

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## COLLEGAMENTO DIRETTO CON LE LINEE METAPONTO-REGGIO CALABRIA E COSENZA - SIBARI

### S.O. GEOLOGIA TECNICA

### PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

### BRETELLA DI SIBARI (CS)

Indagini Geognostiche - Indagini geofisiche

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RC2V 00 R 69 IG GE0001 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	P. Chiara <small>Dot. Ing. Paolo CHIARA Causa n. 100/2013 SS-A/1 (R. 10/11) e L. 10/2013 n. 2091</small>	Marzo 2023	M. Scarpelli <i>Mario Scarpelli</i>	Marzo 2023	I. D'Amore <i>I. D'Amore</i>	Marzo 2023	G. Benedetti Marzo 2023  ITALFERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Italiano Dot. Geol. Giampaolo BERGÉTTI Ordine dei Geologi Emilia Romagna n. 1019 <i>Giampaolo Benedetti</i>

File: RC2V00R69IGGE0000001A.doc

n. Elab

## INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	4
1.1	PREMESSA E SCOPI DELL'INDAGINE GEOFISICA.....	4
1.2	NORME DI RIFERIMENTO, CRITERI E LINEE GUIDA ADOTTATE .....	5
1.3	UBICAZIONI DI DETTAGLIO DELLE INDAGINI .....	5
2.	METODOLOGIE IMPIEGATE.....	7
2.1	INDAGINE SISMICA TOMOGRAFICA .....	7
2.1.2	Principi base della tecnica sismica a rifrazione e limiti del metodo.....	7
2.1.3	Configurazione delle misure ed elaborazione dati .....	9
2.2	INDAGINE DOWN HOLE .....	11
2.2.2	Metodologia di misura e strumentazione utilizzata .....	12
2.3	INDAGINE SISMICA PER ONDE SUPERFICIALI MASW .....	14
2.3.1	Principi di funzionamento e cenni sul metodo .....	14
2.3.2	Strumentazione utilizzata, configurazione di indagine ed inversione dati .	15
2.4	INDAGINE HVSR .....	16
2.4.1	Principi di funzionamento e cenni sul metodo .....	16
3.	RISULTATI.....	20
3.1	PREMESSA.....	20
3.2	RISULTATI TOMOGRAFIE SISMICHE A RIFRAZIONE – ALLEGATO 1 ....	20
3.2.1	Linea L_1A .....	21
3.2.2	Linea L_1B .....	21
3.2.3	Linea L_2.....	21
3.2.4	Linea L_3.....	22
3.2.5	Linea L_4.....	22
3.2.6	Linea L_5A .....	22
3.2.7	Linea L_5B .....	23

3.2.8	Linea L_6.....	23
3.3	RISULTATI INDAGINI DOWN HOLE – ALLEGATO 2.....	23
3.3.1	Prova Down Hole su foro S2_DH.....	23
3.4	RISULTATI M.A.S.W. – ALLEGATO 3 .....	26
3.4.1	MASW 01 .....	27
3.4.2	MASW 02 .....	28
3.4.3	MASW 03 .....	29
3.4.4	MASW 04 .....	30
3.4.5	MASW 05 .....	31
3.4.6	MASW 06 .....	32
3.1	RISULTATI HVSR – ALLEGATO 4.....	33
3.1.1	HVSR 01 .....	33
3.1.2	HVSR 02 .....	35
3.1.3	HVSR 03 .....	38
3.1.4	HVSR 04 .....	41
4.	BIBLIOGRAFIA.....	44
5.	ALLEGATO N.1 – RISULTATI TOMOGRAFIE SISMICHE A RIFRAZIONE .....	47
6.	ALLEGATO N.2 – RISULTATI INDAGINI DOWN HOLE .....	64
7.	ALLEGATO N.3 – RISULTATI INDAGINI MASW .....	72
8.	ALLEGATO N.4 – RISULTATI INDAGINE HVSR .....	85

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1 Premessa e scopi dell'indagine geofisica

La presente relazione illustra i risultati della campagna di prospezioni geofisiche, condotte secondo le modalità previste nelle specifiche tecniche Italferr ed eseguite a supporto per il PFTE del completamento Metaponto–Sibari–Reggio Calabria ed in particolare per la “Bretella di Sibari (Cs)”.



Figura 1.1.1: Posizioni delle indagini eseguite – foto satellitare (Google Earth, 2020).

Per la definizione delle caratteristiche sismiche dei terreni presenti nelle aree di indagine sono state eseguite le seguenti indagini geofisiche:

- N. 8 profili di sismica a rifrazione con interpretazione tomografica per onde di compressione P e di taglio SH, è stata impiegata al fine di definire, nei limiti delle metodologie impiegate, gli spessori e le velocità delle onde di compressione e di taglio dei terreni indagati.
- N. 1 indagine sismica in foro di tipo Down Hole, condotta all'interno del sondaggio S2\_DH opportunamente attrezzato; tale metodologia d'indagine consente la caratterizzazione di dettaglio e l'approfondimento necessario ai fini geotecnici su aree localizzate, laddove sia necessario valutare il comportamento dei terreni di fondazione, caratterizzandone i parametri dinamici relativi, oltretutto a determinare, con grande risoluzione, la categoria

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>COLLEGAMENTO DIRETTO CON LE LINEE METAPONTO-REGGIO CALABRIA E COSENZA - SIBARI</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA BRETELLA DI SIBARI (CS)</b>					
<b>Indagini Geofisiche</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC2V	00	R 69 IG	GE 00 00 001	A	5 di 110

dei terreni ai fini della valutazione della risposta sismica locale mediante il parametro  $V_s$  eq..

- N. 6 indagini sismiche per onde superficiali con metodologia M.A.S.W sono state eseguite con lo scopo di ottenere la distribuzione monodimensionale della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ , lungo un profilo verticale, utile alla attribuzione della categoria del sottosuolo pertinente rispetto alle NTC 2018;
- N. 4 registrazioni di microtremore sismico ambientale con tecnica HVSR, al fine di ottenere delle misure dirette delle frequenze di risonanza dei terreni sovrastanti il “bedrock”.

Il presente documento, oltre a riportare le evidenze dei risultati emersi dalla campagna di acquisizione dati condotta in sito, contiene una descrizione sintetica delle metodologie geofisiche utilizzate.

## 1.2 Norme di riferimento, criteri e linee guida adottate

Per l’acquisizione dei dati, l’elaborazione e la stesura della presente relazione sono stati utilizzati le seguenti norme e linee guida:

- NTC 2018: “Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni” e relativa circolare
- Linee Guida per Indagini Geofisiche, Associazione Società di Geofisica
- Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation, SESAME European Research Project

## 1.3 Ubicazioni di dettaglio delle indagini

Nelle tabelle sottostanti sono riportate le coordinate delle indagini eseguite espresse in gradi decimali.

Prova	Coordinate inizio stendimento	Coordinate fine stendimento
L_1A	39.740723° LAT, 16.446724° LON	39.741756° LAT, 16.448278° LON
L_1B	39.741896° LAT, 16.448524° LON	39.742294° LAT, 16.449200° LON
L_2	39.743153° LAT, 16.450660° LON	39.742412° LAT, 16.452953° LON
L-3	39.742434° LAT, 16.449631° LON	39.741385° LAT, 16.452663° LON
L-4	39.742503° LAT, 16.453531° LON	39.742462° LAT, 16.454754° LON
L-5A	39.742355° LAT, 16.454923° LON	39.741422° LAT, 16.455227° LON
L-5B	39.740856° LAT, 16.455405° LON	39.739656° LAT, 16.455930° LON
L-6	39.740991° LAT, 16.453686° LON	39.740924° LAT, 16.455350° LON

*Tabella 1.3.1 – Ubicazioni degli stendimenti a sismica a rifrazione.*

Prova	Coordinate indagine
S2_DH	39.742539° LAT, 16.453105° LON

*Tabella 1.3.2 – Ubicazioni della indagine Down Hole.*

Prova	Coordinate inizio stendimento	Coordinate fine stendimento
MASW 01	39.741157° LAT, 16.447387° LON	39.741564° LAT, 16.447997° LON
MASW 02	39.742904° LAT, 16.451429° LON	39.742662° LAT, 16.452165° LON
MASW 03	39.741926° LAT, 16.451169° LON	39.741669° LAT, 16.451901° LON
MASW 04	39.742479° LAT, 16.453941° LON	39.742462° LAT, 16.454754° LON
MASW 05	39.740856° LAT, 16.455405° LON	39.740270° LAT, 16.455653° LON
MASW 06	39.740991° LAT, 16.453686° LON	39.740966° LAT, 16.454507° LON

*Tabella 1.3.3 – Ubicazioni delle indagini MASW.*

Prova	Coordinate indagine
HVSR 01	39.741424° LAT, 16.448050° LON
HVSR 02	39.742529° LAT, 16.452814° LON
HVSR 03	39.742433° LAT, 16.454087° LON
HVSR 04	39.740619° LAT, 16.455548° LON

*Tabella 1.3.4 – Ubicazioni delle indagini HVSR.*

	<b>COLLEGAMENTO DIRETTO CON LE LINEE METAPONTO-REGGIO CALABRIA E COSENZA - SIBARI</b>				
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA BRETELLA DI SIBARI (CS)</b>				
<b>Indagini Geofisiche</b>	COMMESSA RC2V	LOTTO 00	CODIFICA R 69 IG	DOCUMENTO GE 00 00 001	REV. A FOGLIO 7 di 110

## 2. METODOLOGIE IMPIEGATE

### 2.1 Indagine sismica tomografica

#### 2.1.1 Principi di funzionamento e cenni sul metodo

Per il presente lavoro è stato utilizzato un sismografo ECHO 48/2014. Lo strumento (v. Figura 2 riportata di seguito), prodotto dalla Ambrogeo (Piacenza, Italia), è un sistema di acquisizione con le seguenti caratteristiche tecniche principali:

- Numero di canali 48+1 espandibile a 96+1;
- Convertitore analogico digitale A/D a 24-bits;
- intervalli di campionamento: 32, 64, 128, 256, 480 e 960 us;
- Filtri in acquisizione passa basso: 10-15-25-35-50-70-100-200-280-400 Hz;
- Accuratezza nel trigger di 1/32 dell'intervallo di campionamento.



Figura 2.1.1.1: Sismografo digitale a 24 bit.

Per la rilevazione delle onde di compressione e di taglio sono stati utilizzati rispettivamente geofoni ad azione verticale ed orizzontale, entrambi con frequenza propria di oscillazione di 10 Hz.

#### 2.1.2 Principi base della tecnica sismica a rifrazione e limiti del metodo

La sismica a rifrazione consiste in una serie di tecniche basate sul principio fisico del fenomeno della rifrazione di un'onda sismica che incide su una discontinuità individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattore). Sulla superficie da investigare si posizionano i trasduttori del moto del suolo (geofoni) ad una certa distanza dalla sorgente sismica che può essere una massa battente (diversamente applicata e guidata) o una carica esplosiva a seconda della lunghezza dello stendimento e della profondità di indagine richiesta.

Nell'indagine sismica a rifrazione i trasduttori situati più vicino alla sorgente rilevano prima l'onda diretta che arriva con velocità legata alle caratteristiche meccaniche dello strato di terreno più superficiale, mentre quelli più lontani rilevano le onde rifratte che viaggiano a velocità più elevata. Conoscendo i tempi di primo arrivo e la distanza geofono-sorgente, tramite la ricostruzione e l'analisi delle curve tempo-distanza (dromocrone) con i metodi descritti al successivo paragrafo, si possono determinare i campi di velocità delle onde di compressione P e delle onde di taglio SH che caratterizzano i vari strati interessati dall'indagine; da qui produrre una stratigrafia sismica da correlare alle formazioni geologiche o discontinuità presenti nella serie investigata nel sottosuolo.

In fase di elaborazione è importante considerare che, per uno stesso tipo di roccia, la velocità di propagazione delle onde elastiche nel suolo diminuisce col grado di fratturazione-alterazione e aumenta con la profondità. Anche la giacitura della stratificazione gioca un ruolo fondamentale sui risultati delle indagini sismiche a rifrazione in quanto, in rocce stratificate e/o deformate duttilmente (piegate), tra le velocità rilevate lungo i piani di strato o di clivaggio e quelle rilevate perpendicolarmente agli stessi si possono manifestare sensibili differenze. La velocità delle onde di compressione, in particolare modo nelle formazioni terrigene, è fortemente influenzata dalla presenza della falda acquifera e quindi dal grado di saturazione dei terreni, diversamente da quelle trasversali (di taglio) che non si trasmettono nell'acqua.

Sulla base di tali considerazioni deriva che una roccia fortemente fratturata e del materiale detritico saturo, pur trattandosi di litotipi differenti, possano avere uguali velocità delle onde sismiche compressionali, per cui l'interpretazione sismostratigrafica non necessariamente corrisponderà con il reale assetto stratigrafico.

Il metodo sismico a rifrazione pur essendo un sistema di valenza generalmente riconosciuta presenta comunque delle limitazioni:

- un livello di spessore minore di 1/3 del passo intergeofonico ed in relazione alla sua profondità può non essere rilevabile;
- in una successione stratigrafica uno strato potrà essere rilevato soltanto se la velocità di trasmissione delle onde longitudinali al suo interno risulterà maggiore di quella dei livelli soprastanti;
- un livello di velocità intermedia vincolato sopra e sotto rispettivamente da uno strato a velocità minore e da uno a velocità sensibilmente maggiore può non risultare



	<b>COLLEGAMENTO DIRETTO CON LE LINEE METAPONTO-REGGIO CALABRIA E COSENZA - SIBARI</b>				
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA BRETTELLA DI SIBARI (CS)</b>				
<b>Indagini Geofisiche</b>	COMMESSA RC2V	LOTTO 00	CODIFICA R 69 IG	DOCUMENTO GE 00 00 001	REV. A FOGLIO 9 di 110

rilevabile in quanto i primi arrivi possono essere mascherati dallo strato sottostante (effetto dello strato nascosto);

- all'aumentare della distanza intergeofonica, a parità di numero di canali, si registra un aumento della profondità di investigazione ma, allo stesso tempo, può ridursi la precisione nella determinazione della profondità delle interfacce tra i diversi livelli individuati;

- all'interno di una formazione geologica caratterizzata da incrementi graduali di velocità con la profondità le forme delle dromocrone consentono più schemi interpretativi. Per tale motivazione, ai fini di ridurre quanto più possibile l'errore interpretativo, diviene necessario il disporre di sondaggi di taratura.

I metodi di elaborazione dei dati di più recente pubblicazione (la metodologia sismica tomografica ad esempio) consentono almeno in parte di risolvere tali limitazioni permettendo l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo ed offrono la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse.

### 2.1.3 Configurazione delle misure ed elaborazione dati

Per l'esecuzione dei profili sismici sono stati utilizzati cavi sismici multiconduttori ed un passo intergeofonico pari a 3,0 m.

Nella Tabella 3.2.1 del Paragrafo 3.3 sono visibili le lunghezze, il numero di geofoni e delle postazioni di energizzazione per ogni profilo acquisito. Il sistema di energizzazione impiegato è costituito da una massa battente per entrambi i tipi di onde; l'energizzazione delle onde SH è stata effettuata per ognuna delle postazioni con doppia polarità (+ e -) agendo lateralmente su un blocco in teflon ancorato al terreno (per eliminare contributi spuri in sede di elaborazione dati).

Per ogni linea i dati di campagna relativi alle onde P ed SH sono stati acquisiti nel corso della medesima giornata.

Per il processing dei dati è stato utilizzato il Software RAYFRACT (ver. 3.35) della Intelligent Resources Inc. (Canada), creato per l'elaborazione di dati tomografici sismici a rifrazione, realizzabili sia con acquisizioni per onde di compressione P che di taglio SH, per scopi geologici, geotecnico-ingegneristici, ambientali, nonché per l'esplorazione nel campo delle georisorse.

Il software citato consente la realizzazione di dettagliati modelli di velocità del sottosuolo con le più evolute tecniche tomografiche, al fine di caratterizzarne gli orizzonti presenti in termini sismo-stratigrafici.

Lo schema di interpretazione utilizzato nel presente lavoro è basato sulla creazione di un modello iniziale ottenuto mediante interpretazione con una tecnica sofisticata di processo dei tempi di primo arrivo basata sui metodi dei "Volumi di Fresnel" (Watanabe 1999) al fine di elaborare un primo modello di partenza con una tecnica del Gradiente "smooth" 1D, a partire dal modello sopraccitato; il codice di calcolo per la modellazione tomografica utilizza, nell'algoritmo d'inversione, un "raytracing" con raggi curvilinei e metodi di calcolo ai minimi quadrati attraverso il metodo Delta t-v (Gebrande and Miller 1985), al fine di migliorare il riconoscimento e la localizzazione di strutture di forma anomala, stabilizzando la soluzione dell'algoritmo d'iterazione. In generale, il tempo di percorrenza di un'onda sismica lungo un percorso S attraverso un mezzo bidimensionale (2D) può essere scritto come

$$t = \int_S u[\mathbf{r}(x, y)] \quad (2)$$

dove  $u(\mathbf{r})$  è il campo delle lentezze (l'inverso delle velocità) e  $\mathbf{r}$  è il vettore posizione. Discretizzando il campo di lentezze  $u(\mathbf{r})$  con  $m$  celle equidimensionali ognuna caratterizzata da una lentezza costante  $u_k$  ( $k=1, 2, \dots, m$ ) la dromocrona  $i$ -esima delle  $n$  disponibili può essere scritta come

$$t_i = \sum_{k=1}^m l_{ik} \cdot u_k \quad (3)$$

dove  $l_{ik}$  rappresenta la porzione dell' $i$ -esima dromocrona nella cella  $k$ -esima.

Considerando tutte le dromocrone disponibili si ottiene il seguente sistema

$$\mathbf{t} = \mathbf{M} \cdot \mathbf{u} \quad (4)$$

dove  $\mathbf{t}$  è il vettore dei dati sperimentali (tempi di primo arrivo letti sui sismogrammi),  $\mathbf{M}$  è la matrice rettangolare contenente le porzioni dei percorsi nelle varie celle,  $\mathbf{u}$  è il vettore delle lentezze (incognite del problema). Il problema inverso da risolvere è pertanto

$$\mathbf{u} = \tilde{\mathbf{M}}^{-1} \cdot \mathbf{t} \quad (5)$$

dove  $\tilde{\mathbf{M}}^{-1}$  è la matrice inversa generalizzata. Poiché i percorsi sismici dipendono dalle lentezze, la matrice  $\mathbf{M}$  dipende anche dalle lentezze e quindi il problema inverso (5) è un problema non-lineare che deve essere risolto iterativamente partendo da una soluzione iniziale (modello di partenza). L'equazione da considerare è pertanto la seguente

$$\mathbf{J} \cdot \Delta \mathbf{u} = \Delta \mathbf{t} \quad (5)$$

dove  $\Delta \mathbf{t} = \mathbf{t} - \mathbf{t}(\mathbf{u}_0)$  è la differenza tra i tempi sperimentali e i tempi calcolati per il modello di lentezze iniziale  $\mathbf{u}_0$ ;  $\Delta \mathbf{u}$  è la perturbazione del modello iniziale; e  $\mathbf{J}$  è la matrice jacobiana contenente le derivate parziali delle dromocrone rispetto alle lentezze nelle celle  $\frac{\partial t_i}{\partial u_k}$ .

Poiché il problema è parzialmente sovradeterminato (per alcune celle si hanno molti percorsi) e parzialmente sottodeterminato (per alcune celle non è disponibile nessun

	<b>COLLEGAMENTO DIRETTO CON LE LINEE METAPONTO-REGGIO CALABRIA E COSENZA - SIBARI</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA BRETELLA DI SIBARI (CS)</b>					
<b>Indagini Geofisiche</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOLGIO
	RC2V	00	R 69 IG	GE 00 00 001	A	11 di 110

percorso) esso è stato risolto con la tecnica dei minimi quadrati smorzati, cioè è stata minimizzata con la seguente funzione errore

$$\varphi = \|\mathbf{J} \cdot \Delta \mathbf{u} - \Delta \mathbf{t}\|^2 + \lambda \|\mathbf{L}_2 \mathbf{u}\|^2 \quad (6)$$

dove  $\lambda$  è il fattore di smorzamento e la matrice  $\mathbf{L}_2$  è una matrice derivata seconda (operatore laplaciano) che forza la soluzione verso la soluzione più regolare possibile (smoothest solution).

L'affinamento della soluzione è stato ottenuto attraverso un processo tomografico di inversione basato sul metodo WET (Wavepath Eikonal Traveltime inversion: Theory, 1993, Geophysics, Volume 58, Issue 9, pp. 1314-1323), spinto fino a 100 iterazioni per ottimizzarne il risultato finale e risolvere al meglio le zone con inversioni di velocità.

I risultati grafici che rappresentano la distribuzione delle velocità delle onde di compressione ( $V_p$ ) e di taglio ( $V_s$ ) nei terreni indagati, sono visualizzati nell'allegato con campiture a colori caratterizzate da una scala cromatica rappresentativa della dinamica dei valori di velocità incontrati (espressi in m/s, metri al secondo). Tale rappresentazione consente di identificare aree omogenee (medesimo comportamento cromatico) in termini sismo-stratigrafici. Queste zone di isovalori, di  $V_p$  per le onde di compressione, e di  $V_s$ , per quelle di taglio, sono correlabili ad ammassi di materiale con caratteristiche affini.

## 2.2 Indagine DOWN HOLE

### 2.2.1 Principi di funzionamento e cenni sul metodo

La prova sismica tipo Down Hole è un metodo di indagine finalizzato alla determinazione dei profili di velocità delle onde sismiche di volume di taglio SH e di compressione P di depositi di terreno.

I profili di velocità ottenuti dalle misure DH rappresentano valori di velocità medi sullo spessore degli strati poiché sono calcolati lungo percorsi dei raggi sismici inclinati. Tali percorsi sono poi stati corretti, considerando la distanza boccaforo-sorgente, per essere riportati ad un percorso rettilineo lungo la verticale.

Caratteristica essenziale del metodo sismico utilizzato è quella di consentire la determinazione dei parametri di deformabilità riferendoli a valori molto bassi dei livelli di deformazione ( $<10^{-5}$  m), al di sotto della soglia di deformazione lineare ciclica.

Per l'interpretazione dei dati è stato usato metodo denominato "Intervallo" in cui vengono misurati i tempi di tragitto dell'onda sismica fra due ricevitori posti a differente profondità (velocità intervallo). Nel nostro caso le misurazioni sono state eseguite ogni metro.

I parametri calcolabili con l'ausilio del metodo DH sono:

- il Coefficiente di Poisson dinamico,
- il modulo di elasticità dinamico longitudinale (o di Young),
- il modulo di taglio dinamico (o modulo di rigidità),

- il Bulk modulus (modulo di incompressibilità) e pertanto
- il modulo di compressibilità dinamico.

I valori dinamici calcolati con tali tecniche possono risultare differenti dai valori provenienti da prove di tipo statico puntuali (normalmente anche di un ordine di grandezza).

Il 22 marzo 2018 è entrato in vigore il D.M. 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC 2018) pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n° 42 del 20.2.2018 che prevede nell’impiego, nell’approccio semplificato nella progettazione, della classificazione del sottosuolo in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall’espressione riportata di seguito:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Il parametro  $V_{s,eq}$  è calcolato mediante la media pesata delle velocità degli strati fino alla profondità in cui si incontra la  $V_s = 800$  m/s entro i 30 metri. Nel caso in cui tale profondità sia maggiore di 30 m la  $V_{s,eq}$  è uguale alla  $V_{s,30}$ .

Dal valore del parametro  $V_{s,eq}$  è possibile risalire alla categoria di sottosuolo secondo il D.M. 2018 dal quale è tratta la successiva tabella.

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

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

### 2.2.2 Metodologia di misura e strumentazione utilizzata

Nella fase di acquisizione dati, la sorgente del segnale sismico per onde SH è costituita da barre in teflon, di circa 2 m di lunghezza complessiva, assicurate al

terreno applicando un carico verticale adeguato.

Lo sforzo di taglio è trasmesso colpendo orizzontalmente con una massa battente la barra, in successione sui due lati opposti (con lo scopo di trasmettere impulsi a polarità invertite). Alternativamente, attraverso la realizzazione di un scasso nel terreno ove alloggiare verticalmente una piastra in alluminio, è possibile generare sul terreno gli sforzi di taglio necessari sulle due direzioni opposte (sempre con lo scopo di trasmettere impulsi a polarità invertite e successivamente sommarli per l'eliminazione del contributo delle onde P dai sismogrammi da avviare ad elaborazione).

Lo sforzo di compressione è invece trasmesso attraverso una massa battente ad azione verticale su di una piastra in alluminio.

I sistemi di energizzazione sono posizionati, in prossimità del boccaforo. I ricevitori, all'interno del foro di sondaggio, sono posizionati in modo tale che la velocità di propagazione delle onde di volume, caratteristica dei vari strati di terreno, possa essere misurata ogni metro.



*Figura 2.2.2.1: configurazione standard per le indagini Down Hole*

Spostando i ricevitori (geofoni triassiali solidali da foro) a diverse profondità, è possibile ottenere un dettagliato profilo di velocità delle onde SH e P.

L'accoppiamento meccanico tra le pareti del foro attrezzato e i ricevitori all'interno del foro stesso, nell'indagine in oggetto, è reso possibile con appositi sistemi di ancoraggio pneumatico.

I ricevitori utilizzati sono costituiti da un sistema tridimensionale composto da tre geofoni, a frequenza propria di 10 Hz, della Geospace (USA), orientati nelle tre dimensioni dello spazio.

Il sismografo utilizzato per le misure sismiche è un ECHO 48/2014 prodotto dalla Ambrogeo (Piacenza, Italia) e già descritto nel Paragrafo 2.1.1. Principi teorici

Per la determinazione dei moduli dinamici a partire dalla distribuzione di velocità delle onde di compressione P e di taglio SH, occorre assumere che il geomateriale indagato sia un mezzo omogeneo, elastico ed isotropo.

Facendo riferimento a tale supposizione, è possibile risalire al coefficiente di Poisson (in tale contesto denominato con  $\sigma$ , in altri comunemente definito con  $\nu$ ), tramite la seguente relazione:

$$\sigma = \frac{\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 2}{2\left[\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 1\right]}$$

e al modulo di Young tramite l'equazione riportata di seguito:

Sono inoltre esprimibili come funzioni dalle costanti elastiche dinamiche E e  $\sigma$  la

$$E = \frac{(1-2\sigma)(1+\sigma)}{(1-\sigma)} \rho V_P^2$$

compressibilità  $\beta$  e di conseguenza il *Bulk modulus* ( $k = 1/\beta$ ) (Milton B. et alii, 1988), cioè come relazione tra le costanti di dilatazione cubica, risultanti dalla combinazione degli sforzi lineari di compressione e di taglio in dipendenza delle relative costanti:

$$k = \frac{E}{3(1-2\sigma)}$$

e il modulo di rigidità o di taglio  $\mu$  (altrimenti indicato con la

$$\mu = \frac{E}{2(1+\sigma)}$$

I valori dinamici calcolati con tali tecniche, come già accennato, possono risultare differenti dai valori provenienti da prove di tipo statico puntuali (normalmente anche di un ordine di grandezza).

## **2.3 Indagine sismica per onde superficiali MASW**

### **2.3.1 Principi di funzionamento e cenni sul metodo**

Nelle diverse aree sono state allestite stese sismiche per onde superficiali con tecnica multicanale identificata con l'acronimo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

La propagazione delle onde superficiali (o di Rayleigh) avviene, in un mezzo eterogeneo, secondo modalità dispersive. Cioè, a differenti frequenze, corrispondono velocità di fase diverse: in particolare la dispersione geometrica, in opposizione alla dispersione intrinseca dei materiali, dipende dalle geometrie (spessori) delle formazioni o delle stratificazioni attraversate.

In un terreno non omogeneo o stratificato avente proprietà meccaniche variabili, il comportamento delle onde superficiali varia con tali caratteristiche. Differenti lunghezze d'onda, pertinenti a diverse profondità, coinvolgono materiali con disuguali proprietà meccaniche: ciascuna lunghezza d'onda si propaga secondo velocità di fase dipendenti dalle medesime proprietà meccaniche di cui sopra.

Le onde di superficie dunque non possiedono una singola velocità bensì una velocità di fase in funzione della frequenza; la relazione tra frequenza e velocità di fase è contenuta nelle curve di dispersione e di attenuazione. Attraverso un procedimento matematico di inversione è possibile risalire ai profili verticali delle onde di taglio S, proporzionali alle velocità di fase delle onde di superficie secondo un coefficiente invariabile.

Il metodo MASW, impiegato solo qualitativamente ai fini della ricostruzione sismo-stratigrafica di massima, è invece efficace per il calcolo speditivo del parametro  $V_{s,eq}$  secondo quanto contenuto nelle NTC 2018.

### 2.3.2 Strumentazione utilizzata, configurazione di indagine ed inversione dati

Il sismografo utilizzato per le misure sismiche MASW è un ECHO 48/2014 prodotto dalla Ambrogeo (Piacenza, Italia) ed è stato già descritto nel Paragrafo 2.1.1.

L'indagine per onde superficiali è stata condotta secondo le seguenti specifiche:

- sismografo utilizzato in configurazione a 24 canali;
- 24 geofoni con frequenza naturale a 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 3 m;
- piastra di battuta in alluminio;
- massa battente da 10 Kg con interruttore starter e cavo trigger;
- finestra di acquisizione pari a 1 e/o 2 secondi in relazione alla tipologia di terreno.

La tecnica di trattamento dati utilizzata è basata sul "f-k processing". I file grezzi subiscono un primo "processing" di muting selettivo per eliminare le tracce o le porzioni di tracce ad elevato rumore. Quindi si esegue un calcolo della FFT usando un "windowing" opportuno. L'elaborazione si ottiene attraverso la ricerca manuale dei massimi energetici dello spettro al fine di ricavare i punti appropriati per la costruzione della curva di dispersione da utilizzarsi in un processo di inversione.

La tecnica di trattamento dati utilizzata è stata ottimizzata utilizzando un Software commerciale validato (SWAN, Italia).

## 2.4 Indagine HVSR

### 2.4.1 Principi di funzionamento e cenni sul metodo

Le registrazioni di microtremore sismico ambientale forniscono la misura diretta delle frequenze di risonanza dei livelli sedimentari sovrastanti il “bedrock”.

In particolare la tecnica di sismica passiva si basa sul concetto di contrasto di impedenza.

Per sismostrato si intende un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche e la densità del mezzo attraversato dalle medesime.

Il rumore sismico ambientale è l'insieme delle piccole vibrazioni sismiche presenti ovunque sulla superficie terrestre e generate da sorgenti naturali o antropiche, per esempio le perturbazioni atmosferiche, l'effetto delle onde del mare, il traffico veicolare e le attività industriali.

Il rumore sismico ambientale diventa una sorgente di eccitazione per la risonanza del sottosuolo ma anche delle strutture e degli Edifici, da cui la possibilità di estrarre da esso, mediante opportune tecniche di analisi, alcune informazioni sui sistemi risonanti studiati e, nel nostro caso sui modi di vibrare dei suoli correlata alla amplificazione sismica di sito.

Nel caso del presente studio, si tratta pertanto di misurare la distribuzione delle frequenze di risonanza dei suoli (laddove per frequenza di risonanza si intende la frequenza a cui l'amplificazione è massima), la quale è correlata generalmente alla profondità dei riflettori che la creano.

I metodi basati su dati acquisiti con tecniche di sismica passiva, consentono di estrarre l'informazione relativa al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito.

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

Studi recenti hanno dimostrato che picchi a frequenza maggiori di quelle del bedrock sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria e picchi a frequenze minori di quella del bedrock sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al bedrock stesso (es. Guillier et al., 2005). Riconosciuta questa capacità è possibile anche, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, convertire in stratigrafia le frequenze di risonanza (e.g., Kanai e Tanaka, 1954; Lermo, 1993; Yamanaka et al., 1993, Ibs-Von Seht and Wohlenberg 1999; Castellaro et al., 2005; Guillier et al., 2005 e molti altri); ne risulta che il metodo H/V può essere usato come strumento stratigrafico efficace, se correttamente impiegata, con una accuratezza comparabile a quella delle tecniche classiche di prospezione geofisica.

Si rimanda in ogni caso per la trattazione teorica sui modi di vibrare dei suoli ai testi degli Autori in precedenza citati e contenuti in Bibliografia, non ultimo il programma



SESAME, 2005, impiegato talora, nonostante la sua non completa esaustività nell'affrontare le diverse condizioni sismostratigrafiche, come criterio di significatività dei picchi di risonanza.

In questa sede si rammenta solamente che le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un sistema bistrato del tipo sedimenti + bedrock in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D). Il microtremore sismico è basato sul calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore nel piano orizzontale H (generalmente lo spettro H viene calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW) e della componente verticale V (Nakamura, 1989).

L'onda di superficie che viaggia nello strato superficiale viene riflessa all'interfaccia tra gli strati. Nel caso in cui la frequenza dell'onda  $f_m$  sia uguale a:

$$f_m = \frac{V_s}{4H} (2m - 1)$$

dove  $V_s$  è la velocità di propagazione dell'onda di superficie ed  $m$  rappresenta i vari modi di vibrazione incidente, l'onda riflessa interferisce costruttivamente con le onde incidenti, si somma e raggiunge ampiezze massime per l'effetto di risonanza.

Quindi ritornando al nostro mezzo semplice, formato da due soli strati, tutto sommato molto simile al caso di studio, ovvero uno strato superficiale più soffice che poggia su di uno strato profondo e rigido, denominato bedrock la profondità  $h$  della discontinuità sismica viene ricavata tramite la formula semplice della risonanza  $H = V_s / (4 f_r)$ , ovvero

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

o, al più, tramite la formula [1] in cui  $V_0$  è la velocità delle onde di taglio al tetto dello strato,  $x$  un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e  $f_r$  la frequenza fondamentale di risonanza (cf. ad esempio Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

$$h = \left[ \frac{V_0(1-x)}{4f_r} + 1 \right]^{\frac{1}{1-x}} - 1 \quad [1]$$

Nei sistemi multistrato, come precedentemente notato, teoricamente l'effetto di risonanza è sommabile, ma non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1].

L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per

- a) contenuto in frequenza;
- b) risposta strumentale;

	<b>COLLEGAMENTO DIRETTO CON LE LINEE METAPONTO-REGGIO CALABRIA E COSENZA - SIBARI</b>				
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA BRETELLA DI SIBARI (CS)</b>				
<b>Indagini Geofisiche</b>	COMMESSA RC2V	LOTTO 00	CODIFICA R 69 IG	DOCUMENTO GE 00 00 001	REV. FOGGIO A 18 di 110

c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli "sintetici", cioè con quelli calcolati relativamente ad un modello in cui si simula il campo d'onde di superficie completo (Rayleigh e Love), nei modi fondamentale e superiori, in sistemi multistrato 1-D.

L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini (si rimanda alla letteratura per le basi teoriche, es. Aki, 1964; Ben-Menahem e Singh, 1981, Fäh et al. 2001-2003; Castellaro and Mulargia, 2007, Mulargia and Castellaro, 2007).

La  $f_r$  in precedenza citata, può essere individuata come picco del rapporto H/V.

Le frequenze proprie del sottosuolo possono essere quindi eccitate dal rumore di fondo e diventare visibili nello spettro del rumore sismico misurato in superficie.

#### 2.4.2 Metodologia di misura, strumentazione e software utilizzati

La strumentazione utilizzata in questa indagine consiste in un sismometro costruito e commercializzato dalla MOHO S.r.l. (Italia), impiegato per le misure HVSR.

Il TROMINO ENGI® impiegato, nello specifico, nel presente studio è un sensore passivo (tromografo) progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Questo sensore è dotato di una doppia terna di accelerometri e velocimetri (questi ultimi anche di doppia sensibilità), capaci di misurare vibrazioni e microtremori in continuo secondo le tre componenti spaziali con una autonomia di oltre 100 ore di registrazione in continuo.

Le principali caratteristiche del Tromino Engi impiegato, sono di seguito elencate:

- Alimentazione con 2 batterie AA da 1,5 V;
- canali velocimetrici per l'acquisizione del microtremore sismico ambientale (fino a  $\pm 1.5$  mm/s ~);
- 3 canali velocimetrici per la registrazione di vibrazioni forti (fino a  $\pm 5$  cm/s ~);
- 3 canali accelerometrici per monitoraggio di vibrazioni;
- Ricevitore GPS integrato, antenna interna e/o esterna per eventuale localizzazione e/o sincronizzazione tra diverse unità, senza cavi esterni;
- Modulo radio per eventuale sincronizzazione tra diverse unità e trasmissione di allarmi;
- I dati di rumore sono amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti.



*Figura 2.2.2.1: Tromografo per la misura microtremori - TROMINO©Engi*

Tutte le misure sono state effettuate poggiando gli strumenti direttamente sul terreno. Sono state eseguite misure di lunghezza pari a 30 minuti, con attivi tutti e 9 i sensori e con una frequenza di campionamento pari a 128 Hz. L'elaborazione delle tracce acquisite è stata effettuata mediante il software Grilla realizzato dalla stessa ditta produttrice dello strumento. Tale software permette l'analisi della vibrazione, l'equalizzazione del segnale, l'analisi della traccia e l'analisi H/V per valutare gli effetti di sito.

### 3. RISULTATI

#### 3.1 Premessa

I risultati relativi alle indagini geofisiche eseguite a supporto per il PFTE del completamento Metaponto–Sibari–Reggio Calabria ed in particolare per la “Bretella di Sibari (Cs)”.

#### 3.2 Risultati Tomografie Sismiche a Rifrazione – Allegato 1

Le localizzazioni dei profili eseguiti sono riportate su immagini satellitari nelle tavole dell’Allegato grafico 1. I profili sono stati eseguiti con array variabili, ma con passo intergeofonico pari a 2,5m, impiegando tecniche di roll-along. Sia L\_1 Che L\_5 per motivi logistici sono stati suddivisi in due profili separati.

Nella tabella sottostante sono riassunti gli array e le lunghezze dei profili eseguiti..

Profilo	Lunghezza [m]
L1_A	180
L1_B	70
L_2	215
L_3	285
L_4	105
L5_A	105
L5_B	142.5
L6	142.5

*Tabella 3.2.1 –Caratteristiche dei profili di sismica a rifrazione onde P ed SH.*

Dallo studio delle sezioni elaborate è stata identificata la presenza di due sismostrati distinti:

- Il Sismostrato 1, caratterizzato da velocità di onde di taglio inferiori ai  $250 \pm 25$  m/s e compressionali inferiori a  $1400 \pm 100$  m/s, attribuibile a depositi di sedimenti fini.
- Il Sismostrato 2, caratterizzato da velocità di onde di taglio maggiori di  $250 \pm 25$  m/s e compressionali maggiori di  $1400 \pm 100$  m/s, attribuibile a depositi di sedimenti eterometrici medio-fini a vario grado di addensamento.

Le singole sezioni sono descritte di seguito.

	<b>COLLEGAMENTO DIRETTO CON LE LINEE METAPONTO-REGGIO CALABRIA E COSENZA - SIBARI</b>				
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA BRETELLA DI SIBARI (CS)</b>				
<b>Indagini Geofisiche</b>	COMMESSA RC2V	LOTTO 00	CODIFICA R 69 IG	DOCUMENTO GE 00 00 001	REV. FOGGIO A 21 di 110

### 3.2.1 Linea L 1A

La rifrazione ha consentito di indagare i terreni fino alla profondità di circa 55 m dal piano campagna rispettivamente a mezzo delle onde di compressione e di taglio.

Lungo la sezione si individua il Sismostrato 1 con uno spessore medio di 10 m poggiante sul Sismostrato 2.

Sono evidenti importanti variazioni laterali e verticali lungo l'intero Sismostrato. 2. Tra - 5 m e -25 m dal p.c la distribuzione dei valori delle onde di compressione denotano n.4 porzioni lenticolari (v. intervalli di progressive 0-30 m, 38-84 m, 110-135 m e 139-174 m) con velocità maggiore di 1.800 m/s. Tra le progressive 60 m e 120 m, ad una profondità tra -15 m e -25 m s.l.m. è presente una inversione di velocità con valori minori di 1.600 m/s.

Superata tale fascia caotica, in profondità, a partire da quota -25 m, si perviene ad una zona nella quale il gradiente di velocità aumenta in modo piuttosto regolare sia per le onde P, che raggiungono i 3.000 m/s, sia per le onde S che si impostano sui 500 m/s.

### 3.2.2 Linea L 1B

La linea L\_1B rappresenta un prolungamento staccato della linea L1A; la presenza di ostacoli lungo la direzione della linea L1A non ha permesso l'esecuzione di una unica linea continua.

La rifrazione ha consentito di indagare i terreni fino alla profondità di circa 20 m e 13 m dal piano campagna rispettivamente a mezzo delle onde di compressione e di taglio.

Lungo la sezione il Sismostrato 1 ha uno spessore variabile da 6 a 8 m.

Segue in profondità il Sismostrato 2 Come per la parte superficiale del secondo sismostrato della sezione precedente (L\_1A) sono evidenti importanti variazioni laterali.

### 3.2.3 Linea L 2

La rifrazione ha consentito di indagare i terreni fino alla profondità di circa 70 m e 48 m dal piano campagna rispettivamente a mezzo delle onde di compressione e di taglio.

Lungo la sezione si individua il Sismostrato1 con uno spessore molto variabile e con bruschi cambiamenti ad inizio sezione passando da 10 m di spessore a 15-18 m in poca distanza. Successivamente la potenza dello strato si riduce progressivamente fino ad aumentare nuovamente verso fine sezione.

Segue il secondo sismostrato nel quale sono evidenti importanti variazioni laterali e verticali. Tra - 10 m e -30 m dal p.c la distribuzione dei valori delle onde di

compressione evidenzia una zona di inversione di velocità compresa tra le progressive 75 m e 150 m.

La sezione relativa alle onde di taglio, in accordo con la compressionale, evidenzia a tali profondità sia massimi locali (v. a quota -20 m e tra le progressive 55 e 80 m la 350 m/s) che zone di inversione (v. a -10 m tra le progressive 145 m e 175 m).

Superata tale fascia caotica, in profondità, a partire da quota -35 m, si perviene ad una zona nella quale i gradienti di velocità aumentano in modo piuttosto regolare per le onde P che raggiungono i 3.000 m/s. Raggiungendo profondità differenti le onde S risultano bloccate alla quota-35 m dove assumono velocità di 450 m/s.

### 3.2.4 Linea L 3

La rifrazione L\_3 ha consentito di indagare i terreni fino alla profondità di circa 50 m e 60 m dal piano campagna rispettivamente a mezzo delle onde di compressione e di taglio.

Lungo la sezione si individua il Sismostrato 1, il cui spessore, dai 20 m tra le progressive 0 m – 40 m, diviene costante e pari ad una media di 8/10 m fino a fine sezione.

Il Sismostrato 2 mostra tra la progressiva 60 m a 140 m soprattutto nella sezione delle onde P un massimo relativo a circa 25 m di profondità.

### 3.2.5 Linea L 4

La rifrazione L\_4 ha consentito di indagare i terreni fino alla profondità di circa 25 m e 40 m dal piano campagna rispettivamente a mezzo delle onde di compressione e di taglio.

Lungo la sezione si individua il Sismostrato 1 con uno spessore di circa 10 m ad inizio sezione che diminuisce fino ad 8 m alla fine.

Il Sismostrato 2 mostra un andamento della distribuzione delle velocità di taglio e compressionali caratterizzato da numerose inversioni di velocità sia nella parte più superficiale che in profondità. Tale fenomeno, in particolare, è ben visibile nella parte centrale tra la progressiva 30 e la 60 m.

### 3.2.6 Linea L 5A

La rifrazione L\_5A ha consentito di indagare i terreni fino alla profondità di circa 20 m e 35 m dal piano campagna rispettivamente a mezzo delle onde di compressione e di taglio.

Lungo la sezione si individua il Sismostrato 1 che presenta uno spessore variabile tra i 6 ed i 9 m.

Il Sismostrato 2 mostra un andamento della distribuzione delle velocità di taglio e compressionali caratterizzato da numerose inversioni di velocità sia nella parte più

	<b>COLLEGAMENTO DIRETTO CON LE LINEE METAPONTO-REGGIO CALABRIA E COSENZA - SIBARI</b>				
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA BRETELLA DI SIBARI (CS)</b>				
<b>Indagini Geofisiche</b>	COMMESSA RC2V	LOTTO 00	CODIFICA R 69 IG	DOCUMENTO GE 00 00 001	REV. FOGLIO A 23 di 110

superficiale che in profondità. Tale fenomeno, in particolare, è ben visibile nella parte centrale tra la progressiva 20 e la 60 m.

### 3.2.7 Linea L 5B

La rifrazione L\_5B ha consentito di indagare i terreni fino alla profondità di circa 45 m e 30 m dal piano campagna rispettivamente a mezzo delle onde di compressione e di taglio.

Lungo la sezione si individua il Sismostrato 1 che presenta uno spessore variabile tra i 10 ed i 12 m.

Il Sismostrato 2 mostra un andamento della distribuzione delle velocità di taglio e compressionali caratterizzato da alcune inversioni di velocità nella parte più superficiale.

### 3.2.8 Linea L 6

La rifrazione L\_6 ha consentito di indagare i terreni fino alla profondità di circa 55 m e 63 m dal piano campagna rispettivamente a mezzo delle onde di compressione e di taglio.

Lungo la sezione si individua il Sismostrato 1 che presenta uno spessore variabile tra i 12 ed i 15 m ed alcune inversioni nella porzione centrale (onde S).

Il Sismostrato 2 mostra un andamento della distribuzione delle velocità di taglio e compressionali caratterizzato da alcune inversioni di velocità nella parte più superficiale.

## **3.3 Risultati indagini Down Hole – Allegato 2**

Nell'Allegato grafico 2, oltre l'ubicazione del foro di sondaggio attrezzato per le prove in foro, sono riportati i sismogrammi onde P ed SH ottenuti, i tempi dei primi arrivi osservati e corretti secondo una distanza bocca pozzo–sorgente pari a 2 m, i profili di velocità e le tabelle dei parametri dinamici.

Attraverso il profilo di velocità ottenuto dalla prova Down Hole è stato calcolato il valore del parametro VS,eq e attribuita una specifica classe di sottosuolo. Si ricorda che, per la progettazione di opere civili, il DM 2018 non prevede l'applicabilità del metodo semplificato con attribuzione della categoria di suolo nei casi siano presenti inversioni di velocità.

### 3.3.1 Prova Down Hole su foro S2 DH

I risultati completi della prova, la sua ubicazione e la sua interpretazione, sono reperibili nelle Tavole 1-7 dell'Allegato 2. Di seguito sono riportati i valori delle velocità delle onde P ed S.

Strato	Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	Velocità Vp media (m/s)	Velocità Vs media (m/s)
1	da -1 a -2 m	1	288	79
2	da -2 a -3 m	1	444	127
3	da -3 a -4 m	1	397	187
4	da -4 a -5 m	1	829	209
5	da -5 a -6 m	1	691	185
6	da -6 a -7 m	1	1227	231
7	da -7 a -8 m	1	1423	307
8	da -8 a -9 m	1	1428	196
9	da -9 a -10 m	1	1480	166
10	da -10 a -11 m	1	1574	167
11	da -11 a -12 m	1	1472	144
12	da -12 a -13 m	1	1454	248
13	da -13 a -14 m	1	1681	329
14	da -14 a -15 m	1	1815	331
15	da -15 a -16 m	1	1931	251
16	da -16 a -17 m	1	1942	254
17	da -17 a -18 m	1	1778	364
18	da -18 a -19 m	1	1783	305
19	da -19 a -20 m	1	1642	264
20	da -20 a -21 m	1	1413	255
21	da -21 a -22 m	1	1240	241
22	da -22 a -23 m	1	1169	203
23	da -23 a -24 m	1	1242	253
24	da -24 a -25 m	1	1419	253
25	da -25 a -26 m	1	1528	337
26	da -26 a -27 m	1	1244	203
27	da -27 a -28 m	1	1245	254
28	da -28 a -29 m	1	1050	145
29	da -29 a -30 m	1	1173	254
30	da -30 a -31 m	1	998	203
31	da -31 a -32 m	1	1659	367
32	da -32 a -33 m	1	1423	313
33	da -33 a -34 m	1	1329	254
34	da -34 a -35 m	1	1330	254
35	da -35 a -36 m	1	1247	203
36	da -36 a -37 m	1	1247	254
37	da -37 a -38 m	1	1330	338
38	da -38 a -39 m	1	1534	254
39	da -39 a -40 m	1	1365	170
40	da -40 a -41 m	1	1388	254
41	da -41 a -42 m	1	1331	339
42	da -42 a -43 m	1	1248	203
43	da -43 a -44 m	1	1110	254
44	da -44 a -45 m	1	1078	203
45	da -45 a -46 m	1	1219	170
46	da -46 a -47 m	1	1105	170
47	da -47 a -48 m	1	1052	170
48	da -48 a -49 m	1	1249	254
49	da -49 a -50 m	1	1175	254
50	da -50 a -51 m	1	1204	339
51	da -51 a -52 m	1	980	254
52	da -52 a -53 m	1	833	204
53	da -53 a -54 m	1	999	339
54	da -54 a -55 m	1	769	204

*Tabella 3.3.1.1: Velocità delle onde P ed SH.*

Nella Tabella 3.3.1.2, si riportano i valori dinamici del Coefficiente di Poisson (qui indicato col simbolo  $\sigma$ ), del Modulo di Young dinamico (E), del Modulo di Rigidity o di Taglio ( $\mu$ ), nonché del Bulk Modulus (inverso della compressibilità), calcolati così come descritto precedentemente.



Strato	Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Poisson	Young (MPa)	Share (MPa)	Bulk (MPa)	Vseq (da -1 m per H=30 m)
1	da -1 a -2 m	1	16.58	0.46	29.36	10.06	121.55	208
2	da -2 a -3 m	1	16.89	0.46	78.28	26.90	291.07	
3	da -3 a -4 m	1	16.79	0.36	156.13	57.52	182.31	
4	da -4 a -5 m	1	17.66	0.47	221.85	75.66	1088.30	
5	da -5 a -6 m	1	17.38	0.46	170.11	58.20	736.15	
6	da -6 a -7 m	1	18.45	0.48	287.35	96.97	2596.85	
7	da -7 a -8 m	1	18.85	0.48	514.53	174.35	3510.04	
8	da -8 a -9 m	1	18.86	0.49	212.75	71.38	3674.65	
9	da -9 a -10 m	1	18.96	0.49	153.52	51.39	4002.79	
10	da -10 a -11 m	1	19.15	0.49	156.20	52.26	4580.30	
11	da -11 a -12 m	1	18.94	0.50	115.13	38.50	3975.98	
12	da -12 a -13 m	1	18.91	0.48	339.60	114.34	3769.45	
13	da -13 a -14 m	1	19.36	0.48	609.26	205.82	5088.08	
14	da -14 a -15 m	1	19.63	0.48	625.19	210.81	6059.44	
15	da -15 a -16 m	1	19.86	0.49	366.01	122.71	7102.39	
16	da -16 a -17 m	1	19.88	0.49	376.58	126.26	7183.97	
17	da -17 a -18 m	1	19.56	0.48	749.87	253.65	5723.58	
18	da -18 a -19 m	1	19.57	0.48	530.02	178.47	5864.54	
19	da -19 a -20 m	1	19.28	0.49	390.76	131.41	4922.18	
20	da -20 a -21 m	1	18.83	0.48	354.93	119.65	3528.72	
21	da -21 a -22 m	1	18.48	0.48	311.81	105.31	2647.58	
22	da -22 a -23 m	1	18.34	0.48	219.76	74.02	2358.97	
23	da -23 a -24 m	1	18.48	0.48	343.70	116.25	2641.85	
24	da -24 a -25 m	1	18.84	0.48	351.84	118.58	3559.74	
25	da -25 a -26 m	1	19.06	0.47	626.31	212.39	4078.15	
26	da -26 a -27 m	1	18.49	0.49	222.39	74.81	2706.92	
27	da -27 a -28 m	1	18.49	0.48	344.90	116.65	2653.49	
28	da -28 a -29 m	1	18.10	0.49	111.71	37.48	1905.20	
29	da -29 a -30 m	1	18.35	0.48	341.83	115.84	2319.20	
30	da -30 a -31 m	1	18.00	0.48	215.57	72.91	1659.48	
31	da -31 a -32 m	1	19.32	0.47	751.35	254.82	4871.43	
32	da -32 a -33 m	1	18.85	0.47	535.41	181.55	3502.91	
33	da -33 a -34 m	1	18.66	0.48	349.59	118.02	3076.20	
34	da -34 a -35 m	1	18.66	0.48	349.71	118.06	3077.56	
35	da -35 a -36 m	1	18.49	0.49	222.92	74.99	2720.59	
36	da -36 a -37 m	1	18.49	0.48	346.16	117.08	2665.36	
37	da -37 a -38 m	1	18.66	0.47	614.29	209.60	2958.93	
38	da -38 a -39 m	1	19.07	0.49	358.91	120.77	4241.26	
39	da -39 a -40 m	1	18.73	0.49	157.68	52.84	3352.50	
40	da -40 a -41 m	1	18.78	0.48	352.74	118.95	3388.69	
41	da -41 a -42 m	1	18.66	0.47	615.04	209.85	2962.07	
42	da -42 a -43 m	1	18.50	0.49	223.16	75.07	2725.45	
43	da -43 a -44 m	1	18.22	0.47	340.06	115.49	2046.72	
44	da -44 a -45 m	1	18.16	0.48	218.45	73.73	1969.22	
45	da -45 a -46 m	1	18.44	0.49	155.07	52.03	2619.63	
46	da -46 a -47 m	1	18.21	0.49	152.93	51.39	2112.33	
47	da -47 a -48 m	1	18.10	0.49	151.90	51.09	1895.59	
48	da -48 a -49 m	1	18.50	0.48	346.65	117.24	2671.47	
49	da -49 a -50 m	1	18.35	0.48	343.43	116.38	2330.69	
50	da -50 a -51 m	1	18.41	0.46	604.08	207.31	2338.75	
51	da -51 a -52 m	1	17.96	0.46	333.54	113.92	1538.81	
52	da -52 a -53 m	1	17.67	0.47	210.76	71.77	1106.41	
53	da -53 a -54 m	1	18.00	0.44	582.01	202.79	1492.52	
54	da -54 a -55 m	1	17.54	0.46	208.41	71.26	922.05	

Tabella 3.3.1.2: Parametri dinamici medi e velocità equivalente.

Il foro di sondaggio attrezzato per la prova Down Hole è risultato con profondità pari a 55 m. Il parametro velocità equivalente  $V_{s,eq}$ , data l'assenza di un substrato rigido con velocità delle onde  $Sh > 800$  m/s entro i primi 30 m dal piano campagna, è stato calcolato a partire dalla profondità di -1 m dal p.c per uno spessore di 30 m.

Il valore calcolato di  $V_{s,eq}$  è riportato di seguito:

$$V_{s,eq} = V_{s,(30)} = 208 \text{ m/s a partire da -1 m dal p.c.}$$

Vista la stratigrafia presente, i profili di velocità delle onde di taglio e i valori di  $V_{s,eq}$  indica una categoria di sottosuolo "C".

	<b>COLLEGAMENTO DIRETTO CON LE LINEE METAPONTO-REGGIO CALABRIA E COSENZA - SIBARI</b>				
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA BRETTELLA DI SIBARI (CS)</b>				
<b>Indagini Geofisiche</b>	COMMESSA RC2V	LOTTO 00	CODIFICA R 69 IG	DOCUMENTO GE 00 00 001	REV. FOGLIO A 26 di 110

I valori mediamente bassi delle velocità calcolati, in particolare delle onde compressionali, possono essere conseguenza dell'eventuale presenza localizzata di gas, che ha come conseguenza la diminuzione del rapporto VP/VS (Zollo e Emolo 2011).

### 3.4 Risultati M.A.S.W. – Allegato 3

La localizzazione dei profili M.A.S.W. è riportata su immagine satellitare nelle Tavole dell'Allegato grafico 3. I profili sismici sono stati eseguiti con 24 geofoni con passo intergeofonico costante di 3 m ciascuno.

I principali risultati sono descritti di seguito.

Nell'Allegato grafico 3, per i M.A.S.W. eseguiti, sono riportati il sismogramma medio utilizzato per l'elaborazione, il profilo monodimensionale di velocità onde S inerente, lo spettro F-K e la curva di dispersione sperimentale oggetto del "picking" dei massimi sulla curva F-K sovrapposta a quella ottimizzata secondo il modello interpretativo che meglio si accoppia a quello sperimentale.

Si riporta infine il calcolo della  $V_{S,eq}$  e l'attribuzione del valore alla classe di sottosuolo idonea. Si ricorda che, per la progettazione di opere civili, il DM 2018 non prevede l'applicabilità del metodo semplificato con attribuzione della categoria di sottosuolo nei casi siano presenti inversioni di velocità lungo il profilo verticale.

Nella presente indagine, in fase di elaborazione dei dati, il comportamento sismostratigrafico nei primi 30 m a partire dal piano di calpestio (di seguito indicato come p.c.) è stato ottimizzato con un modello a 30 sismostrati, ciascuno indicativamente di uguale spessore minimo pari a 1 m. Questa procedura permette di approssimare al meglio il modello fisico reale della velocità delle onde S nel sottosuolo, caratterizzandolo secondo variazioni graduali quasi continue all'interno dei terreni oggetto di prospezione.

Tale approccio consente un processo di affinamento dei risultati e accresce la confidenza tra la curva sperimentale di dispersione e quella del modello ai fini dell'inversione, permettendo di ottenere una curva Velocità onde S – Spessori in funzione della profondità del sottosuolo, la più attendibile possibile.

### 3.4.1 MASW 01

I risultati del M.A.S.W. 01 sono riassunti nella tabella sottostante.

*Tabella 3.4.1.1: Modello sismo-stratigrafico dei terreni – M.A.S.W. 01.*

Sismostrato	Spessore (m)	Intervallo profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)
1	1	0-1	112
2	1	1-2	125
3	1	2-3	156
4	1	3-4	190
5	1	4-5	218
6	1	5-6	231
7	1	6-7	227
8	1	7-8	211
9	1	8-9	192
10	1	9-10	178
11	1	10-11	172
12	1	11-12	176
13	1	12-13	188
14	1	13-14	206
15	1	14-15	226
16	1	15-16	247
17	1	16-17	266
18	1	17-18	284
19	1	18-19	299
20	1	19-20	313
21	1	20-21	325
22	1	21-22	335
23	1	22-23	345
24	1	23-24	353
25	1	24-25	362
26	1	25-26	370
27	1	26-27	378
28	1	27-28	387
29	1	28-29	395
inf	1	29-30	404

Il valore calcolato per  $H = 30$  m, spessore dei terreni con velocità inferiori a 800 m/s posti al di sopra del substrato rigido, è pari a  $V_{s,eq(30)} = 233$  m/s; vista la stratigrafia presente ed il profilo di velocità delle onde di taglio, il sito appartiene alla categoria di sottosuolo di fondazione di riferimento “C”.

### 3.4.2 MASW 02

I risultati del M.A.S.W. 02 sono riassunti nella tabella sottostante.

*Tabella 3.4.2.1: Modello sismo-stratigrafico dei terreni – M.A.S.W. 02.*

Sismostrato	Spessore (m)	Intervallo profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)
1	1	0-1	132
2	1	1-2	139
3	1	2-3	160
4	1	3-4	184
5	1	4-5	206
6	1	5-6	222
7	1	6-7	230
8	1	7-8	230
9	1	8-9	224
10	1	9-10	213
11	1	10-11	201
12	1	11-12	190
13	1	12-13	181
14	1	13-14	176
15	1	14-15	176
16	1	15-16	182
17	1	16-17	192
18	1	17-18	206
19	1	18-19	223
20	1	19-20	241
21	1	20-21	261
22	1	21-22	281
23	1	22-23	301
24	1	23-24	321
25	1	24-25	340
26	1	25-26	357
27	1	26-27	374
28	1	27-28	390
29	1	28-29	406
inf	1	29-30	420

Il valore calcolato per  $H = 30$  m, spessore dei terreni con velocità inferiori a 800 m/s posti al di sopra del substrato rigido, è pari a  $V_{s,eq(30)} = 223$  m/s; vista la stratigrafia presente ed il profilo di velocità delle onde di taglio, il sito appartiene alla categoria di sottosuolo di fondazione di riferimento “C”.

### 3.4.3 MASW 03

I risultati del M.A.S.W. 03 sono riassunti nella tabella sottostante.

*Tabella 3.4.3.1: Modello sismo-stratigrafico dei terreni – M.A.S.W. 03.*

Sismostrato	Spessore (m)	Intervallo profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)
1	1	0-1	88
2	1	1-2	113
3	1	2-3	158
4	1	3-4	197
5	1	4-5	235
6	1	5-6	258
7	1	6-7	260
8	1	7-8	243
9	1	8-9	217
10	1	9-10	192
11	1	10-11	176
12	1	11-12	171
13	1	12-13	178
14	1	13-14	191
15	1	14-15	207
16	1	15-16	224
17	1	16-17	239
18	1	17-18	252
19	1	18-19	263
20	1	19-20	271
21	1	20-21	276
22	1	21-22	280
23	1	22-23	282
24	1	23-24	284
25	1	24-25	285
26	1	25-26	286
27	1	26-27	287
28	1	27-28	288
29	1	28-29	290
inf	1	29-30	292

Il valore calcolato per  $H = 30$  m, spessore dei terreni con velocità inferiori a 800 m/s posti al di sopra del substrato rigido, è pari a  $V_{s,eq(30)} = 214$  m/s; vista la stratigrafia presente ed il profilo di velocità delle onde di taglio, il sito appartiene alla categoria di sottosuolo di fondazione di riferimento “C”.

### 3.4.4 MASW 04

I risultati del M.A.S.W. 04 sono riassunti nella tabella sottostante.

*Tabella 3.4.4.1: Modello sismo-stratigrafico dei terreni – M.A.S.W. 04.*

<u>Sismostrato</u>	<u>Spessore (m)</u>	<u>Intervallo profondità (m dal p.c.)</u>	<u>Vs (m/s)</u>
1	1	0-1	90
2	1	1-2	117
3	1	2-3	171
4	1	3-4	206
5	1	4-5	223
6	1	5-6	231
7	1	6-7	236
8	1	7-8	239
9	1	8-9	241
10	1	9-10	242
11	1	10-11	241
12	1	11-12	237
13	1	12-13	230
14	1	13-14	221
15	1	14-15	210
16	1	15-16	199
17	1	16-17	187
18	1	17-18	176
19	1	18-19	166
20	1	19-20	158
21	1	20-21	154
22	1	21-22	153
23	1	22-23	157
24	1	23-24	165
25	1	24-25	177
26	1	25-26	193
27	1	26-27	213
28	1	27-28	235
29	1	28-29	260
inf	1	29-30	287

Il valore calcolato per  $H = 30$  m, spessore dei terreni con velocità inferiori a 800 m/s posti al di sopra del substrato rigido, è pari a  $V_{s,eq(30)} = 189$  m/s; vista la stratigrafia presente ed il profilo di velocità delle onde di taglio, il sito appartiene alla categoria di sottosuolo di fondazione di riferimento "C".

### 3.4.5 MASW 05

I risultati del M.A.S.W. 05 sono riassunti nella tabella sottostante.

*Tabella 3.4.5.1: Modello sismo-stratigrafico dei terreni – M.A.S.W. 05.*

Sismostrato	Spessore (m)	Intervallo profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)
1	1	0-1	181
2	1	1-2	181
3	1	2-3	183
4	1	3-4	187
5	1	4-5	192
6	1	5-6	196
7	1	6-7	197
8	1	7-8	196
9	1	8-9	191
10	1	9-10	185
11	1	10-11	177
12	1	11-12	170
13	1	12-13	164
14	1	13-14	160
15	1	14-15	160
16	1	15-16	164
17	1	16-17	171
18	1	17-18	183
19	1	18-19	197
20	1	19-20	215
21	1	20-21	234
22	1	21-22	254
23	1	22-23	276
24	1	23-24	297
25	1	24-25	319
26	1	25-26	341
27	1	26-27	362
28	1	27-28	383
29	1	28-29	404
inf	1	29-30	423

Il valore calcolato per  $H = 30$  m, spessore dei terreni con velocità inferiori a 800 m/s posti al di sopra del substrato rigido, è pari a  $V_{s,eq(30)} = 212$  m/s; vista la stratigrafia presente ed il profilo di velocità delle onde di taglio, il sito appartiene alla categoria di sottosuolo di fondazione di riferimento “C”.

### 3.4.6 MASW 06

I risultati del M.A.S.W. 06 sono riassunti nella tabella sottostante.

*Tabella 3.4.6.1: Modello sismo-stratigrafico dei terreni – M.A.S.W. 06.*

Sismostrato	Spessore (m)	Intervallo profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)
1	1	0-1	113
2	1	1-2	126
3	1	2-3	167
4	1	3-4	203
5	1	4-5	222
6	1	5-6	232
7	1	6-7	236
8	1	7-8	237
9	1	8-9	232
10	1	9-10	222
11	1	10-11	208
12	1	11-12	190
13	1	12-13	172
14	1	13-14	158
15	1	14-15	149
16	1	15-16	147
17	1	16-17	153
18	1	17-18	164
19	1	18-19	181
20	1	19-20	200
21	1	20-21	221
22	1	21-22	242
23	1	22-23	262
24	1	23-24	280
25	1	24-25	297
26	1	25-26	311
27	1	26-27	322
28	1	27-28	332
29	1	28-29	339
inf	1	29-30	344

Il valore calcolato per  $H = 30$  m, spessore dei terreni con velocità inferiori a 800 m/s posti al di sopra del substrato rigido, è pari a  $V_{s,eq(30)} = 204$  m/s; vista la stratigrafia presente ed il profilo di velocità delle onde di taglio, il sito appartiene alla categoria di sottosuolo di fondazione di riferimento “C”.



### 3.1 Risultati HVSR – Allegato 4

Nell'allegato grafico 2, per le quattro indagini HVSR sono riportati lo spettro del rapporto H/V, il grafico del rapporto H/V nel tempo e lo spettro delle varie componenti. Inoltre, per ogni picco di H/V evidenziato, è presente la verifica ai criteri SESAME.

#### 3.1.1 HVSR 01

I risultati completi comprensivi del report sul rispetto degli aspetti SESAME sono visibili nelle tavole allegate.

Picco rilevato	Frequenza (Hz)
1	0,56
2	3,56
3	20,00

Tabella 3.5.1.1 – Picchi in frequenza evidenziati nell'indagine HVSR.

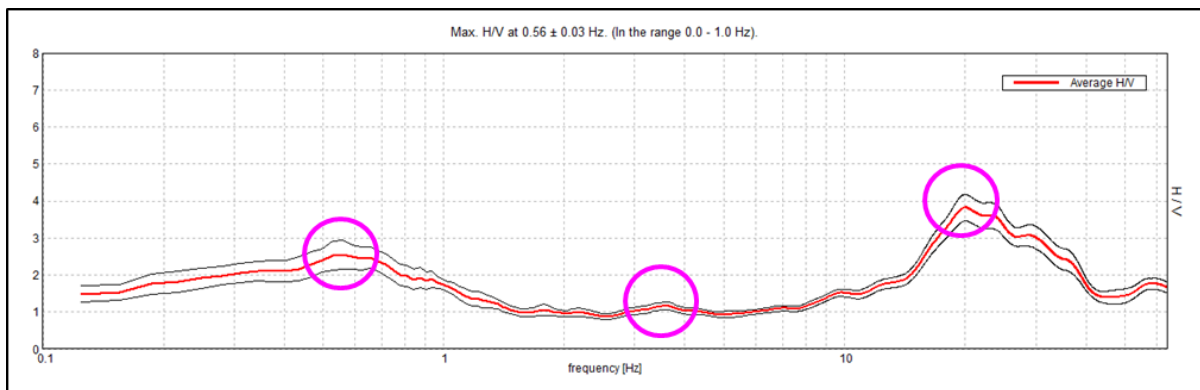


Figura 3.5.1.1: Rapporto H/V in funzione della frequenza

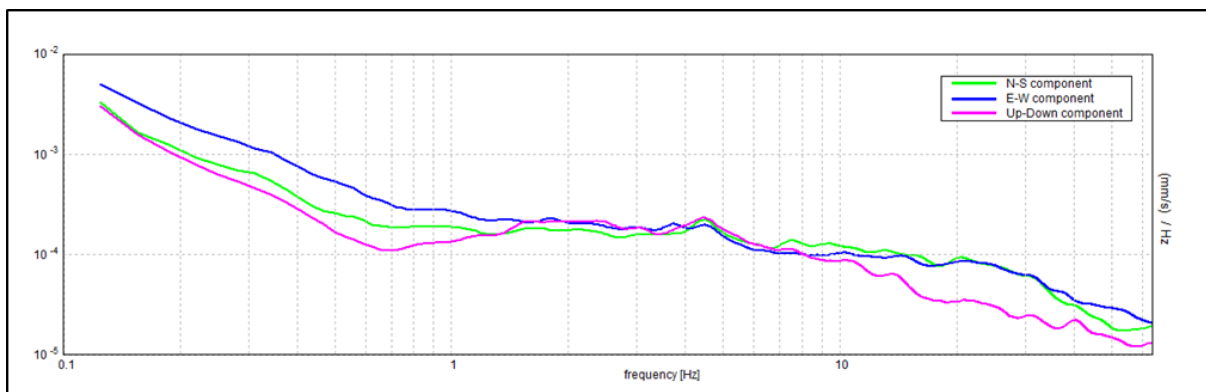


Figura 3.5.1.2: Spettro delle singole componenti

L'analisi dei risultati ottenuti ha mostrato la presenza di tre picchi significativi generati

da contrasti di impedenza nei terreni a diversa profondità.

Il valore indicato delle velocità per il calcolo della profondità delle interfacce rappresenta un valore plausibile per il pacco dei terreni soprastante l'interfaccia stessa ed è frutto dei dati ottenuti dalle relative indagini MASW per i primi 30 metri, dal gradiente del profilo stesso e dalle sezioni di tomografia elettrica.

Il picco a 0,56 Hz non rispetta due criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 450 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 200 m.

Il picco a 3,56 Hz non rispetta tre criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 180 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 12,5 m.

Il picco a 20,00 Hz rispetta tutti i criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 130 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 1,6 m.

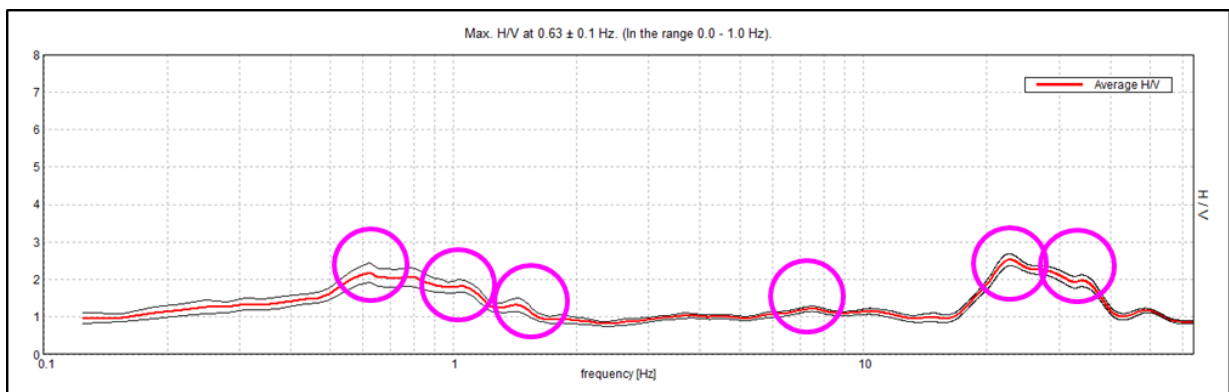
Il rapporto H/V, tra le frequenze 1,9 Hz e 2,9 Hz e 4,4 Hz e 6,0 Hz risulta essere inferiore ad 1. Tale andamento può indicare una inversione di velocità al di sotto dei terreni più superficiali.

### 3.1.2 HVSR 02

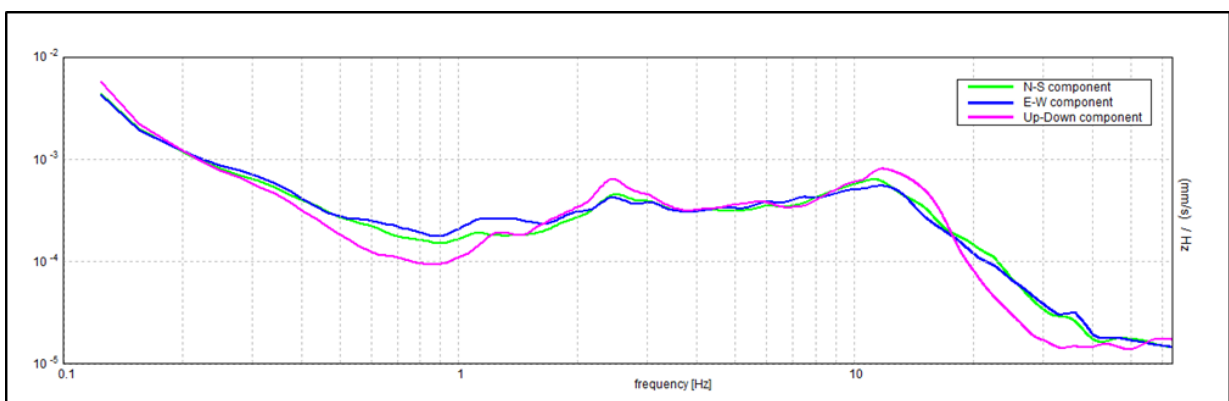
I risultati completi comprensivi del report sul rispetto degli aspetti SESAME sono visibili nelle tavole allegate.

Picco rilevato	Frequenza (Hz)
1	0,63
2	1,03
3	1,44
4	7,5
5	22,78
6	34,03

*Tabella 3.5.2.1 – Picchi in frequenza evidenziati nell'indagine HVSR.*



*Figura 3.5.2.1: Rapporto H/V in funzione della frequenza*



*Figura 3.5.2.2: Spettro delle singole componenti*

L'analisi dei risultati ottenuti ha mostrato la presenza di sei picchi significativi generati da contrasti di impedenza nei terreni a diversa profondità.

Il valore indicato delle velocità per il calcolo della profondità delle interfacce

rappresenta un valore plausibile per il pacco dei terreni soprastante l'interfaccia stessa ed è frutto dei dati ottenuti dalle relative indagini MASW per i primi 30 metri, dal gradiente del profilo stesso e dalle sezioni di tomografia elettrica.

Il picco a 0,63 Hz non rispetta due criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 450 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 178 m.

Il picco a 1,03 Hz non rispetta tre criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 300 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 72 m.

Il picco a 1,44 Hz non rispetta quattro criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 260 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 45 m.

Il picco a 7,5 Hz non rispetta cinque criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 190 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 6 m.

Il picco a 22,78 Hz non rispetta due criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 150 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 1,7 m.

Il picco a 34,03 Hz non rispetta tre criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 130 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 1,0 m.

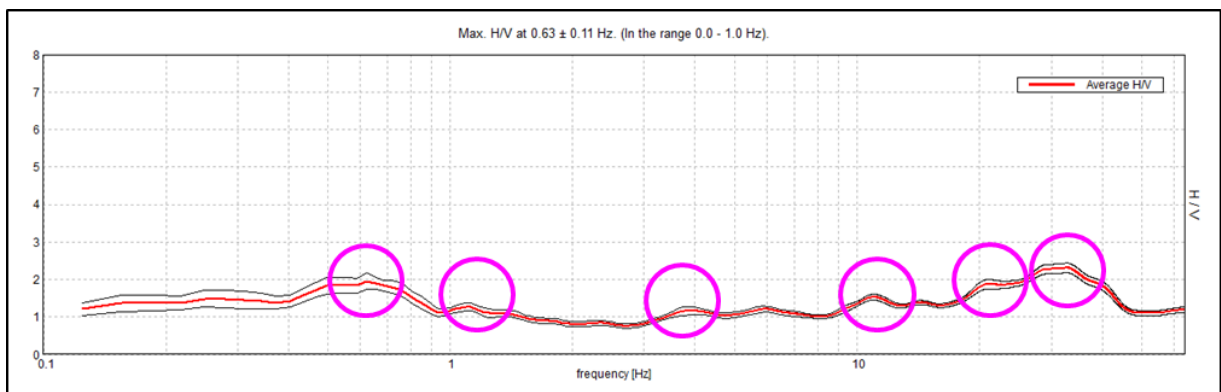
Il rapporto H/V, tra le frequenze 1,6 Hz e 3,6 Hz risulta essere inferiore ad 1. Tale andamento può indicare una inversione di velocità al di sotto dei terreni più superficiali.

### 3.1.3 HVSR 03

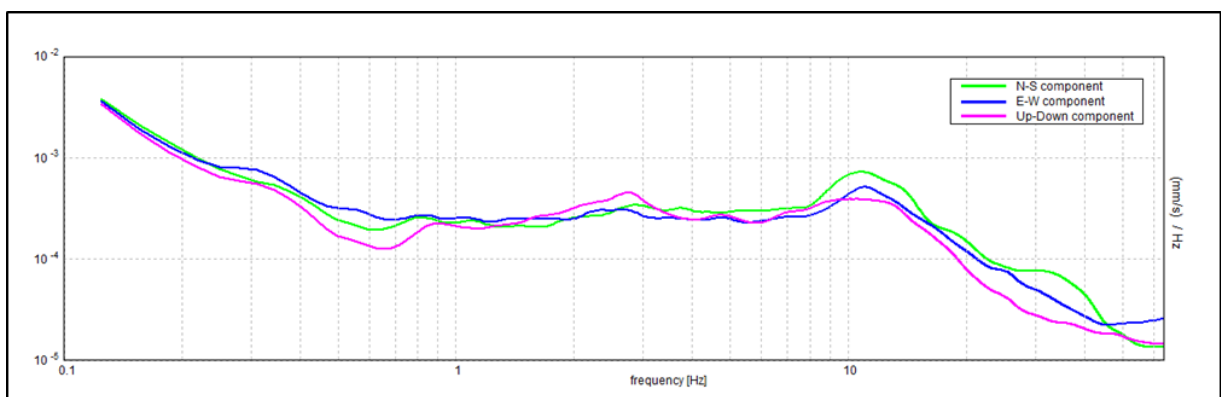
I risultati completi comprensivi del report sul rispetto degli aspetti SESAME sono visibili nelle tavole allegate.

Picco rilevato	Frequenza (Hz)
1	0,63
2	1,06
3	3,97
4	11,09
5	21,47
6	32,81

*Tabella 3.5.3.1 – Picchi in frequenza evidenziati nell'indagine HVSR.*



*Figura 3.5.3.1: Rapporto H/V in funzione della frequenza*



*Figura 3.5.3.2: Spettro delle singole componenti*

L'analisi dei risultati ottenuti ha mostrato la presenza di sei picchi significativi generati da contrasti di impedenza nei terreni a diversa profondità.

Il valore indicato delle velocità per il calcolo della profondità delle interfacce

rappresenta un valore plausibile per il pacco dei terreni soprastante l'interfaccia stessa ed è frutto dei dati ottenuti dalle relative indagini MASW per i primi 30 metri, dal gradiente del profilo stesso e dalle sezioni di tomografia elettrica.

Il picco a 0,63 Hz non rispetta quattro criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 450 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 178 m.

Il picco a 1,06 Hz non rispetta quattro criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 300 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 70 m.

Il picco a 3,97 Hz non rispetta cinque criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 190 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 12 m.

Il picco a 11,09 Hz non rispetta due criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 150 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 3,5 m.

Il picco a 21,47 Hz non rispetta tre criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 130 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 1,5 m.

Il picco a 32,81 Hz non rispetta due criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 100 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 0,75 m.

Il rapporto H/V, tra le frequenze 1,68 Hz e 3,46 Hz risulta essere inferiore ad 1. Tale andamento può indicare una inversione di velocità al di sotto dei terreni più superficiali.



### 3.1.4 HVSR 04

I risultati completi comprensivi del report sul rispetto degli aspetti SESAME sono visibili nelle tavole allegate.

Picco rilevato	Frequenza (Hz)
1	0,59
2	1,56
3	6,78
4	10,0
5	12,38
6	23,44

Tabella 3.5.4.1 – Picchi in frequenza evidenziati nell'indagine HVSR.

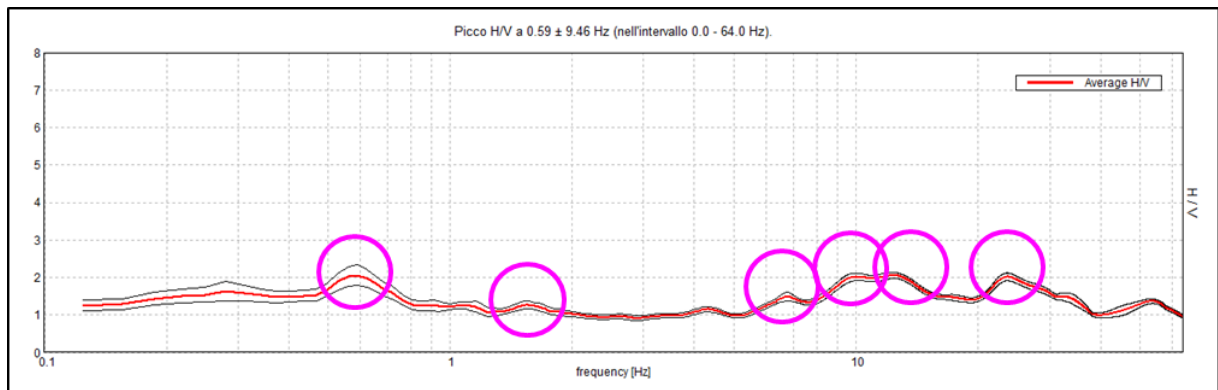


Figura 3.5.4.1: Rapporto H/V in funzione della frequenza

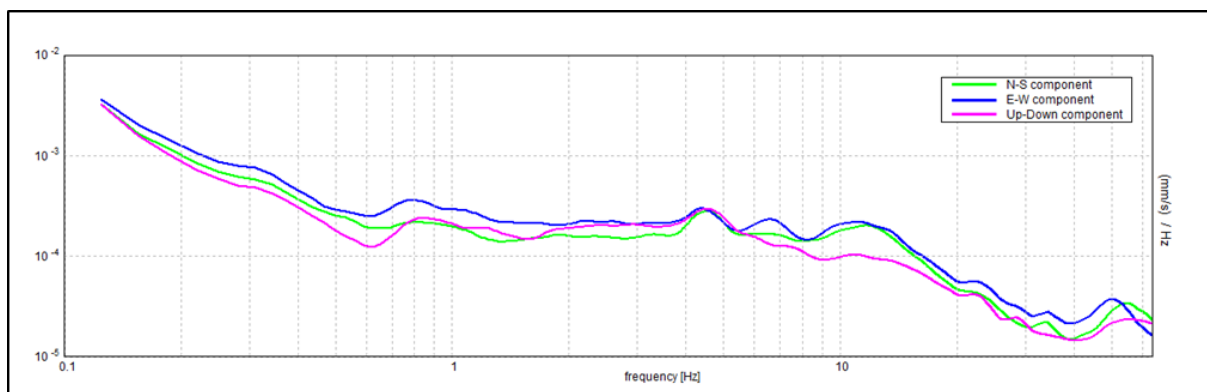


Figura 3.5.4.2: Spettro delle singole componenti

L'analisi dei risultati ottenuti ha mostrato la presenza di sei picchi significativi generati da contrasti di impedenza nei terreni a diversa profondità.

Il valore indicato delle velocità per il calcolo della profondità delle interfacce rappresenta un valore plausibile per il pacco dei terreni soprastante l'interfaccia

stessa ed è frutto dei dati ottenuti dalle relative indagini MASW per i primi 30 metri, dal gradiente del profilo stesso e dalle sezioni di tomografia elettrica.

Il picco a 0,59 Hz non rispetta tre criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 450 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 190 m.

Il picco a 1,56 Hz non rispetta cinque criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 250 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 40 m.

Il picco a 6,78 Hz non rispetta tre criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 200 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 7 m.

Il picco a 10,00 Hz rispetta tutti i criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 190 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 4,75 m.

Il picco a 12,38 Hz rispetta tutti i criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 180 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 4,0 m.

Il picco a 23,44 Hz non rispetta uno dei criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 150 m/s e sfruttando la seguente formula:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

si evince una profondità del contatto di circa 1,6 m.

Il rapporto H/V, tra le frequenze 2,04 Hz e 3,7 Hz risulta essere inferiore ad 1. Tale andamento può indicare una inversione di velocità al di sotto dei terreni più superficiali.

#### 4. BIBLIOGRAFIA

- Aki K., 1964. A note on the use of microseisms in determining the shallow structures of the earth's crust, *Geophysics*, 29, 665–666.
- Archie G.E., 1942. "The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics". *Transaction of the AIME* 146, 54-62.
- Ben-Menahem A. E SINGH S.J., 1981. *Seismic Waves and Sources*, Springer-Verlag, New York.
- Bindi D., Parolai S., Spallarossa D., Cattaneo M., 2000. Site effects by H/V ratio: comparison of two different procedures, *J. Earthq. Eng.*, 4, 97-113.
- Castellaro S., Mulargia F. E Bianconi L., 2005. Stratigrafia sismica passiva: una nuova tecnica accurata, rapida ed economica, *Geologia Tecnica e Ambientale*, vol. 3.
- Castellaro, S., and Mulargia, F., 2007. Constrained H/V only estimates of Vs30, *Bull. Seism. Soc. Am.*, submitted.
- Castellaro, S., and Mulargia, F., Estimates of Vs30 Based on Constrained H/V Ratio Measurements Alone, in: *Increasing Seismic Safety by Combining Engineering Technologies and Seismological Data*, DORDRECHT, Springer, 2009, pp. 85 – 97
- Castellaro, S., and Mulargia, F, The Effect of Velocity Inversions on H/V, «PURE AND APPLIED GEOPHYSICS», 2009, 166, pp. 567 – 592
- Castellaro, S., and Mulargia, F., VS30 Estimates Using Constrained H/V Measurements, «BULLETIN OF THE SEISMOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA», 2009, 99, pp. 761 – 773
- Cavinato, G. P., Di Luzio, E., Moscatelli, M., Vallone, R., Averardi, M., Valente, A., and Papale, S. [2006] The new Col di Tenda tunnel between Italy and France: Integrated geological investigations and geophysical prospections for preliminary studies on the Italian side. *Engineering Geology* 88, 90-109.
- Coffeen, J.A., 1978. "Seismic exploration fundamentals". Pubb. Co.;
- Dahlin, T., Bjelm, L., and Svensson, C. [1999] Use of electrical imaging in site investigations for a railway tunnel through the Hallandsås Horst, Sweden. *Quarterly Journal of Engineering Geology* 32, 163-172.
- D. ALBARELLO, S. CASTELLARO, Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola, «INGEGNERIA SISMICA», 2012, 2, pp. 32 – 61
- Diebold J.B. and Stoffa P.L. 1981. The traveltime equation, tau-p mapping, and inversion of common midpoint data. *Geophysics*, volume 46, p. 238-254.
- Dey A. and Morrison H.F., 1979, Resistivity modeling for arbitrarily shaped two-dimensional structures, *Geophysical Prospecting*, 27(1), 106-136.
- Dobrin, M.B., 1976. "Introduction to Geophysical prospecting". McGraw-Hill Book Co.;

	<b>COLLEGAMENTO DIRETTO CON LE LINEE METAPONTO-REGGIO CALABRIA E COSENZA - SIBARI</b>				
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA BRETELLA DI SIBARI (CS)</b>				
<b>Indagini Geofisiche</b>	COMMESSA RC2V	LOTTO 00	CODIFICA R 69 IG	DOCUMENTO GE 00 00 001	REV. FOGGIO A 45 di 110

European Commission (2005), User guideline for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibration: Measurement, processing and interpretation, Res. Gen. Dir. Proj. EVG1-CT-2000- 00026 SESAME, Rep. D23.12, 62 pp., Brussels. (Available at <http://SESAME-fp5.obs.ujf-grenoble.fr>.)

Fa' H, D., et al. (2001), A theoretical investigation of average H/V ratios, *Geophys. J. Int.*, 145, 535–549.

Fa' H, D., et al. (2003), Inversion of local S-wave velocity structures from average H/V ratios, and their use for the estimation of site-effects, *J. Seismol.*, 7, 449–467.

Foti S., 2000, Multi-Station Methods for Geotechnical Characterisation Using Surface Waves, PhD Diss., Politecnico di Torino, 229 pp.;

Ganerød, G. V., Rønning, J. S., Dalsegg, E., Elvebakk, H., Holmøy, K., Nilsen, B., and Braathen, A. [2006] Comparison of geophysical methods for sub-surface mapping of faults and fracture zones in a section of the Viggja road tunnel, Norway. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 65, 231-243.

Gebrande H and Miller H., 1985. Refraktionsseismik (in German). In: F. Bender (Editor), *Angewandte Geowissenschaften II*. Ferdinand Enke, Stuttgart; pp. 226-260. ISBN 3-432-91021-5.

Hagedoorn J.G. 1959. The Plus-Minus Method of Interpreting Seismic Refraction Sections. *Geophysical Prospecting*, volume 7, p. 158-182.

Herrmann R.B. and Ammon C. J., 2002. “ Computer Programs in Seismology” ver. 3.20.

Kanai, K., Tanaka, T. (1954). Measurement of the microtremor, *Bulletin of Earthquake Research Institute* 32, 199–209.

Ibs-Von Seht M., and Wohlenberg J., Microtremor Measurements Used to Map Thickness of Soft Sediments, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 89, No. 1, pp. 250-259, February 1999.

Jansen S. 2010. Parameter investigation for subsurface tomography with refraction seismic data, Master thesis, Niels Bohr Institute, University of Copenhagen.

John m. Reynolds, (1997). “An introduction to applied and environmental geophysics”, pp. 415-488, Wiley, England.

Jones G.M. and Jovanovich D.B. 1985. A ray inversion method for refraction analysis. *Geophysics*, volume 50, p. 1701-1720.

Lecomte, I.; Gjoystdal, H.; Dahle, A.; Pedersen, O.C., 2000, Improving modeling and inversion in refraction seismics with a first-order Eikonal solver, *Geophysical Prospecting*, Vol. 48, 437-454.

Lermo J., Chavez-Garcia F.J. (1993). Site effect evaluation using spectral ratios with only one station, *Bulletin of Seismological Society of America*, 83, 1574–1594.

MacPhail M.R. 1967. The midpoint method of interpreting a refraction survey. In: Musgrave A.W. (Editor), *Seismic*.

Milton B. Dobrin, Carl H. Savit, 1988, Introduction to Geophysical Prospecting, fourth Edition, McGraw-Hill International Editions e R.E. Goodman, 1989, Introduction to Rock Mechanics, second Edition, John Wiley & Sons.

Mcmechan G.A., Yedlin M.J., 1981, Analysis of dispersive wave by wave field transformation, Geophysics, 46, 869-874;

Mulargia F., Castellaro S., Passive Imaging in Nondiffuse Acoustic Wavefields, «PHYSICAL REVIEW LETTERS», 2008, 100, pp. 218501-1 - 218501-4

Nakamura, Y. (1989), A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, Quat. Rep. Railway Tech. Res. Inst., 30 (1), 25–30.

Nazarian S., Stokoe K.H., 1986, Use of surface waves in pavement evaluation, Transp. Res. Rec, 1070, 132-144;

Palmer, D., 2010, Non-uniqueness with refraction inversion – a syncline model study, Geophysical Prospecting, Vol. 58, 203-218.

Park C.B., Miller R.D., Xia J., 2001, Offset and resolution of dispersion curve in multichannel analysis of surface waves (MASW), proc. SAGEEP 2001;

Schuster G T, Aksel Q B. 1993. Wave-path Eikonal travel-time inversion: Theory. Geophysics, 58(9): 1314–1323.

Stokoe K.H., Wright S.G., Bay J., Roesset J.M., 1994, characterization of geotechnical sites by SASW method, in Geophysical characterization of sites, (ISSMFE TC#10) by R.D. Woods (ed), Oxford & IBH Publ., pp. 15-25;

Xia J., Miller R.D., Park C.B., 1999, Estimation of near-surface shear-wave velocity by inversion of Rayleigh waves, Geophysics, 64, 691-700.

Yamanaka, H., Dravinski, M., Kagami, H. (1993). Continuous measurements of microtremors on sediments and basement in Los Angeles, California. Bulletin of the Seismological Society of America, 83,1595–1609.

Watanabe, T.; Matsuoka, T.; Ashida, Y., 1999, Seismic travelttime tomography using Fresnel volume approach, SEG Houston 1999, Expanded Abstracts. <http://dx.doi.org/10.1190/1.1820777>.

Zollo, A., & Emolo, A. (2011). Terremoti e onde: metodi e pratica della sismologia moderna. Liguori.

**5. ALLEGATO N.1 – Risultati tomografie sismiche a rifrazione**

# INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA – L\_1A

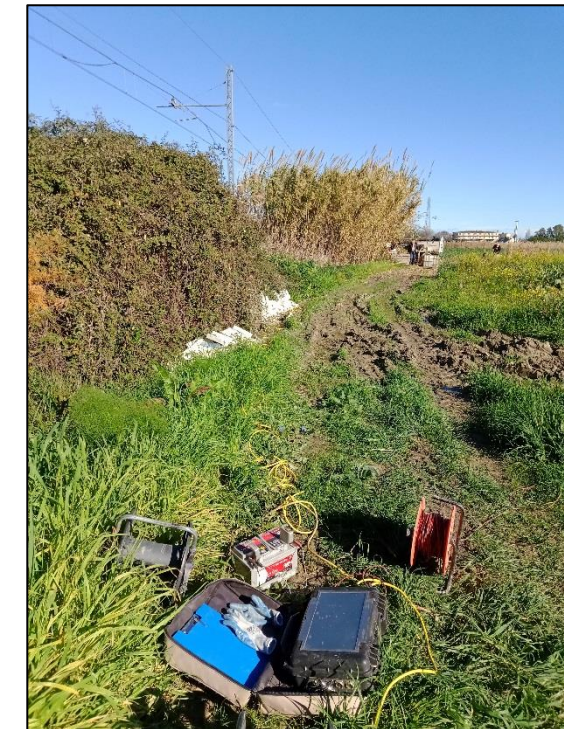
## Ubicazione dell'indagine





## Fase di acquisizione dati



## Fase di acquisizione dati

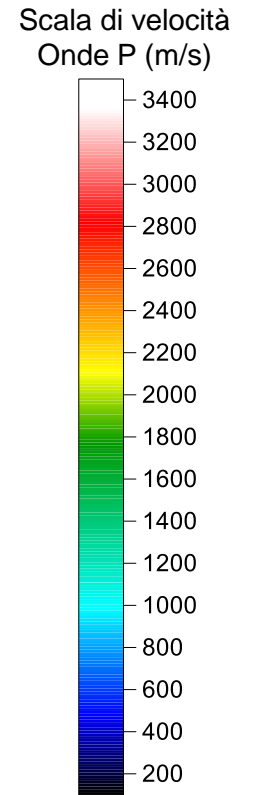
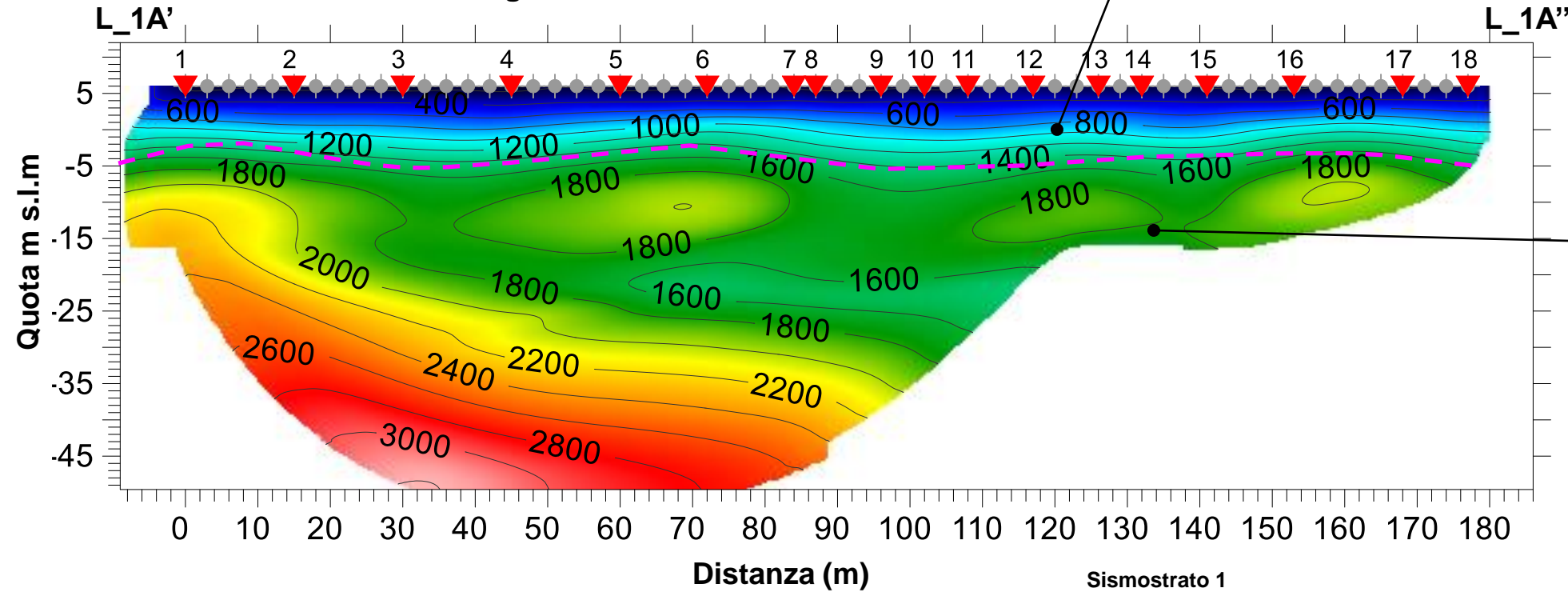


<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO–SIBARI–REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p>  Italferr S.p.A <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>1</b></p>
--	--	--	--	--------------------------------------



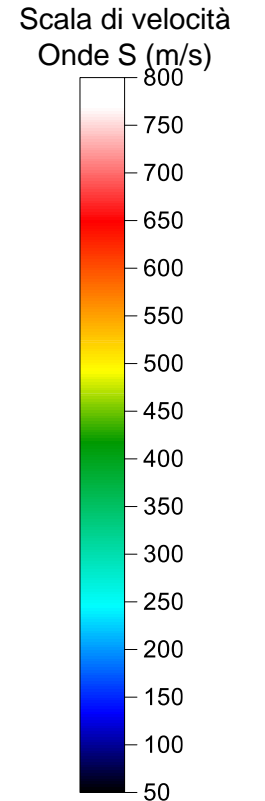
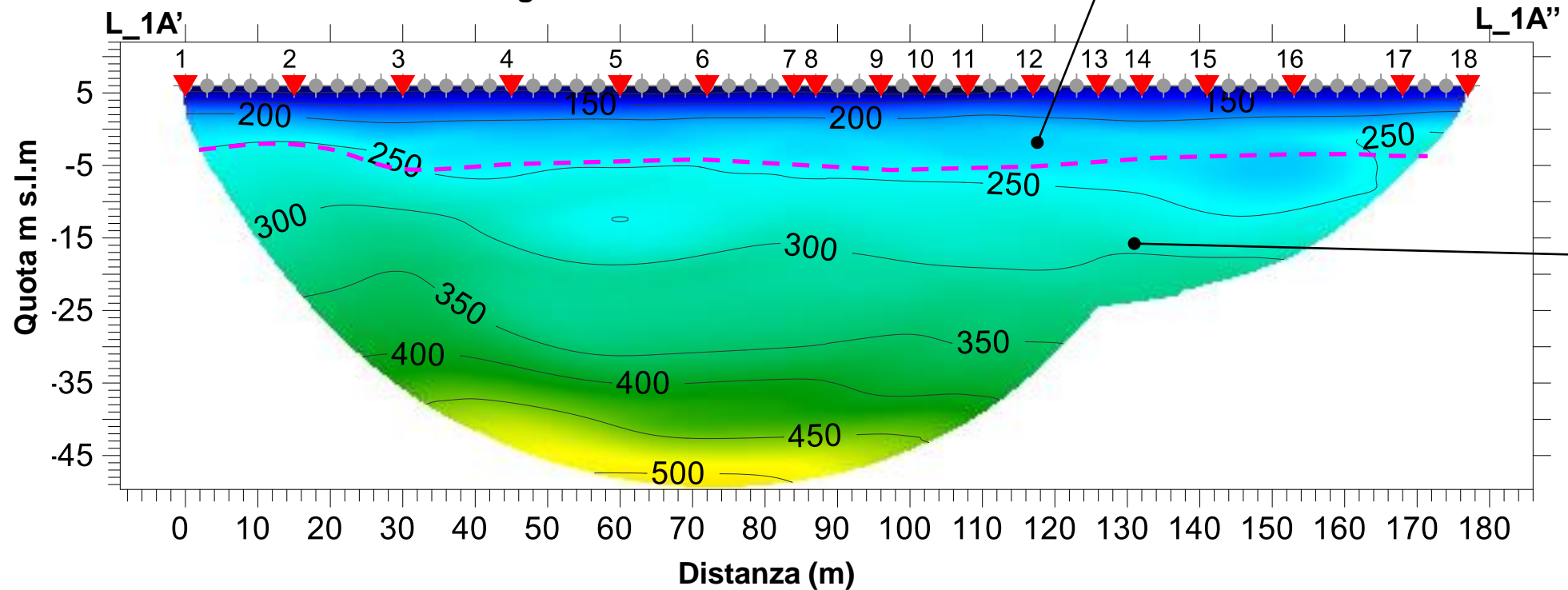
# INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA – L\_1A

## Sezione Sismica a Rifrazione Tomografica L\_1A – Onde P



Sismostrato 2  
Sedimenti  
eterometrici medio-  
fini a diverso grado  
di addensamento

## Sezione Sismica a Rifrazione Tomografica L\_1A – Onde S



Sismostrato 2  
Sedimenti  
eterometrici medio-  
fini a diverso grado  
di addensamento

<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p> <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTB Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>2</b></p>
---	--	--	--	--------------------------------------

# INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA – L\_1B

## Ubicazione dell'indagine





## Fase di acquisizione dati



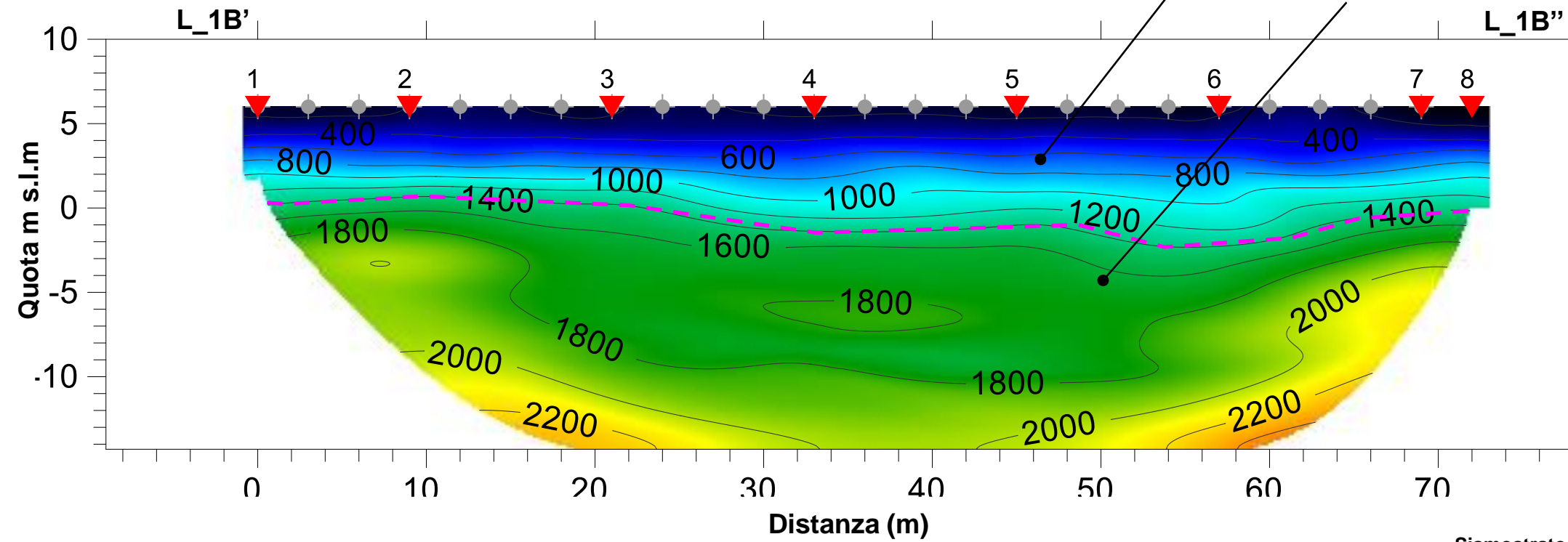
## Fase di acquisizione dati



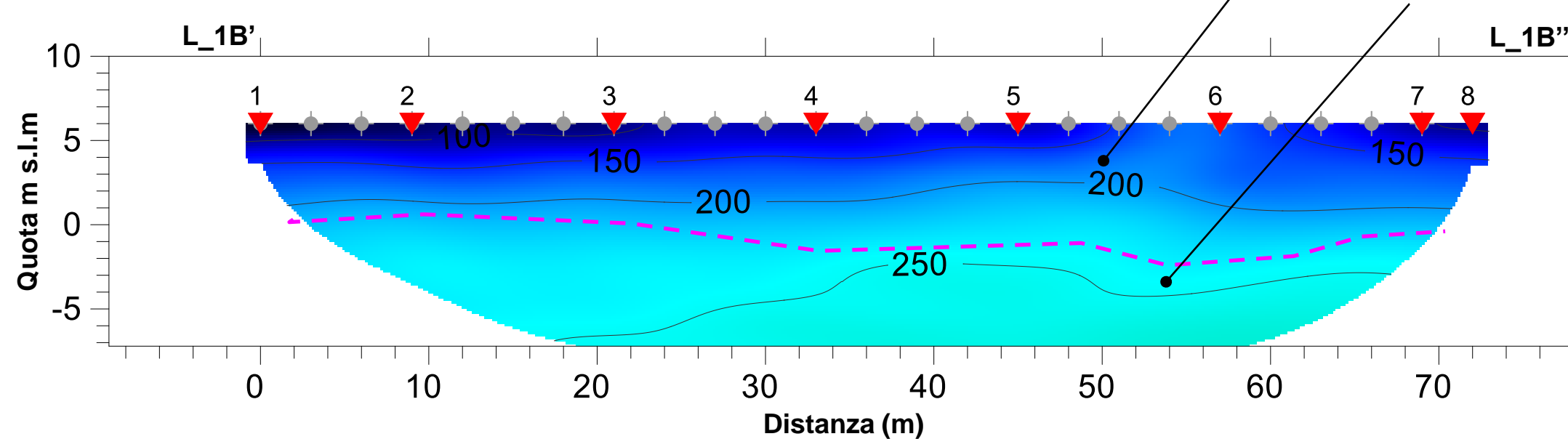
<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO–SIBARI–REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>3</b></p>
--	--	---	--	--------------------------------------

# INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA – L\_1B

## Sezione Sismica a Rifrazione Tomografica L\_1B – Onde P



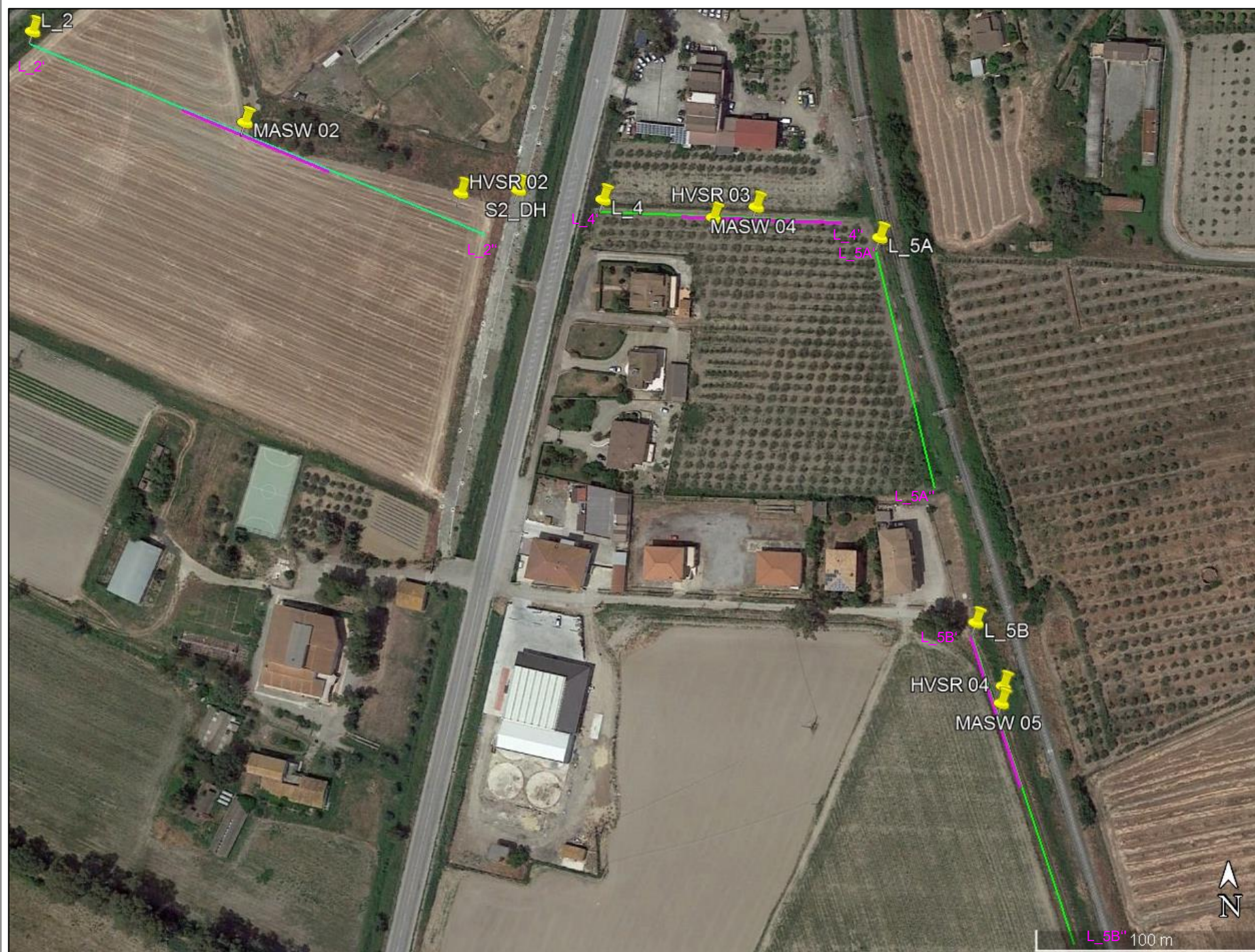
## Sezione Sismica a Rifrazione Tomografica L\_1B – Onde S



<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p> <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFFE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>4</b></p>
---	--	--	--	--------------------------------------

# INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA – L\_2

## Ubicazione dell'indagine



## Fase di acquisizione dati



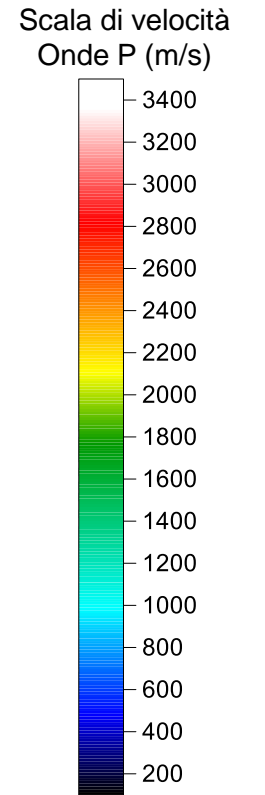
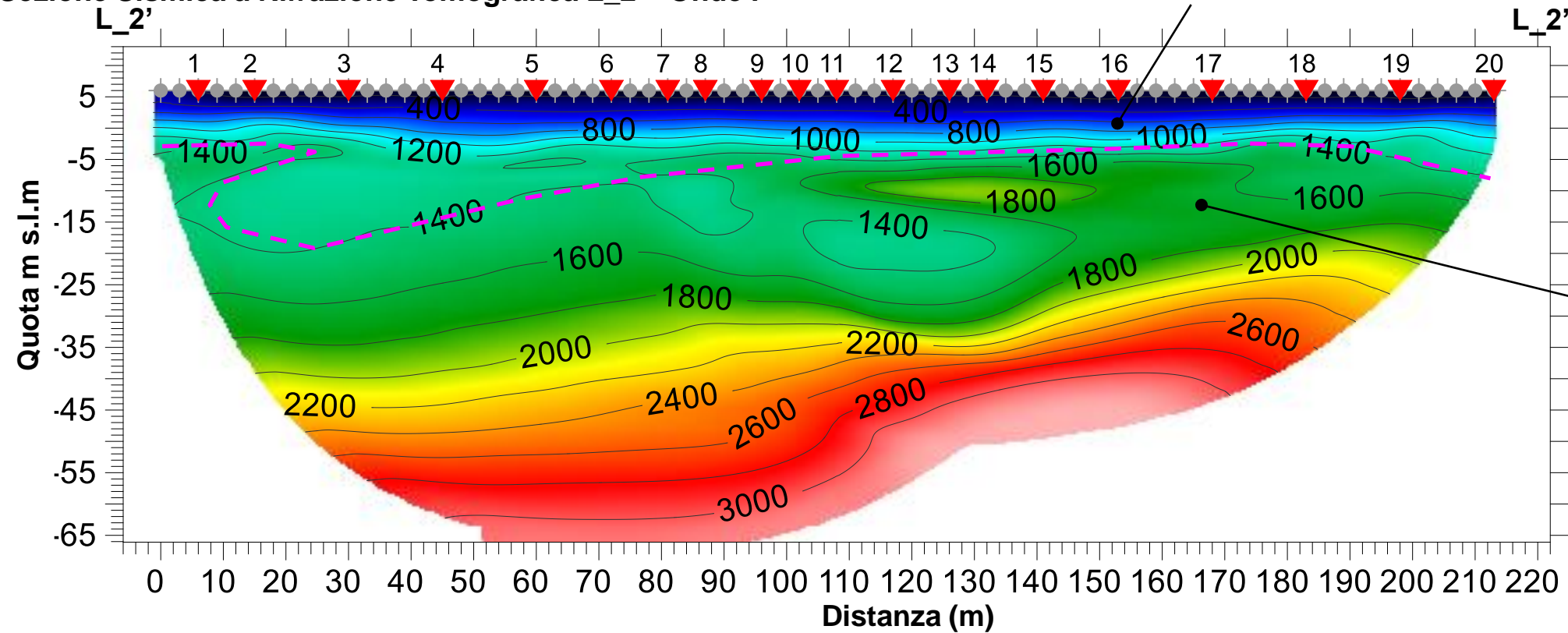
## Fase di acquisizione dati



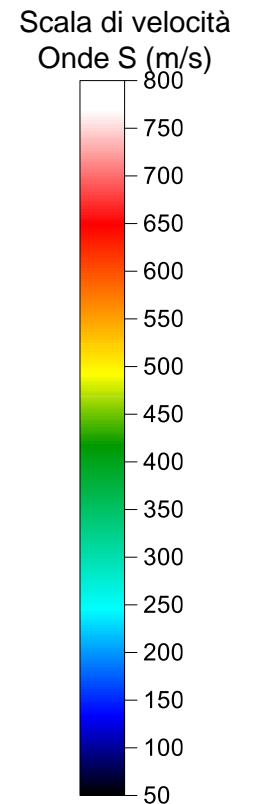
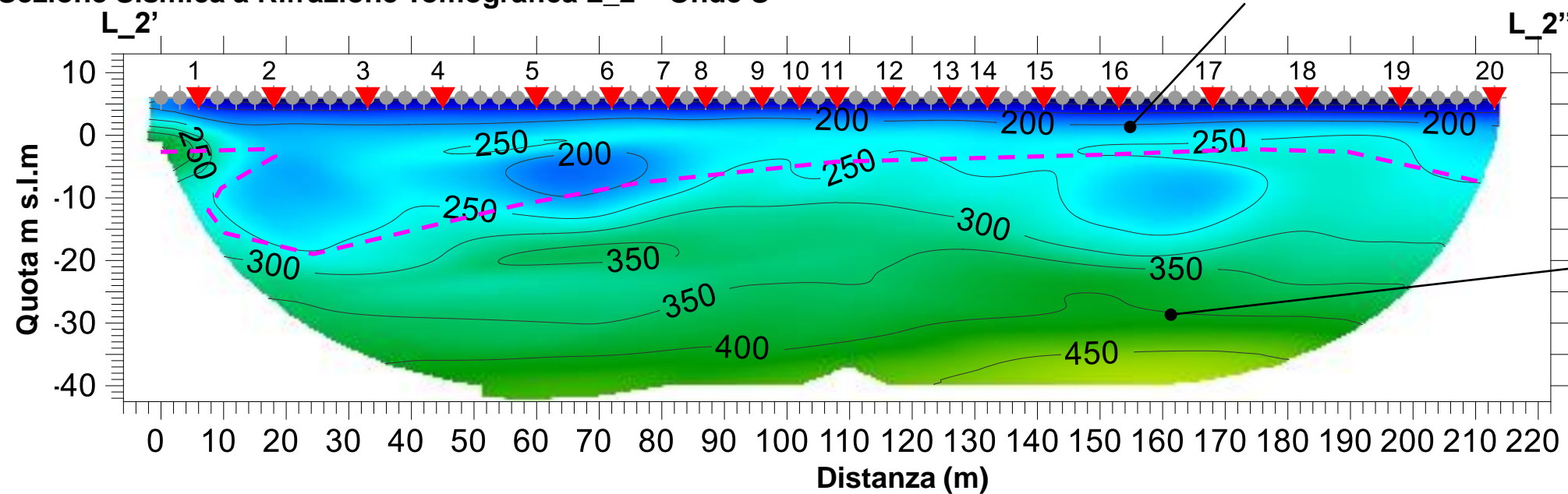
<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p> <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>5</b></p>
---	--	--	--	--------------------------------------

# INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA – L\_2

## Sezione Sismica a Rifrazione Tomografica L\_2 – Onde P



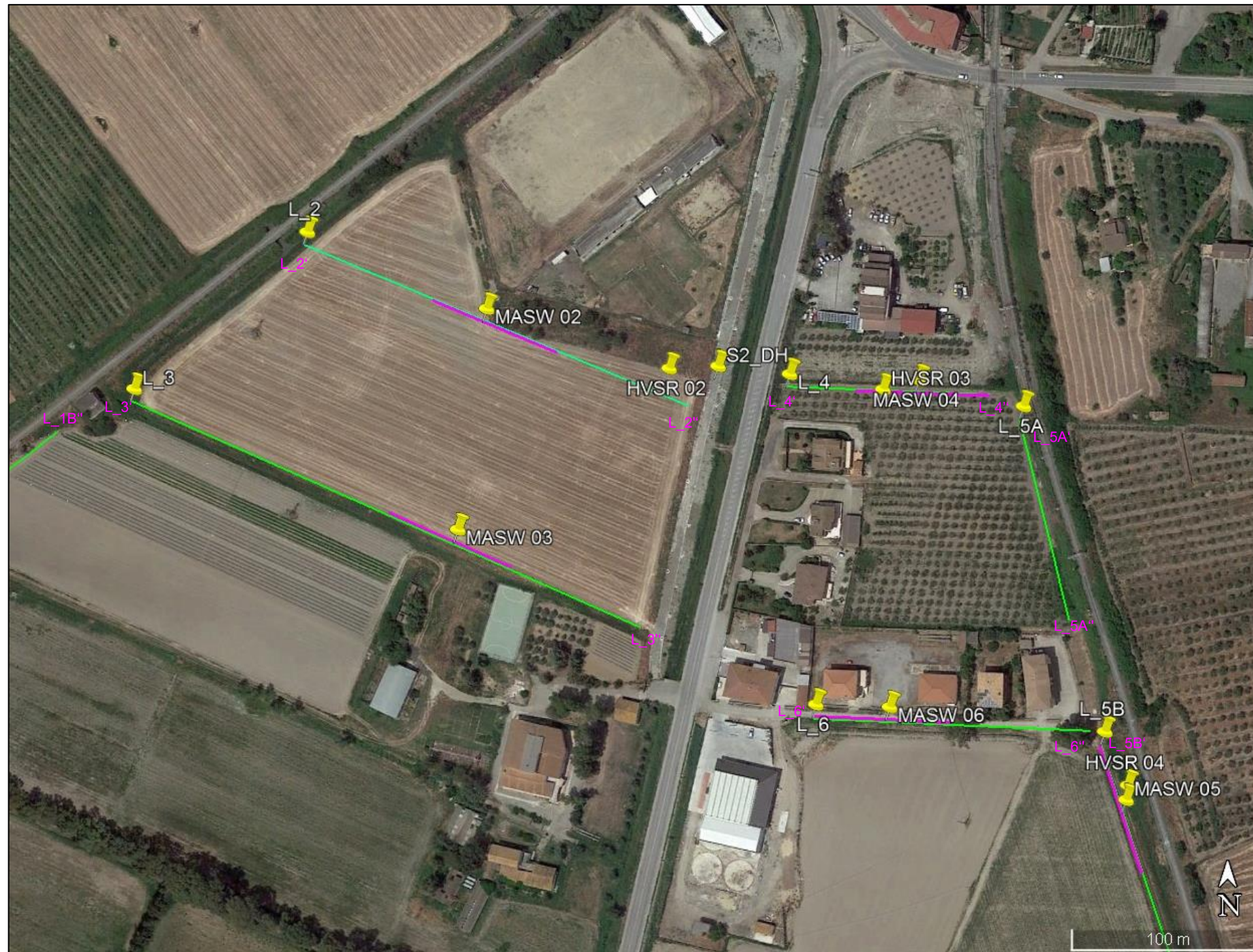
## Sezione Sismica a Rifrazione Tomografica L\_2 – Onde S



<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p> <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITAFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b></p> <p>G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b></p> <p>A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b></p> <p>P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>6</b></p>
---	---	---	---	--------------------------------------

# INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA – L\_3

## Ubicazione dell'indagine








## Fase di acquisizione dati



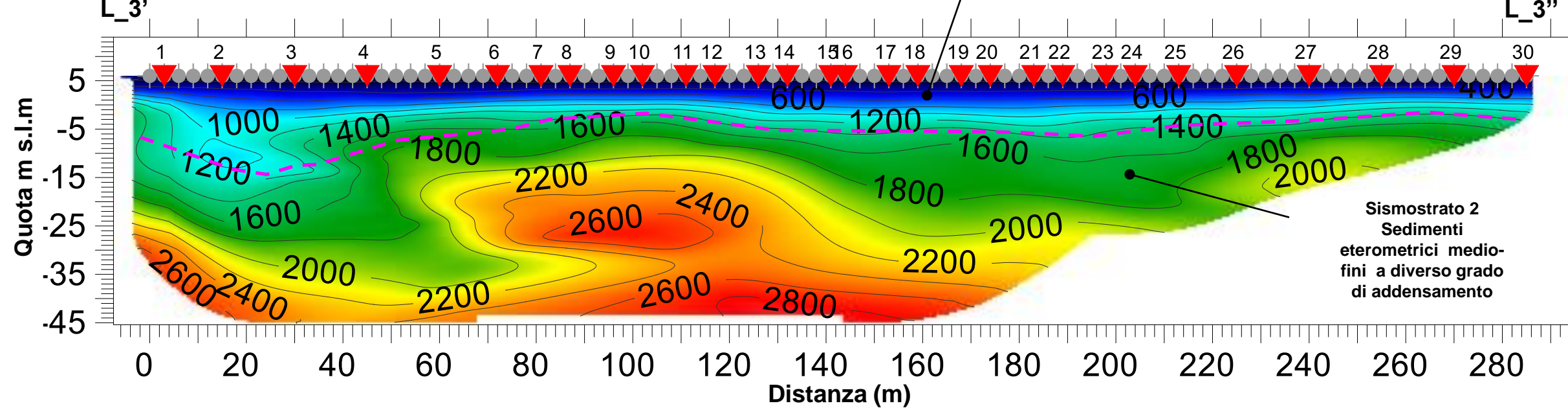
## Fase di acquisizione dati



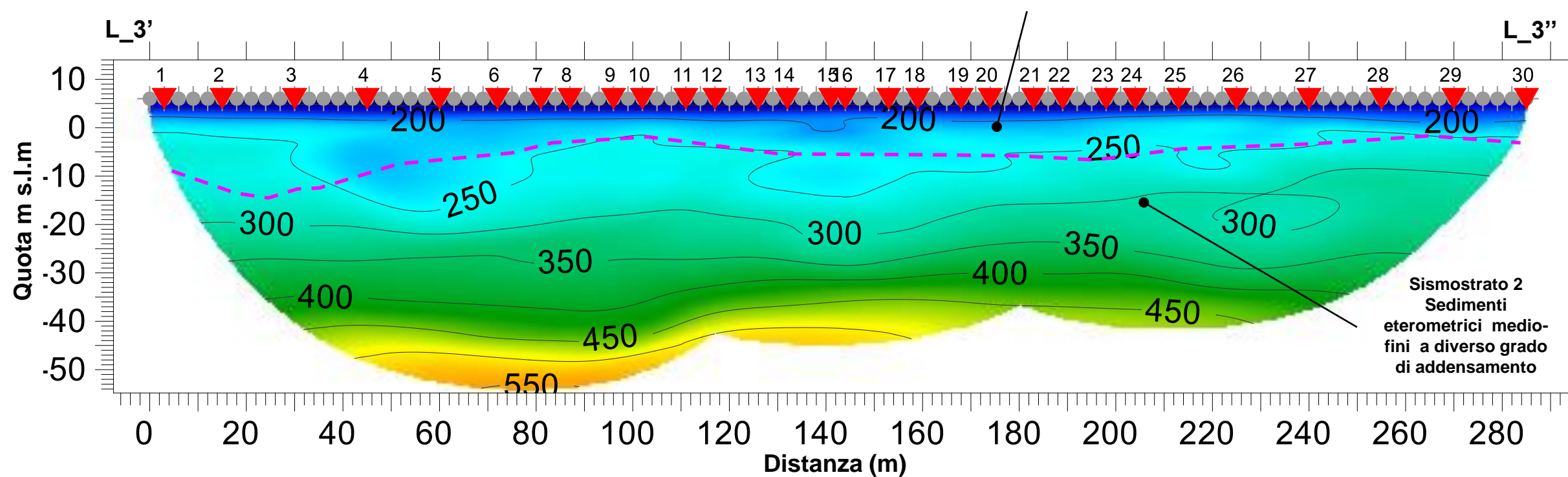
<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p> <p><b>SOING</b>    </p> <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>7</b></p>
---	--	---	--	--------------------------------------

**INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA – L\_3**

**Sezione Sismica a Rifrazione Tomografica L\_3 – Onde P**



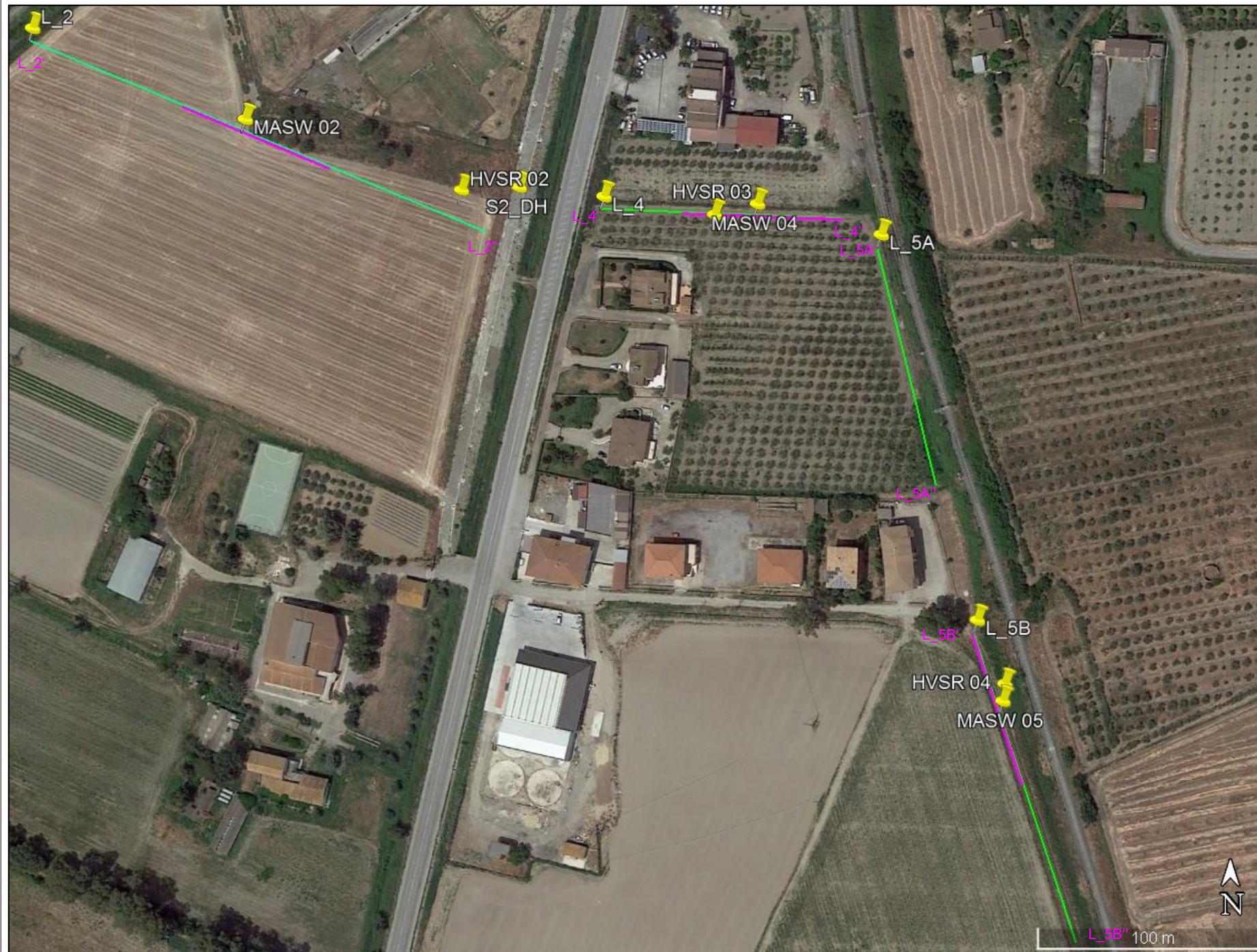
**Sezione Sismica a Rifrazione Tomografica L\_3 – Onde S**



<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p> <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b></p> <p>G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b></p> <p>A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b></p> <p>P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>8</b></p>
---	--	--	---	--------------------------------------

# INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA – L\_4

## Ubicazione dell'indagine





## Fase di acquisizione dati



## Fase di acquisizione dati

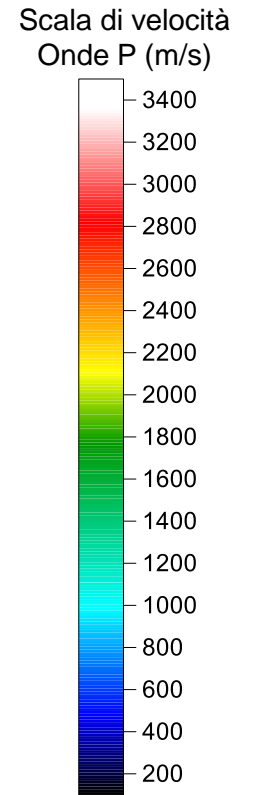
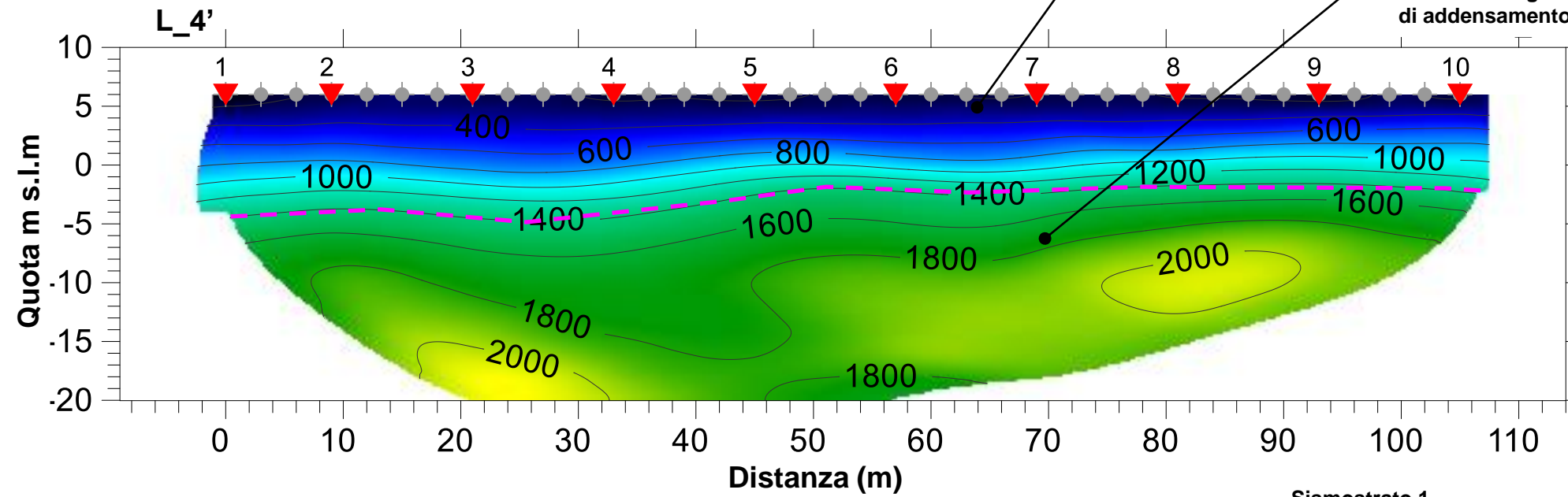


<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>9</b></p>
--	--	---	--	--------------------------------------

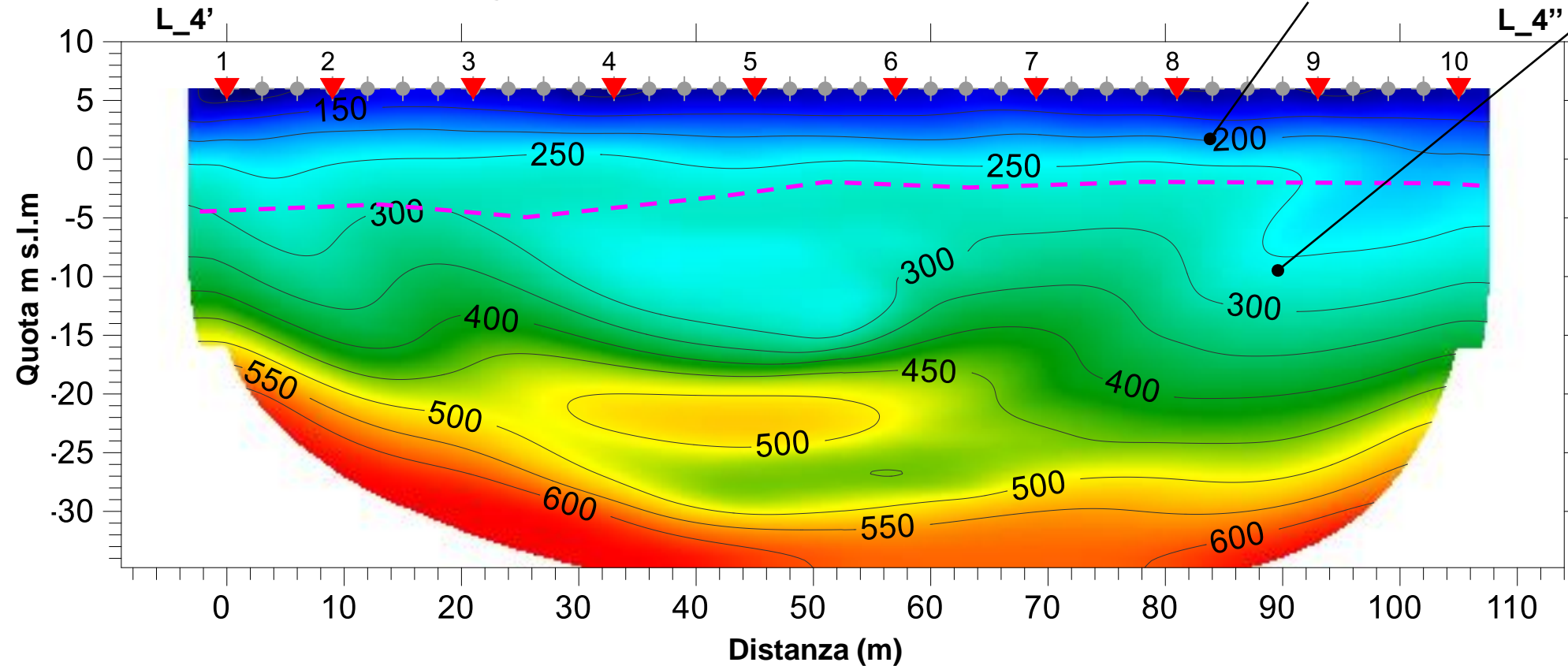


# INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA – L\_4

## Sezione Sismica a Rifrazione Tomografica L\_4 – Onde P

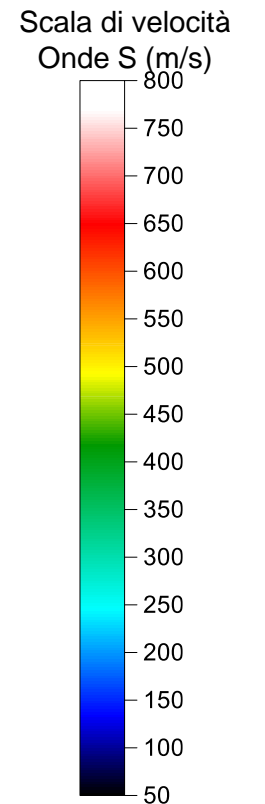


## Sezione Sismica a Rifrazione Tomografica L\_4 – Onde S



Sismostrato 1  
Sedimenti fini

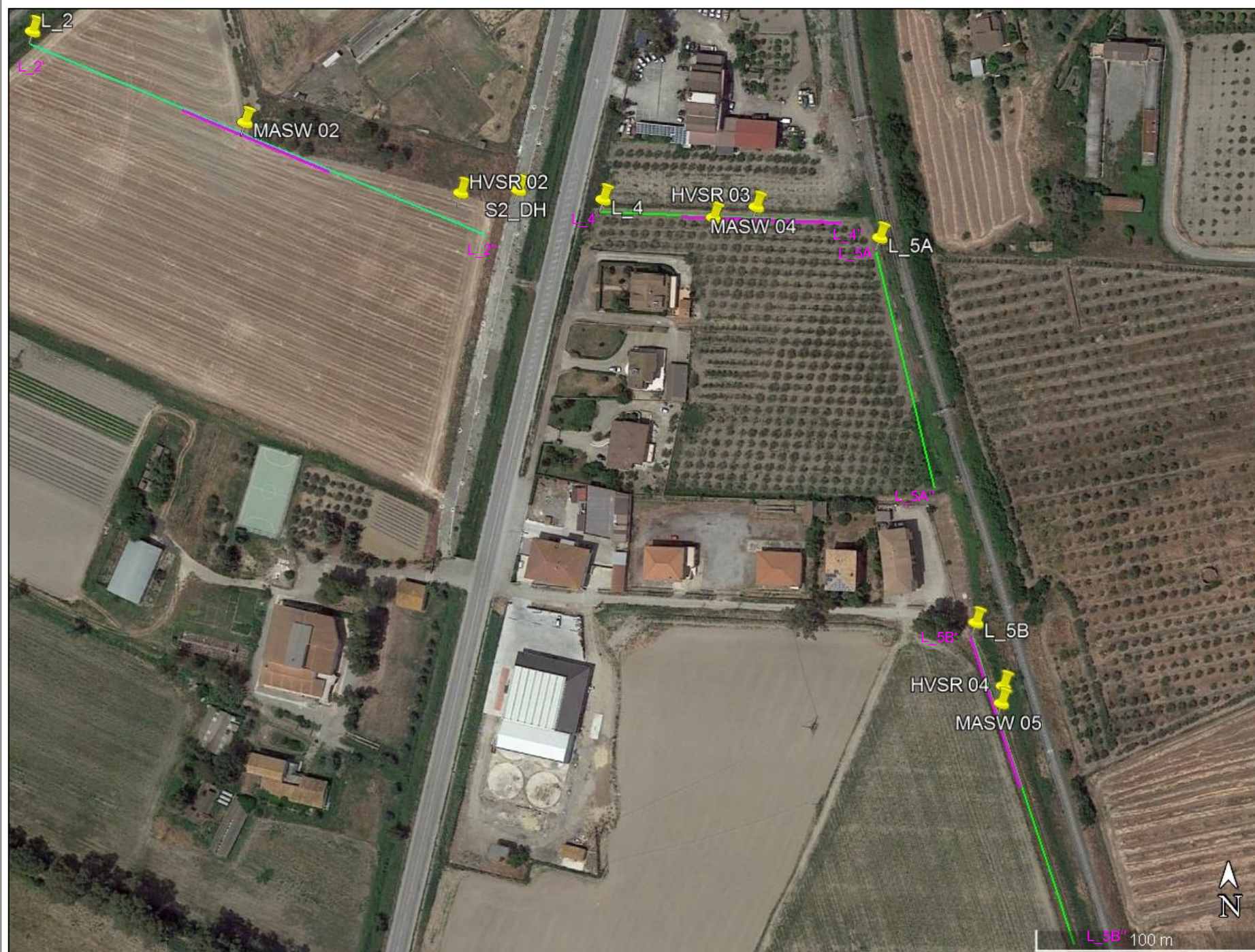
Sismostrato 2  
Sedimenti eterometrici medio-fini a diverso grado di addensamento



<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p> <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b></p> <p>G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b></p> <p>A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b></p> <p>P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>10</b></p>
---	--	--	---	---------------------------------------

# INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA – L\_5A

## Ubicazione dell'indagine





## Fase di acquisizione dati



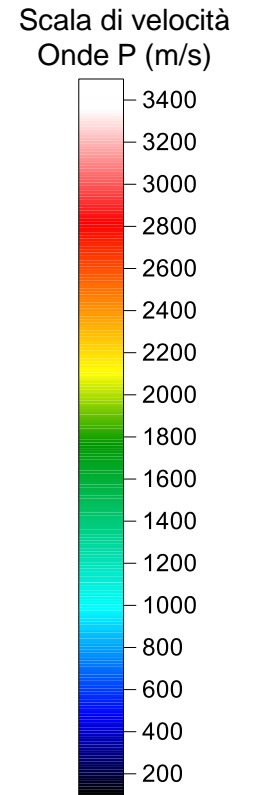
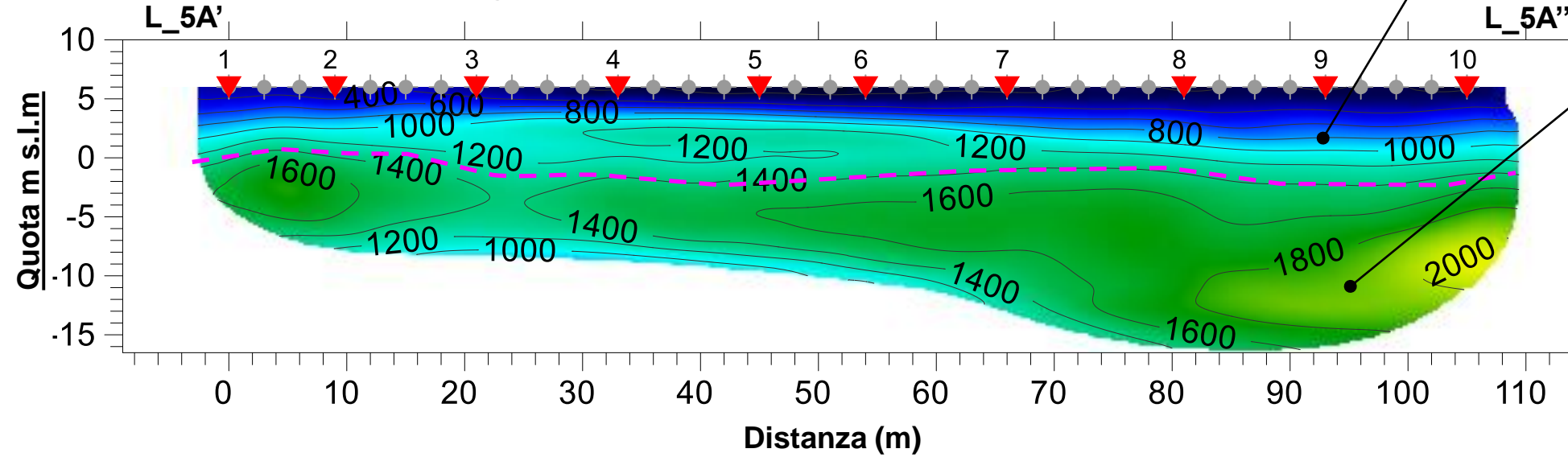
## Fase di acquisizione dati



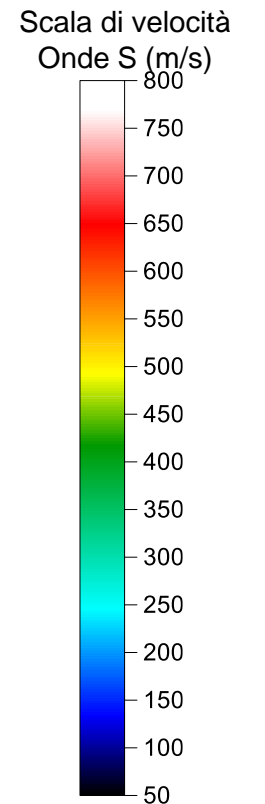
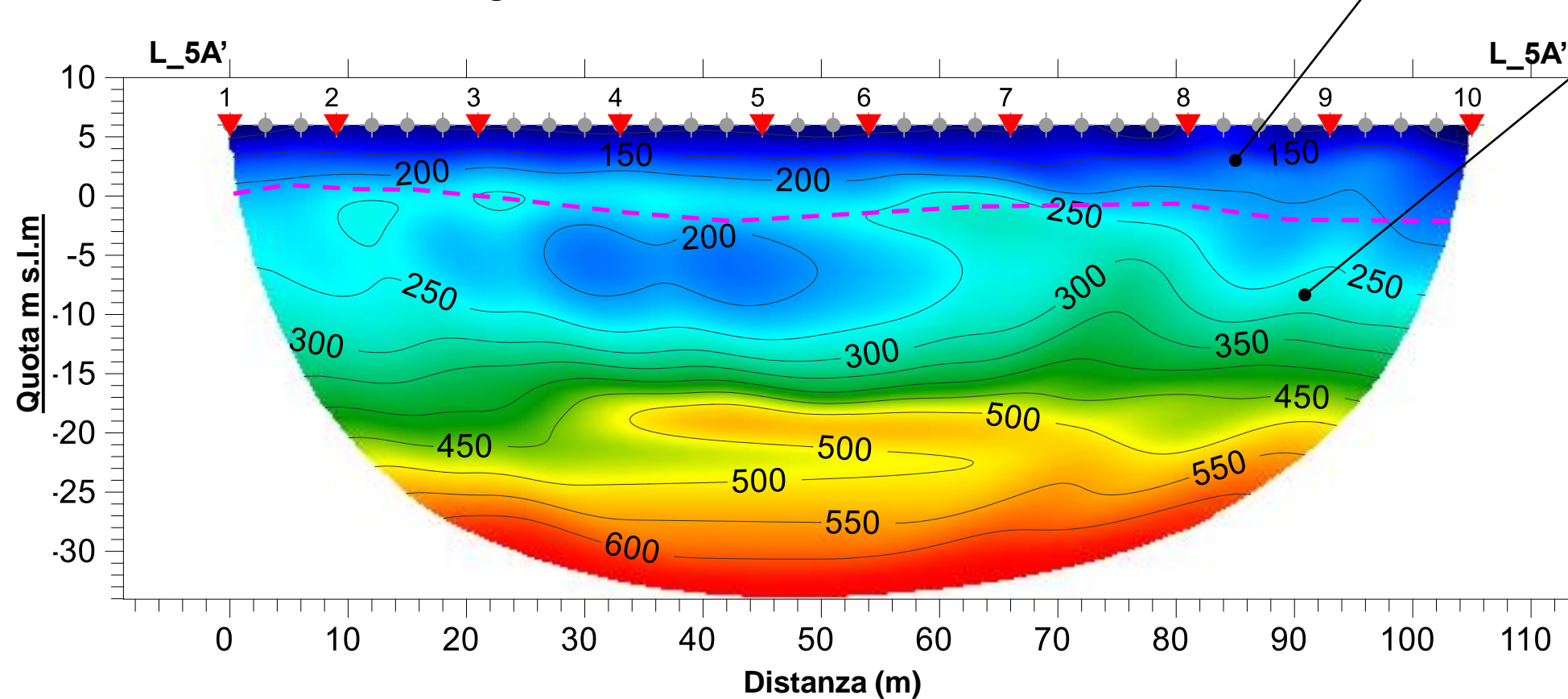
<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTB Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>11</b></p>
--	--	---	--	---------------------------------------

# INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA – L\_5A

## Sezione Sismica a Rifrazione Tomografica L\_5A – Onde P



## Sezione Sismica a Rifrazione Tomografica L\_5A – Onde S



<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p> <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTÉ Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b></p> <p>G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b></p> <p>A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b></p> <p>P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>12</b></p>
---	---	--	---	---------------------------------------

# INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA – L\_5B

## Ubicazione dell'indagine





## Fase di acquisizione dati



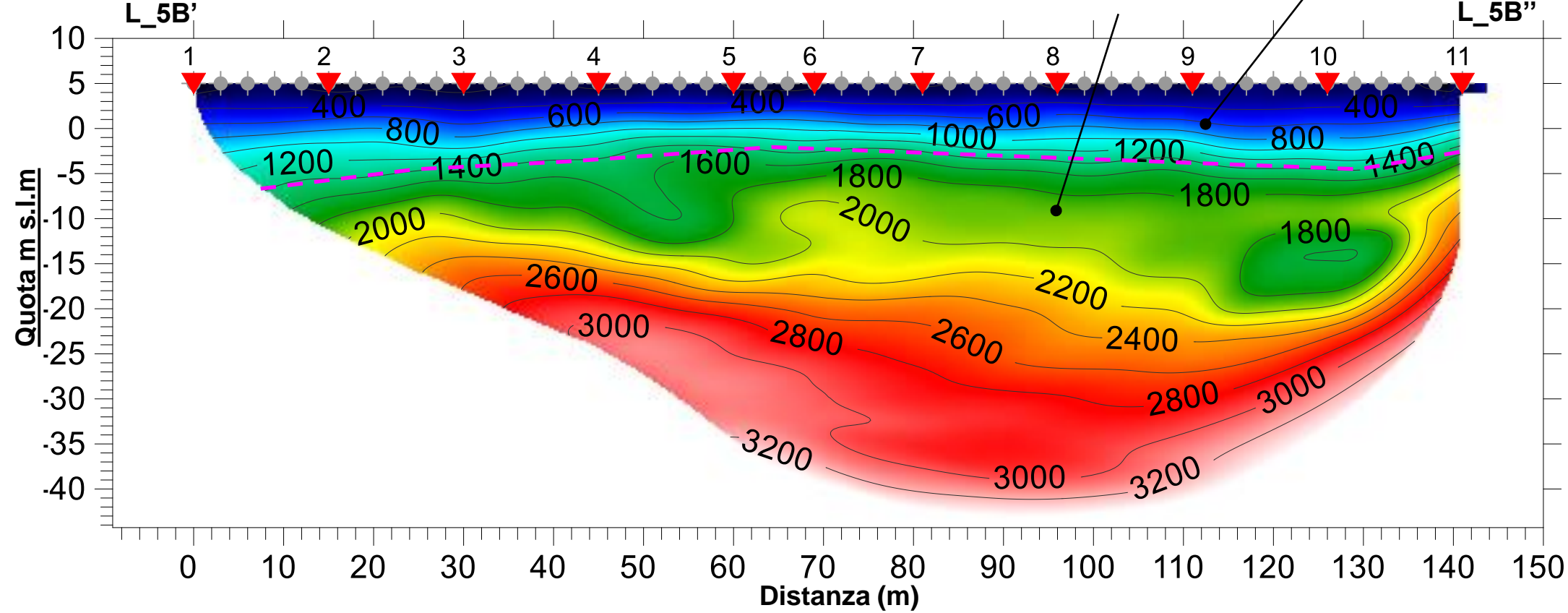
## Fase di acquisizione dati



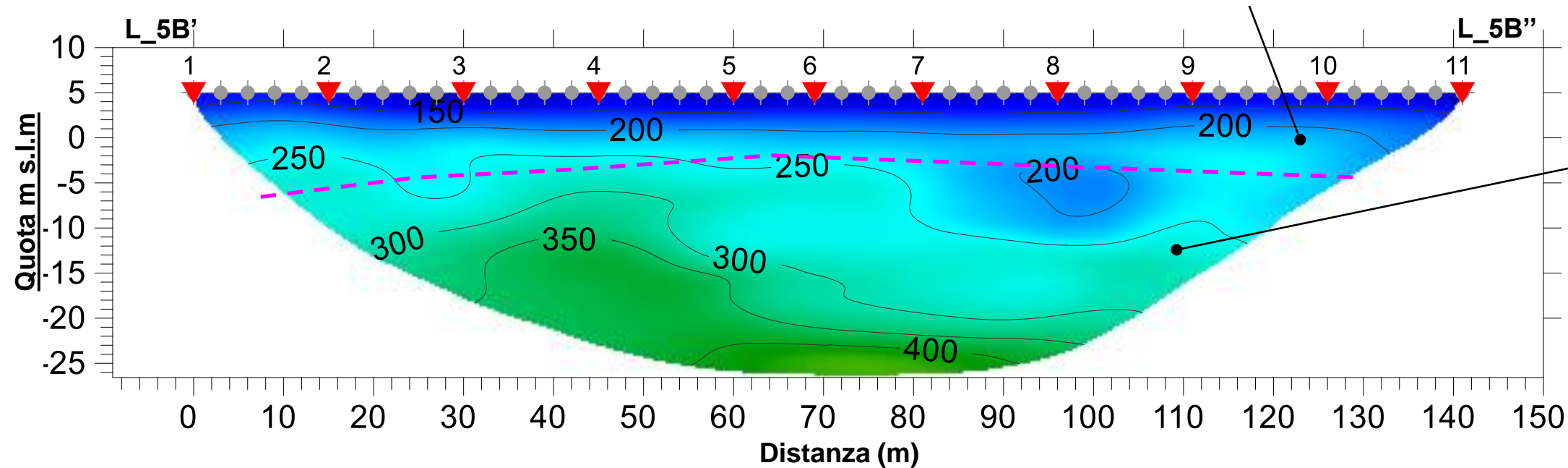
<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p>  Italferr S.p.A <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <h1>13</h1>
--	--	--	--	----------------------------------

# INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA – L\_5B

## Sezione Sismica a Rifrazione Tomografica L\_5B – Onde P



## Sezione Sismica a Rifrazione Tomografica L\_5B – Onde S



<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p> <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTB Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b></p> <p>G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b></p> <p>A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b></p> <p>P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>14</b></p>
---	---	--	---	---------------------------------------

# INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA – L\_6

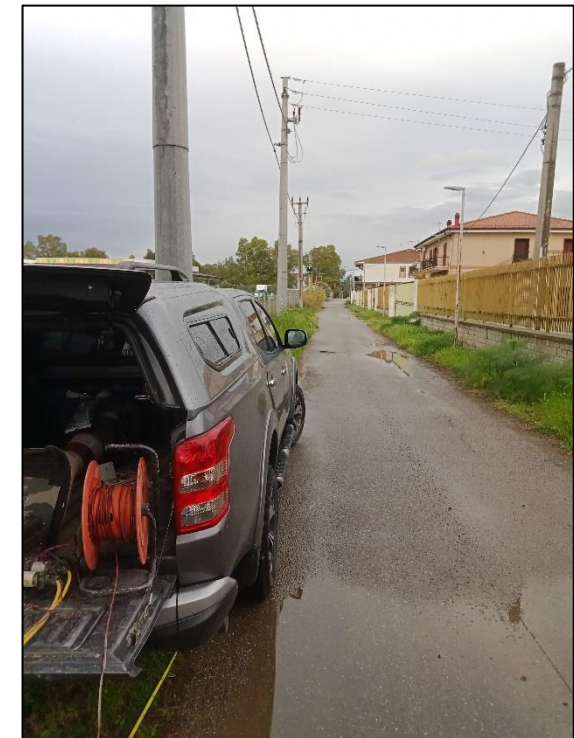
## Ubicazione dell'indagine





## Fase di acquisizione dati



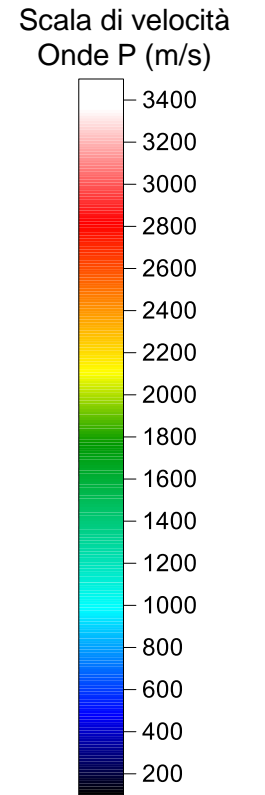
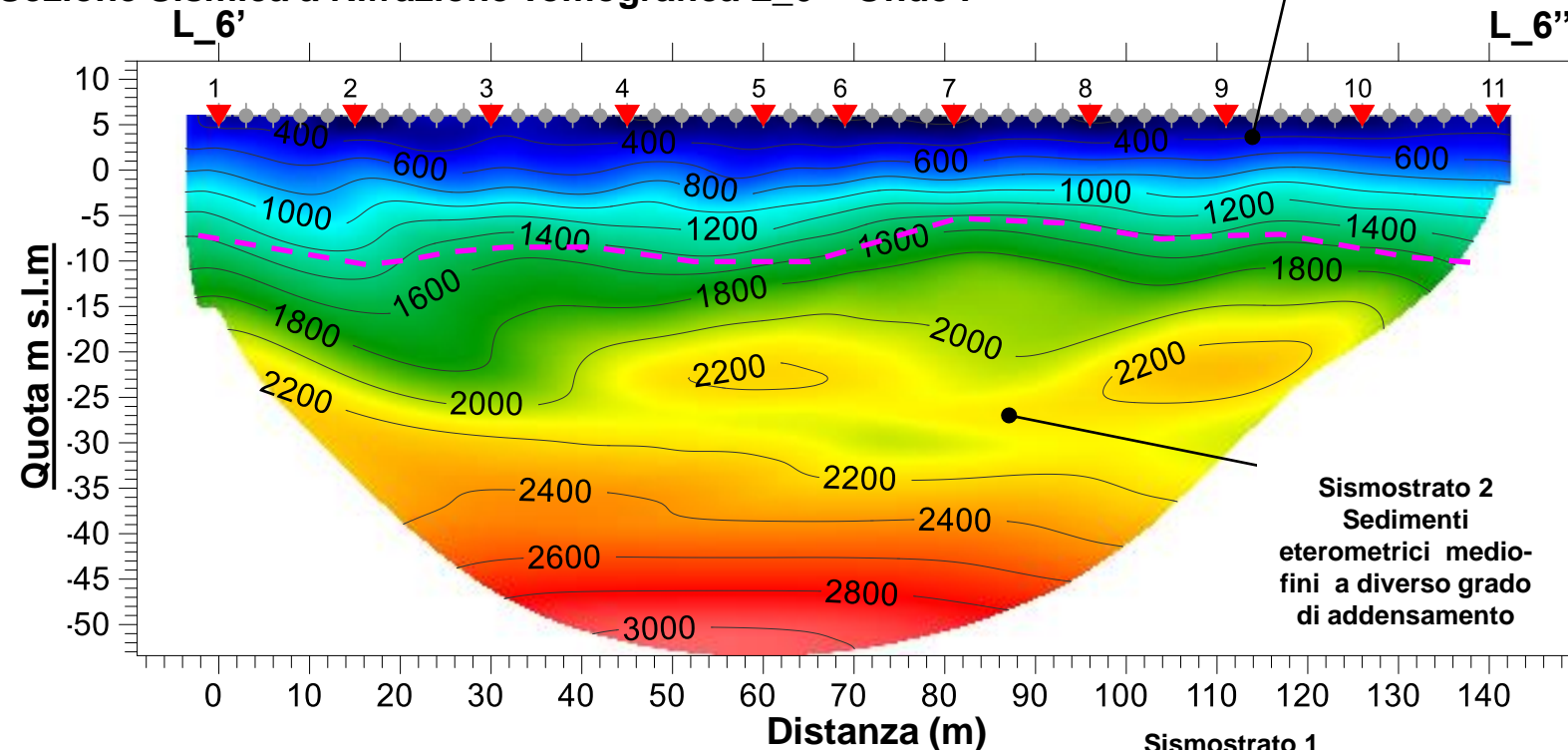
## Fase di acquisizione dati



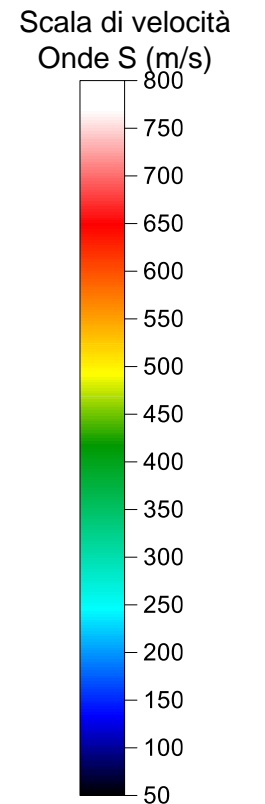
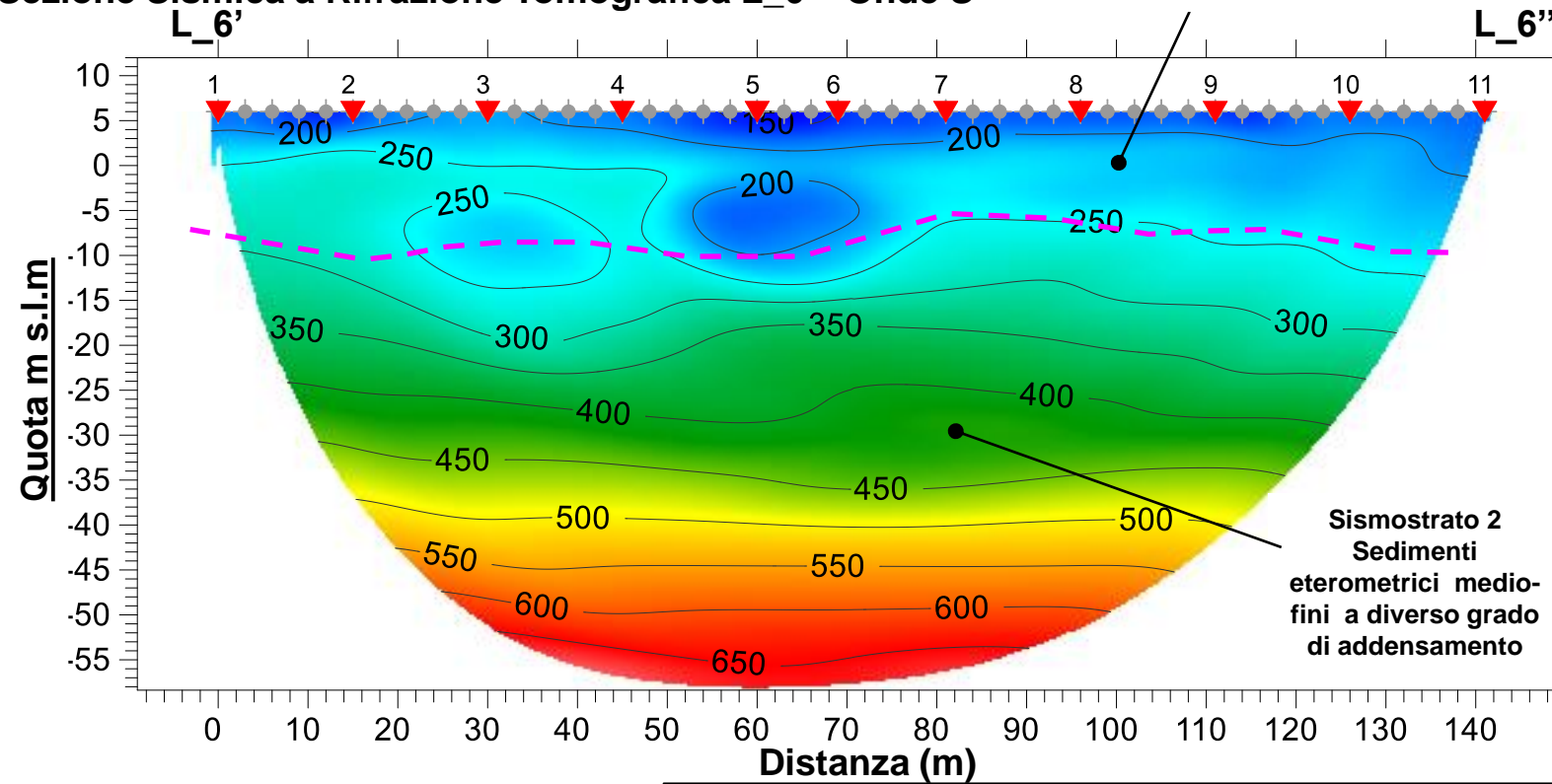
<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTF Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>15</b></p>
--	--	---	--	---------------------------------------






# INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA – L\_6

## Sezione Sismica a Rifrazione Tomografica L\_6 – Onde P



## Sezione Sismica a Rifrazione Tomografica L\_6 – Onde S



<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p> <p><b>SOING</b>    </p> <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b></p> <p>G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b></p> <p>A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b></p> <p>P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>16</b></p>
--	--	---	---	---------------------------------------



**COLLEGAMENTO DIRETTO CON LE LINEE METAPONTO-  
REGGIO CALABRIA E COSENZA - SIBARI**

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA  
BRETELLA DI SIBARI (CS)**

**Indagini Geofisiche**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2V	00	R 69 IG	GE 00 00 001	A	64 di 110

## 6. ALLEGATO N.2 – Risultati indagini Down Hole





# INDAGINE SISMICA S2-DH

## Ubicazione dell'indagine





Foro di sondaggio S2-DH allestito per la prova Down Hole



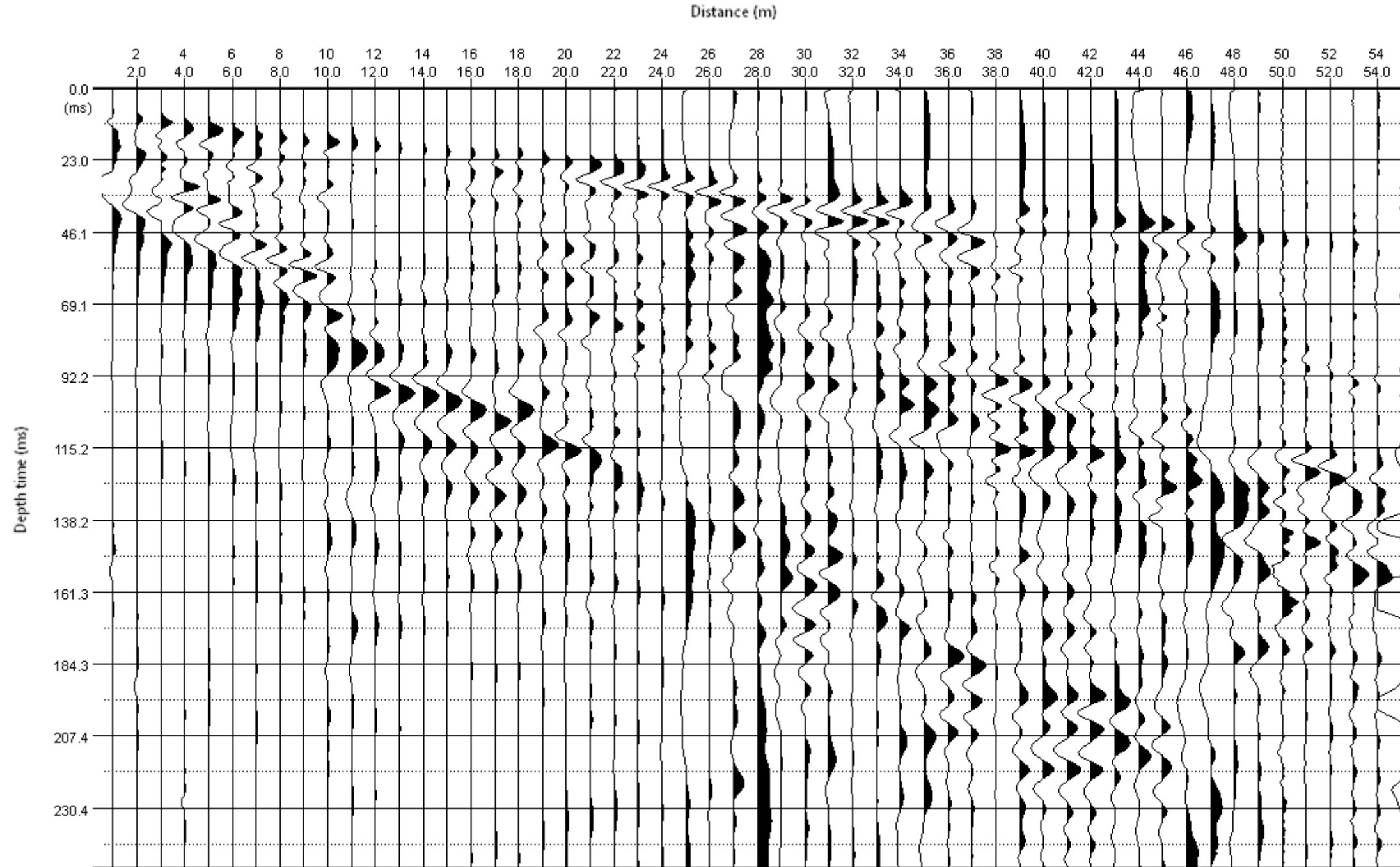
<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p>  Italferr S.p.A <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>1</b></p>
--	--	--	--	--------------------------------------








**Tabella dei tempi osservati e corretti Onde P e SH**

Profondità (m)	Tempi oss (ms)		Tempi corr (ms)	
	P	S	P	S
0	0	0	0	0
1	7.78	8.84	3.48	3.95
2	9.83	23.57	6.95	16.67
3	11.06	29.46	9.20	24.51
4	13.11	33.39	11.72	29.86
5	13.93	37.32	12.93	34.65
6	15.16	42.23	14.38	40.06
7	15.80	46.16	15.19	44.38
8	16.38	49.10	15.89	47.64
9	17.00	54.01	16.60	52.73
10	17.61	59.90	17.27	58.74
11	18.20	65.80	17.91	64.73
12	18.84	72.67	18.59	71.68
13	19.50	76.60	19.27	75.71
14	20.07	79.55	19.87	78.75
15	20.60	82.49	20.42	81.77
16	21.10	86.42	20.94	85.75
17	21.60	90.30	21.45	89.68
18	22.15	93.00	22.01	92.43
19	22.70	96.24	22.58	95.71
20	23.30	100.00	23.18	99.50
21	24.00	103.90	23.89	103.43
22	24.80	108.02	24.70	107.58
23	25.65	112.93	25.55	112.51
24	26.45	116.86	26.36	116.46
25	27.15	120.79	27.06	120.41
26	27.80	123.74	27.72	123.37
27	28.60	128.65	28.52	128.29
28	29.40	132.57	29.33	132.24
29	30.35	139.45	30.28	139.12
30	31.20	143.38	31.13	143.06
31	32.20	148.29	32.13	147.98
32	32.80	151.00	32.74	150.71
33	33.50	154.18	33.44	153.90
34	34.25	158.11	34.19	157.83
35	35.00	162.04	34.94	161.77
36	35.80	166.95	35.74	166.69
37	36.60	170.87	36.55	170.62
38	37.35	173.82	37.30	173.58
39	38.00	177.75	37.95	177.51
40	38.73	183.64	38.68	183.41
41	39.45	187.57	39.40	187.35
42	40.20	190.51	40.15	190.30
43	41.00	195.43	40.96	195.21
44	41.90	199.35	41.86	199.15
45	42.83	204.26	42.78	204.06
46	43.65	210.16	43.60	209.96
47	44.55	216.05	44.51	215.85
48	45.50	221.94	45.46	221.75
49	46.30	225.87	46.26	225.68
50	47.15	229.80	47.11	229.61
51	47.98	232.74	47.94	232.56
52	49.00	236.67	48.96	236.50
53	50.20	241.58	50.16	241.41
54	51.20	244.53	51.16	244.36
55	52.50	249.44	52.47	249.27

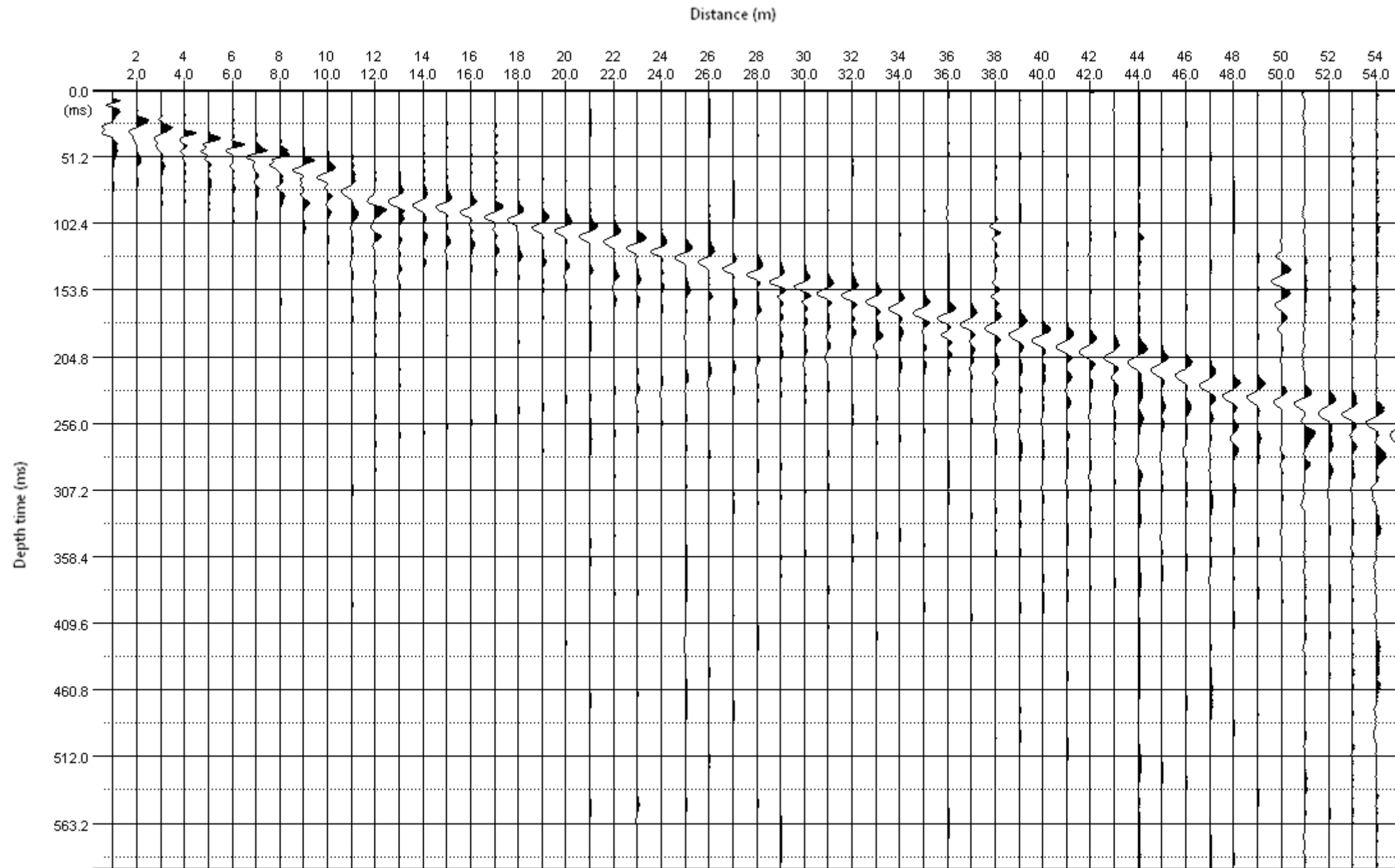
 <p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p> <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFFE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p>  Italferr S.p.A <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFFE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>2</b></p>
--	--	--	--	--------------------------------------








Sismogramma Onde P

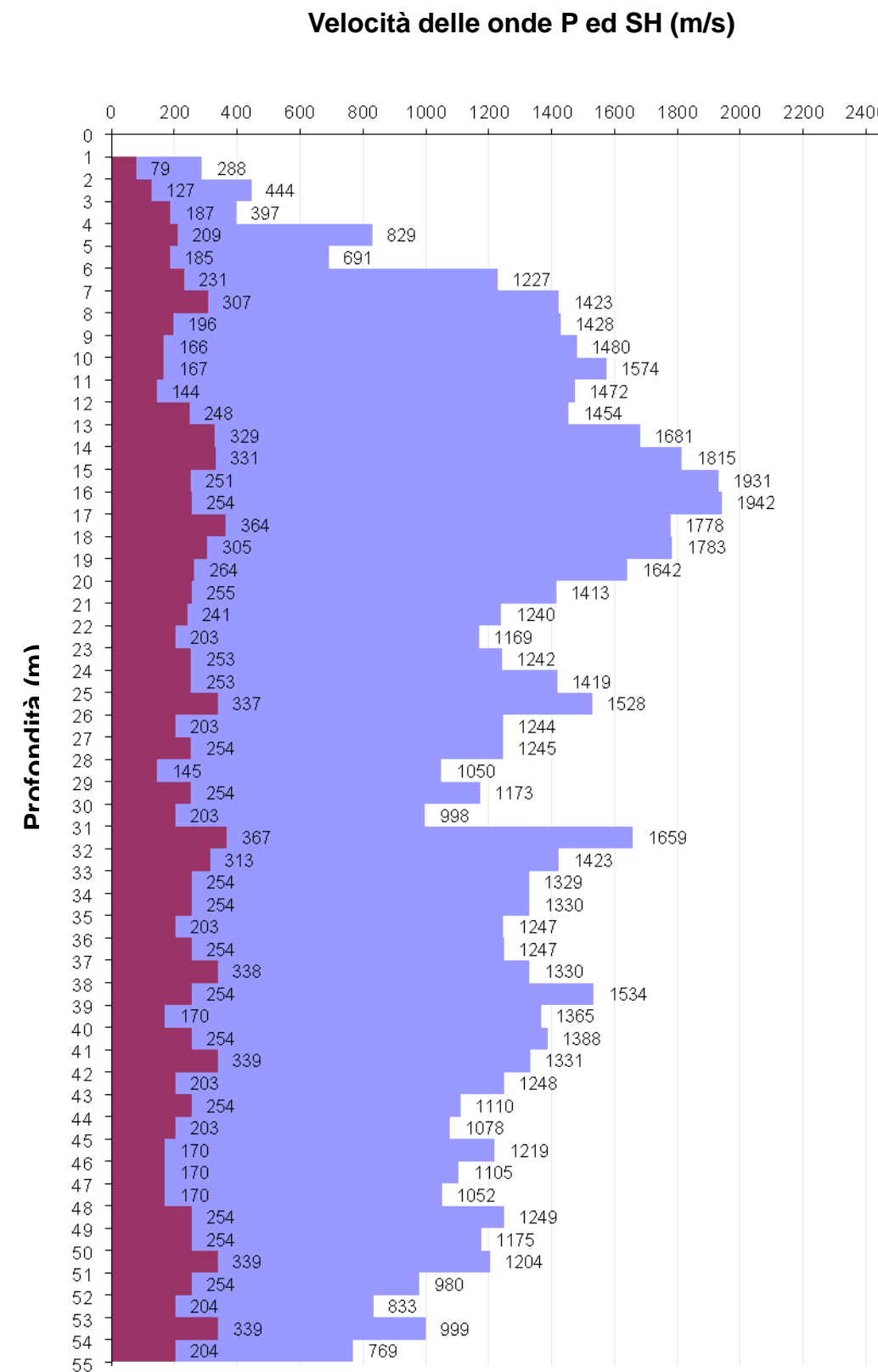





 <p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>      <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p>  <p>Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>3</b></p>
---	--	---	--	--------------------------------------

Sismogramma Onde SH










 <p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>      <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p>  <p>Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>4</b></p>
---	--	---	--	--------------------------------------



 <p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p style="text-align: center;"><b>PROGETTO</b></p> <p style="text-align: center;">PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p style="text-align: center;"><b>CLIENTE</b></p> <p style="text-align: center;"> Italferr S.p.A</p> <p style="text-align: center;"><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITAFERR 011_22_PFTÉ Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p style="text-align: center;"><b>TAVOLA</b></p> <p style="text-align: center; font-size: 2em;"><b>5</b></p>
--	--	--	--	--








**Valori di velocità (m/s) lungo i profili delle Onde P ed SH**

Strato	Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	Velocità Vp media (m/s)	Velocità Vs media (m/s)
1	da -1 a -2 m	1	288	79
2	da -2 a -3 m	1	444	127
3	da -3 a -4 m	1	397	187
4	da -4 a -5 m	1	829	209
5	da -5 a -6 m	1	691	185
6	da -6 a -7 m	1	1227	231
7	da -7 a -8 m	1	1423	307
8	da -8 a -9 m	1	1428	196
9	da -9 a -10 m	1	1480	166
10	da -10 a -11 m	1	1574	167
11	da -11 a -12 m	1	1472	144
12	da -12 a -13 m	1	1454	248
13	da -13 a -14 m	1	1681	329
14	da -14 a -15 m	1	1815	331
15	da -15 a -16 m	1	1931	251
16	da -16 a -17 m	1	1942	254
17	da -17 a -18 m	1	1778	364
18	da -18 a -19 m	1	1783	305
19	da -19 a -20 m	1	1642	264
20	da -20 a -21 m	1	1413	255
21	da -21 a -22 m	1	1240	241
22	da -22 a -23 m	1	1169	203
23	da -23 a -24 m	1	1242	253
24	da -24 a -25 m	1	1419	253
25	da -25 a -26 m	1	1528	337
26	da -26 a -27 m	1	1244	203
27	da -27 a -28 m	1	1245	254
28	da -28 a -29 m	1	1050	145
29	da -29 a -30 m	1	1173	254
30	da -30 a -31 m	1	998	203
31	da -31 a -32 m	1	1659	367
32	da -32 a -33 m	1	1423	313
33	da -33 a -34 m	1	1329	254
34	da -34 a -35 m	1	1330	254
35	da -35 a -36 m	1	1247	203
36	da -36 a -37 m	1	1247	254
37	da -37 a -38 m	1	1330	338
38	da -38 a -39 m	1	1534	254
39	da -39 a -40 m	1	1365	170
40	da -40 a -41 m	1	1388	254
41	da -41 a -42 m	1	1331	339
42	da -42 a -43 m	1	1248	203
43	da -43 a -44 m	1	1110	254
44	da -44 a -45 m	1	1078	203
45	da -45 a -46 m	1	1219	170
46	da -46 a -47 m	1	1105	170
47	da -47 a -48 m	1	1052	170
48	da -48 a -49 m	1	1249	254
49	da -49 a -50 m	1	1175	254
50	da -50 a -51 m	1	1204	339
51	da -51 a -52 m	1	980	254
52	da -52 a -53 m	1	833	204
53	da -53 a -54 m	1	999	339
54	da -54 a -55 m	1	769	204

 <p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>      <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p>  <p>Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>6</b></p>
---	--	---	--	--------------------------------------

Parametri dinamici e velocità equivalente

Strato	Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Poisson	Young (MPa)	Share (MPa)	Bulk (MPa)	Vseq (da -1 m per H=30 m)
1	da -1 a -2 m	1	16.58	0.46	29.36	10.06	121.55	208
2	da -2 a -3 m	1	16.89	0.46	78.28	26.90	291.07	
3	da -3 a -4 m	1	16.79	0.36	156.13	57.52	182.31	
4	da -4 a -5 m	1	17.66	0.47	221.85	75.66	1088.30	
5	da -5 a -6 m	1	17.38	0.46	170.11	58.20	736.15	
6	da -6 a -7 m	1	18.45	0.48	287.35	96.97	2596.85	
7	da -7 a -8 m	1	18.85	0.48	514.53	174.35	3510.04	
8	da -8 a -9 m	1	18.86	0.49	212.75	71.38	3674.65	
9	da -9 a -10 m	1	18.96	0.49	153.52	51.39	4002.79	
10	da -10 a -11 m	1	19.15	0.49	156.20	52.26	4580.30	
11	da -11 a -12 m	1	18.94	0.50	115.13	38.50	3975.98	
12	da -12 a -13 m	1	18.91	0.48	339.60	114.34	3769.45	
13	da -13 a -14 m	1	19.36	0.48	609.26	205.82	5088.08	
14	da -14 a -15 m	1	19.63	0.48	625.19	210.81	6059.44	
15	da -15 a -16 m	1	19.86	0.49	366.01	122.71	7102.39	
16	da -16 a -17 m	1	19.88	0.49	376.58	126.26	7183.97	
17	da -17 a -18 m	1	19.56	0.48	749.87	253.65	5723.58	
18	da -18 a -19 m	1	19.57	0.48	530.02	178.47	5864.54	
19	da -19 a -20 m	1	19.28	0.49	390.76	131.41	4922.18	
20	da -20 a -21 m	1	18.83	0.48	354.93	119.65	3528.72	
21	da -21 a -22 m	1	18.48	0.48	311.81	105.31	2647.58	
22	da -22 a -23 m	1	18.34	0.48	219.76	74.02	2358.97	
23	da -23 a -24 m	1	18.48	0.48	343.70	116.25	2641.85	
24	da -24 a -25 m	1	18.84	0.48	351.84	118.58	3559.74	
25	da -25 a -26 m	1	19.06	0.47	626.31	212.39	4078.15	
26	da -26 a -27 m	1	18.49	0.49	222.39	74.81	2706.92	
27	da -27 a -28 m	1	18.49	0.48	344.90	116.65	2653.49	
28	da -28 a -29 m	1	18.10	0.49	111.71	37.48	1905.20	
29	da -29 a -30 m	1	18.35	0.48	341.83	115.84	2319.20	
30	da -30 a -31 m	1	18.00	0.48	215.57	72.91	1659.48	
31	da -31 a -32 m	1	19.32	0.47	751.35	254.82	4871.43	
32	da -32 a -33 m	1	18.85	0.47	535.41	181.55	3502.91	
33	da -33 a -34 m	1	18.66	0.48	349.59	118.02	3076.20	
34	da -34 a -35 m	1	18.66	0.48	349.71	118.06	3077.56	
35	da -35 a -36 m	1	18.49	0.49	222.92	74.99	2720.59	
36	da -36 a -37 m	1	18.49	0.48	346.16	117.08	2665.36	
37	da -37 a -38 m	1	18.66	0.47	614.29	209.60	2958.93	
38	da -38 a -39 m	1	19.07	0.49	358.91	120.77	4241.26	
39	da -39 a -40 m	1	18.73	0.49	157.68	52.84	3352.50	
40	da -40 a -41 m	1	18.78	0.48	352.74	118.95	3388.69	
41	da -41 a -42 m	1	18.66	0.47	615.04	209.85	2962.07	
42	da -42 a -43 m	1	18.50	0.49	223.16	75.07	2725.45	
43	da -43 a -44 m	1	18.22	0.47	340.06	115.49	2046.72	
44	da -44 a -45 m	1	18.16	0.48	218.45	73.73	1969.22	
45	da -45 a -46 m	1	18.44	0.49	155.07	52.03	2619.63	
46	da -46 a -47 m	1	18.21	0.49	152.93	51.39	2112.33	
47	da -47 a -48 m	1	18.10	0.49	151.90	51.09	1895.59	
48	da -48 a -49 m	1	18.50	0.48	346.65	117.24	2671.47	
49	da -49 a -50 m	1	18.35	0.48	343.43	116.38	2330.69	
50	da -50 a -51 m	1	18.41	0.46	604.08	207.31	2338.75	
51	da -51 a -52 m	1	17.96	0.46	333.54	113.92	1538.81	
52	da -52 a -53 m	1	17.67	0.47	210.76	71.77	1106.41	
53	da -53 a -54 m	1	18.00	0.44	582.01	202.79	1492.52	
54	da -54 a -55 m	1	17.54	0.46	208.41	71.26	922.05	

 <p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>      <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFFE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p>  <p>Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFFE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>7</b></p>
---	--	---	--	--------------------------------------



**COLLEGAMENTO DIRETTO CON LE LINEE METAPONTO-  
REGGIO CALABRIA E COSENZA - SIBARI**

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA  
BRETELLA DI SIBARI (CS)**

**Indagini Geofisiche**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2V	00	R 69 IG	GE 00 00 001	A	72 di 110

## **7. ALLEGATO N.3 – Risultati indagini MASW**



# INDAGINE SISMICA MASW 01

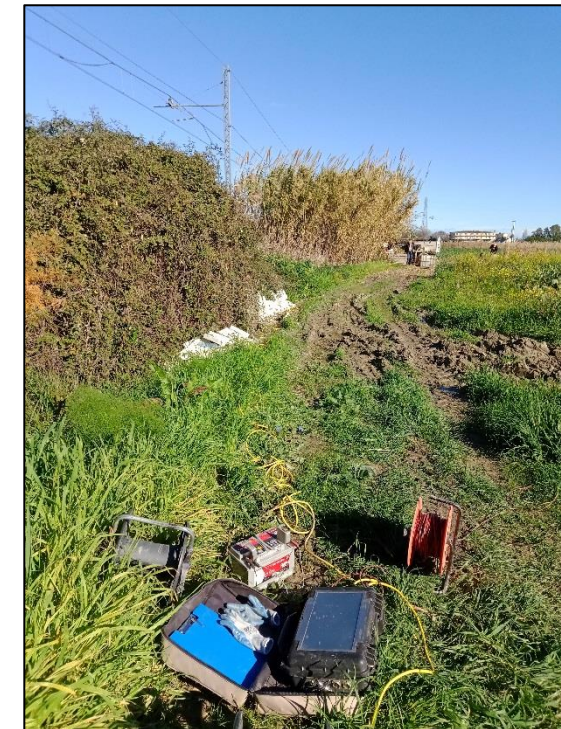
## Ubicazione dell'indagine





## Fase di acquisizione dati

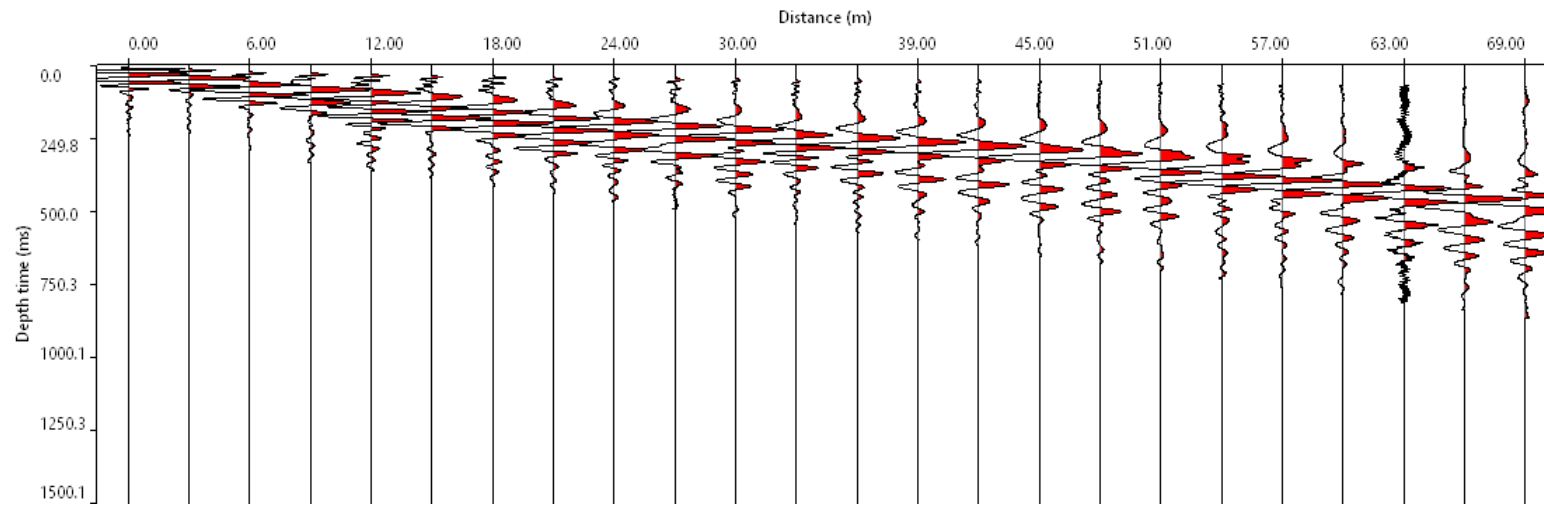


## Fase di acquisizione dati

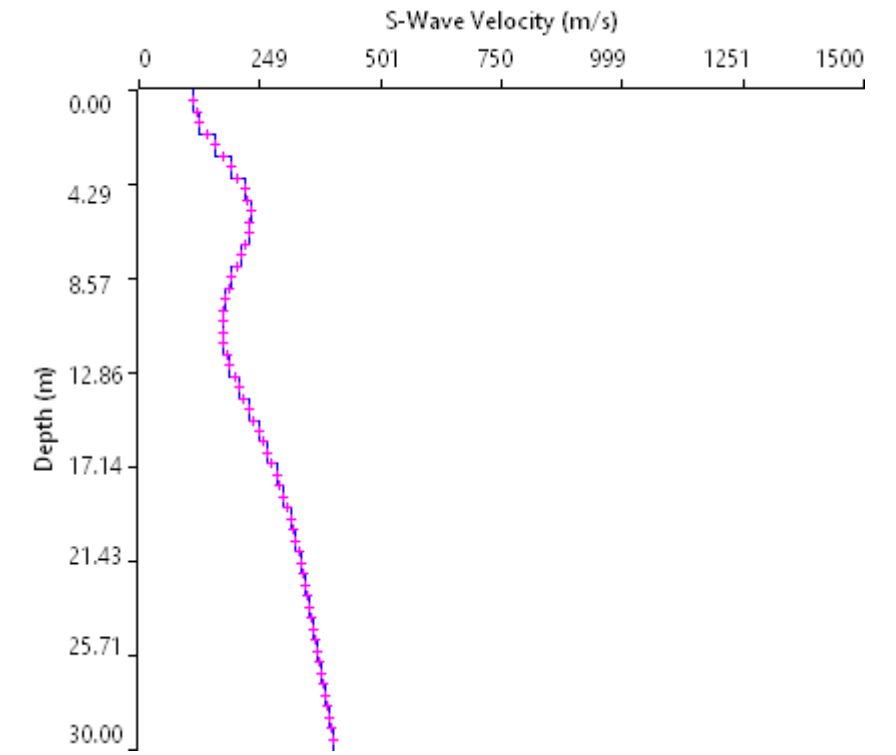


<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p>  Italferr S.p.A <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>1</b></p>
--	--	--	--	--------------------------------------

# INDAGINE SISMICA MASW 01

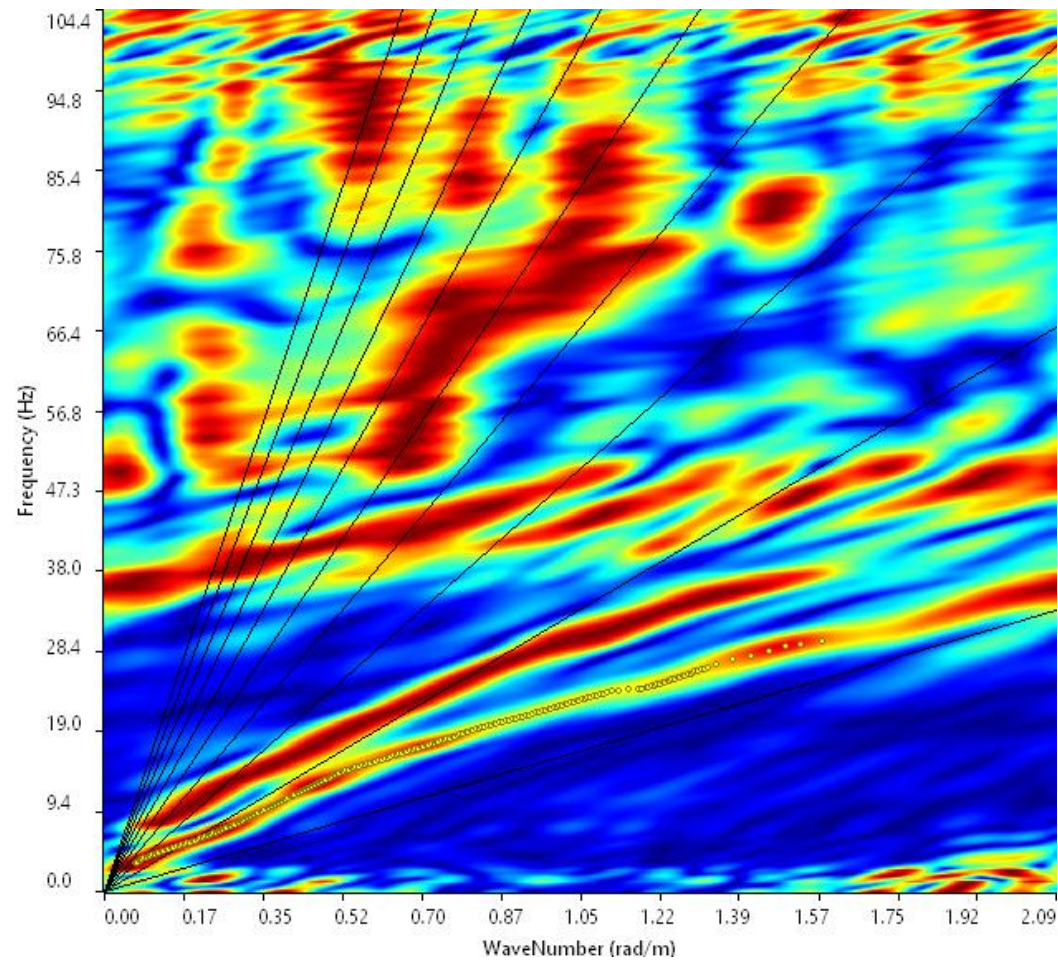


Sismogramma medio utilizzato

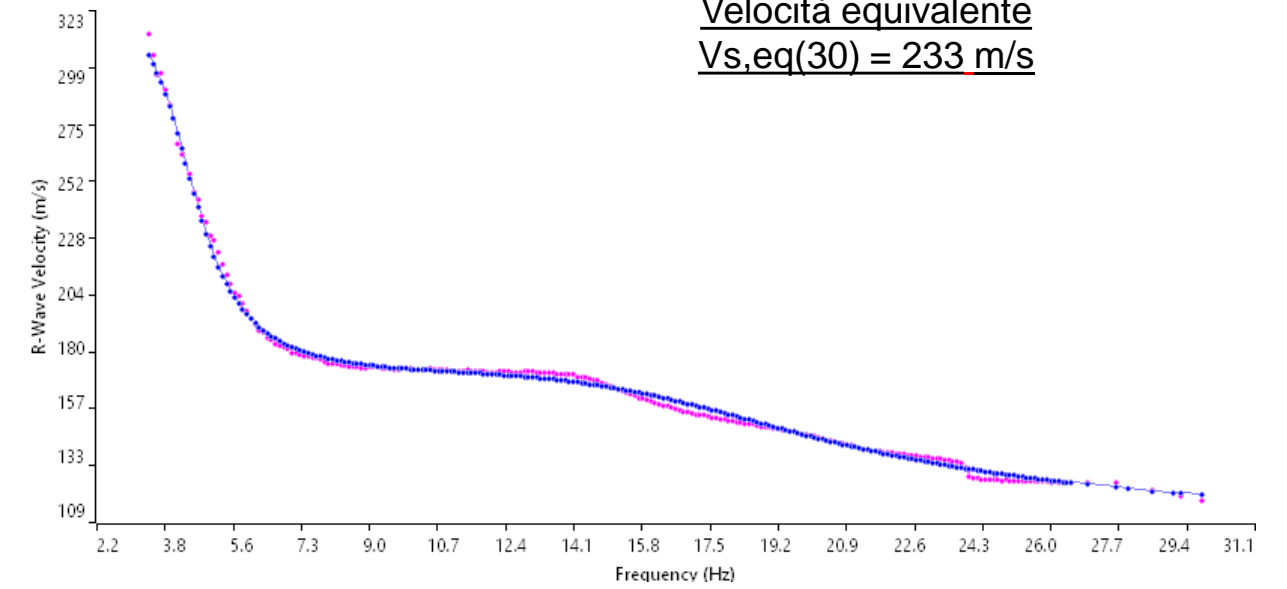


Profilo velocità onde S




Velocità equivalente  
 $V_{s,eq}(30) = 233 \text{ m/s}$



Spettro F-K

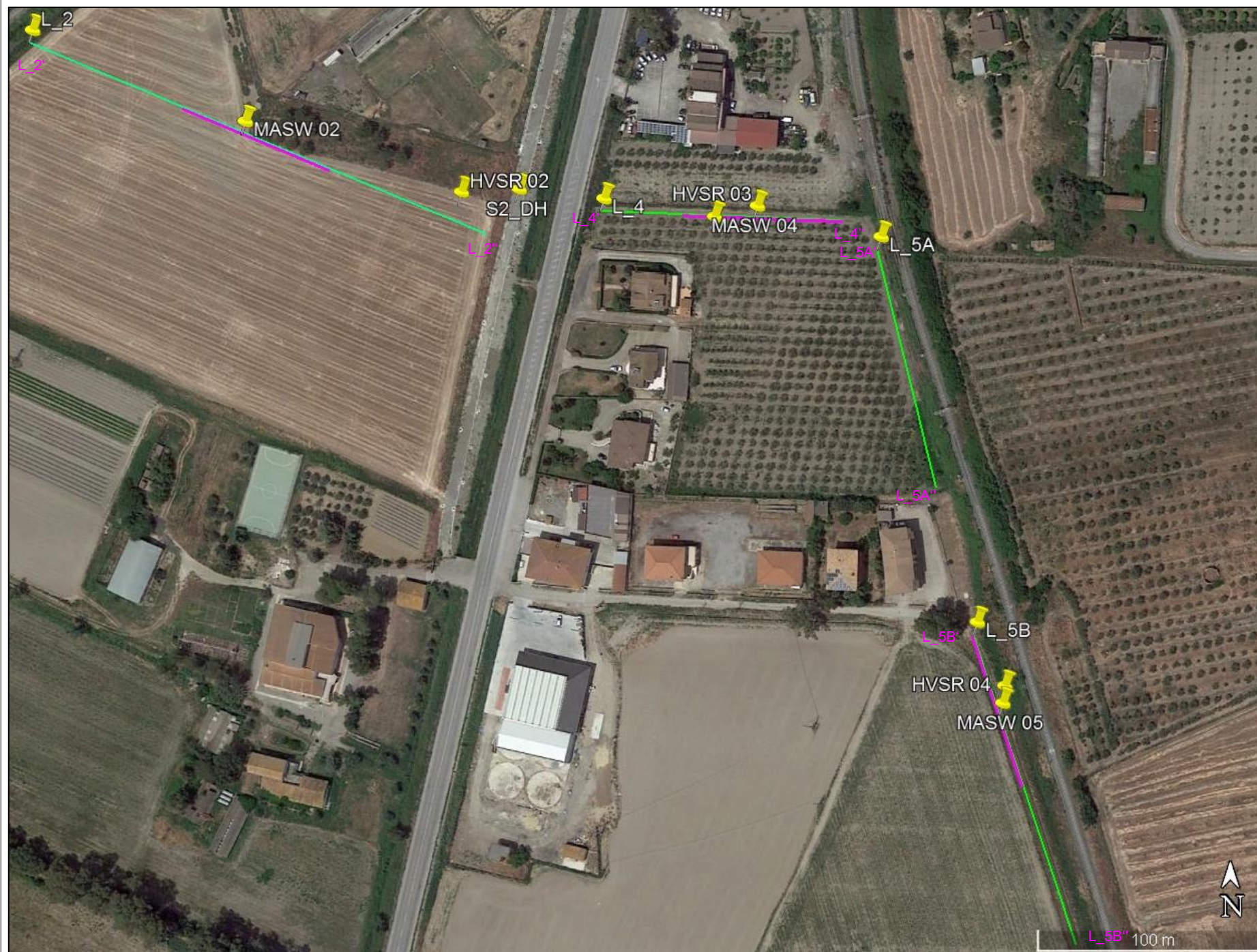


Accoppiamento curve di dispersione

 <p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p>  <p>Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTB Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>2</b></p>
--	--	---	--	--------------------------------------

# INDAGINE SISMICA MASW 02

## Ubicazione dell'indagine





## Fase di acquisizione dati

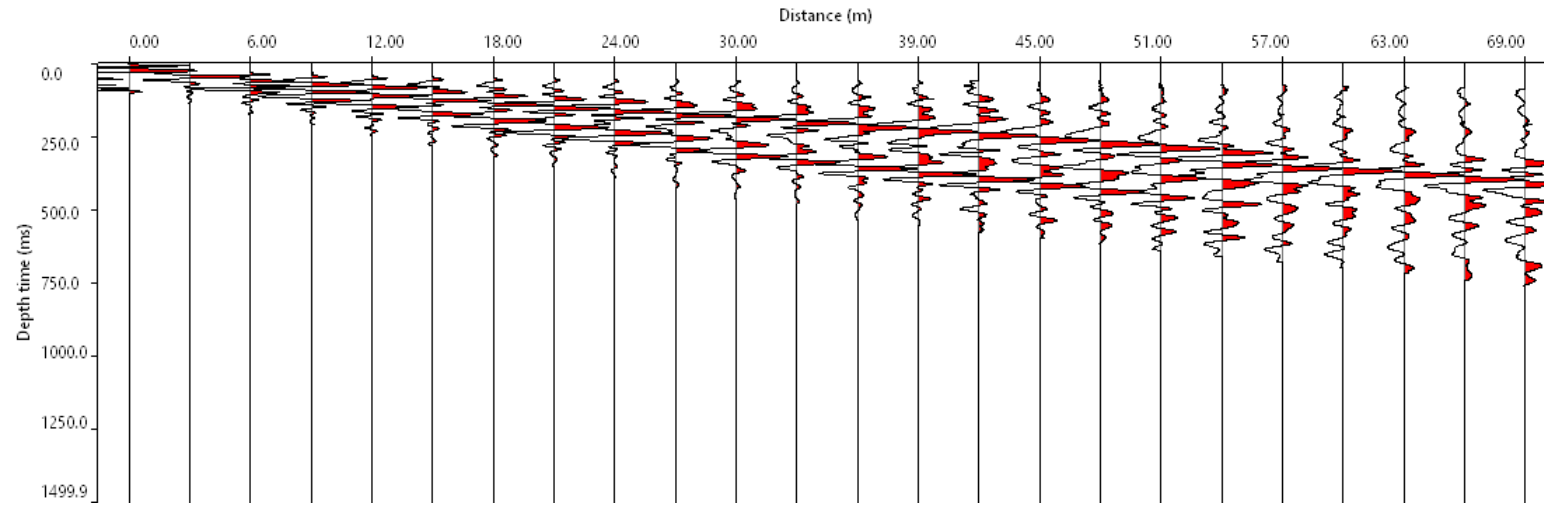


## Fase di acquisizione dati

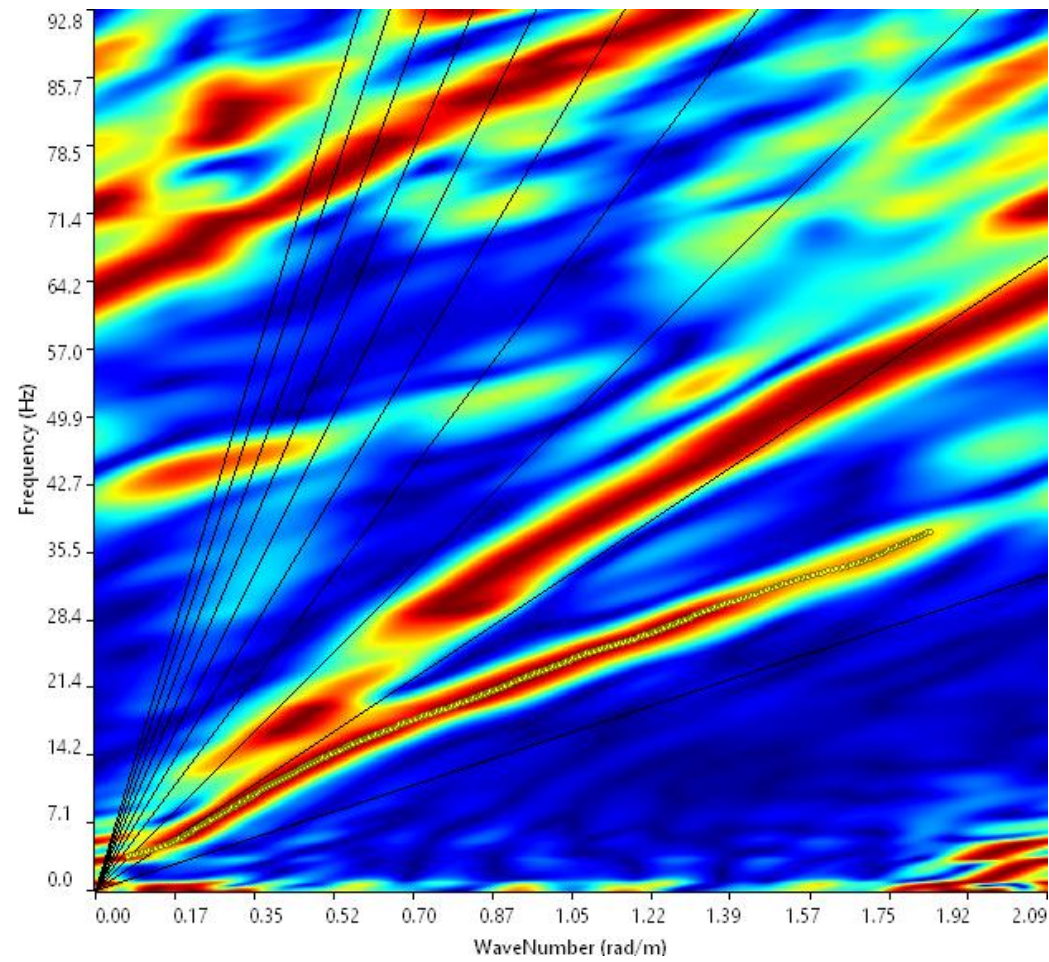


<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>3</b></p>
--	--	---	--	--------------------------------------

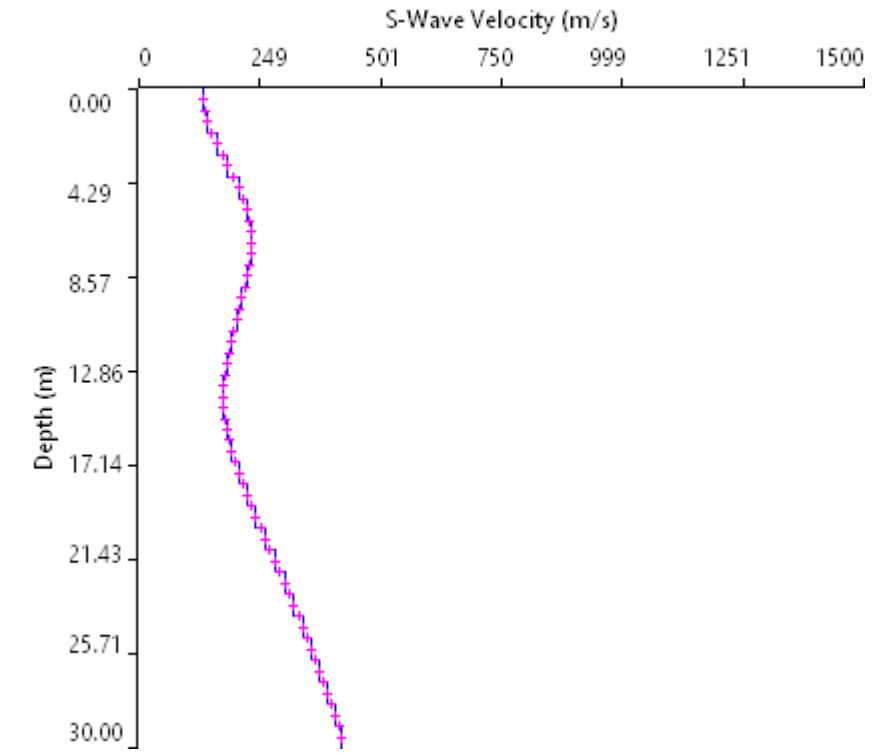
# INDAGINE SISMICA MASW 02



Sismogramma medio utilizzato

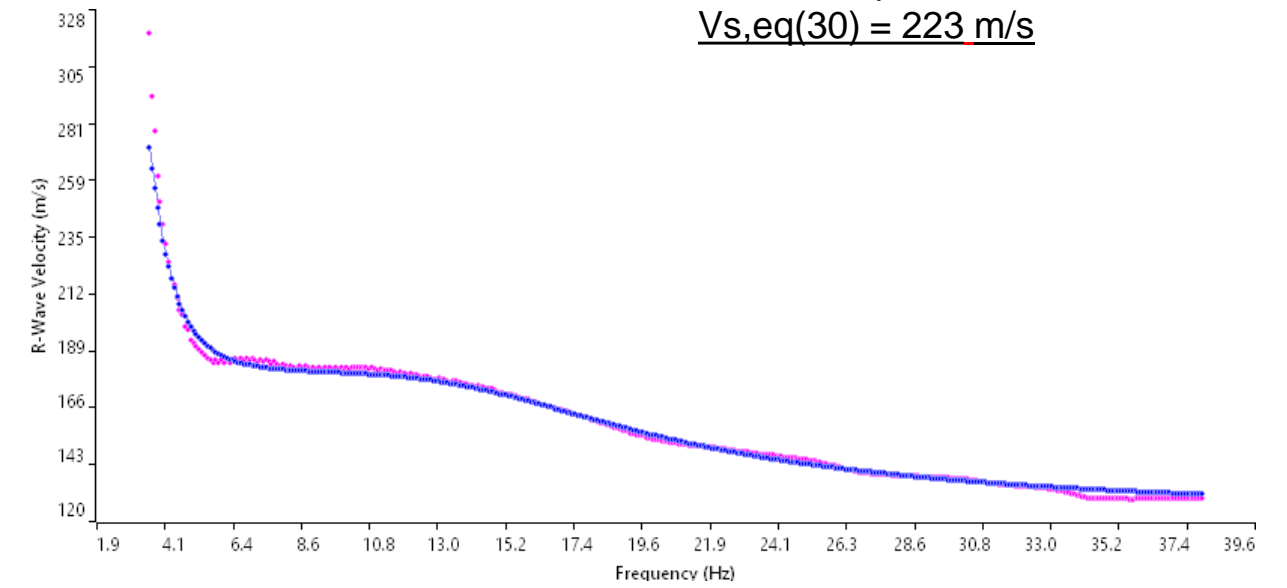


Spettro F-K





Profilo velocità onde S

Velocità equivalente  
 $V_{s,eq}(30) = 223 \text{ m/s}$



Accoppiamento curve di dispersione

 <p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p> <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL          COMPLETAMENTO          METAPONTO-SIBARI-REGGIO          CALABRIA -          BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p>  Italferr S.p.A <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR          011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b>          G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b>          A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b>          P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>4</b></p>
--	--	---	---	--------------------------------------

# INDAGINE SISMICA MASW 03

## Ubicazione dell'indagine





## Fase di acquisizione dati

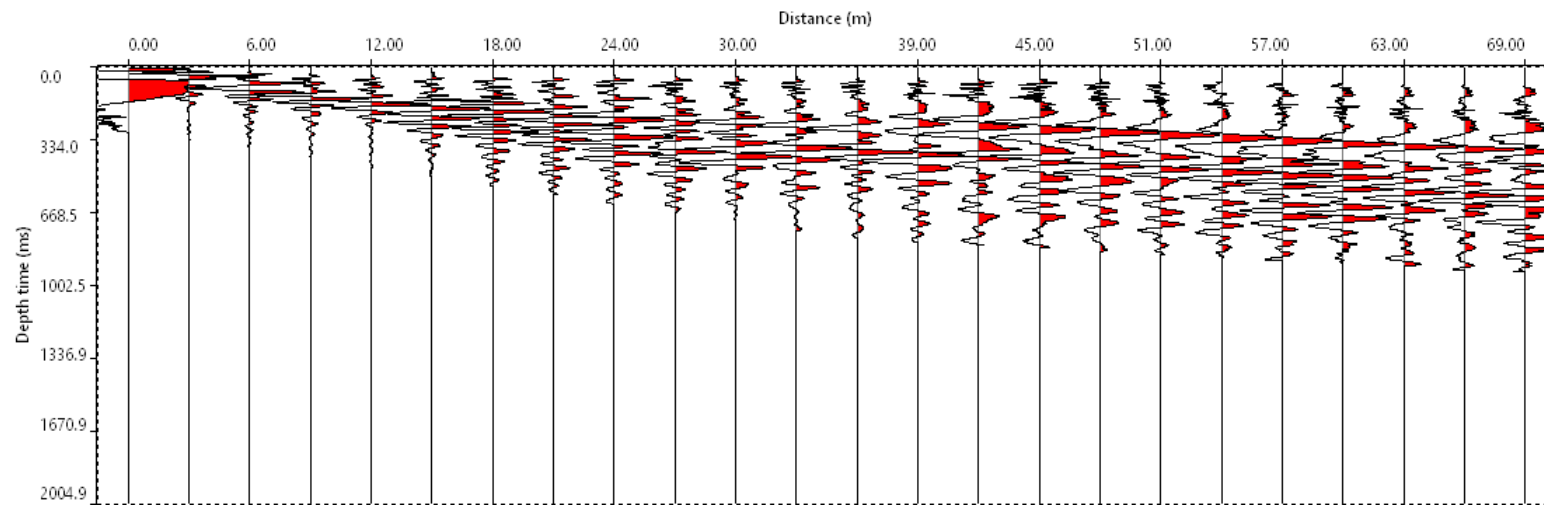


## Fase di acquisizione dati

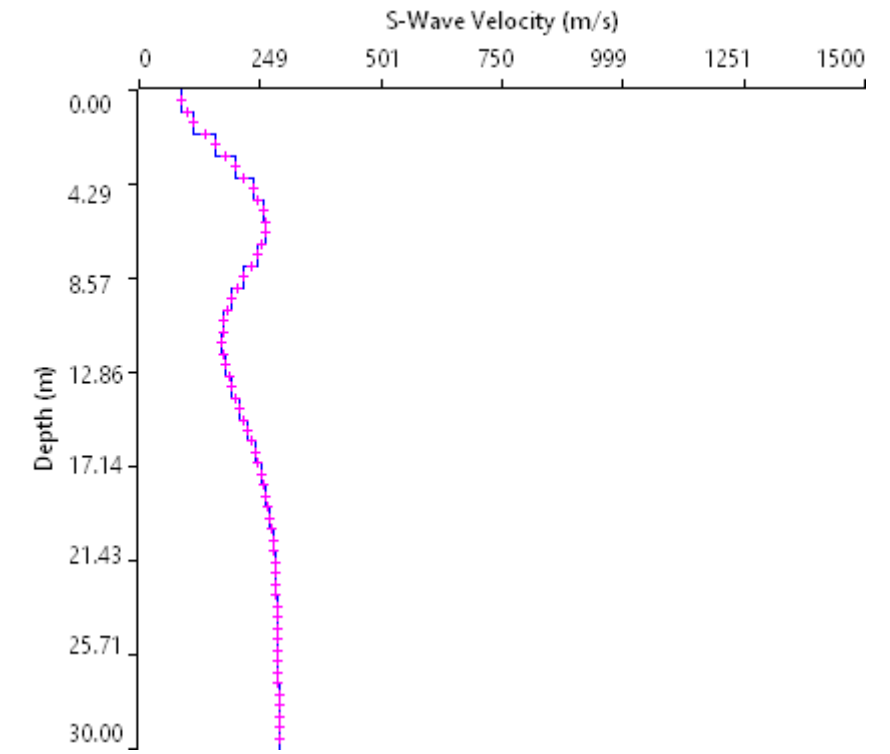


<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>5</b></p>
--	--	---	--	--------------------------------------

# INDAGINE SISMICA MASW 03

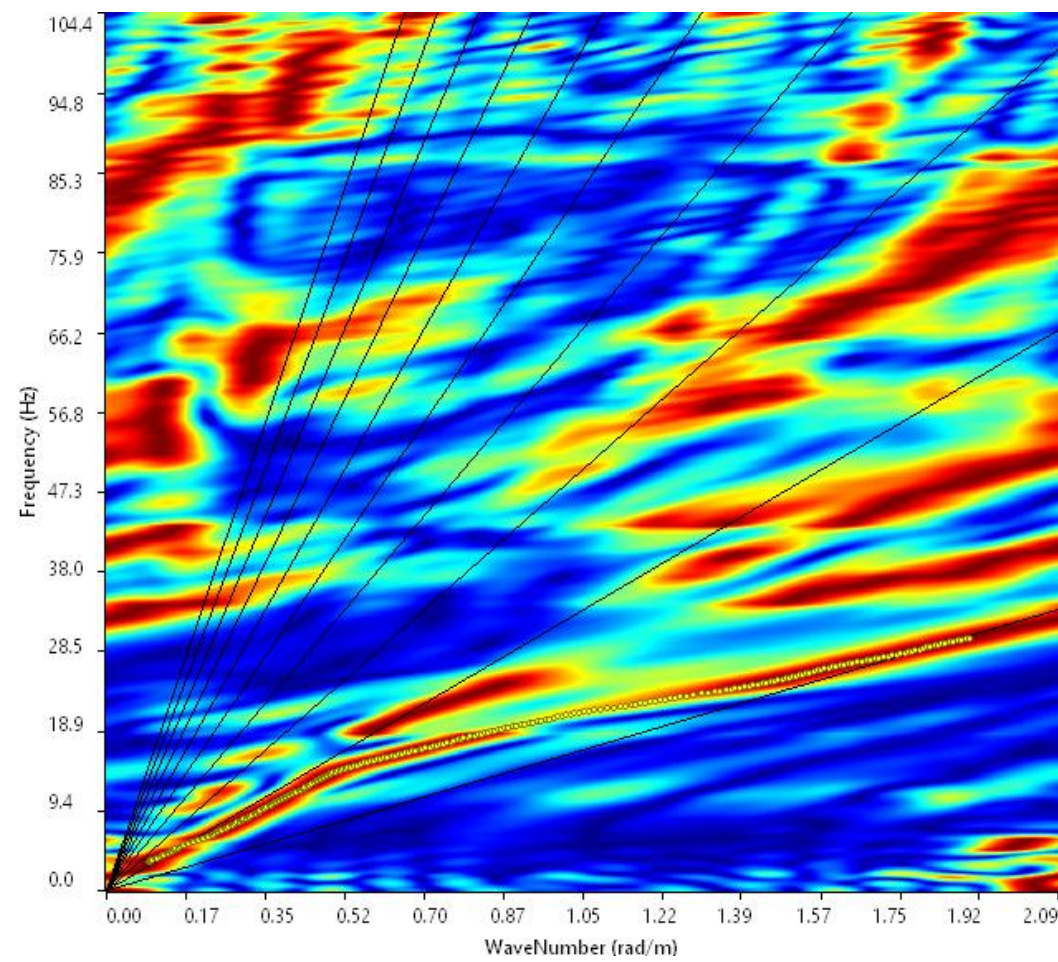


Sismogramma medio utilizzato

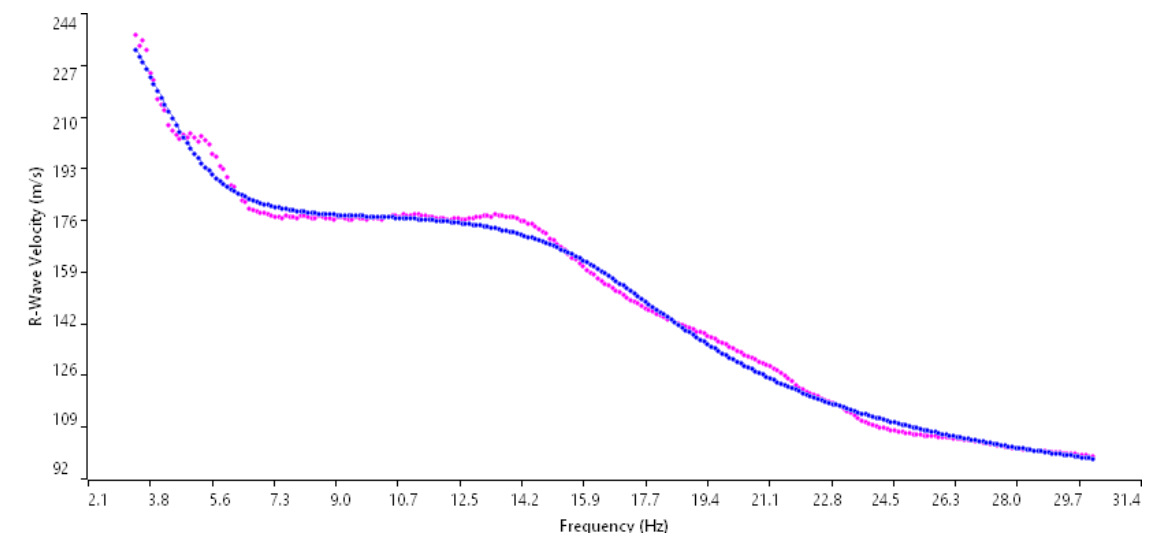


Profilo velocità onde S








Velocità equivalente  
 $V_{s,eq}(30) = 214 \text{ m/s}$



Spettro F-K

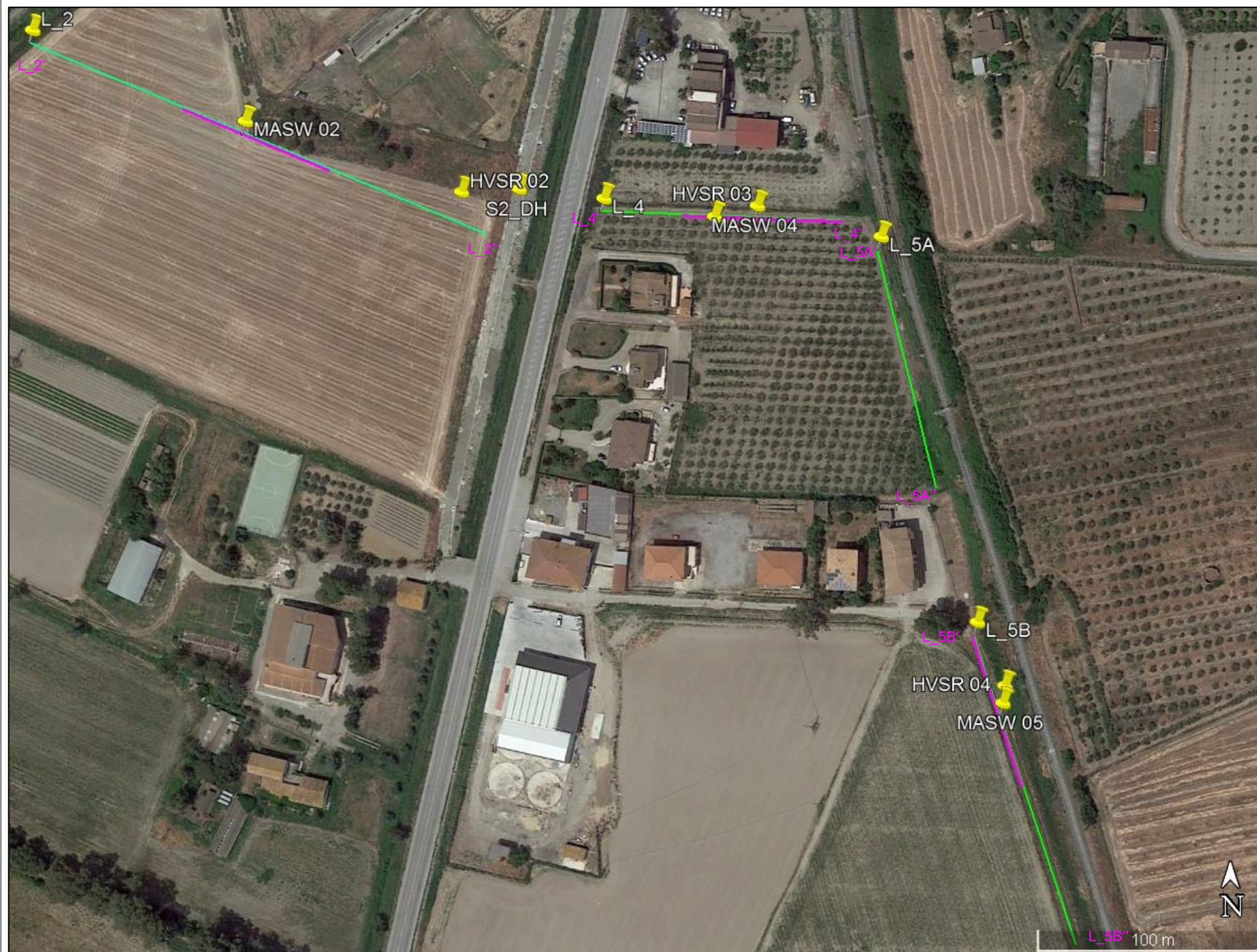


Accoppiamento curve di dispersione

 <p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>      <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFFE DEL          COMPLETAMENTO          METAPONTO-SIBARI-REGGIO          CALABRIA -          BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p>  <p>Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR          011_22_PFFE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b>          G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b>          A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b>          P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>6</b></p>
---	--	--	---	--------------------------------------

# INDAGINE SISMICA MASW 04

## Ubicazione dell'indagine



## Fase di acquisizione dati

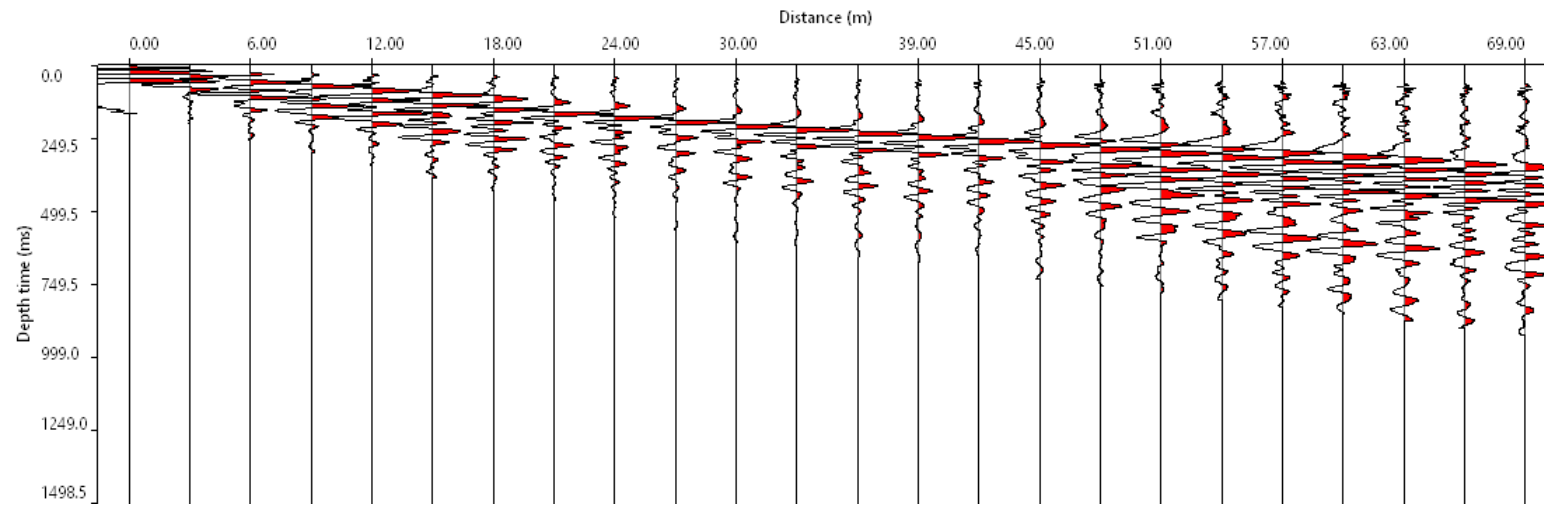


## Fase di acquisizione dati

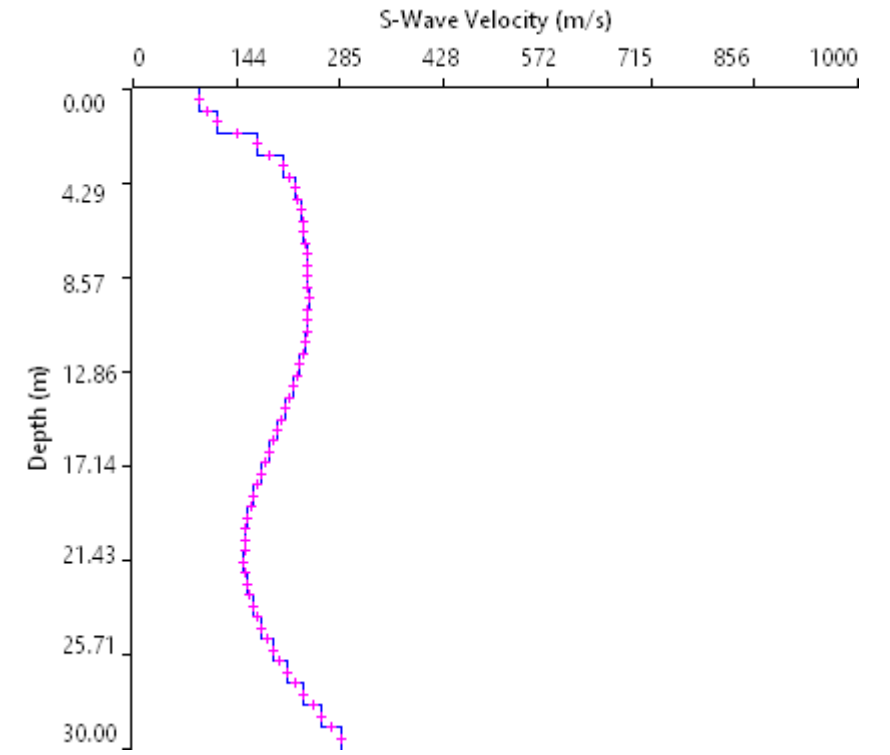


<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p> <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>7</b></p>
---	--	--	--	--------------------------------------

# INDAGINE SISMICA MASW 04

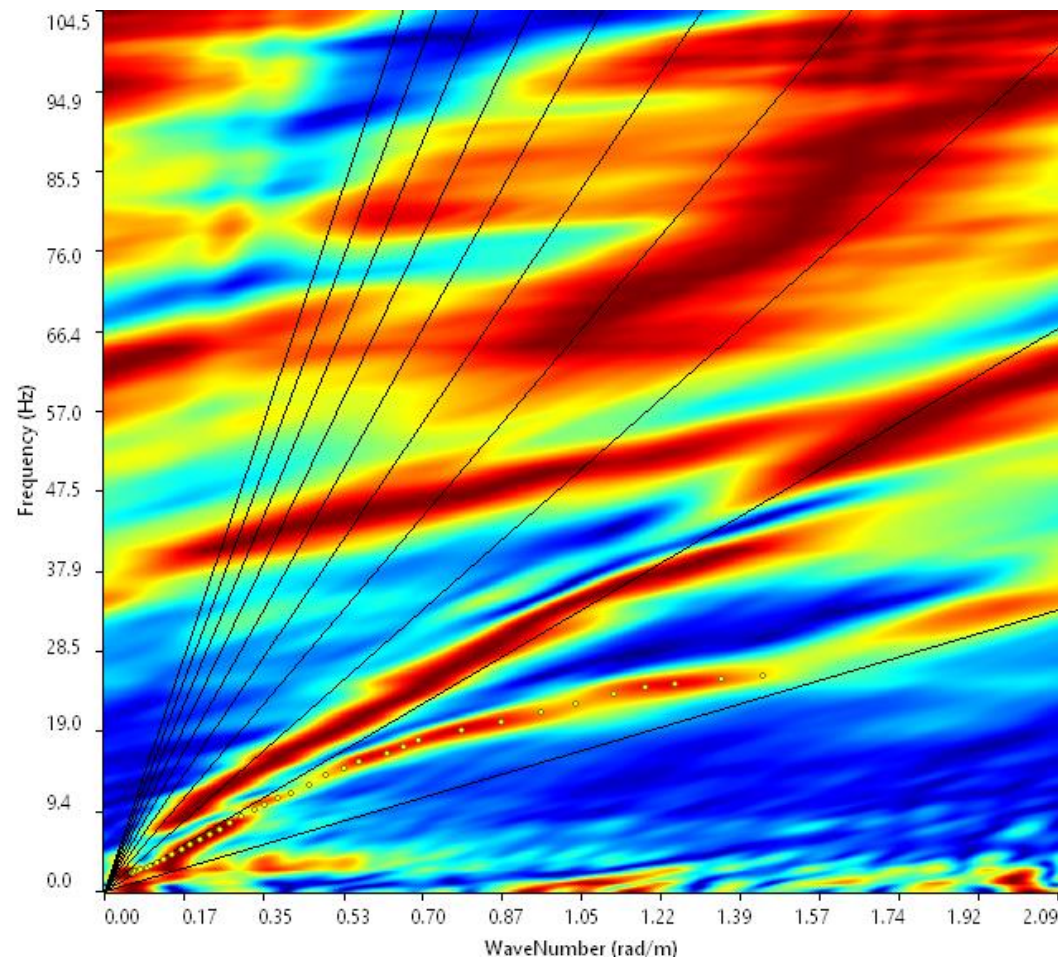


Sismogramma medio utilizzato

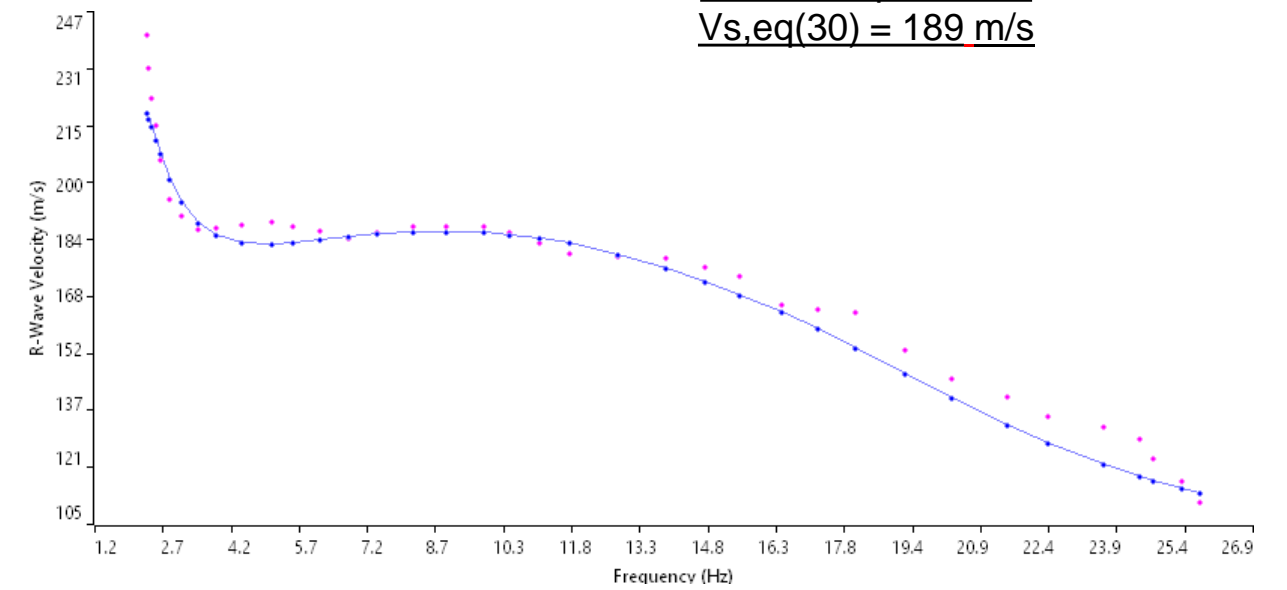


Profilo velocità onde S

Velocità equivalente  
 $V_{s,eq(30)} = 189 \text{ m/s}$



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione

<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.          www.soing.eu</p> <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL          COMPLETAMENTO          METAPONTO-SIBARI-REGGIO          CALABRIA -          BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> Italferr S.p.A <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR          011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b>          G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b>          A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b>          P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>8</b></p>
--	--	---	---	--------------------------------------



# INDAGINE SISMICA MASW 05

## Ubicazione dell'indagine





## Fase di acquisizione dati

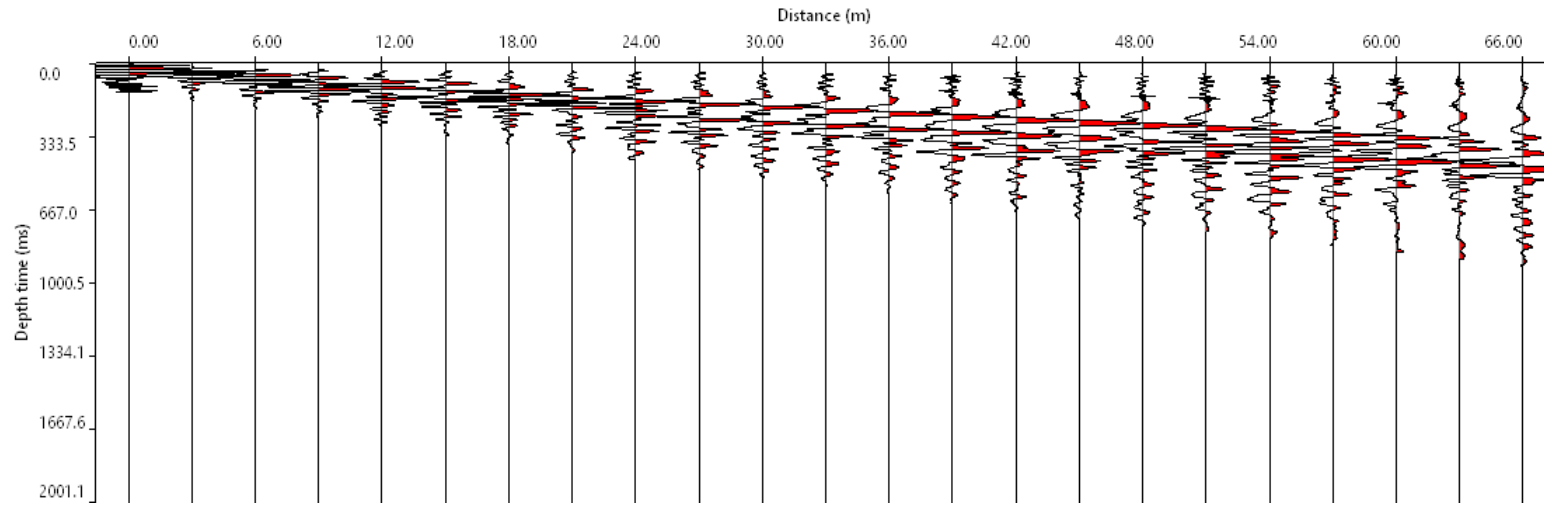


## Fase di acquisizione dati

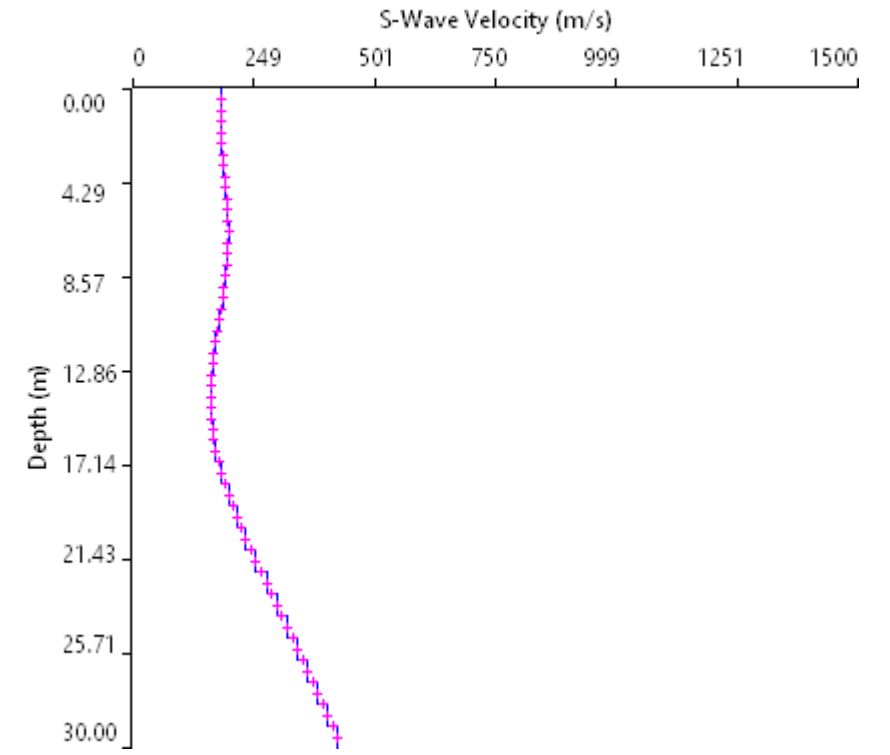


<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p>  Italferr S.p.A <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>9</b></p>
--	--	--	--	--------------------------------------

# INDAGINE SISMICA MASW 05

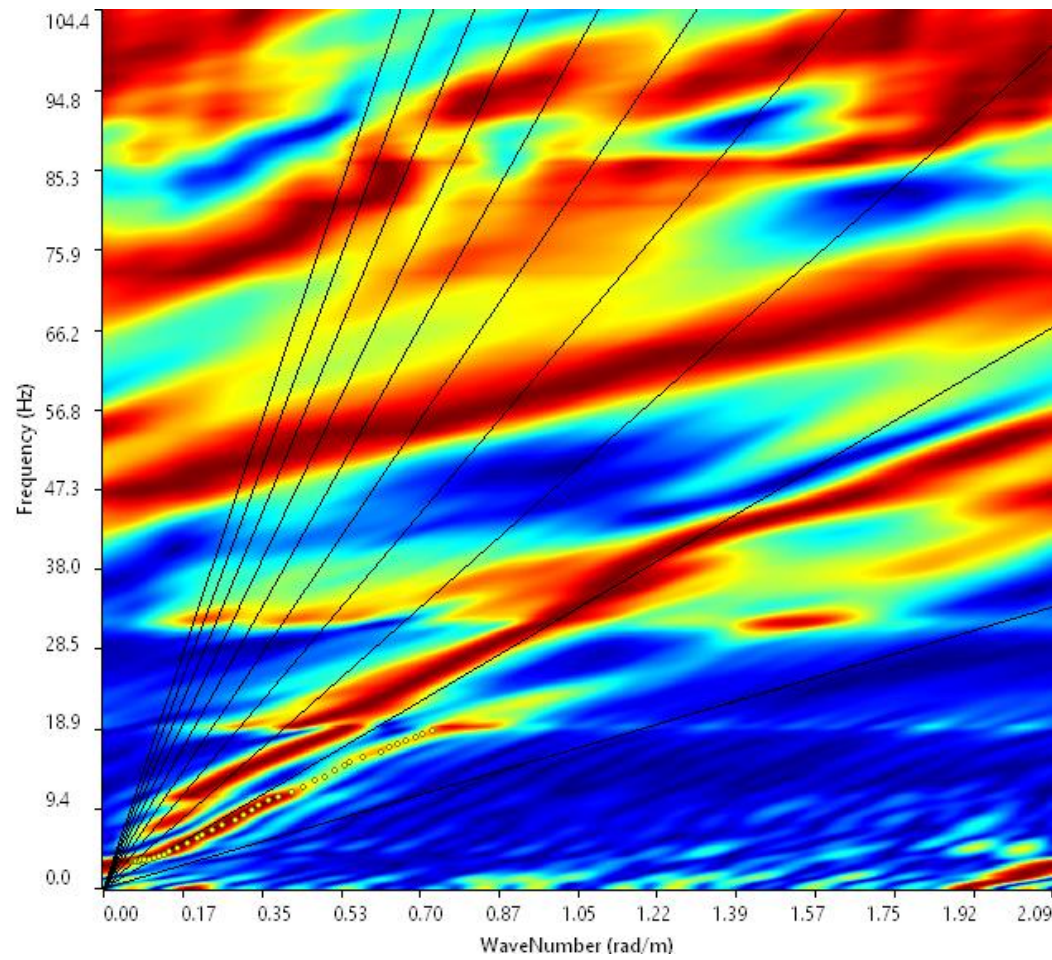


Sismogramma medio utilizzato

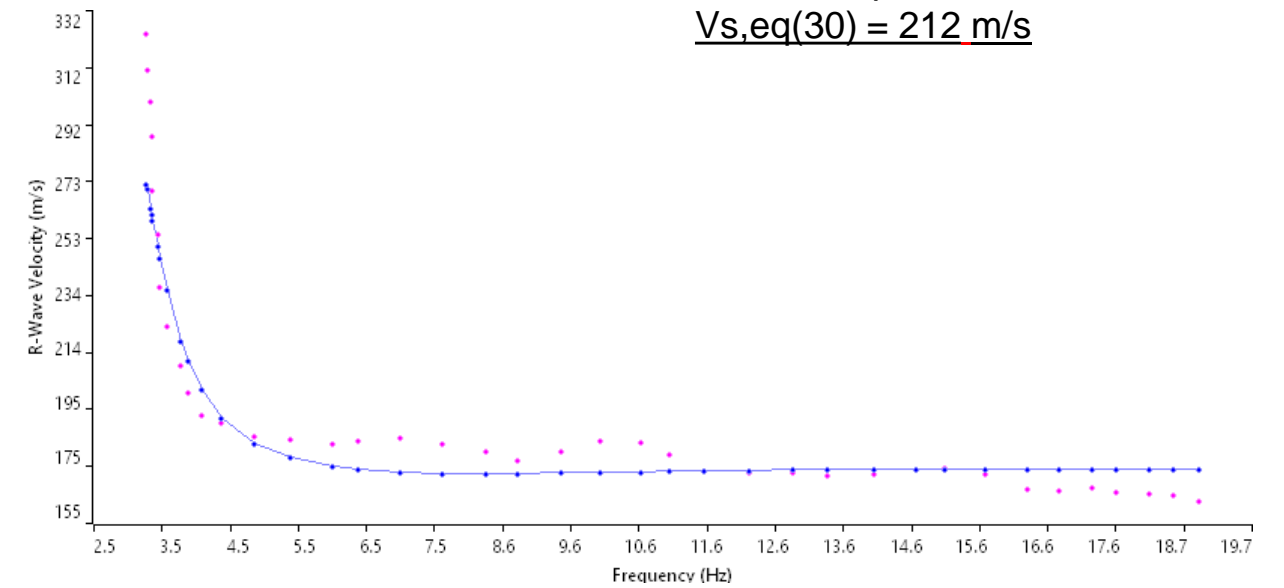


Profilo velocità onde S


Velocità equivalente  
 $V_{s,eq}(30) = 212 \text{ m/s}$



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione

<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.          www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL          COMPLETAMENTO          METAPONTO-SIBARI-REGGIO          CALABRIA -          BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p>  Italferr S.p.A <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR          011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b>          G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b>          A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b>          P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>10</b></p>
---	--	---	---	---------------------------------------

# INDAGINE SISMICA MASW 06

## Ubicazione dell'indagine





## Fase di acquisizione dati

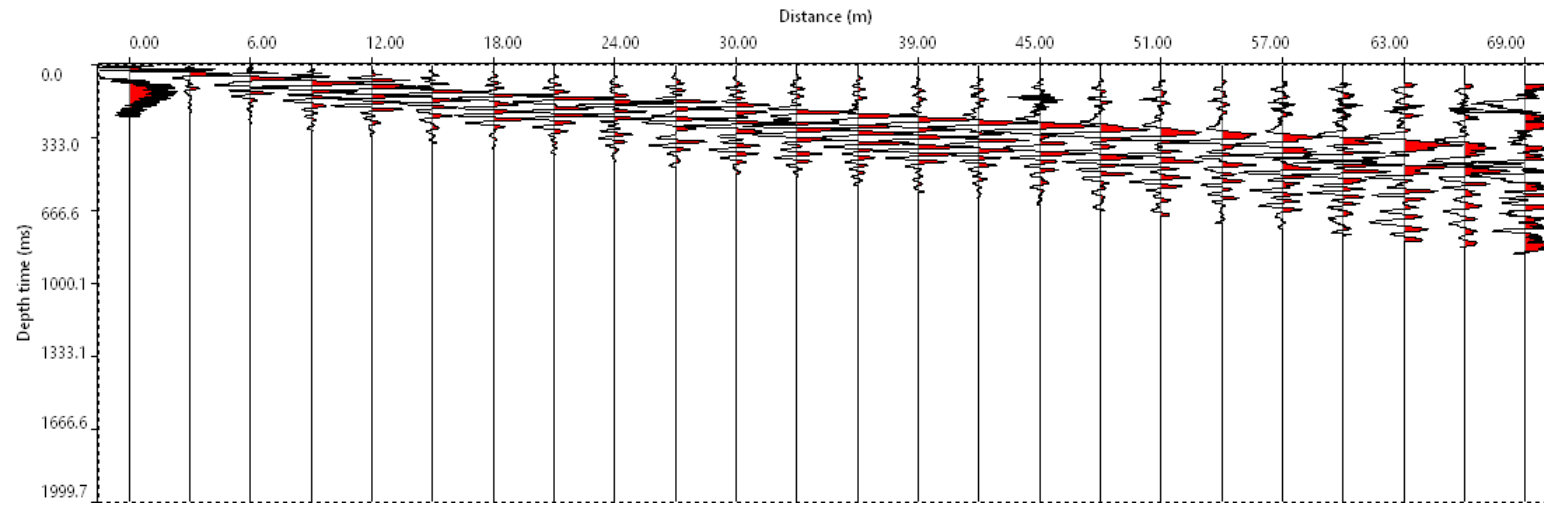


## Fase di acquisizione dati

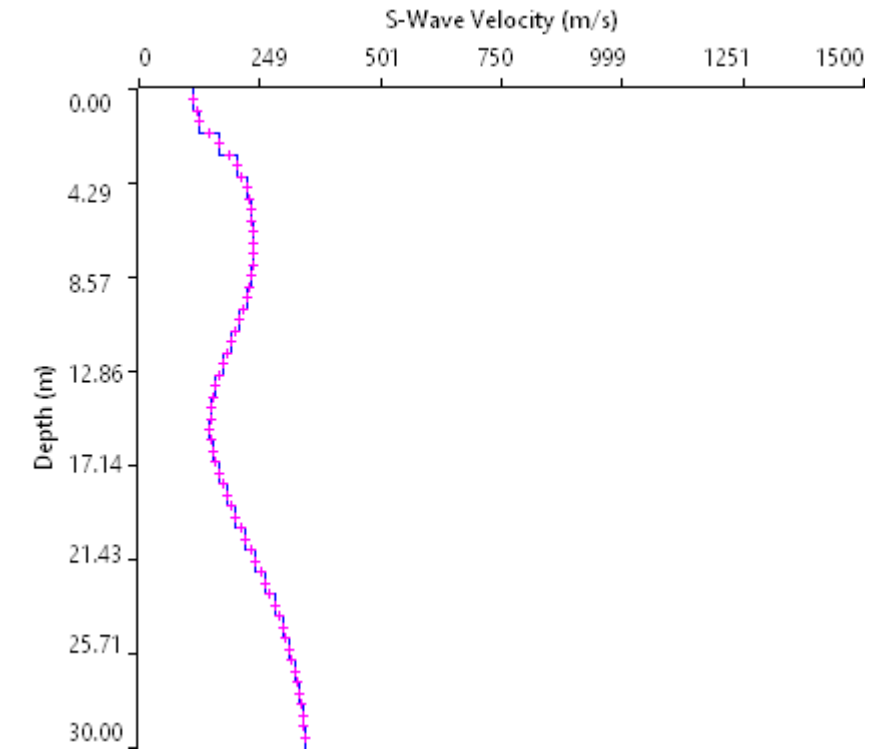


<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>11</b></p>
--	--	---	--	---------------------------------------

# INDAGINE SISMICA MASW 06

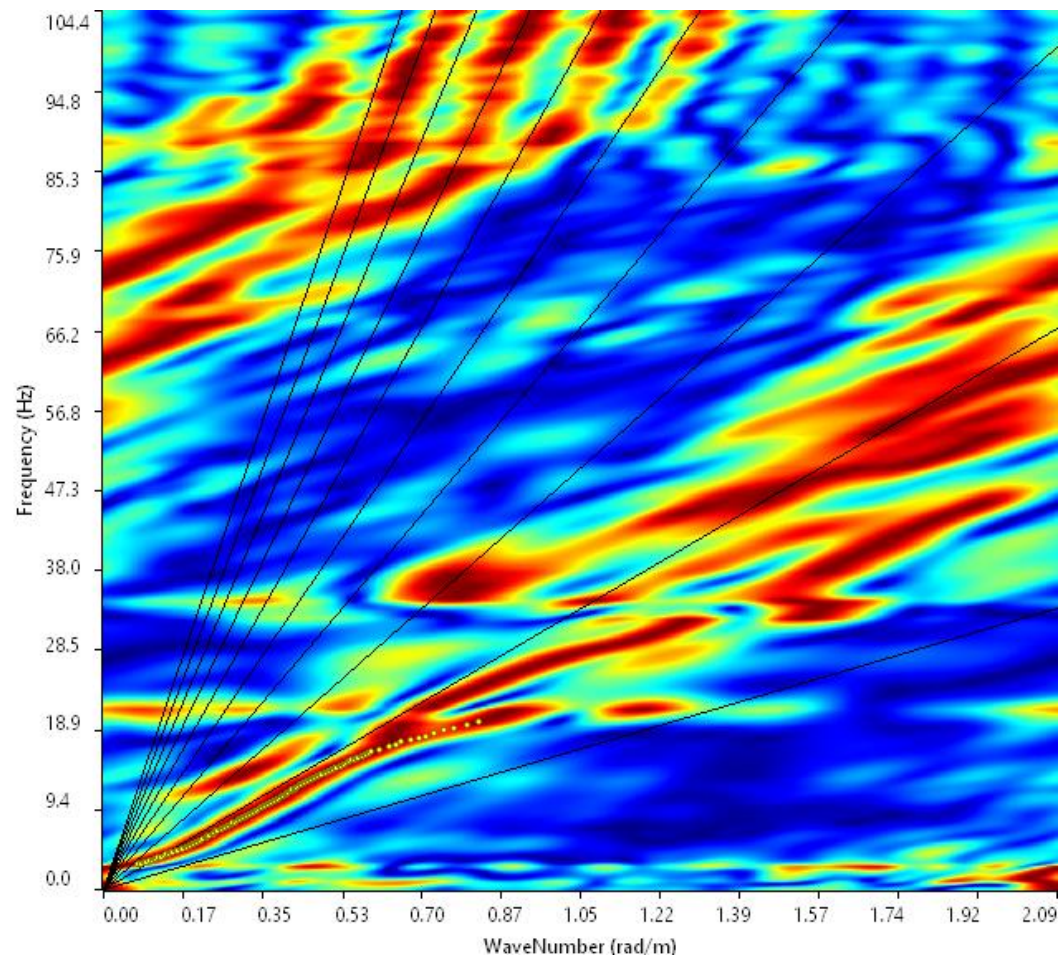


Sismogramma medio utilizzato

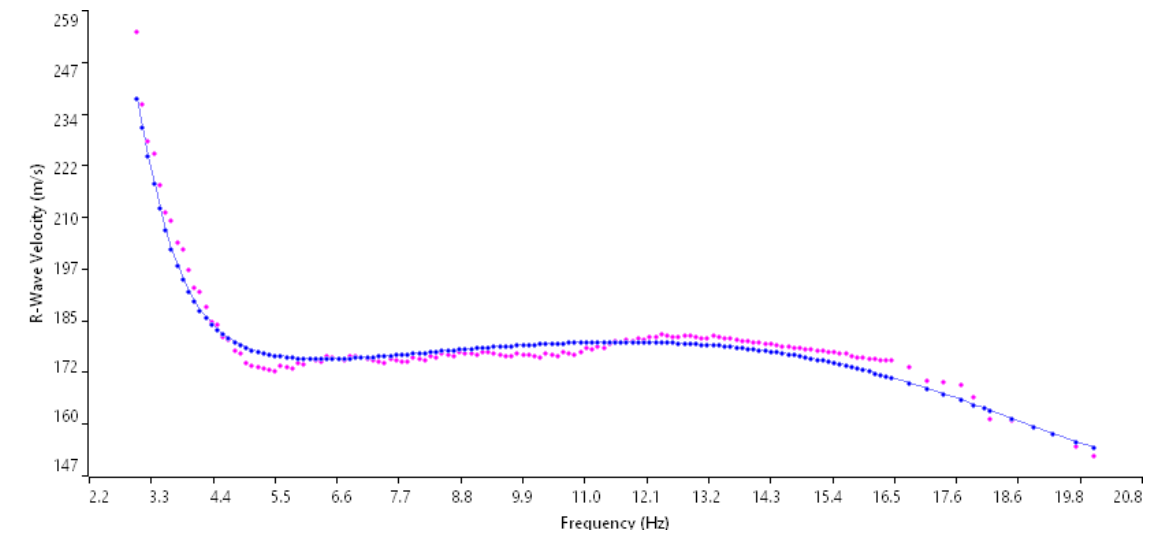


Profilo velocità onde S



Velocità equivalente  
 $V_{s,eq}(30) = 204 \text{ m/s}$



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione

<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.          www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFFE DEL          COMPLETAMENTO          METAPONTO-SIBARI-REGGIO          CALABRIA -          BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p>  Italferr S.p.A <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR          011_22_PFFE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b>          G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b>          A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b>          P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b>  <b>12</b></p>
---	--	---	---	-------------------------------------



**COLLEGAMENTO DIRETTO CON LE LINEE METAPONTO-  
REGGIO CALABRIA E COSENZA - SIBARI**

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA  
BRETELLA DI SIBARI (CS)**

**Indagini Geofisiche**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2V	00	R 69 IG	GE 00 00 001	A	85 di 110

## **8. ALLEGATO N.4 – Risultati indagine HVSR**






# INDAGINE SISMICA – HVSR 01

## Ubicazione dell'indagine



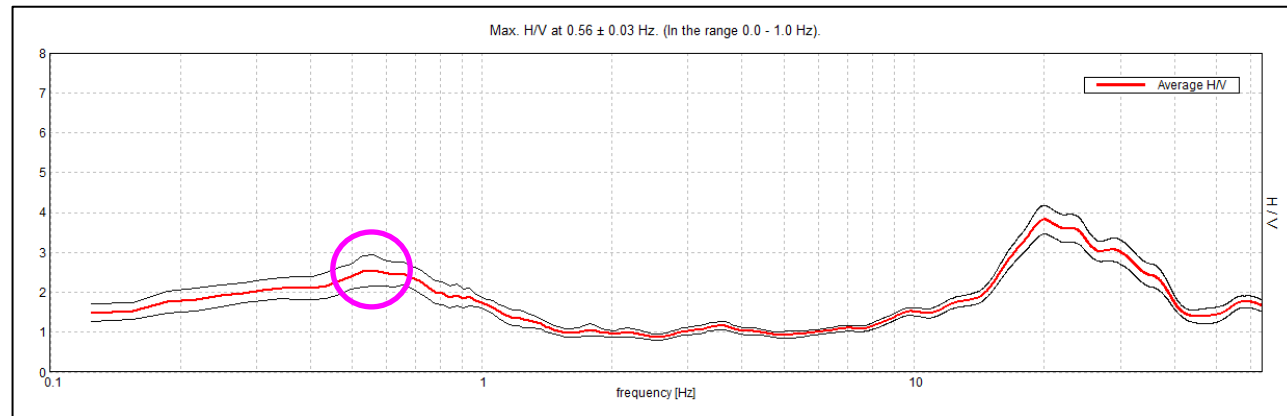
## Fase di acquisizione dati



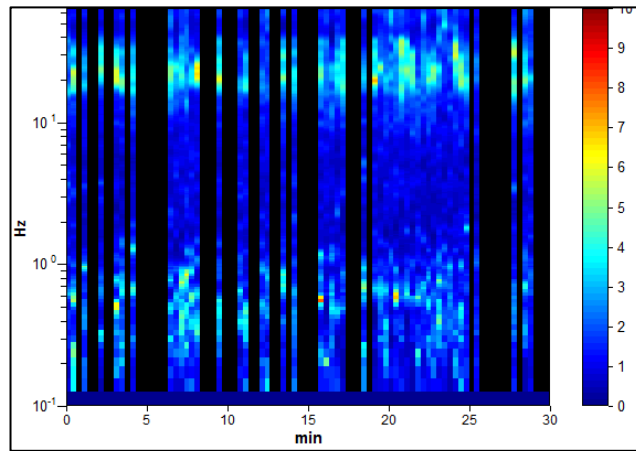
<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p> <p><b>SOING</b>    </p> <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>1</b></p>
--	--	---	--	--------------------------------------

# INDAGINE SISMICA – HVSR 01

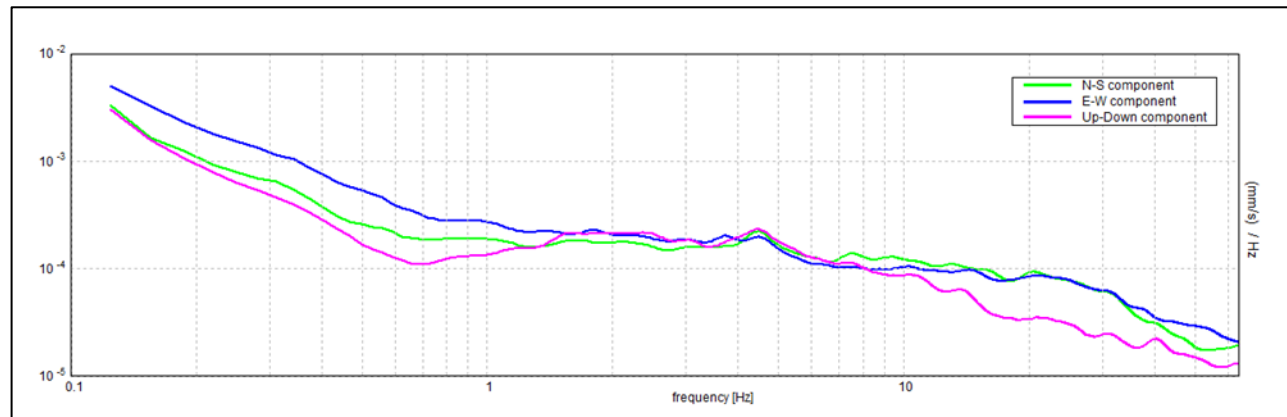
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 01

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 15:08:13 Fine registrazione: 24/01/23 15:38:13  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00" Analizzato 53% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 0.56 ± 0.03 Hz (nell'intervallo 0.0 - 1.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	0.56 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	540.0 > 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 28	OK	

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	1.313 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.55 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.06159  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.03465 < 0.08438	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3821 < 2.0	OK	

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

#### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
 www.soing.eu

Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

**PROGETTO**

PFTE DEL  
 COMPLETAMENTO  
 METAPONTO-SIBARI-REGGIO  
 CALABRIA -  
 BRETTELLA DI SIBARI (CS)

**CLIENTE**

Italferr S.p.A

**RIFERIMENTI INTERNI**

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 011\_22\_PFTE Bretella SIBARI

**Elaborazione**  
 G. Luciani, E. Benvenuti

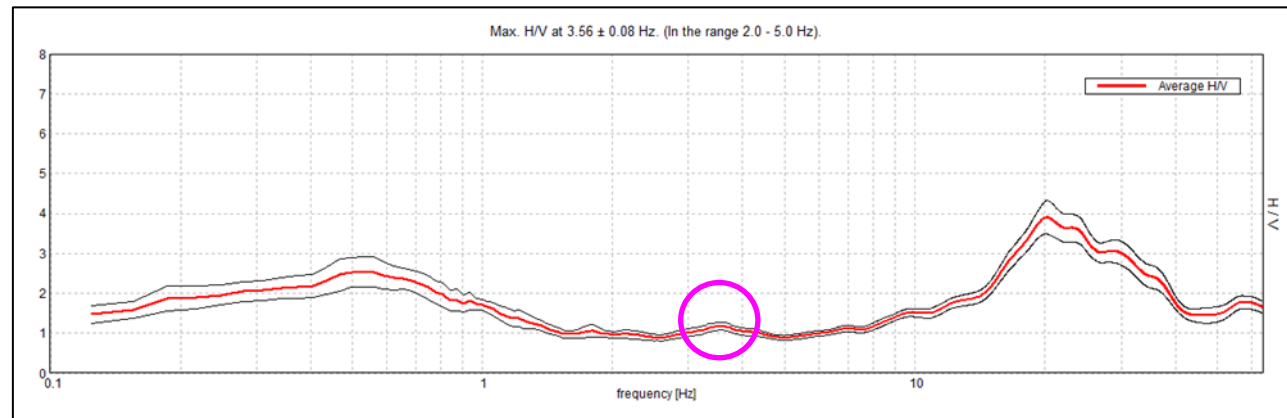
**Verifica**  
 A. Morelli

**Approvazione**  
 P. Chiara

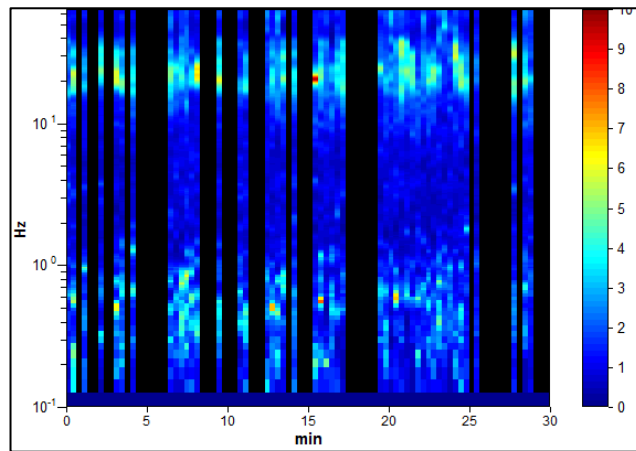
**TAVOLA**  
**2**

# INDAGINE SISMICA – HVSR 01

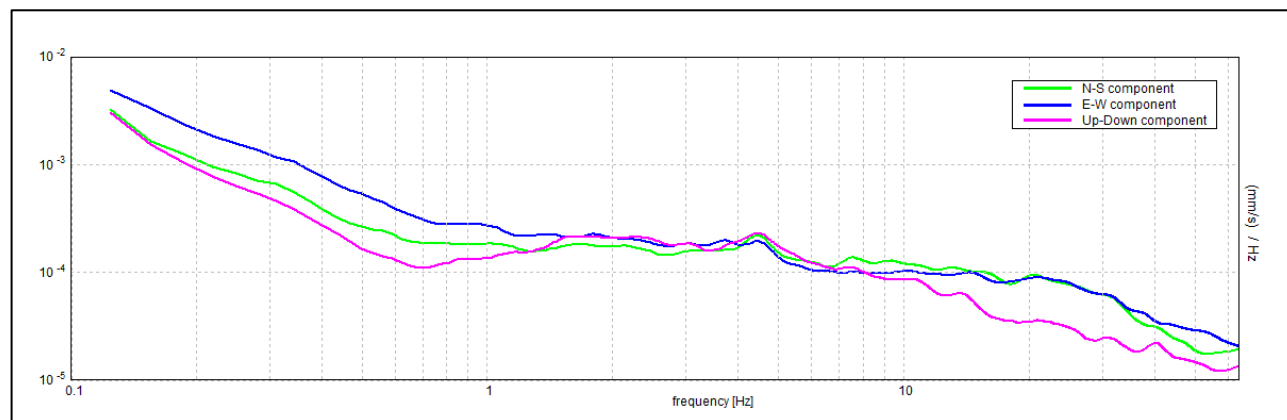
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 01

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 15:08:13 Fine registrazione: 24/01/23 15:38:13  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analizzato 53% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 3.56 ± 0.08 Hz (nell'intervallo 2.0 - 5.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	3.56 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	3420.0 > 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 172	OK

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$		NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]   A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		NO
$A_0 > 2$	1.18 > 2	NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02236  < 0.05$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.07967 < 0.17813$	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.0994 < 1.58$	OK

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

#### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
 www.soing.eu



Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

#### PROGETTO

PFTE DEL  
 COMPLETAMENTO  
 METAPONTO-SIBARI-REGGIO  
 CALABRIA -  
 BRETTELLA DI SIBARI (CS)

#### CLIENTE



ITALFERR S.p.A.  
**RIFERIMENTI INTERNI**  
 CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 011\_22\_PFTB Bretella SIBARI

#### Elaborazione

G. Luciani, E. Benvenuti

#### Verifica

A. Morelli

#### Approvazione

P. Chiara

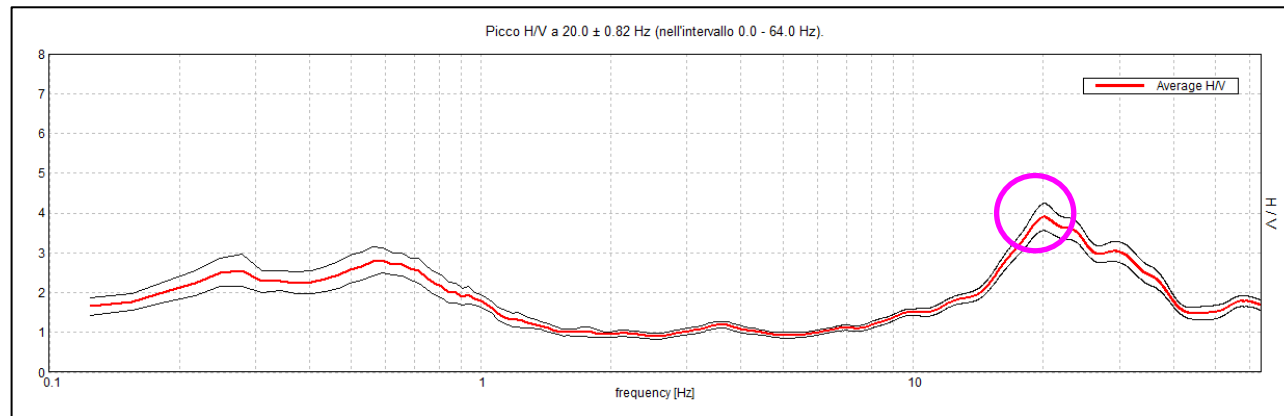
#### TAVOLA

3

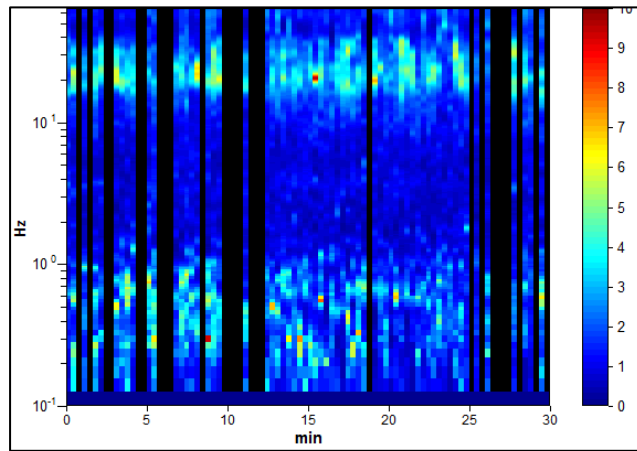


# INDAGINE SISMICA – HVSR 01

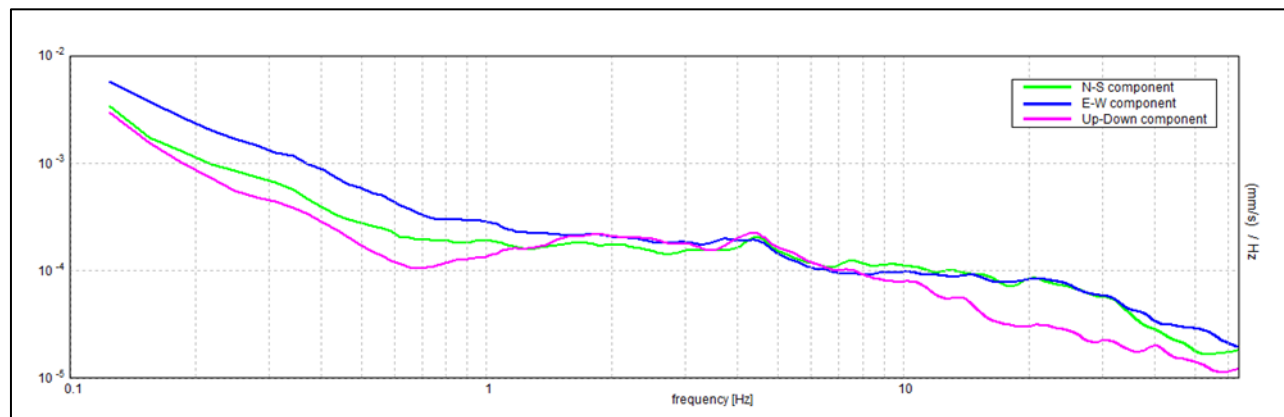
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 01

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 15:08:13 Fine registrazione: 24/01/23 15:38:13  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y- ; X+ X- ; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00" Analizzato 70% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 20.0 ± 0.82 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$20.00 > 0.50$	OK
$n_c(f_0) > 200$	$25200.0 > 200$	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 961	OK

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	14.063 Hz	OK
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	39.125 Hz	OK
$A_0 > 2$	$3.90 > 2$	OK
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.041  < 0.05$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.82009 < 1.0$	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3409 < 1.58$	OK

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

#### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
 www.soing.eu

Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

**PROGETTO**

PFTE DEL  
 COMPLETAMENTO  
 METAPONTO-SIBARI-REGGIO  
 CALABRIA -  
 BRETTELLA DI SIBARI (CS)

**CLIENTE**

Italferr S.p.A

**RIFERIMENTI INTERNI**

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 011\_22\_PFTB Bretella SIBARI

**Elaborazione**  
 G. Luciani, E. Benvenuti

**Verifica**  
 A. Morelli

**Approvazione**  
 P. Chiara

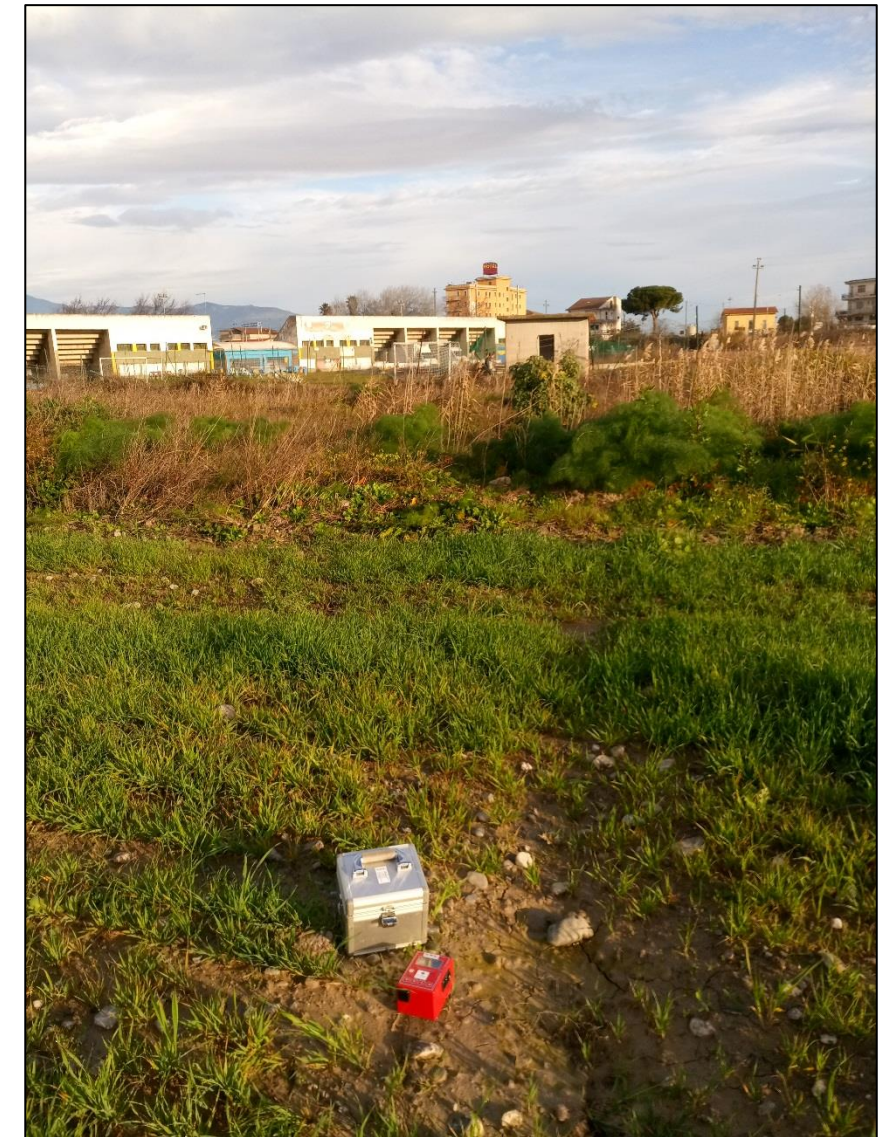
**TAVOLA**  
**4**



# INDAGINE SISMICA – HVSR 02

## Ubicazione dell'indagine



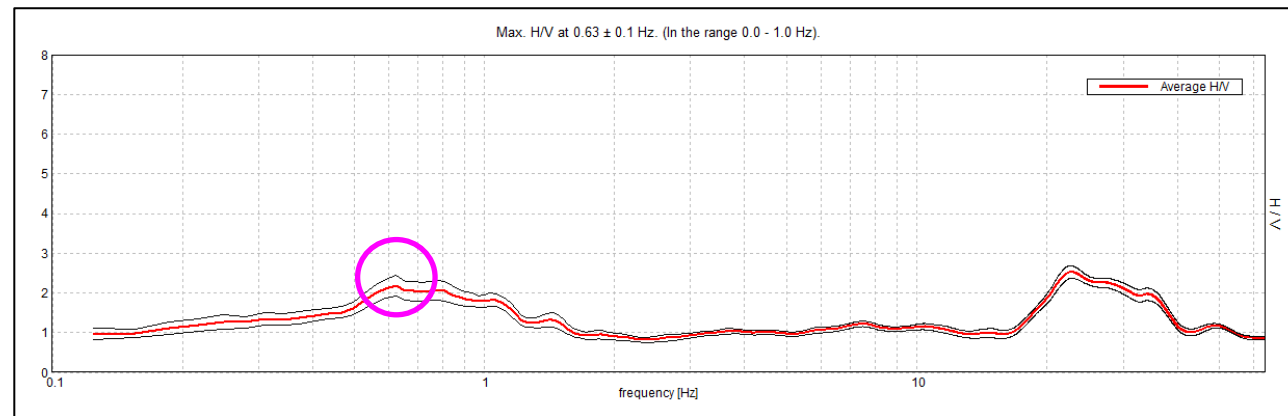
## Fase di acquisizione dati



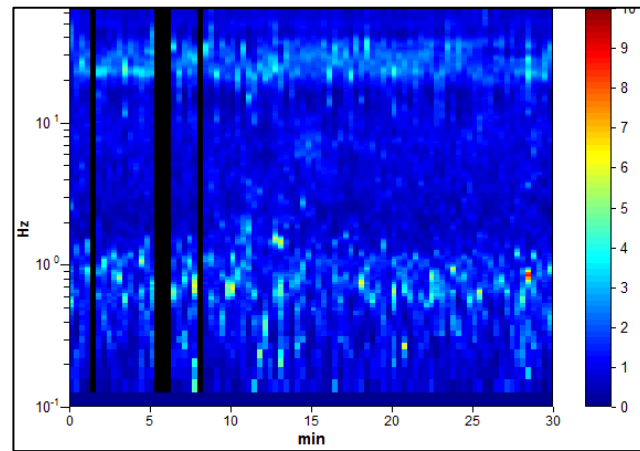
<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p>  Italferr S.p.A <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>5</b></p>
--	--	--	--	--------------------------------------

# INDAGINE SISMICA – HVSR 02

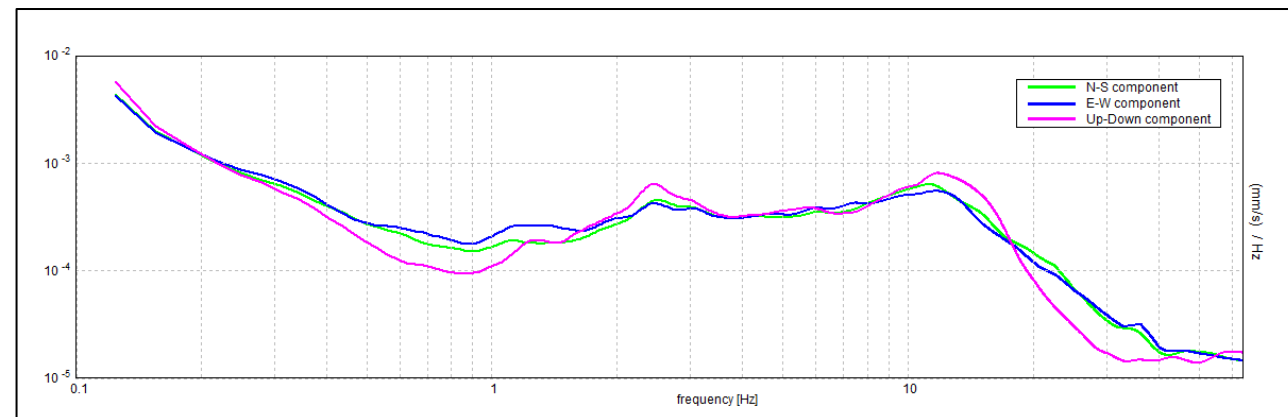
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
www.soing.eu

Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

**ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 02**

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 14:24:56 Fine registrazione: 24/01/23 14:54:56  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00" Analizzato 94% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 0.63 ± 0.1 Hz (nell'intervallo 0.0 - 1.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**  
 [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	0.63 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1062.5 > 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	

**Criteri per un picco H/V chiaro**  
 [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.156 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.594 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.18 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.16485  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.10303 < 0.09375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2708 < 2.0$	OK	

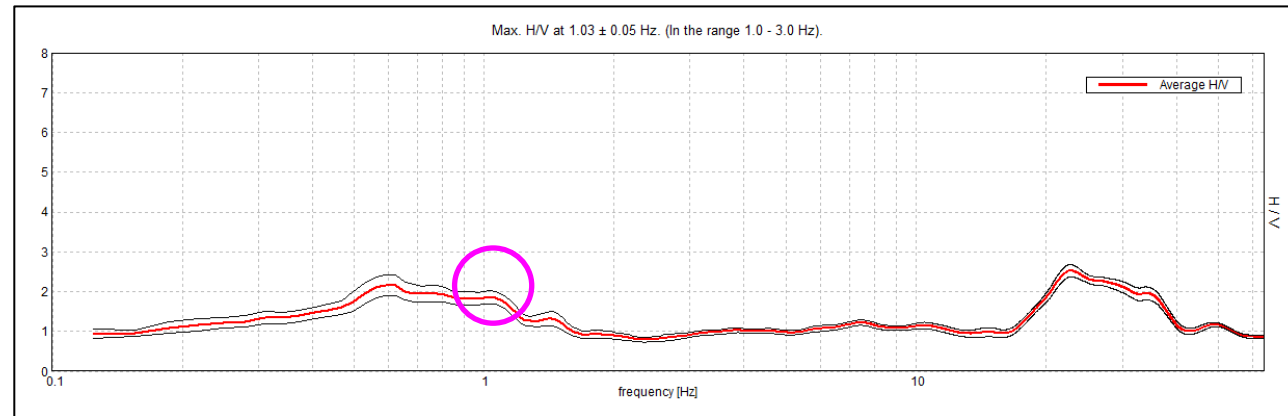
$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità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

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

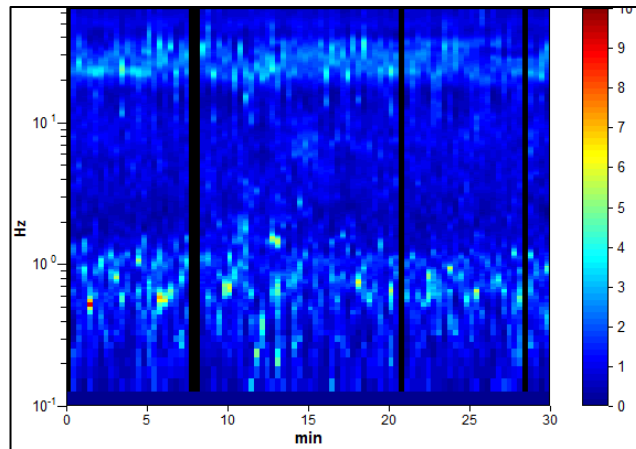
<b>PROGETTO</b>  PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO–SIBARI–REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)	<b>CLIENTE</b> Italferr S.p.A	<b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti <b>Verifica</b> A. Morelli <b>Approvazione</b> P. Chiara	<b>TAVOLA</b>  <b>6</b>
	<b>RIFERIMENTI INTERNI</b> CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_Pfte Bretella SIBARI		

# INDAGINE SISMICA – HVSR 02

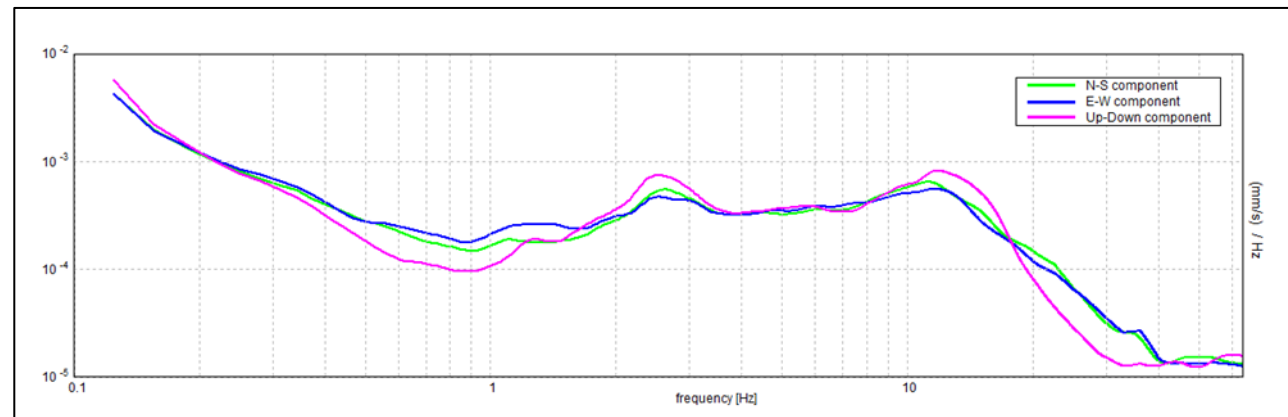
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 02

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 14:24:56 Fine registrazione: 24/01/23 14:54:56  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analizzato 94% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 1.03 ± 0.05 Hz (nell'intervallo 1.0 - 3.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.03 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1753.1 > 200$	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 50	OK	

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.688 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.86 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.05218  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.05381 < 0.10313$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1658 < 1.78$	OK	

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

#### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
 www.soing.eu

Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

**PROGETTO**

PFFE DEL  
 COMPLETAMENTO  
 METAPONTO-SIBARI-REGGIO  
 CALABRIA -  
 BRETTELLA DI SIBARI (CS)

**CLIENTE**

Italferr S.p.A

**RIFERIMENTI INTERNI**

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 011\_22\_PFFE Bretella SIBARI

**Elaborazione**  
 G. Luciani, E. Benvenuti

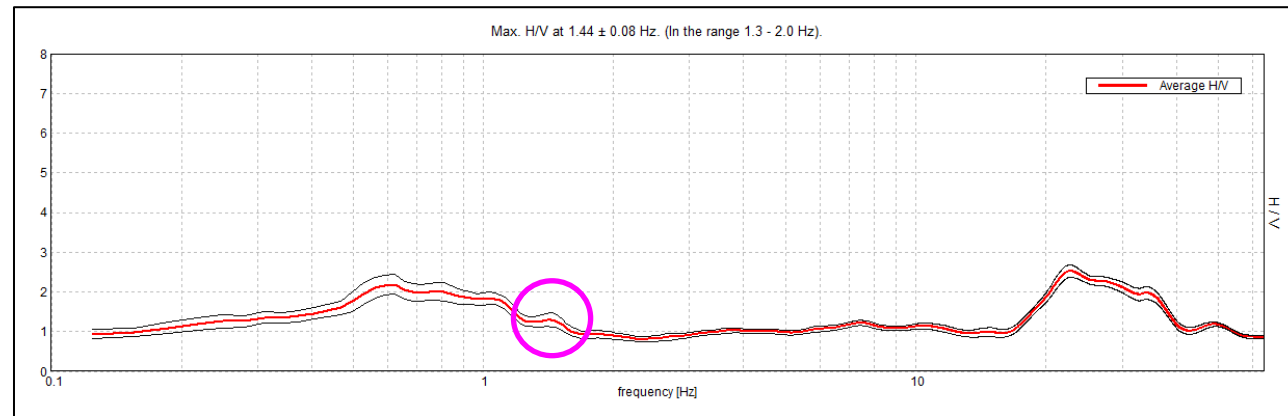
**Verifica**  
 A. Morelli

**Approvazione**  
 P. Chiara

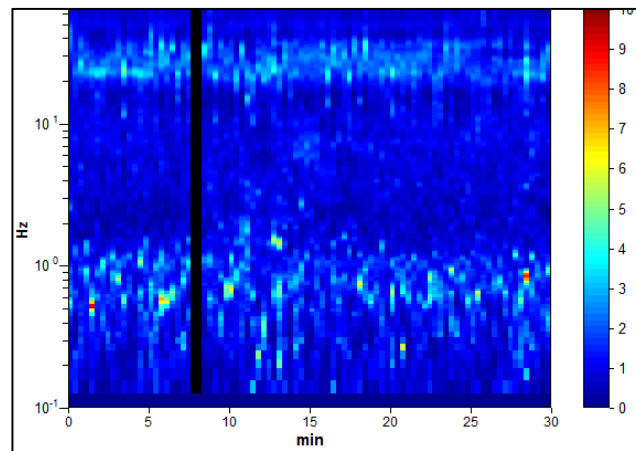
**TAVOLA**  
**7**

# INDAGINE SISMICA – HVSR 02

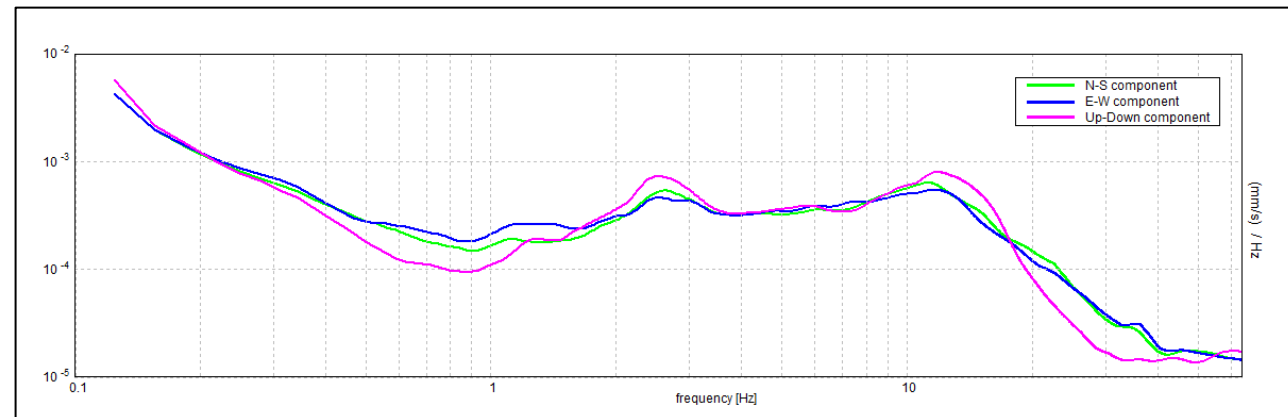
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 02

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 14:24:56 Fine registrazione: 24/01/23 14:54:56  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analizzato 98% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 1.44 ± 0.08 Hz (nell'intervallo 1.3 - 2.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	1.44 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2530.0 > 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 70	OK	

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.30 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.05223  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.07508 < 0.14375	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1752 < 1.78	OK	

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

#### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
 www.soing.eu



Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

#### PROGETTO

PFTE DEL  
 COMPLETAMENTO  
 METAPONTO-SIBARI-REGGIO  
 CALABRIA -  
 BRETTELLA DI SIBARI (CS)

#### CLIENTE



#### RIFERIMENTI INTERNI

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 011\_22\_PFTE Bretella SIBARI

#### Elaborazione

G. Luciani, E. Benvenuti

#### Verifica

A. Morelli

#### Approvazione

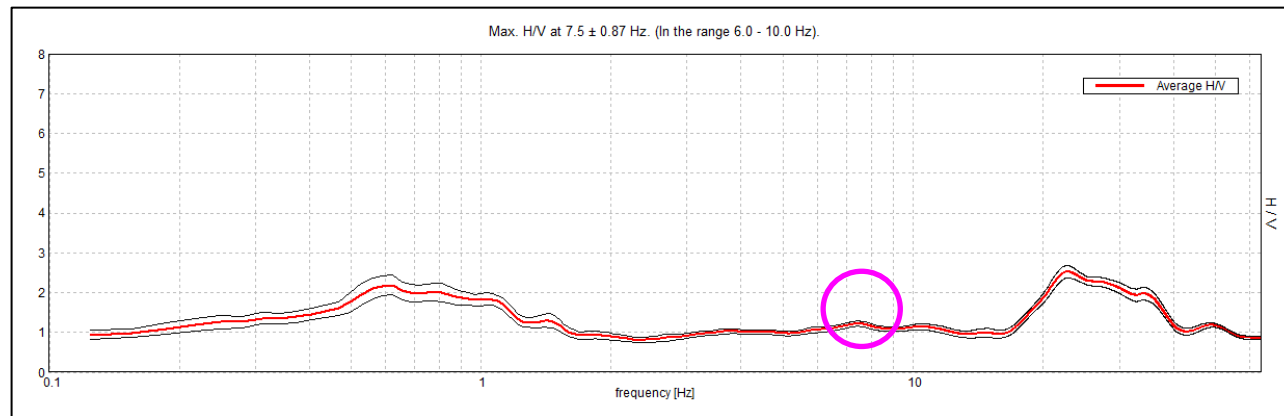
P. Chiara

#### TAVOLA

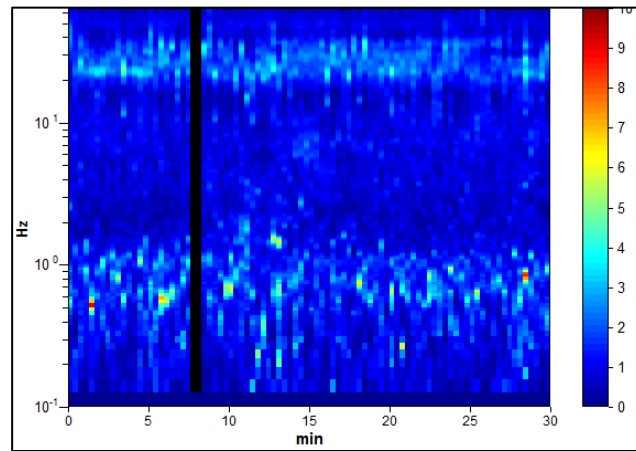
8

# INDAGINE SISMICA – HVSR 02

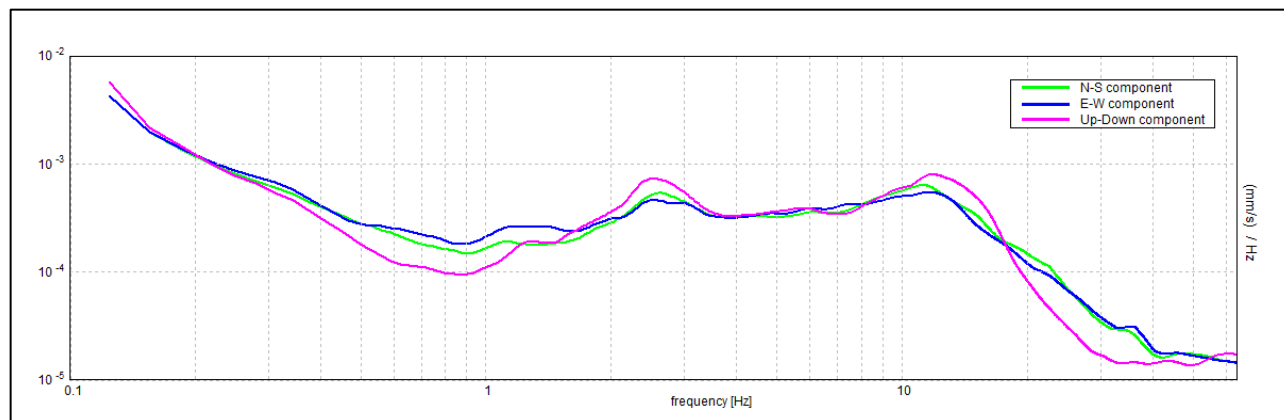
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 02

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 14:24:56 Fine registrazione: 24/01/23 14:54:56  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analizzato 98% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 7.5 ± 0.87 Hz (nell'intervallo 6.0 - 10.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**  
 [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$7.50 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$13200.0 > 200$	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 361	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**  
 [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.22 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.11594  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.86952 < 0.375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.067 < 1.58$	OK	

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

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

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

SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
 www.soing.eu



Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

### PROGETTO

PFTE DEL  
 COMPLETAMENTO  
 METAPONTO-SIBARI-REGGIO  
 CALABRIA -  
 BRETTELLA DI SIBARI (CS)

### CLIENTE



### RIFERIMENTI INTERNI

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 011\_22\_Pfte Bretella SIBARI

### Elaborazione

G. Luciani, E. Benvenuti

### Verifica

A. Morelli

### Approvazione

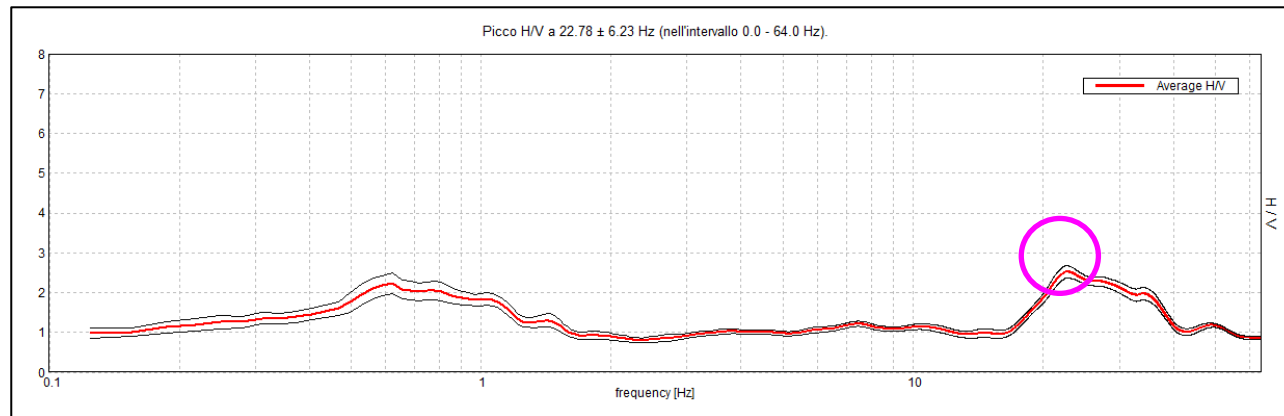
P. Chiara

### TAVOLA

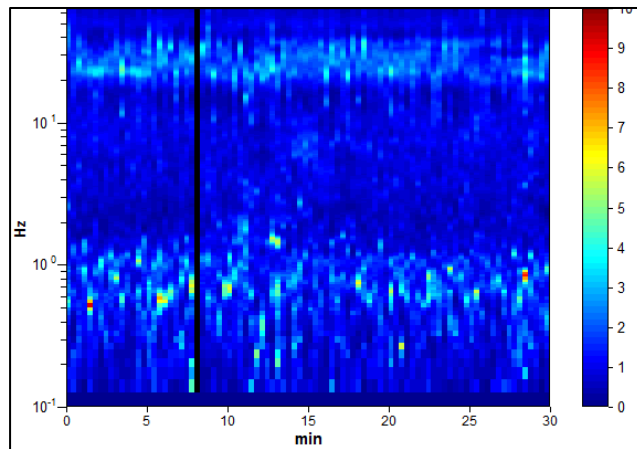
9

# INDAGINE SISMICA – HVSR 02

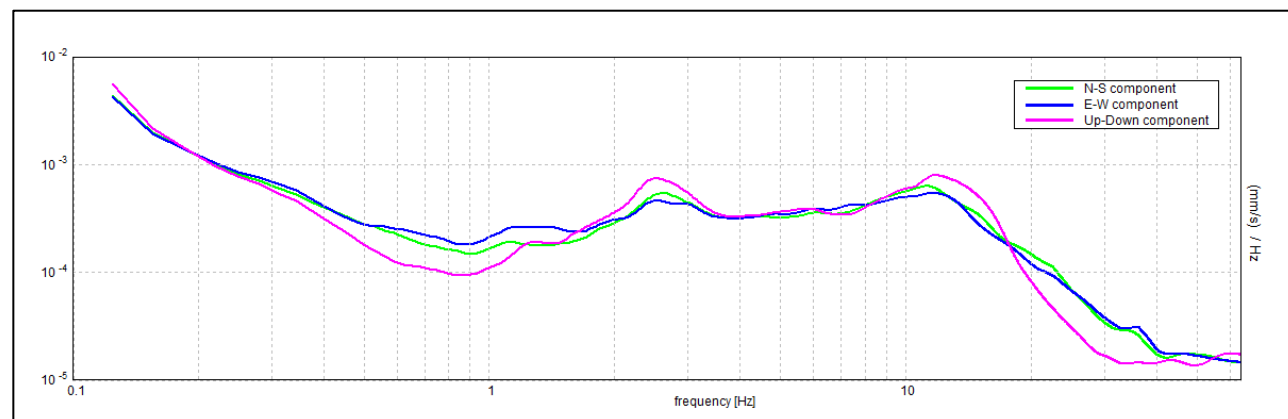
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 02

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 14:24:56 Fine registrazione: 24/01/23 14:54:56  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00" Analizzato 99% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 22.78 ± 6.23 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	22.78 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	40550.6 > 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 1094	OK

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	17.75 Hz	OK
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	39.5 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.52 > 2	OK
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.27348  < 0.05$	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$6.23029 < 1.13906$	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1543 < 1.58$	OK

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

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

SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
 www.soing.eu

Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

**PROGETTO**

PFFE DEL  
 COMPLETAMENTO  
 METAPONTO-SIBARI-REGGIO  
 CALABRIA -  
 BRETTELLA DI SIBARI (CS)

**CLIENTE**

Italferr S.p.A

**RIFERIMENTI INTERNI**

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 011\_22\_PFFE Bretella SIBARI

**Elaborazione**  
 G. Luciani, E. Benvenuti

**Verifica**  
 A. Morelli

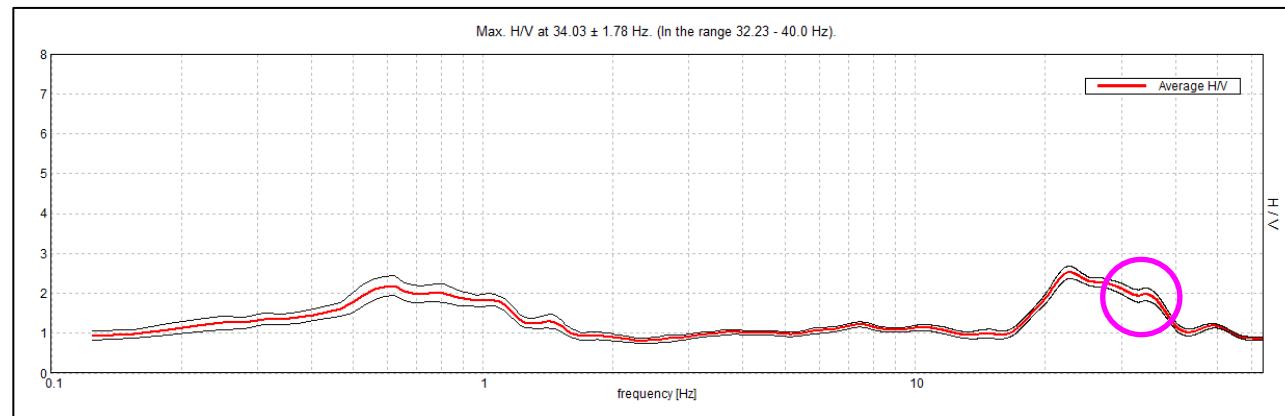
**Approvazione**  
 P. Chiara

**TAVOLA**

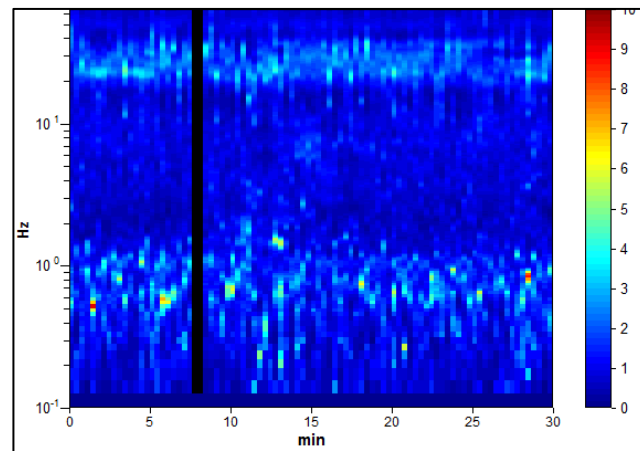
**10**

# INDAGINE SISMICA – HVSR 02

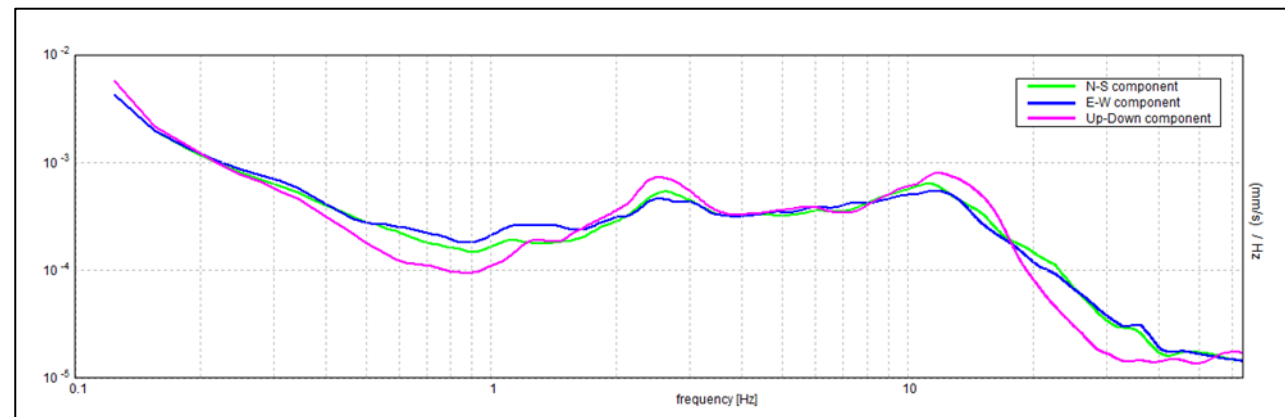
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 02

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 14:24:56 Fine registrazione: 24/01/23 14:54:56  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analizzato 98% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 34.03 ± 1.78 Hz (nell'intervallo 32.23 - 40.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	34.03 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	59895.0 > 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 1504	OK

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	16.438 Hz	OK
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	54.531 Hz	OK
$A_0 > 2$	1.97 > 2	NO
$f_{\text{picco}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.05226  < 0.05$	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.77835 < 1.70156	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1595 < 1.58	OK

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

#### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
 www.soing.eu



Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

#### PROGETTO

PFTE DEL  
 COMPLETAMENTO  
 METAPONTO-SIBARI-REGGIO  
 CALABRIA -  
 BRETTELLA DI SIBARI (CS)

#### CLIENTE



#### RIFERIMENTI INTERNI

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 011\_22\_PFTB Bretella SIBARI

#### Elaborazione

G. Luciani, E. Benvenuti

#### Verifica

A. Morelli

#### Approvazione

P. Chiara

#### TAVOLA

11





# INDAGINE SISMICA – HVSR 03

## Ubicazione dell'indagine



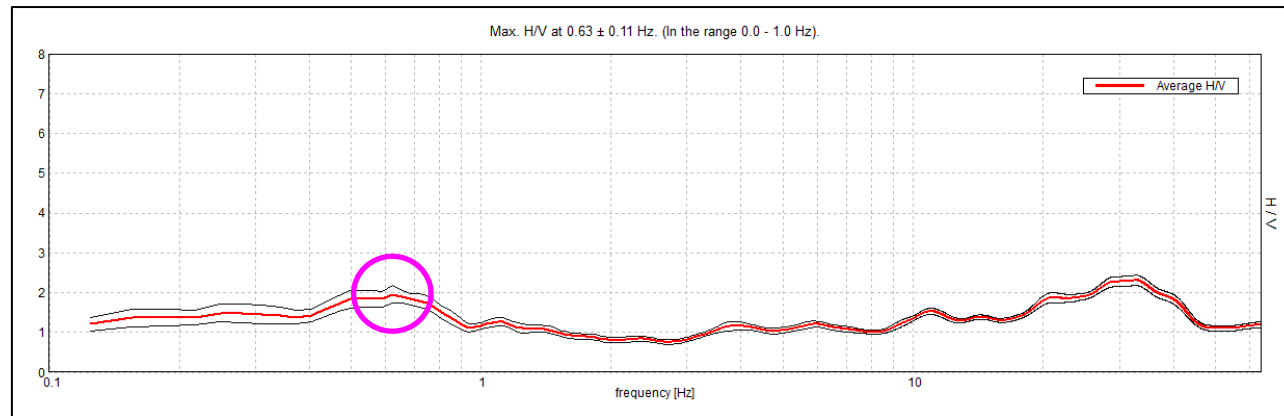
## Fase di acquisizione dati



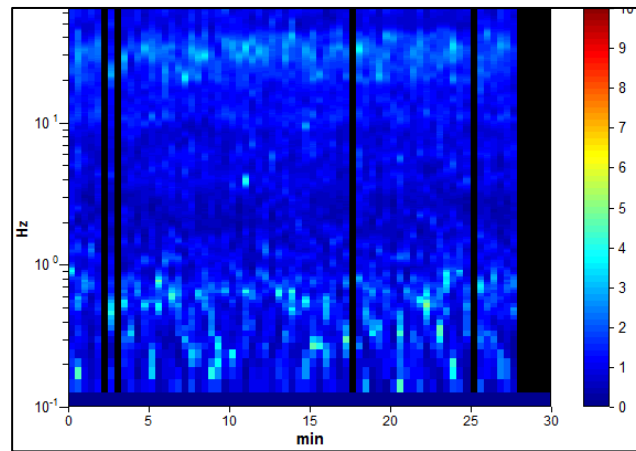
<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p>  Italferr S.p.A <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITALFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <h1>12</h1>
--	---	--	--	----------------------------------

# INDAGINE SISMICA – HVSR 03

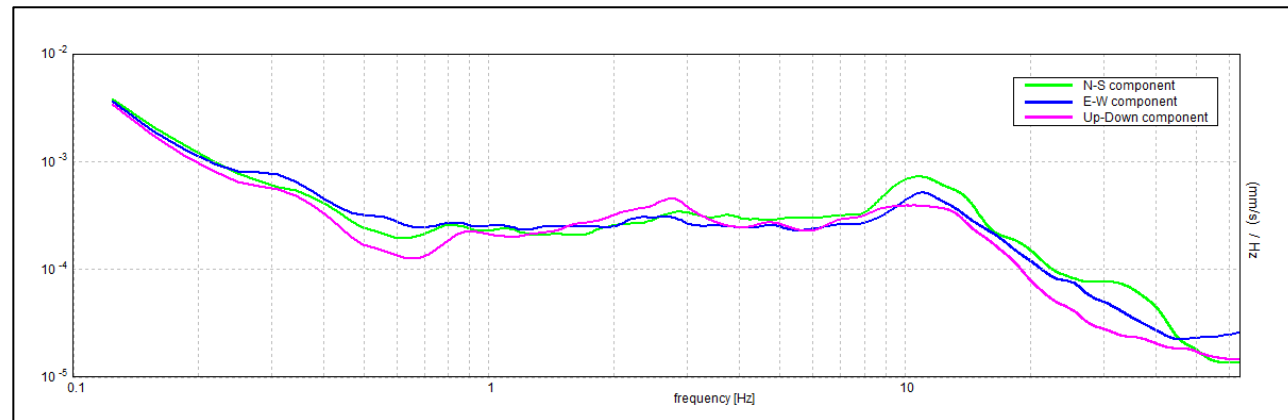
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 03

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 15:51:30 Fine registrazione: 24/01/23 16:21:30  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 25 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 0.63 ± 0.11 Hz (nell'intervallo 0.0 - 1.0 Hz).**

#### Criteria per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	0.63 > 0.40	OK	
$n_c(f_0) > 200$	984.4 > 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	

#### Criteria per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.95 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.1784  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.1115 < 0.09375		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2214 < 2.0	OK	

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

#### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
 www.soing.eu



Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

#### PROGETTO

PFTE DEL  
 COMPLETAMENTO  
 METAPONTO-SIBARI-REGGIO  
 CALABRIA -  
 BRETTELLA DI SIBARI (CS)

#### CLIENTE



#### RIFERIMENTI INTERNI

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 011\_22\_PFTB Bretella SIBARI

#### Elaborazione

G. Luciani, E. Benvenuti

#### Verifica

A. Morelli

#### Approvazione

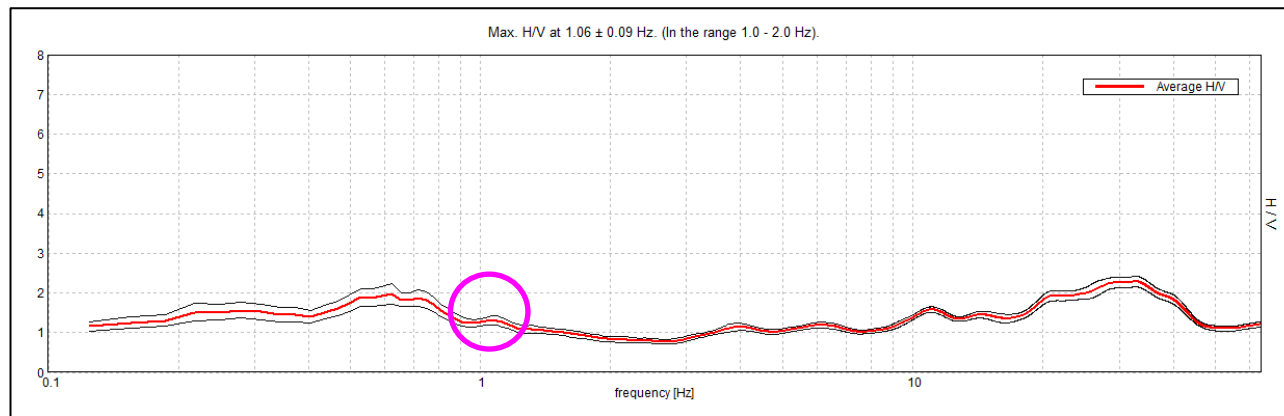
P. Chiara

#### TAVOLA

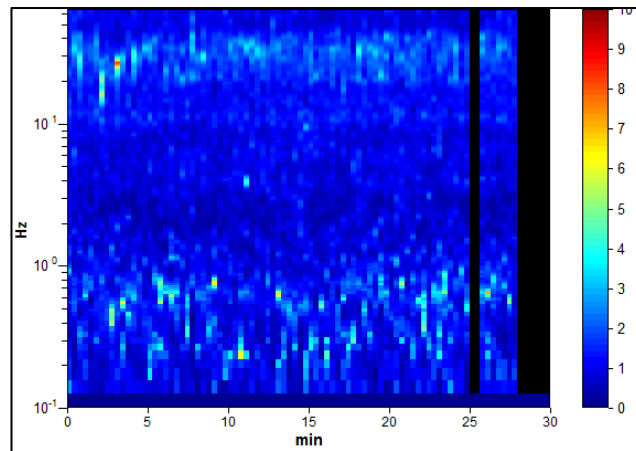
13

# INDAGINE SISMICA – HVSR 03

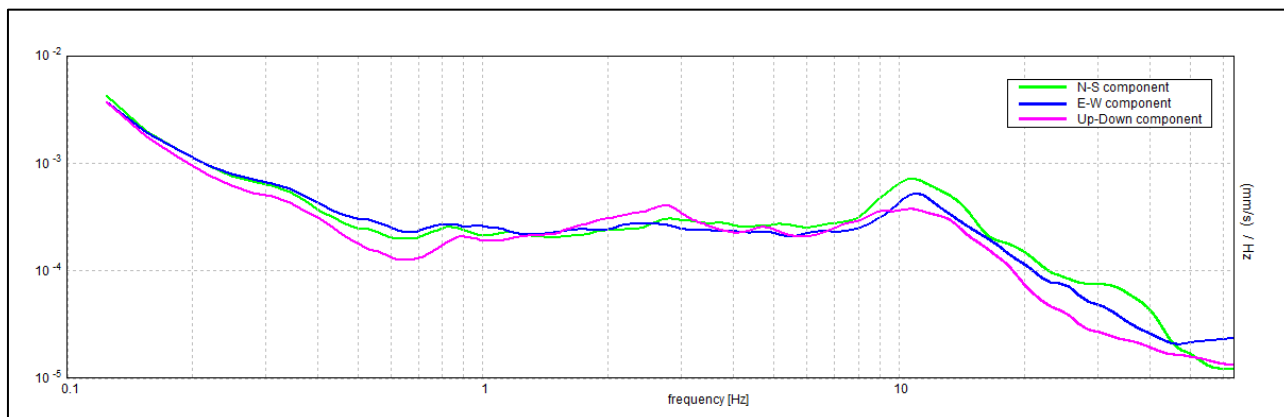
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 03

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 15:51:30 Fine registrazione: 24/01/23 16:21:30  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00" Analizzato 91% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 1.06 ± 0.09 Hz (nell'intervallo 1.0 - 2.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	1.06 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1742.5 > 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 52	OK	

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.31 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.08782  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0933 < 0.10625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1137 < 1.78$	OK	

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

#### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
www.soing.eu



Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

#### PROGETTO

PFTE DEL  
COMPLETAMENTO  
METAPONTO-SIBARI-REGGIO  
CALABRIA -  
BRETTELLA DI SIBARI (CS)

#### CLIENTE



#### RIFERIMENTI INTERNI

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
011\_22\_PFTB Bretella SIBARI

#### Elaborazione

G. Luciani, E. Benvenuti

#### Verifica

A. Morelli

#### Approvazione

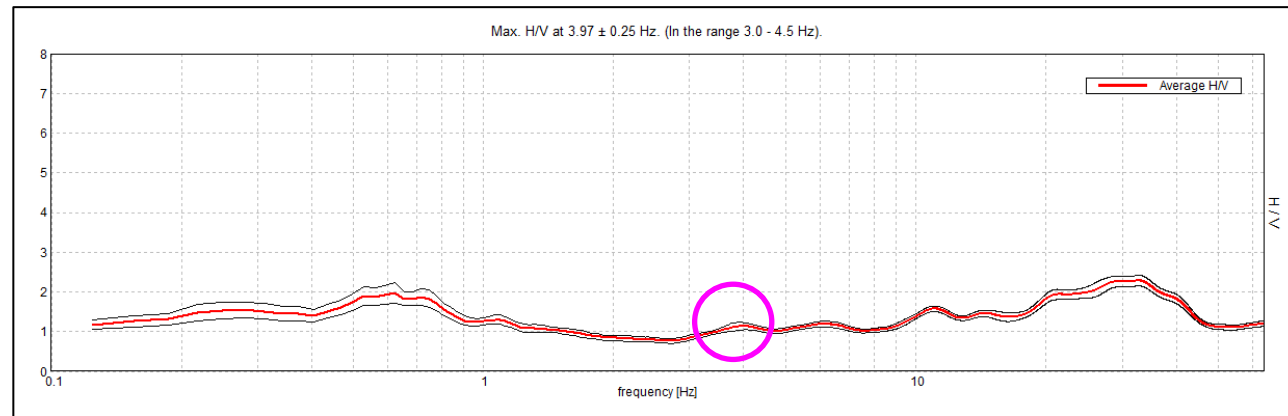
P. Chiara

#### TAVOLA

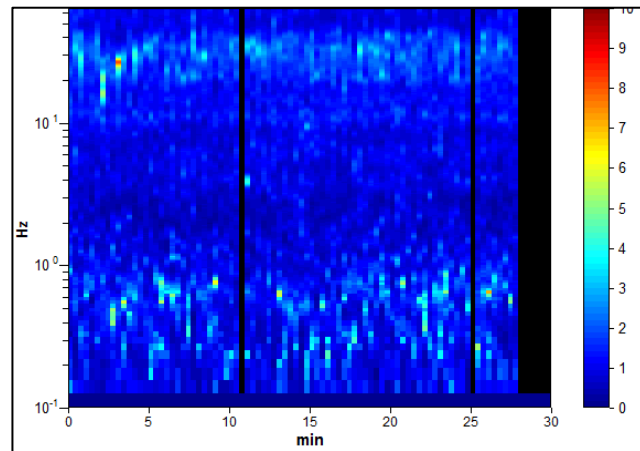
14

# INDAGINE SISMICA – HVSR 03

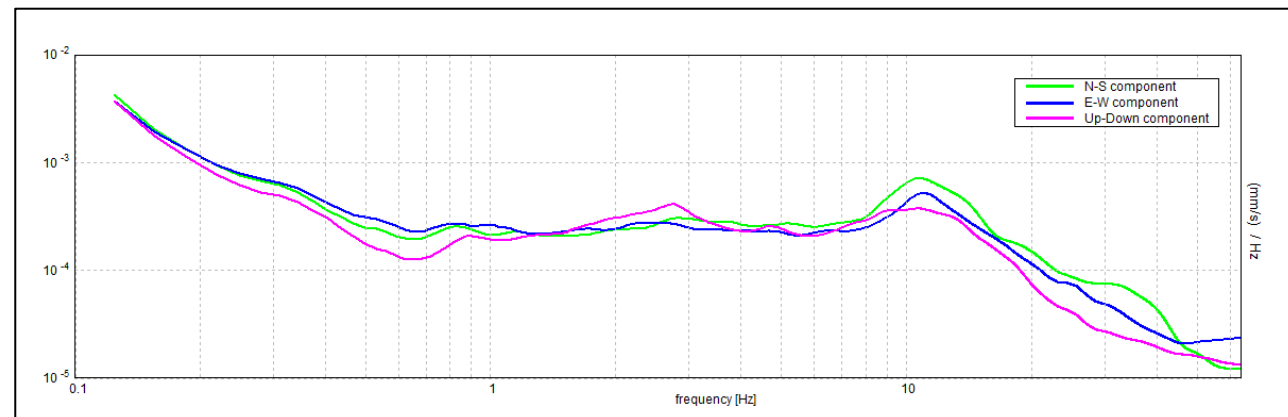
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 03

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 15:51:30 Fine registrazione: 24/01/23 16:21:30  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y- ; X+ X- ; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00" Analizzato 91% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 3.97 ± 0.25 Hz (nell'intervallo 3.0 - 4.5 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.97 > 0.50$	OK
$n_c(f_0) > 200$	$6508.8 > 200$	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 192	OK

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$		NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		NO
$A_0 > 2$	$1.14 > 2$	NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.06379  < 0.05$	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.25315 < 0.19844$	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.0947 < 1.58$	OK

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

#### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
 www.soing.eu



Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

### PROGETTO

PFTE DEL  
 COMPLETAMENTO  
 METAPONTO-SIBARI-REGGIO  
 CALABRIA -  
 BRETTELLA DI SIBARI (CS)

### CLIENTE



#### RIFERIMENTI INTERNI

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 011\_22\_PFTE Bretella SIBARI

### Elaborazione

G. Luciani, E. Benvenuti

### Verifica

A. Morelli

### Approvazione

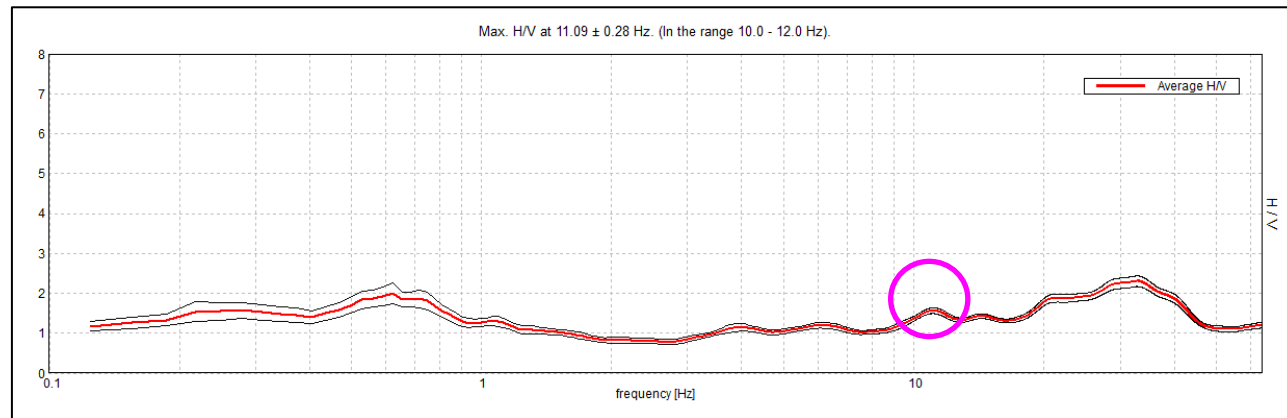
P. Chiara

### TAVOLA

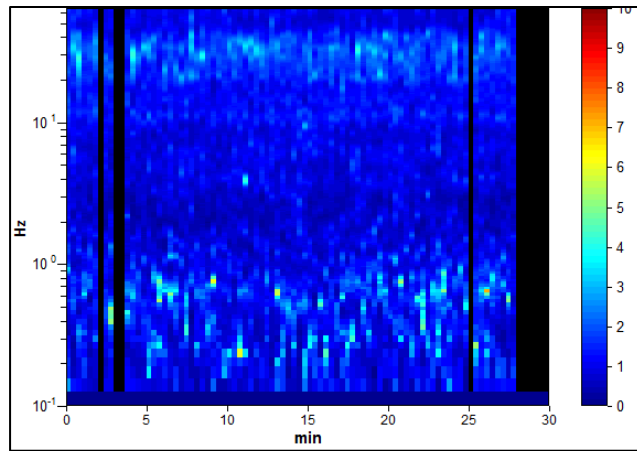
15

# INDAGINE SISMICA – HVSR 03

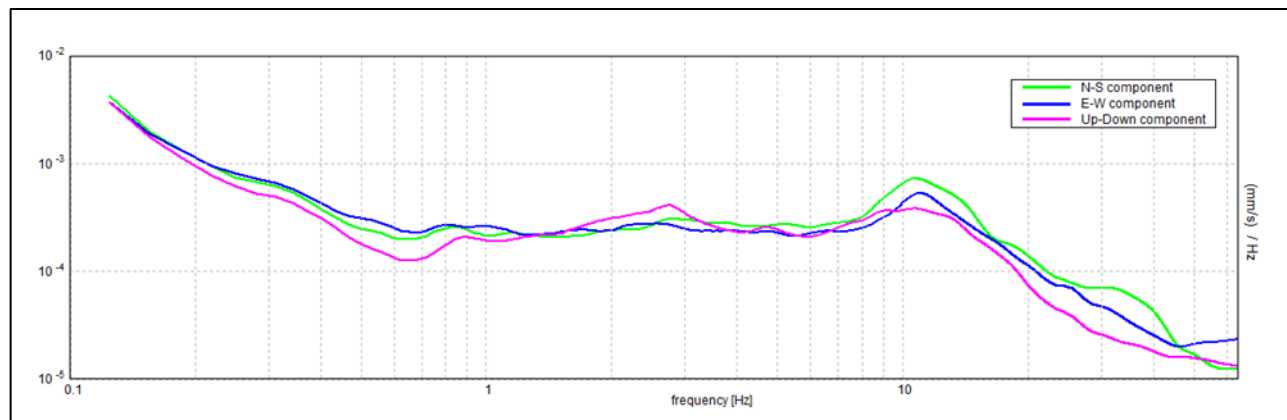
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 03

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 15:51:30 Fine registrazione: 24/01/23 16:21:30  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analizzato 89% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestra: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 11.09 ± 0.28 Hz (nell'intervallo 10.0 - 12.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	11.09 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	17750.0 > 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 534	OK	

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.781 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.56 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02519  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.27946 < 0.55469	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.0721 < 1.58	OK	

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

#### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
 www.soing.eu

Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

**PROGETTO**

PFTE DEL  
 COMPLETAMENTO  
 METAPONTO-SIBARI-REGGIO  
 CALABRIA -  
 BRETTELLA DI SIBARI (CS)

**CLIENTE**

Italferr S.p.A

**RIFERIMENTI INTERNI**

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 011\_22\_PFTE Bretella SIBARI

**Elaborazione**  
 G. Luciani, E. Benvenuti

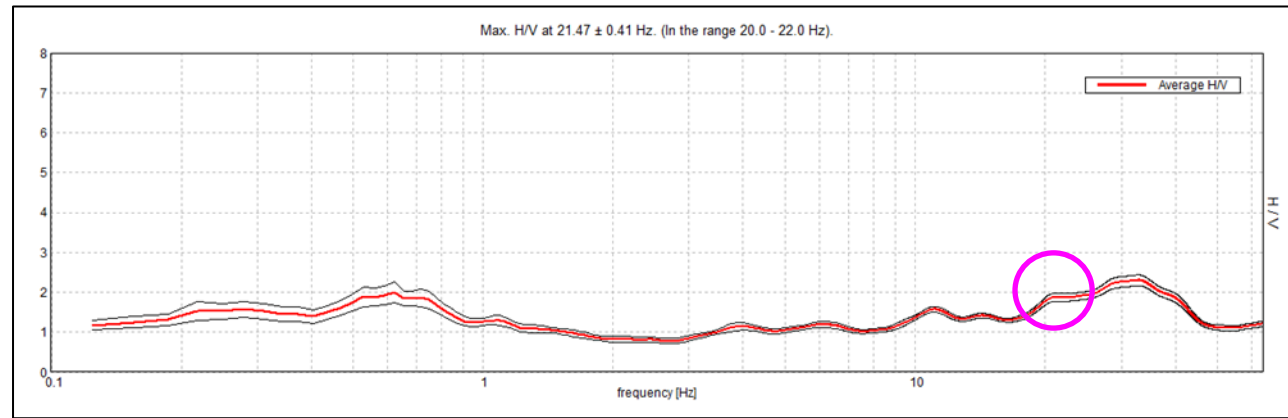
**Verifica**  
 A. Morelli

**Approvazione**  
 P. Chiara

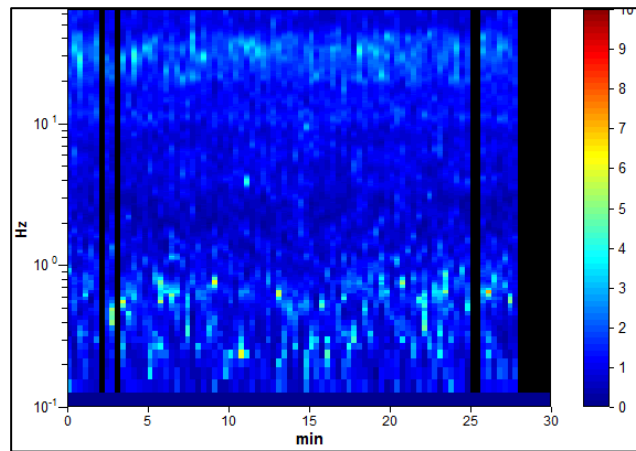
**TAVOLA**  
**16**

# INDAGINE SISMICA – HVSR 03

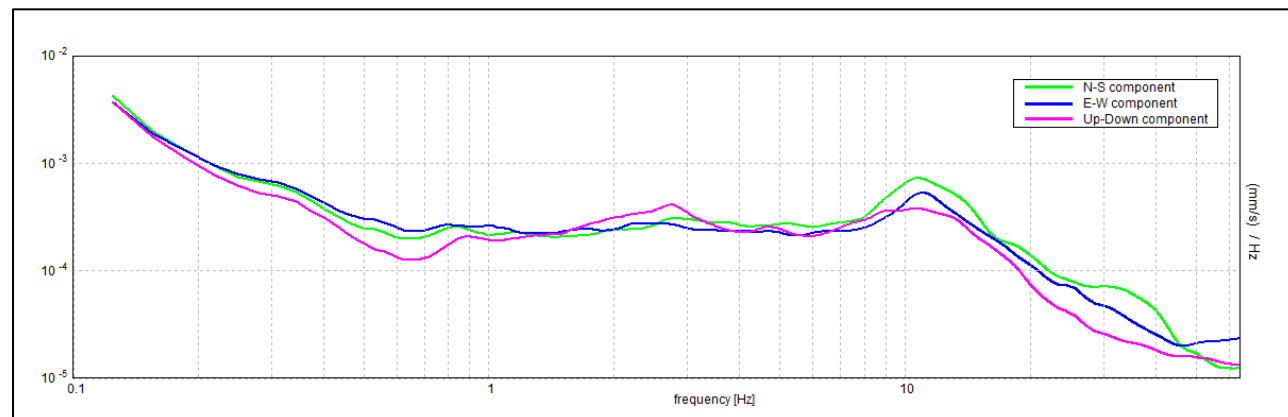
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 03

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 15:51:30 Fine registrazione: 24/01/23 16:21:30  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00" Analizzato 89% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 21.47 ± 0.41 Hz (nell'intervallo 20.0 - 22.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	21.47 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	34350.0 > 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 1032	OK

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$		NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		NO
$A_0 > 2$	1.88 > 2	NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01924  < 0.05$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.413 < 1.07344$	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.103 < 1.58$	OK

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

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

SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
 www.soing.eu

Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

**PROGETTO**

PFTE DEL  
 COMPLETAMENTO  
 METAPONTO-SIBARI-REGGIO  
 CALABRIA -  
 BRETTELLA DI SIBARI (CS)

**CLIENTE**

Italferr S.p.A

**RIFERIMENTI INTERNI**

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 011\_22\_PFTE Bretella SIBARI

**Elaborazione**  
 G. Luciani, E. Benvenuti

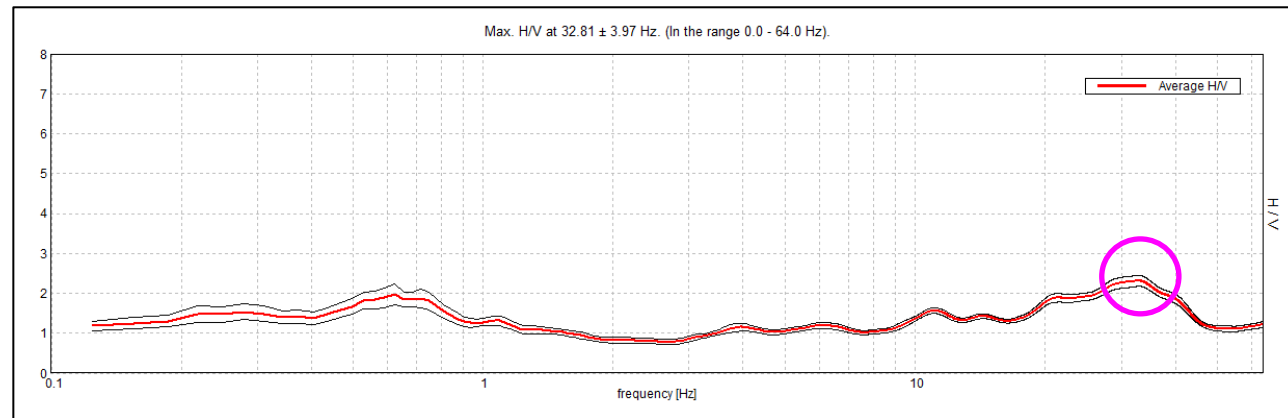
**Verifica**  
 A. Morelli

**Approvazione**  
 P. Chiara

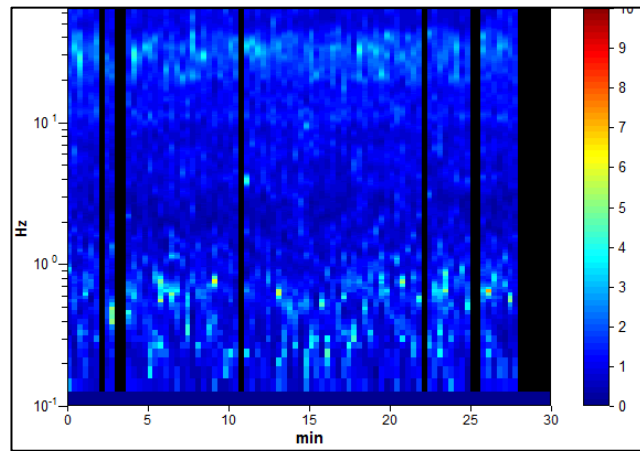
**TAVOLA**  
**17**

# INDAGINE SISMICA – HVSR 03

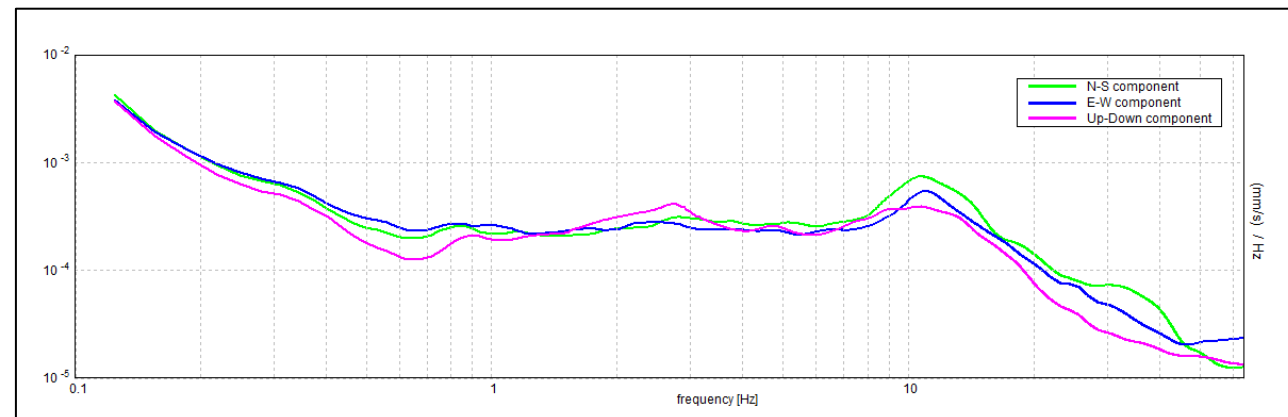
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 03

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 15:51:30 Fine registrazione: 24/01/23 16:21:30  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analizzato 86% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 32.81 ± 3.97 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	32.81 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	50531.3 > 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 1524	OK

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.125 Hz	OK
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	47.844 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.31 > 2	OK
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.12096  < 0.05$	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$3.96899 < 1.64063$	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1383 < 1.58$	OK

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

#### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
 www.soing.eu



Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

#### PROGETTO

PFTE DEL  
 COMPLETAMENTO  
 METAPONTO-SIBARI-REGGIO  
 CALABRIA -  
 BRETTELLA DI SIBARI (CS)

#### CLIENTE



#### RIFERIMENTI INTERNI

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 011\_22\_PFTB Bretella SIBARI

#### Elaborazione

G. Luciani, E. Benvenuti

#### Verifica

A. Morelli

#### Approvazione

P. Chiara

#### TAVOLA

18



# INDAGINE SISMICA – HVSR 04

## Ubicazione dell'indagine



## Fase di acquisizione dati

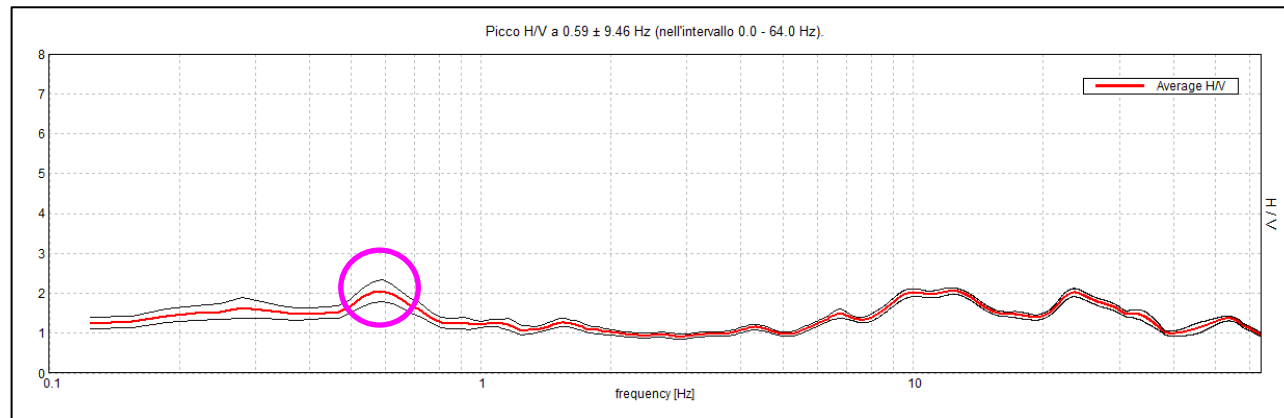


<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC</p>	<p><b>PROGETTO</b></p> <p>PFTE DEL COMPLETAMENTO METAPONTO-SIBARI-REGGIO CALABRIA - BRETTELLA DI SIBARI (CS)</p>	<p><b>CLIENTE</b></p>  Italferr S.p.A <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_2022_geo_ITAFERR 011_22_PFTE Bretella SIBARI</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani, E. Benvenuti</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <p><b>19</b></p>
--	--	---	--	---------------------------------------

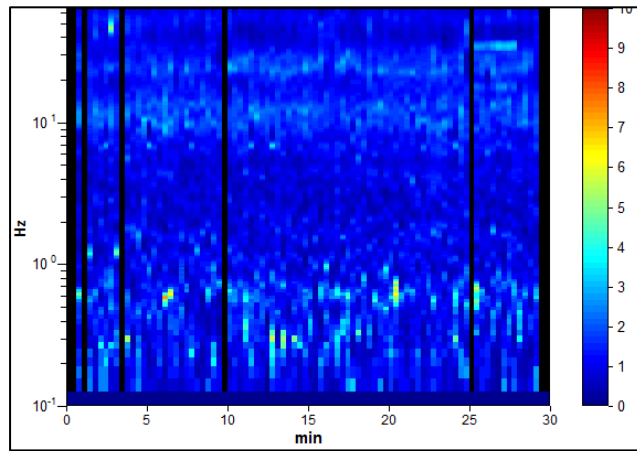


# INDAGINE SISMICA – HVSR 04

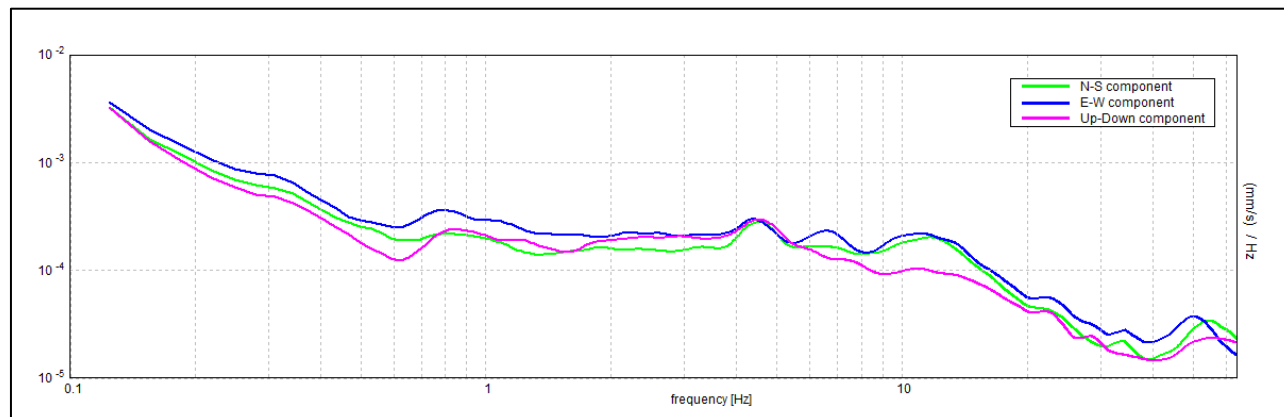
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 04

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 16:28:37 Fine registrazione: 24/01/23 16:58:37  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00" Analizzato 91% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 0.59 ± 9.46 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	0.59 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	973.8 > 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	

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.0 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.06 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	15.93632  < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	9.46219 < 0.08906		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2703 < 2.0	OK	

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

#### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
 www.soing.eu



Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

### PROGETTO

PFTE DEL  
 COMPLETAMENTO  
 METAPONTO-SIBARI-REGGIO  
 CALABRIA -  
 BRETTELLA DI SIBARI (CS)

### CLIENTE



#### RIFERIMENTI INTERNI

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 011\_22\_PFTB Bretella SIBARI

### Elaborazione

G. Luciani, E. Benvenuti

### Verifica

A. Morelli

### Approvazione

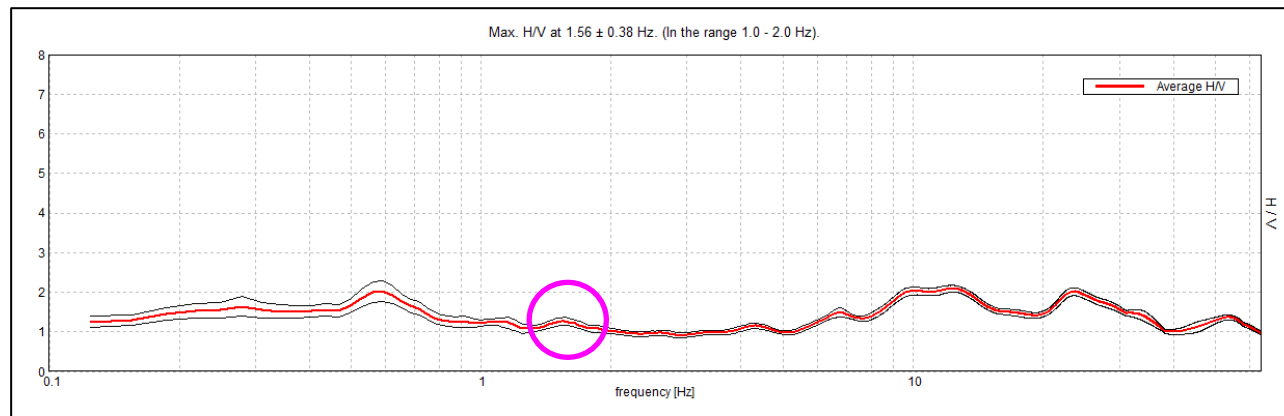
P. Chiara

### TAVOLA

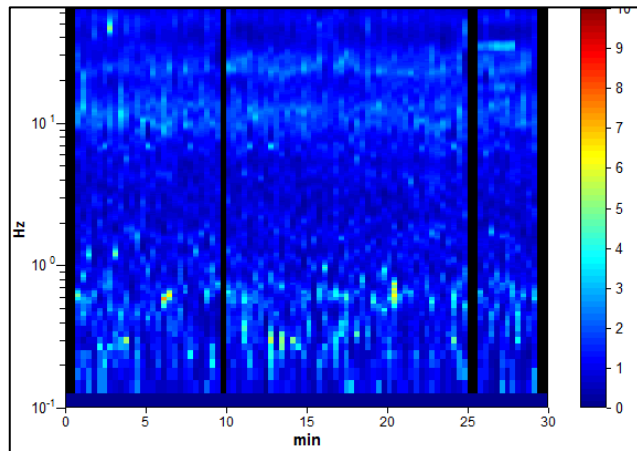
20

# INDAGINE SISMICA – HVSR 04

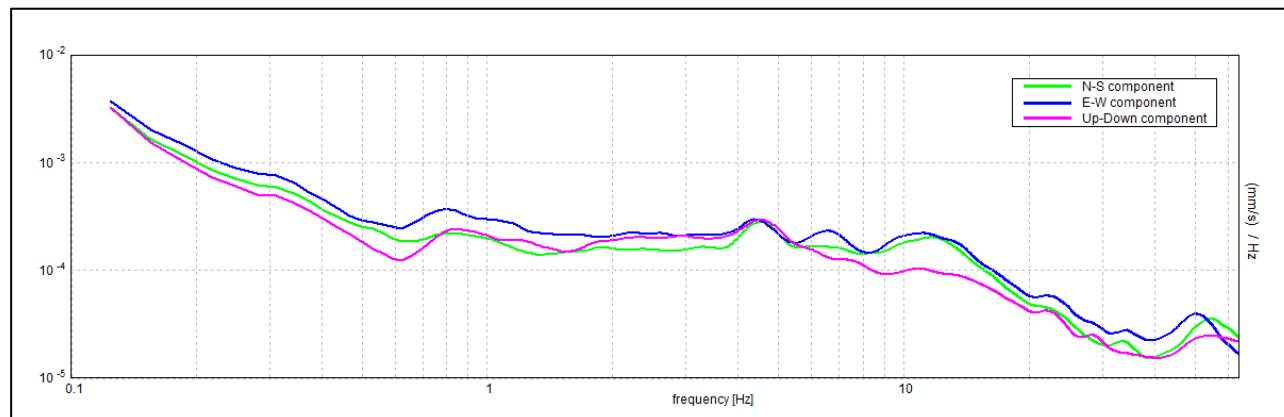
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 04

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 16:28:37 Fine registrazione: 24/01/23 16:58:37  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 1.56 ± 0.38 Hz (nell'intervallo 1.0 - 2.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	1.56 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	2593.8 > 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 76	OK

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$		NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		NO
$A_0 > 2$	1.27 > 2	NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.24025  < 0.05$	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.37539 < 0.15625	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.0997 < 1.78	OK

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

#### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
 www.soing.eu



Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

**PROGETTO**  
 PFTE DEL  
 COMPLETAMENTO  
 METAPONTO-SIBARI-REGGIO  
 CALABRIA -  
 BRETTELLA DI SIBARI (CS)

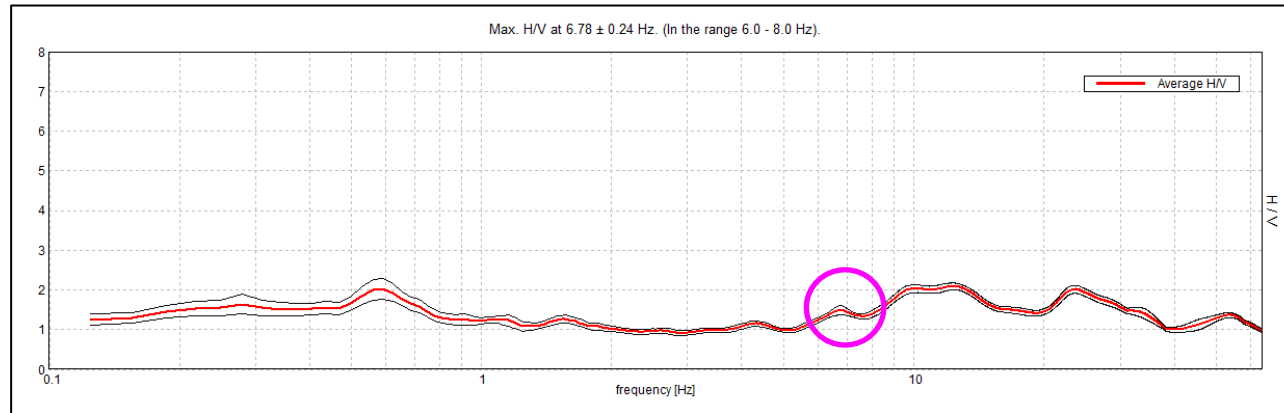
**CLIENTE**  
 Italferr S.p.A  
**RIFERIMENTI INTERNI**  
 CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 011\_22\_PFTE Bretella SIBARI

**Elaborazione**  
 G. Luciani, E. Benvenuti  
**Verifica**  
 A. Morelli  
**Approvazione**  
 P. Chiara

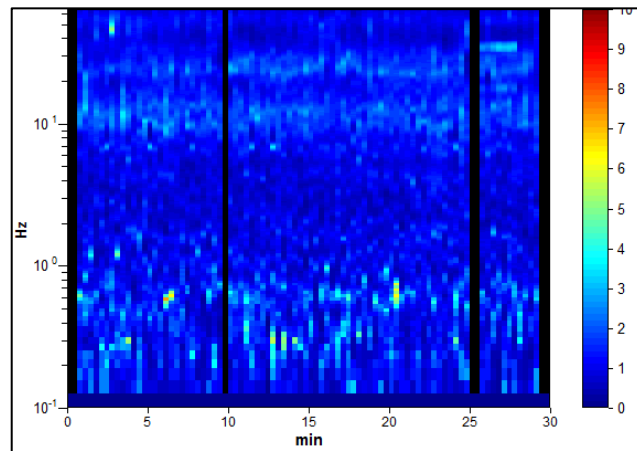
**TAVOLA**  
**21**

# INDAGINE SISMICA – HVSR 04

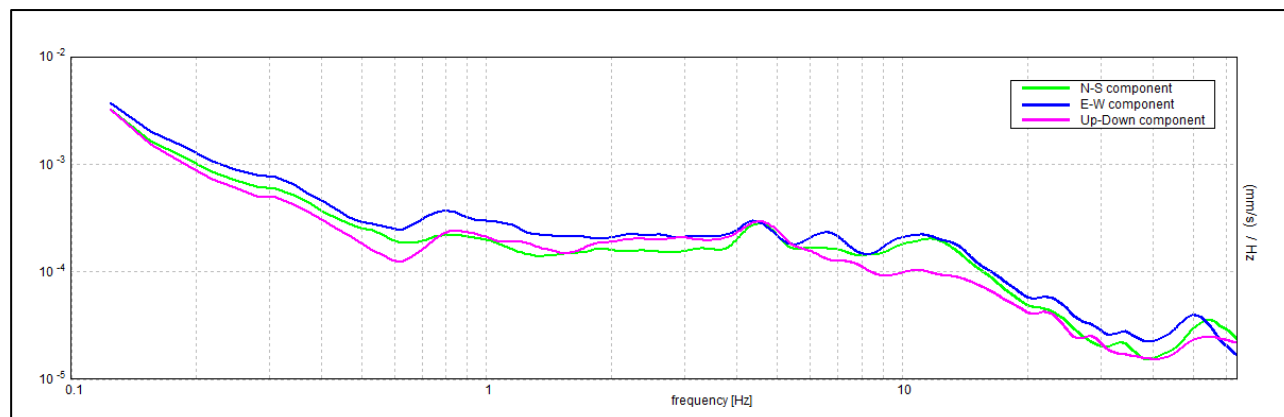
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 04

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 16:28:37 Fine registrazione: 24/01/23 16:58:37  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestra: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 6.78 ± 0.24 Hz (nell'intervallo 6.0 - 8.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	6.78 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	11256.9 > 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 326	OK	

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.49 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03599  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.24407 < 0.33906$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1188 < 1.58$	OK	

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

#### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
 www.soing.eu



Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

#### PROGETTO

PFTE DEL  
 COMPLETAMENTO  
 METAPONTO-SIBARI-REGGIO  
 CALABRIA -  
 BRETTELLA DI SIBARI (CS)

#### CLIENTE



#### RIFERIMENTI INTERNI

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 011\_22\_PFTB Bretella SIBARI

#### Elaborazione

G. Luciani, E. Benvenuti

#### Verifica

A. Morelli

#### Approvazione

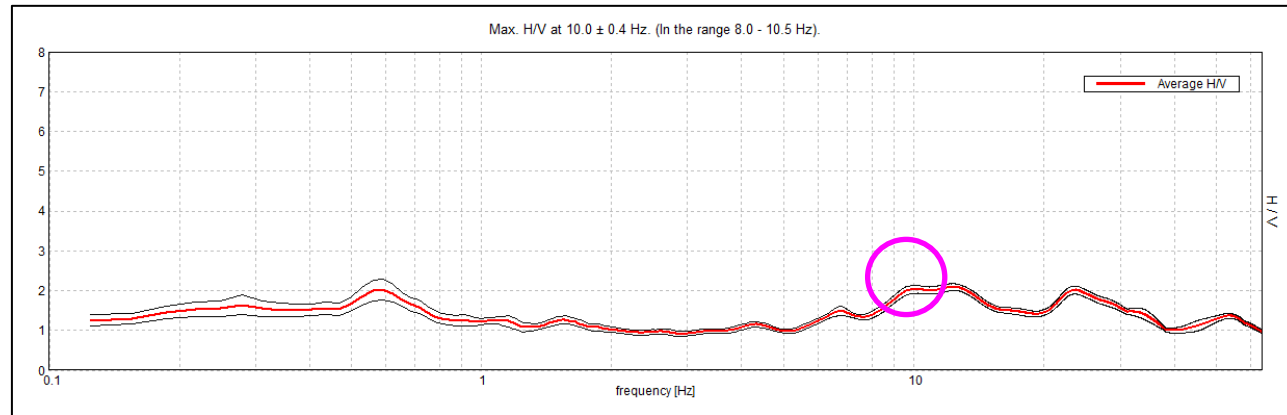
P. Chiara

#### TAVOLA

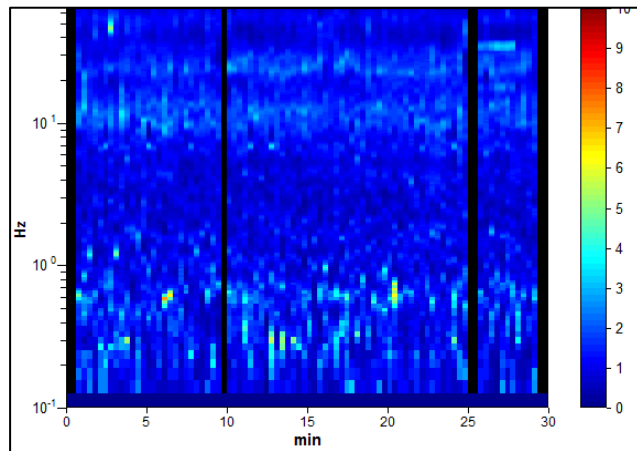
22

# INDAGINE SISMICA – HVSR 04

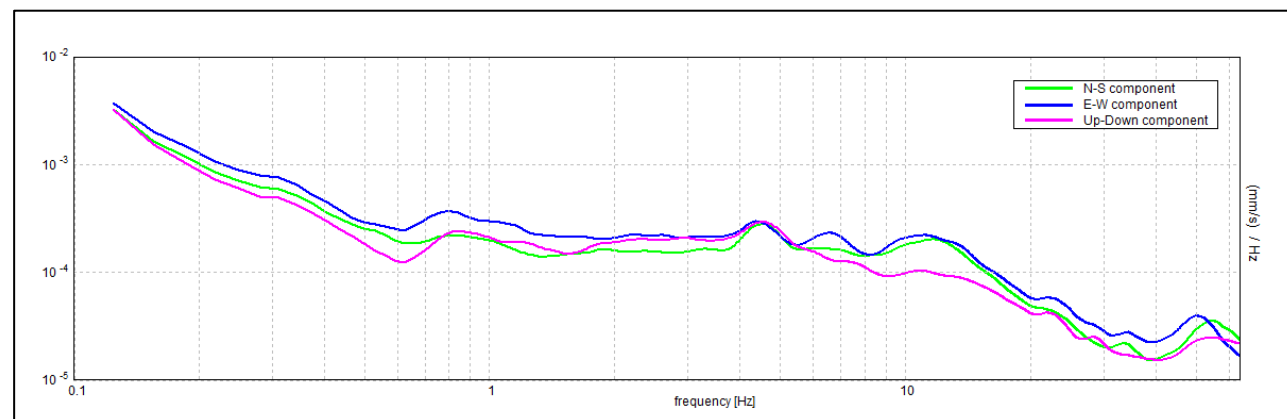
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 04

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 16:28:37 Fine registrazione: 24/01/23 16:58:37  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 10.0 ± 0.4 Hz (nell'intervallo 8.0 - 10.5 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	10.00 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	16600.0 > 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 481	OK

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	5.344 Hz	OK
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	38.313 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.03 > 2	OK
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0395  < 0.05$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.395 < 0.5	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.0982 < 1.58	OK

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

#### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
 www.soing.eu



Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

### PROGETTO

PFTE DEL  
 COMPLETAMENTO  
 METAPONTO-SIBARI-REGGIO  
 CALABRIA -  
 BRETTELLA DI SIBARI (CS)

### CLIENTE



#### RIFERIMENTI INTERNI

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 011\_22\_PFTB Bretella SIBARI

### Elaborazione

G. Luciani, E. Benvenuti

### Verifica

A. Morelli

### Approvazione

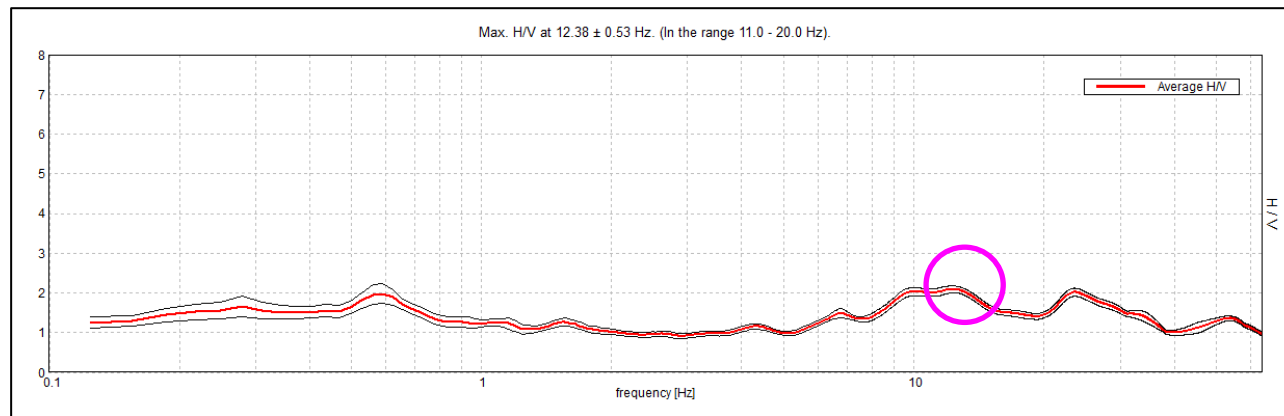
P. Chiara

### TAVOLA

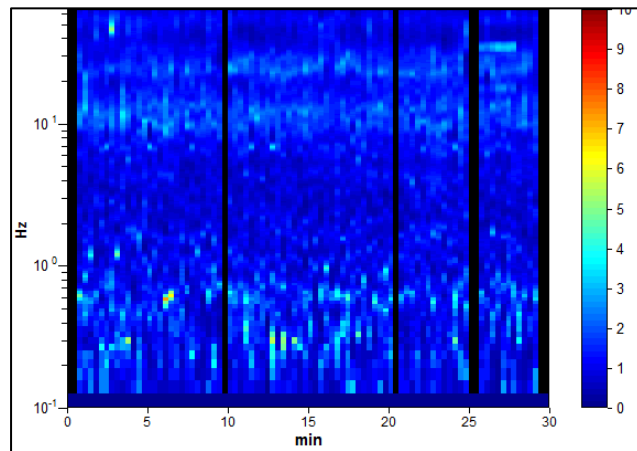
23

# INDAGINE SISMICA – HVSR 04

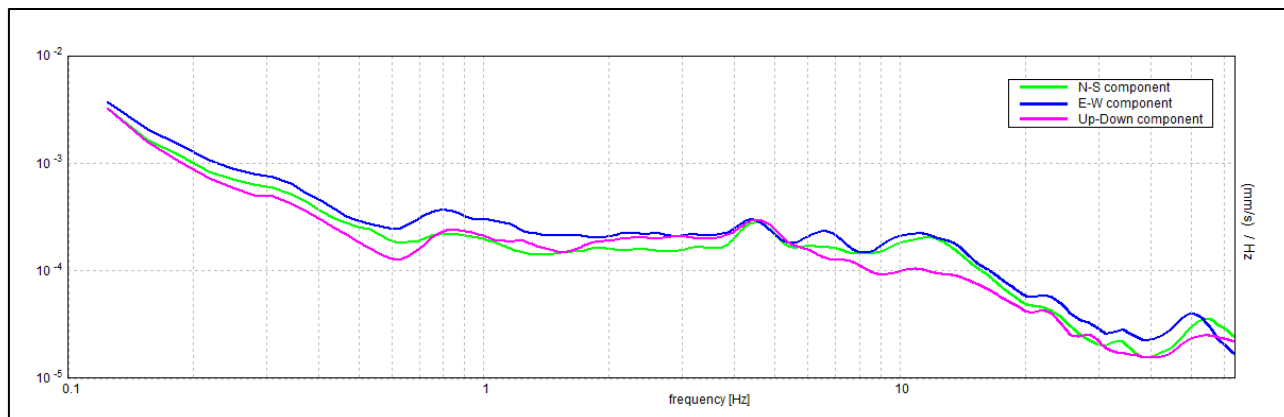
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 04

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 16:28:37 Fine registrazione: 24/01/23 16:58:37  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analizzato 91% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestra: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 12.38 ± 0.53 Hz (nell'intervallo 11.0 - 20.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	12.38 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	20295.0 > 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 595	OK

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	5.438 Hz	OK
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	38.031 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.09 > 2	OK
$f_{\text{picco}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04254  < 0.05$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.52637 < 0.61875	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.0853 < 1.58	OK

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

#### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
 www.soing.eu



Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

### PROGETTO

PFTE DEL  
 COMPLETAMENTO  
 METAPONTO-SIBARI-REGGIO  
 CALABRIA -  
 BRETTELLA DI SIBARI (CS)

### CLIENTE



#### RIFERIMENTI INTERNI

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 011\_22\_PFTE Bretella SIBARI

### Elaborazione

G. Luciani, E. Benvenuti

### Verifica

A. Morelli

### Approvazione

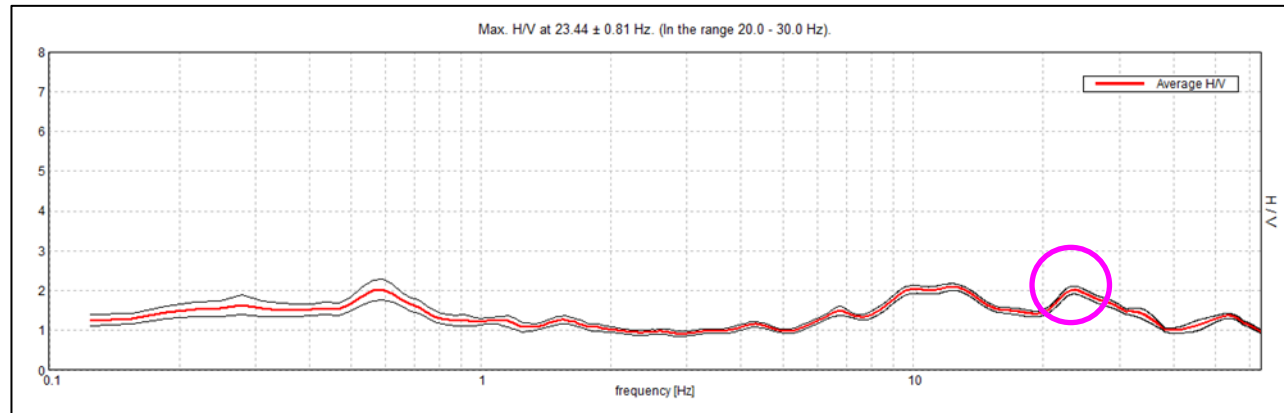
P. Chiara

### TAVOLA

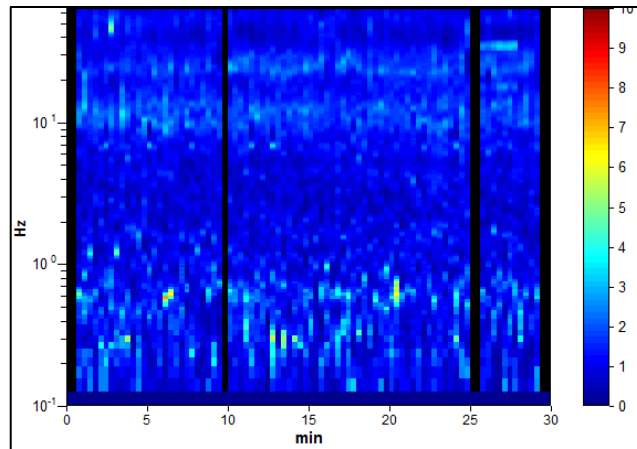
24

# INDAGINE SISMICA – HVSR 04

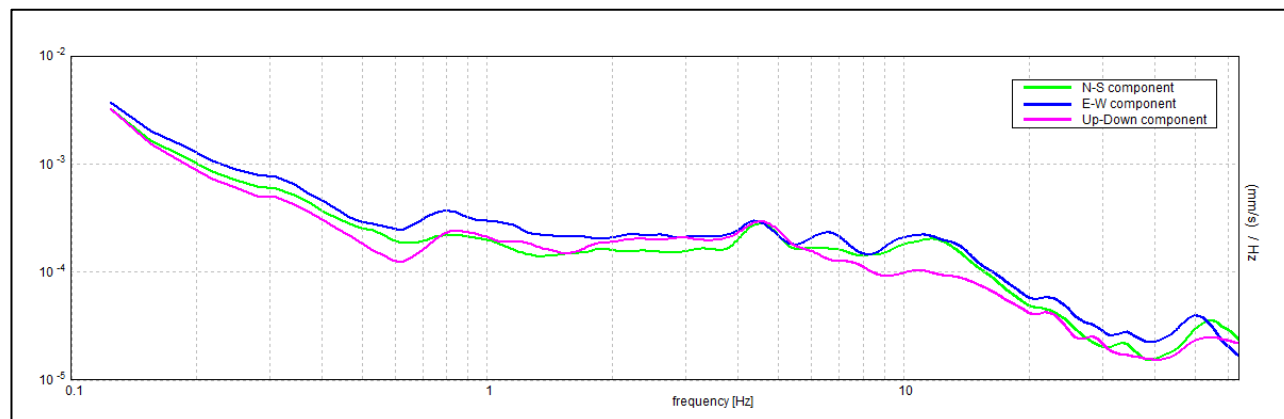
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR SIBARI, SIBARI HVSR 04

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 24/01/23 16:28:37 Fine registrazione: 24/01/23 16:58:37  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down;  
 Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-  
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00" Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 23.44 ± 0.81 Hz (nell'intervallo 20.0 - 30.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	23.44 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	38906.3 > 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 1126	OK	

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			<b>NO</b>
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	38.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.01 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03477  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.81497 < 1.17188	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1019 < 1.58	OK	

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

#### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l.  
 www.soing.eu

Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, lettera c-bis) del D.P.R. n. 380/2001. Decreto di Autorizzazione 44 del 02-02-2022 del CSLP, STC

**PROGETTO**

PFTE DEL  
 COMPLETAMENTO  
 METAPONTO-SIBARI-REGGIO  
 CALABRIA -  
 BRETTELLA DI SIBARI (CS)

**CLIENTE**

Italferr S.p.A

**RIFERIMENTI INTERNI**

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 011\_22\_PFTE Bretella SIBARI

**Elaborazione**  
 G. Luciani, E. Benvenuti

**Verifica**  
 A. Morelli

**Approvazione**  
 P. Chiara

**TAVOLA**

**25**