



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## RELAZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE

### Regione Toscana Comune di Empoli (FI)



Regione	Soggetto realizzatore:	Data
Regione Toscana – Settore Sismica	Unione dei Comuni Circondario Empolese Valdelsa Per comune di Empoli RUP Dott.sa Monica Salvadori  Professionisti incaricati:  Dott. Geol. Francesco Puccetti Dott. Geol. Cristian Pieroni  Coordinamento: Geo Eco Progetti Geoprogetti	Luglio 2022

---

## **INDICE RELAZIONE**

<b>1 – PREMESSA</b>	<b>2</b>
1.1 UBICAZIONE AREA DI STUDIO	2
1.2 INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE	2
1.3 STRUTTURA DELLA RELAZIONE	2
<b>2 – LE ONDE DI SUPERFICIE</b>	<b>3</b>
2.1 DESCRIZIONE DELLE ONDE DI SUPERFICIE	3
2.2 CENNI TEORICI	4
2.3 PROPRIETA' RIASSUNTIVE DELLE ONDE SUPERFICIALI	7
<b>3 – INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE</b>	<b>9</b>
3.1 PROCEDURE DI CAMPAGNA	9
3.2 METODI DI ELABORAZIONE DEI DATI SISMICI A RIFRAZIONE	10
<b>4 – INDAGINE SISMICA MASW-ESAC (Multichannel Analysis of Surface Waves)</b>	<b>12</b>
4.1 ACQUISIZIONE DEI DATI MASW	14
4.1.1 PARAMETRI DI ACQUISIZIONE TEORICI ED UTILIZZATI	15
4.1.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	18
4.1.3 ESECUZIONE INDAGINE MASW	18
4.2 ELABORAZIONE (PROCESSING) ED INVERSIONE DEI DATI MASW	20
<b>5 – INDAGINE SISMICA PASSIVA HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio)</b>	<b>24</b>
5.1 ACQUISIZIONE DEI DATI DI RUMORE A STAZIONE SINGOLA	25
5.2 ANALISI DEI DATI	26
5.3 IL PROGETTO SESAME	26
5.3.1 CRITERI DI AFFIDABILITA' DEL PICCO	26
5.3.2 CRITERI DI CHIAREZZA DEL PICCO	28
5.3.3 INFORMAZIONI AGGIUNTIVE AI CRITERI SESAME	29
5.4 VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLE MISURE HVSR	31
5.5 CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	33
<b>6 – BIBLIOGRAFIA</b>	<b>35</b>

## **ALLEGATI**

- ALLEGATO GRAFICO: ACQUISIZIONI MICROTREMORI – RAPPORTO SPETTRALE H/V – SPETTRO DELLE SINGOLE COMPONENTI – CRITERI DI AFFIDABILITÀ SESAME – CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII
- ALLEGATO GRAFICO: ELABORAZIONI INDAGINI SISMICA A RIFRAZIONE P/SH – MASW/ESAC
- ALLEGATO GRAFICO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE

---

## **1 – PREMESSA**

Il presente documento riguarda la descrizione, l'elaborazione e i risultati delle indagini geofisiche, di tipo sismico attivo e passivo, condotte a supporto degli studi di microzonazione sismica di livello 2 del Comune di Empoli (FI).

Lo studio di microzonazione sismica (MS) di livello 2 rappresenta un livello propedeutico a successivi studi di MS (livello 3) e consiste in un approfondimento di indagini al fine di determinare il fattore di amplificazione di ciascuna area individuata nello studio di MS1.

Tale approfondimento quindi è finalizzato alla realizzazione della Carta dei fattori di amplificazione in prospettiva sismica e quindi alla valutazione della pericolosità utile per le scelte di pianificazione attuativa, con l'intento di perseguire ed assicurare la riduzione del rischio sismico, evidenziando le criticità e identificando le aree per le quali sono richiesti studi di approfondimento (MS3).

### **1.1 – UBICAZIONE AREA DI STUDIO**

Le indagini geofisiche integrate, sono state eseguite all'interno del territorio del Comune di Empoli sia in aree urbane sia in aree limitrofe per meglio correlare ed interpretare i dati ottenuti.

Per la visualizzazione dell'ubicazione di ciascuna indagine geofisica svolta si rimanda alla cartografia tematica realizzata.

### **1.2 – INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE**

La caratterizzazione dal punto vista sismico del terreno è stata condotta mediante la realizzazione delle seguenti tipologie di prove geofisiche sia attive che passive:

**n. 5 indagini sismiche attive P/SH**, per la determinazione dei profili sismostratigrafici;

**n. 10 indagini sismiche attive congiunte MASW-ESAC** (Multichannel Analysis of Surface Waves), per la determinazione dei profili di velocità Vs nel sottosuolo;

**n. 72 indagini sismiche passive HVSR** per determinare la frequenza di risonanza di sito.

### **1.3 – STRUTTURA DELLA RELAZIONE**

La presente relazione descriverà i metodi di indagine utilizzati, illustrerà la metodologia di acquisizione, la strumentazione utilizzata, le tecniche e modalità di inversione/interpretazione, e verranno mostrati, in allegato, i risultati ottenuti con la campagna di prospezione geofisica sismica integrata, a supporto della caratterizzazione sismica del sottosuolo relativamente alle diverse aree di indagine.

Verranno quindi in un primo momento illustrate e descritte le varie tecniche di acquisizione dei dati geofisiche, successivamente verranno riportate le modalità di elaborazione dei dati ed infine mostrati i risultati ottenuti.

---

## 2 – LE ONDE DI SUPERFICIE

### 2.1 – DESCRIZIONE DELLE ONDE DI SUPERFICIE

Le onde superficiali si generano ogni qual volta esiste una superficie libera.

Vengono a crearsi quindi a causa dell'interazione delle onde di corpo con una superficie di discontinuità fisica, la più studiata delle quali è la superficie libera della Terra.

Queste onde si propagano solo lungo la superficie o nell'interfaccia tra due strati con proprietà fisiche diverse.

La velocità delle onde di superficie è inferiore alla velocità delle onde di volume, per cui il loro arrivo è successivo all'arrivo delle Onde P ed S.

Esistono due tipi di onde di superficie, chiamate coi nomi dei due fisici che per primi le studiarono: Onde di Rayleigh e Onde di Love.

#### - Onde di Rayleigh

Quando un'onda S (componente SV) assieme ad un'onda P incide sulla superficie libera dalla componente vettoriale delle due si generano onde superficiali che si propagano lungo la superficie stessa.

Queste onde esistono sia in semispazi omogenei (in questo caso la loro velocità è circa 0,92 volte la velocità delle onde S) che disomogenei (in cui risulta essere un'onda dispersa, ossia la sua velocità è anche funzione della sua frequenza).

Il loro moto è vincolato in uno spazio verticale contenente la direzione di propagazione dell'onda.

Si dimostra che una particella investita da questo tipo di onda vicina alla superficie, percorre un moto ellittico retrogrado lungo la direzione di propagazione (Fig. 1).

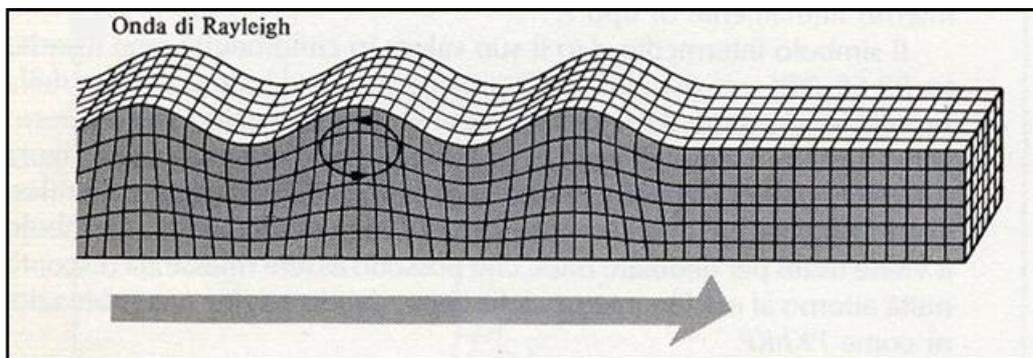


Fig. 1 - Schema di propagazione delle Onde di Rayleigh (fonte immagine [www.ingv.it](http://www.ingv.it))

#### - Onde di Love

---

Le onde di Love sono onde superficiali, anch'esse generate dall'incontro delle Onde S (componente SH) con la superficie libera del terreno, ma vengono generate solo nei mezzi in cui la velocità delle Onde S aumenta con la profondità (un mezzo quindi disomogeneo) di conseguenza sono onde sempre disperse.

Le Onde di Love fanno vibrare il terreno sul piano orizzontale in direzione ortogonale rispetto alla direzione di propagazione dell'onda (Fig. 2).

La velocità delle onde di Love è maggiore di quella delle onde S negli strati più superficiali della crosta, ma minore della stessa negli strati più bassi.

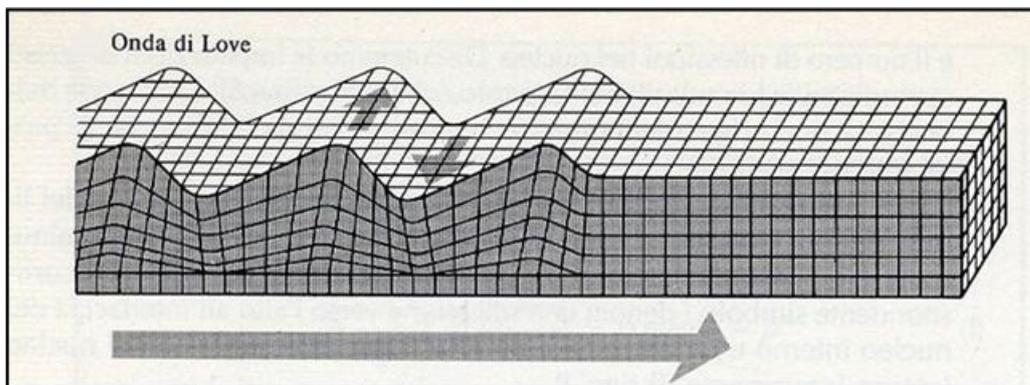


Fig. 2 - Schema di propagazione delle onde di Love (fonte immagine [www.ingv.it](http://www.ingv.it))

## **2.2 – CENNI TEORICI**

Nella maggior parte delle indagini sismiche di superficie, quando viene utilizzata una sorgente di onde di compressione, oltre due terzi del totale di energia sismica complessivamente generata è trasmessa mediante onde di Rayleigh.

Se consideriamo la variazione di velocità verticale in mezzi eterogenei noteremo che le onde di Rayleigh hanno un comportamento dispersivo, vale a dire che la velocità di gruppo non coincide con la velocità di fase di ciascuna frequenza.

Detto questo all'aumentare della lunghezza d'onda  $\lambda$  aumenta la profondità della parte interessata dalla perturbazione.

Sapendo che la lunghezza d'onda è legata al periodo T dell'onda mediante la relazione:

$$\lambda = V \cdot T$$

se ne deduce che, a parità di velocità (V), la profondità cresce all'aumentare del periodo e al diminuire della frequenza (si ricorda che  $T = 1/f$  dove f è la frequenza).

In pratica, al crescere del periodo, aumenta la sensibilità dell'onda a caratteristiche del terreno sempre più profonde.

---

Il terreno inoltre agisce da filtro passa basso quindi le frequenze più alte possono essere indicative soltanto per gli strati più superficiali.

Nel caso delle onde Rayleigh, lo strato coinvolto nella perturbazione ha uno spessore dell'ordine di circa  $0.5 \lambda$  (Choon B.Park et al,1997).

L'immagine sottostante (Fig. 3) riassume il concetto per cui considerando due componenti una ad alta frequenza e corta lunghezza d'onda (a sinistra) e una a bassa frequenza e quindi grande lunghezza d'onda (a destra), la velocità di propagazione della prima dipende dal materiale più superficiale (quindi dalle caratteristiche ad esempio del primo strato) mentre la seconda viaggerà ad una velocità che dipende da tutto il materiale fino in profondità (quindi dalle caratteristiche di tutti gli strati che compongono questo ipotetico modello).

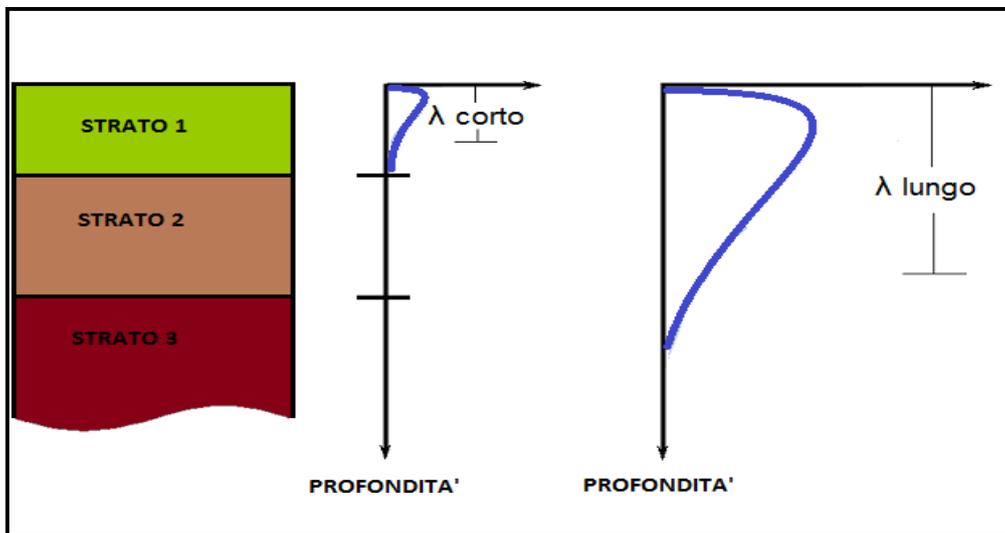


Fig. 3 - Corrispondenza tra lunghezza d'onda e profondità investigata

La distribuzione della velocità di fase in funzione della frequenza prende il nome di curva di dispersione.

E' chiaro quindi che più un modello di terreno è eterogeneo e maggiore sarà il grado di dispersione delle onde superficiali (Fig. 4).

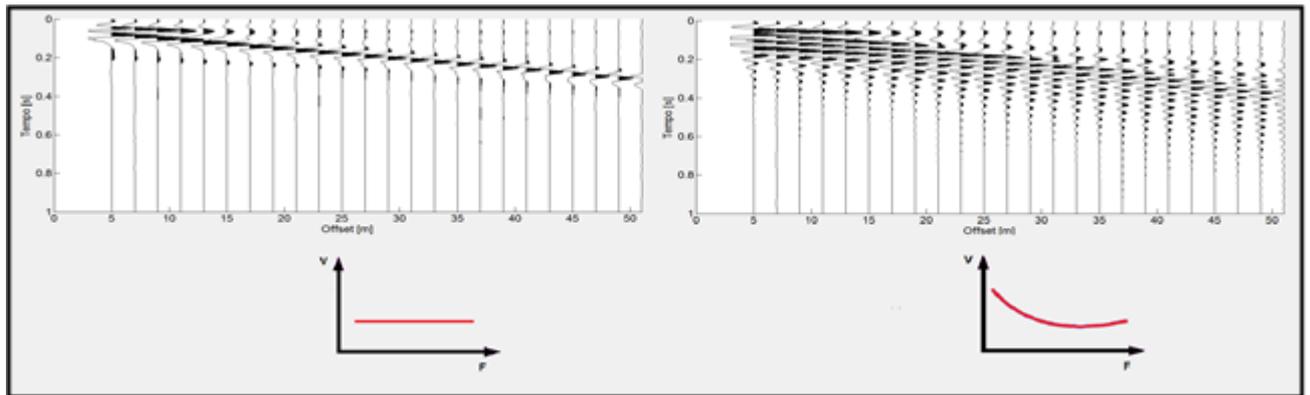


Fig. 4 - A sinistra, sismogramma risultante su terreno non dispersivo con sotto relativo andamento della curva di dispersione. A destra, sismogramma risultante su terreno dispersivo con sotto relativo andamento della curva di dispersione.

Un altro importante aspetto è connesso con la possibilità che questo tipo di onde, in presenza di eterogeneità verticali, manifestino anche una natura multimodale, vale a dire che la loro propagazione può avvenire, per una data frequenza, solo a determinate velocità (modi di propagazione).

Il modo che presenta la velocità di propagazione più bassa è detto modo fondamentale, mentre i restanti costituiscono i modi superiori.

In caso di strati eterogenei e con velocità crescenti il modo fondamentale è quello più energetico.

E' stato osservato che i modi superiori hanno origine in presenza di inversioni di velocità (Fig. 5) o di contrasti di velocità molto forti tra due strati (Cercato, 2008).

In questo caso i modi superiori sono caratterizzati da energia superiore rispetto al modo fondamentale.

Molto spesso può accadere che ci siano dei “salti di modo” tra il fondamentale e i superiori e viceversa quindi il solo basarsi sul modo fondamentale implica in alcuni casi una scorretta inversione dei dati.

I modi superiori vengono sempre più usati infatti il loro utilizzo nelle elaborazioni unitamente al modo fondamentale, può aiutare a vincolare meglio il modello Vs del sottosuolo, soprattutto in profondità. I più comuni software in commercio ne prevedono l'uso.

La dispersione delle onde superficiali quindi, elemento di disturbo negli altri tipi di indagini (sismica a rifrazione e a riflessione), risulta invece, grazie a questa sua proprietà, estremamente utile per calcolare le proprietà elastiche dei mezzi presenti in superficie.

Dalla curva di dispersione, in particolare dallo studio del modo fondamentale, infatti si può ricavare, attraverso l'operazione di inversione dei dati, il profilo di Velocità Vs e gli spessori degli strati indagati, parametri fondamentali sia in ingegneria sia in geofisica di esplorazione.

La stessa curva di dispersione inoltre può essere calcolata a partire dal sismogramma iniziale  $x-t$  (offset-tempi) sia in forma generale in un diagramma  $F-V$  (frequenze-velocità), sia in un diagramma  $F-L$  (frequenze-lentezze dal momento che  $L = 1/V$ ), sia in un diagramma  $F-K$  (frequenze-energie dal momento che  $f=1/T$  quindi  $V = \lambda f = 2\pi f / K$ ) sia in un diagramma  $T-V$  o  $T-L$  (tempi-velocità o tempi-lentezze).

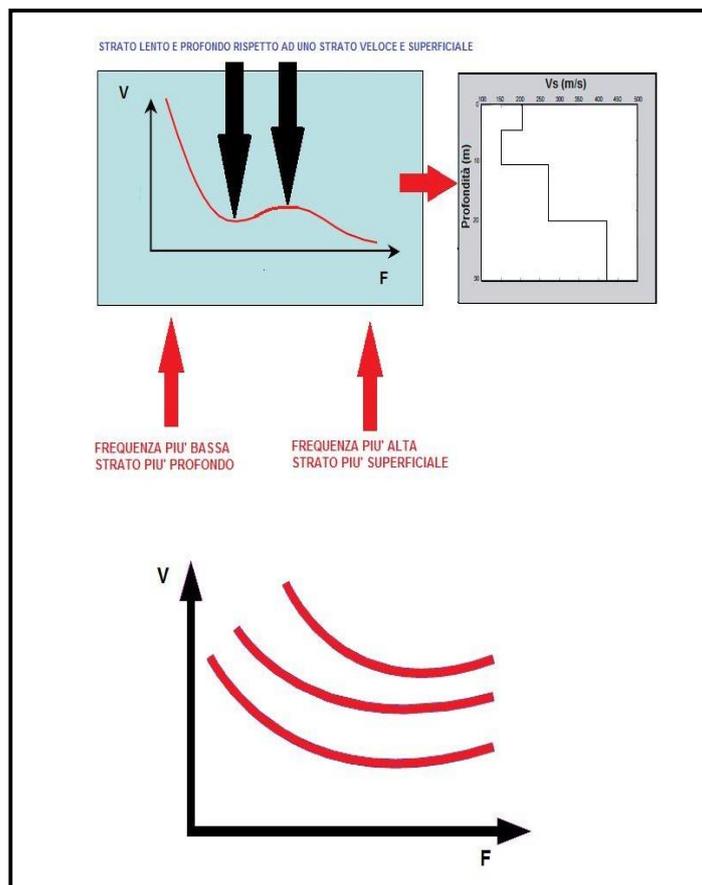


Fig. 5 - In alto, curva di dispersione con la presenza di inversione di velocità. In basso, andamento tipico della curva di dispersione (Modo Fondamentale e Modi Superiori); all'aumentare della frequenza diminuisce la velocità.

### **2.3 – PROPRIETÀ RIASSUNTIVE DELLE ONDE SUPERFICIALI**

1. Circa il 67% dell'energia rilasciata da un qualsiasi tipo di sorgente genera onde di superficie.
2. L'ampiezza delle onde superficiali caratterizzate da un fronte d'onda cilindrico, la cui area risulta  $2\pi xz$ , è notevolmente maggiore rispetto alle onde di corpo che invece presentano fronte d'onda sferico.

Questo significa che per conservare l'energia (dal momento che l'energia è proporzionale al quadrato dell'ampiezza dell'onda) l'ampiezza dell'onda di superficie alla distanza  $X$  deve essere proporzionale a  $1/X$ . Il fronte d'onda delle onde di corpo invece è sferico (area relativa  $4\pi x^2$ ) quindi

---

l'ampiezza alla distanza  $X$  è proporzionale a  $X^{-2}$  il che significa che decade molto più velocemente delle onde superficiali.

3. Lo studio delle onde superficiali non è limitato, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità.

4. La propagazione delle onde di Rayleigh è influenzata prevalentemente da  $V_s$  e dallo spessore  $h$  degli strati mentre le velocità  $V_p$  e la densità possono essere trascurate. La velocità delle onde di Rayleigh è circa il 90 % della velocità delle  $V_s$ .

5. La proprietà della dispersività permette il calcolo della curva di dispersione dalla quale è possibile ricavare i parametri fondamentali del modello di terreno in superficie. Le indagini geofisiche nell'ambito della seguente relazione sono state svolte utilizzando un sismografo DOREMI prodotto dall'azienda SARA Electronic Instruments s.r.l.

---

### **3 – INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE**

Le indagini geofisiche nell'ambito della seguente relazione sono state svolte utilizzando un sismografo DOREMI prodotto dall'azienda SARA Electronic Instruments s.r.l.

Di seguito vengono elencate le caratteristiche tecniche:

Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica

Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipunto

Lunghezza max rete: virtualmente illimitata con l'uso di ripetitori

N. max canali per tratta: 255

Dimensioni elemento: 80x55x18 mm

Peso: 250 g (per elemento con cavo di 5 metri)

Cavo: per geofisica 1x2x0.5 + 1x2x0.25 twisted pair schermato

Memoria: 60 kBytes (30000 campioni)

Frequenze selezionabili: da 500 a 20000 Hz (passi di campionamento da 2 a 0.05 ms)

Convertitore: tipo SAR a 16 bit (96 dB)

Amplificatore: ultra-low noise con ingresso differenziale

Banda passante: 2Hz - 200Hz

Reiezione modo comune: >80dB

Diafonia (crosstalk): zero, la trasmissione è digitale

Dinamica del sistema Risoluzione: 7.6  $\mu$ V @ 27dB; 0.076  $\mu$ V @ 60dB

Dinamica di base: 96dB (16 bit) S/N ratio fra 0.5 e 30Hz: >94dB (> 150dB con l'uso del PGA)

Alimentazione: batteria ricaricabile interna operativa 10-15Vdc

Consumo di energia: Interfaccia 80 mA, canale 30mA per una stringa da 12 canali: < 500mA

#### **3.1 – PROCEDURE DI CAMPAGNA**

I cavi sismici sono stati stesi lungo la zona di interesse e ad essi sono stati collegati i geofoni precedentemente infissi nel terreno alle equidistanze prestabilite.

L'energizzazione del terreno per generare onde elastiche di tipo P è stata effettuata mediante massa battente da 8 Kg: l'impatto rende operativo, tramite un accelerometro posto in prossimità della piastra di battuta (trigger), il sistema di acquisizione dati, permettendo così la registrazione ai geofoni della forma d'onda rappresentativa della velocità di spostamento del suolo.

Per quanto riguarda invece l'energizzazione delle onde SH è stata utilizzata sempre una mazza da 8 Kg e la battuta è stata eseguita all'interno di buche con pareti a 90° colpendo su ambo i lati in maniera trasversale allo stendimento dei geofoni.

---

Al fine di ottenere una migliore risoluzione della sismo-stratigrafia, i punti di energizzazione, detti punti di scoppio (shot points), sono stati disposti simmetricamente rispetto al profilo: ai suoi estremi, esternamente ed a distanze variabili entro il profilo stesso (in questo caso solo in posizione centrale).

La profondità di investigazione è, in linea teorica direttamente correlata alla lunghezza del profilo, alla distanza dei punti di energizzazione esterni e soprattutto al contrasto di velocità dei mezzi attraversati.

I tempi di arrivo delle onde sismiche nel terreno sono funzione della distanza tra i geofoni, delle caratteristiche meccaniche dei litotipi attraversati e della loro profondità.

### **3.2 – METODI DI ELABORAZIONE DEI DATI SISMICI A RIFRAZIONE**

La procedura d'elaborazione dati consiste di due fasi: la lettura dei tempi d'arrivo ai vari geofoni dello stendimento per ciascuna energizzazione effettuata e la loro successiva elaborazione mediante metodi di calcolo.

I tempi di primo arrivo delle onde sismiche vengono riportati su diagrammi spazio-tempo (dromocrone) nei quali l'asse dei tempi ha l'origine coincidente con l'istante in cui viene prodotta l'onda sismica (to), mentre nelle ascisse si hanno le distanze relative fra i geofoni dello stendimento.

Tali diagrammi consentono di determinare, nei punti di flesso, le variazioni di velocità fra i vari strati attraversati dai raggi sismici e, tramite elaborazioni, le profondità a cui si verificano tali variazioni.

Il procedimento di elaborazione dei tempi d'arrivo per ottenere le profondità dei rifrattori, utilizza più metodi: il Metodo del tempo di ritardo (delay time), il Metodo del tempo di intercetta, il Metodo reciproco generalizzato (G.R.M.) proposto da Palmer (1980) ed il Metodo Tomografico.

Il G.R.M. è un metodo interpretativo che si basa su tempi d'arrivo da energizzazioni coniugate, effettuate cioè da parti opposte del profilo sismico: tramite la determinazione di due funzioni (analisi della velocità e tempo-profondità) si determinano le velocità e quindi le profondità dei rifrattori individuati sulle dromocrone.

La funzione di analisi della velocità corrisponde al tempo necessario al raggio sismico a percorrere un tratto di lunghezza nota sul rifratore (distanza intergeofonica), per cui la sua determinazione permette di ottenere una precisa stima della velocità delle onde sismiche sul rifratore stesso.

Tramite un procedimento di migrazione dei dati, sia la funzione tempo-profondità che quella di analisi della velocità vengono calcolate per distanze intergeofoniche crescenti (da 0 a multipli interi dell'equidistanza dei geofoni): viene scelta poi quella distanza per la quale le curve presentano il miglior andamento rettilineo.

---

Il G.R.M., a differenza del metodo del tempo d'intercetta, permette anche di verificare e di individuare, con metodi di calcoli indiretti, la presenza di eventuali strati nascosti (di limitato spessore e/o basso contrasto di velocità) e strati a bassa velocità nella serie stratigrafica.

Negli strati nascosti si ha sempre un aumento di velocità con la profondità, ma il loro spessore è sottile e/o il contrasto di velocità con lo strato sottostante è piccolo, per cui i raggi sismici che partono da questi strati vengono oscurati dai raggi che partono dallo strato sottostante. Gli strati a bassa velocità presentano invece una velocità sismica minore rispetto allo strato sovrastante (inversione di velocità), per cui alla loro interfaccia non si verifica una rifrazione critica e così non vengono evidenziati sul grafico tempo-distanza.

L'individuazione di eventuali strati nascosti e/o inversioni di velocità viene effettuata attraverso il confronto fra i valori delle funzioni tempo-velocità misurate e quelle ricalcolate in base al valore di XY utilizzata per l'elaborazione (Palmer 1980).

Il Metodo tomografico permette di intervenire sui parametri del modello e di "controllare" le iterazioni successive, al fine di ridurre l'errore quadratico medio (indice della differenza tra i percorsi delle onde sismiche calcolati e quelli misurati).

A partire dal modello con parametri predefiniti dall'operatore (numero di iterazioni da effettuare, intervallo delle velocità sismiche di riferimento, posizione delle celle, dimensione delle celle e forma delle celle), i valori iniziali di velocità sismica relativi alle singole celle vengono modificati mediante iterazioni successive allo scopo di "fittare" i segmenti dei percorsi sismici e renderli compatibili con le misure sperimentali.

L'obiettivo è quindi il calcolo del tempo di transito dell'onda attraverso le celle del modello ed il confronto di tale tempo con quello sperimentale.

Attraverso successivi processi iterativi si determina un modello di velocità sismica finale che permette di soddisfare contemporaneamente le caratteristiche dei vari raggi sismici.

---

#### **4 – INDAGINE SISMICA MASW-ESAC (Multichannel Analysis of Surface Waves)**

Per le proprietà descritte precedentemente può risultare quindi conveniente l'utilizzo delle onde superficiali per la caratterizzazione di un determinato sito di indagine per stimare il profilo di Vs dalla velocità delle onde superficiali.

E' stato dimostrato ampiamente che la curva di dispersione delle onde superficiali è influenzata soprattutto dalla velocità delle onde S ma anche dallo spessore di ciascuno strato mentre risultano poco influenti le velocità delle onde P (totalmente nel caso delle onde di Love) e la densità di ciascuno strato.

E' quindi possibile stimare oltre al profilo di velocità delle onde S anche i diversi spessori degli strati.

La registrazione di tali forme d'onda viene effettuata mediante la tecnica MASW, l'acronimo sta per Multichannel Analysis of Surface Waves.

Bisogna precisare subito che la tecnica MASW non si basa solo ed esclusivamente sullo studio delle onde di Rayleigh in quanto anche le onde di Love sono onde superficiali anch'esse soggette al fenomeno della dispersione.

In questa specifica tecnica verranno però prese in considerazione solo le onde di Rayleigh.

Come è stato descritto in precedenza le onde di Rayleigh sono caratterizzate da una polarizzazione sul piano verticale e sono quindi registrabili lungo le due componenti verticale e radiale quindi possono essere registrate sia tramite geofoni verticali (per quanto riguarda la componente verticale) sia tramite geofoni orizzontali posti parallelamente allo stendimento (per quanto riguarda la registrazione della componente radiale).

Il tipo di sorgente dovrà comunque essere di tipo verticale per entrambe le componenti.

Questa precisazione è stata fatta perché molto spesso il solo utilizzo della componente verticale e/o orizzontale delle onde di Rayleigh, come unica tecnica MASW, senza avere dati geologici di base su un determinato sito, può non essere sufficiente per una corretta interpretazione dei diversi modi e la successiva inversione dei dati potrebbe dare qualche problematica.

#### **LIMITAZIONI DEL METODO MASW**

In generale è bene precisare che il metodo MASW presenta alcune limitazioni tra le quali:

1. Il modello di terreno deve essere a strati piani e paralleli viceversa la prova MASW perderebbe di attendibilità.
2. In riferimento a quanto previsto al precedente punto 1, non ci devono essere significative variazioni laterali del terreno.
3. La quota topografica dello stendimento dei geofoni non deve avere variazioni consistenti.

---

4. Le caratteristiche elastiche del terreno possono in alcuni casi attenuare completamente le onde superficiali rendendo quindi il metodo MASW inutilizzabile.

5. La profondità di investigazione è dipendente anche dalla lunghezza dello stendimento.

6. Poiché il profilo  $V_s$  finale viene calcolato mediante un processo di inversione, è possibile pervenire ad una curva di dispersione non univoca, ovvero quest'ultima soddisfa più modelli differenti di terreno (vedere seguito).

I metodi di prospezione sismica **MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves) quindi, consentono di ottenere un modello verticale delle  $VS$  a partire dalle modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare le onde di Rayleigh, e non attraverso quelle di volume come invece accade per i metodi propri della sismica più tradizionale.

In particolare osservando le caratteristiche dispersive del sito e applicando opportune tecniche di inversione è possibile stimare alcune proprietà meccaniche del sottosuolo in condizioni di sollecitazione sismica.

È noto che la propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più una unica velocità, ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda.

Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità.

Questo comportamento viene definito dispersione in frequenza ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie.

Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte rimangono nelle immediate vicinanze della superficie.

I metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie si basano su modelli fisico-matematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati sovrapposti con caratteristiche elastiche lineari.

Per ogni strato si devono definire quattro parametri: lo spessore  $H$  dello strato, ad esclusione dell'ultimo considerato infinito; la densità  $\rho$  dello strato; la velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$  all'interno dello strato; il coefficiente di Poisson.

A partire dai parametri del sottosuolo è quindi possibile ricavare le proprietà dispersive delle onde di Rayleigh, per il sito in esame.

Quanto detto rappresenta il problema diretto: quello cioè che a partire dalla conoscenza delle caratteristiche del terreno permette di descrivere la dispersione delle onde di Rayleigh.

Nella prospezione occorre invece affrontare il problema inverso: a partire dalla curva di dispersione rilevata, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri meccanici e sismici.

La procedura utilizzata può essere suddivisa in tre fasi di seguito descritte in maniera semplificata:

**Acquisizione:** registrazione e osservazione dei dati sismici “grezzi” contenenti le onde di Rayleigh per un intervallo sufficientemente ampio di frequenze;

**Processing:** trattamento dei dati attraverso filtraggio e altre tecniche finalizzate all'estrazione delle caratteristiche di dispersione, in particolare espresse come velocità di fase in funzione della frequenza (Spettro FP) e operazione di *Picking* della Curva di dispersione ottenuta;

**Inversione:** uso di un modello del terreno che permette di ricavare un profilo monodimensionale della velocità delle onde S ed altri parametri in funzione della profondità riconducibile col minor scarto di errore possibile al *Picking* della Curva di dispersione sperimentale ottenuta.

#### **4.1 – ACQUISIZIONE DEI DATI MASW**

Le analisi della dispersione delle onde superficiali partono dall'acquisizione dei dati con una geometria di tipo off-end ovvero lo stendimento dei geofoni si trova allineato da una stessa parte rispetto alla sorgente (Fig. 6) oppure split-spread quando invece la sorgente è posta all'interno dello stendimento di geofoni.

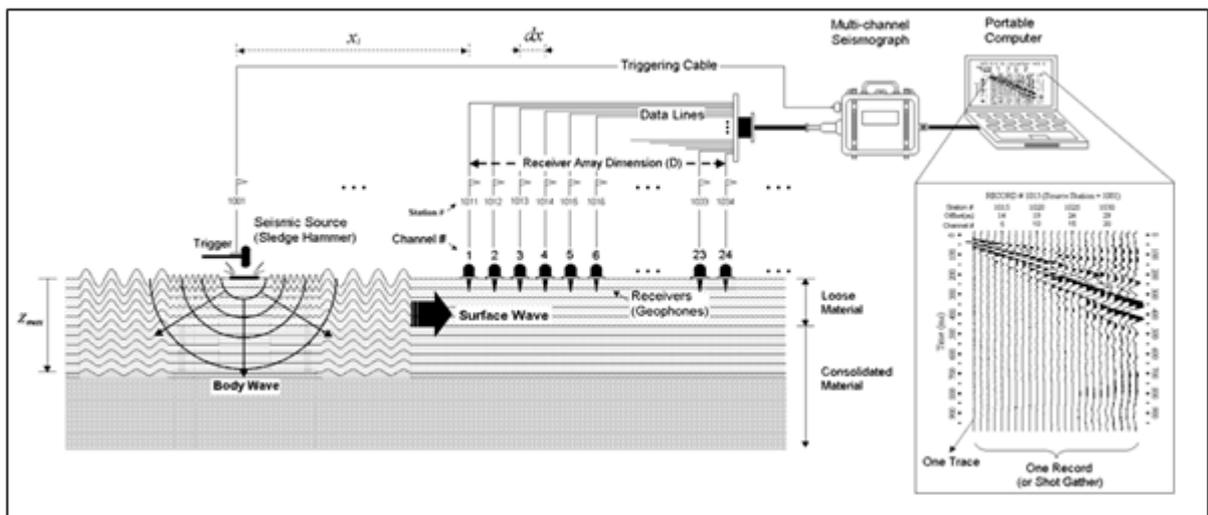


Fig. 6 - Schema di acquisizione delle Onde Superficiali (Fonte immagine [www.kgs.ku.edu](http://www.kgs.ku.edu)).

---

La strumentazione necessaria deve comprendere:

- Sismografo e suoi componenti (Cavi, Trigger, Sistema di acquisizione dati e inversione)
- Geofoni verticali e orizzontali
- Sorgente: martello, grave in caduta libera o fucile sismico
- Piastra per la battuta o traversina
- Appositi supporti per ciascun geofono in caso di presenza di asfalto o roccia

#### **4.1.1 – PARAMETRI DI ACQUISIZIONE TEORICI ED UTILIZZATI**

Ecco nel dettaglio i vari parametri necessari per un'acquisizione dati MASW:

##### 1- Sorgente

Il tipo di sorgente utilizzata è stato di tipo verticale (martellata).

Qualora la registrazione fosse risultata problematica a causa della distanza e/o dell'attenuazione intrinseca del terreno è stato aumentato il numero di stack (ovvero il numero di colpi per registrazione). Ciò in generale tende a migliorare il rapporto segnale/rumore, la qualità delle registrazioni e quindi degli spettri di velocità su cui si andrà a fare il picking.

##### 2 - Lunghezza dello stendimento Array Dimension (D)

Lo stendimento, in teoria, deve avere la lunghezza (D) maggiore possibile (in base alla disponibilità di spazio e di geofoni) in quanto dalla sua lunghezza derivano le frequenze più basse registrabili ( $\lambda$  max) e quindi di conseguenza, come descritto in precedenza, una maggiore profondità di investigazione (Z).

La sua lunghezza non deve comunque essere superiore a 46 m (la distanza tra geofoni deve essere pari a 2 m per un array di 24 geofoni). In caso di utilizzo di più geofoni possono essere comunque possibili anche lunghezze superiori.

Dalla lunghezza dello stendimento dipende inoltre la risoluzione dei vari spettri, maggiore è la lunghezza e maggiore è la risoluzione. Di conseguenza sarà più facile effettuare l'operazione di picking.

In prima approssimazione quindi, sempre in via teorica,  $D \approx Z \approx \lambda$  max dove  $\lambda$  max è la lunghezza d'onda massima misurata (corrispondente alla minima frequenza).

##### 3 – Distanza tra i geofoni (dx)

Dipende molto dal numero di geofoni (in questo caso 24), dalla lunghezza dello stendimento e quindi dalla disponibilità di spazio. Utilizzando 24 geofoni la dx deve essere massimo di 2 m.

A maggior ragione se venisse utilizzato lo spettro f-k per l'individuazione dei modi delle onde superficiali deve essere comunque sempre utilizzata una dx piccola (2 m massimo).

---

Questo a causa del problema dell'*aliasing spaziale* ovvero la non sufficientemente ridotta distanza tra geofoni non consente di campionare a sufficienza i segnali a più alta frequenza.

Tale problema si presenta qualsiasi spettro si utilizzi, ma nel caso  $f - v$  è più facilmente individuabile e non compromette l'interpretazione del dato rispetto allo spettro  $f - k$ .

Dalla distanza tra i geofoni dipendono inoltre le frequenze più alte registrabili quindi le informazioni inerenti gli strati più superficiali.

Una  $dx$  troppo grande inoltre (utilizzando 24 geofoni) ridurrebbe la "ridondanza", cioè quel fenomeno che permette di registrare la stessa frequenza da più stazioni e consente di avere un migliore rapporto segnale/rumore e quindi una migliore definizione della curva di dispersione ottimale.

In prima approssimazione quindi, in questo caso, la profondità minima di esplorazione  $z \approx dx \approx \lambda_{\min}$ , dove  $\lambda_{\min}$  è la lunghezza d'onda minima (massima frequenza).

#### 4 - Distanza sorgente-primario ricevitore (offset minimo $X_1$ )

Per quanto riguarda l'offset minimo bisogna tenere in considerazione il fatto che una sorgente troppo vicina causa problemi di *near offset* e non si rispetta la condizione di onda piana in quanto l'onda generata ha un fronte sferico.

La teoria prevede che un'onda può considerarsi piana ad una distanza circa la metà della massima lunghezza d'onda desiderata (se vogliamo ad esempio avere un profilo che interessa i primi 30 metri di profondità si deve considerare una lunghezza d'onda di circa 60-70 metri, quindi un offset minimo di 30-40 m).

In pratica molto spesso ciò non è possibile, ma buoni risultati si possono ottenere anche ad offset minimi inferiori.

E' necessario quindi effettuare registrazioni con diversi offset in modo da poter valutare, nella fase di elaborazione dati, diversi spettri di velocità derivanti da diverse configurazioni sorgente-ricevitori ed ottenere dal loro confronto un quadro più completo che agevoli il riconoscimento dei modi delle onde di Rayleigh effettivamente presenti, non essendo possibile stabilire a priori, in campagna, quale sia la migliore configurazione.

In questo modo si può avere inoltre un riscontro sulla conformazione 1D del sottosuolo (presenza o meno di variazioni laterali) ma anche risultati che interessino porzioni di terreno sempre più profonde.

#### 5 - Tipo di geofoni

E' raccomandato per questo tipo di registrazioni l'utilizzo di geofoni in grado di registrare basse frequenze (4.5 Hz o inferiore).

---

I geofoni verticali vengono utilizzati per la misura della componente verticale delle onde di Rayleigh mentre quelli orizzontali, eventualmente, per la componente radiale delle onde di Rayleigh.

I geofoni vengono posizionati in maniera ben solidale al terreno; in presenza di roccia o di asfalto si utilizzano gli appositi supporti. Il numero di geofoni utilizzati in questa campagna è di 24.

#### 6 – Intervallo di campionamento (dt)

Per quanto riguarda le onde superficiali si parla di onde che hanno un range di frequenze teoricamente <100 Hz per questo motivo è sufficiente utilizzare un passo di campionamento molto ampio (anche 4 ms).

#### 7 – Tempo di registrazione

Il tempo di registrazione dipende molto dal tipo di terreno. Se omogeneo o quasi il fenomeno della dispersione non è molto accentuato, se invece è molto eterogeneo il “ventaglio” della dispersione è molto ampio.

Pertanto la lunghezza della registrazione deve essere di almeno 1-2 secondi.

Nella tabella successiva vengono riassunti i parametri utilizzati appena descritti:

SORGENTE	Onde di Rayleigh: verticale (martellata)
LUNGHEZZA DELLO STENDIMENTO (D)	46 metri
DISTANZA TRA GEOFONI (dx)	2 m
OFFSET MINIMO (X <sub>1</sub> )	≈ dx e ≈ D/2
NUMERO DI SCOPPI	2
TIPO DI GEOFONI	4.5 Hz (verticali per la componente verticale delle onde di Rayleigh)
NUMERO DI GEOFONI	24
TEMPO DI REGISTRAZIONE	1-2 secondi
INTERVALLO DI CAMPIONAMENTO (dt)	0.5 – 2 ms
NOTE	Le tracce non sono state filtrate e è stato aggiunto AGC (Automatic Gain Control)

---

#### **4.1.2 – STRUMENTAZIONE UTILIZZATA**

Le indagini geofisiche nell'ambito della seguente campagna geofisica sono state svolte utilizzando un sismografo *DOREMI* prodotto dall'azienda SARA Electronic Instruments s.r.l.

Di seguito vengono elencate le caratteristiche tecniche:

Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica

Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipunto

Lunghezza max rete: virtualmente illimitata con l'uso di ripetitori

N. max canali per tratta: 255

Dimensioni elemento: 80x55x18 mm

Peso: 250 g (per elemento con cavo di 5 metri)

Cavo: per geofisica 1x2x0.5 + 1x2x0.25 twisted pair schermato

Memoria: 60 kBytes (30000 campioni)

Frequenze selezionabili: da 500 a 20000 Hz (passi di campionamento da 2 a 0.05 ms)

Convertitore: tipo SAR a 16 bit (96 dB)

Amplificatore: ultra-low noise con ingresso differenziale

Banda passante: 2Hz - 200Hz

Reiezione modo comune: >80dB

Diafonia (crosstalk): zero, la trasmissione è digitale

Dinamica del sistema Risoluzione: 7.6  $\mu$ V @ 27dB; 0.076  $\mu$ V @ 60dB

Dinamica di base: 96dB (16 bit) S/N ratio fra 0.5 e 30Hz: >94dB (> 150dB con l'uso del PGA)

Alimentazione: batteria ricaricabile interna operativa 10-15Vdc

Consumo di energia: Interfaccia 80 mA, canale 30mA per una stringa da 12 canali: < 500mA

#### **4.1.3 – ESECUZIONE INDAGINE MASW**

La geometria di acquisizione utilizzata è indicata nello schema sottostante.

E' bene precisare che una geometria di acquisizione "fissa" non esiste, poiché questa dipende dalle singole caratteristiche fisiche di ciascun sito indagato.

La geometria proposta, compatibilmente con le condizioni logistico-morfologiche, rappresenta il giusto compromesso tra pratica e teoria.

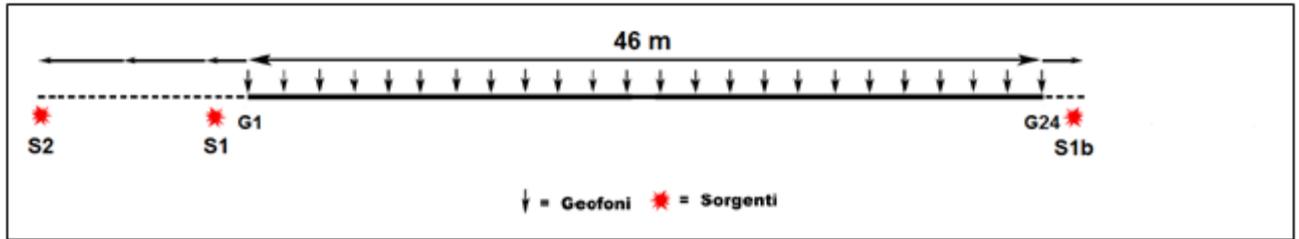


Fig. 7 - Geometria di acquisizione massima per le onde superficiali utilizzando 24 geofoni e  $dx=2$ .

S1: a distanza adeguata da G1.

S2: a distanza  $D/2$  da G1 pari alla semi lunghezza dell'array di geofoni ( $D$ ).

S1b: a distanza da G24 speculare rispetto a S1

La scelta di utilizzare due scoppi S1 e S2 di cui quest'ultimo a distanza, ove possibile, pari a  $D/2$  è stata fatta per i seguenti motivi:

- Scoppi posti a distanza considerevole permettono di mettere in evidenza tutto il range di frequenze ottenibile dalla sorgente utilizzata, dalle più alte (S1) a quelle più basse (S2);
- I modi superiori, se presenti, sono maggiormente individuabili e discriminabili da quello fondamentale, il che in caso contrario porterebbe ad una interpretazione errata a seguito della fase di inversione dei dati;
- La similarità tra i due spettri F-V ricavabili dai due scoppi permette di stabilire se siamo in condizione di piani paralleli e/o assenza di variazioni laterali significative;
- In aggiunta al punto precedente, per verificare il parallelismo e l'omogeneità degli strati, in caso non ci sia lo spazio necessario per lo scoppio S2, eventualmente, ove possibile, è buona norma ricorrere ad uno scoppio (S1b) posto nella parte opposta dello stendimento in posizione geometricamente speculare allo scoppio S1.

Una volta stabilita la geometria di acquisizione si passa alla fase di montaggio della strumentazione in campagna.

I cavi sismici vengono stesi lungo la zona di interesse e ad essi vengono collegati i geofoni precedentemente infissi nel terreno alle equidistanze prestabilite.

L'energizzazione del terreno per generare onde elastiche di tipo P è stata effettuata mediante massa battente da 8 Kg: l'impatto rende operativo, tramite un accelerometro posto in prossimità della piastra di battuta (trigger), il sistema di acquisizione dati, permettendo così la registrazione ai geofoni della forma d'onda rappresentativa della velocità di spostamento del suolo.

La profondità di investigazione è, in linea teorica come descritto precedentemente, direttamente correlata alla lunghezza del profilo, alla distanza dei punti di energizzazione esterni e soprattutto al contrasto di velocità dei mezzi attraversati.

---

I tempi di arrivo delle onde sismiche nel terreno sono funzione della distanza tra i geofoni, delle caratteristiche meccaniche dei litotipi attraversati e della loro profondità.

#### **4.2 – ELABORAZIONE (PROCESSING) E INVERSIONE DEI DATI MASW**

L'analisi della dispersione delle onde superficiali (qualsiasi tipo esse siano) al fine di determinare il profilo delle Vs di un determinato sito è composta da due fasi fondamentali:

1 – Determinazione dello spettro di velocità (generalmente nel dominio  $f - v$ ) dal quale vengono determinate le caratteristiche delle onde superficiali quindi le curve di dispersione.

2 – l'inversione, ovvero il passaggio dalle curve di dispersione al modello di terreno, dei diversi modi precedentemente individuati (in particolare il modo fondamentale). Una volta registrate le tracce seguendo la metodologia precedentemente descritta si ottiene il dataset dei dati nel dominio  $x - t$  ovvero spazio - tempo. E' chiaramente impossibile lavorare in questo dominio quindi si deve passare al dominio  $f - k$  (frequenze - numeri d'onda) oppure al dominio  $f - v$  (frequenze - velocità) (Fig. 8).

Alcuni punti chiave da tenere in considerazione per il controllo di qualità dei dati sono:

1 – La registrazione corretta ben visibile in tutte le tracce.

2 – Spettro di velocità chiaro ed interpretabile.

3 – Attenzione ai modi superiori se presenti.

4 – Utilizzare come modello iniziale i dati geologici e/o i dati forniti dalla sismica a rifrazione. Trattandosi infatti di un problema inverso, la parametrizzazione del modello di riferimento deve essere adeguata rispetto all'informazione effettivamente disponibile (Foti, 2008).

5 - La corrispondenza tra curva di dispersione sperimentale e curva di dispersione numerica relativa all'ultima iterazione del processo di inversione, minimizzando gli scarti, deve essere adeguata per tutto il campo di frequenza per il quale sono disponibili informazioni sperimentali (Foti, 2008).

6 – In caso di incertezze legate alla NON UNIVOCITA' DELLA SOLUZIONE è necessaria quindi una taratura mediante dati diretti di esplorazione del sottosuolo.

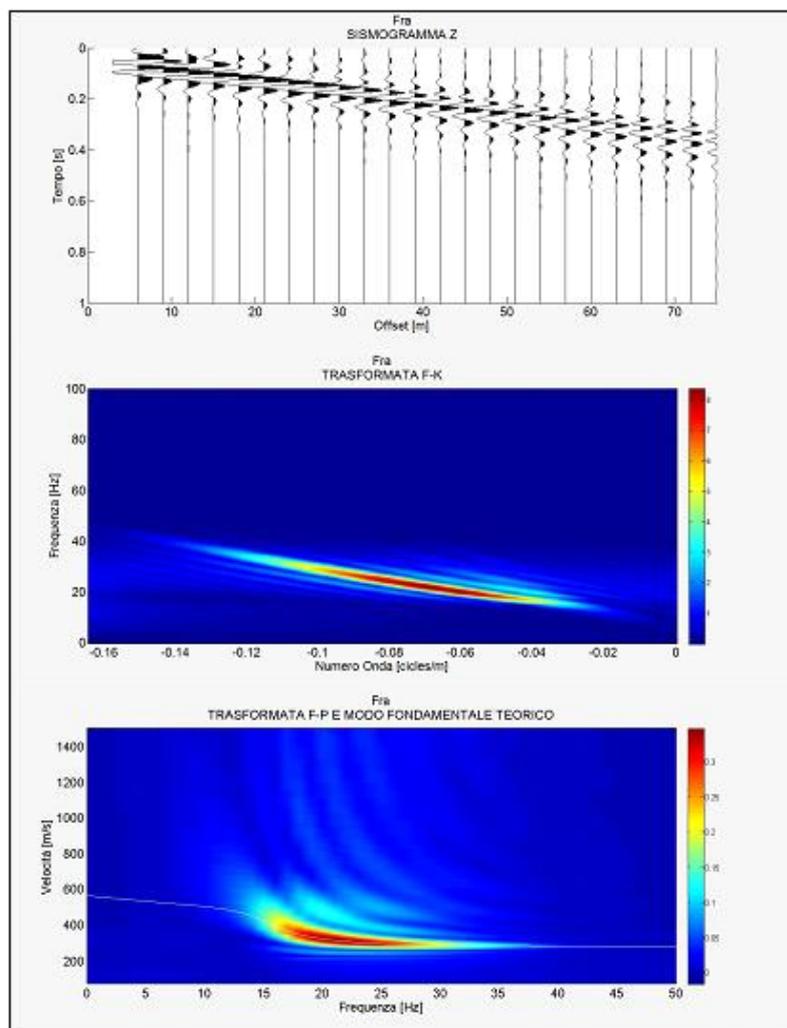


Fig. 8 - Semplice modello preso dalla letteratura composto da due strati a velocità crescente ( $V_p = 650$  e  $1400$  m/sVs =  $300$  e  $600$  m/s spessore  $h$  fino al semispazio di  $8$  m). Dall'alto al basso si può vedere il sismogramma sintetico (componente verticale), lo spettro f-k e lo spettro f-v (con modo fondamentale teorico).

Una volta calcolato lo spettro f –v è buona norma verificare la profondità massima raggiunta dall'indagine (Fig. 9) in modo da meglio vincolare il modello da utilizzare nella fase di inversione, dopo di che si entra nella parte più delicata, ovvero il picking, l'individuazione cioè dei diversi modi.

La loro individuazione è quindi soggettiva (di contro all'oggettività dello spettro calcolato) e le scelte che si fanno devono essere ponderate con cura per non inficiare in maniera determinante il processo di inversione.

E' di uso comune interpretare il modo fondamentale come quello a più alta energia.

Questo non è sempre vero. In base infatti alla complessità del sito geologico i modi superiori potrebbero essere molto più energetici o addirittura talmente energetici che nello spettro il modo fondamentale non è visibile.

Non bisogna in maniera categorica basarsi sul picking e inversione automatica che molti software consentono di fare.

E' necessario quindi fare riferimento a prove invasive presenti nelle vicinanze (penetrometrie, carotaggi ecc.). Più dati si hanno a disposizione e maggiore è la probabilità di ricostruire, dalla curva di dispersione, il modello di terreno più veritiero che l'ha determinata, riducendo al minimo così i problemi di non univocità.

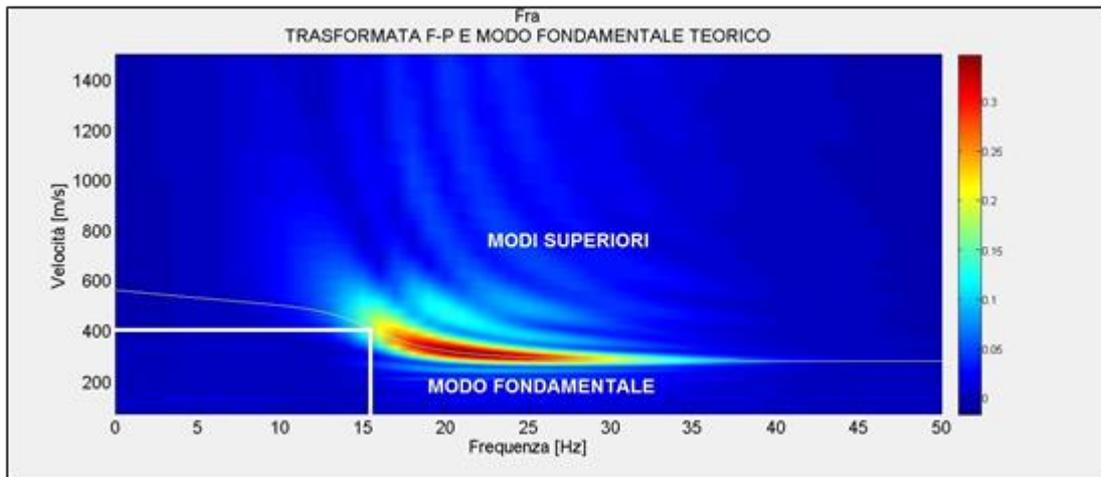


Fig. 9 - Calcolato lo spettro f-v per determinare in maniera approssimata la profondità massima raggiunta dalla prova si prendono le coordinate f-v dell'ultimo punto chiaramente visibile del modo fondamentale e si esegue la seguente formula:  $Z = v / 2f$ . In questo caso  $v = 400$  m/s,  $f = 15.5$  Hz quindi  $Z = 400 / 31 = 12.9$  m

Il metodo di prospezione **ESAC** (Extended Spatial Autocorrelation Method) invece avviene tramite la registrazione dei microtremori come sorgenti sismiche con stendimenti bidimensionali e attraverso il processo di inversione della curva di dispersione effettiva (anziché modale come nel caso dell'indagine MASW).

Nel metodo ESAC si registra il segnale relativo a microtremori spontaneamente presenti nell'ambiente, cioè sollecitazioni di qualsiasi origine, provenienti da sorgenti ignote e isotropiche (disposte in tutte le direzioni) rispetto ad uno stendimento sismico non lineare.

In assenza di spazi sufficientemente lunghi e in presenza di ambienti urbanizzati, acquisizioni con stendimenti 2D (a "L", croci o cerchi) e di breve durata, consentono in maniera speditiva l'analisi del microtremore sismico.

L'acquisizione secondo una geometria bidimensionale risolve alcuni problemi legati alle velocità apparenti, presenti nei dati acquisiti mediante array unidirezionali (ReMi).

Uno stendimento ESAC è realizzato mediante l'utilizzo della classica strumentazione per l'esecuzione di una prospezione sismica MASW con geofoni a componenti verticale da 4,5 Hz disposti secondo una geometria 2D (a "L", croci o cerchi).

---

Al contrario di ciò che avviene con le tecniche attive, il metodo ESAC, consente una rapida ed agevole acquisizione dei dati senza dover operare con una sorgente attiva e l'acquisizione può essere eseguita, al limite, anche da un solo operatore.

Con la metodologia ESAC viene studiata la direzionalità del microtremore e valutata la velocità di fase alle diverse frequenze.

Il metodo consente di definire la cosiddetta **curva di dispersione effettiva**, che rappresenta una combinazione delle diverse curve modali "pesate" in base al loro specifico contenuto energetico nel sito.

Nel caso di profili normalmente dispersivi, la curva di dispersione effettiva coincide con la curva relativa al modo fondamentale.

In altri casi, per esempio in presenza di inversioni di velocità o di forti contrasti di impedenza sismica, la curva di dispersione effettiva risulta frutto di una combinazione dei diversi modi in funzione della relativa energia.

Un vantaggio quindi della tecnica ESAC è quello di non dovere identificare (come in altre metodologie) i vari modi di vibrazione, che sono invece trattati, più semplicemente, in modo unitario.

Mediante software dedicato viene calcolata automaticamente la curva di dispersione effettiva, dalla quale può essere eseguita la **modellazione delle velocità di taglio (Vs)**.

Le analisi ESAC sono mirate ed utili a definire le basse frequenze, ma non risultano altrettanto efficaci alle alte (ove invece le analisi di sismica attiva si rivelano decisamente superiori).

Per questo motivo si utilizzano tecniche passive con **analisi congiunta** con dati provenienti da sismica attiva (**ESAC+MASW**) al fine di risalire ad un modello sismostratigrafico affidabile lungo tutta la profondità di indagine.

La geometria dello stendimento **MASW** utilizzata, dove possibile, è stata di **24 geofoni** intervallati da una distanza di **2 m** (Lunghezza stendimento pari quindi a **46 m**) mentre i parametri di acquisizione sono stati settati in maniera consona a questo tipo di indagine (tempo di registrazione più lungo e bassa frequenza di campionamento).

La geometria dello stendimento **ESAC** è stata invece di tipo a **L** utilizzando spaziature variabili in base alla logistica dei luoghi.

In base alle indagini sismiche effettuata quindi, è stato possibile ricavare più sequenze sismo-stratigrafiche relativamente all'area d'indagine, con suddivisione in strati aventi analoghe caratteristiche della velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali, nei primi 30 metri di profondità ed oltre (**Vs30/Vseq**).

---

## **5 – INDAGINE SISMICA PASSIVA HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio)**

Il metodo reso popolare da Nakamura nel 1989 è una valutazione di tipo sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie terrestre misurati puntualmente mediante l'utilizzo di un apposito sismometro a tre componenti (due orizzontali ortogonali tra di loro ed una verticale).

Proprio dal fatto che tale metodo si basa su di un rapporto viene anche denominato indagine HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio) o più semplicemente prova "di Nakamura".

Rumore al di sotto degli 0.5 Hz è generato prevalentemente da onde marine e perturbazioni atmosferiche mentre al di sopra degli 0.5 Hz il contributo prevalente è dato da vento, traffico veicolare e attività industriali.

Il risultato di tale misura viene mostrato in un grafico in cui il rapporto H/V (in ordinata) è messo in relazione con la frequenza (in ascissa).

Le frequenze alle quali la curva H/V mostra dei picchi sono le frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura.

La risonanza è un fenomeno che si viene a creare quando si hanno forti contrasti di impedenza sismica tra uno strato e il sottostante.

In caso quindi di misura effettuata al di sopra di una roccia la curva H/V non presenterà picchi significativi ma avrà un andamento piano con ampiezza pari ad 1. Maggiore quindi è il contrasto sismico e maggiore sarà la precisione della misura H/V.

Geologicamente quindi una copertura soffice al di sopra di un basamento rigido rappresenta la condizione ottimale per questa metodologia di misurazione.

In questa configurazione molto semplice è possibile quindi mettere in relazione la frequenza di risonanza (f) con la velocità media delle onde S (Vs) e lo spessore della copertura soffice (h) mediante la seguente relazione:

$$f = V_s/4h$$

Data quindi la frequenza di risonanza calcolata tramite il metodo H/V e la velocità media delle Vs delle coperture è quindi possibile ricavare la profondità dello strato a forte impedenza sismica e quindi fare successivamente una valutazione sulla possibile amplificazione sismica del sito in esame.

E' importante però che questo metodo (data la sua natura stocastica) sia utilizzato assieme ad una conoscenza generale dell'area di studio dal punto di vista geologico ed a prove di sismica quali MASW e/o rifrazione in modo da avere una conoscenza a priori della natura del sito e della velocità delle coperture.

In assenza di qualsiasi vincolo infatti esistono infiniti modelli (cioè combinazioni Vs-H) che soddisfano la stessa curva H/V.

---

## **5.1 – ACQUISIZIONE DEI DATI DI RUMORE A STAZIONE SINGOLA**

Le misure di rumore a stazione singola si effettuano mediante l'utilizzo di sismometri a tre componenti (chiamati anche tromografi) con una sensibilità tra 0.1 e 20 Hz (corrispondenti ai modi di vibrare della maggior parte delle strutture).

Per quanto riguarda l'acquisizione in campagna bisogna prestare molta cura ed attenzione al posizionamento dello strumento.

L'accoppiamento dello strumento con il terreno deve essere fatto il più solidale possibile evitando interfacce intermedie (ad esempio cemento, fondo stradale ecc.) le quali causano grossi problemi dovuti all'inversione di velocità la cui conseguenza in molti casi è il non corretto risultato della curva H/V.

Importante è la messa in bolla dello strumento, se questo non fosse verificato le misure sarebbero completamente errate. Evitare la misura in giornate particolarmente avverse dal punto di vista meteorologico.

E' sempre consigliabile posizionare lo strumento all'interno di una piccola buca nel terreno in modo da mantenerlo oltre che perfettamente solidale anche al riparo da possibili agenti di disturbo.

Dal momento che le frequenze di interesse ingegneristico non superano i 25 Hz la frequenza di campionamento non deve essere inferiore ai 50 Hz.

Particolarmente importante è la durata della registrazione. Come accennato in precedenza, la misura di rumore è un fenomeno detto stocastico quindi per avere una validità dal punto di vista statistico è necessaria una consistente quantità di dati i quali si ottengono registrando il rumore per una durata commisurata alla frequenza di risonanza di interesse.

In generale quindi per avere un dato concreto riguardante un bedrock sismico profondo (basse frequenze di risonanza) sarà necessario un tempo di registrazione più lungo rispetto ad un bedrock sismico superficiale (alte frequenze di risonanza).

L'orientamento dello strumento in via convenzionale deve essere rivolto verso il Nord geografico.

In presenza di elementi topografici o morfologici lo strumento dovrebbe essere allineato secondo gli assi di questi in modo da cogliere eventuali effetti di direttività. Quest'ultima può essere causata o da una non omogenea distribuzione delle sorgenti attorno allo strumento di misura o da cause derivanti dalla natura del sottosuolo sia per motivi topografici (misure a bordo di una scarpata ad esempio) sia per motivi stratigrafici (valli sepolte, stratificazioni inclinate ecc.). Le misure quindi in cui è presente questa problematica vanno interpretate con cautela.

---

## **5.2 – ANALISI DEI DATI**

Una volta registrate le serie temporali di ciascuna componente il calcolo della curva H/V avviene passando al dominio delle frequenze e facendo il rapporto tra la componente H e la componente V. La componente H è la media delle due componenti orizzontali.

Per quanto riguarda le fasi dettagliate del processing si fa riferimento alle linee guide fornite dal progetto SESAME (2004).

La fase di interpretazione successiva deve essere fatta con alcuni accorgimenti fondamentali:

- 1- La curva H/V deve essere statisticamente significativa, ovvero deve avere una deviazione standard sia in ampiezza che in frequenza ridotta. Se questo non fosse verificato, premesso che la prova è stata acquisita tenendo presente tutti gli accorgimenti descritti nel precedente paragrafo, è necessario “pulire” la curva H/V. SESAME (2004) propone la rimozione nella serie temporale di quelle finestre in cui la deviazione standard del segnale STA (media a breve termine) è maggiore della media a lungo termine (LTA). Si tratta quindi dell’eliminazione di quelle finestre in cui è evidente la presenza di segnali di disturbo (detti transienti).
- 2- La curva H/V deve essere SEMPRE osservata insieme agli spettri di ciascuna componente in modo da poter effettivamente individuare quei picchi di natura stratigrafica. In condizioni normali infatti le tre componenti hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si ha un picco del rapporto H/V in quanto diminuisce la componente verticale determinando una forma a “occhio” o “ogiva” indice di una risonanza stratigrafica. I picchi di forma differente non sono attribuibili a cause stratigrafiche.

## **5.3 – IL PROGETTO SESAME**

Il progetto SESAME ha stabilito delle direttive per garantire la riproducibilità delle misure H/V, indispensabile per ottenere dei dati rappresentativi e poco influenzati dal contesto di misura ed ambientale.

Le direttive fornite dal progetto SESAME descrivono diversi criteri da seguire mediante i quali è possibile valutare l’attendibilità della curva H/V.

### **5.3.1 – CRITERI DI AFFIDABILITÀ DEL PICCO**

Le seguenti condizioni di affidabilità sono state stabilite grazie al progetto SESAME (Site Effects Assessment Using Ambient Excitations), a seguito dei numerosi studi condotti (SESAME 2004).

La prima condizione necessaria per ritenere una curva H/V affidabile, è la sua riproducibilità nello stesso sito con altre sorgenti e tipologie di rumore ambientale, e mediante una differente selezione di finestre.

In sintesi i primi tre criteri tutti da soddisfare sono i seguenti:

1.  $f_0 > 10 / l_w$  , ovvero che alla frequenza di interesse devono trovarsi almeno 10 cicli significativi nella finestra selezionata.;  $l_w$  è la lunghezza della finestra.
2.  $n_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0 > 200$ , ossia che il numero di cicli significativi sia maggiore di 200;  $n_w$  è il numero di finestre selezionate per condurre l'analisi.
3. un basso livello di scattering tra le finestre. Deviazioni standard troppo elevate sono riportabili a situazioni di scarsa stazionarietà ed alta perturbazione del segnale, quindi ad una bassa rappresentatività. In particolare la deviazione standard deve essere minore di 2 (se  $f_0 > 0.5$ ) nell'intervallo  $0.5f_0 < f < 2f_0$  e minore di 3 (se  $f_0 < 0.5$ ) sempre nel solito intervallo.

Per quanto detto nei punti I e II quindi un picco ad 1 Hz per la sua corretta affidabilità devono esserci almeno 20 finestre di 10 s ognuna, o per un picco a 0,5 Hz, 10 finestre a 40s.

Nella tabella sottostante vengono indicati parametri di affidabilità a seconda del picco di interesse.

$f_0$ [Hz]	Minimum value for $l_w$ [s]	Minimum number of significant cycles ( $n_c$ )	Minimum number of windows	Minimum useful signal duration [s]	Recommended minimum record duration [min]
0.2	50	200	10	1000	30'
0.5	20	200	10	400	20'
1	10	200	10	200	10'
2	5	200	10	100	5'
5	5	200	10	40	3'
10	5	200	10	20	2'

Poiché i transienti eventualmente presenti nella registrazione vanno eliminati in fase di processing, è opportuno allungare il tempo di registrazione.

La tabella sopra indicata, fornita dal progetto SESAME deve comunque essere utilizzata in maniera molto indicativa.

Nella realtà infatti bisogna tenere presente che per la registrazione corretta di un picco a basse frequenze (bedrock sismico profondo quindi) a seconda delle caratteristiche geologiche del sito sono necessari tempi di registrazione superiori (anche nell'ordine delle ore).

E' quindi buona norma prima di effettuare misure di rumore conoscere la geologia della zona da investigare e fare riferimento a tutte le prove pregresse effettuate nel sito.

### **5.3.2 – CRITERI DI CHIAREZZA DEL PICCO**

Nel migliore dei casi, la curva mostra un singolo picco 'netto', definibile in termini di ampiezza, deviazione standard relativa ed assoluta. In termini di ampiezza deve soddisfare le seguenti condizioni:

1. Esistenza di una frequenza  $f^-$  tra  $f_0/4$  ed  $f_0$  tale che  $A_0 / A_{H/V}(f^-) > 2$ ; dove  $A_0$  rappresenta l'ampiezza media del picco e  $A_{H/V}(f^-)$  l'ampiezza della frequenza  $f^-$ .
2. Esistenza di un'altra frequenza  $f^+$ , compresa tra  $f_0$  e  $4f_0$ , tale che  $A_0 / A_{H/V}(f^+) > 2$ ;
3.  $A_0 > 2$ .

Viceversa le condizioni di **stabilità** sono che:

1. Il picco deve apparire alla stessa frequenza sulle curve H/V corrispondenti alla somma e differenza della deviazione standard, con una percentuale del 5%;
2. La deviazione standard del picco in frequenza  $\sigma_f$ , deve essere inferiore ad una soglia massima  $\varepsilon(f_0)$ ;
3. La deviazione standard del picco in ampiezza  $\sigma_A(f_0)$ , deve essere inferiore ad una soglia massima  $\theta(f_0)$ ; Il valore  $\sigma_A(f_0)$  rappresenta il numero con cui moltiplicare e dividere la curva media H/V per ottenere le curve relative alla deviazione standard.

Di seguito sono inseriti i valori massimi accettabili per le deviazioni standard a diversi range di frequenza del picco.

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

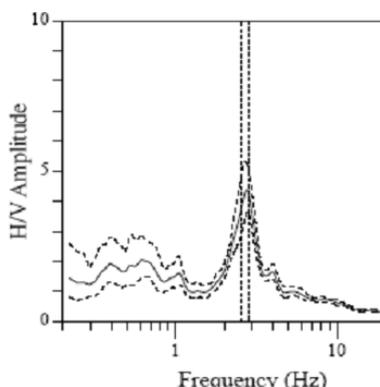
Quindi se la curva H/V per un dato sito soddisfa almeno 5 di queste 6 condizioni, il valore di  $f_0$  è da considerarsi rappresentativo della frequenza fondamentale; se l'ampiezza di picco  $A_0$  è

maggiore di 4 o 5, si può affermare con certezza che esiste una discontinuità ed un contrasto di velocità ad una qualche profondità.

Bisogna infine verificare che:

1. la frequenza  $f_0$  è consistente con la frequenza di cut-off del sensore e con la sensibilità;
2. il picco non ha origine industriale.

In basso si riporta un esempio di curva H/V, con picco ‘netto’ che soddisfa le condizioni di stabilità.



Window length $t_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows			
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_{A(f_0)}$
41	14	1561	2.72	0.11	4.4	1.2

Fig. 10 - Esempio di picco netto da SESAME (2004)

Non sempre la curva H/V mostra dei picchi netti. Talora sono poco chiari o allargati, e non soddisfano le condizioni sopra citate.

In questi casi sono imputabili a diversi fattori quali: un contrasto di impedenza moderato o alla bassa frequenza delle vibrazioni ambientali; condizioni di misura ventose e perturbate; un disaccoppiamento suolo-sensore; disturbi a bassa frequenza (camion, macchine a grande distanza); parametri di smoothing inadeguati; sensore a frequenza e sensibilità troppo basse.

### **5.3.3 – INFORMAZIONI AGGIUNTIVE AI CRITERI SESAME**

A questo punto verificati i punti sopra elencati occorre allegare a tali risultati altre informazioni non descritte nel progetto SESAME per dare maggiore stabilità all’indagine.

Di seguito l’elenco completo:

1. Stazionarietà temporale dei rapporti spettrali.

In pratica una volta effettuata la registrazione, il dato viene diviso dall’operatore in finestre temporali, per ciascuna di esse il software calcola la curva H/V e come output restituisce un diagramma FT in cui al variare del tempo viene mostrato l’andamento del segnale.

---

Il segnale è stazionario se la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura.

2. Direttività del segnale (azimuth).

Il software calcola una volta selezionate le finestre la direttività del segnale ovvero la sua provenienza rispetto all'orientazione degli assi dei sensori dello strumento (di norma la componente orizzontale NS deve essere rivolta verso Nord).

La direttività corretta si ha quando il picco H/V (nel caso sia presente uno solo altrimenti tutti i picchi) è presente da 0 a 180° (da 180° a 360° è superfluo poiché la distribuzione del segnale è speculare) ovvero le sorgenti intorno allo strumento sono uniformi in tutte le direzioni.

Viceversa in caso di segnali direttivi in un range ridotto di frequenze le cause possono essere varie tra cui sorgenti non uniformi (es. rumori industriali).

In questo caso il risultato della registrazione non è attendibile. le variazioni azimuthali di ampiezza non devono superare il 30% del massimo.

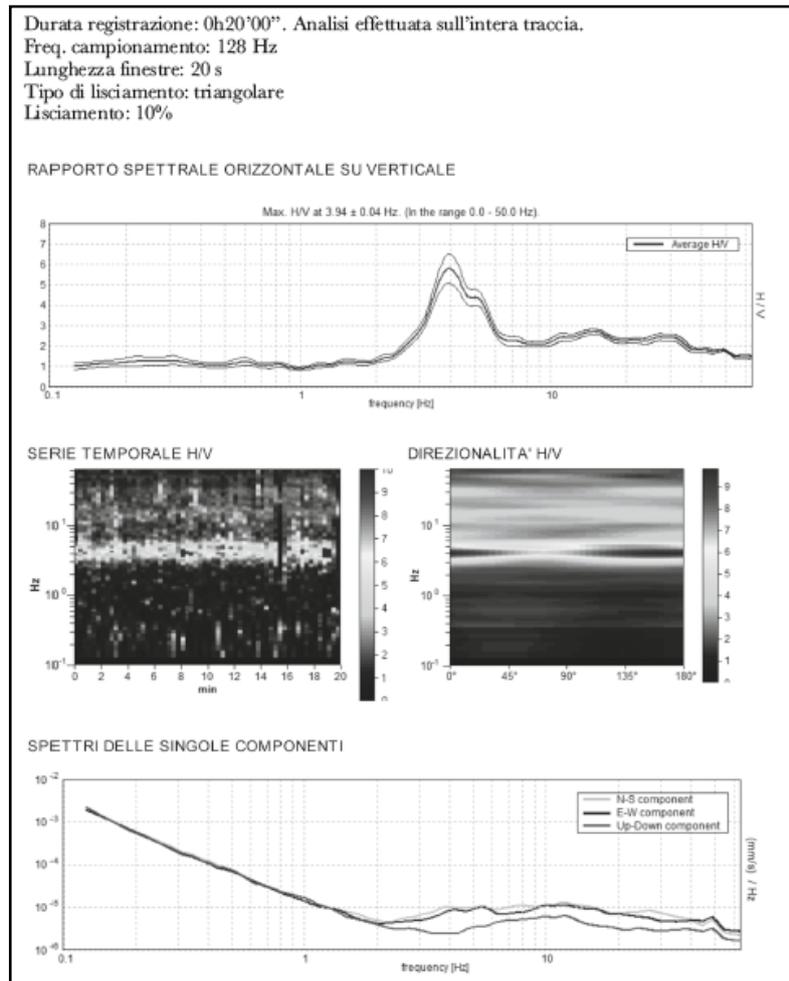
Questo deriva dal fatto che, nonostante la natura stocastica del fenomeno, in presenza di un campo d'onda diffuso, ovvero caratterizzato da sorgenti posizionate in maniera statisticamente omogenea attorno al sito di misura che si attivano in maniera non coordinata, l'andamento medio del segnale risulterà statisticamente indipendente dalla loro natura e posizione e sarà condizionato soprattutto dalla struttura del sottosuolo.

3. Si deve inoltre allegare l'andamento complessivo del rapporto H/V e gli spettri di ciascuna componente.

Ciò è utile per verificare che in corrispondenza del picco ci sia un effettivo abbassamento della componente verticale rispetto alle componenti orizzontali (plausibilità fisica).

Inoltre mediante il confronto dei vari spettri è possibile verificare se lo strumento è bene in bolla e l'eventuale presenza di inversioni di velocità caratterizzate contrariamente da quanto detto in precedenza da un abbassamento delle componenti orizzontali rispetto alla componente verticale.

4. Bisogna verificare l'assenza di rumore elettromagnetico caratterizzato da una forte direttività e da picchi molto stretti nella curva H/V.



**Picco H/V a 3.9 ± 0.04 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz).**

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	3.94 > 0.50	OK	
$n_s(f_0) > 200$	4725.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 190	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste $f^*$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	3.031 Hz	OK	
Esiste $f^*$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	5.938 Hz	OK	
$A_0 > 2$	5.79 > 2	OK	
$f_{\text{max}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.00462  < 0.05	OK	
$\sigma_f < g(f_0)$	0.01818 < 0.19688	OK	
$\sigma_A(f_0) < 0(f_0)$	0.3534 < 1.58	OK	

Fig. 11 - Esempio di acquisizione corretta e presentazione dei risultati (D.Albarello,S.Castellaro, 2011)

## 5.4 – VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE MISURE HVSR

E' proposta, quale metodo di valutazione della qualità tecnica delle misure HVSR acquisite, la classificazione proposta da Albarello et alii, 2010 e Albarello & Castellaro,2011.

---

L'obiettivo della classificazione è fornire una indicazione immediata circa la qualità delle singole misure H/V, con lo scopo di aiutare gli operatori nella fase interpretativa e nel confronto con altri dati osservati.

La classificazione di Albarello et alii, 2010 e Albarello & Castellaro, 2011 si divide in 3 classi principali: Classe A, Classe B e Classe C.

**Classe A:** H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.

1. la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (stazionarietà)
2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (isotropia)
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (assenza di disturbi)
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (plausibilità fisica)
5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3 criteri) sono verificati (robustezza statistica)
6. la misura è durata almeno 15/20 minuti (durata)

ECCEZIONE per la Classe A: misure effettuate su roccia integra affiorante o in zone alluvionali fini con basamento sismico molto profondo (tipicamente > 1 km) possono non mostrare alcun picco statisticamente significativo della curva H/V nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico, a causa dell'assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati. In questi casi, in cui la curva H/V apparirà piatta e con ampiezza circa pari a 1, il criterio 5 risulterà non verificato anche se la misura è di fatto attendibile.

**Classe B:** curva H/V sospetta (da "interpretare"): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze

1. almeno una delle condizioni della classe A non è soddisfatta, a condizione che non si rientri nell'ECCEZIONE per la Classe A.

**Classe C:** curva H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata

1. misura di tipo B nella quale la curva H/V mostra una ampiezza crescente al diminuire della frequenza (deriva), indice di un movimento dello strumento durante la misura
2. misura di tipo B nella quale si evidenzia la presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di potenziale interesse.

Per le sole Classi A e B si possono pertanto definire due sottoclassi delle classi precedenti, ossia: Tipo 1. Presenta almeno un picco "chiaro" secondo i criteri di SESAME: possibile

---

risonanza Tipo 2. Non presenta picchi “chiari” nell’intervallo di frequenze di interesse: assenza di risonanza

### **5.5 – CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA**

Le misure di rumore HVSR sono state tutte registrate mediante l’utilizzo del tromografo *THEREMINO*, costituito da geofoni con frequenza di 4.5 Hz

La sua particolare forma e utilizzo è il risultato di alcune considerazioni sperimentali e non per motivi estetici o di designer:

- 1- Forma circolare per avere la minima resistenza al vento;
- 2- Cupola emisferica ribassata per avere la minima resistenza al vento;
- 3- Baricentro molto ribassato per avere la massima stabilità;
- 4- Peso aumentato da una zavorra in piombo;
- 5- Diametro sufficientemente largo per avere una maggiore stabilità;
- 6- Materiale in policarbonato per isolare acusticamente i geofoni dai rumori antropici ed ambientali;
- 7- I cavi non devono essere posizionati verticalmente rispetto allo strumento perché causano vibrazioni dovute al vento, il cavo ha l'effetto " bandiera " generando frequenze orizzontali che non hanno nulla a che fare con i microtremori;
- 8- Aumento della larghezza della base di appoggio, in questo modo i tre puntali che poggiano sul terreno aumentano la stabilità dello strumento e garantiscono una riduzione della rumorosità strumentale indotta da vento e rumori antropici;
- 9- Distanza identica tra i vari puntali, in questo modo si ha una eguale distribuzione a 360° delle vibrazioni indotte dal terreno;
- 10- Con il piombo di zavorra si è aumentata la pressione sul terreno evitando così saltellamenti verticali e garantendo una maggiore aderenza e continuità tra terreno e strumento;
- 11- La zavorra in piombo posizionata nella parte medio bassa della piastra e l'alleggerimento della cupola hanno spostato il baricentro strumentale a pochi cm dal piano di appoggio sul terreno, ciò va a favore della stabilità;
- 12- La forma rotondeggiante della piastra e la forma emisferica della cupola permette di avere un alto grado di impermeabilità al vento, possibile affondare la piastra di 4- 5 cm nel terreno estirpando la cortina erbosa superficiale, in questo modo dal piano di campagna spunta solo la cupola riducendo ulteriormente l'effetto vento;

- 
- 13- Isolamento acustico del geofono grazie allo spessore della cupola, in questo modo di riduce l'effetto "microfono" dei geofoni che trasformano i rumori acustici in fastidiosi disturbi e rumori random;
  - 14- Spessori centimetrici delle pareti dell'ufo per evitare vibrazioni dannose dovute a spessori millimetrici dei contenitori spesso in plastica della scatola utilizzata;
  - 15- Minima superficie laterale per ridurre l'impatto con il vento;
  - 16- La forma tondeggiante e emisferica della piastra e della cupola permette di avere la medesima disposta al vento in tutti i 360 gradi;
  - 17- Contenitore basso e largo, e pesante al contrario di molti strumenti stretti alti e leggeri con pareti di lamierino sottile (vere casse acustiche), il contrario di come dovrebbero essere;
  - 18- Molta cura nel posizionamento all'interno dello strumento dell'elettronica e dei geofoni, riduzione al massimo di componenti inutili che hanno lo scopo di sporcare il segnale e una cura per schermare il segnale da inquinamento elettromagnetico.

---

## **6 – BIBLIOGRAFIA**

C. Park, R. Miller, J. Xia. Multichannel Analysis of Surface Waves, *Geophysics*, 64(3), 800-808, 1999.

C. Park, R. Miller, J. Xia and J. Ivanov. Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) – active and passive methods, *The Leading Edge* (January 2007).

M. Cercato. Addressing non-uniqueness in linearized multichannel surface wave inversion, *Geophysical Prospecting*, 00, 1-21, 2008.

S. Foti, F. Santucci de Magistris, F. Silvestri, C. Eva. Valutazione degli standard di esecuzione e dell'efficacia delle indagini di sismica attiva e passiva, 2008.

D. Albarello, S. Castellaro. Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola *Ingegneria Sismica Anno XXVIII – n. 2 – 2011*.

M. Bour\*, D. Fouissac, P. Dominique & C. Martin. On the use of microtremor recordings in seismic microzonation (1998).

SESAME European research project. Guidelines for implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations, measurements, processing and interpretation (2004).

## **ALLEGATI**

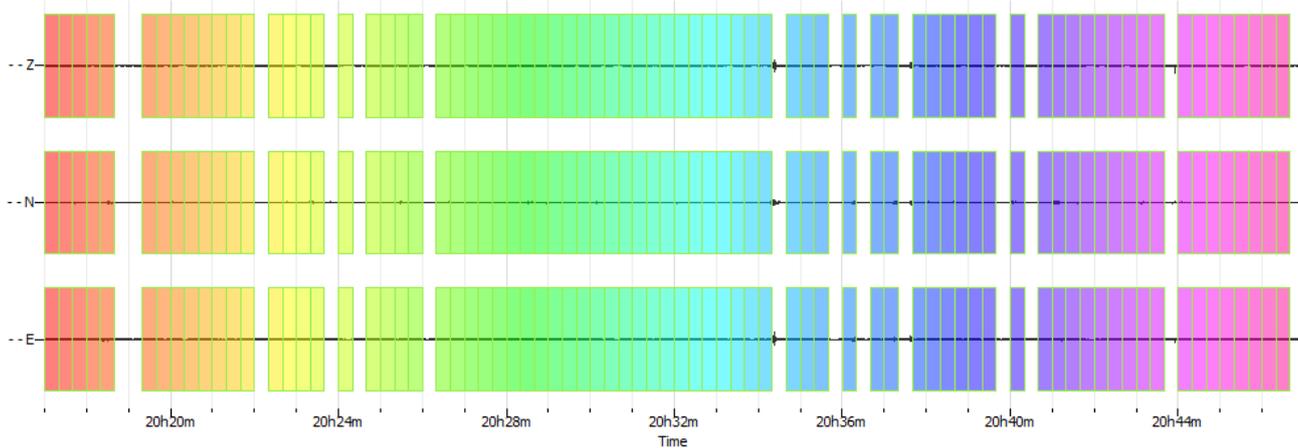
- - **ALLEGATO GRAFICO: ACQUISIZIONI MICROTREMORI – RAPPORTO SPETTRALE H/V – SPETTRO DELLE SINGOLE COMPONENTI – CRITERI DI AFFIDABILITÀ SESAME – CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII**
- **ALLEGATO GRAFICO: ELABORAZIONI INDAGINI SISMICA A RIFRAZIONE P/SH – MASW/ESAC**
- **ALLEGATO GRAFICO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE**

- **ALLEGATO GRAFICO: ACQUISIZIONI MICROTREMORI – RAPPORTO SPETTRALE H/V – SPETTRO DELLE SINGOLE COMPONENTI – CRITERI DI AFFIDABILITÀ SESAME – CLASSIFICAZIONE PROPOSTA DA ALBARELLO ET ALII**

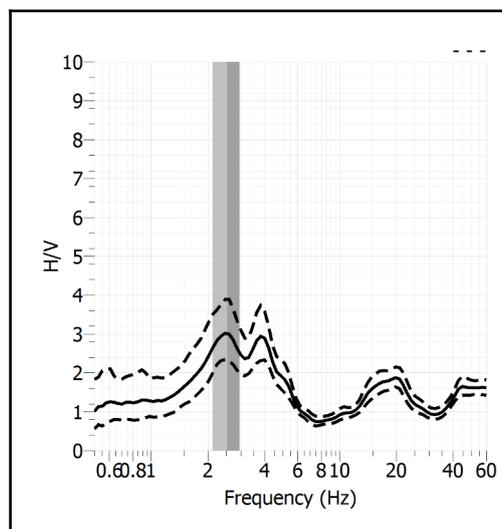
<b>Stazione</b>	1	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	76 (84% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>2.53 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>3.01</b>

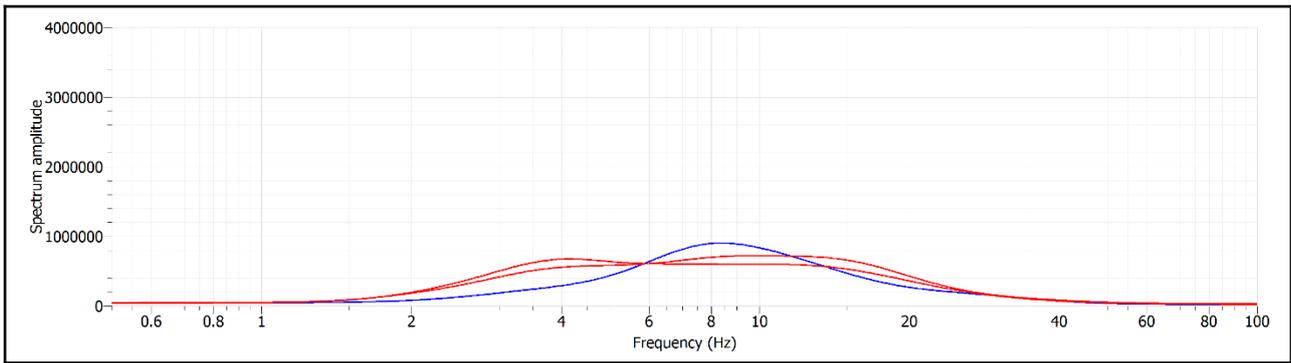
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



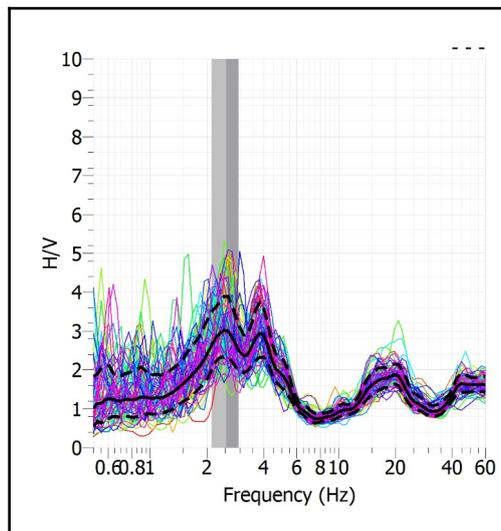
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



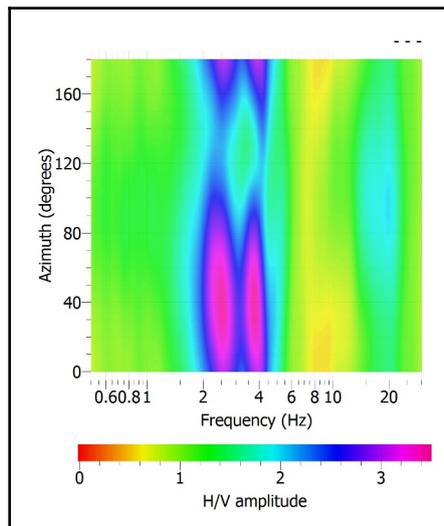
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	76	3854	2.536	0.41	3.01	1.29	MODERATO

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b>			
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]			
$f_0 > 10/Lw$		2.536 > 0.500	<b>O K</b>
$n_c(f_0) > 200$		3854 > 200	<b>O K</b>
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 29	<b>O</b>
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			<b>K</b>
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b>			
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>		<b>O K</b>
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>		<b>O K</b>
	$A_0 > 2$	3.0077 > 2	<b>O K</b>
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		<b>O K</b>
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.4132 > 0.1268	<b>O K</b>
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2931 < 1.5800	<b>O K</b>

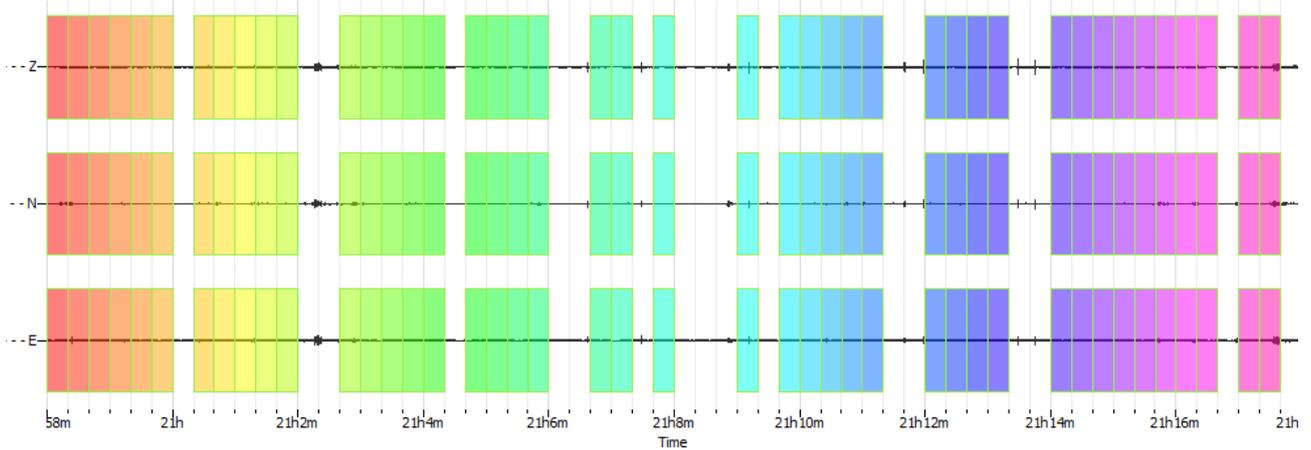
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE **A1**

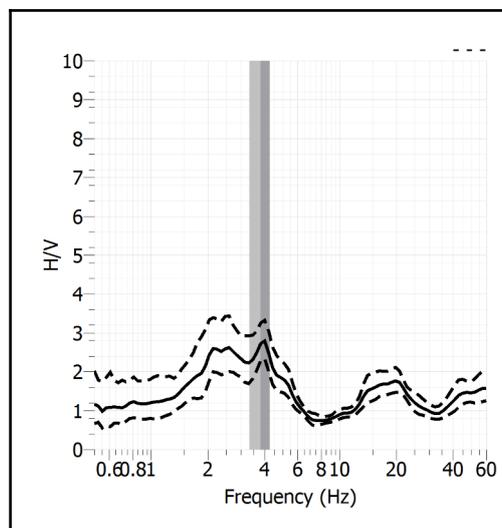
<b>Stazione</b>	2	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	20 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	43 (72% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (<math>f_0</math>)</b>	<b>3.80 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza <math>f_0</math></b>	<b>2.72</b>

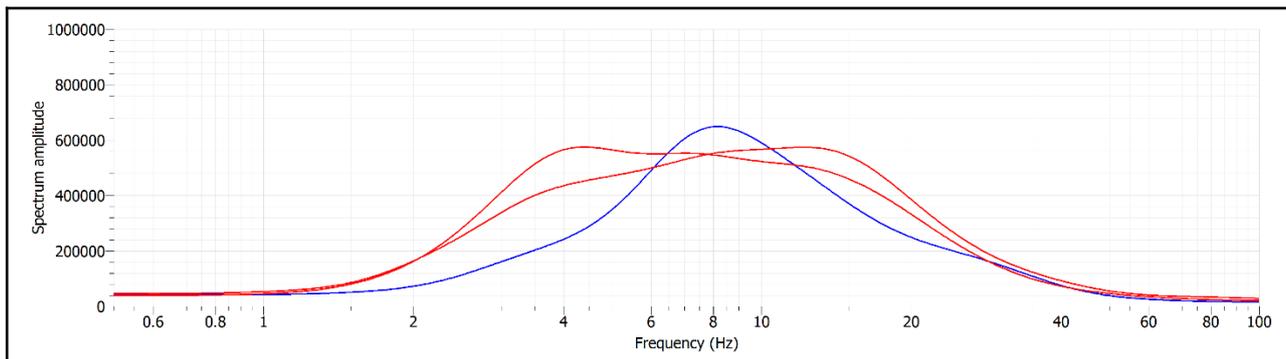
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



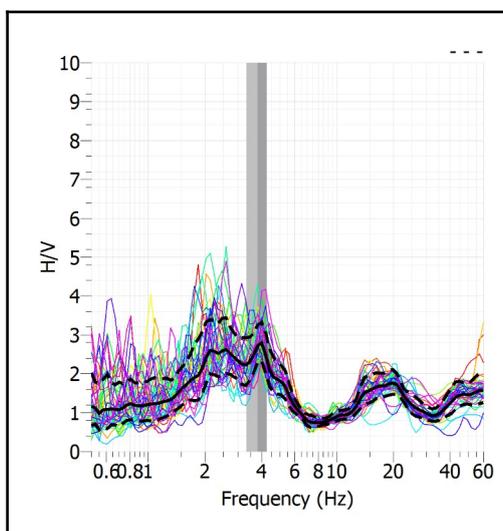
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



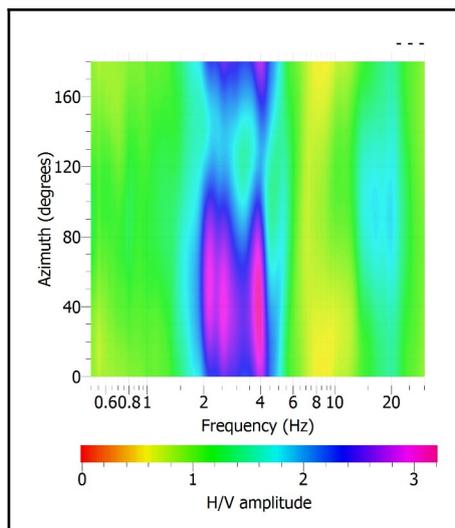
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica	
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$		
20.00	43	3271	3.803	0.48	2.72	1.20	BASSO	
<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]								
$f_0 > 10/L_w$						3.803 > 0.500	OK	
$n_c(f_0) > 200$						3271 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$						Superato 0 volte su 30	OK	
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]								
Amplitude conditions	$\text{Esiste } f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$						OK	
	$\text{Esiste } f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$						OK	
	$A_0 > 2$						2.7209 > 2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$						NO	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$						0.4754 > 0.1902	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$						1.1950 < 1.5800	OK

#### ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)

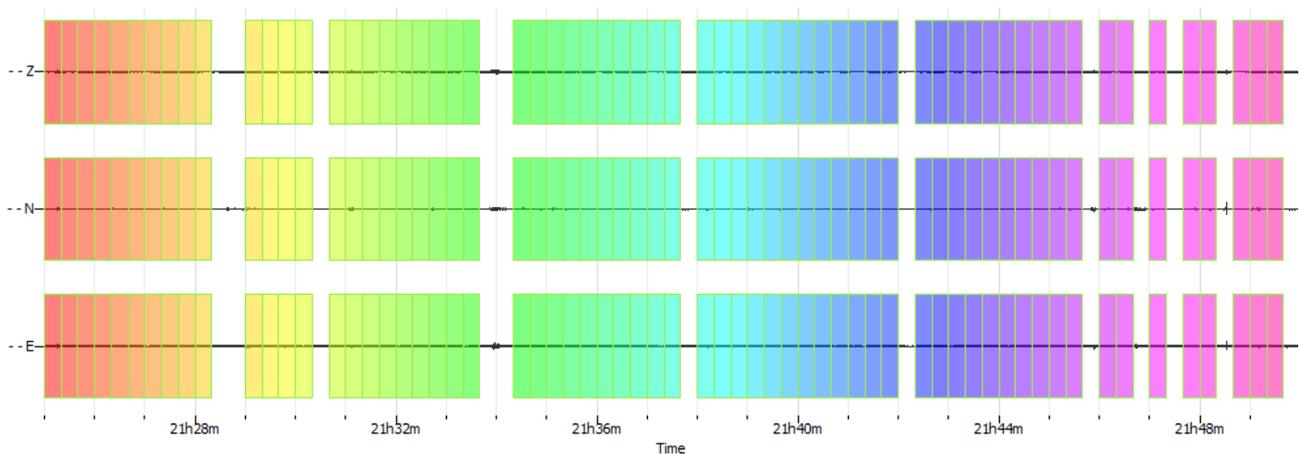
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

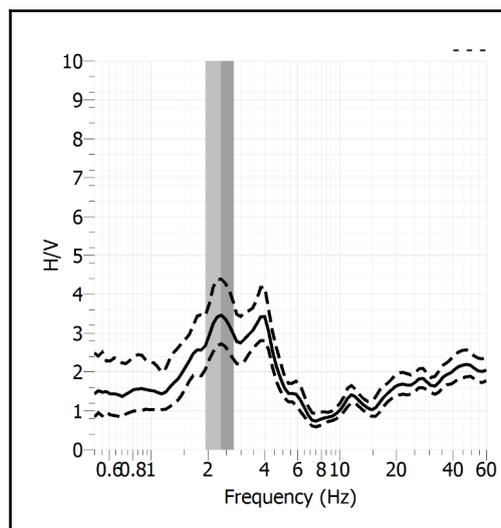
<b>Stazione</b>	3	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	25 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	63 (84% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>2.35 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>3.46</b>

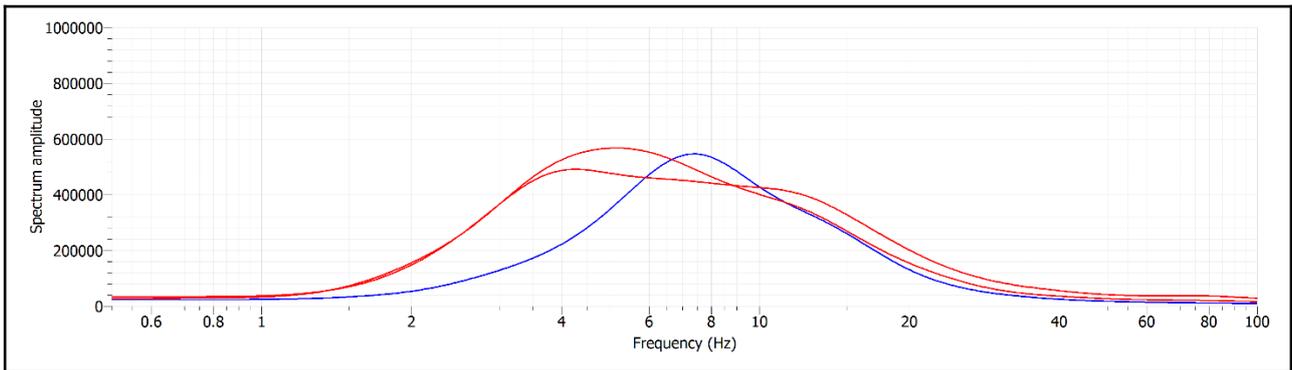
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



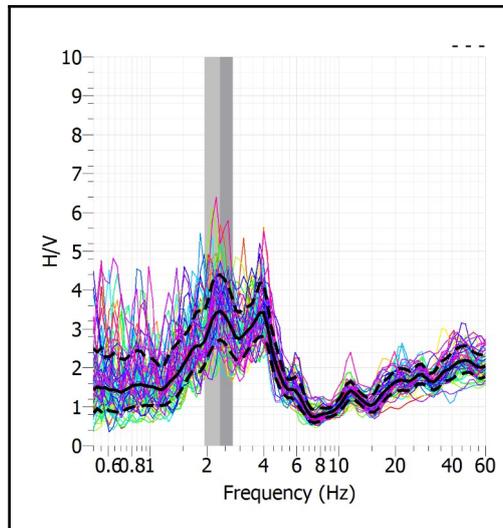
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



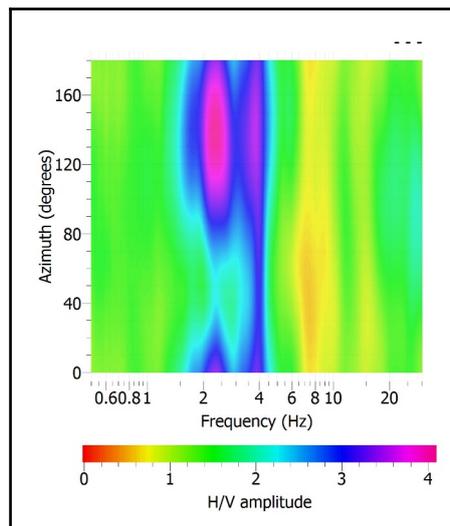
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	63	2962	2.351	0.40	3.46	1.27	MODERATO

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]			
$f_0 > 10/L_w$	2.351 > 0.500		<b>OK</b>
$n_c(f_0) > 200$	2962 > 200		<b>OK</b>
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 30		<b>OK</b>
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>		<b>OK</b>
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>		<b>OK</b>
	$A_0 > 2$	3.4570 > 2	<b>OK</b>
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		<b>NO</b>
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.3999 > 0.1176	<b>OK</b>
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2700 < 1.5800	<b>OK</b>

#### ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)

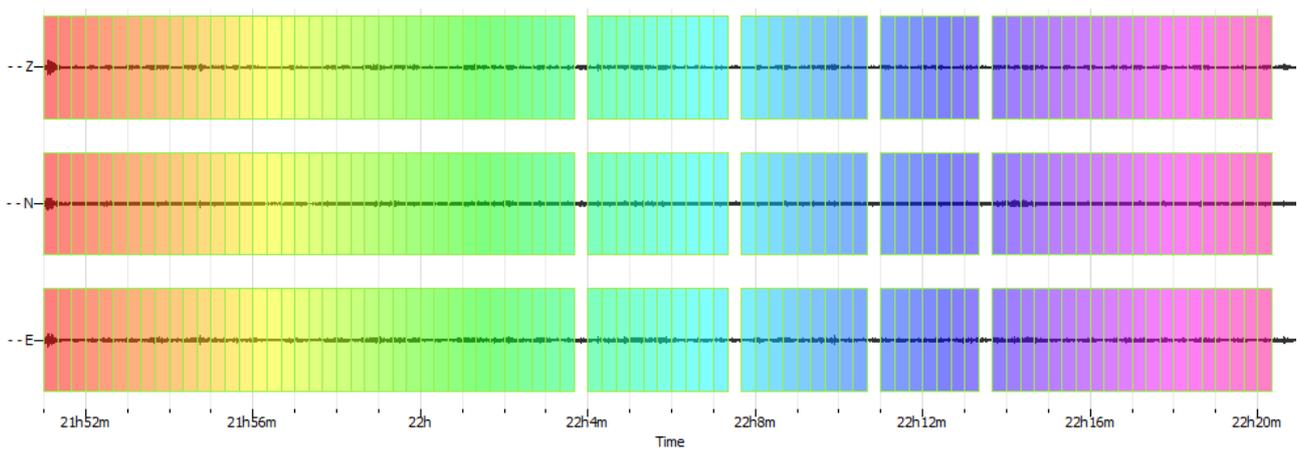
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

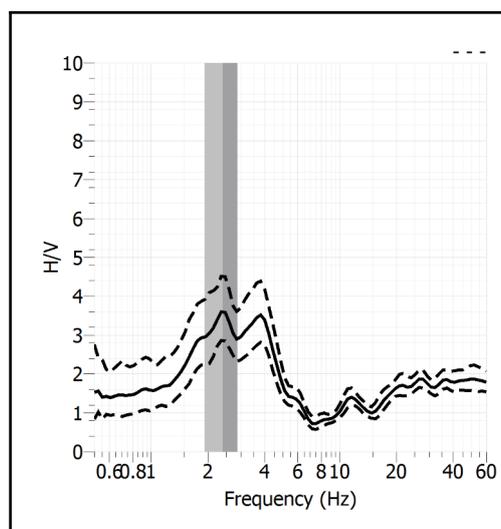
<b>Stazione</b>	4	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	84 (93% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamto</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamto</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>2.40 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>3.59</b>

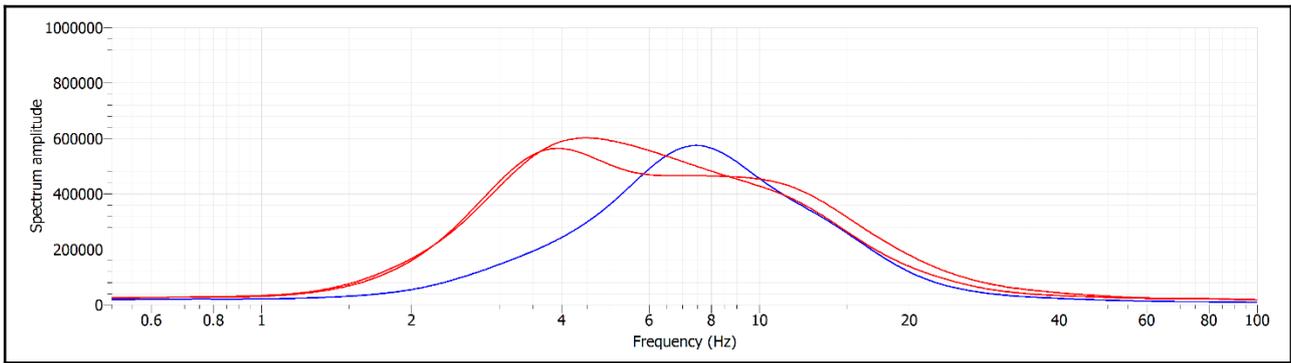
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



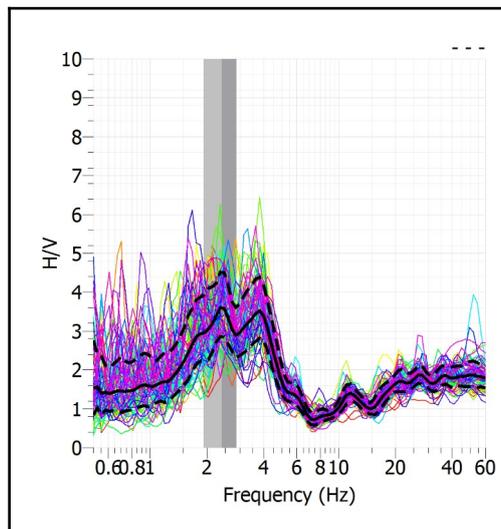
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



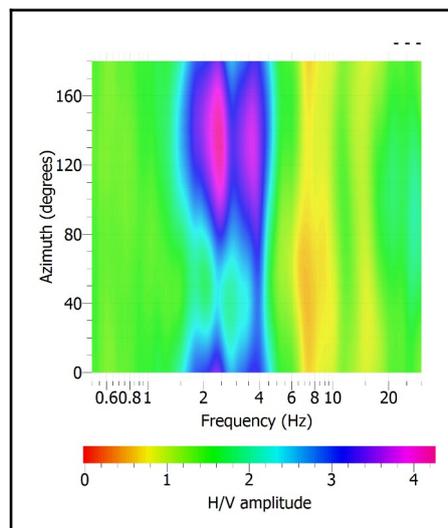
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	84	4038	2.403	0.47	3.59	1.26	MODERATO

<b>Criteria per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/Lw$	2.403	>	0.500	OK	
$n_c(f_0) > 200$	4038	>	200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 29			OK	
<b>Criteria per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste $f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$			OK	
	Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$			OK	
	$A_0 > 2$	3.5883	>	2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$			OK	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.4722	>	0.1202	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2553	<	1.5800	OK

#### ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)

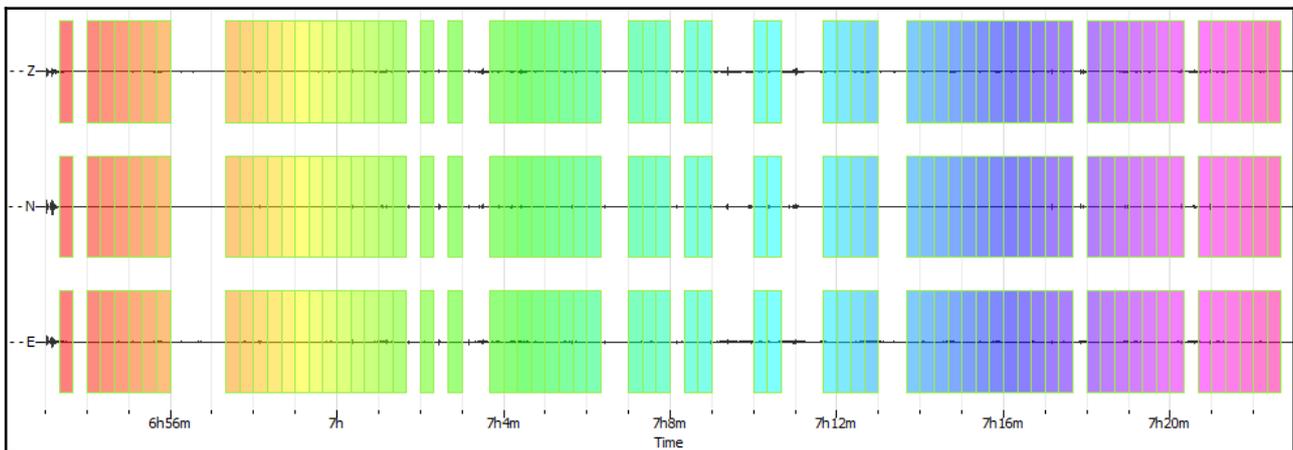
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

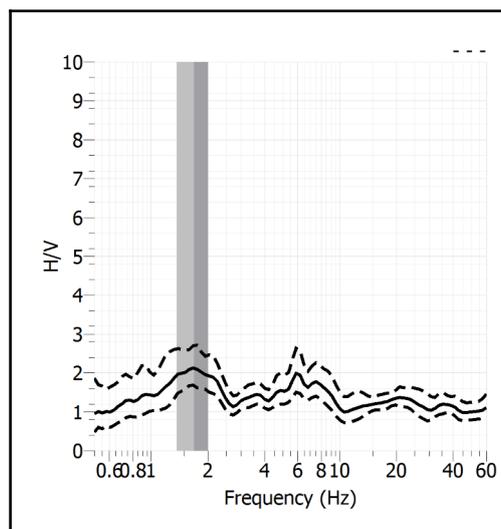
<b>Stazione</b>	5	
<b>Strumento</b>	Theringino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	66 (73% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>1.69 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.12</b>

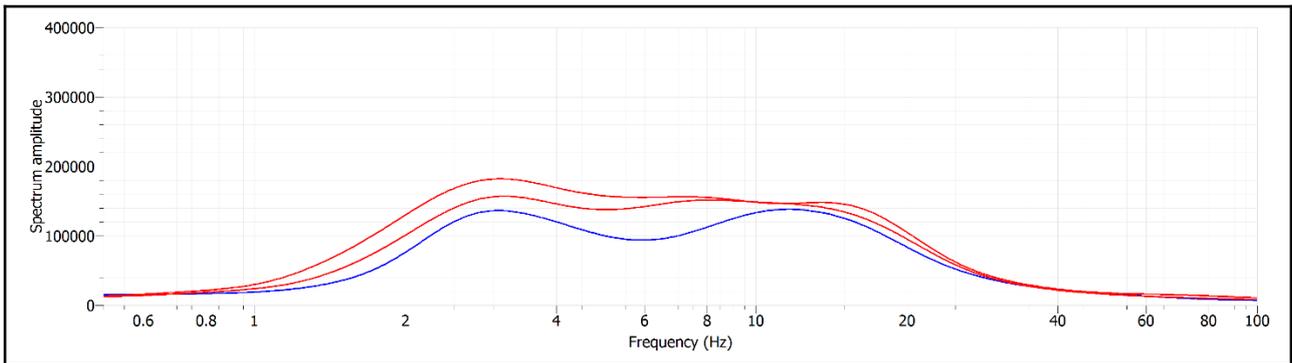
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



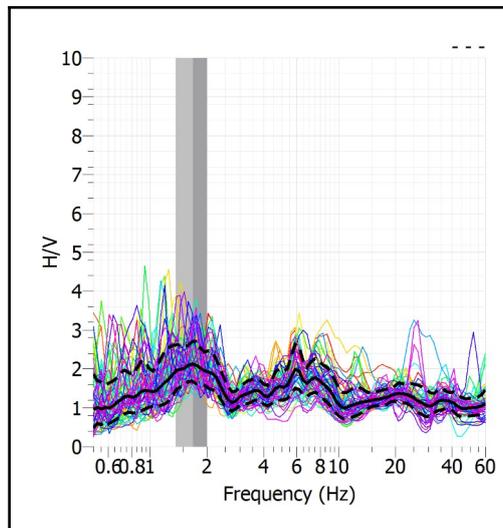
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



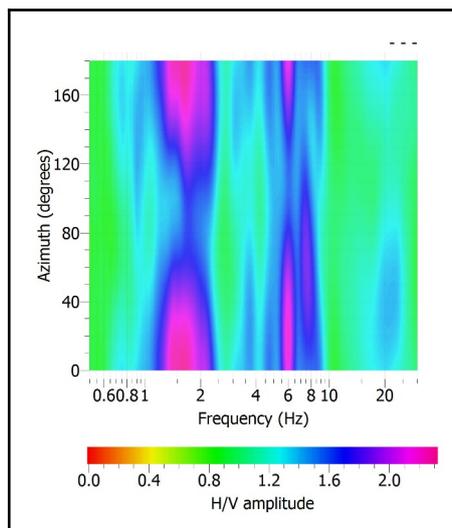
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	66	2231	1.690	0.32	2.12	1.29	BASSO

<b>Criteria per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/Lw$	1.690	>	0.500	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2231	>	200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 30			OK	
<b>Criteria per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste $f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$			OK	
	Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$			NO	
	$A_0 > 2$	2.1250	>	2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$			OK	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.3175	>	0.1690	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2868	<	1.7800	OK

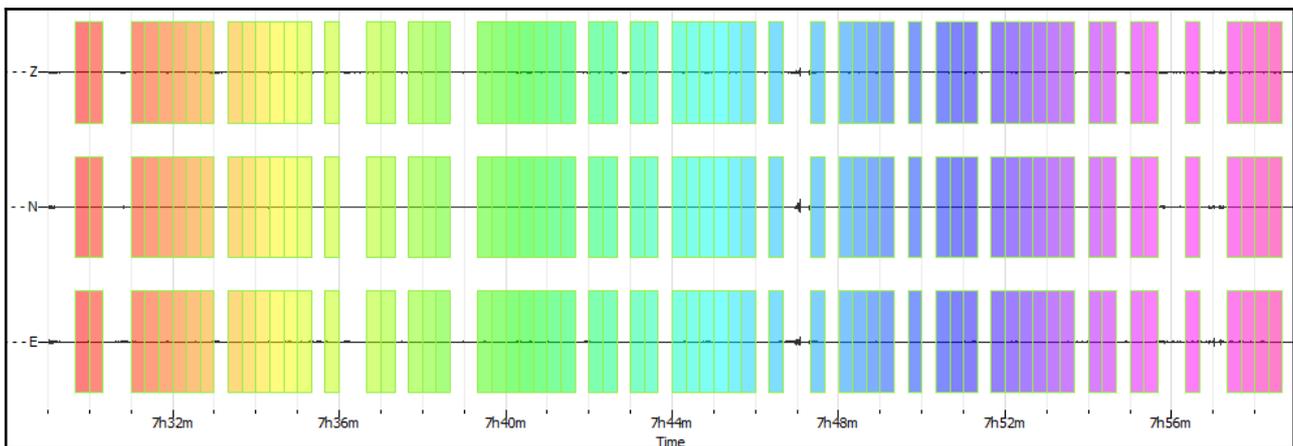
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

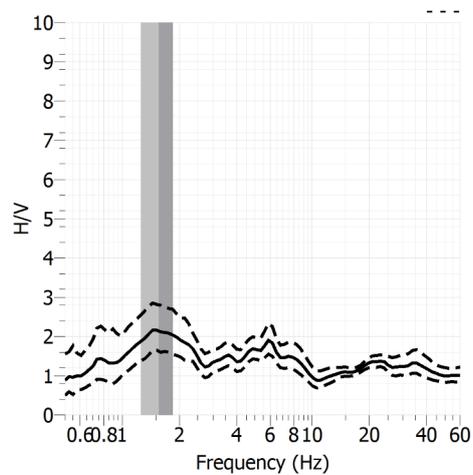
<b>Stazione</b>	6	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	62 (68% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>1.55 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.14</b>

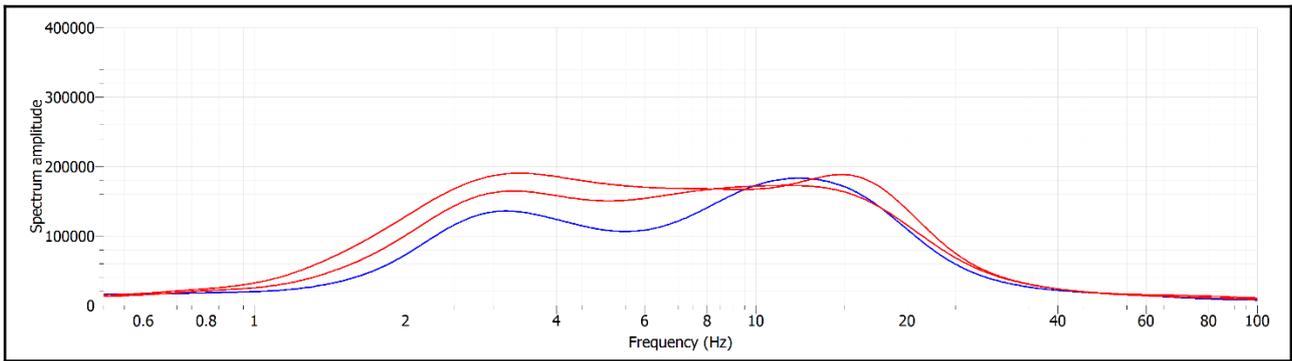
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



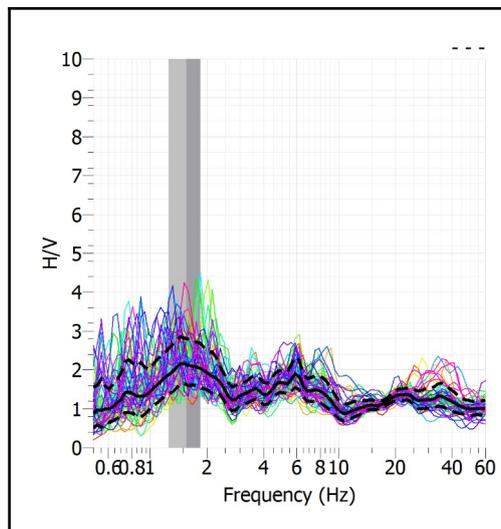
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



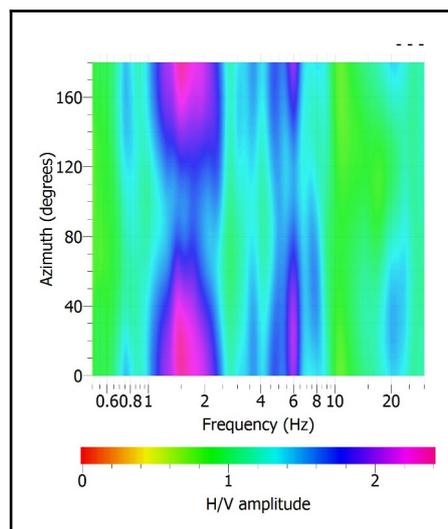
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica	
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$		
20.00	62	1928	1.555	0.30	2.14	1.31	BASSO	
<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]								
$f_0 > 10/L_w$			1.555 > 0.500			OK		
$n_c(f_0) > 200$			1928 > 200			OK		
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$			Superato 0 volte su 29			OK		
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$						OK		
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]								
Amplitude conditions	Esiste $f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$					OK		
	Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$					NO		
	$A_0 > 2$			2.1395 > 2			OK	
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$					NO		
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$			0.3030 > 0.1555			OK	
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$			1.3142 < 1.7800			OK	

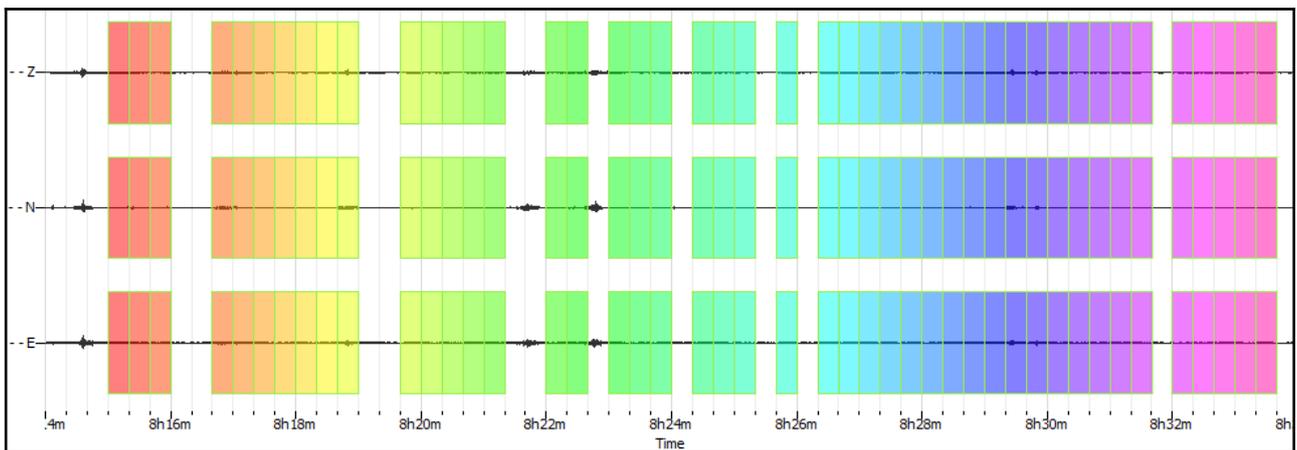
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

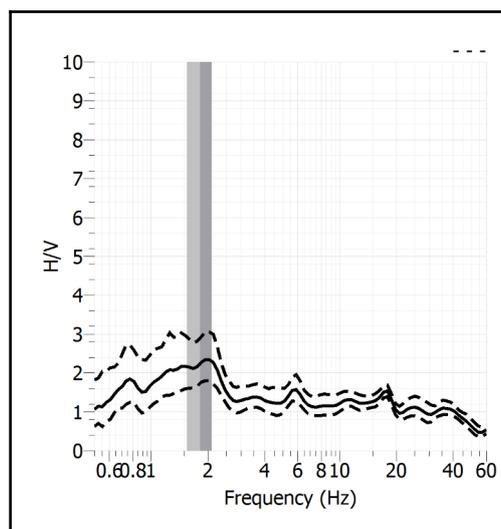
<b>Stazione</b>	7	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	20 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	45 (75% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>1.82 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.25</b>

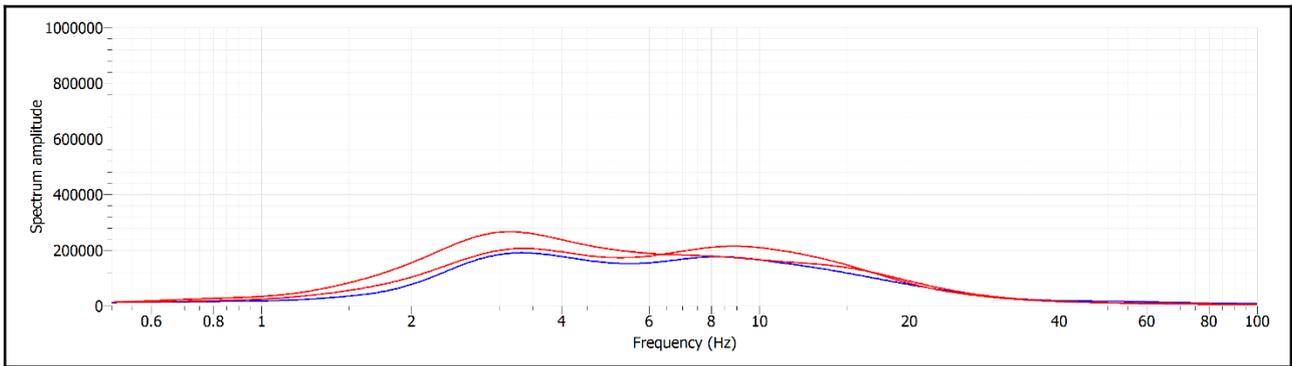
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



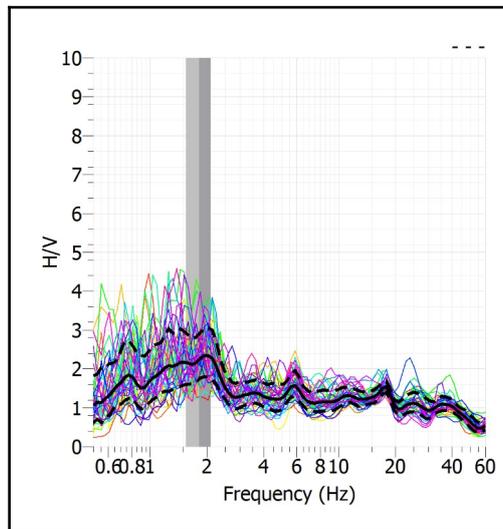
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



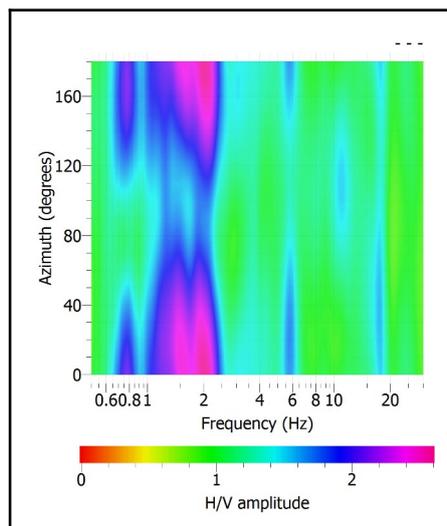
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	45	1646	1.829	0.28	2.25	1.29	BASSO

<b>Criteria per una curva H/V affidabile</b>					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/Lw$	1.829	>	0.500	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	1646	>	200	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 30			<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$				<b>OK</b>	
<b>Criteria per un picco H/V chiaro</b>					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>			<b>NO</b>	
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>			<b>NO</b>	
	$A_0 > 2$	2.2533	>	2	<b>OK</b>
Stability conditions	<b><math>f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>			<b>NO</b>	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.2767	>	0.1829	<b>OK</b>
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2895	<	1.7800	<b>OK</b>

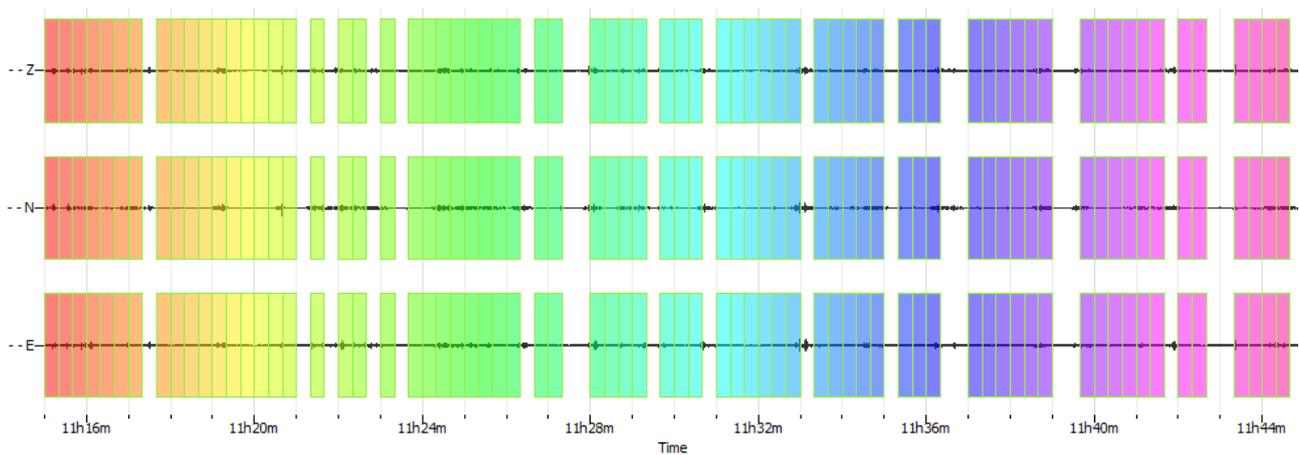
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

<b>CLASSE</b>	<b>A1</b>
---------------	-----------

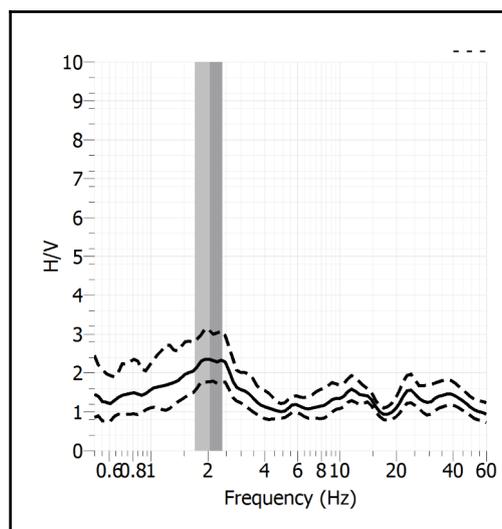
<b>Stazione</b>	8	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	70 (78% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamto</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamto</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>2.05 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.34</b>

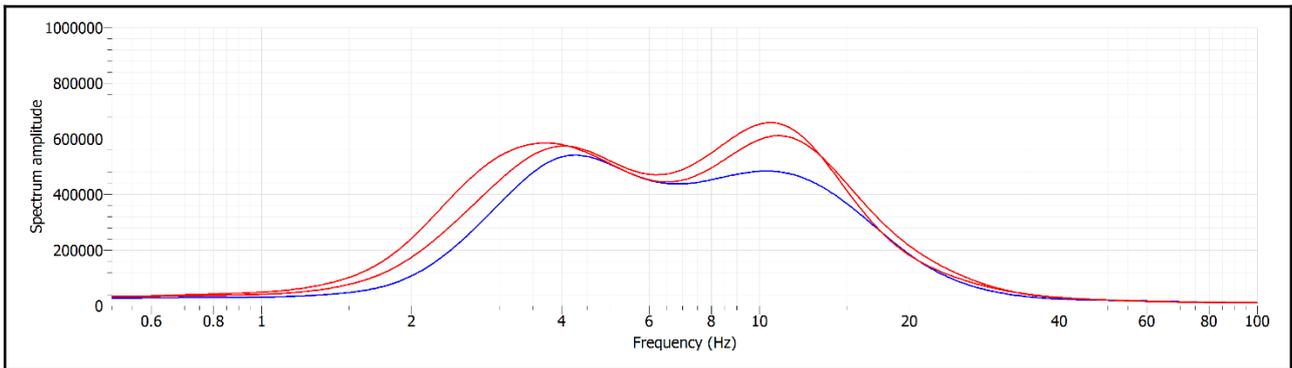
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



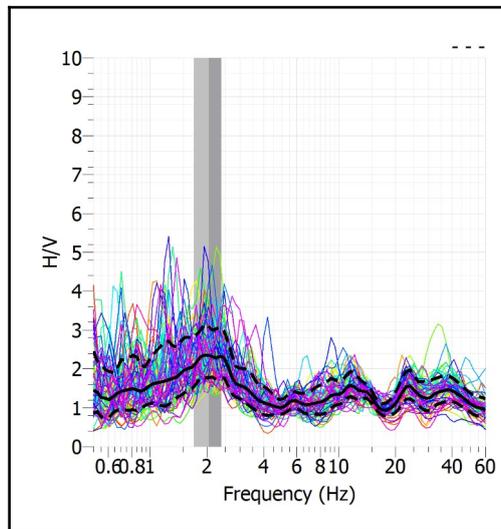
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



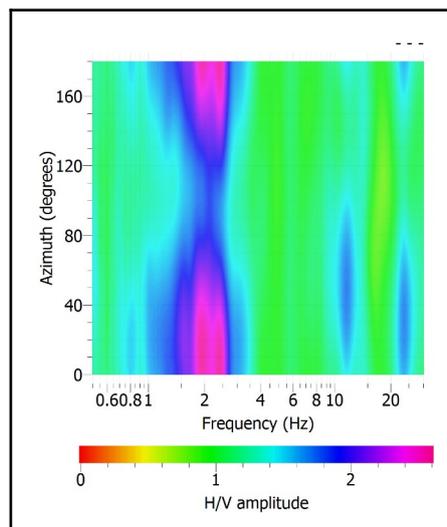
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	70	2875	2.054	0.34	2.34	1.30	BASSO

<b>Criteria per una curva H/V affidabile</b>					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$	2.054	>	0.500	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2875	>	200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 30			OK	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$				OK	
<b>Criteria per un picco H/V chiaro</b>					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>			NO	
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>			OK	
	$A_0 > 2$	2.3409	>	2	OK
Stability conditions	<b><math>f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>			NO	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.3444	>	0.1027	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.3028	<	1.5800	OK

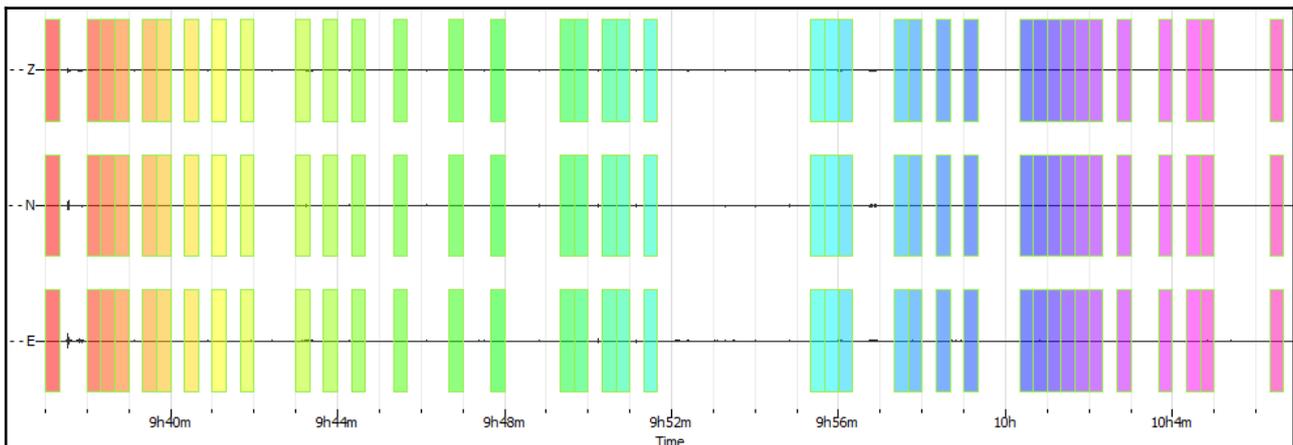
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

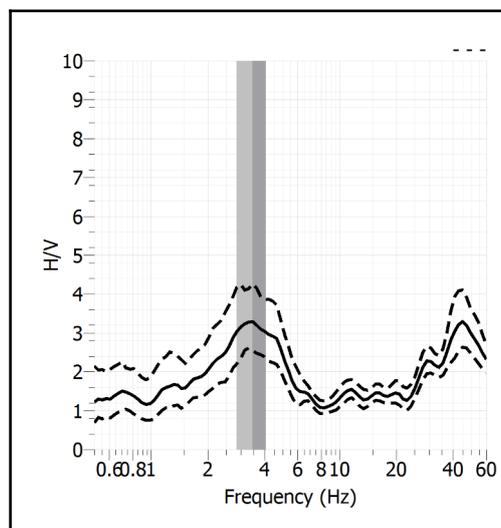
<b>Stazione</b>	9	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	38 (42% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>3.44 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>3.29</b>

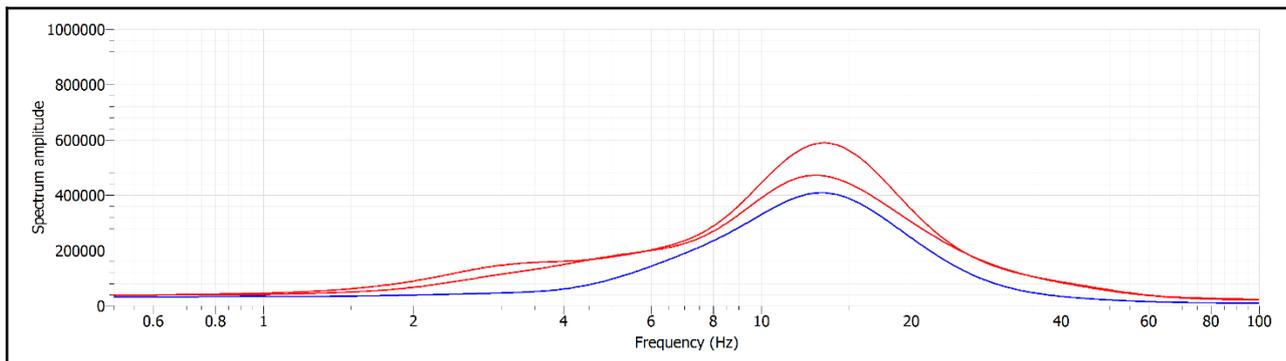
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



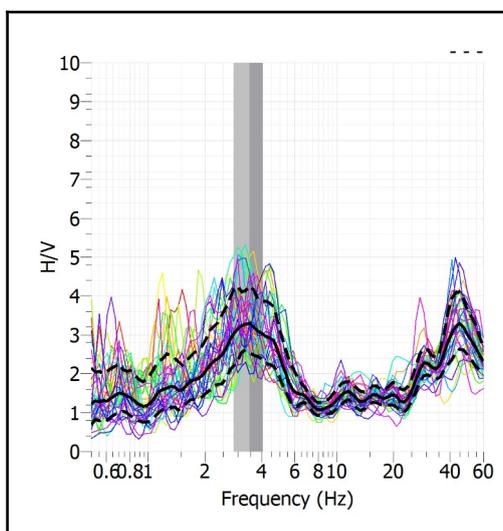
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



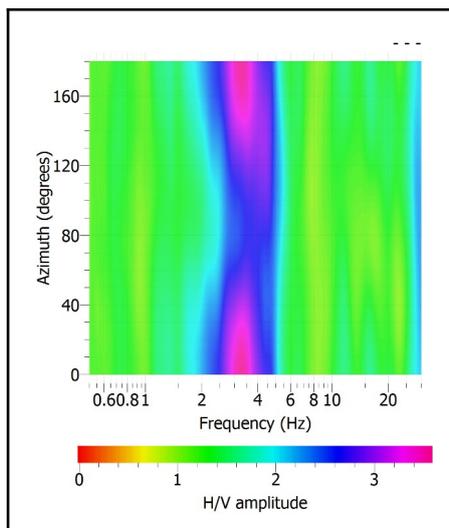
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica	
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$		
20.00	38	2621	3.449	0.61	3.29	1.28	MODERATO	
<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]								
$f_0 > 10/L_w$						3.449 > 0.500	OK	
$n_c(f_0) > 200$						2621 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$						Superato 0 volte su 30	OK	
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]								
Amplitude conditions	$\text{Esiste } f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$						OK	
	$\text{Esiste } f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$						OK	
	$A_0 > 2$						3.2922 > 2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$						NO	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$						0.6093 > 0.1725	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$						1.2792 < 1.5800	OK

#### ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)

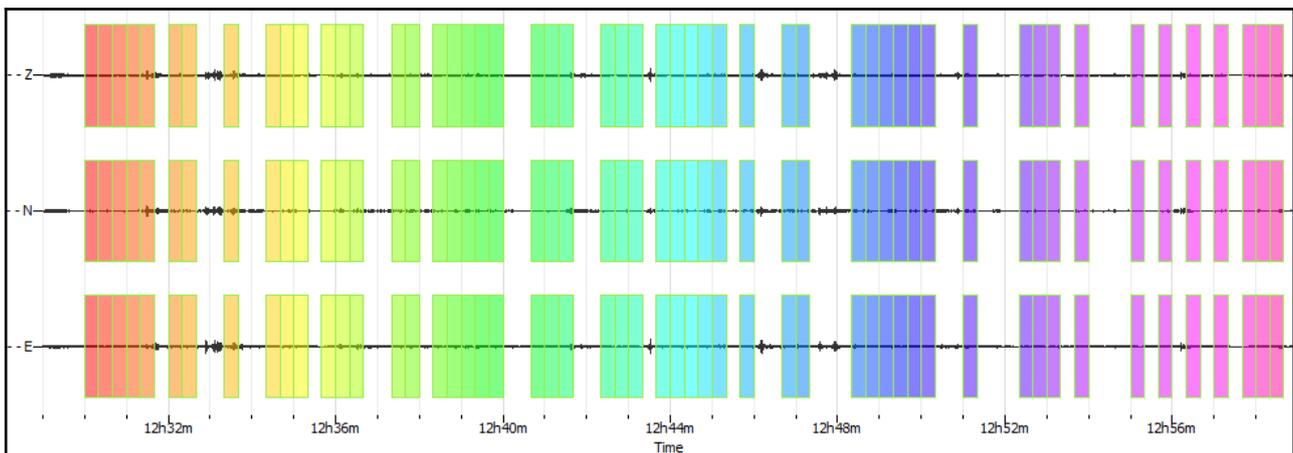
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

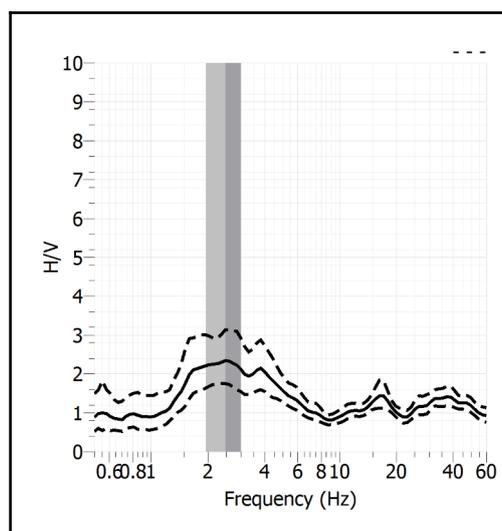
<b>Stazione</b>	10	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	53 (59% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>2.48 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.34</b>

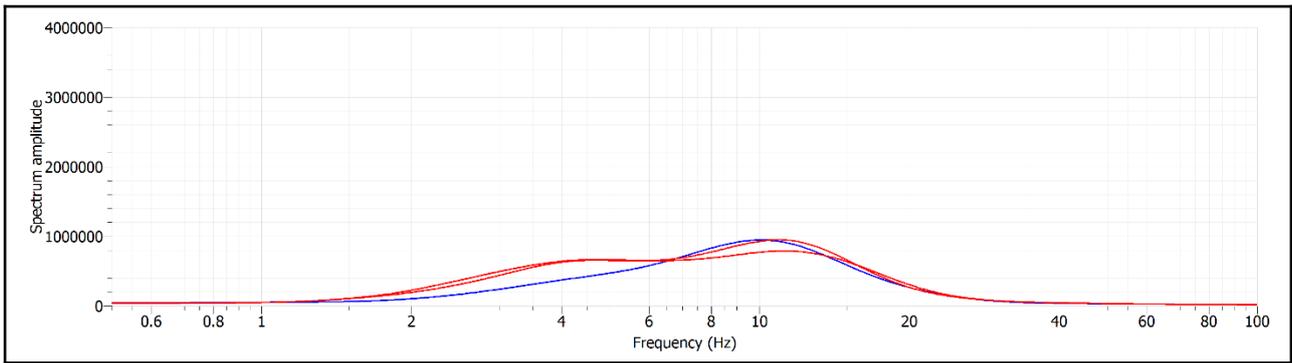
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



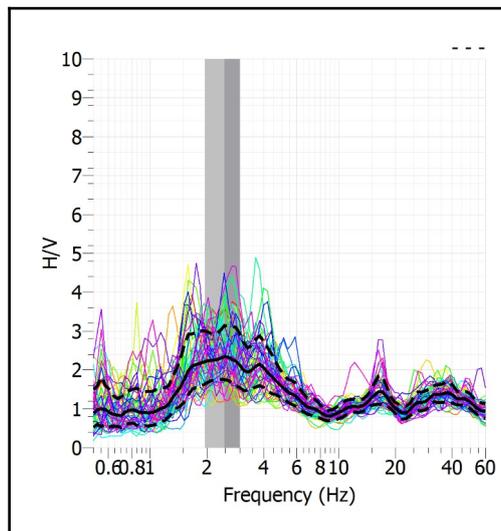
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



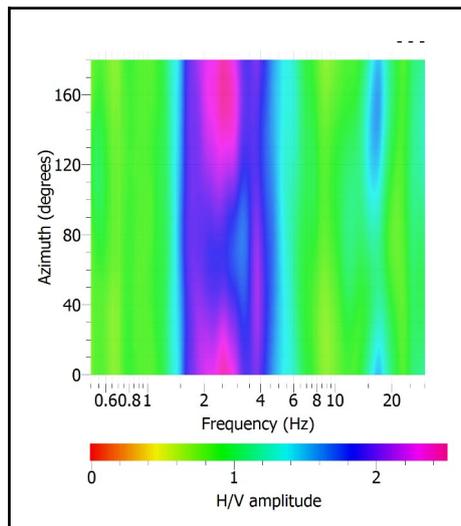
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	53	2630	2.481	0.52	2.34	1.34	BASSO

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b>			
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]			
$f_0 > 10/Lw$		2.481 > 0.500	<b>O K</b>
$n_c(f_0) > 200$		2630 > 200	<b>O K</b>
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 30	<b>O K</b>
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			<b>O K</b>
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b>			
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Amplitude conditions	$\text{Esiste } f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$		<b>O K</b>
	$\text{Esiste } f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$		<b>O K</b>
	$A_0 > 2$	2.3424 > 2	<b>O K</b>
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		<b>O K</b>
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.5226 > 0.1240	<b>O K</b>
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.3449 < 1.5800	<b>O K</b>

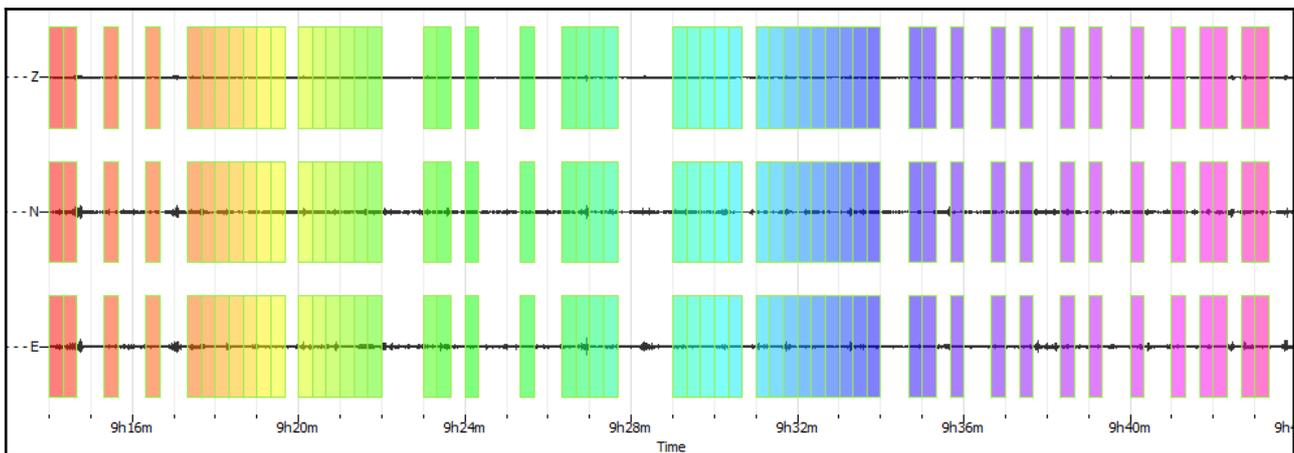
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

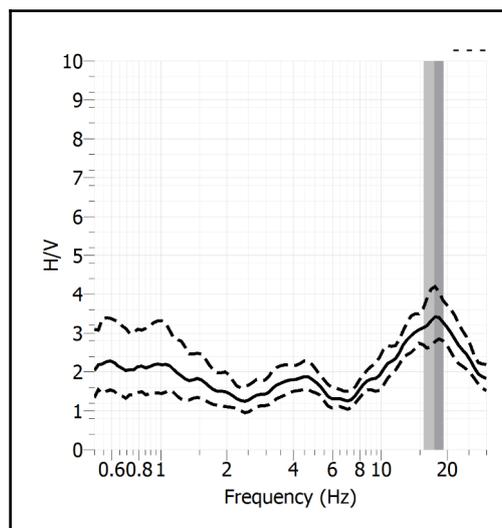
<b>Stazione</b>	11	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	52 (58% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamo</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamo</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>17.42 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>3.40</b>

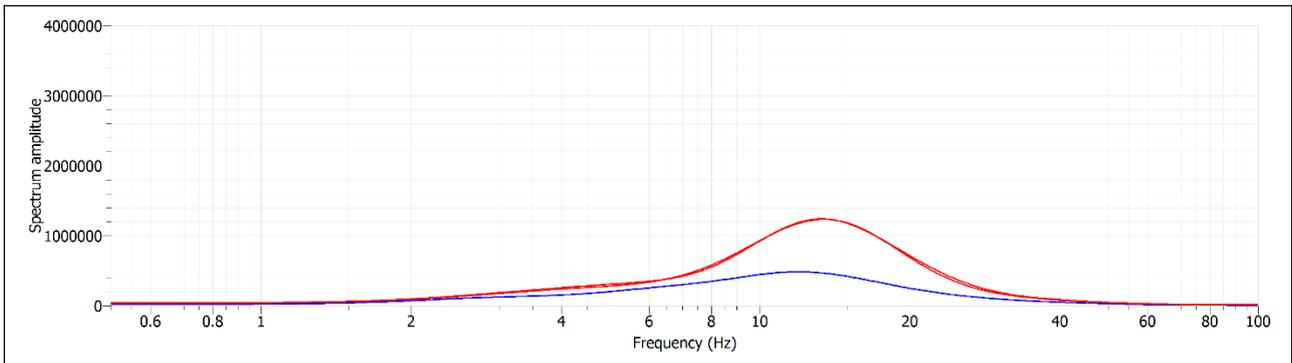
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



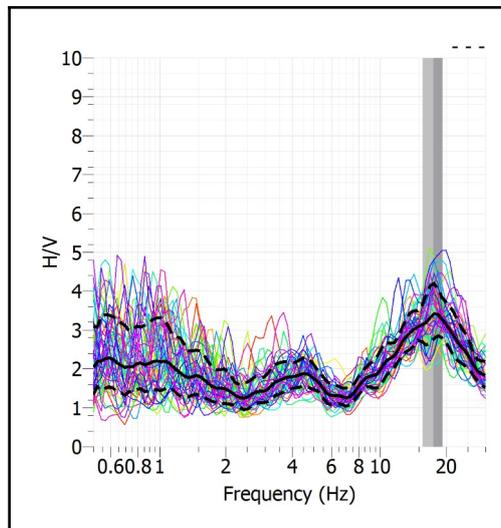
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



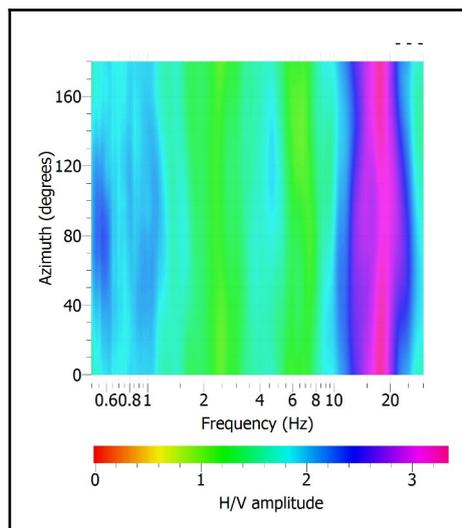
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	52	18117	17.420	1.80	3.40	1.23	MODERATO

<b>Criteria per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]			
$f_0 > 10/L_w$	17.420 > 0.500		OK
$n_c(f_0) > 200$	18117 > 200		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 31		OK
<b>Criteria per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Amplitude conditions	Esiste $f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$		OK
	Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$		NO
	$A_0 > 2$	3.4025 > 2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.7963 > 0.8710	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2306 < 1.5800	OK

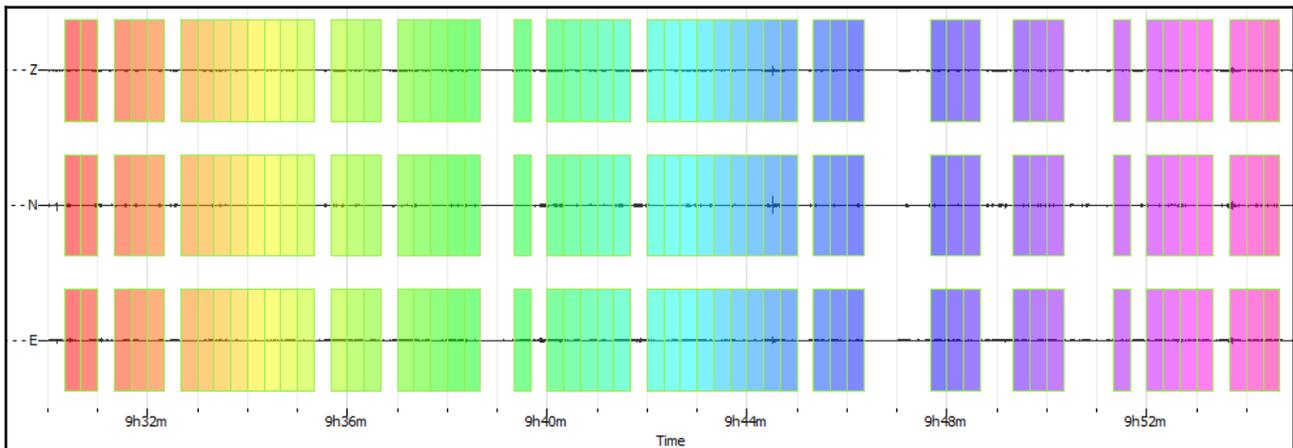
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

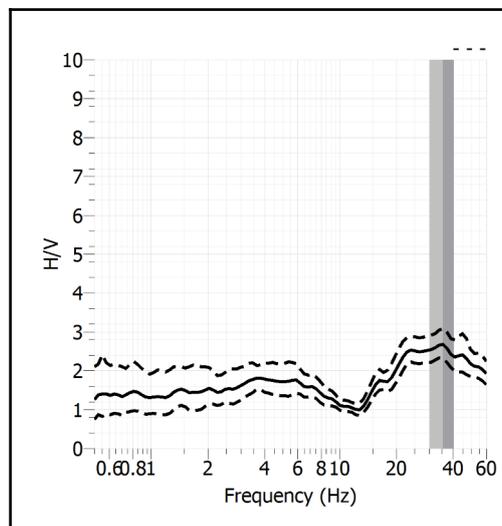
<b>Stazione</b>	12	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	25 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	53 (71% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	NP
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

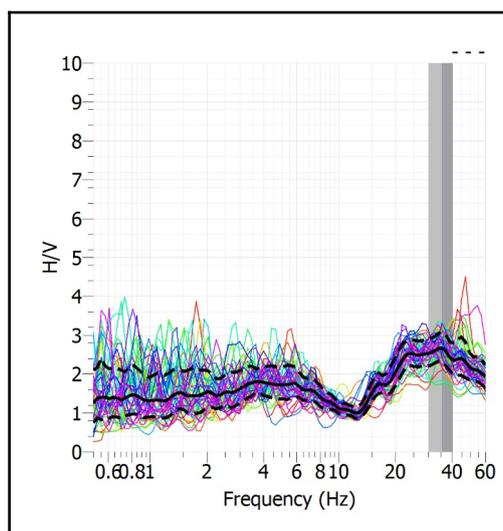
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

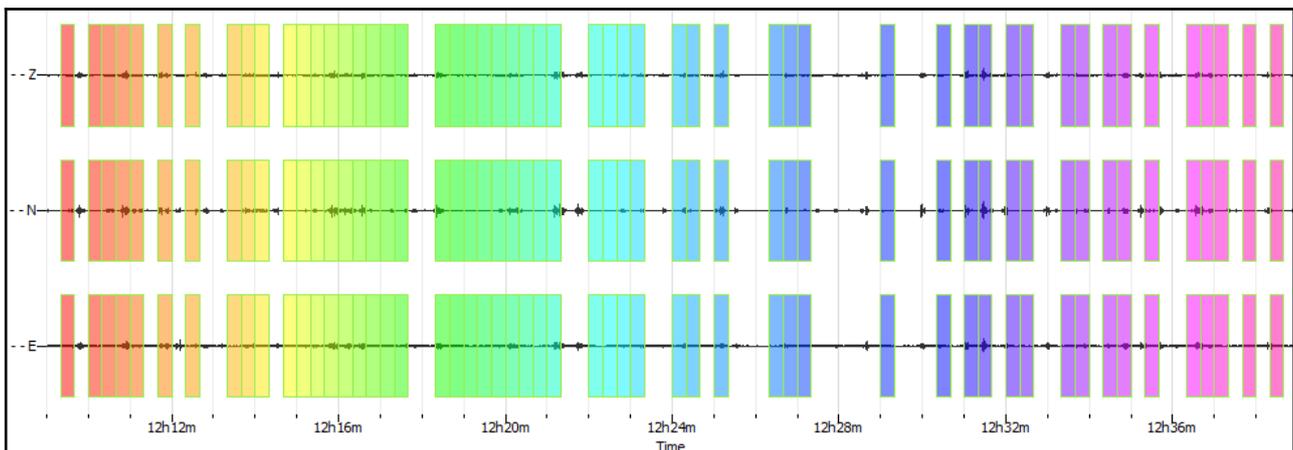
**CLASSE | A2**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

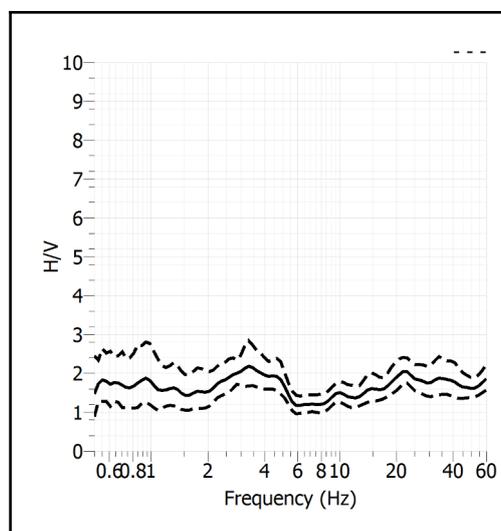
<b>Stazione</b>	13	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	54 (60% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	NP
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

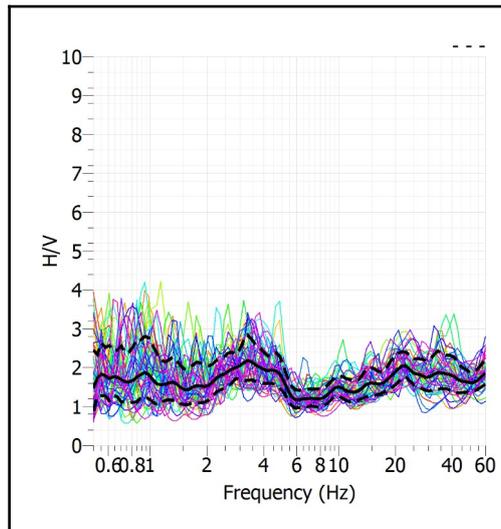
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

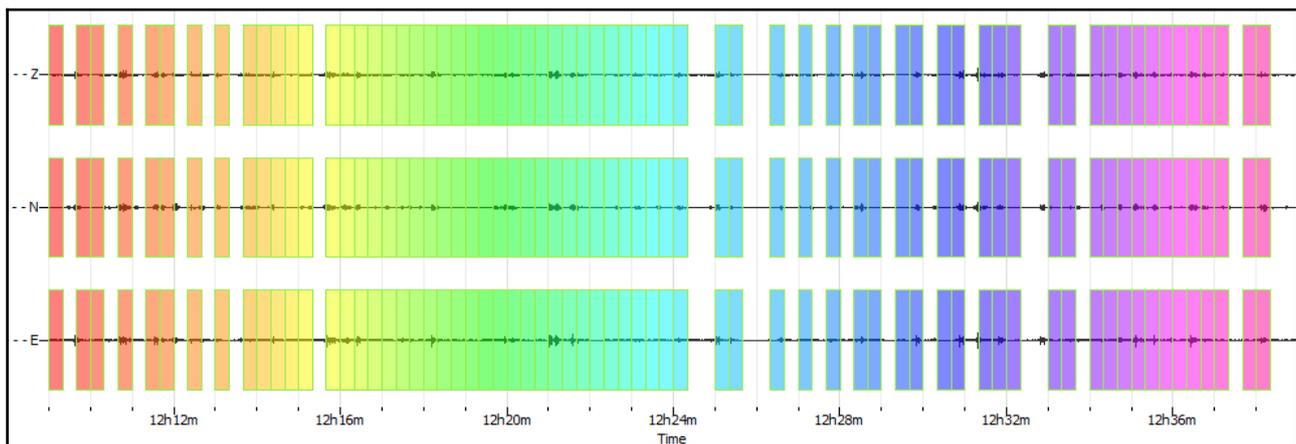
**CLASSE | A2**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

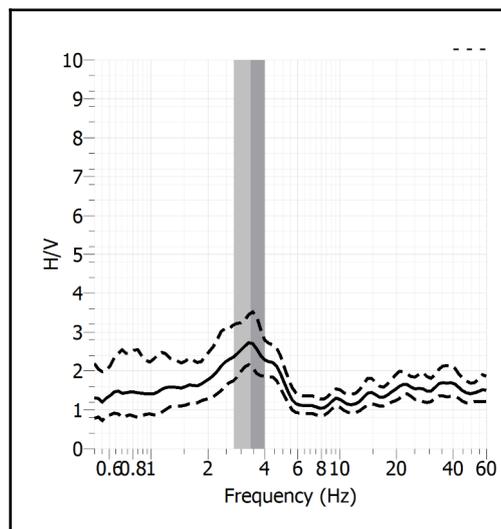
<b>Stazione</b>	14	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	67 (74% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>3.38 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.72</b>

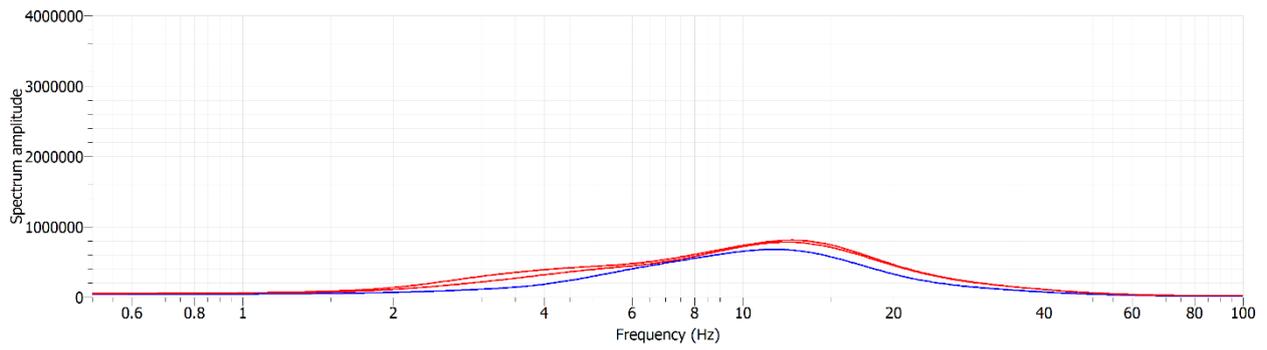
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



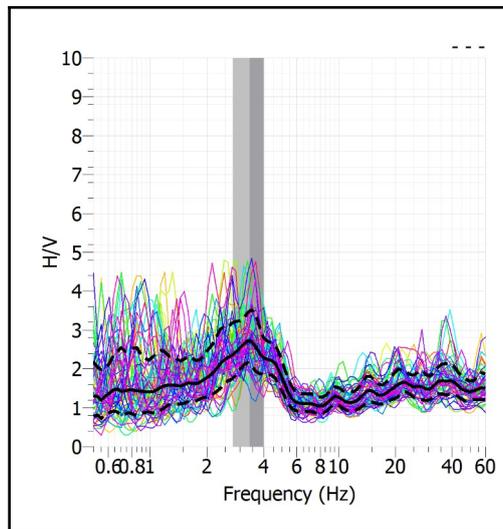
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



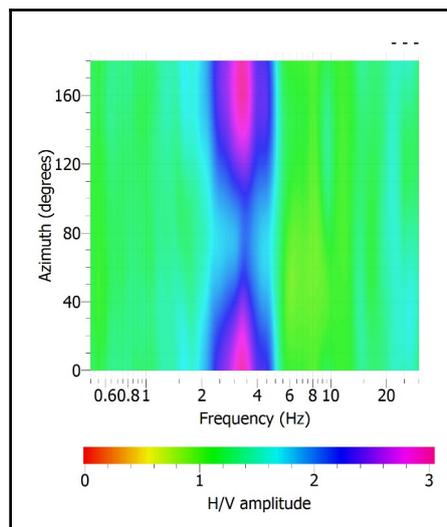
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	67	4537	3.386	0.63	2.72	1.28	BASSO

<b>Criteria per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/Lw$	3.386	>	0.500	OK	
$n_c(f_0) > 200$	4537	>	200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 29			OK	
<b>Criteria per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>			NO	
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>			OK	
	$A_0 > 2$	2.7171	>	2	OK
Stability conditions	<b><math>f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>			OK	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.6281	>	0.1693	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2828	<	1.5800	OK

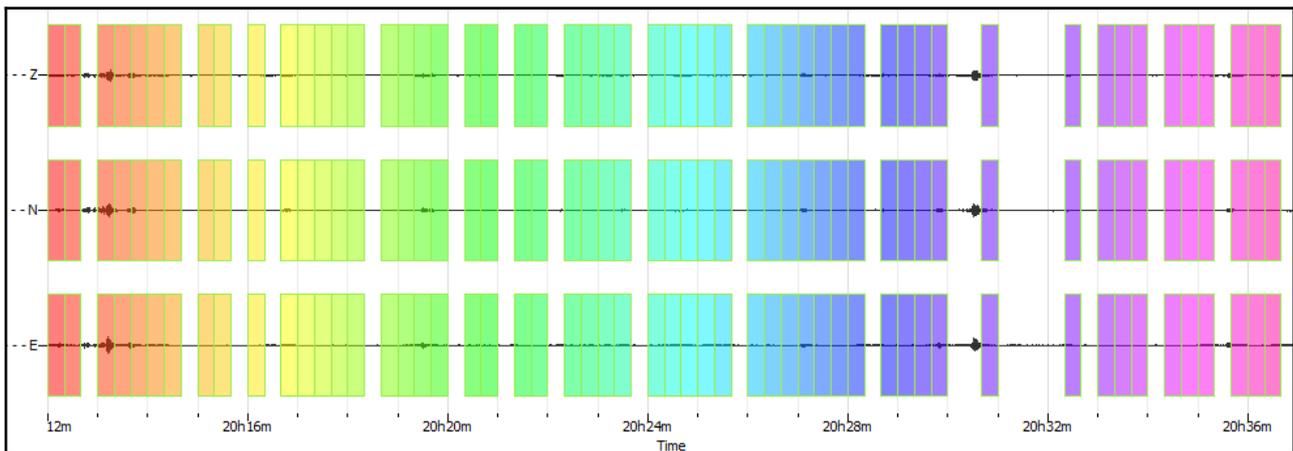
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

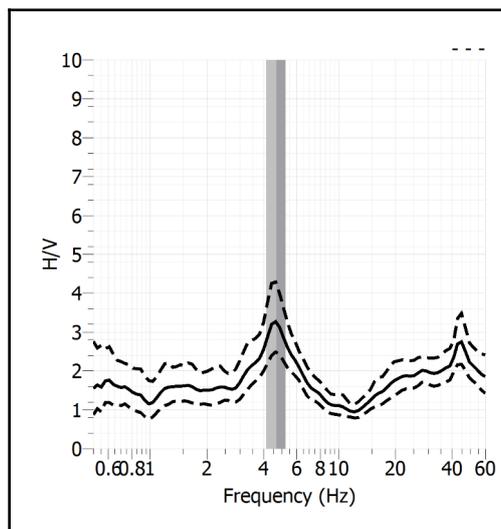
<b>Stazione</b>	15	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	25 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	54 (72% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>4.67 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>3.23</b>

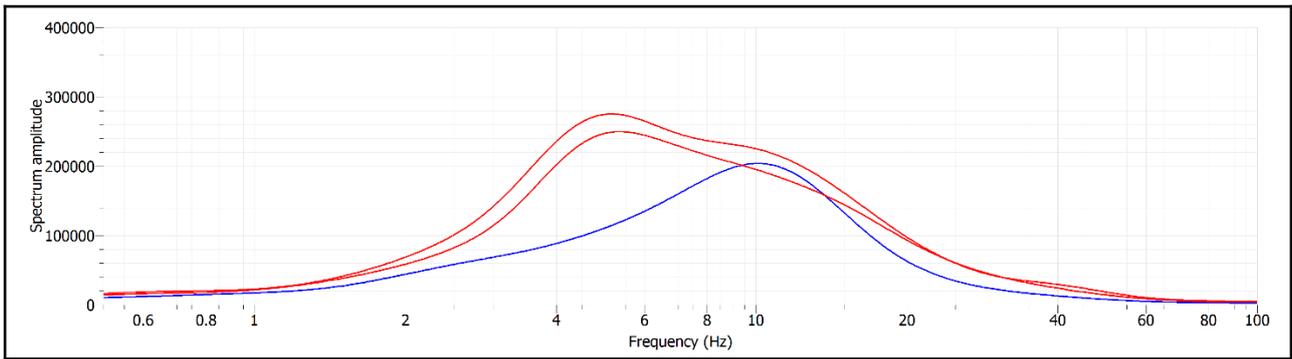
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



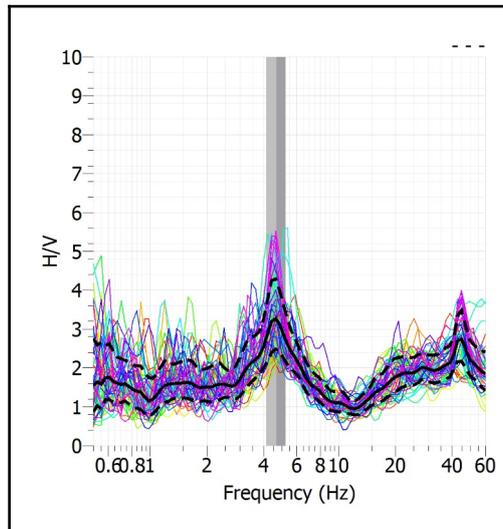
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



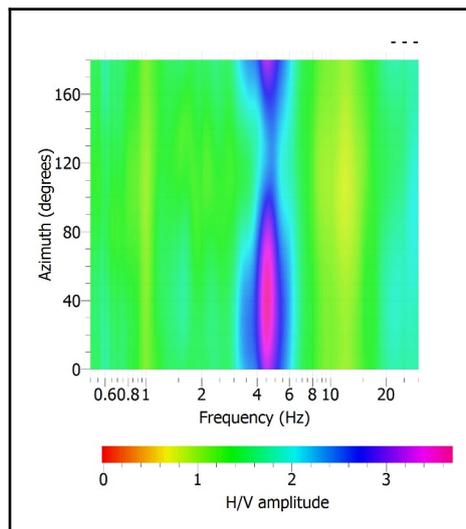
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	54	5052	4.678	0.55	3.23	1.29	MODERATO

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b>			
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]			
$f_0 > 10/Lw$		4.678 > 0.500	<b>O K</b>
$n_c(f_0) > 200$		5052 > 200	<b>O K</b>
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 30	<b>O K</b>
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			<b>O K</b>
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b>			
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>		<b>O K</b>
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>		<b>O K</b>
	$A_0 > 2$	3.2308 > 2	<b>O K</b>
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		<b>O K</b>
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.5548 > 0.2339	<b>O K</b>
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2874 < 1.5800	<b>O K</b>

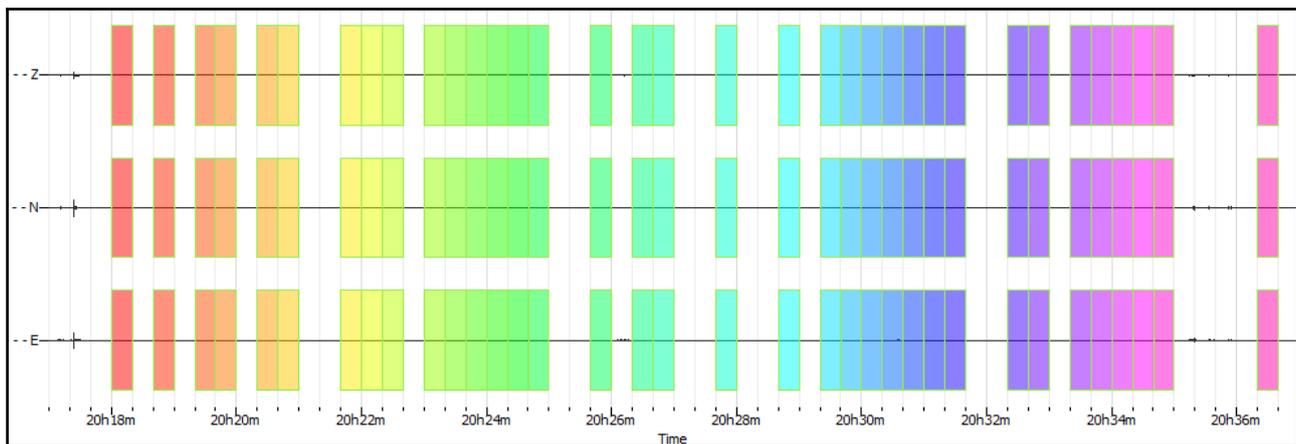
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

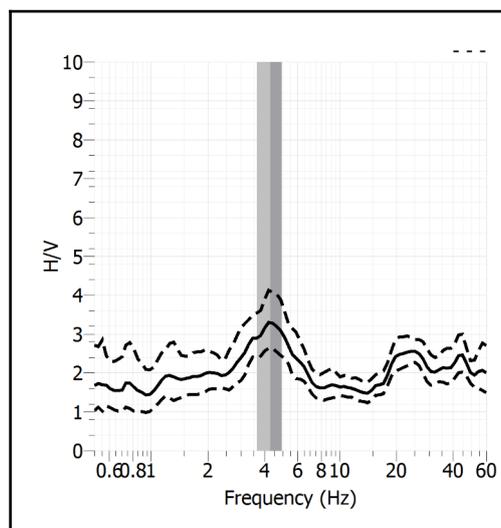
<b>Stazione</b>	16	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	20 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	35 (58% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (<math>f_0</math>)</b>	<b>4.29 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza <math>f_0</math></b>	<b>3.29</b>

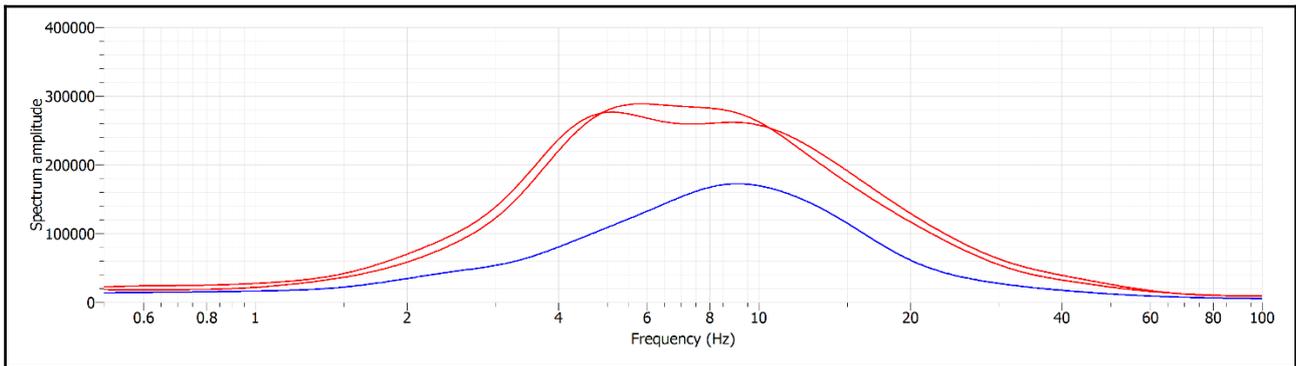
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



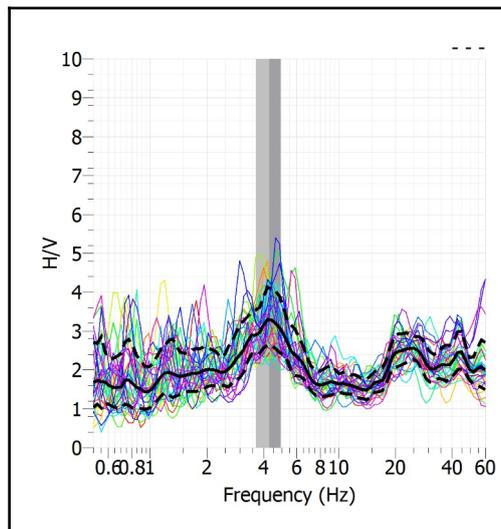
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



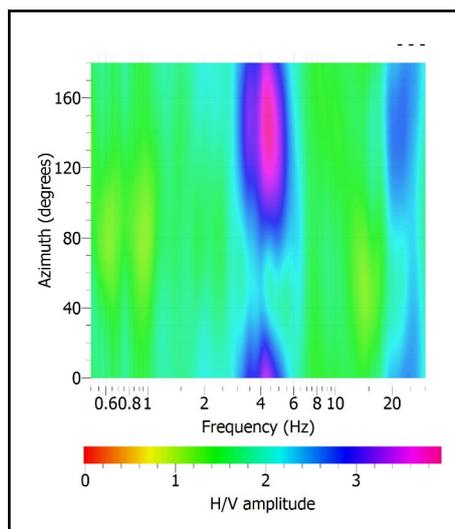
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	35	3008	4.298	0.64	3.29	1.25	MODERATO

<b>Criteria per una curva H/V affidabile</b>			
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]			
$f_0 > 10/Lw$	4.298 > 0.500		OK
$n_c(f_0) > 200$	3008 > 200		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 29		OK
<b>Criteria per un picco H/V chiaro</b>			
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>		<b>NO</b>
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>		<b>OK</b>
	$A_0 > 2$	3.2908 > 2	<b>OK</b>
Stability conditions	<b><math>f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>		<b>OK</b>
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.6409 > 0.2149	<b>OK</b>
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2474 < 1.5800	<b>OK</b>

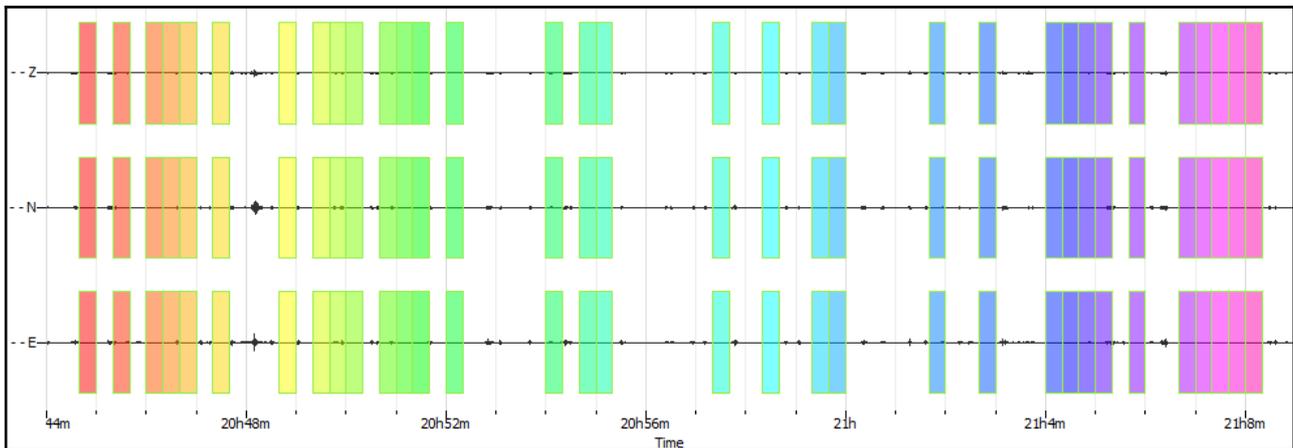
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

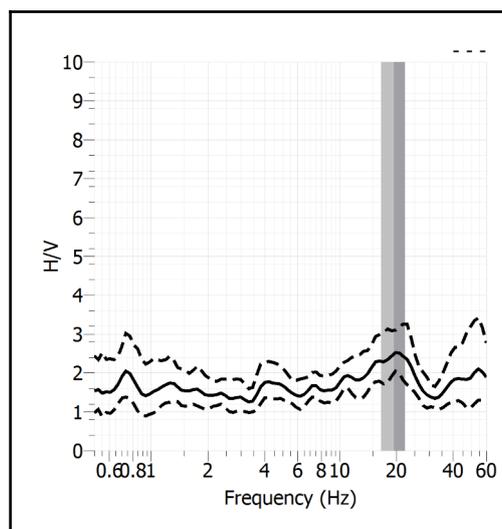
<b>Stazione</b>	17	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	25 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	33 (44% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamo</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamo</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>19.43 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.49</b>

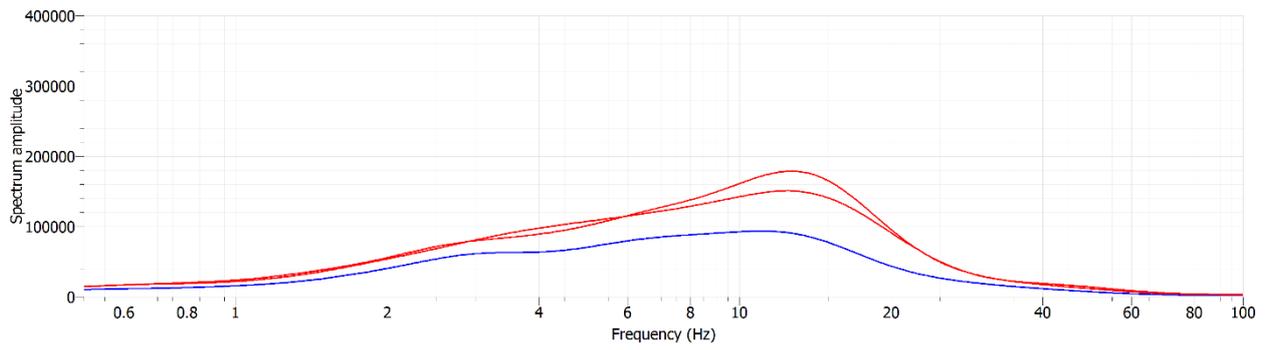
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



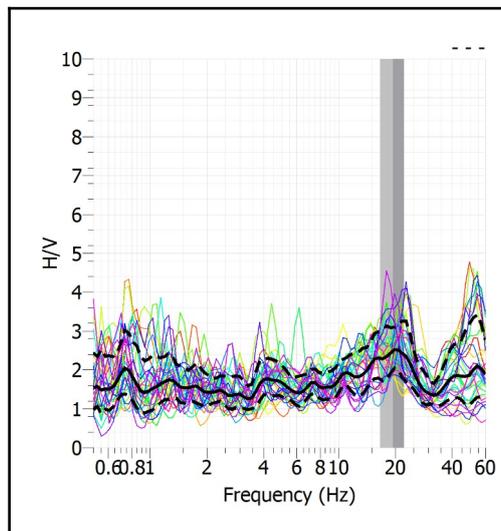
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



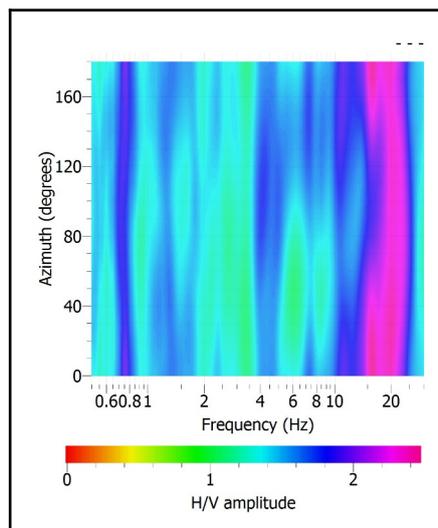
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica	
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$		
20.00	33	12827	19.435	2.85	2.49	1.24	BASSO	
<b>Criteria per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]								
$f_0 > 10/Lw$						19.435 > 0.500	OK	
$n_c(f_0) > 200$						12827 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$						Superato 0 volte su 30	OK	
<b>Criteria per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]								
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>						NO	
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>						NO	
	$A_0 > 2$						2.4887 > 2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$						NO	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$						2.8503 > 0.9718	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$						1.2421 < 1.5800	OK

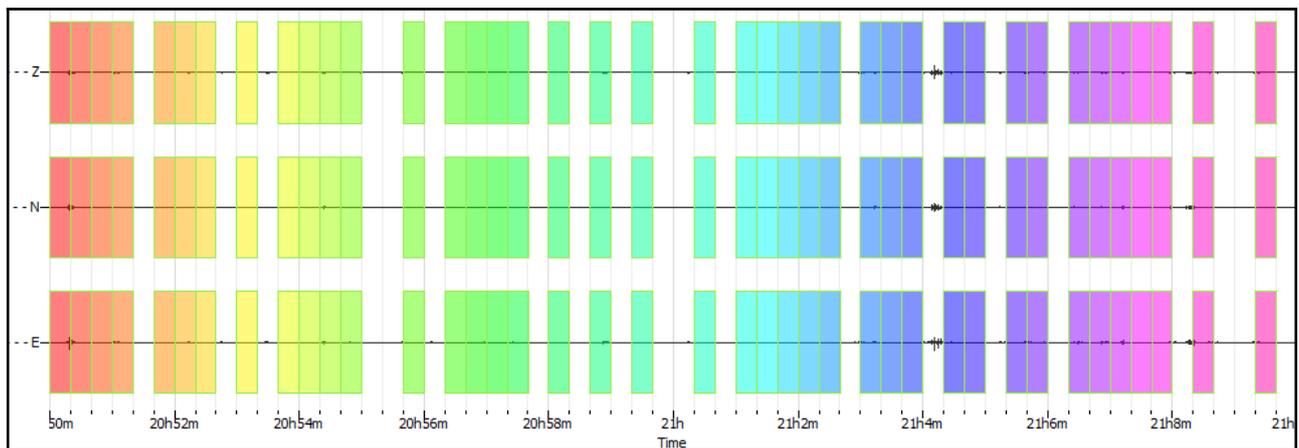
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

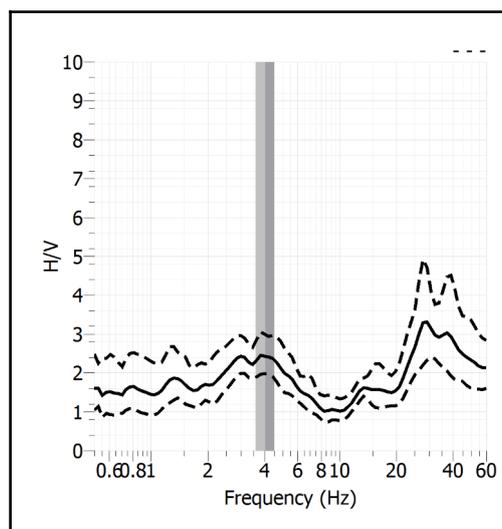
<b>Stazione</b>	18	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	20 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	40 (67% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>4.04 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.43</b>

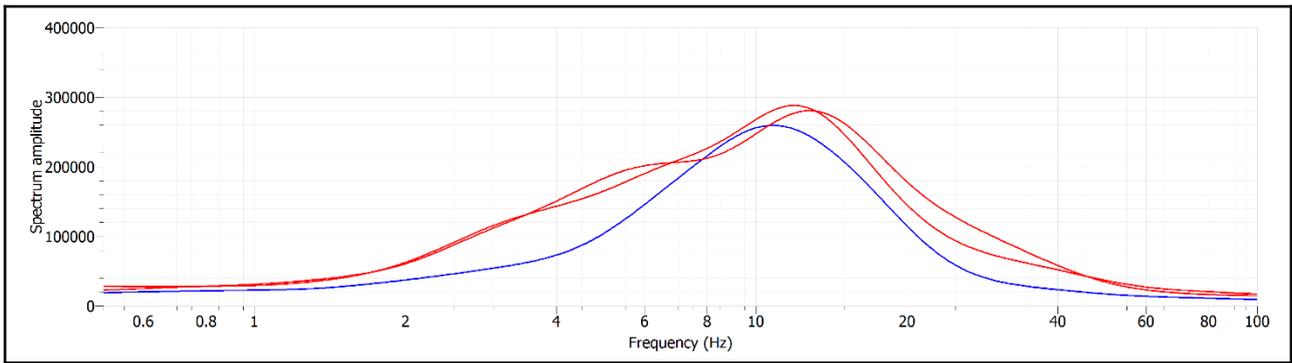
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



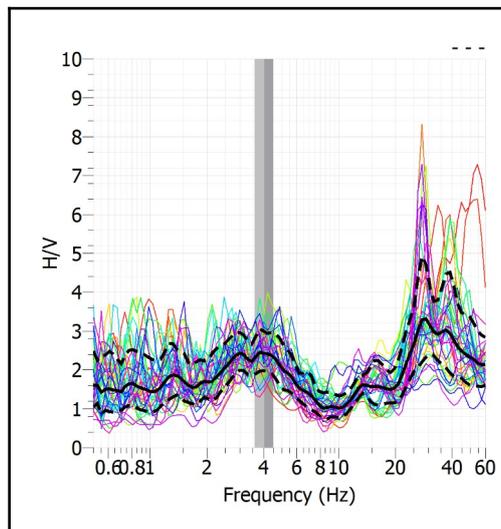
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



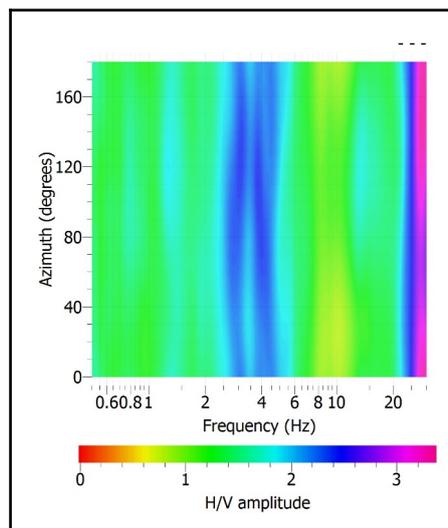
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	40	3237	4.047	0.46	2.43	1.22	BASSO

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b>			
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]			
$f_0 > 10/L_w$	4.047 > 0.500		<b>O K</b>
$n_c(f_0) > 200$	3237 > 200		<b>O K</b>
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 30		<b>O K</b>
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			<b>O K</b>
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b>			
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>		<b>NO</b>
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>		<b>O K</b>
	$A_0 > 2$	2.4255 > 2	<b>O K</b>
Stability conditions	<b><math>f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>		<b>NO</b>
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.4649 > 0.2023	<b>O K</b>
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2241 < 1.5800	<b>O K</b>

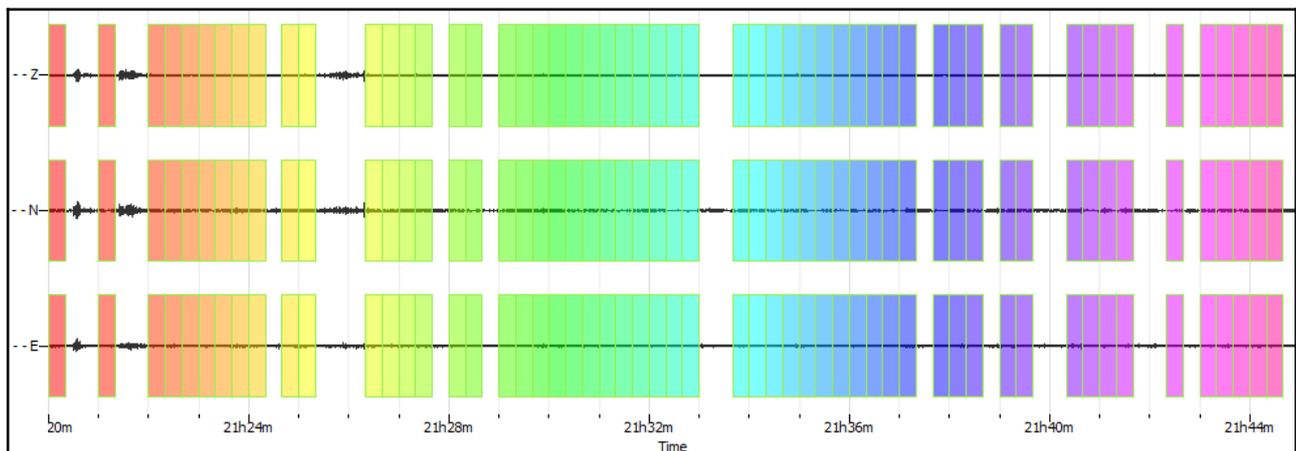
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

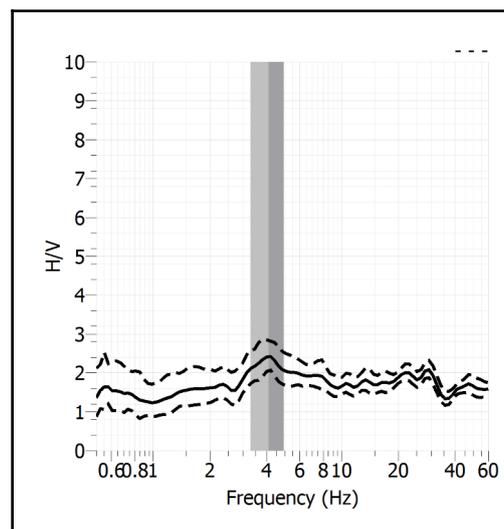
<b>Stazione</b>	19	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	25 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	55 (73% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (<math>f_0</math>)</b>	<b>4.11 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza <math>f_0</math></b>	<b>2.41</b>

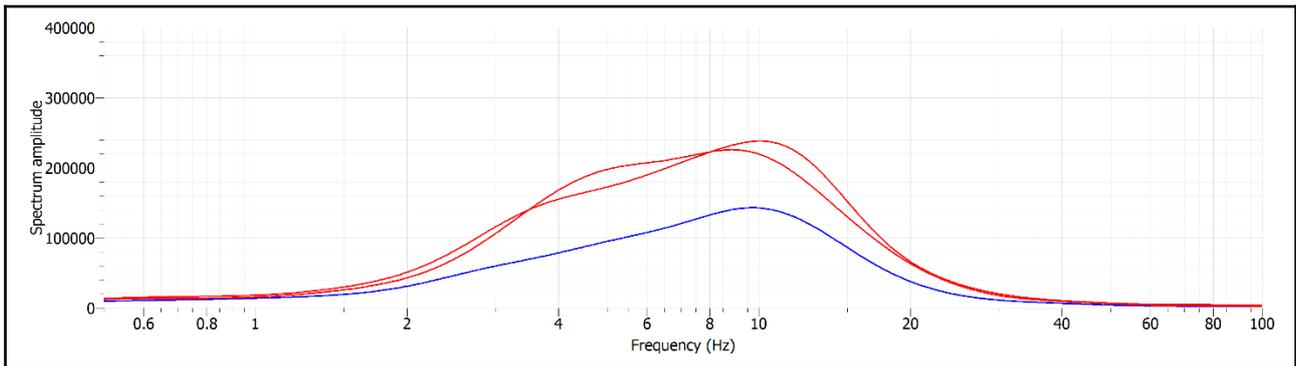
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



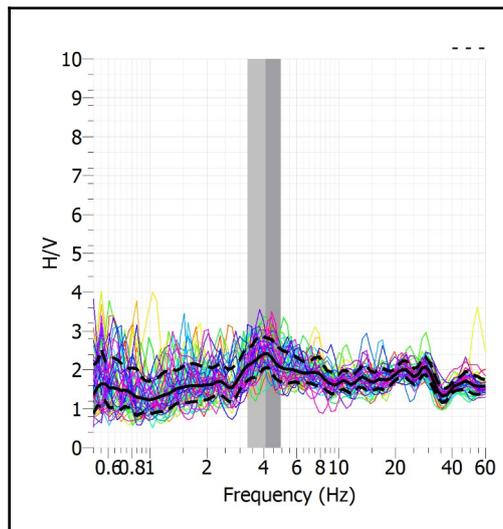
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



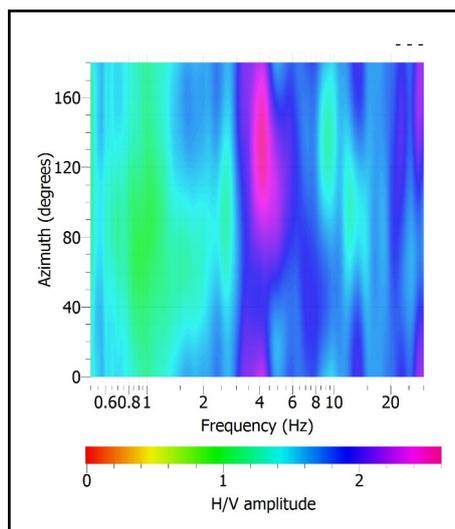
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	55	4521	4.110	0.82	2.41	1.17	BASSO
<b>Criteria per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]							
$f_0 > 10/Lw$			4.110 > 0.500			OK	
$n_c(f_0) > 200$			4521 > 200			OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$			Superato 0 volte su 29			OK	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$						OK	
<b>Criteria per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]							
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>						NO
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>						NO
	$A_0 > 2$			2.4147 > 2			OK
Stability conditions	<b><math>f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>						NO
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$			0.8203 > 0.2055			OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$			1.1743 < 1.5800			OK

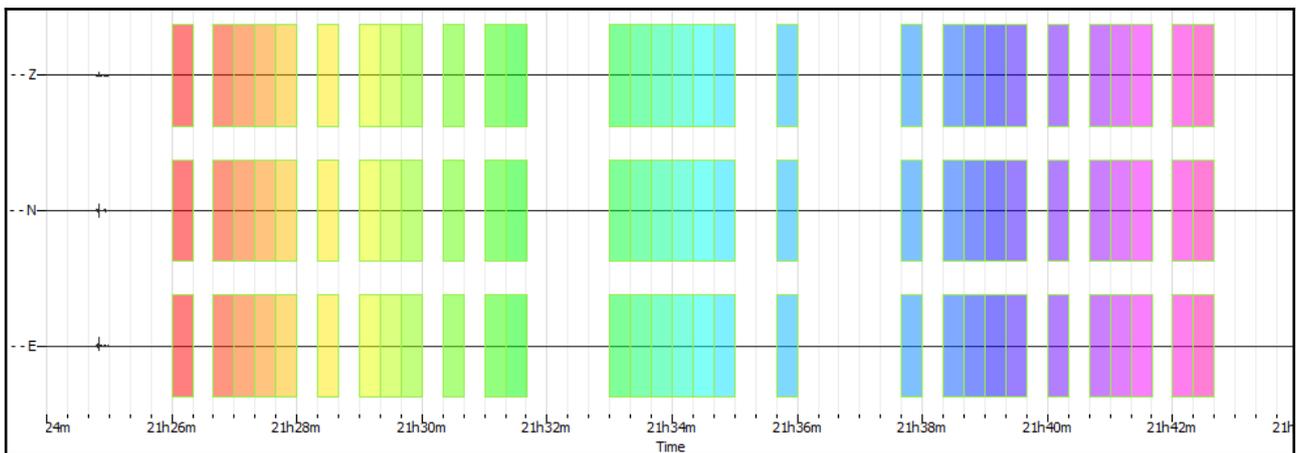
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

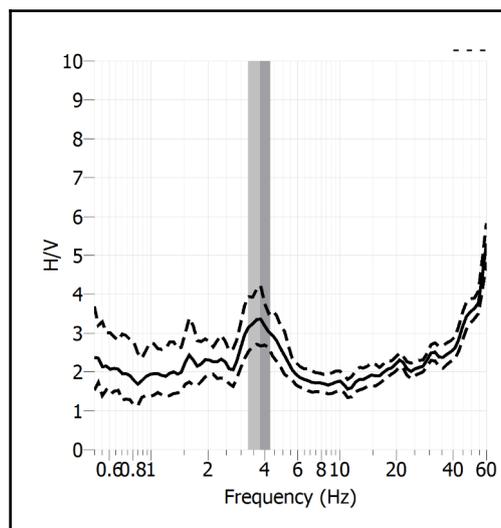
<b>Stazione</b>	20	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	20 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	30 (50% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamo</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamo</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>3.78 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>3.35</b>

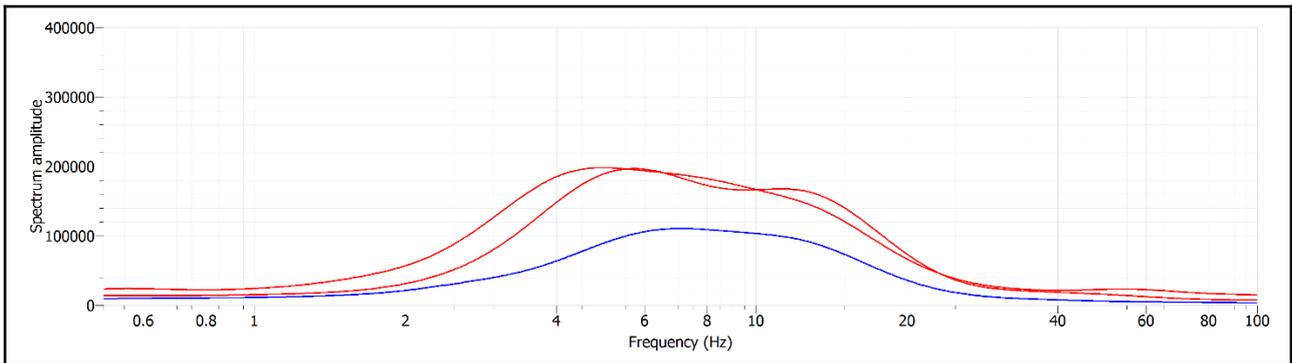
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



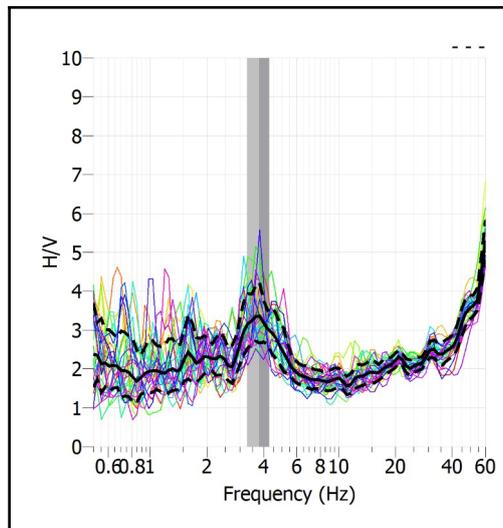
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



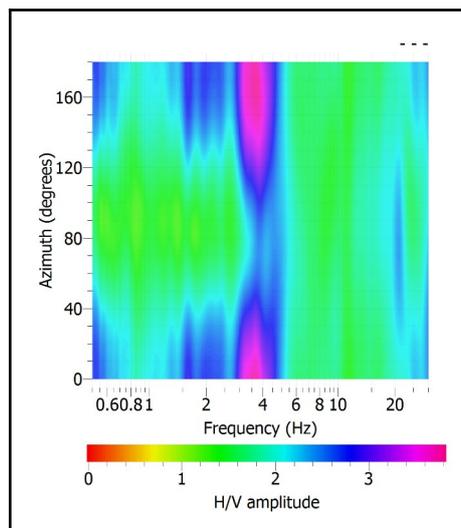
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	30	2269	3.781	0.51	3.35	1.25	MODERATO

<b>Criteria per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]			
$f_0 > 10/L_w$	3.781 > 0.500		<b>O K</b>
$n_c(f_0) > 200$	2269 > 200		<b>O K</b>
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 30		<b>O K</b>
<b>Criteria per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>		<b>NO</b>
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>		<b>O K</b>
	$A_0 > 2$	3.3541 > 2	<b>O K</b>
Stability conditions	<b><math>f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>		<b>NO</b>
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.5110 > 0.1891	<b>O K</b>
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2458 < 1.5800	<b>O K</b>

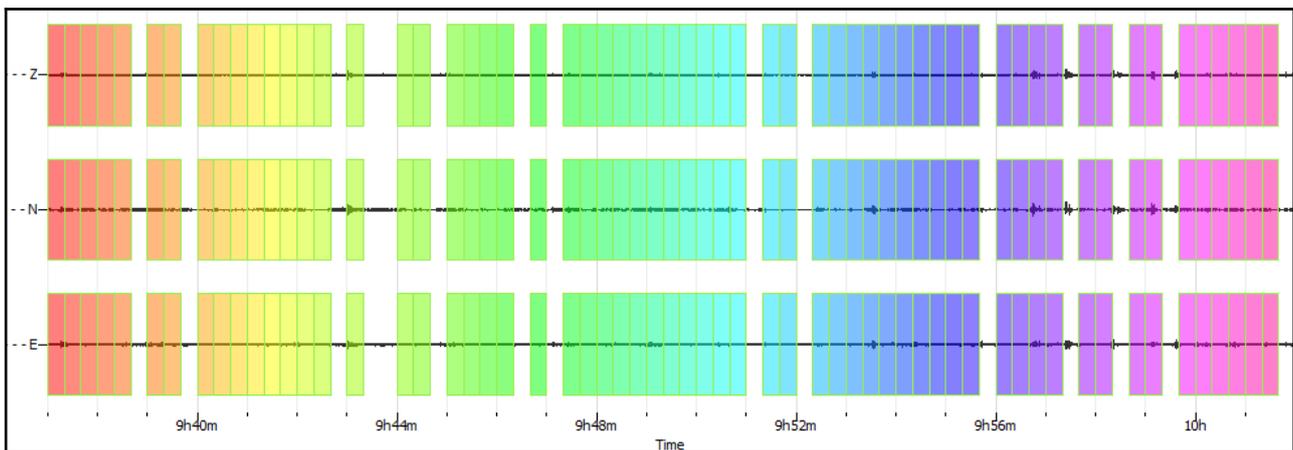
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

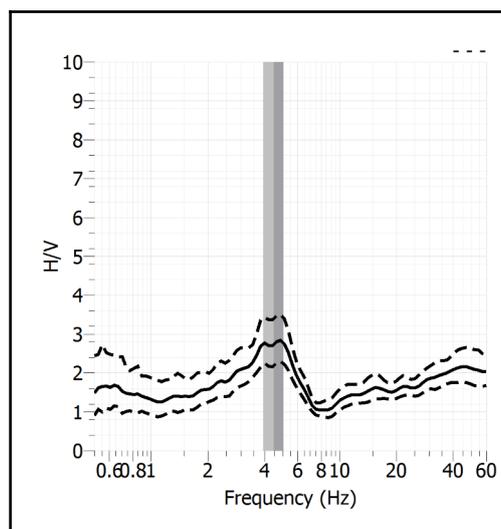
<b>Stazione</b>	21	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	25 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	60 (80% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>4.49 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.74</b>

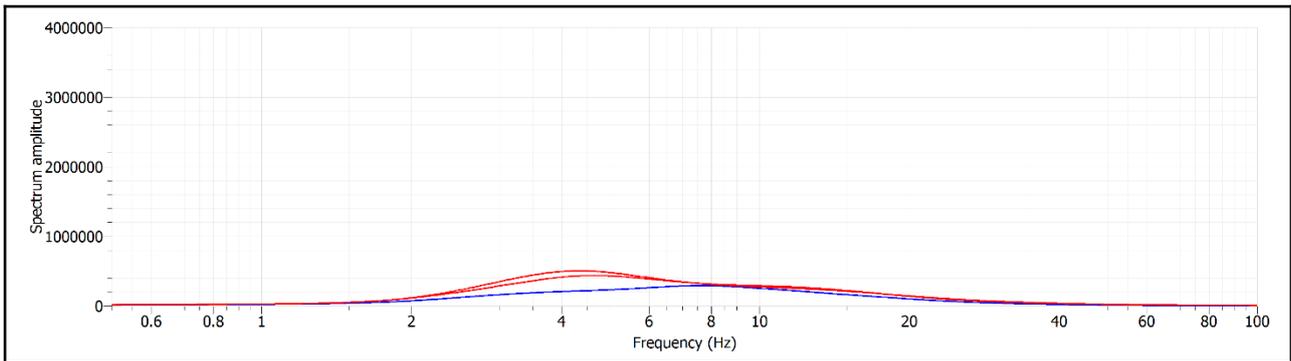
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



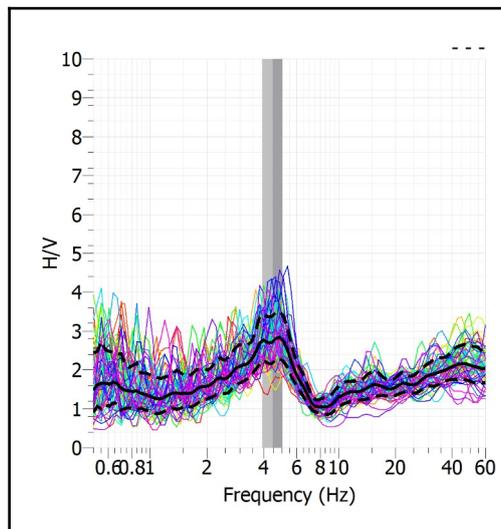
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



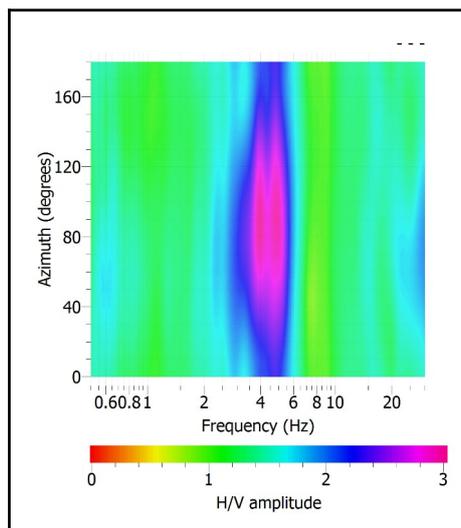
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	60	5389	4.491	0.56	2.74	1.24	BASSO

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b>			
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]			
$f_0 > 10/Lw$		4.491 > 0.500	<b>O K</b>
$n_c(f_0) > 200$		5389 > 200	<b>O K</b>
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 29	<b>O K</b>
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			<b>O K</b>
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b>			
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>		<b>O K</b>
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>		<b>O K</b>
	$A_0 > 2$	2.7421 > 2	<b>O K</b>
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		<b>NO</b>
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.5617 > 0.2245	<b>O K</b>
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2440 < 1.5800	<b>O K</b>

#### ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)

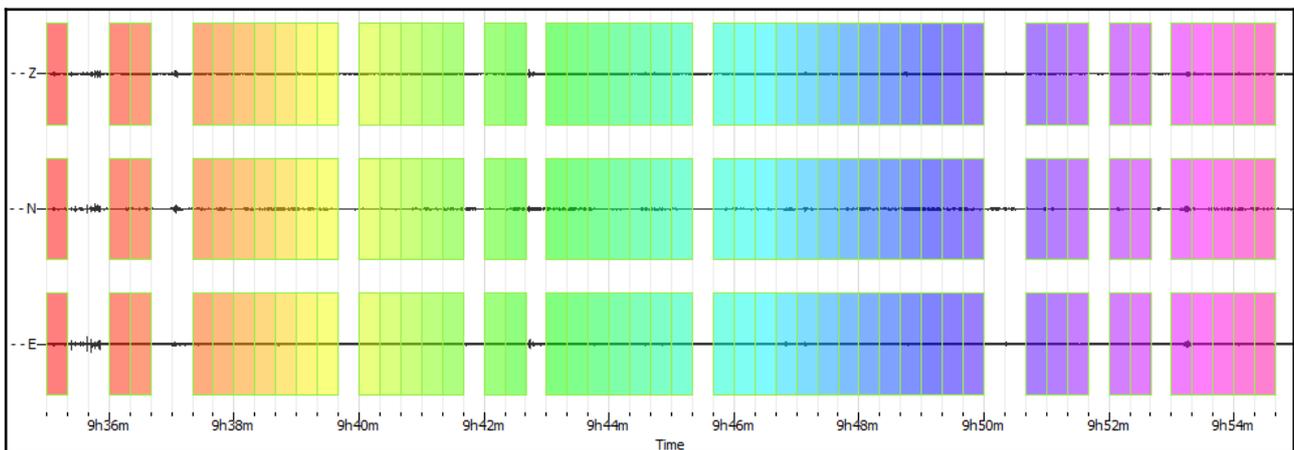
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

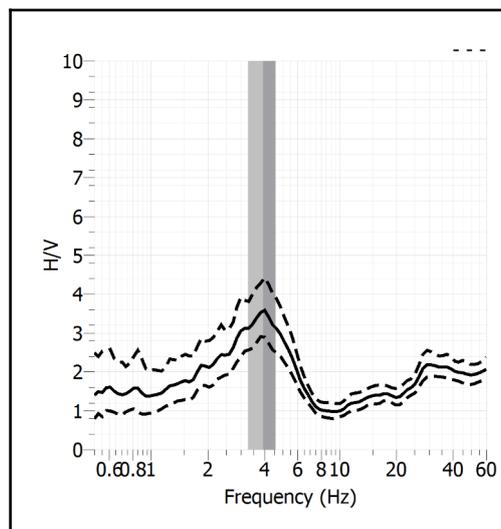
<b>Stazione</b>	22	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	20 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	47 (78% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>3.92 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>3.56</b>

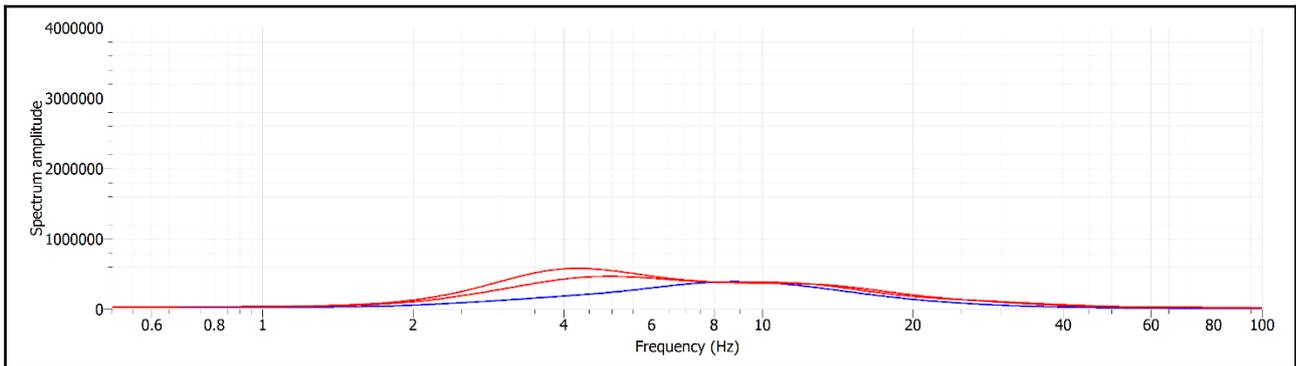
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



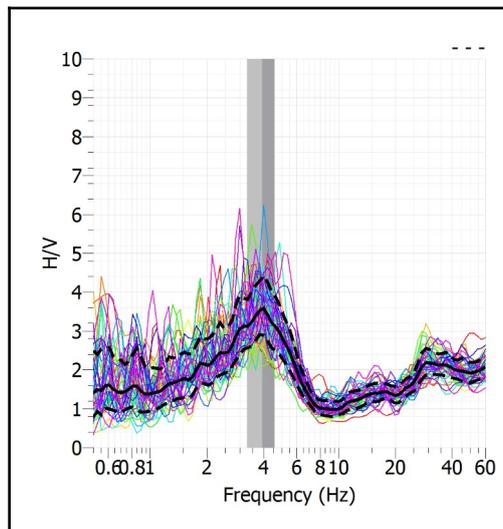
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



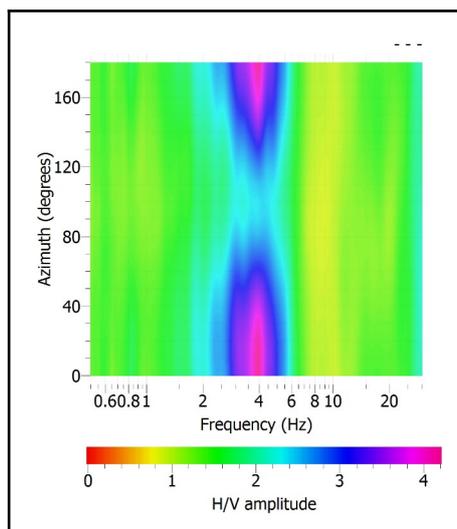
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	47	3691	3.927	0.66	3.56	1.23	MODERATO

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b>			
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]			
$f_0 > 10/Lw$		3.927 > 0.500	OK
$n_c(f_0) > 200$		3691 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 29	OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			OK
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b>			
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>		OK
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>		OK
	$A_0 > 2$	3.5632 > 2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.6574 > 0.1963	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2269 < 1.5800	OK

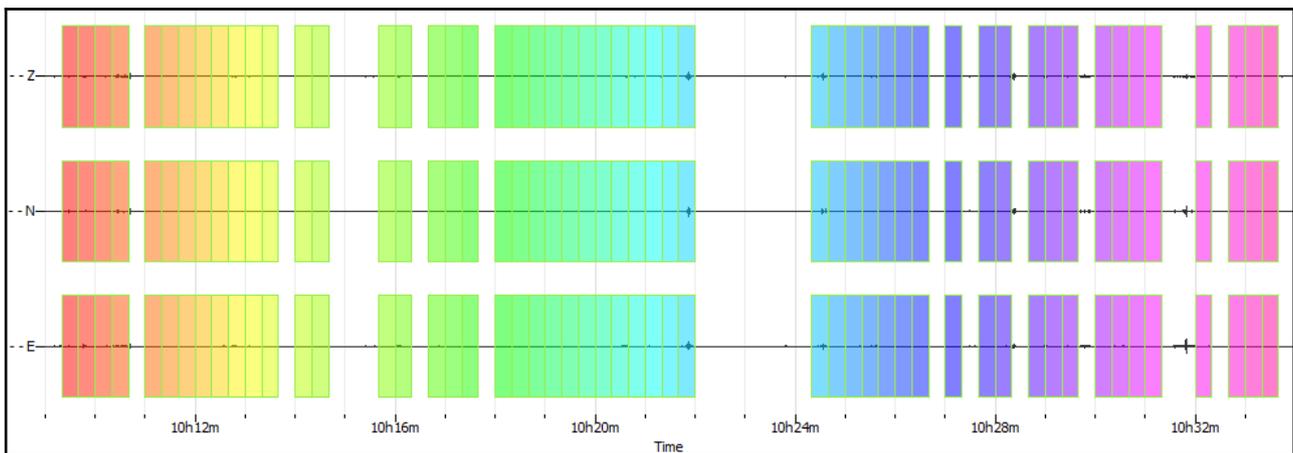
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE A1

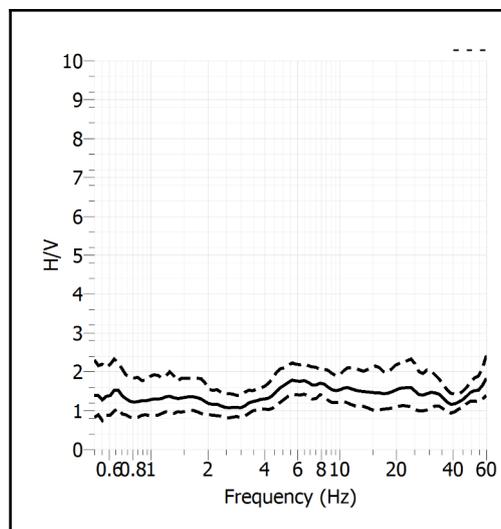
<b>Stazione</b>	23	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	25 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	52 (69% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamiento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamiento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	NP
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

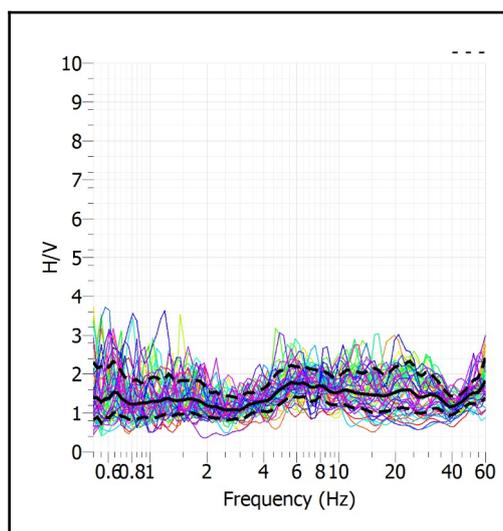
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>NO</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>NO</b>

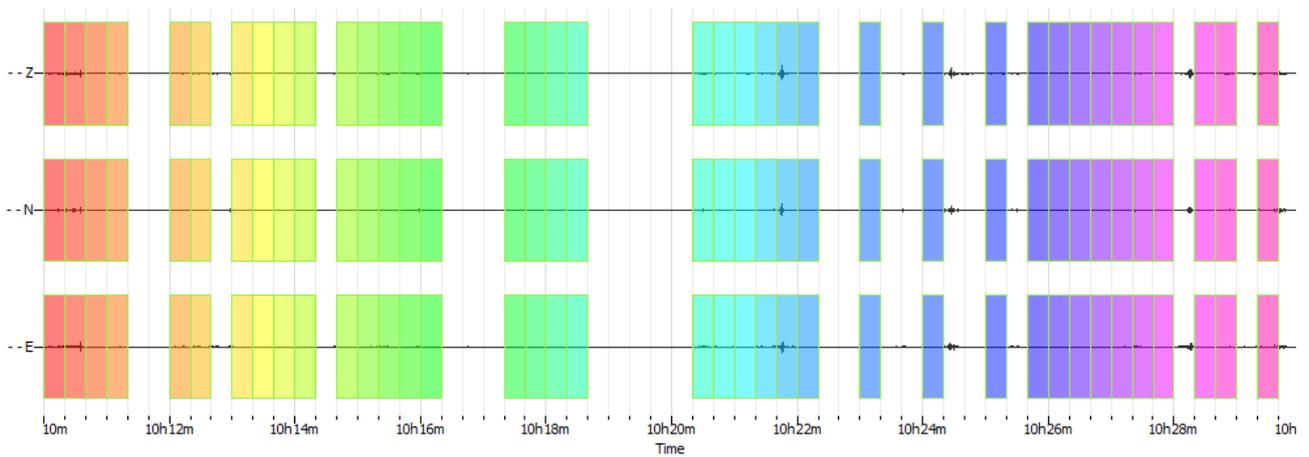
**CLASSE | A2**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

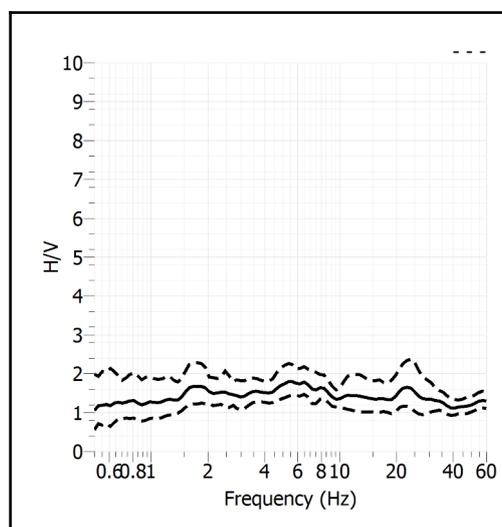
<b>Stazione</b>	24	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	20 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	38 (63% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	NP
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

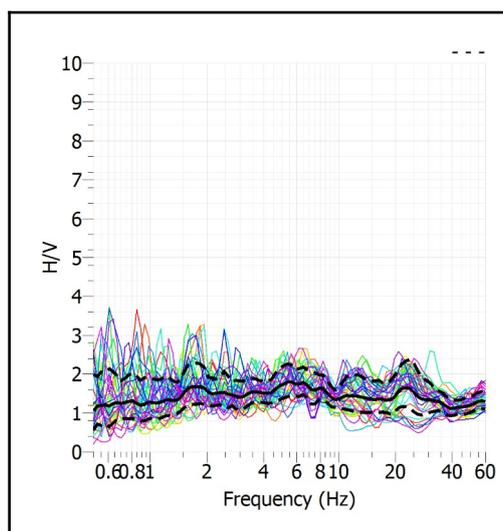
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>NO</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>NO</b>

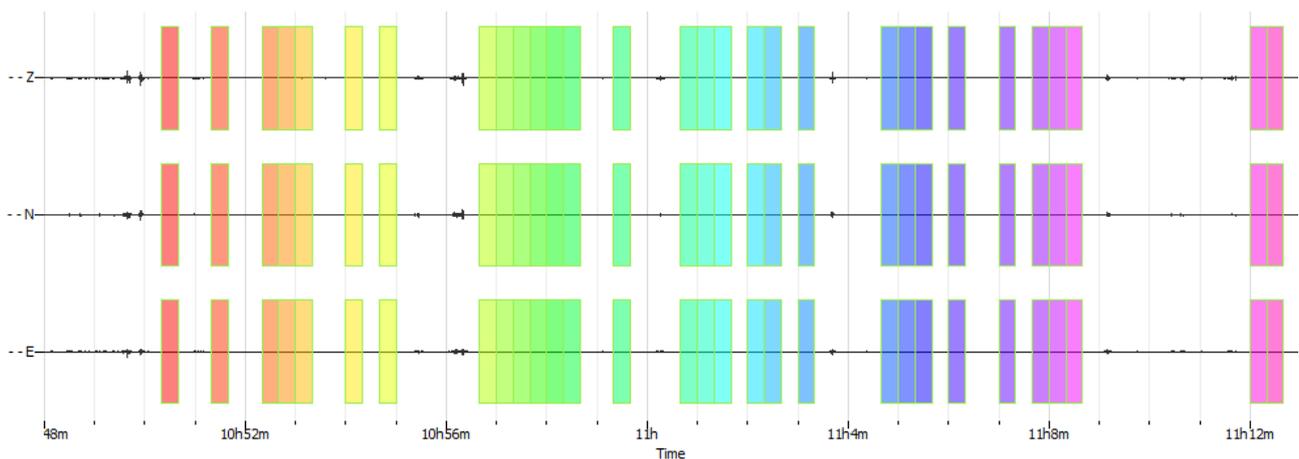
**CLASSE | A2**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

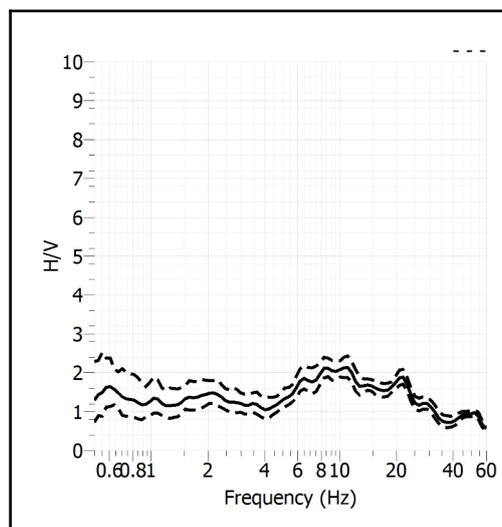
<b>Stazione</b>	25	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	25 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	30 (40% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	NP
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

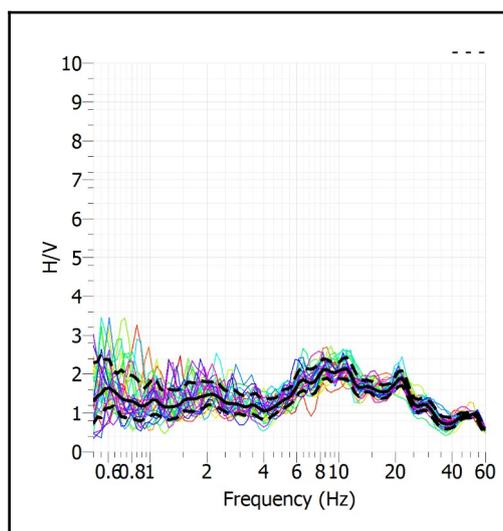
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>NO</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>NO</b>

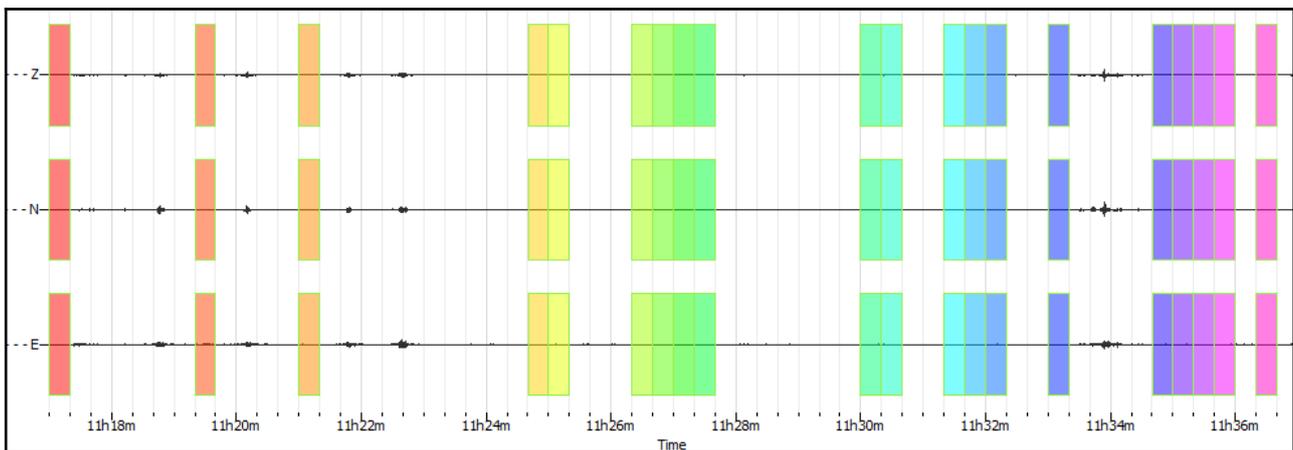
**CLASSE | A2**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

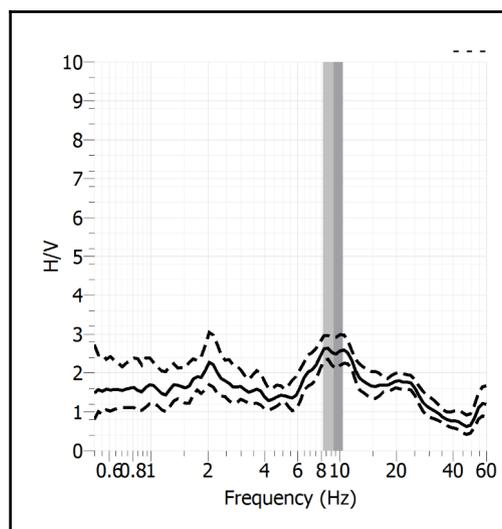
<b>Stazione</b>	26	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	20 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	20 (33% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>9.30 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.51</b>

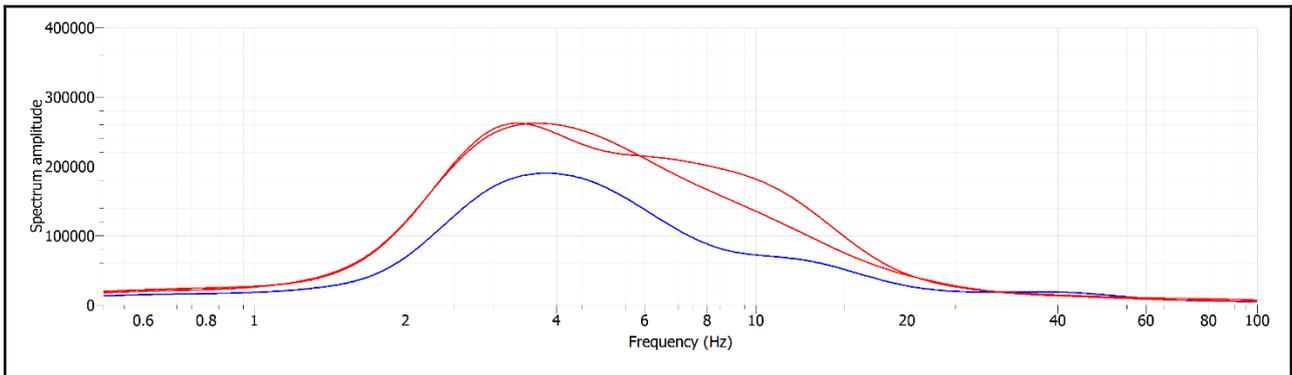
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



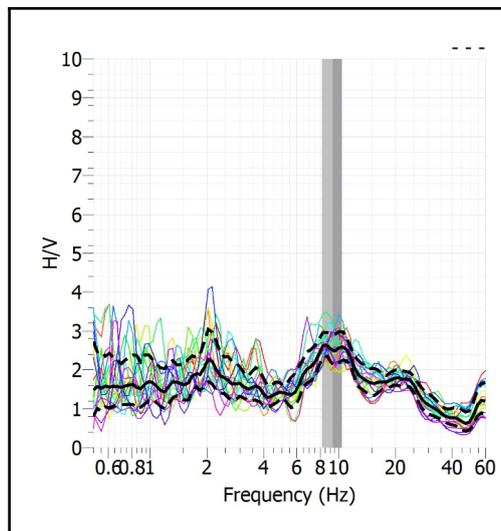
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



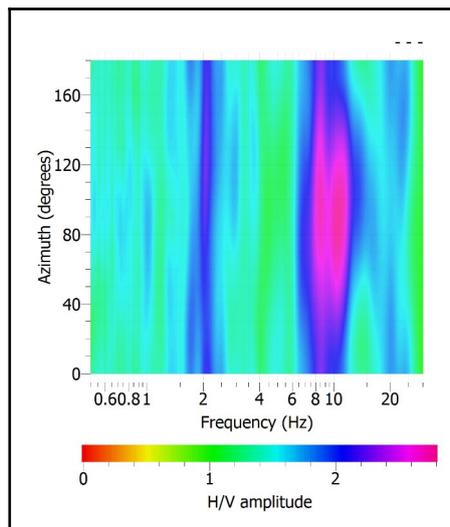
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	20	3720	9.300	1.12	2.51	1.16	BASSO

Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$	9.300	>	0.500	OK	
$n_c(f_0) > 200$	3720	>	200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 29			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]					
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>			NO	
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>			OK	
	$A_0 > 2$	2.5094	>	2	OK
Stability conditions	<b><math>f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>			NO	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.1250	>	0.4650	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.1640	<	1.5800	OK

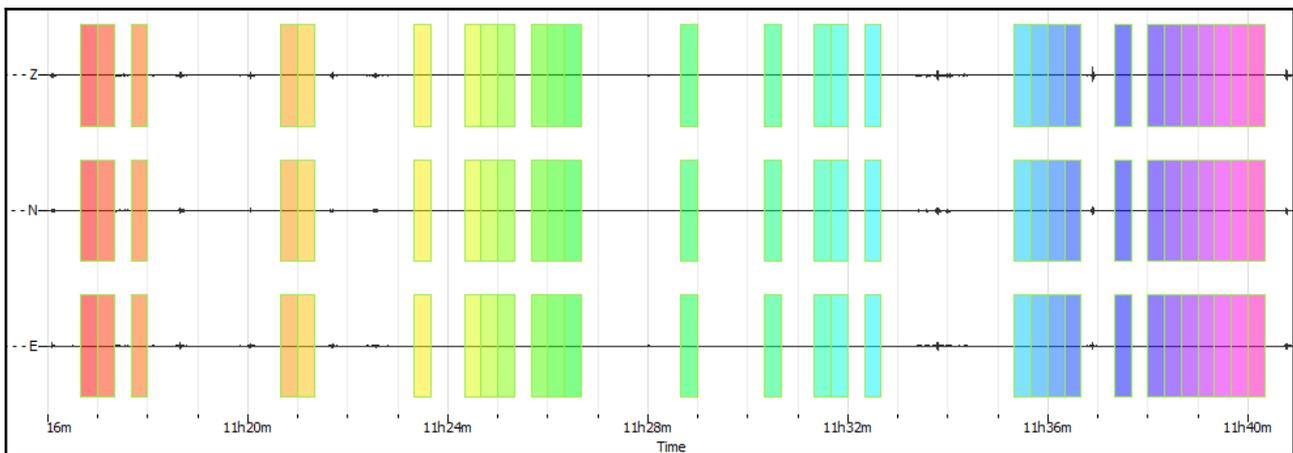
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

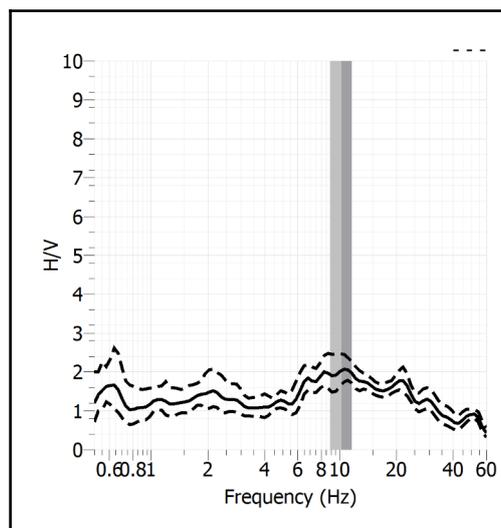
<b>Stazione</b>	27	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	25 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	29 (39% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>10.27 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.04</b>

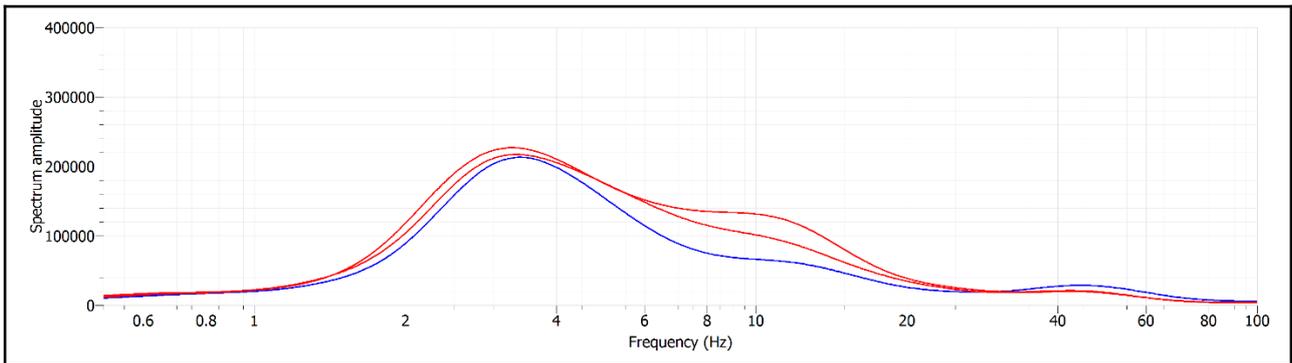
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



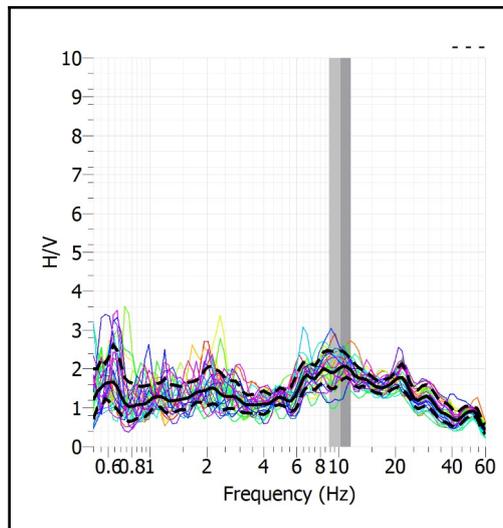
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



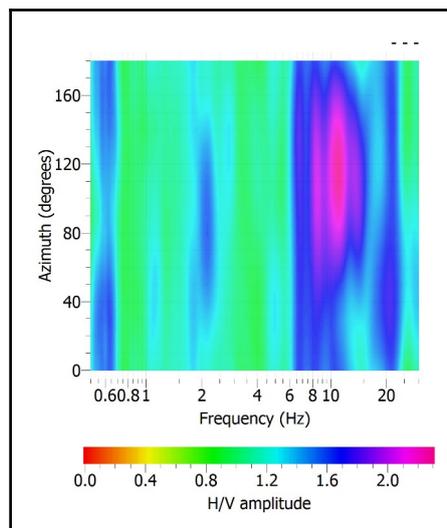
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	29	5962	10.279	1.36	2.04	1.20	BASSO

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b>			
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]			
$f_0 > 10/Lw$	10.279 > 0.500		<b>O K</b>
$n_c(f_0) > 200$	5962 > 200		<b>O K</b>
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 29		<b>O K</b>
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b>			
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>		<b>NO</b>
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>		<b>O K</b>
	$A_0 > 2$	2.0401 > 2	<b>O K</b>
Stability conditions	<b><math>f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>		<b>NO</b>
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.3591 > 0.5140	<b>O K</b>
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2044 < 1.5800	<b>O K</b>

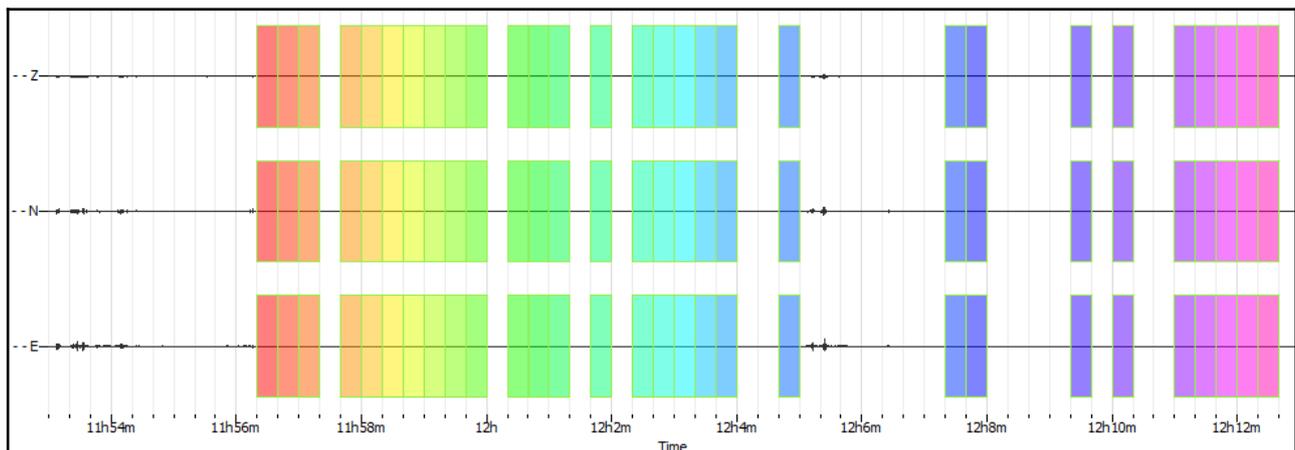
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

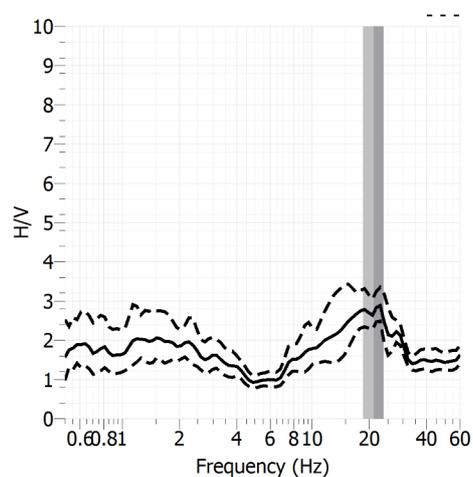
<b>Stazione</b>	28	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	20 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	29 (48% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>NP</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

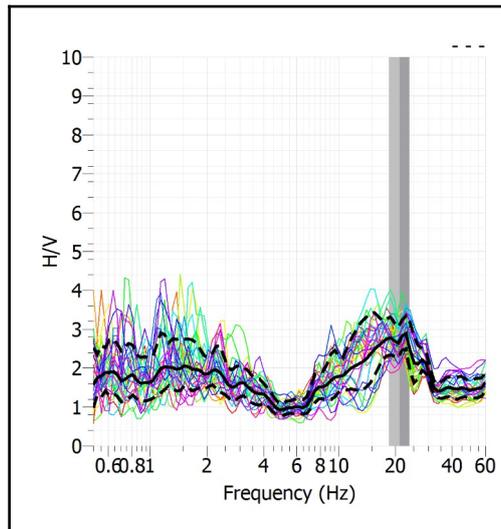
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

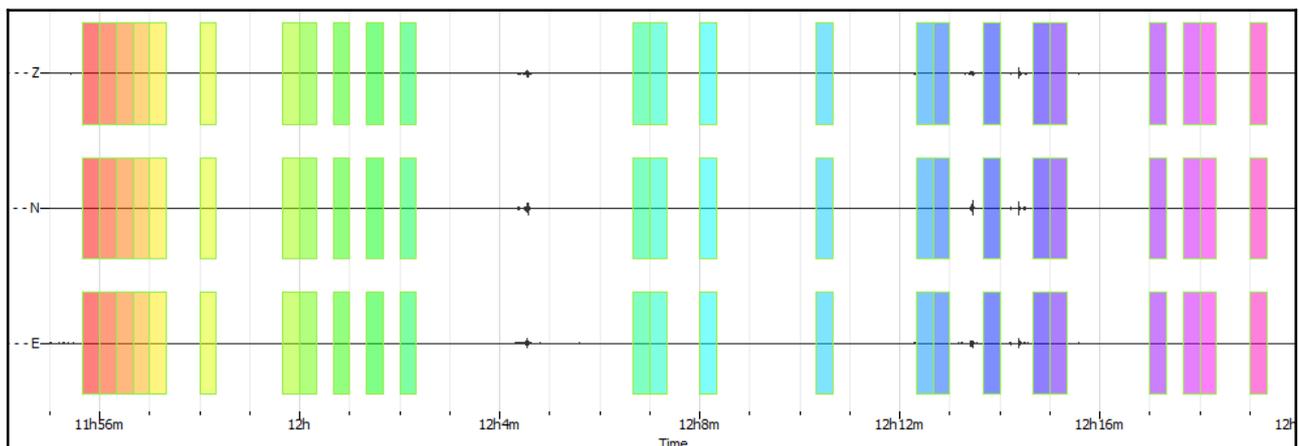
**CLASSE | A1**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

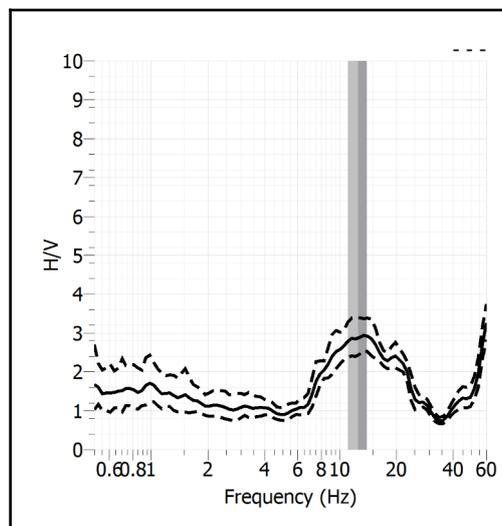
<b>Stazione</b>	29	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	25 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	24 (32% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamo</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamo</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>12.52 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.87</b>

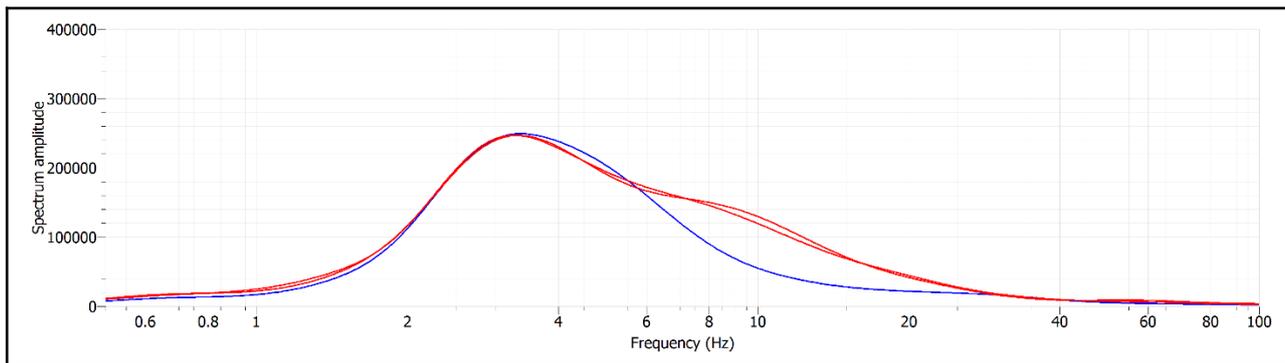
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



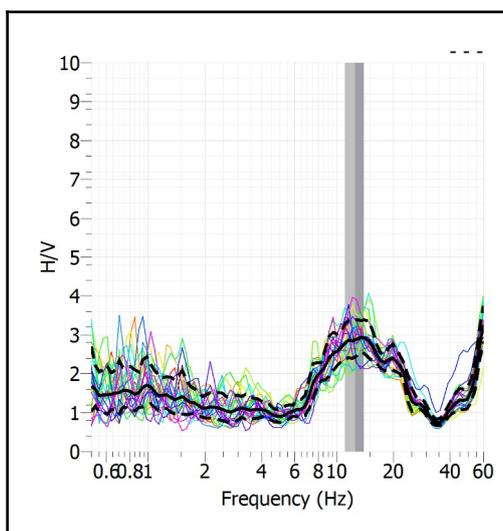
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



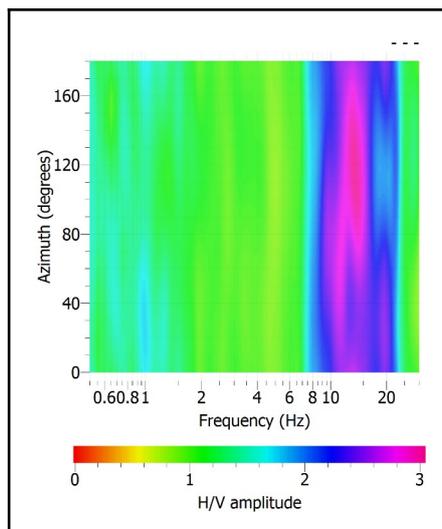
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



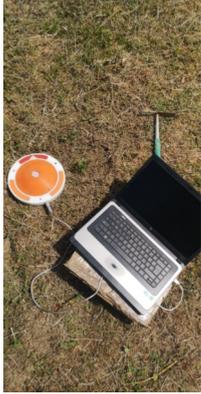
### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica	
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$		
20.00	24	6010	12.520	1.47	2.87	1.18	BASSO	
<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]								
<b><math>f_0 &gt; 10/L_w</math></b>						12.520 > 0.500	OK	
<b><math>n_c(f_0) &gt; 200</math></b>						6010 > 200	OK	
<b><math>\sigma_A(f) &lt; 2</math> per <math>0.5f_0 &lt; f &lt; 2f_0</math> se <math>f_0 &gt; 0.5\text{Hz}</math></b> <b><math>\sigma_A(f) &lt; 3</math> per <math>0.5f_0 &lt; f &lt; 2f_0</math> se <math>f_0 &lt; 0.5\text{Hz}</math></b>						Superato 0 volte su 29	OK	
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]								
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>						OK	
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>						OK	
	<b><math>A_0 &gt; 2</math></b>						2.8712 > 2	OK
Stability conditions	<b><math>f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>						NO	
	<b><math>\sigma_f &lt; \varepsilon(f_0)</math></b>						1.4715 > 0.6260	OK
	<b><math>\sigma_A(f_0) &lt; \theta(f_0)</math></b>						1.1824 < 1.5800	OK

#### ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)

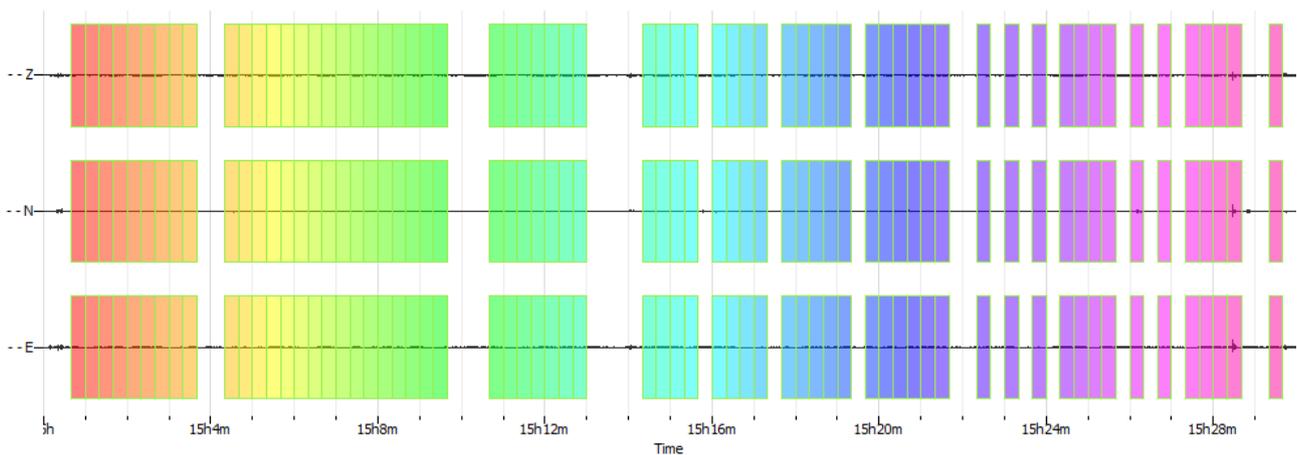
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

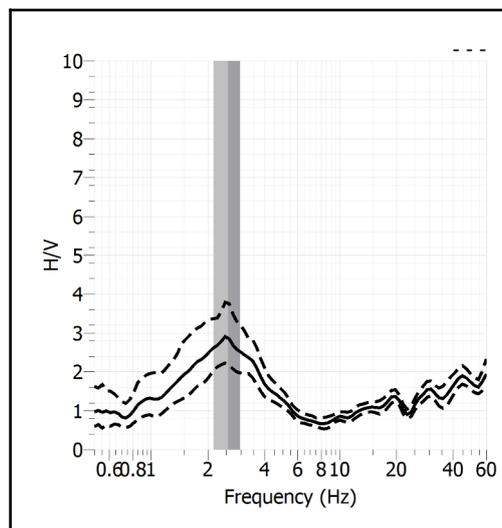
<b>Stazione</b>	30	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	65 (72% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamo</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamo</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>2.56 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.87</b>

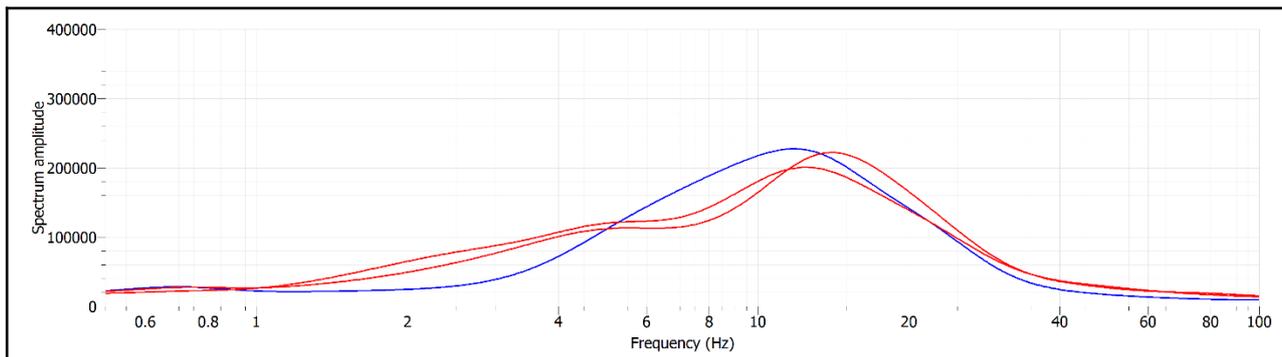
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



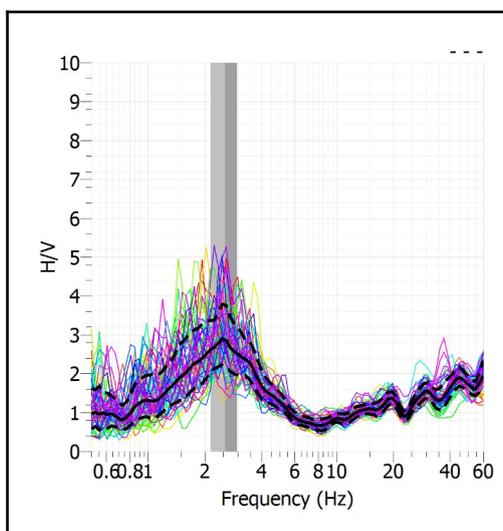
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



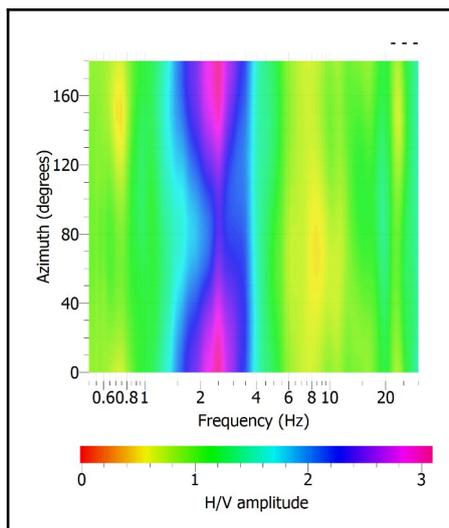
### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica	
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$		
20.00	65	3330	2.561	0.41	2.87	1.31	BASSO	
<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]								
$f_0 > 10/L_w$			2.561	>	0.500		OK	
$n_c(f_0) > 200$			3330	>	200		OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			Superato 0 volte su 30				OK	
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]								
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>						OK	
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>						OK	
	$A_0 > 2$			2.8664	>	2		OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$						OK	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$			0.4144	>	0.1281		OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$			1.3065	<	1.5800		OK

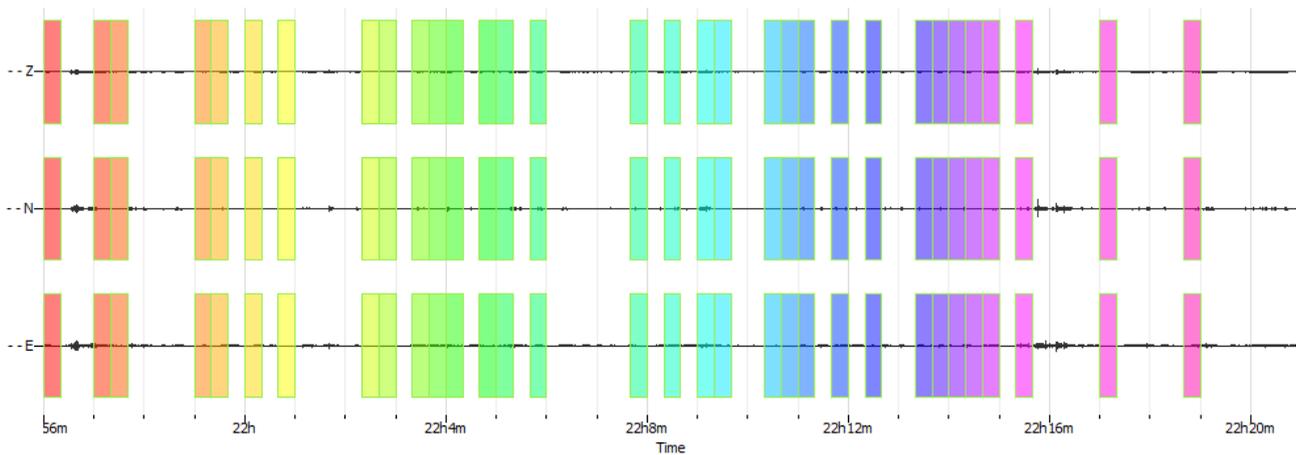
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

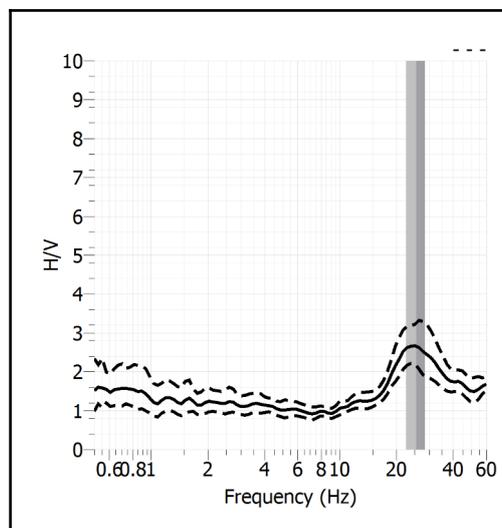
<b>Stazione</b>	31	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	25 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	32 (43% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>NP</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

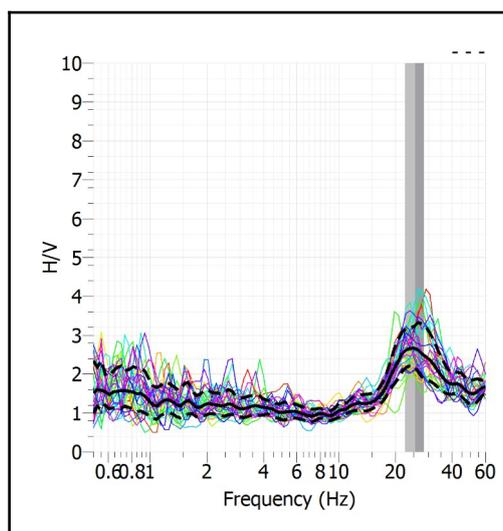
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

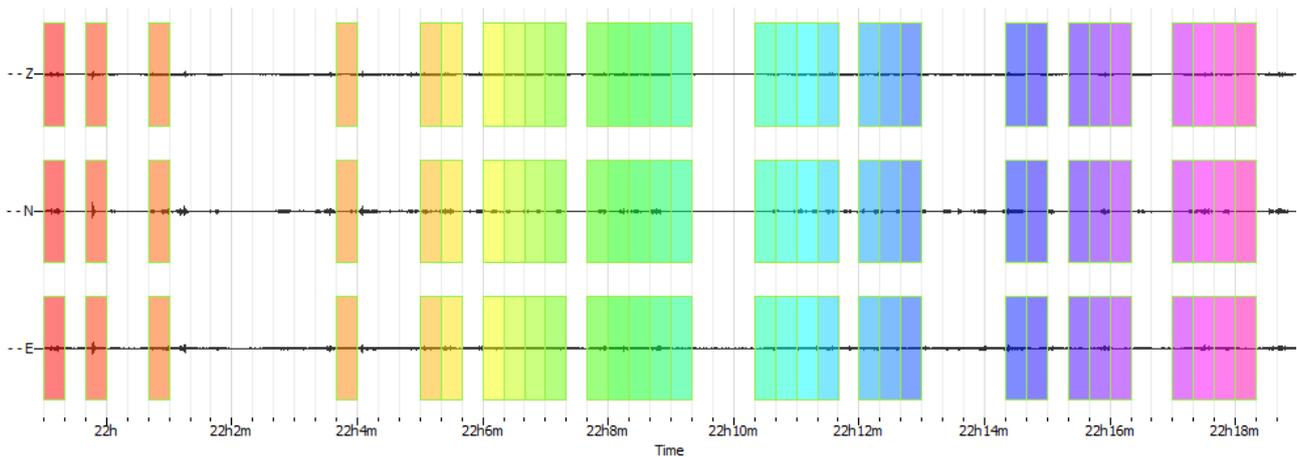
**CLASSE | A1**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

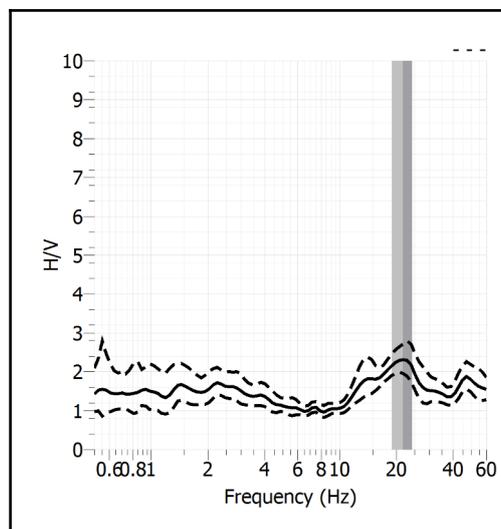
<b>Stazione</b>	32	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	20 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	31 (52% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	NP
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

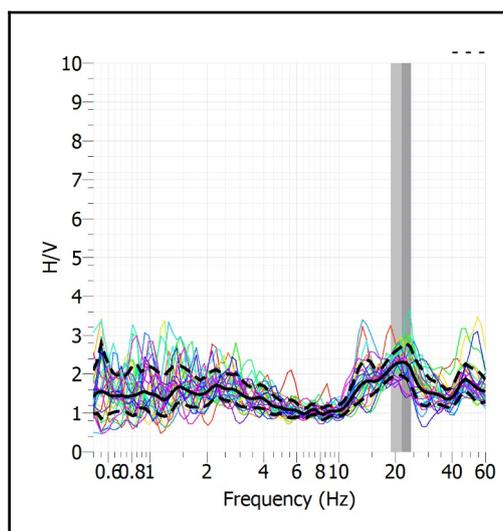
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

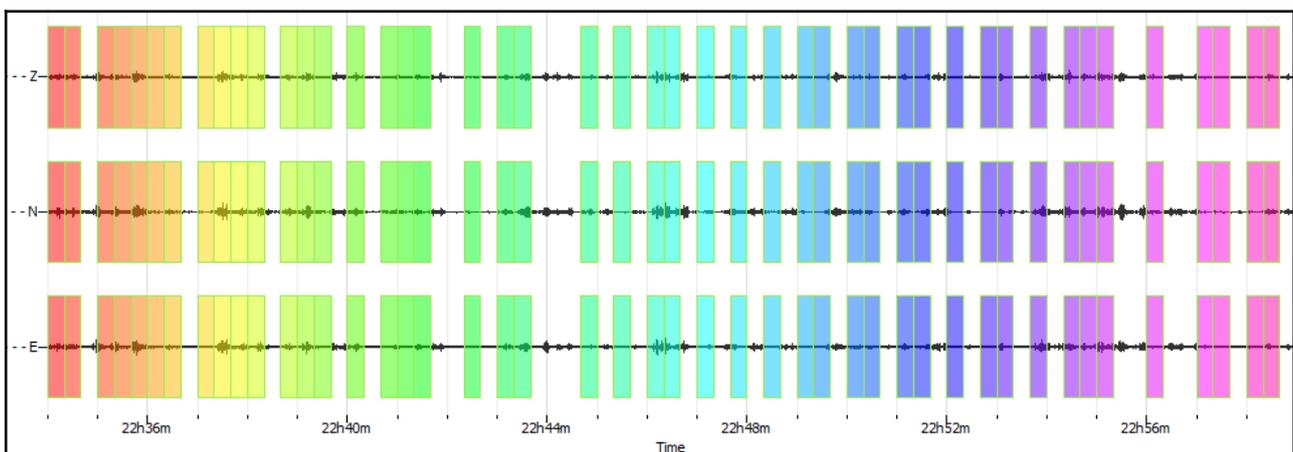
**CLASSE | A1**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

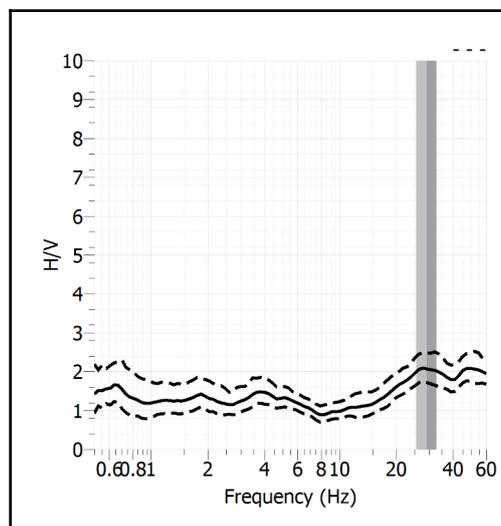
<b>Stazione</b>	33	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	25 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	46 (61% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>NP</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

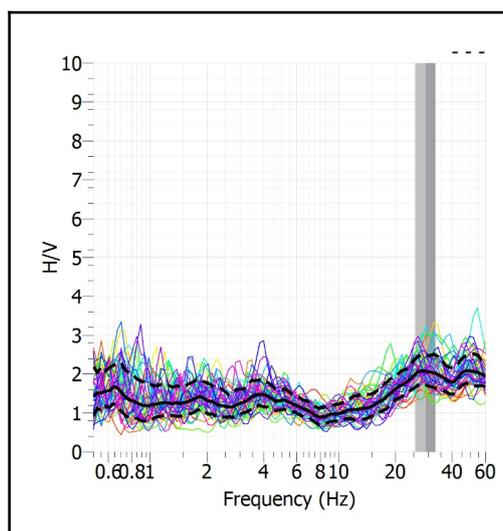
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

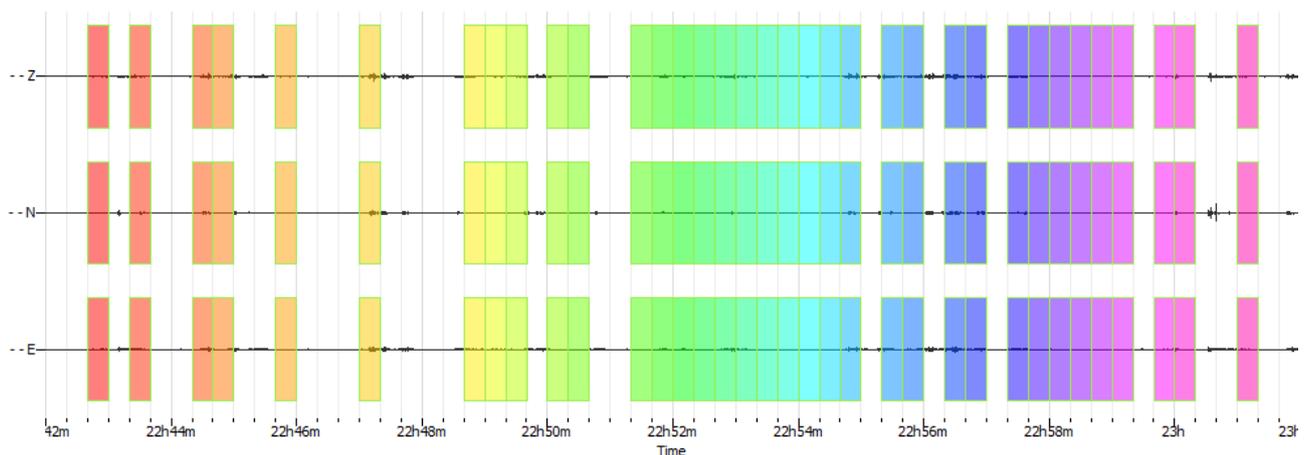
**CLASSE | A1**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

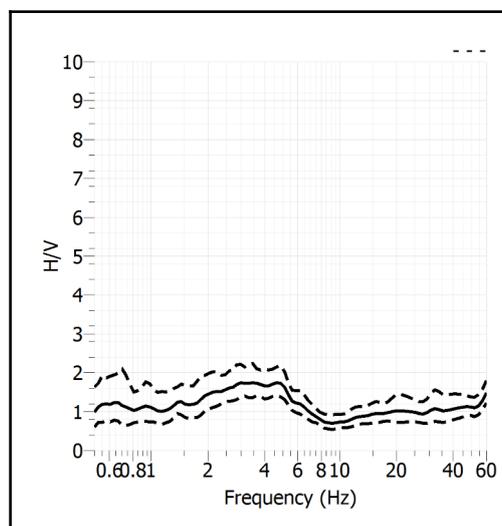
<b>Stazione</b>	34	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	20 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	35 (58% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	NP
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

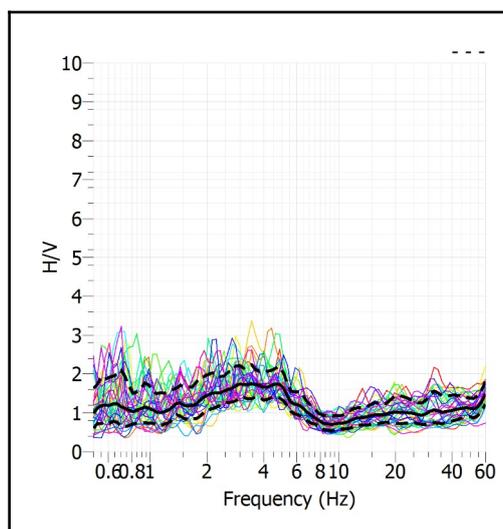
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>NO</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>NO</b>

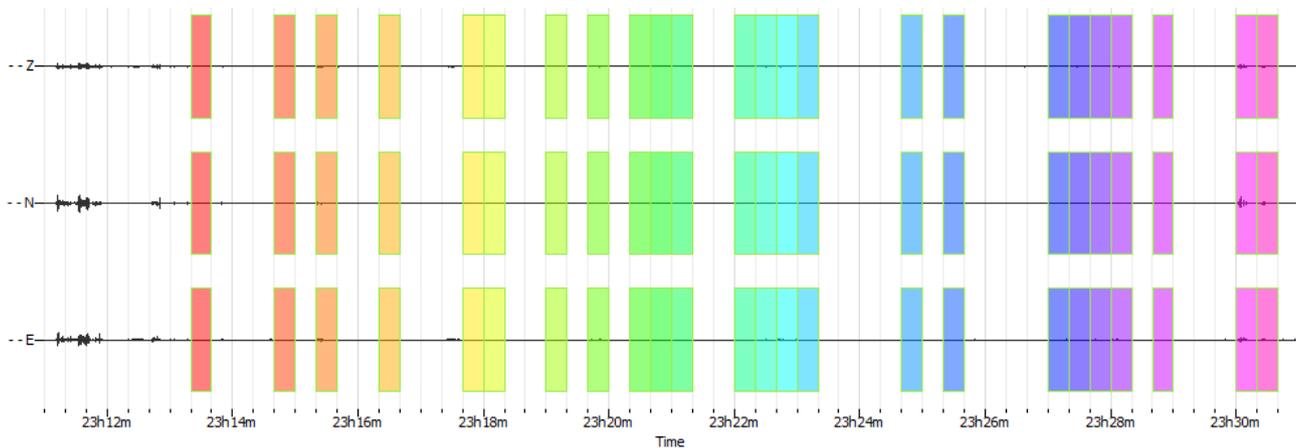
**CLASSE A2**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

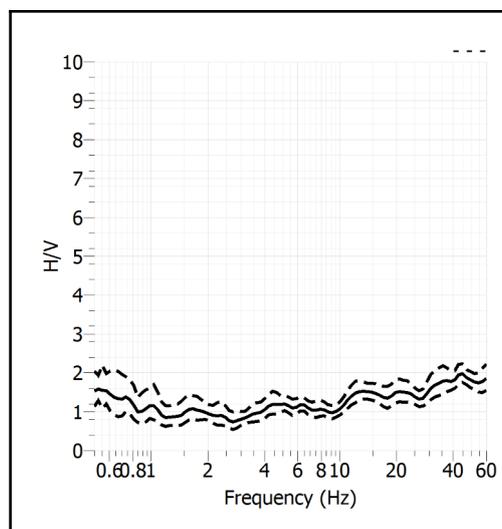
<b>Stazione</b>	35	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	20 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	24 (40% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>NP</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

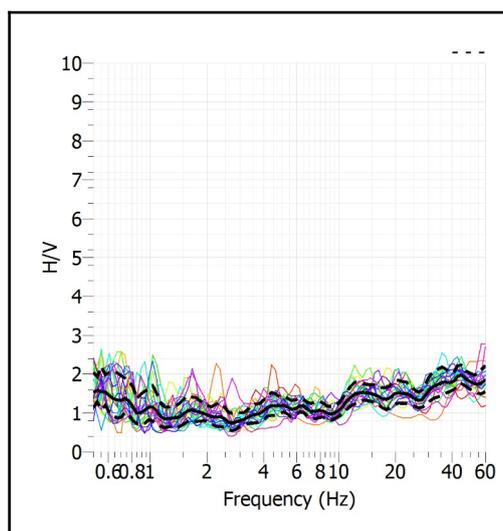
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>NO</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>NO</b>

**CLASSE | A2**

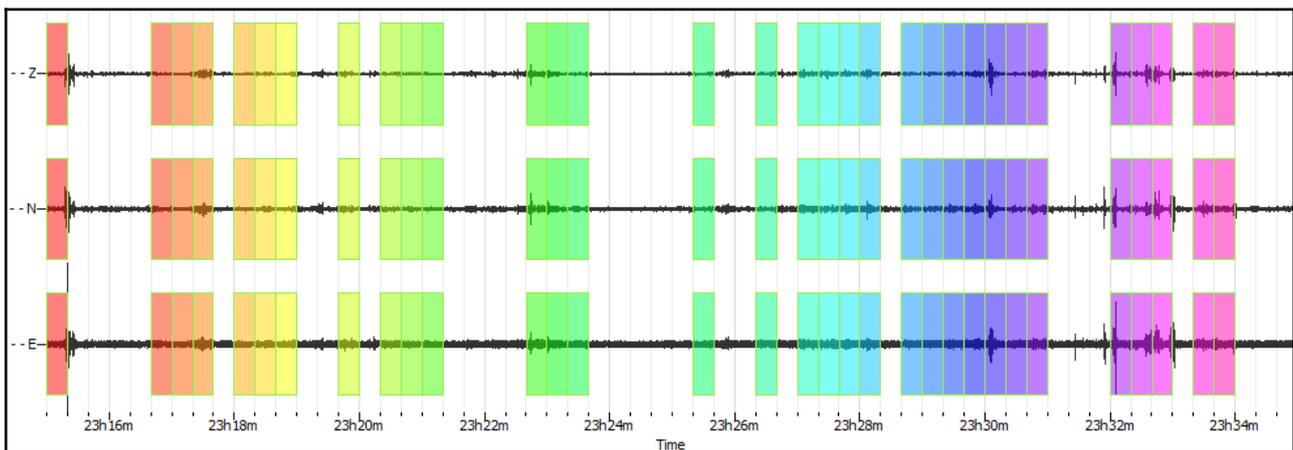
**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

<b>Stazione</b>	36
<b>Strumento</b>	Theremino
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022
<b>Durata registrazione</b>	20 minuti
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s
<b>Numero di finestre analizzate</b>	32 (53% del tracciato)
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi
<b>Lisciamento</b>	40
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale
<b>Meteo</b>	Sereno

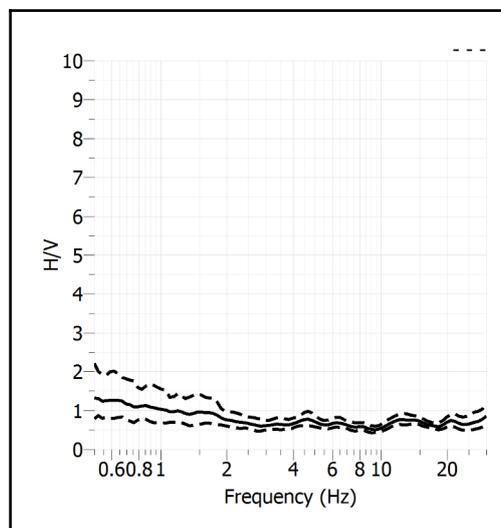


<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	NP
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

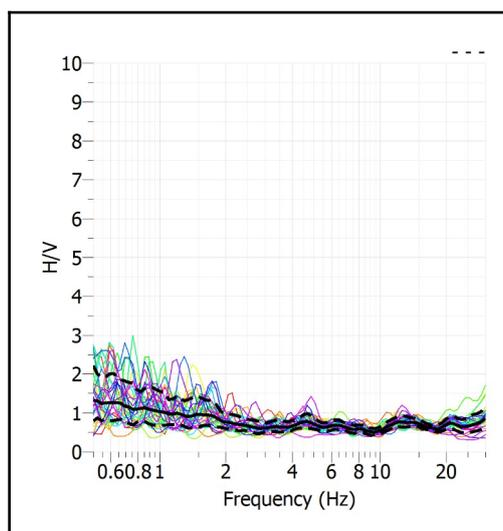
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>NO</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>NO</b>

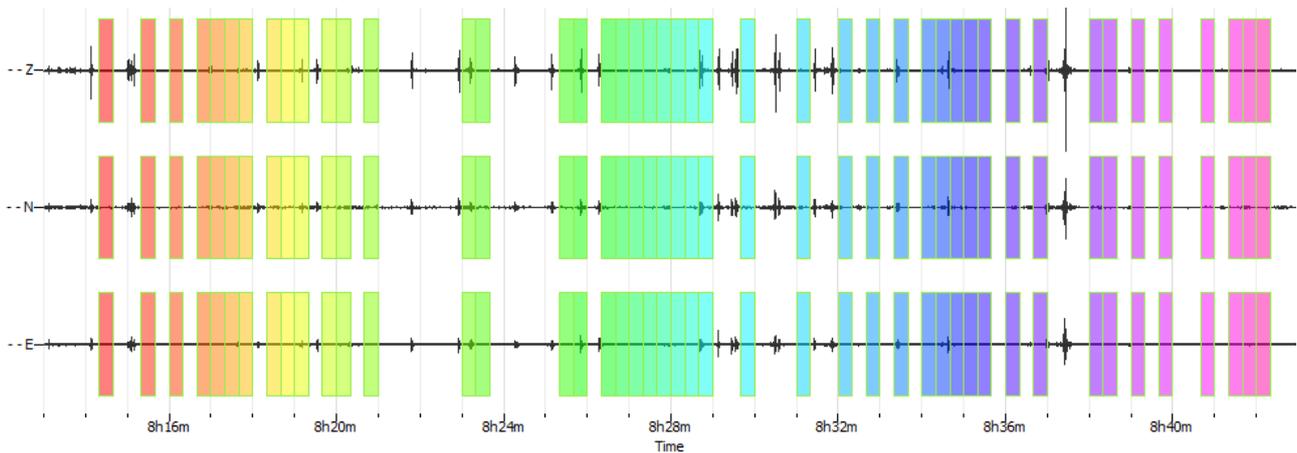
**CLASSE | A2**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

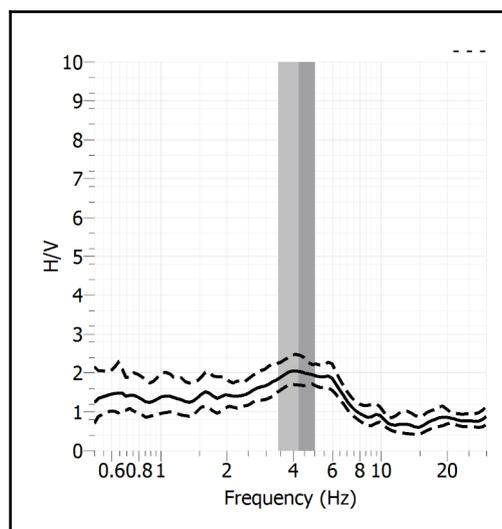
<b>Stazione</b>	37	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	45 (50% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (<math>f_0</math>)</b>	<b>4.22 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza <math>f_0</math></b>	<b>2.04</b>

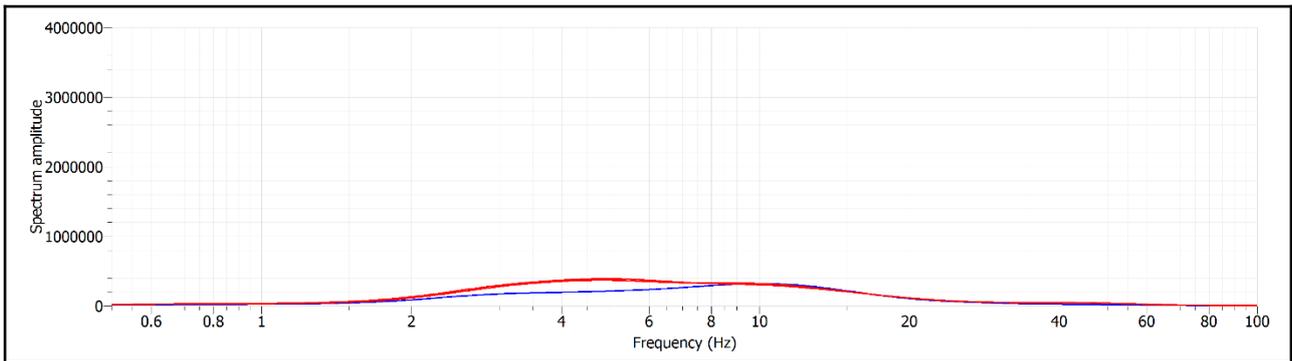
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



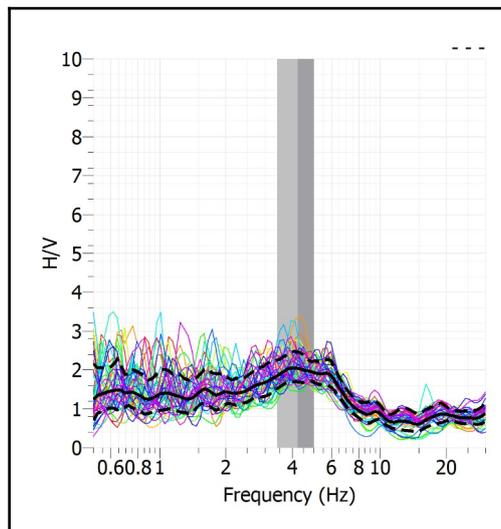
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



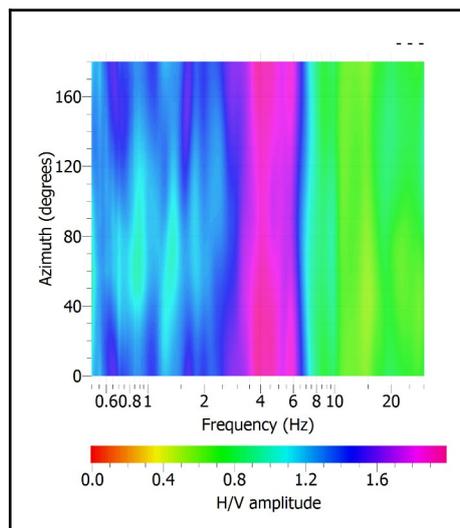
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	45	3801	4.223	0.80	2.04	1.21	BASSO

<b>Criteria per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/Lw$	4.223	>	0.500	OK	
$n_c(f_0) > 200$	3801	>	200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 35			OK	
<b>Criteria per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>			NO	
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>			OK	
	$A_0 > 2$	2.0386	>	2	OK
Stability conditions	<b><math>f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>			NO	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.8015	>	0.2112	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2080	<	1.5800	OK

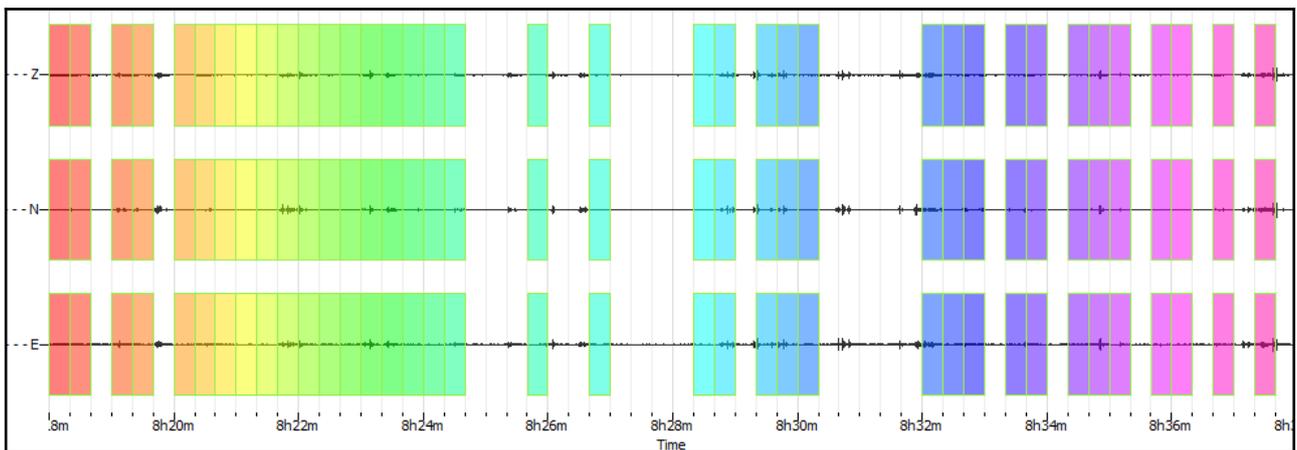
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

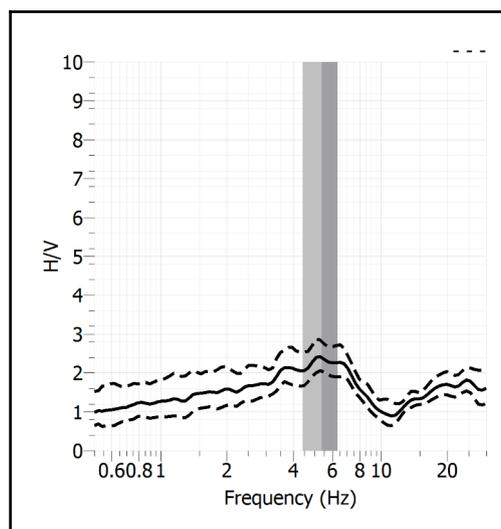
<b>Stazione</b>	38	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	20 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	37 (62% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamo</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamo</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>5.38 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.39</b>

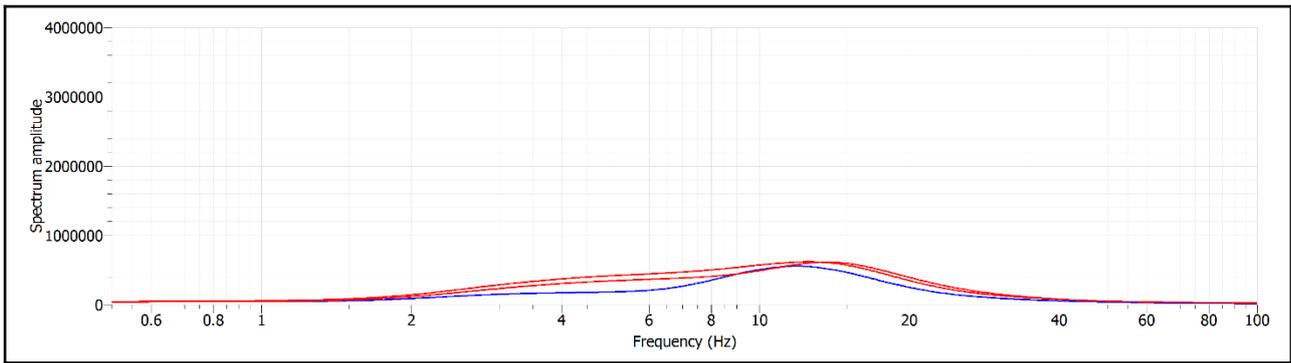
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



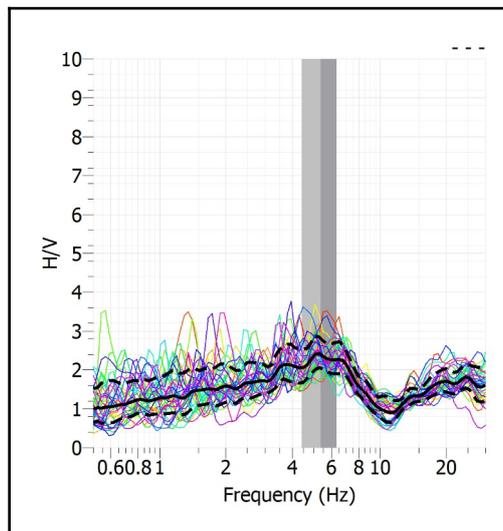
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



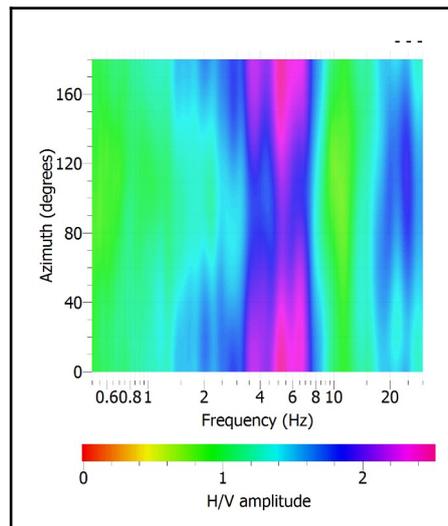
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	37	3987	5.387	0.97	2.39	1.17	BASSO

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b>			
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]			
$f_0 > 10/L_w$		5.387 > 0.500	<b>OK</b>
$n_c(f_0) > 200$		3987 > 200	<b>OK</b>
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 35	<b>OK</b>
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			<b>OK</b>
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b>			
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>		<b>NO</b>
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>		<b>OK</b>
	$A_0 > 2$	2.3901 > 2	<b>OK</b>
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		<b>NO</b>
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.9732 > 0.2694	<b>OK</b>
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.1713 < 1.5800	<b>OK</b>

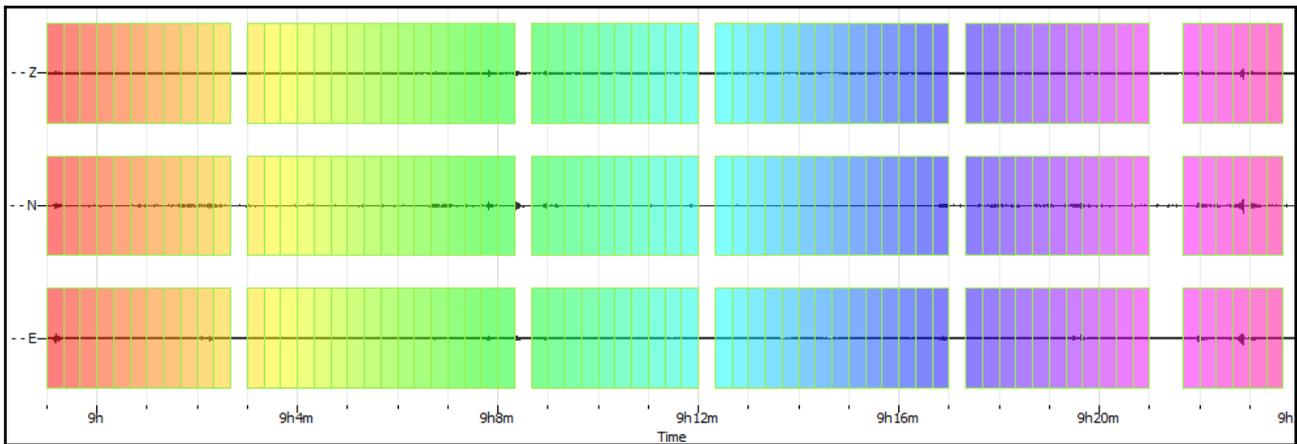
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

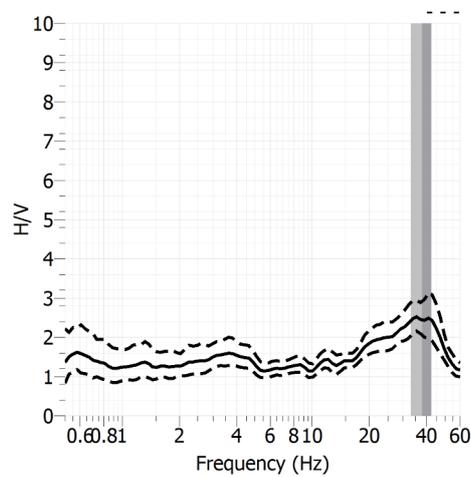
<b>Stazione</b>	39	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	25 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	68 (91% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamto</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamto</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	NP
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

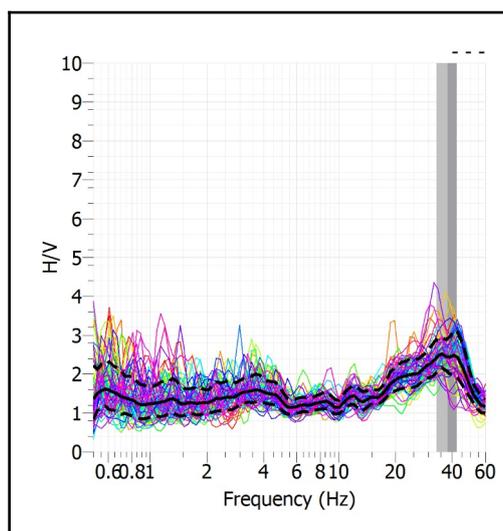
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

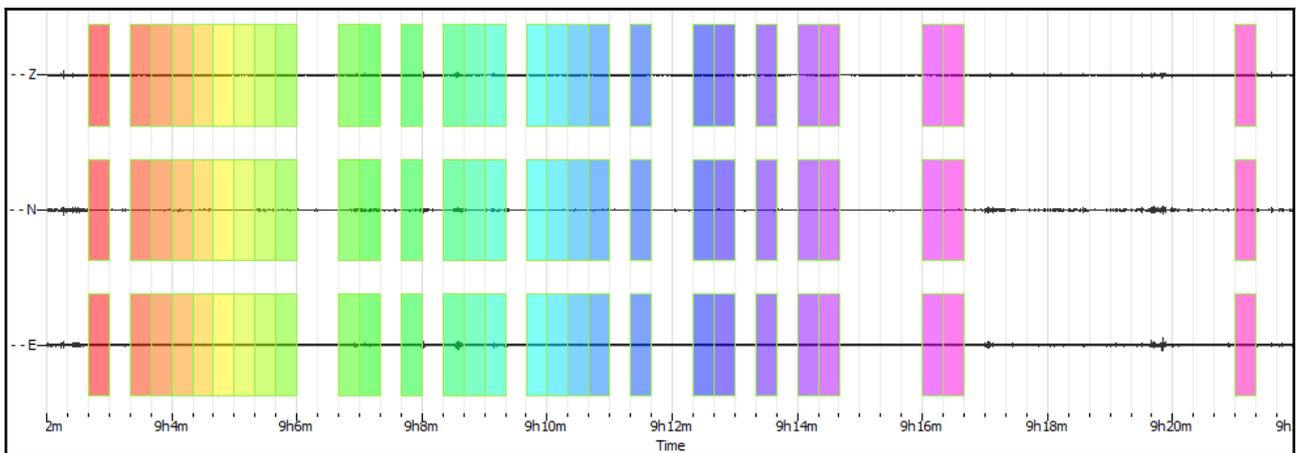
**CLASSE | A1**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

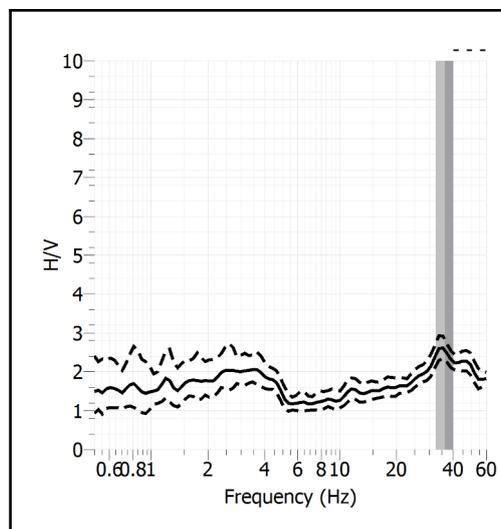
<b>Stazione</b>	40	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	20 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	28 (47% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	NP
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

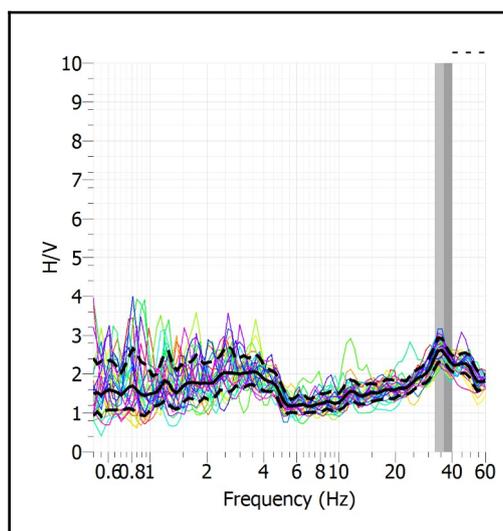
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

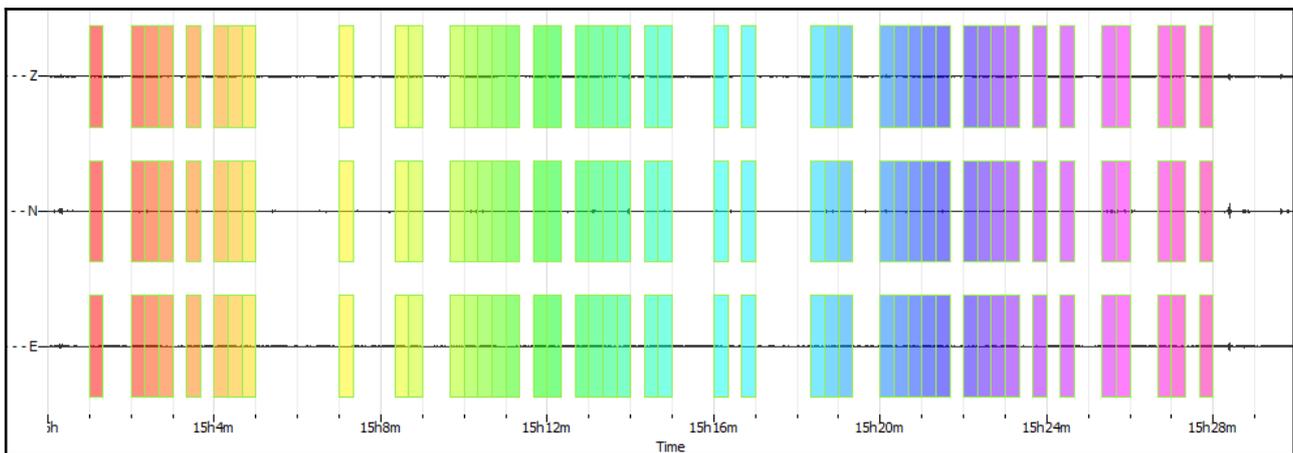
**CLASSE | A1**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

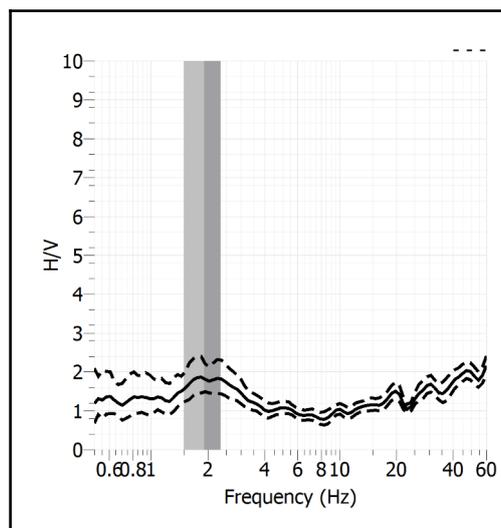
<b>Stazione</b>	41	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	45 (50% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>1.91 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.01</b>

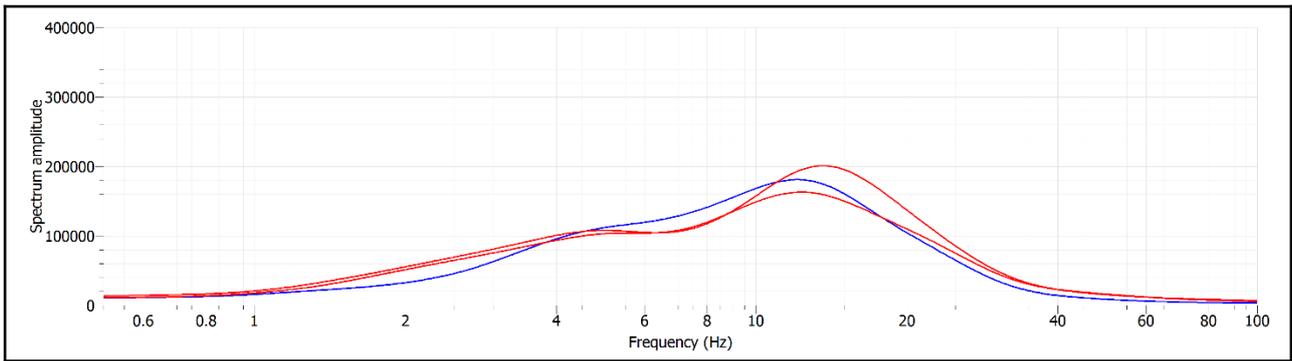
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



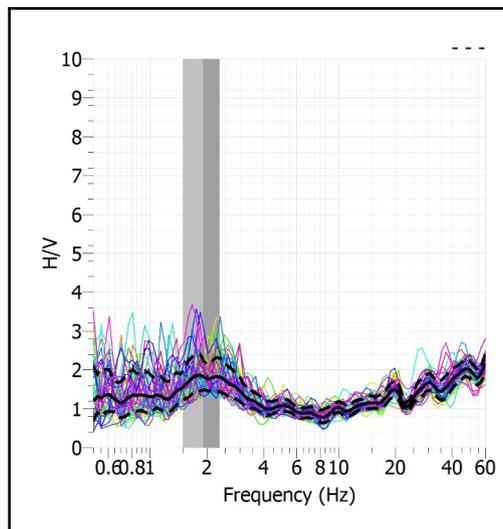
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



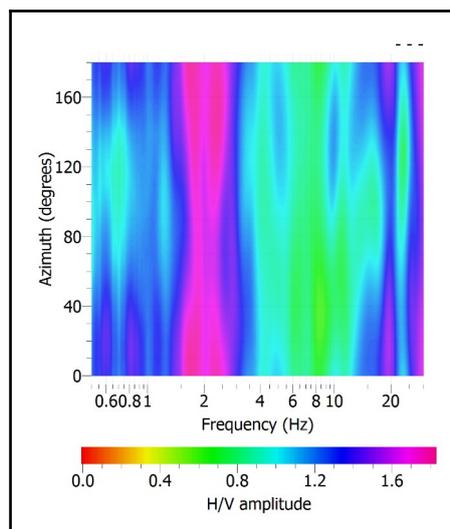
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	45	1726	1.918	0.42	2.01	1.26	BASSO
<b>Criteria per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]							
$f_0 > 10/Lw$			1.918 > 0.500			OK	
$n_c(f_0) > 200$			1726 > 200			OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$			Superato 0 volte su 30			OK	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$						OK	
<b>Criteria per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]							
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>						NO
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>						OK
	$A_0 > 2$			2.0100 > 2			OK
Stability conditions	<b><math>f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>						NO
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$			0.4223 > 0.1918			OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$			1.2618 < 1.7800			OK

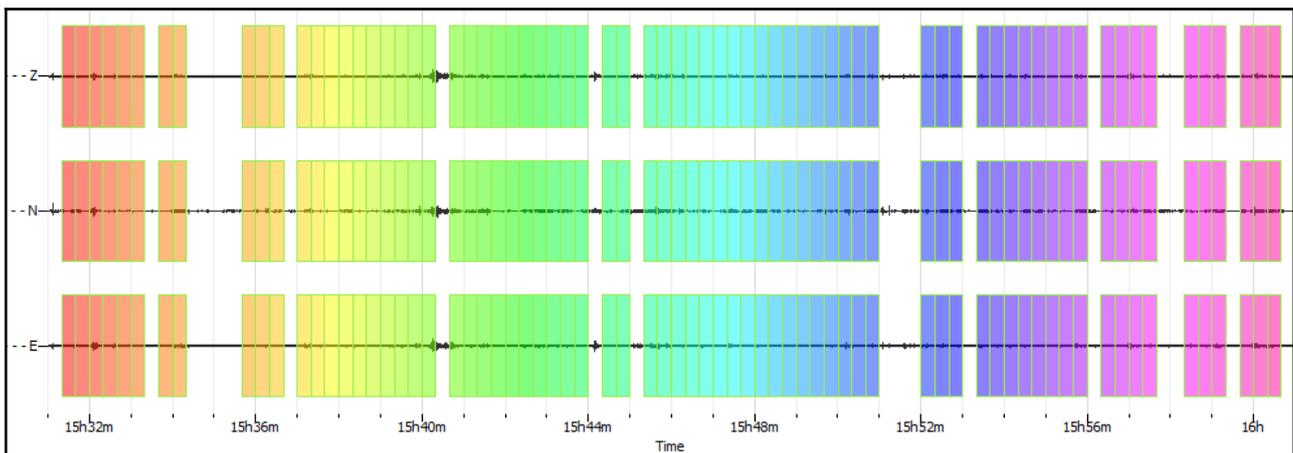
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

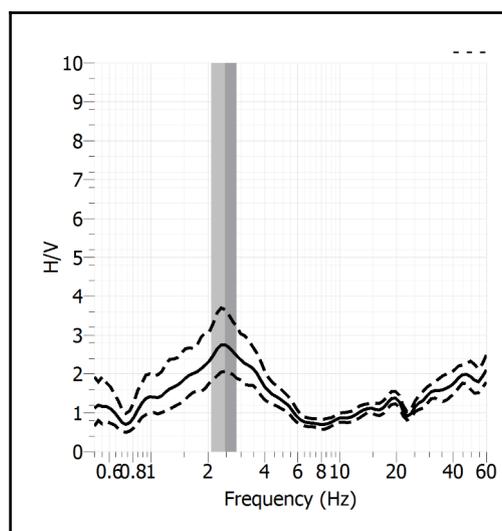
<b>Stazione</b>	42	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	71 (79% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (<math>f_0</math>)</b>	<b>2.46 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza <math>f_0</math></b>	<b>2.75</b>

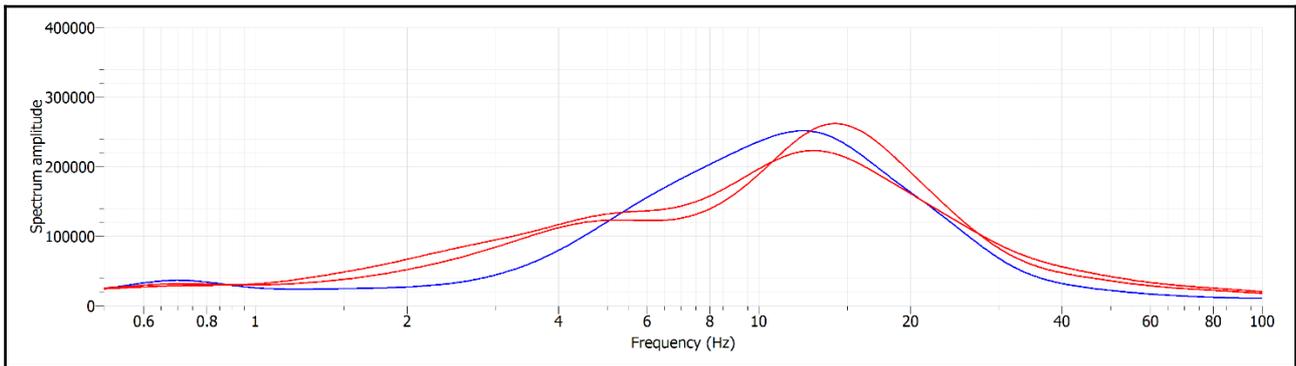
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



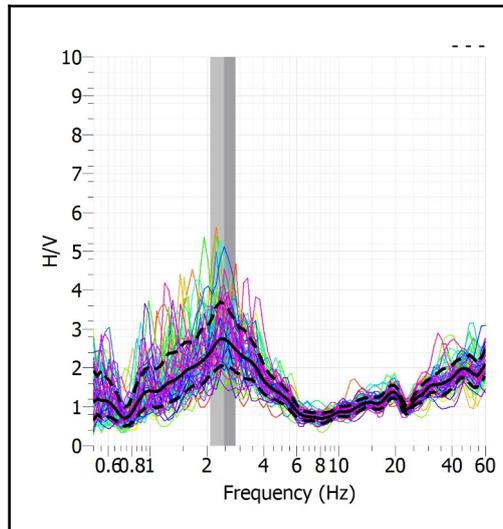
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



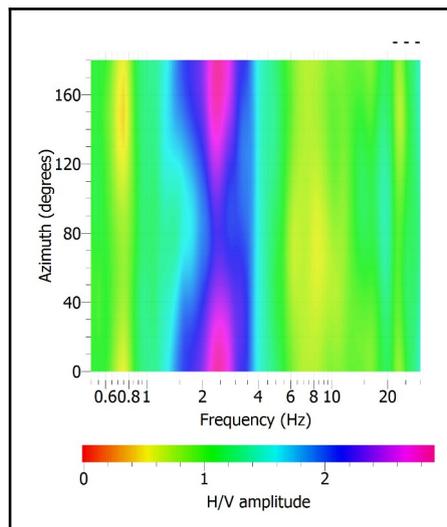
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	71	3500	2.465	0.37	2.75	1.34	BASSO

<b>Criteria per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/Lw$	2.465	>	0.500	OK	
$n_c(f_0) > 200$	3500	>	200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 30			OK	
<b>Criteria per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste $f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$			OK	
	Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$			OK	
	$A_0 > 2$	2.7521	>	2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$			OK	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.3736	>	0.1232	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.3356	<	1.5800	OK

#### ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)

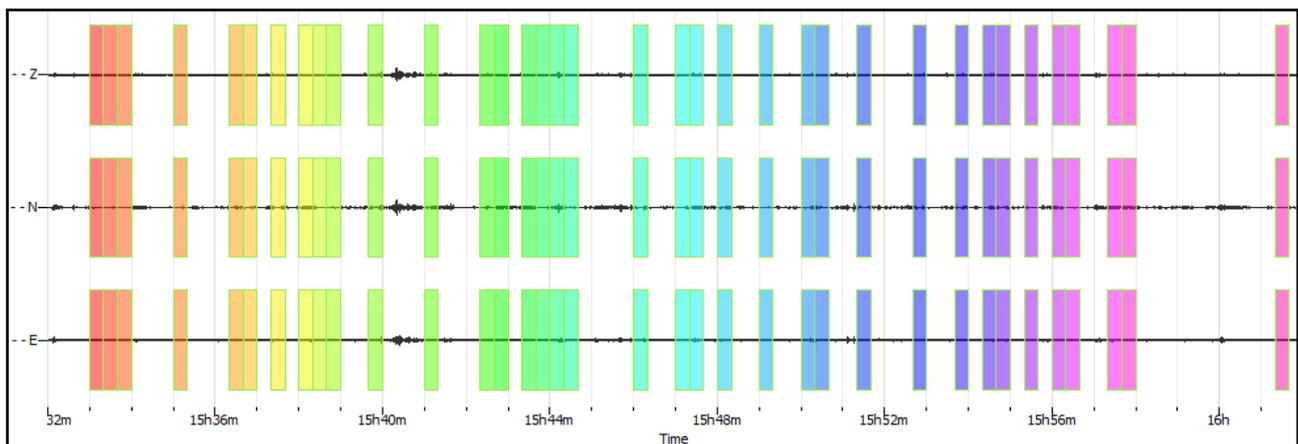
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

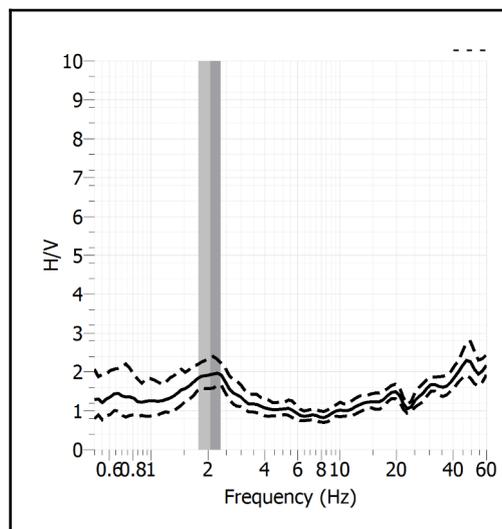
<b>Stazione</b>	43	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	36 (40% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>2.06 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.02</b>

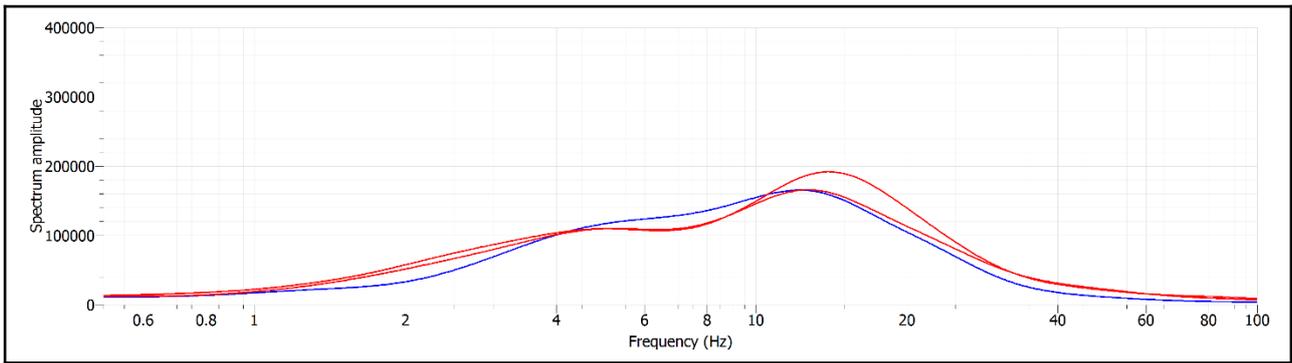
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



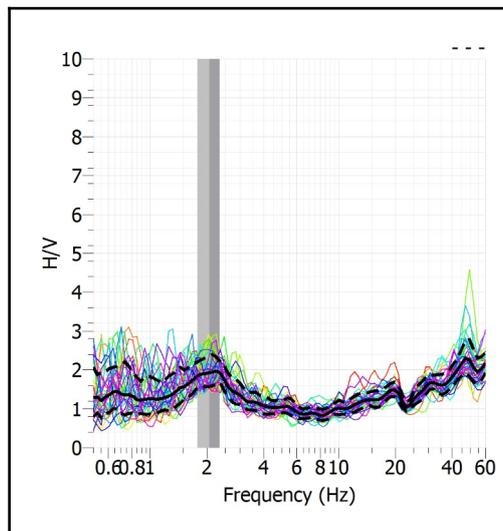
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



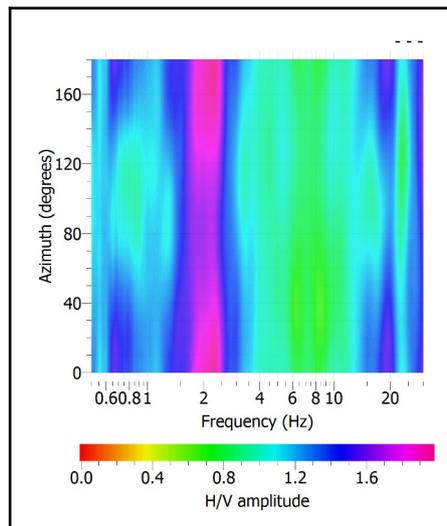
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	36	1486	2.064	0.27	2.02	1.23	BASSO

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b>			
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]			
$f_0 > 10/L_w$		2.064 > 0.500	<b>O K</b>
$n_c(f_0) > 200$		1486 > 200	<b>O K</b>
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 30	<b>O K</b>
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			<b>O K</b>
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b>			
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>		<b>NO</b>
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>		<b>O K</b>
	$A_0 > 2$	2.0200 > 2	<b>O K</b>
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		<b>NO</b>
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.2749 > 0.1032	<b>O K</b>
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2254 < 1.5800	<b>O K</b>

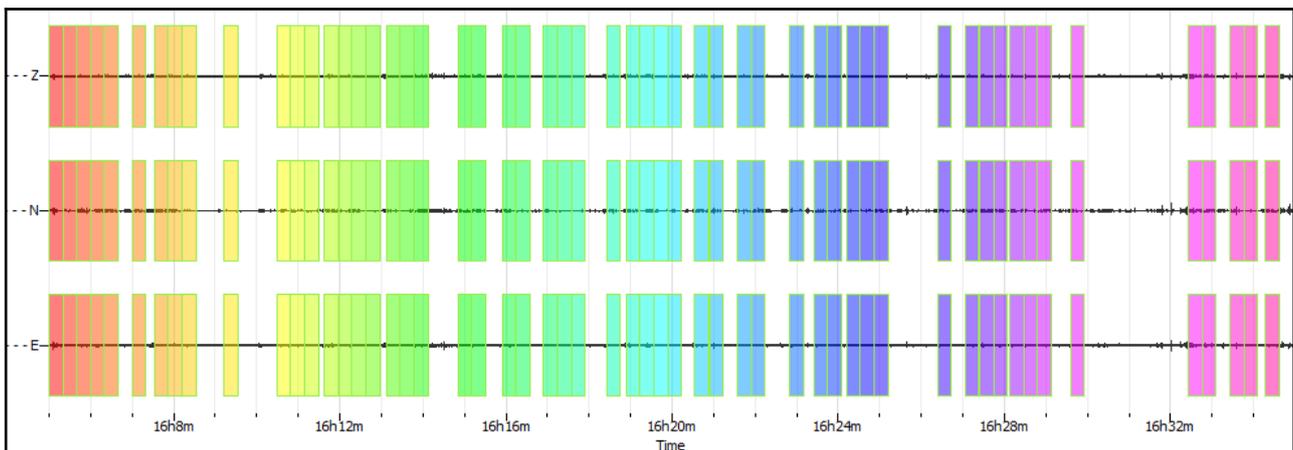
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

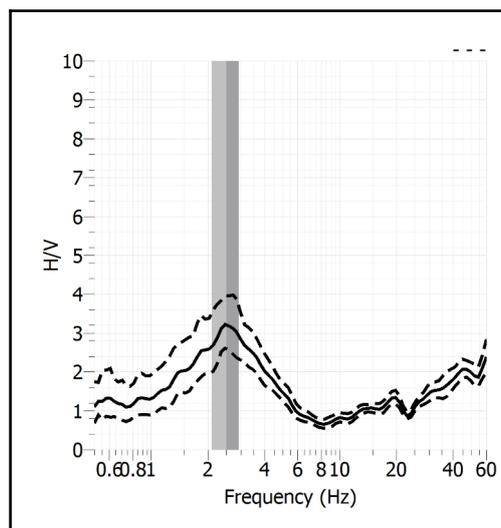
<b>Stazione</b>	44	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	55 (61% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>2.51 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>3.20</b>

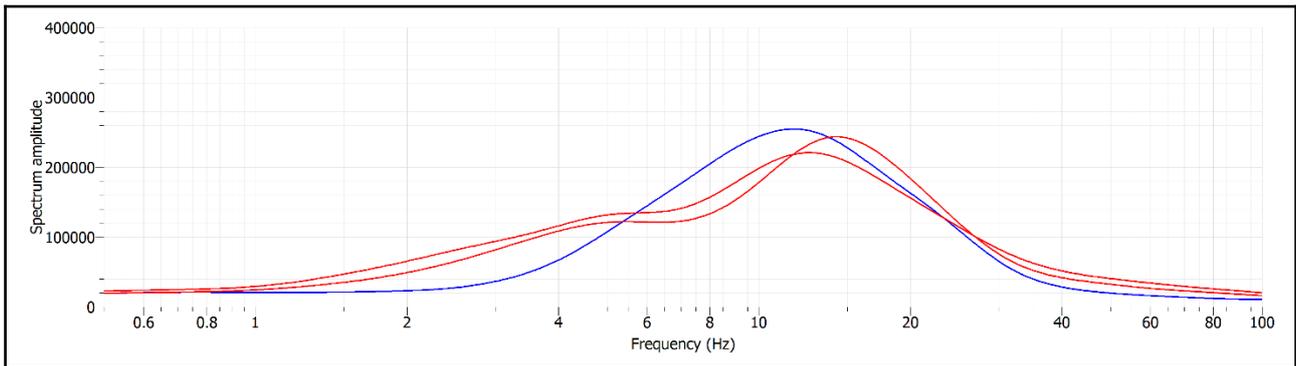
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



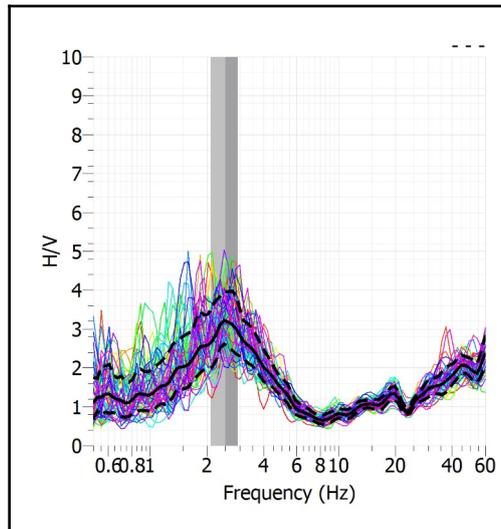
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



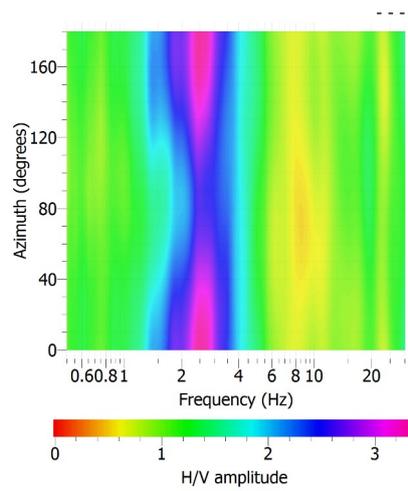
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	55	2765	2.514	0.41	3.20	1.24	MODERATO

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b>			
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]			
$f_0 > 10/Lw$		2.514 > 0.500	<b>O K</b>
$n_c(f_0) > 200$		2765 > 200	<b>O K</b>
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 29	<b>O K</b>
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			<b>O K</b>
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b>			
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>		<b>O K</b>
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>		<b>O K</b>
	$A_0 > 2$	3.2031 > 2	<b>O K</b>
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		<b>NO</b>
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.4082 > 0.1257	<b>O K</b>
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2389 < 1.5800	<b>O K</b>

#### ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)

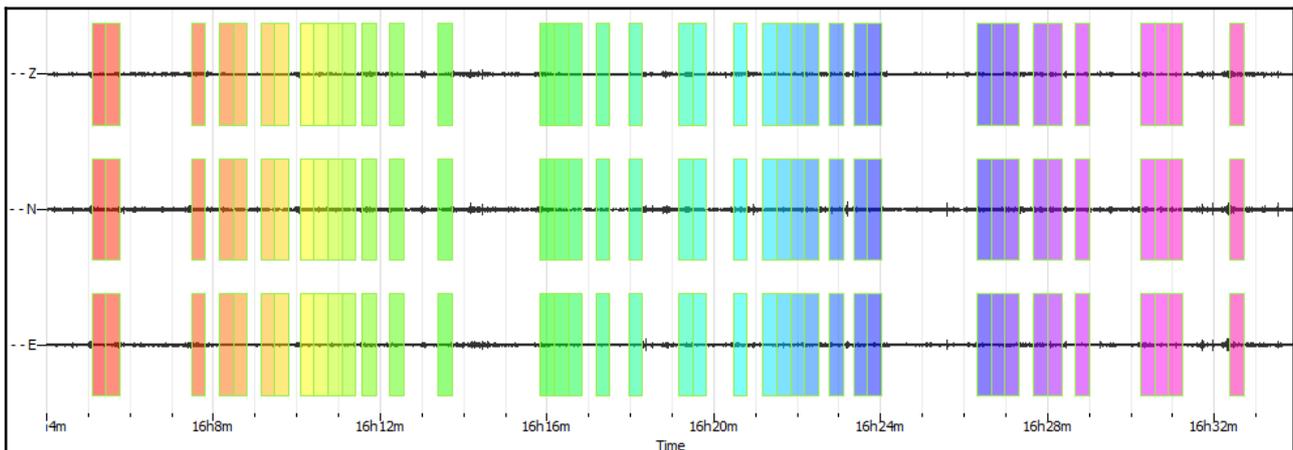
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

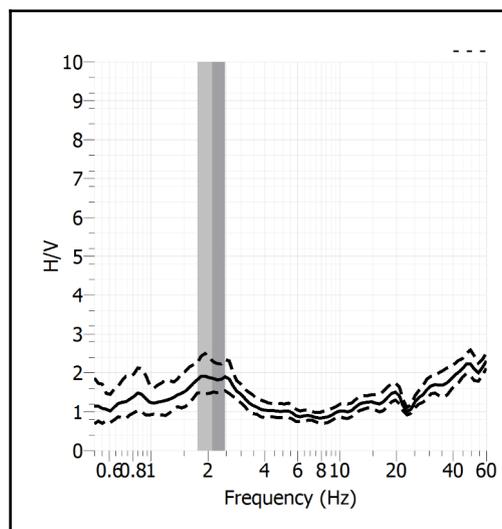
<b>Stazione</b>	45	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	39 (43% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>2.11 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.01</b>

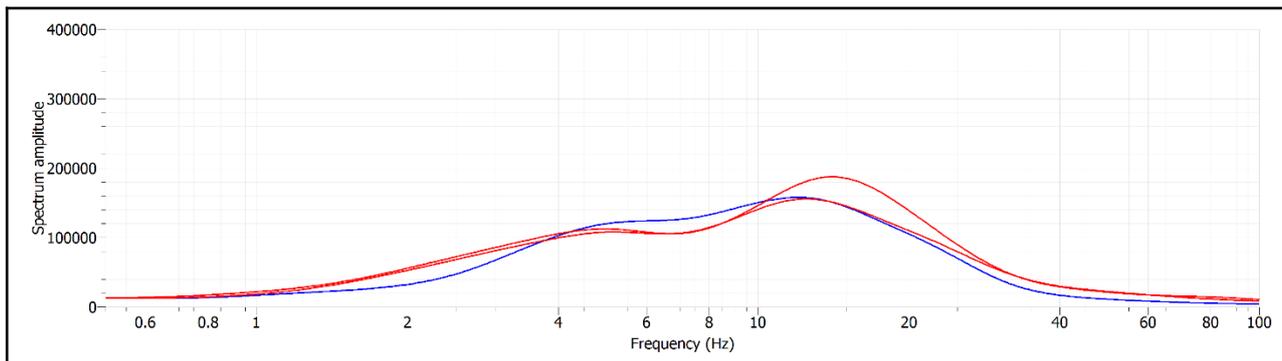
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



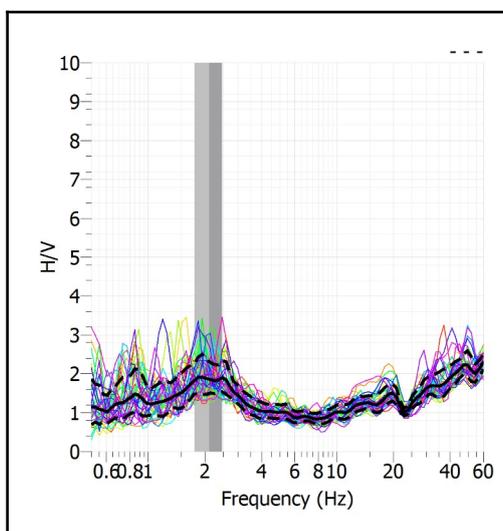
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



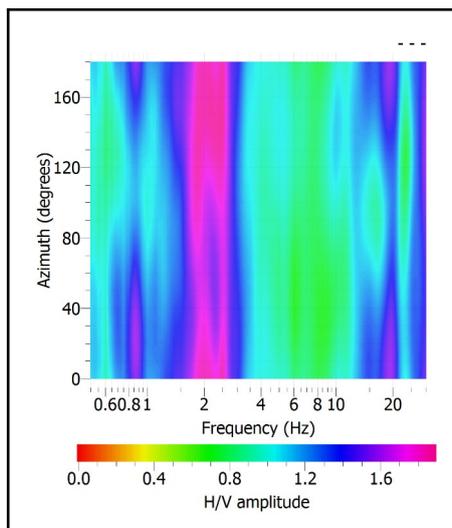
### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica	
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$		
20.00	39	1650	2.115	0.35	2.01	1.26	BASSO	
<b>Criteria per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]								
$f_0 > 10/L_w$						2.115 > 0.500	OK	
$n_c(f_0) > 200$						1650 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$						Superato 0 volte su 30	OK	
<b>Criteria per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]								
Amplitude conditions	Esiste $f^*$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$						NO	
	Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$						OK	
	$A_0 > 2$						2.0100 > 2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$						NO	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$						0.3538 > 0.1058	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$						1.2589 < 1.5800	OK

#### ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)

ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

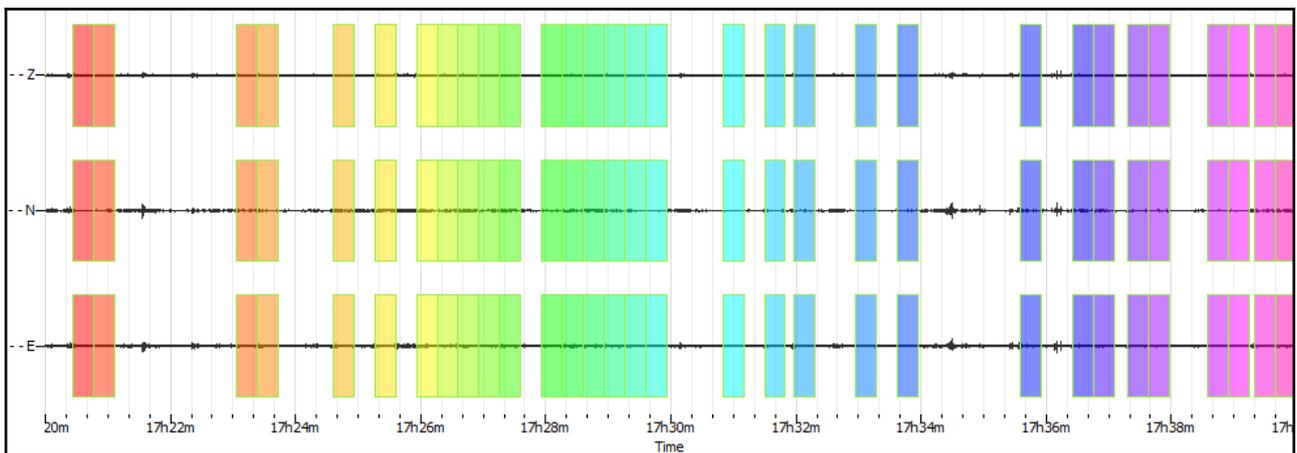
CLASSE | A1

<b>Stazione</b>	46
<b>Strumento</b>	Theremino
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022
<b>Durata registrazione</b>	20 minuti
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s
<b>Numero di finestre analizzate</b>	31 (52% del tracciato)
<b>Tipo di lisciamo</b>	Konno & Ohmachi
<b>Lisciamo</b>	40
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale
<b>Meteo</b>	Sereno

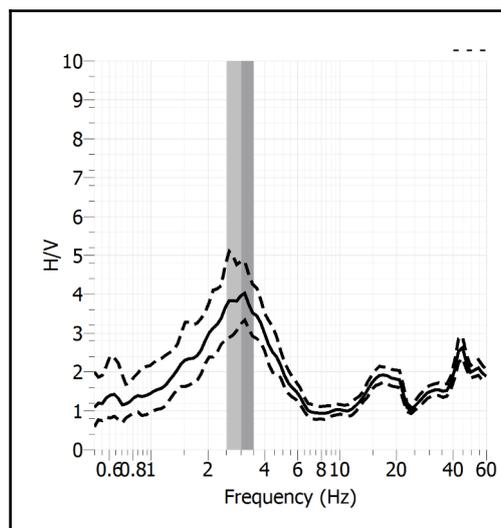


<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>3.01 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>3.97</b>

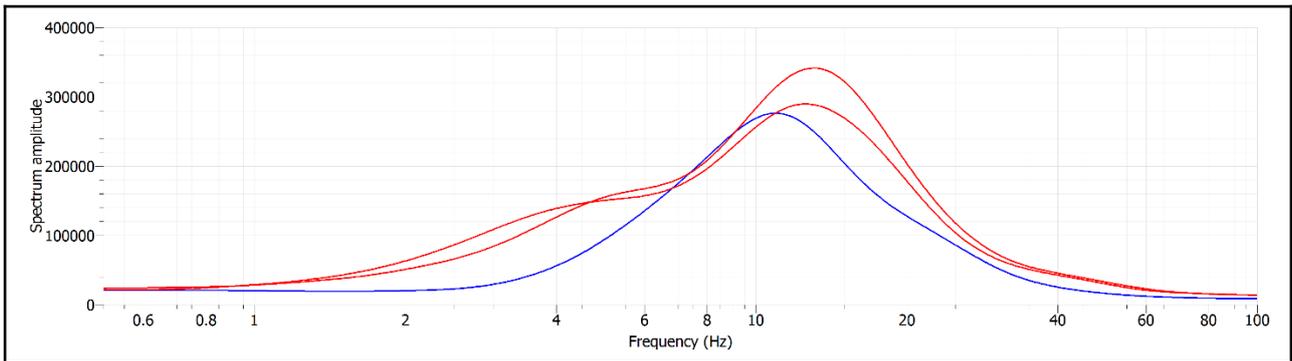
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



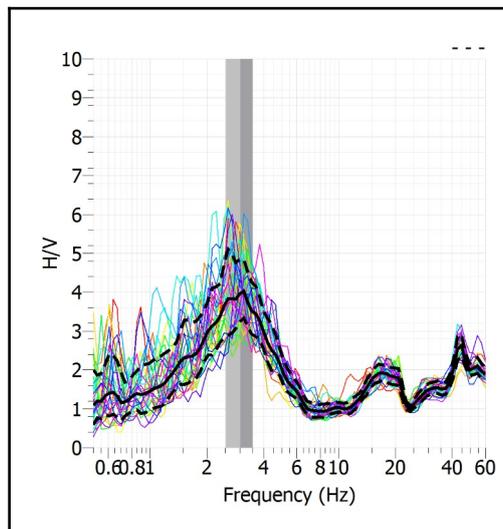
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



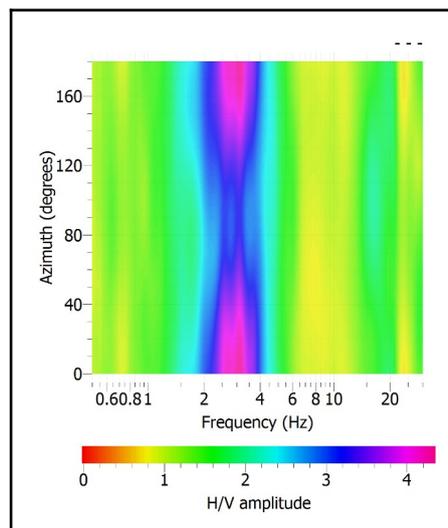
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	31	1872	3.019	0.49	3.97	1.22	MODERATO

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b>					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$	3.019	>	0.500	<b>O K</b>	
$n_c(f_0) > 200$	1872	>	200	<b>O K</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 30			<b>O K</b>	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$				<b>O K</b>	
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b>					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste $f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$			<b>O K</b>	
	Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$			<b>O K</b>	
	$A_0 > 2$	3.9737	>	2	<b>O K</b>
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$			<b>NO</b>	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.4901	>	0.1509	<b>O K</b>
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2197	<	1.5800	<b>O K</b>

#### ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)

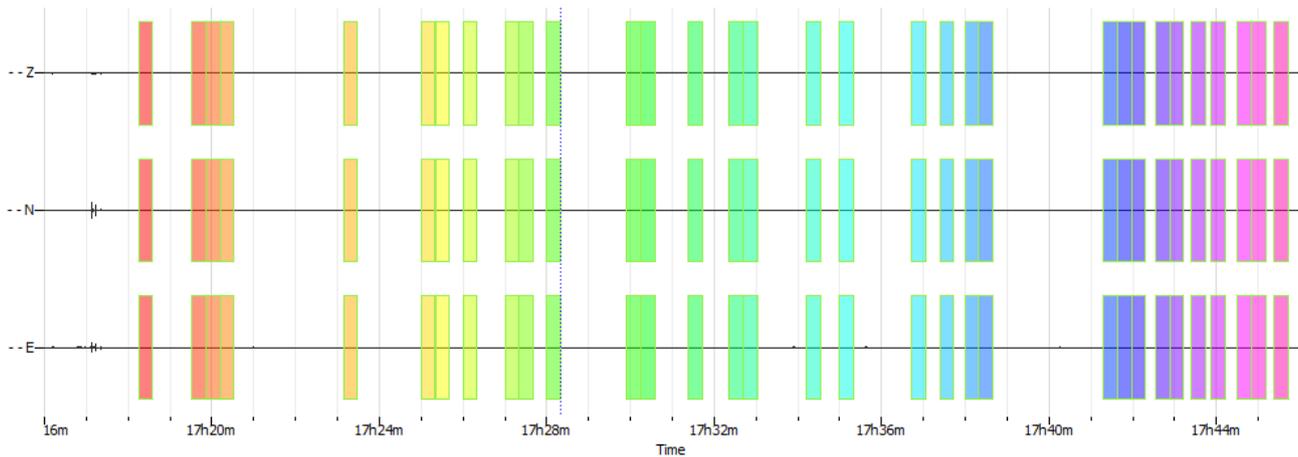
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

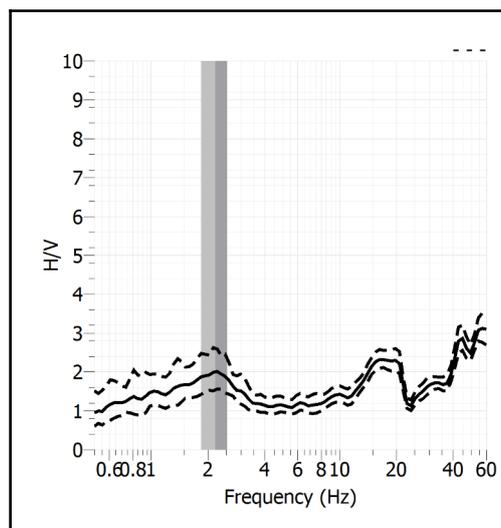
<b>Stazione</b>	47	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	32 (36% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>2.19 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.00</b>

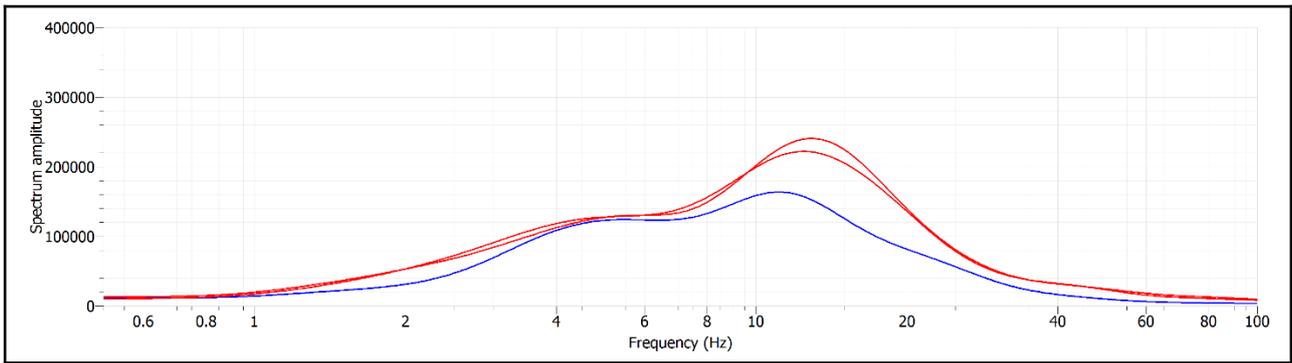
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



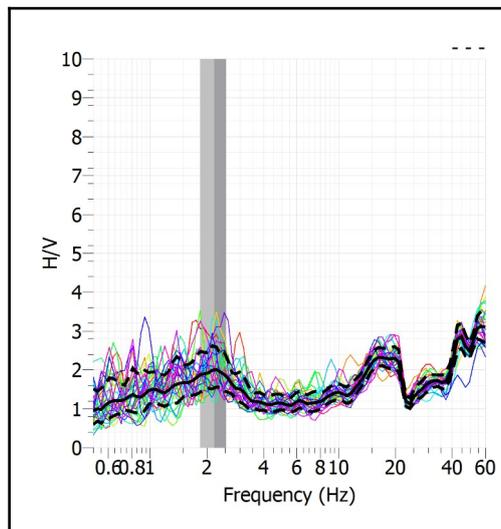
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



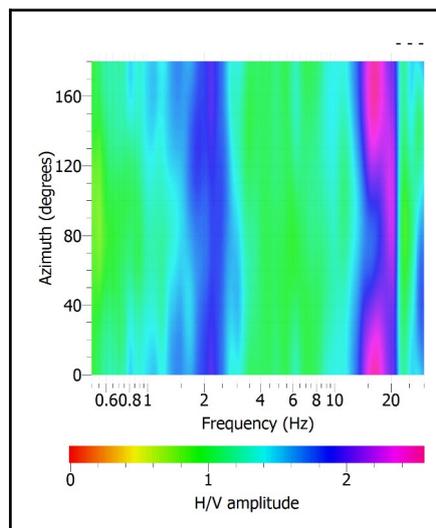
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	32	1403	2.192	0.35	2.00	1.30	BASSO

Criteri per una curva H/V affidabile			
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]			
$f_0 > 10/L_w$	2.192 > 0.500		OK
$n_c(f_0) > 200$	1403 > 200		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 29		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]			
Amplitude conditions	Esiste $f$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f) < A_0/2$		OK
	Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$		NO
	$A_0 > 2$	2.0043 > 2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		NO
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.3528 > 0.1096	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.3008 < 1.5800	OK

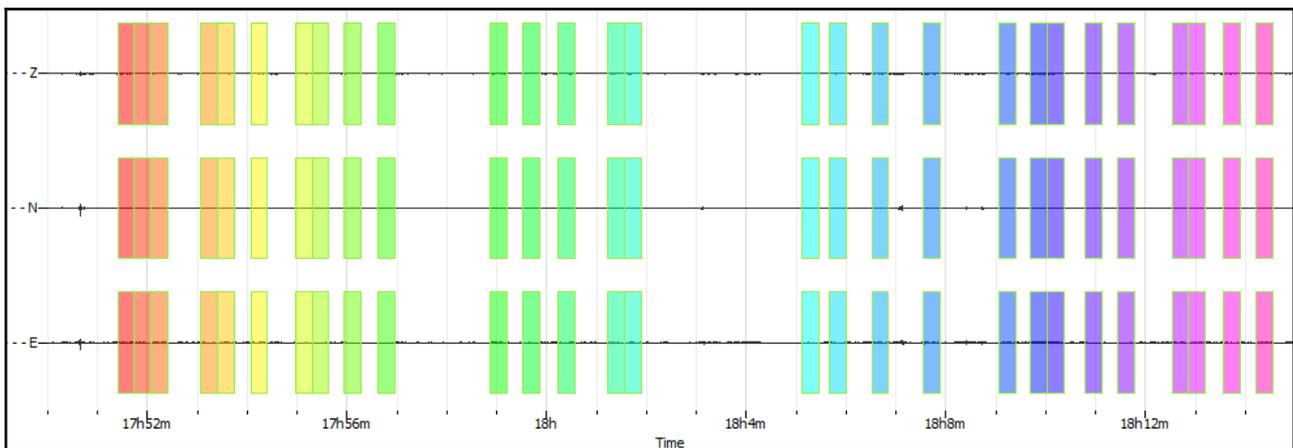
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

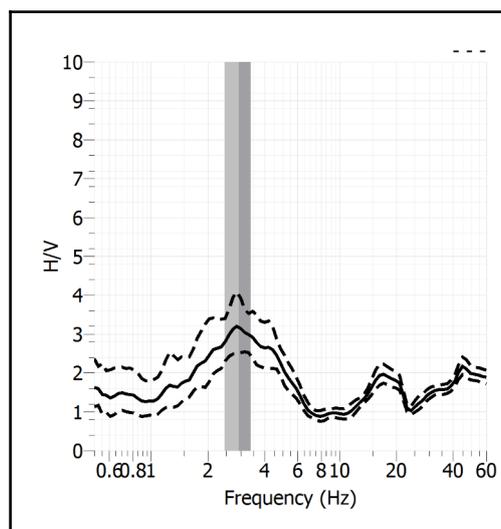
<b>Stazione</b>	48	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	28 (37% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamiento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamiento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>2.92 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>3.17</b>

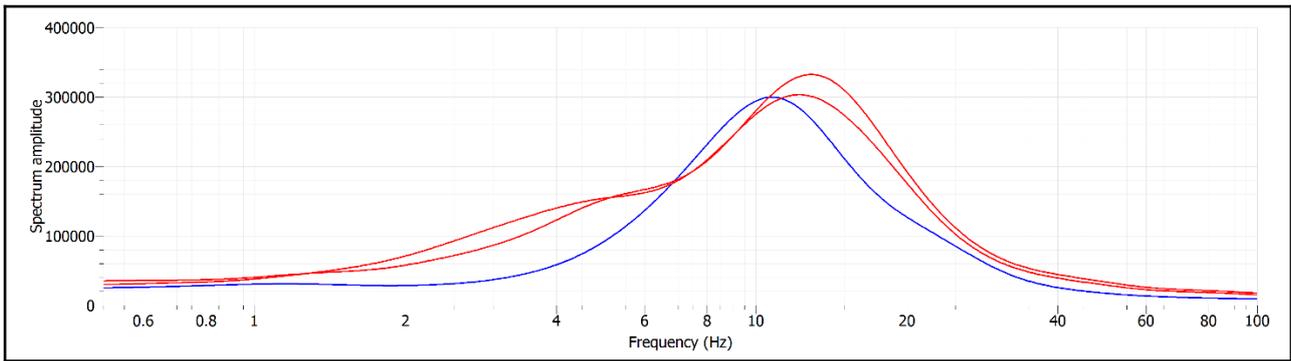
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



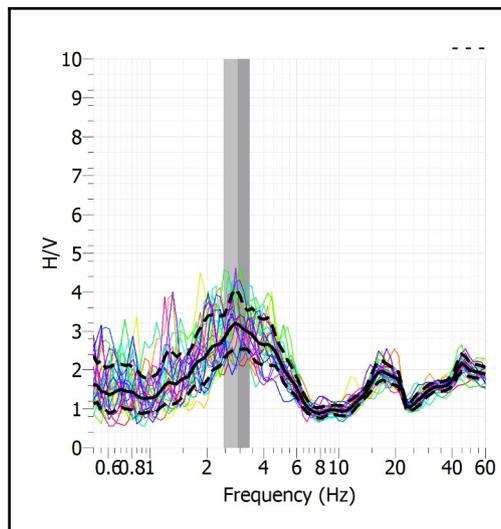
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



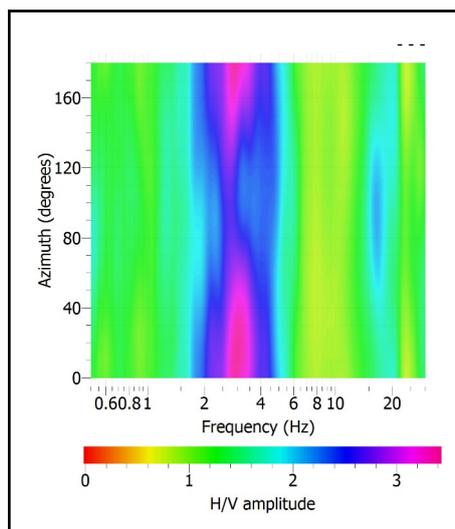
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	28	1636	2.922	0.47	3.17	1.26	MODERATO

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b>			
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]			
$f_0 > 10/Lw$		2.922 > 0.500	OK
$n_c(f_0) > 200$		1636 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 29	OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			OK
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b>			
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>		OK
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>		OK
	$A_0 > 2$	3.1730 > 2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		NO
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.4651 > 0.1461	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2623 < 1.5800	OK

#### ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)

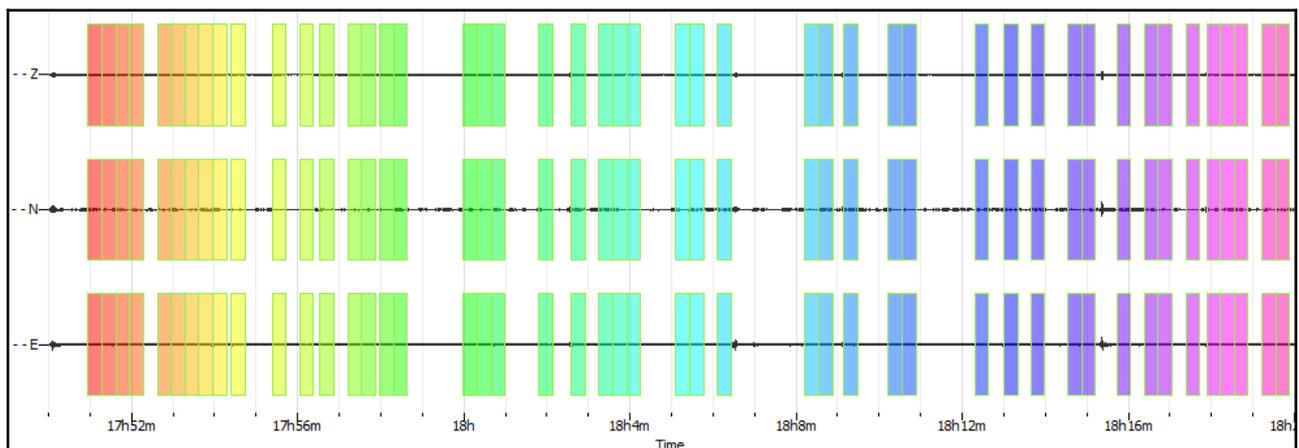
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

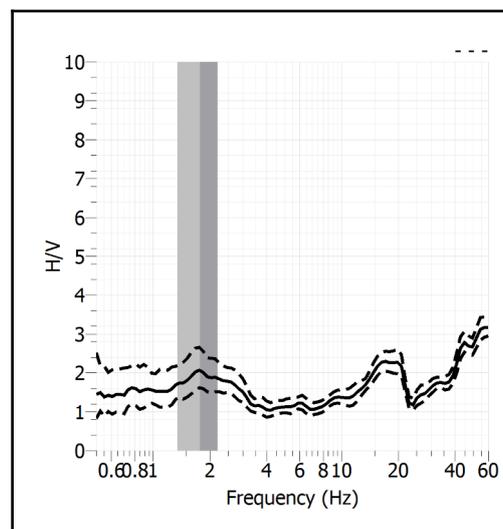
<b>Stazione</b>	49	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	47 (52% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>1.77 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.06</b>

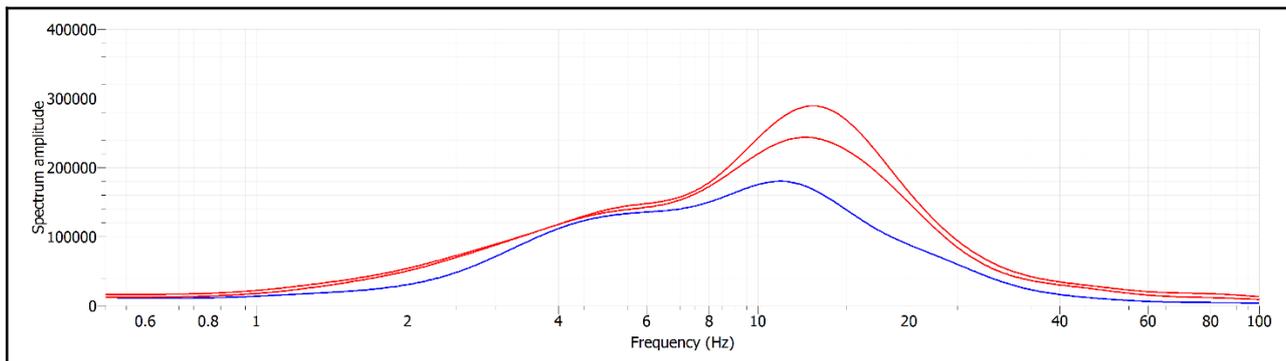
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



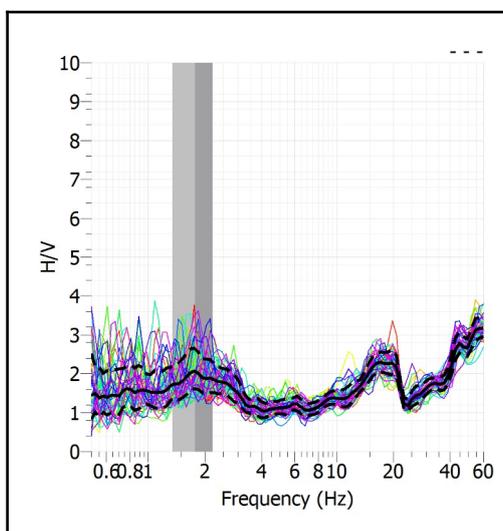
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



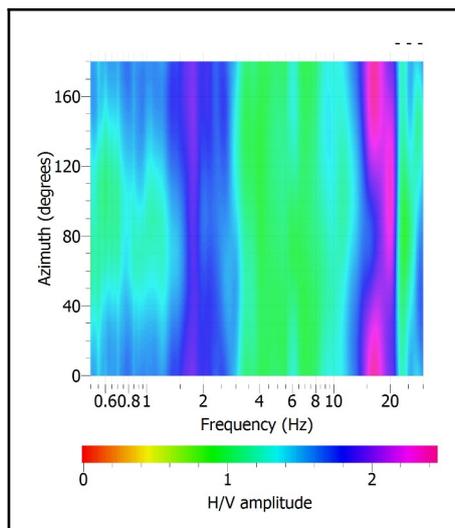
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	47	1671	1.777	0.43	2.06	1.27	BASSO
<b>Criteria per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]							
$f_0 > 10/L_w$			1.777 > 0.500			OK	
$n_c(f_0) > 200$			1671 > 200			OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			Superato 0 volte su 30			OK	
<b>Criteria per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]							
Amplitude conditions	Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$					NO	
	Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$					NO	
	$A_0 > 2$			2.0625 > 2			OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$					NO	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$			0.4265 > 0.1777			OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$			1.2712 < 1.7800			OK

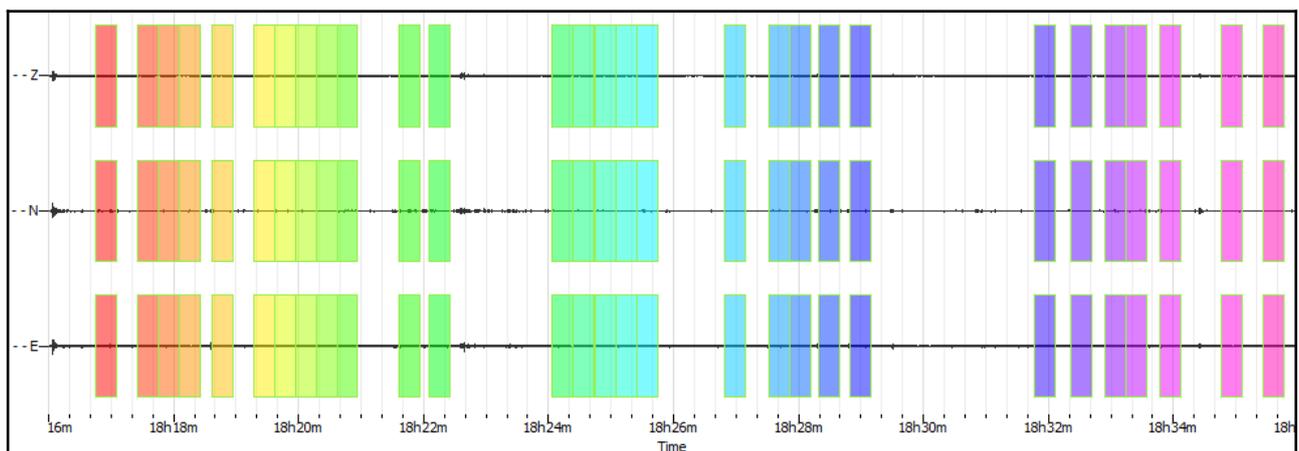
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

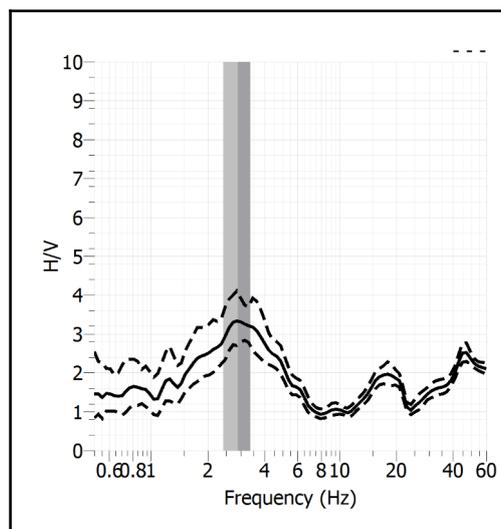
<b>Stazione</b>	50	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	20 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	29 (48% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamo</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamo</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>2.88 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>3.33</b>

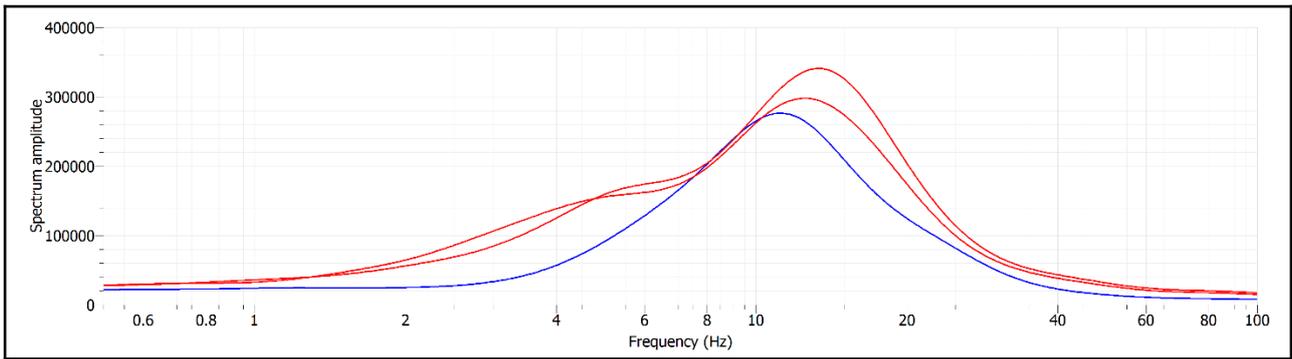
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



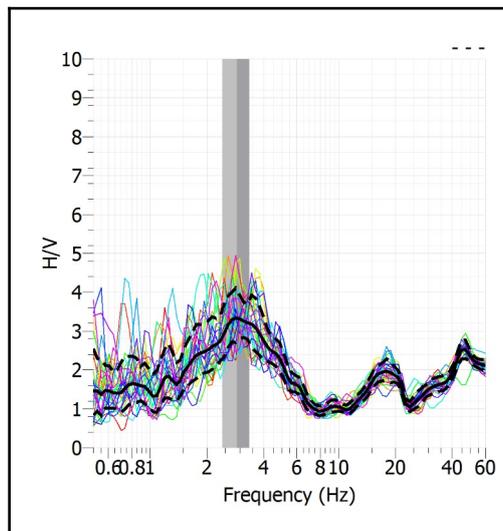
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



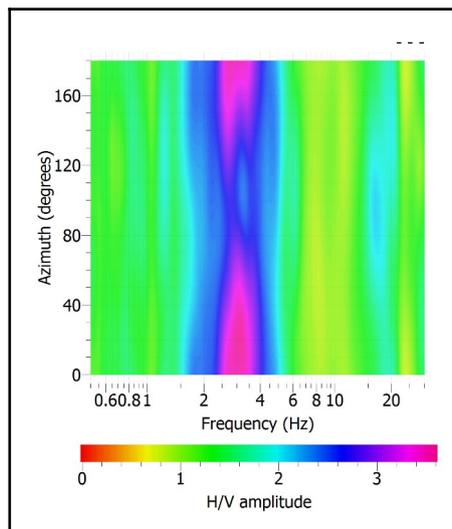
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	29	1675	2.888	0.47	3.33	1.21	MODERATO

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]			
$f_0 > 10/L_w$		2.888 > 0.500	OK
$n_c(f_0) > 200$		1675 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 30	OK
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>		OK
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>		OK
	$A_0 > 2$	3.3275 > 2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		NO
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.4700 > 0.1444	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2072 < 1.5800	OK

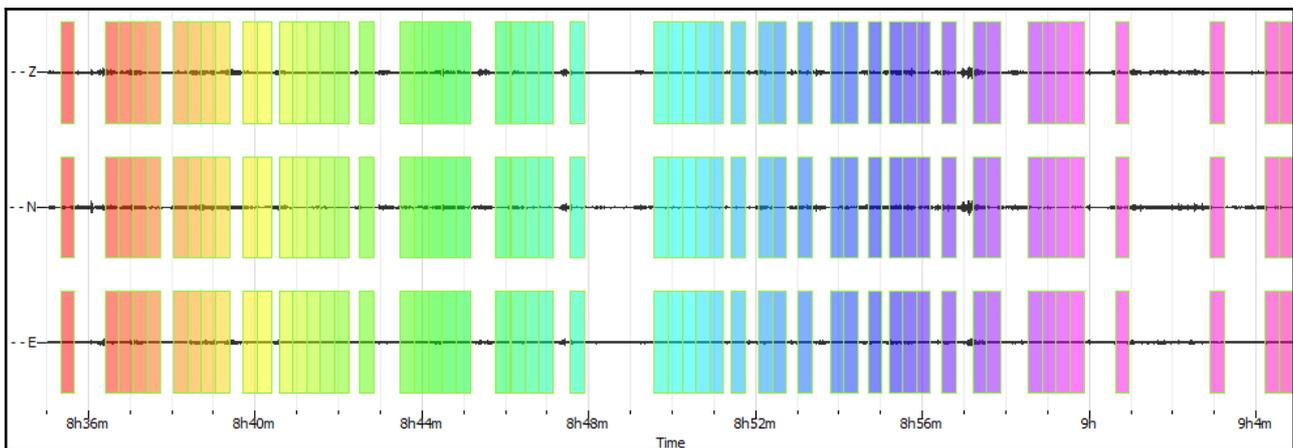
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

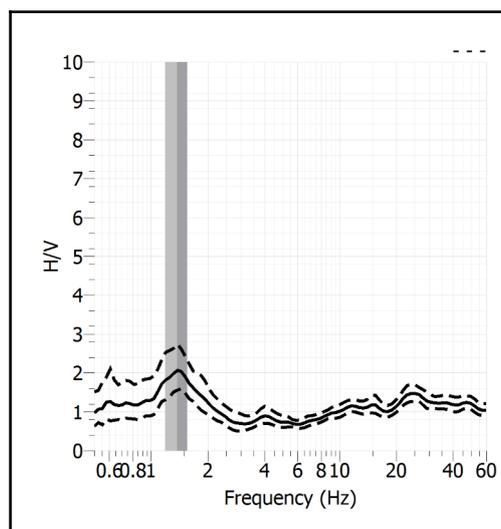
<b>Stazione</b>	51	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	53 (59% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (<math>f_0</math>)</b>	<b>1.37 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza <math>f_0</math></b>	<b>2.06</b>

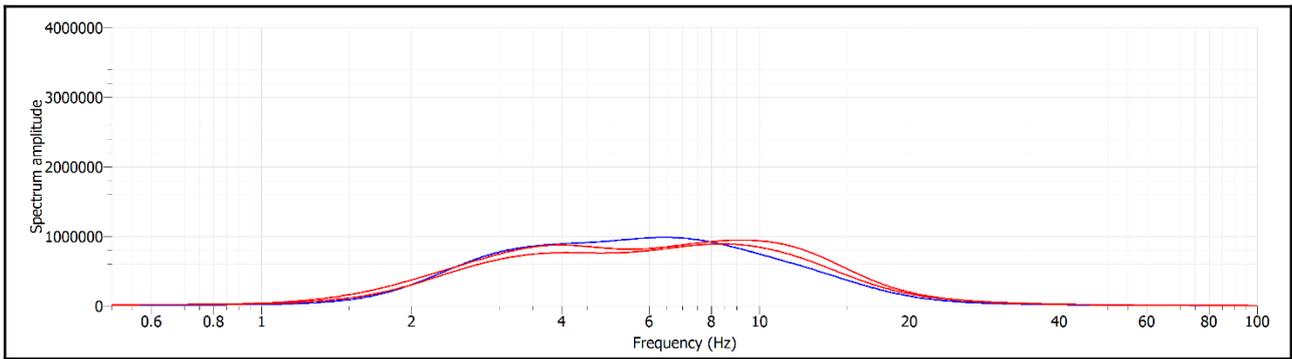
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



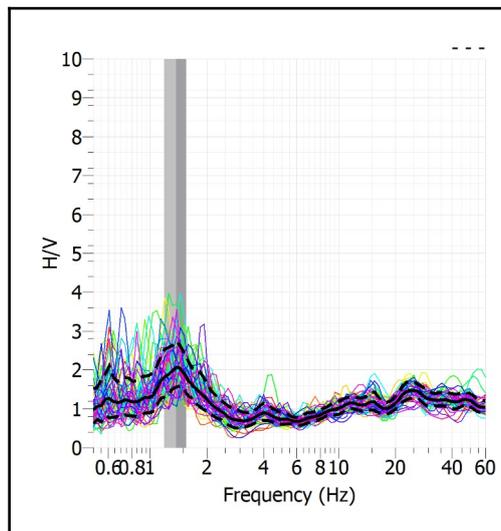
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



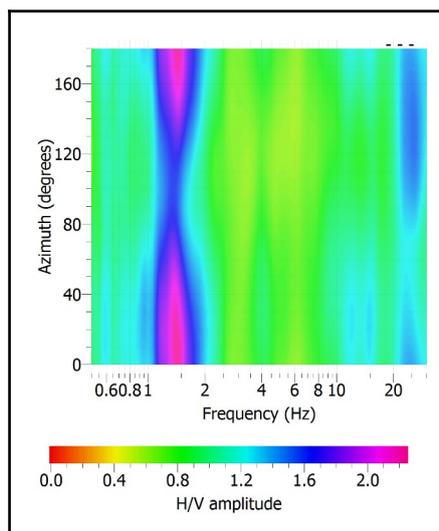
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	53	1457	1.374	0.18	2.06	1.32	BASSO

Criteri per una curva H/V affidabile				
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]				
$f_0 > 10/Lw$	1.374	>	0.500	
$n_c(f_0) > 200$	1457	>	200	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su		30	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			30	
Criteri per un picco H/V chiaro				
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]				
Amplitude conditions	$\text{Esiste } f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	NO		
	$\text{Esiste } f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	OK		
	$A_0 > 2$	2.0590	>	2
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	NO		
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.1831	>	0.1374
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.3239	<	1.7800

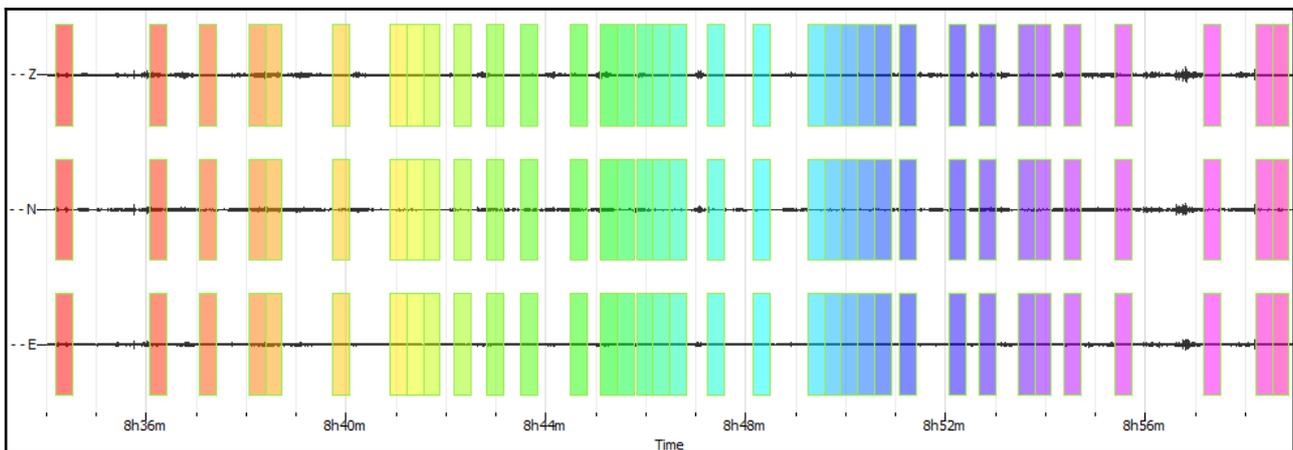
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

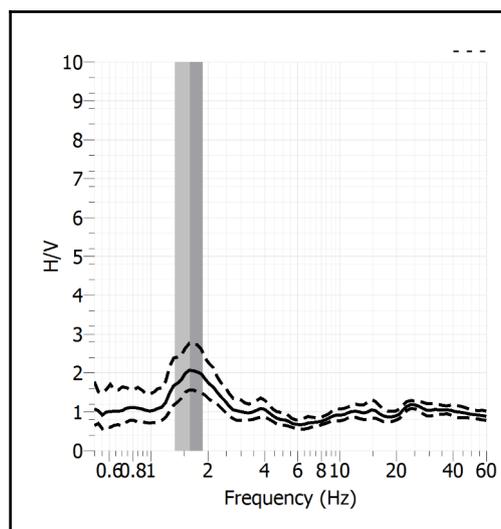
<b>Stazione</b>	52	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	25 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	35 (47% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamo</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamo</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>1.60 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.07</b>

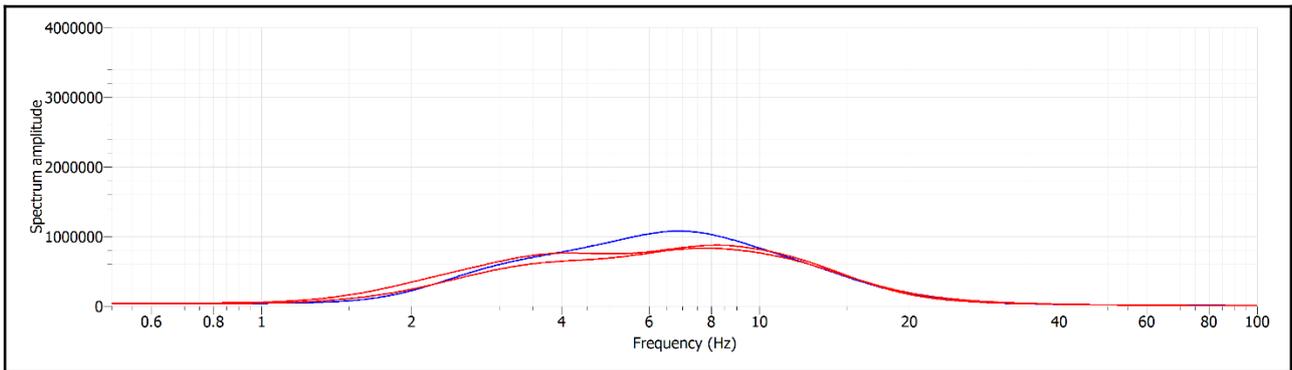
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



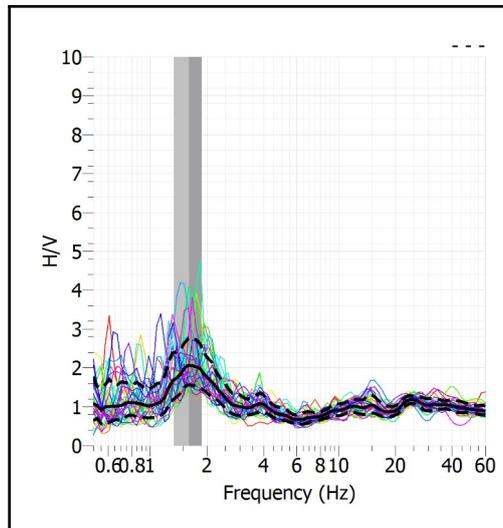
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



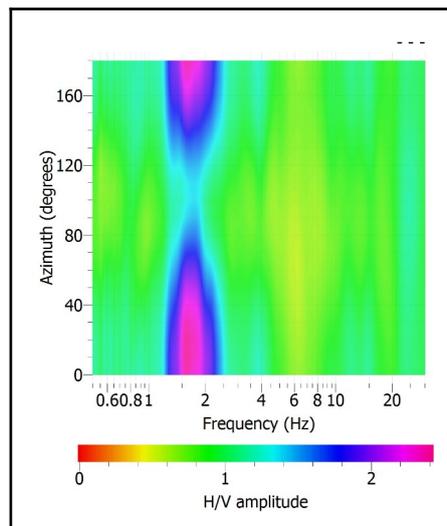
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	35	1127	1.609	0.27	2.07	1.32	BASSO

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b>			
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]			
$f_0 > 10/Lw$		1.609 > 0.500	<b>O K</b>
$n_c(f_0) > 200$		1127 > 200	<b>O K</b>
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 30	<b>O K</b>
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			<b>O K</b>
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b>			
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>		<b>O K</b>
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>		<b>O K</b>
	$A_0 > 2$	2.0697 > 2	<b>O K</b>
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		<b>O K</b>
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.2702 > 0.1609	<b>O K</b>
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.3222 < 1.7800	<b>O K</b>

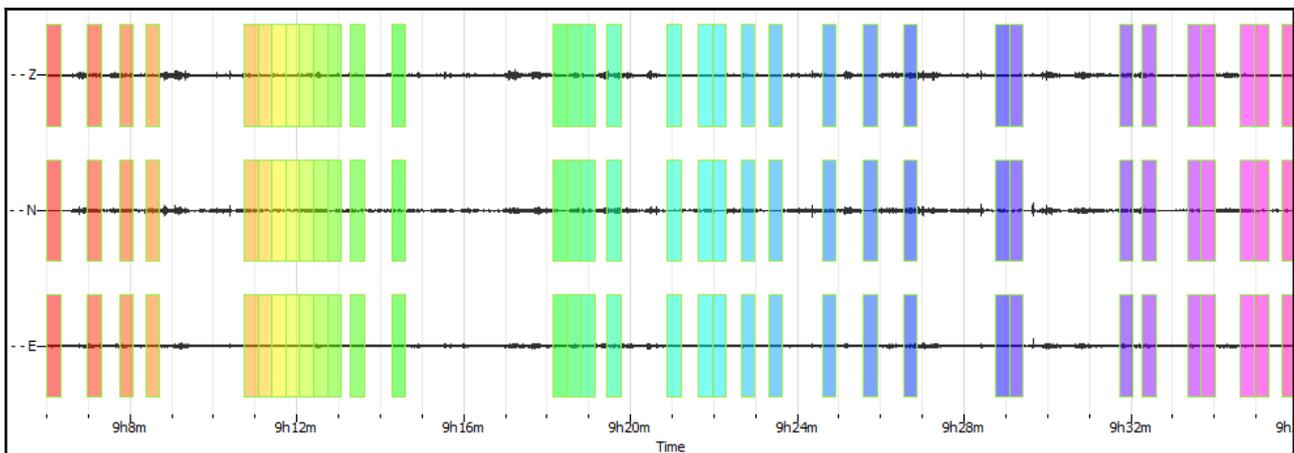
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

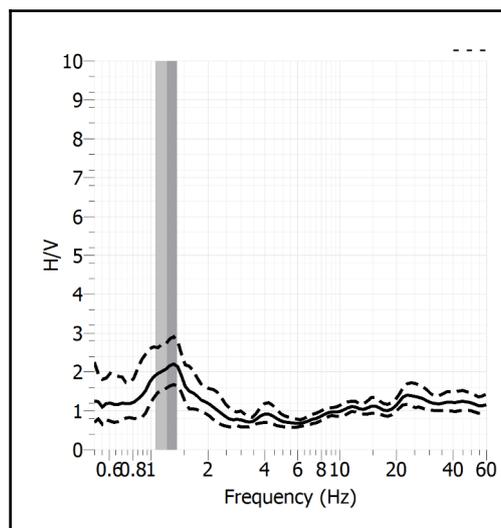
<b>Stazione</b>	53	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	34 (38% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamiento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamiento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>1.21 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.10</b>

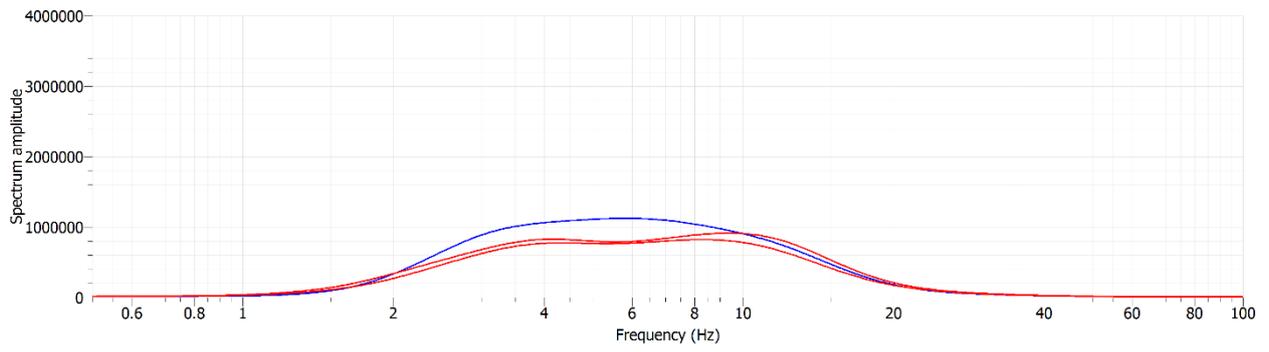
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



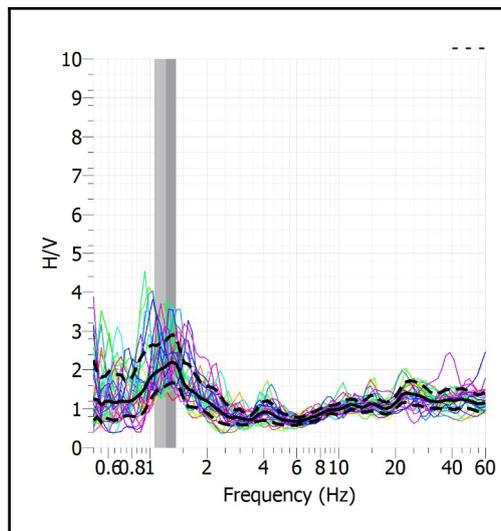
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



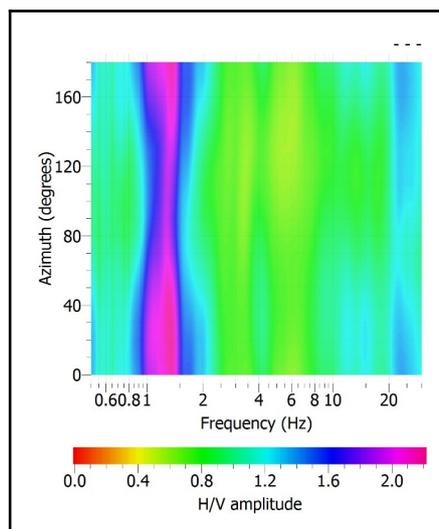
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	34	826	1.214	0.16	2.10	1.32	BASSO

Criteri per una curva H/V affidabile				
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]				
$f_0 > 10/Lw$	1.214	>	0.500	
$n_c(f_0) > 200$	826	>	200	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su		29	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			29	
Criteri per un picco H/V chiaro				
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]				
Amplitude conditions	$\text{Esiste } f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$		NO	
	$\text{Esiste } f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$		OK	
	$A_0 > 2$	2.1027	>	2
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		NO	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.1588	>	0.1214
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.3155	<	1.7800

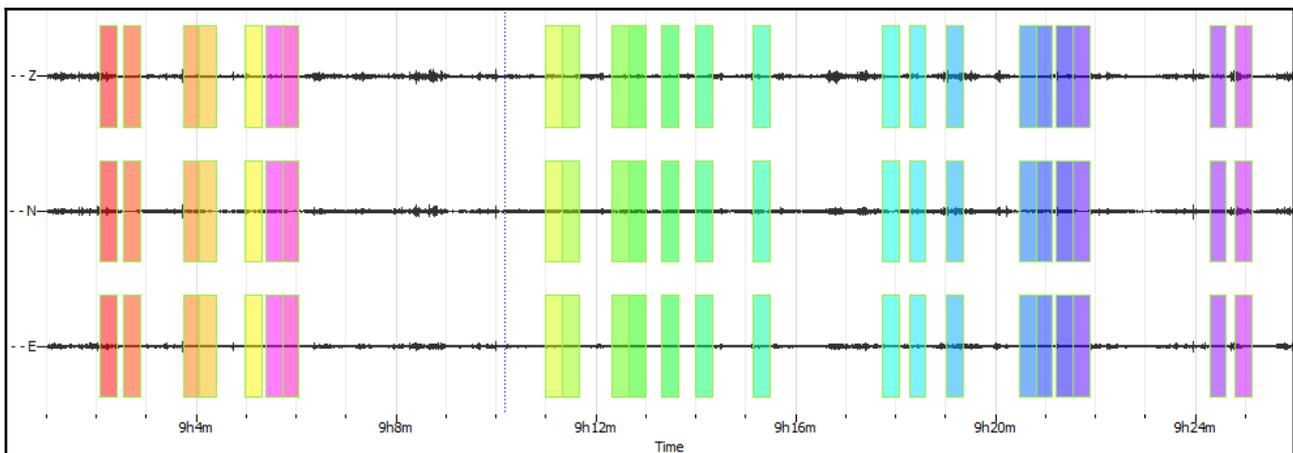
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

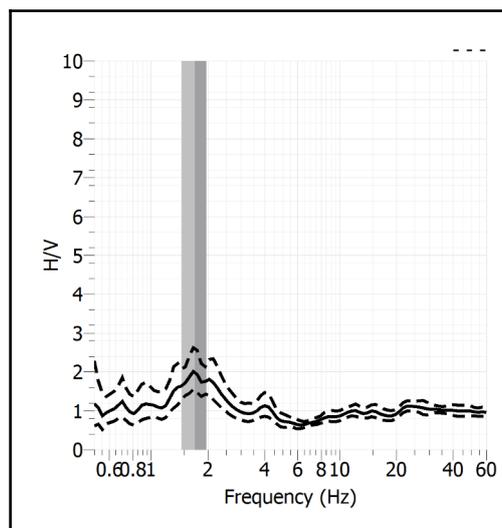
<b>Stazione</b>	54	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	25 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	23 (30% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamo</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamo</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (<math>f_0</math>)</b>	<b>1.71 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza <math>f_0</math></b>	<b>2.01</b>

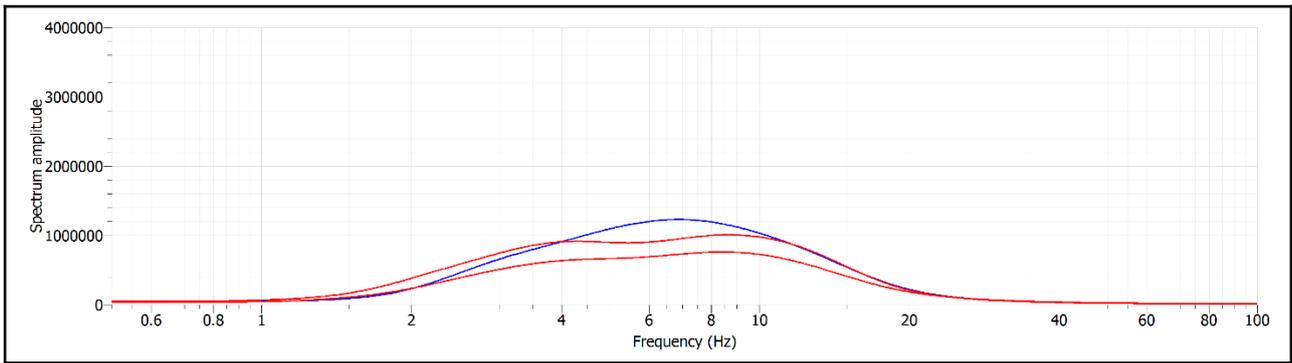
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



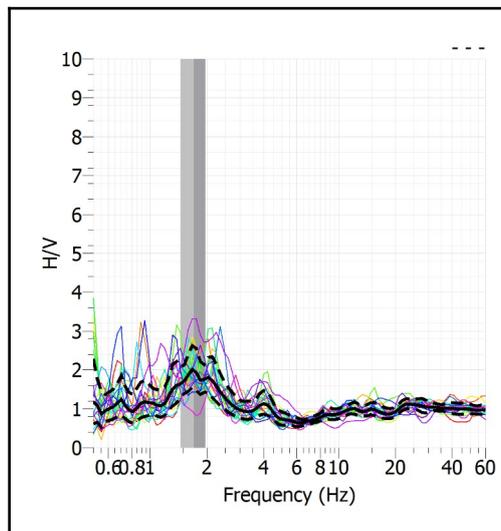
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



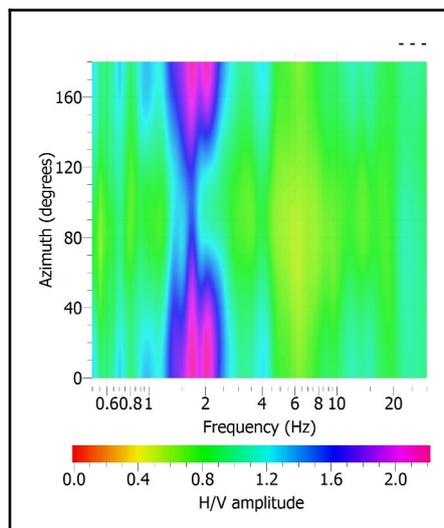
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	23	787	1.711	0.26	2.01	1.31	BASSO

<b>Criteria per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/Lw$	1.711	>	0.500	OK	
$n_c(f_0) > 200$	787	>	200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 29			OK	
<b>Criteria per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste $f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$			OK	
	Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$			OK	
	$A_0 > 2$	2.0100	>	2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$			OK	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.2600	>	0.1711	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.3098	<	1.7800	OK

#### ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)

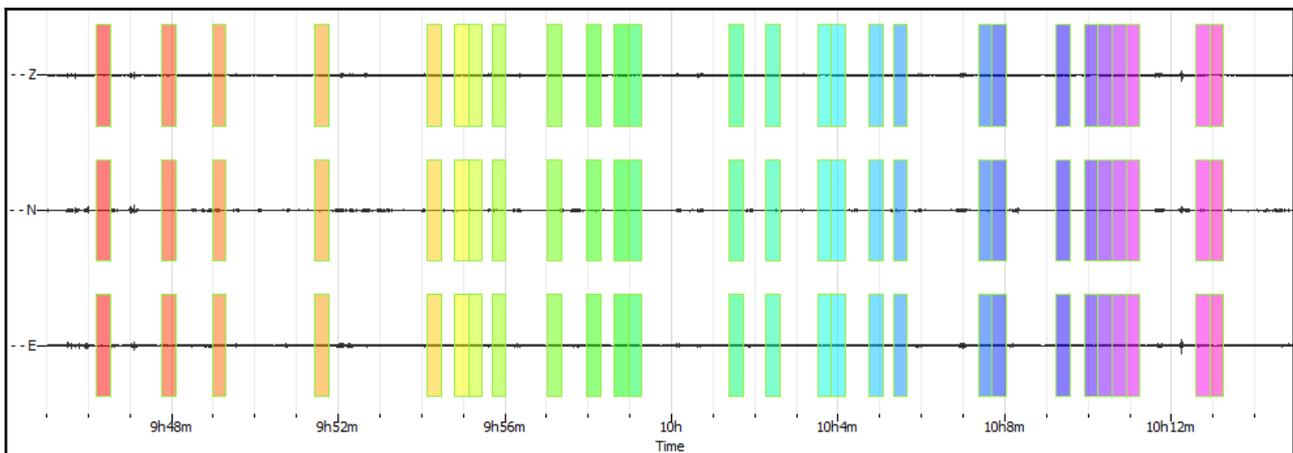
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

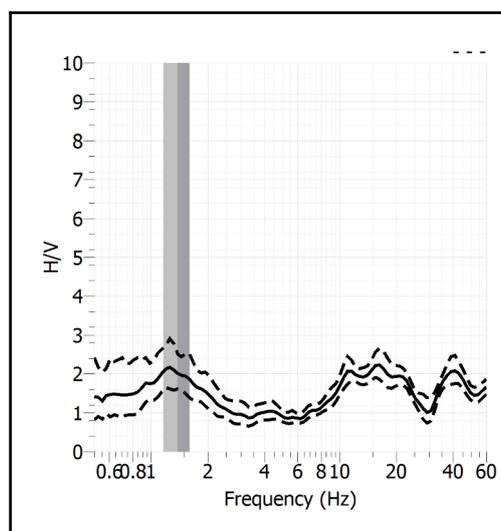
<b>Stazione</b>	55	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	27 (30% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamo</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamo</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>1.38 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.01</b>

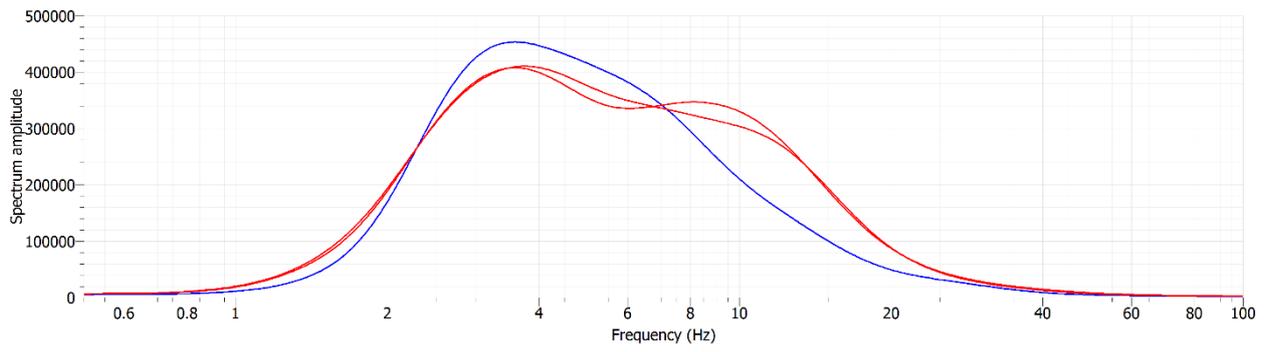
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



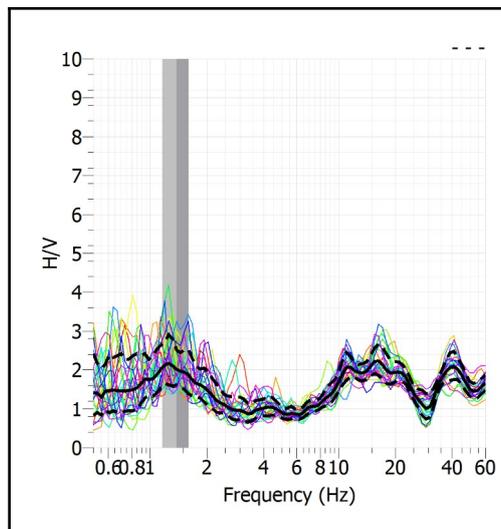
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



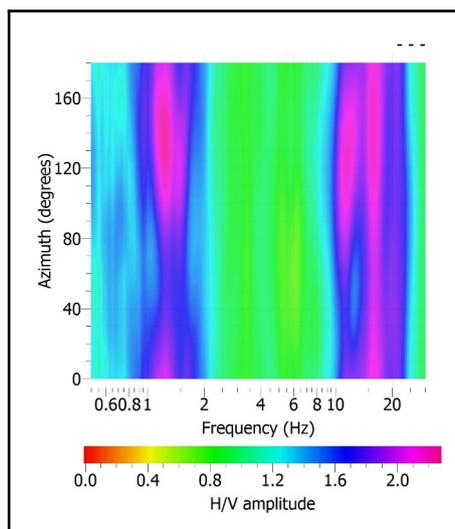
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	27	746	1.381	0.22	2.01	1.24	BASSO

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b>					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
<b><math>f_0 &gt; 10/L_w</math></b>	1.381	>	0.500	<b>OK</b>	
<b><math>n_c(f_0) &gt; 200</math></b>	746	>	200	<b>OK</b>	
<b><math>\sigma_A(f) &lt; 2</math> per <math>0.5f_0 &lt; f &lt; 2f_0</math> se <math>f_0 &gt; 0.5\text{Hz}</math></b>	Superato 0 volte su		30	<b>OK</b>	
<b><math>\sigma_A(f) &lt; 3</math> per <math>0.5f_0 &lt; f &lt; 2f_0</math> se <math>f_0 &lt; 0.5\text{Hz}</math></b>					
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b>					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>			<b>NO</b>	
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>			<b>OK</b>	
	<b><math>A_0 &gt; 2</math></b>	2.0137	>	2	<b>OK</b>
Stability conditions	<b><math>f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>			<b>NO</b>	
	<b><math>\sigma_f &lt; \varepsilon(f_0)</math></b>	0.2188	>	0.1381	<b>OK</b>
	<b><math>\sigma_A(f_0) &lt; \theta(f_0)</math></b>	1.2441	<	1.7800	<b>OK</b>

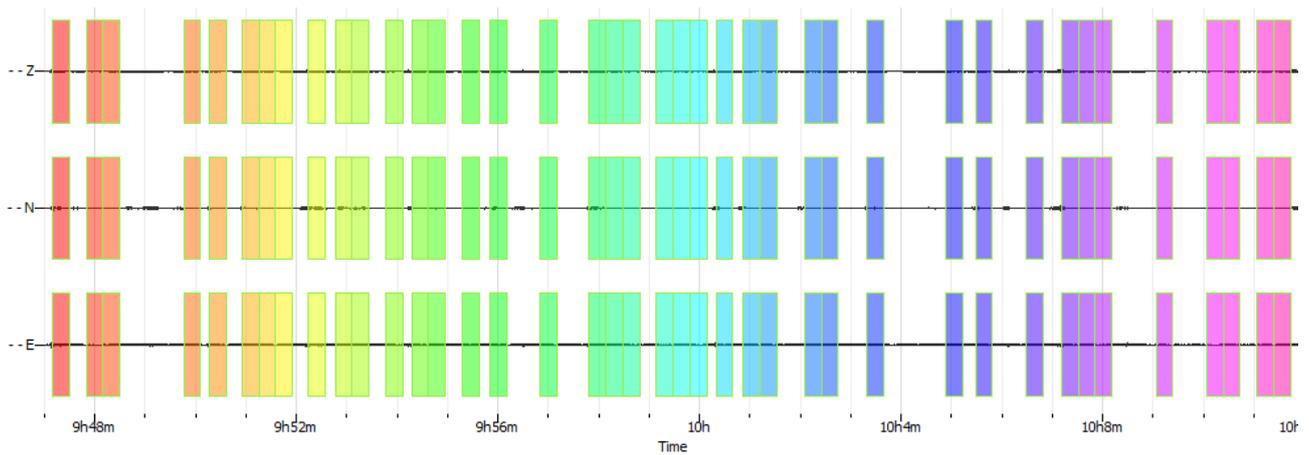
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

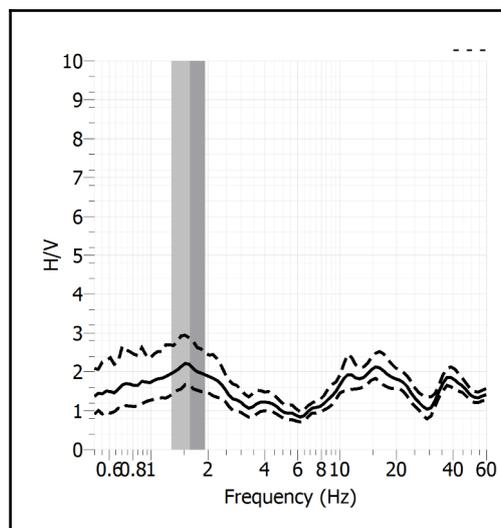
<b>Stazione</b>	56	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	25 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	40 (53% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamiento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamiento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>1.61 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.18</b>

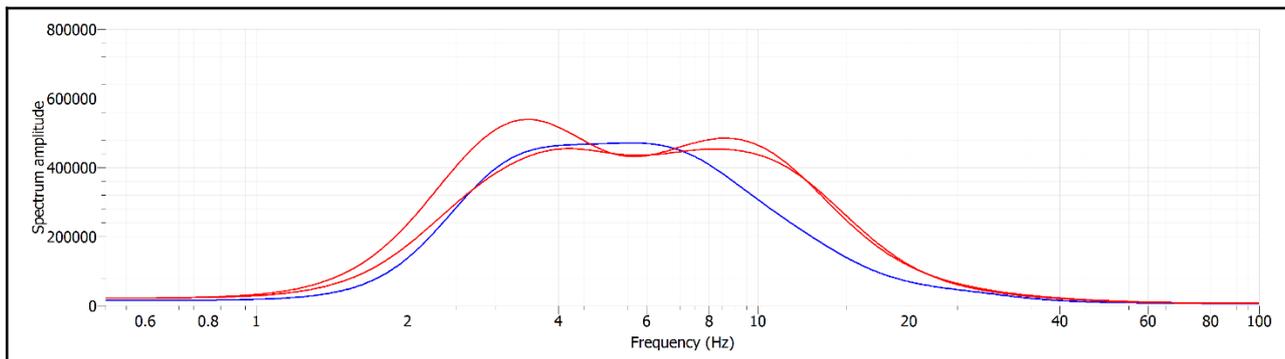
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



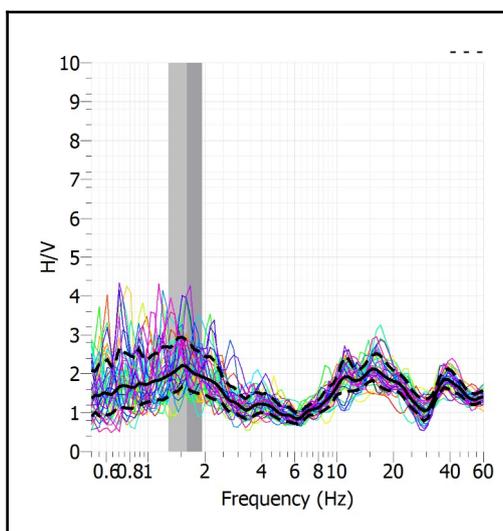
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



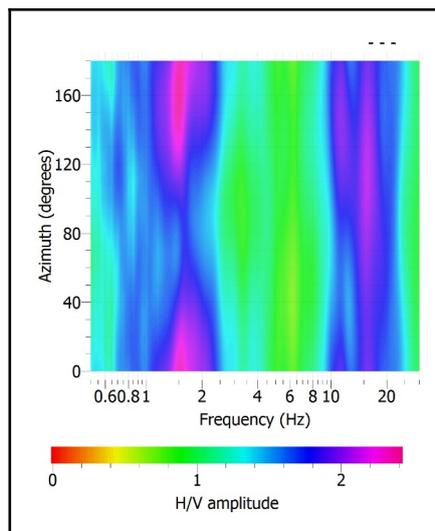
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	40	1288	1.610	0.32	2.18	1.33	BASSO
<b>Criteria per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]							
$f_0 > 10/L_w$			1.610	>	0.500		OK
$n_c(f_0) > 200$			1288	>	200		OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			Superato 0 volte su 30				OK
<b>Criteria per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]							
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f^*</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^*) &lt; A_0/2</math></b>						NO
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>						OK
	$A_0 > 2$	2.1756	>	2			OK
Stability conditions	<b><math>f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>						NO
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.3247	>	0.1610			OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.3290	<	1.7800			OK

#### ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)

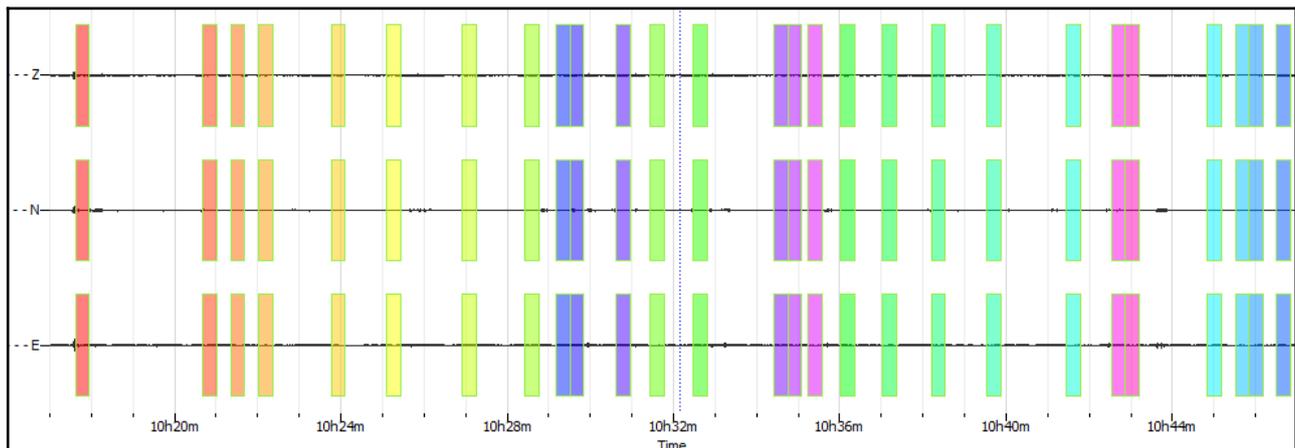
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

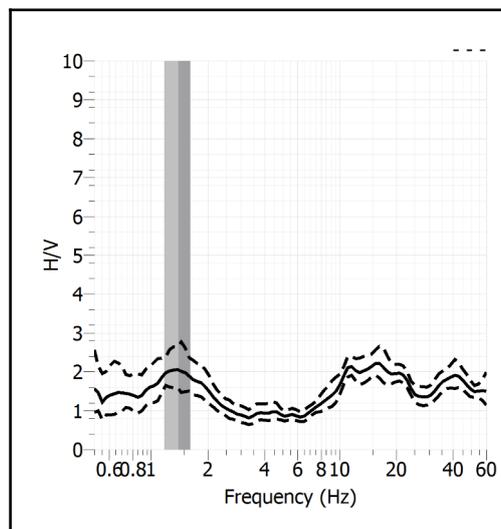
<b>Stazione</b>	57	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	27 (30% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>1.39 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.05</b>

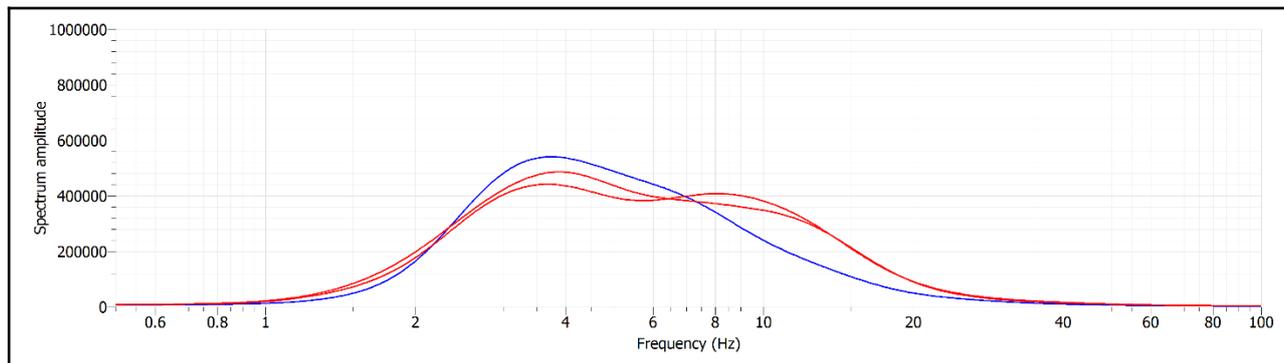
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



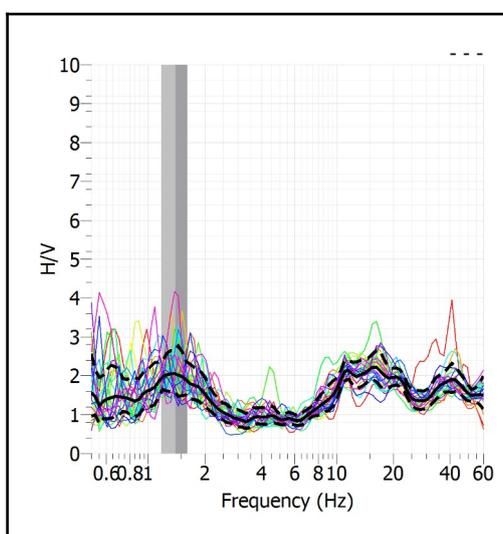
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



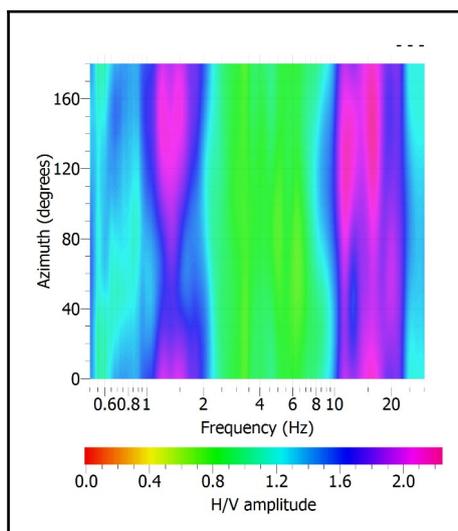
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica	
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$		
20.00	27	754	1.396	0.22	2.05	1.34	BASSO	
<b>Criteria per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]								
$f_0 > 10/L_w$						1.396 > 0.500	OK	
$n_c(f_0) > 200$						754 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$						Superato 0 volte su 30	OK	
<b>Criteria per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]								
Amplitude conditions	Esiste $f^*$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$						NO	
	Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$						OK	
	$A_0 > 2$						2.0468 > 2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$						NO	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$						0.2206 > 0.1396	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$						1.3360 < 1.7800	OK

#### ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)

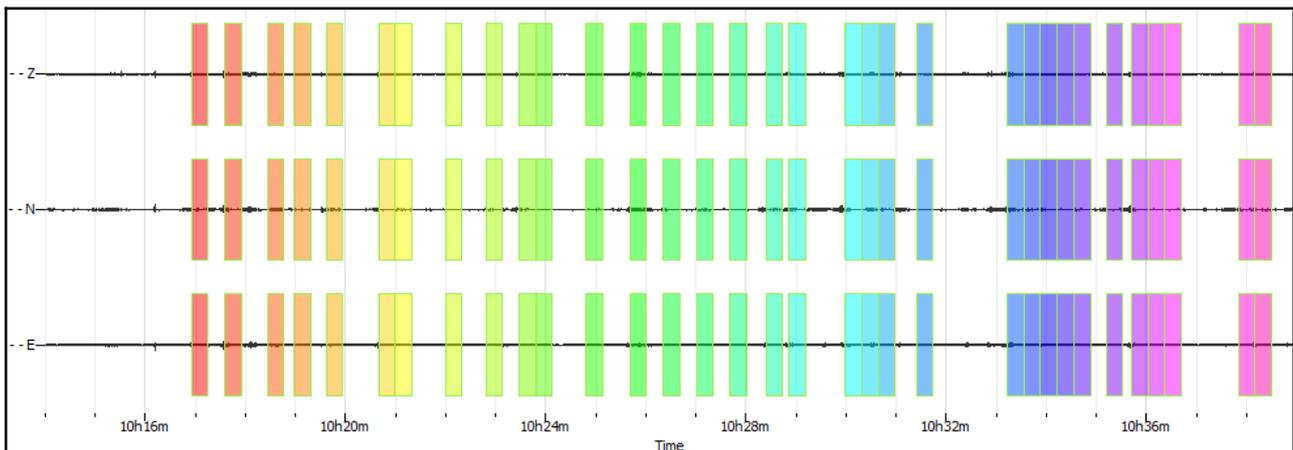
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

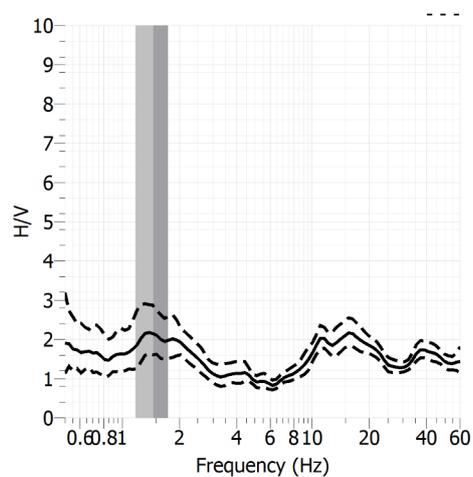
<b>Stazione</b>	58	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	25 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	33 (44% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (<math>f_0</math>)</b>	<b>1.39 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza <math>f_0</math></b>	<b>2.05</b>

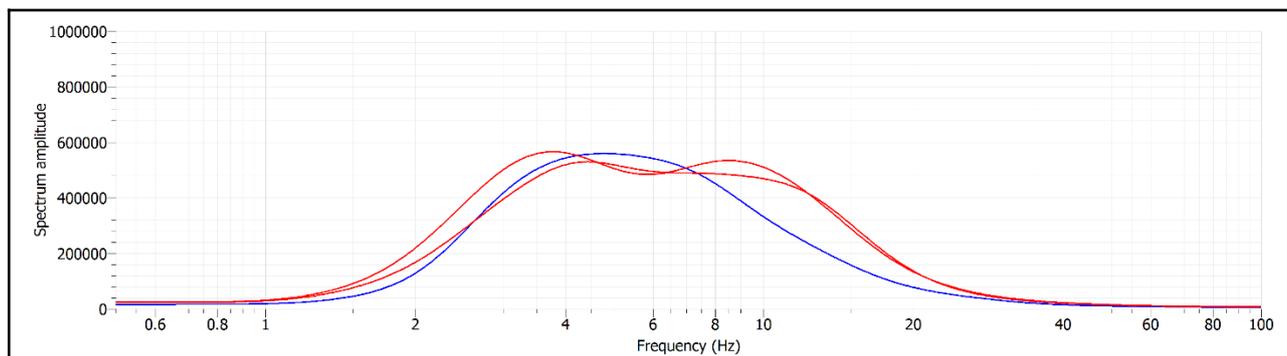
**ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE**



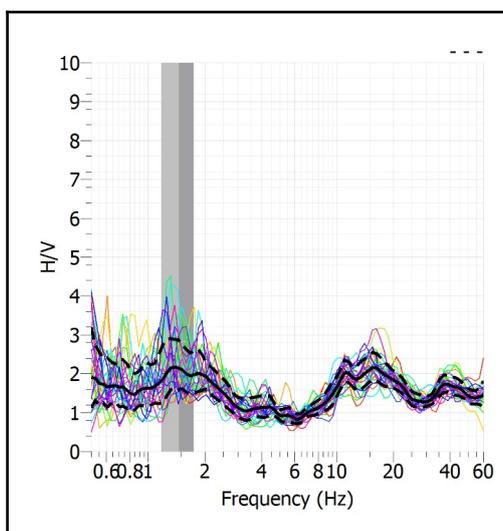
**RAPPORTO SPETTRALE H/V**



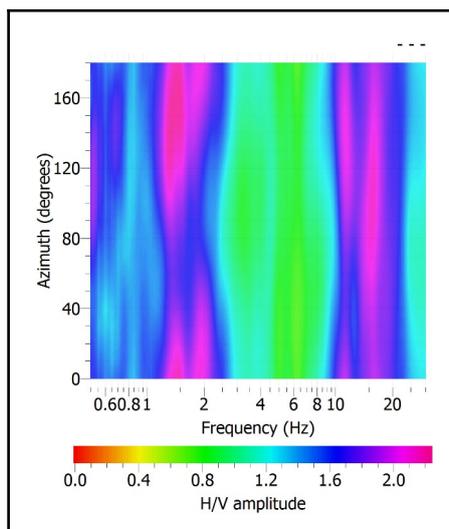
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica	
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$		
20.00	27	754	1.396	0.22	2.05	1.34	BASSO	
<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]								
$f_0 > 10/L_w$						1.396 > 0.500	OK	
$n_c(f_0) > 200$						754 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$						Superato 0 volte su 30	OK	
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]								
Amplitude conditions	Esiste $f^*$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$						NO	
	Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$						OK	
	$A_0 > 2$						2.0468 > 2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$						NO	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$						0.2206 > 0.1396	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$						1.3360 < 1.7800	OK

#### ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)

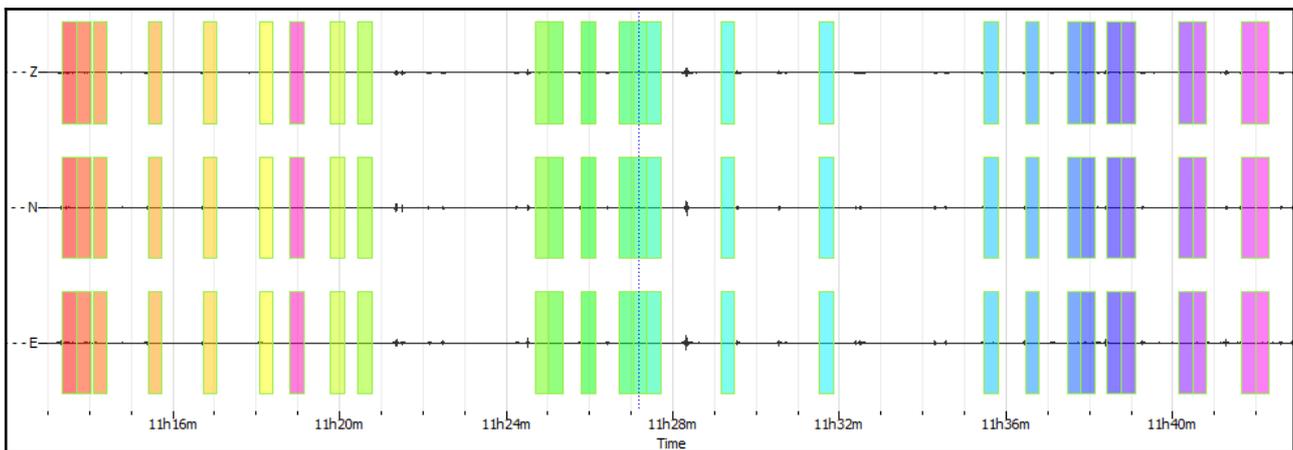
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

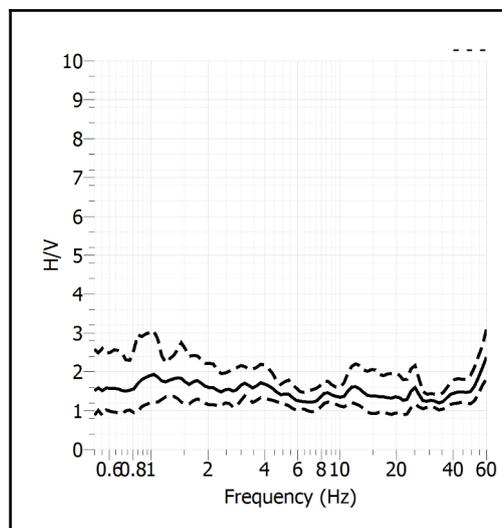
<b>Stazione</b>	59	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	27 (30% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	NP
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

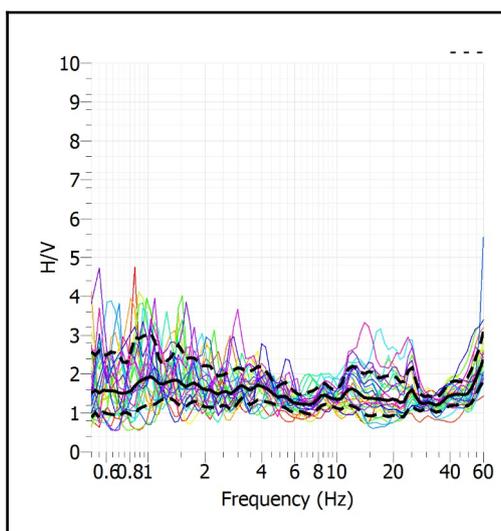
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>NO</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>NO</b>

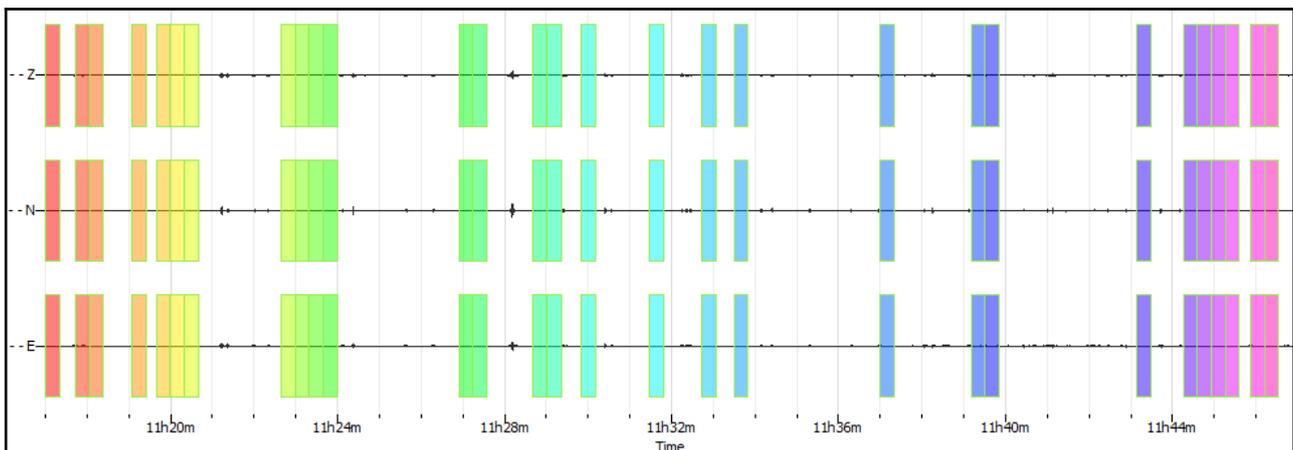
**CLASSE | A2**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

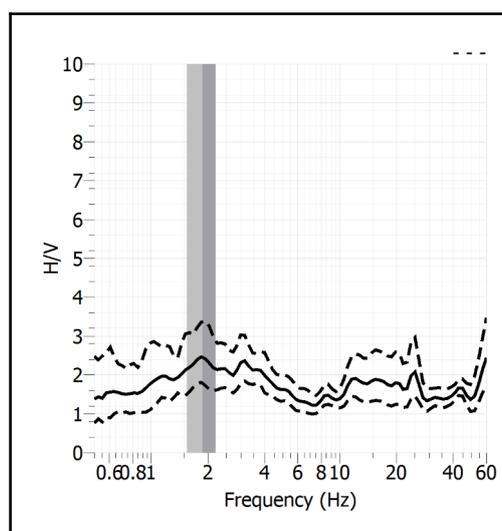
<b>Stazione</b>	60	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	29 (32% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>1.87 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.45</b>

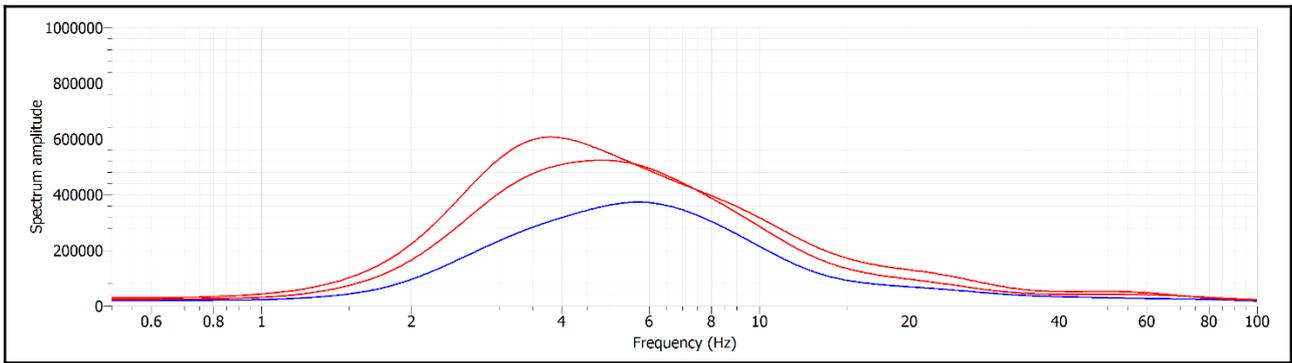
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



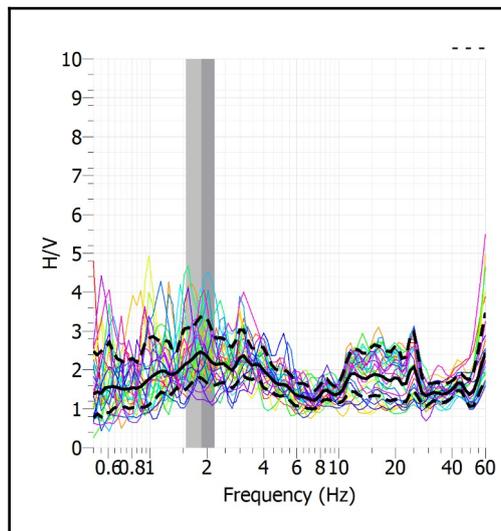
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



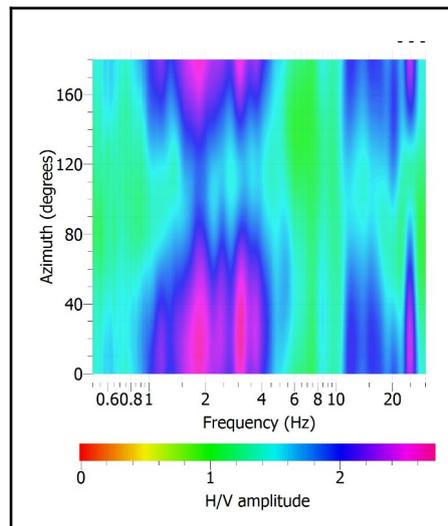
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	29	1087	1.874	0.33	2.45	1.38	BASSO

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b>			
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]			
$f_0 > 10/L_w$		1.874 > 0.500	<b>O K</b>
$n_c(f_0) > 200$		1087 > 200	<b>O K</b>
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 30	<b>O K</b>
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			<b>O K</b>
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b>			
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>		<b>NO</b>
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>		<b>O K</b>
	$A_0 > 2$	2.4508 > 2	<b>O K</b>
Stability conditions	<b><math>f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>		<b>NO</b>
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.3261 > 0.1874	<b>O K</b>
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.3826 < 1.7800	<b>O K</b>

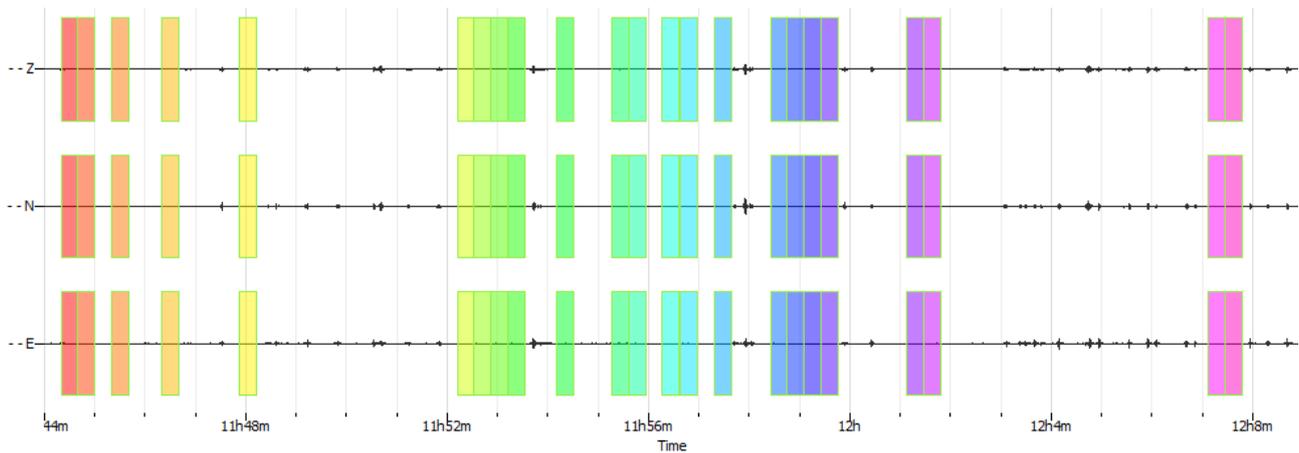
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

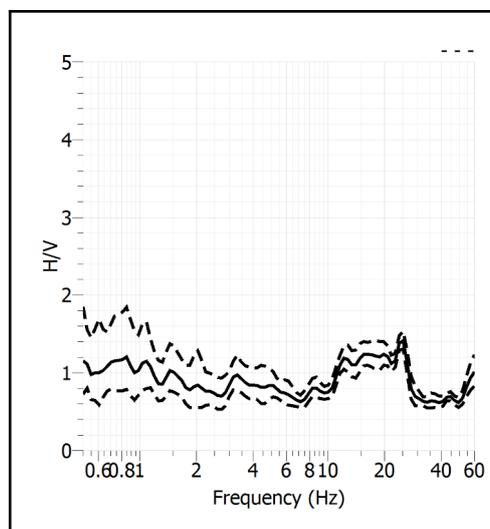
<b>Stazione</b>	61	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	25 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	23 (31% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamo</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamo</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	NP
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

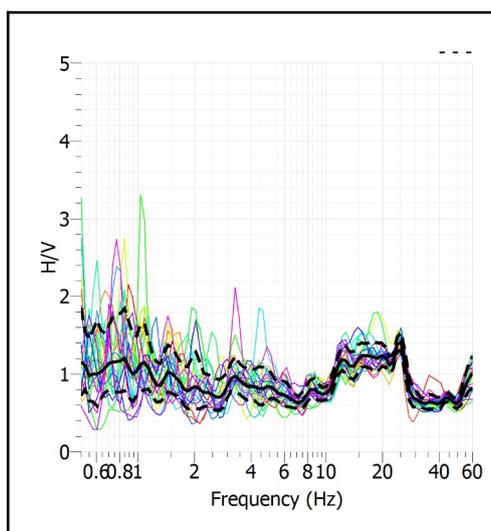
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>NO</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>NO</b>

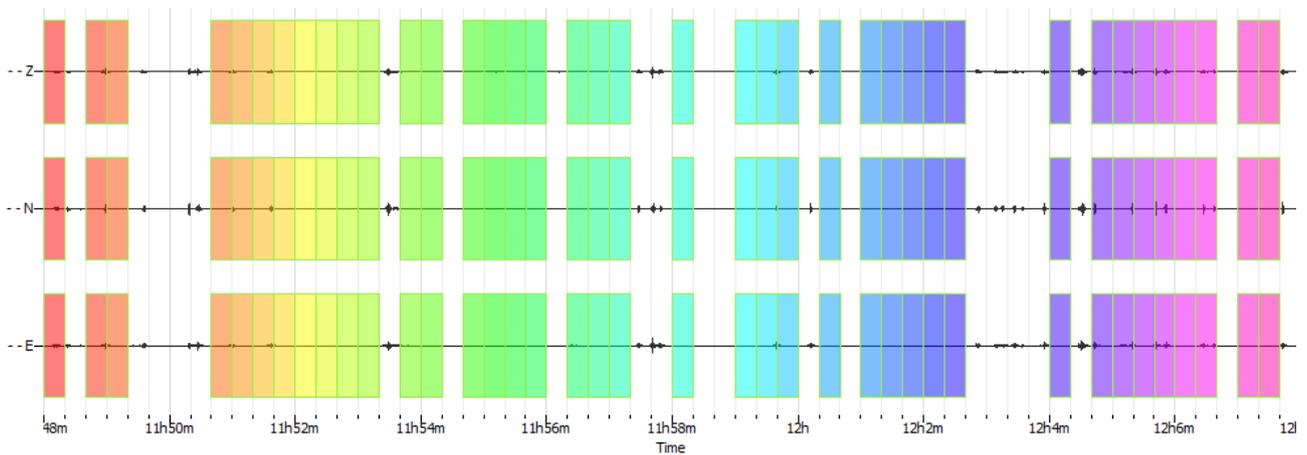
**CLASSE | A2**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

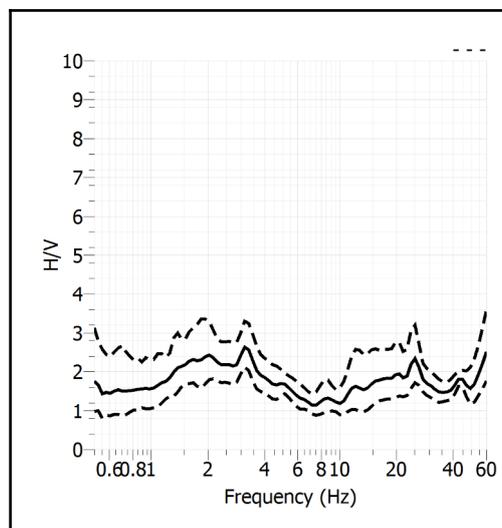
<b>Stazione</b>	62	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	20 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	39 (65% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamo</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamo</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	NP
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

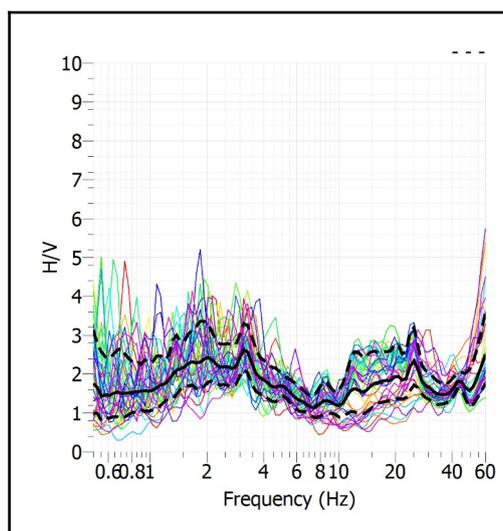
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>NO</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>NO</b>

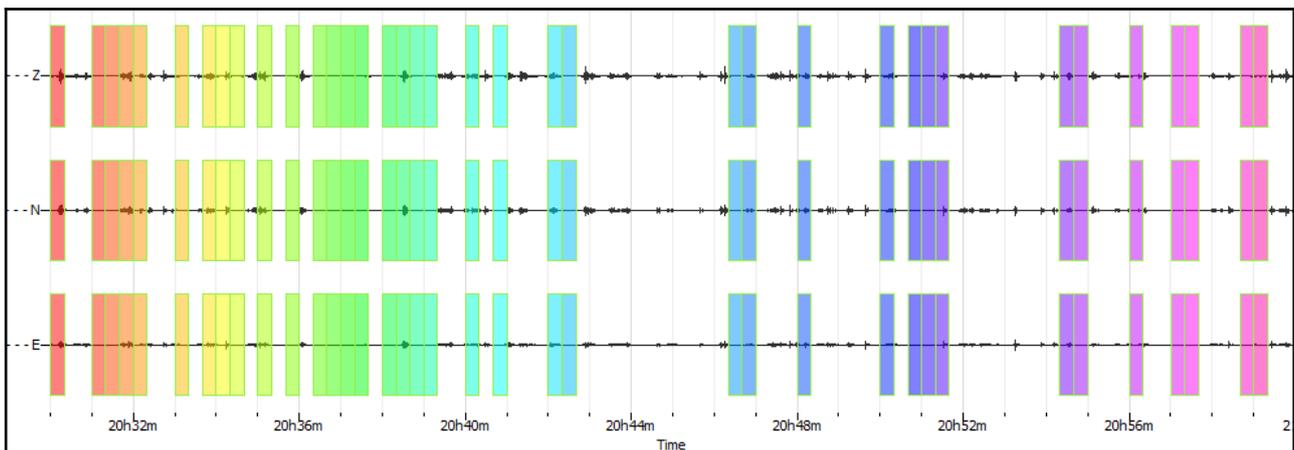
**CLASSE B**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

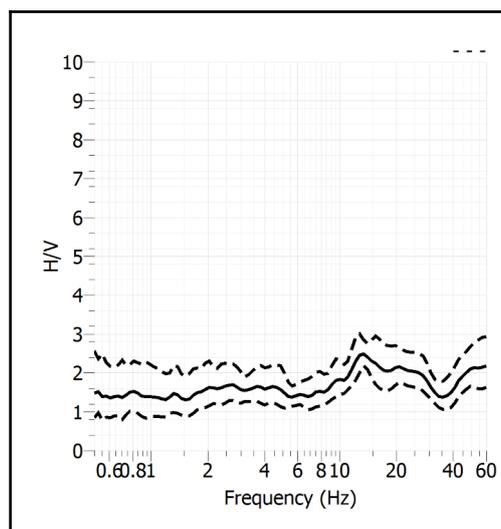
<b>Stazione</b>	63	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	37 (41% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamiento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamiento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	NP
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

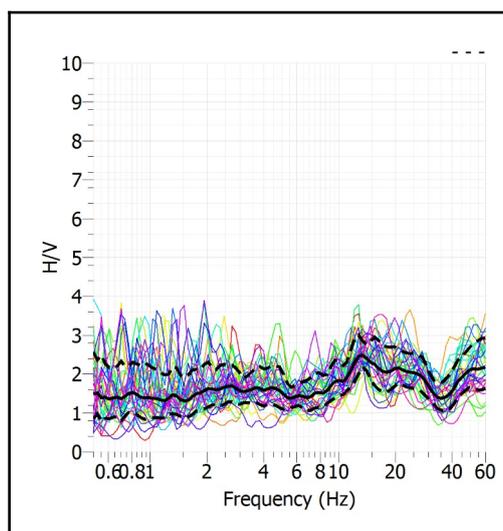
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>NO</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>NO</b>

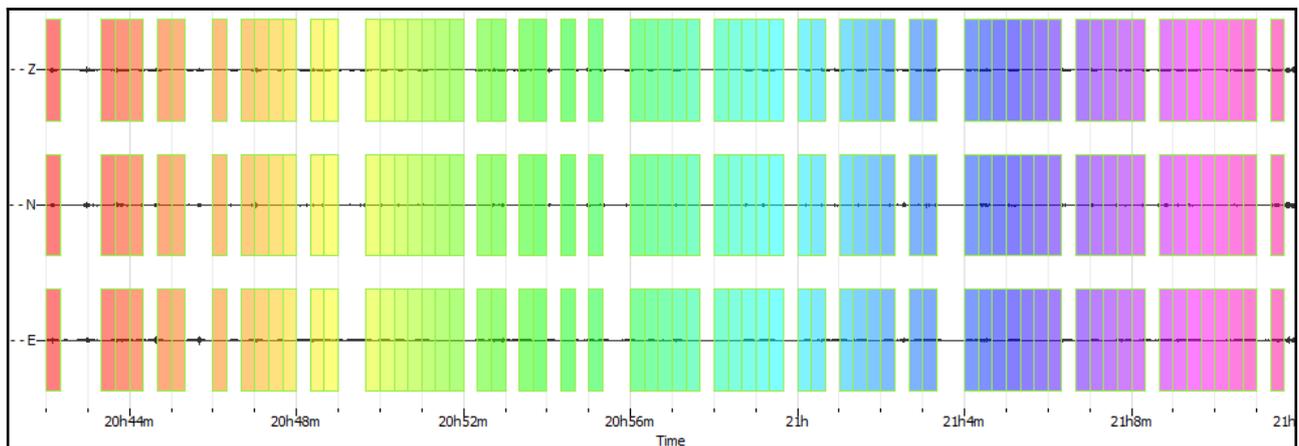
**CLASSE | A2**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

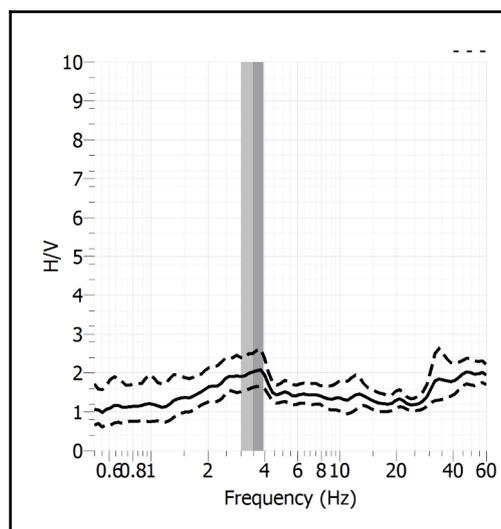
<b>Stazione</b>	64	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	64 (71% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>3.48 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.03</b>

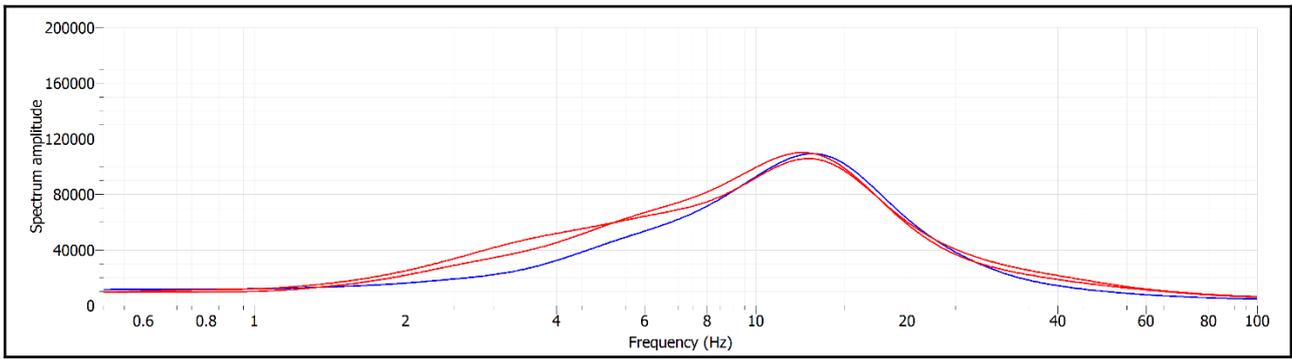
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



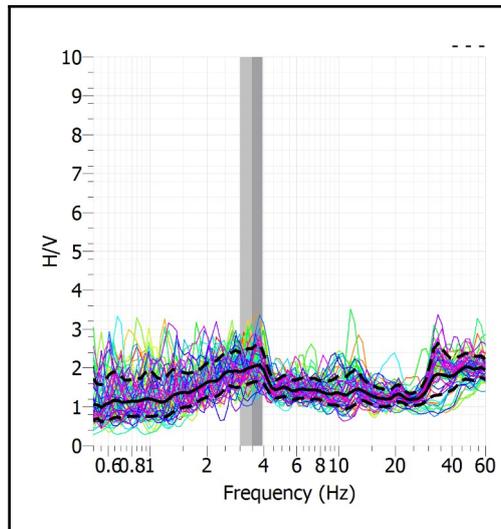
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



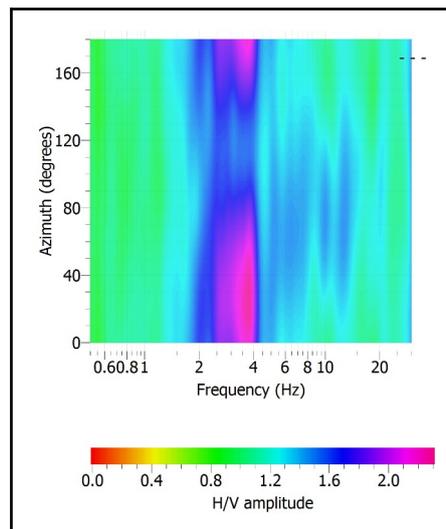
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica	
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$		
20.00	64	4457	3.482	0.47	2.03	1.24	BASSO	
<b>Criteria per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]								
$f_0 > 10/L_w$						3.482 > 0.500	OK	
$n_c(f_0) > 200$						4457 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$						Superato 0 volte su 30	OK	
<b>Criteria per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]								
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>						NO	
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>						NO	
	$A_0 > 2$						2.0274 > 2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$						NO	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$						0.4745 > 0.1741	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$						1.2401 < 1.5800	OK

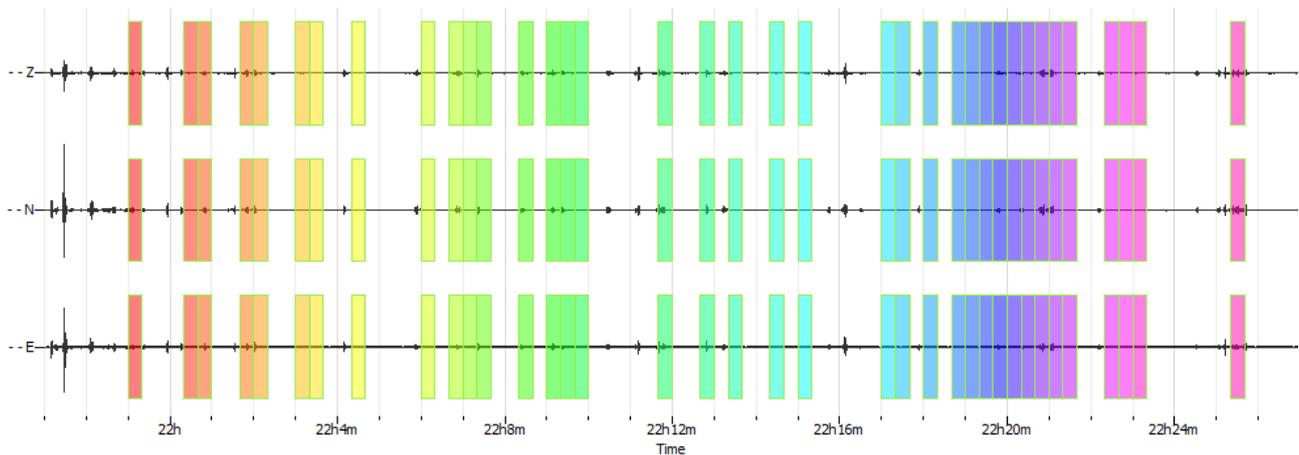
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

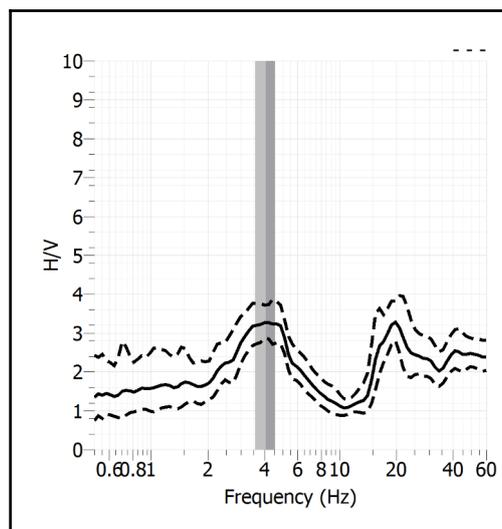
<b>Stazione</b>	65	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	37 (41% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>4.06 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>3.27</b>

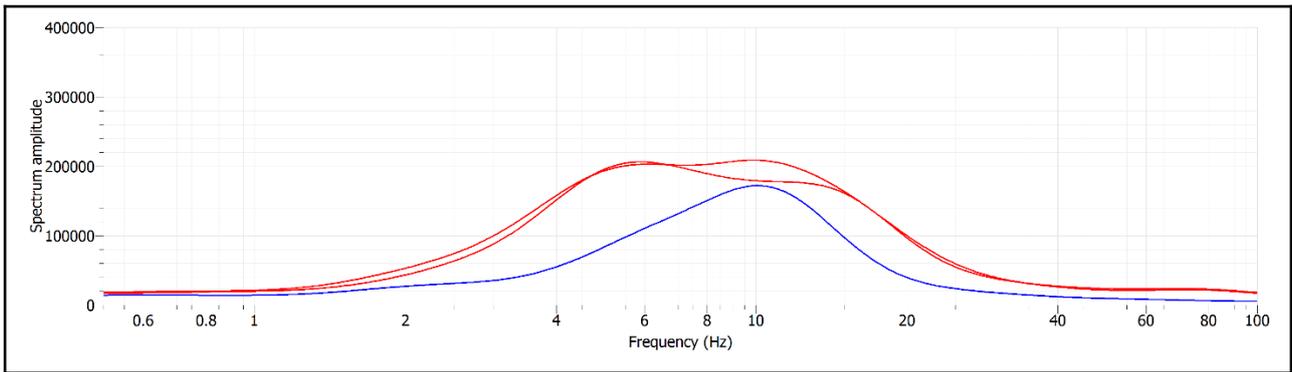
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



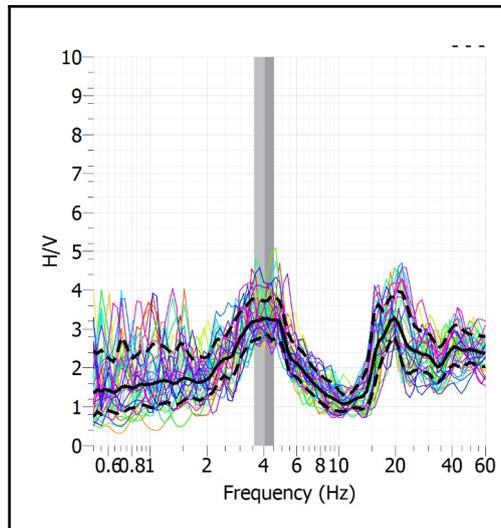
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



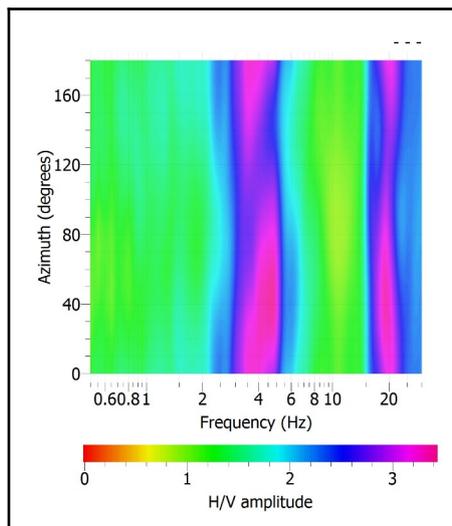
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	37	3006	4.062	0.49	3.27	1.14	MODERATO

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b>			
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]			
$f_0 > 10/L_w$	4.062 > 0.500		<b>OK</b>
$n_c(f_0) > 200$	3006 > 200		<b>OK</b>
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 30		<b>OK</b>
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			<b>OK</b>
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b>			
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>		<b>OK</b>
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>		<b>OK</b>
	$A_0 > 2$	3.2697 > 2	<b>OK</b>
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		<b>NO</b>
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.4946 > 0.2031	<b>OK</b>
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.1424 < 1.5800	<b>OK</b>

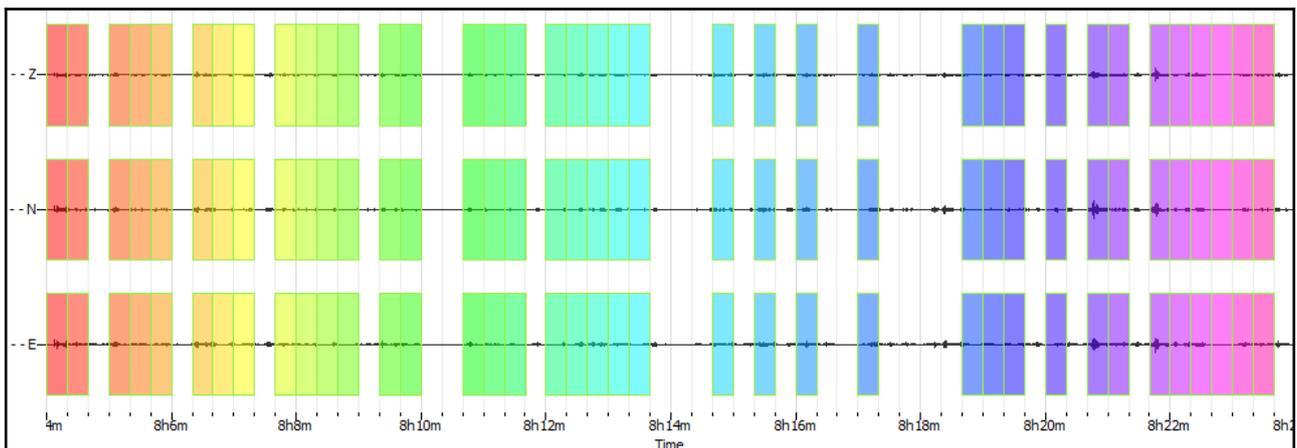
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

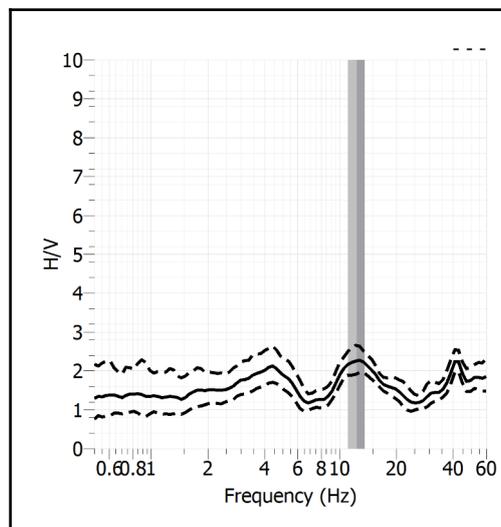
<b>Stazione</b>	66	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	38 (43% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>12.35 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.26</b>

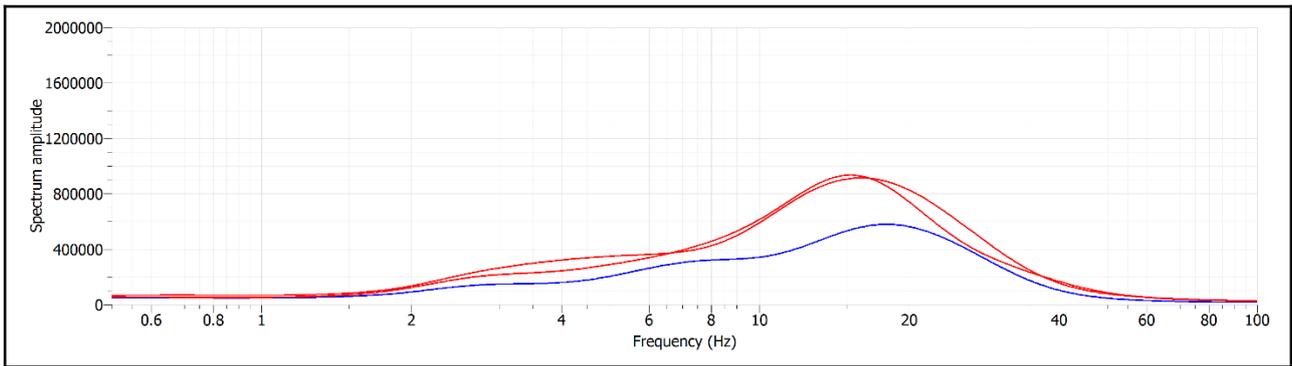
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



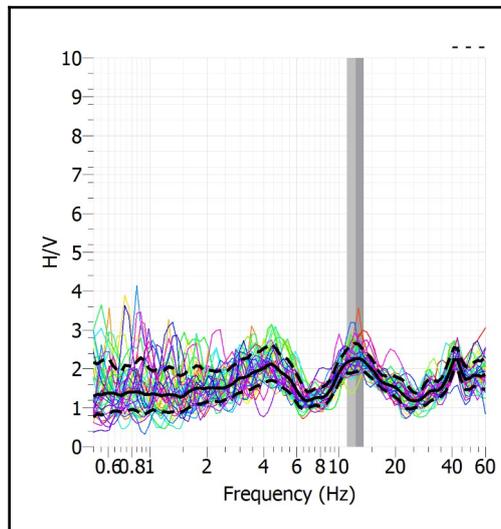
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



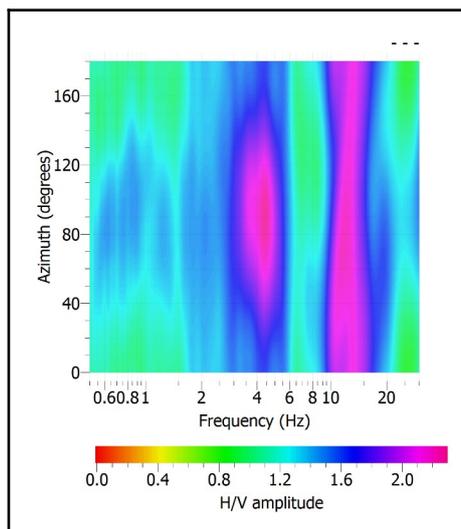
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	38	9387	12.351	1.27	2.26	1.17	BASSO
<b>Criteria per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]							
$f_0 > 10/L_w$			12.351 > 0.500			OK	
$n_c(f_0) > 200$			9387 > 200			OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$			Superato 0 volte su 30			OK	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$						OK	
<b>Criteria per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]							
Amplitude conditions	<b>Esiste <math>f</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></b>						NO
	<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math></b>						NO
	$A_0 > 2$			2.2580 > 2			OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$						NO
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$			1.2662 > 0.6176			OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$			1.1721 < 1.5800			OK

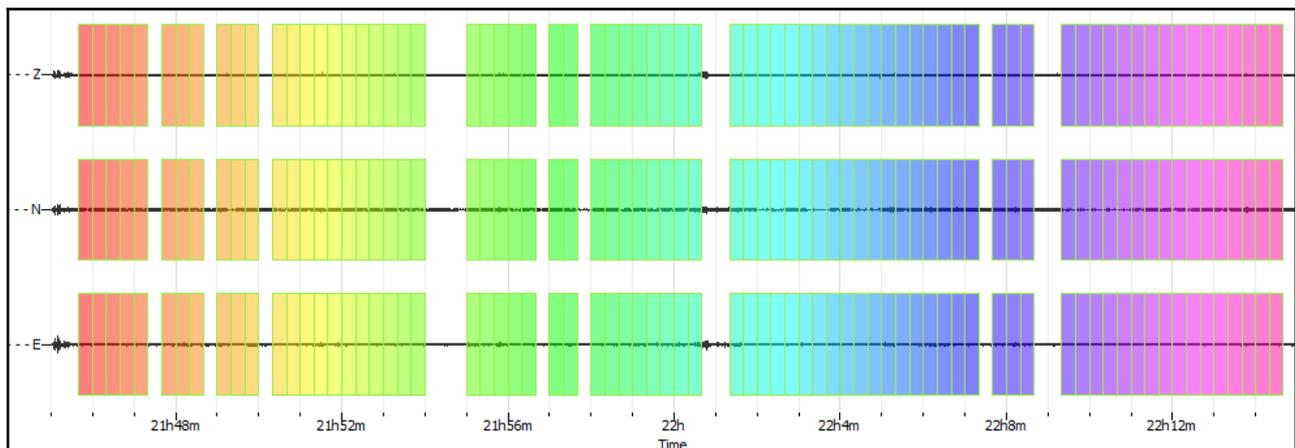
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

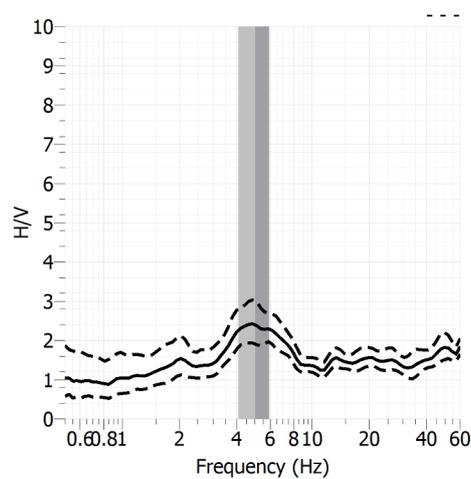
<b>Stazione</b>	67	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	74 (82% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>5.01 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.39</b>

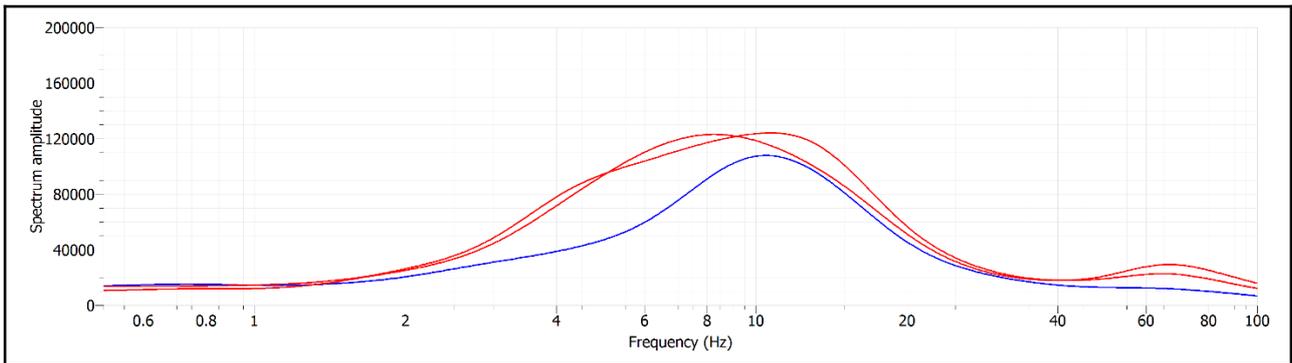
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



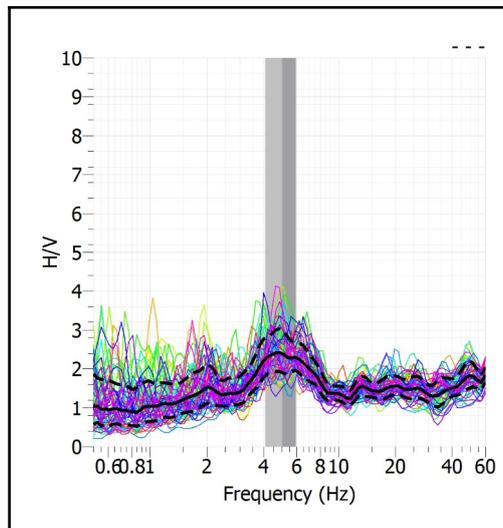
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



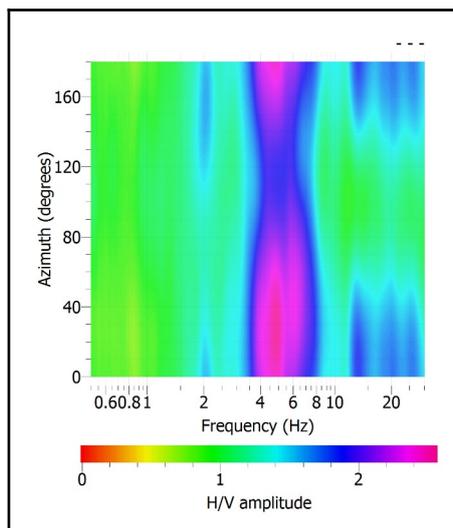
## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## SERIE TEMPORALE H/V



## DIREZIONALITA' H/V



### CRITERI SESAME

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica	
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$		
20.00	74	7422	5.015	0.93	2.39	1.26	BASSO	
<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]								
$f_0 > 10/L_w$						5.015 > 0.500	OK	
$n_c(f_0) > 200$						7422 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$						Superato 0 volte su 30	OK	
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]								
Amplitude conditions	Esiste $f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$						OK	
	Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$						NO	
	$A_0 > 2$						2.3878 > 2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$						NO	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$						0.9344 > 0.2508	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$						1.2551 < 1.5800	OK

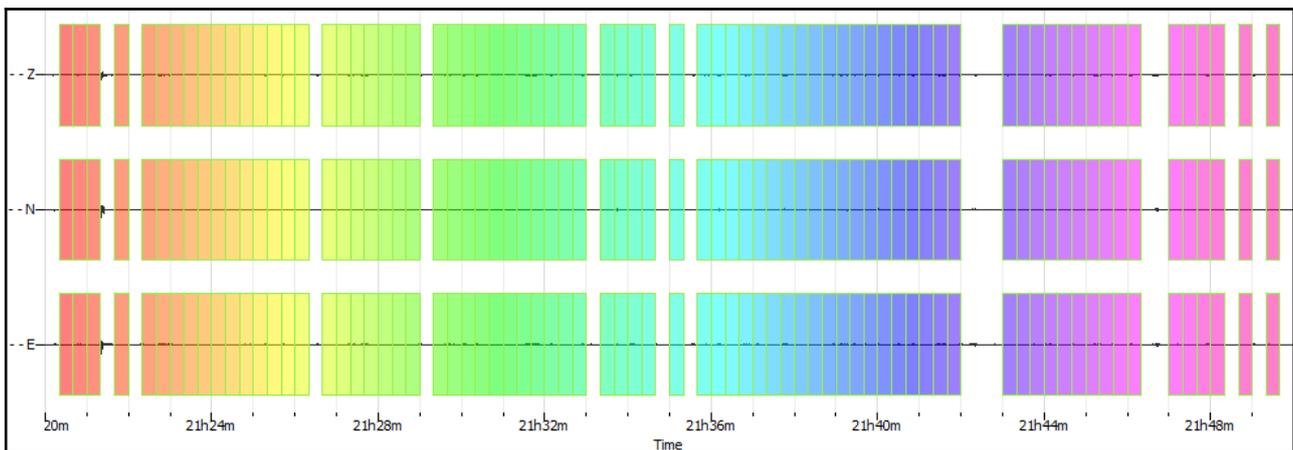
ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

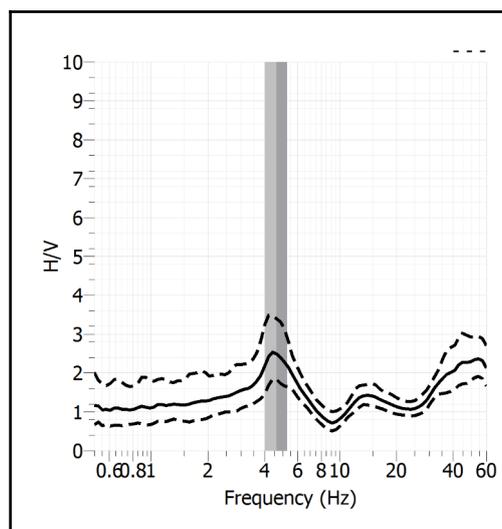
<b>Stazione</b>	68	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	74 (82% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>4.63 Hz</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	<b>2.49</b>

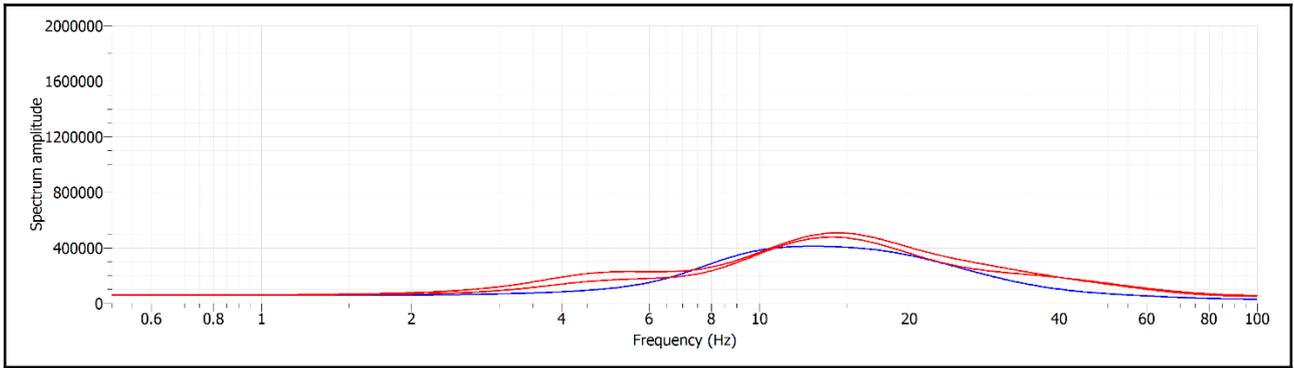
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



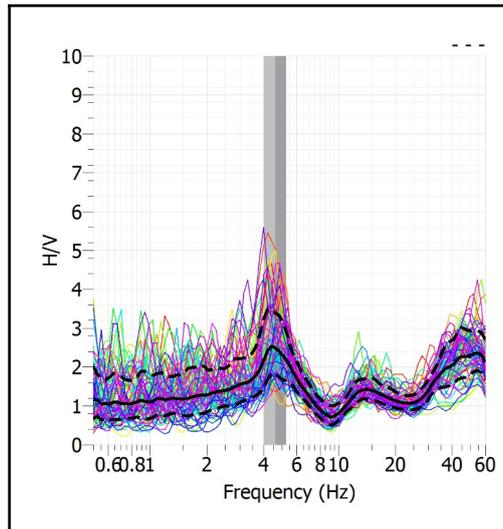
### RAPPORTO SPETTRALE H/V



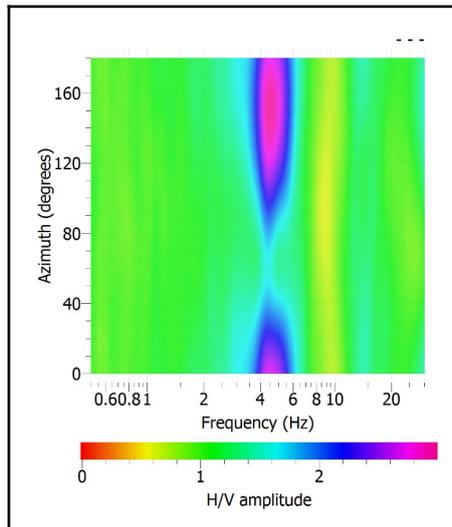
### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



**SERIE TEMPORALE H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



**CRITERI SESAME**

Window length $l_w$ [s]	Number of windows $n_w$	Number of significant cycles $n_c$	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	74	6865	4.639	0.62	2.49	1.38	BASSO

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b> [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]				
$f_0 > 10/L_w$	4.639	>	0.500	OK
$n_c(f_0) > 200$	6865	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 30			OK
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]				

Amplitude conditions	Esiste $f$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f) < A_0/2$			OK	
	Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$			OK	
	$A_0 > 2$	2.4853	>	2	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$			NO	
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.6245	>	0.2319	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.3835	<	1.5800	OK

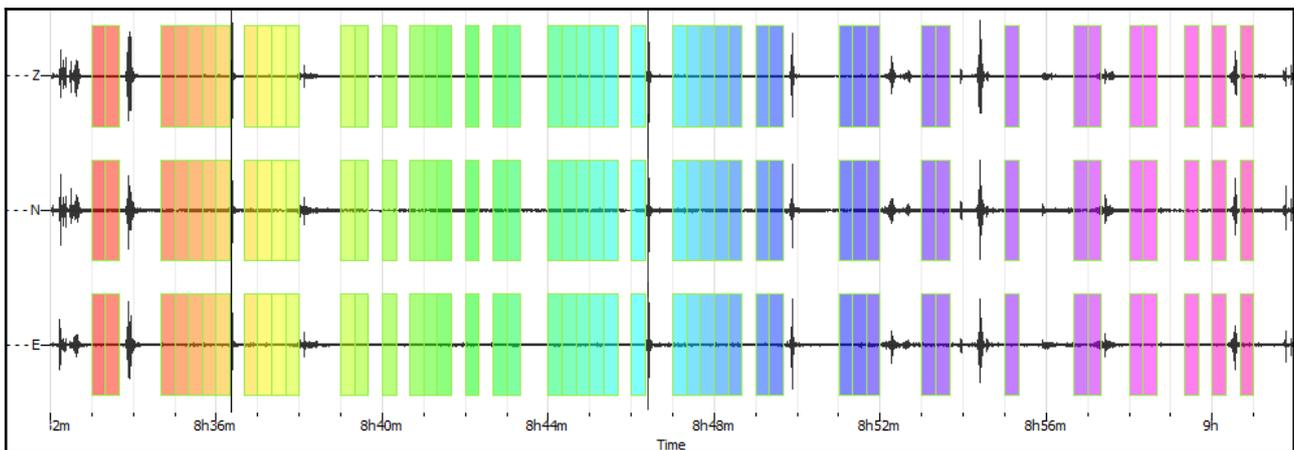
<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum L_w$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>SI</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>SI</b>

CLASSE | A1

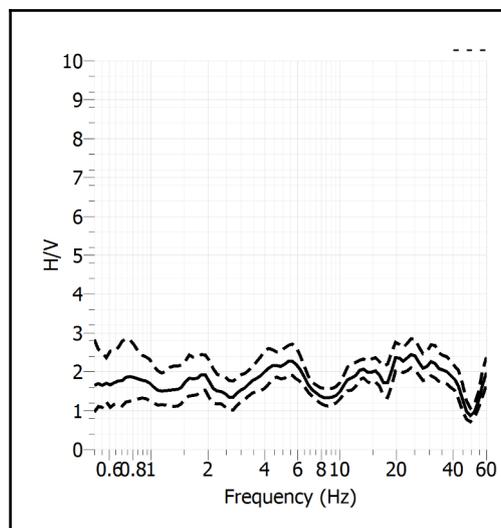
<b>Stazione</b>	69	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	30 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	46 (51% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	NP
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

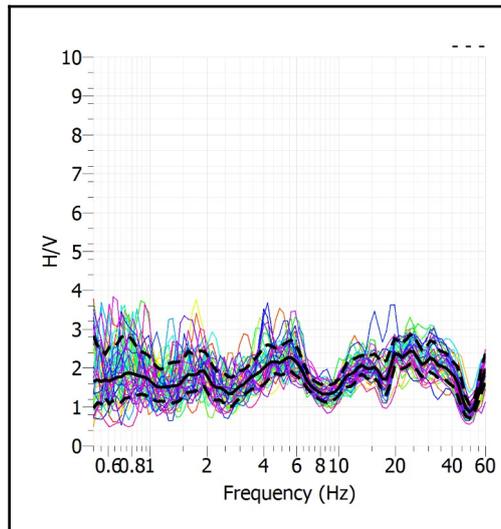
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>NO</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>NO</b>

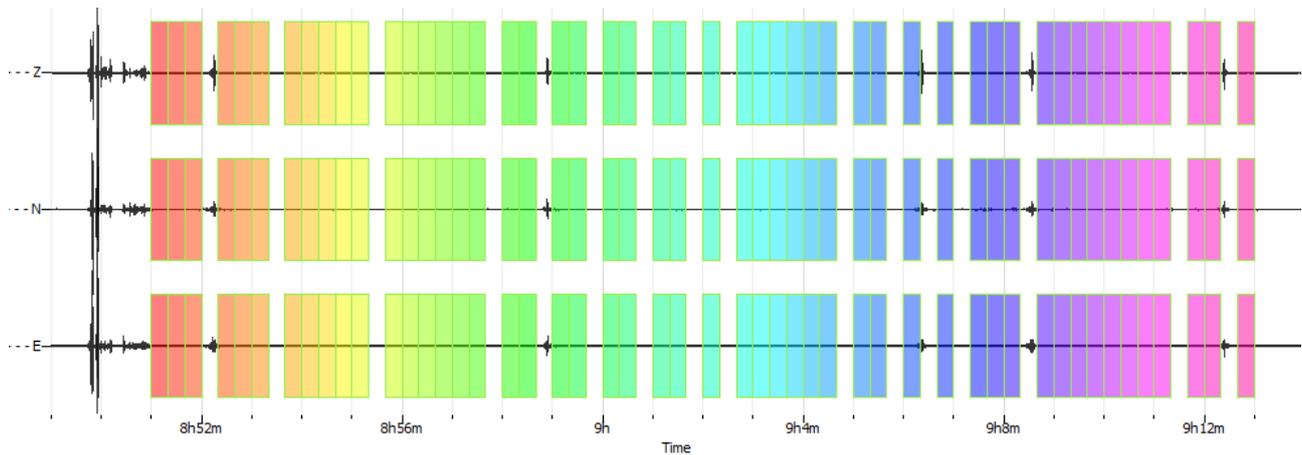
**CLASSE | A2**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

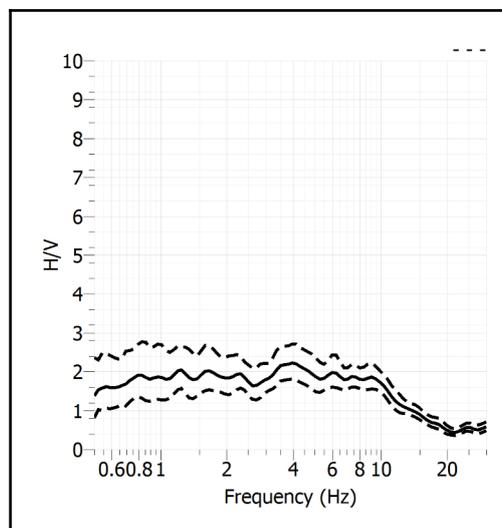
<b>Stazione</b>	70	
<b>Strumento</b>	Theringino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	25 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	50 (67% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamo</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamo</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	NP
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

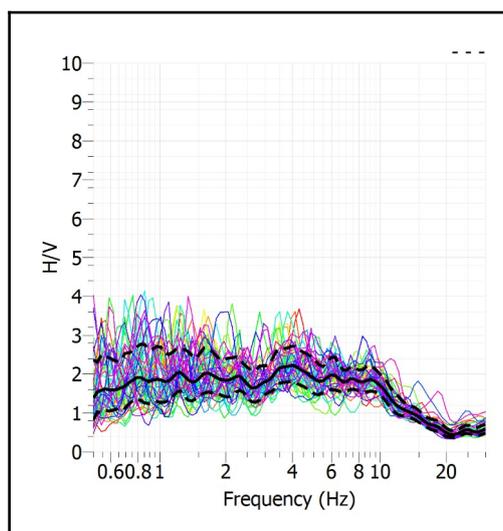
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>NO</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>NO</b>

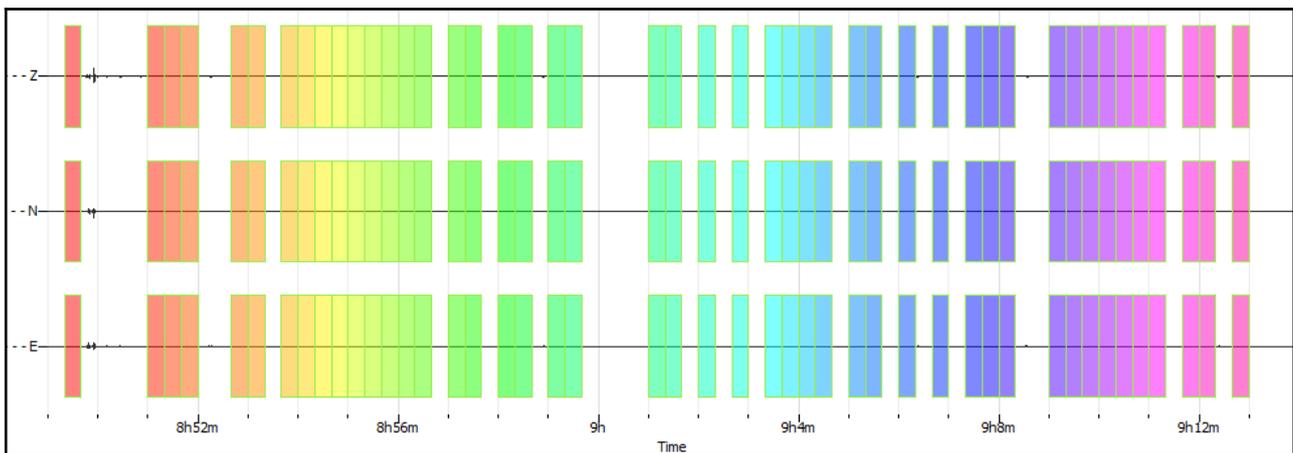
**CLASSE | A2**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

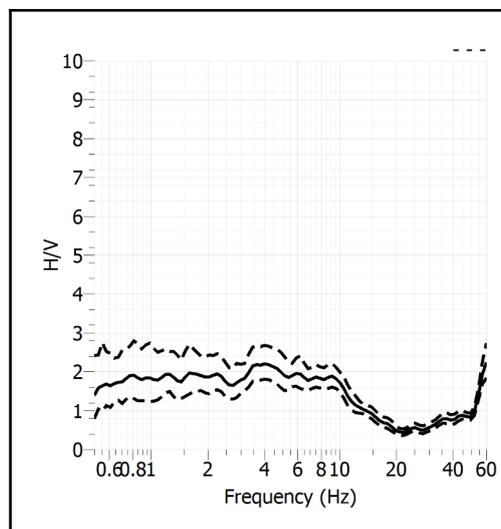
<b>Stazione</b>	71	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	25 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	46 (61% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	<b>NP</b>
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

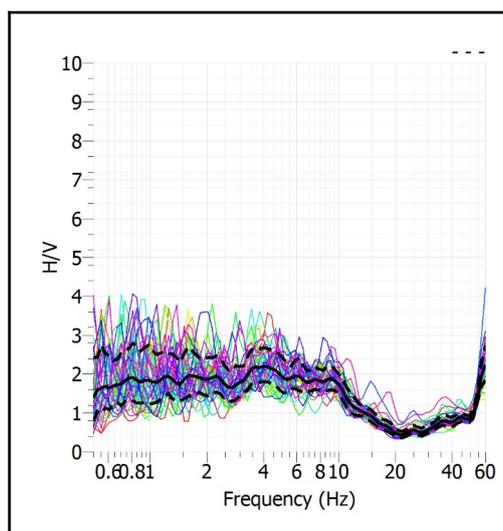
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>NO</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>NO</b>

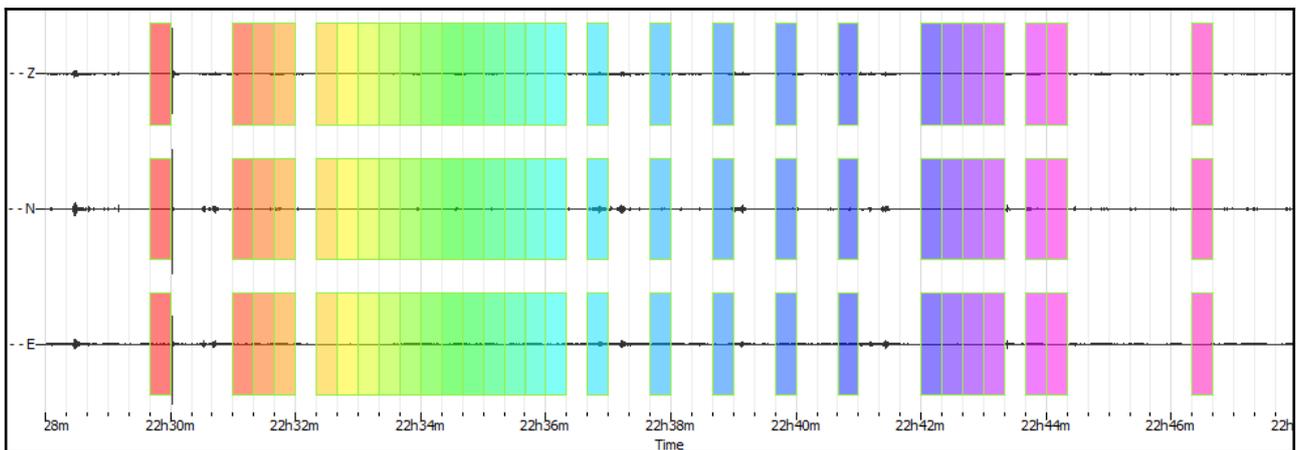
**CLASSE | A2**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

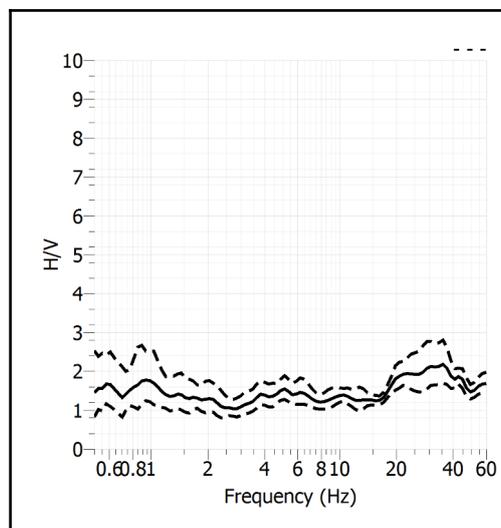
<b>Stazione</b>	72	
<b>Strumento</b>	Theremino	
<b>Data acquisizione</b>	Maggio-Giugno 2022	
<b>Durata registrazione</b>	20 minuti	
<b>Freq. Campionamento</b>	500 Hz	
<b>Lunghezza finestre</b>	20 s	
<b>Numero di finestre analizzate</b>	28 (47% del tracciato)	
<b>Tipo di lisciamento</b>	Konno & Ohmachi	
<b>Lisciamento</b>	40	
<b>Orientamento strumentazione</b>	0° N	
<b>Terreno di misura</b>	Suolo naturale	
<b>Meteo</b>	Sereno	

<b>Frequenza del picco H/V max (f0)</b>	NP
<b>Ampiezza Media della frequenza f0</b>	-

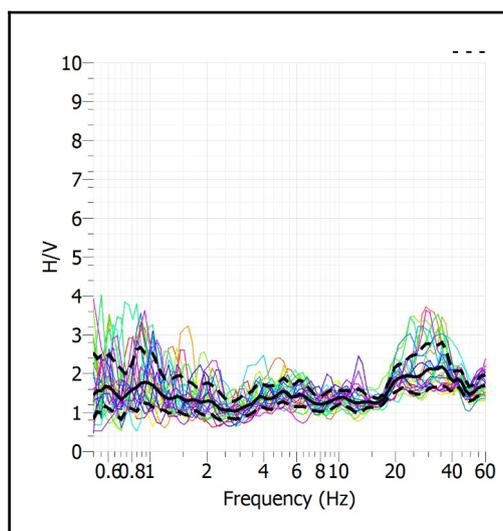
### ACQUISIZIONE E FINESTRE DI ELABORAZIONE



### RAPPORTO SPETTRALE H/V



### SERIE TEMPORALE H/V



### CRITERI SESAME

<b>ULTERIORI CRITERI (D.Albarello, S.Castellaro, 2011)</b>		
<b>DURATA</b>	Durata minima registrazione 20 minuti	<b>SI</b>
<b>STAZIONARIETA'</b>	% ( $\sum Lw$ /durata registrazione) almeno 30%	<b>SI</b>
<b>ISOTROPIA</b>	Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo	<b>SI</b>
<b>ASSENZA DISTURBI</b>	Non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse	<b>SI</b>
<b>PLAUSIBILITA' FISICA</b>	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale	<b>NO</b>
<b>ROBUSTEZZA STATISTICA</b>	Verificati i tre Criteri SESAME per curva affidabile	<b>NO</b>

**CLASSE | A2**

**Non ci sono picchi significativi nel range di frequenze utile (0.5 – 20 Hz)**

- **ALLEGATO GRAFICO: ELABORAZIONI SISMICA A RIFRAZIONE P/SH – MASW/ESAC**

**SR\_1: SISMICA A RIFRAZIONE P-SH**

---

## Easy Refract

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda  $\lambda$ , comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde  $\lambda$ , equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza  $\theta_i$  mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione  $\theta_r$ . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove  $v_1$  e  $v_2$  sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per  $v_1 > v_2$  si ha che  $\theta_i > \theta_r$  e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per  $v_1 < v_2$  si ha che  $\theta_i < \theta_r$  ed esiste un angolo limite di incidenza per cui  $\theta_r = 90^\circ$  ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo  $T$  dato dalla relazione

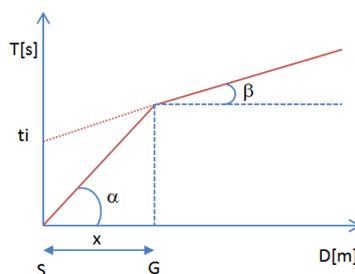
$$T = x_i / V_1$$

dove  $x_i$  è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità  $V_1$  del primo mezzo come

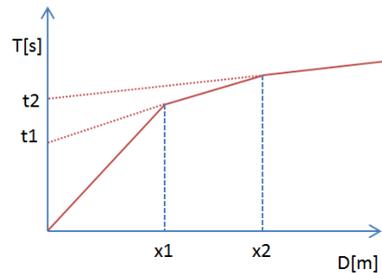
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo  $t_i$  che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

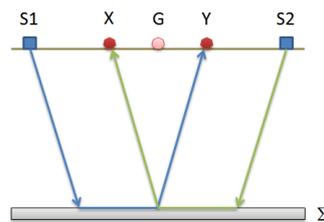


Infine, dalla conoscenza dei tempi  $t_i$  è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left( t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

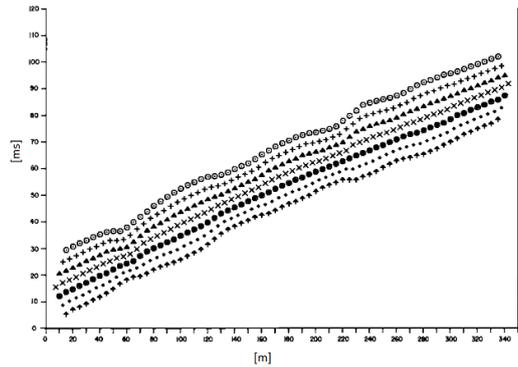
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



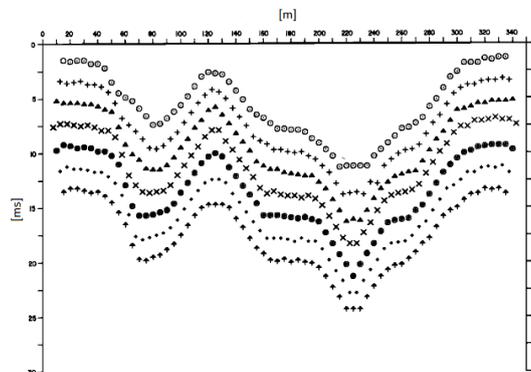
dove  $T_{S1Y}$  e  $T_{S2X}$  sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre  $T_{S1S2}$  è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento.  $T_v$  è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione  $T_v$  viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S1Y} + T_{S2X} - \left( T_{S1S2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove  $V_n$  è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

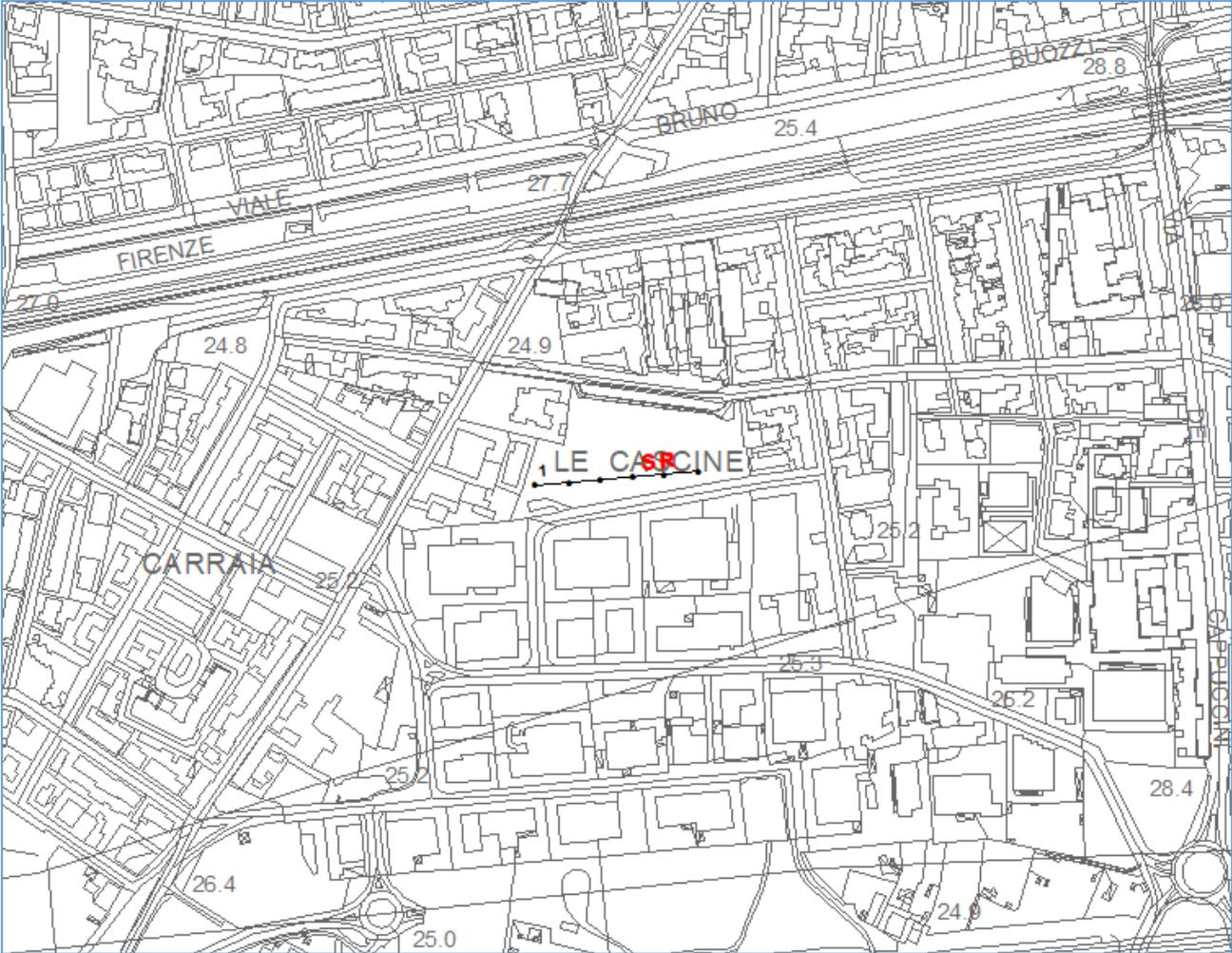
$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

---

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifratore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa  $20^\circ$

**Planimetria Scala 1:5000**



Planimetria Scala 1:1000



---

## Geometria dello stendimento

Numero Geofoni: 24

Intervallo (m): 5 m

Lunghezza Stendimento (m): 115 m

Quota (m.s.l.m.):

## Punti di energizzazione

	<b>A</b> <b>Estremo</b> <b>SX</b>	<b>D1</b> <b>Intermedio</b> <b>SX</b>	<b>D2</b> <b>Intermedio</b> <b>SX</b>	<b>C</b> <b>Centrale</b>	<b>D3</b> <b>Intermedio</b> <b>DX</b>	<b>D4</b> <b>Intermedio</b> <b>SX</b>	<b>B</b> <b>Estremo</b> <b>DX</b>
<b>Posizione</b> <b>da Geofono</b> <b>G1 (m)</b>	-20.0	-2.5	27.5	57.5	87.5	117.5	135

## Geometria geofoni

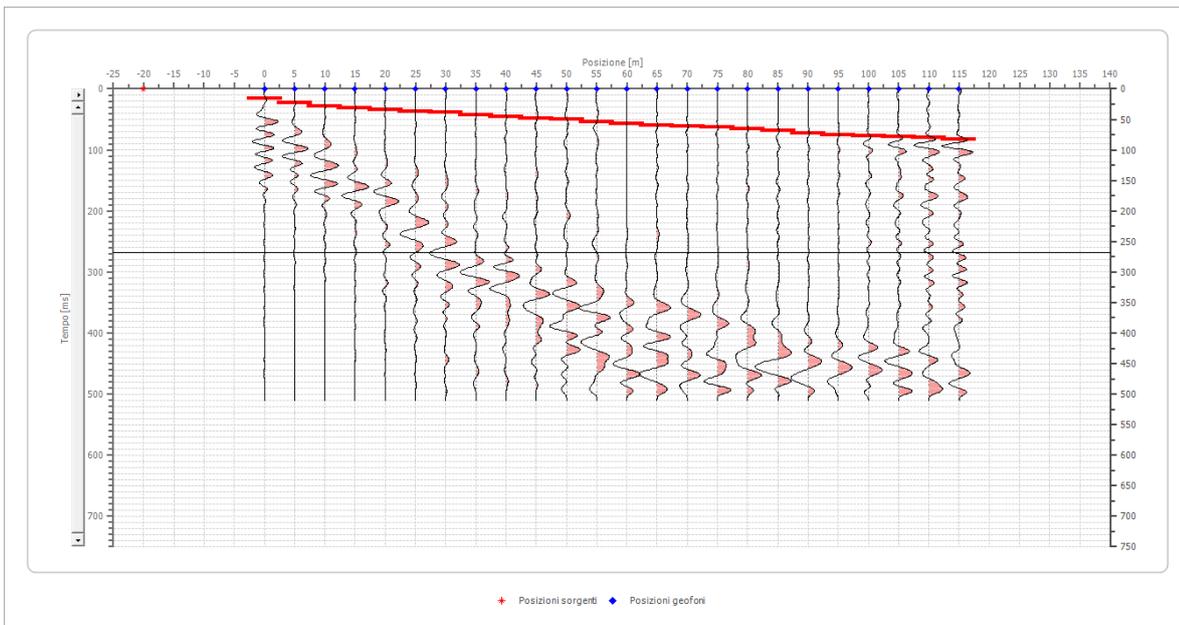
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	5.0	0.0
3	10.0	0.0
4	15.0	0.0
5	20.0	0.0
6	25.0	0.0
7	30.0	0.0
8	35.0	0.0
9	40.0	0.0
10	45.0	0.0
11	50.0	0.0
12	55.0	0.0
13	60.0	0.0
14	65.0	0.0
15	70.0	0.0
16	75.0	0.0
17	80.0	0.0
18	85.0	0.0
19	90.0	0.0
20	95.0	0.0
21	100.0	0.0
22	105.0	0.0
23	110.0	0.0
24	115.0	0.0

---

## Dati battute

### Battuta 1

Posizione sorgente X            -20    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

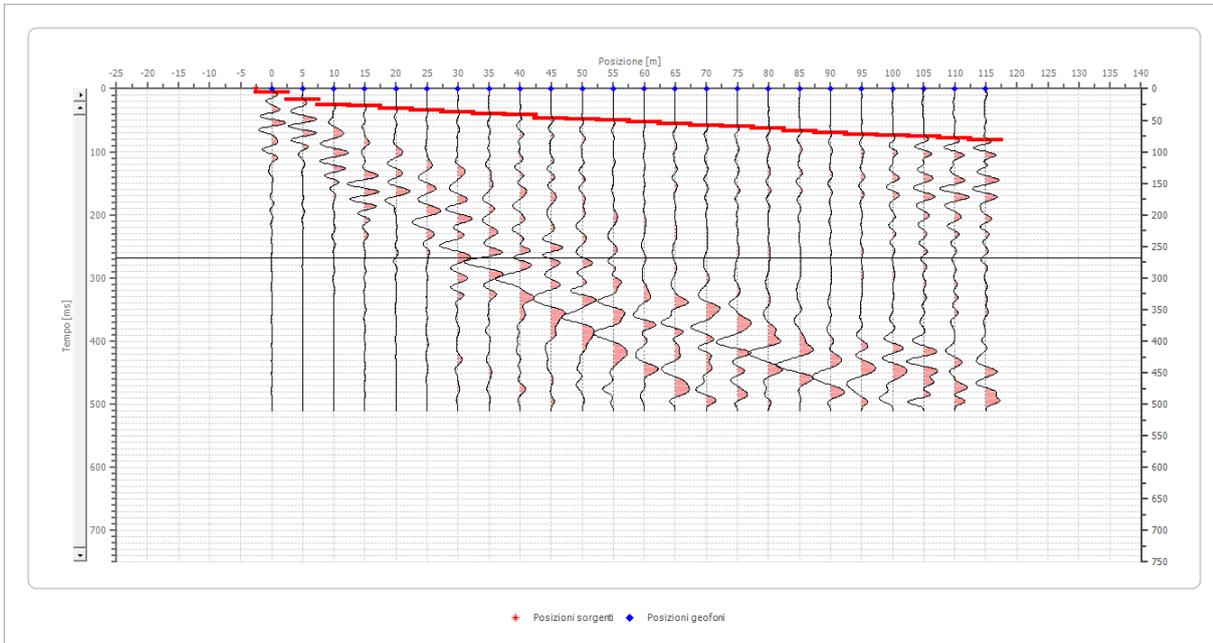


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	16.0137
5.0	22.1142
10.0	28.9772
15.0	32.0274
20.0	34.3151
25.0	37.3653
30.0	38.8904
35.0	42.7032
40.0	45.7534
45.0	48.0411
50.0	50.3288
55.0	54.1416
60.0	57.1918
65.0	59.4795
70.0	61.0046
75.0	63.2922
80.0	65.5799
85.0	68.4411
90.0	73.2055
95.0	75.4932

	100.0	77.0183
	105.0	78.4221
	110.0	79.8479
	115.0	82.6996

**Battuta 2**

Posizione sorgente X            -2.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

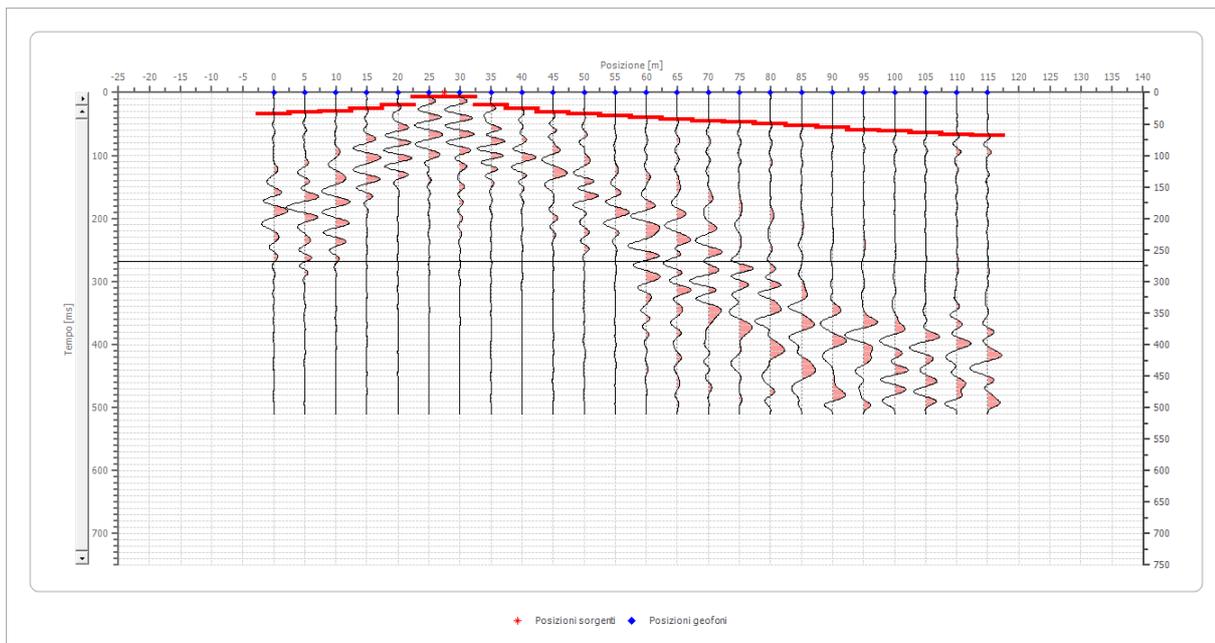


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	6.1005
5.0	17.5388
10.0	25.1644
15.0	27.4521
20.0	31.2648
25.0	33.5525
30.0	37.3653
35.0	40.4155
40.0	41.9406
45.0	46.5160
50.0	48.8037
55.0	50.3288
60.0	52.6164
65.0	55.6667
70.0	57.9543
75.0	60.2420
80.0	62.5297
85.0	66.3425
90.0	69.3927
95.0	72.4429

	100.0	73.9681
	105.0	76.2557
	110.0	78.5434
	115.0	80.8311

### Battuta 3

Posizione sorgente X            27.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

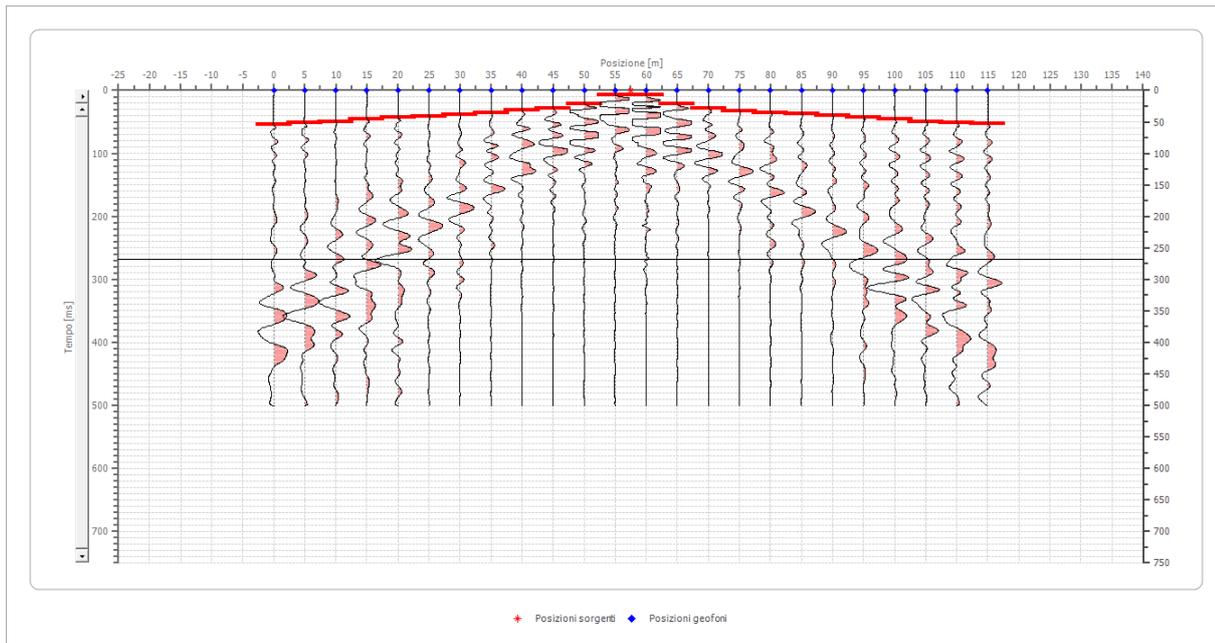


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	33.5525
5.0	32.0274
10.0	29.7397
15.0	25.1644
20.0	19.8265
25.0	7.6256
30.0	7.6256
35.0	19.8265
40.0	25.1644
45.0	31.2648
50.0	34.3151
55.0	37.3653
60.0	39.6530
65.0	42.7032
70.0	44.9909
75.0	46.5160
80.0	50.3288
85.0	52.6164
90.0	55.6667

	95.0	59.4795
	100.0	61.7671
	105.0	64.8174
	110.0	67.1050
	115.0	68.6301

#### Battuta 4

Posizione sorgente X            57.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

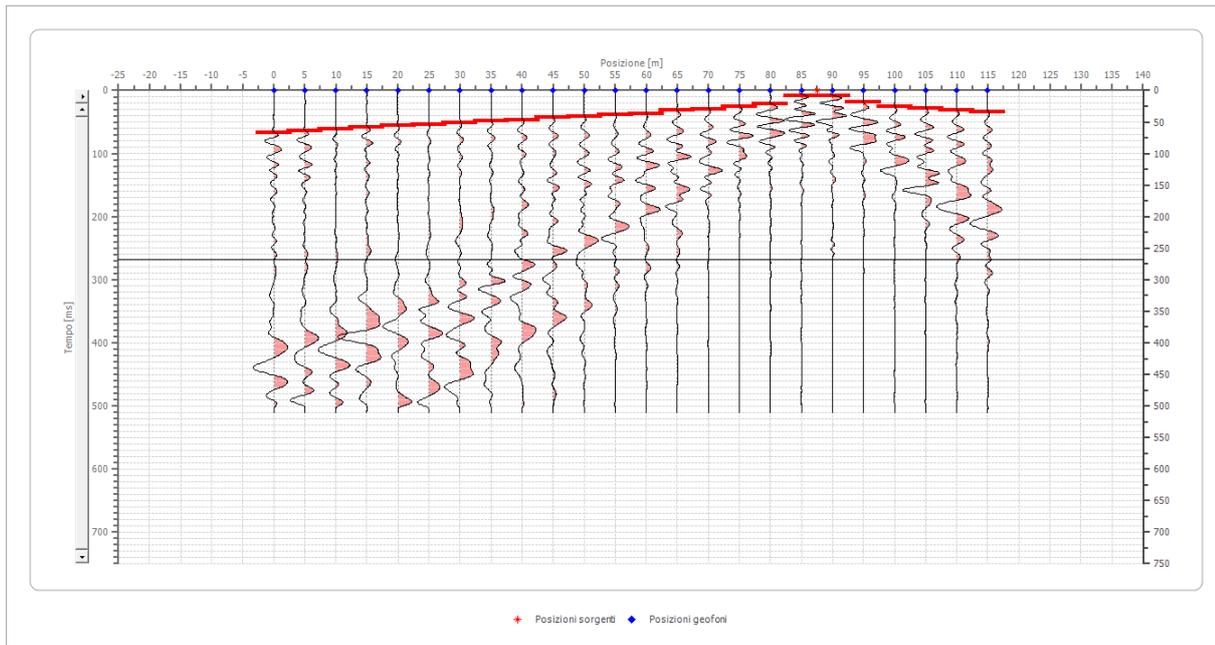


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	54.1416
5.0	51.8539
10.0	49.5662
15.0	45.7534
20.0	43.4658
25.0	41.9406
30.0	38.1279
35.0	35.8402
40.0	32.0274
45.0	28.9772
50.0	21.3516
55.0	7.6256
60.0	7.6256
65.0	21.3516
70.0	28.9772
75.0	32.7900
80.0	35.0776
85.0	36.6027

	90.0	39.6530
	95.0	42.7032
	100.0	45.7534
	105.0	49.5662
	110.0	51.0913
	115.0	53.3790

### Battuta 5

Posizione sorgente X            87.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

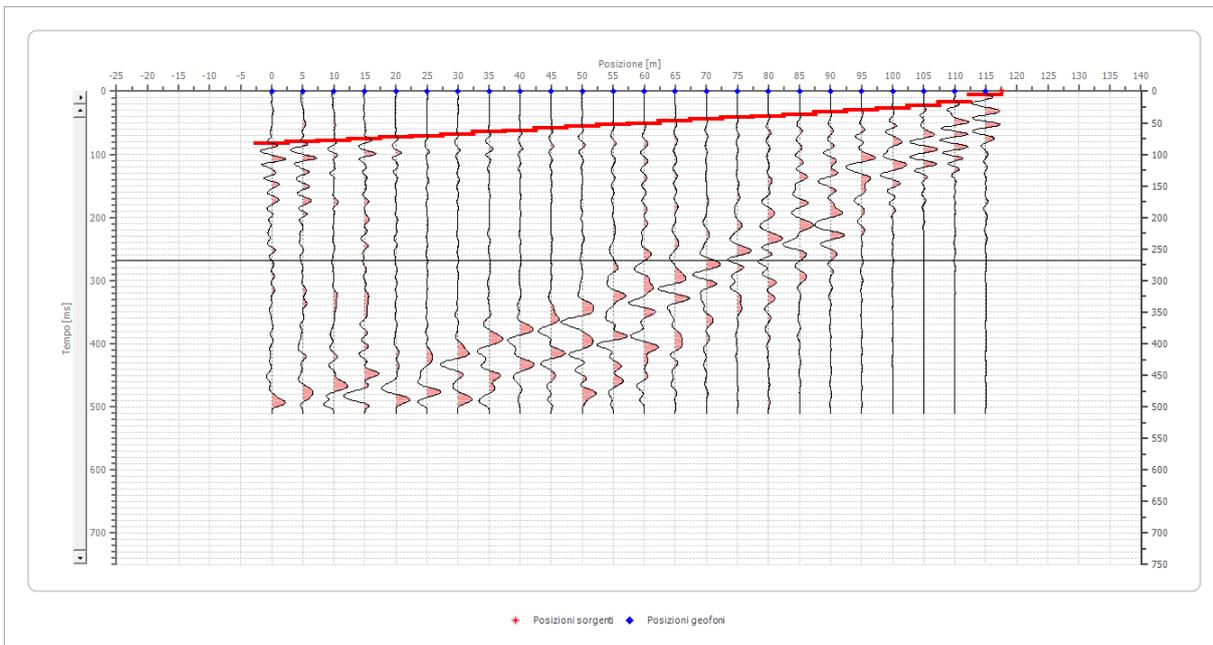


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	67.1050
5.0	64.0548
10.0	61.7671
15.0	58.7169
20.0	54.9041
25.0	54.1416
30.0	51.0913
35.0	48.8037
40.0	46.5160
45.0	43.4658
50.0	41.1781
55.0	38.1279
60.0	37.3653
65.0	32.0274
70.0	29.7397
75.0	25.9269
80.0	21.3516

85.0	8.3881
90.0	8.3881
95.0	19.0639
100.0	25.9269
105.0	28.9772
110.0	32.0274
115.0	34.3151

**Battuta 6**

Posizione sorgente X      117.5 [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]



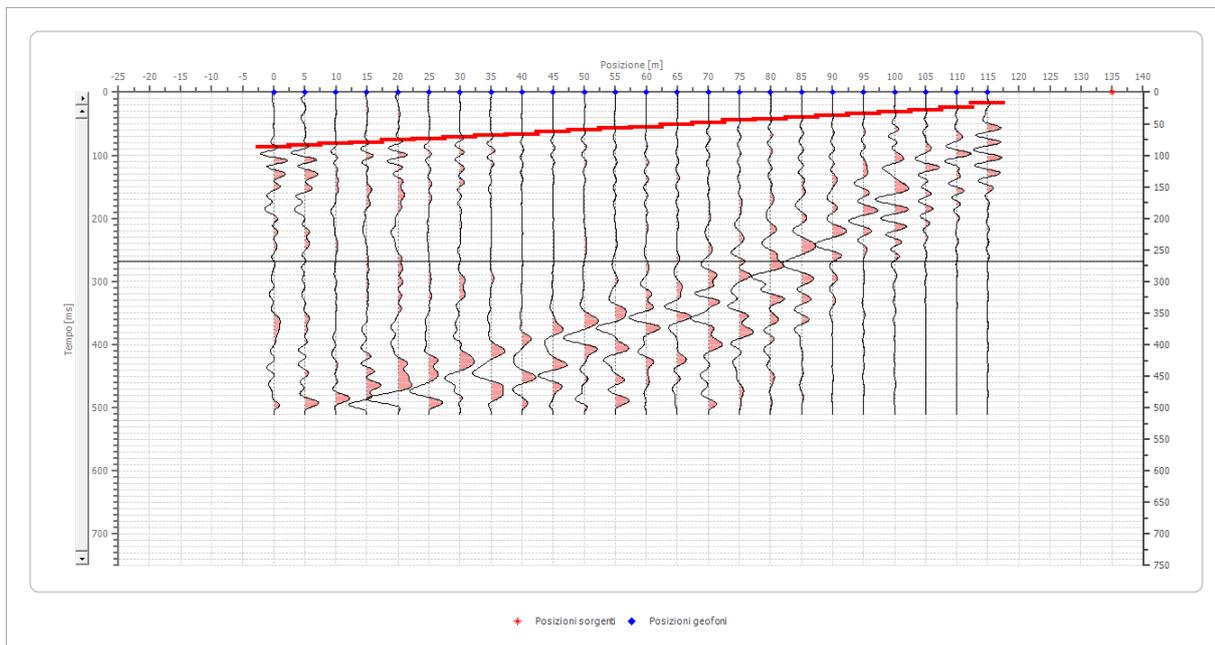
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	82.3562
5.0	80.0685
10.0	77.7808
15.0	75.4932
20.0	73.2055
25.0	70.9178
30.0	68.6301
35.0	64.8174
40.0	62.5297
45.0	58.7169
50.0	55.6667
55.0	53.3790
60.0	51.0913
65.0	47.2785
70.0	44.2283
75.0	41.9406

80.0	39.6530
85.0	37.3653
90.0	32.7900
95.0	30.5023
100.0	27.4521
105.0	22.8767
110.0	16.7763
115.0	5.3379

### Battuta 7

Posizione sorgente X            135    [m]

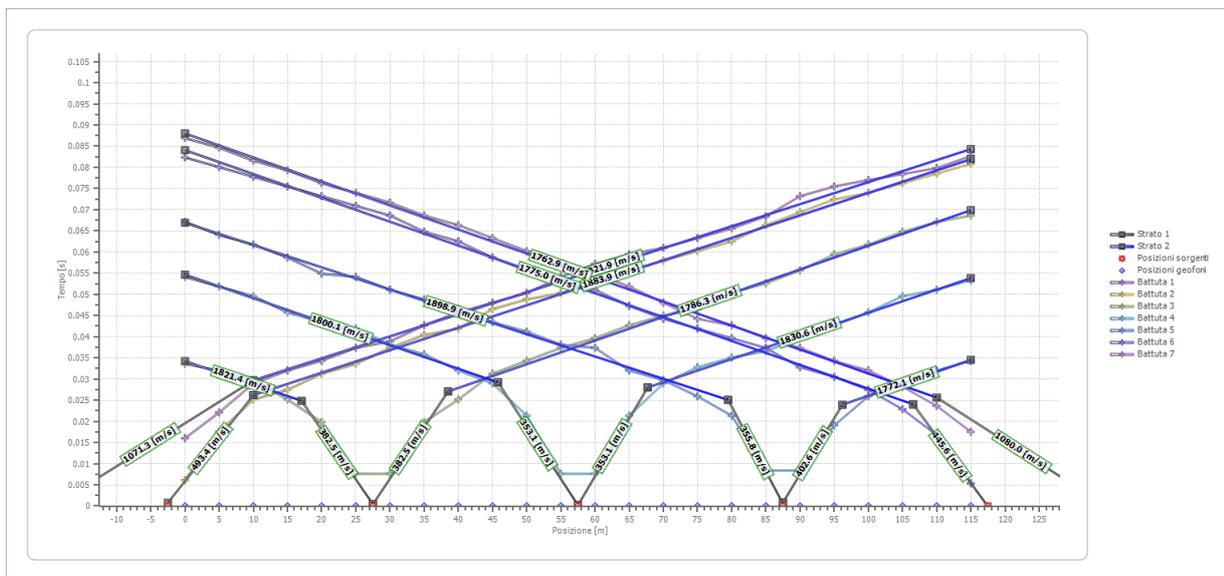
Posizione sorgente Z            0 [m]



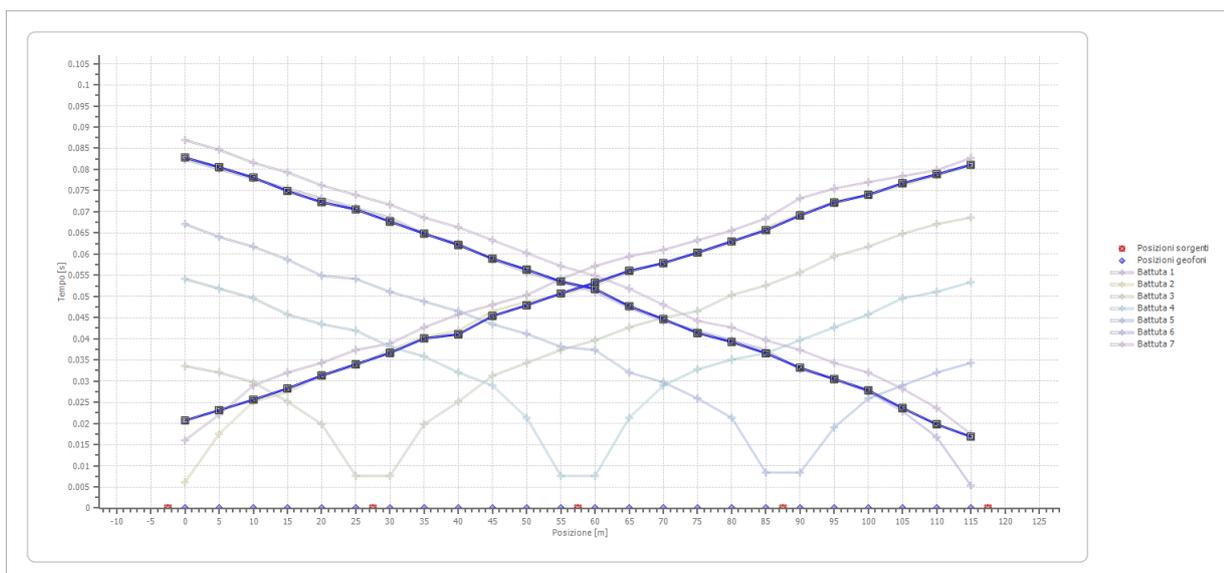
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	86.9315
5.0	84.6439
10.0	81.5936
15.0	79.3060
20.0	76.2557
25.0	73.9680
30.0	71.6804
35.0	68.6301
40.0	66.3425
45.0	63.2922
50.0	60.2420
55.0	57.1918
60.0	54.9041
65.0	51.8539
70.0	48.0411

	75.0	44.2283
	80.0	42.7032
	85.0	39.6530
	90.0	37.3653
	95.0	34.3151
	100.0	32.0274
	105.0	28.2146
	110.0	23.6393
	115.0	17.5388

## Dromocrone



## Dromocrone traslate

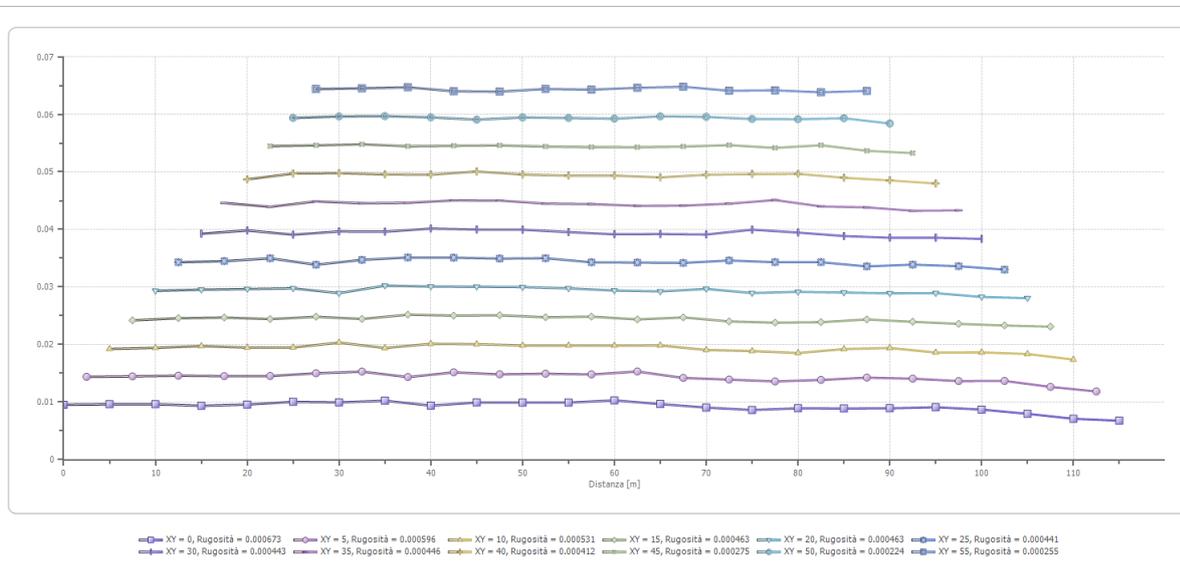
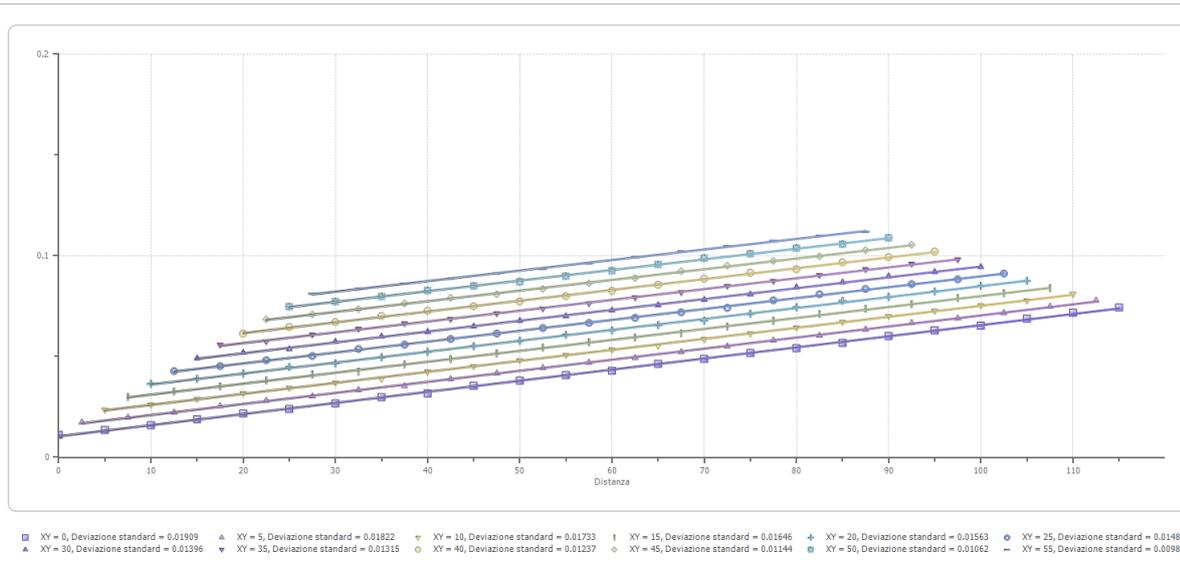


---

**Interpretazione col metodo G.,R.M.**

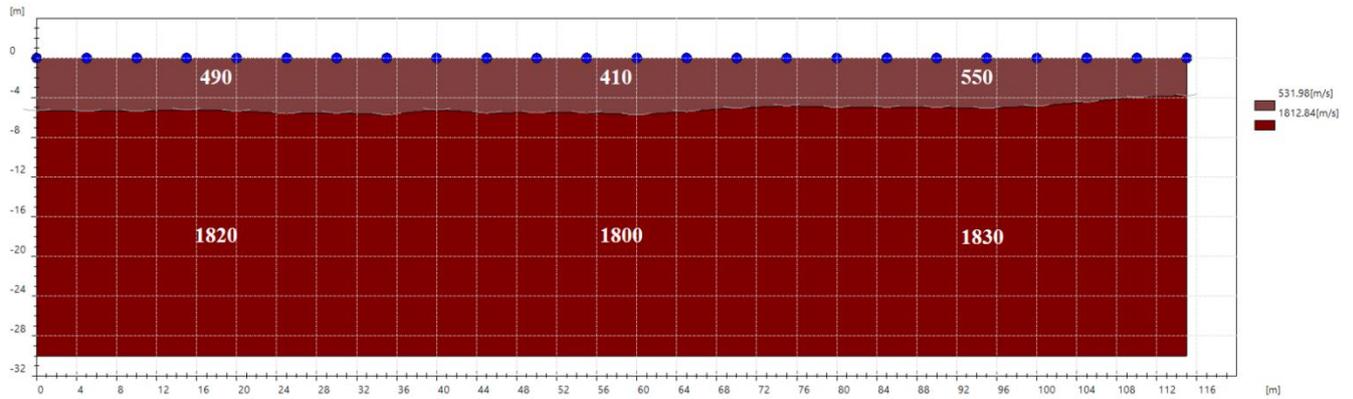
XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	5.3	14.3
G= 5.0 [m]	5.4	14.1
G= 10.0 [m]	5.4	12.7
G= 15.0 [m]	5.2	14.4
G= 20.0 [m]	5.3	14.7
G= 25.0 [m]	5.6	14.3
G= 30.0 [m]	5.5	14.8
G= 35.0 [m]	5.7	14.3
G= 40.0 [m]	5.2	16.8
G= 45.0 [m]	5.5	15.5
G= 50.0 [m]	5.5	16.0
G= 55.0 [m]	5.5	16.2
G= 60.0 [m]	5.7	15.5
G= 65.0 [m]	5.4	17.5
G= 70.0 [m]	5.0	19.4
G= 75.0 [m]	4.8	20.8
G= 80.0 [m]	5.0	20.3
G= 85.0 [m]	5.0	19.9
G= 90.0 [m]	5.0	20.8
G= 95.0 [m]	5.1	20.6
G= 100.0 [m]	4.8	21.8
G= 105.0 [m]	4.4	24.5
G= 110.0 [m]	4.0	26.7
G= 115.0 [m]	3.8	26.8
Velocità [m/sec]	532.0	1812.8
Descrizione		



---

## SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA – ONDE P

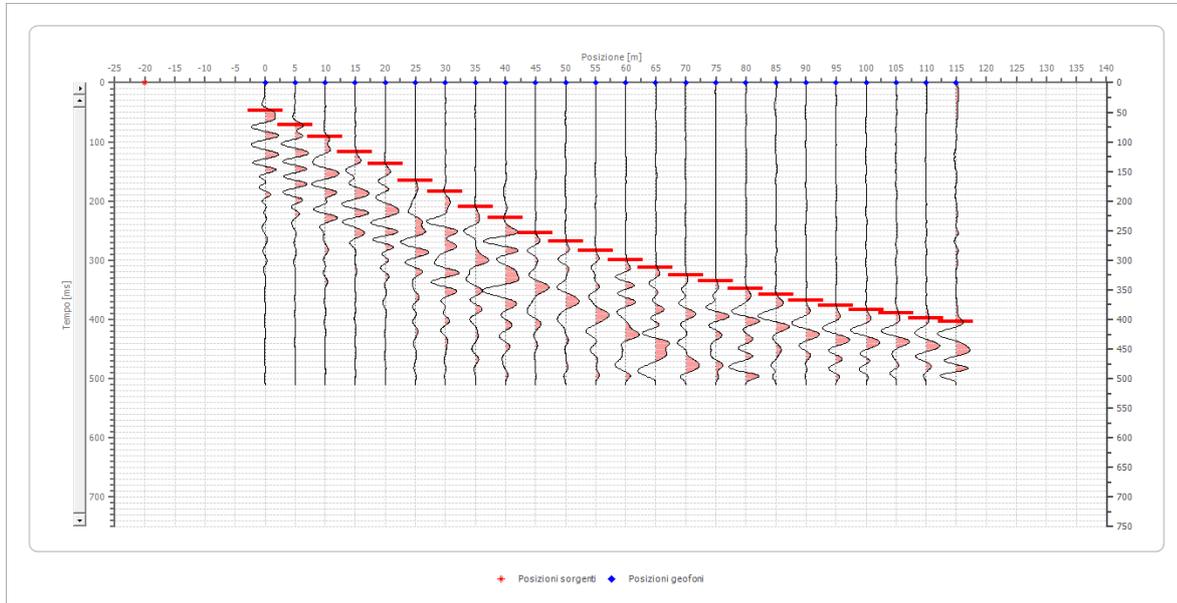


Il rifratore presente è probabilmente riconducibile alla presenza della falda acquifera.

## Dati battute – ONDE SH

### Battuta 1

Posizione sorgente X            -20    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

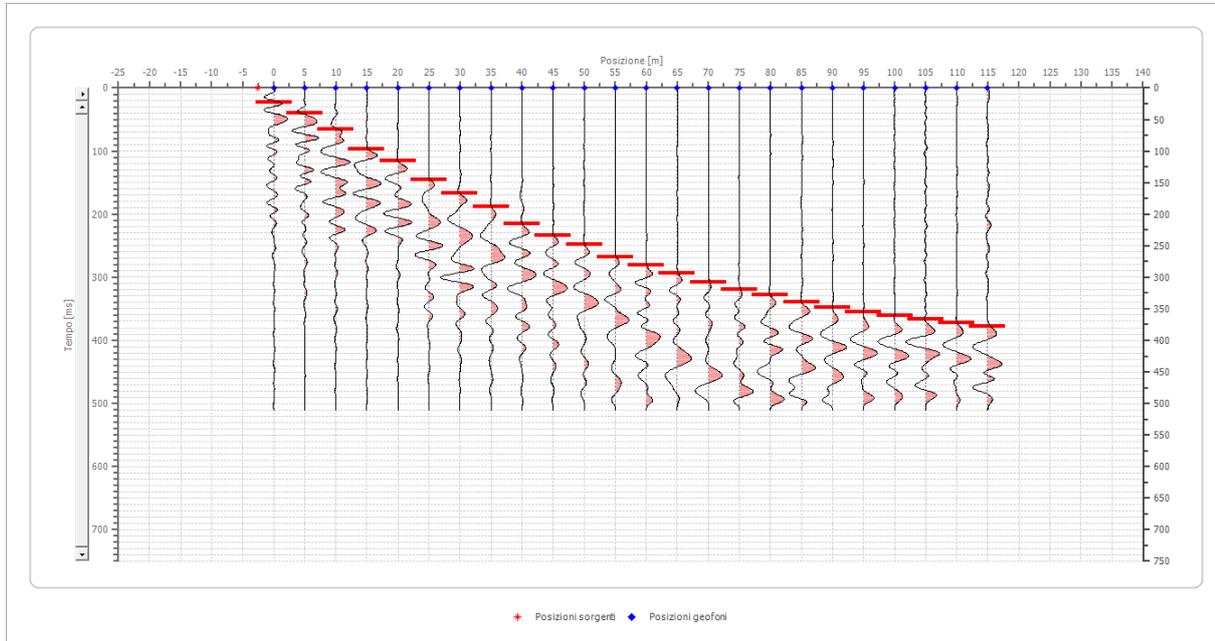


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	47.0532
5.0	71.4354
10.0	90.7443
15.0	117.4338
20.0	137.2603
25.0	164.7123
30.0	183.7763
35.0	209.7032
40.0	228.7671
45.0	253.1690
50.0	268.4201
55.0	283.6713
60.0	298.9224
65.0	312.6484
70.0	324.8493
75.0	334.7626
80.0	347.7261
85.0	357.6393
90.0	367.6541
95.0	376.7032
100.0	383.8461
105.0	389.5609
110.0	397.1807

**Battuta 2**

Posizione sorgente X -2.5 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

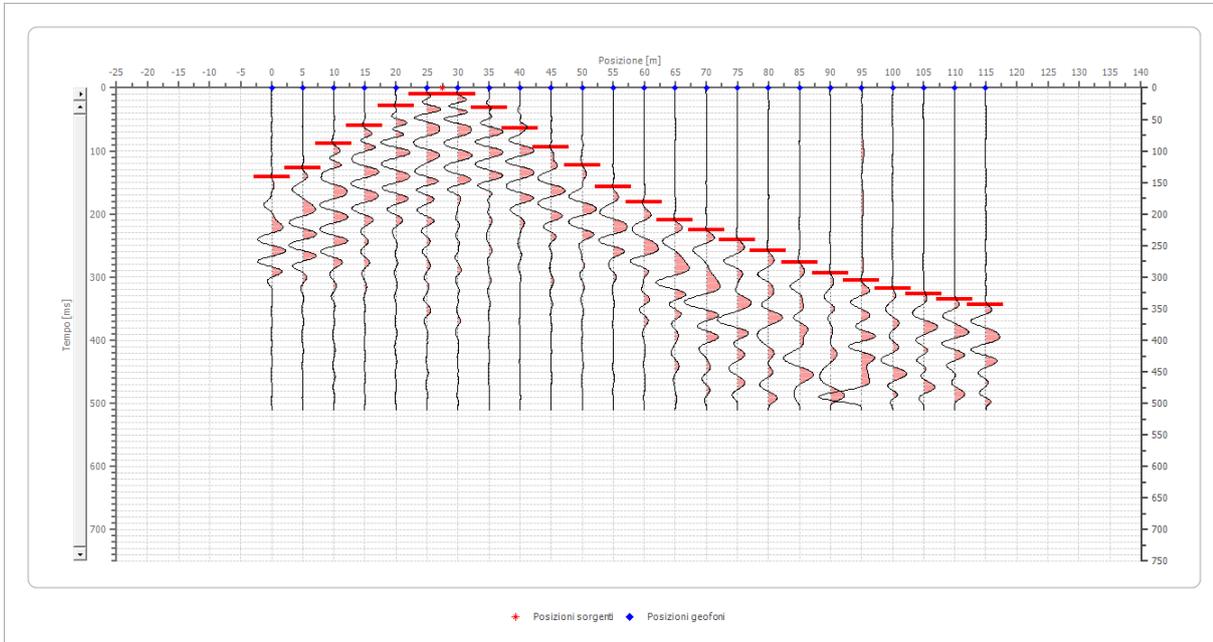


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	22.1142
5.0	39.6530
10.0	65.5799
15.0	97.6073
20.0	115.9087
25.0	145.6484
30.0	166.2375
35.0	187.5891
40.0	215.0411
45.0	234.1050
50.0	247.8311
55.0	267.6576
60.0	280.6210
65.0	294.3471
70.0	307.3105
75.0	319.5114
80.0	328.6027
85.0	339.0799
90.0	348.6046
95.0	355.2719
100.0	360.9868
105.0	366.7016

	110.0	372.4164
	115.0	377.1788

### Battuta 3

Posizione sorgente X            27.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]



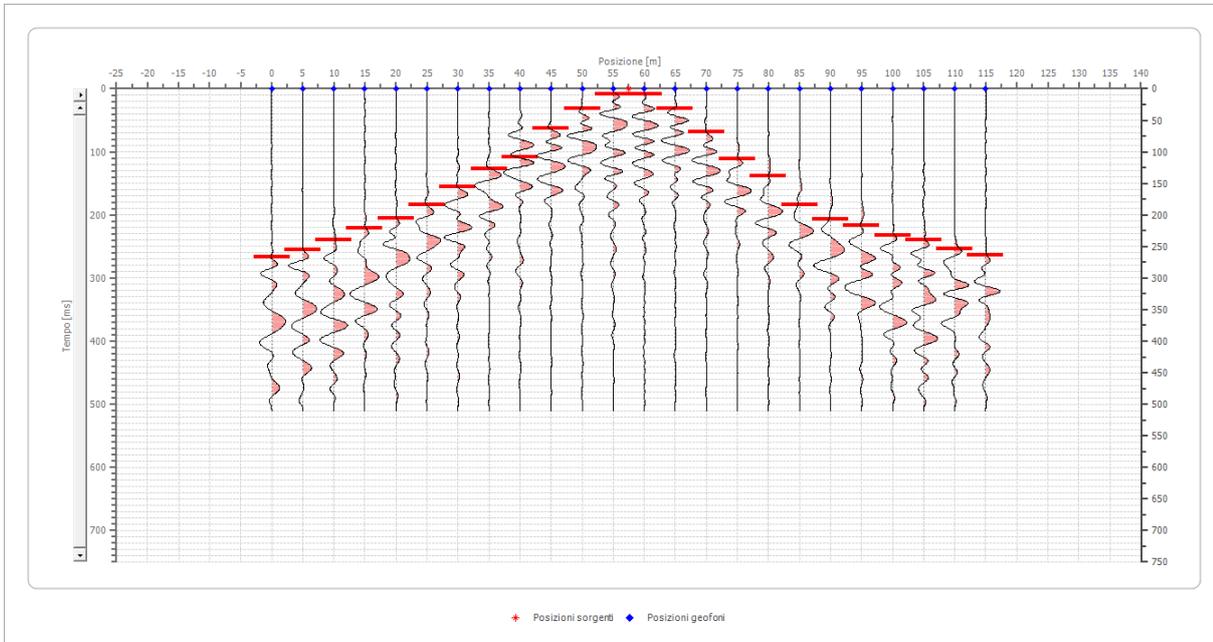
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	141.8356
5.0	127.3470
10.0	88.4566
15.0	59.4795
20.0	28.2146
25.0	9.9132
30.0	9.9132
35.0	32.0274
40.0	64.8174
45.0	94.5571
50.0	122.7717
55.0	157.0868
60.0	181.4886
65.0	209.7032
70.0	224.9544
75.0	240.9681
80.0	257.7443
85.0	276.0457
90.0	293.5845
95.0	305.0229
100.0	317.9863

	105.0	326.3745
	110.0	335.5251
	115.0	343.1507

#### Battuta 4

Posizione sorgente X            57.5    [m]

Posizione sorgente Z            0 [m]

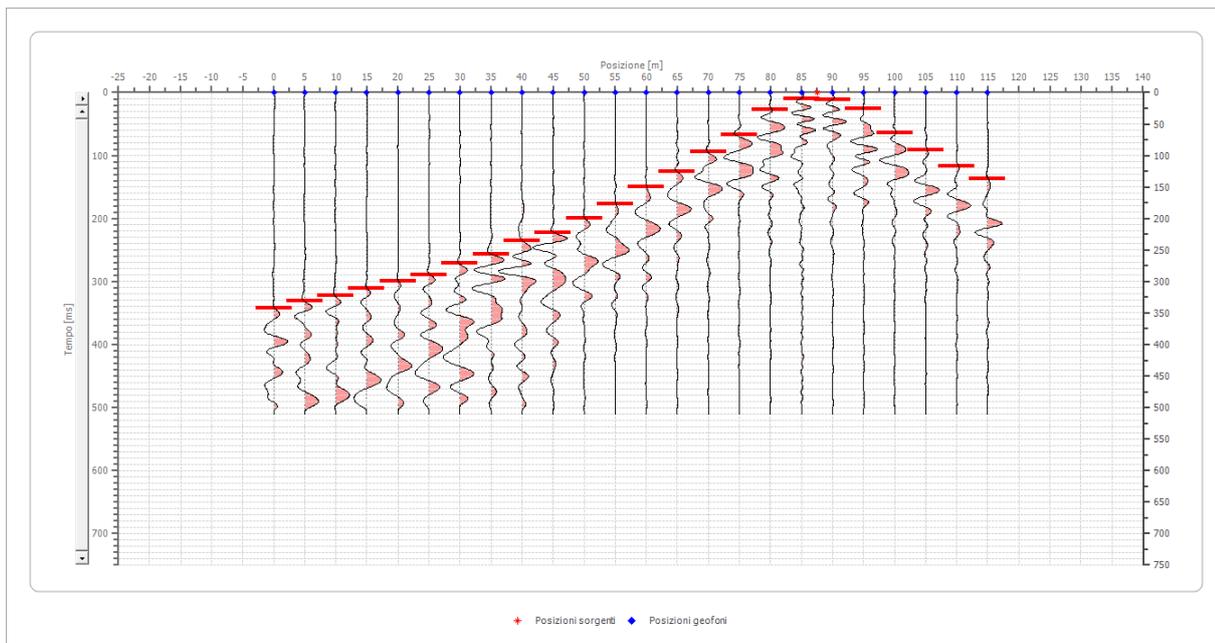


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	266.1324
5.0	254.6941
10.0	239.4429
15.0	220.3790
20.0	205.1279
25.0	183.7763
30.0	155.5617
35.0	126.5845
40.0	109.0457
45.0	62.5297
50.0	31.2648
55.0	8.3881
60.0	8.3881
65.0	32.0274
70.0	68.6301
75.0	110.5708
80.0	138.0228
85.0	184.5388
90.0	206.6530
95.0	217.3288

	100.0	231.8174
	105.0	239.4429
	110.0	253.1690
	115.0	263.0822

### Battuta 5

Posizione sorgente X            87.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

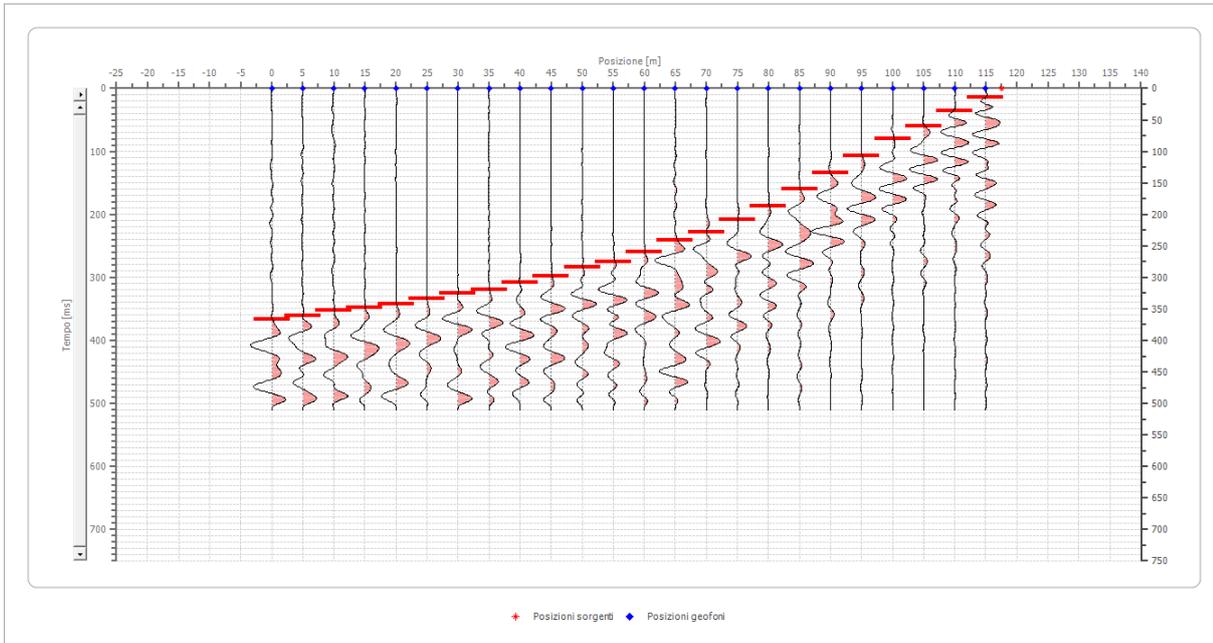


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	341.6256
5.0	330.9498
10.0	321.7991
15.0	310.3608
20.0	298.9224
25.0	289.0092
30.0	271.4703
35.0	256.9818
40.0	235.6302
45.0	222.6667
50.0	199.0274
55.0	176.9133
60.0	150.2238
65.0	125.8219
70.0	93.7945
75.0	66.3425
80.0	26.6895
85.0	9.9132
90.0	11.4384

	95.0	25.9269
	100.0	64.0548
	105.0	91.5069
	110.0	116.6712
	115.0	136.4977

### Battuta 6

Posizione sorgente X            117.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

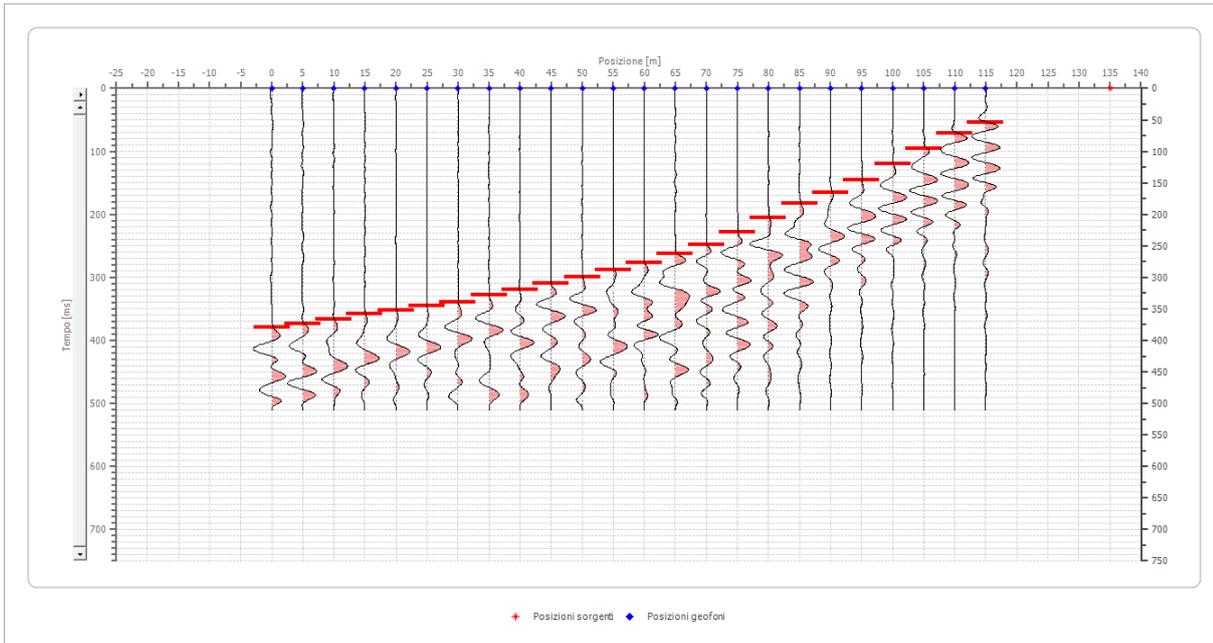


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	366.7900
5.0	360.0343
10.0	352.4145
15.0	347.6522
20.0	341.9373
25.0	334.3176
30.0	325.7453
35.0	320.0305
40.0	307.6484
45.0	298.1598
50.0	284.4338
55.0	274.5206
60.0	260.0320
65.0	240.9681
70.0	228.7671
75.0	208.1781
80.0	186.8265
85.0	160.1370

	90.0	134.2101
	95.0	106.7580
	100.0	80.0685
	105.0	60.2420
	110.0	35.8402
	115.0	14.4886

**Battuta 7**

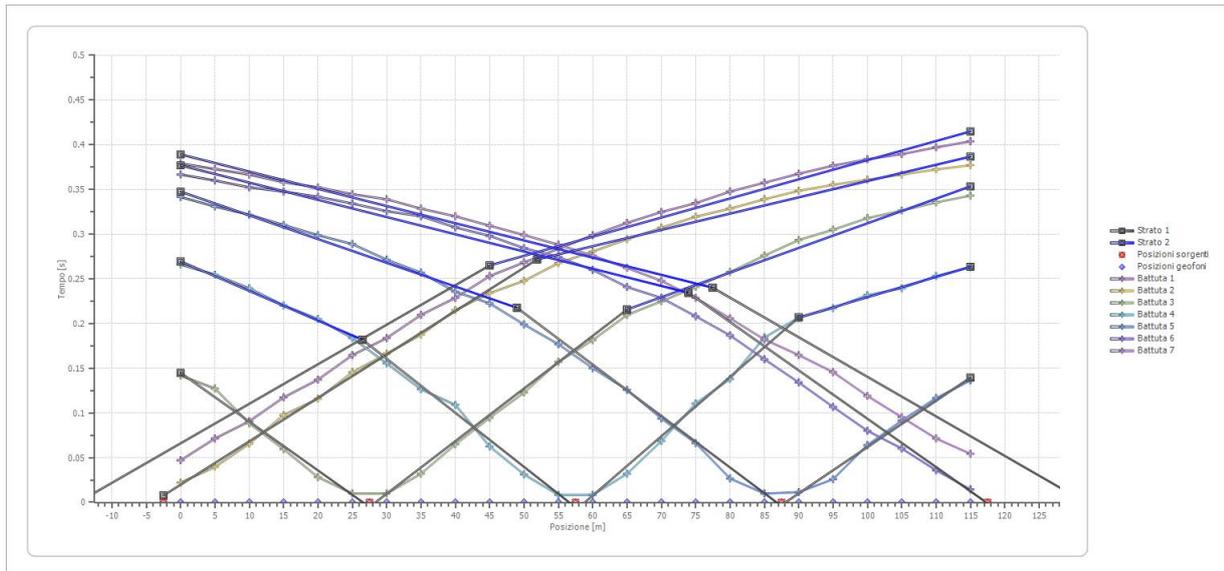
Posizione sorgente X      135    [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]



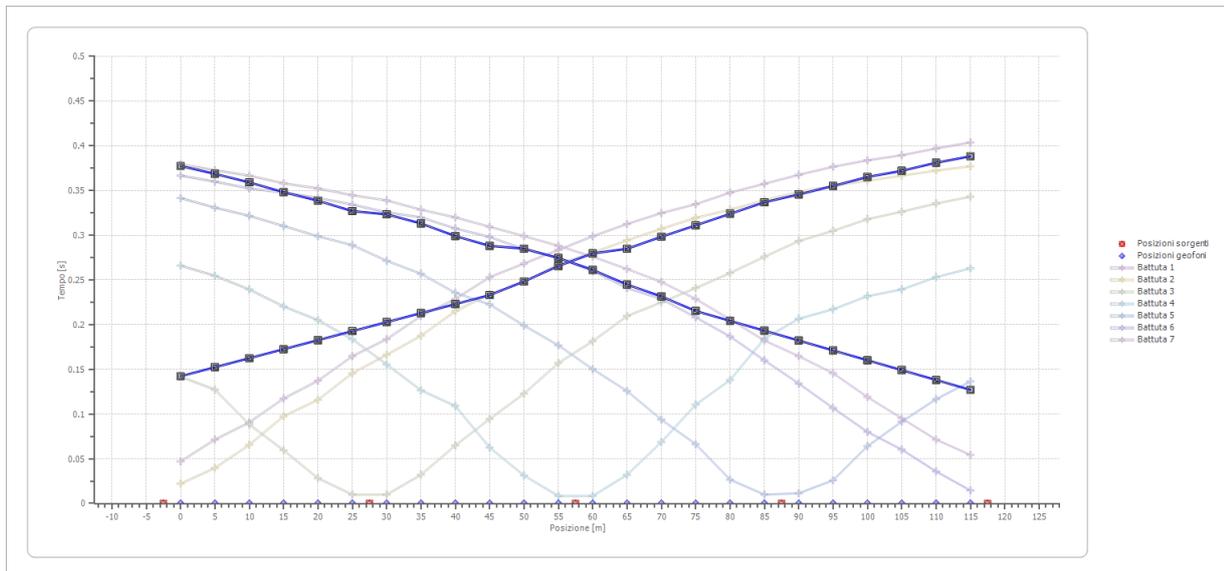
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	379.0837
5.0	372.8904
10.0	366.7016
15.0	358.1294
20.0	352.4145
25.0	344.7947
30.0	339.0799
35.0	328.6027
40.0	320.0305
45.0	309.5533
50.0	299.0761
55.0	288.2466
60.0	276.0457
65.0	262.3197
70.0	247.8311
75.0	228.7671
80.0	205.8904
85.0	182.2512

	90.0	164.7776
	95.0	145.7282
	100.0	119.0590
	105.0	95.2472
	110.0	71.4354
	115.0	54.2909

## Dromocrone



## Dromocrone traslate

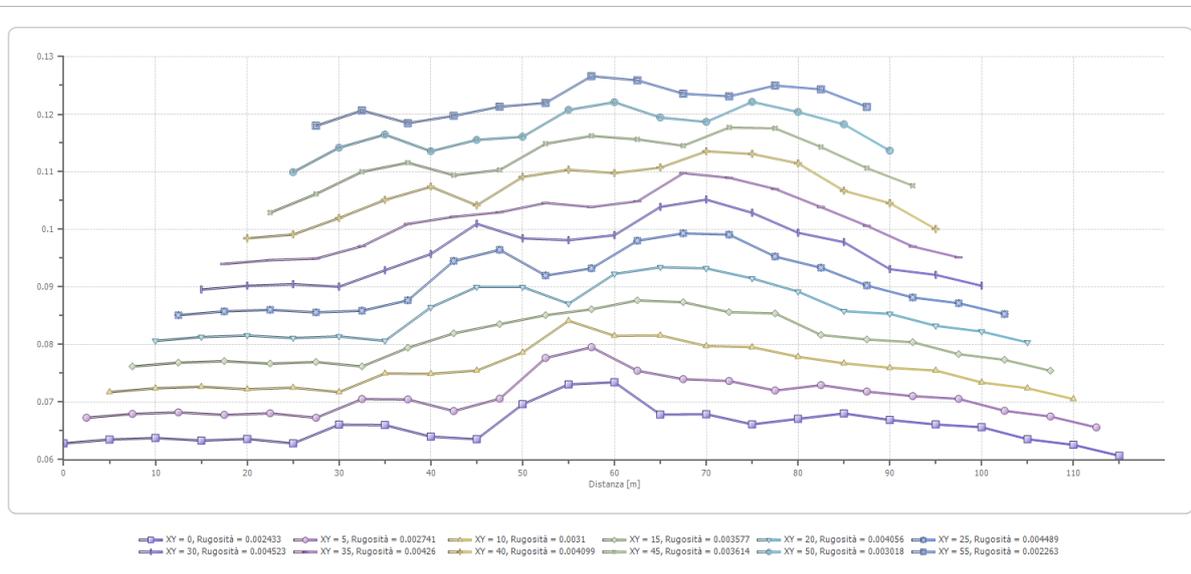
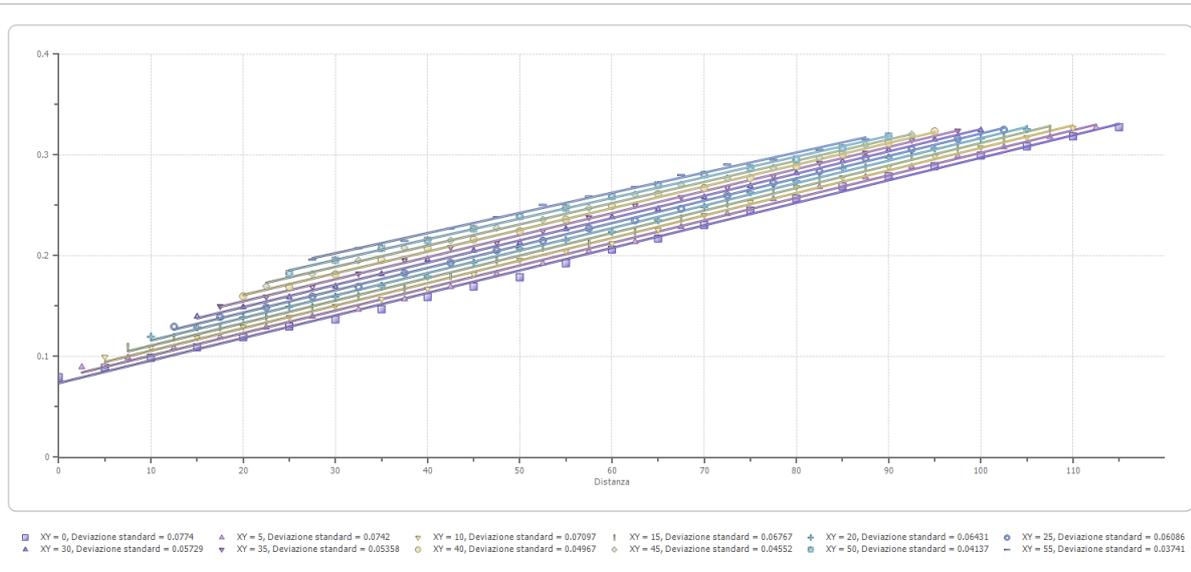


---

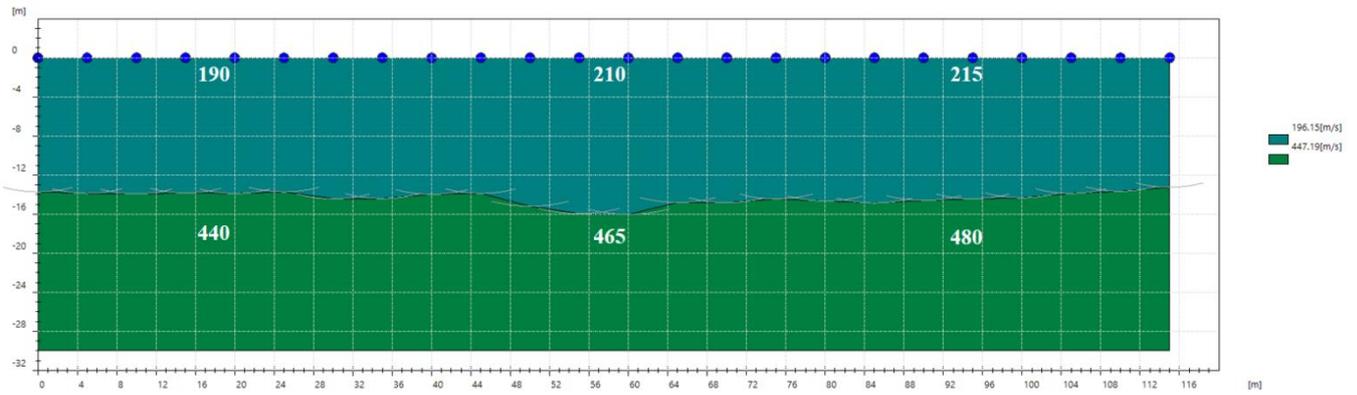
**Interpretazione col metodo G,.R.M.**

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	13.7	40.6
G= 5.0 [m]	13.9	40.7
G= 10.0 [m]	13.9	41.2
G= 15.0 [m]	13.8	41.8
G= 20.0 [m]	13.9	42.0
G= 25.0 [m]	13.7	42.5
G= 30.0 [m]	14.4	43.3
G= 35.0 [m]	14.4	43.0
G= 40.0 [m]	14.0	42.9
G= 45.0 [m]	13.9	42.8
G= 50.0 [m]	15.2	42.6
G= 55.0 [m]	15.9	42.6
G= 60.0 [m]	16.0	42.4
G= 65.0 [m]	14.8	42.9
G= 70.0 [m]	14.8	42.7
G= 75.0 [m]	14.4	43.3
G= 80.0 [m]	14.6	43.3
G= 85.0 [m]	14.8	43.7
G= 90.0 [m]	14.6	43.3
G= 95.0 [m]	14.4	43.9
G= 100.0 [m]	14.3	43.9
G= 105.0 [m]	13.9	43.9
G= 110.0 [m]	13.7	43.9
G= 115.0 [m]	13.2	44.3
Velocità [m/sec]	196.1	447.2
Descrizione		



## SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA – ONDE SH





Stendimento SR\_1\_MS2\_Empoli



**SR\_2: SISMICA A RIFRAZIONE P-SH**

---

## Easy Refract

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda  $\lambda$ , comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde  $\lambda$ , equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza  $\theta_i$  mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione  $\theta_r$ . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove  $v_1$  e  $v_2$  sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per  $v_1 > v_2$  si ha che  $\theta_i > \theta_r$  e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per  $v_1 < v_2$  si ha che  $\theta_i < \theta_r$  ed esiste un angolo limite di incidenza per cui  $\theta_r = 90^\circ$  ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo  $T$  dato dalla relazione

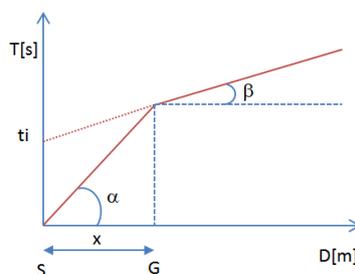
$$T = x_i / V_1$$

dove  $x_i$  è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità  $V_1$  del primo mezzo come

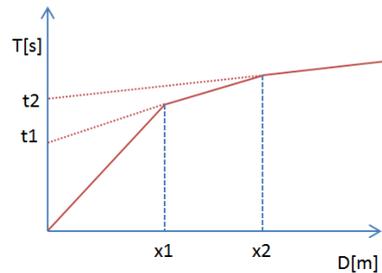
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo  $t_i$  che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

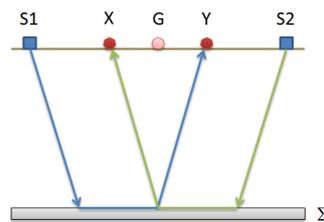


Infine, dalla conoscenza dei tempi  $t_i$  è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left( t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

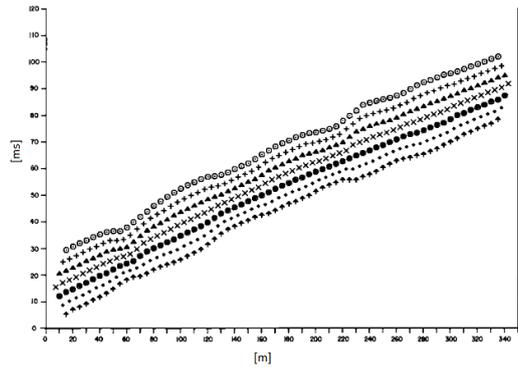
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



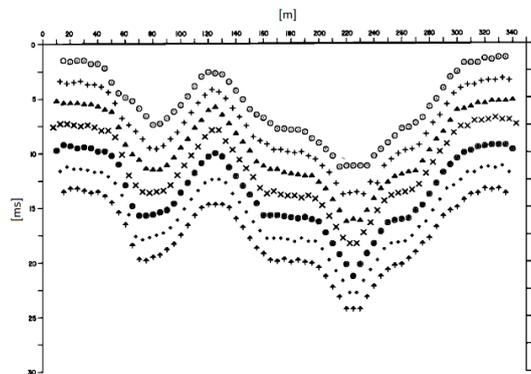
dove  $T_{S1Y}$  e  $T_{S2X}$  sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre  $T_{S1S2}$  è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento.  $T_v$  è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione  $T_v$  viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S1Y} + T_{S2X} - \left( T_{S1S2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove  $V_n$  è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

---

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifratore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa  $20^\circ$

**Planimetria Scala 1:5000**



Planimetria Scala 1:1000



---

## Geometria dello stendimento

Numero Geofoni: 24

Intervallo (m): 5 m

Lunghezza Stendimento (m): 115 m

Quota (m.s.l.m.):

## Punti di energizzazione

	<b>A</b> <b>Estremo</b> <b>SX</b>	<b>D1</b> <b>Intermedio</b> <b>SX</b>	<b>D2</b> <b>Intermedio</b> <b>SX</b>	<b>C</b> <b>Centrale</b>	<b>D3</b> <b>Intermedio</b> <b>DX</b>	<b>D4</b> <b>Intermedio</b> <b>SX</b>	<b>B</b> <b>Estremo</b> <b>DX</b>
<b>Posizione</b> <b>da Geofono</b> <b>G1 (m)</b>	-20.0	-2.5	27.5	57.5	87.5	117.5	135

## Geometria geofoni

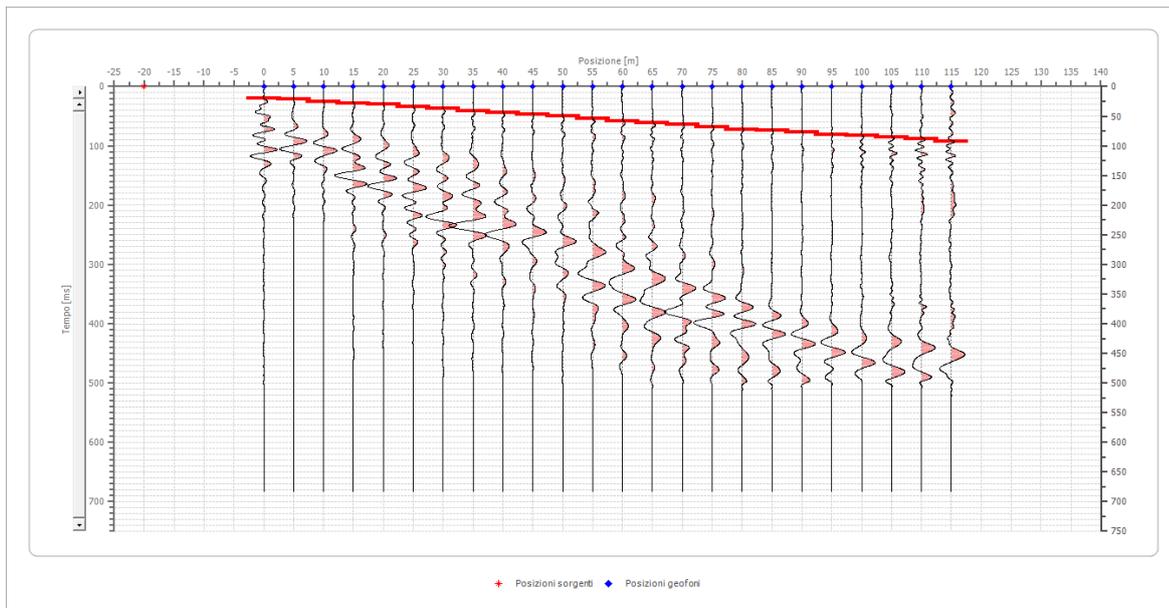
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	5.0	0.0
3	10.0	0.0
4	15.0	0.0
5	20.0	0.0
6	25.0	0.0
7	30.0	0.0
8	35.0	0.0
9	40.0	0.0
10	45.0	0.0
11	50.0	0.0
12	55.0	0.0
13	60.0	0.0
14	65.0	0.0
15	70.0	0.0
16	75.0	0.0
17	80.0	0.0
18	85.0	0.0
19	90.0	0.0
20	95.0	0.0
21	100.0	0.0
22	105.0	0.0
23	110.0	0.0
24	115.0	0.0

---

## Dati battute – ONDE P

### Battuta 1

Posizione sorgente X            -20     [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

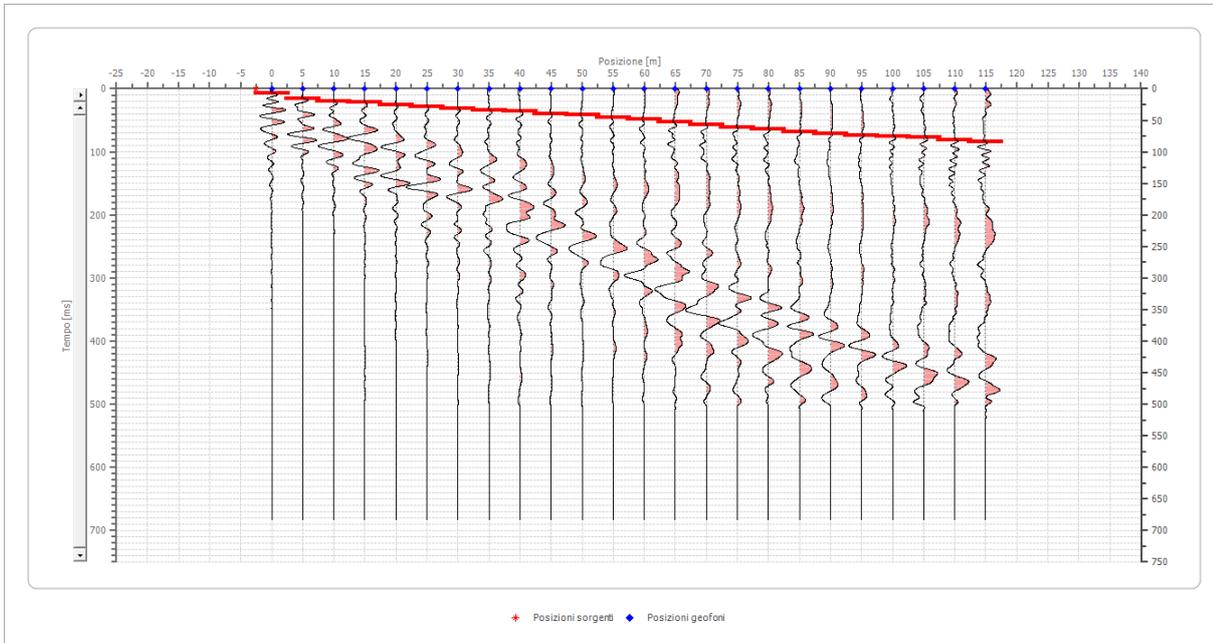


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	20.0000
5.0	22.0000
10.0	25.6667
15.0	28.0000
20.0	29.6667
25.0	34.3333
30.0	37.6667
35.0	41.1233
40.0	43.6667
45.0	46.4541
50.0	50.2618
55.0	54.8310
60.0	57.8772
65.0	60.9234
70.0	64.7311
75.0	68.5388
80.0	72.3465
85.0	74.6311
90.0	77.6773
95.0	80.7235

100.0	82.2466
105.0	85.2927
110.0	88.3389
115.0	92.1466

**Battuta 2**

Posizione sorgente X            -2.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]



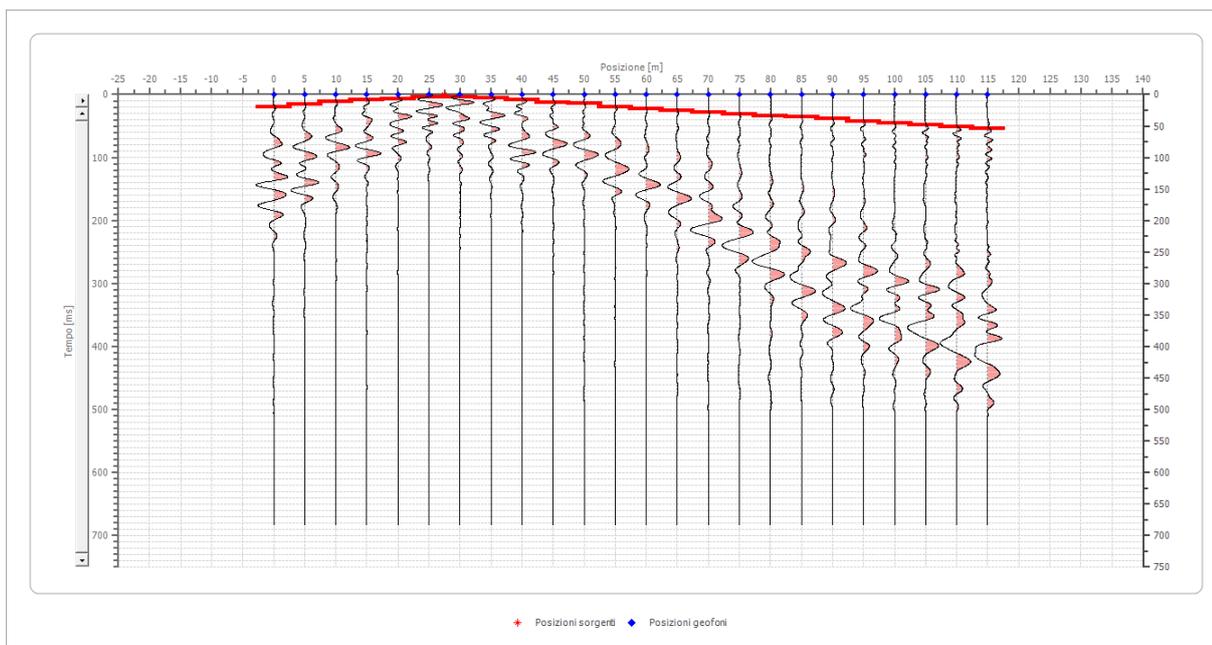
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	7.6154
5.0	15.2308
10.0	20.0000
15.0	21.3333
20.0	25.0000
25.0	28.6667
30.0	31.2232
35.0	34.0000
40.0	36.3333
45.0	39.6002
50.0	41.8848
55.0	45.6925
60.0	48.7387
65.0	52.5464
70.0	57.1157
75.0	60.9234
80.0	64.7311
85.0	68.5388
90.0	71.5850
95.0	73.8696

100.0	76.1542
105.0	77.6773
110.0	81.4850
115.0	84.5312

### Battuta 3

Posizione sorgente X            27.5    [m]

Posizione sorgente Z            0 [m]

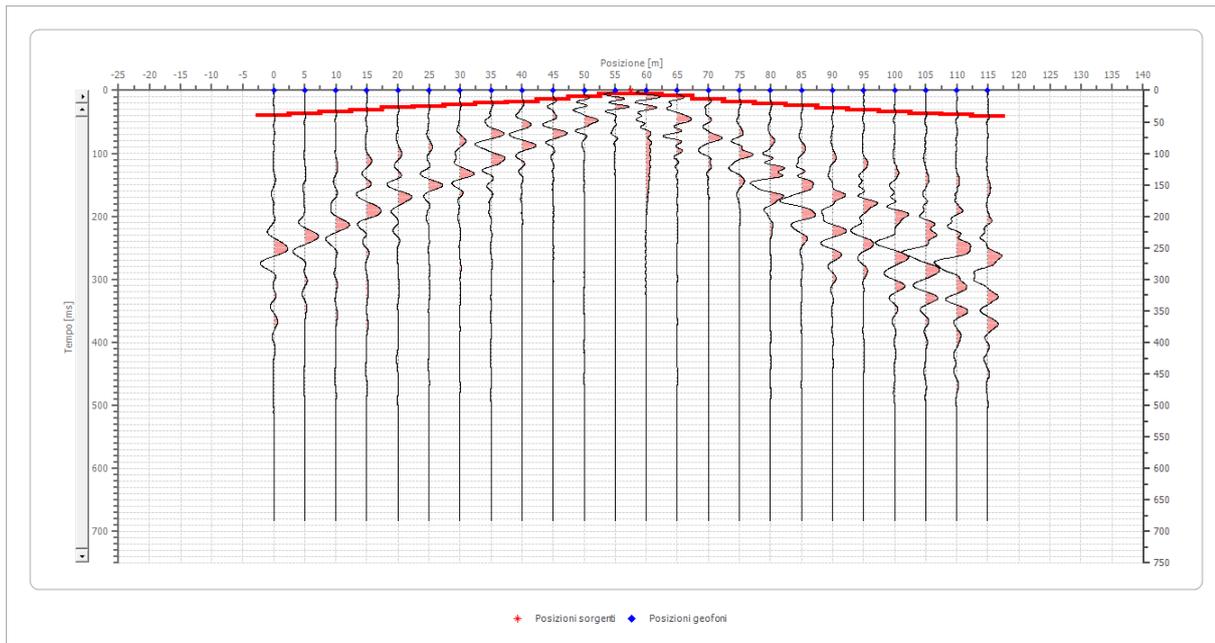


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	20.0000
5.0	15.9924
10.0	12.0244
15.0	9.1385
20.0	6.8493
25.0	4.7184
30.0	4.7184
35.0	6.0883
40.0	8.9802
45.0	12.1847
50.0	14.4693
55.0	20.0000
60.0	22.8463
65.0	25.8924
70.0	28.1771
75.0	31.9635
80.0	33.5079
85.0	36.0000
90.0	38.8387

95.0	42.3135
100.0	44.9310
105.0	48.7387
110.0	51.3333
115.0	53.6667

#### Battuta 4

Posizione sorgente X            57.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

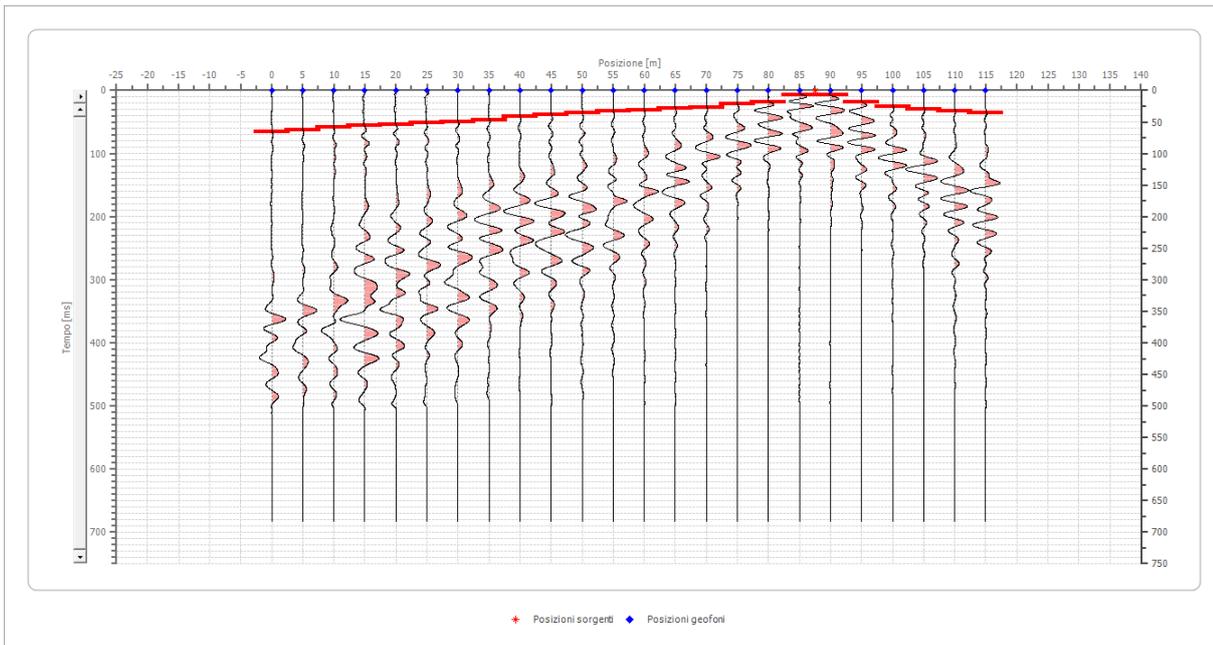


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	40.3349
5.0	37.2907
10.0	34.2466
15.0	31.2024
20.0	27.3973
25.0	25.1142
30.0	22.8311
35.0	20.5479
40.0	18.2648
45.0	14.4597
50.0	10.6545
55.0	6.0883
60.0	5.3272
65.0	8.3714
70.0	13.6986
75.0	18.2648
80.0	22.0700
85.0	24.3531

90.0	28.9193
95.0	31.9635
100.0	34.2466
105.0	36.5297
110.0	38.8128
115.0	41.0959

**Battuta 5**

Posizione sorgente X            87.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

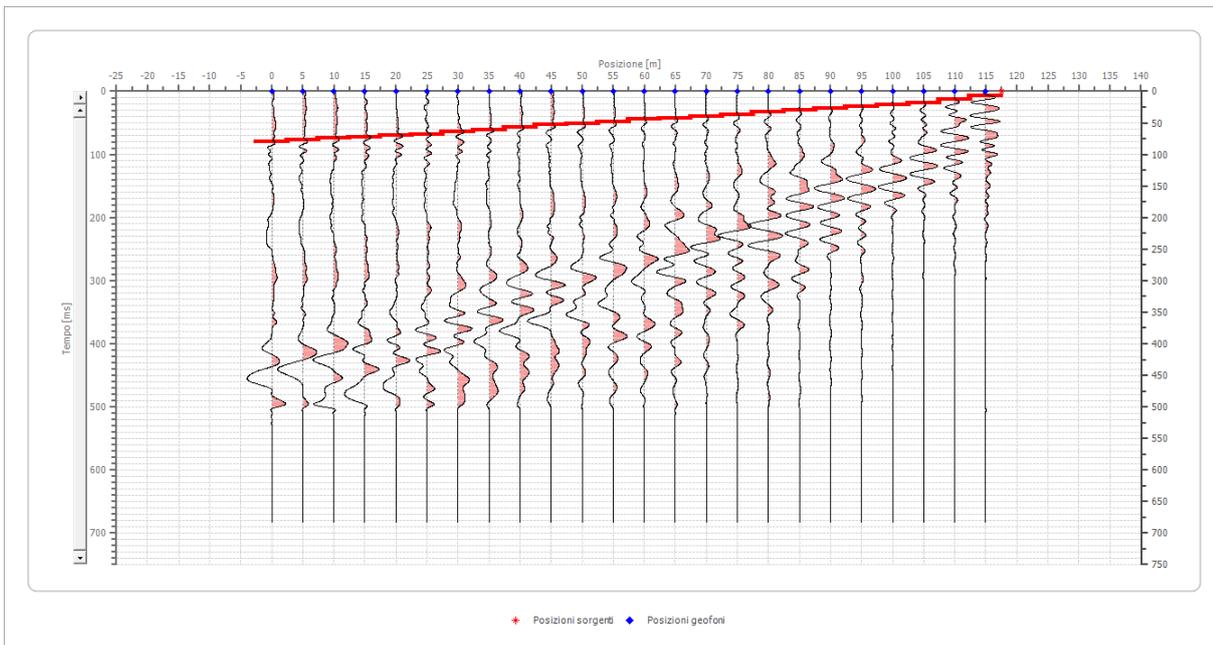


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	65.4490
5.0	62.4049
10.0	58.5997
15.0	56.3166
20.0	54.0335
25.0	51.7504
30.0	50.2283
35.0	46.4231
40.0	41.8569
45.0	38.8128
50.0	35.7686
55.0	33.4855
60.0	31.2024
65.0	28.9193
70.0	26.6362
75.0	22.0700
80.0	18.2648

85.0	7.6104
90.0	7.6104
95.0	18.2648
100.0	25.8752
105.0	29.6804
110.0	32.7245
115.0	35.0076

**Battuta 6**

Posizione sorgente X            117.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]



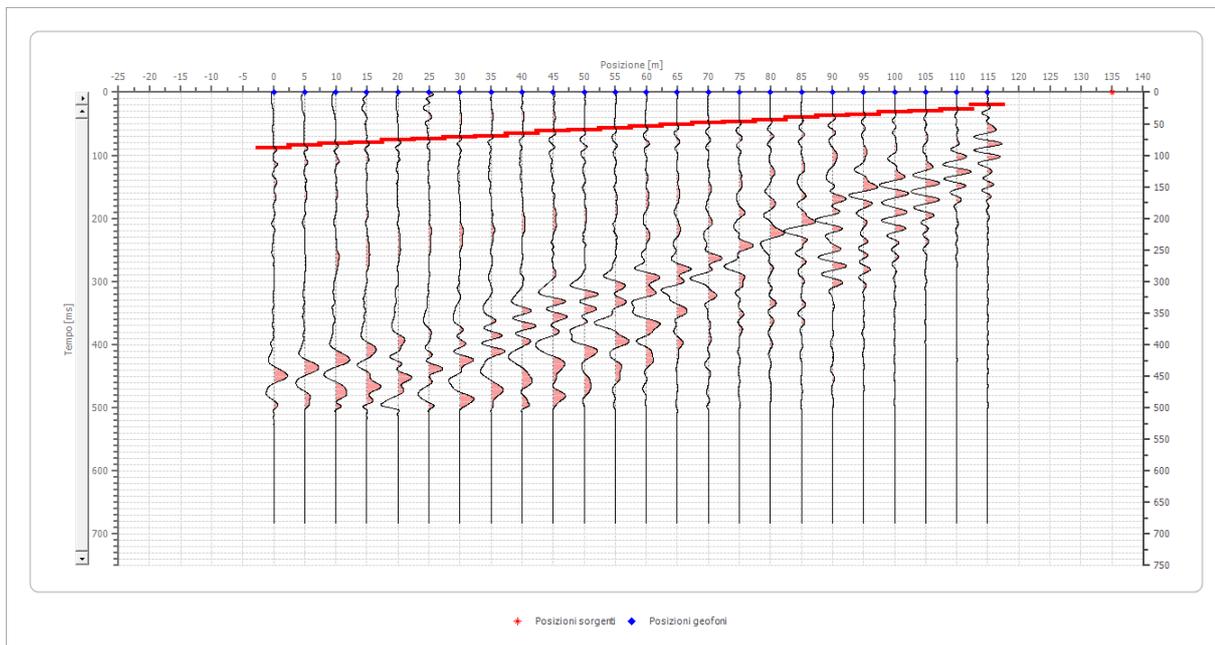
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	79.1476
5.0	76.8645
10.0	74.5814
15.0	72.2983
20.0	69.2542
25.0	67.7321
30.0	63.9269
35.0	61.6438
40.0	57.0776
45.0	53.2725
50.0	50.9893
55.0	48.7062
60.0	44.9011
65.0	42.6180
70.0	39.5738
75.0	36.5297

80.0	32.7245
85.0	30.4414
90.0	27.3973
95.0	24.3531
100.0	22.0700
105.0	19.0259
110.0	12.9376
115.0	6.8493

### Battuta 7

Posizione sorgente X            135    [m]

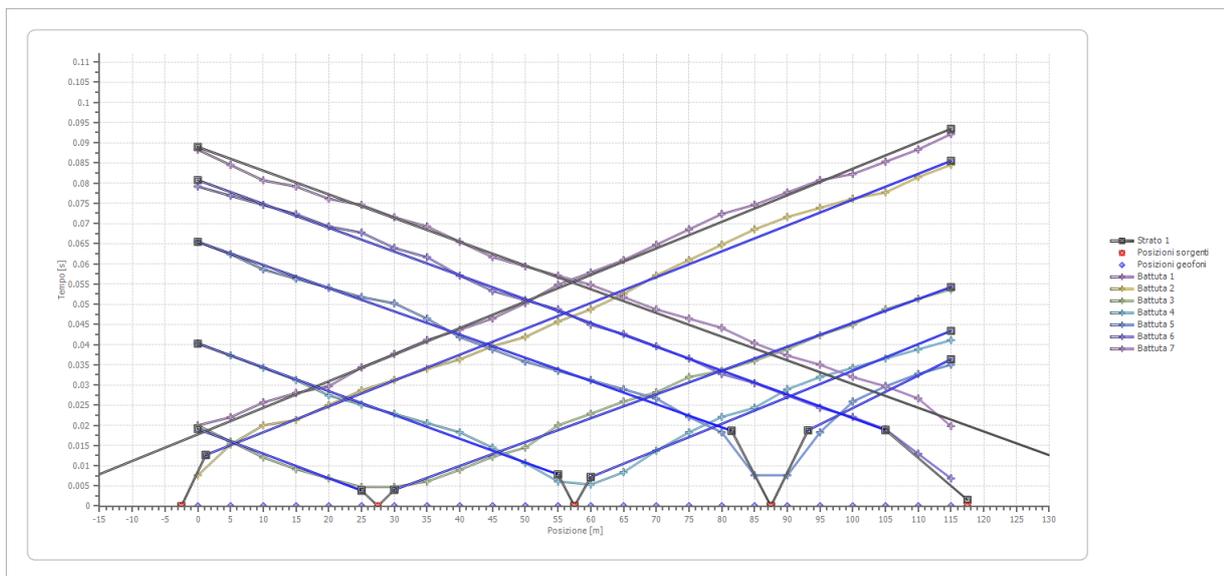
Posizione sorgente Z            0 [m]



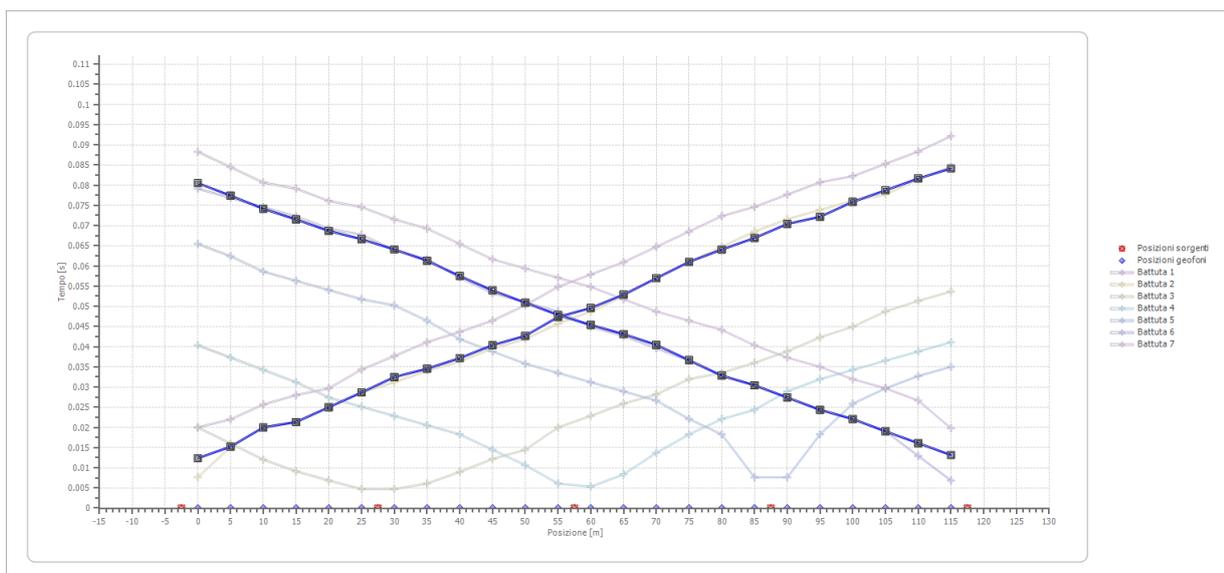
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	88.2801
5.0	84.4749
10.0	80.6697
15.0	79.1476
20.0	76.1035
25.0	74.5814
30.0	71.5373
35.0	69.2542
40.0	65.4490
45.0	61.6438
50.0	59.3607
55.0	57.0776
60.0	54.7945
65.0	51.7504
70.0	48.7062

75.0	46.4231
80.0	44.1400
85.0	40.3349
90.0	37.2907
95.0	35.0076
100.0	31.9635
105.0	29.6804
110.0	26.6362
115.0	19.7869

## Dromocrone



## Dromocrone traslate

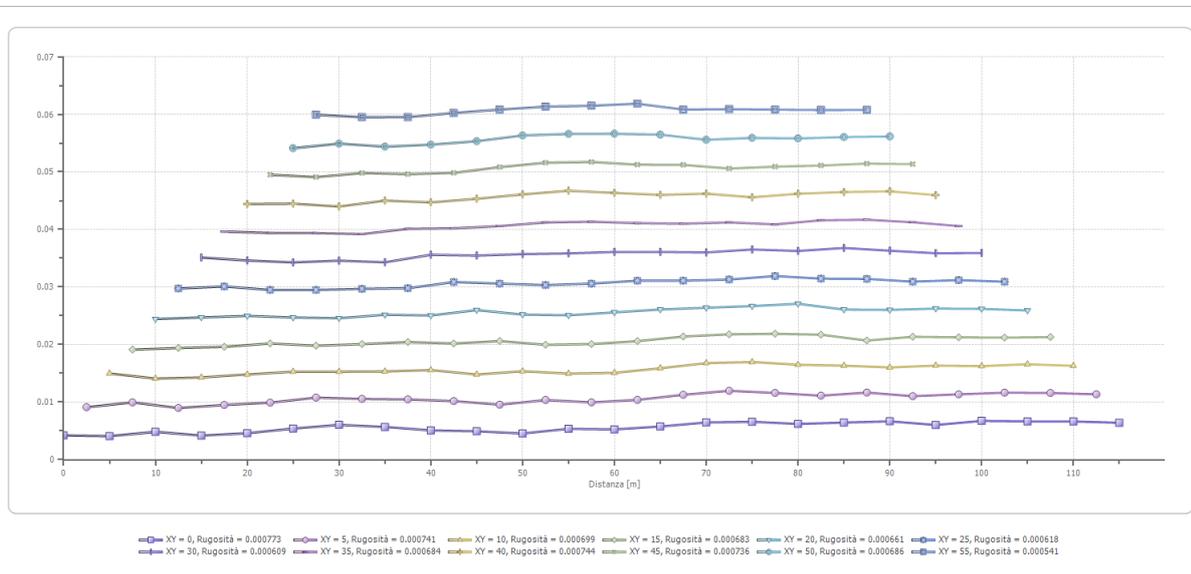
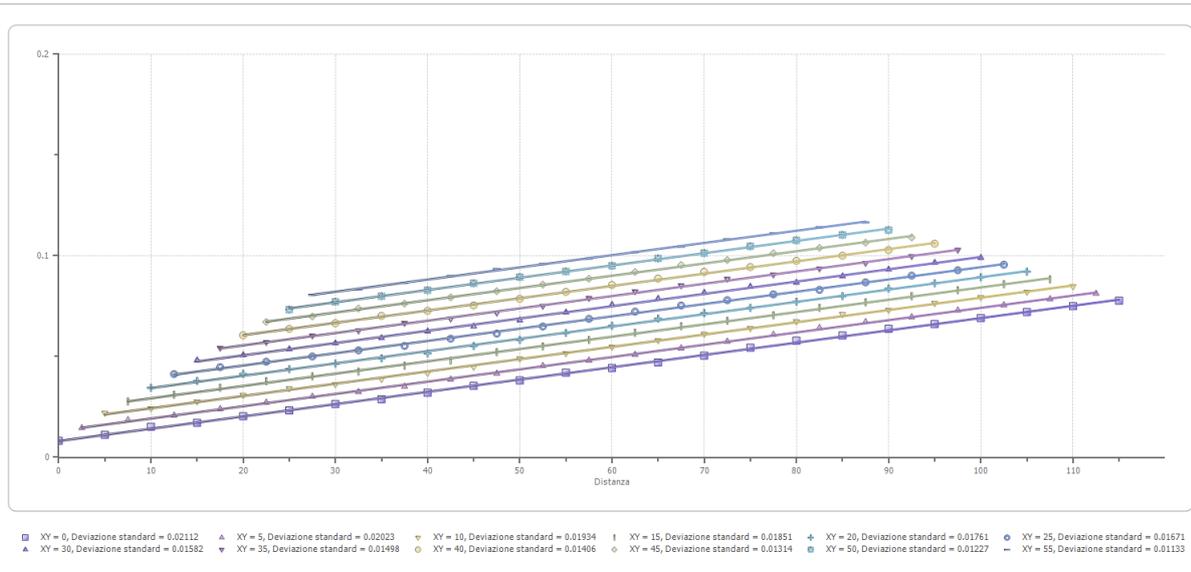


---

**Interpretazione col metodo G.,R.M.**

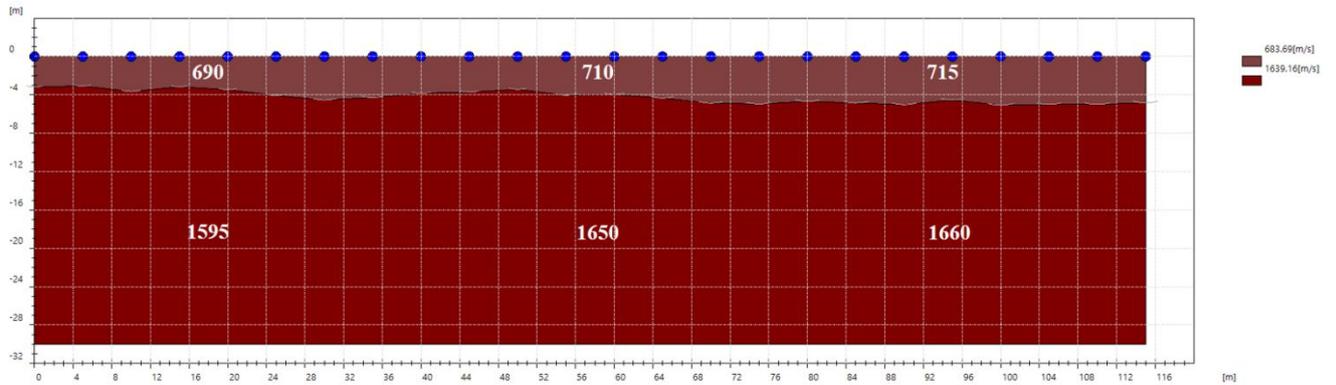
XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	3.2	--
G= 5.0 [m]	3.1	--
G= 10.0 [m]	3.6	--
G= 15.0 [m]	3.2	--
G= 20.0 [m]	3.5	--
G= 25.0 [m]	4.1	--
G= 30.0 [m]	4.5	--
G= 35.0 [m]	4.3	--
G= 40.0 [m]	3.8	--
G= 45.0 [m]	3.7	--
G= 50.0 [m]	3.4	--
G= 55.0 [m]	4.0	--
G= 60.0 [m]	4.0	--
G= 65.0 [m]	4.3	--
G= 70.0 [m]	4.9	--
G= 75.0 [m]	5.0	--
G= 80.0 [m]	4.7	--
G= 85.0 [m]	4.9	--
G= 90.0 [m]	5.0	--
G= 95.0 [m]	4.5	--
G= 100.0 [m]	5.1	--
G= 105.0 [m]	5.0	--
G= 110.0 [m]	5.0	--
G= 115.0 [m]	4.8	--
Velocità [m/sec]	683.7	1639.2
Descrizione		



---

## SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA – ONDE P

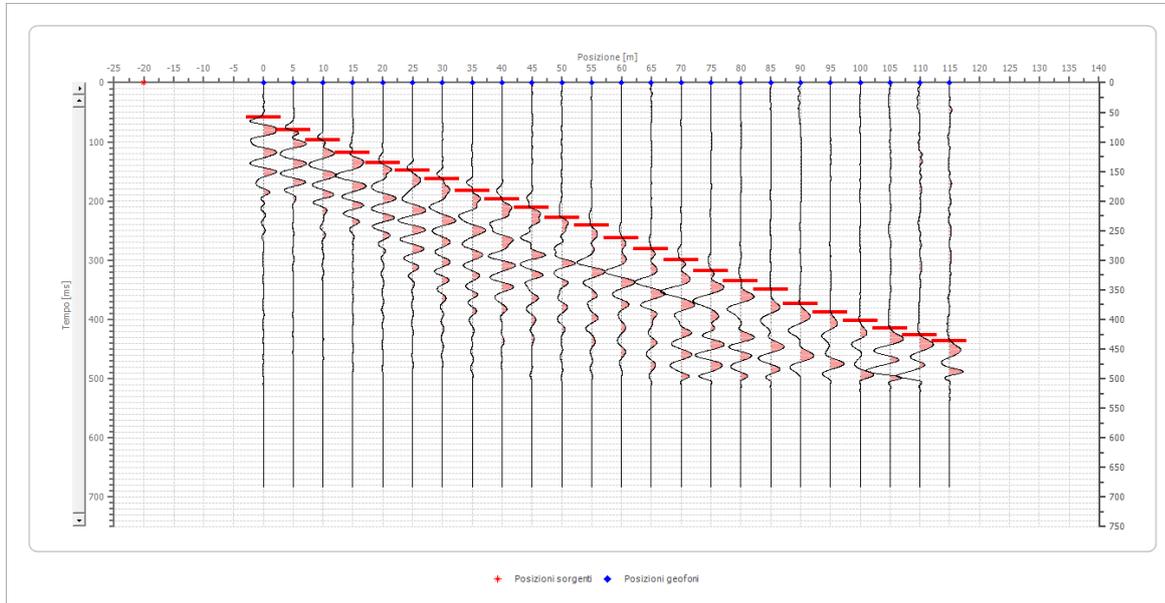


Il rifratore presente è probabilmente riconducibile alla presenza della falda acquifera.

## Dati battute – ONDE SH

### Battuta 1

Posizione sorgente X            -20    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

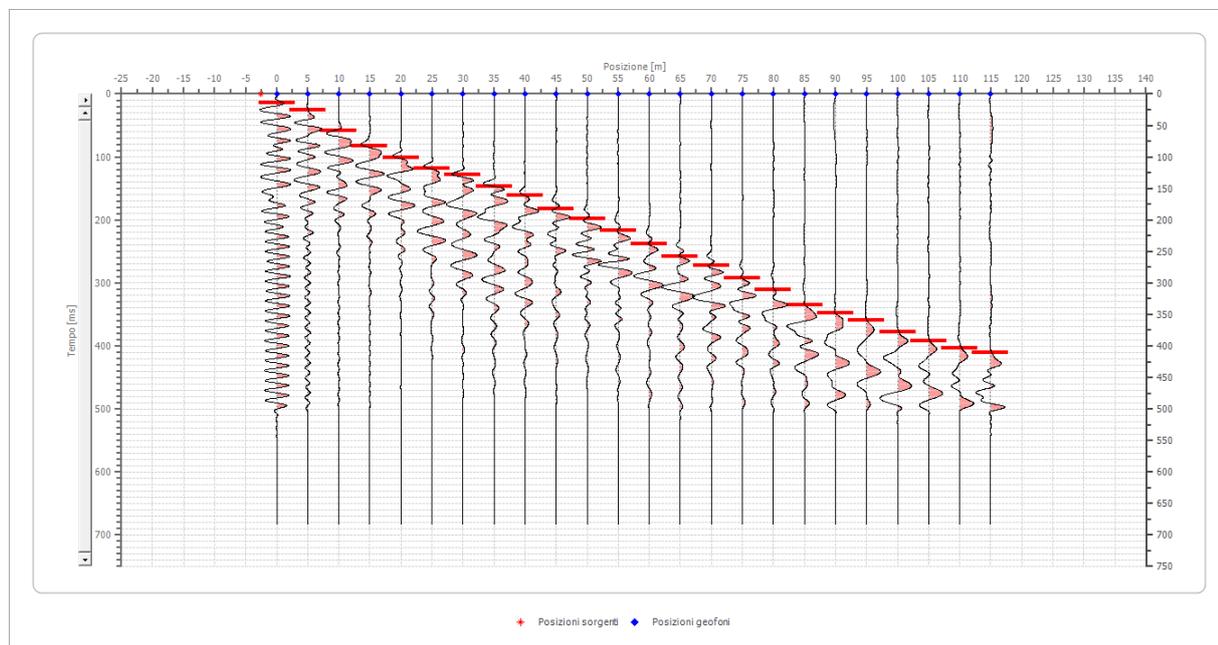


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	58.4601
5.0	79.2004
10.0	96.7159
15.0	118.8006
20.0	134.7930
25.0	148.5008
30.0	162.9701
35.0	182.0086
40.0	196.4779
45.0	210.9472
50.0	228.1369
55.0	241.4089
60.0	261.9706
65.0	281.0091
70.0	300.0477
75.0	318.3247
80.0	335.0786
85.0	349.5479
90.0	373.9173
95.0	388.3866
100.0	402.0943
105.0	415.0406
110.0	425.7022

115.0	435.6022
-------	----------

**Battuta 2**

Posizione sorgente X            -2.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	14.4693
5.0	25.8924
10.0	57.8772
15.0	83.0081
20.0	101.2851
25.0	118.8006
30.0	127.9391
35.0	146.2161
40.0	160.6854
45.0	182.7702
50.0	198.0010
55.0	216.2780
60.0	238.3627
65.0	257.4013
70.0	272.6322
75.0	291.6707
80.0	311.4708
85.0	335.0786
90.0	348.0248
95.0	359.4480
100.0	377.7250
105.0	391.4328
110.0	402.8559

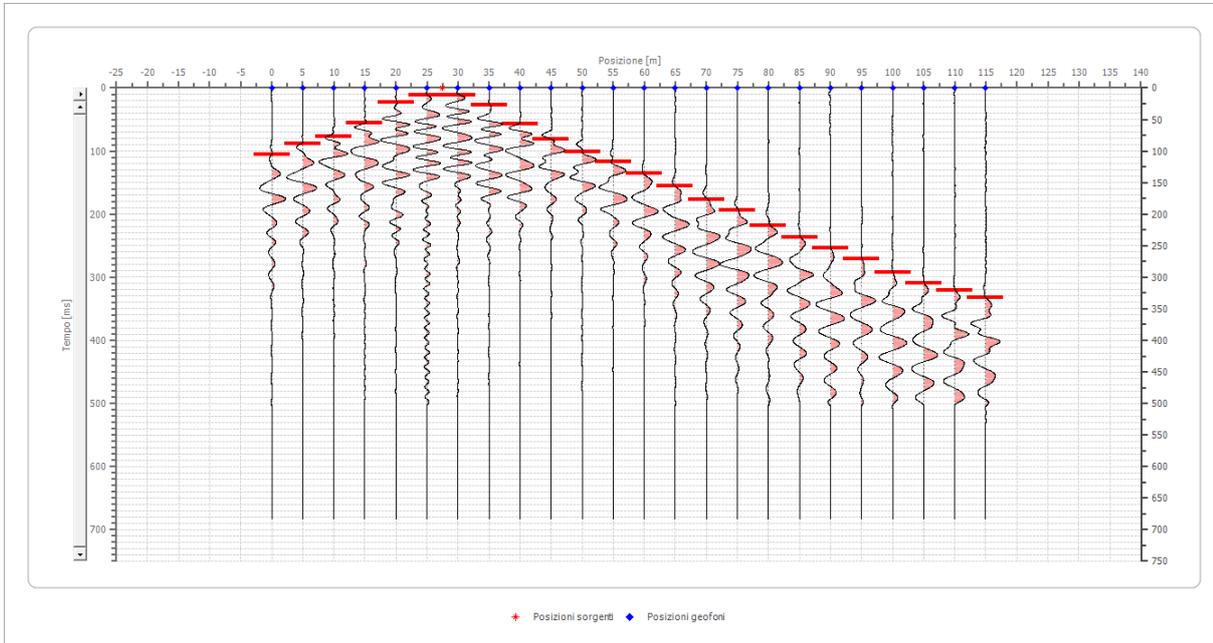
115.0

411.2329

**Battuta 3**

Posizione sorgente X 27.5 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

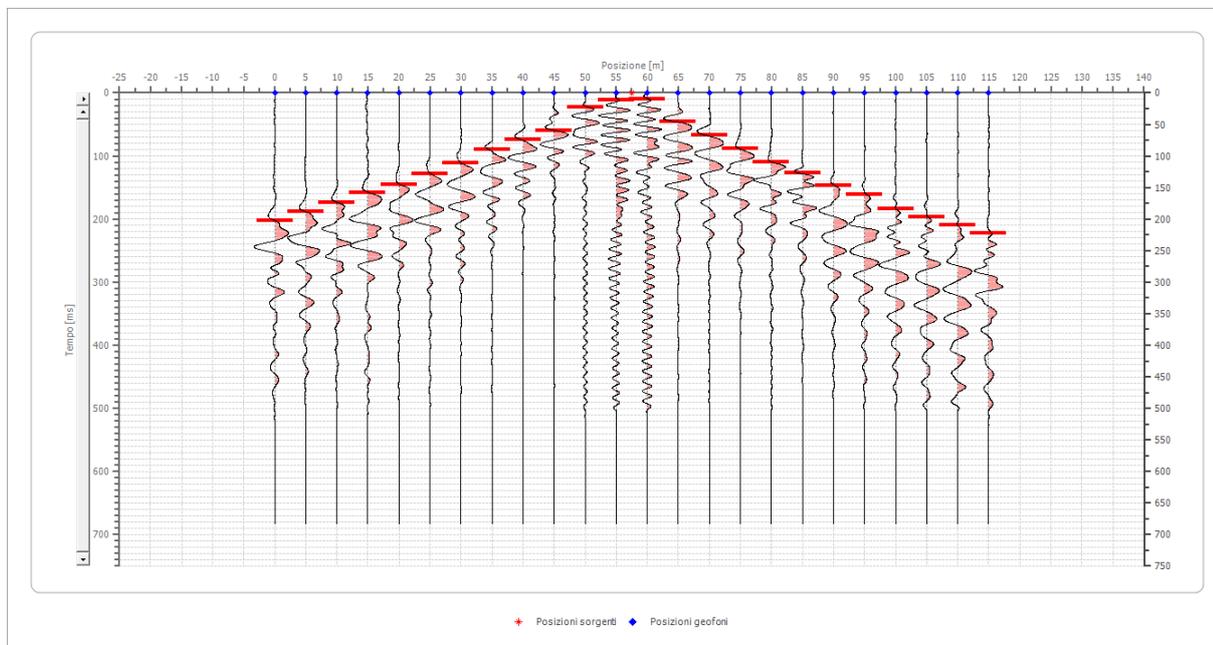


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	105.0928
5.0	89.1005
10.0	76.9158
15.0	55.5926
20.0	22.8463
25.0	11.4231
30.0	11.4231
35.0	27.4155
40.0	56.3541
45.0	80.7235
50.0	101.2851
55.0	116.5160
60.0	135.5545
65.0	155.3546
70.0	176.6778
75.0	194.1933
80.0	217.8011
85.0	236.0781
90.0	254.3551
95.0	270.3475
100.0	292.4323
105.0	309.9477

110.0	321.3709
115.0	332.0325

#### Battuta 4

Posizione sorgente X            57.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]



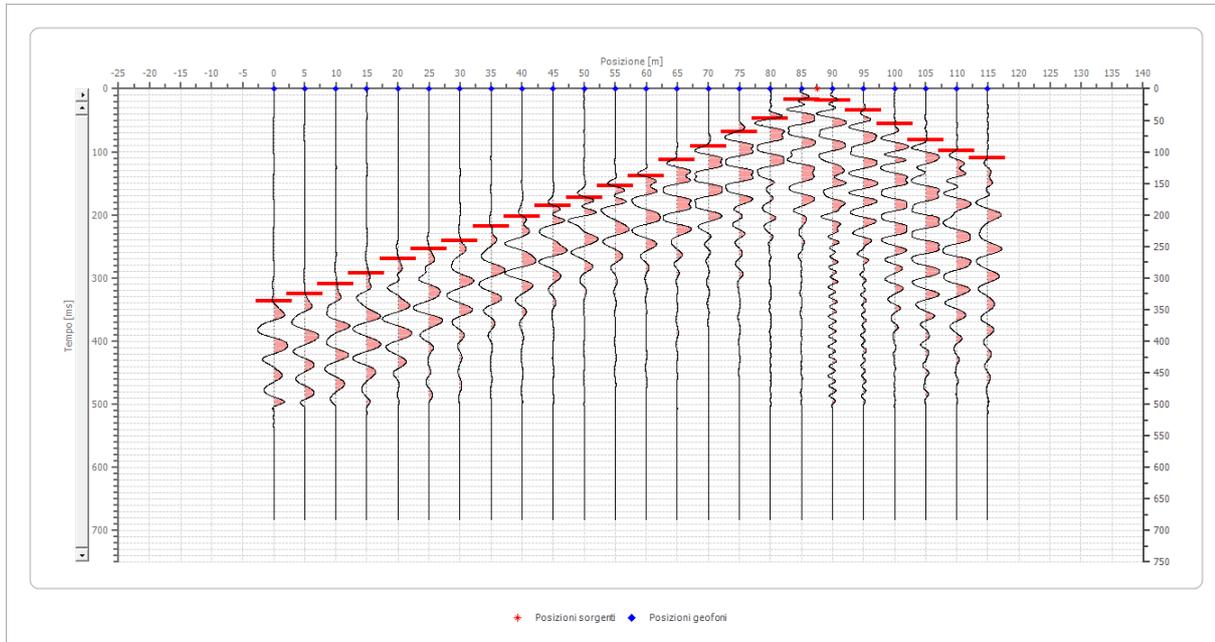
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	201.8087
5.0	188.8625
10.0	173.6317
15.0	157.6393
20.0	145.4546
25.0	127.9391
30.0	111.1852
35.0	89.8620
40.0	73.8696
45.0	59.4003
50.0	22.8463
55.0	11.4231
60.0	9.9001
65.0	44.9310
70.0	67.0157
75.0	88.3389
80.0	109.6621
85.0	126.4160
90.0	146.2161
95.0	160.6854
100.0	184.2932

105.0	196.4779
110.0	210.1857
115.0	223.1319

### Battuta 5

Posizione sorgente X            87.5    [m]

Posizione sorgente Z            0 [m]

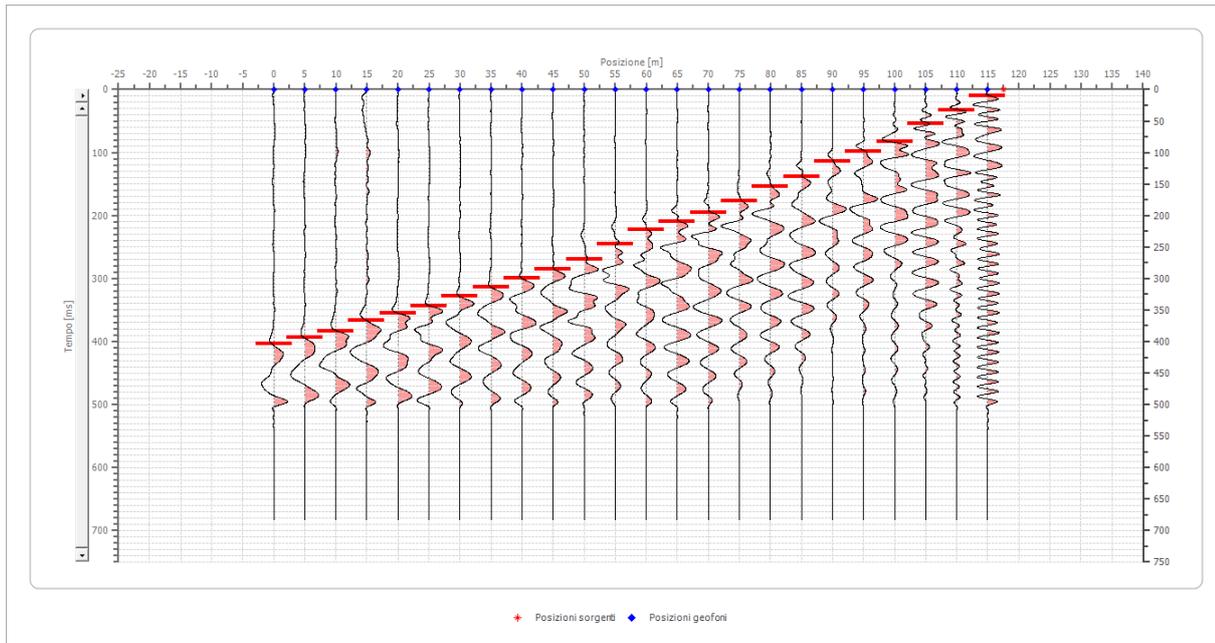


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	335.8402
5.0	324.4170
10.0	309.9477
15.0	292.4323
20.0	269.5860
25.0	254.3551
30.0	241.4089
35.0	218.5626
40.0	201.8087
45.0	185.8163
50.0	172.1086
55.0	154.5931
60.0	137.8392
65.0	112.7083
70.0	90.6235
75.0	67.7773
80.0	47.2156
85.0	17.5155
90.0	18.2770
95.0	33.5079

100.0	55.5926
105.0	80.7235
110.0	98.2390
115.0	110.4236

### Battuta 6

Posizione sorgente X            117.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

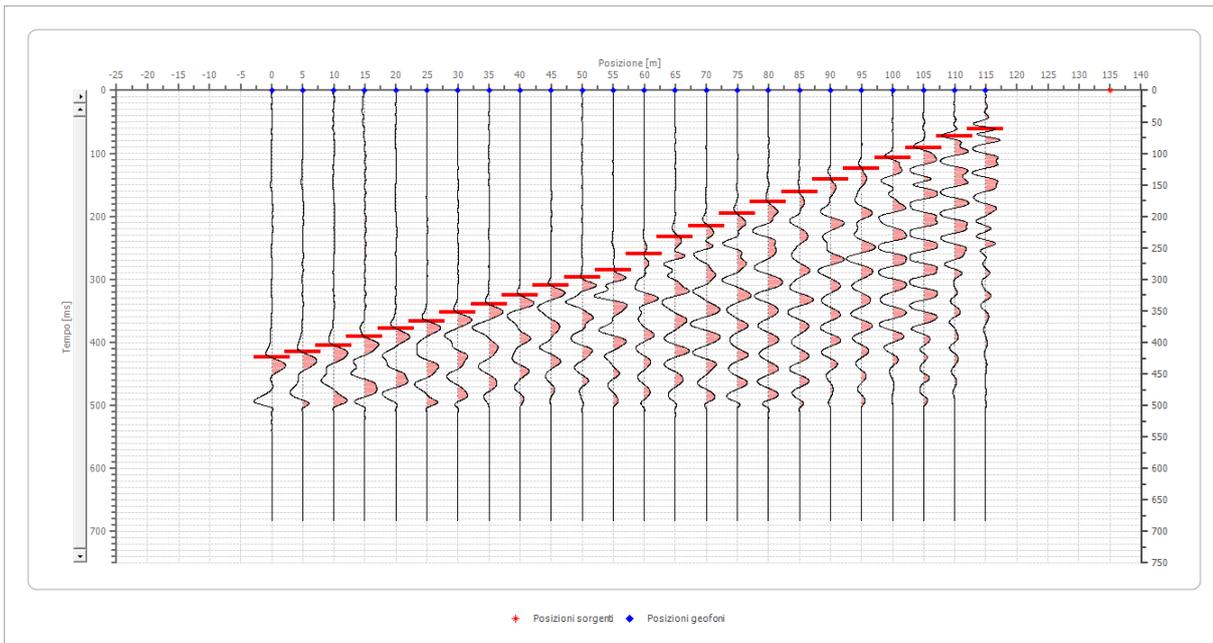


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	403.6174
5.0	393.7174
10.0	383.0558
15.0	367.0634
20.0	354.8787
25.0	343.4556
30.0	328.2247
35.0	313.7554
40.0	299.2861
45.0	285.5784
50.0	268.8244
55.0	245.2166
60.0	223.1319
65.0	209.4241
70.0	194.9548
75.0	176.6778
80.0	153.8316
85.0	138.6007
90.0	114.2313

95.0	98.2390
100.0	83.0081
105.0	54.0695
110.0	32.7463
115.0	10.6616

### Battuta 7

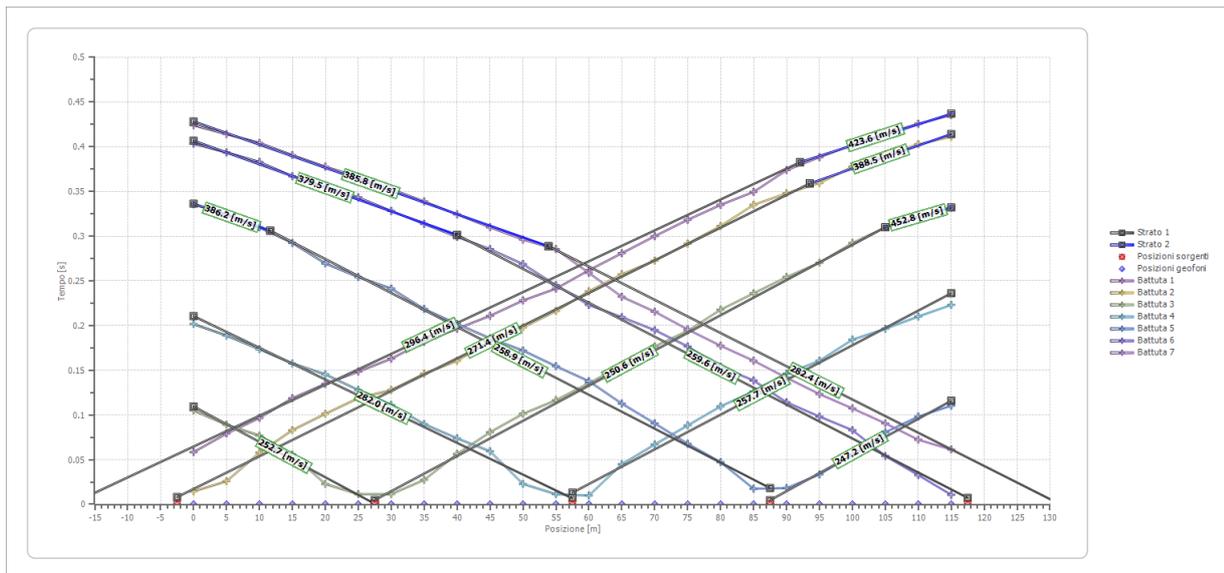
Posizione sorgente X            135    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]



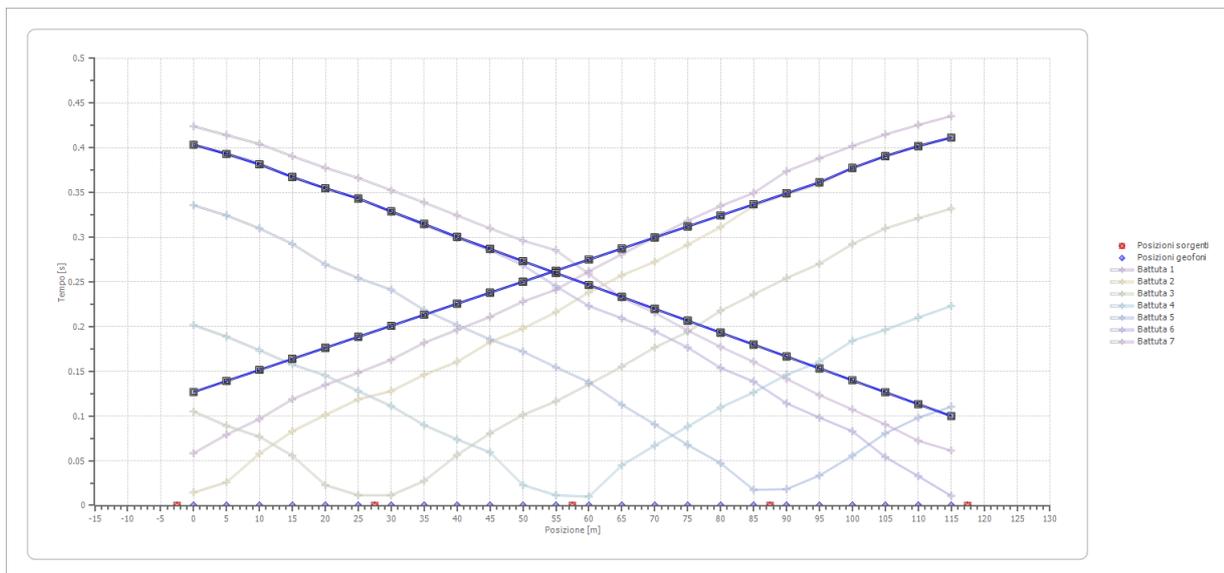
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	424.1791
5.0	414.2790
10.0	404.3790
15.0	390.6712
20.0	377.7250
25.0	366.3019
30.0	352.5941
35.0	338.8863
40.0	324.4170
45.0	309.9477
50.0	296.2400
55.0	285.5784
60.0	258.9244
65.0	232.2704
70.0	215.5165
75.0	195.7164
80.0	177.4394
85.0	160.6854

90.0	141.6469
95.0	123.3699
100.0	107.3775
105.0	90.6235
110.0	72.3465
115.0	61.3118

## Dromocrone



## Dromocrone traslate

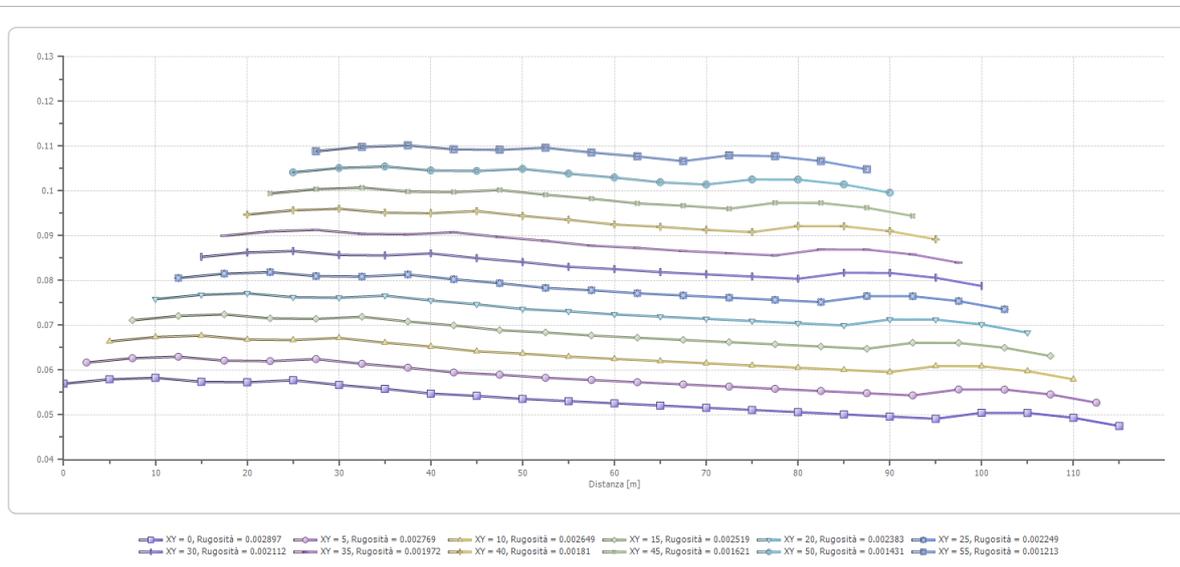
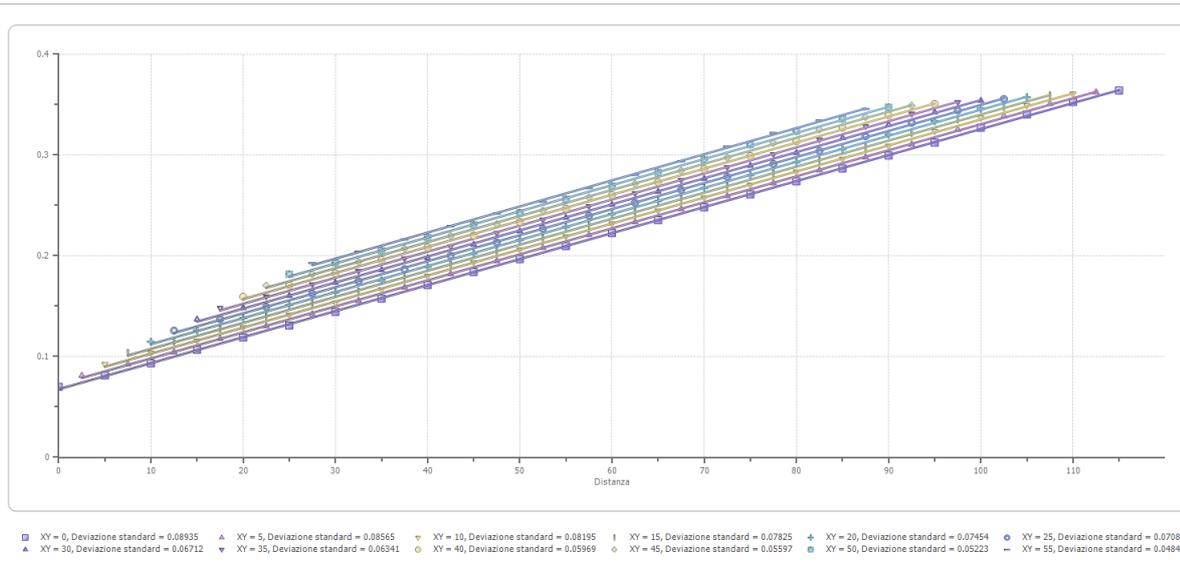


---

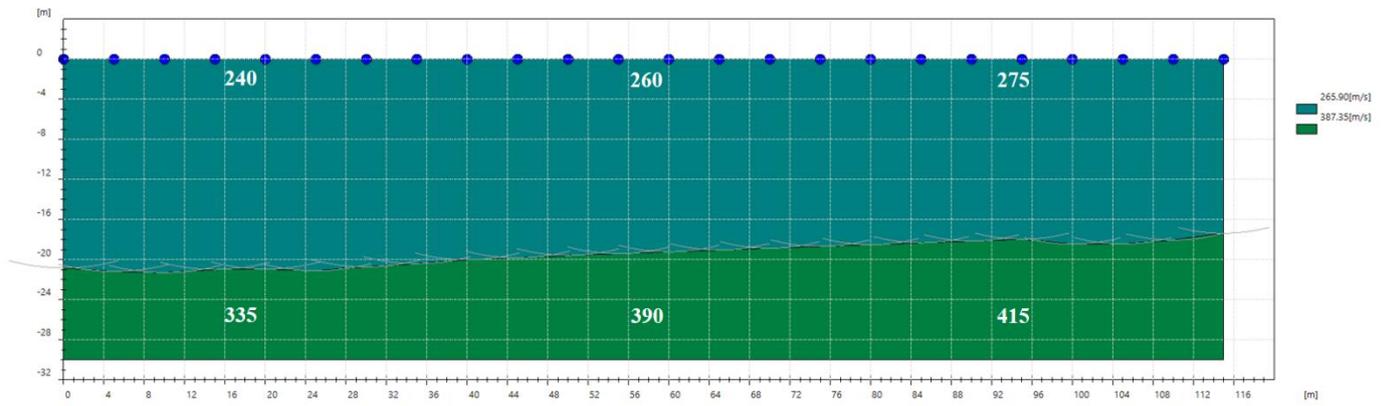
**Interpretazione col metodo G,.R.M.**

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	20.8	--
G= 5.0 [m]	21.2	--
G= 10.0 [m]	21.3	--
G= 15.0 [m]	21.0	--
G= 20.0 [m]	21.0	--
G= 25.0 [m]	21.1	--
G= 30.0 [m]	20.7	--
G= 35.0 [m]	20.4	--
G= 40.0 [m]	20.0	--
G= 45.0 [m]	19.8	--
G= 50.0 [m]	19.6	--
G= 55.0 [m]	19.4	--
G= 60.0 [m]	19.2	--
G= 65.0 [m]	19.0	--
G= 70.0 [m]	18.9	--
G= 75.0 [m]	18.7	--
G= 80.0 [m]	18.5	--
G= 85.0 [m]	18.3	--
G= 90.0 [m]	18.1	--
G= 95.0 [m]	18.0	--
G= 100.0 [m]	18.5	--
G= 105.0 [m]	18.4	--
G= 110.0 [m]	18.1	--
G= 115.0 [m]	17.4	--
Velocità [m/sec]	265.9	387.3
Descrizione		



## SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA – ONDE SH





Stendimento SR\_1\_MS2\_Empoli



Stendimento SR\_2\_MS2\_Empoli

**SR\_3: SISMICA A RIFRAZIONE P-SH**

---

## Easy Refract

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda  $\lambda$ , comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde  $\omega$ , equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza  $\theta_i$  mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione  $\theta_r$ . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove  $v_1$  e  $v_2$  sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per  $v_1 > v_2$  si ha che  $\theta_i > \theta_r$  e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per  $v_1 < v_2$  si ha che  $\theta_i < \theta_r$  ed esiste un angolo limite di incidenza per cui  $\theta_r = 90^\circ$  ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo  $T$  dato dalla relazione

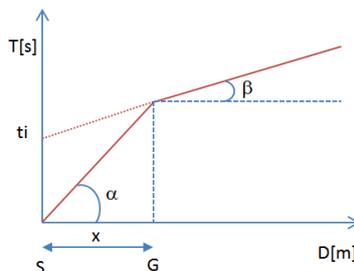
$$T = x_i / V_1$$

dove  $x_i$  è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità  $V_1$  del primo mezzo come

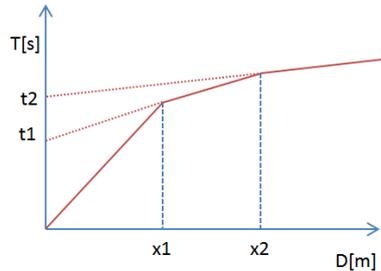
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo  $t_i$  che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

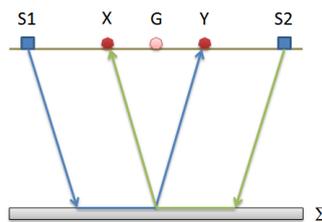


Infine, dalla conoscenza dei tempi  $t_i$  è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left( t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

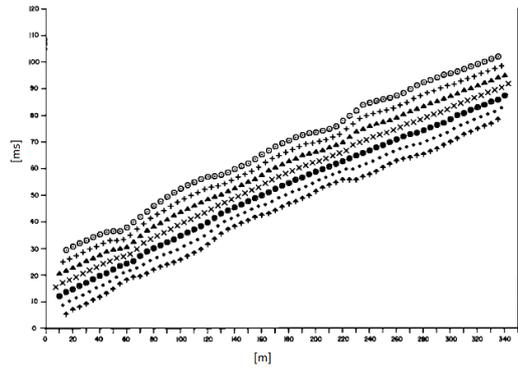
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



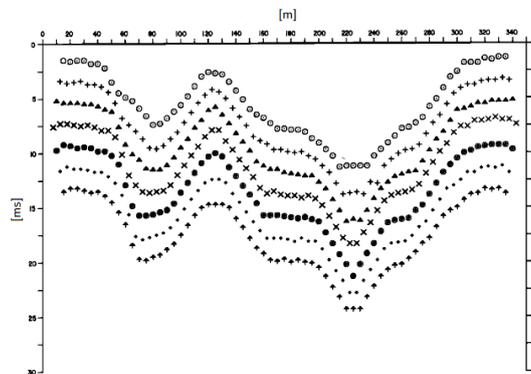
dove  $T_{S_1Y}$  e  $T_{S_2X}$  sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre  $T_{S_1S_2}$  è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento.  $T_V$  è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione  $T_V$  viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left( T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove  $V_n$  è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

---

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifratore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.  
Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa  $20^\circ$

**Planimetria Scala 1:5000**



Planimetria Scala 1:1000



---

## Geometria dello stendimento

Numero Geofoni: 24

Intervallo (m): 5 m

Lunghezza Stendimento (m): 115 m

Quota (m.s.l.m.):

## Punti di energizzazione

	<b>A</b> <b>Estremo</b> <b>SX</b>	<b>D1</b> <b>Intermedio</b> <b>SX</b>	<b>D2</b> <b>Intermedio</b> <b>SX</b>	<b>C</b> <b>Centrale</b>	<b>D3</b> <b>Intermedio</b> <b>DX</b>	<b>D4</b> <b>Intermedio</b> <b>SX</b>	<b>B</b> <b>Estremo</b> <b>DX</b>
<b>Posizione da Geofono G1 (m)</b>	-15.0	-2.5	27.5	57.5	87.5	117.5	130

## Geometria geofoni

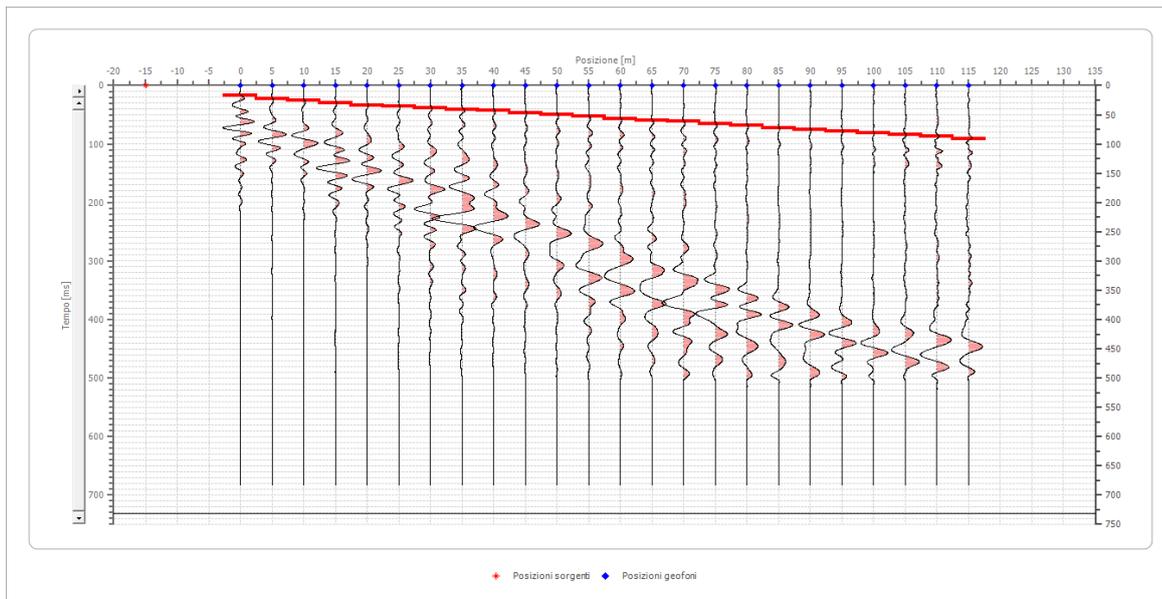
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	5.0	0.0
3	10.0	0.0
4	15.0	0.0
5	20.0	0.0
6	25.0	0.0
7	30.0	0.0
8	35.0	0.0
9	40.0	0.0
10	45.0	0.0
11	50.0	0.0
12	55.0	0.0
13	60.0	0.0
14	65.0	0.0
15	70.0	0.0
16	75.0	0.0
17	80.0	0.0
18	85.0	0.0
19	90.0	0.0
20	95.0	0.0
21	100.0	0.0
22	105.0	0.0
23	110.0	0.0
24	115.0	0.0

---

## Dati battute – ONDE P

### Battuta 1

Posizione sorgente X            -15     [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

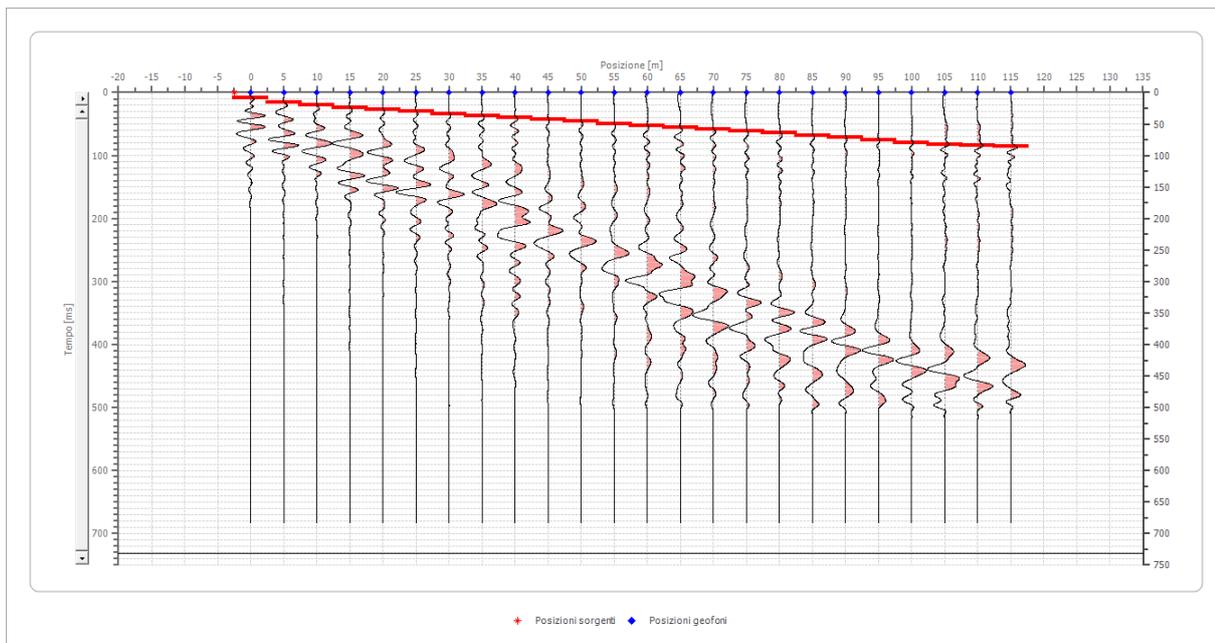


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	17.5155
5.0	22.8463
10.0	25.8924
15.0	29.7002
20.0	33.5079
25.0	35.7925
30.0	38.8387
35.0	41.1233
40.0	43.4079
45.0	46.4541
50.0	49.5003
55.0	53.3080
60.0	56.3541
65.0	59.4003
70.0	61.6849
75.0	65.4926
80.0	68.5388
85.0	72.3465
90.0	75.3927
95.0	78.4389

	100.0	81.4850
	105.0	83.7697
	110.0	86.8158
	115.0	90.6235

## Battuta 2

Posizione sorgente X        -2.5    [m]  
 Posizione sorgente Z        0 [m]

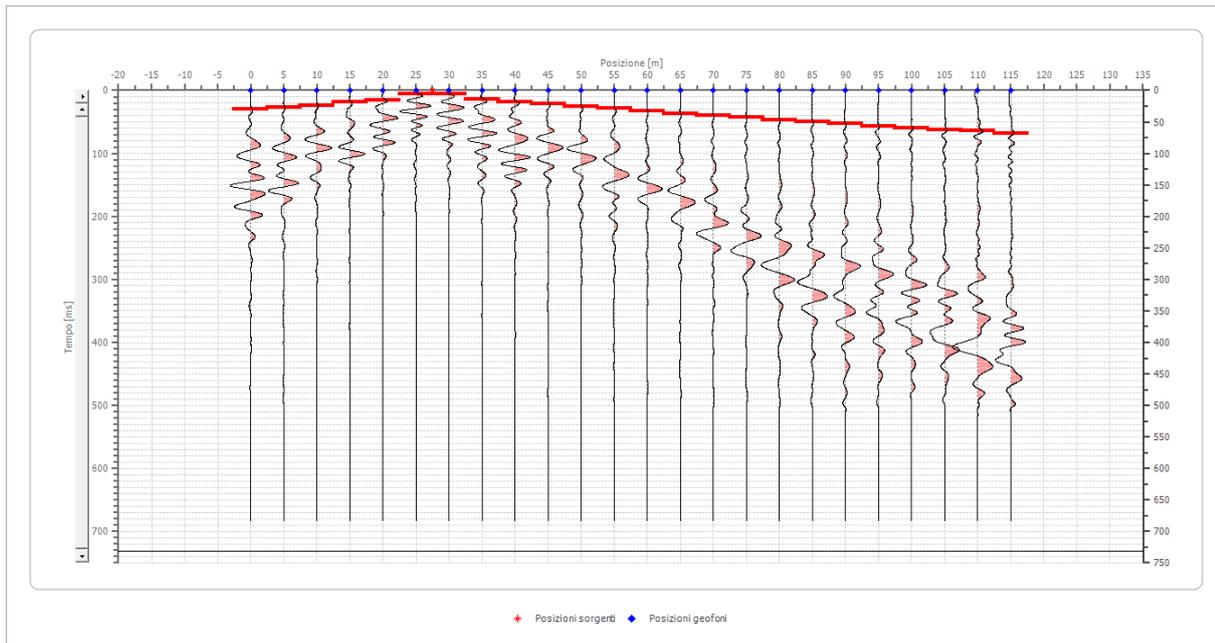


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	9.1385
5.0	15.2308
10.0	20.5616
15.0	24.3694
20.0	26.6540
25.0	30.4617
30.0	34.2694
35.0	37.3156
40.0	39.6002
45.0	43.4079
50.0	45.6925
55.0	49.5003
60.0	52.5464
65.0	55.5926
70.0	57.8772
75.0	61.6849
80.0	64.7311
85.0	67.7773
90.0	71.5850

	95.0	75.3927
	100.0	79.2004
	105.0	82.2466
	110.0	84.5312
	115.0	86.0543

### Battuta 3

Posizione sorgente X            27.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

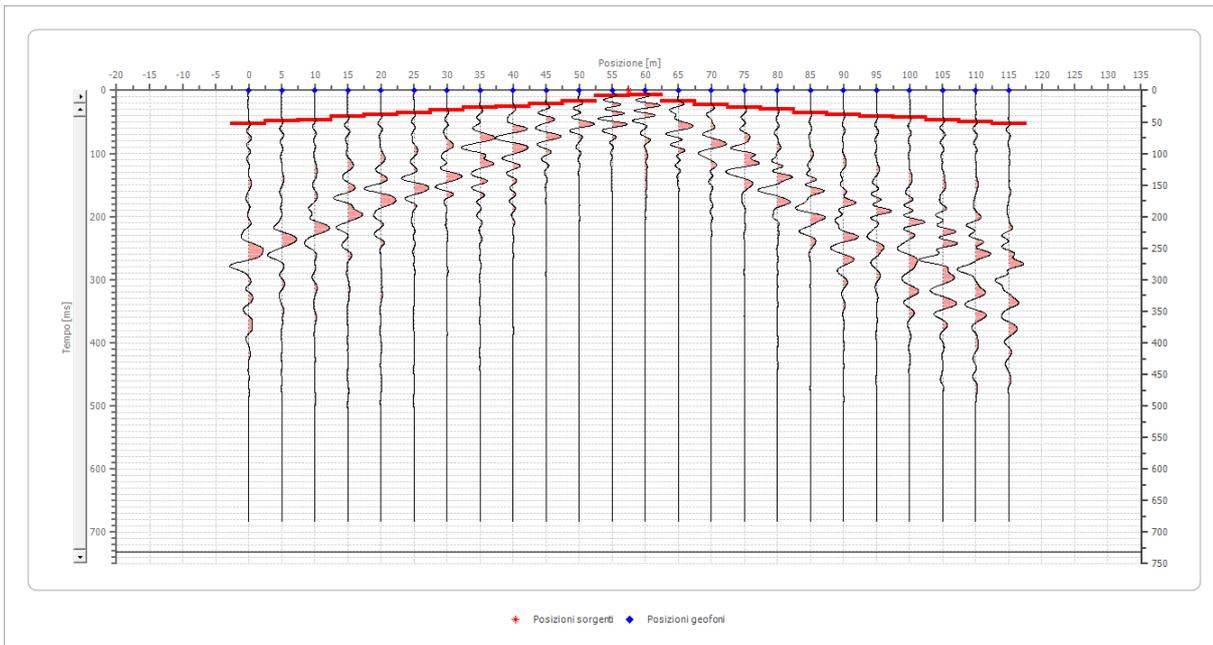


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	29.7002
5.0	27.4155
10.0	23.6078
15.0	19.0386
20.0	15.2308
25.0	6.0923
30.0	6.0923
35.0	13.7078
40.0	19.0386
45.0	21.3232
50.0	25.8924
55.0	28.9386
60.0	32.7463
65.0	37.3156
70.0	39.6002
75.0	42.6464
80.0	46.4541
85.0	50.2618

	90.0	53.3080
	95.0	56.3541
	100.0	59.4003
	105.0	62.4465
	110.0	64.7311
	115.0	68.5388

#### Battuta 4

Posizione sorgente X      57.5    [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]

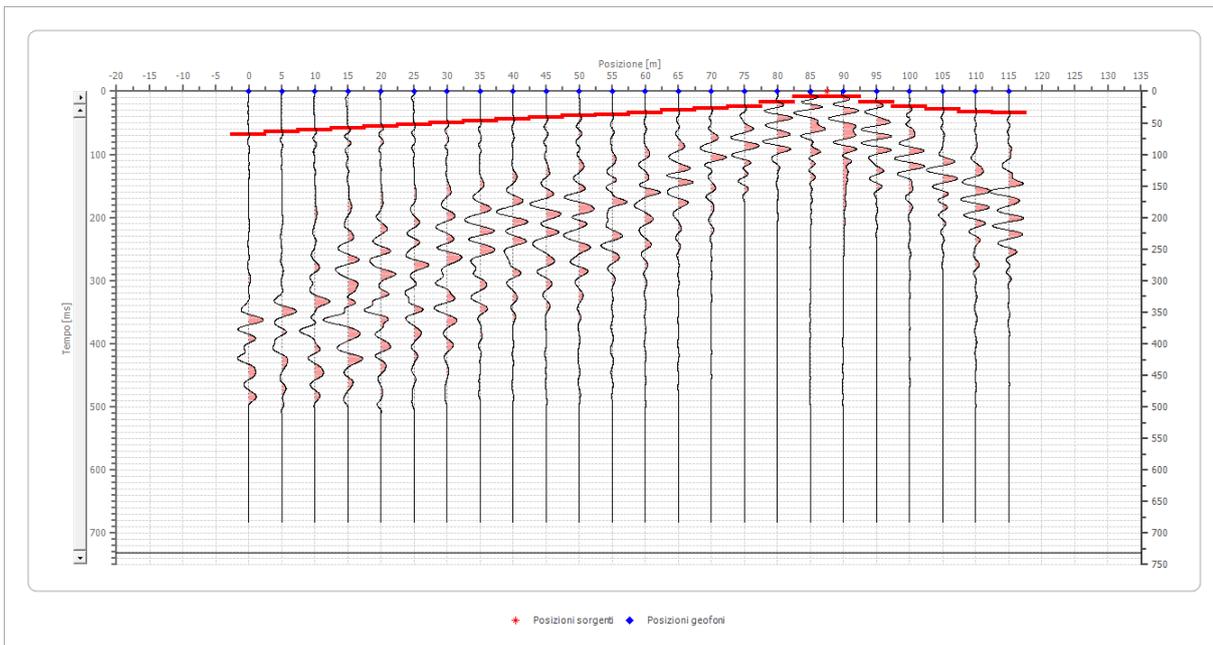


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	53.3080
5.0	48.7387
10.0	46.4541
15.0	41.8848
20.0	38.8387
25.0	35.0309
30.0	31.2232
35.0	27.4155
40.0	25.1309
45.0	22.0847
50.0	17.5155
55.0	8.3770
60.0	6.8539
65.0	17.5155
70.0	22.8463
75.0	27.4155
80.0	30.4617

85.0	35.0309
90.0	38.0771
95.0	41.1233
100.0	43.4079
105.0	46.4541
110.0	49.5003
115.0	52.5464

**Battuta 5**

Posizione sorgente X            87.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]



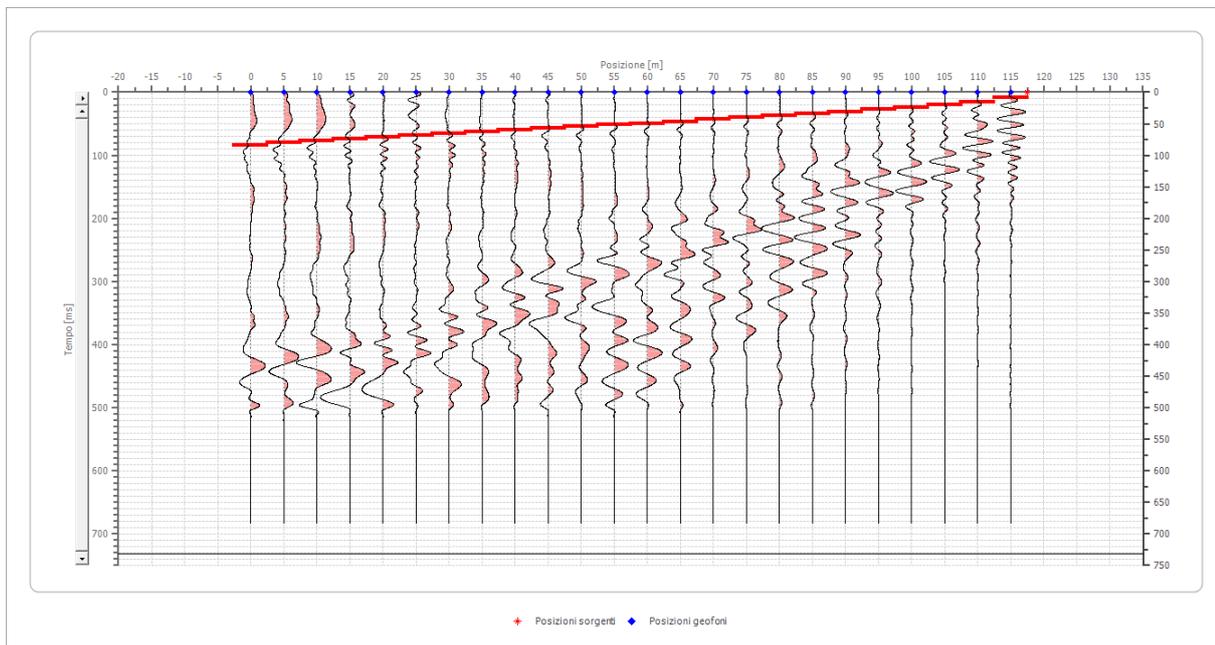
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	68.5388
5.0	63.9696
10.0	60.9234
15.0	58.6388
20.0	55.5926
25.0	52.5464
30.0	50.2618
35.0	46.4541
40.0	44.1695
45.0	41.1233
50.0	38.8387
55.0	36.5540
60.0	33.5079
65.0	30.4617
70.0	27.4155
75.0	23.6078

80.0	16.7539
85.0	8.3770
90.0	9.1385
95.0	17.5155
100.0	24.3694
105.0	28.9386
110.0	32.7463
115.0	34.2694

### Battuta 6

Posizione sorgente X            117.5    [m]

Posizione sorgente Z            0 [m]

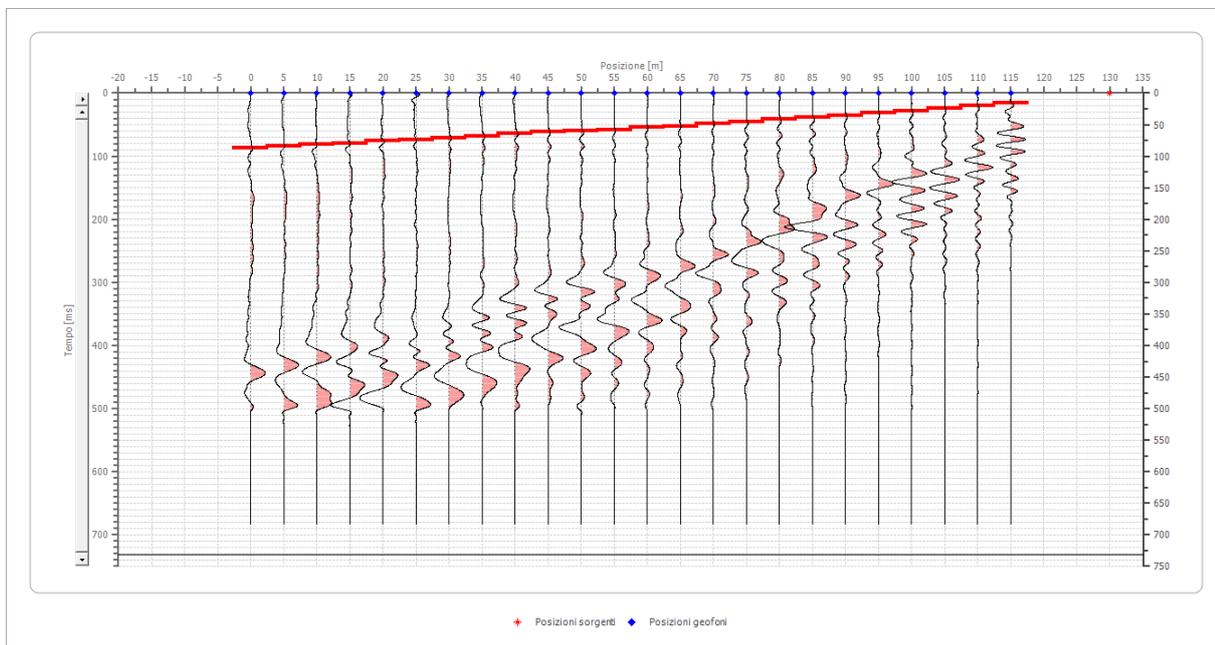


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	83.7697
5.0	79.2004
10.0	77.6773
15.0	74.6311
20.0	70.8234
25.0	68.5388
30.0	65.4926
35.0	63.2080
40.0	60.1618
45.0	57.1157
50.0	54.8310
55.0	51.7849
60.0	49.5003
65.0	47.2156
70.0	42.6464

75.0	40.3617
80.0	37.3156
85.0	33.5079
90.0	31.2232
95.0	26.6540
100.0	23.6078
105.0	19.8001
110.0	15.9924
115.0	8.3770

**Battuta 7**

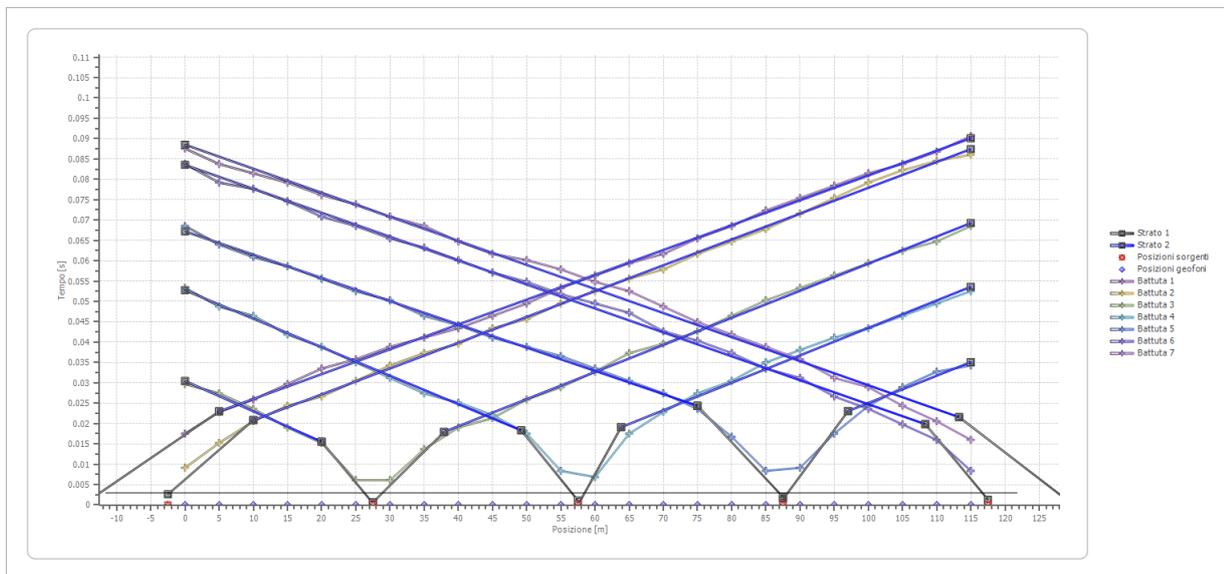
Posizione sorgente X            130    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]



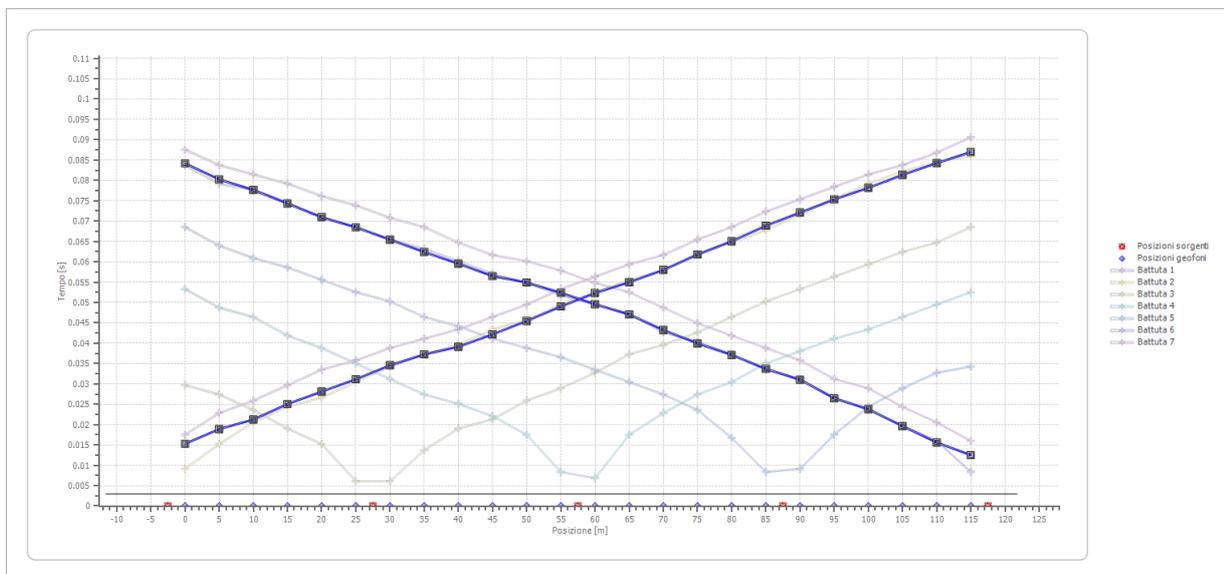
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	87.5774
5.0	83.7697
10.0	81.4850
15.0	79.2004
20.0	76.1542
25.0	73.8696
30.0	70.8234
35.0	68.5388
40.0	64.7311
45.0	61.6849
50.0	60.1618
55.0	57.8772
60.0	54.8310
65.0	52.5464

70.0	48.7387
75.0	44.9310
80.0	41.8848
85.0	38.8387
90.0	35.7925
95.0	31.2232
100.0	28.9386
105.0	24.3694
110.0	20.5616
115.0	15.9924

## Dromocrone



## Dromocrone traslate

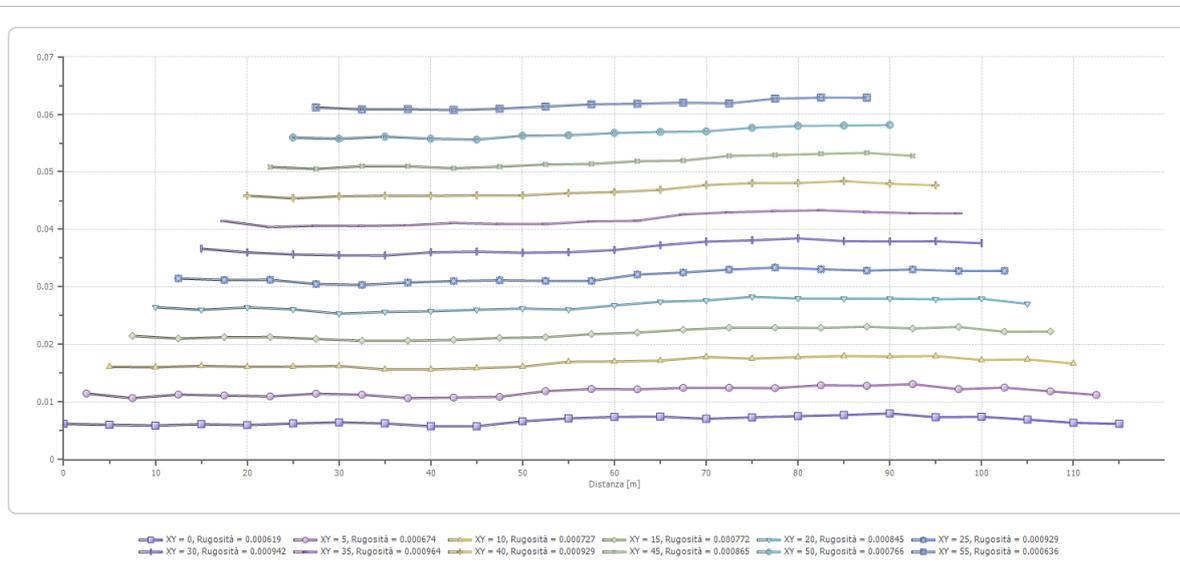
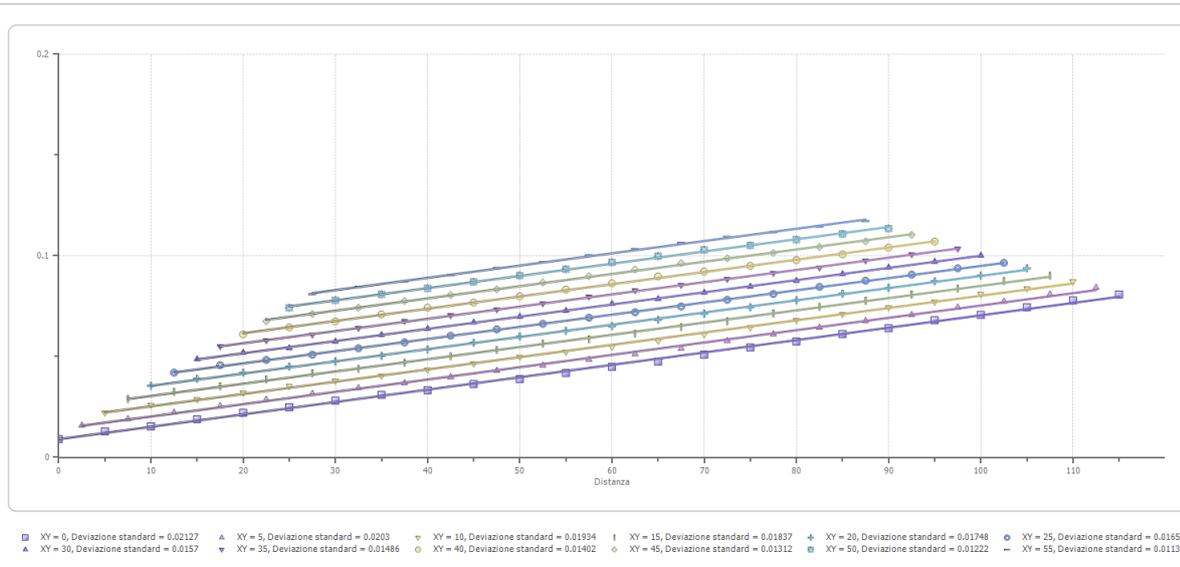


---

### Interpretazione col metodo G.,R.M.

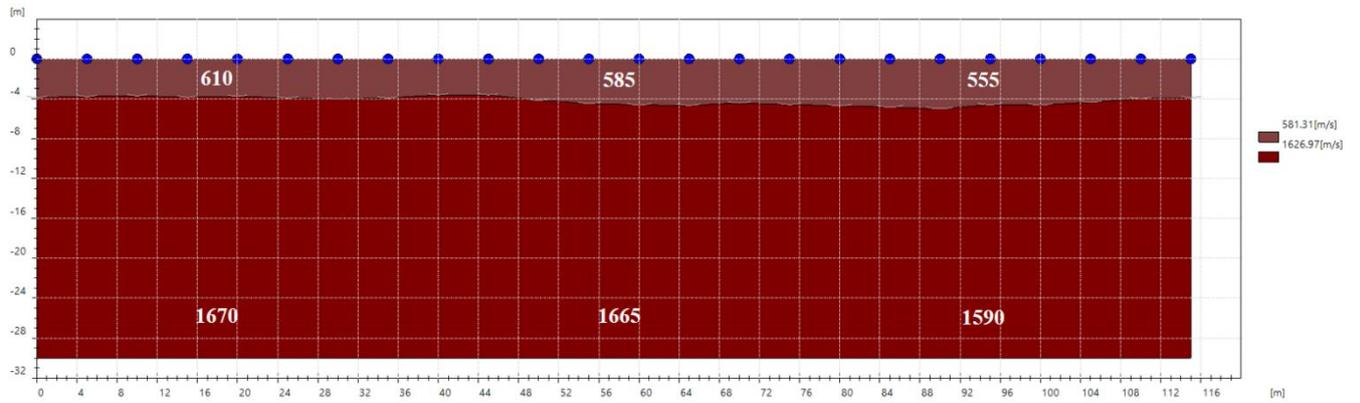
XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	3.9	--
G= 5.0 [m]	3.8	--
G= 10.0 [m]	3.7	--
G= 15.0 [m]	3.8	--
G= 20.0 [m]	3.7	--
G= 25.0 [m]	3.9	--
G= 30.0 [m]	4.0	--
G= 35.0 [m]	3.9	--
G= 40.0 [m]	3.6	--
G= 45.0 [m]	3.6	--
G= 50.0 [m]	4.1	--
G= 55.0 [m]	4.5	--
G= 60.0 [m]	4.6	--
G= 65.0 [m]	4.7	--
G= 70.0 [m]	4.4	--
G= 75.0 [m]	4.6	--
G= 80.0 [m]	4.7	--
G= 85.0 [m]	4.8	--
G= 90.0 [m]	5.0	--
G= 95.0 [m]	4.6	--
G= 100.0 [m]	4.6	--
G= 105.0 [m]	4.3	--
G= 110.0 [m]	4.0	--
G= 115.0 [m]	3.9	--
Velocità [m/sec]	581.3	1627.0
Descrizione		



---

## SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA – ONDE P

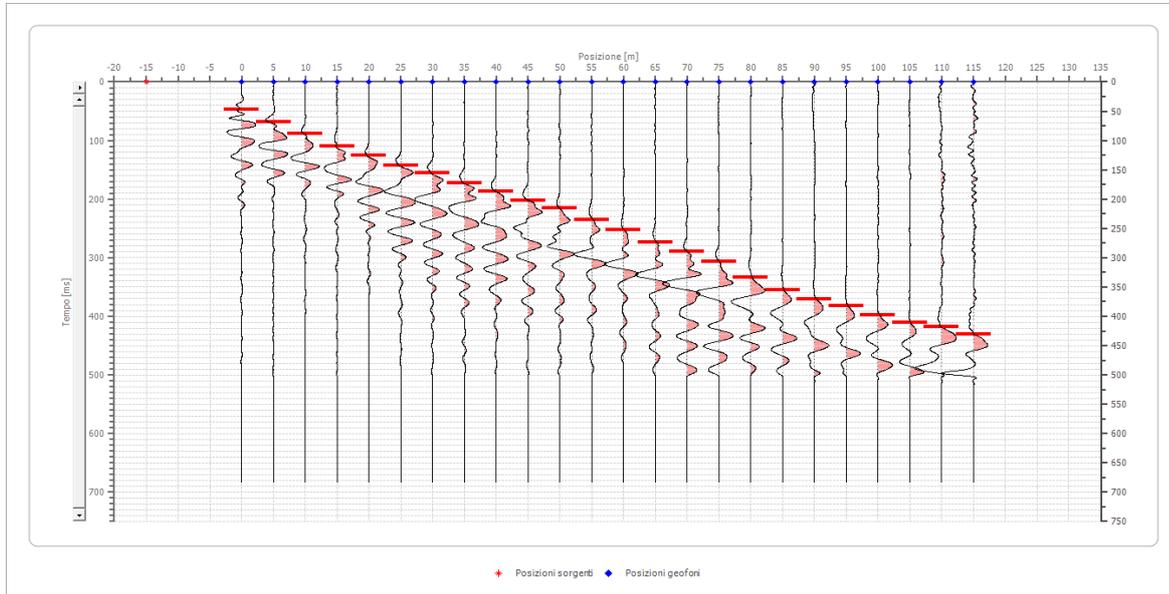


Il rifratore presente è probabilmente riconducibile alla presenza della falda acquifera.

## Dati battute – ONDE SH

### Battuta 1

Posizione sorgente X            -15    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

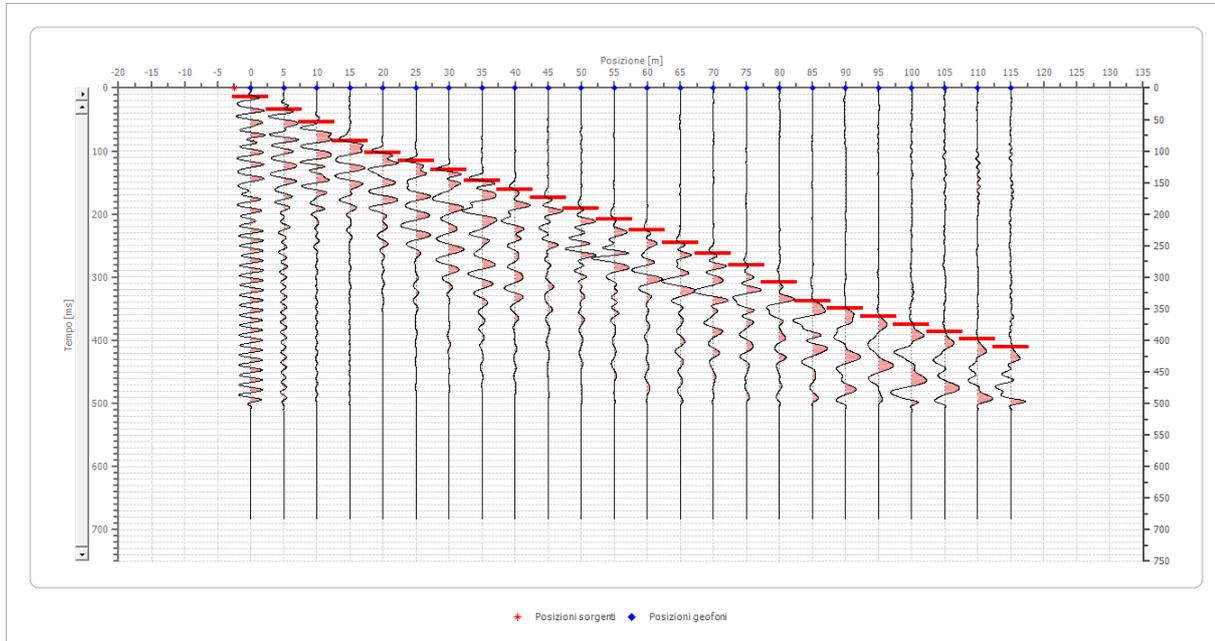


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	47.2156
5.0	68.5388
10.0	88.3389
15.0	110.4236
20.0	125.6545
25.0	143.1700
30.0	156.1162
35.0	172.8701
40.0	186.5779
45.0	201.8087
50.0	215.5165
55.0	234.5550
60.0	252.8321
65.0	274.1552
70.0	290.1476
75.0	306.9016
80.0	333.5555
85.0	354.8787
90.0	370.1096
95.0	382.2942
100.0	397.5251
105.0	411.2329
110.0	418.0867

**Battuta 2**

Posizione sorgente X -2.5 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

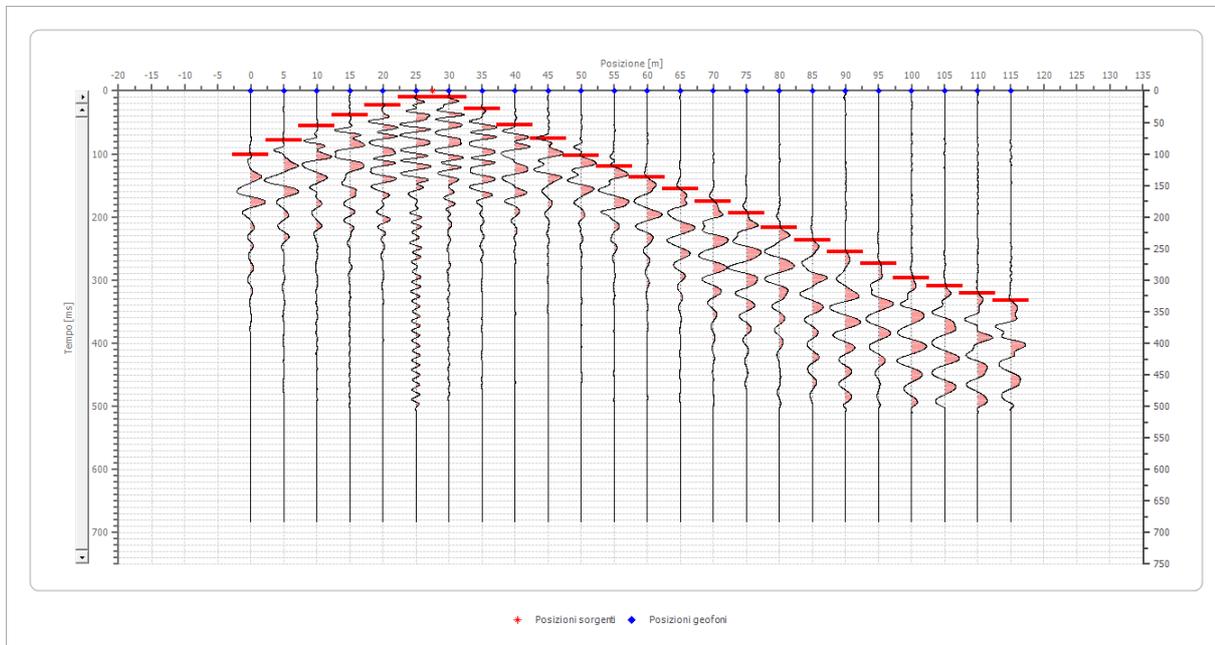


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	13.7078
5.0	33.5079
10.0	54.8310
15.0	83.7697
20.0	102.0467
25.0	115.7544
30.0	129.4622
35.0	146.2161
40.0	161.4470
45.0	174.3932
50.0	190.3856
55.0	207.9011
60.0	225.4165
65.0	245.2166
70.0	262.7321
75.0	280.2476
80.0	308.4246
85.0	337.3633
90.0	348.7864
95.0	362.4941
100.0	374.6788
105.0	386.8635

	110.0	398.2866
	115.0	410.4713

### Battuta 3

Posizione sorgente X      27.5    [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]



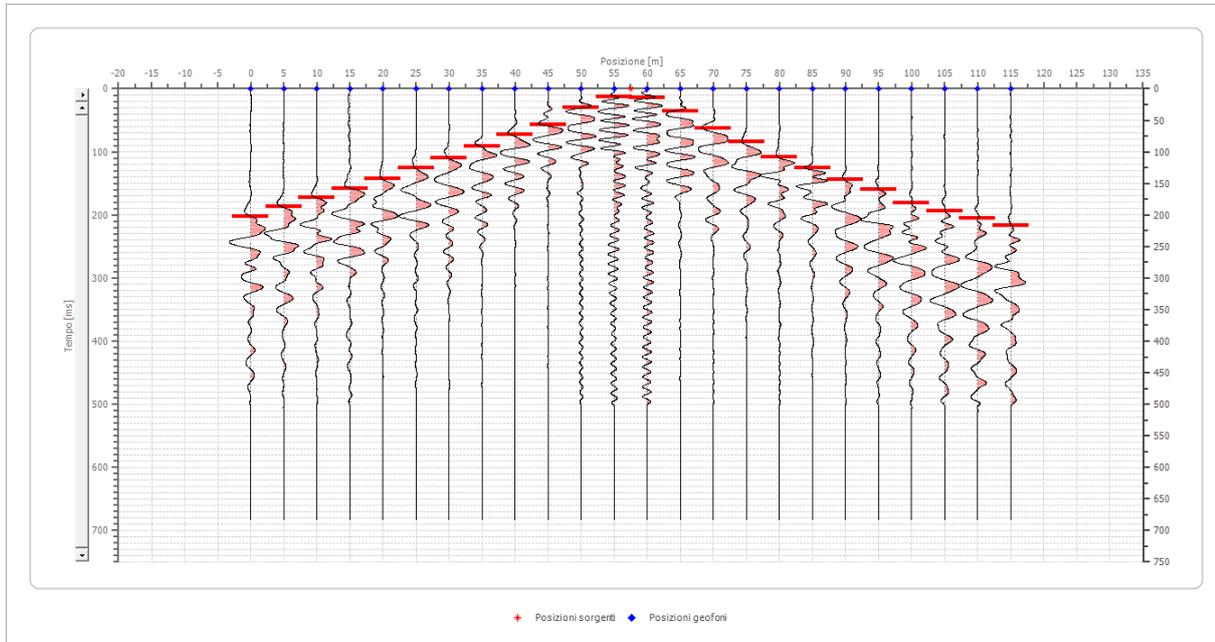
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	101.2851
5.0	78.4389
10.0	55.5926
15.0	38.8387
20.0	22.8463
25.0	9.9001
30.0	10.6616
35.0	28.1771
40.0	54.0695
45.0	76.1542
50.0	102.0467
55.0	119.5621
60.0	137.0776
65.0	156.1162
70.0	175.9163
75.0	193.4318
80.0	216.2780
85.0	236.0781
90.0	255.8782
95.0	273.3937
100.0	296.2400

	105.0	309.9477
	110.0	320.6093
	115.0	332.0325

#### Battuta 4

Posizione sorgente X            57.5    [m]

Posizione sorgente Z            0 [m]

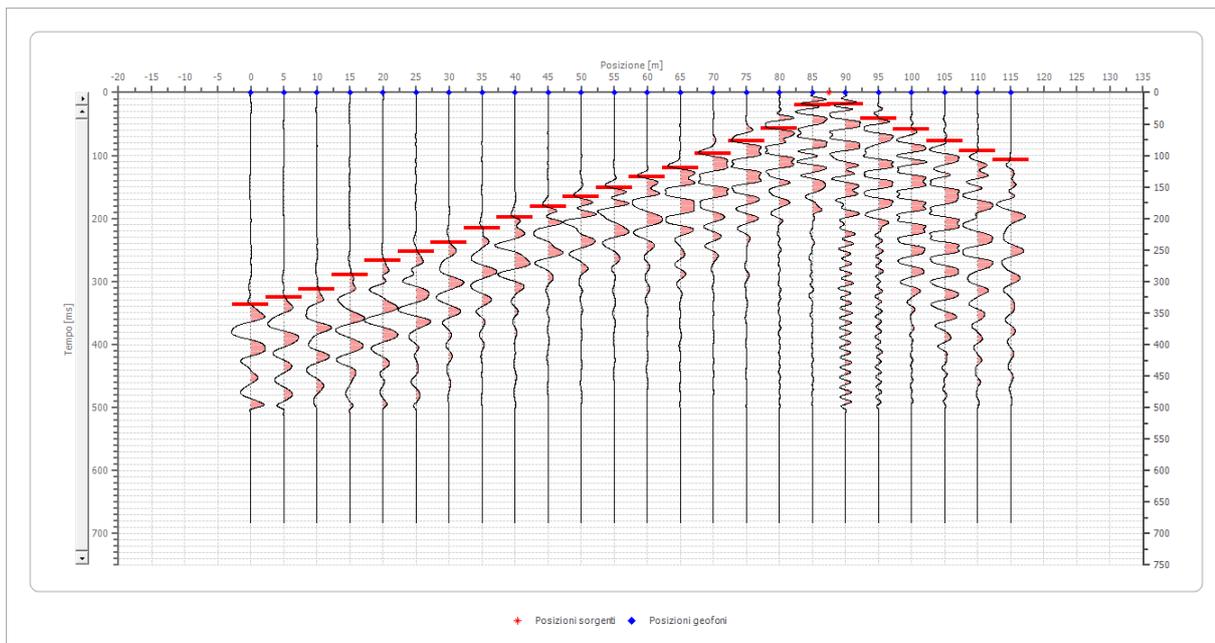


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	202.5703
5.0	187.3394
10.0	172.8701
15.0	157.6393
20.0	142.4084
25.0	125.6545
30.0	109.6621
35.0	90.6235
40.0	73.1081
45.0	56.3541
50.0	30.4617
55.0	12.9462
60.0	13.7078
65.0	35.7925
70.0	63.2080
75.0	84.5312
80.0	108.1390
85.0	125.6545
90.0	143.9315
95.0	159.9239

	100.0	180.4855
	105.0	193.4318
	110.0	204.8549
	115.0	217.0396

### Battuta 5

Posizione sorgente X            87.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

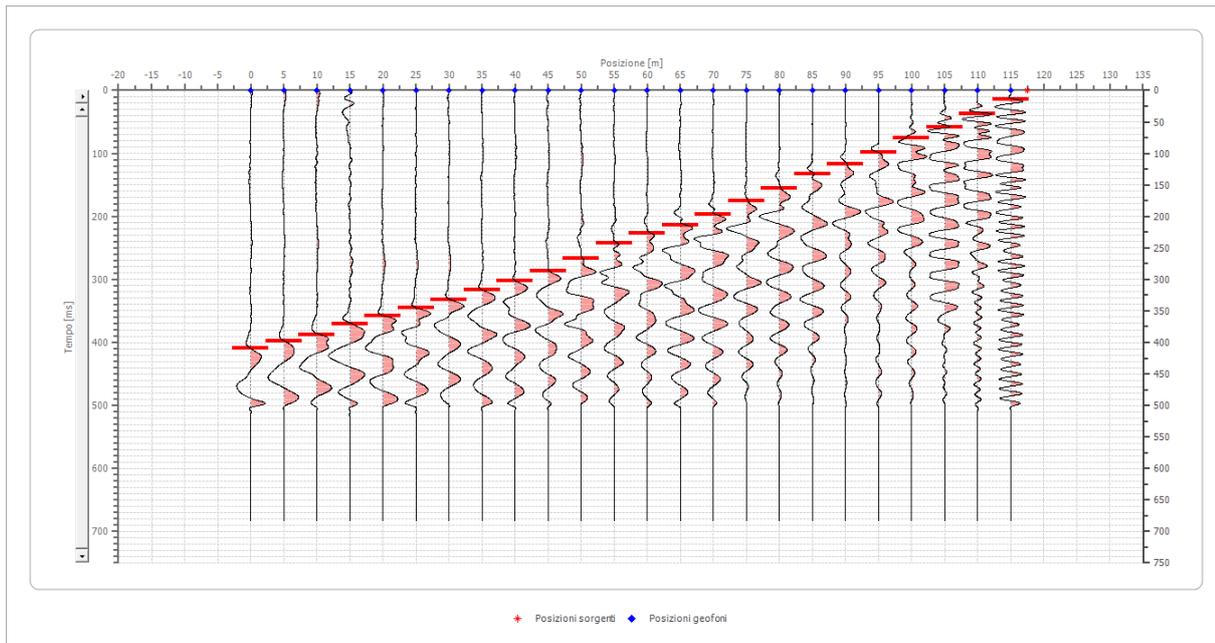


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	335.8402
5.0	325.1786
10.0	312.2324
15.0	289.3861
20.0	267.3014
25.0	252.8321
30.0	238.3627
35.0	214.7549
40.0	198.7625
45.0	181.2471
50.0	165.2547
55.0	150.7854
60.0	134.0314
65.0	119.5621
70.0	97.4774
75.0	76.9158
80.0	56.3541
85.0	20.5616
90.0	18.2770

	95.0	41.1233
	100.0	57.8772
	105.0	77.6773
	110.0	92.9082
	115.0	107.3775

### Battuta 6

Posizione sorgente X            117.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

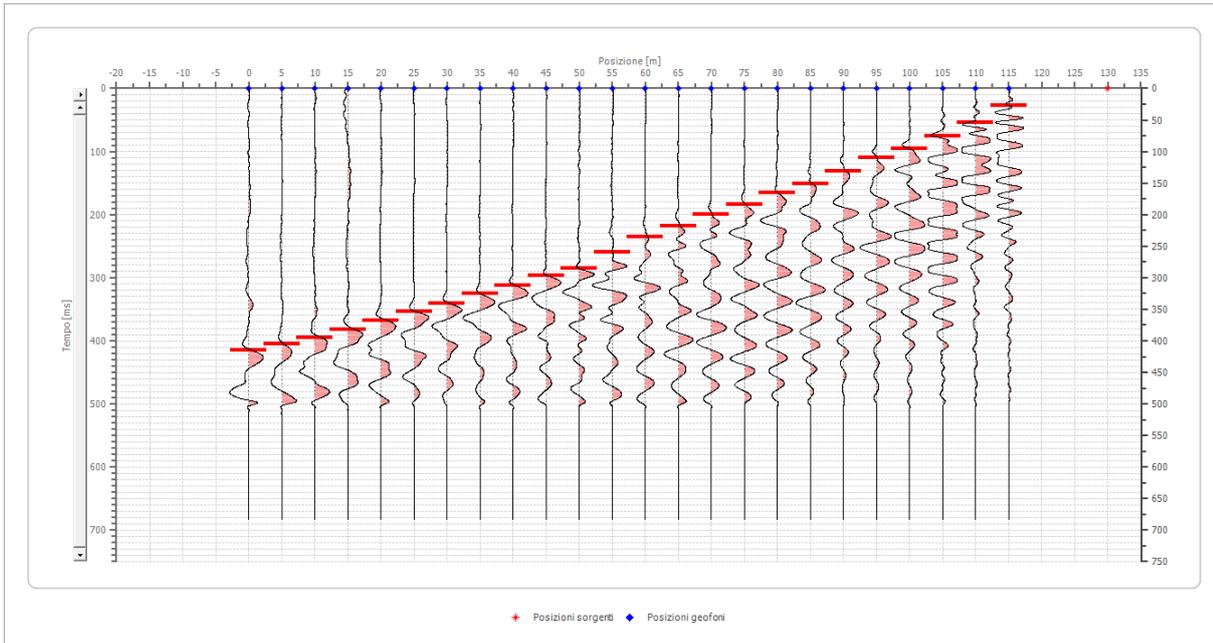


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	408.9482
5.0	398.2866
10.0	388.3866
15.0	370.8711
20.0	357.9249
25.0	345.7402
30.0	332.7940
35.0	316.8016
40.0	302.3323
45.0	287.1015
50.0	266.5398
55.0	242.9320
60.0	226.1781
65.0	213.2319
70.0	197.2395
75.0	175.1547
80.0	155.3546
85.0	132.5084

	90.0	116.5160
	95.0	99.0005
	100.0	76.1542
	105.0	57.8772
	110.0	37.3156
	115.0	13.7078

### Battuta 7

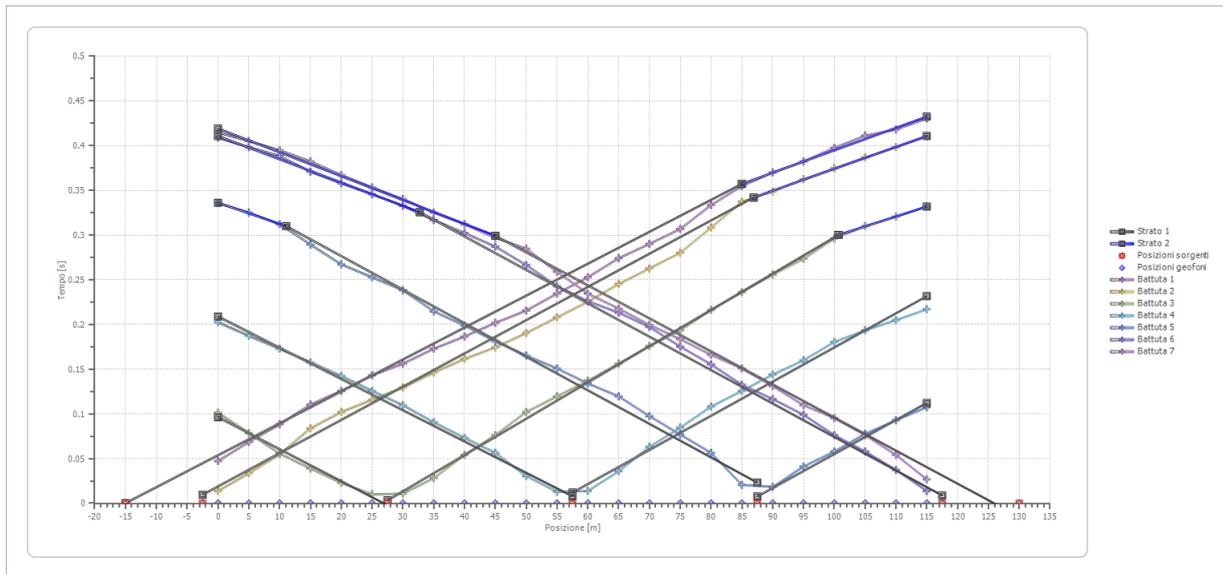
Posizione sorgente X            130    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]



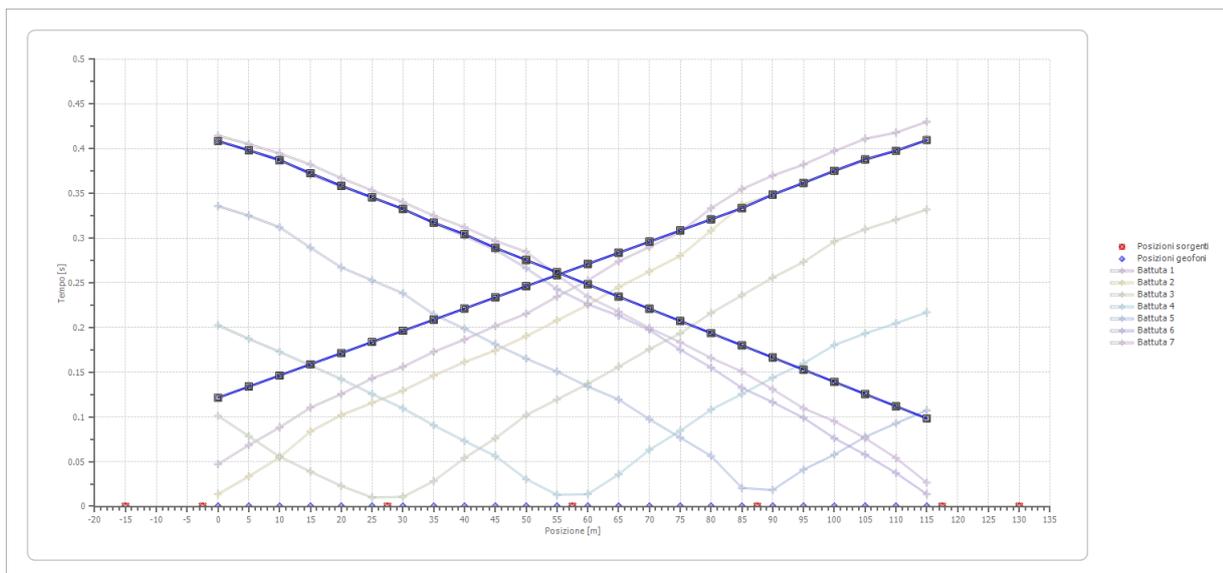
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	414.7249
5.0	405.2129
10.0	394.7497
15.0	382.3840
20.0	367.1647
25.0	353.3556
30.0	340.4094
35.0	325.1786
40.0	312.2324
45.0	297.0015
50.0	284.8168
55.0	258.9244
60.0	234.5550
65.0	217.8011
70.0	199.5241
75.0	183.5317
80.0	166.0162

	85.0	150.7854
	90.0	130.9853
	95.0	109.6621
	100.0	95.1928
	105.0	76.1542
	110.0	54.0695
	115.0	26.6540

## Dromocrone



## Dromocrone traslate

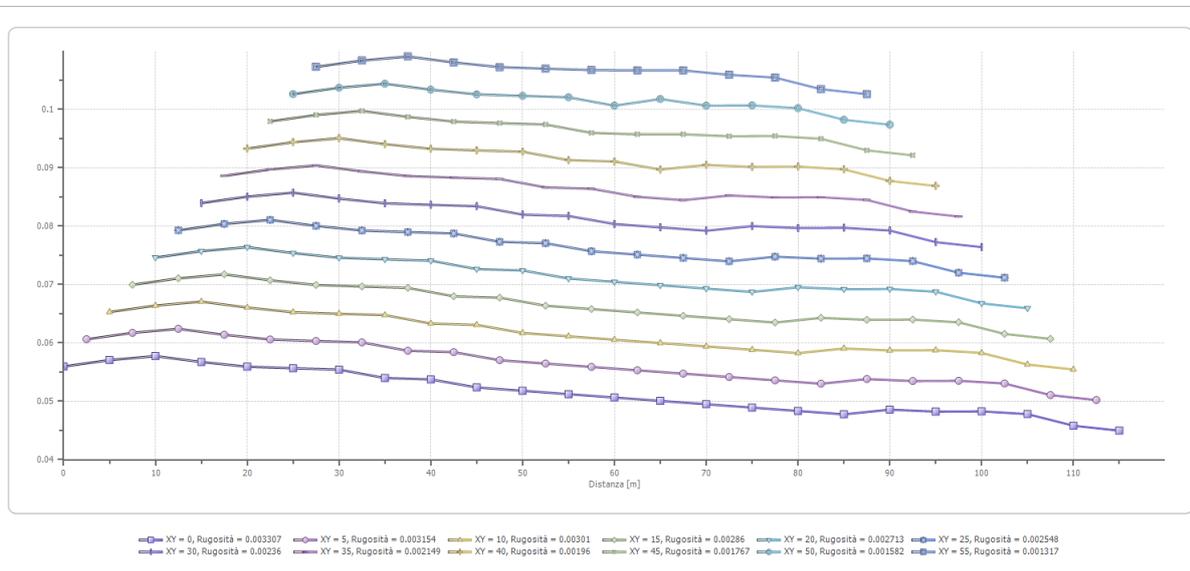
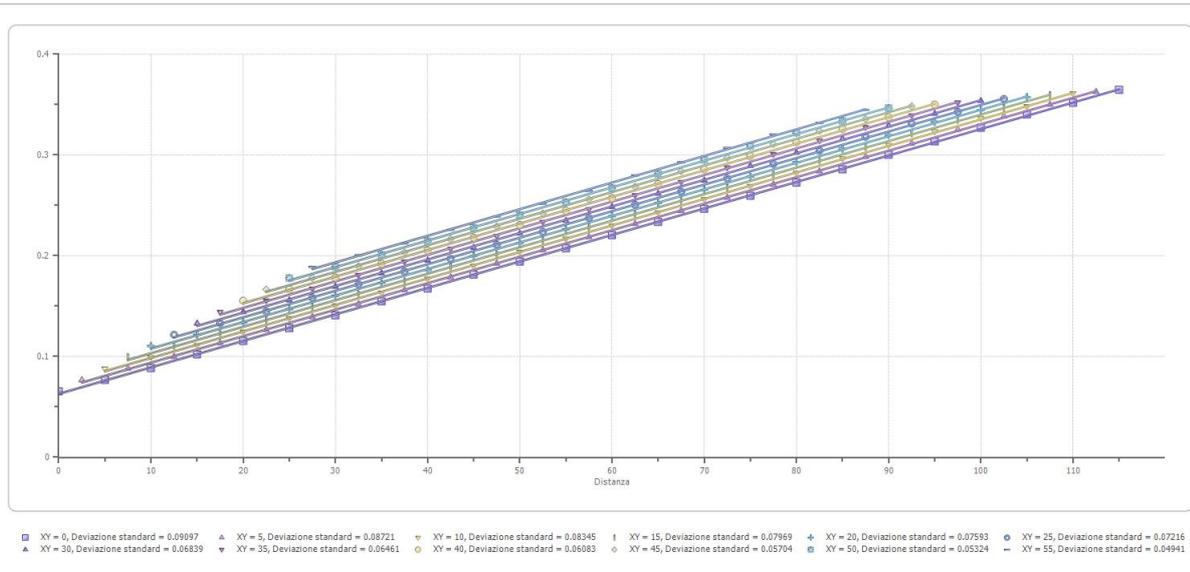


---

**Interpretazione col metodo G.,R.M.**

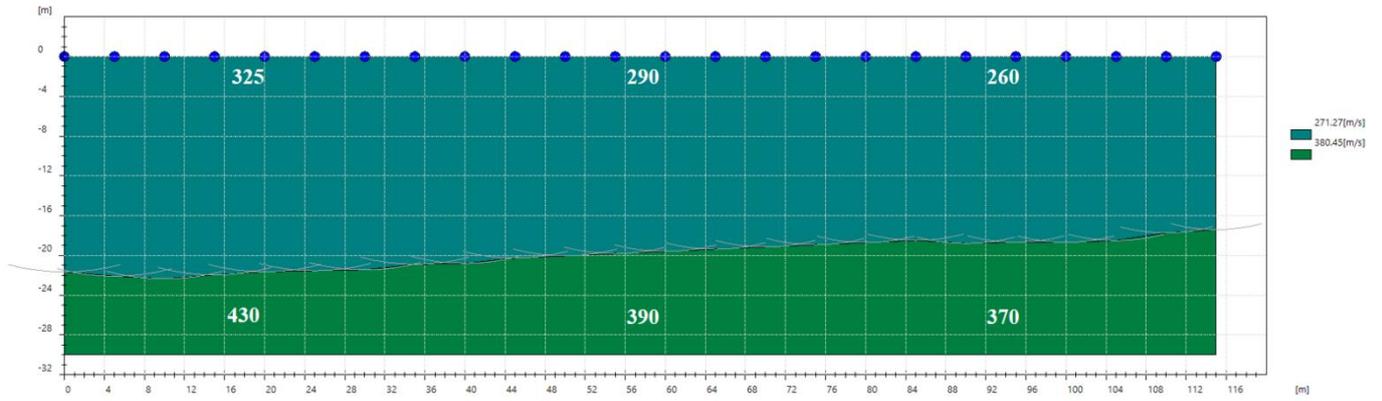
XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	21.7	--
G= 5.0 [m]	22.1	--
G= 10.0 [m]	22.3	--
G= 15.0 [m]	22.0	--
G= 20.0 [m]	21.6	--
G= 25.0 [m]	21.5	--
G= 30.0 [m]	21.4	--
G= 35.0 [m]	20.9	--
G= 40.0 [m]	20.8	--
G= 45.0 [m]	20.3	--
G= 50.0 [m]	20.0	--
G= 55.0 [m]	19.8	--
G= 60.0 [m]	19.6	--
G= 65.0 [m]	19.4	--
G= 70.0 [m]	19.2	--
G= 75.0 [m]	18.9	--
G= 80.0 [m]	18.7	--
G= 85.0 [m]	18.5	--
G= 90.0 [m]	18.8	--
G= 95.0 [m]	18.7	--
G= 100.0 [m]	18.7	--
G= 105.0 [m]	18.5	--
G= 110.0 [m]	17.7	--
G= 115.0 [m]	17.4	--
Velocità [m/sec]	271.3	380.4
Descrizione		



---

## SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA – ONDE SH





Stendimento SR\_3\_MS2\_Empoli



Stendimento SR\_3\_MS2\_Empoli

**SR\_4: SISMICA A RIFRAZIONE P-SH**

---

## Easy Refract

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda  $\lambda$ , comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde  $\omega$ , equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza  $\theta_i$  mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione  $\theta_r$ . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove  $v_1$  e  $v_2$  sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per  $v_1 > v_2$  si ha che  $\theta_i > \theta_r$  e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per  $v_1 < v_2$  si ha che  $\theta_i < \theta_r$  ed esiste un angolo limite di incidenza per cui  $\theta_r = 90^\circ$  ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo  $T$  dato dalla relazione

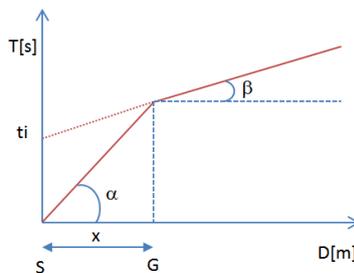
$$T = x_i / V_1$$

dove  $x_i$  è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità  $V_1$  del primo mezzo come

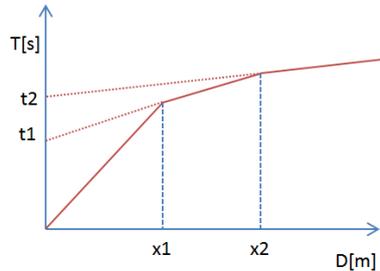
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo  $t_i$  che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

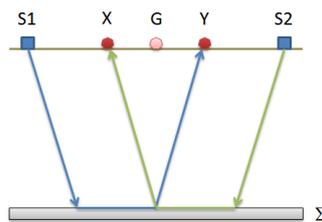


Infine, dalla conoscenza dei tempi  $t_i$  è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left( t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

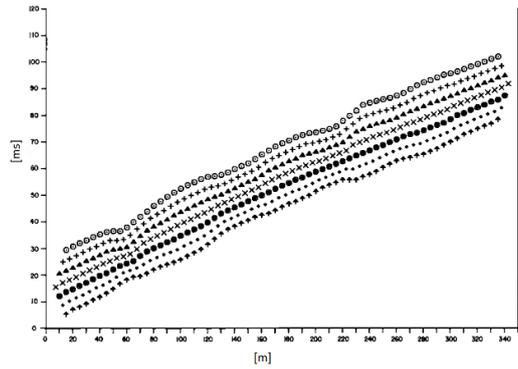
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



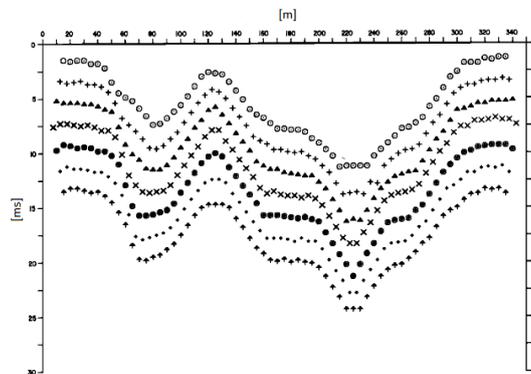
dove  $T_{S_1Y}$  e  $T_{S_2X}$  sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre  $T_{S_1S_2}$  è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento.  $T_V$  è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione  $T_V$  viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left( T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove  $V_n$  è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

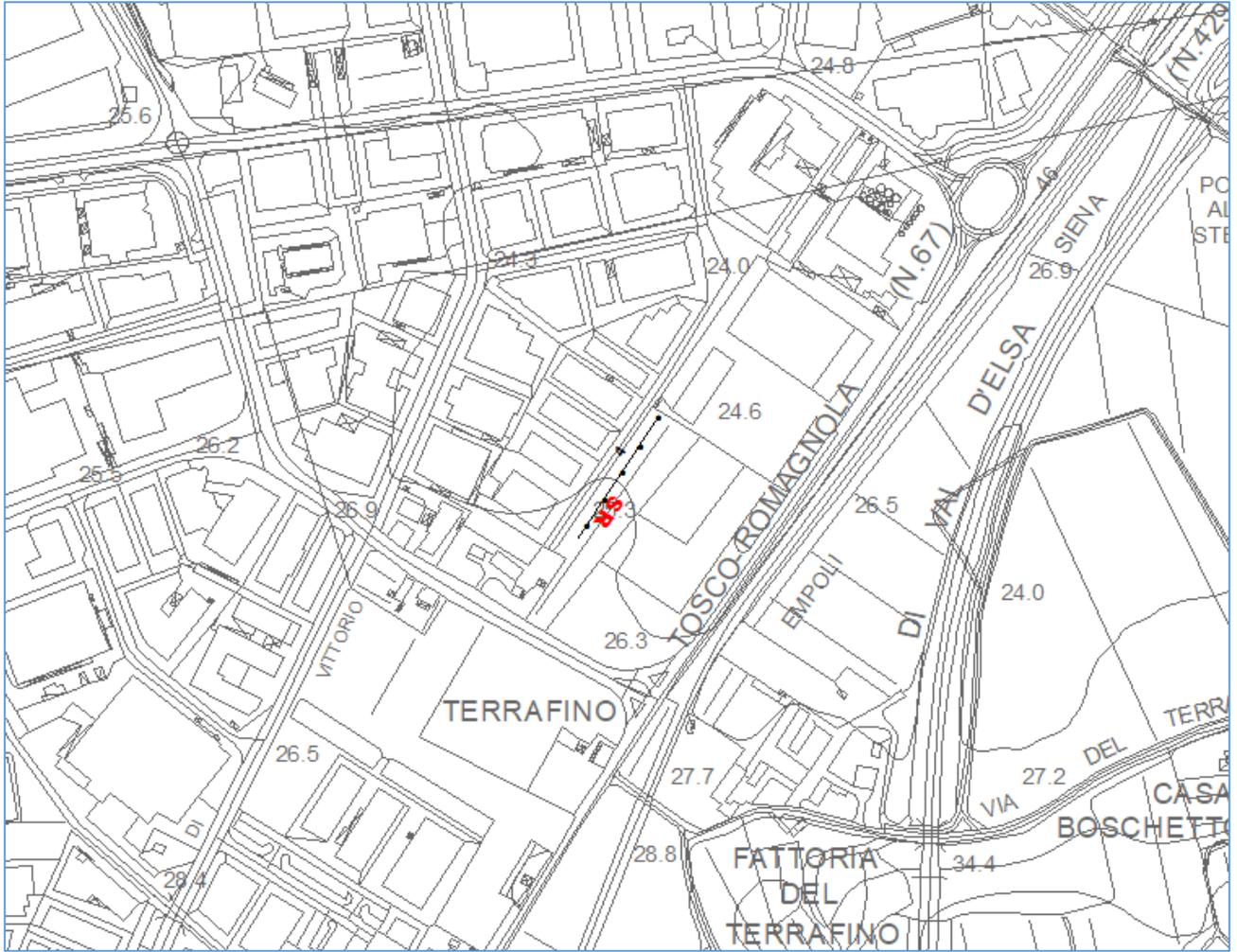
Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

---

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifratore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.  
Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa  $20^\circ$

**Planimetria Scala 1:5000**



Planimetria Scala 1:1000



---

## Geometria dello stendimento

Numero Geofoni: 24

Intervallo (m): 5 m

Lunghezza Stendimento (m): 115 m

Quota (m.s.l.m.):

## Punti di energizzazione

	<b>A</b> <b>Estremo</b> <b>SX</b>	<b>D1</b> <b>Intermedio</b> <b>SX</b>	<b>D2</b> <b>Intermedio</b> <b>SX</b>	<b>C</b> <b>Centrale</b>	<b>D3</b> <b>Intermedio</b> <b>DX</b>	<b>D4</b> <b>Intermedio</b> <b>SX</b>	<b>B</b> <b>Estremo</b> <b>DX</b>
<b>Posizione da Geofono G1 (m)</b>	-15.0	-2.5	27.5	57.5	87.5	117.5	130

## Geometria geofoni

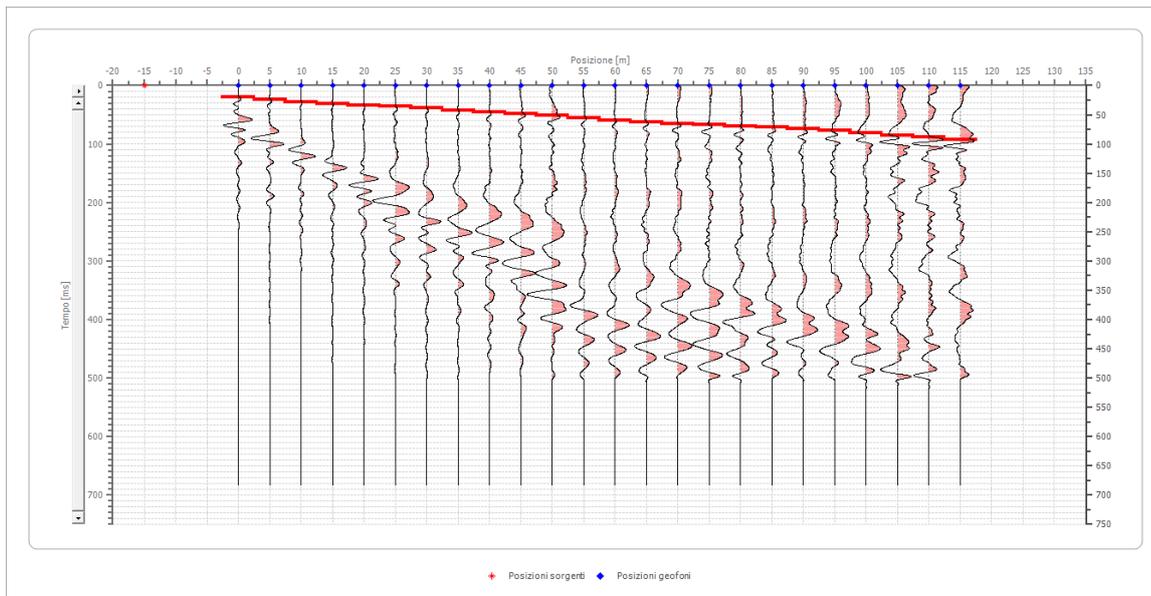
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	5.0	0.0
3	10.0	0.0
4	15.0	0.0
5	20.0	0.0
6	25.0	0.0
7	30.0	0.0
8	35.0	0.0
9	40.0	0.0
10	45.0	0.0
11	50.0	0.0
12	55.0	0.0
13	60.0	0.0
14	65.0	0.0
15	70.0	0.0
16	75.0	0.0
17	80.0	0.0
18	85.0	0.0
19	90.0	0.0
20	95.0	0.0
21	100.0	0.0
22	105.0	0.0
23	110.0	0.0
24	115.0	0.0

---

## Dati battute – ONDE P

### Battuta 1

Posizione sorgente X            -15     [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

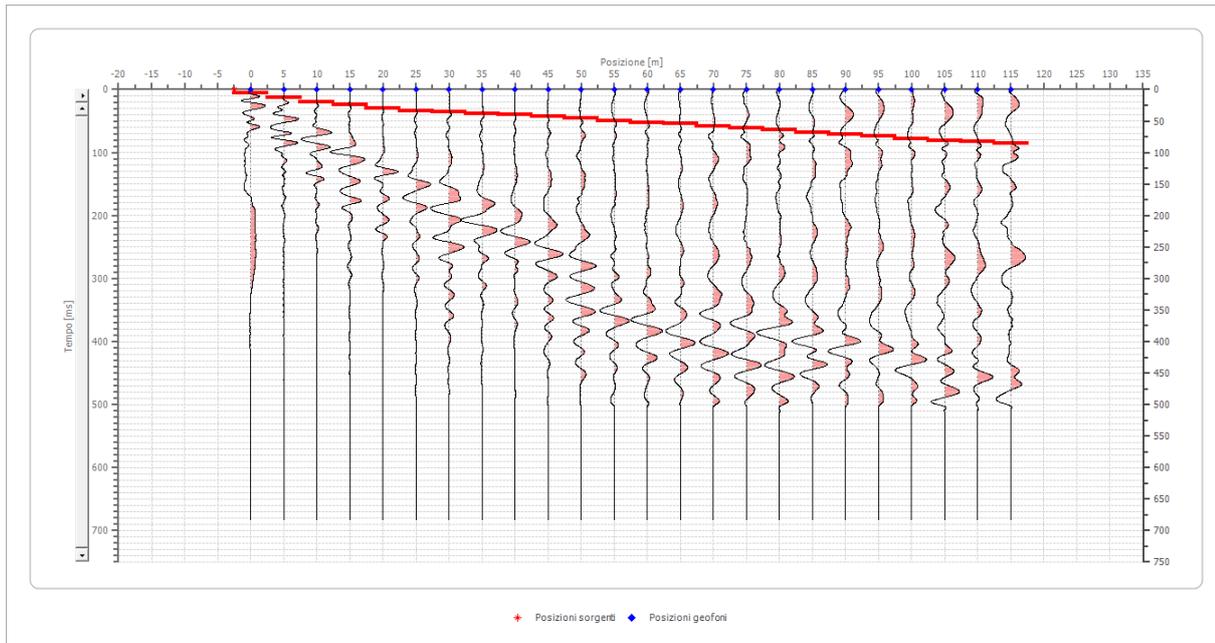


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	19.8001
5.0	23.6078
10.0	28.1771
15.0	31.2232
20.0	33.5079
25.0	35.7925
30.0	38.0771
35.0	42.6464
40.0	45.6925
45.0	48.7387
50.0	51.0233
55.0	55.5926
60.0	59.4003
65.0	62.4465
70.0	65.4926
75.0	67.0157
80.0	70.0619
85.0	71.5850
90.0	74.6311
95.0	77.6773

	100.0	80.7235
	105.0	85.2927
	110.0	89.1005
	115.0	92.9082

## Battuta 2

Posizione sorgente X        -2.5    [m]  
 Posizione sorgente Z        0 [m]

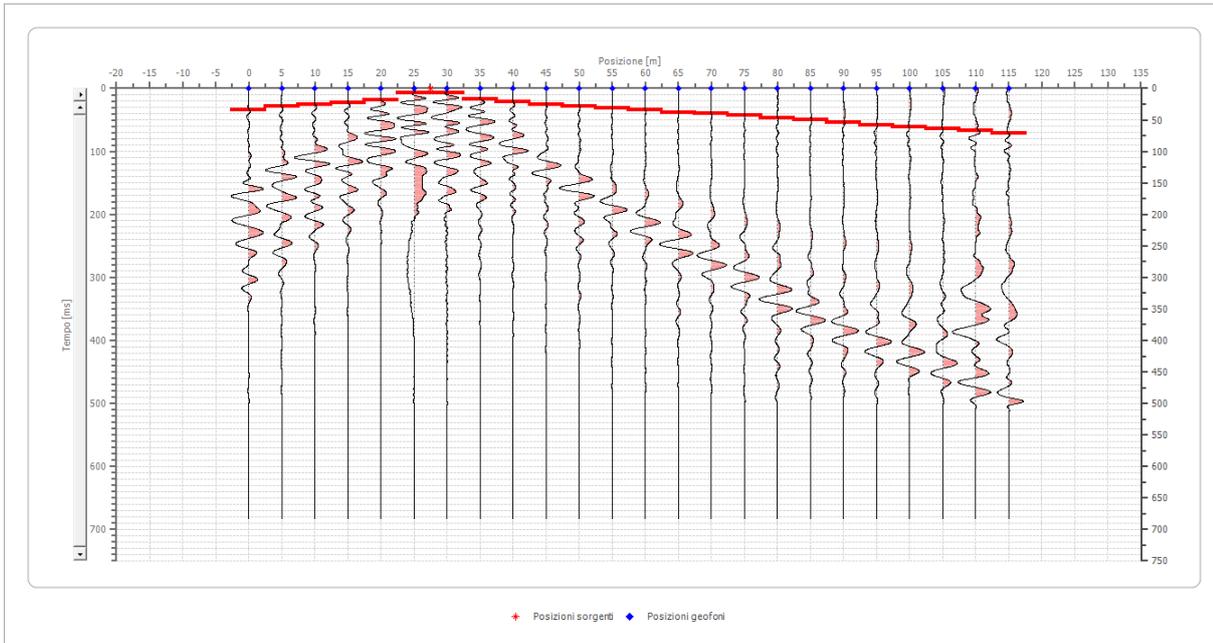


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	5.3308
5.0	12.9462
10.0	20.5616
15.0	24.3694
20.0	30.4617
25.0	33.5079
30.0	35.7925
35.0	38.0771
40.0	40.3617
45.0	43.4079
50.0	45.6925
55.0	49.5003
60.0	52.5464
65.0	54.8310
70.0	57.8772
75.0	61.6849
80.0	64.7311
85.0	67.7773
90.0	71.5850

95.0	74.6311
100.0	78.4389
105.0	80.7235
110.0	83.0081
115.0	85.2927

### Battuta 3

Posizione sorgente X            27.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

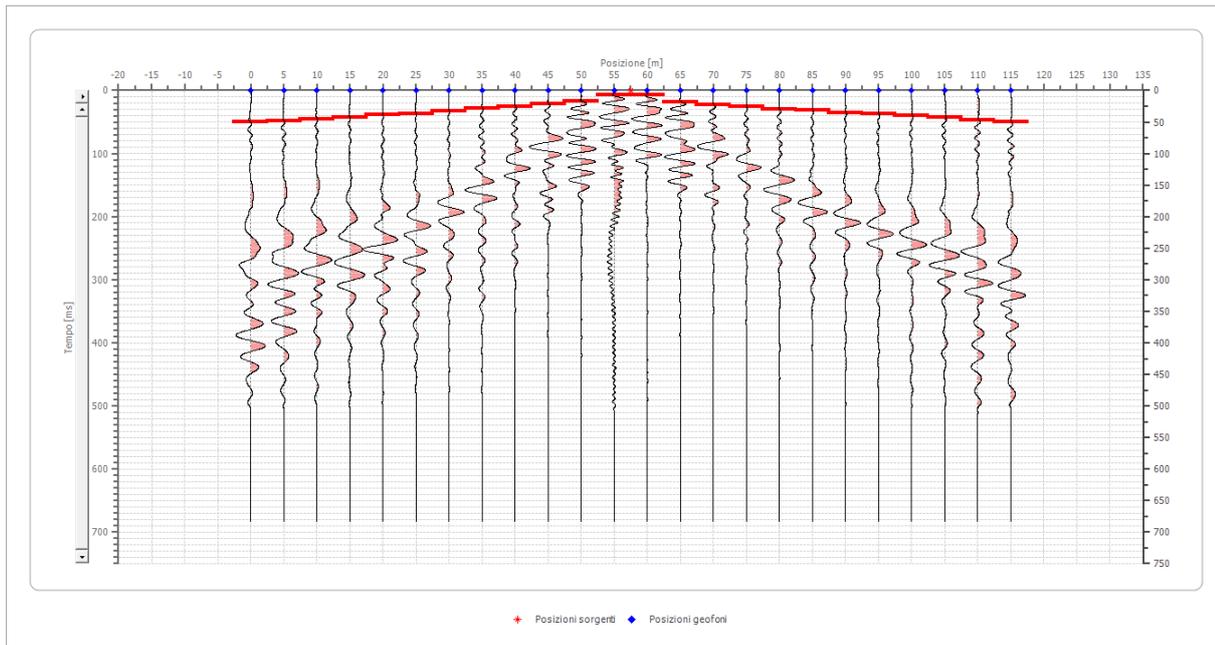


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	33.5079
5.0	28.9386
10.0	25.8924
15.0	22.8463
20.0	19.0386
25.0	6.8539
30.0	6.8539
35.0	17.5155
40.0	21.3232
45.0	25.8924
50.0	28.9386
55.0	31.9848
60.0	34.2694
65.0	38.0771
70.0	40.3617
75.0	43.4079
80.0	46.4541
85.0	50.2618

	90.0	54.8310
	95.0	57.8772
	100.0	60.9234
	105.0	63.9696
	110.0	67.0157
	115.0	71.5850

#### Battuta 4

Posizione sorgente X      57.5    [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]

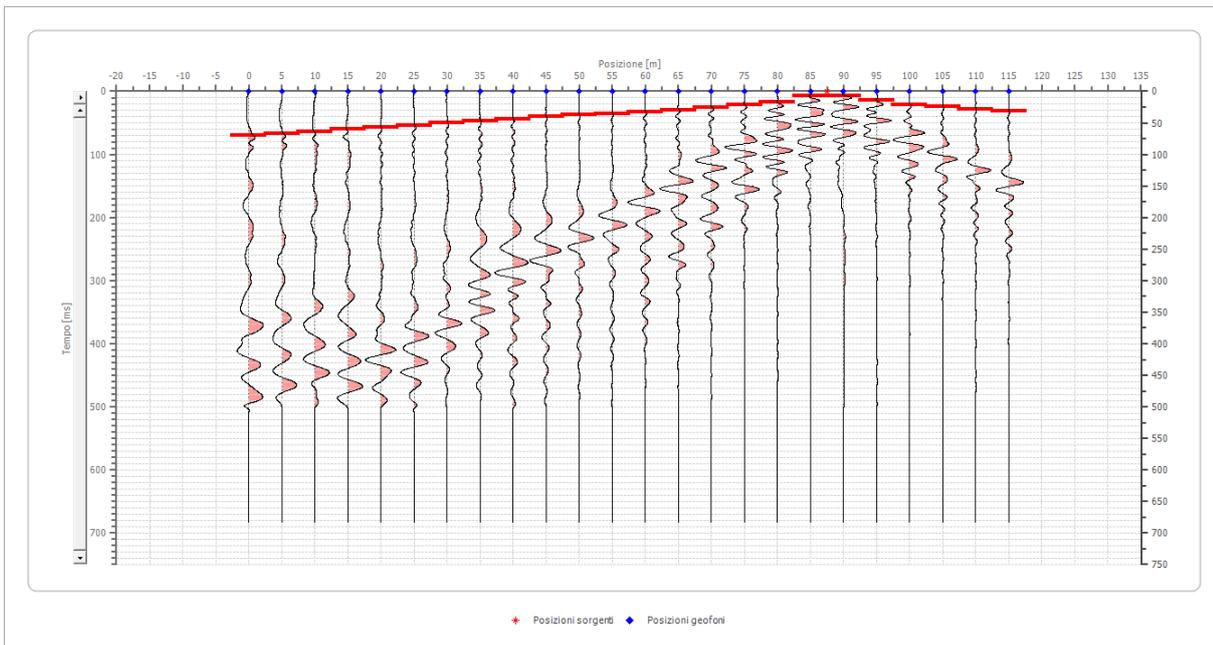


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	50.2618
5.0	47.9772
10.0	44.9310
15.0	42.6464
20.0	38.8387
25.0	36.5540
30.0	32.7463
35.0	28.9386
40.0	25.1309
45.0	22.0847
50.0	16.7539
55.0	7.6154
60.0	7.6154
65.0	18.2770
70.0	22.8463
75.0	25.8924
80.0	29.7002

85.0	31.9848
90.0	35.0309
95.0	37.3156
100.0	40.3617
105.0	43.4079
110.0	46.4541
115.0	50.2618

**Battuta 5**

Posizione sorgente X            87.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]



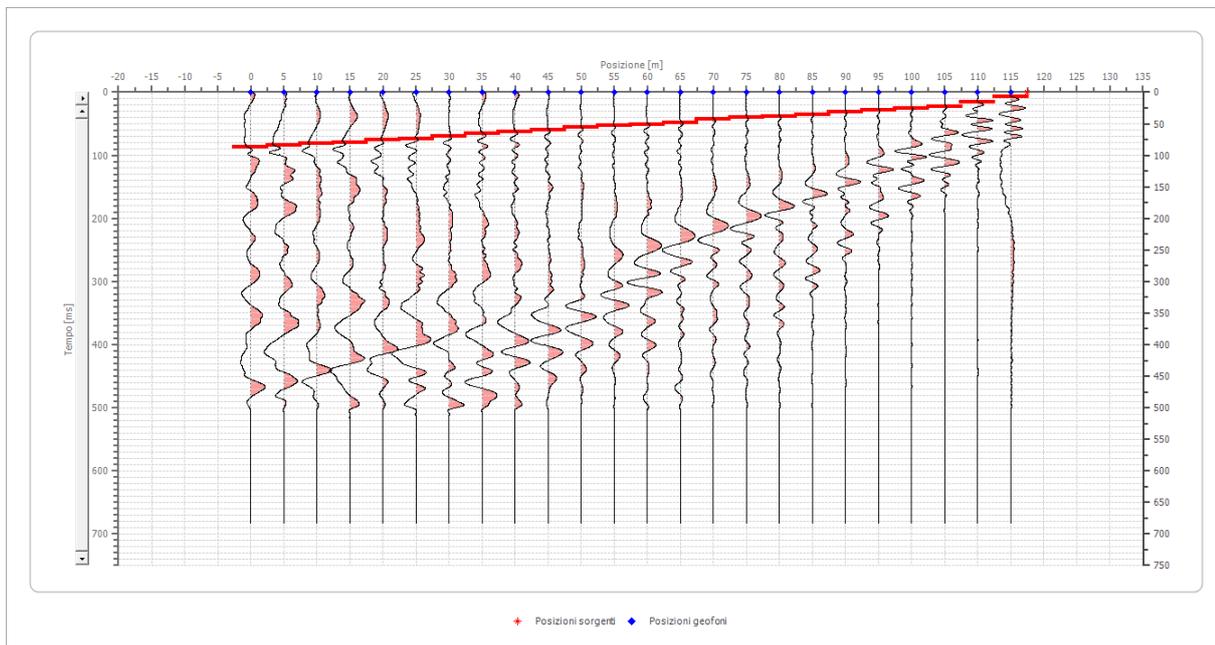
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	70.0619
5.0	67.0157
10.0	63.9696
15.0	60.1618
20.0	57.1157
25.0	54.8310
30.0	50.2618
35.0	46.4541
40.0	44.1695
45.0	40.3617
50.0	37.3156
55.0	35.7925
60.0	32.7463
65.0	29.7002
70.0	25.8924
75.0	22.0847

80.0	16.7539
85.0	6.8539
90.0	6.8539
95.0	14.4693
100.0	22.0847
105.0	24.3694
110.0	28.1771
115.0	31.9848

### Battuta 6

Posizione sorgente X            117.5    [m]

Posizione sorgente Z            0 [m]

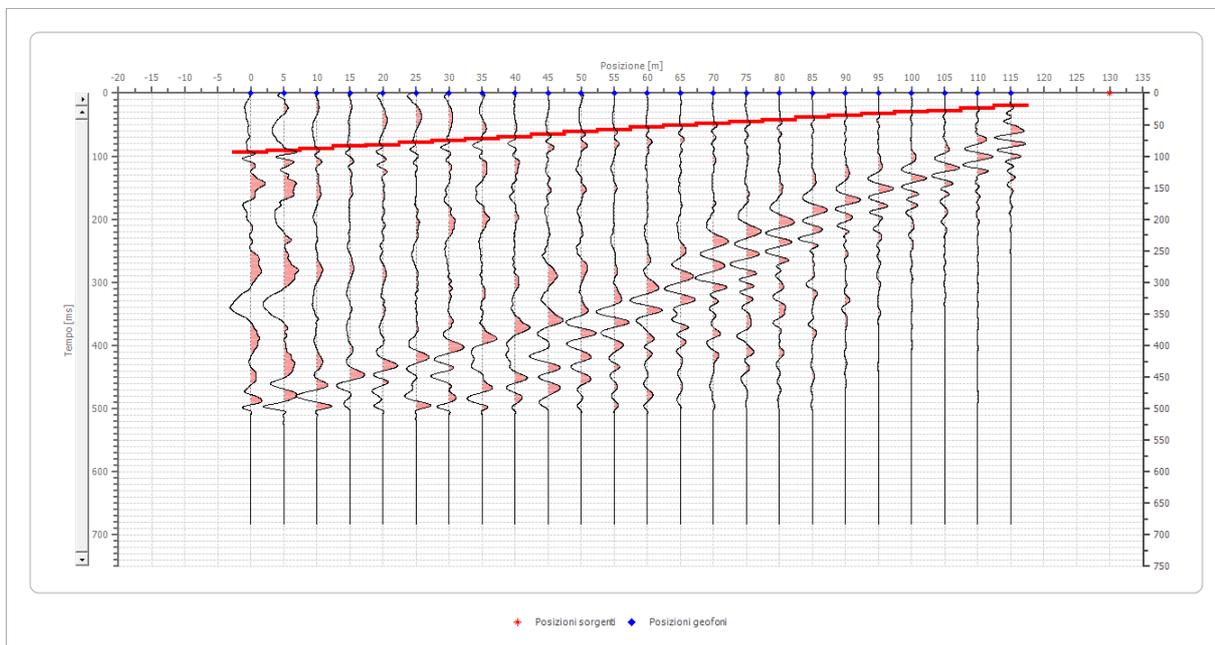


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	86.8158
5.0	83.7697
10.0	81.4850
15.0	79.2004
20.0	76.1542
25.0	73.8696
30.0	70.0619
35.0	65.4926
40.0	62.4465
45.0	59.4003
50.0	55.5926
55.0	53.3080
60.0	51.0233
65.0	47.9772
70.0	43.4079

75.0	40.3617
80.0	38.0771
85.0	35.7925
90.0	31.9848
95.0	28.9386
100.0	25.8924
105.0	22.8463
110.0	15.9924
115.0	6.8539

**Battuta 7**

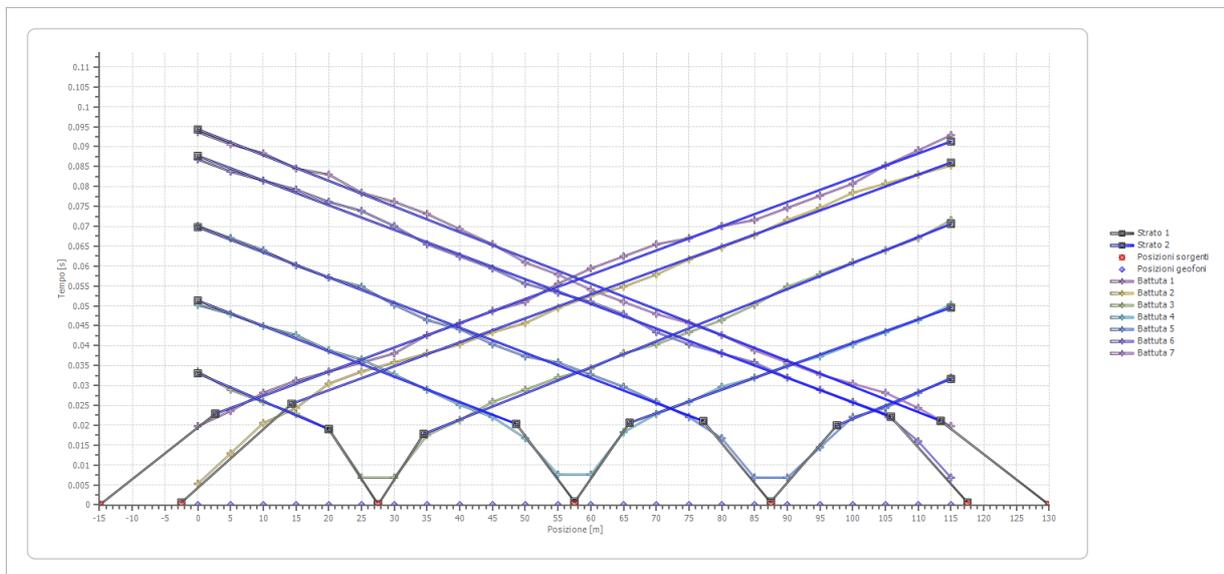
Posizione sorgente X            130    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]



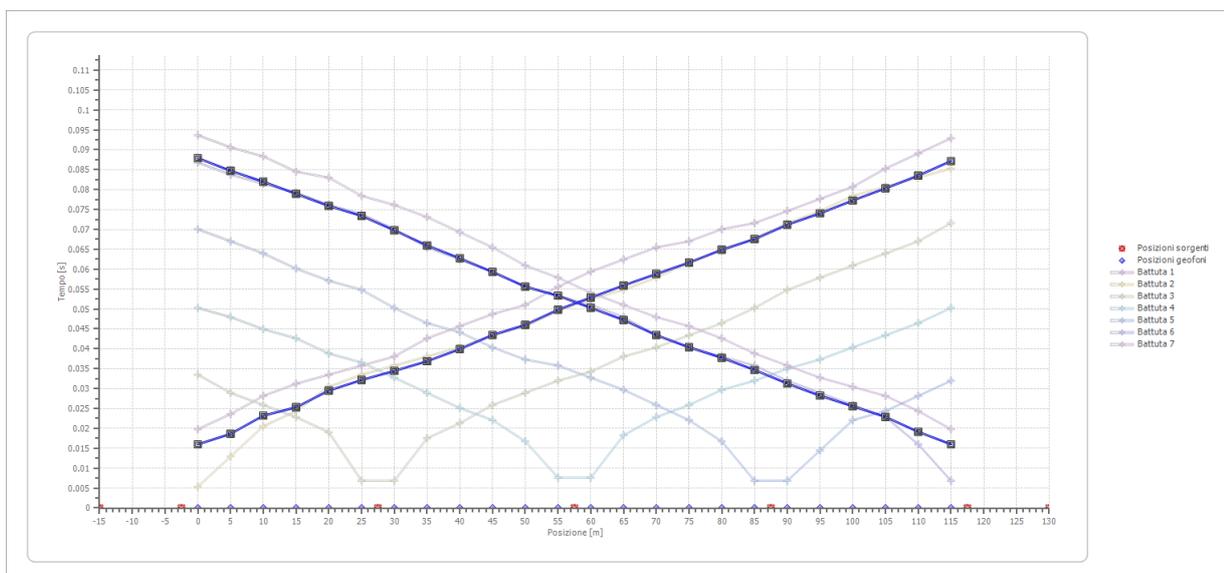
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	93.6697
5.0	90.6235
10.0	88.3389
15.0	84.5312
20.0	83.0081
25.0	78.4389
30.0	76.1542
35.0	73.1081
40.0	69.3004
45.0	65.4926
50.0	60.9234
55.0	57.8772
60.0	54.0695
65.0	51.0233

70.0	47.9772
75.0	45.6925
80.0	42.6464
85.0	38.8387
90.0	35.7925
95.0	32.7463
100.0	30.4617
105.0	28.1771
110.0	24.3694
115.0	19.8001

## Dromocrone



## Dromocrone traslate



---

### Interpretazione col metodo G.,R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	4.2	--
G= 5.0 [m]	4.0	--
G= 10.0 [m]	4.5	--
G= 15.0 [m]	4.3	--
G= 20.0 [m]	4.6	--
G= 25.0 [m]	4.6	--
G= 30.0 [m]	4.3	--
G= 35.0 [m]	3.9	--
G= 40.0 [m]	3.8	--
G= 45.0 [m]	3.9	--
G= 50.0 [m]	3.6	--
G= 55.0 [m]	4.0	--
G= 60.0 [m]	4.0	--
G= 65.0 [m]	4.0	--
G= 70.0 [m]	3.7	--
G= 75.0 [m]	3.7	--
G= 80.0 [m]	3.8	--
G= 85.0 [m]	3.7	--
G= 90.0 [m]	3.8	--
G= 95.0 [m]	3.7	--
G= 100.0 [m]	3.9	--
G= 105.0 [m]	4.0	--
G= 110.0 [m]	3.8	--
G= 115.0 [m]	4.0	--
Velocità [m/sec]	524.1	1614.0
Descrizione		

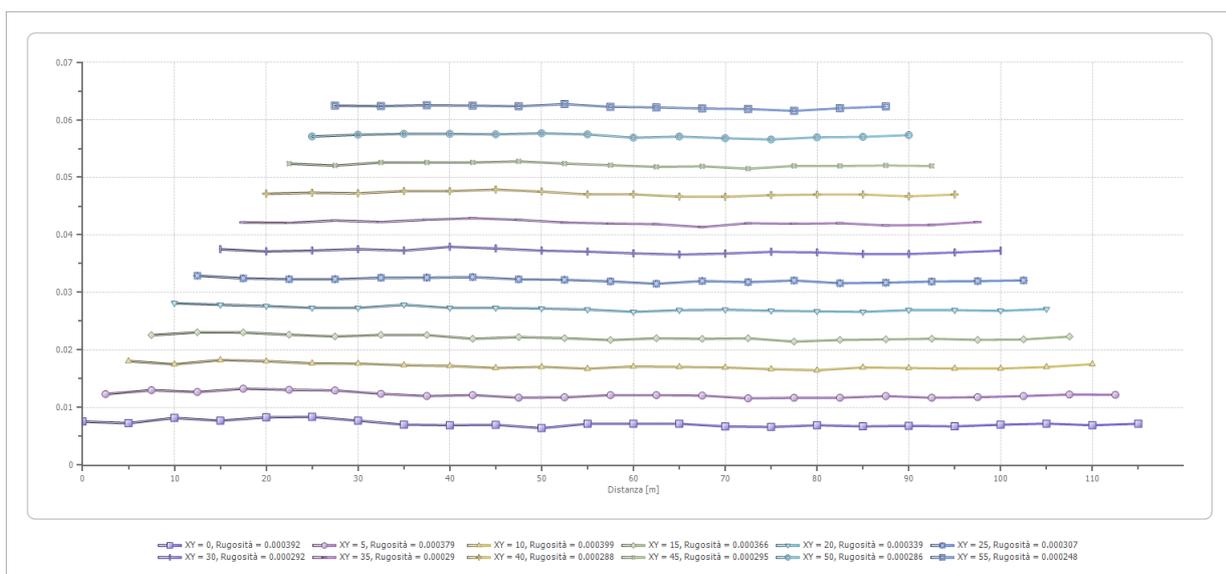
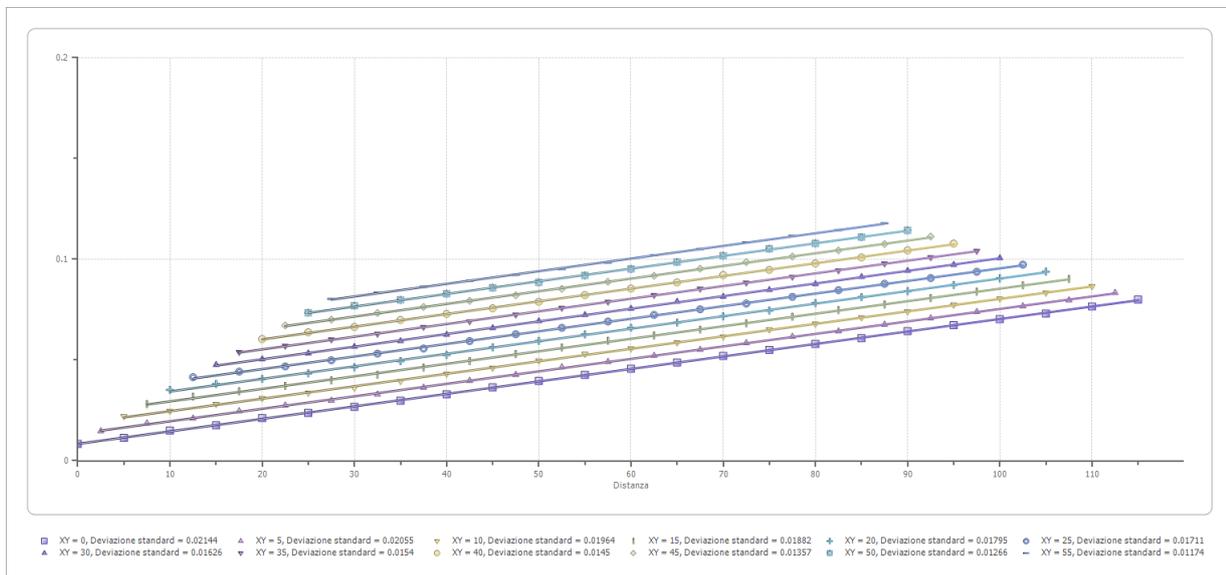
### Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35

---

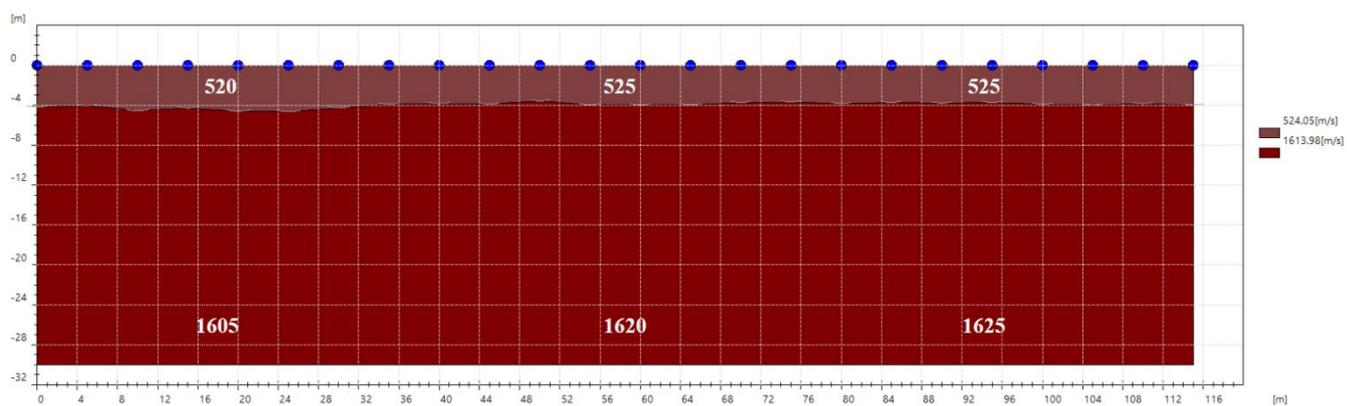
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	524.05	1613.98
Vs [m/s]	251.75	775.33
G0 [MPa]	114.08	1082.05
Ed [Mpa]	494.33	4688.86
M0 [MPa]	380.26	3606.82
Ey [Mpa]	308.01	2921.52

G0: Modulo di deformazione al taglio;  
Ed: Modulo edometrico;  
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;  
Ey: Modulo di Young;



---

### SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA – ONDE P

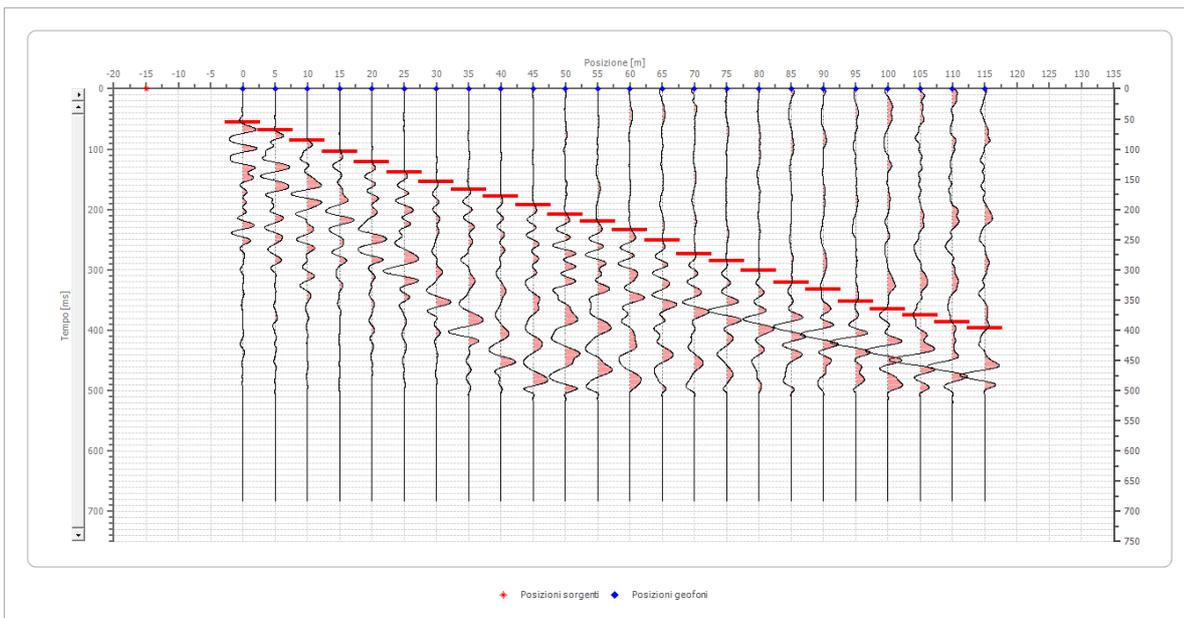


Il rifratore presente è probabilmente riconducibile alla presenza della falda acquifera.

## Dati battute – ONDE SH

### Battuta 1

Posizione sorgente X            -15    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

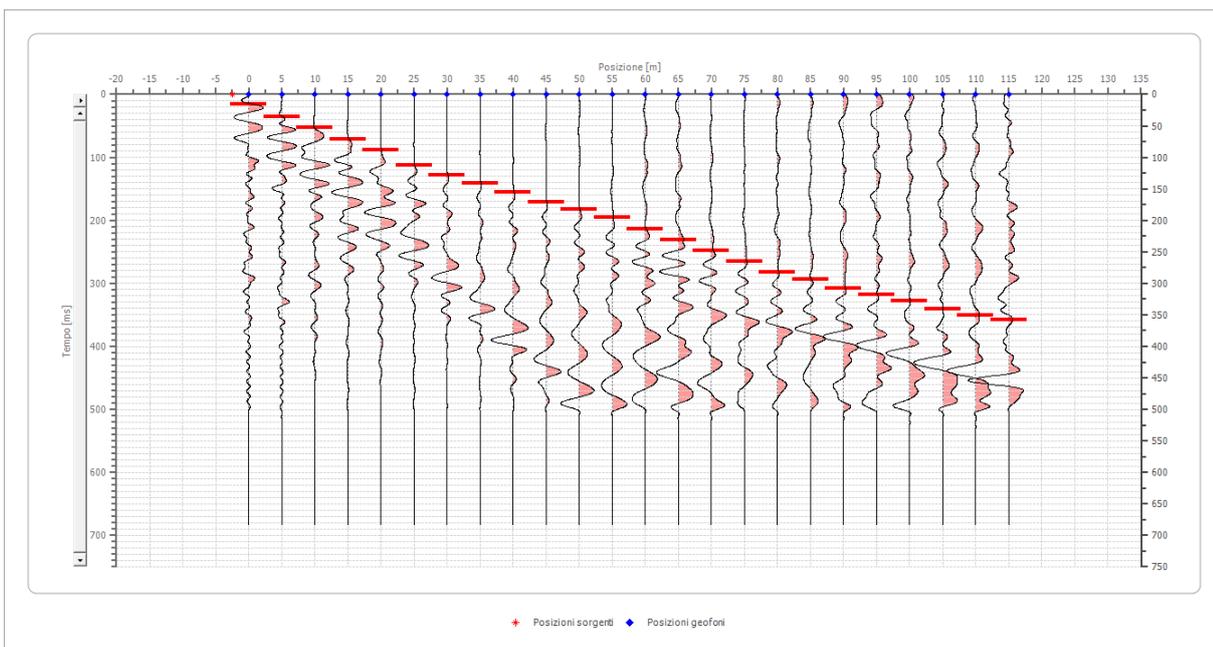


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	55.5926
5.0	68.5388
10.0	85.2927
15.0	104.3313
20.0	121.8468
25.0	137.8392
30.0	154.5931
35.0	166.7778

40.0	178.2009
45.0	192.6702
50.0	208.6626
55.0	220.0857
60.0	233.7935
65.0	251.3090
70.0	273.3937
75.0	285.5784
80.0	300.8092
85.0	320.6093
90.0	332.7940
95.0	351.8326
100.0	364.7788
105.0	375.4404
110.0	386.1020
115.0	396.0020

**Battuta 2**

Posizione sorgente X            -2.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

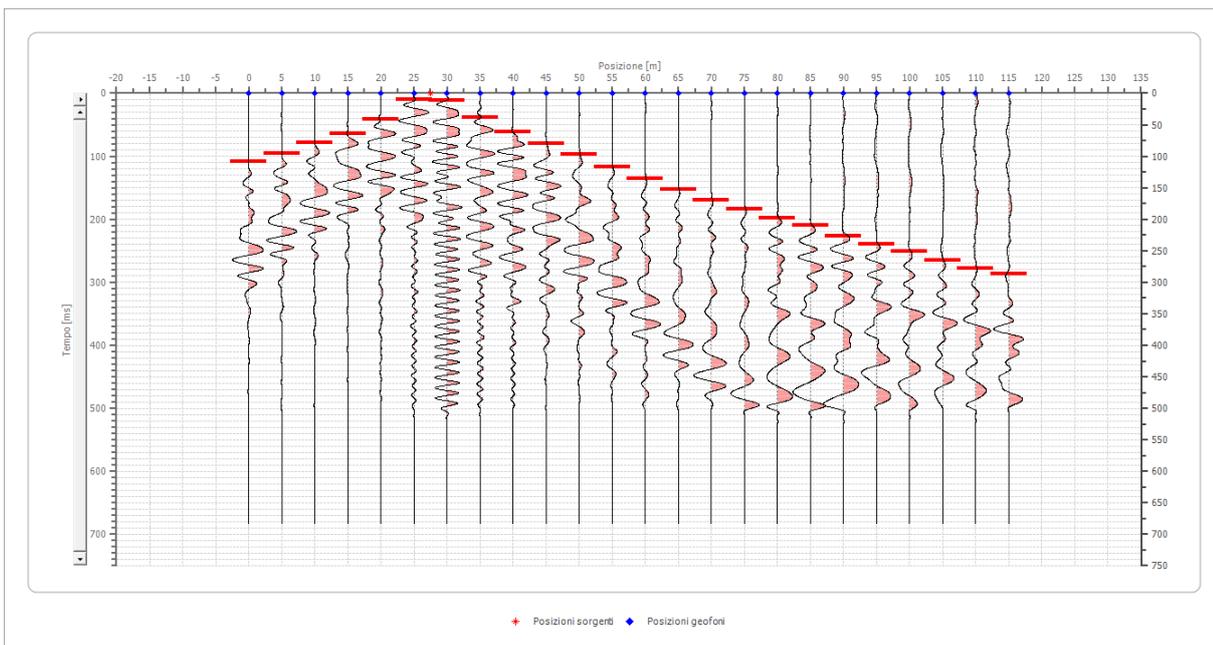


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	15.2308
5.0	35.0309
10.0	53.3080
15.0	70.8234
20.0	88.3389
25.0	111.9467
30.0	127.9391
35.0	140.8853

40.0	156.1162
45.0	170.5855
50.0	182.7702
55.0	195.7164
60.0	213.2319
65.0	231.5089
70.0	248.2628
75.0	265.0167
80.0	281.7707
85.0	293.9553
90.0	307.6631
95.0	318.3247
100.0	327.4632
105.0	340.4094
110.0	350.3095
115.0	357.9249

### Battuta 3

Posizione sorgente X      27.5    [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]

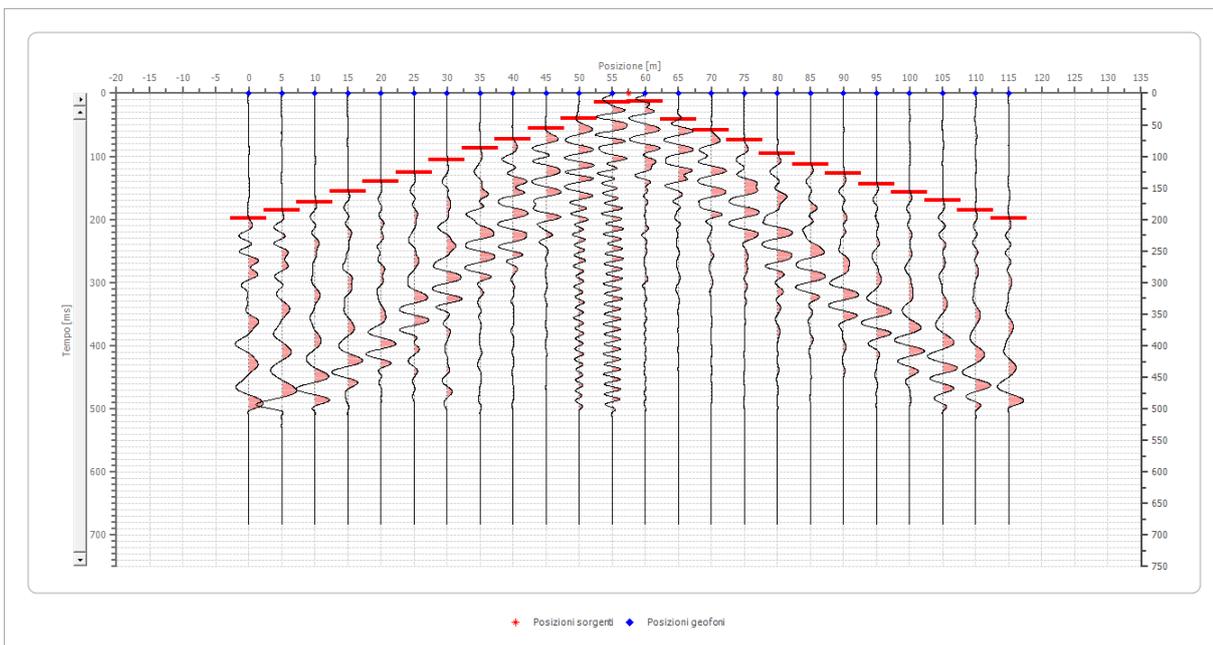


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	108.1390
5.0	95.1928
10.0	78.4389
15.0	64.7311
20.0	41.1233
25.0	10.6616
30.0	11.4231

35.0	38.0771
40.0	60.9234
45.0	79.2004
50.0	96.7159
55.0	117.2775
60.0	135.5545
65.0	152.3085
70.0	169.0624
75.0	184.2932
80.0	198.7625
85.0	210.1857
90.0	226.1781
95.0	239.1243
100.0	251.3090
105.0	265.7783
110.0	277.9629
115.0	286.3399

**Battuta 4**

Posizione sorgente X            57.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

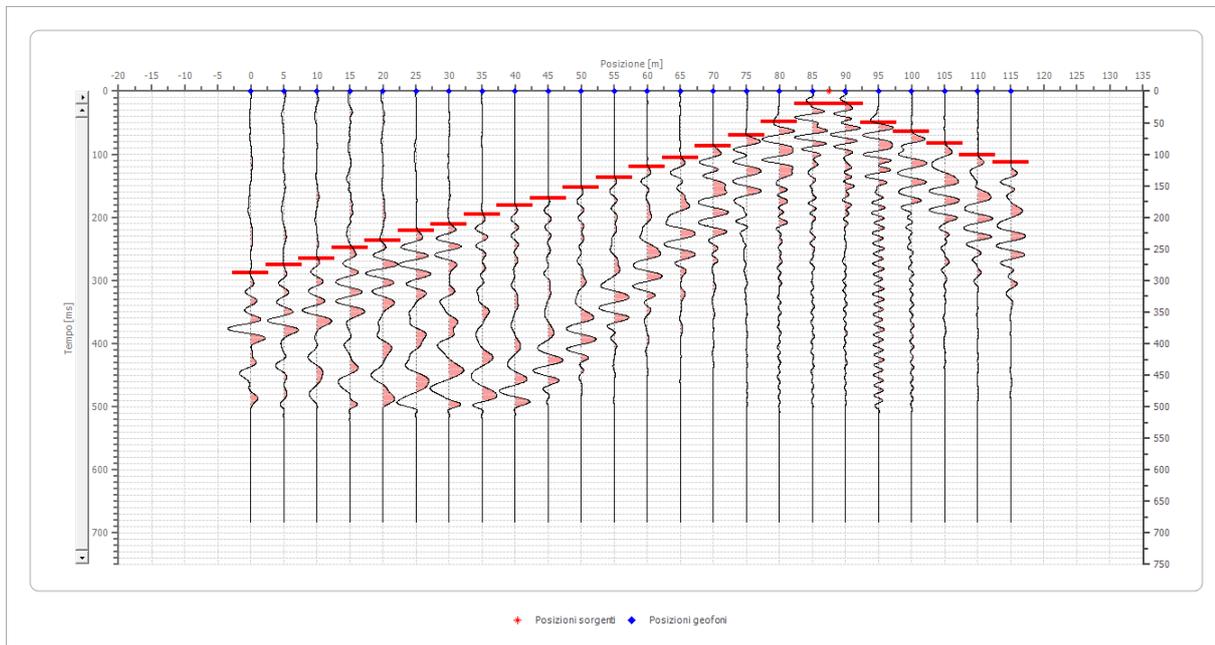


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	198.0010
5.0	185.8163
10.0	172.1086
15.0	155.3546
20.0	139.3622
25.0	124.8929

30.0	105.8544
35.0	86.8158
40.0	72.3465
45.0	55.5926
50.0	40.3617
55.0	13.7078
60.0	12.9462
65.0	41.1233
70.0	58.6388
75.0	74.6311
80.0	95.9543
85.0	111.9467
90.0	127.1776
95.0	143.9315
100.0	156.8777
105.0	169.8239
110.0	185.0548
115.0	198.0010

**Battuta 5**

Posizione sorgente X            87.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

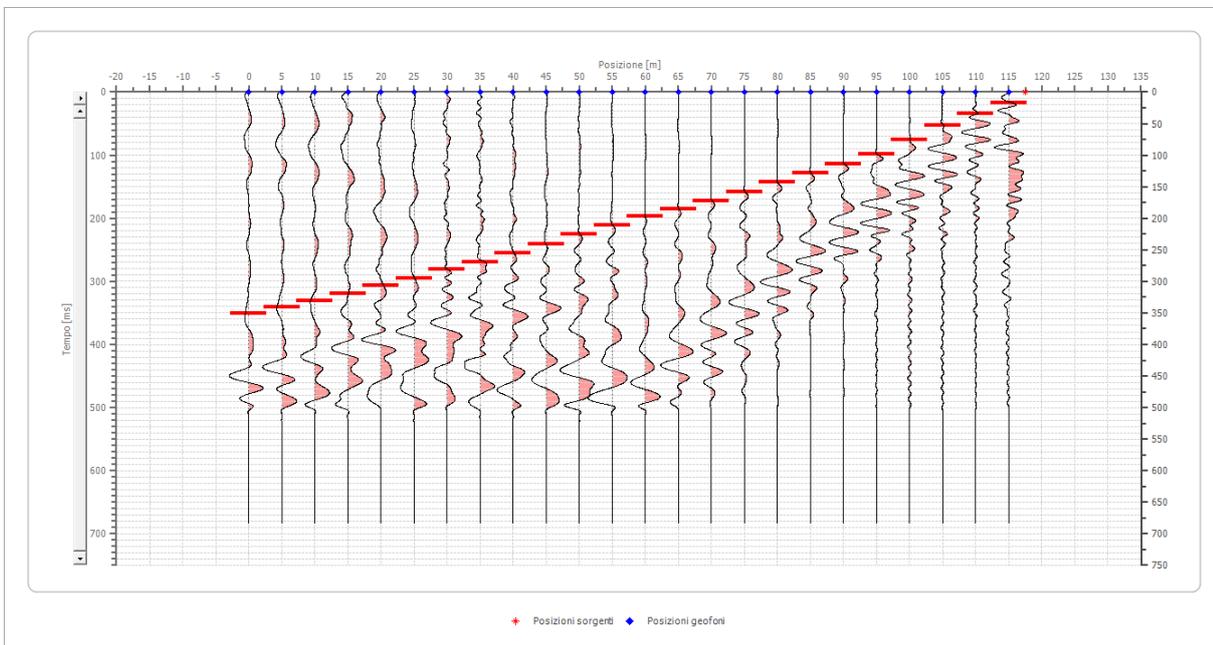


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	288.6245
5.0	275.6783
10.0	265.7783
15.0	248.2628
20.0	236.0781

25.0	221.6088
30.0	211.7088
35.0	195.7164
40.0	181.2471
45.0	169.0624
50.0	152.3085
55.0	136.3161
60.0	120.3237
65.0	105.0928
70.0	86.8158
75.0	69.3004
80.0	47.9772
85.0	19.8001
90.0	19.8001
95.0	49.5003
100.0	64.7311
105.0	82.2466
110.0	101.2851
115.0	112.7083

**Battuta 6**

Posizione sorgente X            117.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

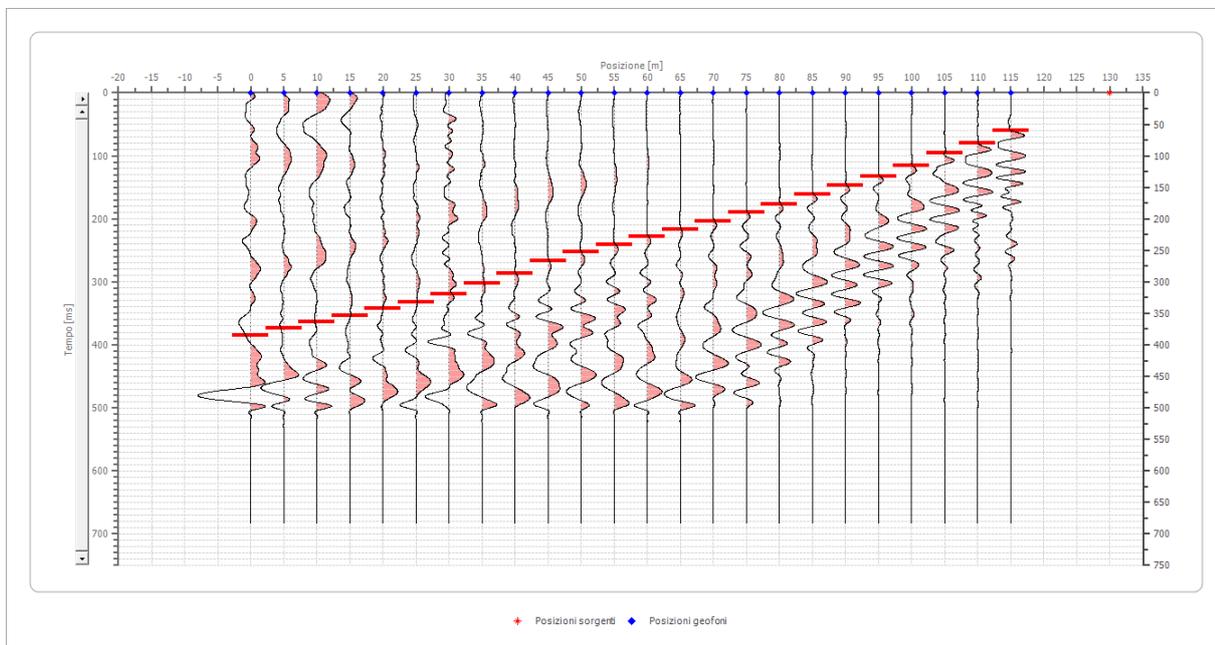


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	351.0710
5.0	340.4094
10.0	331.2709
15.0	319.8478

20.0	306.9016
25.0	294.7169
30.0	280.2476
35.0	269.5860
40.0	255.1167
45.0	241.4089
50.0	224.6550
55.0	211.7088
60.0	197.2395
65.0	185.0548
70.0	172.8701
75.0	157.6393
80.0	143.1700
85.0	128.7007
90.0	114.2313
95.0	98.2390
100.0	76.1542
105.0	53.3080
110.0	33.5079
115.0	16.7539

### Battuta 7

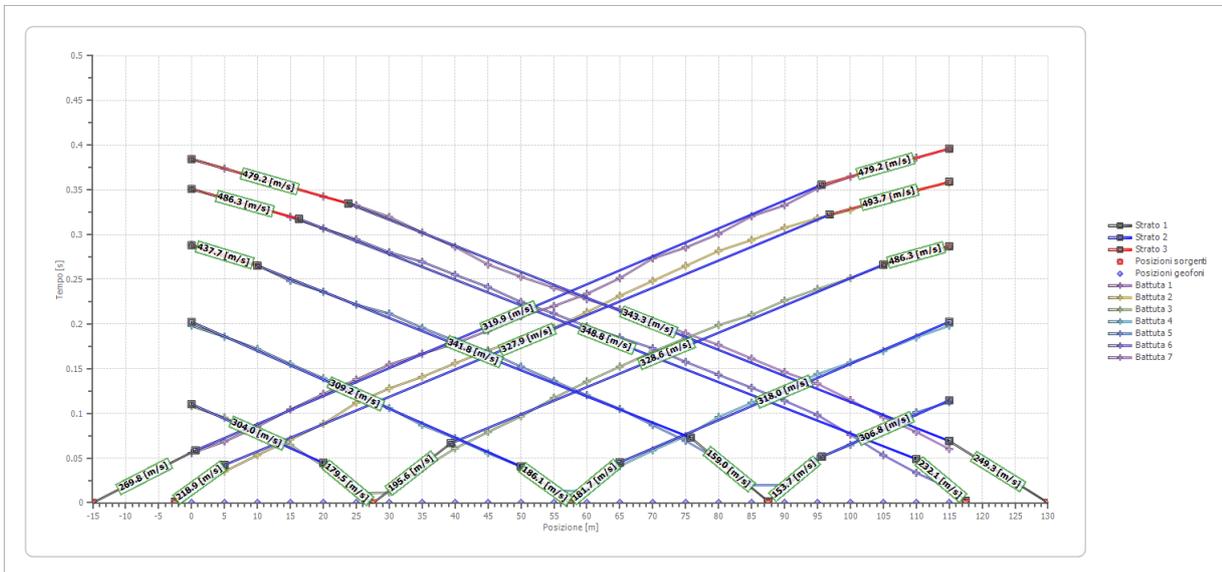
Posizione sorgente X      130    [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]



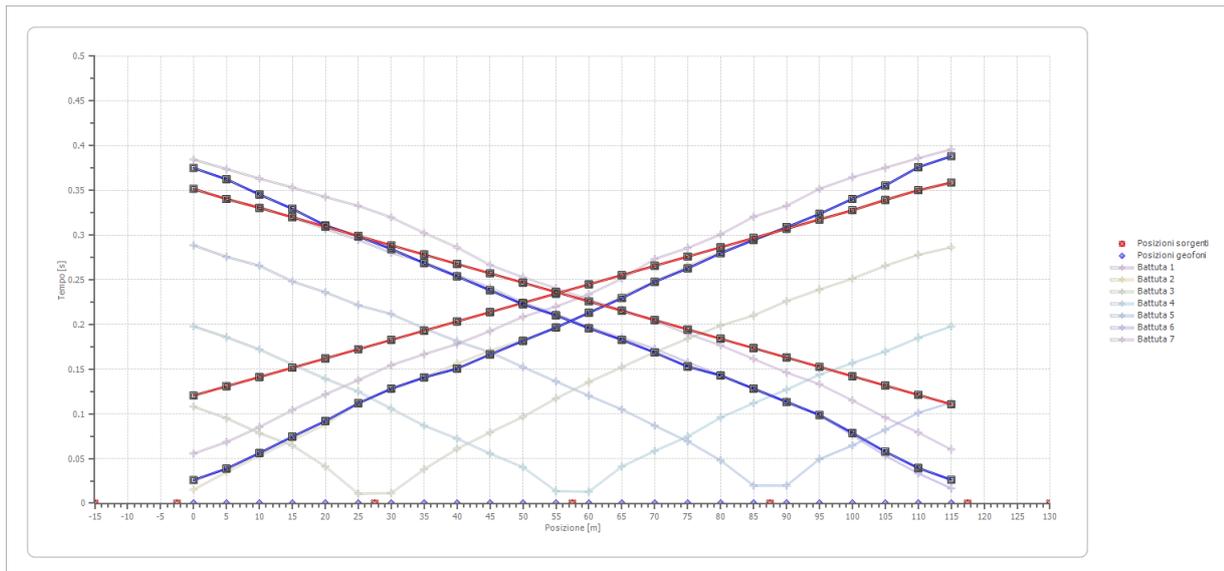
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	384.5789
5.0	373.9173
10.0	363.2557

15.0	353.3556
20.0	342.6940
25.0	332.7940
30.0	319.8478
35.0	302.3323
40.0	286.3399
45.0	266.5398
50.0	252.8321
55.0	240.6474
60.0	227.7012
65.0	216.2780
70.0	204.0933
75.0	189.6240
80.0	176.6778
85.0	161.4470
90.0	146.2161
95.0	133.2699
100.0	114.9929
105.0	95.9543
110.0	79.2004
115.0	60.1618

## Dromocrone



## Dromocrone traslate

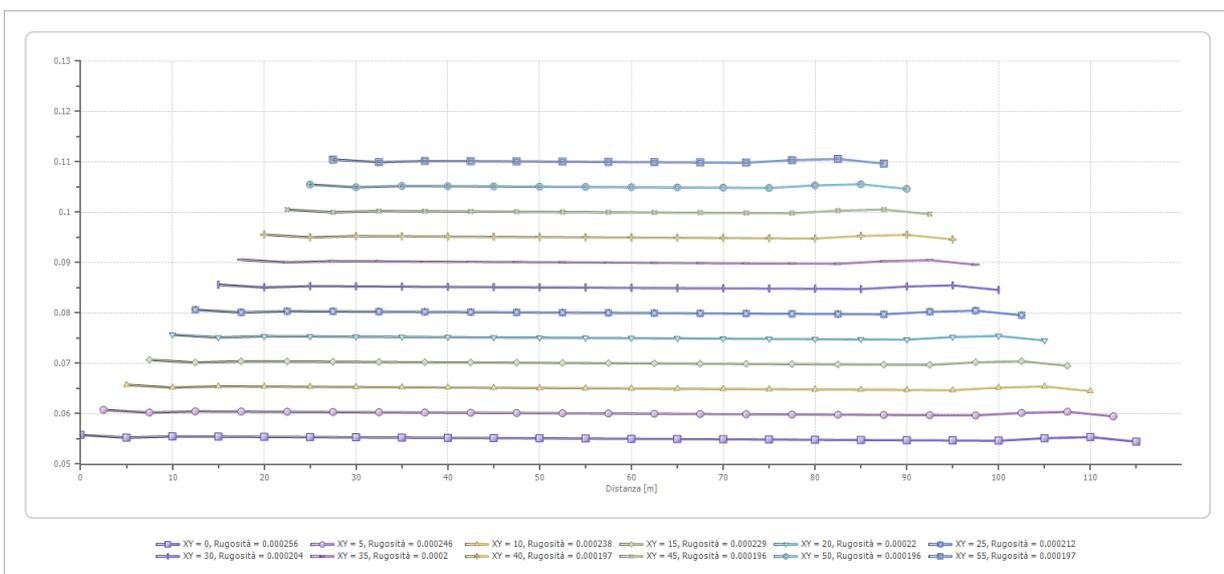
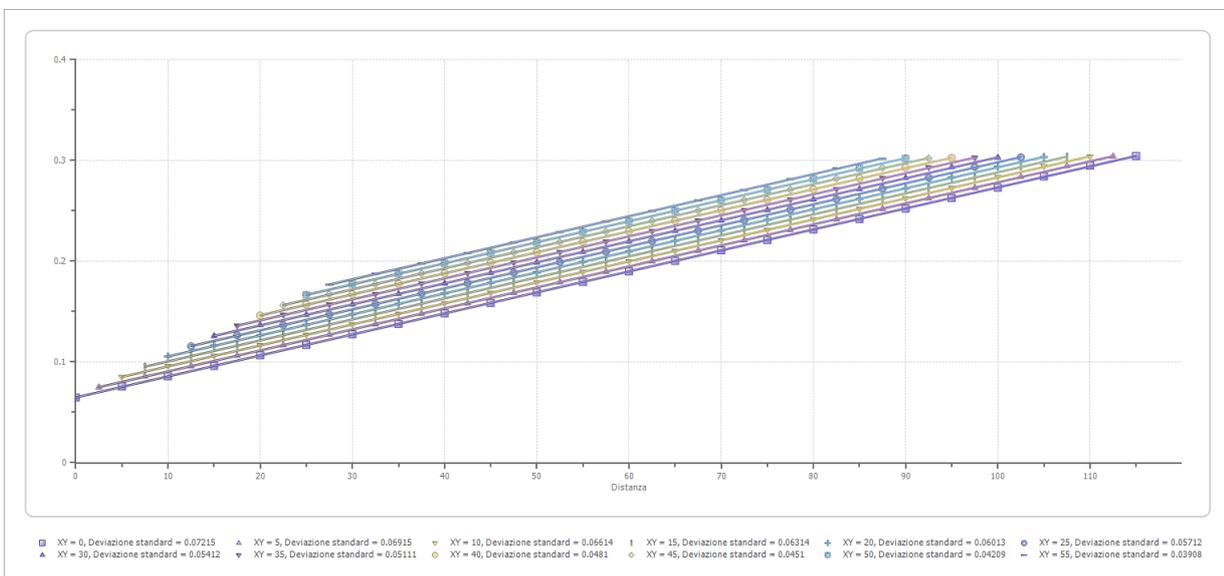


### Interpretazione col metodo G.,R.M.

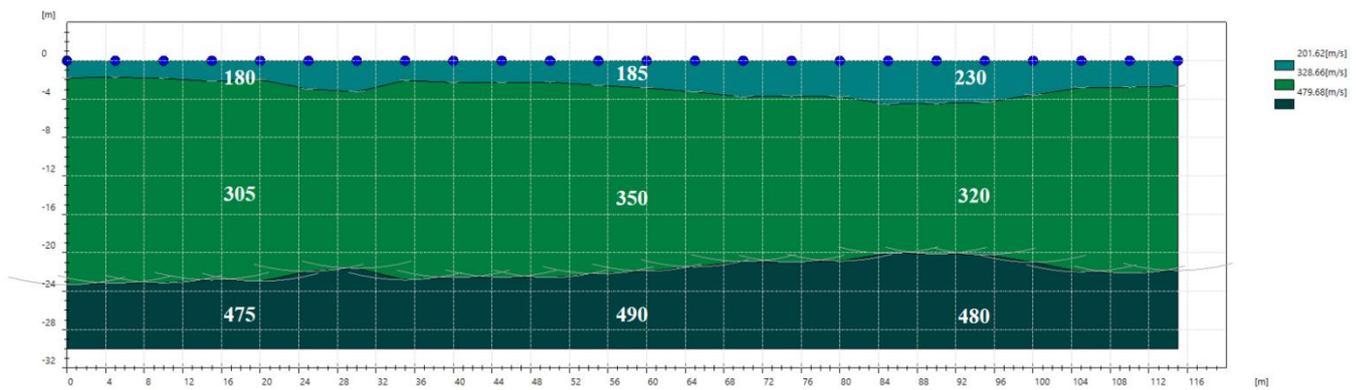
XY: 0

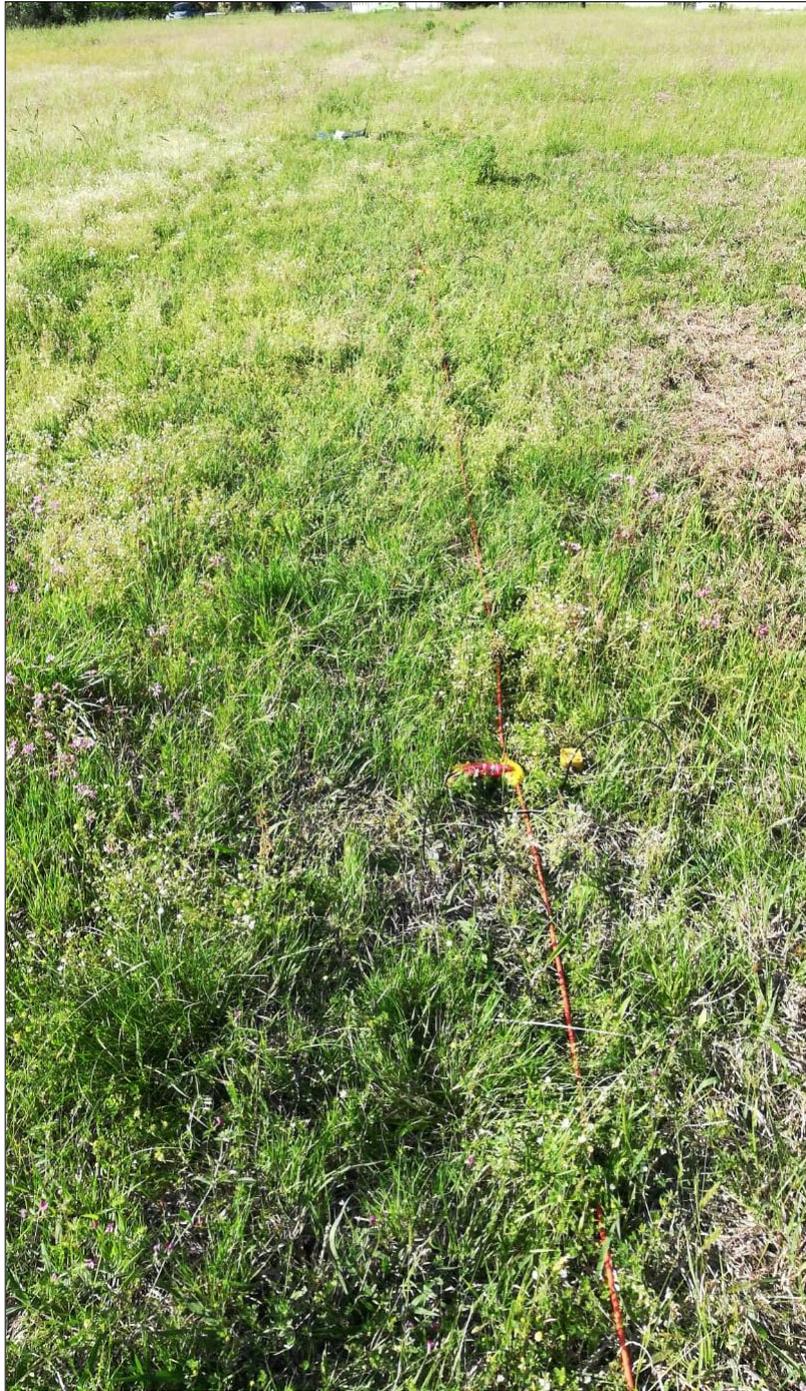
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 0.0 [m]	1.6	23.4	--
G= 5.0 [m]	1.6	23.2	--
G= 10.0 [m]	1.7	23.2	--
G= 15.0 [m]	2.0	22.9	--
G= 20.0 [m]	1.8	23.0	--
G= 25.0 [m]	2.8	22.0	--
G= 30.0 [m]	3.1	21.7	--
G= 35.0 [m]	2.7	22.1	--
G= 40.0 [m]	2.0	22.7	--
G= 45.0 [m]	2.0	22.7	--
G= 50.0 [m]	2.0	22.7	--
G= 55.0 [m]	2.3	22.3	--
G= 60.0 [m]	2.6	22.0	--
G= 65.0 [m]	3.0	21.6	--
G= 70.0 [m]	3.6	21.0	--

G= 75.0 [m]	3.5	21.1	--
G= 80.0 [m]	4.4	20.2	--
G= 85.0 [m]	4.4	20.2	--
G= 90.0 [m]	4.3	20.2	--
G= 95.0 [m]	4.3	20.1	--
G= 100.0 [m]	3.9	20.5	--
G= 105.0 [m]	3.1	21.5	--
G= 110.0 [m]	3.4	21.4	--
G= 115.0 [m]	3.3	21.1	--
Velocità [m/sec]	202.6	327.4	479.7
Descrizione			



### SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA – ONDE SH





Stendimento SR\_4\_MS2\_Empoli



Stendimento SR\_4\_MS2\_Empoli

**SR\_5: SISMICA A RIFRAZIONE P-SH**

---

## Easy Refract

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda  $\lambda$ , comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde  $\lambda$ , equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza  $\theta_i$  mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione  $\theta_r$ . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove  $v_1$  e  $v_2$  sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per  $v_1 > v_2$  si ha che  $\theta_i > \theta_r$  e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per  $v_1 < v_2$  si ha che  $\theta_i < \theta_r$  ed esiste un angolo limite di incidenza per cui  $\theta_r = 90^\circ$  ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo  $T$  dato dalla relazione

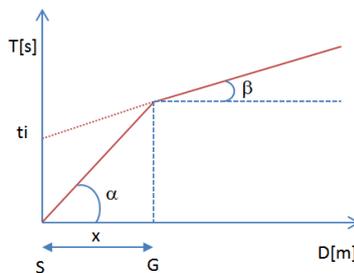
$$T = x_i / V_1$$

dove  $x_i$  è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità  $V_1$  del primo mezzo come

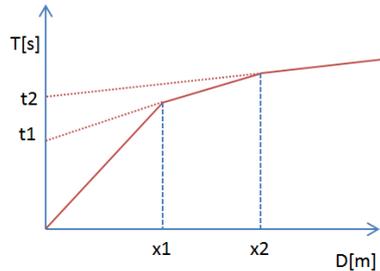
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo  $t_i$  che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

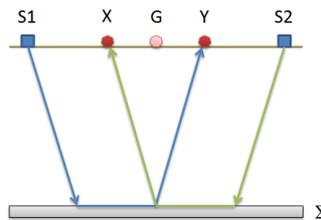


Infine, dalla conoscenza dei tempi  $t_i$  è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left( t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

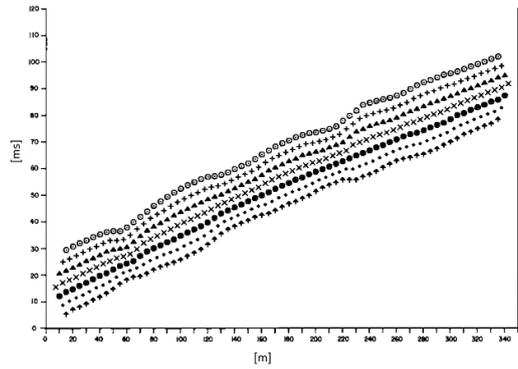
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



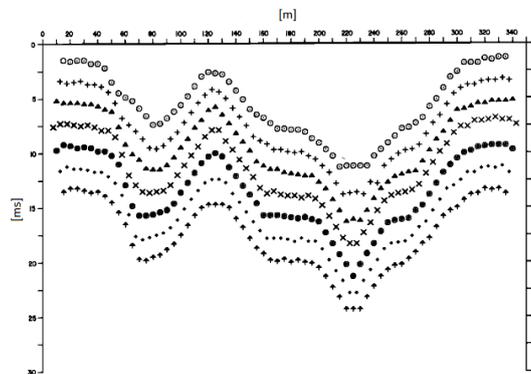
dove  $T_{S_1Y}$  e  $T_{S_2X}$  sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre  $T_{S_1S_2}$  è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento.  $T_V$  è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione  $T_V$  viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left( T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove  $V_n$  è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

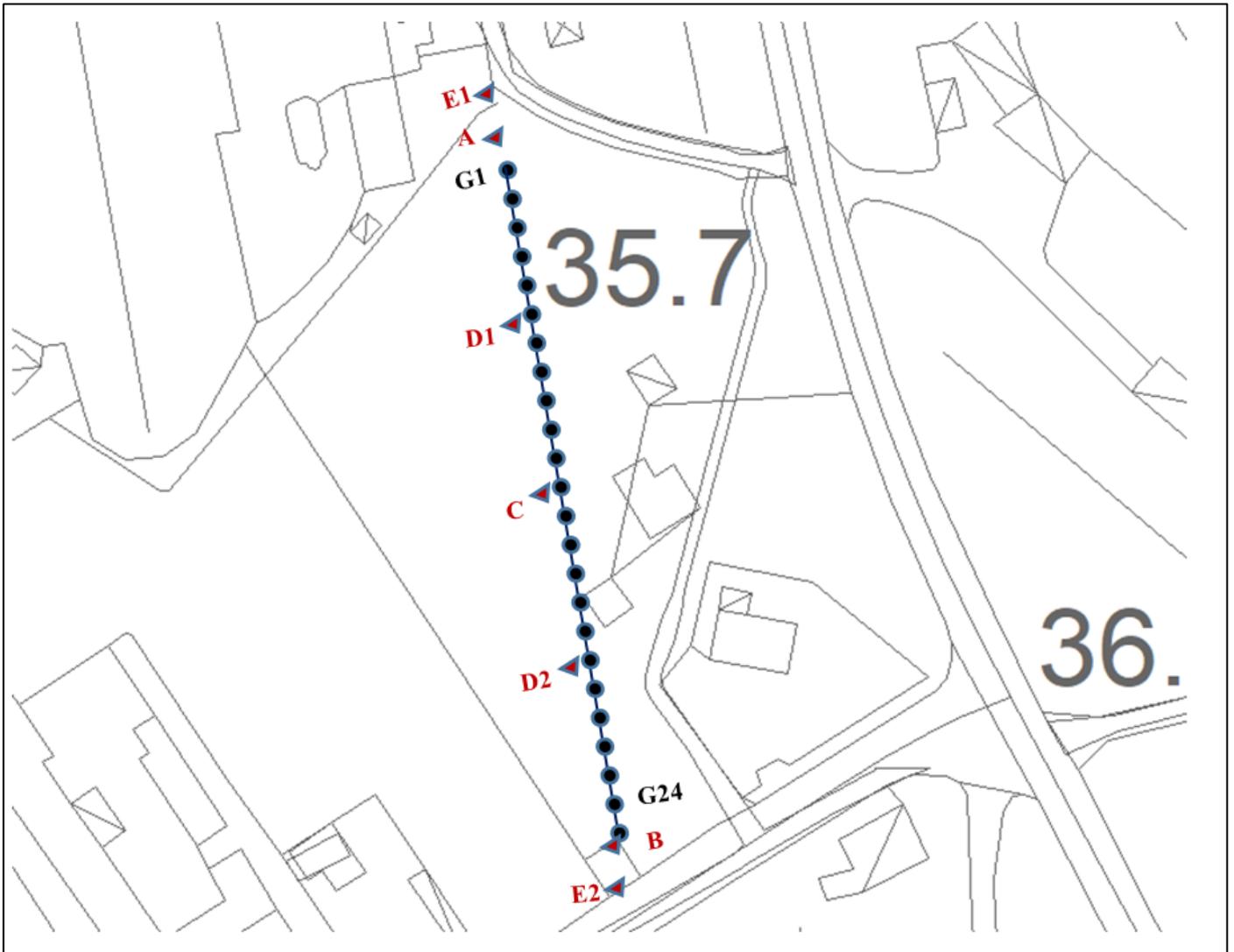
---

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifratore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.  
Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa  $20^\circ$

**Planimetria Scala 1:5000**



Planimetria Scala 1:1000



---

## Geometria dello stendimento

Numero Geofoni: 24

Intervallo (m): 5 m

Lunghezza Stendimento (m): 115 m

Quota (m.s.l.m.):

## Punti di energizzazione

	<b>A</b> <b>Estremo</b> <b>SX</b>	<b>D1</b> <b>Intermedio</b> <b>SX</b>	<b>D2</b> <b>Intermedio</b> <b>SX</b>	<b>C</b> <b>Centrale</b>	<b>D3</b> <b>Intermedio</b> <b>DX</b>	<b>D4</b> <b>Intermedio</b> <b>SX</b>	<b>B</b> <b>Estremo</b> <b>DX</b>
<b>Posizione da Geofono G1 (m)</b>	-15.0	-2.5	27.5	57.5	87.5	117.5	130

## Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	5.0	0.0
3	10.0	0.0
4	15.0	0.0
5	20.0	0.0
6	25.0	0.0
7	30.0	0.0
8	35.0	0.0
9	40.0	0.0
10	45.0	0.0
11	50.0	0.0
12	55.0	0.0
13	60.0	0.0
14	65.0	0.0
15	70.0	0.0
16	75.0	0.0
17	80.0	0.0
18	85.0	0.0
19	90.0	0.0
20	95.0	0.0
21	100.0	0.0
22	105.0	0.0
23	110.0	0.0
24	115.0	0.0

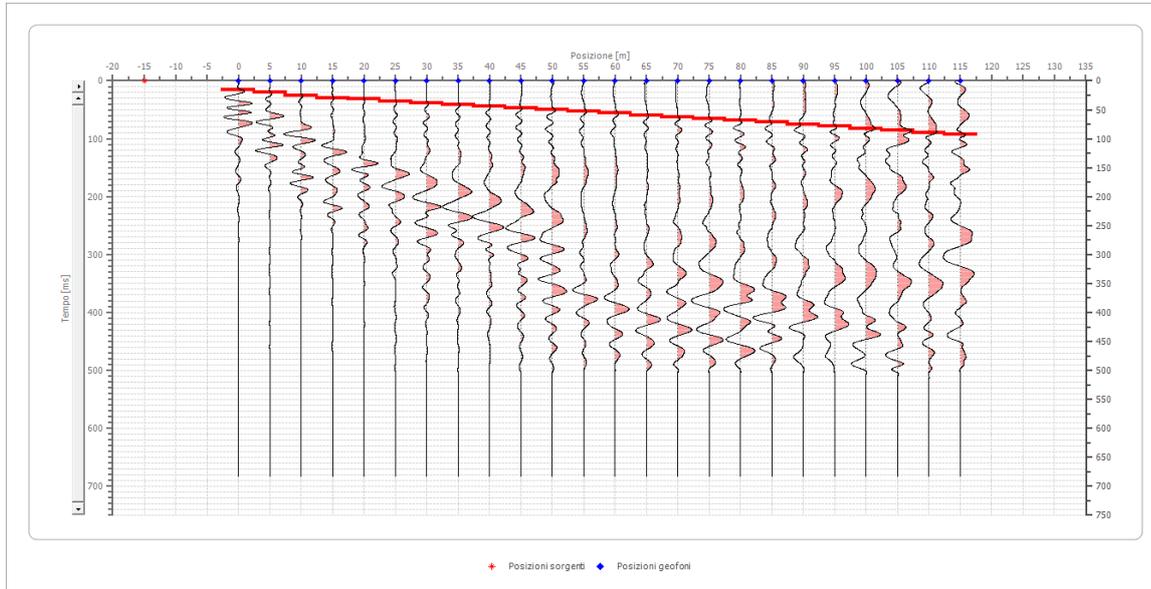
---

## Dati battute – ONDE P

### Battuta 1

Posizione sorgente X -15 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]



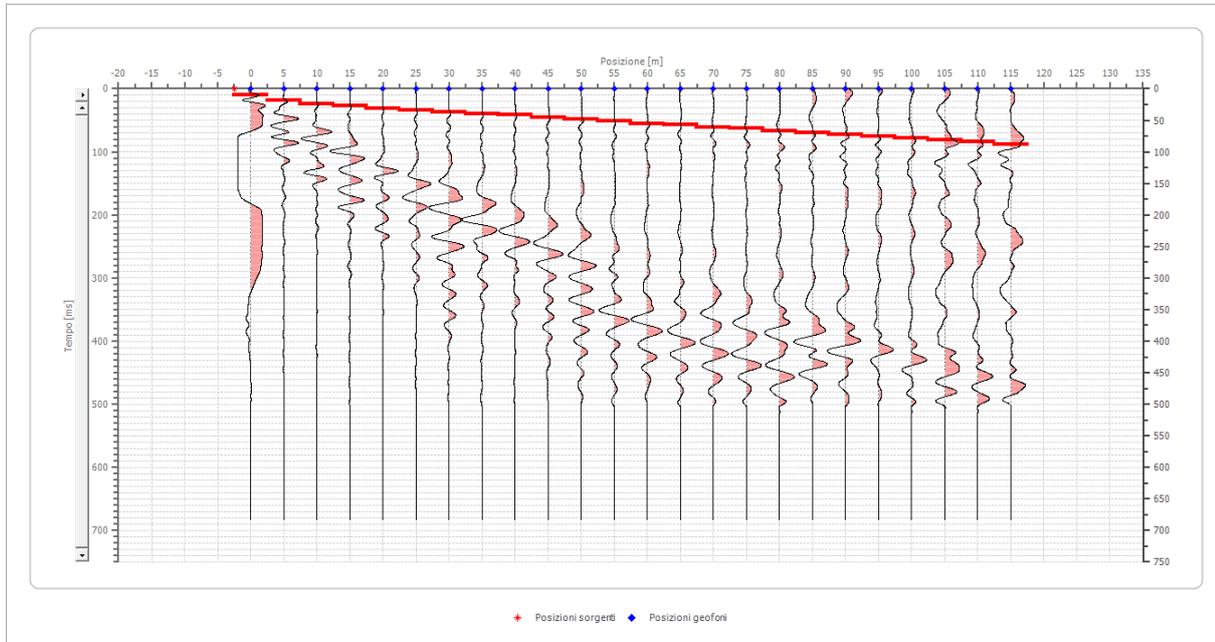
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	15.2308
5.0	19.8001
10.0	25.0951
15.0	29.2776
20.0	31.9392
25.0	35.3612
30.0	38.7833
35.0	41.4449
40.0	44.8669
45.0	47.0000
50.0	49.4297
55.0	52.8517
60.0	55.8935
65.0	59.4003
70.0	62.4465
75.0	65.4926
80.0	68.0608
85.0	71.1027
90.0	75.2852
95.0	78.3270
100.0	82.5095

	105.0	85.5513
	110.0	89.3536
	115.0	92.3954

### Battuta 2

Posizione sorgente X            -2.5    [m]

Posizione sorgente Z            0 [m]

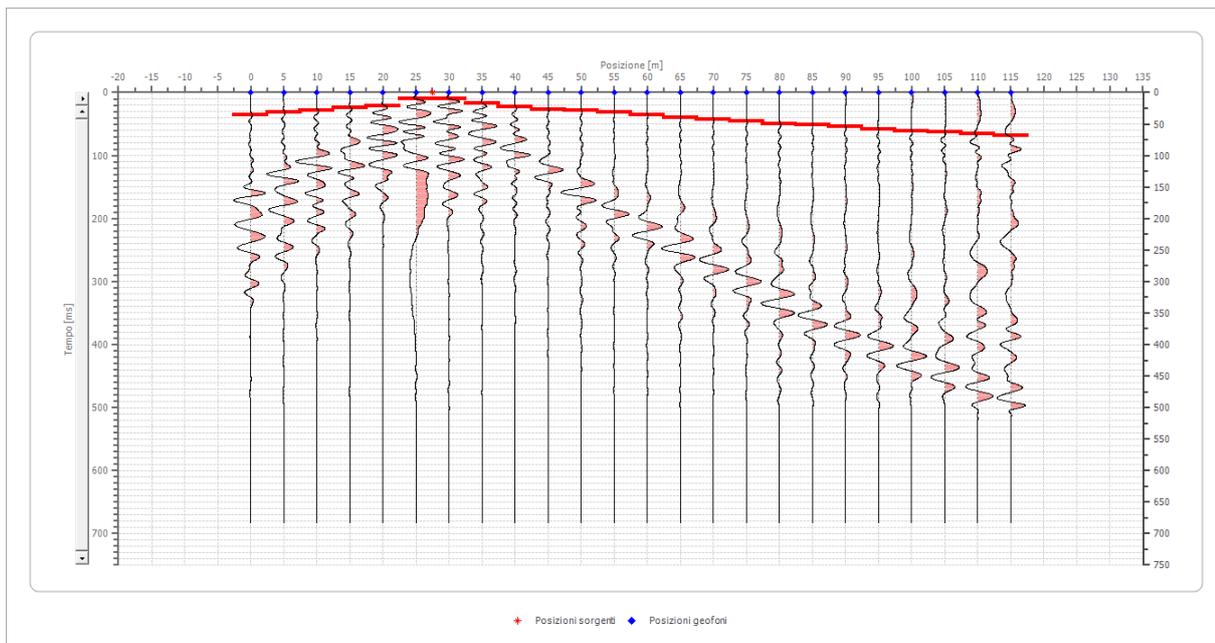


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	9.9001
5.0	19.0386
10.0	24.3694
15.0	27.4155
20.0	31.2232
25.0	34.2694
30.0	36.5540
35.0	39.6002
40.0	41.8848
45.0	44.9310
50.0	48.7387
55.0	51.7849
60.0	55.5926
65.0	57.1157
70.0	60.9234
75.0	62.4465
80.0	67.0157
85.0	69.3004
90.0	72.3465
95.0	75.3927

	100.0	78.4389
	105.0	81.4850
	110.0	84.5312
	115.0	88.3389

### Battuta 3

Posizione sorgente X            27.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

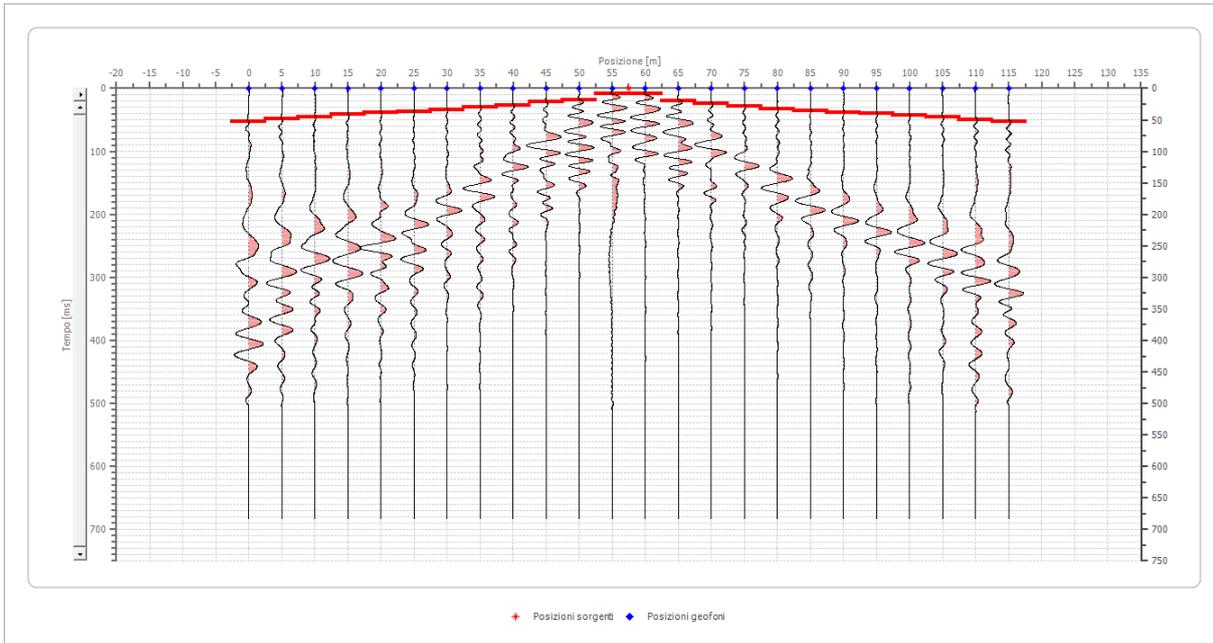


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	35.0309
5.0	31.2232
10.0	28.1771
15.0	24.3694
20.0	21.3232
25.0	9.9001
30.0	10.6616
35.0	16.7539
40.0	22.8463
45.0	26.6540
50.0	28.9386
55.0	31.9848
60.0	35.0309
65.0	39.6002
70.0	42.6464
75.0	44.9310
80.0	49.5003
85.0	51.7849
90.0	54.8310

	95.0	57.8772
	100.0	61.6849
	105.0	63.2080
	110.0	66.2542
	115.0	68.5388

#### Battuta 4

Posizione sorgente X            57.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

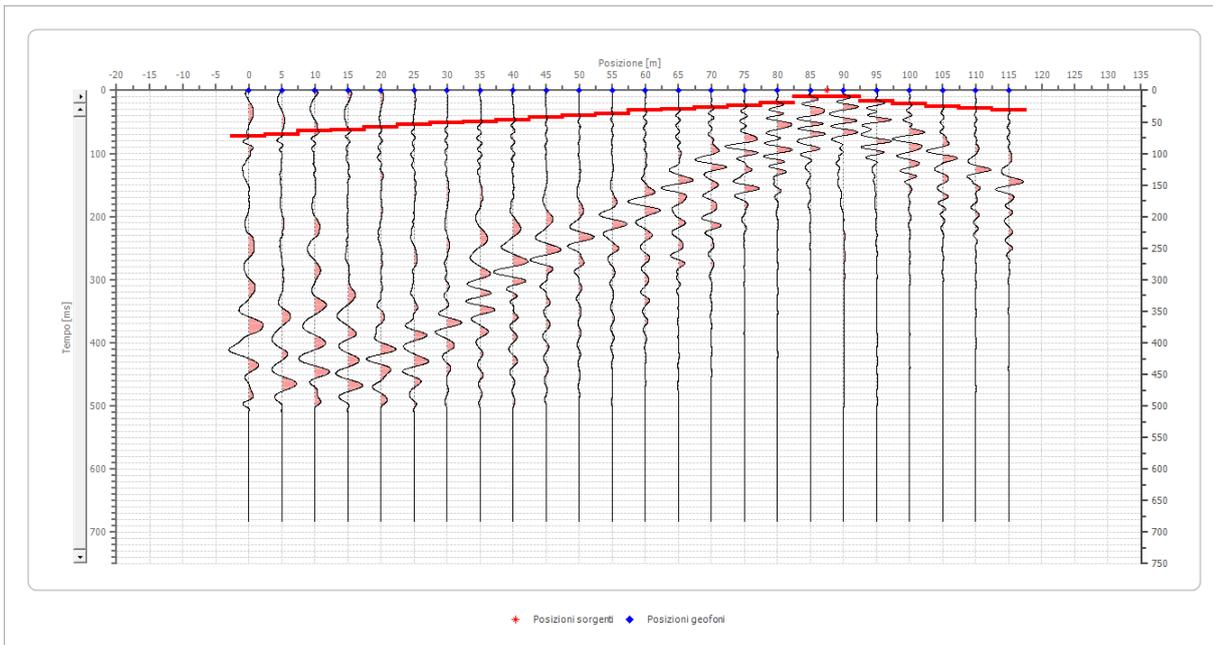


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	52.5464
5.0	48.7387
10.0	44.9310
15.0	41.8848
20.0	38.8387
25.0	37.3156
30.0	33.5079
35.0	29.7002
40.0	27.4155
45.0	22.0847
50.0	18.2770
55.0	8.3770
60.0	8.3770
65.0	19.8001
70.0	24.3694
75.0	28.9386
80.0	32.7463
85.0	35.0309

	90.0	38.0771
	95.0	40.3617
	100.0	42.6464
	105.0	44.9310
	110.0	49.5003
	115.0	52.5464

### Battuta 5

Posizione sorgente X      87.5    [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]

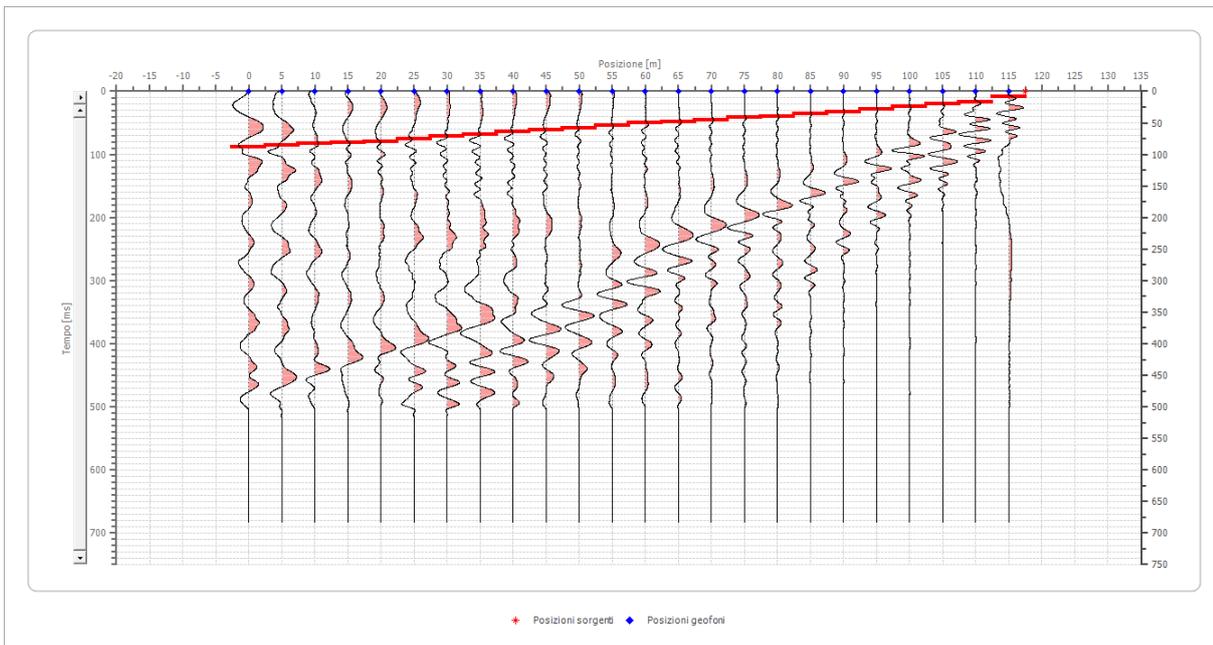


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	73.1081
5.0	69.3004
10.0	64.7311
15.0	63.2080
20.0	58.6388
25.0	54.8310
30.0	51.7849
35.0	49.5003
40.0	47.2156
45.0	42.6464
50.0	40.3617
55.0	37.3156
60.0	31.9848
65.0	29.7002
70.0	27.4155
75.0	23.6078
80.0	19.8001

	85.0	9.9001
	90.0	10.6616
	95.0	16.7539
	100.0	22.0847
	105.0	25.8924
	110.0	28.9386
	115.0	31.9848

### Battuta 6

Posizione sorgente X            117.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]



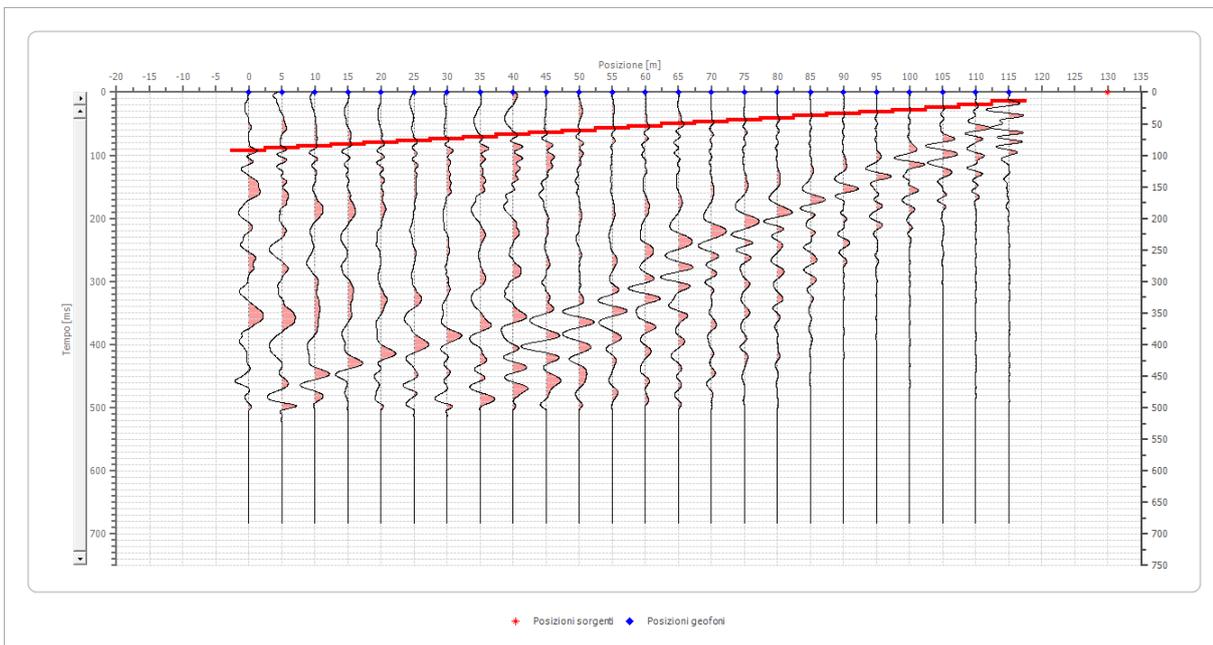
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	88.2129
5.0	85.9316
10.0	83.2700
15.0	80.6084
20.0	79.4677
25.0	75.2852
30.0	71.5850
35.0	68.5388
40.0	64.7311
45.0	61.6849
50.0	57.8772
55.0	54.8310
60.0	50.2618
65.0	47.9772
70.0	44.9310
75.0	41.8848

80.0	39.6002
85.0	35.7925
90.0	32.7463
95.0	28.1771
100.0	23.6078
105.0	20.5616
110.0	17.5155
115.0	8.3770

**Battuta 7**

Posizione sorgente X            130    [m]

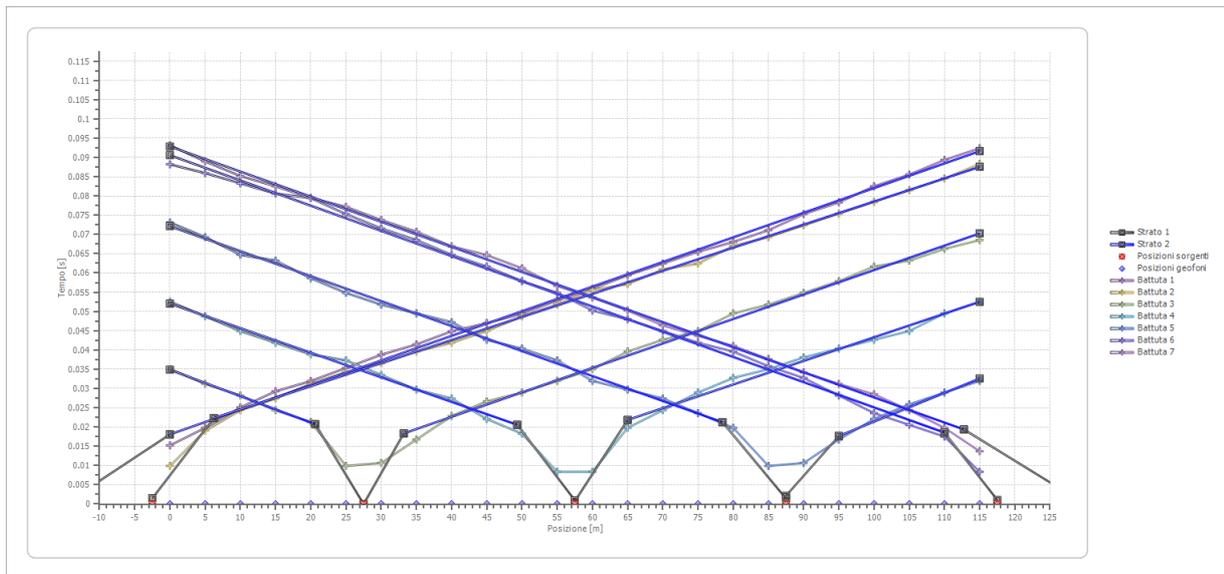
Posizione sorgente Z            0 [m]



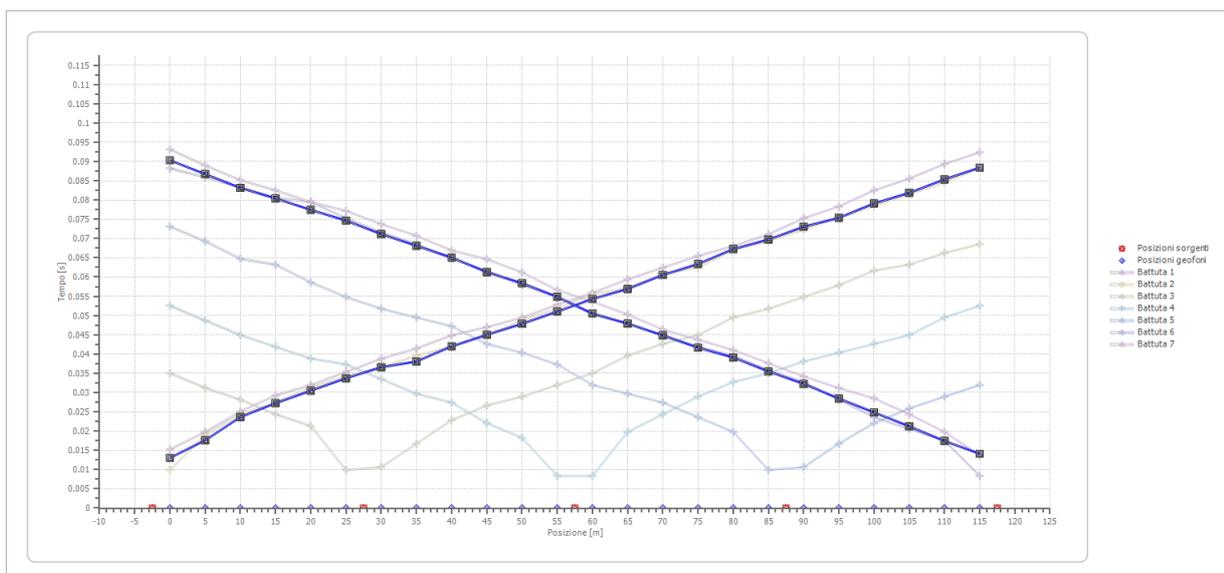
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	93.1559
5.0	88.9734
10.0	85.1711
15.0	82.5095
20.0	79.4677
25.0	77.1863
30.0	73.7643
35.0	70.7224
40.0	66.9202
45.0	64.6388
50.0	61.2167
55.0	56.6540
60.0	53.6122
65.0	50.2618
70.0	46.3878

	75.0	43.7262
	80.0	41.0646
	85.0	37.6426
	90.0	34.2205
	95.0	31.1787
	100.0	28.5171
	105.0	24.3694
	110.0	19.8001
	115.0	13.7078

## Dromocrone



## Dromocrone traslate

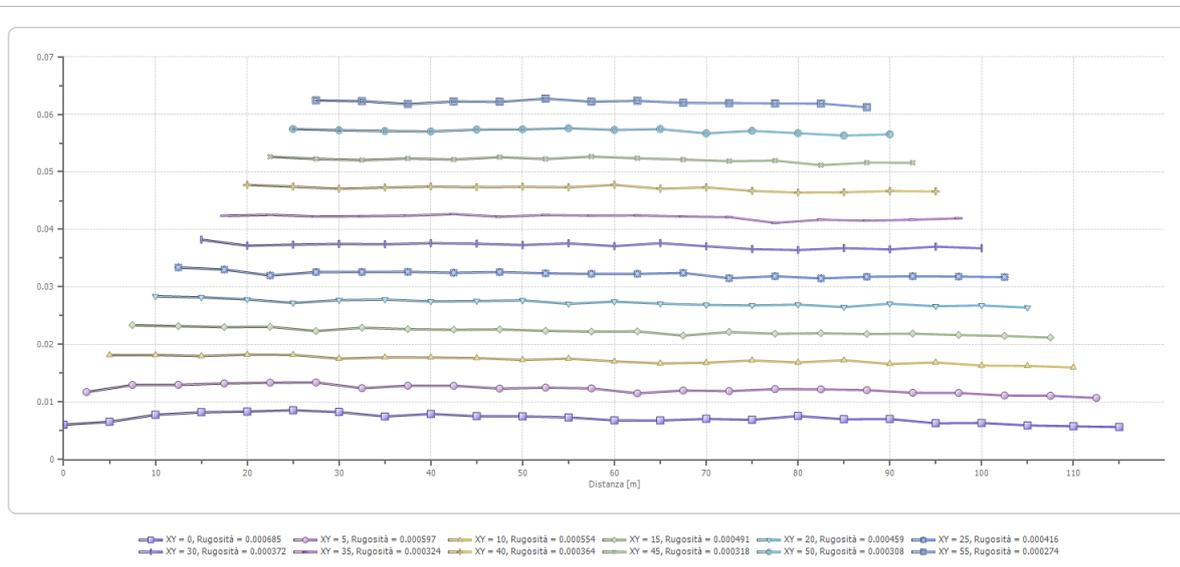
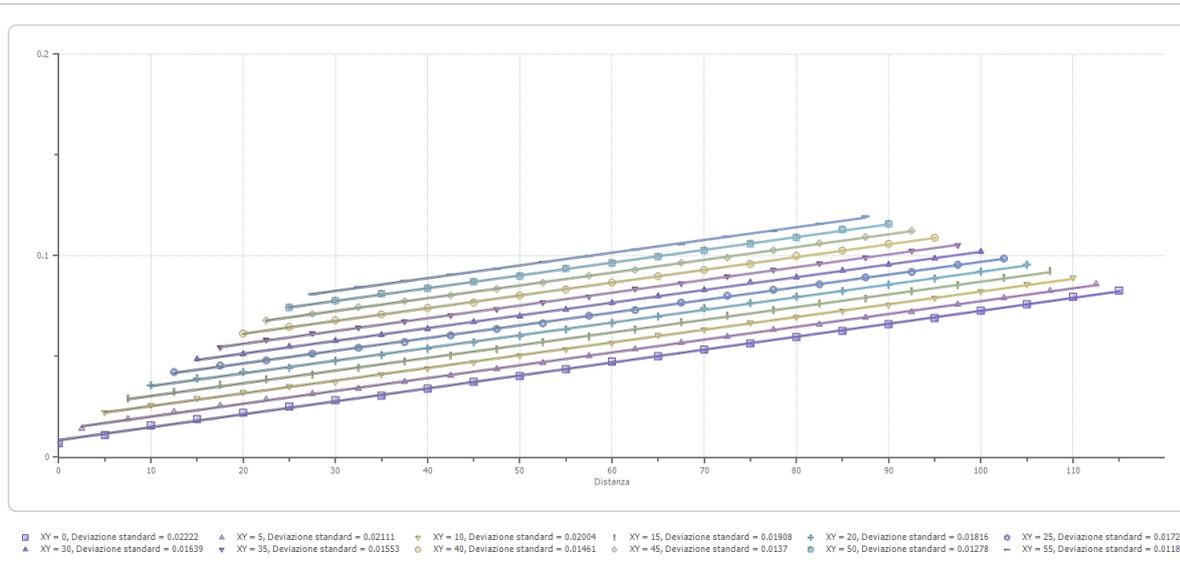


---

**Interpretazione col metodo G,.R.M.**

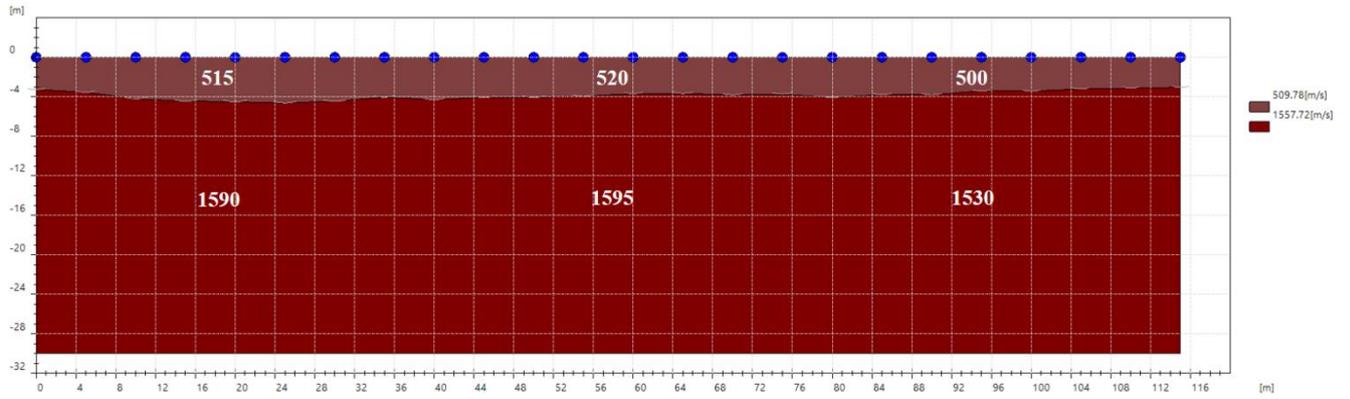
XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	3.3	--
G= 5.0 [m]	3.5	--
G= 10.0 [m]	4.2	--
G= 15.0 [m]	4.4	--
G= 20.0 [m]	4.5	--
G= 25.0 [m]	4.6	--
G= 30.0 [m]	4.5	--
G= 35.0 [m]	4.0	--
G= 40.0 [m]	4.3	--
G= 45.0 [m]	4.1	--
G= 50.0 [m]	4.1	--
G= 55.0 [m]	4.0	--
G= 60.0 [m]	3.7	--
G= 65.0 [m]	3.7	--
G= 70.0 [m]	3.8	--
G= 75.0 [m]	3.7	--
G= 80.0 [m]	4.1	--
G= 85.0 [m]	3.8	--
G= 90.0 [m]	3.8	--
G= 95.0 [m]	3.4	--
G= 100.0 [m]	3.4	--
G= 105.0 [m]	3.2	--
G= 110.0 [m]	3.1	--
G= 115.0 [m]	3.1	--
Velocità [m/sec]	509.8	1557.7
Descrizione		



---

## SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA – ONDE P

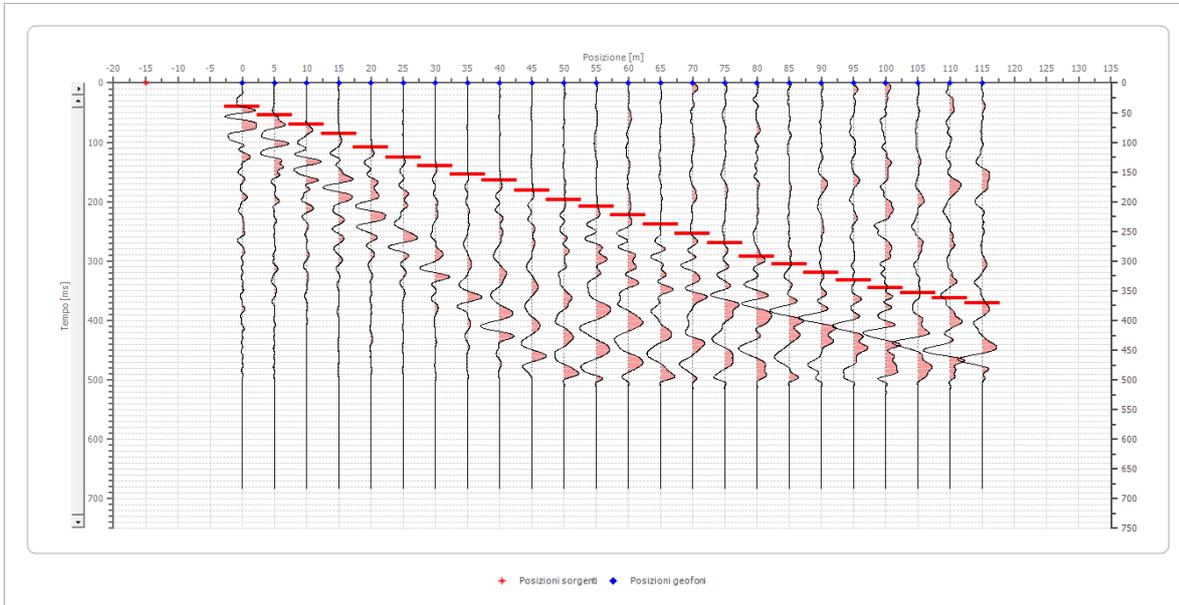


Il rifratore presente è probabilmente riconducibile alla presenza della falda acquifera.

## Dati battute – ONDE SH

### Battuta 1

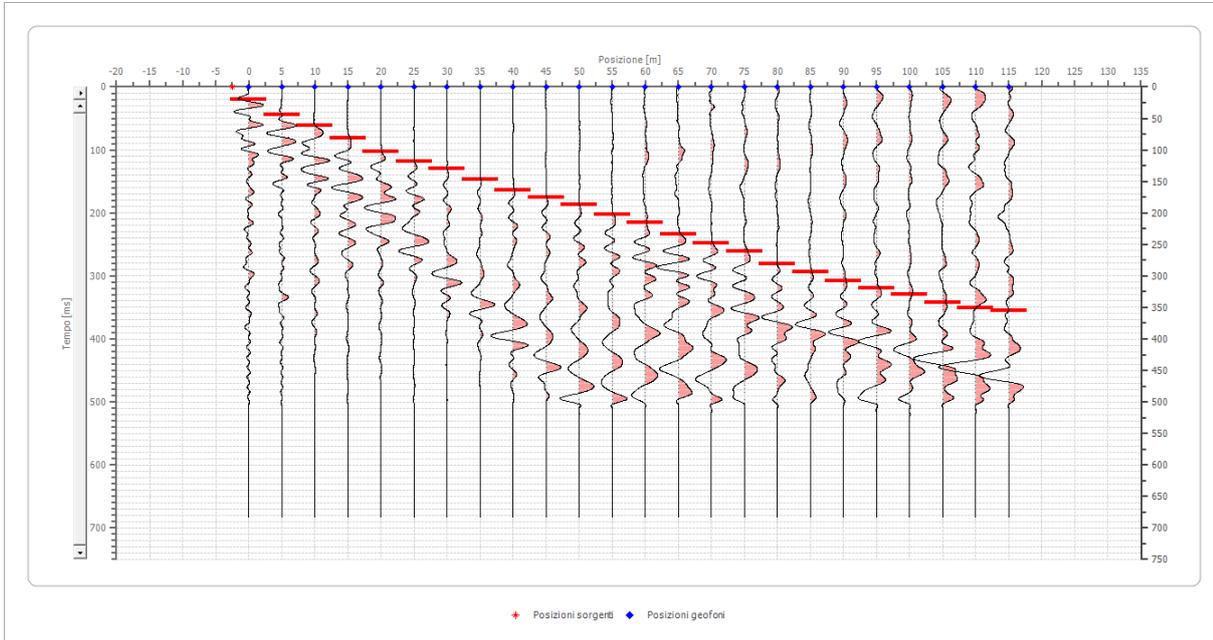
Posizione sorgente X            -15    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	39.6002
5.0	54.8310
10.0	70.0619
15.0	86.0543
20.0	108.9006
25.0	125.6545
30.0	140.1238
35.0	153.8316
40.0	164.4931
45.0	181.2471
50.0	196.4779
55.0	208.6626
60.0	223.1319
65.0	237.6012
70.0	254.3551
75.0	269.5860
80.0	291.6707
85.0	304.6169
90.0	319.8478
95.0	332.0325
100.0	345.7402
105.0	353.3556
110.0	362.4941

**Battuta 2**

Posizione sorgente X            -2.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

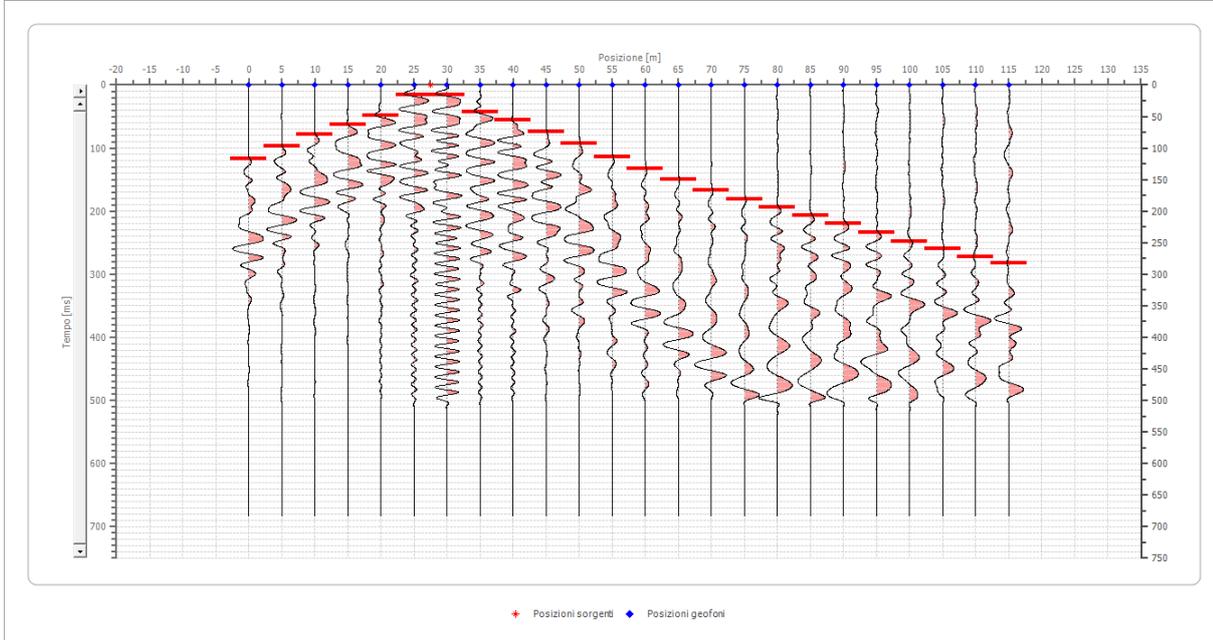


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	20.5616
5.0	44.1695
10.0	60.9234
15.0	81.4850
20.0	102.8082
25.0	118.8006
30.0	130.3149
35.0	146.4854
40.0	163.6071
45.0	175.0215
50.0	187.3872
55.0	202.6065
60.0	215.9233
65.0	233.7935
70.0	248.2628
75.0	260.4475
80.0	281.0091
85.0	293.1938
90.0	308.4246
95.0	319.8478
100.0	328.9863
105.0	342.6940
110.0	350.3095

**Battuta 3**

Posizione sorgente X 27.5 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

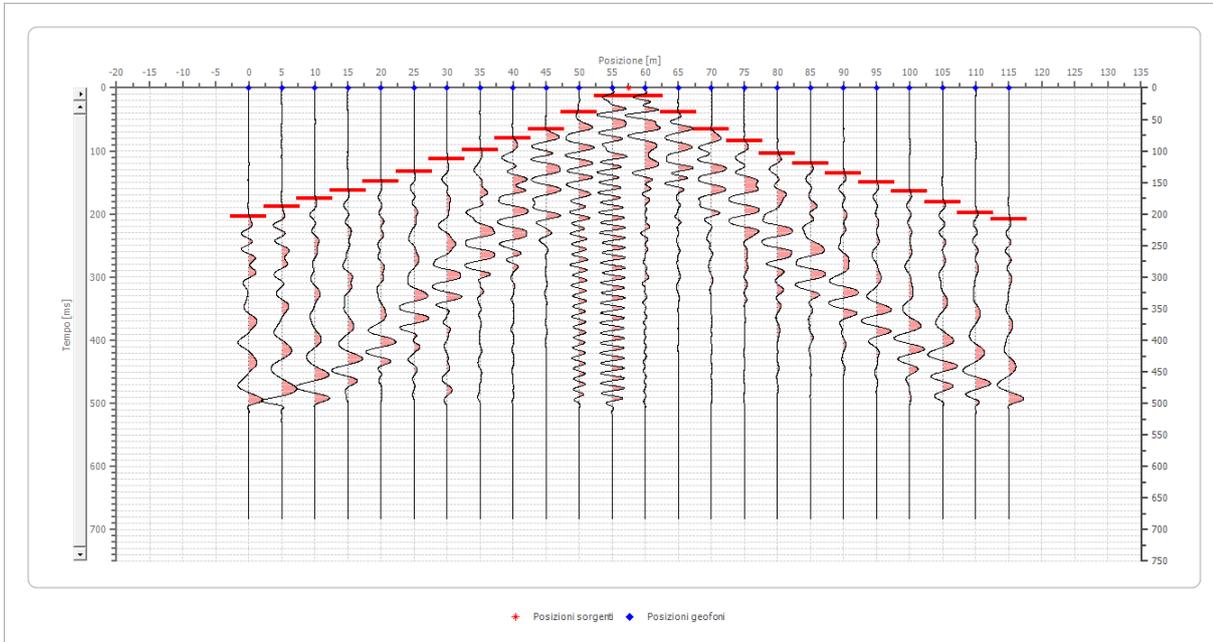


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	117.2775
5.0	96.7159
10.0	78.4389
15.0	63.2080
20.0	47.9772
25.0	15.9924
30.0	15.2308
35.0	42.6464
40.0	55.5926
45.0	74.6311
50.0	92.9082
55.0	114.2313
60.0	133.2699
65.0	150.0238
70.0	166.7778
75.0	181.2471
80.0	193.4318
85.0	207.1395
90.0	219.3242
95.0	233.7935
100.0	247.5013
105.0	258.9244

110.0	271.8706
115.0	281.7707

#### Battuta 4

Posizione sorgente X      57.5    [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]



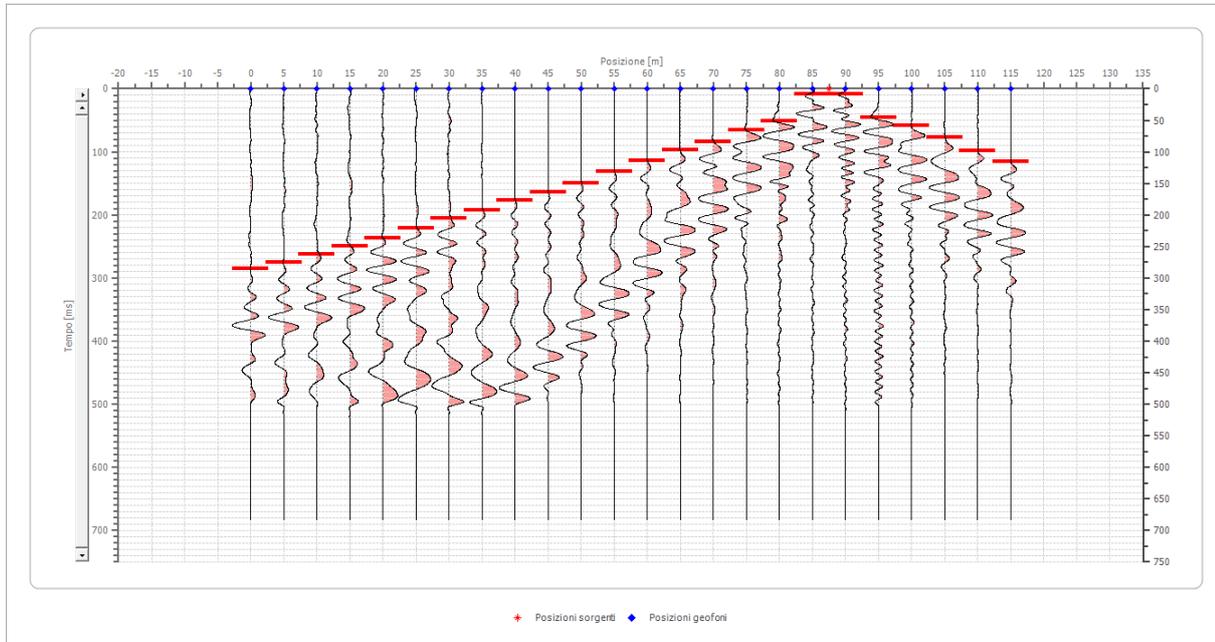
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	203.3318
5.0	188.8625
10.0	175.9163
15.0	162.2085
20.0	148.5008
25.0	133.2699
30.0	111.9467
35.0	98.2390
40.0	79.9619
45.0	65.4926
50.0	38.8387
55.0	12.1847
60.0	12.1847
65.0	38.8387
70.0	65.4926
75.0	83.7697
80.0	103.5698
85.0	120.3237
90.0	135.5545
95.0	149.2623
100.0	163.7316

	105.0	180.4855
	110.0	198.0010
	115.0	208.6626

### Battuta 5

Posizione sorgente X            87.5    [m]

Posizione sorgente Z            0 [m]

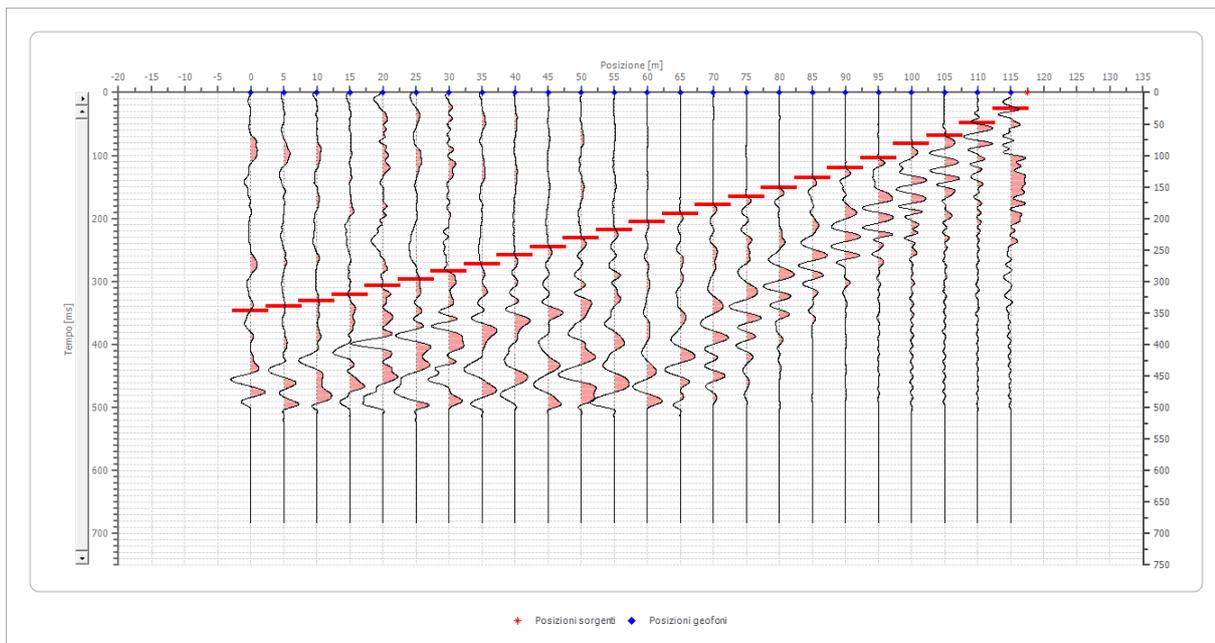


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	285.5784
5.0	275.6783
10.0	261.9706
15.0	249.7859
20.0	236.0781
25.0	221.6088
30.0	205.6164
35.0	191.9087
40.0	176.6778
45.0	164.4931
50.0	149.2623
55.0	131.7468
60.0	114.2313
65.0	96.7159
70.0	83.7697
75.0	66.2542
80.0	51.7849
85.0	9.1385
90.0	8.3770
95.0	45.6925

	100.0	57.8772
	105.0	77.6773
	110.0	99.0005
	115.0	114.9929

### Battuta 6

Posizione sorgente X            117.5    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]

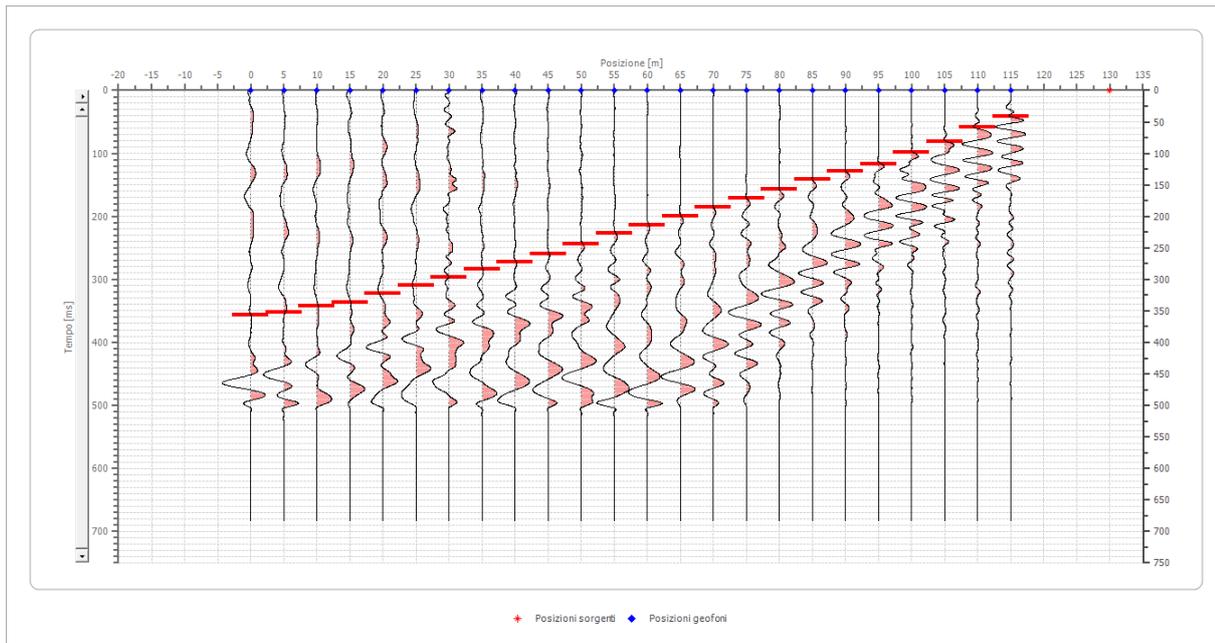


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	346.5018
5.0	338.8863
10.0	330.5094
15.0	320.6093
20.0	306.9016
25.0	296.2400
30.0	283.2937
35.0	271.8706
40.0	258.1628
45.0	245.2166
50.0	230.7473
55.0	217.8011
60.0	204.8549
65.0	192.6702
70.0	178.2009
75.0	165.2547
80.0	150.7854
85.0	135.5545
90.0	119.5621

	95.0	104.3313
	100.0	80.7235
	105.0	68.5388
	110.0	48.7387
	115.0	25.1309

### Battuta 7

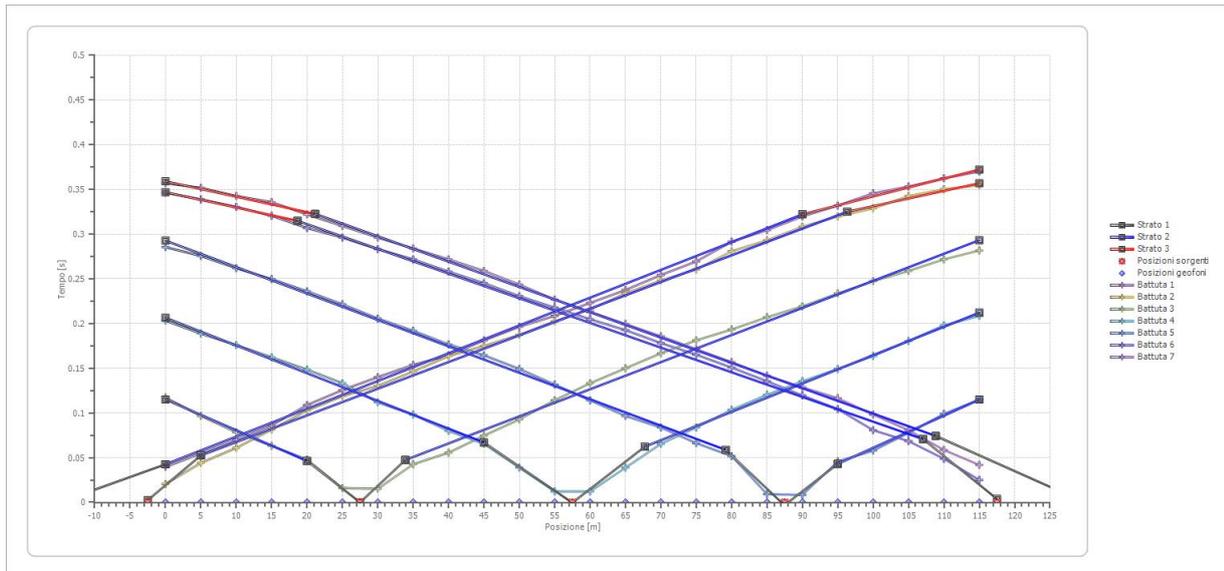
Posizione sorgente X            130    [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]



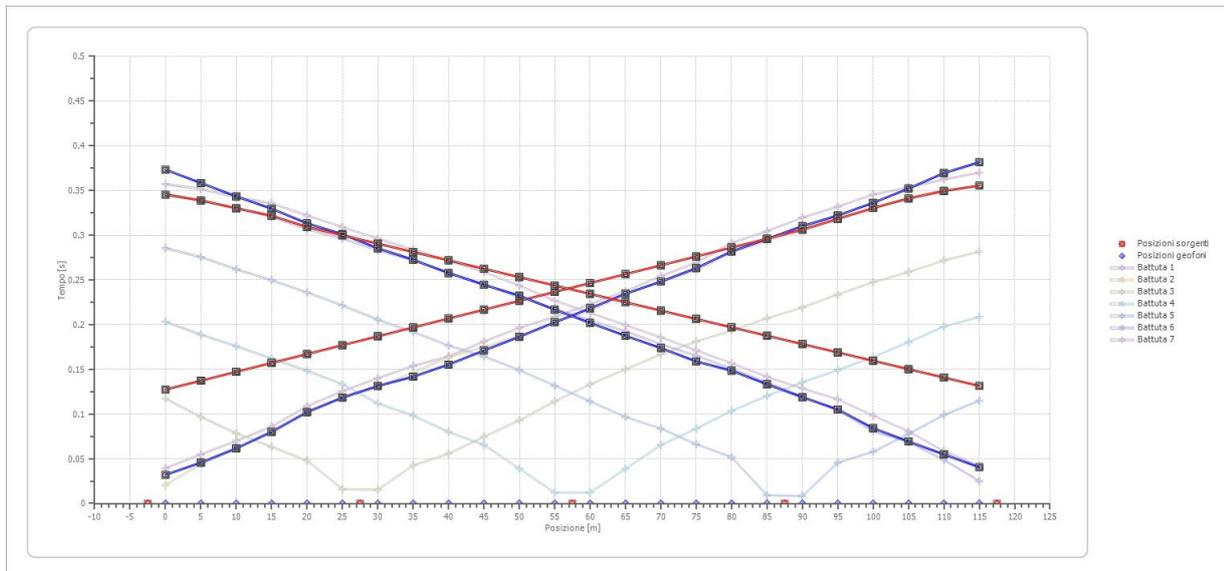
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	357.1634
5.0	351.8326
10.0	342.6940
15.0	335.8402
20.0	322.1324
25.0	309.1862
30.0	296.2400
35.0	284.0553
40.0	271.8706
45.0	258.9244
50.0	243.6935
55.0	226.9396
60.0	213.2319
65.0	199.5241
70.0	185.8163
75.0	171.3470
80.0	156.8777
85.0	141.6469

	90.0	128.7007
	95.0	116.5160
	100.0	98.2390
	105.0	80.7235
	110.0	58.6388
	115.0	41.8530

## Dromocrone



## Dromocrone traslate



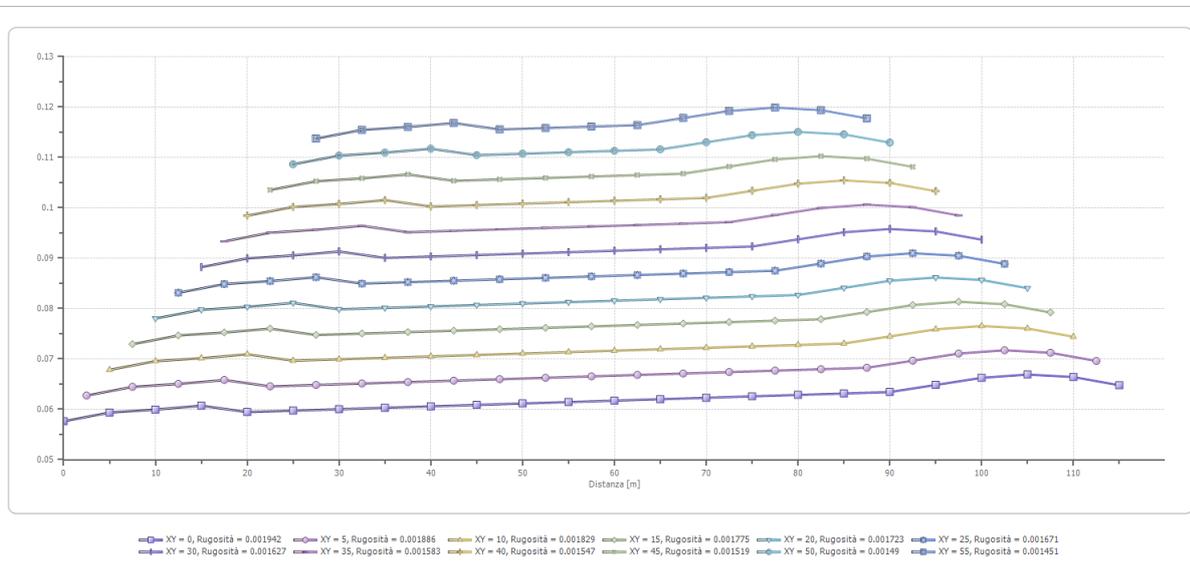
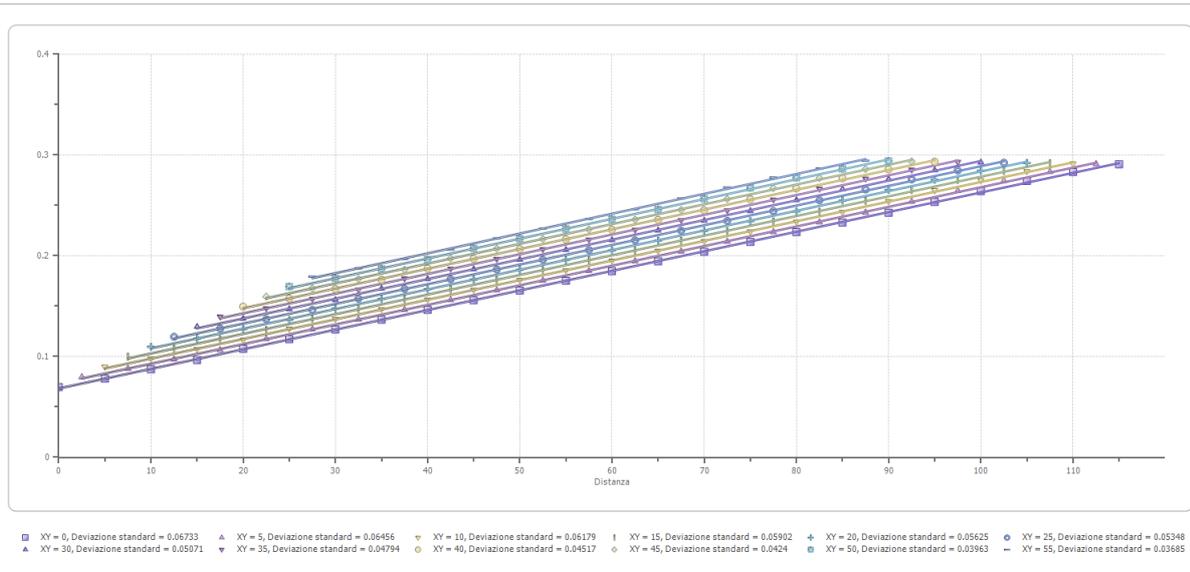
---

### Interpretazione col metodo G.,R.M.

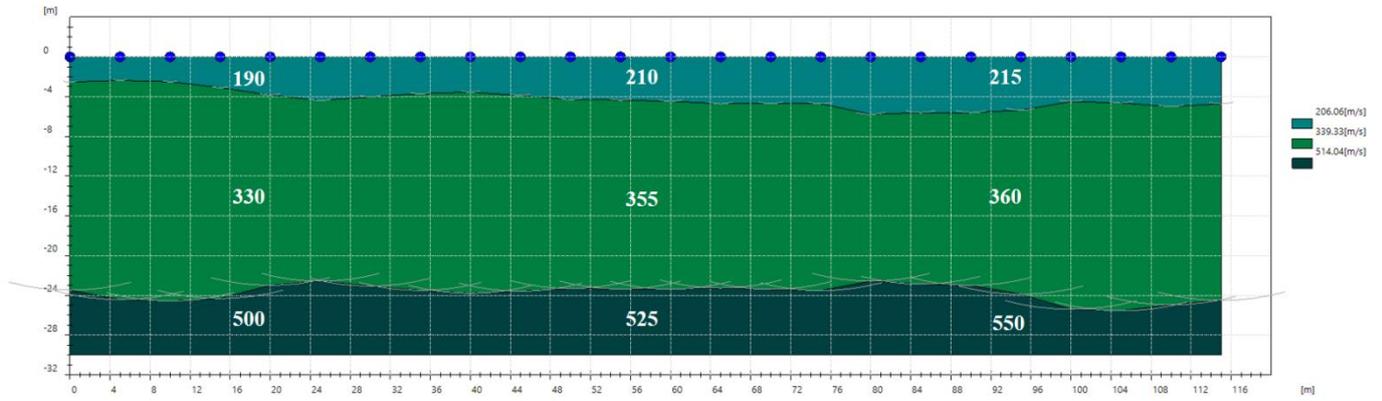
XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 0.0 [m]	2.5	23.5	--
G= 5.0 [m]	2.4	24.4	--
G= 10.0 [m]	2.5	24.6	--
G= 15.0 [m]	3.1	24.3	--
G= 20.0 [m]	3.8	23.0	--
G= 25.0 [m]	4.4	22.6	--
G= 30.0 [m]	4.0	23.1	--
G= 35.0 [m]	3.7	23.5	--
G= 40.0 [m]	3.6	23.8	--
G= 45.0 [m]	3.9	23.6	--
G= 50.0 [m]	4.3	23.3	--
G= 55.0 [m]	4.4	23.4	--
G= 60.0 [m]	4.5	23.4	--
G= 65.0 [m]	4.7	23.3	--
G= 70.0 [m]	4.7	23.4	--
G= 75.0 [m]	4.7	23.5	--
G= 80.0 [m]	5.8	22.6	--
G= 85.0 [m]	5.6	22.9	--
G= 90.0 [m]	5.6	23.0	--
G= 95.0 [m]	5.4	23.9	--
G= 100.0 [m]	4.5	25.4	--
G= 105.0 [m]	4.6	25.5	--
G= 110.0 [m]	5.0	24.9	--
G= 115.0 [m]	4.7	24.5	--
Velocità [m/sec]	206.1	339.3	514.0
Descrizione			

---



## SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA – ONDE SH



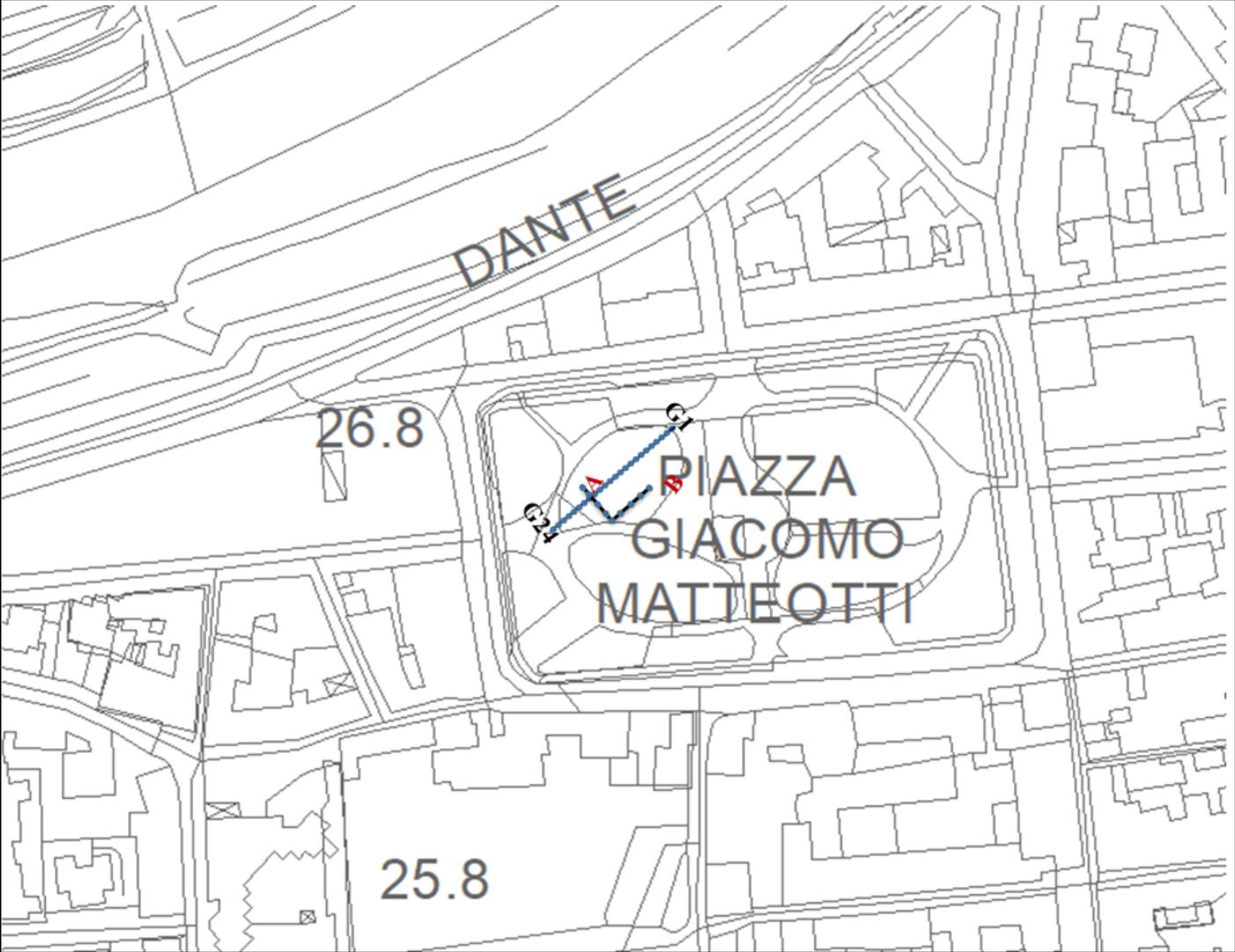


Stendimento SR\_5\_MS2\_Empoli\_SHOT\_4

- **ALLEGATO GRAFICO: ELABORAZIONI SISMICA A RIFRAZIONE P/SH – MASW/ESAC**

**INDAGINE SISMICA CONGIUNTA MASW\_1 + ESAC\_1**

Planimetria Scala 1:2000



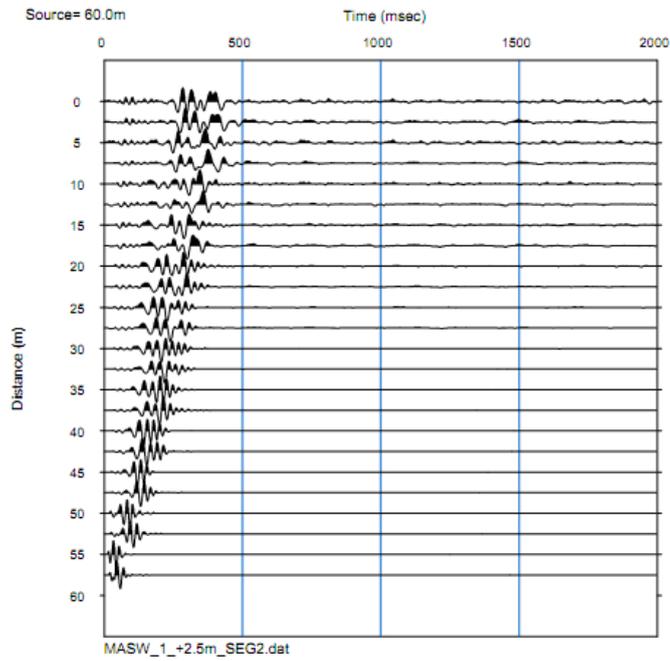
## Geometria dello stendimento MASW\_1

Numero Geofoni: 24

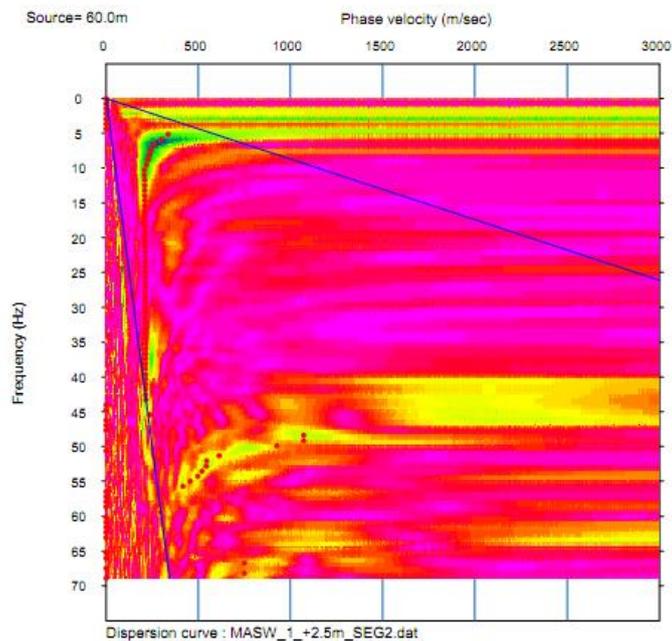
Intervallo (m): 2.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 57.5 m

## Sismogramma MASW\_1



## Curva Dispersione MASW 1



## Geometria dello stendimento ESAC\_1

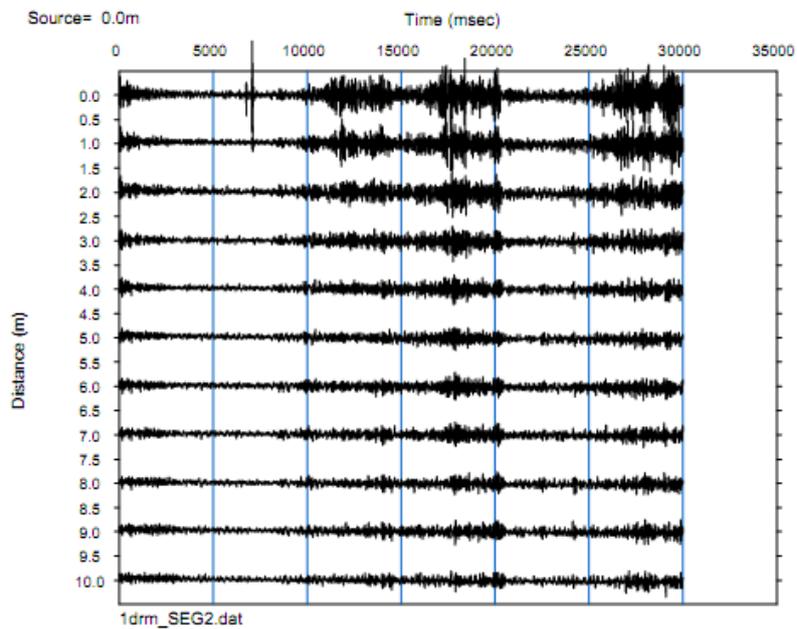
Geometria Stendimento: L

Numero Geofoni: 11

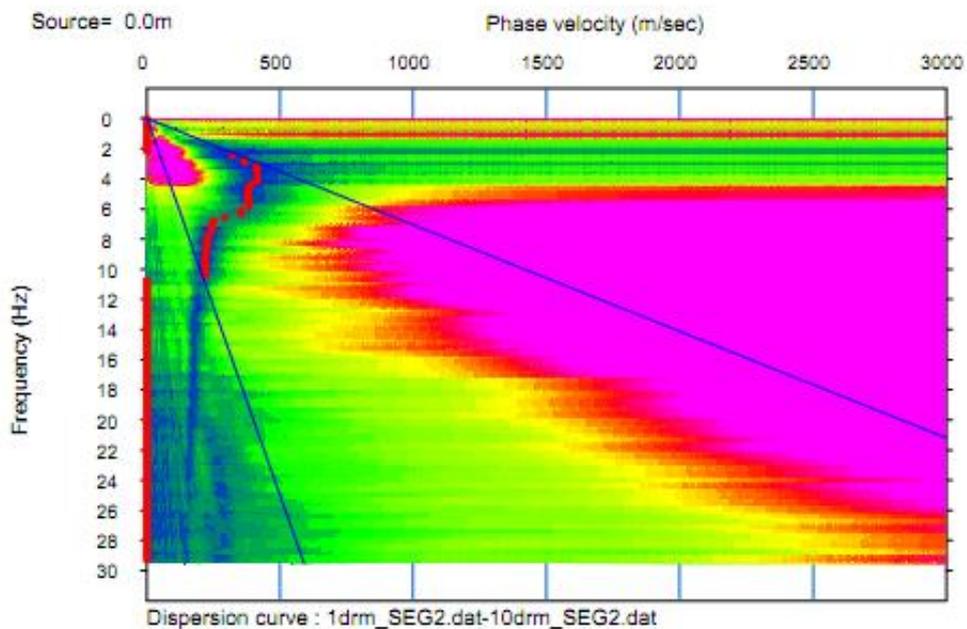
Intervallo (m): 2.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 12.5 m

## MAM 2D ESAC 1

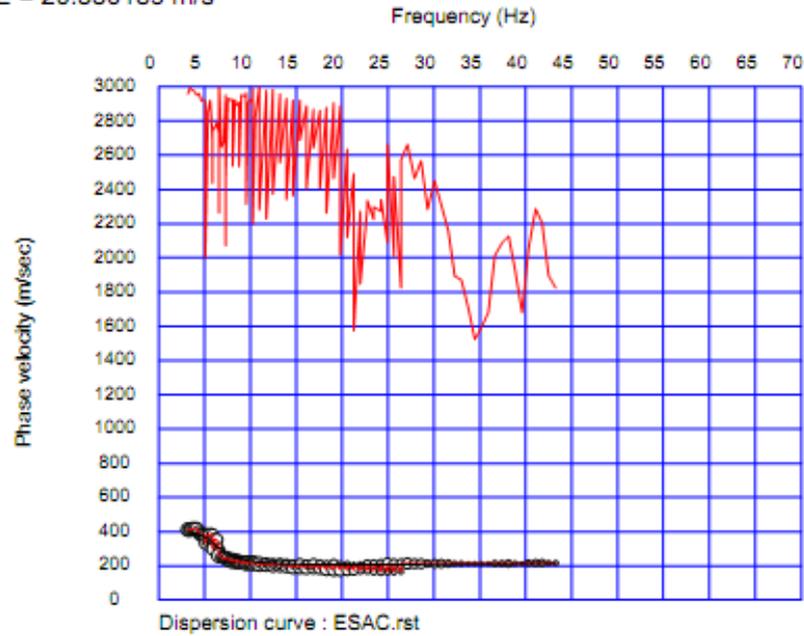


## Curva Dispersion ESAC 1

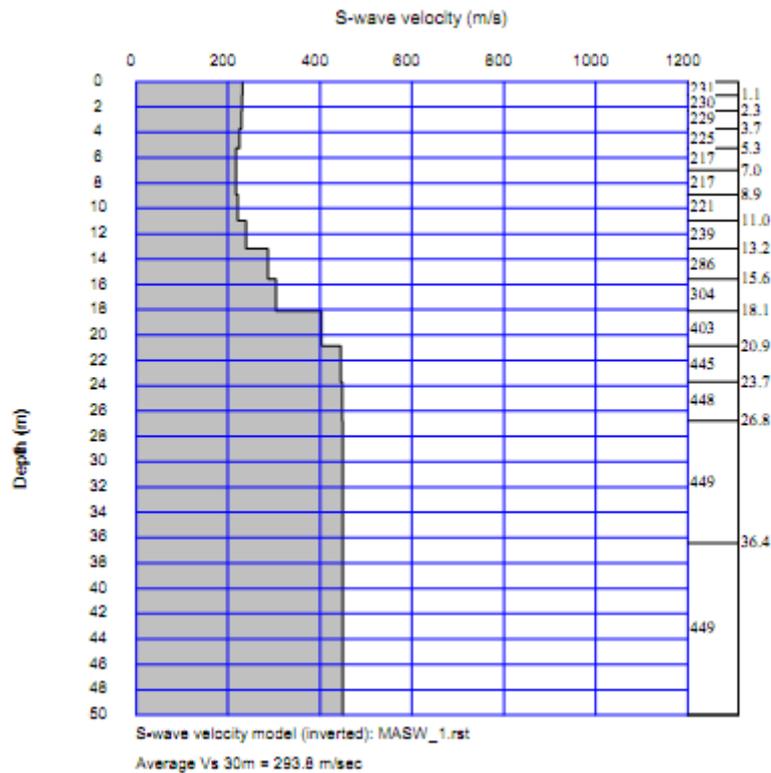


## Curva Teorica e Sperimentale MASW 1 + ESAC 1

RMSE = 20.330189 m/s



## Profilo Vs MASW 1 + ESAC 1

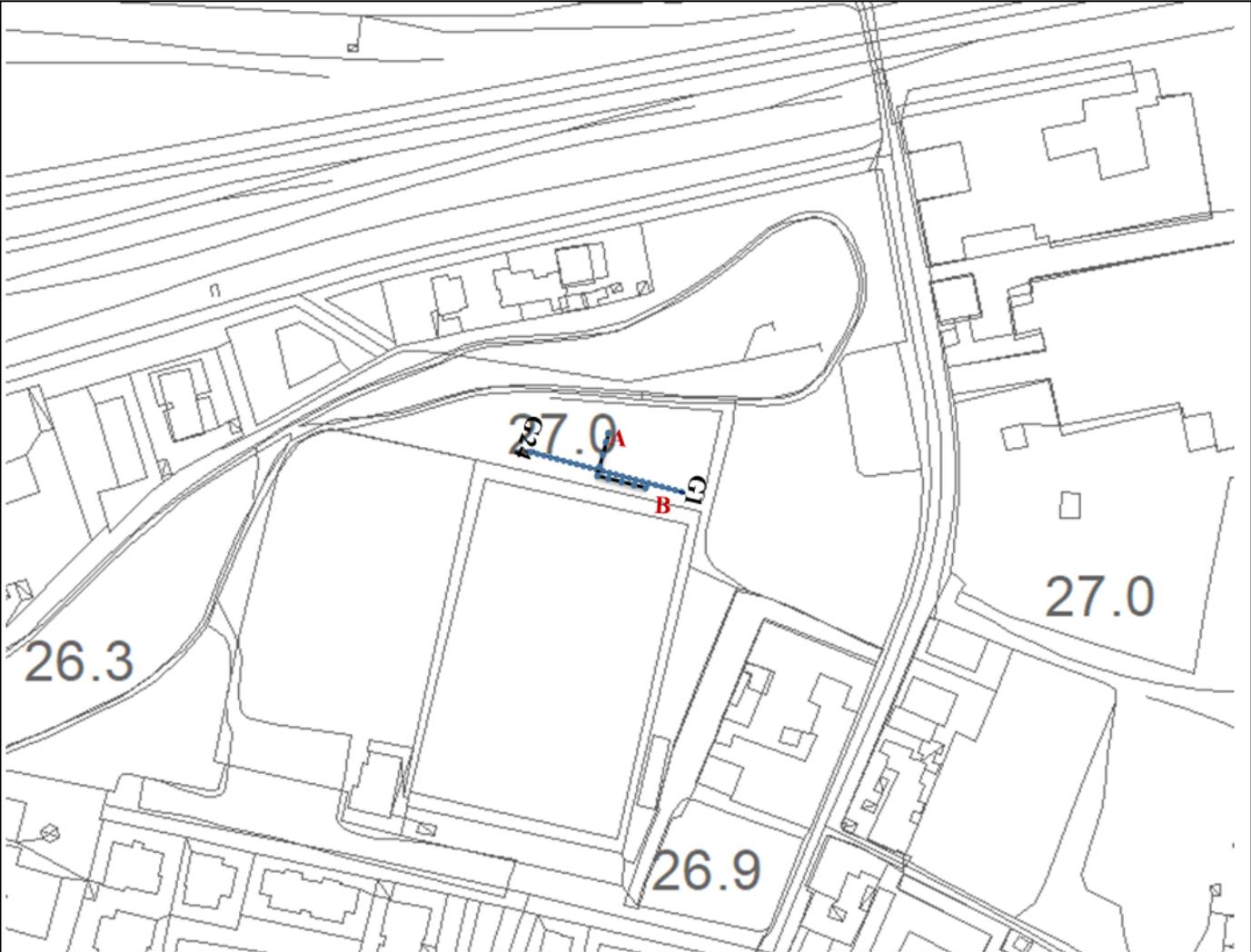




Stendimento MASW-ESAC 1

**INDAGINE SISMICA CONGIUNTA MASW\_2 + ESAC\_2**

Planimetria Scala 1:2000



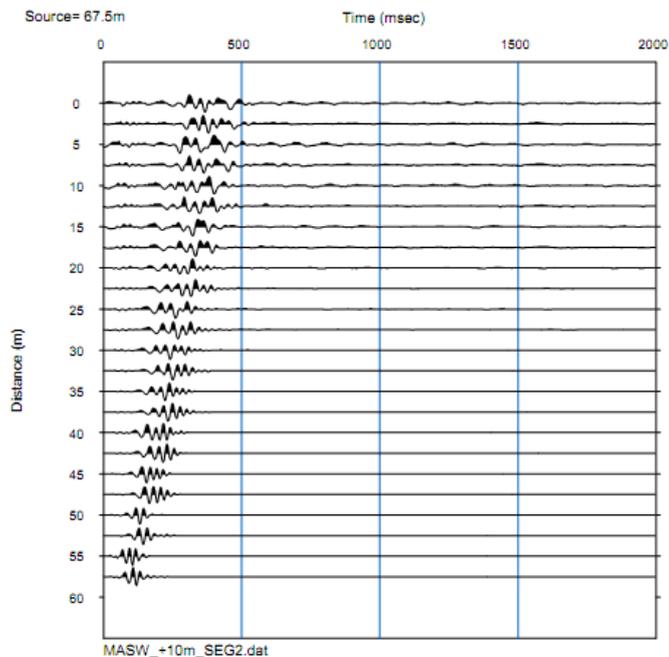
## Geometria dello stendimento MASW\_2

Numero Geofoni: 24

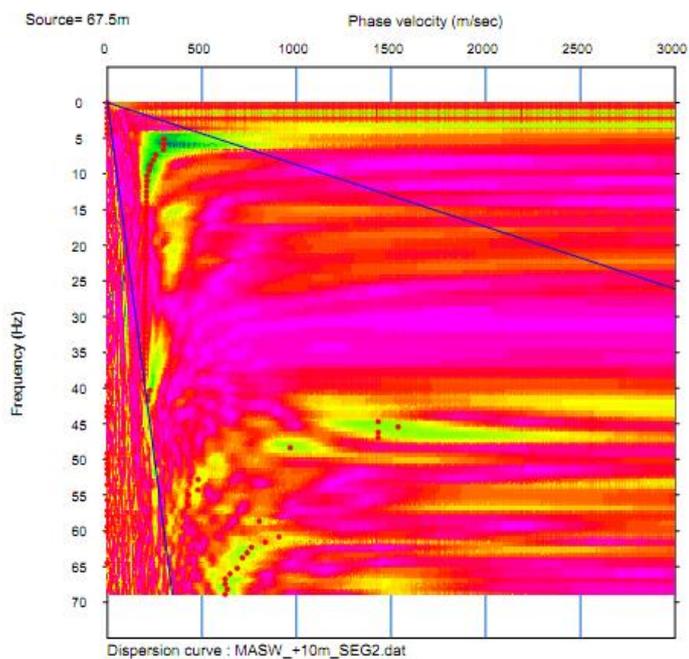
Intervallo (m): 2.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 57.5 m

## Sismogramma MASW\_2



## Curva Dispersione MASW\_2



## Geometria dello stendimento ESAC\_2

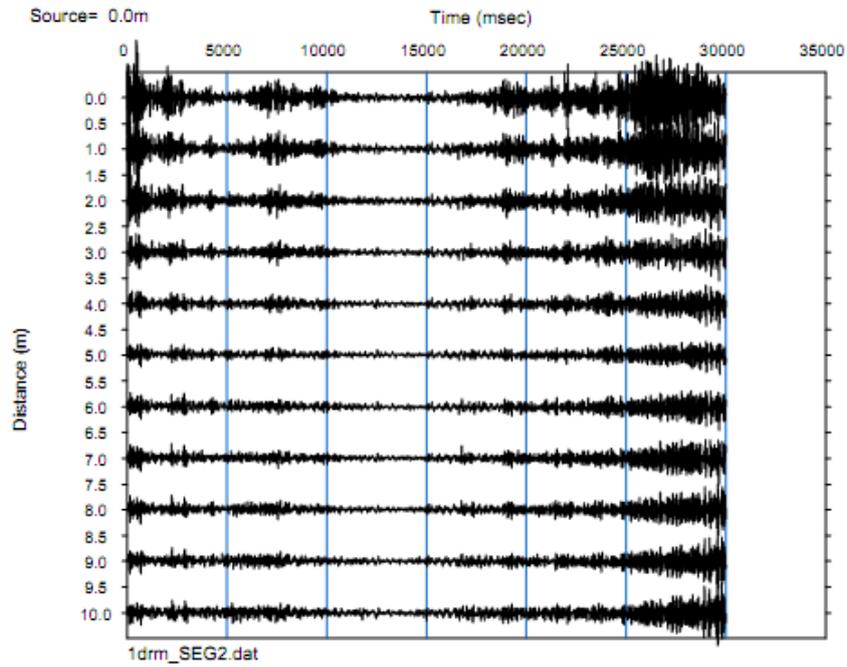
Geometria Stendimento: L

Numero Geofoni: 11

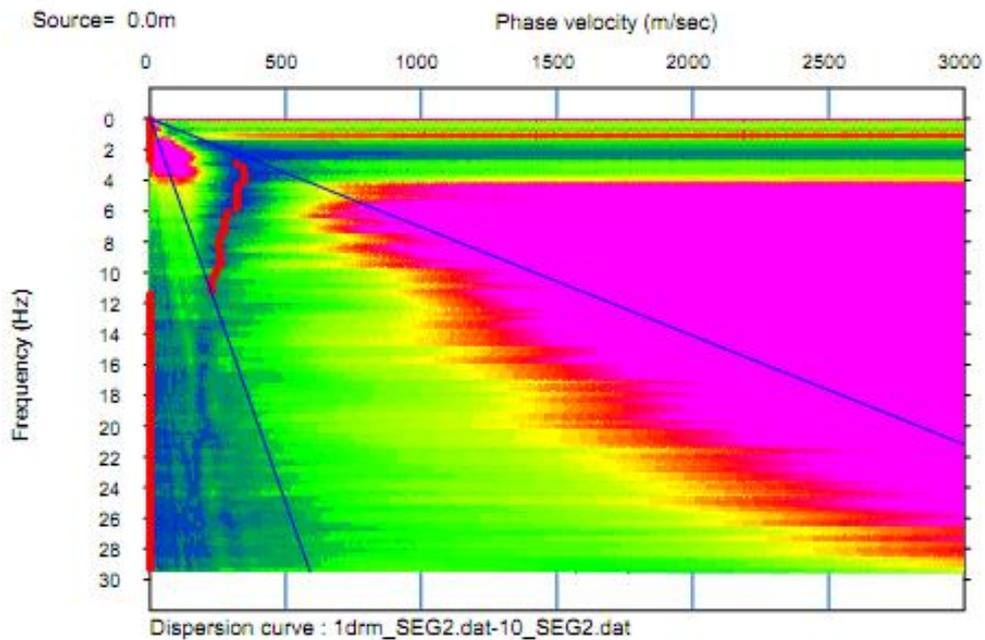
Intervallo (m): 2.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 12.5 m

## MAM 2D ESAC 2

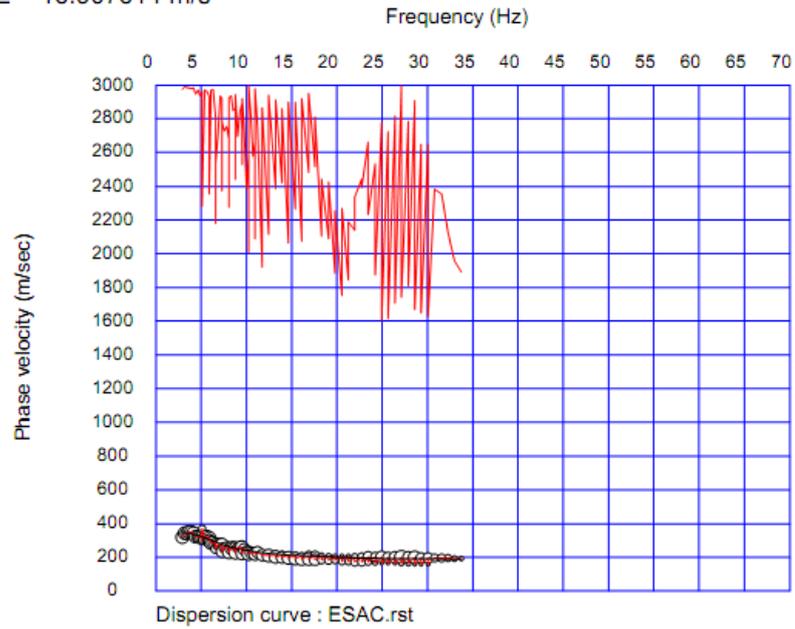


## Curva Dispersion ESAC 2

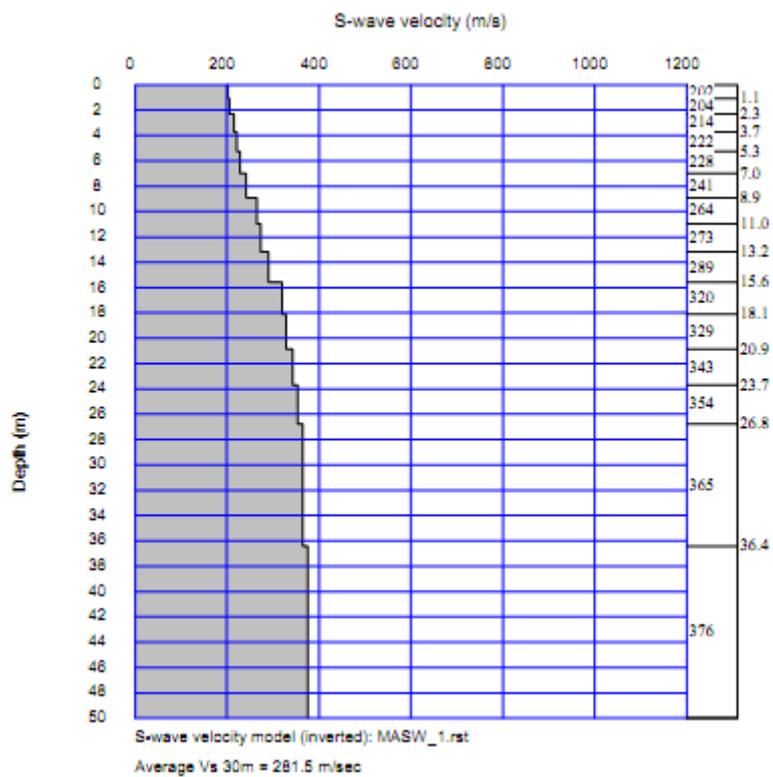


## Curva Teorica e Sperimentale MASW 2 + ESAC 2

RMSE = 16.907614 m/s



## Profilo Vs MASW 2 + ESAC 2

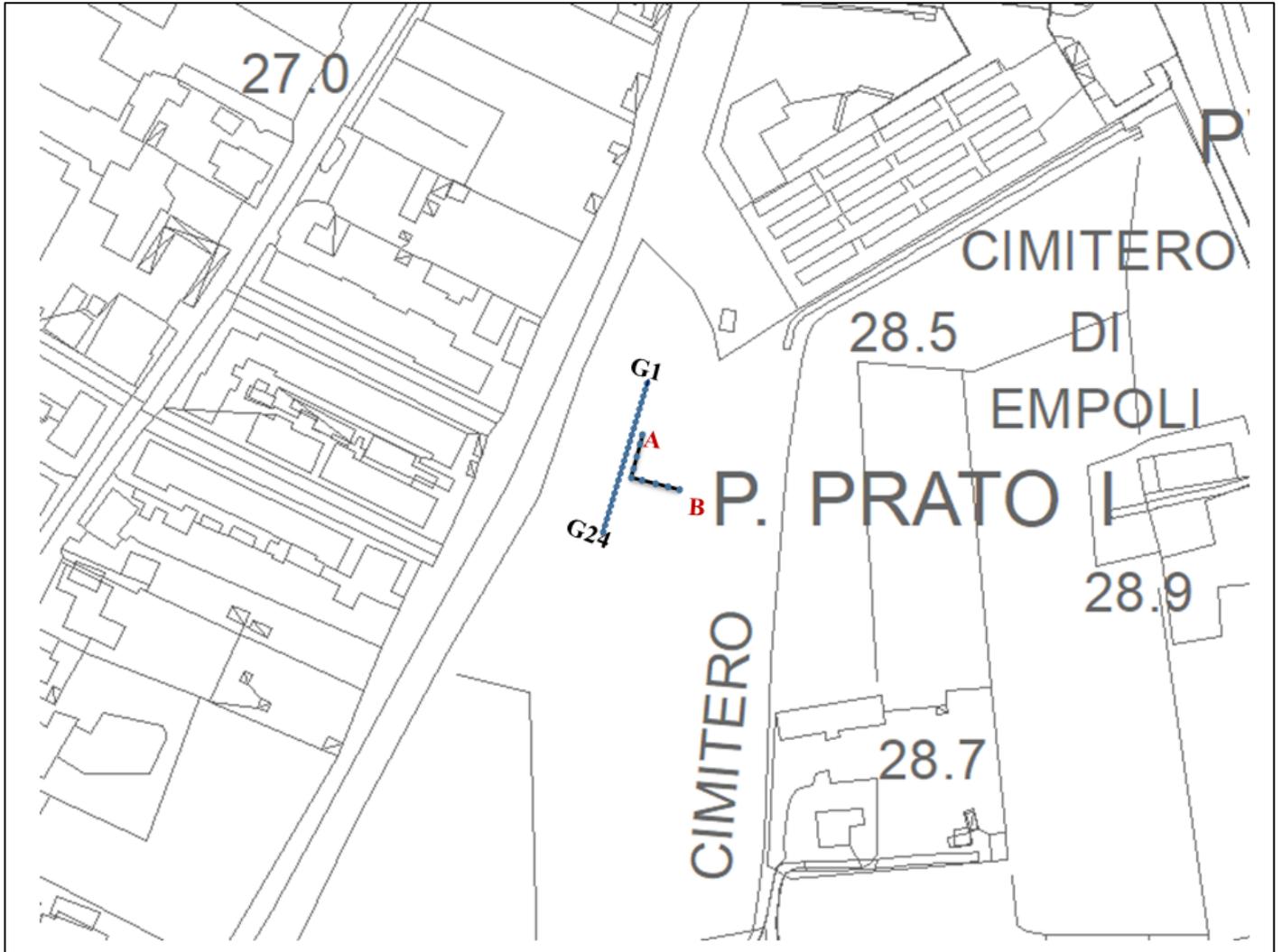




Stendimento MASW ESAC 2

**INDAGINE SISMICA CONGIUNTA MASW\_3 + ESAC\_3**

Planimetria Scala 1:2000



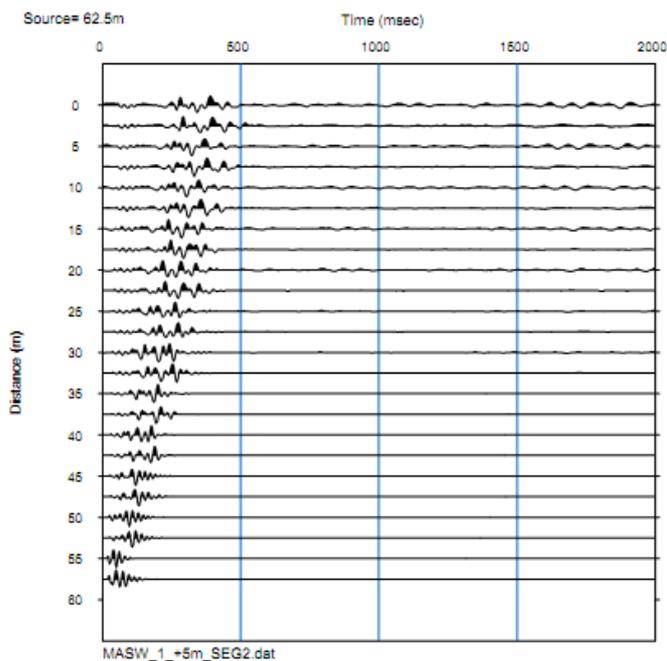
### Geometria dello stendimento MASW\_3

Numero Geofoni: 24

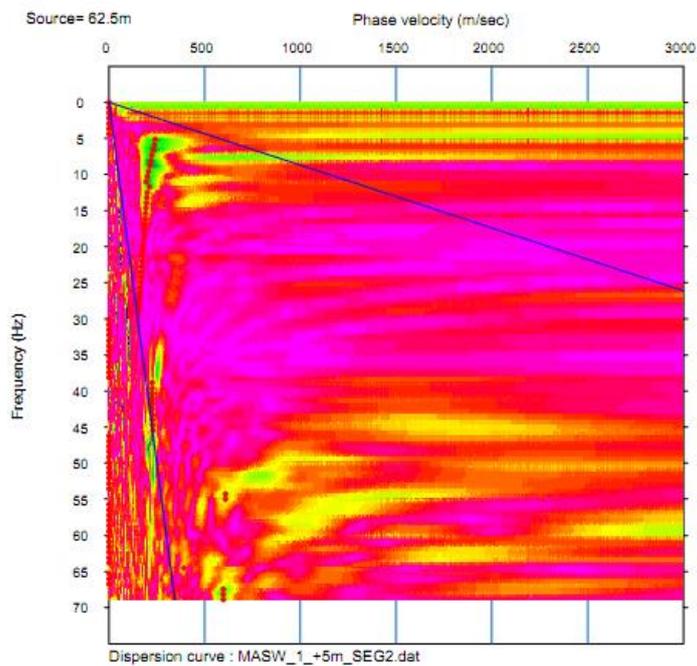
Intervallo (m): 2.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 57.5 m

### Sismogramma MASW 3



### Curva Dispersione MASW 3



### Geometria dello stendimento ESAC\_3

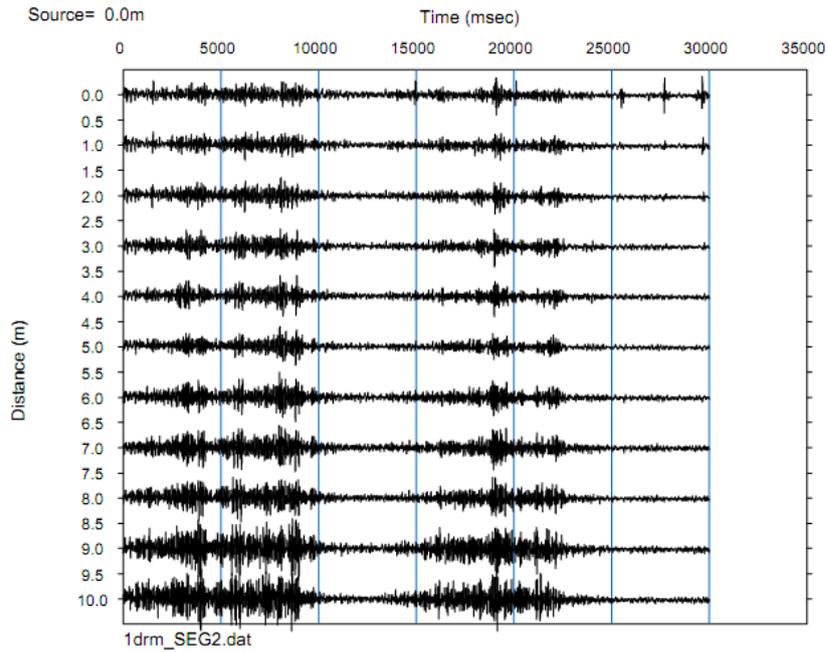
Geometria Stendimento: L

Numero Geofoni: 11

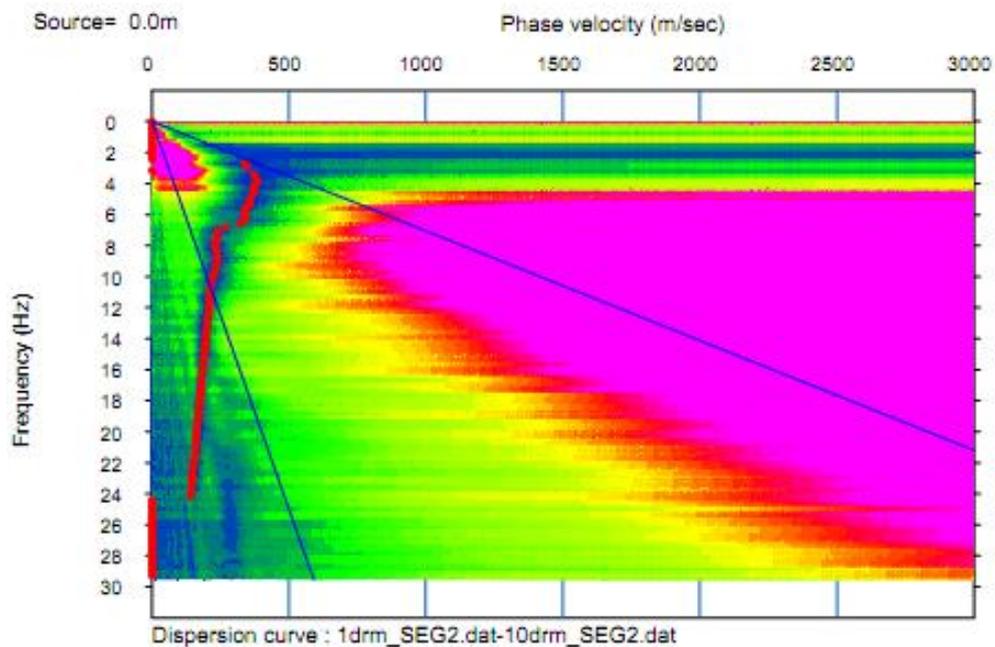
Intervallo (m): 2.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 12.5 m

### MAM 2D ESAC 3

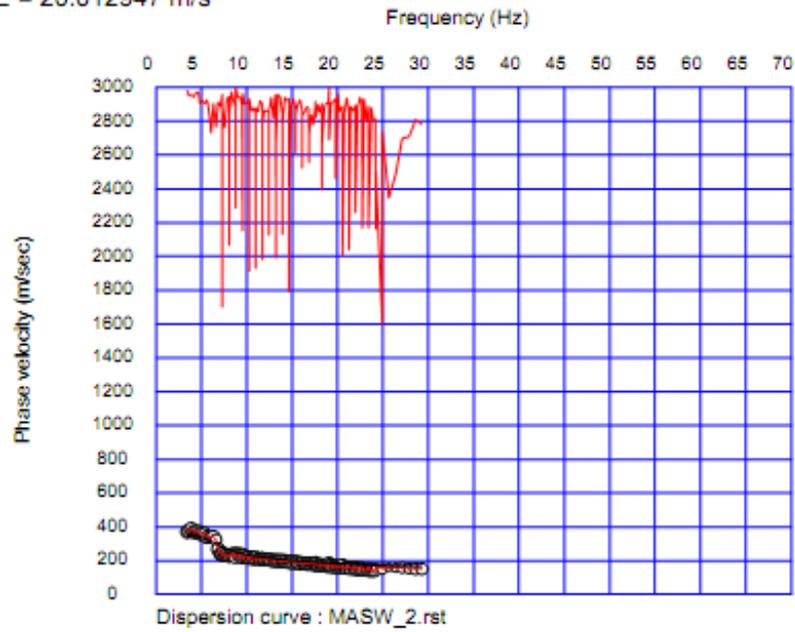


### Curva Dispersion ESAC 3

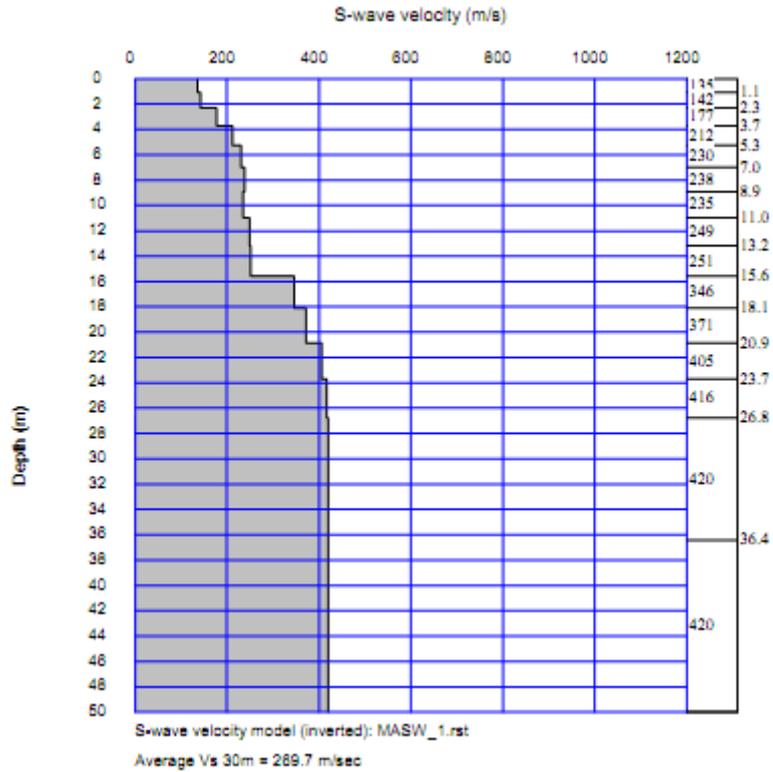


### Curva Teorica e Sperimentale MASW 3 + ESAC 3

RMSE = 20.012947 m/s



### Profilo Vs MASW 3 + ESAC 3

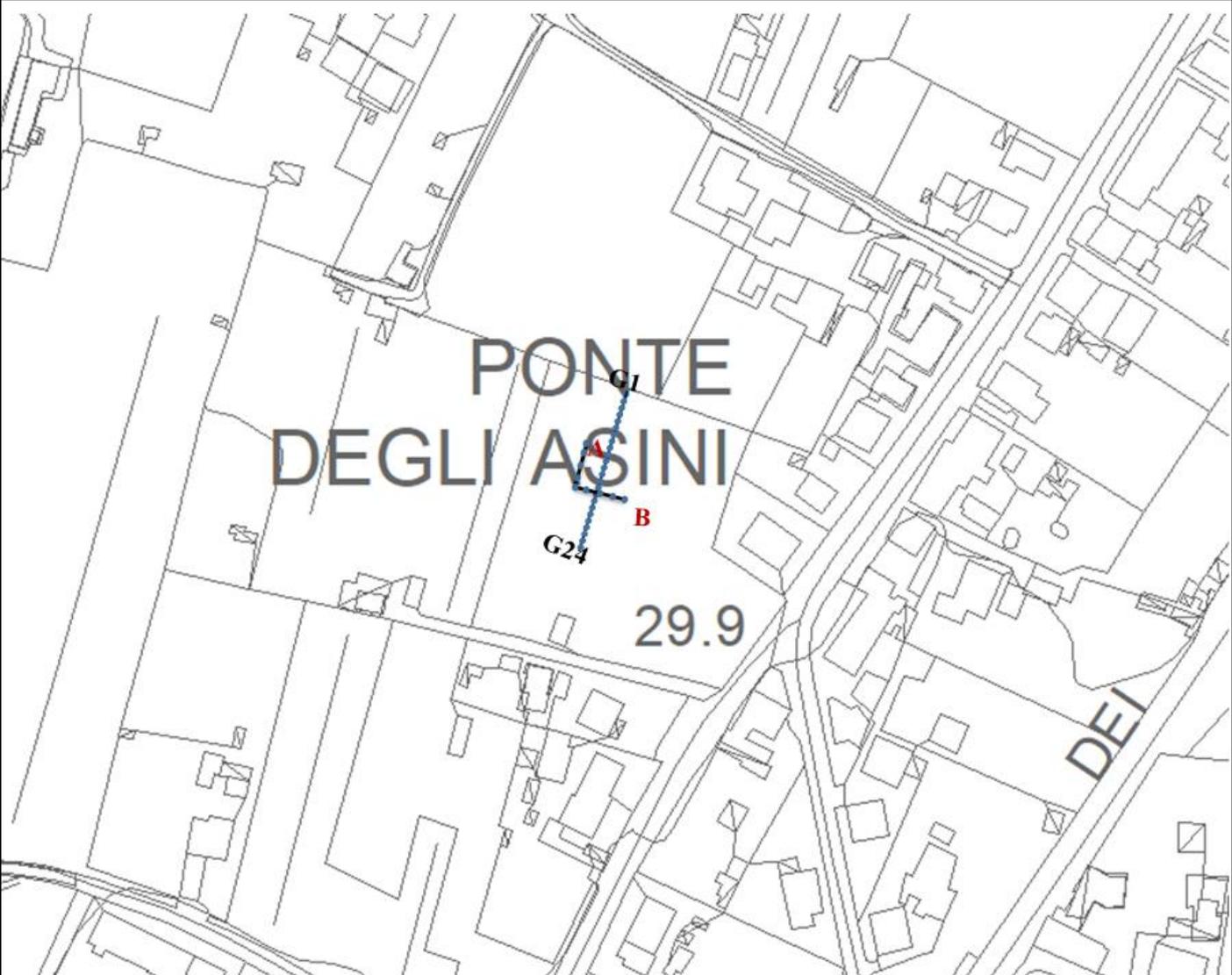




Stendimento MASW-ESAC 3

**INDAGINE SISMICA CONGIUNTA MASW\_4 + ESAC\_4**

Planimetria Scala 1:2000



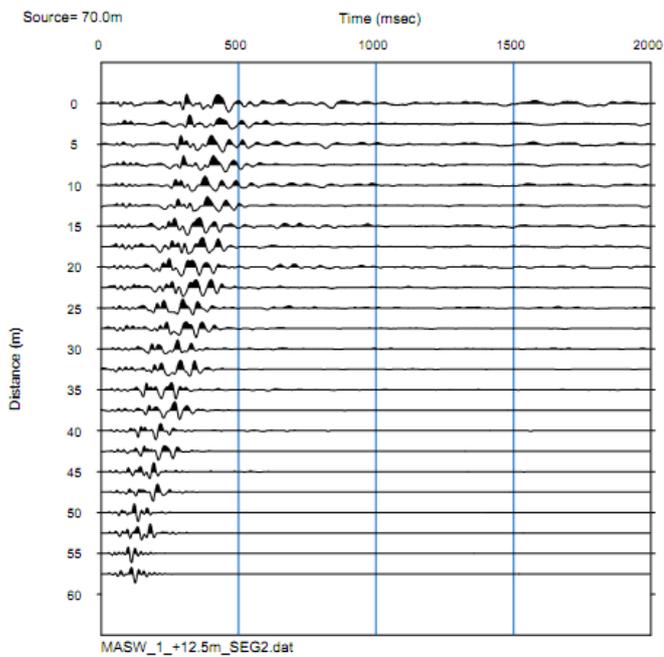
## Geometria dello stendimento MASW\_4

Numero Geofoni: 24

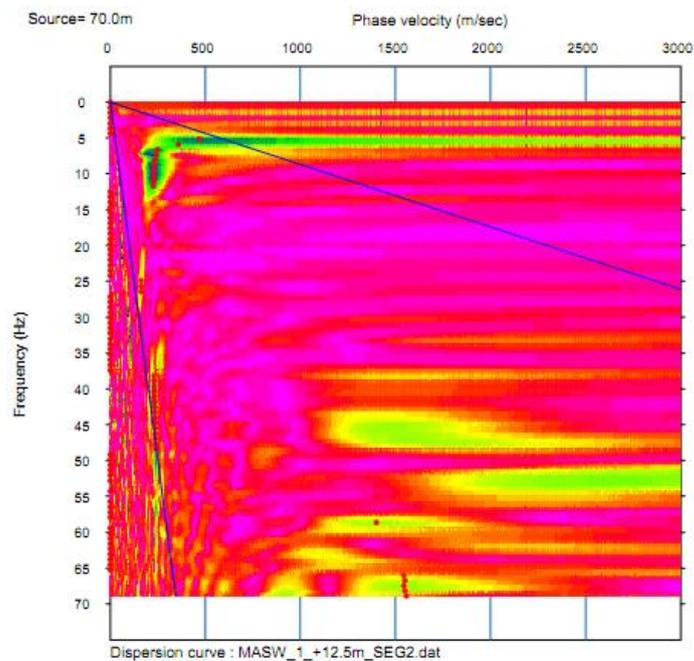
Intervallo (m): 2.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 57.5 m

## Sismogramma MASW\_4



## Curva Dispersione MASW\_4



## Geometria dello stendimento ESAC\_4

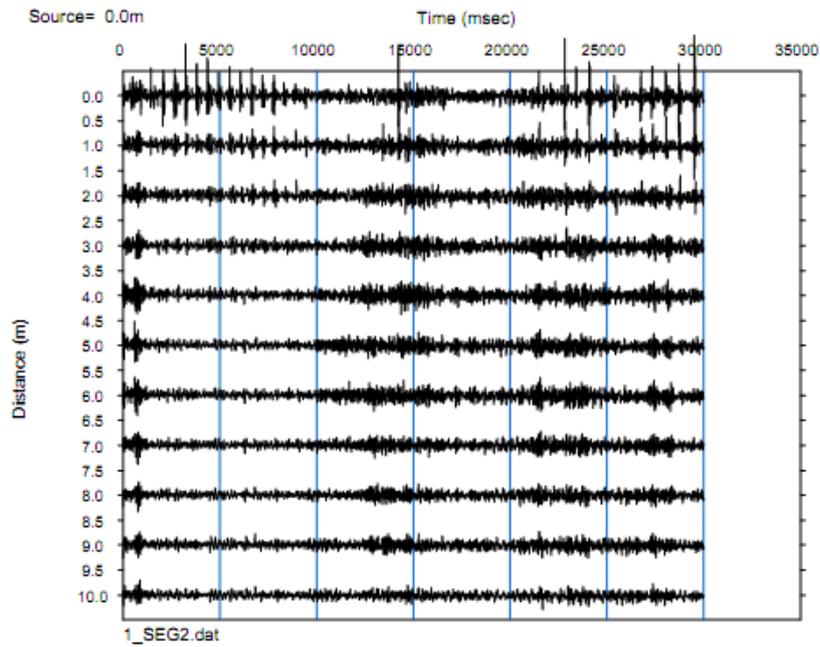
Geometria Stendimento: L

Numero Geofoni: 11

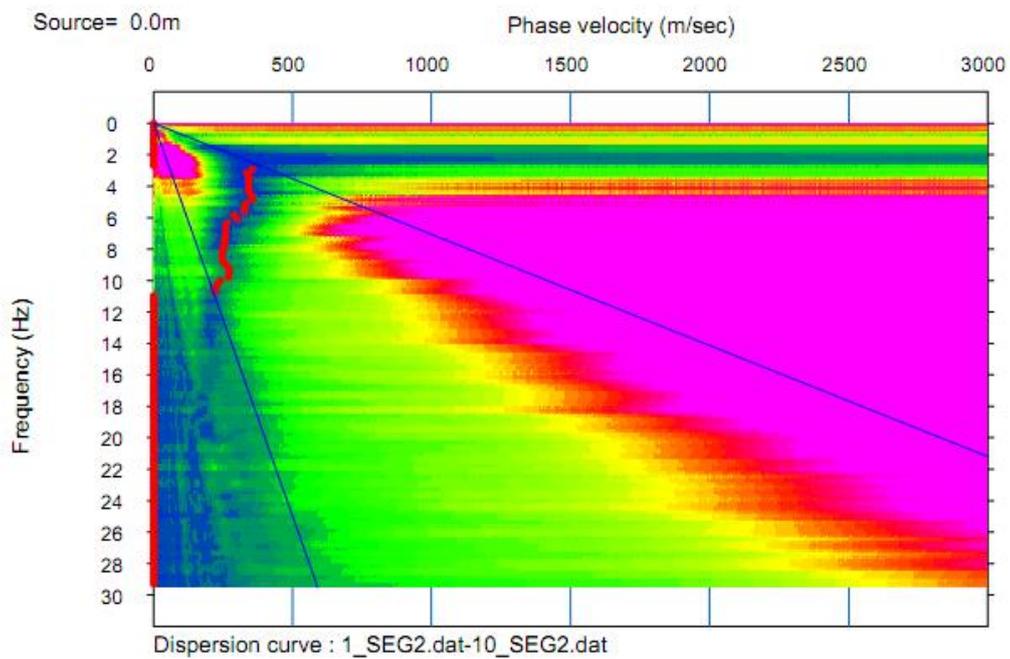
Intervallo (m): 2.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 12.5 m

## MAM 2D ESAC 4

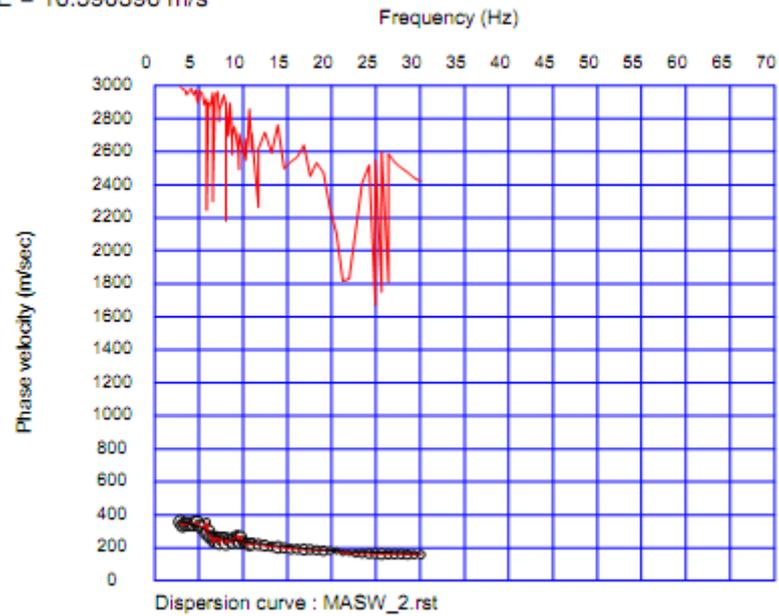


## Curva Dispersion ESAC 4

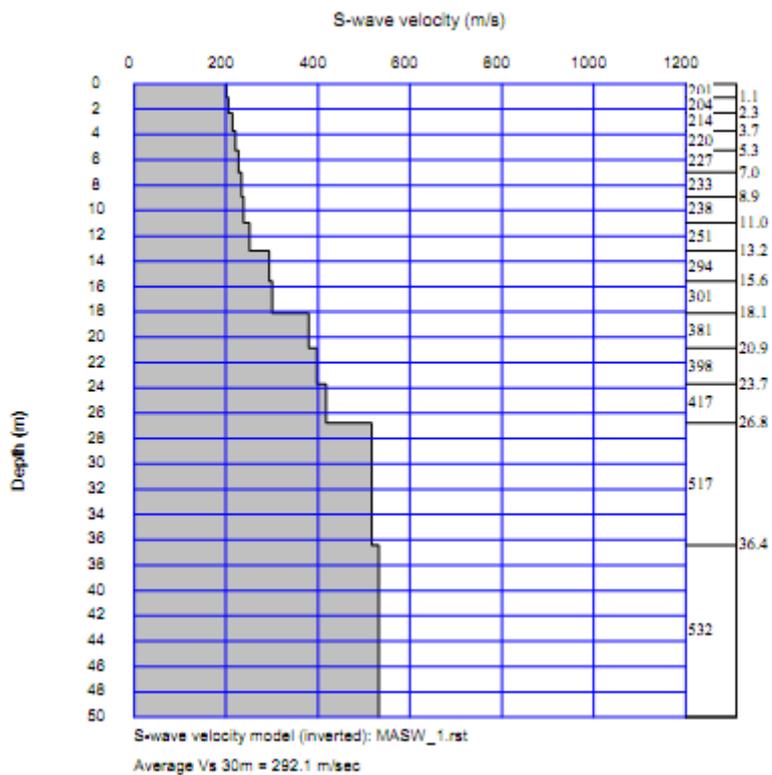


## Curva Teorica e Sperimentale MASW 4 + ESAC 4

RMSE = 16.590396 m/s



## Profilo Vs MASW 4 + ESAC 4





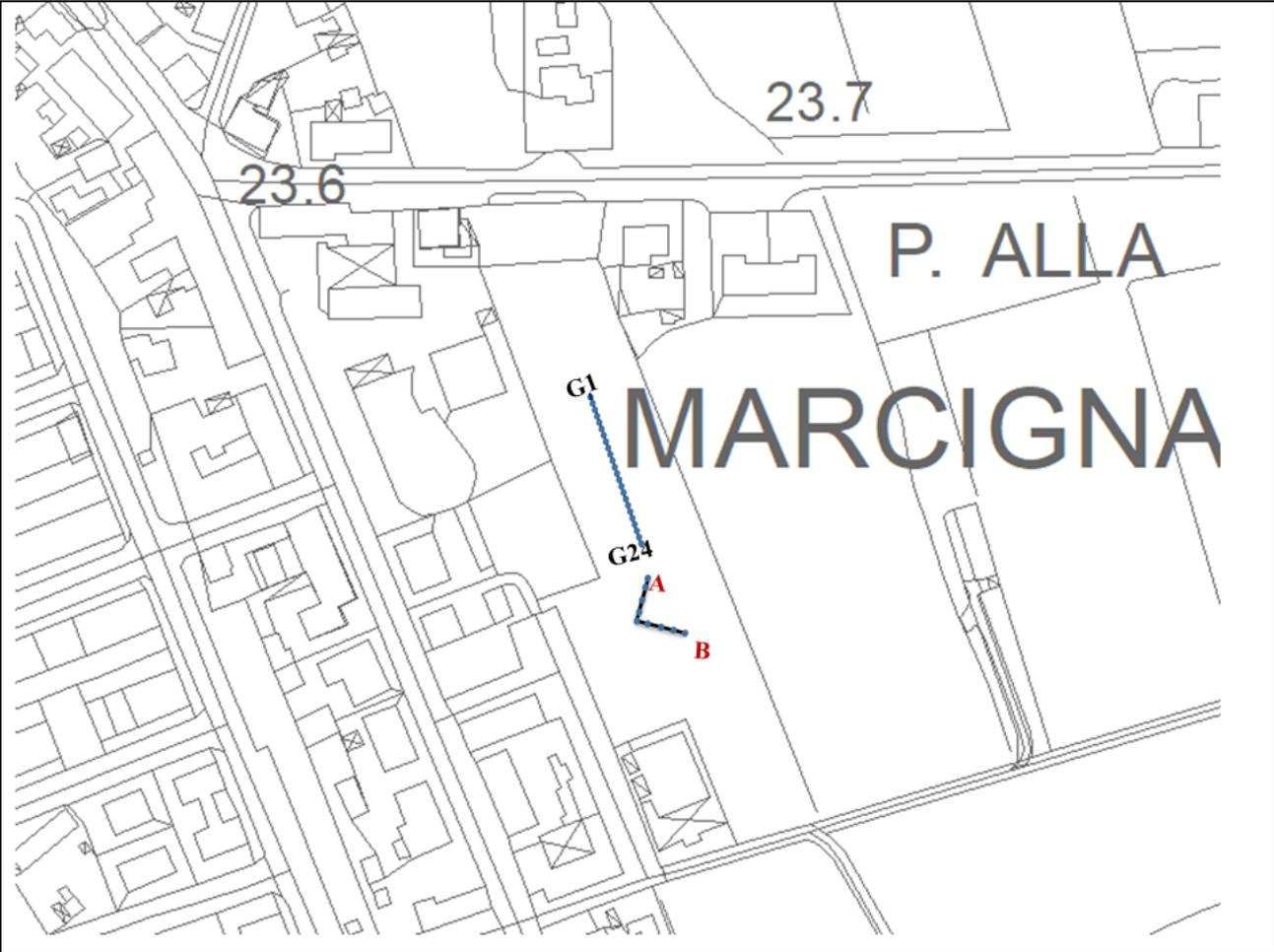
Stendimento MASW-ESAC 4



Stendimento MASW-ESAC 4

**INDAGINE SISMICA CONGIUNTA MASW\_5 + ESAC\_5**

**Planimetria Scala 1:2000**



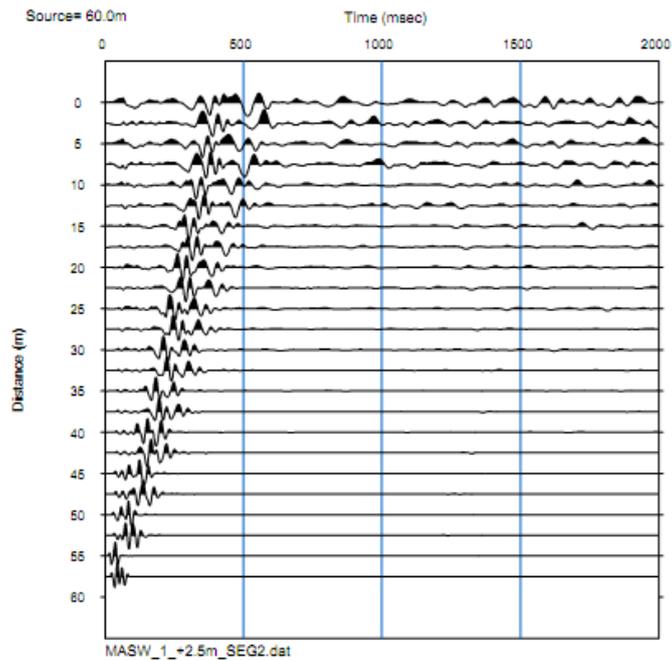
## Geometria dello stendimento MASW\_5

Numero Geofoni: 24

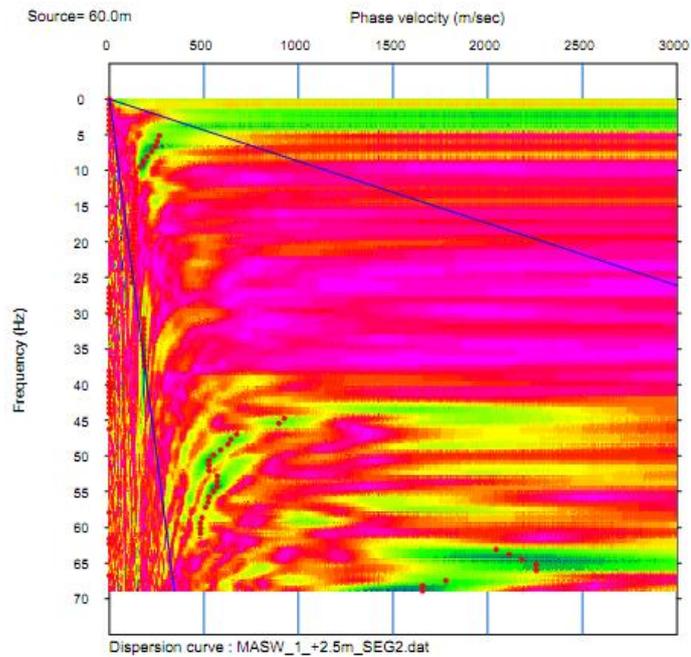
Intervallo (m): 2.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 57.5 m

## Sismogramma MASW\_5



## Curva Dispersione MASW\_5



## Geometria dello stendimento ESAC\_5

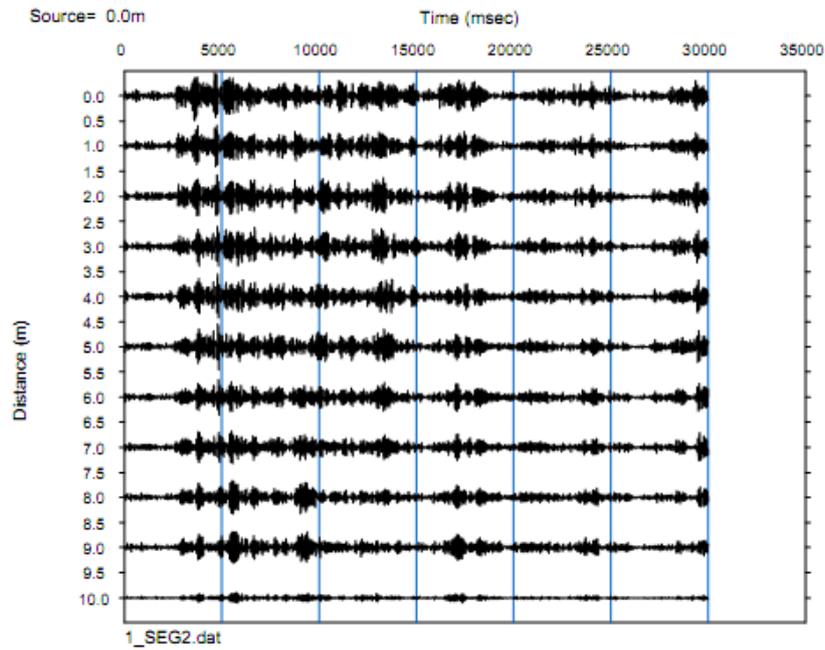
Geometria Stendimento: L

Numero Geofoni: 11

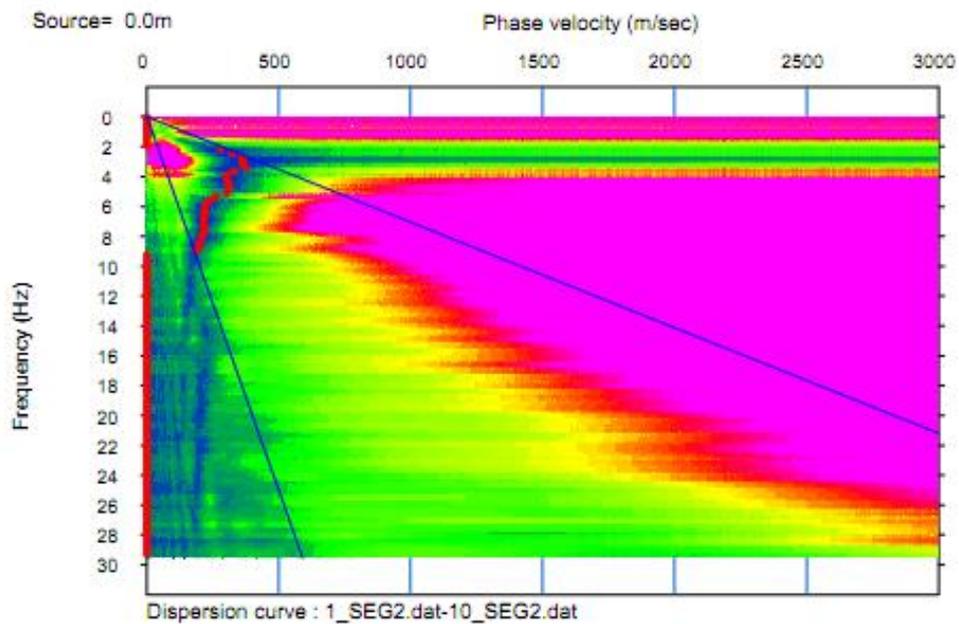
Intervallo (m): 2.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 12.5 m

## MAM 2D ESAC 5

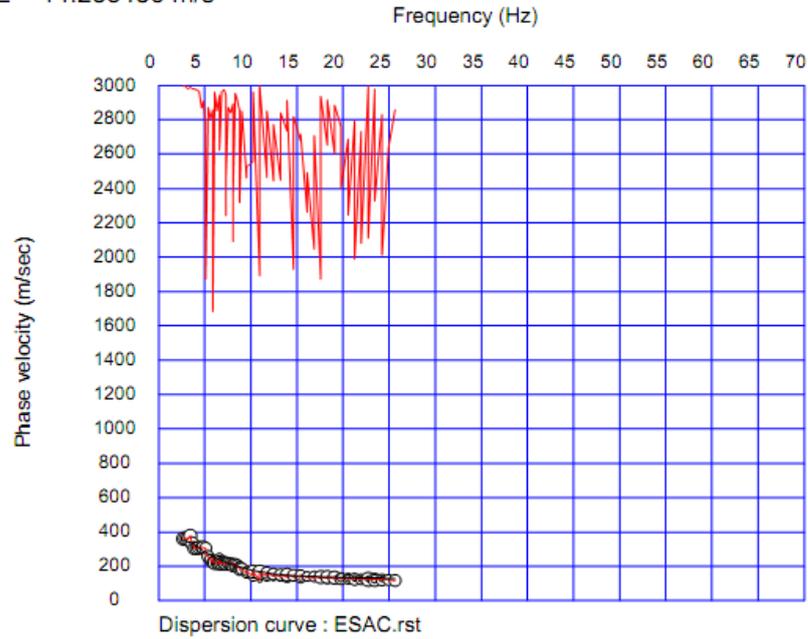


## Curva Dispersione ESAC 5

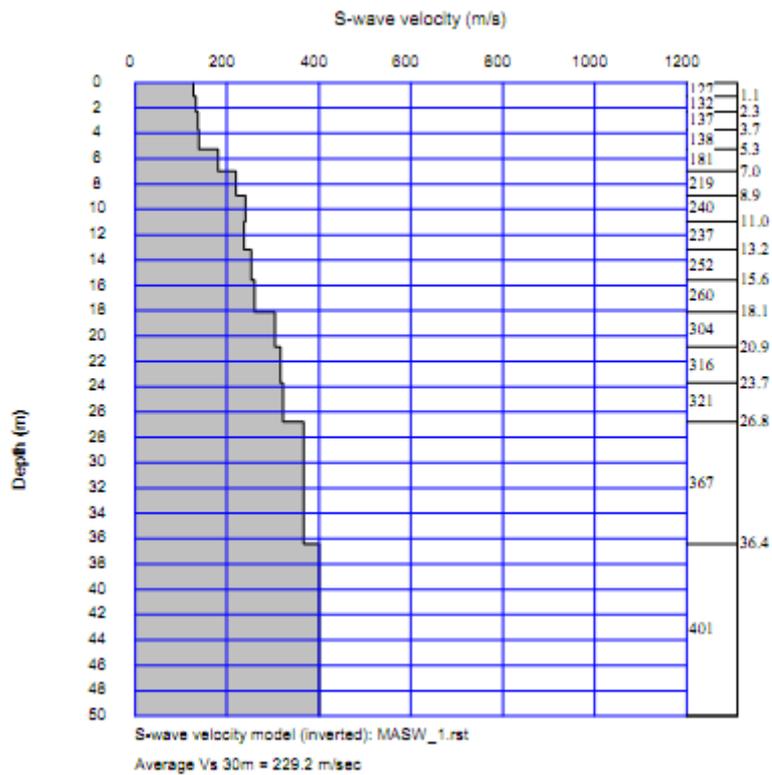


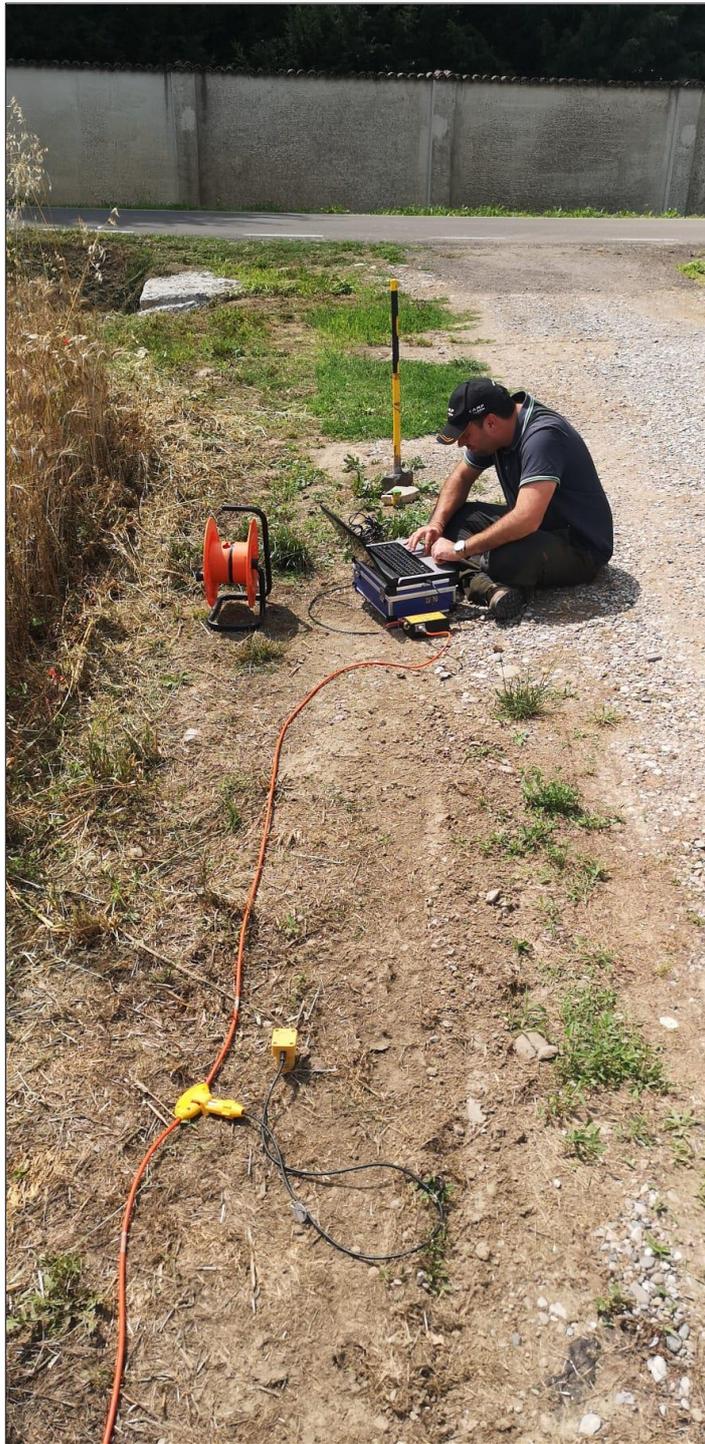
## Curva Teorica e Sperimentale MASW 5 + ESAC 5

RMSE = 14.235436 m/s



## Profilo Vs MASW 5 + ESAC 5

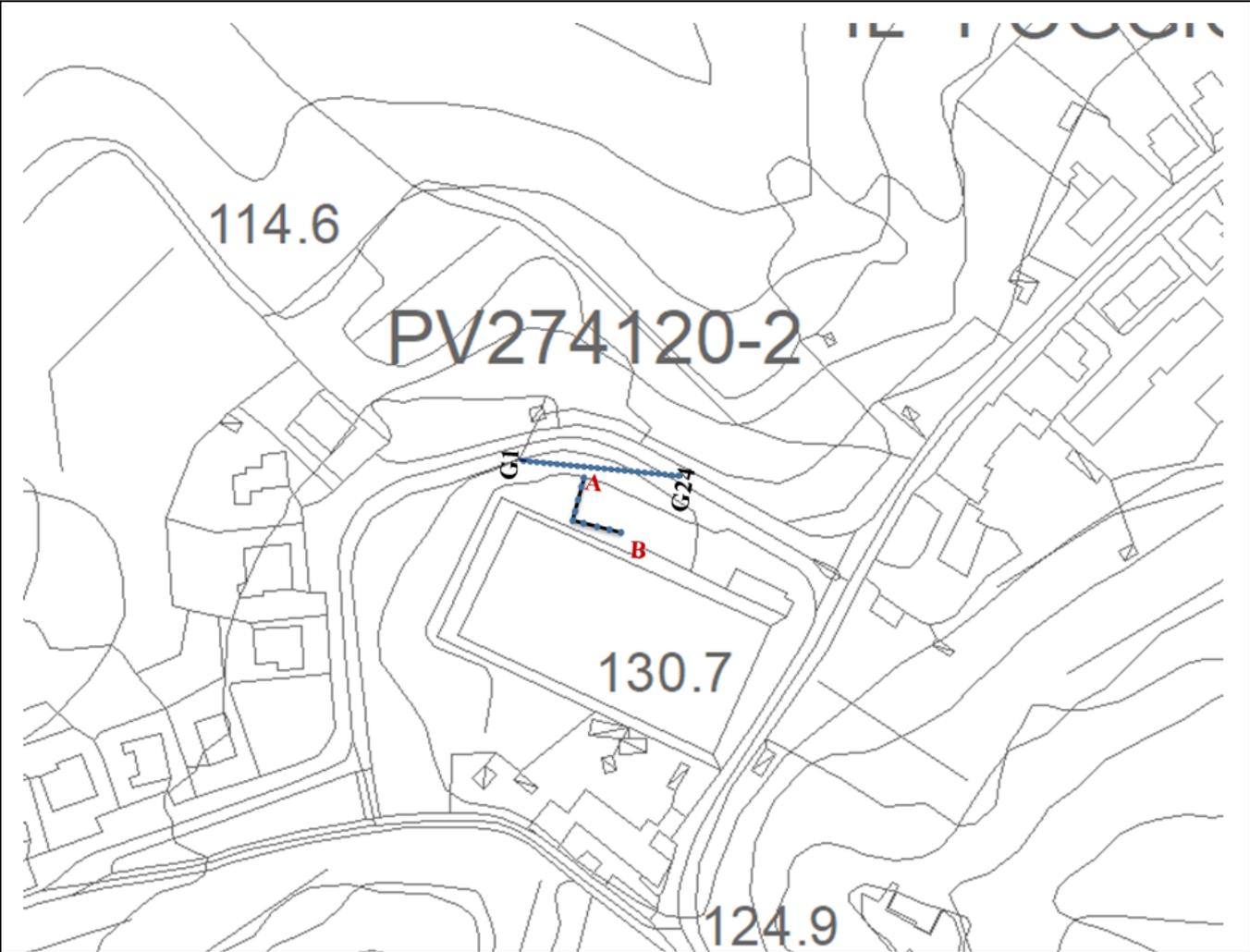




Stendimento MASW-ESAC 5

**INDAGINE SISMICA CONGIUNTA MASW\_6 + ESAC\_6**

Planimetria Scala 1:2000



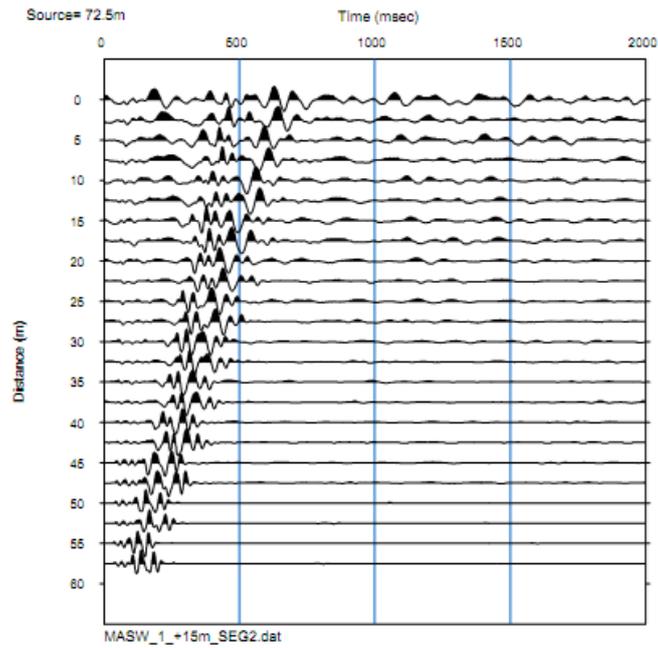
## Geometria dello stendimento MASW\_6

Numero Geofoni: 24

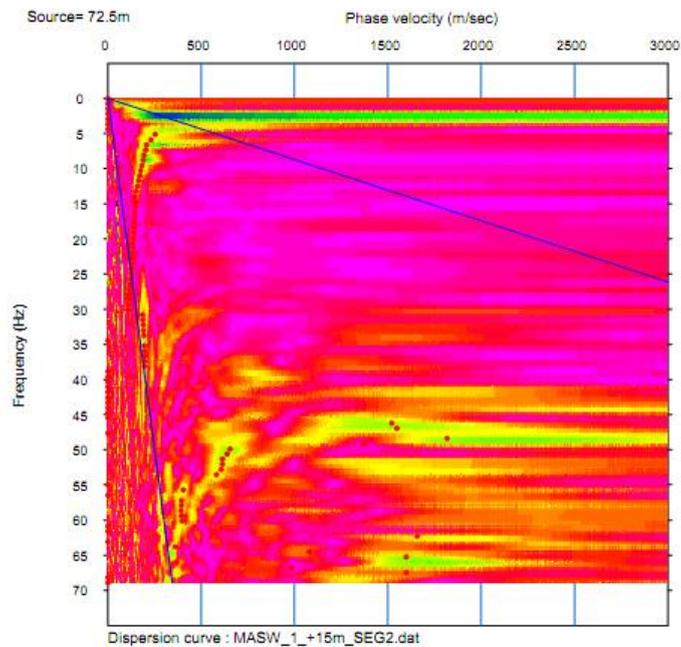
Intervallo (m): 2.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 57.5 m

## Sismogramma MASW\_6



## Curva Dispersione MASW\_6



## Geometria dello stendimento ESAC\_6

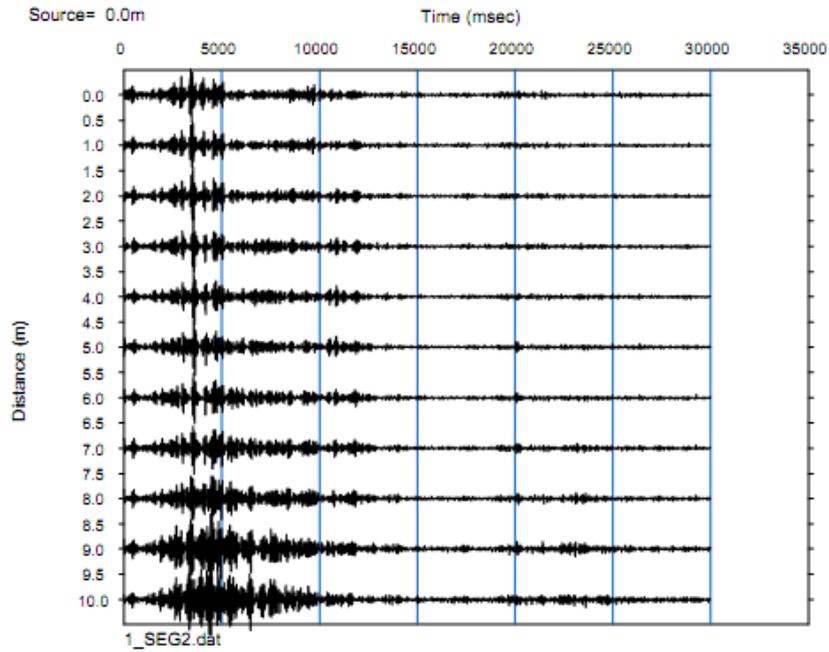
Geometria Stendimento: L

Numero Geofoni: 11

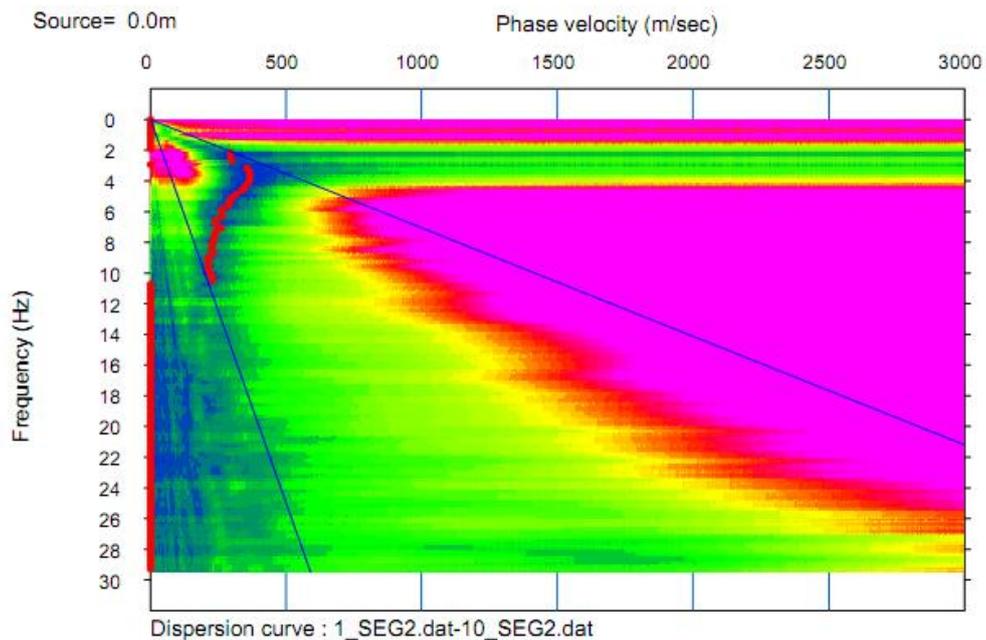
Intervallo (m): 2.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 12.5 m

## MAM 2D ESAC 6

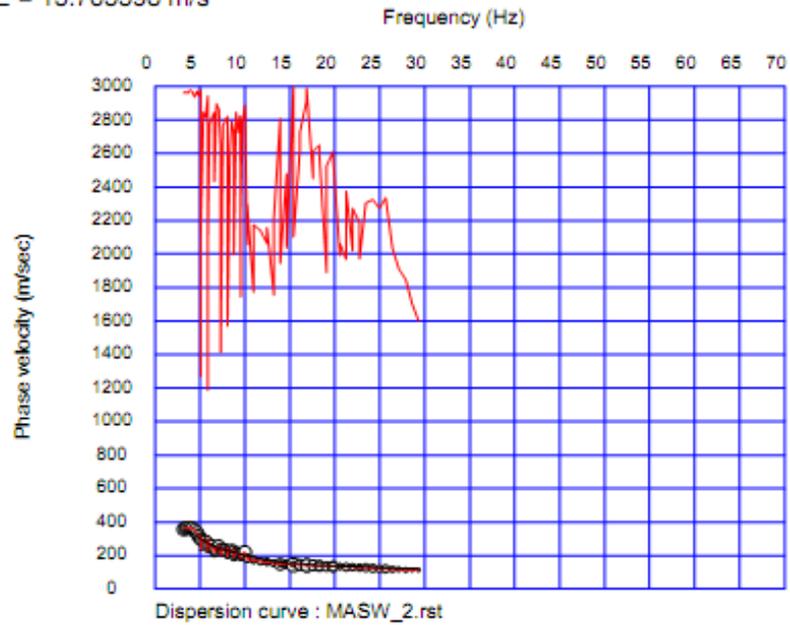


## Curva Dispersione ESAC 6

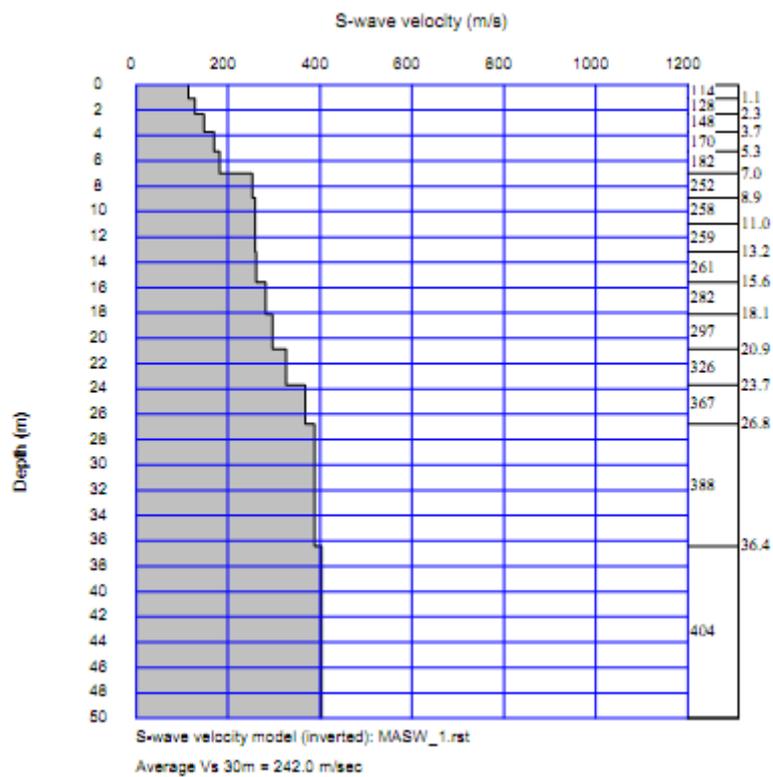


## Curva Teorica e Sperimentale MASW 6 + ESAC 6

RMSE = 15.765598 m/s



## Profilo Vs MASW 6 + ESAC 6



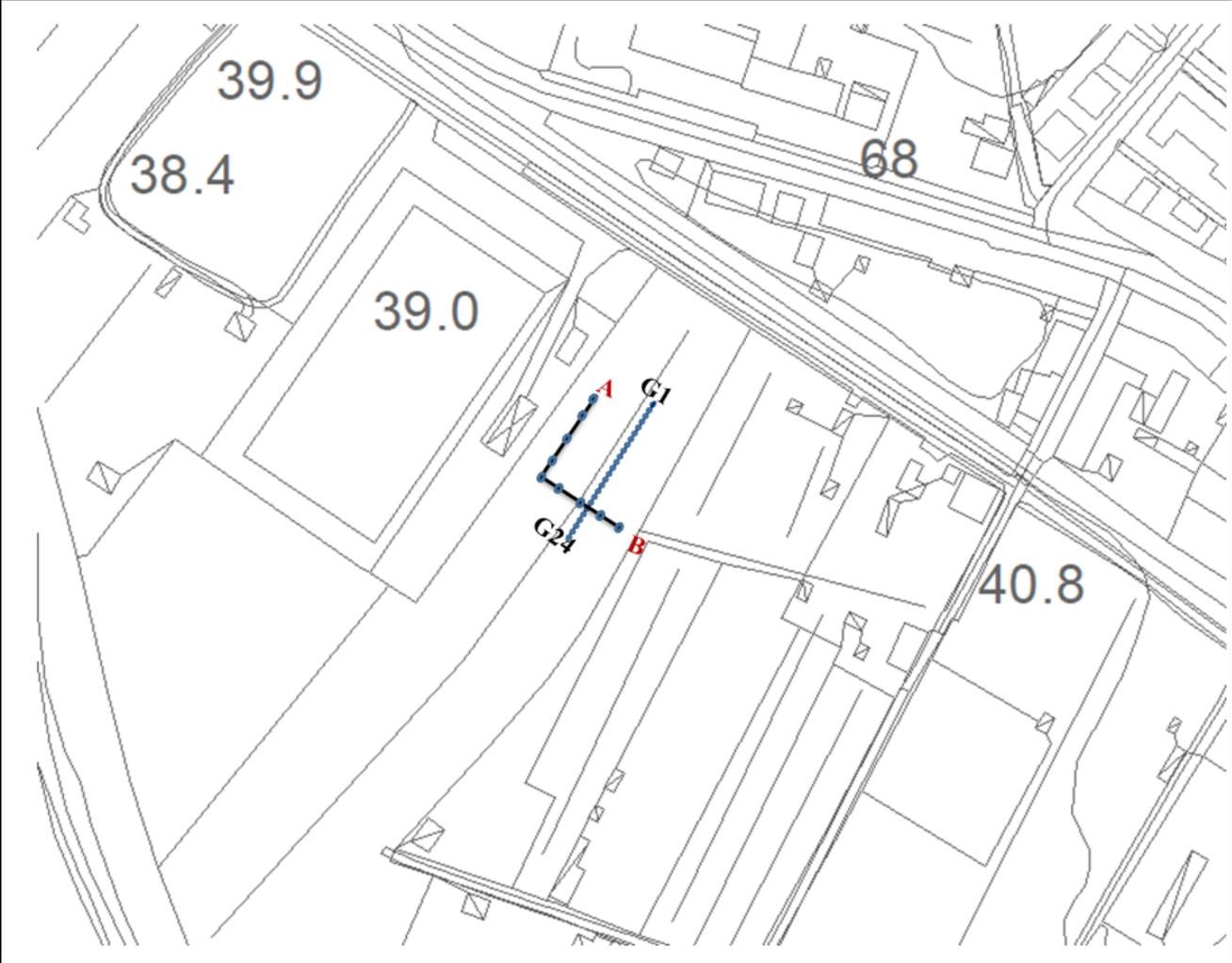


Stendimento MASW-ESAC 6



**INDAGINE SISMICA CONGIUNTA MASW\_7 + ESAC\_7**

**Planimetria Scala 1:2000**



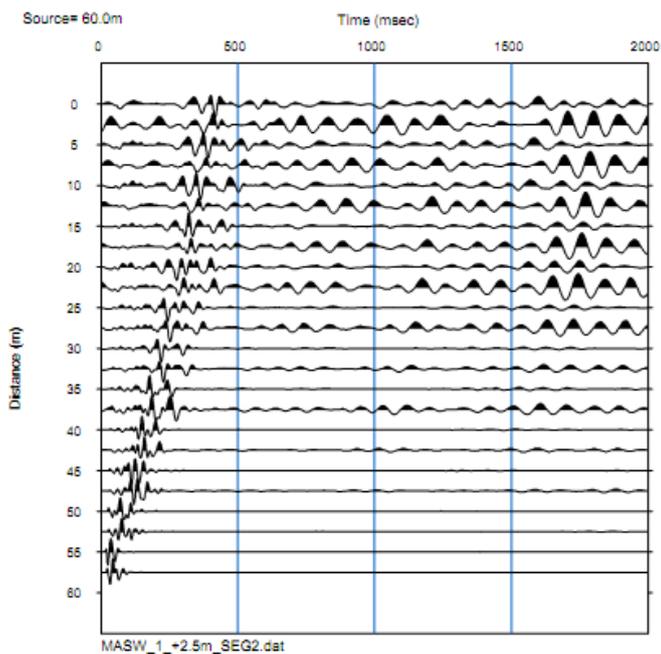
## Geometria dello stendimento MASW\_7

Numero Geofoni: 24

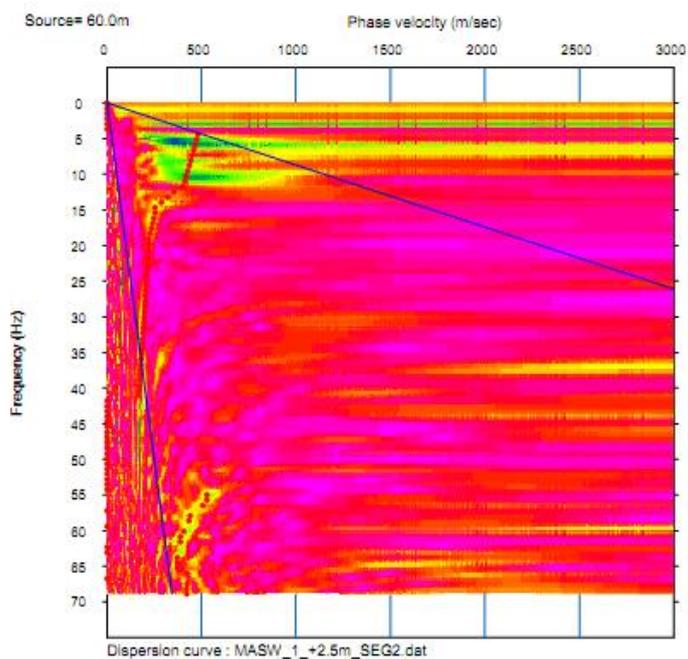
Intervallo (m): 2.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 57.5 m

## Sismogramma MASW\_7



## Curva Dispersione MASW\_7



## Geometria dello stendimento ESAC\_7

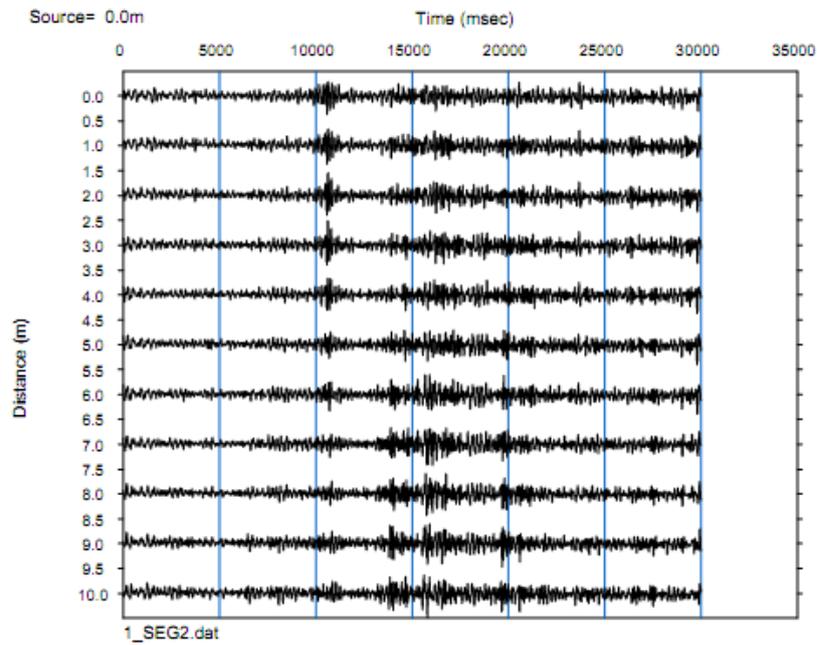
Geometria Stendimento: L

Numero Geofoni: 11

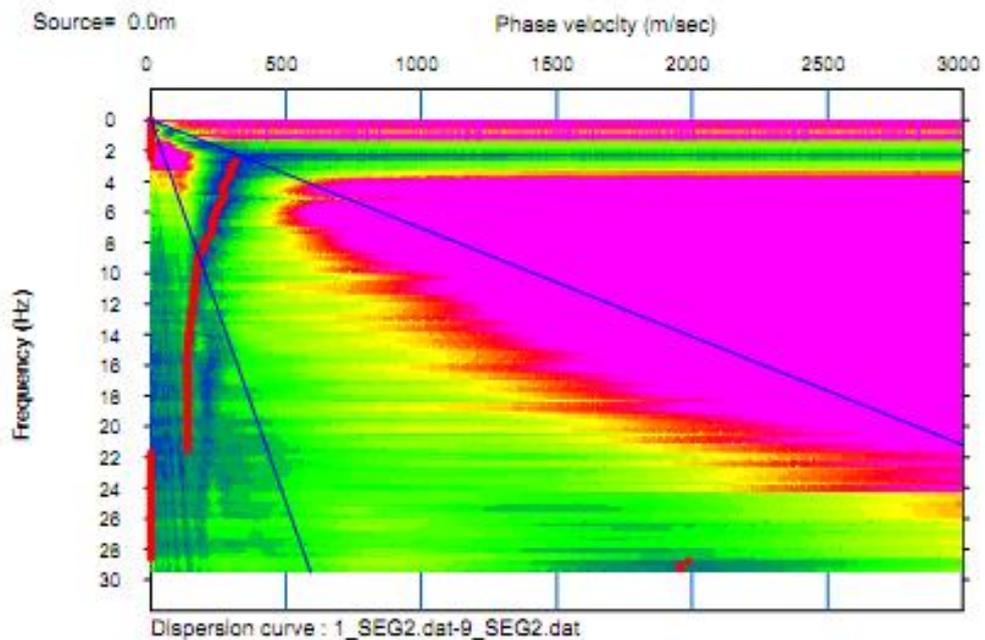
Intervallo (m): 2.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 12.5 m

## MAM 2D ESAC 7

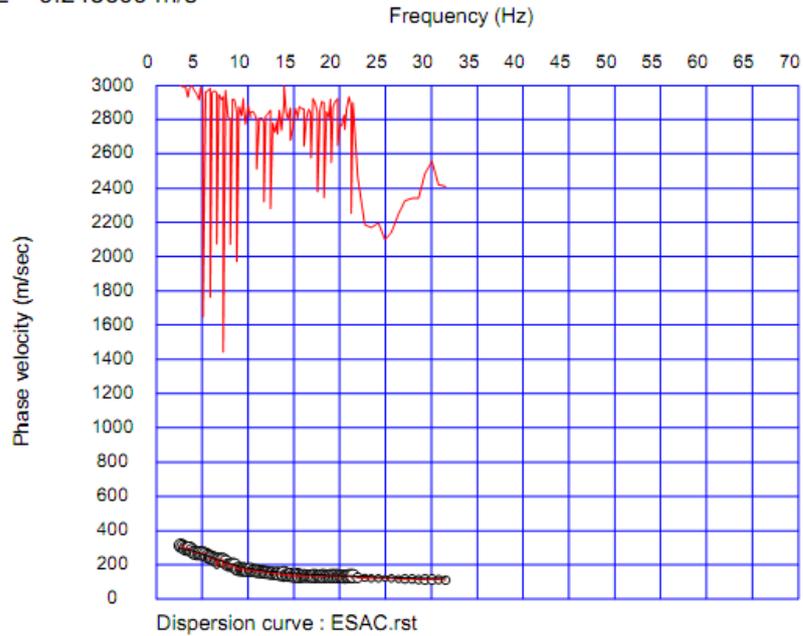


## Curva Dispersione ESAC 7

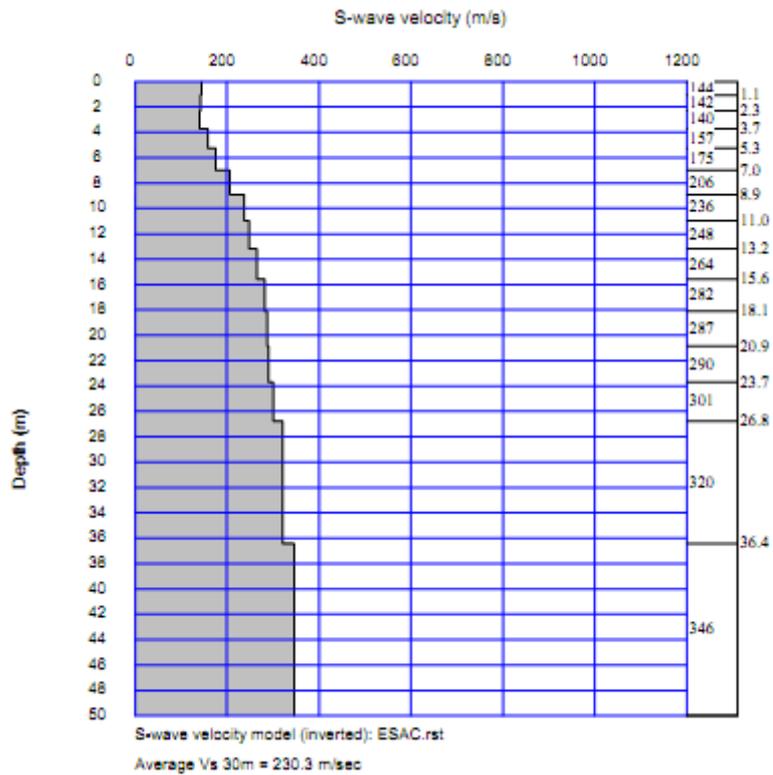


## Curva Teorica e Sperimentale MASW 7 + ESAC 7

RMSE = 9.243609 m/s



## Profilo Vs MASW 7 + ESAC 7



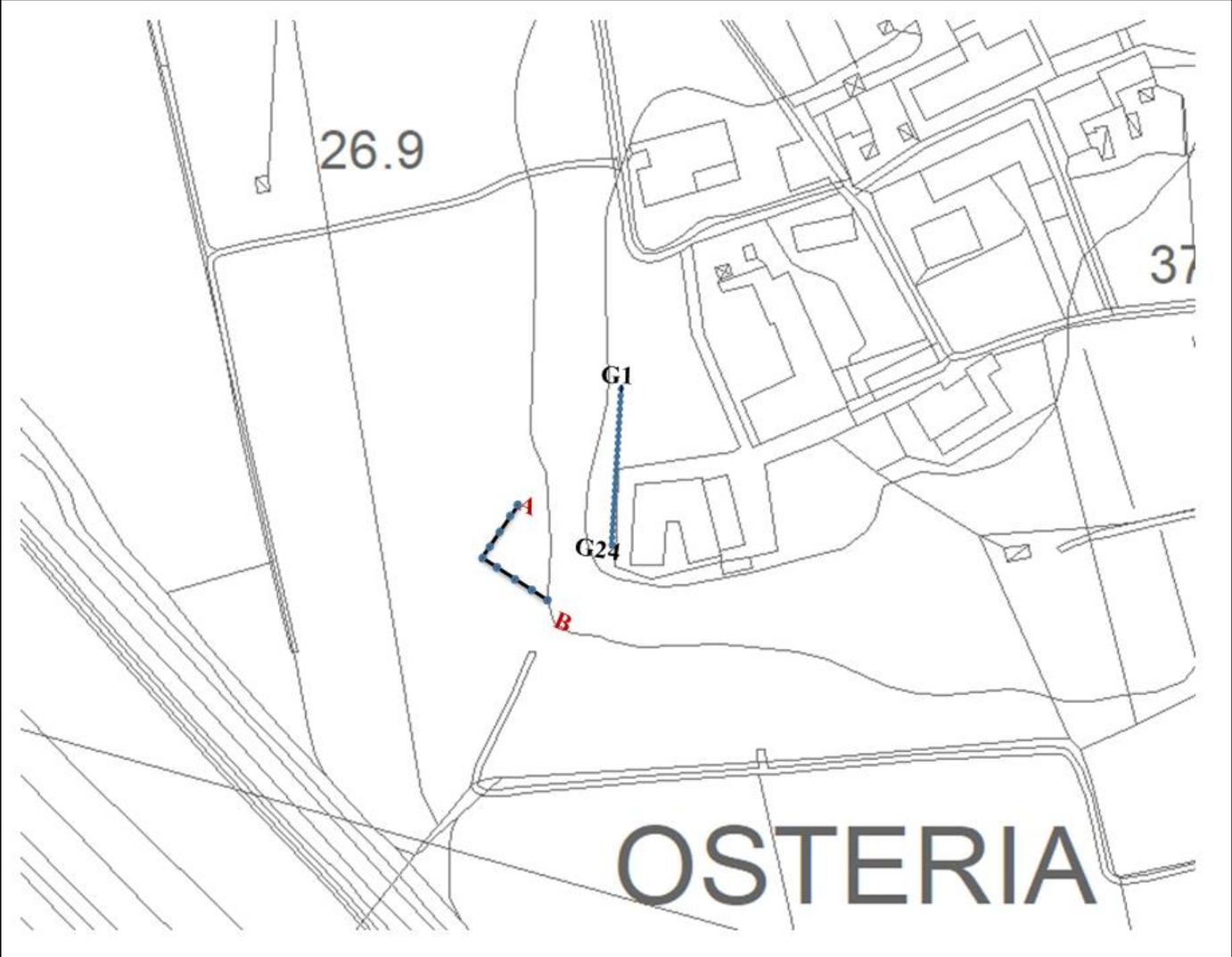


Stendimento MASW-ESAC 7



**INDAGINE SISMICA CONGIUNTA MASW\_8 + ESAC\_8**

Planimetria Scala 1:2000



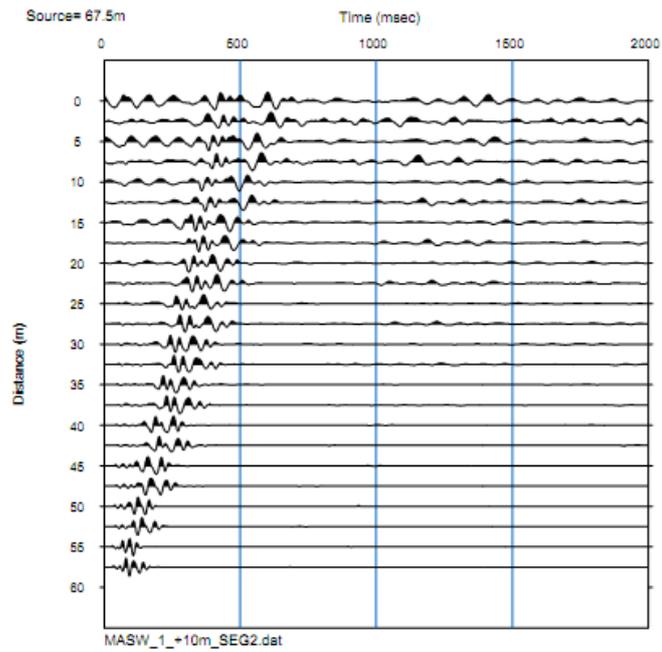
## Geometria dello stendimento MASW\_8

Numero Geofoni: 24

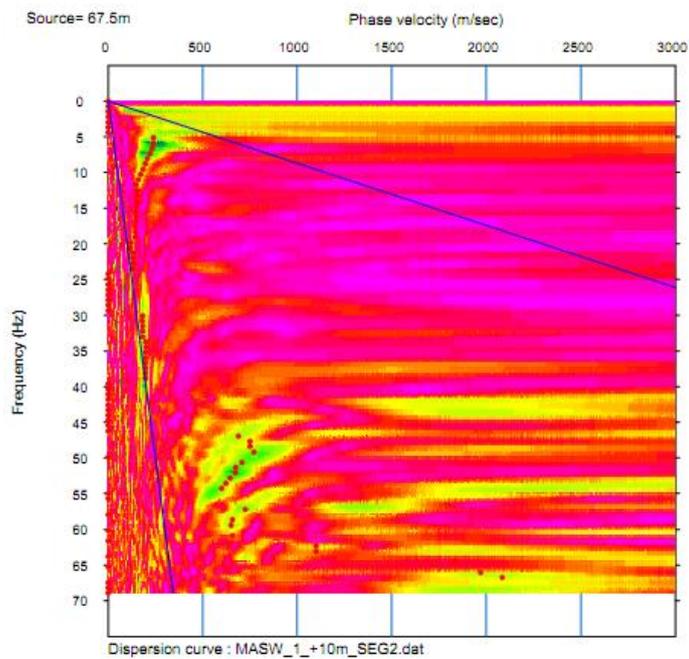
Intervallo (m): 2.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 57.5 m

## Sismogramma MASW 8



## Curva Dispersione MASW 8



## Geometria dello stendimento ESAC\_8

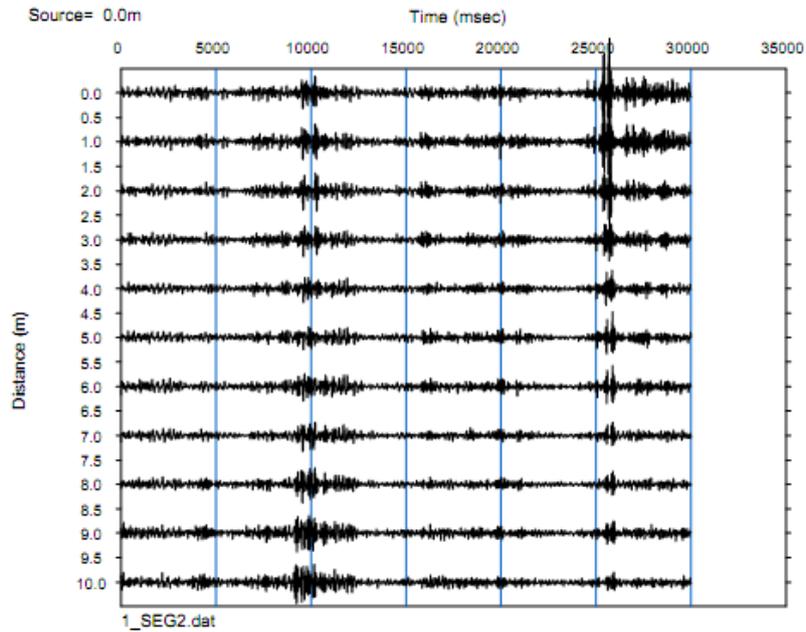
Geometria Stendimento: L

Numero Geofoni: 11

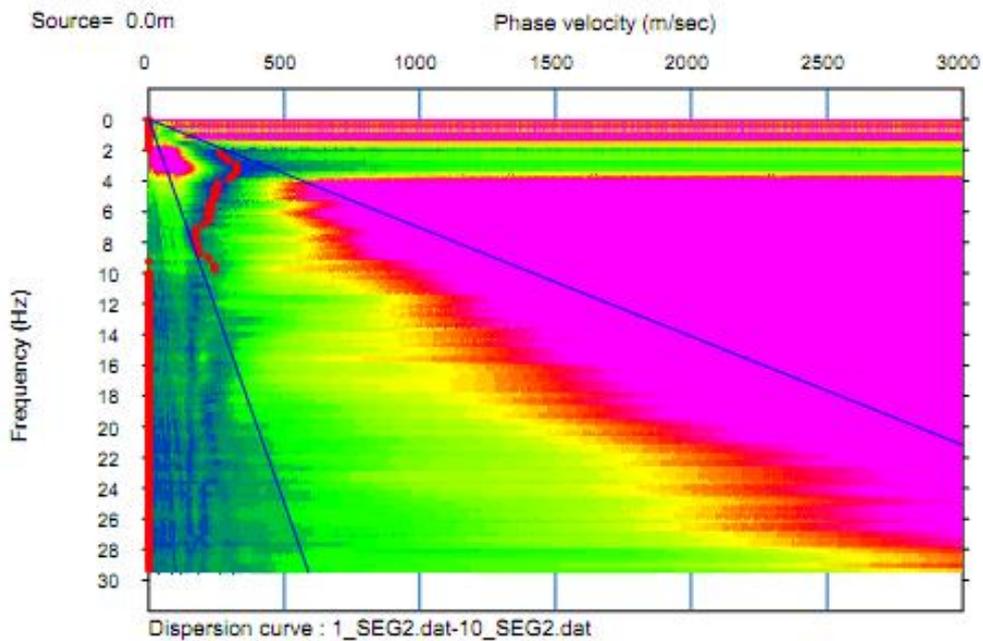
Intervallo (m): 2.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 12.5 m

## MAM 2D ESAC 8

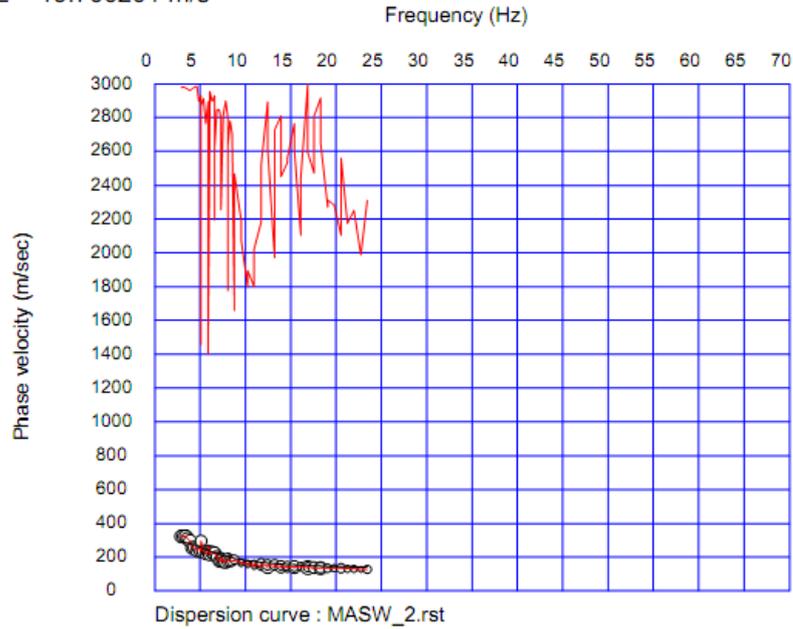


## Curva Dispersione ESAC 8

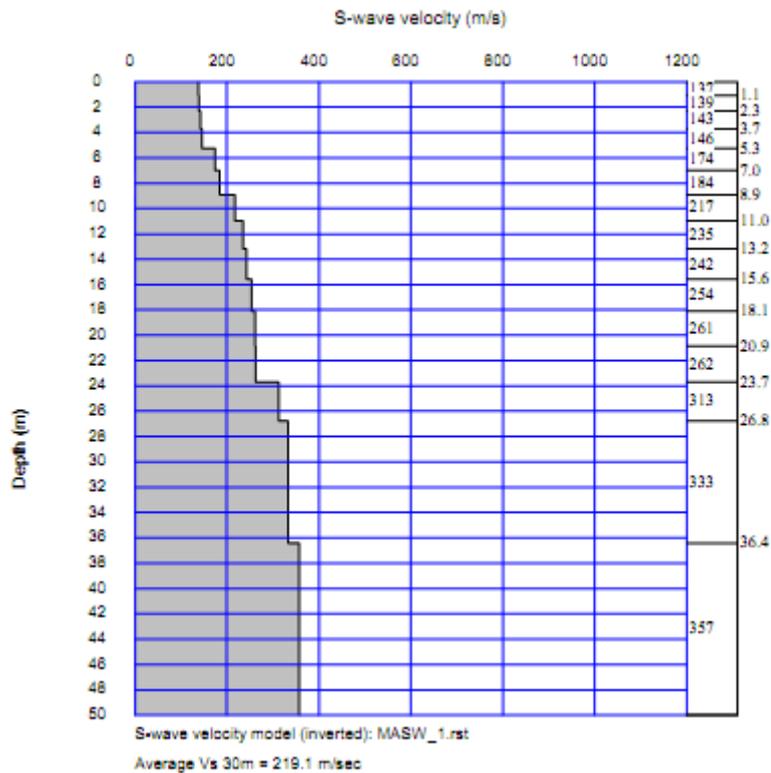


## Curva Teorica e Sperimentale MASW 8 + ESAC 8

RMSE = 19.700201 m/s



## Profilo Vs MASW 8 + ESAC 8

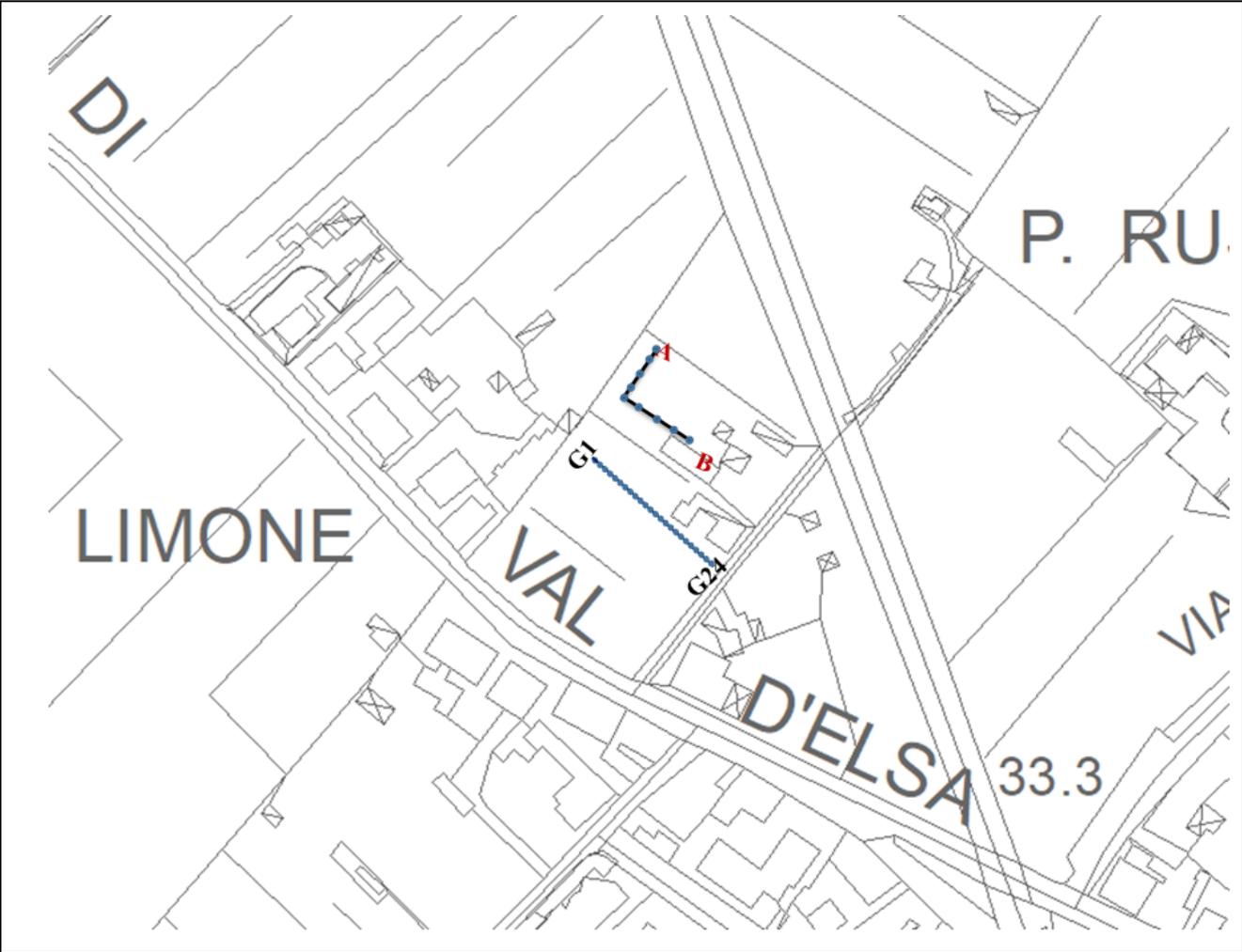




Stendimento MASW-ESAC 8

**INDAGINE SISMICA CONGIUNTA MASW\_9 + ESAC\_9**

Planimetria Scala 1:2000



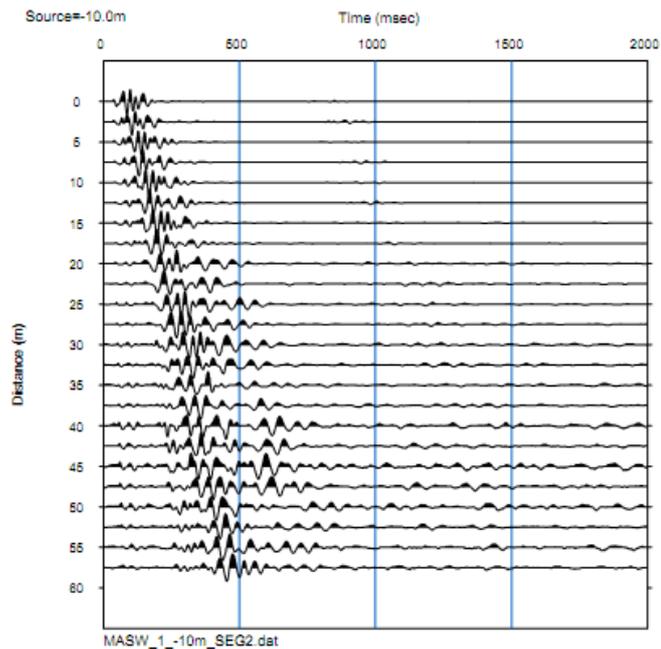
## Geometria dello stendimento MASW\_9

Numero Geofoni: 24

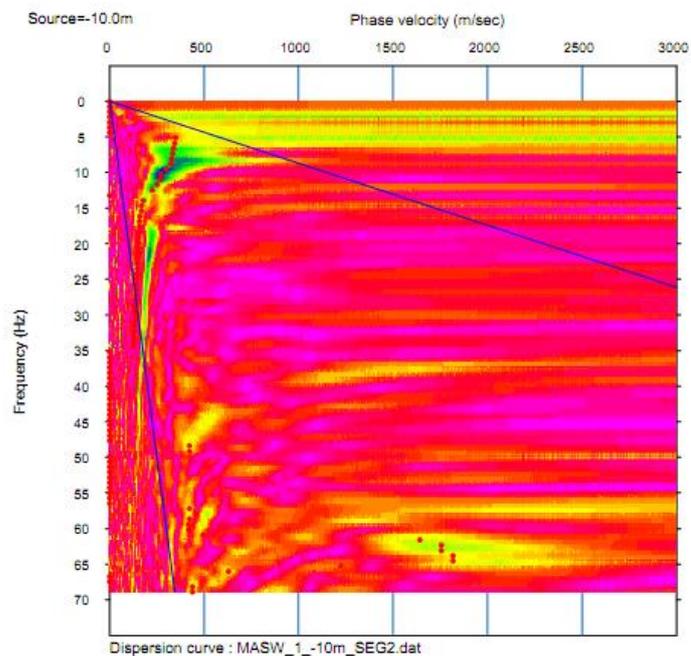
Intervallo (m): 2.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 57.5 m

## Sismogramma MASW\_9



## Curva Dispersione MASW\_9



## Geometria dello stendimento ESAC\_9

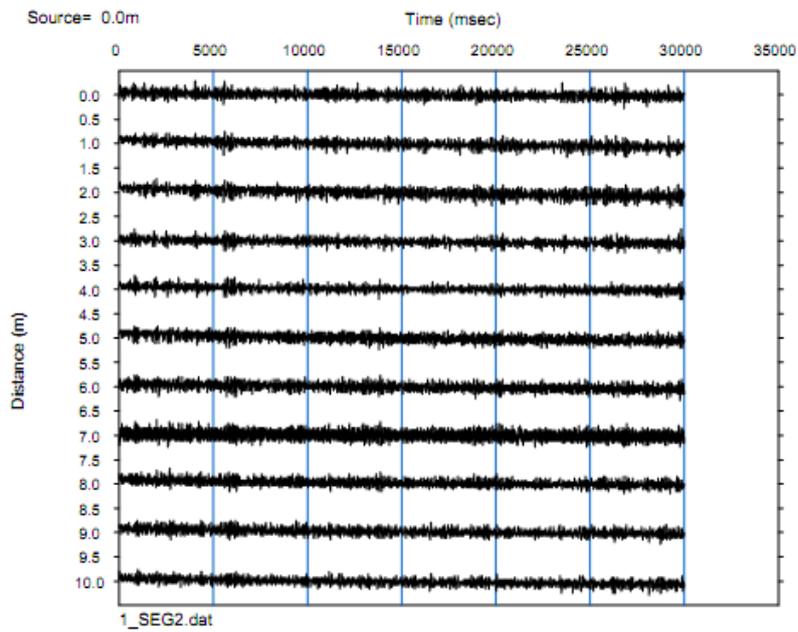
Geometria Stendimento: L

Numero Geofoni: 11

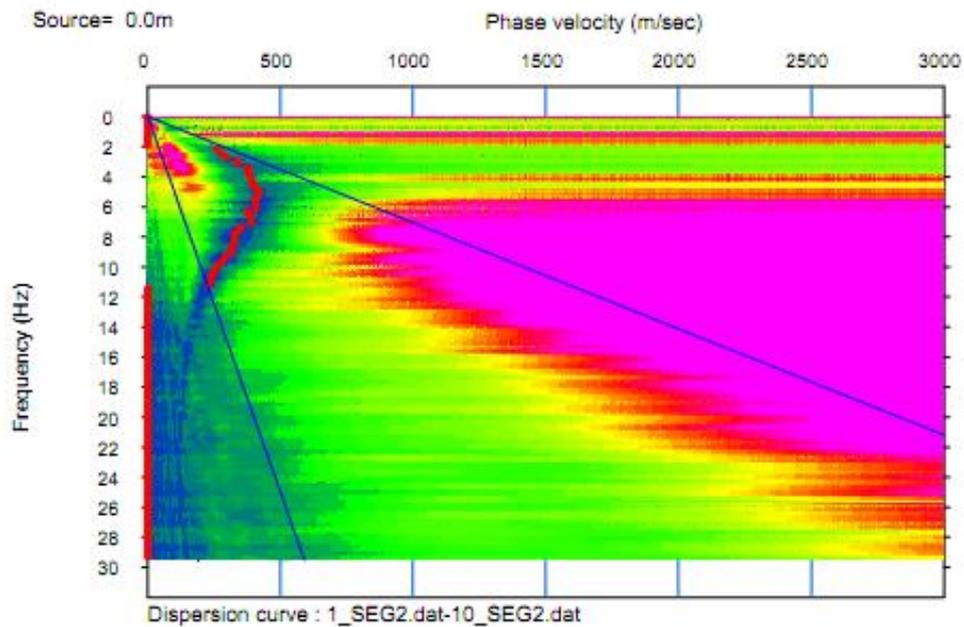
Intervallo (m): 2.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 12.5 m

## MAM 2D ESAC 9

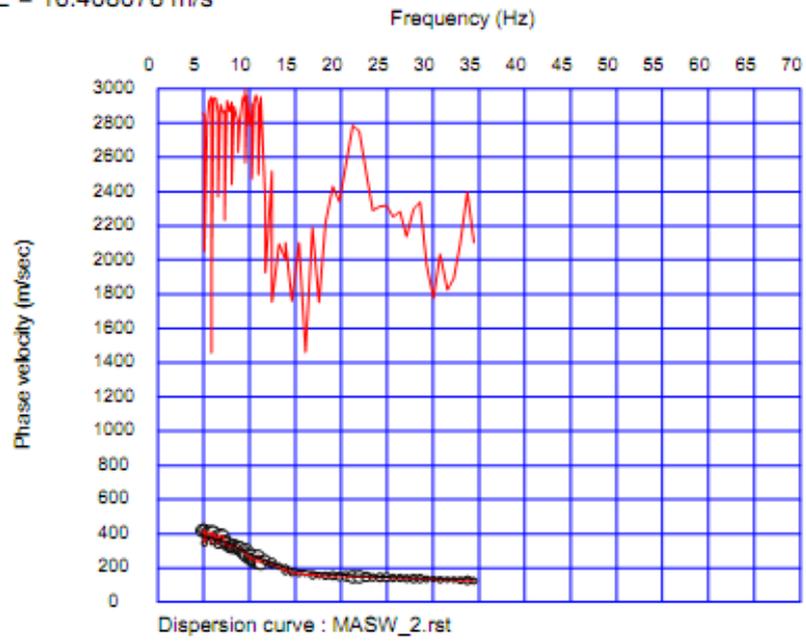


## Curva Dispersione ESAC 9

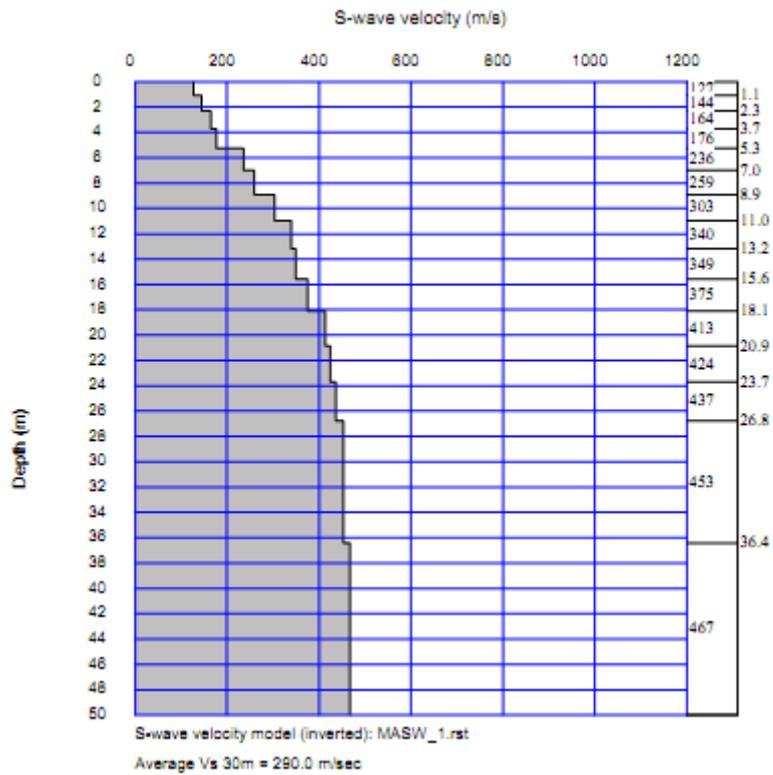


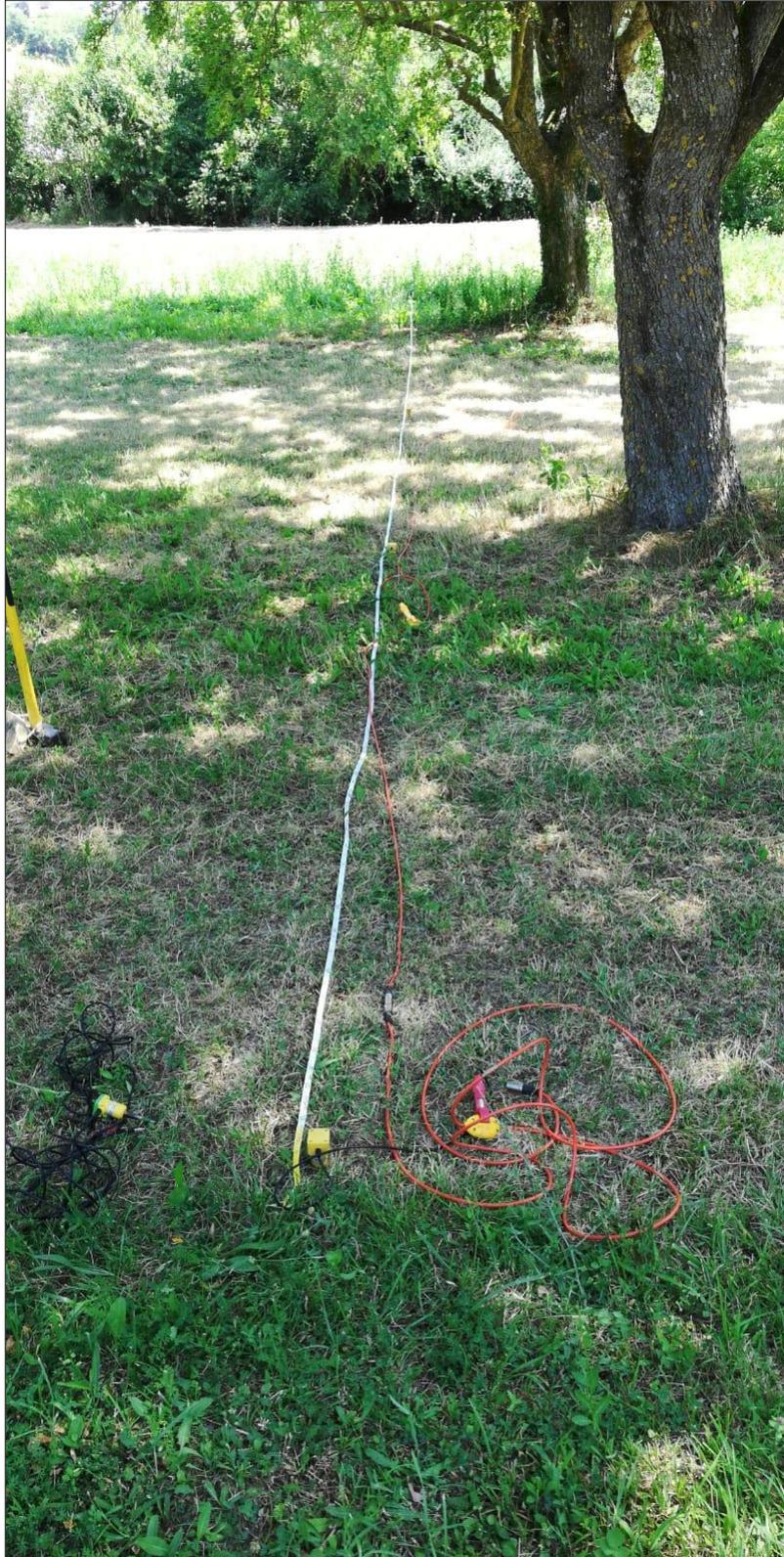
## Curva Teorica e Sperimentale MASW 9 + ESAC 9

RMSE = 16.408078 m/s



## Profilo Vs MASW 9 + ESAC 9



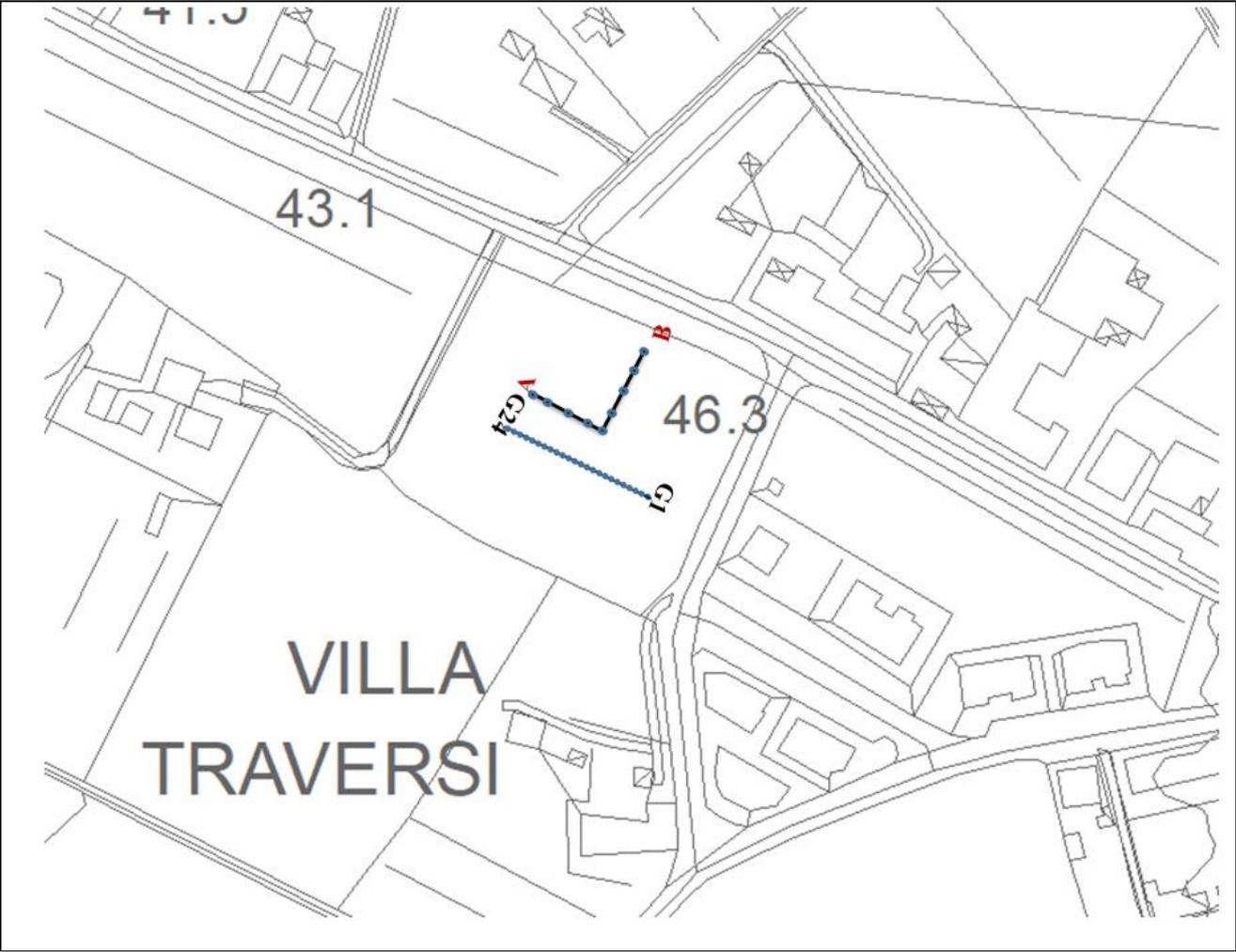


Stendimento MASW-ESAC 9



**INDAGINE SISMICA CONGIUNTA MASW\_10 + ESAC\_10**

Planimetria Scala 1:2000



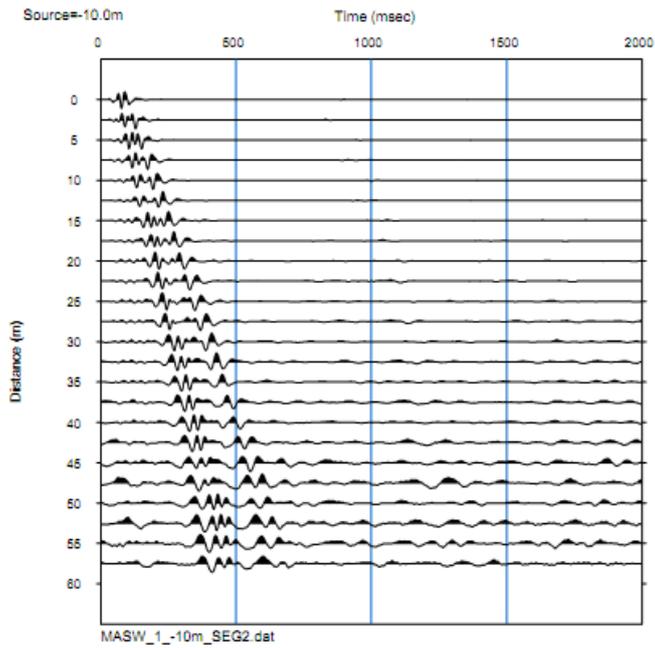
## Geometria dello stendimento MASW\_10

Numero Geofoni: 24

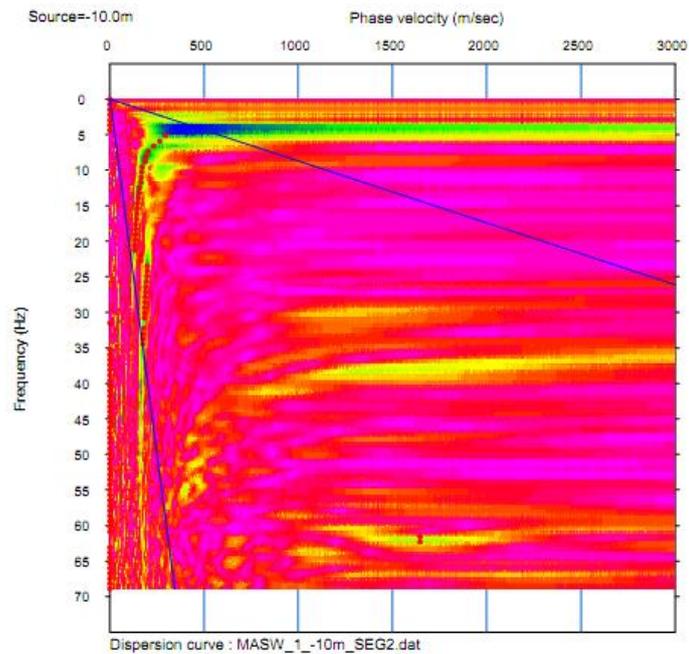
Intervallo (m): 2.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 57.5 m

## Sismogramma MASW 10



## Curva Dispersione MASW 10



## **Geometria dello stendimento ESAC\_10**

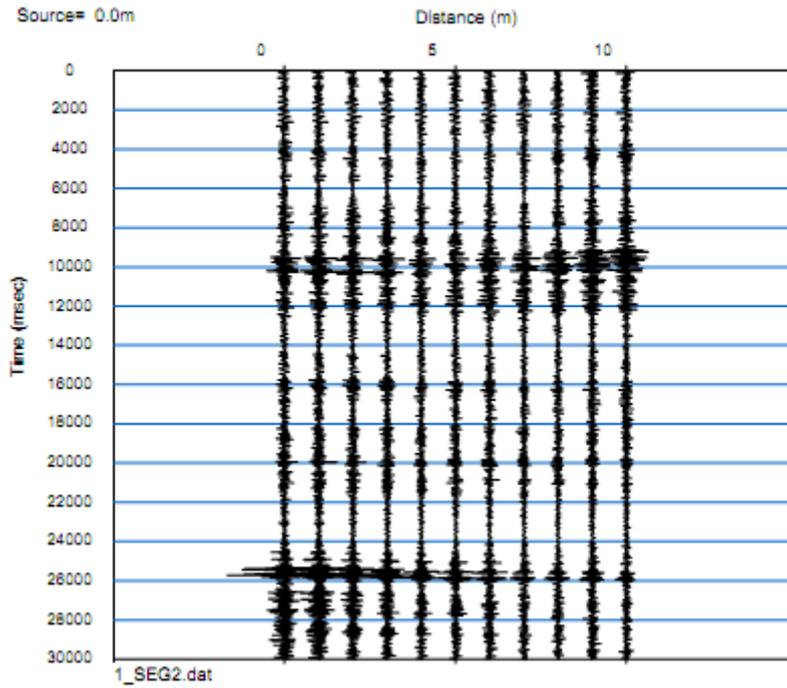
Geometria Stendimento: L

Numero Geofoni: 11

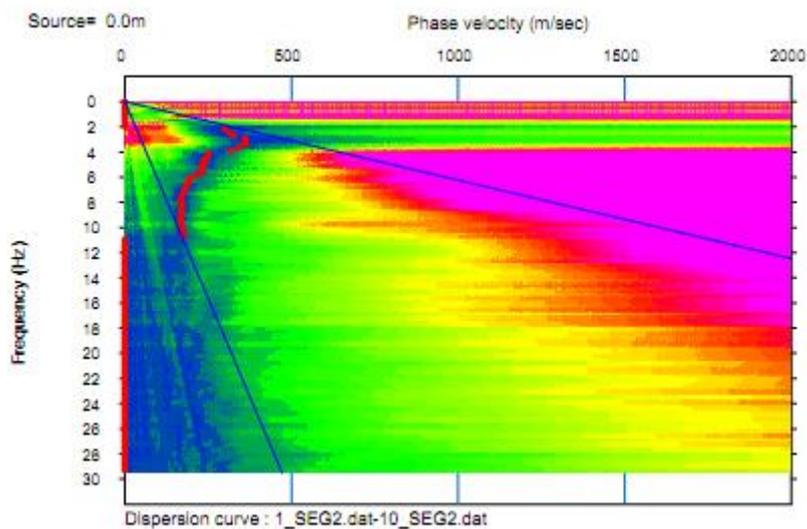
Intervallo (m): 2.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 12.5 m

## **MAM 2D ESAC 10**

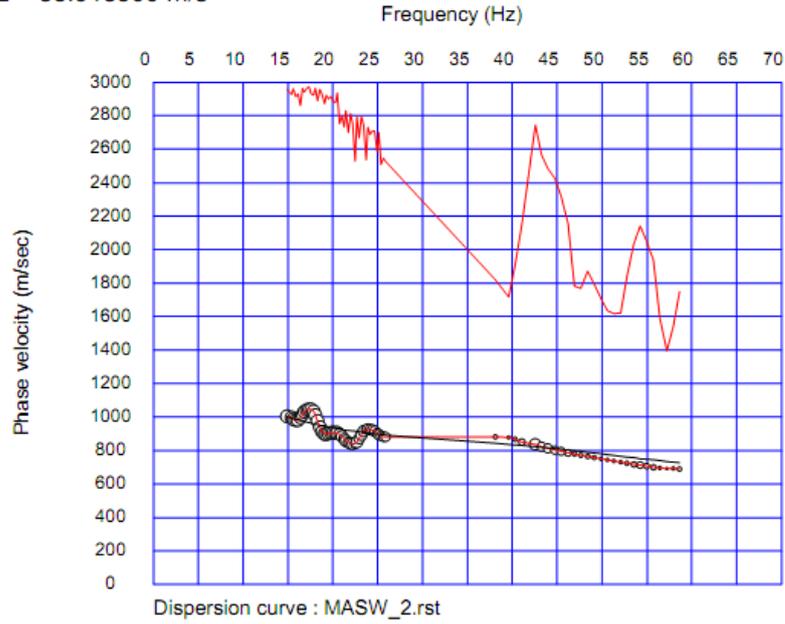


## **Curva Dispersione ESAC 10**

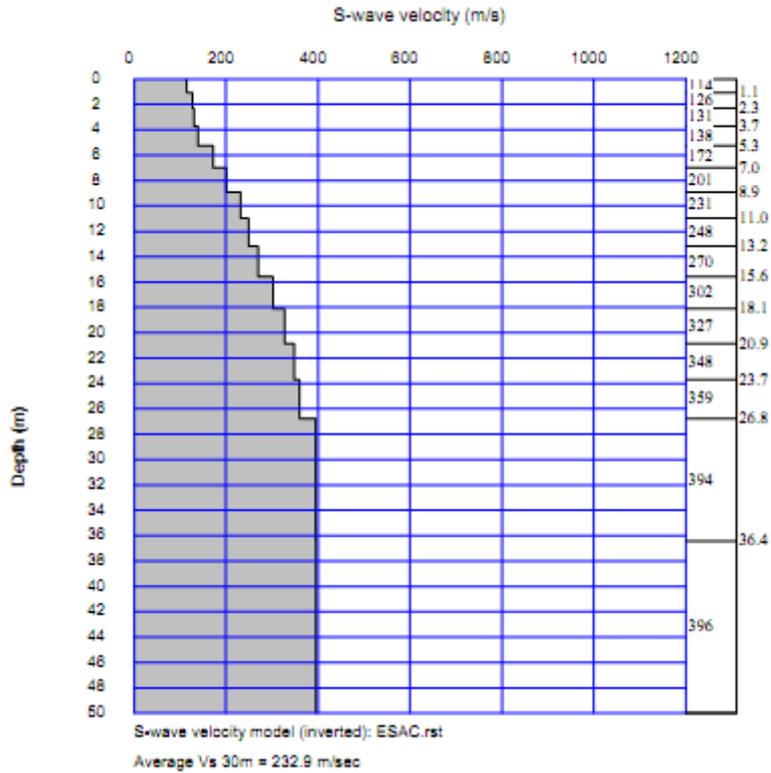


## **Curva Teorica e Sperimentale MASW 10 + ESAC 10**

RMSE = 38.913500 m/s



### Profilo Vs MASW 10 + ESAC 10





Stendimento MASW-ESAC 10

- **ALLEGATO GRAFICO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI**



