

ALLEGATO 1



COMUNE DI VIAREGGIO (LU)

INDAGINI GEOTECNICHE E GEOFISICHE A SUPPORTO DELLA REALIZZAZIONE DEL PIANO DEGLI ARENILI.



RELAZIONI SULLE INDAGINI

COMMITTENTE: *COMUNE DI VIAREGGIO (LU)*
Settore Pianificazione Urbanistica e Infrastrutture

LUGLIO 2021

GEO CONSULTING RS

DOTT. GEOL. RICCARDO VAGLI
(n° 1679 Ordine dei Geologi della Toscana)

Riccardo Vagli
**Studio Associato di Geologia
Geo Consulting RS**

Via Fratelli Barberi n. 25
55042 - Forte dei Marmi (LU)

PI. 02457060461 - C.F. 91053050463
e-mail: geoconsultingrs@gmail.com

GEO CONSULTING RS

Via Fratelli Barberi n.25, 55042 - Forte dei Marmi (LU); cell: +393349002456

Codice Fiscale: 91053050463 - P.IVA: 02457060461

e-mail: geoconsultingrs@gmail.com - PEC: geoconsultingrs@pec.it

Su incarico del Comune di Viareggio (*Settore Pianificazione Urbanistica e Infrastrutture DETERMINAZIONE DIRIGENZIALE N. 2033 DEL 11/12/2020*) è stata effettuata la seguente campagna d'indagini:

- n.5 misure di rumore sismico (HVSR)
- n.4 Cone Penetration Test with Porewater Pressure (CPTU)

Di seguito si riportano le relazioni tecniche relative alla campagna d'indagini sopracitata.

Le presenti note illustrano la metodologia delle indagini ed i risultati conseguiti.

Forte dei Marmi (LU), 30/07/2021

GEO CONSULTING RS
DOTT. GEOL. RICCARDO VAGLI
(n° 1679 Ordine dei Geologi della Toscana)

Studio Associato di Geologia
Geo Consulting RS
Via Fratelli Barberi n. 25
55042 - Forte dei Marmi (LU)
P.I. 02457060461 - C.F. 91053050463
e-mail: geoconsultingsrs@gmail.com



COMUNE DI VIAREGGIO (LU)

HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)



RELAZIONE TECNICA

COMMITTENTE: *COMUNE DI VIAREGGIO (LU)*
Settore Pianificazione Urbanistica e Infrastrutture

LUGLIO 2021

GEO CONSULTING RS
DOTT. GEOL. RICCARDO VAGLI
(n° 1679 Ordine dei Geologi della Toscana)
Riccardo Vagli
Studio Associato di Geologia
Geo Consulting RS
Via Fratelli Barben n. 25
55042 - Forte dei Marmi (LU)
P.I. 02457060463 - C.F. 91053050463
e-mail: geoconsultingrs@gmail.com

GEO CONSULTING RS

Via Fratelli Barben n.25, 55042 - Forte dei Marmi (LU); cell: +393349002456
Codice Fiscale: 91053050463 - P.IVA: 02457060461
e-mail: geoconsultingrs@gmail.com - PEC: geoconsultingrs@pec.it

Sommario

1	Premessa.....	1
2	Sistema di acquisizione	1
2.1	Sismografo	1
2.2	Sistema di energizzazione.....	1
2.3	Apparecchiatura di ricezione.....	1
3	HVSR	1
3.1	Elaborazione HVSR	3
3.2	Analisi dei risultati delle Indagini di Sismica Passiva HVSR.....	15

ALLEGATI

Allegato 1 – Ubicazione indagini sismiche	(Scala 1:10000)
Allegato 2 – Ubicazione di dettaglio delle indagini sismiche	(Scala 1:2000)
Allegato 3 – Documentazione fotografica	

1 Premessa

Su incarico del Comune di Viareggio (*Settore Pianificazione Urbanistica e Infrastrutture*) è stata effettuata la seguente campagna d'indagini:

- n.5 misure di rumore (HVSR);

Le presenti note illustrano la metodologia delle indagini ed i risultati conseguiti.

2 Sistema di acquisizione

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti strumentazioni:

- Sismografo;
- Sistema energizzazione;
- Apparecchiatura di ricezione;
- Trigger;

2.1 SISMOGRAFO

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico **DAQ Link III** della Seismic Source a 24 canali avente le seguenti caratteristiche:

Impedenza di ingresso 100 kohm

Range dinamico 144 dB

Larghezza di banda da 0 a 15 kHz con filtro analogico a risposta piatta fino a 8000 Hz. Filtro digitale fino a 85% della frequenza di Nyquist

Conversione Analogico Digitale 24 bit

Filtri in acquisizione e in uscita

Intervallo di campionamento selezionabile 0.065, 0.125, 0.500, 1.00, 2.00, 4.00, 8.00, 16.00 millisecondi

Durata della registrazione 32000 campioni

Frequenza di campionamento 8000, 4000, 2000, 1000, 250, 125, 62.5 Hz

Ritardo Pre-trigger fino a 10 secondi

Precisione trigger ± 1 microsecondo a qualsiasi frequenza di campionamento

Rumore di fondo 0.2 microVolt RMS (frequenza di campionamento 2 msec)

Crosstalk migliore di 125 dB

Common Mode Rejection maggiore di 100 dB

Ethernet da 100 Mb

2.2 SISTEMA DI ENERGIZZAZIONE

Come sorgente energizzante è stato utilizzato il rumore sismico ambientale.

2.3 APPARECCHIATURA DI RICEZIONE

L'acquisizione sismica passiva è stata realizzata utilizzando un geofono 3D con frequenza propria pari a 2 Hz.

3 HVSR

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

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

- ove determinabile, la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso, a seguito di analisi correlate sarà possibile confrontare le frequenze di sito e dell'edificio, e valutare se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la velocità media delle onde di taglio V_s calcolata tramite uno specifico software di calcolo, per cui è possibile determinare la V_{s30} e la relativa categoria del suolo di fondazione come richiesto dalle N.T.C. 2008;
- la stratigrafia del sottosuolo con un ampio range di profondità di indagine, e secondo il principio che in termini di stratigrafia del sottosuolo, uno strato è inteso come unità distinta, in termini di contrasto d'impedenza sismica.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori. La forma di un'onda registrata in un sito oggetto di indagine è funzione di:

- dalla forma dell'onda prodotta dall'insieme delle sorgenti s dei microtremori;
- dal percorso dell'onda dalle sorgenti s fino alla posizione x del sito oggetto di indagine e funzione dei processi di attenuazione, riflessione, rifrazione e canalizzazione di guida d'onda;
- dalla modalità di acquisizione dello strumento in funzione dei parametri e delle caratteristiche strumentali.

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

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

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

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

Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte di informazioni correlata al contenuto frequenziale del segnale che può essere estratta e che permette di ottenere informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore (figura 1).

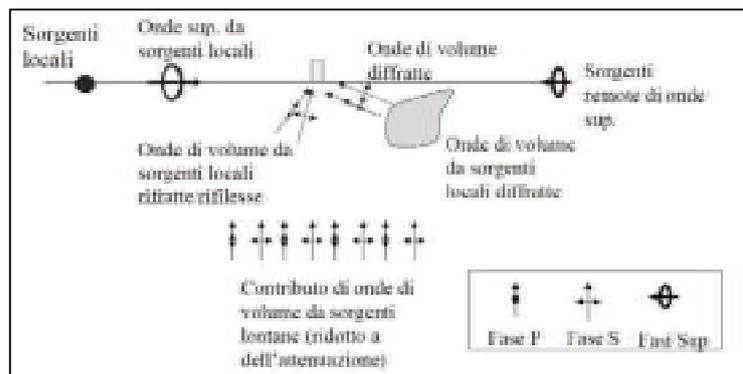


Figura 1 - Modalità di generazione e propagazione e propagazione di microtremore.

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

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

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

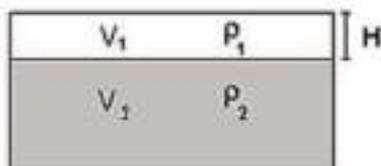
L'ottenimento di una stratigrafia sismica da indagini a stazione singola, deriva dai primi studi di Kanai (1957) in poi, per cui diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito.

Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

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

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

Consideriamo il sistema della figura seguente in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità e le diverse velocità delle onde sismiche. Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.



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

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

$$(f_r) = V_{s1}/4H$$

$$(f_r) = V_{p1}/4H$$

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

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

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1.

Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione 1.

L'interpretazione dei dati consente di correlare il valore di un eventuale picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del bedrock geofisico e di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo.

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 possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito.

Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

3.1 ELABORAZIONE HVSR

L'elaborazione dei dati raccolti impiega il software *winMASW Professional 6.1* in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali

secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (Site effects assessment using ambient excitations, 2005).

Il processing dei dati verte sul rapporto spettrale tra il segnale del sensore verticale e quelli orizzontali operando su finestre di selezione del segnale.

In fase di elaborazione vengono seguite le seguenti operazioni:

1. la registrazione viene suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno,
2. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti,
3. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale,
4. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano "stabili" ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato, che gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti "dominanti" e che la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

Le risultanze dell'elaborazione sono presentate mediante rappresentazione grafica dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di f_0 – Frequenza/e di risonanza e la sua deviazione standard.

HVSR1

Coordinate Roma Monte Mario (EPGS 3003): 1598833 – 4860071

Dataset: bfirenze.saf
 Sampling frequency (Hz): 200
 Window length (sec): 20
 Length of analysed temporal sequence (min): 37.6
 Tapering (%): 10

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI – RAPPORTO SPETTRALE H/V

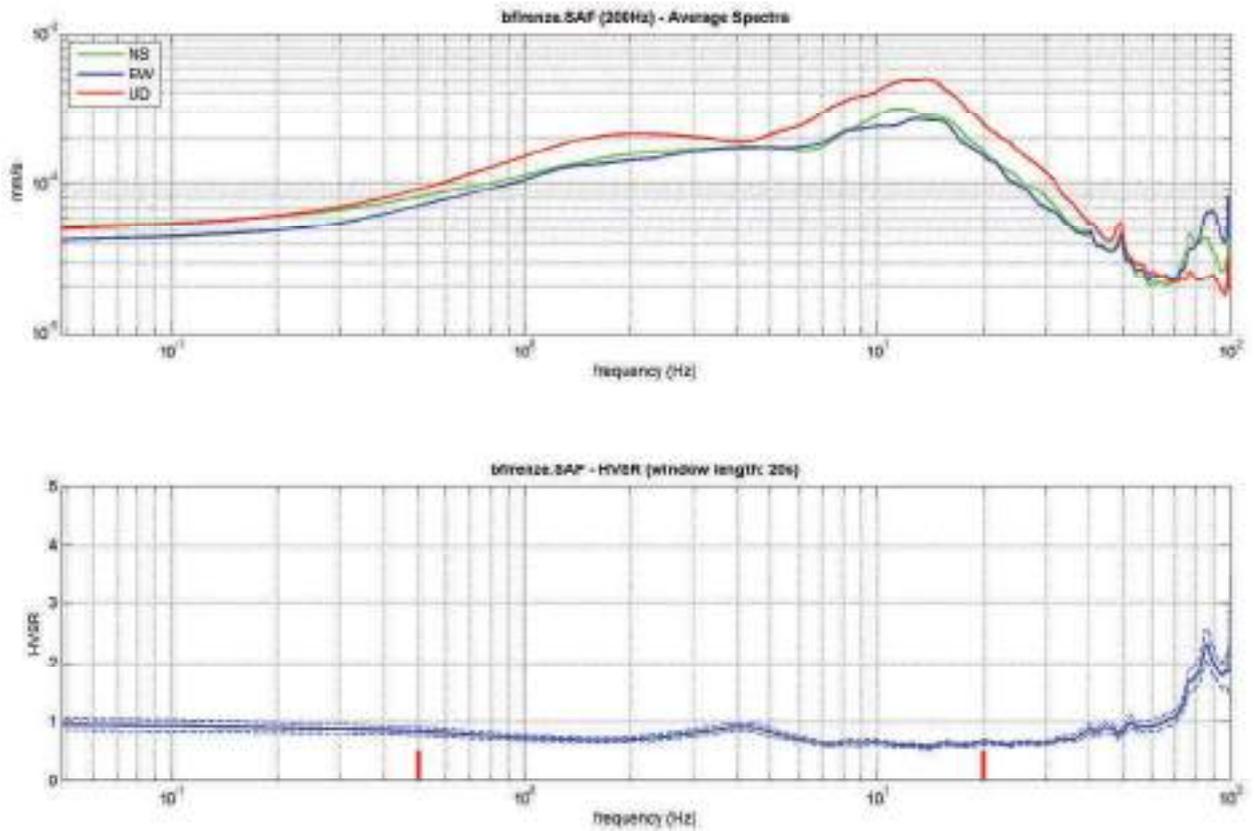
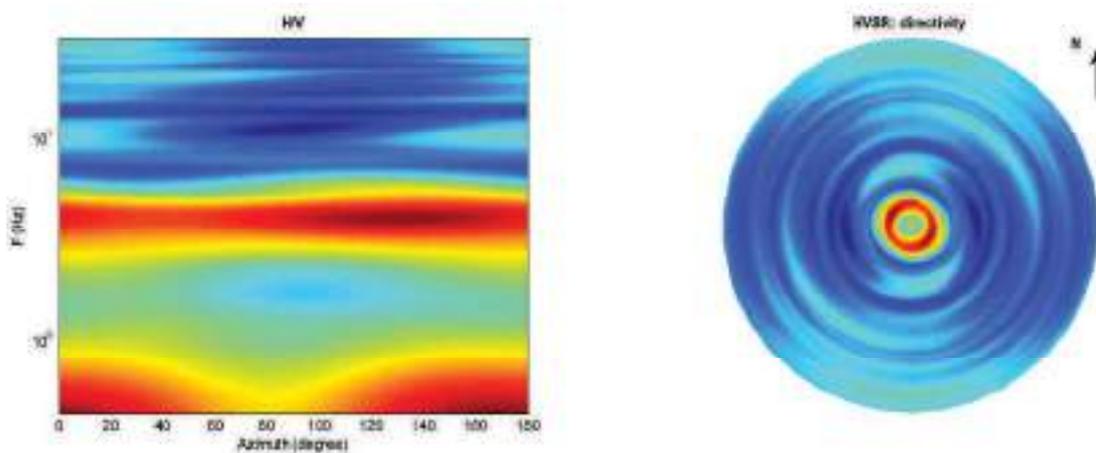
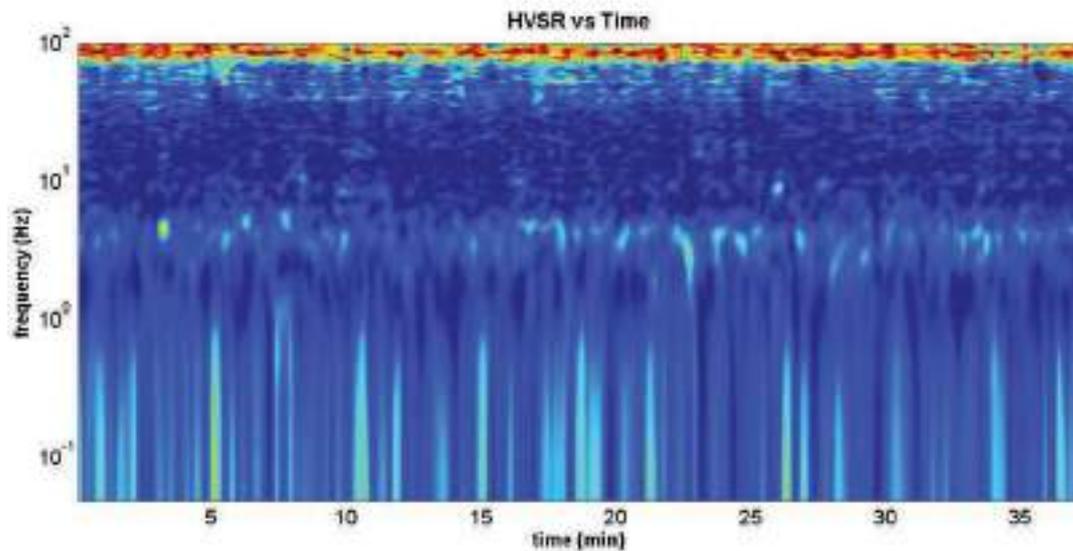


Figura 2 - Nel rettangolo rosso è indicato il picco a 4,2 Hz di frequenza Hz.

DIREZIONALITA' H/V



STAZIONARIETA' H/V



In the following the results considering the data in the 0.5 – 20.0 frequency range

Peak frequency (Hz): 4.2 (± 3.3)

Peak HVSR value: 0.9 (± 0.1)

Check-list corrispondenza analisi agli standard SESAME

Criteria for a reliable H/V curve

- #1. [$f_0 > 10/L_w$]: 4.2 > 0.5 (OK)
- #2. [$n_c > 200$]: 18822 > 200 (OK)
- #3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

Criteria for a clear H/V peak

- #1. [exists f_- in the range $[f_0/4, f_0]$ | $AH/V(f_-) < A_0/2$]: (NO)
- #2. [exists f_+ in the range $[f_0, 4f_0]$ | $AH/V(f_+) < A_0/2$]: (NO)
- #3. [$A_0 > 2$]: 0.9 < 2 (NO)
- #4. [$f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (OK)
- #5. [$\sigma_{Af} < \epsilon(f_0)$]: 3.333 > 0.210 (NO)
- #6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: 0.062 < 1.58 (OK)

HVSR2

Coordinate Roma Monte Mario (EPGS 3003): 1599173 – 4859395

Dataset: principino.saf
 Sampling frequency (Hz): 200
 Window length (sec): 20
 Length of analysed temporal sequence (min): 40.0
 Tapering (%): 10

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI – RAPPORTO SPETTRALE H/V

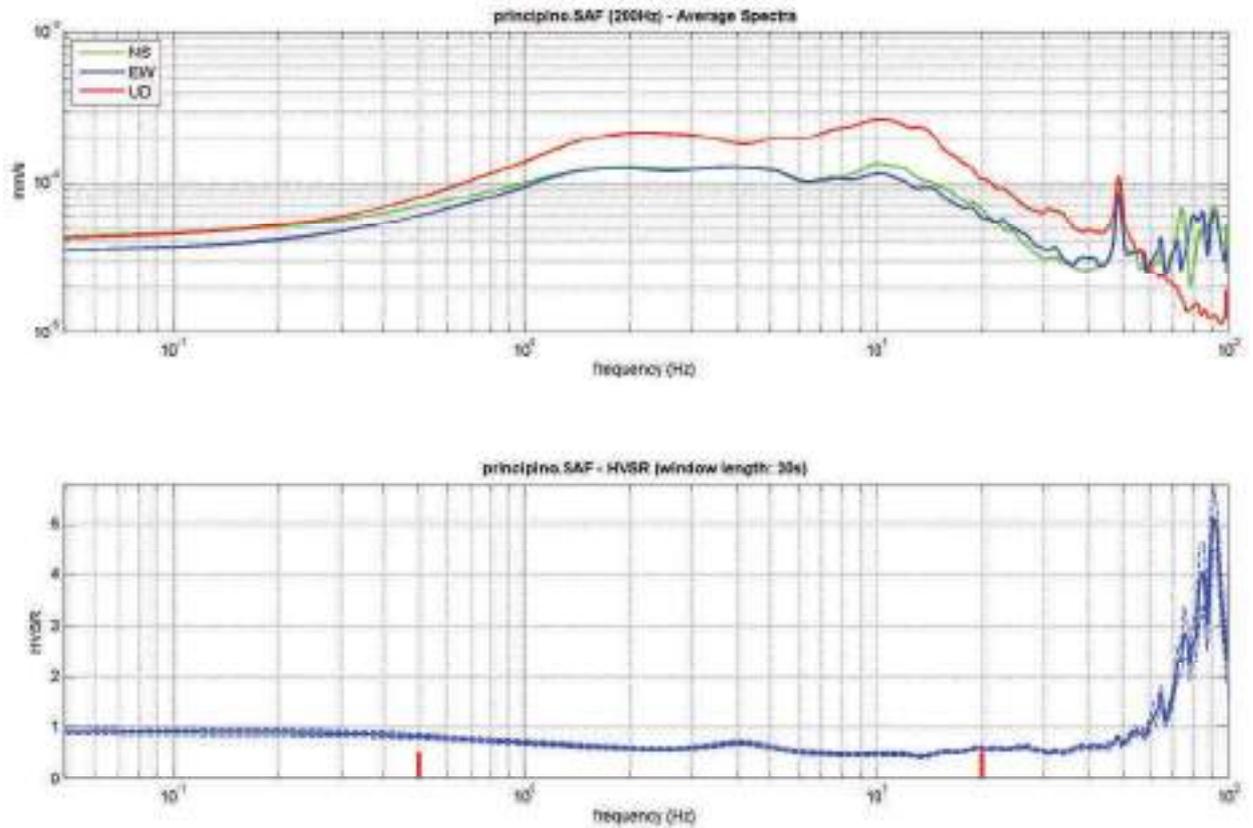
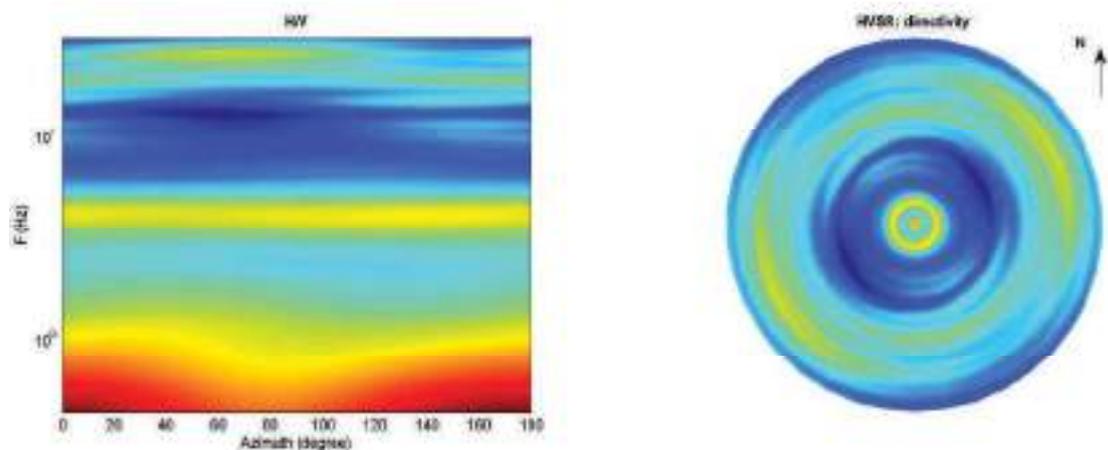
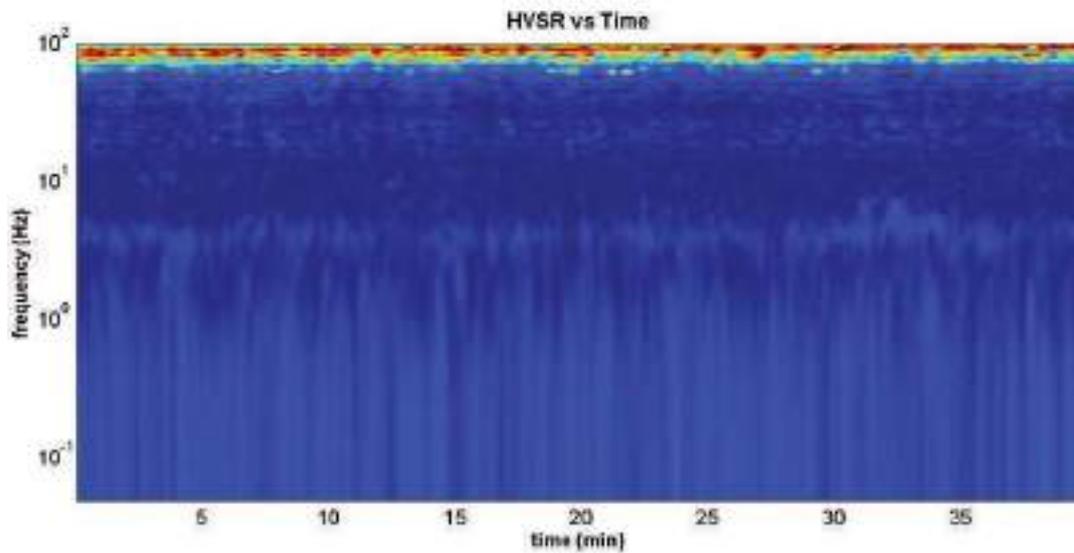


Figura 3 - Nel rettangolo rosso è indicato il picco a 0,5 Hz di frequenza Hz.

DIREZIONALITA' H/V



STAZIONARIETA' H/V



In the following the results considering the data in the 0.5 – 20.0 frequency range

Peak frequency (Hz): 0.5 (± 4.4)

Peak HVSr value: 0.8 (± 0.1)

Check-list corrispondenza analisi agli standard SESAME

Criteria for a reliable H/V curve

- #1. $[f_0 > 10/Lw]: 0.5 > 0.5$ (OK)
- #2. $[n_c > 200]: 2569 > 200$ (OK)
- #3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

Criteria for a clear H/V peak

- #1. $[\text{exists } f_- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f_-) < A_0/2]:$ (NO)
- #2. $[\text{exists } f_+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f_+) < A_0/2]:$ (NO)
- #3. $[A_0 > 2]: 0.8 < 2$ (NO)
- #4. $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]:$ (NO)
- #5. $[\sigma_{Af} < \epsilon(f_0)]: 4.432 > 0.081$ (NO)
- #6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]: 0.053 < 2.00$ (OK)

HVSR3

Coordinate Roma Monte Mario (EPGS 3003): 1599464 – 4858771

Dataset: ANITA.saf
 Sampling frequency (Hz): 200
 Window length (sec): 20
 Length of analysed temporal sequence (min): 45.0
 Tapering (%): 10

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI – RAPPORTO SPETTRALE H/V

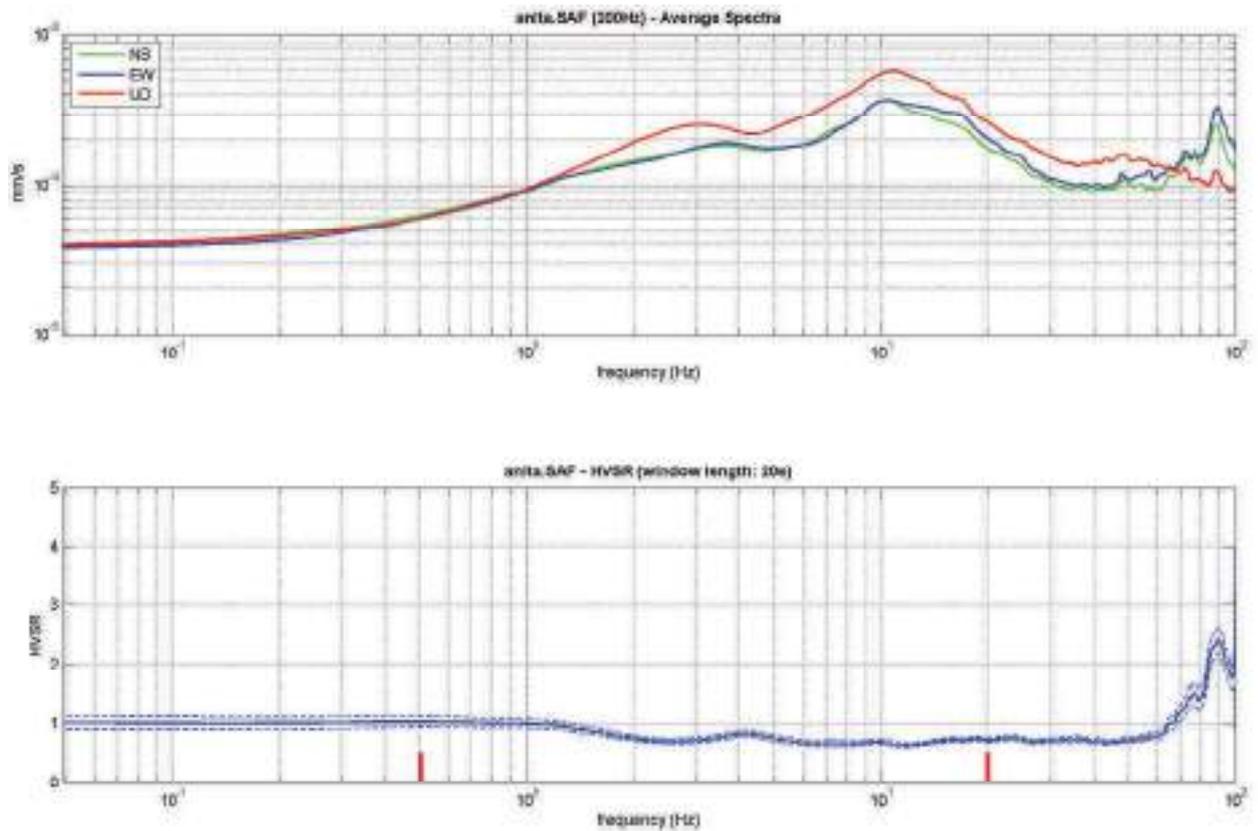
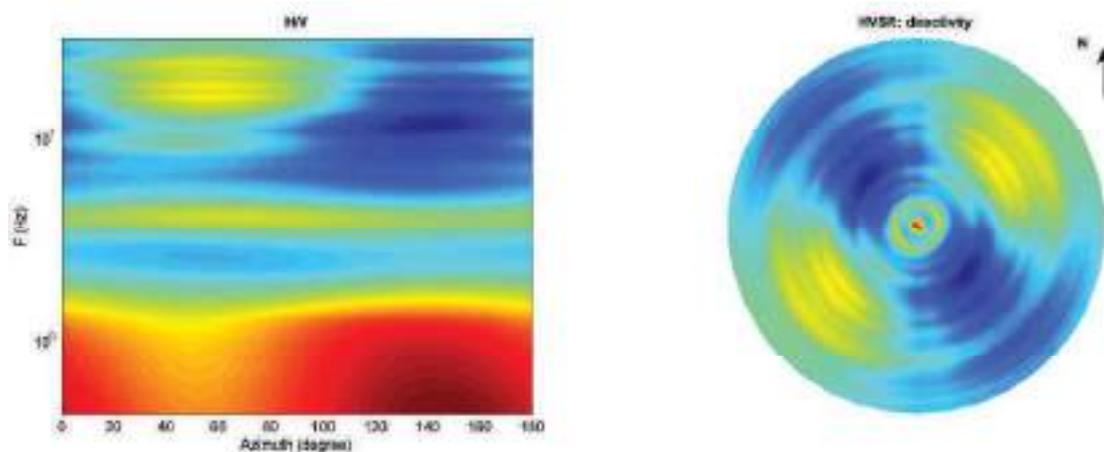
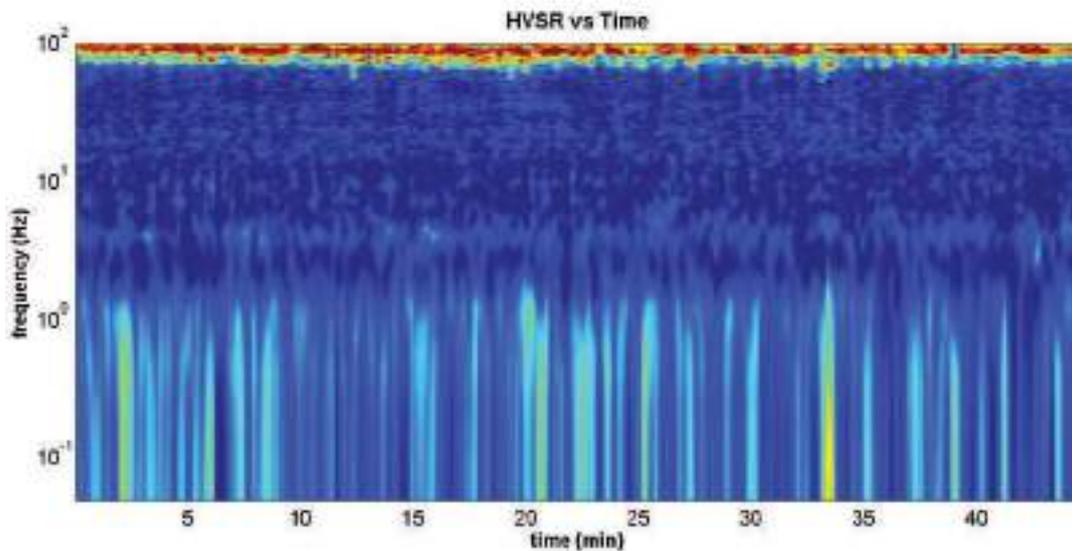


Figura 4 - Nel rettangolo rosso è indicato il picco a 0,5 Hz di frequenza Hz.

DIREZIONALITA' H/V



STAZIONARIETA' H/V



In the following the results considering the data in the 0.5 – 20.0 frequency range

Peak frequency (Hz): 0.5 (± 3.7)

Peak HVSr value: 1.0 (± 0.1)

Check-list corrispondenza analisi agli standard SESAME

Criteria for a reliable H/V curve

#1. [$f_0 > 10/Lw$]: $0.5 > 0.5$ (OK)

#2. [$n_c > 200$]: $2880 > 200$ (OK)

#3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

Criteria for a clear H/V peak

#1. [exists f_- in the range $[f_0/4, f_0]$ | $AH/V(f_-) < A_0/2$]: (NO)

#2. [exists f_+ in the range $[f_0, 4f_0]$ | $AH/V(f_+) < A_0/2$]: (NO)

#3. [$A_0 > 2$]: $1.0 < 2$ (NO)

#4. [$f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (NO)

#5. [$\sigma_A(f) < \epsilon(f_0)$]: $3.727 > 0.081$ (NO)

#6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: $0.089 < 2.00$ (OK)

HVSR4

Coordinate Roma Monte Mario (EPGS 3003): 1599744 – 4858232

Dataset: martinelli.saf
 Sampling frequency (Hz): 200
 Window length (sec): 20
 Length of analysed temporal sequence (min): 45.0
 Tapering (%): 10

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI – RAPPORTO SPETTRALE H/V

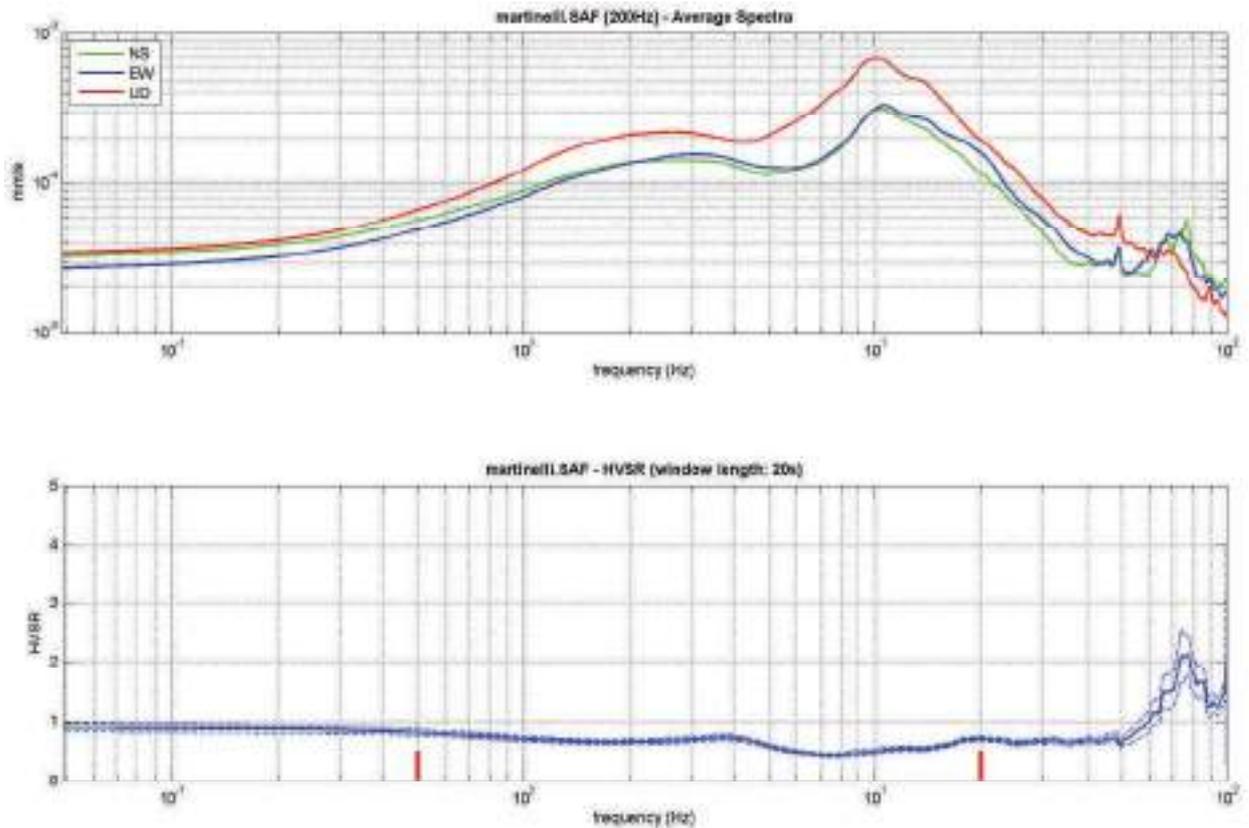
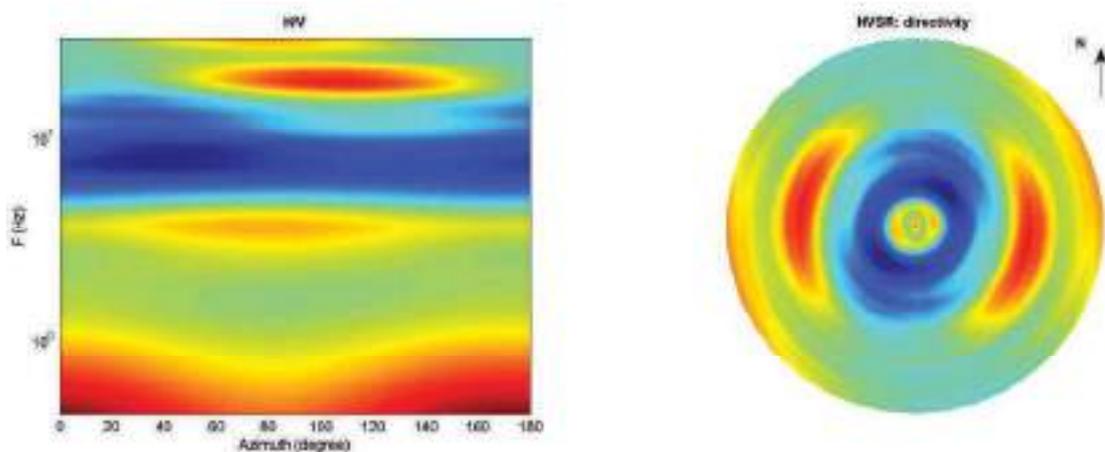
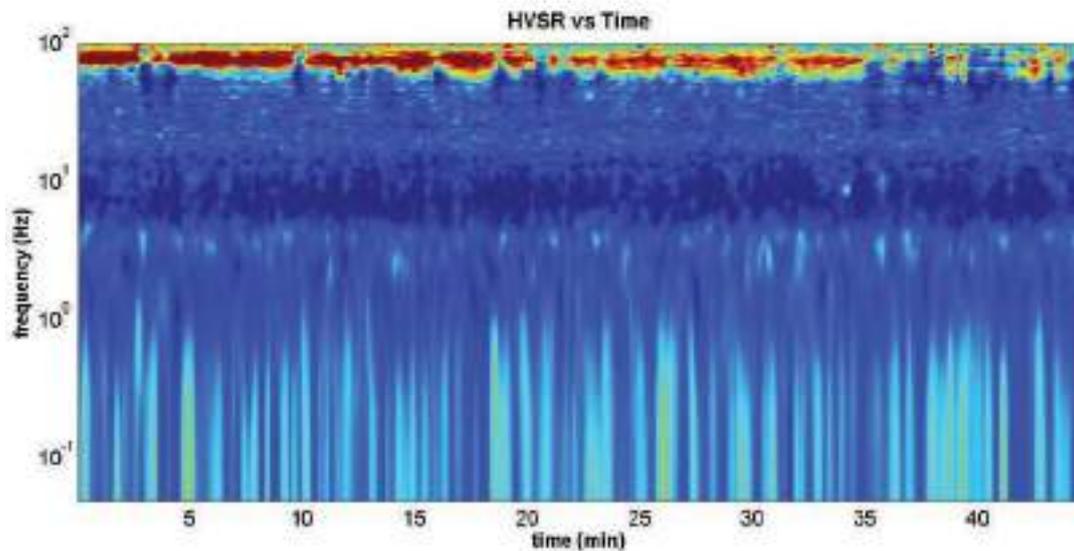


Figura 5 - Nel rettangolo rosso è indicato il picco a 0,5 Hz di frequenza Hz.

DIREZIONALITA' H/V



STAZIONARIETA' H/V



In the following the results considering the data in the 0.5 – 20.0 frequency range

Peak frequency (Hz): 0.5 (± 7.6)

Peak HVSR value: 0.8 (± 0.1)

Check-list corrispondenza analisi agli standard SESAME

Criteria for a reliable H/V curve

#1. $[f_0 > 10/Lw]: 0.5 > 0.5$ (OK)

#2. $[nc > 200]: 2880 > 200$ (OK)

#3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

Criteria for a clear H/V peak

#1. $[\text{exists } f_- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f_-) < A_0/2]:$ (NO)

#2. $[\text{exists } f_+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f_+) < A_0/2]:$ (NO)

#3. $[A_0 > 2]: 0.8 < 2$ (NO)

#4. $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]:$ (NO)

#5. $[\sigma_A(f) < \epsilon(f_0)]: 7.561 > 0.081$ (NO)

#6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]: 0.057 < 2.00$ (OK)

HVSR5

Coordinate Roma Monte Mario (EPGS 3003): 1599870 – 4857644

Dataset: flora.saf
 Sampling frequency (Hz): 200
 Window length (sec): 20
 Length of analysed temporal sequence (min): 45.0
 Tapering (%): 10

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI – RAPPORTO SPETTRALE H/V

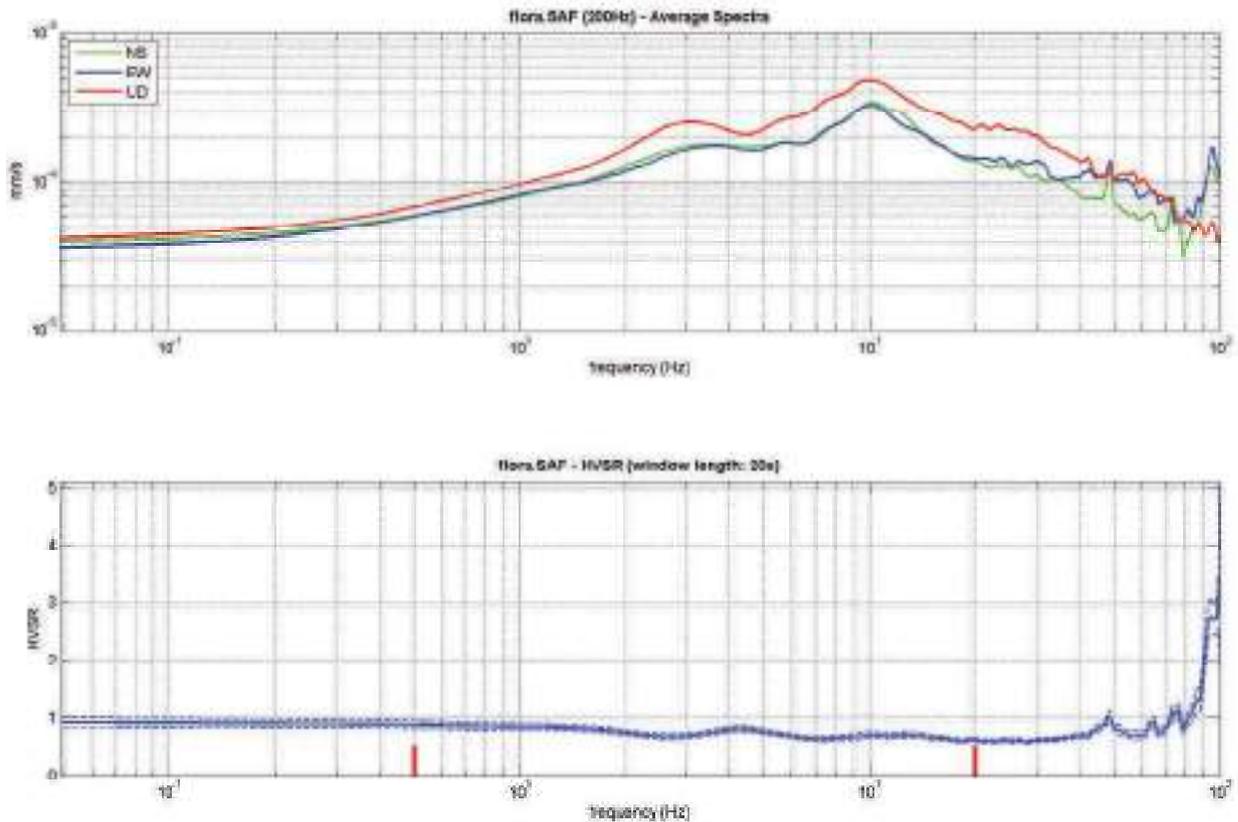
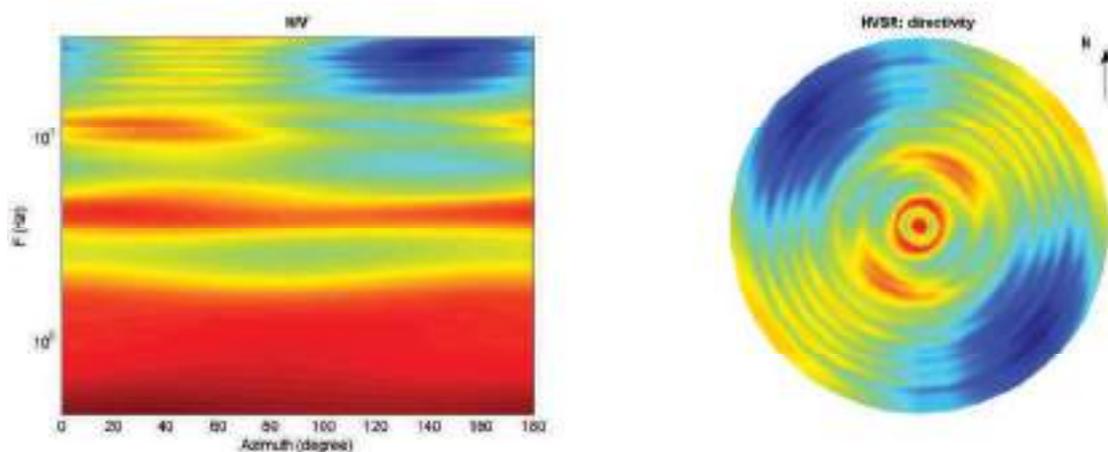
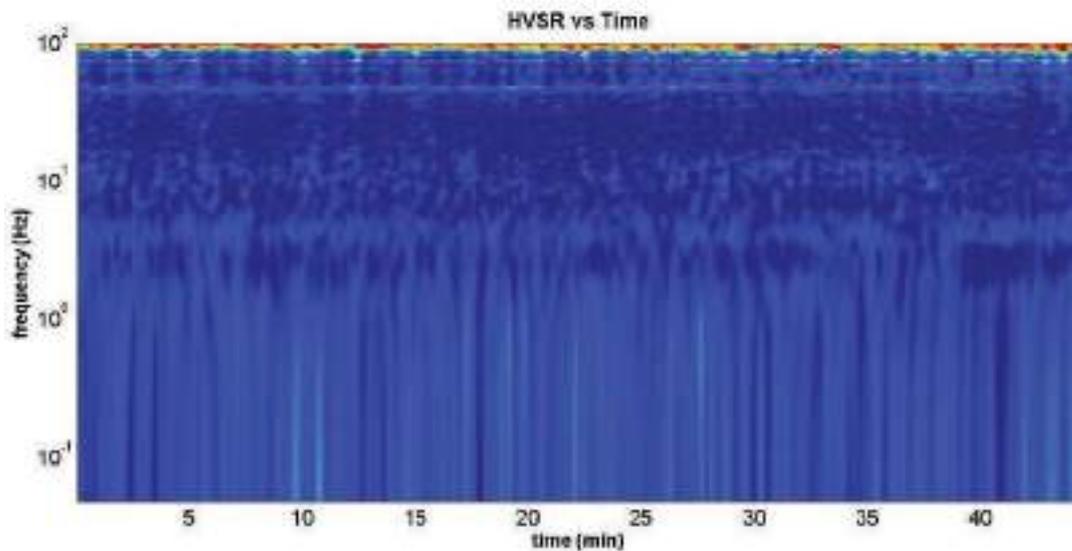


Figura 6 - Nel rettangolo rosso è indicato il picco a 0,5 Hz di frequenza Hz.

DIREZIONALITA' H/V



STAZIONARIETA' H/V



In the following the results considering the data in the 0.5 – 20.0 frequency range

Peak frequency (Hz): 0.5 (± 4.5)

Peak HVSR value: 0.9 (± 0.1)

Check-list corrispondenza analisi agli standard SESAME

Criteria for a reliable H/V curve

#1. $[f_0 > 10/Lw]$: $0.5 > 0.5$ (OK)

#2. $[nc > 200]$: $2870 > 200$ (OK)

#3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

Criteria for a clear H/V peak

#1. $[\text{exists } f_- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f_-) < A_0/2]$: (NO)

#2. $[\text{exists } f_+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f_+) < A_0/2]$: (NO)

#3. $[A_0 > 2]$: $0.9 < 2$ (NO)

#4. $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$: (NO)

#5. $[\sigma_{Af} < \epsilon(f_0)]$: $4.519 > 0.081$ (NO)

#6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: $0.067 < 2.00$ (OK)

3.2 ANALISI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI DI SISMICA PASSIVA HVSR

Le misure di rumore sismico sono state campionate come riportato nell'Allegato1.

Il sito non è risultato influenzato da fonti di rumore antropiche.

La durata totale dell'acquisizione è stata di 45 minuti per ogni registrazione.

Le misure effettuate presentano i seguenti picchi HVSR:

- 1) HVSR 1 4.2 Hz
- 2) HVSR 2 0.5 Hz
- 3) HVSR 3 0.5 Hz
- 4) HVSR 4 0.5 Hz
- 5) HVSR 5 0.5 Hz

Nella figura 7, di seguito riportata, vengono individuati i *range* di frequenze (f_0 Hz) e profondità (m):

f_0 (Hz)	h (m)
< 1	> 100
1 - 2	100 - 50
2 - 3	50 - 30
3 - 5	30 - 20
5 - 8	20 - 10
8 - 20	10 - 5
> 20	< 5

Figura 7 - Tabella Frequenze – Profondità (da Albarello et alii, 2010).

Nel caso in esame, non conoscendo la velocità dei sismo strati è solo possibile stimare la profondità del cambio litologico responsabile del contrasto sismico in base alla tabella sopra riportata.

Forte dei Marmi (LU), 30/07/2021

GEO CONSULTING RS
 DOTT. GEOL. RICCARDO VAGLI
 (n° 1579 Ordine dei Geologi della Toscana)
Studio Associato di Geologia
Geo Consulting RS
 Via Fratelli Barbi n. 25
 55042 - Forte dei Marmi (LU)
 P.I. 02457060461 - C.F. 91053050463
 e-mail: geoconsultingrs@gmail.com

HVSR 1

ALLEGATO 1 - UBICAZIONE DELLE INDAGINI SISMICHE

scala 1:10000

Estratto dalle Carte Tecniche Regionali

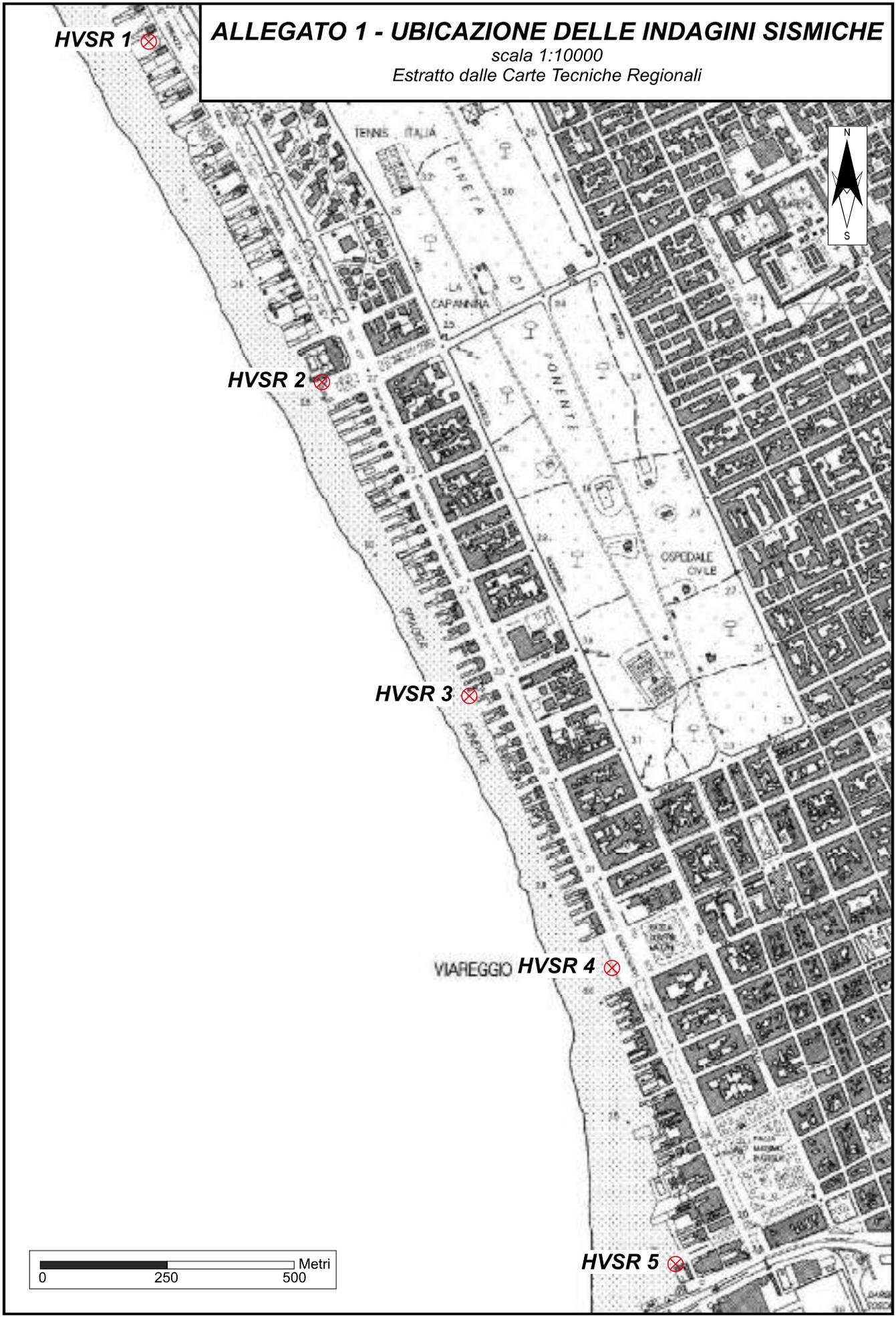
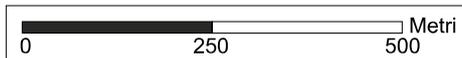


HVSR 2

HVSR 3

VIAREGGIO HVSR 4

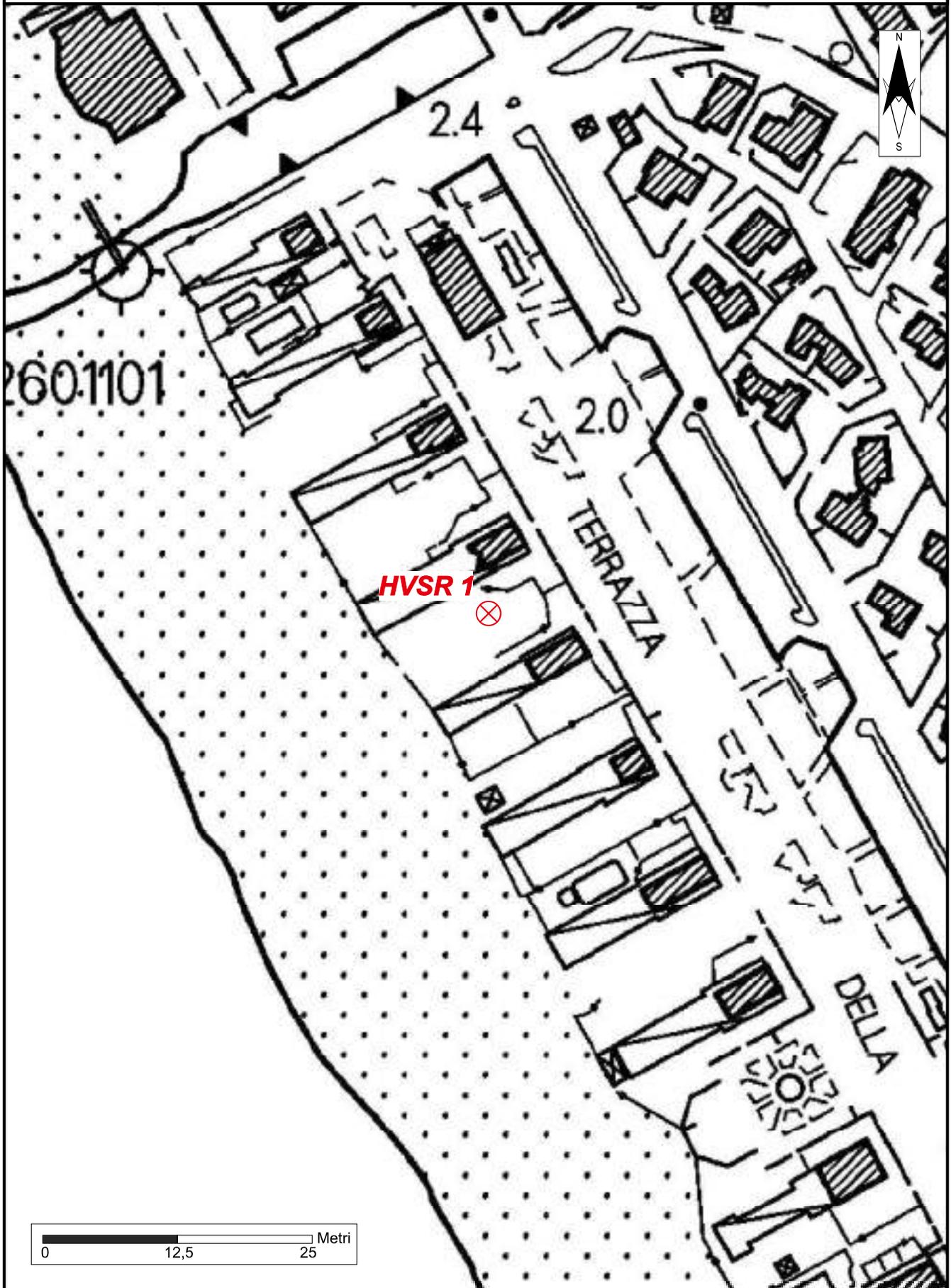
HVSR 5



ALLEGATO 2 - UBICAZIONE DI DETTAGLIO DELLE INDAGINI SISMICHE

scala 1:2000

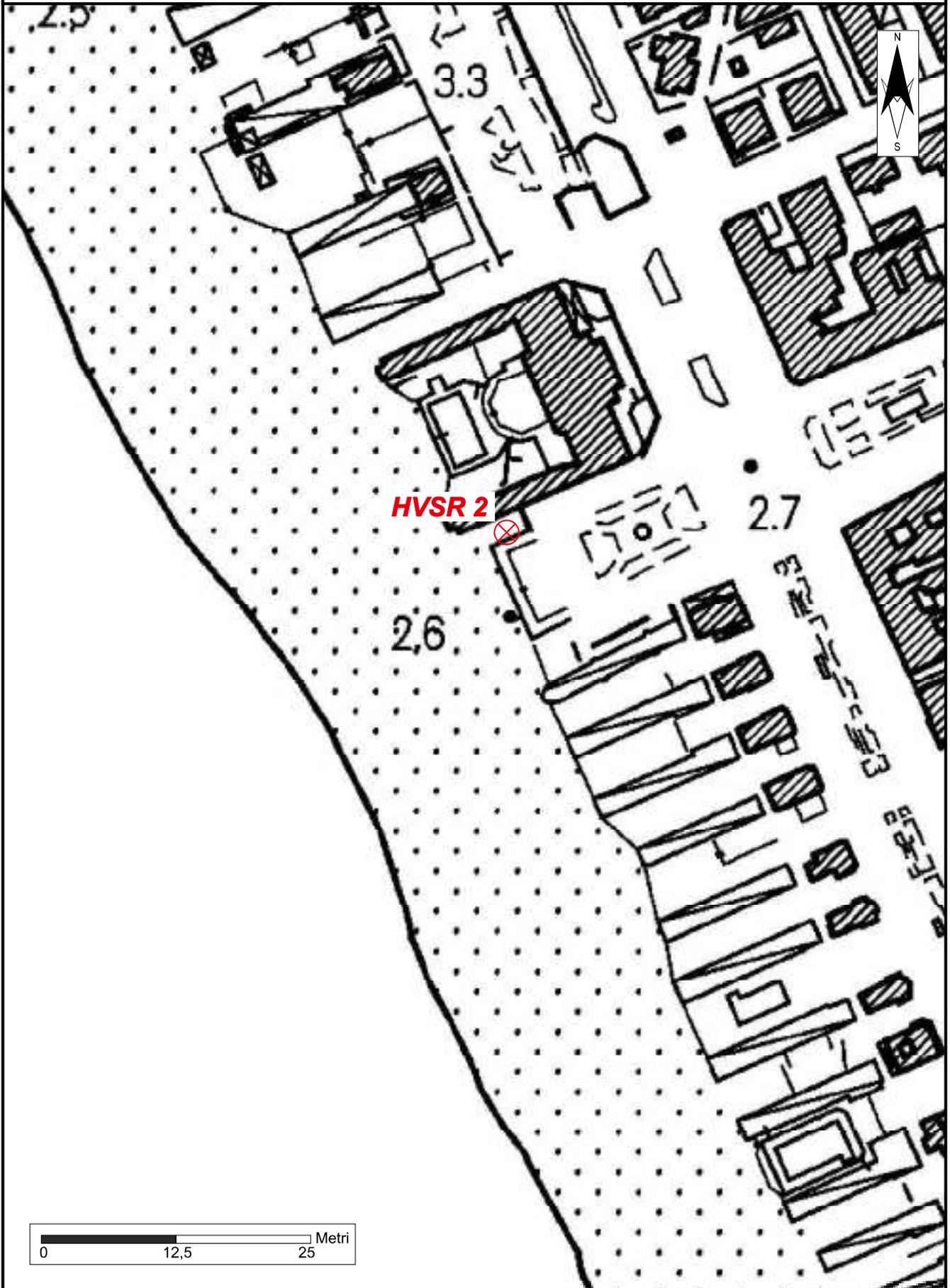
Estratto dalle Carte Tecniche Regionali



ALLEGATO 2 - UBICAZIONE DI DETTAGLIO DELLE INDAGINI SISMICHE

scala 1:2000

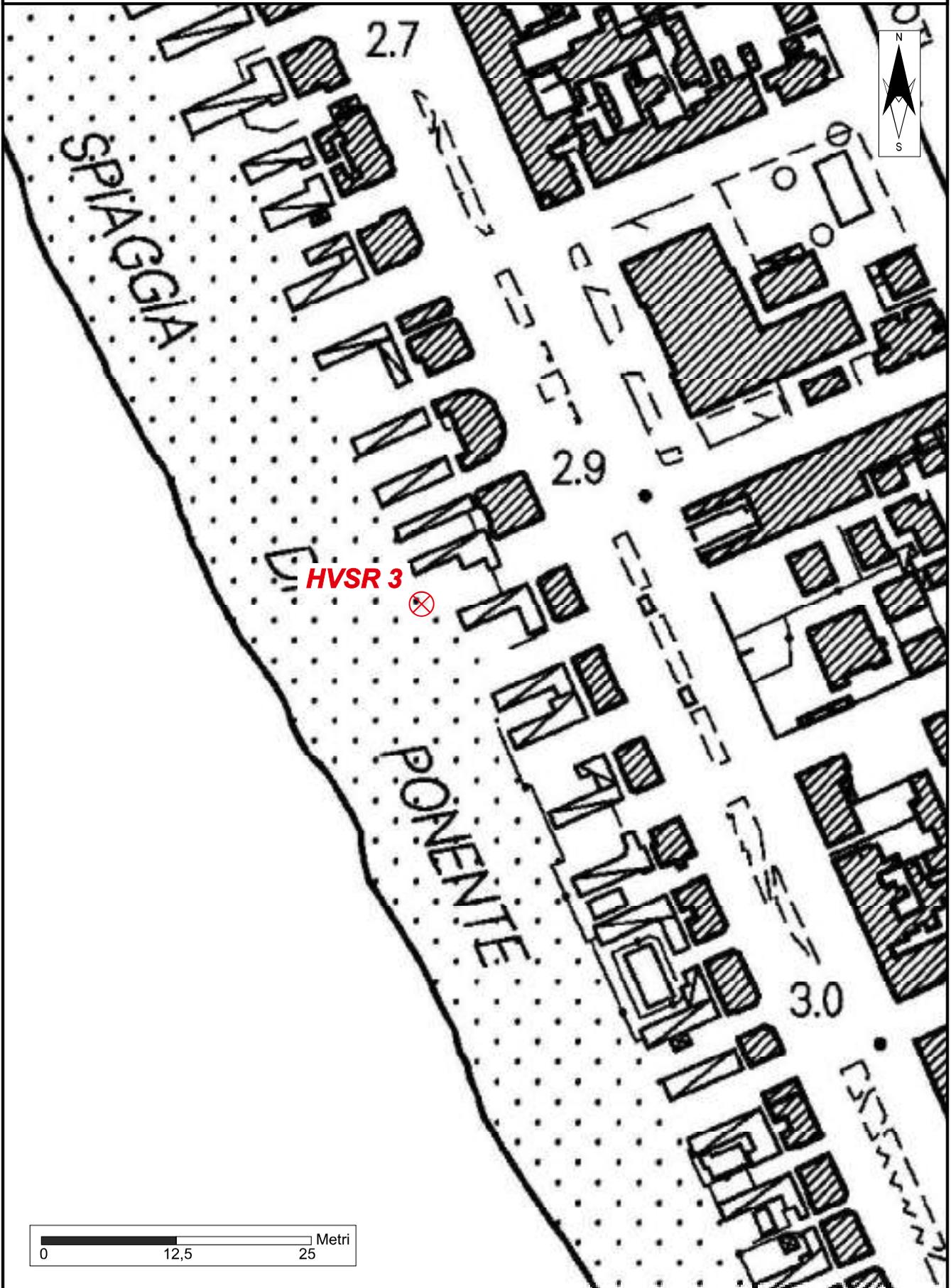
Estratto dalle Carte Tecniche Regionali



ALLEGATO 2 - UBICAZIONE DI DETTAGLIO DELLE INDAGINI SISMICHE

scala 1:2000

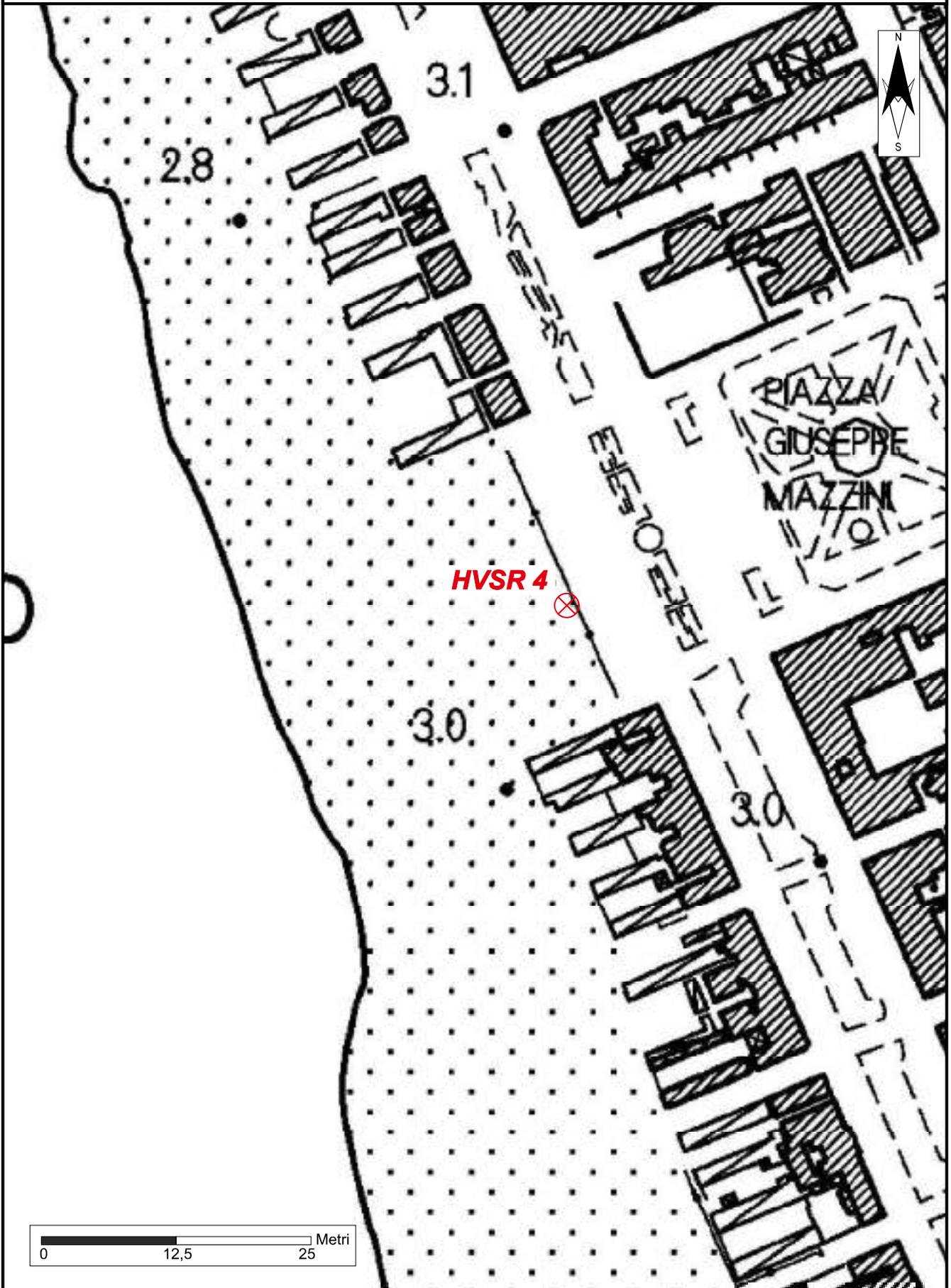
Estratto dalle Carte Tecniche Regionali



ALLEGATO 2 - UBICAZIONE DI DETTAGLIO DELLE INDAGINI SISMICHE

scala 1:2000

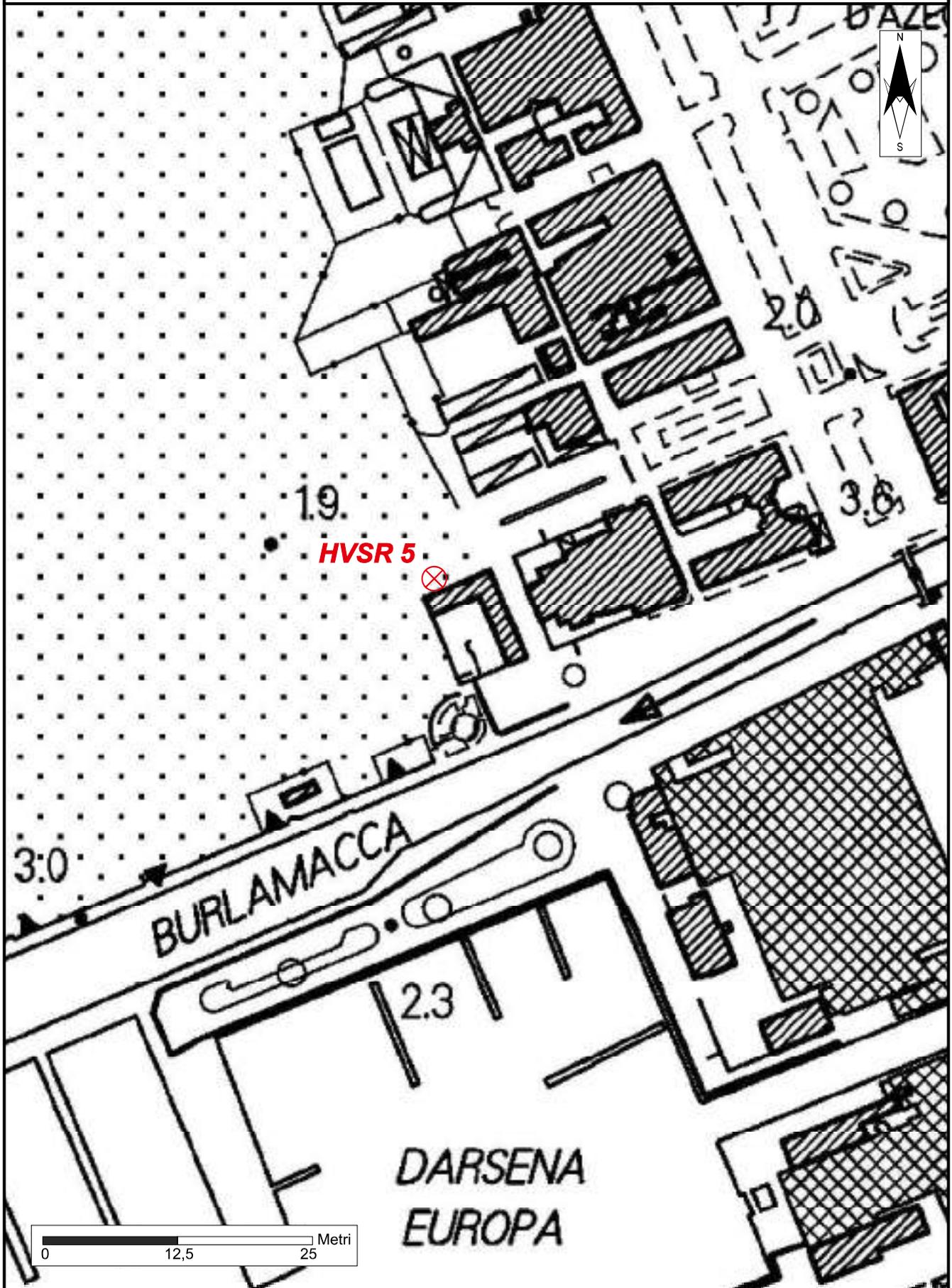
Estratto dalle Carte Tecniche Regionali



ALLEGATO 2 - UBICAZIONE DI DETTAGLIO DELLE INDAGINI SISMICHE

scala 1:2000

Estratto dalle Carte Tecniche Regionali



ALLEGATO 3 - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1 - HVSR 1



Foto 2 - HVSR 1



Foto 3 - HVSR 2



Foto 4 - HVSR 2



Foto 5 - HVSR 3

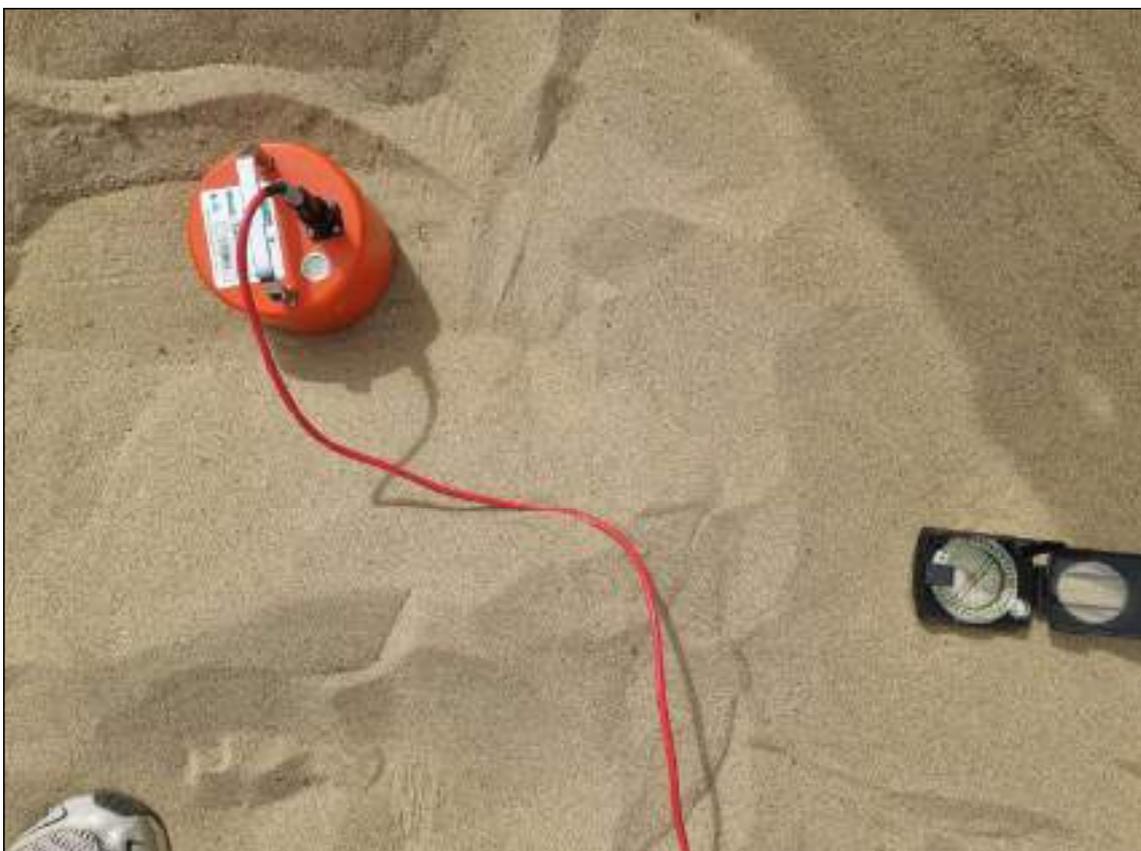


Foto 6 - HVSR 3



Foto 7 - HVSR 4



Foto 8 - HVSR 4



Foto 9 - HVSR 5



Foto 10 - HVSR 5