

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA**

**U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**LINEA ROMA – VITERBO**

**RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE**

**INDAGINI GEOFISICHE**

SCALA:

---

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

NR1J 01 D 69 IG GE0001 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	P. CHIARA	Dicembre 201	F. MANCINI	Dicembre 201	C. URCIUOLI	Dicembre 201	F.MARCHESE Dicembre 201
						PAOLETTI		

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

	<b>Progetto Definitivo</b> <b>LINEA ROMA – VITERBO</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE</b>				
	<b>Indagini Geofisiche</b>				
<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 68	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. FOGLIO A 2 di 33

## INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	3
1.1	PREMESSA E SCOPI DELL'INDAGINE GEOFISICA.....	3
2.	DATI GEOGNOSTICI DI RIFERIMENTO.....	4
3.	METODOLOGIE IMPIEGATE.....	4
3.1	INDAGINE SISMICA PER ONDE SUPERFICIALI MASW.....	4
3.1.1	Principi di funzionamento e cenni sul metodo.....	4
3.1.2	Strumentazione utilizzata, configurazione di indagine ed inversione dati.....	6
3.2	DOWN HOLE TEST (DHT).....	7
3.2.1	Principi di funzionamento e cenni sul metodo.....	7
3.2.2	Metodologia di misura e strumentazione utilizzata.....	7
3.2.3	Principi teorici.....	8
4.	RISULTATI.....	10
4.1	PREMESSA.....	10
4.2	ANALISI DEI RISULTATI MASW – ALLEGATO 1, TAVOLE 1-2.....	10
4.2.1	MASW su S02.....	10
4.3	ANALISI DEI RISULTATI DELLE PROVE DOWN HOLE – ALLEGATO 2, TAVOLE 1-12.....	12
4.3.1	Prova Down Hole S05_DH.....	12
4.3.2	Prova Down Hole S06_DH.....	13
4.3.3	Prova Down Hole S08_DH.....	14
4.3.4	Prova Down Hole S09_DH.....	15
5.	BIBLIOGRAFIA.....	17
6.	ALLEGATO GRAFICO N.1 – RISULTATI MASW.....	18
7.	ALLEGATO GRAFICO N.2 – RISULTATI DOWN HOLE.....	21

	<b>Progetto Definitivo</b> <b>LINEA ROMA – VITERBO</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE</b>					
	<b>Indagini Geofisiche</b>					
<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 68	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 3 di 33

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1 Premessa e scopi dell'indagine geofisica

La presente relazione illustra i risultati della campagna di prospezioni geofisiche condotte secondo le modalità previste nelle specifiche tecniche Italferr, eseguite a supporto del Progetto definitivo della Linea Roma – Viterbo, sulla Tratta Cesano – Vigna di Valle, a Sud ed a Sud Est del Lago di Bracciano.



Figura 1: Posizioni delle indagini sismiche Down Hole e MASW

Le indagini geofisiche sono state realizzate impiegando tecniche sismiche per onde superficiali con metodologie M.A.S.W. e sismiche in foro, con metodologie Down Hole.

Nell'Allegato grafico 1 alla presente sono presentati i risultati della stesa MASW realizzata:

- MASW nei pressi del foro di sondaggio S02

Nell'Allegato grafico 2 sono invece rappresentati i risultati delle indagini sismiche Down Hole, che sono state condotte su quattro verticali di sondaggio (S05\_DH, S06\_DH, S08\_DH ed S09\_DH) opportunamente attrezzate.

La metodologia Down hole consente di conoscere e rappresentare in termini

	<b>Progetto Definitivo</b> <b>LINEA ROMA – VITERBO</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE</b>					
	<b>Indagini Geofisiche</b>					
<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 68	IG	GE0001 001	A	4 di 33

sismostratigrafici i volumi di terreno sottoposti ad indagine, ai fini della loro caratterizzazione geotecnica. Laddove sia necessario valutare il comportamento dei terreni di fondazione, consente di calcolare 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  $V_{seq}$ .

I risultati riportati nell'Allegato grafico 2 citato, riguardano le seguenti indagini:

- S05\_DH
- S06\_DH
- S08\_DH
- S09\_DH

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 indagata è noto grazie alle stratigrafie ricostruite dai sondaggi a carotaggio continuo realizzati nelle aree di interesse.

## 3. METODOLOGIE IMPIEGATE

### 3.1 INDAGINE SISMICA PER ONDE SUPERFICIALI MASW

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

Nell'area di sondaggio S02 è stata allestita una stesa sismica per onde superficiali con tecnica multicanale identificata con l'acronimo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves).

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

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

Le onde di superficie dunque non possiedono una singola velocità bensì una velocità di fase in funzione della frequenza; la relazione tra frequenza e velocità di fase è contenuta nelle curve di dispersione e di attenuazione. Attraverso un procedimento

	<b>Progetto Definitivo</b> <b>LINEA ROMA – VITERBO</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE</b>					
	<b>Indagini Geofisiche</b>					
<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 68	IG	GE0001 001	A	5 di 33

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 qualitativamente ai fini della ricostruzione sismo-stratigrafica di massima, è invece efficace per il calcolo speditivo del parametro  $V_{S,eq}$ .

Il parametro  $V_{S,eq}$  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.

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

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

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

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

	<b>Progetto Definitivo</b> <b>LINEA ROMA – VITERBO</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE</b>					
	<b>Indagini Geofisiche</b>					
<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOLGIO
	NR1J	01 D 68	IG	GE0001 001	A	6 di 33

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

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

- 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 4.5 Hz, distanza intergeofonica pari a 2 m;
- piastra di battuta in alluminio;
- massa battente da 12 Kg 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 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 2: Sismografo digitale a 24 bit.

	<b>Progetto Definitivo</b> <b>LINEA ROMA – VITERBO</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE</b>					
	<b>Indagini Geofisiche</b>					
<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 68	IG	GE0001 001	A	7 di 33

### 3.2 Down Hole Test (DHT)

#### 3.2.1 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 megastrutturali 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 ( $<10^{-5}$  m), al di sotto della soglia di deformazione lineare ciclica.

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 profondità all'interno del 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 §3.1.1 (relativo alle indagini MASW).

#### 3.2.2 Metodologia di misura e strumentazione utilizzata

La sorgente del segnale sismico per onde SH è costituita da barre in teflon, di circa 2 m di lunghezza complessiva, assicurate al terreno applicando un carico verticale adeguato. Lo sforzo di taglio è trasmesso colpendo orizzontalmente con una massa battente la barra, in successione sui due lati opposti (con lo scopo di trasmettere impulsi a polarità invertite). Alternativamente, si opera realizzando uno scasso nel

	<b>Progetto Definitivo</b> <b>LINEA ROMA – VITERBO</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE</b>					
	<b>Indagini Geofisiche</b>					
<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 68	IG	GE0001 001	A	8 di 33

terreno ove alloggiare verticalmente una piastra in alluminio per generare gli sforzi di taglio sulle due direzioni opposte (sempre con lo scopo di trasmettere impulsi a polarità invertite e successivamente sommarli per l'eliminazione del contributo delle onde P dai sismogrammi da avviare ad elaborazione).

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

I sistemi di energizzazione sono posizionati in prossimità della boccaforo. I ricevitori, all'interno del foro di sondaggio, sono 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 3: configurazione standard per le indagini DHT*

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 10 Hz, della Geospace (USA), orientati nelle tre dimensioni dello spazio.

Il sismografo utilizzato per le misure sismiche (si veda la Fig. 1 alle pagine precedenti), è uno strumento con possibilità di acquisizione su 48 canali contemporanei e dotato di convertitore analogico digitale a 24 bit.

### 3.2.3 Principi teorici

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

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

	<b>Progetto Definitivo</b> <b>LINEA ROMA – VITERBO</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE</b>				
	<b>Indagini Geofisiche</b>				
<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 68	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. FOGGIO A 9 di 33

In ogni caso, facendo riferimento alle supposizioni introdotte, è possibile risalire al coefficiente di Poisson (in tale contesto denominato con  $\sigma$  in altri comunemente definito con  $\nu$ ), 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  $\sigma$ , la compressibilità  $\beta$  e di conseguenza il *Bulk modulus* ( $k = 1/\beta$ ) (Milton B. et alii, 1988), cioè come relazione tra le costanti di dilatazione cubica, risultanti dalla combinazione degli sforzi lineari di compressione e di taglio in dipendenza delle relative costanti:

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

e il modulo di rigidità o di taglio  $\mu$  (altrimenti indicato con la lettera  $G$ ):

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

---

$\diamond$  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

	<b>Progetto Definitivo</b> <b>LINEA ROMA – VITERBO</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE</b>					
	<b>Indagini Geofisiche</b>					
<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 68	IG	GE0001 001	A	10 di 33

## 4. RISULTATI

### 4.1 Premessa

I risultati relativi alle indagini geofisiche eseguite sulla tratta Vigna di Valle – Cesano, sono riportati, come accennato nella sezione introduttiva, in due Allegati grafici alla presente Relazione. Nell'Allegato 1 sono presentati i risultati della stesa MASW, mentre nell'Allegato 2 sono mostrati gli elaborati grafici delle indagini Down Hole.

Nei prossimi paragrafi e sulla base degli obiettivi di studio menzionati nel capitolo 1, saranno discussi e presentati gli esiti delle prospezioni geofisiche condotte.

### 4.2 Analisi dei Risultati MASW – Allegato 1, Tavole 1-2

Nell'Allegato Grafico 1, nelle Tavole 1 e 2, sono riportati:

- l'ubicazione della stesa sismica con la relativa documentazione fotografica durante la fase di acquisizione dei dati (v. Tavola 1),
- il sismogramma medio utilizzato per l'elaborazione,
- il profilo monodimensionale di velocità delle onde SH, unitamente allo spettro F-K e alle curve di dispersione sperimentale oggetto del "picking" dei massimi sulla curva F-K con sovrapposta quella ottimizzata secondo il modello interpretativo che meglio si accoppia a quello sperimentale (v. Tavola 2).

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

Nella presente indagine, in fase di elaborazione dei dati, il comportamento sismostratigrafico nei primi 30 m a partire dal piano di calpestio (di seguito indicato come p.c.) è stato ottimizzato con un modello a 30 sismostrati, ciascuno 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. Tale approccio consente un processo di affinamento dei risultati e accresce la confidenza tra la curva sperimentale di dispersione e quella del modello ai fini dell'inversione, permettendo di ottenere una curva Velocità onde S – Spessori in funzione della profondità del sottosuolo, la più attendibile possibile.

#### 4.2.1 MASW su S02

A seguito dell'indagine e dell'elaborazione effettuata, i risultati del MASW in prossimità del sondaggio S02 sono riassunti nella tabella seguente:

Sismostrato	Spessore (m)	Profondità (m dal p.c.)	$V_s$ (m/s)
1	1	0	213
2	1	1	220

	<b>Progetto Definitivo</b> <b>LINEA ROMA – VITERBO</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE</b>					
	<b>Indagini Geofisiche</b>					
<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 68	IG	GE0001 001	A	11 di 33

3	1	2	321
4	1	3	405
5	1	4	497
6	1	5	591
7	1	6	677
8	1	7	748
9	1	8	801
10	1	9	839
11	1	10	863
12	1	11	876
13	1	12	882
14	1	13	882
15	1	14	879
16	1	15	875
17	1	16	872
18	1	17	870
19	1	18	871
20	1	19	874
21	1	20	881
22	1	21	891
23	1	22	903
24	1	23	919
25	1	24	937
26	1	25	957
27	1	26	979
28	1	27	1002
29	1	28	1027
30	INF	29	1053

*Tabella 4.2.1.1 – 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  $V_s$  nei primi 30 m di profondità.

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. 2018, il valore calcolato di  $V_{seq}$ , per uno spessore  $H = 8$  m, è pari a  $V_{seq} = 374$  m/s.

Vista la stratigrafia presente, il profilo di velocità delle onde di taglio ed il valore di  $V_{seq}$  si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo “B”.

Si fa presente però che il valore medio delle velocità delle onde di taglio calcolato entro i primi 8 m ( $V_{s8}$ ) è pari a 374 m/s e risulta poco superiore al limite di 360 m/s imposto dalle NTC. Essendo quest’ultimo relativo ai terreni posti al di sopra di un substrato con  $V_s > 800$  m/s, la categoria di sottosuolo è cautelativamente una “E”.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>Progetto Definitivo</b> <b>LINEA ROMA – VITERBO</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE</b>					
	<b>Indagini Geofisiche</b>					
<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 68	IG	GE0001 001	A	12 di 33

### 4.3 Analisi dei Risultati delle Prove Down Hole – Allegato 2, Tavole 1-12

Nell'Allegato Grafico 2, oltre alle ubicazioni dei fori di sondaggio opportunamente attrezzati per le prove in foro (v. Tavole 1, 4, 7, 10), sono riportati i sismogrammi per onde P ed SH ottenuti per ogni indagine, i tempi dei primi arrivi osservati e corretti con i relativi grafici delle dromocrone; sono altresì riportati, i valori dinamici del Coefficiente di Poisson (qui indicato col simbolo  $\sigma$ ), del Modulo di Young dinamico (E), del Modulo di Rigidity o di Taglio ( $\mu$ ), nonché del Bulk Modulus (inverso della compressibilità), calcolati così come descritto in precedenza.

Dalle prove Down Hole sono stati calcolati i valori del parametro  $V_{s30}$  e per ciascun sito è stata attribuita una specifica classe di suolo. Si ricorda che, per la progettazione di opere civili, il DM 2018 non prevede l'applicabilità del metodo semplificato con attribuzione della categoria di suolo nei casi siano presenti inversioni di velocità lungo il profilo verticale.

#### 4.3.1 Prova Down Hole S05 DH

La prova S05\_DH è stata condotta, come precedentemente accennato, all'interno del foro geotecnico S05.

I risultati completi della prova, la sua ubicazione e la sua interpretazione, sono reperibili di seguito e nell'Allegato 2 (v. Tavole 1-3).

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  $\sigma$ ), del Modulo di Young dinamico (E), del Modulo di Rigidity o di Taglio ( $\mu$ ), nonché del Bulk Modulus (inverso della compressibilità), calcolati così come descritto precedentemente.

#### FORO S05 – VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità media P [m/s]
1	da -1 a -3 m	2	348
2	da -3 a -5 m	2	1217
3	da -5 a -11 m	6	1390
4	da -11 a -22 m	11	2228
5	da -22 a -30 m	8	2232

#### FORO S05 – VELOCITA' ONDE SH

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità media SH [m/s]
1	da -1 a -3 m	2	202
2	da -3 a -5 m	2	339
3	da -5 a -11 m	6	221
4	da -11 a -22 m	11	538
5	da -22 a -30 m	8	646

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>Progetto Definitivo</b> <b>LINEA ROMA – VITERBO</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE</b>					
	<b>Indagini Geofisiche</b>					
<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 68	IG	GE0001 001	A	13 di 33

### FORO S05 – PARAMETRI DINAMICI

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Poisson [ $\sigma$ ]	Taglio $\mu$ [MPa]	Young E [MPa]	Bulk $\kappa$ [MPa]
1	da -1 a -3 m	2	16.70	0.25	66.81	166.48	109.21
2	da -3 a -5 m	2	18.43	0.46	207.75	605.78	2400.49
3	da -5 a -11 m	6	18.78	0.49	89.95	267.52	3438.45
4	da -11 a -22 m	11	20.46	0.47	580.65	1705.99	9183.95
5	da -22 a -30 m	8	20.46	0.45	837.50	2435.92	8881.18

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare una velocità equivalente  $V_{Seq} = V_{s30}$  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. 2018), il valore calcolato di  $V_{Seq} = V_{s30}$  è pari a

$$V_{Seq} = V_{s30} = \mathbf{371 \text{ m/s.}}$$

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

Si fa presente inoltre che lungo il profilo verticale di velocità delle onde di taglio si ha una inversione di velocità alla profondità compresa tra 5 m e 11 m dal piano campagna.

#### 4.3.2 Prova Down Hole S06 DH

La prova S06\_DH è stata condotta, come precedentemente accennato, all’interno del foro geotecnico S06.

I risultati completi della prova, la sua ubicazione e la sua interpretazione, sono reperibili di seguito e nell’Allegato 2 (v. Tavole 4-6).

### FORO S06 – VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità media P [m/s]
1	da -1 a -2 m	1	311
2	da -2 a -6 m	4	523
3	da -6 a -10 m	4	534
4	da -10 a -12 m	2	658
5	da -12 a -15 m	3	1169
6	da -15 a -20 m	5	1169
7	da -20 a -25 m	5	2353
8	da -25 a -30 m	5	2353

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>Progetto Definitivo</b> <b>LINEA ROMA – VITERBO</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE</b>					
	<b>Indagini Geofisiche</b>					
<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 68	IG	GE0001 001	A	14 di 33

### FORO S06 – VELOCITA' ONDE SH

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità media SH [m/s]
1	da -1 a -2 m	1	231
2	da -2 a -6 m	4	293
3	da -6 a -10 m	4	372
4	da -10 a -12 m	2	441
5	da -12 a -15 m	3	441
6	da -15 a -20 m	5	271
7	da -20 a -25 m	5	487
8	da -25 a -30 m	5	1112

### FORO S06 – PARAMETRI DINAMICI

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Poisson [ $\sigma$ ]	Taglio $\mu$ [MPa]	Young E [MPa]	Bulk $\kappa$ [MPa]
1	da -1 a -2 m	1	16.62	0.03	76.76	157.45	55.32
2	da -2 a -6 m	4	17.05	0.26	146.46	370.37	261.96
3	da -6 a -10 m	4	17.07	0.03	231.63	476.50	168.46
4	da -10 a -12 m	2	17.32	0.09	330.26	721.45	294.89
5	da -12 a -15 m	3	18.34	0.42	349.75	991.21	1991.25
6	da -15 a -20 m	5	18.34	0.47	132.07	388.72	2281.49
7	da -20 a -25 m	5	20.71	0.48	481.59	1423.23	10600.50
8	da -25 a -30 m	5	20.71	0.36	2510.92	6810.72	7894.73

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità, la velocità equivalente  $V_{seq}$  rappresentativa del sito in esame, per uno spessore  $H = 25$  m, è pari a

$$V_{seq} = \mathbf{341} \text{ m/s.}$$

Vista la stratigrafia presente, i profili di velocità delle onde di taglio con substrato di riferimento rigido degli 800 m/s alla profondità di 25 m dal p.c. e il valore di  $V_{seq}$  si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo "E".

Si fa presente che lungo il profilo verticale di velocità delle onde di taglio si ha una inversione di velocità alla profondità compresa tra 15 m e 20 m dal piano campagna.

#### 4.3.3 Prova Down Hole S08 DH

La prova S08\_DH è stata condotta, come precedentemente accennato, all'interno del foro geotecnico S08.

I risultati completi della prova, la sua ubicazione e la sua interpretazione, sono reperibili nei di seguito e nell'Allegato 2 (v. Tavole 7-9).

Alle pagina seguente, sono riportati i risultati.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>Progetto Definitivo</b> <b>LINEA ROMA – VITERBO</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE</b>					
	<b>Indagini Geofisiche</b>					
<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 68	IG	GE0001 001	A	15 di 33

#### FORO S08 – VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità media P [m/s]
1	da -1 a -2 m	1	265
2	da -2 a -4 m	2	357
3	da -4 a -7 m	3	885
4	da -7 a -16 m	9	914
5	da -16 a -20 m	4	1342
6	da -20 a -30 m	10	2052

#### FORO S08 – VELOCITA' ONDE SH

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità media SH [m/s]
1	da -1 a -2 m	1	135
2	da -2 a -4 m	2	224
3	da -4 a -7 m	3	355
4	da -7 a -16 m	9	584
5	da -16 a -20 m	4	628
6	da -20 a -30 m	10	975

#### FORO S08 – PARAMETRI DINAMICI

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Poisson [ $\sigma$ ]	Taglio $\mu$ [MPa]	Young E [MPa]	Bulk $\kappa$ [MPa]
1	da -1 a -2 m	1	16.53	0.32	29.54	78.28	74.45
2	da -2 a -4 m	2	16.71	0.18	82.24	193.33	99.24
3	da -4 a -7 m	3	17.77	0.40	219.62	616.75	1072.08
4	da -7 a -16 m	9	17.83	0.16	596.29	1377.47	665.52
5	da -16 a -20 m	4	18.68	0.36	722.63	1965.28	2336.40
6	da -20 a -30 m	10	20.10	0.35	1874.21	5076.13	5802.70

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  nei primi 30 m di profondità, la velocità equivalente  $V_{seq}$  rappresentativa del sito in esame, calcolata con uno spessore  $H = 20$  m, è pari a

$$V_{seq} = \mathbf{370 \text{ m/s.}}$$

Sulla base del solo valore del parametro  $V_{seq}$  il sottosuolo può essere assimilato alla categoria di suolo di fondazione di tipo “**B**”.

Si fa presente però che il valore medio delle velocità delle onde di taglio entro i primi 20 m ( $V_{s20}$ ) è pari a 370 m/s. Essendo quest'ultimo relativo ai terreni posti al di sopra di un substrato con  $V_s > 800$  m/s ed essendo inoltre di poco superiore al limite di 360 m/s imposto dalle NTC, la categoria di sottosuolo è cautelativamente “**E**”.

#### 4.3.4 Prova Down Hole S09 DH

La prova S09\_DH è stata condotta, come precedentemente accennato, all'interno del foro geotecnico S09.

I risultati completi della prova, la sua ubicazione e la sua interpretazione, sono reperibili nei di seguito e nell'Allegato 2 (v. Tavole 10-12).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>Progetto Definitivo</b> <b>LINEA ROMA – VITERBO</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE</b>					
	<b>Indagini Geofisiche</b>					
<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 68	IG	GE0001 001	A	16 di 33

Nelle pagine seguenti, si elencano i valori calcolati delle velocità delle onde P ed S, i valori dinamici del Coefficiente di Poisson (qui indicato col simbolo  $\sigma$ ), del Modulo di Young dinamico (E), del Modulo di Rigidità o di Taglio ( $\mu$ ), nonché del Bulk Modulus (inverso della compressibilità).

#### FORO S09 – VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità media P [m/s]
1	da -1 a -2 m	1	256
2	da -2 a -6 m	4	552
3	da -6 a -10 m	4	885
4	da -10 a -20 m	10	975
5	da -20 a -31 m	11	1108

#### FORO S09 – VELOCITA' ONDE SH

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità media SH [m/s]
1	da -1 a -2 m	1	135
2	da -2 a -6 m	4	271
3	da -6 a -10 m	4	572
4	da -10 a -20 m	10	682
5	da -20 a -31 m	11	760

#### FORO S09 – PARAMETRI DINAMICI

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Poisson [ $\sigma$ ]	Taglio $\mu$ [MPa]	Young E [MPa]	Bulk $\kappa$ [MPa]
1	da -1 a -2 m	1	16.51	0.31	29.51	77.17	66.77
2	da -2 a -6 m	4	17.10	0.34	123.19	330.44	346.85
3	da -6 a -10 m	4	17.77	0.14	570.17	1301.45	604.67
4	da -10 a -20 m	10	17.95	0.02	818.77	1671.90	581.72
5	da -20 a -31 m	11	18.22	0.06	1031.83	2178.68	817.34

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità, il valore calcolato di  $V_{seq}$ , calcolato per uno spessore H = 30 m, è pari a

$$V_{seq} = V_{s30} = \mathbf{466 \text{ m/s.}}$$

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

	<b>Progetto Definitivo</b> <b>LINEA ROMA – VITERBO</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE</b>					
	<b>Indagini Geofisiche</b>					
<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 68	IG	GE0001 001	A	17 di 33

## 5. BIBLIOGRAFIA

- Aki K., 1964. A note on the use of microseisms in determining the shallow structures of the earth's crust, *Geophysics*, 29, 665–666.
- Ben-Menahem A. E SINGH S.J., 1981. *Seismic Waves and Sources*, Springer-Verlag, New York.
- Burnham, G. F. and Hawke, P. J., Smart solution to a sticky problem: in-mine clay mapping using high-resolution geophysics. (In Press).
- Coffeen, J.A., 1978. "Seismic exploration fundamentals". Pubb. Co.;
- Dey A. and Morrison H.F., 1979, Resistivity modeling for arbitrarily shaped two-dimensional structures, *Geophysical Prospecting*, 27(1), 106-136.
- Dobrin, M.B., 1976. "Introduction to Geophysical prospecting". McGraw-Hill Book Co.;
- 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.
- Foti S., 2000, Multi-Station Methods for Geotechnical Characterisation Using Surface Waves, PhD Diss., Politecnico di Torino, 229 pp.;
- Mcmechan G.A., Yedlin M.J., 1981, Analysis of dispersive wave by wave field transformation, *Geophysics*, 46, 869-874;
- 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.
- Nazarian S., Stokoe K.H., 1986, Use of surface waves in pavement evaluation, *Transp. Res. Rec*, 1070, 132-144;
- Park C.B., Miller R.D., Xia J., 2001, Offset and resolution of dispersion curve in multichannel analysis of surface waves (MASW), *proc. SAGEEP 2001*;
- 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.
- Stokoe K.H., Wright S.G., Bay J., Roesset J.M., 1994, characterization of geotechnical sites by SASW method, in *Geophysical characterization of sites*, (ISSMFE TC#10) by R.D. Woods (ed), Oxford & IBH Publ., pp. 15-25;
- Xia J., Miller R.D., Park C.B., 1999, Estimation of near-surface shear-wave velocity by inversion of Rayleigh waves, *Geophysics*, 64, 691-700.



**Progetto Definitivo**

**LINEA ROMA – VITERBO**

**RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE**

**Indagini Geofisiche**

**INDAGINI GEOFISICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 68	IG	GE0001 001	A	18 di 33

**6. ALLEGATO GRAFICO N.1 – Risultati indagine MASW - Tavole 1-2**

**Ubicazione dell'indagine**



**Area di indagine**



**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
MASW su S02

Progetto definitivo

–  
LINEA ROMA –  
VITERBO

RADDOPPIO  
TRATTA CESANO –  
VIGNA DI VALLE



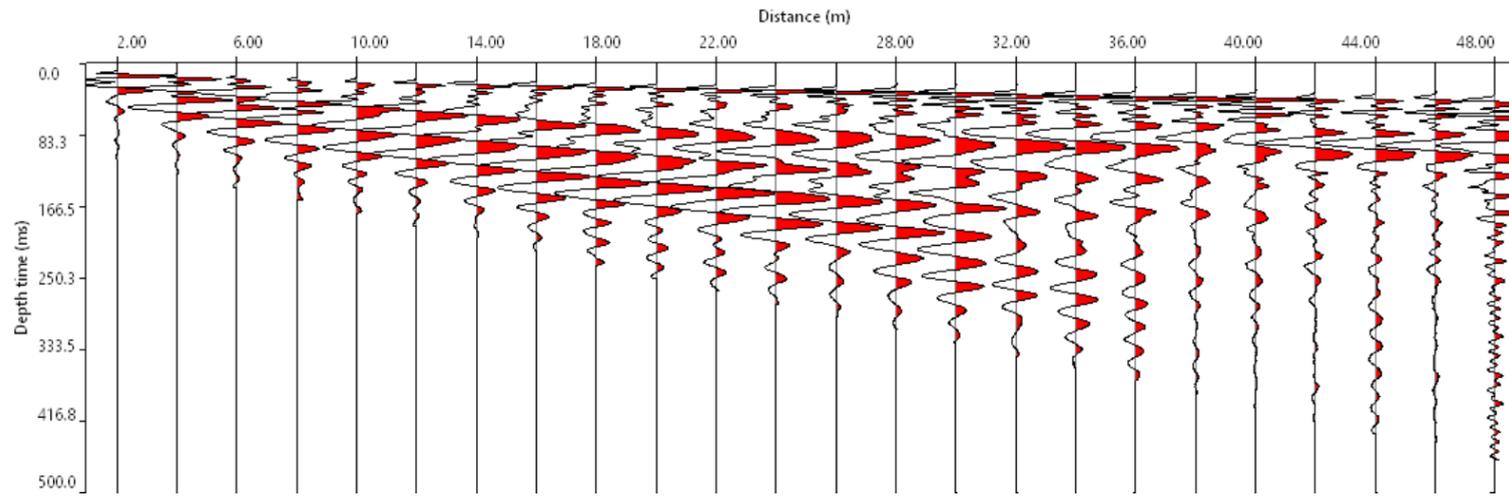
**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

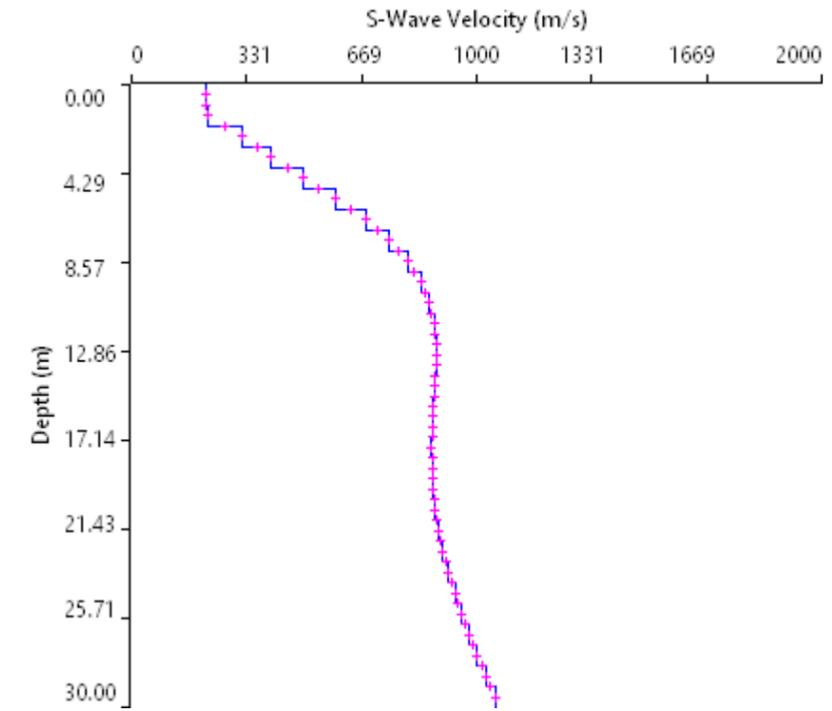
**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

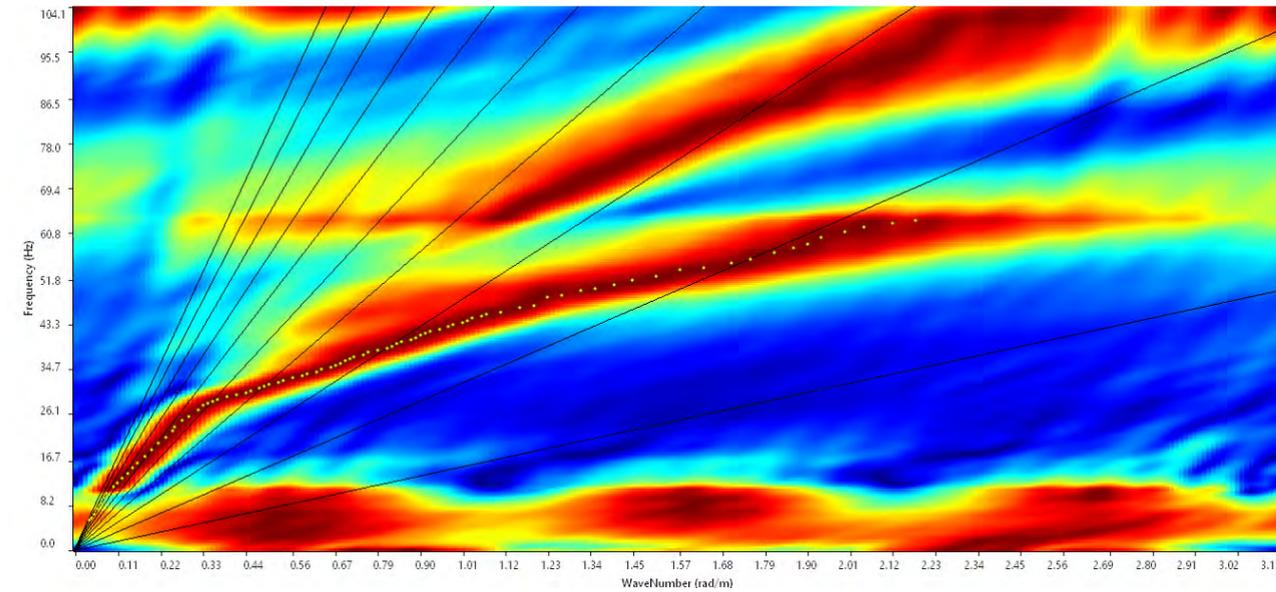
# INDAGINI SISMICHE MASW S02



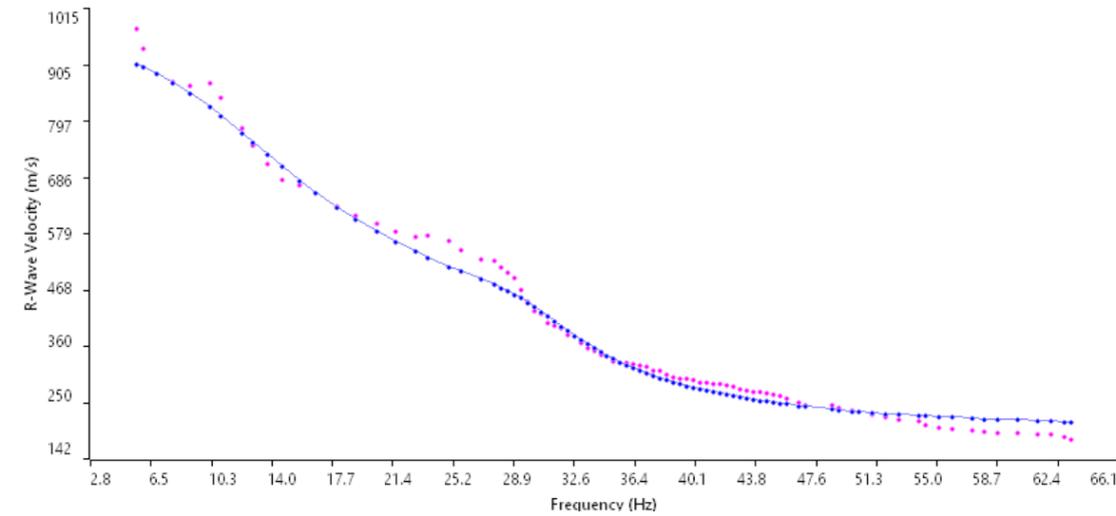
Sismogramma medio utilizzato



Profilo velocità onde S



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione

TAVOLA

2

**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
MASW su S02

Progetto definitivo

□  
LINEA ROMA –  
VITERBO

RADDOPPIO  
TRATTA CESANO –  
VIGNA DI VALLE



Per la  
**SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara



**Progetto Definitivo**

**LINEA ROMA – VITERBO**

**RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE**

**Indagini Geofisiche**

<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 68	IG	GE0001 001	A	21 di 33

**7. ALLEGATO GRAFICO N.2 – Risultati indagini Down Hole - Tavole 1-12**

# INDAGINI SISMICHE Down Hole S05

## Ubicazione Indagine



## Immagini area indagine



TAVOLA

1

**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole S05

Progetto definitivo

LINEA ROMA –  
VITERBO

RADDOPPIO  
TRATTA CESANO –  
VIGNA DI VALLE



**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

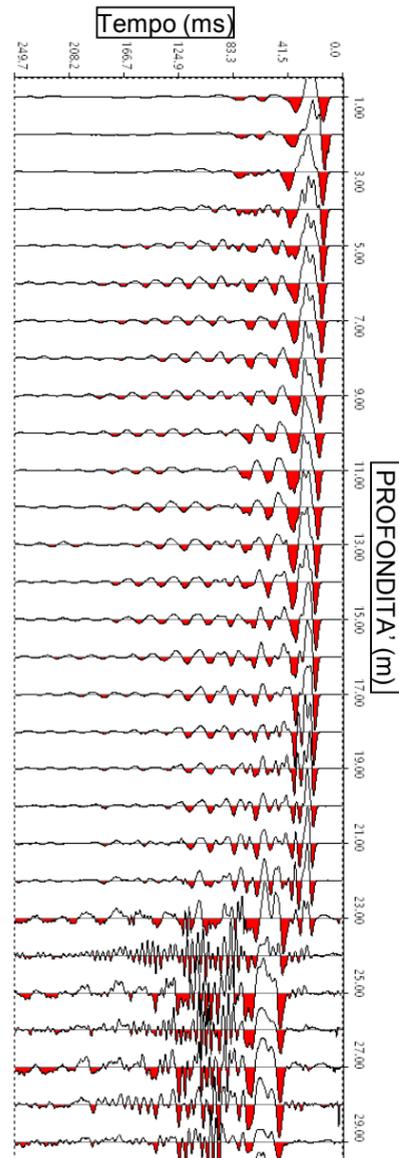
**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

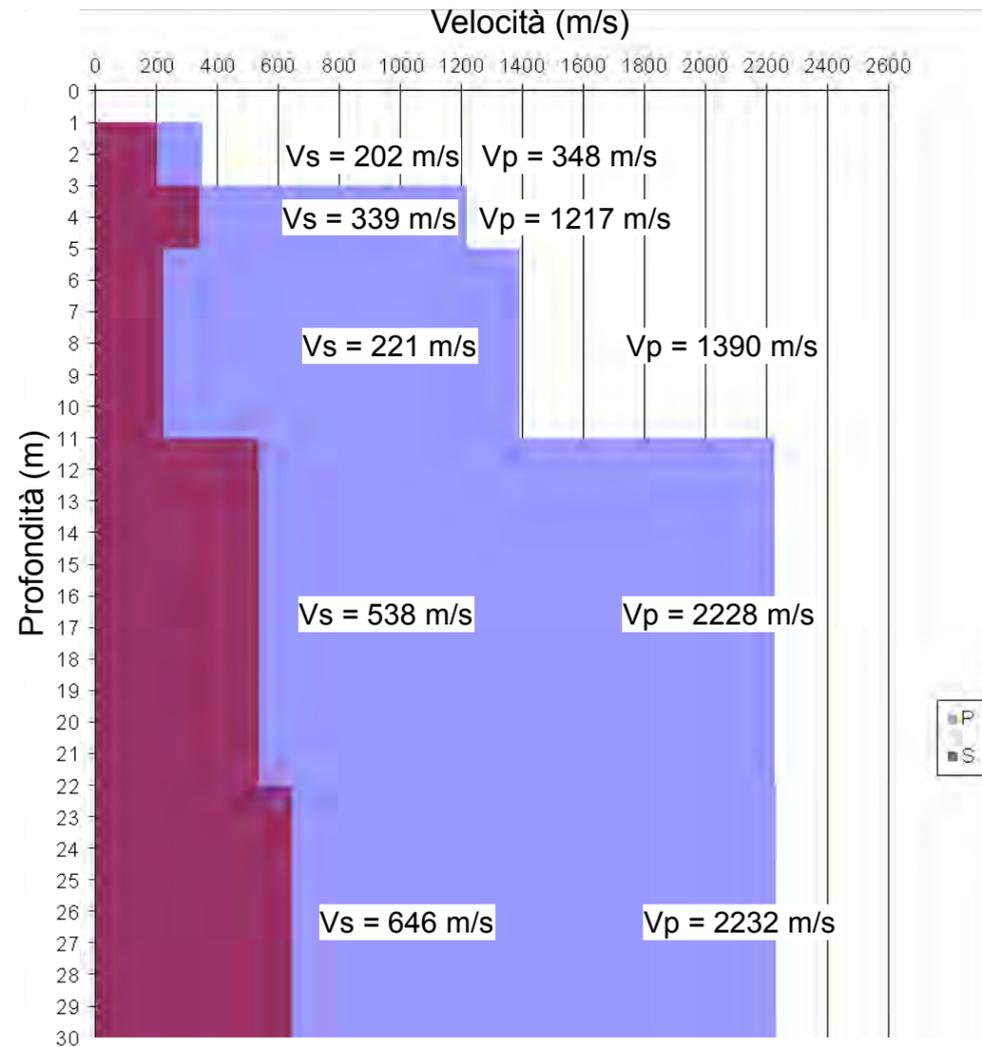
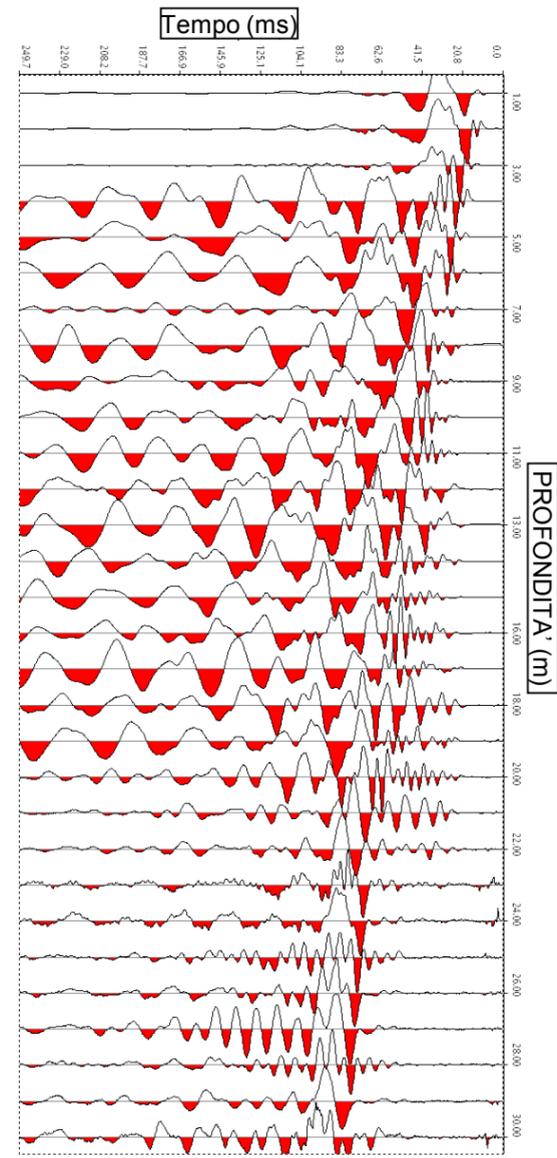
**APPROV.** P. Chiara

# INDAGINI SISMICHE Down Hole S05

Sismogramma onde P



Sismogramma onde S



Profili di velocità

Strato	Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Poisson	Young (MPa)	Share (MPa)	Bulk (MPa)
1	da -1 a -3 m	2	16.70	0.25	166.48	66.81	109.21
2	da -3 a -5 m	2	18.43	0.46	605.78	207.75	2400.49
3	da -5 a -11 m	6	18.78	0.49	267.52	89.95	3438.45
4	da -11 a -22 m	11	20.46	0.47	1705.99	580.65	9183.95
5	da -22 a -30 m	8	20.46	0.45	2435.92	837.50	8881.18

Foro S05\_DH – Parametri Dinamici

**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole S05

Progetto definitivo

LINEA ROMA –  
VITERBO

RADDOPPIO  
TRATTA CESANO –  
VIGNA DI VALLE



Per la  
**SOING Strutture e  
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

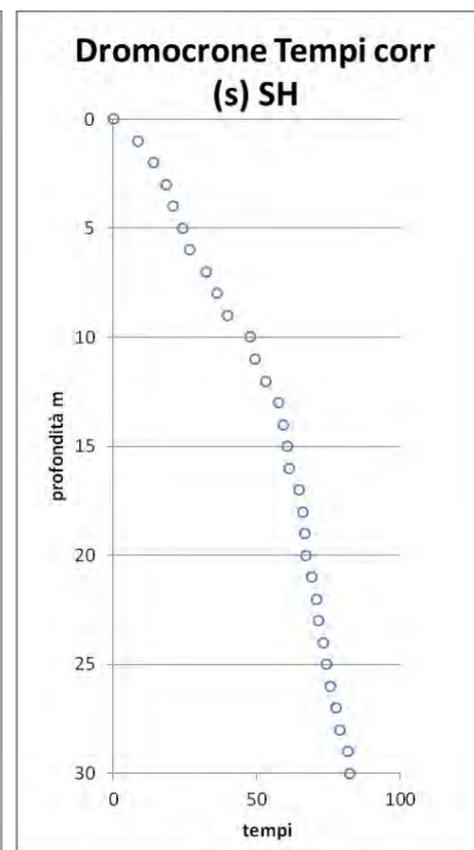
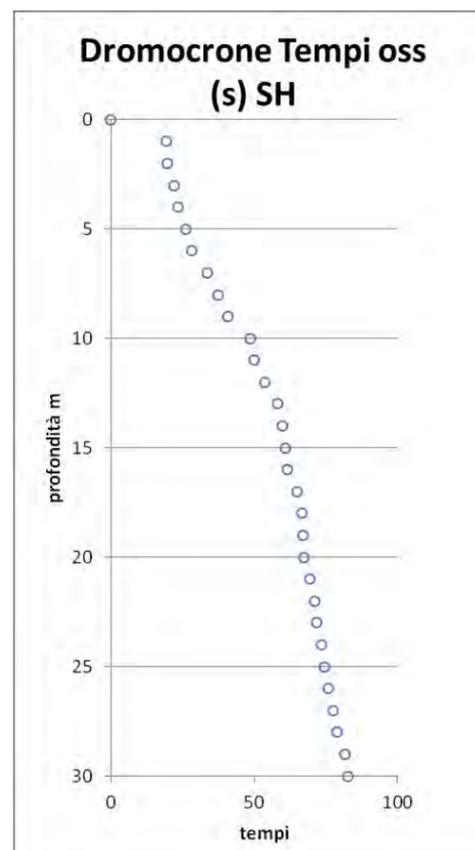
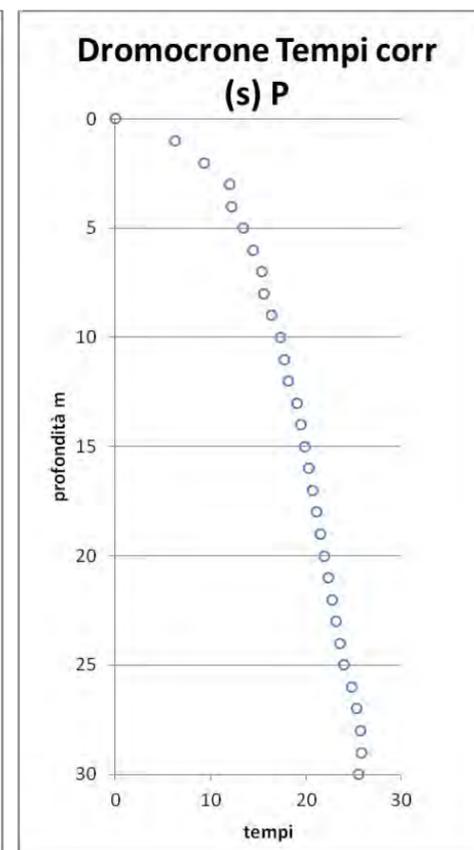
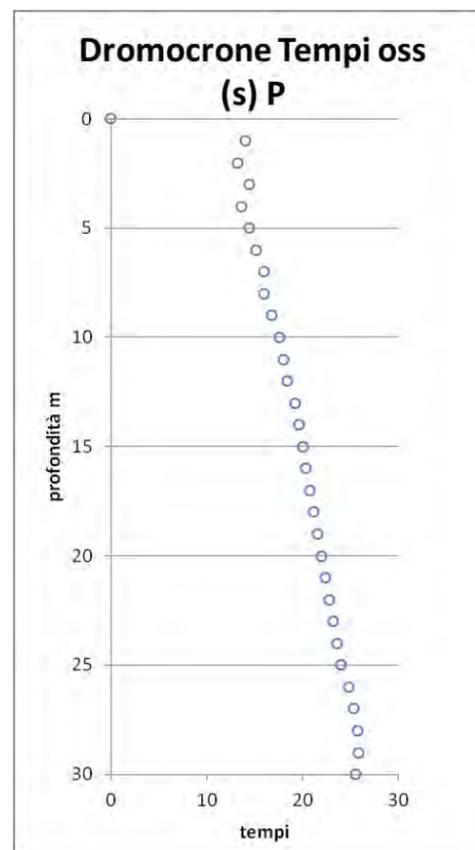
VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

# INDAGINI SISMICHE Down Hole S05

Profondità (m)	Tempi oss (s)	Tempi corr (s)	Tempi oss (s)	Tempi corr (s)
	P	P	S	S
0	0	0	0	0
1	14.03	6.27	19.24	8.61
2	13.23	9.35	19.64	13.89
3	14.43	12.01	22.05	18.35
4	13.63	12.19	23.25	20.80
5	14.43	13.40	26.06	24.19
6	15.23	14.45	28.06	26.62
7	16.04	15.42	33.67	32.38
8	16.04	15.56	37.28	36.17
9	16.84	16.44	40.89	39.92
10	17.64	17.30	48.51	47.56
11	18.04	17.75	50.11	49.30
12	18.44	18.19	53.72	52.99
13	19.24	19.02	58.13	57.45
14	19.64	19.45	59.73	59.13
15	20.04	19.87	60.93	60.40
16	20.45	20.29	61.74	61.26
17	20.85	20.70	64.94	64.50
18	21.25	21.12	66.55	66.14
19	21.65	21.53	66.95	66.58
20	22.05	21.94	67.35	67.01
21	22.45	22.35	69.35	69.04
22	22.85	22.76	71.00	70.71
23	23.25	23.16	71.76	71.49
24	23.65	23.57	73.36	73.11
25	24.05	23.98	74.56	74.33
26	24.85	24.78	75.77	75.54
27	25.40	25.33	77.77	77.56
28	25.80	25.73	78.97	78.77
29	25.90	25.84	81.78	81.58
30	25.60	25.54	82.58	82.40

Tabella dei tempi osservati e corretti Onde P e S



Dromocrone

TAVOLA

3

**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole S05

Progetto definitivo

LINEA ROMA –  
VITERBO

RADDOPPIO  
TRATTA CESANO –  
VIGNA DI VALLE



**Per la**  
**SOING Strutture e**  
**Ambiente srl**

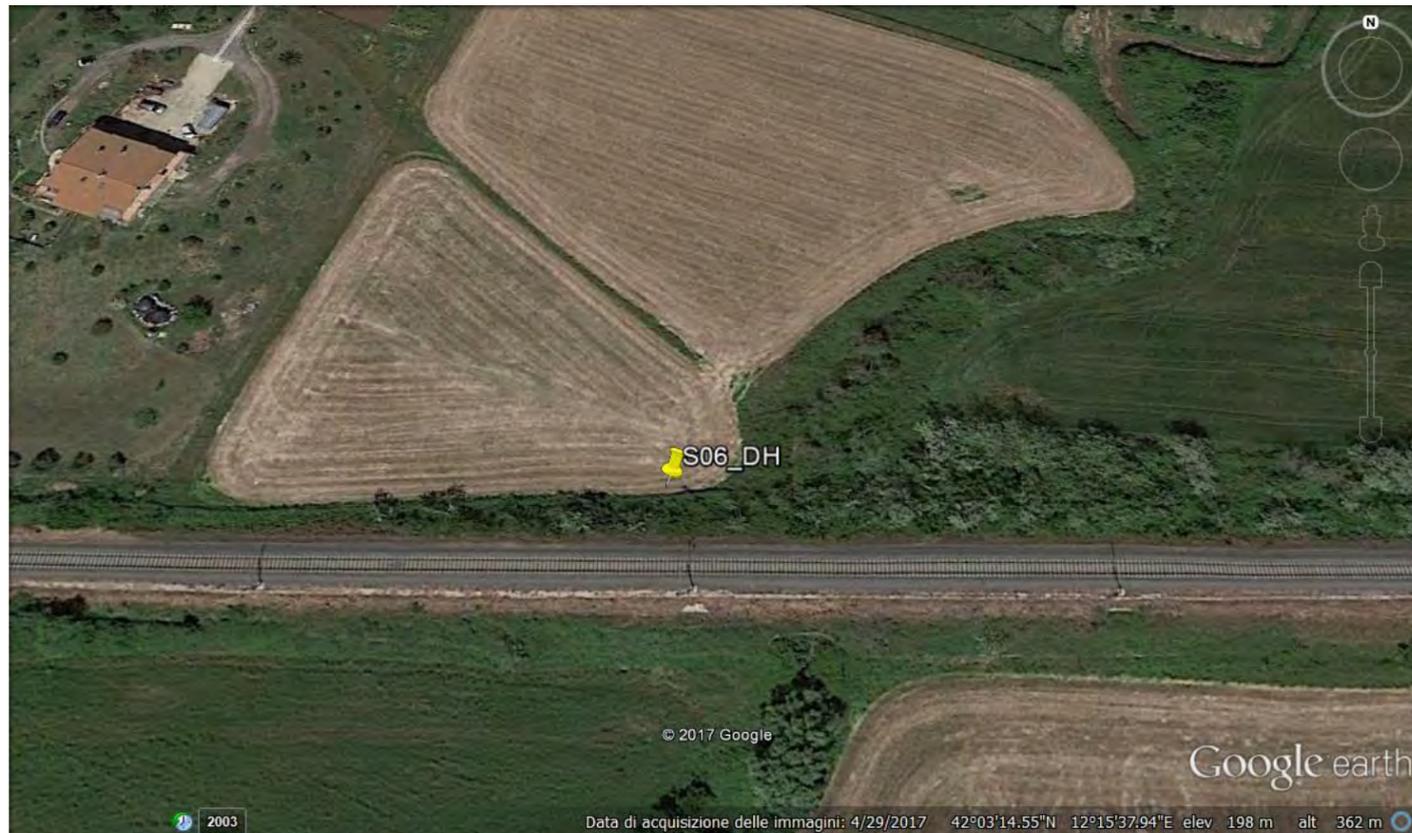
**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

# INDAGINI SISMICHE Down Hole S06

## Ubicazione Indagine



## Immagini area indagine



TAVOLA

4

**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole S06

Progetto definitivo

LINEA ROMA –  
VITERBO

RADDOPPIO  
TRATTA CESANO –  
VIGNA DI VALLE



**Per la**  
**SOING Strutture e**  
**Ambiente srl**

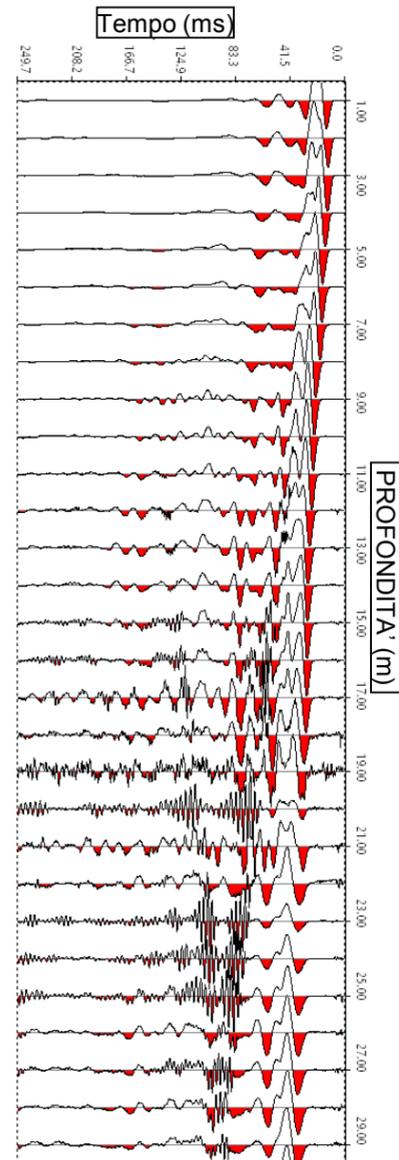
**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

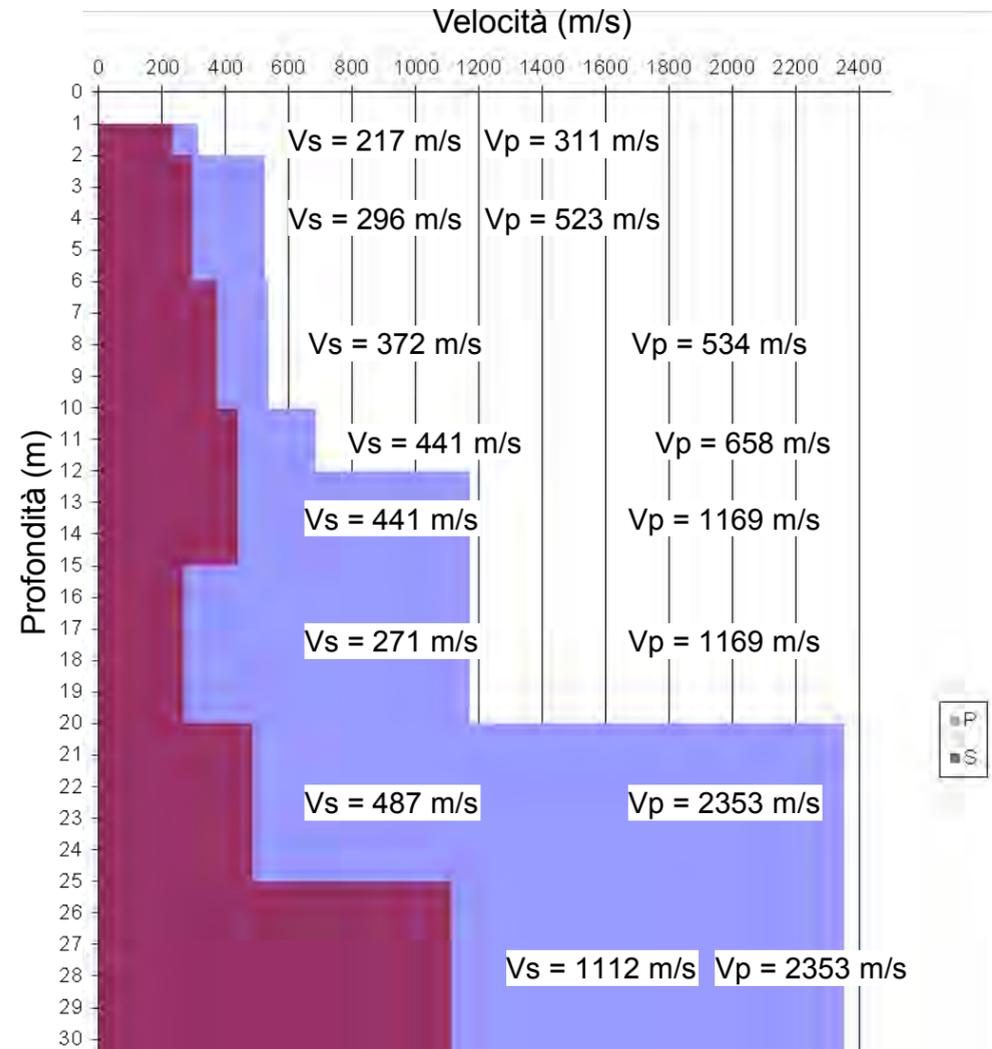
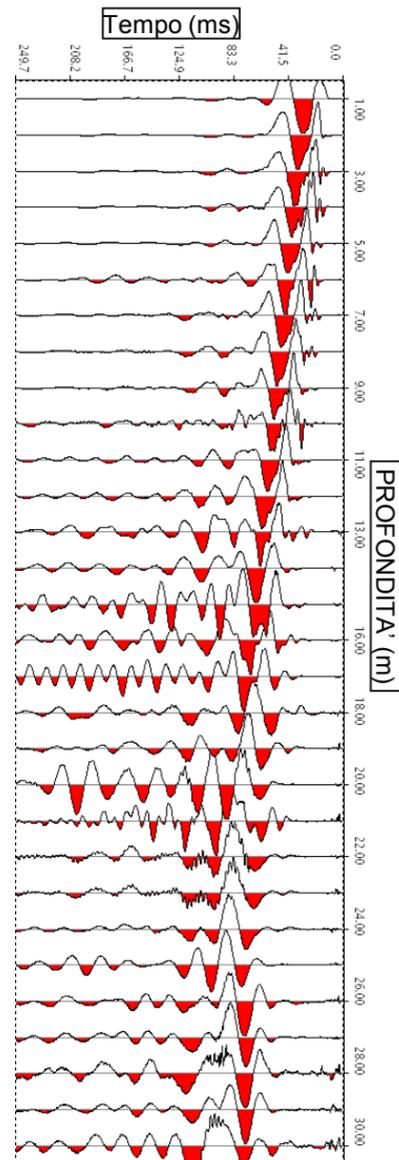
**APPROV.** P. Chiara

# INDAGINI SISMICHE Down Hole S06

Sismogramma onde P



Sismogramma onde S



Profili di velocità

Strato	Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Poisson	Young (MPa)	Share (MPa)	Bulk (MPa)
1	da -1 a -2 m	1	16.62	0.03	157.45	76.76	55.32
2	da -2 a -6 m	4	17.05	0.26	370.37	146.46	261.96
3	da -6 a -10 m	4	17.07	0.03	476.50	231.63	168.46
4	da -10 a -12 m	2	17.32	0.09	721.45	330.26	294.89
5	da -12 a -15 m	3	18.34	0.42	991.21	349.75	1991.25
6	da -15 a -20 m	5	18.34	0.47	388.72	132.07	2281.49
7	da -20 a -25 m	5	20.71	0.48	1423.23	481.59	10600.50
8	da -25 a -30 m	5	20.71	0.36	6810.72	2510.92	7894.73

Foro S06\_DH – Parametri Dinamici

**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole S06

Progetto definitivo

LINEA ROMA –  
VITERBO

RADDOPPIO  
TRATTA CESANO –  
VIGNA DI VALLE



Per la  
**SOING Strutture e  
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

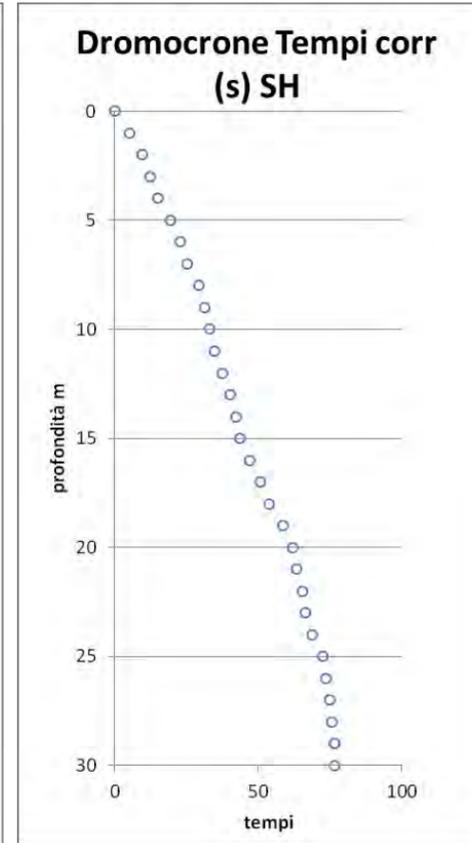
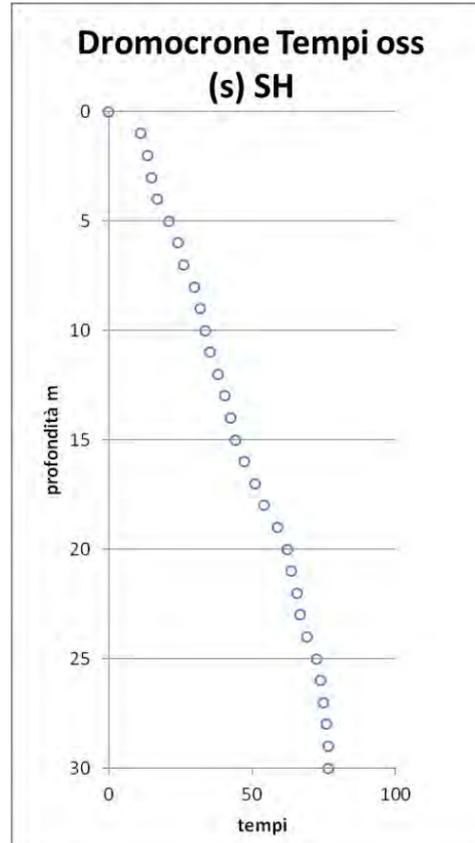
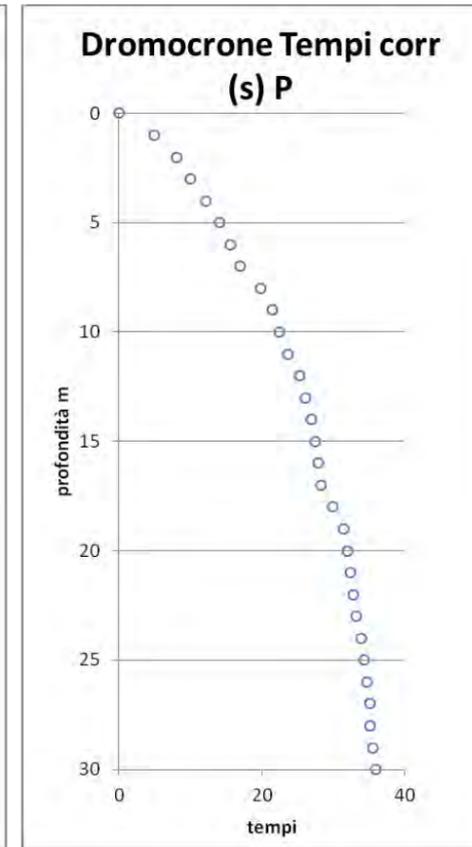
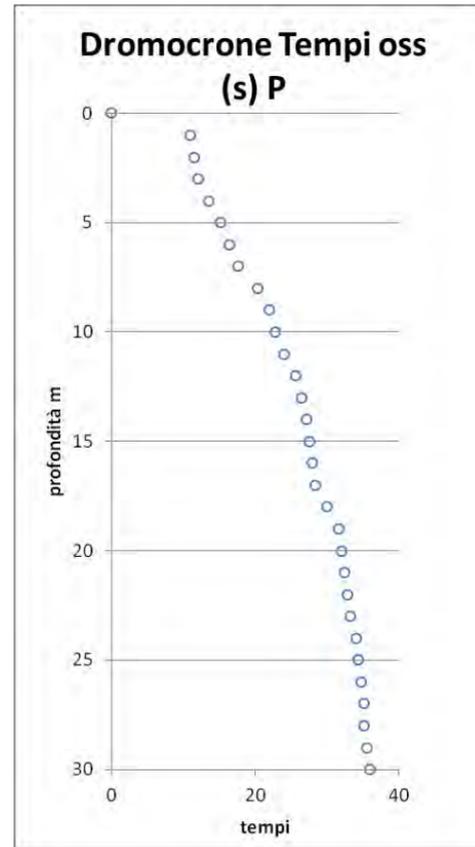
VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

# INDAGINI SISMICHE Down Hole S06

Profondità (m)	Tempi oss (s)	Tempi corr (s)	Tempi oss (s)	Tempi corr (s)
	P	P	S	S
0	0	0	0	0
1	11.00	4.92	11.05	4.94
2	11.50	8.13	13.50	9.55
3	12.03	10.01	14.83	12.34
4	13.63	12.19	16.84	15.06
5	15.23	14.14	20.85	19.35
6	16.44	15.59	24.05	22.82
7	17.64	16.96	26.06	25.05
8	20.45	19.83	30.00	29.10
9	22.05	21.52	32.00	31.24
10	22.85	22.41	33.50	32.85
11	24.05	23.66	35.28	34.71
12	25.66	25.31	38.08	37.56
13	26.46	26.15	40.49	40.02
14	27.26	26.99	42.49	42.07
15	27.66	27.42	44.10	43.71
16	28.06	27.84	47.30	46.94
17	28.46	28.27	50.91	50.56
18	30.07	29.88	54.12	53.79
19	31.67	31.49	58.93	58.61
20	32.07	31.91	62.14	61.83
21	32.47	32.32	63.74	63.45
22	32.87	32.74	65.74	65.47
23	33.27	33.15	66.55	66.29
24	34.07	33.96	68.95	68.71
25	34.48	34.37	72.56	72.33
26	34.88	34.77	73.76	73.54
27	35.28	35.18	74.96	74.76
28	35.28	35.19	75.77	75.57
29	35.68	35.59	76.57	76.39
30	36.08	36.00	76.57	76.40

Tabella dei tempi osservati e corretti Onde P e S



Dromocrone

TAVOLA

6

**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole S06

Progetto definitivo

LINEA ROMA –  
VITERBO

RADDOPPIO  
TRATTA CESANO –  
VIGNA DI VALLE



Per la  
**SOING Strutture e  
Ambiente srl**

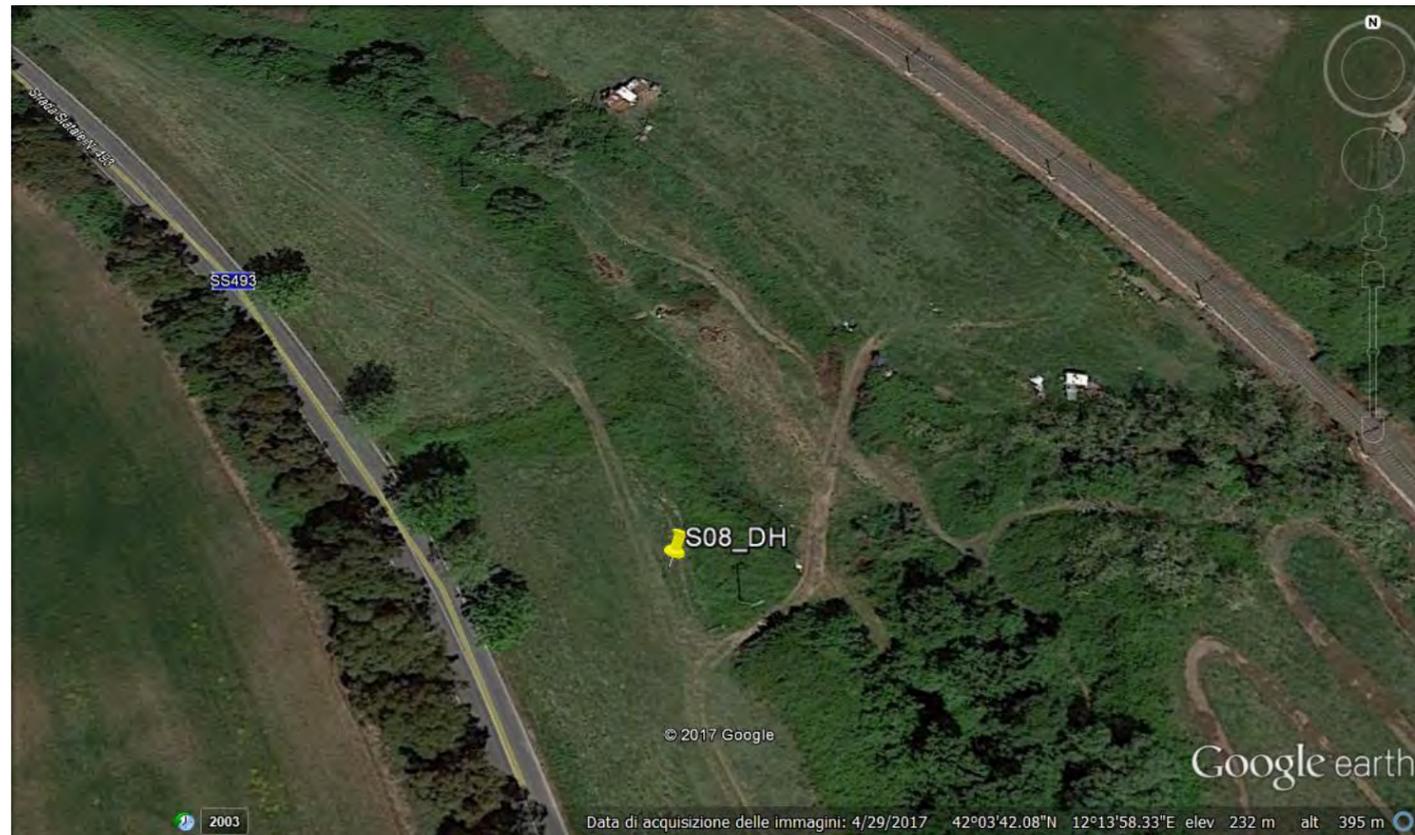
**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

# INDAGINI SISMICHE Down Hole S08

## Ubicazione Indagine



## Immagini area indagine



TAVOLA

7

**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole S08

Progetto definitivo

LINEA ROMA –  
VITERBO

RADDOPPIO  
TRATTA CESANO –  
VIGNA DI VALLE



**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

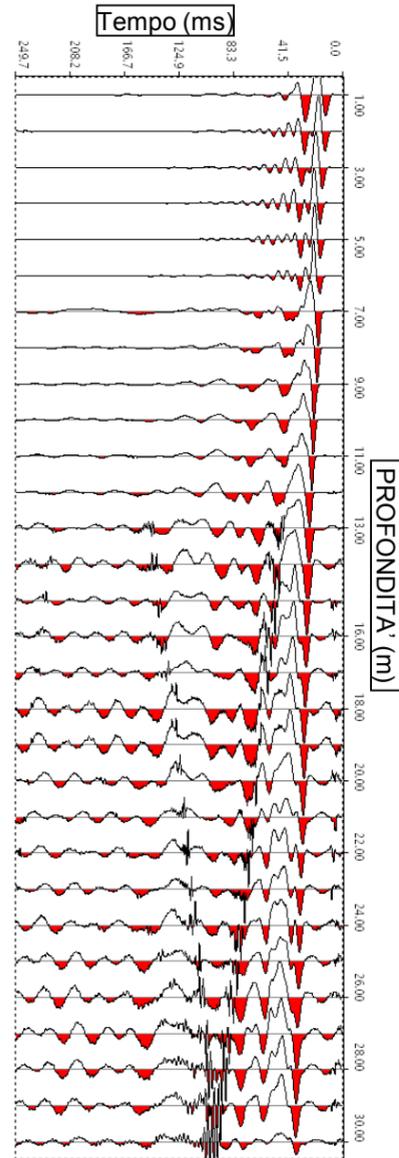
**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

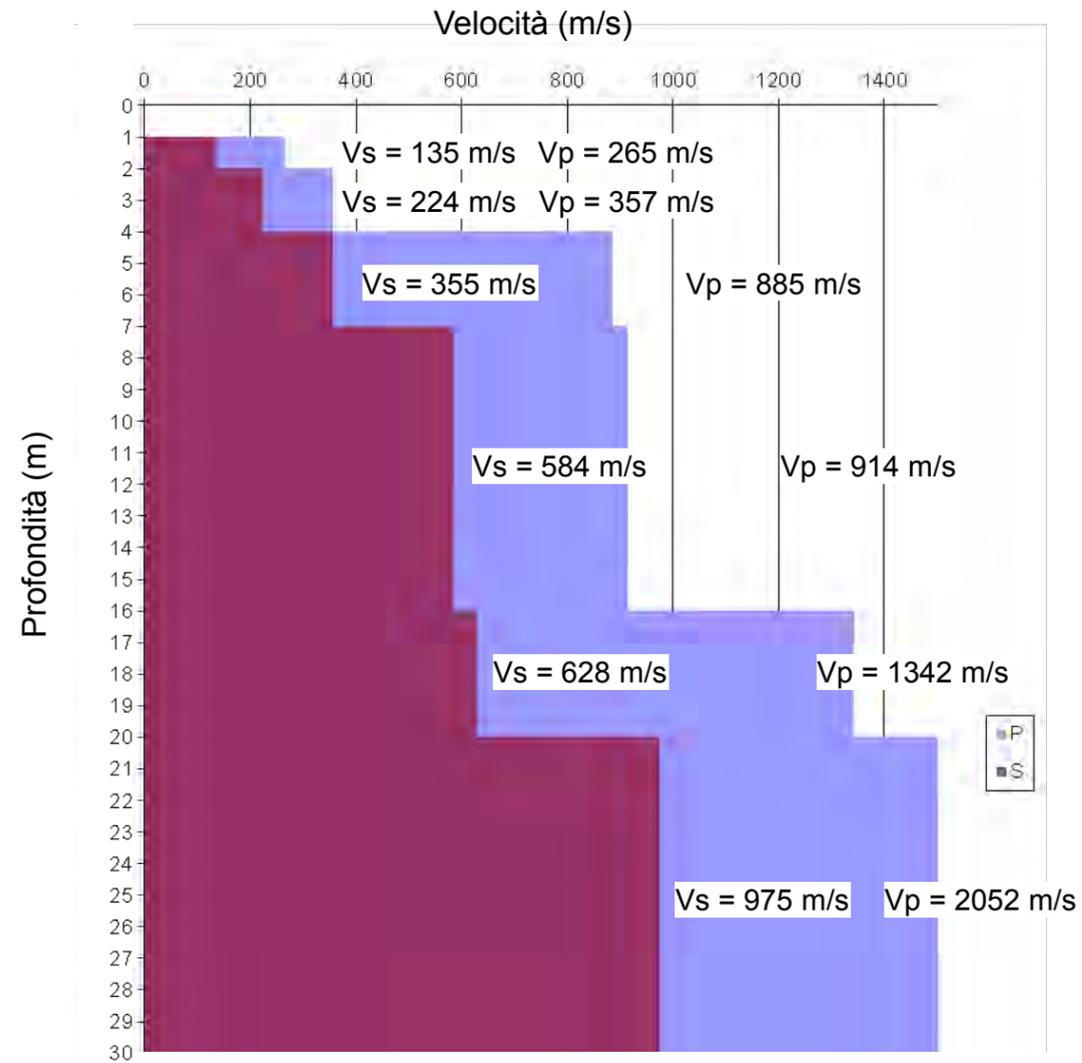
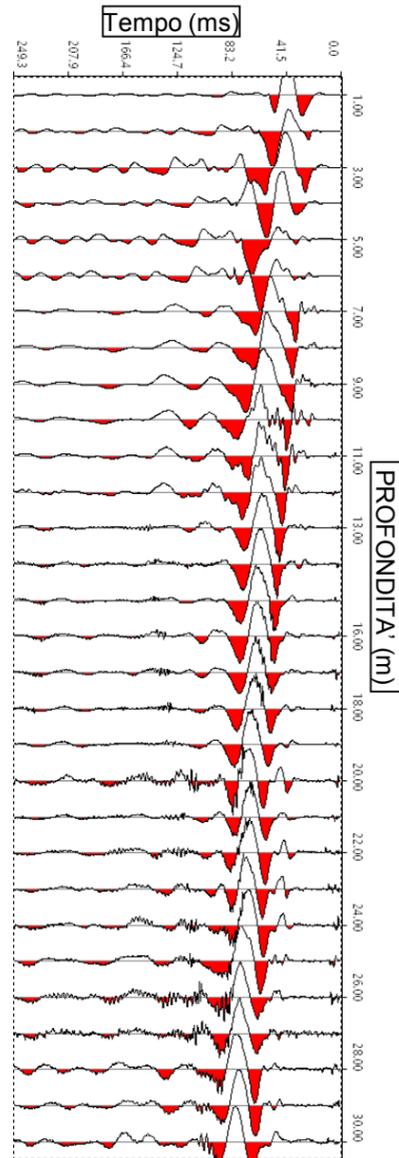
**APPROV.** P. Chiara

# INDAGINI SISMICHE Down Hole S08

Sismogramma onde P



Sismogramma onde S



Profili di velocità

Strato	Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Poisson	Young (MPa)	Share (MPa)	Bulk (MPa)
1	da -1 a -2 m	1	16.53	0.32	78.28	29.54	74.45
2	da -2 a -4 m	2	16.71	0.18	193.33	82.24	99.24
3	da -4 a -7 m	3	17.77	0.40	616.75	219.62	1072.08
4	da -7 a -16 m	9	17.83	0.16	1377.47	596.29	665.52
5	da -16 a -20 m	4	18.68	0.36	1965.28	722.63	2336.40
6	da -20 a -30 m	10	20.10	0.35	5076.13	1874.21	5802.70

Foro S08\_DH – Parametri Dinamici

TAVOLA

8

**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole S08

Progetto definitivo

LINEA ROMA –  
VITERBO

RADDOPPIO  
TRATTA CESANO –  
VIGNA DI VALLE



Per la  
**SOING Strutture e  
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

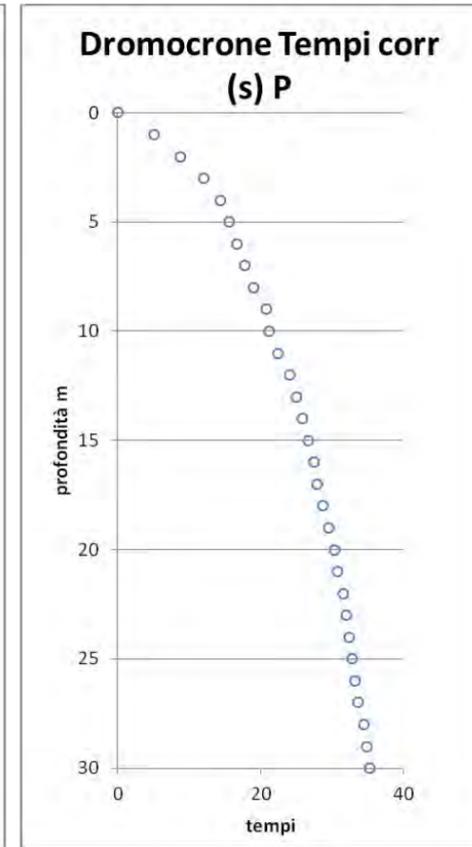
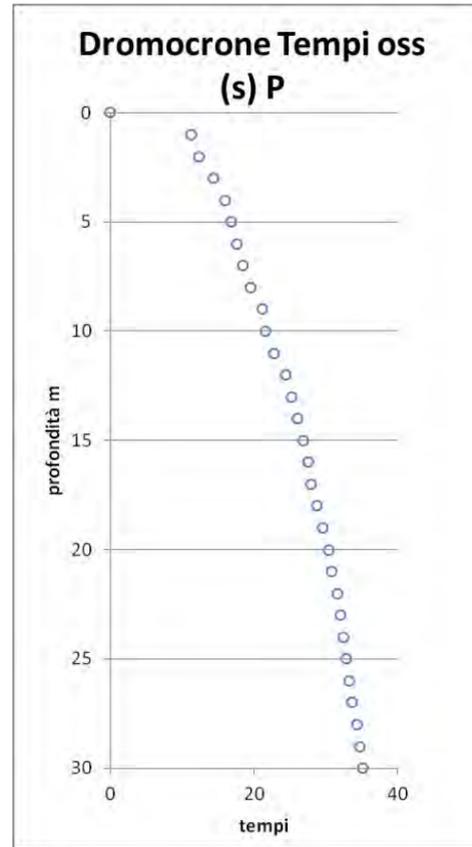
VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

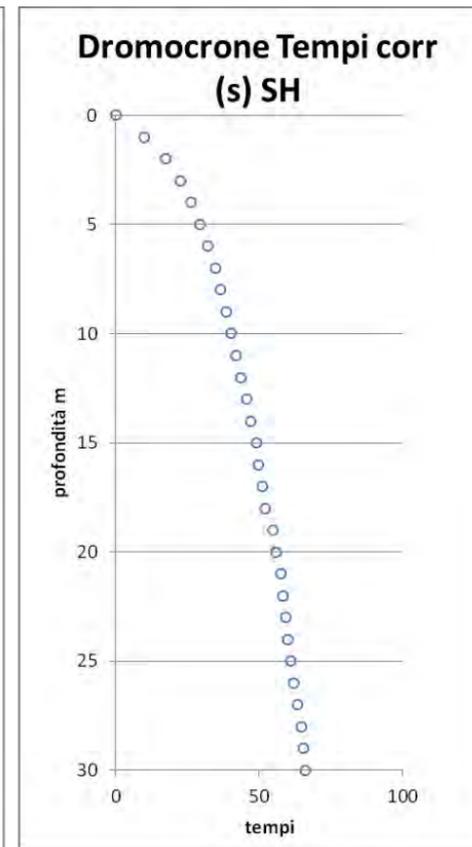
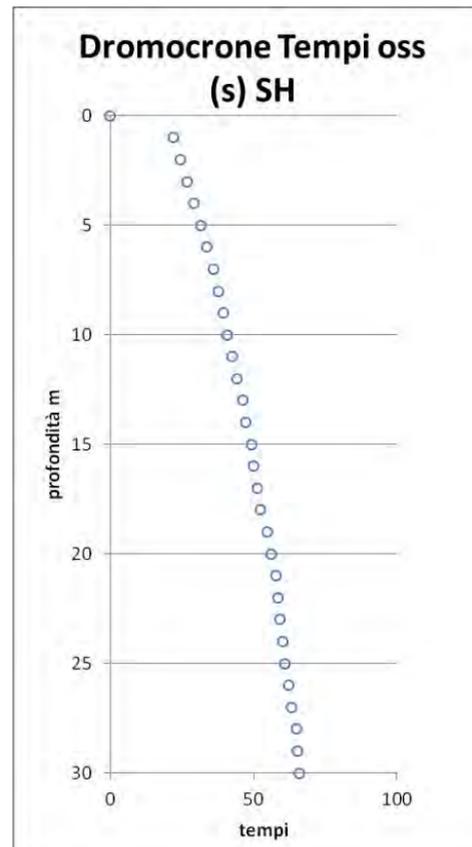
# INDAGINI SISMICHE Down Hole S08

Profondità (m)	Tempi oss (s)	Tempi corr (s)	Tempi oss (s)	Tempi corr (s)
	P	P	S	S
0	0	0	0	0
1	11.22	5.02	22.05	9.86
2	12.43	8.79	24.45	17.29
3	14.43	12.01	26.86	22.35
4	16.04	14.34	29.26	26.17
5	16.84	15.63	31.67	29.40
6	17.64	16.73	33.67	31.95
7	18.44	17.73	36.08	34.69
8	19.64	19.06	37.68	36.56
9	21.25	20.74	39.29	38.35
10	21.65	21.23	40.89	40.09
11	22.85	22.48	42.49	41.81
12	24.45	24.12	44.10	43.50
13	25.26	24.96	46.10	45.56
14	26.06	25.80	47.30	46.83
15	26.86	26.62	49.31	48.88
16	27.66	27.45	50.11	49.72
17	28.06	27.87	51.31	50.96
18	28.86	28.69	52.52	52.19
19	29.67	29.50	54.92	54.62
20	30.47	30.31	56.00	55.72
21	30.87	30.73	57.73	57.47
22	31.67	31.54	58.53	58.29
23	32.07	31.95	59.33	59.11
24	32.47	32.36	60.13	59.92
25	32.87	32.77	60.93	60.74
26	33.27	33.17	62.14	61.95
27	33.67	33.58	63.34	63.16
28	34.48	34.39	64.94	64.78
29	34.88	34.79	65.34	65.19
30	35.28	35.20	66.14	66.00

Tabella dei tempi osservati e corretti Onde P e S



Dromocrone



**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole S08

Progetto definitivo

LINEA ROMA –  
VITERBO

RADDOPPIO  
TRATTA CESANO –  
VIGNA DI VALLE



Per la  
**SOING Strutture e  
Ambiente srl**

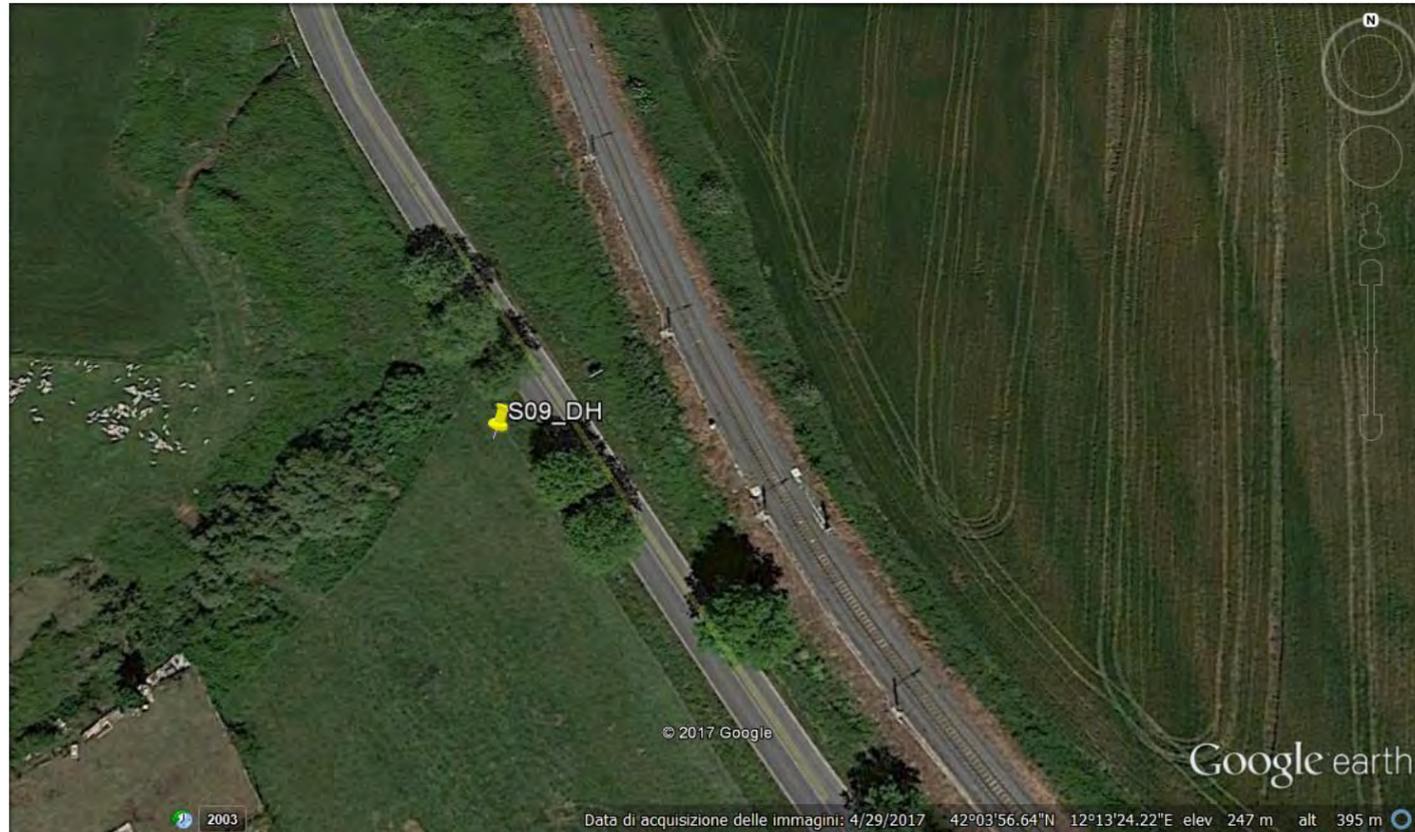
**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

# INDAGINI SISMICHE Down Hole S09

## Ubicazione Indagine



## Immagini area indagine



TAVOLA

10

**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole S09

Progetto definitivo

LINEA ROMA –  
VITERBO

RADDOPPIO  
TRATTA CESANO –  
VIGNA DI VALLE



**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

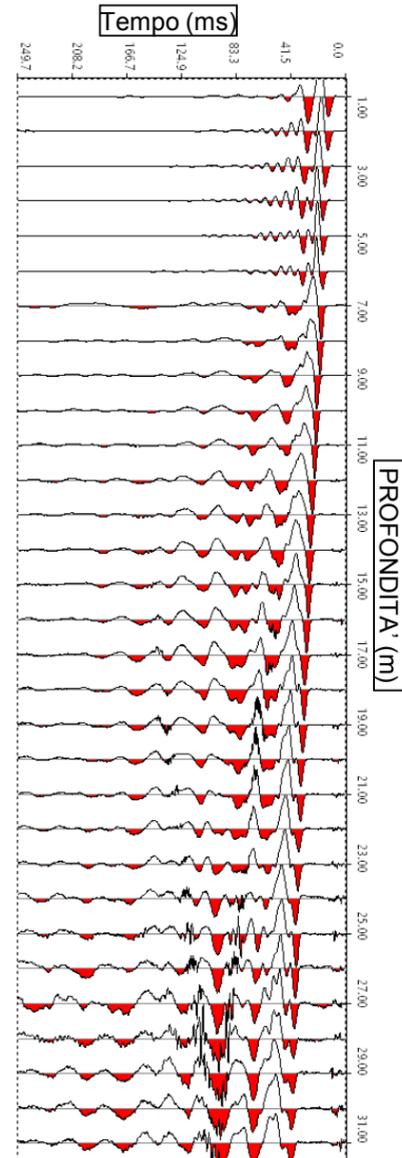
**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

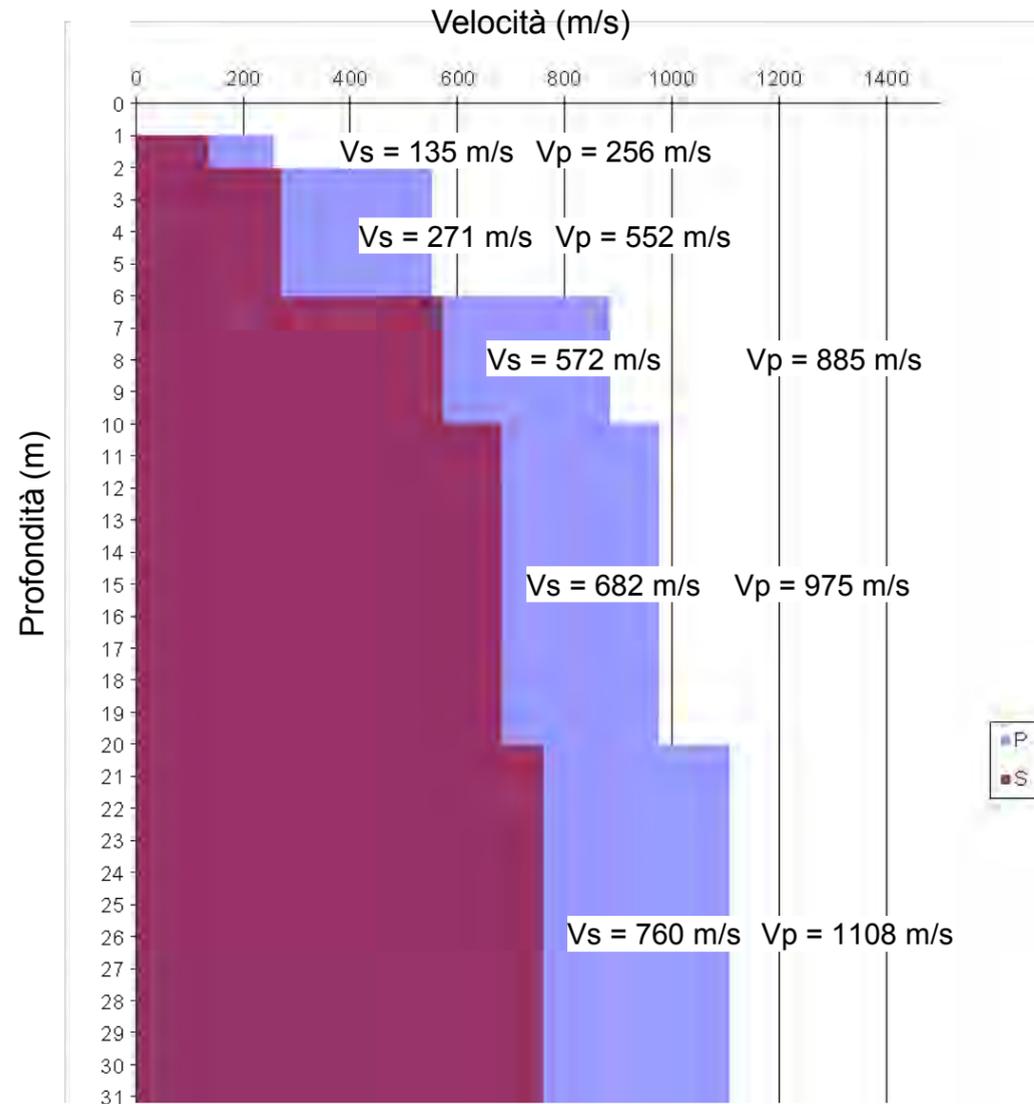
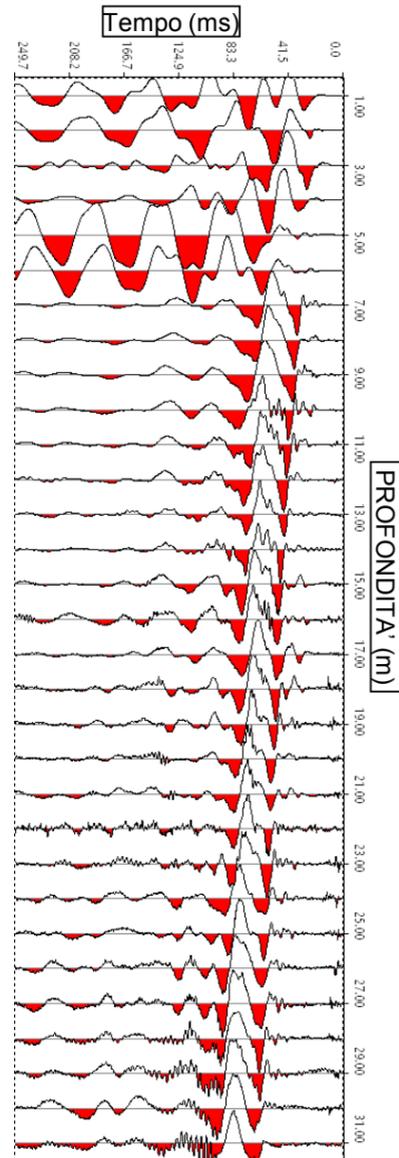
**APPROV.** P. Chiara

# INDAGINI SISMICHE Down Hole S09

Sismogramma onde P



Sismogramma onde S



Profili di velocità

Strato	Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Poisson	Young (MPa)	Share (MPa)	Bulk (MPa)
1	da -1 a -2 m	1	16.51	0.31	77.17	29.51	66.77
2	da -2 a -6 m	4	17.10	0.34	330.44	123.19	346.85
3	da -6 a -10 m	4	17.77	0.14	1301.45	570.17	604.67
4	da -10 a -20 m	10	17.95	0.02	1671.90	818.77	581.72
5	da -20 a -31 m	11	18.22	0.06	2178.68	1031.83	817.34

Foro S09\_DH – Parametri Dinamici

**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole S09

Progetto definitivo

LINEA ROMA –  
VITERBO

RADDOPPIO  
TRATTA CESANO –  
VIGNA DI VALLE



Per la  
**SOING Strutture e  
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

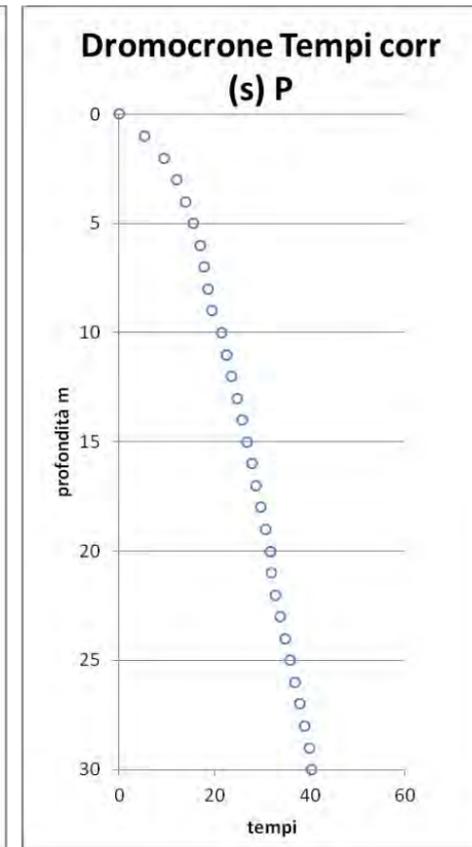
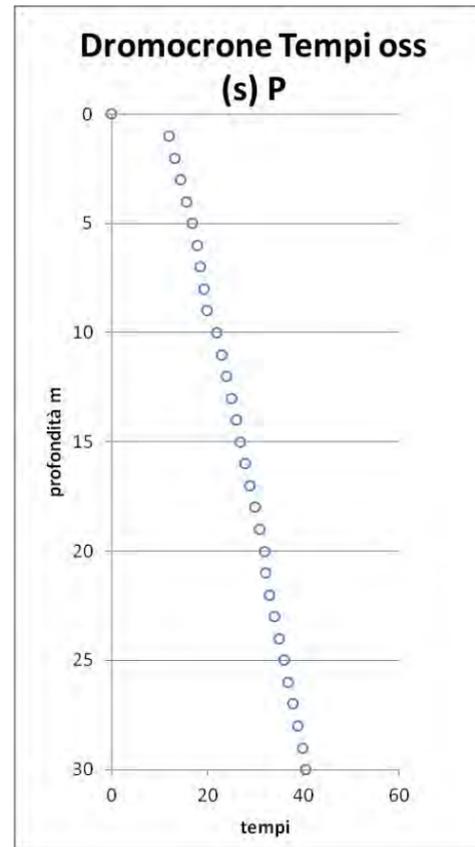
VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

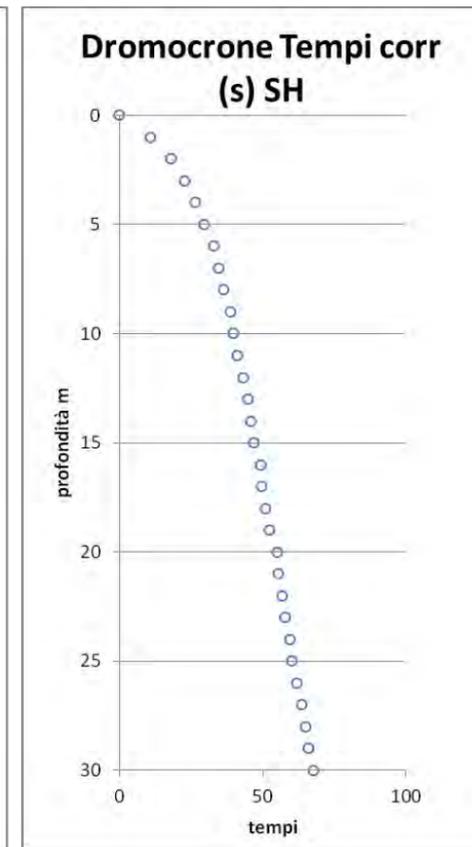
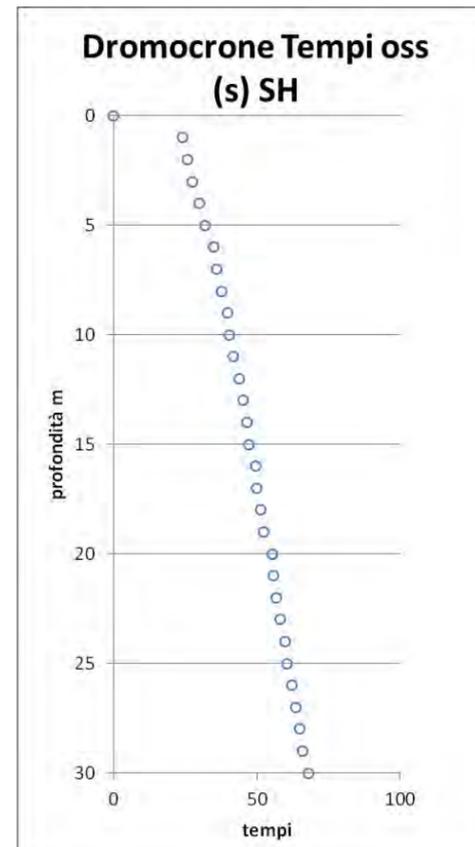
# INDAGINI SISMICHE Down Hole S09

Profondità (m)	Tempi oss (s)		Tempi corr (s)	
	P	S	P	S
0	0	0	0	0
1	12.03	5.38	24.05	10.76
2	13.23	9.35	25.66	18.14
3	14.50	12.06	27.50	22.88
4	15.63	13.98	29.80	26.65
5	16.84	15.63	32.00	29.71
6	18.00	17.08	34.88	33.09
7	18.50	17.79	36.08	34.69
8	19.30	18.72	37.68	36.56
9	20.00	19.52	39.69	38.74
10	22.00	21.57	40.49	39.70
11	23.00	22.63	41.69	41.02
12	24.00	23.67	43.70	43.10
13	25.00	24.71	45.30	44.77
14	26.00	25.74	46.50	46.03
15	27.00	26.76	47.30	46.89
16	28.00	27.78	49.71	49.32
17	29.00	28.80	50.11	49.77
18	30.00	29.82	51.31	51.00
19	31.00	30.83	52.52	52.23
20	32.00	31.84	55.50	55.22
21	32.20	32.05	55.72	55.47
22	33.00	32.86	56.92	56.69
23	34.00	33.87	58.13	57.91
24	35.00	34.88	59.73	59.52
25	36.00	35.89	60.53	60.34
26	37.00	36.89	62.14	61.95
27	38.00	37.90	63.74	63.56
28	39.00	38.90	65.00	64.83
29	40.00	39.91	66.00	65.84
30	40.50	40.41	68.00	67.85
31	40.60	40.52	69.00	68.86

Tabella dei tempi osservati e corretti Onde P e S



Dromocrone



**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole S09

Progetto definitivo

LINEA ROMA –  
VITERBO

RADDOPPIO  
TRATTA CESANO –  
VIGNA DI VALLE



**Per la**  
**SOING Strutture e**  
**Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara