

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## S.O. GEOLOGIA TECNICA

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

### LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO - PRAIA

INDAGINI GEOFISICHE - SO.IN.G. S.r.l.

Prove MASW, HVSR, Down-Hole e Tomografiche Elettriche di Resistività ERT

SCALA:

-

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

RC2A C1 R 69 IG GE0005 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	P. Chiara	Maggio 2023	S. Giugliano	Maggio 2023	I. D'Amore	Maggio 2023	G. BENEDETTI Maggio 2023
								ITALFERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane Dott. Geol. Giampaolo Beredetti Ordine del Geologi Emilia Romagna n. 1019 Gianluigi Senaldi

File: RC2AC1R69IGGE0005002A.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.....	6
1.3	UBICAZIONI DI DETTAGLIO DELLE INDAGINI.....	6
2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO AREA INDAGINE ERT.....	7
3.	METODOLOGIE IMPIEGATE.....	10
3.1	INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA ERT.....	10
3.1.2	Principi base della tecnica tomografica elettrica (ERT).....	10
3.1.3	Proprietà elettriche del suolo ed interpretazione dei valori di resistività....	11
3.1.4	Configurazione delle misure ed elaborazione dati.....	13
3.2	INDAGINE DOWN HOLE.....	13
3.2.2	Metodologia di misura e strumentazione utilizzata.....	15
3.2.3	Principi teorici.....	16
3.3	INDAGINE SISMICA PER ONDE SUPERFICIALI MASW.....	17
3.3.1	Principi di funzionamento e cenni sul metodo.....	17
3.3.2	Strumentazione utilizzata, configurazione di indagine ed inversione dati.	18
3.4	INDAGINE HVSR.....	18
3.4.1	Principi di funzionamento e cenni sul metodo.....	18
4.	RISULTATI.....	23
4.1	PREMESSA.....	23
4.2	RISULTATI INDAGINI ERT – ALLEGATO 1.....	23
4.2.1	Linea L1.....	24
4.2.2	Linea L2.....	24
4.2.3	Linea L3.....	24
4.2.4	Linea L4.....	25

4.3	RISULTATI INDAGINI DOWN HOLE – ALLEGATO 2.....	25
4.3.1	Prova Down Hole DH L1B-S49ter .....	25
4.4	RISULTATI M.A.S.W. – ALLEGATO 3 .....	28
4.4.1	MASW L1B-S51bis.....	29
4.5	RISULTATI HVSR – ALLEGATO 4.....	30
4.5.1	HVSR L1B-S49ter .....	30
4.5.2	HVSR L1B-S51bis .....	32
5.	CONCLUSIONI .....	34
6.	BIBLIOGRAFIA .....	35
7.	ALLEGATO N.1 – RISULTATI INDAGINI ERT .....	38
8.	ALLEGATO N.2 – RISULTATI INDAGINI SISMICHE IN FORO DOWN HOLE .....	52
9.	ALLEGATO N.3 – RISULTATI INDAGINI SISMICHE M.A.S.W.....	60
10.	ALLEGATO N.4 – RISULTATI INDAGINI SISMICHE H.V.S.R. ....	63

## 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 per il Progetto di Fattibilità tecnica ed economica relativa alla nuova linea ad alta velocità Salerno Reggio-Calabria, Lotto 1C Buonabitacolo-Praia.

In particolare (v. Figura 1.1.1. e 1.1.2) le indagini sono state eseguite nel territorio comunale di Casalbuono (SA).

Le indagini sono state realizzate utilizzando le seguenti metodologie:

- N. 4 indagini tomografiche elettriche di resistività ERT eseguite al fine di ottenere un dettaglio diagnostico elettrostratigrafico per la valutazione della presenza di potenziali cavità e di zone soggette a carsismo nel sottosuolo.
- N. 1 indagine sismica in foro di tipo Down Hole, che consentono la caratterizzazione di dettaglio ai fini geotecnici dei terreni di fondazione, fornendo i parametri dinamici relativi, oltreché di determinare la categoria di sottosuolo mediante il parametro  $V_{s,eq}$  (NTC 2018).
- N. 1 indagine sismica 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. 2 registrazioni di microtremore sismico ambientale con tecnica HVSR, al fine di ottenere delle misure dirette delle frequenze di risonanza dei terreni sovrastanti il "bedrock".

L'ubicazione delle indagini eseguite è visibile nelle figure alla pagina seguente.

Il presente documento, oltre a riportare le evidenze dei risultati emersi dalla campagna di acquisizione dati condotta in sito, contiene una descrizione sintetica della metodologia geofisica utilizzata.



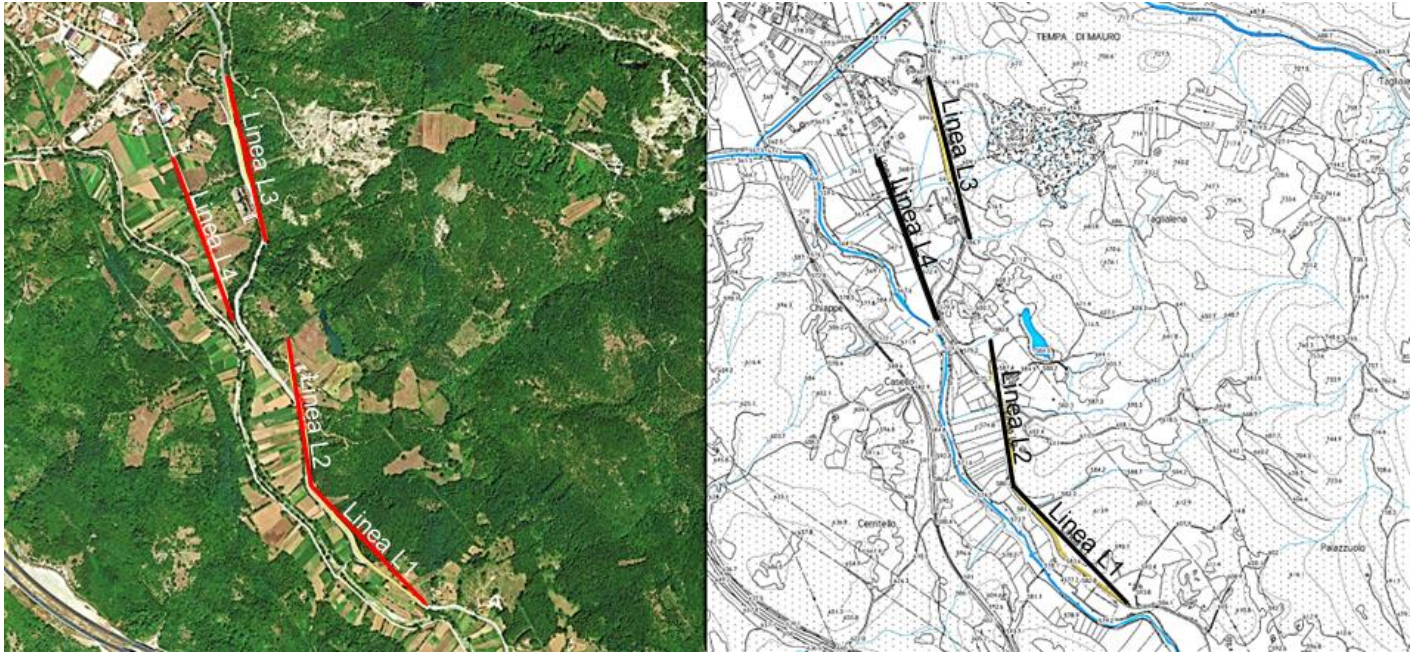


Figura 1.1.1: Ubicazione delle linee ERT eseguite e delle relative sezioni elaborate sia su foto satellitare (Google) che su base topografica 1:5.000 del Comune di Casalbuono.

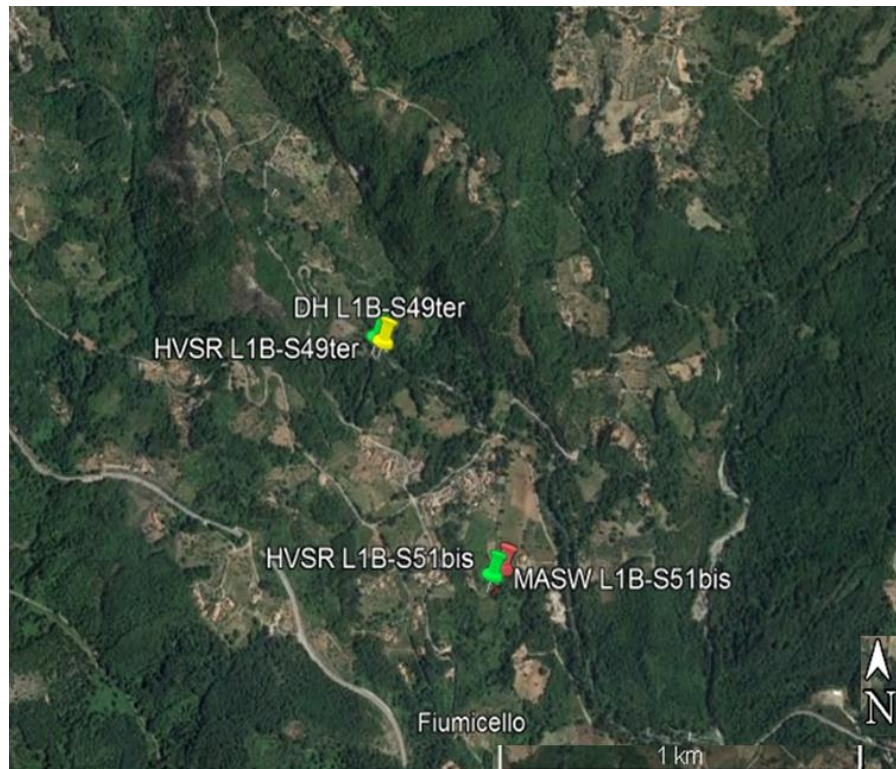


Figura 1.1.2: Ubicazione delle indagini sismiche eseguite su foto satellitare (Google).

## 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 Applicativa.
- Linee Guida per Indagini Geofisiche, Associazione Società di Geofisica.

## 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
L1	40.201752° LAT, 15.697639° LON	40.198752° LAT, 15.701391° LON
L2	40.205392° LAT, 15.696946° LON	40.201759° LAT, 15.697629° LON
L3	40.212001° LAT, 15.694995° LON	40.207921° LAT, 15.696271° LON
L4	40.209966° LAT, 15.693236° LON	40.205950° LAT, 15.695119° LON

*Tabella 1.3.1 – Ubicazioni delle indagini ERT.*

Prova	Coordinate indagine
DH L1B-S49ter	40.065015° LAT, 15.770284° LON

*Tabella 1.3.2 – Ubicazioni dell'indagine Down Hole.*

Prova	Coordinate inizio stendimento	Coordinate fine stendimento
MASW L1B-S51bis	40.059527° LAT, 15.774253° LON	40.059905° LAT, 15.774464° LON

*Tabella 1.3.3 – Ubicazioni dell'indagine MASW.*

Prova	Coordinate indagine
HVSR L1B-S49ter	40.065110° LAT, 15.770092° LON
HVSR L1B-S51bis	40.059525° LAT, 15.773997° LON

*Tabella 1.3.4 – Ubicazioni delle indagini HVSR.*

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO AREA INDAGINE ERT

L'assetto geologico locale nella tratta indagata mediante ERT è noto principalmente sulla base della letteratura di merito e delle stratigrafie derivate dai sondaggi a carotaggio continuo realizzati in corrispondenza o in prossimità delle aree di prospezione geofisica.

L'area indagata è caratterizzata dalla presenza di rocce sedimentarie carbonatiche (prevalentemente calcari e dolomie, v. Figure 2.1 e 2.2) di origine marina, derivate in massima parte dall'accumulo di resti scheletrici di organismi marini o da prodotti della loro attività biologica (biocostruzione), depositatisi in un mare poco profondo.

Le unità ricorrenti sono quelle descritte nella carta geologica e sua Legenda, di seguito riportate e contenute nell'Allegato Grafico 1 alle Tavole 2 e Tavola 2a, indicate con le sigle "b<sub>n</sub>, RDT e CRQ". Si riferiscono a depositi alluvionali recenti e terrazzati (b<sub>n</sub>), fluviali ghiaioso-sabbiosi e subordinatamente sabbioso-limosi, riconducibili a diverse fasi di accumulo, con spessori variabili da pochi ad alcune decine di metri; calcari a radiolitidi (RDT) con spessore variabile intorno ai 150m nella zona di Casalbuono; calcareniti (CRQ) con requenie e gasteropodi, subordinatamente dolomie e calcari dolomitici e livelli pseudo-conglomeratici con clasti calcarei in matrice marnoso argillosa e calcareniti bioclastiche ad alveonidi. Tra i macrofossili gasteropodi, requienidi e rari caprinidi. Costituiscono un sistema carsico, caratterizzato dalla presenza di zone di fratturazione con discontinuità, cavità e fessure, perlopiù riempite da argille residuali, da depositi sabbioso ghiaiosi, con circuiti carsici anche di dimensioni decametriche.

Dai sondaggi a carotaggio continuo realizzati in zona e da un rilevamento visivo speditivo, gli ammassi rocciosi risultano con un grado di fratturazione e alterazione molto variabile.

Nelle porzioni in cui la fratturazione e l'alterazione sono particolarmente intense, una matrice limo argillosa risulta essere dominante.

Si osservano inoltre, in affioramento, fenomeni di microcarsismo talvolta pervasivi delle bancate di roccia.

Anche la circolazione delle acque sotterranee risente della variabilità di assetto geostrutturale degli ammassi rocciosi e della distribuzione del reticolo carsico. Infatti laddove gli ammassi si presentano poco fratturati e poco carsificati la circolazione è limitata alle poche discontinuità presenti e l'ammasso presenta basse conducibilità idrauliche. Una bassa conducibilità idraulica è stata riscontrata anche laddove l'ammasso si presenta molto fratturato ma con fratture riempite da matrice sabbioso-limoso. Per contro, laddove l'ammasso si presenta mediamente o molto fratturato con riempimento debole o assente, e in presenza di reticoli carsici, esso presenta i maggiori valori di conducibilità idraulica. In presenza di reticoli di cavità carsiche libere da riempimenti e di grandi dimensioni il deflusso delle acque sotterranee può raggiungere velocità molto elevate in regime turbolento.

Tali variazioni sia in termini di intensità di fratturazione sia in termini di riempimento



delle fratture determina delle variazioni nelle proprietà geoelettriche dei depositi che possono essere indagate con le metodologie di seguito descritte.

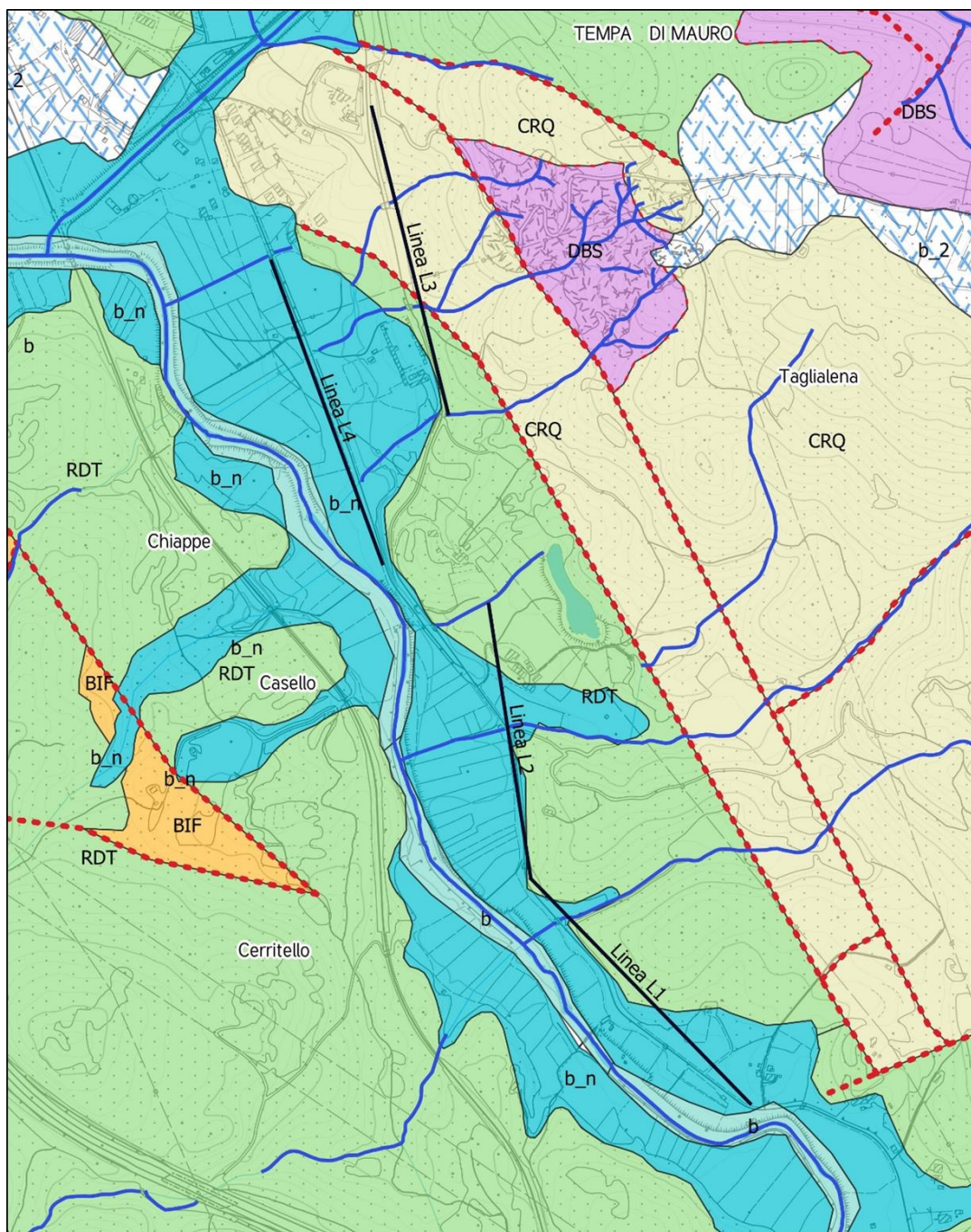


Figura 2.1: Stralcio carta geologica dell'area

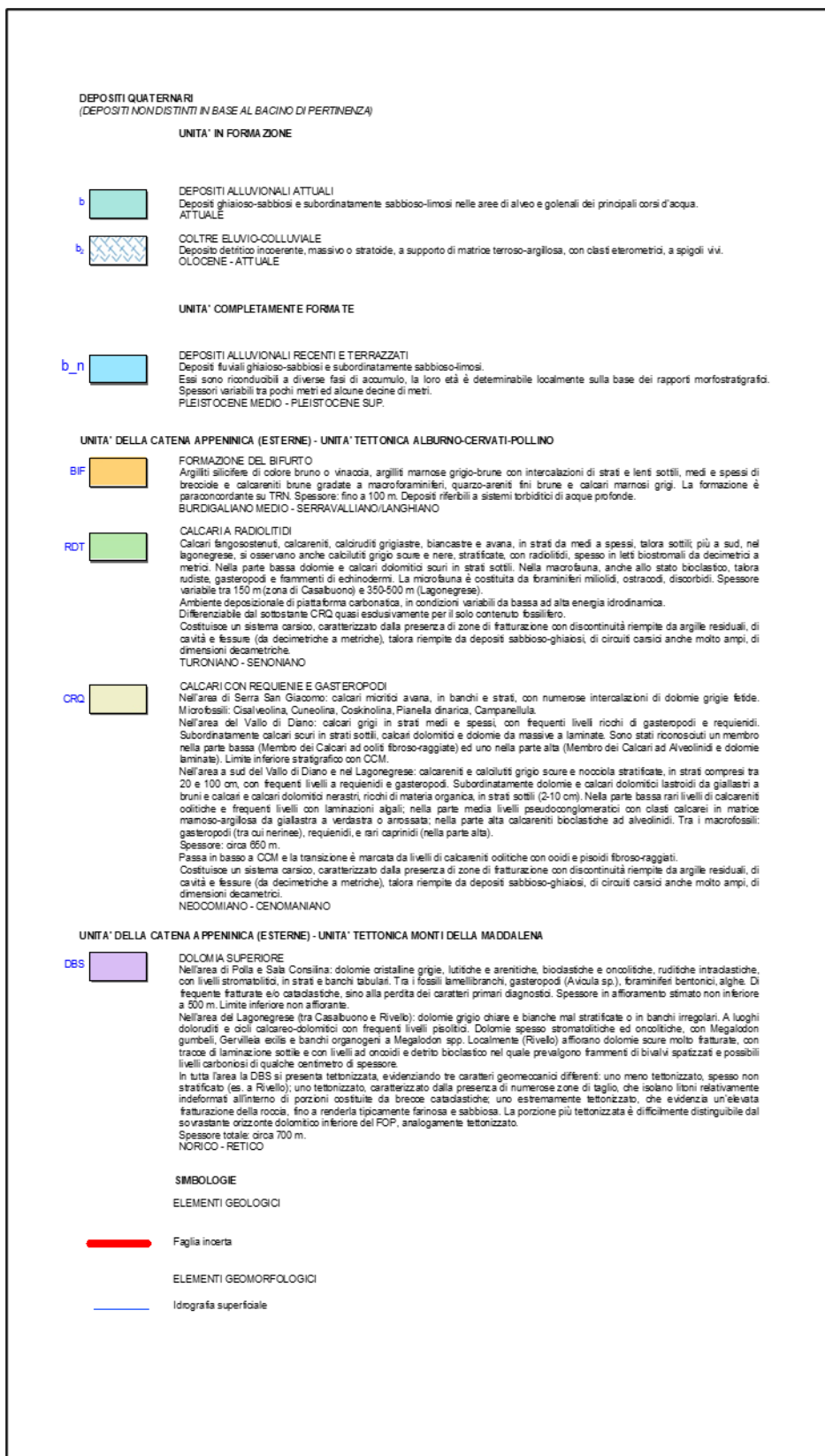


Figura 2.2: Legenda della Carta Geologica dell'area

### 3. METODOLOGIE IMPIEGATE

#### 3.1 INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA ERT

##### 3.1.1 Strumentazione

La strumentazione adottata (Syscal Pro fino a 96 canali a commutazione concentrata, prodotto da IRIS Instruments, Francia), ha permesso di eseguire misure di alta precisione, con correnti indotte fino ad oltre 2 Ampere. Inoltre, in fase di acquisizione lo strumento prevede la continua ed automatica compensazione del potenziale spontaneo, specie nei casi in cui tale valore è risultato essere dell'ordine di qualche decina di millivolts.



Figura 3.1.1.1: Georesistivometro - Syscal Pro (Iris Instruments).

Il Syscal-Pro utilizzato, rispetto ai georesistivimetri di più classica concezione, ha la possibilità di ricevere su 10 coppie di elettrodi contemporaneamente, abbattendo di un ordine di grandezza il tempo necessario per l'acquisizione.

##### 3.1.2 Principi base della tecnica tomografica elettrica (ERT)

Il metodo della tomografia elettrica (ERT, Electrical Resistivity Tomography), si basa sulla misura eseguita sulla sequenza di migliaia di quadripoli, ciascuno di essi caratterizzato da due elettrodi di potenziale (detti convenzionalmente MN) che misurano la caduta di potenziale " $\Delta V$ " a seguito di una corrente elettrica " $I$ " immessa nel sottosuolo da una diversa coppia di elettrodi, detti AB. I diversi valori di resistività elettrica misurati (resistività apparenti  $\rho_a$ ), ciascuno aggregato ad un punto diverso nel volume del terreno, in profondità, dipendono pertanto da " $\Delta V$ " e " $I$ " secondo la seguente relazione generale:



$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

che è funzione, oltre che della posizione reciproca dei quattro elettrodi anzidetti (dipendenza contenuta nella costante K, che ne definisce il fattore geometrico), della distribuzione del valore del parametro di resistività elettrica nel sottosuolo interessato dalla propagazione della corrente "I"; il parametro citato della resistività elettrica è quello che permette di caratterizzare il diverso comportamento elettrico dei materiali indagati. Esso fornisce un supporto in termini di caratterizzazione del sottosuolo, nonché informazioni estensive per integrare le conoscenze derivanti dalle informazioni stratigrafiche provenienti dalle indagini dirette puntuali, quali sondaggi geognostici, allo scopo di estendere sensibilmente la conoscenza della stratigrafia e di altri attributi geologici, geomorfologici e idrogeologica dei terreni all'intera area oggetto di indagine geofisica.

### 3.1.3 Proprietà elettriche del suolo ed interpretazione dei valori di resistività

La resistività dei sedimenti è controllata principalmente dai seguenti fattori:

- grado di saturazione dei pori,
- porosità,
- fluidi,
- salinità del fluido, se presente nei pori,
- temperatura,
- eventuale presenza di sostanze organiche (idrocarburi, solventi, ecc.),
- presenza di argilla,
- presenza di minerali particolari (ad esempio le miche, minerali metalli),
- grado di compattazione.

La relazione empirica proposta da Archie è valida per suoli avente scarsa componente argillosa (sabbie, ghiaie):

$$\rho_s = \rho_f a \phi^{-n} S^{-m}$$

dove:

- $\rho_s$ : resistività ( $\Omega \cdot m$ ) del suolo parzialmente saturo di fluido,
- $\rho_f$ : resistività ( $\Omega \cdot m$ ) del fluido presente nei pori,
- **S**: frazione del volume di pori occupata dal fluido,
- **m**: coefficiente di saturazione (solitamente assunto essere pari a 2),
- **a**: costante empirica, detta di Winsaur (tipico per sabbia: 0.62)

- $n$ : coefficiente empirico, detto di "tortuosità" (tipico per sabbia: 2.15),
- $\phi$ : porosità del suolo .

La resistività del fluido  $\rho_f$  è calcolabile qualora si conoscano le concentrazioni di ioni in soluzione (ad es.  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ , ecc.) utilizzando la formula

$$\rho_f = 0.0123 + 10^{(3.562 - 0.955 \log_{10} C)}$$

dove  $C$  è la somma delle concentrazioni (pesate da opportuni coefficienti ricavati sperimentalmente per ciascun ione) di tutti gli ioni presenti.

In linea generale, la distribuzione della resistività elettrica consente di discriminare eventuali variazioni dei/nei geomateriali dovute alla presenza di litologie differenti o con caratteristiche di maggior o minor cementazione, fratture o discontinuità tettoniche. Inoltre è possibile risolvere la presenza di potenziali cavità o di sostanze fluide a comportamento elettrico resistivo o conduttivo all'interno dei pori e fratture dell'ammasso oggetto d'indagine.

Rispetto al modello elettrostratigrafico medio rappresentativo di un sito d'indagine, le variazioni di resistività verso valori più alti sono rappresentate da viraggi verso il colore rosso (così come sono rappresentate le scale di rappresentazione della resistività nelle tavole degli allegati grafici); oppure nel caso di variazioni di umidità, circolazione d'acqua, maggior contenuto in componenti limo-argillosi, le resistività si evidenziano graficamente con viraggi verso valori relativamente più bassi (rappresentati dal colore viola-blu-azzurro nelle medesime tavole degli allegati grafici succitati).

Nel caso di presenza di argilla, i cationi adsorbiti sulla superficie delle particelle di tale sostanza offrono cammini addizionali per la corrente elettrica e quindi aumentano la conducibilità dei sedimenti. Esistono relazioni semi-empiriche valide per il calcolo della resistività di sedimenti con componente argillosa non trascurabile, che non porteremo in questo contesto.

Terreni sabbio-limosi o ghiaioso-sabbiosi, se saturi, risultano sempre più conduttivi rispetto ai medesimi asciutti.

In contesti geologici rappresentativi del caso in esame, con presenza di rocce carbonatiche soggette ad intensa fratturazione, alterazione e carsismo, come già ribadito nell'inquadramento geologico al precedente Capitolo 2, il comportamento elettrico dei geomateriali può risultare molto variabile. Brusche variazioni laterali o verticali di resistività possono essere indice di cavità carsiche vuote o riempite di materiali terrigeni (argille). Se la cavità risultasse vuota ed asciutta, avrebbe nucleo altamente resistivo; nei casi di riempimenti o di circolazione d'acqua il nucleo dell'anomalia sarebbe, al contrario, basso resistivo. I calcari compatti o dolomitizzati presentano caratteristiche alto resistive, che si riducono all'aumentare del grado di fratturazione e della conseguente circolazione di acque, alterazione e deposizione di materiali fini.



### 3.1.4 Configurazione delle misure ed elaborazione dati

Per ottenere una copertura ottimale dell'area prevista di indagine sono state acquisiti n. 4 profili distinti utilizzando basi con cavi multiconduttori a 96 elettrodi.

La spaziatura elettrodica utilizzata è stata di 5,0 m o leggermente inferiore (passo 3m) per motivi logistici (v. Linea L3).

Nei profili d'indagine sono state impiegate configurazioni miste Wenner-Schlumberger e Dipolo-Dipolo e Polo-Dipolo, in modo da sfruttare, di ognuna, le diverse sensibilità intrinseche laterali e verticali.

In particolare per ogni linea l'acquisizione Polo-Dipolo è stata ripetuta due volte spostando il polo in direzioni opposte per una successiva verifica di eventuali fenomeni di distorsione della risposta elettrica profonda.

L'elaborazione bidimensionale delle misure di campagna è stata effettuata con software di elaborazione 2D e 3D (ERTLab, USA-Italia) a discretizzazione FEM, che prevede una correzione topografica, una procedura di inversione robusta con possibile inserimento di vincoli complessi e consente di ricostruire la distribuzione di resistività reale in due e tre dimensioni attraverso inversione completa dei dati (basata in linea di principio sulla "Occam inversion").

Le sezioni ottenute sono rappresentate nelle figure degli allegati grafici seguendo un criterio di presentazione sinottica. La rappresentazione dei dati consiste in immagini o viste tomografiche del parametro di resistività elettrica visualizzato mediante campiture a colori caratterizzate da una scala cromatica rappresentativa della dinamica dei valori di resistività elettrica incontrati (espressi in Ohm·m).

Tale rappresentazione, consentendo di identificare aree elettricamente omogenee (medesimo comportamento cromatico), permette di identificare gli ammassi di materiale con caratteristiche affini.

## **3.2 Indagine DOWN HOLE**

### 3.2.1 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:

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

con

$h_i$  = spessore dello strato  $i$ -esimo;

$V_{S,i}$  = velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;

$N$  = numero di strati;

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/sec.

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.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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>

### 3.2.2 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 3.2.2.1: 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.

### 3.2.3 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).

### 3.3 Indagine sismica per onde superficiali MASW

#### 3.3.1 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 (si veda la trattazione al precedente paragrafo § 3.2.1).

### 3.3.2 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).

## **3.4 Indagine HVSR**

### 3.4.1 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 fm 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

- contenuto in frequenza;
- risposta strumentale;
- 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).



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1C BUONABITACOLO – PRAIA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>				
	<b>Indagini geofisiche – SO.IN.G. S.r.l.</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO C1 R 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 002

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.

### 3.4.2 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  $\sim$ );
- 3 canali velocimetrici per la registrazione di vibrazioni forti (fino a  $\pm 5$  cm/s  $\sim$ );
- 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 3.4.2.1: Tromografo per la misura microtremori - TROMINO©Engi



**LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA**  
**NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA**  
**LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA**  
**LOTTO 1C BUONABITACOLO – PRAIA**  
**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA**

**Indagini geofisiche – SO.IN.G. S.r.l.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1 R 69	IG	GE0005 002	A	22 di 71

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 dello strumento 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.

## 4. RISULTATI

### 4.1 Premessa

I risultati relativi alle indagini geofisiche, acquisite ed elaborate secondo quanto indicato nel Paragrafo 3.1.4, sono visibili nell'Allegato 1 ed analizzati nel paragrafo seguente.

### 4.2 Risultati indagini ERT – Allegato 1

Nelle varie tavole è visibile l'ubicazione degli elettrodi e delle sezioni elaborate sia su immagine satellitare che su base della cartografia geologica.

Le sezioni ottenute presentano una profondità di investigazione media di circa 140 m dal piano campagna.

Dallo studio delle varie sezioni è stato possibile suddividerle in porzioni caratterizzate da intervalli di resistività definiti. I dati dei sondaggi geognostici e la visione diretta dei materiali affioranti hanno consentito l'interpretazione geologica di tali porzioni.

In particolare osservando i valori di RQD elaborati sui sondaggi di taratura L1B-S45ter e L1B-S45quater si evince una chiara relazione tra comportamento elettrico degli strati ed il loro grado fratturazione. A valori mediamente alti di RQD corrispondono zone mediamente di alta resistività, mentre al contrario a valori mediamente bassi di RQD corrispondono a zone meno resistive.

Di conseguenza le zone alto resistive (> 100 Ohm-m) sono interpretabili come calcari, da poco fratturati a compatti.

Le zone a medio bassa resistività, ossia con resistività compresa tra 30 e 100 Ohm-m, sono interpretabili come calcari da molto a moderatamente fratturati, alterati e con possibile circolazione d'acqua.

Si riconoscono inoltre anomalie basso resistive, caratterizzate da valori inferiori a 30 Ohm-m e dalla forma allungata verticalmente. Tali anomalie sono poste principalmente in corrispondenza o nell'intorno degli impluvi del reticolo superficiale, impostati probabilmente su fratture o faglie che interessano il substrato carbonatico.

Le medesime anomalie sono state interpretate come porzioni fortemente fratturate, alterate e ricche in matrice limo-argillosa e con possibile circolazione di acqua. Nelle sezioni elettrostratigrafiche sono stati delimitati ulteriormente i depositi alluvionali ed eluvio-colluviali poggiati sul substrato.

Lungo le varie sezioni di tomografia elettrica sono segnalati i principali impluvi presenti, in corrispondenza dei quali si verificano abbassamenti di resistività elettrica da mettere in relazione a possibili sistemi di faglie secondarie sui quali si è impostato il reticolo idrografico. Tali zone sono quindi caratterizzate da un alto grado di fratturazione e possibile circolazione d'acqua.

Nel seguito si descrivono nel dettaglio le varie sezioni elettrostratigrafiche ottenute dal processo tomografico di inversione.

#### 4.2.1 Linea L1

Lungo la sezione si riconoscono i depositi alluvionali poggianti sul substrato costituito da calcari da poco fratturati a compatti. Al di sotto si sviluppano i calcari fratturati ed alterati intervallati da numerose anomalie basso resistive associate a porzioni fortemente fratturate, alterate, ricche in matrice limo-argillosa con possibile circolazione d'acqua. Tali anomalie sono rintracciabili fino ad una profondità media di circa 80-90 m dal piano campagna.

#### 4.2.2 Linea L2

Lungo la sezione si riconoscono i depositi alluvionali ed eluvio-colluviali poggianti sul substrato costituito da calcari compatti sub affioranti. Tali calcari si assottigliano fino ad interrompersi alla progressiva 110 m in corrispondenza della vallecchia fino alla progressiva 200 m (10-15 m di spessore). Nel medesimo intervallo di progressive la sezione è dominata da calcari fratturati ed alterati con una anomalia decisamente molto estesa, estremamente basso-resistiva, con forma a goccia. I due assi di sviluppo principali sono entrambi dell'ordine dei 100 m di lunghezza. Grazie al sondaggio a carotaggio L1B-S45ter eseguito in corrispondenza della zona di anomalia elettrostratigrafica (si confronti con la Tavola 6 dell'Allegato 1), tale anomalia basso resistiva è da attribuirsi alla presenza di calcari molto fratturati al nucleo, che tendono a tornare compatti in profondità (si confronti l'andamento del diagramma RQD con la variazione sulla verticale della resistività elettrica in Tavola 7 Allegato 1) nei quali è probabile la circolazione d'acqua.

Tra la progressiva 230 m e la fine della sezione si osserva una alternanza verticale nei carbonati tra calcari compatti e calcari fratturati. Anche in questa zona sono presenti piccole anomalie basso-resistive, generate, come detto, da porzioni fortemente fratturate, alterate e ricche in matrice limo-argillosa.

#### 4.2.3 Linea L3

Come la L2, la Linea L3 mostra una evidente variabilità laterale in termini di resistività elettrica. La prima parte della sezione, fino alla progressiva 290 m, risulta essere dominata da calcari compatti sottostanti ad uno strato di calcari molto fratturati che si sviluppano nei primi 30 m di profondità. I calcari compatti, come è visibile dall'andamento dei valori di RQD (si veda il confronto RDQ L1B-S45quater-Resistività nella Tavola 10 Allegato 1), tendono a divenire in profondità più fratturati e quindi meno resistivi.

Nella seconda parte della sezione, oltre che nei primi 30 m, la porzione fratturata si

	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1C BUONABITACOLO – PRAIA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Indagini geofisiche – SO.IN.G. S.r.l.</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO C1 R 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 002	REV. A

spinge anche in profondità creando una sorta di alternanza tra i due tipi di calcare.

In tutta la sezione le anomalie basso-resistive hanno dimensioni inferiori ai 20 m di larghezza e 30 m di sviluppo verticale e si rintracciano solamente nei primi 40 m di spessore (profondità) della sezione.

#### 4.2.4 Linea L4

Nella parte superficiale della tomografia L4, nei primi 130 m di linea è presente il sottofondo stradale (strada/terrapieno stradale), rilevato rispetto ai campi agricoli circostanti. A partire dalla progressiva 130 m fino a fine sezione tomografica si individuano, nella porzione più superficiale, i depositi alluvionali; il loro spessore è di circa 2-3 m, rispettivamente tra le progressive 130 m e 350 m e tra le progressive 365 m e la fine della sezione.

Al di sotto, i calcari da molto a moderatamente fratturati, alterati e con possibile circolazione d'acqua raggiungono uno spessore massimo di 85 m alla progressiva 70 m; si assottigliano progressivamente verso la zona centrale della sezione e subiscono un nuovo ispessimento tra le progressive 350-355 m e 475 m. All'interno delle porzioni di calcari fratturati alterati, sono individuate quattro nuclei di anomalia, particolarmente conduttive, rispettivamente negli intervalli di progressive 100-110 m, 120-130 m, 140-230 m e 355-455 m. Tali nuclei di anomalia possono essere associate a zone particolarmente fratturate e con probabile circolazione d'acqua.

La regione centrale indagata con la linea tomografica è dominata dalla presenza dei calcari compatti, alto resistivi, che si spingono in profondità. Tra le progressive 370 e 420 m, ad una profondità compresa tra 125 m e 140 m, alla base dei calcari più compatti, è individuata una zona nella quale la diminuzione dei valori di resistività elettrica può essere correlata con la presenza di calcari più fratturati ed alterati.

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

Nell'Allegato grafico 2, oltre all'ubicazione del foro di sondaggio attrezzato per le prove in foro, sono riportati i sismogrammi onde P ed SH ottenuti dalla prova, 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  $V_{S,eq}$  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.

#### 4.3.1 Prova Down Hole DH L1B-S49ter

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	Spessore	Velocità Vp media	Velocità Vs media
	(m dal p.c.)		(m)	(m/s)
1	da -1 a -2 m	1	351	124
2	da -2 a -3 m	1	564	213
3	da -3 a -4 m	1	807	167
4	da -4 a -5 m	1	1013	236
5	da -5 a -6 m	1	1163	384
6	da -6 a -7 m	1	1266	270
7	da -7 a -8 m	1	1336	207
8	da -8 a -9 m	1	1384	185
9	da -9 a -10 m	1	1417	290
10	da -10 a -11 m	1	1439	361
11	da -11 a -12 m	1	1458	365
12	da -12 a -13 m	1	1471	417
13	da -13 a -14 m	1	1481	326
14	da -14 a -15 m	1	1488	327
15	da -15 a -16 m	1	1494	392
16	da -16 a -17 m	1	1499	488
17	da -17 a -18 m	1	1503	428
18	da -18 a -19 m	1	1506	376
19	da -19 a -20 m	1	1550	499
20	da -20 a -21 m	1	1647	694
21	da -21 a -22 m	1	1765	805
22	da -22 a -23 m	1	1832	970
23	da -23 a -24 m	1	1904	969
24	da -24 a -25 m	1	1981	962
25	da -25 a -26 m	1	1983	1012
26	da -26 a -27 m	1	2066	984
27	da -27 a -28 m	1	1986	976
28	da -28 a -29 m	1	1987	977
29	da -29 a -30 m	1	2070	960
30	da -30 a -31 m	1	2115	1074
31	da -31 a -32 m	1	2116	1000
32	da -32 a -33 m	1	2073	1001
33	da -33 a -34 m	1	2118	1002
34	da -34 a -35 m	1	2212	1012
35	da -35 a -36 m	1	2075	1034
36	da -36 a -37 m	1	2214	1103
37	da -37 a -38 m	1	2317	1168
38	da -38 a -39 m	1	2372	1196
39	da -39 a -40 m	1	2491	1211

Tabella 4.3.1.1: Velocità delle onde P ed SH.

Nella Tabella 4.3.1.2, si riportano i valori dinamici del Coefficiente di Poisson (qui indicato col simbolo  $\sigma$ ), del Modulo di Young dinamico (E), del Modulo di Rigidità 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=20 m)
1	da -1 a -2 m	1	16.70	0.43	71.50	25.01	168.75	285
2	da -2 a -3 m	1	17.13	0.42	215.43	76.01	433.11	
3	da -3 a -4 m	1	17.61	0.48	142.16	48.10	1059.81	
4	da -4 a -5 m	1	18.03	0.47	290.46	98.71	1681.66	
5	da -5 a -6 m	1	18.33	0.44	764.32	265.63	2077.75	
6	da -6 a -7 m	1	18.53	0.48	390.72	132.34	2738.47	
7	da -7 a -8 m	1	18.67	0.49	233.44	78.46	3165.07	
8	da -8 a -9 m	1	18.77	0.49	187.13	62.76	3441.65	
9	da -9 a -10 m	1	18.83	0.48	458.29	155.02	3503.21	
10	da -10 a -11 m	1	18.88	0.47	708.46	241.57	3510.89	
11	da -11 a -12 m	1	18.92	0.47	725.10	247.21	3615.01	
12	da -12 a -13 m	1	18.94	0.46	942.21	323.51	3588.65	
13	da -13 a -14 m	1	18.96	0.47	581.56	197.19	3814.84	
14	da -14 a -15 m	1	18.98	0.47	586.43	198.84	3857.61	
15	da -15 a -16 m	1	18.99	0.46	835.28	285.44	3777.63	
16	da -16 a -17 m	1	19.00	0.44	1278.00	443.52	3595.26	
17	da -17 a -18 m	1	19.01	0.46	994.86	341.68	3754.05	
18	da -18 a -19 m	1	19.01	0.47	773.96	263.84	3876.68	
19	da -19 a -20 m	1	19.10	0.44	1347.37	467.15	3879.91	
20	da -20 a -21 m	1	19.29	0.39	2537.08	911.27	3916.98	
21	da -21 a -22 m	1	19.53	0.37	3394.15	1239.75	4314.47	
22	da -22 a -23 m	1	19.66	0.30	4740.17	1816.26	4049.85	
23	da -23 a -24 m	1	19.81	0.33	4830.23	1822.25	4609.37	
24	da -24 a -25 m	1	19.96	0.35	4872.33	1810.13	5267.88	
25	da -25 a -26 m	1	19.97	0.32	5310.92	2005.97	5022.94	
26	da -26 a -27 m	1	20.13	0.35	5176.19	1912.50	5878.78	
27	da -27 a -28 m	1	19.97	0.34	5004.24	1866.28	5235.59	
28	da -28 a -29 m	1	19.97	0.34	5017.19	1871.53	5239.30	
29	da -29 a -30 m	1	20.14	0.36	4961.12	1819.79	6039.88	
30	da -30 a -31 m	1	20.23	0.33	6071.44	2288.95	5824.03	
31	da -31 a -32 m	1	20.23	0.36	5382.84	1984.52	6239.29	
32	da -32 a -33 m	1	20.15	0.35	5336.55	1979.37	5853.26	
33	da -33 a -34 m	1	20.24	0.36	5399.46	1991.06	6246.30	
34	da -34 a -35 m	1	20.42	0.37	5615.40	2053.14	7064.33	
35	da -35 a -36 m	1	20.15	0.33	5640.39	2112.65	5694.26	
36	da -36 a -37 m	1	20.43	0.33	6505.35	2436.68	6566.33	
37	da -37 a -38 m	1	20.63	0.33	7338.58	2759.63	7179.15	
38	da -38 a -39 m	1	20.74	0.33	7741.71	2911.69	7564.11	
39	da -39 a -40 m	1	20.98	0.35	8123.14	3019.62	8737.96	

Tabella 4.3.1.2: Parametri dinamici medi e velocità equivalente.

Il foro di sondaggio attrezzato per la prova Down Hole è risultato con profondità pari a 40 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 21 m dal piano campagna, è stato calcolato a partire dalla profondità di -1 m dal p.c per uno spessore di 20 m.

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

$$V_{s,eq} = V_{s,(20)} = 285 \text{ m/s a partire da -1 m dal p.c.}$$

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

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

La localizzazione del profilo M.A.S.W. è riportata su immagine satellitare nelle Tavole dell'Allegato grafico 3. Il profilo sismico è stato eseguito con 24 geofoni con passo intergeofonico costante di 2 m.

I principali risultati sono descritti di seguito.

Nell'Allegato grafico 3, per il M.A.S.W. eseguito, è riportato 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.



#### 4.4.1 MASW L1B-S51bis

I risultati del M.A.S.W. L1B-S51bis sono riassunti nella tabella sottostante.

*Tabella 4.4.1.1: Modello sismo-stratigrafico dei terreni – M.A.S.W. L1B-S51bis.*

Sismostrato	Spessore (m)	Intervallo profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)
1	1	0-1	222
2	1	1-2	224
3	1	2-3	229
4	1	3-4	232
5	1	4-5	229
6	1	5-6	222
7	1	6-7	214
8	1	7-8	207
9	1	8-9	204
10	1	9-10	206
11	1	10-11	213
12	1	11-12	227
13	1	12-13	245
14	1	13-14	268
15	1	14-15	293
16	1	15-16	321
17	1	16-17	350
18	1	17-18	380
19	1	18-19	409
20	1	19-20	438
21	1	20-21	465
22	1	21-22	492
23	1	22-23	517
24	1	23-24	541
25	1	24-25	563
26	1	25-26	583
27	1	26-27	603
28	1	27-28	620
29	1	28-29	637
inf	1	29-30	652

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  $V_{s,eq(30)} = 308$  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”.

## 4.5 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.

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 e DH eseguite.

### 4.5.1 HVSR L1B-S49ter

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

Picco rilevato	Frequenza (Hz)
1	3,00
2	18,75
3	43,44

Tabella 4.5.1.1 – Picchi in frequenza evidenziati nell'indagine HVSR.

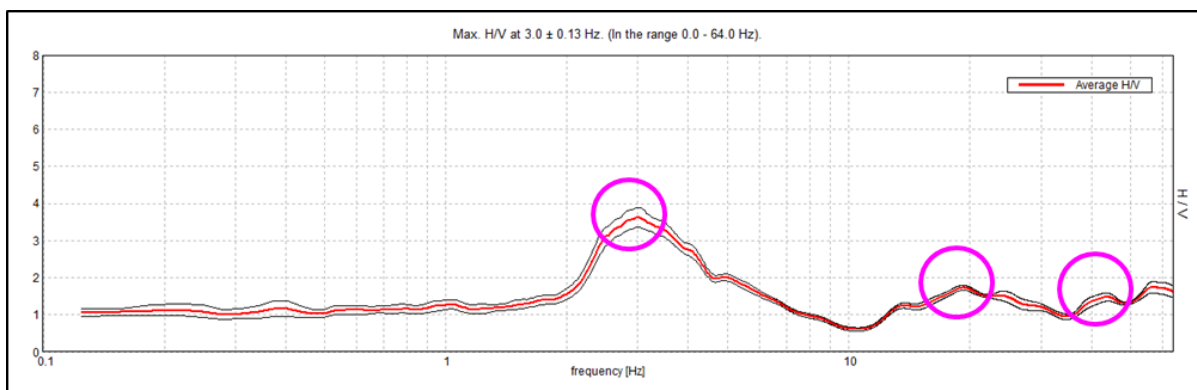


Figura 4.5.1.1: Rapporto H/V in funzione della frequenza

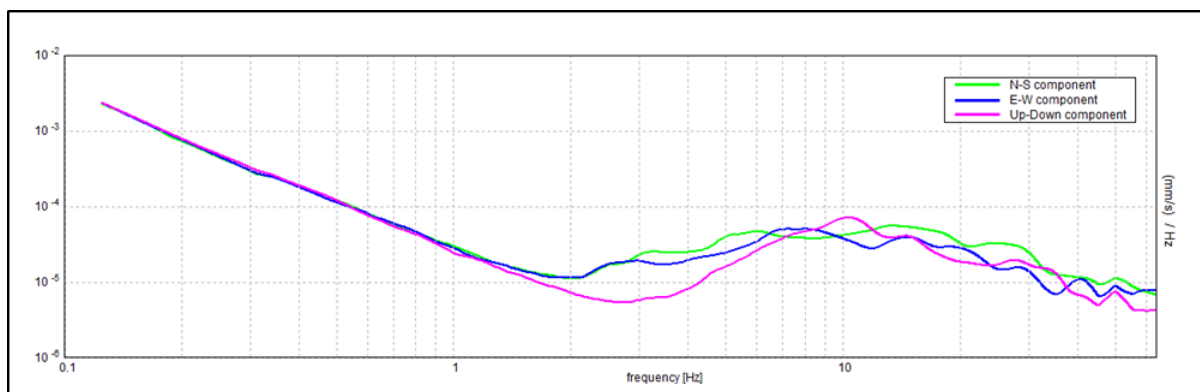


Figura 4.5.1.2: Spettro delle singole componenti

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

Il picco a 3,00 Hz rispetta tutti i 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 25 m.

Il picco a 18,75 Hz non rispetta tre criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 185 m/s e sfruttando la seguente formula:

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

si evince una profondità del contatto di circa 2,5 m.

Il picco a 43,44 Hz non rispetta quattro criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 125 m/s e sfruttando la seguente formula:

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

si evince una profondità del contatto di circa 0,8 m.

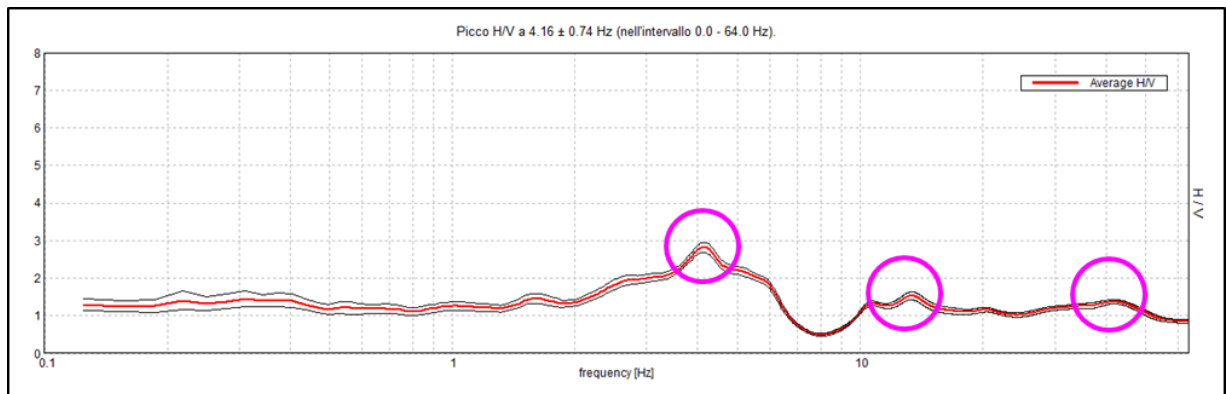
Il rapporto H/V, tra le frequenze 7,85 Hz e 12,45 Hz risulta essere inferiore ad 1. Tale andamento può indicare una inversione di velocità al di sotto dei terreni più superficiali.

#### 4.5.2 HVSR L1B-S51bis

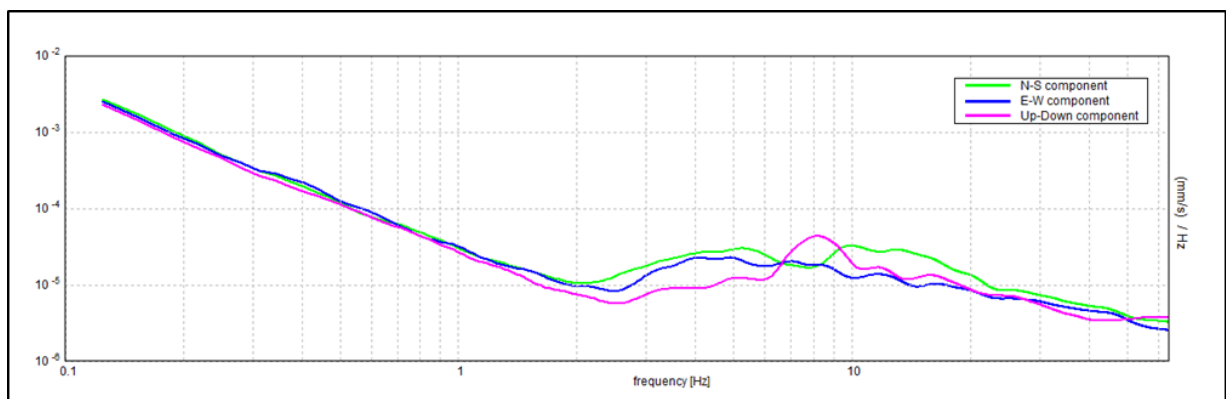
I risultati completi comprensivi del report sul rispetto degli aspetti SESAME sono visibili nelle tavole allegate.

Picco rilevato	Frequenza (Hz)
1	4,16
2	13,44
3	41,81

*Tabella 4.5.2.1 – Picchi in frequenza evidenziati nell'indagine HVSR.*



*Figura 4.5.2.1: Rapporto H/V in funzione della frequenza*



*Figura 4.5.2.2: 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 picco a 4,16 Hz non rispetta due criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 220 m/s e sfruttando la seguente formula:

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

si evince una profondità del contatto di circa 13 m.

Il picco a 13,44 Hz non rispetta due criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 210 m/s e sfruttando la seguente formula:

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

si evince una profondità del contatto di circa 4 m.

Il picco a 41,81 Hz non rispetta quattro criteri SESAME.

Considerando una velocità media delle onde di taglio nel pacco dei terreni di circa 125 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 6,7 Hz e 9,87 Hz risulta essere inferiore ad 1. Tale andamento può indicare una inversione di velocità al di sotto dei terreni più superficiali.

## 5. CONCLUSIONI

Analizzando le quattro sezioni tomografiche elettriche elaborate, il volume indagato si può suddividere in tre zone a diverse caratteristiche di resistività principali.

- Le zone con resistività maggiore di 100 Ohm·m, definite come zone ad alta resistività, interpretabili come calcari, da poco fratturati a compatti, localmente dolomitizzati.
- Le zone a medio bassa resistività, ossia con resistività compresa tra 30 e 100 Ohm·m, attribuibili a calcari da molto a moderatamente fratturati, alterati e carsificati.
- Anomalie basso resistive, caratterizzate da valori inferiori a 30 Ohm·m e dalla forma allungata verticalmente, interpretate come porzioni del substrato fortemente fratturate, alterate e carsificate ricche in matrice limo-argillosa e/o con possibile circolazione di acqua.

## 6. 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 travelttime 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.;
- 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.



**LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA**  
**NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA**  
**LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA**  
**LOTTO 1C BUONABITACOLO – PRAIA**  
**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA**

**Indagini geofisiche – SO.IN.G. S.r.l.**

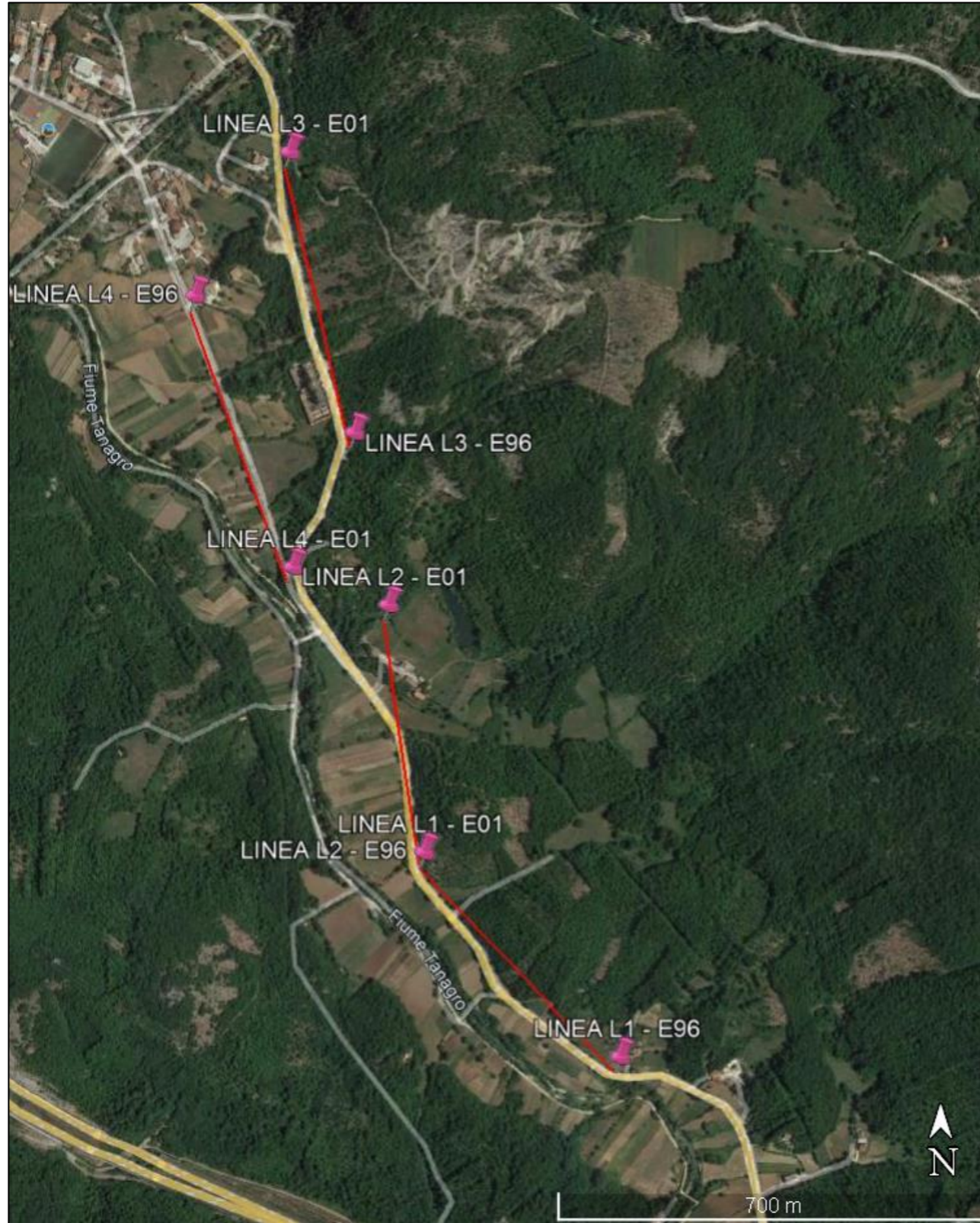
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1 R 69	IG	GE0005 002	A	38 di 71

## **7. ALLEGATO N.1 – Risultati indagini ERT**



# INDAGINI TOMOGRAFICHE ELETTRICHE ERT L1-L4

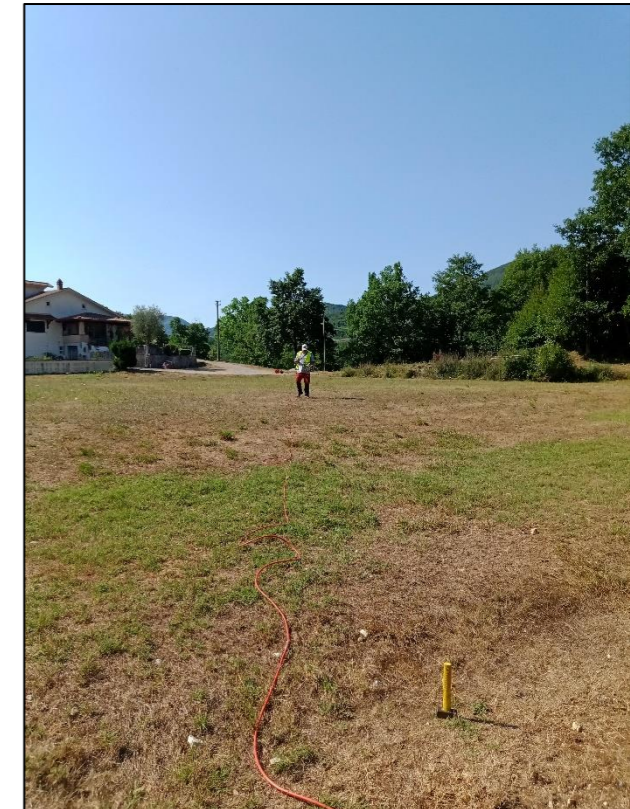
## Ubicazioni delle indagini geofisiche



Fase di acquisizione dati L1



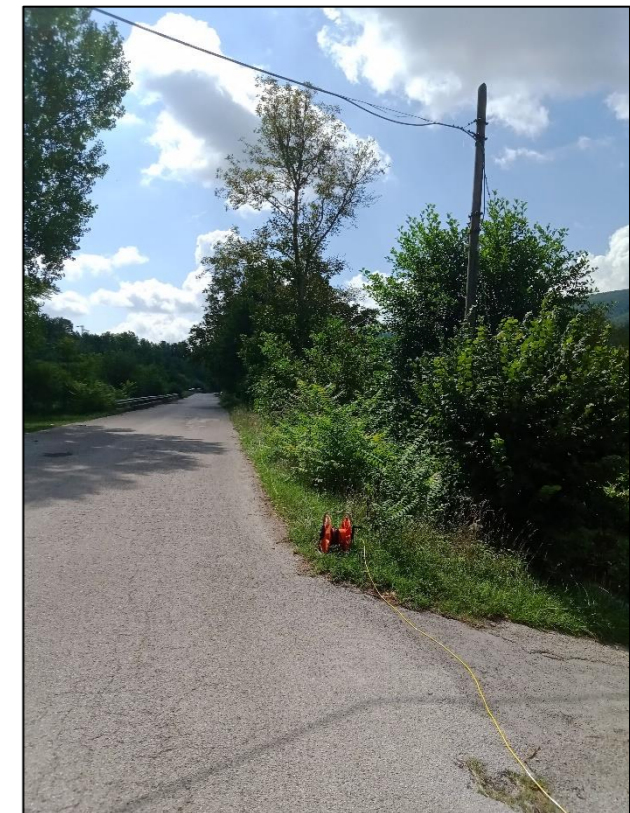
Fase di acquisizione dati L2



Fase di acquisizione dati L3



Fase di acquisizione dati L4




**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**

Esecuzione di indagini geofisiche per il progetto di fattibilità tecnica ed economica per la linea Salerno – Reggio Calabria nuova linea av Salerno – Reggio Calabria - lotto 1c Buonabitacolo – Praia

**CLIENTE**  
 Italferr S.p.A

**RIFERIMENTI INTERNI**  
 CO\_001\_22\_geo\_ITALFERR\_Att\_001

**Elaborazione**  
 MG. Idili E. Benvenuti  
 G. Luciani

**Verifica**  
 A. Morelli

**Approvazione**  
 P. Chiara

**TAVOLA**  
**1**



# CARTA GEOLOGICA – INDAGINI TOMOGRAFICHE ELETTRICHE ERT L1 – L4

## Ubicazione delle indagini ERT L1 – L4 su base cartografica CTR e geologica

**DEPOSITI QUATERNARI**  
(DEPOSITI NON DISTINTI IN BASE AL BACINO DI PERTINENZA)  
**UNITA' IN FORMAZIONE**

**b** DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI  
ATTUALE

**b<sub>2</sub>** COLTRE ELUVIO-COLLUVIALE  
OLOCENE - ATTUALE

**UNITA' COMPLETAMENTE FORMATE**

**b<sub>n</sub>** DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI E TERRAZZATI  
PLEISTOCENE MEDIO - PLEISTOCENE SUP.

**UNITA' DELLA CATENA APPENINICA (ESTERNE) –  
UNITA' TETTONICA ALBURNO-CERVATI-POLLINO**

**BIF** FORMAZIONE DEL BIFURTO  
BURDIGALIANO MEDIO - SERRAVALLIANO/LANGHIANO

**RDT** CALCARI A RADIOLITIDI  
TURONIANO - SENONIANO

**CRQ** CALCARI CON REQUIENIE E GASTEROPODI  
NEOCOMIANO - CENOMANIANO

**UNITA' DELLA CATENA APPENINICA (ESTERNE) - UNITA'  
TETTONICA MONTI DELLA MADDALENA**

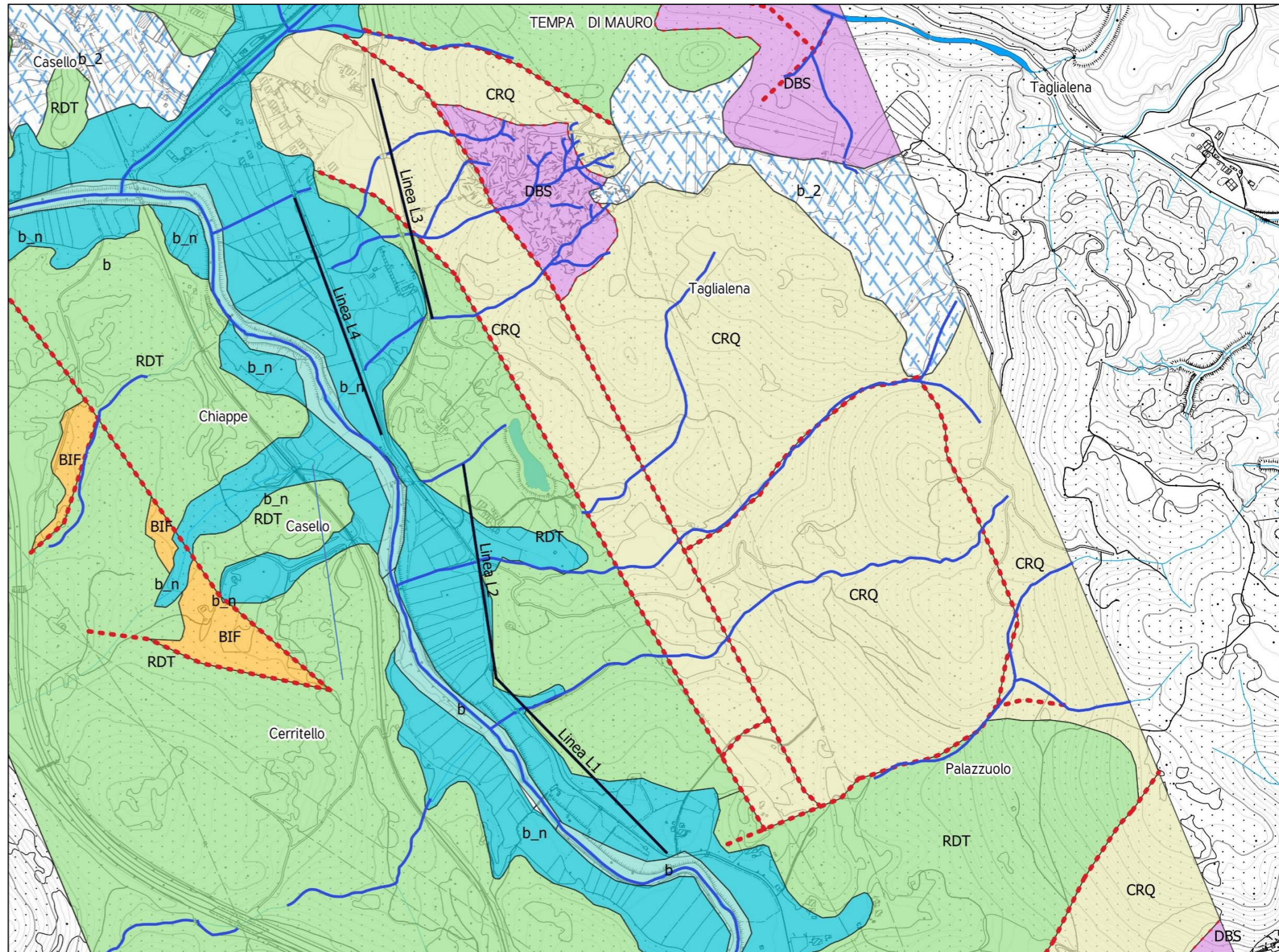
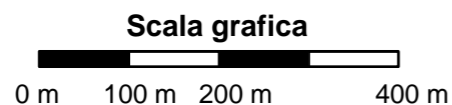
**DBS** DOLOMIA SUPERIORE  
NORICO - RETICO





**SIMBOLOGIE**  
ELEMENTI GEOLOGICI

--- Faglia incerta

— ELEMENTI GEOMORFOLOGICI  
Idrografia superficiale

**N.B.**  
Per la descrizione delle singole unità si rimanda  
alla legenda dettagliata di Tavola 2a.



 <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>Esecuzione di indagini geofisiche per il progetto di fattibilità tecnica ed economica per la linea Salerno – Reggio Calabria nuova linea av Salerno – Reggio Calabria - lotto 1c Buonabitacolo – Praia</p>	<p><b>CLIENTE</b> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b> CO_001_22_geo_ITALFERR_Att_001</p>	<p><b>Elaborazione</b> MG. Idili E. Benvenuti G. Luciani</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b> <b>2</b></p>
---	--	---	---	-----------------------------------



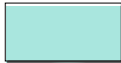
# LEGENDA DELLA CARTA GEOLOGICA – INDAGINI TOMOGRAFICHE ELETTRICHE ERT L1 – L4


## Descrizione della legenda delle singole unità incontrate

### DEPOSITI QUATERNARI

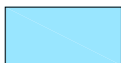
(DEPOSITI NON DISTINTI IN BASE AL BACINO DI PERTINENZA)

#### UNITA' IN FORMAZIONE


**b**  **DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI**  
Depositi ghiaioso-sabbiosi e subordinatamente sabbioso-limosi nelle aree di alveo e golenali dei principali corsi d'acqua. ATTUALE

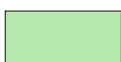
**b<sub>2</sub>**  **COLTRE ELUVIO-COLLUVIALE**  
Deposito detritico incoerente, massivo o stratoide, a supporto di matrice terroso-argillosa, con clasti eterometrici, a spigoli vivi. OLOCENE - ATTUALE

#### UNITA' COMPLETAMENTE FORMATE

**b<sub>1</sub>**  **DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI E TERRAZZATI**  
Depositi fluviali ghiaioso-sabbiosi e subordinatamente sabbioso-limosi. Essi sono riconducibili a diverse fasi di accumulo, la loro età è determinabile localmente sulla base dei rapporti morfostratigrafici. Spessori variabili tra pochi metri ed alcune decine di metri. PLEISTOCENE MEDIO - PLEISTOCENE SUP.


### UNITA' DELLA CATENA APPENINICA (ESTERNE) - UNITA' TETTONICA ALBURNO-CERVATI-POLLINO

**BIF**  **FORMAZIONE DEL BIFURTO**  
Argilliti silicifere di colore bruno o vinaccia, argilliti marnose grigio-brune con intercalazioni di strati e lenti sottili, medi e spessi di brecciole e calcareniti brune gradate a macroforaminiferi, quarzo-areniti fini brune e calcari marnosi grigi. La formazione è paraconcordante su TRN. Spessore: fino a 100 m. Depositi riferibili a sistemi torbiditici di acque profonde. BURDIGALIANO MEDIO - SERRAVALLIANO/LANGHIANO

**RDT**  **CALCARI A RADIOLITIDI**  
Calcari fangosostenuti, calcareniti, calciruditi grigiastre, biancastre e avana, in strati da medi a spessi, talora sottili; più a sud, nel lagonegrese, si osservano anche calcilutiti grigio scure e nere, stratificate, con radiolitidi, spesso in letti biostromali da decimetrica metri. Nella parte bassa dolomie e calcari dolomitici scuri in strati sottili. Nella macrofauna, anche allo stato bioclastico, talora rudiste, gasteropodi e frammenti di echinodermi. La microfauna è costituita da foraminiferi miliolidi, ostracodi, discorbidi. Spessore variabile tra 150 m (zona di Casalbuono) e 350-500 m (Lagonegrese). Ambiente deposizionale di piattaforma carbonatica, in condizioni variabili da bassa ad alta energia idrodinamica. Differenziabile dal sottostante CRQ quasi esclusivamente per il solo contenuto fossilifero. Costituisce un sistema carsico, caratterizzato dalla presenza di zone di fratturazione con discontinuità riempite da argille residuali, di cavità e fessure (da decimetriche a metriche), talora riempite da depositi sabbioso-ghiaiosi, di circuiti carsici anche molto ampi, di dimensioni decametriche. TURONIANO - SENONIANO

**CRQ**  **CALCARI CON REQUIENIE E GASTEROPODI**  
Nell'area di Serra San Giacomo: calcari micritici avana, in banchi e strati, con numerose intercalazioni di dolomie grigie fetide. Microfossili: Cisalveolina, Cuneolina, Coskinolina, Pianella dinarica, Campanellula.  
Nell'area del Vallo di Diano: calcari grigi in strati medi e spessi, con frequenti livelli ricchi di gasteropodi e requienidi. Subordinatamente calcari scuri in strati sottili, calcari dolomitici dolomie da massive a laminate. Sono stati riconosciuti un membro nella parte bassa (Membro dei Calcari ad ooliti fibroso-raggiate) ed uno nella parte alta (Membro dei Calcari ad Alveolinidi e dolomie laminate). Limite inferiore stratigrafico con CCM.  
Nell'area a sud del Vallo di Diano e nel Lagonegrese: calcareniti calcilutiti grigio scure e nocciola stratificate, in strati compresi tra 20 e 100 cm, con frequenti livelli a requienidi e gasteropodi. Subordinatamente dolomie e calcari dolomitici lastroidi da giallastri a bruni e calcari e calcari dolomitici nerastri, ricchi di materia organica, in strati sottili (2-10 cm). Nella parte bassa rari livelli di calcareniti oolitiche e frequenti livelli con laminazioni algali; nella parte media livelli pseudoconglomeratici con clasti calcarei in matrice marnoso-argillosa da giallastra a verdastra o arrossata; nella parte alta calcareniti bioclastiche ad alveolinidi. Tra i macrofossili: gasteropodi (tra cui nerinee), requienidi, e rari caprinidi (nella parte alta). Spessore: circa 650 m. Passa in basso a CCM e la transizione è marcata da livelli di calcareniti oolitiche con ooidi e pisoidi fibroso-raggiati. Costituisce un sistema carsico, caratterizzato dalla presenza di zone di fratturazione con discontinuità riempite da argille residuali, di cavità e fessure (da decimetriche a metriche), talora riempite da depositi sabbioso-ghiaiosi, di circuiti carsici anche molto ampi, di dimensioni decametriche. NEOCOMIANO - CENOMANIANO

### UNITA' DELLA CATENA APPENINICA (ESTERNE) - UNITA' TETTONICA MONTI DELLA MADDALENA


**DBS**  **DOLOMIA SUPERIORE**  
Nell'area di Polla e Sala Consilina: dolomie cristalline grigie, lutitiche e arenitiche, bioclastiche e oncolitiche, ruditiche intraclastiche, con livelli stromatolitici, in strati e banchi tabulari. Tra i fossili lamellibranchi, gasteropodi (*Avicula* sp.), foraminiferi bentonici, alghe. Di frequente fratturate e/o cataclastiche, sino alla perdita dei caratteri primari diagnostici. Spessore in affioramento stimato non inferiore a 500 m. Limite inferiore non affiorante.  
Nell'area del Lagonegrese (tra Casalbuono e Rivello): dolomie grigio chiare e bianche mal stratificate in banchi irregolari. A luoghi doloruditi e cicli calcareo-dolomitici con frequenti livelli pisolitici. Dolomie spesso stromatolitiche ed oncolitiche, con *Megalodon gumbeli*, *Gervilleia exilis* e banchi organogeni a *Megalodon* spp. Localmente (Rivello) affiorano dolomie scure molto fratturate, con tracce di laminazione sottile e con livelli ad oncoidi e detrito bioclastico nel quale prevalgono frammenti di bivalvi spatizzate e possibili livelli carboniosi di qualche centimetro di spessore. In tutta l'area la DBS si presenta tettonizzata, evidenziando tre caratteri geomeccanici differenti: uno meno tettonizzato, spesso non stratificato (es. a Rivello); uno tettonizzato, caratterizzato dalla presenza di numerose zone di taglio, che isolano litoni relativamente indeformati all'interno di porzioni costituite da breccie cataclastiche; uno estremamente tettonizzato, che evidenzia un'elevata fratturazione della roccia, fino a renderla tipicamente farinosa e sabbiosa. La porzione più tettonizzata è difficilmente distinguibile dal sovrastante orizzonte dolomitico inferiore del FOP, analogamente tettonizzato. Spessore totale: circa 700 m. NORICO - RETICO






#### SIMBOLOGIE

#### ELEMENTI GEOLOGICI

 Faglia incerta

#### ELEMENTI GEOMORFOLOGICI

 Idrografia superficiale

 <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>Esecuzione di indagini geofisiche per il progetto di fattibilità tecnica ed economica per la linea Salerno – Reggio Calabria nuova linea av Salerno – Reggio Calabria - lotto 1c Buonabitacolo – Praia</p>	<p><b>CLIENTE</b> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b> CO_001_22_geo_ITALFERR_Att_001</p>	<p><b>Elaborazione</b> MG. Idili E. Benvenuti G. Luciani</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b> <b>2a</b></p>
---	--	---	---	------------------------------------







# INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA ERT L1

**Ubicazione dell'indagine ERT L1 con distribuzione degli elettrodi di misura**



**Ubicazioni della traccia della sezione ERT L1 elaborata**

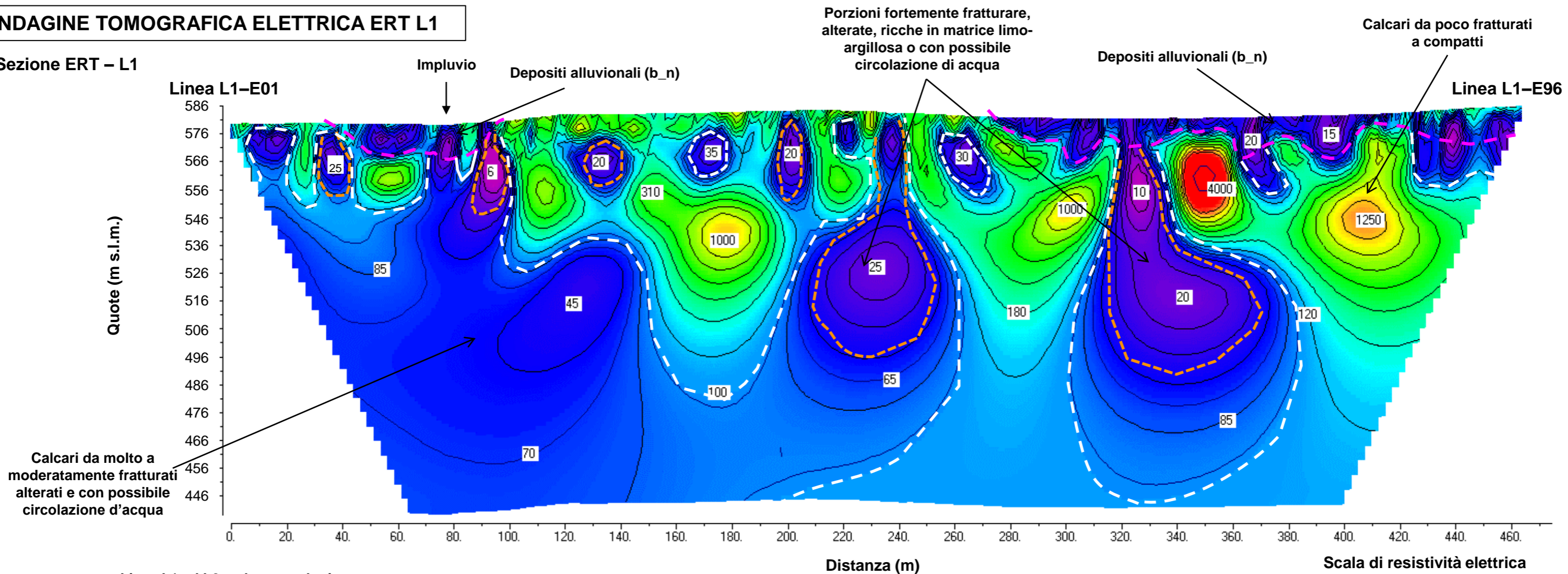


 <p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>    <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 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>Esecuzione di indagini geofisiche per il progetto di fattibilità tecnica ed economica per la linea Salerno – Reggio Calabria nuova linea av Salerno – Reggio Calabria - lotto 1c Buonabitacolo – Praia</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p>Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_22_geo_ITALFERR_Att_001</p>	<p><b>Elaborazione</b></p> <p>MG. Idili E. Benvenuti G. Luciani</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>3</b></p>
---	--	---	--	--------------------------------------

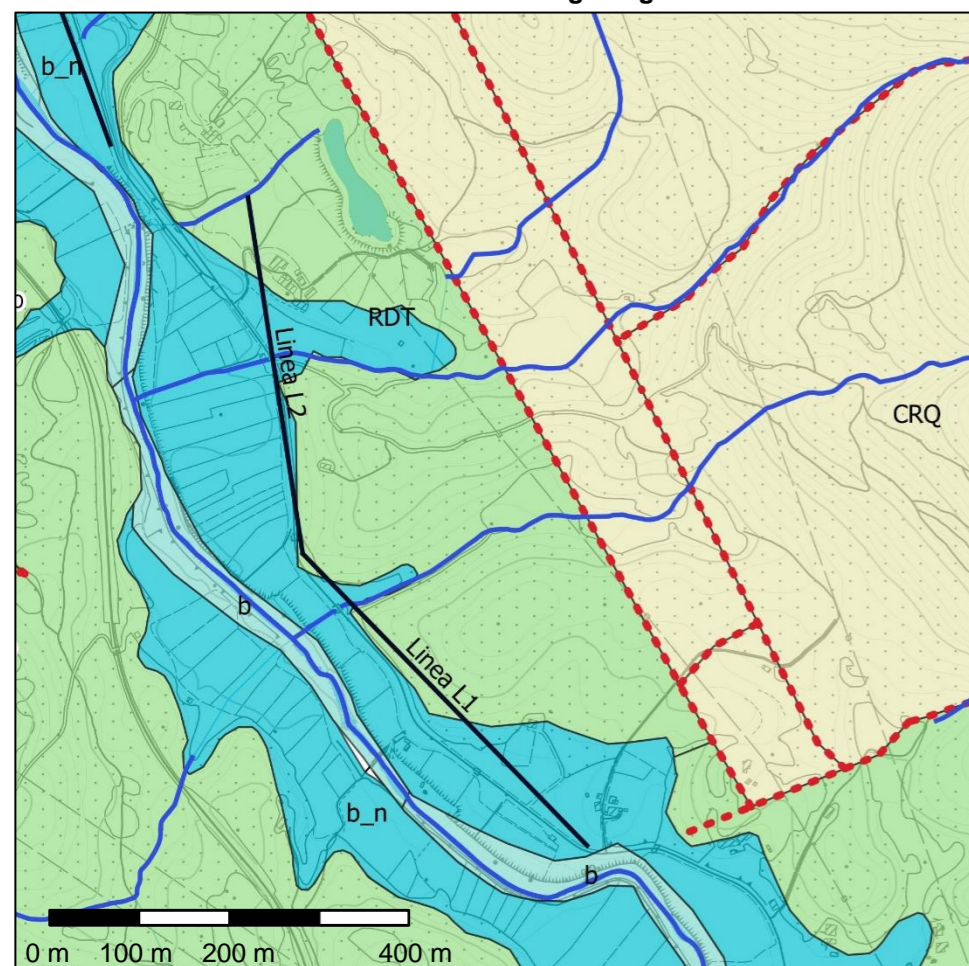


# INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA ERT L1

## Sezione ERT – L1



Linee L1 ed L2 su base geologica



**DEPOSITI QUATERNARI**  
(DEPOSITI NON DISTINTI IN BASE AL BACINO DI PERTINENZA)

**UNITA' IN FORMAZIONE**

**b** DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI ATTUALE

**b\_n** DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI E TERRAZZATI PLEISTOCENE MEDIO - PLEISTOCENE SUP.

**UNITA' DELLA CATENA APPENINICA (ESTERNE) – UNITA' TETTONICA ALBURNO-CERVATI-POLLINO**

**RDT** CALCARI A RADIOLITIDI TURONIANO - SENONIANO

**CRQ** CALCARI CON REQUIENIE E GASTEROPODI NEOCOMIANO - CENOMANIANO

**SIMBOLOGIE**

**ELEMENTI GEOLOGICI**

--- Faglia incerta

**ELEMENTI GEOMORFOLOGICI**

— Idrografia superficiale

**LEGENDA**

— Limite della base dei depositi alluvionali ed eluvio-colluviali

— Interfaccia tra calcari da molto a moderatamente fratturati alterati e calcari da poco fratturati a compatti

— Limite di porzioni fortemente fratturate, alterate, ricche in matrice limo-argillosa e con possibile circolazione di acqua.

**N.B.**  
Per la descrizione delle singole unità si rimanda alla legenda dettagliata di Tavola 2a.

<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>Esecuzione di indagini geofisiche per il progetto di fattibilità tecnica ed economica per la linea Salerno – Reggio Calabria nuova linea av Salerno – Reggio Calabria - lotto 1c Buonabitacolo – Praia</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>Elaborazione</b></p> <p>MG. Idili E. Benvenuti G. Luciani</p> <p style="text-align: center;"><b>Verifica</b></p> <p>A. Morelli</p> <p style="text-align: center;"><b>Approvazione</b></p> <p>P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b></p> <h1 style="font-size: 2em;">4</h1>
<p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_22_geo_ITALFERR_Att_001</p>				



# INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA ERT L2

Ubicazione dell'indagine ERT L2 con distribuzione degli elettrodi di misura



Ubicazioni della traccia della sezione ERT L2 elaborata



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

**SOING**    

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**

Esecuzione di indagini geofisiche per il progetto di fattibilità tecnica ed economica per la linea Salerno – Reggio Calabria nuova linea av Salerno – Reggio Calabria - lotto 1c Buonabitacolo – Praia

**CLIENTE**  
 Italferr S.p.A

**RIFERIMENTI INTERNI**  
 CO\_001\_22\_geo\_ITALFERR\_Att\_001

**Elaborazione**  
 MG. Idili E. Benvenuti  
 G. Luciani

**Verifica**  
 A. Morelli

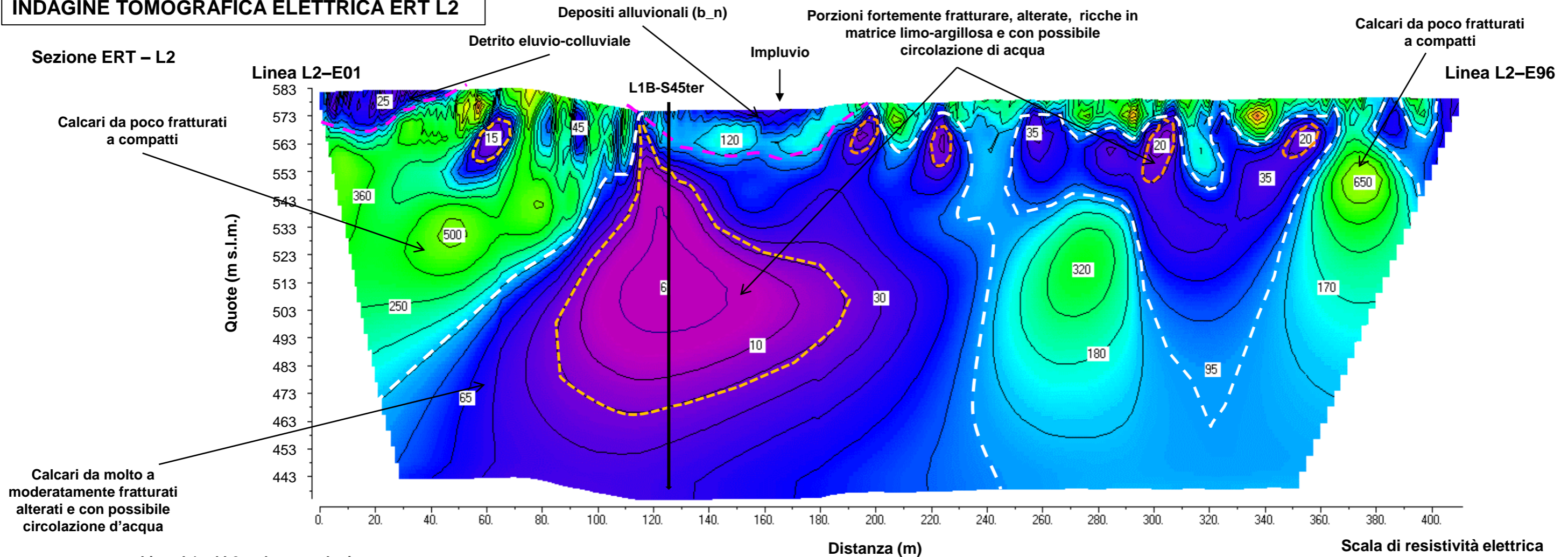
**Approvazione**  
 P. Chiara

**TAVOLA**  
**5**

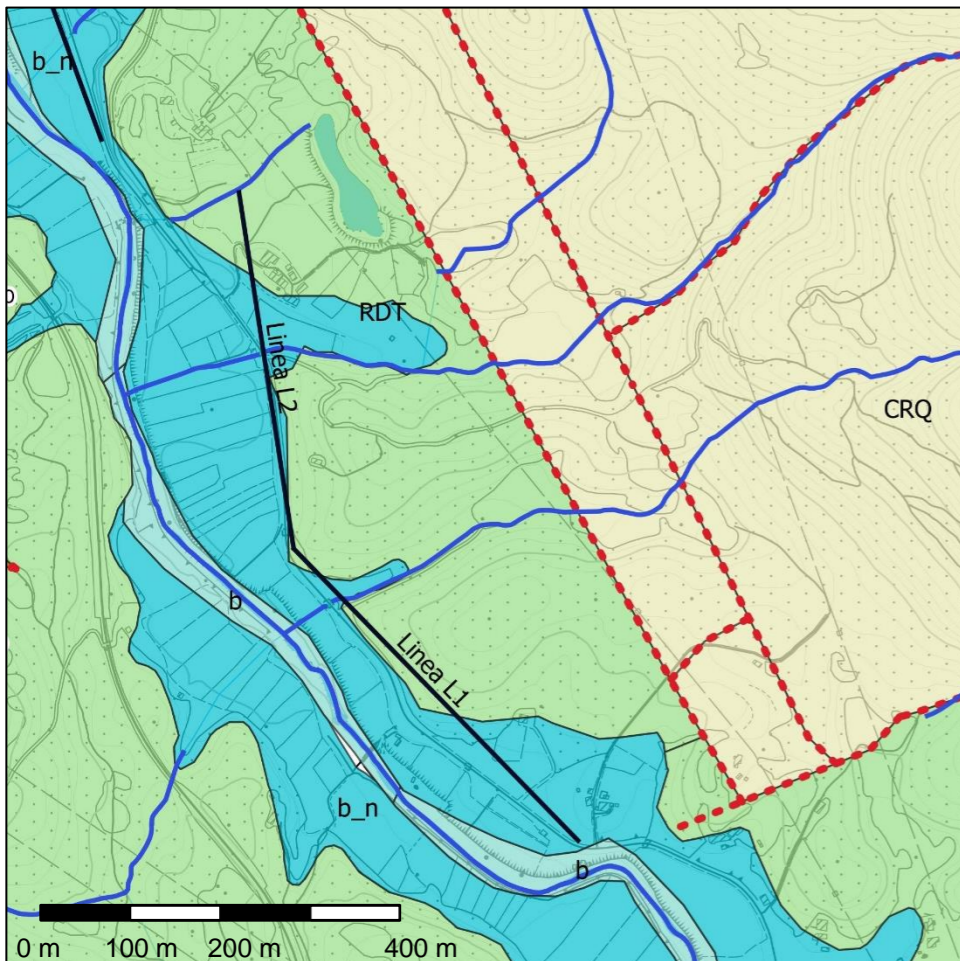


# INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA ERT L2

Sezione ERT - L2



Linee L1 ed L2 su base geologica



**LEGENDA**

**DEPOSITI QUATERNARI (DEPOSITI NON DISTINTI IN BASE AL BACINO DI PERTINENZA)**

**UNITA' IN FORMAZIONE**

- b** DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI ATTUALE
- b\_n** DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI E TERRAZZATI PLEISTOCENE MEDIO - PLEISTOCENE SUP.

**UNITA' DELLA CATENA APPENINICA (ESTERNE) - UNITA' TETTONICA ALBURNO-CERVATI-POLLINO**

- RDT** CALCARI A RADIOLITIDI TURONIANO - SENONIANO
- CRQ** CALCARI CON REQUIENIE E GASTEROPODI NEOCOMIANO - CENOMANIANO

**SIMBOLOGIE**

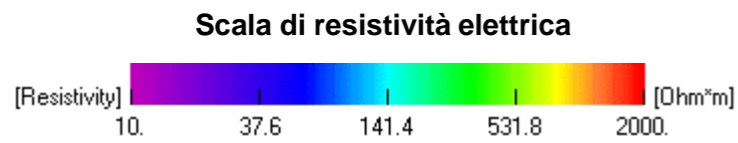
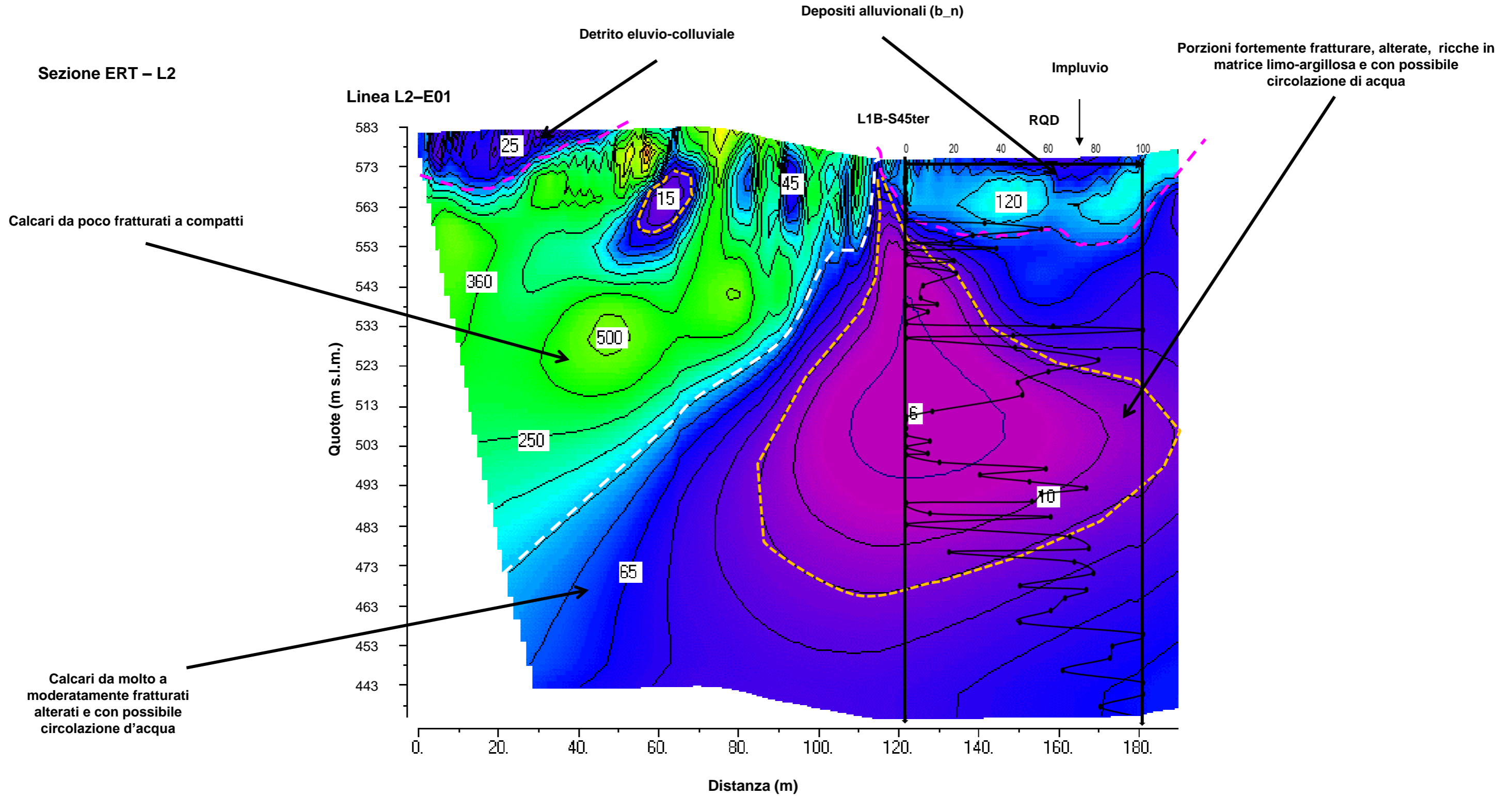
- ELEMENTI GEOLOGICI**
- ELEMENTI GEOMORFOLOGICI**
- Faglia incerta
- Idrografia superficiale


**N.B.**  
Per la descrizione delle singole unità si rimanda alla legenda dettagliata di Tavola 2a.

- Limite della base dei depositi alluvionali ed eluvio-colluviali
- Interfaccia tra calcari da molto a moderatamente fratturati alterati e calcari da poco fratturati a compatti
- Limite di porzioni fortemente fratturare, alterate, ricche in matrice limo-argillosa e con possibile circolazione di acqua.

<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>Esecuzione di indagini geofisiche per il progetto di fattibilità tecnica ed economica per la linea Salerno - Reggio Calabria nuova linea av Salerno - Reggio Calabria - lotto 1c Buonabitacolo - Praia</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p>Italferr S.p.A</p>	<p><b>Elaborazione</b></p> <p>MG. Idili E. Benvenuti G. Luciani</p> <p><b>Verifica</b></p> <p>A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b></p> <p>P. Chiara</p>
		<p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_22_geo_ITALFERR_Att_001</p>	

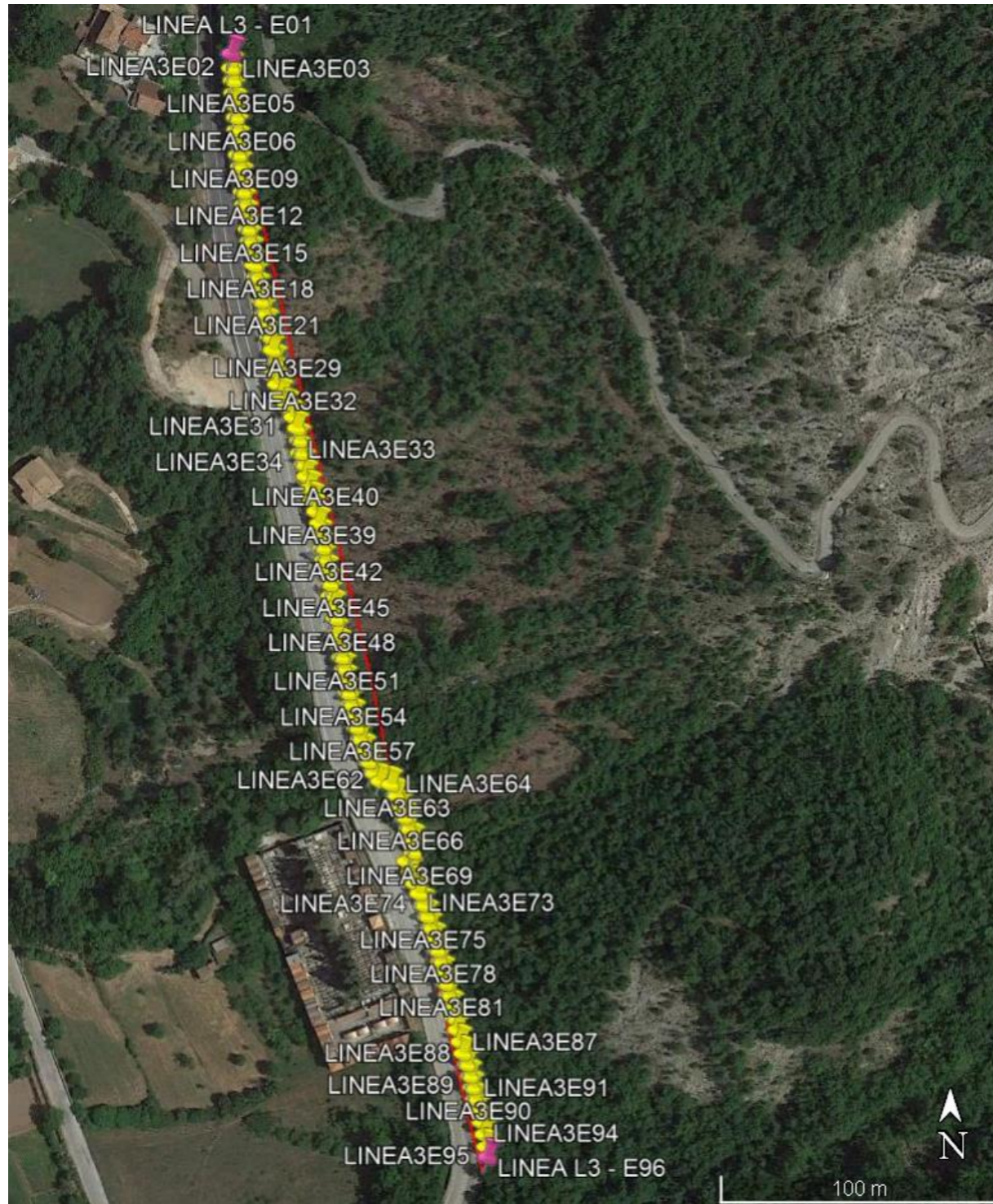
**CONFRONTO INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA ERT L2 ED RQD (FORO SONDAGGIO L1B-S45ter)**



 <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>Esecuzione di indagini geofisiche per il progetto di fattibilità tecnica ed economica per la linea Salerno – Reggio Calabria nuova linea av Salerno – Reggio Calabria - lotto 1c Buonabitacolo – Praia</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p>Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_22_geo_ITALFERR_Att_001</p>	<p><b>Elaborazione</b></p> <p>MG. Idili E. Benvenuti G. Luciani</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>7</b></p>
---	--	---	--	--------------------------------------



**Ubicazione dell'indagine ERT L3 con distribuzione degli elettrodi di misura**



**Ubicazioni della traccia della sezione ERT L3 elaborata**




**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**

Esecuzione di indagini geofisiche per il progetto di fattibilità tecnica ed economica per la linea Salerno – Reggio Calabria nuova linea av Salerno – Reggio Calabria - lotto 1c Buonabitacolo – Praia

**CLIENTE**


 Italferr S.p.A

**RIFERIMENTI INTERNI**

CO\_001\_22\_geo\_ITALFERR\_Att\_001

**Elaborazione**

MG. Idili E. Benvenuti  
G. Luciani

**Verifica**

A. Morelli

**Approvazione**

P. Chiara

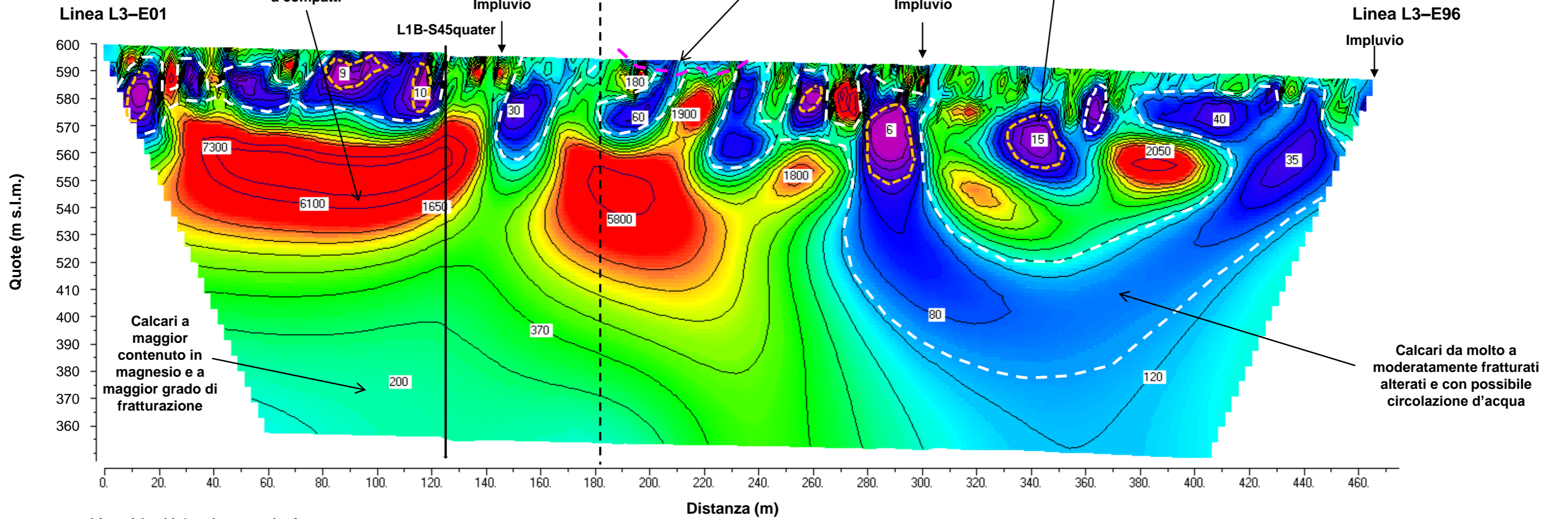
**TAVOLA**

**8**

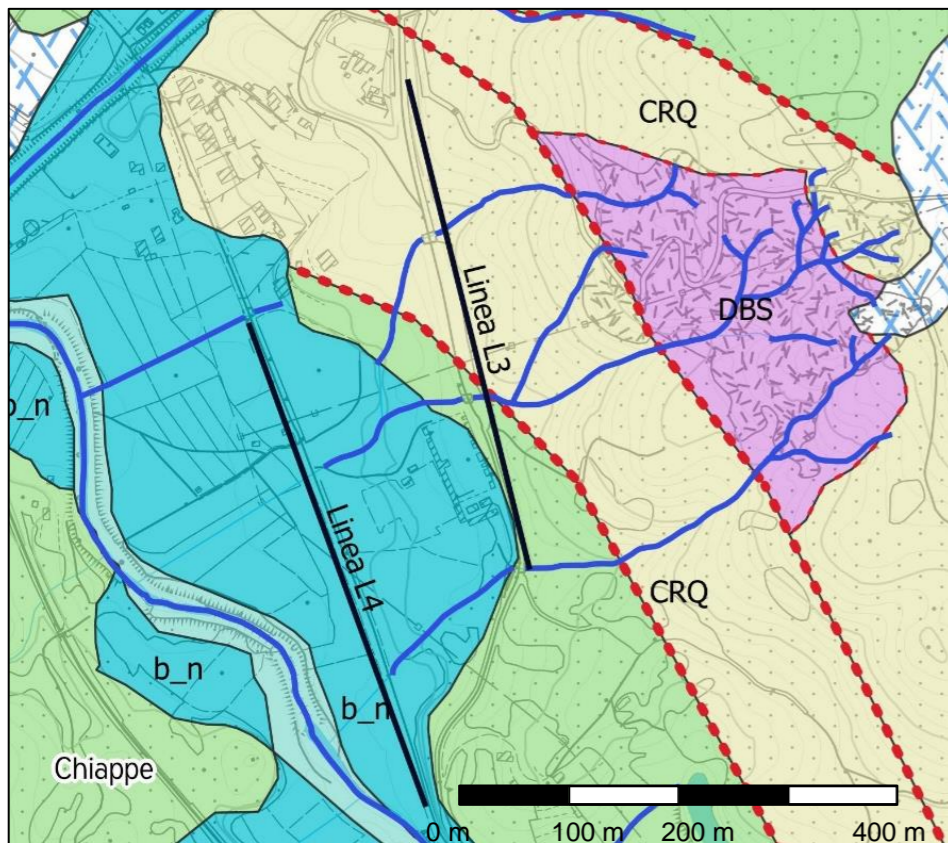


# INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA ERT L3

## Sezione ERT – L3



Linee L3 ed L4 su base geologica



DEPOSITI QUATERNARI (DEPOSITI NON DISTINTI IN BASE AL BACINO DI PERTINENZA)		LEGENDA		N.B. Per la descrizione delle singole unità si rimanda alla legenda dettagliata di Tavola 2a.
UNITA' IN FORMAZIONE		UNITA' DELLA CATENA APPENINICA (ESTERNE) - UNITA' TETTONICA MONTI DELLA MADDALENA		
b	DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI ATTUALE	DBS	DOLOMIA SUPERIORE NORICO - RETICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Limite della base dei depositi alluvionali ed eluvio-colluviali</li> <li>— Interfaccia tra calcari da molto a moderatamente fratturati alterati e calcari da poco fratturati a compatti</li> <li>— Limite di porzioni fortemente fratturate, alterate, ricche in matrice limo-argillosa e con possibile circolazione di acqua.</li> </ul>
b_n	DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI E TERRAZZATI PLEISTOCENE MEDIO - PLEISTOCENE SUP.	<b>SIMBOLOGIE</b> ELEMENTI GEOLOGICI --- Faglia incerta ELEMENTI GEOMORFOLOGICI — Idrografia superficiale		
RDT	CALCARI A RADIOLITIDI TURONIANO - SENONIANO			
CRQ	CALCARI CON REQUIENIE E GASTEROPODI NEOCOMIANO - CENOMANIANO			

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	<b>PROGETTO</b> Esecuzione di indagini geofisiche per il progetto di fattibilità tecnica ed economica per la linea Salerno – Reggio Calabria nuova linea av Salerno – Reggio Calabria - lotto 1c Buonabitacolo – Praia	<b>CLIENTE</b> Italferr S.p.A	<b>Elaborazione</b> MG. Idili E. Benvenuti G. Luciani <b>Verifica</b> A. Morelli <b>Approvazione</b> P. Chiara
		<b>RIFERIMENTI INTERNI</b> CO_001_22_geo_ITALFERR_Att_001	

**CONFRONTO INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA ERT L3 ED RQD (FORO SONDAGGIO L1B-S45Quater)**

Sezione ERT – L3

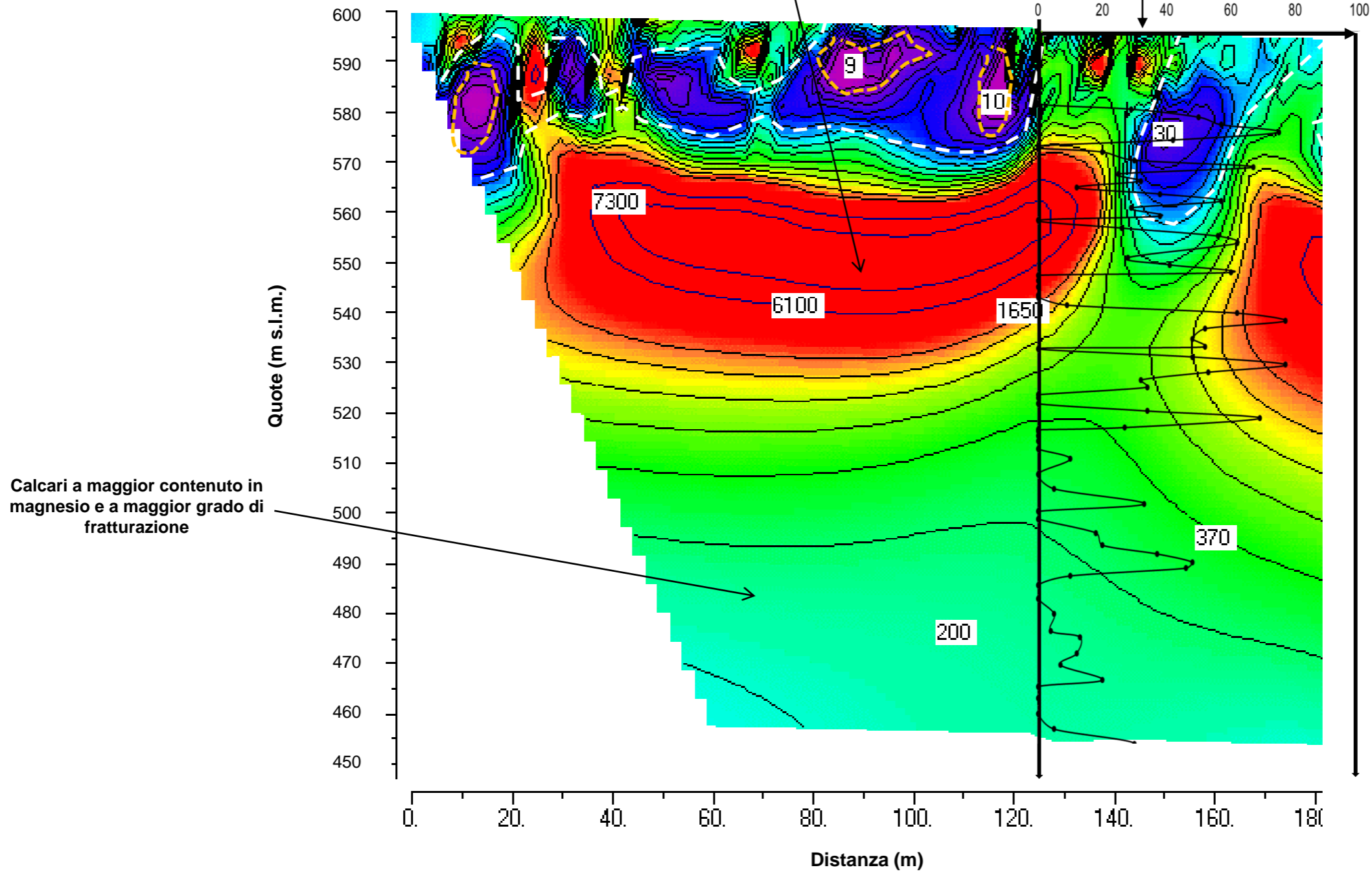
Calcari da poco fratturati a compatti

Linea L3-E01

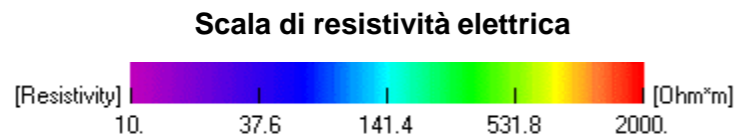
L1B-S45quater



Impluvio

RQD



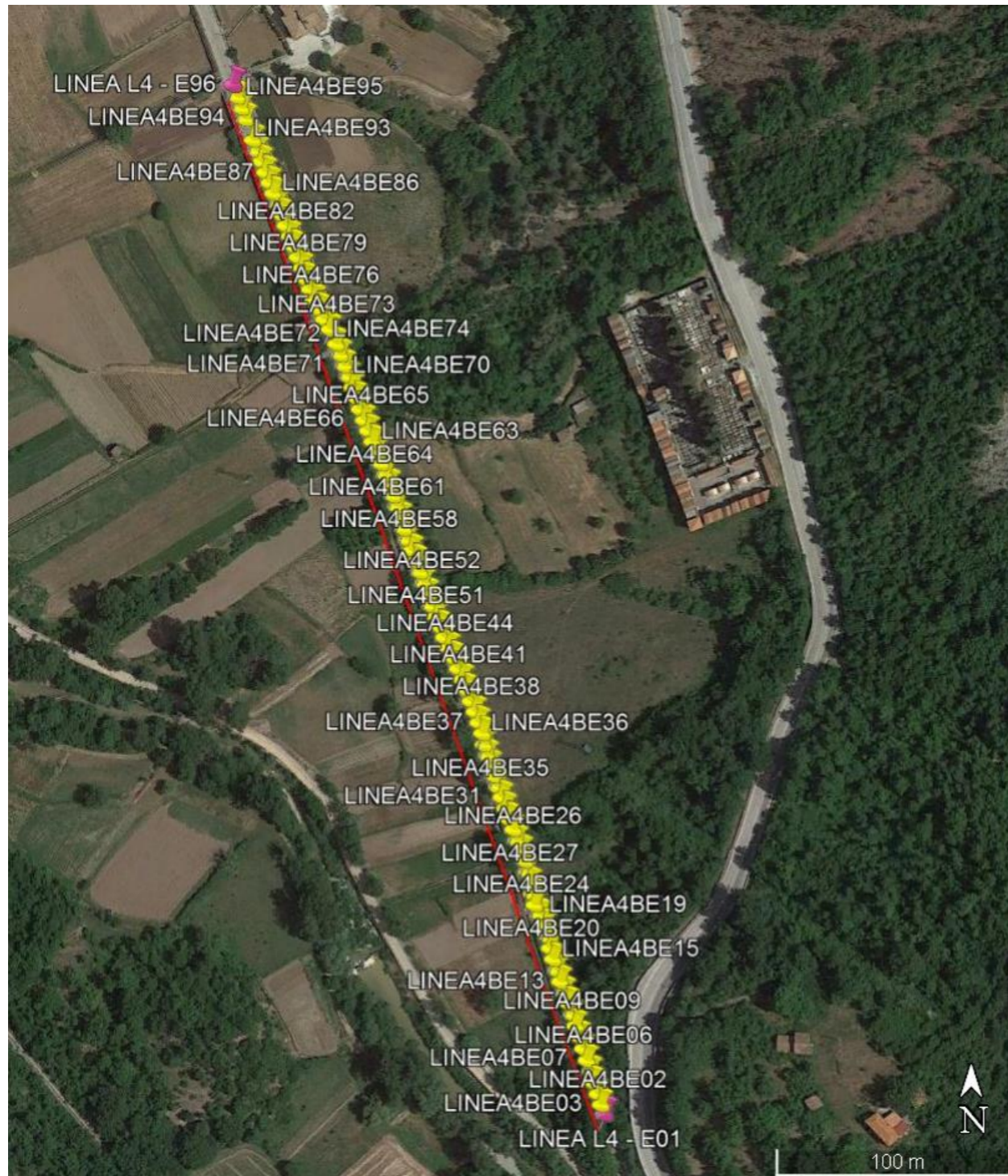
Calcari a maggior contenuto in magnesio e a maggior grado di fratturazione



 <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>Esecuzione di indagini geofisiche per il progetto di fattibilità tecnica ed economica per la linea Salerno – Reggio Calabria nuova linea av Salerno – Reggio Calabria - lotto 1c Buonabitacolo – Praia</p>	<p><b>CLIENTE</b> Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b> CO_001_22_geo_ITALFERR_Att_001</p>	<p><b>Elaborazione</b> MG. Idili E. Benvenuti G. Luciani</p> <p><b>Verifica</b> A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b> <b>10</b></p>
---	--	---	---	------------------------------------



**Ubicazione dell'indagine ERT L4 con distribuzione degli elettrodi di misura**



**Ubicazioni della traccia della sezione ERT L4 elaborata**




**SO.IN.G** Strutture e Ambiente S.r.l.  
[www.soing.eu](http://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**

Esecuzione di indagini geofisiche per il progetto di fattibilità tecnica ed economica per la linea Salerno – Reggio Calabria nuova linea av Salerno – Reggio Calabria - lotto 1c Buonabitacolo – Praia

**CLIENTE**


 Italferr S.p.A

**RIFERIMENTI INTERNI**

CO\_001\_22\_geo\_ITALFERR\_Att\_001

**Elaborazione**

MG. Idili E. Benvenuti  
G. Luciani

**Verifica**

A. Morelli

**Approvazione**

P. Chiara

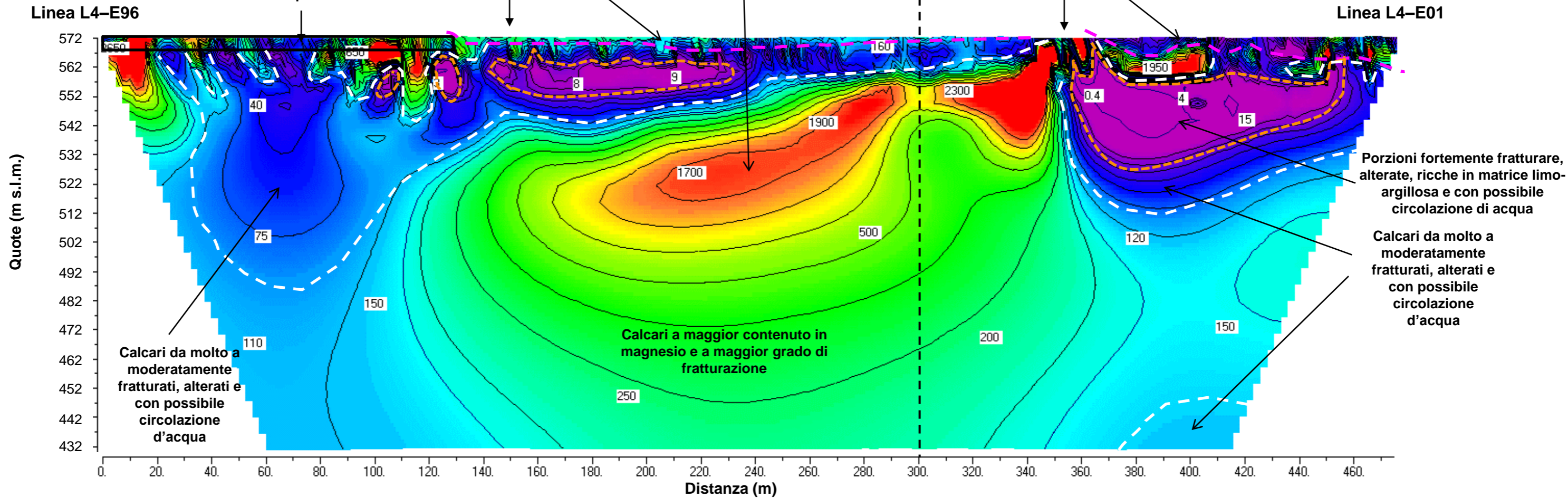
**TAVOLA**

**11**

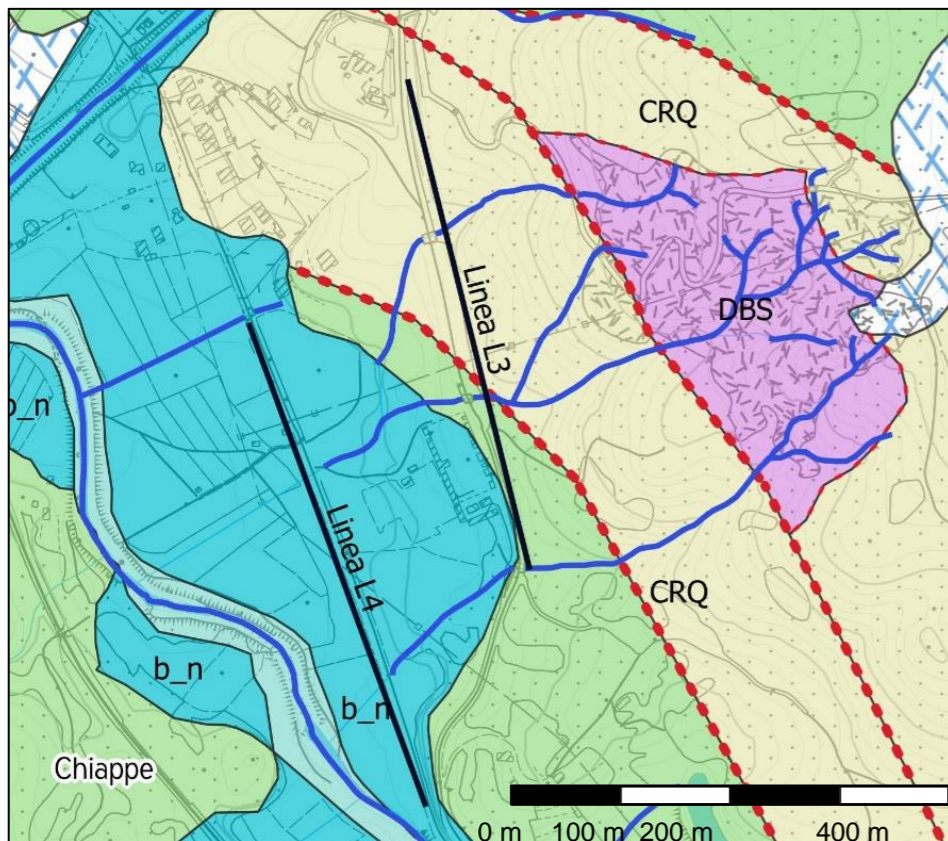


# INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA ERT L4

## Sezione ERT - L4



Linee L3 ed L4 su base geologica



DEPOSITI QUATERNARI (DEPOSITI NON DISTINTI IN BASE AL BACINO DI PERTINENZA)		LEGENDA	
<b>UNITA' IN FORMAZIONE</b>		<b>UNITA' DELLA CATENA APPENINICA (ESTERNE) - UNITA' TETTONICA</b>	
<b>b</b> DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI ATTUALE		<b>DBS</b> DOLOMIA SUPERIORE NORICO - RETICO	
<b>UNITA' COMPLETAMENTE FORMATE</b>		<b>SIMBOLOGIE</b>	
<b>b_n</b> DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI E TERRAZZATI PLEISTOCENE MEDIO - PLEISTOCENE SUP.		<b>ELEMENTI GEOLOGICI</b>	
<b>UNITA' DELLA CATENA APPENINICA (ESTERNE) - UNITA' TETTONICA ALBURNO-CERVATI-POLLINO</b>		--- Faglia incerta	
<b>RDT</b> CALCARI A RADIOLITIDI TURONIANO - SENONIANO		<b>ELEMENTI GEOMORFOLOGICI</b>	
<b>CRQ</b> CALCARI CON REQUIENIE E GASTEROPODI NEOCOMIANO - CENOMANIANO		— Idrografia superficiale	
			<b>MONTI DELLA MADDALENA</b>
			<b>N.B.</b> Per la descrizione delle singole unità si rimanda alla legenda dettagliata di Tavola 2a.

<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>Esecuzione di indagini geofisiche per il progetto di fattibilità tecnica ed economica per la linea Salerno - Reggio Calabria nuova linea av Salerno - Reggio Calabria - lotto 1c Buonabitacolo - Praia</p>	<p><b>CLIENTE</b></p> <p>Italferr S.p.A</p>	<p><b>Elaborazione</b></p> <p>MG. Idili E. Benvenuti G. Luciani</p> <p><b>Verifica</b></p> <p>A. Morelli</p> <p><b>Approvazione</b></p> <p>P. Chiara</p>
		<p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b></p> <p>CO_001_22_geo_ITALFERR_Att_001</p>	





**LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA**  
**NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA**  
**LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA**  
**LOTTO 1C BUONABITACOLO – PRAIA**  
**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA**

**Indagini geofisiche – SO.IN.G. S.r.l.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1 R 69	IG	GE0005 002	A	52 di 71

## **8. ALLEGATO N.2 – Risultati indagini sismiche in foro DOWN HOLE**



Ubicazione dell'indagine



Fase di acquisizione dati DH L1B-S49ter



<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> Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO - PRAIA</p>	<p><b>CLIENTE</b>  Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b> CO_001_22/001_geo_ITALFERR</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani <b>Verifica</b> A. Morelli <b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b> <b>1</b></p>
--	---	---	--	-----------------------------------

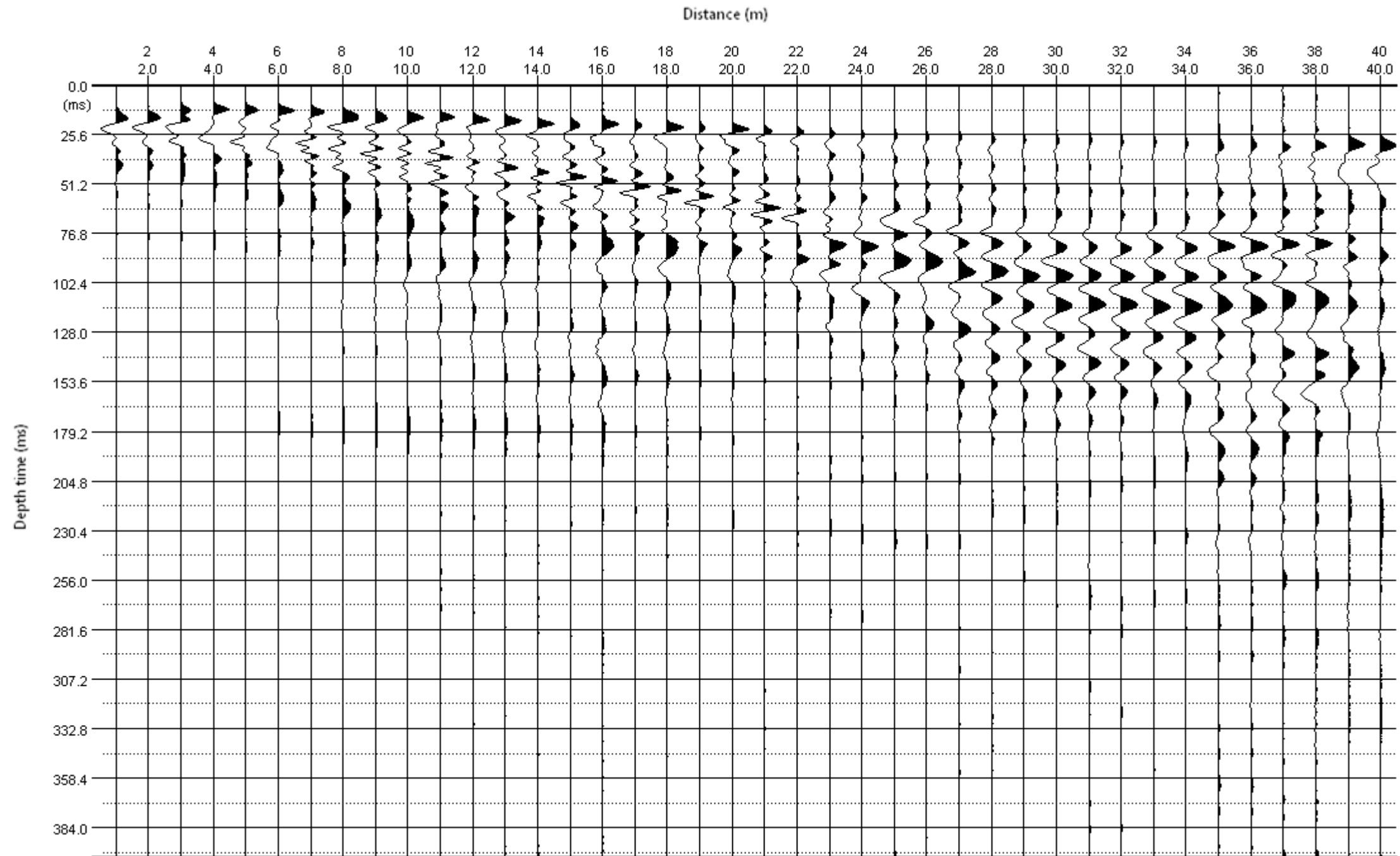


Tabella dei tempi osservati e corretti Onde P e SH

Profondità (m)	Tempi oss (ms)	Tempi corr (ms)	Tempi oss (ms)	Tempi corr (ms)
	P	P	S	S
0	0	0	0	0
1	9.17	4.10	27.57	12.33
2	9.83	6.95	28.88	20.42
3	10.48	8.72	30.19	25.12
4	11.14	9.96	34.79	31.11
5	11.79	10.95	38.07	35.35
6	12.45	11.81	40.00	37.95
7	13.10	12.60	43.32	41.65
8	13.76	13.35	47.92	46.48
9	14.41	14.07	53.17	51.90
10	15.07	14.77	56.45	55.35
11	15.72	15.47	59.07	58.12
12	16.38	16.16	61.70	60.86
13	17.03	16.83	64.00	63.26
14	17.69	17.51	67.00	66.33
15	18.34	18.18	70.00	69.39
16	19.00	18.85	72.50	71.94
17	19.65	19.52	74.50	73.99
18	20.31	20.18	76.80	76.33
19	20.96	20.85	79.42	78.98
20	21.60	21.49	81.39	80.99
21	22.20	22.10	82.80	82.43
22	22.76	22.67	84.02	83.67
23	23.30	23.21	85.02	84.70
24	23.82	23.74	86.03	85.73
25	24.32	24.24	87.05	86.77
26	24.82	24.75	88.02	87.76
27	25.30	25.23	89.02	88.78
28	25.80	25.73	90.03	89.80
29	26.30	26.24	91.04	90.82
30	26.78	26.72	92.07	91.87
31	27.25	27.19	92.99	92.80
32	27.72	27.67	93.98	93.80
33	28.20	28.15	94.97	94.80
34	28.67	28.62	95.96	95.79
35	29.12	29.07	96.94	96.78
36	29.60	29.55	97.90	97.75
37	30.05	30.01	98.80	98.66
38	30.48	30.44	99.65	99.51
39	30.90	30.86	100.48	100.35
40	31.30	31.26	101.30	101.17

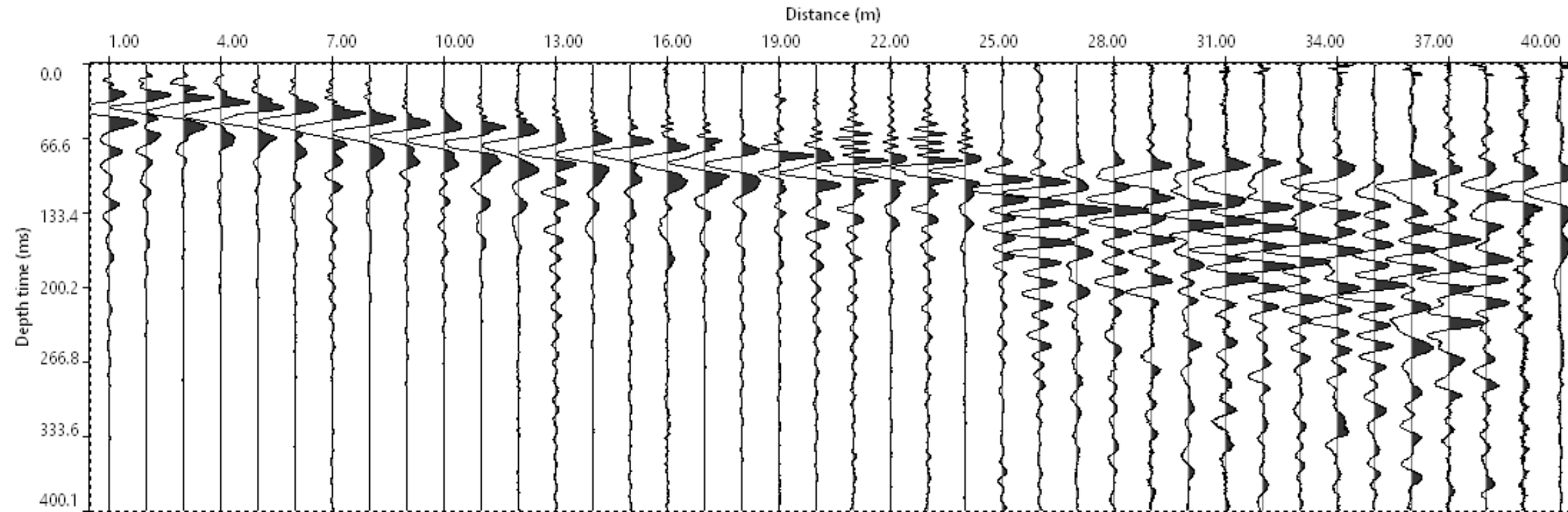
 <p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>     <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 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> Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO - PRAIA</p>	<p><b>CLIENTE</b>  Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b> CO_001_22/001_geo_ITALFERR</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani <b>Verifica</b> A. Morelli <b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b> <b>2</b></p>
---	---	---	--	-----------------------------------

Sismogramma Onde P

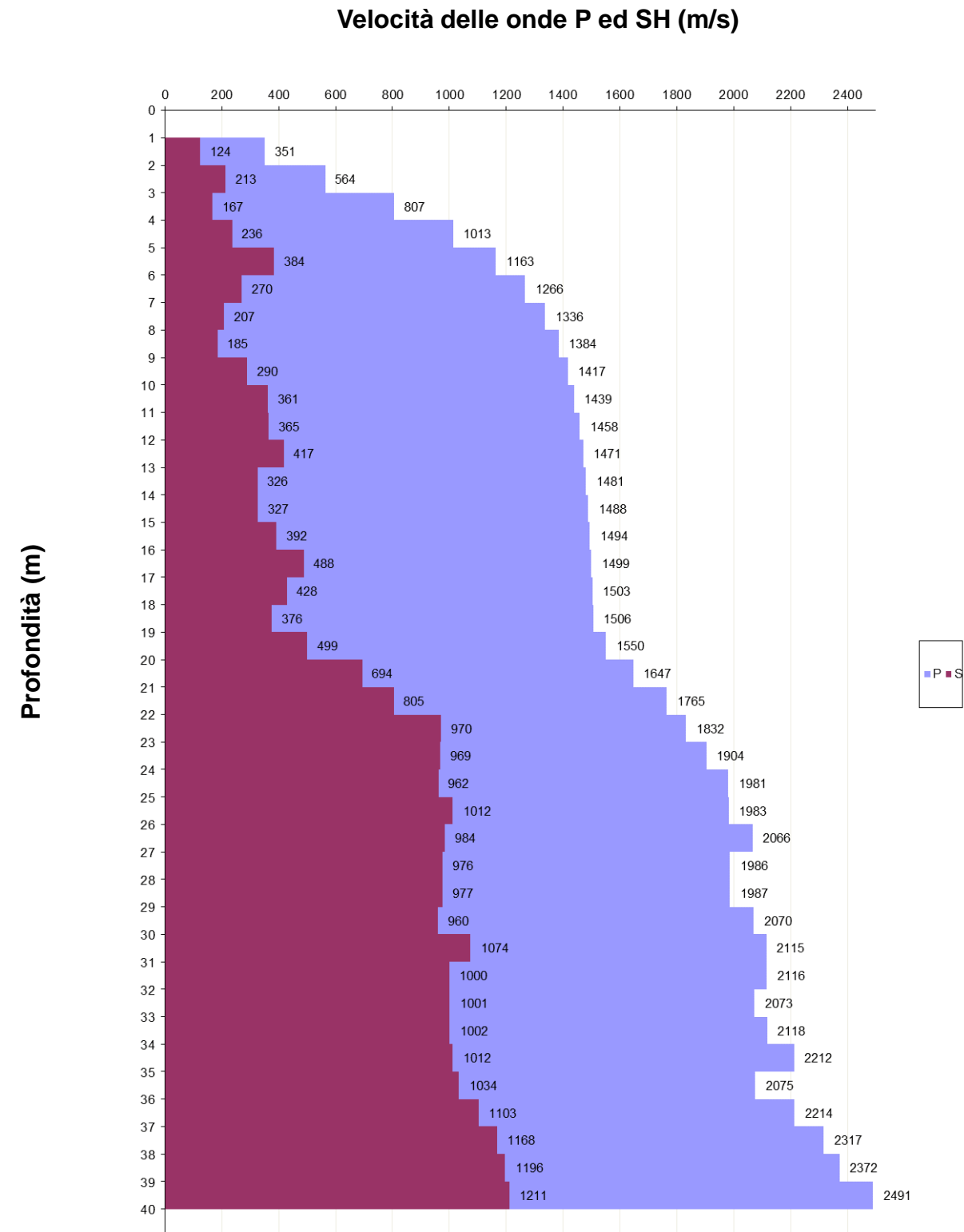


 <p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>      <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 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> Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO - PRAIA</p>	<p><b>CLIENTE</b>  Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b> CO_001_22/001_geo_ITALFERR</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani <b>Verifica</b> A. Morelli <b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p>TAVOLA <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> Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO - PRAIA</p>	<p><b>CLIENTE</b>  Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b> CO_001_22/001_geo_ITALFERR</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani <b>Verifica</b> A. Morelli <b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b> <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><b>PROGETTO</b> Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO - PRAIA</p>	<p><b>CLIENTE</b>  Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b> CO_001_22/001_geo_ITALFERR</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani <b>Verifica</b> A. Morelli <b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p>TAVOLA <b>5</b></p>
--	---	---	--	----------------------------

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

Strato	Profondità	Spessore	Velocità Vp media	Velocità Vs media
	(m dal p.c.)		(m/s)	(m/s)
1	da -1 a -2 m	1	351	124
2	da -2 a -3 m	1	564	213
3	da -3 a -4 m	1	807	167
4	da -4 a -5 m	1	1013	236
5	da -5 a -6 m	1	1163	384
6	da -6 a -7 m	1	1266	270
7	da -7 a -8 m	1	1336	207
8	da -8 a -9 m	1	1384	185
9	da -9 a -10 m	1	1417	290
10	da -10 a -11 m	1	1439	361
11	da -11 a -12 m	1	1458	365
12	da -12 a -13 m	1	1471	417
13	da -13 a -14 m	1	1481	326
14	da -14 a -15 m	1	1488	327
15	da -15 a -16 m	1	1494	392
16	da -16 a -17 m	1	1499	488
17	da -17 a -18 m	1	1503	428
18	da -18 a -19 m	1	1506	376
19	da -19 a -20 m	1	1550	499
20	da -20 a -21 m	1	1647	694
21	da -21 a -22 m	1	1765	805
22	da -22 a -23 m	1	1832	970
23	da -23 a -24 m	1	1904	969
24	da -24 a -25 m	1	1981	962
25	da -25 a -26 m	1	1983	1012
26	da -26 a -27 m	1	2066	984
27	da -27 a -28 m	1	1986	976
28	da -28 a -29 m	1	1987	977
29	da -29 a -30 m	1	2070	960
30	da -30 a -31 m	1	2115	1074
31	da -31 a -32 m	1	2116	1000
32	da -32 a -33 m	1	2073	1001
33	da -33 a -34 m	1	2118	1002
34	da -34 a -35 m	1	2212	1012
35	da -35 a -36 m	1	2075	1034
36	da -36 a -37 m	1	2214	1103
37	da -37 a -38 m	1	2317	1168
38	da -38 a -39 m	1	2372	1196
39	da -39 a -40 m	1	2491	1211

 <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> Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO - PRAIA</p>	<p><b>CLIENTE</b>  Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b> CO_001_22/001_geo_ITALFERR</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani <b>Verifica</b> A. Morelli <b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b> <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=20 m)
1	da -1 a -2 m	1	16.70	0.43	71.50	25.01	168.75	285
2	da -2 a -3 m	1	17.13	0.42	215.43	76.01	433.11	
3	da -3 a -4 m	1	17.61	0.48	142.16	48.10	1059.81	
4	da -4 a -5 m	1	18.03	0.47	290.46	98.71	1681.66	
5	da -5 a -6 m	1	18.33	0.44	764.32	265.63	2077.75	
6	da -6 a -7 m	1	18.53	0.48	390.72	132.34	2738.47	
7	da -7 a -8 m	1	18.67	0.49	233.44	78.46	3165.07	
8	da -8 a -9 m	1	18.77	0.49	187.13	62.76	3441.65	
9	da -9 a -10 m	1	18.83	0.48	458.29	155.02	3503.21	
10	da -10 a -11 m	1	18.88	0.47	708.46	241.57	3510.89	
11	da -11 a -12 m	1	18.92	0.47	725.10	247.21	3615.01	
12	da -12 a -13 m	1	18.94	0.46	942.21	323.51	3588.65	
13	da -13 a -14 m	1	18.96	0.47	581.56	197.19	3814.84	
14	da -14 a -15 m	1	18.98	0.47	586.43	198.84	3857.61	
15	da -15 a -16 m	1	18.99	0.46	835.28	285.44	3777.63	
16	da -16 a -17 m	1	19.00	0.44	1278.00	443.52	3595.26	
17	da -17 a -18 m	1	19.01	0.46	994.86	341.68	3754.05	
18	da -18 a -19 m	1	19.01	0.47	773.96	263.84	3876.68	
19	da -19 a -20 m	1	19.10	0.44	1347.37	467.15	3879.91	
20	da -20 a -21 m	1	19.29	0.39	2537.08	911.27	3916.98	
21	da -21 a -22 m	1	19.53	0.37	3394.15	1239.75	4314.47	
22	da -22 a -23 m	1	19.66	0.30	4740.17	1816.26	4049.85	
23	da -23 a -24 m	1	19.81	0.33	4830.23	1822.25	4609.37	
24	da -24 a -25 m	1	19.96	0.35	4872.33	1810.13	5267.88	
25	da -25 a -26 m	1	19.97	0.32	5310.92	2005.97	5022.94	
26	da -26 a -27 m	1	20.13	0.35	5176.19	1912.50	5878.78	
27	da -27 a -28 m	1	19.97	0.34	5004.24	1866.28	5235.59	
28	da -28 a -29 m	1	19.97	0.34	5017.19	1871.53	5239.30	
29	da -29 a -30 m	1	20.14	0.36	4961.12	1819.79	6039.88	
30	da -30 a -31 m	1	20.23	0.33	6071.44	2288.95	5824.03	
31	da -31 a -32 m	1	20.23	0.36	5382.84	1984.52	6239.29	
32	da -32 a -33 m	1	20.15	0.35	5336.55	1979.37	5853.26	
33	da -33 a -34 m	1	20.24	0.36	5399.46	1991.06	6246.30	
34	da -34 a -35 m	1	20.42	0.37	5615.40	2053.14	7064.33	
35	da -35 a -36 m	1	20.15	0.33	5640.39	2112.65	5694.26	
36	da -36 a -37 m	1	20.43	0.33	6505.35	2436.68	6566.33	
37	da -37 a -38 m	1	20.63	0.33	7338.58	2759.63	7179.15	
38	da -38 a -39 m	1	20.74	0.33	7741.71	2911.69	7564.11	
39	da -39 a -40 m	1	20.98	0.35	8123.14	3019.62	8737.96	

 <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> Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO - PRAIA</p>	<p><b>CLIENTE</b>  Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b> CO_001_22/001_geo_ITALFERR</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani <b>Verifica</b> A. Morelli <b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b> <b>7</b></p>
---	---	---	--	-----------------------------------



**LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA**  
**NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA**  
**LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA**  
**LOTTO 1C BUONABITACOLO – PRAIA**  
**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA**

**Indagini geofisiche – SO.IN.G. S.r.l.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1 R 69	IG	GE0005 002	A	60 di 71

## **9. ALLEGATO N.3 – Risultati indagini sismiche M.A.S.W.**



# INDAGINE SISMICA – MASW L1B-S51bis

## Ubicazione dell'indagine



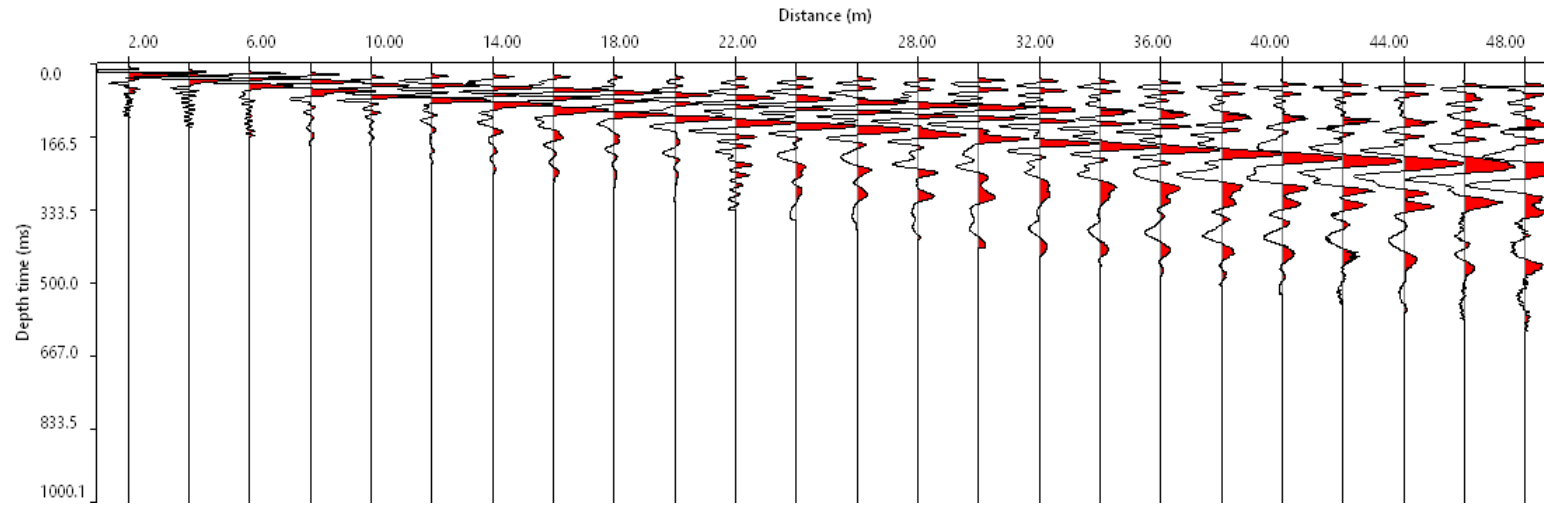
## Fase di acquisizione dati



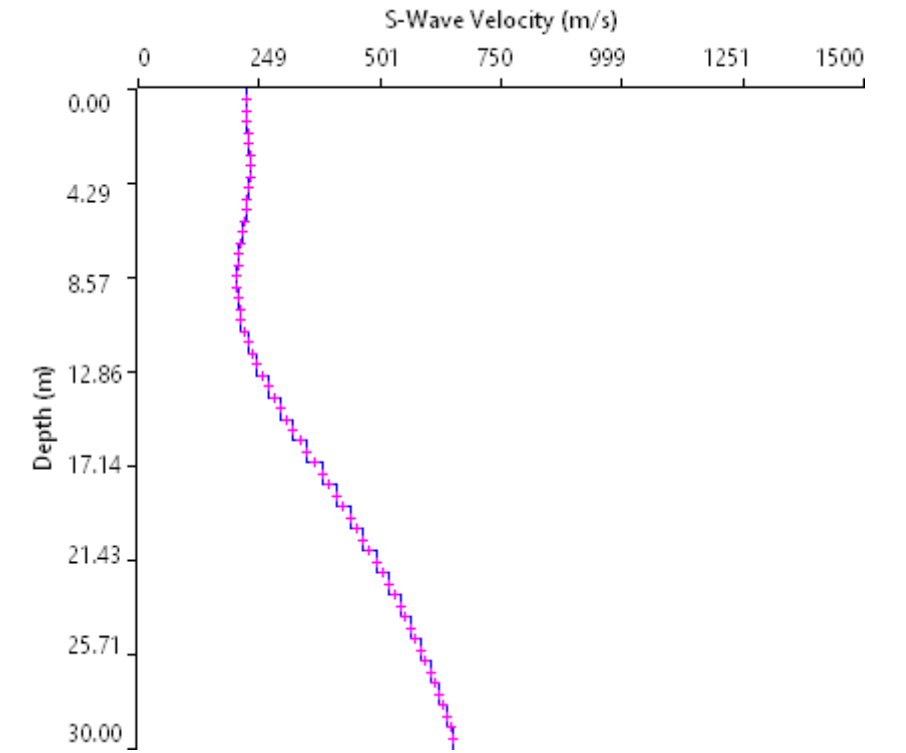
<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, 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> Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO - PRAIA</p>	<p><b>CLIENTE</b>  Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b> CO_001_22/001_geo_ITAFERR</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani <b>Verifica</b> A. Morelli <b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b> <b>1</b></p>
--	---	--	--	-----------------------------------



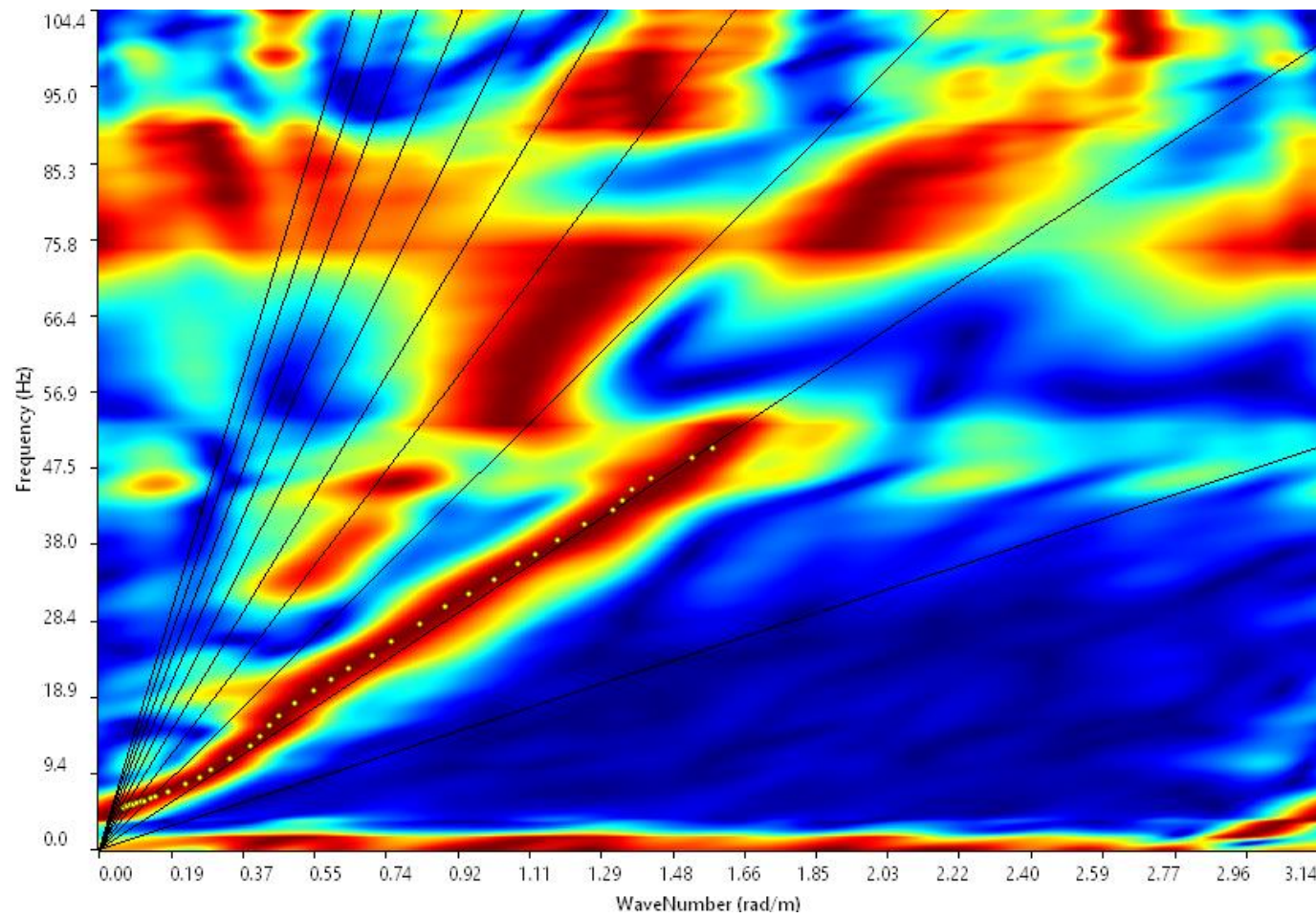
# INDAGINE SISMICA – MASW L1B-S51bis



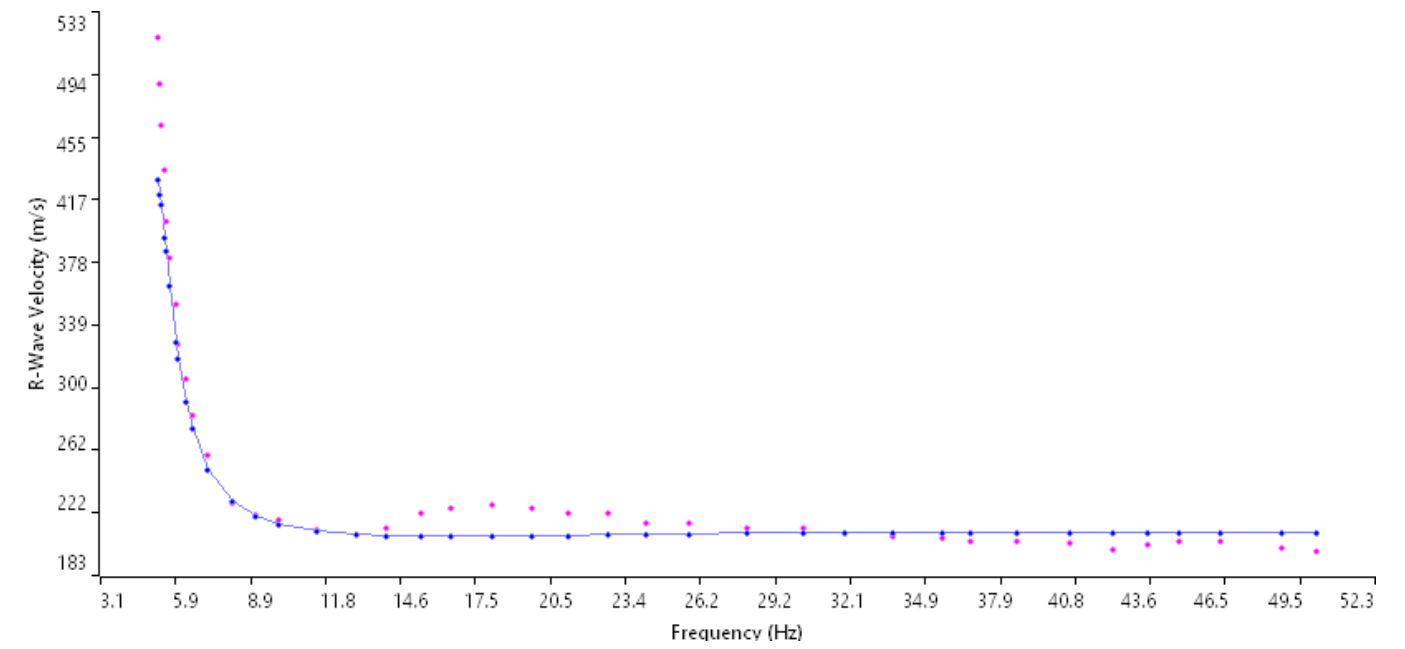
Sismogramma medio utilizzato



Profilo velocità onde 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> Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO - PRAIA</p>	<p><b>CLIENTE</b>  Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b> CO_001_22/001_geo_ITALFERR</p>	<p><b>Elaborazione</b> G. Luciani <b>Verifica</b> A. Morelli <b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b> <b>2</b></p>
---	---	---	--	-----------------------------------



**LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA**  
**NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA**  
**LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA**  
**LOTTO 1C BUONABITACOLO – PRAIA**  
**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA**

**Indagini geofisiche – SO.IN.G. S.r.l.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	C1 R 69	IG	GE0005 002	A	63 di 71

## **10. ALLEGATO N.4 – Risultati indagini sismiche H.V.S.R.**



# INDAGINE SISMICA – HVSR L1B\_S49ter

## Ubicazione dell'indagine



## Fase di acquisizione dati

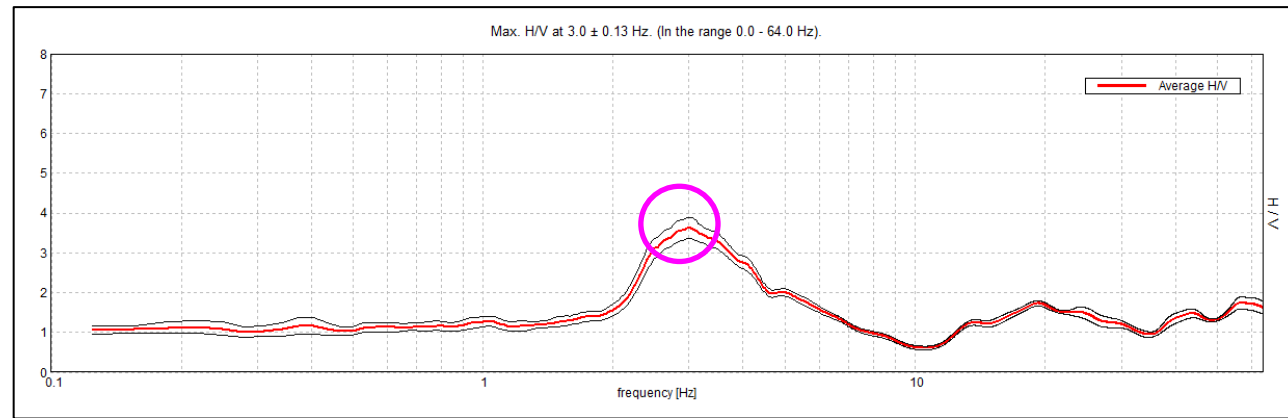


<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, 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> Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO - PRAIA</p>	<p><b>CLIENTE</b>  Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b> CO_001_2022_geo_ITALFERR 001_01_SA-RC_Lotto 1B-1C_Romagnano-Praja</p>	<p><b>Elaborazione</b> E. Benvenuti <b>Verifica</b> A. Morelli <b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b> <b>1</b></p>
--	---	--	--	-----------------------------------

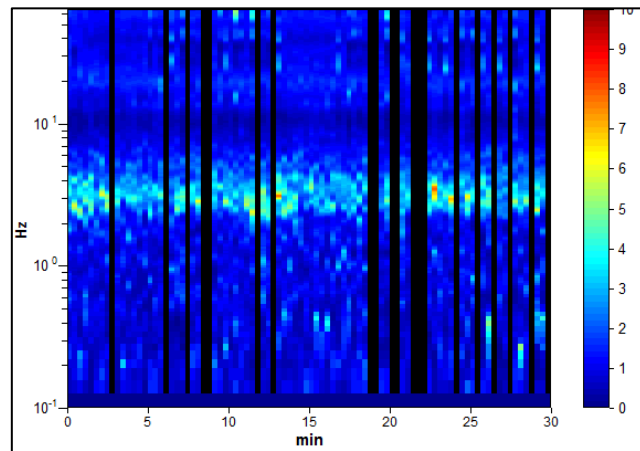


# INDAGINE SISMICA – HVSR L1B\_S49ter

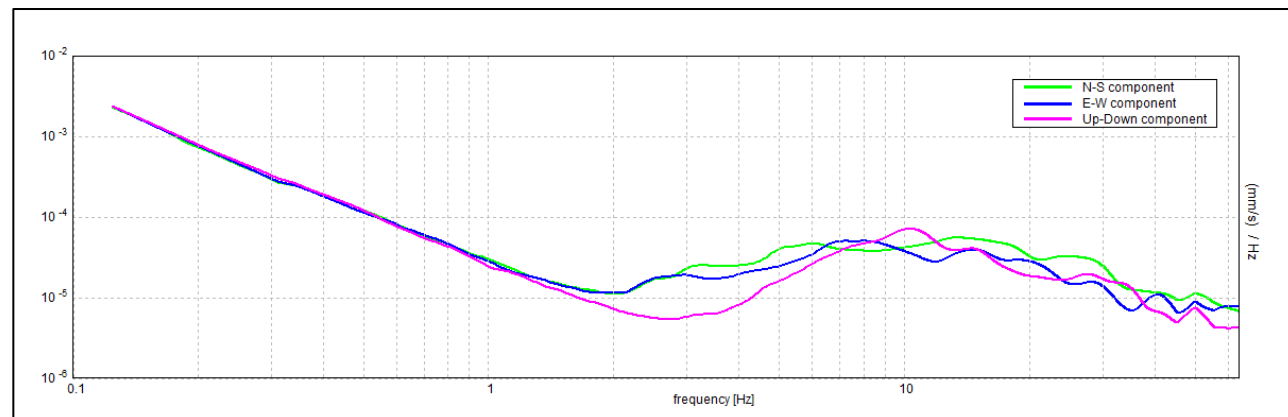
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR ROMAGNANO PRAIA, L1B HVSR L1B-S49TER

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 28/02/23 16:09:17 Fine registrazione: 28/02/23 16:39:17  
 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 78% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 3.0 ± 0.13 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

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

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	3.00 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	4200.0 > 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 145	OK

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

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.125 Hz	OK
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.469 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.62 > 2	OK
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04486  < 0.05$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.13457 < 0.15	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2647 < 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**  
 Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica  
 LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA  
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA  
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA  
 LOTTO 1C BUONABITACOLO - PRAIA

**CLIENTE**  
 Italferr S.p.A

**RIFERIMENTI INTERNI**  
 CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 001\_01\_SA-RC\_Lotto 1B-1C\_Romagnano-Praja

**Elaborazione**  
 E. Benvenuti

**Verifica**  
 A. Morelli

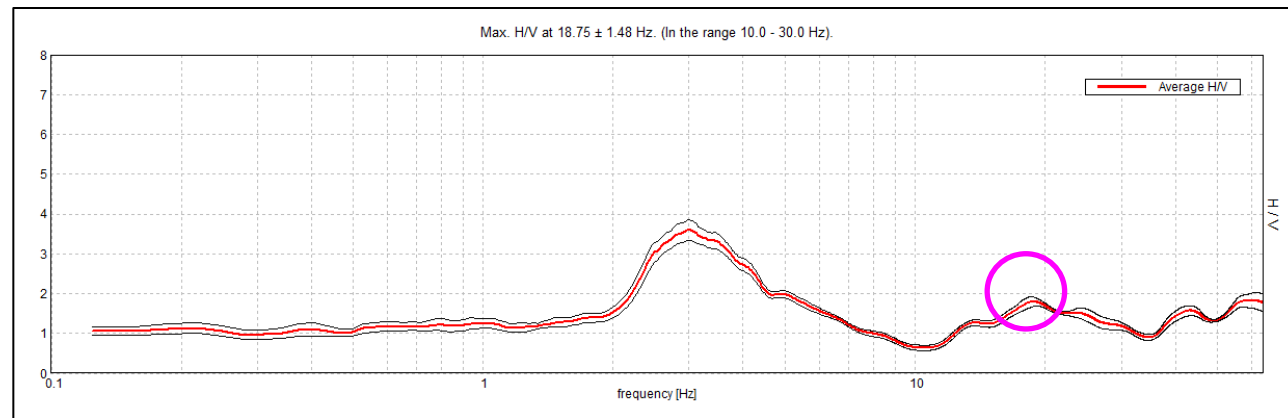
**Approvazione**  
 P. Chiara

TAVOLA  
**2**

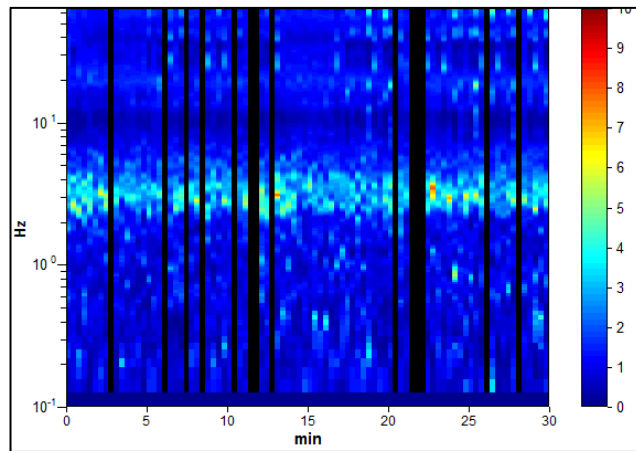


# INDAGINE SISMICA – HVSR L1B\_S49ter

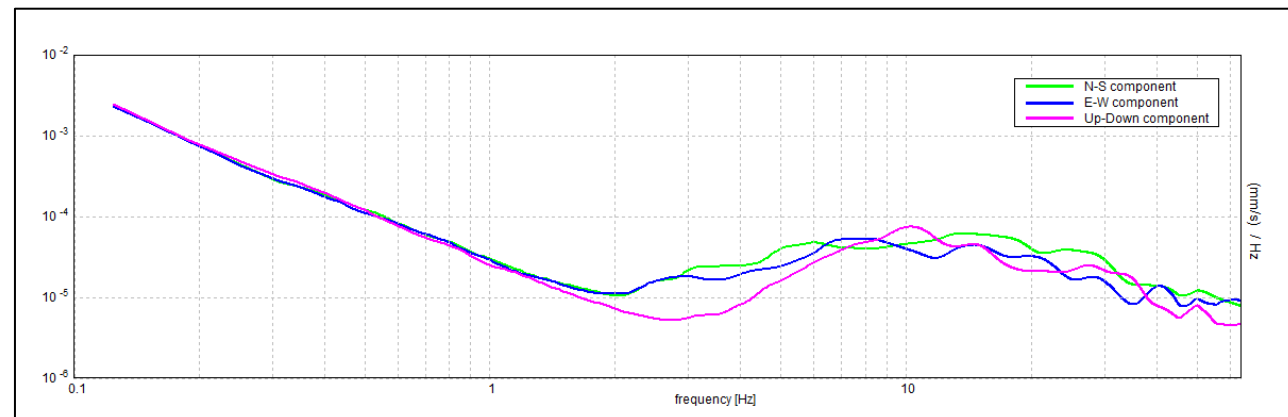
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR ROMAGNANO PRAIA, L1B HVSR L1B-S49TER

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 28/02/23 16:09:17 Fine registrazione: 28/02/23 16:39:17  
 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 84% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 18.75 ± 1.48 Hz (nell'intervallo 10.0 - 30.0 Hz).**

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

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	18.75 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	28500.0 > 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 901	OK	

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

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	12.094 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	34.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.80 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.07907  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.48265 < 0.9375		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1221 < 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

Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica  
 LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA  
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA  
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA  
 LOTTO 1C BUONABITACOLO - PRAIA

#### CLIENTE



#### RIFERIMENTI INTERNI

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 001\_01\_SA-RC\_Lotto 1B-1C\_Romagnano-Praja

#### Elaborazione

E. Benvenuti

#### Verifica

A. Morelli

#### Approvazione

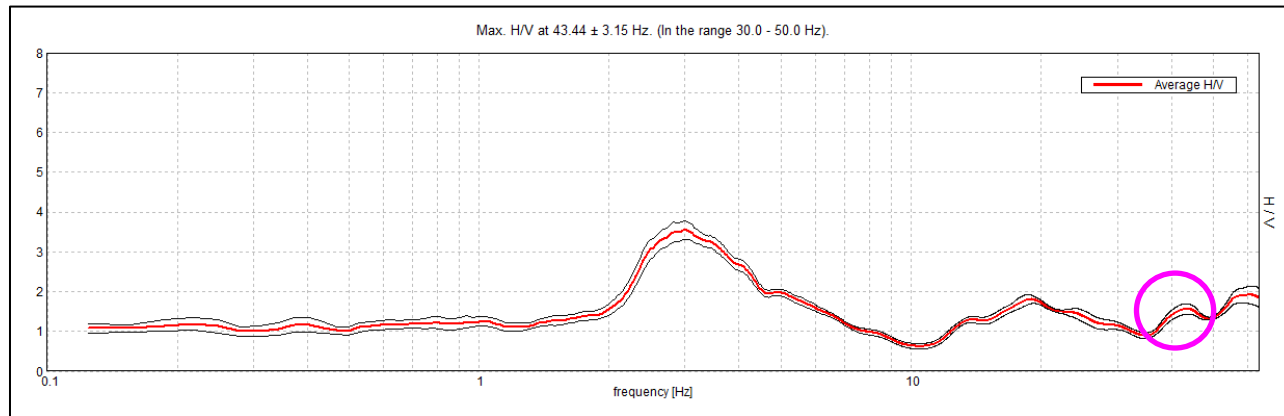
P. Chiara

#### TAVOLA

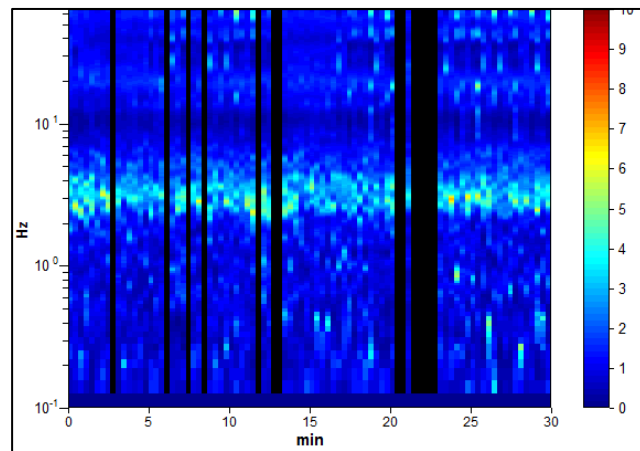
3

# INDAGINE SISMICA – HVSR L1B\_S49ter

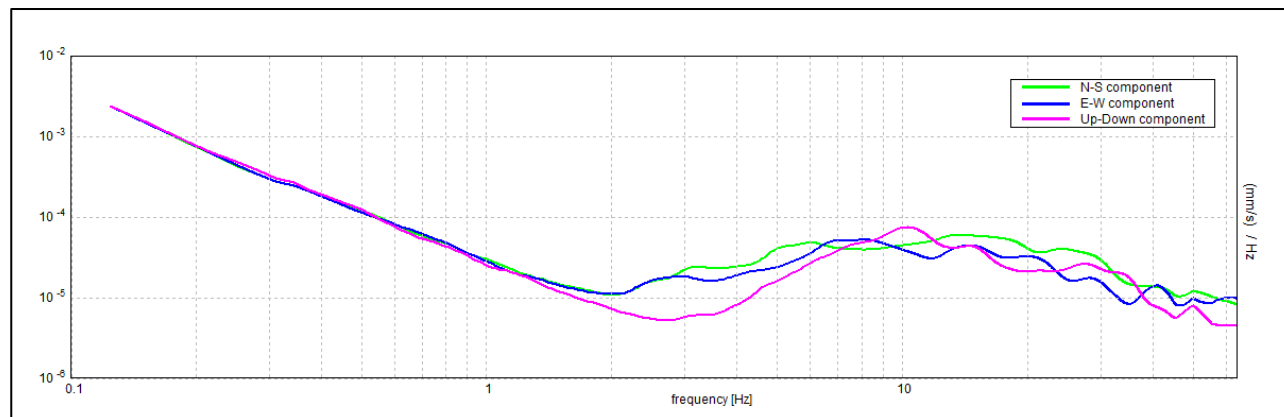
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR ROMAGNANO PRAIA, L1B HVSR L1B-S49TER

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 28/02/23 16:09:17 Fine registrazione: 28/02/23 16:39:17  
 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 84% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 43.44 ± 3.15 Hz (nell'intervallo 30.0 - 50.0 Hz).**

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

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	43.44 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	66025.0 > 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 1354	OK	

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

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	11.719 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.56 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.07258  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	3.15286 < 2.17188		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1285 < 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

Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica  
 LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA  
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA  
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA  
 LOTTO 1C BUONABITACOLO - PRAIA

#### CLIENTE

ITALFERR Italferr S.p.A

#### RIFERIMENTI INTERNI

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 001\_01\_SA-RC\_Lotto 1B-1C\_Romagnano-Praja

#### Elaborazione

E. Benvenuti

#### Verifica

A. Morelli

#### Approvazione

P. Chiara

#### TAVOLA

4

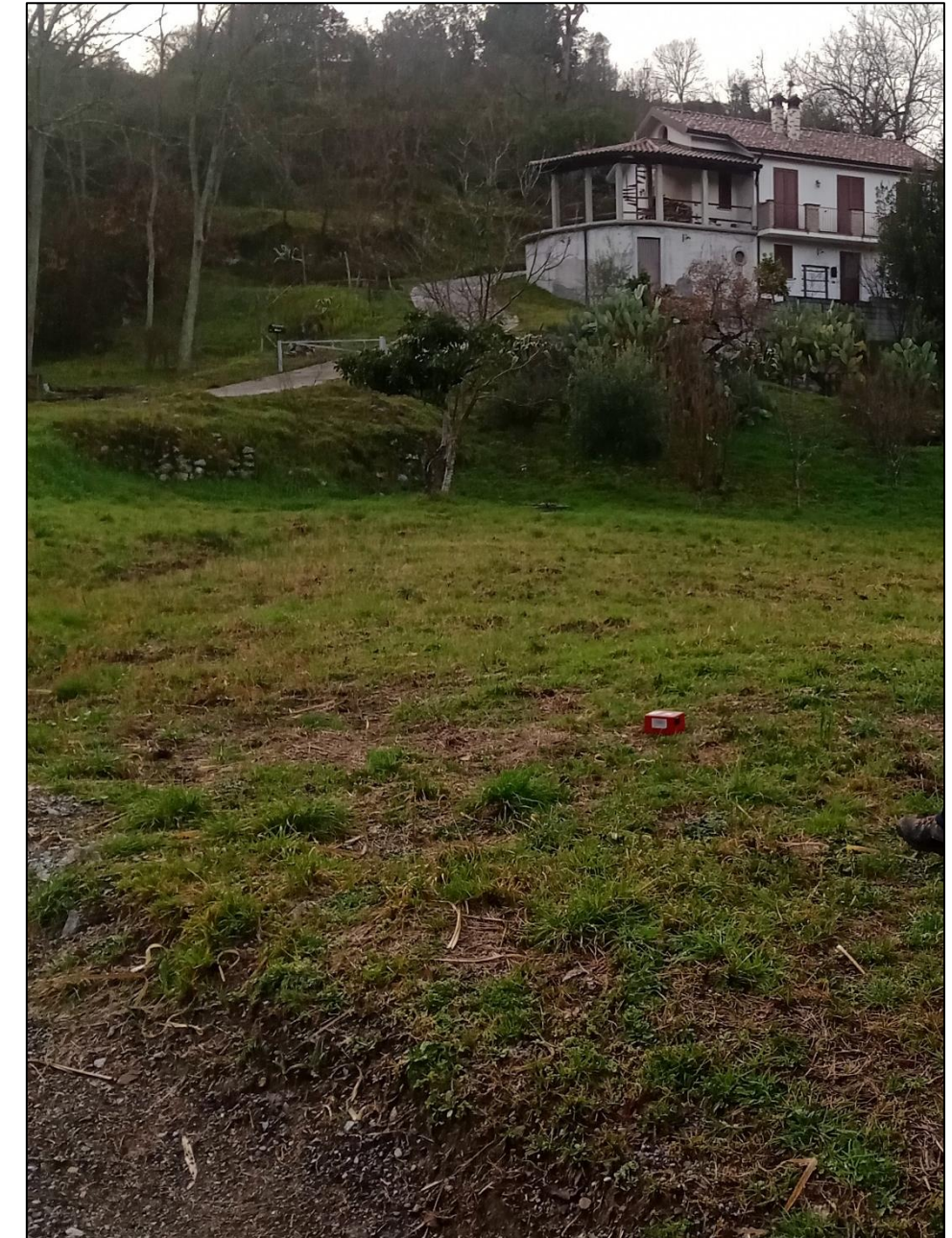


# INDAGINE SISMICA – HVSR L1B\_S51bis

## Ubicazione dell'indagine



## Fase di acquisizione dati

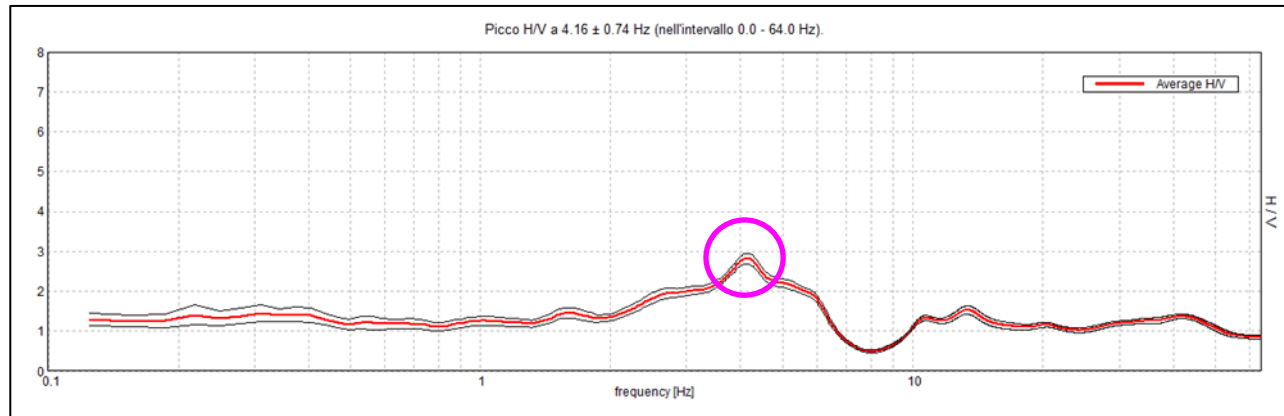


<p>SO.IN.G Strutture e Ambiente S.r.l. www.soing.eu</p>  <p>Società di ingegneria e Laboratorio autorizzato per l'esecuzione e la certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture esistenti del Settore "A" della Circolare 633/STC del 03-12-2019, di cui all'art.59, comma 2, 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> Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1C BUONABITACOLO - PRAIA</p>	<p><b>CLIENTE</b>  Italferr S.p.A</p> <p><b>RIFERIMENTI INTERNI</b> CO_001_2022_geo_ITAFERR 001_01_SA-RC_Lotto 1B-1C_Romagnano-Praja</p>	<p><b>Elaborazione</b> E. Benvenuti <b>Verifica</b> A. Morelli <b>Approvazione</b> P. Chiara</p>	<p><b>TAVOLA</b> <b>5</b></p>
--	---	---	--	-----------------------------------

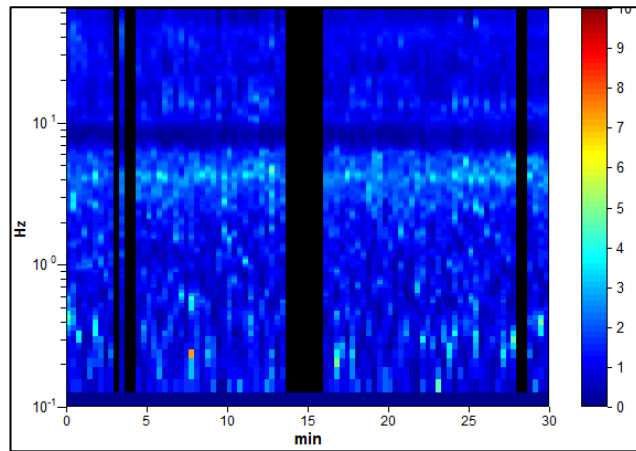


# INDAGINE SISMICA – HVSR L1B\_S51bis

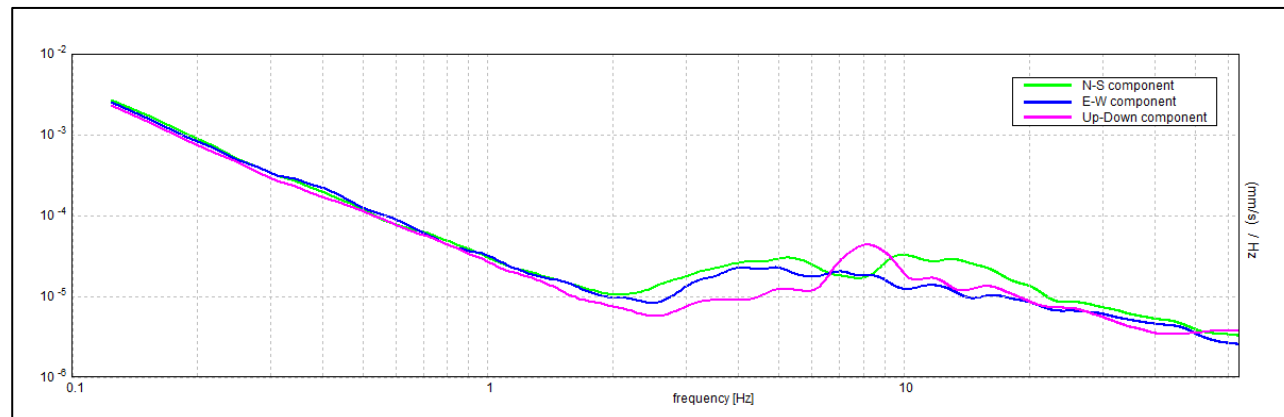
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR ROMAGNANO PRAIA, L1B HVSR L1B-S51BIS

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 28/02/23 14:55:06 Fine registrazione: 28/02/23 15:25:06  
 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 87% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 4.16 ± 0.74 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

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

$f_0 > 10 / L_w$	4.16 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	6483.8 > 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 200	OK	

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

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.063 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.81 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.17728  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.7368 < 0.20781		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1361 < 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

Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica  
 LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA  
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA  
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA  
 LOTTO 1C BUONABITACOLO - PRAIA

### CLIENTE



### RIFERIMENTI INTERNI

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 001\_01\_SA-RC\_Lotto 1B-1C\_Romagnano-Praja

### Elaborazione

E. Benvenuti

### Verifica

A. Morelli

### Approvazione

P. Chiara

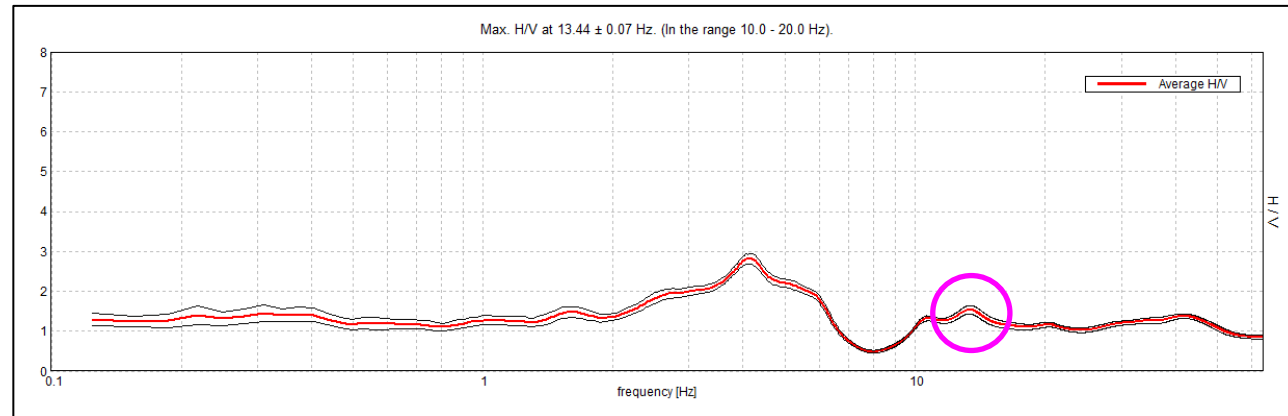
TAVOLA

6

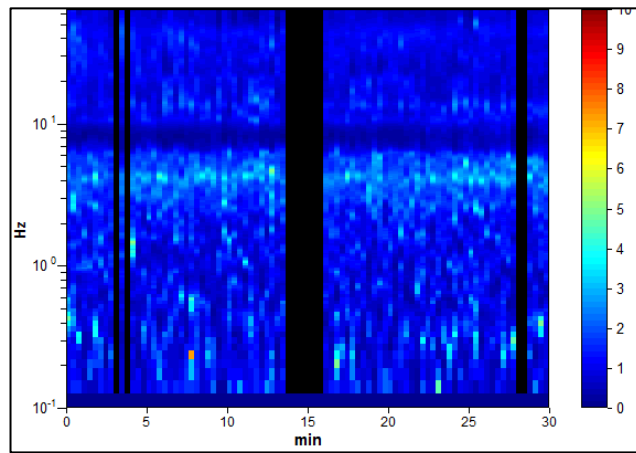


# INDAGINE SISMICA – HVSR L1B\_S51bis

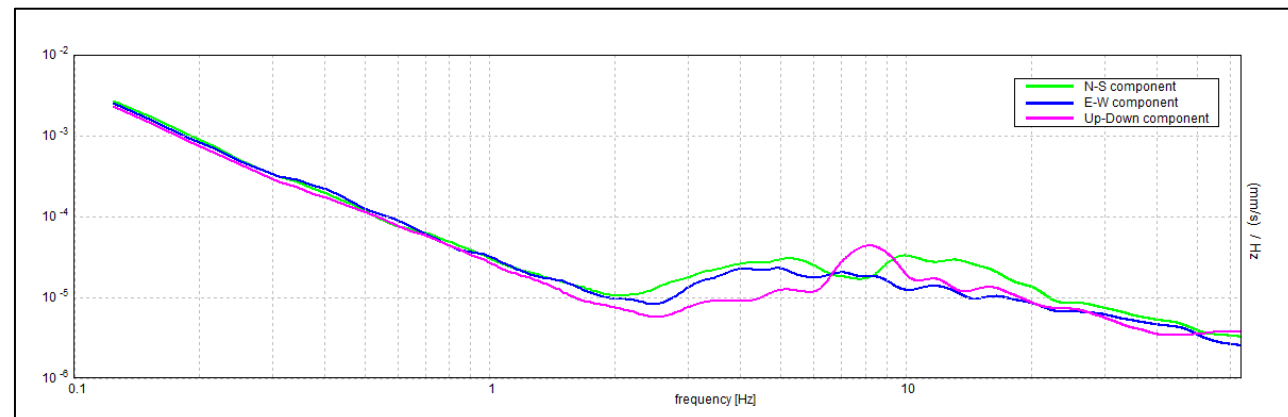
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR ROMAGNANO PRAIA, L1B HVSR L1B-S51BIS

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 28/02/23 14:55:06 Fine registrazione: 28/02/23 15:25:06  
 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: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 13.44 ± 0.07 Hz (nell'intervallo 10.0 - 20.0 Hz).**

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

$f_0 > 10 / L_w$	13.44 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	21231.3 > 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 646	OK	

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

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.344 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.54 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0049  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.06587 < 0.67188	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1064 < 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**  
 Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica  
 LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA  
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA  
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA  
 LOTTO 1C BUONABITACOLO - PRAIA

**CLIENTE**  
 Italferr S.p.A

**RIFERIMENTI INTERNI**  
 CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 001\_01\_SA-RC\_Lotto 1B-1C\_Romagnano-Praja

**Elaborazione**  
 E. Benvenuti

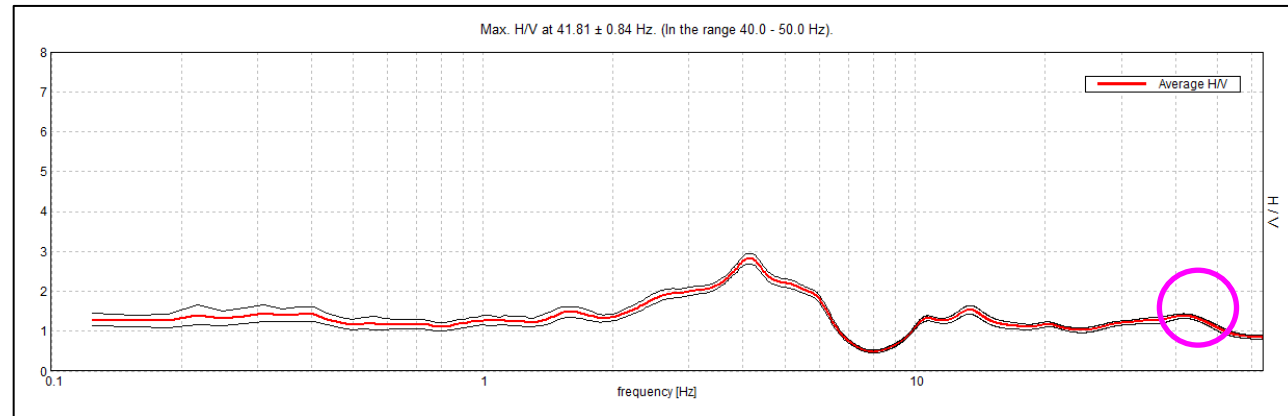
**Verifica**  
 A. Morelli

**Approvazione**  
 P. Chiara

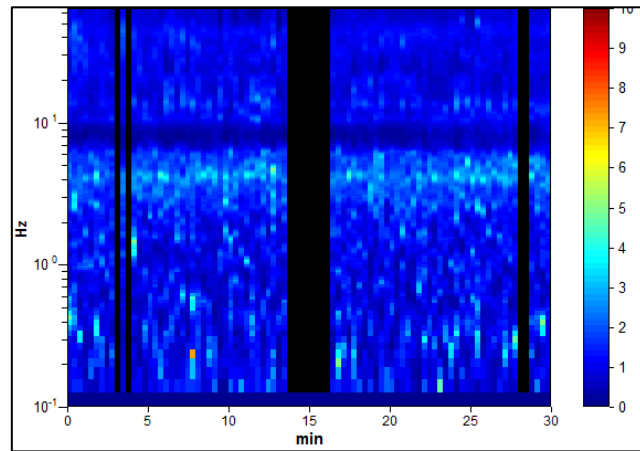
**TAVOLA**  
**7**

# INDAGINE SISMICA – HVSR L1B\_S51bis

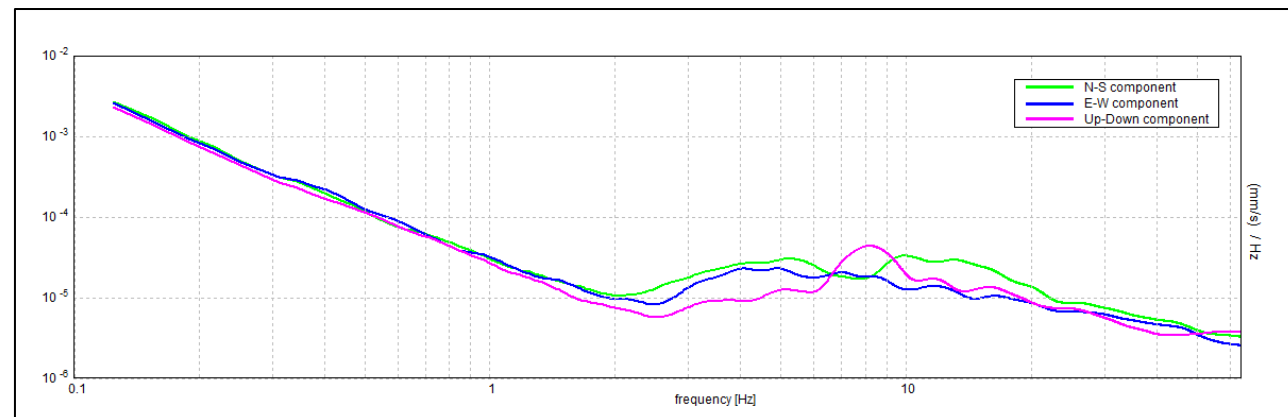
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



## H/V TIME HISTORY



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



### ITALFERR ROMAGNANO PRAIA, L1B HVSR L1B-S51BIS

Strumento: TEP-0155/01-11  
 Formato dati: 16 byte  
 Fondo scala [mV]: n.a.  
 Inizio registrazione: 28/02/23 14:55:06 Fine registrazione: 28/02/23 15:25:06  
 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 87% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

**Picco H/V a 41.81 ± 0.84 Hz (nell'intervallo 40.0 - 50.0 Hz).**

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

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	41.81 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	65227.5 > 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 1380	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
$A_0 > 2$	1.38 > 2	NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02009  < 0.05$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.84011 < 2.09063	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.0551 < 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

Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica  
 LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA  
 NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA  
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA  
 LOTTO 1C BUONABITACOLO - PRAIA

#### CLIENTE

ITALFERR  
 Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane  
 Italferr S.p.A

#### RIFERIMENTI INTERNI

CO\_001\_2022\_geo\_ITALFERR  
 001\_01\_SA-RC\_Lotto 1B-1C\_Romagnano-Praja

#### Elaborazione

E. Benvenuti

#### Verifica

A. Morelli

#### Approvazione

P. Chiara

TAVOLA

8