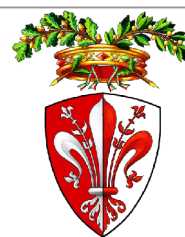


REGIONE
TOSCANA

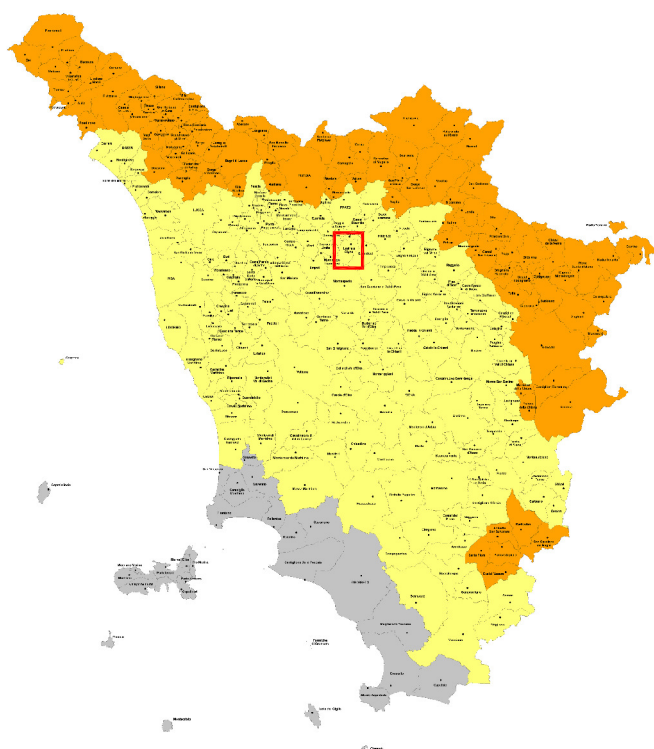


SUPPORTO GEOLOGICO TECNICO ALLA VARIANTE AL PIANO STRUTTURALE - INTEGRAZIONE OTTOBRE 2016

INDAGINI GEOFISICHE INTEGRATE DI
CARATTERIZZAZIONE SISMICA E PROPEDEUTICHE ALLA
REDAZIONE DI CARTOGRAFIE DI MICROZONAZIONE
SISMICA MOPS E PERICOLOSITA' SISMICA

Regione Toscana Comune di Lastra a Signa (FI)

OTTOBRE 2016



COORDINATORE DEL PROGETTO:



Geo-Eco Progetti
via A. Del Castagno n°8
Firenze

ESECUZIONE INDAGINI:



ENKI s.r.l.
Società di ingegneria
civile ed ambientale
via G. B. Lulli n°62
Firenze

SOMMARIO RELAZIONE TECNICA INTERPRETATIVA

SOMMARIO RELAZIONE TECNICA INTERPRETATIVA	3
INDICE FIGURE E TABELLE RELAZIONE TECNICA	3
INDICE FIGURE E TABELLE ALLEGATO TECNICO	4
1 Introduzione	5
1.1 Premesse	5
1.2 Contesto	5
1.3 Scopo delle indagini	5
1.4 Scelta delle zone oggetto delle indagini	5
1.5 Descrizione dei contenuti della relazione	6
2 Caratterizzazione sismica	7
2.1 Caratterizzazione sismica con microtremori - metodologia HVSR o Nakamura	7
2.1.1 Strumentazione e metodologia	9
2.1.2 Analisi microtremori e del rapporto HVSR – tecnica Nakamura	10
3 Elaborazione dati e risultati	13
3.1 Elaborazione dei dati microtremori – HVSR	13
4 Glossario	15
5 Riferimenti normativi e bibliografici	16
5.1 Riferimenti normativi e specifiche tecniche	16
5.2 Riferimenti bibliografici	16
ALLEGATO TECNICO 1 - SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTI, SENSORI, SOFTWARE DI ACQUISIZIONE ED ANALISI	19
I. ALLEGATO GRAFICO: ACQUISIZIONI MICROTREMORI – RAPPORTO SPETTRALE H/V – SPETTRO DELLE SINGOLE COMPONENTI – CRITERI DI AFFIDABILITÀ SESAME – CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII	23

INDICE FIGURE E TABELLE RELAZIONE TECNICA

Figura 2.1: Modalità di generazione e propagazione microtremore	8
Figura 2.2: Confronto di intensità di rumori sismici sito specifici	9
Figura 2.3: Schema di sottosuolo a 2 strati con differenti parametri geomeccanici	11
Tabella 1.1: Individuazione e numerazione delle indagini	6
Tabella 3-1: Riepilogo risultati misure HVSR	14

INDICE FIGURE E TABELLE ALLEGATO TECNICO

Allegato 1. 1: Tromino Microtremori	20
Allegato 1. 2: Tromino Microtremori	21
Allegato 1. 3: Software grilla per analisi microtremori.....	22

INDAGINI GEOFISICHE INTEGRATE DI CARATTERIZZAZIONE SISMICA E PROPEDEUTICHE ALLA REDAZIONE DI CARTOGRAFIE DI MICROZONAZIONE SISMICA MOPS E PERICOLOSITA' SISMICA

1 Introduzione

1.1 Premesse

Il presente documento riferisce sulle prove geofisiche, di tipo sismico passivo, condotte a supporto degli studi di microzonazione sismica di livello 1 del comune di Lastra a Signa (FI), per la redazione della Variante al Piano Strutturale.

Lo studio di microzonazione sismica (MS) di livello 1 rappresenta un livello propedeutico a successivi studi di MS (livello 2 e 3) e consiste in una raccolta organica e ragionata dei dati di natura geologica, geofisica e geotecnica preesistenti e/o acquisite al fine di suddividere il territorio comunale in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico.

Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) e quindi alla valutazione della pericolosità con la finalità di guidare le scelte nella pianificazione attuativa, nell'ottica di perseguire ed assicurare la riduzione del rischio sismico, evidenziando le criticità e identificando le aree per le quali sono richiesti studi di approfondimento.

1.2 Contesto

Le indagini geofisiche integrate, sono state eseguite all'interno del territorio del comune di Lastra a Signa. Si rimanda alla Tav. 01 per l'inquadramento delle indagini.

1.3 Scopo delle indagini

La caratterizzazione sismica-dinamica del terreno, è stata eseguita attraverso:

- Prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSr), e con processo di inversione e interpretazione secondo la metodologia di analisi del rapporto spettrale H/V o di Nakamura, per determinare l'eventuale comportamento amplificativo del terreno.

1.4 Scelta delle zone oggetto delle indagini

Le indagini sono state effettuate nel comprensorio del comune di Lastra a Signa (FI); nella tabella seguente si evidenziano le zone in cui sono state effettuate e la tipologia delle indagini:

Tabella 1.1: Individuazione e numerazione delle indagini

ID		COD	HVSR
1	LA LISCA	70_HVSR	x
2		71_HVSR	x
3		72_HVSR	x
4	BELFIORE	73_HVSR	x
5		74_HVSR	x
6	MARLIANO	75_HVSR	x
7		76_HVSR	x
8	LA LUNA	77_HVSR	x
9		78_HVSR	x
10		79_HVSR	x
11		80_HVSR	x
12		81_HVSR	x
13		82_HVSR	x
14		86_HVSR	x
15	INNO	83_HVSR	x
16		84_HVSR	x
17		85_HVSR	x

1.5 Descrizione dei contenuti della relazione

La presente relazione illustrerà la metodologia di acquisizione, la strumentazione utilizzata, le tecniche e modalità di inversione/interpretazione, e verranno evidenziati i risultati ottenuti con la campagna di prospezione geofisica sismica integrata, a supporto della caratterizzazione sismica del sottosuolo relativamente alle diverse aree di indagine.

Dopo un quadro descrittivo delle tecniche di indagine, riportate nel Capitolo 2 (Caratterizzazione sismica), si riportano le modalità di interpretazione ed analisi dei dati acquisiti e i risultati, di cui al Capitolo 3 (Elaborazione dati e risultati).

Glossario e riferimenti bibliografici sono forniti rispettivamente nei capitoli 4 e 5.

Il documento è poi completato con due allegati contenenti rispettivamente:

- ALLEGATO TECNICO 1, in cui sono riportate le specifiche tecniche degli strumenti, dei sensori e dei software di acquisizione ed analisi utilizzati.
- ALLEGATI GRAFICI, in cui sono riportati in dettaglio i dati acquisiti, la loro elaborazione ed i risultati ottenuti.

2 Caratterizzazione sismica

Ai fini di una completa caratterizzazione sismica delle aree oggetto di indagine, i dati sono stati acquisiti secondo la seguente modalità:

1. Acquisizione ed analisi dei microtremori, con processo di inversione e interpretazione secondo la metodologia di analisi del rapporto spettrale H/V o di Nakamura, per la classificazione del sottosuolo ai sensi della vigente normativa, NTC 2008, e determinare l'eventuale comportamento amplificativo del terreno.

2.1 Caratterizzazione sismica con microtremori - metodologia HVSR o Nakamura

La tecnica di acquisizione ed analisi dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

Le conoscenze e le informazioni che si possono ottenere dall'analisi ed interpretazione di una registrazione di questo tipo sono:

- ove esistente, la **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale ai fini dell'individuazione di adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- ove determinabile, la **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso, a seguito di analisi correlate sarà possibile confrontare le frequenze di sito e dell'edificio, e valutare se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la **velocità media delle onde di taglio Vs** calcolata tramite uno specifico software di calcolo, per cui è possibile determinare la Vs30 e la relativa categoria del suolo di fondazione come richiesto dalle N.T.C. 2008.
- la **stratigrafia del sottosuolo** con un ampio range di profondità di indagine, e secondo il principio che in termini di stratigrafia del sottosuolo, uno strato è inteso come unità distinta, in termini di contrasto d'impedenza sismica

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori.

La forma di un'onda registrata in un sito oggetto di indagine è funzione di:

1. dalla forma dell'onda prodotta dall'insieme delle sorgenti *s dei microtremori*,
2. dal percorso dell'onda dalle sorgenti *s* fino alla posizione *x* del sito oggetto di indagine e funzione dei processi di attenuazione, riflessione, rifrazione e canalizzazione di

guida d'onda;

3. dalla modalità di acquisizione dello strumento in funzione dei parametri e delle caratteristiche strumentali.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre.

Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni con ampiezze minime, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il segnale da acquisire non è generato con strumenti o tecniche attive, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nel tragitto dalla sorgente *s* al sito *x* le onde elastiche (sia di origine sismiche che dovute al microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, canalizzazioni per fenomeni di guida d'onda ed attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato.

Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte di informazioni correlata al contenuto frequenziale del segnale che può essere estratta e che permette di ottenere informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.

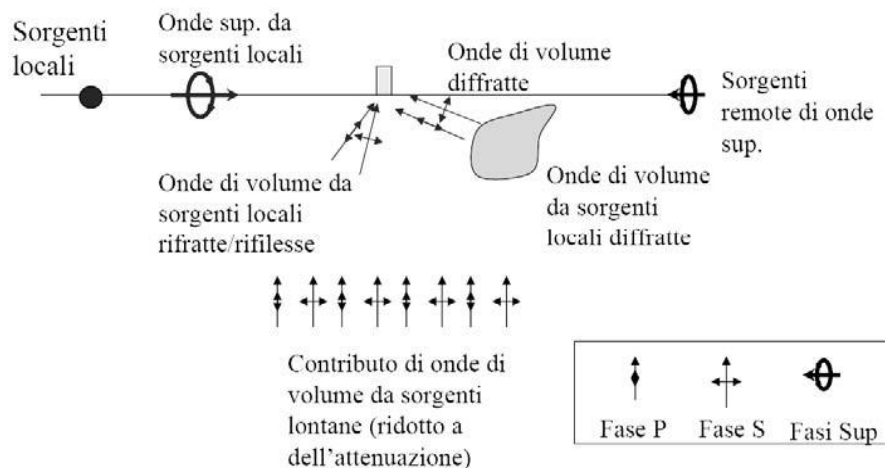


Figura 2.1: Modalità di generazione e propagazione microtremore

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartato dalla sismologia classica, contiene informazioni.

Questa informazione è però correlata alle caratteristiche frequenziale e spettrali del cosiddetto "rumore casuale" o microtremore, e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

Una di queste tecniche è la tecnica di analisi dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili sul comportamento frequenziale dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

2.1.1 Strumentazione e metodologia

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale modello “*Tromino Engy Plus*” che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra-leggeri e ultra-compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni.

Lo strumento racchiude al suo interno tre velocimetri elettrodinamici ortogonali tra loro ad alta definizione con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 256 Hz.

I dati vengono memorizzati in una scheda di memoria interna da 4 GB, evitando così la presenza di qualsiasi cavo che possa introdurre rumore meccanico ed elettronico.

Nella figura seguente si riporta la curva di rumore standard di un “Tromino” a confronto con i modelli standard di rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu).

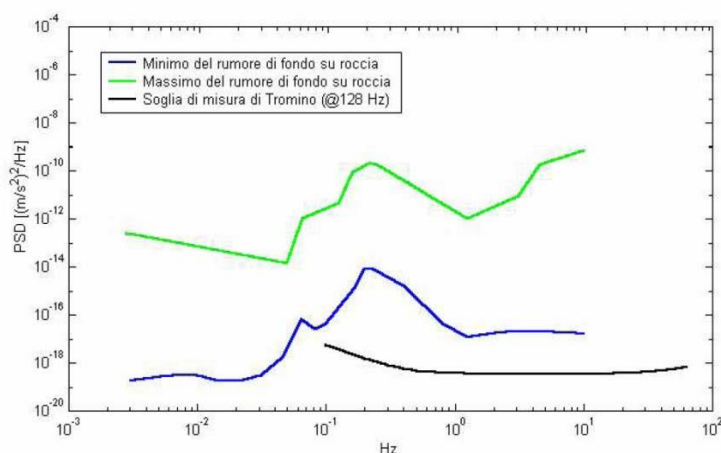


Figura 2.2: Confronto di intensità di rumori sismici sito specifici

Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto. I dati sono stati convertiti in file ASCII mediante il software “Grilla”, fornito a supporto dello strumento utilizzato, quindi elaborati per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza. Per evitare di introdurre basse frequenze spurie i dati sono stati corretti per offset e trend ma non filtrati così come raccomandato dalla norma DIN 4150-3.

In fase operativa si sono seguite le seguenti operazioni:

1. il rumore sismico è stato registrato nelle sue tre componenti per un intervallo di tempo dell'ordine delle decine di minuti (circa 40 minuti),
2. la registrazione è stata suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno,
3. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti,
4. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale,
5. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che:

1. i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano “stabili” ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato,
2. gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti “dominanti”,
3. la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

2.1.2 Analisi microtremori e del rapporto HVSR – tecnica Nakamura

L'ottenimento di una stratigrafia sismica da indagini a stazione singola, deriva dai primi studi di Kanai (1957) in poi, per cui diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

Inizialmente, alcuni ricercatori, proposero di utilizzare anche l'ampiezza del picco come indicatore sintetico dell'amplificazione sismica locale, direttamente utilizzabile per la microzonazione.

Purtroppo, esiste abbondante letteratura comprovante il fatto che l'ampiezza del picco H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice (cfr. Mucciarelli e Gallipoli, 2001; SESAME, 2005 e referenze ivi contenute).

Studi recenti hanno dimostrato che ulteriori picchi a frequenza maggiori di quelle del bedrock sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria (es. Baumbach *et al.*, 2002) e picchi a frequenze minori di quella del bedrock sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al bedrock stesso (es. Guillier *et al.*, 2005).

Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere, in linea di principio, usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D).

Consideriamo il sistema della figura seguente in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2).

Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.

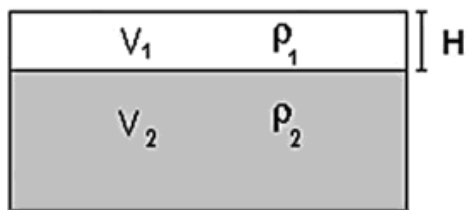


Figura 2.3: Schema di sottosuolo a 2 strati con differenti parametri geomeccanici

L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato.

La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a:

$$(f_r) = V_s/4H \quad (f_r) = V_p/4H \quad [1]$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh.

Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1].

L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V , che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per:

- il contenuto in frequenza,
- la risposta strumentale
- l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La situazione, nel caso di un suolo reale, è spesso più complessa, innanzitutto il modello di strato piano al di sopra del bedrock si applica molto raramente. Poi, la velocità aumenta con la profondità, e possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana.

L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D.

L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini. In questo lavoro i segnali sono stati analizzati non solo attraverso i rapporti spettrali H/V ma anche attraverso gli spettri delle singole componenti, e nei casi più significativi, le curve HVSR sono state invertite secondo la procedura descritta da Arai

e Tokimatsu (2004).

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio si utilizza un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSr) basati sulla simulazione del campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981).

Il codice può elaborare modelli con qualsiasi numero di strati (limitati a 50 nella tabella d'input), in qualsiasi intervallo di frequenze e in un qualsiasi numero di modi (fondamentale e superiori).

Operativamente si costruisce un modello teorico HVSr avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita. Successivamente, tramite uno specifico algoritmo, si cercherà di adattare la curva teorica a quella sperimentale; in questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde Vs.

Nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock o bedrock like) le profondità h delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula seguente:

$$H = \left[\frac{V_0(1-a)}{4v_1} + 1 \right]^{W(1-a)} - 1$$

in cui V_0 è la velocità al tetto dello strato, a un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e v la frequenza fondamentale di risonanza.

Nei casi più complessi (la maggioranza) si sono invertite le curve HVSr creando una serie di modelli teorici da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. In questo lavoro per l'inversione delle curve HVSr si sono seguite le procedure descritte in Arai e Tokimatsu (2004), usando il modo fondamentale delle onde di Rayleigh e Love

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008 hanno profondamente rinnovato le modalità di applicazione delle norme sismiche adottando, in modo omogeneo per tutto il paese, soluzioni coerenti con il sistema di norme già definito a livello europeo (Eurocodice 8).

Per comprendere pienamente il significato della nuova normativa è necessario rifarsi al concetto di risposta sismica locale e, dal punto di vista strettamente fisico, per effetto di sito (risposta sismica locale) si intende l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base (R), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie (S).

Nel presente lavoro si sfrutterà la teoria di Nakamura che pone in relazione lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale $H / V = 1$) con quello effettivamente misurato in superficie.

3 Elaborazione dati e risultati

3.1 Elaborazione dei dati microtremori – HVSR

Tutte le registrazioni di microtremori hanno avuto una durata di almeno 40 minuti, con lo strumento posizionato in posizione orizzontale, verificando la presenza di eventuali sorgenti puntuali di rumore antropico, e nel caso di giornate ventose, rimandando la misura a seguito di check negativo per la presenza di forte rumore di fondo.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

1. le curve HVSR, ottenute col software Grilla in dotazione a TROMINO®, secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005), con parametri:
 - larghezza delle finestre d'analisi compresa fra 20 s e 60s in ragione dell'eventuale contesto di esecuzione delle misure e di potenziale rumore antropico;
 - lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
 - rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore ad 2;
 - rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.
2. le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto 1.

Come riportato nelle schede di dettaglio in allegato, di ogni misura di microtremore è stata evidenziata l'affidabilità e l'eventuale presenza di picco secondo i criteri SESAME, ed è stata classificata secondo i criteri della "Proposta per una classificazione delle misure HVSR" (Albarelli et al., 2010), si riporta di seguito la Tabella 3-1 di riepilogo dei risultati delle misure HVSR.

Tabella 3-1: Riepilogo risultati misure HVSR

ID	HVSR	LOCALITA'	FREQUENZA PICCO (Hz)	AMPIEZZA	CLASSE
1	70-00	LA LISCA	4.81	2.33	A1
2	71-00		LA MISURA NON PRESENTA PICCHI SIGNIFICATIVI		A2
3	72-00		12.81	7.11	B1
4	73-00	BELFIORE	14.38	2.50	A1
5	74-00		12.19	3.00	A2
6	75-00	MARLIANO	LA MISURA NON PRESENTA PICCHI SIGNIFICATIVI		A2
7	76-00		4.38	3.17	A1
8	77-00	LA LUNA	1.56	2.54	A2
9	78-00		1.88	2.39	A2
10	79-00		LA MISURA NON PRESENTA PICCHI SIGNIFICATIVI		A2
11	80-00		13.75	4.38	A1
12	81-00		7.81	2.32	A2
13	82-00		20.31	2.45	A2
14	86-00		11.81	2.76	A2
15	83-00	INNO	2.34	4.86	A1
16	84-00		2.41	5.59	A1
17	85-00		2.50	3.00	A2

4 Glossario

V_p	Velocità di propagazione delle onde di pressione
V_s	Velocità di propagazione delle onde di taglio
V_{s30}	Velocità di propagazione delle onde di taglio, media nei primi 30 m
V_{sv}	Componente verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio
V_{sh}	Componente orizzontale della velocità di propagazione delle onde di taglio
V_a	Velocità apparente di propagazione delle onde elastiche
V_r	Velocità reale di propagazione delle onde elastiche
t	Tempo
f	Frequenza
H.....	Spessore dello strato
Onde P	Onde sismiche di pressione che sono le prime ad essere individuate in quanto le più veloci;
Onde S	Onde sismiche di taglio
HVSR.....	Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo Nakamura rapporto spettrale tra le componenti del orizzontale e verticale dei microtremori
Inversione.....	Processo di fit per l'ottenimento di un modello sperimentale a partire da dati osservati, mediante il confronto iterativo delle differenze tra due serie di dati, definiti da un modello sperimentale (invertito) e da un modello diretto (sintetico).
MS	Microzonazione Sismica
MOPS	Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

5 Riferimenti normativi e bibliografici

5.1 Riferimenti normativi e specifiche tecniche

- [1] Decreto Ministeriale Infrastrutture 14 gennaio 2008 “*Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*”, e indicato anche con N.T.C. nel presente documento.
- [2] Indirizzi e Criteri di microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla conferenza delle Regioni e delle Province autonome;
- [3] Specifiche tecniche regionali: Allegato A alla DGRT n.261/2011, Appendice 1, Appendice 2
- [4] Istruzioni Tecniche per le indagini geologico-tecniche, geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche, finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana - Programma VEL Toscana – Del. GRT. n. 1343 del 18 dicembre 2000 e s.m.e.i.

5.2 Riferimenti bibliografici

- [5] Dal Moro G., 2008a, VS and VP Vertical Profiling and Poisson Ratio Estimation via Joint Inversion of Rayleigh Waves and Refraction Travel Times by means of Bi-Objective Evolutionary Algorithm, J. Appl. Geophysics (in stampa)
- [6] Dal Moro G., Pipan M., Forte E., Finetti I., 2003, Determination of Rayleigh wave dispersion curves for near surface applications in unconsolidated sediments, Proceedings SEG, 73st Annual Int. Mtg. (Dallas, Texas, Oct 2003)
- [7] Xia J., Miller R.D. and Park C.B.; 1999: Estimation of near-surface shear-wave velocity by inversion of Rayleigh waves. Geophysics. 64, 691-700.
- [8] Xia J., Miller R.D., Park C.B., Ivanov J., Tian G. and Chen C.; 2004: Utilization of high-frequency Rayleigh waves in near-surface geophysics. The Leading Edge, 23, 753-759.
- [9] Xia J., Miller R.D., Park C.B. and Tian G.; 2002: Determining Q of near-surface materials from Rayleigh waves. J. Appl. Geophys., 51, 121– 129.
- [10] Xia J., Miller R.D., Park C.B. and Tian G.; 2003: Inversion of high frequency surface waves with fundamental and higher modes. Jour. of Appl. Geophys., 52, 45–57.
- [11] Rix, G.J. and Lai, C.G. Model-Based Uncertainty in Surface Wave Inversion Proceedings, GeoCongress 2006, “Geotechnical Engineering in the Information Technology Age”, Atlanta, February 26-March 1, 2006. Paper Reference No. 11904.
- [12] Lai C.G., Wilmanski K. (Editors) Surface Waves in Geomechanics: Direct and Inverse Modeling for Soils and Rocks, CISM Lecture Notes No. 481, CISM-Springer Verlag, pp. 385, ISBN: 3-211-27740-4. CD with software programs for surface wave analysis is included.
- [13] Lai, C.G. “Chapter 3 – Surface Waves in Dissipative Media: Forward and Inverse Modelling” in Surface Waves in Geomechanics: Direct and Inverse Modeling for Soils and Rocks. Edited

-
- by C.G. Lai and K. Wilmanski, CISM Lecture Notes Vol. No. 481, Springer-Verlag, pp. 385, October 2005. ISBN: 3-211-27740-4. CD with software programs for surface wave analysis is included.
- [14] Rix, G.J. "Chapter 3 – Near-Surface Site Characterization Using Surface Waves" in Surface Waves in Geomechanics: Direct and Inverse Modeling for Soils and Rocks. Edited by C.G. Lai and K. Wilmanski, CISM Lecture Notes Vol. No. 481, Springer-Verlag, pp. 385, October 2005.
- [15] Lai, C.G., Foti, S., Rix, G.J. Propagation of Data Uncertainty in Surface Wave Inversion *Journal of Environmental and Engineering Geophysics*, 10(2), pp. 219-228, July 2005.
- [16] Lai, C.G., Rix, G.J., Foti, S., Roma, V. Simultaneous Measurement and Inversion of Surface Wave Dispersion and Attenuation Curves *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol. 22, No. 9-12, pp. 923-930, October-December 2002.
- [17] Rix, G.J., Lai, C.G., Spang, A.W. In Situ Measurements of Damping Ratio Using Surface Waves *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, Vol. 126, No.5, pp. 472-480, May 2000.
- [18] Lai, C.G., Foti, S., Godio, A., Rix, G.J., Sambuelli, L., Socco, V. Geotechnical Site Characterization Using Geophysical Techniques *Italian Geotechnical Journal*, RIG, Special Publication, No.3, pp. 99-118, September 2000.
- [19] Lai, C.G. Spectral Analysis of Surface Waves – Active Methods – Technical Recommendations *Italian Geotechnical Journal*, RIG, No.4, pp. 201-212. December 2000.
- [20] Lai, C.G., Rix, G.J. Inversion of Multi-Mode Effective Dispersion Curves *Proceedings, 2nd International Symposium on Pre-Failure Deformation Characteristics of Geomaterials*, IS Torino 99, Torino, Italy, September 26-29, 1999, Vol. I, pp. 411-418.
- [21] Lai, C.G., Rix, G.J. Simultaneous Inversion of Rayleigh Phase Velocity and Attenuation for Near- Surface Site Characterization Contract Report prepared for the National Science Foundation under Grant No. CMS-9402358, and the U.S. Geological Survey, Department of Interior, Report No. GIT-CEE/GEO-98-2, July, 1998, pp. 258.
- [22] Strobbia, C. Surface wave methods: acquisition, processing and inversion, Ph.D. Thesis, Politecnico di Torino, Italy, 2003.
- [23] Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface. *Quarterly Report of Railway Technical Research Institute*. 30-1, pp 25-33.
- [24] Ibs-von Seht, M. y Wohlenberg, J. (1999). Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments. *Bulletin of Seismological Society of America*, Vol 89, pp 250-259.
- [25] Rohdewald, S., Burton, B., Sheehan, J., Doll, W., 2010, Processing of seismic refraction tomography data, SAGEEP short course notes, Keystone, Colorado.
-

-
- [26] Schuster, G.T., Quintus-Bosz, A., 1993, Wavepath eikonal travelttime inversion: Theory. Geophysics, Volume 58, 1314-1323.
 - [27] Sheehan, J.R., Doll, W.E., Mandell, W., 2005, An evaluation of methods and available software for seismic refraction tomography analysis, JEEG, Volume 10(1), 21-34.
 - [28] Watanabe, T., Matsuoka, T., Ashida, Y., 1999, Seismic travelttime tomography using Fresnel volume approach, SEG Houston 1999 Meeting, Expanded Abstracts.
 - [29] White, D.J., 1989, Two-dimensional seismic refraction tomography, Geophysical Journal, Volume 97, 223-245.
 - [30] Zelt, 2010, SAGEEP 2011 Seismic refraction shootout: blind test of methods for obtaining velocity models from first-arrival travel times.
 - [31] Semih, S. Tezcan, Ali, Keceli, Zuhul Ozdemir, 2006, Allowable bearing capacity of shallow foundations based on shear wave velocity, Geotechnical and Geological Engineering (2006) 24: 203–218
 - [32] Terzaghi, K. and Peck, R. B. (1967) Soil Mechanics in Engineering Practice , 2nd edn, John Wiley and Sons, New York.
 - [33] Turesson, A (2007), A comparison of methods for the analysis of compressional, shear, and surface wave seismic data, and determination of the shear modulus, Journal of Applied Geophysics, 61, Elsevier
 - [34] Orlando, L. Pelliccioni, G., (2010), P and PS data to reduce the uncertainty in the reconstruction of near-surface alluvial deposits, Journal of Applied Geophysics, 42, Elsevier
 - [35] Aki K. (1957), Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors, Bulletin of the Earthquake Research Institute 35:415-456
 - [36] Dal Moro G. et al., (2007), Rayleigh Wave Dispersion Curve Inversion via genetic algorithms and posterior probability density evaluation, J.Appl.Geophysics, 61, 39-55
 - [37] M. Ali Ak (2006), An Analytical Raypath approach to the Refraction Wavefront Method, Geophysical Prospecting, 38, 971-982

**ALLEGATO TECNICO 1 - SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTI,
SENSORI, SOFTWARE DI ACQUISIZIONE ED ANALISI**

TROMINO®

La nuova generazione di sistemi per sismica a stazione singola e analisi vibrazionali

Sembra mite, è dinamite!



TROMINO® è il primo strumento realmente 'tutto in uno' per la registrazione sismica a stazione singola passiva ed attiva e per il monitoraggio delle vibrazioni.

TROMINO® è dotato di*:

- 3 canali velocimetrici per l'acquisizione del microtremore sismico ambientale (fino a ± 1.5 mm/s ~)
- 3 canali velocimetrici per la registrazione di vibrazioni forti (fino a ± 5 cm/s ~)
- 3 canali accelerometrici per monitoraggio di vibrazioni
- 1 canale analogico (es. trigger esterno per MASW/rifrazione)
- ricevitore GPS integrato, antenna interna e/o esterna per localizzazione e/o sincronizzazione tra diverse unità
- modulo radio per sincronizzazione tra diverse unità e trasmissione di allarmi (es. superamento di soglie)

TROMINO® è la soluzione ideale negli ambiti

GEOLOGICO-TECNICO

- misura delle frequenze di risonanza dei suoli
- effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura)
- stratigrafia sismica passiva
- Vs30 da fit vincolato della curva H/V
- doppia risonanza suolo-struttura
- array sismici attivi o passivi tramite sincronizzazione di più unità via radio o GPS
- sismica a rifrazione a piccola-media scala per onde P e S, MASW, FTAN (**TROMINO®** + trigger)

INGEGNERISTICO

- misura dei modi di vibrazione delle strutture
- monitoraggio delle vibrazioni
- acquisizione sincronizzata da più unità via radio o GPS
- trasmissione di allarmi (superamento soglie)

Tromino Manager è il software per la gestione remota (via web) e via cavo di **TROMINO®**. **Tromino Manager** permette il salvataggio e la visualizzazione continua dei dati acquisiti in remoto, la segnalazione di allarmi (per superamenti di soglie) in diretta e via e-mail. **Tromino Manager** può segnalare allarmi anche relativi a reti di **TROMINO®** comunicanti via radio con un **TROMINO®** master.

TROMINO® opera nell'intervallo di frequenze 0.1 - 1024 Hz su tutti canali (fino a 32 kHz su 2 canali*) con conversione A/D > 24 bit equivalenti a 128 Hz.

Il tutto in un unico strumento **realmente portatile**:

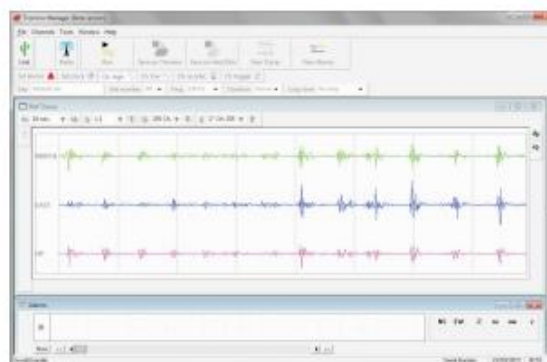
- nessun cavo esterno
- dimensioni minime (10 x 14 x 8 cm)
- peso minimo (~1 kg)

a **bassissimo consumo** (75 mW*):

- 2 batterie AA (1.5 V) garantiscono fino a oltre 100 h di registrazione in continua
- può essere alimentato da rete elettrica per monitoraggi prolungati

*specifiche variabili a seconda dei modelli

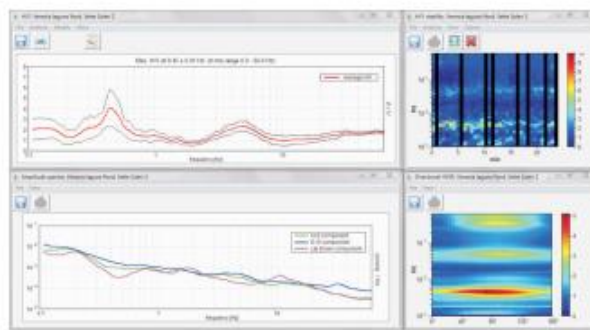
TROMINO® è un brevetto internazionale



Grilla è il software creato per archiviare, gestire, visualizzare ed analizzare le registrazioni di **TROMINO**. **Grilla** è interattivo, di uso intuitivo e per ogni tipo di analisi produce un referto automatico.

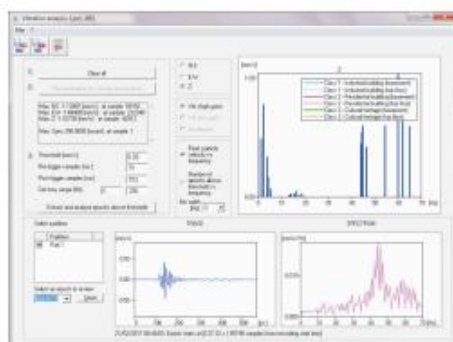
I diversi moduli di **Grilla** permettono di effettuare:

ANALISI H/V ESTESA. Analisi spettrale completa delle tracce, calcolo delle curve H/V per la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo, procedure di pulizia dei tracciati nel dominio del tempo e della frequenza, test sulla significatività dei picchi secondo le linee guida europee, metodo del sito di riferimento, determinazione delle frequenze dei modi di vibrare delle strutture con rimozione dell'effetto di sottosuolo, analisi direzionale, confronto tra analisi e registrazioni diverse, numerosi altri strumenti matematici di analisi. Referto automatico con tabelle e illustrazioni.



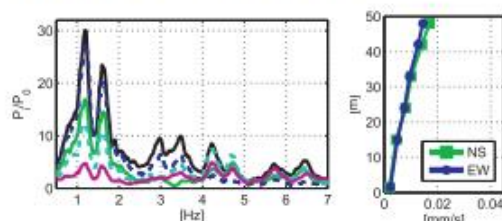
Modulo per analisi spettrale e H/V

ANALISI DI VIBRAZIONI. Modulo per l'estrazione di finestre temporali con segnale al di sopra di soglie date e per la loro analisi spettrale secondo le norme europee in materia di vibrazioni su strutture. Referto automatico con tabelle e illustrazioni.



Modulo per analisi di vibrazioni secondo le norme europee

ANALISI MODALE DELLE STRUTTURE. Modulo per il calcolo delle frequenze e delle forme dei modi di vibrazione delle strutture.

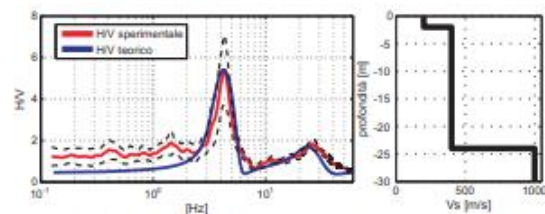


File	Setup	Block	Analysis	Import/Export	Tools	Help
Day	Time	Station	Log	Stat	Length	By [m] [m/s]
27	11:00:00	PROFI	11:00:00	11:00:00	28.07	1.28
28	11:00:00	PROFI	11:00:00	11:00:00	28.07	1.28
29	11:00:00	PROFI	11:00:00	11:00:00	28.07	1.28
30	11:00:00	PROFI	11:00:00	11:00:00	28.07	1.28
31	11:00:00	PROFI	11:00:00	11:00:00	28.07	1.28
32	11:00:00	PROFI	11:00:00	11:00:00	28.07	1.28
33	11:00:00	PROFI	11:00:00	11:00:00	28.07	1.28
34	11:00:00	PROFI	11:00:00	11:00:00	28.07	1.28
35	11:00:00	PROFI	11:00:00	11:00:00	28.07	1.28
36	11:00:00	PROFI	11:00:00	11:00:00	28.07	1.28

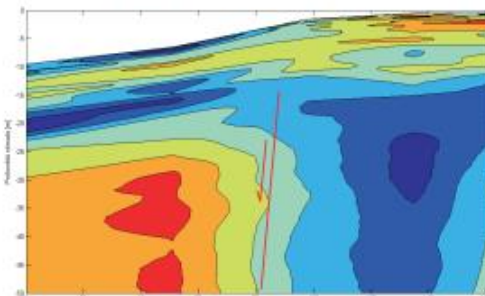
Database per la gestione integrata delle tracce di **TROMINO** e **SoilSpy Rosina**

FIT VINCOLATO DI CURVE H/V PER PRODURRE PROFILI DI Vs E STIMA DEL Vs30. Strumento di modellazione di curve H/V teoriche basato su onde di superficie (Rayleigh e Love) a partire da modelli di sottosuolo inseriti dall'utente o in modo semi-automatico.

FIT CONGIUNTO DI CURVE H/V E CURVE DI DISPERSIONE. Modulo per il fit congiunto di curve H/V e spettri di velocità di fase delle onde di superficie (curve di dispersione) provenienti da indagini in array attivo (MASW ecc.) e passive (ReMiTM, ESAC, SPAC ecc.). Consulta la brochure di Micromed **SoilSpy Rosina**.



Modulo per ricostruzione di un profilo di Vs a partire da fit vincolato della curva H/V



Esempio di stratigrafia sismica passiva

E per chi non ha ancora **TROMINO**? **Grilla Paws** è la versione ridotta di **Grilla** per raccogliere in un database, gestire e analizzare registrazioni a stazione singola e multicanale acquisite con strumenti diversi da **TROMINO** e **SoilSpy Rosina**.

micromed s.p.a.
Via Giotto, 2 - 31021
Mogliano Veneto (TV) - ITALY
Tel. +39 041 5937000
Fax. +39 041 5937011
e-mail: info@tromino.it
web: www.tromino.eu
www.micromed.eu



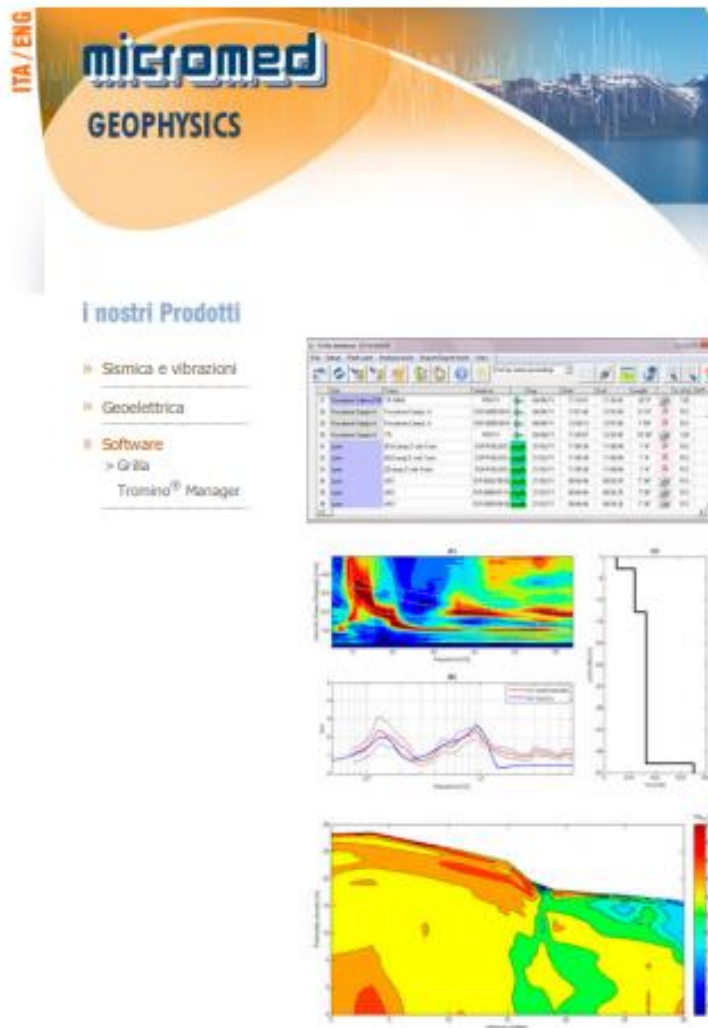
Distribuito da:

TRO.IT-4.00

www.tromino.eu

micromed

Allegato 1. 2: Tromino Microtremori



[Home](#) [Azienda](#) [Contatti](#)

[Prodotti](#) [Training](#) [Eventi](#) [Applicazioni](#) [News](#) [Support](#)

GRILLA

Grilla è il software per lo scaricamento dei dati di TROMINO[®] e SoilSpy Rosina, per la loro archiviazione in un database e la loro analisi.

Grilla è articolato in moduli che consentono di effettuare:

- Analisi spettrali (nel tempo, nello spazio, direzionalità)
- Analisi H/V secondo linee guida internazionali e nazionali
- Fit vincolato della curva H/V per ottenere profili di Vs e classificazione sismica di sito
- Analisi multicanale di onde di superficie, sia Rayleigh che Love (SASW, MASW, ReMITM, ESAC, SPAC, altre correlazioni spaziali)
- Fit delle curve di dispersione delle onde di superficie per profili di Vs e classificazione sismica di sito
- Fit congiunto delle curve H/V e di dispersione delle onde di superficie
- Analisi vibrazionali secondo UNI 9916, DIN 4150
- Piccola analisi modale delle strutture (frequenze dei modi di vibrare, deformate)

Grilla viene aggiornato costantemente seguendo lo stato dell'arte pubblicato sulle più accreditate riviste geofisiche peer-reviewed internazionali.

Grilla produce report automatici completi di immagini per le diverse analisi e permette l'importazione nel database e l'analisi anche di registrazioni di strumenti non proprietari.

Micromed S.p.A.
via Grotto, 2 - 31021 | Mogliano Veneto (TV) - ITALY
info@tromino.it | Partita IVA 03906850262
Site Vers. 3.2 | 01/07/2011



© 2011 Micromed S.p.A. | credits

[home](#) | [azienda](#) | [contatti](#)
[prodotti](#) | [news](#) | [download](#)

Allegato 1. 3: Software grilla per analisi microtremori

**I. ALLEGATO GRAFICO: ACQUISIZIONI MICROTREMORI – RAPPORTO
SPETTRALE H/V – SPETTRO DELLE SINGOLE COMPONENTI – CRITERI
DI AFFIDABILITÀ SESAME – CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA
ALBARELLO ET ALII**

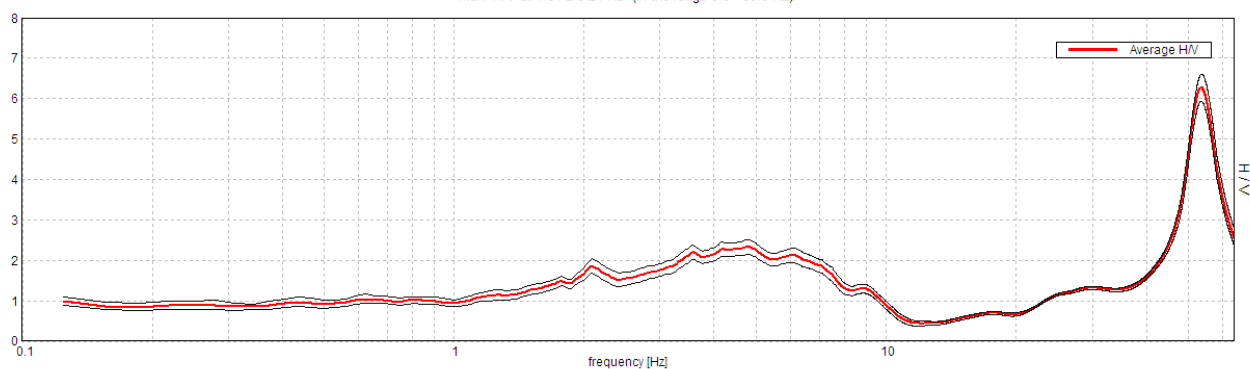
Stazione	70
Strumento	Tromino Micromed
Data acquisizione	21/10/16
Coordinate Lat.	43°46.6197 N
Coordinate Long.	11°04.2109 E
Durata registrazione:	40 minuti
Freq. campionamento	128 Hz
Lunghezza finestre:	30 s
Numero di finestre analizzate	80 (100% del tracciato)
Tipo di lisciamento:	Triangular window
Lisciamento:	10%
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale



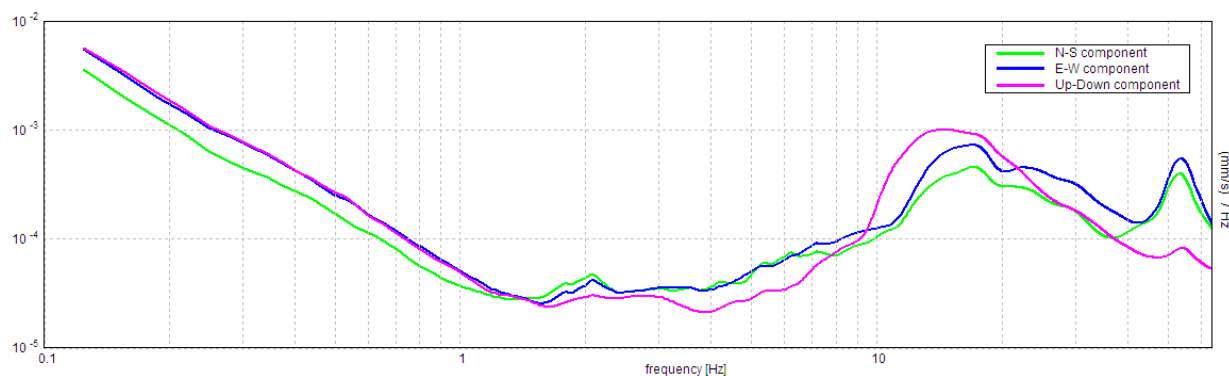
Frequenza del picco H/V max (f0)	4.81 ± 0.24 Hz
Ampiezza Media alla frequenza f0	2.33

RAPPORTO SPETTRALE H/V

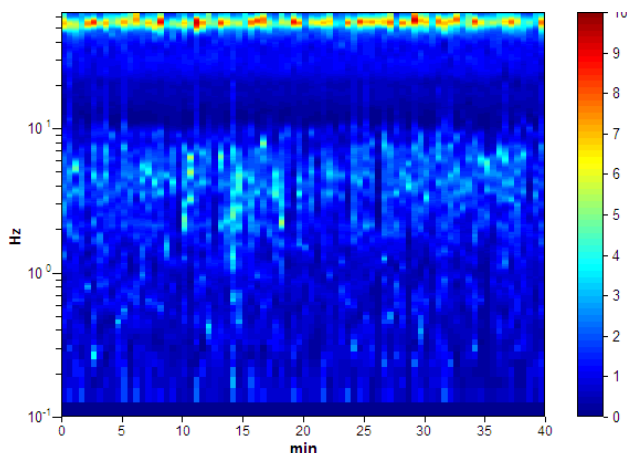
Max. H/V at 4.81 ± 0.24 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



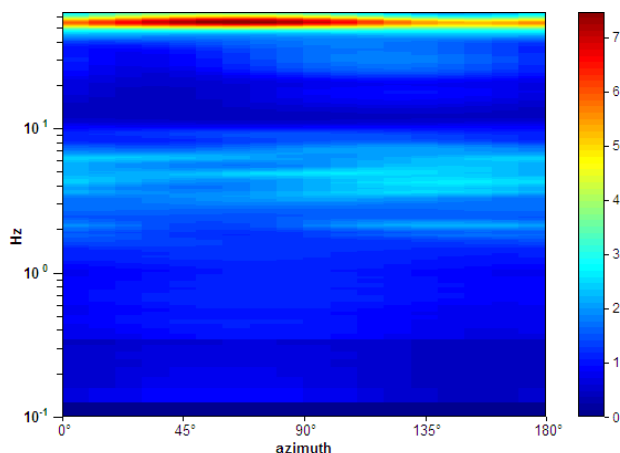
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

Max. H/V at 4.81 ± 0.24 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$4.81 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$11550.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 232 times	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.406 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	9.406 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.33 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04986 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.23996 < 0.24063$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1853 < 1.58$	OK	

CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII

DURATA	Durata registrazione (min): 40	SI
STAZIONARIETA'	$\% (\sum L_w / \text{durata registrazione}) = 100\%$	SI
ISOTROPIA		SI
ASSENZA DISTURBI		SI
PLAUSIBILITA' FISICA		SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre criteri SESAME per una curva affidabile	SI

CLASSE

A1

Per frequenze comprese tra 10 e 24 Hz il rapporto H/V è minore di 1 (probabile inversione di velocità)

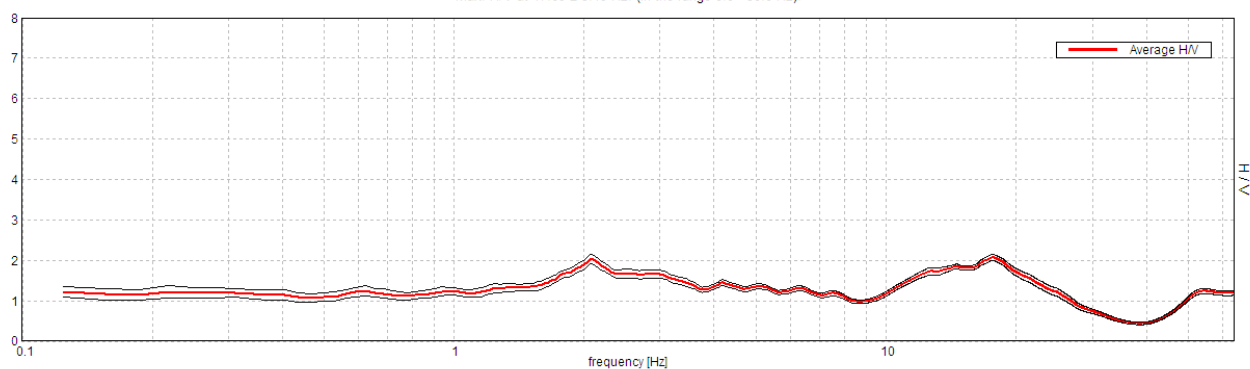
Stazione	71
Strumento	Tromino Micromed
Data acquisizione	21/10/16
Coordinate Lat.	43°46.5711 N
Coordinate Long.	11°04.3566 E
Durata registrazione:	40 minuti
Freq. campionamento	128 Hz
Lunghezza finestre:	30 s
Numero di finestre analizzate	80 (100% del tracciato)
Tipo di lisciamento:	Triangular window
Lisciamento:	10%
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale



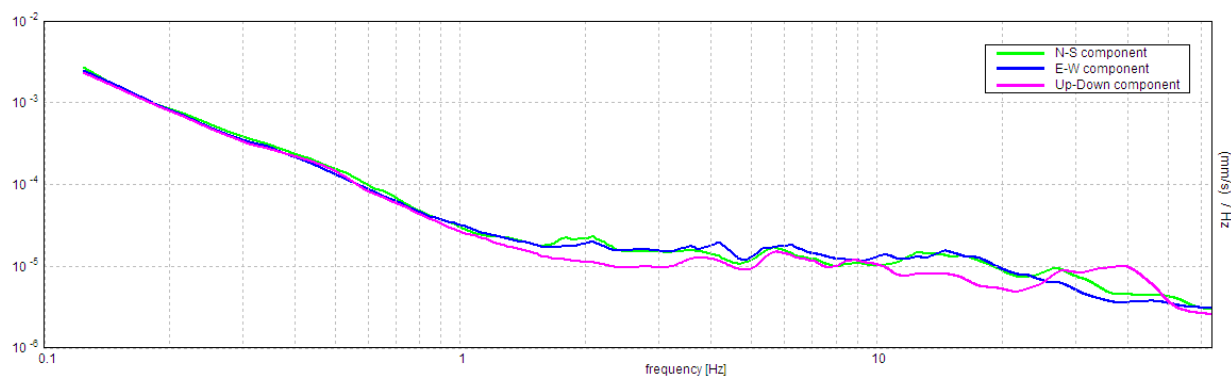
Frequenza del picco H/V max (f0)	17.69 ± 3.49 Hz
Ampiezza Media alla frequenza f0	2.08

RAPPORTO SPETTRALE H/V

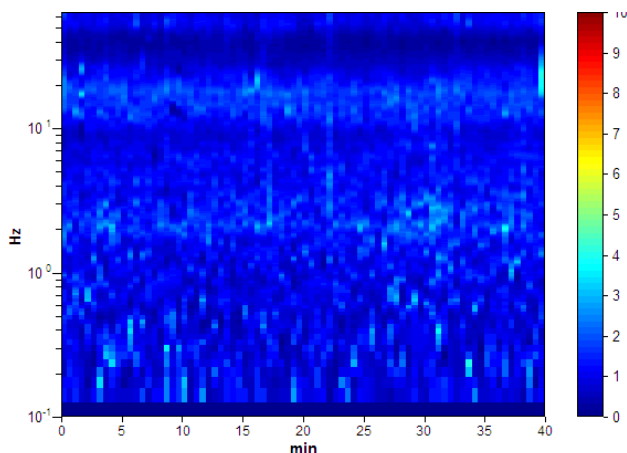
Max. H/V at 17.69 ± 3.49 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



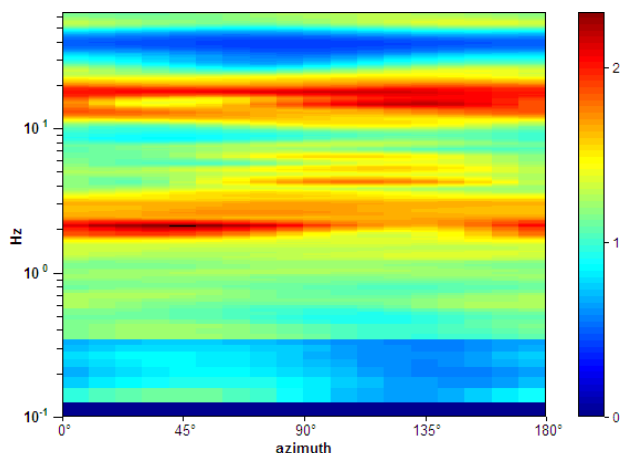
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

Max. H/V at 17.69 ± 3.49 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$13.06 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$29390.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 628 times	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.375 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	26.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.08 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.19747 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$3.49279 < 0.88438$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.0755 < 1.58$	OK	

CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII

DURATA	Durata registrazione (min): 40	SI
STAZIONARIETA'	$\% (\sum L_w / \text{durata registrazione}) = 100\%$	SI
ISOTROPIA		SI
ASSENZA DISTURBI		SI
PLAUSIBILITA' FISICA		SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre criteri SESAME per una curva affidabile	SI

CLASSE

A2

Assenza di picchi significativi

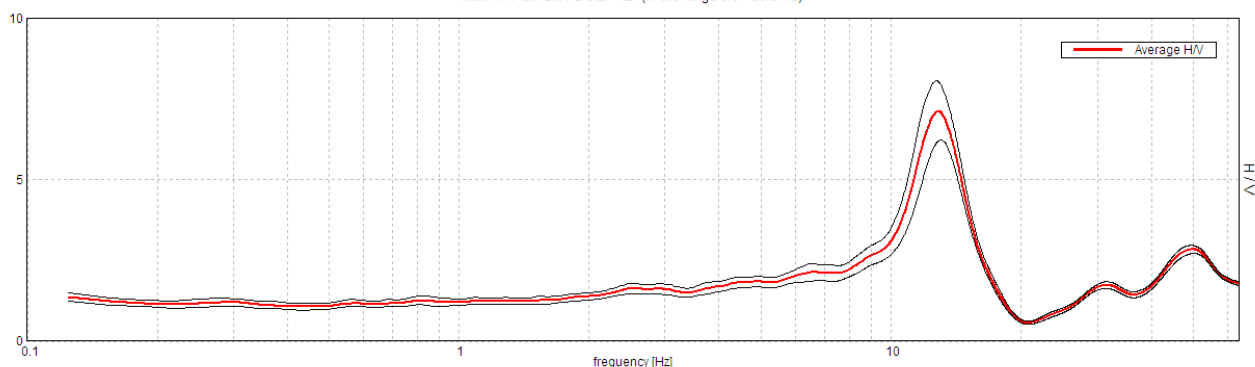
Stazione	72
Strumento	Tromino Micromed
Data acquisizione	21/10/16
Coordinate Lat.	43°46.4950 N
Coordinate Long.	11°04.1216 E
Durata registrazione:	40 minuti
Freq. campionamento	128 Hz
Lunghezza finestre:	30 s
Numero di finestre analizzate	79 (99% del tracciato)
Tipo di lisciamento:	Triangular window
Lisciamento:	10%
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale



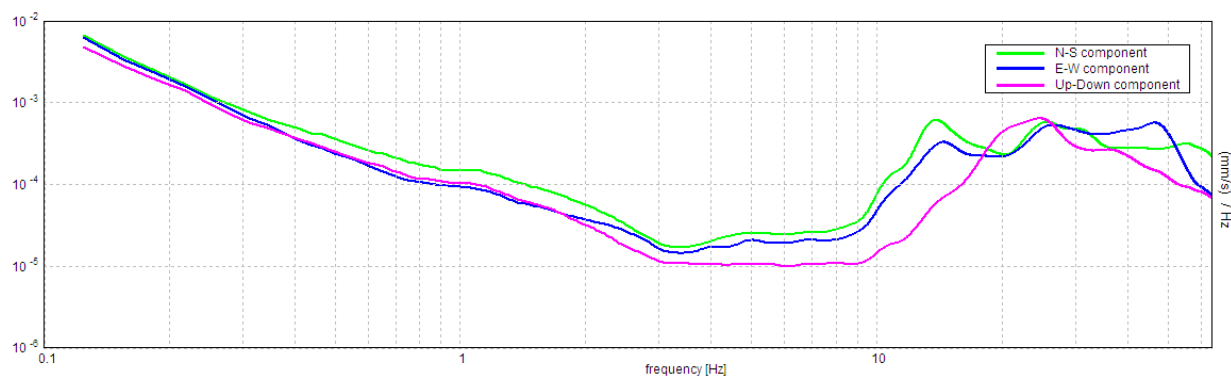
Frequenza del picco H/V max (f0)	12.81 ± 0.27 Hz
Ampiezza Media alla frequenza f0	7.11

RAPPORTO SPETTRALE H/V

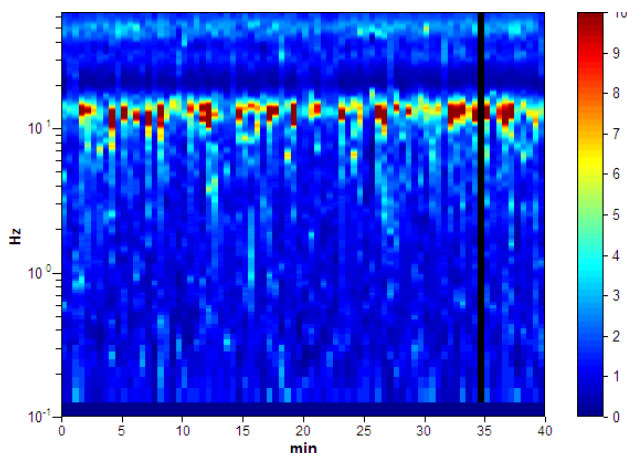
Max. H/V at 12.81 ± 0.27 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



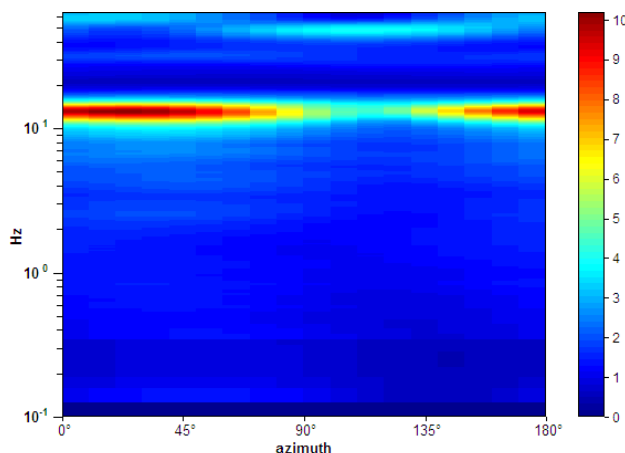
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

Max. H/V at 12.81 ± 0.27 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$12.81 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$30365.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 616 times	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	10.438 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	15.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$7.11 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02128 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.2727 < 0.64063$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.9388 < 1.58$	OK	

CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII

DURATA	Durata registrazione (min): 40	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum L_w$ / durata registrazione) = 99%	SI
ISOTROPIA		NO
ASSENZA DISTURBI		SI
PLAUSIBILITA' FISICA		SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre criteri SESAME per una curva affidabile	SI

CLASSE

B1

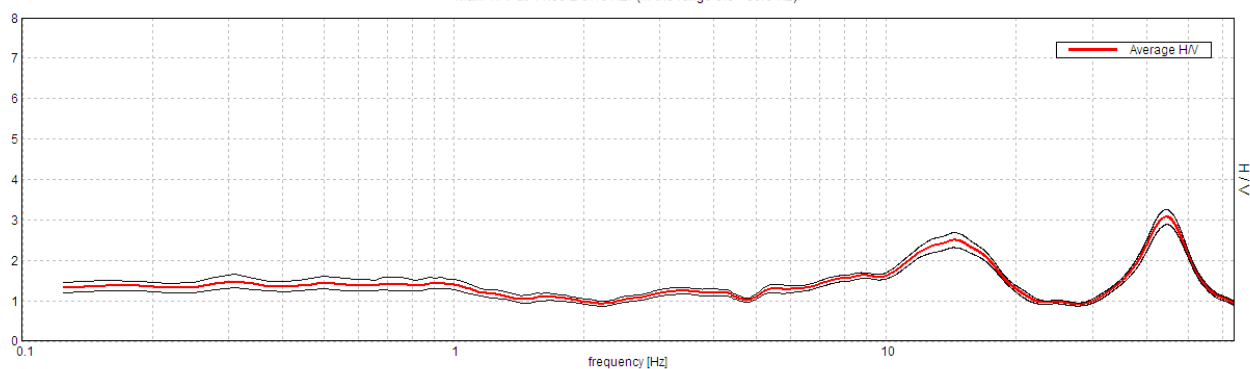
Stazione	73
Strumento	Tromino Micromed
Data acquisizione	21/10/16
Coordinate Lat.	43°45.0451 N
Coordinate Long.	11°05.5563 E
Durata registrazione:	40 minuti
Freq. campionamento	128 Hz
Lunghezza finestre:	30 s
Numero di finestre analizzate	78 (98% del tracciato)
Tipo di lisciamento:	Triangular window
Lisciamento:	10%
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale



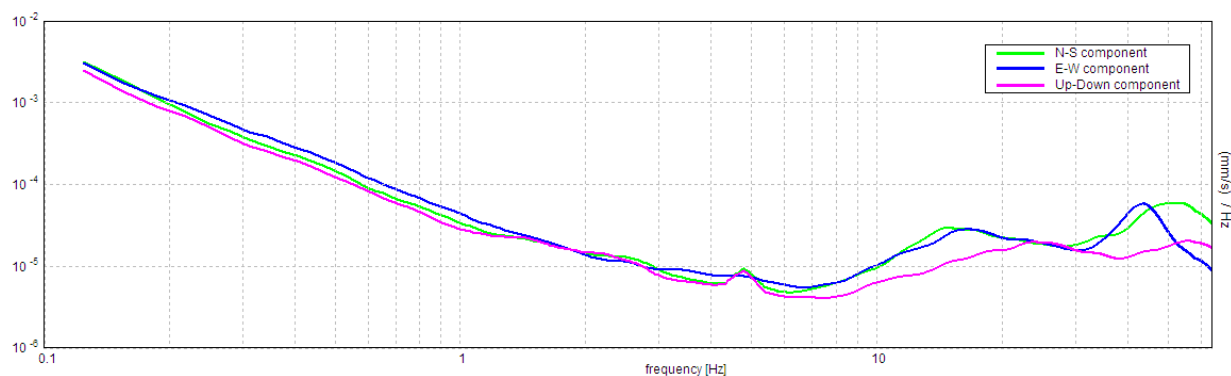
Frequenza del picco H/V max (f0)	14.38 ± 0.16Hz
Ampiezza Media alla frequenza f0	2.50

RAPPORTO SPETTRALE H/V

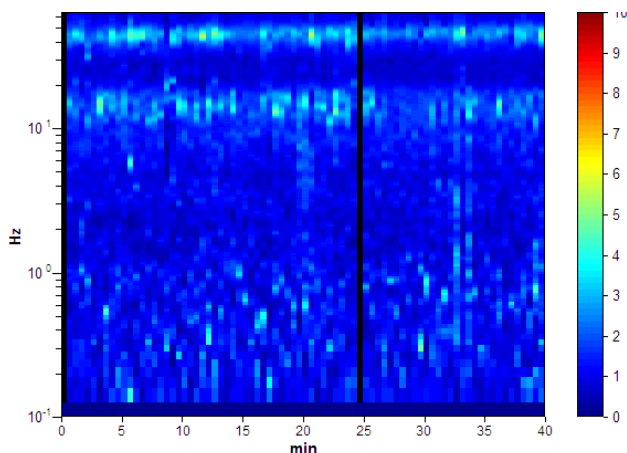
Max. H/V at 14.38 ± 0.16 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



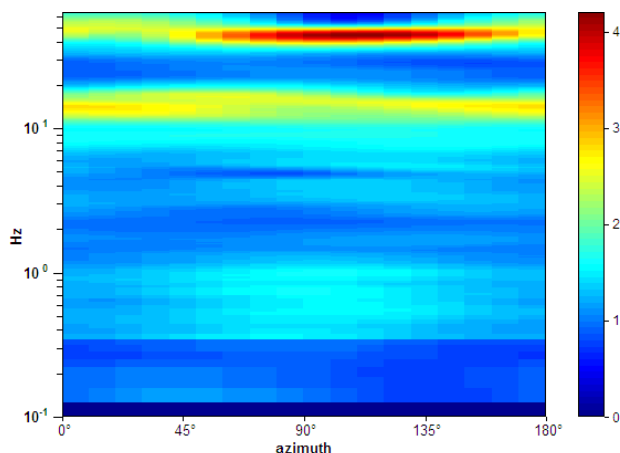
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

Max. H/V at 14.38 ± 0.16 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$14.38 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$33637.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 691 times	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	5.25 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	20.25 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.50 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01098 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.15788 < 0.71875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1832 < 1.58$	OK	

CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII

DURATA	Durata registrazione (min): 40	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum L_w$ / durata registrazione) = 98%	SI
ISOTROPIA		SI
ASSENZA DISTURBI		SI
PLAUSIBILITA' FISICA		SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre criteri SESAME per una curva affidabile	SI

CLASSE

A1

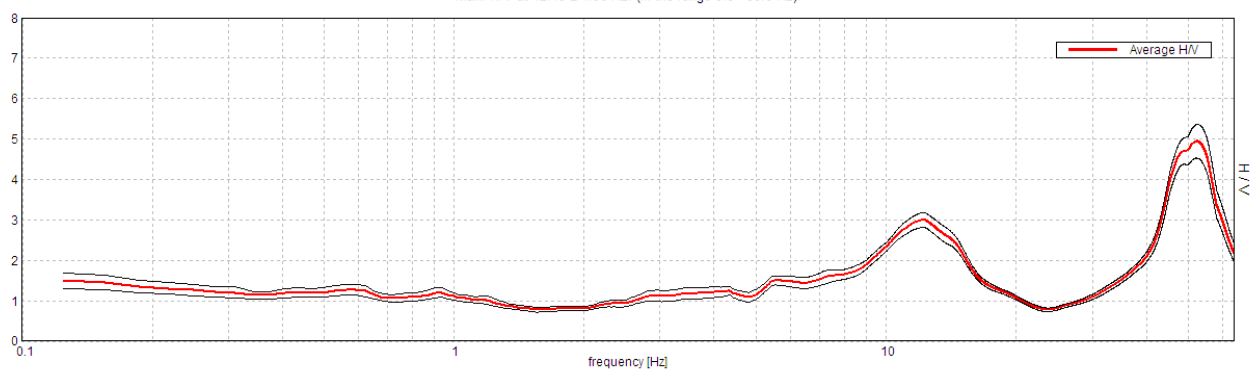
Stazione	74
Strumento	Tromino Micromed
Data acquisizione	21/10/16
Coordinate Lat.	43°44.9612 N
Coordinate Long.	11°05.6571 E
Durata registrazione:	40 minuti
Freq. campionamento	128 Hz
Lunghezza finestre:	30 s
Numero di finestre analizzate	79 (99% del tracciato)
Tipo di lisciamento:	Triangular window
Lisciamento:	10%
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale



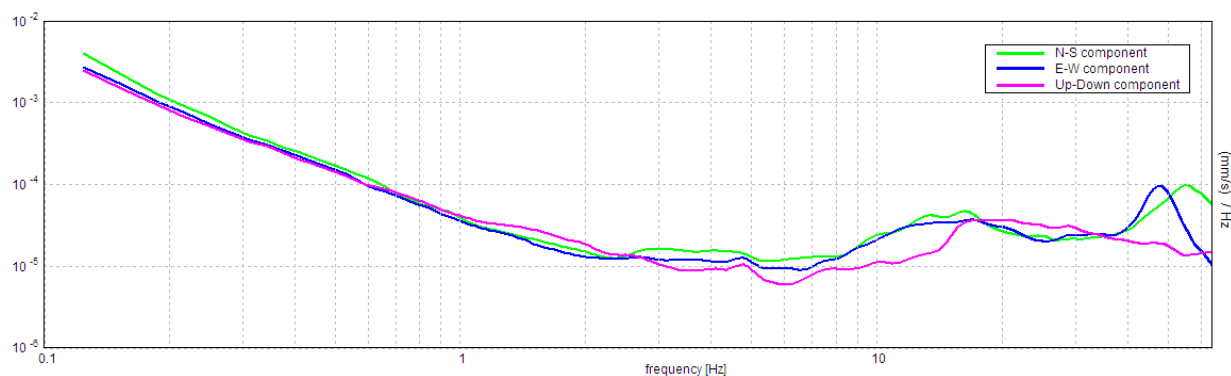
Frequenza del picco H/V max (f0)	12.19 ± 1.36 Hz
Ampiezza Media alla frequenza f0	3.00

RAPPORTO SPETTRALE H/V

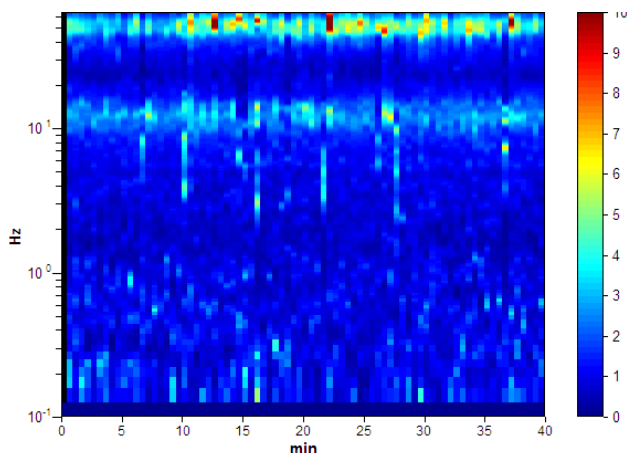
Max. H/V at 12.19 ± 1.36 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



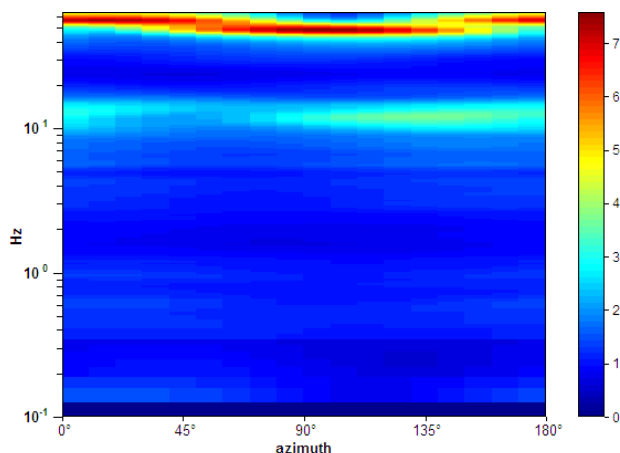
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

Max. H/V at 12.19 ± 1.36 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$12.19 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$28884.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 586 times	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	6.875 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	16.625 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.00 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.11147 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.35854 < 0.60938$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1831 < 1.58$	OK	

CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII

DURATA	Durata registrazione (min): 40	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum L_w$ / durata registrazione) = 99%	SI
ISOTROPIA		SI
ASSENZA DISTURBI		SI
PLAUSIBILITA' FISICA		SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre criteri SESAME per una curva affidabile	SI

CLASSE

A2

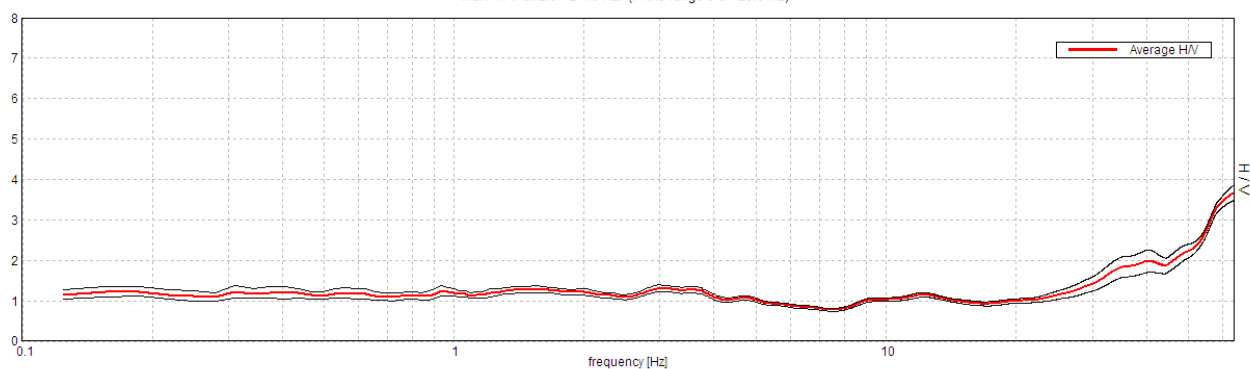
Stazione	75
Strumento	Tromino Micromed
Data acquisizione	21/10/16
Coordinate Lat.	43°44.2075 N
Coordinate Long.	11°05.7875 E
Durata registrazione:	40 minuti
Freq. campionamento	128 Hz
Lunghezza finestre:	30 s
Numero di finestre analizzate	80 (100% del tracciato)
Tipo di lisciamento:	Triangular window
Lisciamento:	10%
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale

Frequenza del picco H/V max (f0)	2.97 ± 1.90 Hz
Ampiezza Media alla frequenza f0	1.31

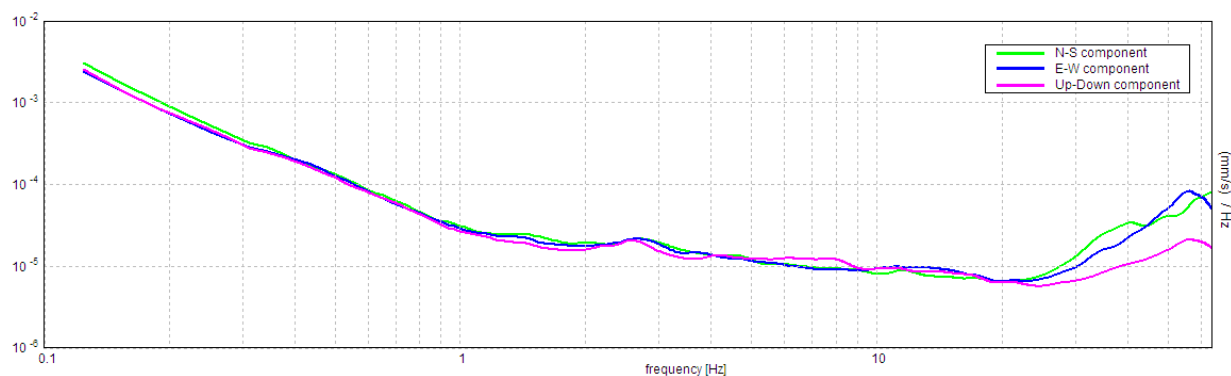


RAPPORTO SPETTRALE H/V

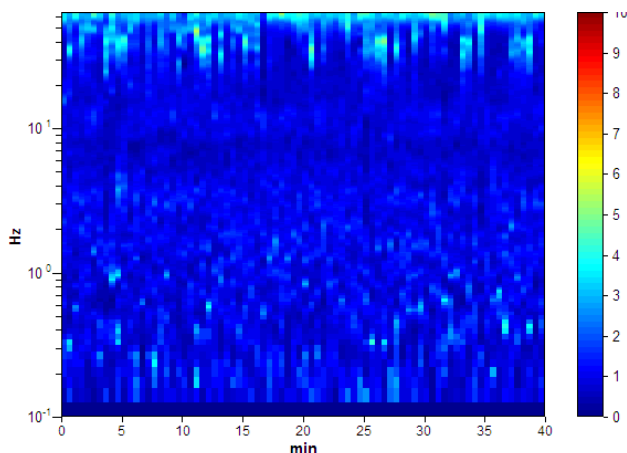
Max. H/V at 2.97 ± 1.9 Hz. (In the range 0.0 - 20.0 Hz).



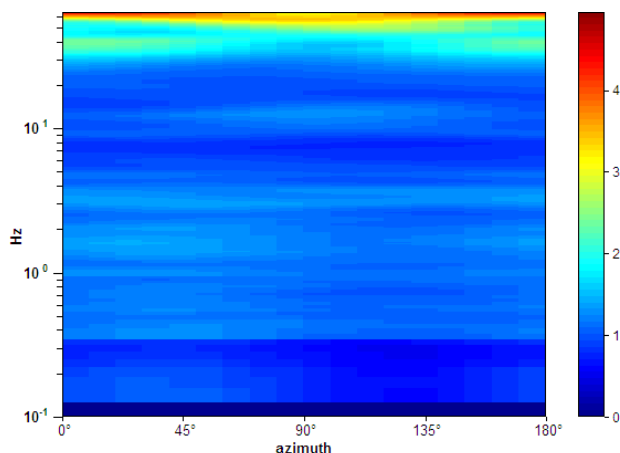
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

Max. H/V at 2.97 ± 1.9 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.97 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$7125.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 144 times	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.31 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.63867 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.89605 < 0.14844$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.081 < 1.58$	OK	

CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII

DURATA	Durata registrazione (min): 40	SI
STAZIONARIETA'	$\% (\sum L_w / \text{durata registrazione}) = 100\%$	SI
ISOTROPIA		SI
ASSENZA DISTURBI		SI
PLAUSIBILITA' FISICA		SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre criteri SESAME per una curva affidabile	SI

CLASSE

A2

Assenza di picchi significativi

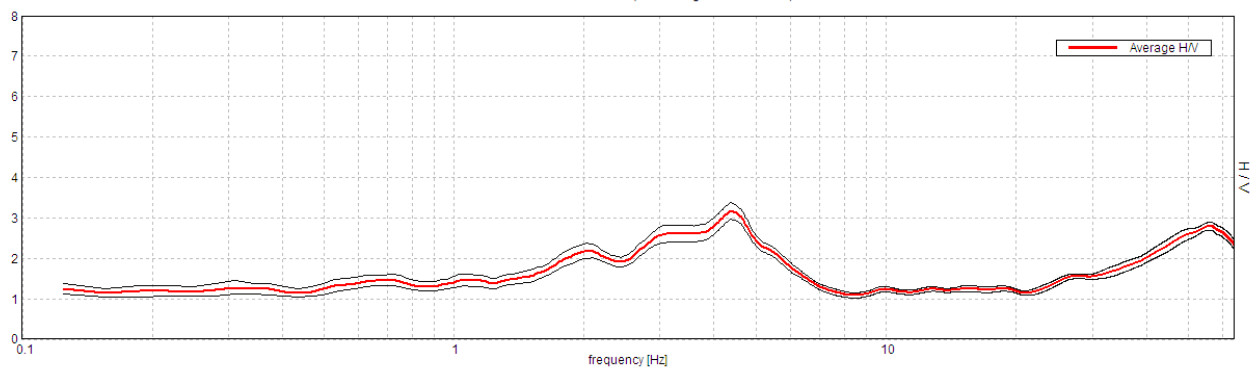
Stazione	76
Strumento	Tromino Micromed
Data acquisizione	21/10/16
Coordinate Lat.	43°44.0911 N
Coordinate Long.	11°05.7302 E
Durata registrazione:	40 minuti
Freq. campionamento	128 Hz
Lunghezza finestre:	30 s
Numero di finestre analizzate	75 (94% del tracciato)
Tipo di lisciamento:	Triangular window
Lisciamento:	10%
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale



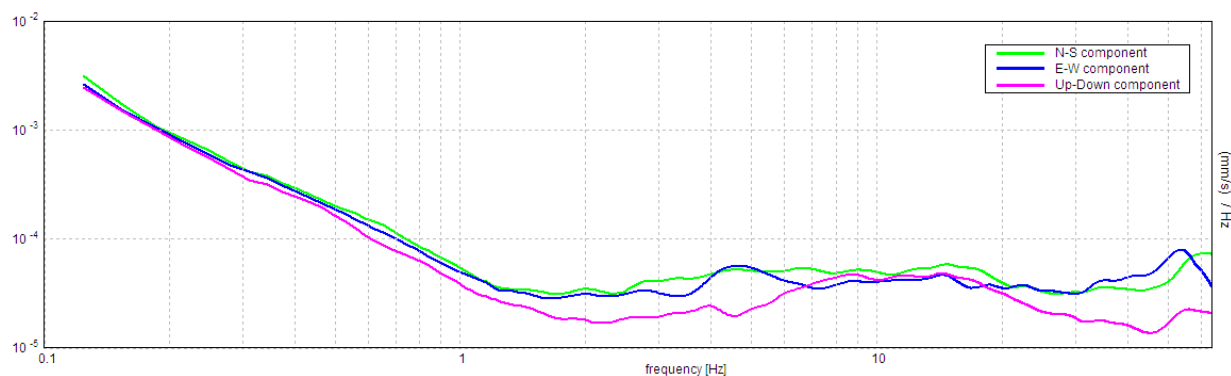
Frequenza del picco H/V max (f0)	4.38 ± 0.13 Hz
Ampiezza Media alla frequenza f0	3.17

RAPPORTO SPETTRALE H/V

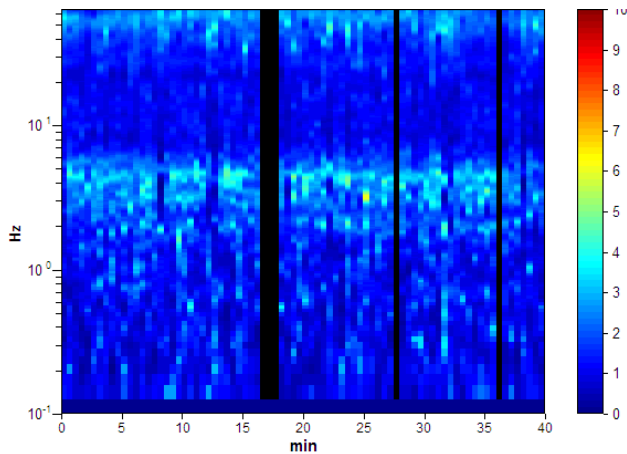
Max. H/V at 4.38 ± 0.13 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



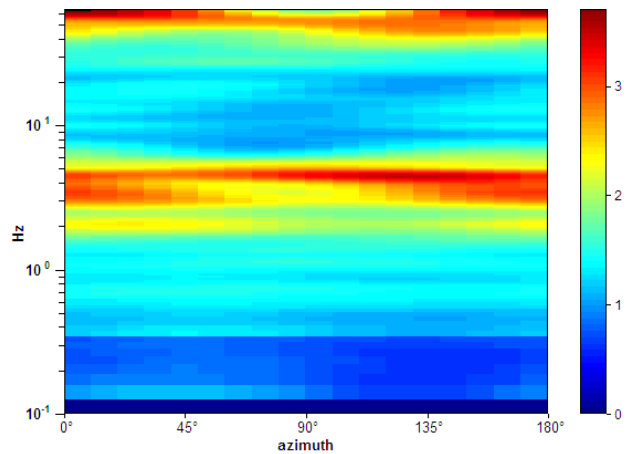
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

Max. H/V at 4.38 ± 0.13 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$4.38 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$9843.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 211 times	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.531 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.406 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.17 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02865 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.12536 < 0.21875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2064 < 1.58$	OK	

CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII

DURATA	Durata registrazione (min): 40	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum L_w$ / durata registrazione) = 94%	SI
ISOTROPIA		SI
ASSENZA DISTURBI		SI
PLAUSIBILITA' FISICA		SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre criteri SESAME per una curva affidabile	SI

CLASSE

A1

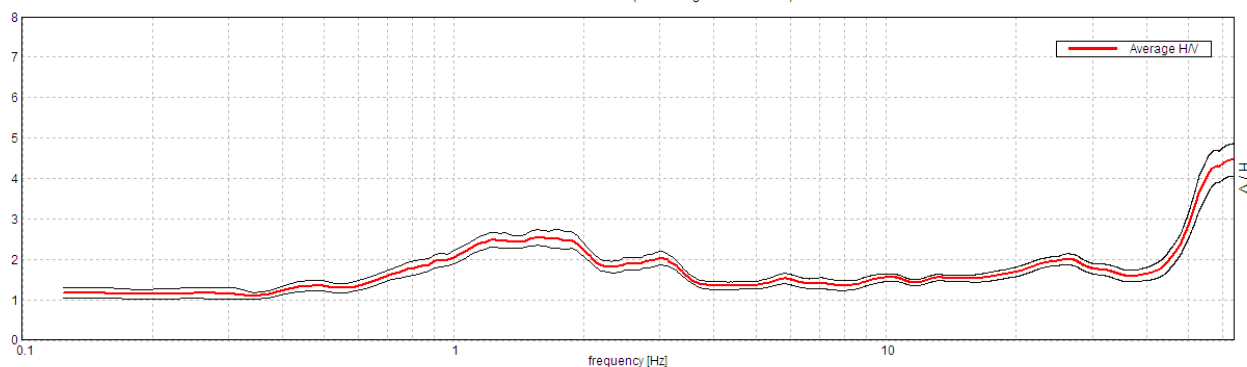
Stazione	77
Strumento	Tromino Micromed
Data acquisizione	24/10/16
Coordinate Lat.	43°43.9792 N
Coordinate Long.	11°04.8994 E
Durata registrazione:	40 minuti
Freq. campionamento	128 Hz
Lunghezza finestre:	30 s
Numero di finestre analizzate	75 (94% del tracciato)
Tipo di lisciamento:	Triangular window
Lisciamento:	10%
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale



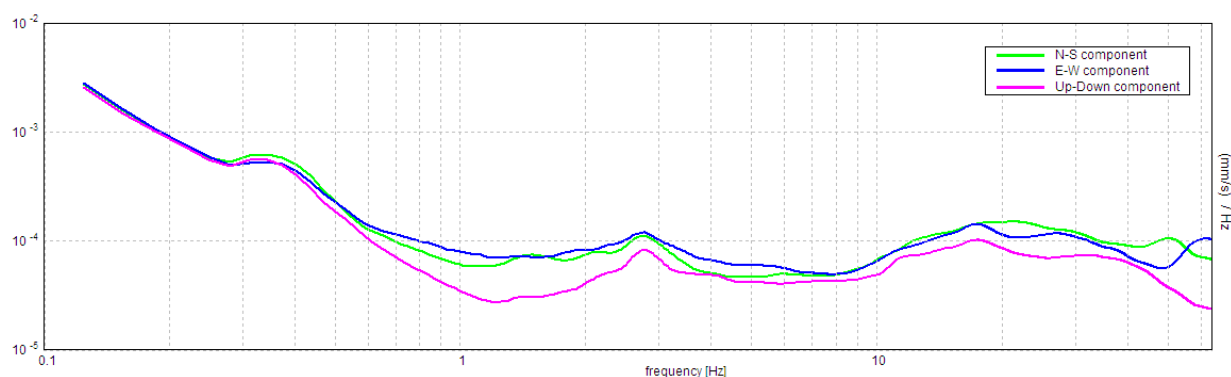
Frequenza del picco H/V max (f0)	1.56 ± 0.26 Hz
Ampiezza Media alla frequenza f0	2.54

RAPPORTO SPETTRALE H/V

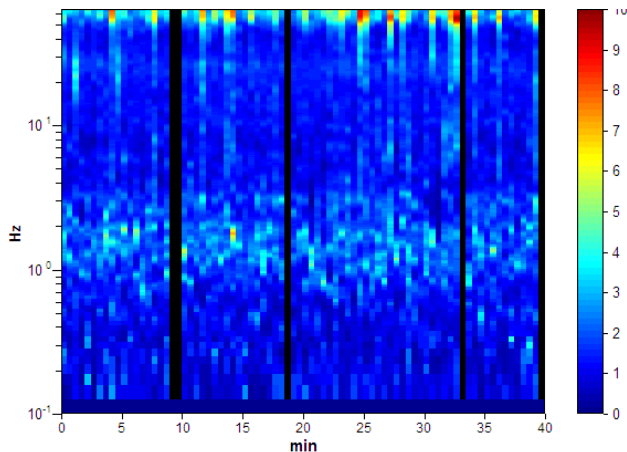
Max. H/V at 1.56 ± 0.26 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



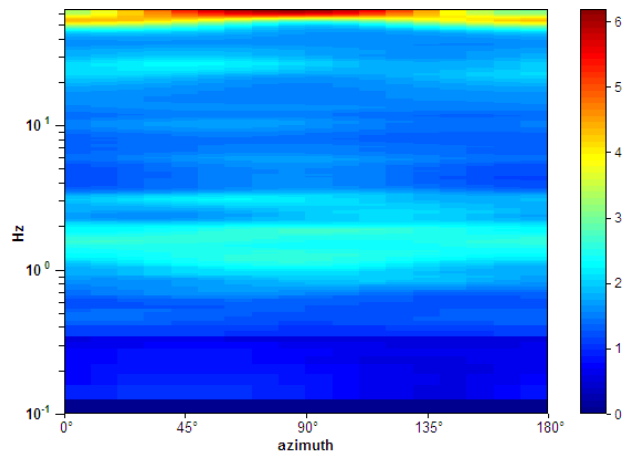
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

Max. H/V at 1.56 ± 0.26 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.56 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3515.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 76 times	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.406 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.54 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.16752 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.26175 < 0.15625$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1897 < 1.78$	OK	

CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII

DURATA	Durata registrazione (min): 40	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum L_w$ / durata registrazione) = 94%	SI
ISOTROPIA		SI
ASSENZA DISTURBI		SI
PLAUSIBILITA' FISICA		SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre criteri SESAME per una curva affidabile	SI

CLASSE

A2

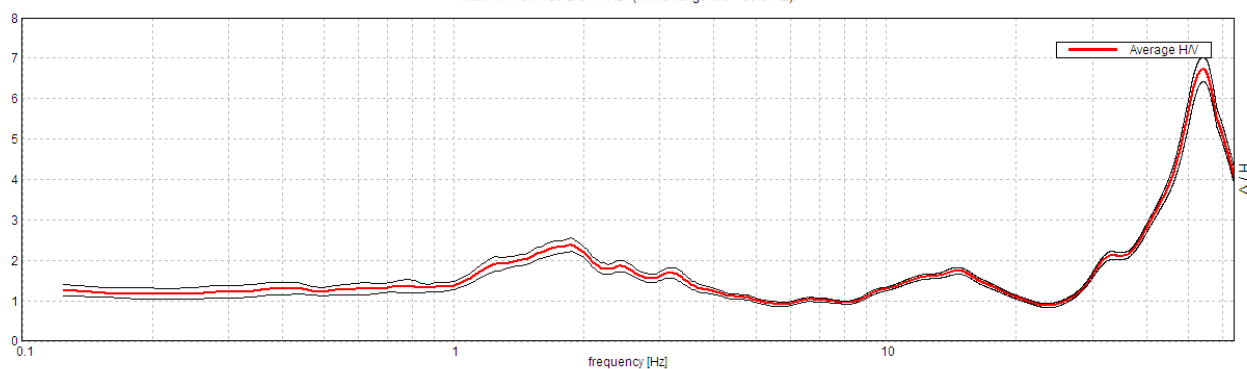
Stazione	78
Strumento	Tromino Micromed
Data acquisizione	24/10/16
Coordinate Lat.	43°43.9215 N
Coordinate Long.	11°04.9268 E
Durata registrazione:	40 minuti
Freq. campionamento	128 Hz
Lunghezza finestre:	30 s
Numero di finestre analizzate	77 (96% del tracciato)
Tipo di lisciamento:	Triangular window
Lisciamento:	10%
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale



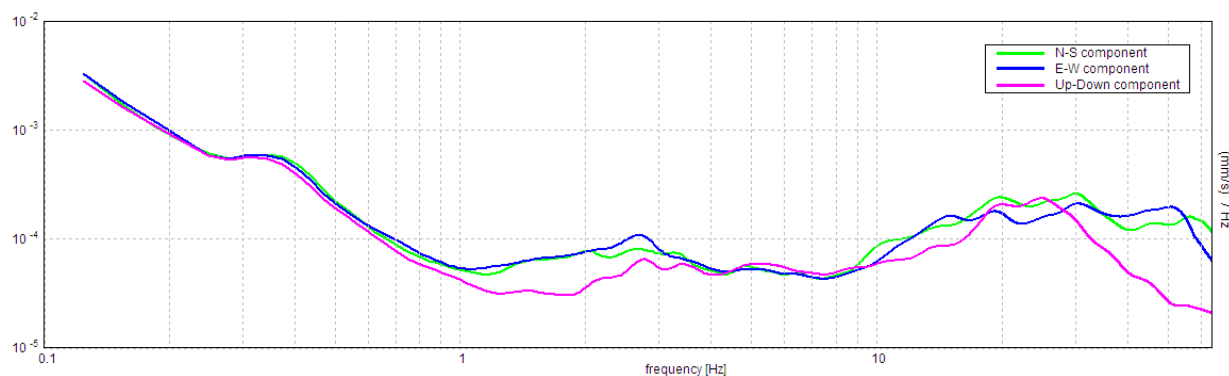
Frequenza del picco H/V max (f0)	1.88 ± 0.11 Hz
Ampiezza Media alla frequenza f0	2.39

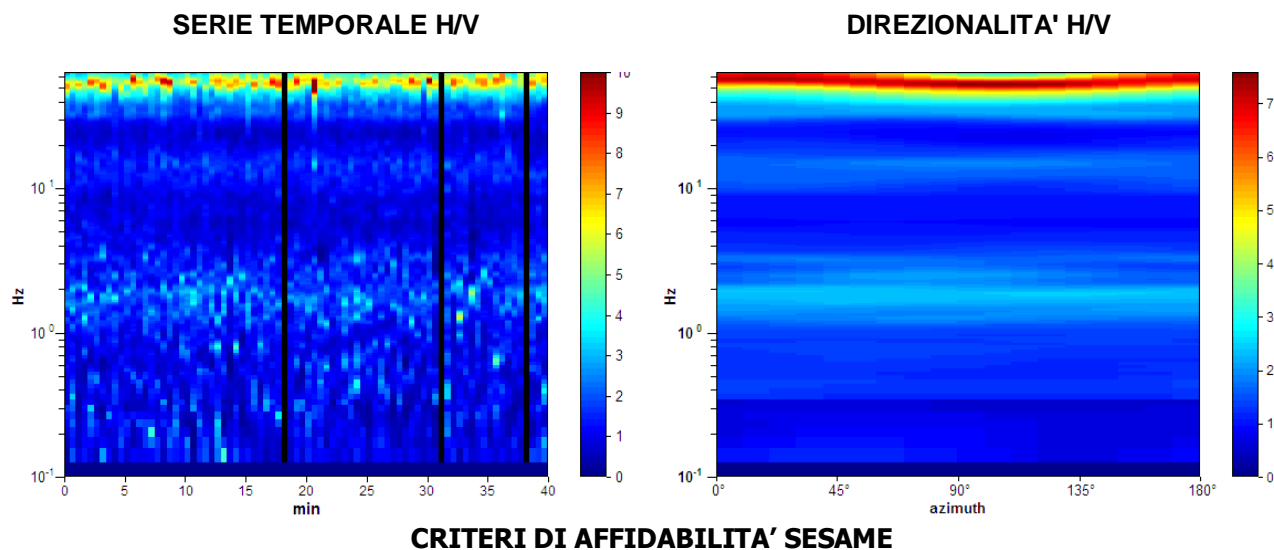
RAPPORTO SPETTRALE H/V

Max. H/V at 1.88 ± 0.11 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





Max. H/V at 1.88 ± 0.11 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.88 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$4331.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 91 times	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.125 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.39 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.05991 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.11234 < 0.1875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1677 < 1.78$	OK	

CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII

DURATA	Durata registrazione (min): 40	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum L_w$ / durata registrazione) = 96%	SI
ISOTROPIA		SI
ASSENZA DISTURBI		SI
PLAUSIBILITA' FISICA		SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre criteri SESAME per una curva affidabile	SI

CLASSE

A2

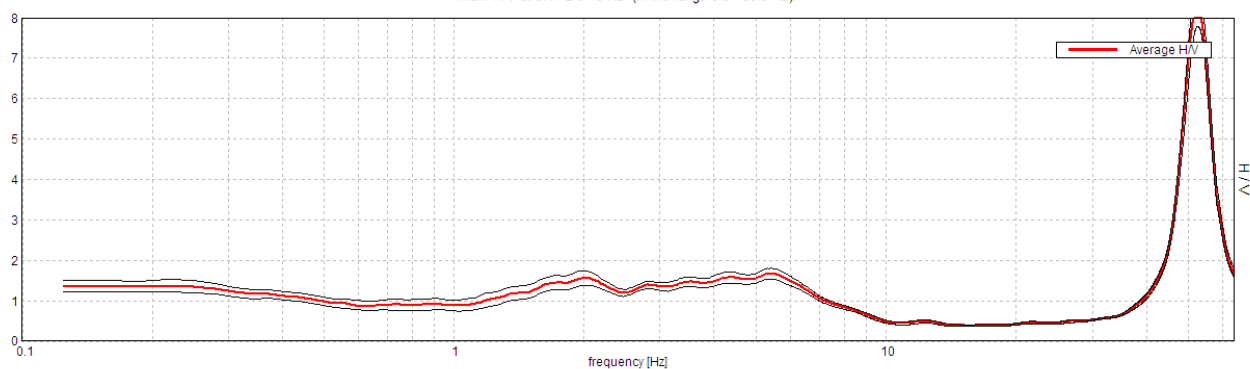
Stazione	79
Strumento	Tromino Micromed
Data acquisizione	24/10/16
Coordinate Lat.	43°43.8143 N
Coordinate Long.	11°04.8820 E
Durata registrazione:	40 minuti
Freq. campionamento	128 Hz
Lunghezza finestre:	30 s
Numero di finestre analizzate	77 (96% del tracciato)
Tipo di lisciamento:	Triangular window
Lisciamento:	10%
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale

Frequenza del picco H/V max (f0)	5.44 ± 0.48 Hz
Ampiezza Media alla frequenza f0	1.67

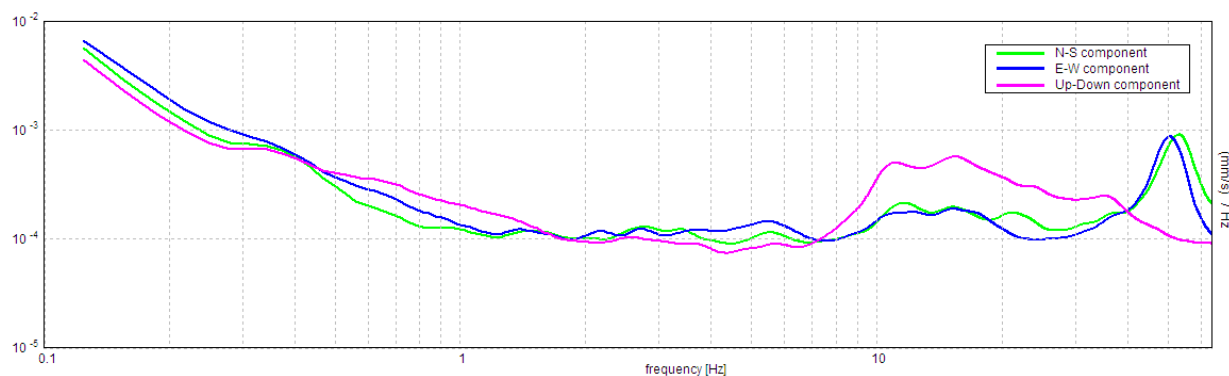


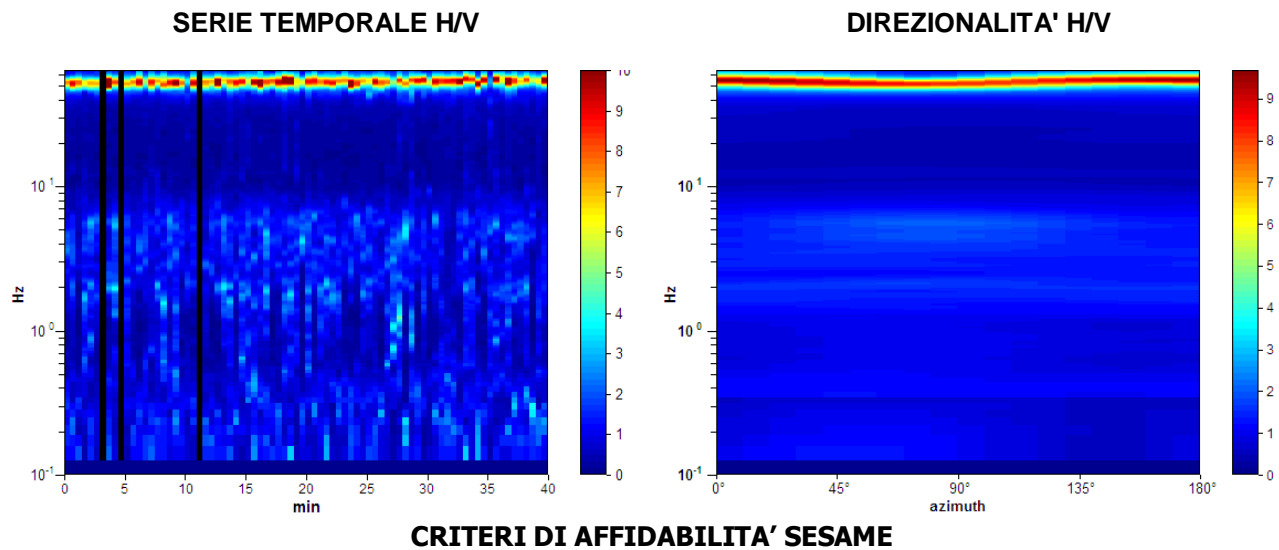
RAPPORTO SPETTRALE H/V

Max. H/V at 5.44 ± 0.48 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





Max. H/V at 5.44 ± 0.48 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$5.44 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$12560.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 262 times	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.67 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.08819 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.47954 < 0.27188$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1319 < 1.58$	OK	

CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII

DURATA	Durata registrazione (min): 40	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum L_w$ / durata registrazione) = 96%	SI
ISOTROPIA		SI
ASSENZA DISTURBI		SI
PLAUSIBILITA' FISICA		SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre criteri SESAME per una curva affidabile	SI

CLASSE

A2

Assenza di picchi significativi

Per frequenze comprese tra 7 e 40 Hz il rapporto H/V è minore di 1 (probabile inversione di velocità)

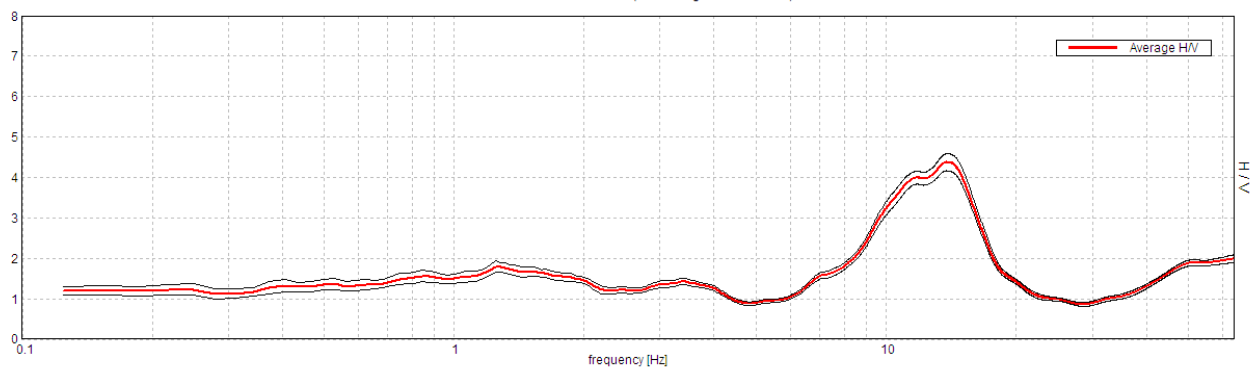
Stazione	80
Strumento	Tromino Micromed
Data acquisizione	28/10/16
Coordinate Lat.	43°43.7268 N
Coordinate Long.	11°04.9379 E
Durata registrazione:	40 minuti
Freq. campionamento	128 Hz
Lunghezza finestre:	30 s
Numero di finestre analizzate	77 (96% del tracciato)
Tipo di lisciamento:	Triangular window
Lisciamento:	10%
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale



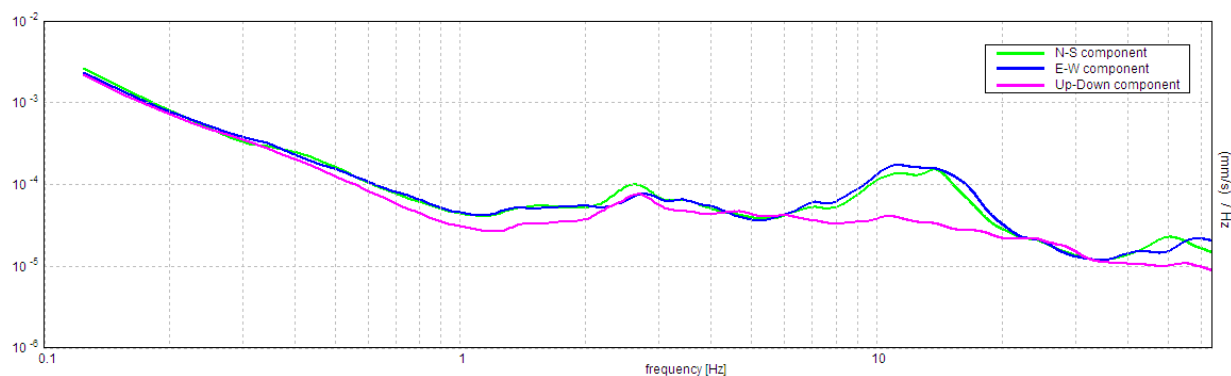
Frequenza del picco H/V max (f0)	13.75 ± 0.20 Hz
Ampiezza Media alla frequenza f0	4.38

RAPPORTO SPETTRALE H/V

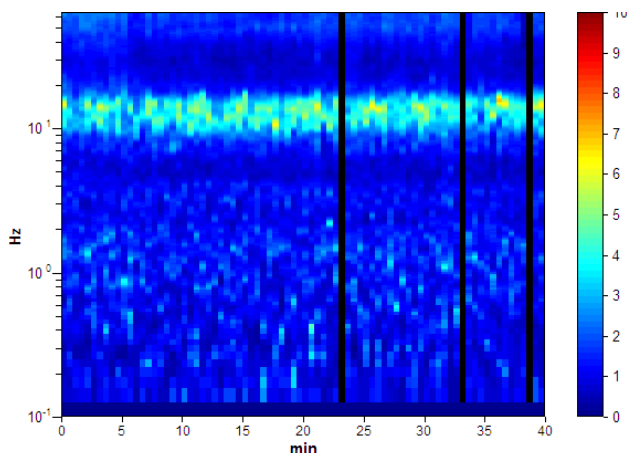
Max. H/V at 13.75 ± 0.2 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



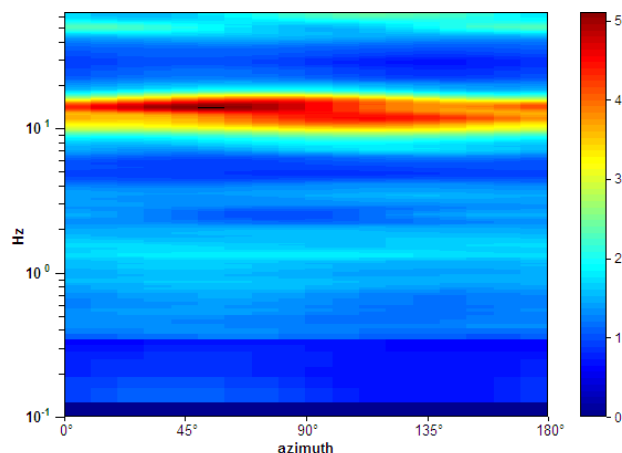
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

Max. H/V at 13.75 ± 0.2 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$13.75 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$31762.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 661 times	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	8.719 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	17.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.38 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01481 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.20368 < 0.6875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2087 < 1.58$	OK	

CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII

DURATA	Durata registrazione (min): 40	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum L_w$ / durata registrazione) = 96%	SI
ISOTROPIA		SI
ASSENZA DISTURBI		SI
PLAUSIBILITA' FISICA		SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre criteri SESAME per una curva affidabile	SI

CLASSE

A1

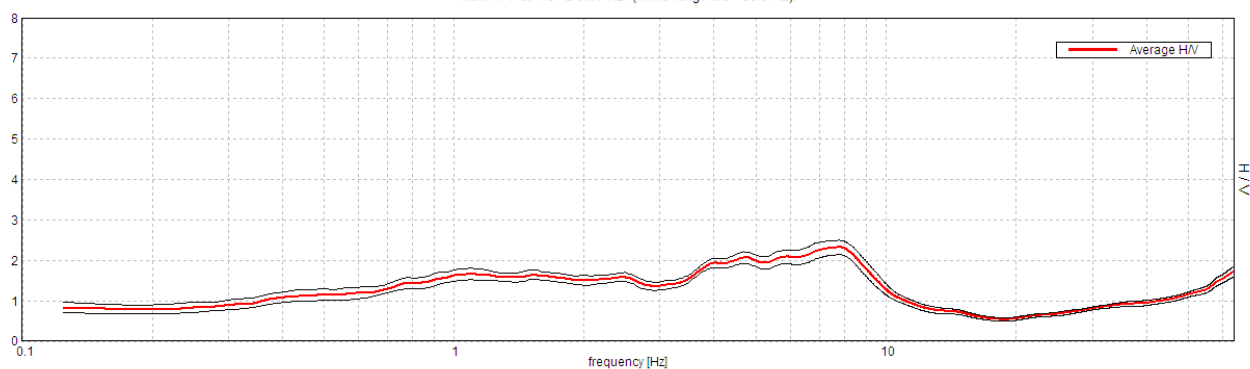
Stazione	81
Strumento	Tromino Micromed
Data acquisizione	24/10/16
Coordinate Lat.	43°43.6741 N
Coordinate Long.	11°04.7897 E
Durata registrazione:	40 minuti
Freq. campionamento	128 Hz
Lunghezza finestre:	30 s
Numero di finestre analizzate	80 (100% del tracciato)
Tipo di lisciamento:	Triangular window
Lisciamento:	10%
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale

Frequenza del picco H/V max (f0)	7.81 ± 0.57 Hz
Ampiezza Media alla frequenza f0	2.32

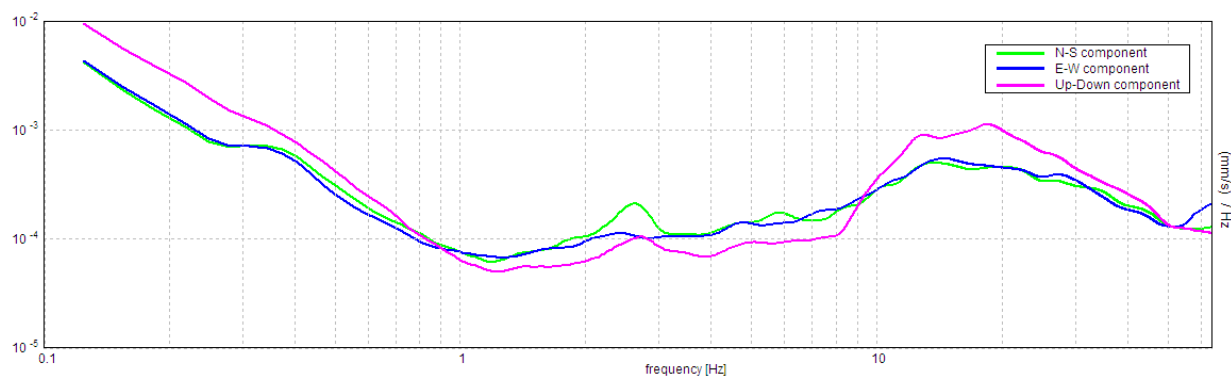


RAPPORTO SPETTRALE H/V

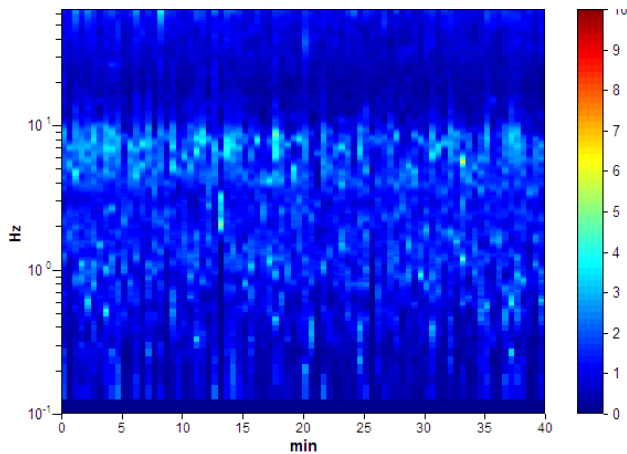
Max. H/V at 7.81 ± 0.57 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



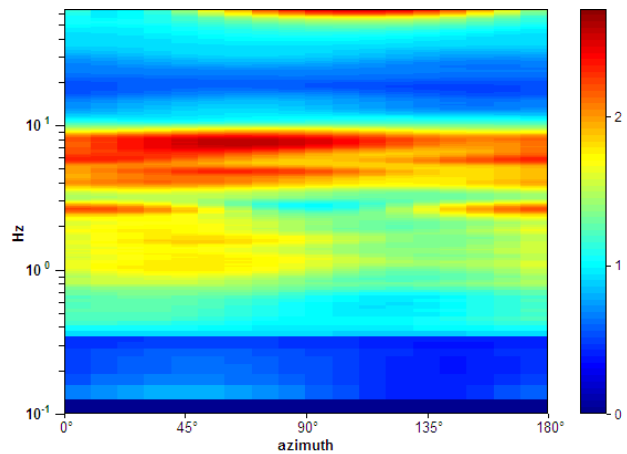
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

Max. H/V at 7.81 ± 0.57 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$7.81 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$18750.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 376 times	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	10.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.32 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.07329 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.57257 < 0.39063$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1767 < 1.58$	OK	

CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII

DURATA	Durata registrazione (min): 40	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum L_w$ / durata registrazione)= 94%	SI
ISOTROPIA		SI
ASSENZA DISTURBI		SI
PLAUSIBILITA' FISICA		SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre criteri SESAME per una curva affidabile	SI

CLASSE

A2

Per frequenze comprese tra 11 e 35 Hz il rapporto H/V è minore di 1 (probabile inversione di velocità)

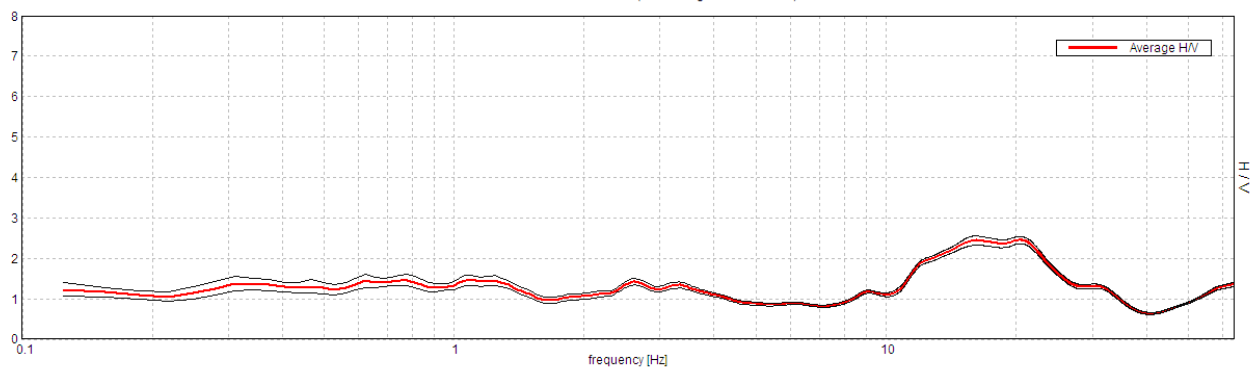
Stazione	82
Strumento	Tromino Micromed
Data acquisizione	28/10/16
Coordinate Lat.	43°43.5198 N
Coordinate Long.	11°04.8696 E
Durata registrazione:	40 minuti
Freq. campionamento	128 Hz
Lunghezza finestre:	30 s
Numero di finestre analizzate	79 (99% del tracciato)
Tipo di lisciamento:	Triangular window
Lisciamento:	10%
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale



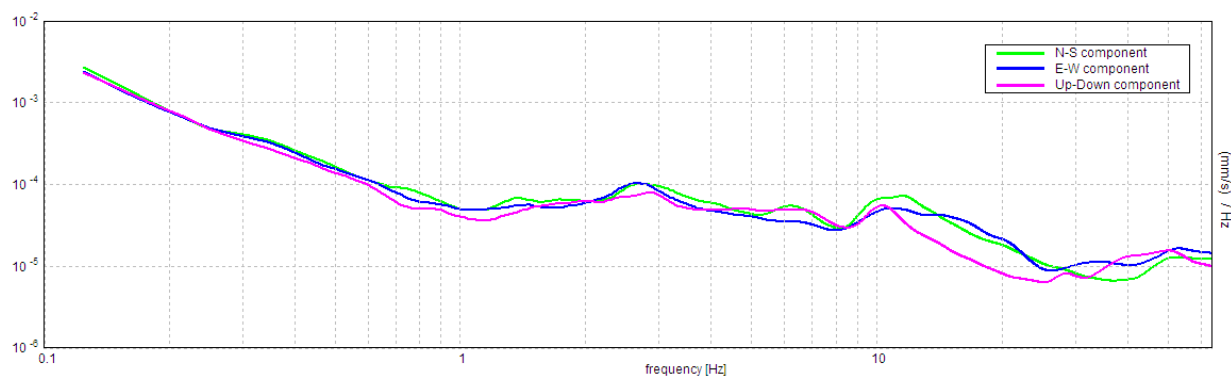
Frequenza del picco H/V max (f0)	20.31 ± 3.95 Hz
Ampiezza Media alla frequenza f0	2.45

RAPPORTO SPETTRALE H/V

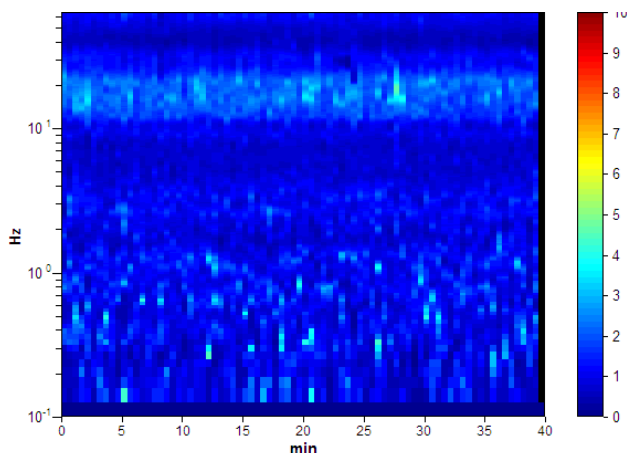
Max. H/V at 20.31 ± 3.95 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



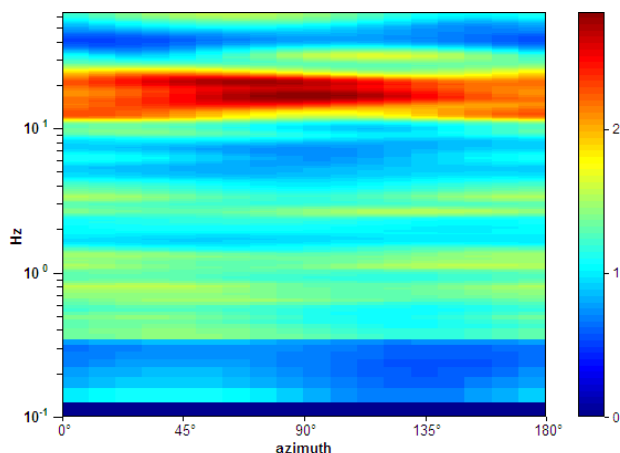
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

Max. H/V at 20.31 ± 3.95 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$20.31 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$48140.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 976 times	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	10.719 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	32.563 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.45 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.19469 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$3.95467 < 1.01563$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.089 < 1.58$	OK	

CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII

DURATA	Durata registrazione (min): 40	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum L_w$ / durata registrazione) = 99%	SI
ISOTROPIA		SI
ASSENZA DISTURBI		SI
PLAUSIBILITA' FISICA		SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre criteri SESAME per una curva affidabile	SI

CLASSE

A2

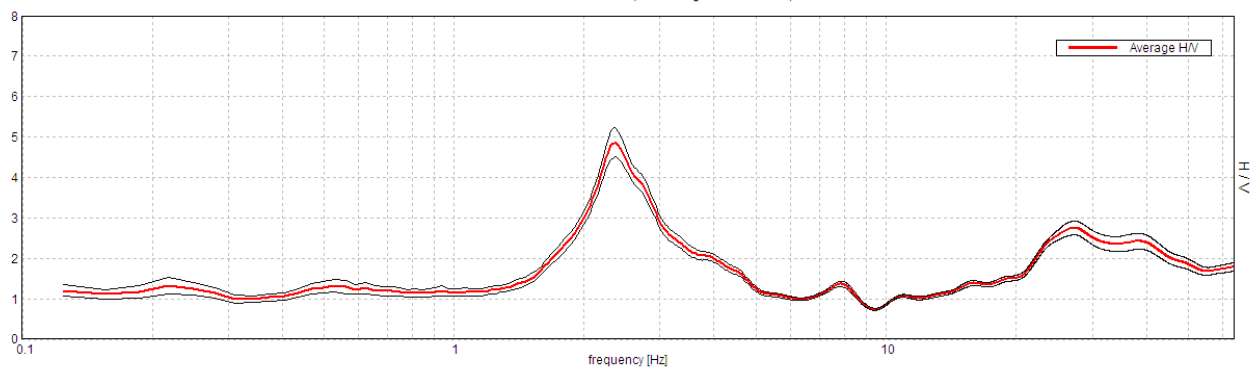
Stazione	83
Strumento	Tromino Micromed
Data acquisizione	24/10/16
Coordinate Lat.	43°43.5892 N
Coordinate Long.	11°05.6813 E
Durata registrazione:	40 minuti
Freq. campionamento	128 Hz
Lunghezza finestre:	30 s
Numero di finestre analizzate	80 (100% del tracciato)
Tipo di lisciamento:	Triangular window
Lisciamento:	10%
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale

Frequenza del picco H/V max (f0)	2.34 ± 0.07 Hz
Ampiezza Media alla frequenza f0	4.86

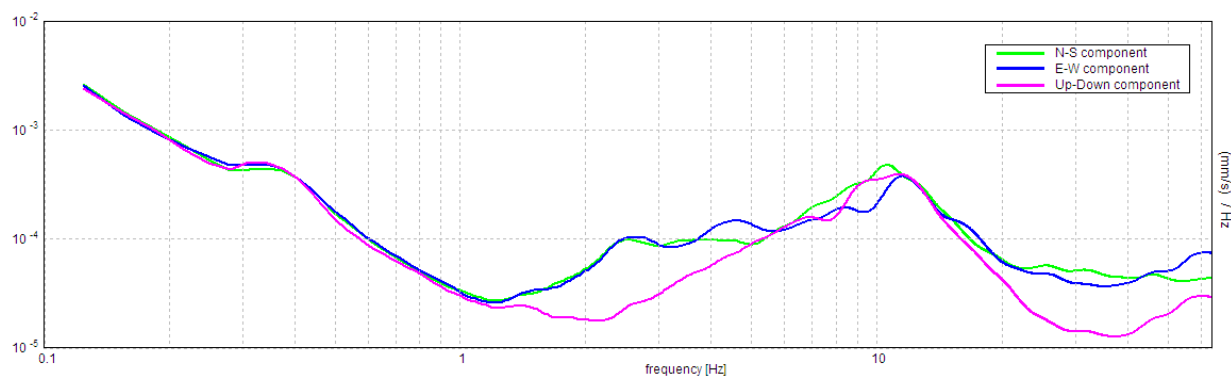


RAPPORTO SPETTRALE H/V

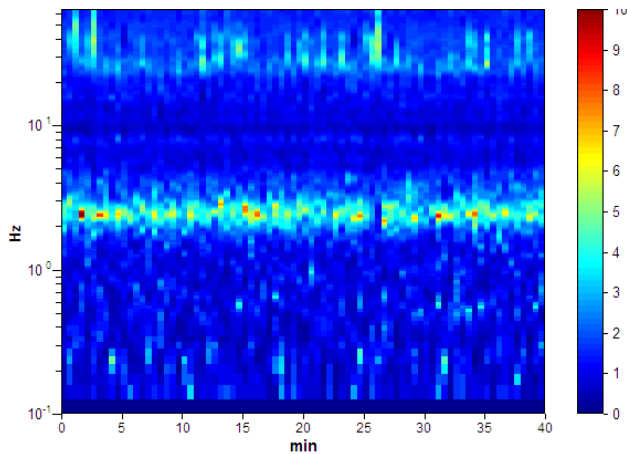
Max. H/V at 2.34 ± 0.07 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



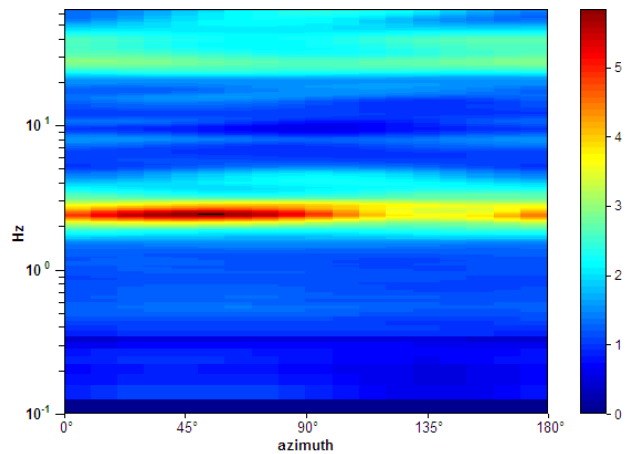
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

Max. H/V at 2.34 ± 0.07 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.34 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$5625.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 114 times	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.844 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.313 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.86 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03011 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.07057 < 0.11719$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3622 < 1.58$	OK	

CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII

DURATA	Durata registrazione (min): 40	SI
STAZIONARIETA'	$\% (\sum L_w / \text{durata registrazione}) = 100\%$	SI
ISOTROPIA		SI
ASSENZA DISTURBI		SI
PLAUSIBILITA' FISICA		SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre criteri SESAME per una curva affidabile	SI

CLASSE

A1

Moderata direzionalità

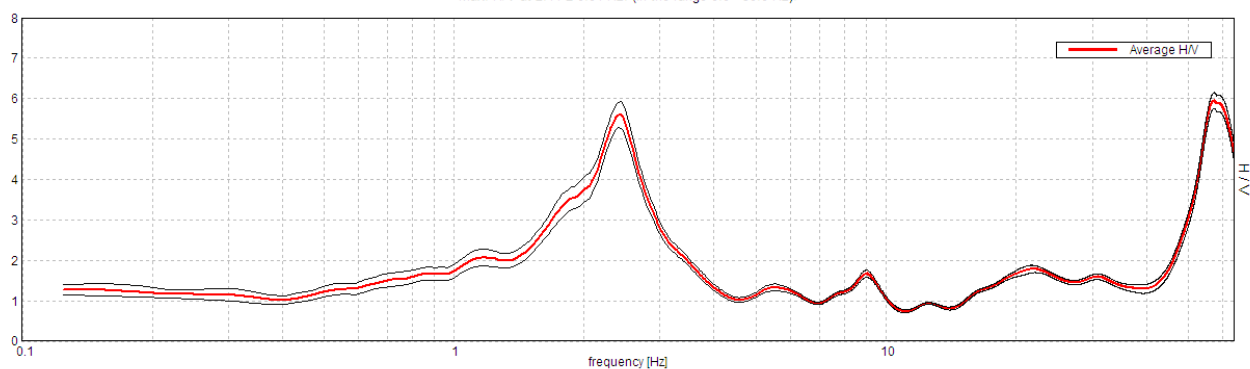
Stazione	84
Strumento	Tromino Micromed
Data acquisizione	24/10/16
Coordinate Lat.	43°43.6615 N
Coordinate Long.	11°05.8324 E
Durata registrazione:	40 minuti
Freq. campionamento	128 Hz
Lunghezza finestre:	30 s
Numero di finestre analizzate	75 (94% del tracciato)
Tipo di lisciamento:	Triangular window
Lisciamento:	10%
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale



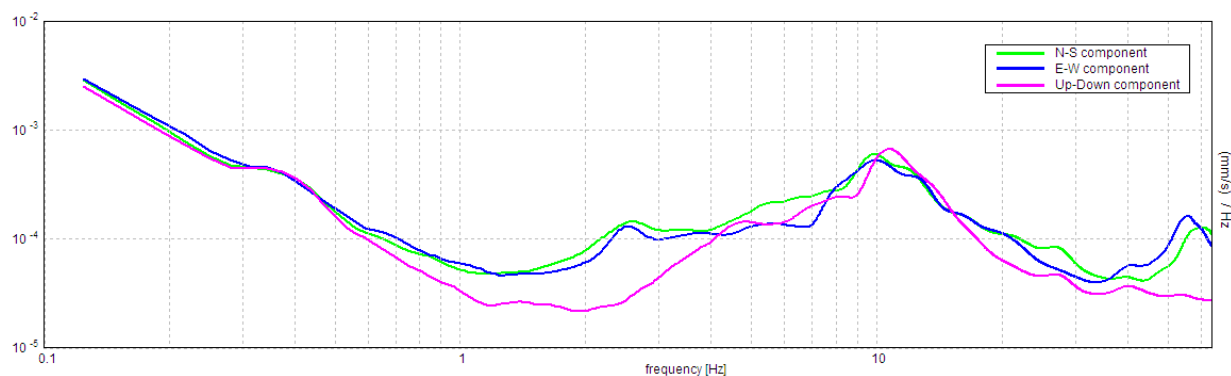
Frequenza del picco H/V max (f0)	2.41 ± 0.04 Hz
Ampiezza Media alla frequenza f0	5.59

RAPPORTO SPETTRALE H/V

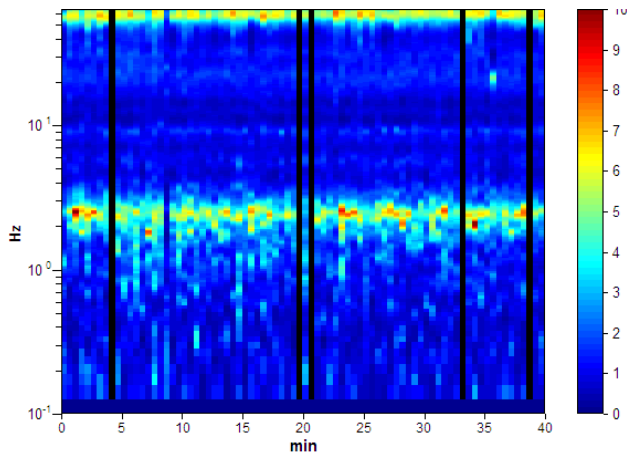
Max. H/V at 2.41 ± 0.04 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



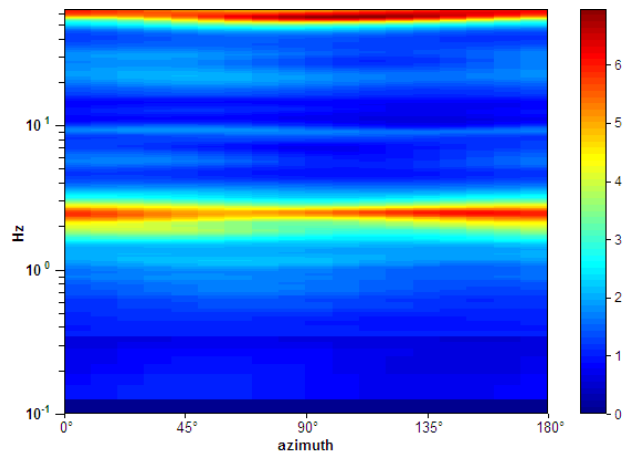
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

Max. H/V at 2.41 ± 0.04 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.41 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$5414.1 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 116 times	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.625 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.59 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01861 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.04478 < 0.12031$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3191 < 1.58$	OK	

CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII

DURATA	Durata registrazione (min): 40	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum L_w$ / durata registrazione) = 94%	SI
ISOTROPIA		SI
ASSENZA DISTURBI		SI
PLAUSIBILITA' FISICA		SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre criteri SESAME per una curva affidabile	SI

CLASSE

A1

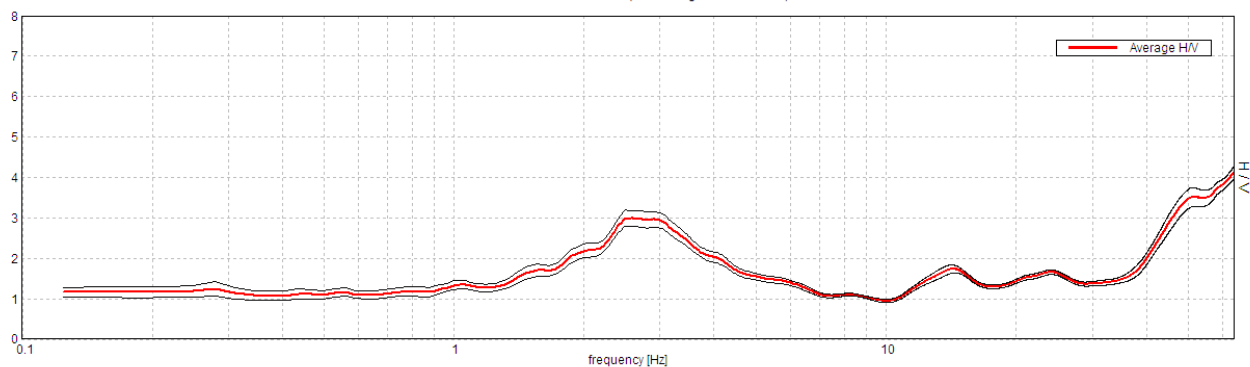
Stazione	85
Strumento	Tromino Micromed
Data acquisizione	24/10/16
Coordinate Lat.	43°43.7992 N
Coordinate Long.	11°06.0529 E
Durata registrazione:	40 minuti
Freq. campionamento	128 Hz
Lunghezza finestre:	30 s
Numero di finestre analizzate	80 (100% del tracciato)
Tipo di lisciamento:	Triangular window
Lisciamento:	10%
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale

Frequenza del picco H/V max (f0)	2.50 ± 0.35 Hz
Ampiezza Media alla frequenza f0	3.00

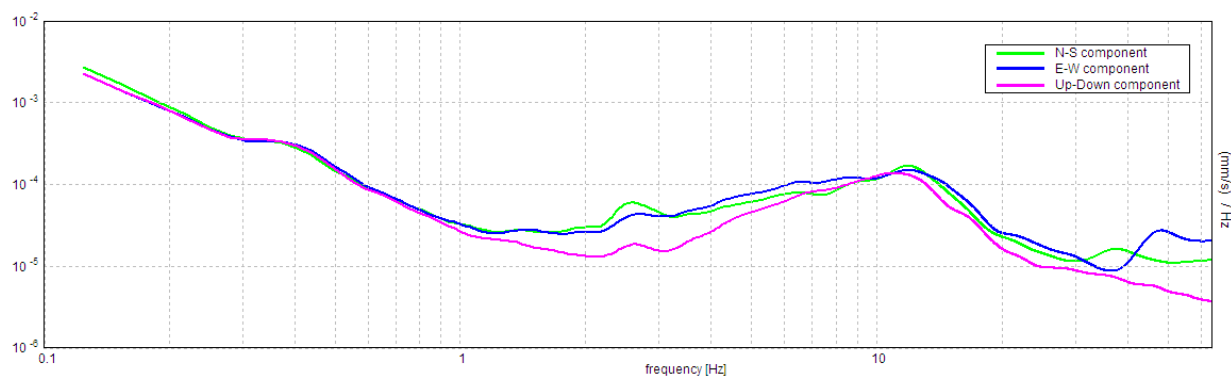


RAPPORTO SPETTRALE H/V

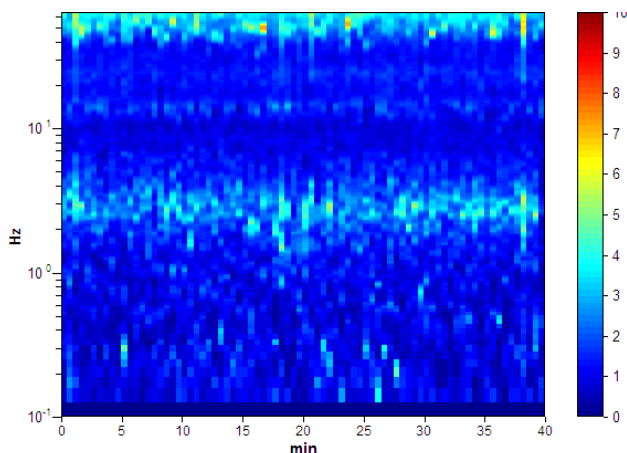
Max. H/V at 2.5 ± 0.35 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



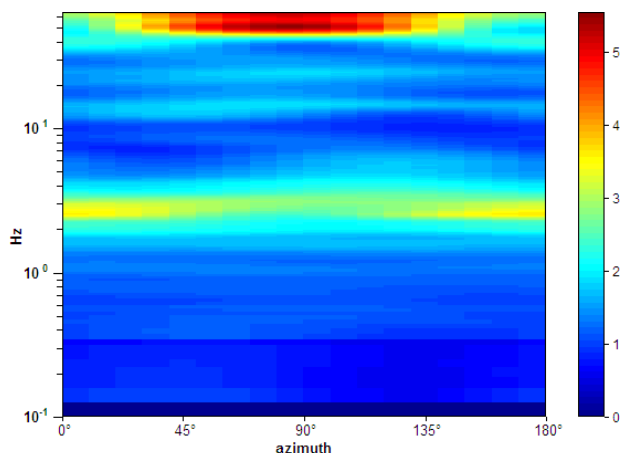
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

Max. H/V at 2.5 ± 0.35 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.50 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$6000.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 121 times	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.375 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.25 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.00 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.14106 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.35265 < 0.125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1983 < 1.58$	OK	

CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII

DURATA	Durata registrazione (min): 40	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum L_w$ / durata registrazione) = 94%	SI
ISOTROPIA		SI
ASSENZA DISTURBI		SI
PLAUSIBILITA' FISICA		SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre criteri SESAME per una curva affidabile	SI

CLASSE

A2

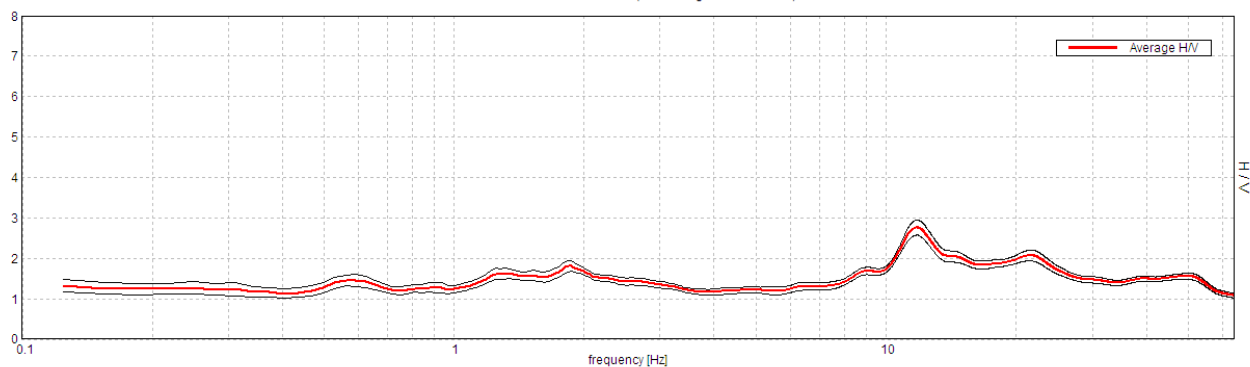
Stazione	86
Strumento	Tromino Micromed
Data acquisizione	28/10/16
Coordinate Lat.	43°43.9190 N
Coordinate Long.	11°04.9924 E
Durata registrazione:	40 minuti
Freq. campionamento	128 Hz
Lunghezza finestre:	30 s
Numero di finestre analizzate	77 (96% del tracciato)
Tipo di lisciamento:	Triangular window
Lisciamento:	10%
Orientamento strumentazione	0° N
Terreno di misura	Suolo naturale

Frequenza del picco H/V max (f0)	11.81 ± 1.39 Hz
Ampiezza Media alla frequenza f0	2.76

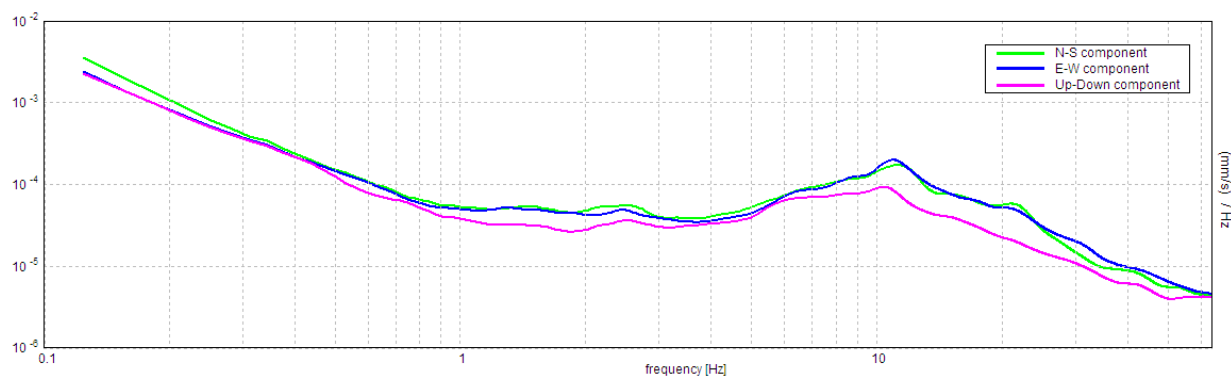


RAPPORTO SPETTRALE H/V

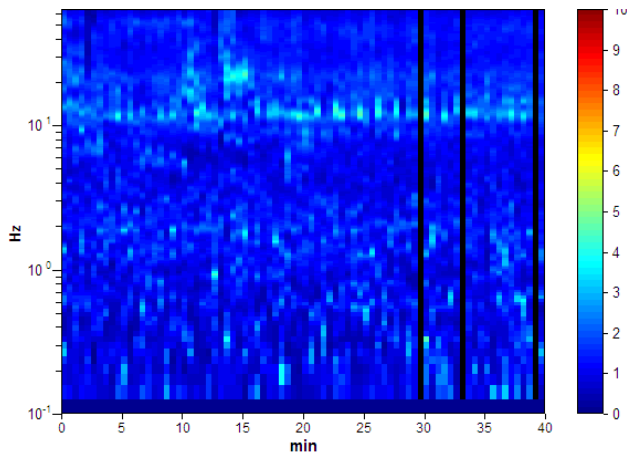
Max. H/V at 11.81 ± 1.39 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



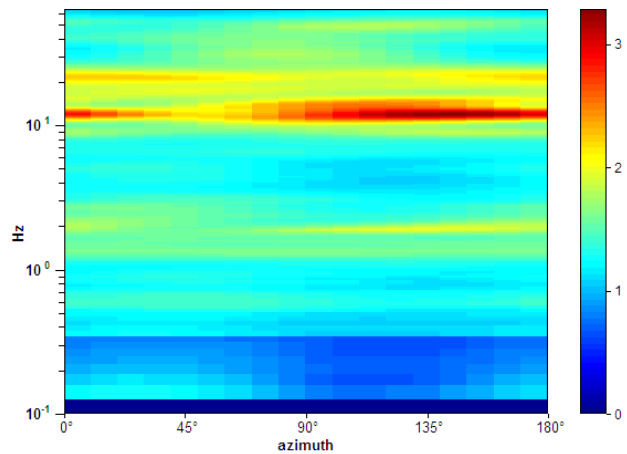
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

Max. H/V at 11.81 ± 1.39 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$11.81 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$27286.9 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 568 times	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	7.844 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.76 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.11741 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.3869 < 0.59063$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1895 < 1.58$	OK	

CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII

DURATA	Durata registrazione (min): 40	SI
STAZIONARIETA'	% ($\sum L_w$ / durata registrazione) = 96%	SI
ISOTROPIA		SI
ASSENZA DISTURBI		SI
PLAUSIBILITA' FISICA		SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati i tre criteri SESAME per una curva affidabile	SI

CLASSE

A2