

Provincia di Pisa Comune di Guardistallo Microzonazione Sismica di Livello 1



Relazione descrittiva indagini sismiche finalizzate alla realizzazione dello studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 (effettuate ai sensi del DPGR 53/R/2011 e della Del.GRT.n.741/2012).

INDAGINI SISMICHE CONSISTENTI IN 10 MISURE PASSIVE DEL RUMORE AMBIENTALE (CON ELABORAZIONE HVSR) E 4 STENDIMENTI DI SISMICA DI TIPO MASW

Cecina, li 5 luglio 2013

dr.geol. Alessandro Danesi

Sommario

1. PREMESSA.....	2
2. INDAGINI DI SISMICA PASSIVA – TIPO HVSR	3
2.1 – GENERALITA’	3
2.2 – SISTEMA DI ACQUISIZIONE	4
2.3 – RISULTATI CONSEGUITI.....	5
2.4 – ANALISI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI DI SISMICA PASSIVA HVSR.....	6
3. INDAGINI SISMICHE MASW	8
3.1 – GENERALITA’	8
3.2 – SISTEMA DI ACQUISIZIONE	11
3.3 – RISULTATI CONSEGUITI.....	12

ALLEGATI:

1. TAVOLE DI UBICAZIONE DELLE INDAGINI ALLA SCALA 1:10.000
2. TAVOLE INTERPRETATIVE DELLE INDAGINI HVSR
3. TAVOLE INTERPRETATIVE INDAGINI DI SISMICHE MASW

1. PREMESSA

Per incarico dell'Amministrazione Comunale di Guardistallo (PI) e nell'ambito del finanziamento a cui il Comune ha acceduto con D.G.R.T. n. 5079 del 16/10/2012 (B.U.R.T. n.46 parte III del 14/11/2012) inerente la redazione di "indagini e studi di Microzonazione Sismica - Livello 1" dei centri urbani (Delibera G.R. n° 741/2012 e O.D.P.C. n 4007/2012), sono state effettuate le seguenti tipologie di indagini sismiche:

N° 10 misure di rumore sismico ambientale a stazione singola (HVSR); tali misure forniscono indicazioni sul rapporto tra velocità media e delle onde S nella copertura e la profondità del basamento sismico (bedrock sismico). Tali indagini sono inoltre state utilizzate per la redazione della "Carta delle frequenze di risonanza del sottosuolo" e, insieme ad altre tipologie di elaborati (carta delle indagini, carta geologico-tecnica, ecc.), alla redazione "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)";

N° 4 indagini di tipo MASW che consentono la ricostruzione di una sismostratigrafia che fornisce buone indicazioni sulle velocità delle onde sismiche nei primi 20-30 metri di sottosuperficie.

Si ricorda che la campagna di indagini geofisiche eseguita è stata finalizzata alla redazione dello studio di microzonazione sismica (MS) di livello 1 nell'ambito delle indagini geologiche di supporto alla variante generale al Piano Strutturale del Comune di Guardistallo, come previsto dal DPGR n.53/R del 27 aprile 2007 "Regolamento di Attuazione dell' Art.62 della LR n. 1/2005 in materia di indagini geologiche", secondo le specifiche contenute Allegato A "DIRETTIVE PER LE INGAGINI GEOLOGICHE" (cfr. §2.B.1, §2.B.7.§2.C.5).

Le indagini sono state eseguite, sulla base di una scelta ragionata in collaborazione con gli Uffici del Genio Civile di Pisa e con quelli del Coordinamento Regionale di Prevenzione Sismica, in conformità con le disposizioni delle Istruzioni Tecniche del Programma VEL Par. 1.B.1.2, i risultati delle "classi di qualità" delle aree di cui all'Appendice 1 della D.G.R. n.741/2012 ma anche sulla base della necessità di maggiori approfondimenti per la definizione delle caratteristiche geologiche e degli spessori delle coltri di copertura sul substrato rigido là dove necessario ed infine sulla base delle zone a previsioni per il prossimo RU., caratterizzate da interventi edilizi maggiori.

Lo studio di MS livello 1 e le indagini geofisiche sono state condotte inoltre secondo le specifiche tecniche contenute nell' OPCM n. 3907 del 13.11.2010 ed in generale, negli Indirizzi e

Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale ICMS (2008), secondo le Istruzioni Tecniche del Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana, nonché le indicazioni contenute nel Volume di Ingegneria Sismica 2/2011.

2. INDAGINI DI SISMICA PASSIVA – TIPO HVSR

2.1 – GENERALITA'

La tecnica di acquisizione ed analisi dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio o “metodo di Nakamura” o “metodo H/V”) è basata sullo studio dei valori del rapporto di ampiezza tra le componenti spettrali del rumore sismico misurate sul piano orizzontale e verticale.

La misura della funzione H/V richiede l'acquisizione del rumore sismico ambientale in un punto per tempi dell'ordine di diverse decine di minuti. Questa durata ha lo scopo di garantire la misura del campo di rumore generato più sorgenti poste in diverse direzioni nello spazio. La misura va effettuata utilizzando un sistema di acquisizione tri-direzionale caratterizzato da sufficiente sensibilità. I dati raccolti vanno analizzati per determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore misurate sul piano orizzontale e verticale. A questo scopo, la serie di rumore ambientale viene suddivisa in segmenti di durata simile (tipicamente qualche decina di secondi) per ciascuna delle quali viene determinato lo spettro del moto, dopo un opportuno lisciamiento, le ordinate spettrali del moto sul piano orizzontale, ottenuto mediando opportunamente i valori ottenuti nelle due direzioni ortogonali, vengono divise per quelle ottenute nella direzione verticale.

Come riportato negli ICMS (3.1.5.5; 3.1.5.8.1.), la possibilità di interpretare i massimi della funzione H/V in termini di risonanza dello strato sedimentario dipende dalla validità delle assunzioni di base ovvero:

- Che il rumore sia generato da una molteplicità di sorgenti distribuite casualmente attorno al punto di misura;
- Che la serie dei valori del rapporto spettrale abbia carattere stazionario;
- Che gli eventuali massimi H/V siano quelli dedotti dal rumore sismico e non da interferenze spurie (rumore elettromagnetico di origine antropica, movimenti dello strumento di misura).

Affinché la misura di rumore sia utilizzabile per l'applicazione della tecnica H/V a fini geognostici è necessario che:

- La sensibilità dell'apparato di misura nel campo delle frequenze di interesse (solitamente 1-10 Hz) sia adeguata alla bassa entità del segnale;
- Venga garantito un campionamento statisticamente rappresentativo del campo medio di rumore;
- La misura sia effettuata in presenza di un campo di rumore diffuso.

L'esito di questa prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura. Quando la misura è effettuata su un basamento sismico affiorante (e quindi dove non sono attesi fenomeni di risonanza sismica) la curva non mostra massimi significativi e si assesta intorno ad ampiezza pari all'unità lungo tutta la curva H/V.

2.2 – SISTEMA DI ACQUISIZIONE

È stata utilizzata la tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) con stazione singola geofonica associata ad un sismografo digitale con convertitore A/D a 24 bit (indagine sismica con metodologia dei microtremori). La misura del rumore sismico ambientale è stata acquisita con strumentazione dotata di tre canali di acquisizione connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione con frequenza naturale di oscillazione 2 Hz, in grado di misurare le componenti della velocità (moto) di ogni strato lungo le direzioni N-S; E-W; H-V fino a frequenze inferiori all'1 Hz, senza perdita di segnale.

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

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

Per le analisi del microtremore sismico è stato utilizzato una stazione singola geofonica in terna ortonormale della MAE (S3) associate ad un sismografo anch'esso della MAE

(Sysmatrack, elaborate con il software commerciale HVRS della Geostru (sono stati effettuati controlli incrociati anche con il programma Geopsy).

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

- Tempo di acquisizione: 25-50 min;
- Frequenza di campionamento: 128 -250 Hz;
- Larghezza delle finestre d'analisi: da 20 a 50 s;
- Lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;

Per ulteriori informazioni sulle misure effettuate (condizioni ambientali, tipo di superficie di misura, "pulizia" dei dati, processing, spettri ottenuti, ecc.) si rimanda alle tavole redatte per ogni misura mentre per una stima della sua affidabilità si rimanda agli standard suggeriti dalle linee guida del SESAME Projet (2004) e da Albarello et alii (2011).

2.3 – RISULTATI CONSEGUITI

Le aree analizzate sono le seguenti:

- HVSR 1 (Parcheggio)
- HVSR 2 (Il Barco)
- HVSR 3 (Il Palazzo)
- HVSR 4 (Carabinieri)
- HVSR 5 (Cimitero)
- HVSR 6 (Campo di Calcio)
- HVSR 7 (Casino di Terra_Argine)
- HVSR 8 (Casino di Terra_Ponte)
- HVSR 9 (Casino di Terra_Stazione)
- HVSR 10 (Il Fontino)

Per ogni misura effettuata vengono presentati in una tavola unica (ALLEGATO 2) i seguenti dati:

- Parametri di acquisizione ed elaborazione dei dati;
- Le curve H/V;
- Gli spettri delle tre componenti;
- I grafici della direzionalità;
- I grafici delle serie temporali transienti;

Si fa presente che, per tutte le misure, l'elaborazione dei dati è stata eseguita lisciando gli spettri con una finestra triangolare al 10% della frequenza centrale.

Il territorio sul quale si è svolta l'analisi si presenta totalmente distribuito lungo strade principali, dunque le acquisizioni denotano una variabile presenza di rumore antropico dovuta al passaggio di mezzi, queste porzioni di segnale sono state attentamente analizzate e epurate qualora avessero inficiato la qualità complessiva del risultato.

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

E' stato principalmente analizzato l'intervallo di frequenze di maggiore interesse ingegneristico, ossia quello compreso tra 0.5 e 20 Hz. I risultati ottenuti per questo range di frequenze è sintetizzato nella "Carta delle frequenze principali di risonanza" nell'intervallo 1-20 Hz, riportata in allegato.

I dati in essa contenuti, incrociati con i dati geotecnici, stratigrafici e sismici disponibili sull'area, hanno contribuito alla redazione della "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica" per questa porzione di territorio del Comune di Guardistallo.

2.4 – ANALISI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI DI SISMICA PASSIVA HVSR

Analizzando i dati in termini frequenziali si può evidenziare una sostanziale eterogeneità, inoltre il sottosuolo delle aree indagate presenta picchi del rapporto H/V di interesse sismico e geotecnico.

Le misure presentano picchi HVSR per frequenze con valori superiori a 20 Hz, che denotano la presenza di roccia sub affiorante o un andamento della velocità uniformemente crescente, e frequenze dell'ordine di pochi Hz, che denota la presenza di un pacco risonante di alcune decine di metri.

I risultati quindi presentano un range di variabilità delle frequenze di picco ed un valore, generalmente basso del picco HVSR indice di un non elevato contrasto d'impedenza sismica, che testimonia come l'andamento delle velocità delle onde di taglio sia gradualmente crescente sotto i primi metri di profondità.

La frequenza propria di sito è indicata dalla seguente nota formula:

$$(f_r) = V_s/4H$$

Dove:

VS = VS media sino al bedrock;

H = spessore dei sedimenti sovrastanti il bedrock (più esattamente, orizzonte con forte contrasto di VS, che dà origine ad un picco dell'H/V).

Utilizzando quindi tale formula ed i dati in nostro possesso delle Vs medie superficiali, possiamo indicare, per i picchi rilevati, discontinuità sismo stratigrafiche a profondità variabili, presumibilmente dovute al passaggio tra i depositi superficiali prevalentemente argilloso sabbiosi (da poco a mediamente addensati-compatti) e la roccia sottostante.

Nel dettaglio, per le misure HVSR che hanno dato rilevanza di picco a bassa , dall'insieme dei risultati ottenuti e sulla base delle conoscenze geologiche e geotecniche del sito, è stata attribuita la presenza del substrato a profondità più elevata in particolare per le seguenti:

- HVSR 1 (Parcheggio)
- HVSR 2 (Il Barco)
- HVSR 3 (Il Palazzo)
- HVSR 4 (Carabinieri)
- HVSR 6 (Campo di Calcio)

Altre misure invece hanno restituito un unico picco significativo a frequenze maggiori e sono state dunque interpretate come una minore profondità del passaggio tra due formazioni a velocità differenti o ad un passaggio intraformazionale a profondità minori rispetto alle precedenti, in particolare:

- HVSR 5 (Cimitero)

- HVSR 10 (Il Fontino)

Le misure effettuate nella zona di Casino di Terra hanno invece restituito uno o due picchi significativi, che hanno consentito di ricostruire il passaggio tra le alluvioni quaternarie ed il substrato pliocenico per il picco principale, e degli strati ghiaiosi per il picco secondario.

Questo fenomeno si è Osservato per le misure:

- HVSR 7 (Casino di Terra_Argine)
- HVSR 8 (Casino di Terra_Ponte)
- HVSR 9 (Casino di Terra_Stazione)

Di seguito si propone una tabella riassuntiva con indicazione dei valori di frequenza e ampiezza di picco e una interpretazione di massima delle profondità delle interfacce sismiche:

ID	Frequenza picco Principale (Hz)	valore picco principale	stima qualitativa profondità interfaccia (m)	Frequenza picco secondario	valore picco secondario (Hz)	stima qualitativa profondità interfaccia picco secondario (m)	Coord X GB	Coord Y GB
<u>HVSR 1</u>	1.01	3	60				1632582	4796880
<u>HVSR 2</u>	0.9	3.1	70				1631807	4796666
<u>HVSR 3</u>	0.7	2.9	90 (poco affidabile)				1631811	4797437
<u>HVSR 4</u>	0.5	3	120 (poco affidabile)				1632327	4796922
<u>HVSR 5</u>	1.55	4	40				1631811	4797437
<u>HVSR 6</u>	0.95	2.9	65				1632050	4797372
<u>HVSR 7</u>	1.4	4.2	45				1632048	4796543
<u>HVSR 8</u>	1.4	4.1	45	7.1	2.9	8	1635120	4798845
<u>HVSR 9</u>	1.6	3.74	40				1634756	4798774
<u>HVSR 10</u>	1.4	3	45				1634828	4798523

Tutte gli elaborati delle misure, comprese le classificazioni e le valutazioni, sono riportate in allegato 2, al quale si rimanda per una più approfondita analisi delle misure HVSR.

3. INDAGINI SISMICHE MASW

3.1 – GENERALITA'

Le onde elastiche provocate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differenti per ogni litotipo. Nella prospezione sismica si sfrutta la diversa velocità di propagazione

delle onde longitudinali (onde P o "di compressione e dilatazione") o trasversali (onde SH o "di taglio") per determinare spessori e andamento dei livelli presenti.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

P-Longitudinale: onda profonda di compressione;

S-Trasversale: onda profonda di taglio;

L-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;

R-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – "R"

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

L'apparecchiatura necessaria per le prospezioni è costituita da una serie di ricevitori (geofoni) che vengono spazati lungo un determinato allineamento (stendimento sismico) e da un sismografo che registra l'andamento della perturbazione elastica espresso come spostamento su tempo per ciascun geofono. Così, osservando il tempo di arrivo ai vari geofoni posti a distanze diverse dalla sorgente energizzante, è possibile costruire una curva f-k (frequenza - velocità del treno d'onda) che mostra la variazione della velocità al variare delle varie frequenze indagate. Attraverso metodi analitici si ricavano quindi le velocità delle onde elastiche longitudinali (V_p) o trasversali (V_s) dei mezzi attraversati ed il loro spessore.

La velocità di propagazione delle onde elastiche nel suolo è compresa tra larghi limiti; ad esempio per lo stesso litotipo litoide la velocità diminuisce col grado di alterazione (come testimoniato da numerosi lavori sperimentali), di fessurazione e/o di fratturazione; aumenta al contrario con la profondità e l'età. Sensibili differenze si possono avere, in rocce stratificate, tra le velocità rilevate lungo i piani di strato e quelle rilevate perpendicolarmente a questi. La velocità delle onde compressionali, diversamente da quelle trasversali che non si trasmettono nell'acqua, è fortemente influenzata dalla presenza della falda acquifera e dal grado di saturazione.

Questo comporta che anche litotipi differenti possano avere uguali velocità delle onde sismiche compressionali (ad esempio roccia fortemente fratturata e materiale detritico saturo con velocità V_p dell'ordine di 1400÷1700 m/sec), per cui non necessariamente l'interpretazione sismostratigrafica corrisponderà con la reale situazione geologico-stratigrafica.

Si deve porre molta attenzione nella elaborazione dei dati sismici di tipo MASW in quanto la teoria fisica alla base delle analisi del dominio delle frequenze mostrano una difficoltà intrinseca alla natura non intuitiva delle analisi nel dominio “non tempo dipendente”.

3.2 – SISTEMA DI ACQUISIZIONE

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

- Stendimento (composto da 24 geofoni posti ad una interdistanza variabile);
- Sorgente energizzante associata ad un trigger, che consente di determinare l'inizio della registrazioni;
- Sismografo a 24 bit associato a calcolatore IBM compatibile. Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico MAE modello Sysmatrack con convertitore A/D su singolo canale da 24 bit.
- Come sorgente energizzante per le onde P è stata utilizzato un grave di 60 kg lasciato cadere da un treppiede artigianale oppure un martello da 12 kg su piastra;

Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un geofono starter nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta, fornendo in questo modo il tempo zero al dispositivo di registrazione.

Per la ricezione delle onde di Rayleigh sono stati utilizzati 24 geofoni verticali R.T. Clark con frequenza propria di 4.5 Hz .

Il risultato finale della fase di acquisizione è costituito da una serie di files in formato SEG2.

Le quattro linee di sismica MASW sono state eseguite con distanze intergeofoniche uguali, pari a 2 metri.

3.3 – RISULTATI CONSEGUITI

I risultati conseguiti sono congruenti con le analisi geologiche e sismiche effettuate e consentono di fornire una interpretazione quantitativa delle stime effettuate con le precedenti osservazioni, consentendo di attribuire delle velocità ai litotipi presenti nelle zone di indagine.

Le aree analizzate sono le seguenti:

- MASW 1 (Il Palazzo)
- MASW 2 (Veccini)
- MASW 3 (Casino di Terra)
- MASW 4 (P.Poggio Masino)

Di seguito sono riportate brevi descrizioni sismostratigrafiche interpretative per ciascuna linea di sismica MASW con la relativa stratigrafia sismica.

Loc Il Palazzo – MASW 1

La Sismostratigrafia si presenta piuttosto omogenea con le velocità delle onde Sh che aumentano gradualmente con la profondità. L'interpretazione è compatibile con la misura HVSR che ha fornito un contrasto a profondità elevate non raggiungibili con tecniche MASW.

Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1.94	1.94	1800.0	0.4	453.4	217.8
5.11	3.17	1800.0	0.4	620.0	297.8
15.38	10.27	1800.0	0.4	616.2	296.0
oo	oo	1800.0	0.4	748.8	359.7

Loc. Veccini – MASW2

La MASW è stata eseguita sull'unghia di una frana, per cui le velocità degli strati superficiali è comprensibilmente alto. Al di sotto si denota un andamento di aumento graduale della velocità delle onde SH, come confermato dalle misure H/V effettuate su questa formazione.

Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
2.00	2.00	1800.0	0.4	237.9	114.3
7.23	5.23	1800.0	0.4	421.4	202.4
14.20	6.96	1800.0	0.4	475.8	228.6
20.88	6.68	1800.0	0.4	532.5	255.8
28.42	7.54	1800.0	0.4	526.7	253.0
oo	oo	1800.0	0.3	472.5	252.6

Casino di Terra – MASW 3

La sismostratigrafia presenta un aumento di velocità alla profondità di 7 metri confermando la misura H/V che presenta un picco secondario a circa 8 metri. Al di sotto, entro la profondità indagata, non sembra essersi raggiunto il substrato costituito dalle argille plioceniche. Le velocità della coltre alluvionale è mediamente 220-250 metri secondo.

Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
4.76	4.76	1800.0	0.4	367.4	150.0
6.76	2.00	1800.0	0.4	416.4	170.0
8.76	2.00	1800.0	0.3	675.5	390.0
13.76	5.00	1800.0	0.4	458.0	220.0
oo	oo	1800.0	0.4	710.4	290.0

Podere poggio Masino – MASW 4

Questa misura è stata eseguita in corrispondenza di un affioramento di argille plioceniche, per stimare la velocità indicativa delle argille plioceniche, restituendo una velocità di circa 360 – 380 m/s congruentemente con i dati presenti in letteratura.

Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
3.42	3.42	1800.0	0.5	691.5	208.5
7.70	4.27	1800.0	0.5	1020.5	307.7
14.42	6.72	1800.0	0.5	1016.8	306.6
21.81	7.40	1800.0	0.5	1020.1	307.6
30.80	8.99	1800.0	0.5	1314.6	396.4
oo	oo	1800.0	0.5	1380.1	416.1

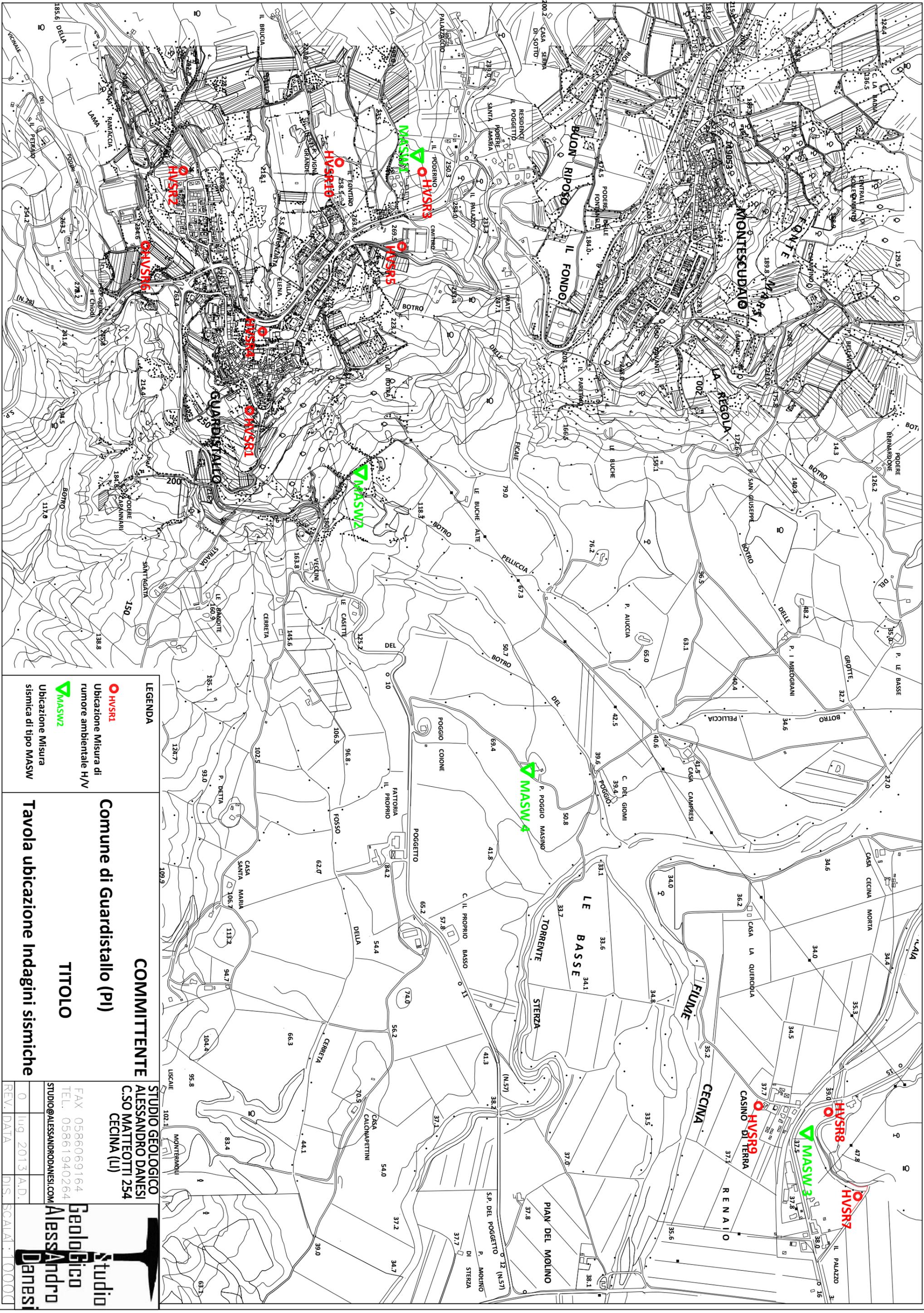
Cecina, 5/07/2013

dr. geol. Alessandro Danesi

ALLEGATI

1. TAVOLE DI UBICAZIONE DELLE INDAGINI ALLA SCALA 1:10.000
2. TAVOLE INTERPRETATIVE DELLE INDAGINI HVSR
3. TAVOLE INTERPRETATIVE INDAGINI DI SISMICHE MASW

1. TAVOLE DI UBICAZIONE DELLE INDAGINI ALLA SCALA 1:10.000



LEGENDA

- **HVSRI** Ubicazione Misura di rumore ambientale H/V
- ▲ **MASW** Ubicazione Misura sismica di tipo MASW

COMMITTENTE
STUDIO GEOLOGICO ALESSANDRO DANESI C.SO MATTEOTTI 254 CECINA (LI)

TITOLO
Comune di Guardistallo (PI)
Tavola ubicazione Indagini sismiche

REV.	DATA	DIS.	SCALAI: 10000
0	lug 2013 A.D.		

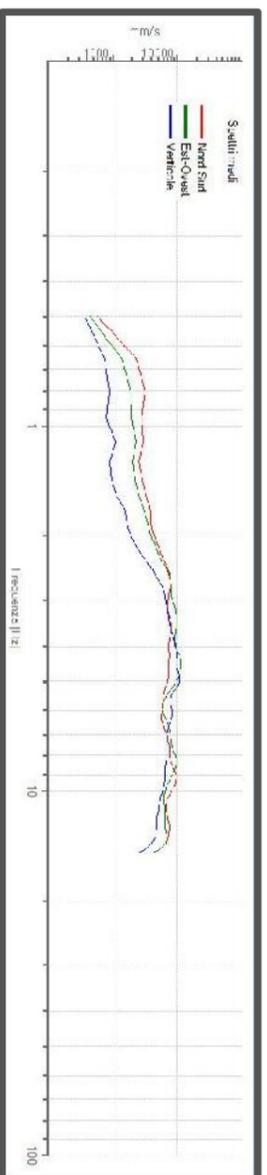
Studio Geologico
Alessandro Danesi
 FAX 0586069164
 TEL. 05861940264
 STUDIO@ALESSANDRODANESI.COM

2. TAVOLE INTERPRETATIVE DELLE INDAGINI HVSR

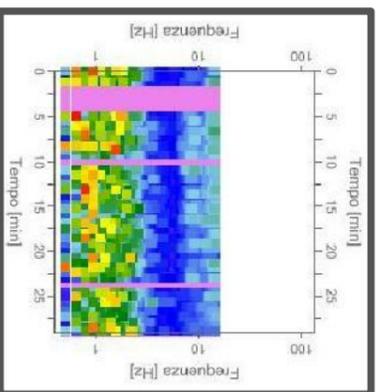
Acquisizione HVSR 1/Parcheggio

Strumentazione: sismografo MAE/sensore 3d S3 MAE
 Data registrazione: 18/09/2012
 Durata registrazione: 30 minuti
 Frequenza campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: da 20 a 40 secondi
 Lisciamiento curve: triangolare costante (10%)
 Meteo: Nuvoloso con vento da leggero a medio
 Tipo di terreno: naturale
 Disturbi: transienti dovuti a rumore antropico

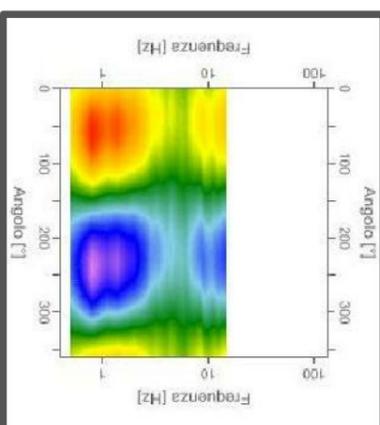
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



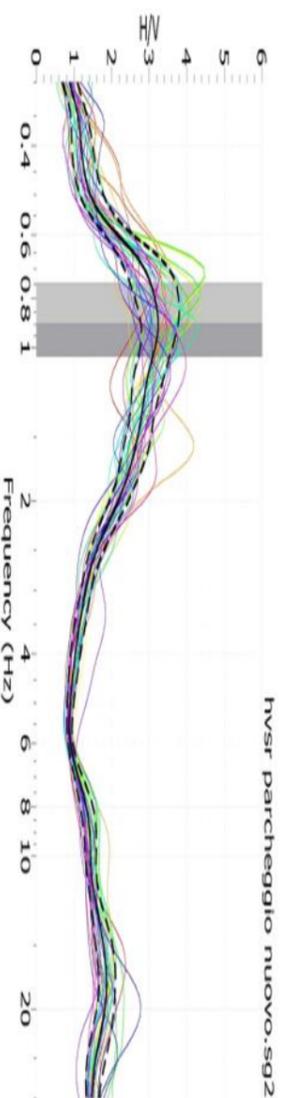
SERIE TEMPORALE HV



DIREZIONALITA' HV



RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



CRITERI SESAME (2004) ⁽¹⁾

Picco H/V a 0.9 +/- 0.1 Hz (interno dell'intervallo 0-20 Hz)

Criteri per una curva HV affidabile		
[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10 / L_w$		OK
$n_s(f_0) > 200$		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		OK
Criteri per un picco H/V chiaro		
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f^* in $[f_0/4, f_0] A_{HV}(f^*) < A_0 / 2$		OK
Esiste f^* in $[f_0, 4f_0] A_{HV}(f^*) < A_0 / 2$		OK
$A_0 > 2$		OK
$f_{picco} [A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		OK
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$		OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$		OK

Parametro	Definizione	Valore di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$
L_w	Lunghezza della finestra	
n_s	numero di finestre usate nell'analisi	
$n_s = L_w \cdot n_w \cdot f_0$	numero di cicli significativi	
f	frequenza attuale	
f_0	frequenza standard della frequenza del picco HV	
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco HV	
$\epsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \epsilon(f_0)$	
A_0	ampiezza della curva HV alla frequenza f_0	
$A_{HV}(f)$	ampiezza della curva HV alla frequenza f	
f^*	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^*) < A_0/2$	
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^+) < A_0/2$	
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa	
$\sigma_{logHV}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$	
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$	

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\epsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{logHV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA HV ^{(2), (3)}

CLASSE	A
TIPO	1

La classificazione delle curve HV prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (HV affidabile, può essere utilizzata anche da sola)

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

Classe B (HV da "interpretare", va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)

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

Classe C (HV scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)

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

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

Tipo 1: HV con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (possibile risonanza)

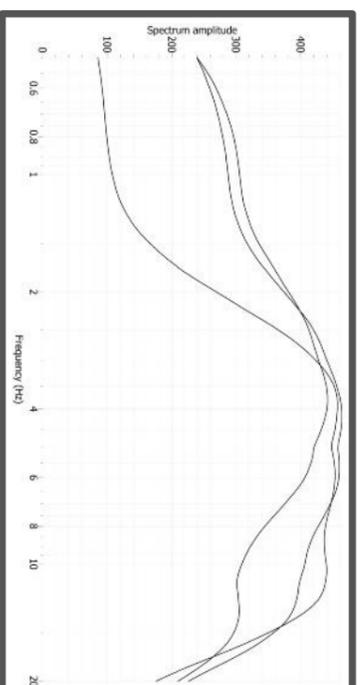
Tipo 2: HV senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguale ad 1: assenza di risonanza)

NOTE

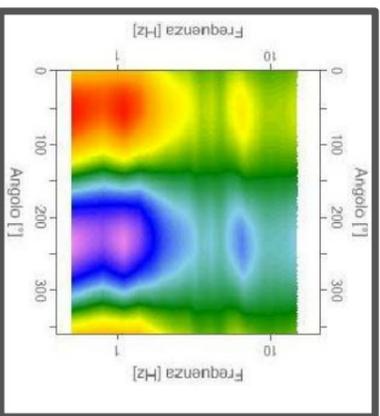
(1) - SESAME Project (2004) - Guidelines for the implementation of the HV spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation, WP12, deliverable no. D23.12
 (2) - Albarello D., Casi C., Eulilli V. et alii (2010): The contribution of the ambient vibration prospecting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

Acquisizione HVSr 2/II Barco

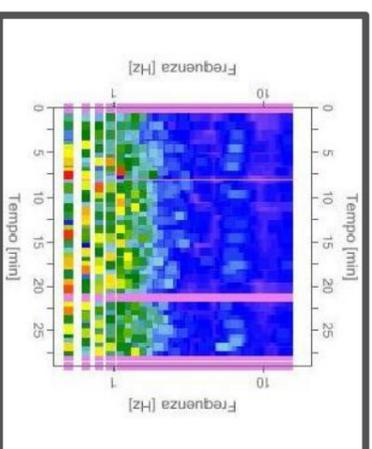
Strumentazione: sismografo MAE/sensore 3d S3 MAE
 Data registrazione: 18/09/2012
 Durata registrazione: 30 minuti
 Frequenza campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: da 20 a 40 secondi
 Lisciamiento curve: triangolare costante (10%)
 Meteo: sereno con vento da leggero a medio
 Tipo di terreno: naturale
 Disturbi: transienti dovuti a rumore antropico



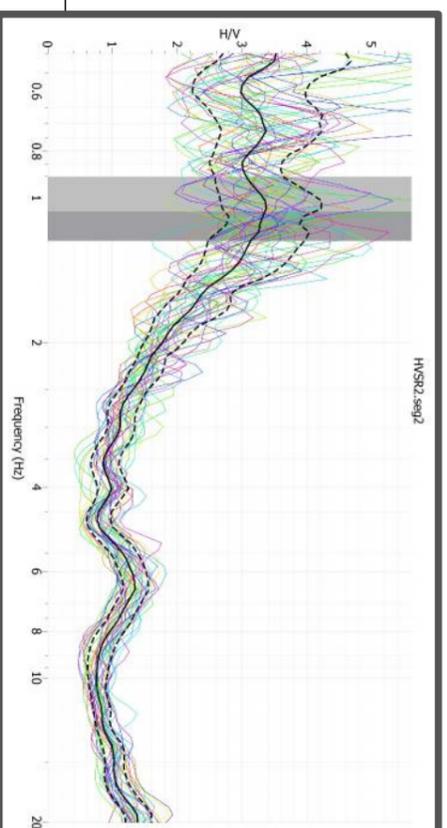
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE HV



DIREZIONALITA' HV



RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

CRITERI SESAME (2004) ⁽¹⁾

Picco HV a 1.01 +/- 0.32 Hz (interno all'intervallo 0-20 Hz)

Criteri per una curva HV affidabile		
[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10 / L_w$		OK
$n_c(f_0) > 200$		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz		OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz		
Criteri per un picco HV chiaro		
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f^* in $[f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f^*) < A_0/2$		OK
Esiste f^* in $[f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f^*) < A_0/2$		NO
$A_0 > 2$		NO
Esiste f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f) < A_0/2$		NO
Esiste f^* in $[f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f^*) < A_0/2$		NO
$f_{picco} [A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		NO
$\sigma_A < \epsilon(f_0)$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$		OK

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco HV
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco HV
$\epsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva HV alla frequenza f_0
$A_{HV}(f)$	ampiezza della curva HV alla frequenza f
f^*	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^*) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{logHV}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$			
< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\epsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0
$\theta(f_0)$ Per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78
$\log \theta(f_0)$ Per $\sigma_{logHV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA HV ^{(2) (3)}

CLASSE	A
TIPO	2

La classificazione delle curve HV prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (HV affidabile, può essere utilizzata anche da sola)

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

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

Classe B (HV da "interpretare": va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)

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

Classe C (HV scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)

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

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

Tipo 1: HV con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (possibile risonanza)

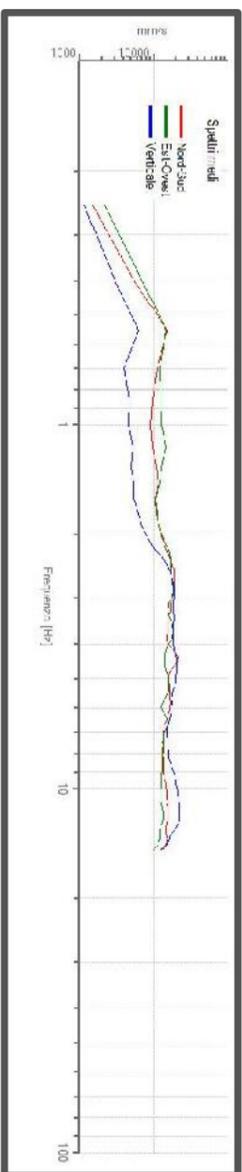
Tipo 2: HV senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguali ad 1, assenza di risonanza)

NOTE

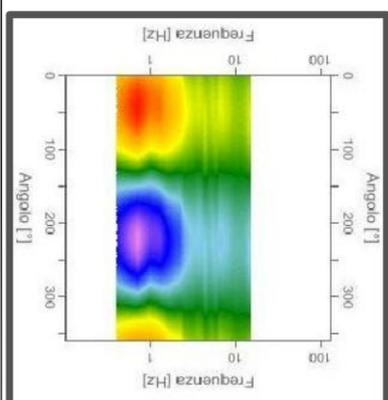
(1) - SESAME Project (2004) - Guidelines for the implementation of the HV spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation, WP12, deliverable no. D23.12
 (2) - Albarèllo D., Cesi C., Eulli V. et alii (2010): The contribution of the ambient vibration prospecting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

Acquisizione HVSR 3/II Palazzo

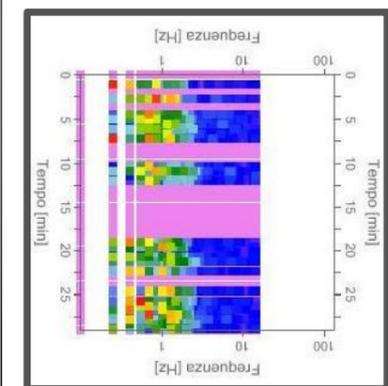
Strumentazione: sismografo MAE/sensore 3d S3 MAE
 Data registrazione: 18/09/2012
 Durata registrazione: 30 minuti
 Frequenza campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: da 20 a 40 secondi
 Lisciamiento curve: triangolare costante (10%)
 Meteo: sereno con vento da leggero a medio
 Tipo di terreno: naturale
 Disturbi: transienti dovuti a rumore antropico



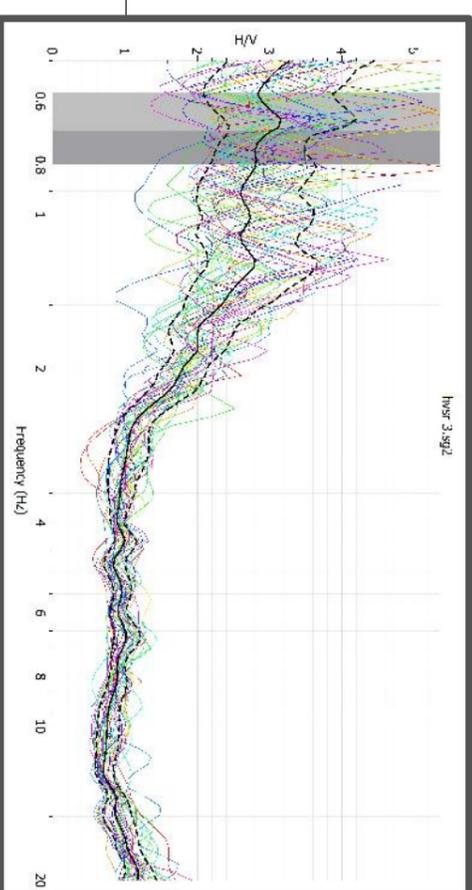
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE HV



DIREZIONALITA' HV



RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Picco H/V a 0.7 +/- 0.33 Hz (interno dell'intervallo 0-20 Hz)

CRITERI SESAME (2004) ⁽¹⁾

Criteri per una curva HV affidabile		
[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10 / L_w$		OK
$n_c(f_0) > 200$		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$, se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$, se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		
Criteri per un picco HV chiaro		
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f^* in $[f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f^*) < A_0/2$		NO
Esiste f^* in $[f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f^*) < A_0/2$		NO
$A_0 > 2$		NO
$f_{\text{picco}} [A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		NO
$\sigma_A(f) < \sigma(f_0)$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$		OK

Parametro	Descrizione	Valore
L_w	lunghezza della finestra	
n_w	numero di finestre usate nell'analisi	
$n_c = L_w \cdot n_w \cdot f_0$	numero di cicli significativi	
f	frequenza attuale	
f_0	frequenza del picco HV	
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco HV	
$\sigma(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \sigma(f_0)$	
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0	
$A_{HV}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f	
f^*	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^*) < A_0/2$	
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^+) < A_0/2$	
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa	
$\sigma_{\log A_{HV}(f)}$	deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$	
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$	

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\sigma(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log A_{HV}(f_0)}$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA HV ^{(2) (3)}

CLASSE	B
TIPO	2

La classificazione delle curve HV prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (HV affidabile, può essere utilizzata anche da sola)

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

Classe B (HV da "interpretare", va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)

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

Classe C (HV scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)

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

Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:
Tipo 1: HV con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (possibile risonanza)
Tipo 2: HV senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguali ad 1; assenza di risonanze)

NOTE

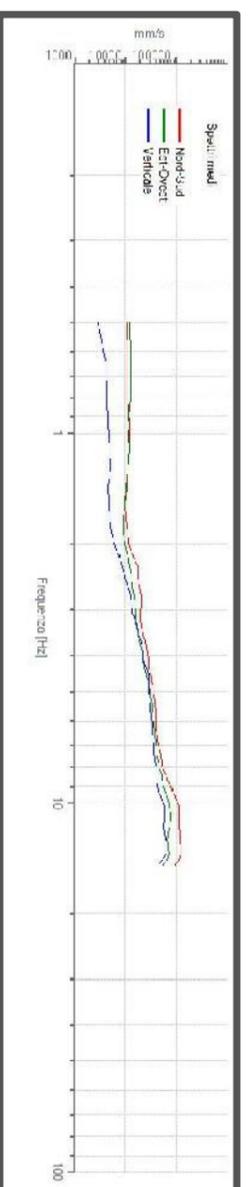
(1) - SESAME Project (2004) - Guidelines for the implementation of the HV spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation, WP12, deliverable no. D23; 12
 (2)- Albarello D., Cesti C., Eulini V. et alii (2010): The contribution of the ambient vibration prospecting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

Acquisizione HVSR 4/ Carabinieri

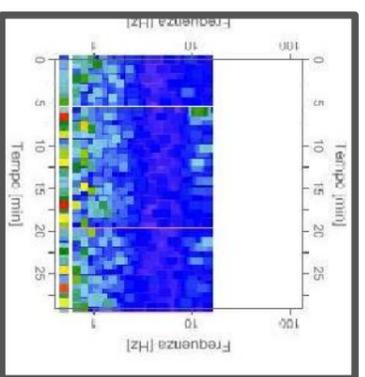
Strumentazione: sismografo MAE/sensore 3d S3 MAE
 Data registrazione: 18/09/2012
 Durata registrazione: 25 minuti
 Frequenza campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: da 20 a 40 secondi
 Lisciamento curve: triangolare costante (10%)
 Meteo: sereno con vento da leggero a medio
 Tipo di terreno: naturale
 Disturbi: transienti dovuti a rumore antropico



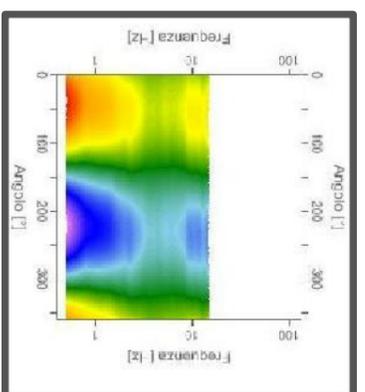
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



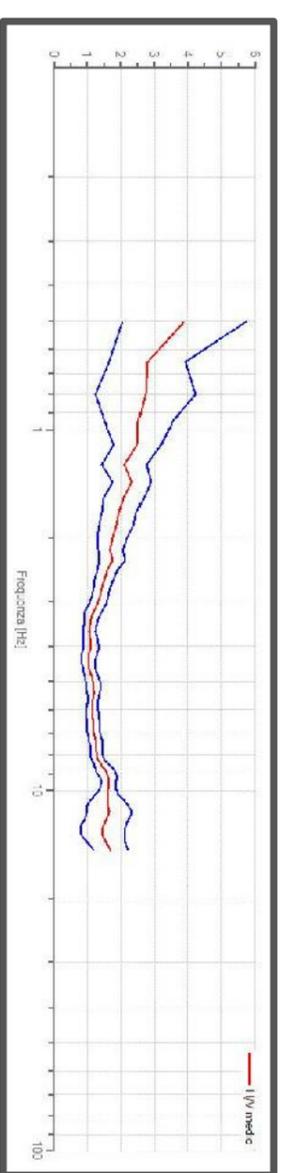
SERIE TEMPORALE HV



DIREZIONALITA' HV



RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



CRITERI SESAME (2004) ⁽¹⁾

Picco H/V a 0.5 +/- 0.53 Hz (interno dell'intervallo 0-20 Hz)

Criteri per una curva HV affidabile		
[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10 / L_w$		OK
$n_s(f_0) > 200$		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		OK
Criteri per un picco HV chiaro		
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f in $[f_0/4, f_0] \cup [A_{HV}(f^*) < A_0/2$		NO
Esiste f in $[f_0, 4f_0] \cup [A_{HV}(f^*) < A_0/2$		OK
$f_{\text{picco}} [A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$		OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$		OK

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco HV
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco HV
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva HV alla frequenza f_0
$A_{HV}(f)$	ampiezza della curva HV alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{logHV}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$			
< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{logHV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA HV ^{(2) (3)}

CLASSE	A
TIPO	2

La classificazione delle curve HV prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (HV affidabile, può essere utilizzata anche da sola)

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

Classe B (HV da "interpretare", va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)

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

Classe C (HV scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)

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

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

Tipo 1: HV con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (possibile risonanza)

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

NOTE

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

Acquisizione HVSR 5/Cimitero

Strumentazione: sismografo MAE/sensore 3d S3 MAE

Data registrazione: 18/09/2012

Durata registrazione: 30 minuti

Frequenza campionamento: 250 Hz

Lunghezza finestre: da 20 a 40 secondi

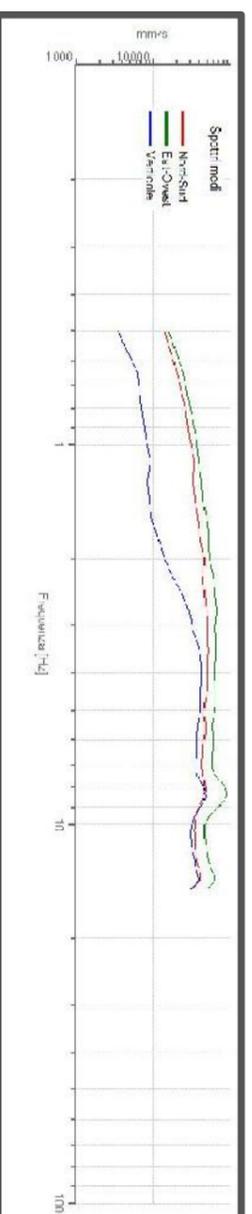
Lisciamento curve: triangolare costante (10%)

Meteo: sereno con vento da leggero a medio

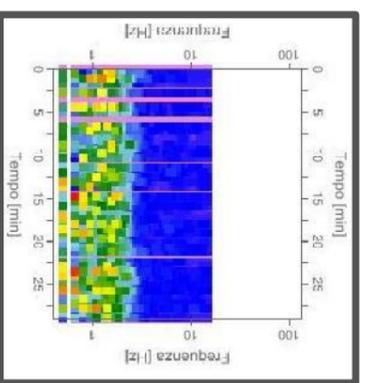
Tipo di terreno: naturale

Disturbi: transienti dovuti a rumore antropico

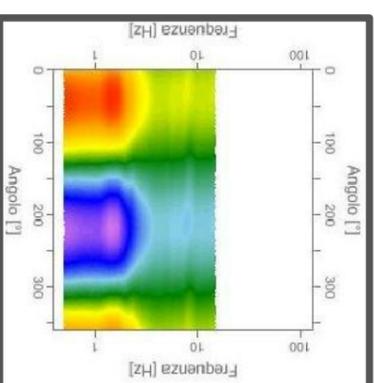
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



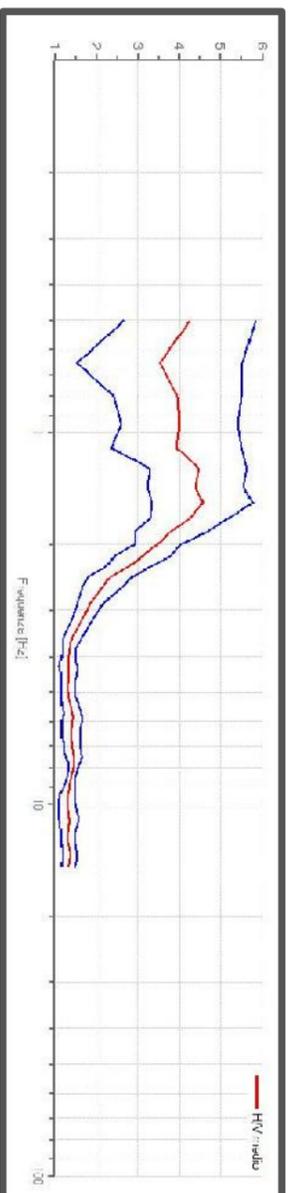
SERIE TEMPORALE HV



DIREZIONALITA' HV



RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



CRITERI SESAME (2004) ⁽¹⁾

Picco H/V a 1.55 +/- 0.38 Hz (interno dell'intervallo 0-20 Hz)

Criteri per una curva HV affidabile		
[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10 / L_w$		OK
$n_c(f_0) > 200$		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		
Criteri per un picco HV chiaro		
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f^* in $[f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f^*) < A_0 / 2$		NO
Esiste f^* in $[f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f^*) < A_0 / 2$		NO
$A_0 > 2$		OK
picco $[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$		OK

Parametro	Descrizione	Valore
L_w	lunghezza della finestra	
n_w	numero di finestre usate nell'analisi	
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi	
f	frequenza attuale	
f_0	frequenza del picco HV	
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco HV	
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	
A_0	ampiezza della curva HV alla frequenza f_0	
$A_{HV}(f)$	ampiezza della curva HV alla frequenza f	
f^*	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^*) < A_0/2$	
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^+) < A_0/2$	
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa	
$\sigma_{logHV}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$	
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$	

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
< 0.2	$0.2 - 0.5$	$0.5 - 1.0$	$1.0 - 2.0$	> 2.0	
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{logHV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA HV ^{(2) (3)}

CLASSE	B
TIPO	1

La classificazione delle curve HV prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (HV affidabile, può essere utilizzata anche da sola)

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

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

Classe B (HV da "interpretare": va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)

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

Classe C (HV scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)

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

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

Tipo 1: HV con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (possibile risonanza)

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

NOTE

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

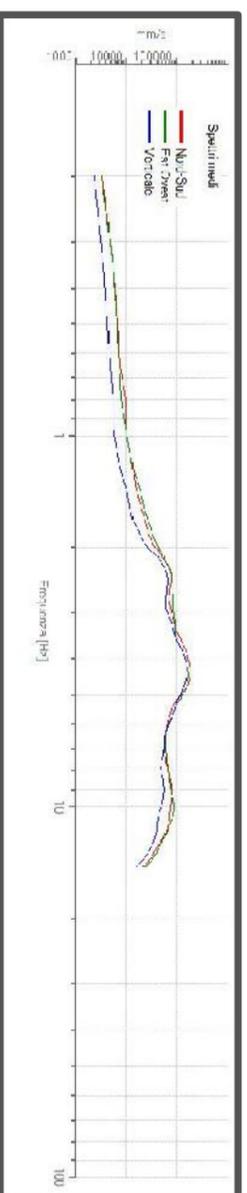
(2) - Albarello D., Cesi C., Emilii V. et alii (2010): The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the 26th April, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake. Boll. Geofis. Teor. Appl., 52 (3).

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

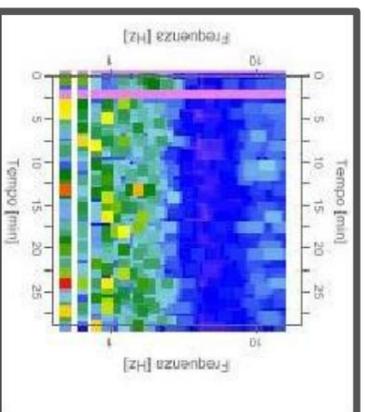
Acquisizione HVSR 6/Campo Calcio

Strumentazione: sismografo MAE/sensore 3d S3 MAE
 Data registrazione: 18/09/2012
 Durata registrazione: 30 minuti
 Frequenza campionamento: 250 Hz
 Lunghezza finestre: da 20 a 40 secondi
 Lisciamento curve: triangolare costante (10%)
 Meteo: nuvoloso con vento da leggero a medio
 Tipo di terreno: naturale
 Disturbi: transienti dovuti a rumore antropico

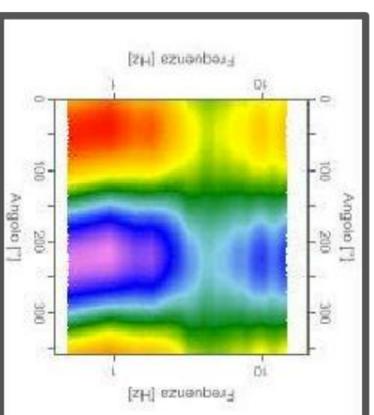
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



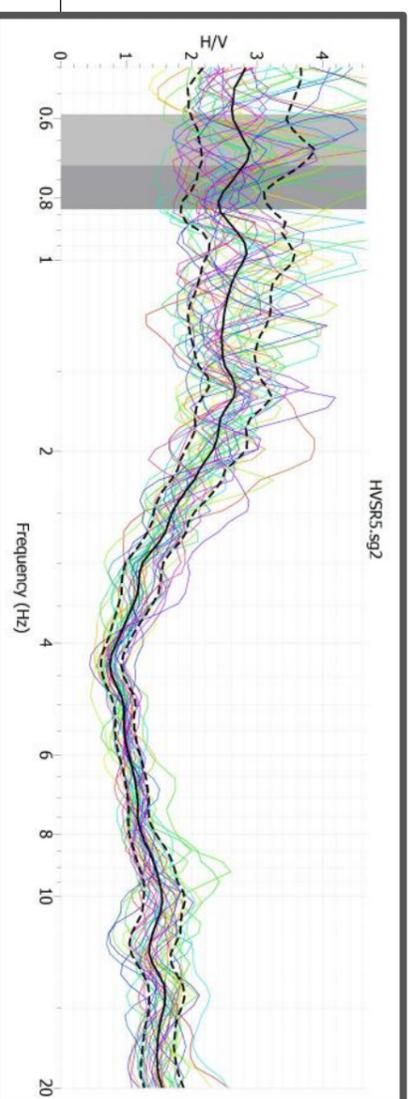
SERIE TEMPORALE HV



DIREZIONALITA' HV



RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



CRITERI SESAME (2004) ⁽¹⁾

Picco H/V a 0.95 +/- 0.38 Hz (interno dell'intervallo 0-20 Hz)		
Criteri per una curva HV affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10 / L_w$		OK
$n_0(f_0) > 200$		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		
Criteri per un picco HV chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f^+ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f^+) < A_0/2$		NO
Esiste f^- in $[f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f^-) < A_0/2$		OK
$A_0 > 2$		OK
$f_{\text{finesc}} [A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		NO
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$		OK

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco HV
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco HV
$\epsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva HV alla frequenza f_0
$A_{HV}(f)$	ampiezza della curva HV alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log HV}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$			
	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\epsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log HV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA HV ^{(2) (3)}

CLASSE	B
TIPO	2

La classificazione delle curve HV prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (HV affidabile, può essere utilizzata anche da sola)

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

Classe B (HV da "interpretare", va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)

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

Classe C (HV scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)

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

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

Tipo 1: HV con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (possibile risonanza)

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

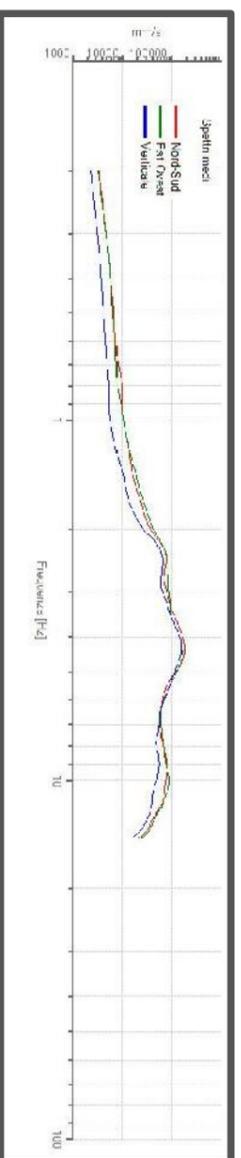
NOTE

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

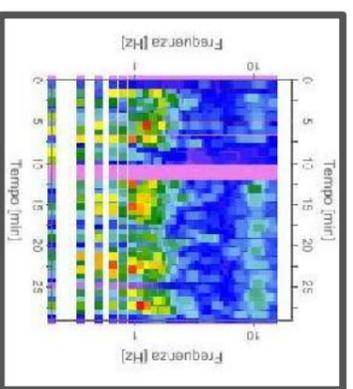
Acquisizione HVSR 7/Casino di terra_argine

Strumentazione: sismografo MAE/sensore 3d S3 MAE
 Data registrazione: 18/09/2012
 Durata registrazione: 30 minuti
 Frequenza campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: da 20 a 40 secondi
 Lisciamento curve: triangolare costante (10%)
 Meteo: sereno con vento da leggero a medio
 Tipo di terreno: naturale
 Disturbi: transienti dovuti a rumore antropico

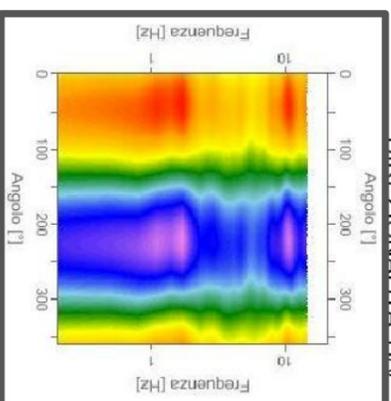
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



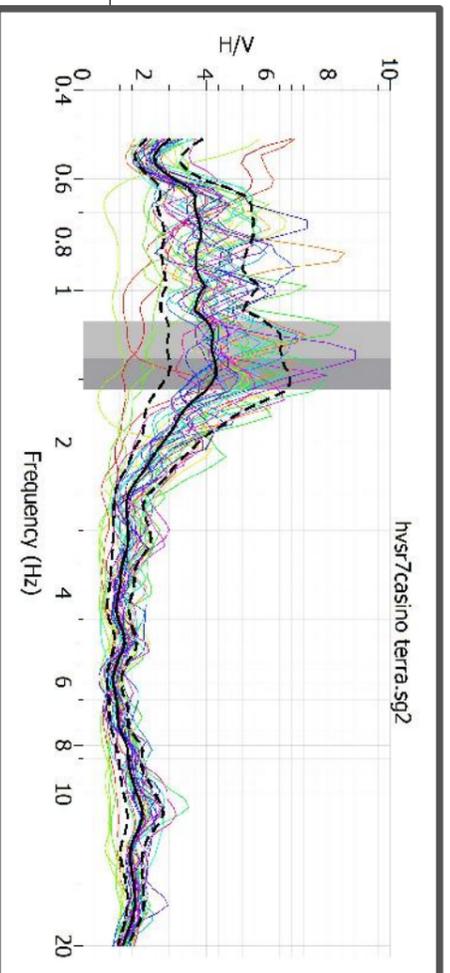
SERIE TEMPORALE HV



DIREZIONALI ITA' HV



RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



CRITERI SESAME (2004) ⁽¹⁾

Picco H/V a 1.4 +/- 0.36 Hz (interno dell'intervallo 0-20 Hz)

Criteri per una curva HV affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10 / L_w$		OK
$n_c(f_0) > 200$		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		
Criteri per un picco HV chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f^* in $[f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f^*) < A_0/2$		NO
Esiste f^* in $[f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f^*) < A_0/2$		OK
$A_0 > 2$		NO
$f_{\text{finesse}} [A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		NO
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$		OK

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco HV
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco HV
$\epsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva HV alla frequenza f_0
$A_{HV}(f)$	ampiezza della curva HV alla frequenza f
f^*	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^*) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\text{logHV}}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$			
	< 0.2	$0.2 - 0.5$	$0.5 - 1.0$	$1.0 - 2.0$
$\epsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\text{logHV}}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA HV ^{(2) (3)}

CLASSE	B
TIPO	1

La classificazione delle curve HV prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (HV affidabile, può essere utilizzata anche da sola)

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

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

Classe B (HV da "interpretare", va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)

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

Classe C (HV scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)

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

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

Tipo 1: HV con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (possibile risonanza)

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

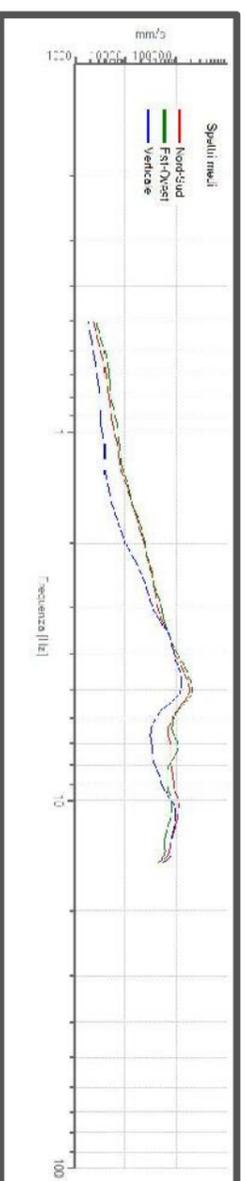
NOTE

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

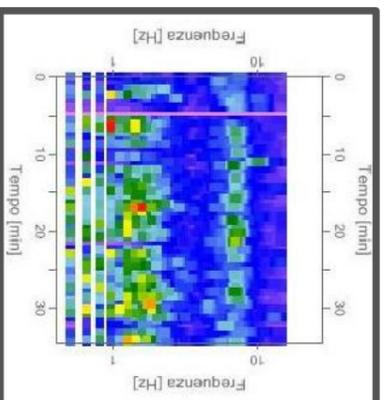
Acquisizione HVSR 8/Casino di terra_Ponte

Strumentazione: sismografo MAE/sensore 3d S3 MAE
 Data registrazione: 18/09/2012
 Durata registrazione: 35 minuti
 Frequenza campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: da 20 a 40 secondi
 Lisciamiento curve: triangolare costante (10%)
 Meteo: sereno con vento da leggero a medio
 Tipo di terreno: naturale
 Disturbi: transienti dovuti a rumore antropico

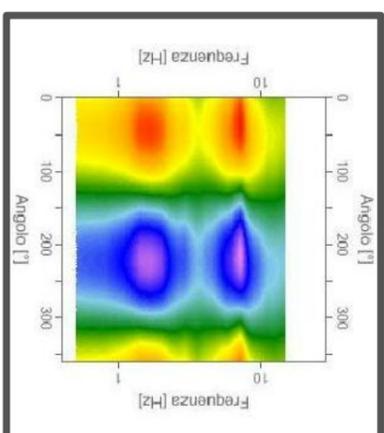
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



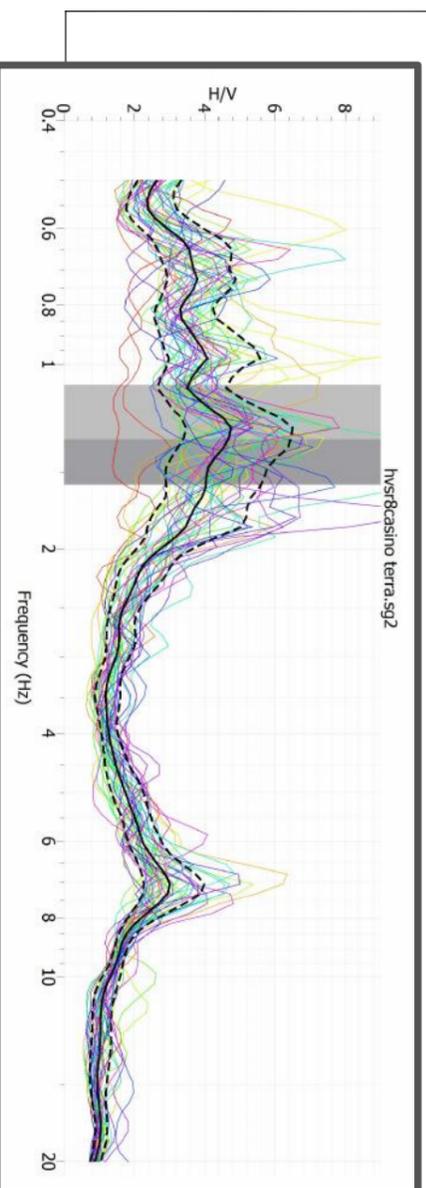
SERIE TEMPORALE HV



DIREZIONALITA' HV



RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



CRITERI SESAME (2004) ⁽¹⁾

Picco H/V a 1.4 +/- 0.32 Hz (esterno all'intervallo 0-20 Hz)

Criteri per una curva HV affidabile		
[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10 / L_w$		OK
$n_c(f_0) > 200$		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		OK
Criteri per un picco HV chiaro		
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f^* in $[f_0/4, f_0] \cup [A_{HV}(f^*) < A_0/2$		OK
Esiste f^* in $[f_0, 4f_0] \cup [A_{HV}(f^*) < A_0/2$		OK
$A_0 > 2$		OK
$f_{\text{picco}} [A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		OK
$\sigma_A < \varepsilon(f_0)$		OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$		OK

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco HV
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco HV
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva HV alla frequenza f_0
$A_{HV}(f)$	ampiezza della curva HV alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log HV}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$			
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	< 0.2	$0.2 - 0.5$	$0.5 - 1.0$	$1.0 - 2.0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log HV}(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78
	0.48	0.40	0.30	0.25

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA HV ^{(2) (3)}

CLASSE	A
TIPO	1

La classificazione delle curve HV prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (HV affidabile, può essere utilizzata anche da sola)

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

Classe B (HV da "interpretare", va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)

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

Classe C (HV scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)

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

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

Tipo 1: HV con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (possibile risonanza)

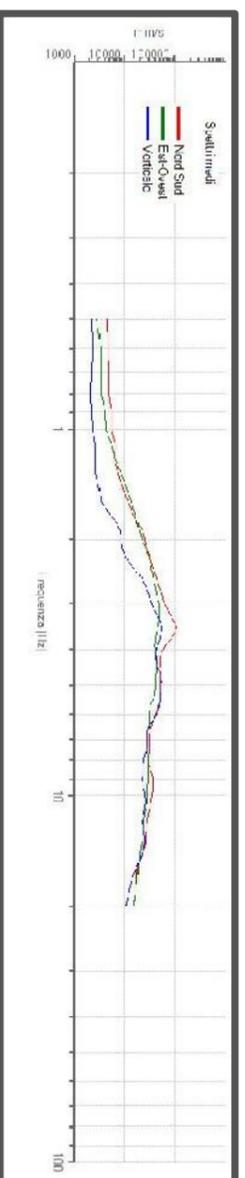
Tipo 2: HV senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguale ad 1: assenza di risonanza)

NOTE

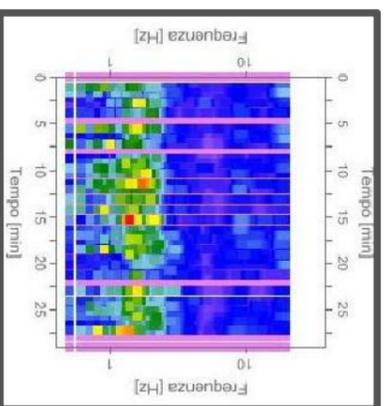
(1) - SESAME Project (2004) - Guidelines for the implementation of the HV spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation, WP12, deliverable no. D23.12
 (2) - Albarello D., Cesti C., Eculivi V. et al. (2010). The contribution of the ambient vibration prospecting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

Acquisizione HVSR 9/Casino di terra Stazione

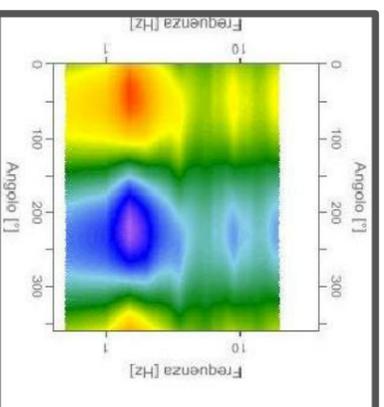
Strumentazione: sismografo MAE/ sensore 3d S3 MAE
 Data registrazione: 18/09/2012
 Durata registrazione: 30 minuti
 Frequenza campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: da 20 a 40 secondi
 Lisciamento curve: triangolare costante (10%)
 Meteo: coperto con vento da leggero a medio
 Tipo di terreno: naturale
 Disturbi: transienti dovuti a rumore antropico



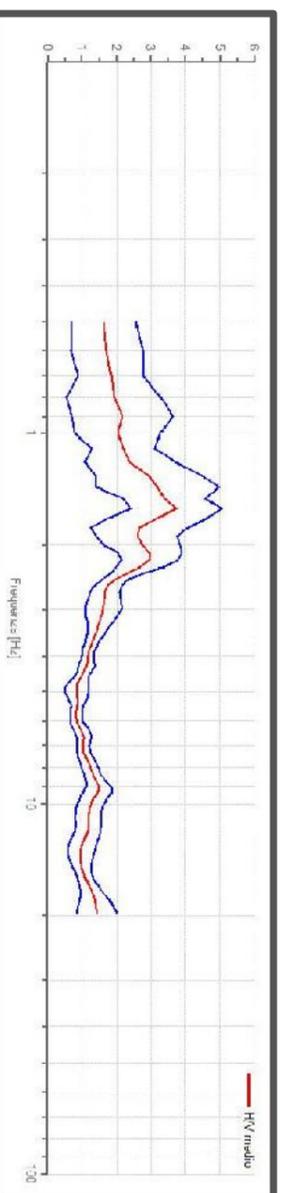
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE HV



DIREZIONALITA' HV



RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

CRITERI SESAME (2004) ⁽¹⁾

Picco H/V a 1.6 +/- 0.35 Hz (interno dell'intervallo 0-20 Hz)

Criteri per una curva HV affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10 / L_w$		OK
$n_c(f_0) > 200$		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$, se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$, se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		
Criteri per un picco HV chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f^* in $[f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f^*) < A_0 / 2$		OK
Esiste f^* in $[f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f^*) < A_0 / 2$		OK
$A_0 > 2$		OK
$f_{\text{picco}} [A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$		OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$		OK

Parametro	Descrizione	Valore
L_w	lunghezza della finestra	
N_w	numero di finestre usate nell'analisi	
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi	
f	frequenza attuale	
f_0	frequenza del picco HV	
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco HV	
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	
A_0	ampiezza della curva HV alla frequenza f_0	
$A_{HV}(f)$	ampiezza della curva HV alla frequenza f	
f^*	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^*) < A_0/2$	
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^+) < A_0/2$	
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa	
$\sigma_{\log HV}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$	
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$	

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0		> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log HV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA HV ^{(2) (3)}

CLASSE	A
TIPO	1

La classificazione delle curve HV prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (HV affidabile, può essere utilizzata anche da sola)

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

Classe B (HV da "interpretare", va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)

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

Classe C (HV scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)

- Misura di tipo B con curva HV che mostra ampiezza crescente al diminuire della frequenza (derivata) indice di movimento dello strumento durante la misura;
- misura di tipo B con presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di interesse.

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

Tipo 1: HV con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (possibile risonanza)

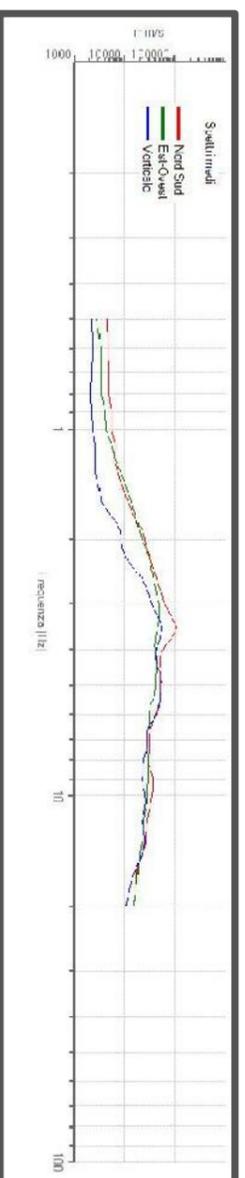
Tipo 2: HV senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguale ad 1: assenza di risonanza)

NOTE

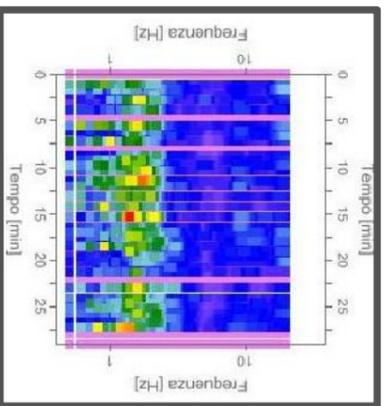
(1) - SESAME Project (2004) - Guidelines for the implementation of the HV spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation, WP12, deliverable no. D23.12
 (2) - Albarello D., Cesi C., Eulili V. et alii (2010). The contribution of the ambient vibration prospecting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

Acquisizione HVSR 9/Casino di terra Stazione

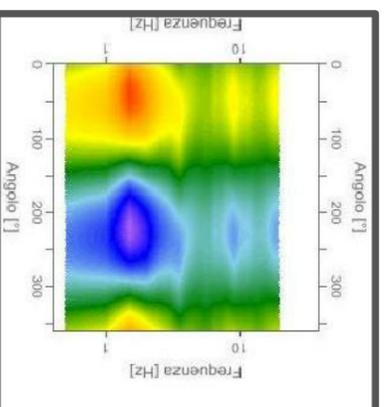
Strumentazione: sismografo MAE/ sensore 3d S3 MAE
 Data registrazione: 18/09/2012
 Durata registrazione: 30 minuti
 Frequenza campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: da 20 a 40 secondi
 Lisciamento curve: triangolare costante (10%)
 Meteo: coperto con vento da leggero a medio
 Tipo di terreno: naturale
 Disturbi: transienti dovuti a rumore antropico



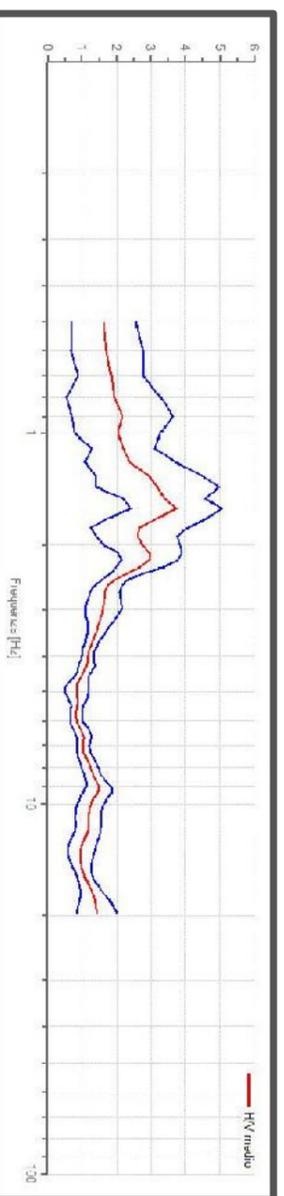
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE HV



DIREZIONALITA' HV



RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

CRITERI SESAME (2004) ⁽¹⁾

Picco H/V a 1.6 +/- 0.35 Hz (interno dell'intervallo 0-20 Hz)

Criteri per una curva HV affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10 / L_w$		OK
$n_c(f_0) > 200$		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$, se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		OK
Criteri per un picco HV chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f^* in $[f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f^*) < A_0 / 2$		OK
Esiste f^* in $[f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f^*) < A_0 / 2$		OK
$A_0 > 2$		OK
$f_{\text{picco}} [A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$		OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$		OK

Parametro	Definizione	Valore di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$
L_w <td>lunghezza della finestra</td> <td></td>	lunghezza della finestra	
N_w <td>numero di finestre usate nell'analisi</td> <td></td>	numero di finestre usate nell'analisi	
$n_c = L_w \cdot n_w \cdot f_0$ <td>numero di cicli significativi</td> <td></td>	numero di cicli significativi	
f <td>frequenza attuale</td> <td></td>	frequenza attuale	
f_0 <td>frequenza del picco HV</td> <td></td>	frequenza del picco HV	
σ_f <td>deviazione standard della frequenza del picco HV</td> <td></td>	deviazione standard della frequenza del picco HV	
$\varepsilon(f_0)$ <td>valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$</td> <td></td>	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	
A_0 <td>ampiezza della curva HV alla frequenza f_0</td> <td></td>	ampiezza della curva HV alla frequenza f_0	
$A_{HV}(f)$ <td>ampiezza della curva HV alla frequenza f</td> <td></td>	ampiezza della curva HV alla frequenza f	
f^* <td>frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^*) < A_0/2$</td> <td></td>	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^*) < A_0/2$	
f^+ <td>frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^+) < A_0/2$</td> <td></td>	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^+) < A_0/2$	
$\sigma_A(f)$ <td>deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa</td> <td></td>	deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa	
$\sigma_{\text{logHV}}(f)$ <td>deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$</td> <td></td>	deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$	
$\theta(f_0)$ <td>valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$</td> <td></td>	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$	

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\text{logHV}}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA HV ^{(2) (3)}

CLASSE	A
TIPO	1

La classificazione delle curve HV prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (HV affidabile, può essere utilizzata anche da sola)

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

Classe B (HV da "interpretare", va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)

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

Classe C (HV scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)

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

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

Tipo 1: HV con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (possibile risonanza)

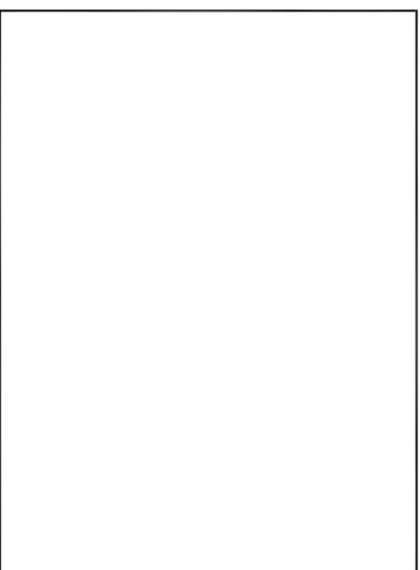
Tipo 2: HV senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguale ad 1: assenza di risonanza)

NOTE

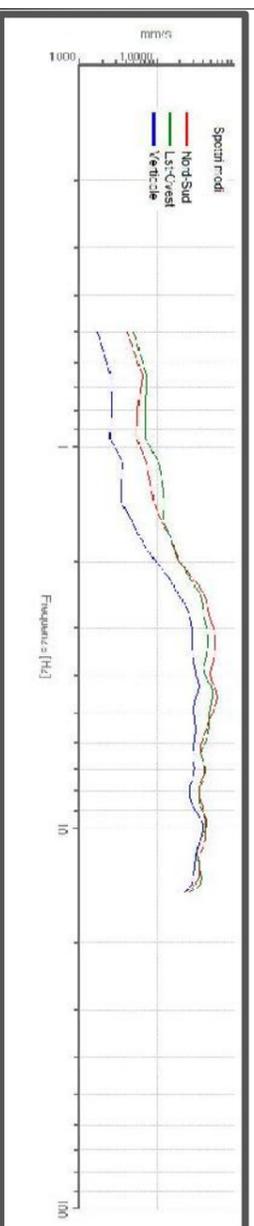
(1) - SESAME Project (2004) - Guidelines for the implementation of the HV spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation, WP12, deliverable no. D23.12
 (2) - Albarello D., Casi C., Eulili V. et alii (2010). The contribution of the ambient vibration prospecting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

Acquisizione HVSR 10/II Fontino

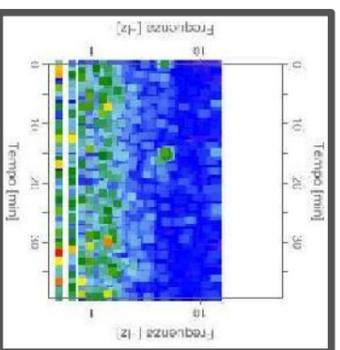
Strumentazione: sismografo MAE/sensore 3d S3 MAE
 Data registrazione: 18/09/2012
 Durata registrazione: 40 minuti
 Frequenza campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: da 20 a 40 secondi
 Lisciamento curve: triangolare costante (10%)
 Meteo: Coperto con vento da leggero a medio
 Tipo di terreno: naturale
 Disturbi: transienti dovuti a rumore antropico



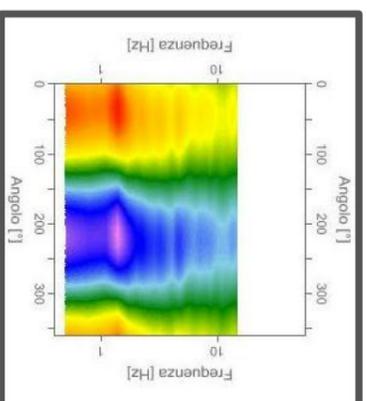
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



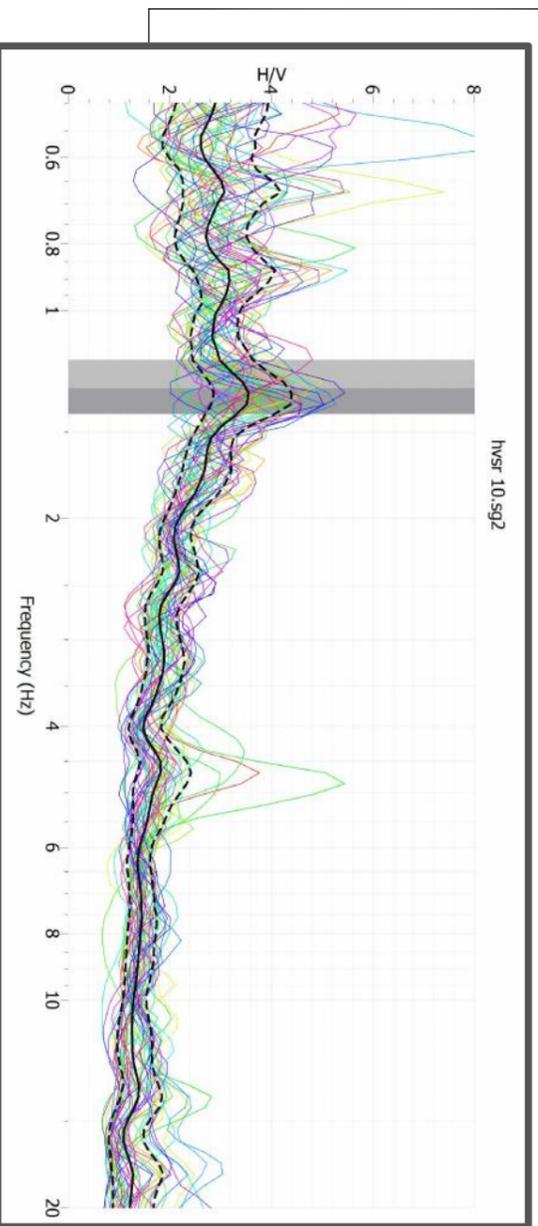
SERIE TEMPORALE HV



DIREZIONALITA' HV



RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



CRITERI SESAME (2004) ⁽¹⁾

Picco H/V a 1.4 +/- 0.34 Hz (esterno all'intervallo 0-20 Hz)

Criteri per una curva HV affidabile		
[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10 / L_w$		OK
$n_s(f_0) > 200$		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz		OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz		
Criteri per un picco HV chiaro		
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f^* in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^*) < A_0/2$		NO
Esiste f^* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^*) < A_0/2$		OK
$A_0 > 2$		OK
$f_{picco} [A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$		OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$		OK

Parametro	Descrizione	Valore
L_w	lunghezza della finestra	
n_w	numero di finestre usate nell'analisi	
$n_s = L_w \cdot n_w \cdot f_0$	numero di cicli significativi	
f	frequenza attuale	
f_0	frequenza del picco HV	
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco HV	
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0	
$A_{HV}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f	
f^*	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^*) < A_0/2$	
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^+) < A_0/2$	
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa	
$\sigma_{logHV}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$	
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$	

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0		> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{logHV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA HV ^{(2) (3)}

CLASSE	A
TIPO	1

La classificazione delle curve HV prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (HV affidabile, può essere utilizzata anche da sola)

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

Classe B (HV da "interpretare": va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)

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

Classe C (HV scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)

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

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

Tipo 1: HV con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (possibile risonanza)

Tipo 2: HV senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguali ad ± 1 : assenza di risonanze)

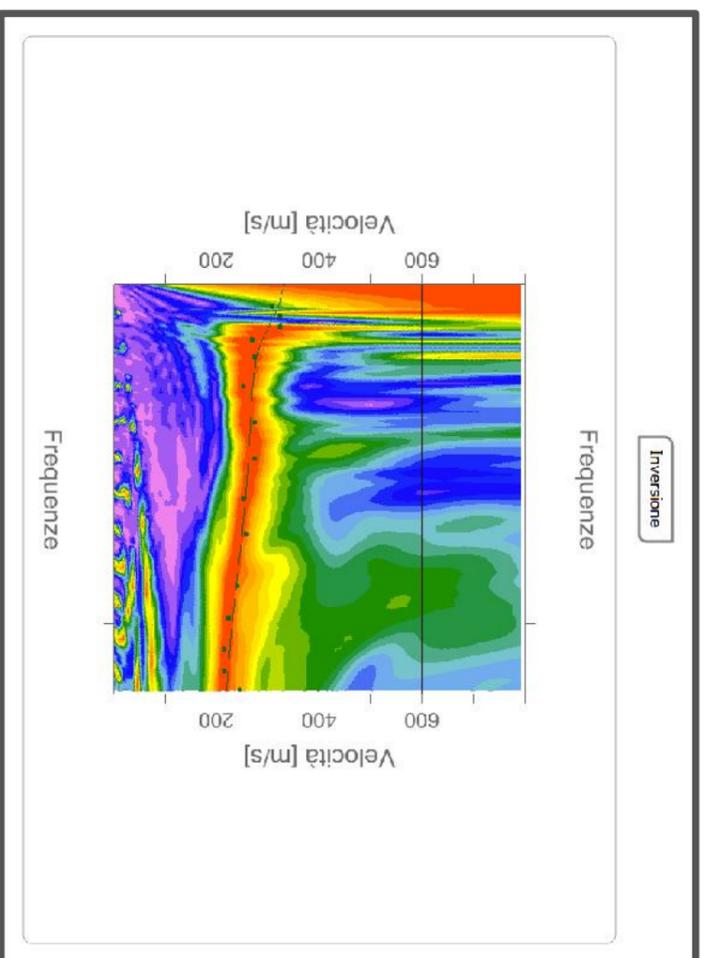
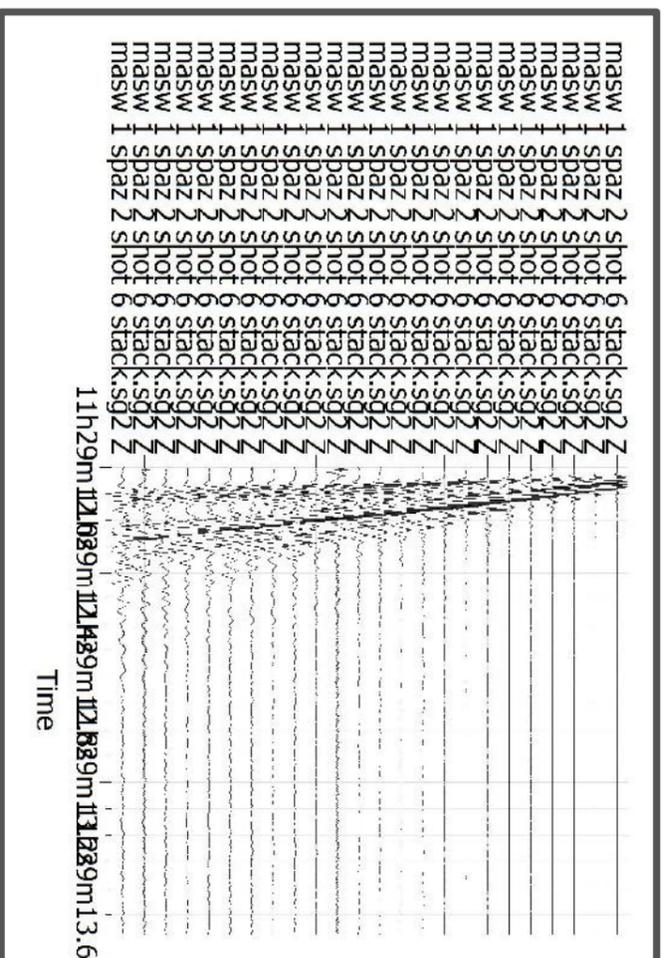
NOTE

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

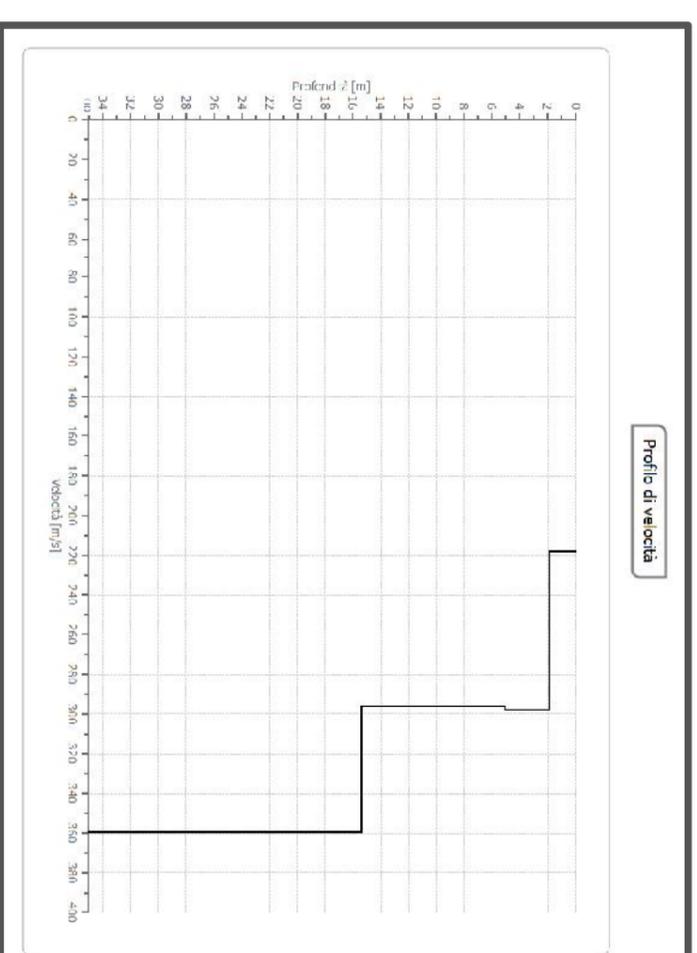
3. TAVOLE INTERPRETATIVE INDAGINI DI SISMICHE MASW

Acquisizione MASW 1/II Palazzo

Strumentazione: sismografo MAE/24 geofoni 4,5Hz
 Data registrazione: 26/11/2012
 Durata registrazione: Circa 2 secondi
 Frequenza campionamento: 3750 Hz
 Meteo: nuvoloso con vento da leggero a medio
 Tipo di terreno: naturale



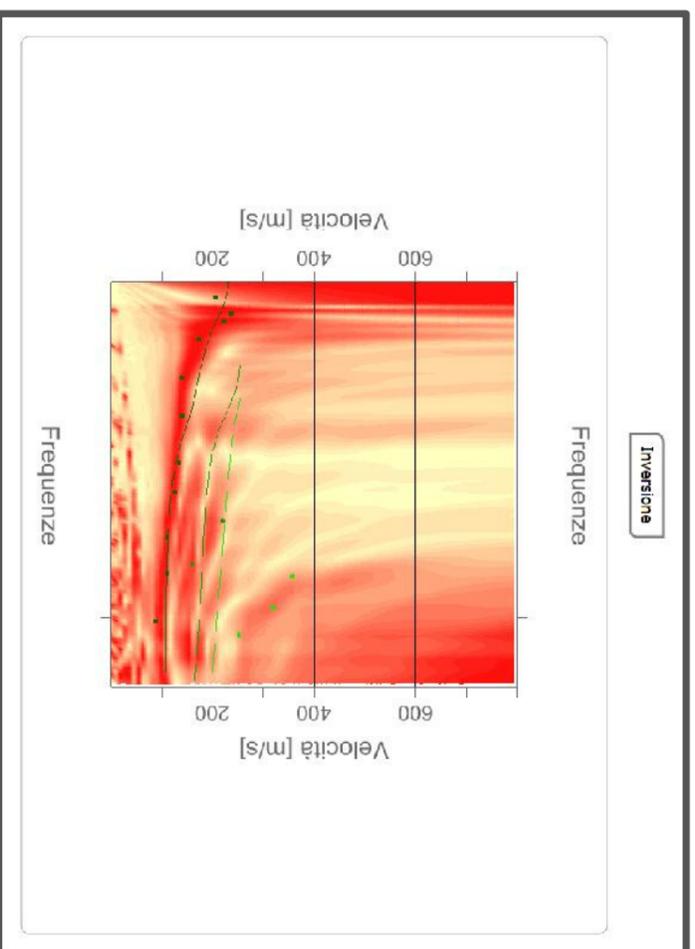
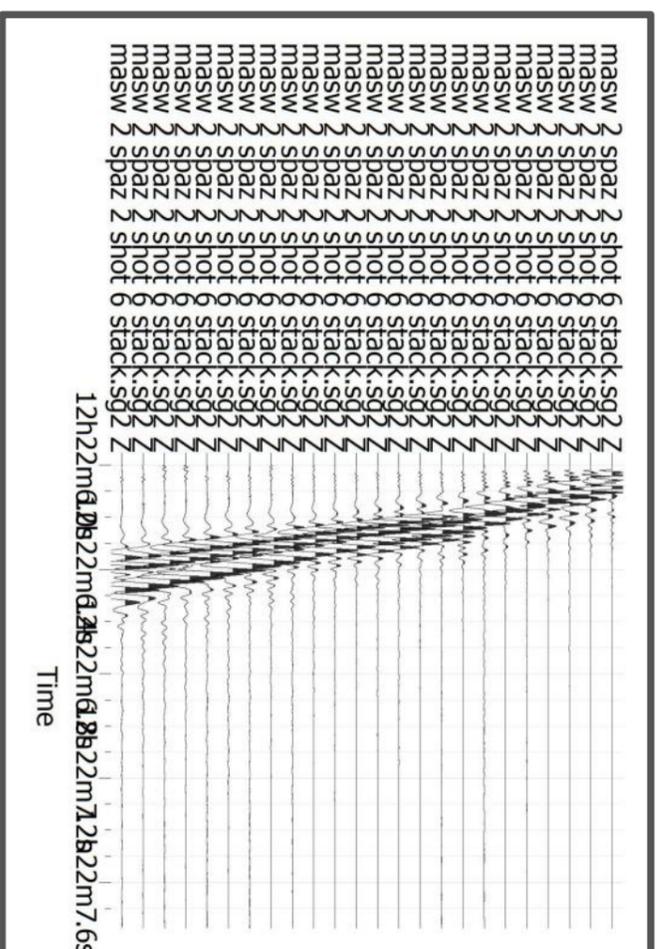
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	59.4	243.9	0
2	56.8	214.5	0
3	53.7	214.5	0
4	49.3	222.9	0
5	44.4	239.7	0
6	37.0	256.5	0
7	31.9	252.3	0
8	26.1	273.3	0
9	20.9	273.3	0
10	15.7	252.3	0
11	11.5	273.3	0
12	9.1	269.1	0
13	7.2	323.8	0
14	5.6	323.8	0
15	4.3	307.0	0



n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.94	1.94	18000.0	0.4	No	453.4	217.8
2		5.11	3.17	18000.0	0.4	No	620.0	297.8
3		15.38	10.27	18000.0	0.4	No	616.2	296.0
4		oo	oo	18000.0	0.4	No	748.8	359.7

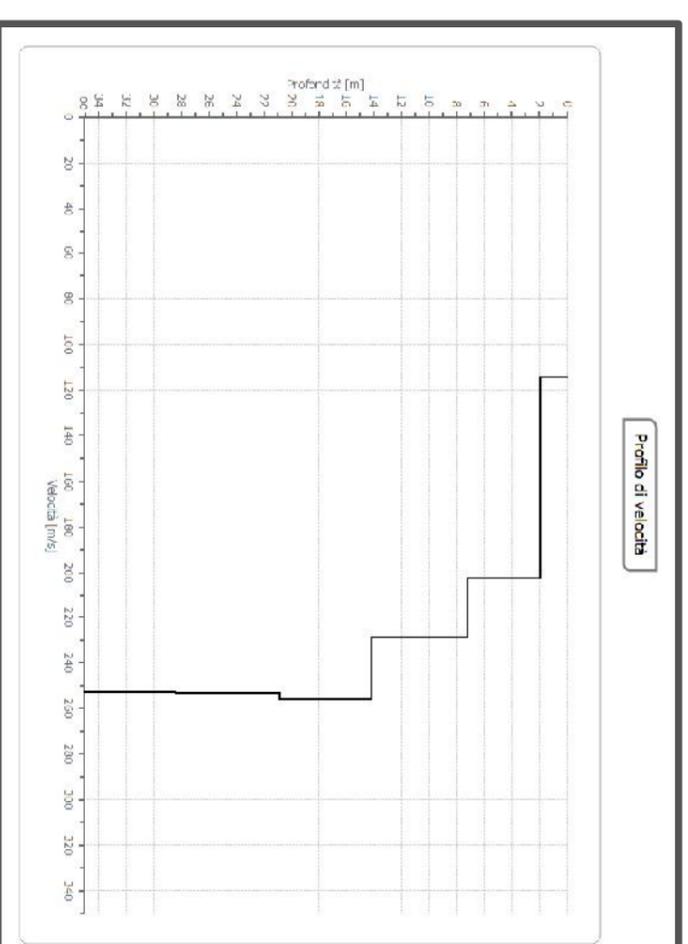
Acquisizione MASW 2/Veccini

Strumentazione: sismografo MAE/24 geofoni 4,5Hz
 Data registrazione: 26/11/2012
 Durata registrazione: Circa 2 secondi
 Frequenza campionamento: 3750 Hz
 Meteo: nuvoloso con vento da leggero a medio
 Tipo di terreno: naturale



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	3.3	206.1	0
2	5.7	235.5	0
3	6.8	222.9	0
4	9.4	172.4	0
5	14.9	138.8	0
6	20.5	138.8	0
7	27.3	134.6	0
8	31.5	126.2	0
9	38.1	109.3	0
10	43.3	109.3	0
11	50.5	88.3	0
12	35.8	218.7	1
13	42.0	159.8	1
14	43.8	357.4	2
15	48.5	319.6	2
16	52.5	252.3	2

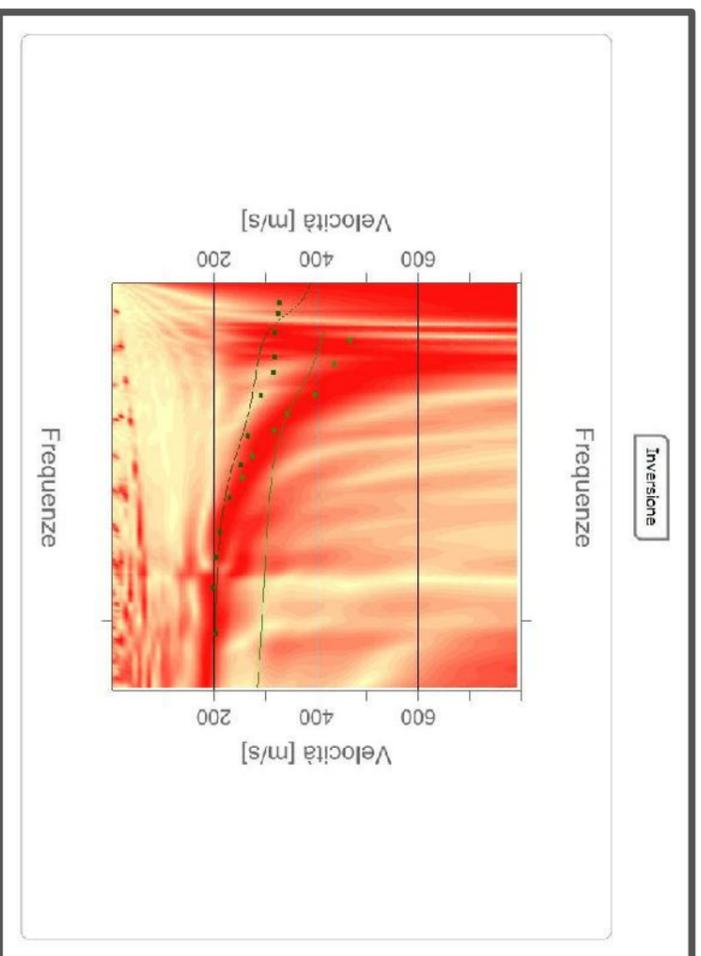
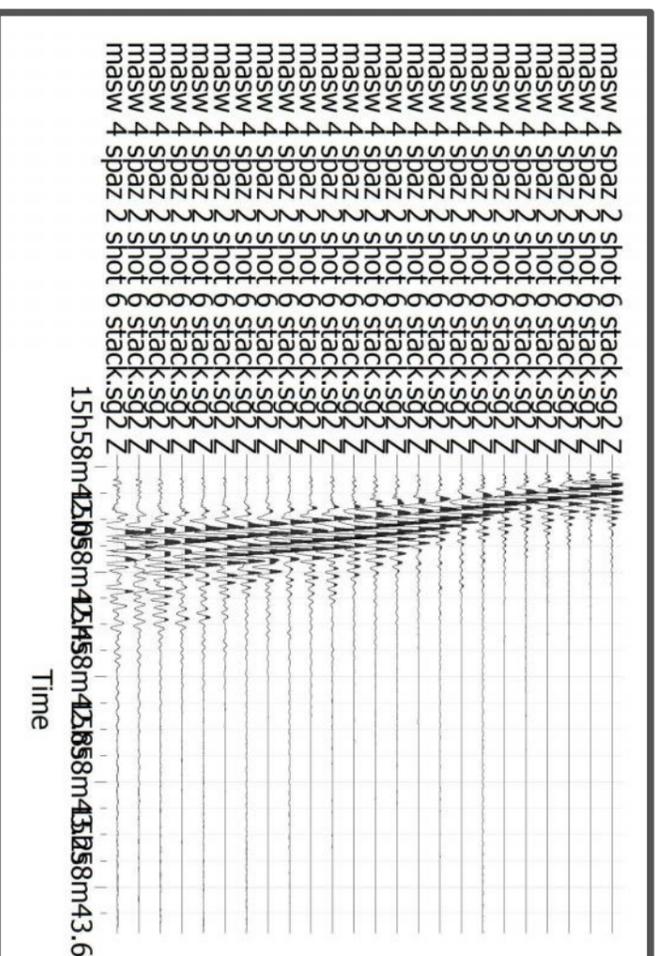


n.	Description e	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unitario volume [kg/mc]	Coefficient e Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		2.00	2.00	1800.0	0.4	No	237.9	114.3
2		7.23	5.23	1800.0	0.4	No	421.4	202.4
3		14.20	6.96	1800.0	0.4	No	475.8	228.6
4		20.88	6.68	1800.0	0.4	No	532.5	255.8
5		28.42	7.54	1800.0	0.4	No	526.7	253.0
6		oo	oo	1800.0	0.3	No	472.5	252.6

Inversione

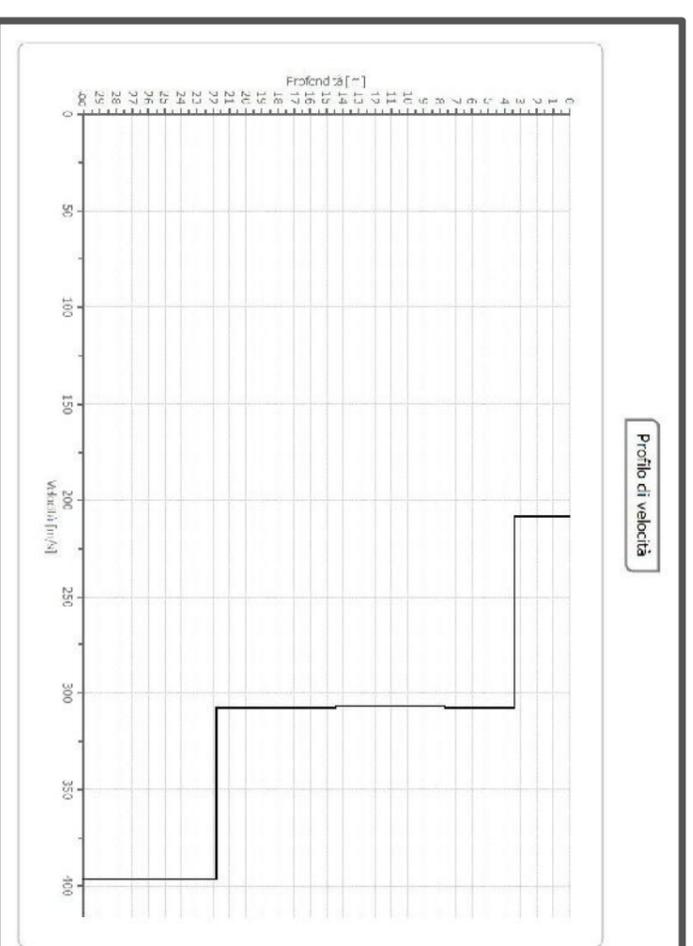
Acquisizione MASW 4/P. Poggio Masino

Strumentazione: sismografo MAE/24 geofoni 4,5Hz
 Data registrazione: 26/11/2012
 Durata registrazione: Circa 2 secondi
 Frequenza campionamento: 3750 Hz
 Meteo: nuvoloso con vento da leggero a medio
 Tipo di terreno: naturale



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	4.0	325.8	0
2	5.4	324.1	0
3	8.2	317.1	0
4	11.7	317.1	0
5	9.4	466.5	1
6	14.0	313.7	0
7	12.7	433.5	1
8	17.1	397.0	1
9	17.2	291.1	0
10	19.9	341.4	1
11	22.3	315.4	1
12	23.1	265.0	0
13	26.1	273.7	1
14	27.3	251.1	0
15	29.1	254.6	1
16	32.1	228.5	0
17	36.9	210.3	0
18	40.6	201.9	0
19	45.1	197.6	0
20	51.8	201.9	0



Inversione

n.	Description	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficient e Poisson	Falda	Vp [m/see]	Vs [m/see]
1		3.42	3.42	1800.0	0.5	No	691.5	208.5
2		7.70	4.27	1800.0	0.5	No	1020.5	307.7
3		14.42	6.72	1800.0	0.5	No	1016.8	306.6
4		21.81	7.40	1800.0	0.5	No	1020.1	307.6
5		30.80	8.99	1800.0	0.5	No	1314.6	396.4
6		∞	∞	1800.0	0.5	No	1380.1	416.1