

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 661682 4940370

Durata registrazione: 0h20'00".

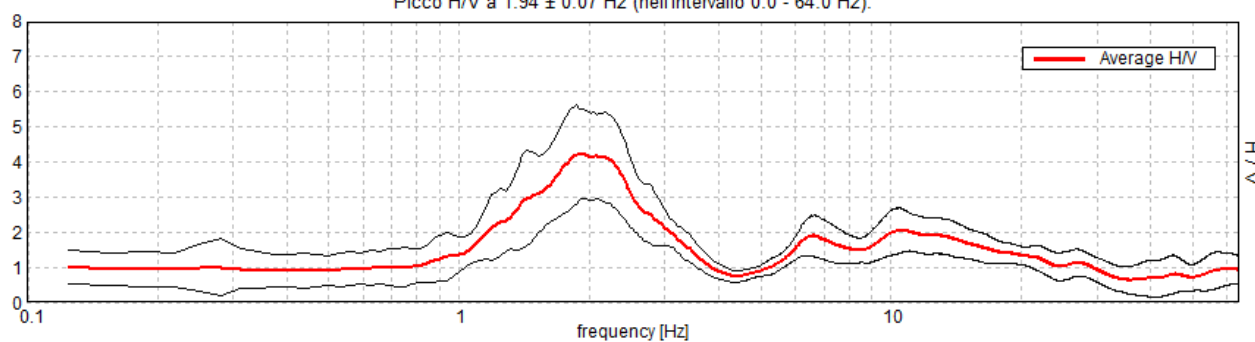
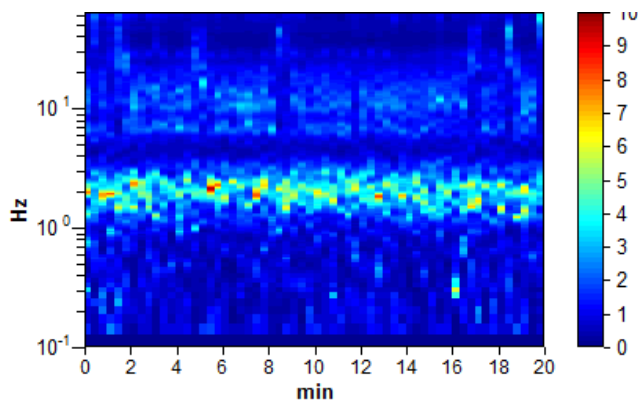
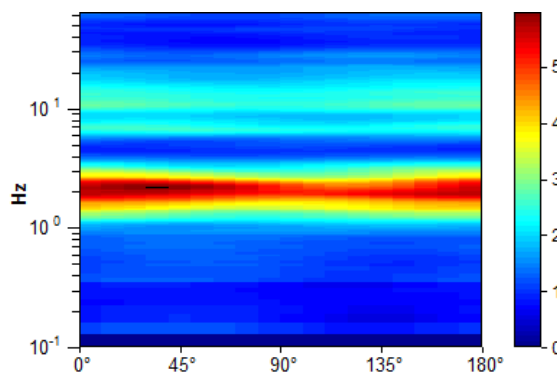
Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

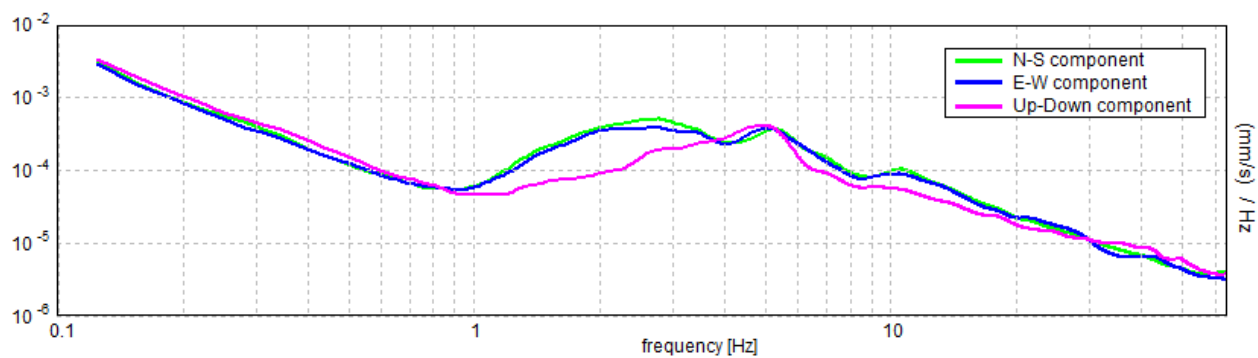
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

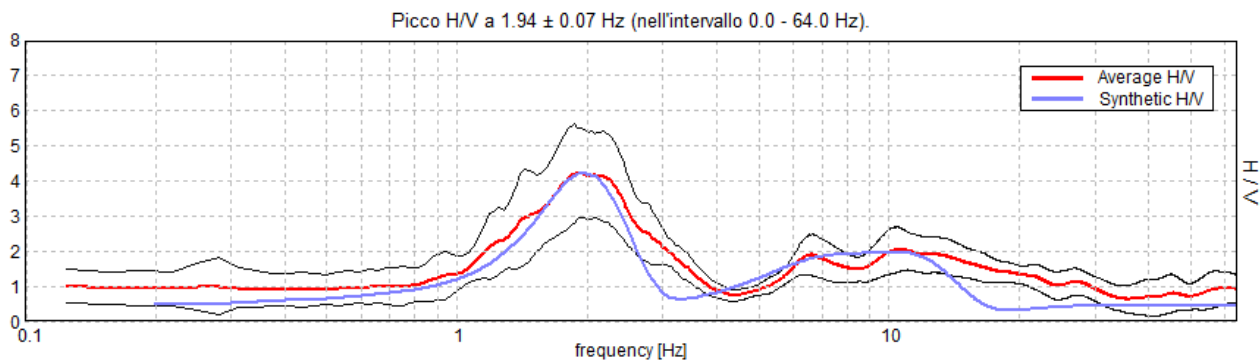
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $1.94 \pm 0.07$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



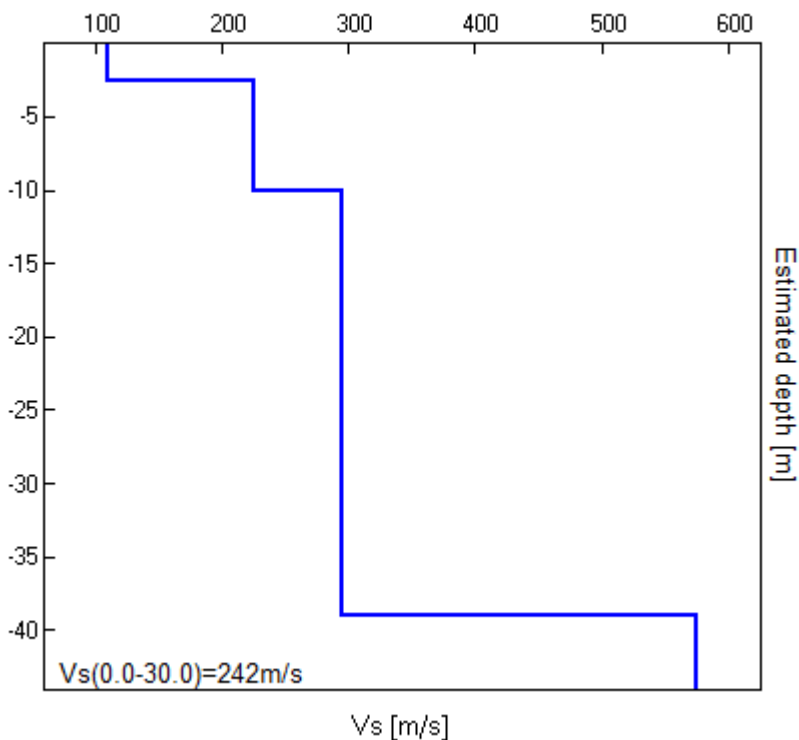


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.50	2.50	110	0.42
10.00	7.50	225	0.42
39.00	29.00	295	0.42
inf.	inf.	575	0.42

Vs(0.0-30.0)=242m/s



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

**Picco H/V a  $1.94 \pm 0.07$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.94 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2325.0 > 200$	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 94	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.156 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.22 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03434  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.06654 < 0.19375$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.2882 < 1.78$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_10**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 06/06/14 16:11:51 Fine registrazione: 06/06/14 16:31:51

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 662520 4939601

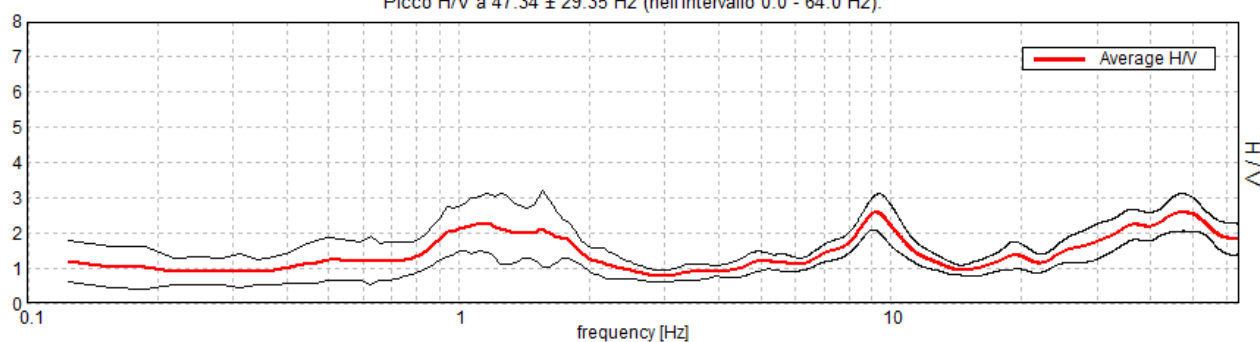
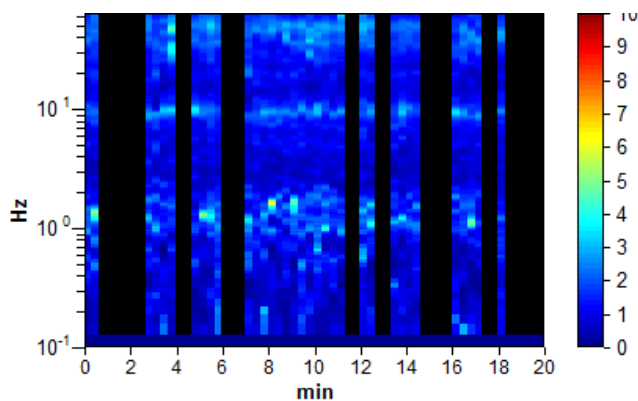
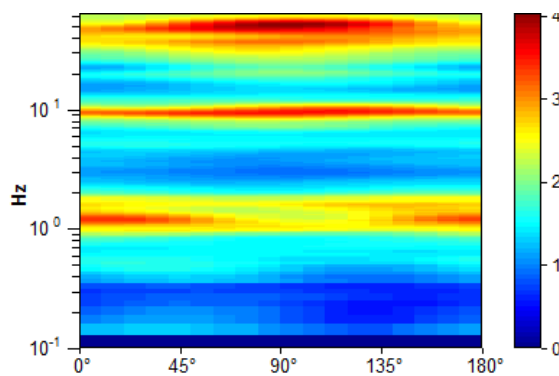
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 57% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

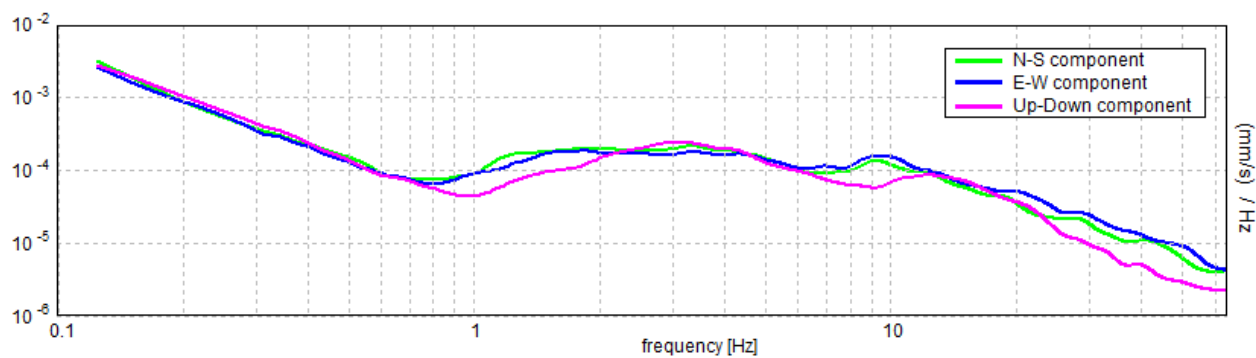
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

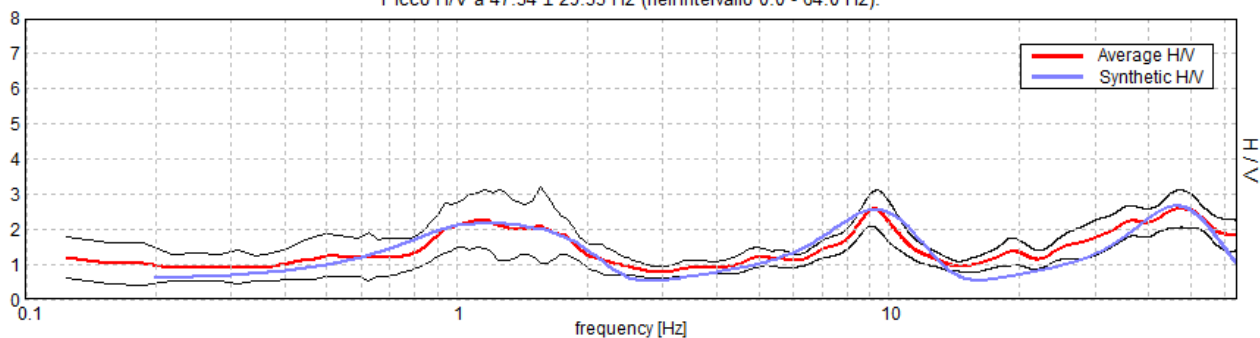
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $47.34 \pm 29.35$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



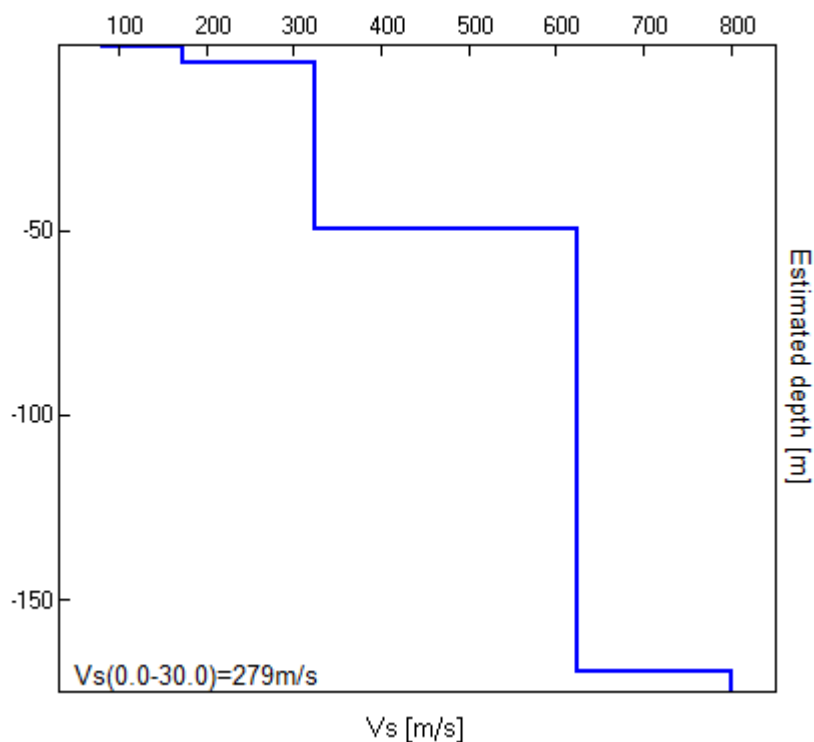
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 47.34 ± 29.35 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.44	0.44	82	0.40
4.64	4.20	173	0.40
49.64	45.00	325	0.40
169.64	120.00	625	0.40
inf.	inf.	800	0.40

Vs(0.0-30.0)=279m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $47.34 \pm 29.35$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$47.34 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$32193.8 > 200$	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 1292	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	23.75 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.59 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.62002  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$29.35423 < 2.36719$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5392 < 1.58$	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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

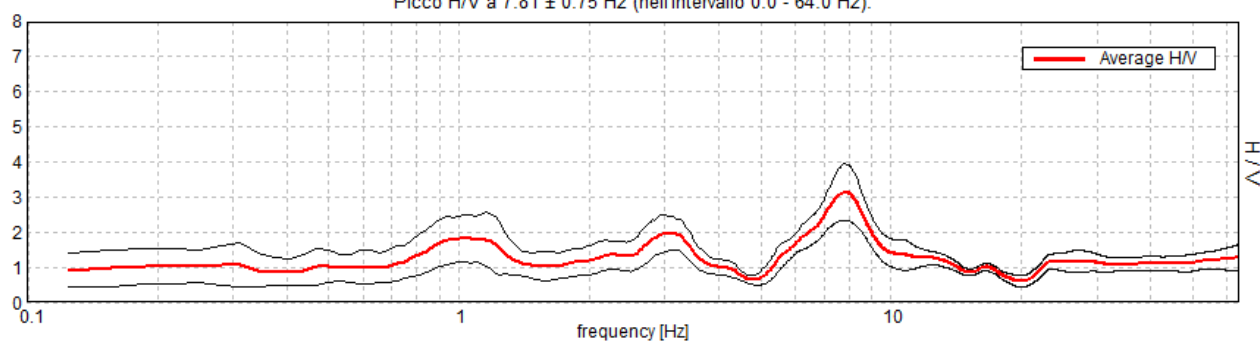
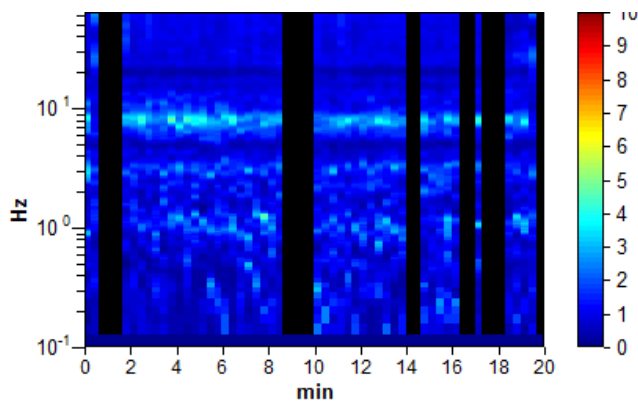
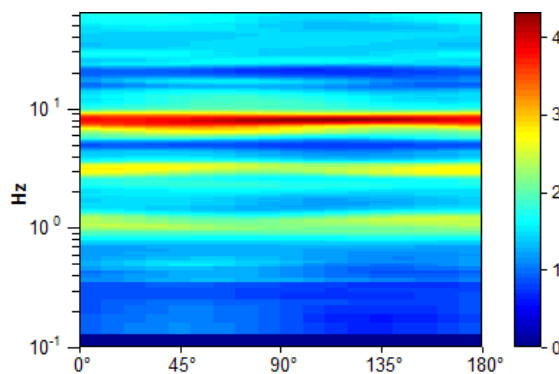
### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

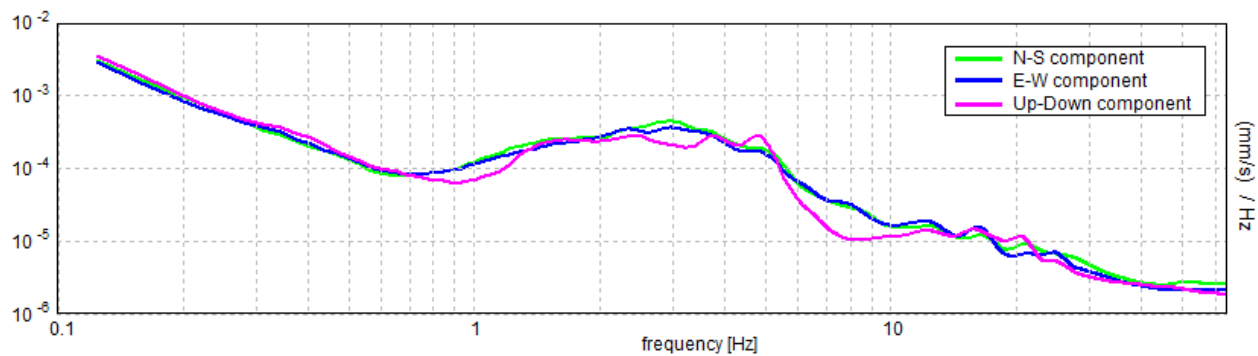
**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_11**

Strumento: TRZ-0187/01-12  
 Inizio registrazione: 12/06/14 13:34:39 Fine registrazione: 12/06/14 13:54:39  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 658695 4939266

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 75% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $7.81 \pm 0.75$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

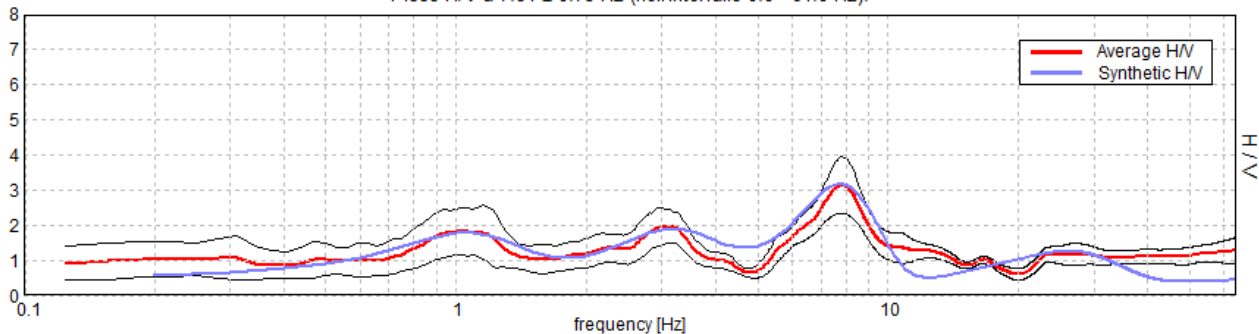
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





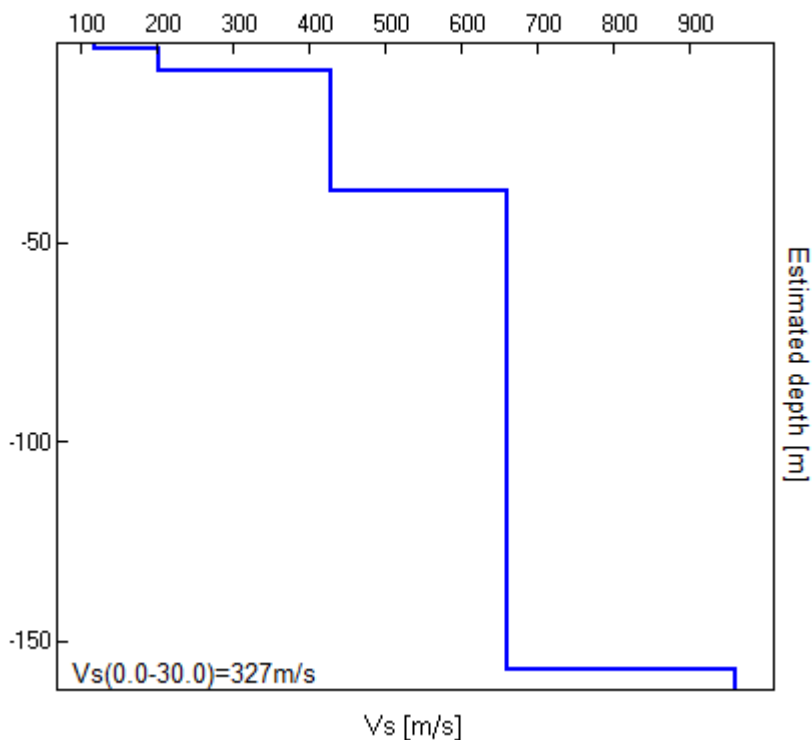
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a  $7.81 \pm 0.75$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.10	1.10	120	0.42
7.10	6.00	204	0.42
37.10	30.00	430	0.42
157.10	120.00	660	0.42
inf.	inf.	960	0.42

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



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $7.81 \pm 0.75$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$7.81 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$7031.3 > 200$	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 376	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	5.875 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	9.563 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.14 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.09585  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.74884 < 0.39063$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8171 < 1.58$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_12**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 16/06/14 11:10:18 Fine registrazione: 16/06/14 11:30:18

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 662328 4938659

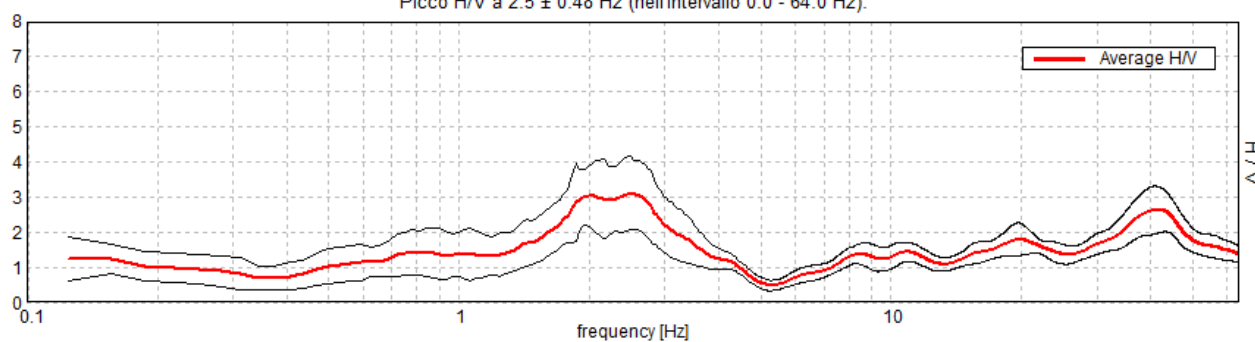
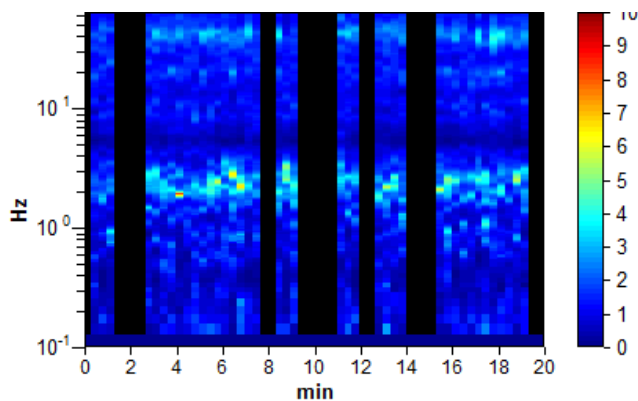
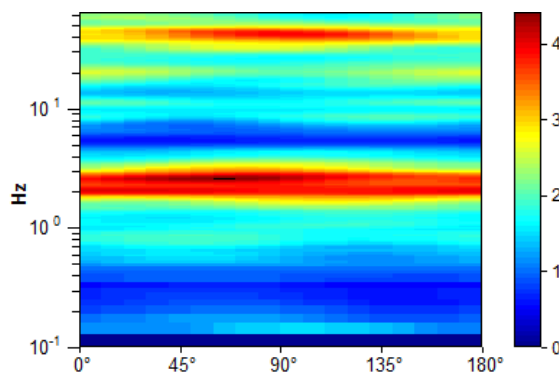
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 67% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

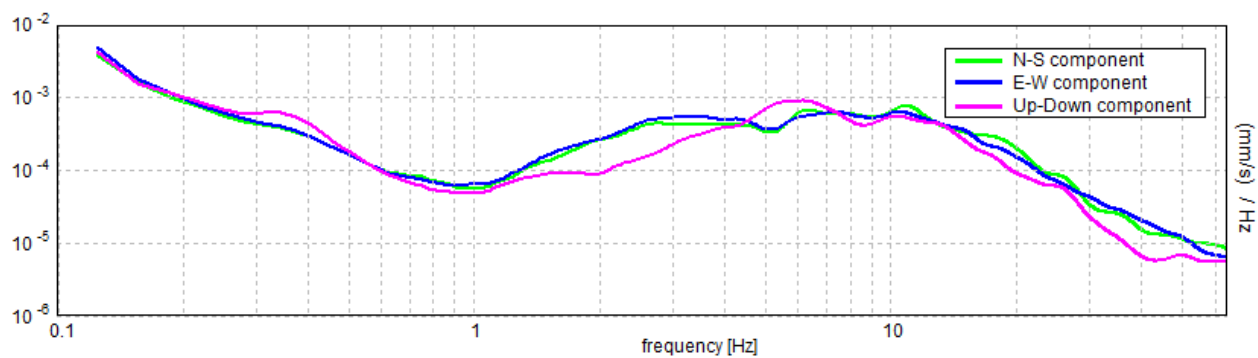
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

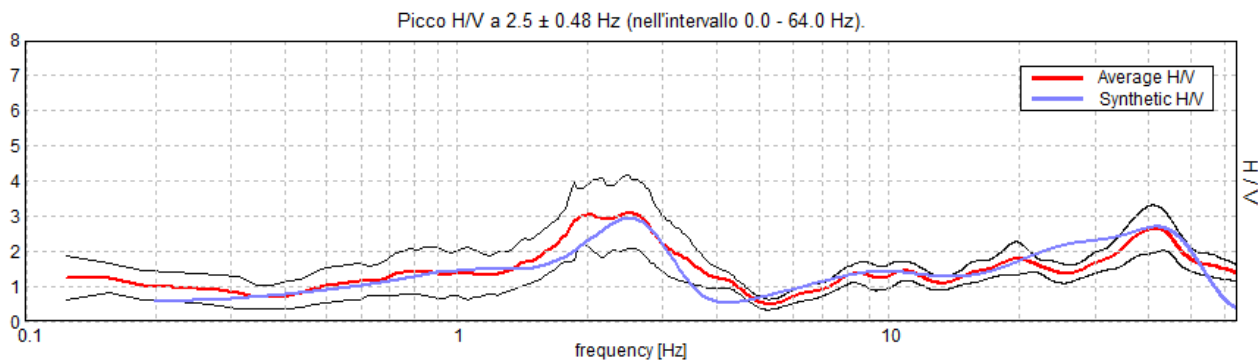
Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $2.5 \pm 0.48$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

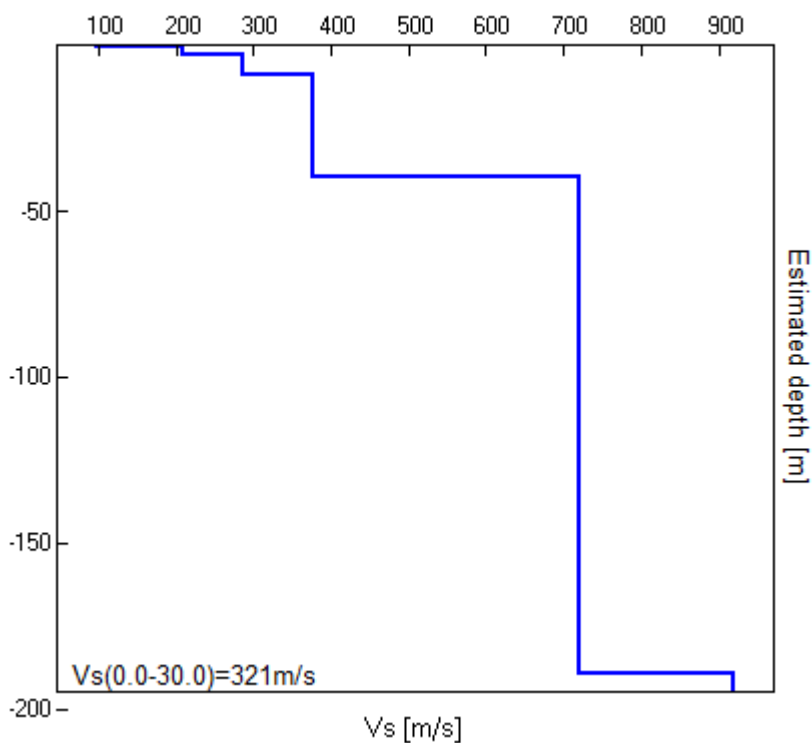


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.60	0.60	97	0.45
2.60	2.00	210	0.45
8.60	6.00	286	0.45
39.60	31.00	376	0.45
189.60	150.00	720	0.45
inf.	inf.	920	0.45

Vs(0.0-30.0)=321m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $2.5 \pm 0.48$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.50 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2000.0 > 200$	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 121	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.344 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.594 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.12 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.19082  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.47706 < 0.125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.0597 < 1.58$	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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

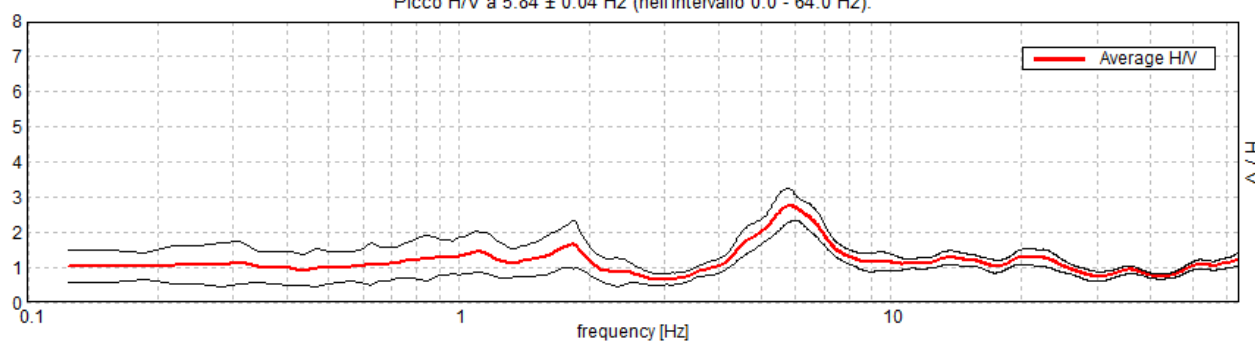
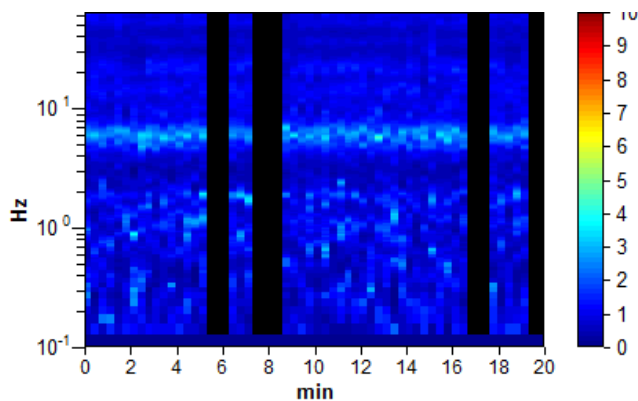
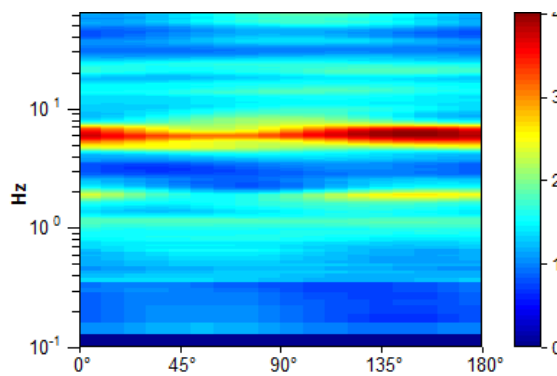
**Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$**

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

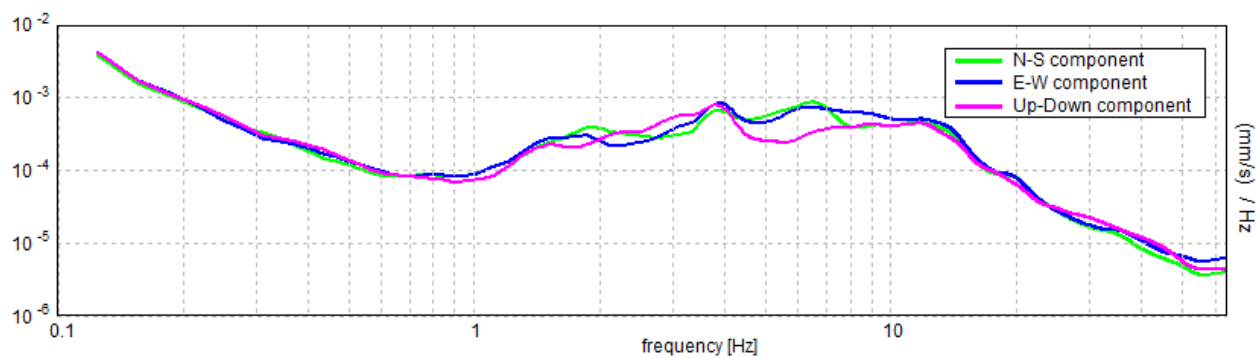
**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_13**

Strumento: TRZ-0187/01-12  
 Inizio registrazione: 12/06/14 14:50:42 Fine registrazione: 12/06/14 15:10:43  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 658421 4938193

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 80% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

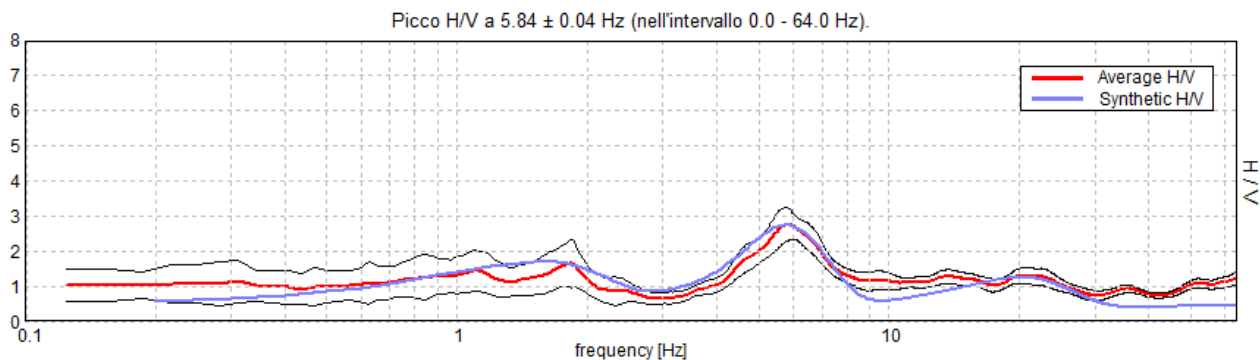
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $5.84 \pm 0.04$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



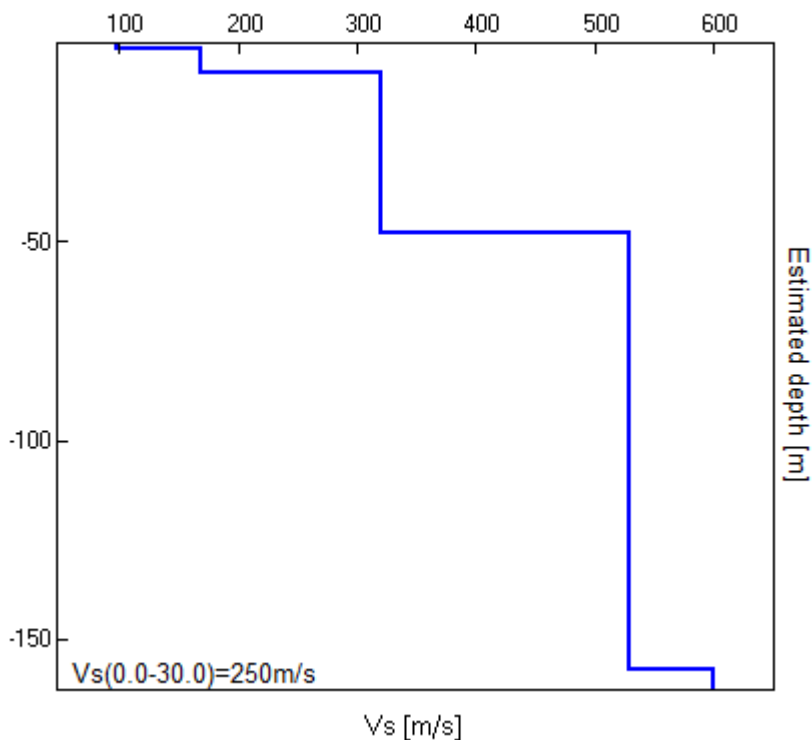


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.15	1.15	98	0.40
7.65	6.50	169	0.40
47.65	40.00	320	0.40
157.65	110.00	530	0.40
inf.	inf.	600	0.40

Vs(0.0-30.0)=250m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $5.84 \pm 0.04$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$5.84 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$5610.0 > 200$	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 282	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.313 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.76 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00641  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.03747 < 0.29219$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4595 < 1.58$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_14**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 12/06/14 14:07:16 Fine registrazione: 12/06/14 14:27:16

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 659563 4938389

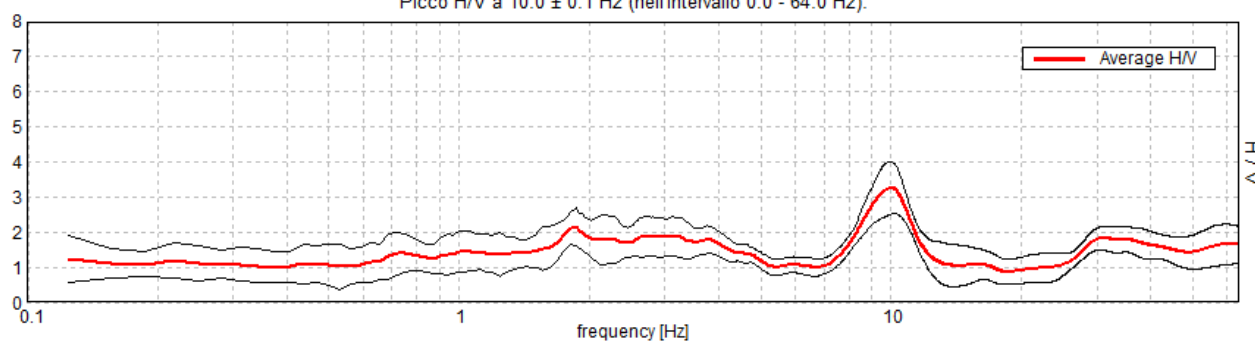
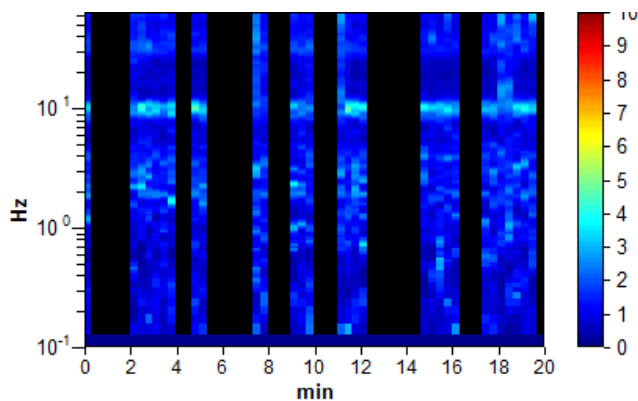
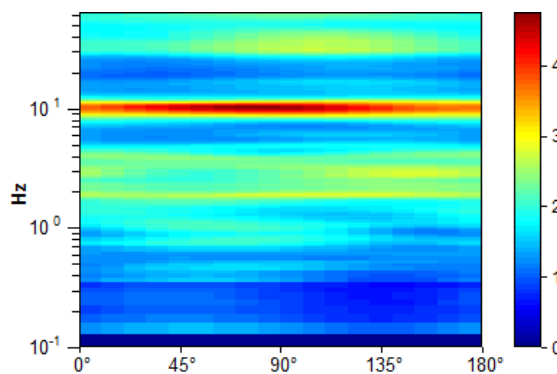
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 50% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

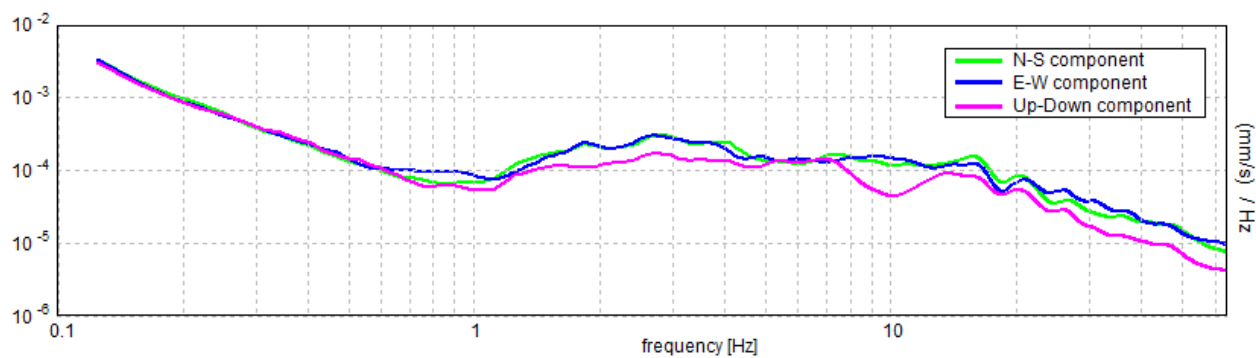
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

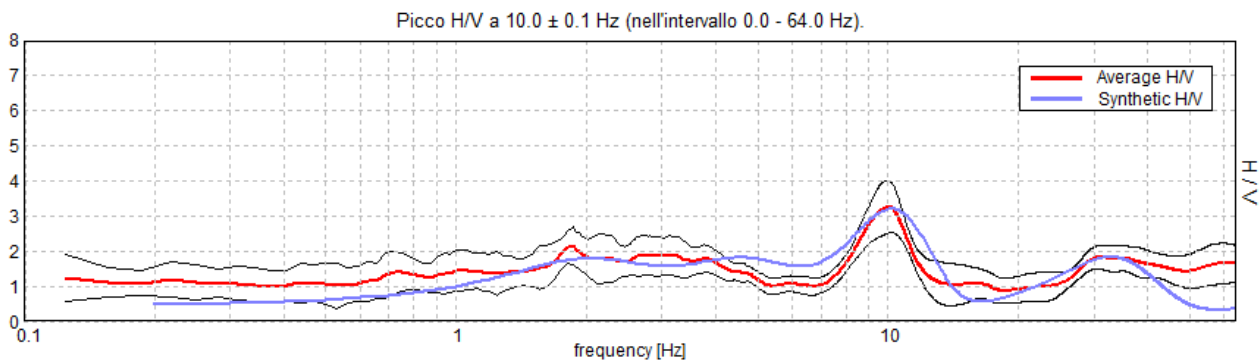
Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $10.0 \pm 0.1$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

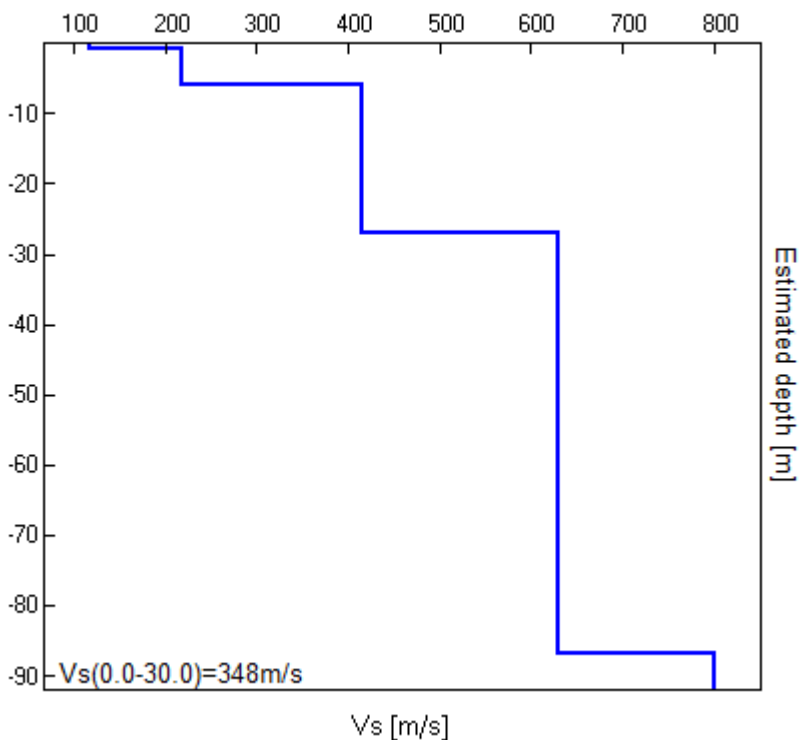


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.90	0.90	118	0.45
5.90	5.00	218	0.45
26.90	21.00	415	0.45
86.90	60.00	630	0.45
inf.	inf.	800	0.45

Vs(0.0-30.0)=348m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $10.0 \pm 0.1$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$10.00 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$6000.0 > 200$	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 481	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	7.969 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	11.813 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.27 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01029  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.10286 < 0.5$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7536 < 1.58$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_15**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 16/06/14 10:43:54 Fine registrazione: 16/06/14 11:03:54

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 661831 4937576

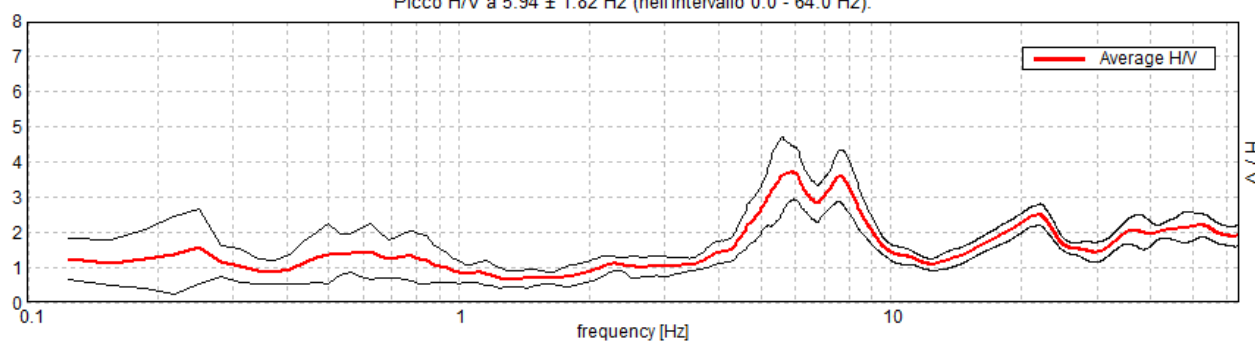
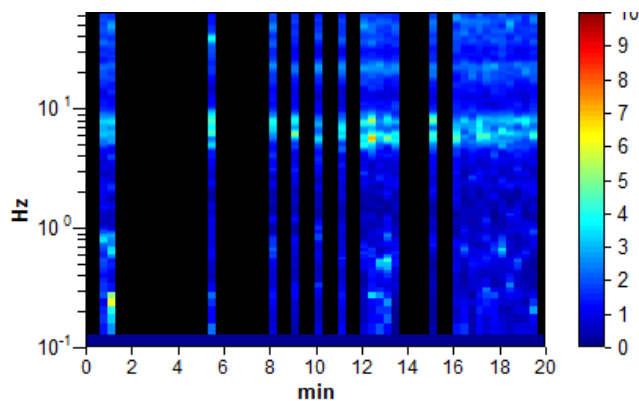
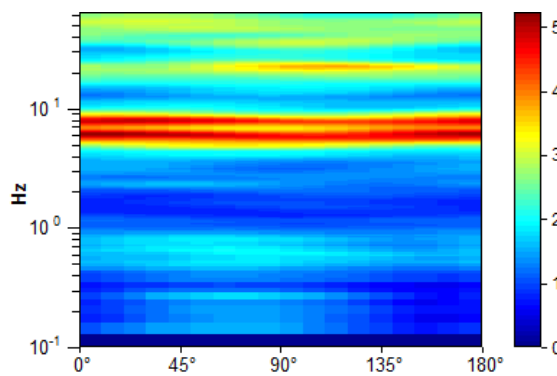
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 40% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

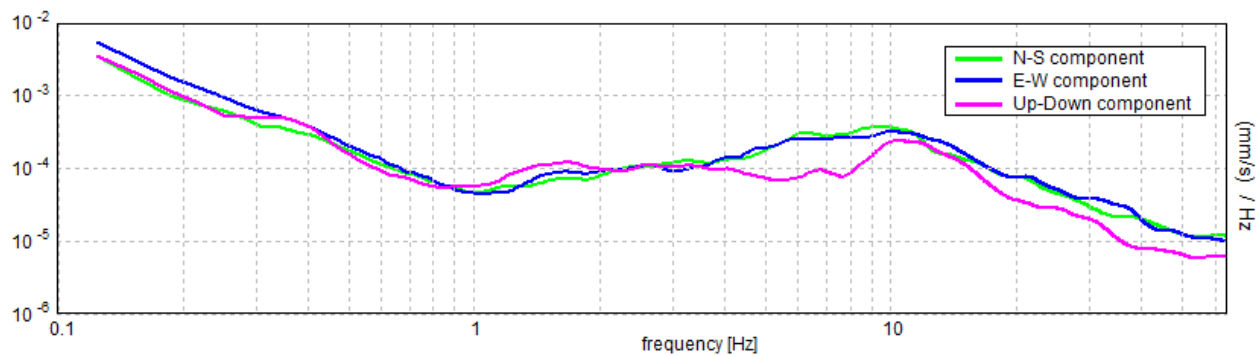
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

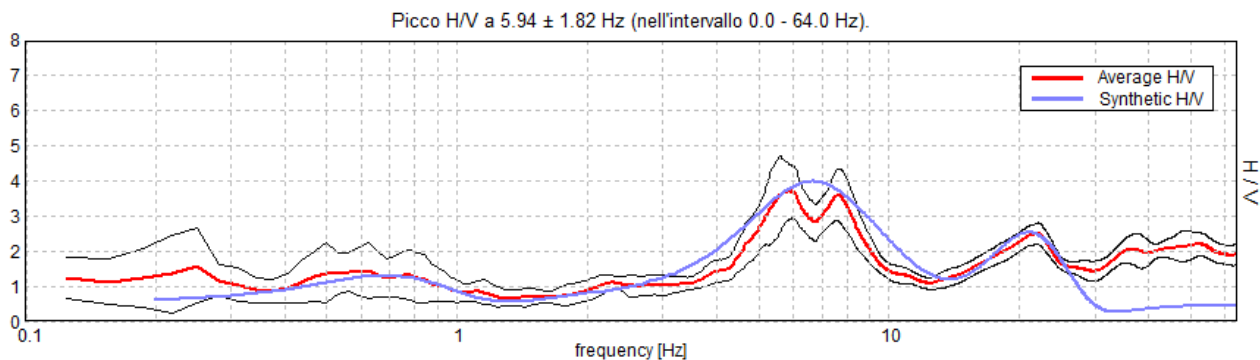
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $5.94 \pm 1.82$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

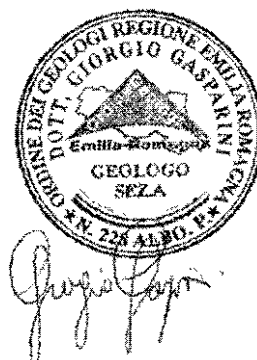
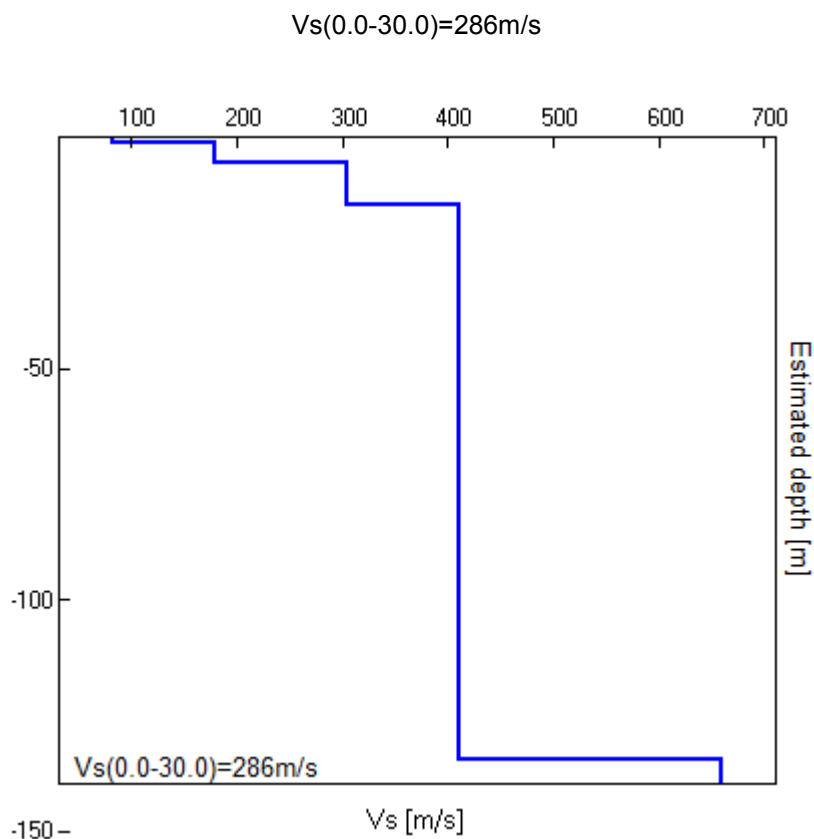




H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.05	1.05	82	0.42
5.55	4.50	180	0.42
14.55	9.00	305	0.42
134.55	120.00	410	0.42
inf.	inf.	660	0.42



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

**Picco H/V a  $5.94 \pm 1.82$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$5.94 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2850.0 > 200$	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 286	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.469 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	9.281 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.70 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.30649  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.81976 < 0.29688$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7575 < 1.58$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_16**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 16/06/14 09:41:01 Fine registrazione: 16/06/14 10:01:01

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 663599 4937403

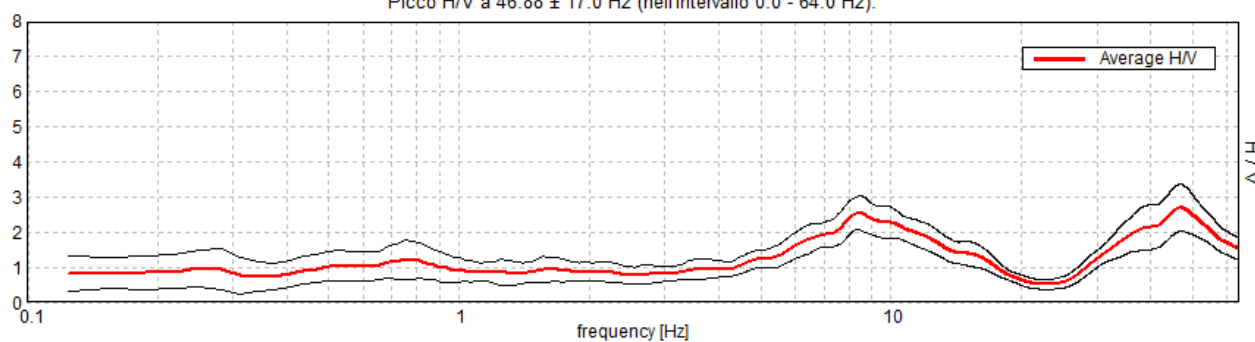
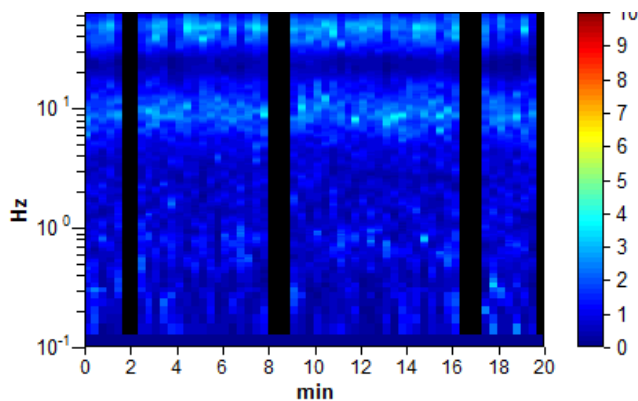
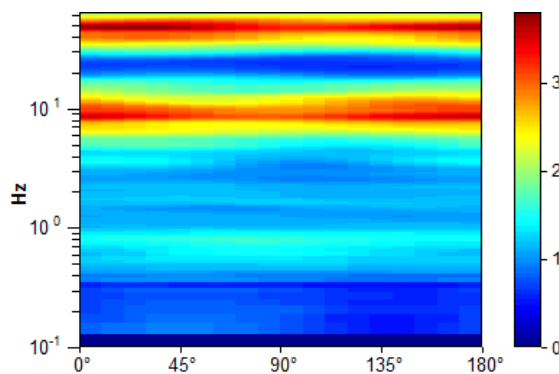
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 85% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

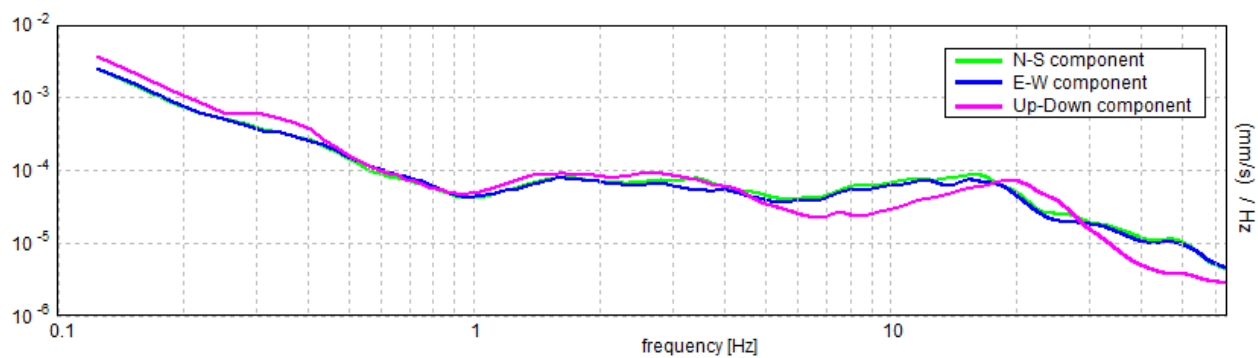
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

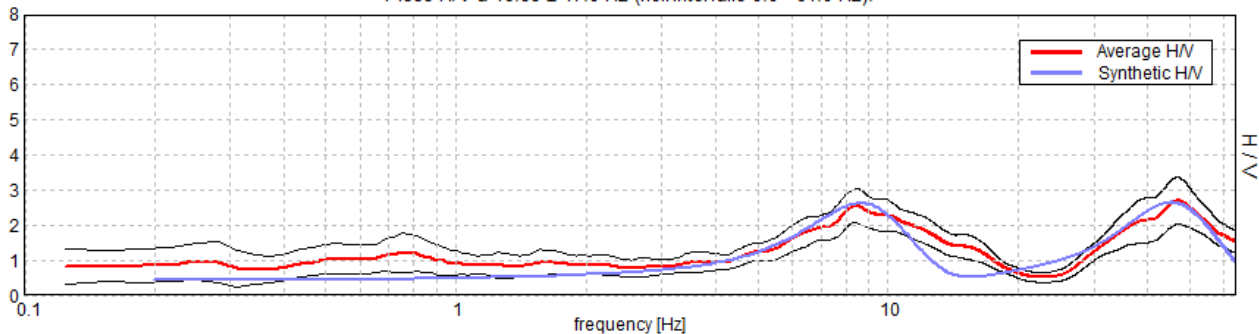
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $46.88 \pm 17.0$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



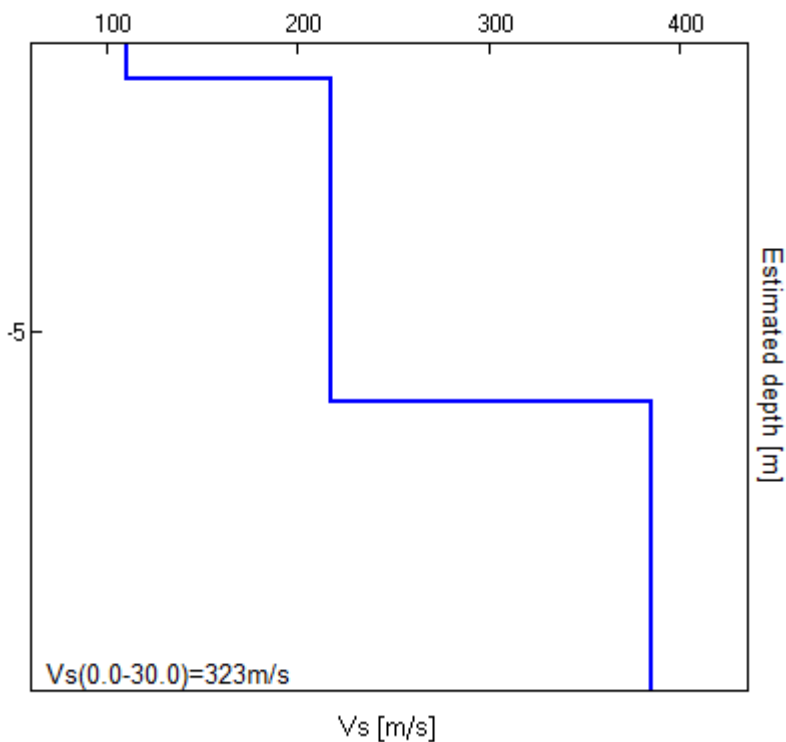
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a  $46.88 \pm 17.0$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.60	0.60	111	0.45
6.20	5.60	218	0.45
inf.	inf.	385	0.45

Vs(0.0-30.0)=323m/s



*Giorgio Gaspari*

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

**Picco H/V a  $46.88 \pm 17.0$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$46.88 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$47812.5 > 200$	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 1299	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	30.844 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.69 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.36258  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$16.99598 < 2.34375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6687 < 1.58$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_17**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 16/06/14 09:14:43 Fine registrazione: 16/06/14 09:34:43

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 663607 4936596

Durata registrazione: 0h20'00".

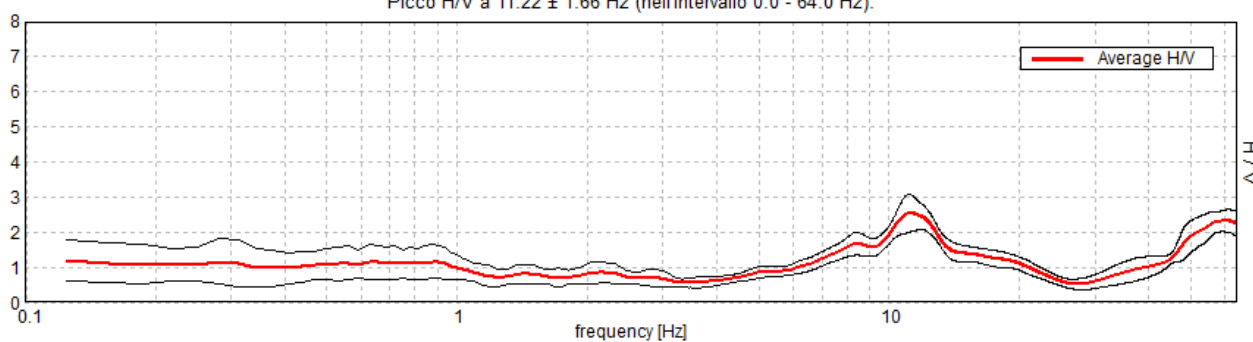
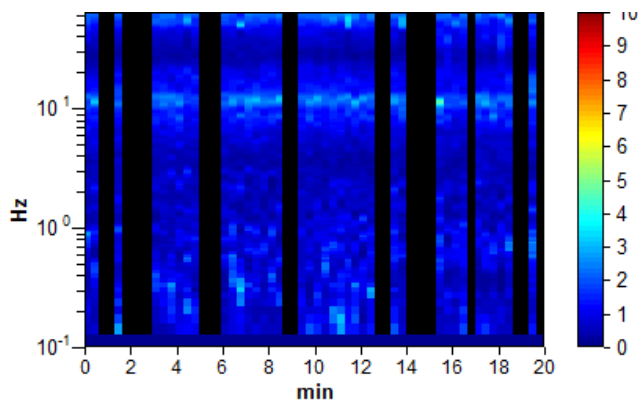
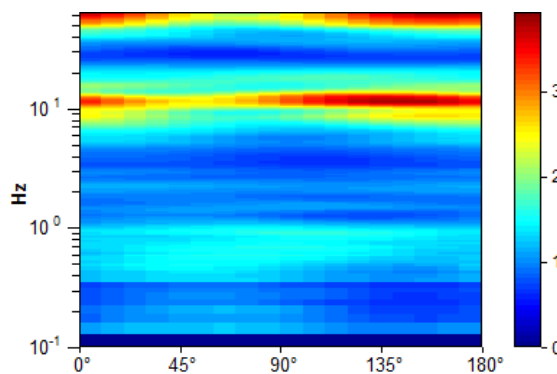
Analizzato 65% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

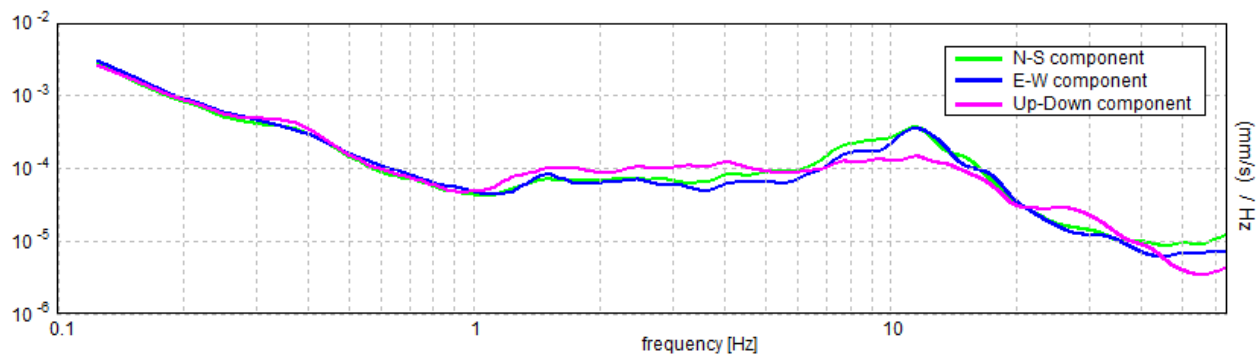
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $11.22 \pm 1.66$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

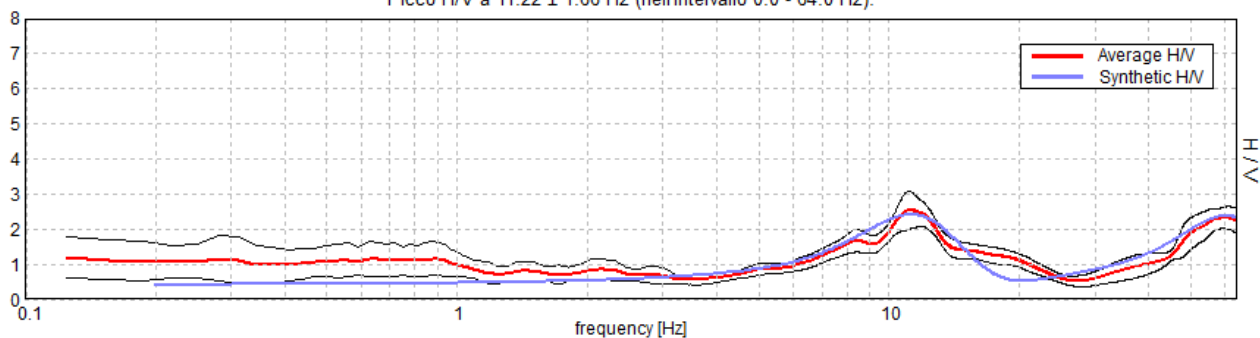
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





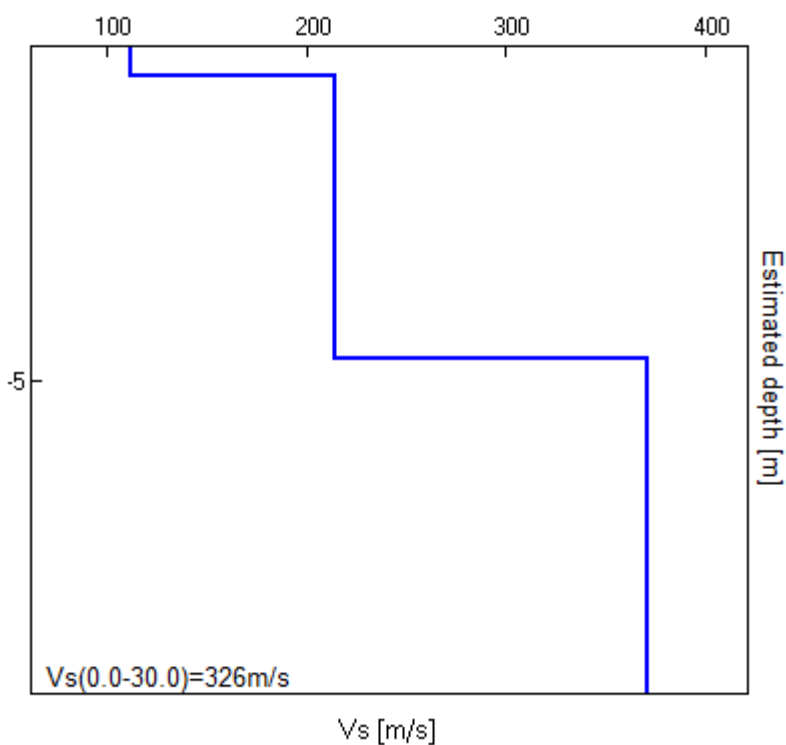
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a  $11.22 \pm 1.66$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.45	0.45	112	0.45
4.65	4.20	214	0.45
inf.	inf.	371	0.45

Vs(0.0-30.0)=326m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $11.22 \pm 1.66$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$11.22 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$8750.6 > 200$	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 540	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	7.094 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	17.094 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.54 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.14788  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.65905 < 0.56094$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5339 < 1.58$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_18**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 16/06/14 10:14:33 Fine registrazione: 16/06/14 10:34:33

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 662255 4937287

Durata registrazione: 0h20'00".

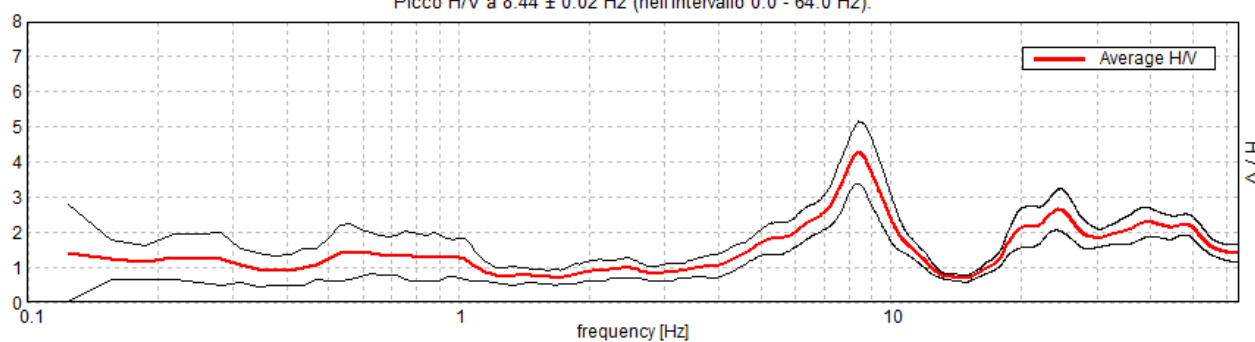
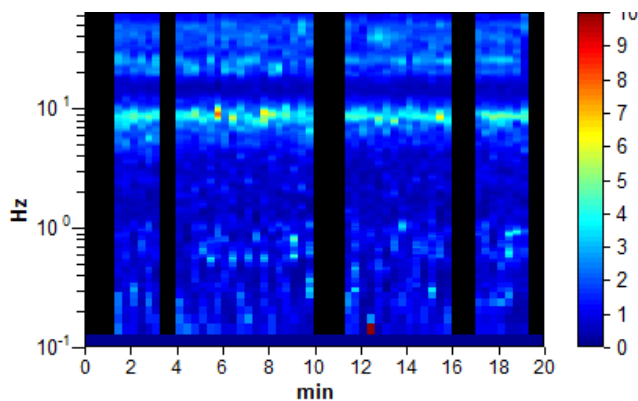
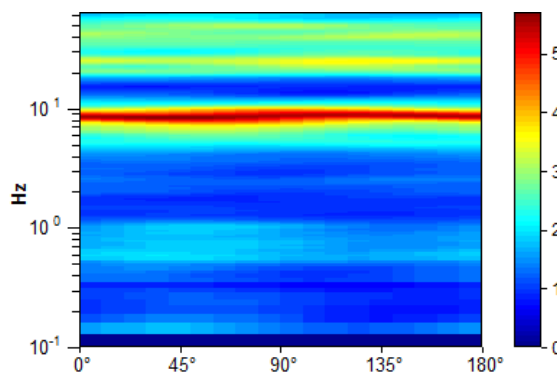
Analizzato 75% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

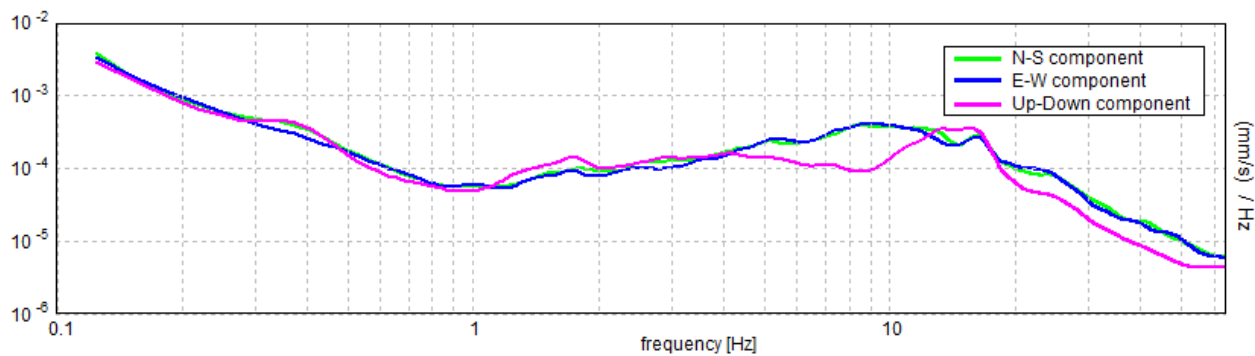
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

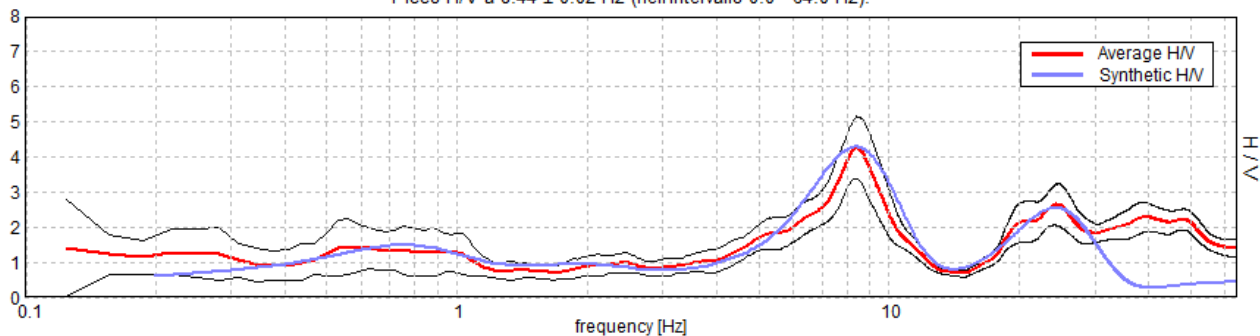
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $8.44 \pm 0.02$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



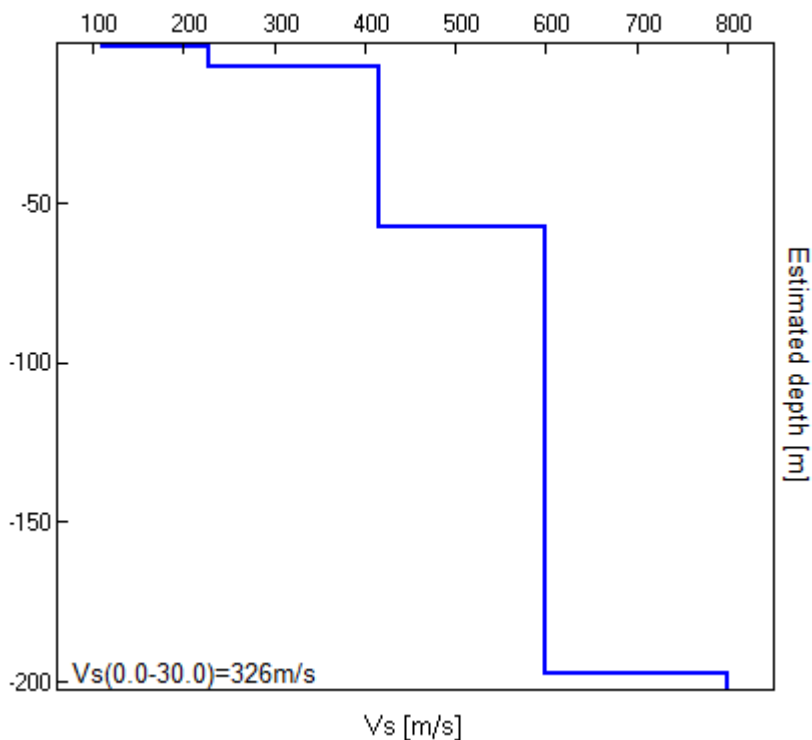
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 8.44 ± 0.02 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.20	1.20	111	0.45
7.20	6.00	229	0.45
57.20	50.00	415	0.45
197.20	140.00	600	0.45
inf.	inf.	800	0.45

Vs(0.0-30.0)=326m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $8.44 \pm 0.02$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$8.44 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$7593.8 > 200$	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 406	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	6.188 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	10.25 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.28 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00199  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0168 < 0.42188$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8917 < 1.58$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_19**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 12/06/14 15:55:19 Fine registrazione: 12/06/14 16:15:19

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 660603 4937599

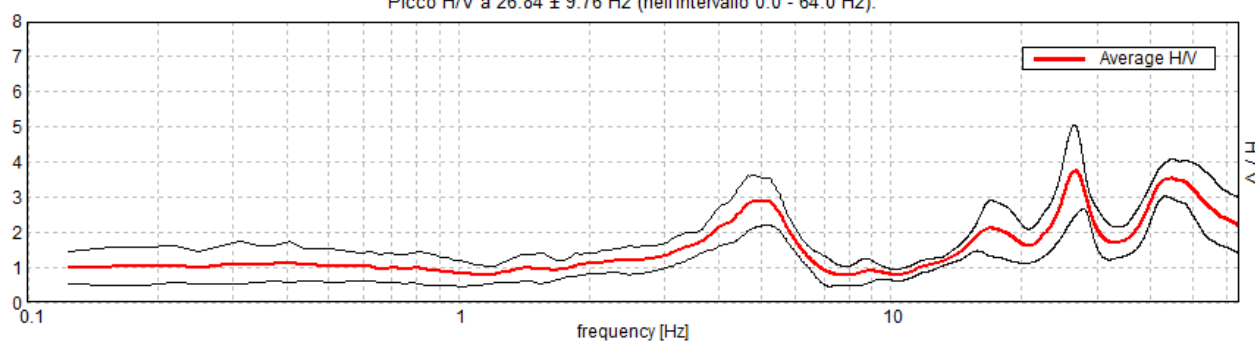
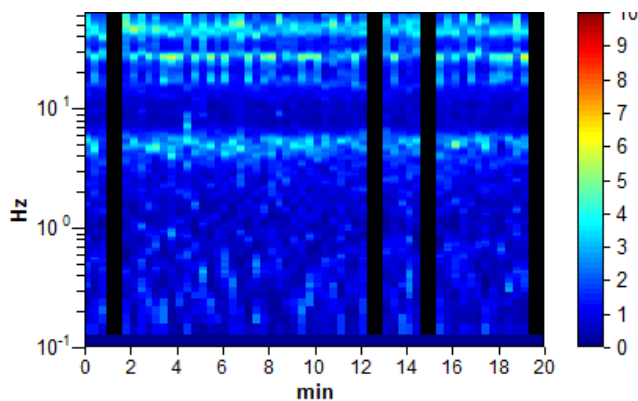
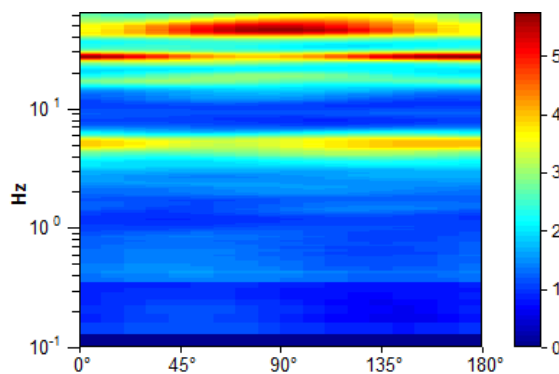
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 87% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

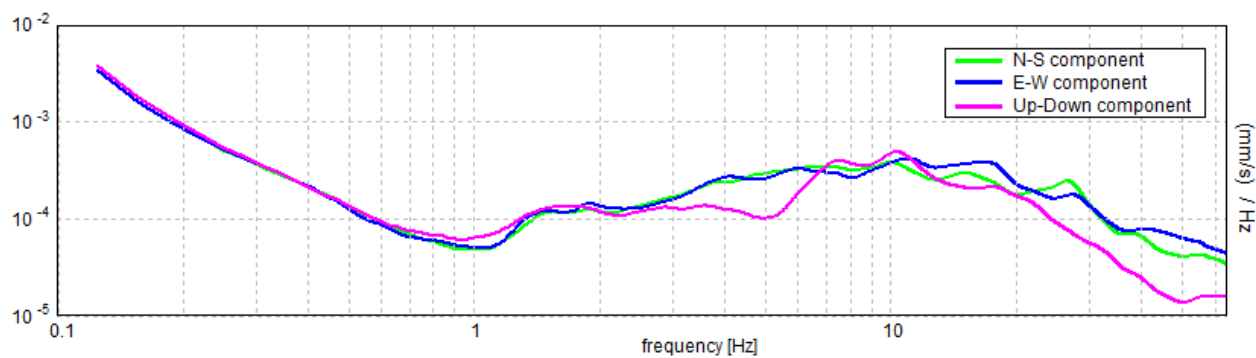
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $26.84 \pm 9.76$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

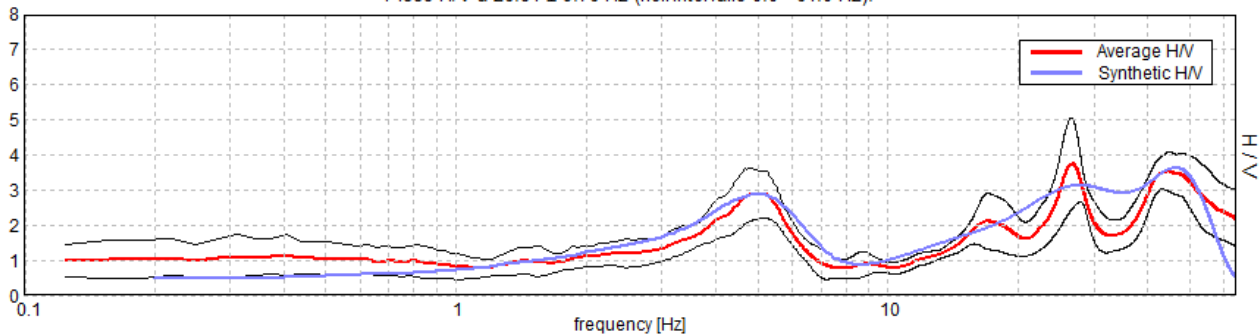
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





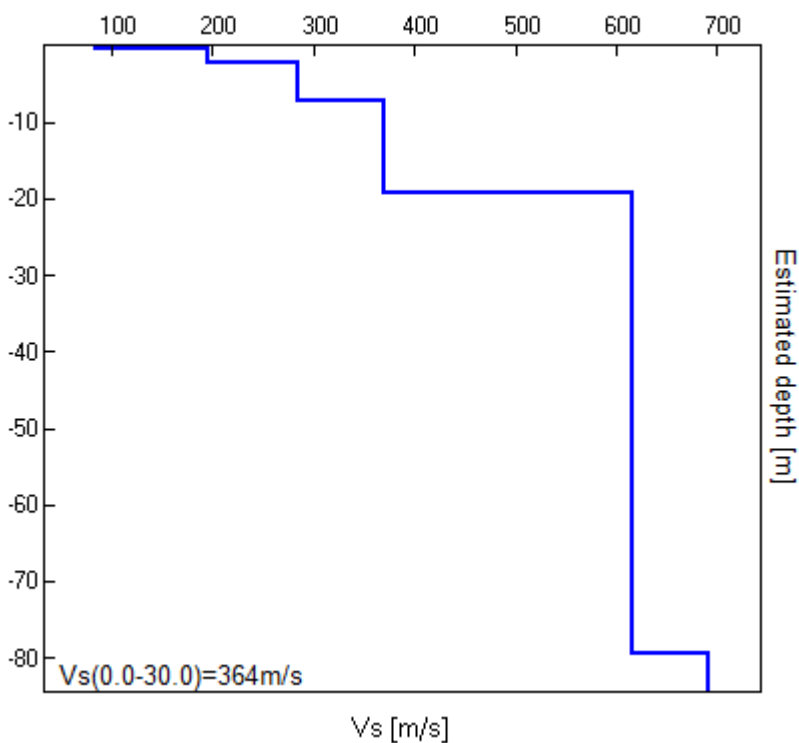
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 26.84 ± 9.76 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.50	0.50	84	0.45
2.30	1.80	196	0.45
7.30	5.00	285	0.45
19.30	12.00	370	0.45
79.30	60.00	615	0.45
inf.	inf.	692	0.45

Vs(0.0-30.0)=364m/s



*Giorgio Gaspari*

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

**Picco H/V a  $26.84 \pm 9.76$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$26.84 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$27917.5 > 200$	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 1290	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	22.344 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	30.875 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.75 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.36357  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$9.75947 < 1.34219$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.252 < 1.58$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_20**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 12/06/14 15:25:25 Fine registrazione: 12/06/14 15:45:25

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 658863 4937696

Durata registrazione: 0h20'00".

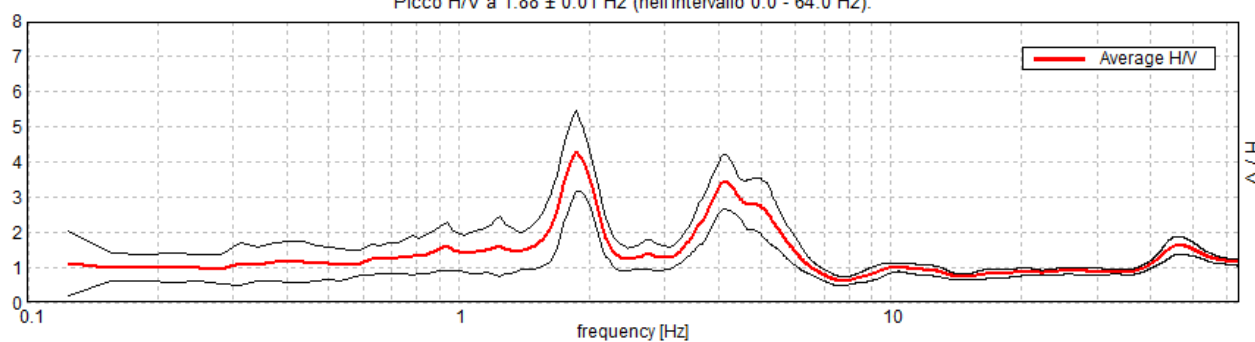
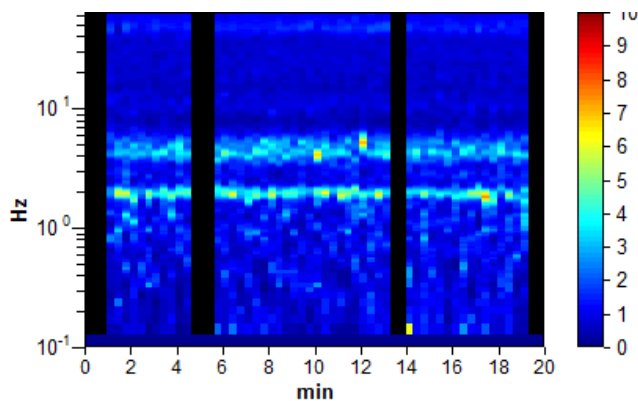
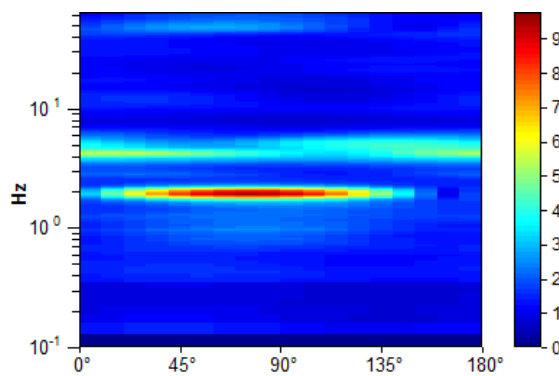
Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

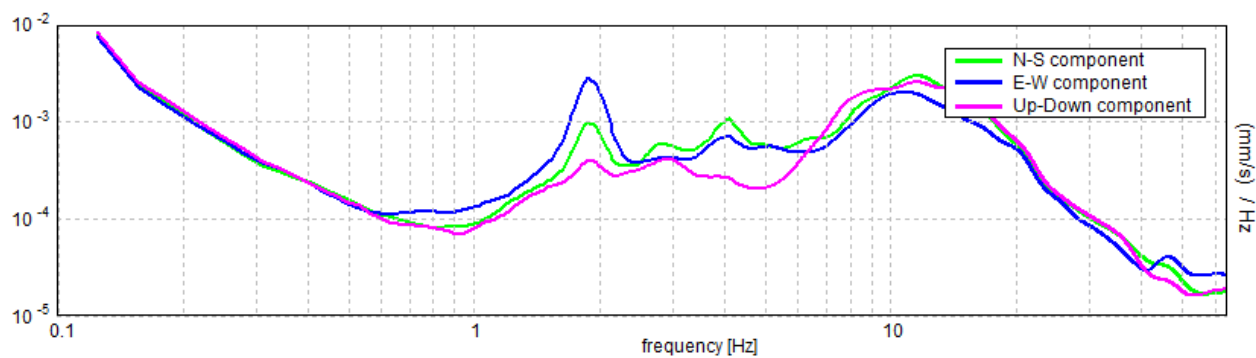
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

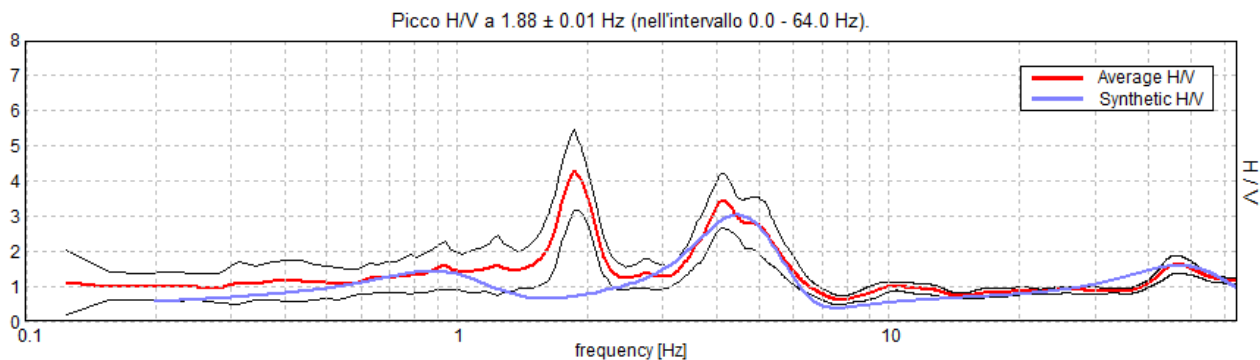
Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $1.88 \pm 0.01$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

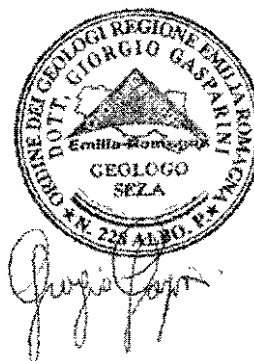
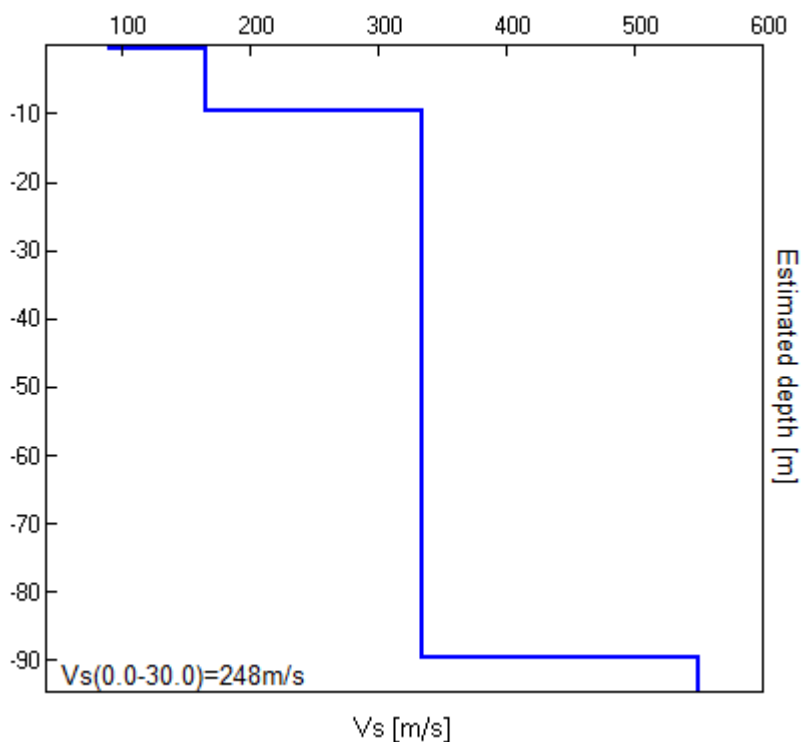


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.45	0.45	91	0.40
9.45	9.00	165	0.40
89.45	80.00	335	0.40
inf.	inf.	550	0.40

Vs(0.0-30.0)=248m/s



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

**Picco H/V a  $1.88 \pm 0.01$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.88 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1875.0 > 200$	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 91	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.625 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.156 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.31 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00333  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.00625 < 0.1875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.1402 < 1.78$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_21**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 12/06/14 17:24:20 Fine registrazione: 12/06/14 17:44:20

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 659284 4936397

Durata registrazione: 0h20'00".

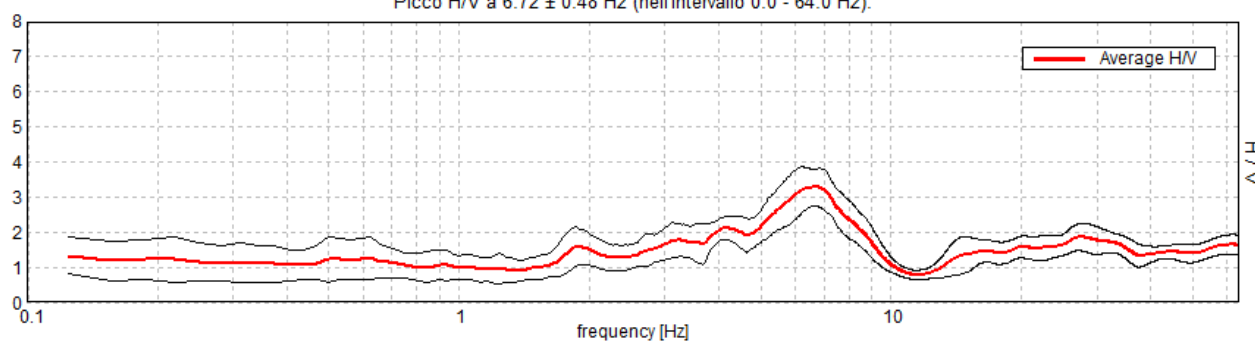
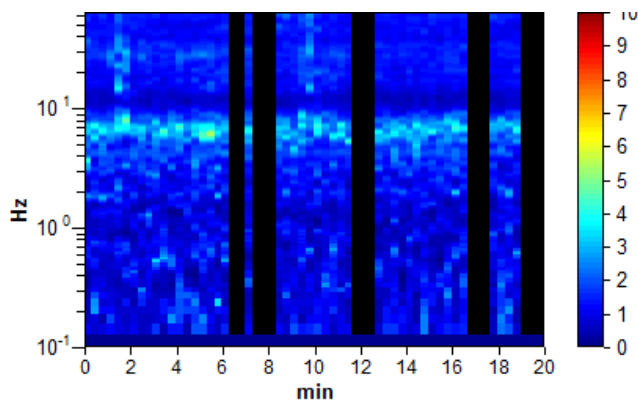
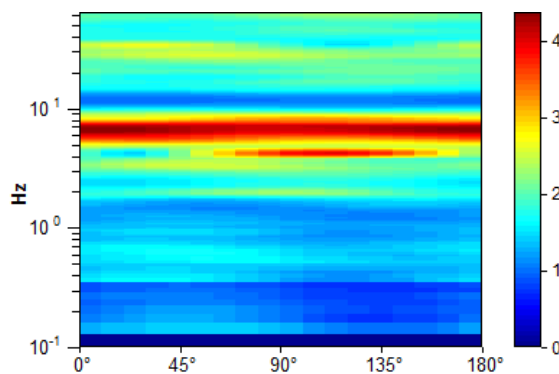
Analizzato 77% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

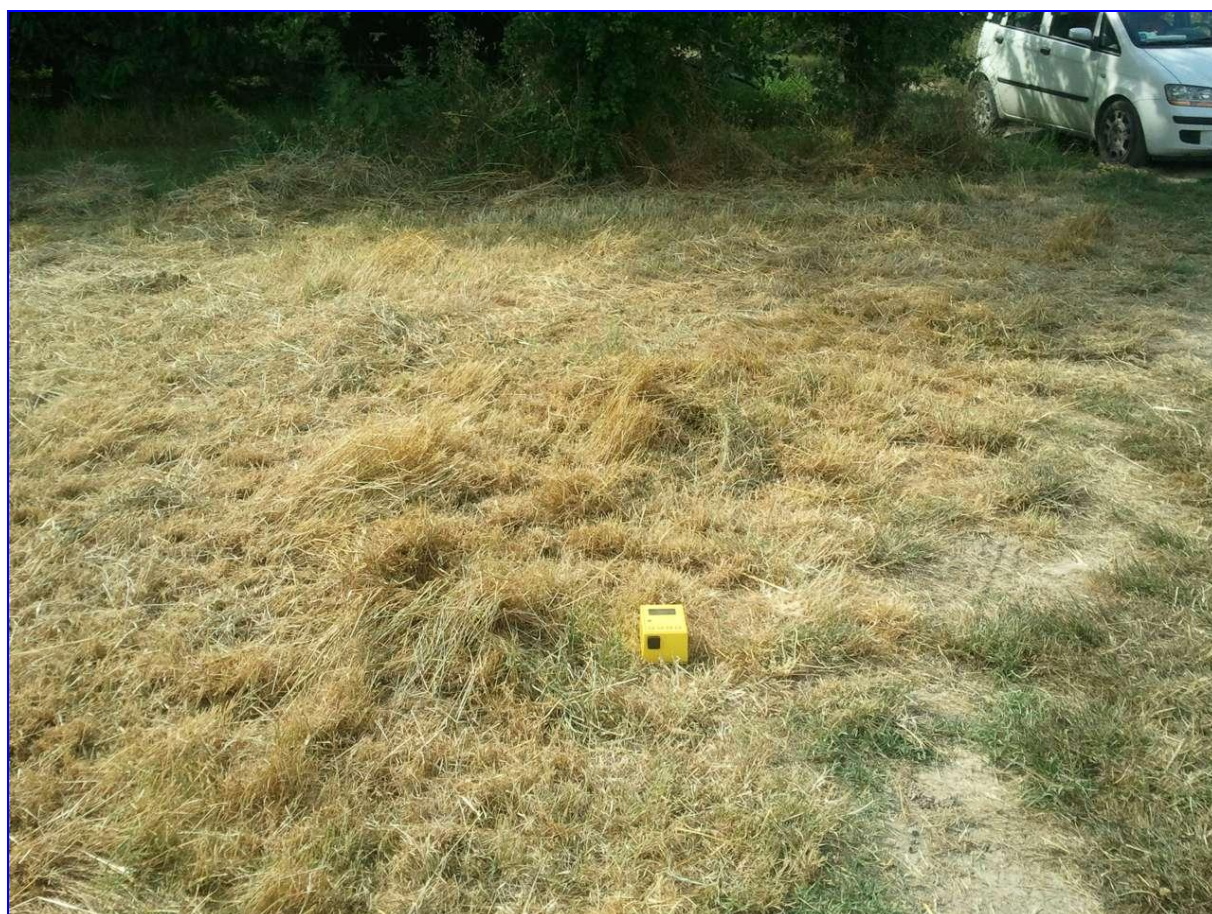
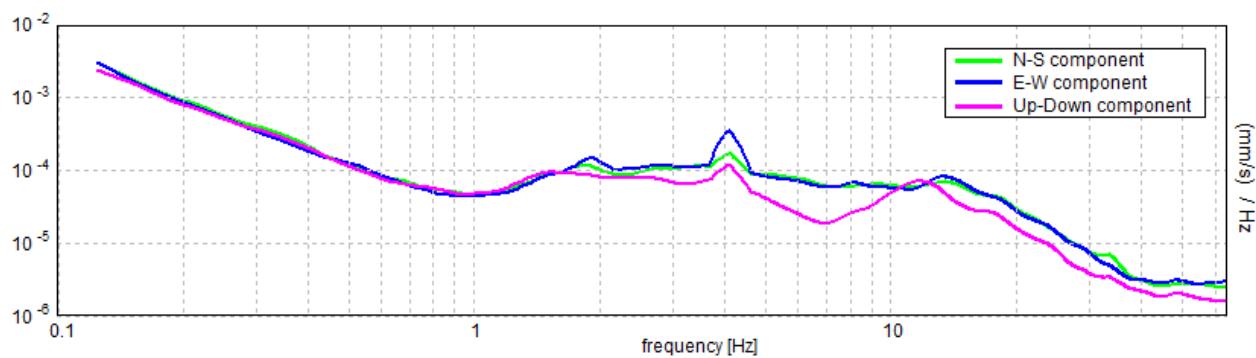
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

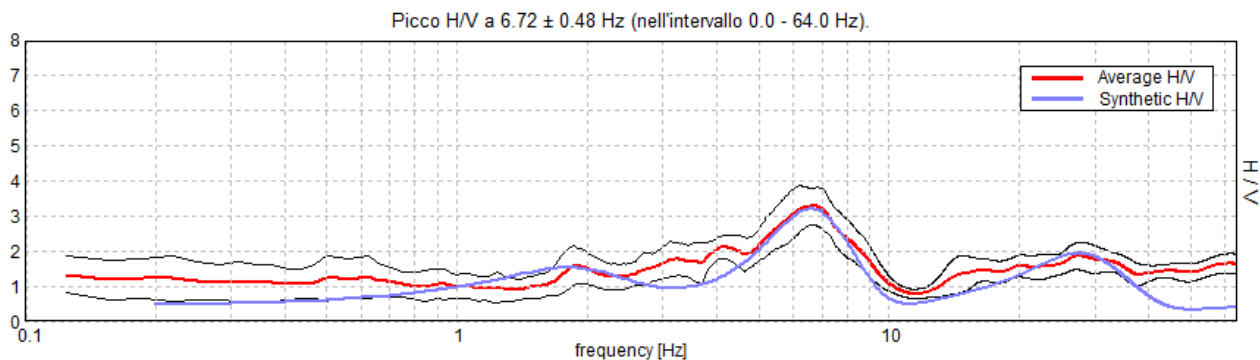
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $6.72 \pm 0.48$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



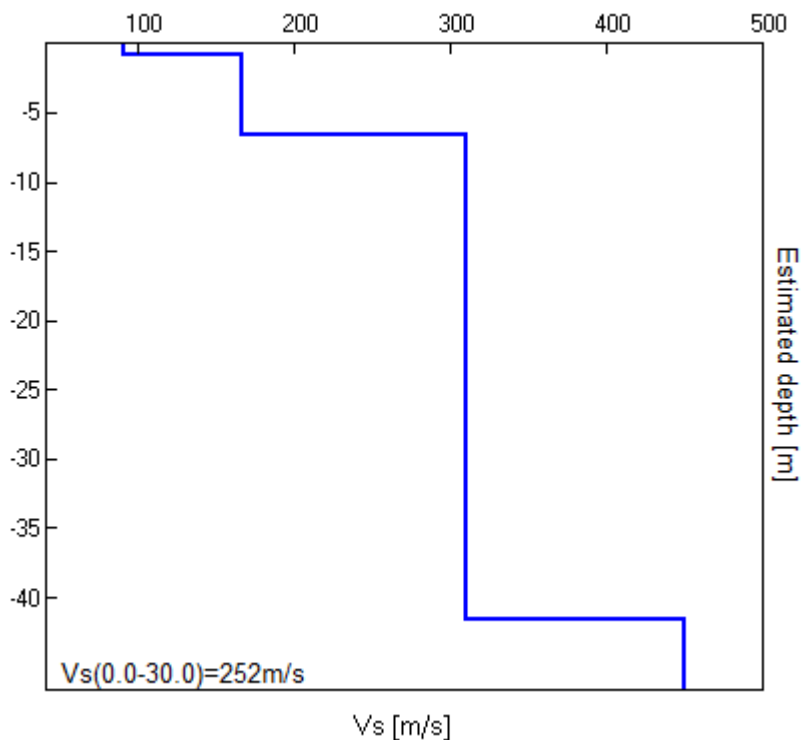


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.80	0.80	91	0.45
6.60	5.80	166	0.45
41.60	35.00	310	0.45
inf.	inf.	450	0.45

Vs(0.0-30.0)=252m/s



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

**Picco H/V a  $6.72 \pm 0.48$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$6.72 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$6181.3 > 200$	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 324	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.938 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	9.125 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.27 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.07208  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.4843 < 0.33594$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5316 < 1.58$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_22**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 12/06/14 16:44:05 Fine registrazione: 12/06/14 17:04:05

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 661210 4936646

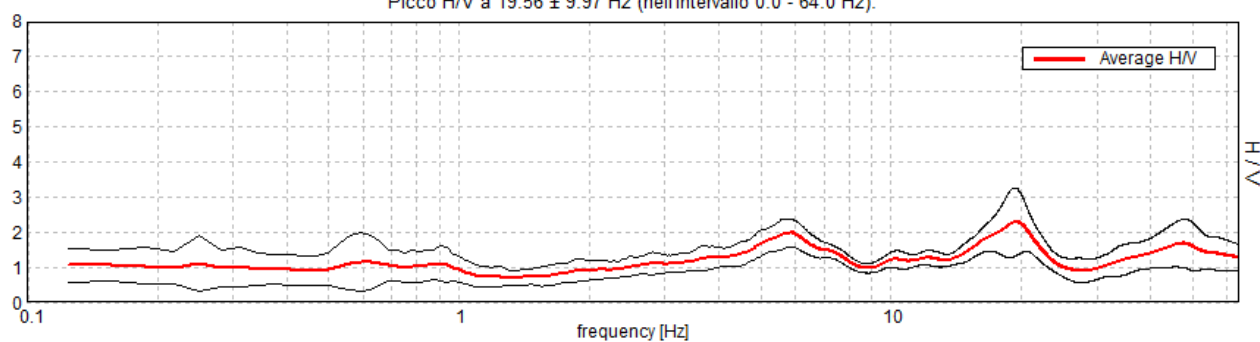
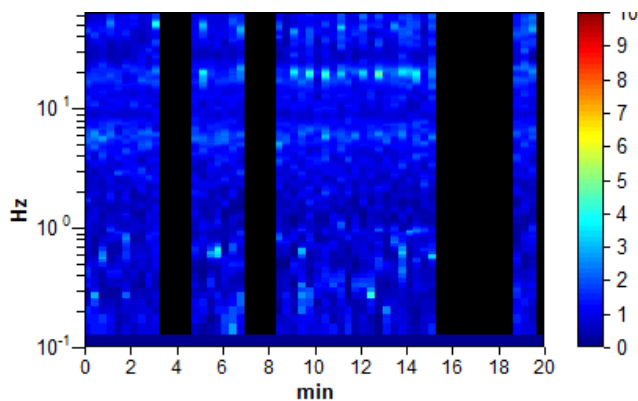
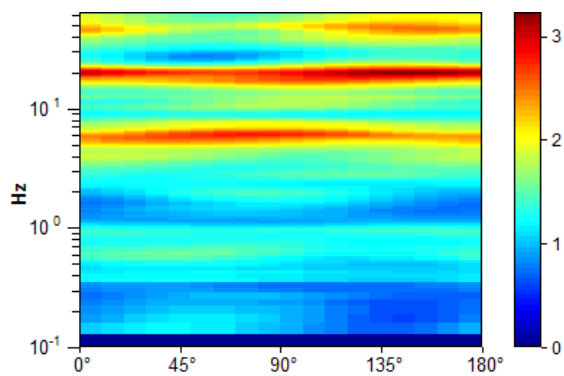
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 68% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

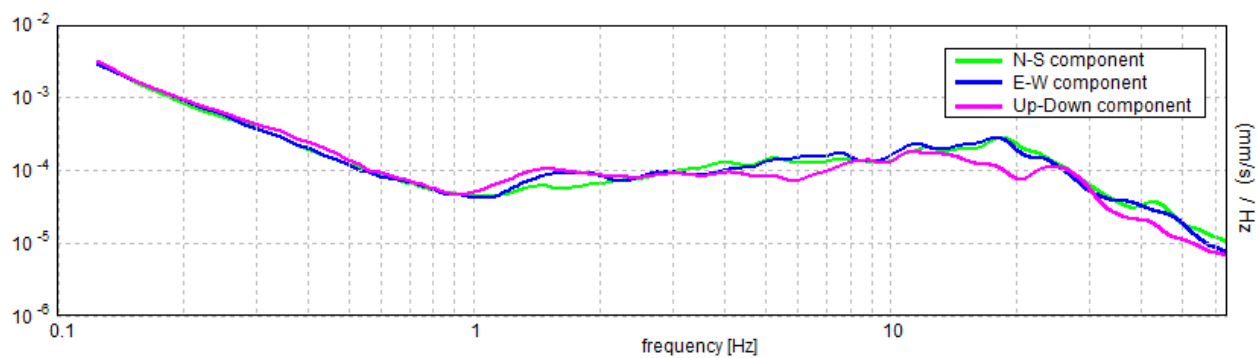
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

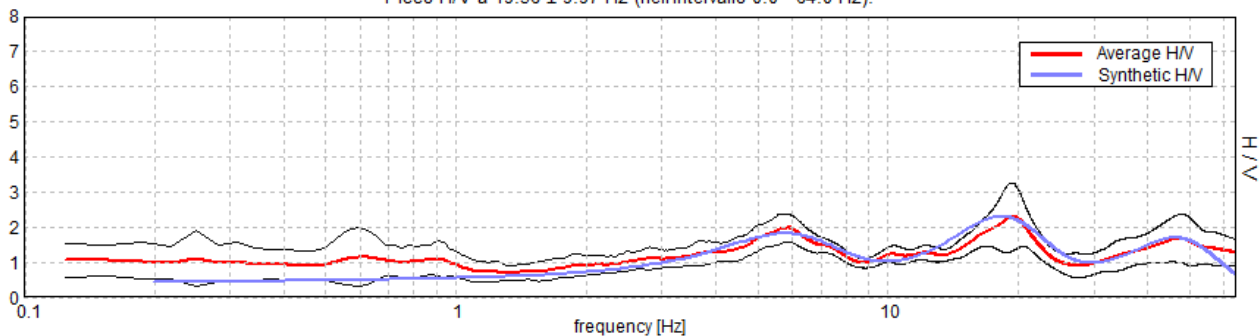
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $19.56 \pm 9.97$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



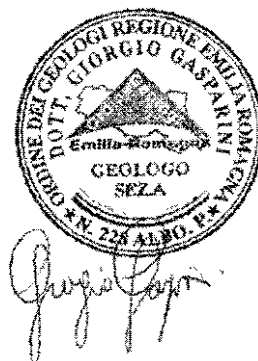
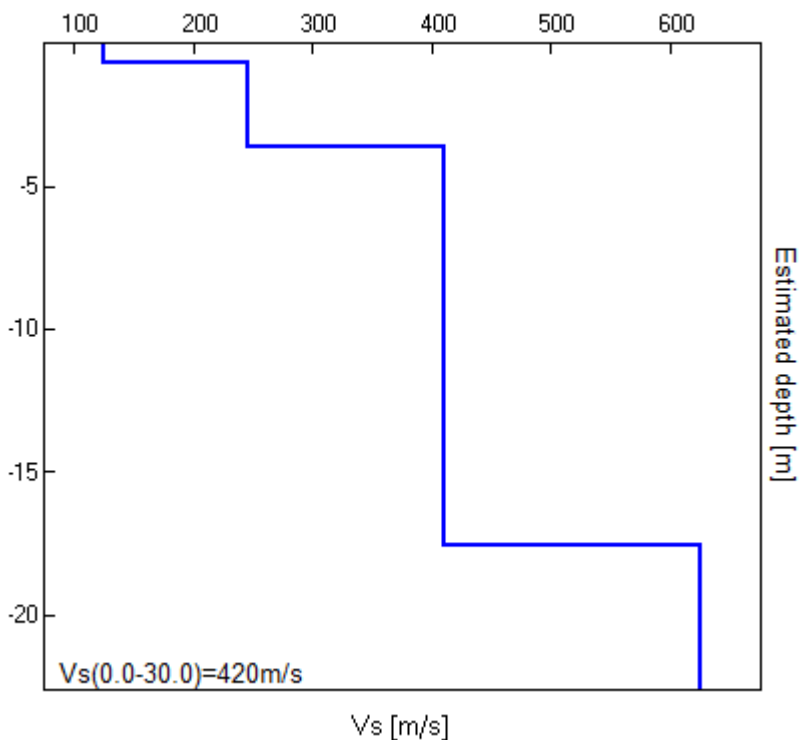
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 19.56 ± 9.97 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.70	0.70	125	0.42
3.60	2.90	245	0.42
17.60	14.00	410	0.42
inf.	inf.	625	0.42

Vs(0.0-30.0)=420m/s



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

**Picco H/V a  $19.56 \pm 9.97$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$19.56 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$16041.3 > 200$	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 940	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.688 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	23.906 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.29 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.5099  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$9.97484 < 0.97813$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.9541 < 1.58$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_23**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 13/06/14 13:45:06 Fine registrazione: 13/06/14 14:05:06

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 662159 4936423

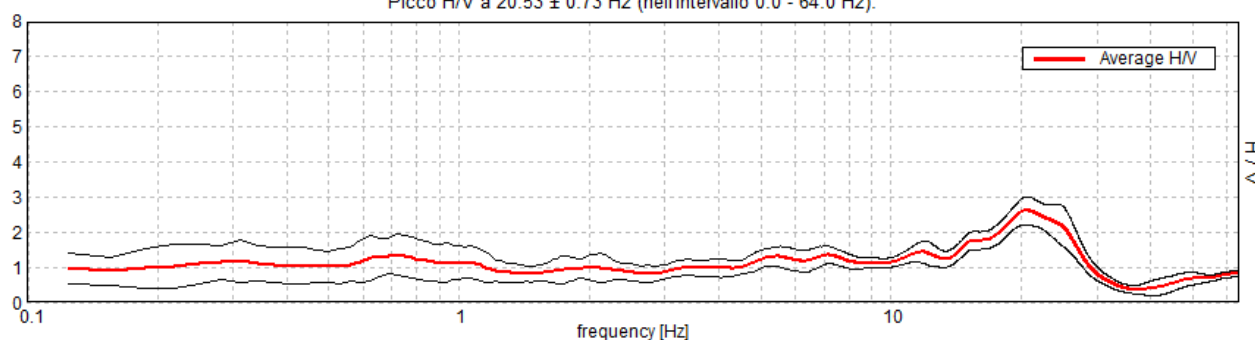
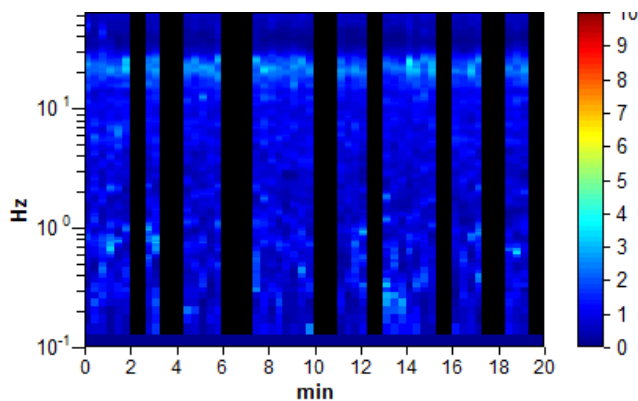
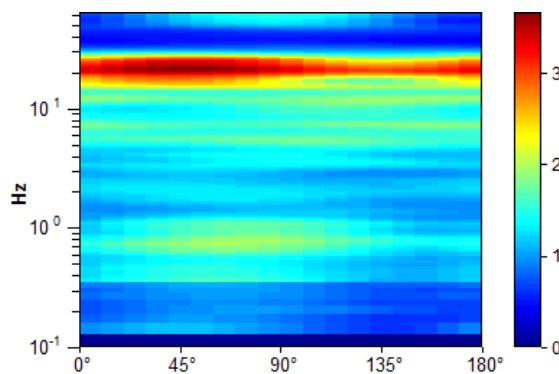
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 65% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

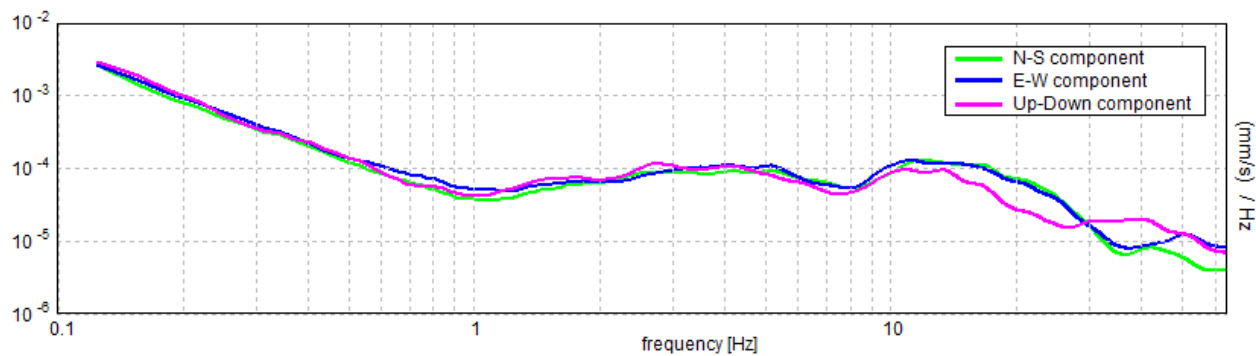
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $20.53 \pm 0.73$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

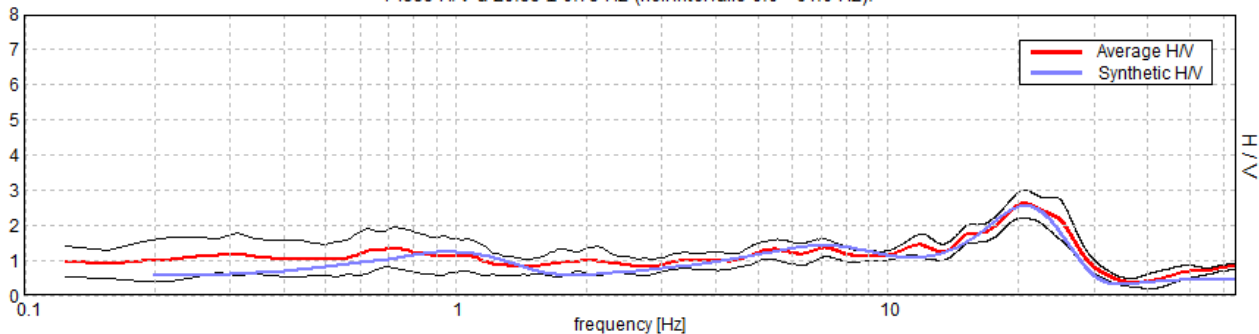
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





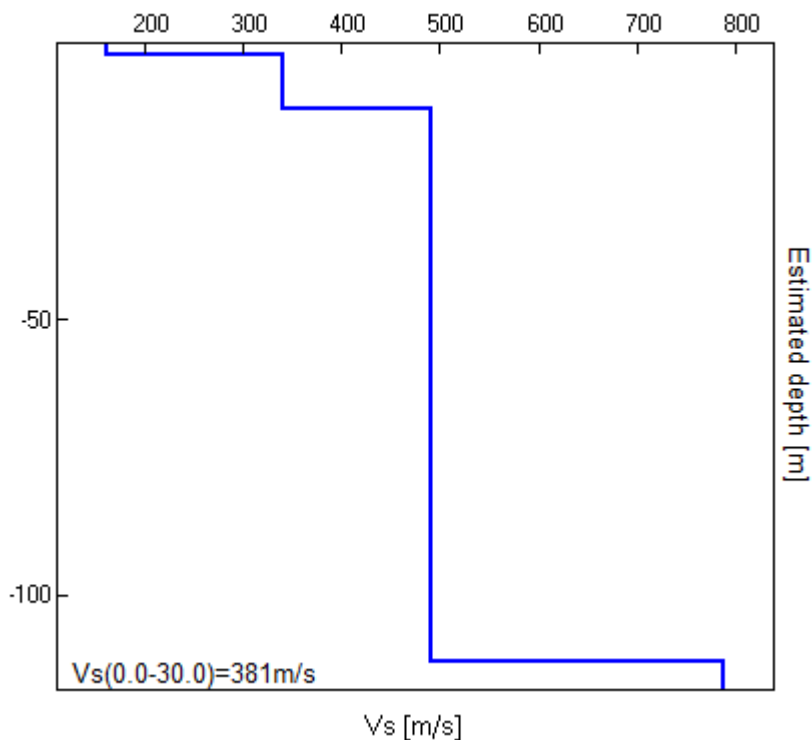
**H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO**

Picco H/V a 20.53 ± 0.73 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.00	2.00	160	0.40
12.00	10.00	339	0.40
112.00	100.00	490	0.40
inf.	inf.	789	0.40

Vs(0.0-30.0)=381m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $20.53 \pm 0.73$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$20.53 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$16014.4 > 200$	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 986	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	13.906 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	27.813 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.61 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03562  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.73132 < 1.02656$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3952 < 1.58$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 24**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 13/06/14 14:22:39 Fine registrazione: 13/06/14 14:42:40

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 662531 4936321

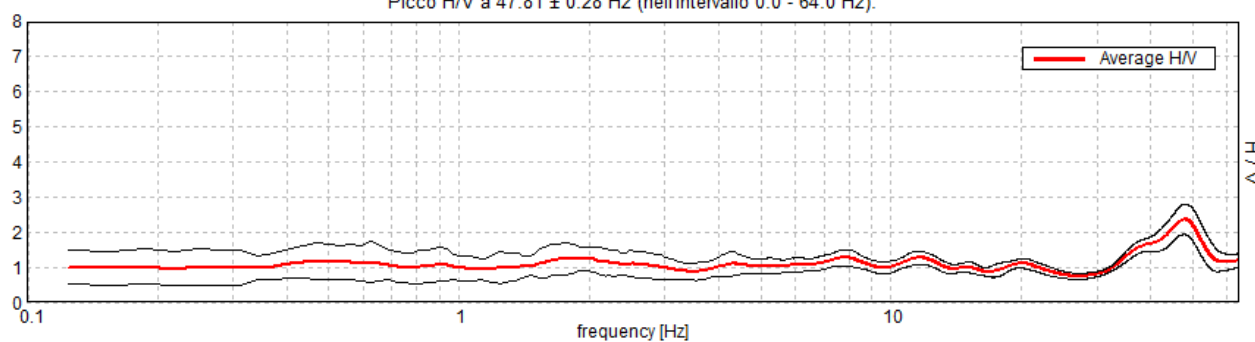
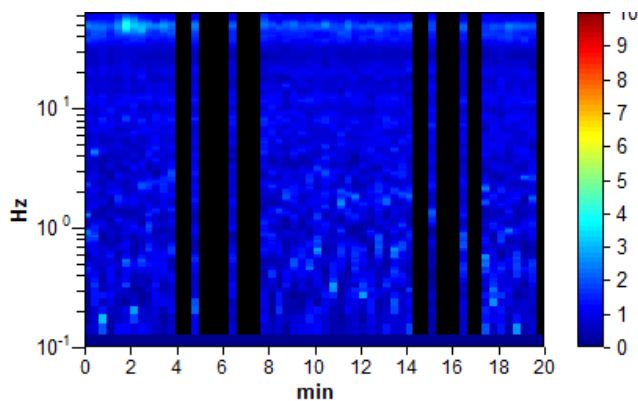
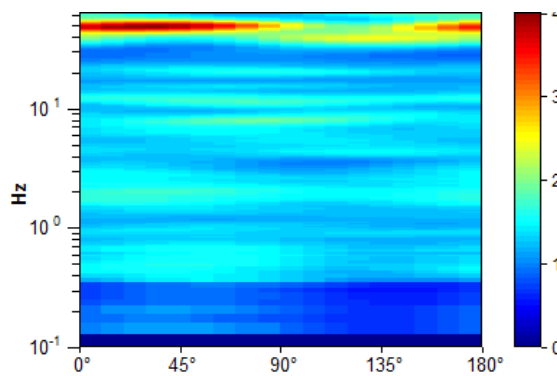
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 72% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

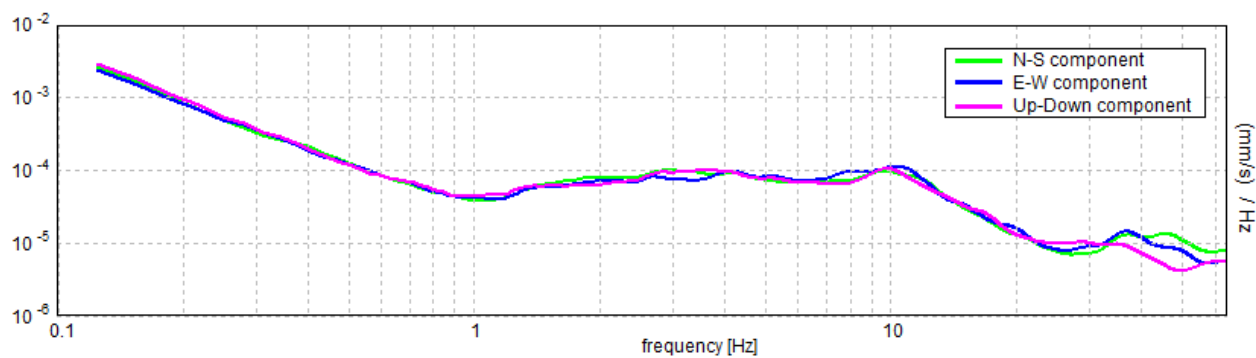
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

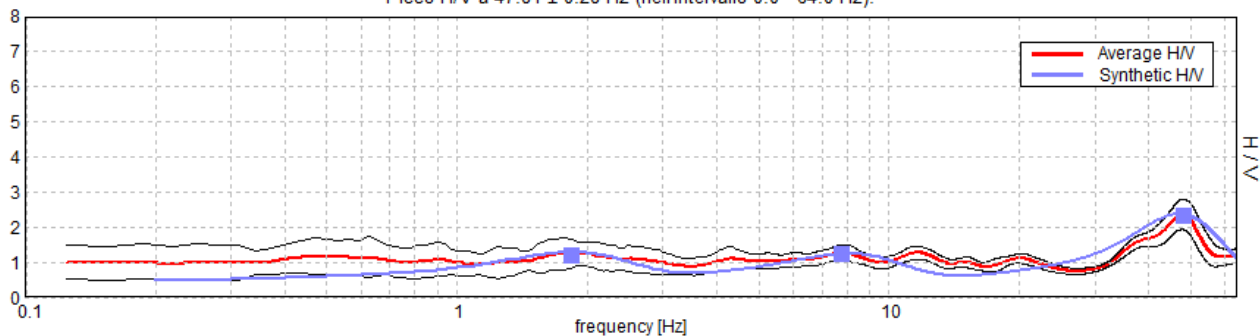
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $47.81 \pm 0.28$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



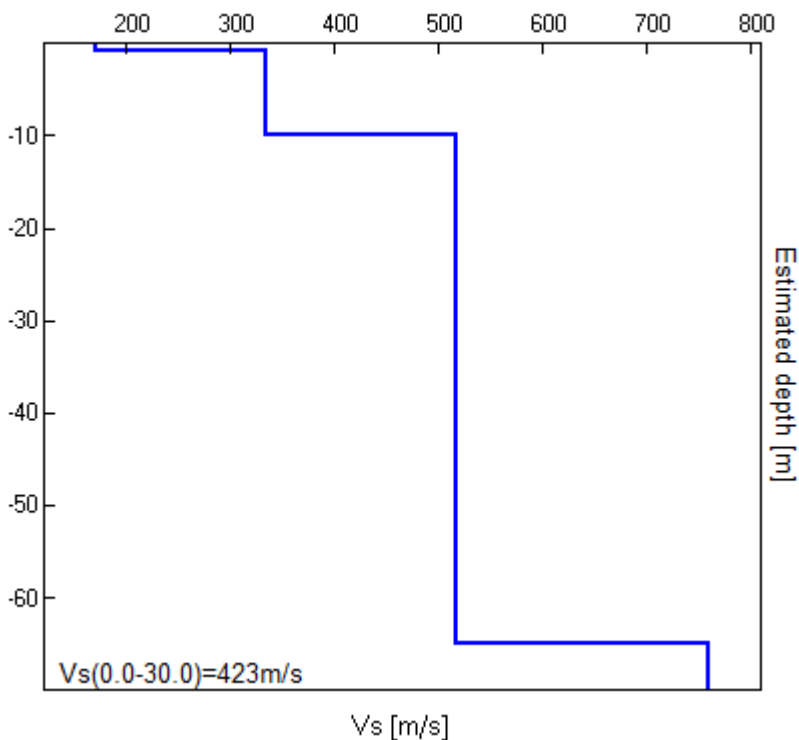
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 47.81 ± 0.28 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.90	0.90	0	-1.#IND
inf.	inf.	0	-1.#IND

Vs(0.0-30.0)=m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $47.81 \pm 0.28$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$47.81 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$41118.8 > 200$	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 1284	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	34.094 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	57.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.37 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00592  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.28302 < 2.39063$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4314 < 1.58$	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

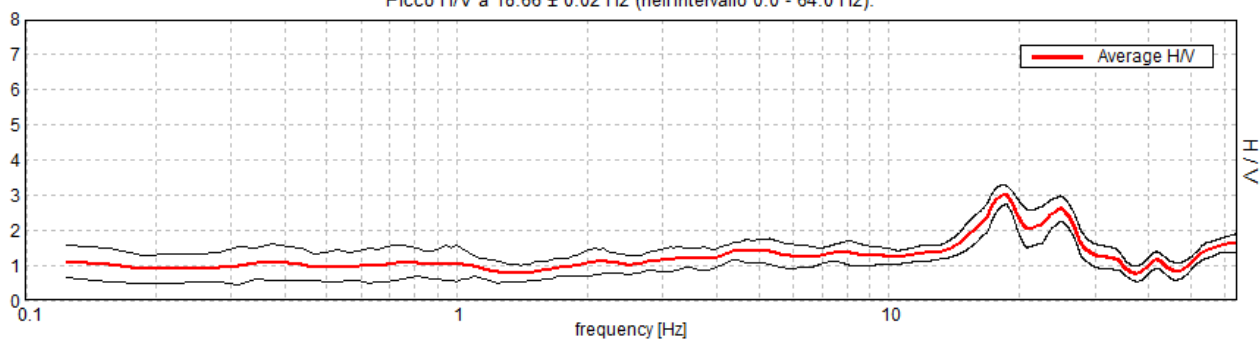
**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_25**

Strumento: TRZ-0187/01-12  
 Inizio registrazione: 12/06/14 17:56:25 Fine registrazione: 12/06/14 18:16:25  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 660267 4935037

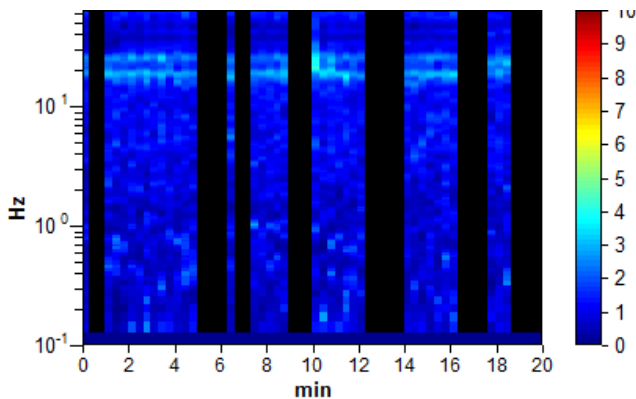
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 60% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

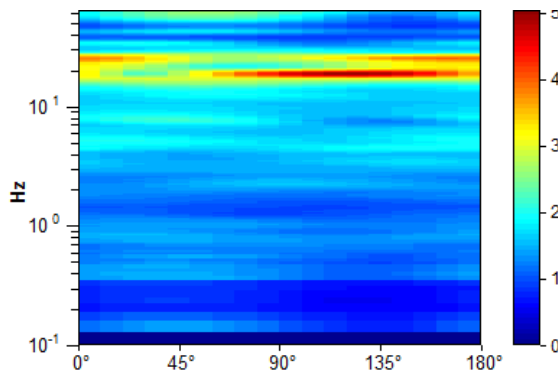
Picco H/V a 18.66 ± 0.02 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



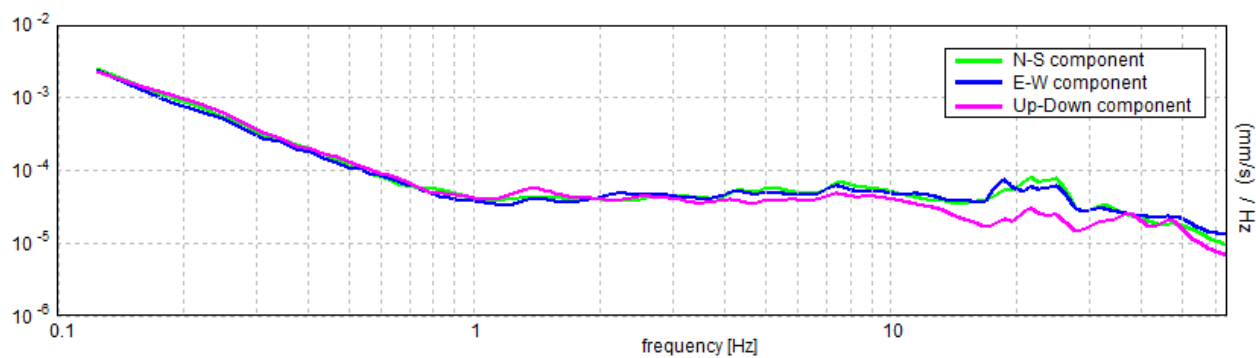
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



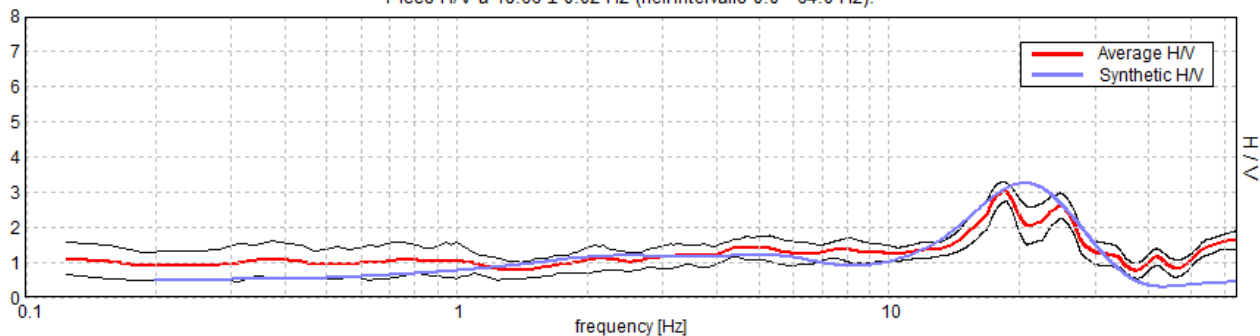
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





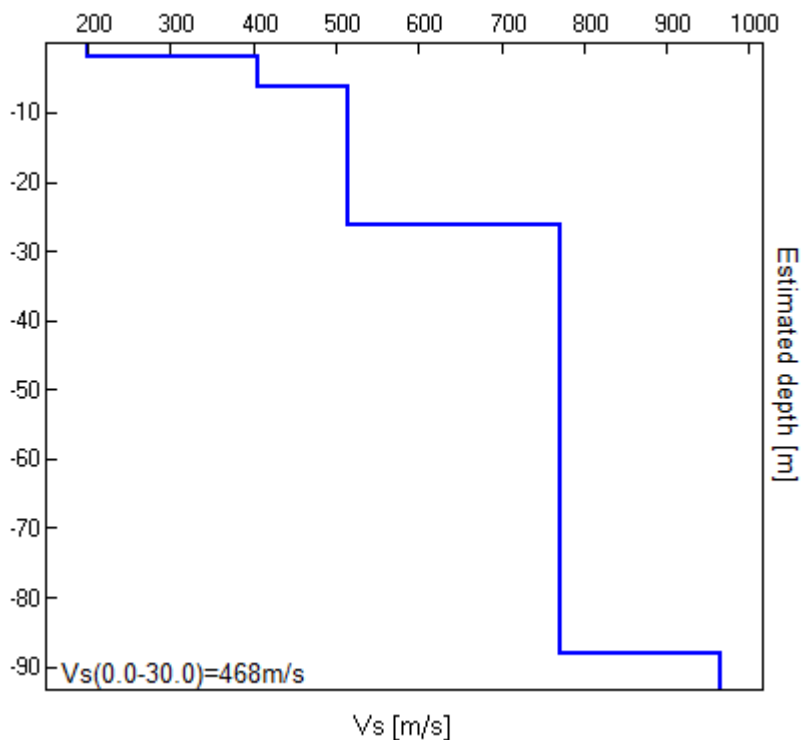
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 18.66 ± 0.02 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.00	2.00	200	0.42
6.20	4.20	405	0.42
26.20	20.00	515	0.42
88.20	62.00	772	0.42
inf.	inf.	965	0.42

Vs(0.0-30.0)=468m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $18.66 \pm 0.02$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$18.66 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$13432.5 > 200$	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 896	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	14.0 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	28.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.01 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00125  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02329 < 0.93281$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2675 < 1.58$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_26**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 13/06/14 13:14:29 Fine registrazione: 13/06/14 13:34:29

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 661465 4935696

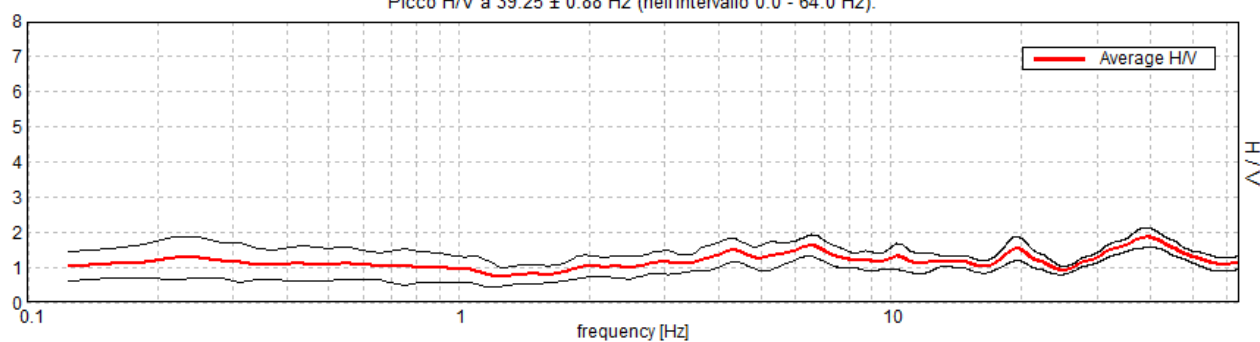
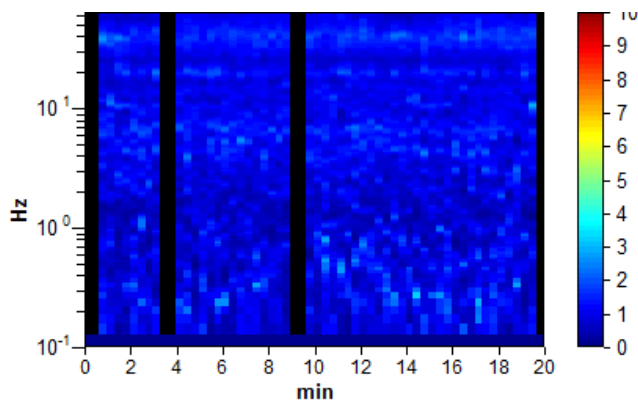
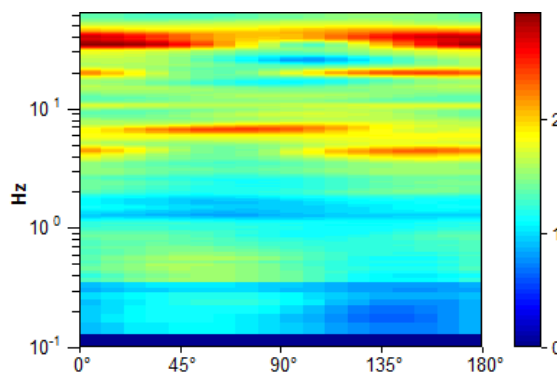
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

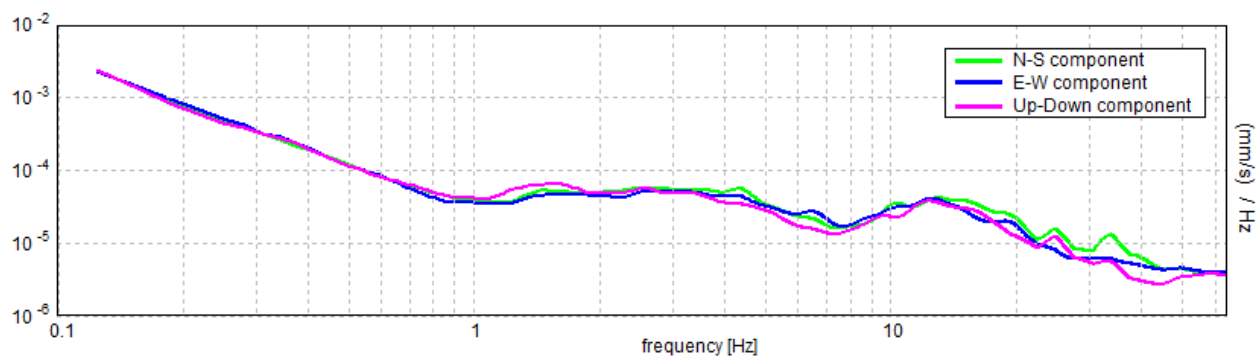
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

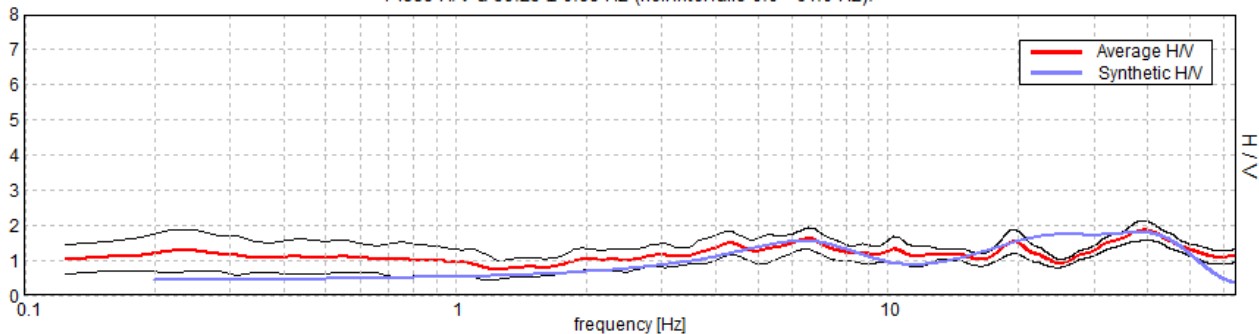
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $39.25 \pm 0.88$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



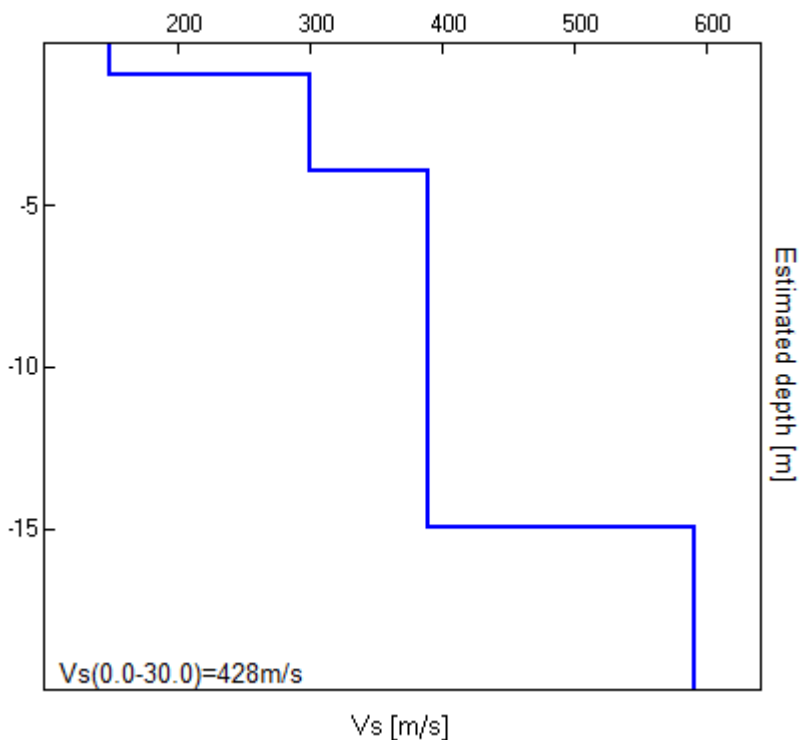
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 39.25 ± 0.88 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.95	0.95	150	0.42
3.95	3.00	300	0.42
14.95	11.00	390	0.42
inf.	inf.	590	0.42

Vs(0.0-30.0)=428m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $39.25 \pm 0.88$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$39.25 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$41605.0 > 200$	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 1421	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	25.5 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.85 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02254  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.88483 < 1.9625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.278 < 1.58$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 27**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 13/06/14 12:44:37 Fine registrazione: 13/06/14 13:04:37

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 662548 4935434

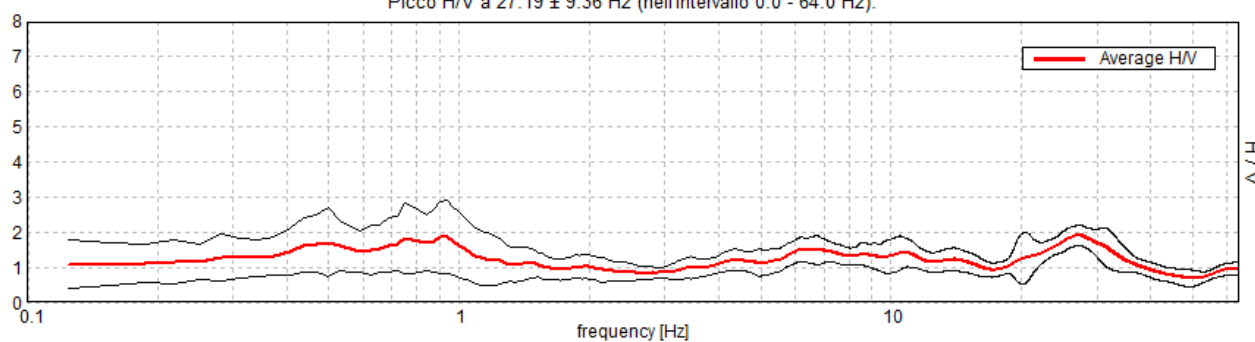
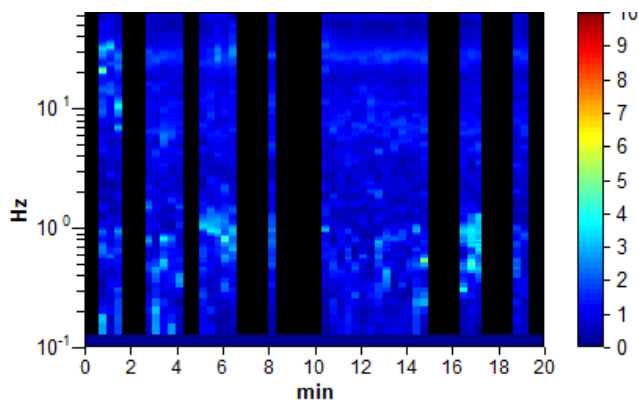
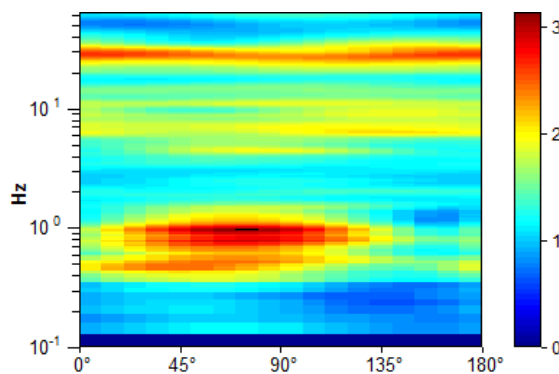
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 55% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

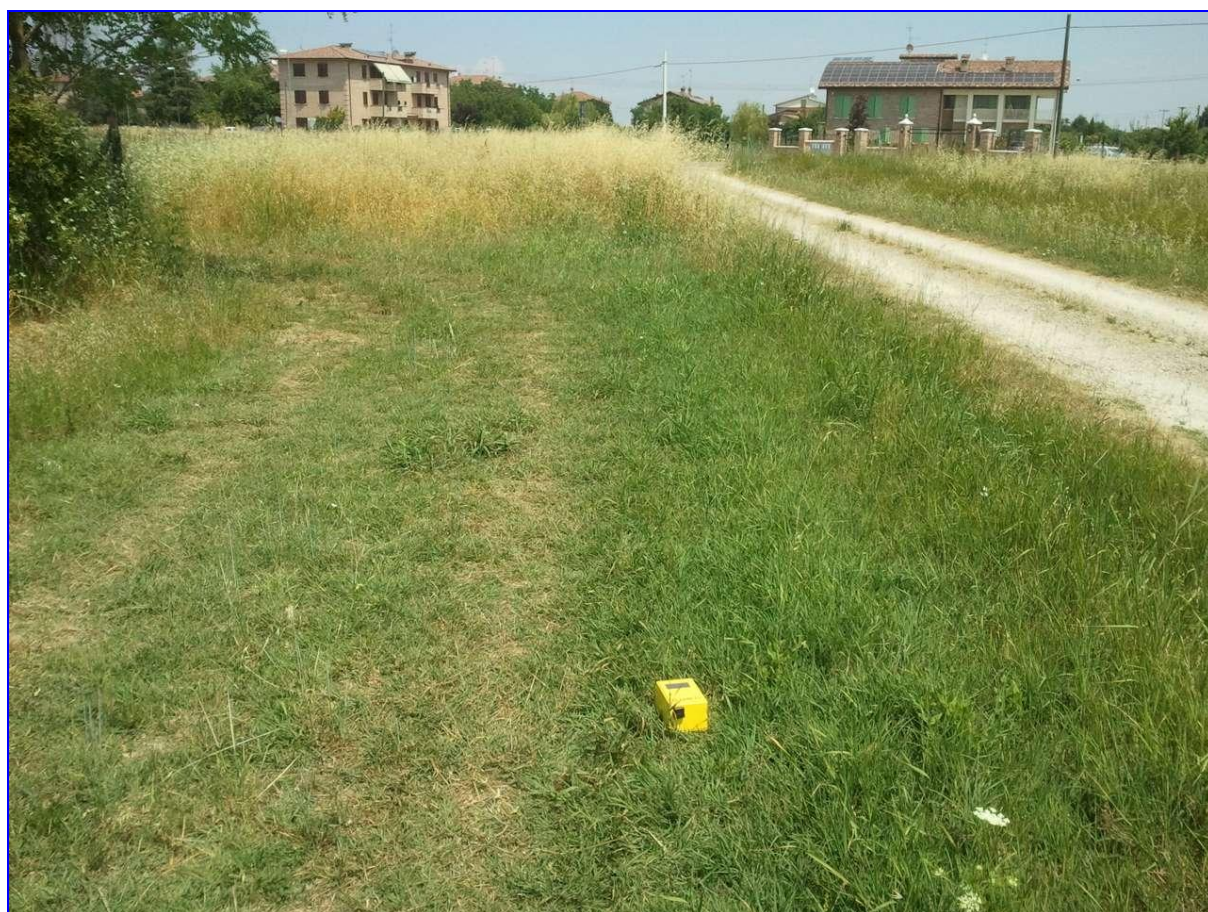
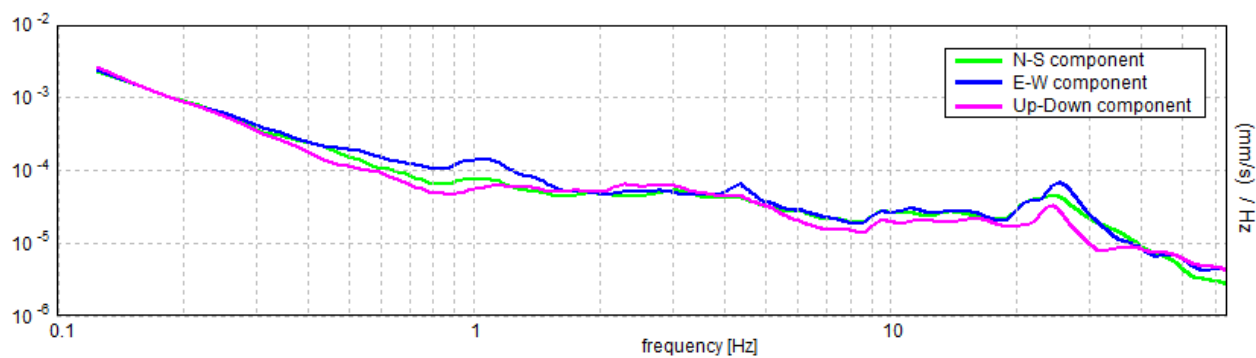
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $27.19 \pm 9.36$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

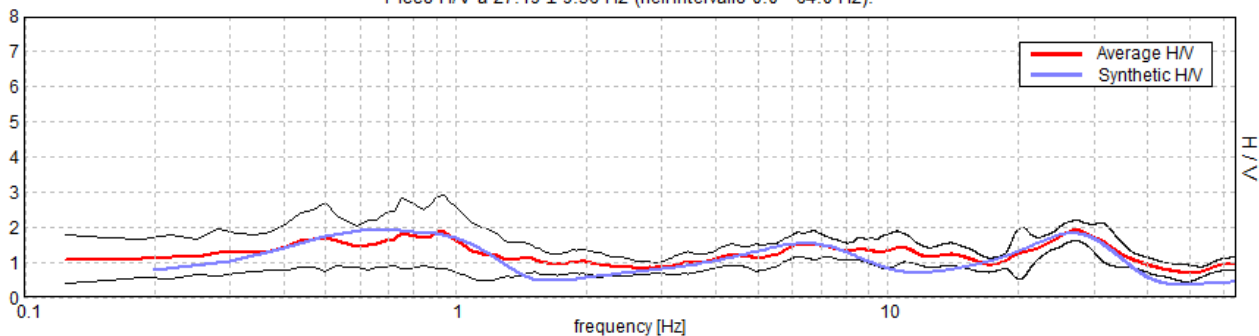
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





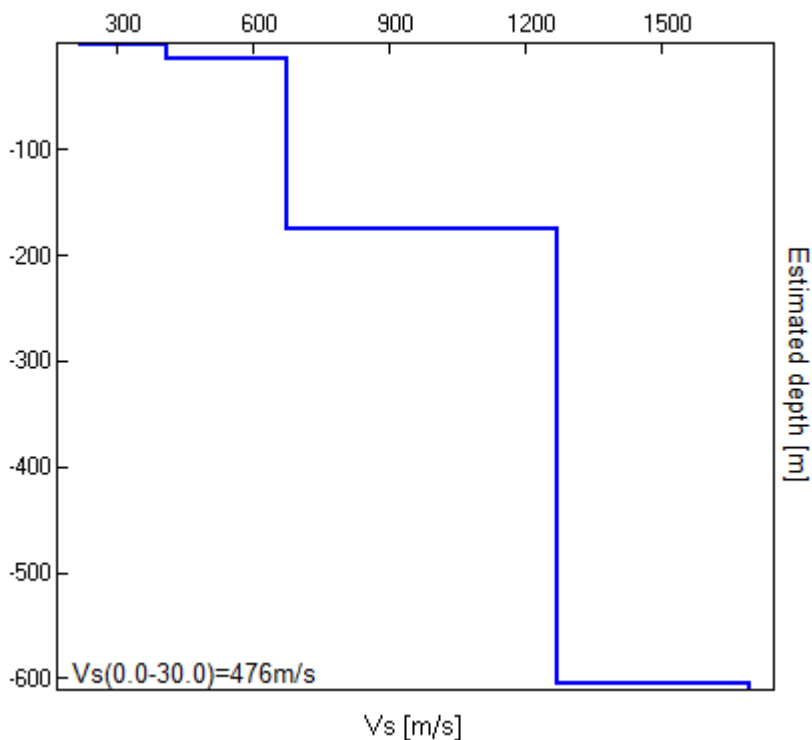
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 27.19 ± 9.36 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.00	2.00	218	0.40
15.00	13.00	411	0.40
175.00	160.00	675	0.40
605.00	430.00	1270	0.40
inf.	inf.	1694	0.40

Vs(0.0-30.0)=476m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $27.19 \pm 9.36$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$27.19 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$17943.8 > 200$	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 1306	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	17.844 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	39.219 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.91 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.34442  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$9.36398 < 1.35938$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2905 < 1.58$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_28**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 12/06/14 18:29:06 Fine registrazione: 12/06/14 18:49:06

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 661229 4934558

Durata registrazione: 0h20'00".

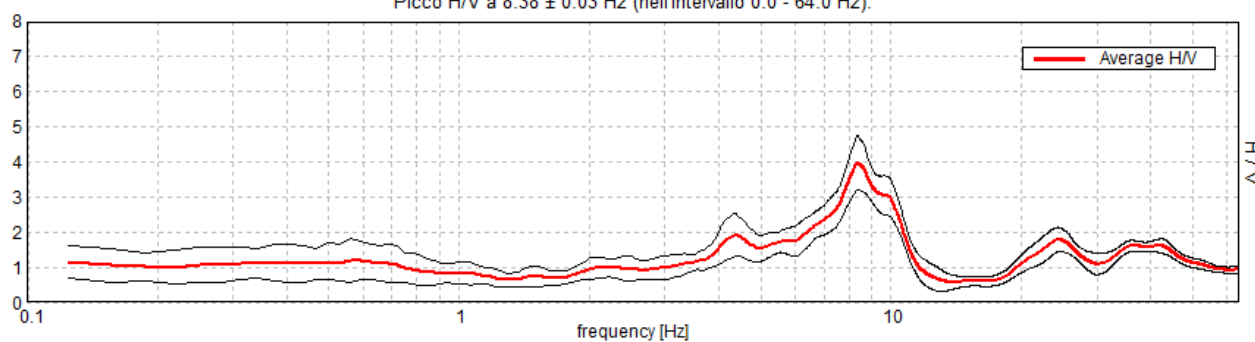
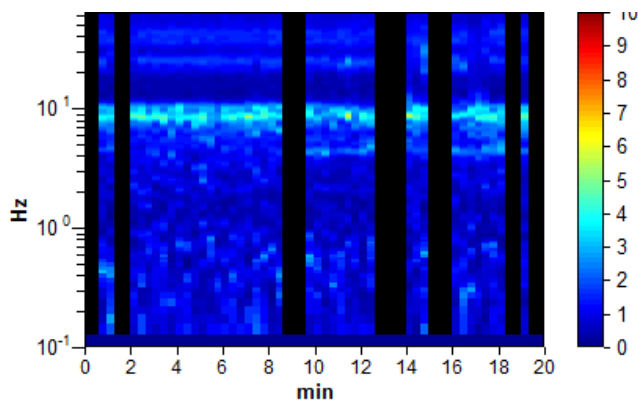
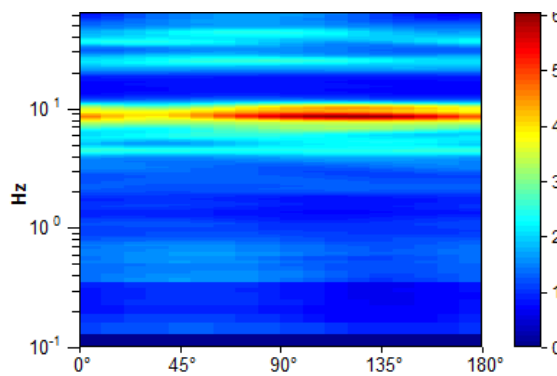
Analizzato 70% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

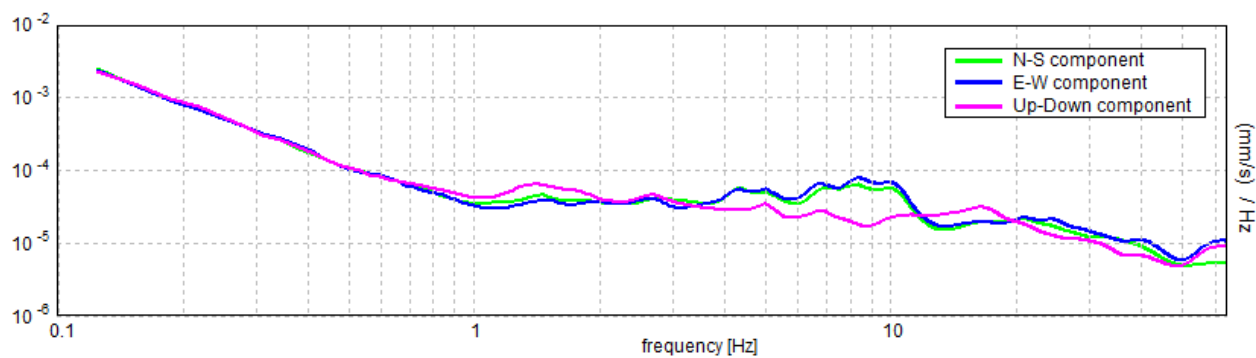
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

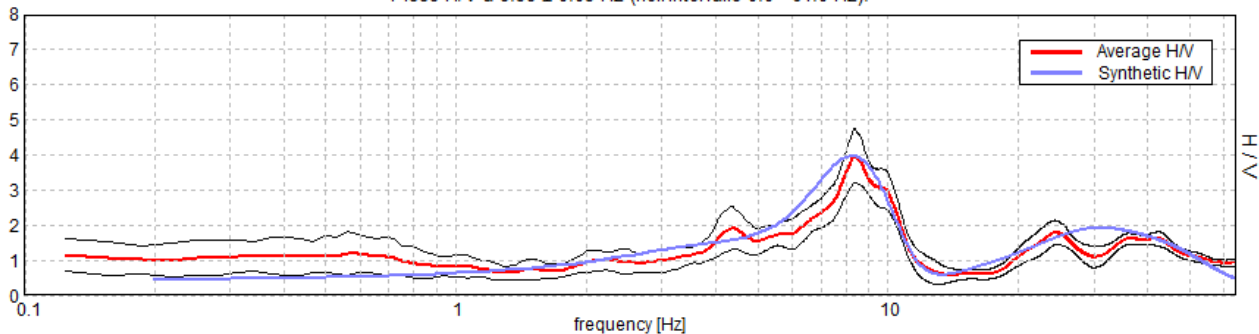
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $8.38 \pm 0.03$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



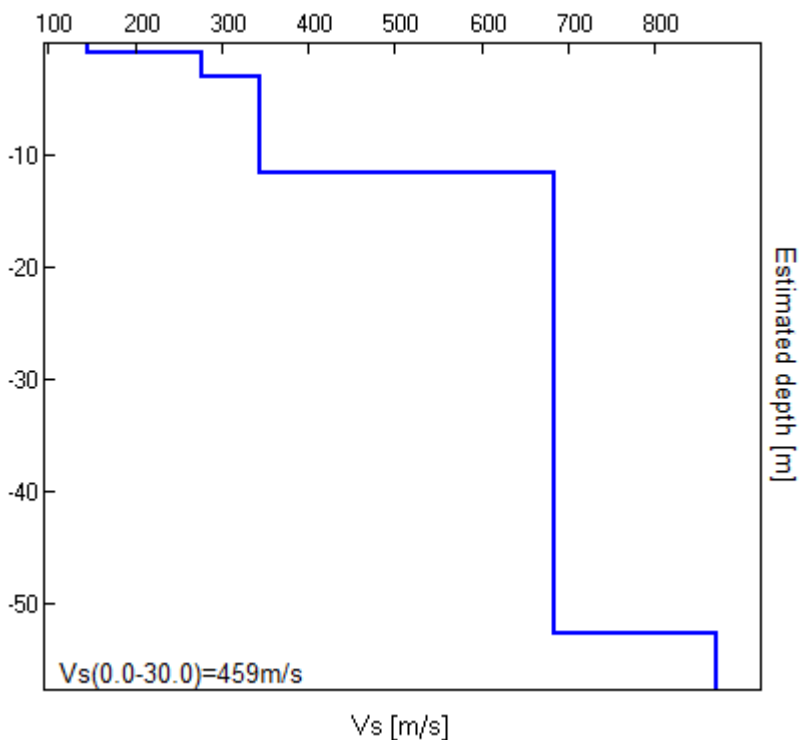
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 8.38 ± 0.03 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.85	0.85	145	0.42
2.95	2.10	276	0.42
11.55	8.60	345	0.42
52.55	41.00	685	0.42
inf.	inf.	872	0.42

Vs(0.0-30.0)=459m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $8.38 \pm 0.03$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$8.38 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$7035.0 > 200$	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 403	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	6.375 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	10.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.98 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00364  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0305 < 0.41875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7645 < 1.58$	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

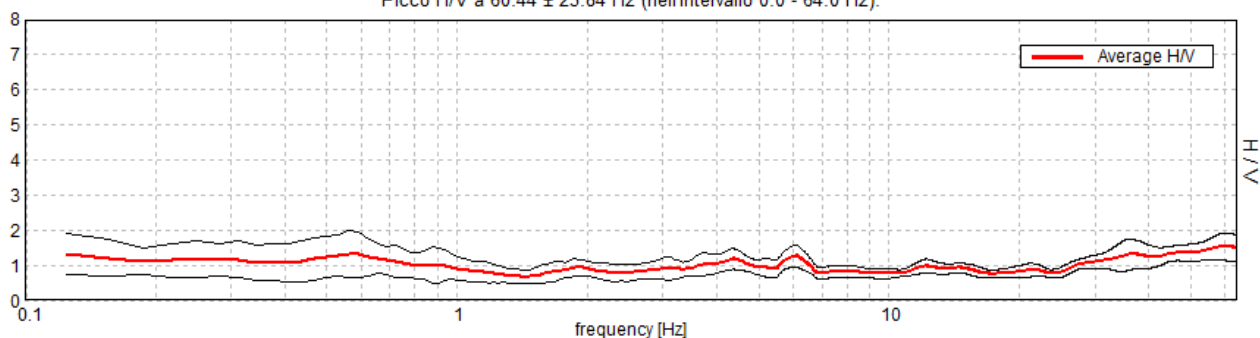
**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_29**

Strumento: TRZ-0187/01-12  
 Inizio registrazione: 13/06/14 12:04:00 Fine registrazione: 13/06/14 12:24:00  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 663466 4934580

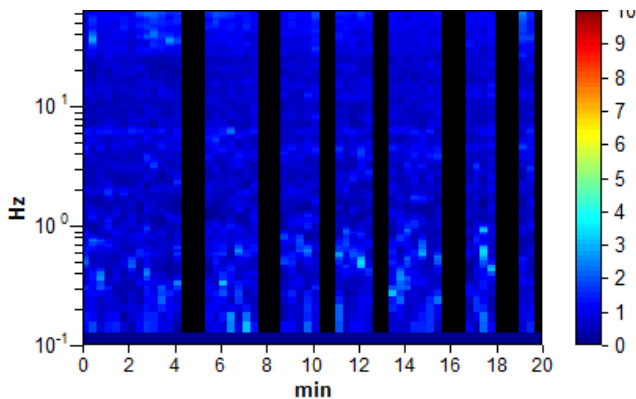
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 72% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

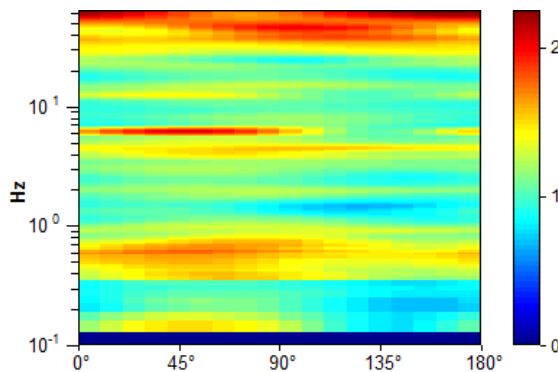
Picco H/V a 60.44 ± 23.84 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



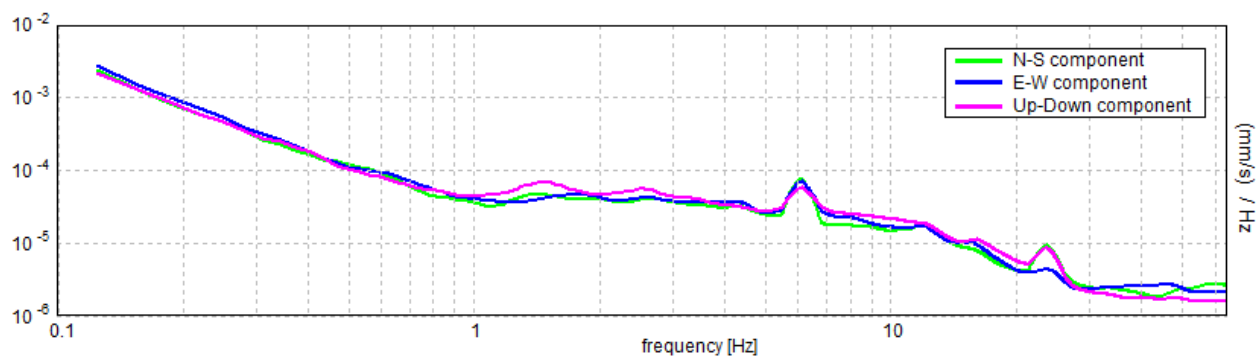
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



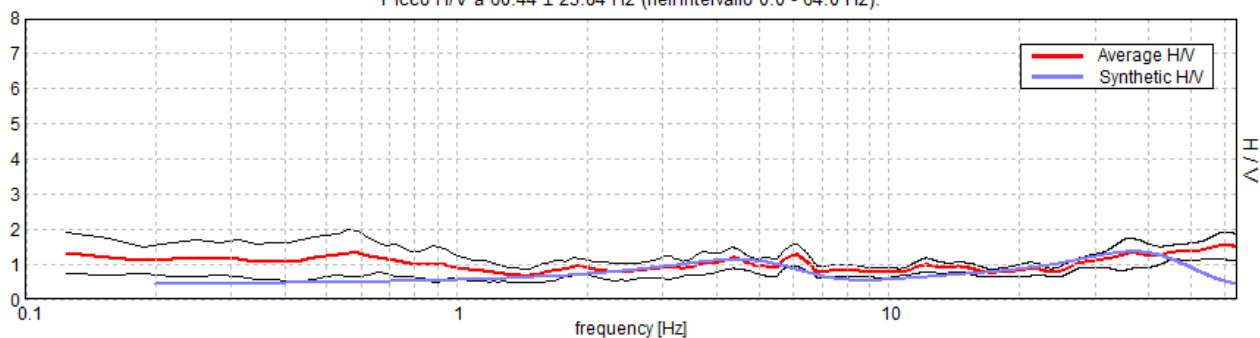
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





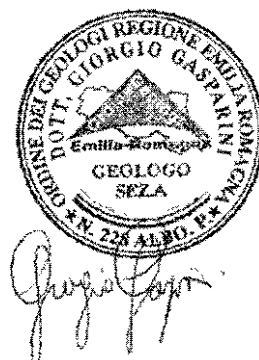
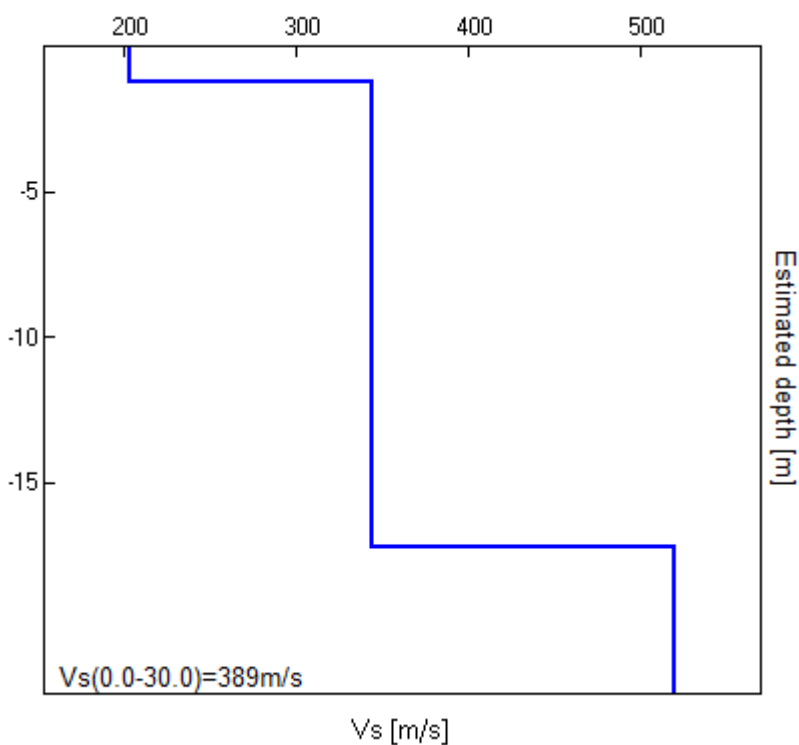
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 60.44 ± 23.84 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.25	1.25	204	0.42
17.25	16.00	344	0.42
inf.	inf.	520	0.42

Vs(0.0-30.0)=389m/s



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

**Picco H/V a  $60.44 \pm 23.84$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$60.44 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$51976.3 > 200$	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 1082	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	17.969 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.53 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.39445  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$23.8396 < 3.02188$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3951 < 1.58$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_30**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 13/06/14 09:54:08 Fine registrazione: 13/06/14 10:14:08

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 661257 4933620

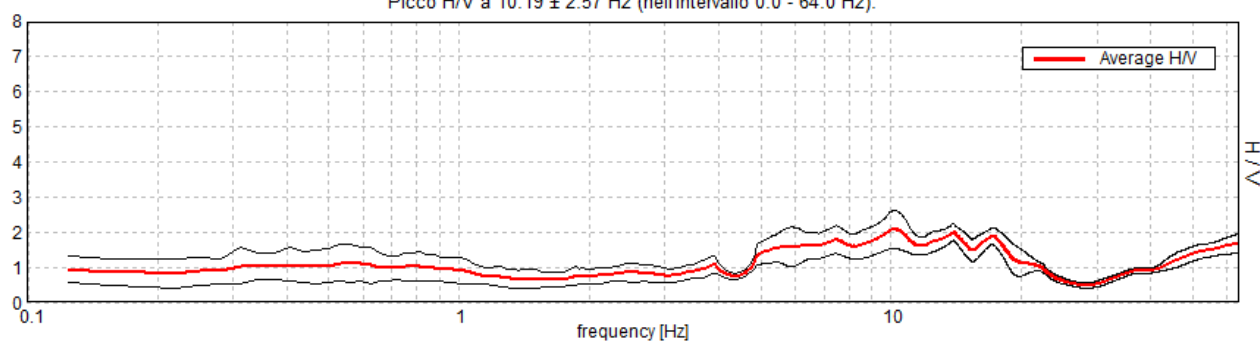
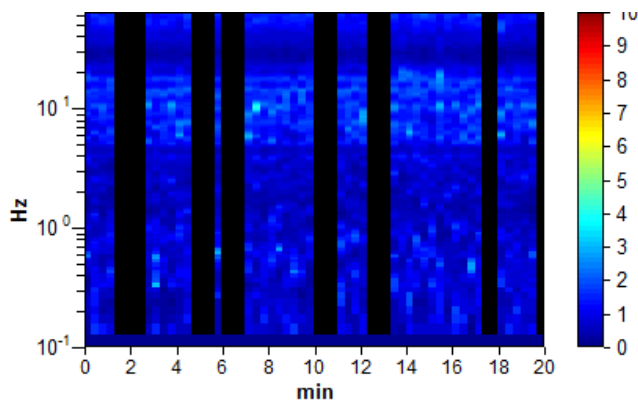
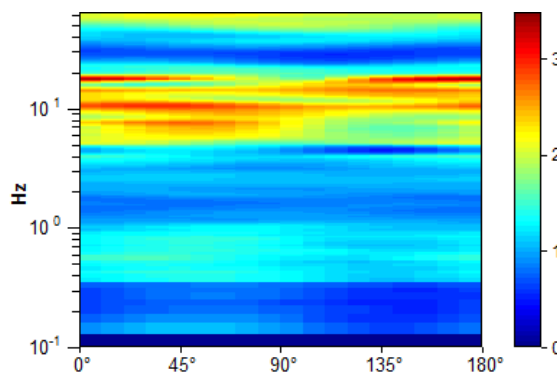
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 68% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

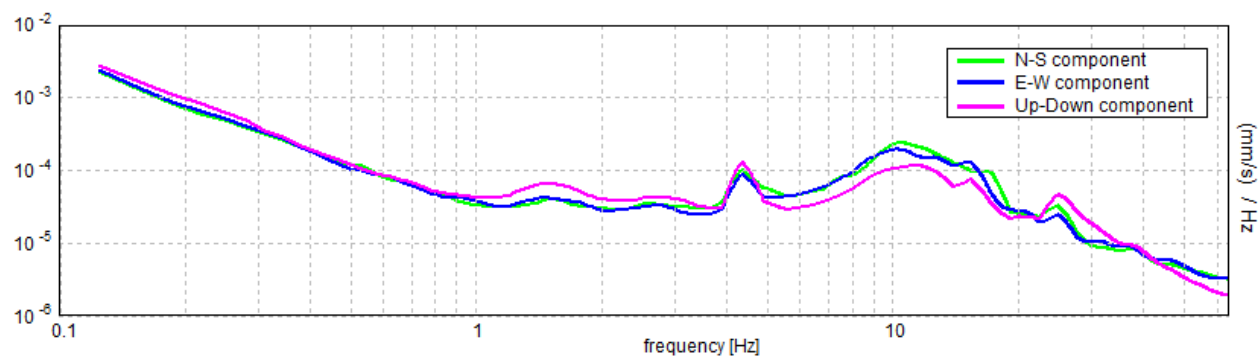
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

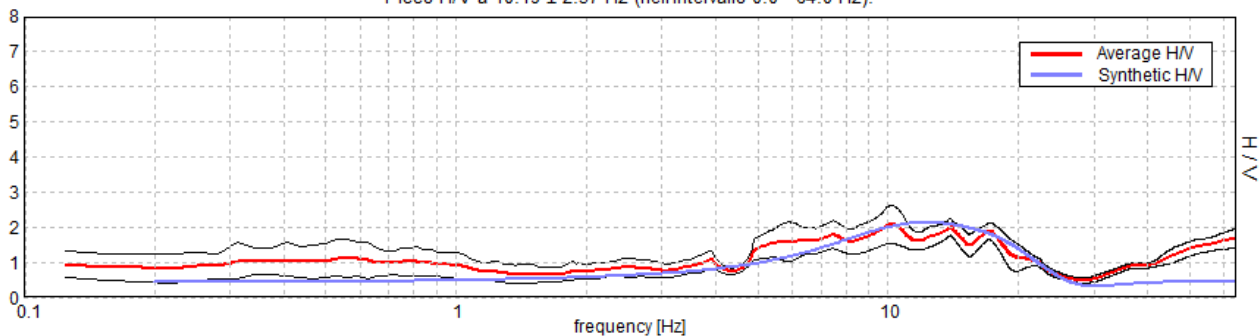
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $10.19 \pm 2.57$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



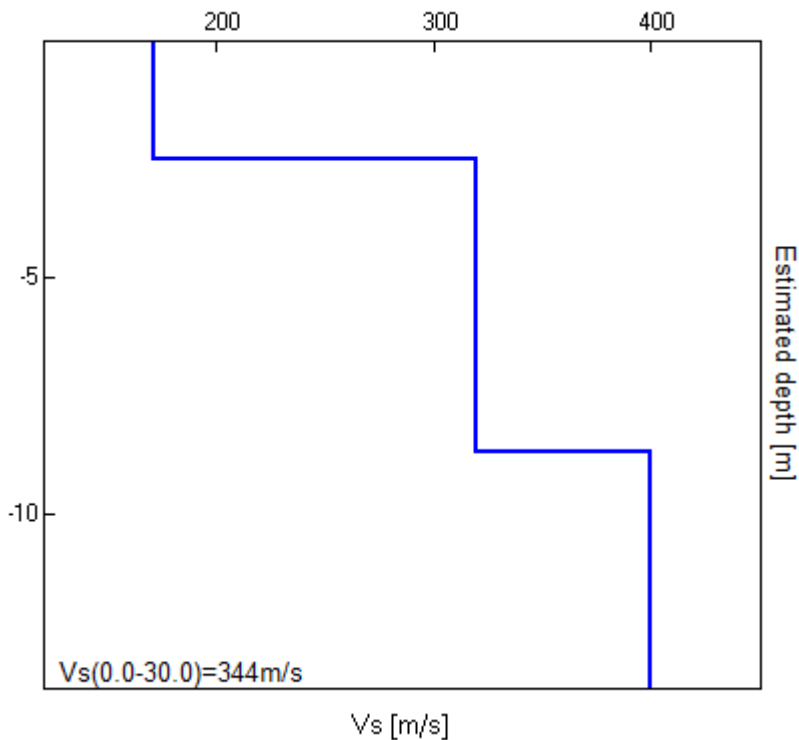
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 10.19 ± 2.57 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.50	2.50	171	0.45
8.70	6.20	320	0.45
inf.	inf.	400	0.45

Vs(0.0-30.0)=344m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $10.19 \pm 2.57$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$10.19 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$8353.8 > 200$	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 490	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.75 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	21.781 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.08 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.25213  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$2.5686 < 0.50938$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5367 < 1.58$	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

**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_31**

Strumento: TRZ-0187/01-12

Inizio registrazione: 13/06/14 11:33:29 Fine registrazione: 13/06/14 11:53:29

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS UTM 32 T 663578 4933491

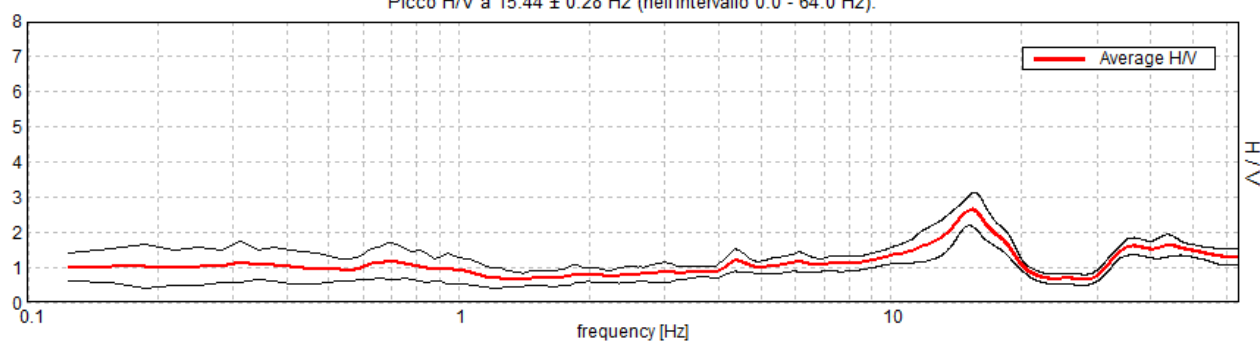
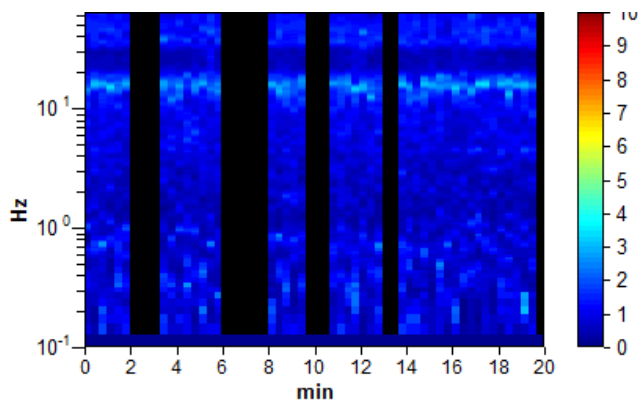
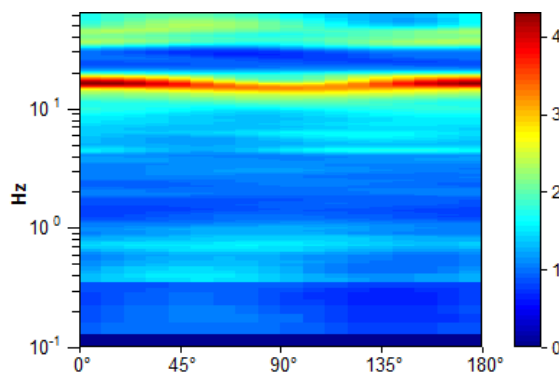
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 73% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

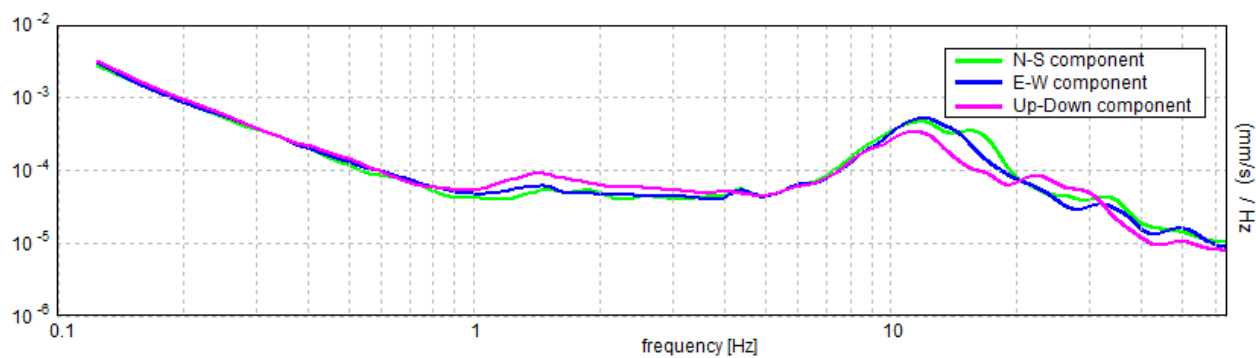
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $15.44 \pm 0.28$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

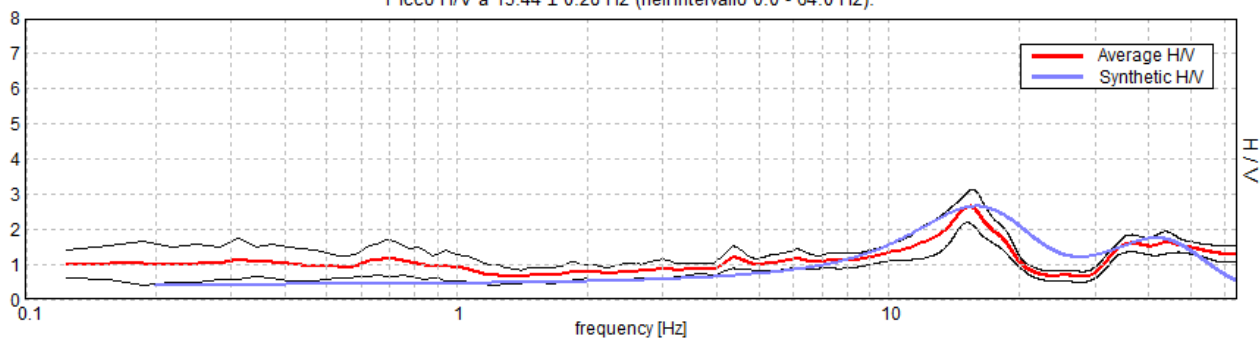
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





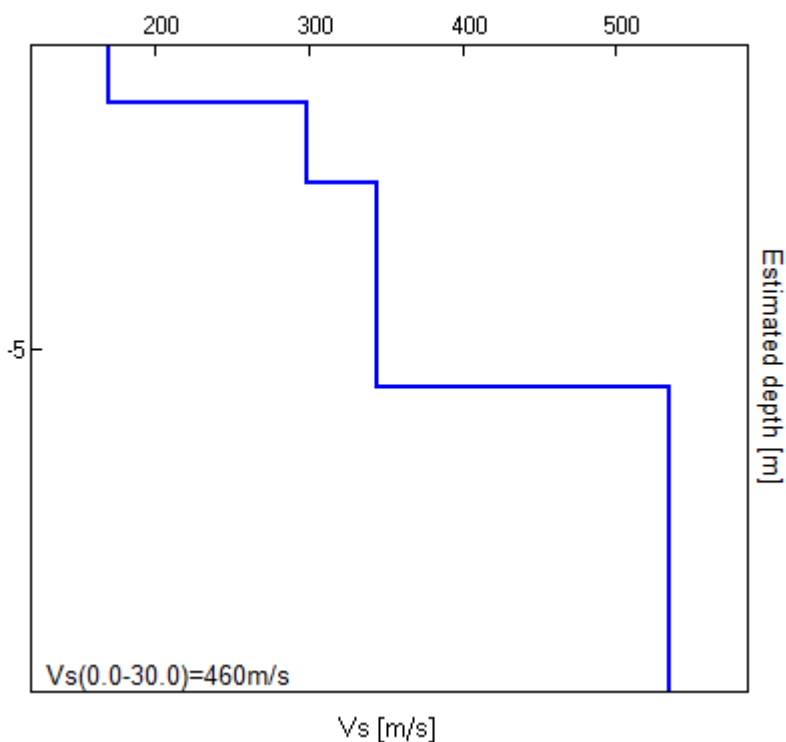
**H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO**

Picco H/V a 15.44 ± 0.28 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.95	0.95	170	0.45
2.25	1.30	299	0.45
5.60	3.35	345	0.45
inf.	inf.	535	0.45

Vs(0.0-30.0)=460m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $15.44 \pm 0.28$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$15.44 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$13585.0 > 200$	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 742	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.938 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	19.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.64 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01816  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.28038 < 0.77188$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4762 < 1.58$	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

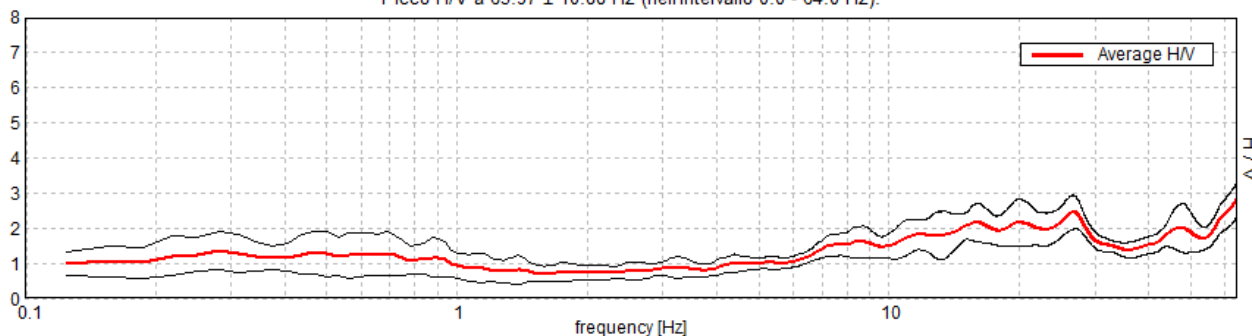
**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_32**

Strumento: TRZ-0187/01-12  
 Inizio registrazione: 13/06/14 11:00:18 Fine registrazione: 13/06/14 11:20:18  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 663280 4932609

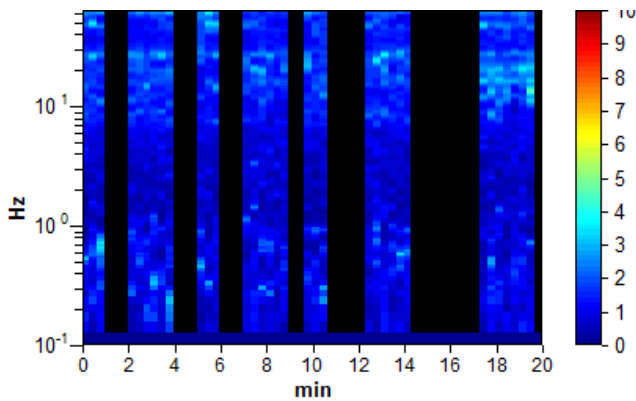
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 57% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

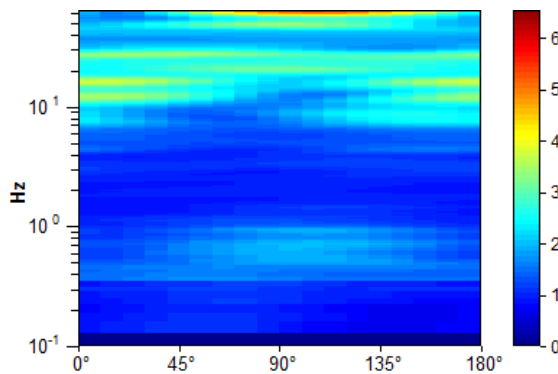
Picco H/V a 63.97 ± 10.88 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



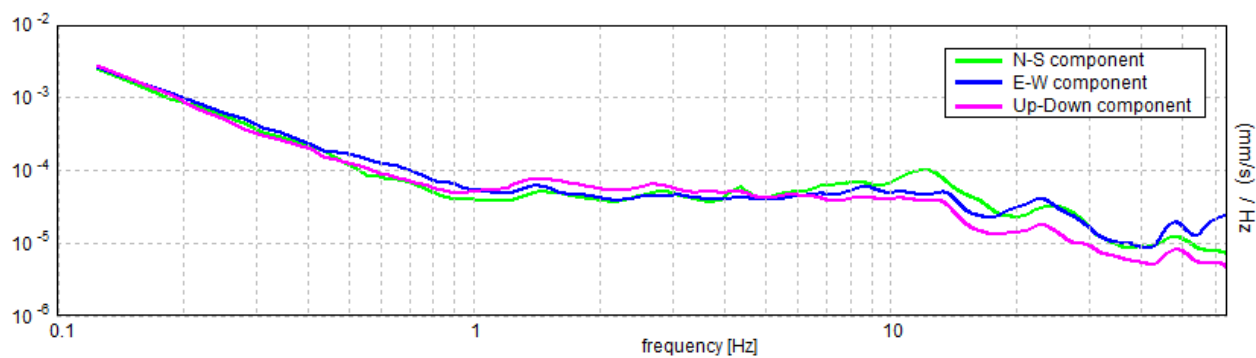
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**

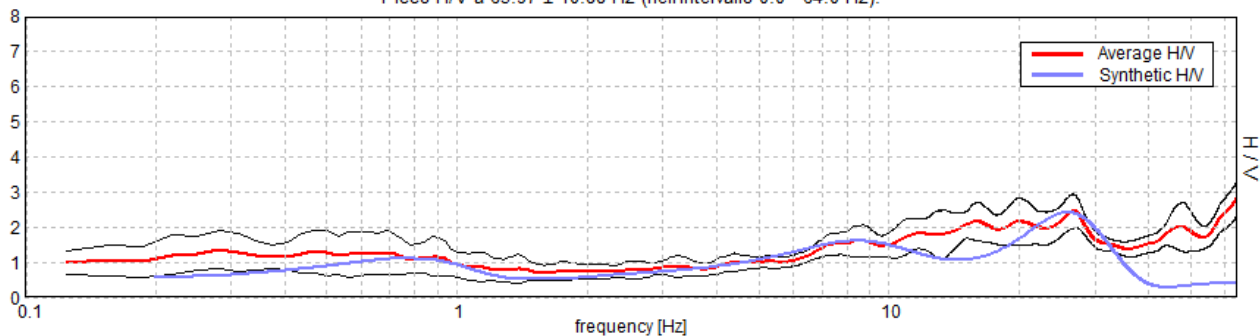


## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



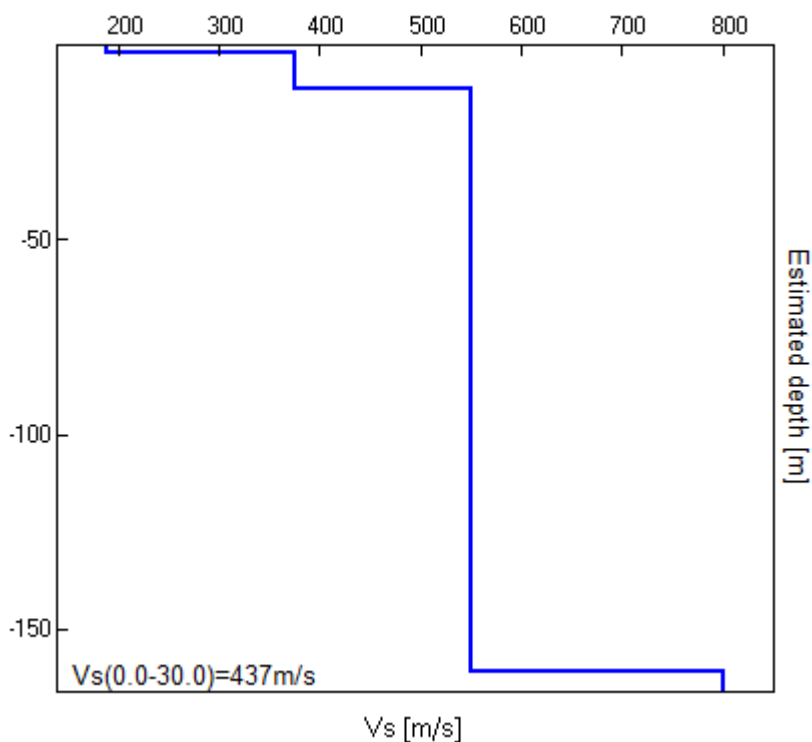
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 63.97 ± 10.88 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.90	1.90	190	0.45
10.90	9.00	375	0.45
160.90	150.00	550	0.45
inf.	inf.	800	0.45

Vs(0.0-30.0)=437m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $63.97 \pm 10.88$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$63.97 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$43498.8 > 200$	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 1026	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	37.563 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.84 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.17016  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$10.8848 < 3.19844$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4767 < 1.58$	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

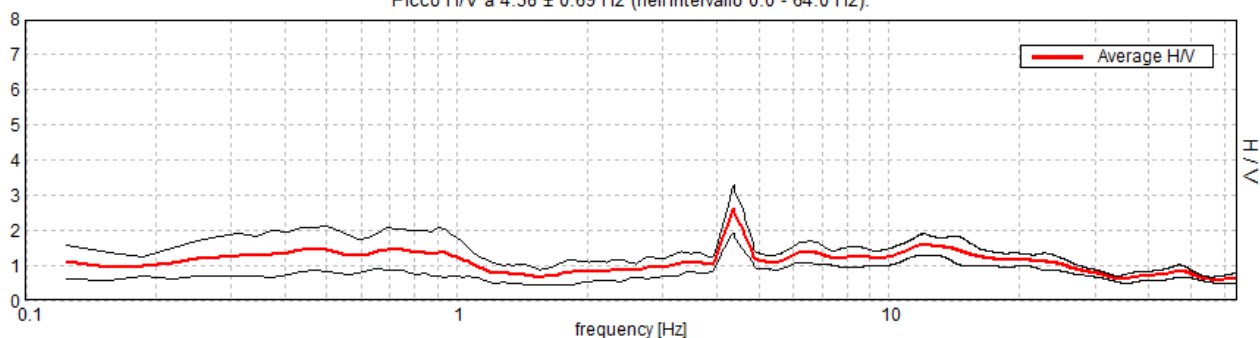
**MS\_S\_CESARIO, MS2014 \_33**

Strumento: TRZ-0187/01-12  
 Inizio registrazione: 13/06/14 10:28:46 Fine registrazione: 13/06/14 10:48:46  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS UTM 32 T 662191 4932288

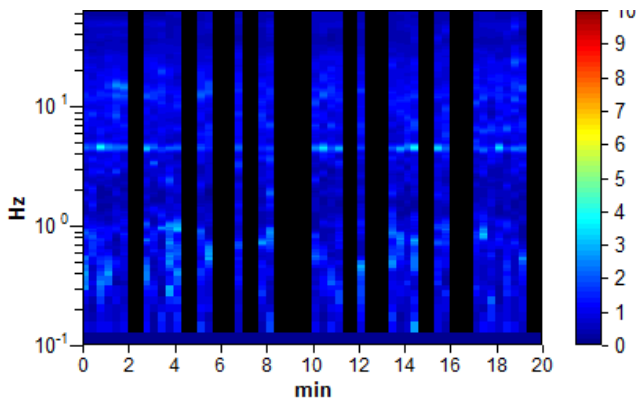
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 57% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

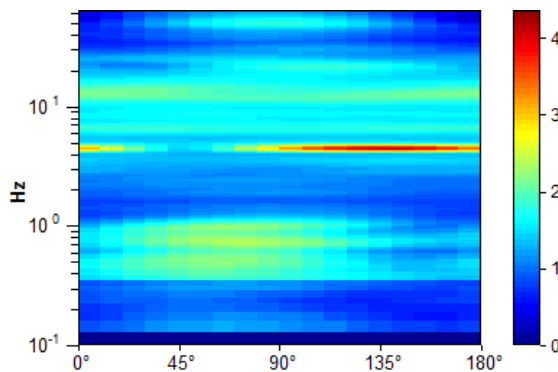
Picco H/V a  $4.38 \pm 0.69$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



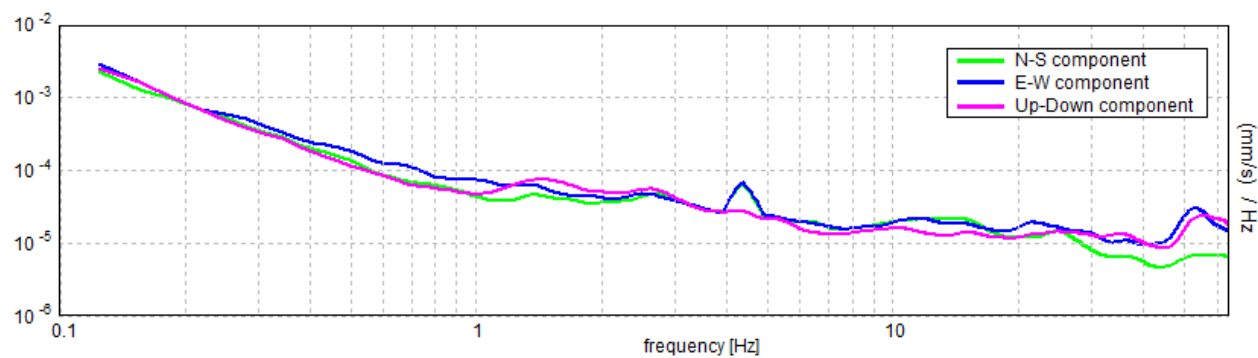
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



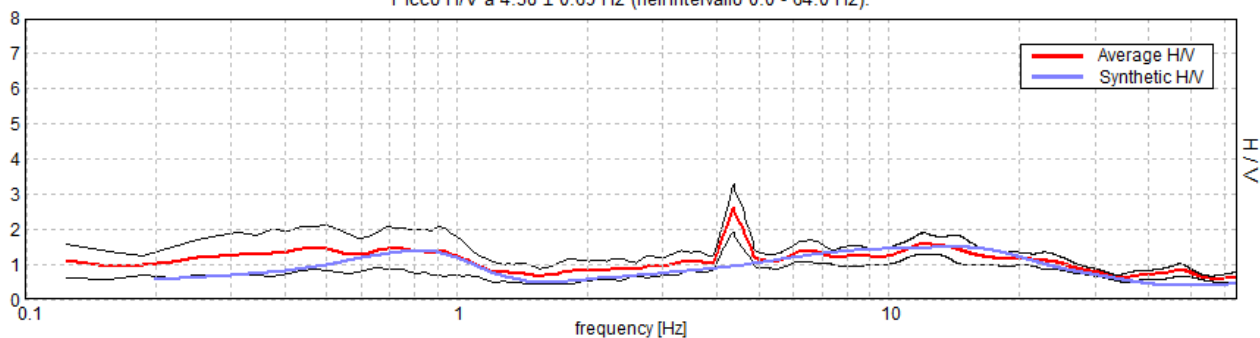
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





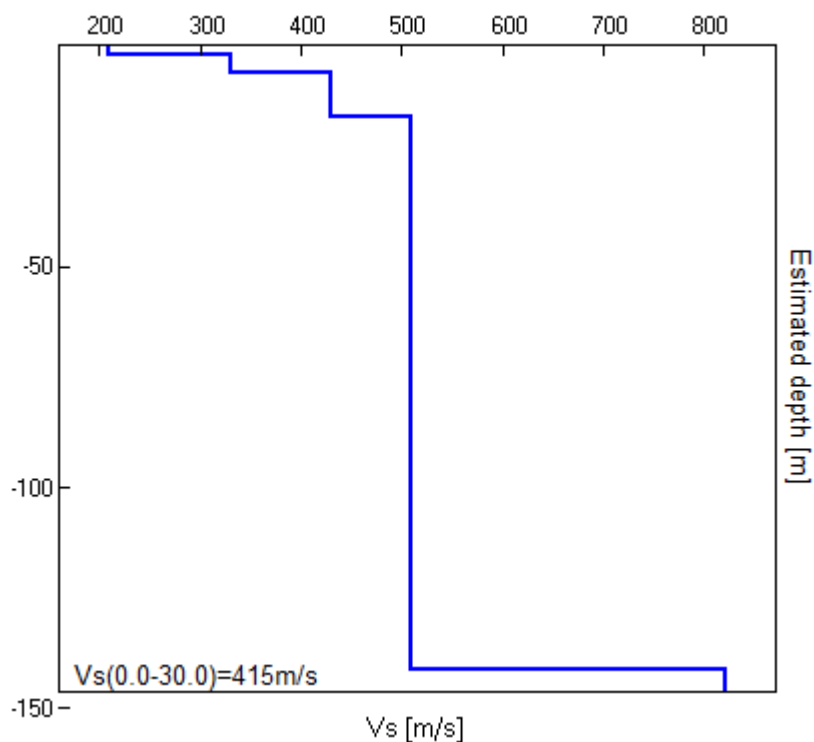
**H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO**

Picco H/V a  $4.38 \pm 0.69$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.00	2.00	210	0.45
6.00	4.00	330	0.45
16.00	10.00	430	0.45
141.00	125.00	510	0.45
inf.	inf.	820	0.45

Vs(0.0-30.0)=415m/s



*Giorgio Gasparini*

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

**Picco H/V a  $4.38 \pm 0.69$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$4.38 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2975.0 > 200$	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 211	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.0 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.875 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.60 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.1568  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.68599 < 0.21875$		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

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



---

***Indagini sismiche attive in onde di superficie (metodologia MASW) per la  
microzonazione sismica del Comune di San Cesario sul Panaro (MO)***  
COMUNE DI SAN CESARIO SUL PANARO  
(PROVINCIA DI MODENA)

### ***Introduzione***

Nell'ambito degli studi per la microzonazione sismica del Comune di San Cesario sul Panaro (MO), su incarico del Dott. Geol. Giorgio Gasparini, sono state acquisite, nei giorni 28.06.2014 e 01.07.2014, 7 basi sismiche attive in onde di superficie, elaborate secondo la metodologia MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), ubicate come da figura 1 e identificate con i numeri da 1 a 7.

### ***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). L'elaborazione delle registrazioni è stata effettuata con l'ausilio del software MASW (di Roma e Associati) che utilizza due metodologie di raffronto fra modello e dati sperimentali:

- 1) confronto tra curva di dispersione sperimentale effettiva e curva di dispersione effettiva sintetica relativa al modello (Lay & Rix, 1999-*Inversion of multi-mode effective dispersion curves*. In *Pre-failure deformation characteristics of geomaterials*, Jamiolkowsky M., Lancellotta R. & lo Presti D. Eds., Balkema, Rotterdam, 411-418);
- 2) confronto tra curva di dispersione sperimentale effettiva e curva di dispersione apparente sintetica relativa al modello (Roma, 2001-*Soil properties and site characterization by means of Rayleigh waves*. PhD thesis, Politecnico di Torino).

Per tutte le acquisizioni sono stati allestiti stendimenti con la medesima geometria, con lunghezza totale della stesa (tra primo e ultimo geofono, escludendo l'*offset* minimo tra punto di energizzazione e primo geofono) di 34,5 m di lunghezza e 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 6 volte) della distanza intergeofonica (1,5 m).

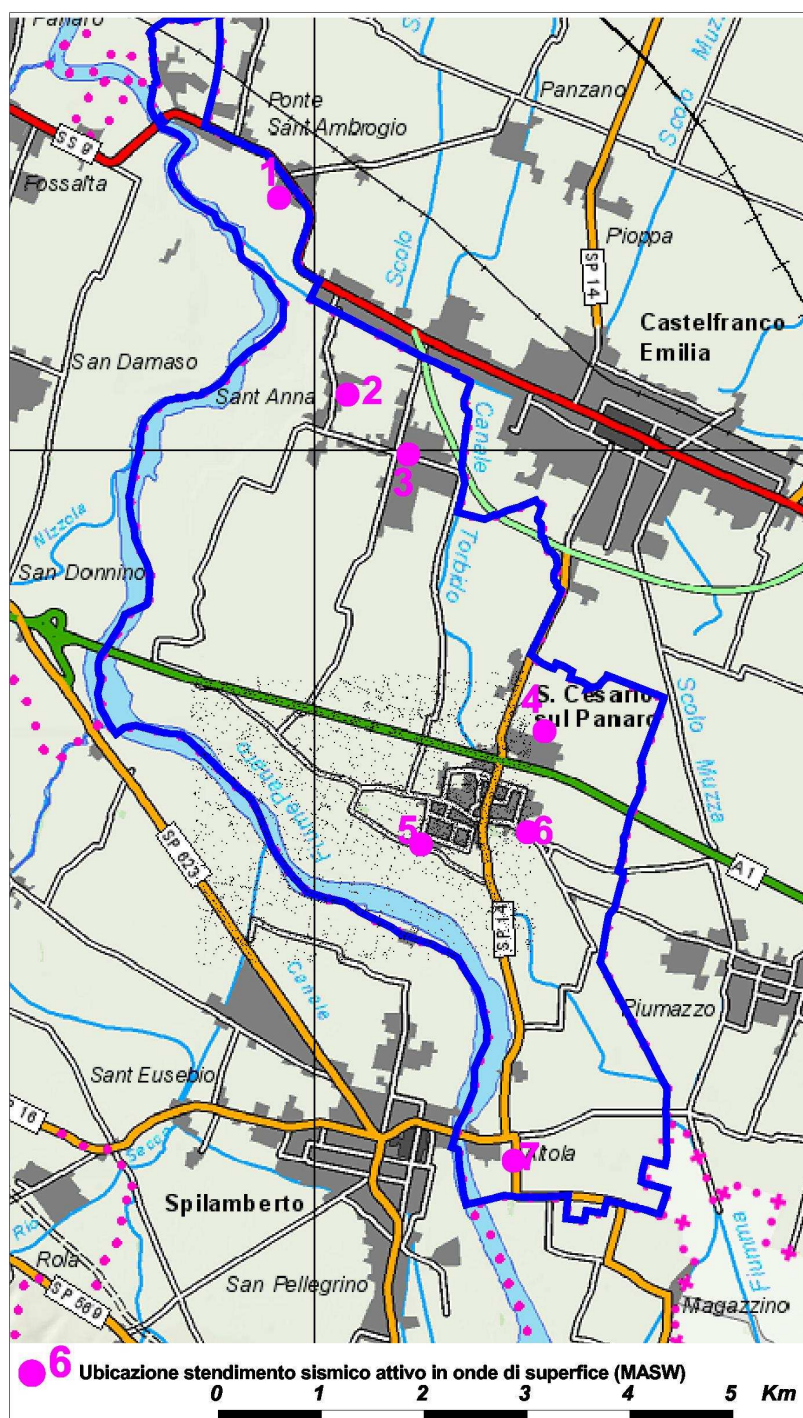


Figura 1 - Inquadramento territoriale con ubicazione delle indagini di sismica attiva in onde di superficie (metodologia MASW). (Base topografica: estratto da Carta Stradale della Provincia di Modena alla scala 1:100.000, Amministrazione Provinciale di Modena).

Sono state eseguite registrazioni solitamente della durata complessiva di circa 2.4 secondi, con un passo di campionamento di 600 ms (per 4096 campioni totali). In alcuni casi, per cercare di ridurre l'effetto dei disturbi ambientali (ad esempio dovuto al traffico veicolare o di

macchine agricole) è stato necessario modificare i parametri di acquisizione (passo di campionamento e/o durata della registrazione), oppure, in sede di elaborazione, sopprimere alcune tracce (solitamente l'ultima) caratterizzate da evidenti anomalie grafiche o da rapporto segnale/rumore sbilanciato.

Per ciascuna acquisizione verranno illustrati, nelle pagine che seguono (facendo uso di immagini, diagrammi e cartografie), 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 disponibili e provenienti principalmente da dati geognostici e cartografici) e il valore del VS30 (nell'area in esame *bedrock* sismico è posto a profondità ben superiore ai 30 m). 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 (principalmente diagrammi penetrometrici e stratigrafie di pozzi).

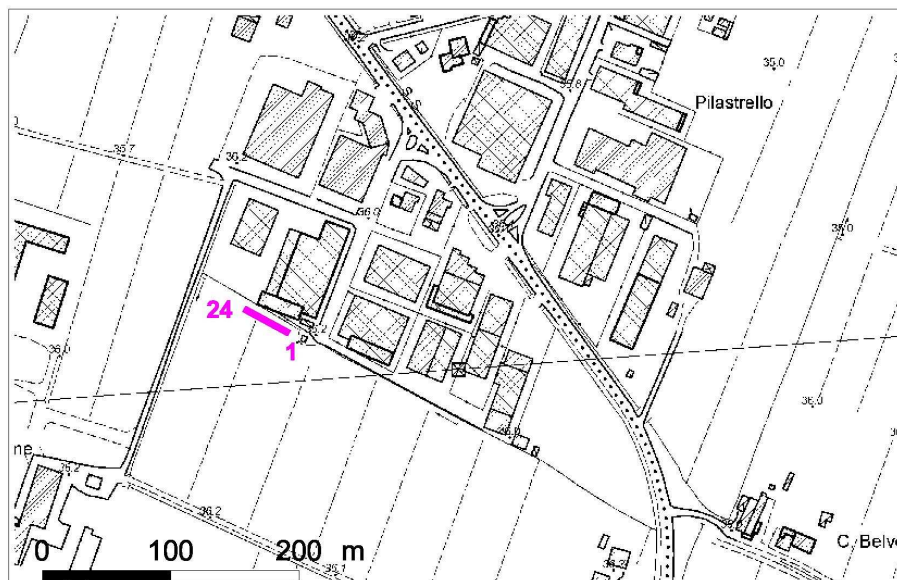
Nelle carte (estratte dalla CTR regionale), che riportano l'ubicazione di ciascun stendimento sismico, i numeri 1 e 24 stanno a indicare gli estremi dello stendimento (1=primo geofono, con *offset* minimo e 24=ultimo geofono, con *offset* massimo).





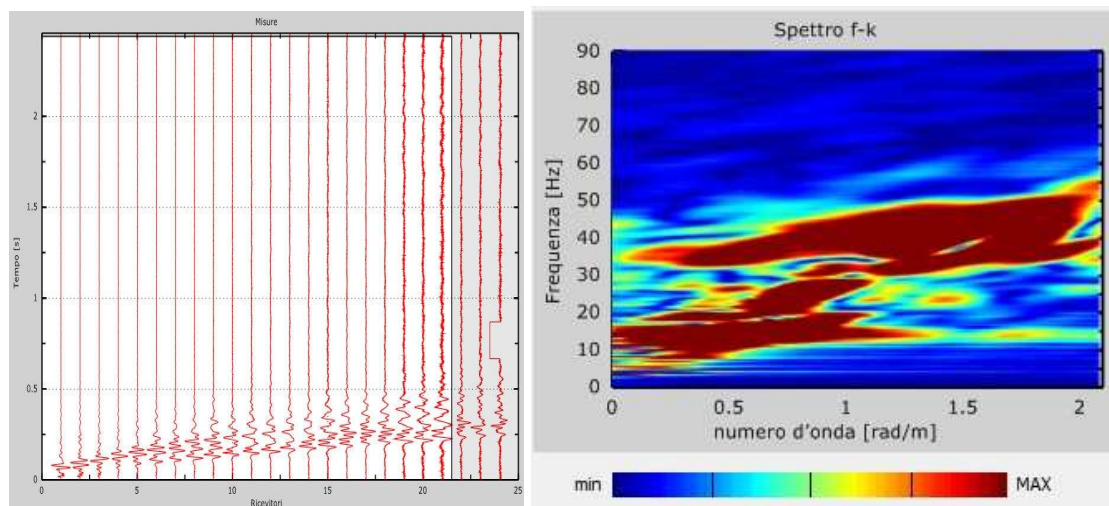
## MASW 1

### Ubicazione

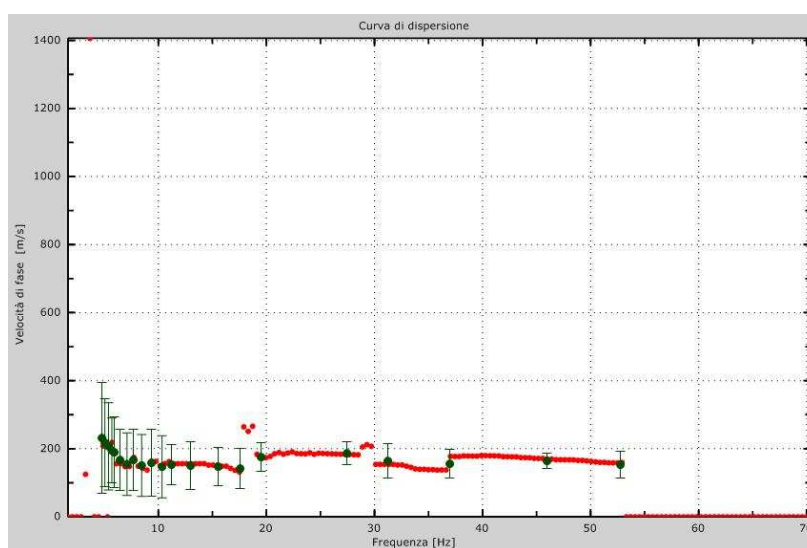


## MASW 1

### Sismogrammi e spettro f-k

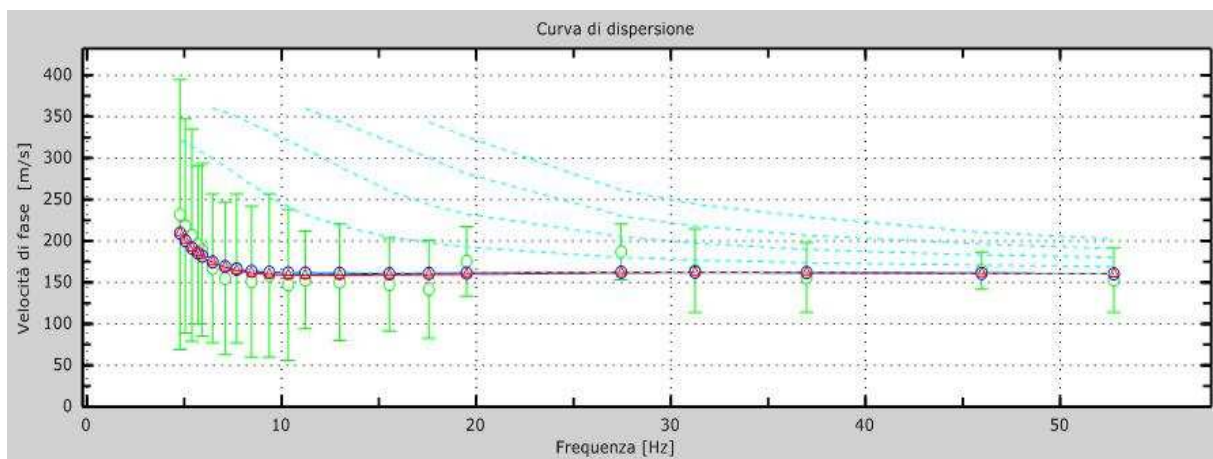


### Curva sperimentale e *picking*

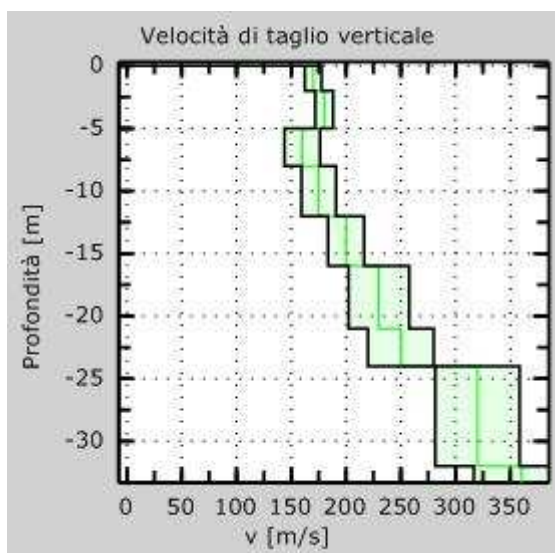


## MASW 1

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e curva relativa al 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 1

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da velocità crescenti con la profondità che si mantengono con valori  $V_s < 200$  m/s fino a circa 16 m di profondità.

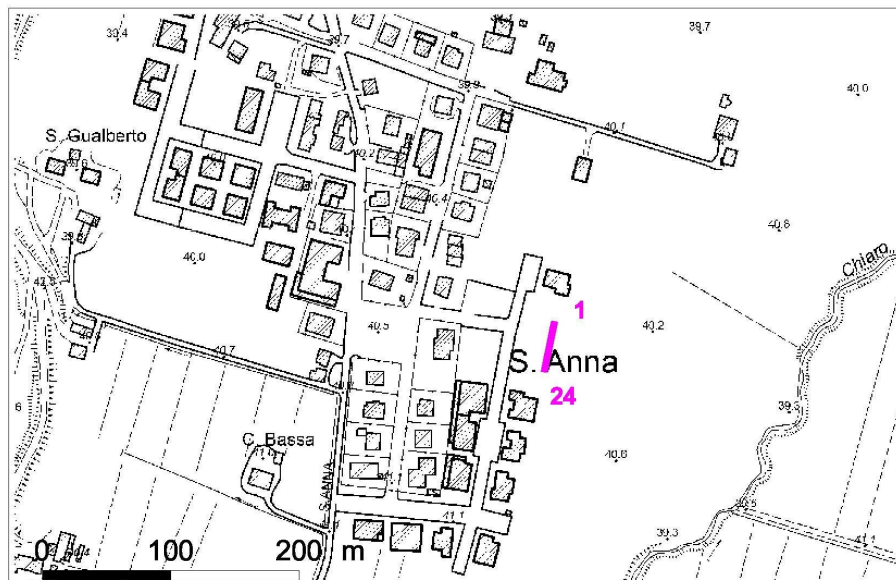
Caratteristiche degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per MASW1

Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente di Poisson	Vs (m/s)	Vp (m/s)
Limi e argille prevalenti	2	-2	1800	0,35	170	354
Limi e argille prevalenti	3	-5	1800	0,48	180	375
Limi e argille prevalenti	3	-8	1800	0,48	160	816
Limi e argille prevalenti	4	-12	1800	0,48	175	892
Limi e argille prevalenti	4	-16	1800	0,48	200	1020
?	5	-21	1800	0,48	230	1173
?	3	-24	1800	0,48	250	1275
?	6	-30	1800	0,48	320	1632

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore di  $V_{s30}$  pari a circa 210 m/s.

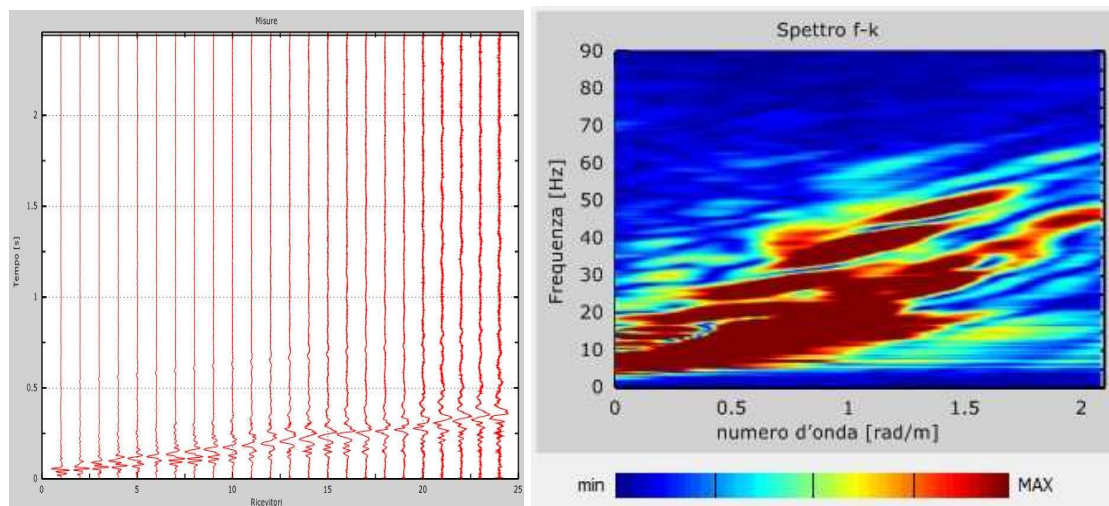
## MASW 2

### Ubicazione

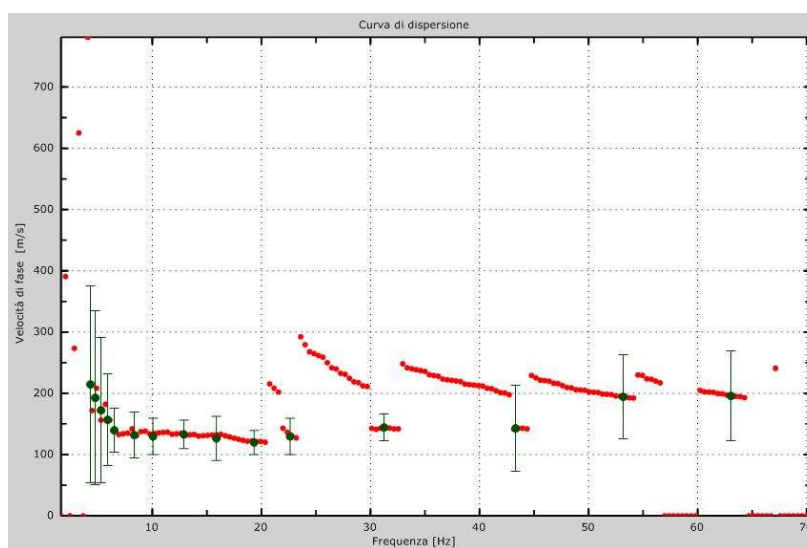


## MASW 2

### Sismogrammi e spettro f-k

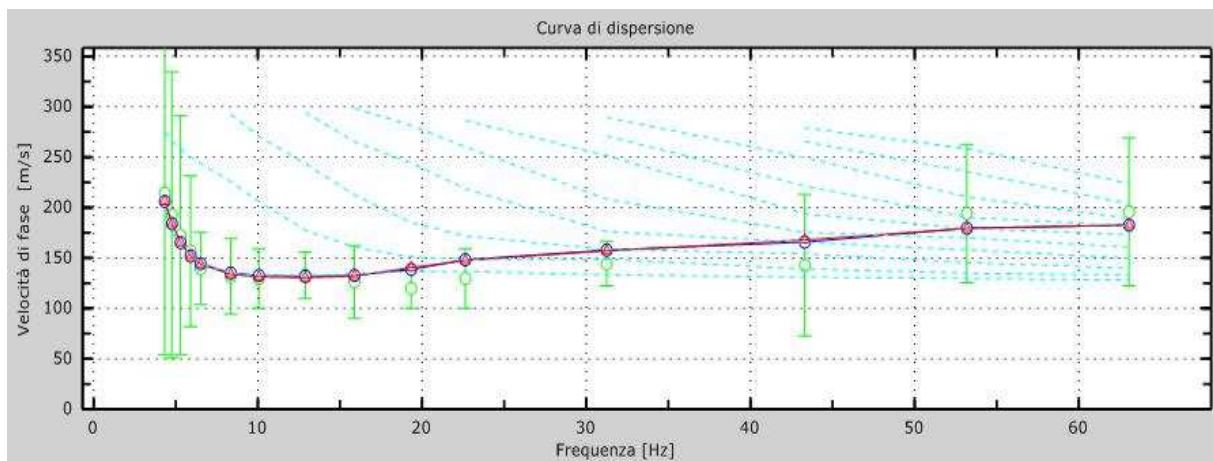


### Curva sperimentale e picking

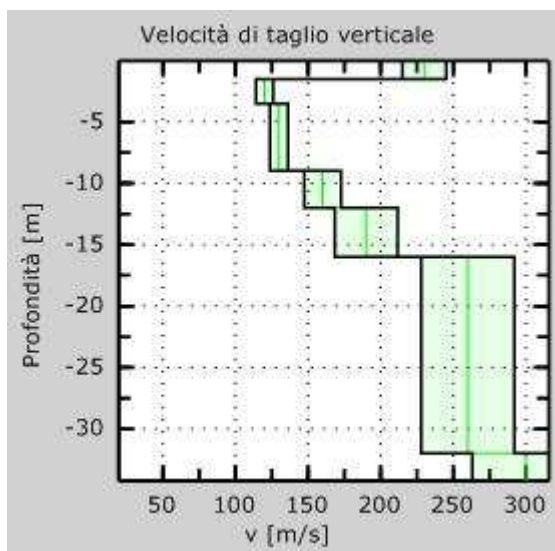


## MASW 2

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e curva relativa al 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 2

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da velocità  $V_s < 200$  m/s entro una profondità di 16 m riconducibili a terreni prevalentemente limo argillosi. A profondità maggiori, il modello di velocità prevede valori di  $V_s$  più alti (260 m/s). I dati stratigrafici suggerirebbero la presenza di un banco grossolano di alcuni metri di spessore a circa 12-15 m dal p.c., sovrastante terreni prevalentemente pelitici. In zona non sono state reperite informazioni relative alla profondità del tetto del primo orizzonte significativo di ghiaie il quale potrebbe posizionarsi oltre i 20 m dal p.c.

La curva sperimentale presenta alle alte frequenze un andamento non regolare (segmenti ai modi superiori) probabilmente legato a terreni non omogenei (rimaneggiati trattandosi di parco urbano) nei primi metri superficiali di sottosuolo. Nel *picking* dei dati sperimentali si è volutamente data minore importanza al tratto di curva oltre i 20 Hz, per non esaltare la disomogeneità di questo spessore superficiale relativamente modesto.

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

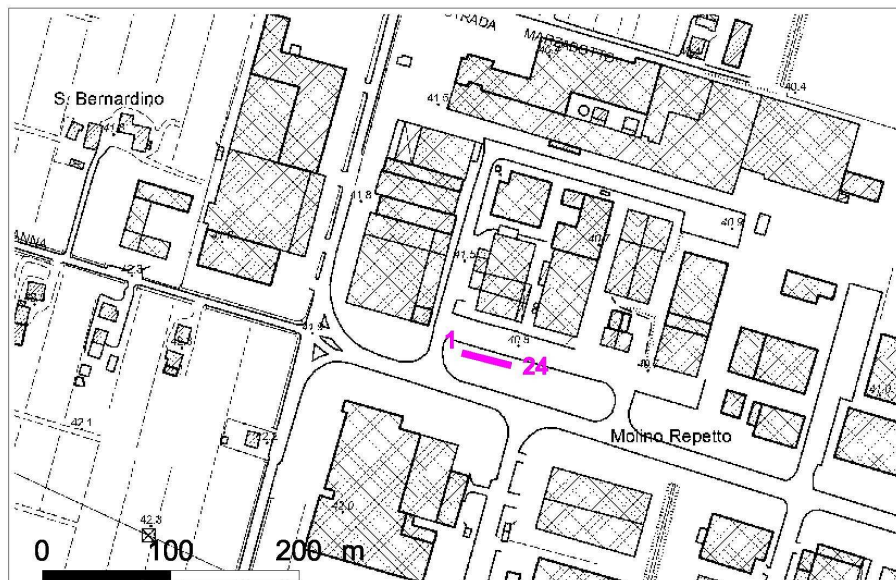
Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente di Poisson	Vs (m/s)	Vp (m/s)
Limi e argille prevalenti	1,5	-1,5	1800	0,3	230	430
Limi e argille prevalenti	2	-3,5	1800	0,48	120	612
Limi e argille prevalenti	5,5	-9	1800	0,48	130	663
Limi e argille prevalenti	3	-12	1800	0,48	160	816
?Ghiaie sabbiose e argille	4	-16	1800	0,48	190	969
?	14	-30	1800	0,48	260	1326

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore di  $V_{s30}$  pari a circa 188 m/s.



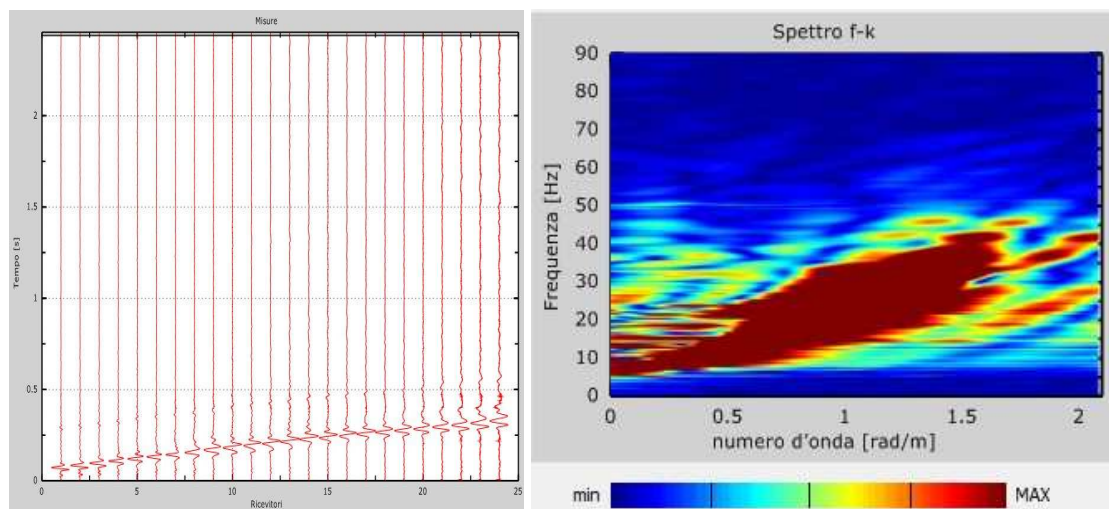
## MASW 3

### Ubicazione

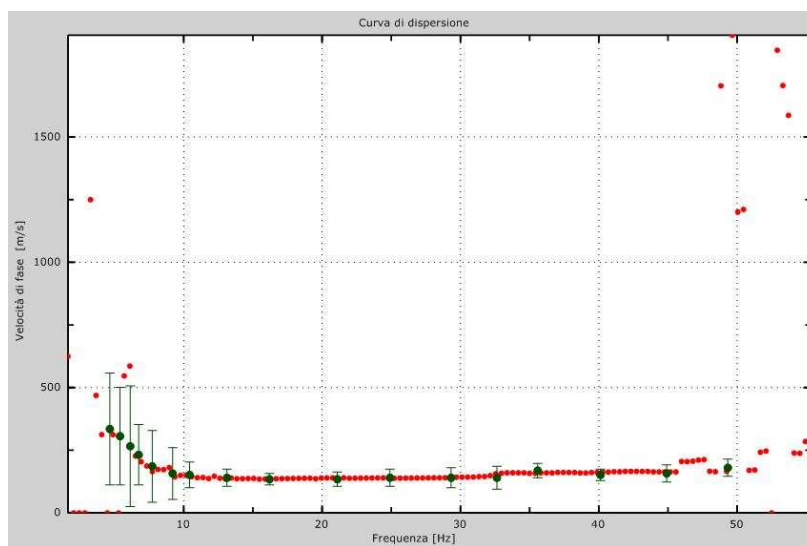


## MASW 3

### Sismogrammi e spettro f-k

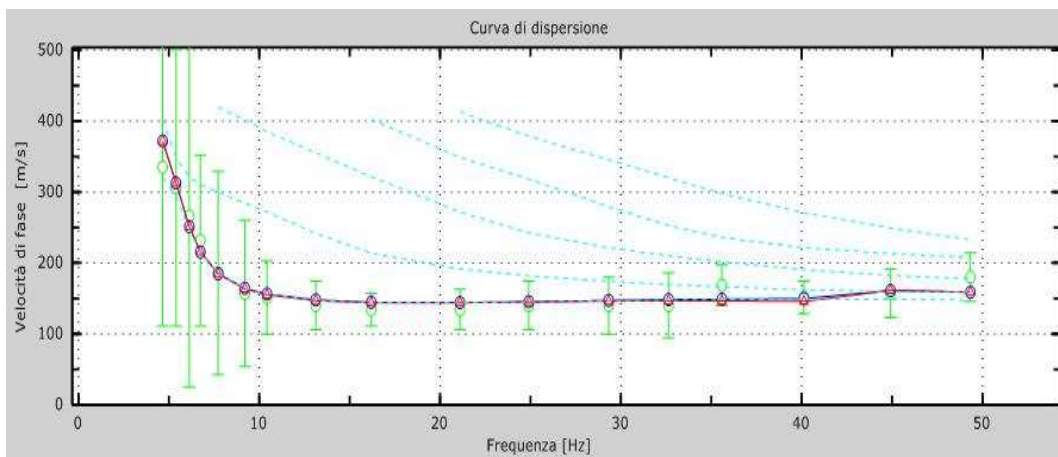


### Curva sperimentale e picking

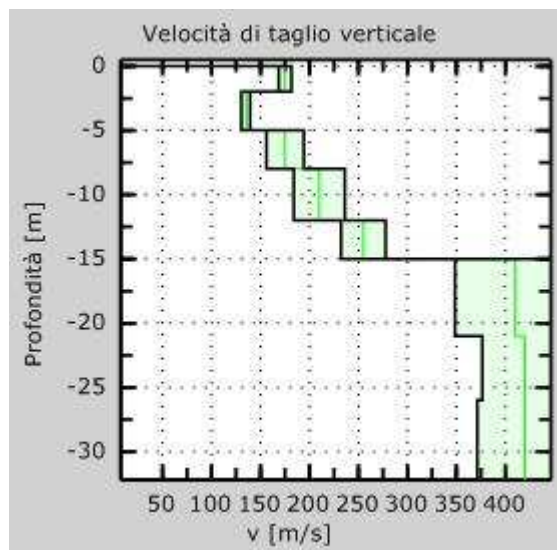


### MASW 3

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e curva relativa al 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 geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da velocità Vs poco variabili e relativamente basse fino alla profondità di circa 15 m da p.c. interpretabile come il tetto del primo orizzonte ghiaioso significativo. Nelle sovrastanti peliti si distinguono due banchi. Il più superficiale, da p.c. a circa 8 m (unità di Modena), è relativamente meno veloce (Vs 135-175 m/s) rispetto il secondo, da 8 a 15 m (210-255 m/s).

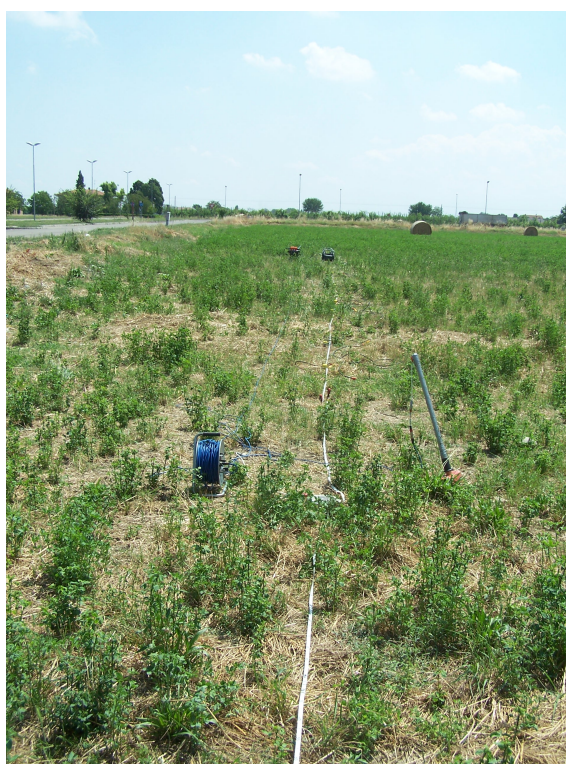
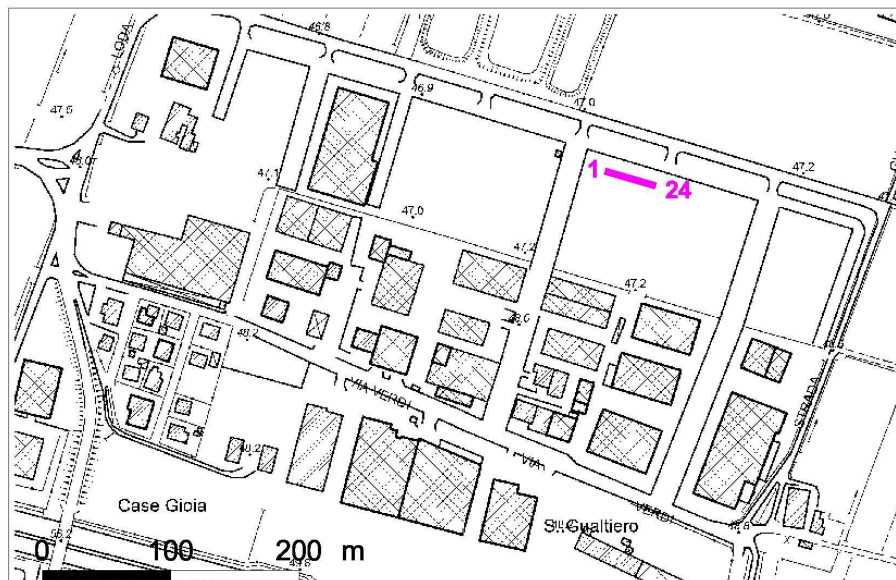
Caratteristiche degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per MASW3

Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente di Poisson	Vs (m/s)	Vp (m/s)
Limi e argille prevalenti	2	-2	1800	0,35	175	364
Limi e argille prevalenti	3	-5	1800	0,35	135	281
Limi e argille prevalenti	3	-8	1800	0,35	175	364
Limi e argille prevalenti	4	-12	1800	0,35	210	437
Limi e argille prevalenti	3	-15	1800	0,35	255	531
Ghiaie prevalenti	6	-21	1800	0,35	410	853
Ghiaie alternate ad argille?	9	-30	1800	0,48	420	2142

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore di Vs30 pari a circa 254 m/s.

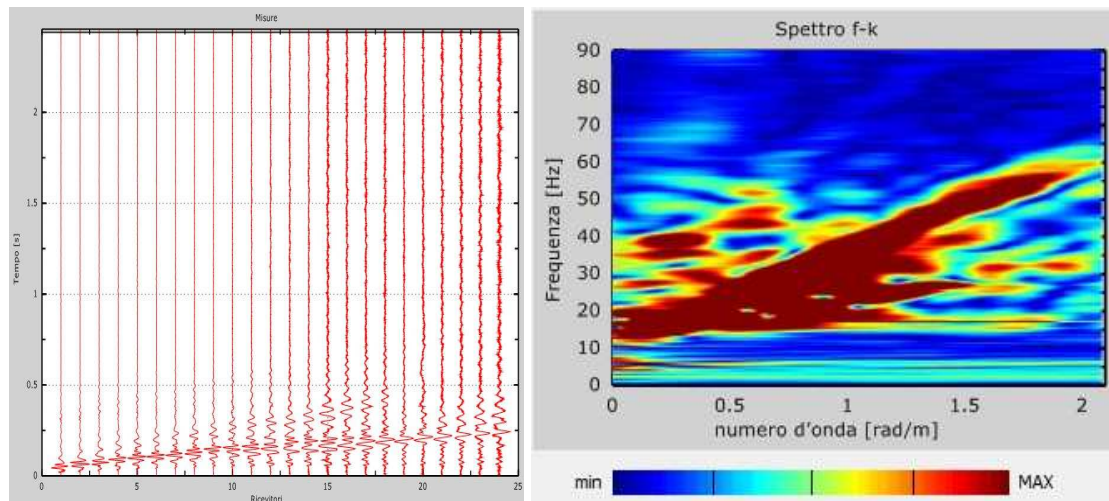
## MASW 4

### Ubicazione

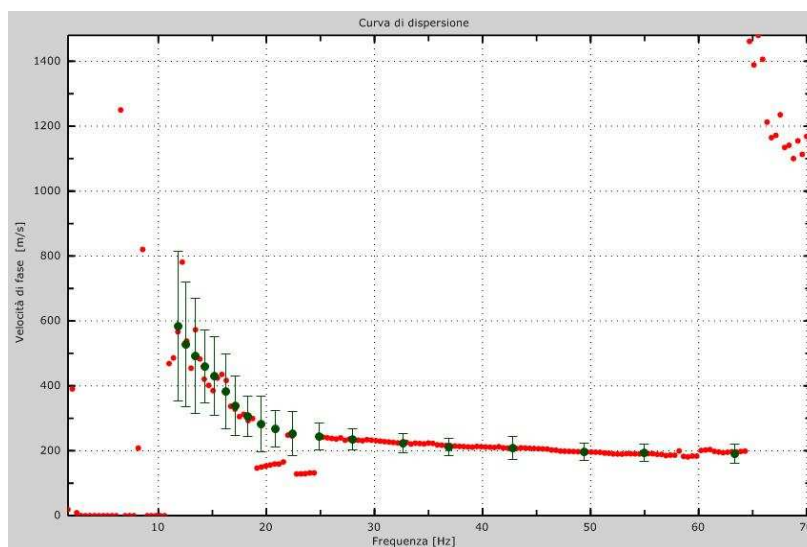


## MASW 4

### Sismogrammi e spettro f-k

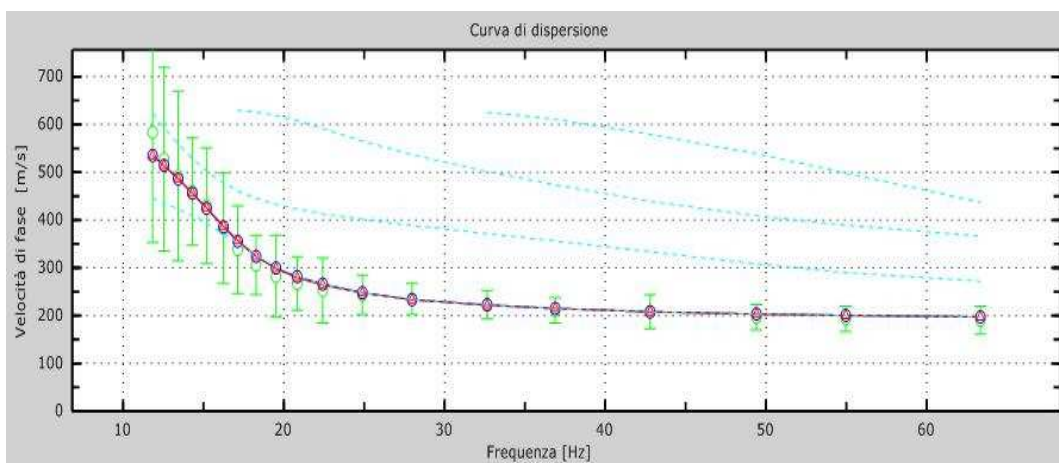


### Curva sperimentale e picking

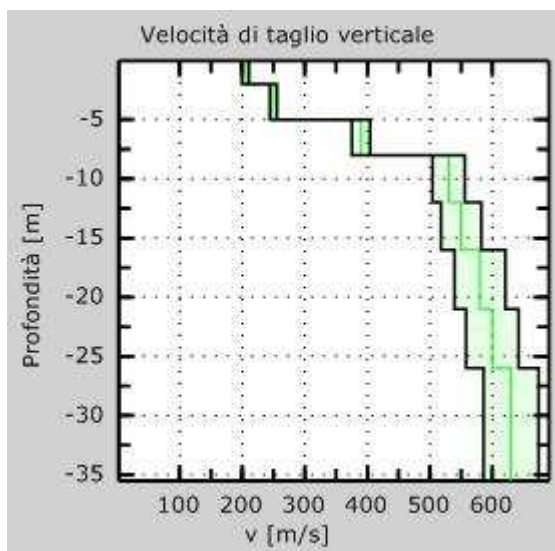


## MASW 4

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e curva relativa al 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 4

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità piuttosto semplice per la nota presenza di depositi ghiaiosi pluridecametrici a profondità relativamente bassa. Tale stratigrafia è confermata dai valori di velocità Vs relativamente alti rispetto ai depositi di copertura superficiali pedogenizzati, tanto che il modello prevede Vs di 390 m/s già a 5 m dal p.c.

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

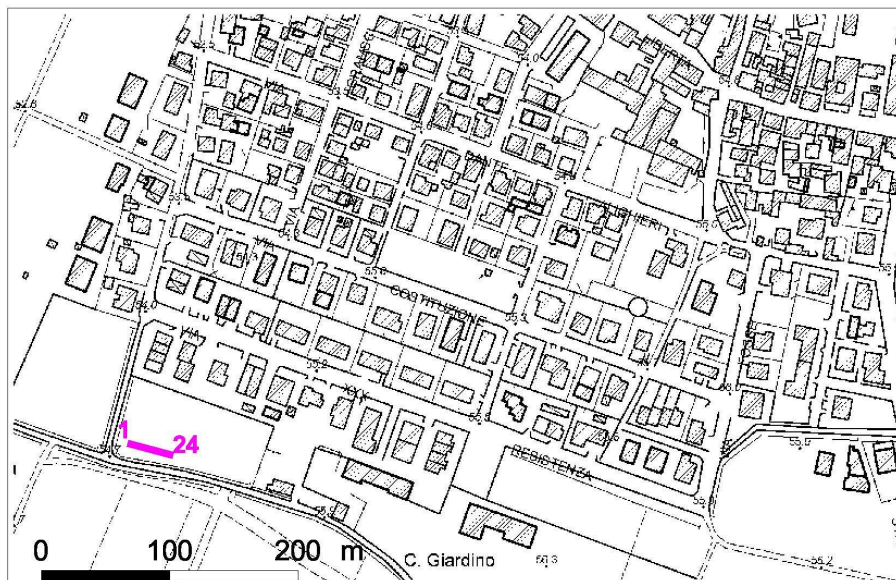
Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente di Poisson	Vs (m/s)	Vp (m/s)
Lmi e suolo limoso con ciottoli sparsi	2	-2	1800	0,35	205	427
	3	-5	1800	0,35	250	520
Ghiaie prevalenti	3	-8	1800	0,35	390	812
Ghiaie prevalenti	4	-12	1800	0,35	530	1103
Ghiaie prevalenti	4	-16	1800	0,35	550	1145
Ghiaie prevalenti	5	-21	1800	0,48	580	2957
Ghiaie prevalenti	5	-26	1800	0,48	600	3059
Ghiaie prevalenti	4	-30	1800	0,48	630	3212

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore di Vs30 pari a circa 454 m/s.



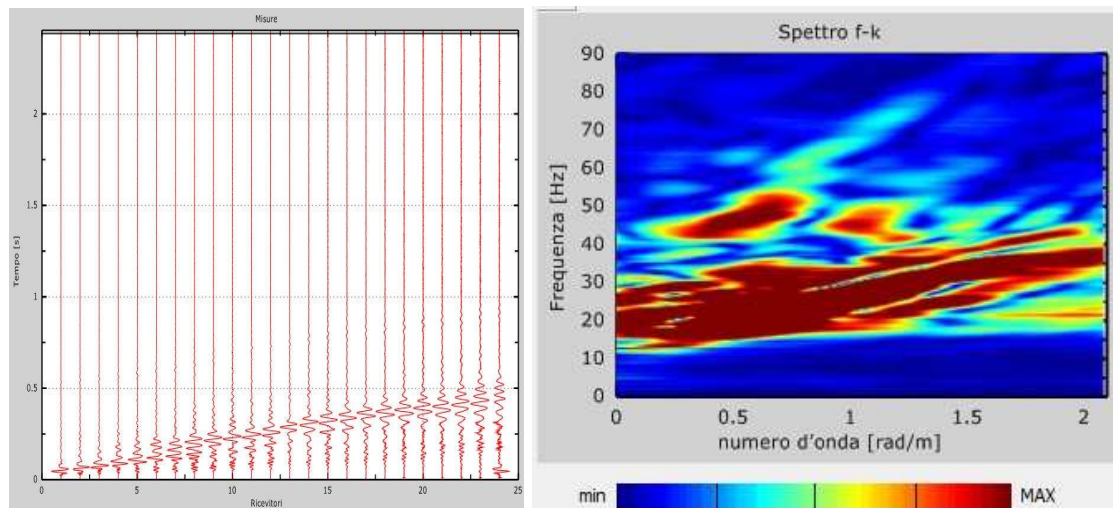
## MASW 5

### Ubicazione

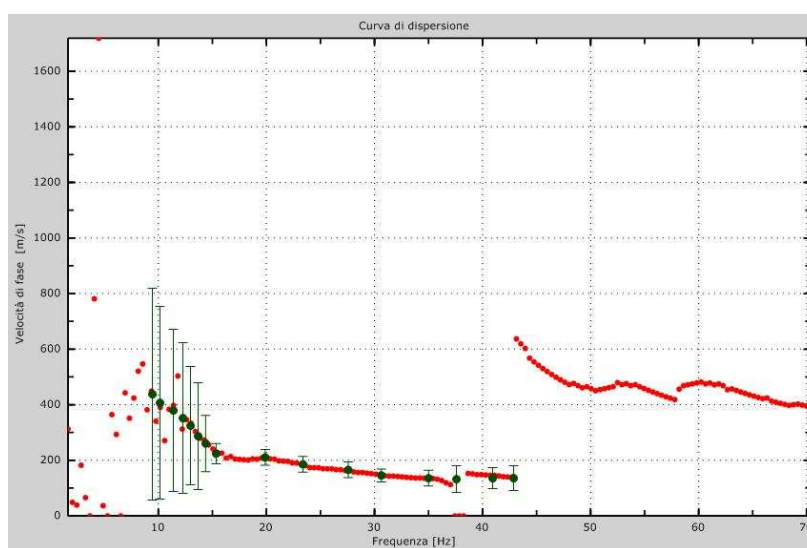


## MASW 5

### Sismogrammi e spettro f-k

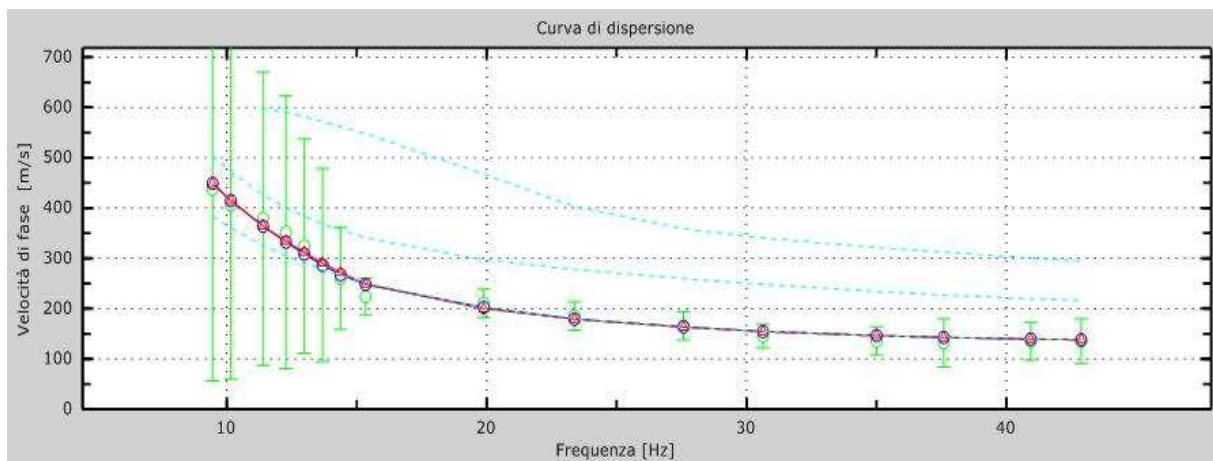


### Curva sperimentale e picking

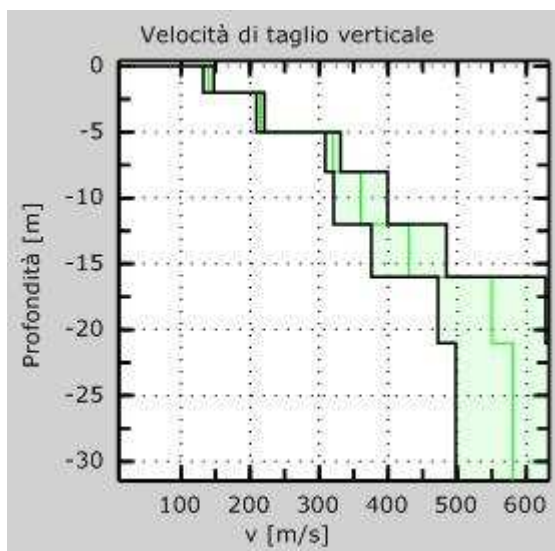


## MASW 5

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e curva relativa al 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 5

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da un evidente incremento della velocità delle onde S a circa 5 m, interpretativamente imputabile alla presenza di potenti depositi ghiaiosi e ciottolosi a bassa profondità.

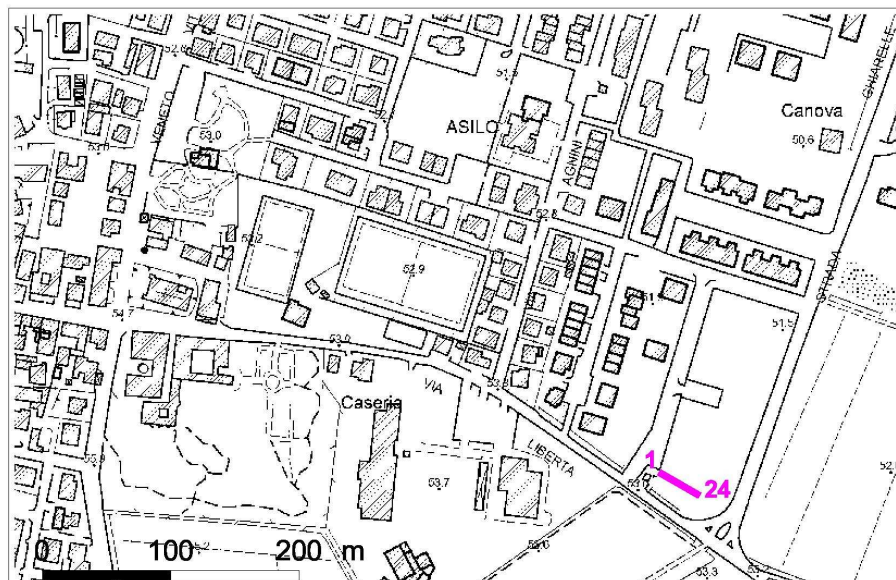
Caratteristiche degli strati che compongono il modello di profilo di velocità per MASW5

Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente di Poisson	Vs (m/s)	Vp (m/s)
Limi e suolo limoso con ciottoli sparsi	2	-2	1800	0,35	140	291
	3	-5	1800	0,35	215	448
Ghiaie prevalenti	3	-8	1900	0,35	320	666
Ghiaie prevalenti	4	-12	2000	0,35	360	749
Ghiaie prevalenti	4	-16	2100	0,35	430	895
Ghiaie prevalenti	5	-21	2100	0,48	550	1824
Ghiaie prevalenti	9	-30	2100	0,48	580	2957

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore di Vs30 pari a circa 363 m/s.

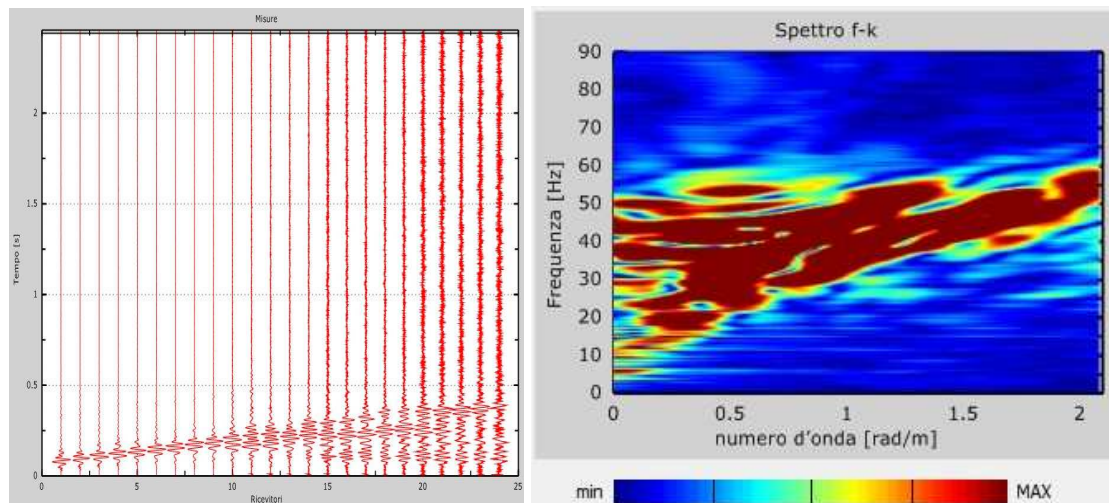
## MASW 6

### Ubicazione

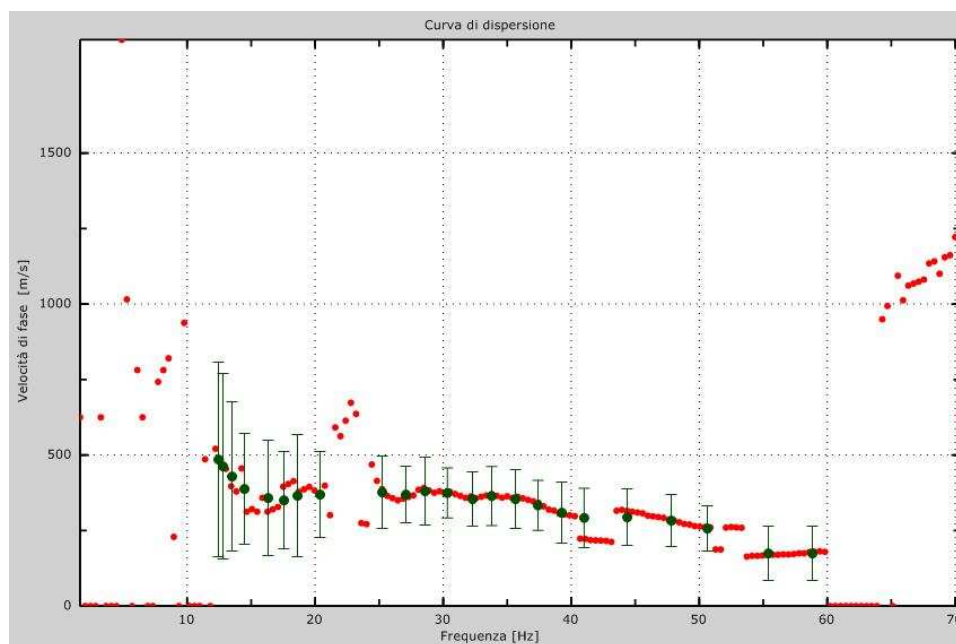


## MASW 6

### Sismogrammi e spettro f-k

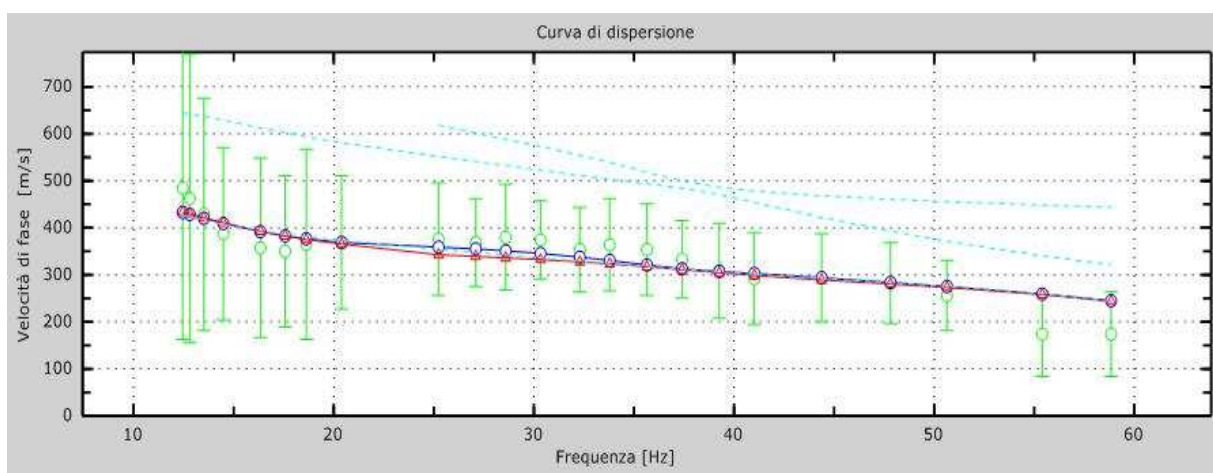


### Curva sperimentale e picking

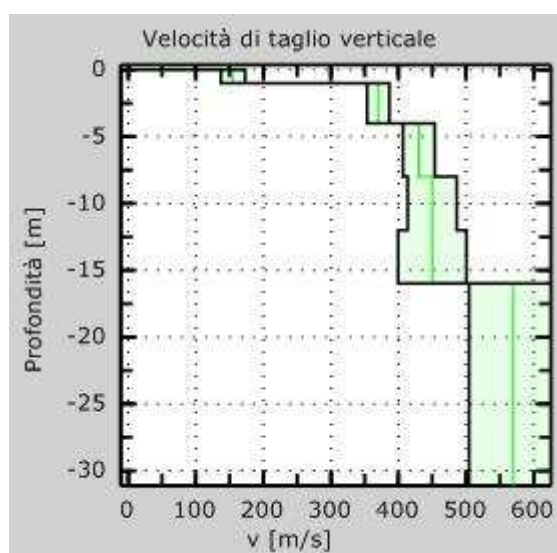


## MASW 6

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e curva relativa al 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 6

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da un evidente incremento della velocità delle onde S già a partire da circa 1 m di profondità, giustificato dalla nota presenza di potenti depositi ghiaiosi (pluridecametrici) a bassa profondità e da ciottoli mescolati coi terreni dello strato pedogenizzato superficiale. I sismogrammi mostrano un disturbo evidente (segnali registrati dai geofoni lontani nei primi momenti della registrazione). Questo è risultato presente in tutte le registrazioni effettuate. Non avendo elementi per discriminare tra disturbo e segnale attribuibile alla dispersione delle onde di superficie, se non attraverso una scelta soggettiva, l'elaborazione ha preso in considerazione le tracce nella loro interezza, considerato anche che il modello che si è ottenuto è comunque in accordo coi dati geologici e geognostici disponibili.

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

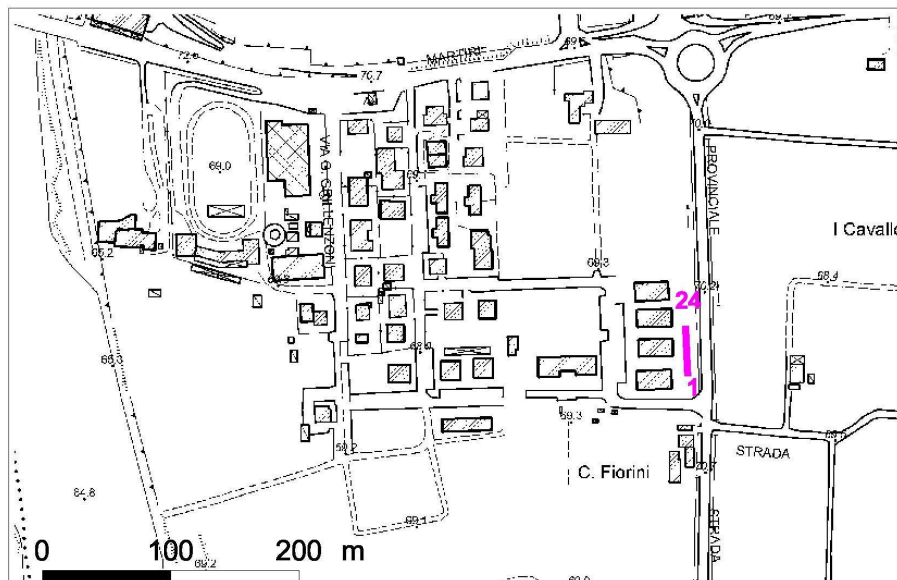
Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente di Poisson	Vs (m/s)	Vp (m/s)
Lmi e suolo limoso con ciottoli sparsi	1	-1	1800	0,35	155	291
	3	-4	1800	0,35	370	448
Ghiaie prevalenti	4	-8	1800	0,35	430	666
Ghiaie prevalenti	8	-16	1800	0,35	450	749
Ghiaie prevalenti	14	-30	1800	0,35	570	895

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava un valore di Vs30 pari a circa 453 m/s.



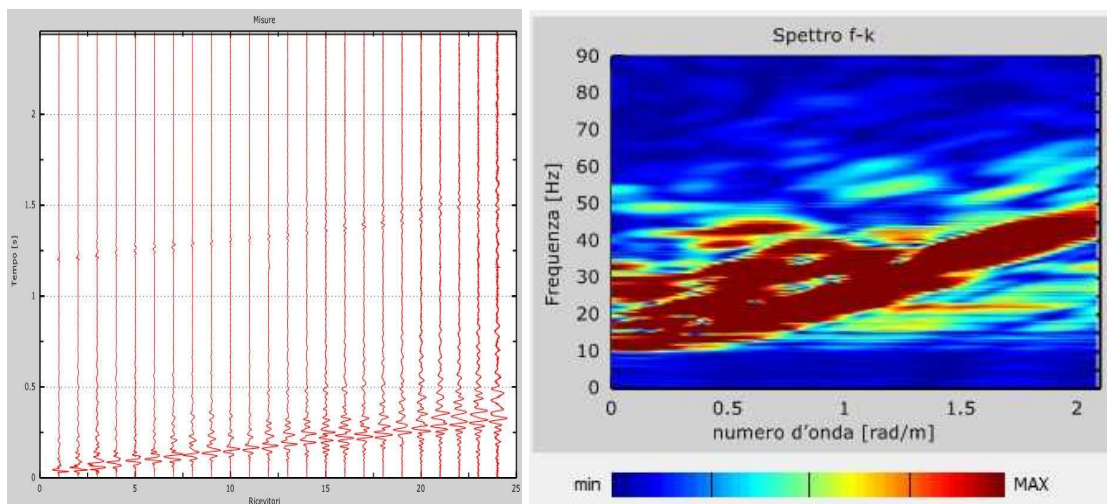
## MASW 7

### Ubicazione

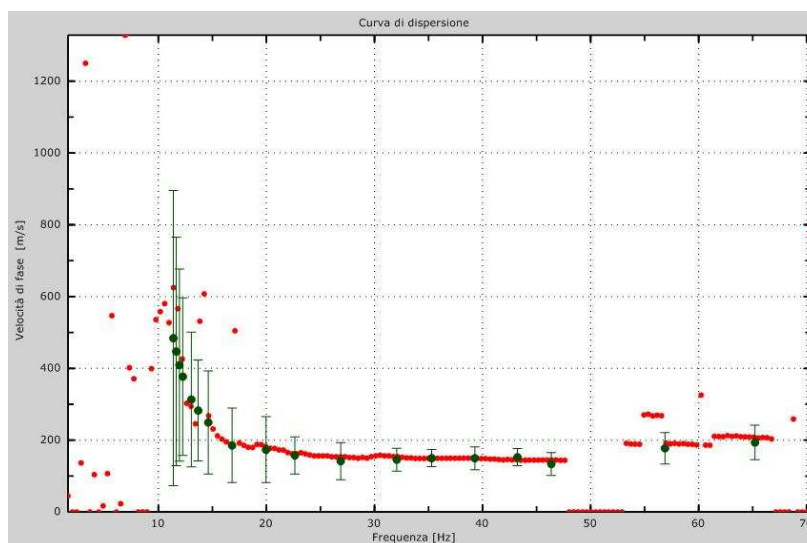


## MASW 7

### Sismogrammi e spettro f-k

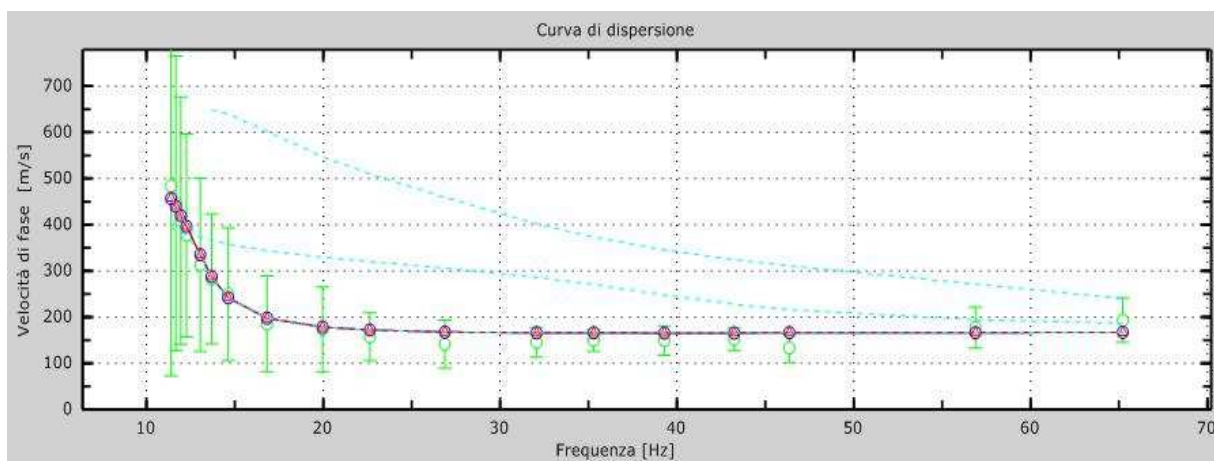


### Curva sperimentale e picking

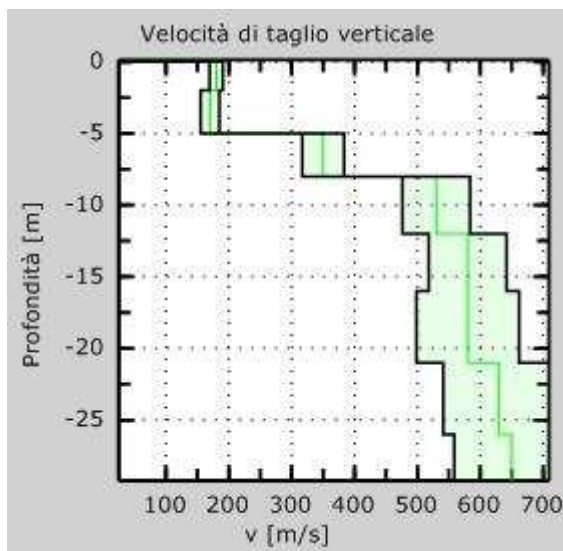


## MASW 7

Accordo tra *picking* della curva sperimentale (in verde) e curva relativa al 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 7

La modellazione diretta (eseguita tenendo conto anche dei dati geognostici disponibili) ha portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità caratterizzato da un evidente incremento della velocità delle onde S a partire da circa 5 m di profondità, attribuibile alla nota presenza di potenti depositi ghiaiosi (pluridecametrici). I dati disponibili all'intorno suggeriscono uno spessore di copertura fine sulle ghiaie variabile da 1 a 3.5 m. La curva di dispersione effettiva evidenzia tuttavia valori della velocità di fase inferiori ai 200 m/s (difficilmente attribuibili a ghiaie in s.s.) a partire da circa 15 Hz (corrispondente "teoricamente" ad una maggiore profondità). Tale apparente discrepanza potrebbe trovare motivazioni diverse: minore potere risolutivo del metodo geofisico; locale maggiore spessore dei depositi fini superficiali; rimaneggiamento antropico (l'area è andata soggetta a lavori e in parte è ancora presente il cantiere); ecc. La verifica con modelli di velocità che prevedessero spessori della copertura fine superficiale inferiori ha fornito valori di disaccordo tra curva sperimentale e curva teorica ben superiori a quelli relativi al modello qui proposto.

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

Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente di Poisson	Vs (m/s)	Vp (m/s)
Lmi e suolo limoso	2	-2	1900	0,35	180	270
	3	-5	1900	0,35	170	255
Ghiaie prevalenti	3	-8	1800	0,35	350	525
Ghiaie prevalenti	4	-12	1800	0,35	530	795
Ghiaie prevalenti	9	-21	1800	0,35	580	870
Ghiaie prevalenti	5	-26	1800	0,48	630	945
Ghiaie prevalenti	4	-30	1800	0,48	650	975

Dal modello di profilo verticale di velocità si determina un valore del Vs30 pari a circa 402 m/s.

## Conclusioni

Nei capitoli precedenti sono state descritte le modalità di esecuzione, la strumentazione di acquisizione e i risultati di 7 basi sismiche attive in onde di superficie, elaborate con metodologia *MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)* e acquisite nel territorio comunale di San Cesario (MO), nell'ambito degli studi per la Microzonazione Sismica comunale.

Sono stati descritti, per mezzo di specifici elaborati grafici e per ciascuna acquisizione sismica: 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), il modello di profilo verticale di velocità e il valore del parametro VS30, da utilizzare per la redazione della carta delle velocità nonché per definire i valori dei fattori di amplificazione stratigrafica.

Vignola, luglio 2014

Dott. Geol. Marco Capitani



Marco Capitani

