

VELO, T23

Instrument: TEP-0124/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 04/01/17 11:29:23 End recording: 04/01/17 11:45:23

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;

Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-

GPS location: 011°21.9256 E, 45°47.4851 N (315.7 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 06

Trace length: 0h16'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)

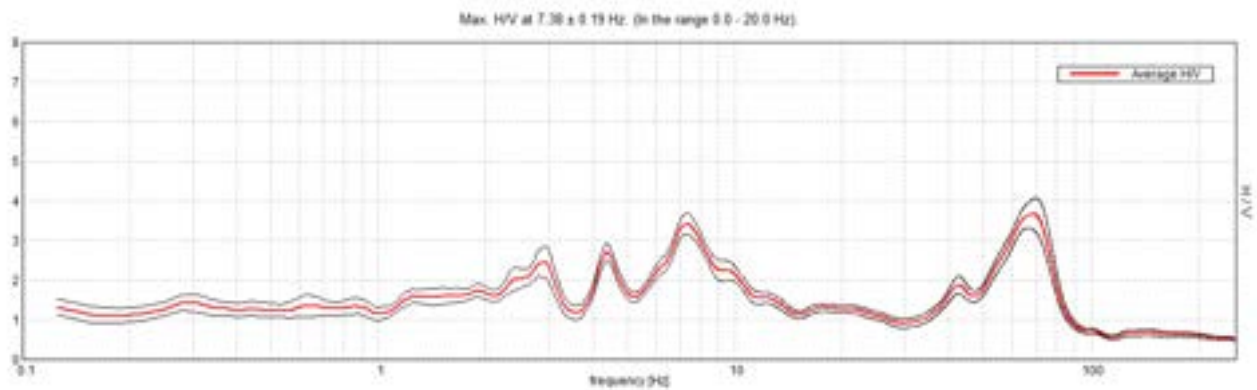
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

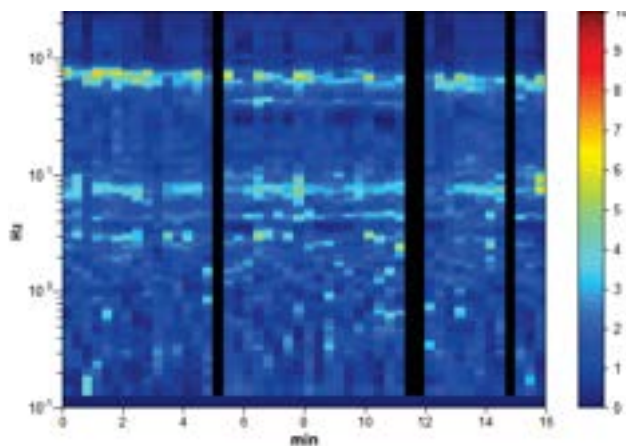
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

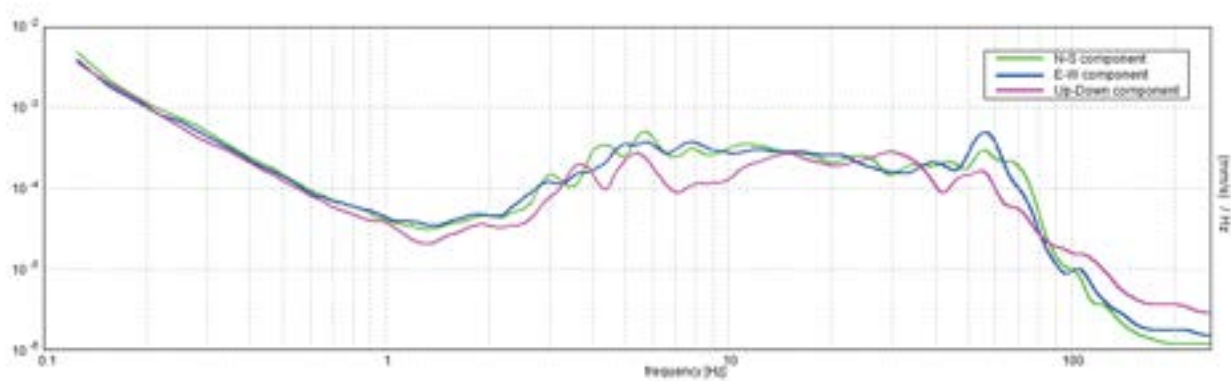
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 7.38 ± 0.19 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$7.38 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$6490.0 > 200$	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 355 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	5.5 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	10.969 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.44 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02554 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.18833 < 0.36875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2673 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T24

Instrument: TEP-0124/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 04/01/17 13:09:22 End recording: 04/01/17 13:25:22

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;

Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-

GPS location: 011°21.5906 E, 45°47.6913 N (323.5 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 06

Trace length: 0h16'00". Analysis performed on the entire trace.

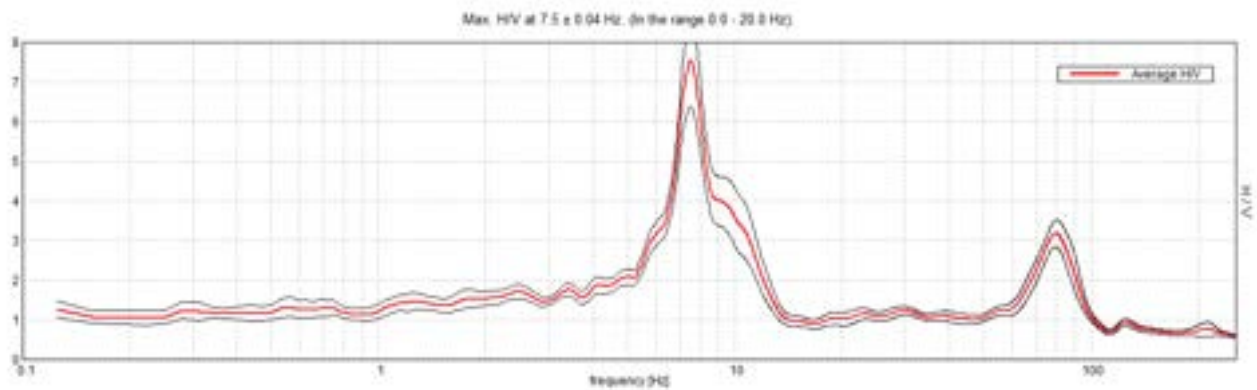
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

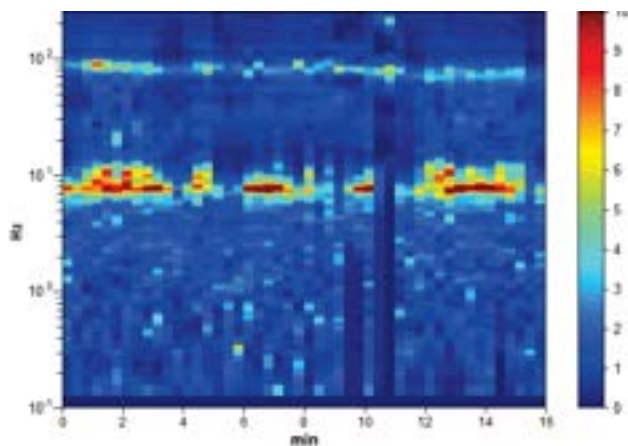
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

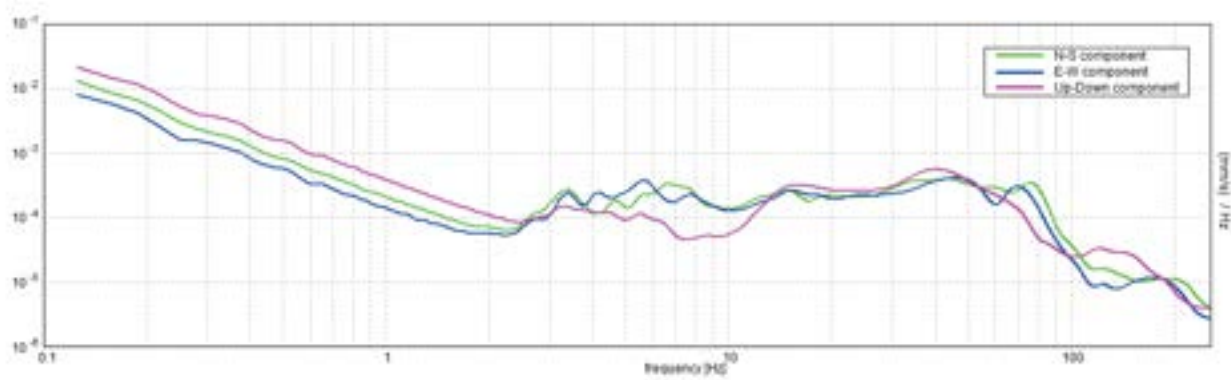
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 7.5 ± 0.04 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$7.50 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$7200.0 > 200$	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 361 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	6.5 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	9.781 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$7.54 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00503 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.03774 < 0.375$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.1597 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T25

Instrument: TEP-0124/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 04/01/17 17:17:45 End recording: 04/01/17 17:33:45

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;

Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-

GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 85% trace (manual window selection)

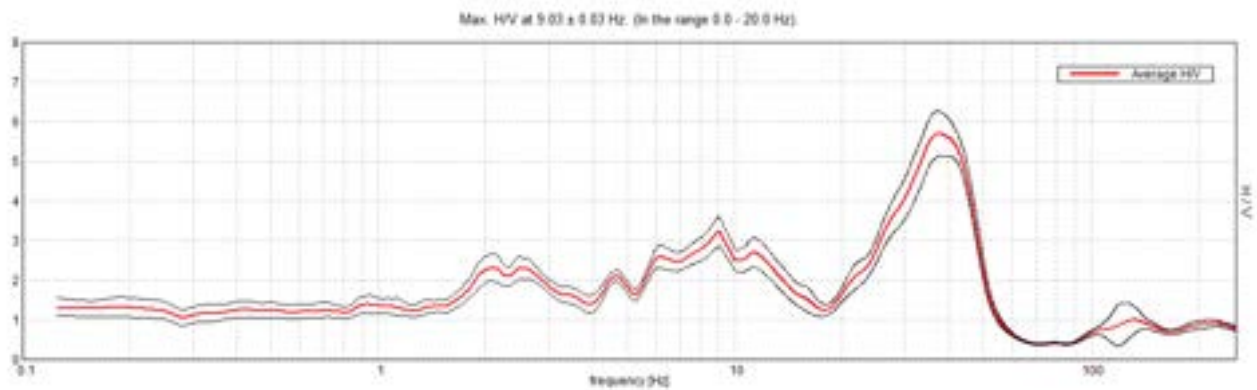
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

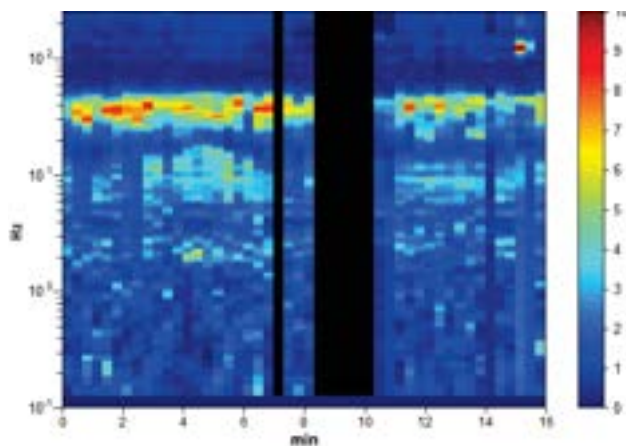
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

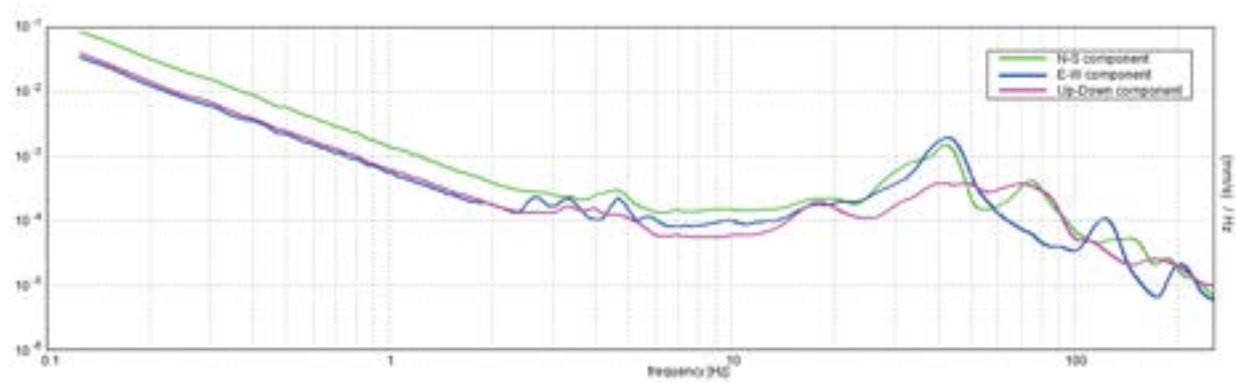
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 9.03 ± 0.03 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$9.03 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$7405.6 > 200$	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 434 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.188 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	15.219 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.24 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00306 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02761 < 0.45156$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3758 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T26

Instrument: TEP-0124/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 04/01/17 14:03:30 End recording: 04/01/17 14:18:46

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;

Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-

GPS location: 011°21.0309 E, 45°47.9662 N (310.6 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 04

Trace length: 0h15'12". Analyzed 80% trace (manual window selection)

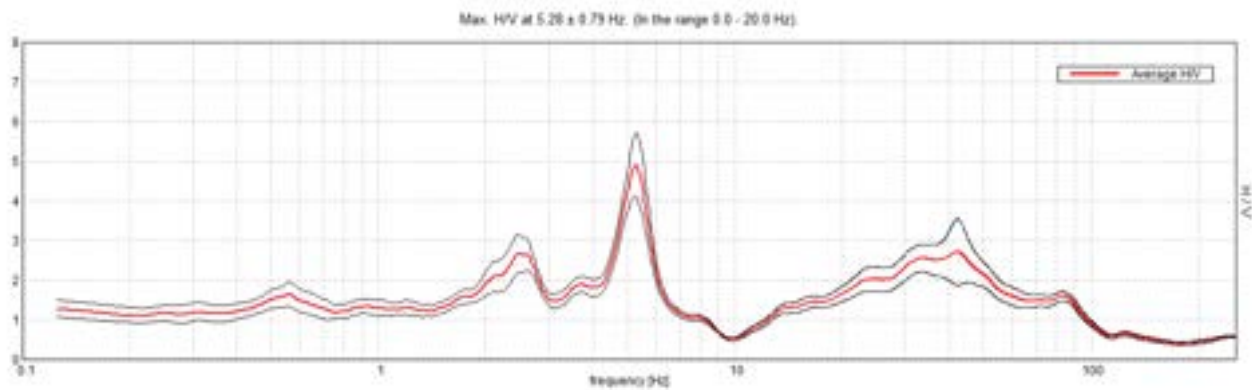
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

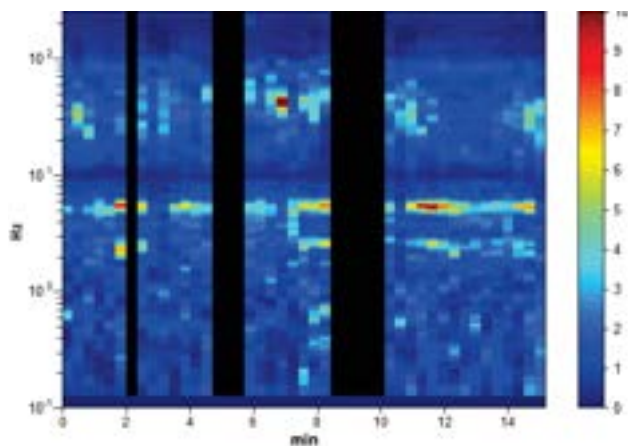
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

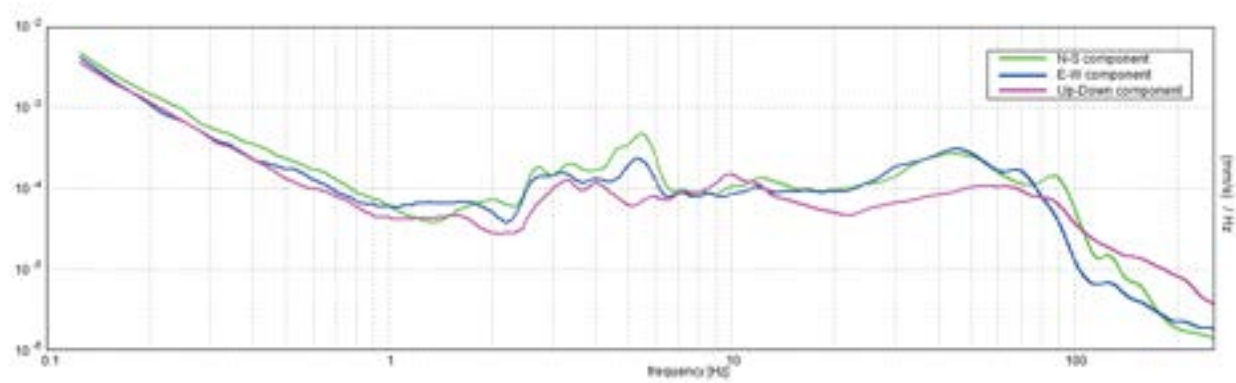
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 5.28 ± 0.79 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$5.28 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3802.5 > 200$	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 254 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.5 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.969 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.90 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.14935 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.78877 < 0.26406$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8009 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

Max. H/V at 19.97 ± 3.96 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).VELO, T27

Instrument: TEP-0124/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 04/01/17 14:28:08 End recording: 04/01/17 14:44:08

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;

Y+ Y- ; X+ X- ; Z+ Z- 19.97 > 0.50OK18770.6 > 200OKExceeded 0 out of 960 timesOK

GPS location: 011°21.1846 E, 45°47.7520 N (370.9 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 058.313 HzOK29.219 HzOK3.41 > 2OK|0.19822| < 0.05NO3.9582 < 0.99844NO0.3576 < 1.58OK

Trace length: 0h16'00". Analyzed 98% trace (manual window selection)

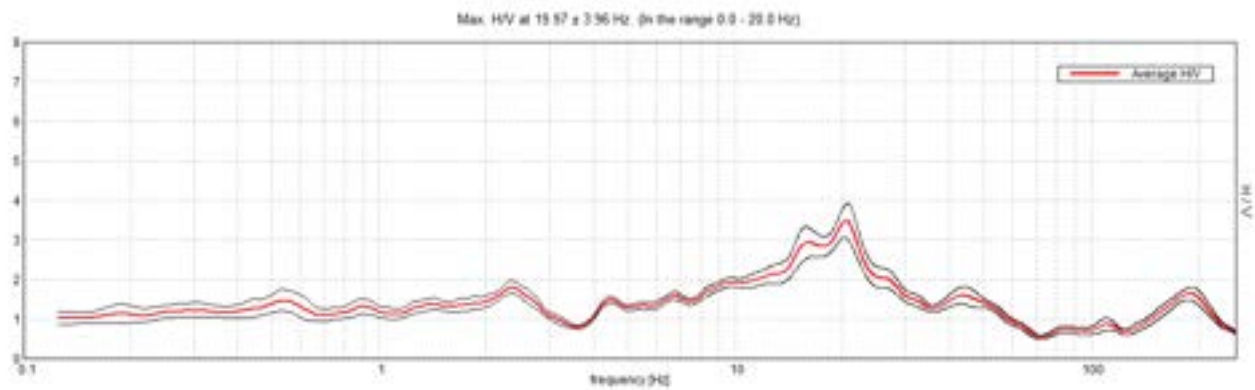
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

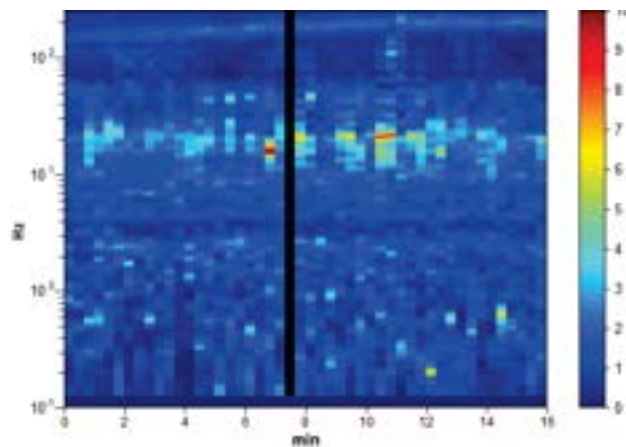
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

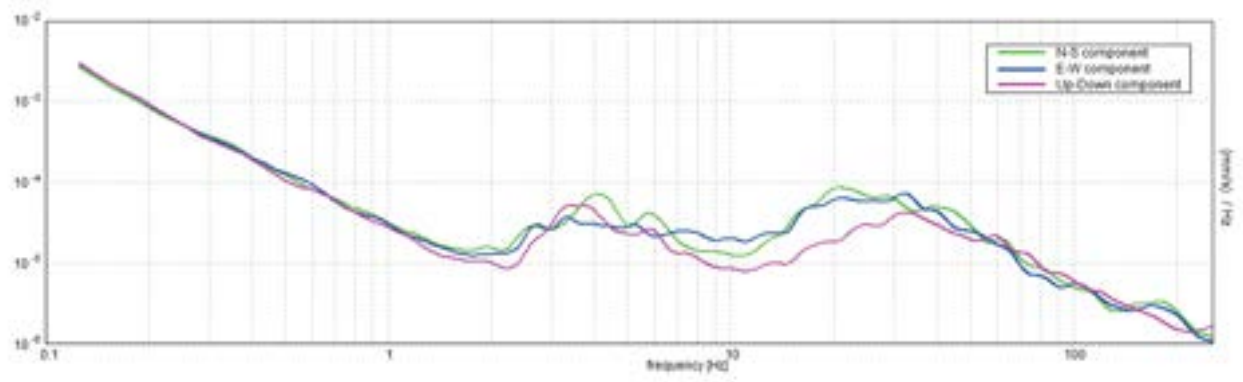
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

--

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$			
$n_c(f_0) > 200$			
$\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$			
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 $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			
$A_0 > 2$			
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$			
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$			
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$			

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
σ_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 σ_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

VELO, T28

Instrument: TRS-0013/01-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 05/01/07 09:05:57 End recording: 05/01/07 09:21:58

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS location: 011°21.0137 E, 45°47.6735 N (40.4 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 04

Trace length: 0h16'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)

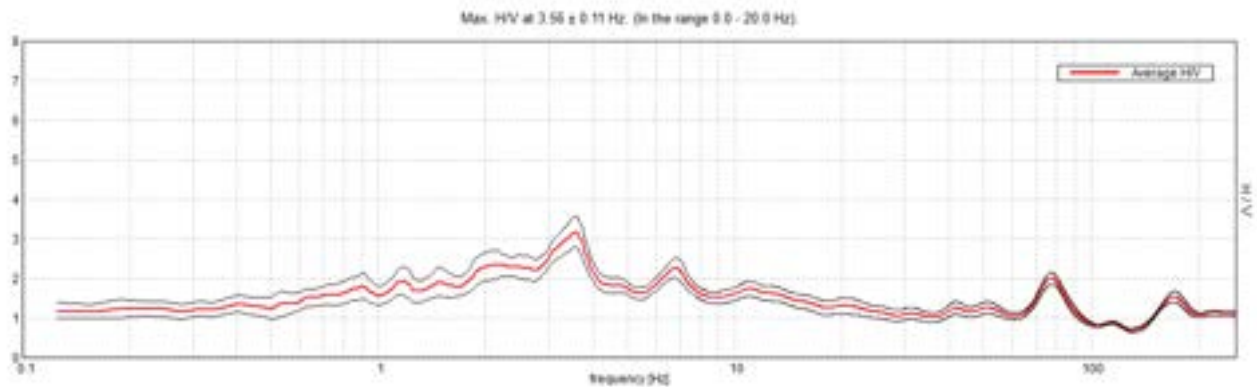
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

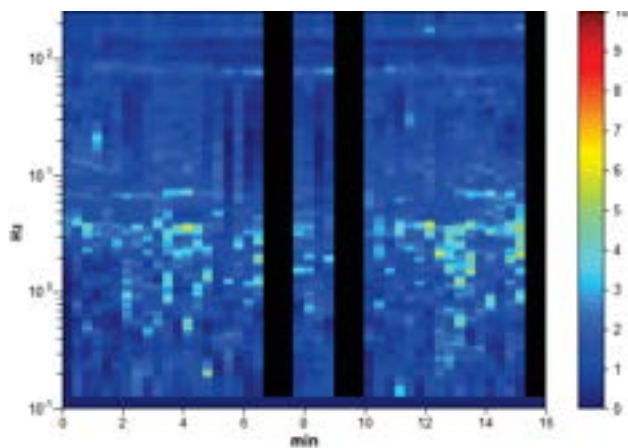
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

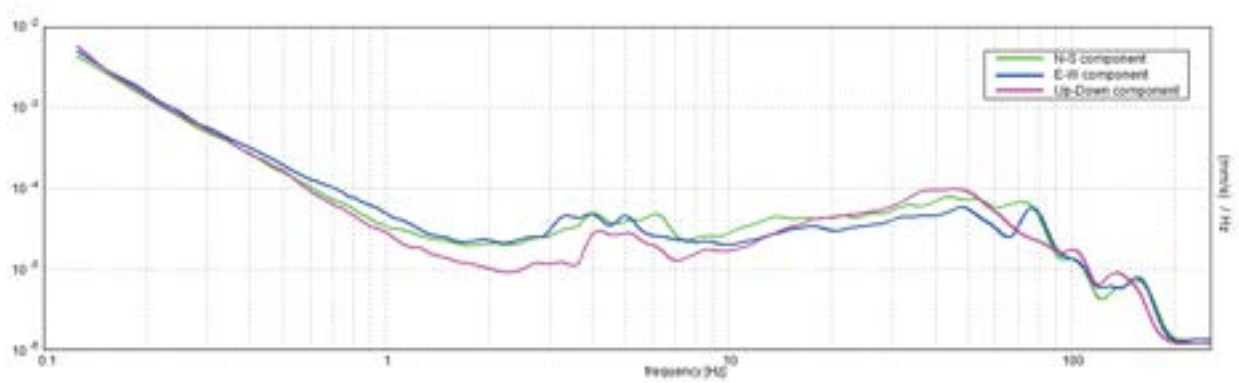
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 3.56 ± 0.11 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.56 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2850.0 > 200$	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 172 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.0 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.156 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.19 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03202 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.11407 < 0.17813$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3855 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T29

Instrument: TEP-0124/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 20/01/17 11:33:56 End recording: 20/01/17 11:45:10

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;

Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-

GPS location: 011°20.9899 E, 45°47.5500 N (404.4 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 06

Trace length: 0h11'12". Analyzed 79% trace (manual window selection)

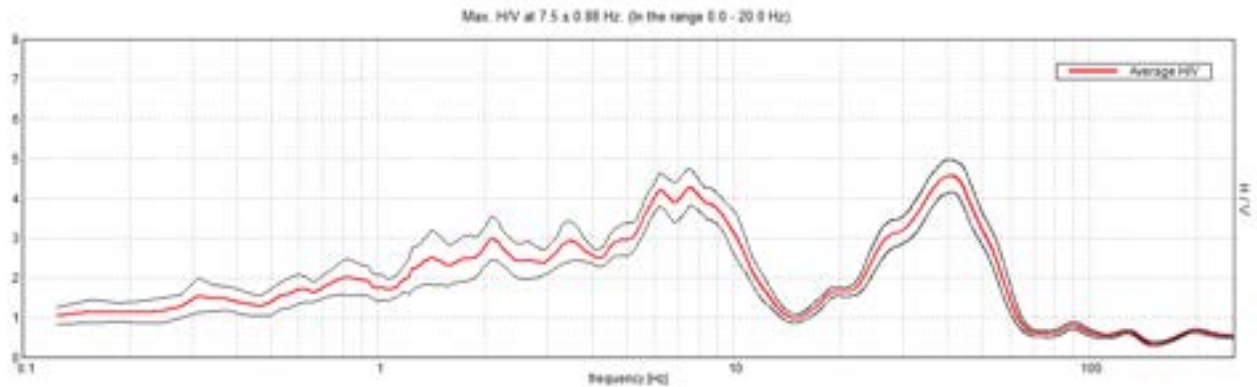
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

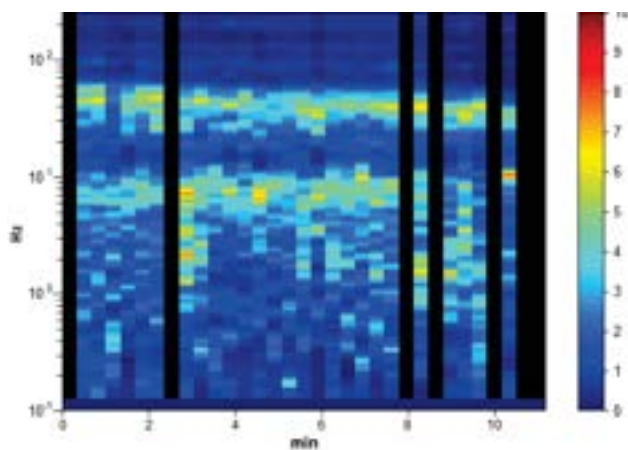
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

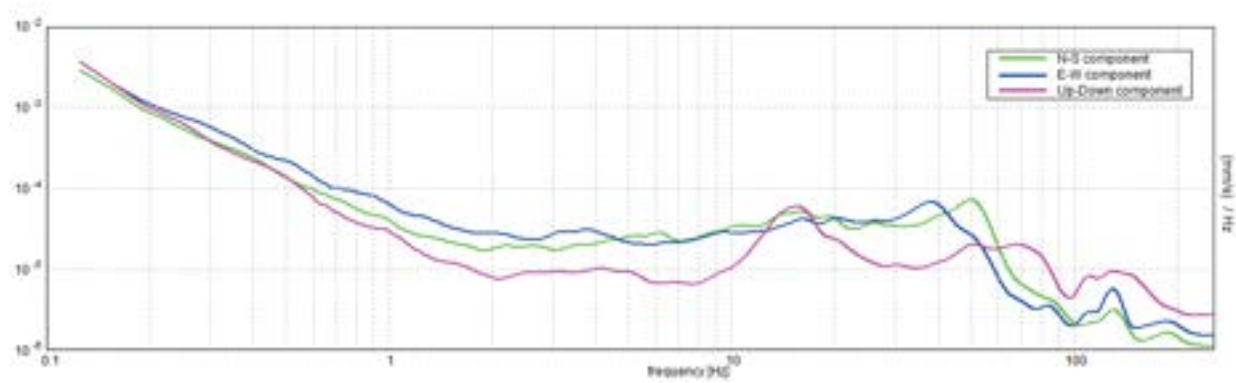
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 7.5 ± 0.88 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$7.50 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3900.0 > 200$	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 361 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	11.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.28 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.11796 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.88469 < 0.375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.473 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T30

Instrument: TEP-0124/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 20/01/17 11:51:30 End recording: 20/01/17 12:03:26

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;

Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-

GPS location: 011°20.4583 E, 45°47.7858 N (492.9 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 06

Trace length: 0h11'48". Analyzed 77% trace (manual window selection)

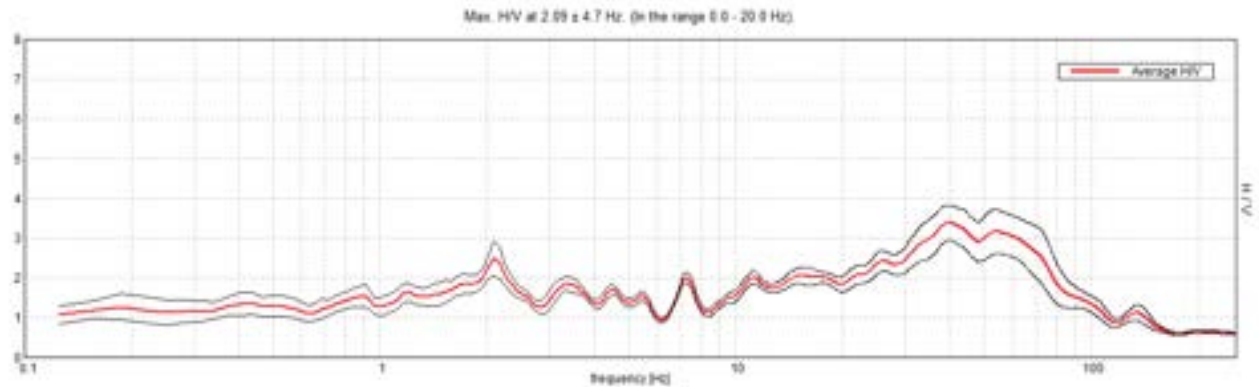
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

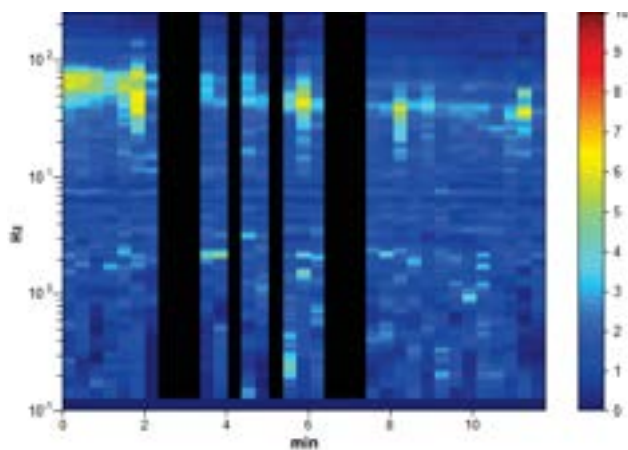
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

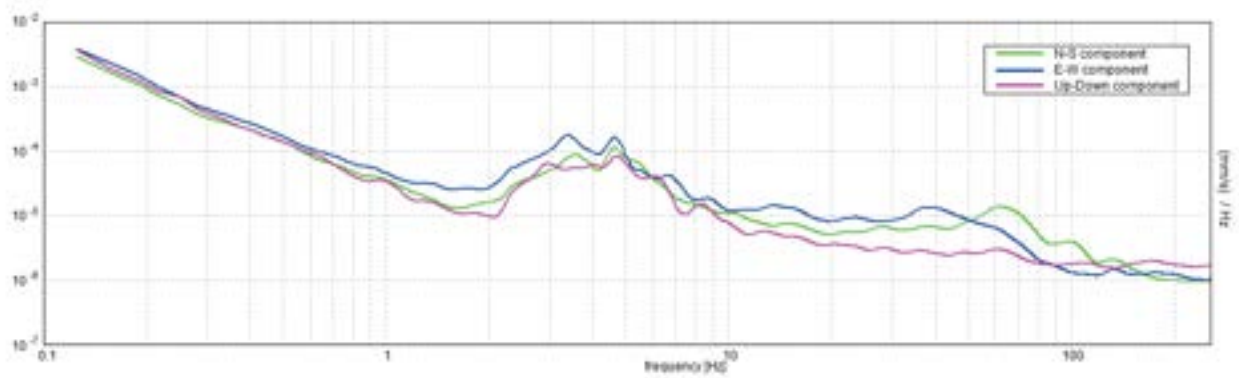
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 2.09 ± 4.7 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.09 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1130.6 > 200$	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 102 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.688 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.813 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.50 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 2.24545 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$4.70141 < 0.10469$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4344 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T31

Instrument: TRS-0013/01-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 05/01/07 11:14:29 End recording: 05/01/07 11:30:29

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS location: 011°20.5452 E, 45°47.7308 N (77.6 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 04

Trace length: 0h16'00". Analyzed 71% trace (manual window selection)

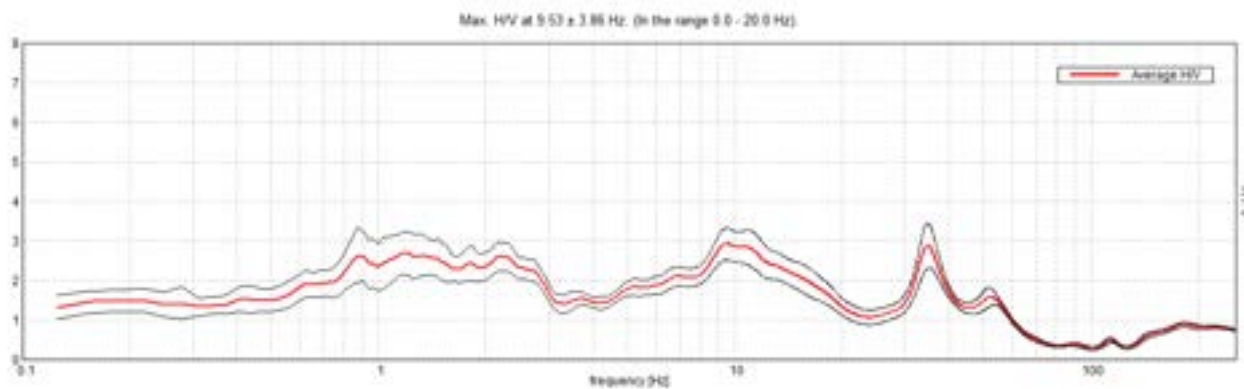
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

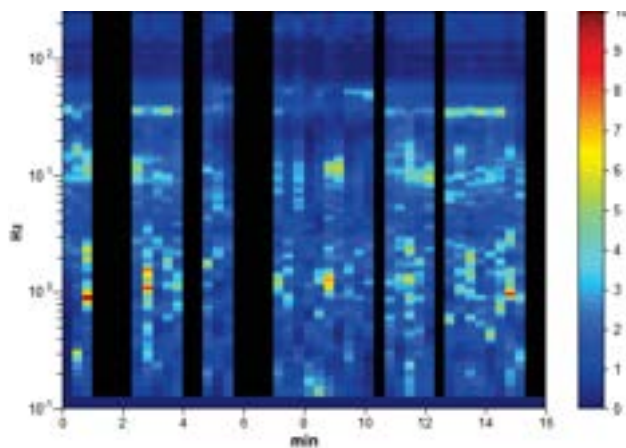
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

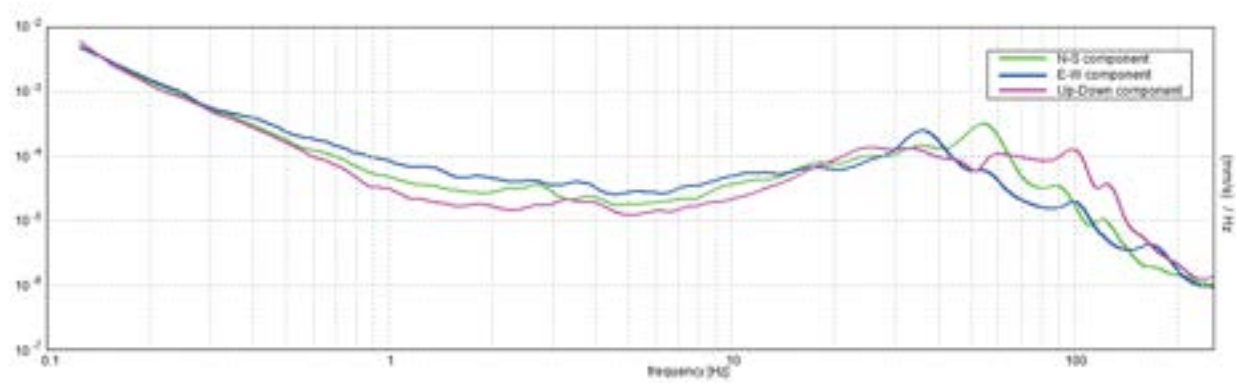
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 9.53 ± 3.86 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$9.53 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$6481.3 > 200$	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 458 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.344 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	19.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.93 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.40506 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$3.86069 < 0.47656$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4046 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T32

Instrument: TRS-0013/01-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 05/01/07 12:26:59 End recording: 05/01/07 12:43:00

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS location: 011°22.6349 E, 45°48.0360 N (305.1 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 04

Trace length: 0h16'00". Analyzed 88% trace (manual window selection)

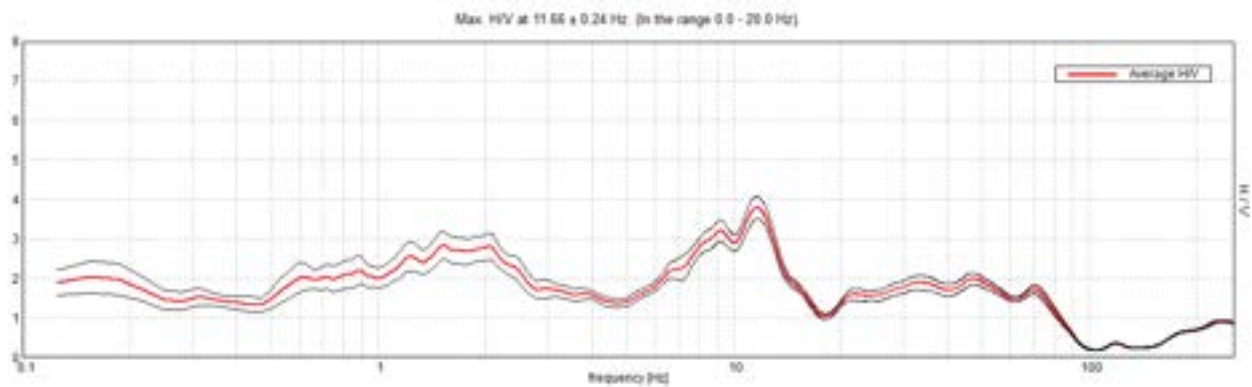
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

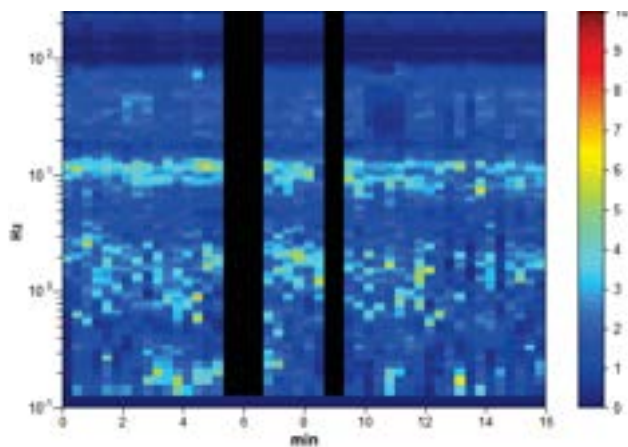
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

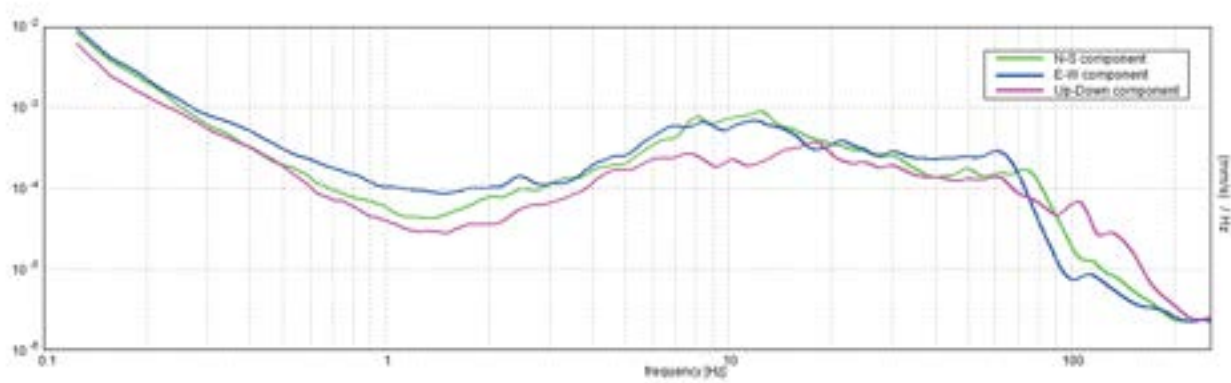
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 11.66 ± 0.24 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$11.66 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$9791.3 > 200$	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 560 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	6.156 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	14.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.79 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02073 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.24168 < 0.58281$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2757 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, VE T33 CEUNTRY NAME

Instrument: TRS-0013/01-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 07/01/07 09:55:30 End recording: 07/01/07 10:11:31

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS location: 011°23.5591 E, 45°46.7096 N (452.5 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 05

Trace length: 0h16'00". Analyzed 67% trace (manual window selection)

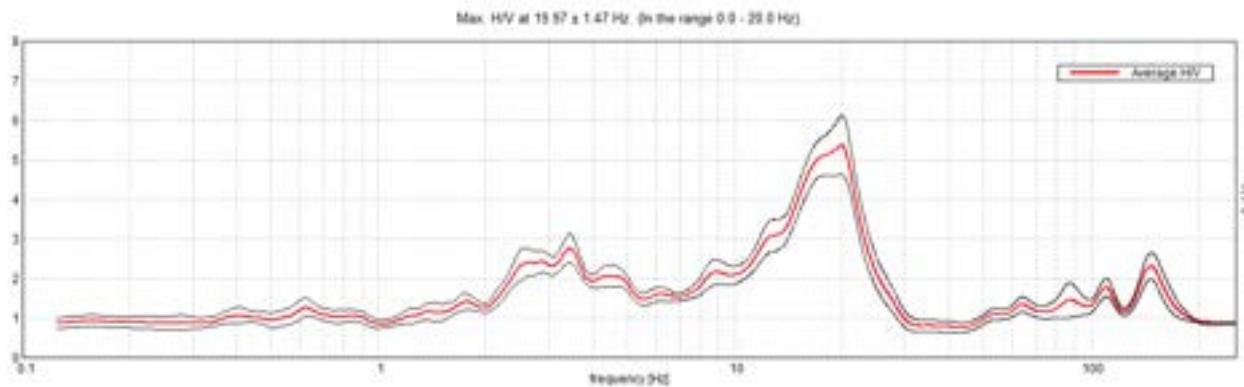
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

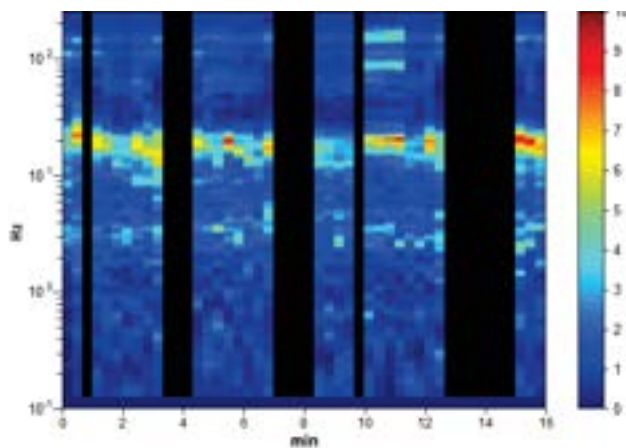
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

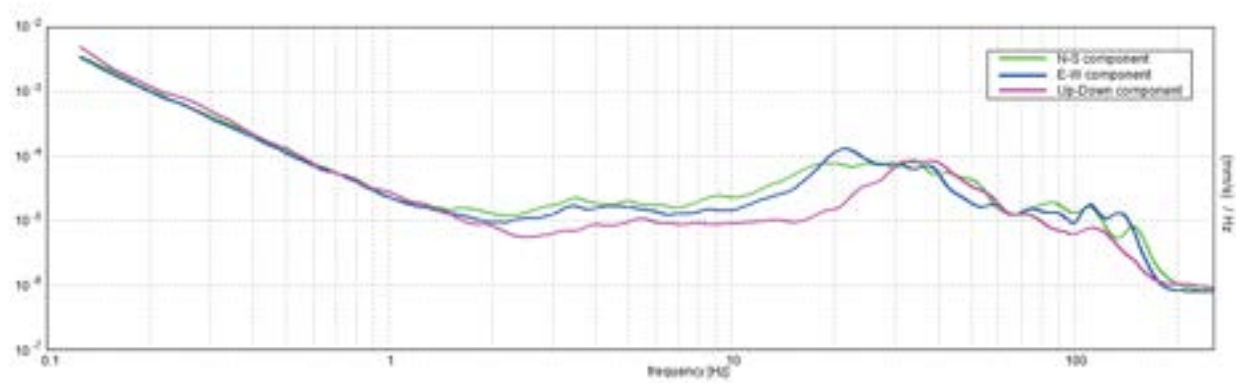
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 19.97 ± 1.47 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$19.97 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$12780.0 > 200$	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 960 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	11.656 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	23.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.37 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.07343 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.46631 < 0.99844$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7504 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, VE T34

Instrument: TRS-0013/01-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 07/01/07 10:22:36 End recording: 07/01/07 10:38:07

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS location: 011°23.7129 E, 45°46.9526 N (-1.0 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 04

Trace length: 0h15'24". Analyzed 93% trace (manual window selection)

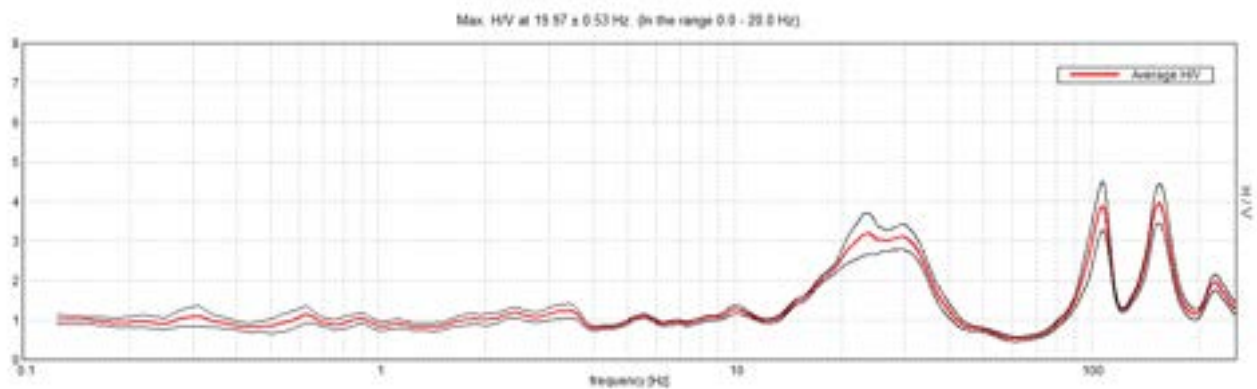
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

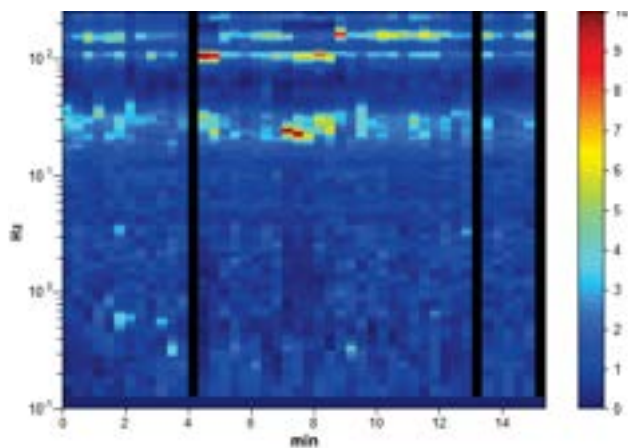
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

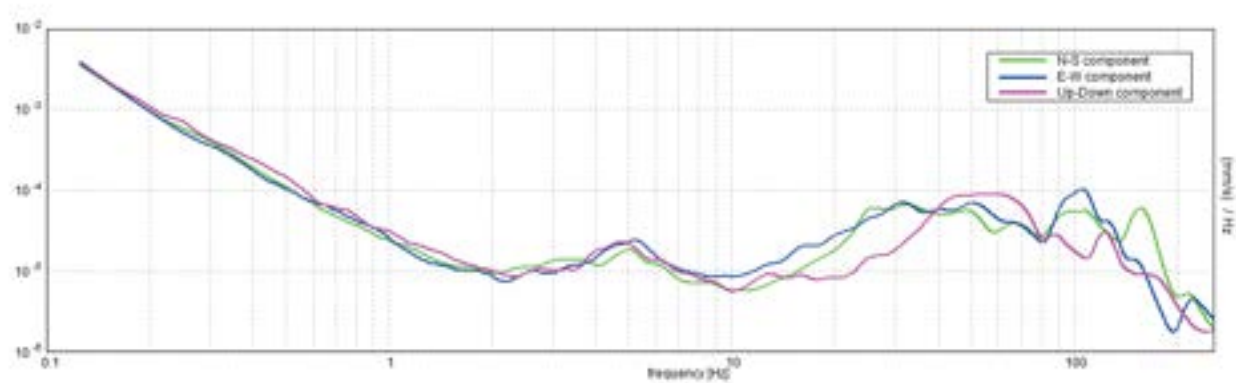
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 19.97 ± 0.53 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$19.97 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$17173.1 > 200$	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 960 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	14.094 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	39.719 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.56 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02671 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.5333 < 0.99844$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2203 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, VE T35

Instrument: TRS-0013/01-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 07/01/07 10:45:35 End recording: 07/01/07 11:01:36

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS location: 011°23.1609 E, 45°47.4344 N (301.7 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 05

Trace length: 0h16'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)

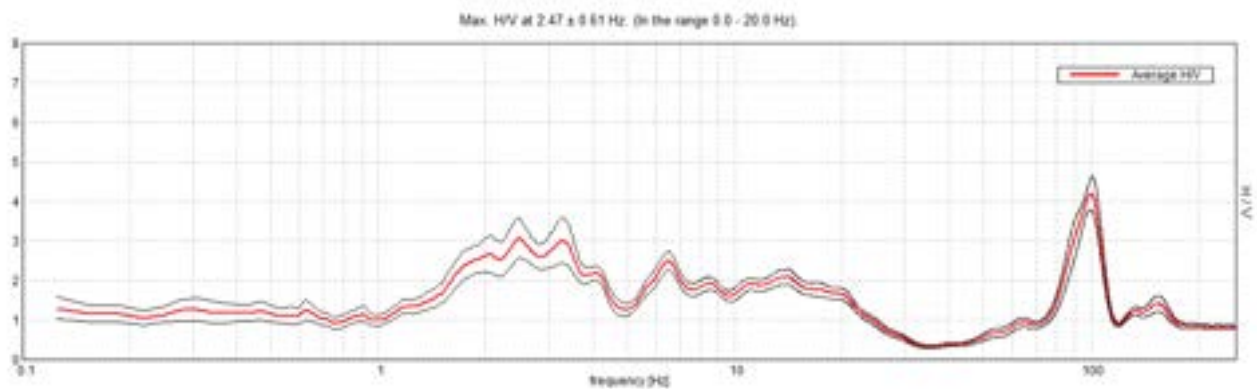
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

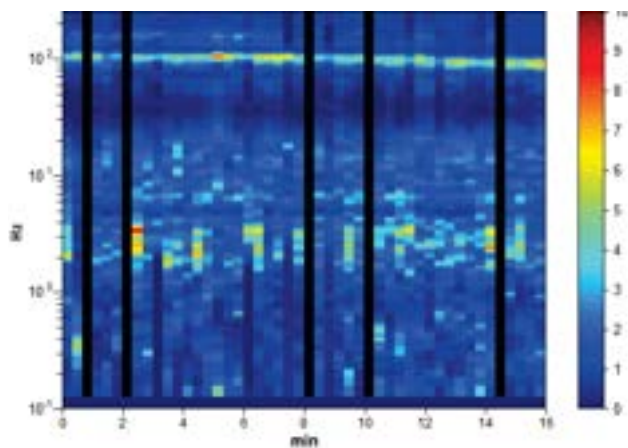
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

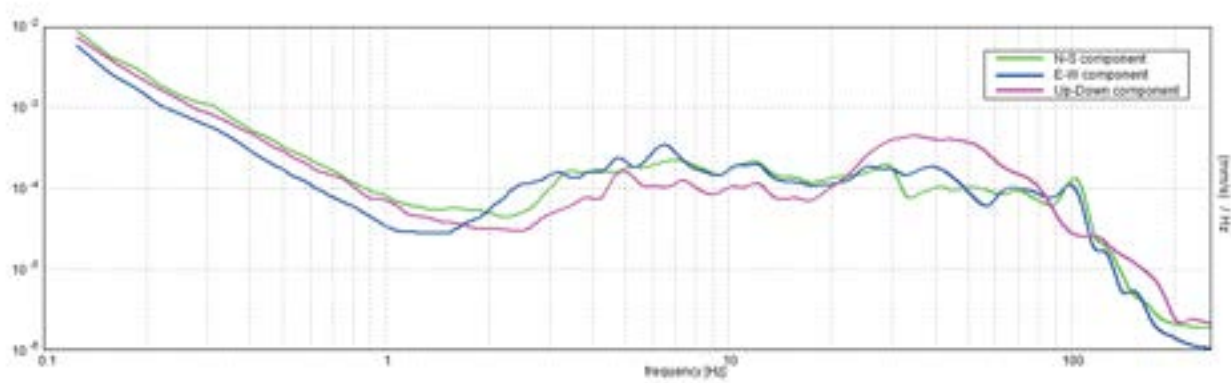
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 2.47 ± 0.61 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.47 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2123.1 > 200$	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 120 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.375 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.08 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.24654 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.60865 < 0.12344$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5011 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 1

- indagine :
 - cantiere : Forgitai Italy s.p.a.
 - località : Via della Tecnica Seghe di Velo D'astico (VI)
 - note :

- data : 10/02/2016
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : 2,70 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	2	7,8	----	1	3,00 - 3,10	2	6,7	----	4
0,10 - 0,20	3	11,6	----	1	3,10 - 3,20	5	16,8	----	4
0,20 - 0,30	3	11,6	----	1	3,20 - 3,30	6	20,1	----	4
0,30 - 0,40	4	15,5	----	1	3,30 - 3,40	13	43,7	----	4
0,40 - 0,50	11	42,7	----	1	3,40 - 3,50	6	20,1	----	4
0,50 - 0,60	8	31,0	----	1	3,50 - 3,60	4	13,4	----	4
0,60 - 0,70	5	19,4	----	1	3,60 - 3,70	4	13,4	----	4
0,70 - 0,80	6	23,3	----	1	3,70 - 3,80	3	10,1	----	4
0,80 - 0,90	5	19,4	----	1	3,80 - 3,90	5	16,8	----	4
0,90 - 1,00	4	14,8	----	2	3,90 - 4,00	3	9,6	----	5
1,00 - 1,10	4	14,8	----	2	4,00 - 4,10	5	16,1	----	5
1,10 - 1,20	3	11,1	----	2	4,10 - 4,20	4	12,9	----	5
1,20 - 1,30	4	14,8	----	2	4,20 - 4,30	7	22,5	----	5
1,30 - 1,40	6	22,1	----	2	4,30 - 4,40	4	12,9	----	5
1,40 - 1,50	5	18,4	----	2	4,40 - 4,50	5	16,1	----	5
1,50 - 1,60	6	22,1	----	2	4,50 - 4,60	4	12,9	----	5
1,60 - 1,70	5	18,4	----	2	4,60 - 4,70	4	12,9	----	5
1,70 - 1,80	8	22,1	----	2	4,70 - 4,80	5	16,1	----	5
1,80 - 1,90	5	18,4	----	2	4,80 - 4,90	4	12,9	----	5
1,90 - 2,00	5	17,6	----	3	4,90 - 5,00	5	15,4	----	6
2,00 - 2,10	6	21,1	----	3	5,00 - 5,10	4	12,3	----	6
2,10 - 2,20	7	24,6	----	3	5,10 - 5,20	3	9,2	----	6
2,20 - 2,30	3	10,5	----	3	5,20 - 5,30	4	12,3	----	6
2,30 - 2,40	3	10,5	----	3	5,30 - 5,40	21	64,7	----	6
2,40 - 2,50	3	10,5	----	3	5,40 - 5,50	52	160,3	----	6
2,50 - 2,60	3	10,5	----	3	5,50 - 5,60	40	123,3	----	6
2,60 - 2,70	4	14,1	----	3	5,60 - 5,70	38	117,1	----	6
2,70 - 2,80	4	14,1	----	3	5,70 - 5,80	50	154,1	----	6
2,80 - 2,90	3	10,5	----	3	5,80 - 5,90	55	169,5	----	6
2,90 - 3,00	2	6,7	----	4					

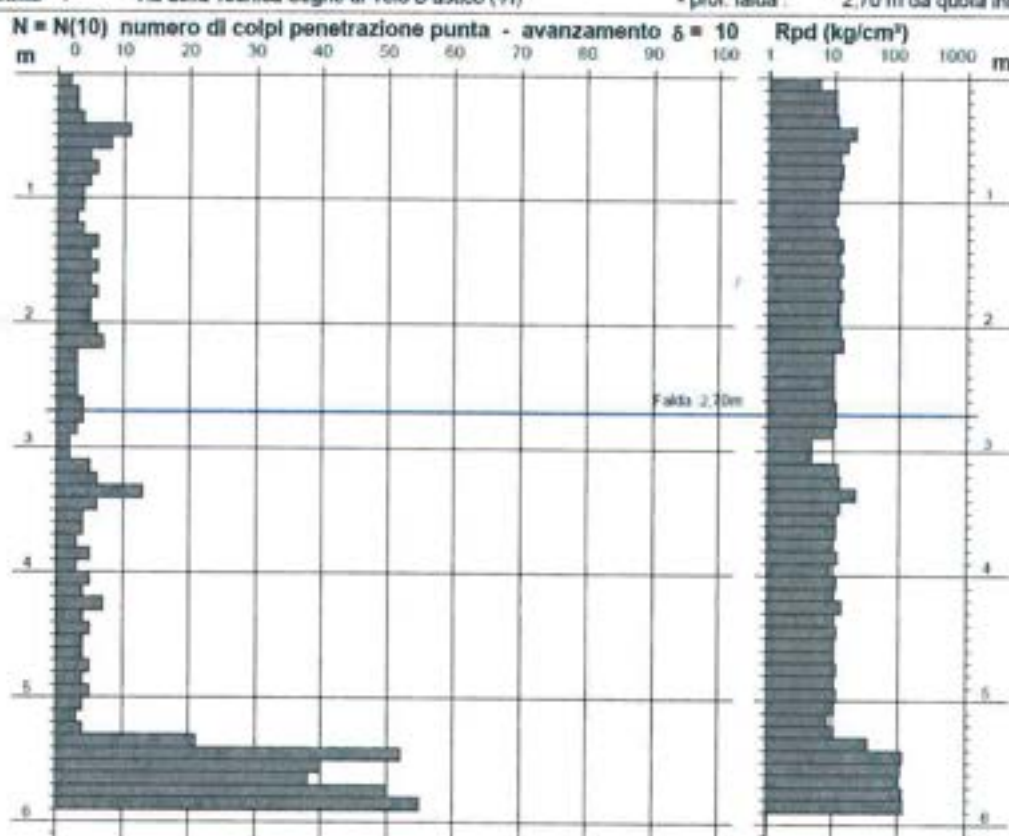
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 1

Scala 1: 50

- indagine :
 - cantiere : Forgitai Italy s.p.a.
 - località : Via della Tecnica Seghe di Velo D'astico (VI)

- data : 10/02/2016
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : 2,70 m da quota inizio



5. CARATTERI STRATIGRAFICI

In mancanza di dati specifici relativi, all'area di fondazione del ponte, un primo inquadramento litostratigrafico è offerto dalle colonne litologiche dei pozzi dell'area Forgital, di seguito riportate:

5.1 pozzo n° 1:	dal p.c.a. a - 4.2 m	terreni ghiaiosi in abbondante matrice limoso-argillosa;
	da - 4.2 m a - 13.2 m	ghiaie sabbiose e ghiaie grossolane sature
5.2 pozzo n° 2:	dal p.c.a. a - 5.8 m	terreni ghiaiosi in matrice limoso-argillosa;
	da - 5.8 m a - 8.5 m	terreni argillosi;
	da - 8.5 m a - 20.0 m	terreni prevalentemente ghiaiosi, saturi;
5.3 pozzo n°3:	dal p.c.a. a - 3.0 m	terreni prevalentemente limoso-argillosi;
	da - 3.0 m a - 4.2 m	terreni ghiaiosi in matrice limoso argillosa;
	da - 4.2 m a - 30.0 m	terreni ghiaioso-sabbiosi saturi;
	da - 30.0 m a - 35.5 m	argilla compatta.

5. CARATTERI STRATIGRAFICI

In mancanza di dati specifici relativi, all'area di fondazione del ponte, un primo inquadramento litostratigrafico è offerto dalle colonne litologiche dei pozzi dell'area Forgital, di seguito riportate:

5.1 pozzo n° 1:	dal p.c.a. a - 4.2 m	terreni ghiaiosi in abbondante matrice limoso-argillosa;
	da - 4.2 m a - 13.2 m	ghiaie sabbiose e ghiaie grossolane sature
5.2 pozzo n° 2:	dal p.c.a. a - 5.8 m	terreni ghiaiosi in matrice limoso-argillosa;
	da - 5.8 m a - 8.5 m	terreni argillosi;
	da - 8.5 m a - 20.0 m	terreni prevalentemente ghiaiosi, saturi;
5.3 pozzo n°3:	dal p.c.a. a - 3.0 m	terreni prevalentemente limoso-argillosi;
	da - 3.0 m a - 4.2 m	terreni ghiaiosi in matrice limoso argillosa;
	da - 4.2 m a - 30.0 m	terreni ghiaioso-sabbiosi saturi;
	da - 30.0 m a - 35.5 m	argilla compatta.

OPERATORE: GEORICERCHE

geologo cantiere: dr. zavagnin

SONDAGGIO

N° 1

CAMPIONI RIMANEGLIATI

SONDAGGIO ROTAZIONE

QUOTE (m)	STRATI GRAFIA	CAMPIONI			S. P. T.			H ₂ O	DESCRIZIONE	STRATIGRAFICA
		prof.	t.	n°	I	II	III			
1	0.15 0.5								terreno agrario vegetale con ghiaia	
3	2.6			C ₄	15	17	-2.80		terreni ghiaioso-sabbiosi debolmente limosi	
	3.5			C ₅		21			terreni ghiaioso-sabbioso-limosi debolmente argillosi	
5	4.8							-4.80	terreni limosi con sabbia, ghiaia e qualche ciottolo	
	5.2								terreni ghiaioso-sabbioso-limosi	
7	6.4								terreni limosi con ghiaia	
9	9.0								terreni limosi con ghiaia e qualche ciottolo	
11	12								terreni ghiaioso-sabbioso-limosi	
13	12.7 13 13.3								terreni limosi con ghiaia e sabbia grossa	
	14								terreni sabbioso-limosi	
15	14.3 15 15.7 16				19	50	>50		terreni limoso-argillosi con ghiaia e sabbia grossa	
									terreni sabbiosi	
17	16.9 17.4								terreni ghiaioso-sabbioso-limosi	
					48	50	>50		terreni limoso-argillosi	
19				C ₁					terreni ghiaioso-sabbioso-limosi	
									terreni limoso-argillosi molto compatti	
21				C ₂	37	50	>50		terreni limoso-argillosi con ghiaia molto compatti	
23										
				C ₃					terreni limoso-argillosi con ghiaia molto compatti	
25	25.5									
27									terreni ghiaioso-sabbioso-limosi	
29										
31										
33										

Provincia di Vicenza

Comune di Velo d'Astico

ZONE di ATTENZIONE GEOLOGICA

STUDIO GEOLOGICO
E

PROPOSTA DI CLASSIFICAZIONE

COMMITTENTE

COMUNE DI VELO D'ASTICO



- Marzo 2016 -

Bertolin dr. Andrea

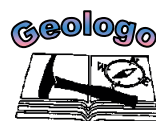
36015 SCHIO (VI) – STRADA POZZATO 46

☎ 0445525087 📞 335257574

✉ geologo.bertolin@gmail.com

bertolingeo@epap.sicurezzapostale.it

P. IVA 02453360246



PREMESSA

Per conto del Comune di Velo d'Astico è stata redatta la presente relazione che si propone di studiare le zone di attenzione geologica presenti nel territorio comunale in modo da poter iniziare l'iter procedurale previsto dagli articoli 5 e 6 delle NTA del PAI (allegato alla delibera n. 3 del comitato istituzionale del 09/11/2012) che ne deciderà la sussistenza e/o il grado di pericolosità.

La procedura adottata è quella indicata nel paragrafo 2.2.2 "procedura di valutazione della pericolosità geologica" della relazione generale allegata alla delibera di cui sopra, la quale prevede di:

1. individuare e perimetrare le aree di frana e le aree limitrofe che potenzialmente potrebbero essere coinvolte nel fenomeno;
2. definire le caratteristiche del movimento: tipologia, velocità, volumi e spessori;
3. stimare la frequenza probabile del fenomeno;
4. applicare le matrici ad incrocio dati ed assegnare il livello di pericolosità.

Considerata la distribuzione nel territorio comunale delle zone di attenzione presenti, la loro parziale sovrapposizione, l'assetto geologico e geomorfologico che le caratterizza, nonché i risultati ottenuti dai rilievi di campagna eseguiti per la stesura del presente documento, alcune delle zone di attenzione sono state raggruppate e, pertanto, verranno trattate assieme.

La relazione si articola nel modo seguente:

1. Inquadramento generale: ubicazione geografica e descrizione sintetica dei principali lineamenti geologici, geomorfologici ed idrogeologiche del territorio comunale;
2. elencazione delle zone di attenzione oggetto di studio e loro raggruppamento;
3. allegati fuori testo:

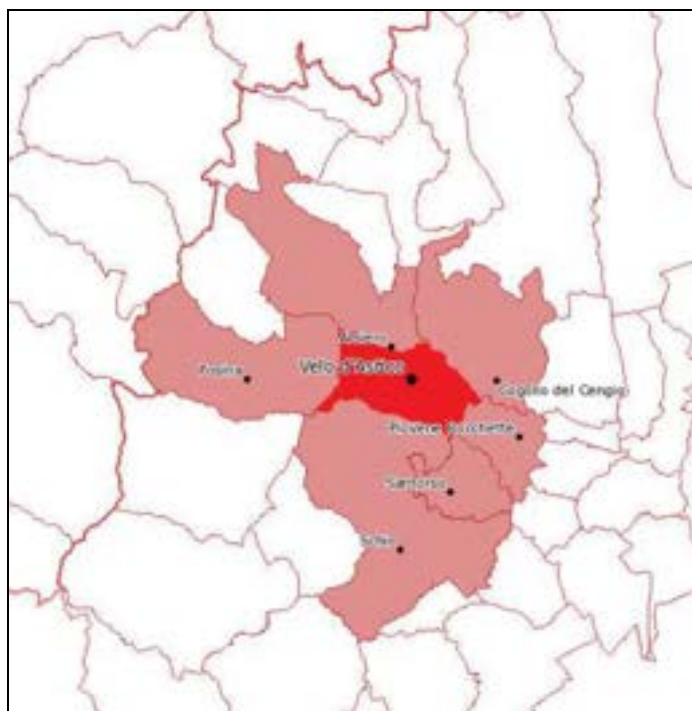
Due sono gli allegati fuori testo:

- Tavola n. 1 - Carta Geologica
- Tavola n. 2 Carta delle Zone di Attenzione

Si precisa, infine, che il presente studio non si occupa della zona di attenzione istituita che interessa le località Maso, Lenzetti, Lago e S. Ubaldo, istituita con il decreto dirigenziale n. 58 del 27/11/2014 a seguito del verificarsi di una colata rapida verificatasi nel luglio del 2014. Quest'ultima, tenuto conto della natura del dissesto e della sua peculiarità, sarà oggetto di uno studio dettagliato redatto ad hoc in un successivo momento.

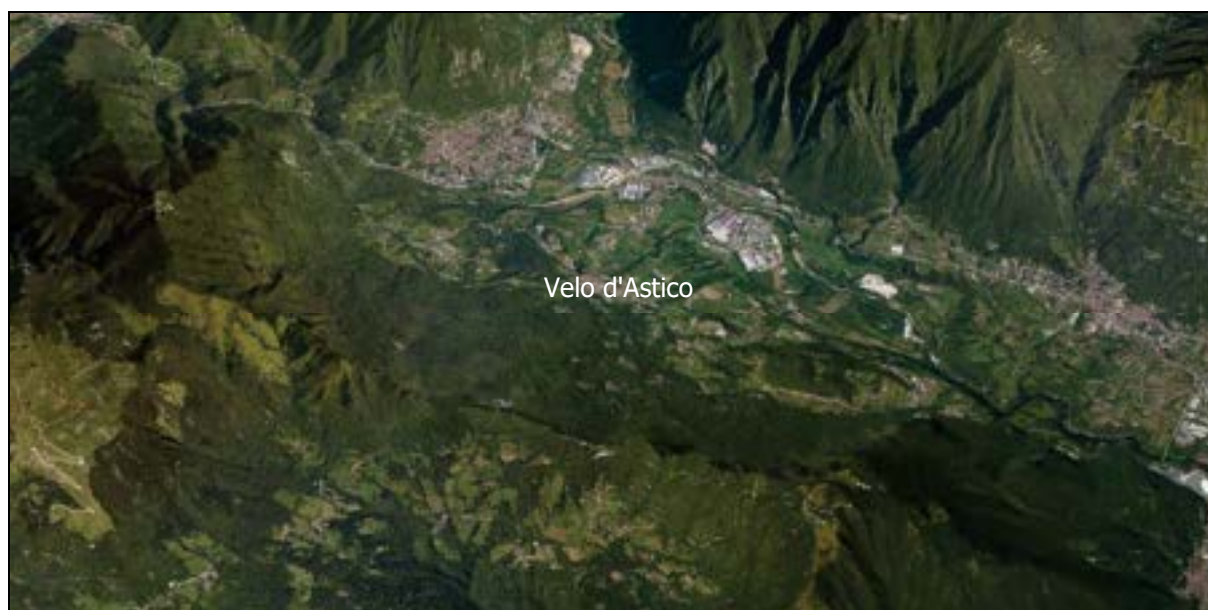
PARTE I° - INQUADRAMENTO GENERALE

1.1 - Inquadramento Geografico

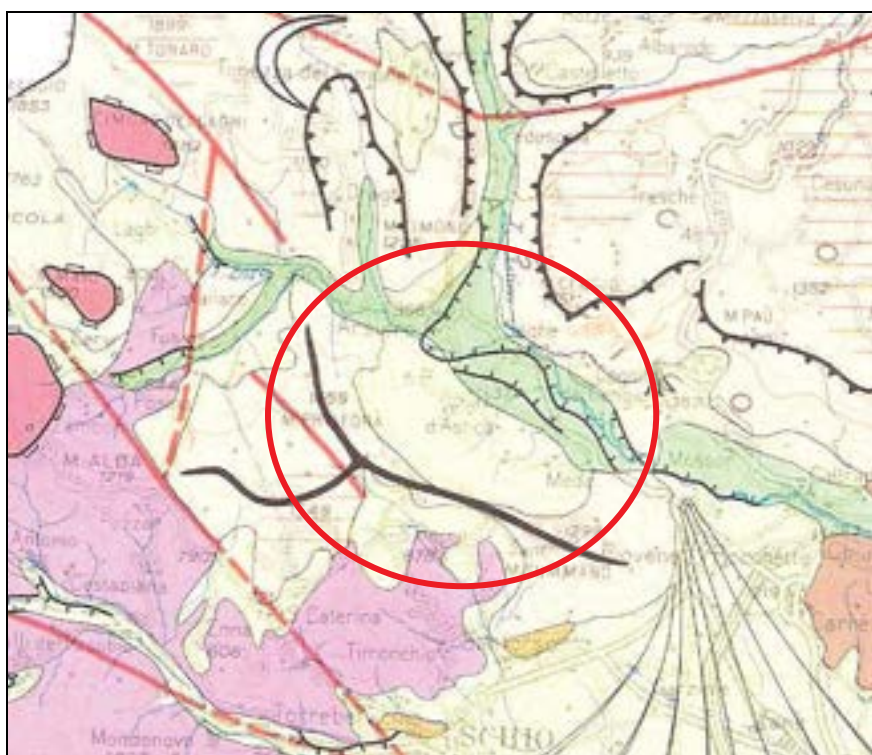


Il Comune di Velo d'Astico si trova nella parte nord-occidentale della Provincia di Vicenza, confina con i comuni di Cogollo del Cengio, Arsiero, Posina, Schio, Santorso e Piovene Rocchette.

1.2 Inquadramento Morfologico



- Immagine satellitare -



- Estratto non in scala della Carta Geomorfologica del Veneto -

Il territorio comunale di Velo d'Astico si estende dal fondovalle in destra idrografica dei Torrenti Astico e Posina, fino allo spartiacque costituito dalla dorsale dei monti Summano ad est e del M. Priaforà (appartenente al Massiccio del Novegno) ad ovest.

1.3 Inquadramento Geologico ed Idrogeologico



- Estratto non in scala del Foglio Schio della Carta Geologica d'Italia -

Nel territorio comunale sono presenti solo formazioni che rappresentano un arco di tempo che va dal Ladinico (Triassico), al Lias-Dogger (Giurassico inferiore e medio): si tratta in particolare delle Vulcaniti Ladiniche, della *Dolomia Principale* ed, infine, dei Calcari *Grigi di Noriglio*.

Abbondanti ed estese sono le coperture quaternarie costituite da detrito di falda, presente ai piedi delle pareti calcareo-dolomitiche che costituiscono la dorsale rocciosa, depositi morenici, fluvioglaciali, frammisti alle tipiche coltri colluvio-eluviali di copertura delle vulcaniti triassiche sono presenti sia sul fondovalle, sia sulla parte intermedia dei versanti.

La tettonica dell'area è principalmente dettata dal sistema Scledense costituito da faglie subverticali trascorrenti sinistre con direzione NO-SE.

L'assetto idrogeologico locale è chiaramente stabilito da quello geologico ed, in questo caso, anche dalla successione dei depositi quaternari. La circolazione idrica sotterranea della parte montuosa avviene in senso prevalentemente verticale: i rilievi sono infatti quasi esclusivamente costituiti da litotipi calcareo-dolomitici caratterizzati da una permeabilità da media ad elevata per fratturazione, e carsismo. Il flusso verticale delle precipitazioni infiltratesi viene interrotto alla base delle formazioni calcaree quando quest'ultime lasciano il posto alle sottostanti porfiriti. I depositi

quaternari, la coltre detritica grossolana a monte e le coltri colluvio-eluviali frammiste a depositi morenici a valle, mascherano quelle che vengono definite le *sorgenti geologiche*, traslando verso valle l'affioramento delle acque sotterranee nel punto in cui la morfologia del substrato roccioso e la rastremazione della copertura detritica lo consentono. Questo è il motivo per cui il territorio comunale è punteggiato da sorgenti presenti a quote diverse.

PARTE II° - ZONE DI ATTENZIONE OGGETTO DI STUDIO

Il Comune di Velo d'Astico è caratterizzato da numerose zone di attenzione le quali sono in gran parte concentrate nella parte montuosa del territorio comunale. Alcune zone di attenzione, tuttavia, interessano anche la parte antropizzata: il centro dell'abitato di Velo ed altri nuclei abitati.

Nel presente studio si è data precedenza a quest'ultime e ad un gruppo di zone di attenzione presenti nella parte sud-orientale del territorio comunale che incombono sull'abitato di Velo d'Astico.

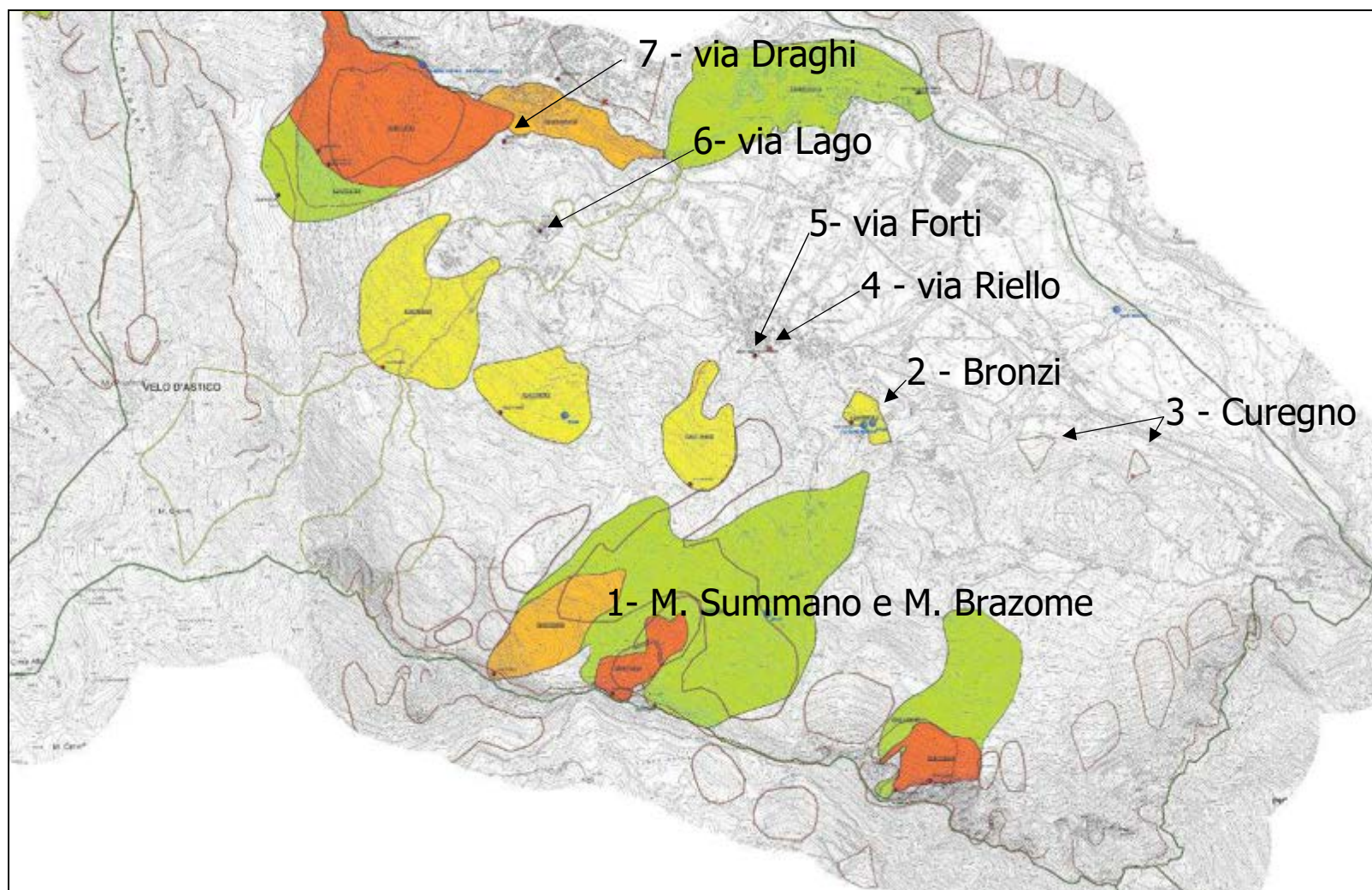
Come riportato in premessa, alcune di queste verranno raggruppate e trattate assieme. Tale scelta è dettata da diversi motivi:

- la loro vicinanza e/o parziale sovrapposizione;
- il comune assetto geologico e geomorfologico;
- una miglior comprensione del fenomeno.

Alla luce di quanto sopra riportato, le zone di attenzione sono state raggruppate e denominate nel modo seguente:

- Z.A. n. 1: comprende tutte le zone di attenzione presenti nella parte sud-orientale del territorio comunale che si estendono sui versanti esposti a nord a partire dal M. Summano, posto ad est, fino a raggiungere il M. Brazome, situato ad ovest;
- Z.A. n. 2: Contrada Bronzi nella parte centrale del territorio comunale.
- Z.A. n. 3: le due zone di attenzione presenti sulle pendici settentrionali del Poggio del Curegno nella parte orientale del territorio comunale;
- Z.A. n. 4 via Riello a ridosso del centro dell'abitato di Velo d'Astico;
- Z.A. n. 5 via L. Forti a ridosso del centro dell'abitato di Velo d'Astico;
- Z.A. n. 6 via Lago di Sotto nella parte nord-occidentale del territorio comunale;
- Z.A. n. 7 via Draghi nella parte nord-occidentale del territorio comunale;

Segue un'immagine che unisce le tavole n. 1 e 2 della Carta della Pericolosità Geologica del Comune di Velo d'Astico nella quale si individuano e si numerano le zone di attenzione oggetto del presente studio.



Unione Tavole n. 1 e 2 della Carta della Pericolosità Geologica del Comune di Velo d'Astico- Ubicazione e numerazione Zone di Attenzione

PARTE III°

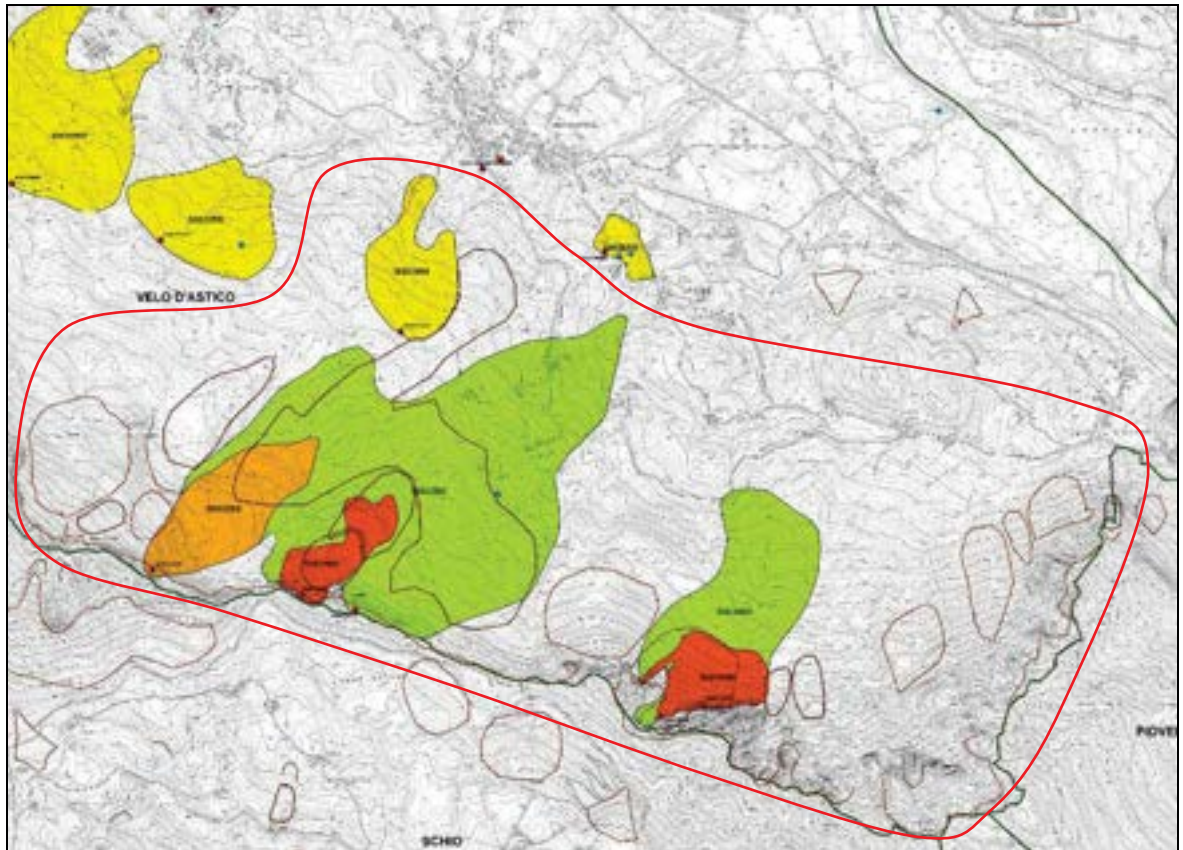
TRATTAZIONE DELLE ZONE DI ATTENZIONE



ZONA DI ATTENZIONE N. 1

RAGGRUPPAMENTO ZONE DI ATTENZIONE DEI VERSANTI

FRA IL M. SUMMANO ED IL M. BRAZOME



1 - IDENTIFICAZIONE DEL DISSESTO

1.1 Identificazione della Zona di Attenzione

L'area oggetto del presente capitolo è stata perimetrata nell'immagine sopra indicata. Si tratta della parte sud-orientale del territorio comunale, un'area connotata dalla presenza di un insieme complesso ed articolato di zone di attenzione che, talora, in parte si sovrappongono ad esistenti aree con diversa pericolosità geologica.

1.2 Verifica Fonte Dati

All'interno dell'area di studio sono presenti le seguenti aree già perimetrate:

- n. 02401286000 - pericolosità: P4 - fenomenologia: frane di crollo e ribaltamento;
- n. 0240120000 - pericolosità: P1 - fenomenologia: scivolamento roto-traslativo;
- n. 0240119503 - pericolosità: P 4; fenomenologia: complesso;
- n. 0240119501 - pericolosità: P1; fenomenologia: frane superficiali diffuse;

- n. 0240119502 - pericolosità: P 3; fenomenologia: scivolamento roto-traslativo;
- n. 0240119400 - pericolosità: P2; fenomenologia: colamento lento;
- n. 02401199900 - pericolosità 0240119900; fenomenologia: colamento lento.

Oltre alle citate zone PAI già classificate, nell'area sono presenti:

- n. 2 asterischi azzurri la cui fonte informativa è l'Autorità di Bacino Alto Adriatico;
- diverse simbologie - linea tratteggiata e continua di colore marrone - che definiscono campiture e/o strutture lineari le quali provengono dal quadro conoscitivo del PTCP della Provincia di Vicenza approvato con delibera di Giunta della Regione Veneto n. 708 del 002/05/2012.

Da un esame del database dell'Autorità di Bacino Alto Adriatico, dei due asterischi azzurri, uno non è identificato, l'altro è identificato dal n. 1315:

Codice Database RV	Bacino	Ambito fluviale	Ente proponente	Denominazione intervento	Dettaglio intervento	Provincia	Comune	Località
1315	Brenta - Sacchiglione	Astico-Tesina	Provincia di Vicenza	Informazioni attualmente non disponibili	Tipologia delle opere attualmente non definibile	VI	Velo d'Astico	Agati

Nel citato database all'interno dell'area in esame è presente anche il punto identificato dal codice 1313:

Codice Database RV	Bacino	Ambito fluviale	Ente proponente	Denominazione intervento	Dettaglio intervento	Provincia	Comune	Località
1313	Brenta - Sacchiglione	Astico-Tesina	Provincia di Vicenza	Informazioni attualmente non disponibili	Tipologia delle opere attualmente non definibile	VI	Velo d'Astico	Terre Rosse

Per quanto riguarda il PTCP, le campiture presenti nell'area in esame compaiono nella Carta Geomorfologica - tavola 2.4 - ed anche nella Carta delle Fragilità nord - tavola 2.1.A. Segue un estratto di entrambe le cartografie citate.

Le zone di attenzione delineate nella tavola del PAI segnalano la presenza, fra le forme gravitative, di frane di colamento e scorrimento ed anche due coni di detrito.

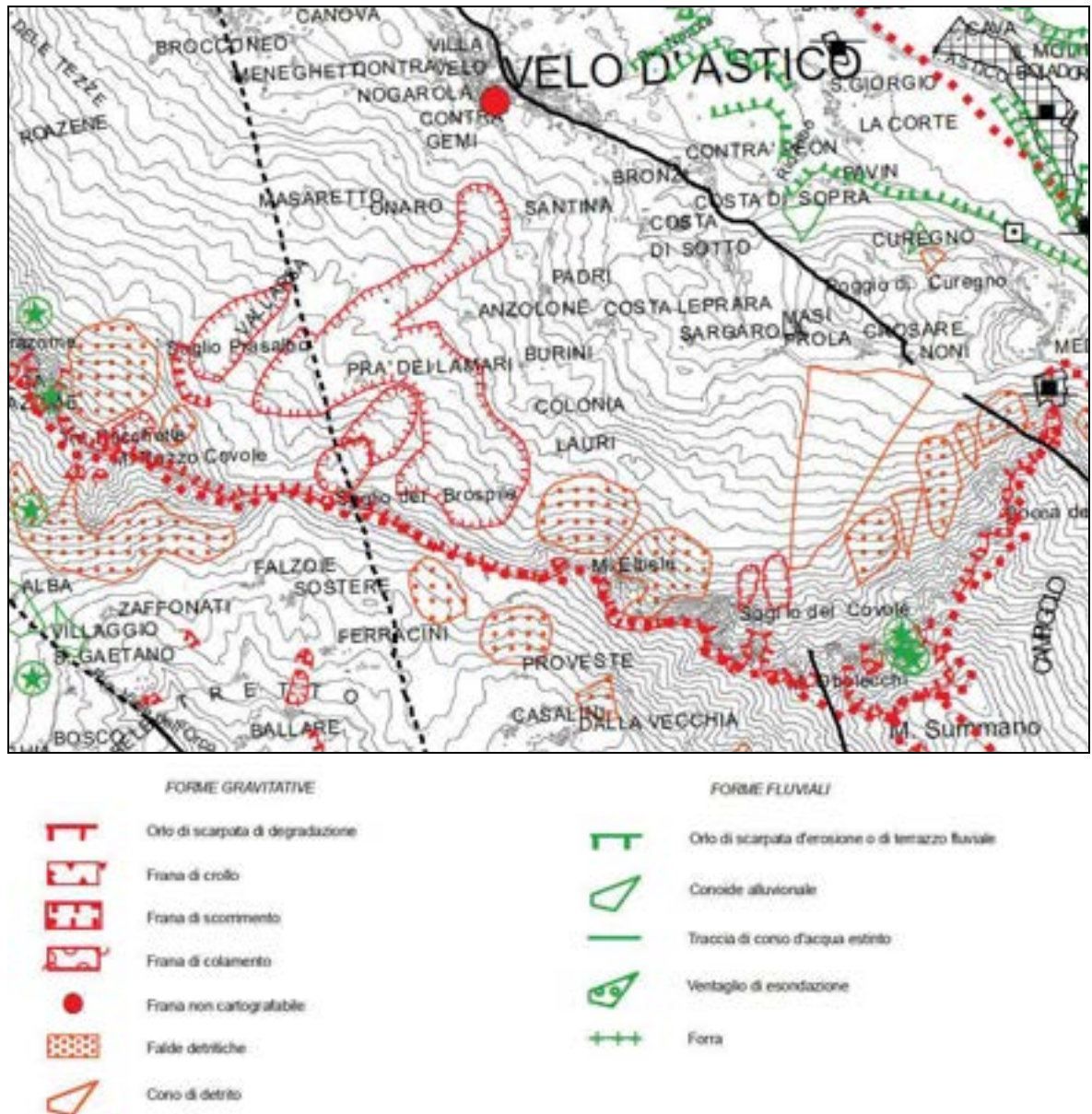
Tali informazioni vengono recepite nella Carta delle Fragilità nella quale, oltre a riportare le frane PAI, viene segnalata anche la presenza dei dissesti descritti nella carta geomorfologica.

Per le aree in esame sono state censite e visionate anche le seguenti fonti:

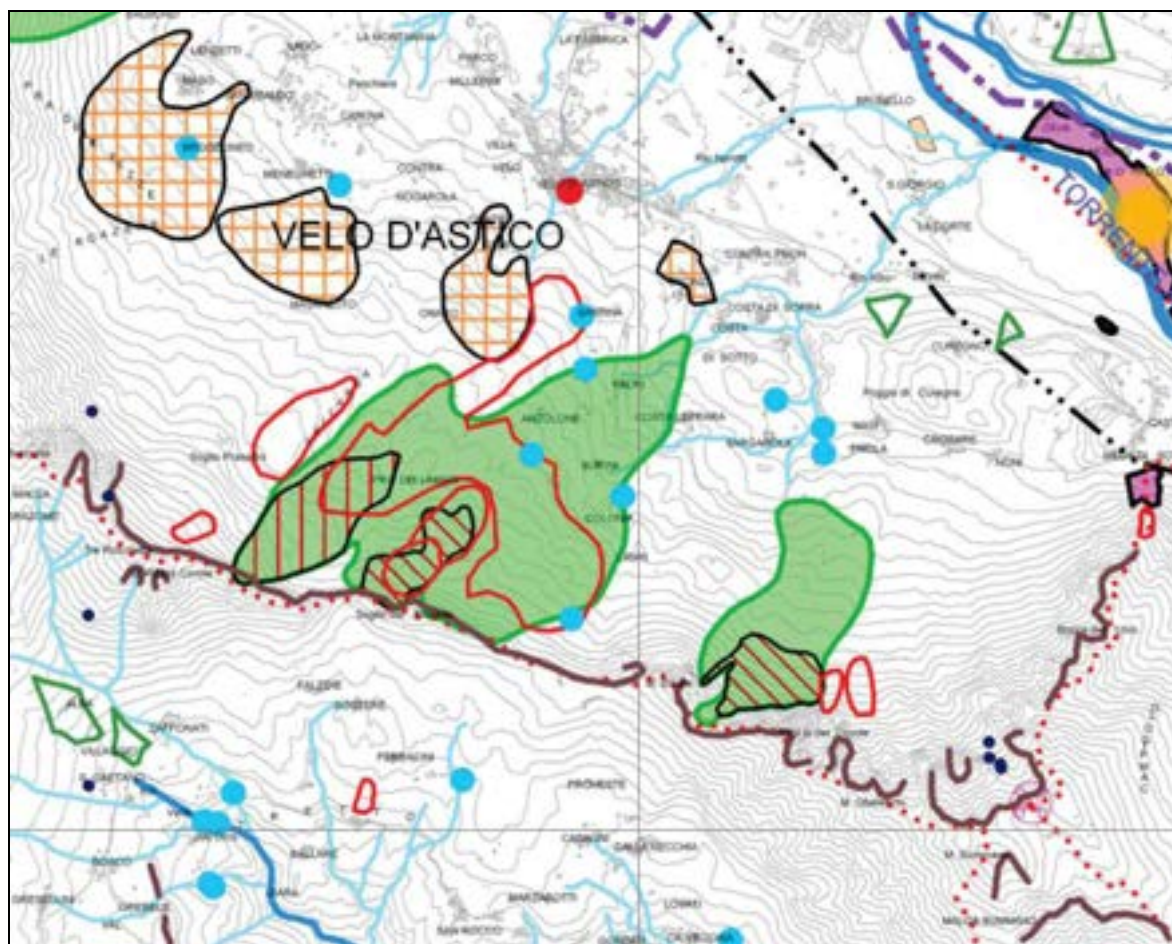
- Comune di Velo d'Astico
- Genio Civile - Servizio Forestale
- Regione Veneto - Progetto IFFI
- Provincia di Vicenza
- Pubblicazioni Scientifiche
- CNR Progetto AVI

Delle fonti citate, la Provincia di Vicenza segnala l'esistenza di uno studio promosso dalla sezione difesa del suolo e redatto dal Dr. Geol. Marcato in data 2003 che si è occupato di una parte dell'area in esame, in particolare della frana denominata Terre Rosse. Il citato

studio è consistito in un rilievo di campagna di superficie che ha prodotto una cartografia di dettaglio. Successivamente è stato eseguito anche un sondaggio a carotaggio continuo ed una campagna di misure inclinometriche - n. 8 - protrattasi per un anno (da aprile 2004 ad aprile 2005) le quali hanno consentito di accertare la profondità della superficie di scivolamento e la velocità del movimento franoso.



Estratto non in scala della Carta Geomorfologica del PTCP - tavola 2.4

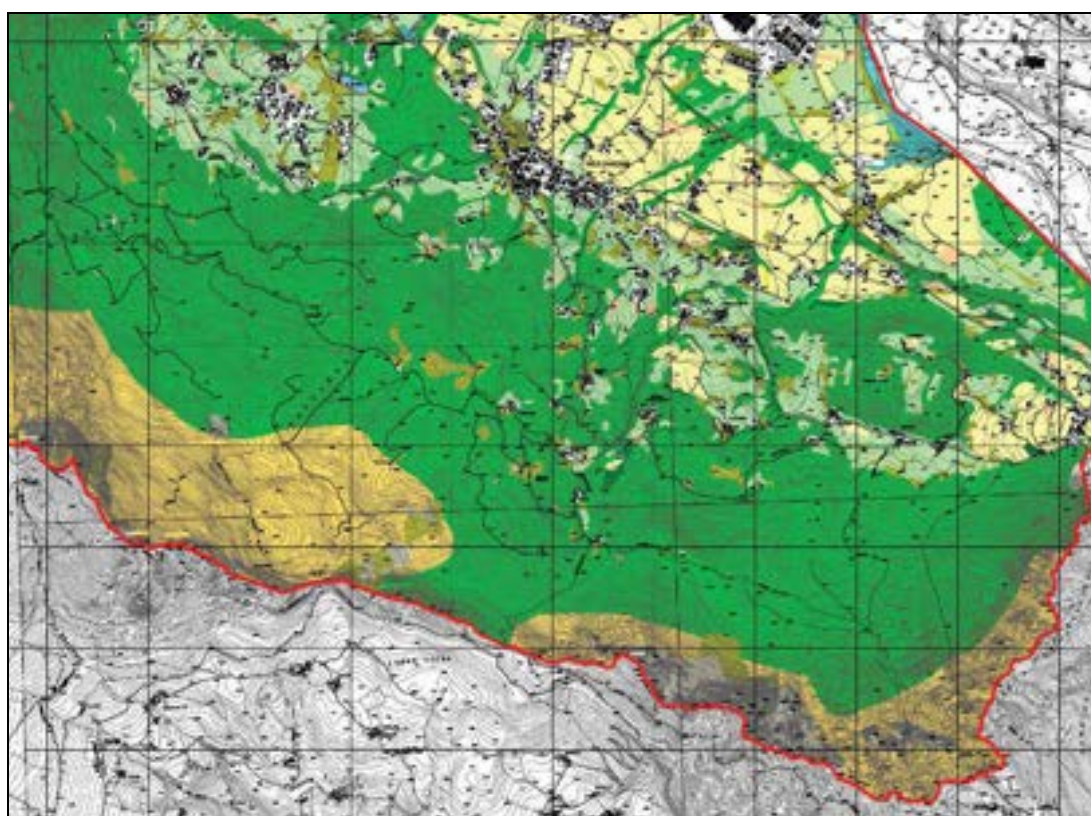


Estratto non in scala della Carta delle Fragilità nord - tavola 2.1.A.

2 - QUADRO CONOSCITIVO

2.1 - Uso del Suolo

L'area oggetto di studio, come indicato nell'estratto sotto riportato della Carta della Copertura del Suolo del Quadro Conoscitivo del PAT, è in gran parte occupata da aree boscate. L'area antropizzata si trova a valle della stessa. Solo nella parte centrale sono presenti alcune contrade le quali, come vedremo occupano la porzione meno esposta agli effetti dei dissesti presenti.



Cod	TipoUsoSuolo		
21110	Seminativi	31160	Formazioni costiere o fluviali
21132	Tare ed incolti	31180	Orno-ostrieti e ostrio-querceti
22100	Vigneti	31250	Pinete di Pino Silvestre
22200	Frutteti e frutti minci	32400	Vegetazione in evoluzione
22300	Oliveti	33200	Affioramenti rocciosi
23100	Prati stabili	51100	Corsi d'acqua, canali e idrovie
31140	Faggete	51200	Bacini d'acqua
31150	Formazioni antropogene di latifoglie		

Estratto non in scala della Carta della Copertura del Suolo da Quadro Conoscitivo del PAT.

2.1 - Assetto Geomorfologico

I lineamenti dell'area in esame sono stati riportati nella tavola n. 1 fuori testo. Partendo da est, l'area oggetto di studio interessa i versanti settentrionali del M. Summano (la cui cima si trova ad una quota di 1.297 m s.l.m.) posti ad ovest della dorsale denominata Costa la Rancina (che corrisponde grossomodo con il confine orientale del territorio comunale) fino a raggiungere, ad ovest, le pendici settentrionali del M. Brazome (la cui cima si trova ad una quota di 1.274 m s.l.m.), una delle cime che compongono la dorsale che collega il M. Summano al Massiccio del M. Novegno.

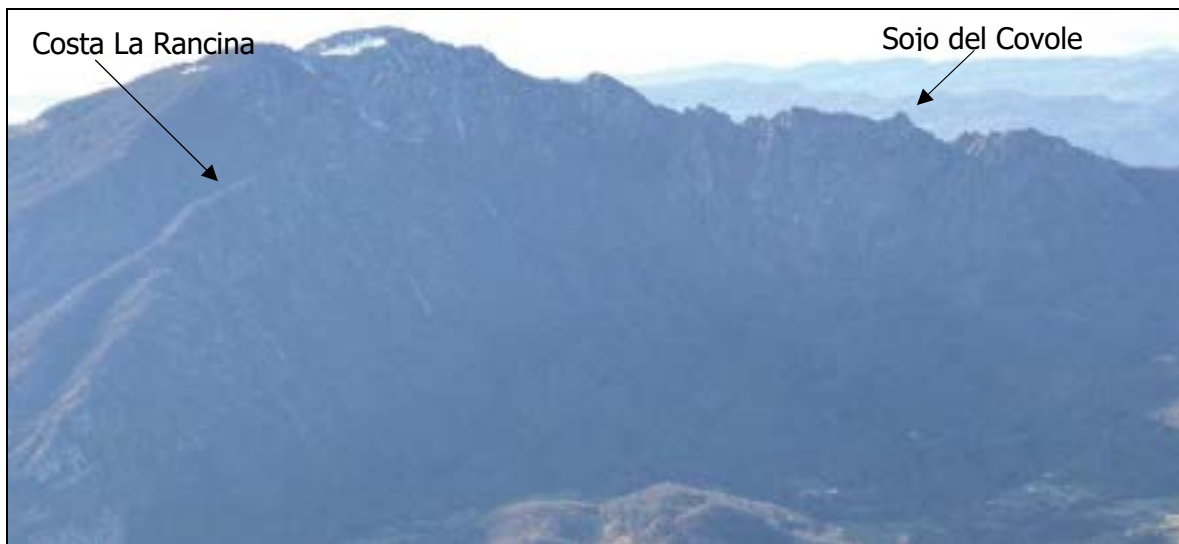
Dalla cresta della menzionata dorsale, le zone di attenzione presenti si spingono verso valle fino ad una quota di circa 400 m.



panoramica da nord dell'area oggetto di studio

I lineamenti geomorfologici generali dell'area in esame sono quelli tipici delle Prealpi Vicentine: la cresta della dorsale è costituita da una articolata successione di pareti rocciose con altezze di alcune decine di metri, alla base delle quali si estende una spessa ed estesa falda detritica che si spinge fino a circa 400 m di quota. La dorsale è incisa da una successione di ripidi canaloni incisi sulla roccia, alla base dei quali si nota la presenza di piccole conoidi detritiche.

Scendendo ad una scala di maggior dettaglio, si possono tuttavia notare delle differenze significative. Nella parte più orientale, dalla Costa La Rancina fino al Sojo del Covole, il versante ha un profilo concavo.



panoramica da nord dell'area oggetto di studio



vista delle pareti ad est di Sojo del Covole.

Procedendo verso ovest dal Sojo del Covole fino al Passo Colletto Grande, il pendio è interrotto da un pianoro con aree depresse nella parte più a monte, contrapposte a dei dossi, a valle dei quali il versante è molto ripido nel primo tratto.



panoramica da nord dell'area oggetto di studio

Ad ovest di Passo Colletto Grande, fin quasi al Sojo del Brospile, il pendio si addolcisce in modo significativo: la cresta ha un minor risalto morfologico, mentre il versante può essere paragonato ad un piano inclinato immergente verso nord-est con una inclinazione piuttosto costante. Anche in questo caso, tuttavia, si possono riconoscere due terrazzamenti, ma meno evidenti e privi di aree in contropendenza. Quello più a monte si trova proprio ai piedi della cresta rocciosa, il secondo termina ad est di Contrada Padri. Nel tratto in esame è stata osservata ai piedi della parete rocciosa una depressione, una sorta di trincea, con andamento parallelo alla parete stessa con una larghezza di alcune decine di metri.



panoramica da nord dell'area oggetto di studio

Il tratto compreso fra il Sojo del Brospile fin al Passo Colletto Piccolo, è il più articolato e complesso. Il versante è inciso da una successione di nicchie di frana con asse orientato NW-SE ai piedi delle quali si riconoscono i tipici lineamenti geomorfologici che contraddistinguono le frane di scorrimento rotazionale e/o traslativo: a valle della scarpata principale si nota la presenza di aree depresse in contropendenza, seguite da aree pianeggianti interrotte da una successione di scarpate secondarie ai piedi delle quali sono presenti delle altre aree depresse ed in contropendenza.

A valle di quota 600, infine il profilo del versante è convesso: si tratta del piede della frana caratterizzata dai tipici ringonfiamenti trasversali. L'unghia del movimento franoso si spinge fino a quota 400 m circa, dove è ben delimitata quasi ovunque da un evidente gradino morfologico che progradisce sul versante sottostante.



vista dell'unghia della frana in prossimità di località Gemi



vista dell'unghia della frana in prossimità di località via Forti; nell'autunno del 2014 il fronte della frana era attivo e si manifestava con dei colamenti.



panoramica da nord dell'area oggetto di studio

Nel tratto a valle di M. Rozzo Covole e Tre Rocchette fino al M. Brazome, riprende ai piedi della parete rocciosa il gradino con contropendenza a valle del quale è presente da un tratto con profilo convesso fino a raggiungere il Soglio Prasalbo, uno sperone roccioso che emerge in modo importante dal pendio. Segue, procedendo verso valle, un versante piuttosto regolare, ma interrotto da una serie di terrazzamenti con anche aree in contropendenza la più evidente delle quali è quella presente a nord-est di località Masaretto. Procedendo ulteriormente verso valle è presente una ripida scarpata che raggiunge quota 400 m ai piedi della quale si estendono le contrade Nogarola e Meneghetti. L'aspetto di quest'area ripropone, anche se in modo meno chiaro e netto, i lineamenti della fascia posta più ad est appena descritta. Il tratto sotteso dal M. Brazome, si distingue da quello appena descritto per l'assenza della trincea in contropendenza che termina poco ad ovest della Cima Tre Rocchette e dalla presenza di una successione di ripidi canaloni incisi sulla roccia alla base dei quali si nota la presenza di piccole conoidi detritiche.



panoramica da nord dell'area oggetto di studio

Seguono altre foto che si ritengono significative.



Gradino con contropendenza ai piedi della parete rocciosa presente nel tratto a valle di M. Rozzo Covole e Tre Rocchette.

2.2 - Assetto Geologico

2.2.1 - Substrato Roccioso

La geologia dell'area oggetto di studio è stata rappresentata nella tavola n. 1 fuori testo. Due sono le formazioni presenti: le Vulcaniti Triassiche e la Dolomia Principale.

La prima è una formazione di natura vulcanica, in prevalenza composta da corpi subvulcanici di composizione prevalentemente andesitica ed andesitico-basaltica. Le caratteristiche geomeccaniche di questi litotipi sono piuttosto variabili, dipendendo dalla composizione mineralogica, dal tipo di prodotto vulcanico ed, infine, anche dal loro stato di alterazione. Mediamente, si possono definire come rocce semicoerenti, sensibili all'alterazione, piuttosto erodibili, raramente, possono anche essere dotate di discrete caratteristiche geomeccaniche, tali da poterle definire lapidee. I rilievi di campagna hanno permesso di accertare che le vulcaniti presenti nell'area oggetto di studio sono alterate, argillificate e spesso occultate da una spessa coltre colluvio-eluviale.



Affioramento delle vulcaniti triassiche sulla scarpata principale di una delle frane presenti a valle di Passo Colletto Piccolo

Le vulcaniti affiorano nella zona compresa fra il Passo di Colletto Piccolo ed il Sojo del Brospile sulla scarpata principale della successione di frane presenti ed anche sulle dorsali che le dividono. Inoltre le vulcaniti sono subaffioranti anche a nord del Passo Colletto Grande, a quote inferiori ai 700 m circa dove, tuttavia, sono in gran parte occultate da coltri colluvio-eluviali. Quest'ultime sono in gran parte costituite da argille, limi, sabbie e blocchi di natura andesitico-basaltica, ossia dai prodotti di alterazione delle vulcaniti stesse, in parte, tuttavia anche da limi e sabbie di composizione calcareo-dolomitica le quali spesso, contengono anche un abbondante scheletro grossolano immerso nella matrice fine composto da clasti calcareo-dolomitici. Una situazione di questo tipo contraddistingue tutta la parte nord-orientale dell'area in esame posta ai piedi ed attorno ai depositi grossolani.

La Dolomia Principale è una formazione sedimentaria, marina, di età triassica, costituita da calcari e da dolomie. Dal punto di vista geomeccanico la formazione genera ammassi rocciosi lapidei, massicci o con stratificazione maldistinta e, quindi, competenti (si veda la foto sotto riportata).



Sojo Prasalbo - affioramenti di Dolomia Principale

Questa formazione, che costituisce l'ossatura del massiccio del M. Novegno, il M. Summano e tutta la cresta rocciosa che li collega, affiora a quote superiori agli 840 m; la giacitura degli strati è pressochè orizzontale. A quote inferiori, fino al fondovalle, invece, il substrato roccioso è costituito dalle Vulcaniti Triassiche.

Affioramenti di Dolomia Principale si possono osservare anche a quote più basse, nel Sojo Prasalbo. In questo caso, tuttavia, si tratta di affioramenti che appartengono alla paleofrana che ha interessato la Dolomia Principale e che sono in sostanziale continuità con gli analoghi affioramenti che caratterizzano la zona apicale della vicina frana del Brustolè, posta poco a nord-ovest dell'area in esame e con i quali condividono la giacitura orientata a franapoggio.

Nell'area in esame non è stata rilevata la presenza delle argille gessifere ascrivibili alla Formazione di Raibl riscontrate al tetto delle vulcaniti triassiche nella frana del Brustolè.

2.2.2 - Depositi Quaternari

La maggior parte dell'area oggetto di studio è occupata da estesi e potenti depositi quaternari di diversa natura. I rilievi di campagna hanno permesso di accertare che si può riconoscere un solo ciclo sedimentario in accordo con quanto osservato da Cucato (1996 "Rilevamento della media Val d'Astico": saggio per l'applicazione della normativa sulla cartografia geologica del Quaternario continentale"): sono presenti solamente depositi quaternari accumulatisi dopo il definitivo ritiro delle masse glaciali che interessavano il fondovalle e le valli tributarie principali. I depositi quaternari presenti sono:

- depositi di frana
- detrito di versante
- depositi di trasporto in massa
- coltri colluvio-eluviali

Il più rappresentato dei depositi quaternari sono i depositi di frana che sono costituiti in prevalenza da trovanti di dimensioni ciclopiche, ma anche da blocchi e ciottoli. Tutti i clasti sono di composizione calcareo-dolomitica, a spigoli vivi.



depositi di frana sui versanti alla base di M. Rozzo Covole

Alla base della coltre detritica è presente una matrice fine limoso-sabbiosa sempre derivante dall'alterazione e disgregazione del substrato roccioso dolomitico.



vista della frazione fine che compone i depositi di frana osservata in un affioramento a valle di località Prà dei Lamari.

Il processo che ha generato questi depositi, sicuramente originatosi in più fasi, si ritiene sia dovuto all'erosione differenziale esercitata dai ghiacciai sulle sottostanti vulcaniti rispetto alla dolomia. La progressiva rimozione delle vulcaniti operata dal ghiacciaio deve aver determinato la formazione di fronti parietali in dolomia a sbalzo che, in relazione

all'intensa fratturazione determinata dalla presenza di disturbi tettonici con diverse orientazioni, ha dato origine a crolli di materiale con granulometrie molto grossolana. Per certi versi, in particolare nella zona del Sojo Prasalbo, il fenomeno può essere paragonato ad una sorta di *glacis*: si tratta dello scivolamento di lembi di calcari sulla monoclinale costituita dalle vulcaniti.



Sojo Prasalbo - panoramica da est

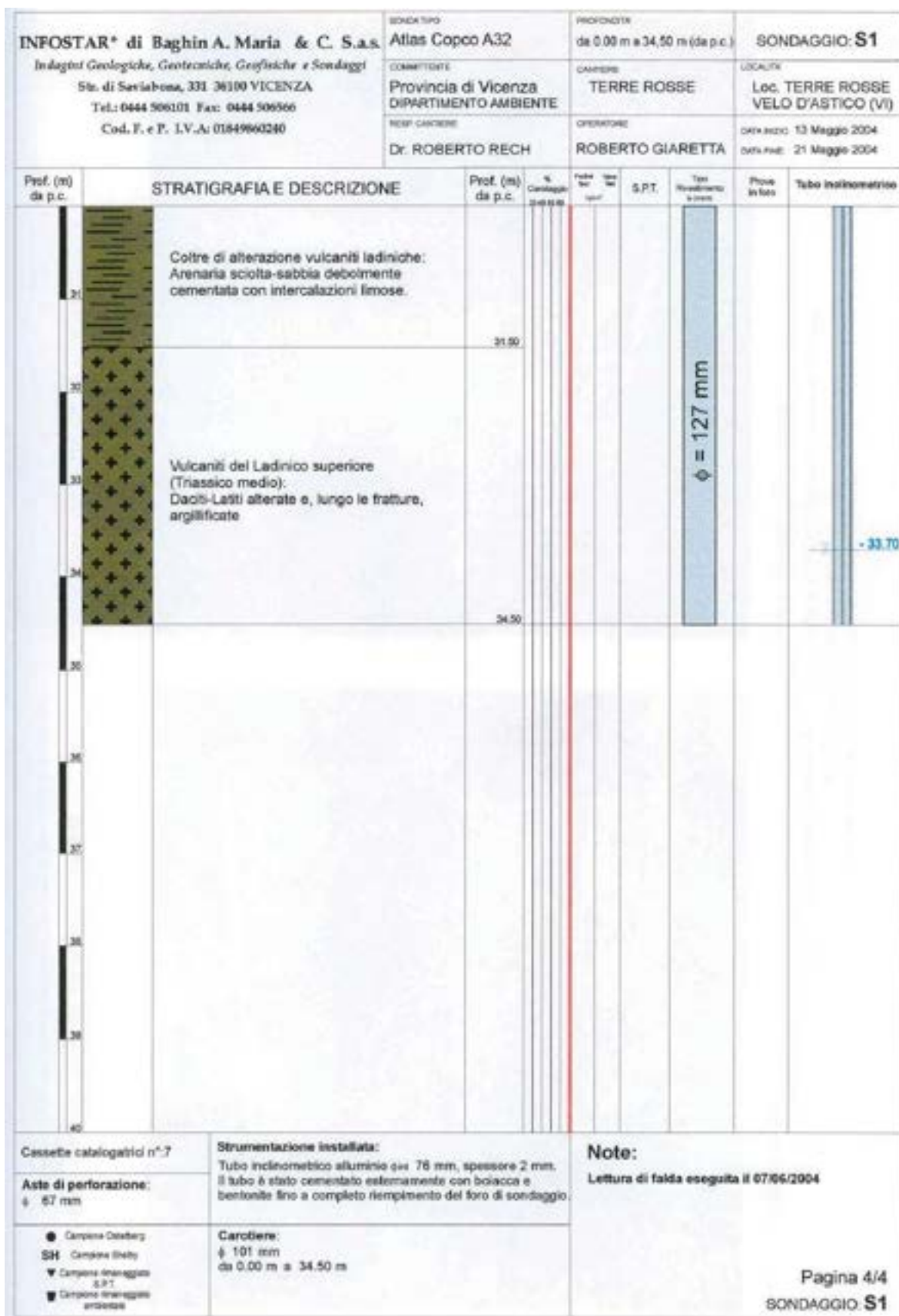
Il deposito di frana attualmente sembra essere alimentato solo nell'area compresa fra il Sojo del Brospile ed il Monte Rozzo Covole. Nella vicina Frana del Brustolè sono ancora attivi in parte i fenomeni che lo hanno in parte generato.

Lo spessore di tale coltre si ritiene possa essere pari ad alcune decine di metri. Nel sondaggio esplorativo svolto a monte di località Prà dei Lamari si è potuto accertare una potenza di quasi 30 m.

Segue la stratigrafia del sondaggio eseguito nell'abito del citato studio svolto dalla Provincia di Vicenza.

INFOSTAR* di Baghin A. Maria & C. S.a.s. <i>Ingegnieri Geologici, Geotecnici, Grafici e Sondaggi</i> Str. di Sarlabona, 371 36100 VICENZA Tel.: 0444 506501 Fax: 0444 506566 Cod. F. e P. LV.A/ 01849660380		BORSA TIPO Atlas Copco A32		PROFONDITA' da 0.00 m a 34.50 m (da p.c.)		SONDAGGIO: S1			
		COMMITTENTE Provincia di Vicenza DIPARTIMENTO AMBIENTE		CANTIERE TERRE ROSSE		LOCALITA' Loc. TERRE ROSSE VELO D'ASTICO (VI)			
		RESPONSABILE Dr. ROBERTO RECH		OPERATORE ROBERTO GIARETTA		DATA INIZIO: 13 Maggio 2004 DATA FINE: 21 Maggio 2004			
Prof. (m) da p.c.	STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE		Prof. (m) da p.c.	N. Carotaggio	Perforazione m	SPT	Tubo inclinometrico mm	Prova in foro	Tubo inclinometrico
	Colica limosa-argillosa marrone 0.20								
1	Limo argilloso debolmente sabbioso con ciottoli spigolosi di dolomia 1.40								
2	Ghiaia a clasti spigolosi con scarsa matrice limosa 2.30								
3	Ghiaia a ciottoli spigolosi 2.90								
4	Masso di dolomia grigio-nocciola poco fratturata 5.80						$\phi = 127 \text{ mm}$		
5									
6									
7	Ghiaia a clasti spigolosi dolomitici con limitata frazione fine. 8.20								
8	Masso di dolomia non fratturato 9.80								
9									
10									
Cassette catalogatrici n°: 7		Strumentazione installata: Tubo inclinometrico alluminio $\phi = 76 \text{ mm}$, spessore 2 mm. Il tubo è stato cementato esternamente con belacca e bentonite fino a completo riempimento del foro di sondaggio.		Note: ARRIVATO 11 GIU. 2004					
Aste di perforazione: $\phi = 67 \text{ mm}$		Carotiere: $\phi = 101 \text{ mm}$ da 0.00 m a 34.50 m		COMUNE DI VICENZA 14 GIU. 2004 21 LUG. 2008 3/537		COMUNE DI VELO D'ASTICO 21 LUG. 2008 4803 Pagina 1/4 SONDAGGIO: S1			

Bertolin dr. Andrea *geologo* in Schio



Di natura granulare grossolana è anche il detrito di versante, il quale è costituito da blocchi, ciottoli, ghiaie, subordinatamente sabbie. Si tratta dei prodotti di disaggregazione progressiva e continua delle pareti rocciose scolpite nella dolomia. Questi materiali formano una fascia continua con pendenze elevate ai piedi dei fronti su tutta l'area in esame e formano anche delle piccole conoidi, laddove sono presenti dei canali.

Il continuo evolversi del fenomeno a causa dell'azione degli agenti esogeni, può con il passare del tempo mettere a nudo delle placche e/o dei prismi colonnari instabili che possono poi essere soggetti a fenomeni di crollo e/o ribaltamento liberando grossi massi che riescono a raggiungere maggiori distanze rispetto alla frazione più fine.

I depositi di trasporto in massa sono anch'essi di natura granulare grossolana, ma sono in genere dei depositi di tipo caotico di detrito di varie dimensioni e poco classati dal punto di vista granulometrico.



depositi di trasporto in massa sui versanti del M. Brazome - colata del 21/07/14

Questi depositi sono generati da fenomeni di colata di detrito (*debris-flow*) che sono una particolare tipologia di fenomeno franoso costituita da flussi di acqua e materiale solido (materiale detritico a grana grossolana - ghiaia sabbiosa con ciottoli e blocchi, debolmente limosa) con una concentrazione dei sedimenti compresa tra il 25 ed il 70% in volume. I materiali coinvolti, in questo caso, sono coltri detritiche derivanti dall'alterazione del versante, spesso associato a materiale organico vegetale coinvolto nel dissesto. Nella maggior parte dei casi, come quello in esame, si tratta di colamenti incanalati lungo incisioni vallive preesistenti. Dissesti di questo tipo sono solitamente scatenati da eventi piovosi molto intensi. Il volume e la composizione della miscela sono i principali fattori che concorrono a determinare la pericolosità associata a tali fenomeni, dal momento che da questi dipende il grado di mobilità e l'energia di impatto della colata. Colate detritiche costituite da elevate percentuali di materiali grossolani, infatti, tendono ad arrestarsi nelle

zone di monte dei conoidi, formando depositi caratterizzati da impilamento di materiale grossolano con una matrice più fine interstiziale e prevalenza di detriti di grosse dimensioni ai margini laterali e sulla superficie del deposito. Al contrario, colate caratterizzate da basse percentuali di materiali grossolani tendono a raggiungere più facilmente la parte terminale del conoide ed a dare luogo a depositi di forma appiattita, molto estesi arealmente.

Nell'area in esame depositi di questo tipo sono stati riconosciuti nella parte occidentale, sui versanti settentrionali del M. Brazome. I depositi osservati sono recenti ed attribuibili all'evento alluvionale verificatosi in data 21/07/2014, giorno in cui si è verificata la colata rapida che ha investito le località Maso, Lenzetti, Lago e S. Ubaldo poste a nord-ovest dell'area in esame.

Le coltri colluvio-eluviali sono gli unici depositi fini presenti nell'area di studio. La coltre colluviale è presente laddove le porfiriti sono subaffioranti e costituiscono il substrato roccioso in posto alterato ed argillificato. Si tratta di depositi in prevalenza di natura argilloso-limosa, subordinatamente sabbiosa che contengono clasti a spigoli vivi di natura andesitico-basaltica.



affioramenti della coltre colluvio-eluviale sulla scarpata secondaria della frana presente poche decine di metri a valle del punto in cui è stato realizzato il sondaggio a monte di località Prà dei Lamari.

Nell'area in esame la coltre colluvio-eluviale può contenere anche limi, sabbie e ghiaie di composizione calcareo-dolomitica. Può essere presente anche uno scheletro grossolano accessorio, sempre immerso nella matrice fine, costituito da ciottoli, blocchi ed anche trovanti anch'essi di composizione calcareo-dolomitica.

2.4- Assetto Tettonico

Dal punto di vista tettonico l'area in esame rientra nella così detta "Zona degli Altopiani" (Cantelli e Castellarin, 1994). In particolare il settore in studio rientra nel "Corridoio Scledense", porzione compresa tra la Linea di Castelvero e la Linea della Val d'Astico. Questa fascia è dominata da una grande famiglia di faglie NO-SE, subverticali ed a carattere prevalentemente trascorrente, tuttavia esistono anche numerose faglie con orientazione N-S, sempre a carattere trascorrente di strutturazione antecedente (Cantelli e Castellarin, 1994).

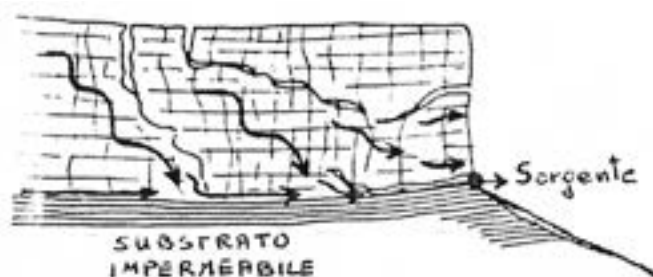
Secondo quanto asserito ancora dagli autori sopra citati il Corridoio Scledense corrisponde ad una fascia di svincolo cinematico orientata NO-SE che trasferisce verso i settori mobili circostanti le deformazioni non assorbite entro la zona degli altipiani. Tale comparto, in cui la Linea Schio-Vicenza è la struttura tettonica principale, rappresenta, quindi, un sistema attivo dal Messiniano al Plio-Pleistocene, ed ha separato le Alpi Meridionali Orientali in accrescimento da quelle Centro-Occidentali ove la strutturazione si è arrestata con la fine del Miocene medio e con il Tortoniano.

I rilievi di superficie svolti dallo scrivente confermano l'assetto tettonico sopra descritto come indicato nella già citata carta geologica redatta a corredo del presente scritto (tavola n. 1 fuori testo). Come indicato nel menzionato elaborato, il sottoscritto, inoltre, ritiene siano presenti delle faglie coniugate rispetto al fascio scledense, ossia con direzione NE-SO: l'area in esame, infatti, può essere suddivisa in più settori con l'orientamento indicato. Strutture morfologiche con la direzione indicata sono numerose nell'area in esame: ne sono un esempio l'orientamento della dorsale Costa la Rancina sulle pendici settentrionali del M. Summano, oppure i canali che incidono il versante settentrionale del M. Brazome, ancora i fianchi della frana del Brustolè. Si ipotizza la presenza di faglie verticali che individuano una struttura tipo horst-graben.

2.5- Assetto Idrogeologico

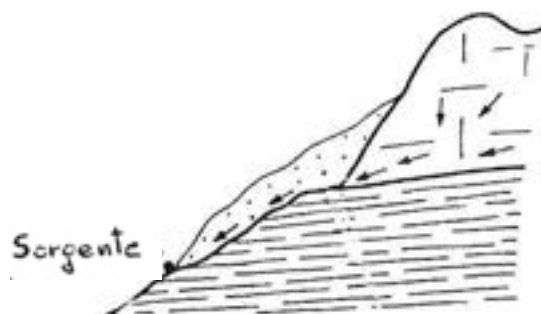
Come già anticipato nel capitolo di inquadramento generale, l'assetto idrogeologico locale è chiaramente delineato dalla successione stratigrafica dell'area e, nel caso in esame, anche dalla distribuzione dei depositi quaternari precedentemente descritti.

Partendo dal substrato roccioso, risulta chiaro che i calcari e le dolomie appartenenti alla Formazione della Dolomia Principale generano degli ammassi rocciosi caratterizzati da una elevata permeabilità in grande dovuta a fratturazione e carsismo. La circolazione idrica sotterranea dei rilievi montuosi che costituiscono la dorsale rocciosa M. Summano-Massiccio del M. Novegno, avviene quindi prevalentemente in senso verticale: trattandosi di rilievi esclusivamente montuosi costituiti da rocce calcareo-dolomitiche carsificate, la maggior parte delle precipitazioni alimenta solo in minima parte il ruscellamento superficiale, tanto che i compluvi esistenti sono di norma asciutti: solo in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi e prolungati, per brevi tratti, sono presenti acque superficiali che, rapidamente, si infiltrano nel sottosuolo. La percentuale maggiore delle precipitazioni si infila nelle formazioni rocciose calcareo-dolomitiche fortemente incarsite, per lo più interessate da numerosi disturbi tettonici, i quali, oltre a favorire l'infiltrazione e la percolazione delle acque in profondità, condizionano le direzioni di deflusso delle acque sotterranee, le quali, con moto verticale prevalente, si dirigono verso il livello di base, che nel caso in esame, è costituito dalle Vulcaniti Ladiniche le quali sono poste alla base delle dolomie nella sequenza stratigrafica locale. Quest'ultime, come già riportati nel paragrafo 1.2.1 generano ammassi rocciosi pseudocoerenti che, alterandosi, argillificano e sono, quindi, caratterizzate da una permeabilità bassa: dal punto di vista idrogeologico costituiscono pertanto delle barriere impermeabili, come indicato nello schema esemplificativo sottostante.



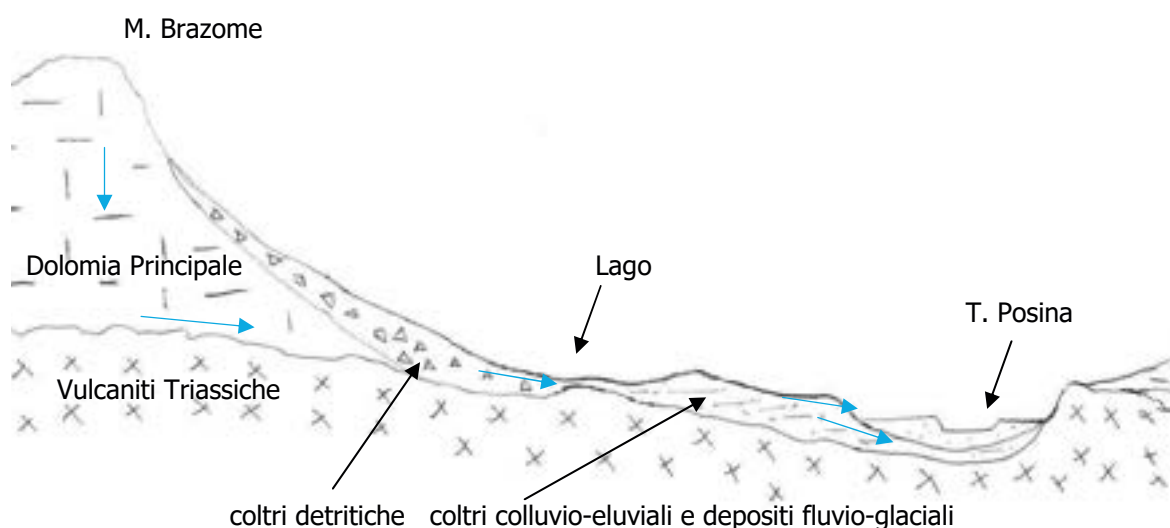
In realtà i depositi quaternari, la coltre detritica grossolana a monte e le coltri colluvio-eluviali a valle, mascherano quelle che vengono definite le *sorgenti geologiche*, traslando verso valle l'affioramento delle acque sotterranee nel punto in cui la morfologia del

substrato roccioso e la rastremazione della copertura detritica lo consentono, secondo quanto indicato dallo schema esemplificativo di seguito riportato.



Questo è il motivo per cui le numerose sorgenti presenti nel territorio comunale sono in gran parte distribuite a ridosso della fascia in cui termina la coltre detritica più grossolana, ma possono essere presenti anche a quote più basse.

In sintesi il modello idrogeologico dell'area in esame è caratterizzato dalla presenza di un massiccio carsico che poggia sulle vulcaniti triassiche, le quali costituiscono il limite di permeabilità del sistema; una potente, complessa ed estesa coltre di depositi quaternari, in prevalenza di tipo permeabile, ammantano l'area ed impediscono la venuta a giorno di gran parte delle acque sotterranee. Quest'ultime, tuttavia, non possono spingersi ad elevata profondità a causa della presenza delle vulcaniti ladiniche che sono presenti a debole profondità anche sul fondovalle (si veda lo schema esemplificativo di seguito riportato).



- modello idrogeologico schematico -

Nell'area oggetto di studio gli affioramenti di acque sotterranee seguono le logiche sopra descritte. Nella parte più nord-occidentale l'elevato spessore e la grossa pezzatura della coltre non consentono alle acque di affiorare. Sorgenti sono presenti solo alla base della

ripida scarpata che delimita la parte inferiore della paleofrana in prossimità delle Contrade Meneghetti, Nogarola ed a valle dei C.da Gemi (Casara Stortino). Altrettanto si può dire della zona più orientale dell'area in esame. Ad est di C.da Lauri su tutto il versante non sono presenti affioramenti di acque sotterranee che si riscontrano solo alla base della scarpata in prossimità delle Contrade Sargarola e Boldrine. Nella parte centrale, dove le vulcaniti sono subaffioranti, gli affioramenti di acque sotterranee sono presenti anche a monte di quota 600 m e, a partire da questa quota, le vallette presenti sono percorse stabilmente da acque superficiali.

Il tratto compreso fra il Sojo del Brospile ed il Passo Colletto Piccolo, è il più articolato e complesso. In alcune delle nicchie di frana presenti ai piedi delle pareti rocciose sono stati osservati affioramenti di acque sotterranee, uno dei quali anche captato in passato. Affioramenti di acque sotterranee sono stati osservati anche a valle della prima scarpata secondaria presenta a monte di Prà dei Lamari, dove nella depressione presente, si forma anche un laghetto effimero.



affioramento di acque sotterranee a monte di località Prà dei Lamari



Laghetto effimero in località Prà dei Lamari

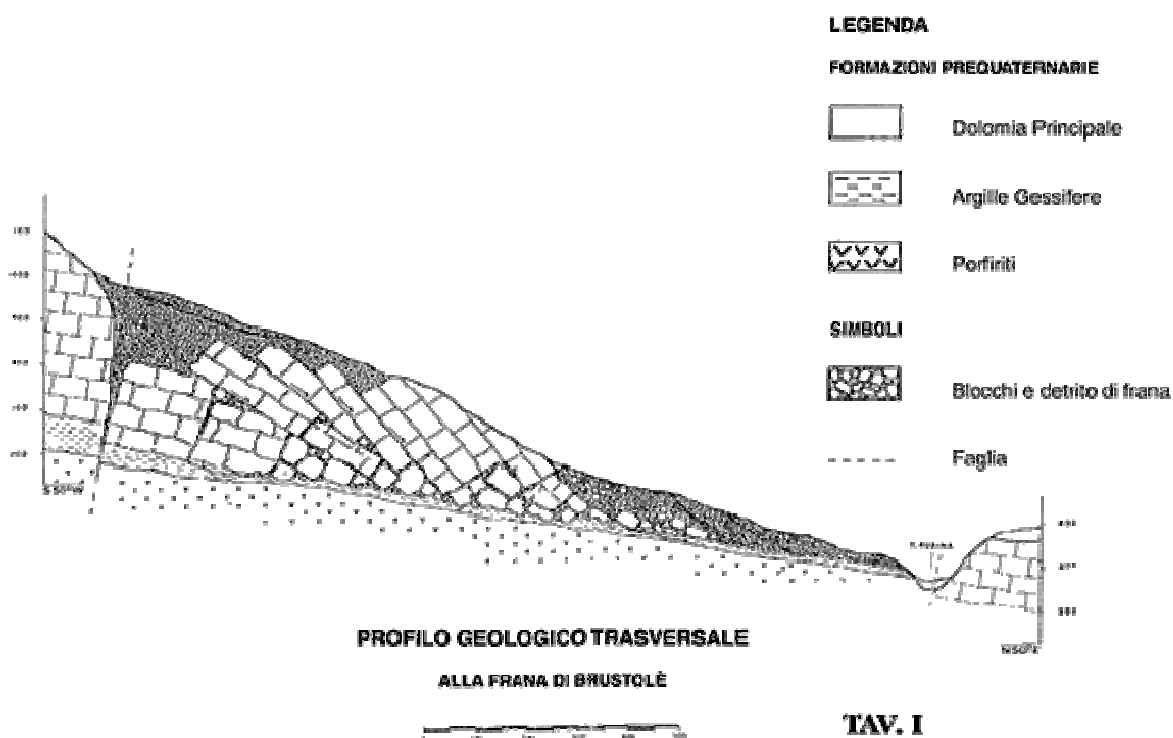
In entrambe i casi le acque affiorano e poi poco a valle si infiltrano nuovamente nella coltre detritica grossolana.

A valle della seconda scarpata secondaria presente a nord-est di Prà dei Lamari sono stati osservati affioramenti più persistenti di acque sotterranee che generano un torrentello il quale perde per intero la propria portata in prossimità di C.da Anzalone.

Il piede della frana attiva ed anche della paleofrana è poi perimetrato in modo preciso da affioramenti di acque sotterranee sia di tipo perenne, che di tipo effimero.

2.6 - Profilo Stratigrafico

Basandosi su quanto riportato nei precedenti capitoli, il profilo stratigrafico dell'area di studio che traspare è in sostanza quello proposto per la vicina frana del Brustolè ed illustrato nel documento redatto dalla Comunità Montana Alto Astico e Posina nell'aprile 1999, basato su studi compiuti dal prof. G.C. Carloni dell'Università di Bologna, con l'aiuto del dr. Geol. Daniela Mioni. Segue il profilo geologico trasversale alla frana del Brustolè.



Nel caso in esame non sembrano essere presenti le argille gessifere appartenenti alla Formazione di Raibl al contatto fra la dolomia e le vulcaniti triassiche. Inoltre, l'unghia della frana non è confinata dal T. Posina, ma poggia su di una successione di rilievi costituiti dalle stesse vulcaniti triassiche.

Solo per la parte centrale dell'area compresa fra il Sojo di Brospile ed il Passo Colletto Piccolo, ossia quella caratterizzata dalla presenza della frana attiva, il profilo sopra riportato è impreciso. Nel caso in esame la dolomia a franapoggio presente a valle della

faglia che delimita la dorsale rocciosa manca quasi completamente ed è sostituita dal detrito di frana, il quale risulta essere in contatto diretto con le vulcaniti triassiche.

3 - AREE IN DISSESTO

3.1 - Premessa

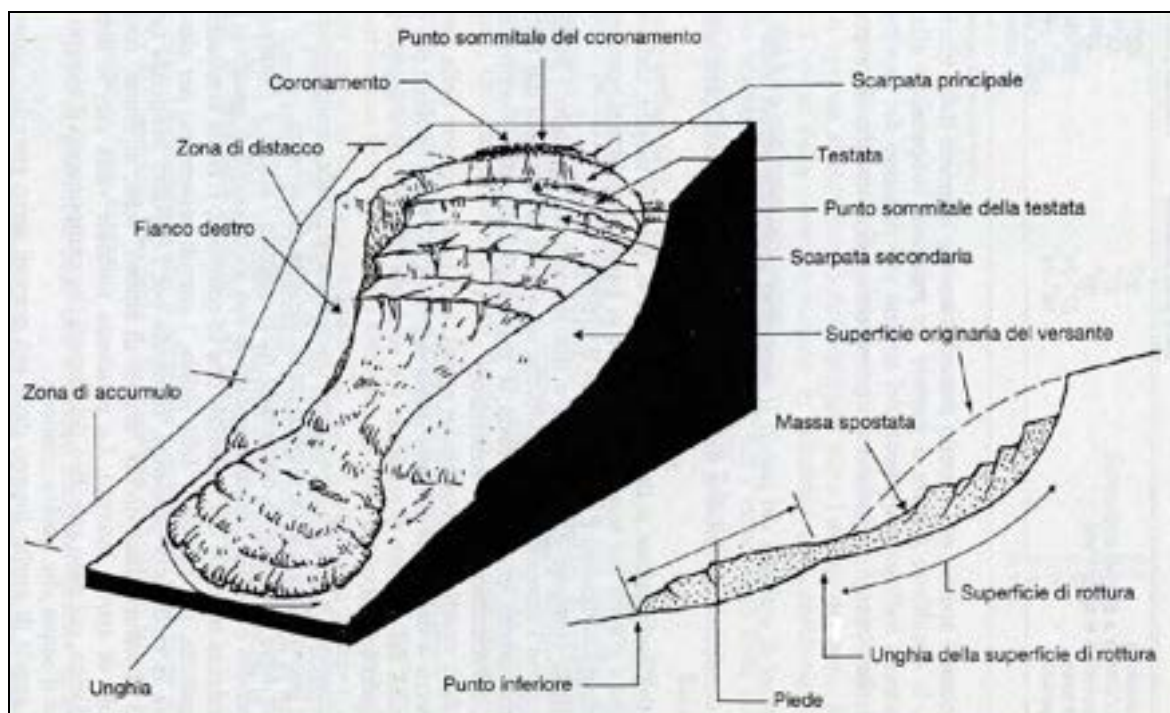
Nella tavola n. 1 fuori testo - carta geologica - sono state cartografate come attive le frane per le quali sono stati riscontrati movimenti durante la campagna di rilievi eseguiti nell'inverno 2014-2015 a seguito di una annata molto piovosa. Frane non attive sono state invece considerate tutte quelle morfologie tipiche di aree in frana per le quali, tuttavia, non sono stati ravvisati segni di attività durante i rilievi di campagna.

Come si può osservare nella citata tavola le frane attive si concentrano nella parte centro-occidentale dell'area in esame. In particolare sul versante posto a valle del tratto compreso fra il Sojo del Brospile ed il Passo del Colletto Piccolo, dove i citati rilievi di campagna hanno permesso di accertare la presenza di inequivocabili ed evidenti segni di movimenti in atto su tutta l'area (si veda la documentazione fotografica di seguito allegata): dalla scarpata principale, alle successive scarpate secondarie; lungo i fianchi destro e sinistro sono state rilevate le tipiche crepacciature che segnano il contatto fra area in frana e versante stabile; all'interno dell'area in dissesto sono state osservate le tipiche fessure trasversali "faglie longitudinali" del corpo di frana, dovute a movimenti differenziali del corpo di frana stesso. Infine, al piede sono stati riscontrati anche evidenti segni di progradazione dell'unghia della frana sul pendio sottostante.

Si delinea la presenza di un'unica estesa area in dissesto, già in passato oggetto di studio da parte della Provincia di Vicenza denominata *frana Terre Rosse*, il cui coronamento ha una estensione di circa 0.8 km per una lunghezza totale di 2 km e che, pertanto, interessa una superficie di circa 1.6 km². Nell'area in esame sono state riscontrate altre zone caratterizzate dalla presenza di fenomeni franosi attivi e/o sospesi/quiescenti:

- sulle pendici dei M. Brazome e Summano sono presenti dei canaloni che hanno generato delle colate rapide in occasione dell'evento alluvionale del 21/07/14;
- gran parte della cresta rocciosa che delimita l'area in esame può generare frane di crollo.

Segue uno schema con la nomenclatura delle varie parti di una frana proposto da Crudens & Varnes per una miglior comprensione del testo.



- nomenclatura delle varie parti di una frana -

Segue la descrizione delle 3 aree di frana sopra citate.

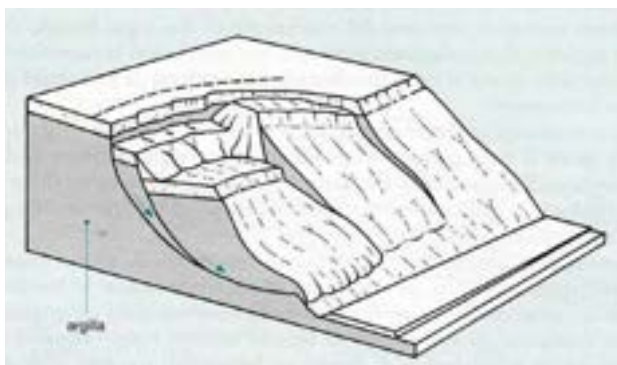
3.2.1 Frana Terre Rosse

3.2.1.1 Tipo di Frana

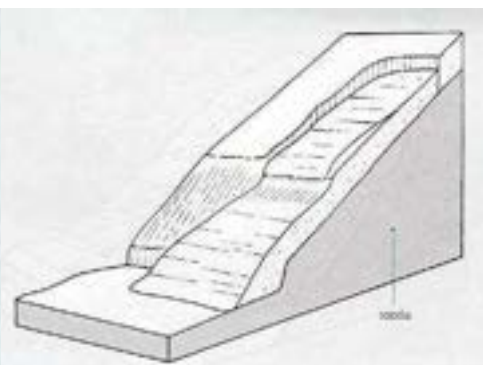
Utilizzando la classificazione di Varnes 1978, il dissesto può essere definito uno scorrimento traslativo (scivolamento, *slide*, *glissement*). Lo scivolamento interessa l'ammasso roccioso nella parte più a monte (area immediatamente a valle del Sojo del Brospile) mentre, nel resto dell'area, è uno scivolamento di detrito.

Si tratta dello scivolamento dei depositi di frana e del detrito di versante sulle vulcaniti triassiche, il cui contatto è lubrificato dalle acque sotterranee che fluidificano la coltre colluviale soprastante il substrato roccioso. Per certi versi il dissesto può essere paragonato ad un glacis: si tratta dello scivolamento di lembi di calcari sulla monoclinale costituita dalle vulcaniti.

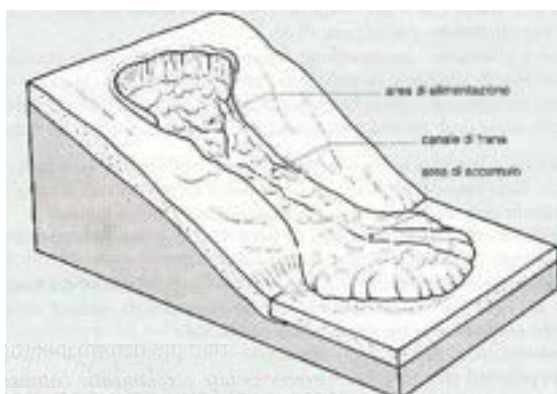
Le schede IFFI classificano il dissesto allo stesso modo con cui è stata definita la Frana del Brustolè, ossia un scivolamento roto-traslativo. Il piede della frana, infine, a mio avviso si può anche definire una sorta di colamento di terra e di detrito. Si tratta, sicuramente di una frana di tipo complesso. Seguono alcune immagini che schematizzano le tipologie di frana sopra descritte



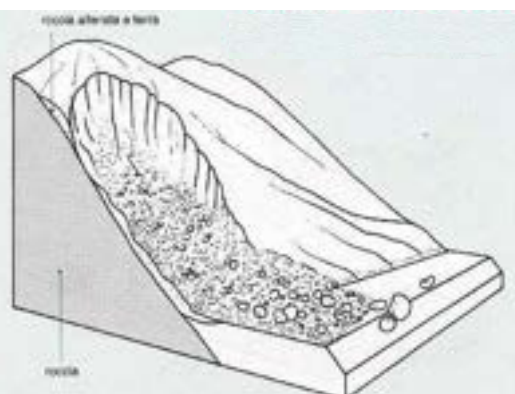
scivolamento rotazionale



scorrimento traslazionale



colata di terra



colata di detrito

- Schemi tipo -

3.1.1.2 Dimensioni

- Lunghezza totale ≈ 2.000 m
- Larghezza ≈ 800 m
- Dimensioni area in dissesto $\approx 1.600.000$ m²
- Massimo spessore del corpo di frana ≈ 40 m *
- Volume indicativo del corpo di frana $\approx 40.000.000$ m³

* questo dato è stato ottenuto dai risultati del sondaggio e della successiva campagna di misure inclinometriche promossa dalla Provincia nel 2004-2005 dalla quale si è potuto accertare che la superficie di scivolamento è stata localizzata al contatto fra coltre detritica e le vulcaniti triassiche, posto ad una profondità di 40 m da piano campagna.

Note le dimensioni del dissesto, facendo riferimento alla tabella proposta da Fell 1994, il dissesto si può classificare come estremamente grande e caratterizzata da una Intensità pari a 7.

<i>Intensità (I)</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Volume (m³)</i>
2	Estremamente piccola	$< 5 \cdot 10^2$
2,5	Molto piccola	$5 \cdot 10^2 + 5 \cdot 10^3$
3	Piccola	$5 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^4$
4	Media	$5 \cdot 10^4 + 2,5 \cdot 10^5$
5	Mediamente grande	$2,5 \cdot 10^5 + 10^6$
6	Molto grande	$10^6 + 5 \cdot 10^6$
7	Estremamente grande	$> 5 \cdot 10^6$

Scala di intensità delle frane basata sulla massa spostata - Fell 1994

3.2.1.3 Velocità

Per stabilire la velocità del dissesto si è fatto riferimento alla campagna di misure inclinometriche promossa dalla Provincia di Vicenza (che si allega a fine relazione) sul tubo inclinometrico posto in opera nel punto in cui è stato eseguito il sondaggio già citato. Sono state svolte n. 8 misure, condotte nell'arco temporale di un anno (da aprile 2004 ad aprile 2005) le quali hanno permesso di accertare movimenti medi con velocità di circa 3.0 cm/anno; la maggior velocità è stata raggiunta nella stagione autunnale caratterizzata da abbondanti piogge. I rilievi svolti dallo scrivente nell'autunno-inverno 2014 hanno permesso di accertare la presenza di numerose fessure con una larghezza di una decina di centimetri formatesi nell'arco di massimo qualche mese. Si ipotizzano pertanto movimenti dell'ordine di circa una decina di centimetri anno.

Utilizzando la classificazione proposta da Cruden e Varnes (si veda la tabella sotto riportata), la frana si può definire molto lenta.

VELOCITÀ DEL MOVIMENTO	LIMITI DI VELOCITÀ
Estremamente rapido	5 m/s
Molto rapido	3 m/min
Rapido	1.8 m/h
Moderato	13 m/mese
Lento	1.6 m/anno
Molto lento	16 mm/anno
Estremamente lento	

Classificazione della velocità di movimento di una frana secondo Cruden e Varnes

3.2.1.4 Stato, Distribuzione e Stile di Attività

Si tratta di una frana che si può definire *attiva*, anche se si ritiene possa alterare periodi di quiescenza, a seconda della piovosità. In merito allo *stile di attività*, il dissesto si può definire multiplo, ossia caratterizzato da una molteplice ripetizione dello stesso tipo di movimento. Infine, per quanto riguarda la *distribuzione di attività*, la frana si può definire costante: il materiale spostato continua a muoversi senza variazioni apprezzabili della superficie di rottura e del volume di materiale spostato. Non si può, tuttavia, escludere la

possibilità che la frana sia in allargamento: la superficie di rottura si estende su uno o entrambe i margini laterali. A questo proposito non si può escludere un allargamento sul fianco sinistro, dove è presente una spessa coltre costituita da depositi di frana.

3.2.1.5 Probabili Cause e Concause

Le cause che generano un dissesto possono essere distinte in predisponenti, preparatorie e determinanti: il loro effetto sinergico concorre nel generare l'evento franoso in un preciso momento.

Le prime sono quell'insieme di fattori che predispongono il versante ad essere colpito da fenomeni franosi. In questo caso la presenza di un piano inclinato costituito dalle vulcaniti triassiche lubrificato dalle acque sotterranee che plasticizzano la coltre colluviale su cui poggia la coltre detritica grossolana.

La causa preparatoria del verificarsi dell'evento, probabilmente, sono stati il susseguirsi di annate, a partire almeno dal 2010, caratterizzate da piovosità intense e prolungate.

Quest'ultima può essere considerata anche la causa determinante, tenuto conto delle abbondanti precipitazioni che hanno caratterizzato tutto il 2014.

3.2.1.6 Danni Causati

I danni causati per ora sono di entità modesta, dato che il corpo di frana si estende solamente su aree boscate solo marginalmente interessate da una modesta antropizzazione: all'interno dell'area in frana sono presenti strade silvo-pastorali in gran parte sterrate e qualche edificio di modeste dimensioni non stabilmente abitato (annessi rustici). L'unghia della frana ed il fianco destro, tuttavia, lambiscono alcune contrade, i cui edifici si trovano ad una distanza di appena un cinquantina di metri dal dissesto.

3.2.1.7 Pericolosità e Possibile Evoluzione

I precedenti paragrafi hanno permesso di accertare che alla frana si può attribuire la massima intensità. Tuttavia, grazie alla sua bassa velocità, risulta che, come indicato nella tabella sotto riportata, le strutture presenti al suo interno possono essere danneggiate dal movimento; non è necessaria l'evacuazione, né si può ipotizzare la perdita di vite umane.

Classe	Descrizione	Velocità tipica	Osservazioni sui danni
I	Estremamente lento	6 mm/anno	Impercettibile senza strumenti di monitoraggio, costruzione di edifici possibile con precauzioni.
II	Molto lento	16 mm/anno	Alcune strutture permanenti possono essere danneggiate dal movimento.
III	Lento	1,6 m/anno	Possibilità di intraprendere i lavori di rinforzo e restauro durante il movimento.
IV	Moderato	13 m/mese	Alcune strutture temporanee o poco danneggiabili possono essere mantenute.
V	Rapido	1,8 m/h	Evacuazione possibile; distruzione di strutture, immobili ed installazioni permanenti.
VI	Molto rapido	3 m/min	Perdita di vite umane, velocità troppo elevata per permettere l'evacuazione.
VII	Estremamente rapido	5 m/s	Catastrofe di eccezionale violenza, edifici distrutti per l'impatto del materiale spostato, molti morti.

Scala di intensità delle frane basata sulla velocità e sul danno prodotto (da Cruden & Varnes 1994)

L'attuale antropizzazione dell'area (sfruttamento del bosco) e gli insediamenti esistenti (annessi rustici) è pertanto compatibile con le caratteristiche del dissesto, fatto salvo che per la parte più a monte dell'area in frana, ossia quella posta a monte di Prà dei Lamari, dove i segni impressi sul territorio dell'attività della frana sono molto evidenti.

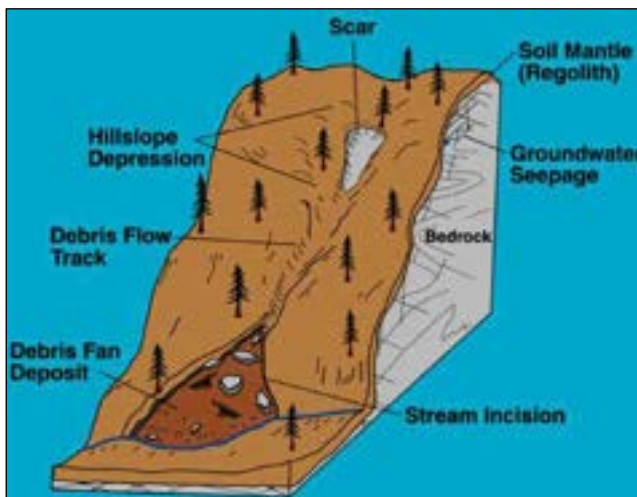
Se il fenomeno continuerà ad evolvere nel modo sopra indicato, ipotesi peraltro molto verosimile, l'unghia della frana che avanza sul pendio posto a valle impiegherà alcune centinaia di anni (circa 500) per raggiungere gli abitati più vicini che si trovano attualmente ad una distanza di circa una cinquantina di metri.

Come riportato nel paragrafo 1.4.1.4, il dissesto si ritiene in allargamento sul fianco sinistro, dove il coronamento è costituito da una spessa coltre di depositi di frana adagiata su pendenze molto elevate.

3.2.2 Colate Rapide sulle pendici settentrionali dei M. Brazome e Summano

3.2.2.1 Tipo di frana

Utilizzando la classificazione di Varnes 1978, il dissesto si può definire una *colata di detrito* (*debris flow*). Si tratta di una particolare tipologia di fenomeno franoso (si veda lo schema esemplificativo riportato a fianco) costituita da flussi di acqua e materiale solido (materiale detritico a grana grossolana - ghiaia sabbiosa con ciottoli e blocchi, debolmente limosa) con una concentrazione dei sedimenti compresa tra il 25 ed il 70% in volume. I materiali coinvolti, in questo caso, sono coltri detritiche derivanti dall'alterazione del versante, spesso associato a materiale organico vegetale coinvolto nel dissesto. Nella



maggior parte dei casi, come quello in esame, si tratta di colamenti incanalati lungo incisioni vallive preesistenti. Seguono due tratti da bibliografia tematica che illustrano il fenomeno franoso. Dissesti di questo tipo sono solitamente scatenati da eventi piovosi molto intensi. Il volume e la composizione della miscela sono i principali fattori che concorrono a determinare la pericolosità associata a tali fenomeni, dal momento che da questi dipende il grado di mobilità e l'energia di impatto della colata. Colate detritiche costituite da elevate percentuali di materiali grossolani, infatti, tendono ad arrestarsi nelle zone di monte dei conoidi, formando depositi caratterizzati da impilamento di materiale grossolano con una matrice più fine interstiziale e prevalenza di detriti di grosse dimensioni ai margini laterali e sulla superficie del deposito. Al contrario, colate caratterizzate da basse percentuali di materiali grossolani tendono a raggiungere più facilmente la parte terminale del conoide ed a dare luogo a depositi di forma appiattita, molto estesi arealmente.

3.2.2.2 Dimensioni

Il giorno 21/07/14 verso le ore 8.00 si sono manifestate alcune colate sui versanti del territorio comunale di Velo d'Astico. Una di queste ha interessato l'area in esame e si è formata nei canaloni presenti sul versante nord-orientale del M. Brazome (si veda la tavola n. 1 fuori testo).

Le caratteristiche geometriche indicative della colata del M. Brazome sono le seguenti:

- superficie del bacino di alimentazione della colata $\approx 330.000 \text{ m}^2$

- area interessata dal deposito grossolano della colata (escluso i canali di alimentazione) $\approx 100.000 \text{ m}^2$
- area interessata dal flusso fangoso $\approx 8.300 \text{ m}^2$
- volume indicativo del corpo di frana $\approx 100.000 \text{ m}^3$
- distanza fra zona di innesco e parte terminale colata $\approx 1.250 \text{ m}$
- dislivello fra zona innesco e parte terminale della colata $\approx 650 \text{ m}$

Note le dimensioni del dissesto, facendo riferimento alla tabella proposta da Fell 1994, il dissesto si può classificare come molto grande e caratterizzata da una Intensità pari a 6.

3.2.2.3 Velocità

Seguendo, invece, il criterio di classificazione basato sulla velocità, questo tipo di frane si può definire *molto rapido* (velocità compresa fra 0.3 m/min e 3 m/s).

3.2.2.4 Documentazione Fotografica

Seguono alcune foto della colata che ha interessato le pendici del M. Brazome.



vista di parte dei canali che hanno generato la colata



vista della parte intermedia del canale in erosione nella zona di trasporto



vista della parte intermedia del cono di deiezione



vista della parte terminale del cono di deiezione

3.2.2.5 Stato, Distribuzione e Stile di Attività

In merito allo *stato di attività*, la frana si può definire *quiescente*, ossia temporaneamente inattiva, ma che può essere riattivata dalle causa che l'hanno originata.

Per quanto riguarda la *distribuzione di attività*, la frana si può definire *costante*: il materiale spostato, infatti, può continuare a muoversi senza variazioni apprezzabili della superficie di rottura e del volume di materiale spostato.

Infine, lo stile di attività: la frana si può definire singola, ossia caratterizzata da un singolo movimento del materiale spostato.

3.2.2.6 Probabili Cause e Concause

Le cause che generano un dissesto possono essere distinte in predisponenti, preparatorie e determinanti: il loro effetto sinergico concorre nel generare l'evento franoso in un preciso momento.

Le prime sono quell'insieme di fattori che predispongono il versante ad essere colpito da fenomeni franosi: in questo caso la predisposizione del versante al verificarsi di colate dipende strettamente dall'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico locale che è stato descritto nel precedente capitolo. In particolare la presenza di una successione di rocce e terreni che consentono la formazione di colate, ancora l'elevata pendenza del versante, infine, la presenza di un bacino idrografico e carsico piuttosto esteso.

La causa preparatoria del verificarsi del dissesto è stata una successione di eventi piovosi che si sono susseguiti senza sosta e che hanno saturato il sistema carsico del Gruppo del Novegno.

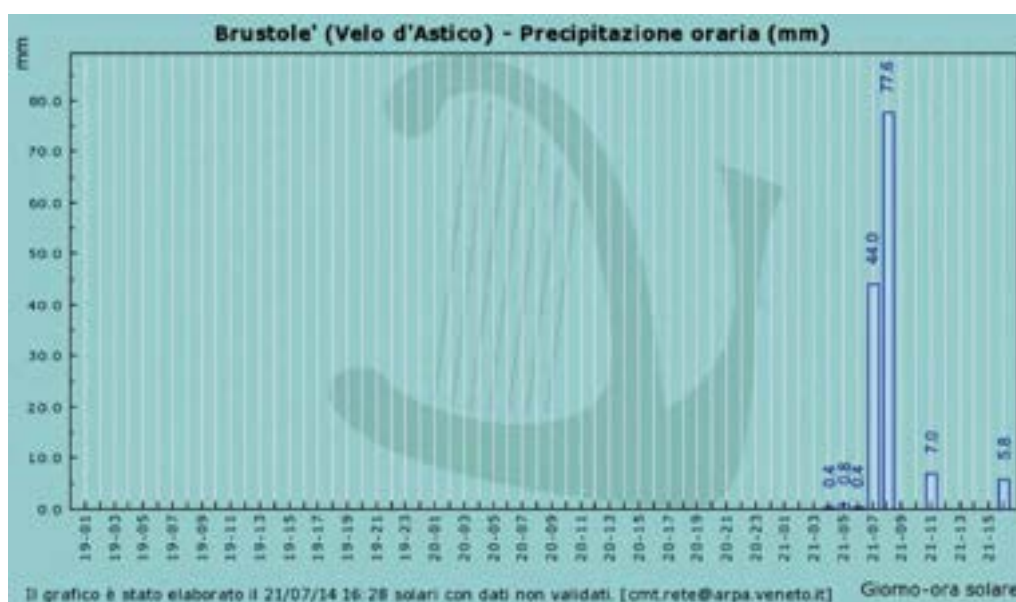
La causa determinante, infine, sono state le abbondanti e concentrate piogge che si sono verificate la mattina del 21 luglio. Quest'ultime, assieme alle acque provenienti dagli eduttori carsici presenti in quota, hanno generato un vero e proprio torrente che scendendo dai canaloni ha eroso il detrito di versante generando poi la colata.

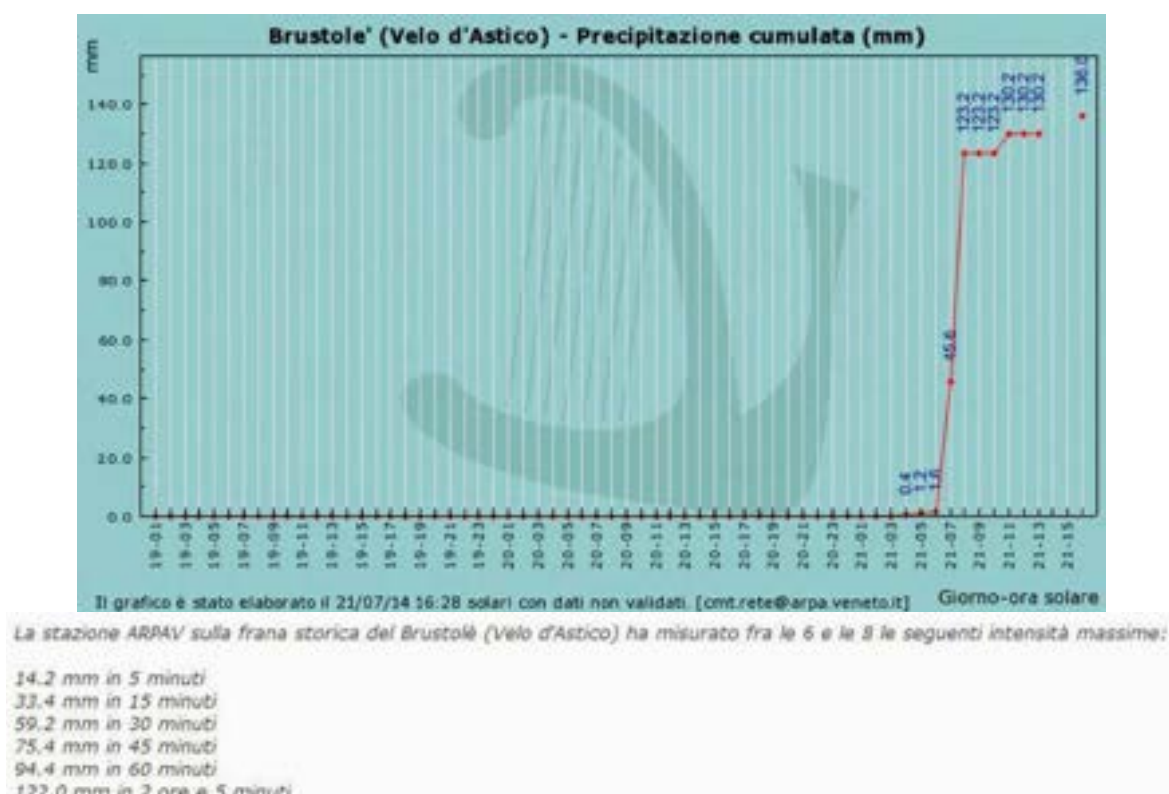
Si allegano nella pagina seguente alcune schede della piovosità registrata dalla stazione pluviometrica di Brustolè (Velo d'Astico), che dista un km circa da C.da Maso.

Si precisa che per gli intervalli di 45 e 60 minuti, quello registrato è il secondo valore più alto per zone alpine e prealpine venete di tutte le serie storiche disponibili, mentre, per l'intervallo di 30 minuti, si tratta del valore più alto in assoluto.

Visti gli effetti osservati nei versanti da cui si è originata la colata nord (ci si riferisce in particolare a tutta l'area interessata da dilavamento diffuso), si ritiene che la piovosità verificatisi in quest'area sia stata maggiore di almeno un 30% di quel che è stato registrato dalla centralina del Brustolè.

La frana si ritiene quiescente - episodica a bassa frequenza, ricade all'interno della frequenza probabile da 100 a 300 anni.





3.2.2.7 Danni Causati

Le colate hanno devastato la zona boschiva raggiunta dal conoide di deiezione, ed interrotto in più punti la diffusa viabilità silvo-pastorale esistente.

Il materiale grossolano ed anche la torbida è stato arrestato dalla intensa ed estesa fascia boscata che ammantava i pendii.

Non sono stati raggiunti gli abitati presenti sui versanti posti a valle.

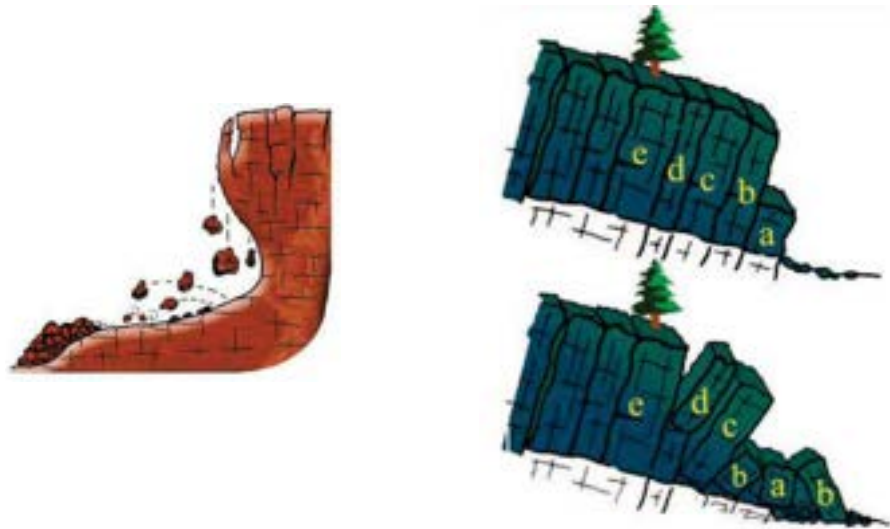
3.2.2.8 Possibile Evoluzione

In merito al materiale mobilizzato dalla colata presente nella zona boscata, essendo quest'ultimo quasi esclusivamente di natura granulare grossolana, non si ipotizzano possibili rimobilizzazioni, a meno di un suo coinvolgimento in un nuovo evento. In altri termini, non si ritiene che la parte sommitale dei coni di deiezione presenti in quota possano generare in futuro frane di altro tipo (e.g. frane di scivolamento), grazie al favorevole assetto geomorfologico locale ed alla natura stessa del materiale esclusivamente costituito da materiali granulari grossolani. Tuttavia, non si può escludere che il detrito mobilizzato e ridepositatosi possa in futuro entrare a far parte di nuove colate, nel caso in cui dovesse ripetersi il fenomeno.

3.3.1 Frana di Crollo/Ribaltamento della dorsale rocciosa

3.3.1.1 Tipo di frana Cause e Concause

Le pareti che delimitano da sud l'area di studio, le quali sono scolpite in litotipi lapidei e competenti di natura calcareo-dolomitica appartenenti alla Formazione della Dolomia Principale, possono essere interessati da frane che, utilizzando la classificazione di Varnes 1978, sono identificabili come frane di *crollo* e di *ribaltamento* (si vedano gli schemi tipo esemplificativi sotto riportati).



- Schemi tipo -

Nel primo caso la massa si muove prevalentemente nell'aria: il fenomeno comprende la caduta libera ed il conseguente movimento a salti e rimbalzi ed il rotolamento di frammenti di roccia con frantumazione del materiale stesso. Nel caso in esame il fenomeno si sviluppa in roccia ed il distacco avviene quasi sempre in corrispondenza di superfici di discontinuità molto inclinate e preesistenti quali giunti, piani di faglia, fratturazione tettonica, piani di scistosità. La componente principale di tale tipo di movimento è quella verticale e, pertanto, sono necessarie particolari condizioni morfologiche, quali l'acclività dei versanti e/o rotture di pendenza elevate. Generalmente la causa d'innescio è collegata ad un incremento degli sforzi di taglio e tali movimenti franosi si verificano prevalentemente in rocce lapidee fratturate stratificate e/o incarsite quali appunto i calcari dolomitici presenti nell'area di studio.

Il secondo tipo di cinematismo consiste, invece, nel ribaltamento frontale del materiale che ruota attorno ad un punto posto al di sotto del baricentro di massa. Tale fenomeno avviene in presenza di alcune famiglie di discontinuità, necessariamente sia subverticali che suborizzontali, e può evolvere in crollo o scorrimento, ma non necessariamente implica il collasso del materiale coinvolto. La massa isolata può derivare da fratture preesistenti o, più raramente da fratture di neoformazione. Tali fenomeni risultano

maggiormente diffusi in presenza di ammassi rocciosi con elevata acclività del versante, in particolare dove si sono verificati intensi fenomeni erosivi con asportazione delle coperture ed intensificazione della pendenza del versante. Nonostante, quindi, tale cinematismo si trovi con particolare frequenza in quegli ammassi rocciosi interessati da un andamento verticale delle fratturazioni o dei giunti di stratificazione, esso può verificarsi anche quando una roccia lapidea è sovrapposta ad un substrato roccioso plastico, deformabile ed erodibile.

Nel caso in esame si presentano entrambe le situazioni sopra descritte: la fratturazione tettonica prevalente (fascio scledense) dell'ammasso roccioso ha orientamenti prossimi alla verticale, la dolomia appoggia sulle vulcaniti triassiche.

Il ribaltamento può essere di tipo flessionale, di blocchi ed anche di tipo misto. Le cause predisponenti sono in generale di tipo strutturale, mentre quelle innescanti sono simili alle sopracitate per il fenomeno di crollo.

3.3.1.2 Estensione Area interessata

L'estensione delle pareti interessate dai fenomeni sopra descritti è stata riportata nella tavola 1 fuori testo. Si tratta di gran parte della dorsale rocciosa che raccorda la cima del M. Summano con i rilievi che compongono il Massiccio del Novegno.

3.3.1.3 Dimensioni

Le volumetrie coinvolte dai blocchi sono molto variabili: si passa da blocchi di pochi centimetri cubici a massi con dimensioni di alcuni metri cubi. I rilievi di campagna di superficie hanno permesso di accertare che ad una distanza di 300 m circa dalla base delle pareti non è stata in nessun caso riscontrata la presenza di blocchi derivanti dagli stacchi originatisi dalle citate pareti.

3.3.1.4 Velocità

I crolli, essendo fenomeni improvvisi, sono caratterizzati da velocità elevate e senza la presenza di segni premonitori.

Utilizzando la classificazione proposta da Cruden e Varnes, questo tipo di frane si possono definire estremamente rapidi: $V \geq 5$ m/s.

3.3.1.5 Stato, Distribuzione e Stile di Attività

Si tratta di frane che si possono definire *attive*. In merito allo *stile di attività*, il dissesto si può definire multiplo, ossia caratterizzato da una molteplice ripetizione dello stesso tipo di movimento. Infine, per quanto riguarda la *distribuzione di attività*, la frana si può definire retrogressiva ed in allargamento.

3.3.1.6 Danni Causati

Le aree poste a valle delle pareti soggette a fenomeni di crollo e ribaltamento non sono abitate e non sono presenti nemmeno edifici accessori. Il materiale liberato dalle pareti, ad oggi non ha mai raggiunto le aree abitate poste a valle che si trovano ad una distanza di almeno 500 m (distanza fra C.da Lauri e le pareti settentrionali del M. Elbele). I rilievi di campagna di superficie hanno permesso di accertare che i materiali prodotti dai crolli, complice anche la fitta vegetazione, si arrestano ad una distanza di circa 200 m dalle pareti stesse.

4 - ASSEGNAZIONE DEL LIVELLO DI PERICOLOSITÀ

4.1 Procedura Adottata

Dopo aver delineato l'assetto geomorfologico, geologico ed idrogeologico dell'area in esame ed aver definito la tipologia, la geometria e lo stato di attività dei dissesti presenti nell'area in esame, si procede con l'assegnazione del livello di pericolosità adottando la procedura indicata nel paragrafo 2.2.2 che, a questo punto, prevede di applicare le matrici ad incrocio dati seguendo il metodo BUWAL.

Per ciascuna delle frane precedentemente descritte si devono stimare i seguenti parametri:

1. Intervalli di velocità:

Classi di velocità (definizione da Cruden & Varnes, 1996)		Intervalli di velocità
Descrizione	Velocità tipica	
Estremamente rapida	5 m/sec	3
Molto rapida	3 m/min	
Rapida	1,8 m/hr	2
Moderata	13 m/mese	
Lenta	1,6 m/anno	
Molto lenta	16 mm/anno	
Estremamente lenta	< 16 mm/anno	1

Tabella 2.1: Stima degli intervalli di velocità dei fenomeni franosi, individuati in funzione della possibilità di allertare la popolazione e dei possibili danni attesi agli edifici e alle strutture.

2. Intervalli di severità geometrica:

Classi di severità geometrica per i fenomeni di crollo (definizione da Heinemann et al., 1998)	Classi di severità geometrica per i fenomeni di scorrimento e colata lenta (definizione da Heinemann et al., 1998)	Classi di severità geometrica per i fenomeni di colata rapida (Profondità della corrente o del deflusso solido)	Intervalli di severità geometrica
Diametro dei blocchi > 2 m	Spessore > 15 m	Profondità > 1 m	3
Diametro dei blocchi 0,5 – 2 m	Spessore 2 – 15 m	Profondità 0,5 – 1 m	2
Diametro dei blocchi < 0,5 m	Spessore < 2 m	Profondità ≤ 0,5 m	1

Tabella 2.2 Stima delle classi di severità geometrica dei fenomeni franosi.

L'interazione fra i valori discreti associati agli intervalli di velocità della Tab. 2.1 con quelli della severità geometrica della tab. 2.2 consentono di definire la magnitudo del dissesto con la tabella 2.4:

Attribuzione classe di magnitudo		Intervallo di velocità (VEL) (vedi Tabella 2.1)		
		1	2	3
Intervallo di severità geometrica (SG) (vedi Tabella 2.2)	1	1	2	3
	2	2	4	6
	3	3	6	9

Tabella 2.4: Matrice di iterazione per la definizione delle diverse classi di magnitudo

3. Classi di frequenza probabile:

Stato di attività	Frequenza probabile
frane attive, continue e/o intermittenti	1 – 30 anni
frane quiescenti – episodiche ad alta frequenza	
frane quiescenti – episodiche a media frequenza	30 – 100 anni
frane quiescenti – episodiche a bassa frequenza	100 – 300 anni
frane antiche e paleofrane	> 300 anni

Tabella 2.3: Descrizione classi di frequenza probabile dei fenomeni franosi.

Attraverso l'interazione della classe di magnitudo con la classe di pericolosità, utilizzando la matrice 2.5, si ottiene a pericolosità P3.

Pericolosità connessa alla magnitudo dei fenomeni franosi		Frequenza probabile (vedi Tabella 2.3)			
		alta 1 – 30 anni	media 30 – 100 anni	bassa 100 – 300 anni	Frane antiche (> 300 anni) e paleofrane
Classi di Magnitudo (vedi Tabella 2.4)	6 - 9	P4	P4	P3	P1
	3 - 4	P3	P3	P2	
	1 - 2	P2	P1	P1	

Tabella 2.5: Matrice di iterazione per la valutazione della pericolosità derivante da fenomeni franosi connessa alla magnitudo.

4.2 Frana Terre Rosse

Quella che segue è la pericolosità che si vuole attribuire all'area presente all'interno dell'area di frana attiva che si origina dalla dorsale compresa fra il Passo Colletto Piccolo e il Sojo del Brospile.

Intervalli di velocità - Tabella 2.1

La frana ha una velocità di qualche centimetro/anno; si trova pertanto nell'intervallo 2.

Intervalli di severità geometrica - Tabella 2.2

La frana, essendo caratterizzata da un corpo di frana con uno spessore che raggiunge i 40 m e, trattandosi di una frana di scivolamento, si trova in classe 3.

Magnitudo

La magnitudo del dissesto - tabella 2.4- risulta essere pari a 6

Classi di frequenza probabile- Tabella 2.3

La frana, essendo di fatto attiva, ricade all'interno della frequenza probabile da 1 a 30 anni.

Pericolosità - Tabella 2.5

L'interazione della classe di magnitudo con la classe di pericolosità utilizzando la matrice 2.5 consente di attribuire al dissesto una pericolosità P4.

4.3 Area ad Est della Frana Terre Rosse

Quella che segue è la pericolosità che si vuole attribuire all'area presente ad est della Frana Terre Rosse e ad ovest di C.da Lauri. Come descritto nei capitoli precedenti, quest'area si differisce da quelle circostanti per l'assenza di una significativa coltre di depositi di frana: sul tratto di versante indicato le vulcaniti triassiche sono pressochè subaffioranti, al più occultate da coltri colluvio-eluviali talora frammiste a depositi grossolani che sono presenti solo in località Colonia e nella fascia più a nord-est posta a valle di contrada Anzalone e Agetti.

L'area viene suddivisa in due parti:

- parte settentrionale: dalla dorsale posta a sud che funge da spartiacque procedendo verso nord fino a C.da Burini;
- parte meridionale: da C.da Burini scendendo verso valle fino a valle di C.da Santina dove è presente l'unghia della paleofrana.

Nella parte settentrionale non vi sono segni di dissesto attivi e non è presente la paleofrana. Non si ritiene necessario procedere pertanto con l'attribuzione della pericolosità.

Nella parte meridionale, non sono stati ravvisati nei rilievi di superficie segni di dissesto, tuttavia è presente la paleofrana. Si ritiene pertanto opportuno procedere con l'attribuzione della pericolosità.

Intervalli di velocità - Tabella 2.1

La frana si ipotizza abbia una velocità inferiore ai 16 mm/anno; si trova pertanto nell'intervallo 1.

Intervalli di severità geometrica - Tabella 2.2

Evidenze di tipo geomorfologico consentono di ipotizzare uno spessore che non supera i 15 m. Trattandosi di una frana di scivolamento, si delinea in classe 2.

Magnitudo

La magnitudo del dissesto - tabella 2.4- risulta essere pari a 2.

Classi di frequenza probabile- Tabella 2.3

La frana si ritiene quiescente - episodica a bassa frequenza, ricade all'interno della frequenza probabile da 100 a 300 anni.

Pericolosità - Tabella 2.5

L'interazione della classe di magnitudo con la classe di pericolosità utilizzando la matrice 2.5 consente di attribuire al dissesto una pericolosità P1.

4.4 Area ad ovest della Frana Terre Rosse e ad est di C.da Lauri

Quella che segue è la pericolosità che si vuole attribuire all'area presente ad ovest della Frana Terre Rosse fino al M. Brazome e ad est di C.da Lauri fino al Sojo del Covole. Queste due aree, come descritto nei capitoli precedenti, sono caratterizzate dalla presenza di una spessa coltre di depositi di frana che le accomuna sia alla Frana del Brustolè, sia alla Frana Terre Rosse, tuttavia, i rilievi di campagna di superficie non hanno evidenziato la presenza di segni indicanti movimenti in atto. Ciononostante, non si può escludere la presenza una attività che si esprima con movimenti estremamente lenti, i quali non possono essere rilevati a causa sia della natura grossolana dei terreni presenti, sia anche della bassa antropizzazione dell'area. Anche se nella tavola 1 le frane presenti sono state cartografate come non attive, in questa sede si ritiene sia più corretto definire la frana quiescente - episodiche a bassa frequenza 100-300 anni piuttosto che frane antiche paleofrane > 300 anni.

Intervalli di velocità - Tabella 2.1

La frana si ipotizza abbia una velocità inferiore ai 16 mm/anno; si trova pertanto nell'intervallo 2.

Intervalli di severità geometrica - Tabella 2.2

La frana, essendo caratterizzata da un corpo di frana con uno spessore che raggiunge i 40 m e, trattandosi di una frana di scivolamento, si trova in classe 3.

Magnitudo

La magnitudo del dissesto - tabella 2.4- risulta essere pari a 3.

Classi di frequenza probabile- Tabella 2.3

La frana si ritiene quiescente - episodica a bassa frequenza, ricade all'interno della frequenza probabile da 100 a 300 anni.

Pericolosità - Tabella 2.5

L'interazione della classe di magnitudo con la classe di pericolosità utilizzando la matrice 2.5 consente di attribuire al dissesto una pericolosità P2.

4.5 Aree soggette a Colata Rapida

Quella che segue è la pericolosità che si vuole attribuire alle aree presenti sulle pendici settentrionali dei M. Brazome e Summano interessate da fenomeni di colata rapida osservate in occasione dell'evento alluvionale del 21/07/14 descritte nel paragrafo 3.2.1.

Poichè i due fenomeni hanno le medesime caratteristiche, le due aree sono state trattate assieme.

Intervalli di velocità - Tabella 2.1

La colata ha assunto una velocità compresa fra 0.3 m/min e 3 m/s, molto rapida; si trova pertanto nell'intervallo 3.

Intervalli di severità geometrica - Tabella 2.2

I rilievi di campagna hanno permesso di accertare lo spessore della colata compreso fra 0.5 e 1 m: ne deriva una classe 2.

Magnitudo

La magnitudo del dissesto - tabella 2.4- risulta essere pari a 6.

Classi di frequenza probabile- Tabella 2.3

La frana si ritiene quiescente - episodica a bassa frequenza, ricade all'interno della frequenza probabile da 100 a 300 anni.

Pericolosità - Tabella 2.5

L'interazione della classe di magnitudo con la classe di pericolosità utilizzando la matrice 2.5 consente di attribuire al dissesto una pericolosità P3.

4.6 Aree soggette a Frane di Crollo/Ribaltamento

Quella che segue è la pericolosità che si vuole attribuire alle aree presenti a valle fino ad una distanza di 350 m dalla base delle pareti rocciosa che raccorda la cima del M. Summano con i rilievi che compongono il Massiccio del Novegno interessate da Frane di Crollo/Ribaltamento descritte nel paragrafo 3.3.1.

Intervallo di velocità - Tabella 2.1

Trattandosi di fenomeni istantanei, questo tipo di frane si trovano nell'intervallo 3.

Intervallo di severità geometrica - Tabella 2.2

I rilievi di campagna hanno permesso di accertare che le volumetrie dei blocchi coinvolti in fenomeni di crollo/ribaltamento nell'area sottesa dalle pareti del Sojo del Brospile raggiungono una volumetria che supera i 2 m. Ne deriva, pertanto, una classe 3.

Magnitudo

La magnitudo del dissesto - tabella 2.4- risulta essere pari a 9.

Classi di frequenza probabile- Tabella 2.3

Si tratta di frane attive o al più quiescenti ad alta frequenza 1-30 anni.

Pericolosità - Tabella 2.5

L'interazione della classe di magnitudo con la classe di pericolosità utilizzando la matrice 2.5 consente di attribuire al dissesto una pericolosità P4.

ZONA DI ATTENZIONE N. 2

VIA BRONZI



1 - IDENTIFICAZIONE DEL DISSESTO

1.1 Identificazione Zona di Attenzione

Il presente capitolo si propone di studiare la zona di attenzione individuata dal P.A.I. presente a sud-est del centro dell'abitato di Velo d'Astico che interessa C.da Bronzi.

Si tratta di segnalazioni presenti all'interno di un'area già identificata dal PAI come area a pericolosità geologica P2.

1.2 Verifica Fonte Dati

L'area è già identificata dalla banca dati IFFI dalla sequenza numerica 0240150000 la quale segnala l'esistenza di frane superficiali diffuse.

La banca dati del PAI indica la presenza di due dissesti nell'area in esame identificata dai punti 635 e 1314, di cui il primo riporta notizie di un dissesto segnalato dai Servizi Forestali, mentre il secondo è segnalato dalla Provincia di Vicenza.

Per l'area in esame sono state censite e visionate anche le seguenti fonti:

- Comune di Velo d'Astico
- Genio Civile - Servizio Forestale
- Pubblicazioni Scientifiche
- CNR Progetto AVI

Delle fonti citate, il Comune di Velo d'Astico ed i Servizi Forestali segnalano l'esistenza di dissesti verificatisi a seguito dell'evento alluvionale in data 22/09/1999, in accordo con la Scheda del PAI.

I dissesti verificatisi sono stati oggetto di uno studio da parte del Dr. Geol. F. Darteni su incarico dei Servizi Forestali. Quanto di seguito riportato è stato in parte ricavato anche dal citato studio che ha portato alla stesura ed alla successiva esecuzione di un progetto di sistemazione di parte dei dissesti verificatisi eseguito nei primi anni 2.000 dai Servizi Forestali.

2 - QUADRO CONOSCITIVO

2.1 Uso del Suolo

L'area oggetto di studio è poco antropizzata: è presente un nucleo abitato storico - C.da Bronzi - lungo via Bronzi sono presenti anche alcuni edifici realizzati a partire dagli anni '60 ed anche più di recente. Per il resto il pendio è in gran parte prativo, in parte occupato da un bosco avventizio cresciuto in seguito all'abbandono dell'area.

2.2 Assetto Geomorfologico

L'assetto geomorfologico del tratto di versante oggetto dell'indagine è stato delineato nella tavola 1 fuori testo.

L'area oggetto di studio è un pendio con esposizione nord-est con pendenza pari al 40% circa nella fascia compresa fra la strada comunale che porta alle contrade Costa (via Papa Giovanni XXIII) e via Bronzi. A monte di quest'ultima la pendenza diminuisce sensibilmente portandosi ad un 25% fino a raggiungere, procedendo ulteriormente verso monte, il piede della scarpata che delimita l'unghia della paleofrana.

La parte più acclive del pendio è caratterizzata dalla presenza di vecchie frane di piccole dimensioni che si affiancano e si sormontano a quelle verificatisi nel 1999 ed anche successivamente nel 2010 e nel 2014, quest'ultime sono più assimilabili a fenomeni tipo soliflusso.



panoramica da nord-est dell'area oggetto di studio

2.3 Assetto Geologico

Anche l'assetto geologico del tratto di versante oggetto dell'indagine è stato delineato nella tavola 1 fuori testo.

Il substrato roccioso del versante è costituito dalle vulcaniti triassiche. Si tratta, nel caso in esame, di rocce vulcanoclastiche latitiche e dacitiche di età triassica composte da colate e piroclastiti (tufi). Le vulcaniti sono rocce semicoerenti, sensibili all'alterazione, piuttosto erodibili che all'origine, sono dotate di discrete caratteristiche geomeccaniche, tali da poterle definire rocce quasi lapidee omogenee (ossia non stratificate). Alterandosi, generano ammassi rocciosi con mediocri caratteristiche geomeccaniche, che, tuttavia, riescono ancora a mantenersi stabili in condizioni di pendenza elevate e generare un discreto risalto morfologico.

Le vulcaniti affiorano raramente e sono occultate dalla tipica coltre colluvio-eluviale in prevalenza costituita da terreni di natura fine di natura fine derivante dall'alterazione in posto dello stesso substrato roccioso. Nell'area in esame questi materiali sono frammisti anche a limi, sabbie e ghiaie di composizione calcareo-dolomitica. Può essere presente anche uno scheletro grossolano accessorio, sempre immerso nella matrice fine, costituito da ciottoli, blocchi ed anche trovanti anch'essi di composizione calcareo-dolomitica.



- affioramenti della coltre colluvio-eluviale in uno scavo presente in C.da Bronzi -

La frazione grossolana di natura calcareo-dolomitica rappresenta i lembi più distali dei depositi di frana presenti sul pendio posto immediatamente a monte dell'area in esame.

I rilievi di superficie e le indagini svolte dallo studio citato (e dallo scrivente) hanno permesso di accertare che lo spessore della coltre sopra descritta è pari a qualche metro, al massimo 5.

2.4 Assetto Idrogeologico

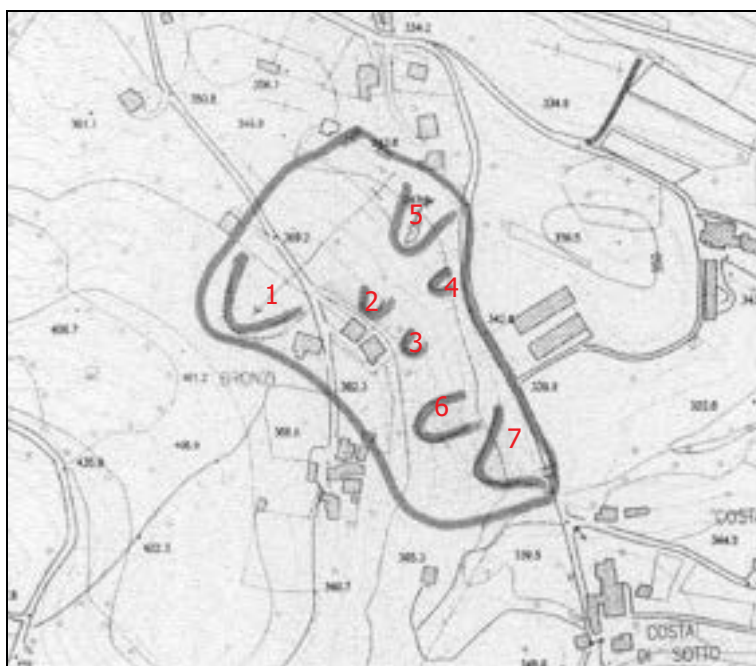
Dal punti di vista idrogeologico, il versante è caratterizzato dalla presenza di substrati poco permeabili: il sottosuolo, infatti, è costituito dalle vulcaniti triassiche e dalle tipiche coltri colluvio-eluviali in prevalenza di natura fine. Come già riportato nel paragrafo precedente, tale assetto si mantiene a monte fino al raggiungimento del corpo di frana soprastante dove la soglia di permeabilità costituita dalle vulcaniti fa emergere le acque che filtrano all'interno dei terreni granulari che costituiscono la frana. Proprio la presenza di quest'ultima è la causa di una diffusa presenza di acque sotterranee presenti nella fascia di contatto fra la coltre colluvio-eluviale ed il substrato roccioso le quali, in occasione del perdurare di periodi piovosi, generano sul pendio la presenza diffusa di sorgenti effimere.

3 - CARATTERISTICHE DEI DISSESTI

3.1. Tipo di Frane

Utilizzando la classificazione di Varnes 1978, i dissesti presenti sul versante che si sono manifestati in data 22/09/1999 sono 7 e possono essere definiti in parte come scorrimenti traslativi oppure rotazionali.

Si tratta dello scivolamento della coltre colluvio-eluviale (o di parte di essa) sulle vulcaniti triassiche, il cui contatto è lubrificato dalle acque sotterranee che fluidificano la coltre colluviale soprastante il substrato roccioso.



Estratto dello studio geologico propedeutico alla redazione del progetto per il consolidamento di un fenomeno franoso verificatosi in seguito al nubifragio del 20/09/1999 - ubicazione dissesti.

3.2 Dimensioni

Secondo lo studio effettuato dal collega, si tratta di dissesti di dimensioni modeste: si passa da alcune decine fino a massimo qualche centinaio di metri quadrati. La superficie di scivolamento si spinge al massimo ad una profondità di 3 m; i volumi in gioco sono pertanto pari a massimo alcune migliaia di metri cubi.

Note le dimensioni dei dissesti, facendo riferimento alla tabella proposta da Fell 1994, il dissesto si può classificare da piccola a molto piccola e sono pertanto caratterizzati da una Intensità pari a massimo 3.

<i>Intensità (I)</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Volume (m³)</i>
2	Estremamente piccola	$< 5 \cdot 10^2$
2,5	Molto piccola	$5 \cdot 10^2 + 5 \cdot 10^3$
3	Piccola	$5 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^4$
4	Media	$5 \cdot 10^4 + 2,5 \cdot 10^5$
5	Mediamente grande	$2,5 \cdot 10^5 + 10^6$
6	Molto grande	$10^6 + 5 \cdot 10^6$
7	Estremamente grande	$> 5 \cdot 10^6$

Scala di intensità delle frane basata sulla massa spostata - Fell 1994

3.3 Velocità

I dissesti sopra descritti, solitamente, evolvono da situazioni di soliflusso e sono movimenti che si esplicano nell'arco di massimo qualche ora. Utilizzando la classificazione proposta da Cruden e Varnes (si veda la tabella sotto riportata), frane di questo tipo si possono definire moderate.

VELOCITÀ DEL MOVIMENTO	LIMITI DI VELOCITÀ
Estremamente rapido	5 m/s
Molto rapido	3 m/min
Rapido	1.8 m/h
Moderato	13 m/mese
Lento	1.6 m/anno
Molto lento	16 mm/anno
Estremamente lento	

Classificazione della velocità di movimento di una frana secondo Cruden e Varnes

3.4 Stato, Distribuzione e Stile di Attività

Si tratta di frane che si possono definire *attive*, anche se si ritiene possano alterare periodi di quiescenza, a seconda della piovosità. In merito allo *stile di attività*, il dissesto si può definire multiplo, ossia caratterizzato da una molteplice ripetizione dello stesso tipo di movimento. Infine, per quanto riguarda la *distribuzione di attività*, la frana si può definire costante: il materiale spostato continua a muoversi senza variazioni apprezzabili della superficie di rottura e del volume di materiale spostato. Spesso, tuttavia, frane di questo tipo sono in allargamento - la superficie di rottura si estende su uno o entrambe i margini laterali - ed anche in retrogressione - la superficie di rottura si estende in senso opposto a quello del movimento del materiale spostato.

3.5 Probabili Cause e Concause

Le cause che generano un dissesto possono essere distinte in predisponenti, preparatorie e determinanti: il loro effetto sinergico concorre nel generare l'evento franoso in un preciso momento.

Le prime sono quell'insieme di fattori che predispongono il versante ad essere colpito da fenomeni franosi. In questo caso la presenza di un piano inclinato costituito dalle vulcaniti lubrificato dalle acque sotterranee che plasticizzano la coltre colluviale su cui poggia la coltre colluvio-eluviale.

La causa preparatoria del verificarsi dell'evento, probabilmente, sono stati il susseguirsi di annate, caratterizzate da piovosità prolungate e intense.

Quest'ultima può essere considerata anche la causa determinante, tenuto conto della precipitazione abbattutasi nell'area in esame il 20/09/1999.

3.6 Danni Causati

I danni causati sono stati di entità modesta, dato le frane hanno interessato solamente aree prative poste nelle immediate vicinanze di edifici della viabilità esistente.

3.7 Pericolosità e Possibile Evoluzione

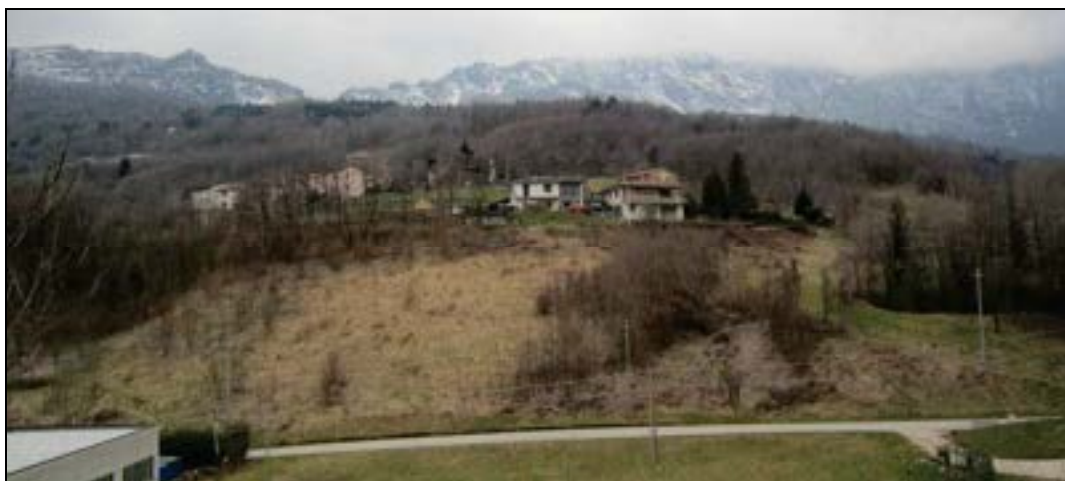
I precedenti paragrafi hanno permesso di accertare che alla frana si può attribuire la classe II. Grazie alla sua bassa velocità, risulta che, come indicato nella tabella sotto riportata, le strutture presenti al suo interno possono essere danneggiate dal movimento; non è necessaria l'evacuazione, né si può ipotizzare la perdita di vite umane.

Classe	Descrizione	Velocità tipica	Osservazioni sui danni
I	Estremamente lento	6 mm/anno	Impercettibile senza strumenti di monitoraggio, costruzione di edifici possibile con precauzioni.
II	Molto lento	16 mm/anno	Alcune strutture permanenti possono essere danneggiate dal movimento.
III	Lento	1,6 m/anno	Possibilità di intraprendere i lavori di rinforzo e restauro durante il movimento.
IV	Moderato	13 m/mese	Alcune strutture temporanee o poco danneggiabili possono essere mantenute.
V	Rapido	1,8 m/h	Evacuazione possibile; distruzione di strutture, immobili ed installazioni permanenti.
VI	Molto rapido	3 m/min	Perdita di vite umane, velocità troppo elevata per permettere l'evacuazione.
VII	Estremamente rapido	5 m/s	Catastrofe di eccezionale violenza, edifici distrutti per l'impatto del materiale spostato, molti morti.

Scala di intensità delle frane basata sulla velocità e sul danno prodotto (da Cruden & Varnes 1994)

L'attuale antropizzazione dell'area è pertanto compatibile con le caratteristiche dei dissesti.

3.8 Documentazione Fotografica



panoramica del tratto di pendio più acclive interessato dai dissesti



vista di C.da Bronzi



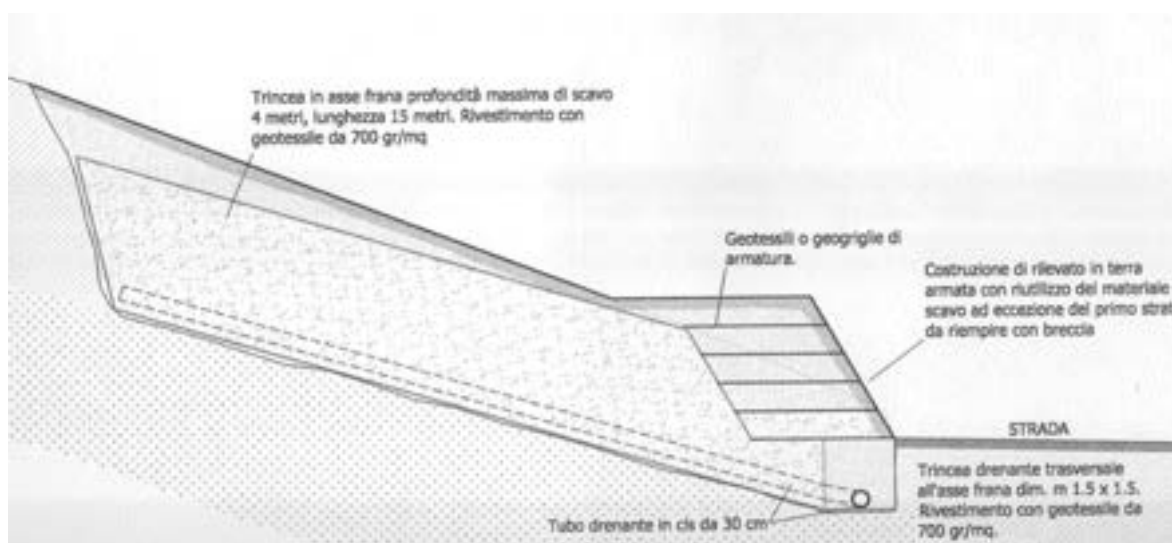
vista del dissesto n. 2



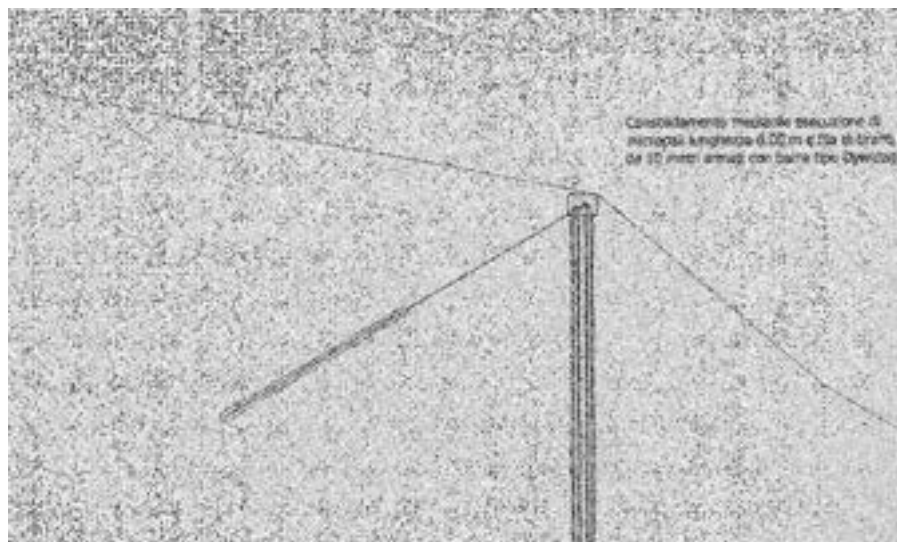
vista del dissesto n. 7

3.9 - Descrizione degli Interventi Realizzati

Gli interventi realizzati, che hanno interessato solamente le frane n. 1, 2, 3 e 4, sono consistiti nell'esecuzione di una trincea drenante e di un rilevato in terra rinforzata al piede nei dissesti n. 1 e 4, per quanto riguarda, invece, le frane n. 2 e 3 è stata realizzata una paratia. Seguono degli estratti della proposta progettuale.



Estratto dello studio geologico propedeutico alla redazione del progetto per il consolidamento di un fenomeno franoso verificatosi in seguito al nubifragio del 20/09/1999 - intervento tipo A.



Estratto dello studio geologico propedeutico alla redazione del progetto per il consolidamento di un fenomeno franoso verificatosi in seguito al nubifragio del 20/09/1999 - intervento tipo B.

4 - ASSEGNAZIONE DEL LIVELLO DI PERICOLOSITÀ

4.1 Assegnazione del livello di Pericolosità

Si procede ora con l'assegnazione del livello di pericolosità adottando la procedura che prevede di applicare le matrici ad incrocio dati seguendo il metodo BUWAL.

Intervalli di velocità - Tabella 2.1

Le frane hanno una velocità di qualche metro/ora; si trova pertanto nell'intervallo 2.

Intervalli di severità geometrica - Tabella 2.2

Le frane, essendo caratterizzata da un corpo di frana con uno spessore che raggiunge al massimo i 3.0 m e, trattandosi di una frana di scivolamento, si trova in classe 2.

Magnitudo

La magnitudo del dissesto - tabella 2.4- risulta essere pari a 4

Classi di frequenza probabile- Tabella 2.3

Le frane, essendo di fatto attive, ricadono all'interno della frequenza probabile da 1 a 30 anni.

Pericolosità - Tabella 2.5

L'interazione della classe di magnitudo con la classe di pericolosità utilizzando la matrice 2.5 consente di attribuire al dissesto una pericolosità P3.

4.2 - Considerazioni Conclusive

Lo studio svolto ha permesso di accertare che i dissesti verificatisi nel 1999 hanno caratteristiche tali da rientrare in una classe di pericolosità P3. Tenuto conto della loro distribuzione e dell'assetto geomorfologico locale, si propone la nuova perimetrazione riportata nella tavola 2 fuori testo. A monte dell'area P3 si propone di istituire un'area P1 che si collega con quella posta a monte che delimita il limite della paleofrana. Alla fascia interessata dagli interventi di sistemazione descritti nel § 3.9, invece, è stata attribuita una pericolosità P2: le opere eseguite si ritengono in grado di consolidare in modo efficace il tratto di pendio sotteso e, quindi, anche di ridurre in modo significativo il pericolo del verificarsi di nuovi dissesti.

ZONA DI ATTENZIONE N. 3

POGGIO DEL CUREGNO



1 - IDENTIFICAZIONE DEI DISSESTI

1.1 Identificazione Zona di Attenzione

Il presente capitolo si propone di studiare le due zone di attenzione individuate dal P.T.C.P. sul versante settentrionale del Poggio del Curegno, un rilievo collinare presente nella parte orientale del territorio comunale.

Segue la descrizione dell'assetto geomorfologico, geologico ed idrogeologico locale, basato su specifici rilievi di campagna di superficie i quali hanno consentito di accertare l'assenza di significativi fenomeni di dissesto.

1.2 Verifica Fonte Dati

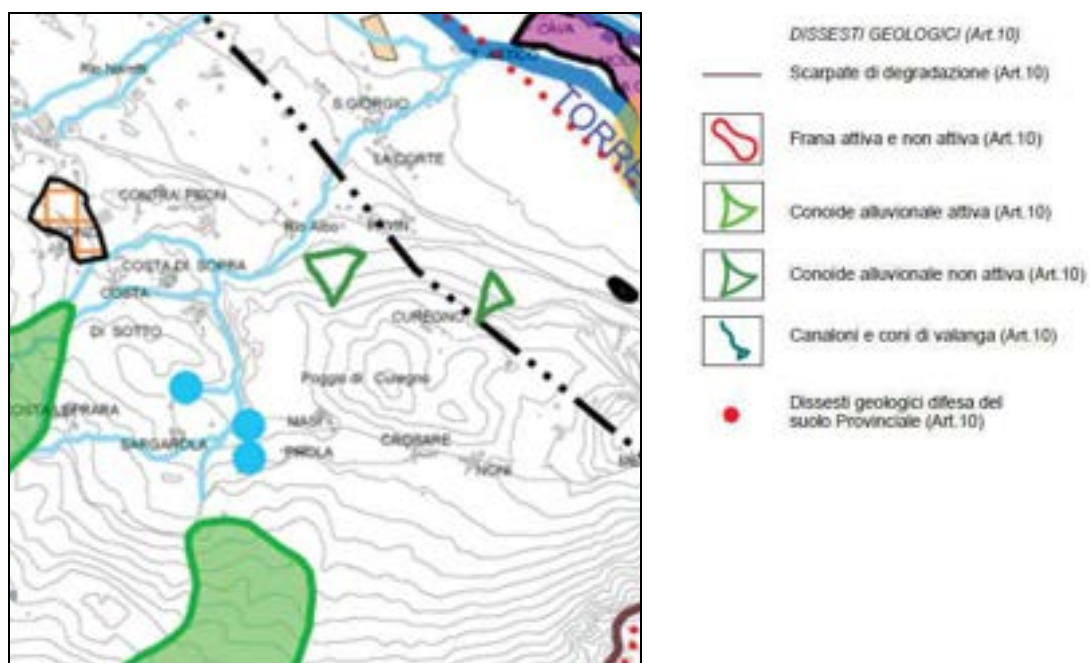
Per le due aree in esame sono state censite e visionate anche le seguenti fonti:

- comune di Velo d'Astico
- Genio Civile
- Regione Veneto - Progetto IFFI
- Servizio Forestale
- PAI
- Pubblicazioni Scientifiche
- CNR Progetto AVI

Nessuna di esse cita l'esistenza di dissesti.



Estratto non in scala della Carta Geomorfologica del PTCP - tavola 2.4



Estratto non in scala della Carta delle Fragilità nord - tavola 2.1.A.

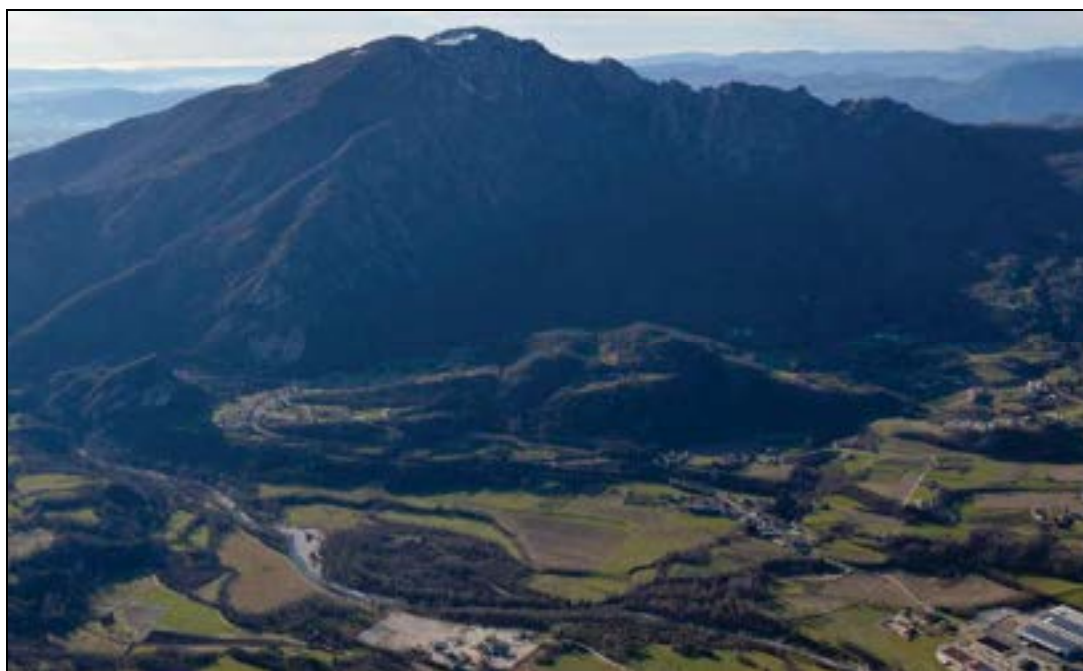
2 - QUADRO CONOSCITIVO

2.1 Assetto Geomorfologico

I lineamenti geomorfologici e geologici dell'area in esame sono stati rappresentati nella tavola n. 1 fuori testo e nella sezione interpretativa di seguito riportata.

Si ripropongono nel complesso i tratti delineati nel precedente capitolo.

Il Poggio del Curegno è un rilievo collinare con asse orientato grossomodo WNW-ESE che, emergendo dal pendio di un centinaio di metri circa, interrompe l'andamento degradante da sud a nord delle pendici settentrionali del M. Summano verso il fondovalle percorso dal T. Astico. La dorsale genera a monte del rilievo una sella con il medesimo orientamento ed immergente verso WNW. Il poggio, che nel complesso presenta forme dolci ed arrotondate, verso nord viene sepolto dal più antico della successione di terrazzi fluvio-glaciali che contraddistinguono la parte centro-settentrionale del territorio comunale. Il versante settentrionale è interessato da alcuni brevi compluvi contraddistinti dalla presenza di alcune piccole conoidi. Le zone di attenzione oggetto del presente studio si sovrappongono a queste strutture geomorfologiche.



Panoramica da nord del Poggio del Curegno. In primo piano il T. Astico, seguono la successione di terrazzamenti, quindi il Curegno, a monte del quale si staglia il M. Summano.



Panoramica da ovest del Poggio del Curegno

2.2 Assetto Geologico

I rilievi di campagna di superficie condotti dal sottoscritto e la bibliografia tematica hanno permesso di accertare che il rilievo è costituito da depositi quaternari. Si tratta nel complesso di terreni di natura granulare grossolana: sono stati riconosciuti in prevalenza depositi di natura morenica (unità di Cogollo - Cuccato) in particolare nella parte orientale: si tratta di ghiaie caratterizzate dalla presenza di una abbondante matrice sabbioso-limosa. In quella occidentale, invece, sono presenti anche terreni più grossolani, sempre di natura ghiaiosa, ma caratterizzati dalla presenza di un abbondante scheletro molto grossolano costituito di ghiaie grosse con abbondanti ciottoli, blocchi ed anche trovanti a spigoli vivi. Si tratta probabilmente di depositi di frana, come suggerito sempre dal Cuccato nella citata pubblicazione.

Non sono ancora stati eseguite indagini spinte in profondità (e.g. sondaggi, prospezioni geofisiche) attraverso le quali si sia potuto accertare l'effettiva composizione del rilievo il quale non si ritiene sia completamente costituito da depositi quaternari. Tenuto conto del complesso assetto geologico e geomorfologico locale si possono ipotizzare più scenari. E' possibile che l'ossatura sia costituita dalla Dolomia Principale, la quale forma poco ad est il rilievo del Castello di Meda. E' ipotizzabile un assetto simile a quello che si presenta sul fianco destro della Frana del Brustolè, dove è presente un corpo di frana in massa, sempre costituito dalla dolomia, staccatosi dalle pendici del M. Priaforà.

Personalmente ritengo che il nucleo del rilievo sia costituito dalle vulcaniti triassiche di cui si possono osservare le tipiche coltri colluviali proprio sulle pendici sud-occidentali del poggio. Si tratterebbe, in questo caso, dell'affioramento più occidentale della formazione vulcanica di età triassica la quale forma una successione ininterrotta di rilievi con modesto risalto morfologico allineati in direzione NW-SE. Quest'ultimi, proprio come il Curegno,

interrompono l'andamento generale del pendio posto a nord della dorsale rocciosa che collega il M. Summano al Massiccio del M. Novegno.

2.3 Assetto Tettonico

L'orientamento delle strutture presenti ribadiscono dal punto di vista tettonico l'appartenenza dell'area al menzionato "Corridoio Scledense". I limiti occidentali ed orientali del rilievo, inoltre, ripropongono la presenza della famiglia di faglie coniugate rispetto al fascio scledense, ossia con direzione NE-SO, ribadendo la presenza di direttrici verticali che individuano una struttura tipo horst-graben.

2.4 Assetto Idrogeologico

Dal punti di vista idrogeologico, l'area è caratterizzata dalla presenza di diffusi affioramenti di acque sotterranee alla base delle pendici nord-occidentali del Curegno, proprio dove si ritiene che le vulcaniti siano subaffioranti.

L'assetto idrogeologico sarebbe quindi affine a quello delle vicine zone di attenzione, già descritto nel capitolo precedente, dove le vulcaniti alterate costituiscono il limite di permeabilità del sistema. Tale situazione andrebbe ad avvalorare l'ipotesi che l'ossatura del poggio sia costituita in gran parte dalle vulcaniti triassiche.

3 - ESITO DEI RILIEVI

3.1 - Esito dei Rilievi di Campagna

I rilievi eseguiti sulle pendici settentrionali del Curegno, particolarmente accurate in corrispondenza delle due aree evidenziate nella cartografia del PAI, hanno permesso di accertare che non vi è traccia di dissesti, neanche di modeste dimensioni, nemmeno in fase incipiente e/o latente. Anche i compluvi di entrambe le vallette non mostrano segni di ruscellamento di acque superficiali. Si precisa che i rilievi sono stati eseguiti nell'inverno 2014-2015, contraddistinto da una piovosità molto elevata, che avrebbe evidenziato la presenza di emergenze idriche effimere che potrebbero essere state causa di dissesti e/o di erosione dovuta a ruscellamento superficiale.

Seguono alcune foto dell'area.



panoramica della valletta posta più ad est



vista di un tratto della valletta posta più ad est



vista di un tratto della valletta posta più ad est



panoramica della valletta posta più ad est



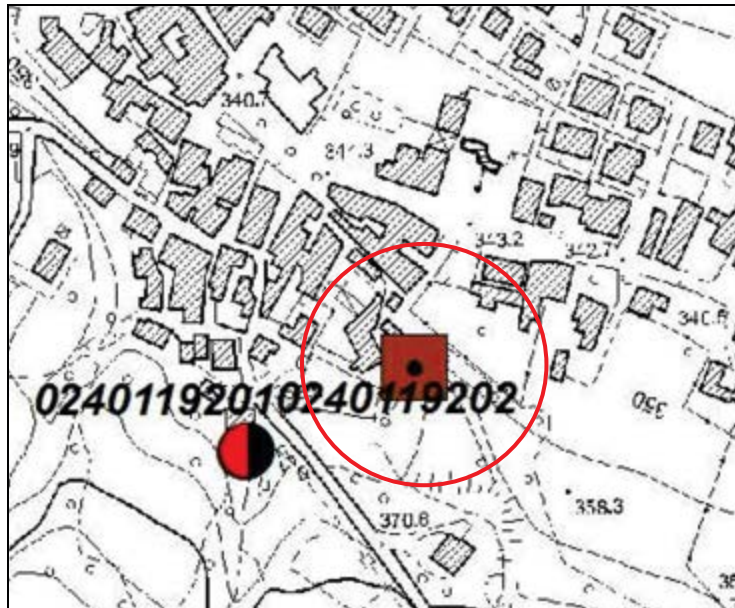
vista di un tratto della valletta posta più ad ovest

3.2 Considerazioni Conclusive

Alla luce di quanto sopra riportato, tenuto conto dell'esito del presente studio e del fatto che le altre fonti visionate non riportano l'esistenza di dissesti, si ritiene, pertanto, che la zona di attenzione riportata nel PAI possa essere rimossa.

ZONA DI ATTENZIONE N. 4

VIA RIELLO



1 - IDENTIFICAZIONE DEL DISSESTO

1.1 Identificazione Zona di Attenzione

Il presente capitolo si propone di studiare la zona di attenzione individuate dal P.T.C.P. sul versante posto a monte di via Riello, nel centro dell'abitato di Velo d'Astico.

1.2 Verifica Fonte Dati

Per l'area in esame sono state censite e visionate anche le seguenti fonti:

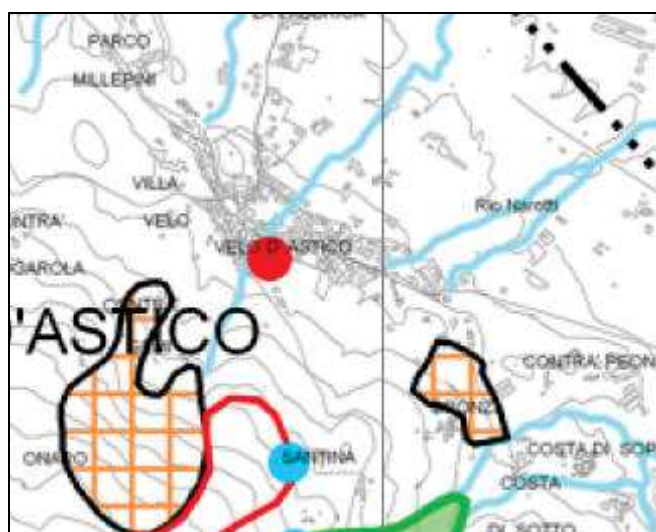
- comune di Velo d'Astico
- Genio Civile
- Regione Veneto - Progetto IFFI
- Servizio Forestale
- PAI
- Pubblicazioni Scientifiche
- CNR Progetto AVI

Delle fonti citate, il Comune di Velo d'Astico ribadisce l'esistenza di un dissesto da lui stesso segnalato nell'ambito delle frane verificatesi a seguito dell'evento alluvionale dell'autunno 2010 che è stato oggetto di studio da parte del sottoscritto.

Quanto di seguito riportato è stato ricavato proprio dal citato studio promosso da Comune di Velo d'Astico che ha portato alla stesura ed alla successiva esecuzione del progetto di messa in sicurezza di un versante roccioso in via Riello.



Estratto non in scala della Carta Geomorfologica del PTCP - tavola 2.4



Estratto non in scala della Carta delle Fragilità nord - tavola 2.1.A.

2 - QUADRO CONOSCITIVO

2.1 Uso del Suolo

L'area oggetto di studio è un pendio posto immediatamente a monte del centro dell'abitato di Velo d'Astico. Si tratta di un'area boscata a monte della quale si estendono zone prative.

2.2 Assetto Geomorfologico

L'assetto geomorfologico del tratto di versante oggetto dell'indagine è stato delineato nella carta geomorfologica allegata alla fine del paragrafo.

A sud-est della fontana e dei fabbricati esistenti, immediatamente a monte del percorso pedonale, è presente una parete rocciosa pressoché verticale con un'altezza variabile fra 5 e 6 metri che, procedendo verso monte, si raccorda ad un tratto dapprima acclive, interrotto poi da un terrazzamento; una breve scarpata, infine, fa terminare il pendio su di un'area prativa pianeggiante (si veda la foto sotto riportata).



vista di parte della parete oggetto di studio

Una situazione simile si verifica anche ad ovest della fontana (si veda la foto sotto riportata).



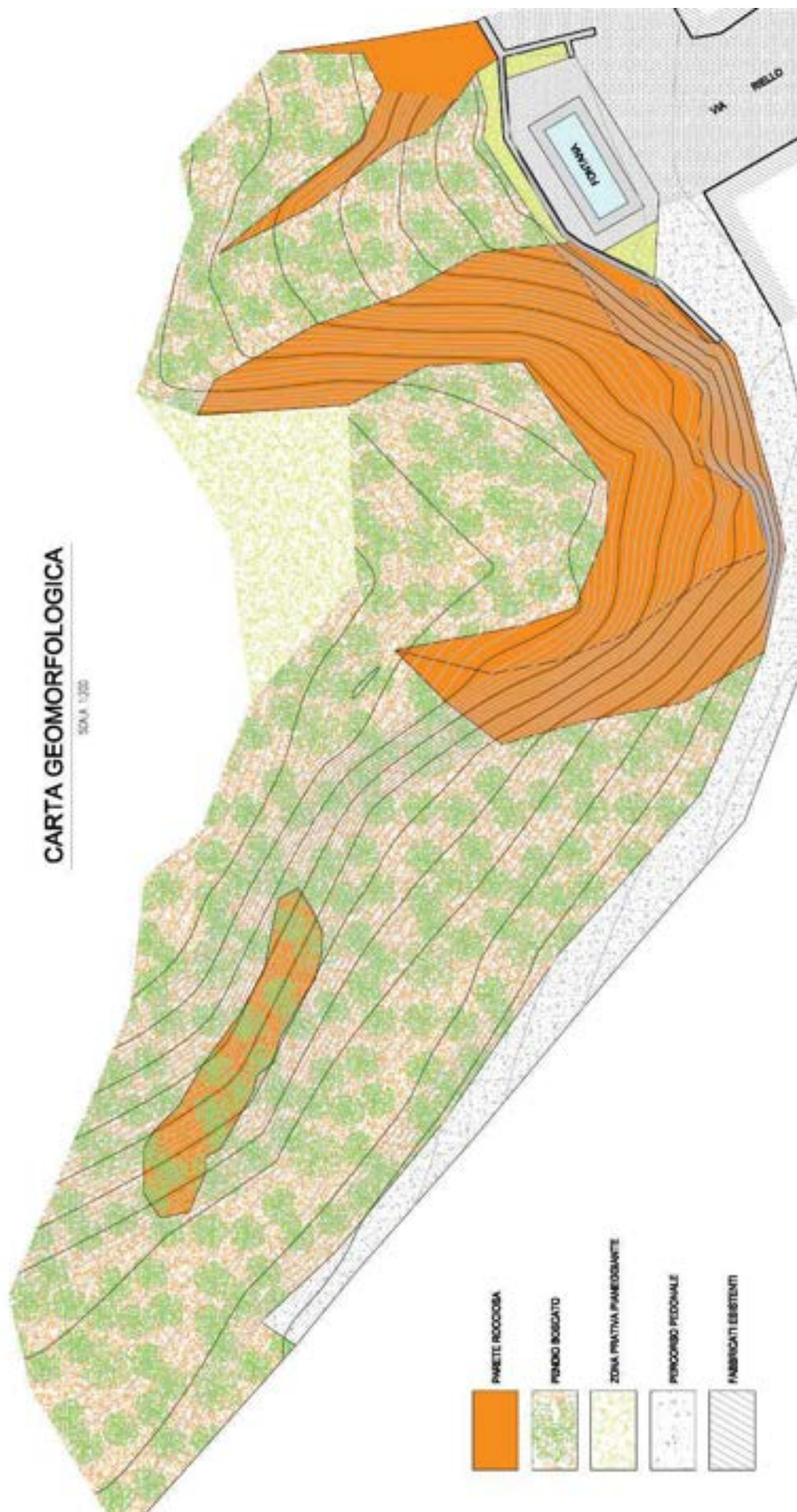
vista di parte della parete oggetto di studio

Le due pareti rocciose sono interrotte da un pendio piuttosto omogeneo con una pendenza del 50% che raggiunge la zona pianeggiante soprastante.

Procedendo verso est, oltre la parte rocciosa precedentemente descritta, il pendio assume un profilo differente: a monte del percorso pedonale è presente un breve tratto di appena qualche metro con pendenza modesta che si raccorda poi con una ripida scarpata (l'inclinazione è di circa 55°); quest'ultima, infine, termina in modo piuttosto brusco e repentino nell'aera prativa soprastante. Scendendo ad una maggiore scala di dettaglio, la scarpata è caratterizzata dalla presenza di una irregolare successione di paretine con altezza di qualche metro che incidono e modulano il pendio (si veda la foto sotto riportata).



particolare di una delle paretine presenti



2.3 Assetto Geologico

L'assetto geologico-stratigrafico locale è stato rappresentato nella carta geologica di pagina seguente. Due sono i terreni che costituiscono il sottosuolo:

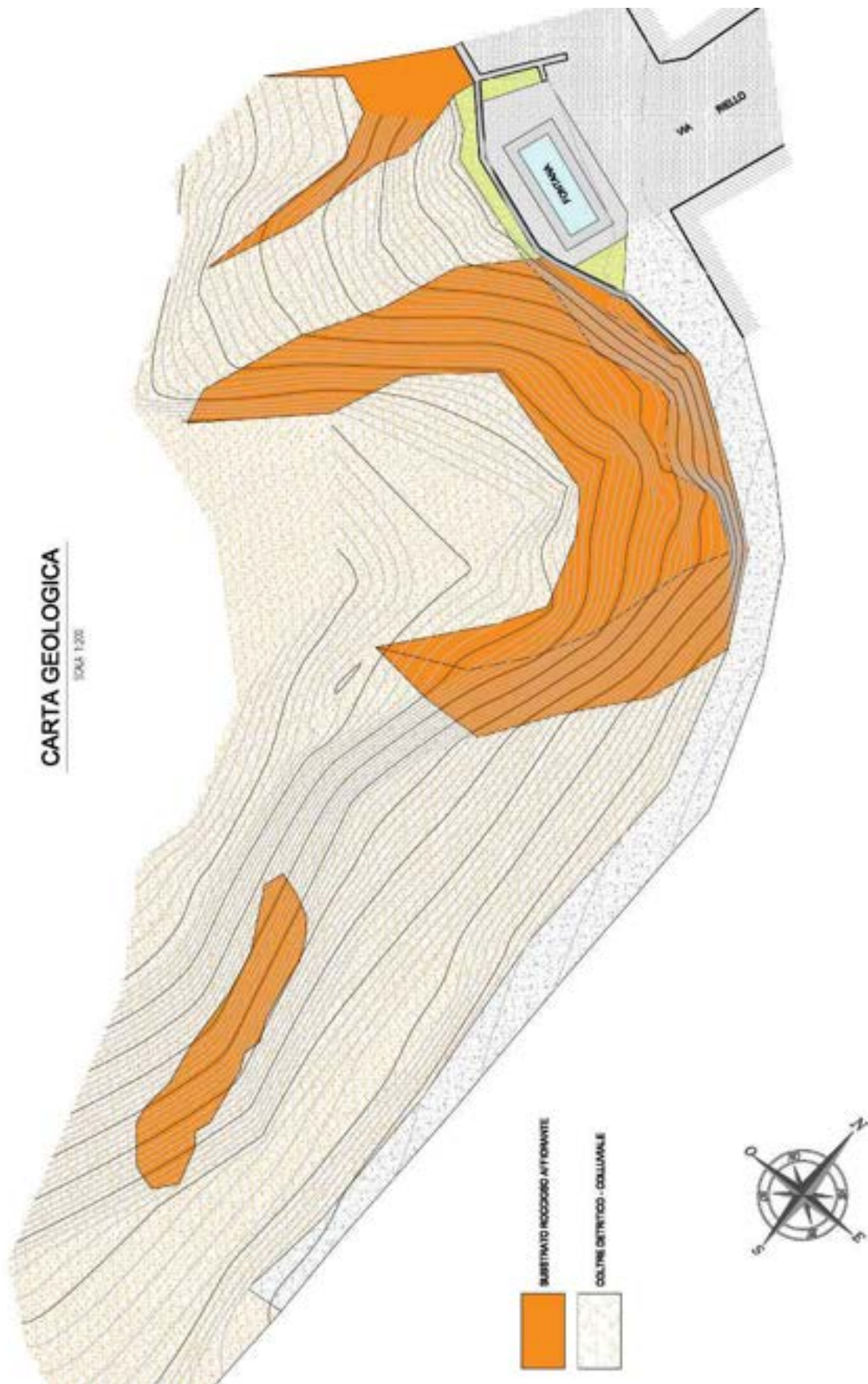
1. la coltre detritico-colluviale;
2. il substrato roccioso.

La coltre detritico-colluviale è costituita da terreni granulari grossolani - blocchi eterometrici del substrato roccioso - caratterizzata dalla presenza di una matrice interstiziale coesiva di natura limoso-argillosa. Questi terreni costituiscono il prodotto dell'alterazione in posto del substrato roccioso stesso il quale, essendo costituito da un litotipo pseudocoerente, è caratterizzato dalla presenza di un cappellaccio di alterazione che funge da transizione fra la coltre colluviale, il substrato roccioso alterato e quello sottostante sano più competente. Lo spessore di questa coltre nel tratto di versante in esame è pari ad appena poche decine di centimetri.

Il substrato roccioso del versante è costituito dalle porfiriti triassiche (foto 4). Si tratta, nel caso in esame, di rocce vulcanoclastiche latitiche e dacitiche di età triassica composte da colate e piroclastiti (tufi). Le vulcaniti sono rocce semicoerenti, sensibili all'alterazione, piuttosto erodibili che all'origine, sono dotate di discrete caratteristiche geomeccaniche, tali da poterle definire rocce quasi lapidee omogenee (ossia non stratificate). Alterandosi, generano ammassi rocciosi con mediocri caratteristiche geomeccaniche, che, tuttavia, riescono ancora a mantenersi stabili in condizioni di pendenza elevate e generare un discreto risalto morfologico.



- vista del substrato roccioso -



2.4 Assetto Idrogeologico

Nella zona oggetto dell'intervento non sono presenti lineamenti idrogeologici significativi: il versante non è interessato da emergenze idriche nemmeno di tipo effimero.

3 - CARATTERISTICHE DEL DISSESTO

3.1 Caratteristiche geometriche

Il dissesto interessa pareti con un'altezza di circa 5÷6 m, piuttosto irregolari, con una superficie di circa 500 m².

3.2 Tipo di attività

Utilizzando la classificazione di Varnes 1978 il dissesto si può definire un crollo di roccia (*fall*).

3.3 Tipologia terreni interessati

La frana interessa l'ammasso roccioso fratturato costituito dalle porfiriti triassiche.

3.4 Stile di attività

Si tratta di una frana multipla: molteplice ripetizione dello stesso tipo di movimento nel tempo.

3.5 Stato di attività

Si tratta di una frana *attiva* che può essere talora (a seconda della stagione) *quiescente*, ossia che può essere riattivata dalle sue cause originali.

3.6 Distribuzione di attività

Si tratta di una frana *retrogressiva*: la superficie di rottura si estende in senso opposto a quello del movimento del materiale spostato.

3.7 Cause

In primis l'assetto geomeccanico e geomorfologico locale: le pareti rocciose tendono ad arretrare finché il versante non assume un profilo di equilibrio. Fra le cause preparatorie del dissesto si devono riportare lavori di sbancamento svolti al piede della parete principale che hanno rinvigorito il profilo altimetrico del versante accentuando il problema della caduta massi.

3.8 Danni causati

Le pareti, soprattutto quella principale posta a sud-est della fontana, periodicamente rilasciano blocchi lapidei di volumetrie variabili da qualche decimetro cubo a pochi

decimetri cubi (si veda la foto di seguito riportata). Quest'ultimi nella maggior parte dei casi si arrestano al piede della parete stessa, in alcuni casi, tuttavia, prima della realizzazione di una semplice rete di recinzione, alcuni blocchi hanno raggiunto il cortile dell'edificio sottostante.



vista del materiale presente alla base della parete

3.9 Evoluzione del Fenomeno Gravitativo

Le pareti rocciose tenderanno ad arretrare finché il versante non assumerà un nuovo profilo di equilibrio e saranno ricoperte da una coltre detritica.

3.10 Pericolosità

Le pareti rocciose interessate da caduta massi minacciano un fabbricato residenziale ed una attività commerciale (farmacia), la fontana e le sue pertinenze, oltre ad un percorso pedonale che verrà aperto la pubblica una volta terminati i lavori di urbanizzazione della lottizzazione di via Riello.

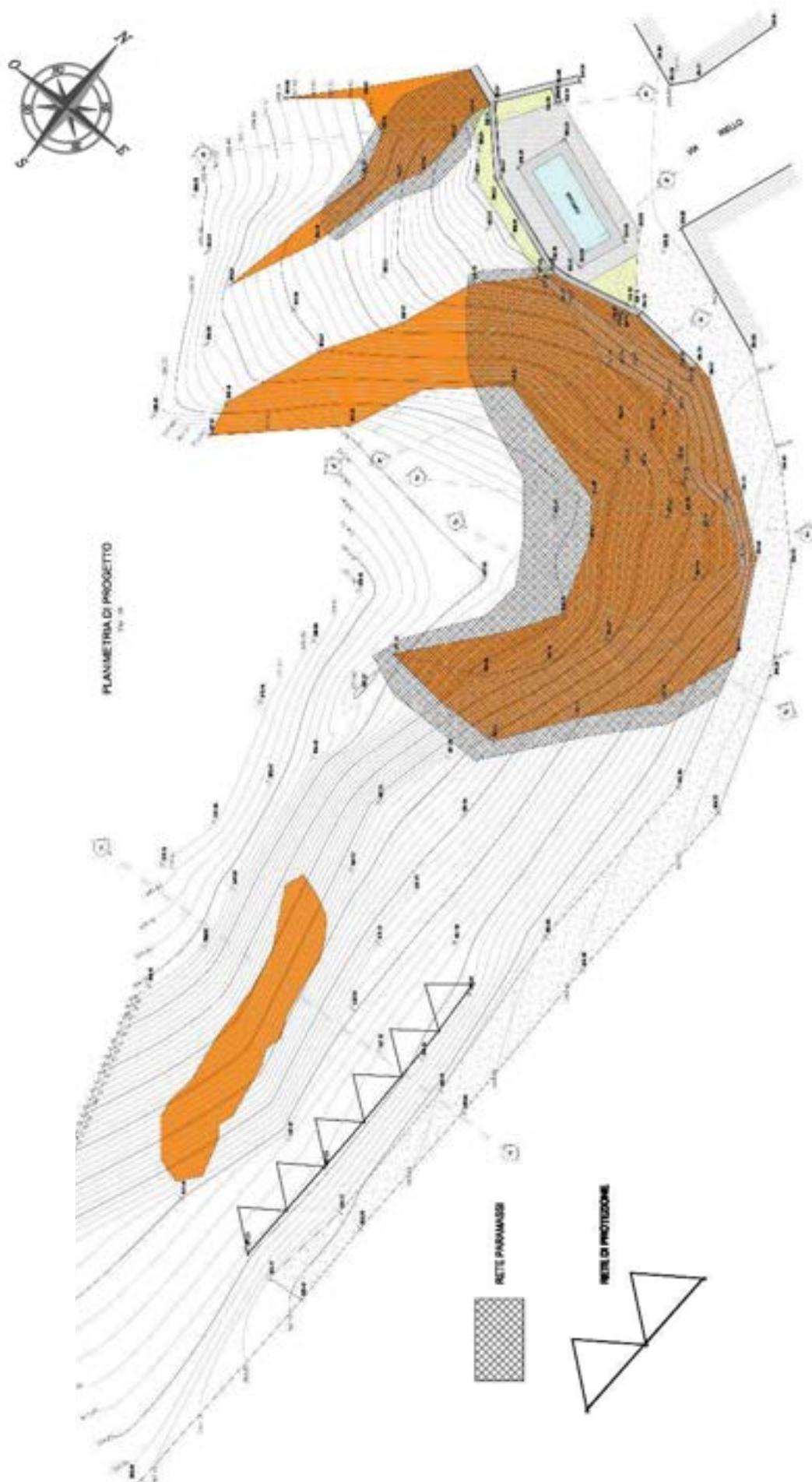
3.11 - Descrizione dell'Intervento Realizzato

L'intervento realizzato è stato rappresentato nell'immagine di pagina seguente tratta dagli elaborati di progetto.

E' stato eseguito il disboscio ed il disgaggio delle pareti principali e di tutto il versante che si trova a monte della fontana. Si è proceduto quindi alla posa di una rete paramassi leggermente armata su tutta la parete principale presente a sud-est della fontana ed anche sulla paretina presente ad ovest della fontana, per un totale di circa 500 m².

Infine, nella parte orientale del tratto di versante oggetto dell'intervento, sullo stretto terrazzamento che si frappone fra il ripido pendio posto a monte ed il percorso pedonale posto a valle, al posto della rete di protezione è stato eseguito un vallo paramassi. Questo tipo di presidio risulta essere maggiormente efficace ai fini dell'arresto del pietrisco che si può liberare dalla parete soprastante, più duraturo rispetto alla rete. L'opera necessita, inoltre, di una manutenzione assai modesta: infine, il vallo meglio si concilia anche con il contesto nel quale è stato inserito.

Seguono alcune foto che ritraggono l'intervento descritto ultimato nel novembre 2011.





vista dell'area in dissesto sistemata con rete paramassi



vista dell'area in dissesto sistemata con rete paramassi



- vista del piccolo vallo realizzato in sostituzione della rete di protezione -

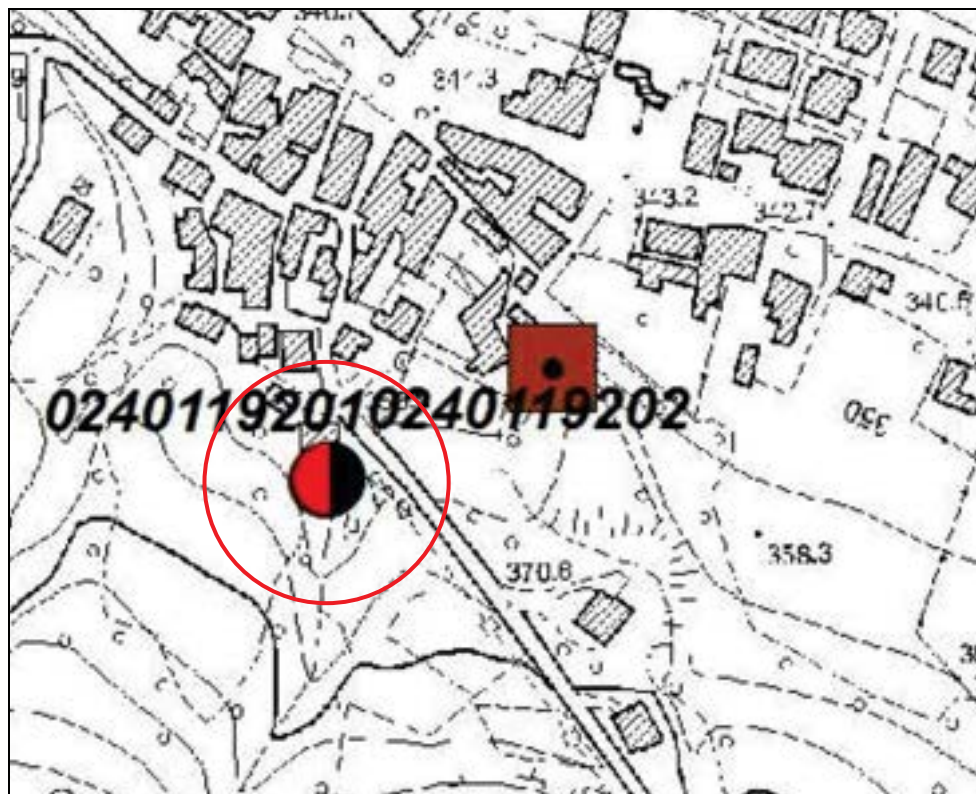
4 - ASSEGNAZIONE DEL LIVELLO DI PERICOLOSITÀ

Lo studio svolto ha permesso di accertare che il dissesto cartografato dal PTCP corrisponde con quello segnalato dal Comune di Velo d'Astico e interessato da un progetto di sistemazione realizzato nel 2012.

Alla luce di quanto sopra riportato, si ritiene, pertanto, che la zona di attenzione riportata nel PAI possa essere rimossa.

ZONA DI ATTENZIONE N. 5

VIA LUIGI FORNO



1 - IDENTIFICAZIONE DEL DISSESTO

1.1 Identificazione Zona di Attenzione

Il presente capitolo si propone di studiare le due zone di attenzione individuate dalla Banca Datri I.F.F.I. entrambe ubicate nello stesso punto sito a ridosso del centro dell'abitato di Velo d'Astico in prossimità di via Luigi Forno.

La sequenza numerica che le contrassegna sono la n. 0240119201 e la n. 0240119202.

1.2 Verifica Fonte Dati

Le schede I.F.F.I. riportano per la zona di attenzione ubicata a ridosso del centro dell'abitato di Velo d'Astico in prossimità di via Luigi Forno:

- 0240119201 - un scivolamento roto-traslato avvenuta nel 1989, nella scheda si riporta anche la dicitura danni nuclei centro abitato;
- 0240119202 - un scivolamento roto-traslato avvenuta 06/06/1986, nella scheda si riporta anche la dicitura danni non dichiarati;

Per le due aree in esame sono state censite e visionate anche le seguenti fonti:

- comune di Velo d'Astico

- Genio Civile
- Servizio Forestale
- PAI
- PTCP
- Pubblicazioni Scientifiche
- CNR Progetto AVI

Delle fonti citate, il Comune di Velo d'Astico ed i Servizi Forestali ribadiscono l'esistenza di problematiche nell'area in esame non di tipo geologico, ma di tipo idraulico. Si fa riferimento, in particolare, all'evento alluvionale verificatosi in data 20/09/1999, durante il quale il corso d'acqua Rio Campanati, che scorre a fianco ed al di sotto di via Luigi Forno, è esondato proprio nel punto in cui il corso d'acqua viene intubato interessando alcuni edifici.

2 - QUADRO CONOSCITIVO

2.1 Uso del Suolo

Il bacino sotteso è scarsamente antropizzato: l'area è in gran parte boscata, interessata dalla presenza di qualche edificio sparso e da una viabilità secondaria. A valle del punto in cui viene intubato, ossia in corrispondenza dell'intersezione con via L. Forno, il corso d'acqua attraversa il centro dell'abitato di Velo d'Astico.

2.2 Aspetti Idrografici

Il bacino sotteso dal Rio Campanati fino alla sezione di chiusura corrispondente con il punto in cui viene intubato una volta raggiunto l'abitato di Velo d'Astico ha un'area di circa 0.7 ha. L'asta torrentizia, a monte del punto indicato, ha una lunghezza di circa 500 m. La pendenza del bacino è pari a circa 10°. La curva ipsometrica denota un bacino in sostanziale equilibrio.

I dati sopra descritti riguardano il corso d'acqua a valle del punto in cui quest'ultimo si connota con un alveo vero e proprio. Tuttavia, poichè il rio si trova alla base dell'esteso corpo di frana attivo studiato nella zona di attenzione n. 1, la superficie del bacino afferente sopra indicata si può considerare come la parte finale di un'area che, in realtà, può essere molto più estesa. La portata del corso d'acqua, infatti, è garantita da una successione di sorgenti presenti proprio in corrispondenza dell'unghia della frana. Come indicato nella documentazione fotografica di seguito riportata, a partire da un centinaio di metri prima di essere intubato all'incrocio con via Luigi Forno, il corso d'acqua è arginato

e scorre su di un alveo artificiale pavimentato, a monte della briglia l'asta torrentizia riprende il suo originario aspetto e non è connotato da altre opere di regimazione ed arginatura. Una volta intubato, il corso d'acqua attraversa l'abitato di Velo ed il carico idraulico viene recapitato in valle dei Mulini. Fino al punto in cui viene intubato, la gestione e la manutenzione del corso d'acqua spetta al Servizio Forestale Regionale.



vista della valletta nel punto in cui raggiunge
via L. Forno e viene intubata



vista del tratto terminale
regimato della valletta



vista della briglia a
valle della quale il
corso d'acqua è
regimato

2.3 Assetto Geologico e Geomorfologico

Come indicato nella tavola n. 1 fuori testo, l'asta torrentizia incide un pendio il cui substrato roccioso è costituito dalle vulcaniti triassiche le quale sono spesso occultate da coltri colluvio-eluviali in prevalenza di natura fine, talora frammiste anche a limi e sabbie di natura calcareo-dolomitica che si accumulano alla base dei depositi grossolani e nelle parti più distali per effetto dei processi di dilavamento operati dalle acque che si infiltrano nei materiali stessi. Terreni di questa natura compongono la coltre nella parte più a monte del bacino.

Dal punto di vista geomorfologico i processi di modellamento prevalenti sono legati all'azione delle acque di superficie le quali possono esercitare ruscellamento ed erosione concentrata.



panoramica da nord dell'area oggetto di studio

2.4 Assetto Idrogeologico

Dal punti di vista idrogeologico, il bacino idrografico è caratterizzato dalla presenza di substrati poco permeabili: il sottosuolo, infatti, è costituito dalle vulcaniti triassiche e dalle tipiche coltri colluvio-eluviali in prevalenza di natura fine. Come già riportato nel paragrafo xxx (aspetti idrografici), tale assetto si mantiene a monte fino al raggiungimento del

corpo di frana soprastante dove la soglia di permeabilità costituita dalle vulcaniti fa emergere le acque che filtrano all'interno dei terreni granulari che costituiscono la frana.

3 - ESITO DEI RILIEVI

3.1 - Esito dei Rilievi di Campagna

I rilievi di campagna estesi all'area circostante il punto indicato hanno permesso di accertare che nelle vicinanze del sito indicato:

- non sono presenti dissesti;
- non sono state osservate lesioni che interessino gli edifici.

Si precisa che i rilievi sono stati eseguiti nell'inverno 2014-2015, contraddistinto da una piovosità molto elevata, che avrebbe evidenziato la presenza di dissesti in fase incipiente e/o latente.

Come già riportato nei paragrafi 1.1 e 1.2 , l'area è caratterizzata da una problematica di tipo idraulico. Si fa riferimento, in particolare, all'evento alluvionale verificatosi in data 20/09/1999, durante il quale il corso d'acqua, è esondato proprio nel punto in cui viene intubato. Si tratta della tipica esondazione generate dai seguenti fattori:

1. sottodimensionamento della condotta;
2. mancanza di una adeguata regimazione, in particolare nella zona di imbocco;
3. carenza di manutenzione;

Gli effetti dell'evento alluvionale si possono osservare nella documentazione fotografica di seguito riportata. Il piano terra/seminterrato dell'edificio posto più a monte, ubicato all'imbocco della valletta (proprio quelli identificato dal bollino IFFI), è stato invaso dall'onda di piena che ha raggiunto una altezza di circa mezzo metro.





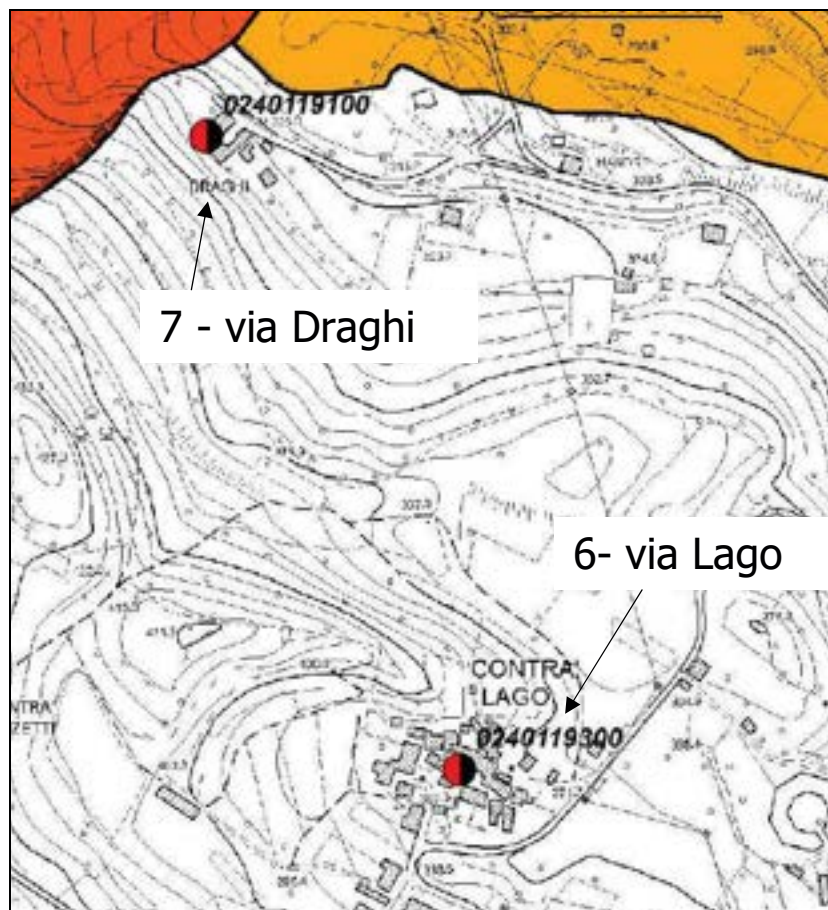
3.2 Considerazioni Conclusive

Sulla base delle informazioni disponibili, tenuto conto dell'assetto geomorfologico ed idrogeologico locale non si ritiene possibile si possano verificare le condizioni di innesco di colate detritiche. Tale informazione è suffragata sia dall'assenza di informazioni storiche, sia dalla mancanza di tracce (depositi) di eventi pregressi di questa natura. Il bacino è solo soggetto a fenomeni di trasporto solido di fondo.

Per tali motivi si propone di estromettere tale zona dalle zone di attenzione PAI per l'aspetto geologico.

ZONA DI ATTENZIONE N.6
0240119100- CONTRADA DRAGHI

ZONA DI ATTENZIONE N.7
0240119300 - CONTRADA LAGO



1 - IDENTIFICAZIONE DEI DISSESTI

1.1 Identificazione Zona di Attenzione

Il presente capitolo si propone di studiare le due zone di attenzione individuate dalla Banca Dati I.F.F.I. ubicate rispettivamente in C.da Draghi ed in C.da Lago presenti nella parte nord-occidentale del territorio comunale. Il primo è contrassegnato dalla sequenza numerica 0240119100, il secondo dalla 0240119300.

1.2 Verifica Fonte Dati

La scheda I.F.F.I. riporta per la zona di attenzione ubicata in C.da Draghi un evento franoso descritto come un scivolamento roto-traslativo avvenuto in data 21/12/60; non sono presenti altre informazioni.

Per quanto riguarda la zona di attenzione ubicata in C.da Lago la scheda riferisce dell'esistenza di un evento franoso descritto come uno scivolamento roto-traslativo di cui non viene specificata la data, si menziona di un danno da corso d'acqua; non sono presenti altre informazioni.

Per le due aree in esame sono state censite e visionate anche le seguenti fonti:

- comune di Velo'd'Astico
- Genio Civile
- Servizio Forestale
- PAI
- PTCP
- Pubblicazioni Scientifiche
- CNR Progetto AVI

Nessuna di esse cita l'esistenza di eventi franosi riconducibili né a dissesti del tipo indicati nella scheda IFFI, né di altra natura.

1 - QUADRO CONOSCITIVO

1.1 Assetto Geomorfologico

L'immagine tridimensionale sottostante ritrae l'area oggetto del presente studio. Quest'ultima si estende alla base dei fianchi nord-orientali del Massiccio del M. Novegno che, nella parte nord-orientale, è coronato dai Monti Priaforà (m 1.650 s.l.m.), Giove (m 1.549 s.l.m.) e Brazome (m 1.267 s.l.m.), i quali costituiscono lo spartiacque dell'area in esame e formano un arco la cui convessità è rivolta verso nord-est. La conca nella parte alta del versante è solcata da ripidi calanoni in roccia che in gran parte convergono in un unico scaricatore con struttura ad imbuto denominato Valle d S. Antonio.

Ai piedi delle pareti rocciose, grossomodo a quote inferiori di 750÷800 m, si sviluppa un esteso versante, dapprima boscato, coltivato nella porzione inferiore, con pendenza via via decrescente al diminuire della quota altimetrica. Il suo profilo trasversale è piuttosto omogeneo, modulato solamente da una successione di morbidi compluvi alternati a displuvi altrettanto dolci.

Il descritto versante, che si estende fra le quote di 750÷800 m fino a circa 400 m, si raccorda verso nord-est con il fondovalle fluvio-glaciale, costituito da un articolato ed esteso sistema di terrazzi, caratterizzati anche dalla presenza di cordoni morenici ancora riconoscibili. Nell'area in esame il fondovalle fluvio-glaciale non ha tuttavia l'estensione che caratterizza la parte centro-settentrionale del territorio comunale. Un importante

corpo di frana, (e.g. la paleofrana di Dolomia Principale) in continuità con la limitrofa frana del Brustolè, ne limita lo sviluppo verso ovest e genera una dorsale con asse orientato grossomodo WNW-ESE che, emergendo dal pendio di alcune decine di metri circa, interrompe l'andamento degradante da sud-ovest a nord-est delle pendici nord-orientali del Massiccio del Novegno. La dorsale genera a monte del rilievo una sella con il medesimo orientamento ed immergente verso SE.

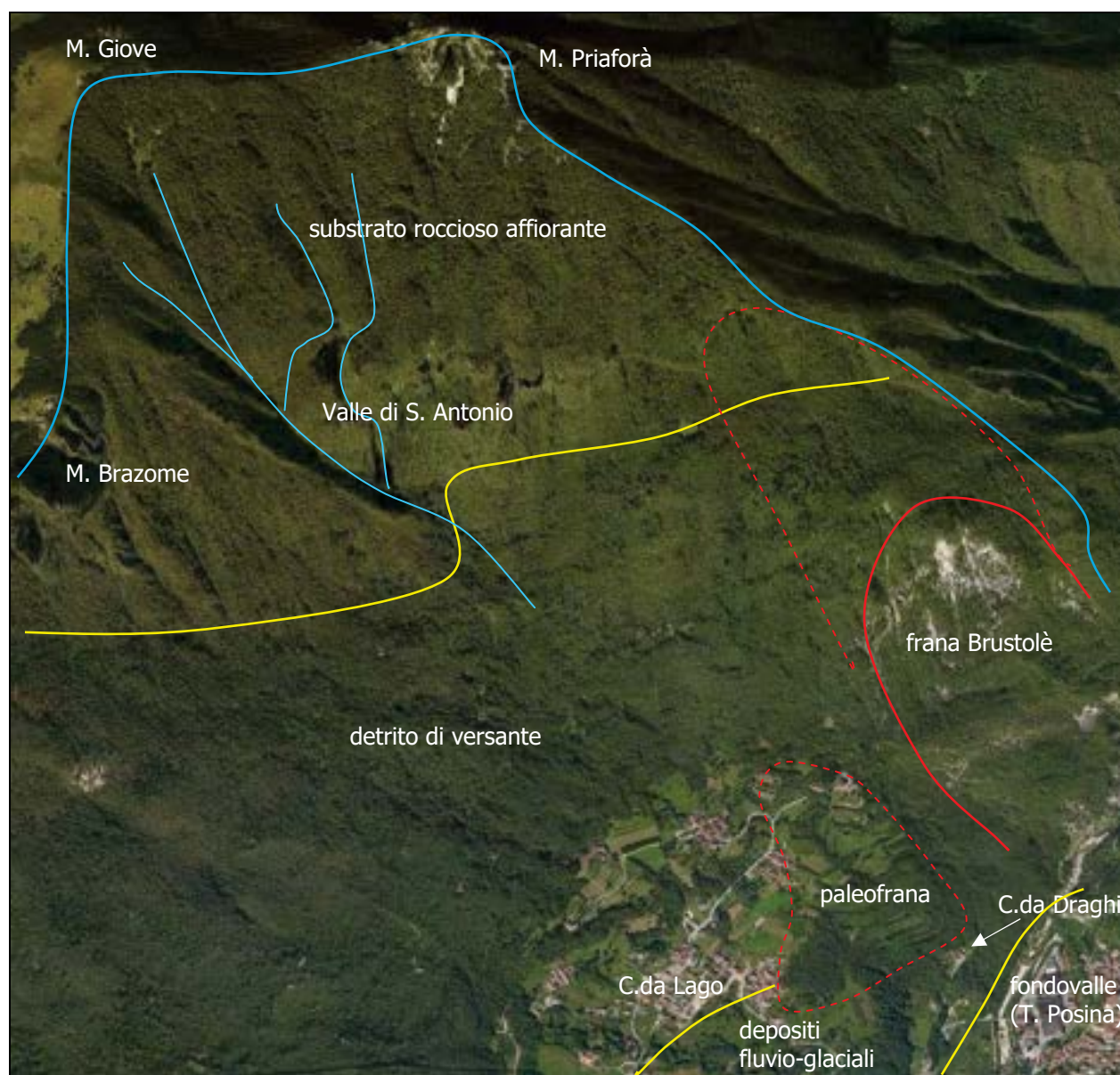


Immagine tridimensionale dell'area vista da nord-est - principali lineamenti geologici e geomorfolologici

Infine, il fondovalle fluvio-glaciale è delimitato verso nord-est da una ripida scarpata con una altezza di circa una trentina di metri che lo raccorda al fondovalle attuale, quota alla quale scorre l'alveo del T. Posina.

Nella panoramica sotto riportata si riporta nel dettaglio l'ubicazione delle due contrade. C.da Draghi sorge sulla parte più nord-occidentale del terrazzo fluvio-glaciale che delimita

il fondovalle a poche decine di metri dal fianco destro della frana del Brustolè. C.da Lago si trova, invece, ai piedi dell'estremità sud-orientale della dorsale generata dalla paleofrana.



panoramica da nord dell'area oggetto di studio - ubicazione delle due contrade

1.2 Assetto Geologico

I lineamenti geologici dell'area oggetto di studio sono stati rappresentati nella carta geologica (tavola 1).

Il substrato roccioso affiora sia nella parte posta più a monte, sia in quella medio-bassa del versante, dove quest'ultimo è in gran parte occultato da estesi e potenti depositi quaternari di diversa natura. Il litotipo roccioso più rappresentato è costituito dai calcari e dalle dolomie appartenenti alla formazione della dolomia Principale. Quest'ultimo costituisce l'ossatura del massiccio del M. Novegno ed affiora a quote superiori di 750÷800 m. Affioramenti di Dolomia Principale si possono osservare anche in tutta l'area posta a nord-ovest di località Lago (si veda la foto sotto riportata).



Affioramenti di Dolomia Principale in prossimità dell'abitato di Lago.

In questo caso, tuttavia, si tratta di affioramenti che appartengono alla paleofrana che ha interessato la Dolomia Principale e che sono in sostanziale continuità con gli analoghi affioramenti che caratterizzano la zona apicale della vicina frana del Brustolè posta poco più a nord dell'area in esame.

Sempre in prossimità dell'abitato di Lago sono stati osservati anche degli affioramenti puntuali e poco estesi delle vulcaniti Ladiniche appartenenti al complesso delle *vulcaniti triassiche* (si veda la foto sotto riportata). Quest'ultime affiorano invece estesamente lungo la scarpata che delimita località Campigoli.



Affioramento delle vulcaniti Ladiniche sulla scarpata a valle di località Campigoli .

Per quanto riguarda i depositi quaternari, i più rappresentati sono i detriti a grossi blocchi di natura calcarea posti ai piedi delle pareti dolomitiche che si estendono da quota 750÷800 m fino a lambire le Contrade Maso e Brocconeo a quota 480 m.

Ai piedi di quest'ultimi sono presenti ancora depositi granulari grossolani: si tratta anche in questo caso di coltri detritiche, ma di pezzatura più minuta, che sono frammisti a depositi colluviali ed anche glaciali indifferenziati.

Ad una quota di circa 350 m i depositi sopra descritti lasciano il posto ai depositi fluvio-glaciali che si spingono fino alla base del terrazzo che delimita il fondovalle attuale del T. Posina. Quest'ultimi sono ancora costituiti in prevalenza da terreni di natura granulare grossolana, ma possono essere presenti spessori significativi anche di terreni fini di natura prevalentemente limosa. Nell'area in esame terreni di questo tipo sono stati rilevati a nord di Lago ed in località Peschiera. L'origine di questi depositi è molto probabilmente dovuta alla presenza del cordone morenico posto a nord-est, il quale, determinando una contropendenza, genera a monte una conca che è stata progressivamente riempita da depositi fini prodotti dal trasporto solido proveniente da monte (e.g. torbide di colate detritiche).



vista di una parte del cordone morenico presente a valle di località Lago

Sul fondovalle attuale, infine, sono presenti le tipiche alluvioni di fondovalle delle vallate alpine e prealpine: si tratta di terreni granulari grossolani di natura ghiaiosa. Nell'area in esame quest'ultimi, come anche i depositi fluvio-glaciale hanno spessori in genere modesti: a debole profondità, infatti, è presente anche il substrato roccioso - le vulcaniti ladiniche - che affiorano in fregio all'alveo del T. Posina sia in sinistra che in destra idrografica.

C.da Draghi poggia sui depositi fluvio-glaciali che, poco a nord-ovest della Contrada lasciano il posto al detrito di versante.



affioramenti di coltri detritiche ad ovest di C.da Draghi, che si può riconoscere sullo sfondo

C.da Lago poggia in gran parte sulle coperture detritiche grossolane, in parte direttamente su trovanti di dolomia che, a tratti, affiora dai muri di contenimento.



affioramenti di dolomia nella parte più a monte di C.da Lago

1.3 Assetto Tettonico

L'orientamento delle strutture tettoniche presenti ribadiscono dal punto di vista tettonico l'appartenenza dell'area al menzionato "Corridoio Scledense". I limiti occidentali ed orientali della paleofrana, inoltre, ripropongono la presenza della famiglia di faglie coniugate rispetto al fascio scledense, ossia con direzione NE-SO, ribadendo la presenza di faglie verticali che individuano una struttura tipo horst-graben.

1.4 Assetto Idrogeologico

Dal punti di vista idrogeologico, l'area è caratterizzata dalla presenza di diffusi affioramenti di acque sotterranee, laddove sono presenti le vulcaniti triassiche. In quest'area, comunque, il limite di permeabilità è costituito anche dai terreni a bassa permeabilità presenti a nord-est di Lago a monte dell'allineamento di cordoni morenici.

2 - ESITO DEI RILIEVI

2.1 - C.da Draghi

La scheda I.F.F.I. riporta per l'area in esame il verificarsi di un evento franoso, descritto come un scivolamento roto-traslativo, avvenuto in data 21/12/60.

I rilievi eseguiti attorno alla contrada in un raggio di circa 150 m non hanno registrato la presenza di dissesti. Non sono state osservate nemmeno lesioni che interessino gli edifici che compongono la contrada. Si precisa che i rilievi sono stati eseguiti nell'inverno 2014-2015, contraddistinto da una piovosità molto elevata, che avrebbe evidenziato la presenza di dissesti.

Alla luce di quanto sopra riportato, tenuto conto che le altre fonti visionate non riportano l'esistenza del dissesto, si ritiene, pertanto, che la zona di attenzione riportata nel PAI possa essere rimossa. Si ritiene che quest'ultima sia attribuibile ad un dissesto verificatosi all'interno della frana del Brustolè ad ovest della Contrada dato che quest'ultima

2.2 - C.da Lago

La scheda I.F.F.I. riporta per l'area in esame la presenza di uno scivolamento roto-traslativo di cui non viene specificata la data, si menziona di un danno da corso d'acqua.

I rilievi eseguiti attorno alla contrada in un raggio di circa 150 m non hanno registrato la presenza di dissesti. Non sono state osservate nemmeno lesioni che interessino gli edifici che compongono la contrada. Si precisa che i rilievi sono stati eseguiti nell'inverno 2014-2015, contraddistinto da una piovosità molto elevata, che avrebbe evidenziato la presenza di dissesti.

Alla luce di quanto sopra riportato, tenuto conto che le altre fonti visionate non riportano l'esistenza del dissesto, si ritiene, pertanto, che la zona di attenzione riportata nel PAI possa essere rimossa.

Schio, li 17 marzo 2016

Bertolin Andrea – *geologo*





REGIONE DEL VENETO

Provincia di Vicenza



Indagine geofisica con metodi Re.Mi. e H.V.S.R. per la caratterizzazione sismica dei terreni secondo la normativa vigente (N.T.C. - D.M. 17 gennaio 2018)

Via Trento - Loc. Meda
Comune di Velo d'Astico (VI)

Committente:
Dott. Geol. Eric Pavan

Data: febbraio 2021



STUDIOSISMA SRL
SS. PASUBIO 10, COSTABISSARA (VI)
TEL. 0444212962 / 3490567455
info@studiosisma.com
CF/P.IVA 03797510249 - SDI USAL8PV

INDICE

1.	PREMESSE	3
2.	CENNI TEORICI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	5
2.1	Indagine sismica di tipo passivo in array (Re.Mi.)	5
2.2	Indagine sismica di tipo passivo a stazione singola (H.V.S.R.)	7
3.	EVOLUZIONE NORMATIVA E CENNI DI INGEGNERIA SISMICA	8
4.	ANALISI SISMICA DI SITO E DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	9
4.1	Risultati ottenuti dalle indagini sismiche effettuate	9
4.2	Indagine sismica passiva in array (Re.Mi.) con inversione congiunta	10
4.3	Indagine sismica passiva a stazione singola (H.V.S.R.)	11
4.4	Categoria di sottosuolo di fondazione secondo le Norme Tecniche sulle Costruzioni - D.M. 17 gennaio 2018	12

ALLEGATI

-  Indagine sismica Re.Mi. e H.V.S.R.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

Responsabile di Progetto	Autori	Collaboratori
M. Collareda	L. Guerra	



1. PREMESSE

Il giorno 17 febbraio 2021 è stata condotta la presente campagna d'indagine geofisica in via Trento nel Comune di Velo d'Astico (VI), su incarico del **Dott. Geol. Eric Pavan**. Al fine di caratterizzare, dal punto di vista sismico, il sottosuolo dell'area in esame sono state effettuate:

- **n°1 prospezione sismica con tecnica passiva Re.Mi. (Refraction Microtremor)** sviluppata in *array* lineare con n°16 geofoni a 4,5 Hz ad asse verticale per la ricostruzione sismo - stratigrafica del sottosuolo e per l'assegnazione della Categoria del sottosuolo di fondazione (V_s,eq) come espressamente richiesto dalla normativa vigente (*Norme Tecniche sulle Costruzioni - D.M. 17/01/2018*);
- **n°1 registrazione di rumore sismico ambientale a stazione singola con elaborazione H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)** per individuare le frequenze di risonanza del terreno al fine di eseguire una corretta progettazione sismica delle strutture.

Nella figura a seguire viene evidenziata l'area in oggetto di studio (*Fig. n°1 - Estratto da ortofoto*).



Fig. n°1 - Estratto da ortofoto.

Le coordinate dell'area sono specificate nella tabella sottostante. Nella figura seguente (*Fig. n°2 - Ubicazione prove in sito*) sono invece riportate, in dettaglio, le posizioni di ogni misura effettuata.

Latitudine	Longitudine
45.77925° N (WGS 84)	11.40126° E (WGS 84)



Legenda:

- / Indagine sismica passiva in *array* (Re.Mi.)
- Indagine sismica passiva a stazione singola (H.V.S.R.)

Fig. n° 2 - Ubicazione prove in sito

2. CENNI TEORICI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

2.1 Indagine sismica di tipo passivo in array (Re.Mi.)

È noto che la propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più un'unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda. Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità. Questo comportamento viene definito *dispersione in frequenza* ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie. Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario, le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie. I metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie si basano su modelli fisico - matematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati con caratteristiche elastiche lineari.

La procedura Re.Mi. è un metodo di prospezione sismica sviluppato presso l'Università di Reno in Nevada (Louie, 2001) e viene classificato come metodo passivo in quanto utilizza il rumore ambientale. I vantaggi promossi da questo metodo sono molteplici: è molto veloce e semplice da usare in fase di acquisizione, raggiunge una buona profondità e risoluzione d'indagine ma soprattutto permette di ottenere migliori risultati in ambienti particolarmente urbanizzati.

La fase di acquisizione deve essere effettuata con una serie di accorgimenti e precauzioni da prendere in sito e nella pianificazione della registrazione. Tutto è finalizzato alla registrazione di dati contenenti la miglior informazione possibile riguardo alla propagazione delle onde di Rayleigh con buon rapporto segnale - rumore.

Il rumore incoerente, cioè di tipo casuale, nel caso Re.Mi. rappresenta la fonte del segnale utile che si vuole registrare. I microtremori generati dall'ambiente si propagano nel suolo e di questi si cerca di distinguere il modo fondamentale di vibrazione dell'onda di Rayleigh da quelli superiori e dall'aliasing spaziale. C'è, in questo caso, la necessità di soddisfare la condizione di "omnidirezionalità" delle sorgenti, cioè si suppone che il rumore ambientale provenga sostanzialmente da tutte le direzioni.

I tempi di registrazione dei microtremori sono decisamente più elevati rispetto alle indagini di tipo attivo. La registrazione sarà analizzata in finestre temporali che variano dai 10 ai 30 secondi.

Sono da considerare la lunghezza dello stendimento L e la distanza intergeofonica Δx . Quest'ultima agisce sul segnale come una specie di filtro in frequenza. Supponendo, infatti, che il segnale arrivi da tutte le direzioni, maggiore è la spaziatura, minore sarà la frequenza del segnale utile campionabile e viceversa. Se la frequenza è più bassa aumenta la profondità d'indagine.

La fase più delicata è quella del *data processing*, che consiste nel trattamento dei dati acquisiti con l'obiettivo di stimare la velocità di fase delle onde di Rayleigh (V_r) che sono correlabili con le velocità V_s di propagazione delle onde S ($V_s \approx 1,1 V_r$).

Le varie tecniche di processing trasformano l'informazione registrata nel dominio $x - t$ (spazio tempo), in un dominio dove l'energia associata all'evento è funzione della frequenza e di altre variabili. Tutto questo allo scopo, attraverso lo spettro, di localizzare la densità di energia maggiore, alla quale sono di solito associate le onde di Rayleigh. Con procedura manuale vengono selezionati dei punti sullo spettro, che andranno a formare la curva di dispersione sperimentale. La scelta di questi valori, denominata *picking*, è condizionata da alcune indicazioni ma è imprescindibile dall'abilità e dall'esperienza dell'interprete anche in base ad altre conoscenze in merito al sito in esame.



Il *sampling rate* utilizzato è stato di 512 Hz in modo da ottenere un elevato dettaglio del segnale. La durata (lunghezza temporale) del segnale registrato è stato di circa 6 minuti. Il software utilizzato per l'analisi spettrale è [Grilla v.9.5.2 release 2020](#).

Data la necessità di analizzare con elevato dettaglio le basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 10 Hz), sono stati utilizzati n°16 geofoni verticali a 4,5 Hz uniti in un *array* lineare totalmente digitale (*SoilSpy Rosina*). Ogni geofono è munito di un digitalizzatore che converte il segnale e lo trasmette al sismografo tramite un'interfaccia USB. Tale sistema permette di avere elevati rapporti di rumore, un perfetto sincronismo e una estrema leggerezza. La spaziatura utilizzata tra i geofoni è stata di 2 m quindi la lunghezza complessiva del profilo è risultata essere di 30 m. Non sono presenti sostanziali variazioni di quota e quindi il sito può essere considerato orizzontale.



Per una corretta ricostruzione sismica del sottosuolo e una buona stima delle onde Vs è necessario adottare una modellizzazione numerica che può essere rappresentata dalla seguente equazione:

$$\hat{v}_s = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i}} \quad [2.1]$$

Vs = valore di velocità delle onde di taglio [m/s];
H = profondità alla quale si desidera stimare Vs [m] (30 m in caso di Vs30);
hi = spessore dello strato i - esimo [m];
vi = velocità delle onde Vs all'interno dello strato i - esimo [m/s].

In via puramente indicativa, al fine di correlare le velocità delle onde di taglio ad un tipo di suolo, si riportano i valori tabulati da Borchardt (1992; 1994) assieme a quelli ottenuti sperimentalmente in diversi ambienti sedimentari da altri autori (Budny, 1984; Ibs von Seht e Wohlenberg, 1999; Delgado et al., 2000 a, b; Parolai et al., 2002; Scherbaum et al., 2003; D'Amico et al., 2004, 2006; Hinzen et al., 2004).

TIPO DI SUOLO	Vs min [m/s]	Vs media [m/s]	Vs max [m/s]
ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto - poco fratturate)	1400	1620	-
ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturate)	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce sedimentarie ignee tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia)	375	540	700
ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI - GHIAIOSI (es. ghiaie e suoli con < 20% di ghiaia, sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose)	200	290	375
TERRENI TENERI (es. terreni di riempimento sotto falda, argille da tenere a molto tenere)	100	150	200

2.2 Indagine sismica di tipo passivo a stazione singola (H.V.S.R.)

La tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali o H.V.S.R., Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non richiede nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nel costruire edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito (*free field*) e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la velocità media delle onde di taglio V_s calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. Sarà quindi possibile calcolare la V_s e la relativa categoria di sottosuolo come esplicitamente richiesto dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni del 17 gennaio 2018*;
- la stratigrafia del sottosuolo con un *range* di indagine compreso tra 0,5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostante per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

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 x da uno strumento dipende:

- dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente s ;
- dal percorso dell'onda dalla sorgente s al sito x (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda);
- dalla risposta dello strumento.

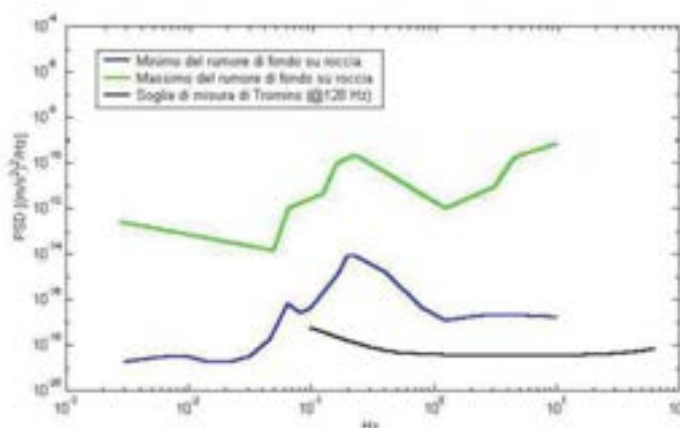
Possiamo scrivere questo come:

$$\text{segnale registrazione al sito } x = \text{sorgente} * \text{effetti di percorso} * \text{funzione trasferimento strumento}$$

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 molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi poiché il rumore non è generato *ad hoc*, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione riguardante la sorgente è persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni concernenti il percorso del segnale e, in particolare, relative alla struttura locale vicino al sensore. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali del sottosuolo; informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.



Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale della ditta Moho S.r.l. 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 una terna velocimetrica con i sensori ortogonali tra loro e con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 256 Hz. Nella figura a fianco si riporta la curva di rumore di "Tromino" a confronto con i modelli standard di rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.



3. EVOLUZIONE NORMATIVA E CENNI DI INGEGNERIA SISMICA

La storia della classificazione sismica Italiana comincia dopo il terribile terremoto di Reggio Calabria e Messina del 1908 (XI grado MCS) che provocò la morte di circa 80.000 persone. In seguito a questo evento ci fu un deciso impegno dello Stato a tradurre in legge le conoscenze scientifiche e tecniche sulle costruzioni sino ad allora maturate. Fu così emanato il Regio decreto n°193 [1909] nel quale è contenuta la prima classificazione sismica del territorio Italiano. Negli anni a seguire si continuò ad aggiornare la normativa tecnica ampliando la classificazione in base alle zone colpite da eventi sismici. Nel 1962 fu pubblicata la Legge n°1684, in seguito ai terremoti di Carnia (1956), Valle del Velino (1961) e Irpinia (1962) dove, per la prima volta, si prescrisse l'applicazione delle norme sismiche ai comuni "soggetti a intensi movimenti sismici" e non solo a quelli colpiti dal terremoto. In seguito ai terremoti dei Monti Nebroli (1967), della Valle del Belice (1968) e di Tuscania (1971), fu emanata la Legge n°64 [1974], che costituisce una pietra miliare nel panorama della normativa sismica poiché stabilì che la classificazione sismica dovesse procedere sulla base di comprovate motivazioni tecniche scientifiche.

La promulgazione dell'Ordinanza P.C.M. n°3274 del 20/3/2003 e successive modifiche ed integrazioni ha determinato sul panorama nazionale un grande rinnovamento sul fronte della normativa tecnica in zona sismica, rappresentata fino ad allora dai contenuti del D.M. 16 gennaio 1996. La principale novità introdotta dall'O.P.C.M. n°3274 è l'abbandono del carattere puramente prescrittivo e convenzionale che caratterizzava le norme tecniche di vecchia concezione, come il D.M. 16/01/1996, per abbracciare un'impostazione puramente prestazionale, in cui gli obiettivi della progettazione e quindi il livello di sicurezza sono esplicitamente dichiarati, a seconda della risposta sismica attesa per la struttura e il sito di costruzione, per un prefissato livello di severità dell'azione sismica.

Le attuali norme tecniche per le costruzioni (N.T.C. D.M. - 17 gennaio 2018) ereditano gran parte dei contenuti dell'O.P.C.M. n°3274 in merito alla progettazione in zone sismiche; tuttavia rispetto a quest'ultimo documento sono anche stati apportati importanti cambiamenti, di cui forse il più rilevante riguarda la definizione dell'**azione sismica**.

Per comprendere pienamente il significato della nuova normativa è necessario rifarsi al concetto di **risposta sismica locale**. Dal punto di vista strettamente fisico, per effetto di sito (risposta sismica locale) s'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 relaziona lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale $H / V = 1$) con quello effettivamente misurato in superficie.

Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze che corrispondono alle frequenze naturali f_n di vibrazione del deposito:

$$f_n = 1 / T_n = (V_s \cdot (2n - 1)) / (4 \cdot H) \quad \text{con } n = 1, 2, \dots, \quad [3.1]$$

mentre risulta ridotto di amplificazione alle frequenze elevate a causa dello smorzamento del terreno. Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito denominata frequenza fondamentale di risonanza:

$$f_1 = 1 / T_1 = V_s / 4H \quad [3.2]$$

E' quindi necessario porre estrema attenzione a fenomeni di “*doppia risonanza*”, cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico così come trasmesso in superficie e quelle dei manufatti ivi edificati in quanto le azioni sismiche su di essi sarebbero gravose.

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):

$$\text{freq. naturale edificio} \approx 10 \text{ Hz} / \text{numero piani.} \quad [3.3]$$

E' la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura:

$$\text{freq. naturale edificio} \approx \text{freq. fondamentale di risonanza del sito} \quad [3.4]$$

ad essere particolarmente pericolosa, poiché da luogo alla massima amplificazione e deve quindi essere oggetto di studi approfonditi.

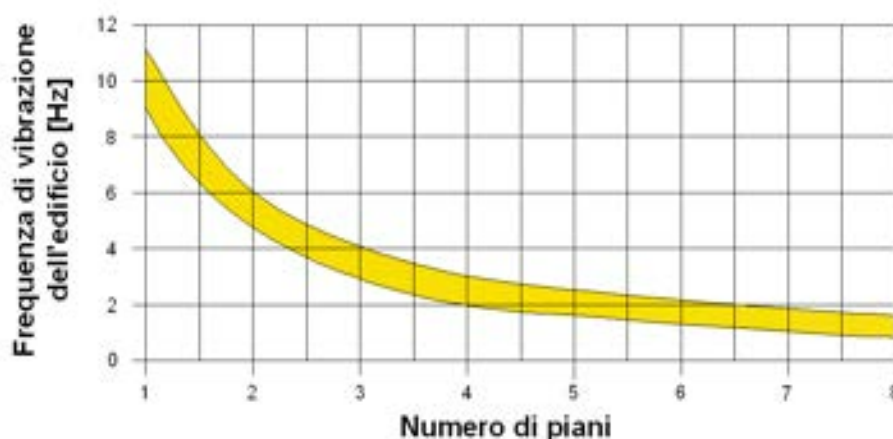


Figura - Frequenza di vibrazione degli edifici rapportata al numero di piani.

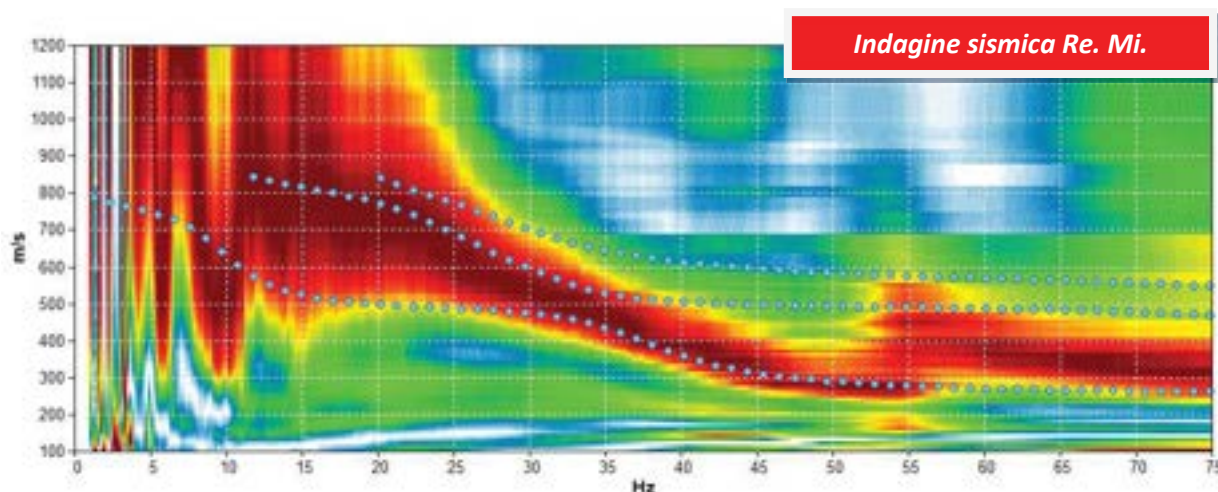
4. ANALISI SISMICA DI SITO E DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

4.1 Risultati ottenuti dalle indagini sismiche effettuate

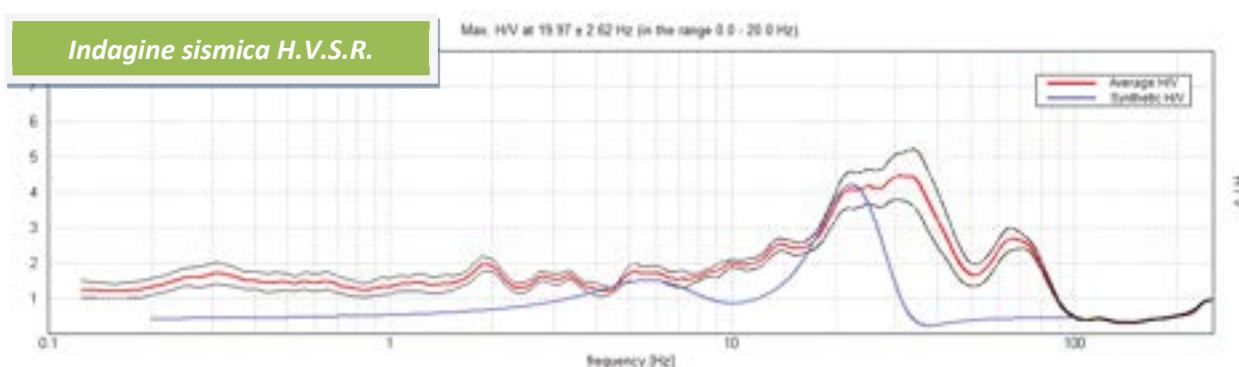
L'utilizzo incrociato delle due tecniche sismiche ha permesso di ottenere un modello sismo - stratigrafico del sottosuolo robusto e affidabile in corrispondenza della zona d'interesse. L'indagine Re.Mi. ha individuato le discontinuità sismiche superficiali e stimato le velocità di propagazione delle onde S mentre la prospezione passiva a stazione singola (H.V.S.R.), ha stimato il grado di rigidità del substrato di riferimento. Inoltre, la misura H.V.S.R. ha determinato le frequenze di risonanza di sito cioè i valori di frequenza attesi in superficie in occasione di evento sismico.

L'attendibilità del modello sismo-stratigrafico desunto è da considerarsi elevata poiché la coerenza del segnale è buona e lo spettro di velocità è ben definito nel modo fondamentale per quasi tutte le frequenze campionate. Il programma di elaborazione utilizzato permette di considerare non solo il modo fondamentale ma, una volta individuati, anche i modi superiori per vincolare con maggior attendibilità la ricostruzione sismo-stratigrafica del sottosuolo.

4.2 Indagine sismica passiva in array (Re.Mi.) con inversione congiunta



Spettro di velocità: il modo fondamentale è presente in quasi tutte le frequenze campionate. Il segnale si presenta con una buona coerenza. In blu la curva sintetica creata da una modellizzazione diretta delle onde S.

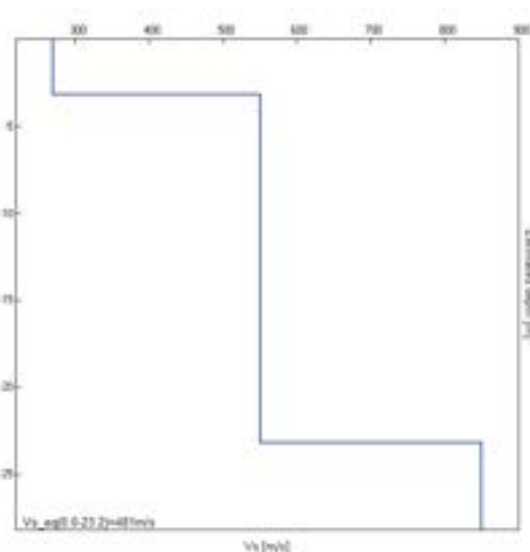


La curva spettrale rossa rappresenta l'andamento sismico registrato in campagna mentre quella blu è la curva sintetica generata dal codice di calcolo

La ricostruzione sismo-stratigrafica di sito ha evidenziato la presenza di un materiale moderatamente addensato fino a circa 3,2 m dal p.c. locale caratterizzato da V_s di circa 270 m/s, mentre per valori di profondità maggiori il grado di rigidità diventa più elevato con V_s che incrementano a valori di circa 550 m/s.

Il *bedrock* sismico ($V_s \approx 850$ m/s), inteso come quel mezzo caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s, è stato riconosciuto ad una profondità di circa 23 m dal p.c. locale.

Il rilievo nello specifico ha fornito i seguenti dati sismici (*modello sismo - stratigrafico interpretativo*):



Indagine sismica Re. Mi. con inversione congiunta H.V.S.R.	Velocità onde di taglio [m/s]	Spessori [m]	Profondità [m]
I SISMOSTRATO	270	3,2	0,0 - 3,2
II SISMOSTRATO	550	20	3,2 - $\approx$ 23
III SISMOSTRATO	850	Semisp.	$\approx$ 23 - $\approx$ Semisp.

4.3 Indagine sismica passiva a stazione singola (H.V.S.R.)

Nel caso specifico del sito in esame si è cercato di correlare i valori di picco, dello spettro di risposta HVSR, con le frequenze fondamentali di risonanza di sito.

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si sono potute ricavare le frequenze relative ad ogni discontinuità sismica.

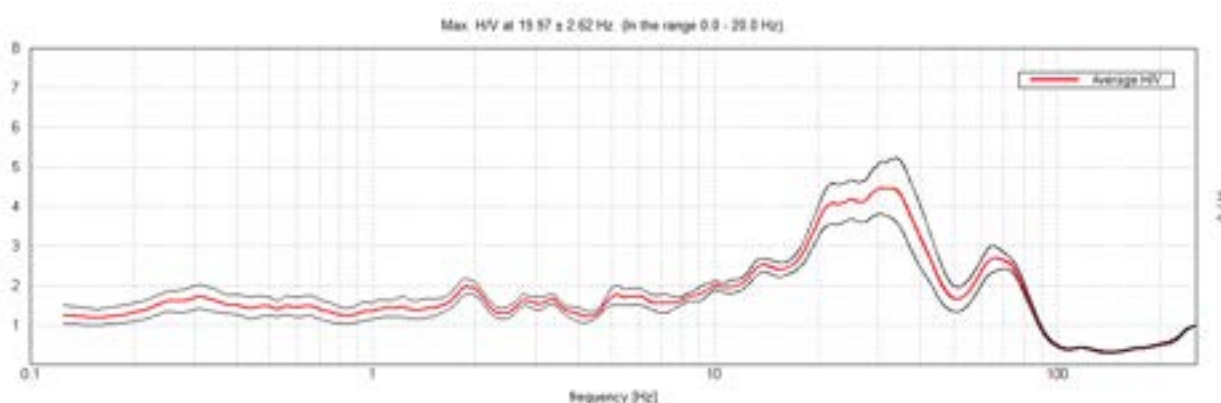
La frequenza fondamentale di risonanza di sito, generata dalla discontinuità sismica a più elevato rapporto spettrale ($H/V \approx 3,5$) nell'intervallo di interesse ingegneristico-strutturale (0,0 - 20,0 Hz), è di 20 Hz.

Frequenza fondamentale di risonanza

19,97 $\pm$ 2,62 Hz

È ormai consolidata, sia a livello accademico sia professionale, l'ipotesi che le strutture subiscono le sollecitazioni sismiche maggiori quando c'è coincidenza tra la frequenza di vibrazione naturale del terreno investito da un'onda sismica e quella naturale dell'edificio.

Si dovrà quindi porre attenzione nell'edificare strutture aventi lo stesso periodo di vibrazione naturale del terreno. Nel caso specifico il rapporto H/V calcolato è tale da ipotizzare un rilevante fattore di amplificazione del moto sismico in superficie.



Rapporto spettrale H/V misurato. In rosso è indicato l'HV medio mentre in nero l'intervallo di confidenza al 95%.

Nella tabella seguente, s'illustra la qualità del segnale acquisito in base al progetto [SESAME](#) (Linee guida 2005). Per l'affidabilità della curva HVSR devono essere positivi i primi tre parametri mentre per avere un chiaro e pulito segnale del picco massimo devono essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri successivi. Si osserva quindi che il picco a 19.97 Hz soddisfa tutti i criteri e può pertanto essere assunto come frequenza fondamentale di risonanza del sito.

Max. H/V at 19.97 ± 2.62 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz)			
Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	19.97 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	18371.3 > 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 960 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	8.969 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	48.219 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.57 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0313 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.62189 < 0.99844		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3746 < 1.58	OK	

4.4 Categoria di sottosuolo di fondazione secondo le Norme Tecniche sulle Costruzioni - D.M. 17 gennaio 2018

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi o in rapporto ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di Categorie di Sottosuolo di riferimento.

Per definire le Categorie, il D.M. 17 gennaio 2018 prevede il calcolo del parametro $V_{s,eq}$, ovvero della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_s dei terreni posti al di sopra del substrato di riferimento ($V_{s,30}$ per depositi con profondità del substrato superiore a 30 m). La profondità del substrato è riferita al piano di posa delle fondazioni superficiali, alla testa dei pali per fondazioni indirette, al piano di imposta delle fondazioni per muri di sostegno di terrapieni o alla testa delle opere di sostegno di terreni naturali.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Dall'assetto sismo-stratigrafico desunto dalle indagini sismiche effettuate, è possibile constatare la presenza del substrato di riferimento a profondità inferiori a 30 m.

Pertanto, come espressamente richiesto dalla normativa vigente (*Norme Tecniche sulle Costruzioni - D.M. 17/01/2018*), si è calcolata la velocità media di propagazione delle onde di taglio fino a 23,2 m dal piano di posa delle fondazioni ($V_{s,eq}$), a partire da varie profondità dal piano campagna:

Profondità piano di posa delle fondazioni	$V_{s,eq}$
0 m dal p.c.	$V_s (0 - 23,2) \approx 481 \text{ m/s}$
1 m dal p.c.	$V_s (0 - 23,2) \approx 499 \text{ m/s}$
2 m dal p.c.	$V_s (0 - 23,2) \approx 520 \text{ m/s}$
3 m dal p.c.	$V_s (0 - 23,2) \approx 544 \text{ m/s}$

Dalla ricostruzione del quadro geofisico emerso dal presente studio e dalle indicazioni normative si prevede l'inserimento del sito d'indagine nella **Categoria di Sottosuolo denominata B**, così definita:

Categoria B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana grossa molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Si ricorda che qualunque tecnica di geofisica applicata ha un margine di errore intrinseco variabile in funzione del tipo di tecnica usata, di strumentazione utilizzata e di problematiche incontrate durante la fase di acquisizione. Infine, i profili di V_s ricavati con questa metodologia, come tutti i metodi indiretti, non presentano una soluzione univoca e quindi più modelli possono fornire curve sintetiche simili tra loro.

Costabissara, febbraio 2021

STUDIOSISMA SRL
SS. PASUBIO 10, COSTABISSARA (VI)
TEL. 0444/212962 - 3490567455
info@studiosisma.com
CF/P.IVA 03797510249 - SDI USAL8PV

ALLEGATO

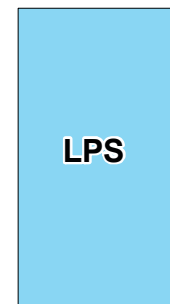
 Indagine sismica Re.Mi. e H.V.S.R.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

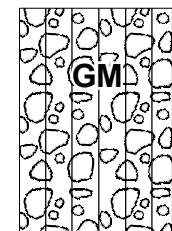
- ✓ Aki K., 1964. A note on the use of microseisms in determining the shallow structures of the earth's crust, *Geophysics*, 29, p. 665 - 666.
- ✓ Arai H. e Tokimatsu K., 2004. S-Wave Velocity Profiling by Inversion of Microtremor H/V Spectrum, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 94, p. 53 - 63.
- ✓ Castellaro S., Mulargia F. Bianconi L., 2005. Stratigrafia sismica passiva: una nuova tecnica accurata, rapida ed economica, *Geologia Tecnica Regionale*, vol. 3.
- ✓ D'Amico V., Picozzi M., Albarello D., Naso G. e Tropenscovino S., 2004. Quick estimates of soft sediments thicknesses from ambient noise horizontal to vertical spectral ratios: a case study in southern Italy, *J. Eartq. Eng.*, 8, p. 895 - 908.
- ✓ Dal Moro G., 2008b, Rapporto sulla campagna Vs30 in Friuli Venezia Giulia, Dipartimento di Scienze Geologiche Ambientali e Marine, Università di Trieste.
- ✓ Dal Moro G & Pipan M., 2007, Joint Inversion of Surface Wave Dispersion Curve and Reflection Travel Times via Multi-Objective Evolutionary Algorithms, *J. Appl. Geophysics*, 61, 56-81.
- ✓ Gallipoli R., La Penna V., Lorenzo P. et al., 2000. Comparison of geological and geophysical prospecting techniques in the study of a landslide in southern Italy, *European J. Environm. and Eng. Geophys.*, 4, p. 117 - 128.

- ✓ Ibs-von Seht M. e Wohlenberg J., 1999. Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments, *Bull. Seismol. Soc. America*, 89, p. 250 - 290.
- ✓ Ivanov, J., Miller, R.D., Xia, J., Steeples, D., and Parck, C.B., 2006, Joint Analysis of Refractions with Surface Waves. An Inverse Refraction-Traveltime Solution: *Geophysics*, 71, R131-R138.
- ✓ Mucciarelli M. e Gallipoli M.R., 2001. A critical review of 10 Years of microtremor HVSr technique, *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, 42, P. 255 - 266.
- ✓ Mucciarelli M. e Gallipoli M.R., 2006. Comparison between Vs30 and other estimates of site amplification in Italy, *Conf. Eartq. Eng. And Seismol.*, Ginevra, 3-8 Sept. no 270.
- ✓ Mulargia F., Castellaro S., Rossi P.L., 2007. Effetti di sito e Vs30: una risposta alla normativa antisismica", *Il geologo - Ordine dei Geologi Regione Emilia Romagna*.
- ✓ Nakamura Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimates of subsurface using microtremor on the round surface, *QR of RTRI*, 30, p. 25 - 30.
- ✓ Roth M. & Holliger K- 1999. Inversion of Sourcegenerated noise in high-resolution seismic data. *The Leading Edge*, 18, 1402-1406.
- ✓ [SESAME Project](#): "Site Effects Assessment Using Ambient Excitations", 2005.

Zona 2001



Zona 2002



50-80 m



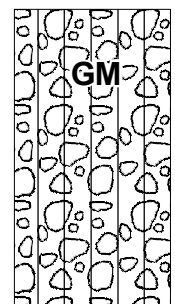
Zona 2003



20-40 m

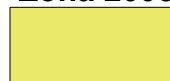


Zona 2004

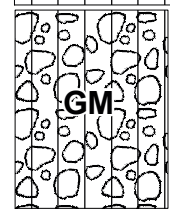


< 20-30 m

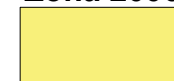
Zona 2005



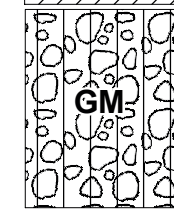
< 5-10 m



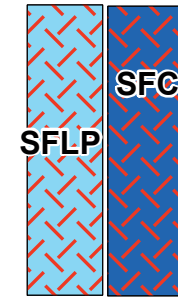
Zona 2006



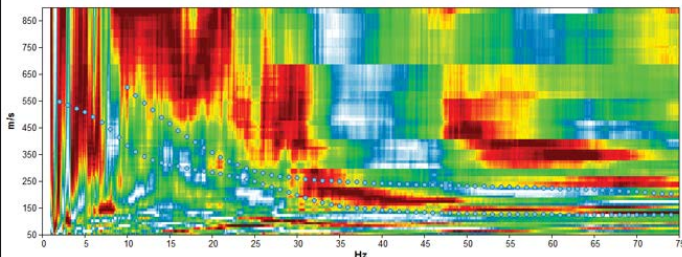
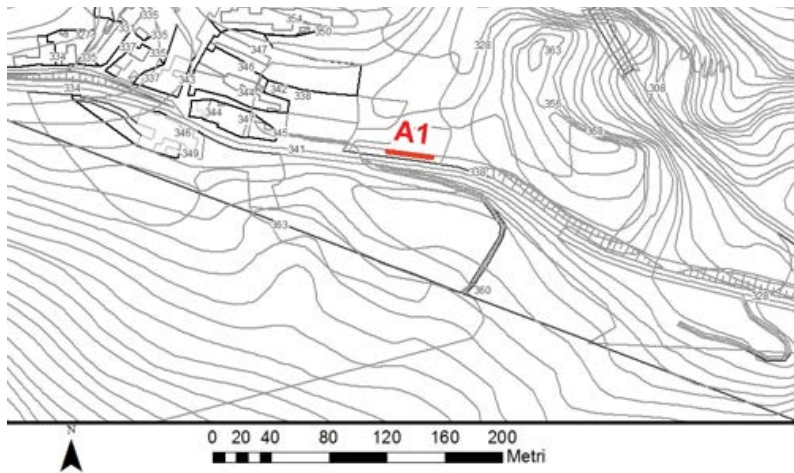
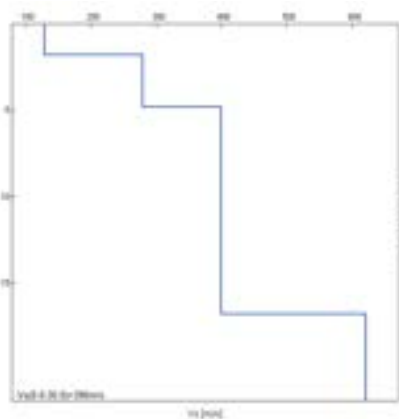
< 10 m



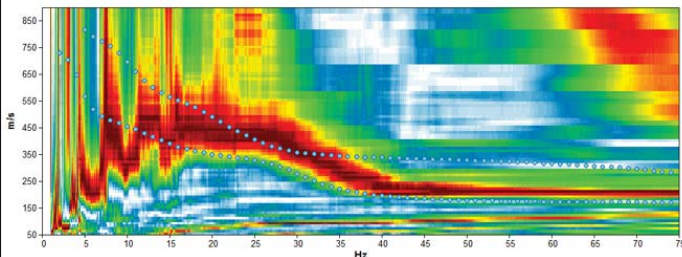
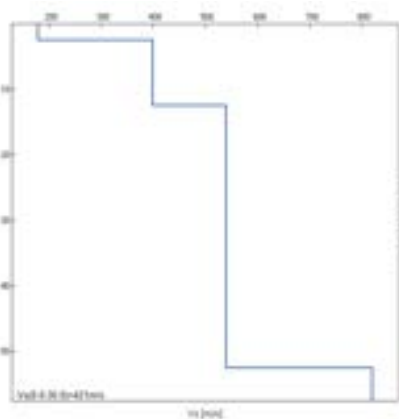
Zona 2099



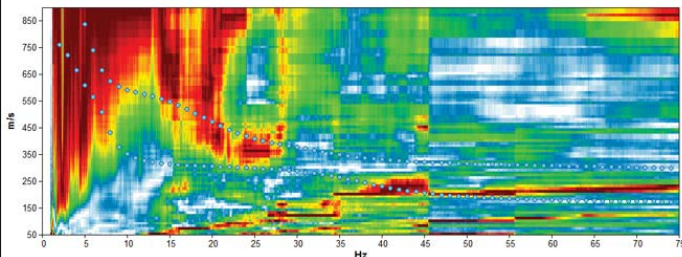
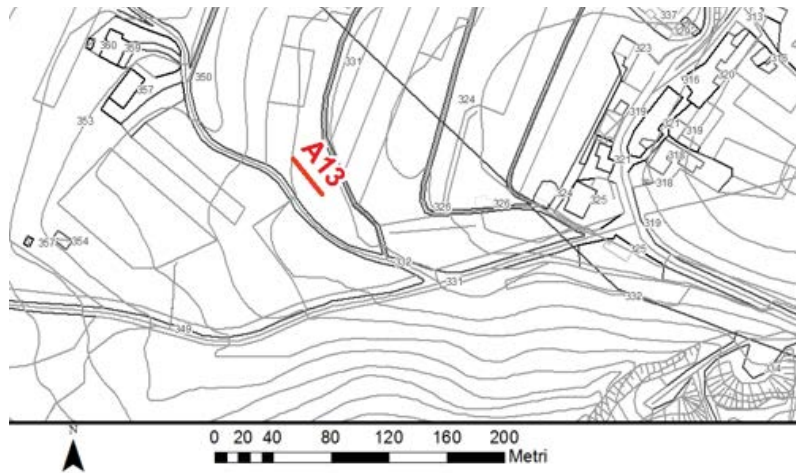
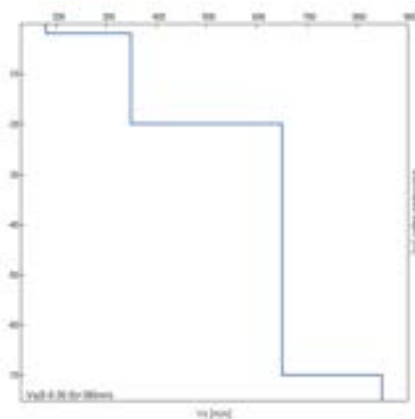
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A1	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5075360	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	220581	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5075364	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	220550	
Quota p.c. s.l.m. [m]	340	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione

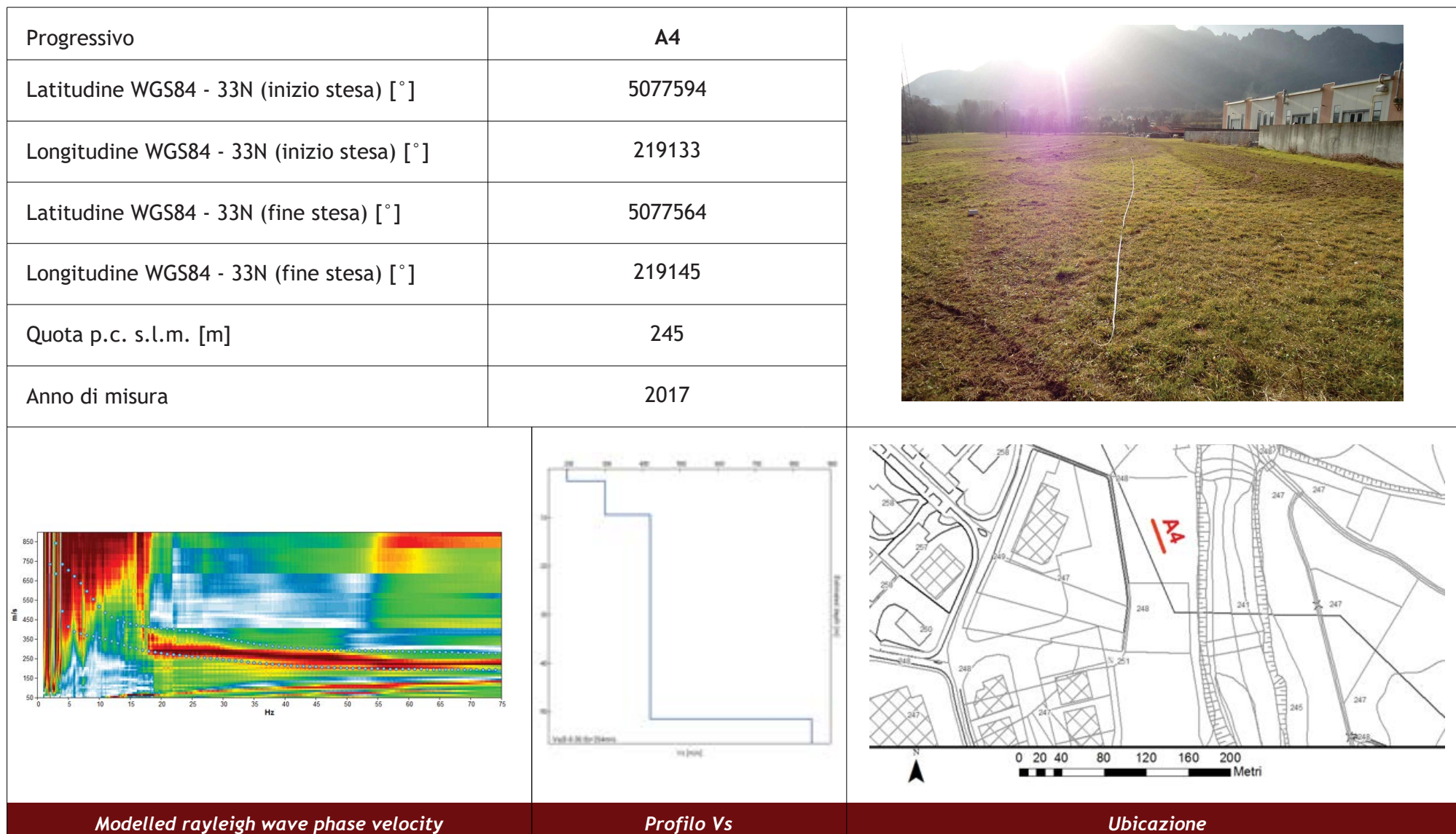
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A2	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5076446	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	219276	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5076426	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	219301	
Quota p.c. s.l.m. [m]	295	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione

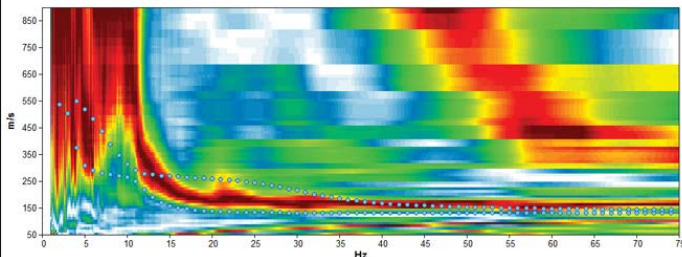
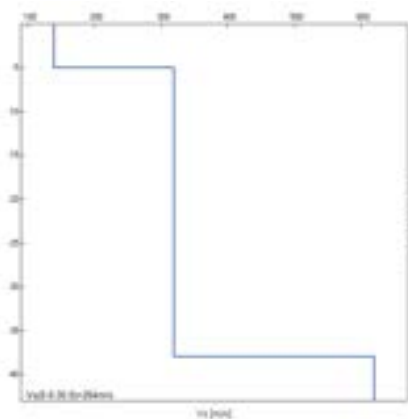
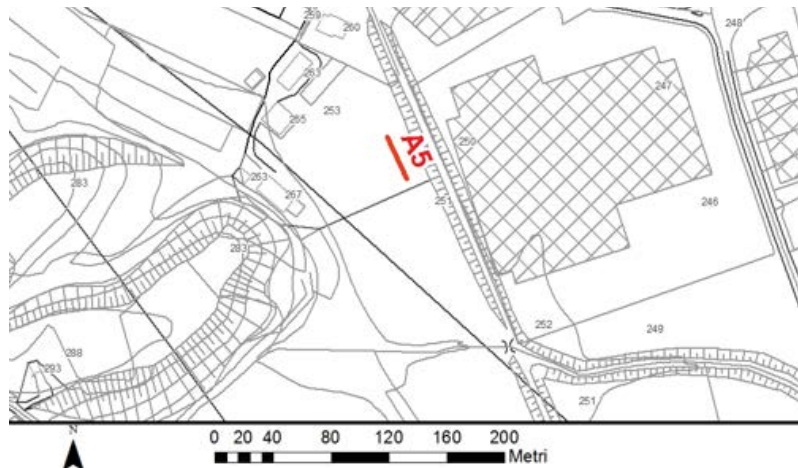
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A13	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5075526	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	219883	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5075551	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	219863	
Quota p.c. s.l.m. [m]	335	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione

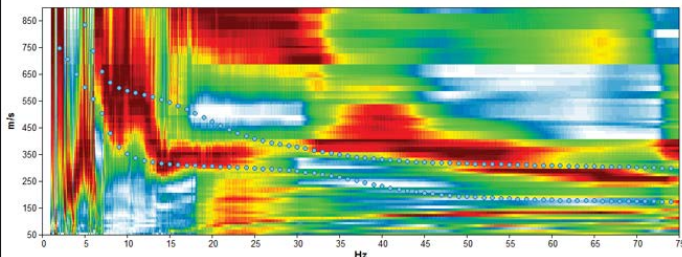
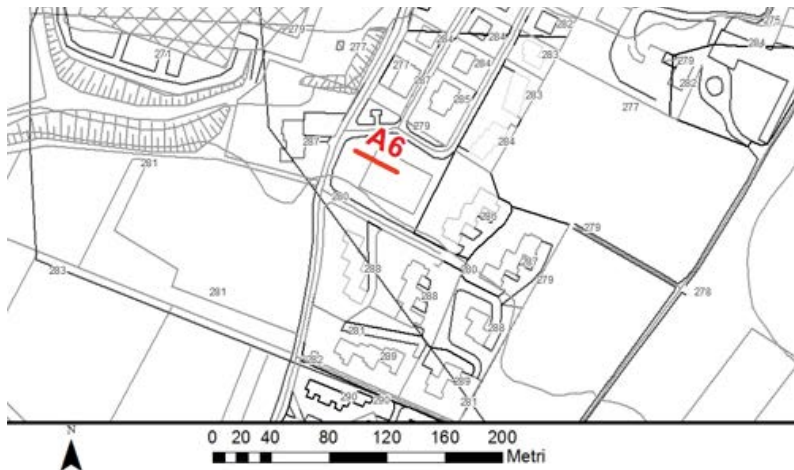
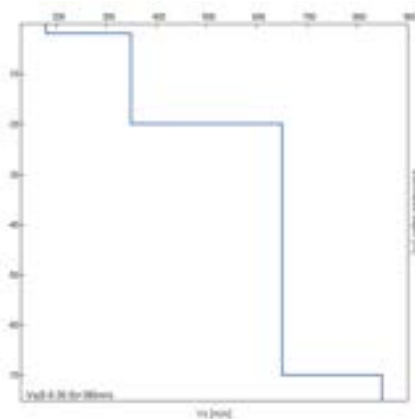
Misura in array di tipo Re.Mi.



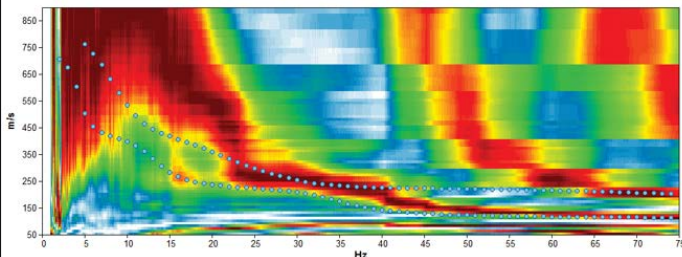
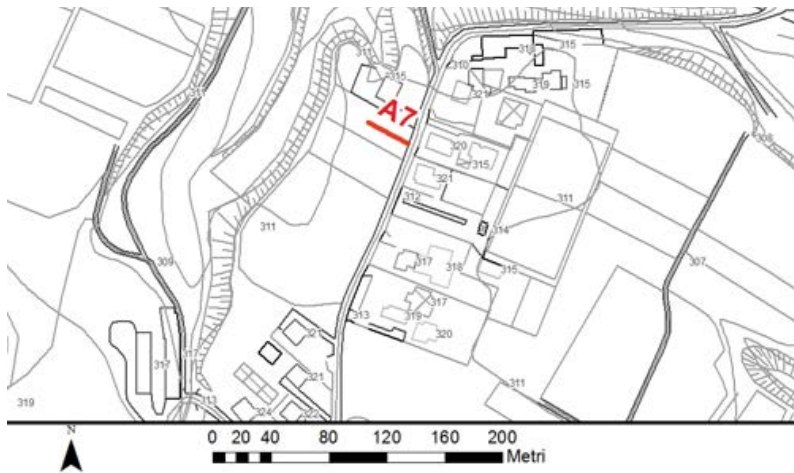
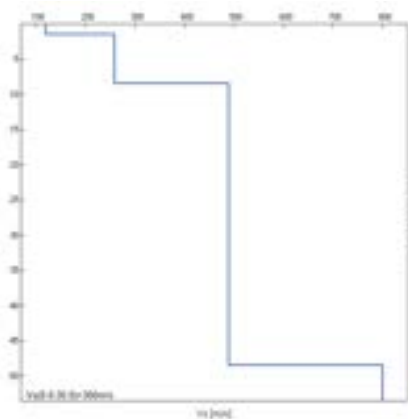
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A5	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5077374	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	218716	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5077345	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	218730	
Quota p.c. s.l.m. [m]	265	
Anno di misura	2017	
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		
Profilo Vs		
		Ubicazione

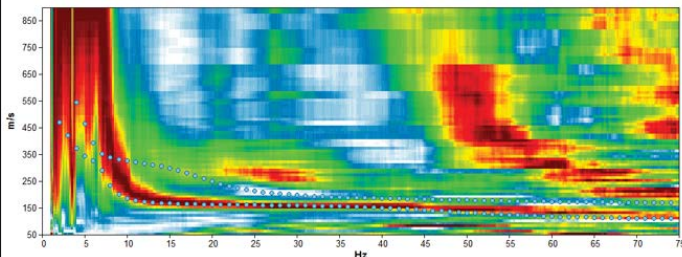
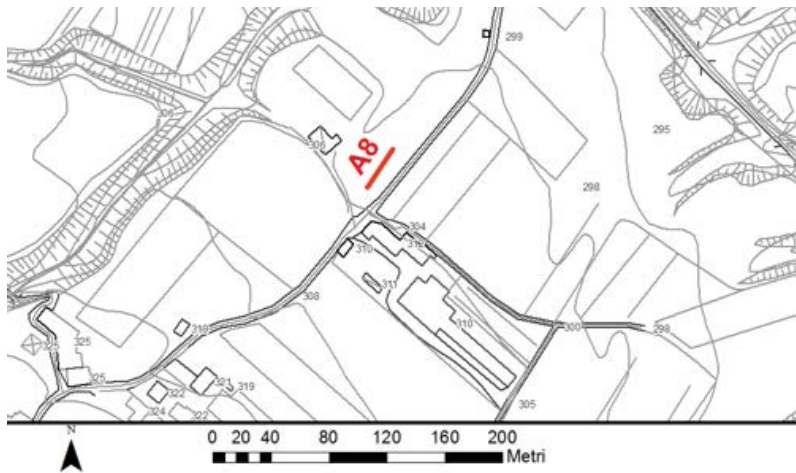
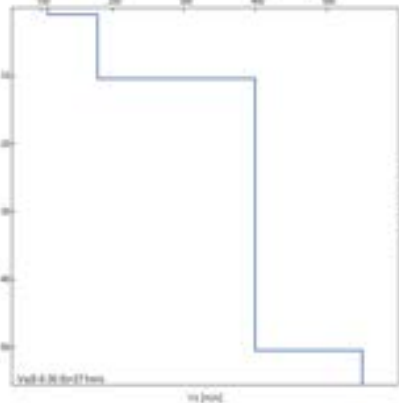
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A6	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5078051	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	218003	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5078036	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	218031	
Quota p.c. s.l.m. [m]	280	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione

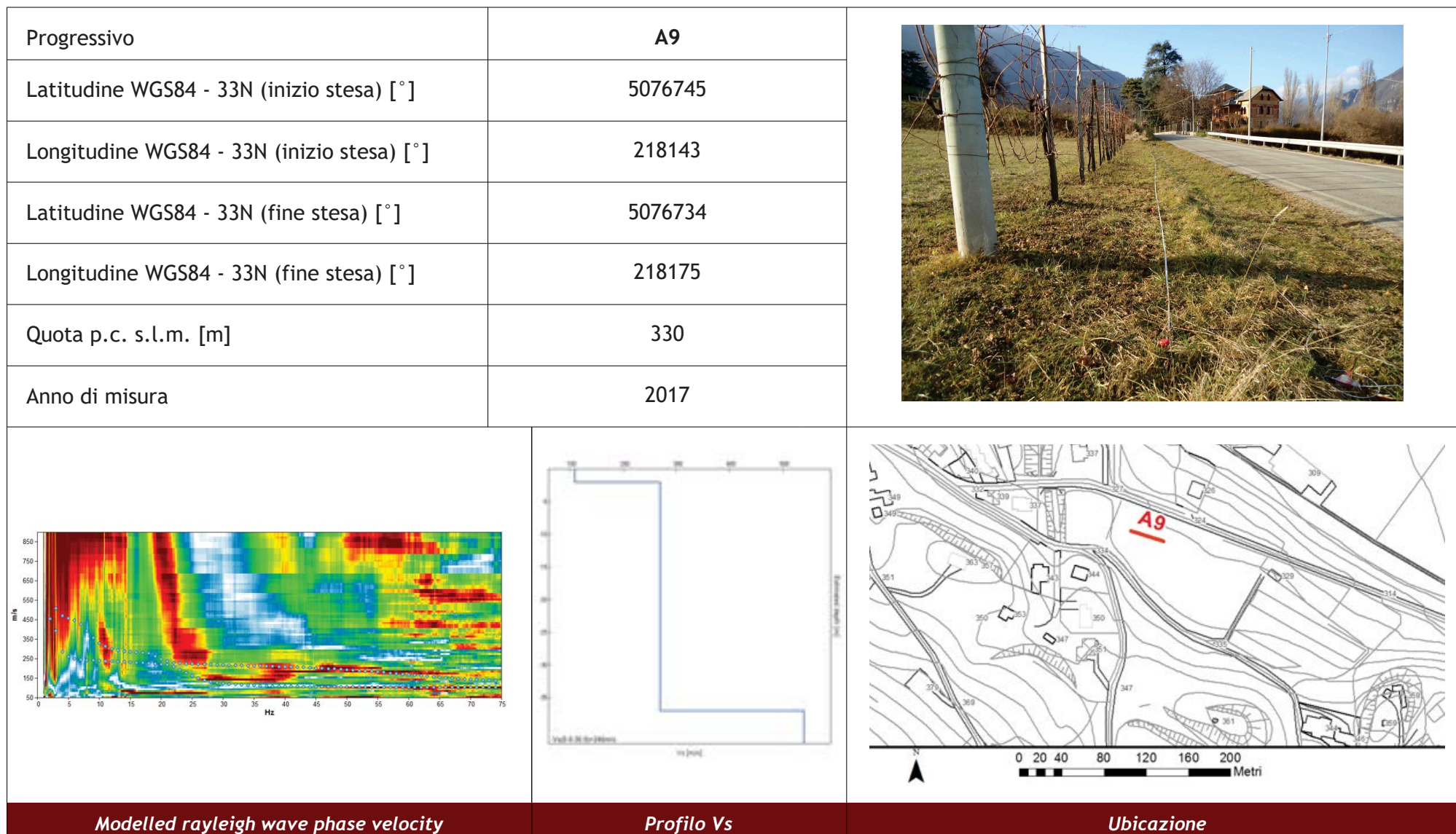
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A7	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5077610	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	217625	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5077625	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	217596	
Quota p.c. s.l.m. [m]	315	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione
Profilo Vs		

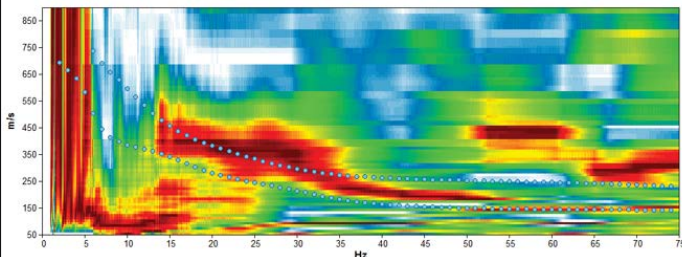
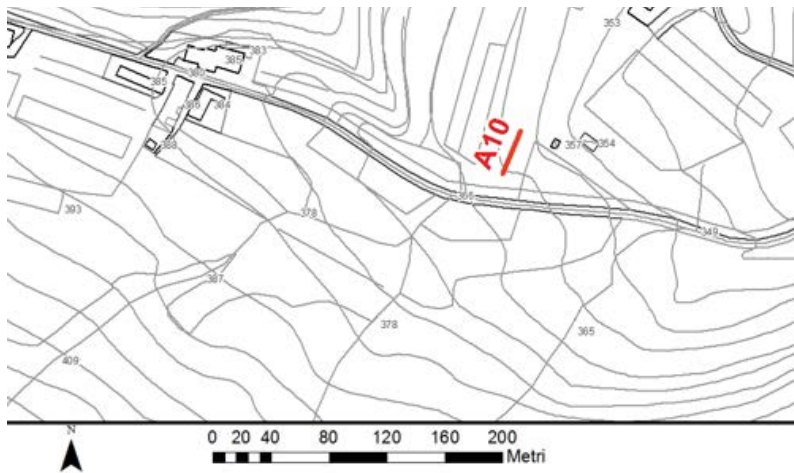
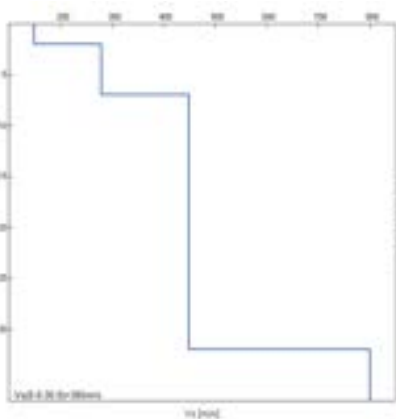
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A8	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5077277	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	218022	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5077303	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	218040	
Quota p.c. s.l.m. [m]	310	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione

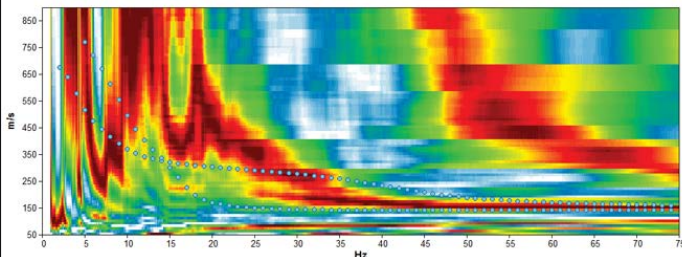
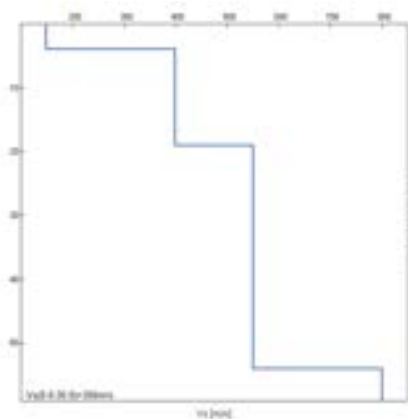
Misura in array di tipo Re.Mi.



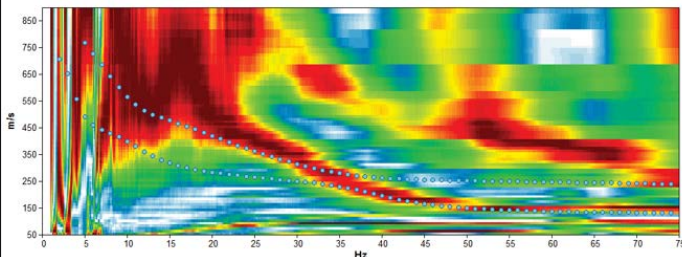
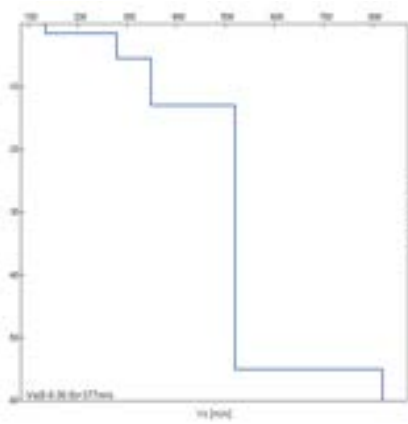
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A10	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5075473	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	219643	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5075502	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	219656	
Quota p.c. s.l.m. [m]	350	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione

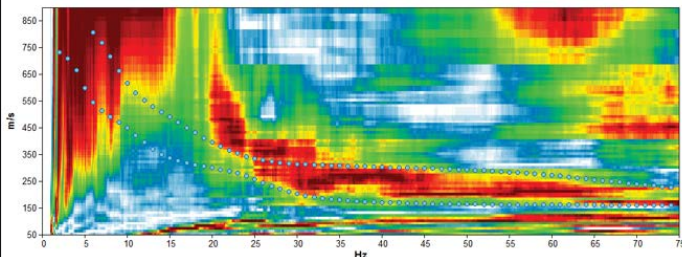
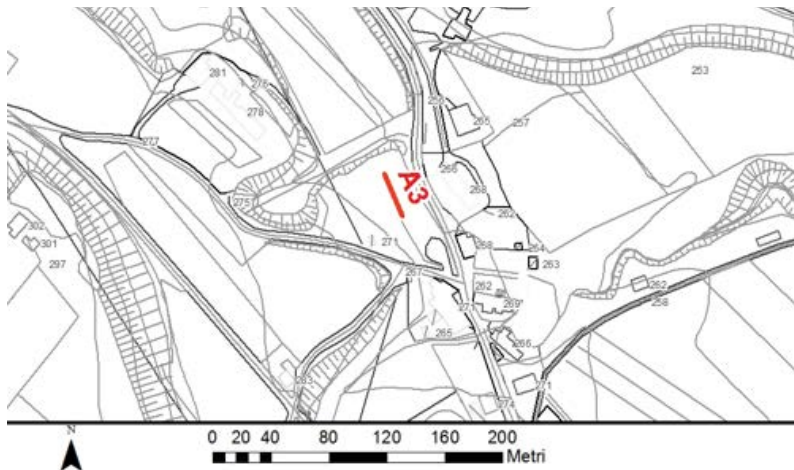
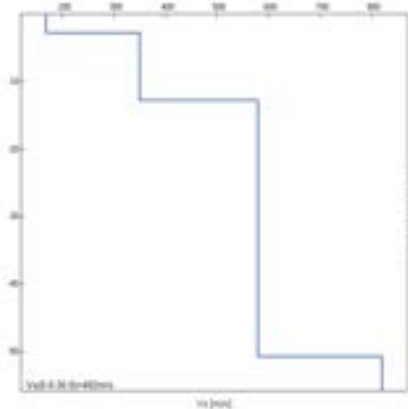
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A11	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5075704	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	220168	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5075672	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	220167	
Quota p.c. s.l.m. [m]	315	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione

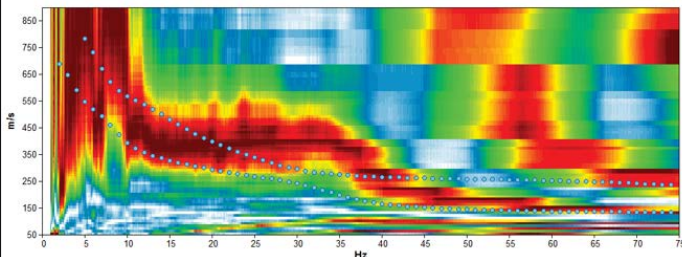
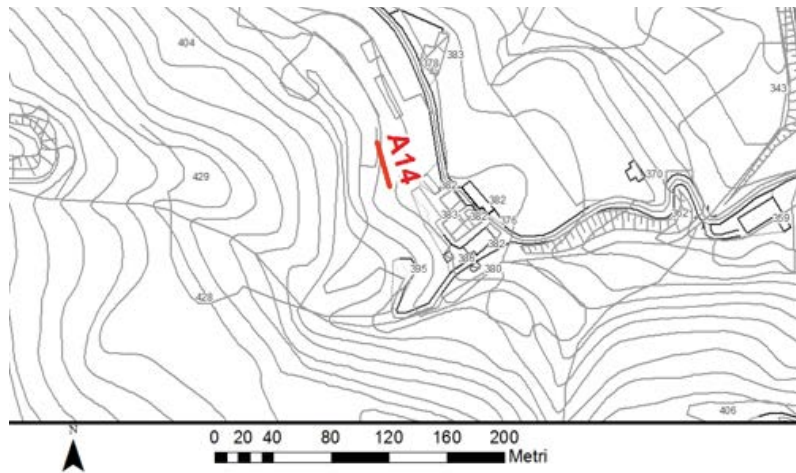
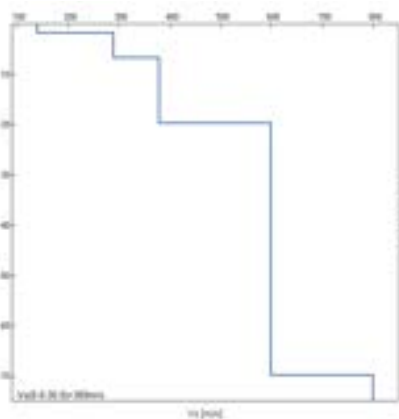
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A12	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5075961	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	219957	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5075987	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	219939	
Quota p.c. s.l.m. [m]	333	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione

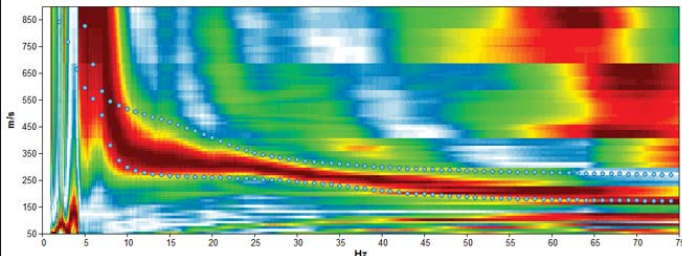
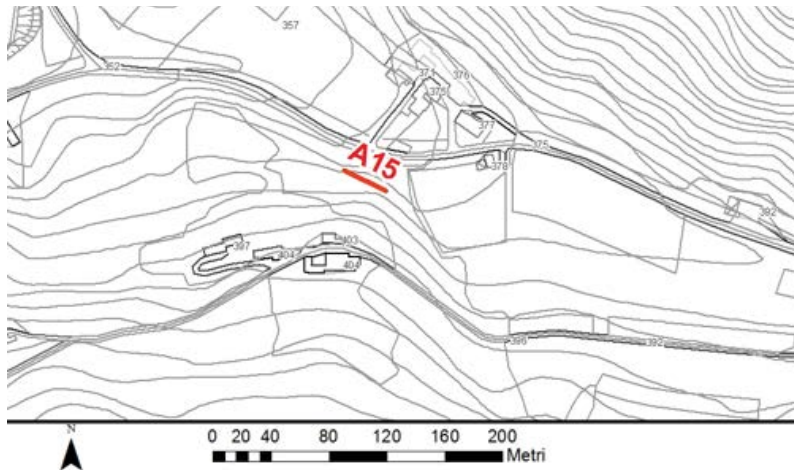
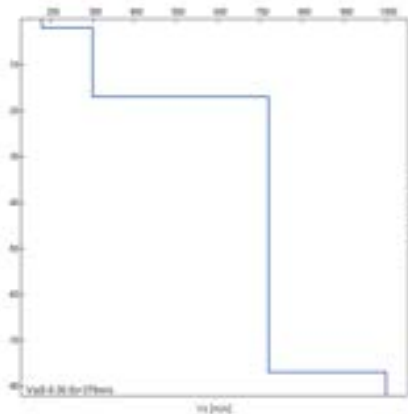
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A3	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5076825	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	219115	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5076855	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	219103	
Quota p.c. s.l.m. [m]	271	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione
Profilo Vs		

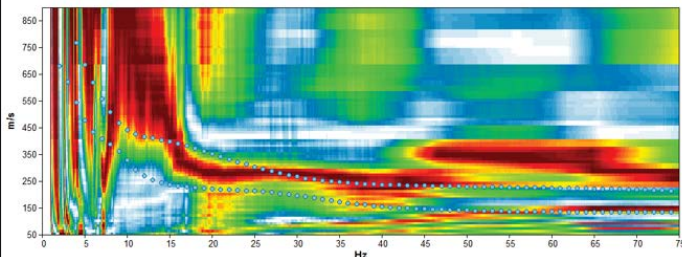
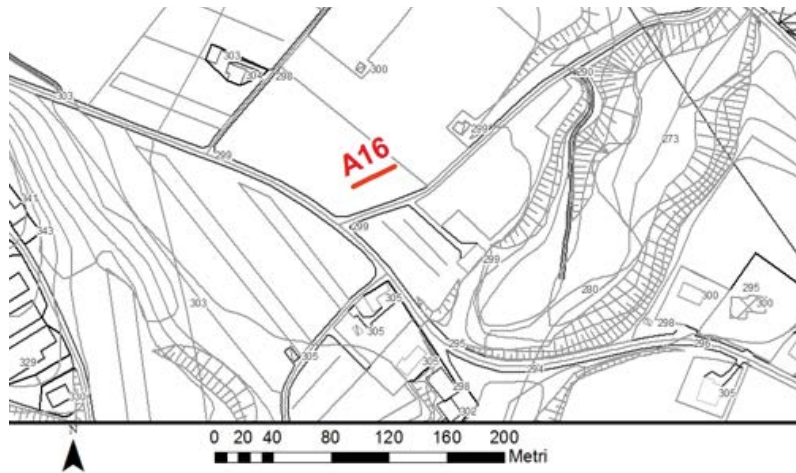
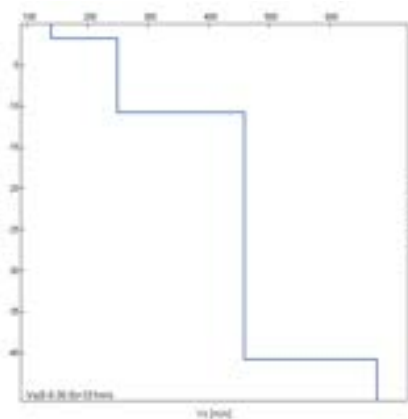
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A14	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5075722	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	218344	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5075753	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	218335	
Quota p.c. s.l.m. [m]	380	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione

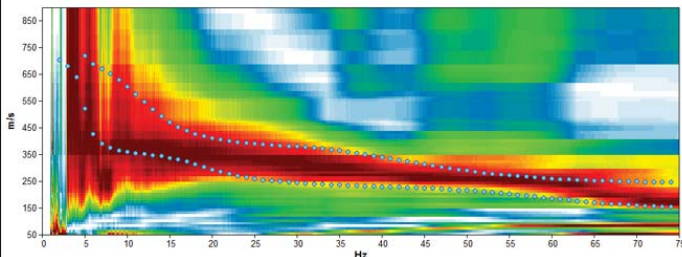
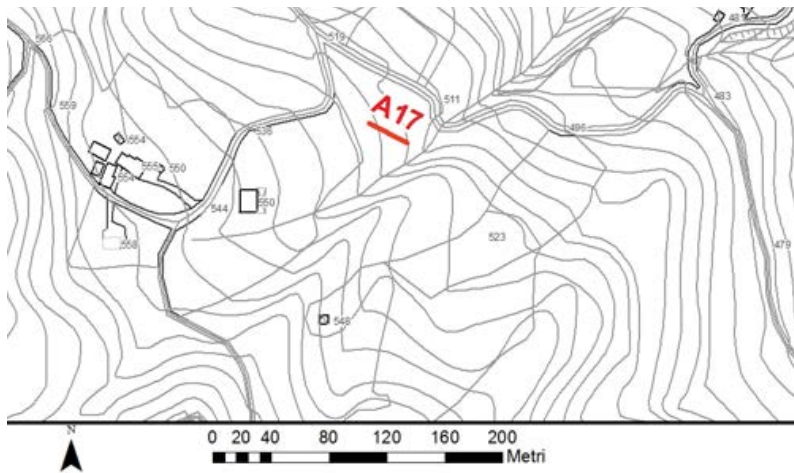
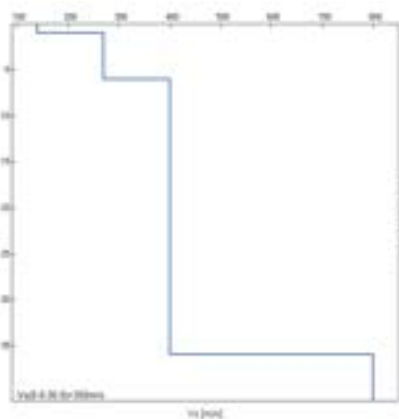
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A15	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5075661	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	218874	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5075675	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	218846	
Quota p.c. s.l.m. [m]	370	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity Profilo Vs		

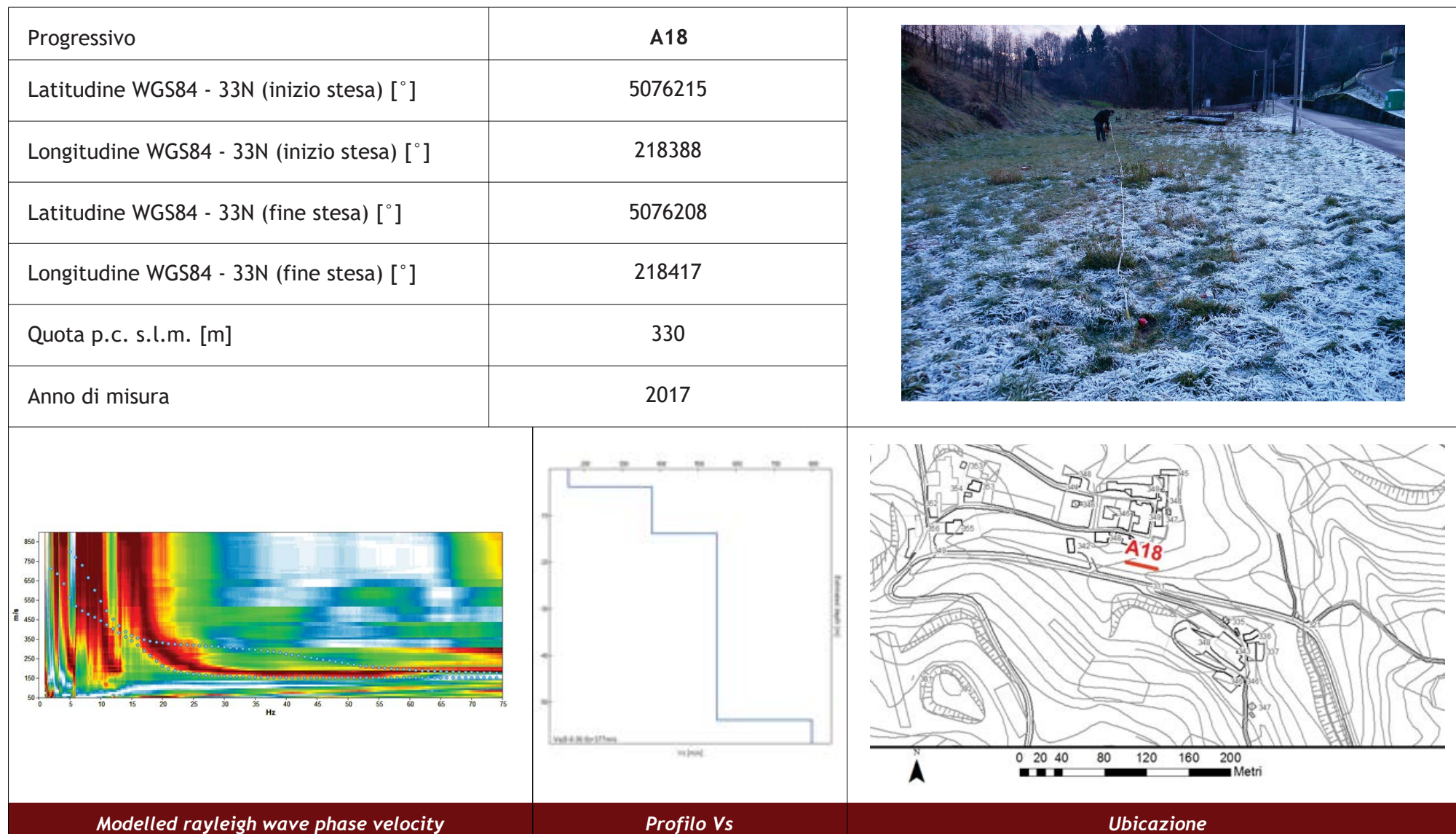
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A16	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5076547	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	218785	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5076561	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	218813	
Quota p.c. s.l.m. [m]	300	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione

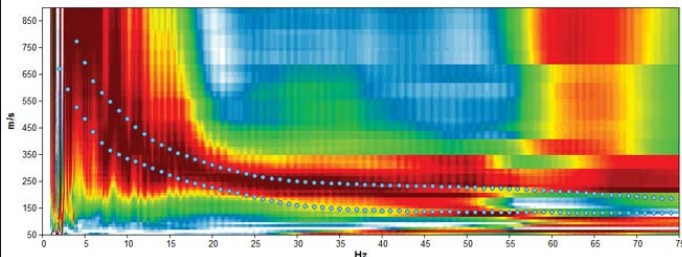
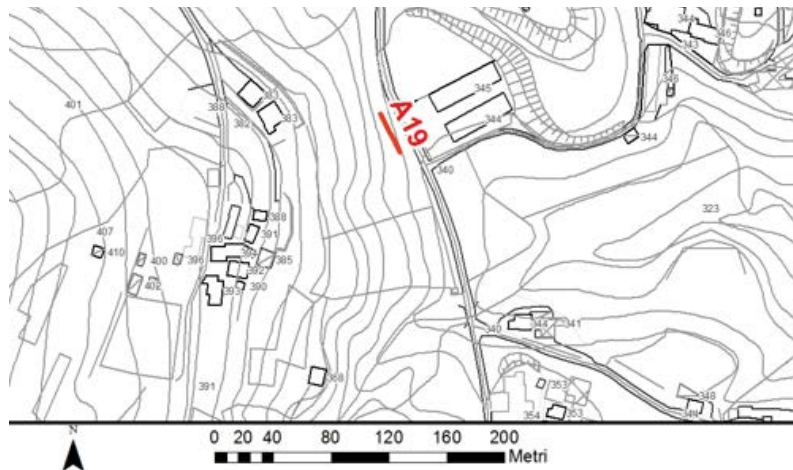
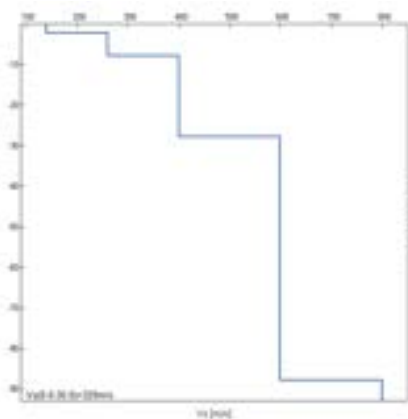
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A17	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5075655	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	217777	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5075668	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	217750	
Quota p.c. s.l.m. [m]	510	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione
Profilo Vs		

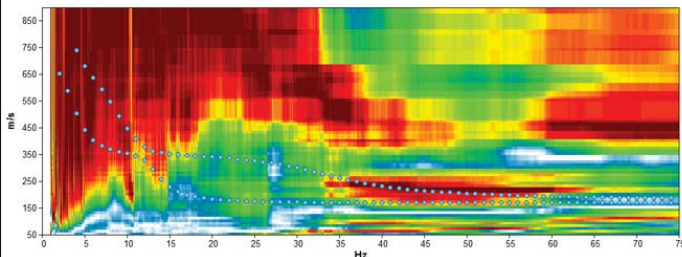
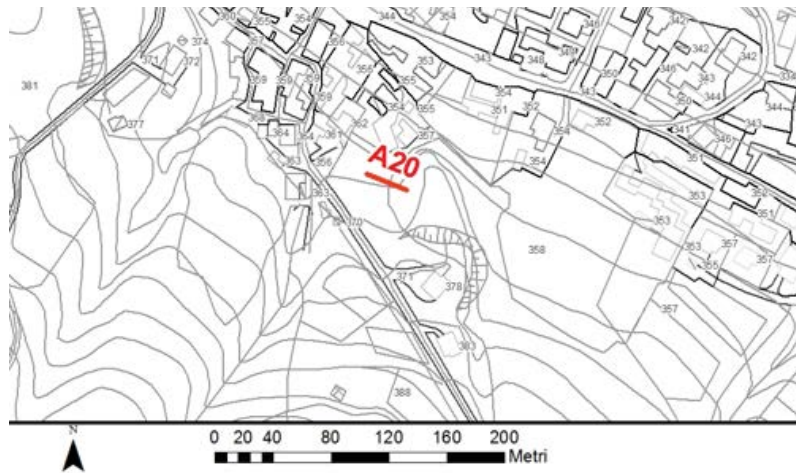
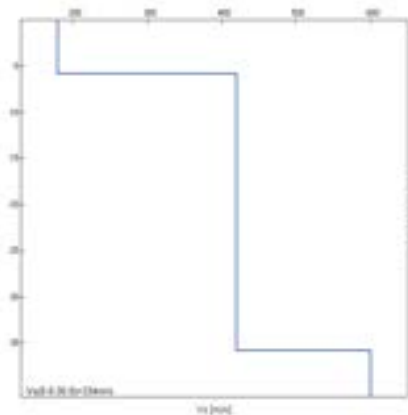
Misura in array di tipo Re.Mi.



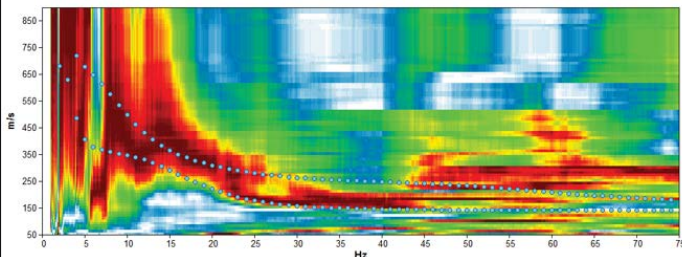
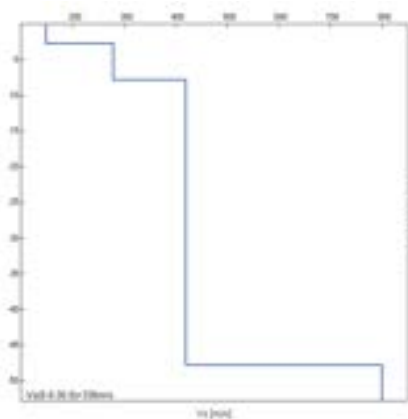
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A19	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5076492	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	218123	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5076466	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	218136	
Quota p.c. s.l.m. [m]	340	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione

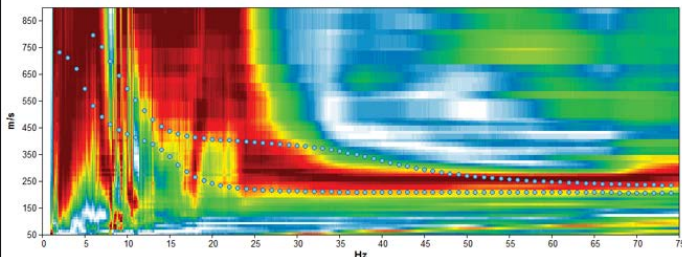
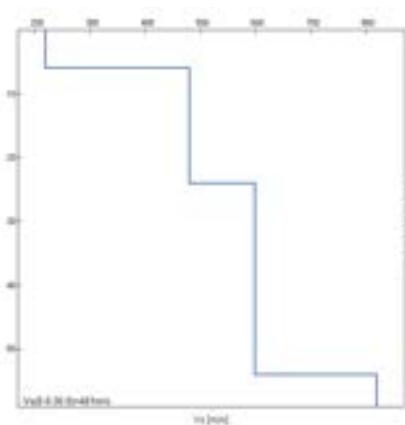
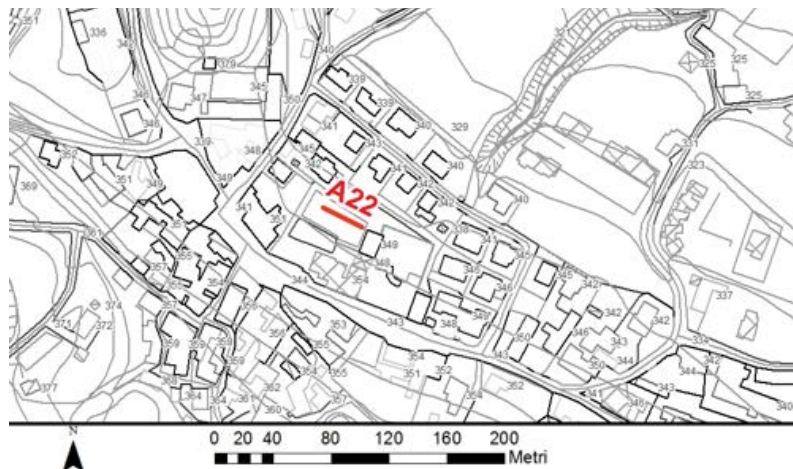
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A20	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5076910	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	217508	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5076899	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	217536	
Quota p.c. s.l.m. [m]	360	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione

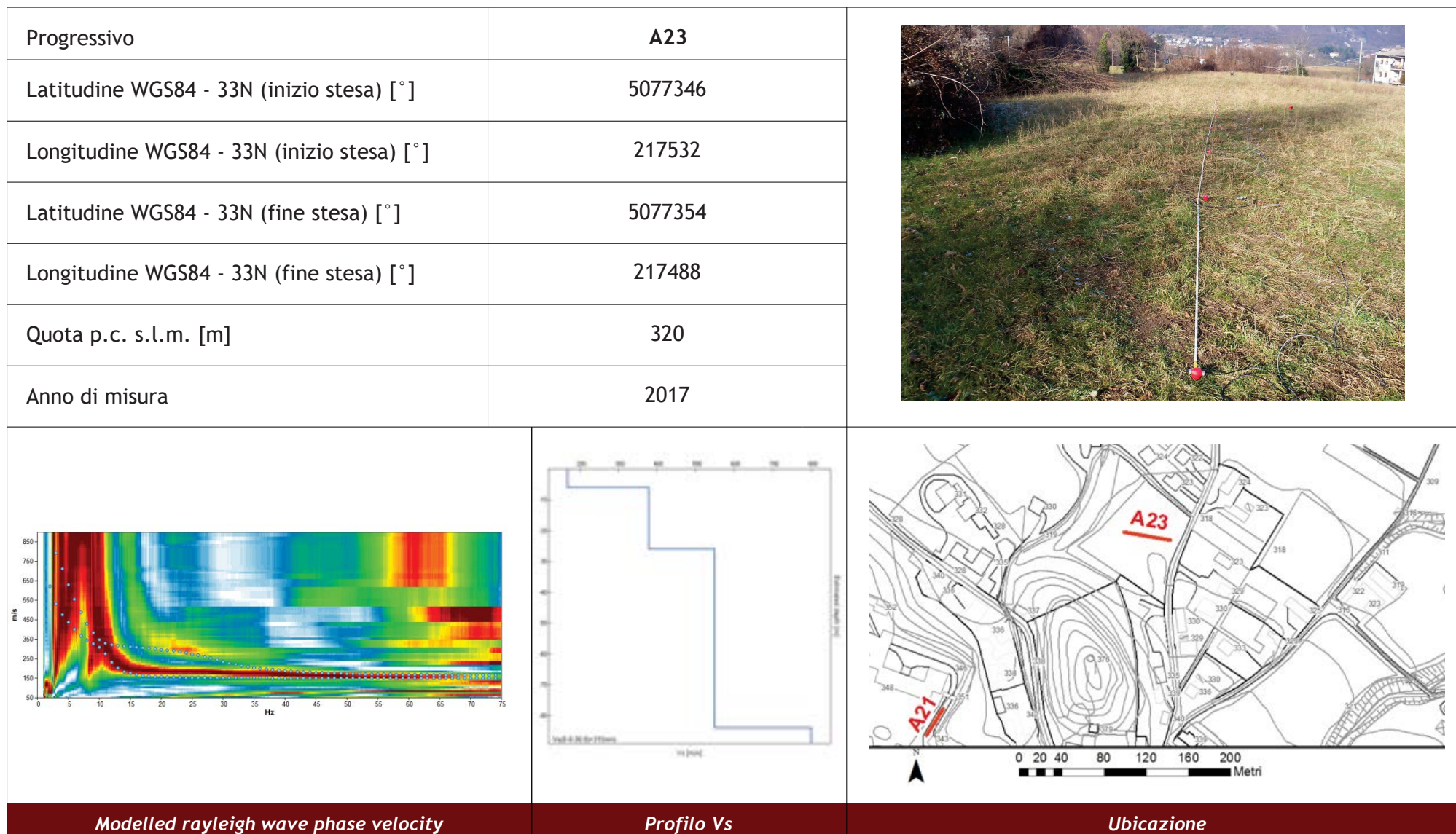
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A21	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5077162	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	217301	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5077187	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	217317	
Quota p.c. s.l.m. [m]	345	
Anno di misura	2017	
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		
Profilo Vs		Ubicazione

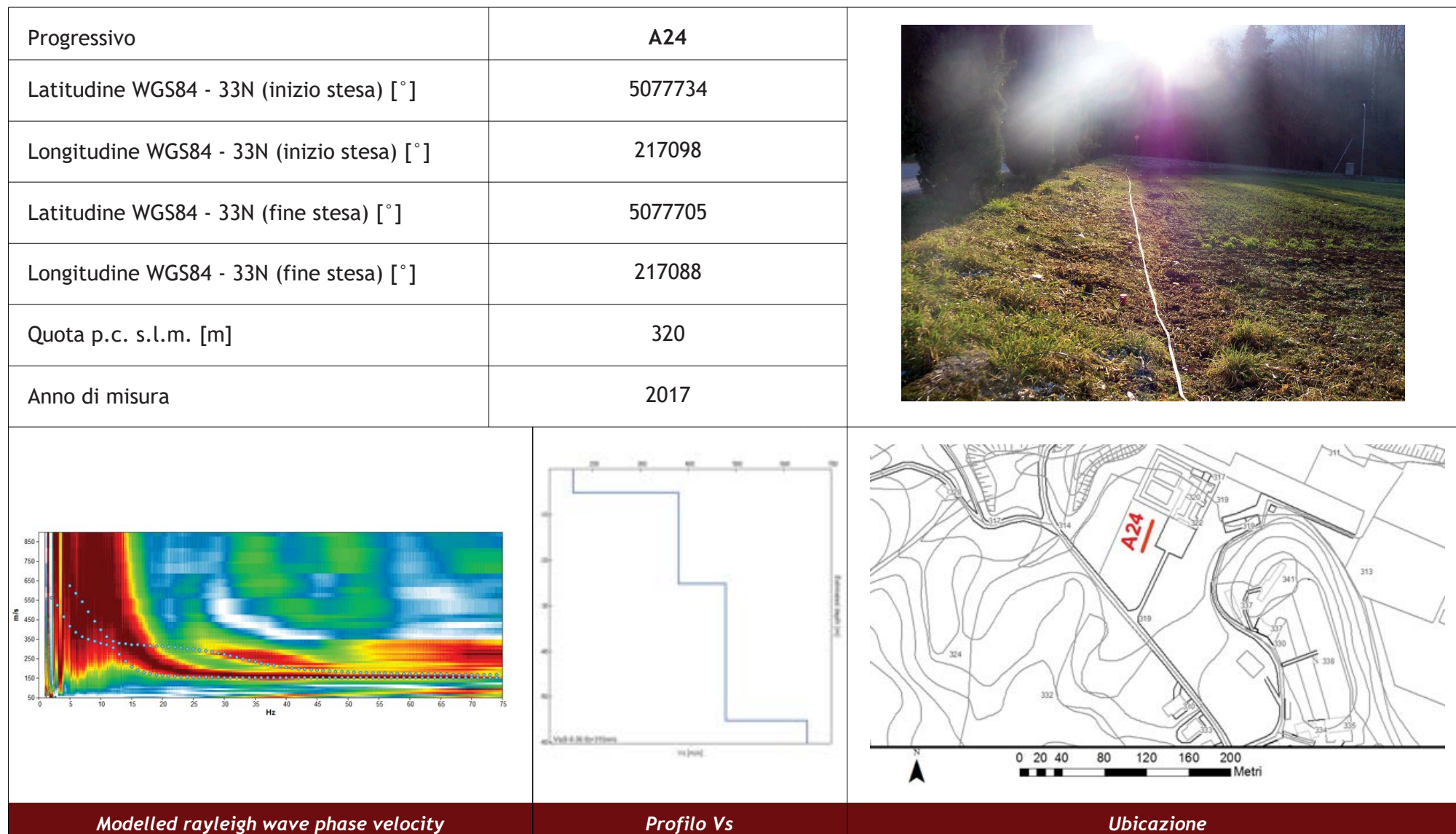
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A22		
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5077055		
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	217565		
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5077069		
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	217538		
Quota p.c. s.l.m. [m]	345		
Anno di misura	2017		
			
Modelled rayleigh wave phase velocity			
Profilo Vs		Ubicazione	

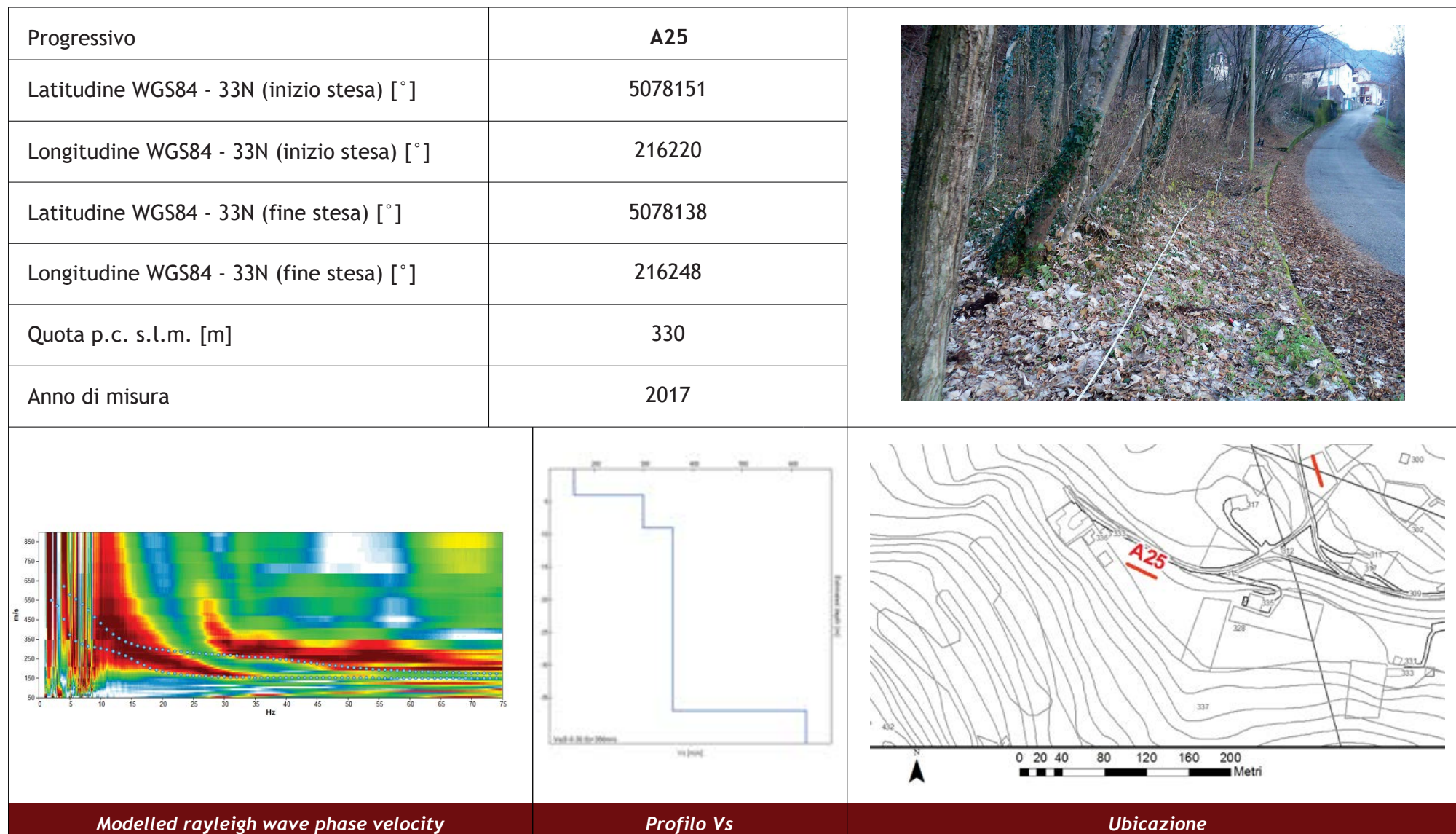
Misura in array di tipo Re.Mi.



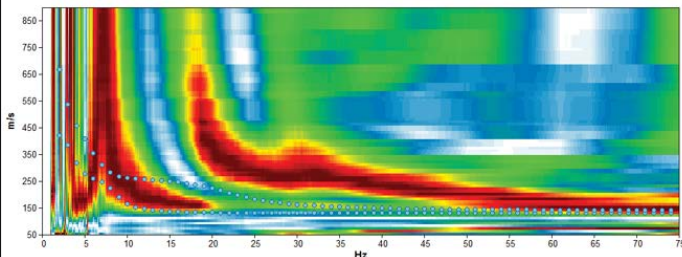
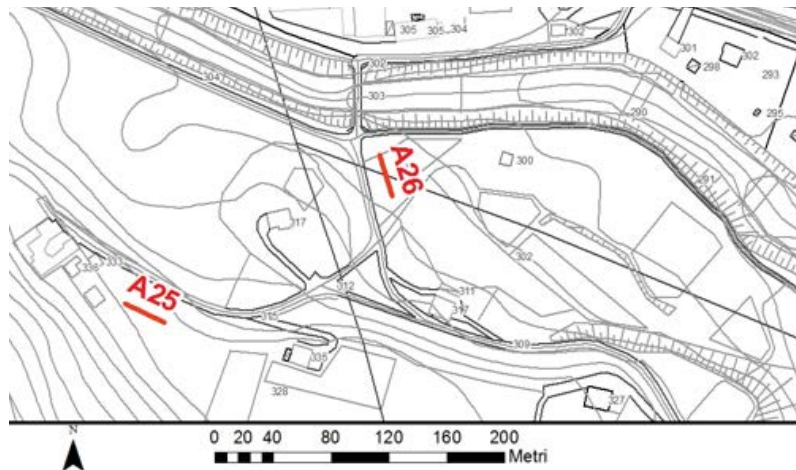
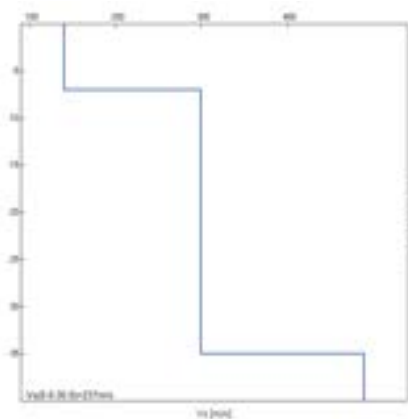
Misura in array di tipo Re.Mi.



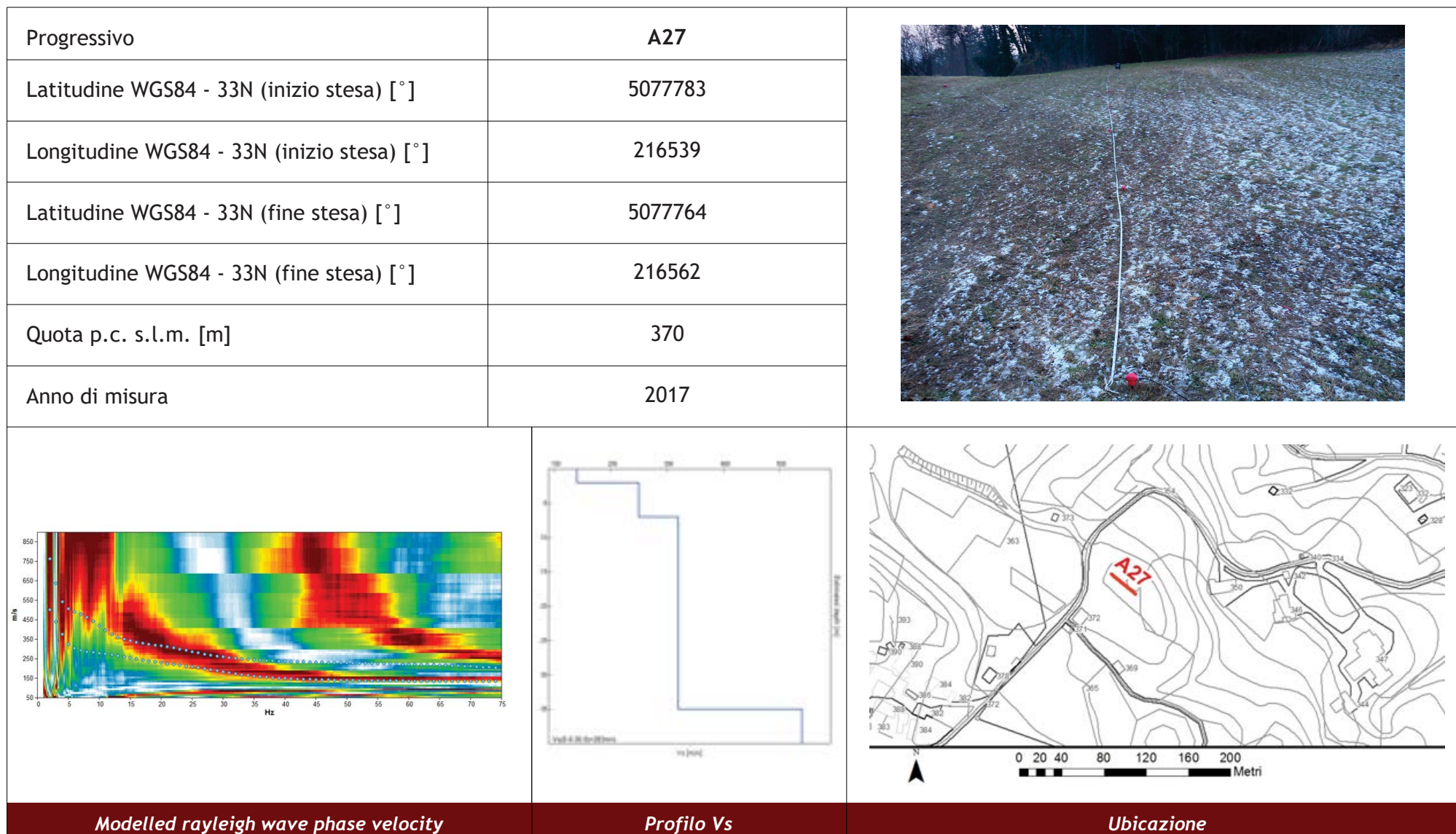
Misura in array di tipo Re.Mi.



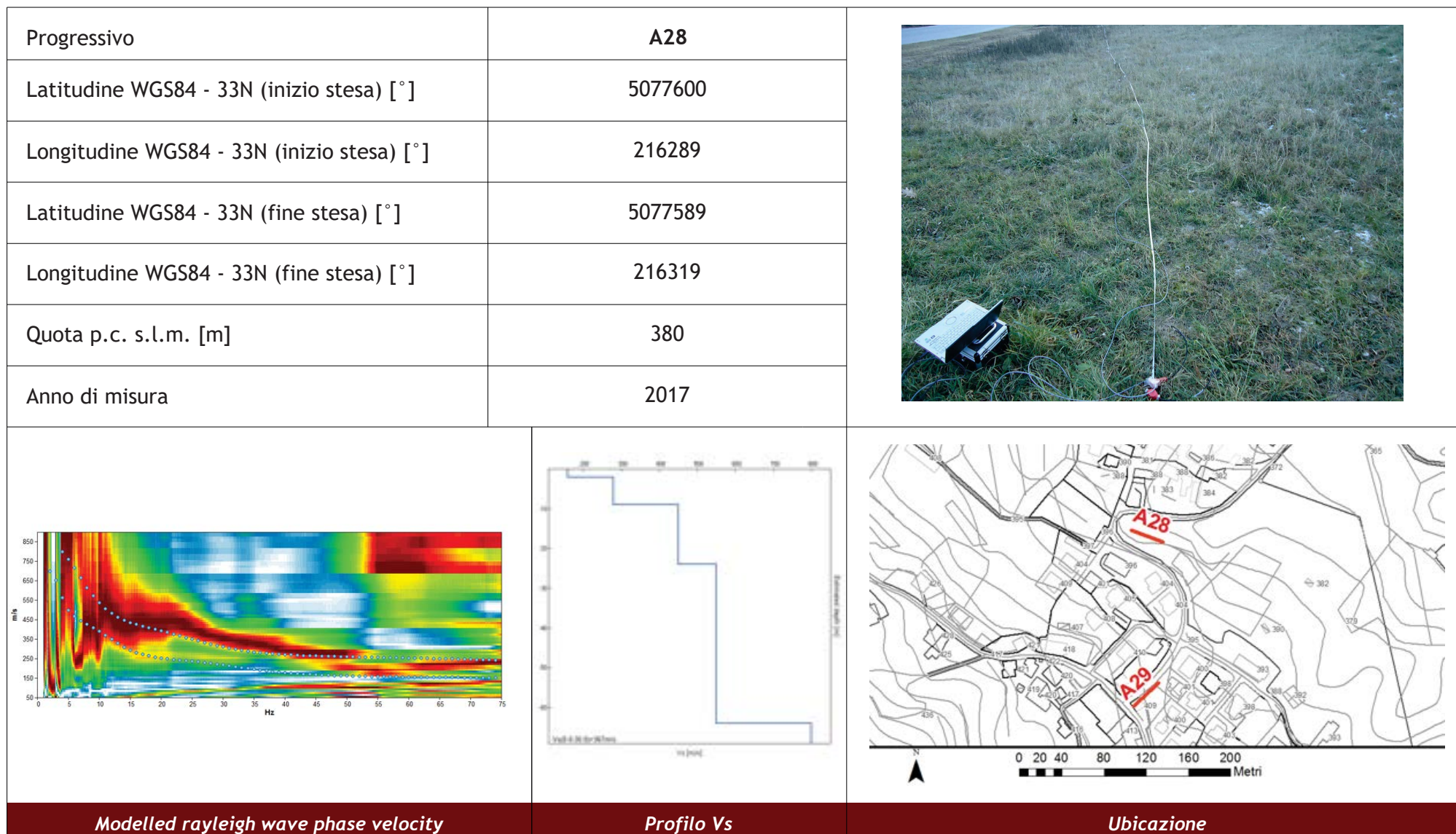
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A26	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5078253	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	216396	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5078224	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	216405	
Quota p.c. s.l.m. [m]	300	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione

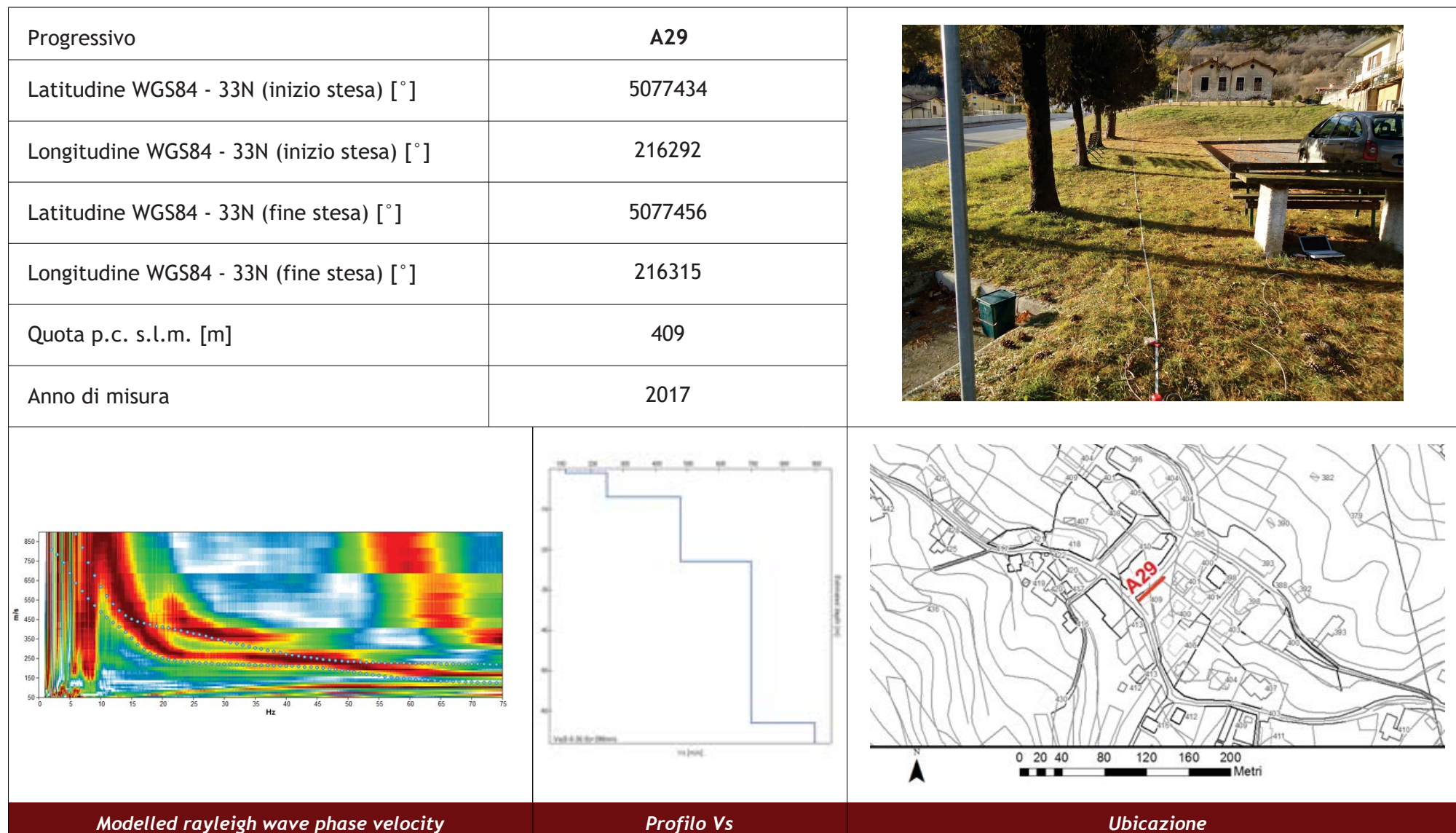
Misura in array di tipo Re.Mi.



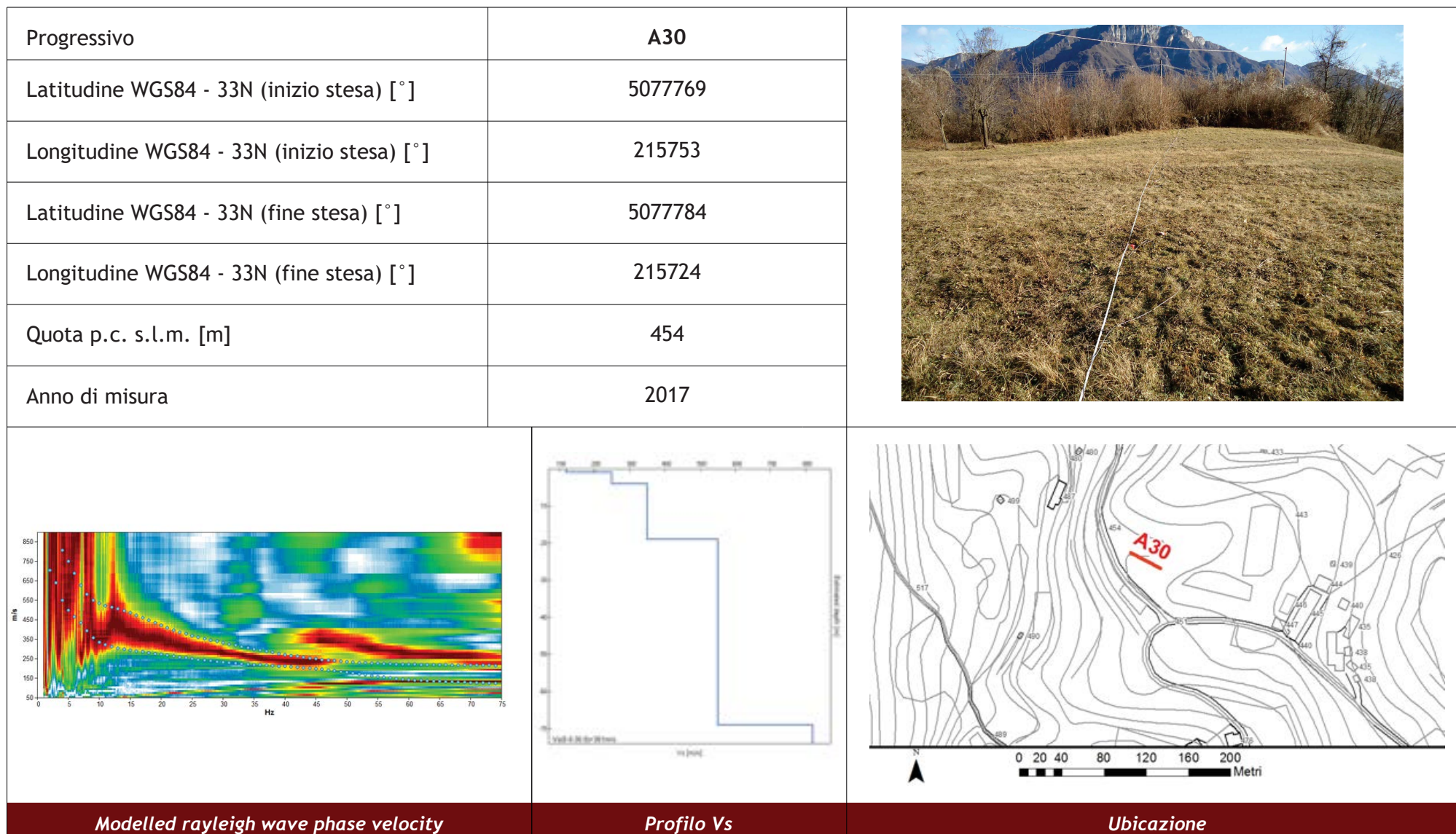
Misura in array di tipo Re.Mi.



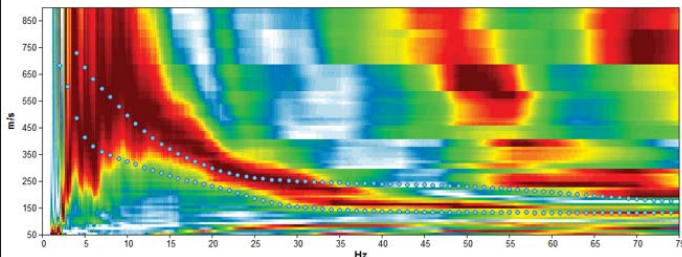
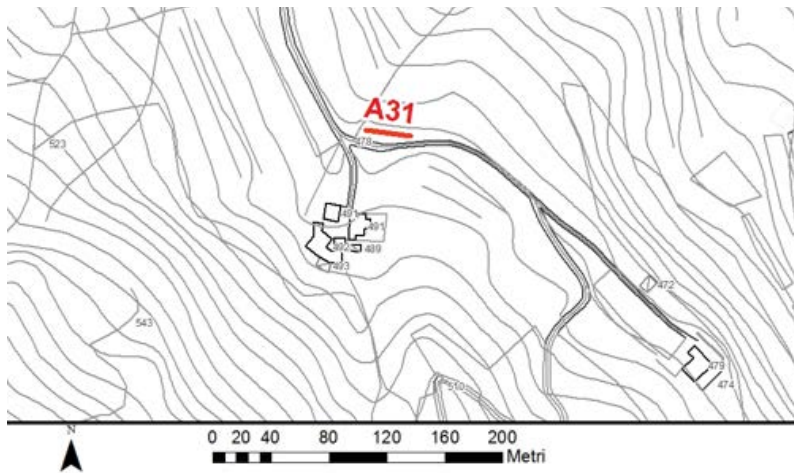
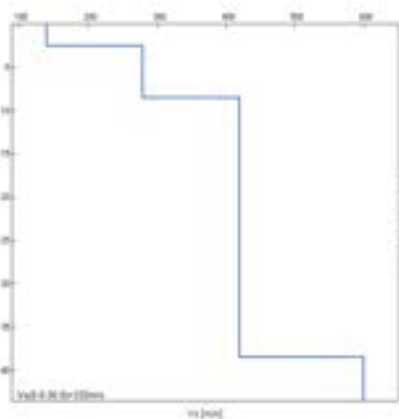
Misura in array di tipo Re.Mi.



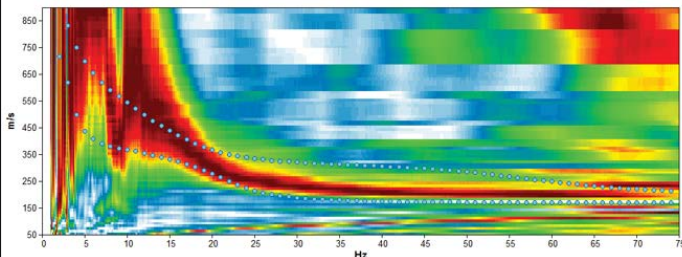
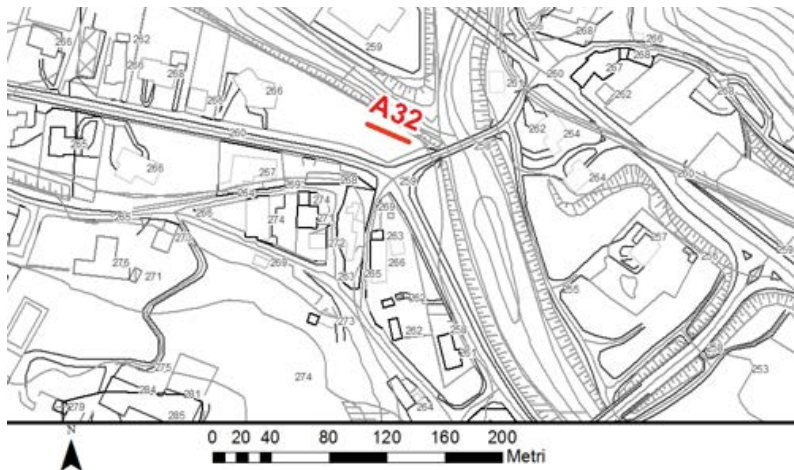
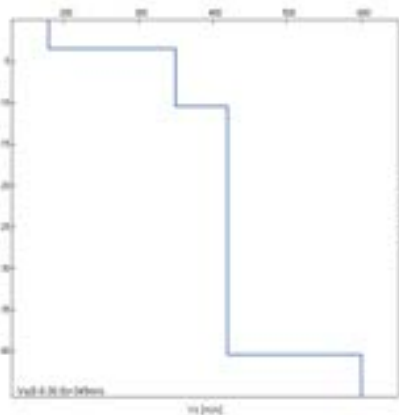
Misura in array di tipo Re.Mi.



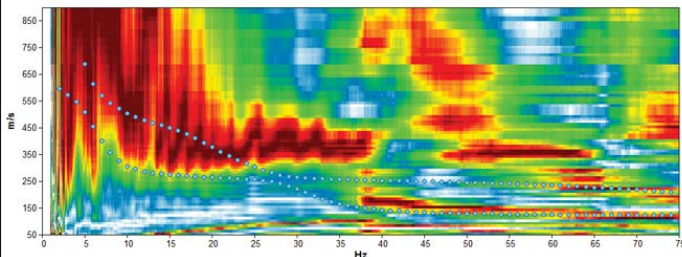
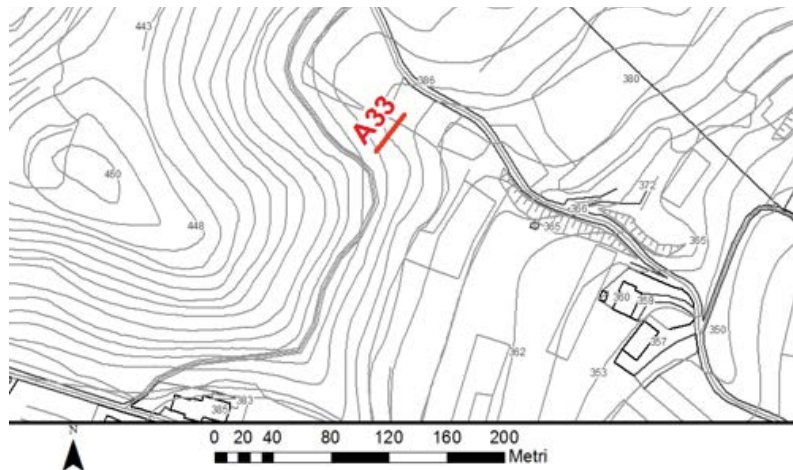
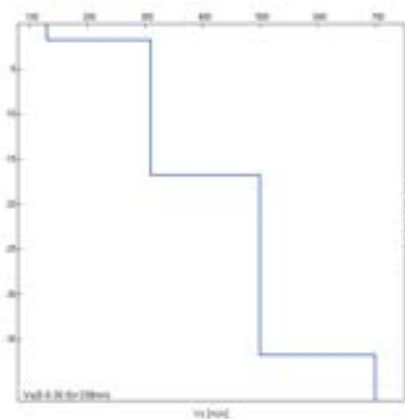
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A31	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5077330	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	215916	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5077326	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	215948	
Quota p.c. s.l.m. [m]	478	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione
Profilo Vs		

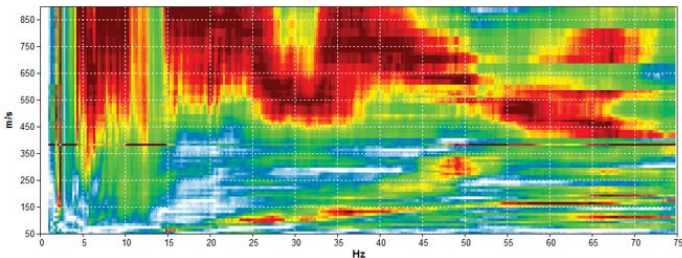
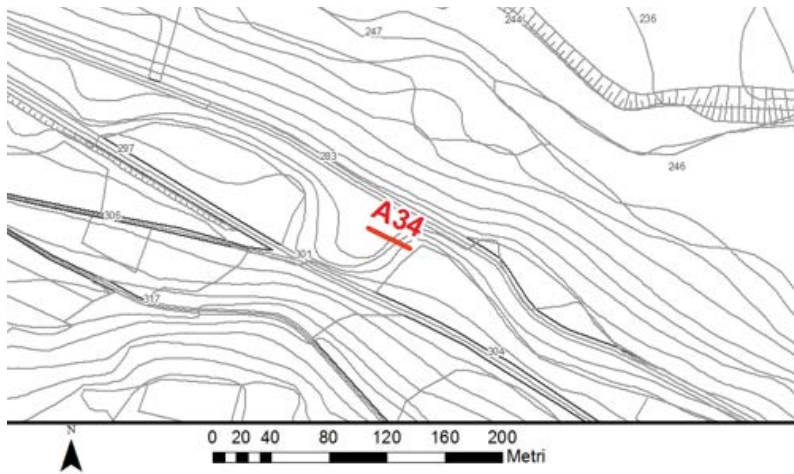
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A32	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5078296	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	218461	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5078308	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	218432	
Quota p.c. s.l.m. [m]	266	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione
Profilo Vs		

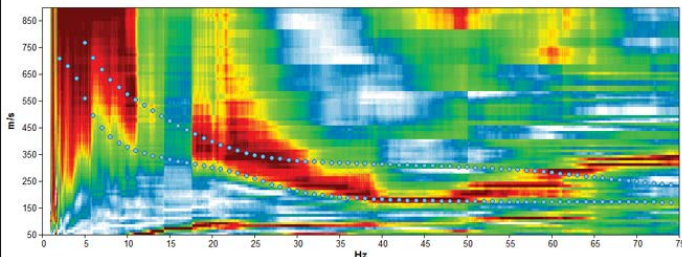
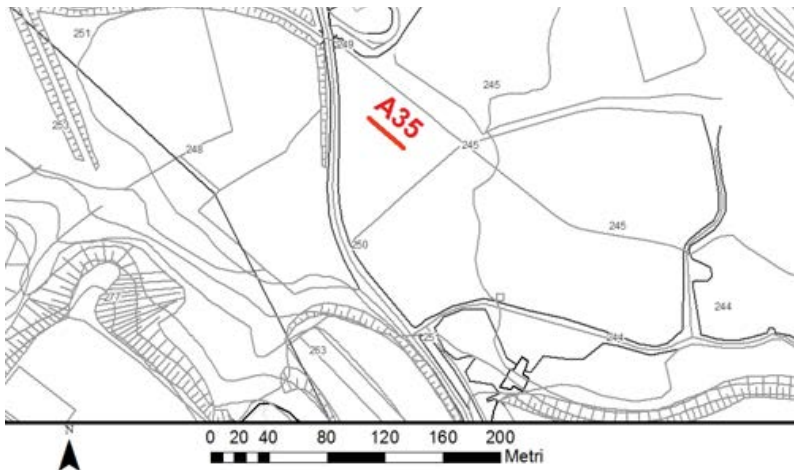
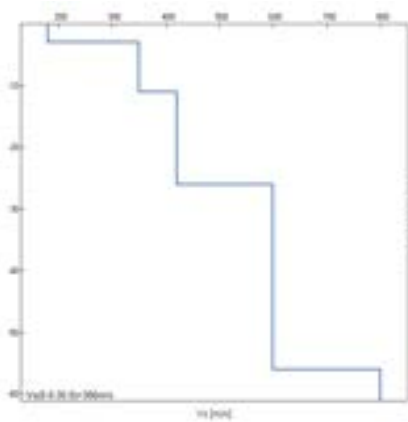
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A33	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5075730	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	219565	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5075755	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	219585	
Quota p.c. s.l.m. [m]	385	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione

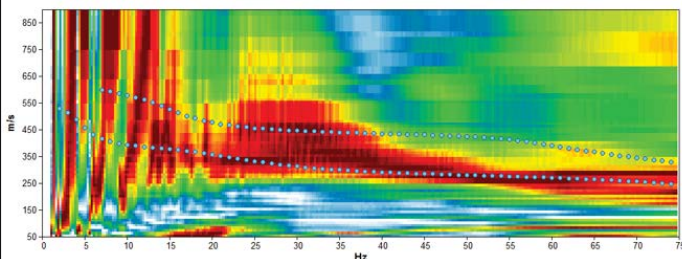
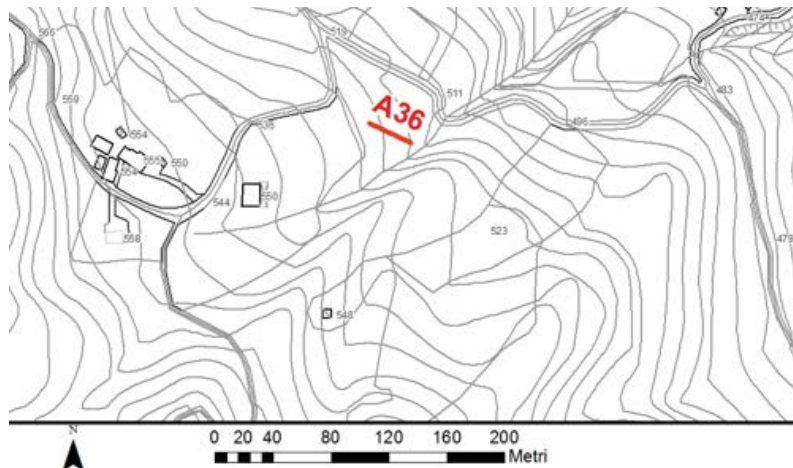
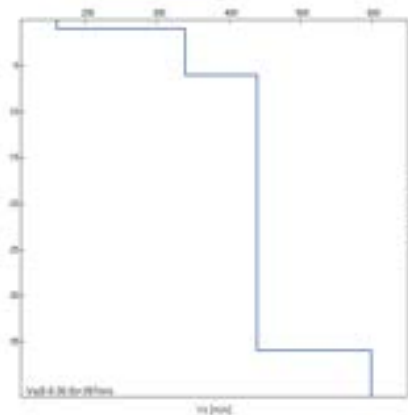
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A34	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5076131	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	219915	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5076145	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	219887	
Quota p.c. s.l.m. [m]	300	
Anno di misura	2017	
		
Modelled rayleigh wave phase velocity	Profilo Vs	Ubicazione

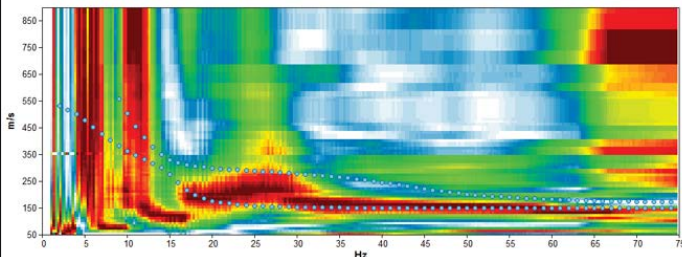
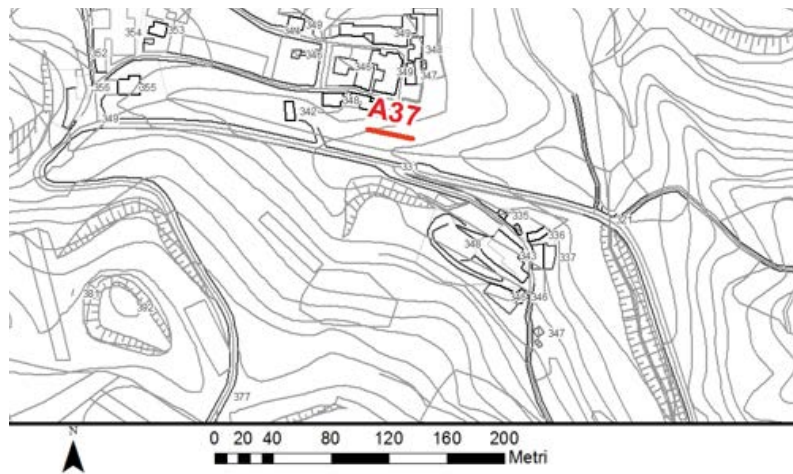
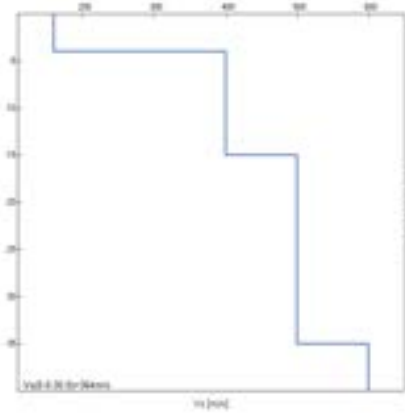
Misura in array di tipo Re.Mi.

Progressivo	A35	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5077135	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	219052	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5077114	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	219077	
Quota p.c. s.l.m. [m]	245	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione

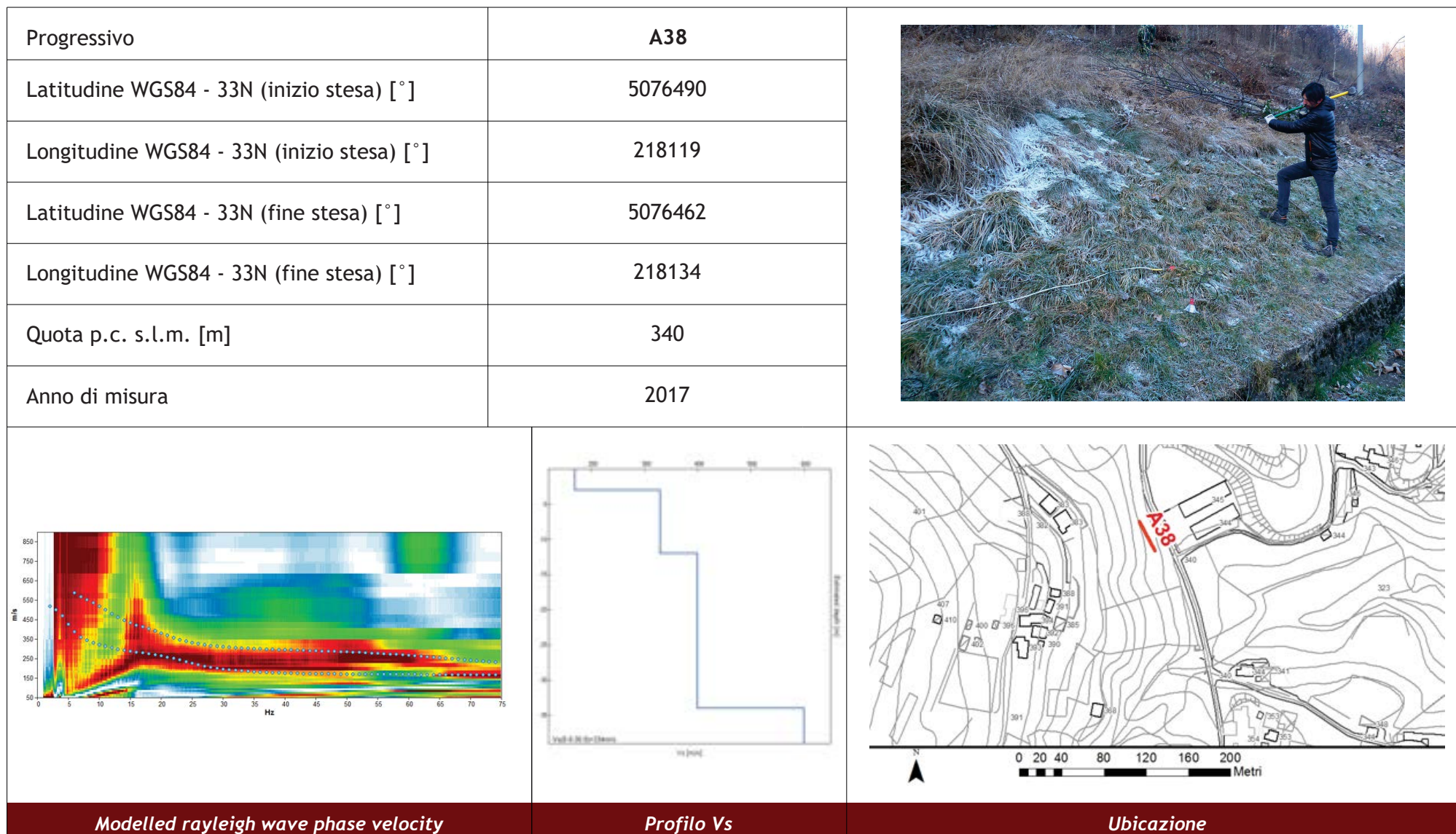
Misura in array di tipo MASW

Progressivo	A36	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5075664	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	217749	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5075650	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	217778	
Quota p.c. s.l.m. [m]	510	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione
Profilo Vs		

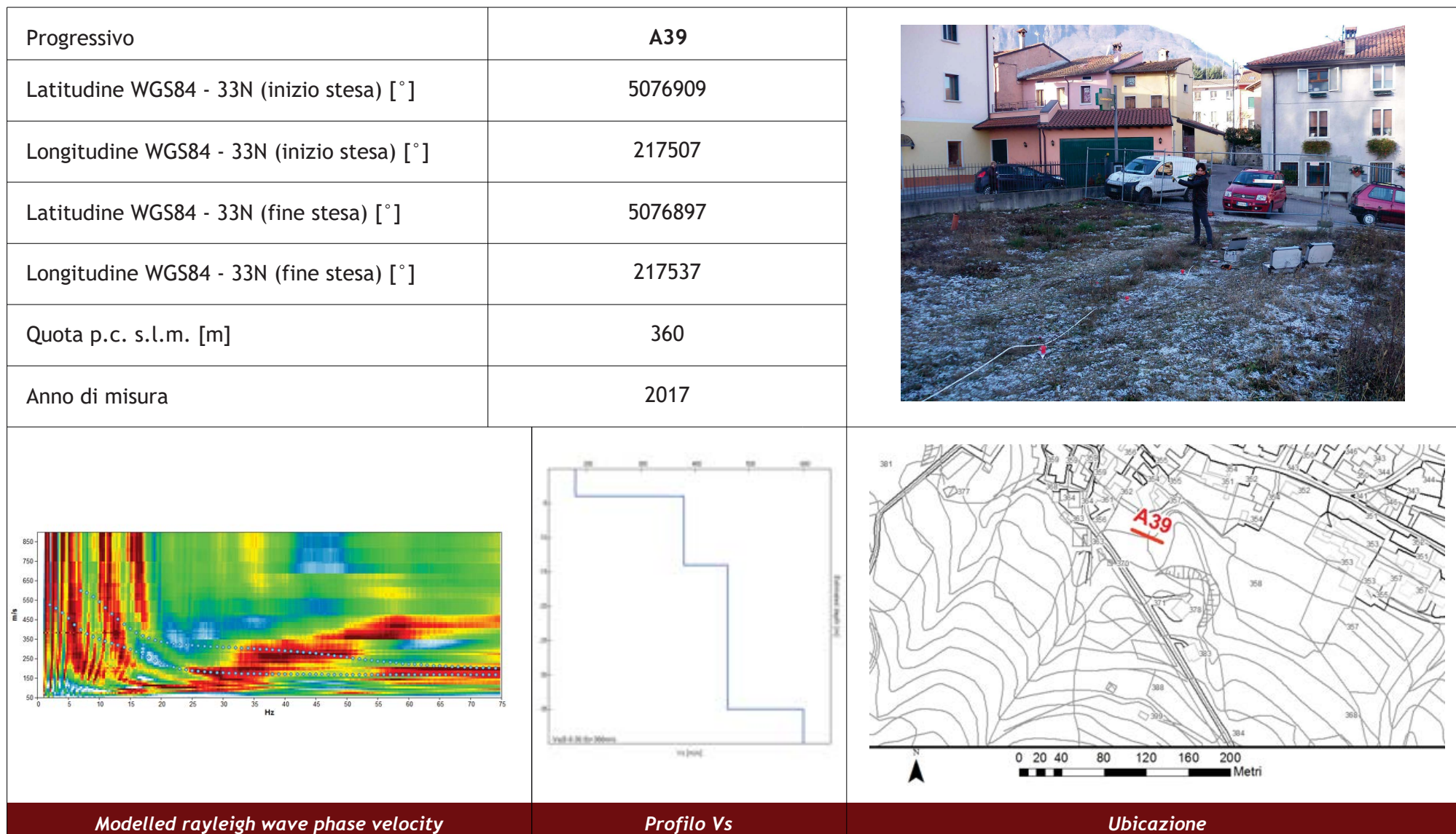
Misura in array di tipo MASW

Progressivo	A37	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5076218	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	218389	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5076211	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	218421	
Quota p.c. s.l.m. [m]	330	
Anno di misura	2017	
		
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		Ubicazione
Profilo Vs		

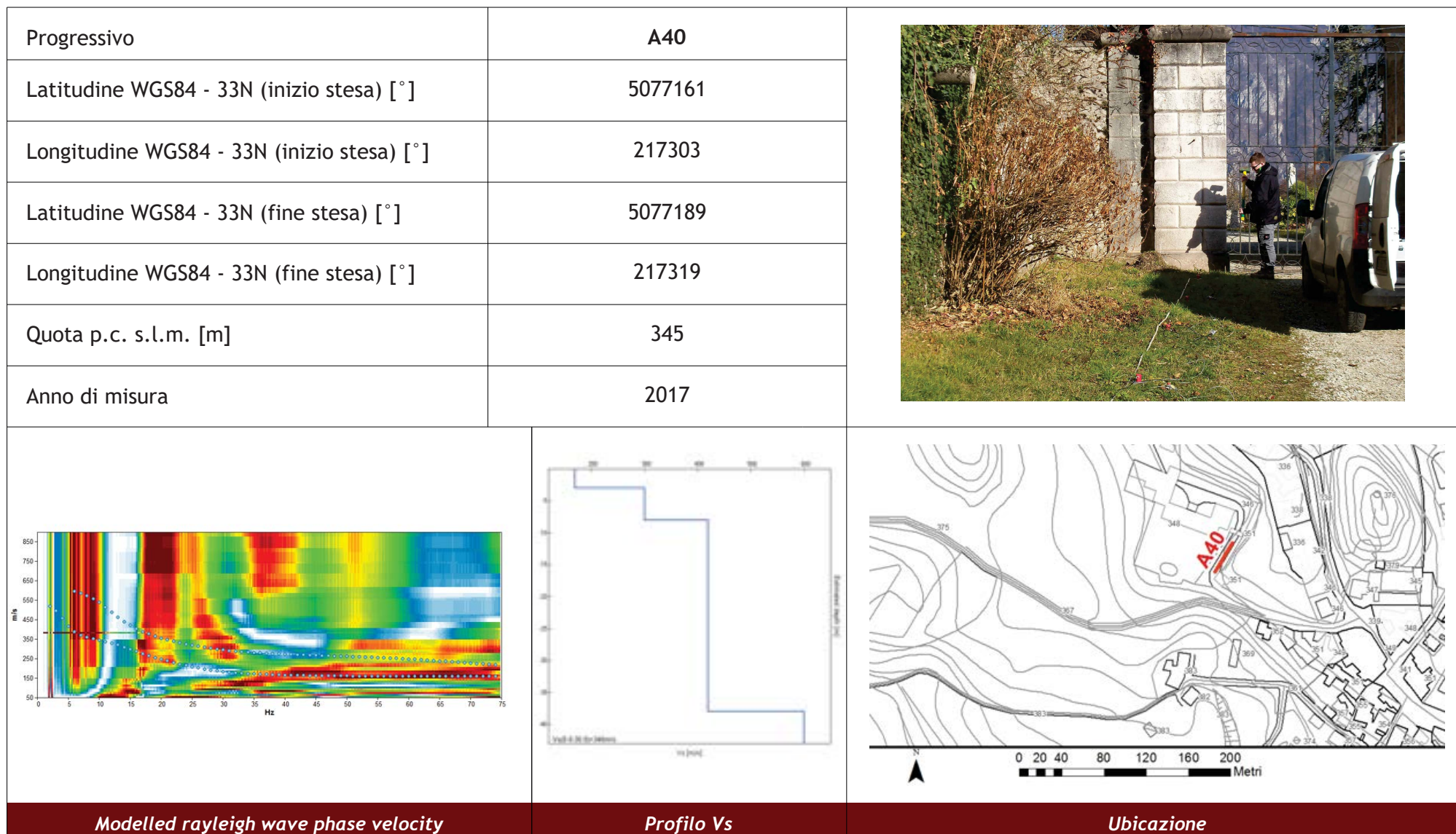
Misura in array di tipo MASW



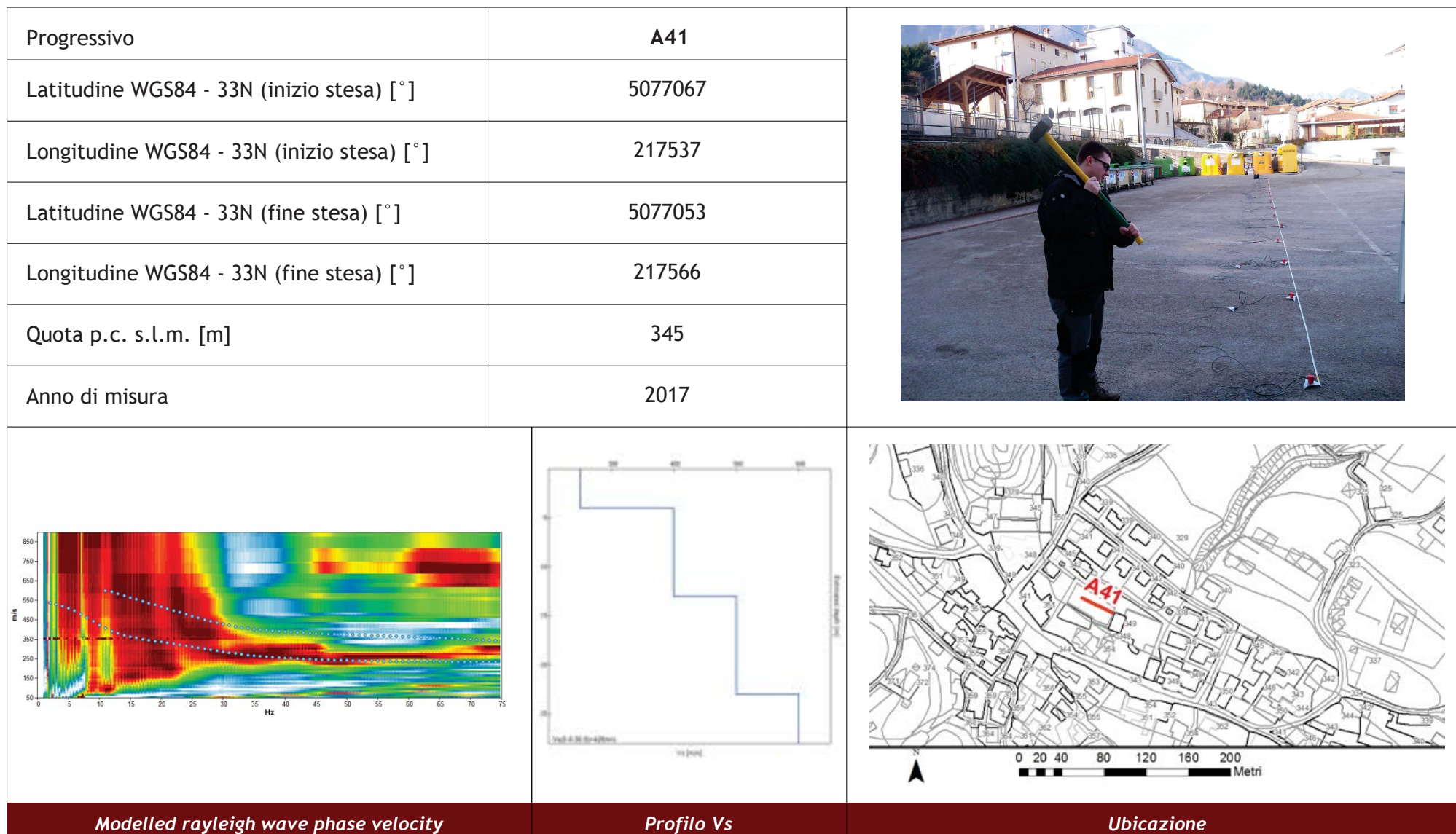
Misura in array di tipo MASW



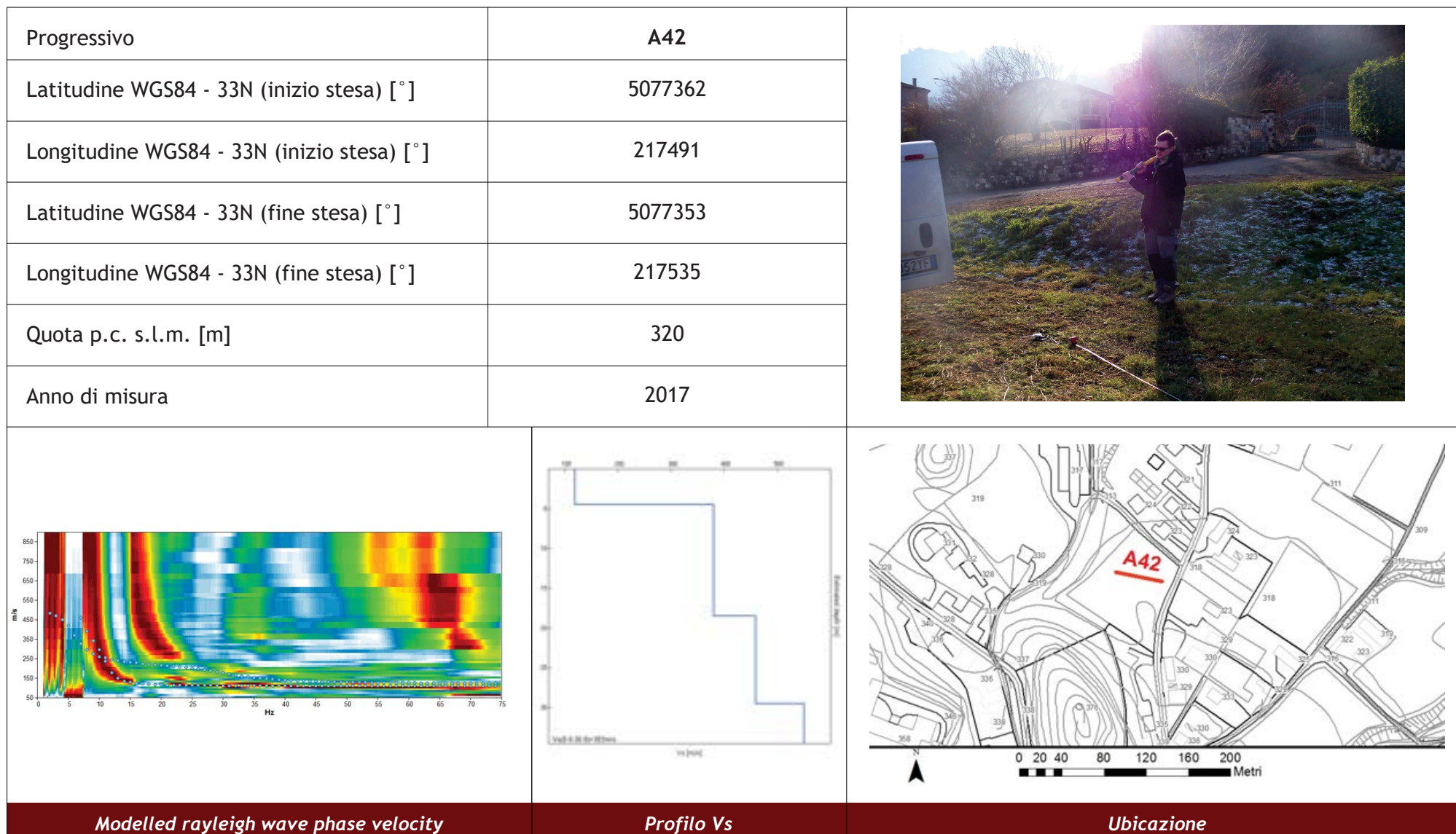
Misura in array di tipo MASW



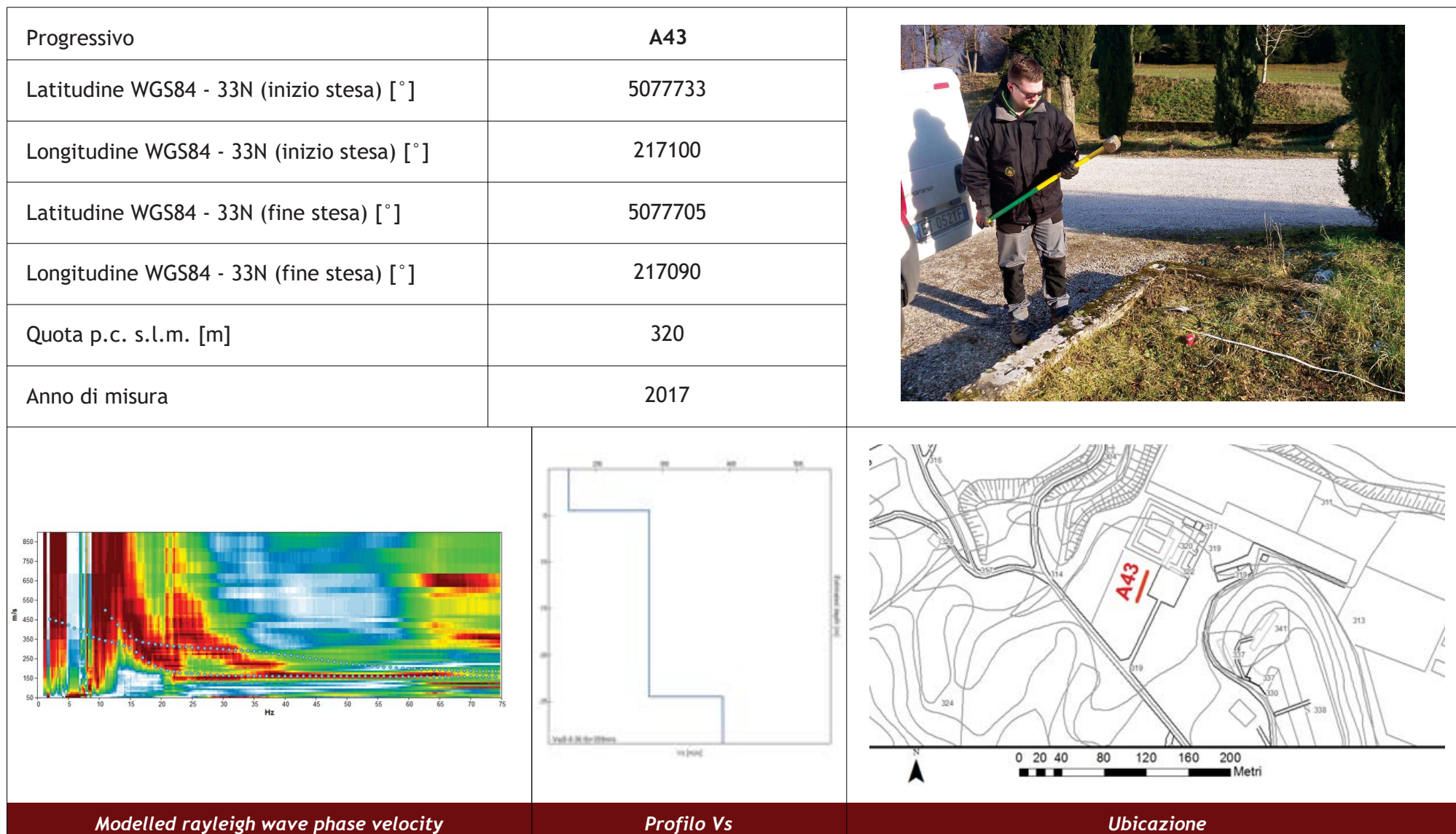
Misura in array di tipo MASW



Misura in array di tipo MASW



Misura in array di tipo MASW

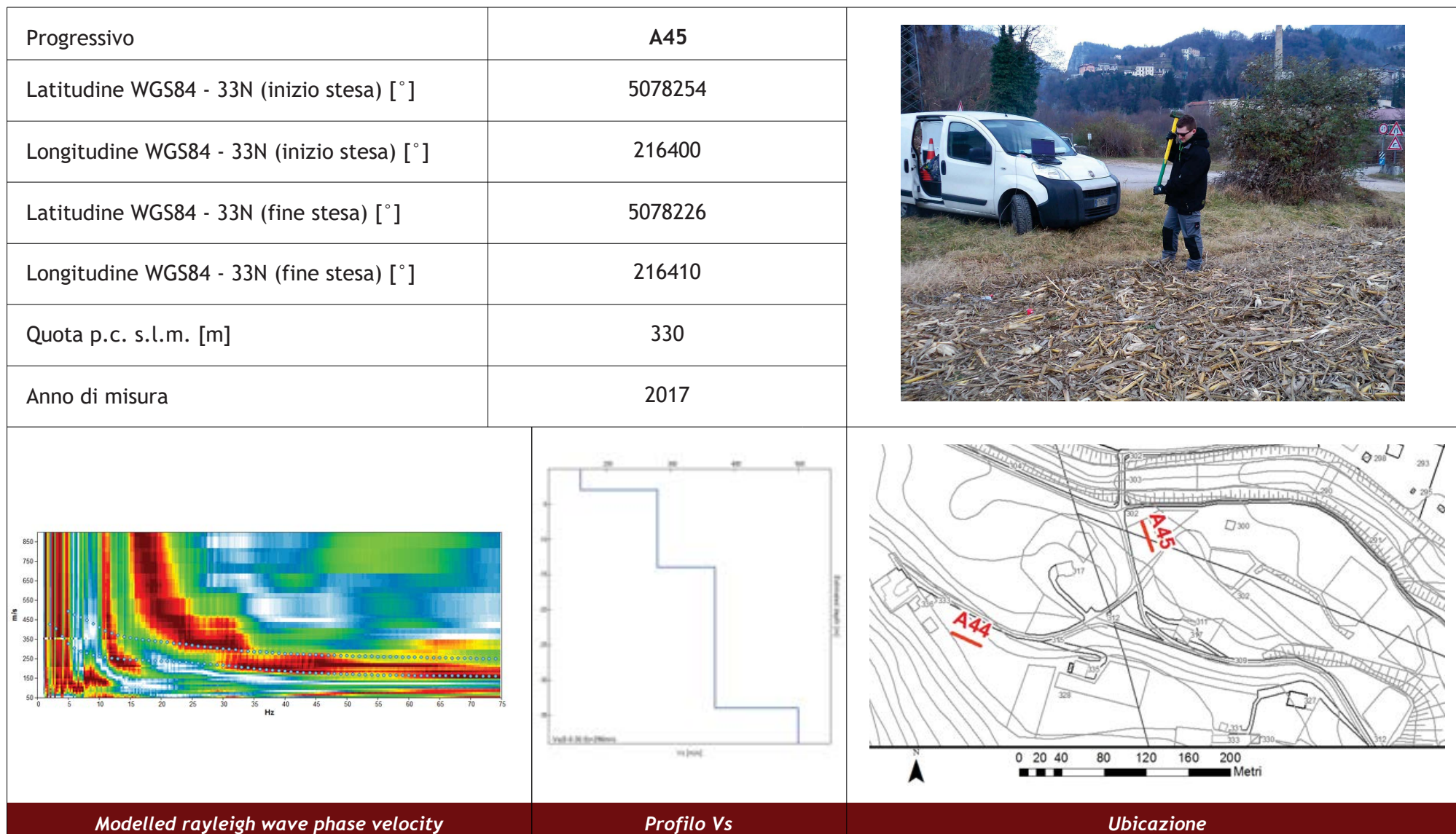


Modelled rayleigh wave phase velocity

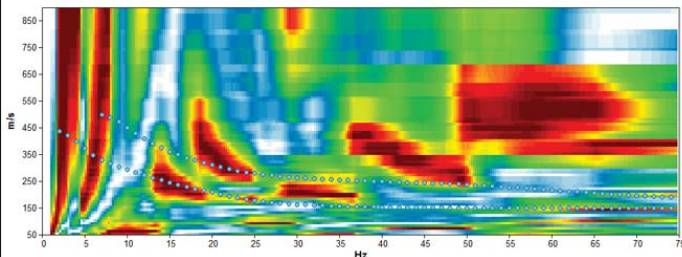
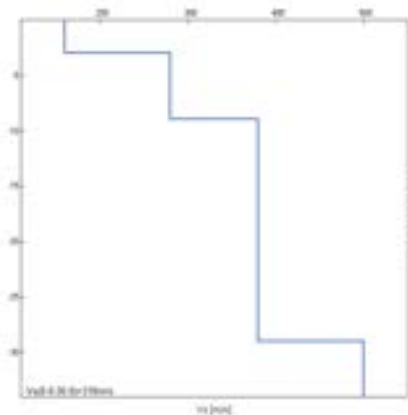
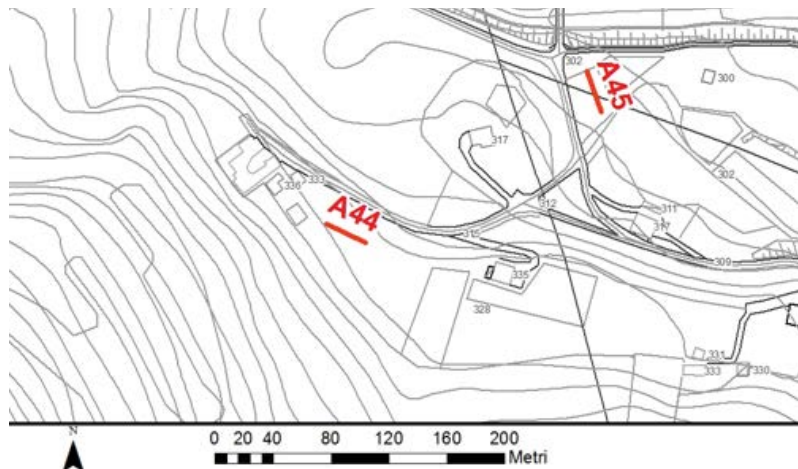
Profilo Vs

Ubicazione

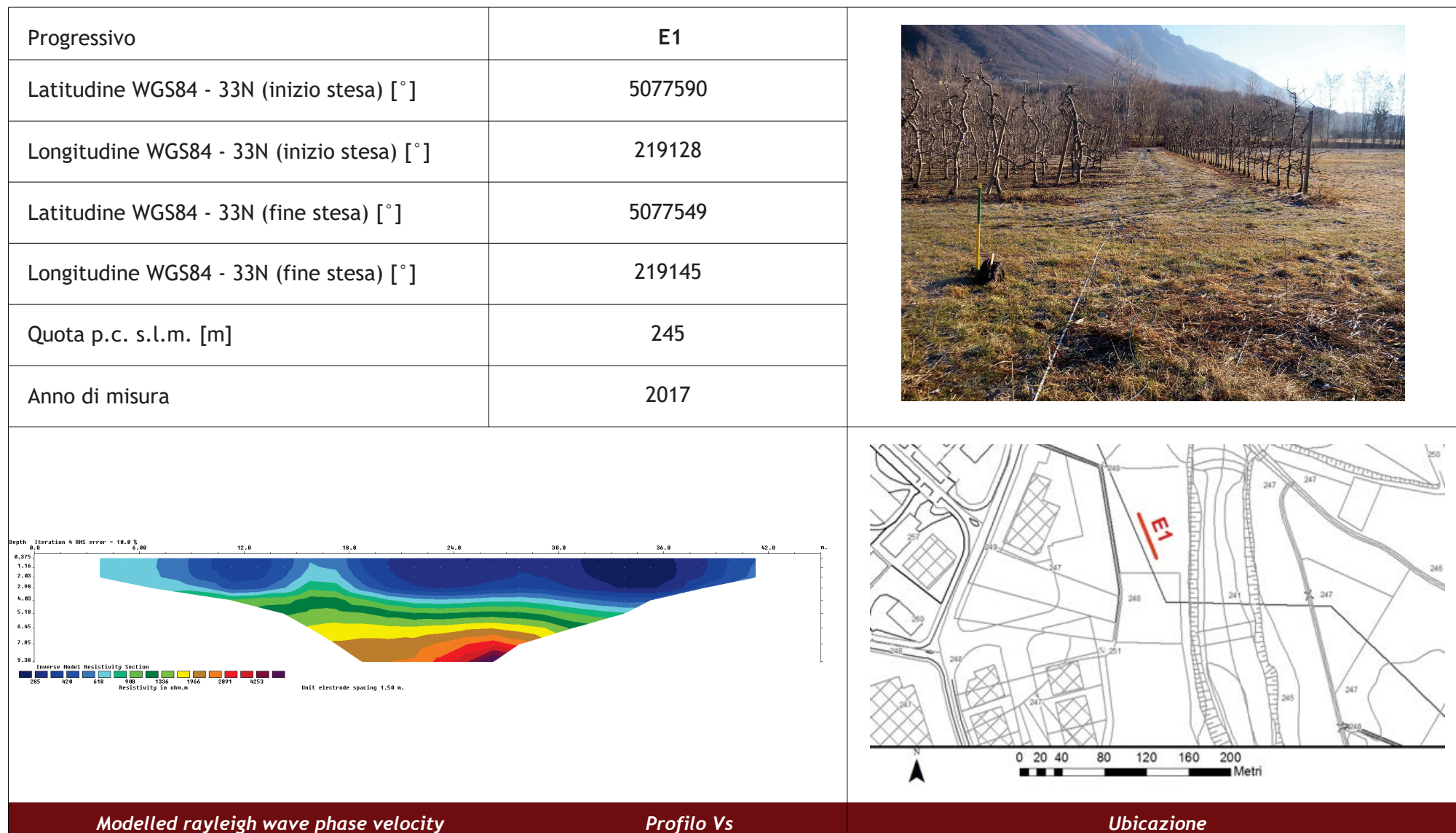
Misura in array di tipo MASW



Misura in array di tipo MASW

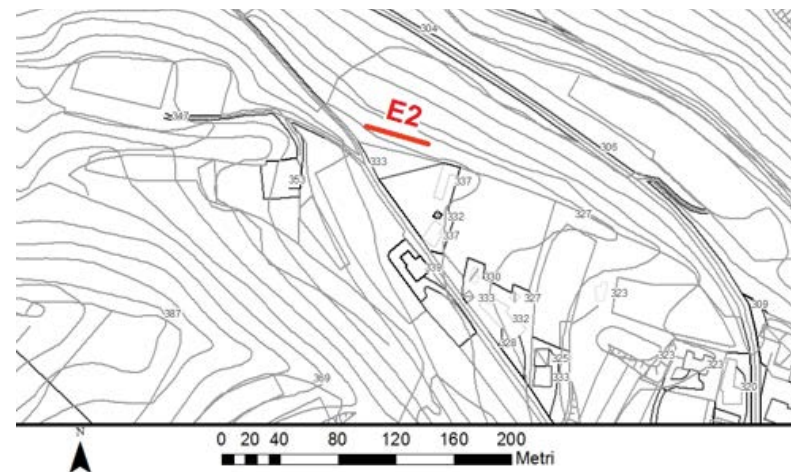
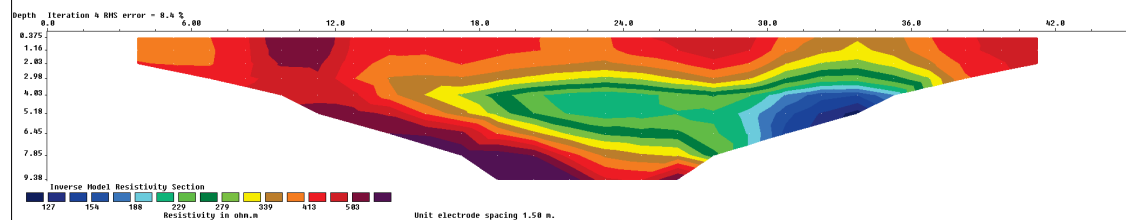
Progressivo	A44			
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5078149			
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	216220			
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5078136			
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	216247			
Quota p.c. s.l.m. [m]	300			
Anno di misura	2017			
				
Modelled rayleigh wave phase velocity				Profilo Vs

Misura in array di tipo Geo - Elettrico



Misura in array di tipo Geo - Elettrico

Progressivo	E2
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5075993
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	219932
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5075981
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	219975
Quota p.c. s.l.m. [m]	333
Anno di misura	2017



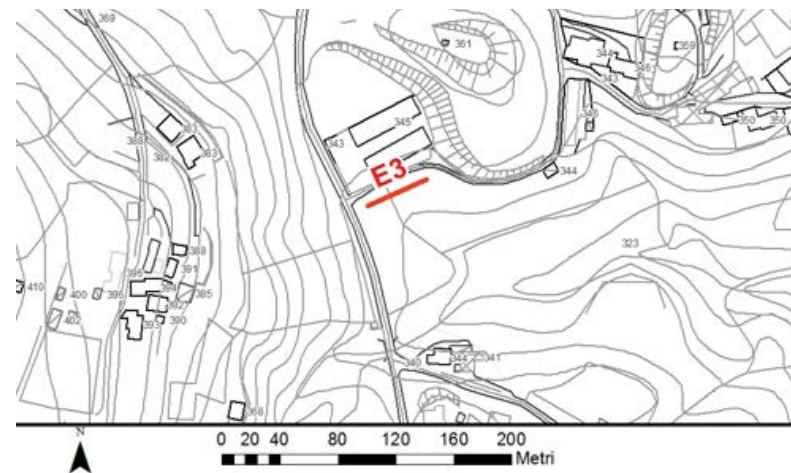
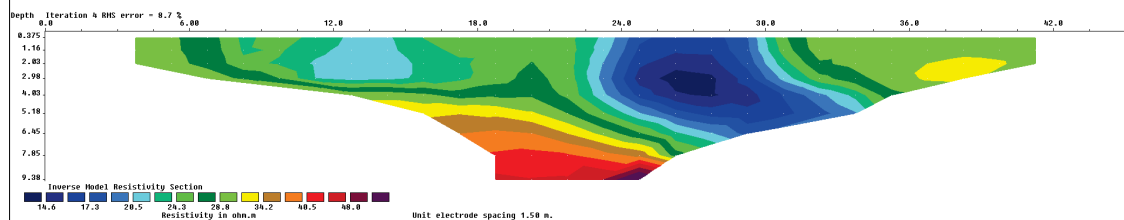
Modelled rayleigh wave phase velocity

Profilo Vs

Ubicazione

Misura in array di tipo Geo - Elettrico

Progressivo	E3
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5076452
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	218170
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5076471
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	218211
Quota p.c. s.l.m. [m]	340
Anno di misura	2017

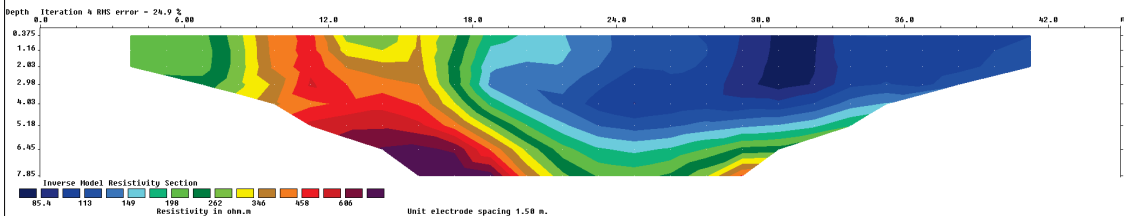
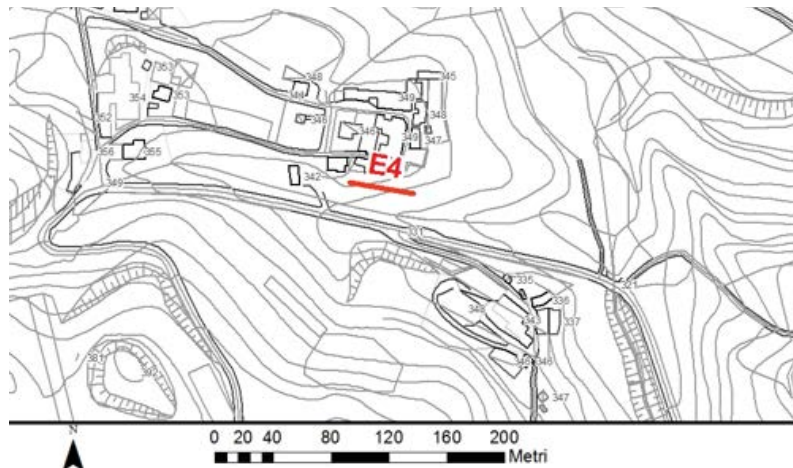


Modelled rayleigh wave phase velocity

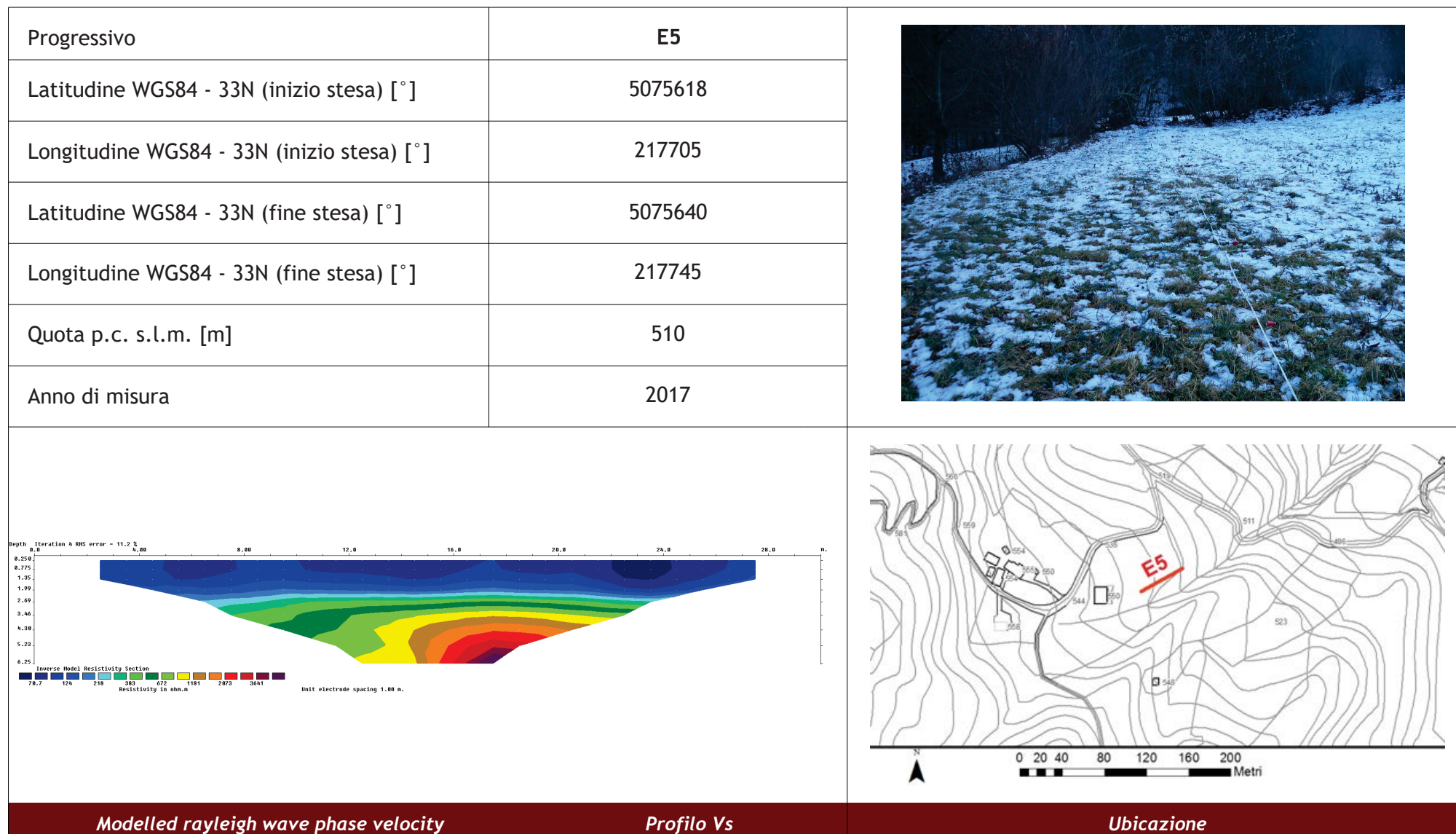
Profilo Vs

Ubicazione

Misura in array di tipo Geo - Elettrico

Progressivo	E4	
Latitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	5076226	
Longitudine WGS84 - 33N (inizio stesa) [°]	218374	
Latitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	5076218	
Longitudine WGS84 - 33N (fine stesa) [°]	218418	
Quota p.c. s.l.m. [m]	330	
Anno di misura	2017	
		
Modelled rayleigh wave phase velocity		
Profilo Vs		
		Ubicazione

Misura in array di tipo Geo - Elettrico





REGIONE DEL VENETO

Provincia di Vicenza



Indagine geofisica con metodi Re.Mi. e H.V.S.R. per la caratterizzazione sismica dei terreni secondo la normativa vigente (N.T.C. - D.M. 17 gennaio 2018)

Via Trento - Loc. Meda
Comune di Velo d'Astico (VI)

Committente:
Dott. Geol. Eric Pavan

Data: febbraio 2021



STUDIOSISMA SRL
SS. PASUBIO 10, COSTABISSARA (VI)
TEL. 0444212962 / 3490567455
info@studiosisma.com
CF/P.IVA 03797510249 / SDI USAL8PV

INDICE

1.	PREMESSE	3
2.	CENNI TEORICI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	5
2.1	Indagine sismica di tipo passivo in array (Re.Mi.)	5
2.2	Indagine sismica di tipo passivo a stazione singola (H.V.S.R.)	7
3.	EVOLUZIONE NORMATIVA E CENNI DI INGEGNERIA SISMICA	8
4.	ANALISI SISMICA DI SITO E DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	9
4.1	Risultati ottenuti dalle indagini sismiche effettuate	9
4.2	Indagine sismica passiva in array (Re.Mi.) con inversione congiunta	10
4.3	Indagine sismica passiva a stazione singola (H.V.S.R.)	11
4.4	Categoria di sottosuolo di fondazione secondo le Norme Tecniche sulle Costruzioni - D.M. 17 gennaio 2018	12

ALLEGATI

-  Indagine sismica Re.Mi. e H.V.S.R.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

Responsabile di Progetto	Autori	Collaboratori
M. Collareda	L. Guerra	

1. PREMESSE

Il giorno 17 febbraio 2021 è stata condotta la presente campagna d'indagine geofisica in via Trento nel Comune di Velo d'Astico (VI), su incarico del **Dott. Geol. Eric Pavan**. Al fine di caratterizzare, dal punto di vista sismico, il sottosuolo dell'area in esame sono state effettuate:

- **n°1 prospezione sismica con tecnica passiva Re.Mi. (Refraction Microtremor)** sviluppata in *array* lineare con n°16 geofoni a 4,5 Hz ad asse verticale per la ricostruzione sismo - stratigrafica del sottosuolo e per l'assegnazione della Categoria del sottosuolo di fondazione (V_s,eq) come espressamente richiesto dalla normativa vigente (*Norme Tecniche sulle Costruzioni - D.M. 17/01/2018*);
- **n°1 registrazione di rumore sismico ambientale a stazione singola con elaborazione H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)** per individuare le frequenze di risonanza del terreno al fine di eseguire una corretta progettazione sismica delle strutture.

Nella figura a seguire viene evidenziata l'area in oggetto di studio (*Fig. n°1 - Estratto da ortofoto*).



Fig. n°1 - Estratto da ortofoto.

Le coordinate dell'area sono specificate nella tabella sottostante. Nella figura seguente (*Fig. n°2 - Ubicazione prove in sito*) sono invece riportate, in dettaglio, le posizioni di ogni misura effettuata.

Latitudine	Longitudine
45.77925° N (WGS 84)	11.40126° E (WGS 84)



Legenda:

-  Indagine sismica passiva in *array* (Re.Mi.)
-  Indagine sismica passiva a stazione singola (H.V.S.R.)

Fig. n° 2 - Ubicazione prove in sito

2. CENNI TEORICI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

2.1 Indagine sismica di tipo passivo in array (Re.Mi.)

È noto che la propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più un'unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda. Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità. Questo comportamento viene definito *dispersione in frequenza* ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie. Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario, le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie. I metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie si basano su modelli fisico - matematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati con caratteristiche elastiche lineari.

La procedura Re.Mi. è un metodo di prospezione sismica sviluppato presso l'Università di Reno in Nevada (Louie, 2001) e viene classificato come metodo passivo in quanto utilizza il rumore ambientale. I vantaggi promossi da questo metodo sono molteplici: è molto veloce e semplice da usare in fase di acquisizione, raggiunge una buona profondità e risoluzione d'indagine ma soprattutto permette di ottenere migliori risultati in ambienti particolarmente urbanizzati.

La fase di acquisizione deve essere effettuata con una serie di accorgimenti e precauzioni da prendere in sito e nella pianificazione della registrazione. Tutto è finalizzato alla registrazione di dati contenenti la miglior informazione possibile riguardo alla propagazione delle onde di Rayleigh con buon rapporto segnale - rumore.

Il rumore incoerente, cioè di tipo casuale, nel caso Re.Mi. rappresenta la fonte del segnale utile che si vuole registrare. I microtremori generati dall'ambiente si propagano nel suolo e di questi si cerca di distinguere il modo fondamentale di vibrazione dell'onda di Rayleigh da quelli superiori e dall'aliasing spaziale. C'è, in questo caso, la necessità di soddisfare la condizione di "omnidirezionalità" delle sorgenti, cioè si suppone che il rumore ambientale provenga sostanzialmente da tutte le direzioni.

I tempi di registrazione dei microtremori sono decisamente più elevati rispetto alle indagini di tipo attivo. La registrazione sarà analizzata in finestre temporali che variano dai 10 ai 30 secondi.

Sono da considerare la lunghezza dello stendimento L e la distanza intergeofonica Δx . Quest'ultima agisce sul segnale come una specie di filtro in frequenza. Supponendo, infatti, che il segnale arrivi da tutte le direzioni, maggiore è la spaziatura, minore sarà la frequenza del segnale utile campionabile e viceversa. Se la frequenza è più bassa aumenta la profondità d'indagine.

La fase più delicata è quella del *data processing*, che consiste nel trattamento dei dati acquisiti con l'obiettivo di stimare la velocità di fase delle onde di Rayleigh (V_r) che sono correlabili con le velocità V_s di propagazione delle onde S ($V_s \approx 1,1 V_r$).

Le varie tecniche di processing trasformano l'informazione registrata nel dominio $x - t$ (spazio tempo), in un dominio dove l'energia associata all'evento è funzione della frequenza e di altre variabili. Tutto questo allo scopo, attraverso lo spettro, di localizzare la densità di energia maggiore, alla quale sono di solito associate le onde di Rayleigh. Con procedura manuale vengono selezionati dei punti sullo spettro, che andranno a formare la curva di dispersione sperimentale. La scelta di questi valori, denominata *picking*, è condizionata da alcune indicazioni ma è imprescindibile dall'abilità e dall'esperienza dell'interprete anche in base ad altre conoscenze in merito al sito in esame.



Il *sampling rate* utilizzato è stato di 512 Hz in modo da ottenere un elevato dettaglio del segnale. La durata (lunghezza temporale) del segnale registrato è stato di circa 6 minuti. Il software utilizzato per l'analisi spettrale è [Grilla v.9.5.2 release 2020](#).

Data la necessità di analizzare con elevato dettaglio le basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 10 Hz), sono stati utilizzati n°16 geofoni verticali a 4,5 Hz uniti in un *array* lineare totalmente digitale (*SoilSpy Rosina*). Ogni geofono è munito di un digitalizzatore che converte il segnale e lo trasmette al sismografo tramite un'interfaccia USB. Tale sistema permette di avere elevati rapporti di rumore, un perfetto sincronismo e una estrema leggerezza. La spaziatura utilizzata tra i geofoni è stata di 2 m quindi la lunghezza complessiva del profilo è risultata essere di 30 m. Non sono presenti sostanziali variazioni di quota e quindi il sito può essere considerato orizzontale.



Per una corretta ricostruzione sismica del sottosuolo e una buona stima delle onde Vs è necessario adottare una modellizzazione numerica che può essere rappresentata dalla seguente equazione:

$$\hat{v}_s = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i}} \quad [2.1]$$

Vs = valore di velocità delle onde di taglio [m/s];
H = profondità alla quale si desidera stimare Vs [m] (30 m in caso di Vs30);
hi = spessore dello strato i - esimo [m];
vi = velocità delle onde Vs all'interno dello strato i - esimo [m/s].

In via puramente indicativa, al fine di correlare le velocità delle onde di taglio ad un tipo di suolo, si riportano i valori tabulati da Borchardt (1992; 1994) assieme a quelli ottenuti sperimentalmente in diversi ambienti sedimentari da altri autori (Budny, 1984; Ibs von Seht e Wohlenberg, 1999; Delgado et al., 2000 a, b; Parolai et al., 2002; Scherbaum et al., 2003; D'Amico et al., 2004, 2006; Hinzen et al., 2004).

TIPO DI SUOLO	Vs min [m/s]	Vs media [m/s]	Vs max [m/s]
ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto - poco fratturate)	1400	1620	-
ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturate)	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce sedimentarie ignee tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia)	375	540	700
ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI - GHIAIOSI (es. ghiaie e suoli con < 20% di ghiaia, sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose)	200	290	375
TERRENI TENERI (es. terreni di riempimento sotto falda, argille da tenere a molto tenere)	100	150	200

2.2 Indagine sismica di tipo passivo a stazione singola (H.V.S.R.)

La tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali o H.V.S.R., Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non richiede nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nel costruire edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito (*free field*) e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la velocità media delle onde di taglio V_s calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. Sarà quindi possibile calcolare la $V_{s,eq}$ e la relativa categoria di sottosuolo come esplicitamente richiesto dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni del 17 gennaio 2018*;
- la stratigrafia del sottosuolo con un *range* di indagine compreso tra 0,5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostante per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

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 x da uno strumento dipende:

- dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente s ;
- dal percorso dell'onda dalla sorgente s al sito x (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda);
- dalla risposta dello strumento.

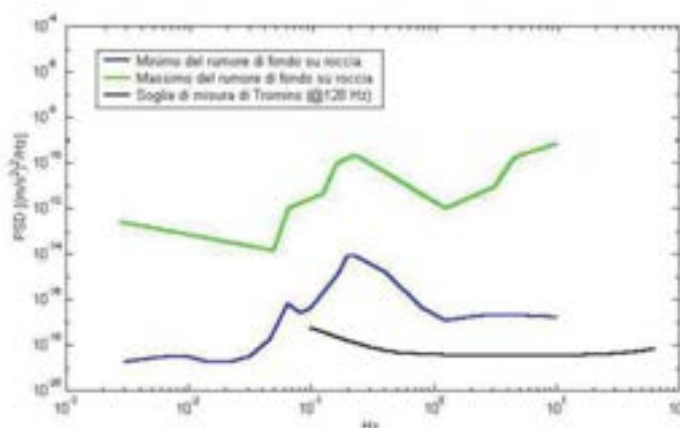
Possiamo scrivere questo come:

$$\text{segnale registrazione al sito } x = \text{sorgente} * \text{effetti di percorso} * \text{funzione trasferimento strumento}$$

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 molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi poiché il rumore non è generato *ad hoc*, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione riguardante la sorgente è persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni concernenti il percorso del segnale e, in particolare, relative alla struttura locale vicino al sensore. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali del sottosuolo; informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.



Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale della ditta Moho S.r.l. 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 una terna velocimetrica con i sensori ortogonali tra loro e con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 256 Hz. Nella figura a fianco si riporta la curva di rumore di "Tromino" a confronto con i modelli standard di rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.



3. EVOLUZIONE NORMATIVA E CENNI DI INGEGNERIA SISMICA

La storia della classificazione sismica Italiana comincia dopo il terribile terremoto di Reggio Calabria e Messina del 1908 (XI grado MCS) che provocò la morte di circa 80.000 persone. In seguito a questo evento ci fu un deciso impegno dello Stato a tradurre in legge le conoscenze scientifiche e tecniche sulle costruzioni sino ad allora maturate. Fu così emanato il Regio decreto n°193 [1909] nel quale è contenuta la prima classificazione sismica del territorio Italiano. Negli anni a seguire si continuò ad aggiornare la normativa tecnica ampliando la classificazione in base alle zone colpite da eventi sismici. Nel 1962 fu pubblicata la Legge n°1684, in seguito ai terremoti di Carnia (1956), Valle del Velino (1961) e Irpinia (1962) dove, per la prima volta, si prescrisse l'applicazione delle norme sismiche ai comuni "soggetti a intensi movimenti sismici" e non solo a quelli colpiti dal terremoto. In seguito ai terremoti dei Monti Nebroli (1967), della Valle del Belice (1968) e di Tuscania (1971), fu emanata la Legge n°64 [1974], che costituisce una pietra miliare nel panorama della normativa sismica poiché stabilì che la classificazione sismica dovesse procedere sulla base di comprovate motivazioni tecniche scientifiche.

La promulgazione dell'Ordinanza P.C.M. n°3274 del 20/3/2003 e successive modifiche ed integrazioni ha determinato sul panorama nazionale un grande rinnovamento sul fronte della normativa tecnica in zona sismica, rappresentata fino ad allora dai contenuti del D.M. 16 gennaio 1996. La principale novità introdotta dall'O.P.C.M. n°3274 è l'abbandono del carattere puramente prescrittivo e convenzionale che caratterizzava le norme tecniche di vecchia concezione, come il D.M. 16/01/1996, per abbracciare un'impostazione puramente prestazionale, in cui gli obiettivi della progettazione e quindi il livello di sicurezza sono esplicitamente dichiarati, a seconda della risposta sismica attesa per la struttura e il sito di costruzione, per un prefissato livello di severità dell'azione sismica.

Le attuali norme tecniche per le costruzioni (N.T.C. D.M. - 17 gennaio 2018) ereditano gran parte dei contenuti dell'O.P.C.M. n°3274 in merito alla progettazione in zone sismiche; tuttavia rispetto a quest'ultimo documento sono anche stati apportati importanti cambiamenti, di cui forse il più rilevante riguarda la definizione dell'**azione sismica**.

Per comprendere pienamente il significato della nuova normativa è necessario rifarsi al concetto di **risposta sismica locale**. Dal punto di vista strettamente fisico, per effetto di sito (risposta sismica locale) s'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 relaziona lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale $H / V = 1$) con quello effettivamente misurato in superficie.

Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze che corrispondono alle frequenze naturali f_n di vibrazione del deposito:

$$f_n = 1 / T_n = (V_s \cdot (2n - 1)) / (4 \cdot H) \quad \text{con } n = 1, 2, \dots, \quad [3.1]$$

mentre risulta ridotto di amplificazione alle frequenze elevate a causa dello smorzamento del terreno. Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito denominata frequenza fondamentale di risonanza:

$$f_1 = 1 / T_1 = V_s / 4H \quad [3.2]$$

E' quindi necessario porre estrema attenzione a fenomeni di “**doppia risonanza**”, cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico così come trasmesso in superficie e quelle dei manufatti ivi edificati in quanto le azioni sismiche su di essi sarebbero gravose.

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):

$$\text{freq. naturale edificio} \approx 10 \text{ Hz} / \text{numero piani.} \quad [3.3]$$

E' la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura:

$$\text{freq. naturale edificio} \approx \text{freq. fondamentale di risonanza del sito} \quad [3.4]$$

ad essere particolarmente pericolosa, poiché da luogo alla massima amplificazione e deve quindi essere oggetto di studi approfonditi.

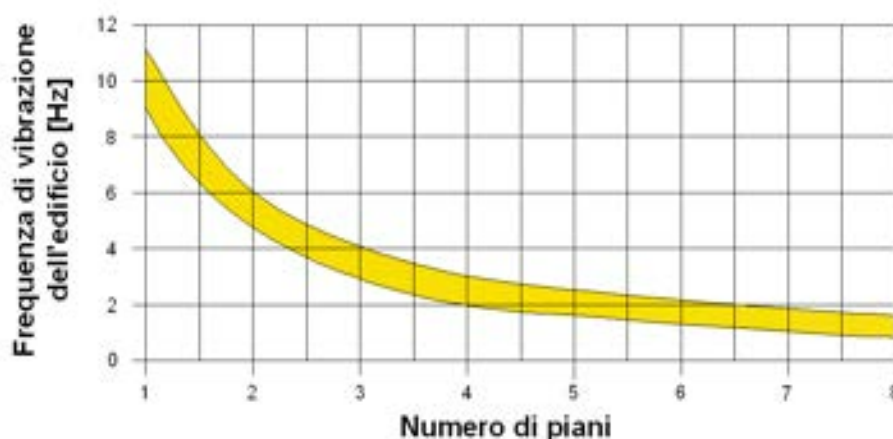


Figura - Frequenza di vibrazione degli edifici rapportata al numero di piani.

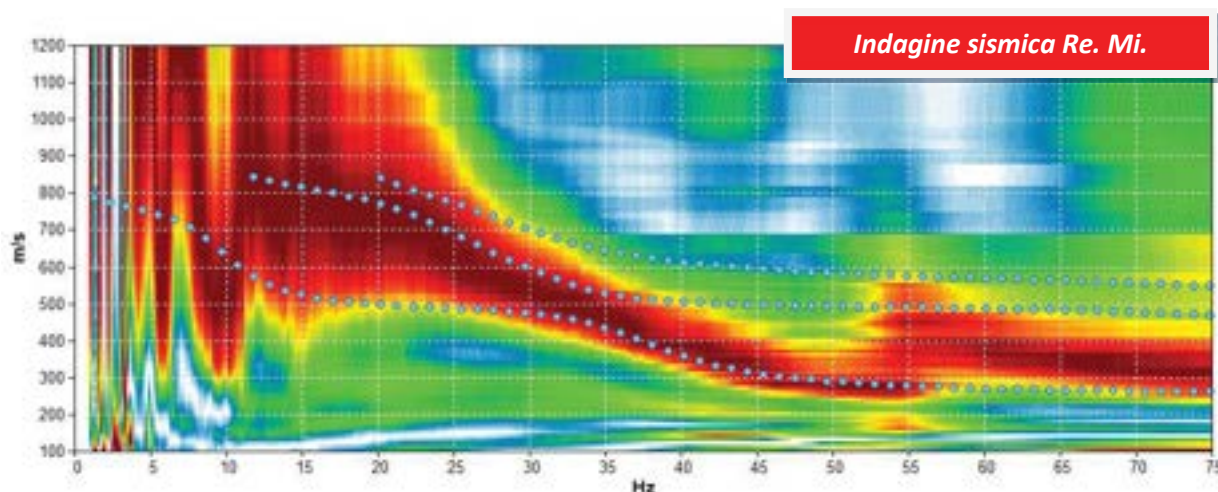
4. ANALISI SISMICA DI SITO E DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

4.1 Risultati ottenuti dalle indagini sismiche effettuate

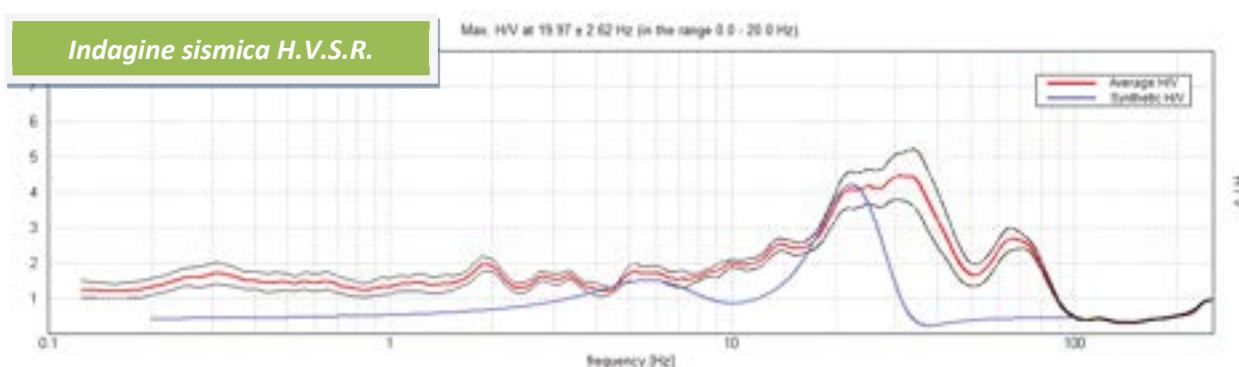
L'utilizzo incrociato delle due tecniche sismiche ha permesso di ottenere un modello sismo - stratigrafico del sottosuolo robusto e affidabile in corrispondenza della zona d'interesse. L'indagine Re.Mi. ha individuato le discontinuità sismiche superficiali e stimato le velocità di propagazione delle onde S mentre la prospezione passiva a stazione singola (H.V.S.R.), ha stimato il grado di rigidità del substrato di riferimento. Inoltre, la misura H.V.S.R. ha determinato le frequenze di risonanza di sito cioè i valori di frequenza attesi in superficie in occasione di evento sismico.

L'attendibilità del modello sismo-stratigrafico desunto è da considerarsi elevata poiché la coerenza del segnale è buona e lo spettro di velocità è ben definito nel modo fondamentale per quasi tutte le frequenze campionate. Il programma di elaborazione utilizzato permette di considerare non solo il modo fondamentale ma, una volta individuati, anche i modi superiori per vincolare con maggior attendibilità la ricostruzione sismo-stratigrafica del sottosuolo.

4.2 Indagine sismica passiva in array (Re.Mi.) con inversione congiunta



Spettro di velocità: il modo fondamentale è presente in quasi tutte le frequenze campionate. Il segnale si presenta con una buona coerenza. In blu la curva sintetica creata da una modellizzazione diretta delle onde S.

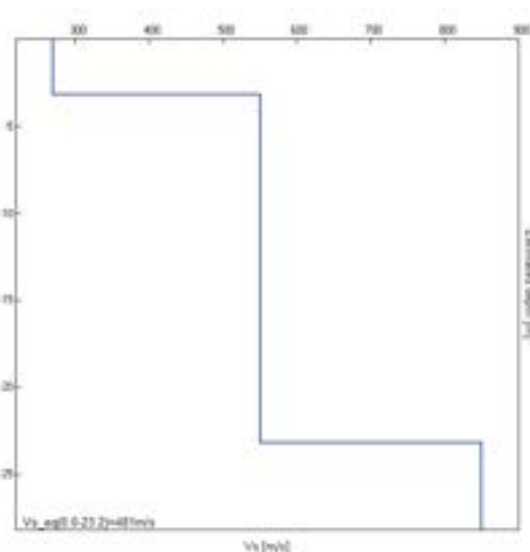


La curva spettrale rossa rappresenta l'andamento sismico registrato in campagna mentre quella blu è la curva sintetica generata dal codice di calcolo

La ricostruzione sismo-stratigrafica di sito ha evidenziato la presenza di un materiale moderatamente addensato fino a circa 3,2 m dal p.c. locale caratterizzato da V_s di circa 270 m/s, mentre per valori di profondità maggiori il grado di rigidità diventa più elevato con V_s che incrementano a valori di circa 550 m/s.

Il *bedrock* sismico ($V_s \approx 850$ m/s), inteso come quel mezzo caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s, è stato riconosciuto ad una profondità di circa 23 m dal p.c. locale.

Il rilievo nello specifico ha fornito i seguenti dati sismici (*modello sismo - stratigrafico interpretativo*):



Indagine sismica Re. Mi. con inversione congiunta H.V.S.R.	Velocità onde di taglio [m/s]	Spessori [m]	Profondità [m]
I SISMOSTRATO	270	3,2	0,0 - 3,2
II SISMOSTRATO	550	20	3,2 - $\approx$ 23
III SISMOSTRATO	850	Semisp.	$\approx$ 23 - $\approx$ Semisp.

4.3 Indagine sismica passiva a stazione singola (H.V.S.R.)

Nel caso specifico del sito in esame si è cercato di correlare i valori di picco, dello spettro di risposta HVSR, con le frequenze fondamentali di risonanza di sito.

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si sono potute ricavare le frequenze relative ad ogni discontinuità sismica.

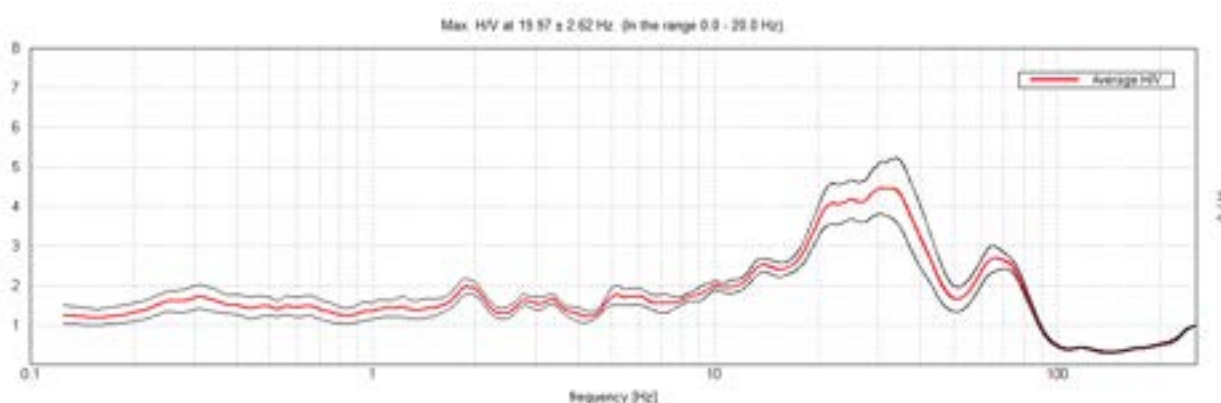
La frequenza fondamentale di risonanza di sito, generata dalla discontinuità sismica a più elevato rapporto spettrale ($H/V \approx 3,5$) nell'intervallo di interesse ingegneristico-strutturale (0,0 - 20,0 Hz), è di 20 Hz.

Frequenza fondamentale di risonanza

19,97 $\pm$ 2,62 Hz

È ormai consolidata, sia a livello accademico sia professionale, l'ipotesi che le strutture subiscono le sollecitazioni sismiche maggiori quando c'è coincidenza tra la frequenza di vibrazione naturale del terreno investito da un'onda sismica e quella naturale dell'edificio.

Si dovrà quindi porre attenzione nell'edificare strutture aventi lo stesso periodo di vibrazione naturale del terreno. Nel caso specifico il rapporto H/V calcolato è tale da ipotizzare un rilevante fattore di amplificazione del moto sismico in superficie.



Rapporto spettrale H/V misurato. In rosso è indicato l'HV medio mentre in nero l'intervallo di confidenza al 95%.

Nella tabella seguente, s'illustra la qualità del segnale acquisito in base al progetto [SESAME](#) (Linee guida 2005). Per l'affidabilità della curva HVSR devono essere positivi i primi tre parametri mentre per avere un chiaro e pulito segnale del picco massimo devono essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri successivi. Si osserva quindi che il picco a 19.97 Hz soddisfa tutti i criteri e può pertanto essere assunto come frequenza fondamentale di risonanza del sito.

Max. H/V at 19.97 ± 2.62 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz)			
Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	19.97 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	18371.3 > 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 960 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	8.969 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	48.219 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.57 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0313 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.62189 < 0.99844		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3746 < 1.58	OK	

4.4 Categoria di sottosuolo di fondazione secondo le Norme Tecniche sulle Costruzioni - D.M. 17 gennaio 2018

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi o in rapporto ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di Categorie di Sottosuolo di riferimento.

Per definire le Categorie, il D.M. 17 gennaio 2018 prevede il calcolo del parametro $V_{s,eq}$, ovvero della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_s dei terreni posti al di sopra del substrato di riferimento ($V_{s,30}$ per depositi con profondità del substrato superiore a 30 m). La profondità del substrato è riferita al piano di posa delle fondazioni superficiali, alla testa dei pali per fondazioni indirette, al piano di imposta delle fondazioni per muri di sostegno di terrapieni o alla testa delle opere di sostegno di terreni naturali.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Dall'assetto sismo-stratigrafico desunto dalle indagini sismiche effettuate, è possibile constatare la presenza del substrato di riferimento a profondità inferiori a 30 m.

Pertanto, come espressamente richiesto dalla normativa vigente (*Norme Tecniche sulle Costruzioni - D.M. 17/01/2018*), si è calcolata la velocità media di propagazione delle onde di taglio fino a 23,2 m dal piano di posa delle fondazioni ($V_{s,eq}$), a partire da varie profondità dal piano campagna:

Profondità piano di posa delle fondazioni	$V_{s,eq}$
0 m dal p.c.	$V_s (0 - 23,2) \approx 481 \text{ m/s}$
1 m dal p.c.	$V_s (0 - 23,2) \approx 499 \text{ m/s}$
2 m dal p.c.	$V_s (0 - 23,2) \approx 520 \text{ m/s}$
3 m dal p.c.	$V_s (0 - 23,2) \approx 544 \text{ m/s}$

Dalla ricostruzione del quadro geofisico emerso dal presente studio e dalle indicazioni normative si prevede l'inserimento del sito d'indagine nella **Categoria di Sottosuolo denominata B**, così definita:

Categoria B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana grossa molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Si ricorda che qualunque tecnica di geofisica applicata ha un margine di errore intrinseco variabile in funzione del tipo di tecnica usata, di strumentazione utilizzata e di problematiche incontrate durante la fase di acquisizione. Infine, i profili di V_s ricavati con questa metodologia, come tutti i metodi indiretti, non presentano una soluzione univoca e quindi più modelli possono fornire curve sintetiche simili tra loro.

Costabissara, febbraio 2021

STUDIOSISMA SRL
SS. PASUBIO 10, COSTABISSARA (VI)
TEL. 0444/212962 / 3490567455
info@studiosisma.com
CF/P.IVA 03797510249 - SDI USAL8PV

ALLEGATO

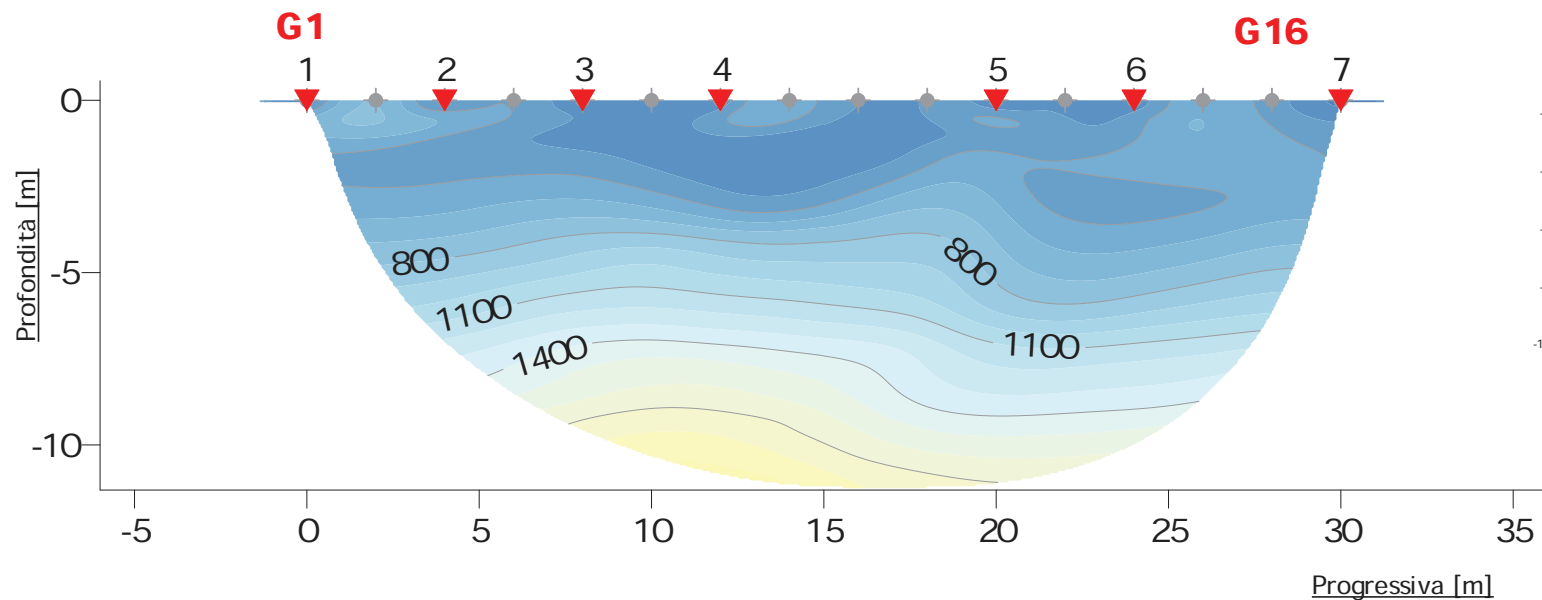
 Indagine sismica Re.Mi. e H.V.S.R.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- ✓ Aki K., 1964. A note on the use of microseisms in determining the shallow structures of the earth's crust, *Geophysics*, 29, p. 665 - 666.
- ✓ Arai H. e Tokimatsu K., 2004. S-Wave Velocity Profiling by Inversion of Microtremor H/V Spectrum, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 94, p. 53 - 63.
- ✓ Castellaro S., Mulargia F. Bianconi L., 2005. Stratigrafia sismica passiva: una nuova tecnica accurata, rapida ed economica, *Geologia Tecnica Regionale*, vol. 3.
- ✓ D'Amico V., Picozzi M., Albarello D., Naso G. e Tropenscovino S., 2004. Quick estimates of soft sediments thicknesses from ambient noise horizontal to vertical spectral ratios: a case study in southern Italy, *J. Eartq. Eng.*, 8, p. 895 - 908.
- ✓ Dal Moro G., 2008b, Rapporto sulla campagna Vs30 in Friuli Venezia Giulia, Dipartimento di Scienze Geologiche Ambientali e Marine, Università di Trieste.
- ✓ Dal Moro G & Pipan M., 2007, Joint Inversion of Surface Wave Dispersion Curve and Reflection Travel Times via Multi-Objective Evolutionary Algorithms, *J. Appl. Geophysics*, 61, 56-81.
- ✓ Gallipoli R., La Penna V., Lorenzo P. et al., 2000. Comparison of geological and geophysical prospecting techniques in the study of a landslide in southern Italy, *European J. Environm. and Eng. Geophys.*, 4, p. 117 - 128.

- ✓ Ibs-von Seht M. e Wohlenberg J., 1999. Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments, *Bull. Seismol. Soc. America*, 89, p. 250 - 290.
- ✓ Ivanov, J., Miller, R.D., Xia, J., Steeples, D., and Parck, C.B., 2006, Joint Analysis of Refractions with Surface Waves. An Inverse Refraction-Traveltime Solution: *Geophysics*, 71, R131-R138.
- ✓ Mucciarelli M. e Gallipoli M.R., 2001. A critical review of 10 Years of microtremor HVSr technique, *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, 42, P. 255 - 266.
- ✓ Mucciarelli M. e Gallipoli M.R., 2006. Comparison between Vs30 and other estimates of site amplification in Italy, *Conf. Eartq. Eng. And Seismol.*, Ginevra, 3-8 Sept. no 270.
- ✓ Mulargia F., Castellaro S., Rossi P.L., 2007. Effetti di sito e Vs30: una risposta alla normativa antisismica", *Il geologo - Ordine dei Geologi Regione Emilia Romagna*.
- ✓ Nakamura Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimates of subsurface using microtremor on the round surface, *QR of RTRI*, 30, p. 25 - 30.
- ✓ Roth M. & Holliger K- 1999. Inversion of Sourcegenerated noise in high-resolution seismic data. *The Leading Edge*, 18, 1402-1406.
- ✓ [SESAME Project](#): "Site Effects Assessment Using Ambient Excitations", 2005.

Mbdello sismo-stratigrafico del sottosuolo



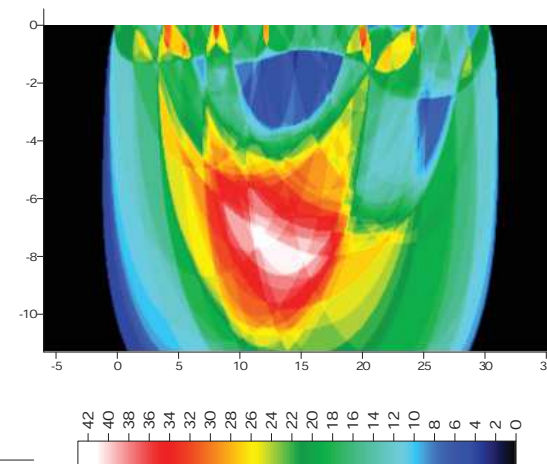
Velocità onde P
[m/s]



Posizione degli shot

Posizione dei geofoni

Convergenza dei raggi sismici



Ubicazione indagine



Documentazione fotografica



Strumento: SoilSpy Rosina
Geofoni: 16
Energizzazione: mazza 5 kg/fucile
Elaborazione 2D: Reyfract
Tempi di arrivo validi = tutti
Errore finale di inversione = 4.3%

INDAGINE GEOFISICA

Indagine tomografica per la ricostruzione
sismo - stratigrafica del sottosuolo

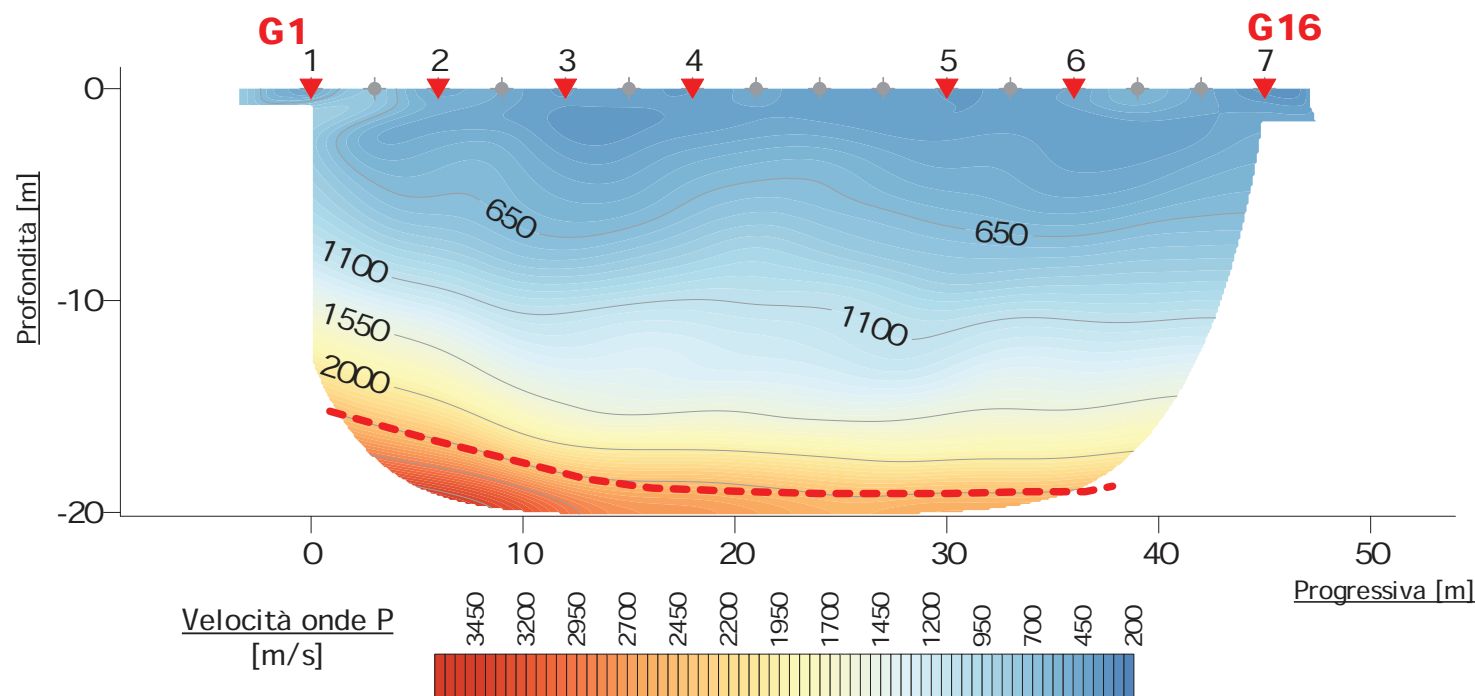
Comm.: Dr. Geol. Andrea Bertolin
UBI.: Via Roma - Velo d'Astico (VI)

SEZIONE GEO-SISMICA 2D
Linea RIF 1

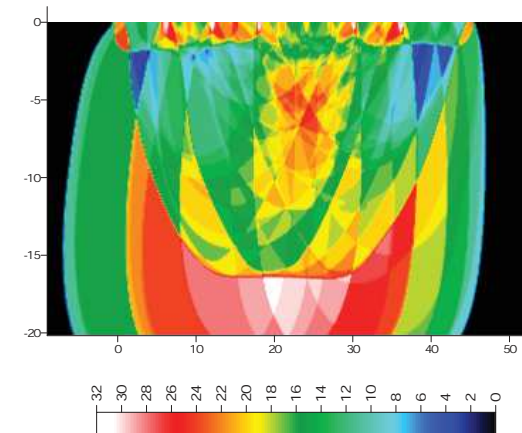
Tav. 01

StudioSisma srl

Mbdello sismo-stratigrafico del sottosuolo



Convergenza dei raggi sismici



Ubicazione indagine



Documentazione fotografica



Strumento: SoilSpy Rosina
 Geofoni: 16
 Energizzazione: mazza 5 kg/fucile
 Elaborazione 2D: Reyfract
 Tempi di arrivo validi = tutti
 Errore finale di inversione = 4.3%

INDAGINE GEOFISICA

Indagine tomografica per la ricostruzione
 sismo - stratigrafica del sottosuolo

Comm.: Dr. Geol. Andrea Bertolin
 UBI.: Via Roma - Velo d'Astico (VI)

SEZIONE GEO-SISMICA 2D
 Linea RIF 2

Tav. 02

StudioSisma srl

VELO, T1

Instrument: TRS-0013/01-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/05/00 12:58:33 End recording: 01/05/00 13:14:34

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS location: 011°24.3249 E, 45°46.5189 N (403.2 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 05

Trace length: 0h16'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)

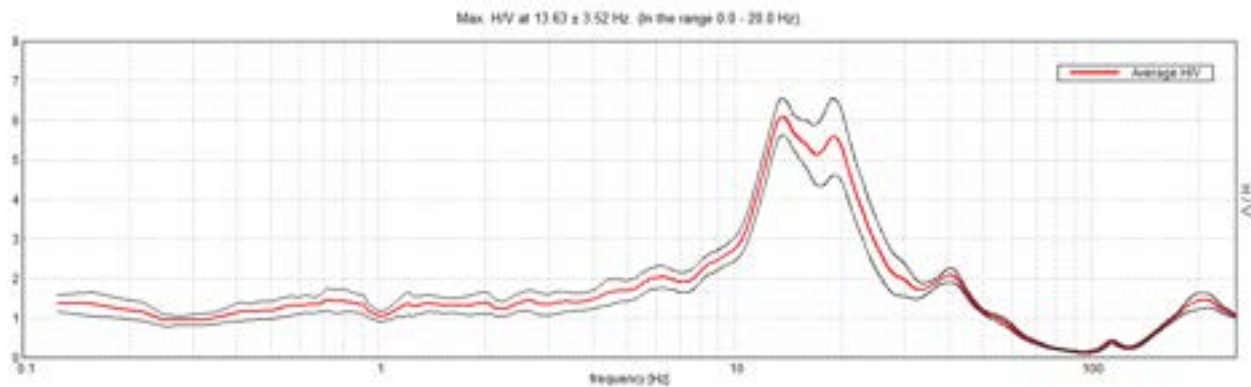
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

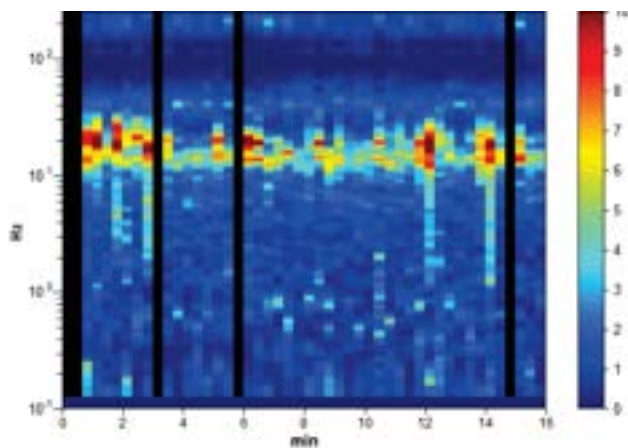
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

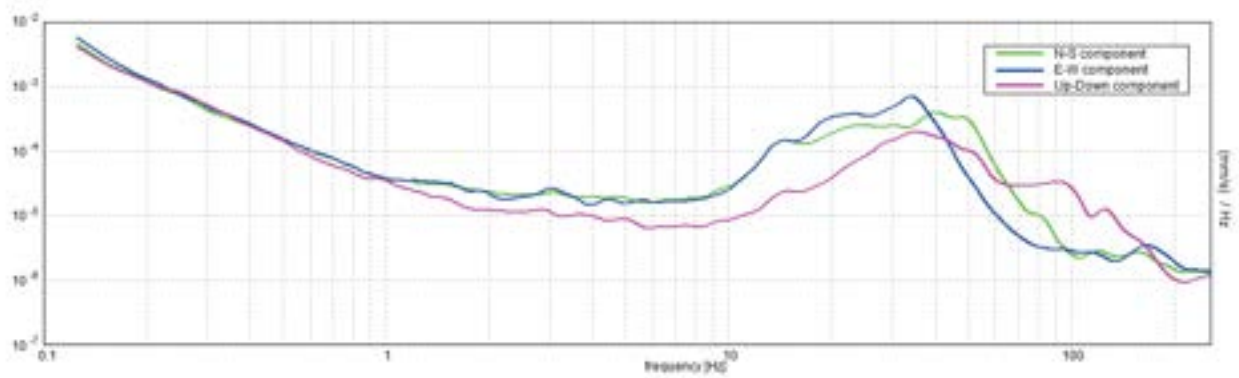
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 13.63 ± 3.52 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$13.63 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$11717.5 > 200$	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 655 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	10.531 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	24.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$6.09 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.25857 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$3.52305 < 0.68125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4622 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T2

Instrument: TRS-0013/01-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/05/00 13:27:51 End recording: 01/05/00 13:43:52

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS location: 011°23.3063 E, 45°47.1548 N (26.2 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 04

Trace length: 0h16'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)

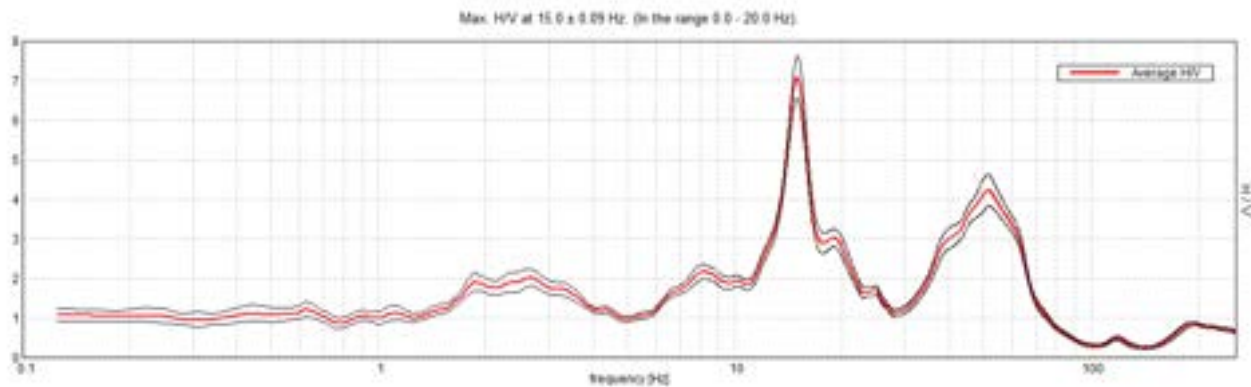
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

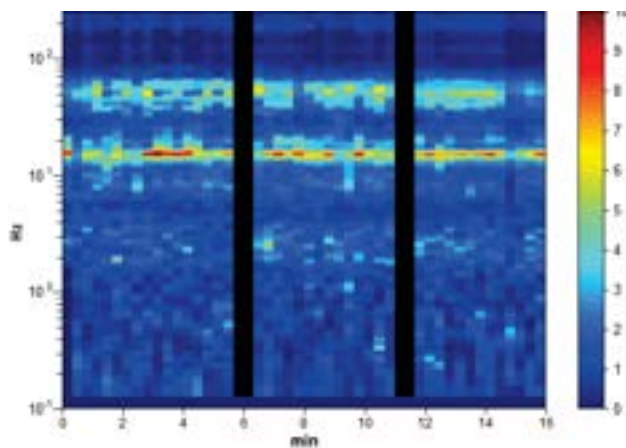
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

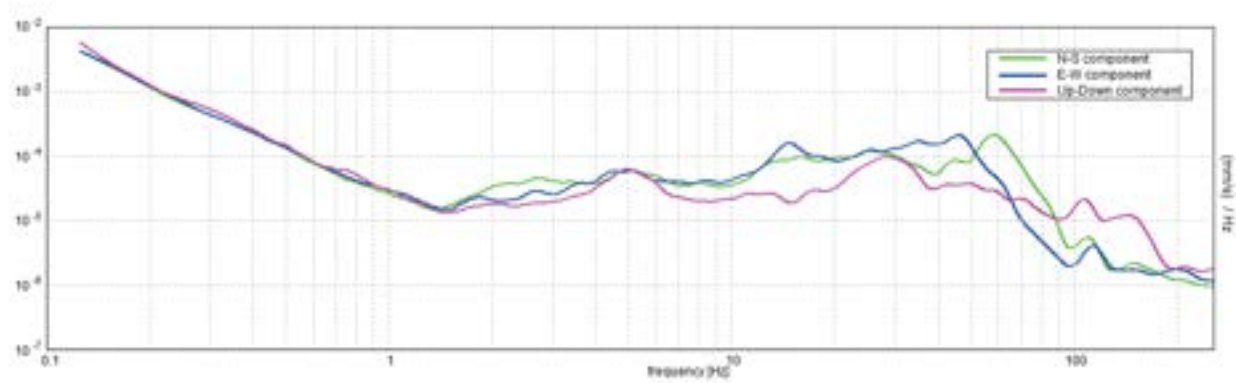
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 15.0 ± 0.09 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$15.00 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$13200.0 > 200$	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 721 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	13.219 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	16.656 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$7.11 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00607 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.09111 < 0.75$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5494 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T3

Instrument: TRS-0013/01-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/05/00 13:54:28 End recording: 01/05/00 14:10:29

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS location: 011°23.1515 E, 45°47.2726 N (327.1 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 05

Trace length: 0h16'00". Analyzed 88% trace (manual window selection)

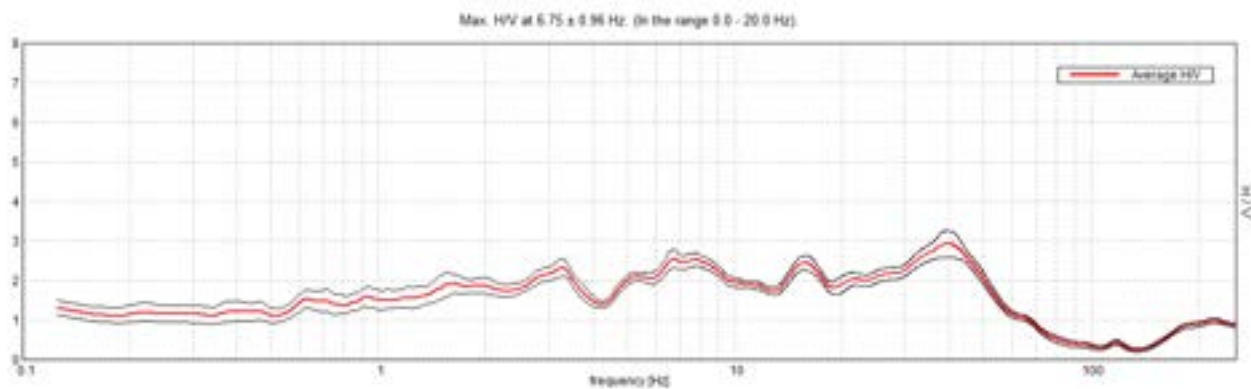
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

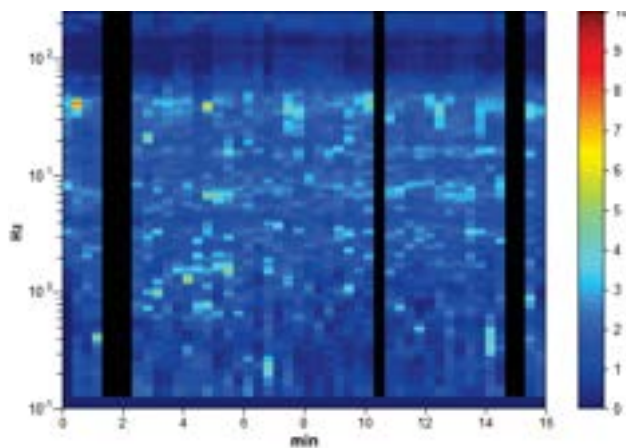
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

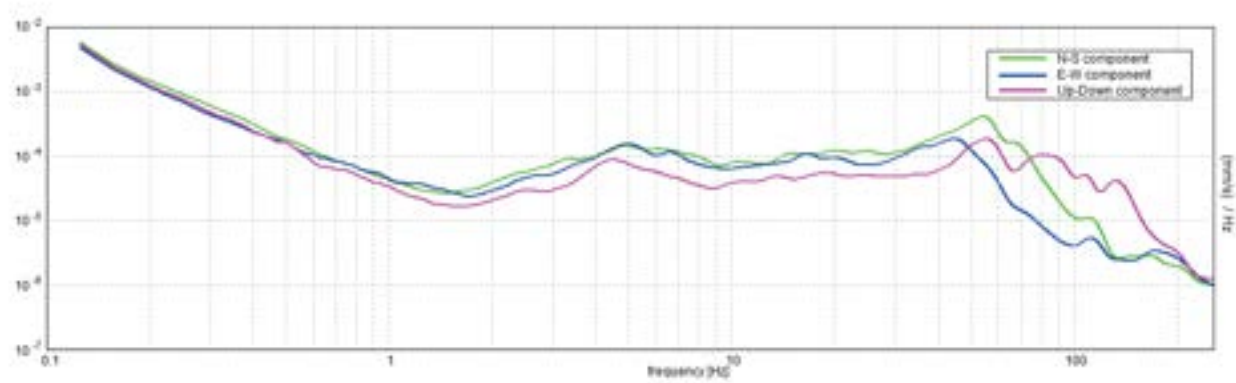
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 6.75 ± 0.96 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$6.75 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$5670.0 > 200$	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 325 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.56 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.14235 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.96085 < 0.3375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2353 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T4

Instrument: TEP-0124/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 20/01/17 08:07:08 End recording: 20/01/17 08:21:08

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;

Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-

GPS location: 011°23.1503 E, 45°47.6061 N (253.8 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 06

Trace length: 0h14'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)

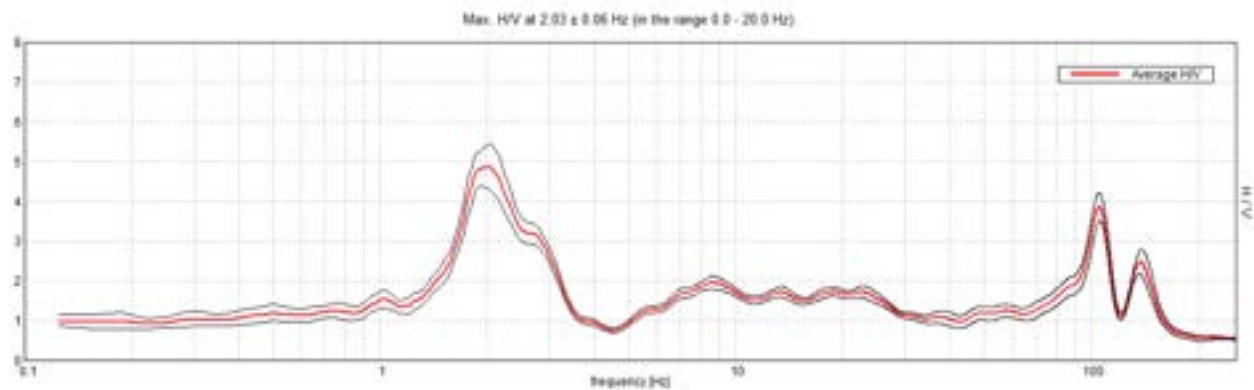
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

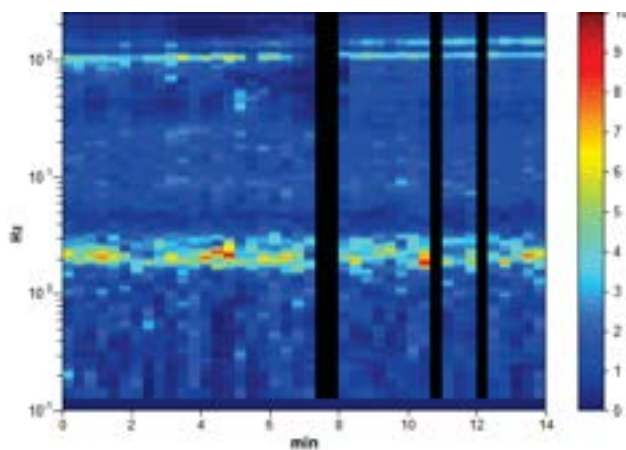
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

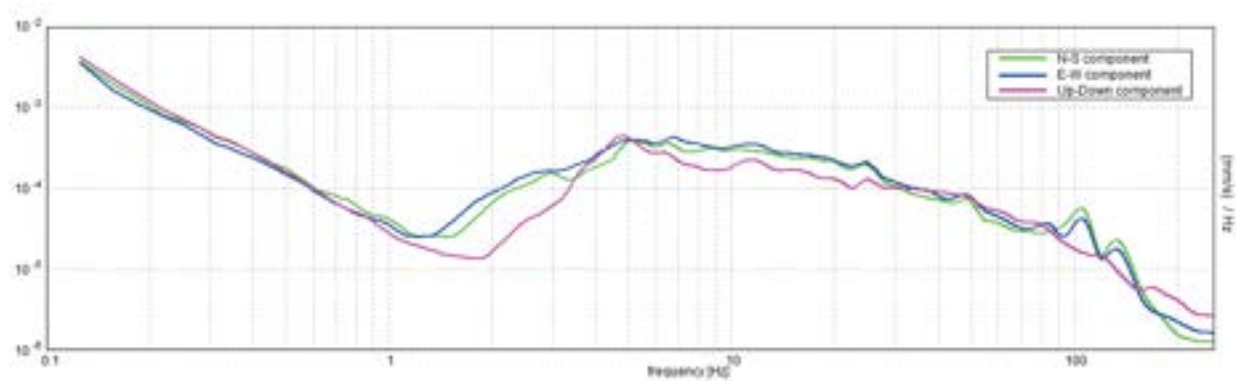
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 2.03 ± 0.06 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.03 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1543.8 > 200$	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 98 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.563 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.094 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.87 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03077 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0625 < 0.10156$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5747 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T5

Instrument: TRS-0013/01-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/05/00 14:51:56 End recording: 01/05/00 15:07:57

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)

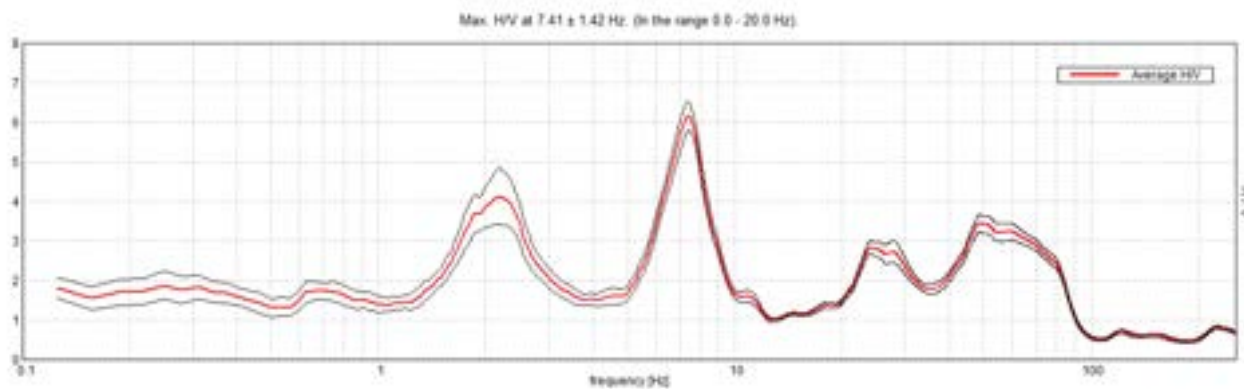
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

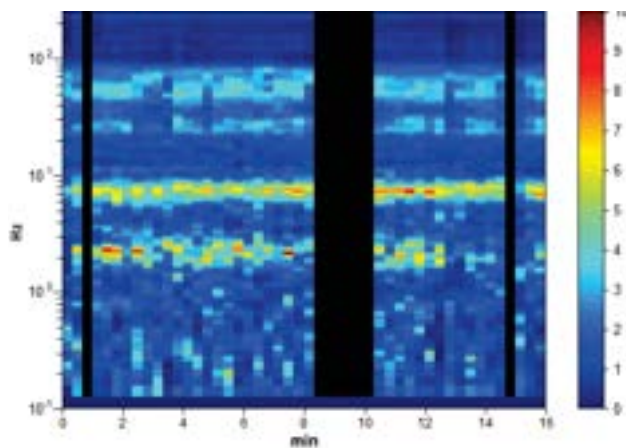
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

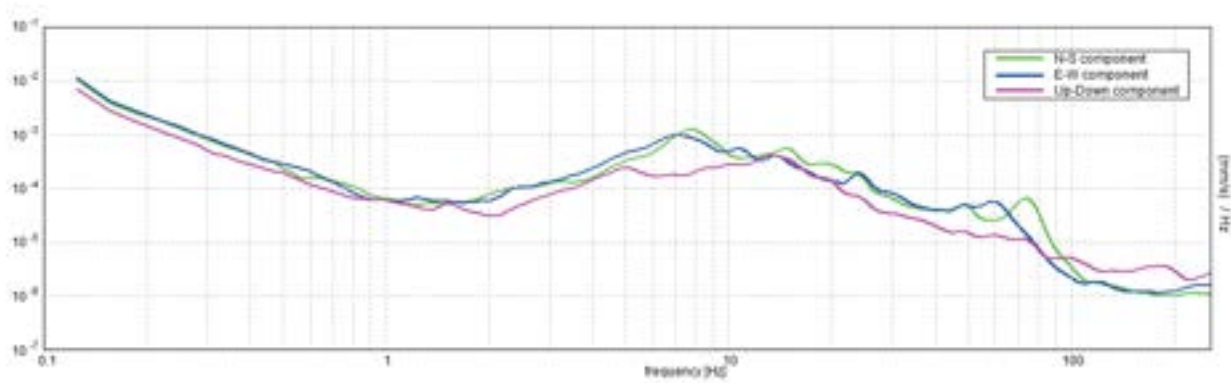
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 7.41 ± 1.42 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$7.41 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$5925.0 > 200$	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 356 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	5.844 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.844 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$6.15 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.19188 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.42115 < 0.37031$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3649 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T6

Instrument: TRS-0013/01-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/05/00 15:32:28 End recording: 01/05/00 15:48:29

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS location: 011°22.2927 E, 45°47.8949 N (341.4 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 05

Trace length: 0h16'00". Analyzed 94% trace (manual window selection)

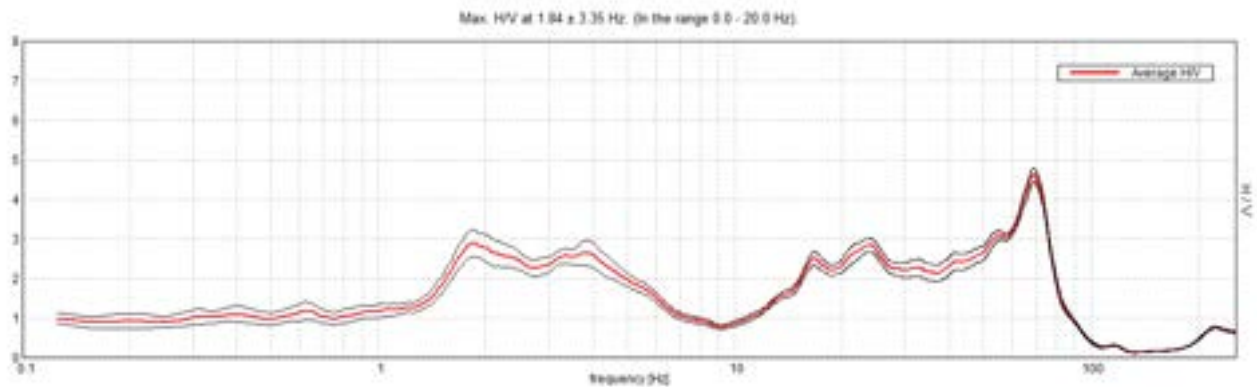
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

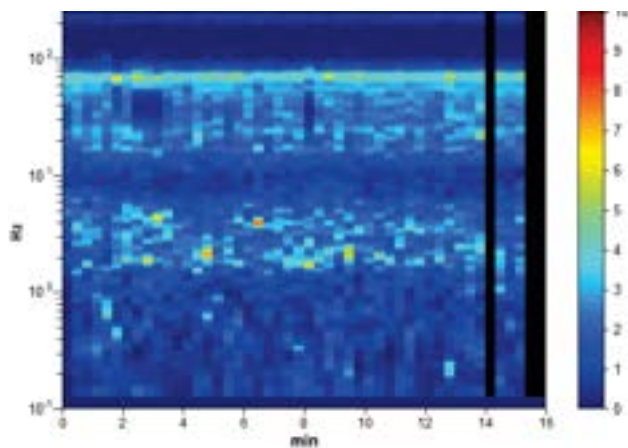
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

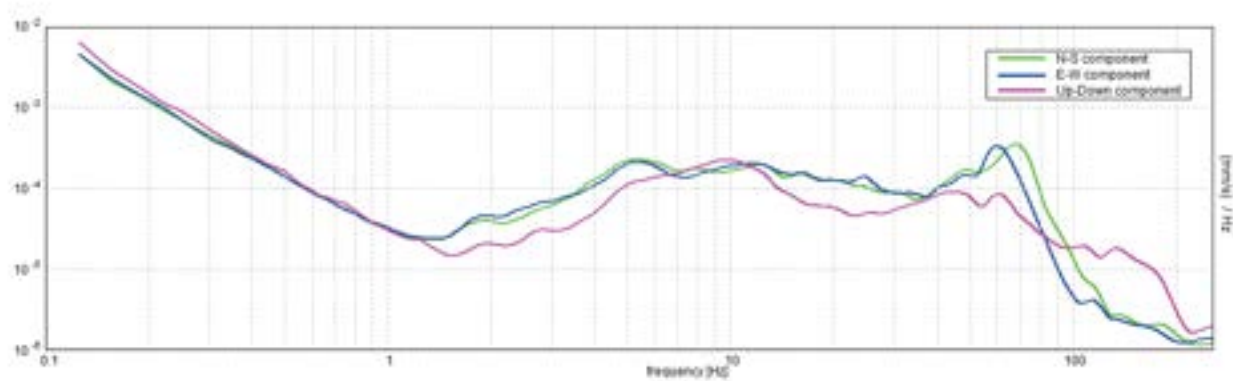
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 1.84 ± 3.35 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.84 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1659.4 > 200$	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 90 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.344 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.156 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.90 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 1.81651 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$3.34919 < 0.18438$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3363 < 1.78$	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
σ_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 σ_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

VELO, T7

Instrument: TRS-0013/01-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/05/00 16:01:27 End recording: 01/05/00 16:17:28

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS location: 011°21.9740 E, 45°47.6366 N (362.9 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 04

Trace length: 0h16'00". Analyzed 85% trace (manual window selection)

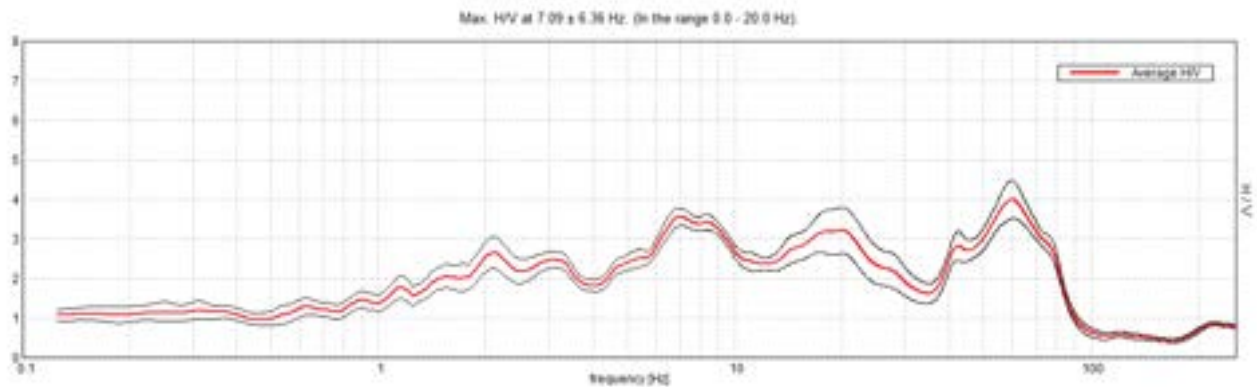
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

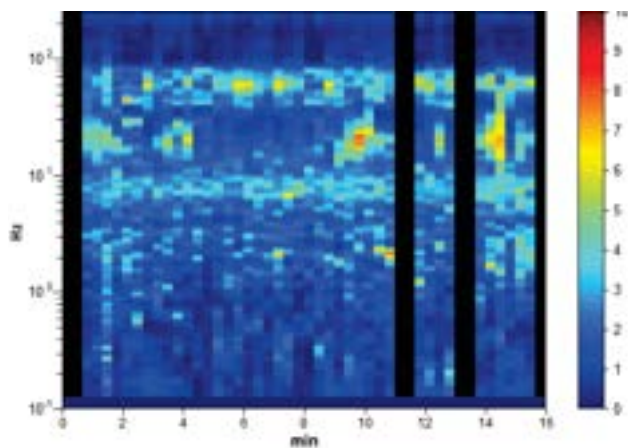
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

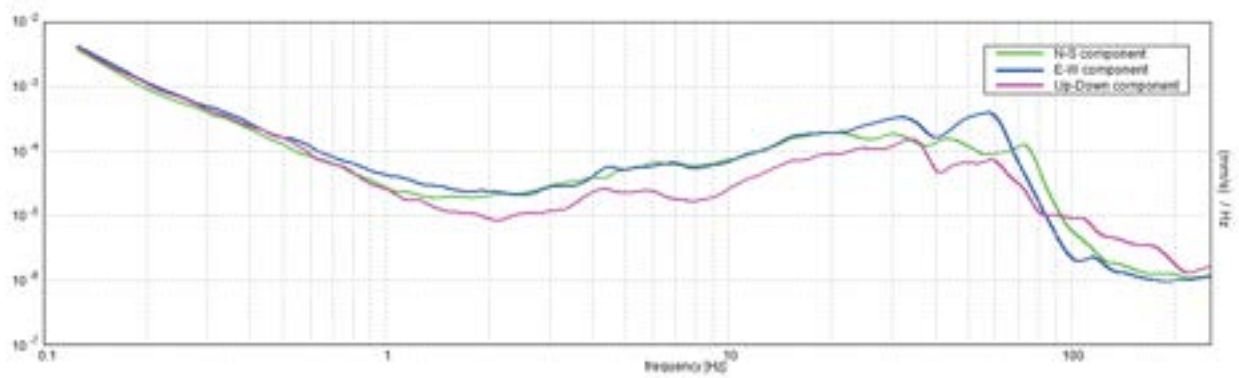
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 7.09 ± 6.36 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$7.09 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$5816.9 > 200$	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 342 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$3.55 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.89655 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$6.3599 < 0.35469$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2122 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T8

Instrument: TRS-0013/01-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/05/00 16:27:52 End recording: 01/05/00 16:43:53

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS location: 011°22.3026 E, 45°47.4749 N (367.5 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 04

Trace length: 0h16'00". Analyzed 77% trace (manual window selection)

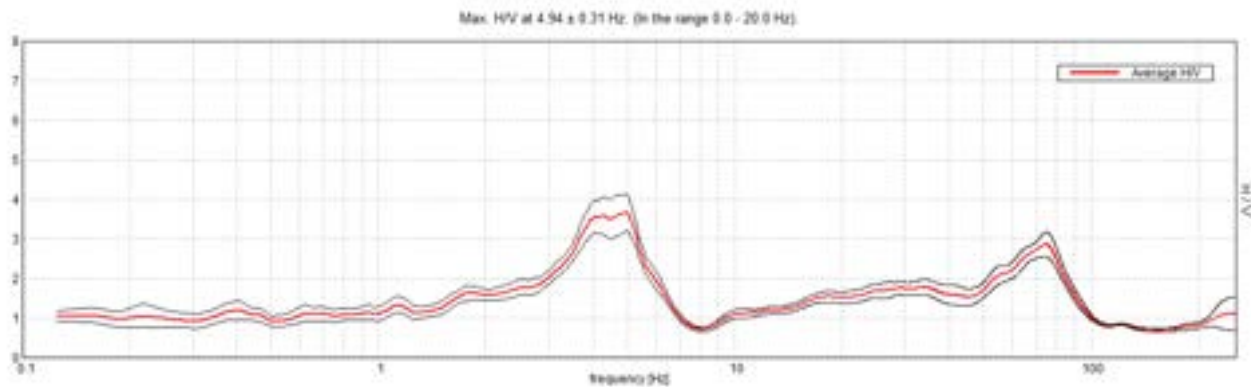
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

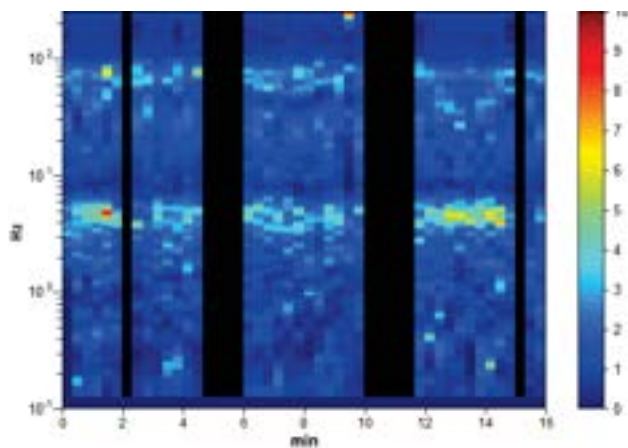
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

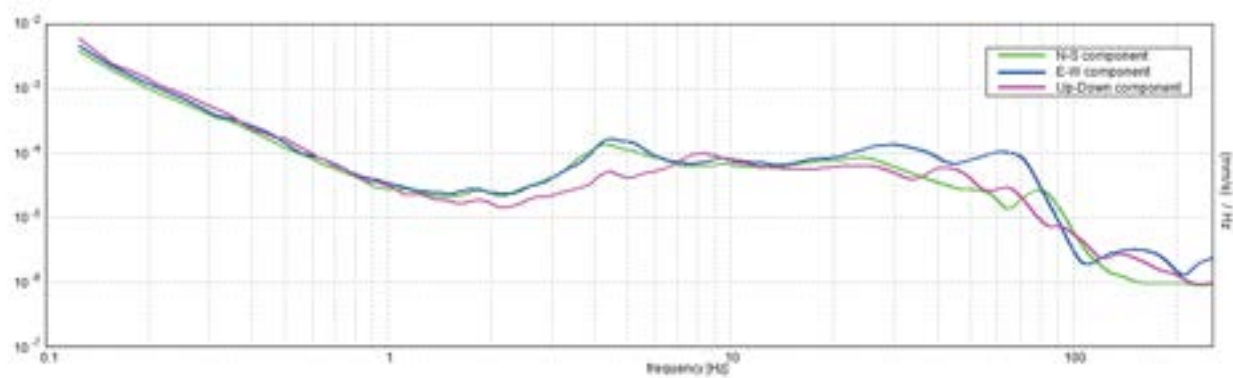
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 4.94 ± 0.31 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$4.94 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3653.8 > 200$	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 238 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.75 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.188 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.66 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0635 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.31355 < 0.24688$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4642 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T9

Instrument: TRS-0013/01-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/05/00 17:59:22 End recording: 01/05/00 18:15:23

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS location: 011°22.4466 E, 45°47.2062 N (380.3 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 05

Trace length: 0h16'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)

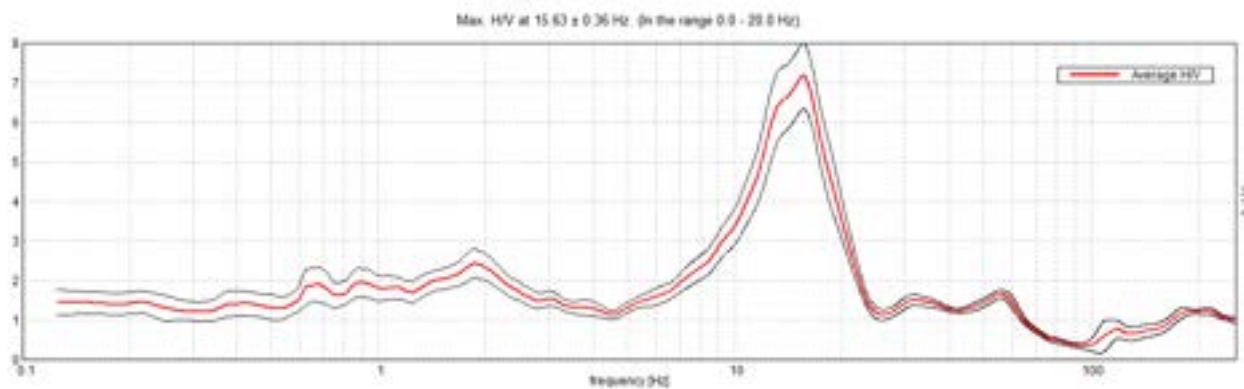
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

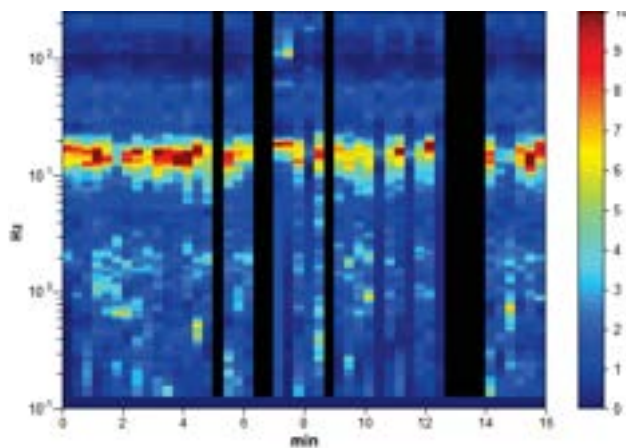
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

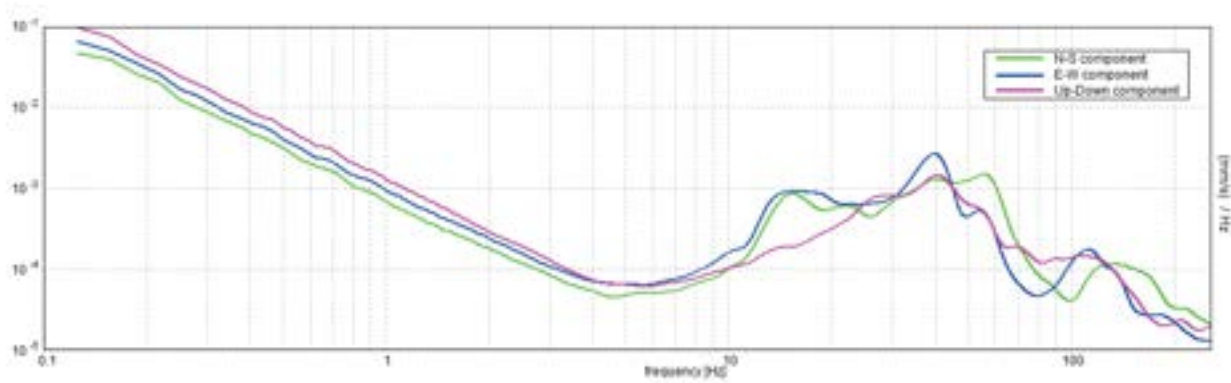
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 15.63 ± 0.36 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$15.63 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$12500.0 > 200$	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 751 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	10.281 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	19.938 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$7.17 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02313 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.36134 < 0.78125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8336 < 1.58$	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
σ_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 σ_f and $\sigma_A(f_0)$

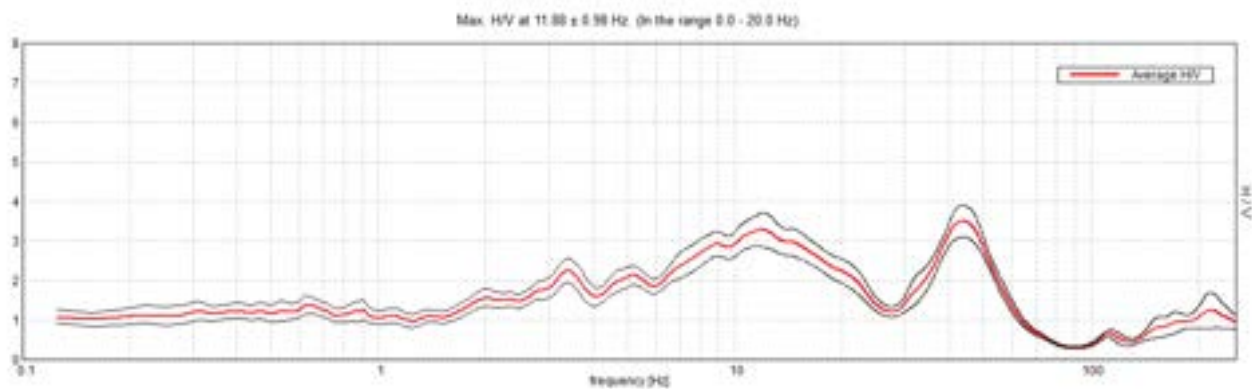
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

VELO, T10

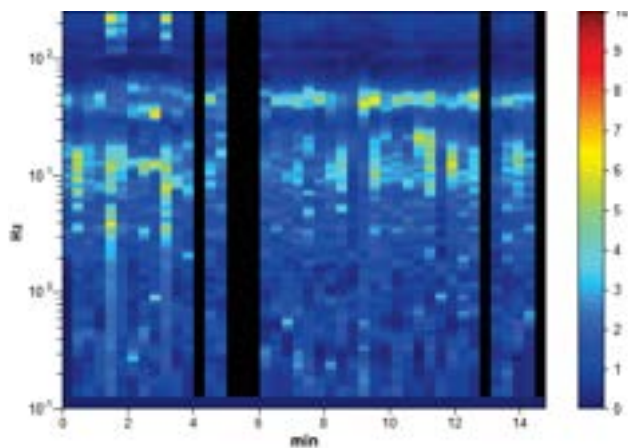
Instrument: TRS-0013/01-06
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 01/05/00 18:32:34 End recording: 01/05/00 18:47:25
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h14'48". Analyzed 86% trace (manual window selection)
Sampling rate: 512 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

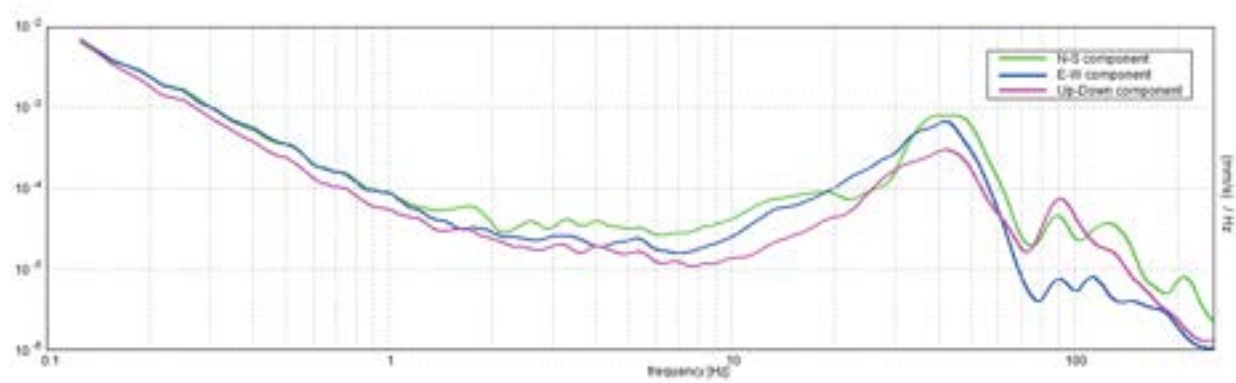
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 11.88 ± 0.98 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$11.88 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$9025.0 > 200$	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 571 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.219 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	23.656 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.29 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.08288 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.98417 < 0.59375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4265 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T11

Instrument: TRS-0013/01-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 03/01/07 09:18:39 End recording: 03/01/07 09:34:40

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS location: 011°24.0654 E, 45°46.7350 N (60.9 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 04

Trace length: 0h16'00". Analyzed 96% trace (manual window selection)

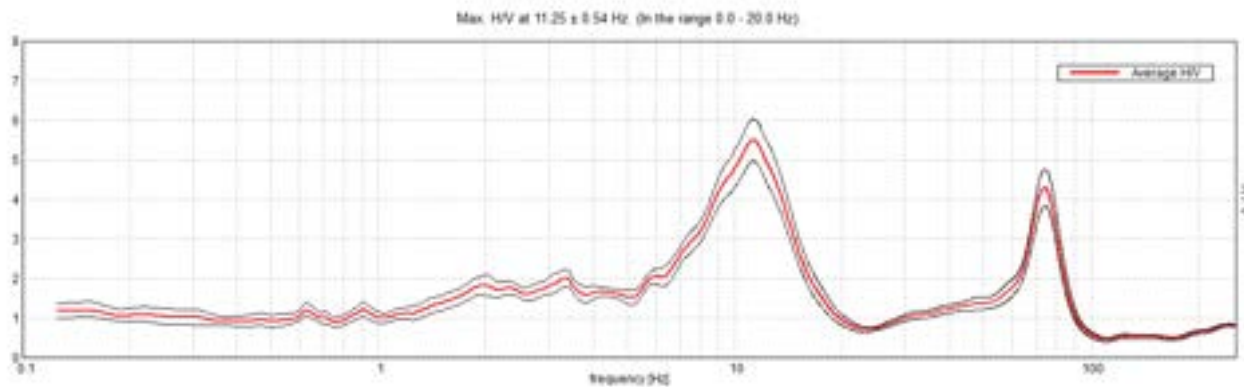
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

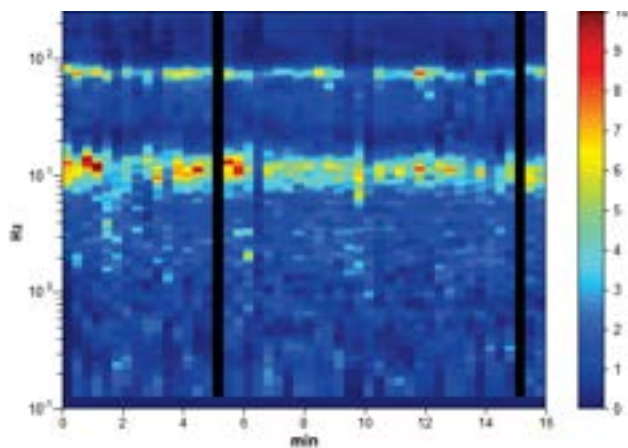
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

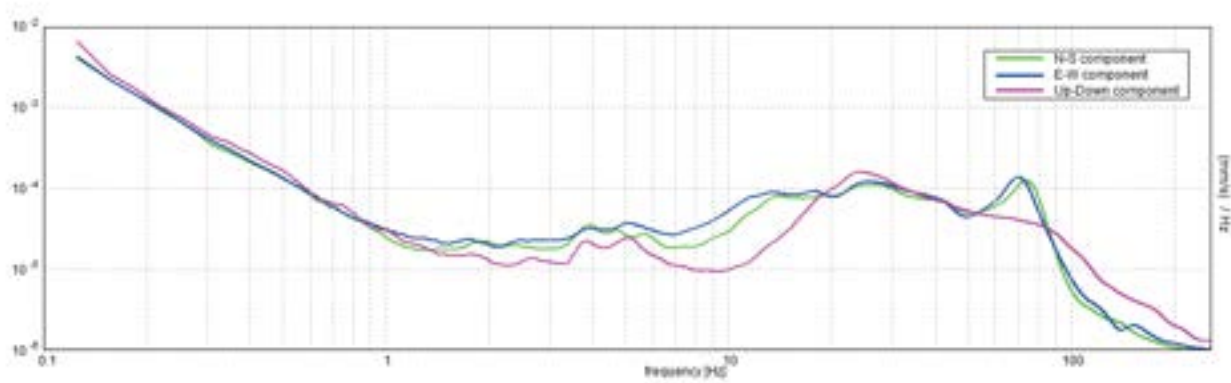
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 11.25 ± 0.54 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$11.25 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$10350.0 > 200$	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 541 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	7.219 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	15.063 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.51 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04763 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.53583 < 0.5625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5276 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T12

Instrument: TEP-0124/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 20/01/17 09:07:02 End recording: 20/01/17 09:21:02

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;

Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-

GPS location: 011°23.8570 E, 45°46.8109 N (329.0 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 04

Trace length: 0h14'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)

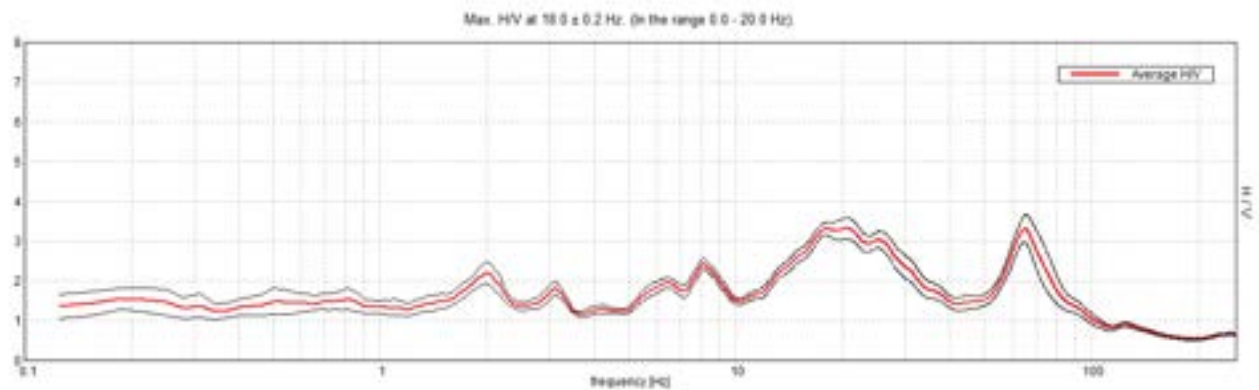
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

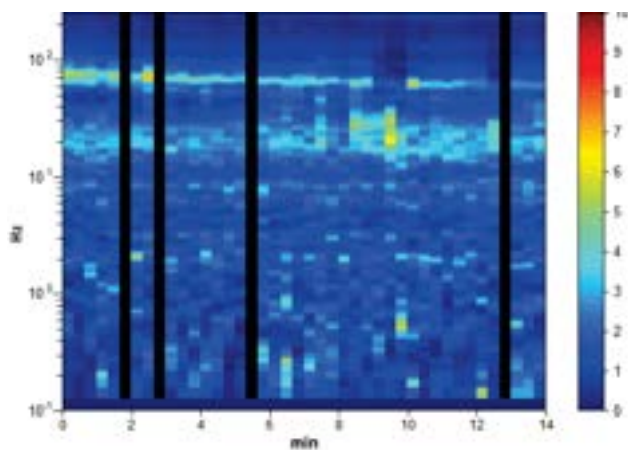
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

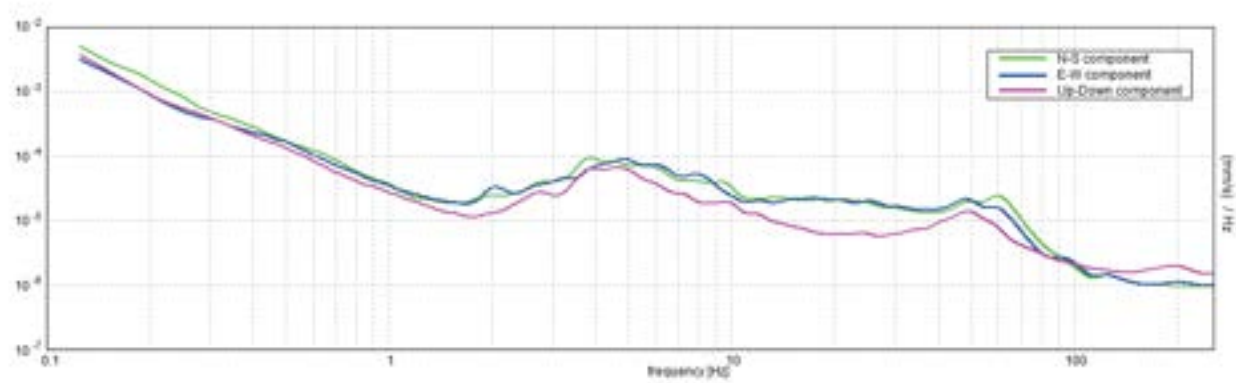
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 18.0 ± 0.2 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$18.00 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$13680.0 > 200$	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 865 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	11.375 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	37.906 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.32 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01104 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.19874 < 0.9$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1585 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T13

Instrument: TRS-0013/01-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 03/01/07 10:50:44 End recording: 03/01/07 11:06:45

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS location: 011°23.6065 E, 45°46.7026 N (2.3 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 04

Trace length: 0h16'00". Analyzed 94% trace (manual window selection)

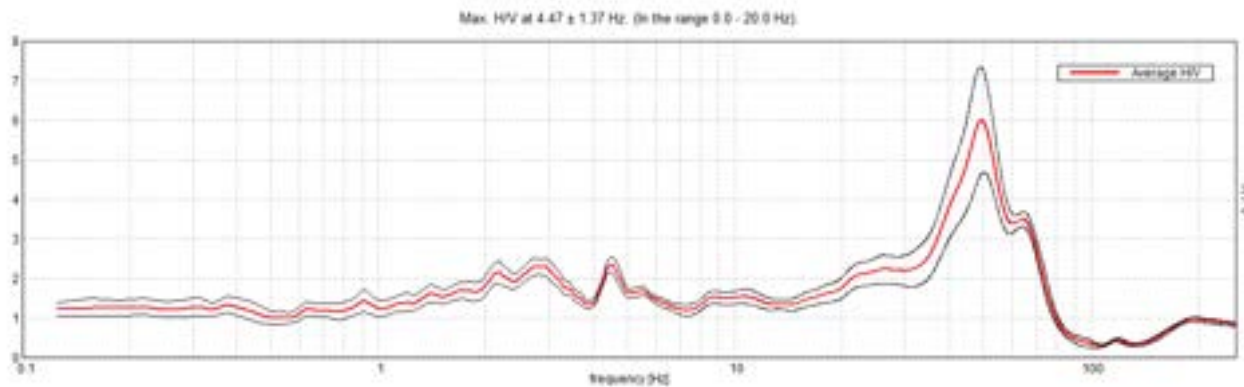
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

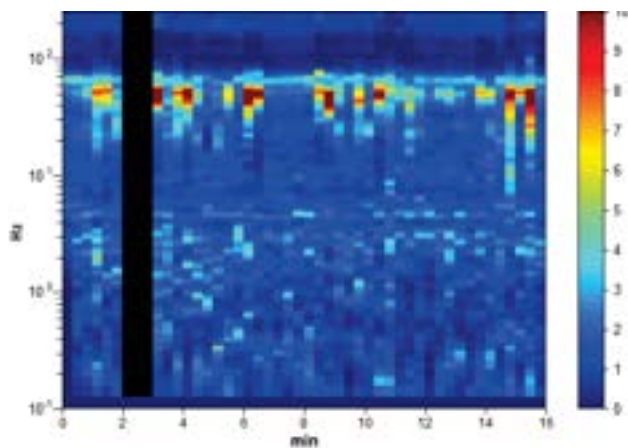
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

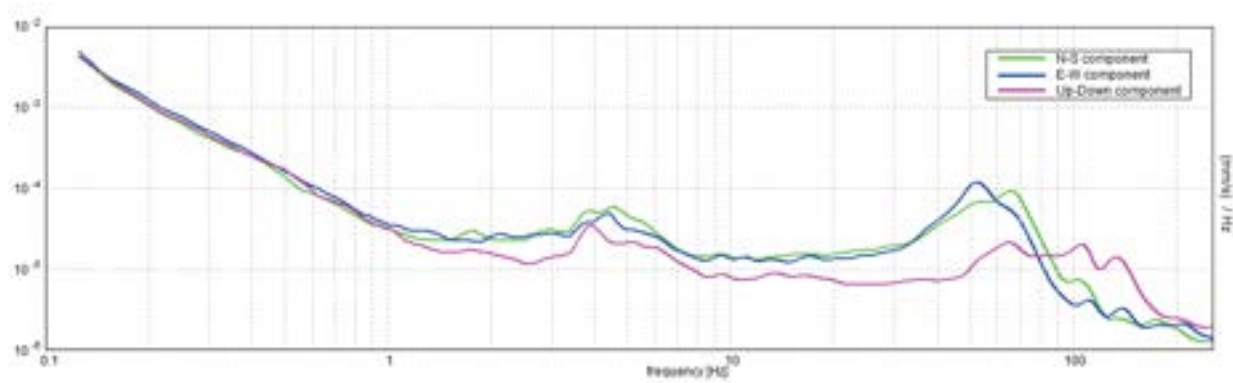
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 4.47 ± 1.37 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$4.47 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$4021.9 > 200$	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 216 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.35 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.30605 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.36767 < 0.22344$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1779 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

Max. H/V at 4.97 ± 0.08 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).VELO, T14

Instrument: TRS-0013/01-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 03/01/07 11:26:50 End recording: 03/01/07 11:42:51

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS location: 011°22.6274 E, 45°46.6873 N (438.1 m) 4.97 > 0.50OK3975.0 > 2000KExceeded 0 out of 240 timesOK

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 05

Trace length: 3.844 HzOKNO3.83 > 20K|0.01537| < 0.05OK0.07639 < 0.24844OK0.3676 < 1.58OK

0h16'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)

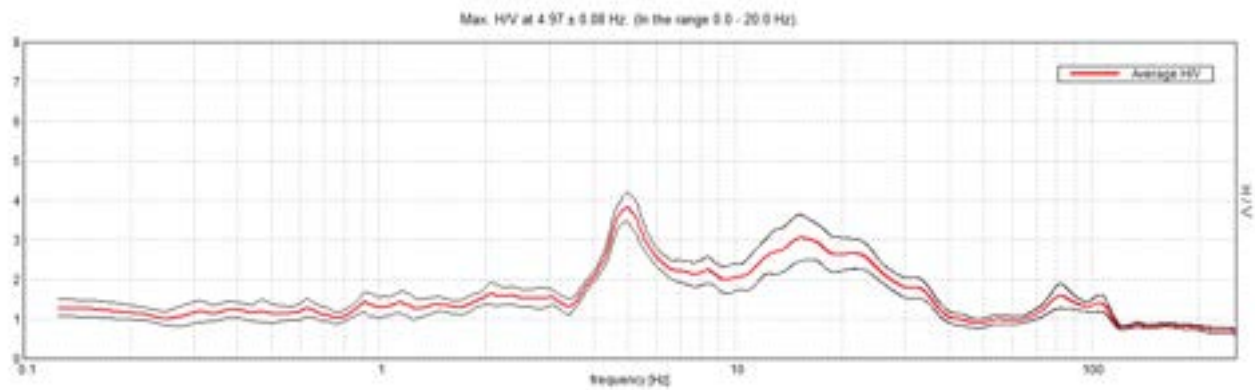
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

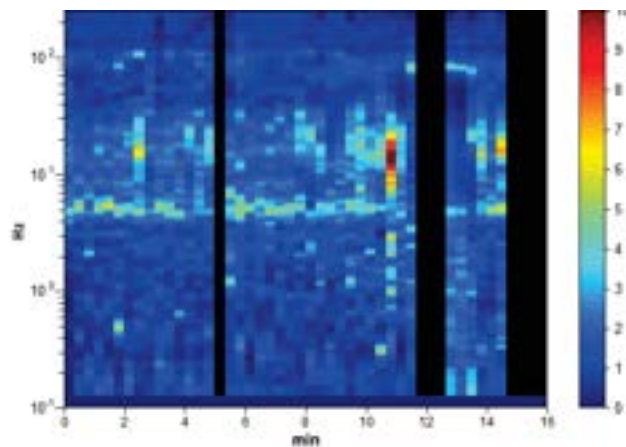
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

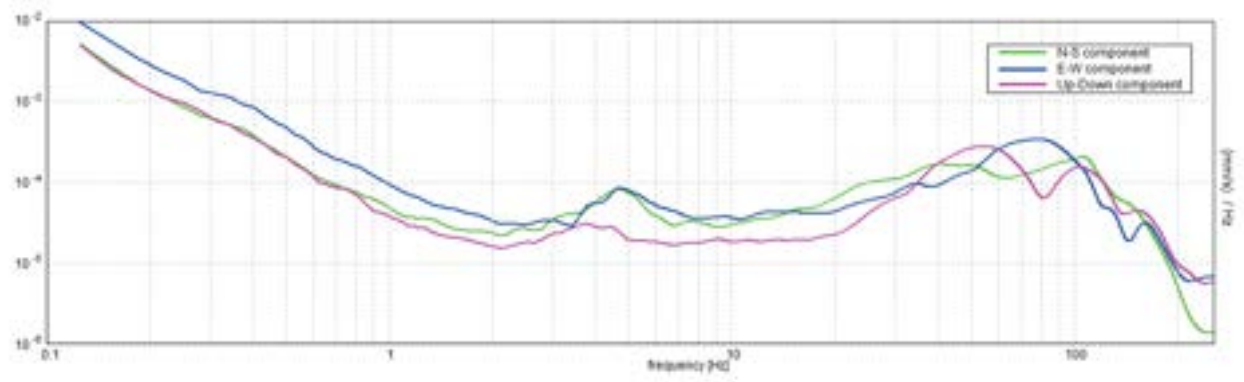
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

--

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$			
$n_c(f_0) > 200$			
$\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$			
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 $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			
$A_0 > 2$			
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$			
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$			
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$			

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
σ_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 σ_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

VELO, T15

Instrument: TEP-0124/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 20/01/17 09:43:58 End recording: 20/01/17 09:54:44

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;

Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-

GPS location: 011°22.8942 E, 45°46.6780 N (352.3 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 05

Trace length: 0h10'36". Analyzed 77% trace (manual window selection)

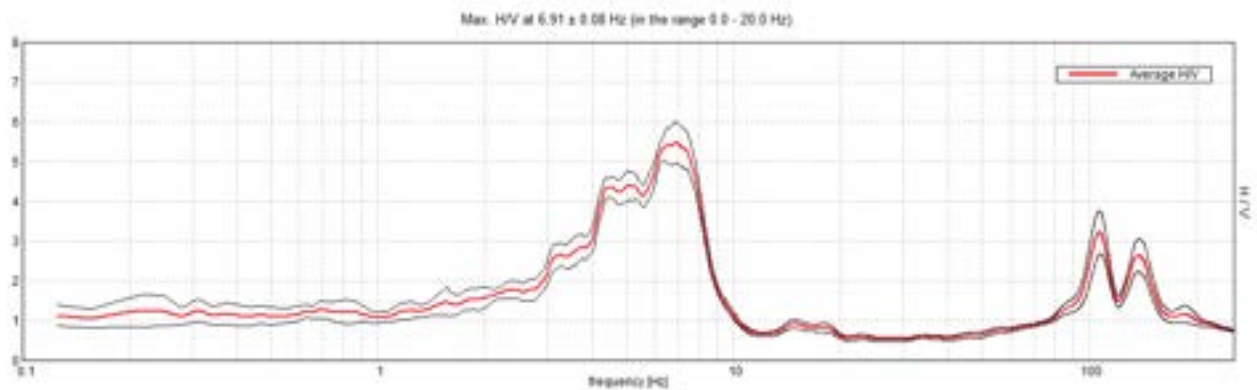
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

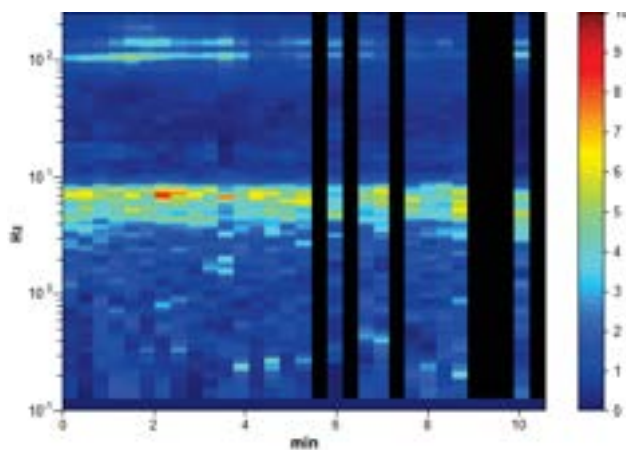
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

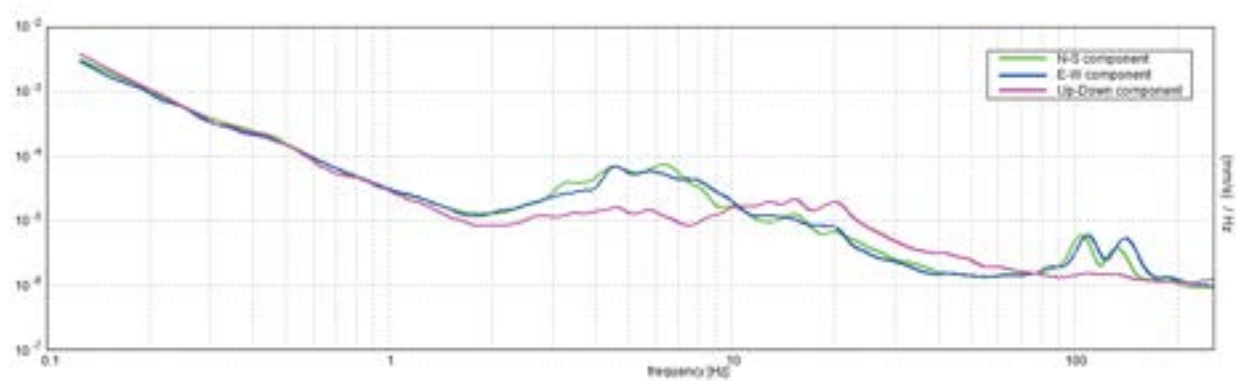
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



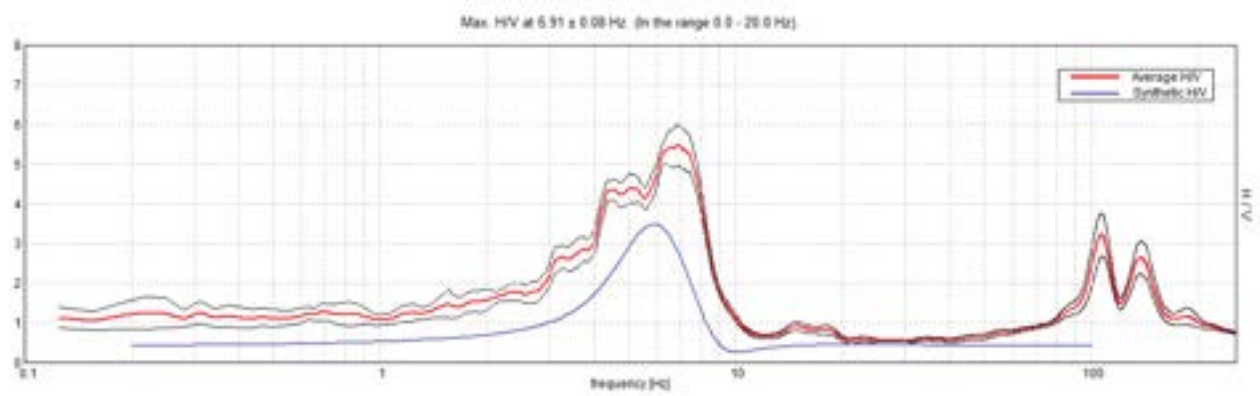
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

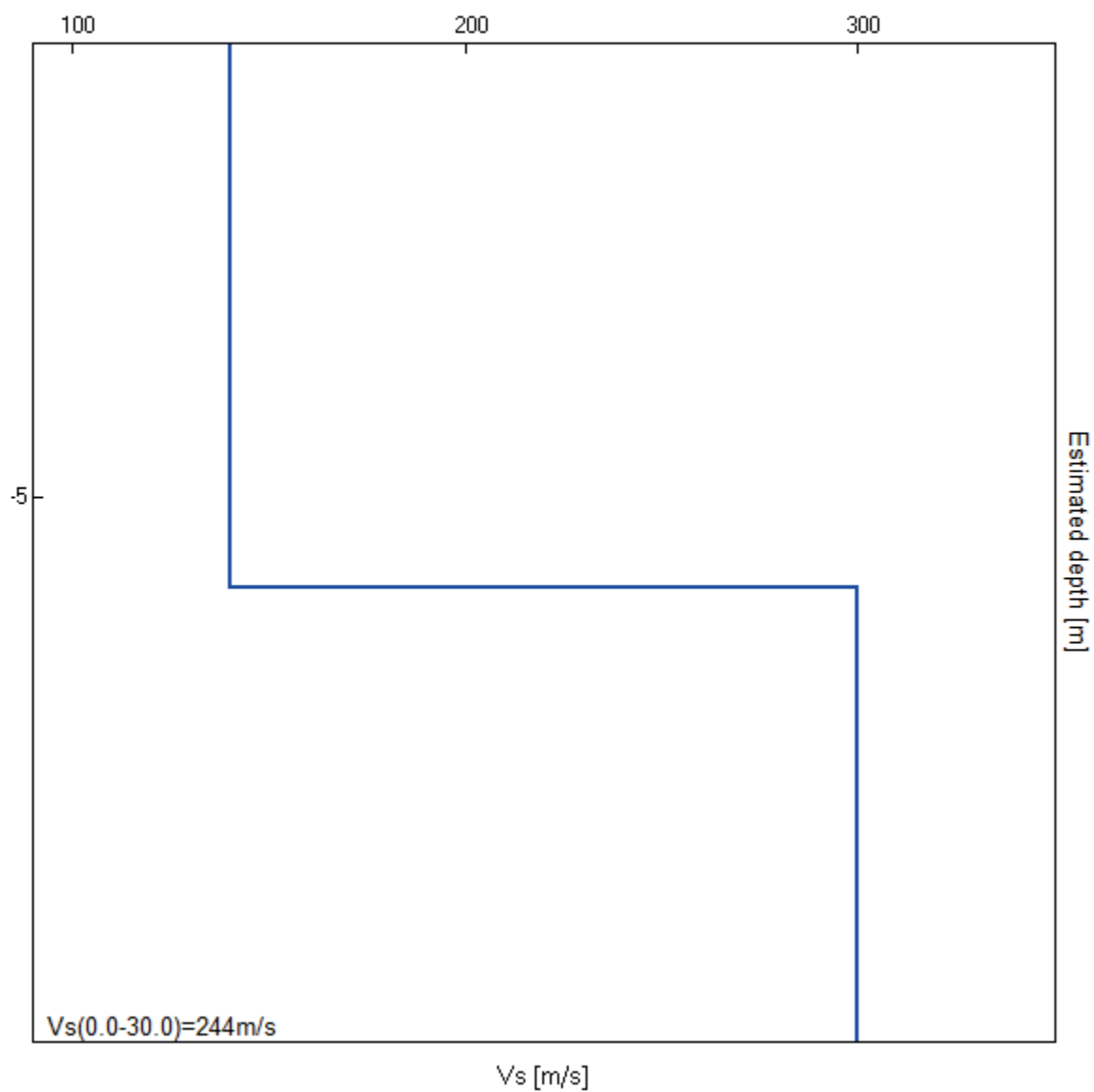


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
6.00	6.00	140	0.42
inf.	inf.	300	0.42

Vs(0.0-30.0)=244m/s



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

Max. H/V at 6.91 ± 0.08 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$6.91 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3315.0 > 200$	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 332 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.531 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.47 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01186 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.08194 < 0.34531$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5066 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T16

Instrument: TRS-0013/01-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 03/01/07 13:33:16 End recording: 03/01/07 13:49:16

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS location: 011°22.9806 E, 45°47.1206 N (350.2 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 04

Trace length: 0h16'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)

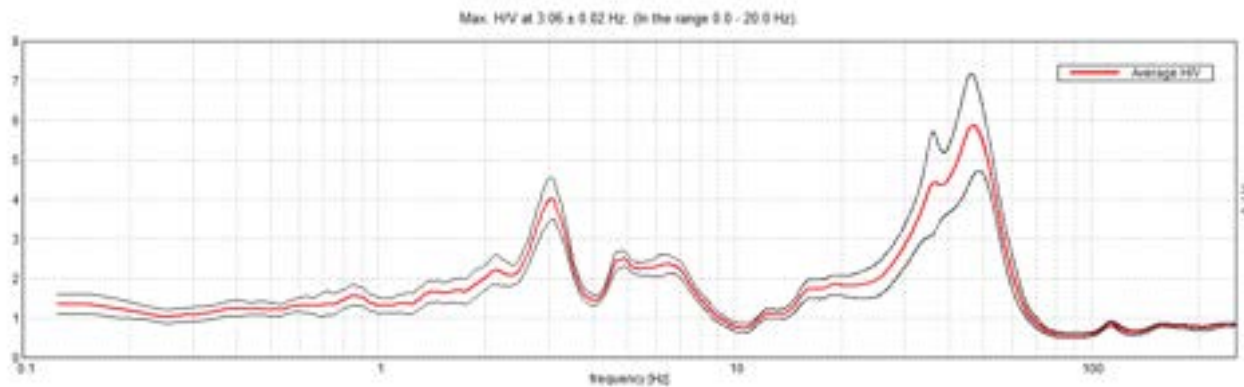
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

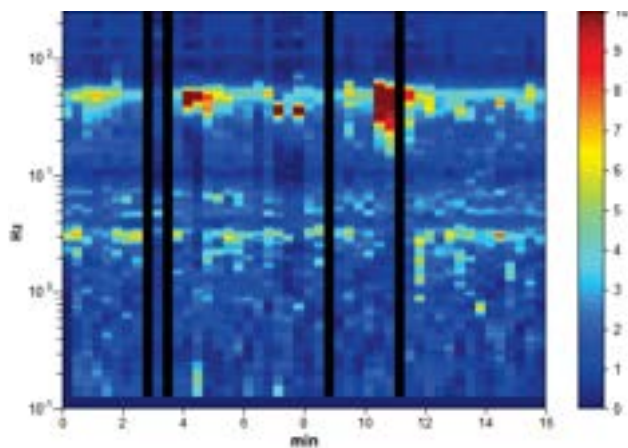
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

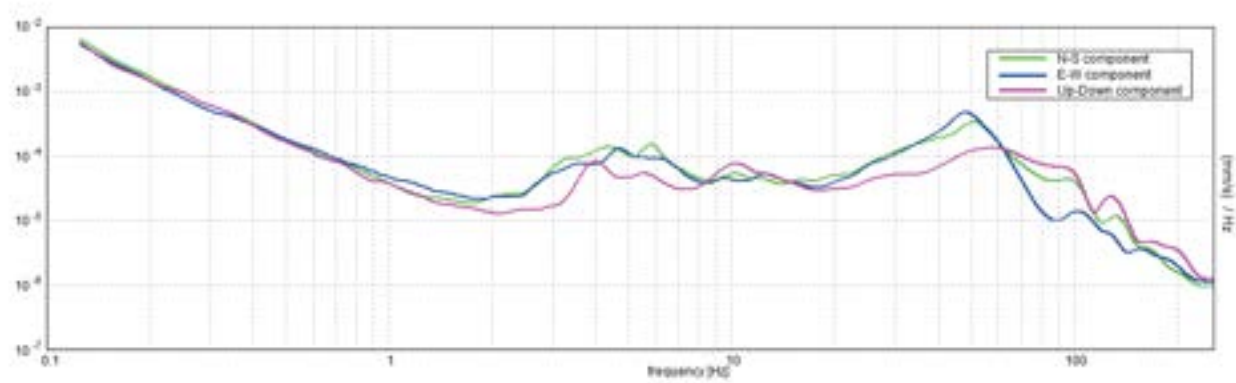
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 3.06 ± 0.02 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.06 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2695.0 > 200$	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 148 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.969 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.625 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.03 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00769 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02356 < 0.15313$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5291 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T17

Instrument: TEP-0124/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 04/01/17 08:08:32 End recording: 04/01/17 08:24:32

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;

Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-

GPS location: 011°22.1299 E, 45°46.6036 N (538.9 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 06

Trace length: 0h16'00". Analysis performed on the entire trace.

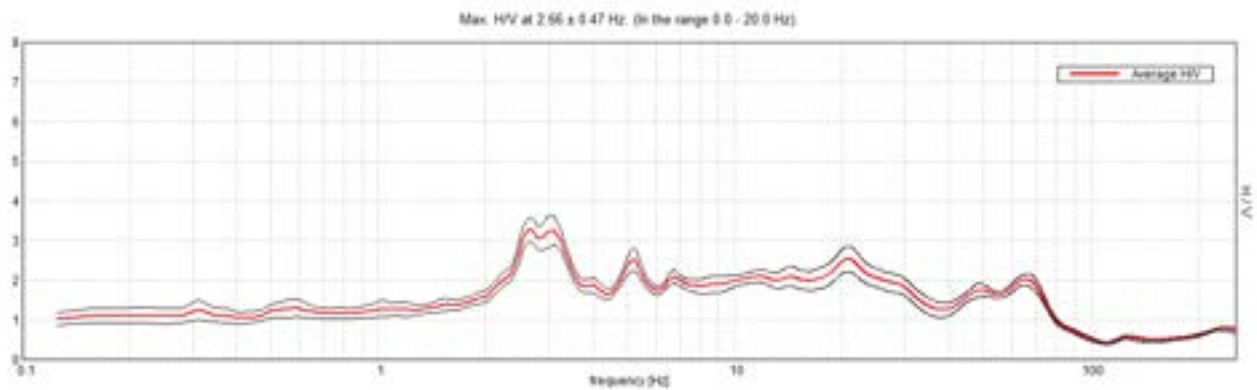
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

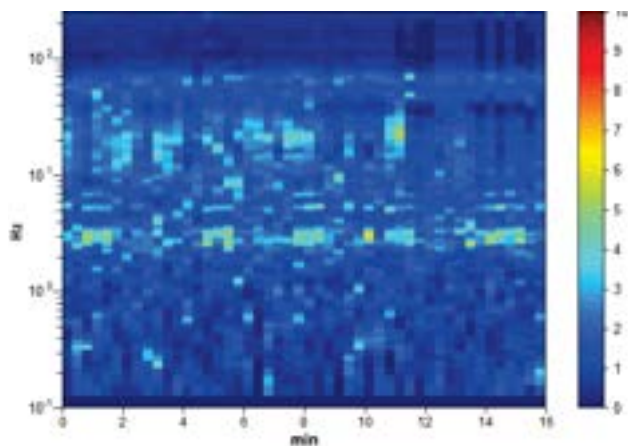
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

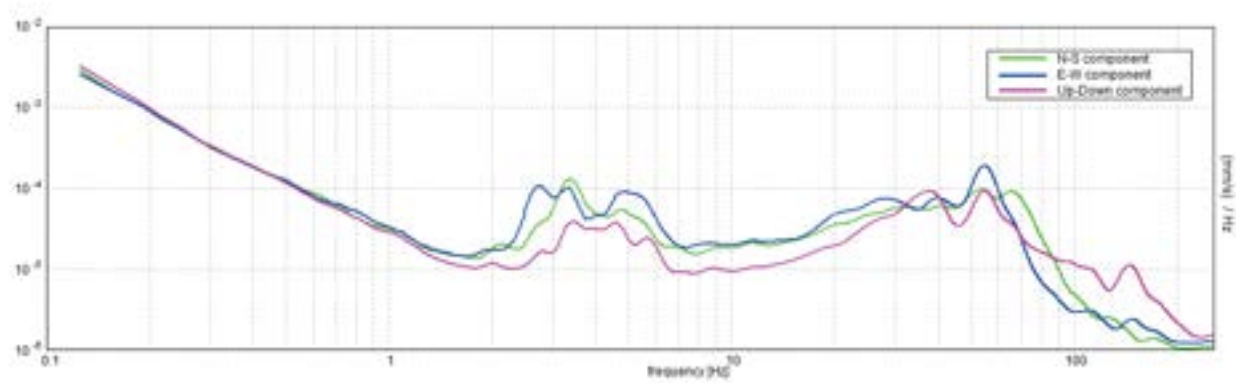
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 2.66 ± 0.47 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.66 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2550.0 > 200$	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 128 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.031 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$3.28 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.1775 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.47148 < 0.13281$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3108 < 1.58$	OKT	

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
σ_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 σ_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

VELO, T18

Instrument: TEP-0124/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 04/01/17 08:51:38 End recording: 04/01/17 09:07:38

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;

Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-

GPS location: 011°22.6400 E, 45°46.9160 N (340.5 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 05

Trace length: 0h16'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)

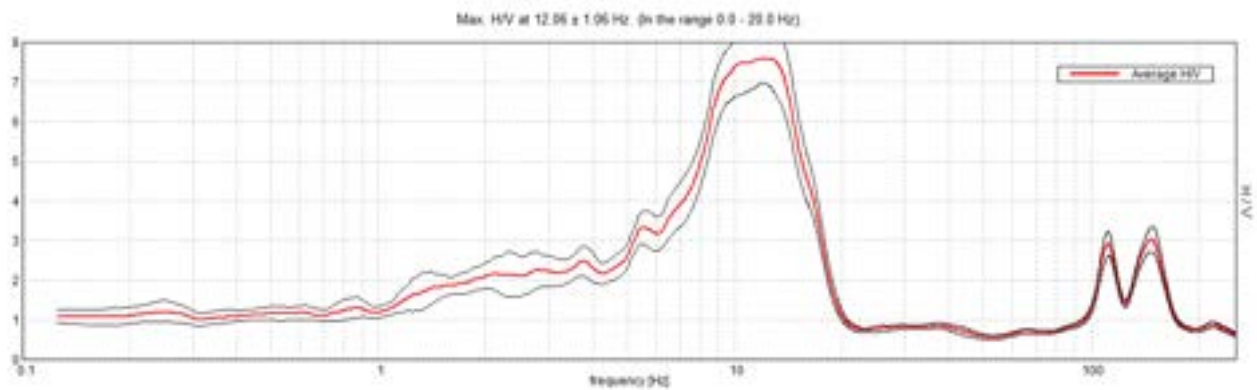
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

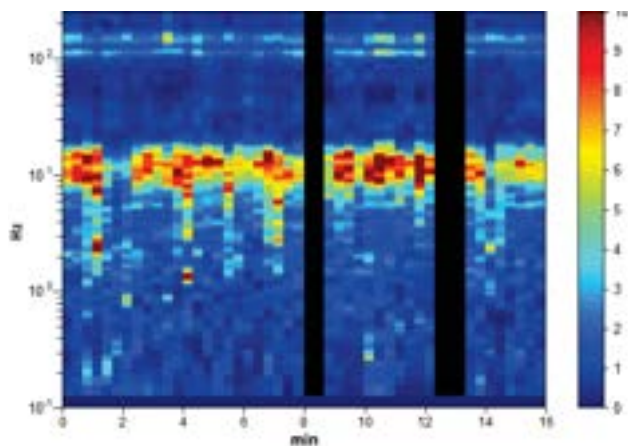
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

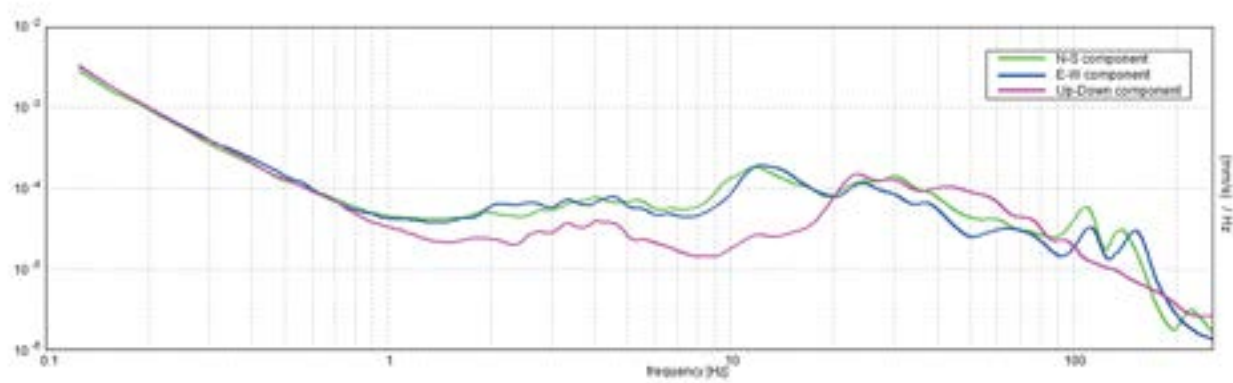
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 12.06 ± 1.06 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$12.06 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$10373.8 > 200$	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 580 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	6.813 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	16.906 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$7.58 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.08778 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.05886 < 0.60313$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6101 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T19

Instrument: TEP-0124/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 04/01/17 09:17:30 End recording: 04/01/17 09:33:30

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;

Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-

GPS location: 011°22.4620 E, 45°47.0167 N (344.4 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 04

Trace length: 0h16'00". Analysis performed on the entire trace.

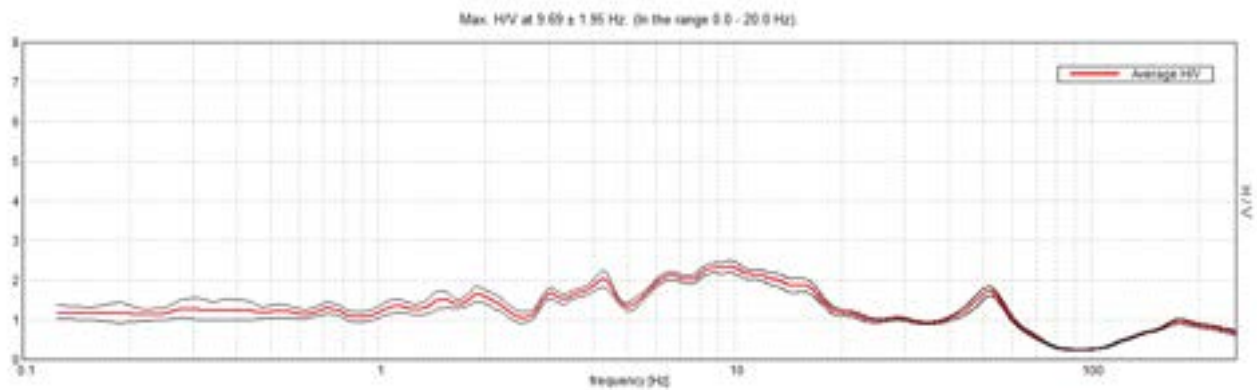
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

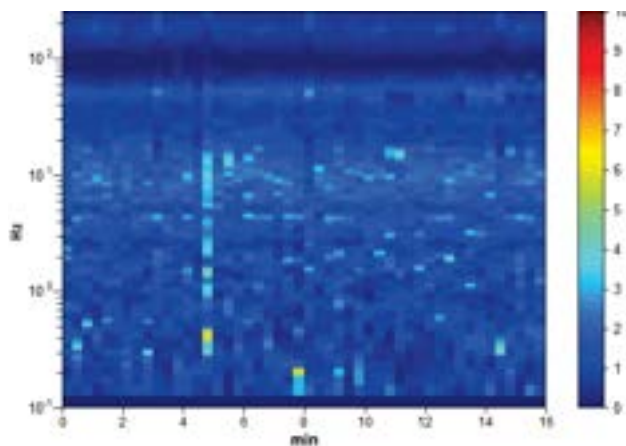
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

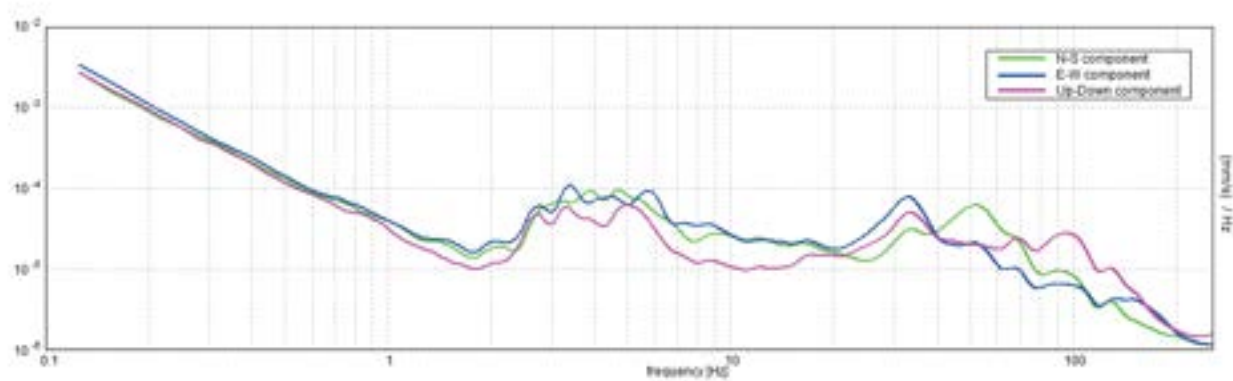
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 9.69 ± 1.95 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$9.69 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$9300.0 > 200$	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 466 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.719 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	20.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.36 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.20095 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.9467 < 0.48438$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1508 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T20

Instrument: TEP-0124/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 04/01/17 09:55:24 End recording: 04/01/17 10:11:24

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;

Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-

GPS location: 011°21.9844 E, 45°47.2947 N (357.0 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 05

Trace length: 0h16'00". Analysis performed on the entire trace.

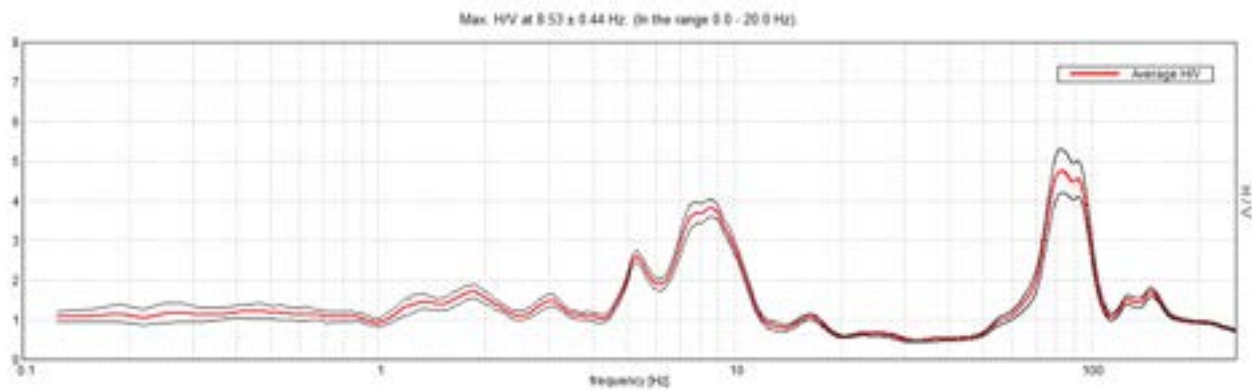
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

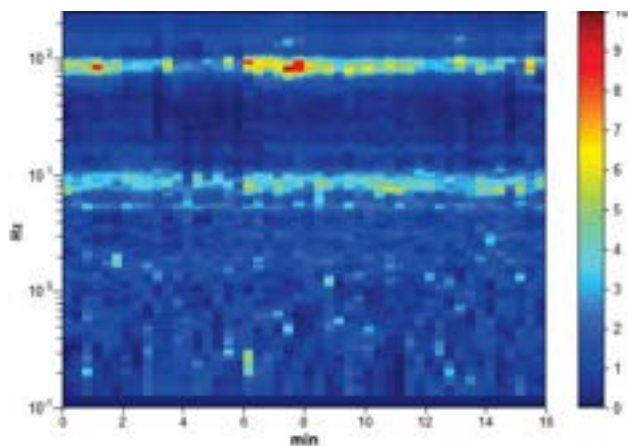
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

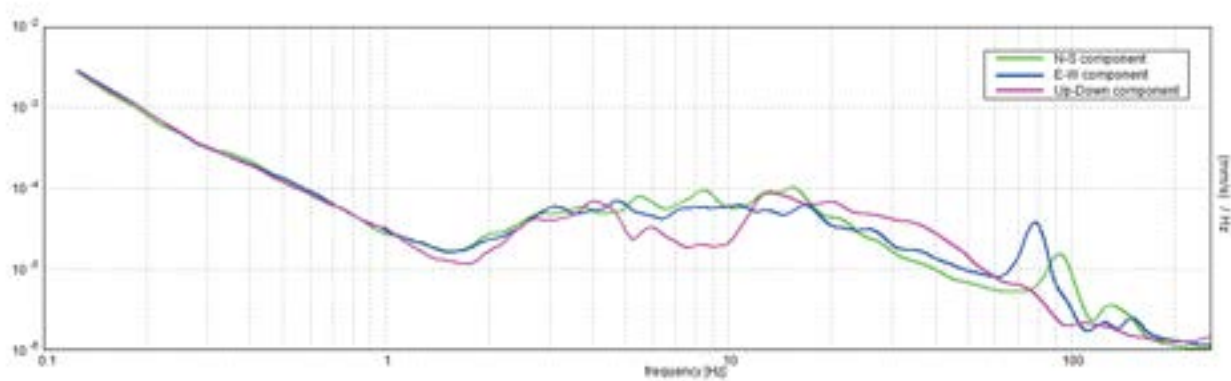
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 8.53 ± 0.44 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$8.53 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$8190.0 > 200$	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 410 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	6.219 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	10.906 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.82 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.05181 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.44199 < 0.42656$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2169 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T21

Instrument: TEP-0124/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 04/01/17 10:34:30 End recording: 04/01/17 10:49:50

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;

Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-

GPS location: 011°21.8231 E, 45°47.3233 N (565.1 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 04

Trace length: 0h15'12". Analyzed 84% trace (manual window selection)

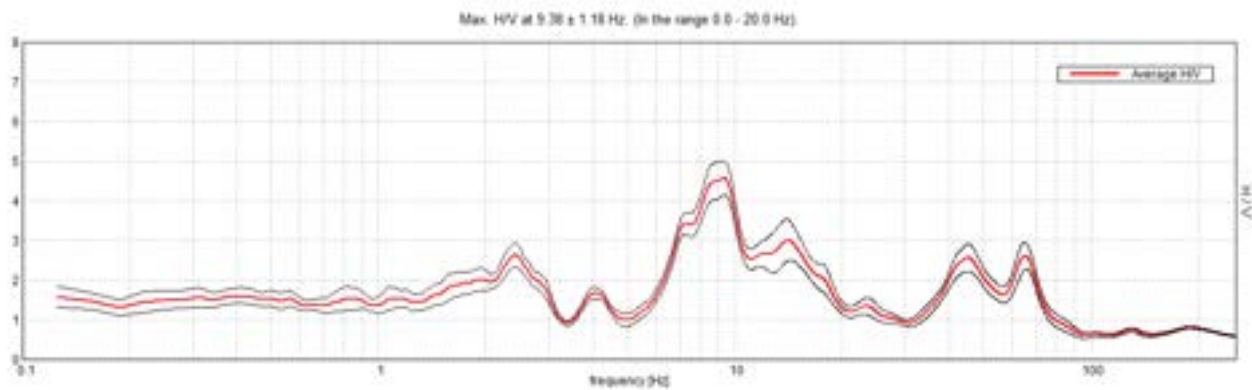
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

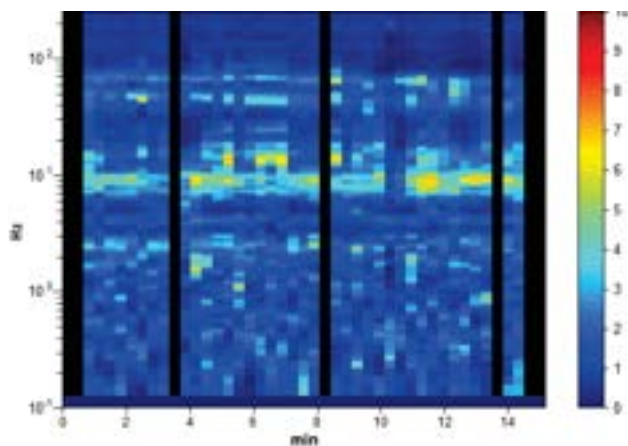
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

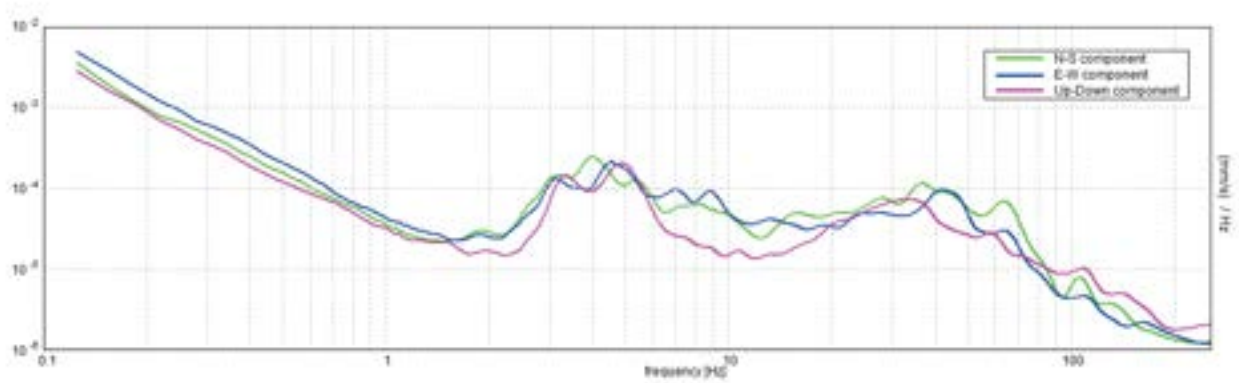
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 9.38 ± 1.18 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$9.38 > 0.50$	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 451 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	6.5 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	16.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.58 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.12623 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.18339 < 0.46875$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4209 < 1.58$	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
σ_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 σ_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

VELO, T22

Instrument: TEP-0124/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 20/01/17 10:03:08 End recording: 20/01/17 10:14:58

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;

Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-

GPS location: 011°21.9782 E, 45°47.3615 N (344.4 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples

Satellite no.: 05

Trace length: 0h11'48". Analyzed 89% trace (manual window selection)

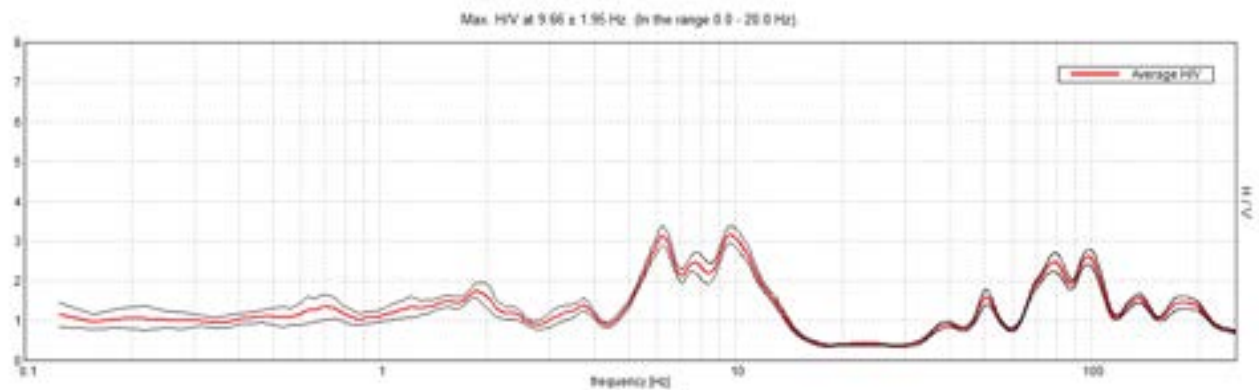
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

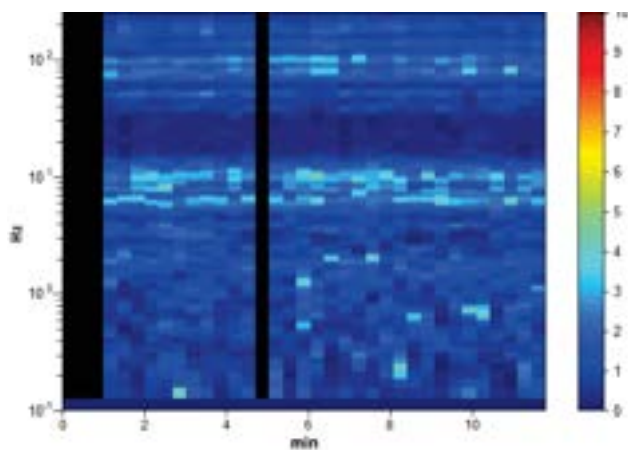
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

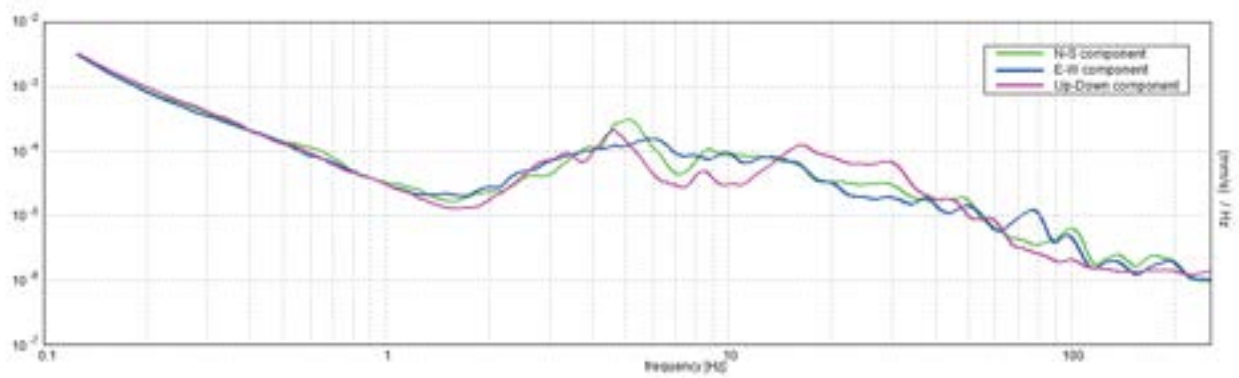
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 9.66 ± 1.95 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$9.66 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$5986.9 > 200$	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 464 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	5.125 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	12.688 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.17 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.20207 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.95119 < 0.48281$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2162 < 1.58$	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
σ_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 σ_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