



## VERIFICA CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO/STRUTTURA SCUOLA MARASCHIN “IL TESSITORE”

### FREQUENZA DI RISONANZA

Le misure di campagna sono state eseguite il mese di Aprile 2013. E' stata eseguita una registrazione di vibrazioni e rumore sismico, nei terreni adiacenti alla Scuola Media Maraschin il Tessitore del comune di Schio e tre registrazioni all'interno dello stabile: piano terra “fondazioni”, primo solaio e secondo solaio.

Caratteristiche tecniche indagini eseguite:

**Strumentazione impiegata.** Tutte le registrazioni del rumore sismico e vibrazioni sono state effettuate con il tromografo digitale TROMINO, progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico ambientale e/o vibrazioni indotte. Si tratta di un apparecchio portatile tutto-in-uno di 10 x 7 x 14 cm e 1 kg di peso dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterno.

- **Procedure operative.** E' stata effettuata un'analisi sul rumore sismico e vibrazioni indotte della durata di 20' per il terreno e di 6'/cad. per solaio.

### H/V TERRENO SCHIO SCUOLA MARASCHIN

Instrument: TRZ-0017/01-09

Start recording: 08/11/00 17:17:13      End recording: 08/11/00 17:27:14

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h10'00".      Analyzed 90% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

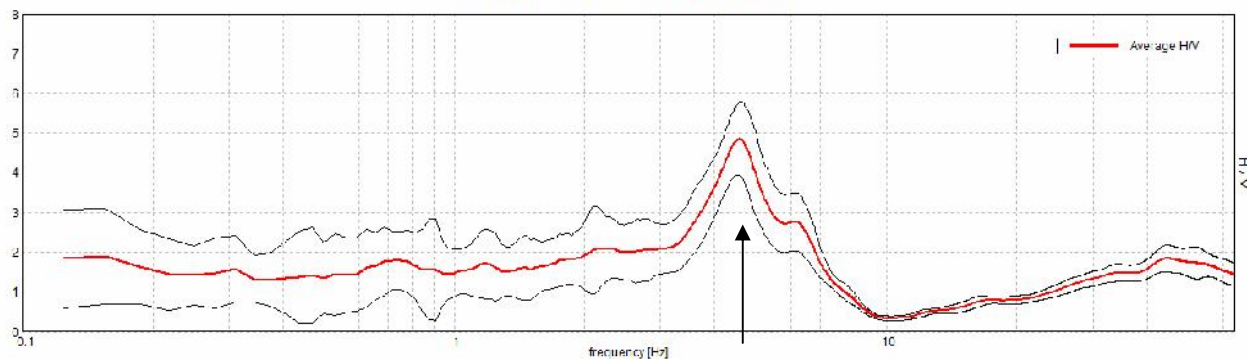
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10



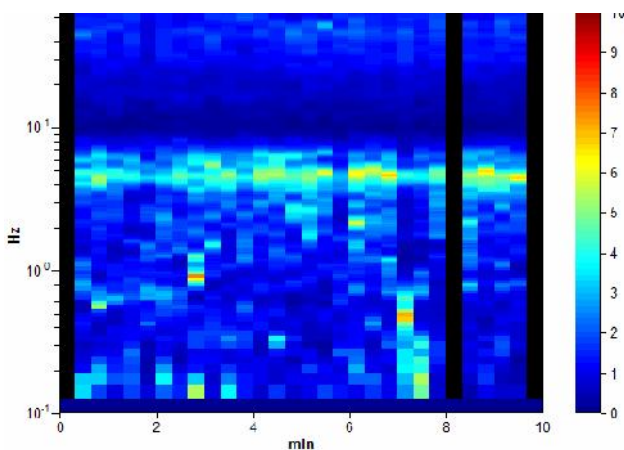
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at 4.58 ± 0.03 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

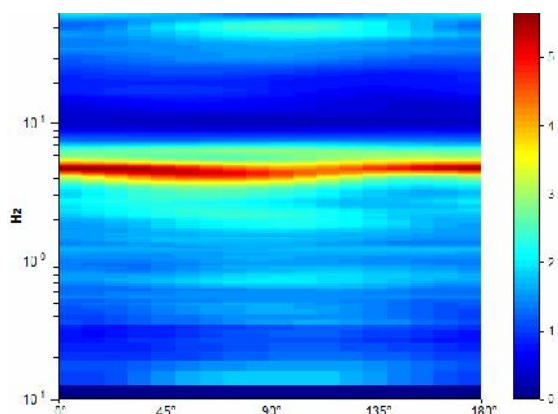


Frequenza risonanza terreno

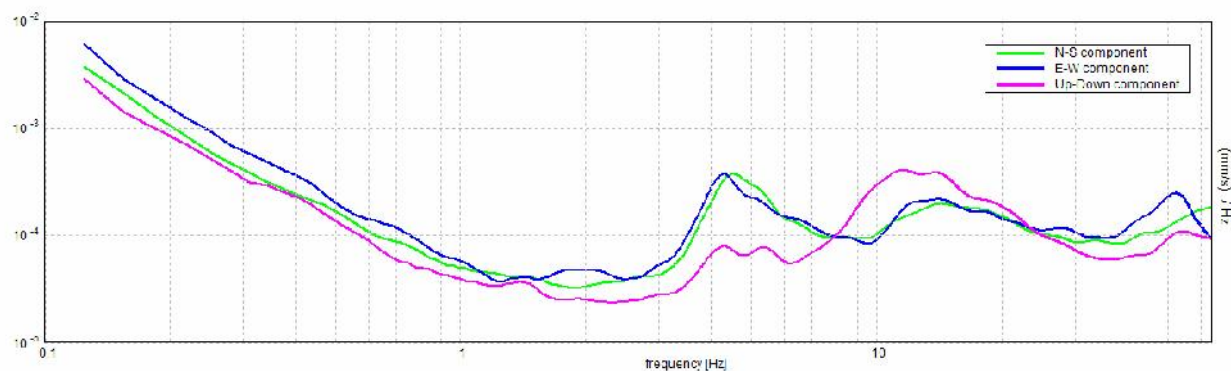
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA





According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]**

**Max. H/V at 4.59 ± 0.03 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

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

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	4.59 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2480.6 > 200	OK	
$\dagger_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\dagger_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 222 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.406 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.594 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.86 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \dagger_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00355  < 0.05$	OK	
$\dagger_f < v(f_0)$	$0.01633 < 0.22969$	OK	
$\dagger_A(f_0) < v(f_0)$	$0.4473 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

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



## SCHIO SCUOLA MARASCHIN FONDAZIONI

Instrument: TRZ-0017/01-09

Start recording: 08/11/00 17:30:02      End recording: 08/11/00 17:36:03

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

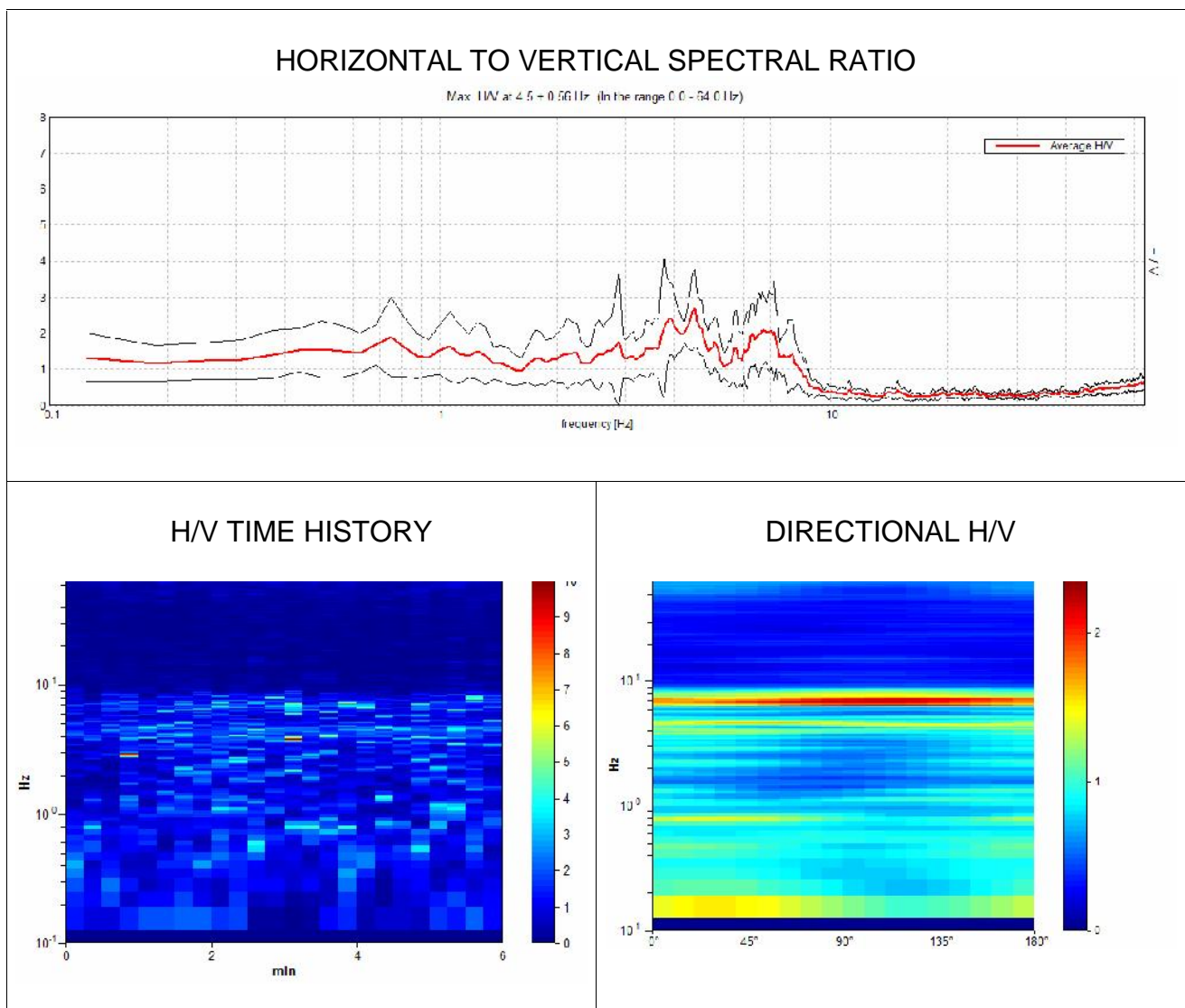
Trace length: 0h06'00".      Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 15 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 1%





## SCHIO SCUOLA MARASCHIN PRIMO SOLAIO

Instrument: TRZ-0017/01-09

Start recording: 08/11/00 17:37:12      End recording: 08/11/00 17:43:13

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

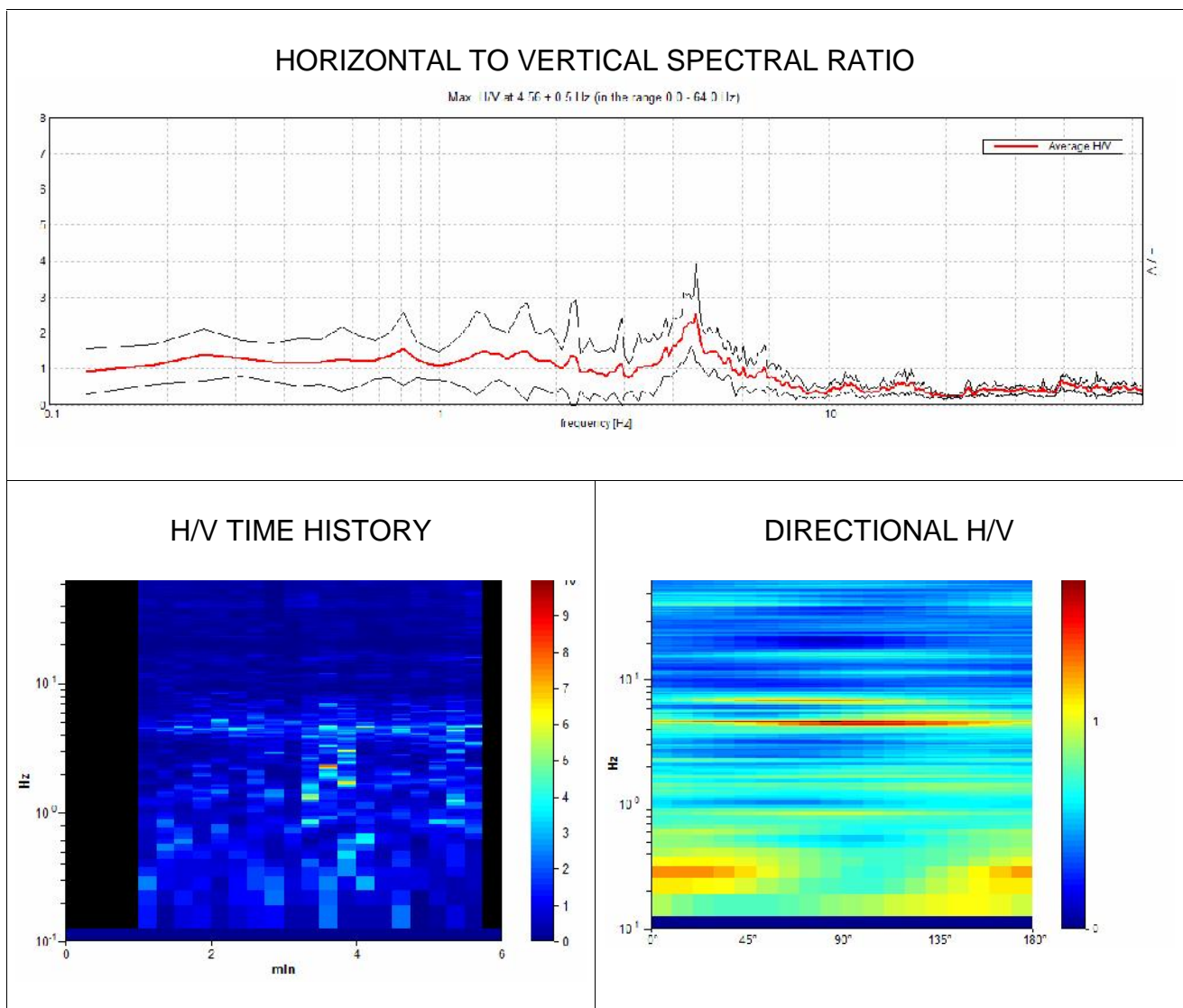
Trace length: 0h06'00".      Analyzed 79% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 15 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 1%





## SCHIO SCUOLA MARASCHIN SECONDO SOLAIO

Instrument: TRZ-0017/01-09

Start recording: 08/11/00 17:44:32      End recording: 08/11/00 17:50:33

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h06'00".      Analyzed 92% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

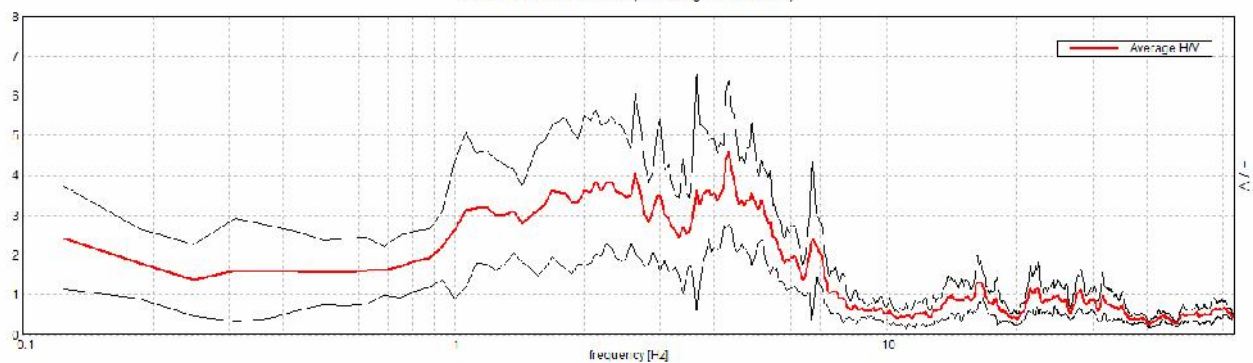
Window size: 15 s

Smoothing type: Triangular window

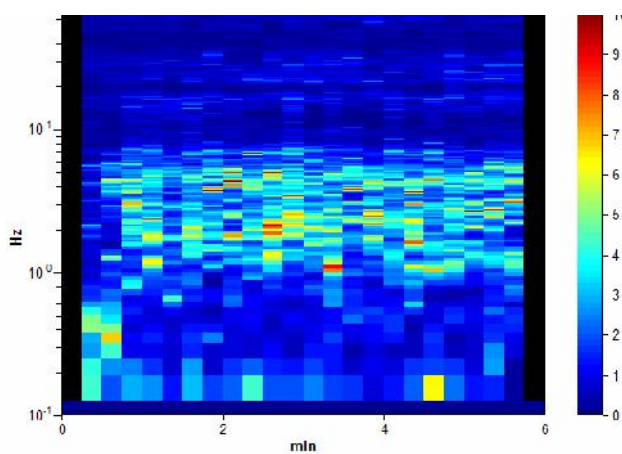
Smoothing: 1%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

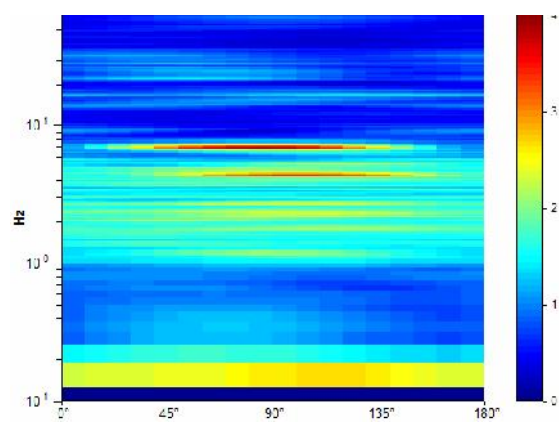
Max H/V at 4.71 + 0.54 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz)



### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



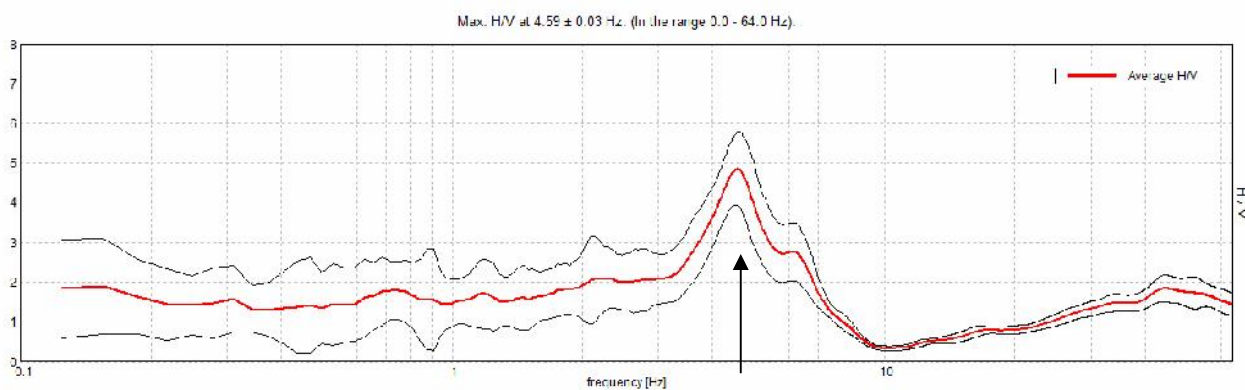


### Sintesi risultati analisi H/V

Per mettere in luce i modi di vibrare di una struttura è necessario rimuovere dalle registrazioni l'effetto del suolo. La tecnica classica per effettuare questa operazione si chiama Standard Spectral Ratio (SSR)

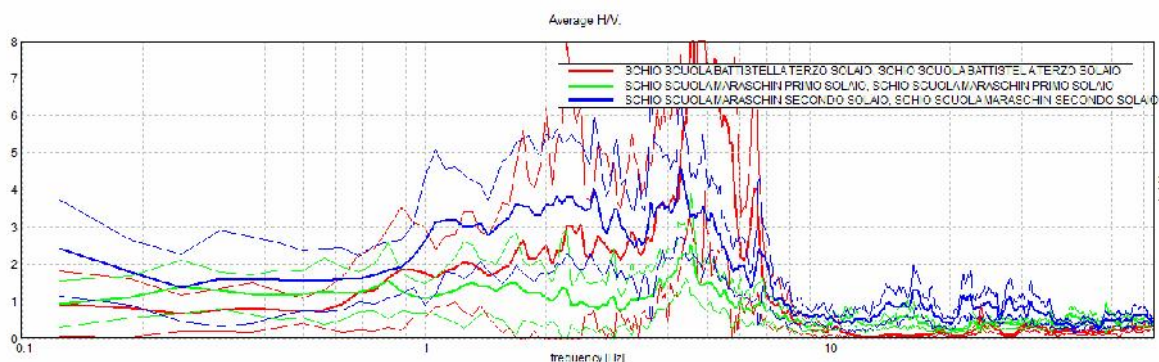
Sono state selezionate le tracce acquisite ai vari piani della struttura; è stata selezionata la traccia "sito" ovvero quella di riferimento H/V (cioè rispetto alla quale si devono deconvolvere le altre tracce) e scelta la misura al piano di fondazione.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

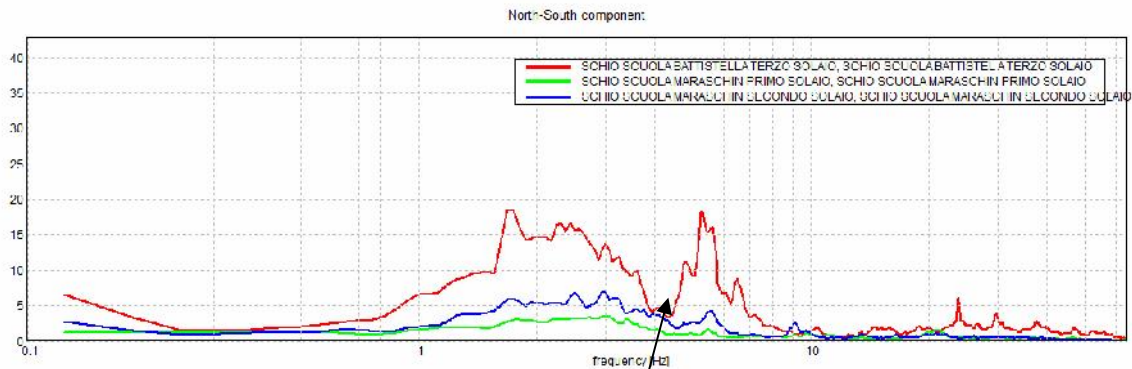


Frequenza risonanza terreno

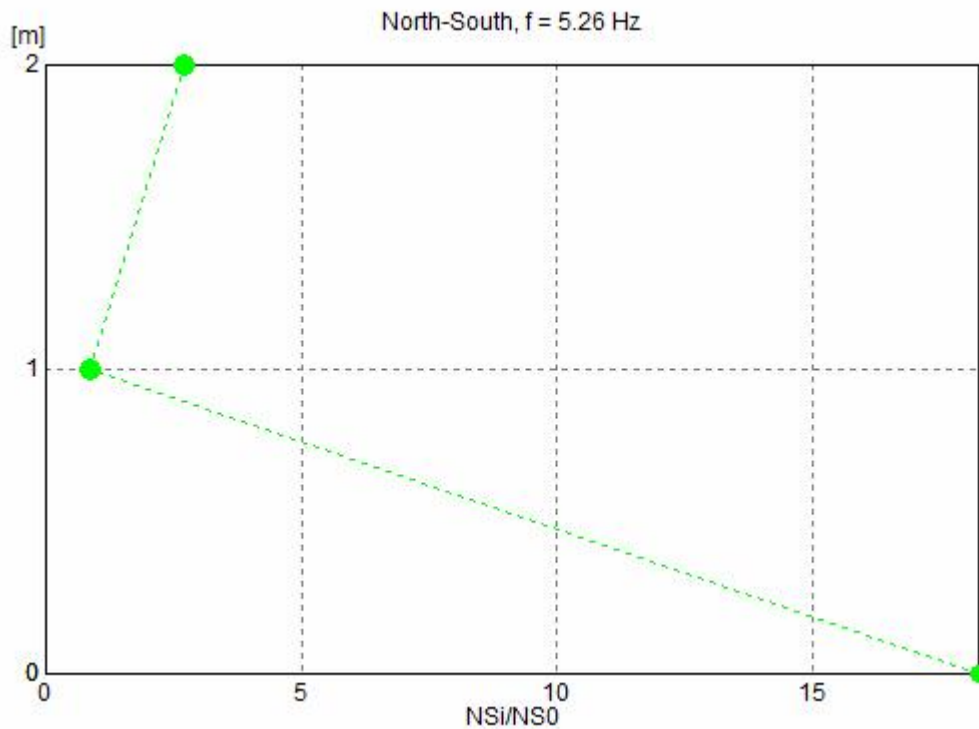
Sito: Picco H/V Terreno Max. H/V at 4.59 Hz



Tracce oggetto di SSR



Edificio: Picco Max. at 5.26 Hz



Frequenza di risonanza dell'edificio utilizzando esclusivamente il grafico del sito di riferimento Hi/Ho

$$f = 5.26 \text{ Hz}$$

Le frequenze di risonanza del sito sono risultate pari a:

- **Sito: Terreno Max. H/V at 4.59 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**
- **Edificio: Frequenza di risonanza 5,26 Hz.**





Nel caso in cui una sollecitazione si prolunghi nel tempo essa può diventare particolarmente pericolosa per l'edificio, progettato come elastico, quando il terreno trasmette una componente del segnale sismico che abbia la stessa frequenza di oscillazione della struttura:

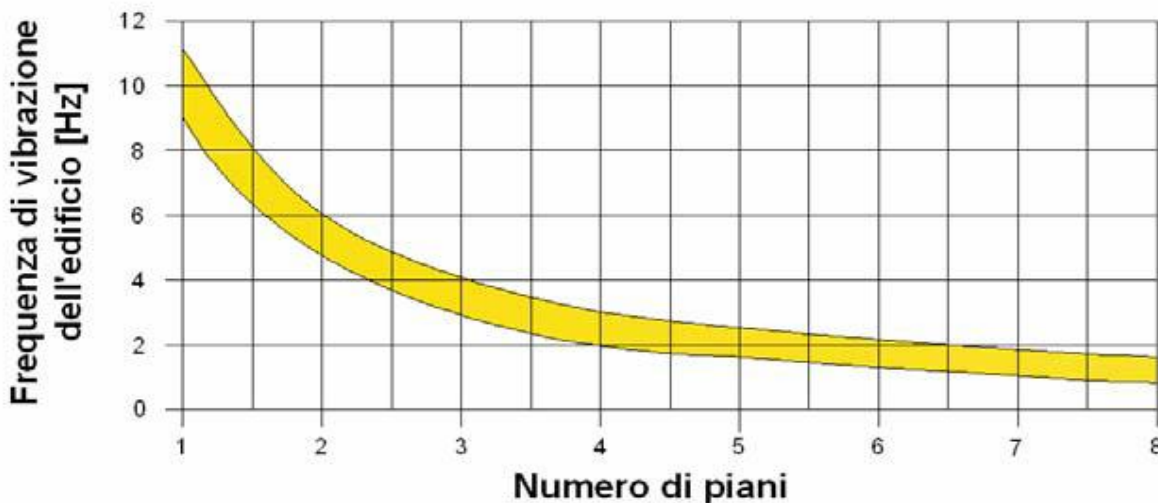
- Frequenza di oscillazione del terreno <  $f_n$  frequenza naturale di oscillazione della struttura → i danni sono "limitati"
- Frequenza di oscillazione del terreno =  $f_n$  frequenza naturale di oscillazione della struttura → i danni sono "illimitati".

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula (cfr. Es. Pratt):

**freq. Naturale edificio  $\approx 10$  Hz / numero piani**

E' la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura ad essere particolarmente pericolosa, poiché da luogo alla massima amplificazione e deve quindi essere oggetto di studi approfonditi.

**freq. naturale edificio    freq. fondamentale di risonanza del sito**



Dai risultati ottenuti si osserva che la frequenza di risonanza della struttura risulta di poco superiore alla frequenza di risonanza del terreno (di sito).

**Frequenza terreno 4,59 Hz <= frequenza edificio 5,26 Hz.**

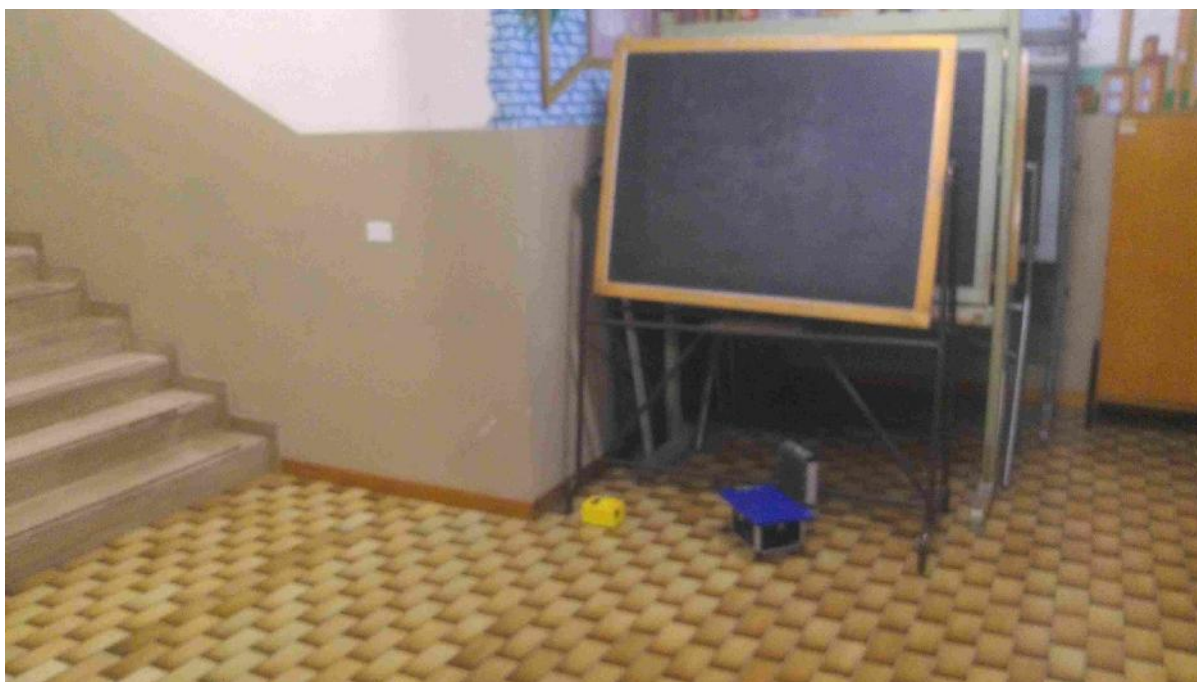
Le frequenze di risonanza risultano molto vicine con il rischio di aumentare i danni in caso di terremoto.



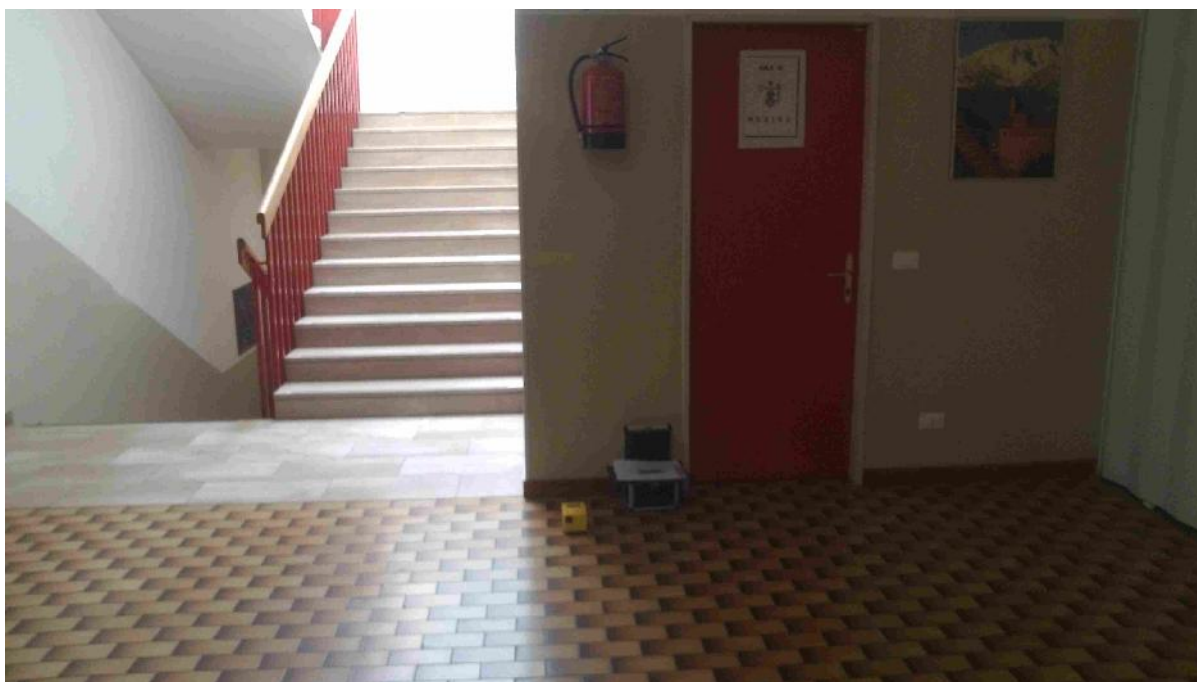
Documentazione fotografica



H/V Terreno



Fondazioni



Primo solaio



Secondo solaio