



## VERIFICA CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO/STRUTTURA CASERMA CARABINIERI

### 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 caserma dei Carabinieri 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 CARABINIERI

Instrument: TRZ-0017/01-09

Start recording: 08/11/00 15:02:46      End recording: 08/11/00 15:12:47

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

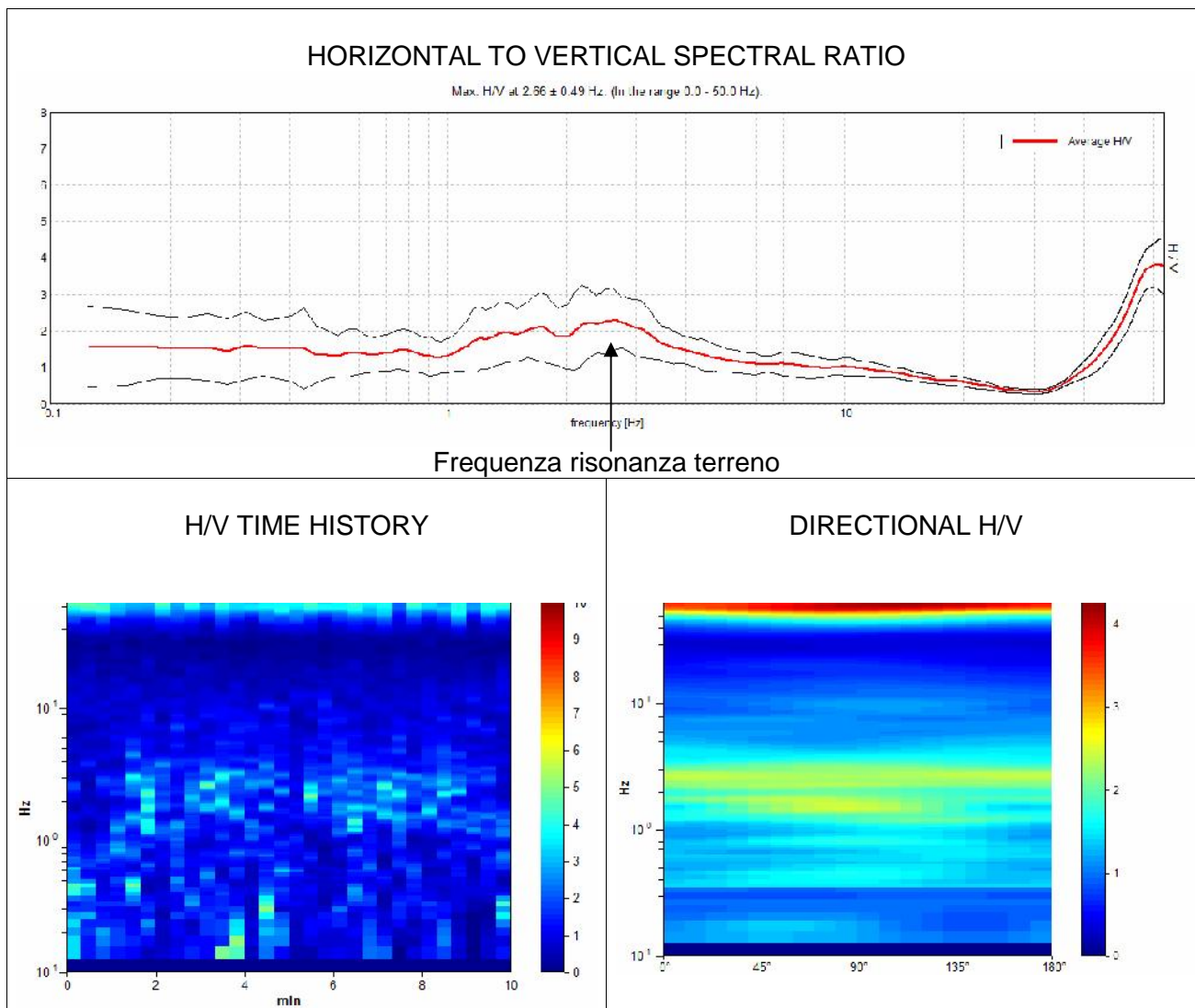
Trace length: 0h10'00".      Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

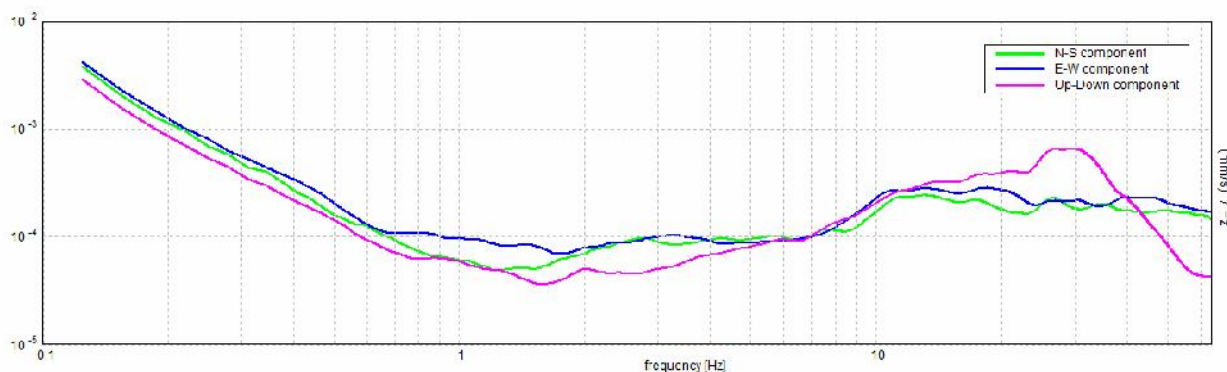
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%



### SINGLE COMPONENT SPECTRA





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

**Max. H/V at  $2.66 \pm 0.49$  Hz (in the range 0.0 - 50.0 Hz).**

### Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.66 > 0.50$	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	$1593.8 > 200$	<b>OK</b>	
$\dagger_A(f) < 2$ 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 128 times	<b>OK</b>	

### Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.438 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	$2.30 > 2$	<b>OK</b>	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \dagger_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.08809  < 0.05$		
$\dagger_f < \nu(f_0)$	$0.234 < 0.13281$		
$\dagger_A(f_0) < \nu(f_0)$	$0.3938 < 1.58$	<b>OK</b>	

$L_w$	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 CARABINIERI FONDAZIONE

Instrument: TRZ-0017/01-09

Start recording: 08/11/00 15:15:13 End recording: 08/11/00 15:21:14

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

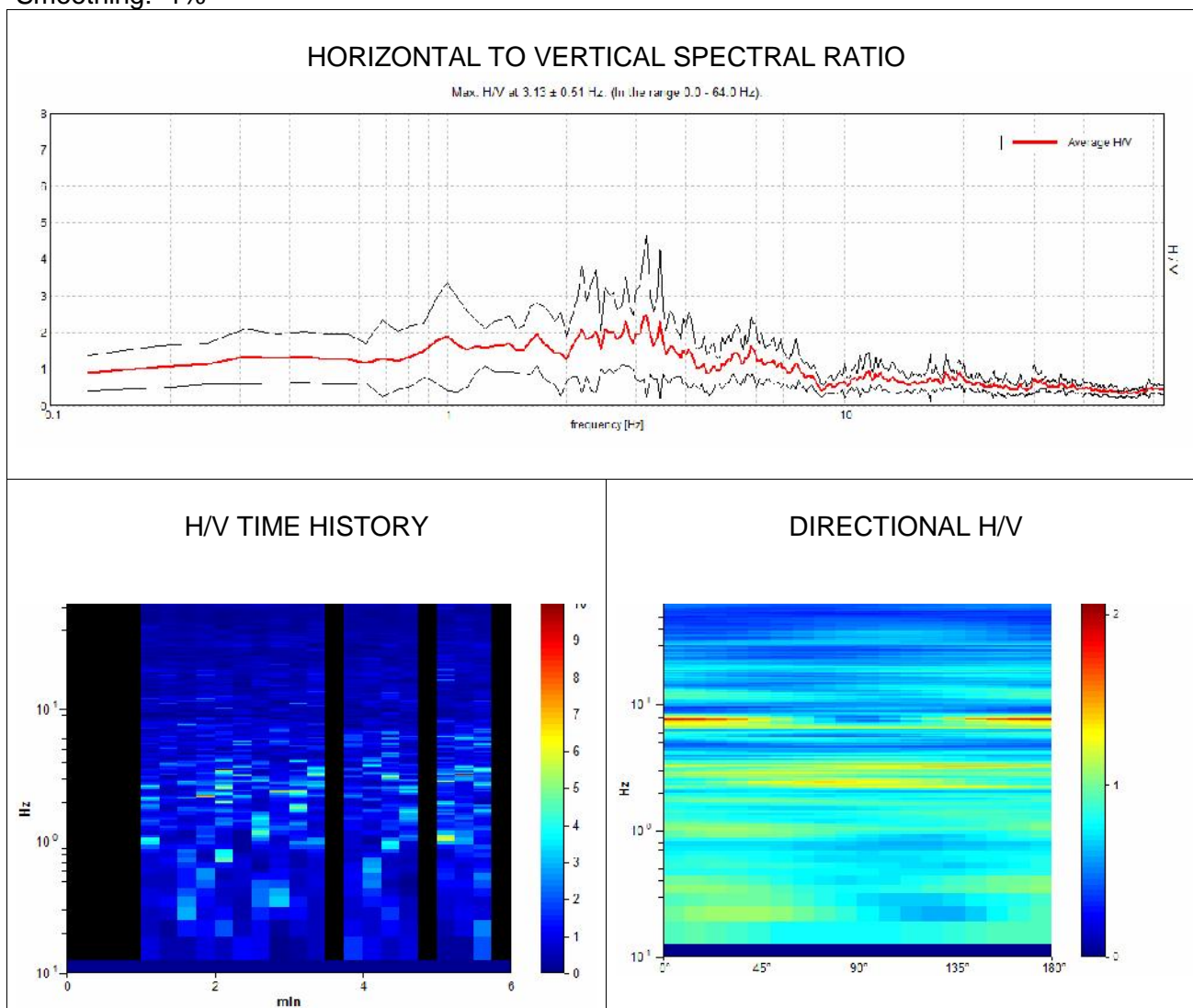
Trace length: 0h06'00". Analyzed 71% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 15 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 1%





### SCHIO CARABINIERI PRIMO SOLAIO

Instrument: TRZ-0017/01-09

Start recording: 08/11/00 15:22:21 End recording: 08/11/00 15:28:22

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

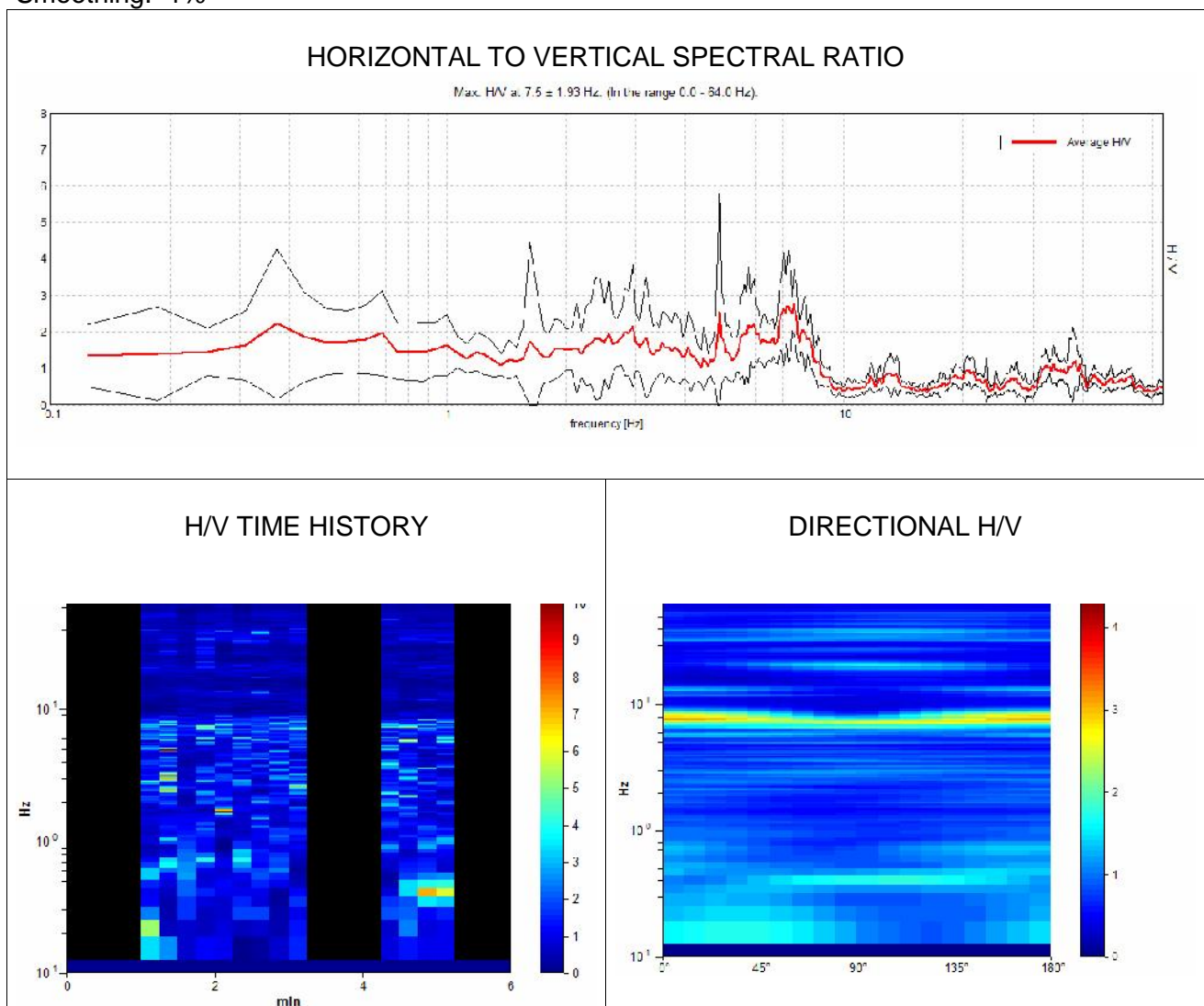
Trace length: 0h06'00". Analyzed 54% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 15 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 1%







### SCHIO CARABINIERI SECONDO SOLAIO

Instrument: TRZ-0017/01-09

Start recording: 08/11/00 15:29:42 End recording: 08/11/00 15:35:43

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

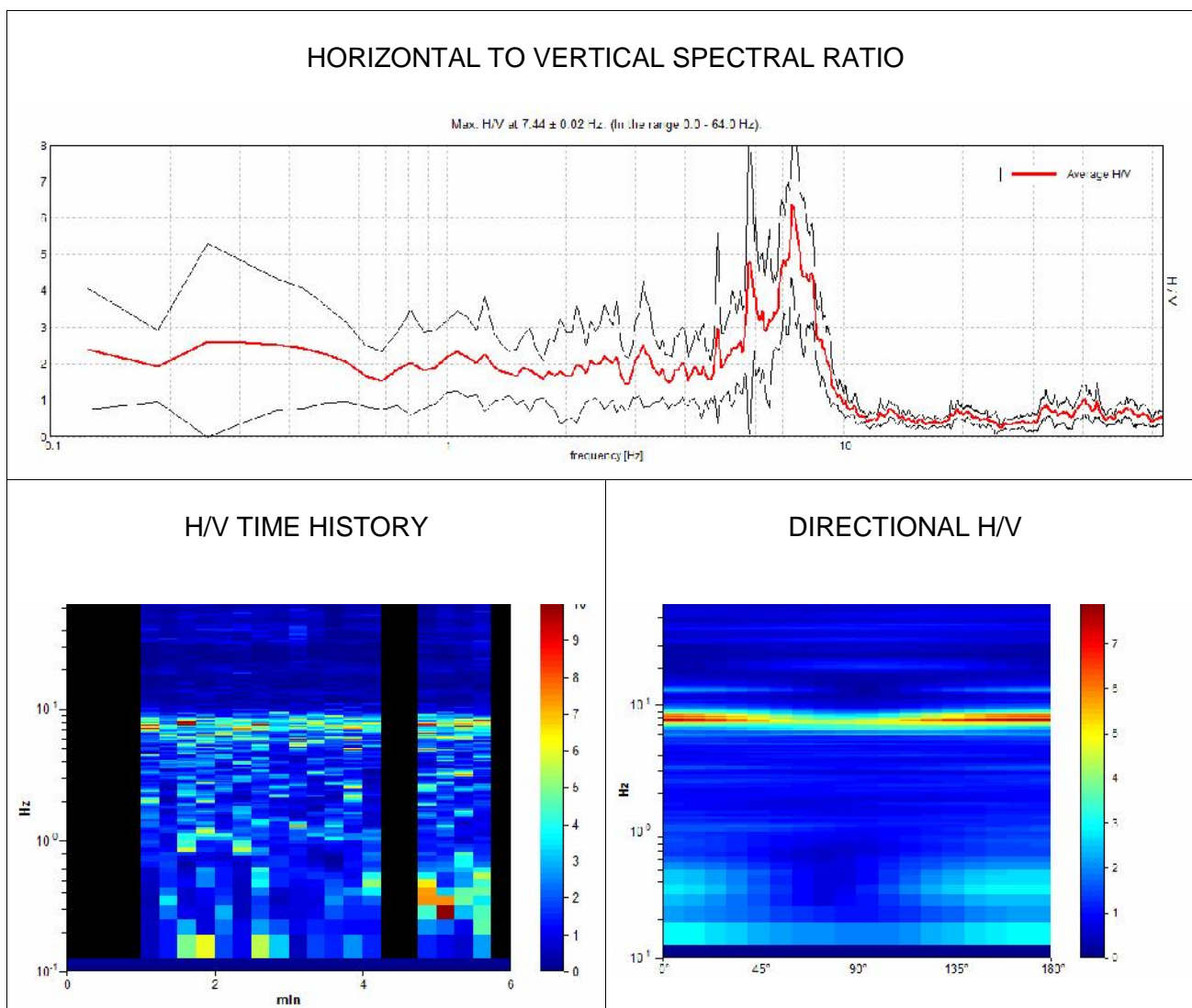
Trace length: 0h06'00". Analyzed 71% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 15 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 1%



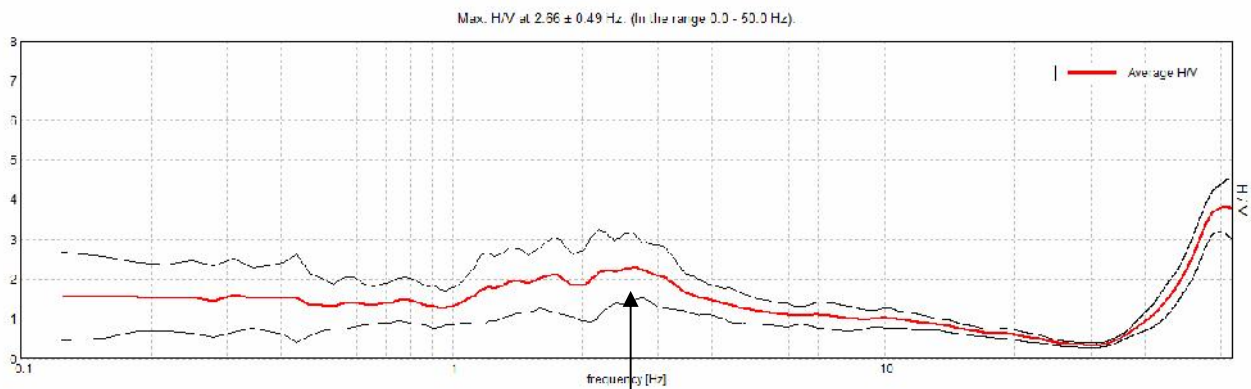


### Sintesi risultati analisi H/V

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)

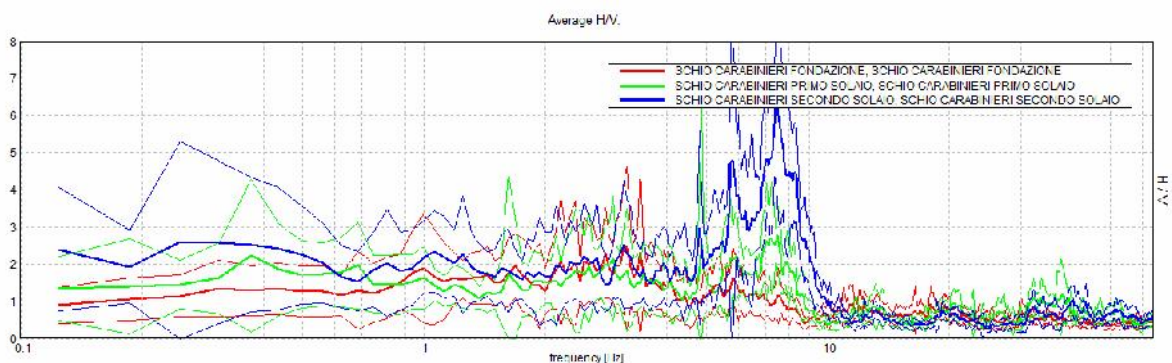
Sono state selezionate le tracce acquisite ai vari piani della struttura; è stata selezionata la traccia "sito" ovvero quella di riferimento H/V (cioè rispetto alla quale si devono deconvolvere le altre tracce) e scelta la misura al piano di fondazione.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

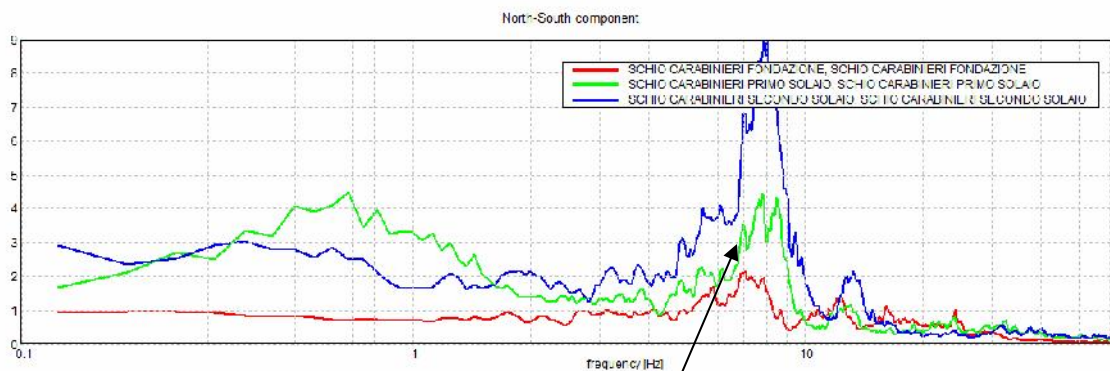


Frequenza risonanza terreno

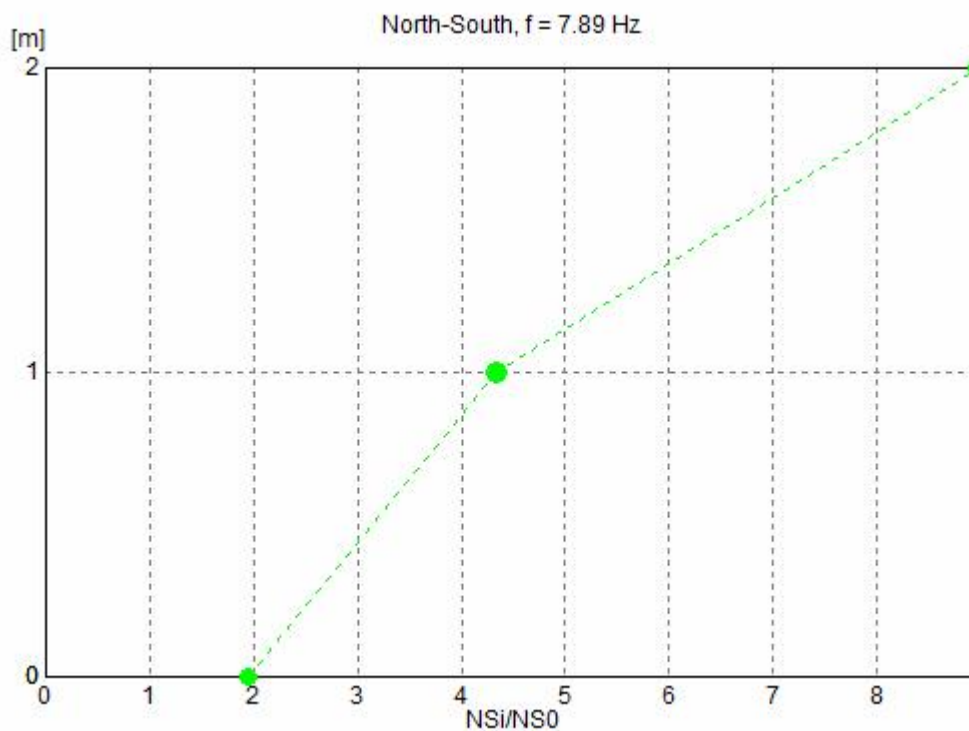
Sito: Picco H/V Terreno Max. H/V at 2.66 Hz



Tracce oggetto di SSR



Edificio: Picco Max. at 7.89 Hz



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

$$f = 7.89 \text{ Hz}$$





Le frequenze di risonanza del sito sono risultate pari a:

- **Sito: Terreno Max. H/V at 2.66 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**
- **Edificio: Frequenza di risonanza 7,89 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:

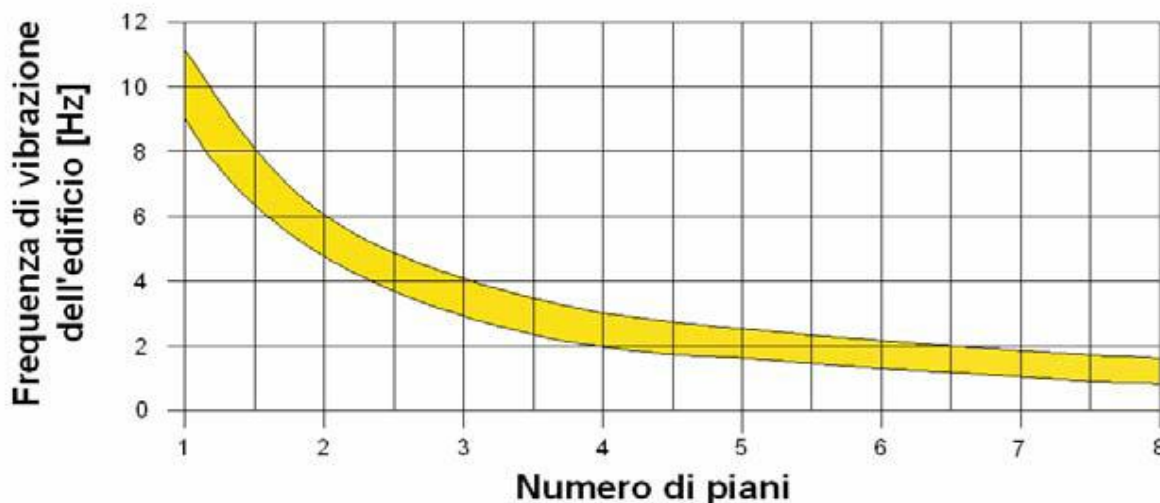
- Frequenza di oscillazione del terreno <  $F_n$  frequenza naturale di oscillazione della struttura → i danni sono "limitati"
- Frequenza di oscillazione del terreno =  $F_n$  frequenza naturale di oscillazione della struttura → i danni sono "illimitati".

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 superiore alla frequenza di risonanza del terreno (di sito).

**Frequenza terreno 2,66 Hz < frequenza edificio 7,89 Hz.**

Non risultano coincidere i valori di risonanza tra struttura e terreno, limitando i danni in caso di terremoto.



Documentazione fotografica



H/V Terreno



Fondazioni



Primo solaio



Secondo solaio