

# Comune di Barga

Provincia di Lucca

Sindaco: Rag. Marco Bonini

Assessore all'Urbanistica: Avv. Alberto Giovannetti

Garante della Comunicazione: Dott.ssa Clarice Poggi

*Gruppo di Lavoro: Area Assetto del Territorio*

Responsabile Area e Responsabile del Procedimento:

Ing. Daisy Ricci

Progettista: Ing. Francesca Francesconi

Arch. Michela Ceccarelli

Geom. Alessandra Orsi

Sig.ra Maria Renucci

Sig.ra Paola Tazzioli

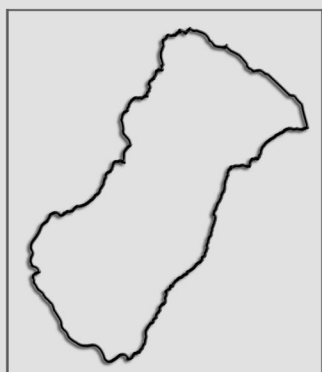
*Consulenze esterne:*

*Geol. Paolo Sani, Studio di Geologia Barsanti, Sani & Associati*

*Arch. Claudio Damiano Cecchetti*

*Dott.ssa Antonella Grazzini*

Nuovo Regolamento Urbanistico in variante al Piano Strutturale - Stralcio  
ELABORATI GEOLOGICI



**APPROVAZIONE**

**ALLEGATO 3**



**ELABORATO**

**G**

**ALLEGATO 3**

**MISURE DI RUMORE SISMICO  
AMBIENTALE A STAZIONE SINGOLA  
RELAZIONE TECNICA**

Data: Marzo 2013

**Urbanistico**

**unico Valle del Serchio**

**Nuovo Regolamento**

**Stralcio: individuazione area ospedale**



**COMUNE DI BARGA**  
**PROVINCIA DI LUCCA**

**MISURE DI RUMORE SISMICO AMBIENTALE  
A STAZIONE SINGOLA**

**Committente: Comune di Barga**

**RELAZIONE TECNICA**

**Luglio 2012**

**GEOPROVE S.a.S.**  
Il Socio Accomandatario  
e Direttore tecnico  
Dr. Geol. Pietro Barsanti  
(n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

## I N D I C E

PREMESSA.....	3
1. METODOLOGIA E STRUMENTAZIONE.....	3
2. RISULTATI.....	4
OPERE CITATE.....	7

### ALLEGATI

Tavole delle misure H/V

Carta delle frequenze di risonanza del sottosuolo

\*\*\*\*\*

# COMUNE DI BARGA

## PROVINCIA DI LUCCA

### MISURE DI RUMORE SISMICO AMBIENTALE A STAZIONE SINGOLA

#### PREMESSA

Per incarico dell'*Amministrazione Comunale di Barga* sono state effettuate indagini sismiche basate su misure di rumore sismico ambientale a stazione singola finalizzate alla redazione di carte delle frequenze di risonanza del sottosuolo e, insieme ad altre tipologie di elaborati (carta delle indagini, carta geologico-tecnica, ecc.), alla realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) a supporto dello stralcio al Regolamento Urbanistico per il nuovo Ospedale Unico della Valle del Serchio secondo il D.P.G.R. Toscana n° 53/R del 25 Ottobre 2011, ed in particolare nel rispetto dei contenuti dell'All. A alla della delibera G.R. n° 261 del 18 Aprile 2011 che ha interamente recepito le linee guida degli *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica* (Gruppo di lavoro MS, 2008) approvati nel novembre del 2008 dalla Conferenza delle Regioni e Provincie Autonome e recentemente rivisti ed aggiornati nel supplemento alla rivista *Ingegneria Sismica* – Anno XXVIII, n.2, 2011. Nell'area specifica di variante sono state eseguite n° 3 misure di rumore sismico ambientale, mentre per una valutazione delle problematiche estesa anche al contorno dell'area di variante sono state utilizzate n° 4 misure precedentemente realizzate a supporto dell'adeguamento del quadro conoscitivo per il nuovo Regolamento Urbanistico di Barga.

L'elaborazione e l'interpretazione dei dati è stata effettuata in collaborazione con il Dottor Donato Merola. Le presenti note illustrano la metodologia delle indagini ed i risultati conseguiti.

#### 1. METODOLOGIA E STRUMENTAZIONE

È stata utilizzata la tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) con tromografo digitale (indagine sismica con metodologia dei microtremori). La misura del rumore sismico ambientale è stata acquisita con strumentazione tromografica portatile, dotata di tre canali di acquisizione connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione, in grado di misurare le componenti della velocità (moto) di ogni strato lungo le direzioni N-S; E-W; H-V.

L'elaborazione del microtremore registrato fornisce i rapporti spettrali HVSR o H/V (Nogoshi & Igarashi, 1970) e consente di stimare le frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo.

Per gli aspetti teorici essenziali e le principali applicazioni si veda, fra gli altri, Nakamura (1989), SESAME projet (2004), Castellaro e Mulargia (2009a, 2009b), Albarello et alii (2010), Albarello e Castellaro (2011), Mucciarelli e Gallipoli (2011).

Per le analisi del microtremore sismico è stato utilizzato un tromografo digitale della ditta Micromed (Tromino modello TRZ-0101/01-10) con software di elaborazione dedicato.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate le curve H/V utilizzando i seguenti parametri:

- Tempo di acquisizione: 40 min
- Frequenza di campionamento: 128 Hz
- Larghezza delle finestre d'analisi: da 20 a 50 s,
- Lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 5% e al 10% della frequenza centrale.

Per ulteriori informazioni sulle misure effettuate (condizioni ambientali, tipo di superficie di misura, "pulizia" dei dati, processing, spettri ottenuti, ecc.) si rimanda alle tavole di sintesi allegate. Le tavole riportano anche, per ogni misura, una stima della sua affidabilità secondo gli standard suggeriti dalle linee guida del SESAME Projet (2004) e da Albarello et alii (2010).

## **2. RISULTATI**

Sono state effettuate 3 misure di rumore sismico ambientale a stazione singola (TR1001, TR1002 e TR1003) ed utilizzate 4 misure (TR36, TR37, TR38 e TR41) precedentemente eseguite per l'aggiornamento del quadro conoscitivo (per l'ubicazione delle misure si veda la Carta delle frequenze di risonanza del sottosuolo riportata in allegato).

Per ogni misura effettuata vengono presentati in un quadro unitario (tavole in allegato), insieme ai parametri di acquisizione ed elaborazione dei dati, le curve H/V ottenute, gli spettri delle tre componenti del moto, i grafici della direzionalità e i grafici delle serie temporali, questi ultimi depurati da eventuali transienti.

Per tutte le misure l'elaborazione dei dati è stata eseguita lisciando gli spettri con una finestra triangolare sia al 5% sia al 10% della frequenza centrale. Una volta verificato, dal confronto delle due elaborazioni, che la curva H/V ottenuta con il lisciamento al 10% non fosse affetta da perdita di informazioni significative per eccessivo smoothing degli spettri, abbiamo scelto di includere nelle tavole di sintesi le curve H/V ottenute con un lisciamento al 10% e le relative componenti lisciate al 5%. In questo modo si ha una maggiore leggibilità delle curve H/V e, contemporaneamente, la possibilità di un confronto immediato con gli spettri delle singole componenti meno lisciate, sui quali, ad esempio, sono maggiormente evidenziati eventuali picchi di origine antropica (artefatti).

Il territorio esaminato è caratterizzato da una discreta attività industriale ed artigianale con macchinari in grado di produrre rumore monocromatico (artefatti) a frequenze tali da poter disturbare le curve H/V e, sovrapponendosi al segnale di origine stratigrafica, influenzare sia in frequenza sia in ampiezza i massimi significativi, rendendone problematica, in taluni casi, l'interpretazione. Nella fase di interpretazione dei dati è stata quindi posta particolare attenzione al riconoscimento degli artefatti e alla valutazione del loro effetto sulle curve H/V attraverso l'analisi di queste ultime congiuntamente ai relativi spettri delle singole componenti, in particolare quelli ottenuti con una ampiezza del 5% della finestra di lisciamento.

Gli standard di qualità adottati prevedono una classificazione delle curve H/V in 3 classi (A, B e C) di qualità decrescente da A a C. Le classi A e B sono ulteriormente suddivise in due tipologie (tipo 1 e tipo 2). Per il significato di questa classificazione, riportato sinteticamente in tutte le tavole allegate, si veda Albarello et alii (2010) e Albarello e Castellaro (2011).

Tutte le 7 curve H/V ottenute sono caratterizzate da un evidente artefatto piccato sulla frequenza di 5 Hz; 5 curve sono classificabili in classe A, le restanti 2 ricadono in classe B. Ognuna di queste ultime è coerente con le curve delle misure circostanti ed è in ragionevole accordo con i dati stratigrafici di sottosuolo disponibili. Anche le curve classificate in classe B, quindi, esprimono in maniera affidabile le frequenze di risonanza del sottosuolo.

E' stato principalmente analizzato l'intervallo di frequenze di maggiore interesse ingegneristico, ossia quello compreso tra 1 e 20 Hz. I risultati ottenuti per questo range di frequenze è sintetizzato nella Carta delle frequenze principali di risonanza nell'intervallo 1-20 Hz, riportata in allegato. I dati in essa contenuti, incrociati con i dati geotecnici, stratigrafici e sismici disponibili sull'area, hanno contribuito alla redazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica per questa porzione di territorio del Comune di Barga.

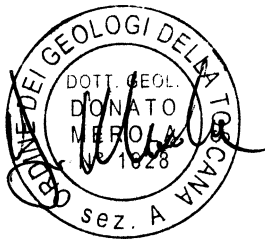
Le curve H/V sono caratterizzate da un picco di risonanza significativo ( $H/V > 2$ , compreso tra 2.5 e 4.8 c.a) nell'intervallo di frequenze compreso tra 10 e 15 Hz, ossia

nel range di frequenze di maggiore interesse ingegneristico. I picchi osservati sono correlabili con contrasti di impedenza sismica prodotti, a profondità comprese tra alcuni metri e 10÷15 metri, da variazioni di granulometria e/o addensamento all'interno dei sedimenti alluvionali recenti o dal passaggio tra questi e i sottostanti depositi plio-pleistocenici del Ciclo fluvio-lacustre.

\*\*\*\*\*

Lucca, luglio 2012

Collaboratore:  
Dr. Donato Merola



GEOPROVE S.A.S.  
Socio Accomandatario  
e Direttore Tecnico  
Dr. Pietro Barsanti

**GEOPROVE S.a.S.**  
Il Socio Accomandatario  
e Direttore Tecnico  
Dr. Geol. Pietro Barsanti  
(n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

## OPERE CITATE

AA. VV. (2011) - Supplemento alla rivista *Ingegneria Sismica* – Anno XXVIII, n.2, 2011.

Albarello D. & Castellaro S. (2011) - *Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola*. Supplemento alla rivista *Ingegneria sismica* Anno XXVIII, n. 2-2011, 32-62.

Albarello D., Cesi C., Eulilli V., Guerrini F., Lunedei E., Paolucci E., Puzzilli L.M. (2010) - The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the 26<sup>th</sup> April, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake. *Boll. Geofis. Teor. Appl.*, 52 (3).

Castellaro S. e Mulargia F. (2009a) – *Vs30 estimates using constrained H/V measurements*. *Boll. Seism. Soc. Am.*, 99, 761-773.

Castellaro S. e Mulargia F. (2009b) – *The effect of velocity inversion on H/V*. *Pure Appl. Geophys.*, 166, 567-592.

Gruppo di lavoro MS (2008) - *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd.

Mucciarelli M. & Gallipoli M.R. (2011) – *A critical review of 10 years of microtremor HVSR technique*. *Boll Geofis. Teorica Appl.*, 42, 255-266.

Nakamura Y. (1989) - A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Quarterly Report Railway Tech. Res. Inst.*, 30, 25–30.

Nogoshi M. & Igarashi T. (1970) – *On the propagation characteristics of microtremor*. *J. Seism. Soc. Japan*, 23, 264-280.

SESAME Project (2004) - Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation, WP12, deliverable no.D23.12,

[Http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/Papers/HV\\_User\\_Guidelines.pdf](http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/Papers/HV_User_Guidelines.pdf)





**COMUNE DI BARGA**

**PROVINCIA DI LUCCA**

**MISURE DI RUMORE SISMICO AMBIENTALE  
A STAZIONE SINGOLA**

**Committente: Comune di Barga**

**TAVOLE**

**BARGA VARIANTE OSPEDALE LOC\_ MOLOGNO, TR 1001**

Coordinate (WGS84): N 44,07183°; E 010,45197°

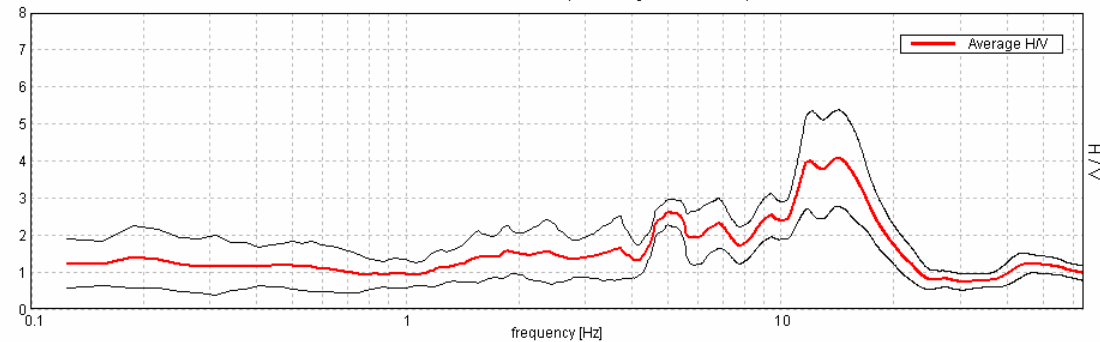
Strumento: TRZ-0101/01-10  
 Inizio registrazione: 23/07/12 16:38:33  
 Fine registrazione: 23/07/12 17:18:34

Durata registrazione: 0h40'00".  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 5% (\*) e 10% (\*\*)  
 Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)  
 Condizioni meteo: poco nuvoloso, vento leggero a tratti medio  
 Tipo di superficie: terreno naturale  
 Disturbi: alcuni transienti ed alcuni artefatti

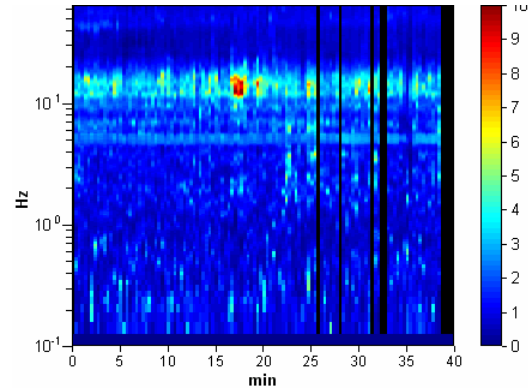


**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE (\*\*)**

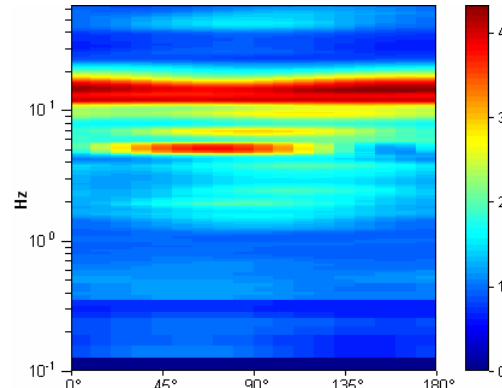
Max. H/V at 14.06 ± 0.17 Hz. (In the range 0.0 - 20.0 Hz).



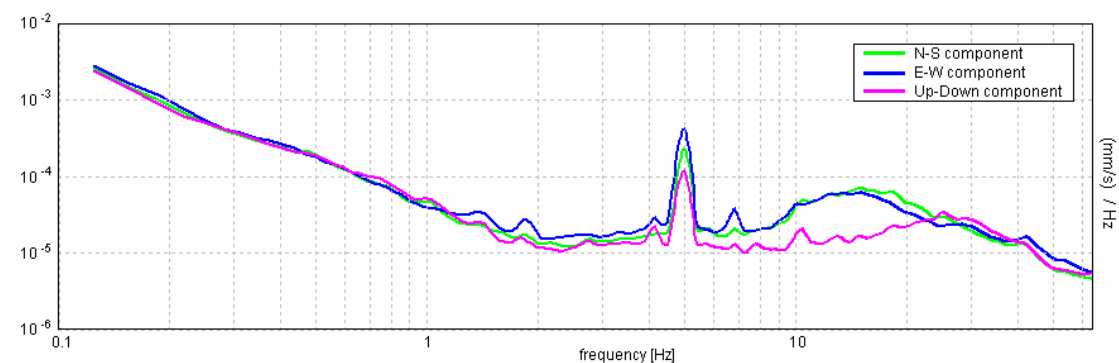
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI (\*)**



**CRITERI SESAME (2004) (1)**

Picco H/V a 14.06 ± 0.17 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	14.06 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	30937.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 676	OK	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste $f^*$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	8.469 Hz	OK	
Esiste $f^*$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	19.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.08 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00603  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.08485 < 0.70313	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.6507 < 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

**CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA H/V (2) (3)**

CLASSE	B
TIPO	1

La classificazione delle curve H/V prevede le seguenti tre classi di qualità:

**Classe A (H/V affidabile, può essere utilizzata anche da sola)**

1)-La forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura; 2)-le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo; 3)-assenza di disturbi elettromagnetici nella banda di frequenza di interesse; 4)-i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata dello spettro della componente verticale; 5)-i primi 3 criteri SESAME per una curva H/V attendibile sono verificati; 6)-durata della misura di almeno 15-20 minuti.

Eccezione: nel caso di assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati, la condizione 5) non sarà soddisfatta anche se la misura è affidabile (H/V tipo 2, v. sotto).

**Classe B (H/V da "interpretare": va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)**

Almeno una delle 6 condizioni della classe A non è soddisfatta (a meno che non si rientri nell'eccezione sopra citata)

**Classe C (H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)**

1)-Misura di tipo B con curva H/V che mostra ampiezza crescente al diminuire della frequenza (*deriva*) indice di movimento dello strumento durante la misura; 2)-misura di tipo B con presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di interesse.

Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:

**Tipo 1:** H/V con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (*possibile risonanza*)

**Tipo 2:** H/V senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguali ad 1: *assenza di risonanza*)

**NOTE**

(1) - SESAME Project (2004) - Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation, WP12, deliverable no. D23.12

(2) - Albarello D., Cesi C., Eulilli V. et alii (2010): The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the 26<sup>th</sup> April, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake. Boll. Geofis. Teor. Appl., 52 (3).

(3) - Albarello D. & Castellaro S. (2011) - Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola. Supplemento alla rivista Ingegneria sismica Anno XXVIII, n. 2-2011.

**BARGA VARIANTE OSPEDALE LOC\_ MOLOGNO, TR 1002**

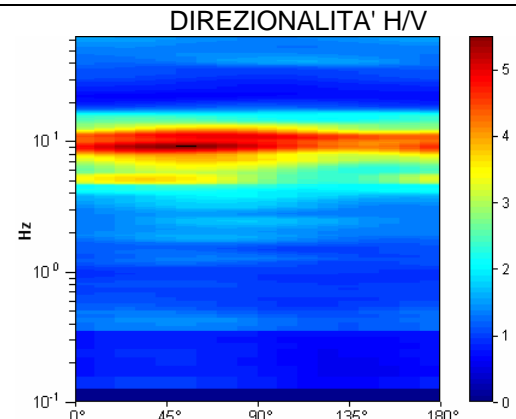
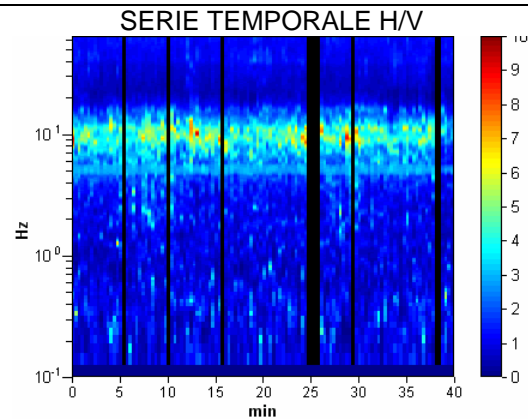
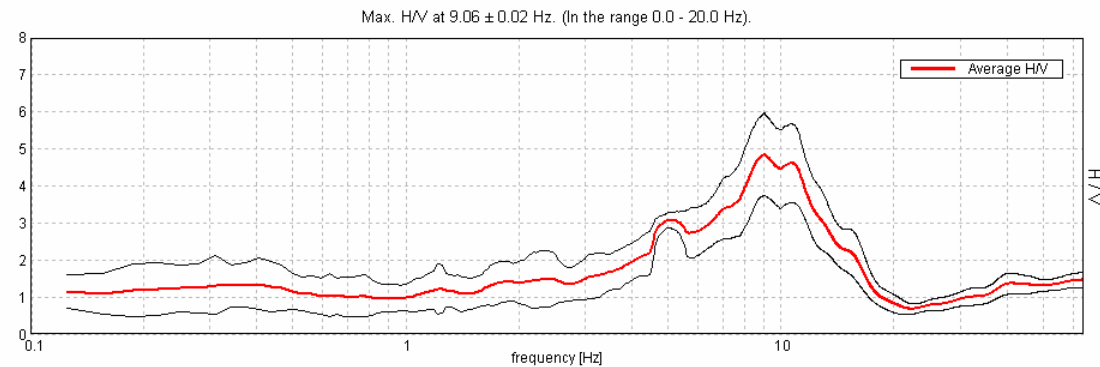
Coordinate (WGS84): N 44,07260°; E 010,45054°

Strumento: TRZ-0101/01-10  
 Inizio registrazione: 23/07/12 17:23:24  
 Fine registrazione: 23/07/12 18:03:25

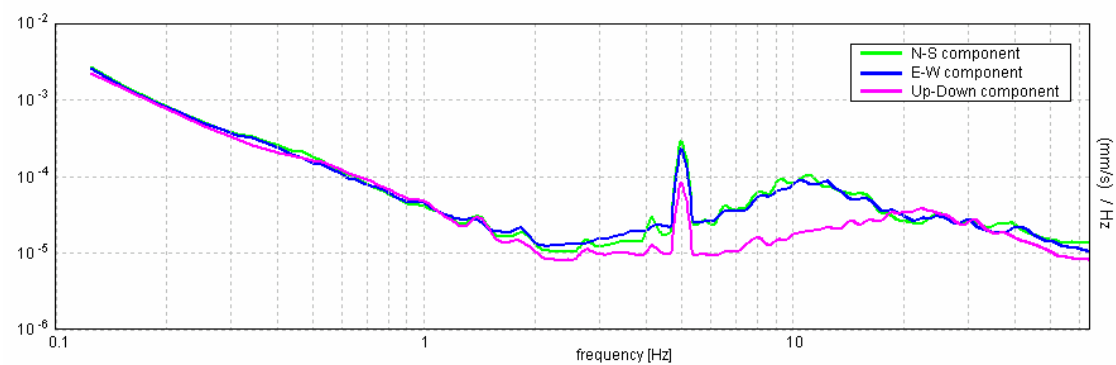
Durata registrazione: 0h40'00".  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 5% (\*) e 10% (\*\*)  
 Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)  
 Condizioni meteo: poco nuvoloso, vento leggero  
 Tipo di superficie: terreno naturale  
 Disturbi: alcuni transienti ed alcuni artefatti



**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE (\*\*)**



**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI (\*)**



**CRITERI SESAME (2004) (1)**

Picco H/V a 9.06 ± 0.02 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	9.06 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	19937.5 > 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 436	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.531 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	14.125 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.86 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00131  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01187 < 0.45313$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5577 < 1.58$	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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$				
	< 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

**CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA H/V (2) (3)**

CLASSE	B
TIPO	1

La classificazione delle curve H/V prevede le seguenti tre classi di qualità:

**Classe A (H/V affidabile, può essere utilizzata anche da sola)**

1)-La forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura; 2)-le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo; 3)-assenza di disturbi elettromagnetici nella banda di frequenza di interesse; 4)-i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata dello spettro della componente verticale; 5)-i primi 3 criteri SESAME per una curva H/V attendibile sono verificati; 6)-durata della misura di almeno 15-20 minuti.  
**Eccezione:** nel caso di assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati, la condizione 5) non sarà soddisfatta anche se la misura è affidabile (H/V tipo 2, v. sotto).

**Classe B (H/V da "interpretare": va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)**

Almeno una delle 6 condizioni della classe A non è soddisfatta (a meno che non si rientri nell'eccezione sopra citata)

**Classe C (H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)**

1)-Misura di tipo B con curva H/V che mostra ampiezza crescente al diminuire della frequenza (*deriva*) indice di movimento dello strumento durante la misura; 2)-misura di tipo B con presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di interesse.

Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:

**Tipo 1:** H/V con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (*possibile risonanza*)

**Tipo 2:** H/V senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguali ad 1: *assenza di risonanza*)

**NOTE**

(1) - SESAME Project (2004) - Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation, WP12, deliverable no. D23.12  
 (2) - Albarello D., Cesi C., Euillii V. et alii (2010): The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the 26<sup>th</sup> April, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake. Boll. Geofis.Teor. Appl., 52 (3).  
 (3) - Albarello D. & Castellaro S. (2011) - Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola. Supplemento alla rivista Ingegneria sismica Anno XXVIII, n. 2-2011.



**BARGA VARIANTE OSPEDALE LOC\_ MOLOGNO, TR 1003**

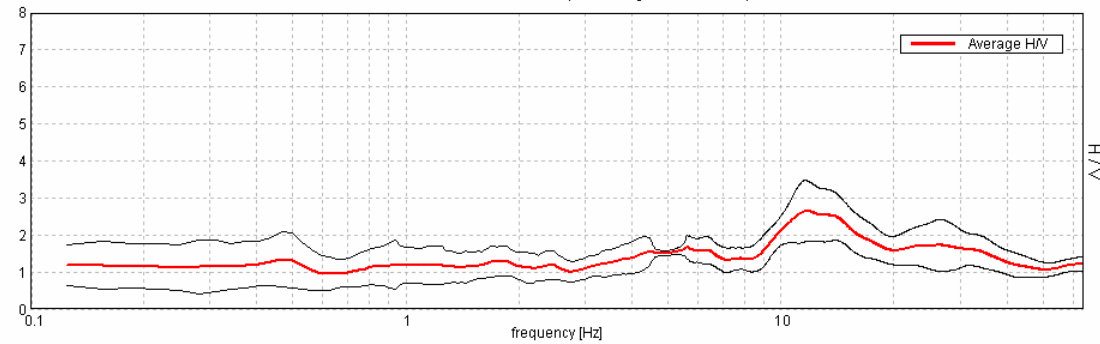
Strumento: TRZ-0101/01-10  
 Inizio registrazione: 23/07/12 18:13:28  
 Fine registrazione: 23/07/12 18:53:28

Durata registrazione: 0h40'00"  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 5% (\*) e 10% (\*\*)  
 Analisi effettuata sull'intera traccia.  
 Condizioni meteo: sereno, vento leggero  
 Tipo di superficie: terreno naturale, campo granturco  
 Disturbi: vari artefatti

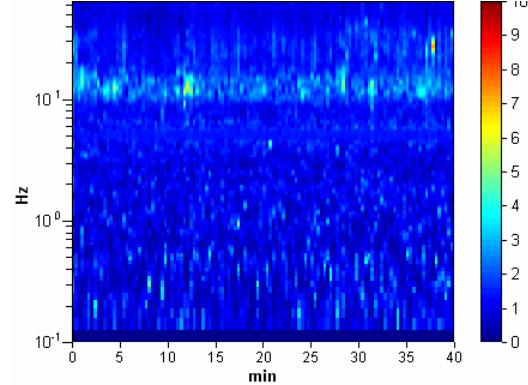


**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE (\*\*)**

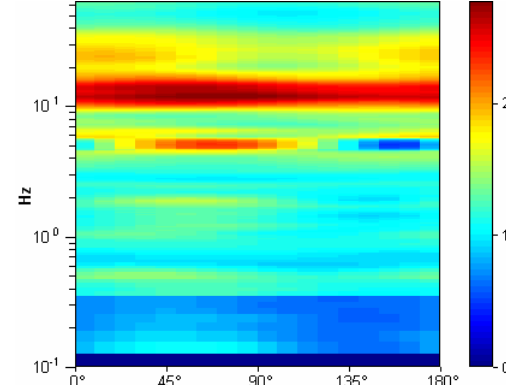
Max. H/V at 11.56 ± 0.13 Hz. (In the range 0.0 - 20.0 Hz).



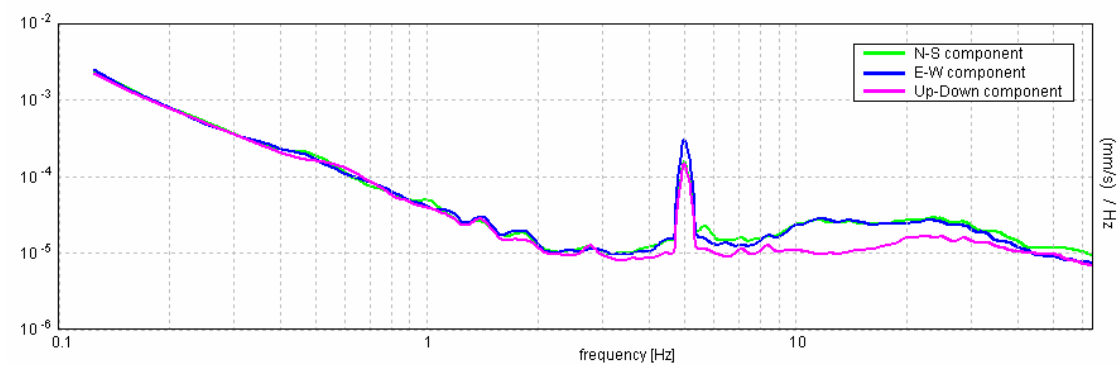
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI (\*)**



**CRITERI SESAME (2004) (1)**

Picco H/V a 11.56 ± 0.13 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

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

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	11.56 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	27750.0 > 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 556	OK

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

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	7.281 Hz	OK
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	38.594 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.65 > 2	OK
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00545  < 0.05$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.06296 < 0.57813$	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4208 < 1.58$	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

**CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA H/V (2) (3)**

CLASSE	A
TIPO	1

La classificazione delle curve H/V prevede le seguenti tre classi di qualità:

**Classe A (H/V affidabile, può essere utilizzata anche da sola)**

1)-La forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura; 2)-le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo; 3)-assenza di disturbi elettromagnetici nella banda di frequenza di interesse; 4)-i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata dello spettro della componente verticale; 5)-i primi 3 criteri SESAME per una curva H/V attendibile sono verificati; 6)-durata della misura di almeno 15-20 minuti.  
**Eccezione:** nel caso di assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati, la condizione 5) non sarà soddisfatta anche se la misura è affidabile (H/V tipo 2, v. sotto).

**Classe B (H/V da "interpretare": va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)**

Almeno una delle 6 condizioni della classe A non è soddisfatta (a meno che non si rientri nell'eccezione sopra citata)

**Classe C (H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)**

1)-Misura di tipo B con curva H/V che mostra ampiezza crescente al diminuire della frequenza (*deriva*) indice di movimento dello strumento durante la misura; 2)-misura di tipo B con presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di interesse.

Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:

**Tipo 1:** H/V con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (*possibile risonanza*)

**Tipo 2:** H/V senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguale ad 1: *assenza di risonanza*)

**NOTE**

(1) - SESAME Project (2004) - Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation, WP12, deliverable no. D23.12  
 (2) - Albarello D., Cesi C., Eulilli V. et alii (2010): The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the 26<sup>th</sup> April, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake. Boll. Geofis.Teor. Appl., 52 (3).  
 (3) - Albarello D. & Castellaro S. (2011) - Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola. Supplemento alla rivista Ingegneria sismica Anno XXVIII, n. 2-2011.

**BARGA, MOLOGNO**

Coordinate (WGS84): N 44,07000°; E 010,45172°

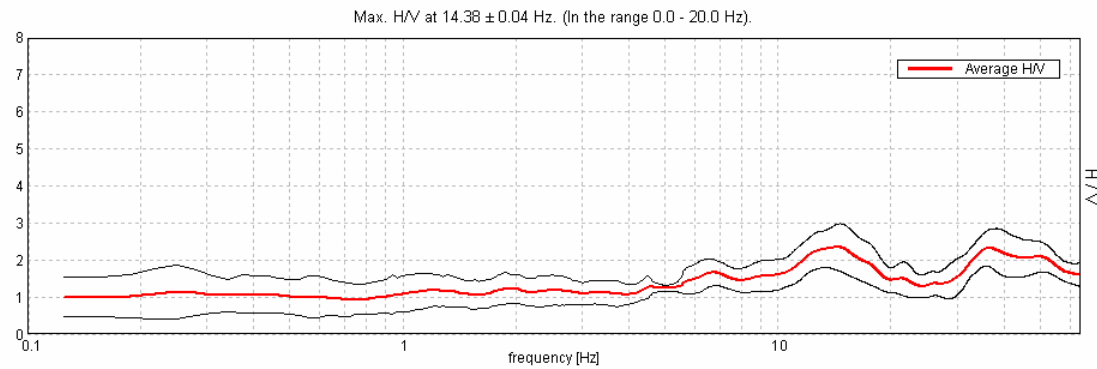
TR036



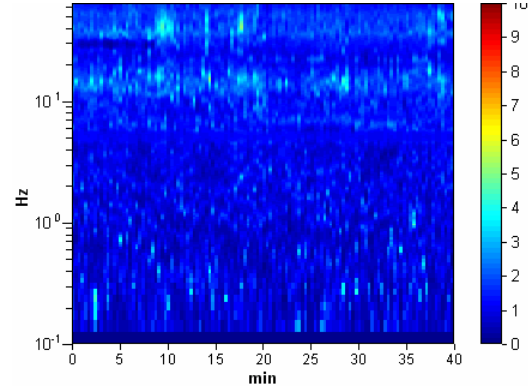
Strumento: TRZ-0101/01-10  
 Inizio registrazione: 20/03/12 10:40:04  
 Fine registrazione: 20/03/12 11:20:05

Durata registrazione: 0h40'00".  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 5% (\*) e 10% (\*\*)  
 Analisi effettuata sull'intera traccia.  
 Condizioni meteo: poco nuvoloso, calma di vento  
 Tipo di superficie: terreno naturale  
 Disturbi: alcuni transienti, particolarmente evidente quello a 5Hz

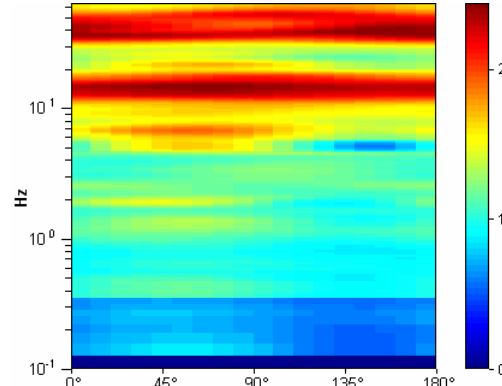
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE (\*\*)**



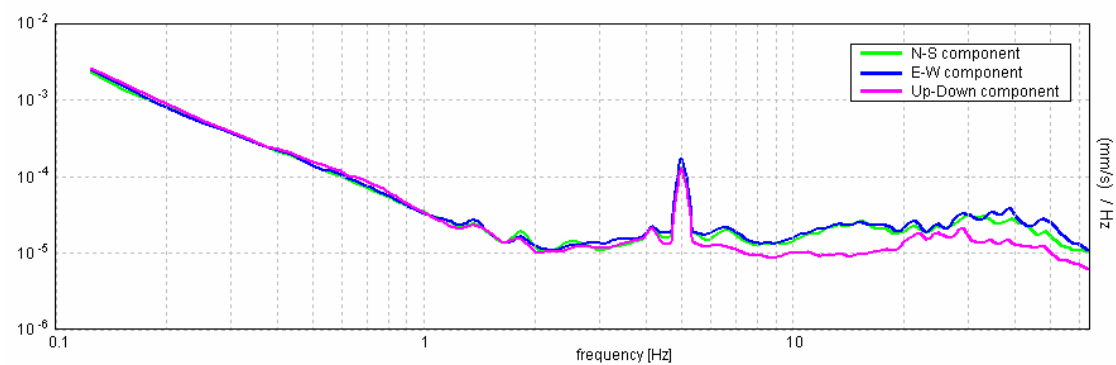
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI (\*)**



**CRITERI SESAME (2004) (1)**

Picco H/V a 14.38 ± 0.04 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	14.38 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	34500.0 > 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 691	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 $[f_0, 4f_0]   A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.34 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0014  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.0201 < 0.71875	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.314 < 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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$				
	< 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

**CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA H/V (2) (3)**

CLASSE	A
TIPO	1

La classificazione delle curve H/V prevede le seguenti tre classi di qualità:

**Classe A (H/V affidabile, può essere utilizzata anche da sola)**

1)-La forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura; 2)-le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo; 3)-assenza di disturbi elettromagnetici nella banda di frequenza di interesse; 4)-i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata dello spettro della componente verticale; 5)-i primi 3 criteri SESAME per una curva H/V attendibile sono verificati; 6)-durata della misura di almeno 15-20 minuti.

**Eccezione:** nel caso di assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati, la condizione 5) non sarà soddisfatta anche se la misura è affidabile (H/V tipo 2, v. sotto).

**Classe B (H/V da "interpretare": va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)**

Almeno una delle 6 condizioni della classe A non è soddisfatta (a meno che non si rientri nell'eccezione sopra citata)

**Classe C (H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)**

1)-Misura di tipo B con curva H/V che mostra ampiezza crescente al diminuire della frequenza (*deriva*) indice di movimento dello strumento durante la misura; 2)-misura di tipo B con presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di interesse.

Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:

**Tipo 1:** H/V con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (*possibile risonanza*)

**Tipo 2:** H/V senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguali ad 1: *assenza di risonanza*)

**NOTE**

Curva U/V classificata in A1 nonostante gli artefatti presenti poiché questi non alterano la lettura della risonanza naturale del sottosuolo

(1) - SESAME Project (2004) - Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation, WP12, deliverable no. D23.12

(2) - Albarello D., Cesi C., Eulilli V. et alii (2010): The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the 26<sup>th</sup> April, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake. Boll. Geofis. Teor. Appl., 52 (3).

(3) - Albarello D. & Castellaro S. (2011) - Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola. Supplemento alla rivista Ingegneria sismica Anno XXVIII, n. 2-2011.



**BARGA, MOLOGNO**

Coordinate (WGS84): N 44,06721°; E 010,45407°

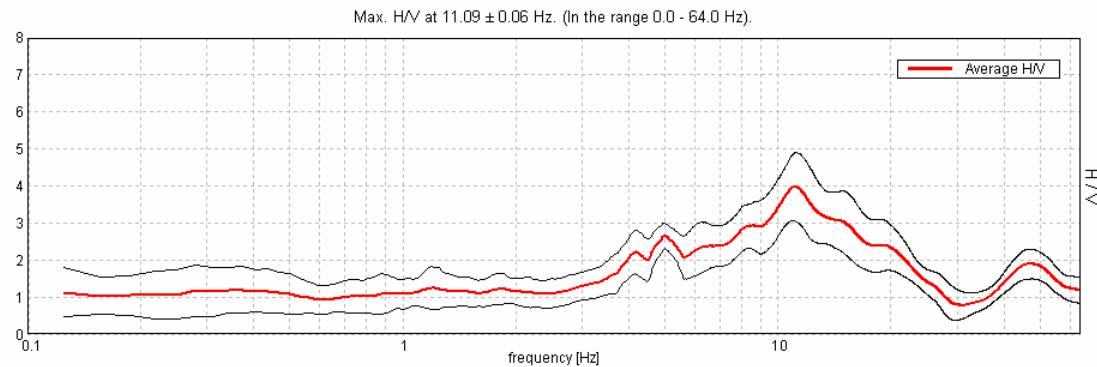
TR037



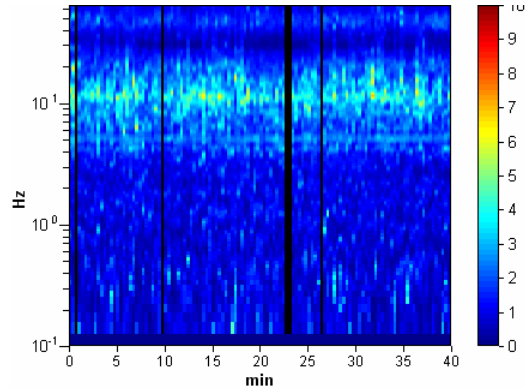
Strumento: TRZ-0101/01-10  
 Inizio registrazione: 20/03/12 11:33:02  
 Fine registrazione: 20/03/12 12:13:03

Durata registrazione: 0h40'00".  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 5% (\*) e 10% (\*\*)  
 Analizzato 96% tracciato (selezione manuale)  
 Condizioni meteo: poco nuvoloso, calma di vento  
 Tipo di superficie: terreno naturale (campo aperto)  
 Disturbi: vari transienti ed alcuni artefatti, particolarmente evidente quello a 5Hz

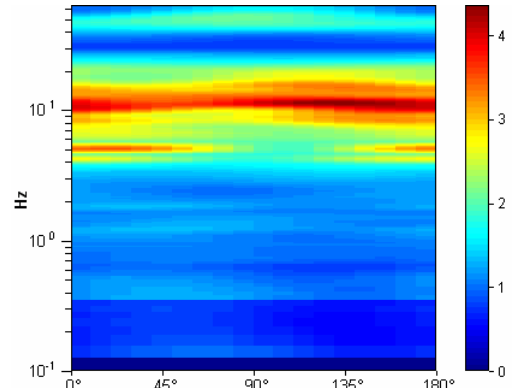
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE (\*\*)**



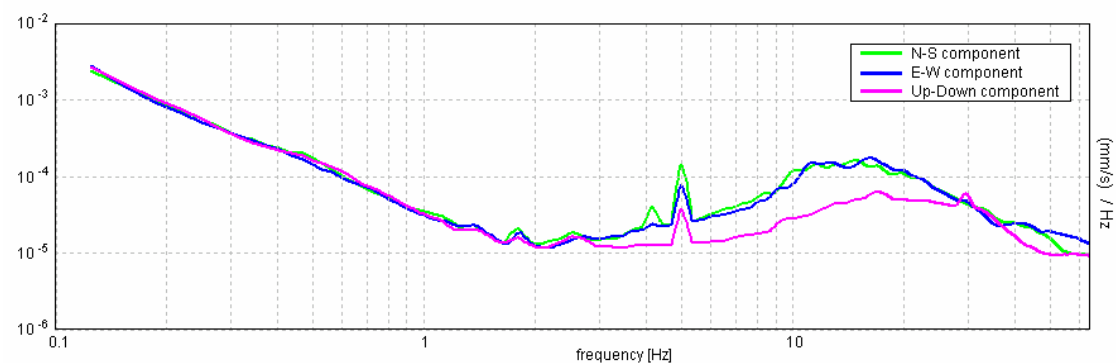
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI (\*)**



**CRITERI SESAME (2004) (1)**

Picco H/V a 11.09 ± 0.06 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	11.09 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	25515.6 > 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 534	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.938 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	21.938 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.97 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00254  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.02818 < 0.55469	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4645 < 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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$				
	< 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

**CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA H/V (2) (3)**

CLASSE	A
TIPO	1

La classificazione delle curve H/V prevede le seguenti tre classi di qualità:

**Classe A (H/V affidabile, può essere utilizzata anche da sola)**

1)-La forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura; 2)-le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo; 3)-assenza di disturbi elettromagnetici nella banda di frequenza di interesse; 4)-i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata dello spettro della componente verticale; 5)-i primi 3 criteri SESAME per una curva H/V attendibile sono verificati; 6)-durata della misura di almeno 15-20 minuti.

**Eccezione:** nel caso di assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati, la condizione 5) non sarà soddisfatta anche se la misura è affidabile (H/V tipo 2, v. sotto).

**Classe B (H/V da "interpretare": va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)**

Almeno una delle 6 condizioni della classe A non è soddisfatta (a meno che non si rientri nell'eccezione sopra citata)

**Classe C (H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)**

1)-Misura di tipo B con curva H/V che mostra ampiezza crescente al diminuire della frequenza (*deriva*) indice di movimento dello strumento durante la misura; 2)-misura di tipo B con presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di interesse.

Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:

**Tipo 1:** H/V con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (*possibile risonanza*)

**Tipo 2:** H/V senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguale ad 1: *assenza di risonanza*)

**NOTE**

Curva U/V classificata in A1 nonostante gli artefatti presenti poiché questi non alterano la lettura della risonanza naturale del sottosuolo

(1) - SESAME Project (2004) - Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation, WP12, deliverable no. D23.12

(2) - Albarello D., Cesi C., Eulilli V. et alii (2010): The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the 26<sup>th</sup> April, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake. Boll. Geofis. Teor. Appl., 52 (3).

(3) - Albarello D. & Castellaro S. (2011) - Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola. Supplemento alla rivista Ingegneria sismica Anno XXVIII, n. 2-2011.

**BARGA, MOLOGNO**

Coordinate (WGS84): N 44,06834°; E 010,44981°

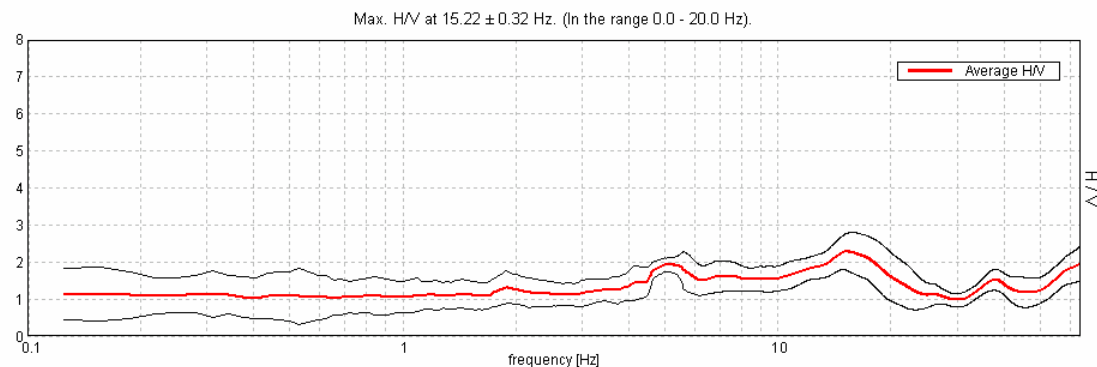
TR038



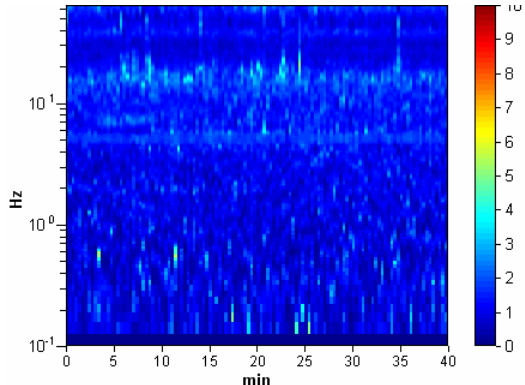
Strumento: TRZ-0101/01-10  
 Inizio registrazione: 20/03/12 12:23:44  
 Fine registrazione: 20/03/12 13:03:45

Durata registrazione: 0h40'00".  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 5% (\*) e 10% (\*\*)  
 Analisi effettuata sull'intera traccia.  
 Condizioni meteo: sereno, calma di vento  
 Tipo di superficie: terreno naturale  
 Disturbi: vari artefatti, particolarmente evidente quello a 5Hz

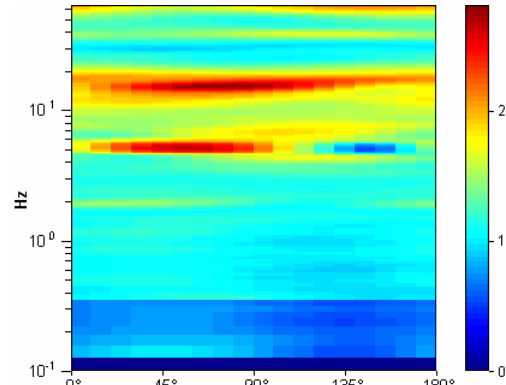
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE (\*\*)**



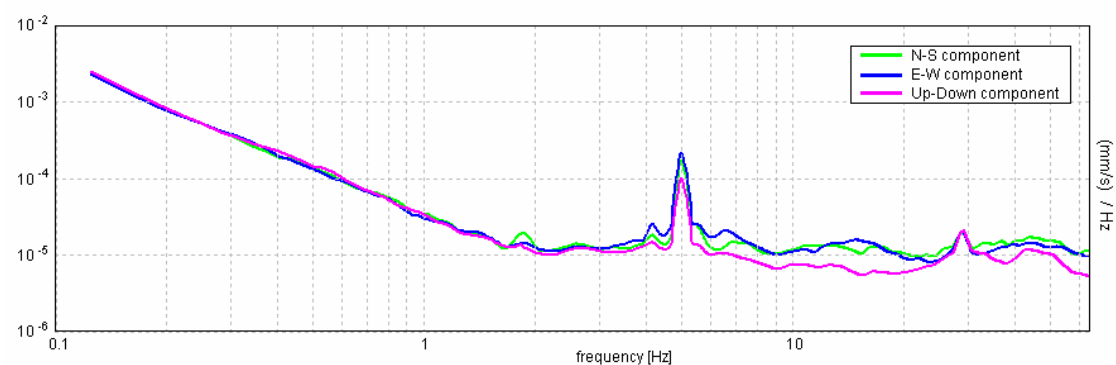
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI (\*)**



**CRITERI SESAME (2004) (1)**

Picco H/V a 15.22 ± 0.32 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	15.22 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	36525.0 > 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 732	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste $f^*$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	24.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.27 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01062  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.16161 < 0.76094	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2484 < 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

**CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA H/V (2) (3)**

CLASSE	A
TIPO	1

La classificazione delle curve H/V prevede le seguenti tre classi di qualità:

**Classe A (H/V affidabile, può essere utilizzata anche da sola)**

1)-La forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura; 2)-le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo; 3)-assenza di disturbi elettromagnetici nella banda di frequenza di interesse; 4)-i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata dello spettro della componente verticale; 5)-i primi 3 criteri SESAME per una curva H/V attendibile sono verificati; 6)-durata della misura di almeno 15-20 minuti.

**Eccezione:** nel caso di assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati, la condizione 5) non sarà soddisfatta anche se la misura è affidabile (H/V tipo 2, v. sotto).

**Classe B (H/V da "interpretare": va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)**

Almeno una delle 6 condizioni della classe A non è soddisfatta (a meno che non si rientri nell'eccezione sopra citata)

**Classe C (H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)**

1)-Misura di tipo B con curva H/V che mostra ampiezza crescente al diminuire della frequenza (*deriva*) indice di movimento dello strumento durante la misura; 2)-misura di tipo B con presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di interesse.

Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:

**Tipo 1:** H/V con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (*possibile risonanza*)

**Tipo 2:** H/V senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguali ad 1: *assenza di risonanza*)

**NOTE**

Curva U/V classificata in A1 nonostante gli artefatti presenti poiché questi non alterano la lettura della risonanza naturale del sottosuolo

(1) - SESAME Project (2004) - Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation, WP12, deliverable no. D23.12

(2) - Albarello D., Cesi C., Eulilli V. et alii (2010): The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the 26<sup>th</sup> April, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake. Boll. Geofis.Teor. Appl., 52 (3).

(3) - Albarello D. & Castellaro S. (2011) - Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola. Supplemento alla rivista Ingegneria sismica Anno XXVIII, n. 2-2011.



**BARGA, MOLOGNO**

Coordinate (WGS84): N 44,06455°; E 010,45304°

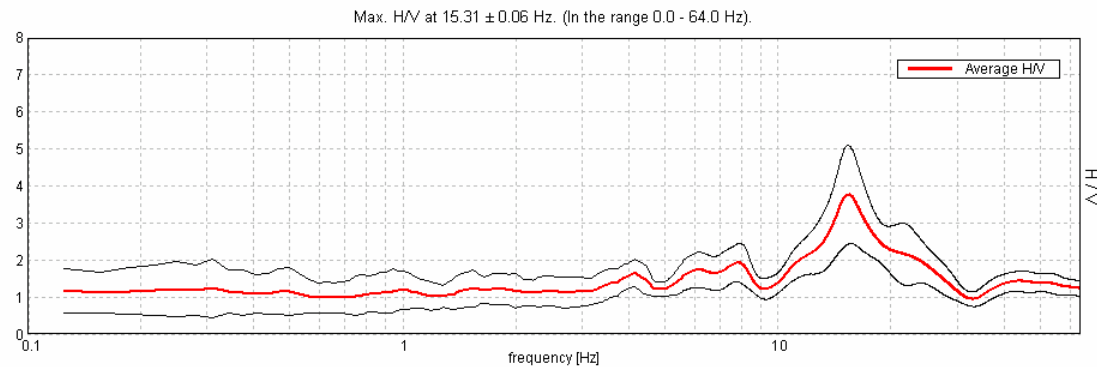
TR041



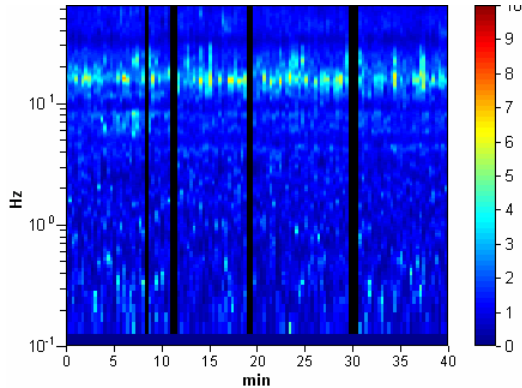
Strumento: TRZ-0101/01-10  
 Inizio registrazione: 20/03/12 14:53:19  
 Fine registrazione: 20/03/12 15:33:20

Durata registrazione: 0h40'00"  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 5% (\*) e 10%\*\*  
 Analizzato 93% tracciato (selezione manuale)  
 Condizioni meteo: poco nuvoloso, calma di vento  
 Tipo di superficie: terreno naturale  
 Disturbi: alcuni transienti ed artefatti

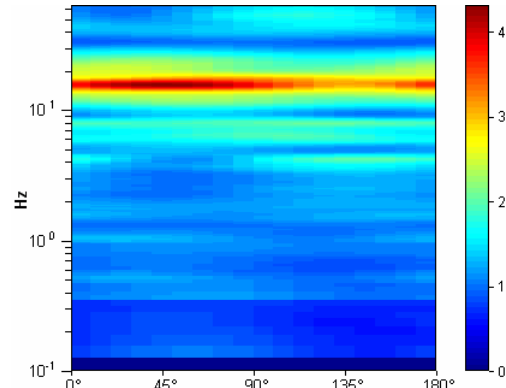
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE (\*\*)**



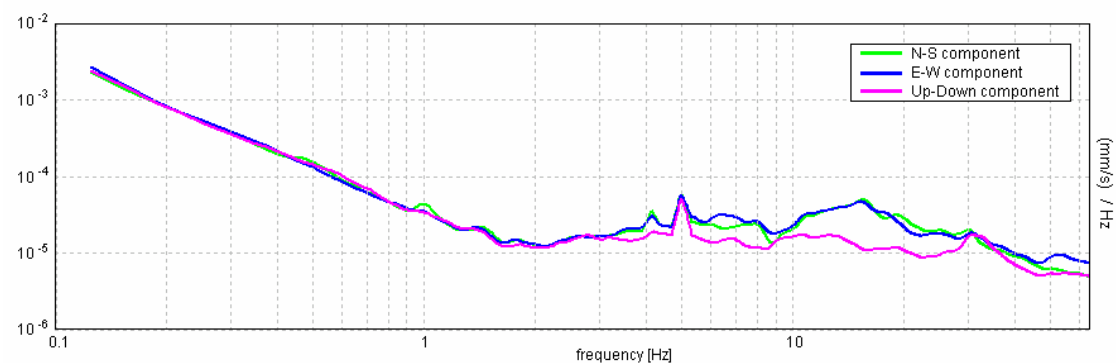
**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI (\*)**



**CRITERI SESAME (2004) (1)**

Picco H/V a 15.31 ± 0.06 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	15.31 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	34300.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 736	OK	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	11.063 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]   A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	24.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.76 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00203  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.03106 < 0.76563	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.6748 < 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

**CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA H/V (2) (3)**

CLASSE	A
TIPO	1

La classificazione delle curve H/V prevede le seguenti tre classi di qualità:

**Classe A (H/V affidabile, può essere utilizzata anche da sola)**

1)-La forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura; 2)-le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo; 3)-assenza di disturbi elettromagnetici nella banda di frequenza di interesse; 4)-i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata dello spettro della componente verticale; 5)-i primi 3 criteri SESAME per una curva H/V attendibile sono verificati; 6)-durata della misura di almeno 15-20 minuti.

**Eccezione:** nel caso di assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati, la condizione 5) non sarà soddisfatta anche se la misura è affidabile (H/V tipo 2, v. sotto).

**Classe B (H/V da "interpretare": va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)**

Almeno una delle 6 condizioni della classe A non è soddisfatta (a meno che non si rientri nell'eccezione sopra citata)

**Classe C (H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)**

1)-Misura di tipo B con curva H/V che mostra ampiezza crescente al diminuire della frequenza (*deriva*) indice di movimento dello strumento durante la misura; 2)-misura di tipo B con presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di interesse.

Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:

**Tipo 1:** H/V con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (*possibile risonanza*)

**Tipo 2:** H/V senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguali ad 1: *assenza di risonanza*)

**NOTE**

Curva U/V classificata in A1 nonostante gli artefatti presenti poiché questi non alterano la lettura della risonanza naturale del sottosuolo

(1) - SESAME Project (2004) - Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation, WP12, deliverable no. D23.12

(2) - Albarello D., Cesi C., Eulilli V. et alii (2010): The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the 26<sup>th</sup> April, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake. Boll. Geofis. Teor. Appl., 52 (3).

(3) - Albarello D. & Castellaro S. (2011) - Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola. Supplemento alla rivista Ingegneria sismica Anno XXVIII, n. 2-2011.





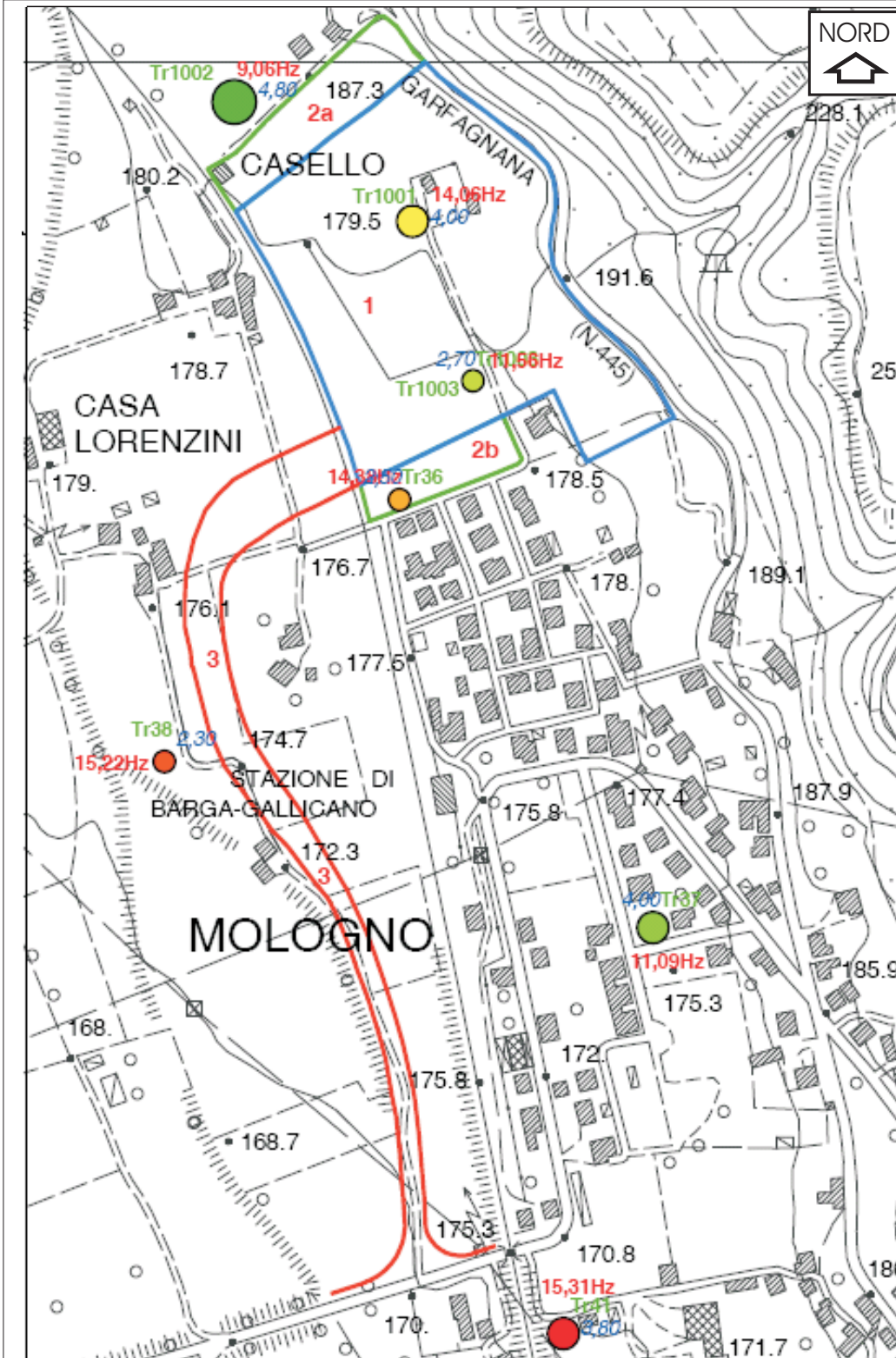
**COMUNE DI BARGA**

**PROVINCIA DI LUCCA**

**MISURE DI RUMORE SISMICO AMBIENTALE  
A STAZIONE SINGOLA**

**Committente: Comune di Barga**

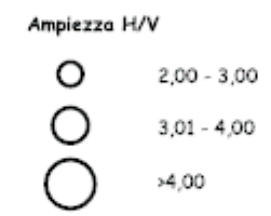
**CARTA DELLE FREQUENZE DI  
RISONANZA DEL SOTTOSUOLO**



**GEOPROVE** SAS  
 DI PIETRO BARSANTI, ALESSANDRO PETRONI & C.  
**GEOGNOSTICA - GEOFISICA**  
**PROVE PENETROMETRICHE**  
 via Buiamonti, 29 LUCCA - Tel. 0583/467427 Fax. 0583/91090  
 http://www.geoprove.com e-mail info@geoprove.com Pl. 01066010461

**COMUNE DI BARGA**  
**PROVINCIA DI LUCCA**  
**CARTA DELLE FREQUENZE**  
**DI RISONANZA DEI TERRENI**

Frequenza di risonanza in Hz



In verde il numero d'ordine della stazioni, in rosso i valori di frequenza ed in blu i valori di ampiezza di risonanza

**1** Numerazione delle aree a destinazione urbanistica omogenea citate nel testo