

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE

PROGETTO DEFINITIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO

2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO

**INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE - TOMOGRAFIA
ELETTRICA 2D - M.A.S.W. – DOWN HOLE**

SCALA:

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

I F 0 H 2 2 D 6 9 I G G E 0 0 0 5 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzat
A	EMISSIONE	P. Chiara	Maggio 2017	A. Salvagnini	Maggio 2017	F. Cerrone	Maggio 2017	F. Ma Maggi

ITALFERR S.p.A.
 Dett. Geologo Francesco MARCHESE
 UO GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE
 Ordine Geologi Lazio n. 179 LE

File: IF0H22D69IGGE005001A.doc

n. Elab. 2024

RIS

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE – TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W. – DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

INDICE

1.	INTRODUZIONE	4
1.1	Premessa e scopi dell'indagine geofisica	4
2.	DATI GEOGNOSTICI DI RIFERIMENTO	5
3.	METODOLOGIE IMPIEGATE.....	5
3.1	Indagine sismica a rifrazione	5
3.1.1	Strumentazione Utilizzata.....	5
3.1.2	Principi base della Sismica a Rifrazione.....	5
3.1.3	Configurazione delle misure ed elaborazione dati	6
3.2	Indagine Tomografica Elettrica	8
3.2.1	Strumentazione	8
3.2.2	Principi base della tecnica tomografica elettrica (ERT)	8
3.2.3	Proprietà elettriche del suolo ed interpretazione valori di resistività ..	9
3.2.4	Configurazione delle misure ed elaborazione dati	10
3.3	Indagine Sismica per Onde Superficiali MASW.....	11
3.3.1	Principi di funzionamento e cenni sul metodo	11
3.3.2	Strumentazione utilizzata, configurazione di indagine, codice di configurazione ed inversione dati	12
3.4	Down Hole Test (DHT)	13
3.4.1	Principi di funzionamento e cenni sul metodo	13
3.4.2	Metodologia di misura e strumentazione utilizzata	14
3.4.3	Principi teorici	15
4.	RISULTATI	16
4.1	Premessa	16
4.2	Interpretazione delle linee tomografie sismiche S1, S2 e S3 – All.1.....	16
4.2.1	Sezioni tomografiche S1, S2 e S3 per onde P ed SH.....	16
4.3	Interpretazione delle Linee Tomografiche Sismiche S4 E S5 – All. 2...	20



ITINERARIO NAPOLI-BARI.
 RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.
 II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.
 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO.
 INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –
 TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W. – DOWN HOLE

RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IF0H	22 D 09	IG	GE0005 001	A	3 di 49

4.3.1	Sezioni tomografiche S3 e S4 per onde P ed SH	20
4.4	Analisi dei Risultati delle Linee Tomografiche Elettriche ERT2A E ERT2B – Allegato 3.....	22
4.5	Analisi dei Risultati delle Indagini MASW – Allegato 4, Tavole 1-4	23
4.5.1	Area MASW 3.....	23
4.5.2	Area MASW 4.....	25
4.6	Risultati della Prova DH 1 nel Foro IF15G21 – Allegato 4, Tavola 5	26
4.7	Risultati della Prova DH 2 Nel Foro IF15G25 – All. 4, Tavole 6 e 7	27
5.	BIBLIOGRAFIA.....	29
6.	ALLEGATO GRAFICO N.1 – TAVOLE DALLA 1 ALLA 3.....	31
7.	ALLEGATO GRAFICO N.2 – TAVOLA 1	35
8.	ALLEGATO GRAFICO N.3 – TAVOLE 1	37
9.	ALLEGATO GRAFICO N.4 – TAVOLE DALLA 1 ALLA 7.....	39
10.	ALLEGATO GRAFICO N.5 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	47

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE – TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W. – DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

1. INTRODUZIONE

1.1 Premessa e scopi dell'indagine geofisica

La presente relazione illustra i risultati della campagna di prospezioni geofisiche non invasive, condotte secondo le modalità previste nelle specifiche tecniche Italferr, eseguite sul 2° Lotto funzionale Telese – San Lorenzo compresa tra le chilometriche 27+700 e 38+700, per il progetto definitivo del secondo Lotto funzionale Frasso Telesino - Vitulano, riguardante il raddoppio della Tratta Cancello-Benevento, della linea ferroviaria ad alta velocità Napoli-Bari.

Le prospezioni geofisiche sono state condotte utilizzando metodologie 2D sismiche tomografiche a rifrazione per onde P ed SH ed elettriche tomografiche. Sono state inoltre realizzate indagini sismiche per onde superficiali con metodologie M.A.S.W. e in foro con tecniche Down Hole.

L'indagine sismica a rifrazione con interpretazione tomografica è stata impiegata al fine di definire, nei limiti delle metodologie impiegate, gli spessori dei terreni di copertura e ricostruire l'andamento del substrato. In particolare, per quest'ultimo, attraverso le variazioni complesse di velocità di propagazione delle onde P ed SH, si è cercato di individuare le porzioni fratturate da quelle con buona probabilità integre e compatte.

Le tomografie elettriche (ERT, electrical resistivity tomography) bidimensionali, attraverso la misura della distribuzione del parametro di resistività estesa al volume di terreno soggetto ad indagine, sono perlopiù condotte laddove sia necessario aumentare l'efficacia diagnostica ed il dettaglio nelle porzioni di copertura ed in zone di frana o con presenze di formazioni con materiali con frazioni coesive, argillose o fini, di tipo limo-argilloso o sabbioso limose o, ancora in presenza di massi erratici superficiali e di substrato argillitico.

Le indagini MASW consentono invece di ottenere la distribuzione monodimensionale della velocità di propagazione delle Onde di Taglio Vs, lungo un profilo verticale, utile alla attribuzione della categoria del suolo pertinente a ciascuna area di indagine.

Le indagini Down Hole consentono infine una caratterizzazione di dettaglio e di approfondimento ai fini geotecnici su aree localizzate, laddove sia necessario valutare il comportamento dei terreni di fondazione, caratterizzandone i parametri dinamici relativi, oltreché a determinare, con grande risoluzione, la categoria dei terreni ai fini della valutazione della risposta sismica locale mediante il parametro V_{s30} .

I risultati delle sezioni sismiche a rifrazione tomografica per onde di compressione e di taglio sono indicate rispettivamente con le sigle S1, S2, S3, S4 e S5; le sezioni S1, S2 e S3 sono riportate nell'Allegato 1, mentre le sezioni S4 e S5, nell'Allegato 2 alla presente Relazione. Le linee tomografiche elettriche sono indicate con le sigle ERT2A e ERT2B e sono consultabili all'Allegato 3. Nell'Allegato 4, infine, sono presentati i risultati delle Linee MASW 3 e 4 e dei due Down Hole eseguiti rispettivamente sui fori di IFG21 (spinto fino a 30m) e IFG25 (spinto fino a 60m).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE - TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - M.A.S.W. - DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 89	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

Le informazioni inerenti la stratigrafia e le litologie locali mediamente presenti nel sottosuolo, necessarie per i confronti di "taratura" delle indagini geofisiche, derivano dalle stratigrafie ricostruite dai sondaggi a carotaggio continuo realizzate nelle vicinanze delle varie aree di indagine relative alla presente tratta.

Il presente documento, oltre a riportare le evidenze dei risultati emersi dalle campagne di acquisizione dati condotte in sito, contiene una breve descrizione della metodologie geofisiche utilizzate.

2. DATI GEOGNOSTICI DI RIFERIMENTO

L'assetto geologico locale, nella tratta compresa tra le chilometriche 27+700 e 38+700, come anticipato in premessa, è noto principalmente sulla base delle stratigrafie derivate dai sondaggi a carotaggio continuo realizzati in prossimità dell'area di prospezione geofisica.

In particolare, nel prosieguo, per le linee tomografiche sismiche ed elettriche si farà riferimento alle stratigrafie dei sondaggi IF15G15, IF15G22, IF15G23, IF15G50 e IF15G24.

Per la corretta interpretazione dei risultati sono state utilizzate inoltre le informazioni derivate dall'osservazione diretta dei materiali affioranti nei vari siti indagati.

3. METODOLOGIE IMPIEGATE

3.1 Indagine sismica a rifrazione

3.1.1 Strumentazione Utilizzata

Per il presente lavoro è stato impiegato un sistema a 48 canali, espandibile a 96, che possiede le seguenti caratteristiche tecniche principali:

- Convertitore analogico digitale A/D a 24-bits
- intervalli di campionamento: 1/32, 1/16, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 1 1/2, 2 ms

Sono quindi stati impiegate catene di geofoni fino a 96 elementi, con frequenza naturale a 14 Hz collegati fino a 4 cavi multi conduttori ciascuno a 24 prese.

3.1.2 Principi base della Sismica a Rifrazione

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

Nell'indagine sismica a rifrazione i trasduttori situati più vicino alla sorgente rilevano prima l'onda diretta che arriva con velocità legata alle caratteristiche meccaniche

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE – TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W. – DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

dello strato di terreno più superficiale, mentre quelli più lontani rilevano le onde rifratte che viaggiano a velocità più elevata. Conoscendo i tempi di primo arrivo e la distanza geofono-sorgente, tramite l'analisi delle curve dei primi arrivi ad ogni trasduttore (dromocrone) con i metodi descritti al successivo paragrafo, si possono determinare i campi di velocità delle onde di compressione P e delle onde di taglio SH che caratterizzano i vari strati interessati dall'indagine; da qui produrre una stratigrafia sismica da correlare alle formazioni geologiche o discontinuità presenti nella serie investigata nel sottosuolo.

3.1.3 Configurazione delle misure ed elaborazione dati

Per l'esecuzione dei profili sismici sono stati utilizzati cavi sismici multiconduttori a 24 geofoni ciascuno, impiegati con allineamenti fino a 96 stazioni (geofoni), a formare le linee di acquisizione, impiegando dove necessario tecniche roll-along.

Per ogni base a 48 canali sono state considerate 11/12 postazioni di scoppio (punti di energizzazione) di cui 10 interni allo stendimento e 2 esterni di raccordo con la base successiva; per ogni postazione sono state acquisite molteplici registrazioni ("stacking"), al fine di ottimizzare il segnale in risposta.

Per il processing dei dati è stato utilizzato il Software RAYFRACT (ver. 3.24) della Intelligent Resources Inc. (Canada), basato su piattaforma Windows (32-64 bit), creato per l'elaborazione di dati tomografici sismici a rifrazione, realizzabili sia con acquisizioni per onde di compressione P che di taglio SH, per scopi geologici, geotecnico-ingegneristici, ambientali, nonché per l'esplorazione nel campo delle georisorse.

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

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

In generale, il tempo di percorrenza di un'onda sismica lungo un percorso S attraverso un mezzo bidimensionale (2D) può essere scritto come

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

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

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE – TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W. – DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 89	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

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

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

Considerando tutte le dromocrone disponibili si ottiene il seguente sistema

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

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

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

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

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

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

Poiché il problema è parzialmente sovradeterminato (per alcune celle si hanno molti percorsi) e parzialmente sottodeterminato (per alcune celle non è disponibile nessun percorso) esso è stato risolto con la tecnica dei minimi quadrati smorzati, cioè è stata minimizzata con la seguente funzione errore

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

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

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

I risultati grafici che rappresentano la distribuzione delle velocità delle onde di

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE – TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W. – DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

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

3.2 INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA

3.2.1 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. Fondamentale in fase di acquisizione dati è stata 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.

Il Syscal-Pro utilizzato, rispetto ai resistivimetri 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.

3.2.2 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 " ΔV " 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 ρ_a), ciascuno aggregato ad un punto diverso nel volume del terreno, in profondità, dipendono pertanto da " ΔV " 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

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE – TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W. – DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 89	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

oggetto di indagine geofisica.

3.2.3 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:

- ρ_s : resistività ($\Omega \cdot m$) del suolo parzialmente saturo di fluido,
- ρ_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),
- ϕ : porosità del suolo .

La resistività del fluido ρ_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, presenza di sostanze fluidi a comportamento elettrico resistivo o conduttivo all'interno dei pori o fratture dell'ammasso oggetto d'indagine.

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE – TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W. – DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

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-argillose o fini, 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 assorbiti 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 riporteremo in questo contesto.

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

Nell'ambito del presente lavoro, i depositi argillosi, limo-argillosi e limo sabbiosi, specie se umidi, manifestano valori di resistività elettrica estremamente bassi, in certe circostanze inferiori alla decina di Ohm·m e fino a pochi $\Omega \cdot m$.

La presenza di materiali consistenti litoidi superficiali ("trovanti") con litotipi riconducibili ad arenarie presentano comportamento maggiormente resistivo rispetto alle marne argillose od argilliti; ghiaie poligeniche asciutte con scarsa o nulla matrice limosa o limo-argillosa rispondono in modo maggiormente resistivo; qualora sia presente abbondante matrice limo-argillosa e naturalmente in presenza di acque di circolazione, anche tali formazioni possono manifestare comportamenti maggiormente e talvolta marcatamente conduttivi.

3.2.4 Configurazione delle misure ed elaborazione dati

Per l'esecuzione della linea sono state utilizzate basi con cavi multiconduttori fino a 96 elettrodi.

La spaziatura elettrodica (pari a 2m) ha fornito una risoluzione ed un dettaglio ottimali.

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

L'elaborazione bidimensionale delle misure di campagna, è stata effettuata con software proprietario a discretizzazione FEM (elementi finiti), correzione topografica, procedura di inversione robusta con possibile inserimento di vincoli complessi, capace di ricostruire la distribuzione di resistività reale in due e tre dimensioni attraverso inversione completa dei dati (basata sulla "Occam inversion").

La sezione geoelettrica è rappresentata nelle figure degli allegati grafici seguendo un criterio di presentazione sinottica. La rappresentazione dei dati consiste in un'immagine tomografica del parametro di resistività elettrica.

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE – TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W. – DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 89	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

I risultati grafici di resistività presentati nell'allegato sono visualizzati con campiture a colori caratterizzate da una scala cromatica rappresentativa della dinamica dei valori di resistività elettrica incontrati (espressi in Ohm·m, $\Omega\cdot m$); tale rappresentazione consente di identificare aree elettricamente omogenee (medesimo comportamento cromatico). Queste zone di isovalori di resistività elettrica sono anche correlabili ad ammassi di materiale con caratteristiche affini.

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.

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_{s30} .

Il parametro V_{s30} è calcolato come sommatoria (nei 30 metri di spessore del sottosuolo, nel nostro caso a partire dalla quota del piano campagna) dei valori delle velocità di intervallo, pesati rispetto agli spessori associati alla stratificazione dei materiali.

$$V_{s30} = 30 \frac{1}{\sum_{i=1}^N h_i V_i}$$

Dal valore del parametro V_{s30} è possibile risalire alla categoria di suolo secondo il D.M. 14 Gennaio 2008 dal quale sono tratte le successive tabelle.

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE – TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W. – DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

Categoria	Descrizione
S1	<i>Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.</i>
S2	<i>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.</i>

3.3.2 Strumentazione utilizzata, configurazione di indagine, codice di configurazione ed inversione dati

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

- Impiego di Sismografo a 48 canali e dinamica del convertitore analogico digitale a 24 Bit, impiegato in configurazione a 24-48 canali;
- 24-48 geofoni con frequenza naturale a 4.5Hz, distanza intergeofonica pari a 3m o 2m;
- piastra di battuta in alluminio;
- massa battente da 12Kg con interruttore starter e cavo trigger;
- finestra di acquisizione pari a 2 secondi.

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. Attraverso una procedura semiautomatica si ricercano i massimi dello spettro (ricerca degli zeri della funzione secolare di Rayleigh) per

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE – TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W. – DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 89	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

ricavare i punti appropriati per la costruzione della curva di dispersione da utilizzarsi in un processo di inversione multimodale.

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



Figura 1: Sismografo digitale a 24 bit.

3.4 Down Hole Test (DHT)

3.4.1 Principi di funzionamento e cenni sul metodo

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

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

L'importante particolarità di tale metodo è quella di studiare i parametri di stato e di comportamento riferendoli a volumi di terreno rappresentativi dei caratteri megastutturali dei depositi attraverso misure capaci di dare valori medi e non solo puntuali dei parametri geotecnici dei geomateriali.

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 (<10-5m), al di sotto della soglia di deformazione lineare ciclica.

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE – TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W. – DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

Per l'interpretazione dei dati è stata usata la tecnica diretta, che rappresenta un metodo nel quale la velocità delle onde P e SH è calcolata dalle pendenze dei tratti di dromocrone generate in dipendenza delle posizioni consecutive dei sensori alle diverse quote di spostamento lungo il foro. Nel nostro caso le misurazioni sono state eseguite ogni metro.

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

- il Coefficiente di Poisson dinamico,
- il modulo di elasticità dinamico (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), specie in tipologie di materiali quali quelli in oggetto.

Il parametro V_{s30} è calcolato come già ampiamente descritto nel precedente paragrafo §3.3.1 (relativo alle indagini MASW).

3.4.2 Metodologia di misura e strumentazione utilizzata

La sorgente del segnale sismico per onde SH è costituita da barre in teflon, di circa 2m 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, alternativamente sui due lati (con lo scopo di trasmettere impulsi a polarità invertite).

Lo sforzo di compressione è invece trasmesso attraverso una massa battente 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 stati posti in modo tale che la velocità di propagazione delle onde di volume, caratteristica dei vari strati di terreno, potesse essere misurata ogni metro.



Figura 2 : a) configurazione per le indagini DHT presso IF15G21 b) configurazione per le indagini DHT presso IF15G25

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE – TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W. – DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

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 "casing" del foro e i ricevitori all'interno del foro stesso, nell'indagine in oggetto, è stato 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 10Hz, della Geospace (USA), orientati nelle tre dimensioni dello spazio.

Il sismografo utilizzato per le misure sismiche è uno strumento con possibilità di acquisizione su 48 canali contemporanei e dotato di convertitore analogico digitale a 24bit.

3.4.3 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.

Nel nostro caso, come per la maggior parte, tale assunzione risulta un'approssimazione.

In ogni caso, facendo riferimento alle supposizioni introdotte, è possibile risalire al coefficiente di Poisson (in tale contesto denominato con σ in altri comunemente definito con ν), tramite la seguente relazione \diamond

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

e al modulo di Young tramite la \diamond

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

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), specie in tipologie di materiali quali quelli in oggetto.

Sono inoltre esprimibili come funzioni dalle costanti elastiche dinamiche E e σ , la compressibilità β e di conseguenza il *Bulk modulus* ($k = 1/\beta$) (Milton B. et alii, 1988),

\diamond 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

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE – TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W. – DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

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 μ (altrimenti indicato con la lettera G) :

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

4. RISULTATI

4.1 Premessa

I risultati relativi alle indagini geofisiche eseguite sul 2° Lotto funzionale Telese – San Lorenzo, tra le chilometriche 27+700 e 38+700, sono riportati in quattro Allegati grafici alla presente Relazione. In particolare, negli Allegati 1 e 2 sono riportate le sezioni simiche a rifrazione, rispettivamente le Sezioni S1, S2 e S3, mentre nell'Allegato 2 le sezioni S4 e S5. Le linee tomografiche elettriche ERT2A e 2B sono consultabili all'Allegato 3. Nell'Allegato 4, infine, sono presentati i risultati delle Linee MASW 3 e 4 e dei due Down Hole. In particolare, per questi ultimi, la Tavola 5 mostra i risultati della prova sismica Down hole eseguita all'interno del foro IF15G21 (30m); le Tavole 6 e 7 mostrano i risultati della prova sismica Down hole nel foro IF15G25 (60m).

Infine, nell'Allegato 5, si include una sintetica Documentazione fotografica delle linee sismiche realizzate.

Nei prossimi paragrafi e sulla base degli obiettivi di studio menzionati nel capitolo introduttivo, saranno discussi e presentati gli esiti delle prospezioni geofisiche condotte.

4.2 Interpretazione delle linee tomografie sismiche S1, S2 e S3 – Allegato 1

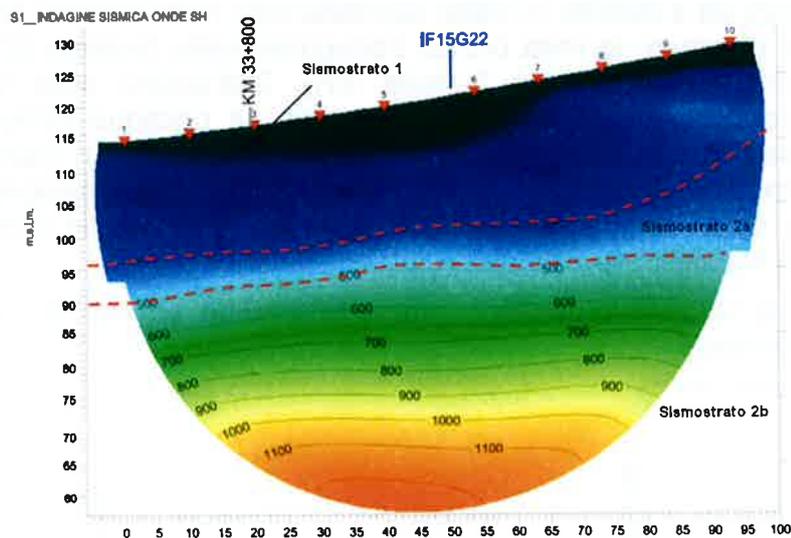
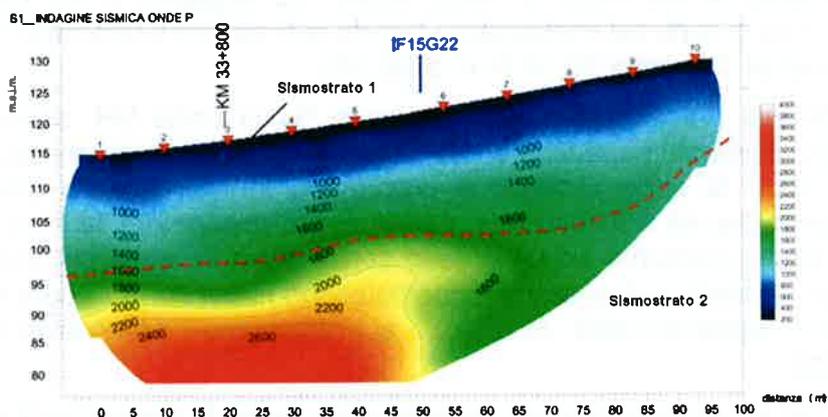
Le linee sismiche S1 e S2 sono state eseguite tra le progressive chilometriche 33+800 e 44+100. Esse, ed in particolare la S2, sono state eseguite per fornire informazioni su una zona di imbocco galleria, nella quale, durante il sopralluogo preventivo eseguito preliminarmente alla realizzazione dei profili sismici, sono state rilevate le testimonianze che, in un recente passato, sembrano essersi manifestati fenomeni franosi di un certo rilievo.

La S3, a differenza delle precedenti, è stata eseguita in una zona logisticamente più accessibile, a valle (Est) delle precedenti. I risultati sono discussi di seguito.

4.2.1 Sezioni tomografiche S1, S2 e S3 per onde P ed SH.

La linea S1 è stata eseguita a 48 canali con passo intergeofonico di 2 m; tale configurazione ha consentito di investigare i terreni fino ad una profondità massima di circa 40m e di circa 65m, rispettivamente per onde di compressione (P) e per onde di taglio (SH). L'interpretazione della sezione deriva dalla stratigrafia ricostruita a mezzo

della colonna stratigrafica del sondaggio IF15G22, ubicato circa nella zona centrale del profilo. Le immagini delle sezioni S1 per onde P ed onde SH, per comodità di trattazione, sono riportate di seguito.



Lungo la sezione S1 per onde P, sono individuati n. 2 sismostrati. Il primo, superficiale, ha uno spessore di circa 20 m ed è caratterizzato da velocità delle onde di compressione minori di 1.600 m/s mentre il secondo, in profondità dimostra velocità elevate che raggiungono massimi di circa 3.000 m/s.

La corrispondente sezione in onde SH, mostra il primo sismostrato caratterizzato da velocità relativamente basse, inferiori a 400 m/s. Segue in profondità il sismostrato 2 che, al fine di poter effettuare delle correlazioni con la Sezione S1 onde P, è stato suddiviso nei sismostrati 2a e 2b. Il sismostrato 2a presenta velocità delle onde SH comprese nell'intervallo 400-500 m/s, mentre il sismostrato 2b è definito da velocità maggiori di 500 m/s. Sulla base della stratigrafia ottenuta dal sondaggio di riferimento, il sismostrato 1 può essere correlato con il pacco di terreni limosi e argillosi superficiali, mentre il sismostrato 2a è attribuibile ad una alternanza tra limi e sabbie non leggibile nella Sezione per onde P.

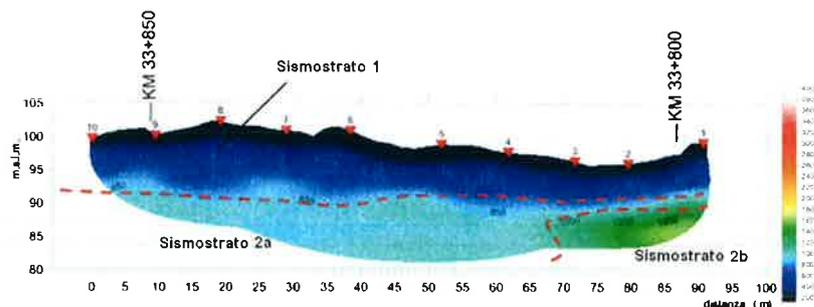
La linea S2, come anticipato in premessa nel paragrafo §4.2, è stata invece eseguita in un settore di versante franoso; è stato possibile eseguire tale linea a seguito della realizzazione di una apposita traccia trasversale al pendio, ottenuta a seguito del disboscamento di un tratto di circa 100m. La sezione, a 48 canali con passo intergeofonico di 2 m, ha investigato i terreni fino ad una profondità massima di circa 20-25m in onde P e circa 30-35 m in onde SH.

In accordo alla precedente sezione sismica S1 in onde SH, sono individuati n. 3 sismostrati. Il primo, superficiale, ha velocità delle onde compressionali inferiori a 800-850 m/s e le onde di taglio si propagano all'interno dello strato con velocità minori, comprese tra 350-400 m/s. Come sopra accennato, la linea sismica è stata eseguita trasversalmente ad un grosso corpo di frana, sulla cui superficie le nuove irregolarità (dossetti e depressioni) costituiscono nuovi corpi terrigeni potenzialmente e facilmente destabilizzabili. Al di sotto si rintracciano i sismostrati 2a e 2b, citati in precedenza.

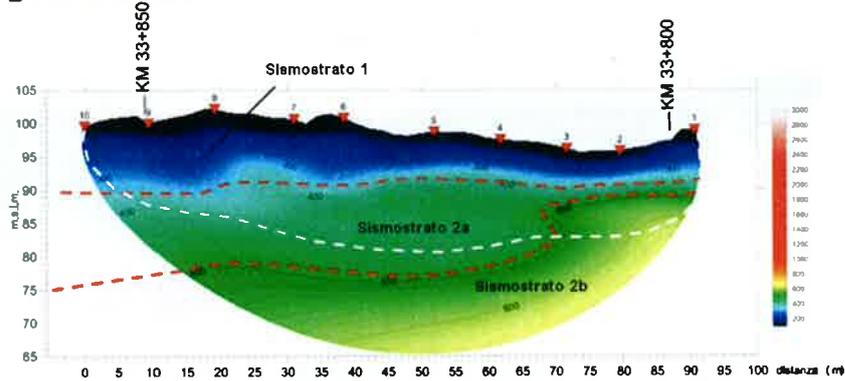
Il primo (2a) è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 800-850 m/s e 1.000-1.050 m/s ed è definito in modo soddisfacente nella sezione SH più profonda (per comodità di lettura, la linea bianca tratteggiata nella Sezione S2 per onde SH, indica l'impronta della sezione P sulla SH). Dall'analisi della sezione S2, il sismostrato 2a costituisce, molto probabilmente, la porzione profonda del corpo franoso, all'interno del quale sono possibili circolazioni di fluidi, in quanto costituito da alternanze tra limi e sabbie. Nella zona finale della sezione, l'interfaccia rappresentata dalla linea isovalore dei 500 m/s di Vs risale, ad indicare una zona maggiormente stabile.

In profondità le velocità aumentano progressivamente ed indicano la presenza di terreni maggiormente stabili.

S2_INDAGINE SISMICA ONDE P



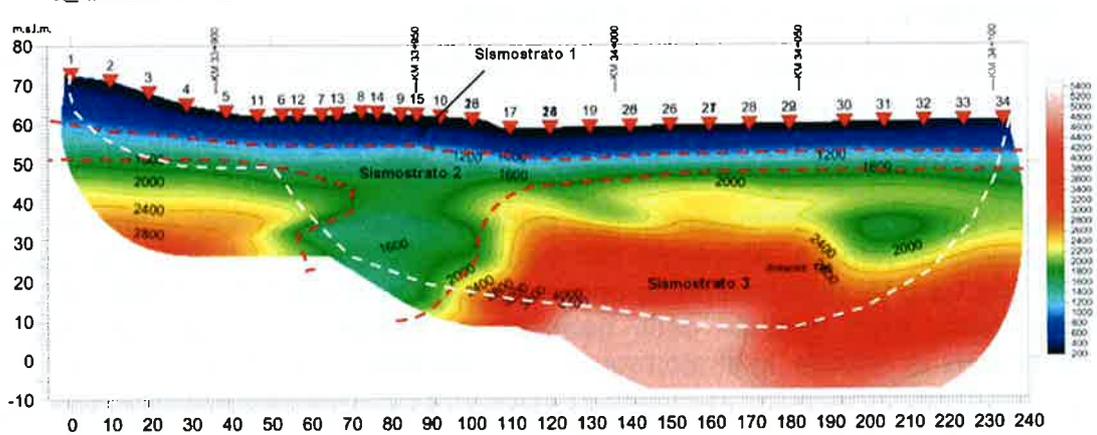
S2_INDAGINE SISMICA ONDE SH



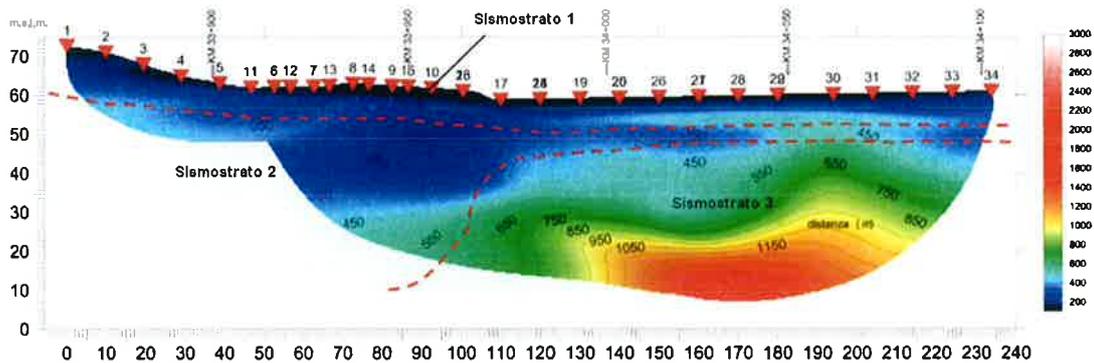
La linea S3 riportata di seguito mostra la presenza di n. 3 sismostrati.

Il primo è superficiale ed è caratterizzato da velocità delle onde P ed SH rispettivamente minori di 1.000 m/s e minori di 300 m/s; lo spessore medio è di circa 10 m ed è più o meno costante. Segue un secondo sismostrato, non molto spesso, con velocità delle onde P comprese tra 1.000 e 1.600 m/s e delle onde SH tra i 300 m/s ed i 400 m/s. Esso, nella zona tra le progressive 60 m e 100 m si approfondisce e va a costituire una discontinuità laterale del sismostrato 3 sottostante. La discontinuità menzionata ha un forte sviluppo sia verticale che laterale ed è stata descritta da entrambe le sezioni per onde P e SH. Segue il sismostrato 3 con velocità delle onde compressionali maggiori di 1.600 m/s e delle onde di taglio maggiori di 400 m/s.

S3_INDAGINE SISMICA ONDE P



S3_INDAGINE SISMICA ONDE SH



Sempre per comodità di lettura, nelle due immagini sopra rappresentate, la linea bianca, tratteggiata nella Sezione S3 per onde P, indica l'impronta della sezione S3 per onde SH sulla P).

4.3 Interpretazione delle linee tomografie sismiche S4 e S5 – Allegato 2

Le linee sismiche S4 ed S5 sono state eseguite alla progressiva chilometrica 34+750. I risultati sono organizzati in una unica tavola nell'Allegato 2.

4.3.1 Sezioni tomografiche S3 e S4 per onde P ed SH

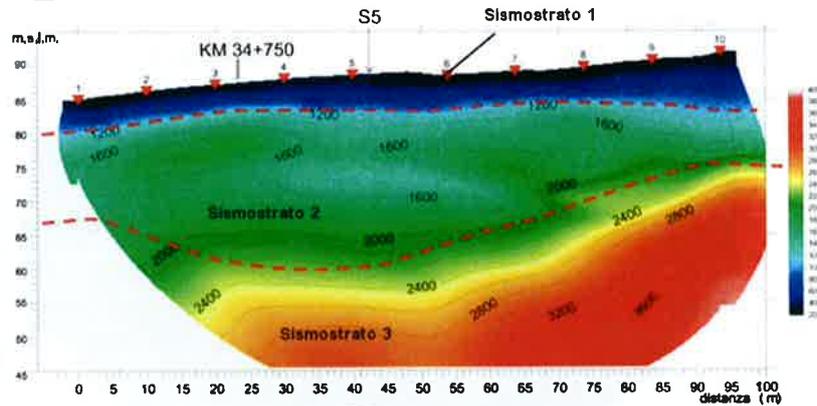
La linea sismica S4 è stata eseguita sul bordo strada a 48 canali con passo intergeofonico di 2 m; tale configurazione ha consentito di investigare i terreni fino ad una profondità massima di circa 40m e di circa 50m, rispettivamente con le onde di compressione (P) e con le onde di taglio (SH).

Dall'esame delle sezioni sismiche tomografiche si denota la presenza di un contesto sismostratigrafico piuttosto complesso. Un primi strato superficiale, ha uno spessore medio di circa 4/5 m lungo l'intera sezione ed è caratterizzato da valori di velocità delle onde P ed SH rispettivamente minori di 1.000 m/s e minori di 300 m/s.

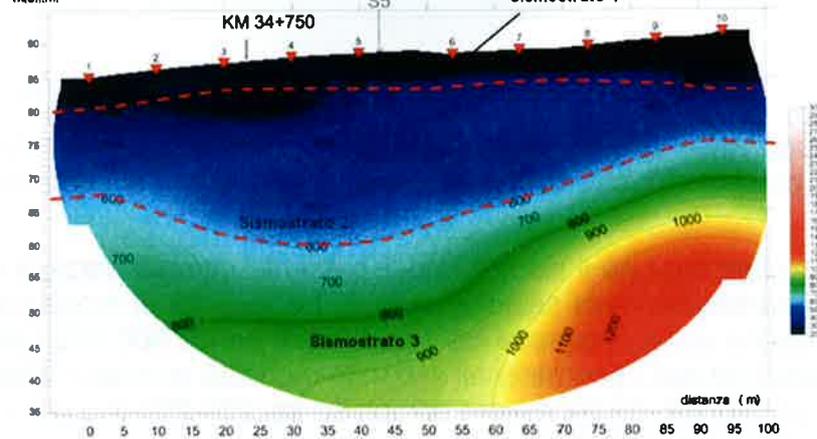
Segue un secondo sismostrato, con evidenti variazioni verticali e laterali dovute ad inversioni di velocità. All'interno del medesimo le onde P ed SH si propagano con velocità V_p e V_s rispettivamente comprese negli intervalli 1.000-2.000 m/s e 300-600 m/s. Nella zona centrale della sezione, in corrispondenza di una porzione con inversione di velocità, lo strato raggiunge il massimo spessore di 20-25 m.

In profondità si assiste ad una transizione verso geomateriali più consistenti e le velocità di propagazione, di entrambe le onde, raggiungono valori medio-elevati (> 2.000 m/s e > 600 m/s rispettivamente per le P ed SH).

S4_ INDAGINE SISMICA ONDE P

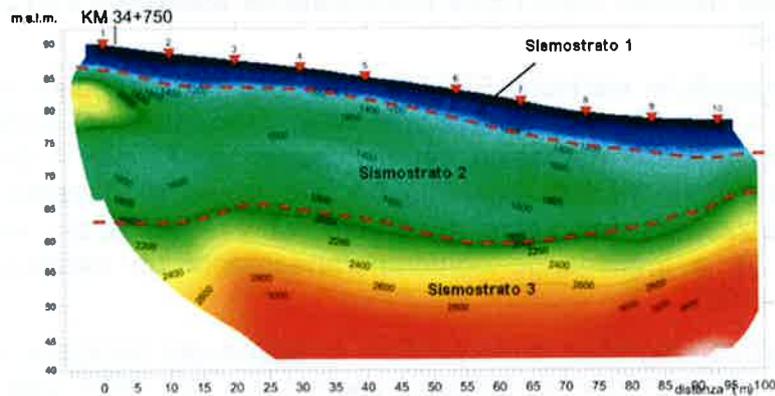


S4_ INDAGINE SISMICA ONDE SH



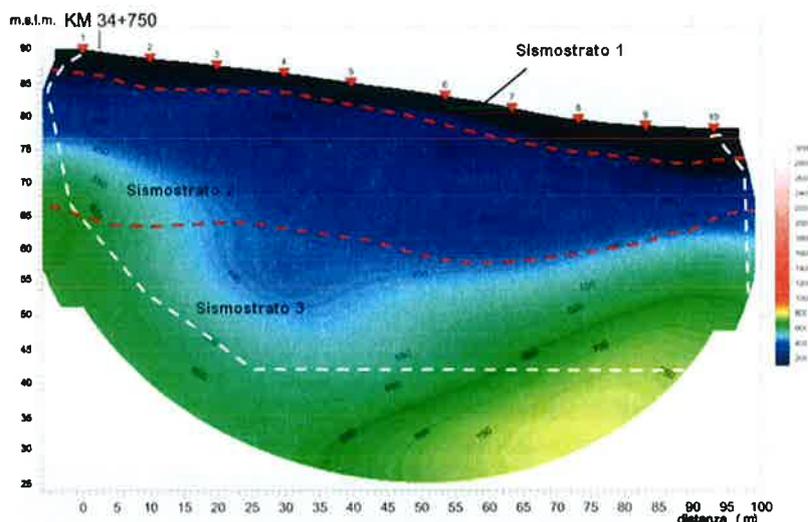
La linea S5 è stata eseguita ortogonalmente alla S4 e parallelamente allo sviluppo del manufatto relativo alla fognatura pubblica (si veda la foto 10 dell'Allegato fotografico 5).

S5_ INDAGINE SISMICA ONDE P



	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE - TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - M.A.S.W. - DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

S5_ INDAGINE SISMICA ONDE SH



Nello sviluppo verso valle si registra una buona continuità del sismostrato 1 individuato nella linea precedente, che segue anche in questo caso l'andamento topografico del declivio.

Anche lungo tale sezione il sismostrato 2 presenta diverse porzioni con inversioni di velocità, in particolare nella sezione onde P. Le velocità di propagazione delle onde di compressione sono comprese tra i 1.000 m/s ed i 2.000 m/s, mentre per le SH, che interagiscono con i geomateriali secondo modalità diverse, l'intervallo di velocità, a parità di profondità, risulta essere compreso tra 200-250 m/s per il sismostrato 1 e tra i 200-250 m/s ed i 450-600 m/s per il sismostrato 2.

A maggiori profondità, sia nel caso delle onde compressionali che delle onde di taglio, si registrano incrementi progressivi nei valori, in particolare dal centro verso la fine della sezione.

4.4 Analisi dei risultati delle Linee tomografiche elettriche ERT2A e ERT2B – Allegato 3

Le linee tomografiche elettriche ERT2A e 2B sono state eseguite tra le progressive km 29+700 e km 30+100, a supporto della progettazione geotecnica e per la redazione del modello geologico del sottosuolo (v. Tavola 1 dell'Allegato 3); le tomografie elettriche hanno raggiunto un alto grado di dettaglio, con risoluzioni verticali e orizzontali dell'ordine del metro, utilizzando passi interelettrodi non superiori a 2m e impiegando contemporaneamente un elevatissimo numero di elettrodi (oltre 190).

L'assetto elettrostratigrafico delle porzioni di sottosuolo indagato, è stato pertanto, descritto con un elevatissimo dettaglio, usufruendo, poi, nella fase interpretativa, le informazioni stratigrafiche dirette provenienti da sondaggi a carotaggio eseguiti in aree limitrofe (in particolare facendo riferimento alla colonna stratigrafica del IF15G15).

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE – TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W. – DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

Nei terreni di indagine si individuano quattro elettrostrati principali. All'interno delle formazioni di argille verdognole comprese entro i primi 10m di spessore rispetto al piano campagna, caratterizzate da valori di resistività compresi tra 10 e 25 Ohm·m, si alternano i Depositi alluvionali terrazzati con ghiaie e sabbie, contraddistinti da resistività più elevate e valori compresi tra 30Ω·m e superiori ai 50 e fino a 80 Ohm·m.

Segue, in profondità, nella sezione ERT 2A, un orizzonte di sabbie medie limose e limi sabbiosi con una potenza di circa 10m con valori di resistività variabile nel rango compreso tra 23 e 28 Ohm·m; mentre nella porzione più orientale nella Sezione tomografica ERT2B, oltre la progressiva km 29+900, oltre agli orizzonti descritti in precedenza, compaiono a quote inferiori ai 90 m.s.l.m, gli orizzonti argillosi debolmente sabbiosi con ciotoli (resistività mediamente comprese tra 23 e 26 Ω·m), ritrovabili nelle porzioni più profonde della stratigrafia descritta dal sondaggio IF15G15, in precedenza citato.

4.5 Analisi dei Risultati delle indagini MASW – Allegato 4, Tavole 1-4

Nell'Allegato Grafico No. 4, per ciascun MASW, sono riportati i sismogrammi medi utilizzati per l'elaborazione, relativa ad ogni area di indagine, il profilo monodimensionale di velocità onde S inerente, unitamente allo spettro F-K e alle curve di dispersione sperimentale oggetto del "picking" dei massimi sulla curva F-K e, sovrapposta, quella ottimizzata secondo il modello interpretativo che meglio si accoppia a quello sperimentale.

Per ciascun punto di indagine MASW, sono riportati il calcolo della V_{s30} e l'attribuzione del valore alla classe di suolo idonea.

Nella presente indagine, in fase di elaborazione dei dati, il comportamento sismostratigrafico nei primi 30m 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 1m. 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. Questo 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.

4.5.1 Area MASW 3

A seguito dell'indagine e dell'elaborazione effettuata, i risultati del MASW 3 sono riassunti nella tabella sottostante.

Sismostrato	Spessore (m)	Profondità (m dal p.c.)	V_s (m/s)
1	1	0	253
2	1	1	82
3	1	2	186

4	1	3	240
5	1	4	261
6	1	5	286
7	1	6	319
8	1	7	352
9	1	8	406
10	1	9	453
11	1	10	496
12	1	11	535
13	1	12	575
14	1	13	615
15	1	14	656
16	1	15	697
17	1	16	737
18	1	17	775
19	1	18	809
20	1	19	839
21	1	20	864
22	1	21	884
23	1	22	900
24	1	23	910
25	1	24	915
26	1	25	924
27	1	26	928
28	1	27	932
29	1	28	936
30	INF	29	949

Tabella 4.5.1.1 – Modello a 30 sismostrati, con identificazione, per ogni intervallo di 1m, della distribuzione di velocità dei terreni indagati con metodologia M.A.S.W..

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare una velocità equivalente Vs30 rappresentativa del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica “O.P.C.M. n° 3274/2003” e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di Vs30 è pari a

$$\mathbf{Vs30=442 \text{ m/s.}}$$

Vista la stratigrafia presente, i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di Vs30 si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo “B”.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE - TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - M.A.S.W. - DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

4.5.2 Area MASW 4

A seguito dell'indagine e dell'elaborazione effettuata, i risultati del MASW 4 sono riassunti nella tabella sottostante.

<u>Sismostrato</u>	<u>Spessore (m)</u>	<u>Profondità (m dal p.c.)</u>	<u>Vs (m/s)</u>
1	1	0	247
2	1	1	211
3	1	2	242
4	1	3	322
5	1	4	402
6	1	5	464
7	1	6	502
8	1	7	518
9	1	8	520
10	1	9	516
11	1	10	515
12	1	11	526
13	1	12	553
14	1	13	596
15	1	14	653
16	1	15	717
17	1	16	785
18	1	17	852
19	1	18	915
20	1	19	974
21	1	20	1025
22	1	21	1069
23	1	22	1104
24	1	23	1132
25	1	24	1152
26	1	25	1165
27	1	26	1182
28	1	27	1193
29	1	28	1204
30	INF	29	1215

Tabella 4.5.2.1 – Modello a 30 sismostrati, con identificazione, per ogni intervallo di 1m, della distribuzione di velocità dei terreni indagati con metodologia M.A.S.W..

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare una velocità equivalente V_{s30} rappresentativa del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica "O.P.C.M. n° 3274/2003" e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE – TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W. – DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

calcolato di V_{s30} è pari a

$$V_{s30}=576 \text{ m/s.}$$

Vista la stratigrafia presente, i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di V_{s30} si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo “B”.

4.6 Risultati della Prova DH 1 nel foro IF15G21 – Allegato 4, Tavola 5

La prova Down-Hole 1 è stata condotta, come precedentemente accennato, all'interno del foro geotecnico IF15G21, appositamente allestito per le prove DHT.

La profondità disponibile nel foro, ai fini dell'esecuzione della prova, è stata pari a 30m.

I risultati completi della prova, la sua ubicazione e la sua interpretazione, i valori delle velocità delle onde P ed S, i valori dinamici del Coefficiente di Poisson (qui indicato col simbolo σ), del Modulo di Young dinamico (E), del Modulo di Rigidità o di Taglio (μ), nonché del Bulk Modulus (inverso della compressibilità), calcolati così come descritto precedentemente, compreso il calcolo delle V_{s30} , sono reperibili di seguito e alla Tavola 5 dell'Allegato grafico 4.

FORO IFG21 – VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità media P [m/s]
1	da -1 a -2 m	1	410
2	da -2 a -11 m	9	1238
3	da -11 a -23 m	12	1636
4	da -23 a -30 m	7	1658

FORO IFG21 – VELOCITA' ONDE SH

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità media SH [m/s]
1	da -1 a -2 m	1	161
2	da -2 a -7 m	5	262
3	da -7 a -11 m	4	483
4	da -11 a -23 m	12	882
5	da -23 a -30 m	7	827

FORO IFG21 – PARAMETRI DINAMICI

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	γ (kN/m ³)	Poisson [σ]	Taglio μ [MPa]	Young E [MPa]	Bulk κ [MPa]
1	da -1 a -2 m	1	16.82	0.41	43.60	122.85	224.61
2	da -2 a -7 m	5	18.48	0.48	126.83	374.53	2662.61
3	da -7 a -11 m	4	18.48	0.41	431.02	1215.69	2257.01
4	da -11 a -23 m	12	19.27	0.30	1499.22	3883.35	3159.19
5	da -23 a -30 m	7	19.32	0.33	1321.08	3525.70	3548.46

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE - TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - M.A.S.W. - DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 89	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare una velocità equivalente V_{s30} rappresentativa del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica "O.P.C.M. n° 3274/2003" e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di V_{s30} è pari a

$$V_{s30} = 485 \text{ m/s.}$$

Visto però il profilo sismostratigrafico ricavato, in cui sono presenti terreni di tipo C con spessori < di 20m, che poggiano su di un substrato caratterizzato da terreni con $V_s > 800 \text{ m/s}$, si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo "E".

4.7 Risultati della Prova DH 2 nel foro IF15G25 – Allegato 4, Tavole 6 e 7

La prova Down-Hole 2 è stata condotta, come precedentemente accennato, all'interno del foro geotecnico IF15G25. La profondità del sondaggio è stata spinta fino a 70m, mentre quella cementata e resa disponibile nel foro, ai fini dell'esecuzione della prova down hole, è stata limitata a 60m.

I risultati completi della prova, la sua ubicazione e la sua interpretazione, sono reperibili nei di seguito e alle Tavole 6 e 7 dell'Allegato grafico 4.

Nelle pagine seguenti, sono altresì riportati, i valori delle velocità delle onde P ed S, i valori dinamici del Coefficiente di Poisson (qui indicato col simbolo σ), del Modulo di Young dinamico (E), del Modulo di Rigidezza o di Taglio (μ), nonché del Bulk Modulus (inverso della compressibilità), calcolati così come descritto precedentemente.

Il parametro V_{s30} non è stato calcolato in quanto non è nota, al momento della redazione del presente elaborato, la profondità corretta di imposta del manufatto. Si demanda tale calcolo e la valutazione del categoria di sottosuolo in altre sedi.

FORO IFG25 – VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità media P [m/s]
1	da -1 a -2 m	1	510
2	da -2 a -12 m	10	685
3	da -12 a -22 m	10	838
4	da -22 a -31 m	9	988
5	da -31 a -35 m	4	1449
6	da -35 a -42 m	7	1874
7	da -42 a -60 m	18	1922

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE – TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W. – DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

FORO IFG25 – VELOCITA' ONDE SH

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità media SH [m/s]
1	da -1 a -2 m	1	249
2	da -2 a -12 m	10	265
3	da -12 a -22 m	10	512
4	da -22 a -31 m	9	621
5	da -31 a -35 m	4	681
6	da -35 a -42 m	7	740
7	da -42 a -60 m	18	858

FORO IFG25 – PARAMETRI DINAMICI

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	γ (kN/m ³)	Poisson [σ]	Taglio μ [MPa]	Young E [MPa]	Bulk κ [MPa]
1	da -1 a -2 m	1	17.02	0.34	105.53	283.55	301.99
2	da -2 a -12 m	10	17.37	0.41	121.98	344.47	652.40
3	da -12 a -22 m	10	17.68	0.20	463.37	1114.10	623.47
4	da -22 a -31 m	9	17.98	0.17	693.23	1626.96	830.41
5	da -31 a -35 m	4	18.90	0.36	876.42	2380.78	2799.27
6	da -35 a -42 m	7	19.75	0.41	1081.40	3044.43	5493.39
7	da -42 a -60 m	18	19.84	0.38	1460.84	4018.96	5382.75

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE – TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W. – DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

5. BIBLIOGRAFIA

- Archie G.E.**, 1942. "The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics". *Transaction of the AIME* 146, 54-62.
- DeGroot-Hedlin C., and Constable, S.C.**, 1990, Occam's inversion to generate smooth, two-dimensional models from magnetotelluric data, *Geophysics*, **55**, 1613-1624.
- Dey A. and Morrison H.F.**, 1979, Resistivity modeling for arbitrarily shaped two-dimensional structures, *Geophysical Prospecting*, **27**(1), 106-136.
- LaBrecque, D. J., Morelli, G., Daily, W., Ramirez, A. and Lundegard, P.** - Occam's inversion of 3-D electrical resistivity tomography, in Oristaglio, M. and Spies, B., Ed., Three-dimensional electromagnetics: Soc. of Expl. Geophys., 575-590, 1999 .
- Morelli G. and LaBrecque D.J.**, 1996, Advances in ERT modeling, *Eur. J. Environ. Eng. Geophys.*, **1**, 171-186.
- Morelli, G., LaBrecque, D. J., Ramirez, A. L., and Daily, W. D.**, - 3D ERT applied to the monitoring of Joule heating: Proceedings of the Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems (SAGEEP), 417-424., 1997.
- Park S.K. and Van G.P.**, 1991, Inversion of pole-pole data for 3-D resistivity structure beneath arrays of electrodes, *Geophysics*, **56**, 951-960.
- Ramirez A., Daily W., Binley A., and LaBrecque D.J.**, 1999, Electrical impedance tomography of known targets, *J. of Environmental and Engineering Geophysics*, **4**(1), 11-26, 1999.
- Sasaki Y.**, 1994, 3-D resistivity inversion using the finite-element method, *Geophysics*, **59**(11), 1839-1848.
- Burnham, G. F. and Hawke, P. J.**, Smart solution to a sticky problem: in-mine clay mapping using high-resolution geophysics. (In Press).
- Loke, M.H.**, A practical guide to 2D & 3D electrical imaging surveys (10th Aug. 2000).
- John m. Reynolds**, (1997). "An introduction to applied and environmental geophysics", pp. 415-488, Wiley, England.
- Jun-Su Choi , Hee-Hwan Ryu, In-Mo Lee , Gye-Chun Cho**, (2006). "Rock Mass Classification Using Electrical Resistivity – an Analytical Study", Key Engineering Material, Vols. 321-323, pp. 1411-1414, Trans Tech Publications, Switzerland.
- 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.
- 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.
- 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.
- Morelli, G., Morelli, A., Chiara, P., Pacchini, A., Fischanger, F.**, 2004. "Characterization of Complex Archaeological Sites Using 3D Electrical Resistivity Tomography". Proceedings of the SAGEEP 2004, 185-192.
- Dziewonski, A., Bloch, S. and Landisman, M.**, 1969 "A technique for the analysis of transient seismic signals". *B.S.S.A.*, **59**: 427-444.
- Herrmann R.B. and Ammon C. J.**, 2002. "Computer Programs in Seismology" ver. 3.20
- Lobkis, O. I. and L. Weaver, R. L.**, 2001 "On the emergence of the Green's function in the correlations of a diffuse field". *The Journal of the Acoustical Society of America*, **110**: 3011-3017.
- Hagedoorn J.G.** 1959. The Plus-Minus Method of Interpreting Seismic Refraction Sections. *Geophysical Prospecting*, volume 7, p. 158-182.

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE – TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W. – DOWN HOLE					
	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0H	LOTTO 22 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

Alekseev A.S., Belonosova A.V., Burmakov I.A., Krasnopevtseva G.V., Matveeva N.N., Nersessov G.L., Pavlenkova N.I., Romanov V.G. and Ryaboy V.Z. 1973. Seismic studies of low-velocity layers and horizontal inhomogeneities within the crust and upper mantle on the territory of the U.S.S.R. Tectonophysics, Volume 20, December 1973, Pages 47-56.

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.

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.

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

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.

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

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

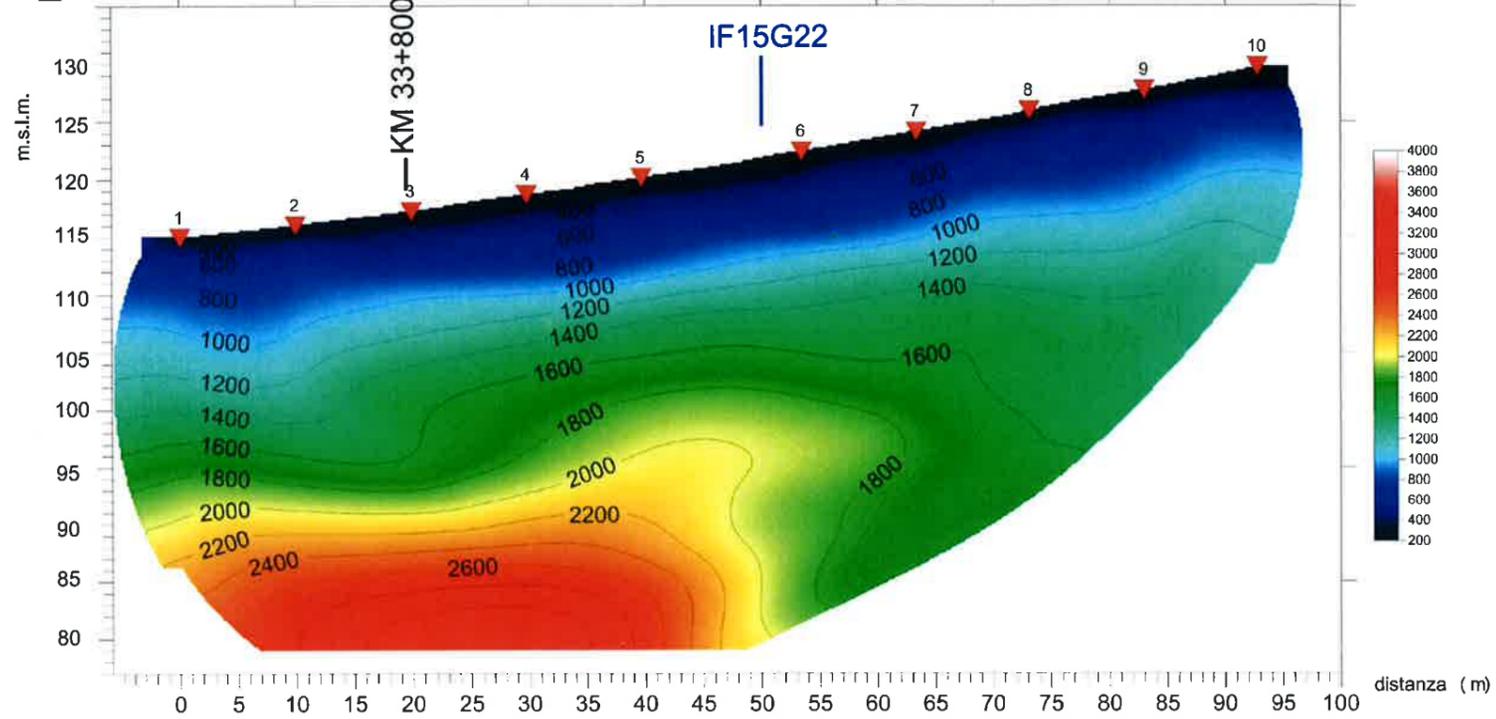
Schuster G T, Aksel Q B. 1993. Wave-path Eikonal travel-time inversion: Theory. Geophysics, 58(9): 1314–1323.

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>.

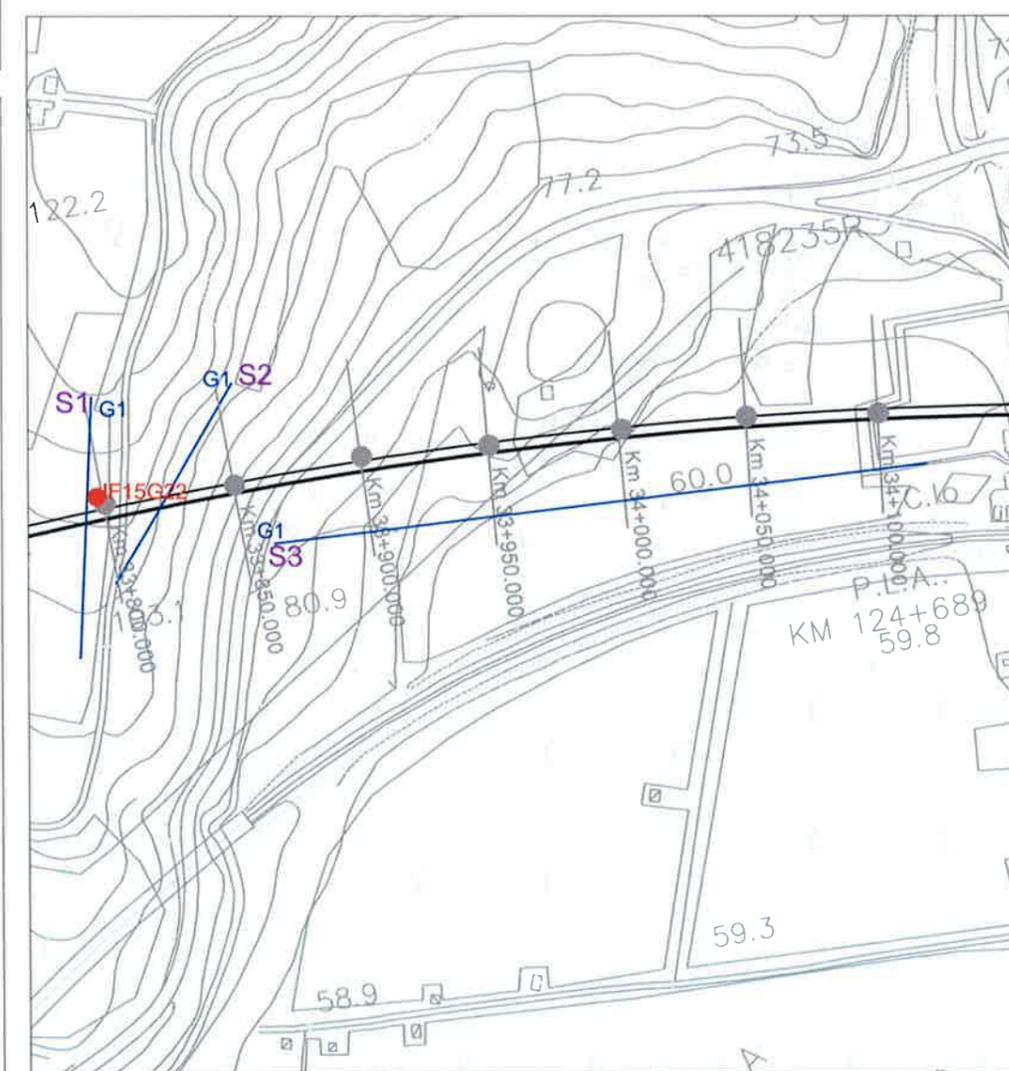
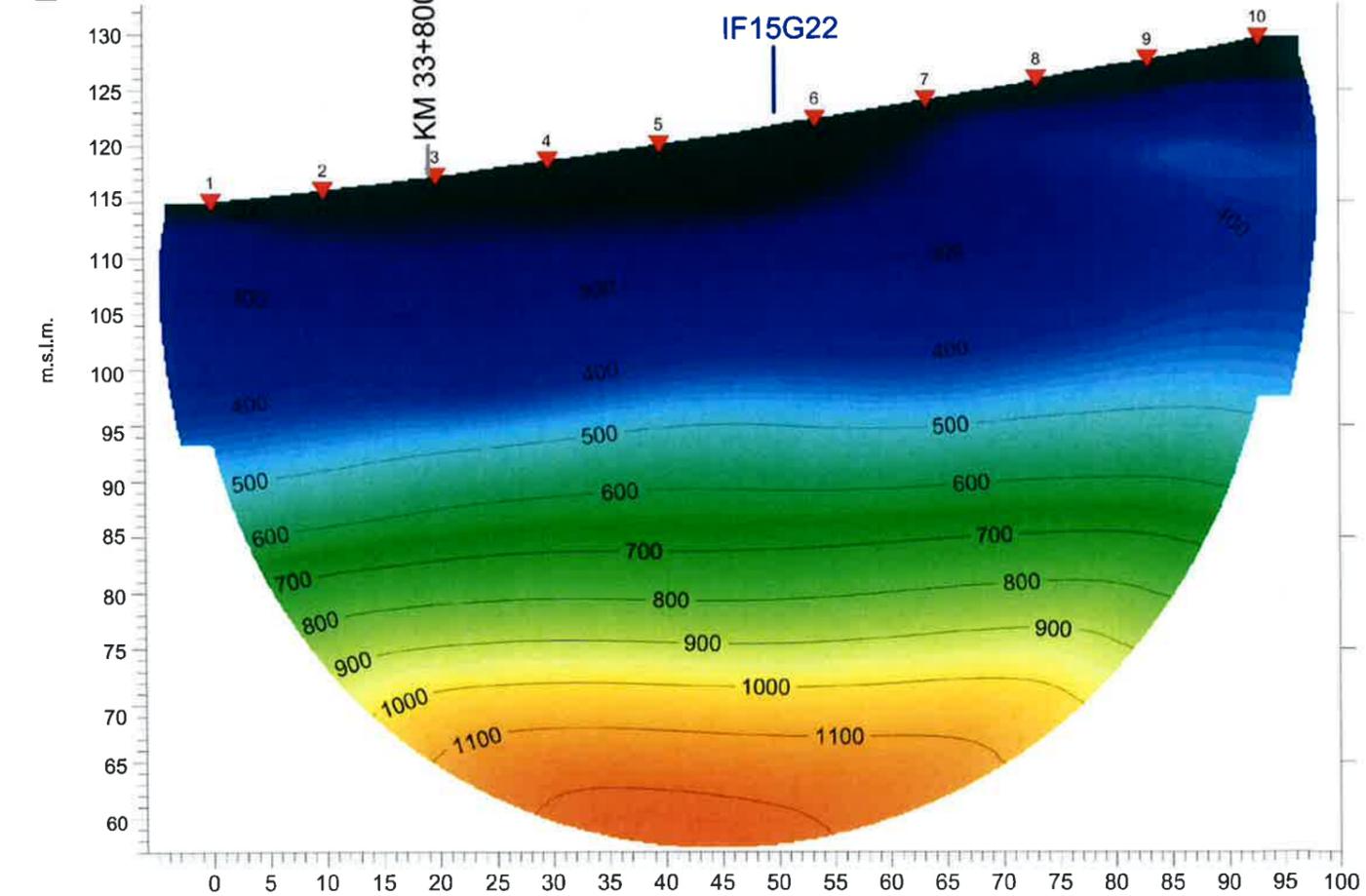
	<p>ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO. 2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO. INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE - TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - M.A.S.W. - DOWN HOLE</p>												
<p>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0H</td> <td>22 D 69</td> <td>IG</td> <td>GE0005 001</td> <td>A</td> <td>31 di 49</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IF0H	22 D 69	IG	GE0005 001	A	31 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IF0H	22 D 69	IG	GE0005 001	A	31 di 49								

6. ALLEGATO GRAFICO N.1 - TAVOLE DALLA 1 ALLA 3

S1_INDAGINE SISMICA ONDE P



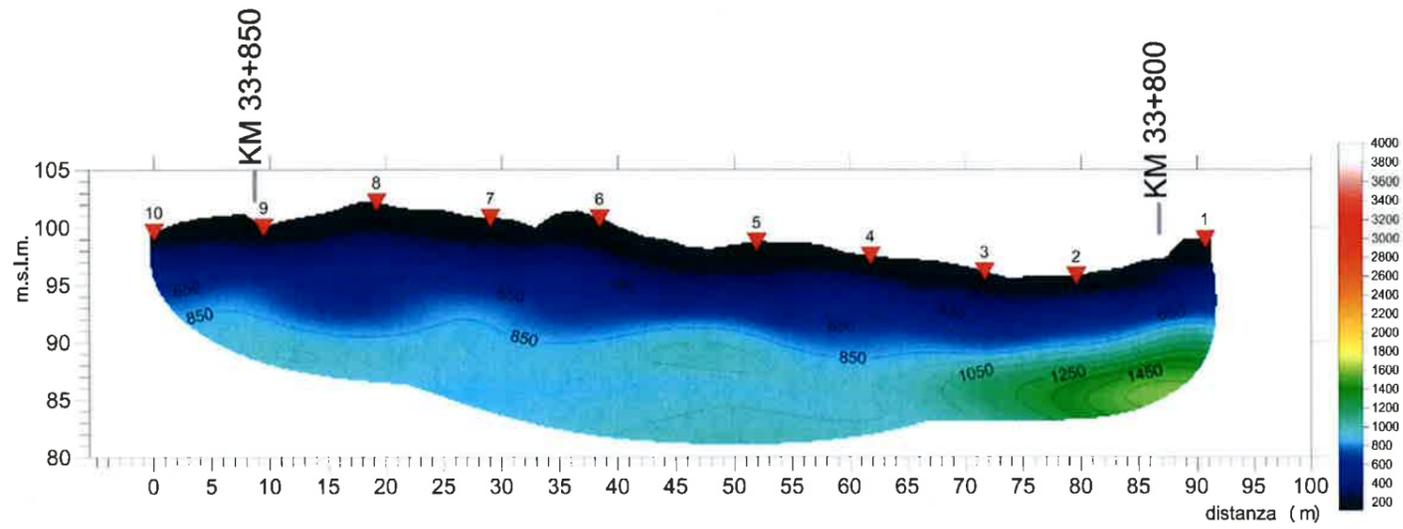
S1_INDAGINE SISMICA ONDE SH



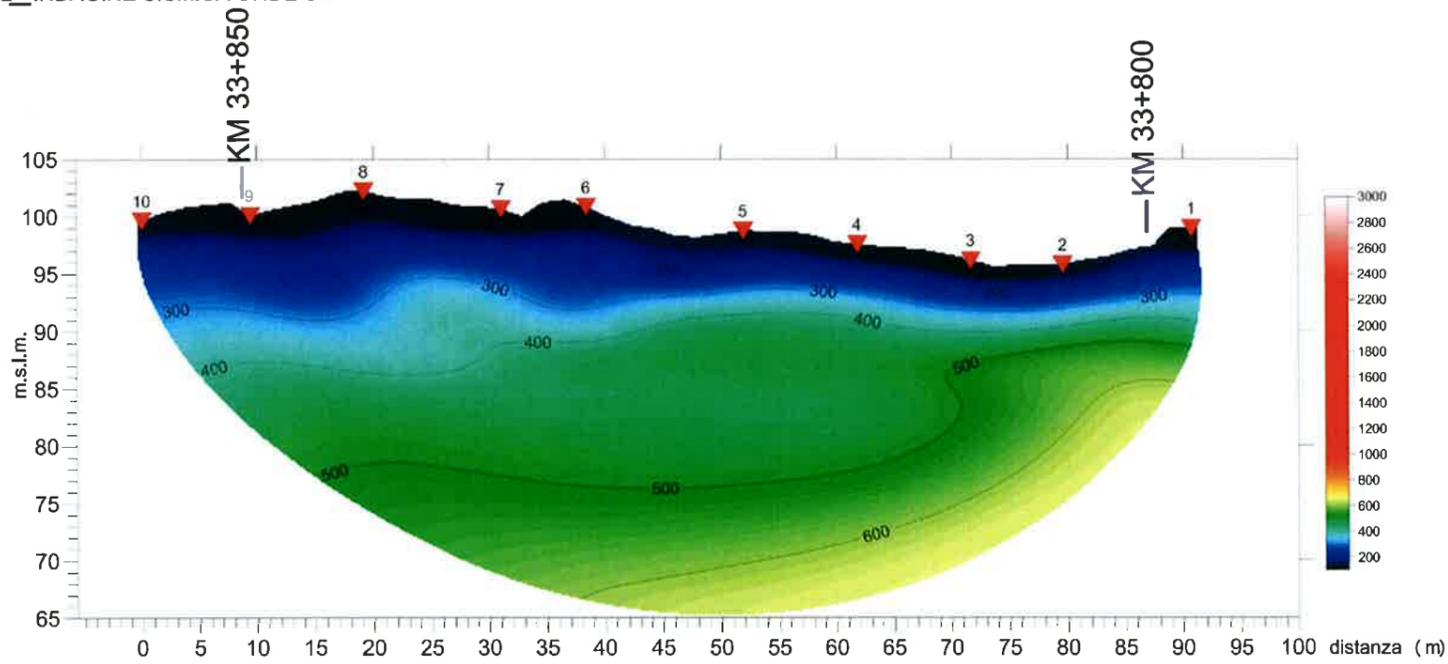
OGGETTO Indagine tomografica Sismica a rifrazione per onde P e SH (S1) Km.33+800 - 34+100	
PROGETTO DEFINITIVO: Itinerario Napoli-Bari raddoppio tratta Canello-Benevento Il lotto funzionale Frasso-Telesino-Vitulano 2° Lotto funzionale Telese - San Lorenzo	
Per La SOING Strutture e Ambiente	
ELABORAZIONE	MG.Idili
VERIFICA	A.Morelli
APPROVAZIONE	P.Chiera
SCALA 1:600	TAVOLA
REV. 00	1

S2_INDAGINE SISMICA ONDE P

S2P, 100 WET iterations, RMS error 2.6 %, 1D-Gradient smooth initial model, Version 3.24



S2_INDAGINE SISMICA ONDE SH



OGGETTO
Indagine tomografica Sismica a rifrazione per onde P e SH (S2)
Km.33+800 - 34+100

PROGETTO DEFINITIVO:
Itinerario Napoli-Bari raddoppio
tratta Cancellone-Benevento
Il lotto funzionale
Frasso-Telesino-Vitulano
2° Lotto funzionale
Telese - San Lorenzo

Per La **SOING** Strutture e Ambiente

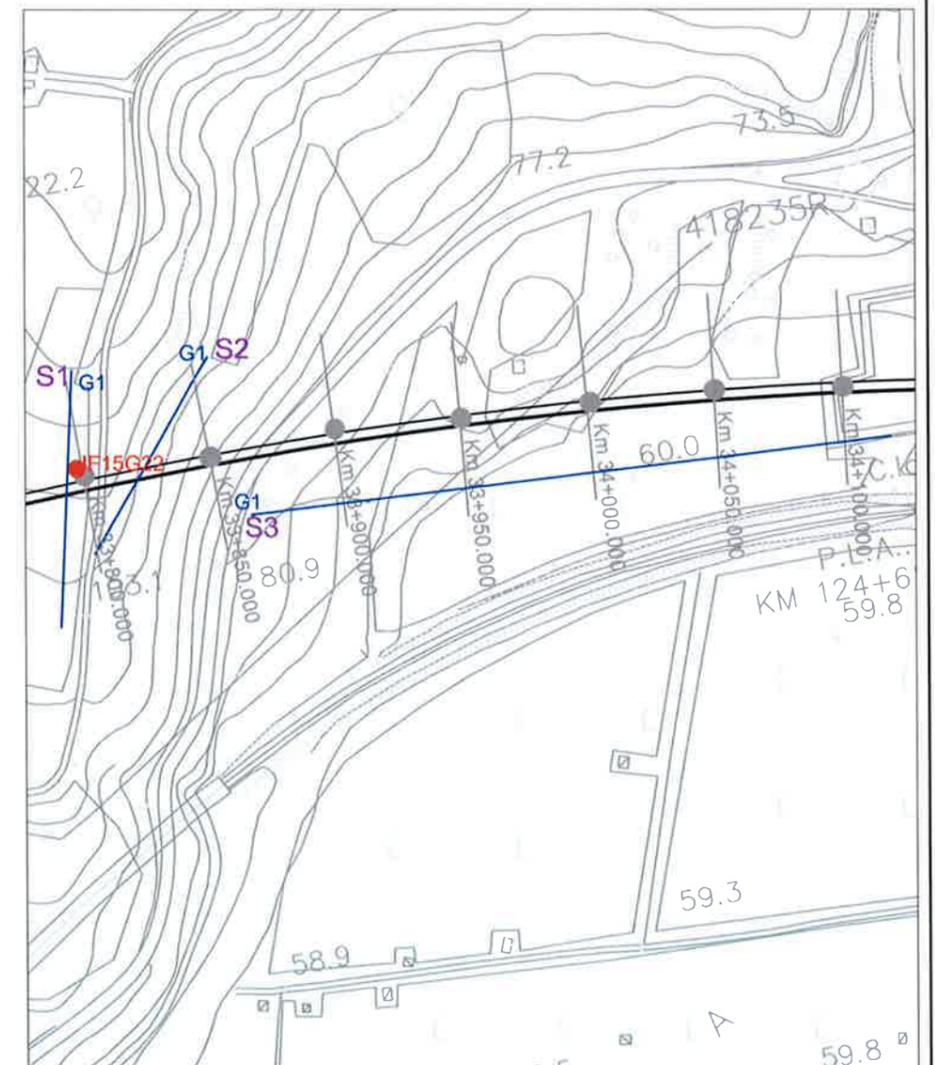
ELABORAZIONE MG.Idilli
VERIFICA A.Morelli
APPROVAZIONE P.Chiara

SCALA 1:600

TAVOLA

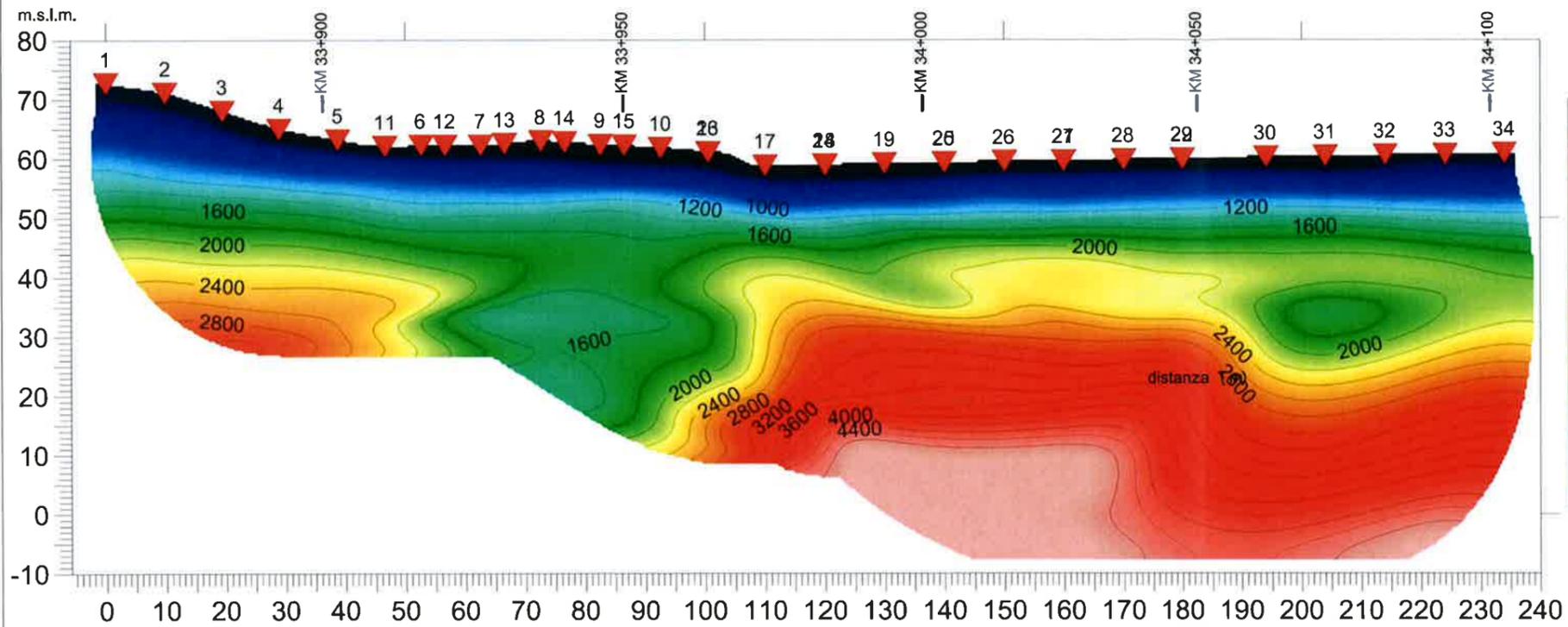
REV. 00

2

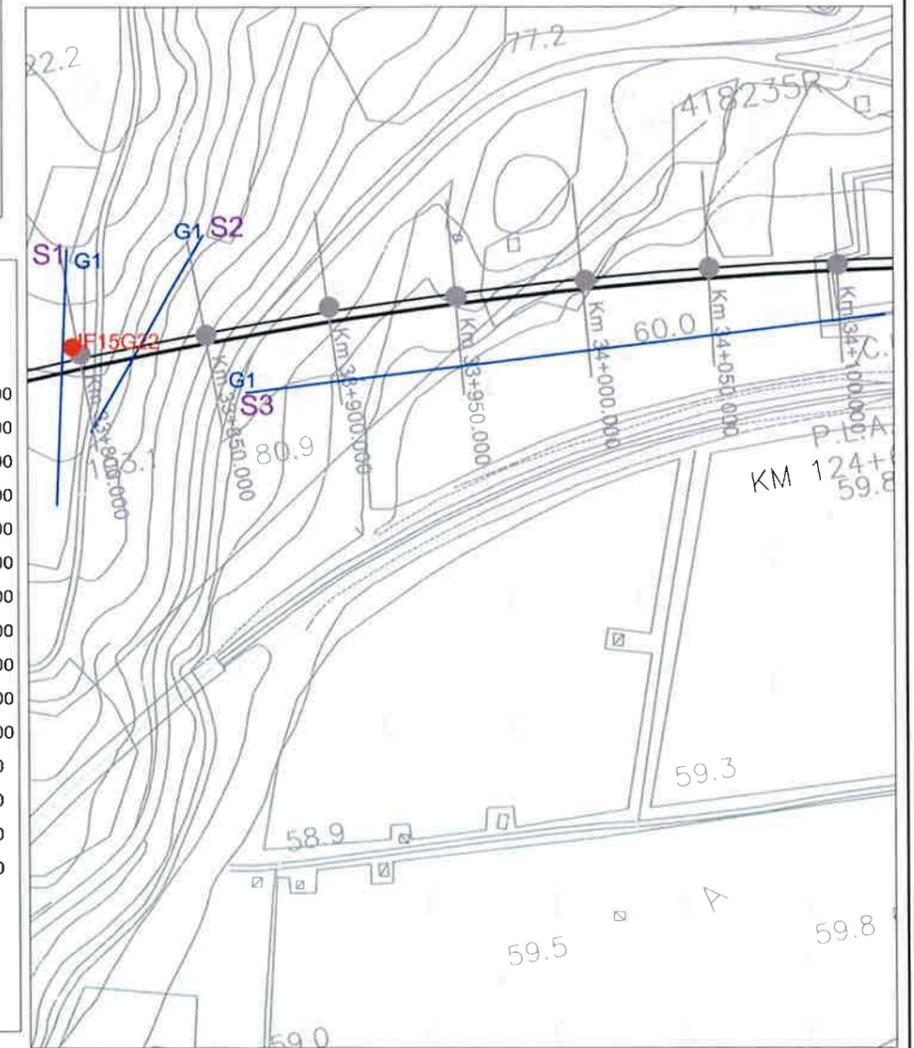
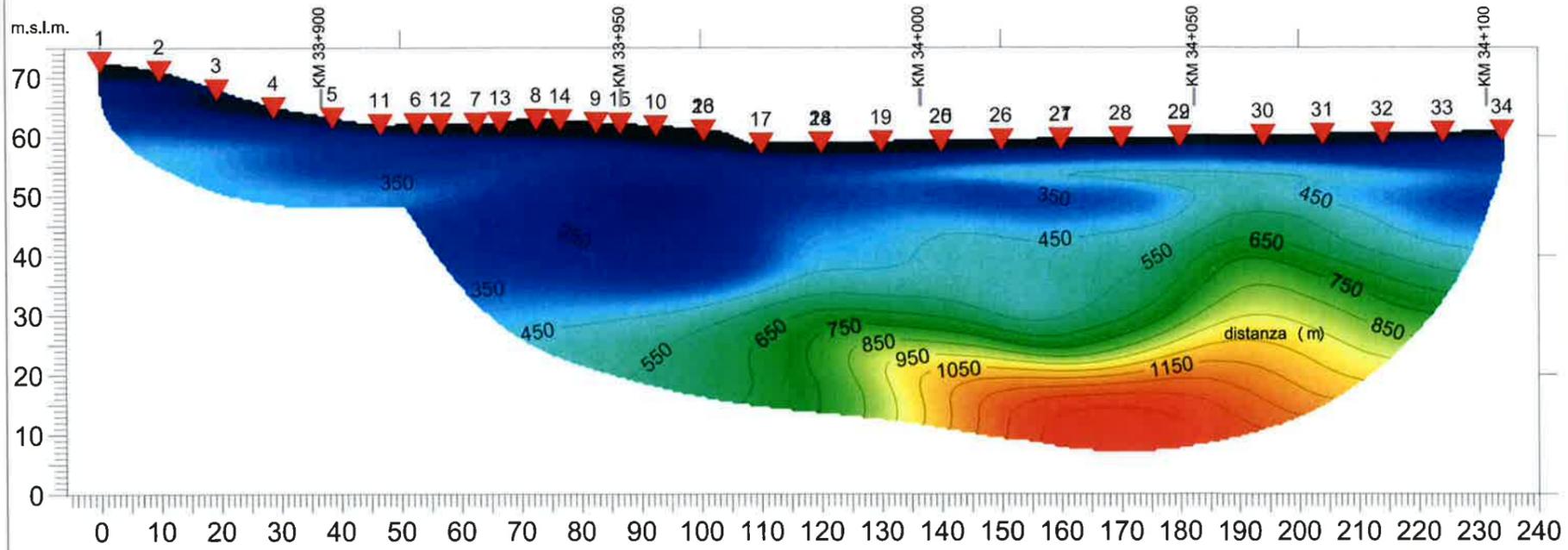


S3_INDAGINE SISMICA ONDE P

S3P, 100 WET Iterations, RMS error 1.8 %, 1D-Gradient smooth initial model, Version 3.24



S3_INDAGINE SISMICA ONDE SH



OGGETTO
Indagine tomografica Sismica a rifrazione per onde P e SH (S2)
Km.33+800 - 34+100

PROGETTO DEFINITIVO:
Itinerario Napoli-Bari raddoppio
tratta Cancello-Benevento
Il lotto funzionale
Frasso-Telesino-Vitulano
2° Lotto funzionale
Telese - San Lorenzo

Per La SOING Strutture e Ambiente

ELABORAZIONE MG.Idilli
VERIFICA A.Morelli
APPROVAZIONE P.Chiera

SCALA 1:600 TAVOLA
REV. 00 3



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

ITINERARIO NAPOLI-BARI.
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO.
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.
2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO.
INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE -
TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - M.A.S.W. - DOWN HOLE

RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IF0H 22 D 69 IG GE0005 001 A 35 di 49

7. ALLEGATO GRAFICO N.2 - TAVOLA 1



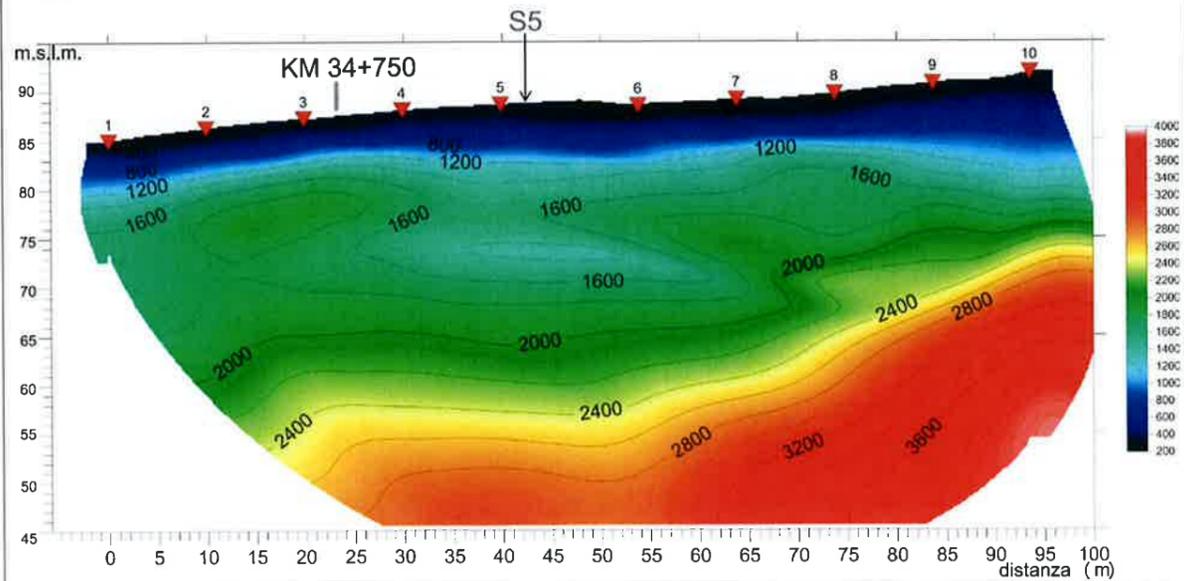
ITINERARIO NAPOLI-BARI.
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO.
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.
2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO.
INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE -
TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - M.A.S.W. - DOWN HOLE

RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

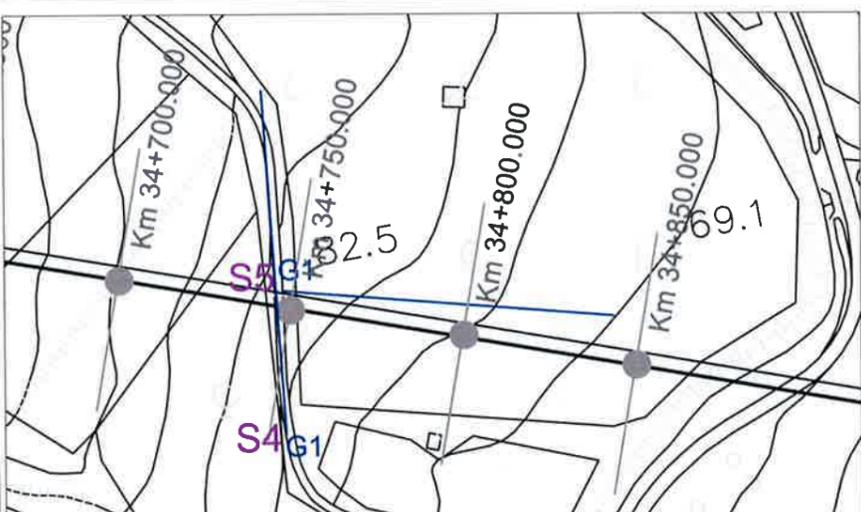
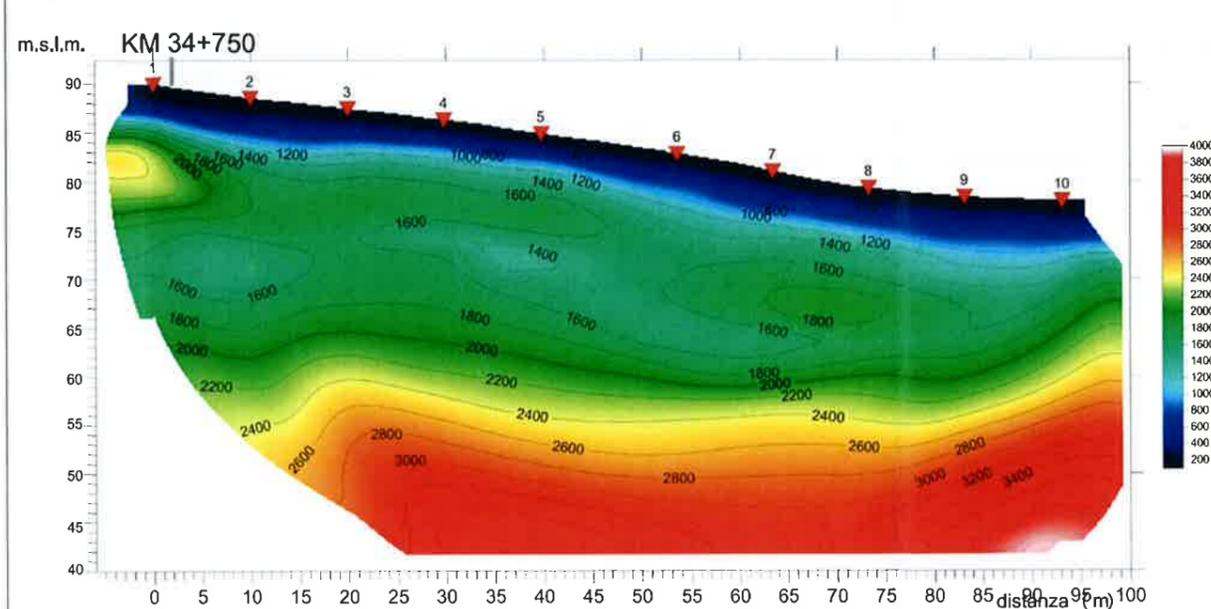
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IF0H	22 D 69	IG	GE0005 001	A	35 di 49

7. ALLEGATO GRAFICO N.2 - TAVOLA 1

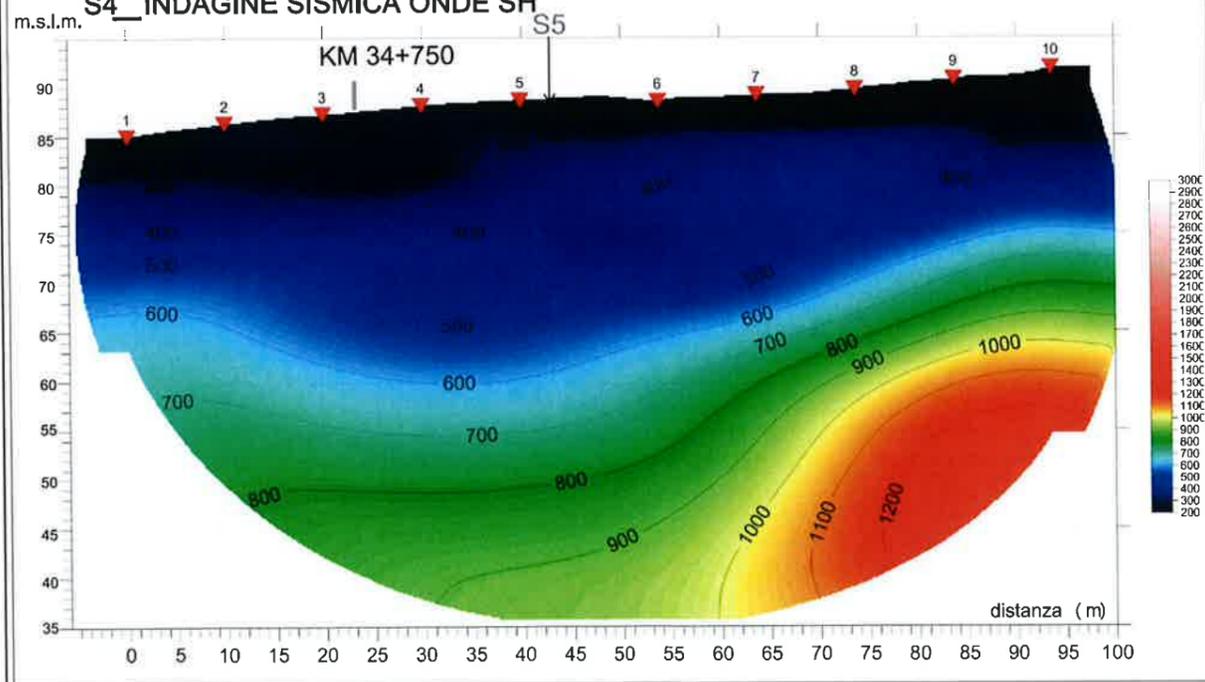
S4_INDAGINE SISMICA ONDE P



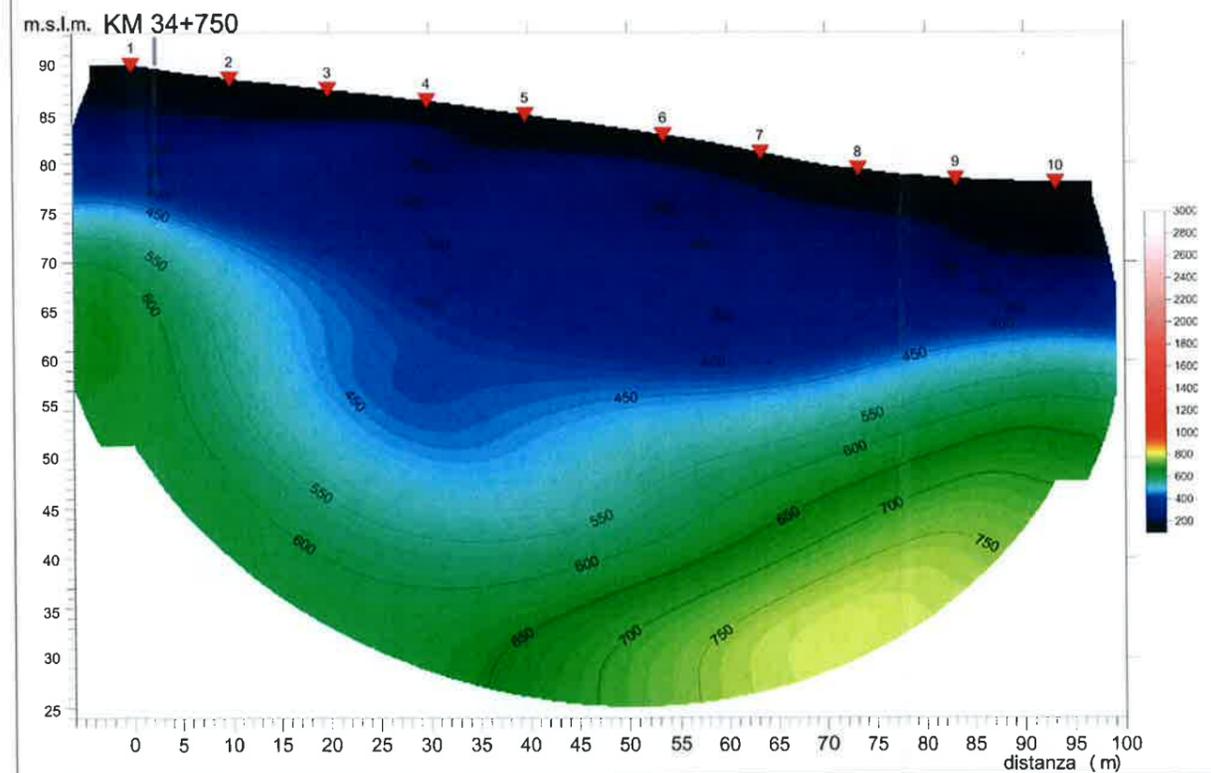
S5_INDAGINE SISMICA ONDE P



S4_INDAGINE SISMICA ONDE SH



S5_INDAGINE SISMICA ONDE SH



OGGETTO
Indagine Sismica a rifrazione per
onde P e SH (S4 E S5)
Km.34+750

PROGETTO DEFINITIVO:
Itinerario Napoli-Bari raddoppio
tratta Cancello-Benevento
Il lotto funzionale
Frasso-Telesino-Vitulano
2° Lotto funzionale
Telese - San Lorenzo

Per La **SOING** Strutture e
Ambiente

ELABORAZIONE MG.Idilli
VERIFICA A.Morelli
APPROVAZIONE P.Chiara

SCALA 1:700

TAVOLA

REV. 00

1

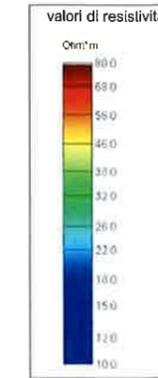
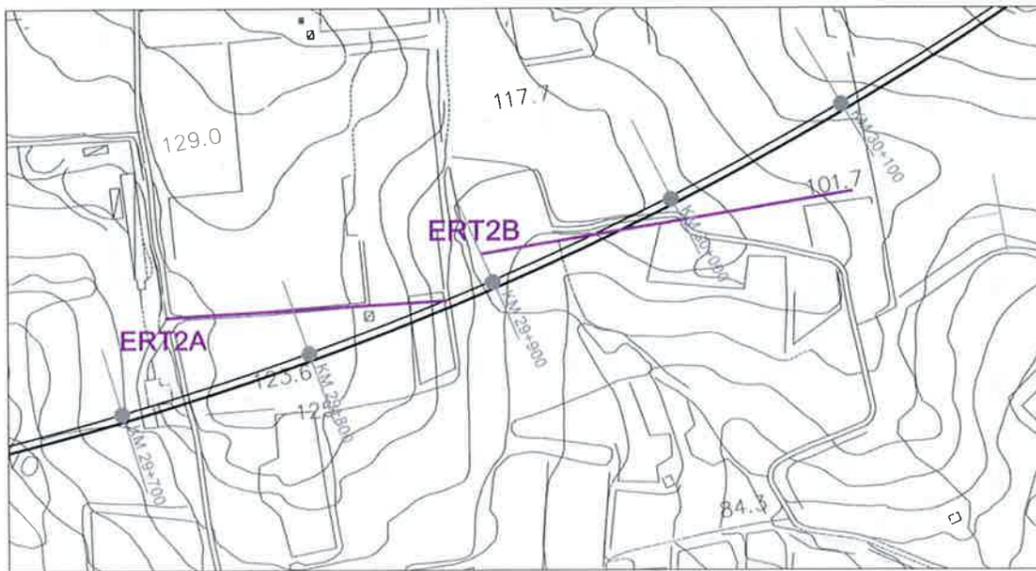


ITINERARIO NAPOLI-BARI.
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO.
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.
2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO.
INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE -
TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - M.A.S.W. - DOWN HOLE

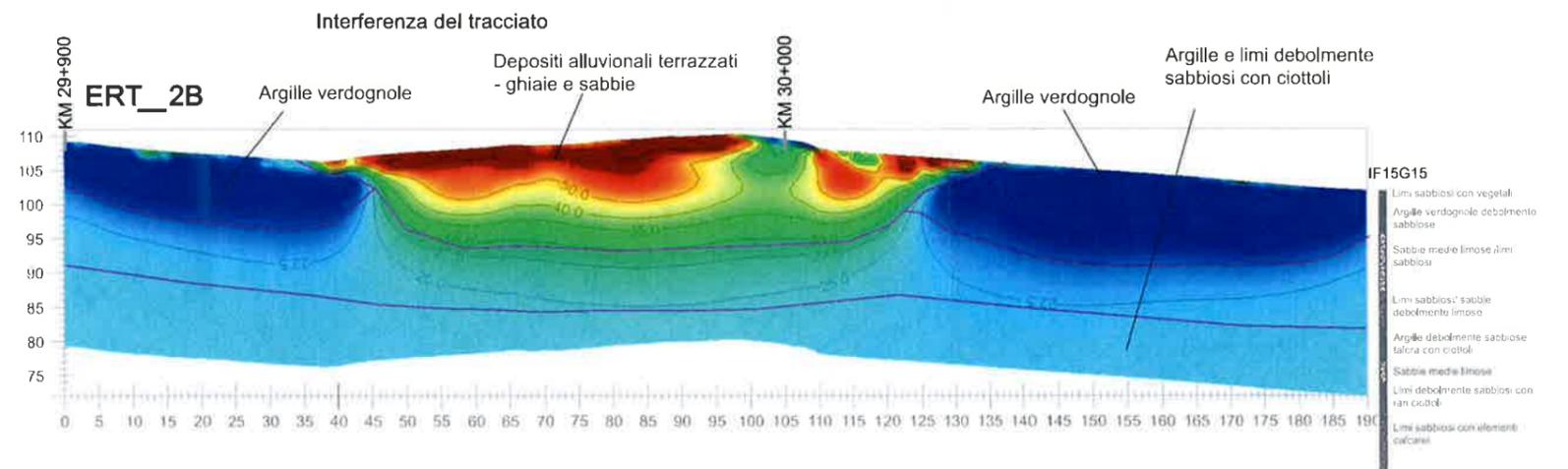
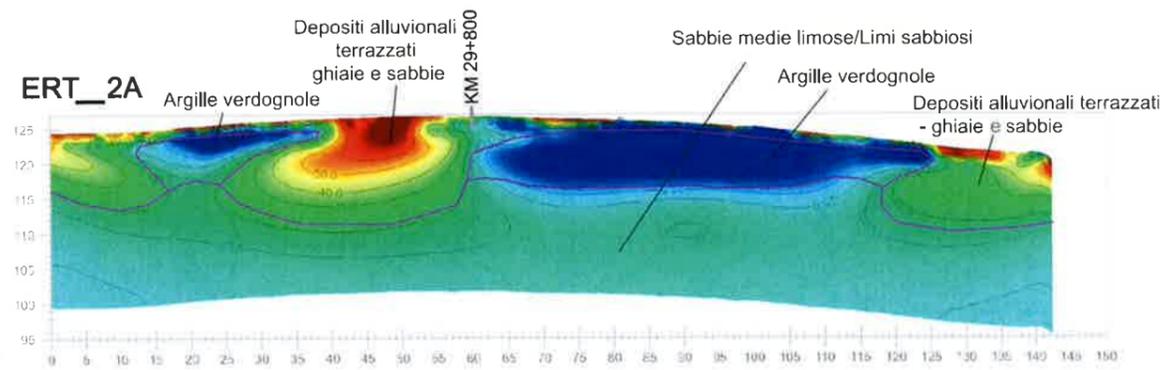
RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IF0H	22 D 69	IG	GE0005 001	A	37 di 49

8. ALLEGATO GRAFICO N.3 - TAVOLE 1



 www.soing.eu	
OGGETTO Indagine tomografica elettrica ERT 2D Km 29+700 - 30+100	
PROGETTO DEFINITIVO: Itinerario Napoli-Bari raddoppio tratta Cancello-Benevento Il lotto funzionale Frasso-Telesino-Vitulano 2° Lotto funzionale Telese-San Lorenzo	
Per La SOING Strutture e Ambiente	
ELABORAZIONE	MG. Idilli
VERIFICA	A. Morelli
APPROVAZIONE	P. Chiara
SCALA 1:700	TAVOLA 1
REV. 00	



Fase di acquisizione ERT 2A



Fase di acquisizione ERT 2B





ITINERARIO NAPOLI-BARI.
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.
2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO.
INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –
TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W. – DOWN HOLE

RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IF0H	22 D 69	IG	GE0005 001	A	39 di 49

9. ALLEGATO GRAFICO N.4 – TAVOLE DALLA 1 ALLA 7

INDAGINI SISMICHE MASW 3

Ubicazione Indagine



Immagine Area Indagine



TAVOLA

1

OGGETTO
Area Indagine sismica
MASW 3

Progetto Definitivo
Itinerario Napoli – Bari
Raddoppio Tratta
Cancello – Benevento
II Lotto funzionale
Frasso Telesino-
Vitulano
2° Lotto Funzionale
TELESE-SAN
LORENZO



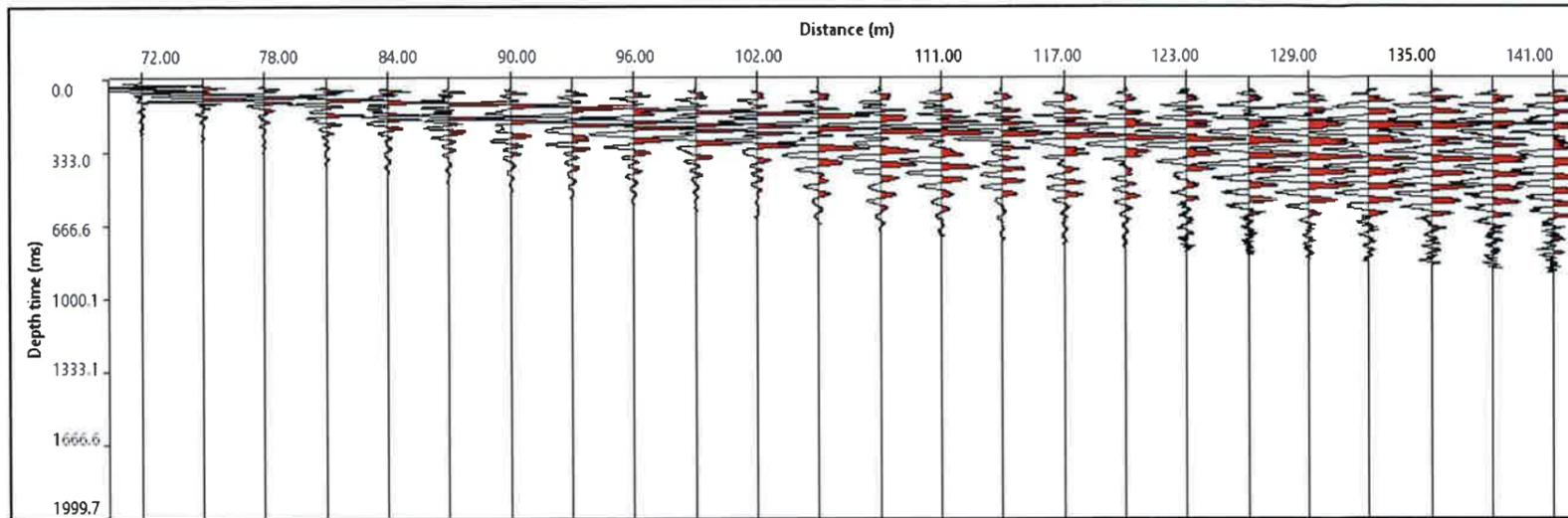
Per la
**SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani
VERIFICA A. Morelli
APPROV. P. Chiara

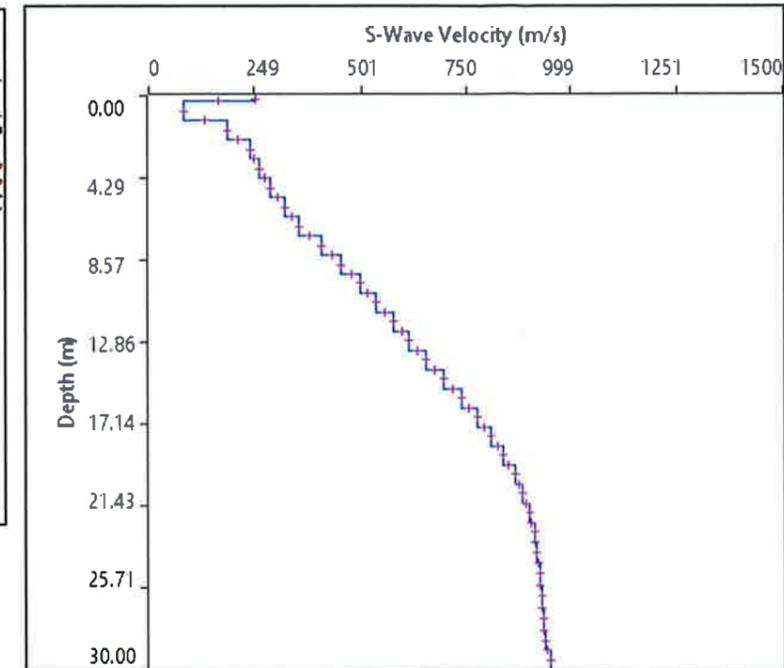
INDAGINI SISMICHE MASW 3

TAVOLA

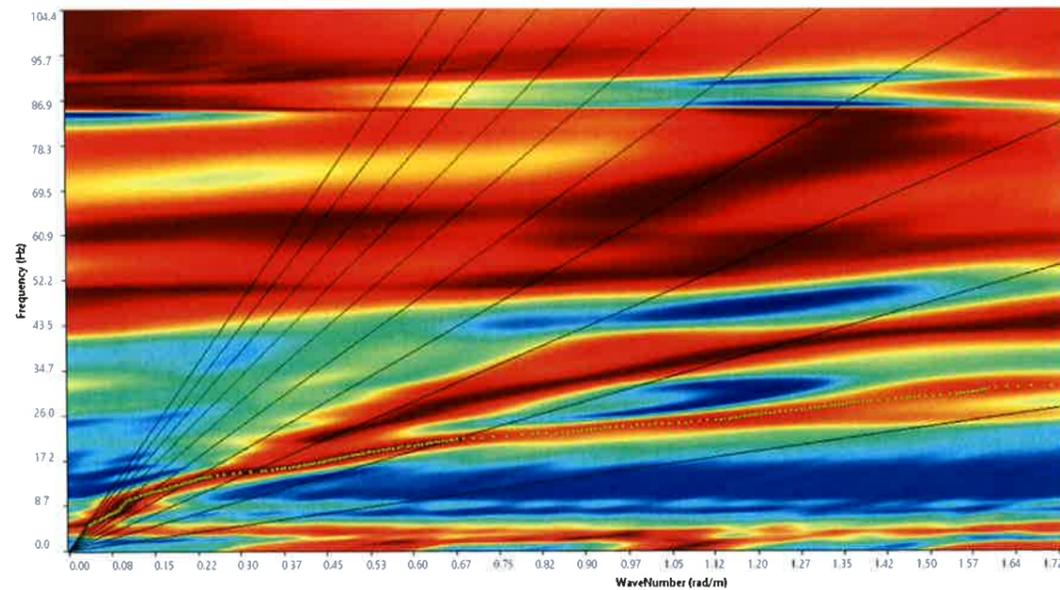
2



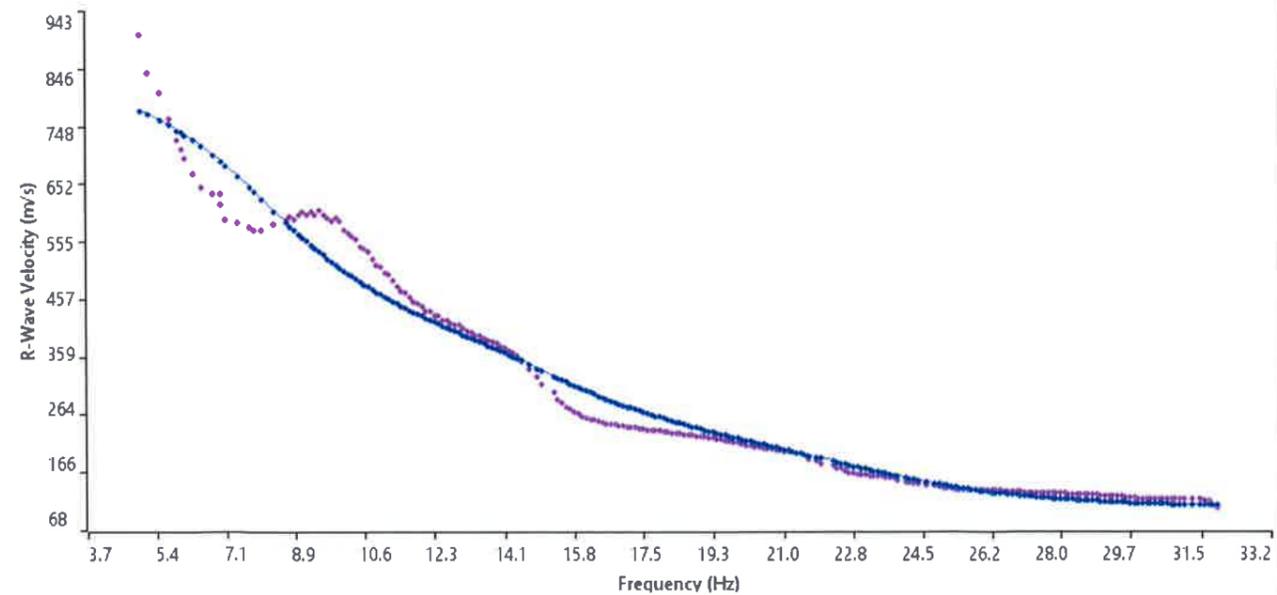
Sismogramma medio utilizzato



Profilo velocità onde S



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione

OGGETTO
 Area Indagine sismica
 MASW 3

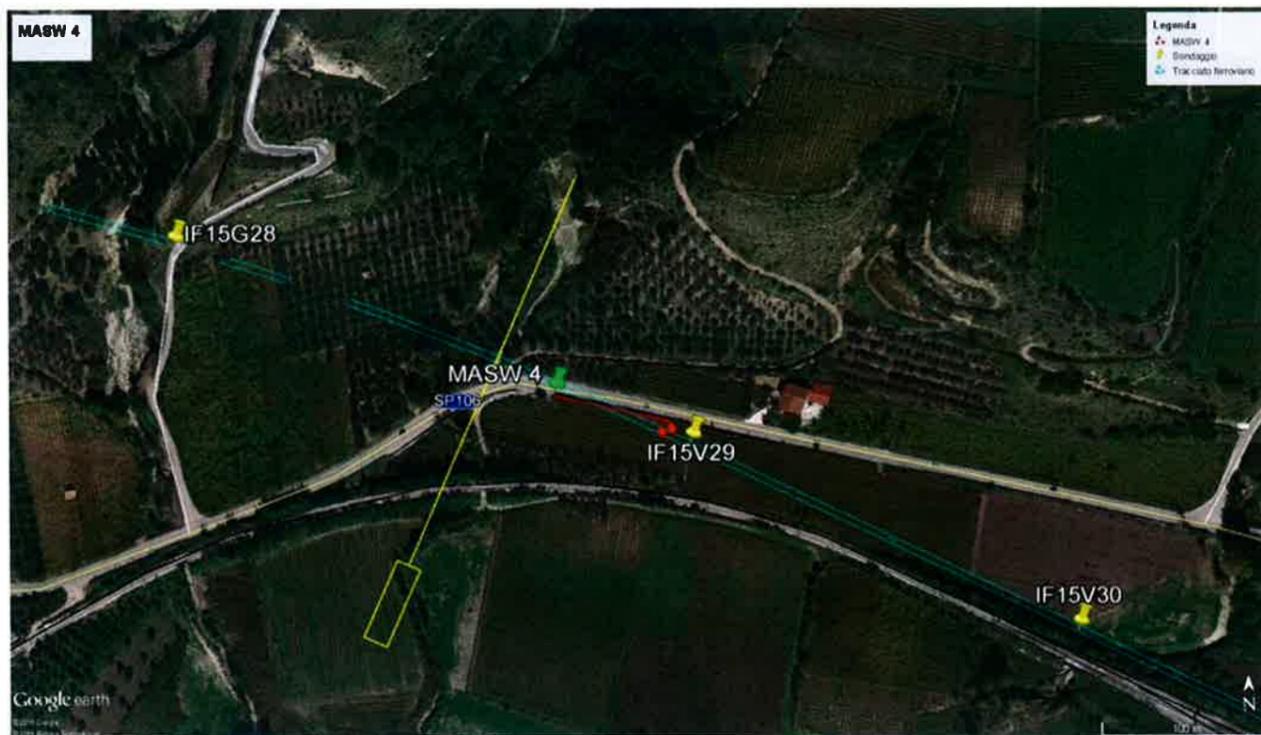
Progetto Definitivo
 Itinerario Napoli – Bari
 Raddoppio Tratta
 Cancellò – Benevento
 II Lotto funzionale
 Frasso Telesino-
 Vitulano
 2° Lotto Funzionale
 TELESE-SAN
 LORENZO



Per la
**SOING Strutture e
 Ambiente srl**

ELAB G. Luciani
VERIFICA A. Morelli
APPROV. P. Chiara

Ubicazione Indagine



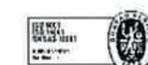
Immagini Area Indagine



OGGETTO

Area Indagine sismica
MASW 4

Progetto Definitivo
Itinerario Napoli – Bari
Raddoppio Tratta
Cancello – Benevento
Il Lotto funzionale
Frasso Telesino-
Vitulano
2° Lotto Funzionale
TELESE-SAN
LORENZO



**Per la
SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

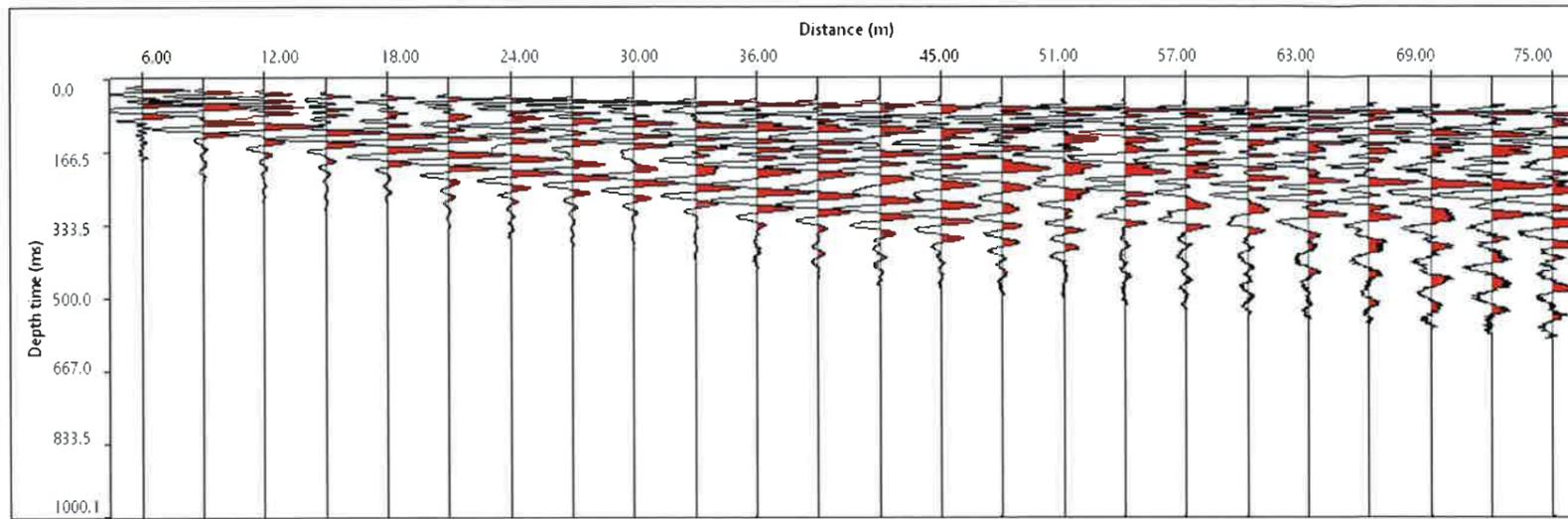
VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

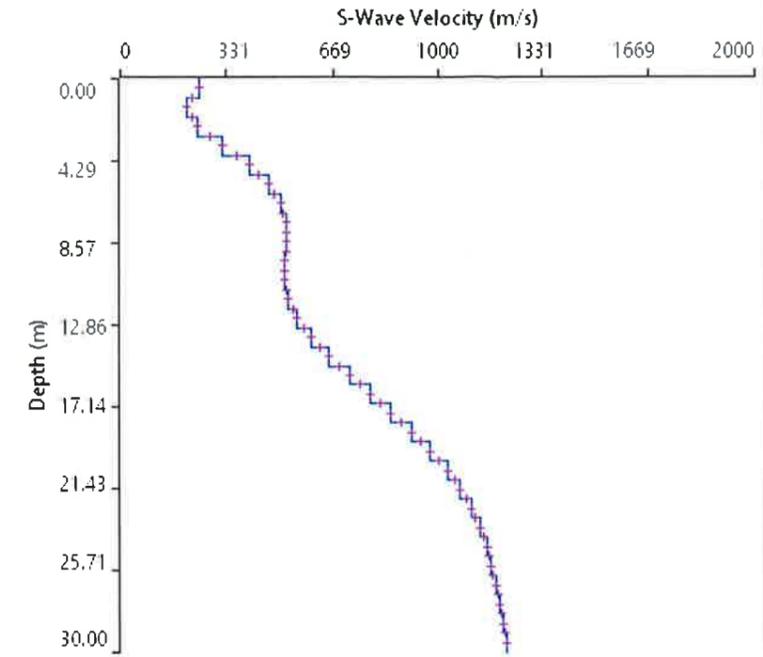
INDAGINI SISMICHE MASW 4

TAVOLA

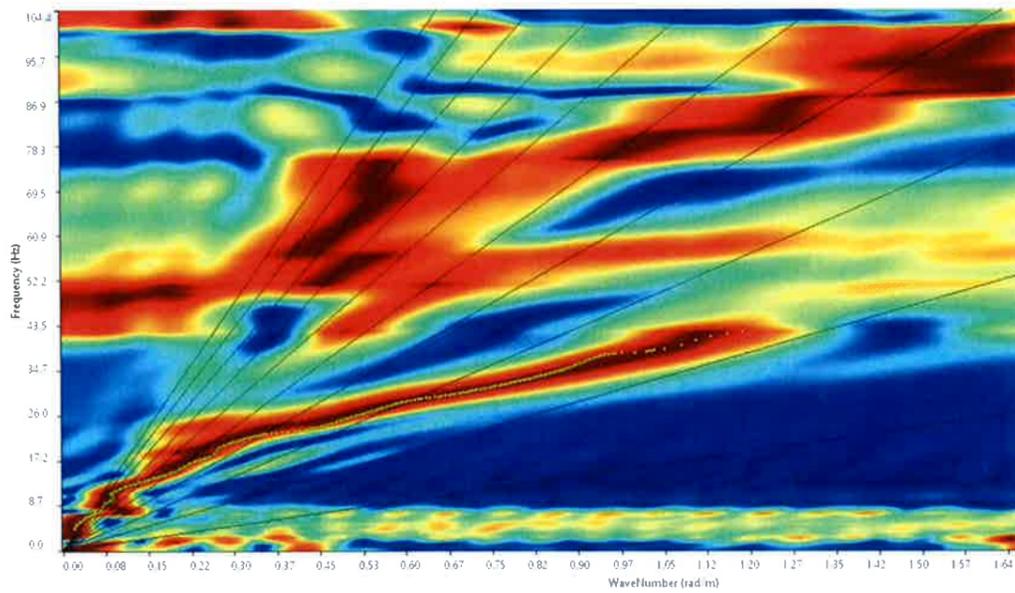
4



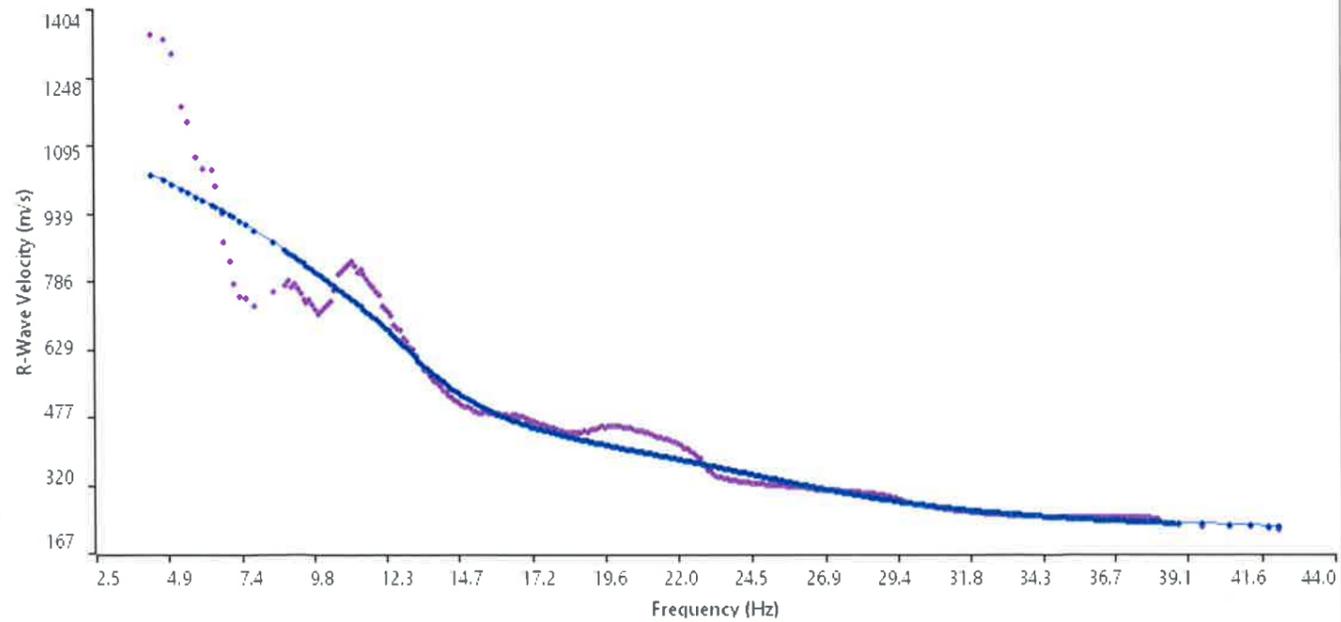
Sismogramma medio utilizzato



Profilo velocità onde S



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione

OGGETTO
Area Indagine sismica
MASW 4

Progetto Definitivo
Itinerario Napoli – Bari
Raddoppio Tratta
Cancello – Benevento
II Lotto funzionale
Frasso Telesino-
Vitulano
2° Lotto Funzionale
TELESE-SAN
LORENZO



Per la
SOING Strutture e
Ambiente srl

ELAB G. Luciani

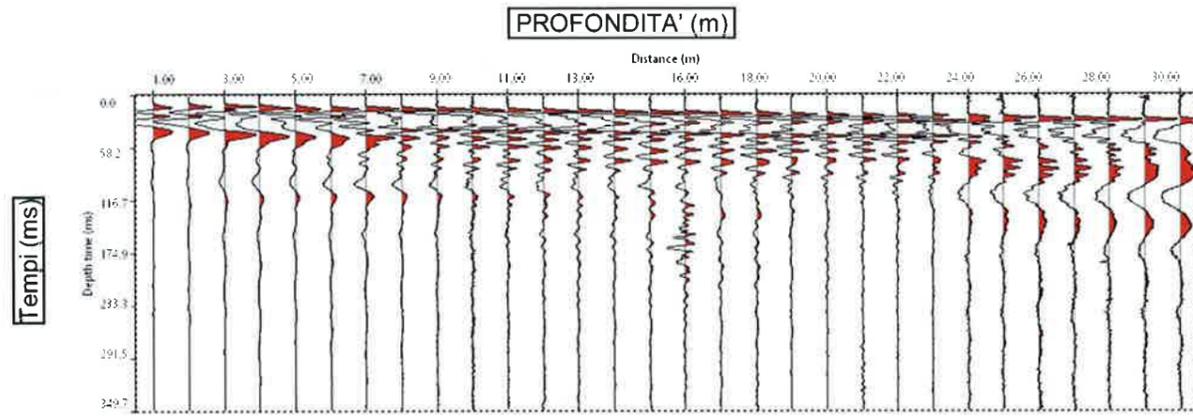
VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

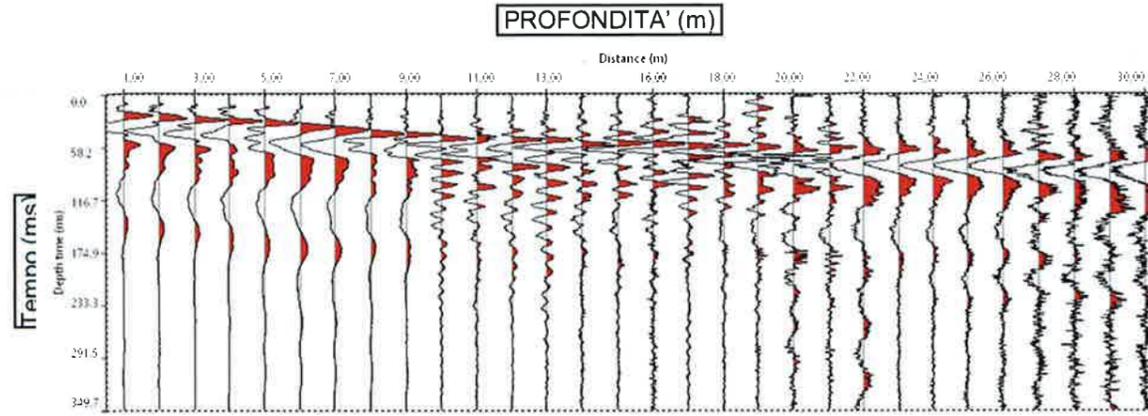
INDAGINI SISMICHE DOWN HOLE DH 1 – SONDAGGIO IFG21

TAVOLA

5

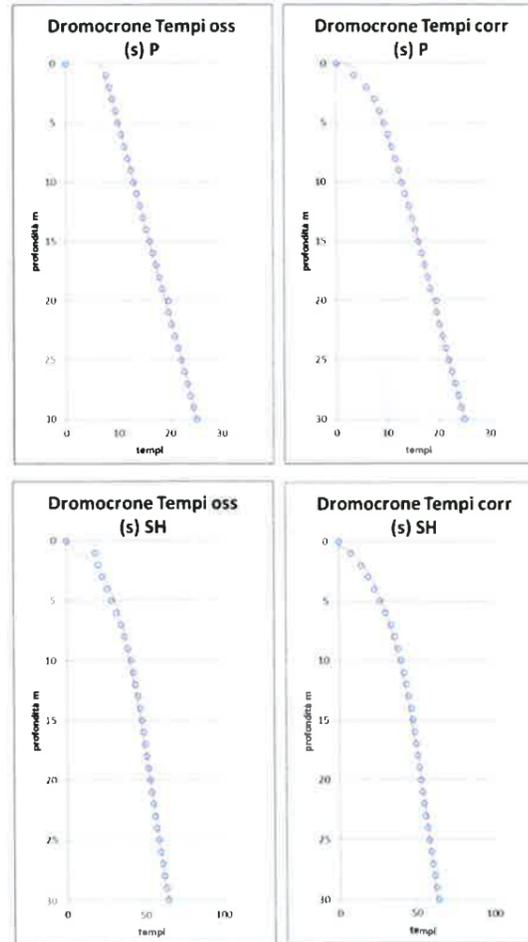


Sismogramma onde P

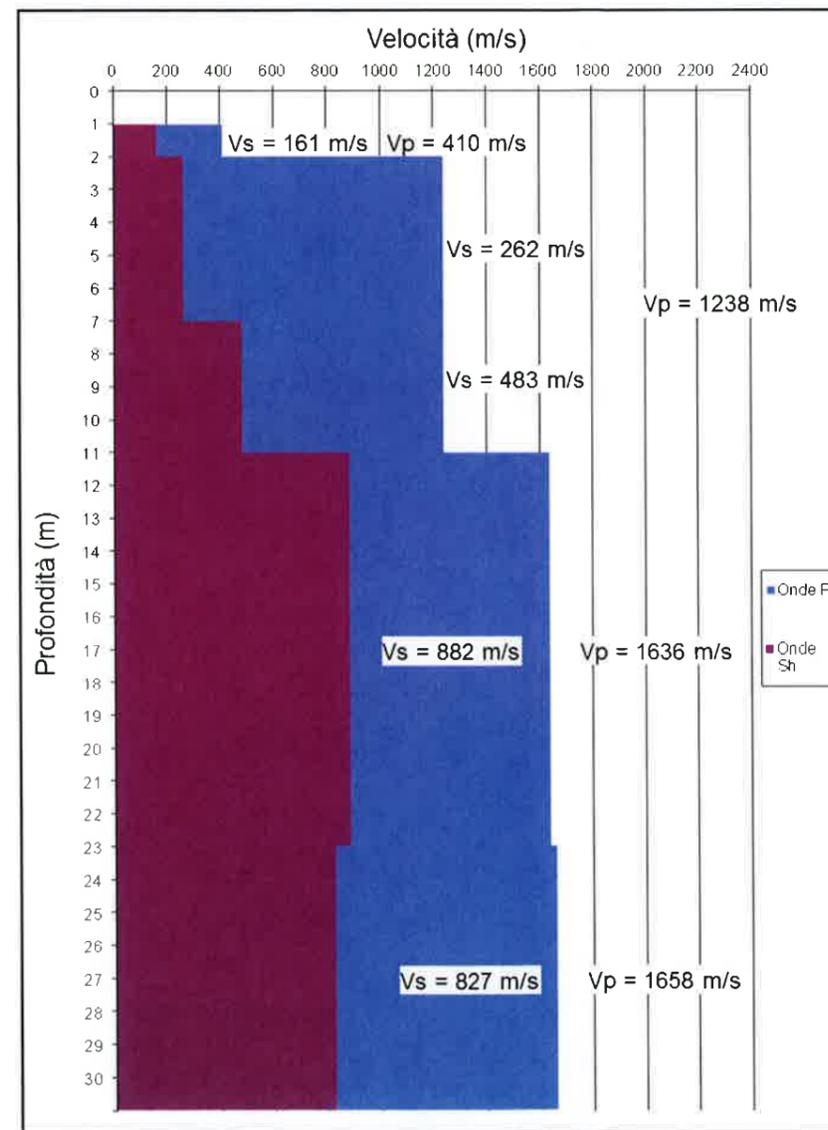


Sismogramma onde SH

Profondità (m)	Tempi oss (ms)	Tempi corr (ms)	Tempi oss (ms)	Tempi corr (ms)
	P	P	S	S
0	0		0	
1	7.86	3.51	18.50	8.27
2	8.42	5.95	20.50	14.50
3	8.98	7.47	23.00	19.14
4	9.54	8.54	26.00	23.26
5	10.11	9.38	29.00	26.93
6	10.67	10.12	32.00	30.36
7	11.28	10.85	35.00	33.65
8	11.90	11.54	37.00	35.90
9	12.50	12.20	39.00	38.07
10	13.10	12.85	41.00	40.20
11	13.70	13.48	42.50	41.81
12	14.30	14.11	44.00	43.40
13	14.90	14.73	45.50	44.97
14	15.50	15.34	47.00	46.53
15	16.09	15.95	48.00	47.58
16	16.70	16.57	49.00	48.62
17	17.30	17.18	50.00	49.66
18	17.90	17.79	51.00	50.69
19	18.50	18.40	52.00	51.71
20	19.10	19.01	53.00	52.74
21	19.70	19.61	54.00	53.76
22	20.30	20.22	55.00	54.77
23	20.90	20.82	56.00	55.79
24	21.50	21.43	57.20	57.00
25	22.10	22.03	58.40	58.21
26	22.70	22.63	59.60	59.42
27	23.30	23.24	60.80	60.63
28	23.90	23.84	62.00	61.84
29	24.50	24.44	63.20	63.05
30	25.10	25.04	64.40	64.26



Dromocrone



Profili di velocità

Tabella dei tempi osservati e corretti Onde P e S

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	g (kN/m ³)	Poisson [s]	Taglio m [MPa]	Young E [MPa]	Bulk k [MPa]
1	da -1 a -2 m	1	16.82	0.41	43.60	122.85	224.61
2	da -2 a -7 m	5	18.48	0.48	126.83	374.53	2662.61
3	da -7 a -11 m	4	18.48	0.41	431.02	1215.69	2257.01
4	da -11 a -23 m	12	19.27	0.30	1499.22	3883.35	3159.19
5	da -23 a -30 m	7	19.32	0.33	1321.08	3525.70	3548.46

Foro DH 1 – Parametri Dinamici

Vs30
(da 0 a -30 m)
485
SUOLO TIPO E

OGGETTO

Indagine sismica
DOWN HOLE DH1
SONDAGGIO IFG21

Progetto Definitivo
Itinerario Napoli – Bari
Raddoppio Tratta
Cancello – Benevento
II Lotto funzionale
Frasso Telesino-
Vitulano
2° Lotto Funzionale
TELESE-SAN
LORENZO

Per la
SOING Strutture e
Ambiente S.r.l

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

INDAGINI SISMICHE DOWN HOLE DH2 – SONDAGGIO IFG25

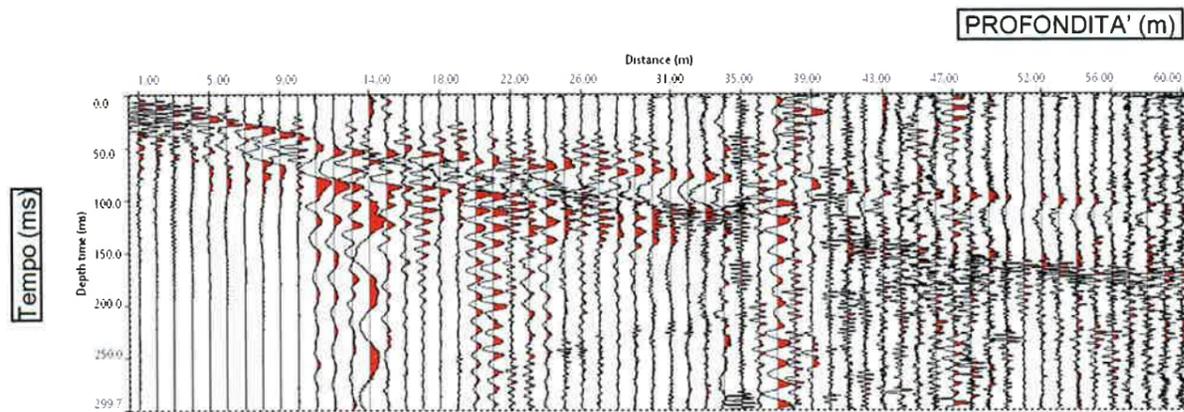
TAVOLA

6

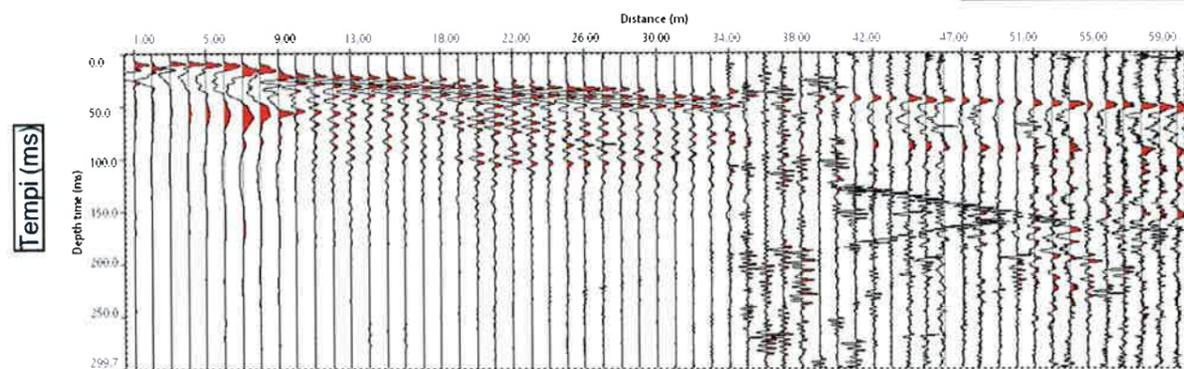
OGGETTO

Indagine sismica
DOWN HOLE DH 2
SONDAGGIO IFG25

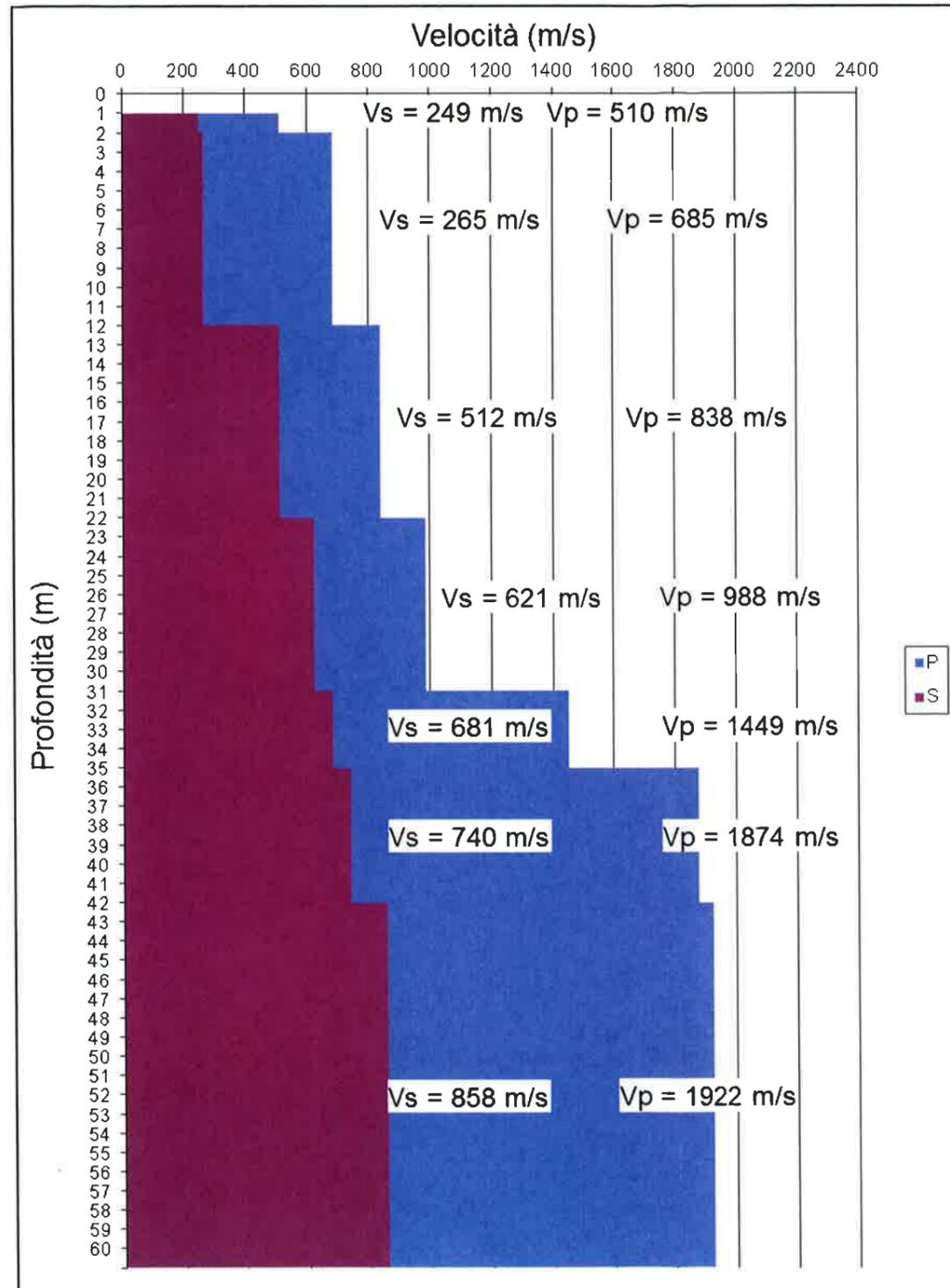
Raddoppio Tratta
Cancello – Benevento
II Lotto funzionale
Frasso Telesino-
Vitulano
2° Lotto Funzionale
TELESE-SAN
LORENZO



Sismogramma onde SH



Sismogramma onde P



Profili di velocità

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	g (kN/m ³)	Poisson [s]	Taglio m [MPa]	Young E [MPa]	Bulk k [MPa]
1	da -1 a -2 m	1	17.02	0.34	105.53	283.55	301.99
2	da -2 a -12 m	10	17.37	0.41	121.98	344.47	652.40
3	da -12 a -22 m	10	17.68	0.20	463.37	1114.10	623.47
4	da -22 a -31 m	9	17.98	0.17	693.23	1626.96	830.41
5	da -31 a -35 m	4	18.90	0.36	876.42	2380.78	2799.27
6	da -35 a -42 m	7	19.75	0.41	1081.40	3044.43	5493.39
7	da -42 a -60 m	18	19.84	0.38	1460.84	4018.96	5382.75

Per la
SOING Strutture e
Ambiente S.r.l

ELAB G. Luciani

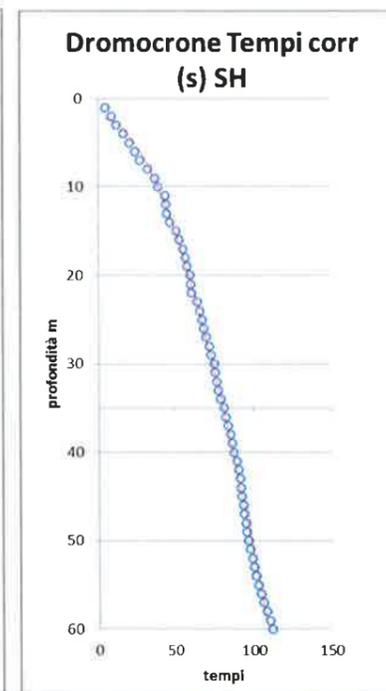
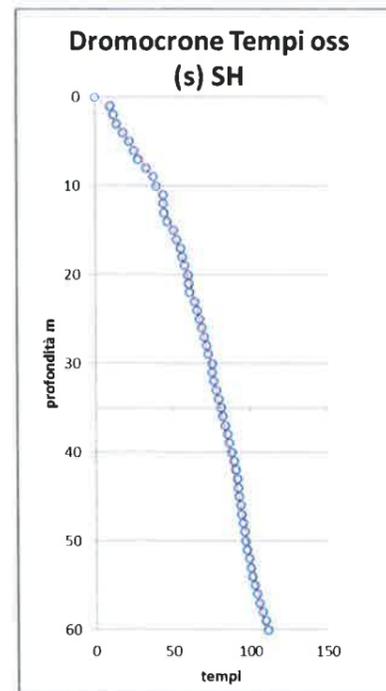
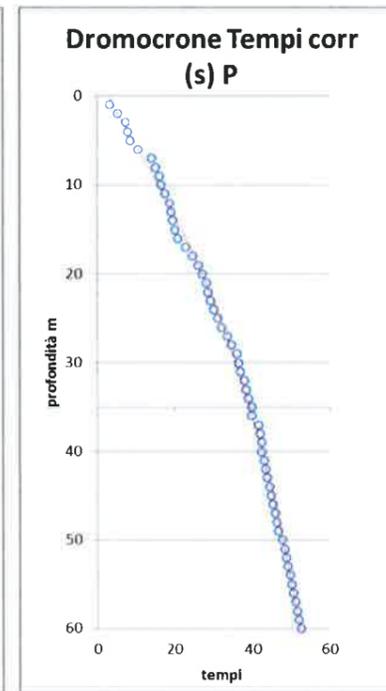
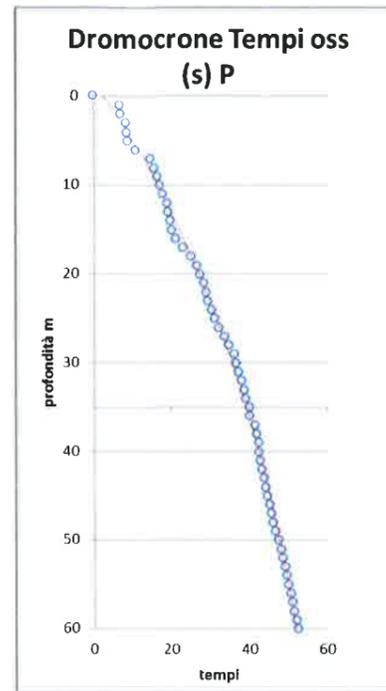
VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

INDAGINI SISMICHE DOWN HOLE DH 2 – SONDAGGIO IFG25

Profondità (m)	Tempi oss (ms)	Tempi corr (ms)	Tempi oss (ms)	Tempi corr (ms)
	P	P	S	S
0	0		0	
1	7.00	3.13	10.00	4.47
2	7.20	5.09	12.00	8.49
3	8.60	7.16	13.95	11.61
4	8.70	7.78	18.28	16.35
5	9.00	8.36	22.13	20.55
6	11.00	10.44	25.50	24.19
7	14.43	13.88	27.91	26.83
8	15.40	14.94	33.20	32.21
9	16.36	15.97	37.53	36.63
10	16.84	16.51	39.45	38.69
11	17.80	17.51	44.26	43.55
12	19.00	18.74	44.30	43.70
13	19.25	19.02	45.00	44.48
14	19.73	19.53	47.00	46.53
15	20.21	20.03	51.00	50.55
16	21.17	21.01	52.93	52.52
17	23.09	22.94	55.33	54.95
18	25.02	24.87	56.77	56.43
19	26.46	26.32	58.22	57.90
20	27.43	27.29	60.14	59.84
21	28.39	28.26	60.50	60.23
22	28.87	28.75	61.00	60.75
23	29.35	29.24	64.47	64.23
24	30.31	30.21	65.92	65.69
25	31.27	31.17	67.36	67.14
26	32.24	32.14	68.80	68.60
27	33.68	33.59	70.25	70.05
28	34.64	34.55	72.17	71.99
29	36.09	36.00	73.13	72.96
30	36.57	36.49	75.40	75.23
31	37.05	36.97	75.54	75.38
32	38.01	37.93	76.50	76.35
33	38.49	38.42	77.94	77.80
34	38.97	38.90	79.39	79.25
35	39.93	39.87	81.31	81.18
36	39.93	39.87	82.27	82.15
37	41.38	41.32	83.72	83.59
38	41.86	41.80	85.16	85.04
39	42.34	42.28	86.12	86.01
40	42.34	42.29	87.57	87.46
41	42.82	42.77	89.49	89.38
42	43.30	43.25	90.45	90.35
43	43.78	43.74	91.42	91.32
44	44.26	44.22	91.90	91.80
45	44.75	44.70	92.38	92.29
46	45.23	45.18	93.34	93.25
47	45.71	45.67	93.82	93.74
48	46.19	46.15	94.78	94.70
49	46.67	46.63	95.75	95.67
50	47.63	47.59	96.71	96.63
51	48.11	48.08	97.67	97.59
52	48.59	48.56	99.11	99.04
53	49.08	49.04	100.08	100.00
54	49.56	49.52	101.04	100.97
55	50.04	50.00	102.48	102.41
56	50.52	50.49	103.92	103.86
57	51.00	50.97	105.85	105.78
58	51.48	51.45	107.77	107.71
59	51.96	51.93	109.70	109.64
60	52.44	52.41	111.14	111.08

Tabella dei tempi osservati e corretti Onde P e S



Dromocrone

TAVOLA

7

OGGETTO

Indagine sismica
DOWN HOLE DH 2
SONDAGGIO IFG25

Raddoppio Tratta
Cancello – Benevento
Il Lotto funzionale
Frasso Telesino-
Vitulano
2° Lotto Funzionale
TELESE-SAN
LORENZO

Per la
**SOING Strutture e
Ambiente S.r.l**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara



ITINERARIO NAPOLI-BARI.
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO.
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.
2° LOTTO FUNZIONALE TELESE - SAN LORENZO.
INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE -
TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - M.A.S.W. - DOWN HOLE

RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	22 D 69	IG	GE0005 001	A	47 di 49

10. ALLEGATO GRAFICO N.5 - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1



Foto 2

Foto 1-2: Una fase di acquisizione del profilo sismico S1; primo cavo 24 geofoni (Foto 1) e secondo cavo 24 geofoni (Foto 2).



Foto 3



Foto 4

Foto 3-4: Una fase di acquisizione del profilo sismico S2: strumentazione sismica utilizzata (Foto 3); traccia nella zona Sud-Ovest di sviluppo della linea (v. Foto 4) .



Foto 5



Foto 6

Foto 3: Una fase di acquisizione del profilo sismico S3; prima parte (Foto 5) e seconda parte (Foto 6).

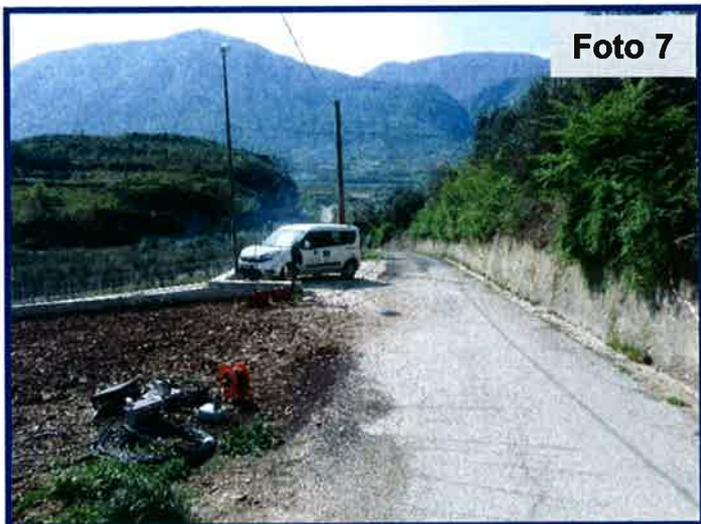


Foto 7



Foto 8

Foto 4: Una fase di acquisizione del profilo sismico S4: primo cavo 24 geofoni (Foto 7) e secondo cavo 24 geofoni (Foto 8).



Foto 9



Foto 10

Foto 5: Una fase di acquisizione del profilo sismico S5; primo cavo 24 geofoni (Foto 9) e secondo cavo 24 geofoni (Foto 10).

