



COMUNE DI SANTA FIORA

(PROVINCIA DI GROSSETO)

REGOLAMENTO URBANISTICO

Art. 65 L. R. 3 gennaio 2005 n.1

RELAZIONE GEOFISICA **Santafiora, Selva, Marroneto**

IL GEOLOGO

Dott. Daniele Nenci

RELAZIONE GEOFISICA

1 Cenni teorici sui metodi utilizzati

1.1 Multichannel Surface Waves Analysis

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è un metodo d'indagine geofisica, sviluppato e diffuso nella seconda metà degli anni '90 e prevede, come le più comuni tecniche sismiche di indagine del sottosuolo (rifrazione P e S), l'energizzazione del terreno e la successiva registrazione delle onde generate con un array lineare di geofoni. La particolarità di questa indagine è che utilizza le onde superficiali, in particolare quelle di Rayleigh, per definire il profilo della Vs nel sottosuolo. Le onde di Rayleigh sono generate dall'interazione tra le onde di compressione (P), le onde di taglio che si propagano in direzione verticale (SV) e la superficie libera

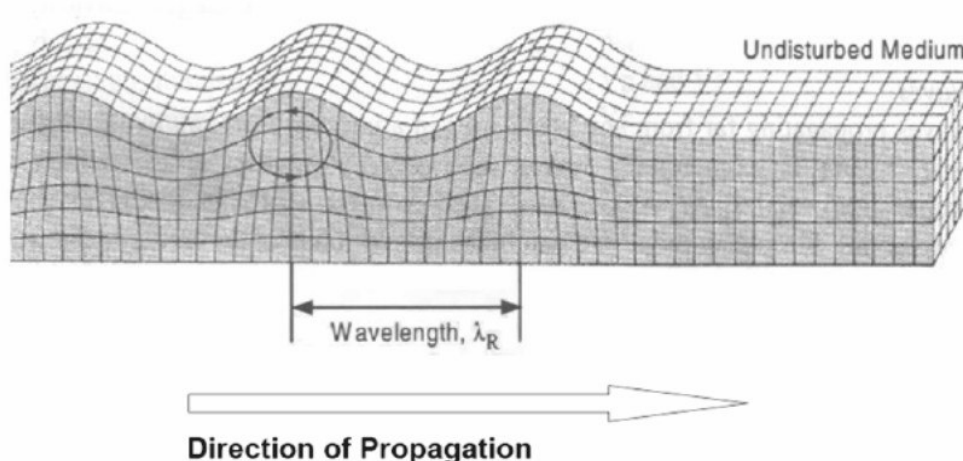


Fig.1: schema onda superficiale di Rayleigh

Le onde di Rayleigh hanno un moto ellittico retrogrado (Fig.1) ed hanno velocità di poco inferiore a quelle delle onde S infatti in mezzi omogenei e elasticamente lineari:

$$V_R = 0.91 \cdot V_S$$

La caratteristica fondamentale delle onde di Rayleigh (e in generale delle onde superficiali) è che, in terreni disomogenei, sono soggette al fenomeno della dispersione ovvero la loro velocità di propagazione varia con la frequenza di oscillazione. Sapendo inoltre che le frequenze di oscillazione più basse esplorano porzioni più profonde di terreno (Fig 2) si può, tramite un opportuno formalismo matematico, “trasformare” la curva di dispersione estrapolata dai sismogrammi misurati, in un profilo di V_s attendibile. Questo rende la tecnica MASW uno strumento d’indagine molto potente per definire il profilo delle V_s e quindi la V_{s30} .

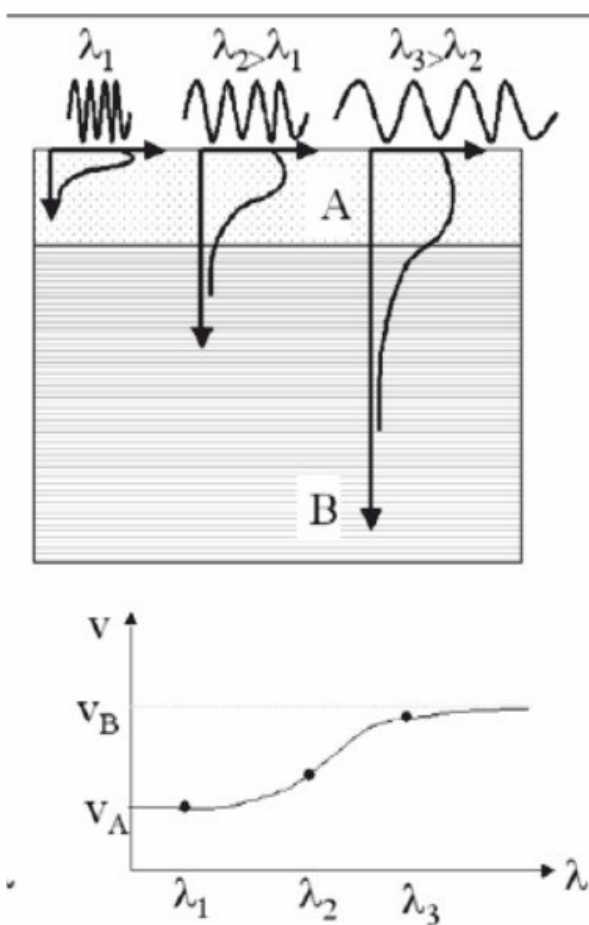


Fig.2: curva di dispersione della velocità delle onde superficiali

I vantaggi di questa tecnica sono la possibilità di individuare le inversioni di velocità, la maggiore sensibilità alle proprietà meccaniche dei terreni, il più alto rapporto tra profondità raggiunta e la lunghezza dello stendimento e l’applicabilità in contesti con alto rumore ambientale ed antropico. Gli svantaggi sono invece la mono-

dimensionalità del risultato e la presenza di alcune assunzioni che ne restringono il campo di applicazione. Infatti la metodologia sarebbe applicabile solo in situazioni geologiche con geometrie piano-parallele; in realtà piccole inclinazioni sono tollerate, in quanto gli errori indotti ricadono all'interno dell'errore strumentale ed interpretativo. Un altro fenomeno a cui si deve prestare molta attenzione sono i modi di vibrazione superiore, ovvero la curva di dispersione può essere scomposta in un modo di vibrazione fondamentale e modi di vibrazione superiori, i quali sono generati da onde back scattered, onde riflesse e onde rifratte, molto influenzate dall'assetto stratigrafico. Considerare oltre al modo di vibrazione fondamentale anche quelli superiori porta ad un forte miglioramento dei profili ottenuti, la difficoltà però spesso sta nell'individuare e distinguere i vari modi di vibrazione.

1.2 Vibrazione ambientali e rapporto spettrale H/V

Le vibrazioni ambientali sono piccole vibrazioni del terreno (ordine dei 10^{-4} cm) le quali vengono osservate sperimentalmente su ogni punto della terra; grazie a queste è possibile ottenere alcune informazioni sulla situazione geologico-strutturale e sulle velocità delle onde di taglio. Le sorgenti delle vibrazioni ambientali sono molte tra cui ricordiamo:

- il moto ondoso oceanico e le grandi perturbazioni atmosferiche per le basse frequenze ($< 0,5$ Hz);
- le sorgenti antropiche come traffico veicolare o attività industriale per quanto attiene alle alte frequenze (1.0 Hz).

L'approccio utilizzato nelle metodologie che sfruttano questo tipo di vibrazioni è stocastico in quanto le scarse conoscenze sulle caratteristiche della sorgente e sul materiale attraversato non consentono di trattarlo in maniera deterministica. Risulta quindi fondamentale che il campo d'onda misurato sia uniforme e non risulti troppo influenzato da forti transienti o da sorgenti direzionali di rumore (per esempio attività industriale, linee ferroviarie o traffico veicolare) le quali renderebbero inefficaci le assunzioni di stazionarietà e non direzionalità del segnale registrato.

Nel caso in cui si è certi di avere un campo d'onda uniforme e isotropo, si può utilizzare il rapporto tra la risultante degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali e lo spettro di Fourier della componente verticale (detto rapporto è chiamato anche ellitticità) per ottenere alcune informazioni fondamentali sulla stratigrafia del sottosuolo. Senza scendere troppo nei particolari si può affermare che il rapporto H/V ci permette di identificare la frequenza di vibrazione fondamentale del sito ovvero permette di individuare in maniera precisa per quale frequenza di oscillazione si ha l'ampiezza massima dello scuotimento. Questa informazione risulta molto utile in fase di progettazione per definire alcuni parametri progettuali dell'opera e permette anche di prevedere la presenza di forti discontinuità nel sottosuolo (profondità interfaccia sedimento-substrato). Vari studi dimostrano l'impossibilità di utilizzare il rapporto H/V per definire univocamente la stratigrafia e le velocità del semispazio indagato, però grazie alla sua economicità e alla semplicità esecutiva può essere usata congiuntamente con altre tecniche geofisiche (MASW, rifrazione, REMI...) al fine di aumentare il numero di informazioni a disposizione e migliorare l'affidabilità e la robustezza del risultato ottenuto.

1.3 Sismica a rifrazione in onde P

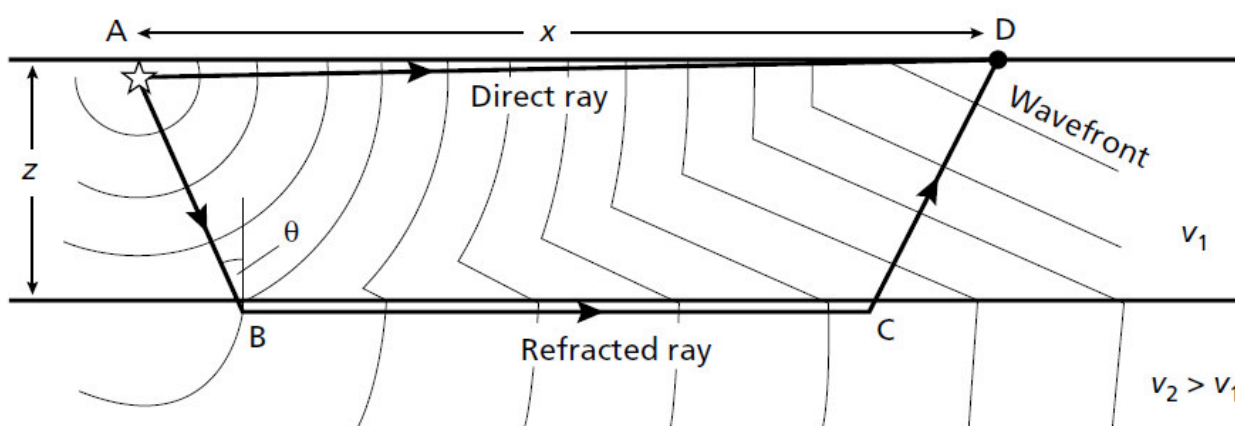


Fig.3: schema della propagazione di un'onda diretta e di un'onda rifratta

La prospezione sismica a rifrazione è un metodo geofisico che prevede la registrazione, lungo uno stendimento di geofoni, della forma d'onda generata da una sorgente impulsiva (maglio, fucile sismico ecc.). Dalla forma d'onda registrata si

definisce i primi arrivi ai vari geofoni disposti con una geometria nota e utilizzando le leggi di Huygens e Snell, si ricava gli andamenti dei rifrattori e le velocità della porzione di terreno sottostante lo stendimento (fig.3).

Il metodo della rifrazione è affidabile e collaudato essendo uno dei metodi più utilizzati nella geofisica applicata all'ingegneria. I risultati di questo metodo vanno comunque analizzati ed utilizzati con molta attenzione in quanto presenta alcune limitazioni:

- è possibile individuare un orizzonte solo se esso ha una velocità delle onde P maggiore di quello sovrastante ovvero non si possono individuare le cosiddette inversioni di velocità;
- come in molte altre metodologie geofisiche esiste un trade off tra velocità e spessore dello strato, ovvero si può avere più modelli validi variando queste due incognite in maniera proporzionale;
- la profondità massima di investigazione è circa un quarto della lunghezza dello stendimento
- non è sempre possibile individuare spessori piccoli rispetto all'asse intergeofonico.

Si consiglia quindi di tener ben presente questi quattro punti durante l'interpretazione delle sezioni derivanti dalla sismica a rifrazione.

2 Strumentazione utilizzata

Il sistema usato per l'acquisizione è quello prodotto dalla SARA Electronic Instruments s.r.l ed è composto da:

- un sismografo a 12 canali;
- 12 geofoni;
- 1 geofono starter;
- un'unità di testa;
- SR04 Geobox.

I geofoni hanno la sola componente verticale con una frequenza naturale di 4.5 hz e una sensibilità di 28 V/m/s .Il sismografo è costituito da 12 unità poste lungo il cavo sismico a distanze regolare; questa unità sono essenzialmente dei convertitori analogico-digitali SARA 16 bit, con filtro passa basso con 200 hz di frequenza di taglio e un filtro passa alto con frequenza di taglio posta a 2 hz. Il trigger, ovvero lo start della registrazione, viene dato attraverso il geofono starter. L'unità di testa, infine, non è altro che un'interfaccia tra i vari digitalizzatori posti lungo il cavo e il computer collegato ad essi. L'energizzazione del terreno è stata eseguita con un colpo di maglio da 6 kg su una piastra battente in PVC. L'acquisizione HVSR è stata eseguita con lo strumento SR04 Geobox prodotto da SARA Instruments che consiste in tre velocimetri in grado di registrare le due componenti orizzontali del moto e quella verticale.

3 Descrizione delle operazione di acquisizione, processing e inversione

3.1 Acquisizione MASW e HVSR

Il sismogramma è stato acquisito ponendo una distesa lunga 24 metri con 12 geofoni ad interasse di 2m. Per diminuire gli effetti dell'aliasing spaziale si è deciso di utilizzare la tecnica dell'interlacciamento, che prevede l'energizzazione del terreno attraverso due diversi shot, posti ad una distanza tra loro pari alla metà dell'interasse tra i geofoni. Tramite questa tecnica è possibile simulare uno stendimento di 24 geofoni con interasse di 1 m. Sempre in fase di acquisizione, per incrementare il rapporto segnale rumore, si è deciso di energizzare più volte nella stessa posizione e sommare i sismogrammi registrati in modo tale da attenuare il rumore non coerente. Quindi sono state effettuate una serie di energizzazioni da entrambi i lati dello stendimento da cui si è ricavato due sismogrammi con 24 canali. Si è energizzato da entrambi i lati per controllare se è verificata la condizione di strati piani e paralleli, infatti se i profili di velocità delle onde S, dedotti dalle curve di dispersione registrate ai due estremi dello stendimento, dovessero venire molto diversi avremmo la prova che siamo in una situazione dove la piano parallelità non è verificata e quindi i nostri profili delle Vs

avrebbero un significato puramente qualitativo e non darebbero nessuna informazione sul reale spessore e velocità del sismostrato. Per la prova HVSR si è registrato le vibrazioni ambientali per 900 secondi utilizzando una frequenza di campionamento di 300 Hz.

3.2 Acquisizione sismica a rifrazione in onde P

L'acquisizione è stata eseguita utilizzando uno stendimento di 12 geofoni lungo 24 m ed energizzando in 5 punti all'interno e all'esterno dello stendimento. La durata della registrazione è stata in tutti i casi analizzati di 0.25 s e la frequenza di campionamento di 5000 hz; al fine di definire in maniera precisa il primo arrivo su ogni traccia si è eseguito lo stacking (somma) di più energizzazioni su ogni punto sorgente.

3.3 Processing MASW

In questa sezione verrà brevemente descritta la sequenza di processing applicata al sismogramma registrato; il software usato per il processing è GEOPSY (GEOPhysical Signal processing). Per questo sismogramma la sequenza utilizzata è composta da due passi:

- Normalizzazione dell'energia delle tracce secondo l'inverso del quadrato della distanza
- Normalizzazione dell'energia dell'onda

il primo step serve per dare più valore alle tracce registrate ad una distanza maggiore rispetto al punto di energizzazione, affinché esse non vengano coperte del tutto dal segnale relativo alle tracce prossime al punto di battuta. Inoltre le tracce più lontane sono quelle che, in linea di massima, ci restituiscono i segnali più affidabili, in quanto quasi sicuramente soddisfano l'assunzione di fronte d'onda piano necessaria per la definizione di un curva di dispersione corretta. Il secondo passaggio normalizza lo spettro frequenza/velocità con il massimo dell'energia dello stesso, questo serve ad avere una visualizzazione nitida della curva di dispersione. Il passo finale del

processing è quello di fare il picking della curva di dispersione che poi sarà esportata nel programma Dinver per poter essere invertita.

3.4 Processing HVSR

Anche in questo caso il processing è stato effettuato con Geopsy e consiste nella scomposizione del segnale in finestre di 20 (o 25) secondi tra le quali si seleziona, con un algoritmo di anti-triggering, quelle in cui il campo di rumore è più uniforme; successivamente viene calcolato il rapporto H/V per ogni finestra e la media dei singoli rapporti.

3.5 Processing ed inversione della sismica a rifrazione P

L'elaborazione della sismica a rifrazione prevede il primo fondamentale passaggio del picking dei primi arrivi, in cui si cerca di definire in maniera coerente i tempi dei primi arrivi per ogni traccia misurata. Si definisce in questa maniera una dromocrona (curva che mostra la variazione dei tempi di arrivo in base alla distanza dalla sorgente) per ogni punto di energizzazione. I metodi per ottenere la sezione di velocità delle onde P partendo dalle dromocrone e dalla geometria dello stendimento sono molteplici, in questo studio si è utilizzato il metodo del GRM (Generalized Refraction Method) teorizzato da Palmer nel 1980. Il passaggio più delicato di questo metodo è la ricostruzione della dromocrona relativa ad ogni strato, seguendola, se possibile, da un estremo all'altro dello stendimento, assemblando quindi insieme tratti di dromocrone relative a sorgenti differenti ma i cui segnali provengono dallo stesso rifrattore. Ciò andrà fatto sia per il tiro diretto che per quello coniugato. Dopo aver definito due dromocrone (diretta e coniugata) per ogni rifrattore si deve definire la distanza intergeofonica ideale che restituisce la morfologia del rifrattore con il maggior dettaglio possibile. Una volta definita la distanza intergeofonica ideale con una serie di passaggi algebrici e geometrici si arriva a definire forma e velocità di ogni orizzonte. Il processing e l'inversione dei dati sono state eseguite con il programma SismaCon prodotto da ProgramGeo.

3.6 Inversione

L'inversione è stata effettuata attraverso il software Dinver presente nel pacchetto software Geopsy. Questo software utilizza il metodo del Neighbourhood Algorithm, che minimizza la funzione di errore tra la curva calcolata e quella misurata, attraverso una ricerca diretta nello spazio dei modelli. In parole semplici questo algoritmo genera un numero N_0 di modelli di V_s iniziali, risolvendo il problema diretto da questi modelli ricava una curva di dispersione che confronta con quella misurata e ne deduce un valore di misfit; di questi modelli seleziona quelli che hanno restituito il minor misfit e li varia minimamente generando nuovi N_s modelli di cui genera la curva di dispersione; calcola nuovamente i misfit rispetto alla curva misurata, seleziona quelli con il misfit minore e continua seguendo questo schema fino a trovare la curva di dispersione che più si avvicina a quella misurata. La peculiarità di questo algoritmo è che non cerca casualmente nello spazio dei modelli quello che meglio interpola i dati misurati, ma lo cerca seguendo uno schema, basato sulle celle di Voronoi, che velocizza molto la ricerca e diminuisce la possibilità di cadere in minimi locali. Nel indagine combinata MASW-HVSR effettuata a San Bastiano l'inversione è stata effettuata tenendo conto anche della prova HVSR effettuata lungo lo stendimento della MASW; questo sistema ci ha permesso di ottenere un risultato più robusto e attendibile, in quanto tiene conto dei dati provenienti da due prove diverse che vengono utilizzate all'interno dello stesso processo d'inversione; nei tre casi dove la MASW è stata effettuata contestualmente alla rifrazione, si è tenuto conto di quest'ultima nella parametrizzazione dell'inversione della MASW. L'inversione delle HVSR è stata eseguita modelizzando, dove possibile, il sottosuolo in base alle prove geofisiche effettuate nelle vicinanze delle varie prove in modo tale da eliminare alcuni "gradi libertà" ed avere un risultato più attendibile

4 Presentazione dei risultati

Le prove complessivamente effettuate consistono in (Tab.1):

- **28 misure di rumore ambientale** di cui:
 - **22** effettuate nella prima fase del **Regolamento Urbanistico**;

- **6** effettuate per l'integrazione.
- **3 MASW** (effettuate per l'integrazione);
- **3 rifrazioni** (effettuate per l'integrazione);
- **1 MASW combinata con HVSR** (effettuata per l'integrazione).

	UTOE	via/località	tipo	codice
Prima fase regolamento urbanistico	Bagnolo	Zona Artigianale	HVSR	BG4
	Bagnolo	via della chiesa (1)	HVSR	BG1
	Bagnolo	Via della chiesa(2)	HVSR	BG2
	Bagnolo	Via Poggio Donato	HVSR	Faggia
	Bagnore	Via dei Prati	HVSR	Bapрати
	Bagnore	Via Fratelli Cervi	HVSR	Batennis
	Bagnore	Via della montagna (1)	HVSR	Ba 1
	Bagnore	Via della montagna (2)	HVSR	Ba2
	Bagnore	Meleto	HVSR	meleto
	Selva	Via del Parco	HVSR	selva 1
	Selva	Case ripaccioli	HVSR	Selva2
	Santafiora	Peschiera	HVSR	sfpesch1
	Santafiora	Parco	HVSR	sfpark1
	Santafiora	Parco	HVSR	sfpark2
	Santafiora	Parco	HVSR	sfpark3
	Santafiora	Parco	HVSR	sfpark4
	Santafiora	Scuola Materna	HVSR	sfmtat
	Santafiora	Scuola Elementare	HVSR	sfelem
	Santafiora	Hotel Fiora	HVSR	sfhotel
	Santafiora	Marroneto (1)	HVSR	mar1
	Santafiora	Scuola Geometri	HVSR	sfgeom
	San Bastiano	San Bastiano	HVSR	sbast
Integrazione	Santafiora	Gobbacci	HVSR	Gob1
	Santafiora	Gobbacci	HVSR	Gob2
	Santafiora	Gobbacci	HVSR	Gob3
	Selva	Lungo strada prov	HVSR	selva4
	Selva	Via del parco	HVSR	selva3
	Selva	Strada prov	MASW	
	Selva	Strada prov	Rifrazione	
	Sbast	Via giovanni pascoli	HVSR	Sbast2
	Sbast	Via giovanni Pascoli	MASW+HVSR	
	Bagnore	Via della montagna	MASW	
	Bagnore	Via dei Prati	MASW	
	Bagnore	Via della montagna	Rifrazione	
	Bagnore	Via dei Prati	Rifrazione	

Tab.1: Tabella riassuntiva delle indagini effettuate

I report delle misure di rumore ambientale sono composti da (fig.4):

- 1 **sismogrammi registrati** lungo le tre componenti e relative finestre utilizzate;
- 2 **ubicazione dettagliata** della prova;

- 3 **Diagramma di direzionalità** del segnale;
- 4 **spettro di ampiezza** delle singole componenti, ellitticità di ogni singola finestra ed **ellitticità media**;
- 5 Confronto tra **ellitticità invertita e misurata**;
- 6 **Profilo Vs** risultate dall'inversione;
- 7 tabella con analisi dei **criteri SESAME**.

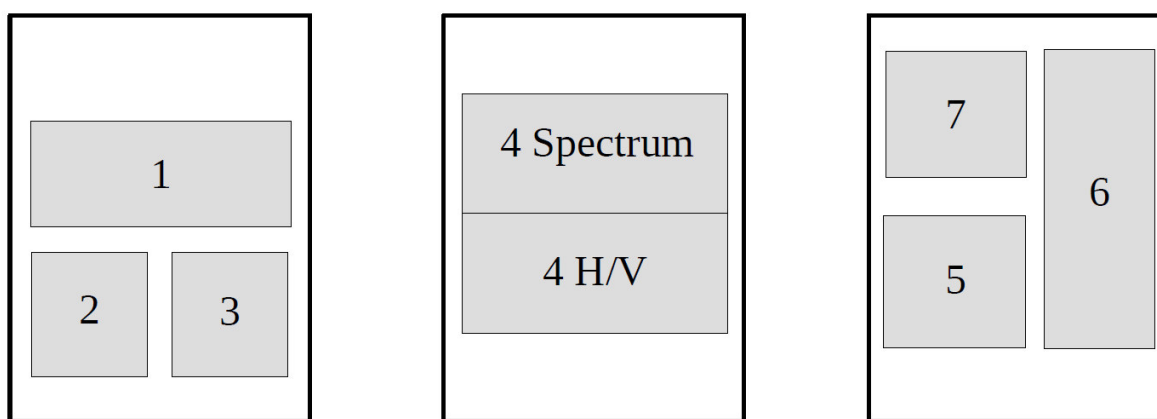


Fig.4: rappresentazione schematica del report delle misure di rumore ambientale

Questi grafici ci permettono di verificare le assunzioni di stazionarietà, isotropia e validità statistica del risultato. Nel dettaglio, il primo grafico mostra i sismogrammi registrati e le varie finestre selezionate per la definizione del rapporto H/V; il terzo grafico mostra la direzionalità delle vibrazioni ambientali dal quale si può capire se il picco è generato da una sorgente isotropa o anisotropa; il quarto ci permette di valutare l'eventuale presenza di picchi nella curva di ellitticità e attraverso lo spettro di ampiezza per le tre componenti permette di valutare se il picco individuato è di origine antropica (picco che corrisponde ad un massimo in tutte e tre le componenti spettrali) o dovuto all'assetto geologico; nel quarto grafico è possibile inoltre osservare la stazionarietà del rapporto H/V attraverso la forma e la persistenza dell'ellitticità delle varie finestre temporali analizzate (notare corrispondenza colori con le finestre evidenziate nel sismogramma registrato); purtroppo il software utilizzato non permette la visualizzazione classica della stazionarietà (grafico tempo-frequenza con ampiezza rappresentata con scala cromatica), si è quindi dovuto utilizzare quest'altro tipo di visualizzazione che seppur più macchinosa permette una

buona valutazione della stazionarietà del segnale. Il quinto e il sesto grafico sono rispettivamente la differenza tra la curva misurata e quella invertita e il profilo di Vs derivato; il profilo di Vs deve essere utilizzato con molta attenzione, in quanto il rapporto H/V soffre di un forte trade off tra spessore e profondità di un orizzonte; l'analisi del profilo deve essere fatta avendo sempre presente la curva di ellitticità misurata, i picchi individuati e la loro validità.

I risultati delle prove MASW e rifrazione sono inseriti all'interno dello stesso allegato composto da:

1. **ubicazione dettagliata;**
2. **geometria stendimento e documentazione fotografica;**
3. **picking** curva di dispersione, confronto tra **curva invertita e misurata** e **profilo di Vs** per lo **shot A**;
4. **picking** curva di dispersione, confronto tra curva invertita e misurata e **profilo di Vs** per lo **shot B**;
5. tabella con **tempi di primo arrivo** ottenuti dalla rifrazione in onde P e relative **dromocrone**;
6. **sezione finale.**

Per una migliore gestione del file, la relazione geofisica è stata divisa in due parti. Nella presente (parte II) sono allegate le indagini effettuate nelle UTOE di **Santafiora, Selva** e **Marroneto**.

Indice degli allegati

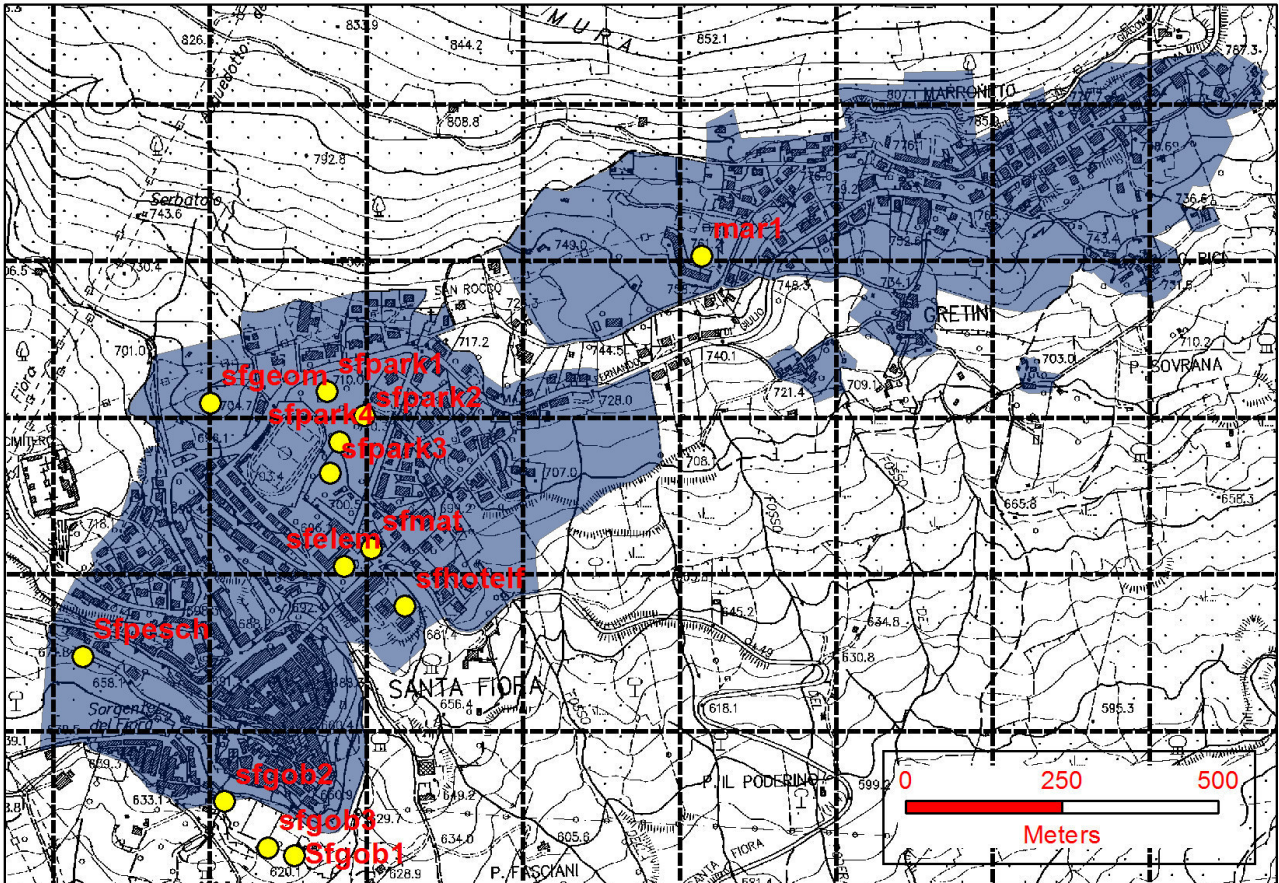
1. Santa Fiora e Marroneto

- HVSR.

2. Selva

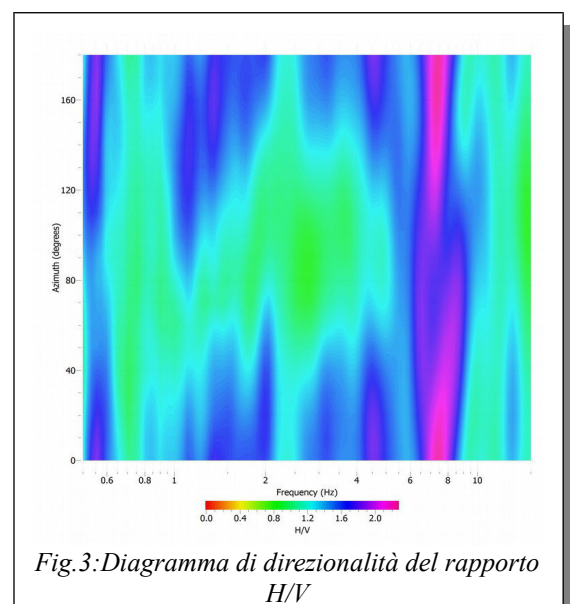
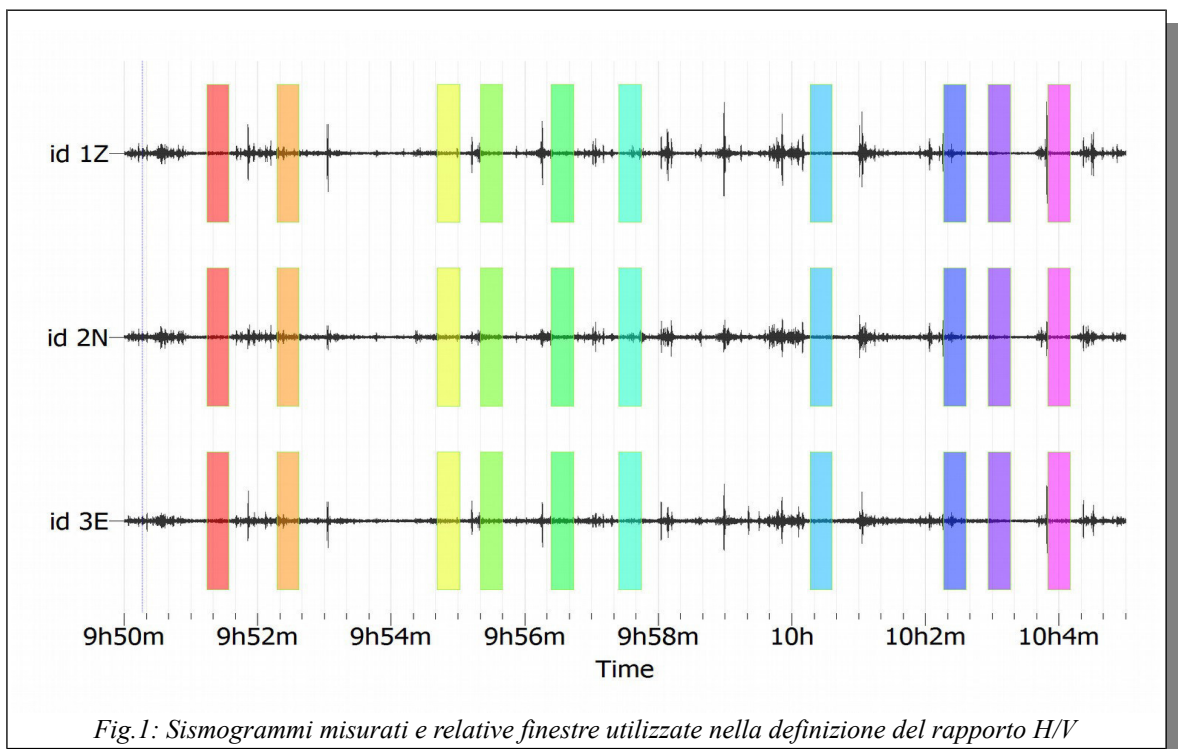
- HVSR;
- MASW e rifrazione in onde P **strada provinciale Santa Fiora – Pitigliano.**

Santa Fiora e Marroneto



HVSR scuola materna Santa Fiora

Questa misura è stata effettuata il giorno 13/10/2013 nel cortile della scuola materna di Santa Fiora (fig 2). Detta misura è stata ubicata in corrispondenza del sondaggio geognostico con prova Down-hole effettuato nell'ambito del programma VEL della regione toscana, per essere usata come riferimento e taratura delle prove successive. Tale prova ha evidenziato un picco ad una frequenza di 7,16 Hz le cui caratteristiche sono riassunte in fig.4. Il campo d'onda che ha definito il picco a 7.16 Hz è isotropo e stazionario (fig.3 e fig.4). La curva è statisticamente affidabile ma il picco a 7.16 Hz non può essere definito chiaro secondo i criteri SESAME. La curva calcolata, come si vede in fig.5, ha un buon fit con la curva misurata e restituisce il profilo di velocità di fig.6.



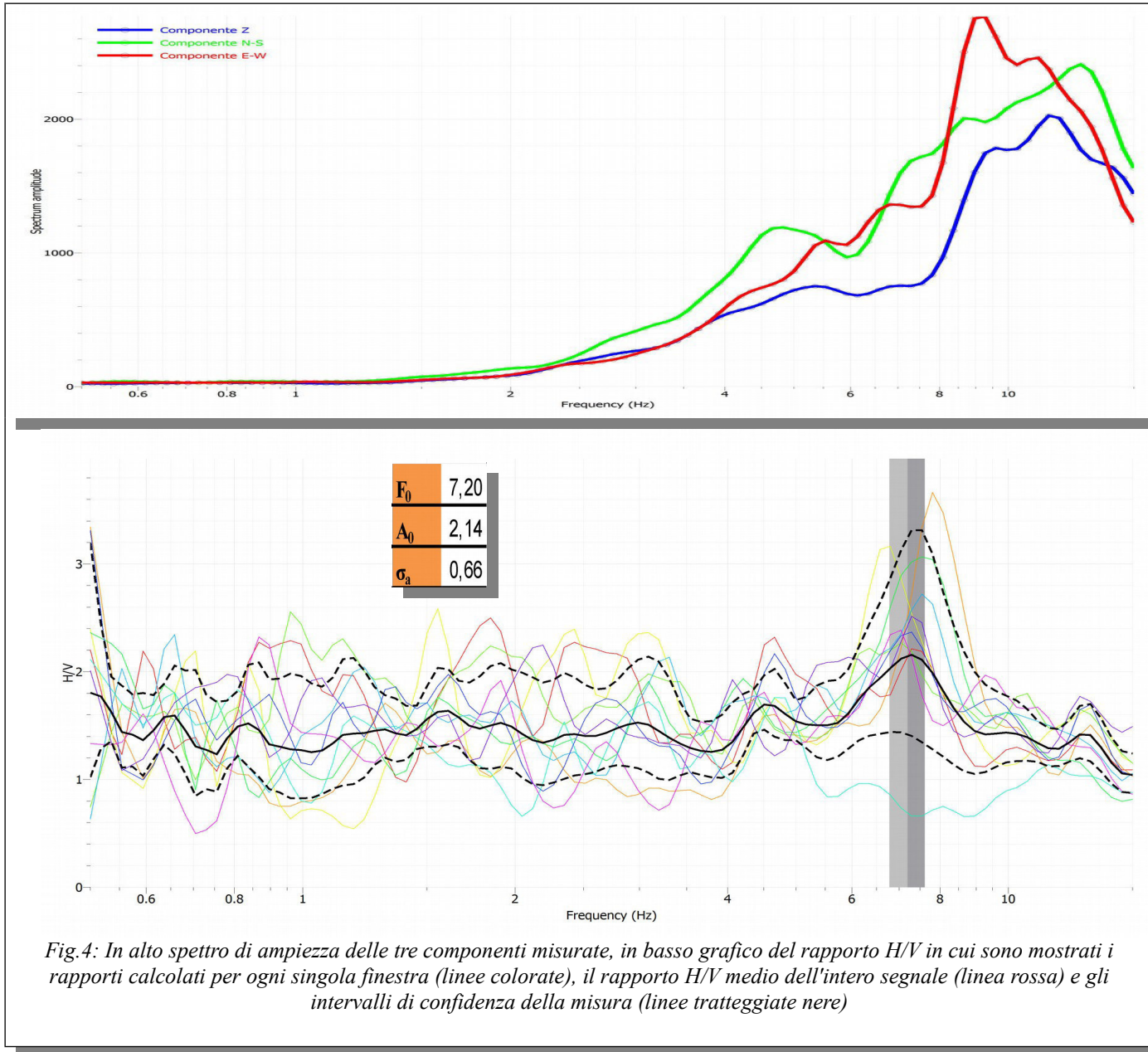
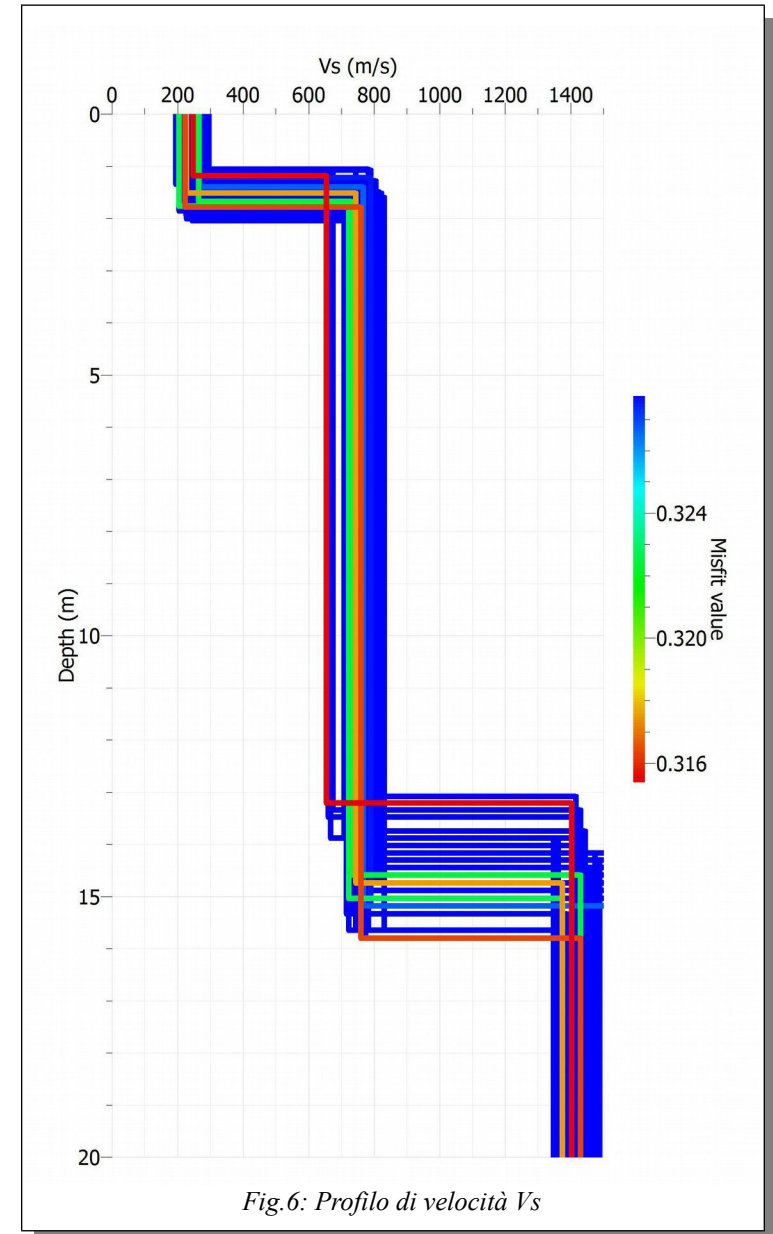
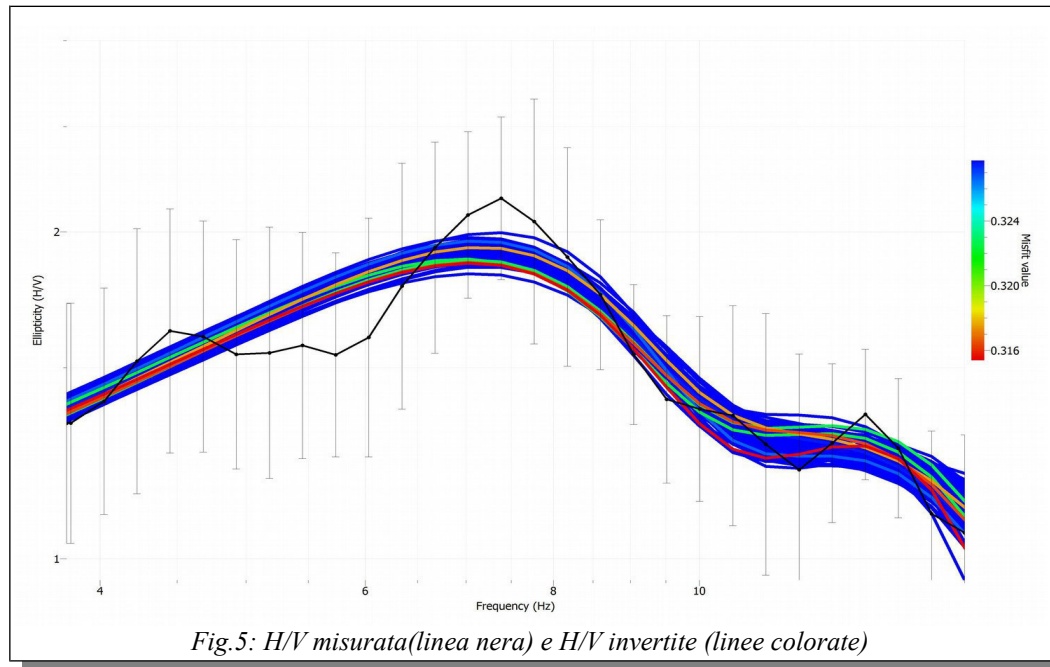


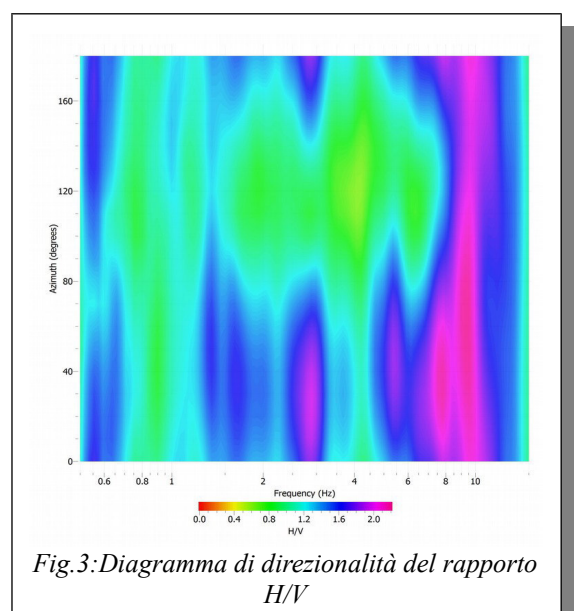
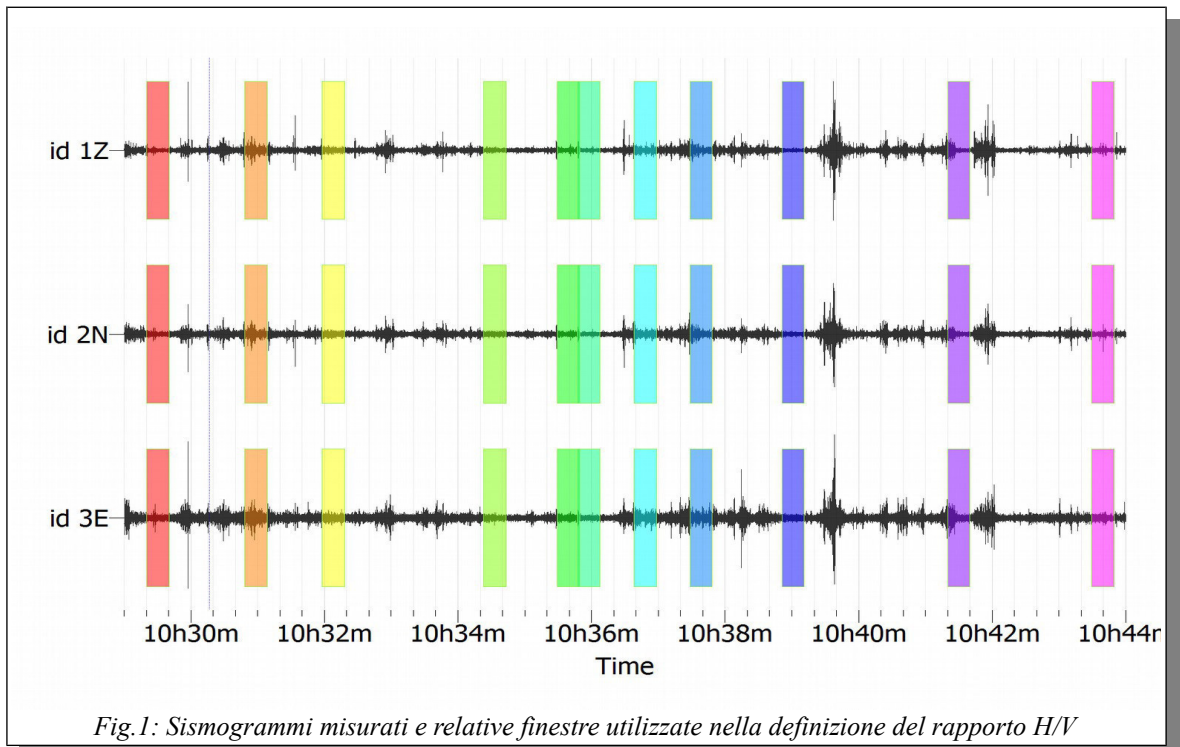
Fig.4: In alto spettro di ampiezza delle tre componenti misurate, in basso grafico del rapporto H/V in cui sono mostrati i rapporti calcolati per ogni singola finestra (linee colorate), il rapporto H/V medio dell'intero segnale (linea rossa) e gli intervalli di confidenza della misura (linee tratteggiate nere)

Criteria per una curva H/V affidabile	Misurato	Soglia	Verificato
I) $f_0 > 10 / L_w$	7,20	0,50	OK
II) $n_c(f_0) > 200$	1440	200	OK
III) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$	40 su 40	1,58	OK
Criteria per un Picco H/V chiaro			
I) Esiste f^- compreso $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	0 su 40		NOT OK
II) Esiste f^+ compreso $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	2 su 22		OK
III) $A_0 > 2$	2,14	2	OK
IV) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0,088; 0,395	0,36	NOT OK
V) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0,42	0,36	NOT OK
VI) $\sigma_A(f_0) < \Theta(f_0)$	0,66	1,58	OK



HVSR elementari Santa Fiora

Tale prova ha evidenziato un picco principale alla frequenza di 9.88 Hz. Il campo d'onda in generale risulta essere anisotropo e non stazionario anche se il picco a 9.98 Hz è isotropo (fig.3) e stazionario (fig.4). Dal punto di vista statistico l'HV è affidabile anche se il picco non è chiaro e definito. La curva calcolata, come si vede in fig.5, ha un discreto fit con la curva misurata e il profilo di velocità che ne deriva è in fig.6.



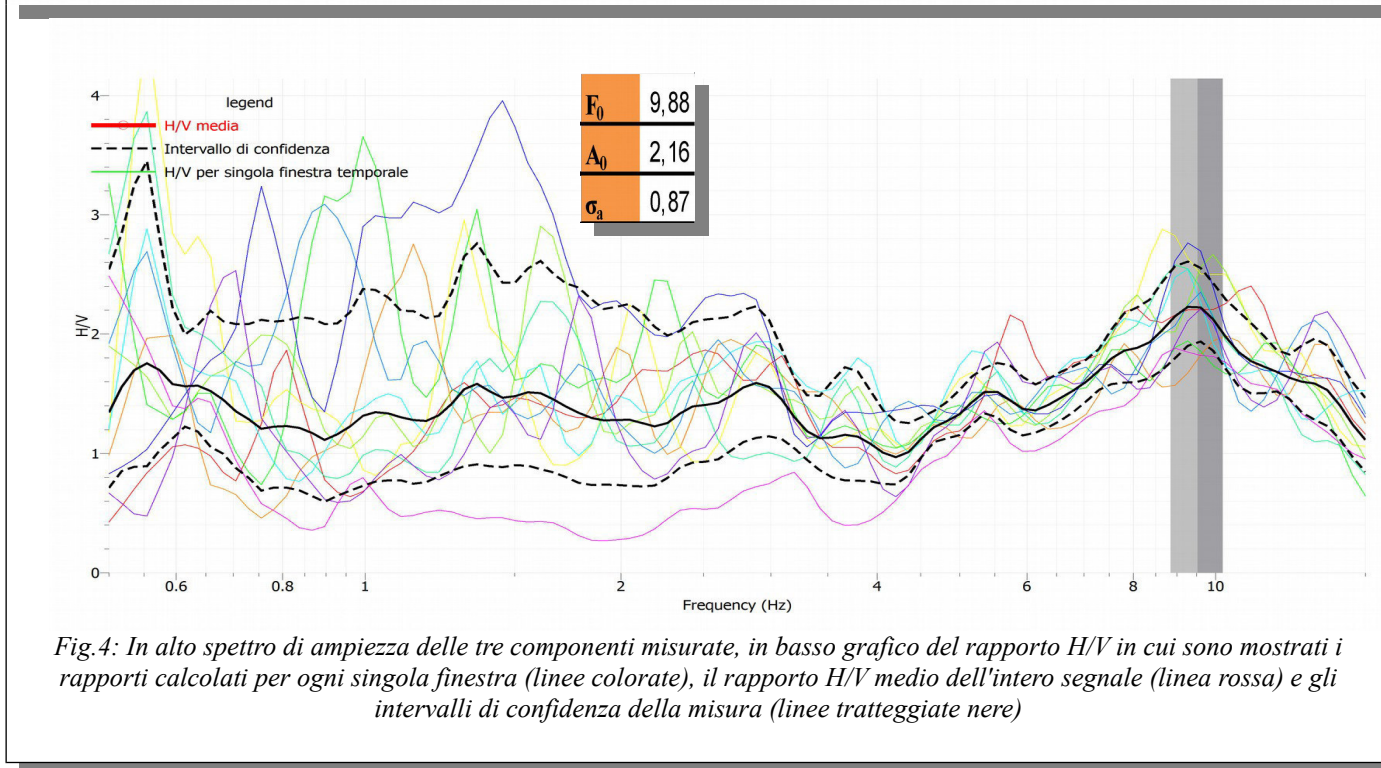
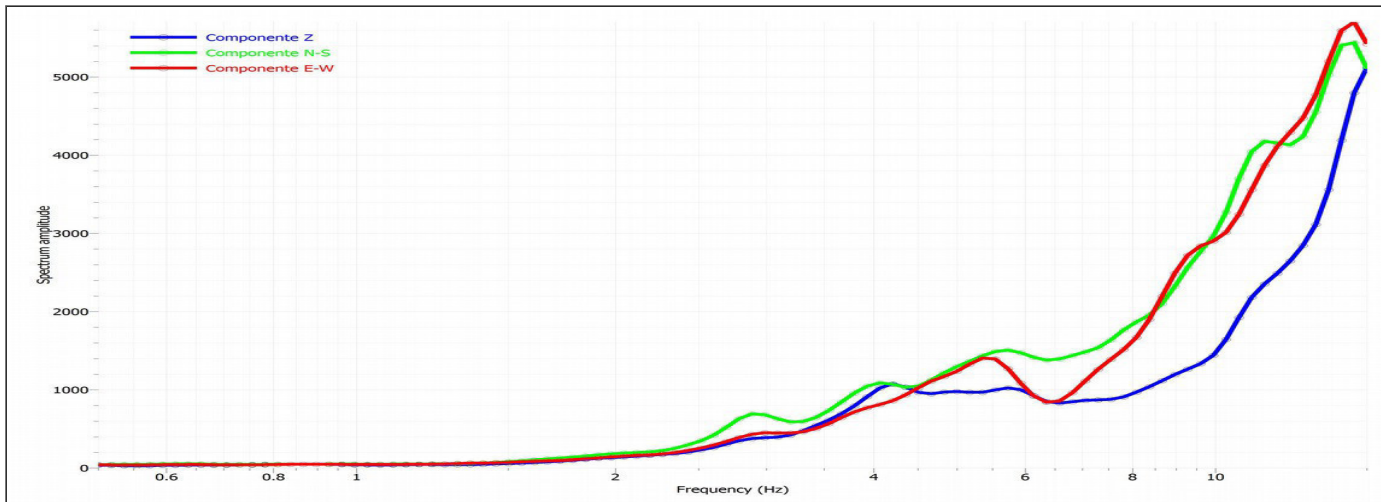


Fig.4: In alto spettro di ampiezza delle tre componenti misurate, in basso grafico del rapporto H/V in cui sono mostrati i rapporti calcolati per ogni singola finestra (linee colorate), il rapporto H/V medio dell'intero segnale (linea rossa) e gli intervalli di confidenza della misura (linee tratteggiate nere)

Criteria per una curva H/V affidabile	Misurato	Soglia	Verificato
I) $f_0 > 10 / L_w$	9,88	0,50	OK
II) $n_c(f_0) > 200$	2372	200	OK
III) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$	22 su 22	1,58	OK
Criteria per un Picco H/V chiaro			
I) Esiste f^* compreso $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	2 su 27		OK
II) Esiste f^+ compreso $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0 su 9		NOT OK
III) $A_0 > 2$	2,16	2	OK
IV) $f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0,839; 0,369	0,49	NOT OK
V) $\sigma_f < \epsilon(f_0)$	0,98	0,49	NOT OK
VI) $\sigma_A(f_0) < \Theta(f_0)$	0,87	1,58	OK

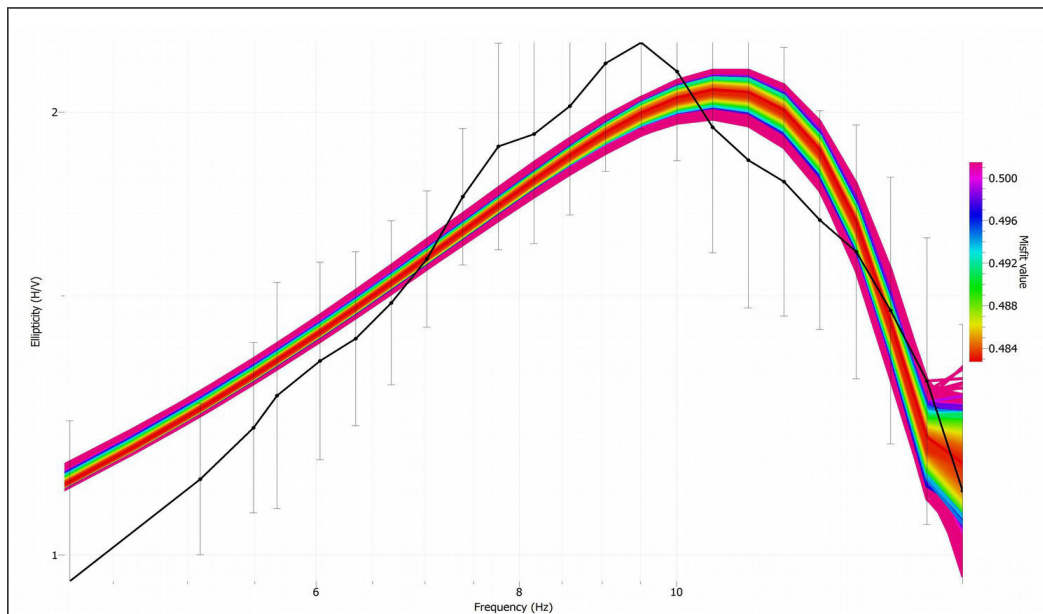


Fig.5: H/V misurata (linea nera) e H/V invertite (linee colorate)

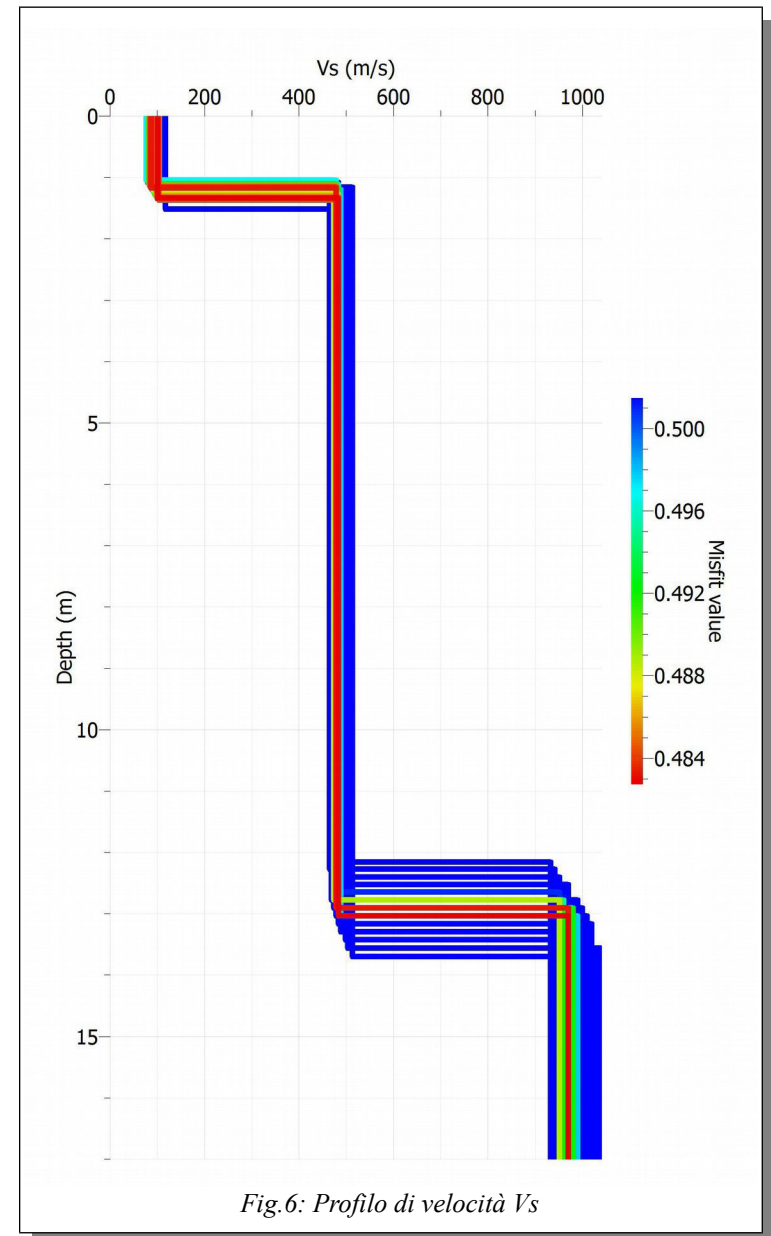
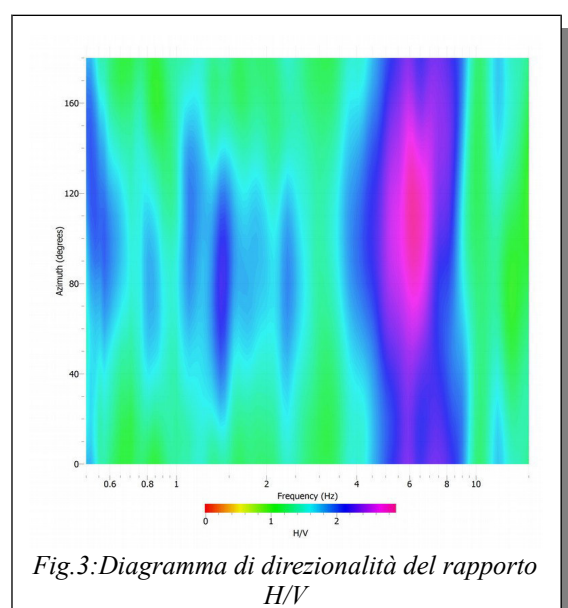
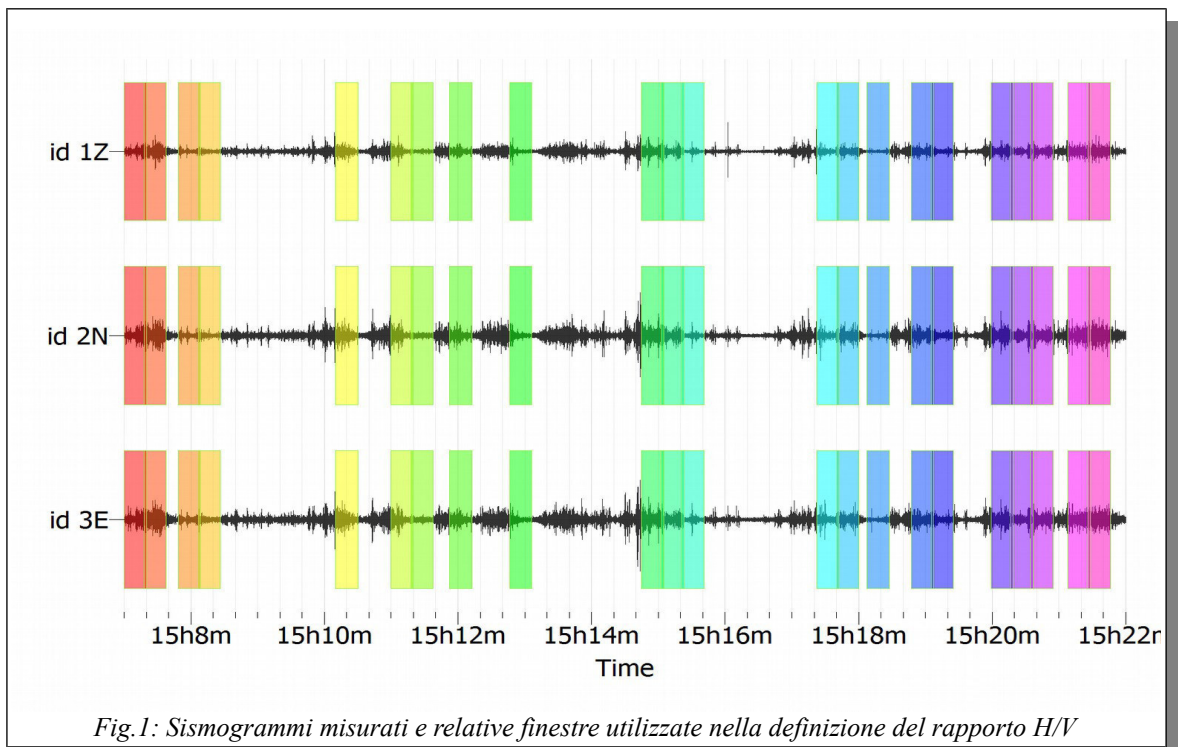
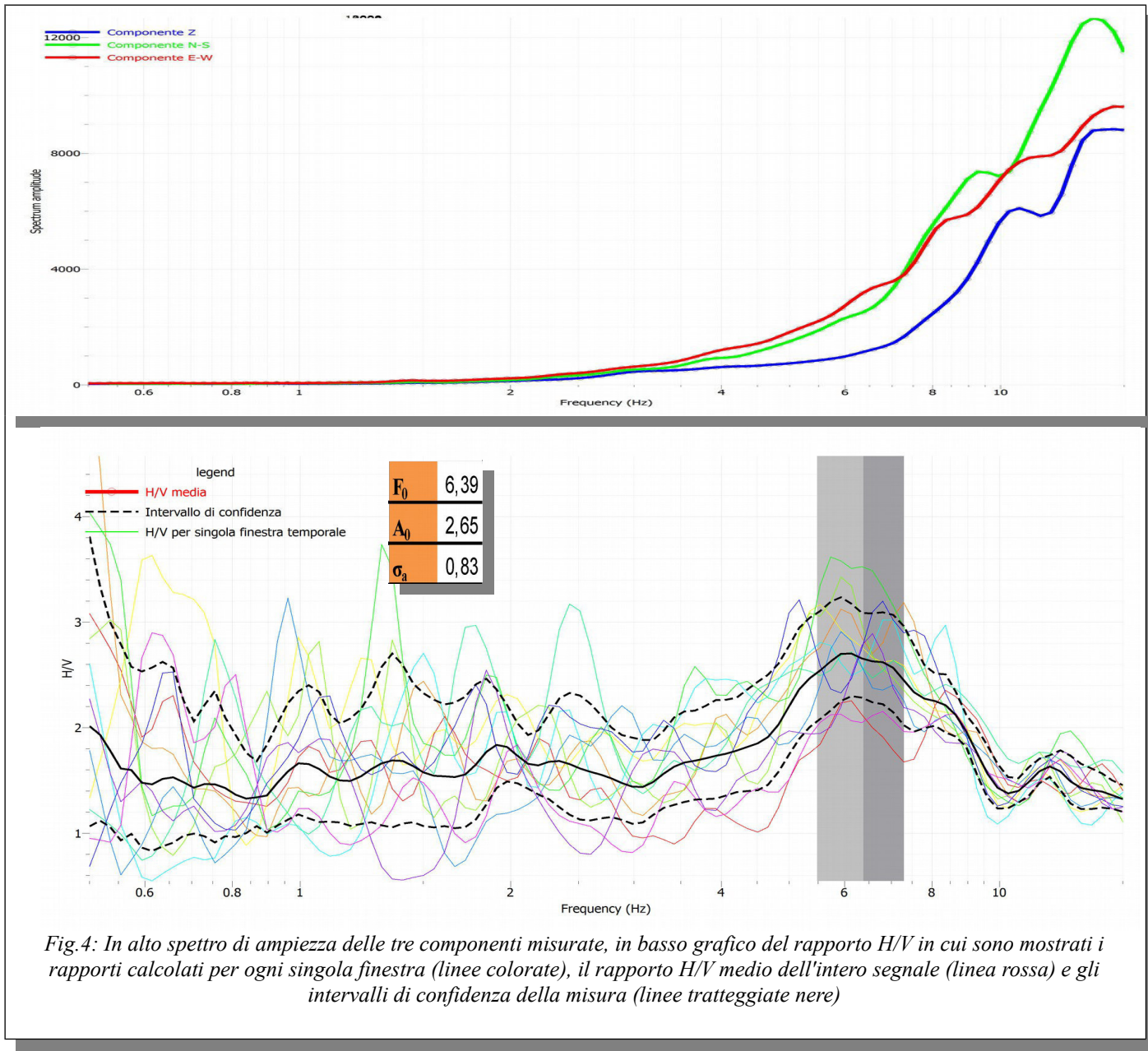


Fig.6: Profilo di velocità Vs

HVSR via martiri di Niccioleta Santa Fiora

Questa misura è stata effettuata il giorno 13/10/2013 nei pressi di via martiri di Niccioleta (fig 2). Tale prova ha evidenziato un picco principale alla frequenza di 4.42 hz (fig.4). Il campo d'onda del picco a 4.42 hz è isotropo (fig.3) e stazionario. Dal punto di vista statistico è affidabile anche se il picco non è chiaro e definito. La curva calcolata, come si vede in fig.5, ha un ottimo fit con la curva misurata e il profilo di velocità che ne deriva è in fig.6.





Criteria per una curva H/V affidabile	Misurato	Soglia	Verificato
I) $f_0 > 10 / L_w$	6,39	0,50	OK
II) $n_c(f_0) > 200$	1406	200	OK
III) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$	41 su 41	1,58	OK
Criteria per un Picco H/V chiaro			
I) Esiste f^* compreso $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	0 su 41		NOT OK
II) Esiste f^+ compreso $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1 su 25		OK
III) $A_0 > 2$	2,65	2	OK
IV) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0,250; 0,250	0,32	OK
V) $\sigma_f < \epsilon(f_0)$	0,91	0,32	NOT OK
VI) $\sigma_A(f_0) < \Theta(f_0)$	0,83	1,58	OK

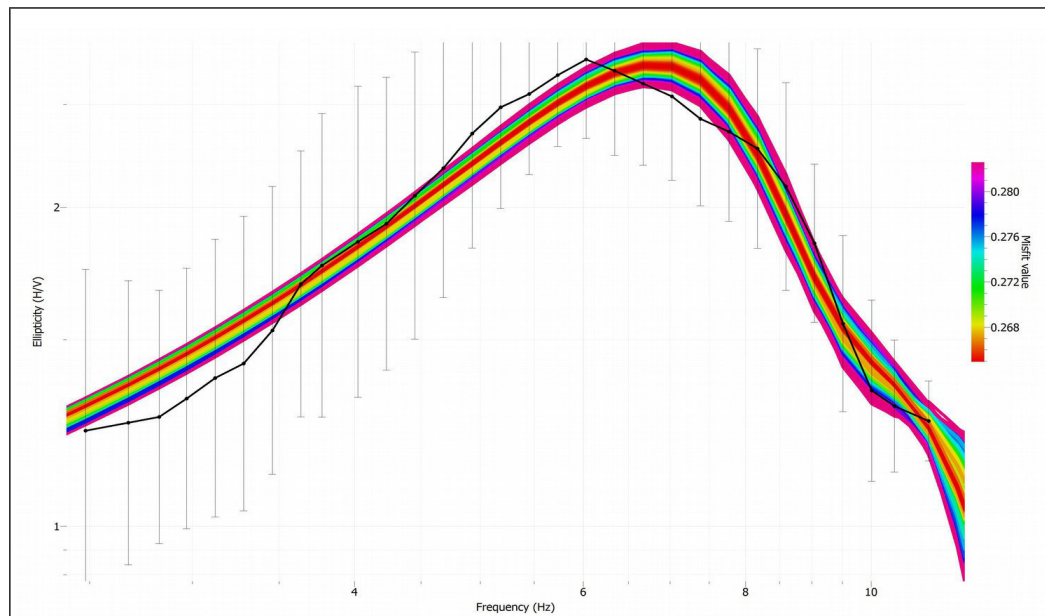


Fig.5: H/V misurata (linea nera) e H/V invertite (linee colorate)

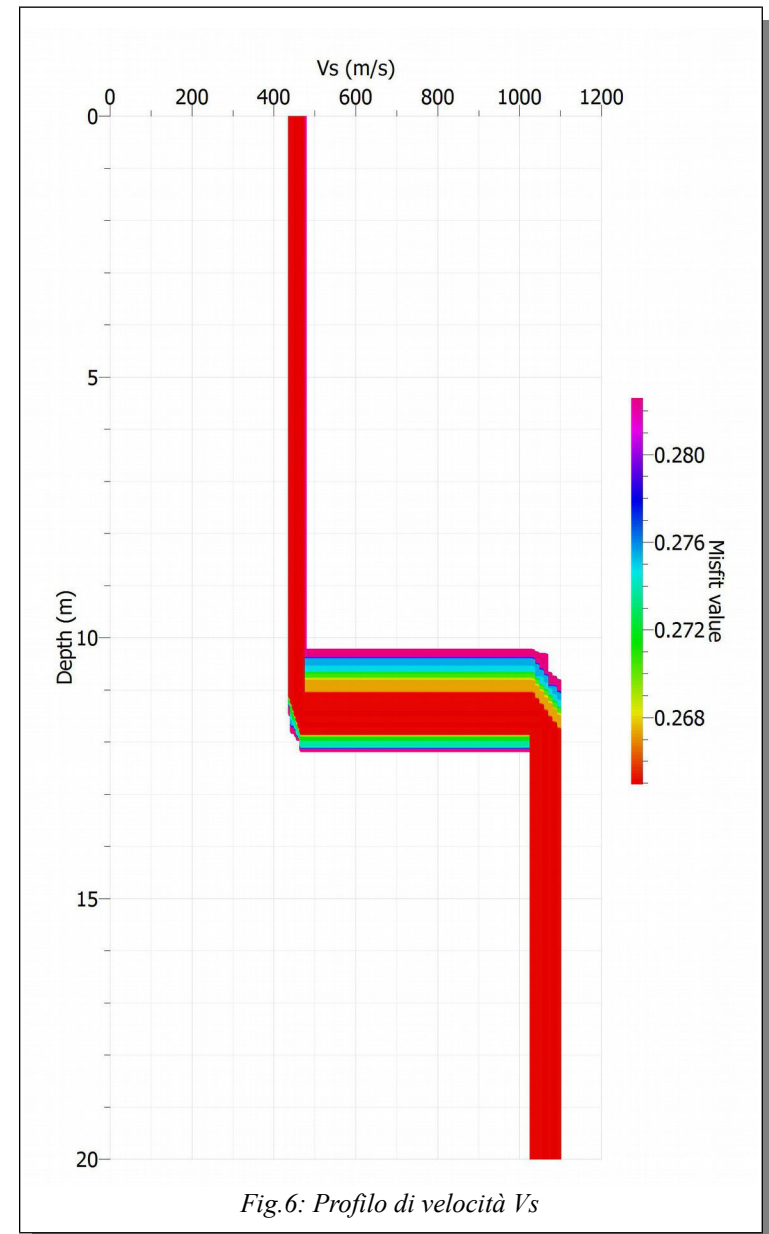
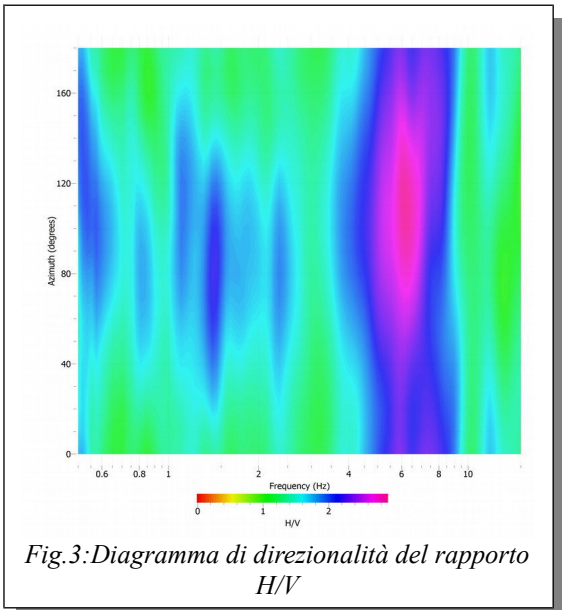
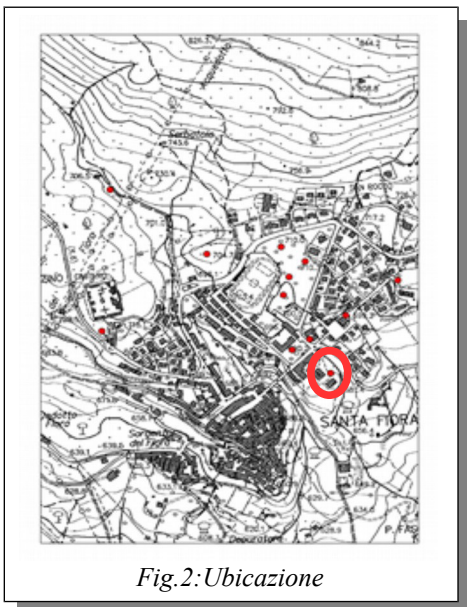
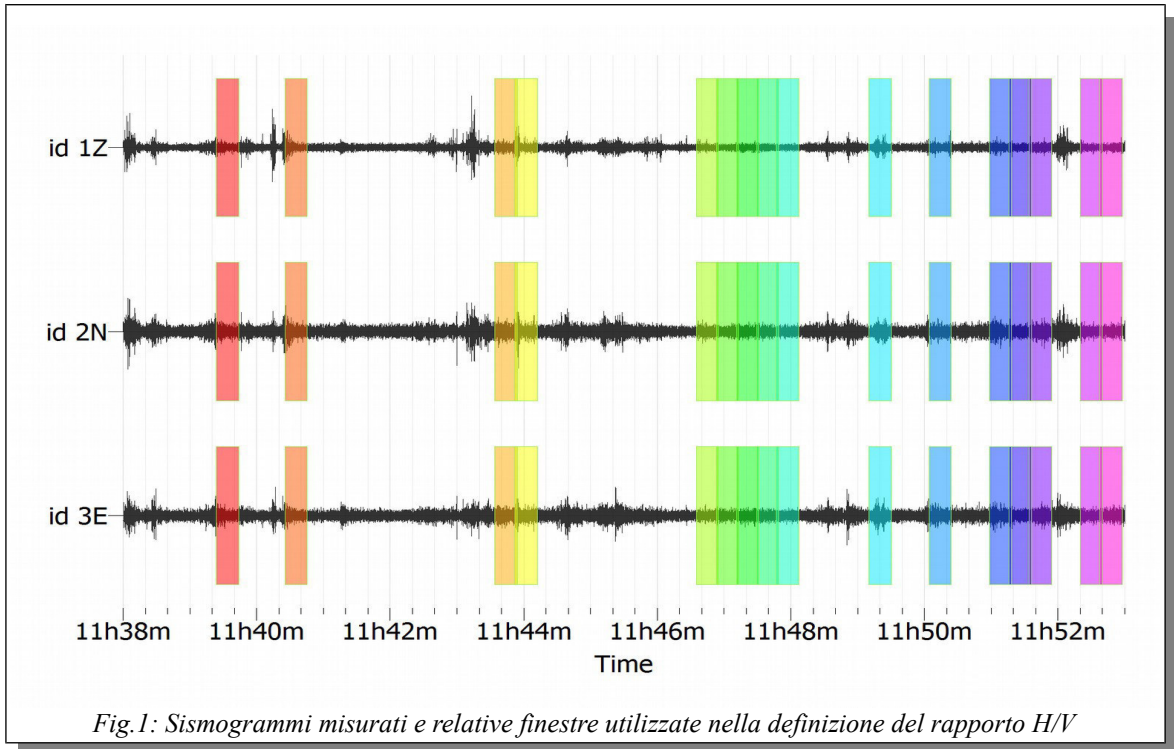


Fig.6: Profilo di velocità Vs

HVSR hotel Fiora Santa Fiora

Questa misura è stata effettuata il giorno 13/10/2013 nei pressi del hotel Fiora di Santa Fiora (fig 2). Tale prova ha evidenziato un picco alla frequenza di 9.90 hz, le cui caratteristiche sono riassunte in fig.4. Il campo d'onda che ha generato il picco a 9.90 hz è isotropo (fig.3) e stazionario (fig.4). Dal punto di vista statistico è affidabile ma il picco non può essere definito chiaro secondo i criteri SESAME. La curva calcolata, come si vede in fig.5, ha un discreto fit con la curva misurata e il profilo di velocità che ne deriva è in fig.6.



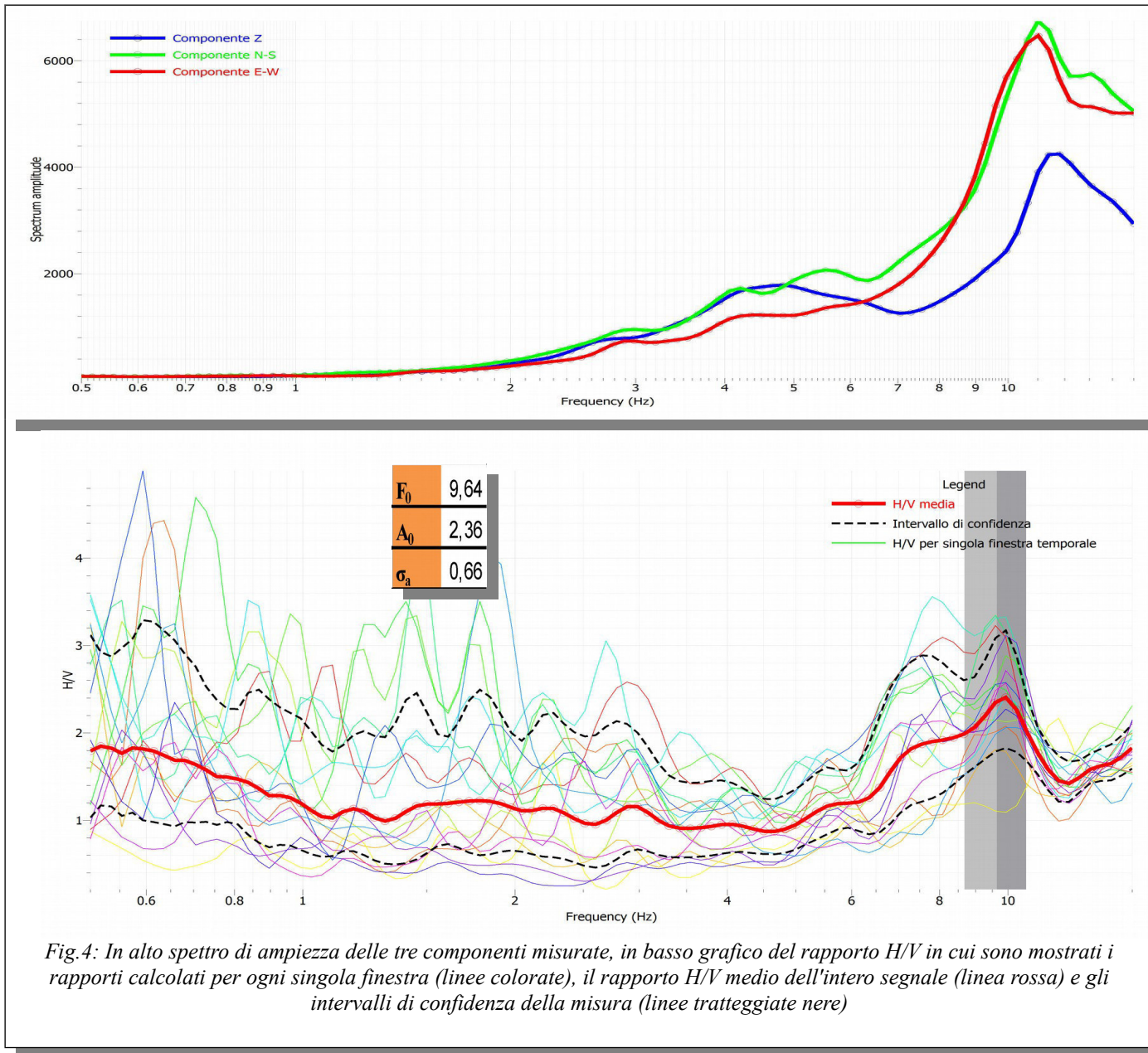


Fig.4: In alto spettro di ampiezza delle tre componenti misurate, in basso grafico del rapporto H/V in cui sono mostrati i rapporti calcolati per ogni singola finestra (linee colorate), il rapporto H/V medio dell'intero segnale (linea rossa) e gli intervalli di confidenza della misura (linee tratteggiate nere)

Criteria per una curva H/V affidabile	Misurato	Soglia	Verificato
I) $f_0 > 10 / L_w$	9,64	0,50	OK
II) $n_c(f_0) > 200$	3086	200	OK
III) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$	34 su 34	1,58	OK
Criteria per un Picco H/V chiaro			
I) Esiste f^- compreso $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	25 su 41		OK
II) Esiste f^+ compreso $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0 su 13		NOT OK
III) $A_0 > 2$	2,36	2	OK
IV) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0,288; 0,288	0,48	OK
V) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0,97	0,48	NOT OK
VI) $\sigma_A(f_0) < \Theta(f_0)$	0,66	1,58	OK

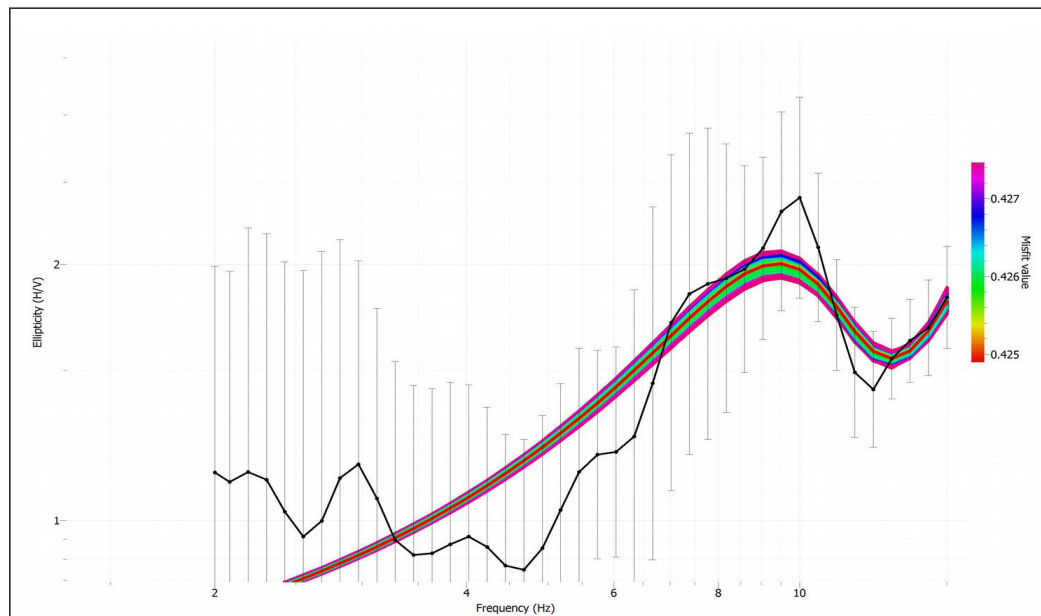


Fig.5: H/V misurata (linea nera) e H/V invertite (linee colorate)

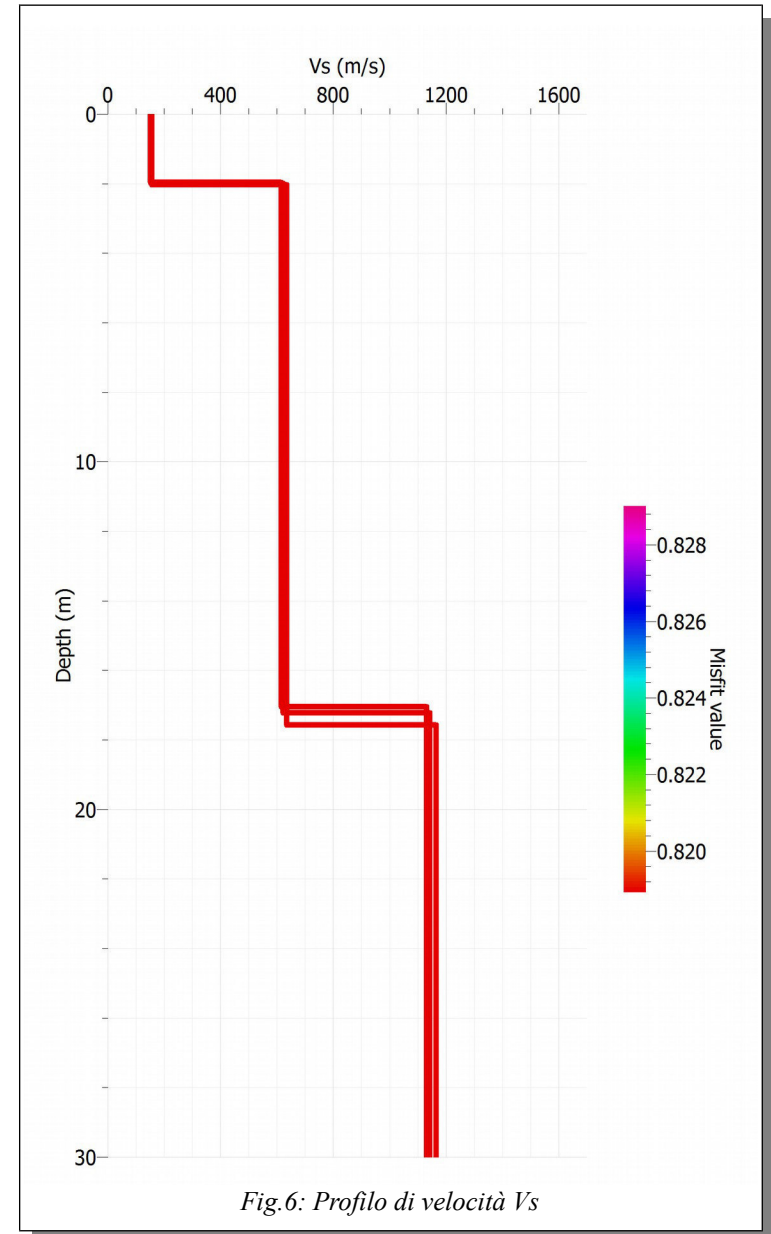
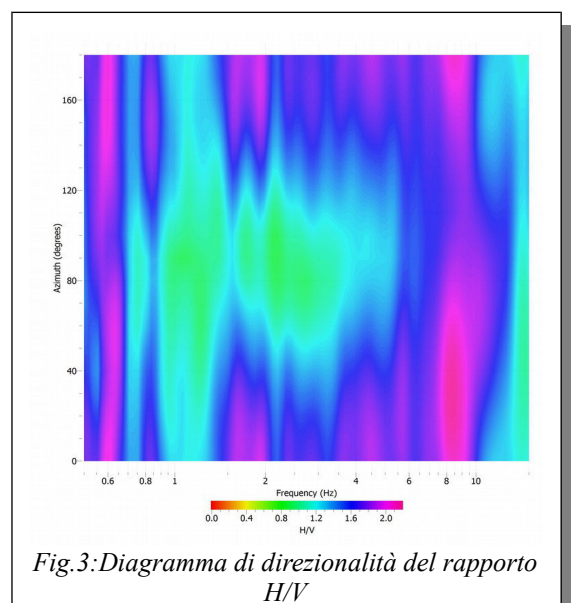
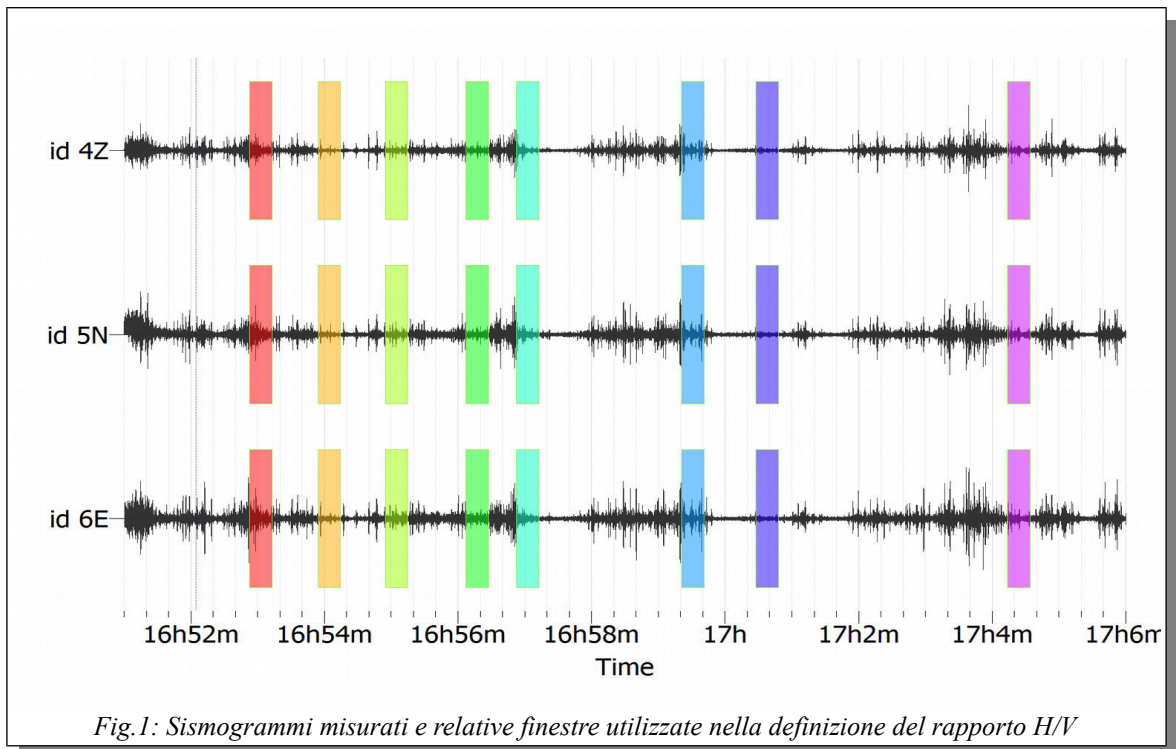


Fig.6: Profilo di velocità Vs

HVSR parco Santa Fiora (1)

Questa misura è stata effettuata il giorno 12/10/2013 nella parte settentrionale del parco di Santa Fiora (fig 2). Tale prova ha evidenziato un picco a 8.54 hz, le cui caratteristiche sono riassunte nella tabella di fig.4. Il campo d'onda è anisotropo (fig.3) e stazionario (fig.4), anche il picco a 8.54 hz mostra una leggera direzionalità che deve suggerire cautela all'interprete nella valutazione del profilo di velocità. La curva HV nel suo insieme è affidabile da un punto di vista statistico anche se il picco non può essere definito chiaro secondo i criteri SESAME. La curva calcolata, come si vede in fig.5, ha un discreto fit con la curva misurata e restituisce il profilo in fig.6.



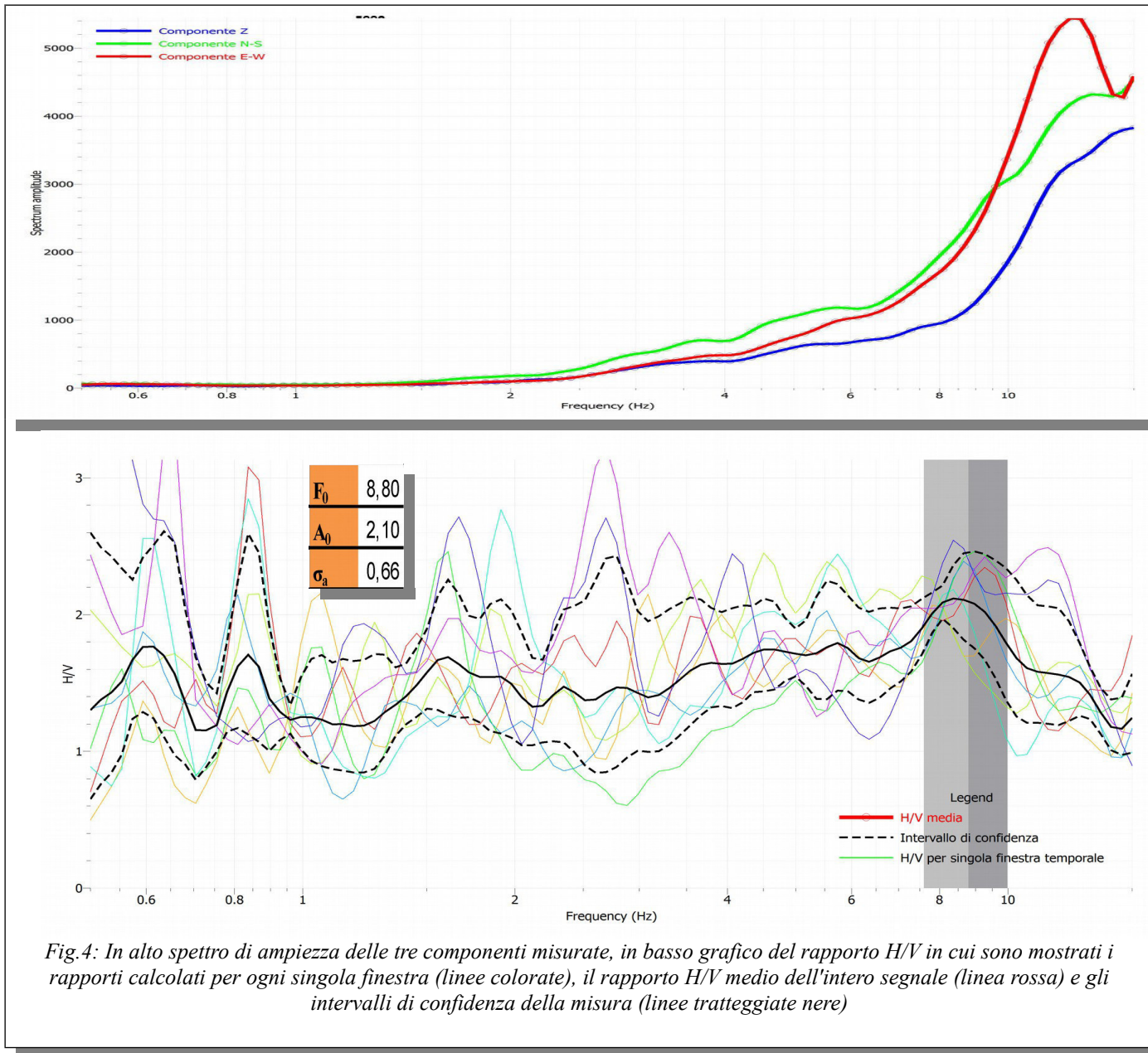


Fig.4: In alto spettro di ampiezza delle tre componenti misurate, in basso grafico del rapporto H/V in cui sono mostrati i rapporti calcolati per ogni singola finestra (linee colorate), il rapporto H/V medio dell'intero segnale (linea rossa) e gli intervalli di confidenza della misura (linee tratteggiate nere)

Criteria per una curva H/V affidabile	Misurato	Soglia	Verificato
I) $f_0 > 10 / L_w$	8,80	0,50	OK
II) $n_c(f_0) > 200$	1407	200	OK
III) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$	36 su 36	1,58	OK
Criteria per un Picco H/V chiaro			
I) Esiste f^- compreso $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	0 su 40		NOT OK
II) Esiste f^+ compreso $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0 su 16		NOT OK
III) $A_0 > 2$	2,10	2	OK
IV) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	8,160; 0,713	0,44	NOT OK
V) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1,19	0,44	NOT OK
VI) $\sigma_A(f_0) < \Theta(f_0)$	0,66	1,58	OK

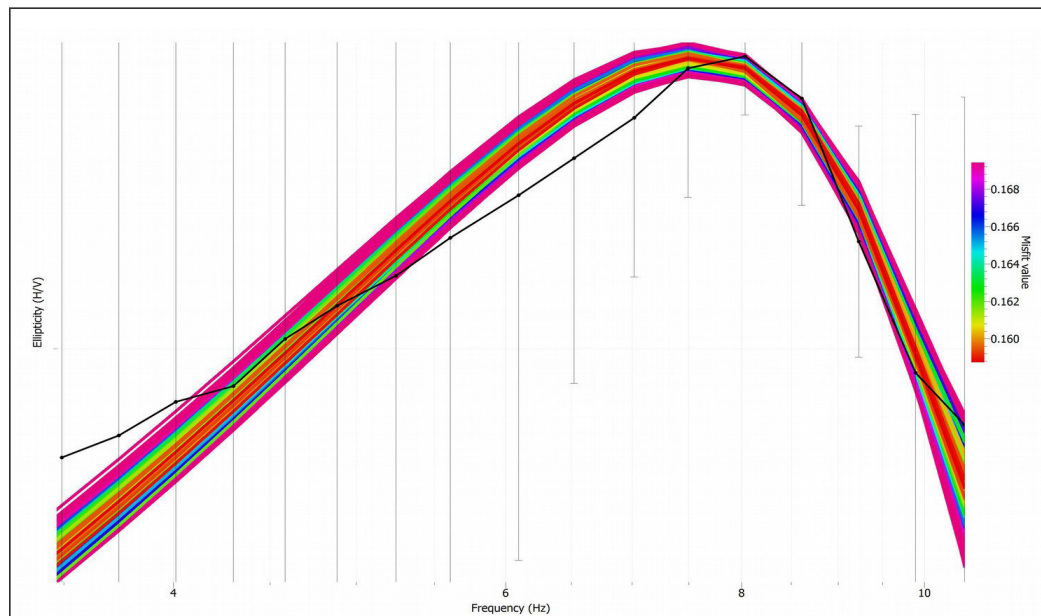


Fig.5: H/V misurata (linea nera) e H/V invertite (linee colorate)

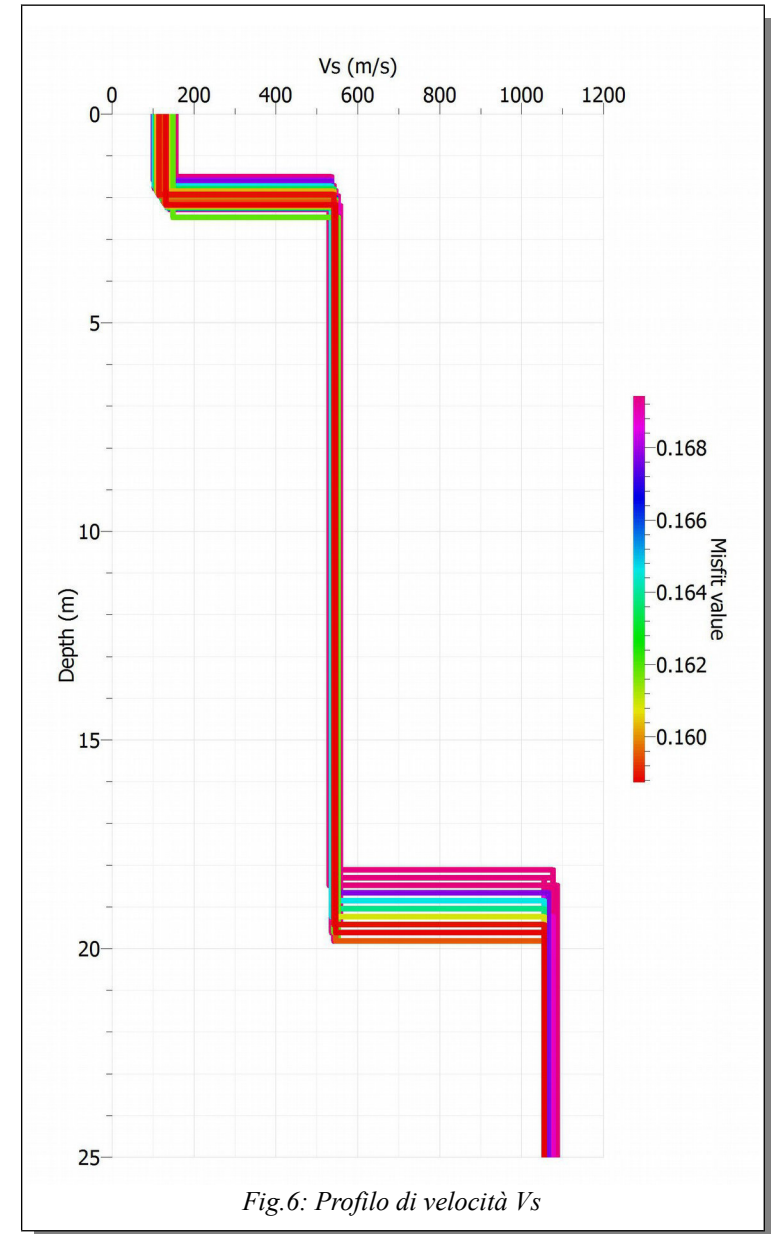
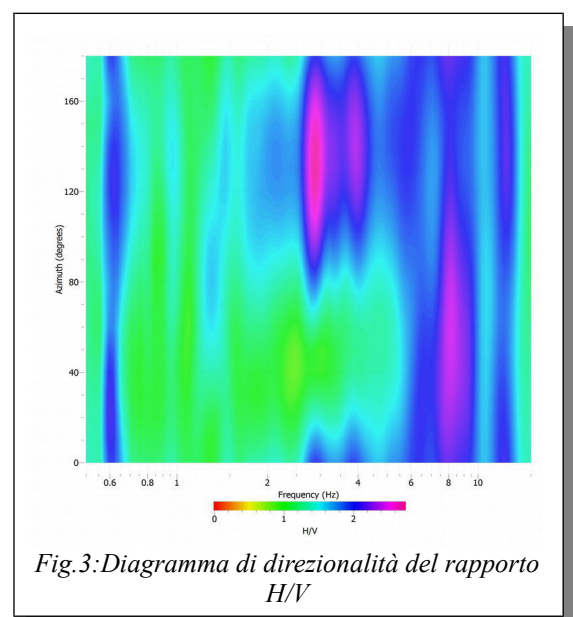
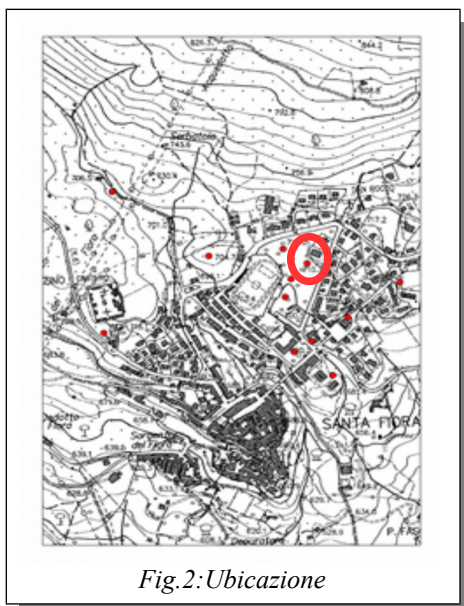
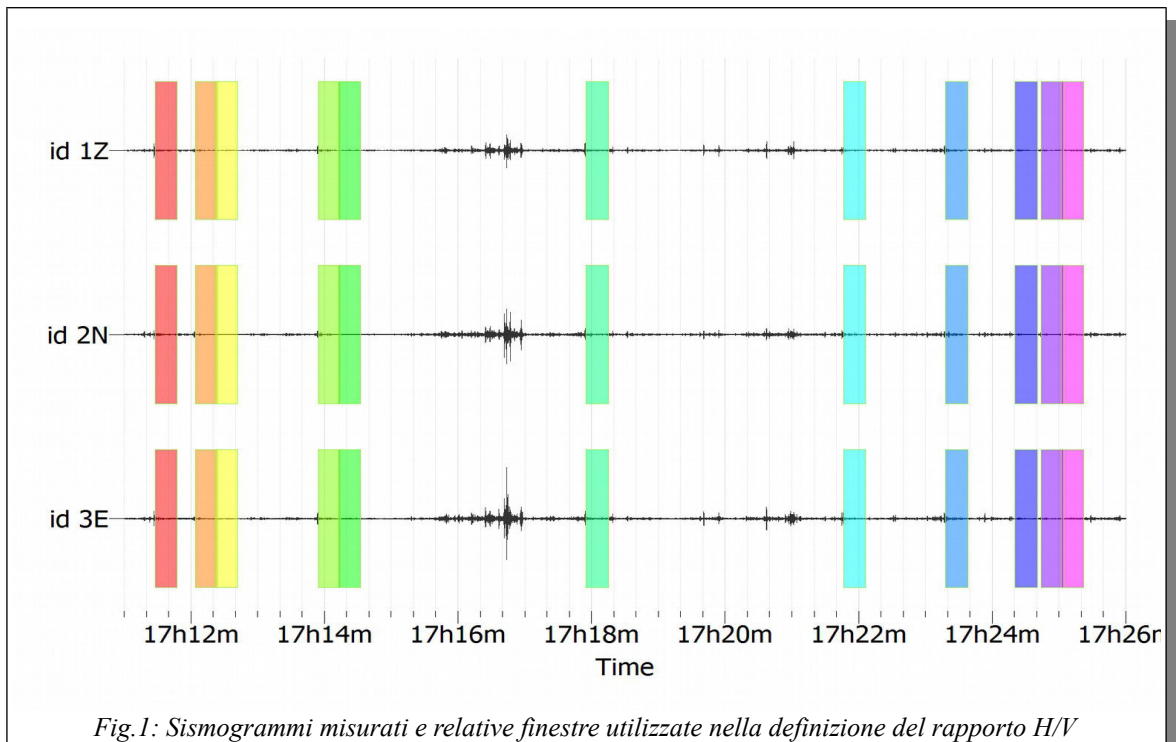


Fig.6: Profilo di velocità Vs

HVSR parco Santa Fiora (2)

Questa misura è stata effettuata il giorno 12/10/2013 nella parte orientale del parco di Santa Fiora (fig 1). Tale prova ha evidenziato il picco 8.02 hz, le cui caratteristiche sono riassunte in fig.4. Il campo d'onda che ha definito il picco a 8.02 hz è isotropo (fig.3) e stazionario (fig.4). È stata inoltre verificata, l'affidabilità del picco e della misura, dal punto di vista statistico anche se il picco non può essere definito chiaro secondo i criteri SESAME. La curva calcolata, come si vede in fig.5, ha un buon fit con la curva misurata e genera il profilo di velocità di fig.6.



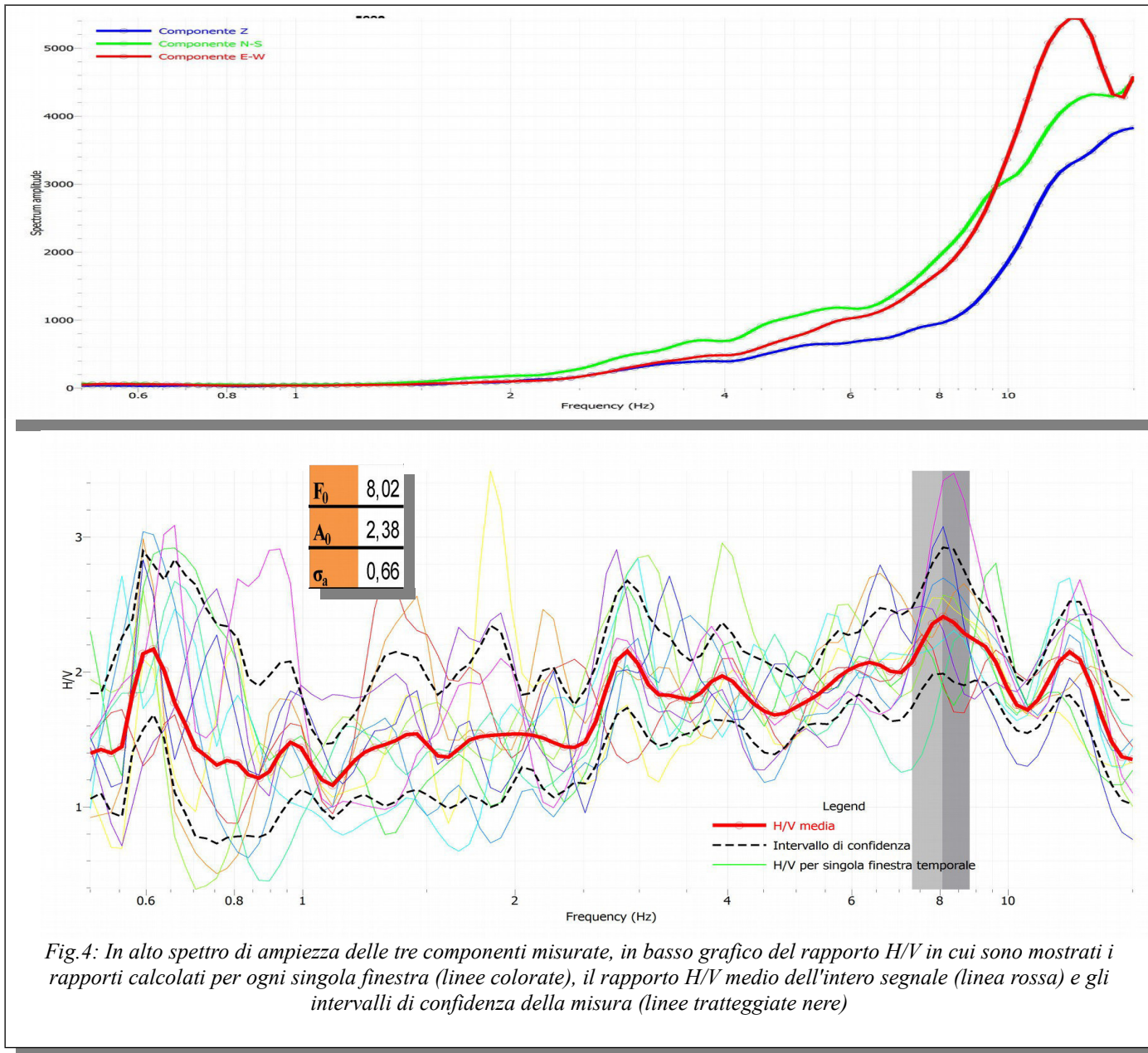


Fig.4: In alto spettro di ampiezza delle tre componenti misurate, in basso grafico del rapporto H/V in cui sono mostrati i rapporti calcolati per ogni singola finestra (linee colorate), il rapporto H/V medio dell'intero segnale (linea rossa) e gli intervalli di confidenza della misura (linee tratteggiate nere)

Criteria per una curva H/V affidabile	Misurato	Soglia	Verificato
I) $f_0 > 10 / L_w$	8,02	0,50	OK
II) $n_c(f_0) > 200$	1764	200	OK
III) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$	27 su 27	1,58	OK
Criteria per un Picco H/V chiaro			
I) Esiste f^- compreso $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	0 su 27		NOT OK
II) Esiste f^+ compreso $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0 su 13		NOT OK
III) $A_0 > 2$	2,38	2	OK
IV) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0,155; 0,247	0,40	OK
V) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0,73	0,40	NOT OK
VI) $\sigma_A(f_0) < \Theta(f_0)$	0,66	1,58	OK

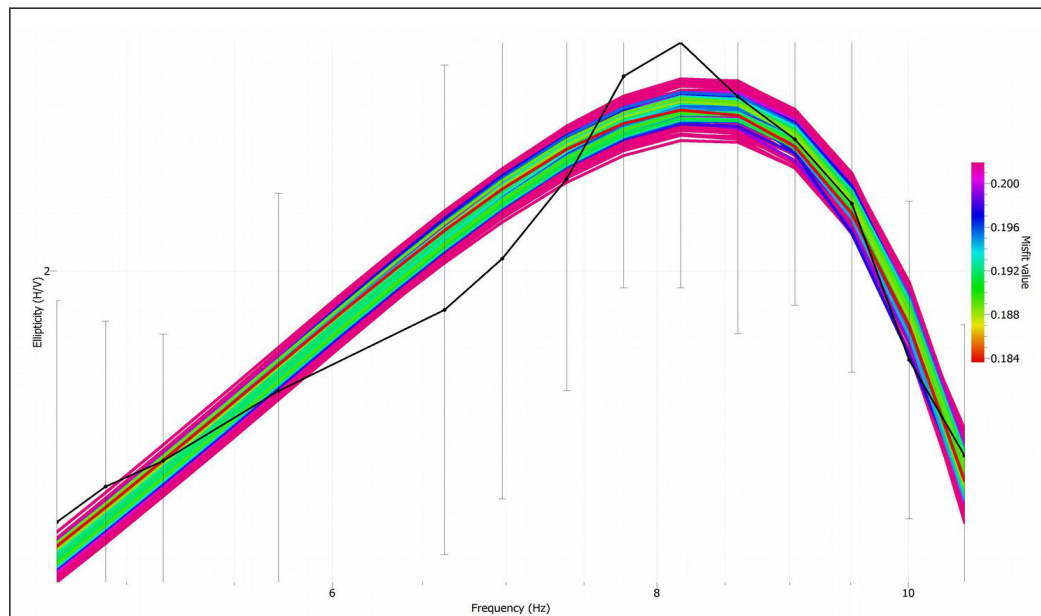


Fig.5: H/V misurata (linea nera) e H/V invertite (linee colorate)

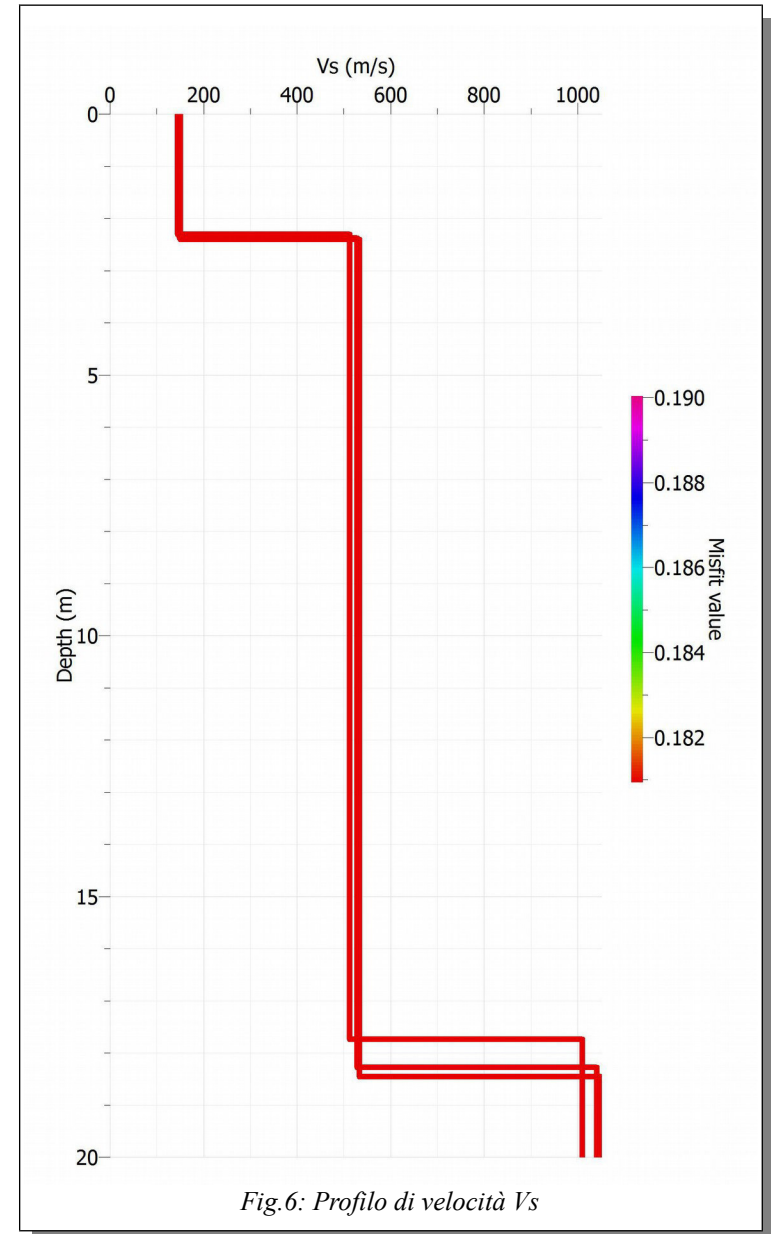
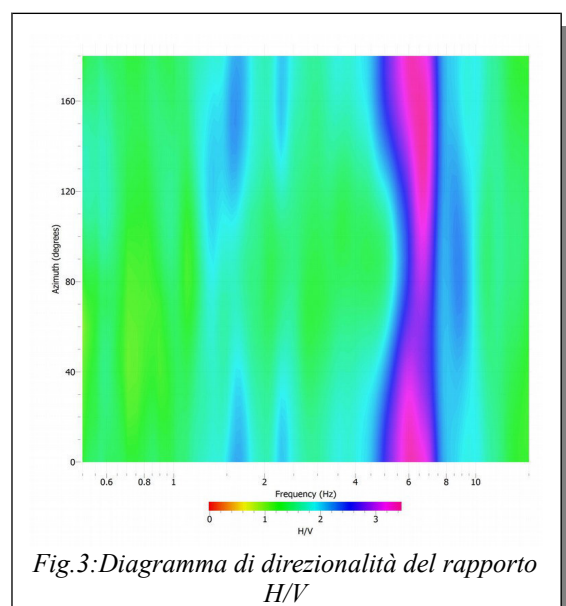
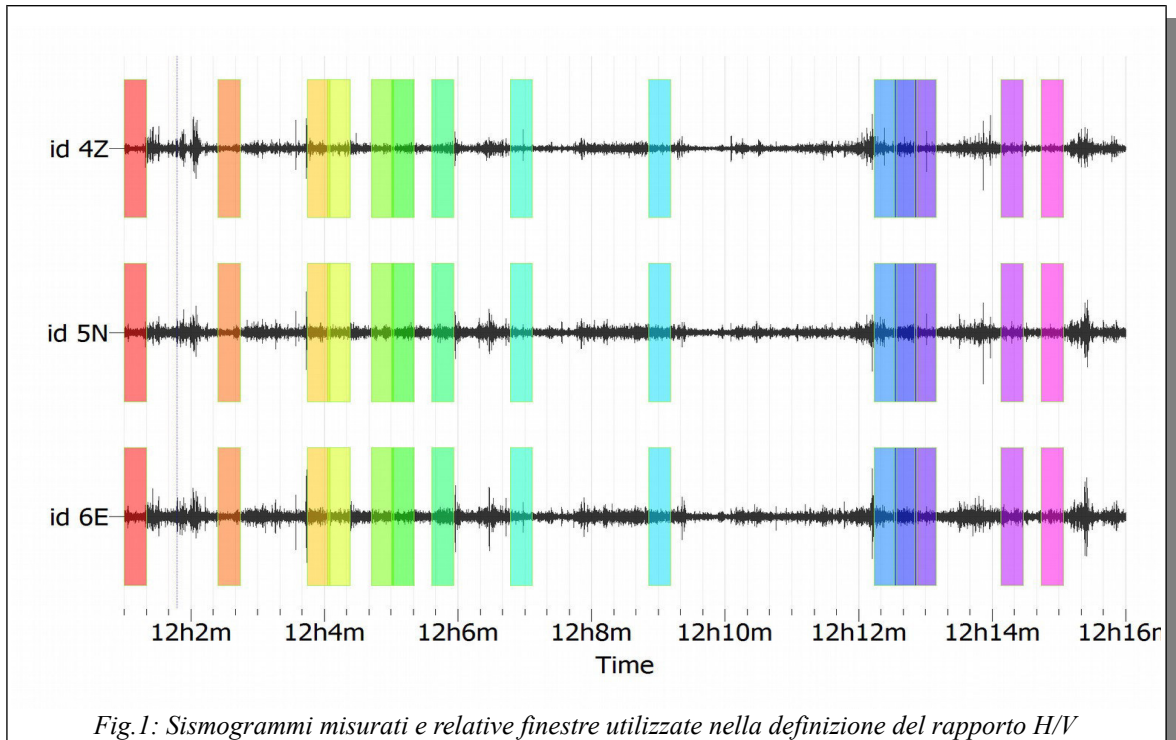


Fig.6: Profilo di velocità Vs

HVSR parco Santa Fiora (3)

Questa misura è stata effettuata il giorno 13/10/2013 nella parte meridionale del parco di Santa Fiora (fig 2). Tale prova ha evidenziato un picco molto ben definito, le cui caratteristiche sono riassunte in fig.4 Il campo d'onda che ha definito il picco a 6.05 hz è isotropo (fig.3) e stazionario (fig.4). È stata inoltre verificata, l'affidabilità del picco e della misura, dal punto di vista statistico, tramite i criteri SESAME. La curva calcolata, come si vede in fig.5, ha un buon fit con la curva misurata e restituisce il profilo di velocità di fig.6.



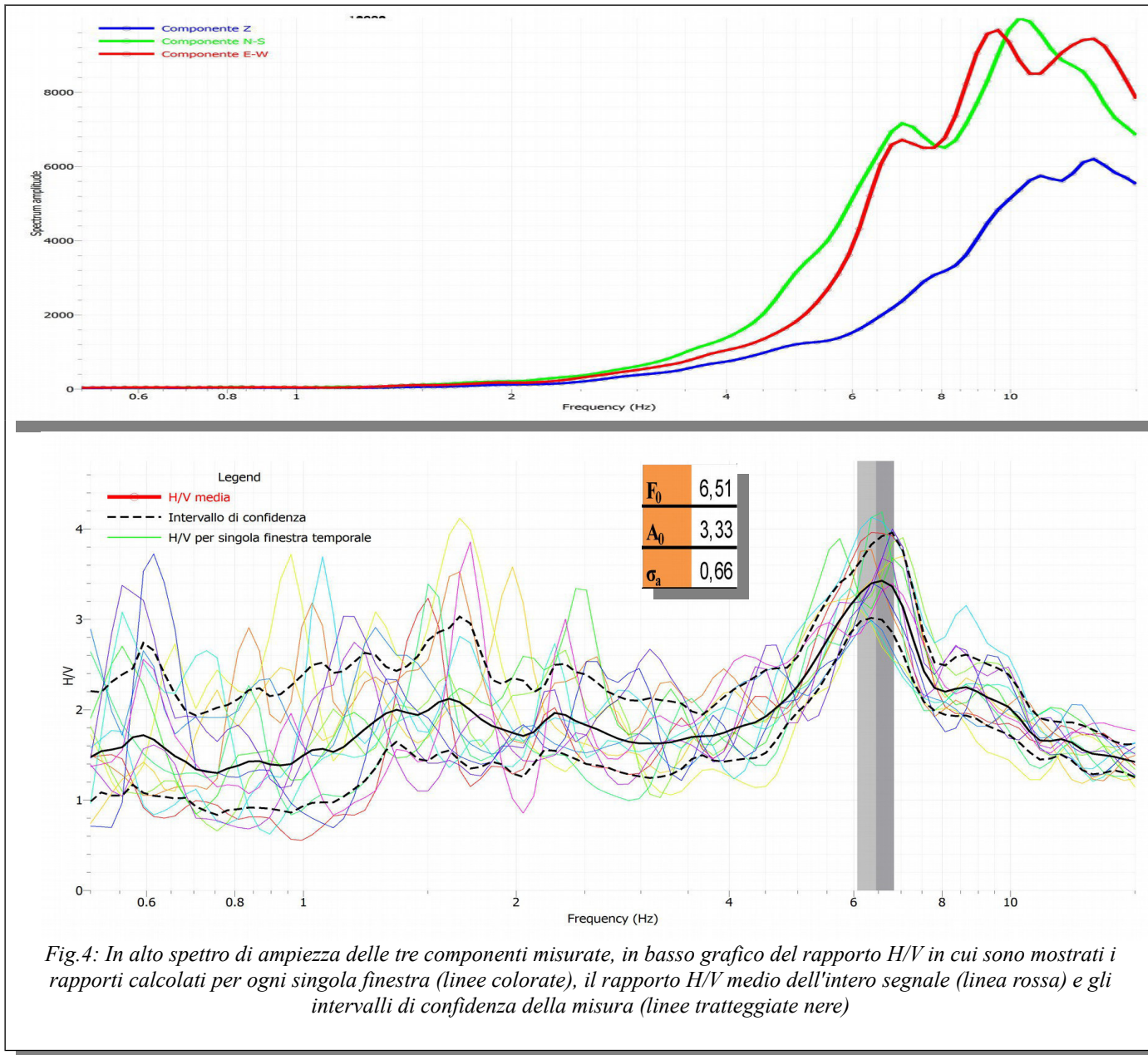


Fig.4: In alto spettro di ampiezza delle tre componenti misurate, in basso grafico del rapporto H/V in cui sono mostrati i rapporti calcolati per ogni singola finestra (linee colorate), il rapporto H/V medio dell'intero segnale (linea rossa) e gli intervalli di confidenza della misura (linee tratteggiate nere)

Criteria per una curva H/V affidabile	Misurato	Soglia	Verificato
I) $f_0 > 10 / L_w$	6,51	0,50	OK
II) $n_c(f_0) > 200$	1953	200	OK
III) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$	28 su 28	1,58	OK
Criteria per un Picco H/V chiaro			
I) Esiste f^- compreso $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	4 su 27		OK
II) Esiste f^+ compreso $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	5 su 17		OK
III) $A_0 > 2$	3,33	2	OK
IV) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0,163; 0,165	0,33	OK
V) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0,45	0,33	NOT OK
VI) $\sigma_A(f_0) < \Theta(f_0)$	0,66	1,58	OK

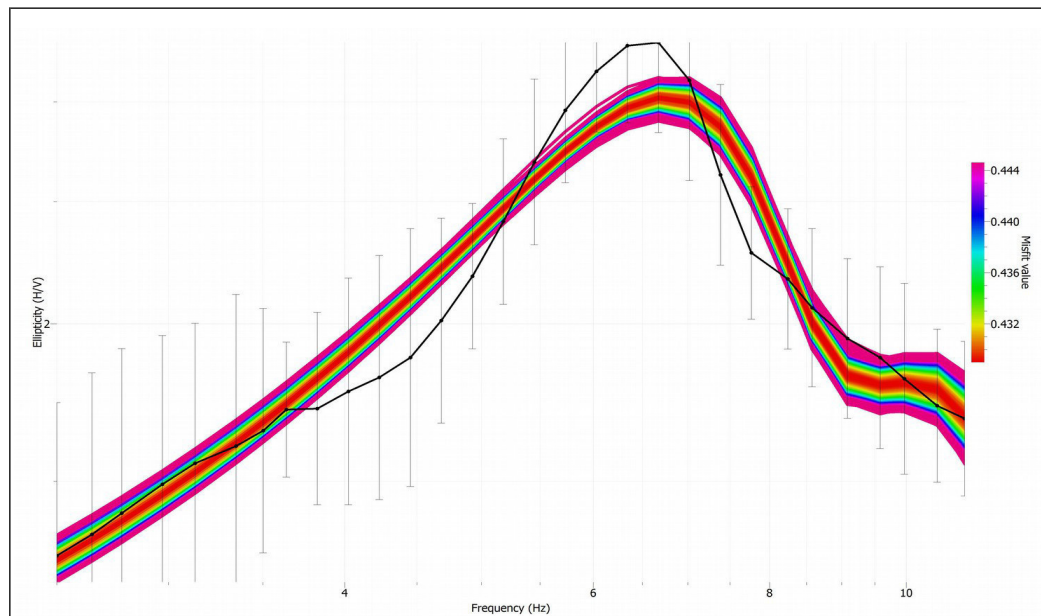


Fig.5: H/V misurata (linea nera) e H/V invertite (linee colorate)

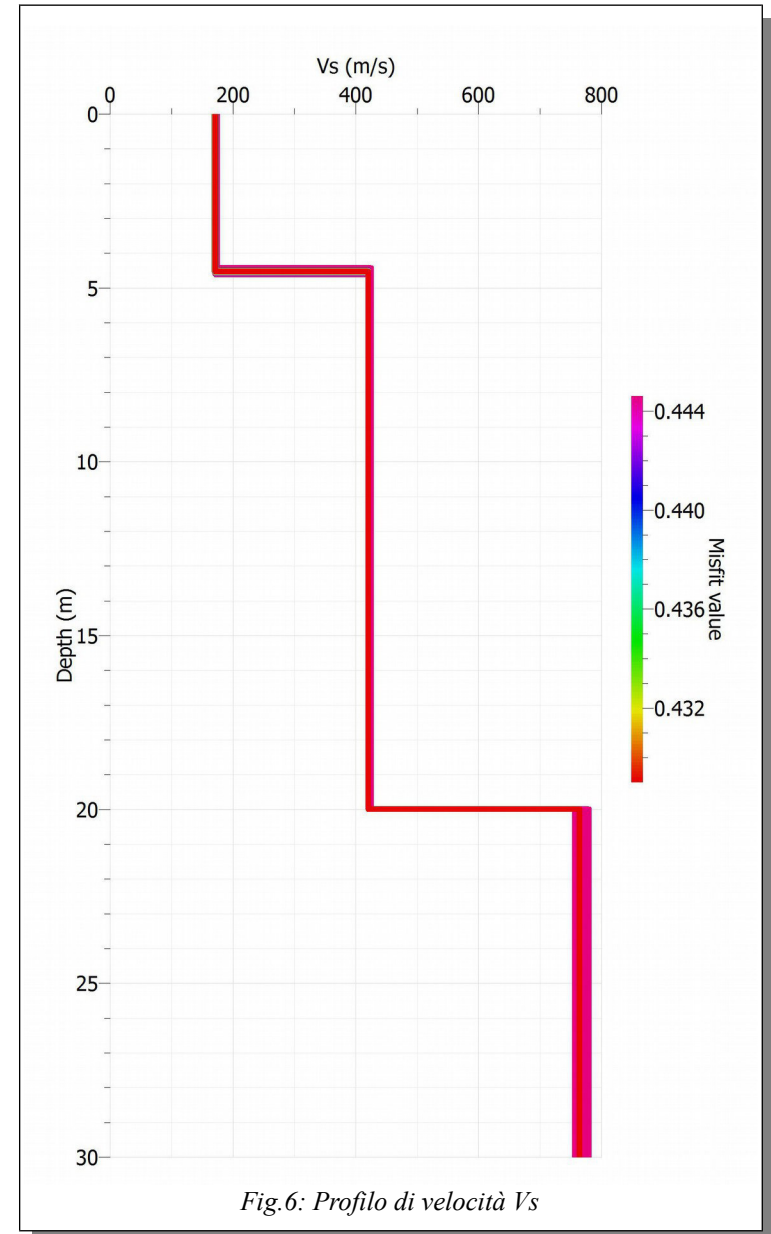
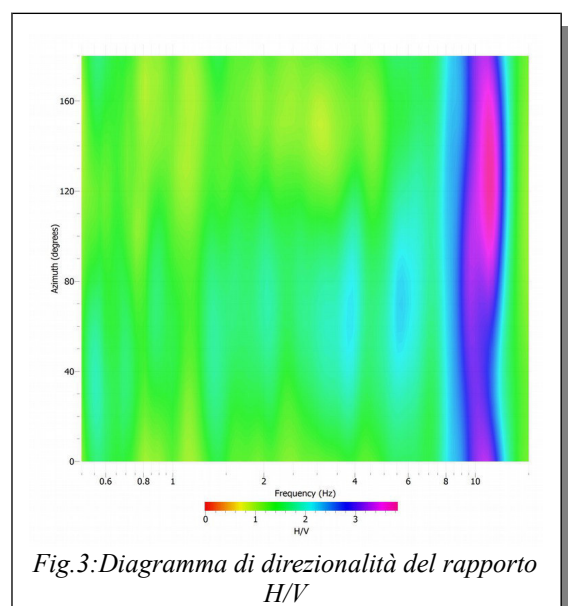
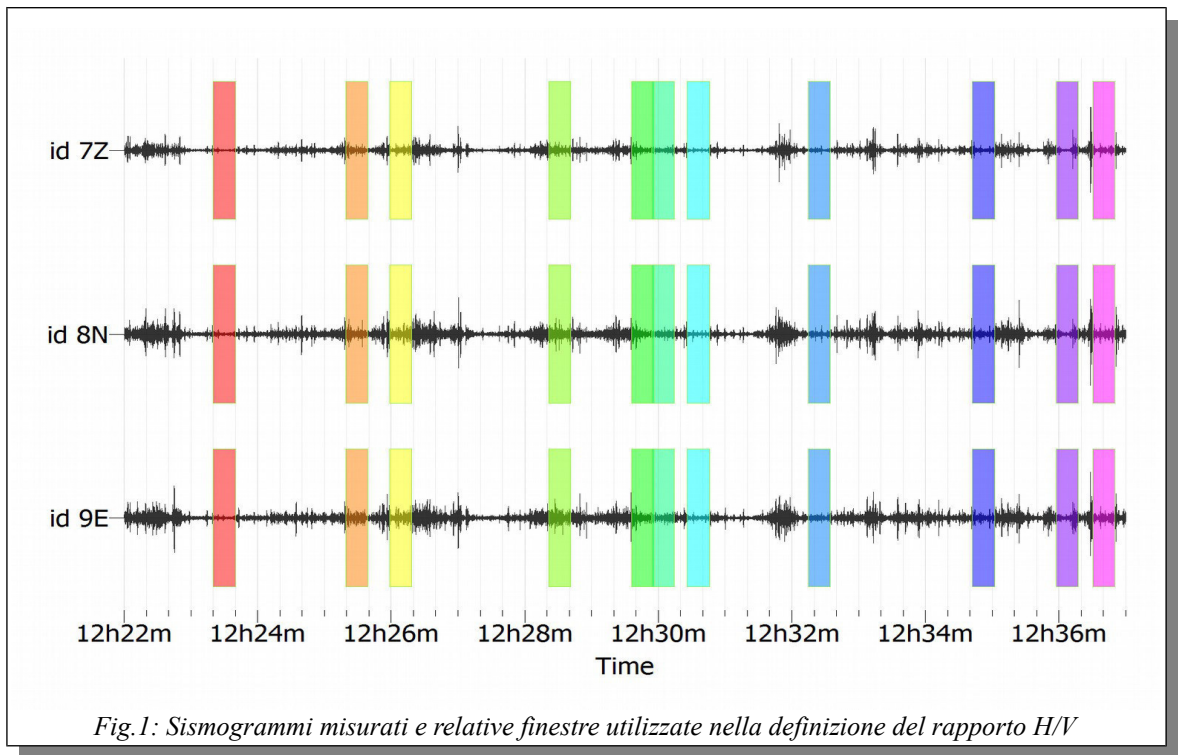


Fig.6: Profilo di velocità Vs

HVSR parco Santa Fiora (4)

Questa misura è stata effettuata il giorno 13/10/2013 nella parte meridionale del parco di Santa Fiora (fig 2). Tale prova ha evidenziato un picco molto ben definito, le cui caratteristiche sono riassunte in fig.4. Il campo d'onda che ha definito il picco a 10.54 hz è isotropo (fig.3) e stazionario (fig.4). È stata inoltre verificata, l'affidabilità del picco e della misura, dal punto di vista statistico, tramite i criteri SESAME. La curva calcolata, come si vede in fig.5, ha un buon fit con la curva misurata e restituisce il profilo di velocità di fig.6.



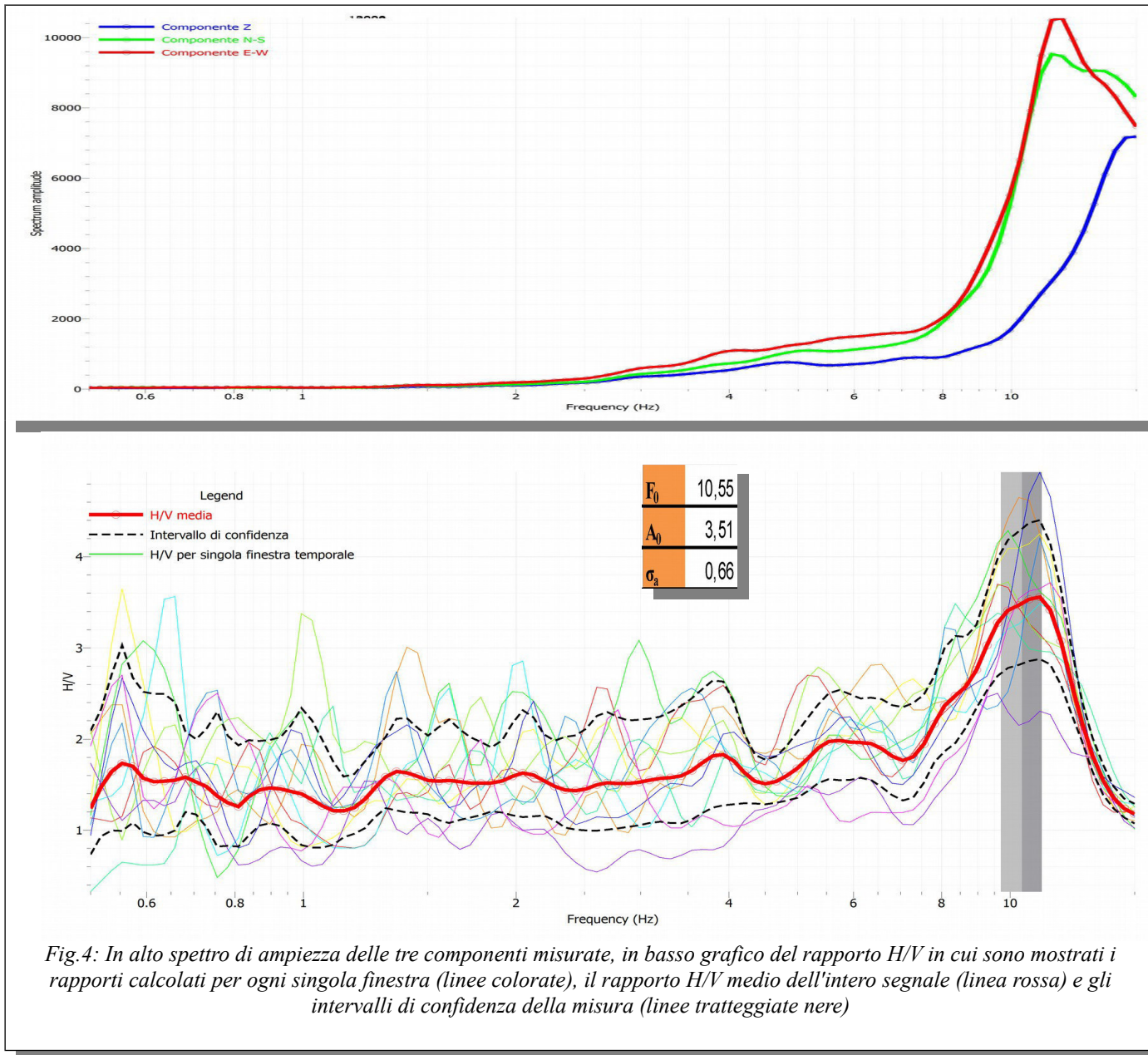


Fig.4: In alto spettro di ampiezza delle tre componenti misurate, in basso grafico del rapporto H/V in cui sono mostrati i rapporti calcolati per ogni singola finestra (linee colorate), il rapporto H/V medio dell'intero segnale (linea rossa) e gli intervalli di confidenza della misura (linee tratteggiate nere)

Criteria per una curva H/V affidabile	Misurato	Soglia	Verificato
I) $f_0 > 10 / L_w$	10,55	0,50	OK
II) $n_c(f_0) > 200$	2110	200	OK
III) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$	21 su 21	1,58	OK
Criteria per un Picco H/V chiaro			
I) Esiste f^- compreso $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	11 su 28		OK
II) Esiste f^+ compreso $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	3 su 7		OK
III) $A_0 > 2$	3,51	2	OK
IV) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0,522; 0,522	0,53	OK
V) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0,75	0,53	NOT OK
VI) $\sigma_A(f_0) < \Theta(f_0)$	0,66	1,58	OK

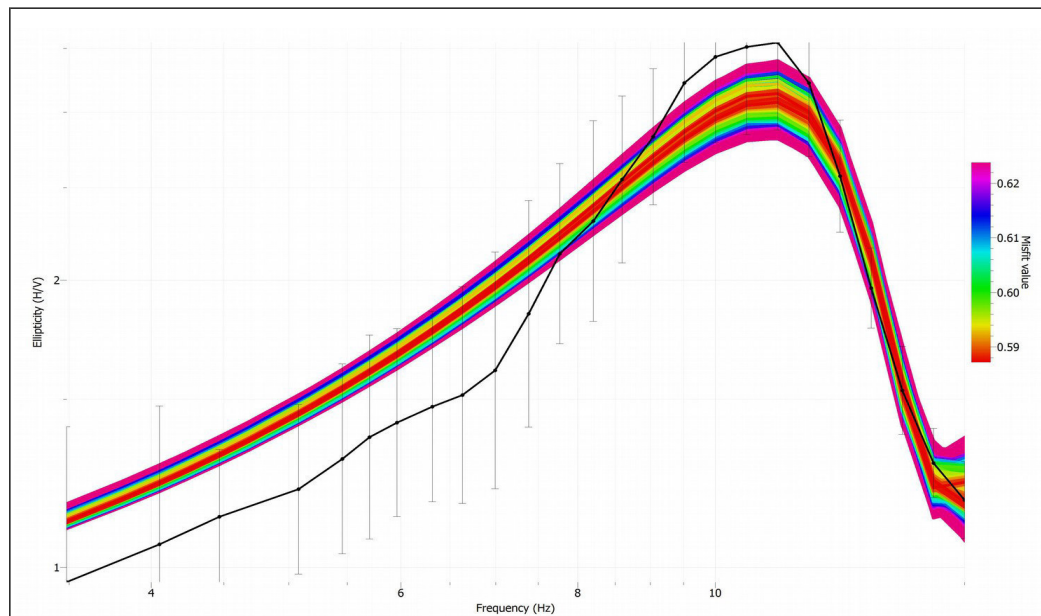


Fig.5: H/V misurata (linea nera) e H/V invertite (linee colorate)

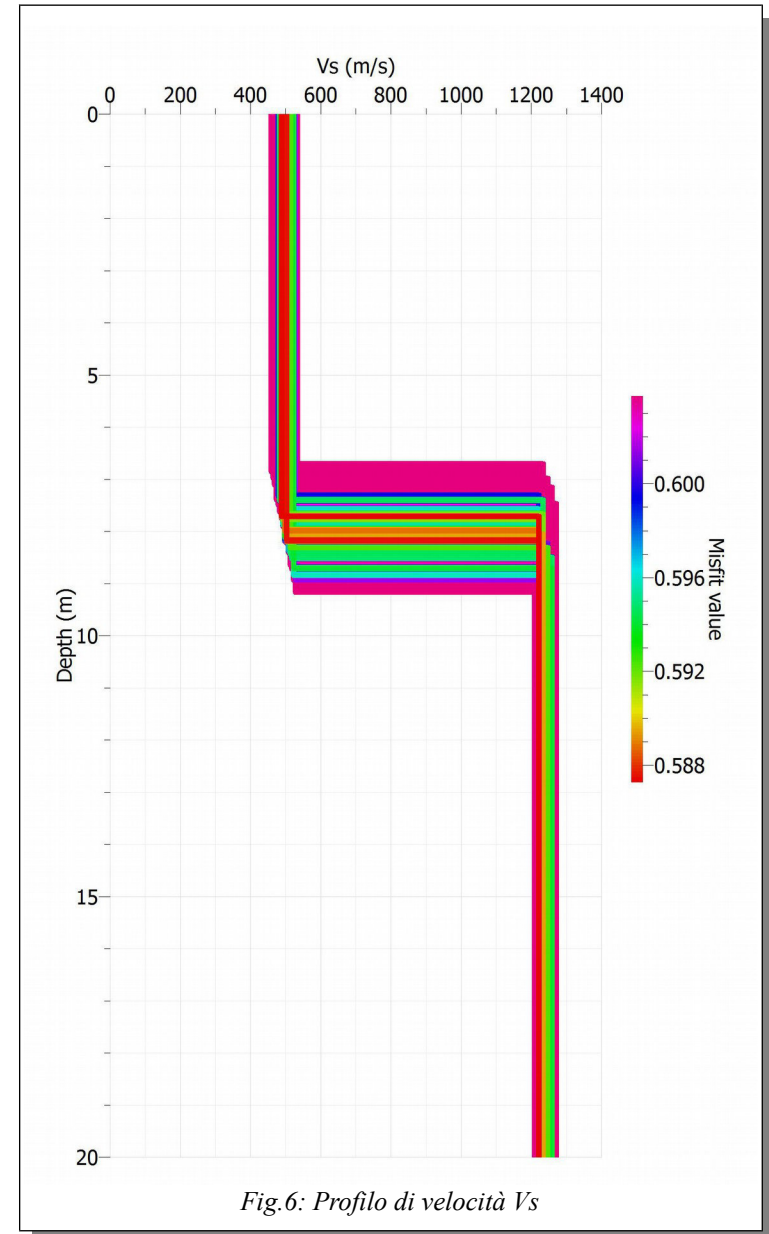
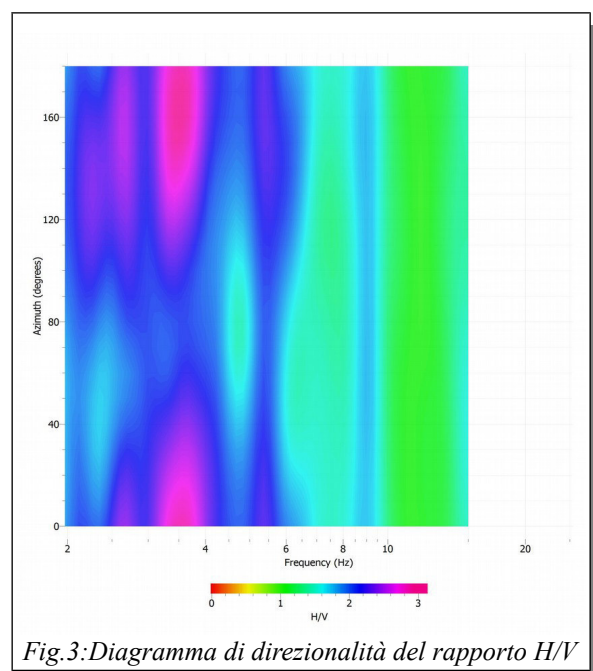
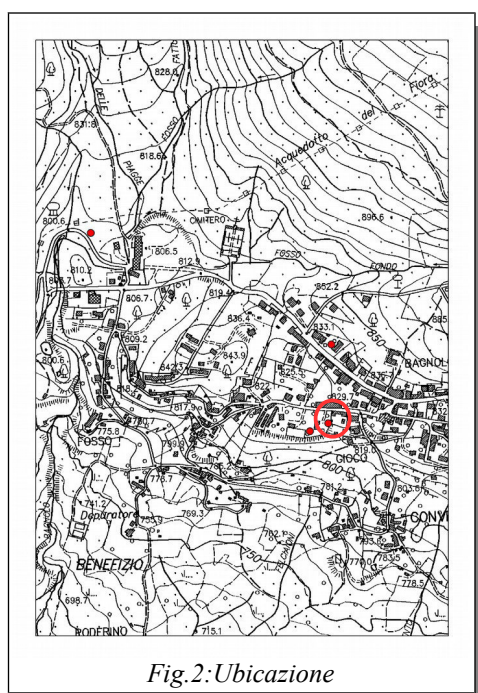
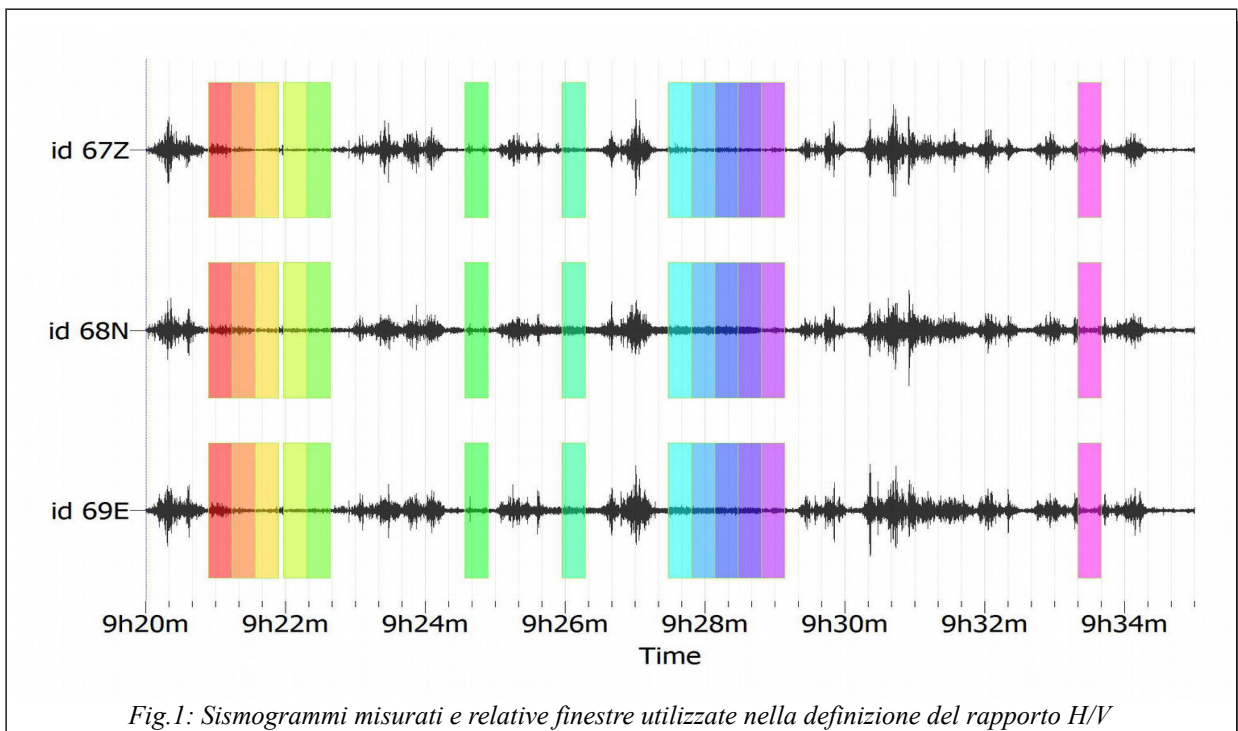


Fig.6: Profilo di velocità Vs

HVSR località la Peschiera Santa Fiora

Questa misura è stata effettuata il giorno 3/12/2013 nel parco pubblico lungo via della Peschiera nell'abitato di Santa Fiora (fig.2). Tale prova mostra un andamento con molti picchi poco pronunciati (fig.2). Come picco principale è stato scelto quello a 8,83 hz, le cui caratteristiche sono riassunte nella tabella di fig.4. Il campo d'onda che ha generato il picco a 8,83 hz è isotropo (fig.3). La curva non soddisfa i criteri SESAME che definiscono un picco chiaro (tabella 1). La curva calcolata, come si vede in fig.5, ha un buon fit con il picco osservato e ne deriva il profilo Vs di fig.6.



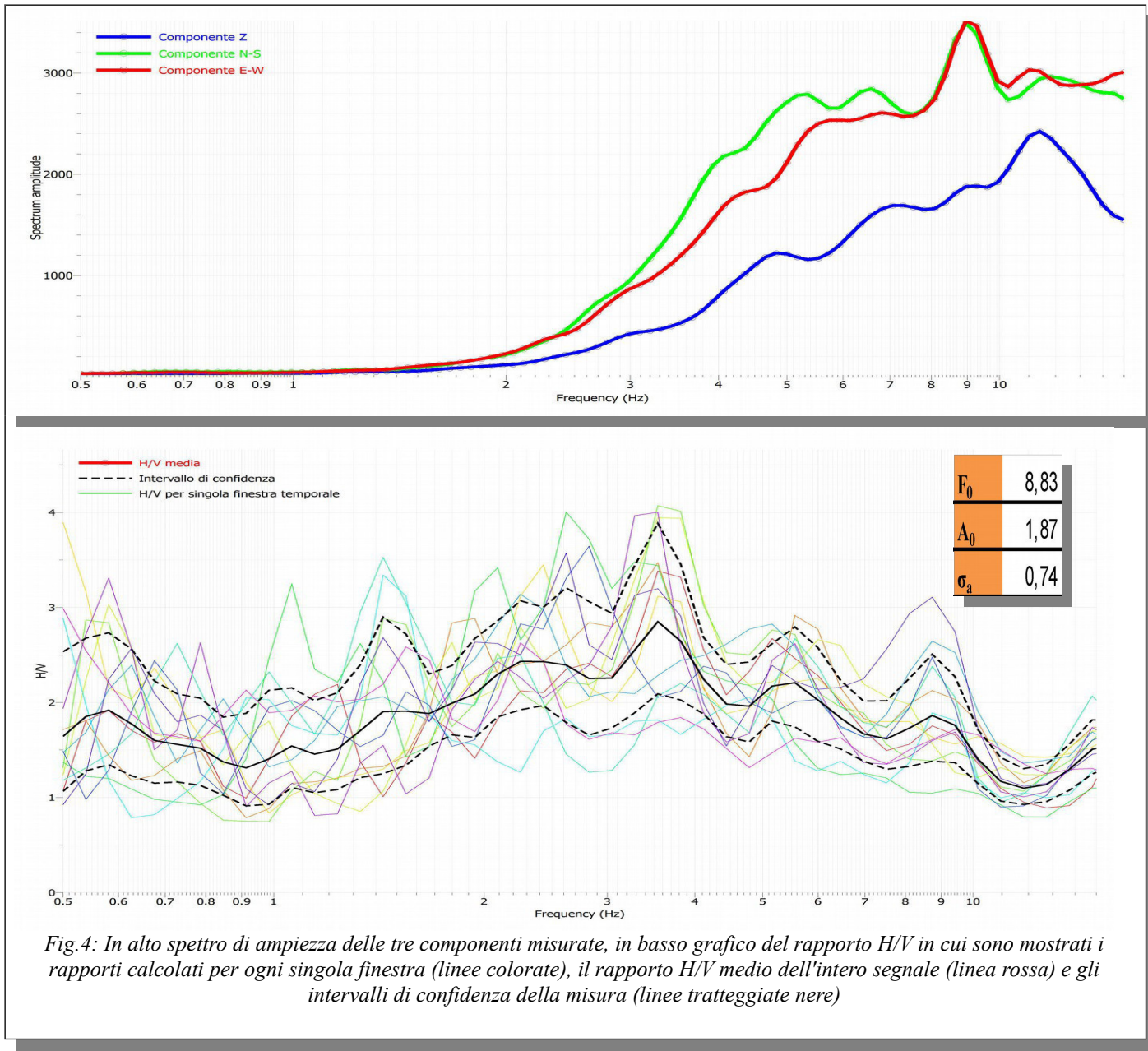
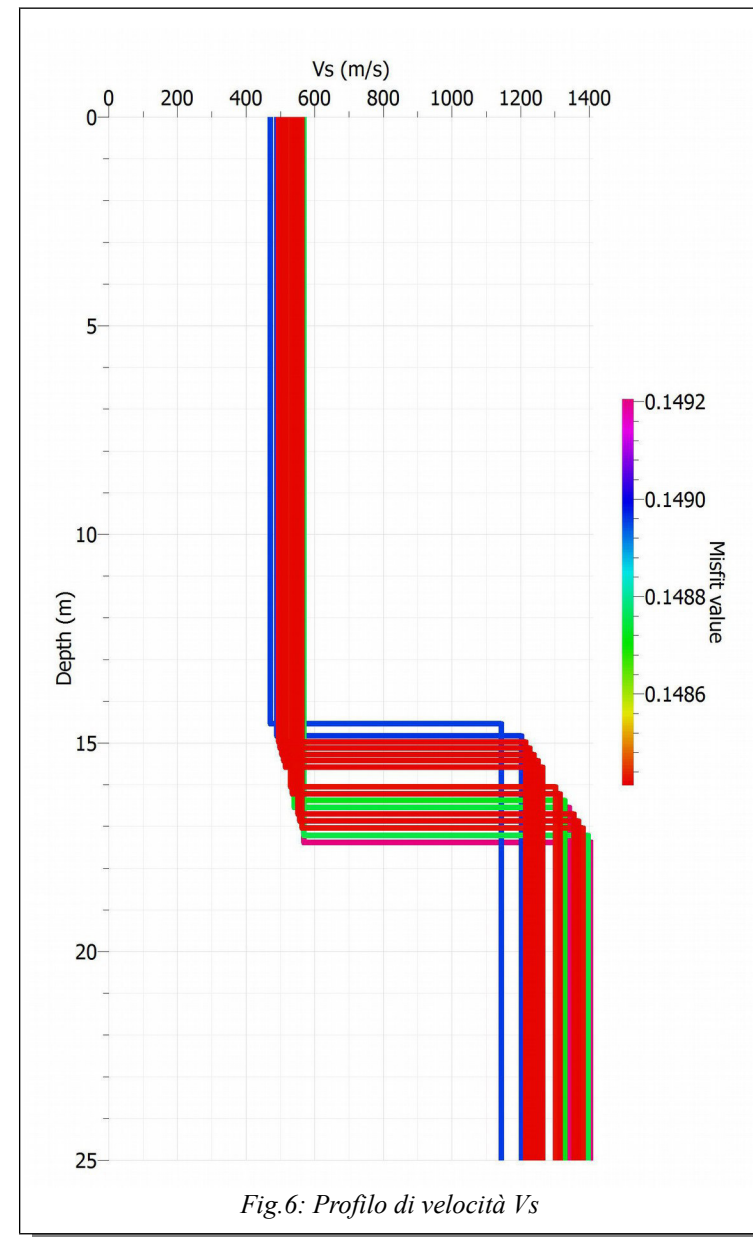
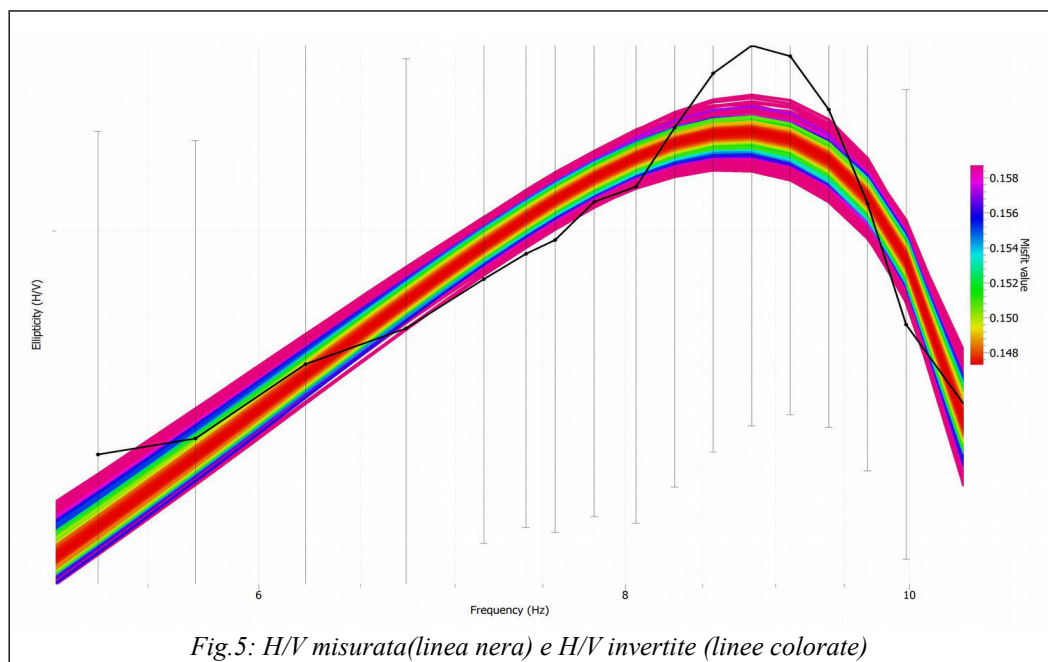


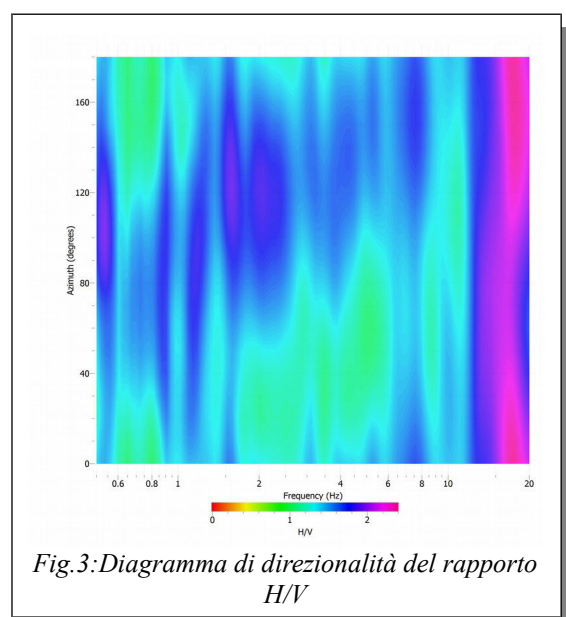
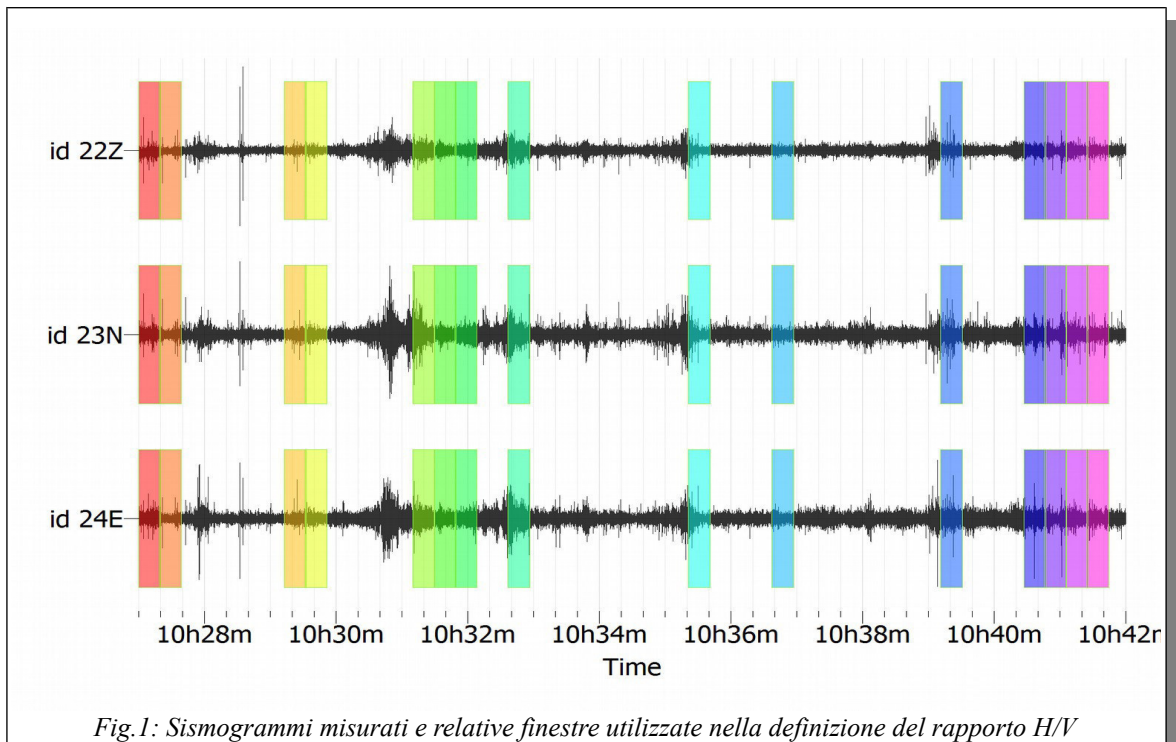
Fig.4: In alto spettro di ampiezza delle tre componenti misurate, in basso grafico del rapporto H/V in cui sono mostrati i rapporti calcolati per ogni singola finestra (linee colorate), il rapporto H/V medio dell'intero segnale (linea rossa) e gli intervalli di confidenza della misura (linee tratteggiate nere)

Criteri per una curva H/V affidabile		Misurato	Soglia	Verificato
I)	$f_0 > 10 / L_w$	8,83	0,50	OK
II)	$nc(f_0) > 200$	2297	200	OK
III)	$\sigma A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$	54 su 54	1,58	OK
Criteri per un Picco H/V chiaro				
I)	Esiste f - compreso $[f_0/4, f_0]$ $AH/V(f-) < A_0/2$	0 su 53		NOT OK
II)	Esiste f + compreso $[f_0, 4f_0]$ $AH/V(f+) < A_0/2$	0 su 24		NOT OK
III)	$A_0 > 2$	1,87	2	NOT OK
IV)	$f_{peak}[AH/V(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0,226; 0,392	0,44	OK
V)	$\sigma f < \varepsilon(f_0)$	0,58	0,44	NOT OK
VI)	$\sigma A(f_0) < \Theta(f_0)$	0,74	1,58	OK



HVSR località Marroneto Santa Fiora

Questa misura è stata effettuata il giorno 9/11/2013 in località Marroneto nel comune di Santa Fiora (fig.2). Tale prova ha evidenziato un picco pronunciato a 16.5 hz (fig.4). Una misura che presenta un diagramma di direzionalità così anisotropo è poco significativa, in quanto il range di frequenze utile è coperto quasi integralmente da un rumore direzionato e non stocastico. È stato comunque interpretato il picco a 16 hz che presenta un carattere isotropo e stazionario. In fig.5 e 6 si possono vedere, rispettivamente, l'HVSR calcolata rispetto a quella misurata e il profilo delle VS.



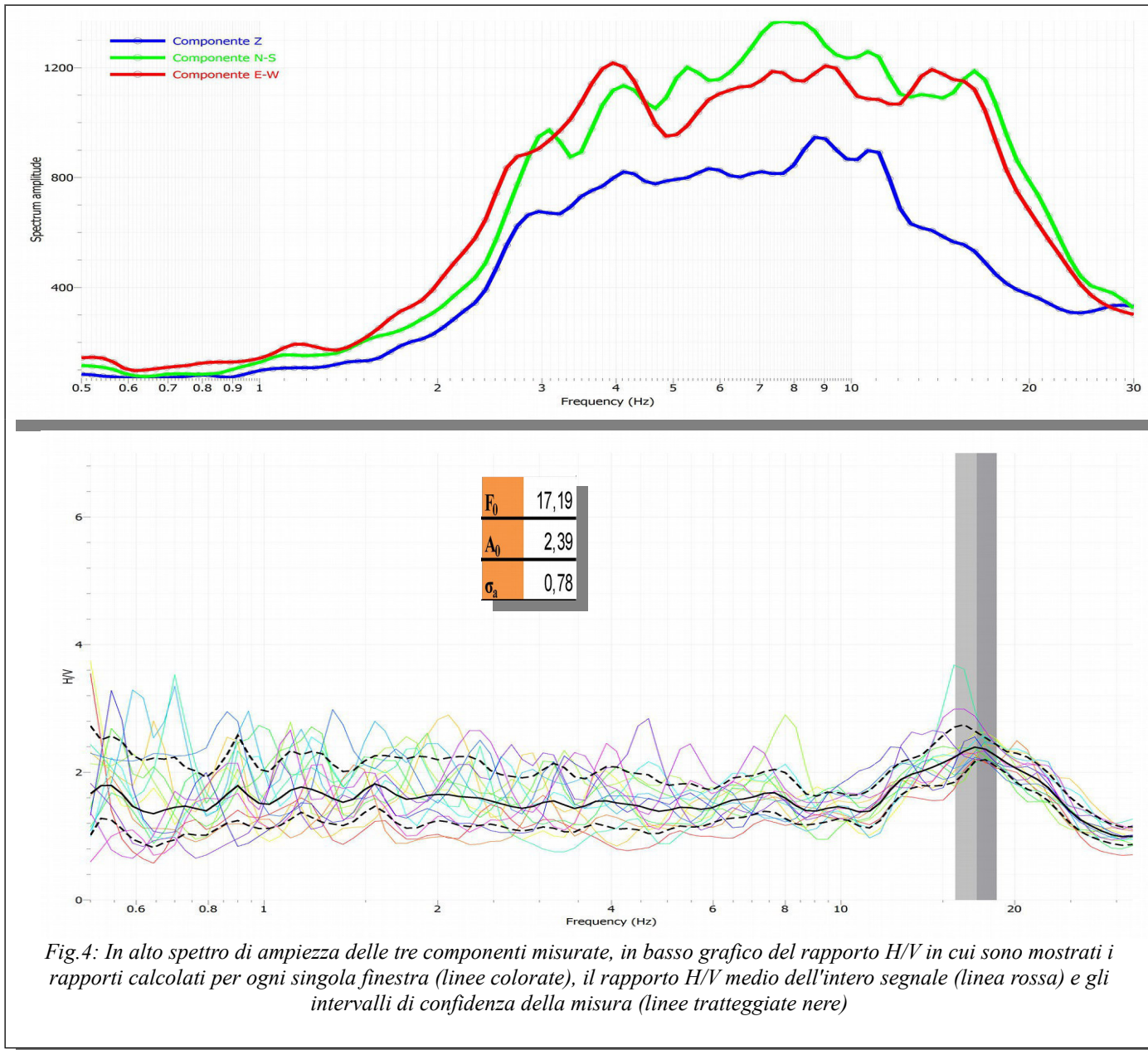


Fig.4: In alto spettro di ampiezza delle tre componenti misurate, in basso grafico del rapporto H/V in cui sono mostrati i rapporti calcolati per ogni singola finestra (linee colorate), il rapporto H/V medio dell'intero segnale (linea rossa) e gli intervalli di confidenza della misura (linee tratteggiate nere)

Criteria per una curva H/V affidabile	Misurato	Soglia	Verificato
I) $f_0 > 10 / L_w$	17,19	0,50	OK
II) $n_c(f_0) > 200$	4126	200	OK
III) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$	32 su 32	1,58	OK
Criteria per un Picco H/V chiaro			
I) Esiste f^* compreso $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	5 su 33		OK
II) Esiste f^+ compreso $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	5 su 15		OK
III) $A_0 > 2$	2,39	2	OK
IV) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0,852; 0,579	0,86	OK
V) $\sigma_f < \epsilon(f_0)$	1,42	0,86	NOT OK
VI) $\sigma_A(f_0) < \Theta(f_0)$	0,78	1,58	OK

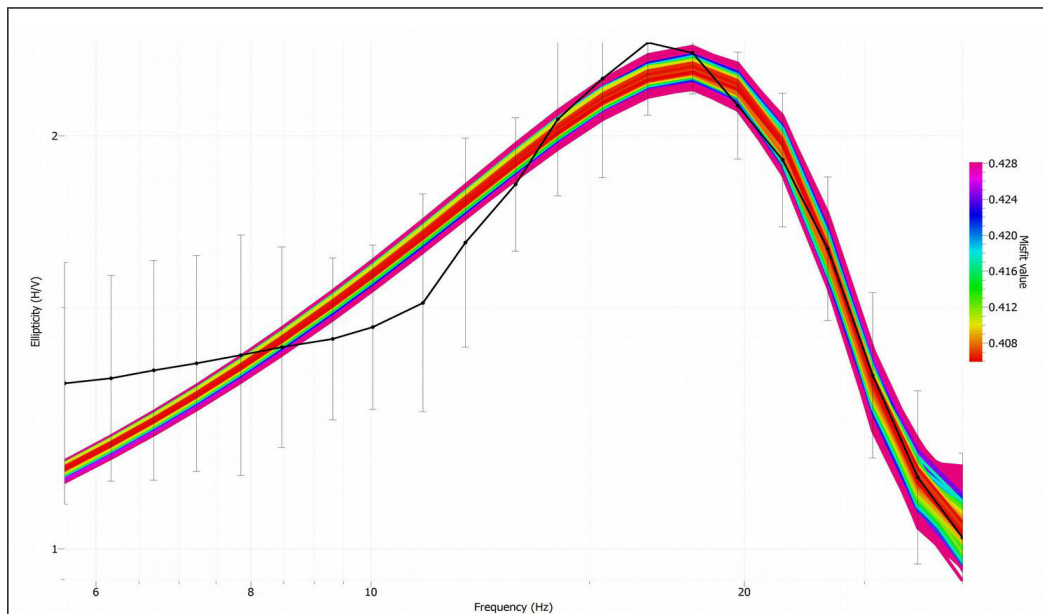


Fig.5: H/V misurata (linea nera) e H/V invertite (linee colorate)

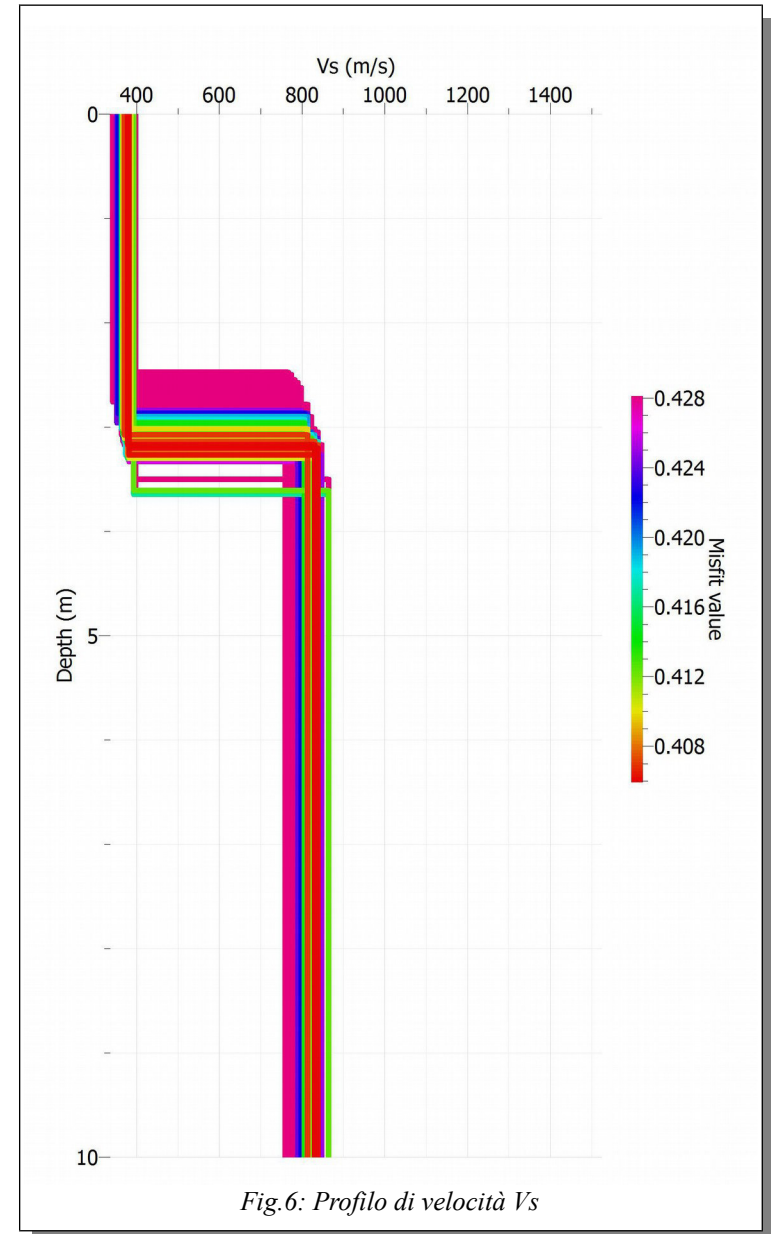


Fig.6: Profilo di velocità Vs

HVSR località i Gobbacci(1) Santa Fiora

Questa misura è stata effettuata il giorno 08/12/2014 in località I Gobbacci nell'abitato di Santa Fiora (fig.2). Tale prova ha evidenziato un picco molto pronunciato a 6.96 hz, le cui caratteristiche sono riassunte nella tabella di fig.4. Il campo d'onda che ha generato il picco a 6,96 hz è isotropo (fig.3). Dal punto di vista statistico la curva soddisfa i criteri SESAME come mostrato nella tabella (1). La curva calcolata, come si vede in fig.5, ha un buon fit con il picco osservato e ne deriva il profilo Vs di fig.6.

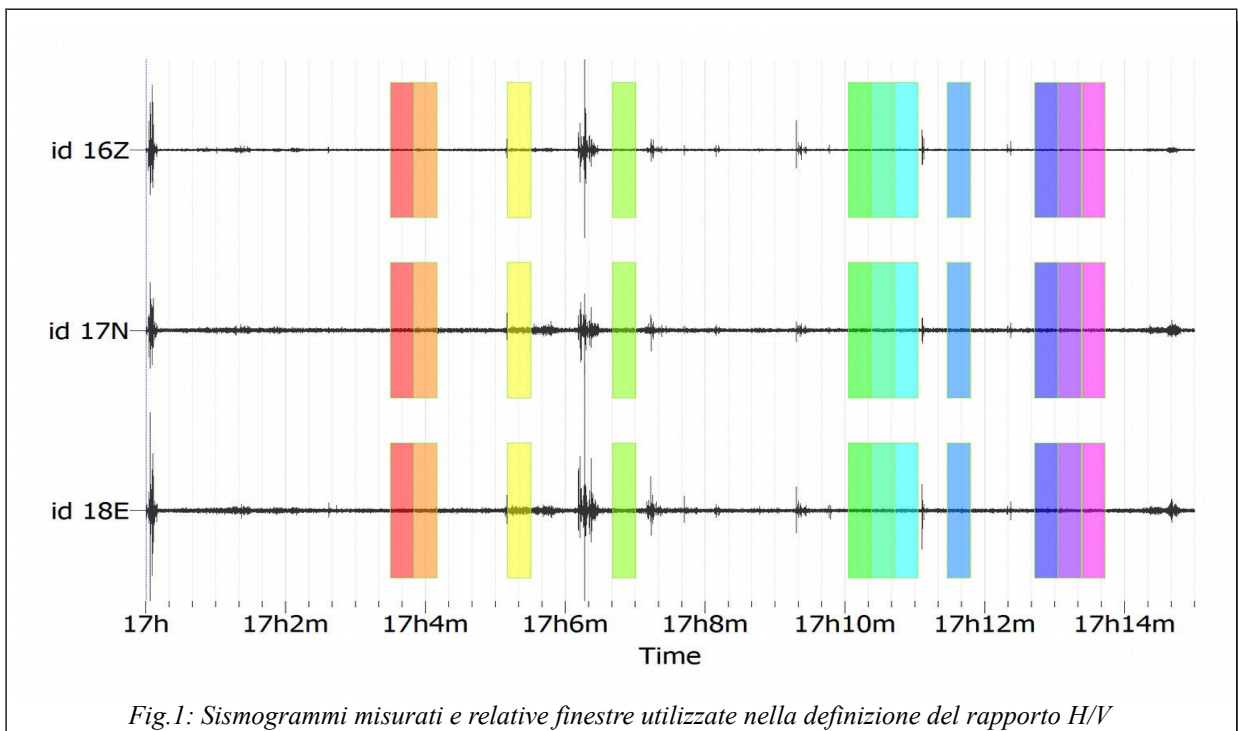


Fig.1: Sismogrammi misurati e relative finestre utilizzate nella definizione del rapporto H/V

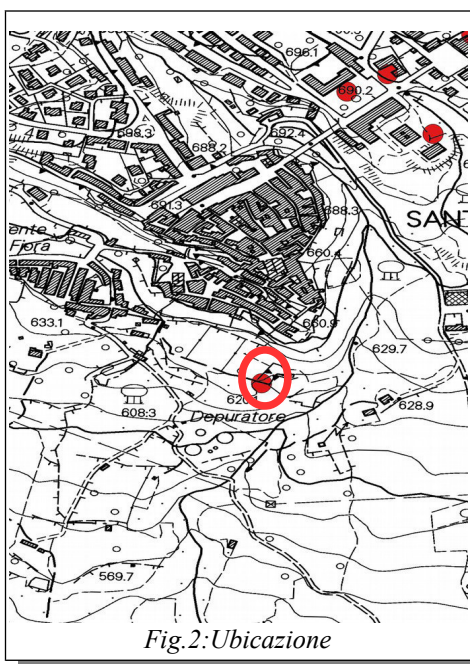


Fig.2: Ubicazione

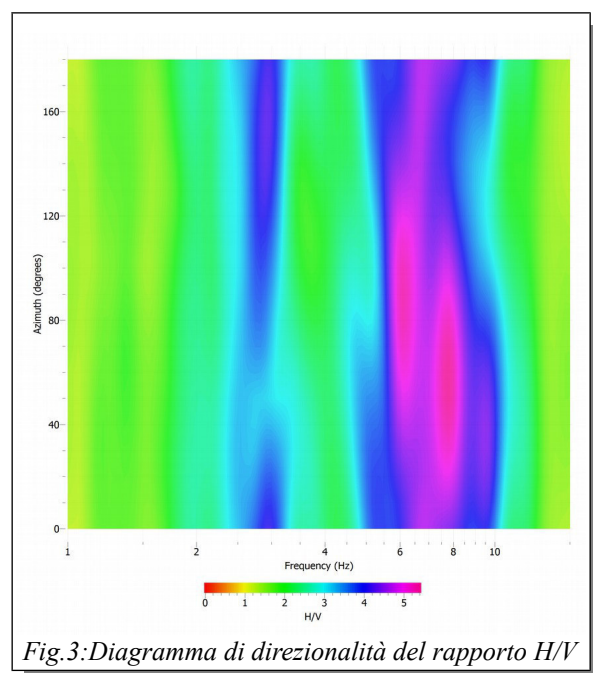


Fig.3: Diagramma di direzionalità del rapporto H/V

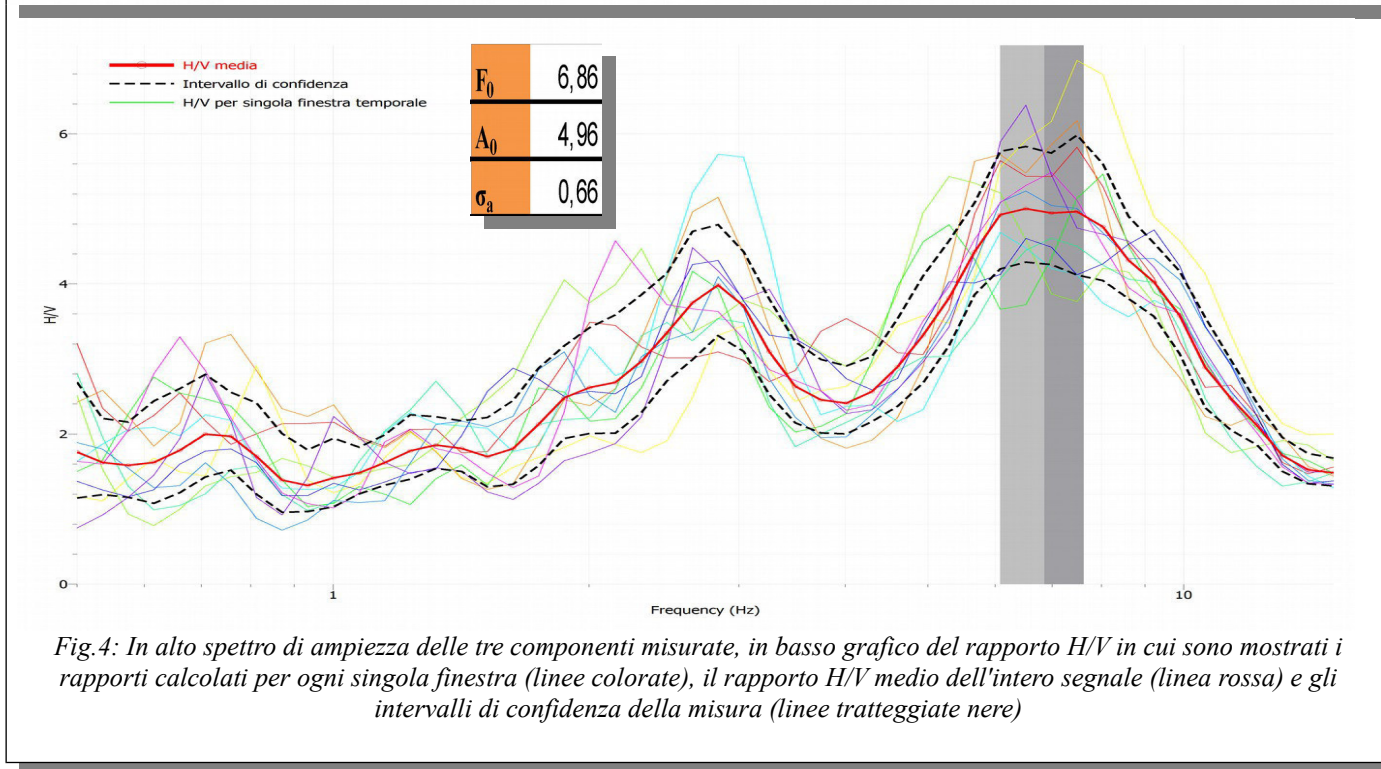
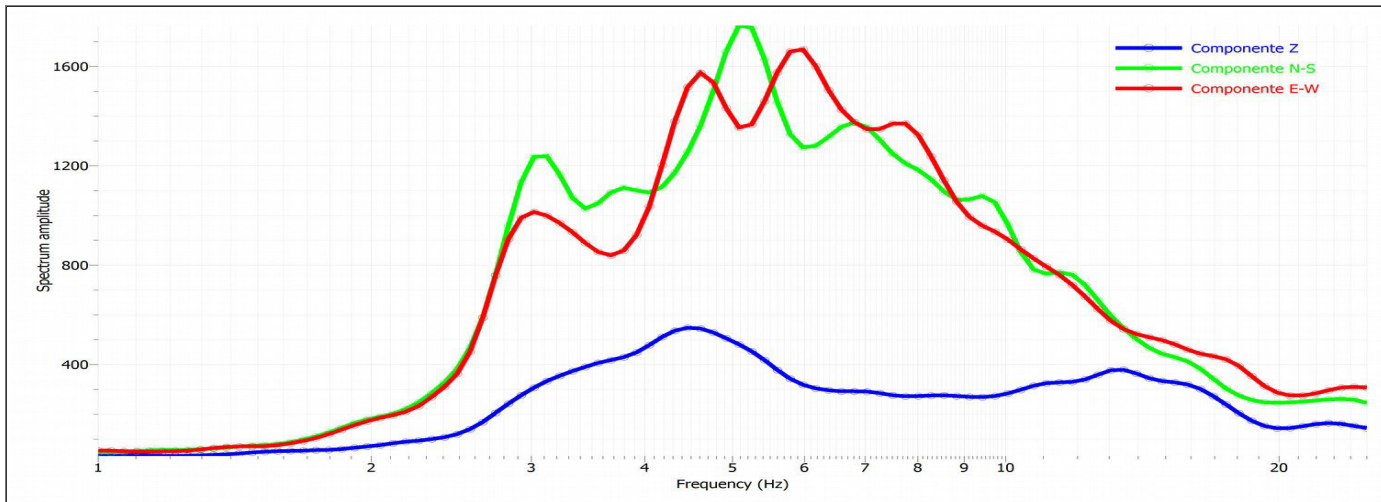


Fig.4: In alto spettro di ampiezza delle tre componenti misurate, in basso grafico del rapporto H/V in cui sono mostrati i rapporti calcolati per ogni singola finestra (linee colorate), il rapporto H/V medio dell'intero segnale (linea rossa) e gli intervalli di confidenza della misura (linee tratteggiate nere)

Criteria per una curva H/V affidabile	Misurato	Soglia	Verificato
I) $f_0 > 10 / L_w$	6,86	0,50	OK
II) $n_c(f_0) > 200$	1509	200	OK
III) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$	60 su 60	1,58	OK
Criteria per un Picco H/V chiaro			
I) Esiste f^- compreso $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	29 su 46		OK
II) Esiste f^+ compreso $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	19 su 35		OK
III) $A_0 > 2$	4,96	2	OK
IV) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0,336; 0,336	0,34	OK
V) $\sigma_f < \epsilon(f_0)$	0,77	0,34	NOT OK
VI) $\sigma_A(f_0) < \Theta(f_0)$	0,66	1,58	OK

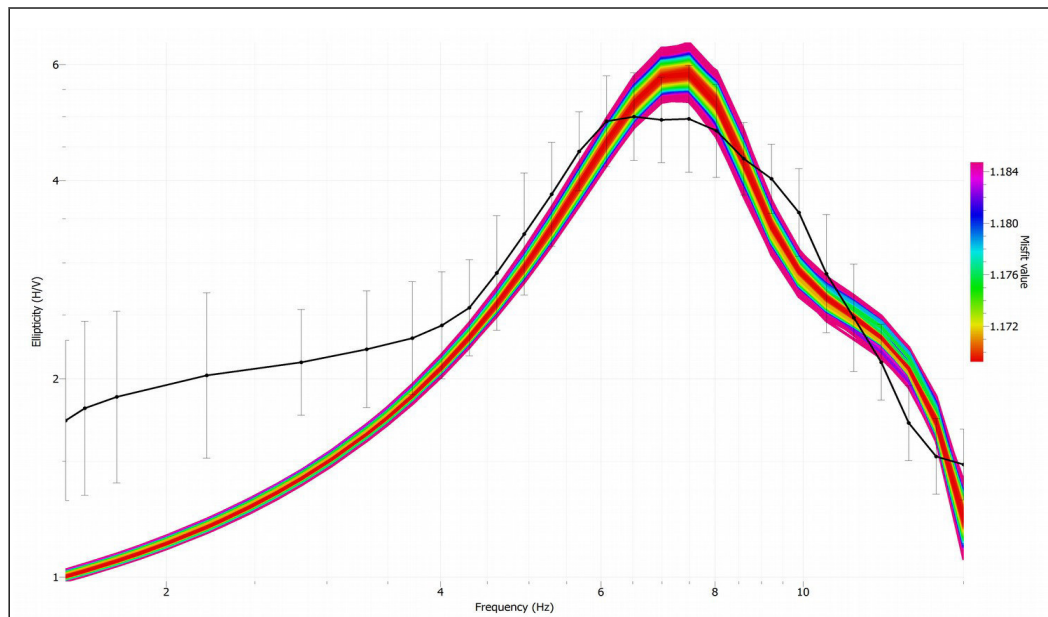


Fig.5: H/V misurata (linea nera) e H/V invertite (linee colorate)

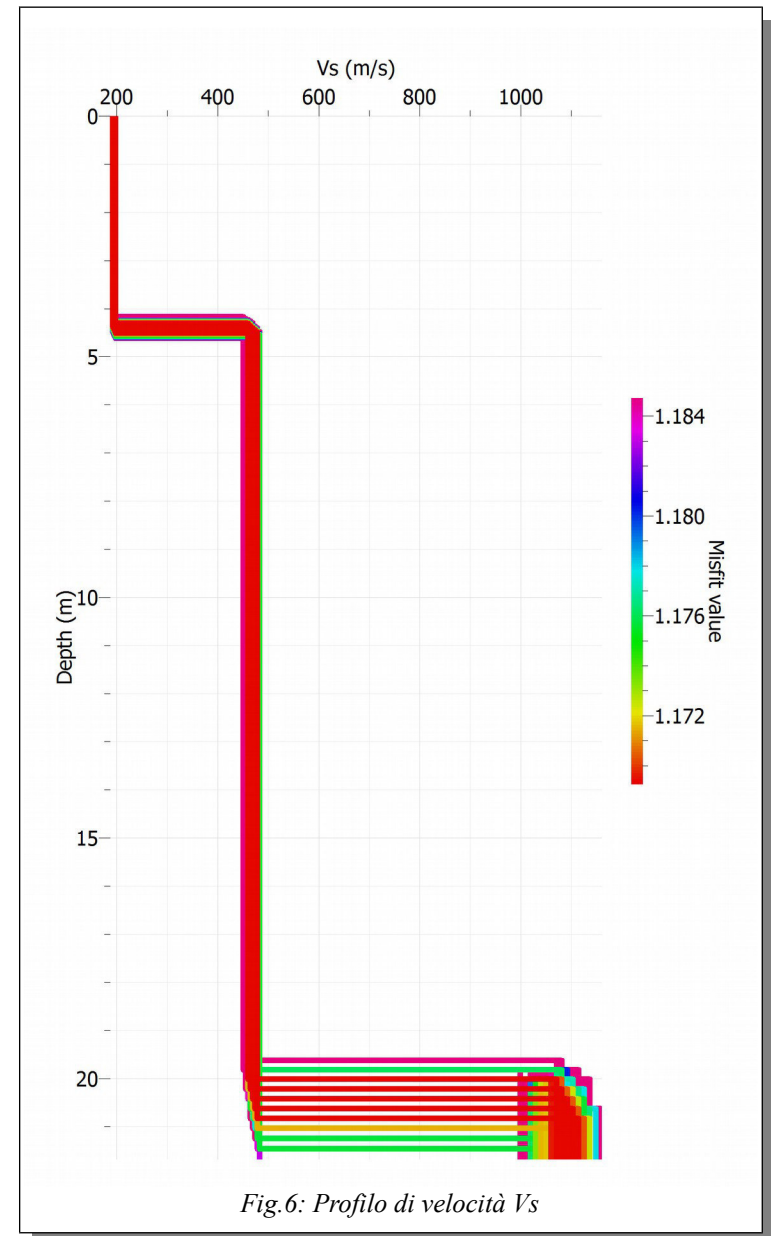
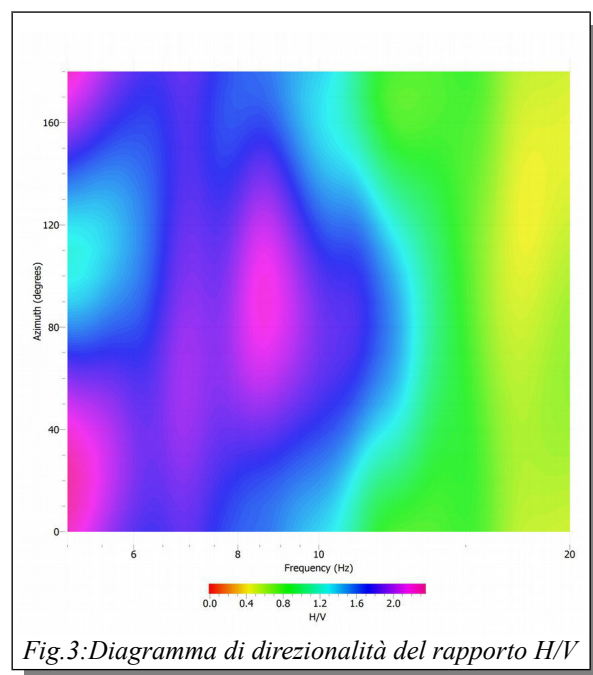
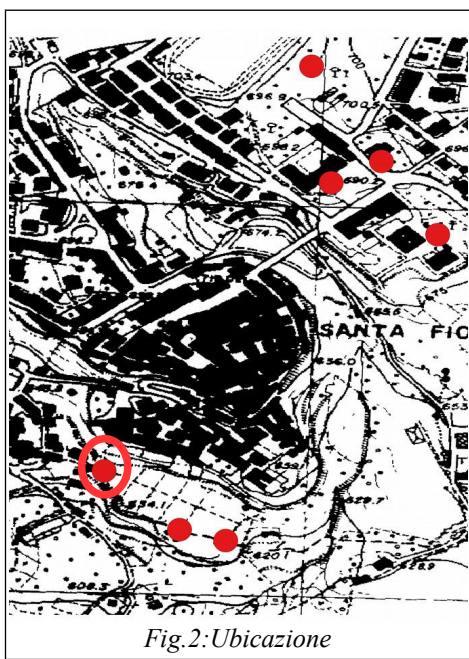
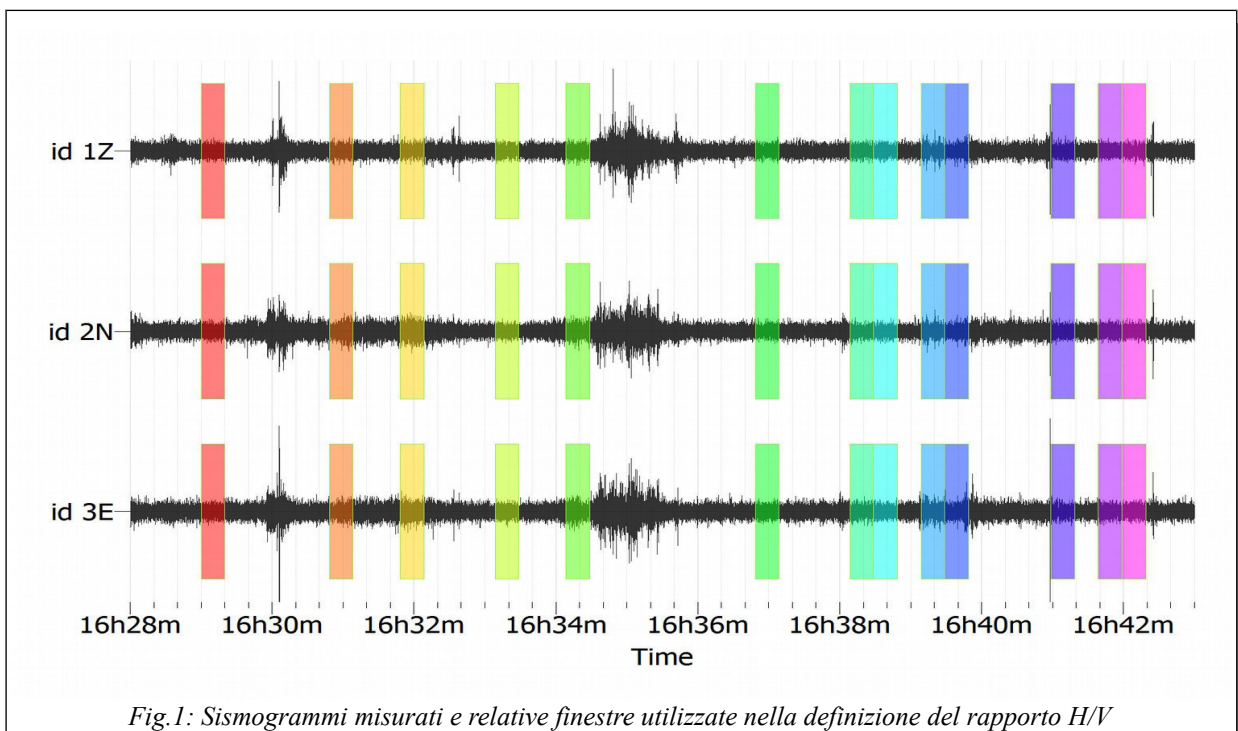


Fig.6: Profilo di velocità Vs

HVSR località i Gobbacci(2) Santa Fiora

Questa misura è stata effettuata il giorno 09/02/2015 in località I Gobbacci nell'abitato di Santa Fiora (fig.2). Tale prova ha evidenziato due picchi a 3.16 hz e un altro a 8.36 hz, Il primo dei due picchi è stato scartato a causa della sua forte direzionalità mentre il secondo, le cui caratteristiche sono riassunte nella tabella di fig.4, è stato elaborato ed interpretato. Il campo d'onda che ha generato il picco a 8.36 hz è isotropo (fig.3). Dal punto di vista statistico la curva non soddisfa i criteri SESAME che definiscono un picco (tabella 1). La curva calcolata, come si vede in fig.5, ha un buon fit con il picco osservato e ne deriva il profilo Vs di fig.6.



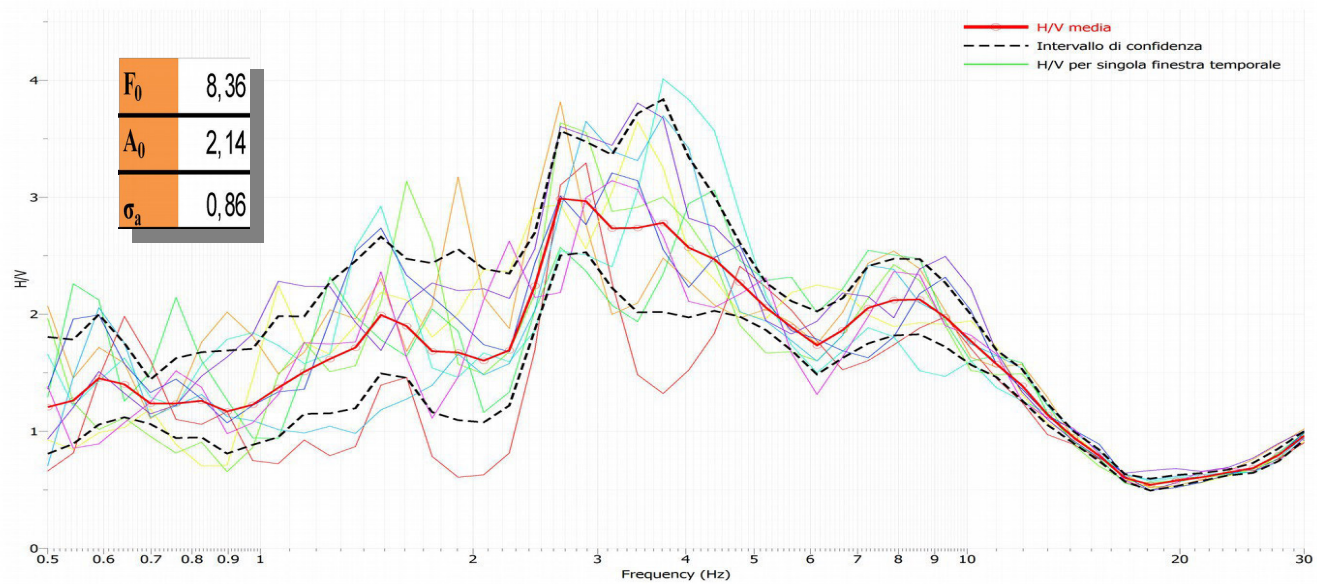
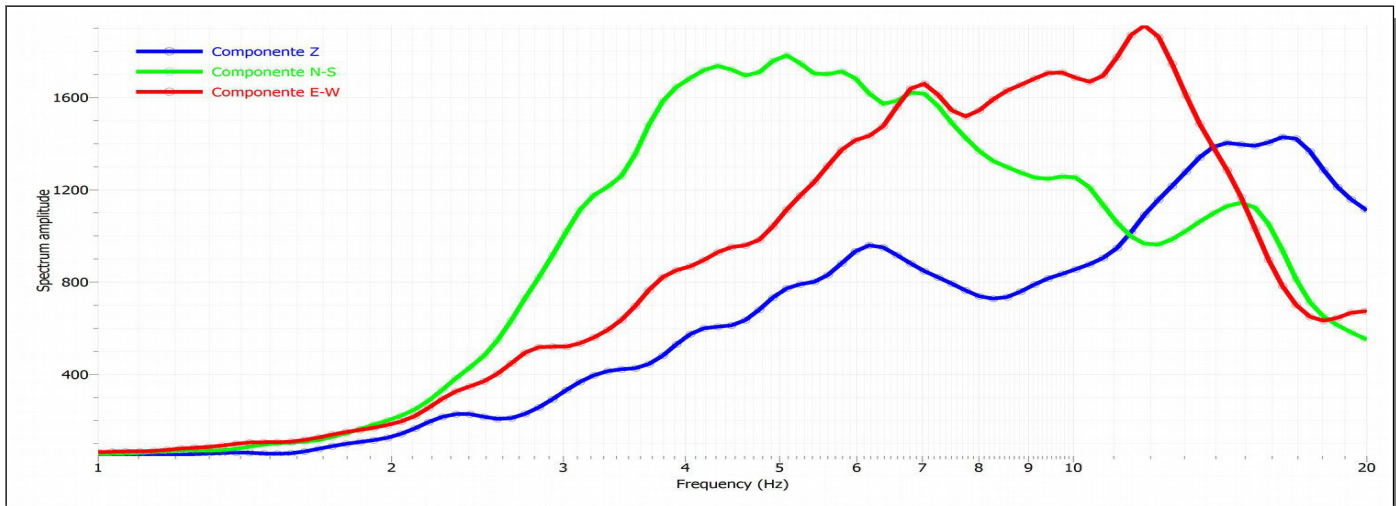
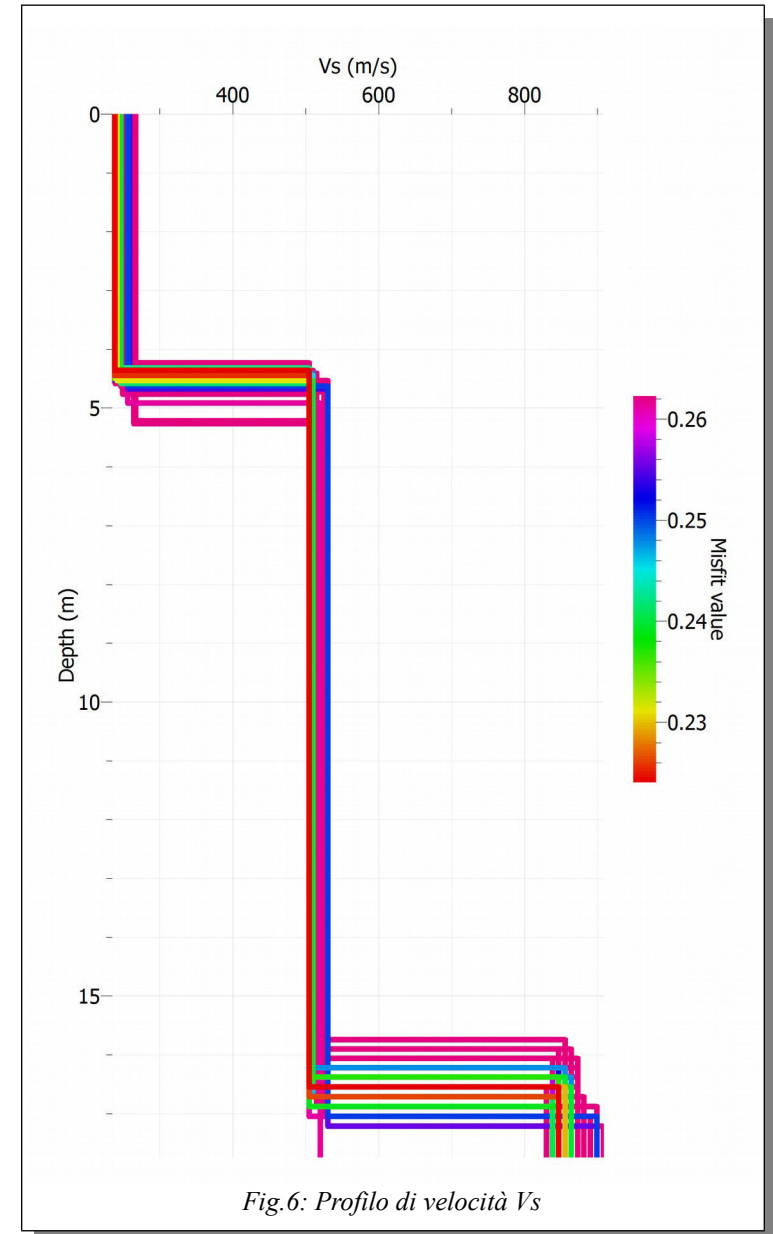
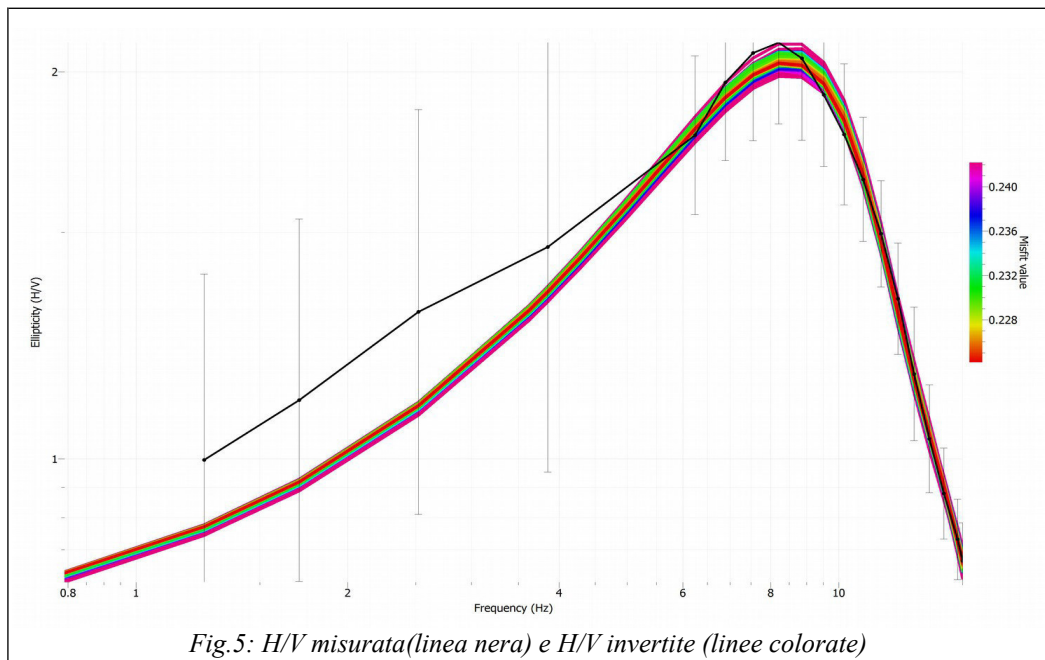


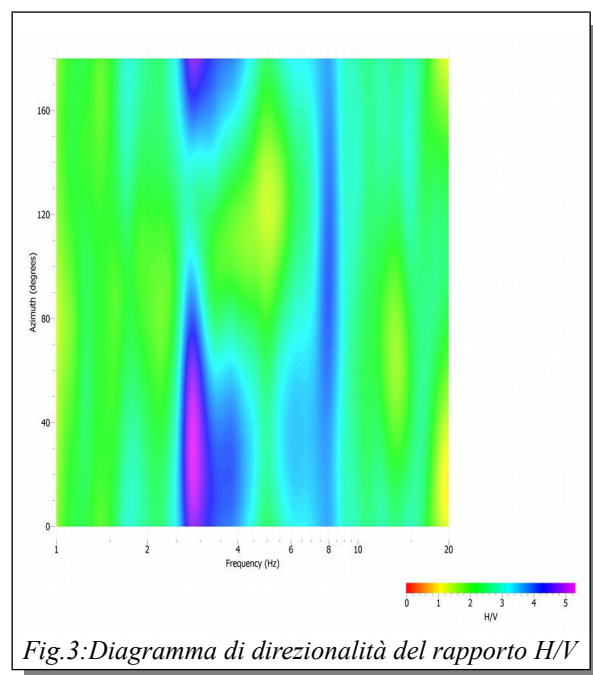
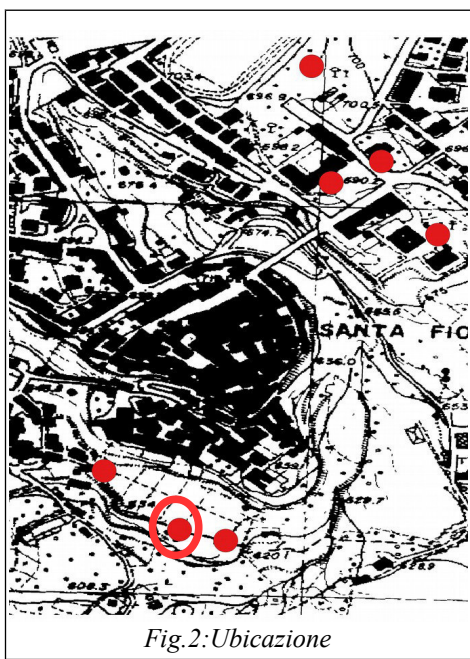
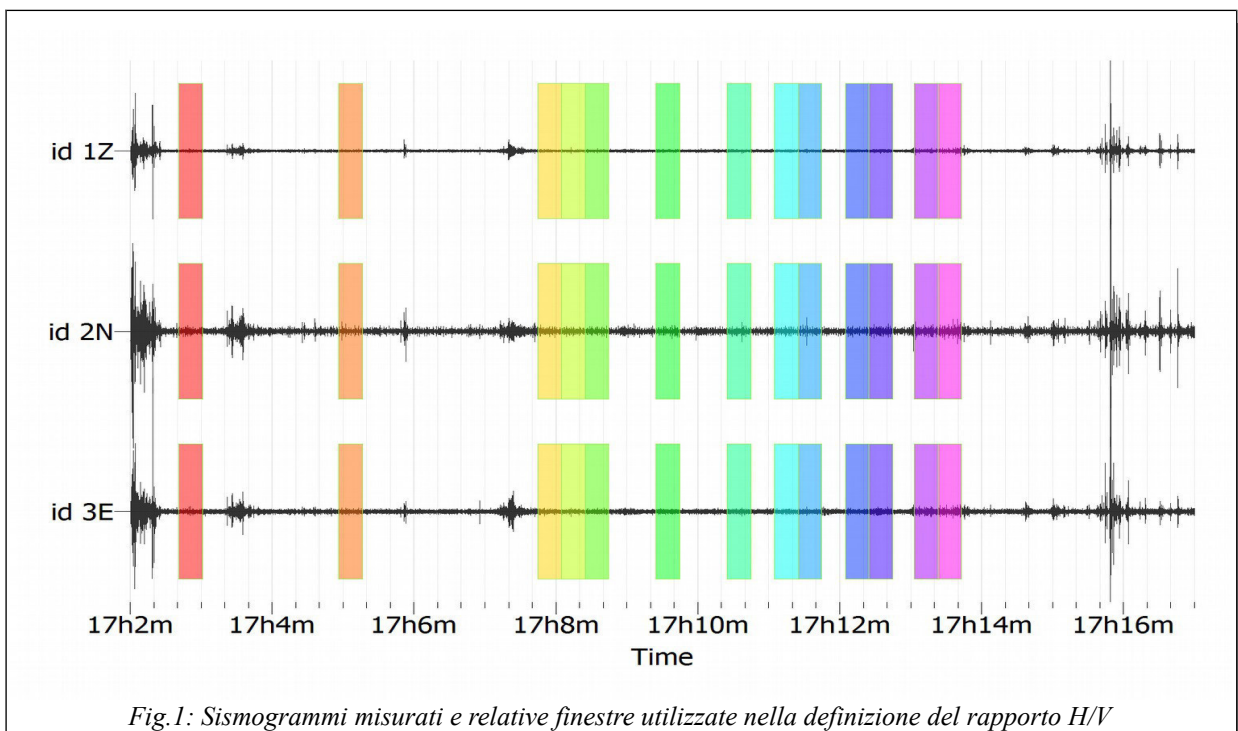
Fig.4: In alto spettro di ampiezza delle tre componenti misurate, in basso grafico del rapporto H/V in cui sono mostrati i rapporti calcolati per ogni singola finestra (linee colorate), il rapporto H/V medio dell'intero segnale (linea rossa) e gli intervalli di confidenza della misura (linee tratteggiate nere)

Criteria per una curva H/V affidabile	Misurato	Soglia	Verificato
I) $f_0 > 10 / L_w$	8,36	0,50	OK
II) $nc(f_0) > 200$	1673	200	OK
III) $\sigma A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$	56 su 56	1,58	OK
Criteria per un Picco H/V chiaro			
I) Esiste $f -$ compreso $[f_0/4, f_0]$ $AH/V(f -) < A_0/2$	0 su 50		NOT OK
II) Esiste $f +$ compreso $[f_0, 4f_0]$ $AH/V(f +) < A_0/2$	6 su 29		OK
III) $A_0 > 2$	2,14	2	OK
IV) $f_{peak}[AH/V(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$	5,540; 4,547	0,42	NOT OK
V) $\sigma f < \varepsilon(f_0)$	0,95	0,42	NOT OK
VI) $\sigma A(f_0) < \Theta(f_0)$	0,86	1,58	OK



HVSR località i Gobbacci(3) Santa Fiora

Questa misura è stata effettuata il giorno 09/02/2015 in località I Gobbacci nell'abitato di Santa Fiora (fig.2). Tale prova ha evidenziato due picchi a 3.03 hz e un altro a 7.68 hz, Il primo dei due picchi è stato scartato a causa della sua forte direzionalità mentre il secondo, le cui caratteristiche sono riassunte nella tabella di fig.4, è stato elaborato ed interpretato. Il campo d'onda che ha generato il picco a 8.36 hz è isotropo (fig.3). Dal punto di vista statistico la curva soddisfa i criteri SESAME (tabella 1). La curva calcolata, come si vede in fig.5, ha un buon fit con il picco osservato e ne deriva il profilo Vs di fig.6.



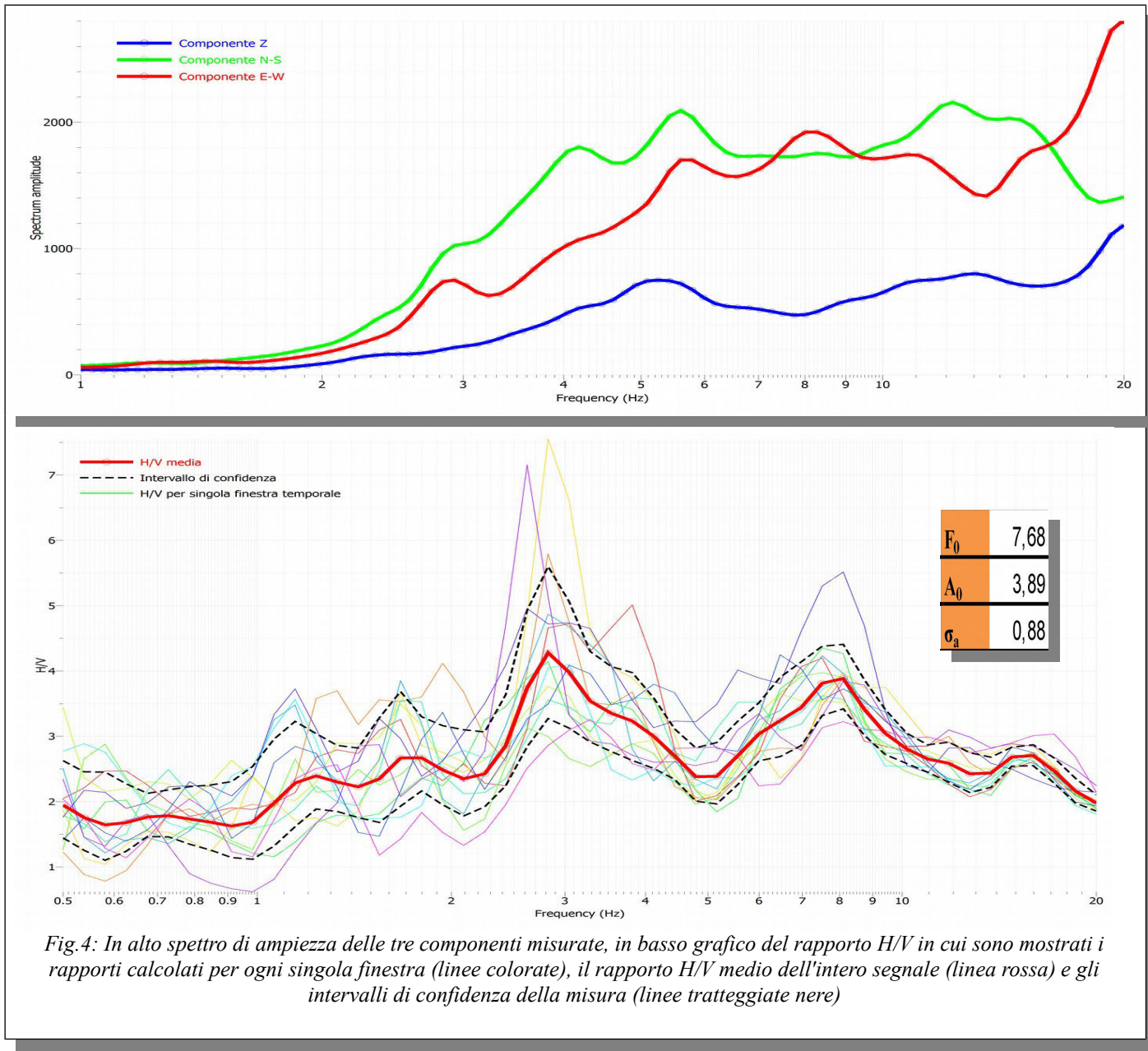
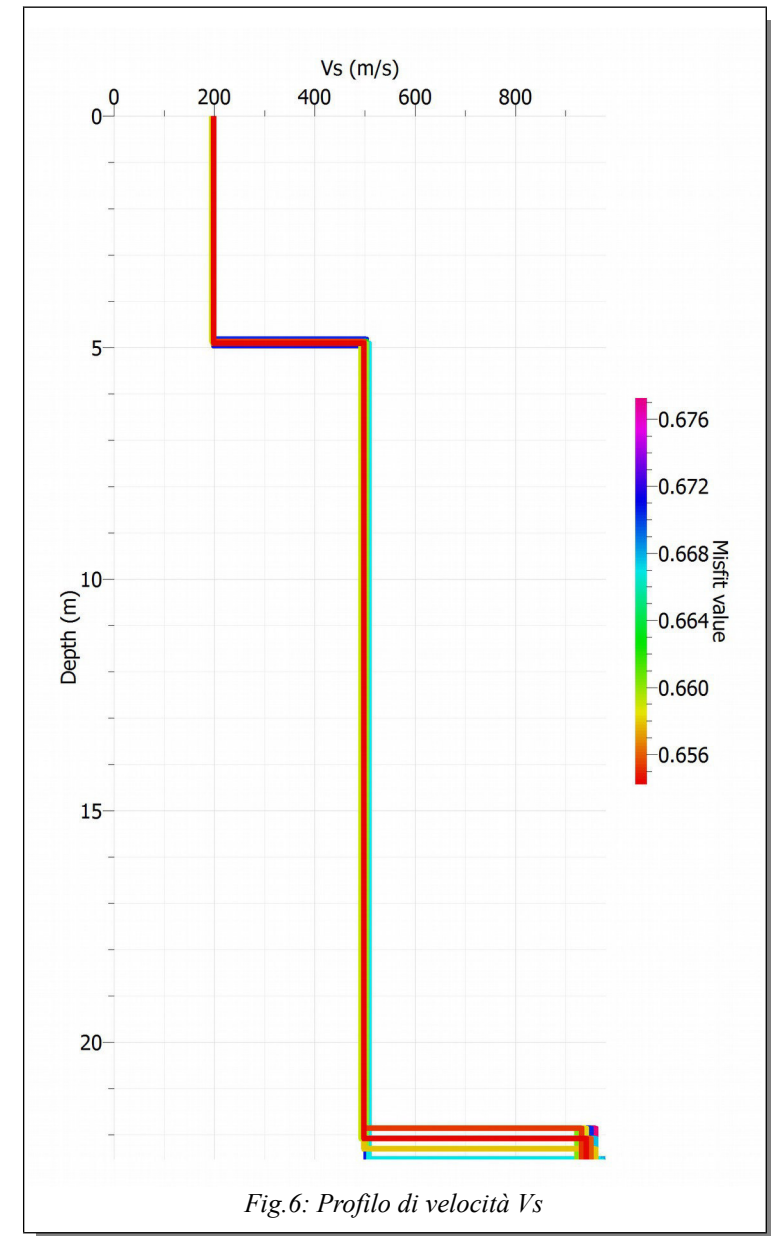
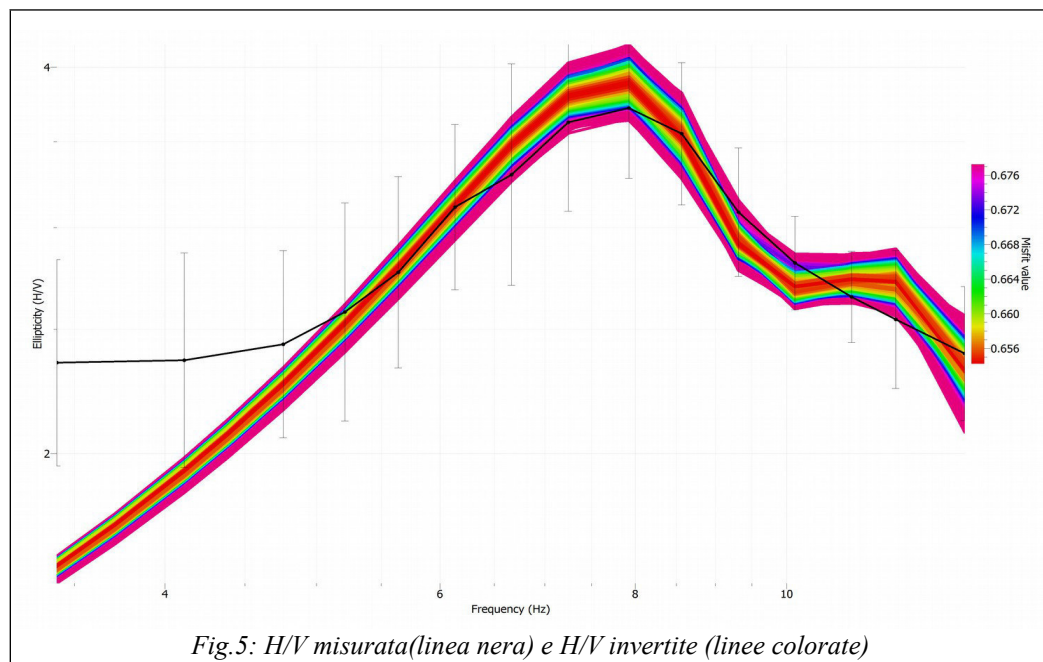
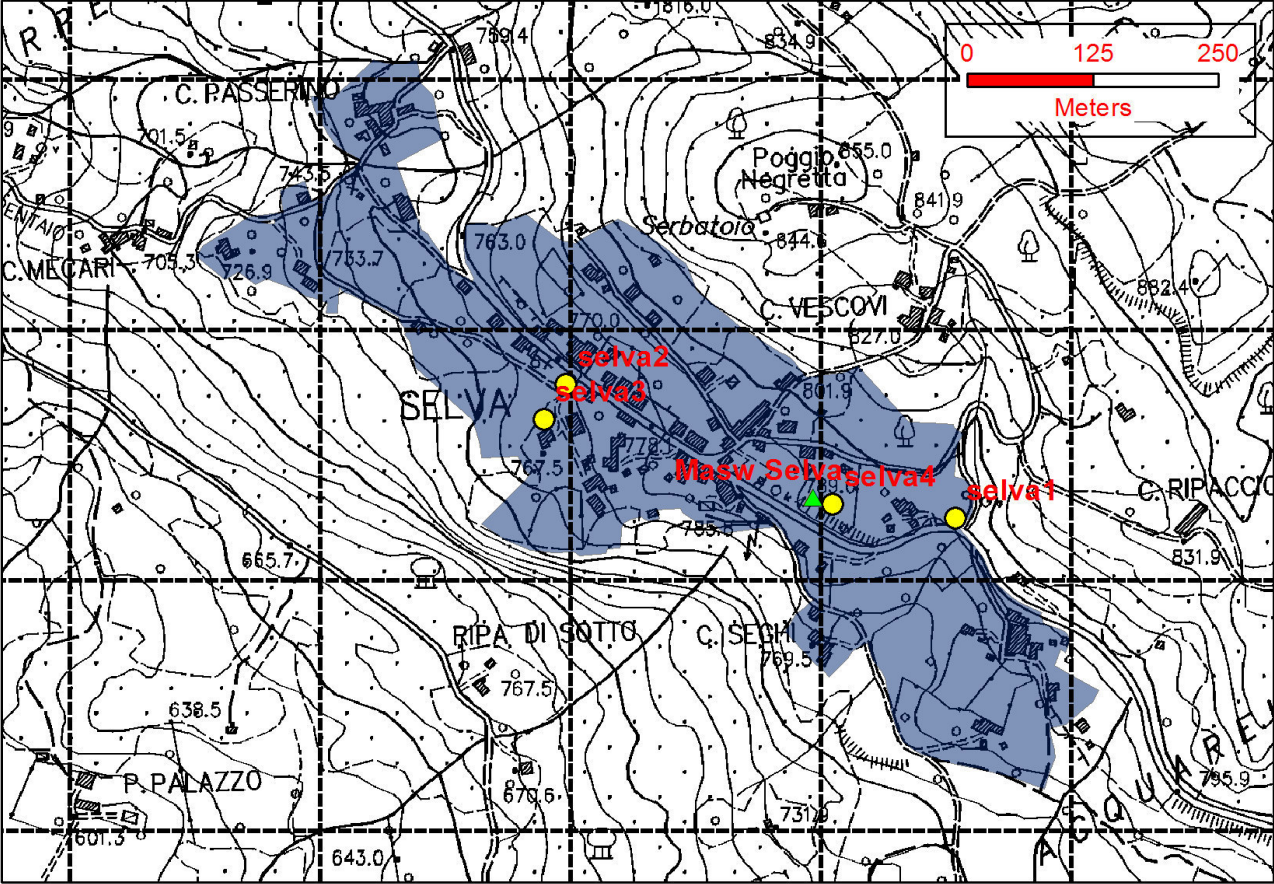


Fig.4: In alto spettro di ampiezza delle tre componenti misurate, in basso grafico del rapporto H/V in cui sono mostrati i rapporti calcolati per ogni singola finestra (linee colorate), il rapporto H/V medio dell'intero segnale (linea rossa) e gli intervalli di confidenza della misura (linee tratteggiate nere)

Criteria per una curva H/V affidabile	Misurato	Soglia	Verificato
I) $f_0 > 10 / L_w$	7,68	0,50	OK
II) $nc(f_0) > 200$	1997	200	OK
III) $\sigma A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$	56 su 56	1,58	OK
Criteria per un Picco H/V chiaro			
I) Esiste f - compreso $[f_0/4, f_0]$ $AH/V(f-) < A_0/2$	24 su 45		OK
II) Esiste f + compreso $[f_0, 4f_0]$ $AH/V(f+) < A_0/2$	4 su 37		OK
III) $A_0 > 2$	3,89	2	OK
IV) $f_{peak}[AH/V(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0,199; 0,199	0,38	OK
V) $\sigma f < \varepsilon(f_0)$	0,56	0,38	NOT OK
VI) $\sigma A(f_0) < \Theta(f_0)$	0,88	1,58	OK

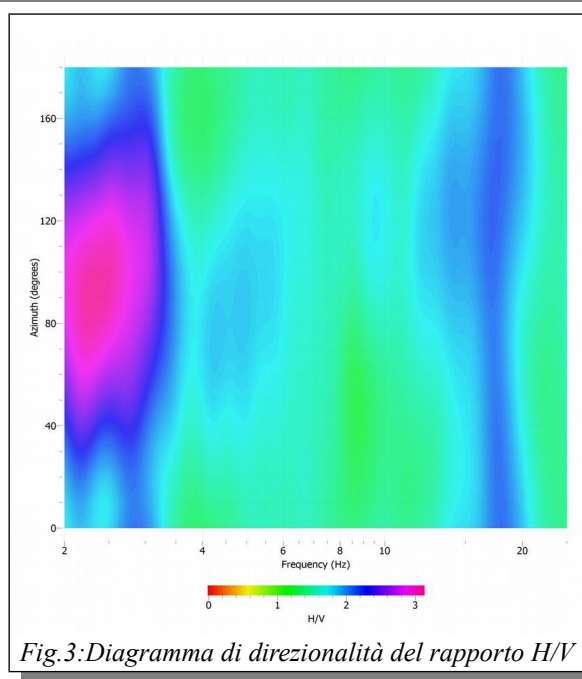
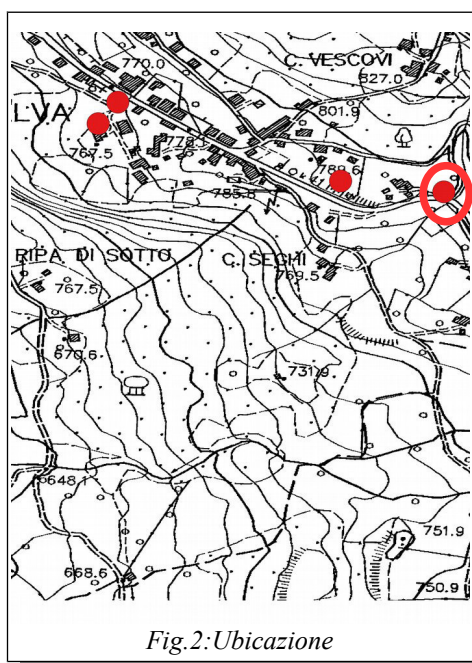
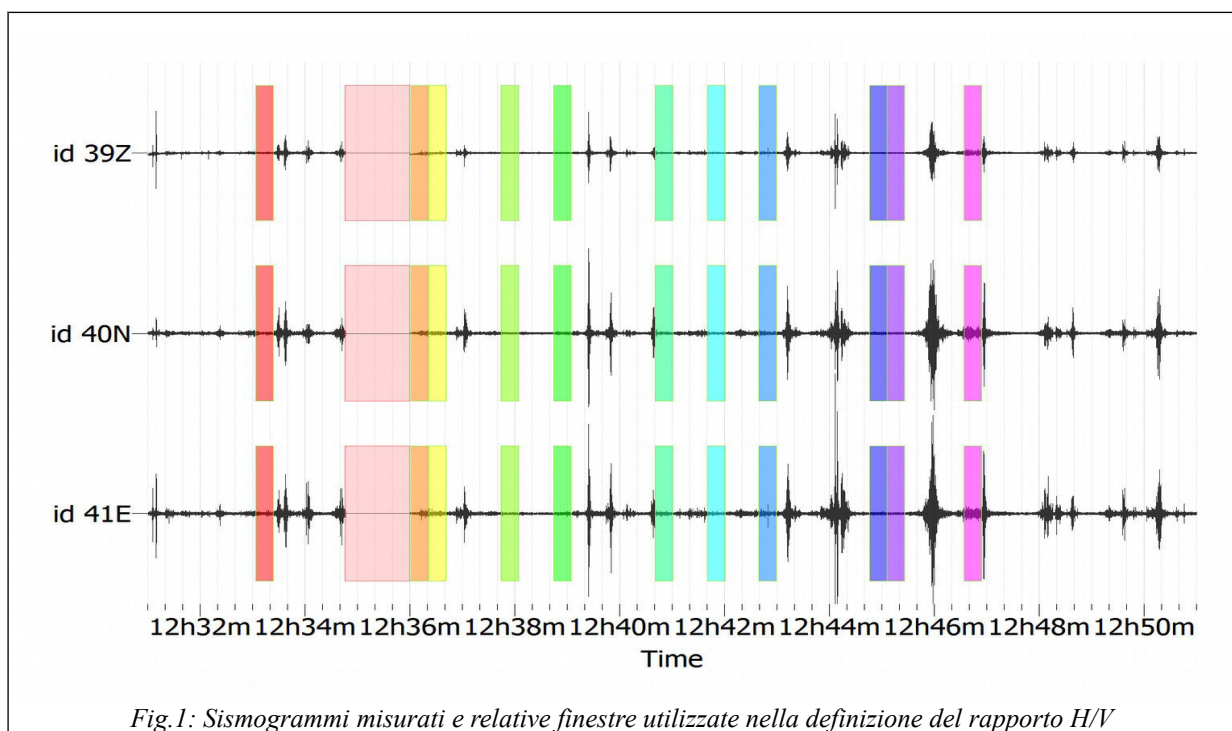


Selva



HVSR località Case Ripaccioli Selva

Questa misura è stata effettuata il giorno 16/11/2013 in località Case Ripaccioli nell'abitato di Selva (fig.2). Tale prova ha evidenziato due picchi a 1.25 hz e un altro a 17.07 hz, Il primo dei due picchi è stato scartato a causa della sua forte direzionalità mentre il secondo, le cui caratteristiche sono riassunte nella tabella di fig.4, è stato elaborato ed interpretato. Il campo d'onda che ha generato il picco a 17.07 hz è isotropo (fig.3). Dal punto di vista statistico la curva non soddisfa i criteri SESAME che definiscono un picco chiaro (tabella 1). La curva calcolata, come si vede in fig.5, ha un buon fit con il picco osservato e ne deriva il profilo Vs di fig.6.



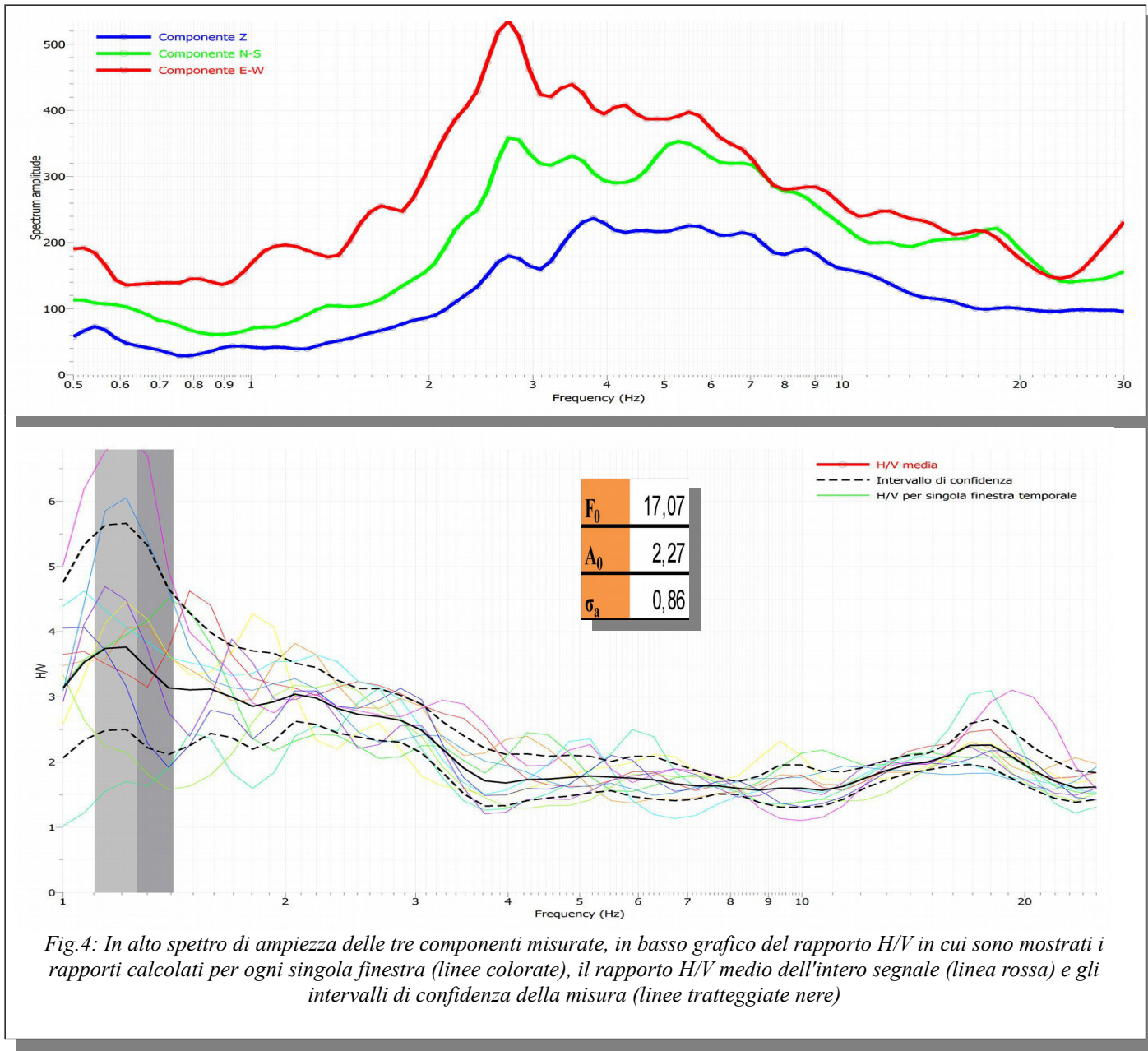
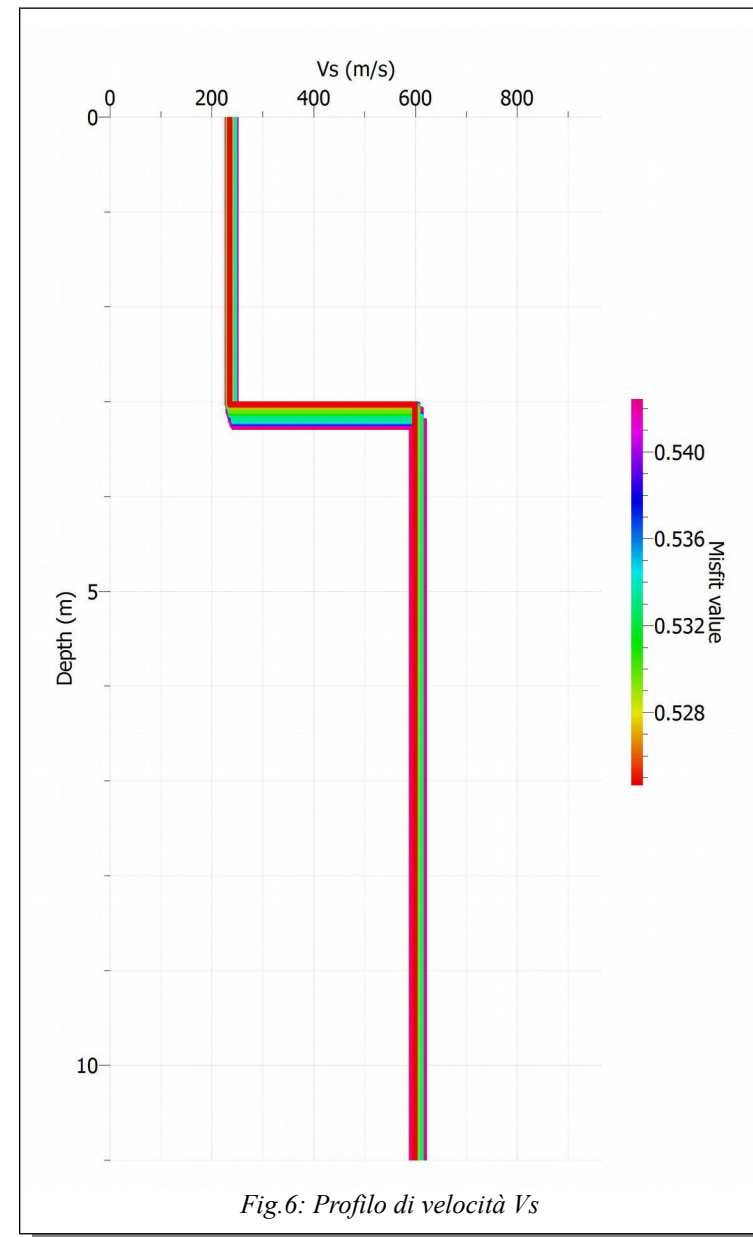
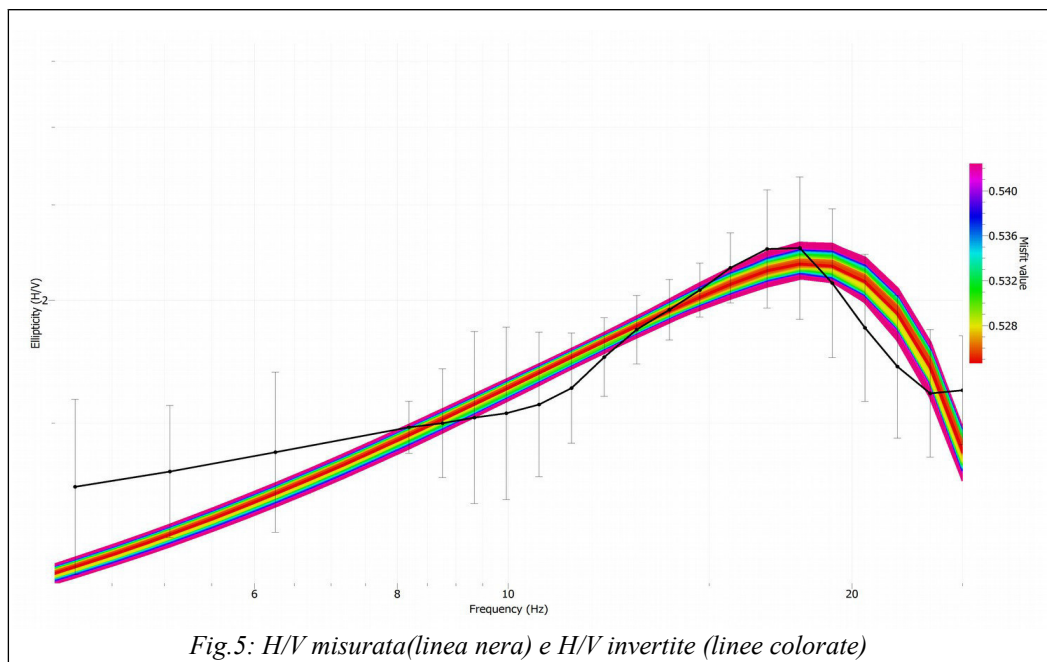


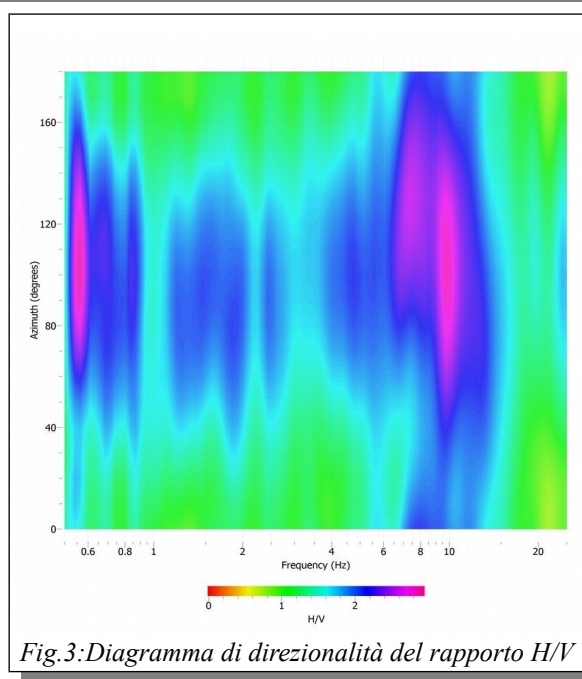
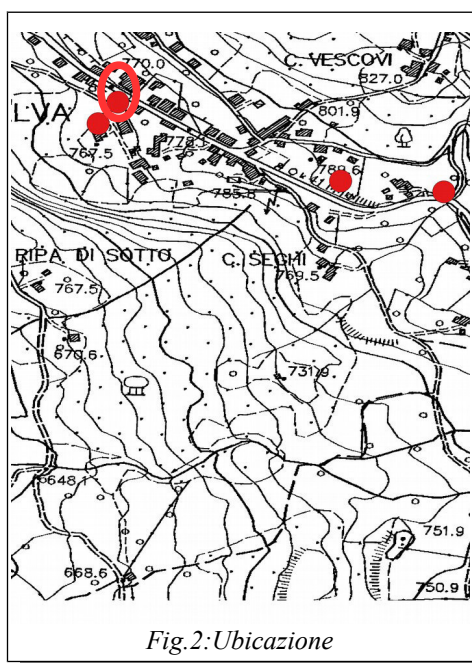
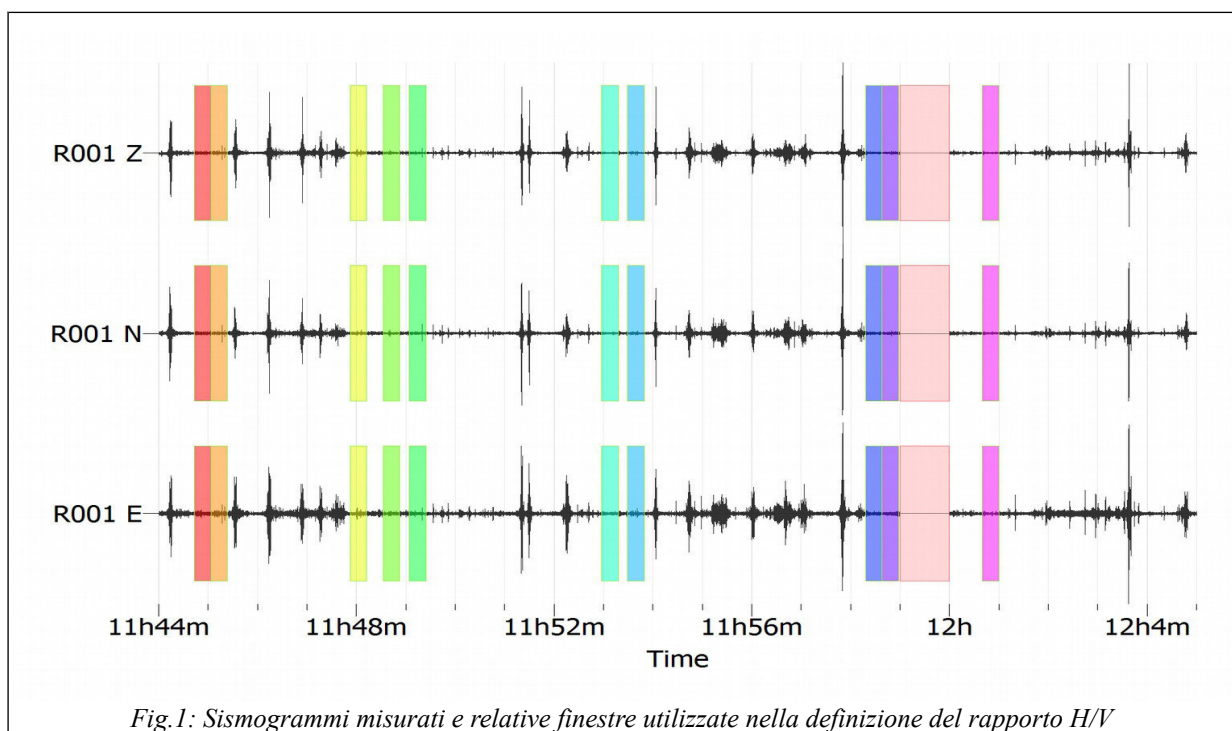
Fig.4: In alto spettro di ampiezza delle tre componenti misurate, in basso grafico del rapporto H/V in cui sono mostrati i rapporti calcolati per ogni singola finestra (linee colorate), il rapporto H/V medio dell'intero segnale (linea rossa) e gli intervalli di confidenza della misura (linee tratteggiate nere)

Criteria per una curva H/V affidabile	Misurato	Soglia	Verificato
I) $f_0 > 10 / L_w$	17,07	0,50	OK
II) $n_c(f_0) > 200$	3756	200	OK
III) $\sigma A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$	34 su 34	1,58	OK
Criteria per un Picco H/V chiaro			
I) Esiste f - compreso $[f_0/4, f_0]$ $AH/V(f -) < A_0/2$	0 su 58		NOTOK
II) Esiste f + compreso $[f_0, 4f_0]$ $AH/V(f +) < A_0/2$	0 su 6		NOTOK
III) $A_0 > 2$	2,27	2	OK
IV) $f_{peak}[AH/V(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0,927; 0,216	0,85	NOTOK
V) $\sigma f < \varepsilon(f_0)$	1,52	0,85	NOTOK
VI) $\sigma A(f_0) < \Theta(f_0)$	0,86	1,58	OK



HVSR via del parco(1) Selva

Questa misura è stata effettuata il giorno 07/12/2014 in via del parco all'interno dell'abitato di Selva (fig.2). Tale prova ha evidenziato un picco pronunciato a 8.92 hz; il quale non è stato interpretato a causa della sua forte direzionalità. Il campo d'onda che li ha generato è fortemente anisotropo (fig.3).



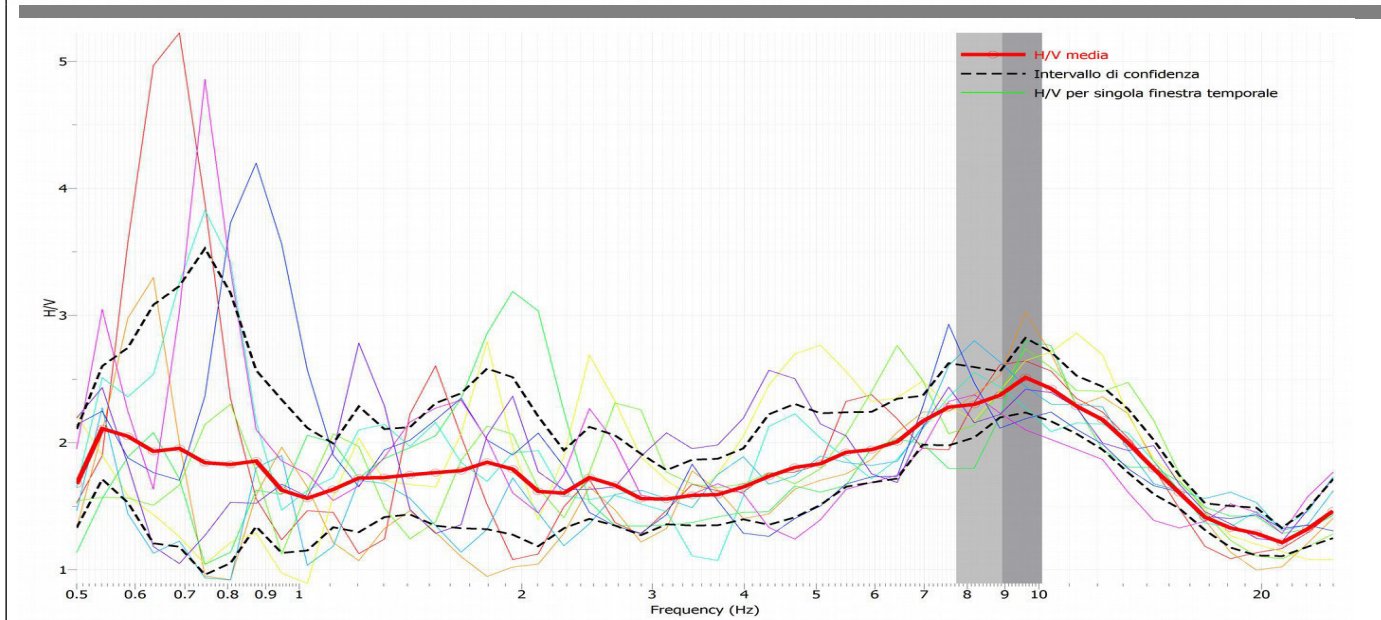
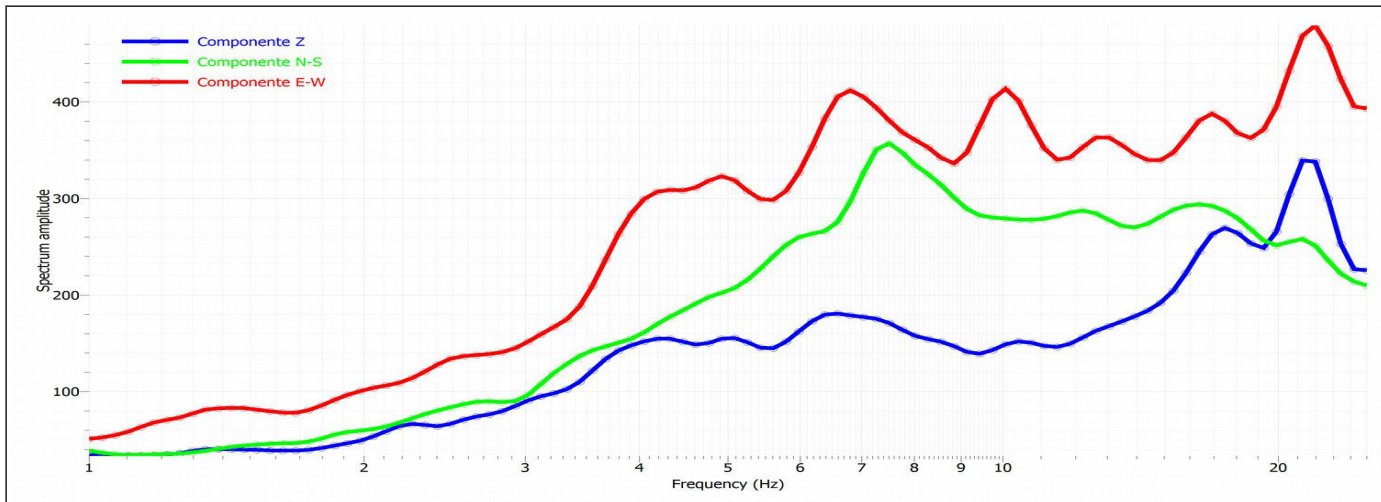


Fig.4: In alto spettro di ampiezza delle tre componenti misurate, in basso grafico del rapporto H/V in cui sono mostrati i rapporti calcolati per ogni singola finestra (linee colorate), il rapporto H/V medio dell'intero segnale (linea rossa) e gli intervalli di confidenza della misura (linee tratteggiate nere)

HVSR via del parco (2) Selva

Questa misura è stata effettuata il giorno 09/02/2015 in via del parco all'interno dell'abitato di Selva (fig.2). Tale prova ha evidenziato un picco pronunciato a 4,28 hz; il quale non è stato interpretato a causa della sua forte direzionalità. Il campo d'onda che lo ha generato è fortemente anisotropo (fig.3).

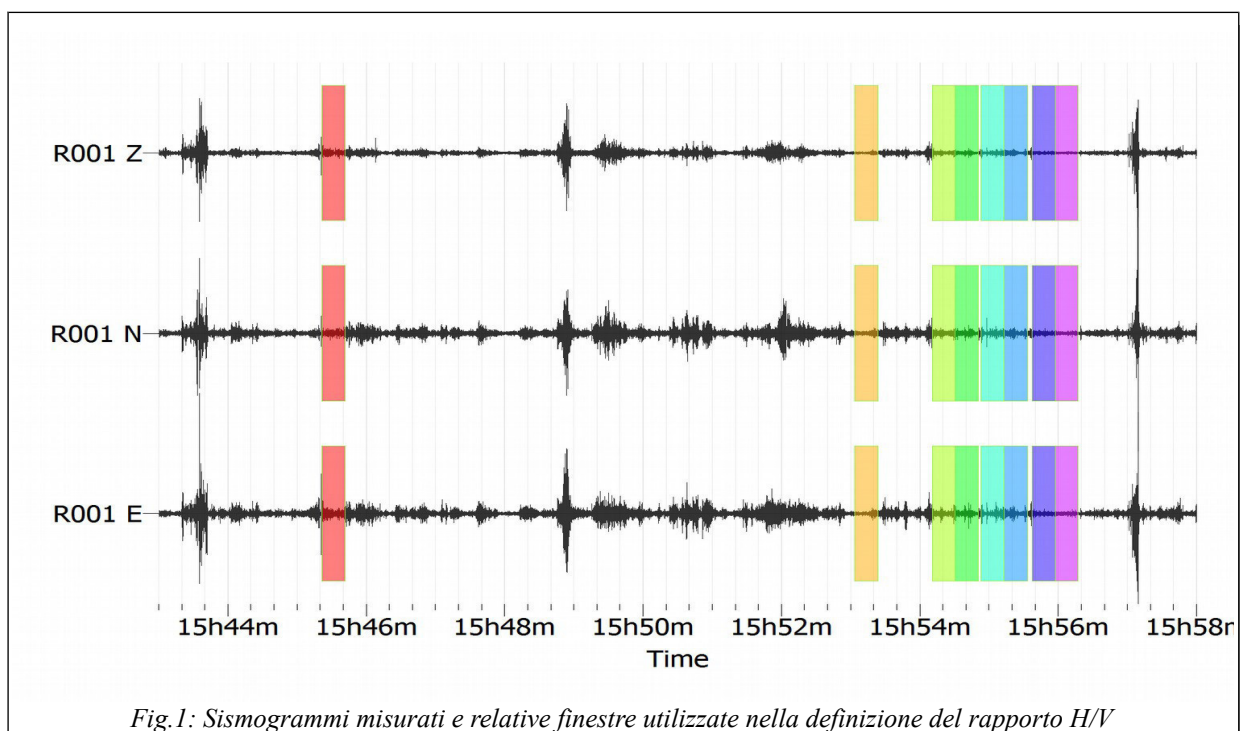


Fig. 1: Sismogrammi misurati e relative finestre utilizzate nella definizione del rapporto H/V

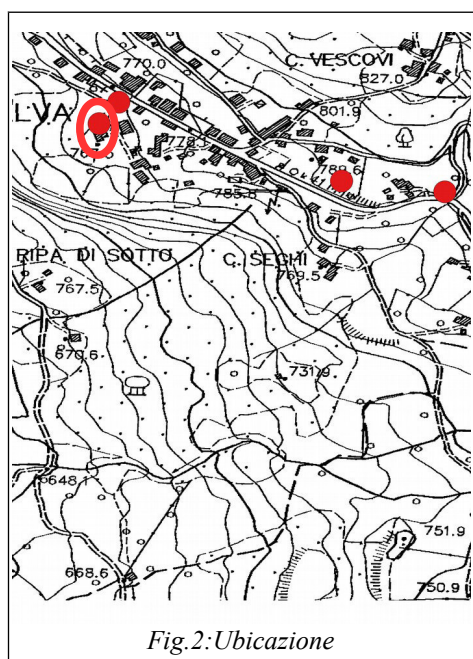


Fig. 2: Ubicazione

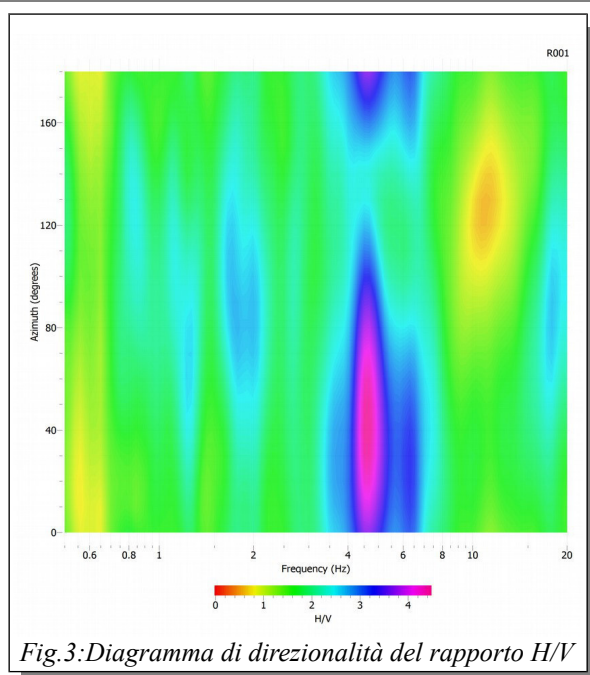


Fig. 3: Diagramma di direzionalità del rapporto H/V

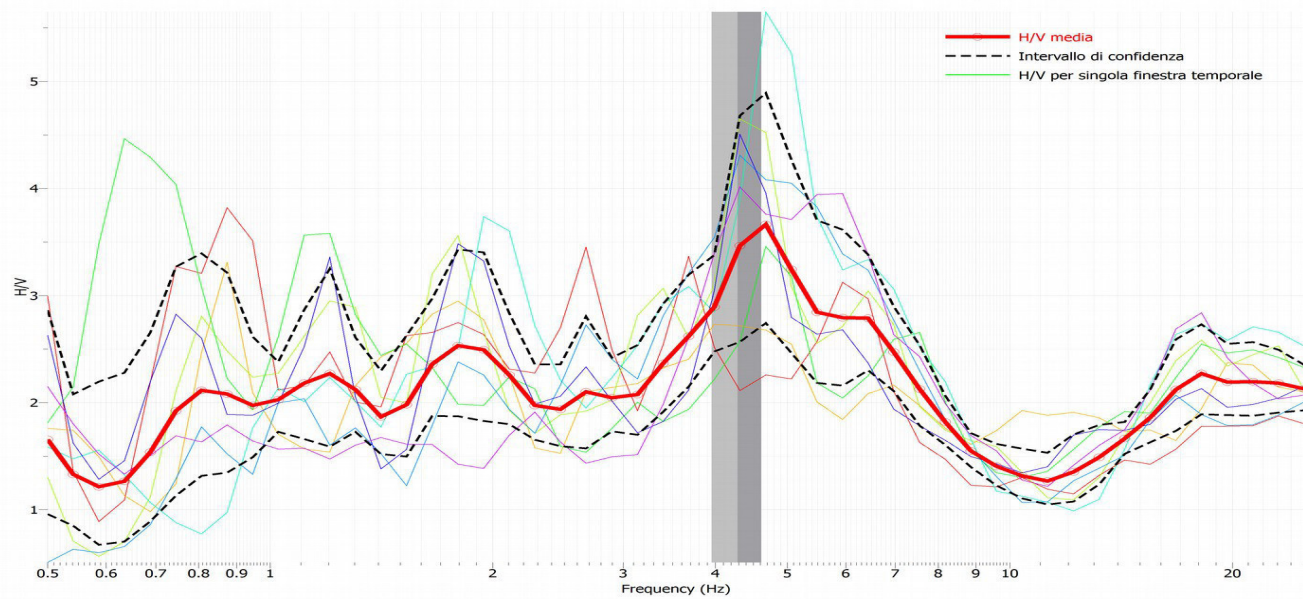
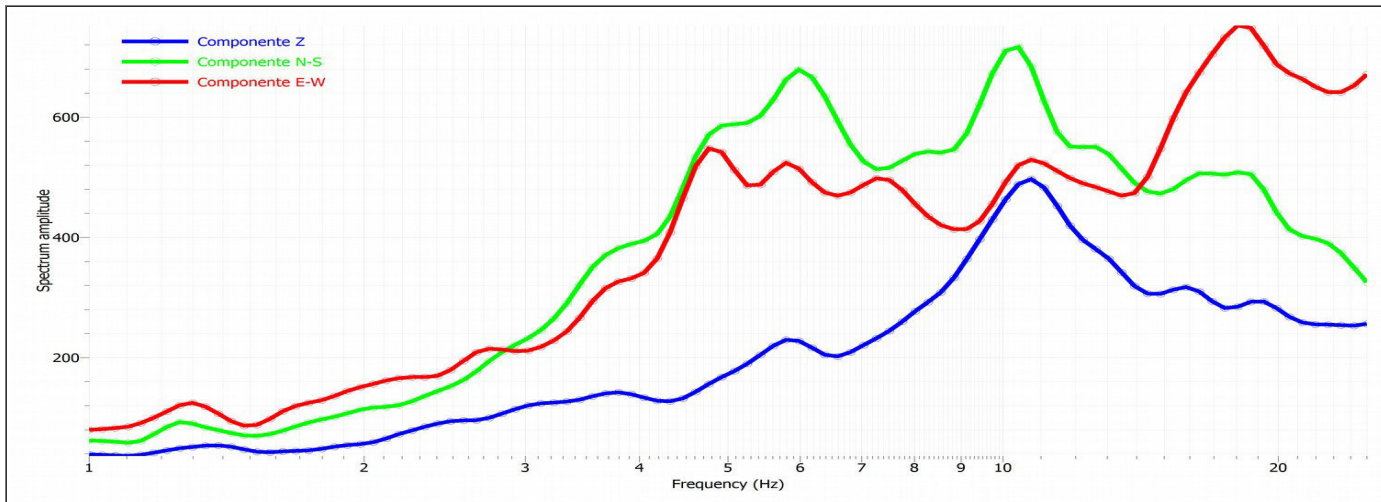


Fig.4: In alto spettro di ampiezza delle tre componenti misurate, in basso grafico del rapporto H/V in cui sono mostrati i rapporti calcolati per ogni singola finestra (linee colorate), il rapporto H/V medio dell'intero segnale (linea rossa) e gli intervalli di confidenza della misura (linee tratteggiate nere)

HVSR lungo strada provinciale Selva

Questa misura è stata effettuata il giorno 09/02/2015 lungo la strada provinciale Pitigliano Santa Fiora nell'abitato di Selva (fig.2). Tale prova ha evidenziato due picchi a 8.70 hz e un altro a 19.47 hz, Entrambi i picchi, le cui caratteristiche sono riassunte nella tabella di fig.4, sono stato elaborati ed interpretati. Il campo d'onda che li ha generato è isotropo (fig.3). Dal punto di vista statistico la curva non soddisfa i criteri SESAME che definiscono un picco chiaro (tabella 1). La curva calcolata, come si vede in fig.5, ha un buon fit con il picchi osservati e ne deriva il profilo Vs di fig.6.

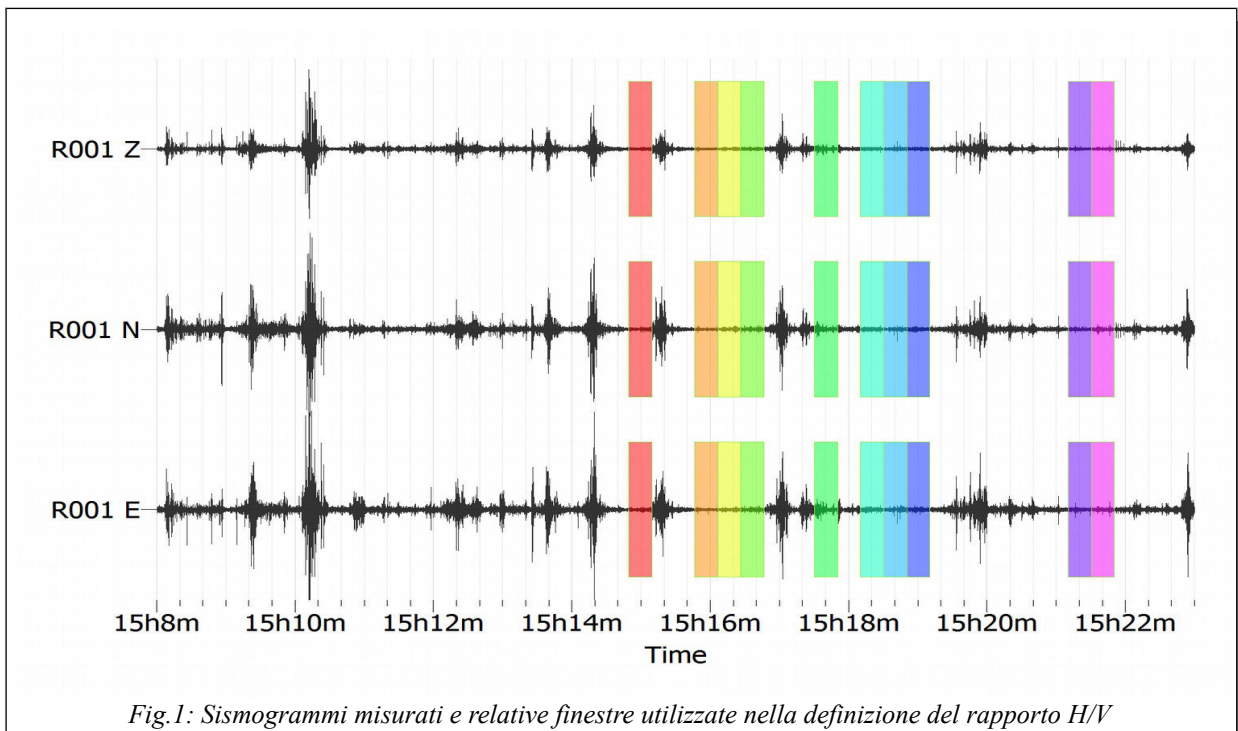


Fig. 1: Sismogrammi misurati e relative finestre utilizzate nella definizione del rapporto H/V

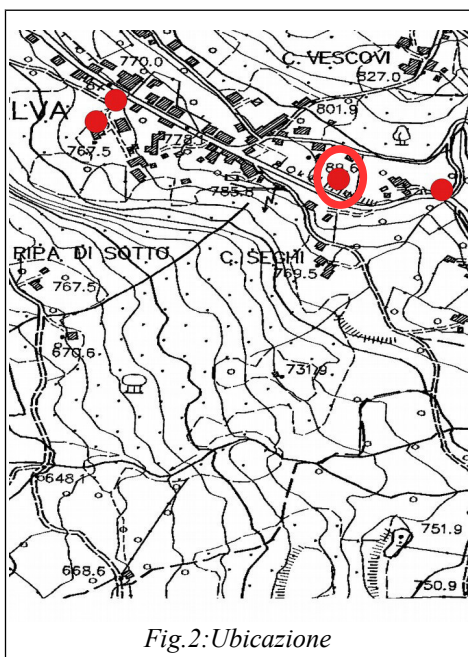


Fig. 2: Ubicazione

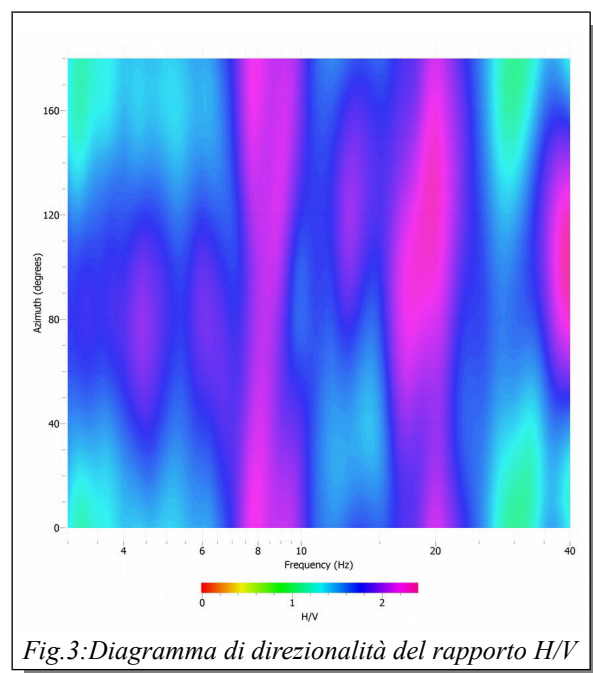


Fig. 3: Diagramma di direzionalità del rapporto H/V

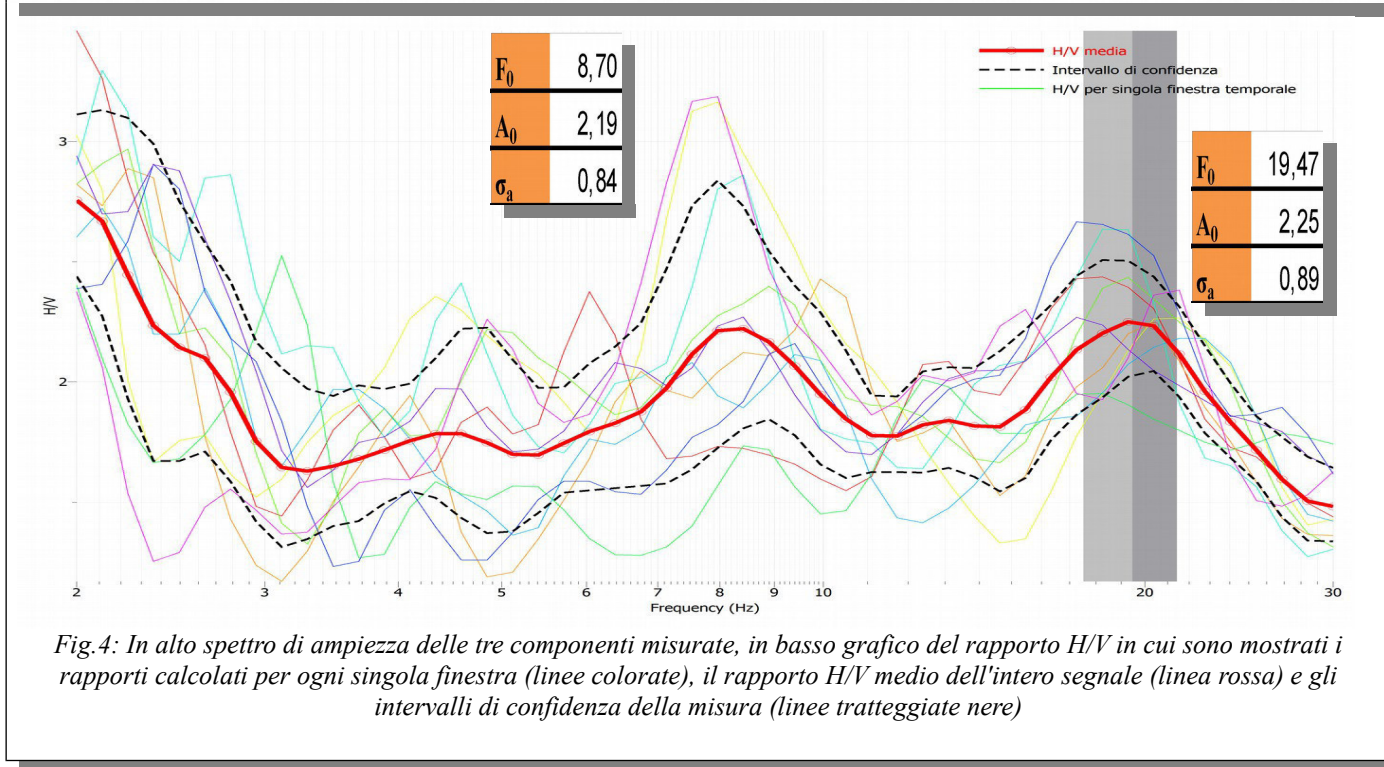
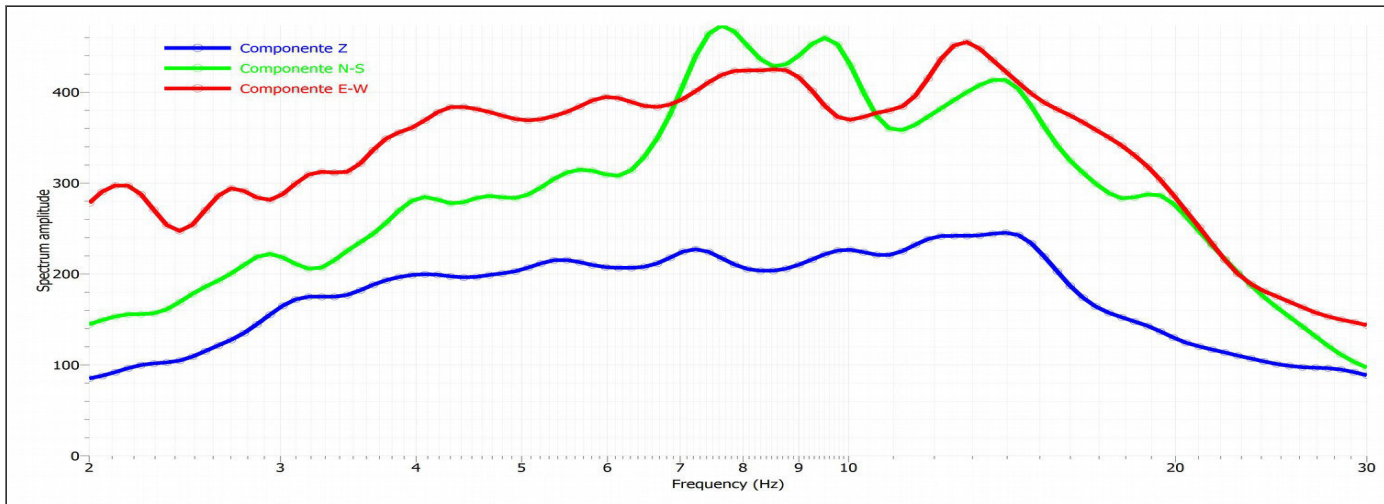
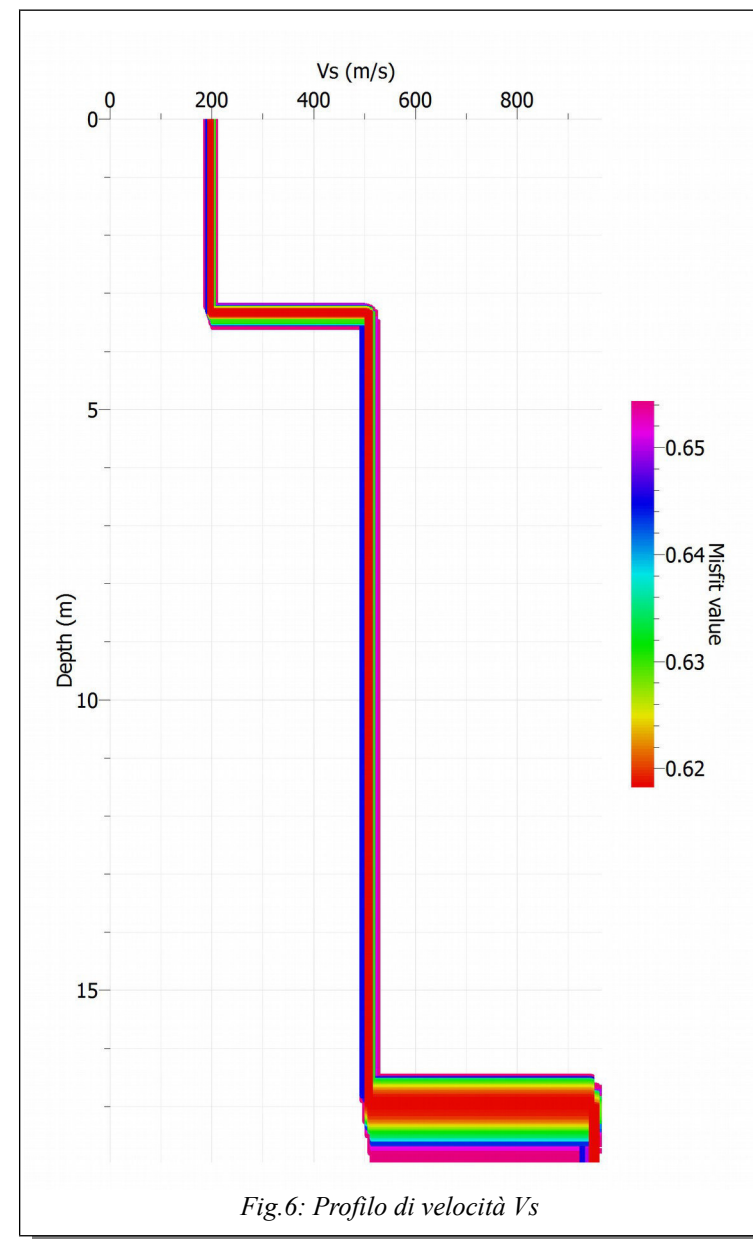
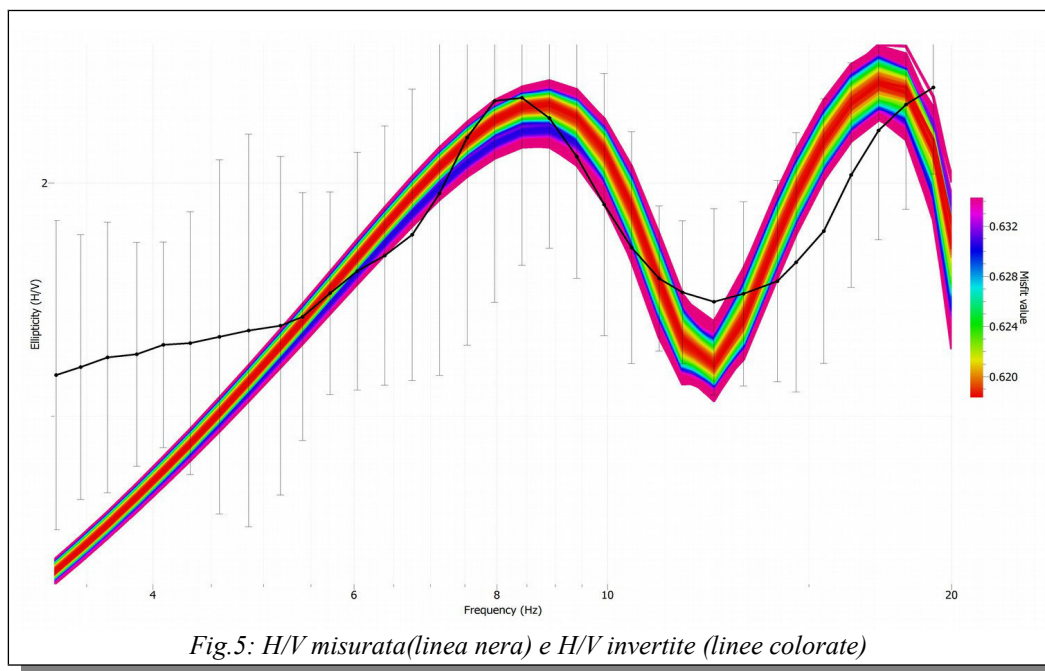


Fig.4: In alto spettro di ampiezza delle tre componenti misurate, in basso grafico del rapporto H/V in cui sono mostrati i rapporti calcolati per ogni singola finestra (linee colorate), il rapporto H/V medio dell'intero segnale (linea rossa) e gli intervalli di confidenza della misura (linee tratteggiate nere)

Criteria per una curva H/V affidabile	Misurato1	Soglia	Verificato	Misurato2	Soglia	Verificato
I) $f_0 > 10 / L_w$	8,70	0,50	OK	17,07	0,50	OK
II) $nc(f_0) > 200$	1740	200	OK	3756	200	OK
III) $\sigma A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$	62 su 62	1,58	OK	34 su 34	1,58	OK
Criteria per un Picco H/V chiaro						
I) Esiste f - compreso $[f_0/4, f_0]$ $AH/V(f^-) < A_0/2$	0 su 58		NOT OK	0 su 58		NOT OK
II) Esiste f + compreso $[f_0, 4f_0]$ $AH/V(f^+) < A_0/2$	0 su 39		NOT OK	0 su 6		NOT OK
III) $A_0 > 2$	2,19	2	OK	2,27	2	OK
IV) $f_{peak}[AH/V(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0,735; 0,194	0,43	NOT OK	0,927; 0,216	0,85	NOT OK
V) $\sigma f < \epsilon(f_0)$	0,79	0,43	NOT OK	1,52	0,85	NOT OK
VI) $\sigma A(f_0) < \Theta(f_0)$	0,84	1,58	OK	0,86	1,58	OK



Indagine geofisica: loc. Selva Santa Fiora (GR)

Allegato 1: ubicazione e documentazione fotografica

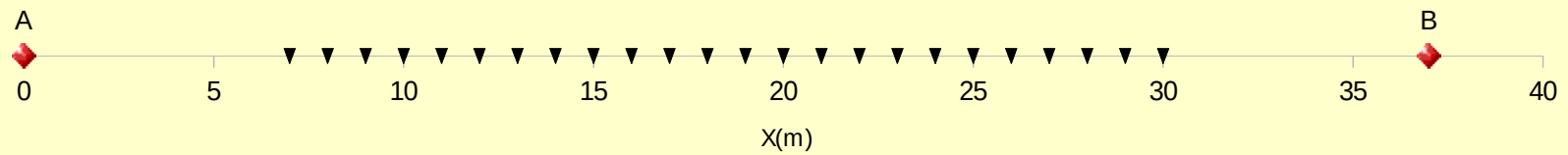


Indagine geofisica: loc. Selva Santa Fiora (GR)

Allegato 2: Geometria stendimenti

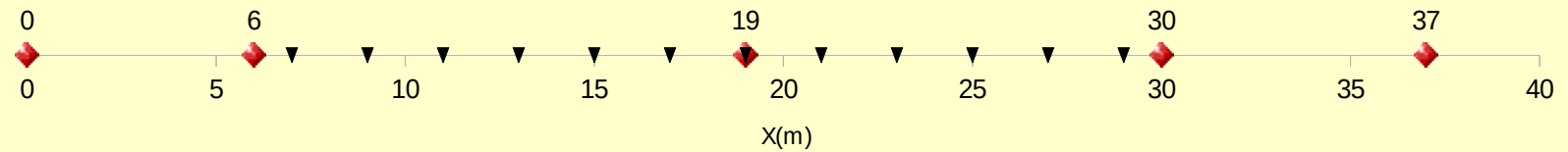
Schema di acquisizione MASW

▼ Reicever ◈ Source



Schema di acquisizione rifrazione onde P

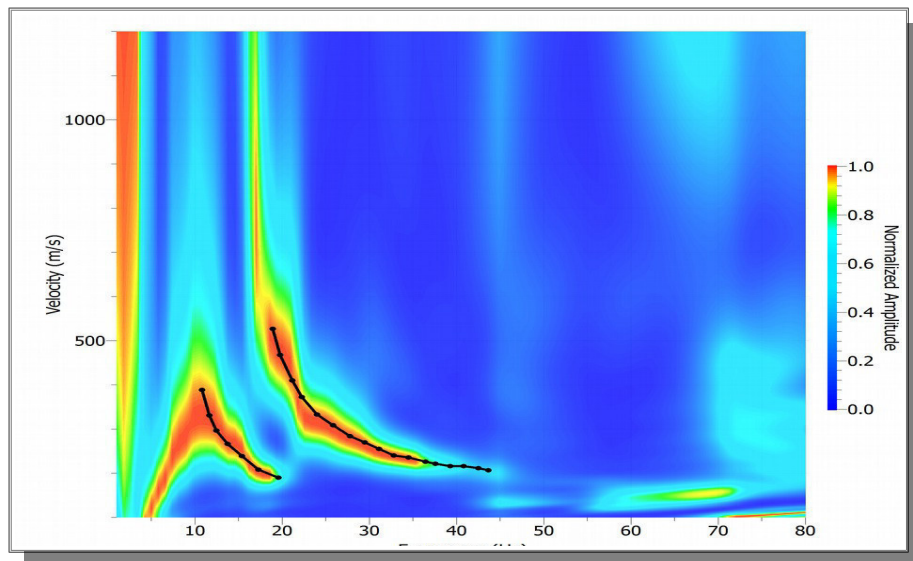
▼ Reicever ◈ Source



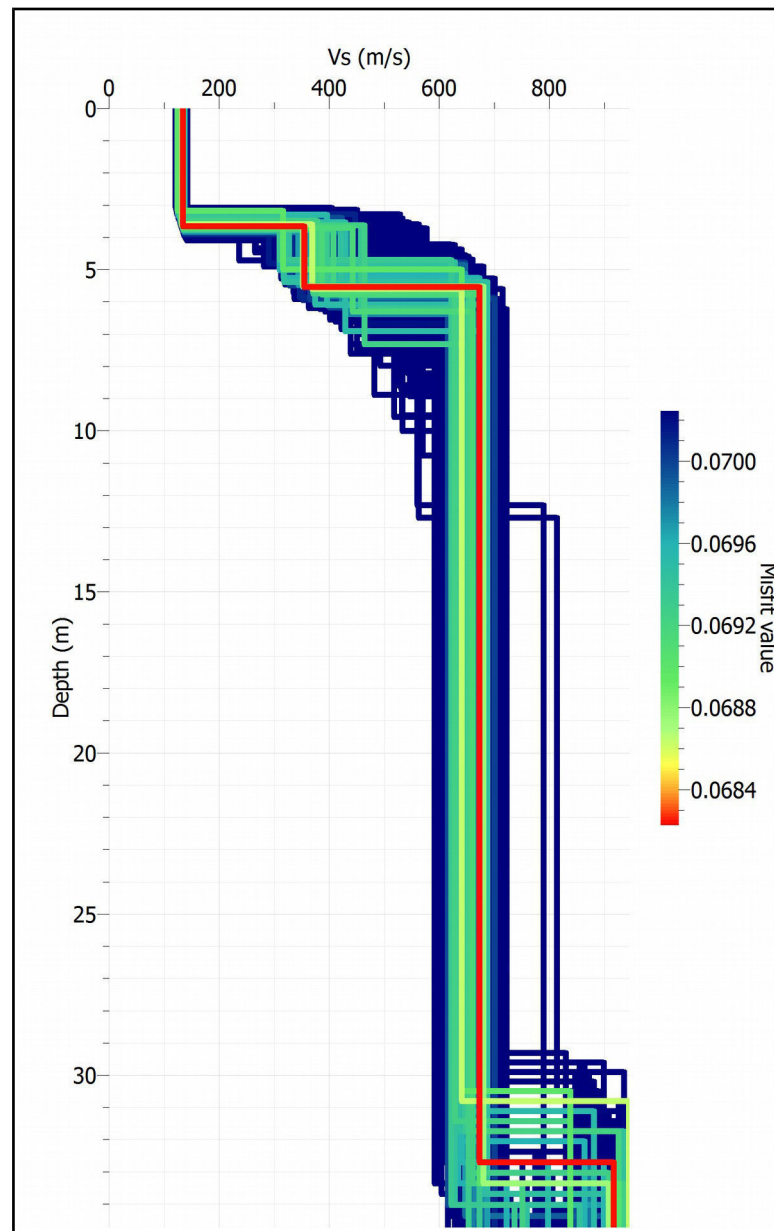
Indagine geofisica: loc. Selva Santa Fiora (GR)

Allegato 3: MASW shot A

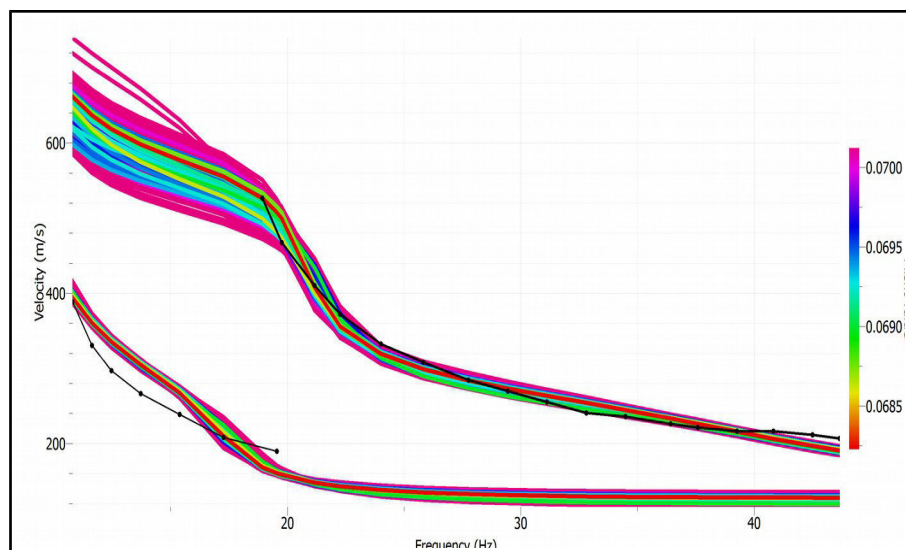
CURVA DI DISPERSIONE MISURATA E RELATIVO PICKING



PROFILO Vs



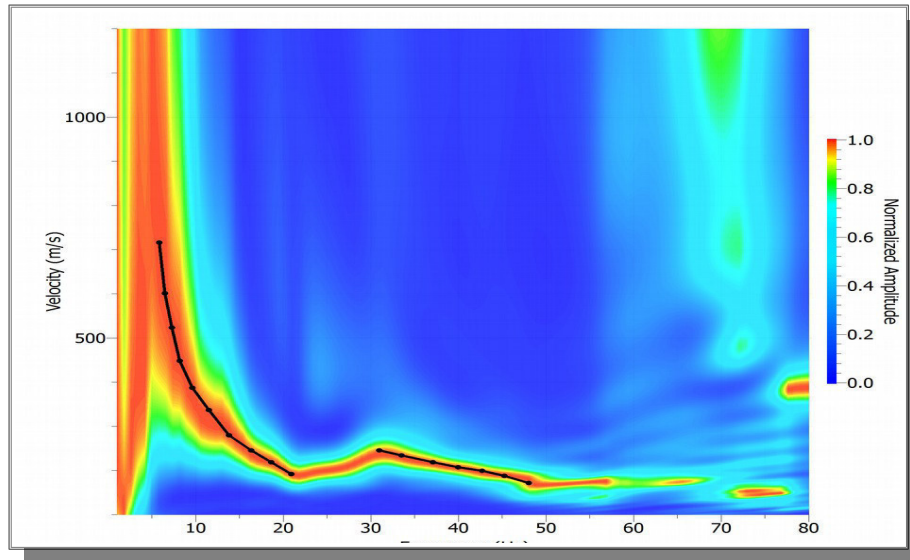
PICKING CURVA MISURATA (NERA) E CURVE DI DISPERSIONE INVERTITE



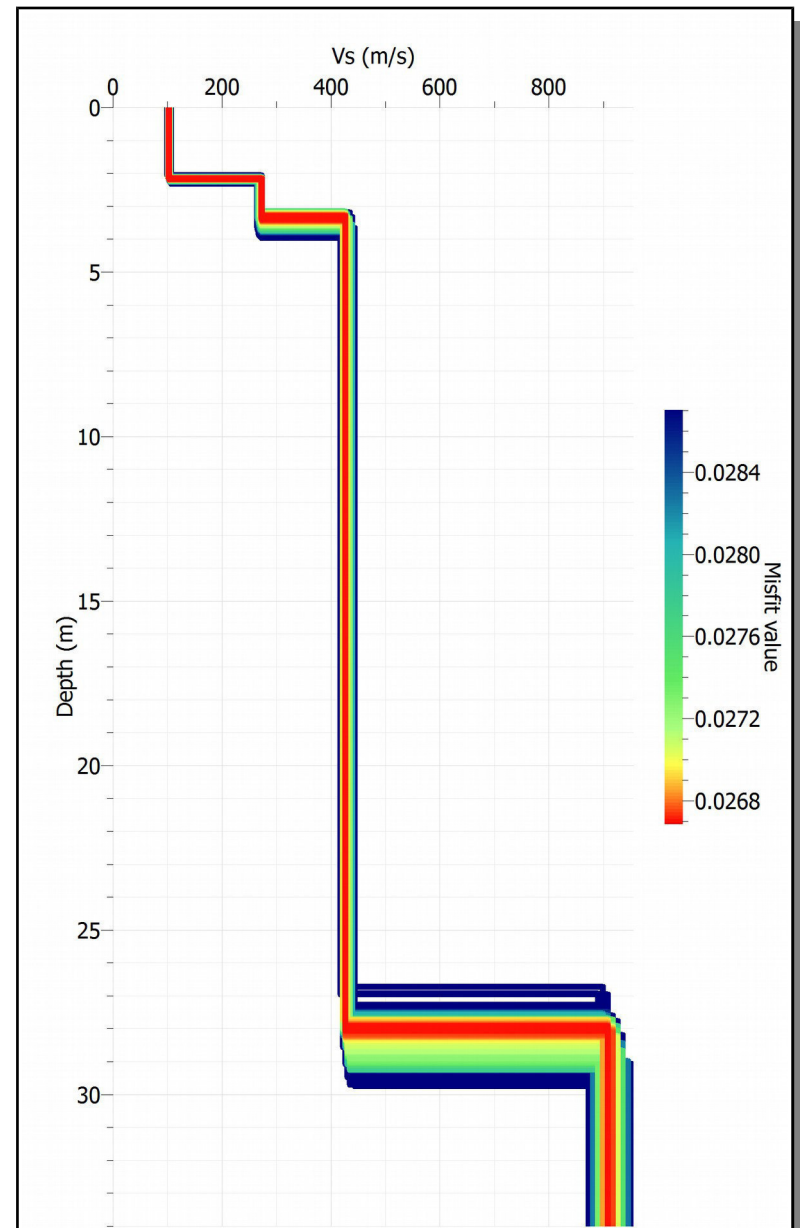
Indagine geofisica: loc. Selva Santa Fiora (GR)

Allegato 4: MASW shot B

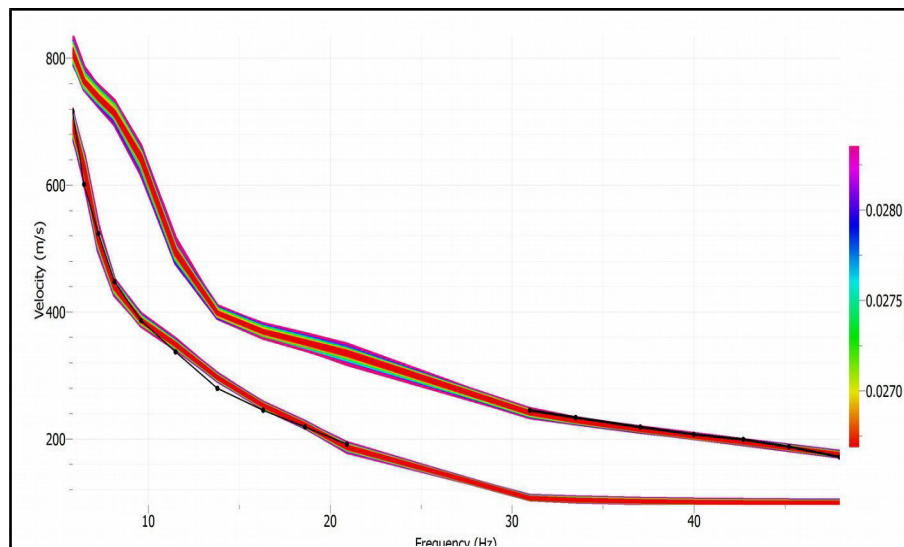
CURVA DI DISPERSIONE MISURATA E RELATIVO PICKING



PROFILO Vs



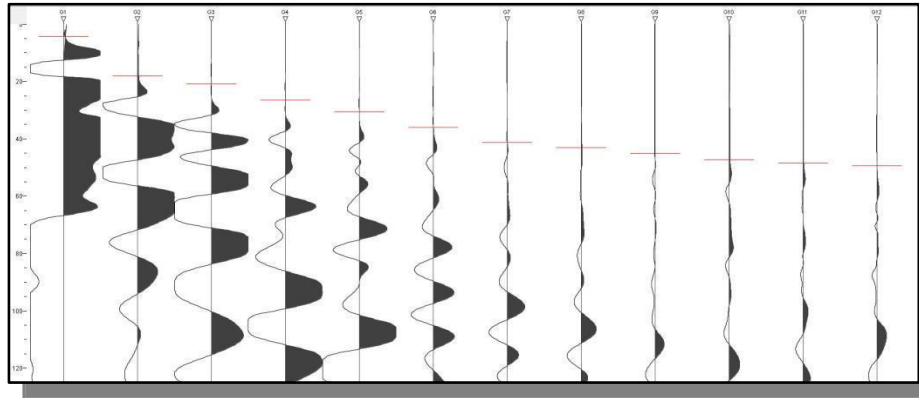
PICKING CURVA MISURATA (NERA) E CURVE DI DISPERSIONE INVERTITE



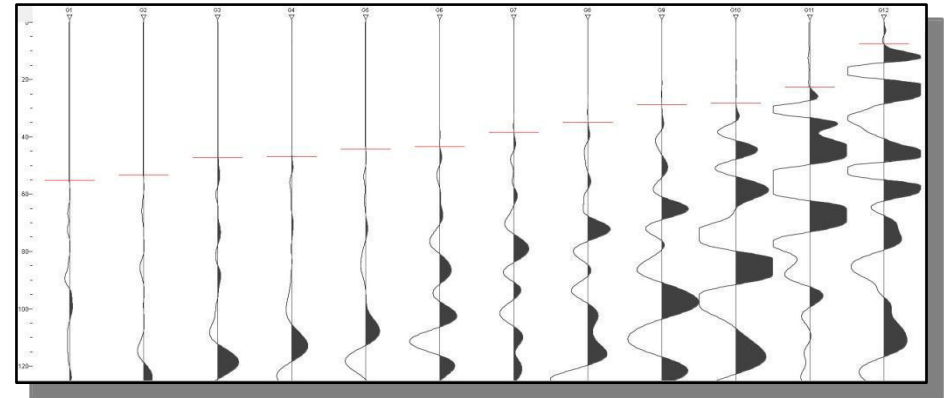
Indagine geofisica MASW: Via della montagna Bagnore (GR)

Allegato 5: Rifrazione onde P: picking e dromocrone

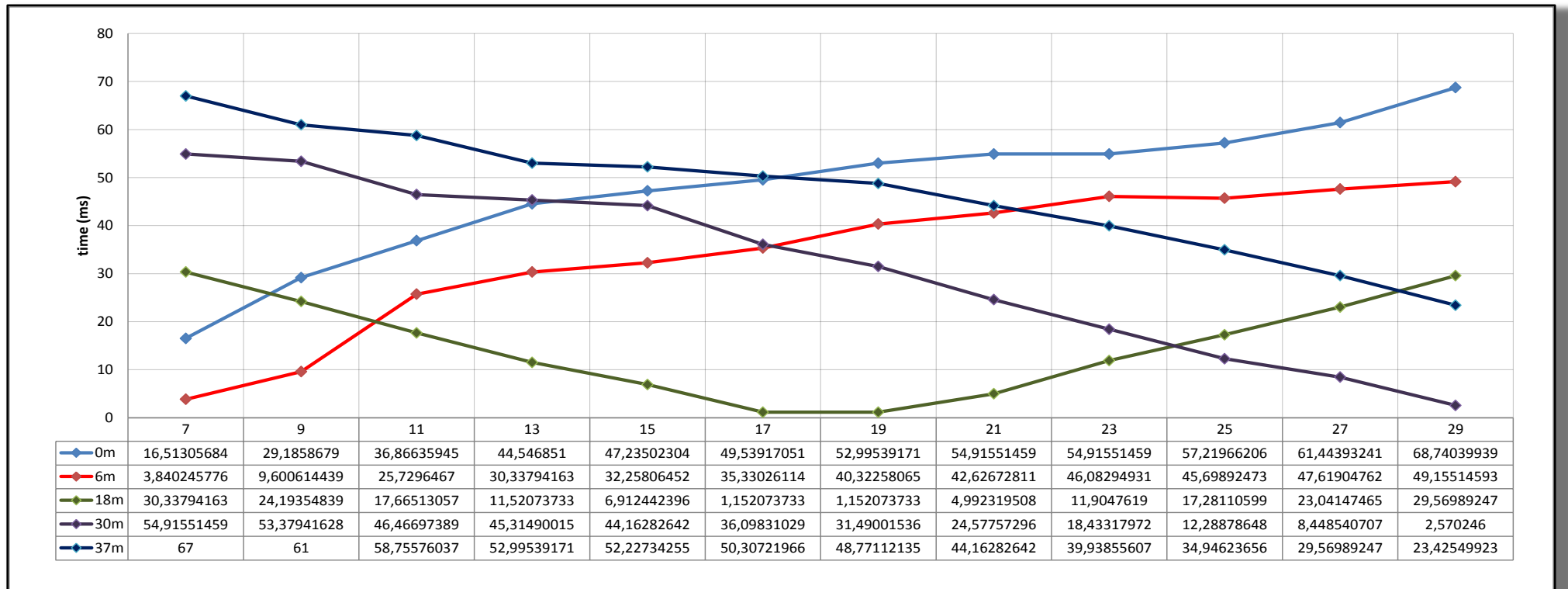
SHOT CON SORGENTE IN POSIZIONE 6 m



SHOT CON SORGENTE IN POSIZIONE 30 m



DROMOCRONE E TABELLA CON I TEMPI DEI PRIMI ARRIVI



Indagine geofisica: loc. Selva Santa Fiora (GR)

Allegato 6: Rifrazione onde P: sezione risultante

SEZIONE RISULTANTE DALLA RIFRAZIONE IN ONDE P

