

Nuova S.S.195 "Sulcitana" Tratto Cagliari - Pula  
Collegamento con la S.S.130 e aeroporto di Cagliari Elmas  
Opera Connessa Nord

**PROGETTO DEFINITIVO**

PROGETTAZIONE: RTI GPI-IRD-SAIM-HYPRO

<p><b>IL GEOLOGO</b></p>  <p>Dott. Geol. <i>Marco Leonardo</i> Ordine dei geologi P. n. 1541 della Regione Lazio n. 1541</p>	<p><b>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</b></p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p> <p><i>Ing. Paolo Orsini</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 13817</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p> <p><i>Ing. Vincenzo Secreti</i> Ordine Ingegneri Provincia di Crotone n. 412</p>	<p><b>GRUPPO DI PROGETTAZIONE</b> (Mandatario)</p> <p><b>GPI INGEGNERIA</b> <i>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</i></p> <p>(Mandante)</p> <p><b>IRD</b> IRD ENGINEERING</p> <p>(Mandante)</p> <p><b>SAIM</b> <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></p> <p>(Mandante)</p> <p><b>HYpro</b> srl</p>
<p><b>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</b></p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p>	<p><b>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</b></p> <p><i>Ing. Michele Coghe</i></p>	<p><b>IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</b></p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p> 

STUDI E INDAGINI  
Indagini Geognostiche  
RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE ANAS 2018-2019

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">D</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">P</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">C</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">A</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">5</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> LIV. ANNO: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">D</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">23</span>	T00GE01GETRE03_A		
	CODICE ELAB. <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">T</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">G</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">E</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">G</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">E</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">T</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">R</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">E</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">3</span>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">A</span>	-
D			
C			
B			
A	Emissione	Ott. '19	Leonardi
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDDATTO
		VERIFICATO	APPROVATO

**Rilievi, monitoraggi, ispezioni, elaborazione dati, certificazioni e prove sperimentali di prodotti da costruzione, strutture, terreni e materiali in sito ed in laboratorio**

**PERUGIA** Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (art. 59 del D.P.R. 380/2001) settori:

- Materiali da costruzione – Settore A - (Legge n. 1086/71) Decreto n. 38194 del 14/01/1994 e successivi

- Terreni – Settore A - Decreto n. 54349 del 16/02/2006 e successivi

**PERUGIA - VERONA** Organismo di Ispezione, Certificazione e Prova settore:

- Prodotti da costruzione ai sensi del Regolamento (UE) n. 305/2011 - Notifica n. 1676

## RAPPORTO N. Q903QC01\_Rev.0 DEL 22/08/2018

OGGETTO:                   PROSPEZIONI GEOFISICHE DI SISMICA DOWN HOLE  
                                  TRATTO CAGLIARI-PULA SS 195 OPERA CONNESSA NORD



COMMESSA:                   Accordo Quadro con unico operatore per lotto, ai sensi dell'art.59, comm 4, del D.lgs. 163/2006 e s.m.i., per l'affidamento dell'appalto dei servizi di prove di laboratorio e controllo qualità dei materiali, delle lavorazioni e delle indagini geognostiche per lavori su opere stradali di competenza di ANAS S.p.A. Codice CIG:6023248D7A Accordo Quadro DGACQ 15-14 in data 2016/07/08.

PROTOCOLLO ANAS:           CDG-04746064 del 21/09/2017

DIRETTORE DEI LAVORI:       DOTT. GEOL. STEFANO SERANGELI

*EXPERIMENTATIONS S.r.l.*  
Elaborazione dati  
Dott. Franco Guglielmelli

**BUREAU VERITAS**  
Certification



## EXPERIMENTATIONS SRL

Sede Legale:

Via Yurj Gagarin, 69 - Fraz. San Mariano – 06073 CORCIANO (PG)

Sede Operativa:

Via Yurj Gagarin, 69/71 - Fraz. San Mariano - 06073 CORCIANO (PG)

*Bureau Veritas Italia spa certifica che il sistema di gestione dell'organizzazione sopra indicata è stato valutato e giudicato conforme ai requisiti della norma di sistema di gestione seguente*

*Norma*

## ISO 9001:2015

*Campo di applicazione*

Rilievi, monitoraggi, ispezioni, elaborazione dati, certificazioni e prove sperimentali di prodotti da costruzione, strutture, terreni e materiali in sito ed in laboratorio.

Sistema di gestione valutato secondo le prescrizioni del Regolamento Tecnico RT-05

Settore/i EA di attività: **28,34**


Data d'inizio del presente ciclo di certificazione: **27 aprile 2018**

Soggetto al continuo e soddisfacente mantenimento del sistema di gestione questo certificato è valido fino al: **27 aprile 2021**

Data della certificazione originale: **28 ottobre 2014**

Certificato N. **IT260359**

Rev. N. 1 del: **27 aprile 2018**

  
**ANDREA FILIPPI** - Local Technical Manager

Indirizzo dell'organismo di certificazione: Bureau Veritas Italia SpA Viale Monza, 347 - 20126 Milano, Italia

La presente certificazione si intende riferita agli aspetti gestionali dell'impresa nel suo complesso ed è utilizzabile ai fini della qualificazione delle imprese di costruzione ai sensi dell'articolo 84 Del D. Lgs. 50/2016 e s.m.i. e Linee Guida Anac applicabili.  
La validità del presente certificato è consultabile sul sito <http://www.bureauveritas.it/certificate>  
Per informazioni puntuali e aggiornate circa eventuali variazioni intervenute nello stato della certificazione di cui al presente certificato, si prega contattare l'indirizzo e-mail [registro.certificati@it.bureauveritas](mailto:registro.certificati@it.bureauveritas)



SGQ	N° 000A	SGE	N° 009M
SCA	N° 008D	EMAS	N° 004P
PRD	N° 009B	GHG	N° 008O
SCR	N° 008F	ISIP	N° 006E
FSMS	N° 003I	SSI	N° 013G
PRS	N° 076C		

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA e IAF  
Signatory of EA and IAF Mutual Recognition Agreements

<b>1 - PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>2. SISTEMA DI ACQUISIZIONE</b> .....	<b>5</b>
2.1. SISMOGRAFO .....	5
2.2. SISMOGRAMMI ACQUISITI.....	7
2.3. ELABORAZIONE DATI E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....	9
<b>3. INDAGINI SISMICHE CON TECNICA DOWN - HOLE</b> .....	<b>11</b>
<b>INTRODUZIONE</b> .....	11
<b>PROCEDURA SPERIMENTALE</b> .....	12
<b>INTERPRETAZIONE IN DOWN HOLE CON IL METODO DIRETTO</b> .....	12
<b>INTERPRETAZIONE DELLE MISURE S2/DH2</b> .....	<b>14</b>
<b>DATI INIZIALI</b> .....	14
<b>DATI MISURE DOWN HOLE</b> .....	14
<b>RISULTATI</b> .....	15
<b>METODO DIRETTO</b> .....	16
<b>METODO INTERVALLO</b> .....	17
- grafici velocità;.....	17
- Profili modulo di deformazione a taglio e modulo di compressibilità edometrica;.....	17
- Profili modulo di Young e modulo di compressibilità volumetrica di intervallo; .....	17
- Categorie del suolo di fondazione e caratteristiche della superficie topografica.....	17
<b>INTERPRETAZIONE DELLE MISURE S3/DH3</b> .....	<b>19</b>
<b>DATI INIZIALI</b> .....	19
<b>DATI MISURE DOWN HOLE</b> .....	19
<b>RISULTATI</b> .....	20
<b>METODO DIRETTO</b> .....	21
<b>METODO INTERVALLO</b> .....	22
- grafici velocità;.....	22
- Profili modulo di deformazione a taglio e modulo di compressibilità edometrica;.....	22
- Profili modulo di Young e modulo di compressibilità volumetrica di intervallo; .....	22
- Categorie del suolo di fondazione e caratteristiche della superficie topografica.....	22
<b>INTERPRETAZIONE DELLE MISURE S6/DH6</b> .....	<b>24</b>
<b>DATI INIZIALI</b> .....	24
<b>DATI MISURE DOWN HOLE</b> .....	24
<b>RISULTATI</b> .....	25
<b>METODO DIRETTO</b> .....	26
<b>METODO INTERVALLO</b> .....	27
- grafici velocità;.....	27
- Profili modulo di deformazione a taglio e modulo di compressibilità edometrica;.....	27
- Profili modulo di Young e modulo di compressibilità volumetrica di intervallo; .....	27
- Categorie del suolo di fondazione e caratteristiche della superficie topografica.....	27

## 1 - PREMESSA

La EXPERIMENTATIONS S.r.l. è stata incaricata dell'esecuzione di una campagna di Indagini di Prospezioni Geofisiche a rifrazione del tipo DOWN HOLE nel cantiere della S.S. 195 *Sulcitana* Tratto Cagliari-Pula. Opera connessa Nord (Comuni di Assemi - Capoterra), articolate come di seguito:

Sondaggio	Down-hole	Numero misure	Profondità (m)
S2	DH2	26	25,00
S3	DH3	31	30,00
S6	DH6	31	30,00

*Tab 1: prospezioni sismiche Down-hole*

Tali indagini, eseguite per conto dell'Azienda ANAS e sono state effettuate dai seguenti Tecnici:

<i>Geol. Franco Guglielmelli</i>	<i>Responsabile indagini geognostiche e geofisiche</i>
<i>Geom. Andrea Incani</i>	<i>Sperimentatore prove esterne</i>

Dopo aver preso visione della zona e delle problematiche ad essa connesse è stata programmata una campagna di prospezioni geofisiche mediante sismica a rifrazione tesa a determinare l'andamento in profondità delle velocità delle onde sismiche di compressione P e di taglio SH.

L'acquisizione delle onde SH con la prospezione sismica in foro del tipo down-hole ha consentito di ottenere i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30m (VSeq), così come richiesto dalle Nuove NTC 2018 del 17/1/2018.

La relazione tecnica riferisce sui risultati ottenuti dall'indagine sismica down-hole in onde P ed S ed è corredata dallo stralcio ortofotogrammetrico con l'ubicazione delle down-hole, delle tabelle, dromocrone, profilo velocità di intervallo e documentazione fotografica.



Foto 1: ubicazione indagini Down-hole

## 2. SISTEMA DI ACQUISIZIONE

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti parti:

- ▶ sismografo;
- ▶ sorgente energizzante
- ▶ trigger
- ▶ opportuna strumentazione per generare onde longitudinali e trasversali;

### 2.1. SISMOGRAFO

Per tali indagini è stata utilizzato un SISMOGRAFO della SEISMIC SOURCE DAQLINK III, compatto a 24 bit, numero di canali 24, ampio range dinamico 144db, output dei dati in SEG-Y, SEG-2 o ASCII. Lunghezza di registrazione: fino a 4 mld di campioni intervalli di campionamento: 0.0208, 0.0625, 0.125, 0.250, 0.500, 1.00, 2.00, 4.00, 8.00, 16.00 ms.

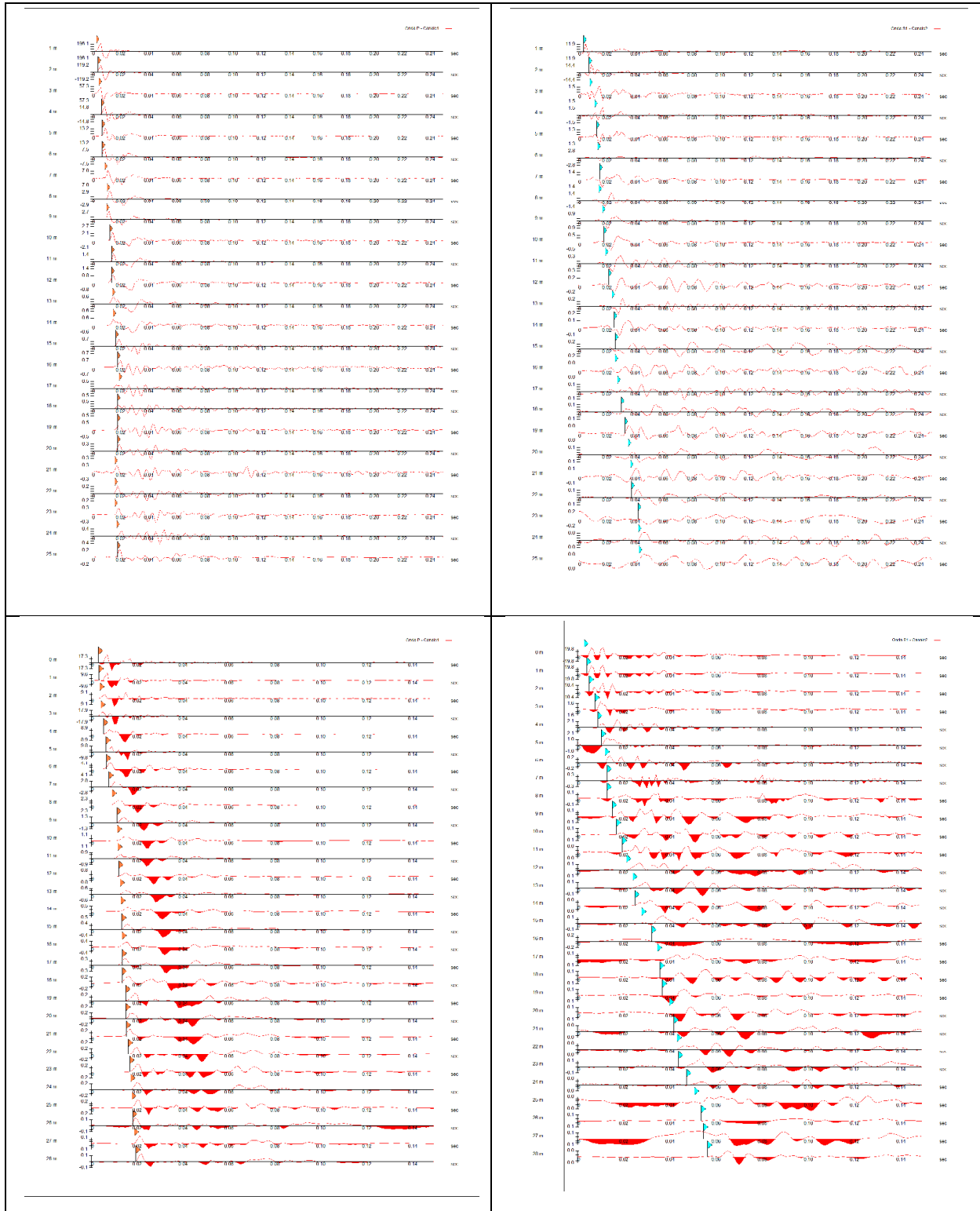
Per generare le onde di compressione P, è stata utilizzata la caduta impressa da una mazza e laddove possibile da un cannoncino. Per la generazione delle onde SH la sorgente è stata affidata ad un parallelepipedo in legno di forma tale da potere essere colpito lateralmente ad entrambe le estremità con una massa. Il trasduttore - trigger - alloggiato nella sorgente ha permesso l'identificazione dell'istante di partenza della sollecitazione dinamica mediante massa battente.

### DAQ3-24 Specification

Electrical		Physical	
A/D	24 bit sigma delta converter	# Channels	6, 12 or 24
Anti-Alias Filters	85% of Nyquist frequency	Temperature	-40°C to +85°C
Low Cut Filter	User Selectable – DC, 0.1 Hz, 2 Hz	Humidity	0 to 100%
Filter Type	User Selectable – Linear, Minimum Phase	Size	13.0" x 9.0" x 2.4" (330 x 230 x 60 mm)
Sample Rates	1/48, 1/16, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2, 4, 8, 16 ms	Weight	7.5 lbs (3.4 kg)
PreAmp Gain	x2 (6 dB) & x32 (30 dB) standard x1 (0 dB) & x16 (24 dB) optional	Data Storage (Internal 16GB)	120 hours (24 channels @ 2ms)
Max Input at x2 (Standard)	3.58 Volts P-P x2 (Standard) 7.16 Volts P-P x1 (Optional)	Data Storage (through Ethernet)	Unlimited
Bandwidth	DC to 15 kHz	Data Format	32-bit float IEEE SEG-Y/SEG-D
Power	Less than 0.4 watts per channel	LEDs	Network Connect, Network Data Status and Battery
Input Impedance	100k Ohms	Connectors	
Clock Sync	GPS	RJ-45	Standard CAT-5 Ethernet
Performance		GPS	4-pin Weatherproof
Trigger Accuracy	$\pm 1 \mu\text{s}$ at all sample rates	Trigger	3-pin Weatherproof
Dynamic Range	Better than 118 dB (at 2 ms)	Power	2-pin Weatherproof
% THD	0.0012 %	Auxiliary Port	19-pin Weatherproof
Crosstalk	Better than -125 dB	Seismic Data	55-pin Weatherproof
Common Mode Rejection	Better than 100 dB		
Noise Floor	< 0.2 $\mu\text{V}$ RMS (at 2ms)		

tab 2: specifiche tecniche strumentazione sismica di acquisizione

## 2.2. SISMOGRAMMI ACQUISITI





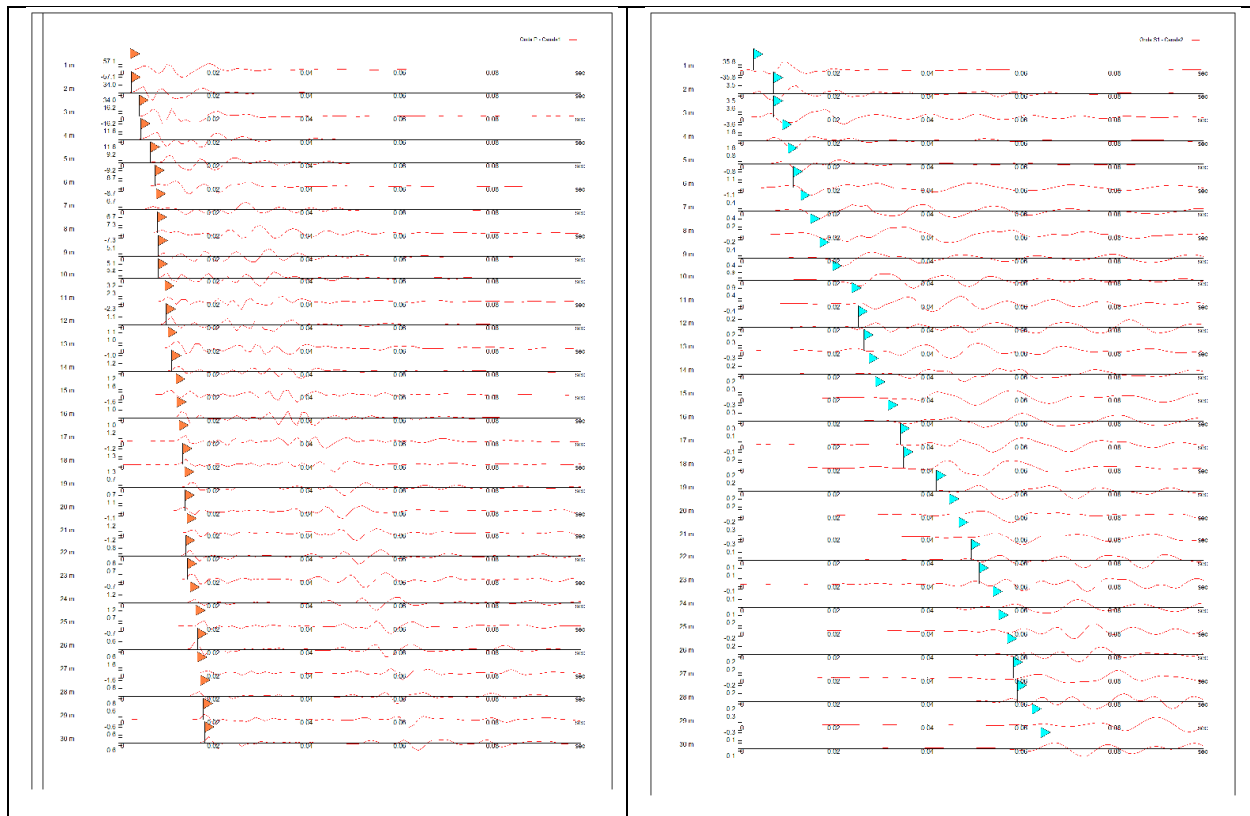


Fig 1: SISMOGRAMMI ACQUISITI dh2 - dh3 e dh6

### 2.3. ELABORAZIONE DATI e DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Il risultato finale della fase di acquisizione è costituito da una serie di files in formato SEG Y. Per quanto riguarda la tomografia sismica, la successiva elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi: determinazione dei primi arrivi attraverso il software interno del sismografo DAQLINK III, operata prima in automatico e successivamente con aggiustamenti manuali, con particolare attenzione alle fasi d'onda ed alla loro evoluzione;

- ✓ inserimento dei dati ed interpretazione con programma DEDICATO;
- ✓ output delle dromocrone sismiche e della sezione sismostratigrafica interpretativa

Di seguito si allegano la documentazione fotografica, l'ubicazione degli stendimenti e i profili tomografici ottenuti rispettivamente per le Onde P ed Onde S.





*Foto 2: Documentazione fotografica relativa alle indagini Sismiche a rifrazione*

### 3. INDAGINI SISMICHE CON TECNICA DOWN - HOLE

#### Introduzione

Nel metodo sismico down hole (DH) viene misurato il tempo necessario per le onde P e S di spostarsi tra una sorgente sismica, posta in superficie, e i ricevitori, posti all'interno di un foro di sondaggio (fig. 2).

Le componenti indispensabili per una misura DH accurata consistono:

- 1) una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche ricche di energia e direzionali;
- 2) uno o più geofoni tridimensionali, con appropriata risposta in frequenza (4,5-14 Hz), direzionali e dotati di un sistema di ancoraggio alle pareti del tubo-foro;
- 3) un sismografo multi-canale, in grado di registrare le forme d'onda in modo digitale e di registrarle su memoria di massa;
- 4) un trasduttore (*trigger*) alloggiato nella sorgente necessario per l'identificazione dell'istante di partenza della sollecitazione dinamica mediante massa battente.

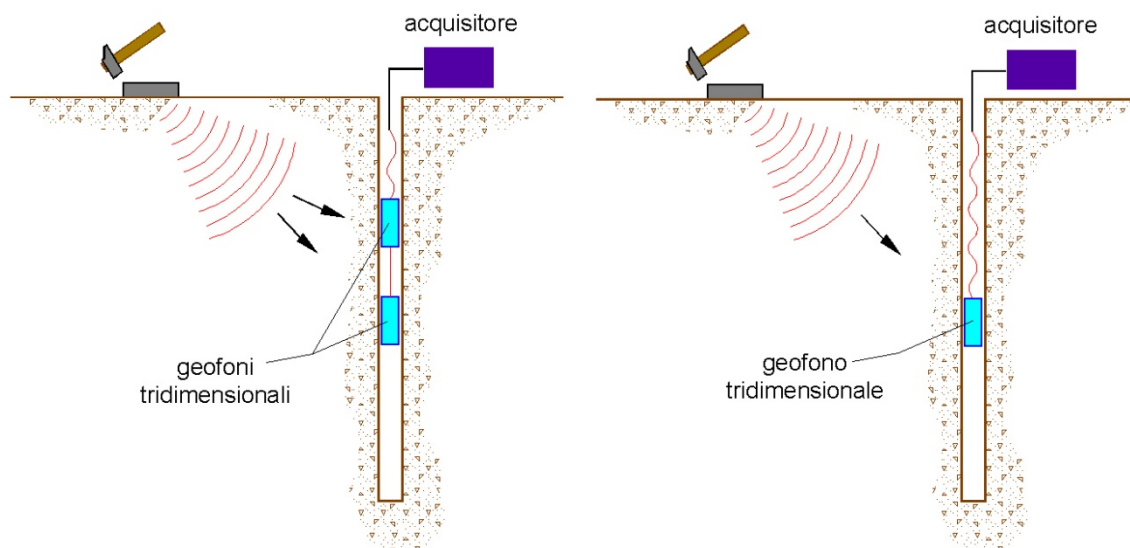


Fig. 2 - A sinistra lo schema down-hole ad 2 ricevitori, mentre a destra quello ad 1 ricevitore

Durante la perforazione, per ridurre l'effetto di disturbo nel terreno, i fori vengono sostenuti mediante fanghi bentonici e il loro diametro viene mantenuto piuttosto piccolo (mediamente 15 cm).

I fori vengono poi rivestiti mediante tubazioni, generalmente in PVC, e riempiti con una malta a ritiro controllato, generalmente composta di acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso.

Prima di ogni cosa, è però importante assicurarsi che il foro sia libero da strozzature e che il tubo di rivestimento non presenti lesioni.

## Procedura sperimentale

La sorgente consiste in una piastra di alluminio che, dopo avere opportunamente predisposto il piano di appoggio, è stata adagiata in superficie ad una distanza di **1,20-2,0m** dal foro e orientata in direzione ortogonale ad un raggio uscente dall'asse foro. Alla sorgente è agganciato il trasduttore di velocità utilizzato come trigger.

Una volta raggiunta la profondità di prova, i geofoni vengono orientati in modo che un trasduttore di ogni sensore sia diretto parallelamente all'asse della sorgente (orientamento assoluto).

A questo punto i ricevitori vengono assicurati alle pareti del tubo di rivestimento, la sorgente viene colpita in senso verticale (per generare onde di compressione P) o lateralmente (per generare onde di taglio SH) e, contemporaneamente, parte la registrazione del segnale di trigger e dei ricevitori.

Eseguite le registrazioni la profondità dei ricevitori viene modificata e la procedura sperimentale ripetuta.

## Interpretazione in down hole con il metodo diretto

Per poter interpretare il down hole con il metodo diretto, inizialmente, bisogna correggere i tempi di tragitto ( $t$ ) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde. Se  $d$  è la distanza della sorgente dall'asse del foro,  $r$  la distanza fra la sorgente e la tripletta di sensori,  $z$  la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti ( $t_{corr}$ ) mediante la seguente formula di conversione:

$$1.0) t_{corr} = \frac{z}{r} t$$

Calcolati i tempi corretti sia per le onde P che per le onde S si realizza il grafico  $t_{corr} - z$  in modo che la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno è rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali.

Ottenuti graficamente i sismostrati si ottengono la densità media, funzione della velocità e della profondità, e i seguenti parametri:

1) coefficiente di Poisson medio:

$$2.0) \nu_{\text{medio}} = 0.5 \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}$$

2) modulo di deformazione a taglio medio:

$$3.0) G_{\text{medio}} = \rho V_s^2$$

3) modulo di compressibilità edometrica medio:

$$4.0) E_{d\text{medio}} = \rho V_p^2$$

4) modulo di Young medio:

$$5.0) E_{\text{medio}} = 2\rho V_s^2 (1 + \nu)$$

5) modulo di compressibilità volumetrica medio:

$$6.0) E_{v\text{medio}} = \rho \left( V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

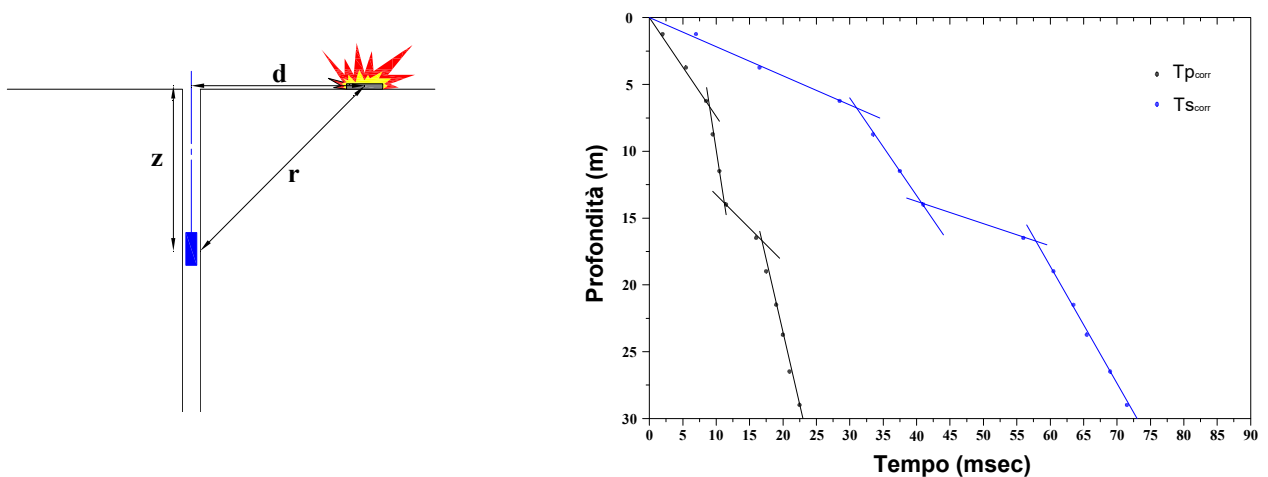


Fig. 3 – Schema di down hole con metodo diretto

Naturalmente l'indagine si basa sull'ipotesi che i percorsi delle onde siano rettilinei e coincidenti con quelli che collegano la sorgente ai ricevitori. Di solito ciò non è esatto, dato che, prima di giungere ai ricevitori, le onde subiscono fenomeni di rifrazione che ne modificano il percorso.

La prova sismica down-hole richiede un perforo adeguatamente condizionato, una sorgente energizzante, dei geofoni opportunamente assemblati ed un'unità di registrazione.

La massa battente che costituisce la sorgente energizzante ha un peso di 10 kg e la si usa così come descritto precedentemente.

L'apparato ricevente è costituito da 5 geofoni con frequenza naturale di 14 Hz: un geofono verticale sensibile alla ricezione dei tempi di arrivo delle onde P e i rimanenti quattro orizzontali, disposti a 45° tra loro, sensibili alla ricezione dei tempi di arrivo delle onde S.

L'acquisizione e la visualizzazione dei dati è stata realizzata con un sismografo digitale multicanale DAQLink III della Seismic Source, composta da una unità di acquisizione con un convertitore sigma delta ad alta velocità a 24 bit, dotata di memoria per la cumulabilità degli impulsi. Di seguito si riportano grafici e tabelle delle indagini Down - Hole eseguite in ciascun foro di sondaggio opportunamente attrezzato.

### Interpretazione delle misure S2/DH2

#### Dati iniziali

Offset scoppio [m]	Numero di ricezioni	Posizione primo geofono [m]	Interdistanza [m]
1.5	26	0	

#### Dati misure down hole

Registrazioni Nr.	Profondità (Z) dal boccaforo [m]	Tp [msec]	Ts [msec]
1	0.00	0.00	0.00
2	1.00	2.40	3.60
3	2.00	3.90	7.40
4	3.00	4.80	9.00
5	4.00	6.00	10.90
6	5.00	7.30	12.80
7	6.00	8.10	14.00
8	7.00	9.40	15.25
9	8.00	10.60	16.90
10	9.00	11.30	18.00
11	10.00	12.00	19.30
12	11.00	12.90	21.20
13	12.00	13.60	23.60
14	13.00	14.20	25.10
15	14.00	15.25	26.20
16	15.00	16.00	27.90
17	16.00	16.80	30.20
18	17.00	17.60	32.60
19	18.00	18.10	35.00
20	19.00	19.00	37.10
21	20.00	19.90	39.80
22	21.00	20.75	41.60
23	22.00	21.90	42.80
24	23.00	22.50	44.00
25	24.00	23.00	46.10
26	25.00	23.60	48.15

**Risultati**

SR [m]	Tpcorr [msec]	Tscorr [msec]
1.5000	--	--
1.8028	1.3313	1.9969
2.5000	3.1200	5.9200
3.3541	4.2933	8.0498
4.2720	5.6180	10.2060
5.2202	6.9921	12.2602
6.1847	7.8582	13.5820
7.1589	9.1913	14.9115
8.1394	10.4185	16.6105
9.1241	11.1463	17.7551
10.1119	11.8672	19.0865
11.1018	12.7817	21.0056
12.0934	13.4950	23.4178
13.0863	14.1064	24.9346
14.0801	15.1632	26.0509
15.0748	15.9206	27.7615
16.0702	16.7267	30.0682
17.0661	17.5319	32.4738
18.0624	18.0375	34.8791
19.0591	18.9411	36.9849
20.0562	19.8443	39.6885
21.0535	20.6973	41.4943
22.0511	21.8493	42.7009
23.0489	22.4523	43.9067
24.0468	22.9552	46.0102
25.0450	23.5576	48.0636

Vp [m/s]	Vs [m/s]	g [kN/mc]	ni	G [MPa]	Ed [MPa]	E [MPa]	Ev [MPa]
--	--	17		--	--	--	--
751.15	500.78	18	0.10	460.31	1035.63	1012.68	421.89
559.07	254.90	18	0.3688	119.26	573.70	326.49	414.69
852.30	469.53	18	0.2821	404.65	1333.33	1037.60	793.80
754.89	463.78	18	0.1969	394.80	1045.97	945.07	519.57
727.75	486.81	19	0.0951	459.15	1026.12	1005.63	413.92
1154.60	756.54	19	0.1238	1108.91	2582.83	2492.39	1104.28
750.13	752.16	19	0.1238	1096.11	1090.20	2463.62	--
814.86	588.58	19	--	671.19	1286.47	1342.38	391.55
1374.00	873.67	19	0.1606	1478.86	3657.69	3432.73	1685.87
1387.16	751.09	19	0.2926	1092.99	3728.09	2825.60	2270.77
1093.49	521.08	19	0.3531	526.07	2316.66	1423.65	1615.24
1401.94	414.56	19	0.4521	332.97	3807.95	967.01	3363.99
1635.59	659.28	19	0.403	842.12	5183.01	2362.99	4060.18
946.25	895.82	19	--	1554.80	1734.78	3109.60	--
1320.31	584.59	20	0.3781	696.97	3555.18	1920.99	2625.89
1240.54	433.52	20	0.4304	383.29	3138.56	1096.52	2627.51
1241.93	415.70	20	0.4369	352.43	3145.60	1012.81	2675.70
1977.85	415.75	20	0.4769	352.51	7978.04	1041.24	7508.02



1106.69	474.88	20	0.3872	459.91	2497.82	1275.97	1884.60
1107.17	369.88	20	0.4372	279.02	2499.99	802.02	2127.97
1172.33	553.77	20	0.3564	625.41	2802.91	1696.61	1969.02
868.06	828.78	20	--	1400.84	1536.77	2801.68	--
1658.38	829.33	20	0.3333	1402.70	5608.90	3740.44	3738.63
1988.46	475.40	20	0.4697	460.92	8063.86	1354.83	7449.30
1660.03	487.00	20	0.4529	483.69	5620.06	1405.51	4975.14

### Metodo diretto

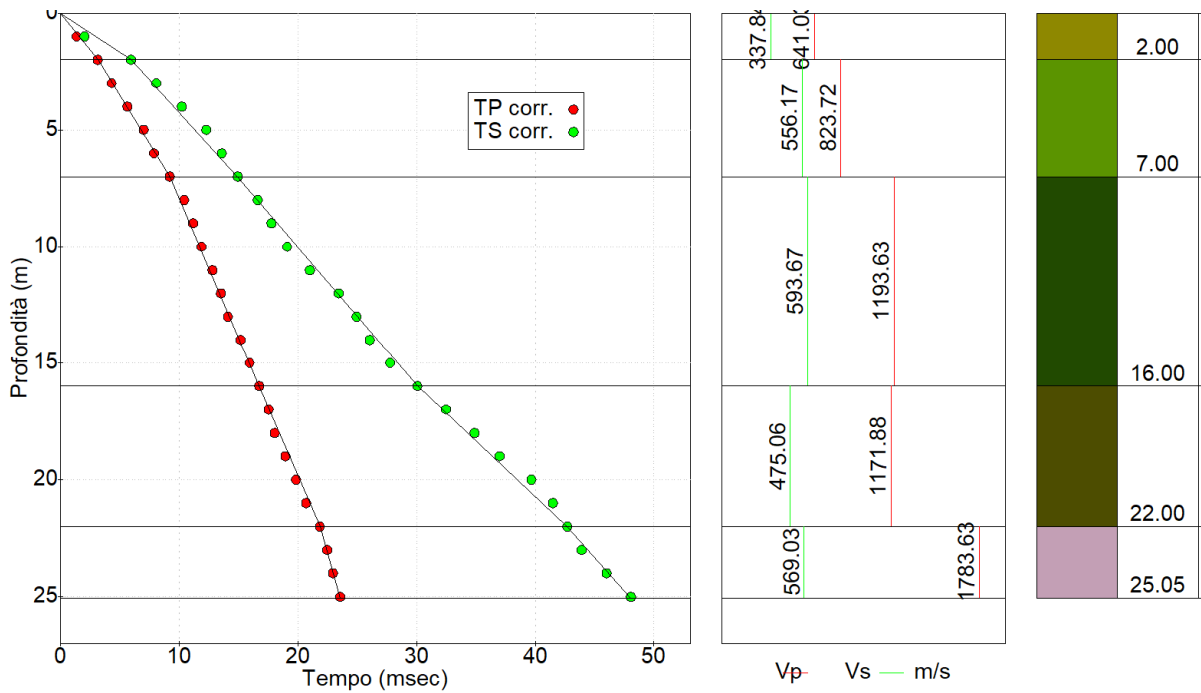
Profondità di riferimento: **25 m**  
**VS<sub>eq</sub>**: **521.14 m/s**

Sismostrati con metodo diretto

Descrizione [-]	Profondità [m]
	2
	7
	16
	22
	25.05

Valori medi

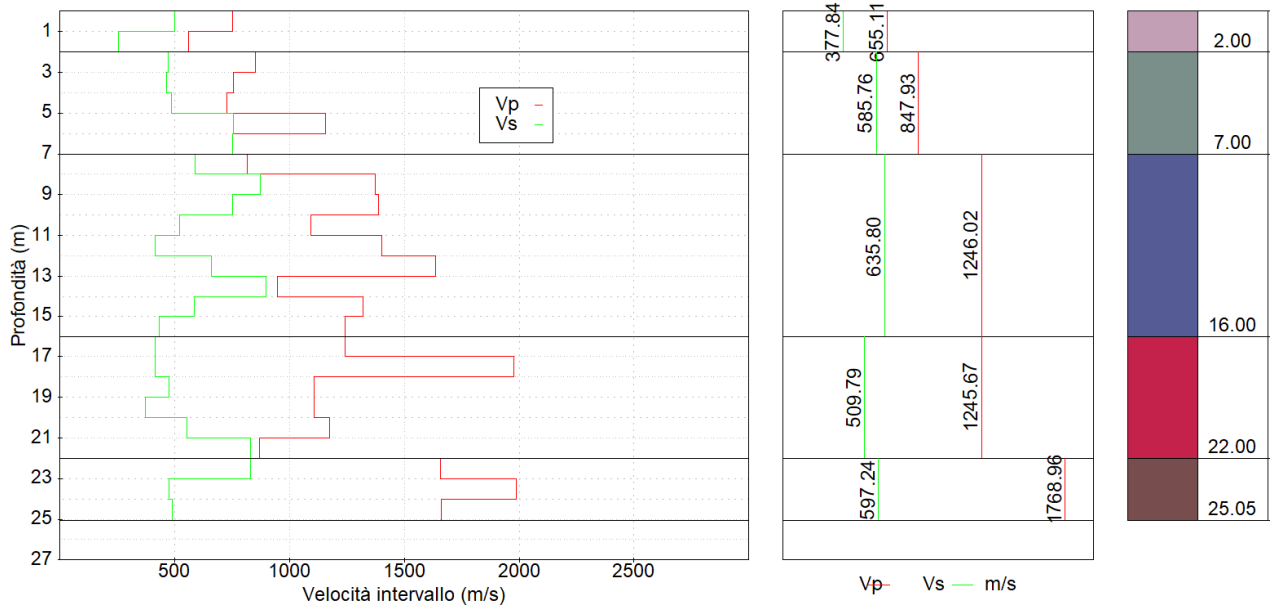
V <sub>p</sub> medio [m/s]	V <sub>s</sub> medio [m/s]	g medio [kN/mc]	ni medio	G medio [MPa]	Ed medio [MPa]	E medio [MPa]	Ev medio [MPa]
641.03	337.84	17	0.31	197.85	712.33	517.47	448.52
823.72	556.17	18	0.08	567.77	1245.42	1227.6	488.39
1193.63	593.67	18	0.34	646.9	2615.14	1728.09	1752.6
1171.88	475.06	18	0.4	414.24	2520.66	1161.25	1968.35
1783.63	569.03	18	0.44	594.32	5839.28	1715.62	5046.85



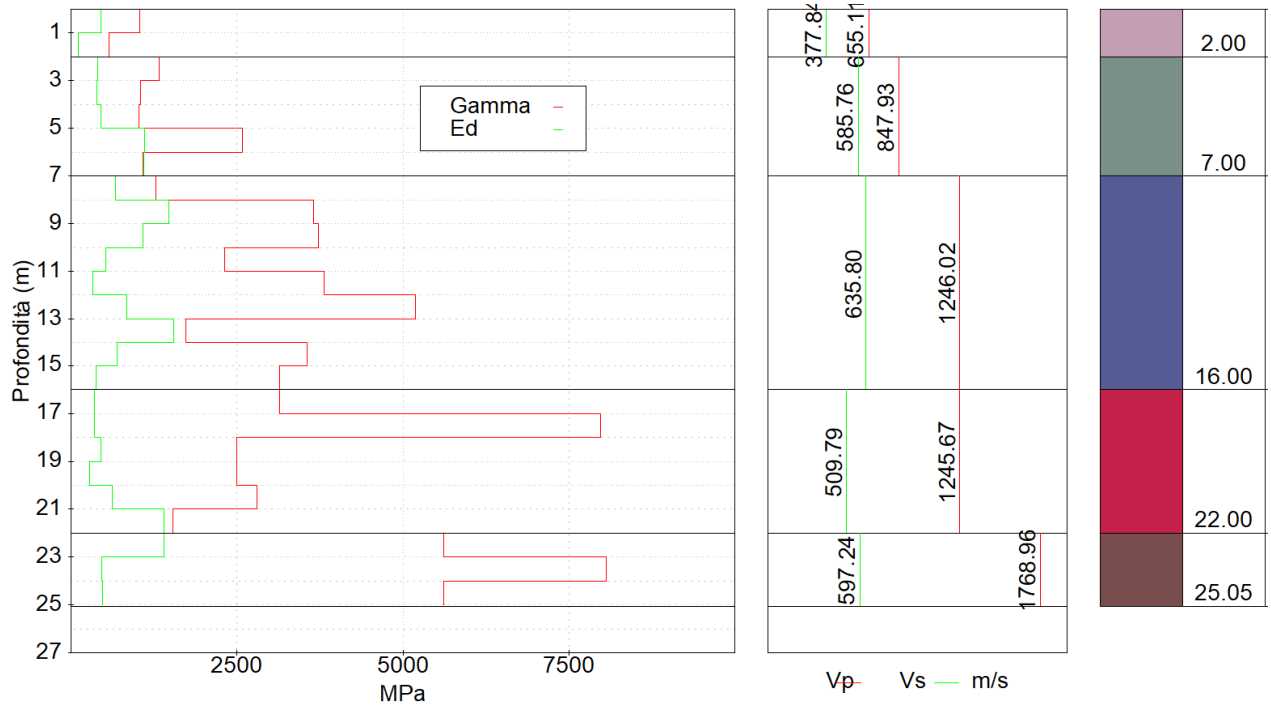
*Dromocrone*

**Metodo intervallo**

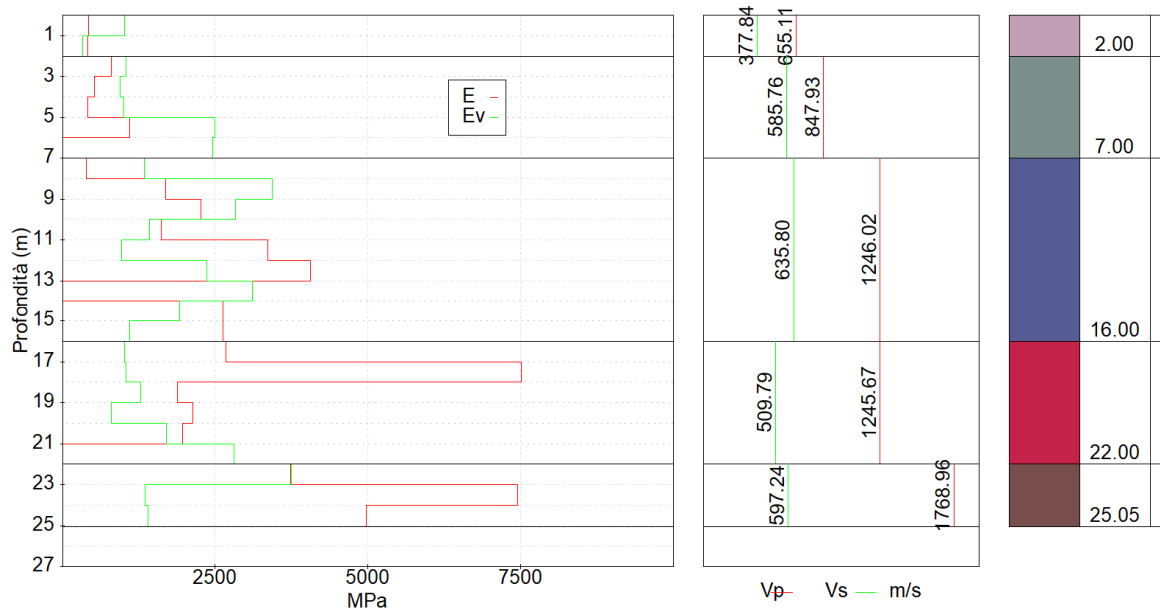
- grafici velocità;
- Profili modulo di deformazione a taglio e modulo di compressibilità edometrica;
- Profili modulo di Young e modulo di compressibilità volumetrica di intervallo;
- Categorie del suolo di fondazione e caratteristiche della superficie topografica.



*Profilo velocità di intervallo*



Profili modulo di deformazione a taglio e modulo di compressibilità edometrica



Profili modulo di Young e modulo di compressibilità volumetrica di intervallo

## Interpretazione delle misure S3/DH3

### Dati iniziali

Offset scoppio [m]	Numero di ricezioni	Posizione primo geofono [m]	Interdistanza [m]
2	31	0	

### Dati misure down hole

Registrazioni Nr.	Profondità (Z) dal boccaforo [m]	Tp [msec]	Ts [msec]
1	0.00	0.00	0.00
2	1.00	1.80	3.60
3	2.00	3.42	4.95
4	3.00	3.78	6.75
5	4.00	4.86	7.83
6	5.00	5.76	9.27
7	6.00	6.30	10.71
8	7.00	7.10	11.52
9	8.00	8.00	12.42
10	9.00	8.82	13.59
11	10.00	9.54	15.12
12	11.00	10.44	17.01
13	12.00	10.80	18.54
14	13.00	11.34	20.88
15	14.00	12.15	22.41
16	15.00	12.60	24.30
17	16.00	13.05	28.26
18	17.00	13.50	30.51
19	18.00	14.09	32.13
20	19.00	14.58	33.48
21	20.00	15.21	35.82
22	21.00	15.66	37.53
23	22.00	16.11	38.79
24	23.00	16.74	40.41
25	24.00	17.37	42.48
26	25.00	18.00	45.54
27	26.00	18.72	48.15
28	27.00	19.35	49.05
29	28.00	19.98	50.67
30	29.00	20.52	52.20
31	30.00	21.06	53.96

## Risultati

SR [m]	Tpcorr [msec]	Tscorr [msec]
2.0000	--	--
2.2361	0.8050	1.6100
2.8284	2.4183	3.5002
3.6056	3.1452	5.6163
4.4721	4.3469	7.0034
5.3852	5.3480	8.6070
6.3246	5.9767	10.1604
7.2801	6.8268	11.0768
8.2462	7.7611	12.0492
9.2195	8.6100	13.2664
10.1980	9.3547	14.8264
11.1803	10.2716	16.7356
12.1655	10.6531	18.2877
13.1530	11.2081	20.6372
14.1421	12.0279	22.1848
15.1328	12.4895	24.0868
16.1245	12.9492	28.0418
17.1172	13.4075	30.3010
18.1108	14.0038	31.9335
19.1050	14.4999	33.2960
20.0998	15.1345	35.6422
21.0950	15.5895	37.3610
22.0907	16.0438	38.6307
23.0868	16.6771	40.2581
24.0832	17.3100	42.3333
25.0799	17.9427	45.3950
26.0768	18.6649	48.0082
27.0740	19.2971	48.9160
28.0713	19.9292	50.5412
29.0689	20.4714	52.0763
30.0666	21.0134	53.8405

Vp [m/s]	Vs [m/s]	g [kN/mc]	ni	G [MPa]	Ed [MPa]	E [MPa]	Ev [MPa]
--	--	18		--	--	--	--
1242.24	621.12	18	0.3333	708.11	2832.45	1888.25	1888.30
619.85	529.04	18	--	513.72	705.22	1027.44	20.26
1375.71	472.57	19	0.4331	432.68	3666.80	1240.15	3089.89
832.15	720.93	19	--	1006.98	1341.64	2013.96	--
998.90	623.60	19	0.1807	753.43	1933.20	1779.15	928.62
1590.58	643.75	19	0.4021	802.91	4901.67	2251.52	3831.12
1176.33	1091.23	19	--	2307.10	2680.97	4614.20	--
1070.32	1028.38	19	--	2048.99	2219.53	4097.98	--
1178.00	821.56	19	0.0265	1307.71	2688.58	2684.73	944.97
1342.82	641.03	19	0.3524	796.14	3493.56	2153.40	2432.04
1090.63	523.78	19	0.3501	531.53	2304.56	1435.24	1595.85
2621.23	644.29	19	0.4678	804.26	13312.00	2360.99	12239.65
1801.80	425.62	19	0.4705	350.98	6289.93	1032.23	5821.97

1219.81	646.16	19	0.305	808.93	2882.82	2111.31	1804.24
2166.38	525.76	19	0.4687	535.56	9092.90	1573.15	8378.81
2175.33	252.84	19	0.4932	123.86	9168.18	369.90	9003.04
2181.97	442.63	19	0.4785	379.59	9224.24	1122.45	8718.12
1677.01	612.56	19	0.423	726.99	5448.84	2069.01	4479.52
2015.73	733.94	19	0.4236	1043.65	7872.23	2971.48	6480.70
1575.80	426.22	19	0.4605	351.97	4811.00	1028.10	4341.71
2197.80	581.80	20	0.4623	690.33	9851.12	2018.94	8930.68
2201.19	787.59	20	0.4266	1265.06	9881.53	3609.47	8194.79
1579.03	614.48	20	0.4108	770.06	5084.99	2172.80	4058.24
1580.03	481.88	20	0.4487	473.57	5091.43	1372.12	4460.00
1580.53	326.62	20	0.4777	217.57	5094.66	643.01	4804.57
1384.66	382.67	20	0.4587	298.65	3910.17	871.28	3511.97
1581.78	1101.57	20	0.0291	2474.76	5102.72	5093.55	1803.03
1582.03	615.31	20	0.4109	772.14	5104.33	2178.83	4074.81
1844.34	651.42	20	0.4287	865.43	6937.31	2472.88	5783.41
1845.02	566.83	20	0.4479	655.26	6942.43	1897.50	6068.75

### Metodo diretto

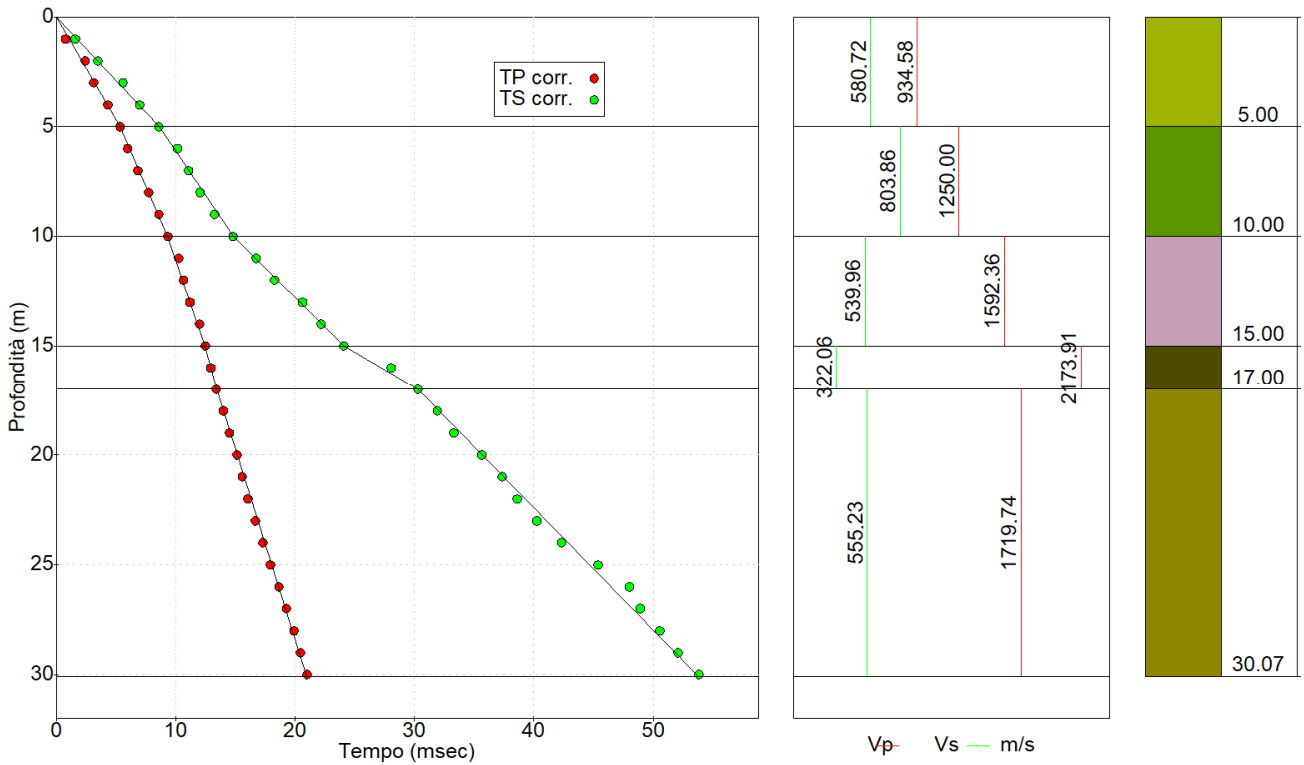
Profondità di riferimento: **30 m**  
**V<sub>Seq</sub>**: **558.51 m/s**

Sismostrati con metodo diretto

Descrizione [-]	Profondità [m]
	2
	10
	15
	17
	30

Valori medi

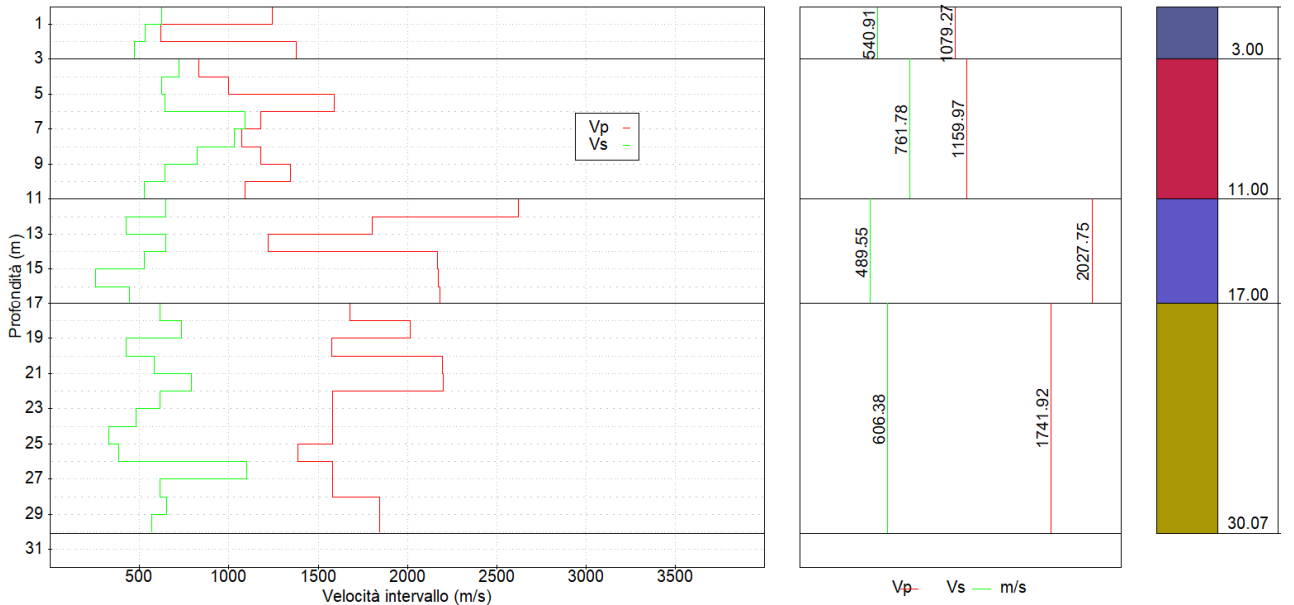
V <sub>p</sub> medio [m/s]	V <sub>s</sub> medio [m/s]	g medio [kN/mc]	n <sub>i</sub> medio	G medio [MPa]	E <sub>d</sub> medio [MPa]	E medio [MPa]	E <sub>v</sub> medio [MPa]
934.58	580.72	18	0.19	618.99	1603.19	1467.67	777.86
1250	803.86	18	0.15	1186.07	2867.95	2721.79	1286.52
1592.36	539.96	18	0.44	535.14	4654.07	1535.9	3940.54
2173.91	322.06	19	0.49	200.96	9156.24	598.37	8888.3
1719.74	555.23	19	0.44	597.27	5730.03	1722.31	4933.67



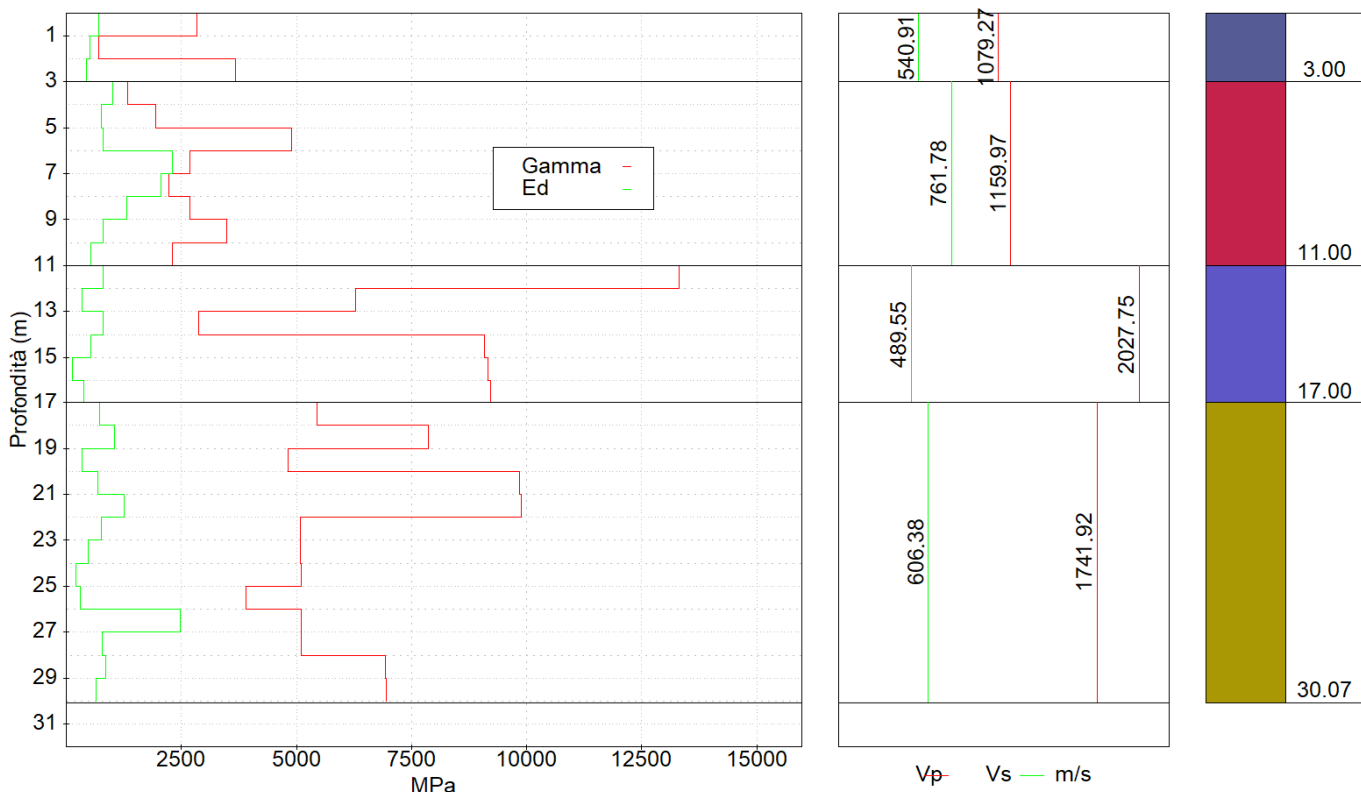
*Dromocrone*

**Metodo intervallo**

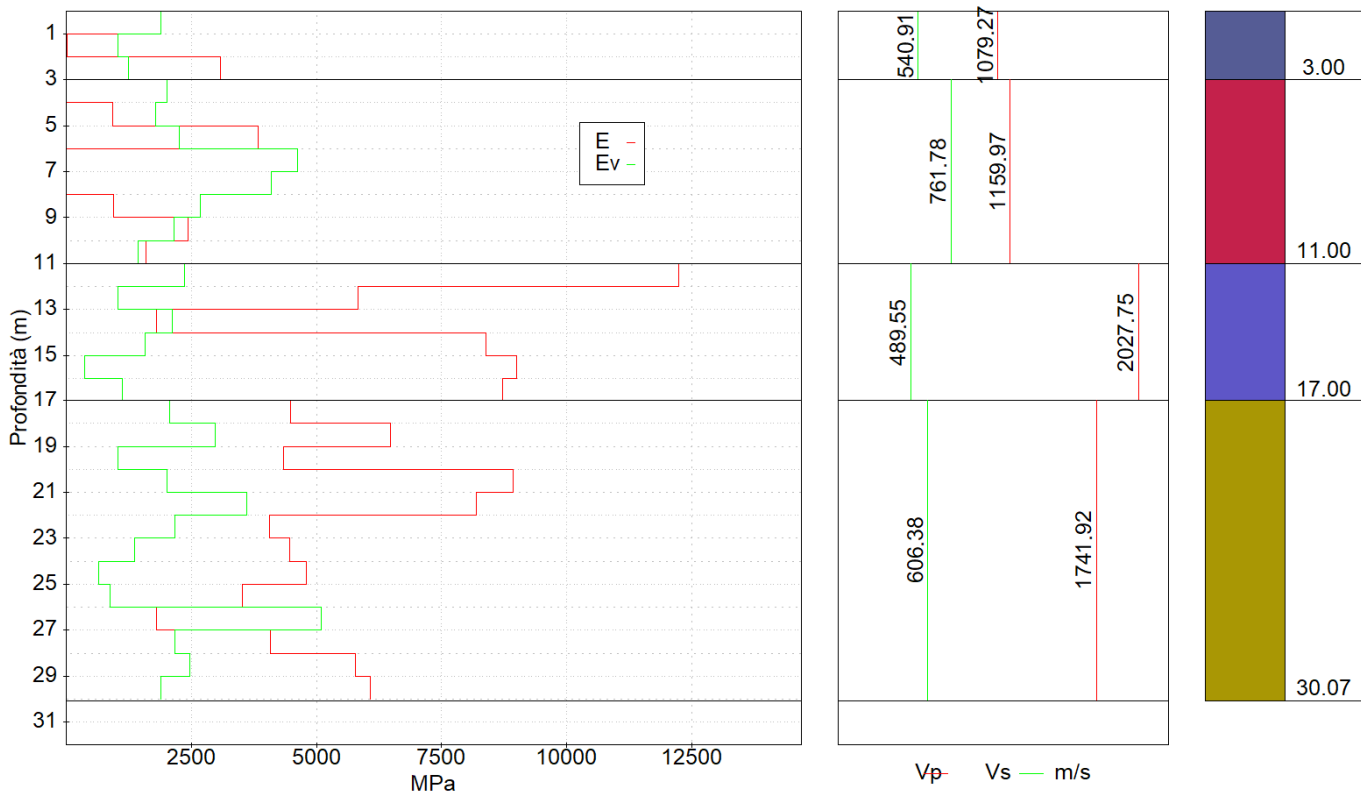
- grafici velocità;
- Profili modulo di deformazione a taglio e modulo di compressibilità edometrica;
- Profili modulo di Young e modulo di compressibilità volumetrica di intervallo;
- Categorie del suolo di fondazione e caratteristiche della superficie topografica.



*Profilo velocità di intervallo*



Profili modulo di deformazione a taglio e modulo di compressibilità edometrica



Profili modulo di Young e modulo di compressibilità volumetrica di intervallo



## Interpretazione delle misure S6/DH6

### Dati iniziali

Offset scoppio [m]	Numero di ricezioni	Posizione primo geofono [m]	Interdistanza [m]
1.2	31	0	

### Dati misure down hole

Registrazioni Nr.	Profondità (Z) dal boccaforo [m]	Tp [msec]	Ts [msec]
1.2000	--	--	0
1.5621	1.8565	1.3444	2.1
2.3324	3.4300	3.9445	4.6
3.2311	4.0853	7.0564	7.6
4.1761	4.8849	8.8120	9.2
5.1420	5.0564	10.0156	10.3
6.1188	5.7854	12.0611	12.3
7.1021	6.1109	13.6016	13.8
8.0895	6.9226	15.7241	15.9
9.0796	7.2360	17.1482	17.3
10.0717	7.5955	18.8647	19
11.0653	8.0522	21.1744	21.3
12.0599	8.4578	22.9854	23.1
13.0553	8.6632	25.7904	25.9
14.0513	9.0668	27.8977	28
15.0479	9.7688	30.2035	30.3
16.0449	10.4706	31.9104	32
17.0423	11.1722	32.9181	33
18.0400	11.8736	35.0223	35.1
19.0379	12.1757	37.4254	37.5
20.0360	12.3777	39.0298	39.1
21.0343	12.5795	39.8350	39.9
22.0327	12.7810	40.4399	40.5
23.0313	13.2819	41.7432	41.8
24.0300	13.9825	43.4457	43.5
25.0288	14.6831	45.4477	45.5
26.0277	15.1838	46.2508	46.3
27.0267	15.3848	47.1535	47.2
28.0257	15.6856	48.4555	48.5
29.0248	16.1862	49.8573	49.9
30.0240	16.7866	51.0592	51.1

## Risultati

SR [m]	Tpcorr [msec]	Tscorr [msec]
2.0000	--	--
2.2361	0.8050	1.6100
2.8284	2.4183	3.5002
3.6056	3.1452	5.6163
4.4721	4.3469	7.0034
5.3852	5.3480	8.6070
6.3246	5.9767	10.1604
7.2801	6.8268	11.0768
8.2462	7.7611	12.0492
9.2195	8.6100	13.2664
10.1980	9.3547	14.8264
11.1803	10.2716	16.7356
12.1655	10.6531	18.2877
13.1530	11.2081	20.6372
14.1421	12.0279	22.1848
15.1328	12.4895	24.0868
16.1245	12.9492	28.0418
17.1172	13.4075	30.3010
18.1108	14.0038	31.9335
19.1050	14.4999	33.2960
20.0998	15.1345	35.6422
21.0950	15.5895	37.3610
22.0907	16.0438	38.6307
23.0868	16.6771	40.2581
24.0832	17.3100	42.3333
25.0799	17.9427	45.3950
26.0768	18.6649	48.0082
27.0740	19.2971	48.9160
28.0713	19.9292	50.5412
29.0689	20.4714	52.0763
30.0666	21.0134	53.8405

Vp [m/s]	Vs [m/s]	g [kN/mc]	ni	G [MPa]	Ed [MPa]	E [MPa]	Ev [MPa]
--	--	18		--	--	--	--
538.65	743.83	18	--	1015.55	532.56	2031.10	--
635.53	384.60	19	0.2111	286.58	782.54	694.15	400.43
1526.02	321.35	19	0.4768	200.07	4511.84	590.93	4245.07
1250.63	569.61	19	0.3691	628.62	3030.34	1721.29	2192.18
5830.91	830.84	19	0.4896	1337.42	65872.73	3984.44	64089.50
1371.74	488.88	19	0.4273	463.06	3645.66	1321.85	3028.25
3072.20	649.14	19	0.4766	816.41	18286.55	2411.02	17198.00
1231.98	471.14	19	0.4143	430.06	2940.63	1216.47	2367.21
3190.81	702.20	19	0.4746	955.33	19725.81	2817.46	18452.03
2781.64	582.58	19	0.4771	657.57	14991.14	1942.59	14114.38
2189.62	432.96	19	0.4797	363.19	9289.03	1074.82	8804.79
2465.49	552.18	19	0.4736	590.74	11777.13	1741.03	10989.48
4868.54	356.51	19	0.4973	246.25	45923.02	737.42	45594.68
2477.70	474.54	19	0.481	436.29	11894.07	1292.29	11312.34

1424.50	433.69	19	0.4489	364.41	3931.50	1055.99	3445.61
1424.91	585.86	20	0.3983	700.00	4140.80	1957.62	3207.47
1425.31	992.36	20	0.0296	2008.39	4143.13	4135.68	1465.27
1425.72	475.24	20	0.4375	460.61	4145.51	1324.25	3531.36
3310.16	416.13	20	0.492	353.16	22346.38	1053.83	21875.51
4950.50	623.29	20	0.4919	792.30	49981.29	2364.07	48924.89
4955.39	1241.93	20	0.4665	3145.60	50080.08	9226.05	45885.95
4962.78	1653.17	20	0.4376	5573.71	50229.56	16025.53	42797.95
1996.41	767.28	20	0.4133	1200.65	8128.47	3393.76	6527.60
1427.35	587.37	20	0.3981	703.61	4154.99	1967.43	3216.84
1427.35	499.50	20	0.4302	508.84	4154.99	1455.49	3476.54
1997.20	1245.17	20	0.1821	3162.04	8134.90	7475.70	3918.86
4975.12	1107.79	20	0.4739	2502.79	50479.67	7377.73	47142.61
3324.47	768.05	20	0.4718	1203.06	22540.01	3541.33	20935.93
1997.61	713.37	20	0.4269	1037.86	8138.25	2961.85	6754.43
1665.55	832.02	20	0.3337	1411.81	5657.50	3765.86	3775.09

### Metodo diretto

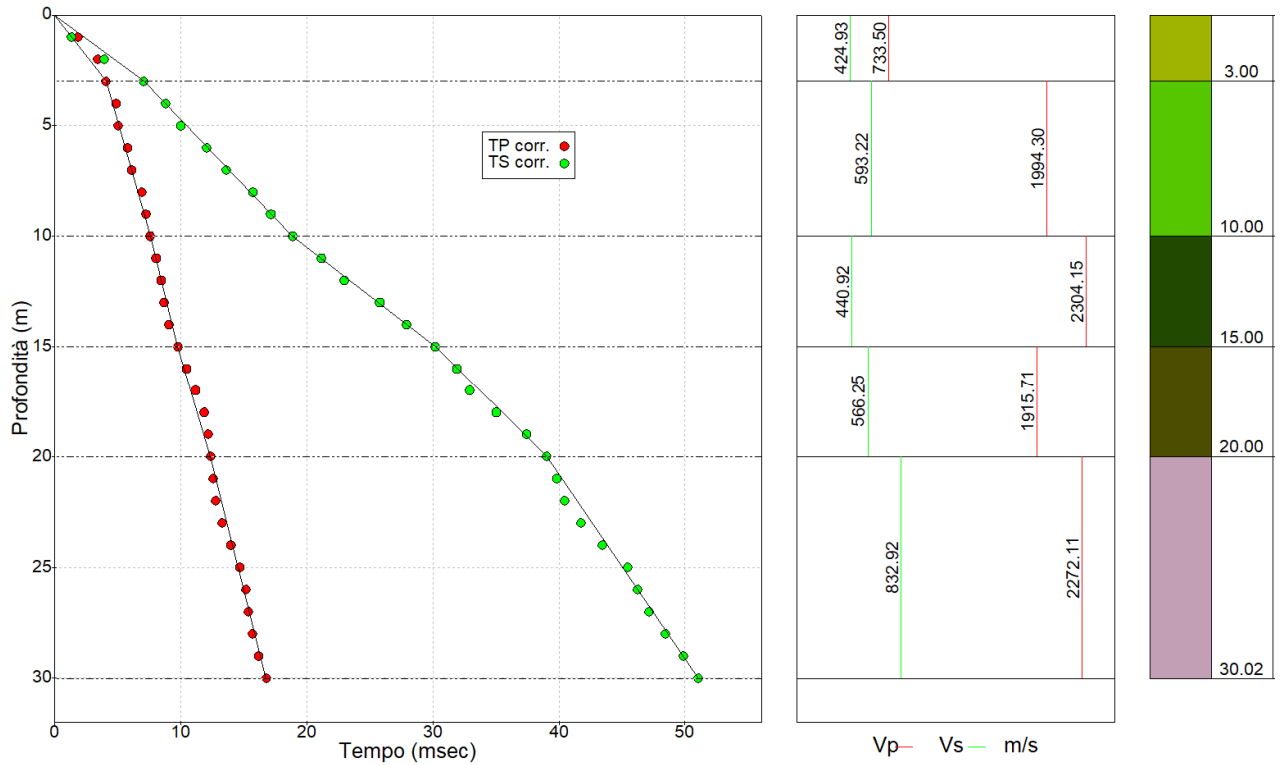
Profondità di riferimento: **30 m**  
**VS<sub>eq</sub>**: **587.82 m/s**

Sismostrati con metodo diretto

Descrizione [-]	Profondità [m]
	3
	10
	15
	20
	30

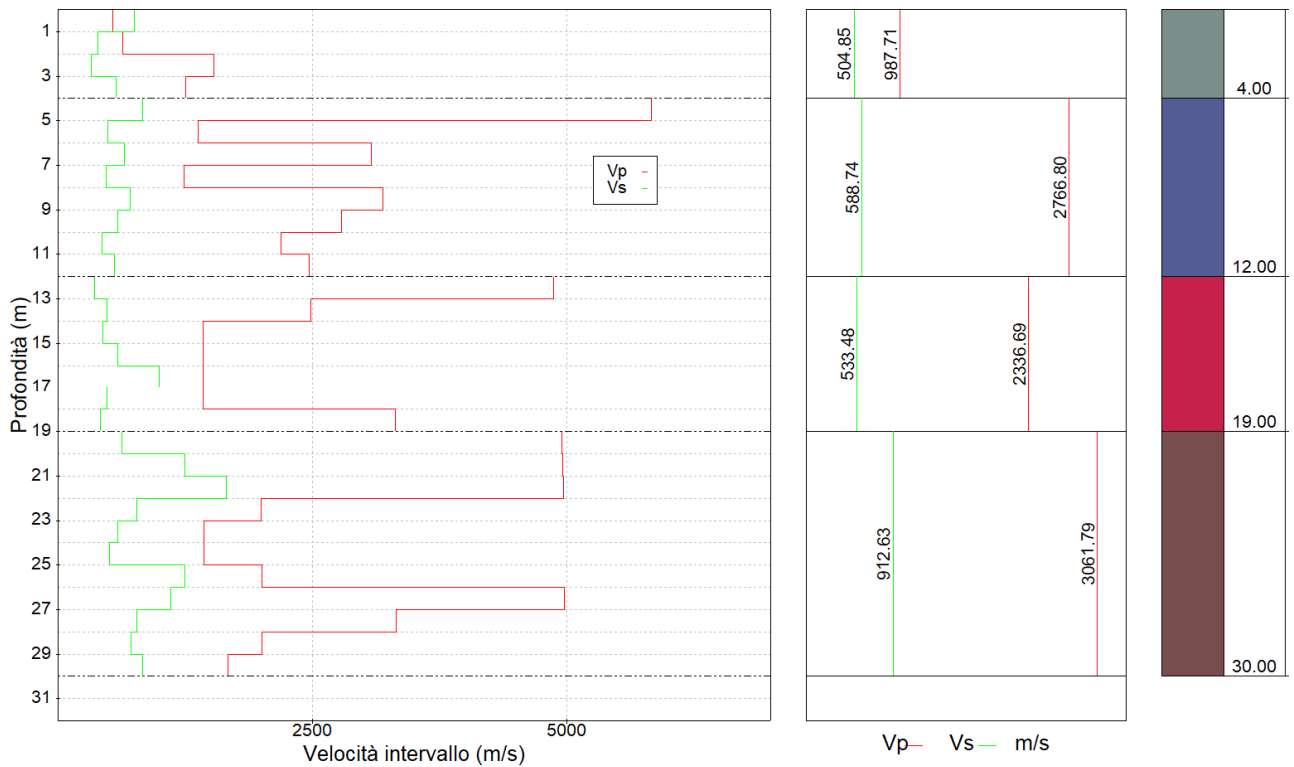
Valori medi

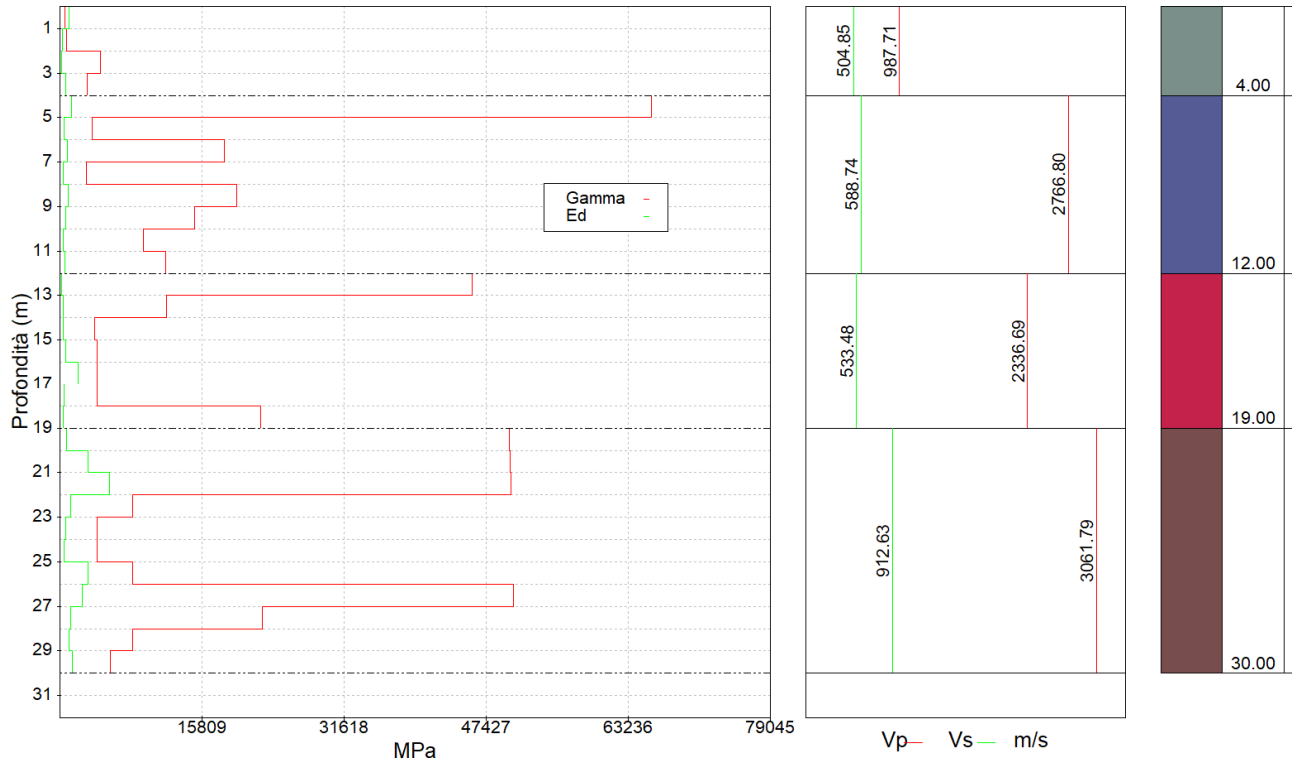
V <sub>p</sub> medio [m/s]	V <sub>s</sub> medio [m/s]	g medio [kN/mc]	ni medio	G medio [MPa]	Ed medio [MPa]	E medio [MPa]	Ev medio [MPa]
733.5	424.93	18	0.25	331.42	987.52	826.86	545.62
1994.3	593.22	18	0.45	645.93	7300.18	1875.08	6438.94
2304.15	440.92	19	0.48	376.66	10286.16	1115.66	9783.95
1915.71	566.25	19	0.45	621.23	7110.36	1804.21	6282.06
2272.11	832.92	19	0.42	1344.12	10002.1	3823.68	8209.94



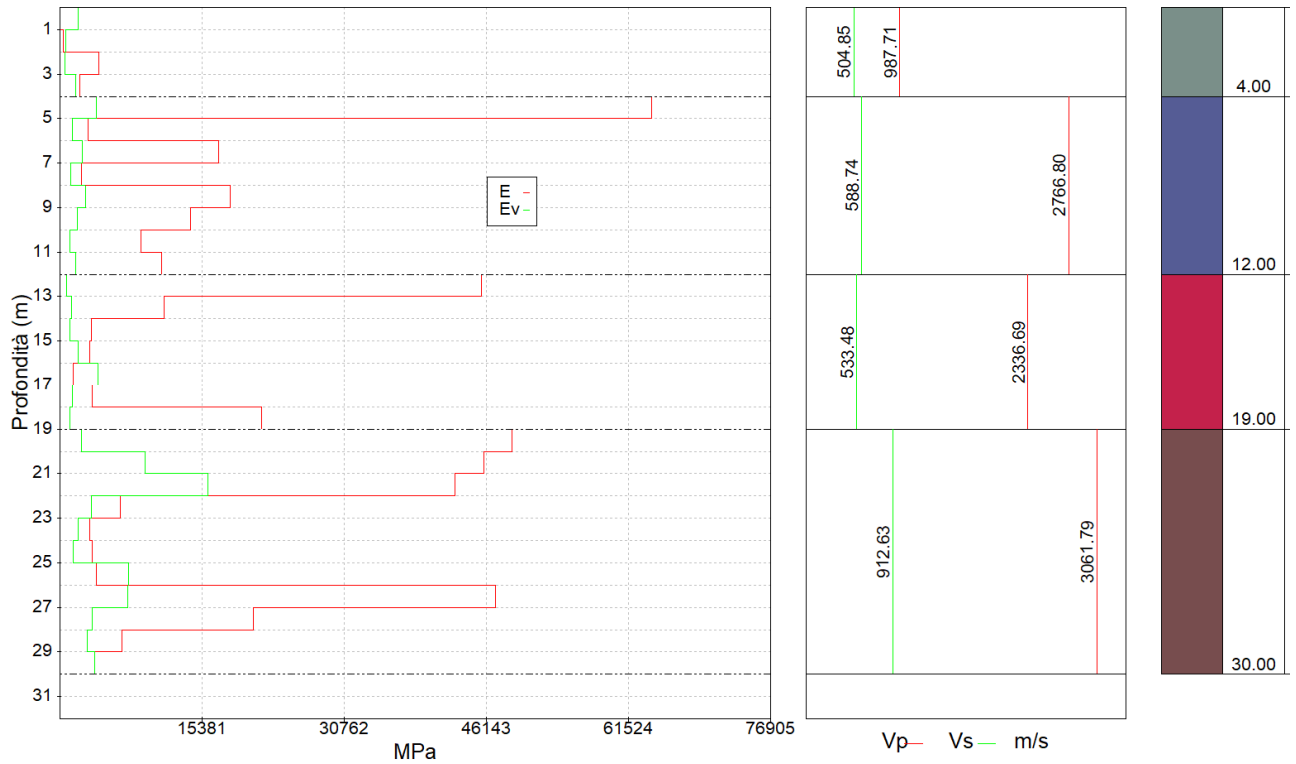
**Metodo intervallo**

- grafici velocità;
- Profili modulo di deformazione a taglio e modulo di compressibilità edometrica;
- Profili modulo di Young e modulo di compressibilità volumetrica di intervallo;
- Categorie del suolo di fondazione e caratteristiche della superficie topografica.





Profili modulo di deformazione a taglio e modulo di compressibilità edometrica



Profili modulo di Young e modulo di compressibilità volumetrica di intervallo

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

Tab 3 - Categorie del suolo di fondazione e caratteristiche della superficie topografica che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (**nuove norme tecniche per le costruzioni** di cui al decreto Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 17 gennaio 2018 (*Gazzetta Ufficiale 20 febbraio 2018, n. 42 - S.O. n. 8*))

Sondaggio	Down-hole	Numero misure	Profondità (m)	$V_{s_{eq}}$ (m/sec)	Categoria di suolo
S2	DH2	26	25,00	521,14*	B
S3	DH3	31	30,00	558,51	B
S6	DH6	31	30,00	587,82	B

\* nel sondaggio S2 la  $V_{s_{eq}}$  è stata definita per 25metri

Tab 4: Categoria di suolo e  $V_{s_{eq}}$