

**GEOLOGO DOTT. LUCA LATELLA**  
*Studio Tecnico: Via G. di Vitalone 18-05100 Terni*  
*Tel. e Fax 0744-402427;347-6355500*

**REGIONE UMBRIA**

**PROVINCIA DI TERNI**

**COMUNE DI TERNI**

**RELAZIONE GEOLOGICA - SISMICA**  
**IDROGEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA**  
**IDRAULICA**

**OGGETTO: PROPOSTA DI VARIANTE URBANISTICA**  
**SUAP**

**LOCALITA': ZONA VILLA PALMA**

**COMMITTENTE: TERNANA CALCIO**

**Febbraio 2022**

**Geologo**  
**LUCA LATELLA**



## **1. PREMESSA**

Nel mese di Gennaio - Febbraio 2022, su commissione della Ternana Calcio, sono state eseguite indagini geognostiche e geofisiche nel sito in studio, nonché eseguito un rilevamento geologico, geomorfologico ed idrogeologico, relativamente alla **PROPOSTA DI VARIANTE URBANISTICA**, in Zona Villa Palma nel Comune di Terni. L'ampiezza dell'area investigata è stata definita in funzione delle sue caratteristiche litologiche, geomorfologiche e idrogeologiche.

Scopo del lavoro è stato quello di accertare ed analizzare in prospettiva sismica:

- gli aspetti idrologici e morfologici del territorio;
- le condizioni litologiche locali;
- i parametri geotecnici e sismici delle terre in situ.

Di seguito vengono analizzati i risultati delle indagini svolte da questo studio di geologia. Le considerazioni riportate sono basate sui dati acquisiti tramite un rilevamento geologico di superficie e dall'elaborazione dei dati derivanti dall'esecuzione nel sito in esame di:

- **n° 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n°1 profondo 30 metri e attrezzato a down-hole e n° 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo della profondità di 15 metri con prelievo di campioni di terreno indisturbato per analisi di laboratorio (S1C1 e S2C1);**
- **n° 20 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH)**
- **N° 15 Saggi geognostici con escavatore**
- **n° 5 indagini sismica di tipo MASW;**
- **N° 2 indagini HVSR**
- **N°1 prova sismica di tipo DOWNHOLE**
- **Verifiche di stabilità**
- **MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO**

**Periodo delle indagini: Gennaio - Febbraio 2022**

Tutte le indagini sopracitate sono state eseguite all'interno dell'area in oggetto e gli elaborati sono stati allegati in calce alla presente relazione.

## **2. GEOMORFOLOGIA, GEOLITOLOGIA, IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA**

L'area oggetto del presente studio si colloca nell'Umbria meridionale, ad una quota compresa tra 224 m s.l.m. e 190 m s.l.m., all'interno dell'area della Conca Ternana. Più precisamente coinvolge sia l'area di pianura che il margine nord-occidentale della stessa.

Per quanto riguarda la sua posizione rispetto alla strutturazione della catena appenninica si trova al margine occidentale dell'appennino umbro dove le unità strutturali riconosciute sono, partendo dalla più interna, l'unità narnese-amerina, l'unità martana e l'unità sabina settentrionale.

La conca ternana si colloca ad E della dorsale narnese-amerina, a S di quella martana e a NW di quella sabina. Ad E e NE si estendono i monti della Valnerina. Si tratta pertanto di una zona di sprofondamento tettonico, circondata da catene montuose tranne dal lato di NW dove si ricollega ad un'area collinare. In realtà la morfologia e le quote indicano che l'area la Conca Ternana è ribassata anche rispetto a questa fascia valliva (zona di San Gemini e Montecastrilli).

Da un punto di vista dell'evoluzione paleo-ambientale e sedimentologica la piana di Terni costituisce l'estrema terminazione meridionale del ramo occidentale del Bacino Tiberino; si tratta di un bacino continentale con ambienti che nel tempo e nello spazio sono variati: da lacustri, a palustri a fluvio-lacustri.

Il bacino è nato in seguito all'azione di faglie dirette a prevalente direzione appenninica durante una fase tettonica distensiva che ha cronologicamente seguito quella compressiva (orogenesi), ed è probabilmente da ricollegare all'apertura di un bacino di retro-arco nella zona tirrenica. Lo sprofondamento della Conca ternana è conseguenza dell'azione della faglia bordiera martana, che nell'estremo tratto meridionale si dispone in direzione quasi E-W.

Dall'analisi della carta PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) il sito in esame risulta stabile, non è interessato da fenomeni franosi attivi e/o quiescenti.

**La categoria topografica risulta essere pari a T1: siti con pendenze < di 15°.**

Dal punto di vista geologico il sito in esame è caratterizzato da DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI DEL BACINO TIBERINO, si tratta di limi calcareo-travertinosi, sabbie limose fini sottilmente laminate, associate a travertino fitotermale e fitoclastico, subordinatamente a strati di calcare litoide, come si evince dall'analisi dello stralcio della **Carta Geologica del Comune di Terni, sezione C.T.R. n°346040, in scala 1:10.000.**

L'idrografia superficiale è caratterizzata dalla presenza di numerosi fossi, che drenano le acque verso il Fiume Nera, collettore principale dell'area.

In corrispondenza della zona in studio la permeabilità dei depositi è condizionata dalla natura dei sedimenti presenti, ma si mantiene comunque medio – alta, data la forte componente detritica.

La circolazione idrica sotterranea avviene in corrispondenza degli orizzonti più permeabili, determinando un complesso idrogeologico tipo “multifalda” con acquifero superiore a pelo libero.

Le modalità e le potenzialità di tali circolazioni idriche sotterranee saranno funzione dell'assetto strutturale, della continuità dei livelli a minore permeabilità relativa e dello sviluppo delle aree di assorbimento.

Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche e dei sondaggi, non è stato intercettato alcun livello di falda nei primi 15 metri dal piano attuale di campagna.

### **3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOFISICA**

Qui di seguito verranno riportati, in maniera cautelativa, i parametri geotecnici basati sugli elementi reperiti nel corso del rilevamento geologico, nonché attraverso l'analisi dei dati ottenuti dalle indagini geognostiche-geotecniche e geofisiche realizzate nel sito in studio (n°1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo profondo 30 metri e attrezzato a down-hole con prelievo campioni di terreno indisturbato per analisi di laboratorio (S1C1) e n° 10 spt in foro; n° 20 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH) n° 20 saggi geognostici con escavatore; n° 5 indagini sismiche di tipo MASW; n° 2 indagini HVSR e Risposta sismica locale; **i cui risultati si riportano in calce alla presente relazione**).

**3.1 STRATIGRAFIA SONDAGGI GEOGNOSTICI****SI**

LITOLOGIA	QUOTA RILEVATA DAL P.C. (m)	SPESSORE (m)	CAMPIONI	SPT
TERRENO VEGETALE	Tetto 0.00 m Letto 0.40 m	0.40		
GHIAIE IN MATRICE LIMO-SABBIOSA DI COLORE GIALLO OCRA COMPATTE .	Tetto 0.40 m Letto 2.00 m	1.60		1.00 m / R
GHIAIE IN MATRICE SABBIOSA DI COLORE BIANCO COMPATTE. I CLASTI SI PRESENTANO ELABORATI CON DIMENSIONI SOTTO I 5 CM	Tetto 2.00 m Letto 11.0 m	9.00		3.45 m / 42-49-R 8.00 M / R
GHIAIE E BRECCE IN MATRICE LIMO SABBIOSA DI COLORE BEIGE	Tetto 11.0 m Letto 13.20 m	2.20		
ARGILLE LIMOSE E LIMI ARGILLOSI DI COLORE GRIGIO ALTERNATI A LIVELLI PIÙ SABBIOSI CON MATERIALE ORGANICO SPARSO GHIAIETTO COMPATTI	Tetto 13.20 m Letto 30.00 m	16.80	S1C1 14.50- 15.00	15.00 m / 25-32-38 21.00 m / 18-25-29 25.00 m / 25-32-33

**S2**

<b>LITOLOGIA</b>	<b>QUOTA RILEVATA DAL P.C. (m)</b>	<b>SPESSORE (m)</b>	<b>CAMPIONI</b>	<b>SPT</b>
RIPORTO BRECCIOSO CON CIOTTOLI CALCAREI CON MATRICE SABBIOSA.	Tetto 0.00 m Letto 0.90 m	0.90		
SABBIE LIMOSE E LIMI SABBIOSI DI COLORE BEIGE CON INCLUSI TRAVERTINOSI..	Tetto 0.90 m Letto 3.00 m	2.10		1.50 m / 13-12-14
LIVELLO DI TRAVERTINO	Tetto 3.00 m Letto 4.00 m	1.00		
GHIAIE E BRECCE IN MATRICE LIMO SABBIOSA DI COLORE BEIGE	Tetto 4.00 m Letto 8.00 m	4.00		4.50 m / 13-15-15 6.50 / 29-35-R
LIMI ARGILLOSI LOCALMENTE SABBIOSI DI COLORE OCRA VERDASTRO	Tetto 8.00 m Letto 12.00 m	4.00	S2C1 10.50- 11.00	9.50 m / 32-35-45
GHIAIE IN MATRICE SABBIOSA DI COLORE BEIGE COMPATTE	Tetto 12.00 m Letto 15.00 m	3.00		

## RISULTATI CAMPIONI INDISTURBATI

COMMITTENTE: Ternana Calcio			
RIFERIMENTO: Terni - Località Villa Palma			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 14,5-15,0	

## MODULO RIASSUNTIVO

## CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	%
Peso di volume	20,5 kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	

## ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	%
Sabbia	%
Limo	%
Argilla	%
D 10	mm
D 50	mm
D 60	mm
D 90	mm
Passante set. 10	%
Passante set. 42	%
Passante set. 200	%

## PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

## COMPRESSIONE

$\sigma$	kPa	$\sigma_{Rim}$	kPa
$c_u$	kPa	$c_{u\ Rim}$	kPa

## TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
$c'$	21,1	kPa	$\phi'$ 27,2 °
$c'_{Res}$		kPa	$\phi'_{Res}$ °

## COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$c_d$	kPa	$\phi_d$ °
C.U.	$c'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$ °
	$c_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$ °
U.U.	$c_u$	kPa	$\phi_u$ °

## PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

Limo argilloso di colore grigio ( $R_p = 300-320$  kPa).

COMMITTENTE: Ternana Calcio		
RIFERIMENTO: Terni - Località Villa Palma		
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 10.5-11.0

### MODULO RIASSUNTIVO

#### CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	%
Peso di volume	19,8 kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	

#### ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	%
Sabbia	%
Limo	%
Argilla	%
D 10	mm
D 50	mm
D 60	mm
D 90	mm
Passante set. 10	%
Passante set. 42	%
Passante set. 200	%

#### PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

#### COMPRESSIONE

$\sigma$	kPa	$\sigma_{Rim}$	kPa
$c_u$	kPa	$c_{u\ Rim}$	kPa

#### TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
$c'$	26,8	kPa	$\phi'$ 26,6 °
$c'_{Res}$		kPa	$\phi'_{Res}$ °

#### COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$c_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$c'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$c_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$c_u$	kPa	$\phi_u$	°

#### PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

Limo argilloso, localmente sabbioso, di colore ocra verdastro ( $R_p = 390-400$  kPa).

### **3.3 PROVE PENETROMETRICHE DPSH**

#### **STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di sottofondo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,90	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	--	0,50
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,90-4,20	20	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	--	1,00
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	4,20-6,00	18	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	--	3,00
Strato (4) Ghiaie compatte	6,00-6,60	76	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	--	8,00

#### **STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di sottofondo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato (1) Ripporto breccioso	0,00-0,90	27	Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	--	0,50
Strato (2) Sabbie limose con inclusi travertinosi e travertini	0,90-3,90	16	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	--	1,00
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	3,90-5,10	29	Coesivo Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	--	3,00
Strato (4) Ghiaie in matrice sabbiosa compatte	5,10-5,40	74	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	--	8,00

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di sottofondo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,90	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	--	0,50
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,90-4,20	10	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	--	1,00
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	4,20-5,70	28	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	--	3,00
Strato (4) Ghiaie compatte	5,70-6,00	74	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	--	8,00

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di sottofondo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,90	4	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	--	0,50
Strato (2) Ghiaie compatte	0,90-1,20	74	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	--	8,00

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di sottofondo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,60	2	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	--	0,50
Strato (2) Limi argillosi	0,60-1,50	6	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	22,00	0,80	--	1,00
Strato (3) Ghiaie in matrice argillosa	1,50-3,90	22	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	--	3,00
Strato (4) Ghiaie compatte	3,90-4,20	74	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	--	8,00

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.6**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di sottofondo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,90	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	--	0,50
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,90-5,40	10	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	--	1,00
Strato (3) Argille limose mediamente compatte	5,40-9,90	30	Coesivo Incoerente	1,90	2,00	26,00	2,00	--	3,00
Strato (4) Argille limose compatte	9,90-11,10	62	Coesivo Incoerente	1,96	2,00	27,00	3,50	--	4,00

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.7**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di sottofondo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,90	2	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	--	0,50
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,90-4,50	13	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	--	1,00
Strato (3) Ghiaie in matrice argillosa	4,50-7,20	28	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	--	3,00
Strato (4) Ghiaie compatte	7,20-7,50	63	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	--	8,00

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.8**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di sottofondo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,30	2	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	--	0,50
Strato (2) Limi argillosi con inclusi travertinosi	0,30-5,40	11	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	--	1,00
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	5,40-7,20	21	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	--	3,00
Strato (4) Ghiaie compatte	7,20-7,50	74	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	--	8,00

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.9**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di sottofondo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,90	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	--	0,50
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,90-6,30	9	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	--	1,00
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	6,30-8,10	21	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	--	3,00
Strato (4) Ghiaie compatte	8,10-8,40	74	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	--	8,00

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.10**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di sottofondo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,30	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	--	0,50
Strato (2) Ghiaie e brecce compatte	0,30-0,90	69	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	--	8,00

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.11**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di sottofondo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,60	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	--	0,50
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,60-3,60	11	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	--	1,00
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	3,60-5,10	24	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	--	3,00
Strato (4) Ghiaie compatte	5,10-5,70	71	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	--	8,00

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.12**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di sottofondo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,60	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	--	0,50
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,60-3,00	9	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	--	1,00
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	3,00-3,60	20	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	--	3,00
Strato (4) Ghiaie compatte	3,60-4,20	77	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	--	8,00

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.13**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di sottofondo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,60	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	--	0,50
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,60-3,60	11	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	--	1,00
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	3,60-4,20	36	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	--	3,00
Strato (4) Ghiaie compatte	4,20-4,80	66	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	--	8,00

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.14**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di sottofondo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,60	2	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	--	0,50
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,60-3,30	11	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	--	1,00
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	3,30-3,90	23	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	--	3,00
Strato (4) Ghiaie compatte	3,90-4,20	74	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	--	8,00

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.15**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di sottofondo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,90	2	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	--	0,50
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,90-4,80	7	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	--	1,00
Strato (3) Argille limose mediamente compatte	4,80-9,90	23	Coesivo Incoerente	1,90	2,00	26,00	2,00	--	3,00
Strato (4) Argille limose compatte	9,90-10,50	66	Coesivo Incoerente	1,96	2,00	27,00	3,50	--	4,00

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.16**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di sottofondo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,90	2	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	--	0,50
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,90-4,80	7	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	--	1,00
Strato (3) Argille limose mediamente compatte	4,80-9,90	23	Coesivo Incoerente	1,90	2,00	26,00	2,00	--	3,00
Strato (4) Argille limose compatte	9,90-10,50	66	Coesivo Incoerente	1,96	2,00	27,00	3,50	--	4,00

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.17**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di sottofondo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,60	2	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	--	0,50
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,60-6,60	5	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	--	1,00
Strato (3) Argille limose mediamente compatte	6,60-9,60	22	Coesivo Incoerente	1,90	2,00	26,00	2,00	--	3,00
Strato (4) Argille limose compatte	9,60-10,50	61	Coesivo Incoerente	1,96	2,00	27,00	3,50	--	4,00

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.18**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di sottofondo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,60	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	--	0,50
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,60-3,00	13	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	--	1,00
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	3,00-3,90	17	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	--	3,00
Strato (4) Ghiaie compatte	3,90-4,20	74	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	--	8,00

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.19**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di sottofondo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,60	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	--	0,50
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,60-2,70	12	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	--	1,00
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	2,70-4,50	24	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	--	3,00
Strato (4) Ghiaie compatte	4,50-5,10	71	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	--	8,00

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.20

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente di sottofondo (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,60	5	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	--	0,50
Strato (2) Ghiaie compatte	0,60-1,80	64	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	--	8,00

### **3.4 SAGGI GEOGNOSTICI CON ESCAVATORE**

**Si riportano le stratigrafie derivanti dai n° 15 saggi geognostici eseguiti tramite escavatore all'interno dell'area in studio. Per quanto attiene la documentazione fotografica si rimanda agli allegati in calce alla presente relazione.**

**SAGGIO 1: Profondità -2.30 m**

**Stratigrafia: 0.0-0.90 m Terreno vegetale**

**0.90-2.30 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con materiale organico.**

**SAGGIO 2: Profondità -2.40 m**

**Stratigrafia: 0.0-0.70 m Terreno vegetale**

**0.70-2.40 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con materiale organico ed inclusi travertinosi.**

**SAGGIO 3: Profondità - 2.40 m**

**Stratigrafia: 0.0-0.10 m Terreno vegetale 0.10-2.40 Ghiaie in matrice argillosa limosa**

**SAGGIO 4: Profondità - 2.40 m**

**Stratigrafia: 0.0-0.70 m Terreno vegetale**

**0.70-2.40 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con materiale organico ed inclusi travertinosi.**

**SAGGIO 5: Profondità - 1.60 m**

**Stratigrafia: 0.0-0.10 m Terreno vegetale 0.10-1.60 Breccie in matrice argillosa**

**SAGGIO 6: Profondità - 1.60 m**

**Stratigrafia: 0.0-0.10 m Terreno vegetale 0.10-1.60 Breccie in matrice argillosa**

**SAGGIO 7: Profondità - 2.40**

**Stratigrafia: 0.0-0.70 m Terreno vegetale**

**0.70-2.40 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con materiale organico ed inclusi travertinosi.**

**SAGGIO 9: Profondità - 2.40**

**Stratigrafia: 0.0-0.70 m Terreno vegetale 0.70-2.40 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con materiale organico ed inclusi travertinosi.**

**SAGGIO 10 Profondità - 2.40**

**Stratigrafia: 0.0-0.70 m Terreno vegetale 0.70-2.40 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con materiale organico ed inclusi travertinosi.**

**SAGGIO 11: Profondità - 2.40**

**Stratigrafia: 0.0-0.70 m Terreno vegetale 0.70-2.40 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con materiale organico ed inclusi travertinosi.**

**SAGGIO 12 Profondità - 2.40**

**Stratigrafia: 0.0-0.70 m Terreno vegetale 0.70-2.40 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con materiale organico ed inclusi travertinosi.**

**SAGGIO 13: Profondità - 2.40**

**Stratigrafia: 0.0-0.70 m Terreno vegetale 0.70-2.40 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con materiale organico ed inclusi travertinosi.**

**SAGGIO 14 Profondità - 2.40**

**Stratigrafia: 0.0-0.70 m Terreno vegetale 0.70-2.40 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con materiale organico ed inclusi travertinosi.**

**SAGGIO 15 Profondità - 1.90**

**Stratigrafia: 0.0-0.30 m Terreno vegetale 0.30-1.90 Limi argillosi di colore marrone scuro con inclusi calcarei di origine travertinosa**

**Le indagini geognostiche eseguite mostrano delle eteropie laterali dei terreni all'interno dell'area in esame. Per comprendere al meglio tale eteropie sulla base delle indagini puntuali realizzate sono state prodotte delle sezioni geologiche.**

**I terreni presenti sono riferibili, con molta probabilità ad un ambiente paleo fluvio lacustre, con la presenza di depositi generatosi in ambiente ad alta energia, vedi la presenza di ghiaie e brecce, e a bassa energia con la presenza di limi, limi sabbiosi e argille limose.**

**I terreni a livello geotecnico presentano buone caratteristiche.**

**A livello sismico i terreni mostrano lo stesso trend con velocità delle Vs basse nei primi sismostrati che aumentano all'aumentare della profondità.**

**Vista però la differenza dei terreni e delle curve di decadimento si è optato per la descrizioni di due differenti MOPS, denominate MOPS 1 e MOPS 2.**

**I risultati della microzonazione sismica di III livello per entrambe le MOPS sono descritte nel paragrafo di seguito alle indagini geofisiche.**

### **3.5 INDAGINE GEOFISICA DOWN HOLE**

L'esecuzione della prova è stata preceduta dalla preparazione della piazzola per l'energizzazione in onde P ed in onde SH.

La trave (appoggiata e non ancorata al terreno), posta ortogonalmente rispetto ai raggi di uscita dal centro foro e ad una distanza di 4.00 m dalla bocca del foro stesso.

Per l'energizzazione in onde P, viene posizionata una piastra metallica al suolo con lo stesso offset delle due battute orizzontali. Tale piastra viene percossa, con impatto verticale, utilizzando un martello pesante.

Per la generazione di onde S (SH), viene battuto con energizzatore sismico sul lato verticale all'estremità della trave appoggiata al suolo.

Viene calato il geofono all'interno del foro, ad intervalli di profondità noti e, ad ogni profondità, sono state registrate le onde sismiche prodotte dalle energizzazioni in onde P ed SH (queste ultime effettuate in due direzioni ortogonali tra loro).

Con la determinazione dei tempi di arrivo delle onde P ed S, e conoscendo la distanza tra i sistemi di energizzazione ed il foro e della profondità del geofono triassiale, è stato possibile ricavare le velocità delle onde sismiche P ed SH entro i primi 30 m dal p.c., ed è stato quindi valutato il parametro  $V_{s_{eq}}$  come media dei valori riscontrati in direzione x e in direzione y ed individuata una classe di suolo (come prescritto dalle N.T.C. 2018).

L'interpretazione dei dati mediante l'analisi della stratigrafia di sondaggio e tramite l'esame delle dromocrone ha permesso di individuare la seguente successione di strati (seguono sezioni esplicative):

Sismostrato	Profondità (m)	Vp (m/s)	V <sub>S<sub>med</sub></sub> (m/s)	Poisson (-)
1	3	696	226	0.41
2	6	732	245	0.41
3	13	1305	363	0.43
4	30	1764	428	0.45

$$\underline{V_{S_{eq}} \text{ (m/s)} = 355}$$

**Cat. Sottosuolo: "C"**

La categoria di sottosuolo risultante è riferita al piano attuale di campagna.

PER I DETTAGLI DELL'ANALISI SISMICA SI RIMANDA ALLA RELAZIONE DOWNHOLE IN CALCE ALLA PRESENTE RELAZIONE.

### **3.6 INDAGINI GEOFISICHE MASW**

Nel mese di Gennaio 2022 sono state eseguite n° 5 indagini di tipo MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) all'interno del territorio del Comune di Terni, in località zona Villa Palma.

#### **PROFILO MASW n°1**

- Lunghezza stendimento: 46.00 m
- Distanza Intergeofonica: 4.00 m

L'acquisizione dei risultati è avvenuta effettuando n. 2 battute rispettivamente con offset di 2-5 metri dal primo geofono, ed utilizzando come sorgente di energia una mazza di battuta.

**La velocità  $V_{seq}$  (m/s) = 341**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (NTC 2018) il terreno in oggetto ricade nella categoria di sottosuolo:

**“C” 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.**

Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)
<b>1</b>	<b>171</b>	<b>2.8</b>
<b>2</b>	<b>267</b>	<b>3.1</b>
<b>3</b>	<b>309</b>	<b>3.8</b>
<b>4</b>	<b>426</b>	<b>--</b>

E' da tener presente, tuttavia, che le  $V_{seq}$ , e la relativa categoria di sottosuolo risultante, si riferiscono ai 30 metri di profondità a partire dal piano campagna o al raggiungimento del bedrock.

## PROFILO MASW n°2

- Lunghezza stendimento: 46.00 m
- Distanza Intergeofonica: 4.00 m

L'acquisizione dei risultati è avvenuta effettuando n. 2 battute rispettivamente con offset di 2-5 metri dal primo geofono, ed utilizzando come sorgente di energia una mazza di battuta.

**La velocità  $V_{Seq}$  (m/s) = 341**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (NTC 2018) il terreno in oggetto ricade nella categoria di sottosuolo:

**“C” 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.**

Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	175	2.3
2	245	2.9
3	330	4.2
4	409	--

E' da tener presente, tuttavia, che le  $V_{seq}$ , e la relativa categoria di sottosuolo risultante, si riferiscono ai 30 metri di profondità a partire dal piano campagna o al raggiungimento del bedrock.

### PROFILO MASW n°3

- Lunghezza stendimento: 46.00 m
- Distanza Intergeofonica: 4.00 m

L'acquisizione dei risultati è avvenuta effettuando n. 2 battute rispettivamente con offset di 2-5 metri dal primo geofono, ed utilizzando come sorgente di energia una mazza di battuta.

**La velocità  $V_{s_{eq}}$  (m/s) = 350**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (NTC 2018) il terreno in oggetto ricade nella categoria di sottosuolo:

**“C” 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.**

Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	200	4.2
2	273	3.0
3	339	4.1
4	448	--

E' da tener presente, tuttavia, che le  $V_{seq}$ , e la relativa categoria di sottosuolo risultante, si riferiscono ai 30 metri di profondità a partire dal piano campagna o al raggiungimento del bedrock.

### PROFILO MASW n°4

- Lunghezza stendimento: 46.00 m
- Distanza Intergeofonica: 4.00 m

L'acquisizione dei risultati è avvenuta effettuando n. 2 battute rispettivamente con offset di 2-5 metri dal primo geofono, ed utilizzando come sorgente di energia una mazza di battuta.

**La velocità  $V_{seq}$  (m/s) = 320**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (NTC 2018) il terreno in oggetto ricade nella categoria di sottosuolo:

**“C” 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.**

Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	170	3.1
2	245	2.3
3	299	3.2
4	385	--

E' da tener presente, tuttavia, che le  $V_{seq}$ , e la relativa categoria di sottosuolo risultante, si riferiscono ai 30 metri di profondità a partire dal piano campagna o al raggiungimento del bedrock.

### PROFILO MASW n°5

- Lunghezza stendimento: 46.00 m
- Distanza Intergeofonica: 4.00 m

L'acquisizione dei risultati è avvenuta effettuando n. 2 battute rispettivamente con offset di 2-5 metri dal primo geofono, ed utilizzando come sorgente di energia una mazza di battuta.

**La velocità  $V_{s_{eq}}$  (m/s) = 340**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (NTC 2018) il terreno in oggetto ricade nella categoria di sottosuolo:

**“C” 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.**

Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	185	3.0
2	233	3.0
3	326	2.9
4	420	--

E' da tener presente, tuttavia, che le  $V_{seq}$ , e la relativa categoria di sottosuolo risultante, si riferiscono ai 30 metri di profondità a partire dal piano campagna o al raggiungimento del bedrock.

### **3.7 INDAGINI GEOFISICHE HVSR**

Le misure eseguite della durata di 30 e 35 minuti non hanno permesso di desumere una frequenza fondamentale di sito chiara e univoca.

Nella acquisizione 1 è stato individuato un picco a 0.588 Hz con un rapporto H/V di 2.647, che però non rispetta i criteri SESAME.

Il picco può essere associato al passaggio al bedrock sismico ad una profondità di 120 metri.

Nella acquisizione 2 è stato individuato un picco a 4.926 Hz con un rapporto H/V di 2.320, che però non rispetta i criteri SESAME.

Il picco potrebbe essere dovuto al passaggio intorno ai 45-50 metri tra terreni a differente impedenza, non associabili però al passaggio al bedrock sismico.

### **3.8 VERIFICHE DI STABILITA'**

Sono state eseguite delle verifiche di stabilità del pendio che interessa l'area in studio.

Le verifiche sono state eseguite per ulteriore sicurezza, poiché nell'area in studio non è segnalato nessun tipo di movimento franoso né attivo né quiescente, né tantomeno vi sono segni di creep o scivolamento dei terreni a livello superficiale.

Sono state eseguite le verifiche su due profili quelli a maggior pendenza.

Le verifiche sono state eseguite con il programma SLOPE della GEOSTRU, secondo la normativa NTC 2018 in regime pseudostatico.

Gli FS risultanti sono molto maggiori rispetto a quelli di normativa.

PROFILO 1  $F_s = 3.68 \gg 1.10$

PROFILO 1  $F_s = 2.95 \gg 1.10$

**Il sito risulta stabile.**

IN CALCE ALLA PRESENTE RELAZIONE VI E' LA RELAZIONE DI CALCOLO COMPLETA E I PROFILI UTILIZZATI.

## 4. MICROZONAZIONE SISMICA

### 4.1 Sismicità di base

Come mostra l'estratto della Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, per il territorio del Comune di Terni è prevedibile un'accelerazione massima al suolo  $a_g$  compresa tra 0,150 e 0,175, calcolata con probabilità di eccedenza in 50 anni del 10% (tempo di ritorno: 475 anni).

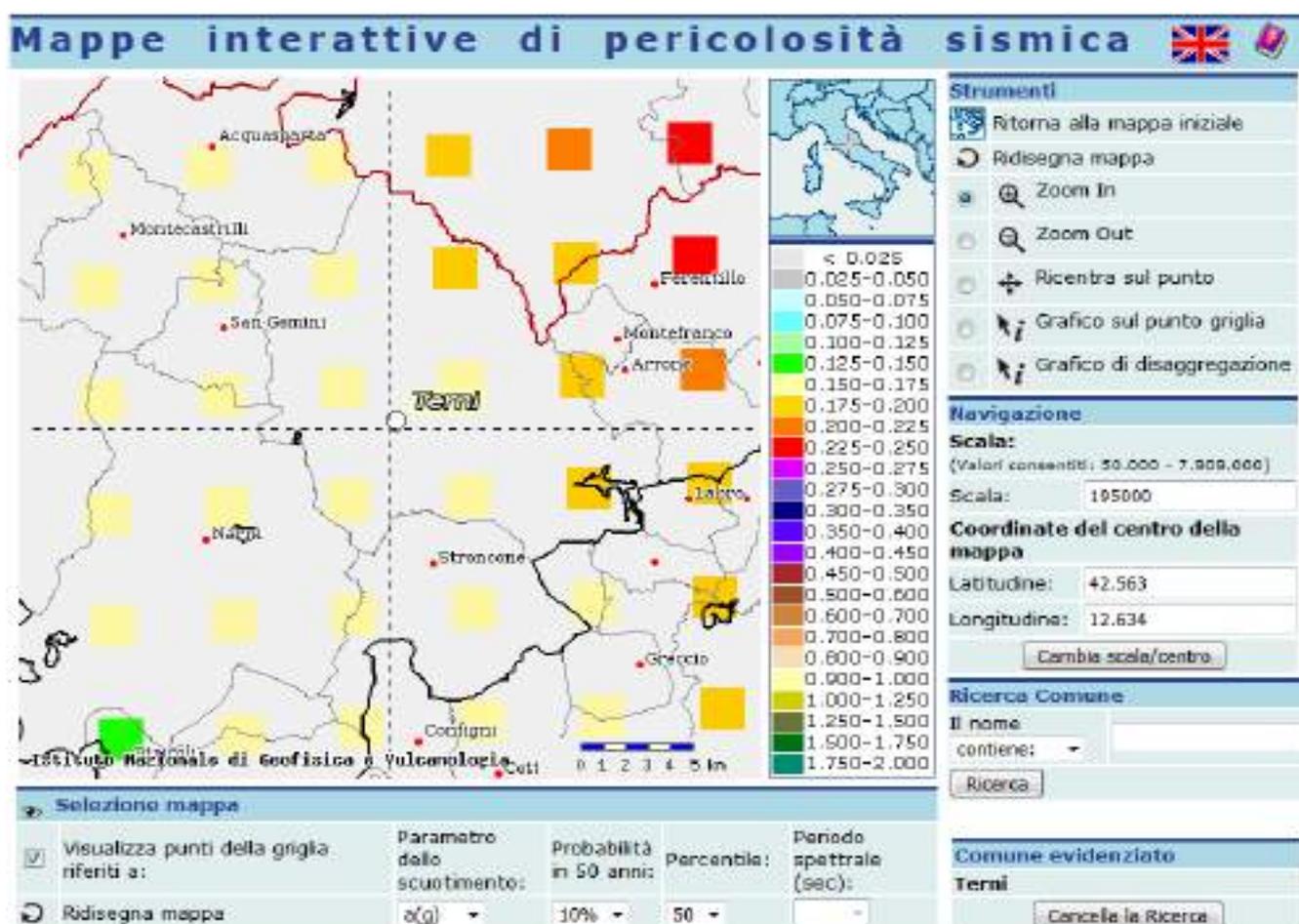


Fig. 1 Mappa di pericolosità sismica, dal sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

## 4.2 Sismicità storica e recente

Dall'analisi dei dati disponibili all'interno del Catalogo parametrico dei terremoti Italiani dal 1900 al 2006 risulta che nell'area in studio è stato interessato da 16 eventi significativi riportati dall'allegata scheda acquisita dal sito del INGV.

### Terni

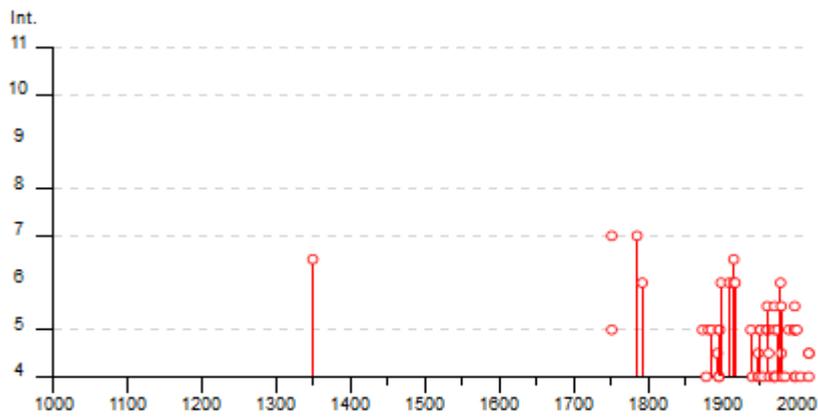


PlaceID IT\_50252  
 Coordinate (lat, lon) 42.562, 12.647  
 Comune (ISTAT 2015) Terni  
 Provincia Terni  
 Regione Umbria  
 Numero di eventi riportati 97

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
6-7	1349	09	09	08	15		Viterbese	9	
NF	1639	10	07				Monti della Laga	39	9-10 6.21
F	1703	01	14	18			Valnerina	197	11 6.92
7	1751	06	11				Ternano	8	7 5.12
5	1751	07	27	01			Appennino umbro-marchigiano	66	10 6.38
7	1785	10	09	03	15		Monti Reatini	33	8-9 5.76
6	1792	07	20				Ternano	9	6-7 5.06
F	1854	01	17	09			Narni	6	5-6 4.71
5	1873	03	12	20	04		Appennino marchigiano	196	8 5.85
2	1874	02	24	06	52		Aquilano	26	6-7 5.12
F	1876	05	22	00	30		Spoleto	14	5-6 4.57
4	1878	09	15	07	20		Valle Umbra	34	8 5.46
5	1881	03	11	22	50		Valle Umbra	15	5 4.51
3	1882	05	26	04	15		Cascia	16	5 4.45
5	1885	06	17	22	34		Monti Reatini	9	7 4.90
4-5	1893	08	02	00	59		Valnerina	84	5-6 4.55
5	1895	05	20	15	32	5	Valle Umbra	27	5-6 4.49
4	1895	08	09	17	38	2	Adriatico centrale	103	6 5.11
4	1895	11	01				Campagna romana	94	6-7 4.83
5	1896	01	06	15	59		Narni	13	5 4.08
NF	1897	01	19	19	20		Poggiodoro	19	6 4.68
6	1898	06	27	23	38		Reatino	186	8 5.50
F	1904	02	24	15	53	2	Marsica	56	8-9 5.68
NF	1904	06	20	01	24		Assisi	24	5 4.10
NF	1904	09	02	11	21		Maceratese	59	5-6 4.63
F	1907	01	23	00	25		Adriatico centrale	93	5 4.75
NF	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7 5.36
6	1909	02	06	08	05		Ternano	12	5 4.16
NF	1909	10	01	01	08		Spoleto	8	5-6 4.40
NF	1910	06	29	13	52		Valnerina	58	7 4.93
NF	1911	01	18	06	52		Lugnano in Teverina	19	6 4.42
NF	1911	04	10	09	43		Colli Albani	79	6 4.74
6-7	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11 7.08
6	1915	11	11	03	41		Ternano	16	6 4.53
6	1917	05	12	15	34	3	Ternano	34	7-8 5.03
3	1919	10	22	06	10		Anzio	142	6-7 5.22
NF	1927	12	26	15	06	1	Colli Albani	38	7 4.89
3	1929	05	07	17	06		Valle Umbra	4	5 4.16

2-3	<a href="#">🔗</a>	1930	04	07	17	17	1	Monti Sibillini	28	5-6	4.50
5	<a href="#">🔗</a>	1938	08	12	02	28	3	Appennino laziale-abruzzese	55	5-6	4.56
4	<a href="#">🔗</a>	1940	10	16	13	17		Val di Paglia	106	7-8	5.29
4	<a href="#">🔗</a>	1948	12	17	21	18	0	Monti Reatini	3	5-6	4.40
4-5	<a href="#">🔗</a>	1948	12	31	03	32		Monti Reatini	95	8	5.42
4	<a href="#">🔗</a>	1949	10	27	19	08		Monti Reatini	9	6-7	4.98
5	<a href="#">🔗</a>	1950	09	05	04	08		Gran Sasso	386	8	5.69
5	<a href="#">🔗</a>	1951	08	08	19	56		Gran Sasso	94	7	5.25
4	<a href="#">🔗</a>	1954	03	23	17	55		Collestatte	20	5	4.16
NF	<a href="#">🔗</a>	1957	03	12	16	20		Valnerina	62	5	4.16
NF	<a href="#">🔗</a>	1957	07	19	09	04	0	Valle Umbra	58	6-7	4.58
2	<a href="#">🔗</a>	1960	03	16	01	52	4	Monti della Laga	81	5	4.44
5	<a href="#">🔗</a>	1960	04	23	11	44		Monti Martani	21	6	4.66
5	<a href="#">🔗</a>	1960	07	12	14	08		Monti Martani	35	7-8	4.93
5	<a href="#">🔗</a>	1960	07	18	04	07		Ternano	32	6-7	4.53
5-6	<a href="#">🔗</a>	1960	07	20	23	09		Ternano	22	7	4.67
3	<a href="#">🔗</a>	1961	10	31	13	37		Reatino	84	8	5.09
4-5	<a href="#">🔗</a>	1962	08	30	12	10		Valnerina	35	7	5.02
4	<a href="#">🔗</a>	1963	02	02	19	34		Reatino	10	6	4.64
3	<a href="#">🔗</a>	1967	12	03	21	29	5	Aquilano	32	5	4.37
F	<a href="#">🔗</a>	1968	01	04	10	23		Sabina	28	6	4.53
4	<a href="#">🔗</a>	1969	09	26	23	40	3	Teramano	97	5	4.39
5	<a href="#">🔗</a>	1970	05	25	12	56		Ternano	17	5	4.35
5-6	<a href="#">🔗</a>	1970	05	26	12	05		Ternano	7	5-6	4.37
4	<a href="#">🔗</a>	1970	09	07	14	02	2	Appennino umbro-marchigiano	56	5	4.35
3	<a href="#">🔗</a>	1971	02	06	18	09		Tuscania	89	7-8	4.83
3	<a href="#">🔗</a>	1971	02	11	18	49	2	Valle del Chiascio	71	6	4.61
4	<a href="#">🔗</a>	1971	04	02	01	43	5	Valnerina	68	6	4.50
5	<a href="#">🔗</a>	1974	12	02	01	55	1	Valnerina	27	7-8	4.58
3-4	<a href="#">🔗</a>	1976	05	06	20	00	1	Friuli	770	9-10	6.45
6	<a href="#">🔗</a>	1978	07	30	05	19	2	Ternano	25	7	4.32
4-5	<a href="#">🔗</a>	1979	01	25	23	53	0	Valnerina	8	5	4.44
5-6	<a href="#">🔗</a>	1979	09	19	21	35	3	Valnerina	694	8-9	5.83
4	<a href="#">🔗</a>	1980	02	28	21	04	4	Valnerina	146	6	4.97
NF	<a href="#">🔗</a>	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	<a href="#">🔗</a>	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
4	<a href="#">🔗</a>	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
3	<a href="#">🔗</a>	1986	10	13	05	10	0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
NF	<a href="#">🔗</a>	1987	07	03	10	21	5	Costa Marchigiana	359	7	5.06
5	<a href="#">🔗</a>	1989	12	22	06	48	1	Valle Umbra	114	5	4.44
3	<a href="#">🔗</a>	1990	09	12	02	59	4	Valle Umbra	62	5-6	4.12
3	<a href="#">🔗</a>	1993	06	05	19	16	1	Valle del Topino	326	6	4.72
3-4	<a href="#">🔗</a>	1996	10	20	19	06	5	Appennino laziale-abruzzese	100	5	4.36
5	<a href="#">🔗</a>	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
5-6	<a href="#">🔗</a>	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
5	<a href="#">🔗</a>	1997	10	03	08	55	2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
4	<a href="#">🔗</a>	1997	10	06	23	24	5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
5	<a href="#">🔗</a>	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62

3-4	<a href="#">🔗</a>	1997 11 09 19 07 3	Valnerina	180	4.87
3-4	<a href="#">🔗</a>	1998 03 21 16 45 0	Appennino umbro-marchigiano	141	5.00
4	<a href="#">🔗</a>	1998 04 05 15 52 2	Appennino umbro-marchigiano	395	4.78
3	<a href="#">🔗</a>	1998 08 15 05 18 0	Reatino	233	5-6 4.42
5	<a href="#">🔗</a>	2000 12 16 07 31 0	Ternano	129	5-6 4.29
NF	<a href="#">🔗</a>	2001 03 23 00 50 1	Sabina	85	5 3.77
4	<a href="#">🔗</a>	2005 12 15 13 28 3	Val Nerina	350	5 4.14
4-5	<a href="#">🔗</a>	2016 08 24 01 36 3	Monti della Laga	221	10 6.18
4	<a href="#">🔗</a>	2016 10 26 19 18 0	Valnerina	77	6.07
4-5	<a href="#">🔗</a>	2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379	6.61
F	<a href="#">🔗</a>	2017 01 18 10 14 0	Aquilano	280	5.70



► Personalizza il diagramma

### **4.3 Risposta Sismica Locale / MICROZONAZIONE SISMICA DI III**

#### **LIVELLO**

In base alle caratteristiche locali di sito vengono effettuati n° 2 studi di risposta sismica locale/microzonazione sismica di III livello “mirati” per le due MOPS individuate nel sito in questione.

La microzonazione sismica di III sulla base dei risultati di una dettagliata campagna di indagini geofisiche.

Per quanto riguarda gli accelerogrammi utilizzati quest’ultimi sono stati reperiti dal sito della Regione Umbria.

Per quanto riguarda i parametri sismici di base, visto che l’area è divisa a metà dalla maglia elementare, sono stati utilizzati i parametri sismici di base più cautelativi, quelli con una  $A_g$  di base maggiore.

I risultati ottenuti hanno consentito di attenersi a una **valutazione puntuale dello spettro medio di output e dei tre valori di FA (0.1-0.5s, 0.4-0.8s, 0.7-1.1s)**.

I risultati ottenuti, n termine di FA per quanto riguarda la MOPS 1, sono i seguenti:

$$\mathbf{FA (0.1-0.5s) = 1.826}$$

$$\mathbf{FA (0.4-0.8) = 2.142}$$

$$\mathbf{FA (0.7-1.1s) = 2.332}$$

#### **Parametri spettro normalizzato**

$A_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]
2.546	2.804598	--	0.145	0.434	2.638	2.546	7.141

I risultati ottenuti, n termine di FA per quanto riguarda la MOPS 2, sono i seguenti:

$$\mathbf{FA (0.1-0.5s) = 1.664}$$

$$\mathbf{FA (0.4-0.8) = 2.059}$$

$$\mathbf{FA (0.7-1.1s) = 2.257}$$

#### **Parametri spettro normalizzato**

$A_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]
2.209	2.381	0.474	0.158	0.474	2.256	2.209	5.258

## 5. CONCLUSIONI

Sulla base delle caratteristiche litotecniche, idrogeologiche e geomorfologiche della zona in studio e facendo riferimento alla normativa vigente in materia si perviene alle seguenti conclusioni:

- **l'area oggetto di studio è stabile e non si evidenziano problematiche d'ordine geologico-geotecnico, sismico, geomorfologico ed idrogeologico;**
- Dall'analisi della carta PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) e delle verifiche di stabilità il sito in esame risulta stabile, non è interessato da fenomeni franosi attivi e/o quiescenti;
- Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche e dei sondaggi non è stato intercettato alcun livello di falda; se ne stima la presenza oltre i 15 metri dal piano attuale di campagna;
- ***La categoria topografica del sito in studio è pari a T1: terreni pianeggianti con pendenze inferiori a 15°.***
- Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (NTC 2018) il terreno in oggetto ricade nella categoria di sottosuolo: **“C” 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.**

**PER QUANTO ATTIENE LA VERIFICA A LIQUEFAZIONE QUEST'ULTIMA NON E' STATA REALIZZATA POICHE' LA FALDA RISULTA ATTESTATA OLTRE I 15 METRI DAL PIANO ATTUALE DI CAMPAGNA ED I TERRENI PRESENTI NON RIENTRANO NEL FUSO GRANULOMETRICO DELLE SABBIE SOGGETTE A LIQUEFAZIONE.**

I risultati ottenuti, n termine di FA per quanto riguarda la MOPS 1, sono i seguenti:

**FA (0.1-0.5s) = 1.826**

**FA (0.4-0.8) = 2.142**

**FA (0.7-1.1s) = 2.332**

**Parametri spettro normalizzato**

Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]
2.546	2.804598	--	0.145	0.434	2.638	2.546	7.141

I risultati ottenuti, n termine di FA per quanto riguarda la MOPS 1, sono i seguenti:

**FA (0.1-0.5s) = 1.664**

**FA (0.4-0.8) = 2.059**

**FA (0.7-1.1s) = 2.257**

**Parametri spettro normalizzato**

Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]
2.209	2.381	0.474	0.158	0.474	2.256	2.209	5.258

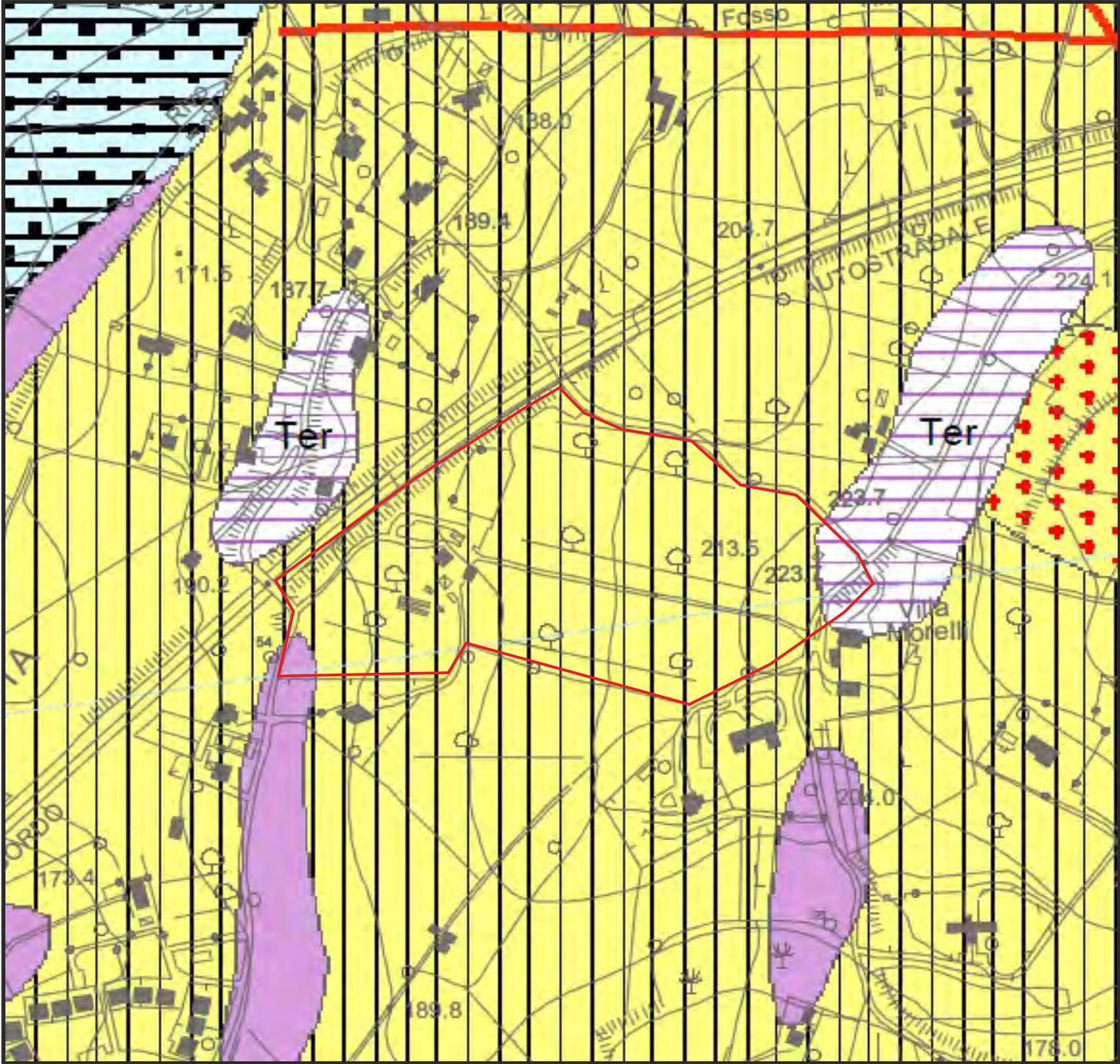
**Febbraio 2022**

**GEOLOGO  
LUCA LATELLA**



*Luca Latella*

# CARTA GEOLOGICA DEL PRG DEL COMUNE DI TERNI C.T.R. 346040 TERNI SCALA RILEVAMENTO 1:10.000

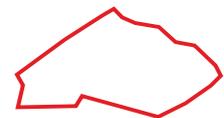


## Legenda

-  **col** Depositi eluvio-Colleviali: Depositi essenzialmente fini con clasti di varie dimensioni, provenienti dal distacco delle rocce del substrato, accumulati sul posto o sedimentati sui versanti per trasporto di massa ero per ruscellamento diffuso (Pleistocene-Olocene)
-  **ter** Terre Rosse: Depositi residuali argillosi-limosi di colore rosso, fultura frammenti a materiale calcareo detritico, provenienti dall'alterazione e dalla dissoluzione dei carbonati (Pleistocene-Olocene)

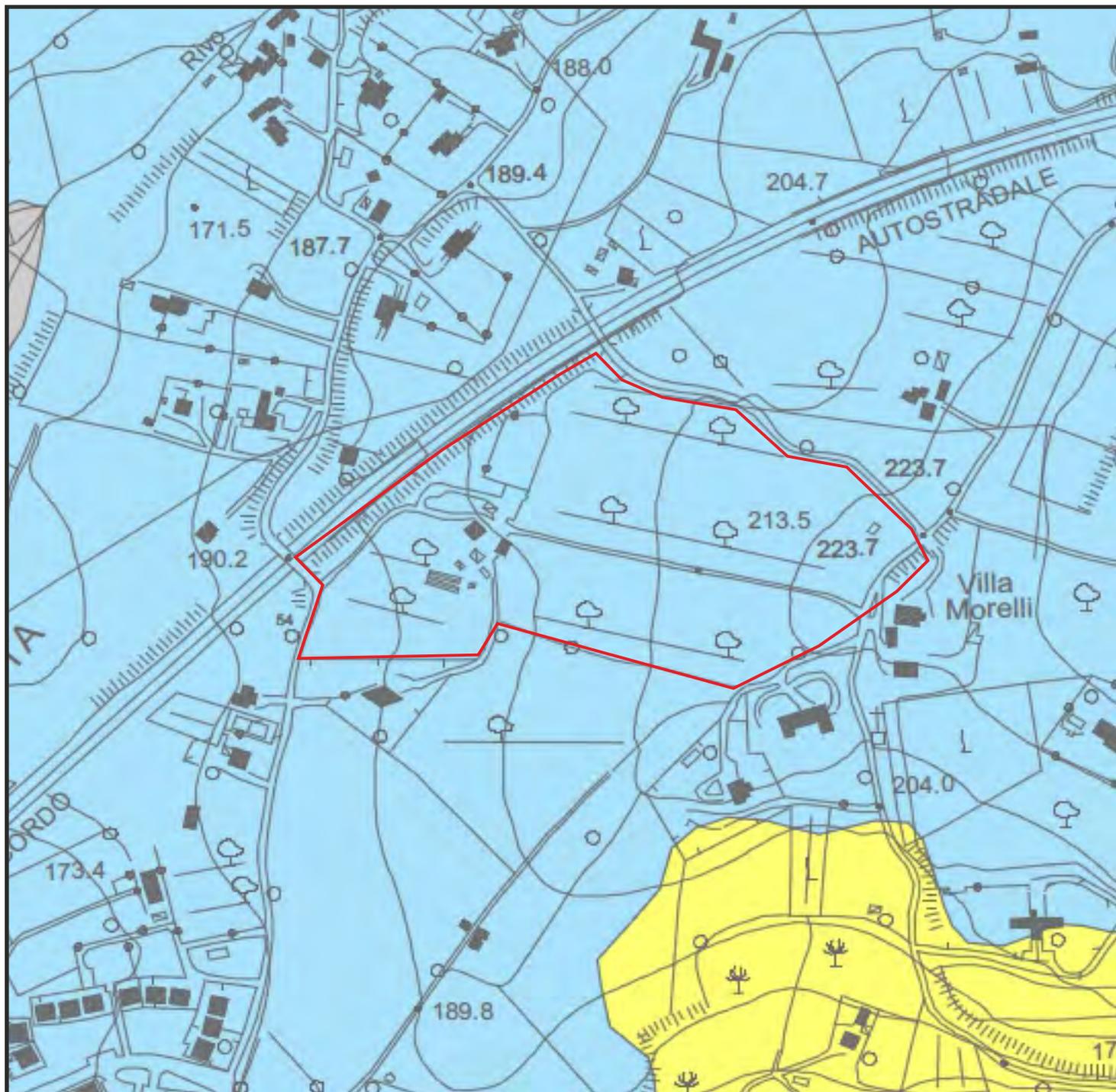
### Depositi Fluvio-Lacustri del Bacino Tiberino

-  **ACP TRAVERTINI, SABBIE E LIMI TRAVERTINOSI**  
Limi calcareo-travertinosi, sabbie limose fini sottilmente laministe, associate a travertino fitofornale e fitoclastico, subordinatamente a strati di calcare litoidi; e presente malaco fauna di piccola terrestre



Area in studio

**CARTA DELL'ACCLIVITA' DEI VERSANTI CON I  
PRINCIPALI ELEMENTI MORFOLOGICI  
PRG DEL COMUNE DI TERNI  
C.T.R. 346040 TERNI SCALA RILEVAMENTO 1:10.000**



**Legenda**

**CLASSI DI PENDENZA (P)**



2

5%(2,8°) < P < 15%(8,5°)



Area in studio

# UBICAZIONE SU CARTA IGM SCALA 1:25000

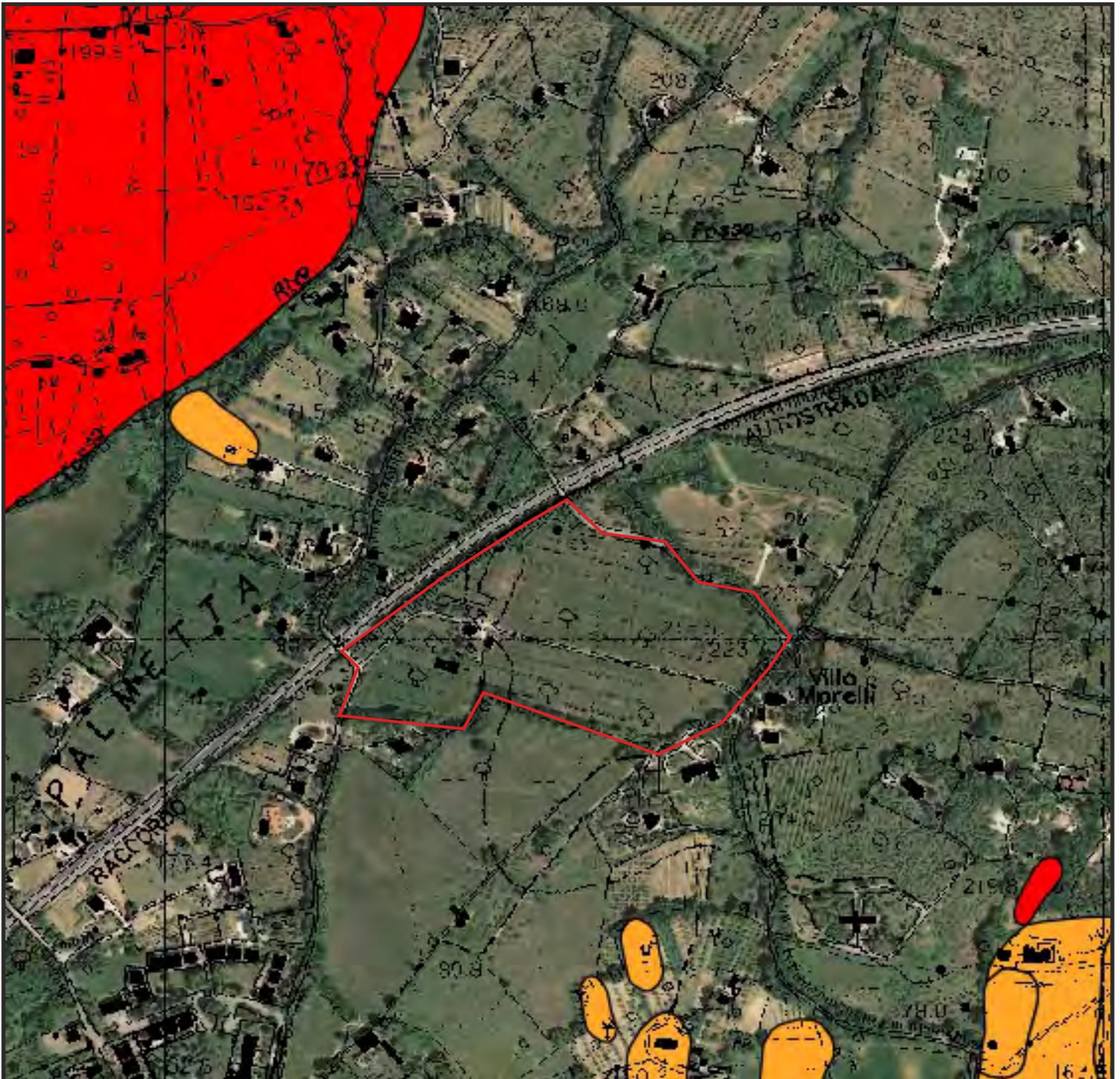


## Legenda

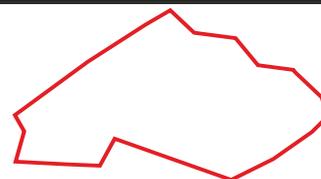


Area in studio

## PAI - PIANO DI STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO



### Legenda



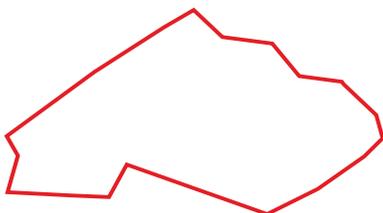
Area in studio

Dalla carta PAI il sito in esame non risulta essere caratterizzato da alcun movimento franoso attivo e/o quiescente. Il sito risulta stabile.

# ORTOFOTO



## Legenda



Area in studio

## ORTOFOTO CON UBICAZIONE INDAGINI (MASW, HVSR)



### Legenda

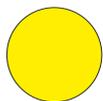
 Stendimento indagine geofisica MASW (n°5)

 Indagine HVSR (n°2)

**ORTOFOTO CON UBICAZIONE INDAGINI  
(PROVE PENETROMETRICHE)**



**Legenda**



20 Prove Penetrometriche dinamiche DPSH

## ORTOFOTO CON UBICAZIONE INDAGINI (SONDAGGI)



### Legenda

-  S1. Sondaggio geognostico a carotaggio continuo DOWNHOLE (30m)
-  S2. Sondaggio geognostico a carotaggio continuo (15m)

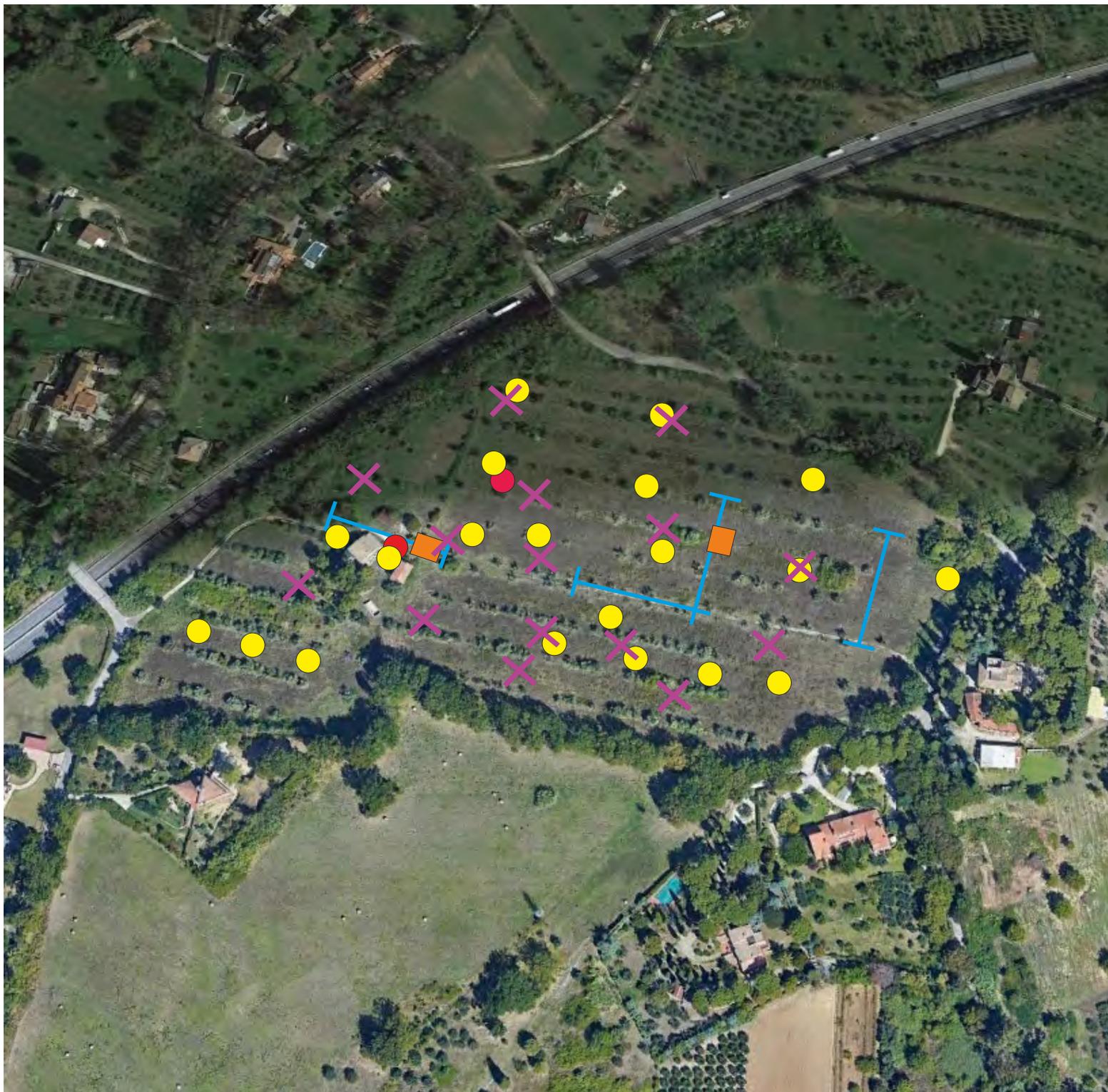
## ORTOFOTO CON UBICAZIONE INDAGINI (SAGGI)



### Legenda

 Saggi (profondità media 2,50m)

## ORTOFOTO CON UBICAZIONE INDAGINI



### Legenda

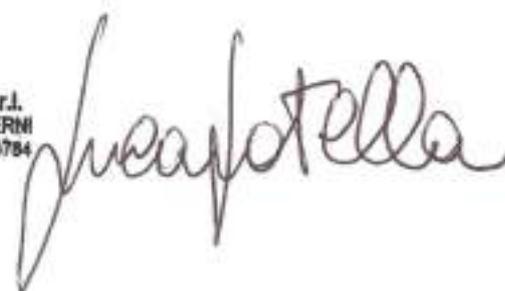
-  Stendimento indagine geofisica MASW (n°5)
-  20 Prove Penetrometriche dinamiche DPSH
-  Sondaggio geognostico a carotaggio continuo
-  INDAGINE HVSR (n°5)

# SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO

LOCALITA': ZONA VILLA PALMA

COMMITTENTE: TERNANA CALCIO

SOCIETA' GEOLOGICA s.r.l.  
Via G. Di Vitatore, 18 - 05100 TERNI  
Tel. 0744 402427 / Fax 0744 283784  
P. IVA 01374990552



Committente: TERNANA CALCIO	Profondità raggiunta: 30 metri	Quota Ass. P.C.: 204 m	Inizio / Fine Esecuzione: 25-01-2022 / 28-01-2022
Ditta Esecutrice: Società Geologica S.r.l.	Sondaggio: Sondaggio 1	Tipo Sonda: CMV 600 MK Diametro perforazione: 101 Diametro rivestimenti: 127	Coordinate: WGS 84 Lat 42.581689 Lng 12.640710

Progetto e Località: VARIANTE URBANISTICA ZONA VILLA PALMA

Litologia	Descrizione	Prof. Parz.	Prof. Prog.	% Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° colpi)	Pocket Test	Metodo di perforazione	Metodo di stabilizzazione	Campioni	Falda	Sondaggio attrezzato
	Terreno vegetale	0.40	0.40								
1	Ghiaie in matrice limo-sabbiosa di colore giallo ocra compatte .	1.60			R PC 1.00 1.15 1.30 1.45						
2			2.00								
3											
4	Ghiaie in matrice sabbiosa di colore bianco compatte. i clasti si presentano elaborati con dimensioni sotto i 5 cm				42 49 R PC 3.45 3.60 3.75 3.90						
5		9.00									
6											
7											
8					R PC 8.00 8.15 8.30 8.45						
9											
10				11.0							

CS (T1) per tutto il sondaggio con uso di acqua per la perforazione

Uso di Rivestimenti Metallici (RM) fino a 18 metri di profondità

PROVA SISMICA DOWNHOLE

Campioni: S - Pareti Sottili, O-Ostemberg, M-Mazier, R- Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
 Piezometro: ATA - Tubo Aperto TF (Tubo Filtro) - TC (Tubo Cieco), GSG - Casagrande  
 Perforazione: CS-Carotiere semplice, CD - Carotieri Doppio, EC - Elica Continua  
 Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB - Fanghi Bentonitici  
 Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa

Committente: TERNANA CALCIO	Profondità raggiunta: 30 metri	Quota Ass. P.C.: 204 m	Inizio / Fine Esecuzione: 25-01-2022 / 28-01-2022
Ditta Esecutrice: Società Geologica S.r.l.	Sondaggio: Sondaggio 1	Tipo Sonda: CMV 600 MK Diametro perforazione: 101 Diametro rivestimenti: 127	Coordinate: WGS 84 Lat 42.581689 Lng 12.640710

Progetto e Località: VARIANTE URBANISTICA ZONA VILLA PALMA

Litologia	Descrizione	Prof. Parz.	Prof. Prog.	% Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° colpi)	Pocket Test	Metodo di perforazione	Metodo di stabilizzazione	Campioni	Falda	Sondaggio attrezzato
11	Ghiaie in matrice sabbiosa di colore bianco compatte. i clasti si presentano elaborati con dimensioni sotto i 5 cm	9.00	11.0								PROVA SISMICA DOWNHOLE
12	Ghiaie e breccie in matrice limo sabbiosa di colore beige	2.20									
13			13.2								
14											
15	Argille limose e limi argillosi di colore grigio alternati a livelli più sabbiosi con materiale organico sparso ghiaietto compatti	16.8			PC 25 15.0 32 15.15 38 15.3 15.45		CS (T1) per tutto il sondaggio con uso di acqua per la perforazione	Uso di Rivestimenti Metallici (RM) fino a 18 metri di profondità	S1C1 14.5- 15.0		
16											
17											
18											
19											
20			30.0								

Campioni: S - Pareti Sottili, O-Ostemberg, M-Mazier, R- Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
 Piezometro: ATA - Tubo Aperto, GSG - Casagrande  
 Perforazione: CS-Carotiere semplice, CD - Carotieri Doppio, EC - Elica Continua  
 Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB - Fanghi Bentonitici  
 Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa

Committente: TERNANA CALCIO	Profondità raggiunta: 30 metri	Quota Ass. P.C.: 204 m	Inizio / Fine Esecuzione: 25-01-2022 / 28-01-2022
Ditta Esecutrice: Società Geologica S.r.l.	Sondaggio: Sondaggio 1	Tipo Sonda: CMV 600 MK Diametro perforazione: 101 Diametro rivestimenti: 127	Coordinate: WGS 84 Lat 42.581689 Lng 12.640710

Progetto e Località: VARIANTE URBANISTICA ZONA VILLA PALMA

Litologia	Descrizione	Prof. Parz.	Prof. Prog.	% Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° colpi)	Pocket Test	Metodo di perforazione	Metodo di stabilizzazione	Campioni	Falda	Sondaggio attrezzato
-----------	-------------	-------------	-------------	---------------------	-------------------	-------------	------------------------	---------------------------	----------	-------	----------------------

21	 <p>Argille limose e limi argillosi di colore grigio alternati a livelli più sabbiosi con materiale organico sparso ghiaietto compatti</p>				PC		CS (T1) per tutto il sondaggio con uso di acqua per la perforazione Uso di Rivestimenti Metallici (RM) fino a 18 metri di profondità			<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: mixed; font-size: 2em; font-weight: bold;">PROVA SISMICA DOWNHOLE</p>
22					18	21.0				
23					25	21.15				
24					29	21.3				
25						21.45				
26										
27										
28										
29										
30										

Campioni: S - Pareti Sottili, O-Ostemberg, M-Mazier, R- Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
 Piezometro: ATA - Tubo Aperto, GSG - Casagrande  
 Perforazione: CS-Carotiere semplice, CD - Carotieri Doppio, EC - Elica Continua  
 Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB - Fanghi Bentonitici  
 Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



PIAZZAMENTO S1

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Cassetta S1 0-5.00



Cassetta S1 5.00-10.00

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Cassetta S1 10.00-15.00



Cassetta S1 15.00-20.00

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Cassetta S1 20.00-25.00



Cassetta S1 25.00-30.00

Committente: TERNANA CALCIO	Profondità raggiunta: 15 metri	Quota Ass. P.C.: 200 m	Inizio / Fine Esecuzione: 28-01-2022 / 28-01-2022
Ditta Esecutrice: Società Geologica S.r.l.	Sondaggio: Sondaggio 2	Tipo Sonda: CMV 600 MK Diametro perforazione: 101 Diametro rivestimenti: 127	Coordinate: WGS 84 Lat 42.581107 Lng 12.640004

Progetto e Località: VARIANTE URBANISTICA ZONA VILLA PALMA

Litologia	Descrizione	Prof. Parz.	Prof. Prog.	% Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° colpi)	Pocket Test	Metodo di perforazione	Metodo di stabilizzazione	Campioni	Falda	Sondaggio attrezzato
	Riporto breccioso con ciottoli calcarei in matrice sabbiosa.	0.90	0.90								
1	Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con inclusi travertinosi.	2.10			PC 13 1.50 12 1.65 14 1.80 14 1.95		CS (T1) per tutto il sondaggio con uso di acqua per la perforazione	Usò di Rivestimenti Metallici (RM) fino a 18 metri di profondità			
2											
3											
4	Livello di travertino .	1.00	4.00								
5	Ghiaie in matrice sabbiosa di colore bianco da mediamente a molto compatte .	4.00			PC 13 4.50 14 4.65 15 4.80 15 4.95						
6											
7											
8	Limi argillosi localmente sabbiosi di colore oca verdastro .	8.00			PC 29 6.50 35 6.65 R 6.80 R 6.95						
9											
10											

Campioni: S - Pareti Sottili, O-Ostemberg, M-Mazier, R- Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
 Piezometro: ATA - Tubo Aperto TF (Tubo Filtro) - TC (Tubo Cieco), GSG - Casagrande  
 Perforazione: CS-Carotiere semplice, CD - Carotieri Doppio, EC - Elica Continua  
 Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB - Fanghi Bentonitici  
 Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa

Committente: TERNANA CALCIO	Profondità raggiunta: 15 metri	Quota Ass. P.C.: 200 m	Inizio / Fine Esecuzione: 28-01-2022 / 28-01-2022
Ditta Esecutrice: Società Geologica S.r.l.	Sondaggio: Sondaggio 2	Tipo Sonda: CMV 600 MK Diametro perforazione: 101 Diametro rivestimenti: 127	Coordinate: WGS 84 Lat 42.581107 Lng 12.640004

Progetto e Località: VARIANTE URBANISTICA ZONA VILLA PALMA

Litologia	Descrizione	Prof. Parz.	Prof. Prog.	% Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° colpi)	Pocket Test	Metodo di perforazione	Metodo di stabilizzazione	Campioni	Falda	Sondaggio attrezzato
11		4.00							S2C1 10.50- 11.00		
12	Limi argillosi localmente sabbiosi di colore ocra verdastro		12.0								
13		3.00									
14	Ghiaie in matrice sabbiosa di colore beige compatte										
15			15.0								
16											
17											
18											
19											
20											

Campioni: S - Pareti Sottili, O-Ostemberg, M-Mazier, R- Rimaneggiato, Rs - Rimaneggiato da SPT  
 Piezometro: ATA - Tubo Aperto, GSG - Casagrande  
 Perforazione: CS-Carotiere semplice, CD - Carotieri Doppio, EC - Elica Continua  
 Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB - Fanghi Bentonitici  
 Prove SPT: PA - Punta Aperta, PC - Punta Chiusa

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



PIAZZAMENTO S2

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Cassetta S2 0-5.00



Cassetta S2 5.00-10.00

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Cassetta S2 10.00-15.00

# RISULTATI PROVE DI LABORATORIO

LOCALITA': ZONA VILLA PALMA

COMMITTENTE: TERNANA CALCIO

COMMITTENTE: Ternana Calcio
RIFERIMENTO: Terni - Località Villa Palma
SONDAGGIO: 1    CAMPIONE: 1    PROFONDITA': m    14.5-15.0

### MODULO RIASSUNTIVO

#### CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	%
Peso di volume	20,5 kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	

#### ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	%
Sabbia	%
Limo	%
Argilla	%
D 10	mm
D 50	mm
D 60	mm
D 90	mm
Passante set. 10	%
Passante set. 42	%
Passante set. 200	%

#### PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

#### COMPRESSIONE

$\sigma$	kPa	$\sigma$ Rim	kPa
$c_u$	kPa	$c_u$ Rim	kPa

#### TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta					
$c'$	21,1	kPa	$\phi'$	27,2	°
$c'_{Res}$		kPa	$\phi'_{Res}$		°

#### COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$c_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$c'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$c_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$c_u$	kPa	$\phi_u$	°

#### PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

Limo argilloso di colore grigio (Rp = 300-320 kPa).



AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 389 del 17-11-2020 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010  
Certificazione Ufficiale «Settore A» - Prove di laboratorio sulle terre  
Certificazione Ufficiale «Settore B» - Prove di laboratorio sulle rocce



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00428	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 01/02/22	Inizio analisi: 31/01/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 31/01/22		Apertura campione: 31/01/22	Fine analisi: 31/01/22

COMMITTENTE: Ternana Calcio		
RIFERIMENTO: Terni - Località Villa Palma		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 14.5-15.0

### **PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 20,5 kN/m<sup>3</sup>**

Limo argilloso di colore grigio (Rp = 300-320 kPa).

1  
37308



**AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI**  
 Decreto 389 del 17-11-2020 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010  
 Certificazione Ufficiale «Settore A» - Prove di laboratorio sulle terre  
 Certificazione Ufficiale «Settore B» - Prove di laboratorio sulle rocce



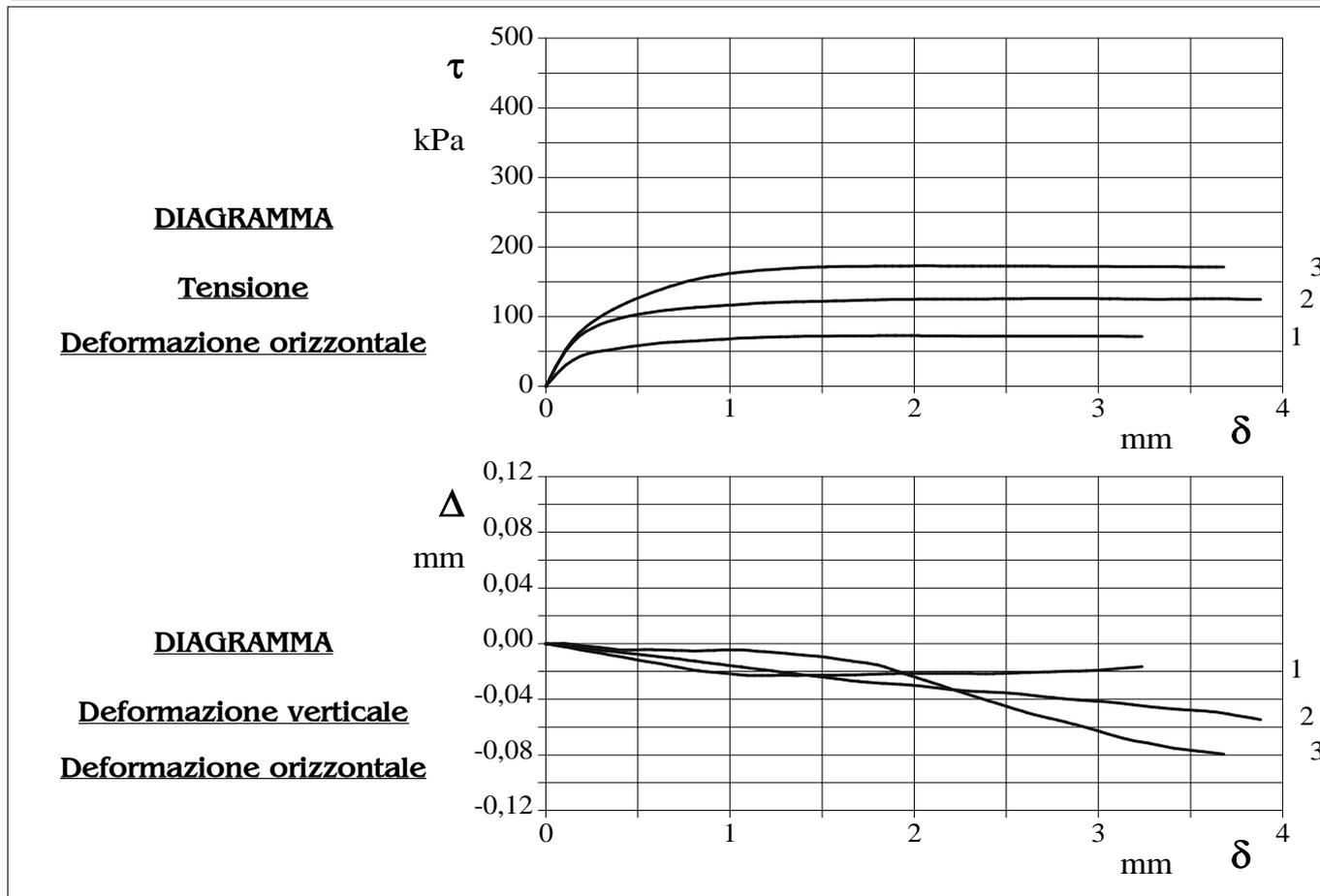
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00427</b>	Pagina 1/4	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/02/22	Inizio analisi: 31/01/22
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 31/01/22</b>		<b>Apertura campione:</b> 31/01/22	Fine analisi: 01/02/22

<b>COMMITTENTE:</b> Ternana Calcio
<b>RIFERIMENTO:</b> Terni - Località Villa Palma
<b>SONDAGGIO:</b> 1 <b>CAMPIONE:</b> 1 <b>PROFONDITA':</b> m 14.5-15.0

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100,0	200,0	300,0
Umidità naturale (%):	---	---	---
Peso di volume (kN/m³):	20,5	20,5	20,5
Tipo di prova: Consolidata - lenta		Velocità di deformazione: 0,037 mm / min	



Limo argilloso di colore grigio (Rp = 300-320 kPa).



**SOGEA srl**Via Casalmonferrato 2E - ROMA  
tel. 06 7016809 - tel 06 7011625**Laboratorio geotecnico****AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI**

Decreto 389 del 17-11-2020 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

Certificazione Ufficiale «Settore A» - Prove di laboratorio sulle terre

Certificazione Ufficiale «Settore B» - Prove di laboratorio sulle rocce



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00427</b>	Pagina 3/4	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/02/22	Inizio analisi: 31/01/22
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 31/01/22</b>		<b>Apertura campione:</b> 31/01/22	<b>Fine analisi:</b> 01/02/22

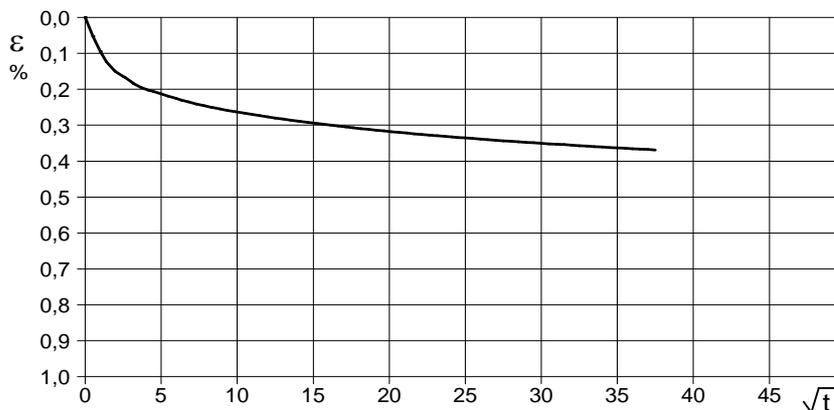
<b>COMMITTENTE:</b> Ternana Calcio
<b>RIFERIMENTO:</b> Terni - Località Villa Palma
<b>SONDAGGIO:</b> 1 <b>CAMPIONE:</b> 1 <b>PROFONDITA':</b> m 14.5-15.0

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE**

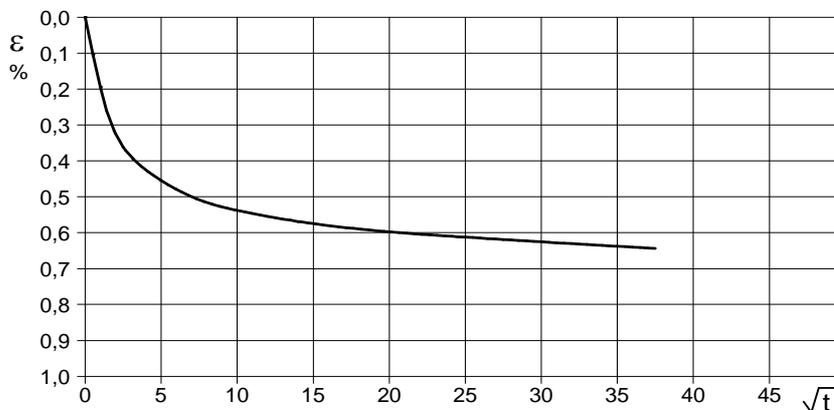
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

**Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**

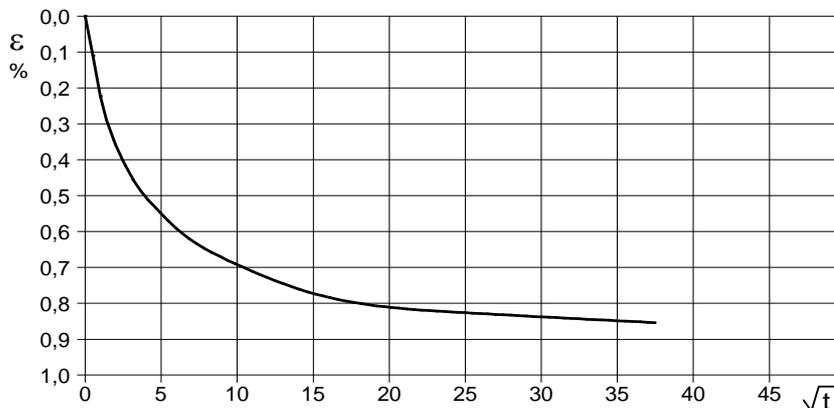
PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	1,737
Altezza finale (cm)	1,730
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	35,88
T <sub>100</sub> (min)	15,3
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,033

**Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	1,737
Altezza finale (cm)	1,724
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	35,88
T <sub>100</sub> (min)	11,0
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,045

**Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	1,737
Altezza finale (cm)	1,720
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	35,88
T <sub>100</sub> (min)	14,7
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,034

1  
37308

Vs = Velocità stimata di prova    Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 10 x T<sub>100</sub>

Vs = Df / tf



COMMITTENTE: Ternana Calcio
RIFERIMENTO: Terni - Località Villa Palma
SONDAGGIO: 2    CAMPIONE: 1    PROFONDITA': m 10.5-11.0

### MODULO RIASSUNTIVO

#### CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	%
Peso di volume	19,8 kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	

#### ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	%
Sabbia	%
Limo	%
Argilla	%
D 10	mm
D 50	mm
D 60	mm
D 90	mm
Passante set. 10	%
Passante set. 42	%
Passante set. 200	%

#### PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

#### COMPRESSIONE

$\sigma$	kPa	$\sigma$ Rim	kPa
$c_u$	kPa	$c_u$ Rim	kPa

#### TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
$c'$	26,8	kPa	$\phi'$ 26,6 °
$c'_{Res}$		kPa	$\phi'_{Res}$ °

#### COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$c_d$	kPa	$\phi_d$ °
C.U.	$c'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$ °
	$c_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$ °
U.U.	$c_u$	kPa	$\phi_u$ °

#### PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

Limo argilloso, localmente sabbioso, di colore ocra verdastro ( $R_p = 390-400$  kPa).



AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 389 del 17-11-2020 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010  
Certificazione Ufficiale «Settore A» - Prove di laboratorio sulle terre  
Certificazione Ufficiale «Settore B» - Prove di laboratorio sulle rocce



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00426	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 01/02/22	Inizio analisi: 31/01/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 31/01/22		Apertura campione: 31/01/22	Fine analisi: 31/01/22

COMMITTENTE: Ternana Calcio		
RIFERIMENTO: Terni - Località Villa Palma		
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 10.5-11.0

### **PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 19,8 kN/m<sup>3</sup>**

Limo argilloso, localmente sabbioso, di colore ocra verdastro (Rp = 390-400 kPa).

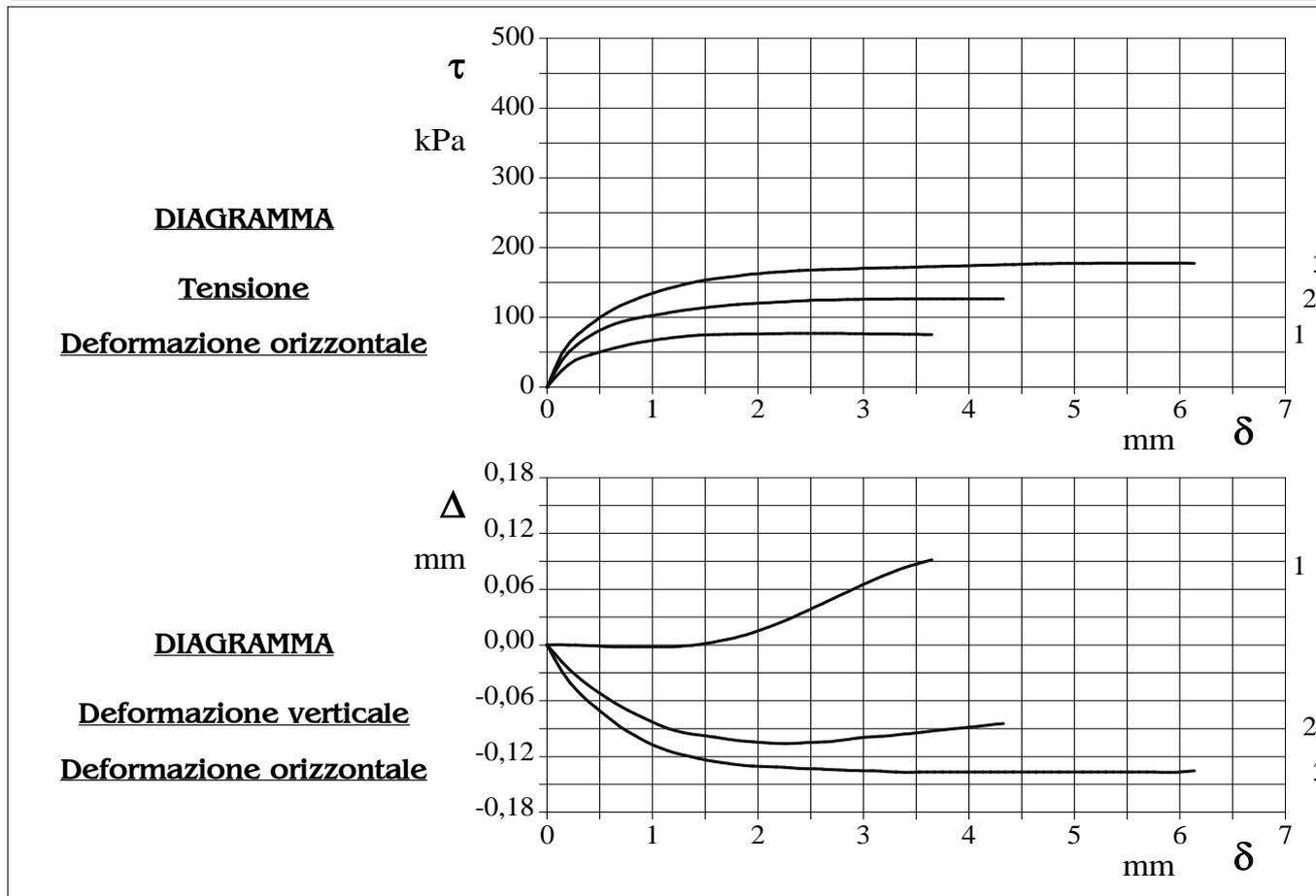
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00425</b>	Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 01/02/22	Inizio analisi: 31/01/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 31/01/22		Apertura campione: 31/01/22	Fine analisi: 01/02/22

COMMITTENTE: Ternana Calcio
RIFERIMENTO: Terni - Località Villa Palma
SONDAGGIO: 2                                      CAMPIONE: 1                                      PROFONDITA': m 10.5-11.0

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100,0	200,0	300,0
Umidità naturale (%):	---	---	---
Peso di volume (kN/m³):	19,8	19,8	19,7
Tipo di prova: Consolidata - lenta		Velocità di deformazione: 0,036 mm / min	



Limo argilloso, localmente sabbioso, di colore ocra verdastro (Rp = 390-400 kPa).



**SOGEA srl**Via Casalmonferrato 2E - ROMA  
tel. 06 7016809 - tel 06 7011625**Laboratorio geotecnico****AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI**

Decreto 389 del 17-11-2020 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

Certificazione Ufficiale «Settore A» - Prove di laboratorio sulle terre

Certificazione Ufficiale «Settore B» - Prove di laboratorio sulle rocce



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00425</b>	Pagina 3/4	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/02/22	Inizio analisi: 31/01/22
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 31/01/22</b>		<b>Apertura campione:</b> 31/01/22	Fine analisi: 01/02/22

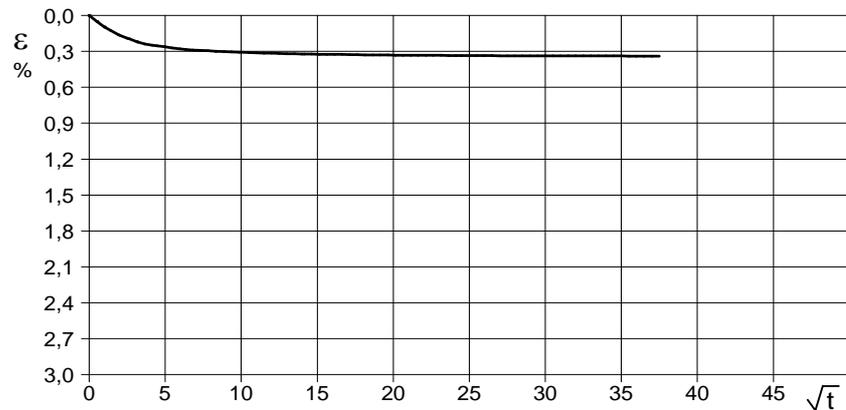
<b>COMMITTENTE:</b> Ternana Calcio			
<b>RIFERIMENTO:</b> Terni - Località Villa Palma			
<b>SONDAGGIO:</b> 2	<b>CAMPIONE:</b> 1	<b>PROFONDITA':</b> m 10.5-11.0	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE**

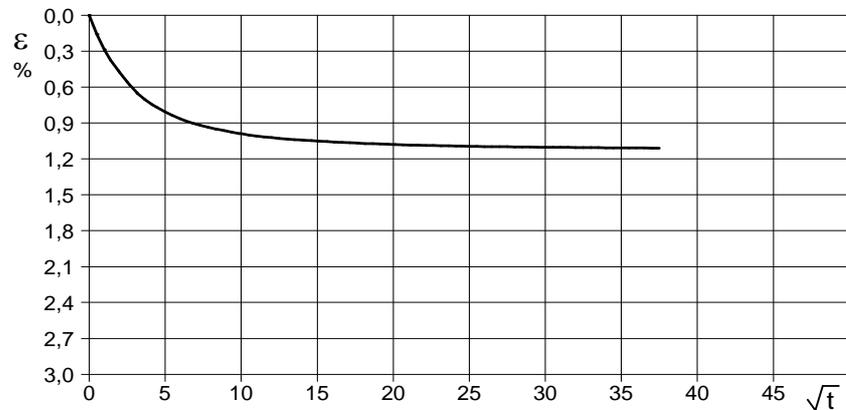
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

**Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**

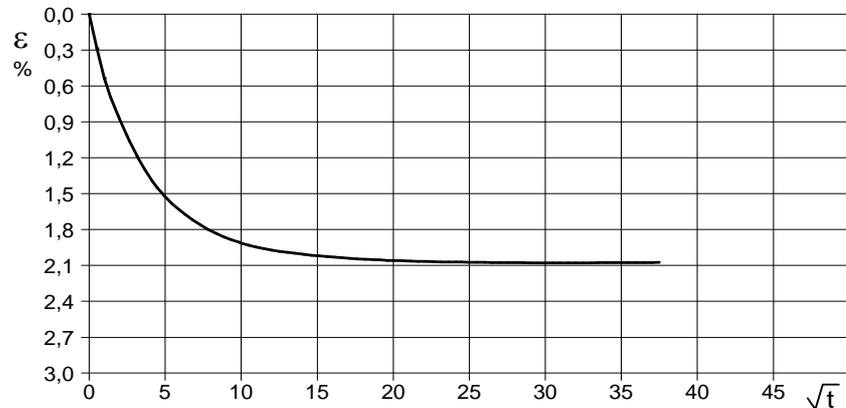
PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	1,737
Altezza finale (cm)	1,730
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	35,88
T <sub>100</sub> (min)	12,6
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,040

**Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	1,737
Altezza finale (cm)	1,715
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	35,88
T <sub>100</sub> (min)	14,8
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,034

**Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	1,737
Altezza finale (cm)	1,696
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	35,88
T <sub>100</sub> (min)	14,9
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,034

2  
37309

Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 10 x T<sub>100</sub>

Vs = Df / tf



# SAGGI GEOGNOSTICI CON ESCAVATORE

LOCALITA': ZONA VILLA PALMA

COMMITTENTE: TERNANA CALCIO

SOCIETA' GEOLOGICA s.r.l.  
Via G. Di Vitisone, 18 - 05100 TERNI  
Tel. 0744 402427 / Fax 0744 283784  
P. IVA 01374990552



# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SAGGI GEOGNOSTICI



**SAGGIO 1: Profondità -2.30 m**  
Stratigrafia: 0.0-0.90 m Terreno vegetale  
0.90-2.30 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con  
materiale organico.



**SAGGIO 2: Profondità -2.40 m**  
Stratigrafia: 0.0-0.70 m Terreno vegetale  
0.70-2.40 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con  
materiale organico ed inclusi travertinosi.

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SAGGI GEOGNOSTICI



SAGGIO 3: Profondità - 2.40 m  
Stratigrafia: 0.0-0.10 m Terreno vegetale  
0.10-2.40 Ghiaie in matrice argillosa limosa .



SAGGIO 4: Profondità - 2.40 m  
Stratigrafia: 0.0-0.70 m Terreno vegetale  
0.70-2.40 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con  
materiale organico ed inclusi travertinosi.

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SAGGI GEOGNOSTICI



SAGGIO 5: Profondità - 1.60 m  
Stratigrafia: 0.0-0.10 m Terreno vegetale  
0.10-1.60 Breccie in matrice argillosa

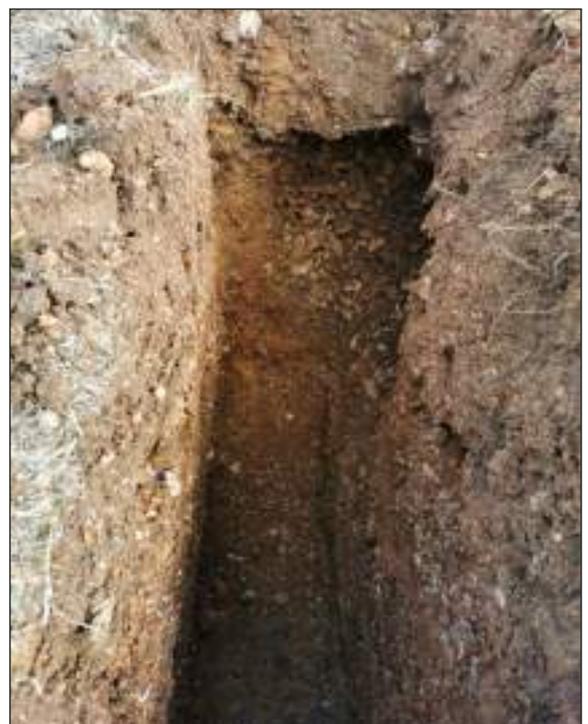


SAGGIO 6: Profondità - 1.60 m  
Stratigrafia: 0.0-0.10 m Terreno vegetale  
0.10-1.60 Breccie in matrice argillosa

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SAGGI GEOGNOSTICI



SAGGIO 7: Profondità - 2.40  
Stratigrafia: 0.0-0.70 m Terreno vegetale  
0.70-2.40 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con  
materiale organico ed inclusi travertinosi.



SAGGIO 8: Profondità - 2.40 m  
Stratigrafia: 0.0-0.10 m Terreno vegetale  
0.10-2.40 Ghiaie in matrice argillosa limosa .

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SAGGI GEOGNOSTICI



SAGGIO 9: Profondità - 2.40  
Stratigrafia: 0.0-0.70 m Terreno vegetale  
0.70-2.40 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con  
materiale organico ed inclusi travertinosi.



SAGGIO 10 Profondità - 2.40  
Stratigrafia: 0.0-0.70 m Terreno vegetale  
0.70-2.40 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con  
materiale organico ed inclusi travertinosi.

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SAGGI GEOGNOSTICI



**SAGGIO 11: Profondità - 2.40**  
Stratigrafia: 0.0-0.70 m Terreno vegetale  
0.70-2.40 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con  
materiale organico ed inclusi travertinosi.

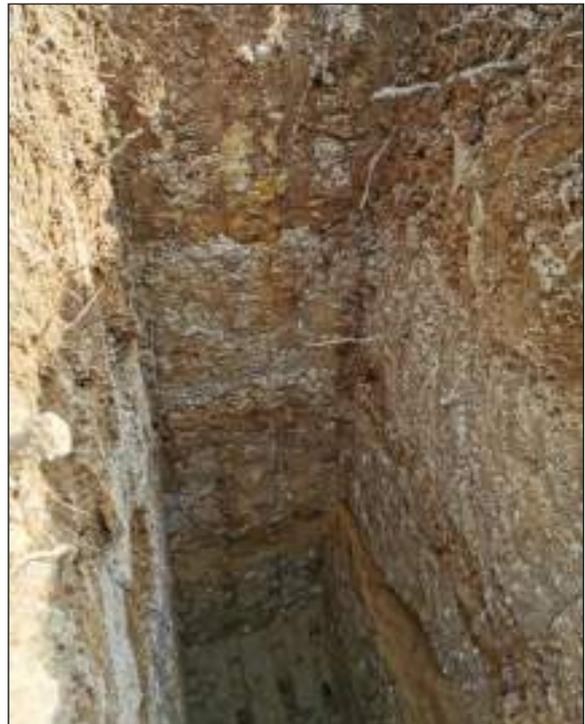


**SAGGIO 12 Profondità - 2.40**  
Stratigrafia: 0.0-0.70 m Terreno vegetale  
0.70-2.40 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con  
materiale organico ed inclusi travertinosi.

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SAGGI GEOGNOSTICI



**SAGGIO 13: Profondità - 2.40**  
Stratigrafia: 0.0-0.70 m Terreno vegetale  
0.70-2.40 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con  
materiale organico ed inclusi travertinosi.



**SAGGIO 14 Profondità - 2.40**  
Stratigrafia: 0.0-0.70 m Terreno vegetale  
0.70-2.40 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore beige con  
materiale organico ed inclusi travertinosi.

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SAGGI GEOGNOSTICI



SAGGIO 15 Profondità - 1.90  
Stratigrafia: 0.0-0.30 m Terreno vegetale  
0.30-1.90 Limi argillosi di colore marrone scuro  
con inclusi calcarei di origine travertinosi

# ELABORAZIONE N° 20 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

LOCALITA': ZONA VILLA PALMA

COMMITTENTE: TERNANA CALCIO

SOCIETA' GEOLOGICA s.r.l.  
Via G. Di Vitisone, 18 - 05100 TERNI  
Tel. 0744 402427 / Fax 0744 293784  
P. IVA 01374990552



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Ternana Calcio Cantiere: Località: Zona Villa Palma	
--	--

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	72,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	6 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1,5 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1,15
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**  
**(DYNAMIC PROBING)**  
**DPSH – DPM (... scpt ecc.)**

**Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'ingfiere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ );
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$  ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

<b>Tipo</b>	<b>Sigla di riferimento</b>	<b>peso della massa M (kg)</b>	<b>prof. max indagine battente (m)</b>
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

## penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
 massa battente  $M = 30$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
 massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H=0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha= 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
 massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A=20.27$  cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
 massa battente  $M=63.5$  kg, altezza caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

## Correlazione con $N_{spt}$

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
$\delta$	passo di avanzamento.

## Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

## Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

R <sub>pd</sub>	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ/ N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

## Calcolo di (N<sub>1</sub>)<sub>60</sub>

(N<sub>1</sub>)<sub>60</sub> è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (\text{Liao e Whitman 1986})$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C <sub>S</sub>	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
C <sub>d</sub>	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
C <sub>r</sub>	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

## Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

## Valutazioni statistiche e correlazioni

---

## Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

### **Media**

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media minima**

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Massimo**

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Minimo**

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Scarto quadratico medio**

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media deviata**

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media (+ s)**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media (- s)**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Distribuzione normale R.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $\sigma_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

### **Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove  $n$  è il numero di letture.

## Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione  $d = 1$  m.

---

## Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

### Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

### Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

### Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38° ).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq.

- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### ***Densità relativa (%)***

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### ***Modulo Di Young ( $E_y$ )***

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### ***Modulo Edometrico***

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buisman-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977

#### ***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### ***Peso di volume saturo***

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

### ***Modulo di poisson***

- Classificazione A.G.I.

### ***Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)***

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

### ***Velocità onde di taglio $V_s$ (m/s)***

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

### ***Modulo di deformazione di taglio (G)***

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

### ***Modulo di reazione ( $K_0$ )***

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

## **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

### ***Coesione non drenata***

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).

- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

#### **Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson (1983) -  $Q_c$

#### **Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )**

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli (  $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt} = 6-12$ ).

#### **Modulo Di Young ( $E_y$ )**

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P.  $> 15$ .
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

#### **Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977.

#### **Peso di Volume**

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

#### **Peso di volume saturo**

- Meyerhof ed altri.

## PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Prova eseguita in data

01/02/2022

Profondità prova

6,60 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	3	0,853	19,66	23,05	0,98	1,15
0,60	3	0,847	19,53	23,05	0,98	1,15
0,90	3	0,842	17,93	21,31	0,90	1,07
1,20	9	0,836	53,46	63,93	2,67	3,20
1,50	14	0,781	77,68	99,44	3,88	4,97
1,80	24	0,726	123,82	170,47	6,19	8,52
2,10	29	0,722	148,65	205,99	7,43	10,30
2,40	25	0,717	118,39	165,08	5,92	8,25
2,70	11	0,813	59,04	72,64	2,95	3,63
3,00	11	0,809	58,74	72,64	2,94	3,63
3,30	28	0,705	130,29	184,89	6,51	9,24
3,60	11	0,801	58,17	72,64	2,91	3,63
3,90	21	0,697	90,33	129,56	4,52	6,48
4,20	14	0,744	64,23	86,37	3,21	4,32
4,50	13	0,740	59,38	80,20	2,97	4,01
4,80	15	0,737	68,21	92,54	3,41	4,63
5,10	14	0,734	63,40	86,37	3,17	4,32
5,40	13	0,731	55,01	75,25	2,75	3,76
5,70	13	0,728	54,80	75,25	2,74	3,76
6,00	28	0,675	109,49	162,09	5,47	8,10
6,30	65	0,573	215,55	376,27	10,78	18,81
6,60	68	0,570	224,52	393,64	11,23	19,68

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,90	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	32,39	30,00	0,35	182,56	70,91
Strato (2) Limiti sabbiosi con inclusi travertinosi	0,90-4,20	20	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	205,78	200,00	0,31	1086,13	137,61
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	4,20-6,00	18	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	64,44	213,10	0,32	983,72	154,47
Strato (4) Ghiaie compatte	6,00-6,60	76	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	183,57	897,50	0,2	3809,59	206,43

## PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 01/02/2022  
 Profondità prova 5,40 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	23	0,753	133,03	176,75	6,65	8,84
0,60	24	0,747	137,77	184,43	6,89	9,22
0,90	25	0,742	131,68	177,58	6,58	8,88
1,20	15	0,786	83,77	106,55	4,19	5,33
1,50	14	0,781	77,68	99,44	3,88	4,97
1,80	15	0,776	82,71	106,55	4,14	5,33
2,10	16	0,772	87,70	113,65	4,38	5,68
2,40	13	0,767	65,85	85,84	3,29	4,29
2,70	14	0,763	70,52	92,45	3,53	4,62
3,00	14	0,759	70,14	92,45	3,51	4,62
3,30	15	0,755	74,75	99,05	3,74	4,95
3,60	16	0,751	79,33	105,65	3,97	5,28
3,90	14	0,747	64,54	86,37	3,23	4,32
4,20	25	0,694	106,99	154,23	5,35	7,71
4,50	26	0,690	110,73	160,40	5,54	8,02
4,80	24	0,687	101,73	148,06	5,09	7,40
5,10	26	0,684	109,72	160,40	5,49	8,02
5,40	65	0,581	218,63	376,27	10,93	18,81

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Riporto breccioso	0,00-0,90	27	Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	82,92	319,30	0,3	1440,11	103,71
Strato (2) Sabbie limose con inclusi travertinosi e travertini	0,90-3,90	16	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	164,98	160,00	0,32	880,62	130,86
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	3,90-5,10	29	Coesivo Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	297,57	290,00	0,3	1540,17	163,75
Strato (4) Ghiaie in matrice sabbiosa compatte	5,10-5,40	74	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	179,46	873,90	0,2	3715,28	198,38

## PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 01/02/2022  
 Profondità prova 6,00 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	3	0,853	19,66	23,05	0,98	1,15
0,60	3	0,847	19,53	23,05	0,98	1,15
0,90	3	0,842	17,93	21,31	0,90	1,07
1,20	6	0,836	35,64	42,62	1,78	2,13
1,50	6	0,831	35,42	42,62	1,77	2,13
1,80	9	0,826	52,82	63,93	2,64	3,20
2,10	13	0,772	71,25	92,34	3,56	4,62
2,40	8	0,817	43,17	52,83	2,16	2,64
2,70	7	0,813	37,57	46,22	1,88	2,31
3,00	9	0,809	48,06	59,43	2,40	2,97
3,30	6	0,805	31,88	39,62	1,59	1,98
3,60	9	0,801	47,60	59,43	2,38	2,97
3,90	15	0,747	69,15	92,54	3,46	4,63
4,20	9	0,794	44,07	55,52	2,20	2,78
4,50	22	0,690	93,69	135,72	4,68	6,79
4,80	30	0,687	127,17	185,08	6,36	9,25
5,10	21	0,684	88,62	129,56	4,43	6,48
5,40	25	0,681	98,56	144,72	4,93	7,24
5,70	26	0,678	102,08	150,51	5,10	7,53
6,00	65	0,575	216,54	376,27	10,83	18,81

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,90	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	32,39	30,00	0,35	182,56	70,91
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,90-4,20	10	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	103,79	100,00	0,33	566,13	122,06
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	4,20-5,70	28	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	287,38	280,00	0,3	1490,19	165,78
Strato (4) Ghiaie compatte	5,70-6,00	74	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	179,46	873,90	0,2	3715,28	202,56

## PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 02/02/2022  
 Profondità prova 1,20 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	3	0,853	19,66	23,05	0,98	1,15
0,60	3	0,847	19,53	23,05	0,98	1,15
0,90	5	0,842	29,89	35,52	1,49	1,78
1,20	65	0,636	293,76	461,70	14,69	23,08

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,90	4	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	42,59	40,00	0,35	239,25	74,53
Strato (2) Ghiaie compatte	0,90-1,20	74	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	179,46	873,90	0,2	3715,28	145,41

## PROVA ... Nr.5

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 02/02/2022  
 Profondità prova 4,20 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	2	0,853	13,11	15,37	0,66	0,77
0,60	2	0,847	13,02	15,37	0,65	0,77
0,90	3	0,842	17,93	21,31	0,90	1,07
1,20	6	0,836	35,64	42,62	1,78	2,13
1,50	8	0,831	47,23	56,82	2,36	2,84
1,80	13	0,776	71,69	92,34	3,58	4,62
2,10	13	0,772	71,25	92,34	3,56	4,62
2,40	13	0,767	65,85	85,84	3,29	4,29
2,70	16	0,763	80,59	105,65	4,03	5,28
3,00	19	0,759	95,19	125,46	4,76	6,27
3,30	19	0,755	94,69	125,46	4,73	6,27
3,60	37	0,651	159,02	244,32	7,95	12,22
3,90	25	0,697	107,53	154,23	5,38	7,71
4,20	65	0,594	238,08	401,01	11,90	20,05

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,60	2	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	22,19	20,00	0,35	124,70	61,13
Strato (2) Limi argillosi	0,60-1,50	6	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	22,00	0,80	62,99	60,00	0,34	350,25	94,15
Strato (3) Ghiaie in matrice argillosa	1,50-3,90	22	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	226,18	220,00	0,31	1187,93	141,45
Strato (4) Ghiaie compatte	3,90-4,20	74	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	179,46	873,90	0,2	3715,28	188,68

## PROVA ... Nr.6

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 02/02/2022  
 Profondità prova 11,10 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	2	0,853	13,11	15,37	0,66	0,77
0,60	2	0,847	13,02	15,37	0,65	0,77
0,90	4	0,842	23,91	28,41	1,20	1,42
1,20	5	0,836	29,70	35,52	1,49	1,78
1,50	6	0,831	35,42	42,62	1,77	2,13
1,80	6	0,826	35,22	42,62	1,76	2,13
2,10	8	0,822	46,69	56,82	2,33	2,84
2,40	10	0,817	53,96	66,03	2,70	3,30
2,70	11	0,813	59,04	72,64	2,95	3,63
3,00	7	0,809	37,38	46,22	1,87	2,31
3,30	8	0,805	42,51	52,83	2,13	2,64
3,60	8	0,801	42,31	52,83	2,12	2,64
3,90	7	0,797	34,43	43,19	1,72	2,16
4,20	7	0,794	34,28	43,19	1,71	2,16
4,50	10	0,790	48,76	61,69	2,44	3,08
4,80	18	0,737	81,85	111,05	4,09	5,55
5,10	10	0,784	48,37	61,69	2,42	3,08
5,40	10	0,781	45,21	57,89	2,26	2,89
5,70	19	0,728	80,09	109,99	4,00	5,50
6,00	26	0,675	101,67	150,51	5,08	7,53
6,30	37	0,623	133,41	214,19	6,67	10,71
6,60	40	0,570	132,07	231,55	6,60	11,58
6,90	26	0,668	94,69	141,77	4,73	7,09
7,20	19	0,716	74,14	103,60	3,71	5,18
7,50	18	0,713	70,02	98,15	3,50	4,91
7,80	24	0,661	86,54	130,86	4,33	6,54
8,10	24	0,659	86,27	130,86	4,31	6,54
8,40	29	0,657	98,22	149,44	4,91	7,47
8,70	29	0,655	97,94	149,44	4,90	7,47
9,00	28	0,653	94,29	144,29	4,71	7,21
9,30	25	0,652	83,96	128,83	4,20	6,44
9,60	27	0,650	90,43	139,14	4,52	6,96
9,90	30	0,648	95,00	146,55	4,75	7,33
10,20	45	0,547	120,16	219,82	6,01	10,99
10,50	48	0,545	127,79	234,48	6,39	11,72
10,80	65	0,543	172,54	317,52	8,63	15,88
11,10	60	0,542	158,81	293,10	7,94	14,65

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.6**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unit� di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unit� di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocit� onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,90	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	32,39	30,00	0,35	182,56	70,91
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,90-5,40	10	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	103,79	100,00	0,33	566,13	127,14
Strato (3) Argille limose mediamente compatte	5,40-9,90	30	Coesivo Incoerente	1,90	2,00	26,00	2,00	307,77	300,00	0,29	1590,04	182,48
Strato (4) Argille limose compatte	9,90-11,10	62	Coesivo Incoerente	1,96	2,00	27,00	3,50	634,15	620,00	0,23	3146,02	219,94

## PROVA ... Nr.7

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 02/02/2022  
 Profondità prova 7,50 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	2	0,853	13,11	15,37	0,66	0,77
0,60	2	0,847	13,02	15,37	0,65	0,77
0,90	3	0,842	17,93	21,31	0,90	1,07
1,20	6	0,836	35,64	42,62	1,78	2,13
1,50	13	0,781	72,14	92,34	3,61	4,62
1,80	16	0,776	88,23	113,65	4,41	5,68
2,10	13	0,772	71,25	92,34	3,56	4,62
2,40	16	0,767	81,05	105,65	4,05	5,28
2,70	20	0,763	100,74	132,07	5,04	6,60
3,00	9	0,809	48,06	59,43	2,40	2,97
3,30	10	0,805	53,14	66,03	2,66	3,30
3,60	9	0,801	47,60	59,43	2,38	2,97
3,90	14	0,747	64,54	86,37	3,23	4,32
4,20	9	0,794	44,07	55,52	2,20	2,78
4,50	9	0,790	43,88	55,52	2,19	2,78
4,80	34	0,637	133,64	209,76	6,68	10,49
5,10	26	0,684	109,72	160,40	5,49	8,02
5,40	12	0,781	54,26	69,47	2,71	3,47
5,70	11	0,778	49,55	63,68	2,48	3,18
6,00	12	0,775	53,87	69,47	2,69	3,47
6,30	23	0,673	89,59	133,14	4,48	6,66
6,60	40	0,570	132,07	231,55	6,60	11,58
6,90	35	0,618	117,93	190,84	5,90	9,54
7,20	32	0,616	107,42	174,48	5,37	8,72
7,50	55	0,563	168,97	299,89	8,45	14,99

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.7**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,90	2	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	22,19	20,00	0,35	124,70	66,11
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,90-4,50	13	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	134,38	130,00	0,33	724,47	129,15
Strato (3) Ghiaie in matrice argillosa	4,50-7,20	28	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	84,98	331,10	0,3	1490,19	171,21
Strato (4) Ghiaie compatte	7,20-7,50	63	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	156,87	744,10	0,23	3193,70	205,87

## PROVA ... Nr.8

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 02/02/2022  
 Profondità prova 7,50 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	2	0,853	13,11	15,37	0,66	0,77
0,60	3	0,847	19,53	23,05	0,98	1,15
0,90	3	0,842	17,93	21,31	0,90	1,07
1,20	4	0,836	23,76	28,41	1,19	1,42
1,50	3	0,831	17,71	21,31	0,89	1,07
1,80	17	0,776	93,74	120,75	4,69	6,04
2,10	30	0,722	153,78	213,09	7,69	10,65
2,40	22	0,717	104,18	145,27	5,21	7,26
2,70	17	0,763	85,63	112,26	4,28	5,61
3,00	9	0,809	48,06	59,43	2,40	2,97
3,30	5	0,805	26,57	33,02	1,33	1,65
3,60	4	0,801	21,15	26,41	1,06	1,32
3,90	9	0,797	44,26	55,52	2,21	2,78
4,20	9	0,794	44,07	55,52	2,20	2,78
4,50	8	0,790	39,01	49,35	1,95	2,47
4,80	9	0,787	43,70	55,52	2,19	2,78
5,10	13	0,734	58,87	80,20	2,94	4,01
5,40	7	0,781	31,65	40,52	1,58	2,03
5,70	10	0,778	45,05	57,89	2,25	2,89
6,00	14	0,725	58,80	81,04	2,94	4,05
6,30	20	0,723	83,69	115,78	4,18	5,79
6,60	20	0,720	83,40	115,78	4,17	5,79
6,90	19	0,718	74,38	103,60	3,72	5,18
7,20	27	0,666	98,00	147,22	4,90	7,36
7,50	65	0,563	199,69	354,42	9,98	17,72

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.8**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,30	2	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	22,19	20,00	0,35	124,70	53,48
Strato (2) Limi argillosi con inclusi travertinosi	0,30-5,40	11	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	113,99	110,00	0,33	619,19	126,78
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	5,40-7,20	21	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	70,60	248,50	0,31	1137,10	165,25
Strato (4) Ghiaie compatte	7,20-7,50	74	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	179,46	873,90	0,2	3715,28	211,69

## PROVA ... Nr.9

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 02/02/2022  
 Profondità prova 8,40 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	2	0,853	13,11	15,37	0,66	0,77
0,60	3	0,847	19,53	23,05	0,98	1,15
0,90	4	0,842	23,91	28,41	1,20	1,42
1,20	6	0,836	35,64	42,62	1,78	2,13
1,50	7	0,831	41,33	49,72	2,07	2,49
1,80	7	0,826	41,09	49,72	2,05	2,49
2,10	7	0,822	40,85	49,72	2,04	2,49
2,40	9	0,817	48,56	59,43	2,43	2,97
2,70	9	0,813	48,31	59,43	2,42	2,97
3,00	9	0,809	48,06	59,43	2,40	2,97
3,30	11	0,805	58,45	72,64	2,92	3,63
3,60	12	0,801	63,46	79,24	3,17	3,96
3,90	9	0,797	44,26	55,52	2,21	2,78
4,20	9	0,794	44,07	55,52	2,20	2,78
4,50	8	0,790	39,01	49,35	1,95	2,47
4,80	9	0,787	43,70	55,52	2,19	2,78
5,10	9	0,784	43,53	55,52	2,18	2,78
5,40	9	0,781	40,69	52,10	2,03	2,60
5,70	7	0,778	31,53	40,52	1,58	2,03
6,00	7	0,775	31,42	40,52	1,57	2,03
6,30	4	0,773	17,90	23,16	0,89	1,16
6,60	11	0,770	49,05	63,68	2,45	3,18
6,90	14	0,718	54,81	76,34	2,74	3,82
7,20	14	0,716	54,63	76,34	2,73	3,82
7,50	19	0,713	73,91	103,60	3,70	5,18
7,80	12	0,761	49,81	65,43	2,49	3,27
8,10	40	0,559	121,97	218,10	6,10	10,91
8,40	65	0,557	186,66	334,96	9,33	16,75

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.9**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,90	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	32,39	30,00	0,35	182,56	70,91
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,90-6,30	9	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	93,59	90,00	0,34	512,74	128,11
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	6,30-8,10	21	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	70,60	248,50	0,31	1137,10	169,56
Strato (4) Ghiaie compatte	8,10-8,40	74	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	179,46	873,90	0,2	3715,28	216,46

## PROVA ... Nr.10

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 02/02/2022  
 Profondità prova ,90 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	3	0,853	19,66	23,05	0,98	1,15
0,60	58	0,647	288,37	445,71	14,42	22,29
0,90	62	0,642	282,52	440,39	14,13	22,02

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.10

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,30	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	32,39	30,00	0,35	182,56	57,37
Strato (2) Ghiaie e breccie compatte	0,30-0,90	69	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	169,19	814,90	0,21	3478,82	128,95

## PROVA ... Nr.11

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 02/02/2022  
 Profondità prova 5,70 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	3	0,853	19,66	23,05	0,98	1,15
0,60	3	0,847	19,53	23,05	0,98	1,15
0,90	6	0,842	35,86	42,62	1,79	2,13
1,20	6	0,836	35,64	42,62	1,78	2,13
1,50	10	0,831	59,04	71,03	2,95	3,55
1,80	10	0,826	58,69	71,03	2,93	3,55
2,10	12	0,822	70,03	85,24	3,50	4,26
2,40	15	0,767	75,99	99,05	3,80	4,95
2,70	8	0,813	42,94	52,83	2,15	2,64
3,00	10	0,809	53,40	66,03	2,67	3,30
3,30	15	0,755	74,75	99,05	3,74	4,95
3,60	8	0,801	42,31	52,83	2,12	2,64
3,90	20	0,747	92,20	123,39	4,61	6,17
4,20	23	0,694	98,43	141,89	4,92	7,09
4,50	20	0,740	91,35	123,39	4,57	6,17
4,80	22	0,687	93,26	135,72	4,66	6,79
5,10	23	0,684	97,06	141,89	4,85	7,09
5,40	65	0,581	218,63	376,27	10,93	18,81
5,70	60	0,578	200,83	347,33	10,04	17,37

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.11**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,60	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	32,39	30,00	0,35	182,56	65,58
Strato (2) Limiti sabbiosi con inclusi travertinosi	0,60-3,60	11	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	113,99	110,00	0,33	619,19	119,53
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	3,60-5,10	24	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	76,76	283,90	0,31	1289,18	157,44
Strato (4) Ghiaie compatte	5,10-5,70	71	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	173,30	838,50	0,21	3573,52	198,03

## PROVA ... Nr.12

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 02/02/2022  
 Profondità prova 4,20 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	3	0,853	19,66	23,05	0,98	1,15
0,60	3	0,847	19,53	23,05	0,98	1,15
0,90	6	0,842	35,86	42,62	1,79	2,13
1,20	6	0,836	35,64	42,62	1,78	2,13
1,50	7	0,831	41,33	49,72	2,07	2,49
1,80	7	0,826	41,09	49,72	2,05	2,49
2,10	6	0,822	35,02	42,62	1,75	2,13
2,40	10	0,817	53,96	66,03	2,70	3,30
2,70	13	0,763	65,48	85,84	3,27	4,29
3,00	10	0,809	53,40	66,03	2,67	3,30
3,30	20	0,755	99,67	132,07	4,98	6,60
3,60	15	0,751	74,37	99,05	3,72	4,95
3,90	65	0,597	239,48	401,01	11,97	20,05
4,20	70	0,594	256,39	431,85	12,82	21,59

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.12**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,60	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	32,39	30,00	0,35	182,56	65,58
Strato (2) Limiti sabbiosi con inclusi travertinosi	0,60-3,00	9	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	93,59	90,00	0,34	512,74	112,07
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	3,00-3,60	20	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	68,55	236,70	0,31	1086,13	144,63
Strato (4) Ghiaie compatte	3,60-4,20	77	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	185,62	909,30	0,2	3856,69	188,61

## PROVA ... Nr.13

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 02/02/2022  
 Profondità prova 4,80 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	2	0,853	13,11	15,37	0,66	0,77
0,60	4	0,847	26,04	30,74	1,30	1,54
0,90	3	0,842	17,93	21,31	0,90	1,07
1,20	4	0,836	23,76	28,41	1,19	1,42
1,50	5	0,831	29,52	35,52	1,48	1,78
1,80	9	0,826	52,82	63,93	2,64	3,20
2,10	14	0,772	76,73	99,44	3,84	4,97
2,40	8	0,817	43,17	52,83	2,16	2,64
2,70	8	0,813	42,94	52,83	2,15	2,64
3,00	12	0,809	64,08	79,24	3,20	3,96
3,30	20	0,755	99,67	132,07	4,98	6,60
3,60	15	0,751	74,37	99,05	3,72	4,95
3,90	29	0,697	124,74	178,91	6,24	8,95
4,20	34	0,644	135,02	209,76	6,75	10,49
4,50	55	0,590	200,31	339,31	10,02	16,97
4,80	60	0,587	217,32	370,16	10,87	18,51

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.13**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,60	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	32,39	30,00	0,35	182,56	65,58
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,60-3,60	11	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	113,99	110,00	0,33	619,19	119,53
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	3,60-4,20	36	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	101,41	425,50	0,28	1887,29	165,36
Strato (4) Ghiaie compatte	4,20-4,80	66	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	163,03	779,50	0,22	3336,45	188,79

## PROVA ... Nr.14

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 02/02/2022  
 Profondità prova 4,20 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	2	0,853	13,11	15,37	0,66	0,77
0,60	3	0,847	19,53	23,05	0,98	1,15
0,90	4	0,842	23,91	28,41	1,20	1,42
1,20	4	0,836	23,76	28,41	1,19	1,42
1,50	8	0,831	47,23	56,82	2,36	2,84
1,80	8	0,826	46,96	56,82	2,35	2,84
2,10	12	0,822	70,03	85,24	3,50	4,26
2,40	9	0,817	48,56	59,43	2,43	2,97
2,70	14	0,763	70,52	92,45	3,53	4,62
3,00	13	0,759	65,13	85,84	3,26	4,29
3,30	18	0,755	89,70	118,86	4,49	5,94
3,60	22	0,701	101,82	145,27	5,09	7,26
3,90	18	0,747	82,98	111,05	4,15	5,55
4,20	65	0,594	238,08	401,01	11,90	20,05

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.14**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,60	2	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	22,19	20,00	0,35	124,70	61,13
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,60-3,30	11	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	113,99	110,00	0,33	619,19	117,83
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	3,30-3,90	23	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	74,71	272,10	0,31	1238,62	150,68
Strato (4) Ghiaie compatte	3,90-4,20	74	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	179,46	873,90	0,2	3715,28	188,68

## PROVA ... Nr.15

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 02/02/2022  
 Profondità prova 10,50 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	2	0,853	13,11	15,37	0,66	0,77
0,60	2	0,847	13,02	15,37	0,65	0,77
0,90	2	0,842	11,95	14,21	0,60	0,71
1,20	3	0,836	17,82	21,31	0,89	1,07
1,50	4	0,831	23,62	28,41	1,18	1,42
1,80	5	0,826	29,35	35,52	1,47	1,78
2,10	4	0,822	23,34	28,41	1,17	1,42
2,40	4	0,817	21,58	26,41	1,08	1,32
2,70	5	0,813	26,84	33,02	1,34	1,65
3,00	6	0,809	32,04	39,62	1,60	1,98
3,30	8	0,805	42,51	52,83	2,13	2,64
3,60	7	0,801	37,02	46,22	1,85	2,31
3,90	13	0,747	59,93	80,20	3,00	4,01
4,20	11	0,794	53,86	67,86	2,69	3,39
4,50	10	0,790	48,76	61,69	2,44	3,08
4,80	9	0,787	43,70	55,52	2,19	2,78
5,10	15	0,734	67,92	92,54	3,40	4,63
5,40	15	0,731	63,48	86,83	3,17	4,34
5,70	12	0,778	54,06	69,47	2,70	3,47
6,00	10	0,775	44,89	57,89	2,24	2,89
6,30	21	0,673	81,80	121,57	4,09	6,08
6,60	10	0,770	44,59	57,89	2,23	2,89
6,90	25	0,668	91,05	136,31	4,55	6,82
7,20	15	0,716	58,53	81,79	2,93	4,09
7,50	18	0,713	70,02	98,15	3,50	4,91
7,80	20	0,711	77,57	109,05	3,88	5,45
8,10	22	0,659	79,08	119,96	3,95	6,00
8,40	23	0,657	77,90	118,52	3,89	5,93
8,70	22	0,655	74,30	113,37	3,71	5,67
9,00	25	0,653	84,19	128,83	4,21	6,44
9,30	26	0,652	87,32	133,98	4,37	6,70
9,60	34	0,600	105,12	175,21	5,26	8,76
9,90	33	0,598	96,44	161,20	4,82	8,06
10,20	55	0,547	146,86	268,67	7,34	13,43
10,50	60	0,545	159,73	293,10	7,99	14,65

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.15**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,90	2	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	22,19	20,00	0,35	124,70	66,11
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,90-4,80	7	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	73,19	70,00	0,34	404,86	117,25
Strato (3) Argille limose mediamente compatte	4,80-9,90	23	Coesivo Incoerente	1,90	2,00	26,00	2,00	236,38	230,00	0,31	1238,62	172,94
Strato (4) Argille limose compatte	9,90-10,50	66	Coesivo Incoerente	1,96	2,00	27,00	3,50	674,95	660,00	0,22	3336,45	221,09

## PROVA ... Nr.16

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 02/02/2022  
 Profondità prova 10,80 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	3	0,853	19,66	23,05	0,98	1,15
0,60	3	0,847	19,53	23,05	0,98	1,15
0,90	4	0,842	23,91	28,41	1,20	1,42
1,20	3	0,836	17,82	21,31	0,89	1,07
1,50	6	0,831	35,42	42,62	1,77	2,13
1,80	6	0,826	35,22	42,62	1,76	2,13
2,10	7	0,822	40,85	49,72	2,04	2,49
2,40	8	0,817	43,17	52,83	2,16	2,64
2,70	5	0,813	26,84	33,02	1,34	1,65
3,00	8	0,809	42,72	52,83	2,14	2,64
3,30	8	0,805	42,51	52,83	2,13	2,64
3,60	15	0,751	74,37	99,05	3,72	4,95
3,90	6	0,797	29,51	37,02	1,48	1,85
4,20	8	0,794	39,17	49,35	1,96	2,47
4,50	10	0,790	48,76	61,69	2,44	3,08
4,80	8	0,787	38,85	49,35	1,94	2,47
5,10	7	0,784	33,86	43,19	1,69	2,16
5,40	6	0,781	27,13	34,73	1,36	1,74
5,70	8	0,778	36,04	46,31	1,80	2,32
6,00	11	0,775	49,38	63,68	2,47	3,18
6,30	15	0,723	62,77	86,83	3,14	4,34
6,60	18	0,720	75,06	104,20	3,75	5,21
6,90	15	0,718	58,72	81,79	2,94	4,09
7,20	17	0,716	66,34	92,69	3,32	4,63
7,50	20	0,713	77,80	109,05	3,89	5,45
7,80	18	0,711	69,81	98,15	3,49	4,91
8,10	14	0,709	54,14	76,34	2,71	3,82
8,40	15	0,707	54,67	77,30	2,73	3,86
8,70	16	0,705	58,16	82,45	2,91	4,12
9,00	17	0,703	61,63	87,60	3,08	4,38
9,30	18	0,702	65,09	92,76	3,25	4,64
9,60	20	0,700	72,14	103,06	3,61	5,15
9,90	22	0,648	69,67	107,47	3,48	5,37
10,20	48	0,547	128,17	234,48	6,41	11,72
10,50	55	0,545	146,42	268,67	7,32	13,43
10,80	60	0,543	159,27	293,10	7,96	14,65

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.16**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,60	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	32,39	30,00	0,35	182,56	65,58
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,60-6,00	8	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	83,39	80,00	0,34	459,01	123,43
Strato (3) Argille limose mediamente compatte	6,00-9,90	19	Coesivo Incoerente	1,90	2,00	26,00	2,00	195,58	190,00	0,32	1035,00	169,87
Strato (4) Argille limose compatte	9,90-10,80	62	Coesivo Incoerente	1,96	2,00	27,00	3,50	634,15	620,00	0,23	3146,02	219,33

## PROVA ... Nr.17

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 02/02/2022  
 Profondità prova 10,50 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	2	0,853	13,11	15,37	0,66	0,77
0,60	3	0,847	19,53	23,05	0,98	1,15
0,90	3	0,842	17,93	21,31	0,90	1,07
1,20	7	0,836	41,58	49,72	2,08	2,49
1,50	5	0,831	29,52	35,52	1,48	1,78
1,80	4	0,826	23,48	28,41	1,17	1,42
2,10	7	0,822	40,85	49,72	2,04	2,49
2,40	7	0,817	37,77	46,22	1,89	2,31
2,70	6	0,813	32,20	39,62	1,61	1,98
3,00	7	0,809	37,38	46,22	1,87	2,31
3,30	5	0,805	26,57	33,02	1,33	1,65
3,60	4	0,801	21,15	26,41	1,06	1,32
3,90	4	0,797	19,67	24,68	0,98	1,23
4,20	3	0,794	14,69	18,51	0,73	0,93
4,50	4	0,790	19,50	24,68	0,98	1,23
4,80	4	0,787	19,42	24,68	0,97	1,23
5,10	4	0,784	19,35	24,68	0,97	1,23
5,40	4	0,781	18,09	23,16	0,90	1,16
5,70	3	0,778	13,51	17,37	0,68	0,87
6,00	5	0,775	22,45	28,94	1,12	1,45
6,30	6	0,773	26,84	34,73	1,34	1,74
6,60	8	0,770	35,68	46,31	1,78	2,32
6,90	10	0,768	41,87	54,53	2,09	2,73
7,20	11	0,766	45,92	59,98	2,30	3,00
7,50	14	0,713	54,46	76,34	2,72	3,82
7,80	19	0,711	73,69	103,60	3,68	5,18
8,10	19	0,709	73,48	103,60	3,67	5,18
8,40	20	0,707	72,89	103,06	3,64	5,15
8,70	22	0,655	74,30	113,37	3,71	5,67
9,00	23	0,653	77,45	118,52	3,87	5,93
9,30	24	0,652	80,60	123,68	4,03	6,18
9,60	35	0,600	108,21	180,36	5,41	9,02
9,90	45	0,548	120,52	219,82	6,03	10,99
10,20	55	0,547	146,86	268,67	7,34	13,43
10,50	60	0,545	159,73	293,10	7,99	14,65

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.17**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,60	2	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	22,19	20,00	0,35	124,70	61,13
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,60-6,60	5	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	52,79	50,00	0,34	295,08	115,72
Strato (3) Argille limose mediamente compatte	6,60-9,60	22	Coesivo Incoerente	1,90	2,00	26,00	2,00	226,18	220,00	0,31	1187,93	174,86
Strato (4) Argille limose compatte	9,60-10,50	61	Coesivo Incoerente	1,96	2,00	27,00	3,50	623,96	610,00	0,23	3098,30	217,47

## PROVA ... Nr.18

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 02/02/2022  
 Profondità prova 4,20 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	3	0,853	19,66	23,05	0,98	1,15
0,60	3	0,847	19,53	23,05	0,98	1,15
0,90	5	0,842	29,89	35,52	1,49	1,78
1,20	12	0,836	71,28	85,24	3,56	4,26
1,50	18	0,781	99,88	127,85	4,99	6,39
1,80	10	0,826	58,69	71,03	2,93	3,55
2,10	15	0,772	82,22	106,55	4,11	5,33
2,40	13	0,767	65,85	85,84	3,29	4,29
2,70	10	0,813	53,67	66,03	2,68	3,30
3,00	10	0,809	53,40	66,03	2,67	3,30
3,30	13	0,755	64,79	85,84	3,24	4,29
3,60	14	0,751	69,42	92,45	3,47	4,62
3,90	18	0,747	82,98	111,05	4,15	5,55
4,20	65	0,594	238,08	401,01	11,90	20,05

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.18**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unit� di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unit� di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocit� onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,60	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	32,39	30,00	0,35	182,56	65,58
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,60-3,00	13	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	134,38	130,00	0,33	724,47	119,43
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	3,00-3,90	17	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	62,38	201,30	0,32	932,26	141,84
Strato (4) Ghiaie compatte	3,90-4,20	74	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	179,46	873,90	0,2	3715,28	188,68

## PROVA ... Nr.19

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 02/02/2022  
 Profondità prova 5,10 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	3	0,853	19,66	23,05	0,98	1,15
0,60	3	0,847	19,53	23,05	0,98	1,15
0,90	6	0,842	35,86	42,62	1,79	2,13
1,20	14	0,786	78,19	99,44	3,91	4,97
1,50	15	0,781	83,23	106,55	4,16	5,33
1,80	16	0,776	88,23	113,65	4,41	5,68
2,10	7	0,822	40,85	49,72	2,04	2,49
2,40	8	0,817	43,17	52,83	2,16	2,64
2,70	10	0,813	53,67	66,03	2,68	3,30
3,00	20	0,759	100,20	132,07	5,01	6,60
3,30	22	0,705	102,37	145,27	5,12	7,26
3,60	23	0,701	106,45	151,88	5,32	7,59
3,90	24	0,697	103,23	148,06	5,16	7,40
4,20	18	0,744	82,59	111,05	4,13	5,55
4,50	22	0,690	93,69	135,72	4,68	6,79
4,80	65	0,587	235,43	401,01	11,77	20,05
5,10	60	0,584	216,18	370,16	10,81	18,51

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.19**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,60	3	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	32,39	30,00	0,35	182,56	65,58
Strato (2) Limi sabbiosi con inclusi travertinosi	0,60-2,70	12	Coesivo Incoerente	1,85	1,90	23,00	1,00	124,19	120,00	0,33	671,96	115,82
Strato (3) Ghiaie in matrice sabbiosa	2,70-4,50	24	Incoerente	1,95	2,00	32,00	--	76,76	283,90	0,31	1289,18	151,8
Strato (4) Ghiaie compatte	4,50-5,10	71	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	173,30	838,50	0,21	3573,52	193,58

## PROVA ... Nr.20

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 02/02/2022  
 Profondità prova 1,80 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	3	0,853	19,66	23,05	0,98	1,15
0,60	6	0,847	39,05	46,11	1,95	2,31
0,90	45	0,642	205,06	319,64	10,25	15,98
1,20	55	0,636	248,57	390,67	12,43	19,53
1,50	60	0,631	269,01	426,18	13,45	21,31
1,80	65	0,626	289,17	461,70	14,46	23,08

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.20

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0,00-0,60	5	Coesivo Incoerente	1,75	1,70	21,00	0,10	52,79	50,00	0,34	295,08	71,64
Strato (2) Ghiaie compatte	0,60-1,80	64	Incoerente	2,05	2,10	40,00	--	158,92	755,90	0,22	3241,32	145,5

## Indice

1.PROVA ... Nr.1	10
2.PROVA ... Nr.2	11
3.PROVA ... Nr.3	13
4.PROVA ... Nr.4	15
5.PROVA ... Nr.5	15
6.PROVA ... Nr.6	17
7.PROVA ... Nr.7	19
8.PROVA ... Nr.8	20
9.PROVA ... Nr.9	22
10.PROVA ... Nr.10	24
11.PROVA ... Nr.11	24
12.PROVA ... Nr.12	26
13.PROVA ... Nr.13	27
14.PROVA ... Nr.14	29
15.PROVA ... Nr.15	30
16.PROVA ... Nr.16	32
17.PROVA ... Nr.17	34
18.PROVA ... Nr.18	36
19.PROVA ... Nr.19	37
20.PROVA ... Nr.20	39
Indice	41

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Ternana Calcio  
 Cantiere:  
 Località: Zona Villa Palma

Data: 01/02/2022

Scala 1:29

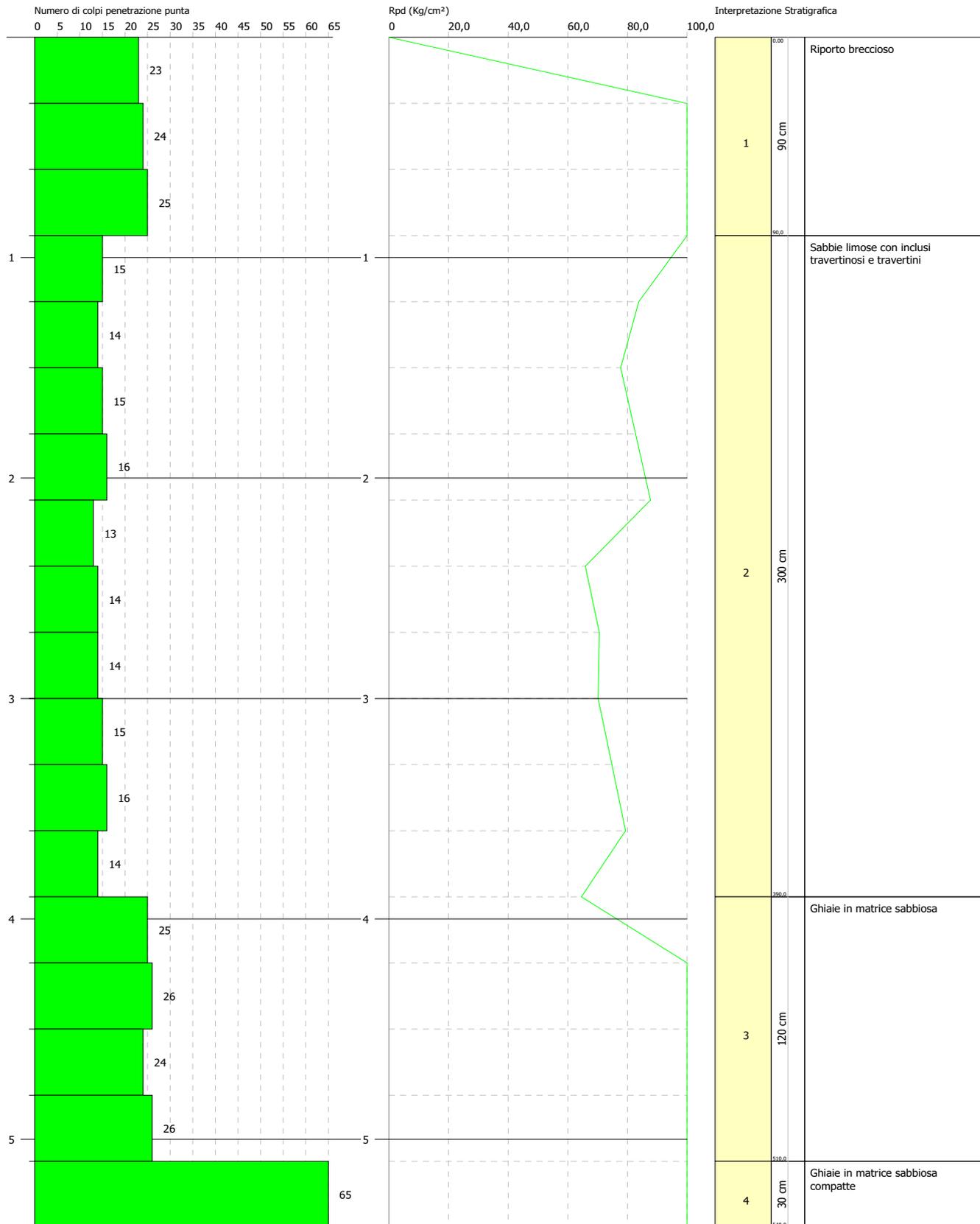


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Ternana Calcio  
 Cantiere:  
 Località: Zona Villa Palma

Data: 01/02/2022

Scala 1:24

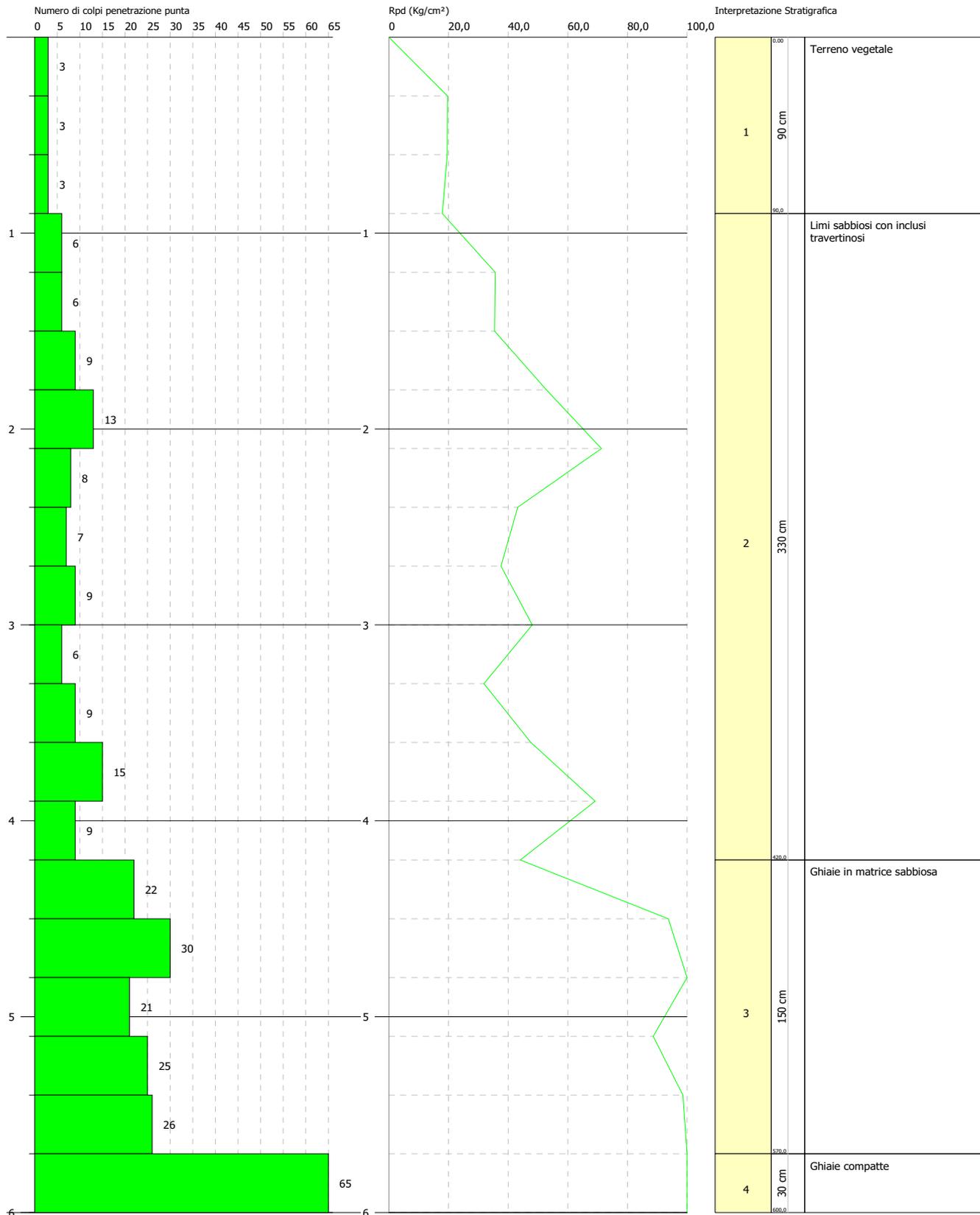


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Ternana Calcio  
 Cantiere:  
 Località: Zona Villa Palma

Data: 01/02/2022

Scala 1:27

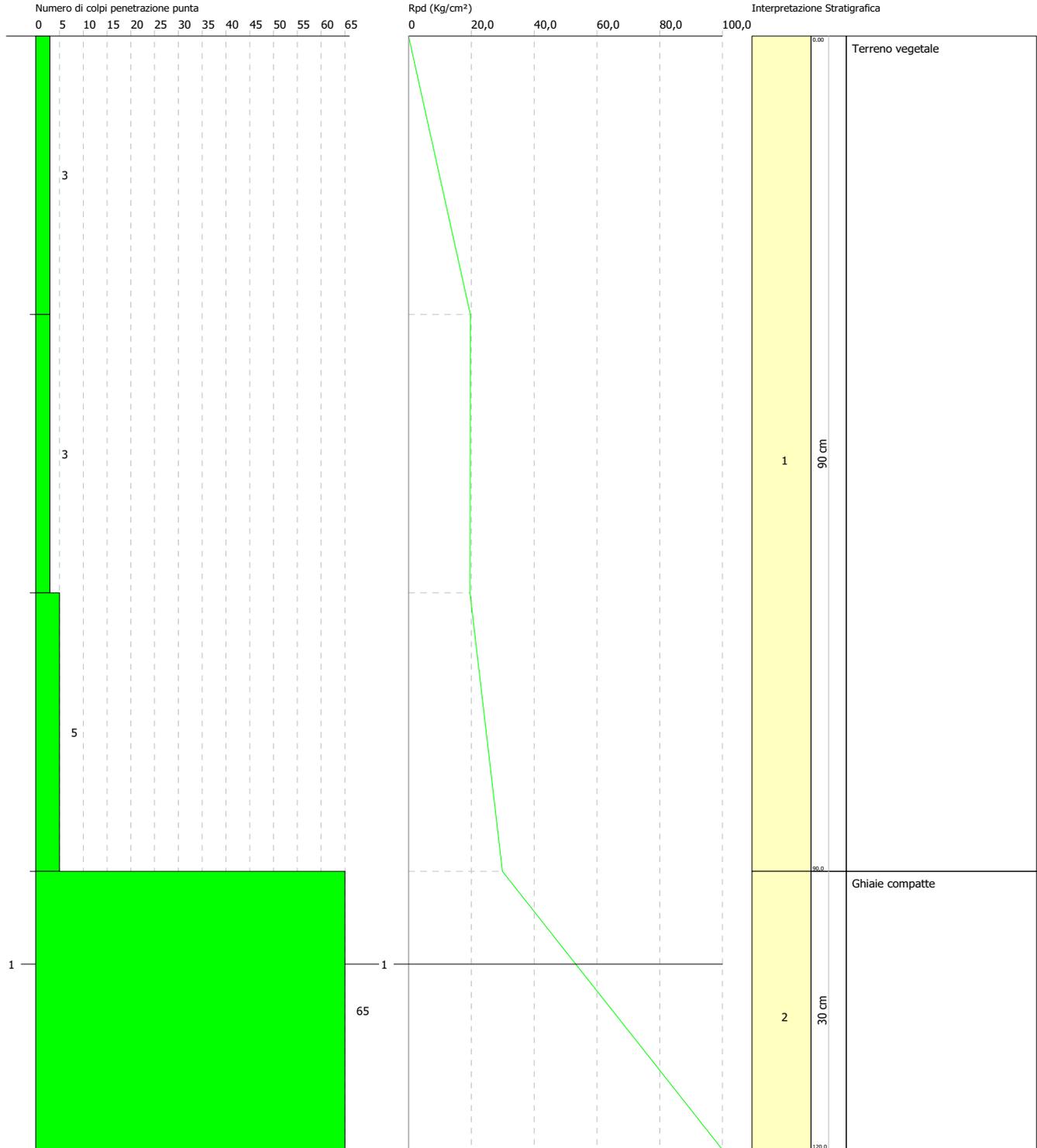


### PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4 Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: Ternana Calcio  
Cantiere:  
Località: Zona Villa Palma

Data: 02/02/2022

Scala 1:6

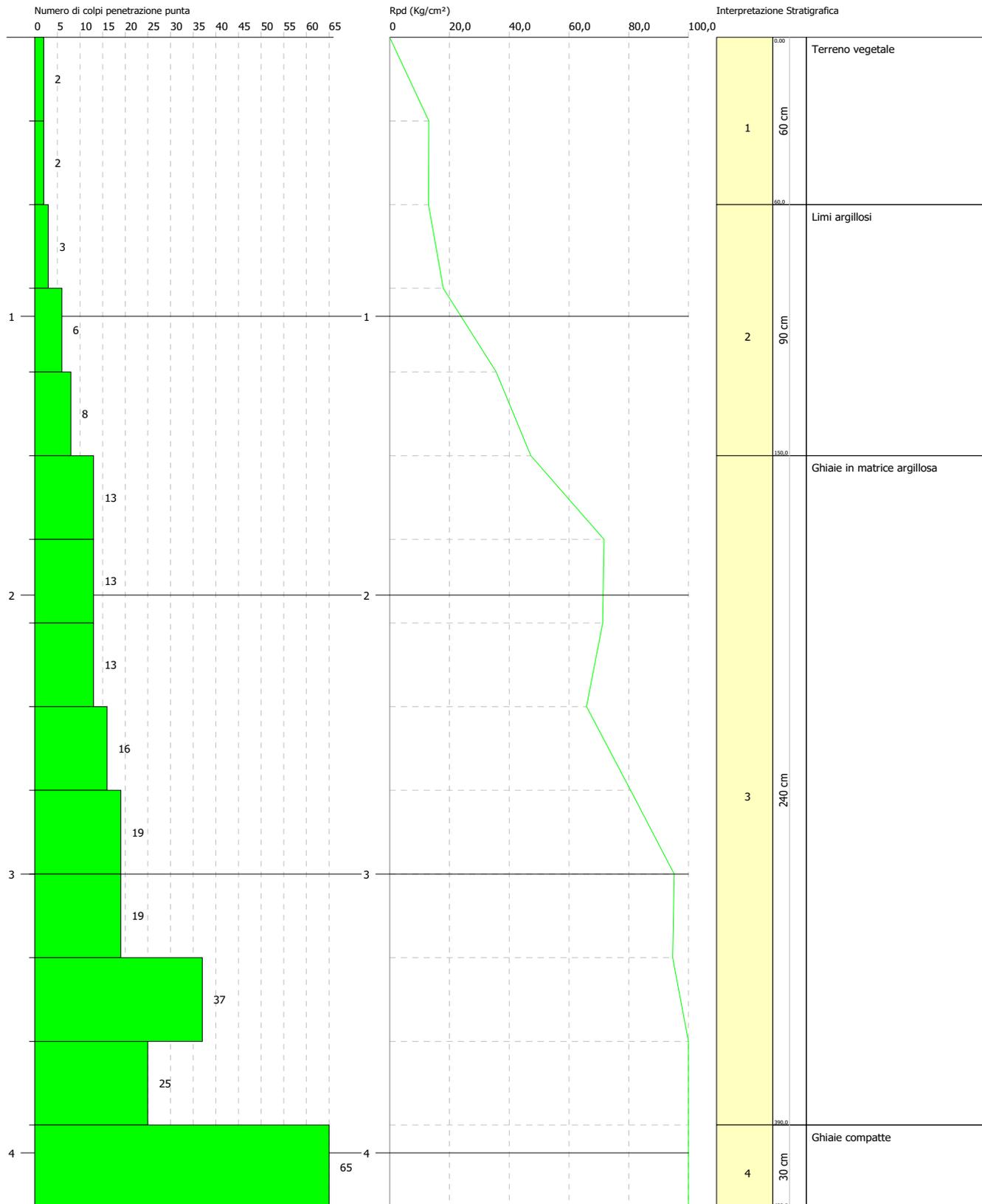


### PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5 Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: Ternana Calcio  
Cantiere:  
Località: Zona Villa Palma

Data: 02/02/2022

Scala 1:19

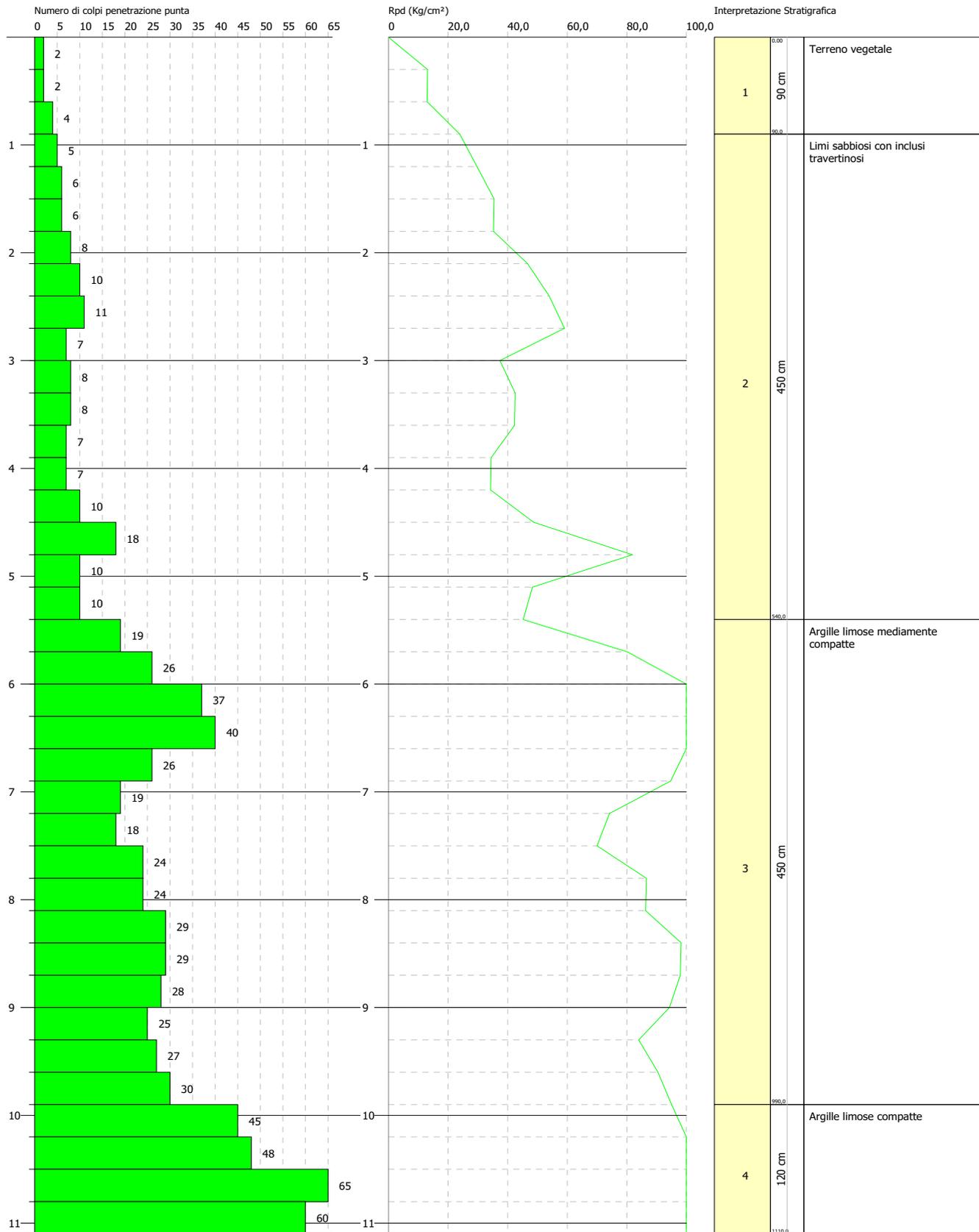


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.6**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Ternana Calcio  
 Cantiere:  
 Località: Zona Villa Palma

Data: 02/02/2022

Scala 1:49

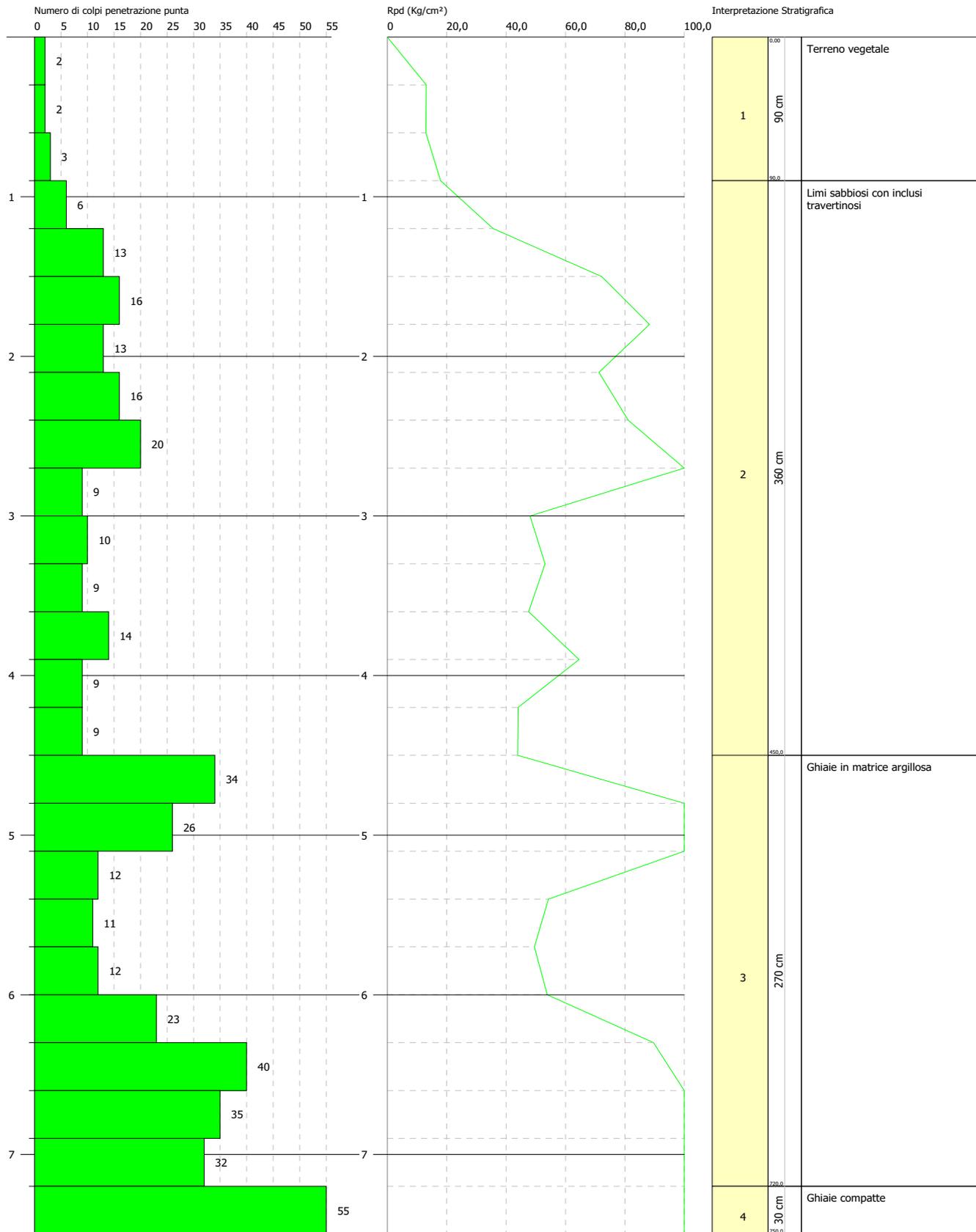


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.7**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Ternana Calcio  
 Cantiere:  
 Località: Zona Villa Palma

Data: 02/02/2022

Scala 1:33

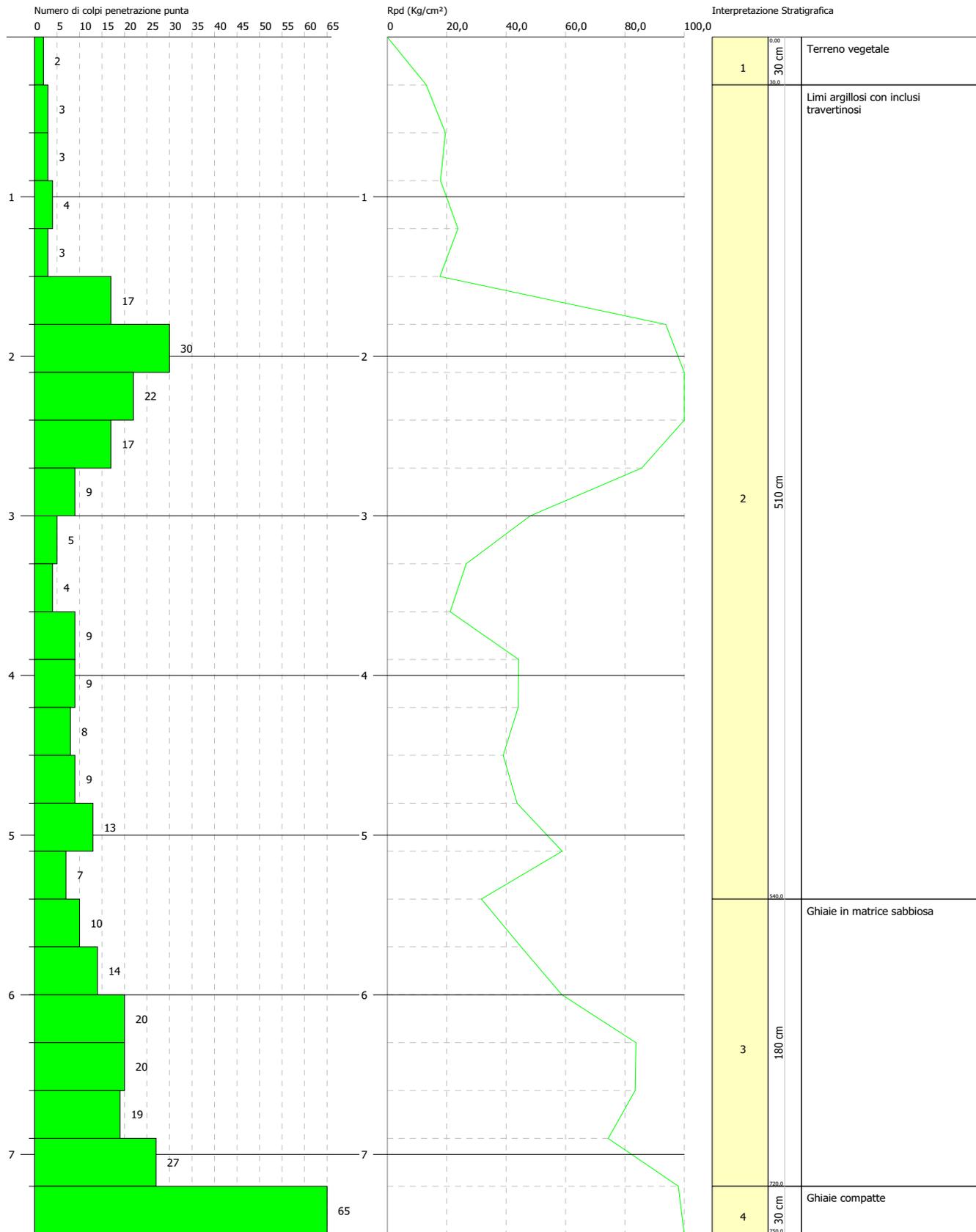


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.8**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Ternana Calcio  
 Cantiere:  
 Località: Zona Villa Palma

Data: 02/02/2022

Scala 1:33

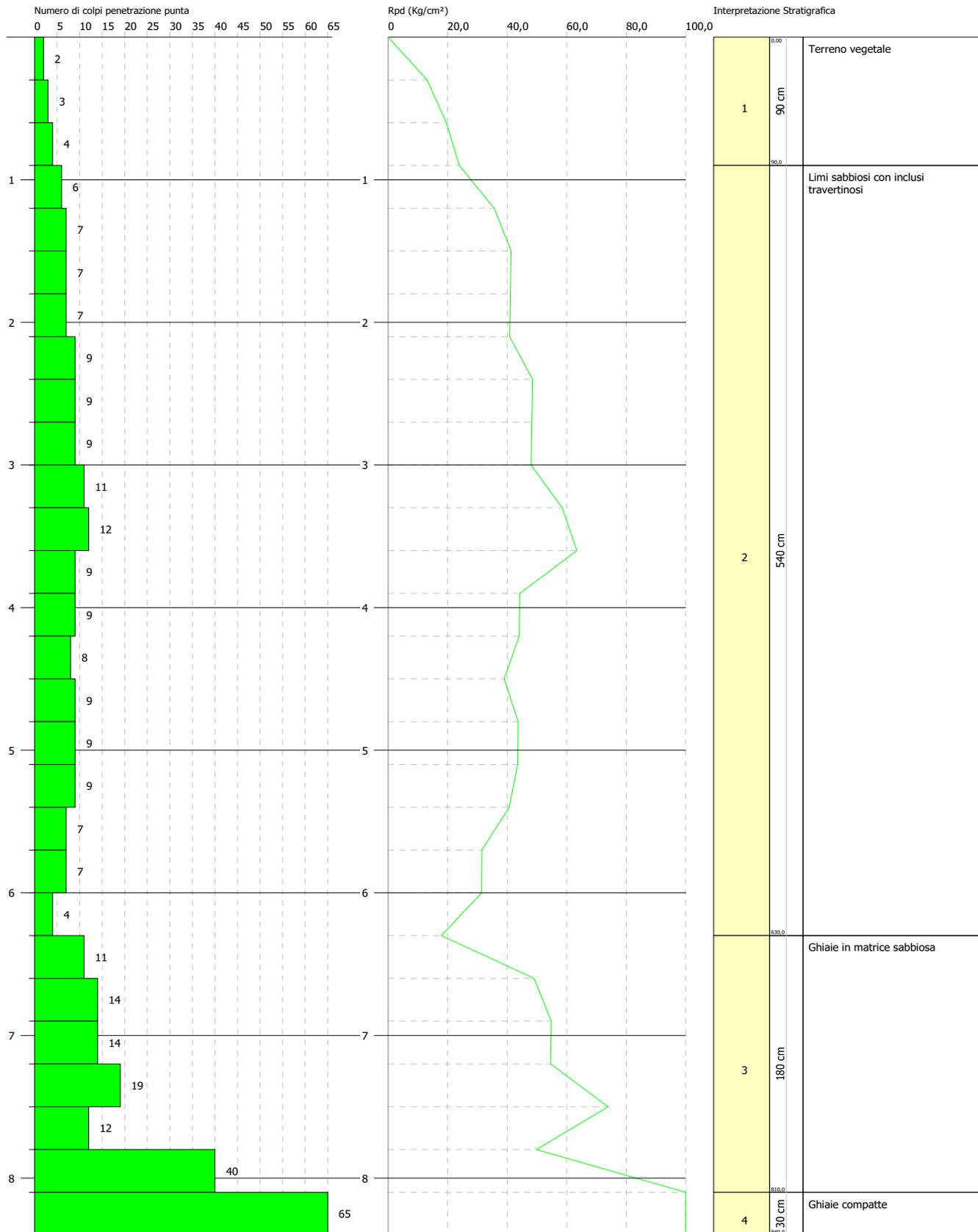


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.9**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Ternana Calcio  
 Cantiere:  
 Località: Zona Villa Palma

Data: 02/02/2022

Scala 1:37

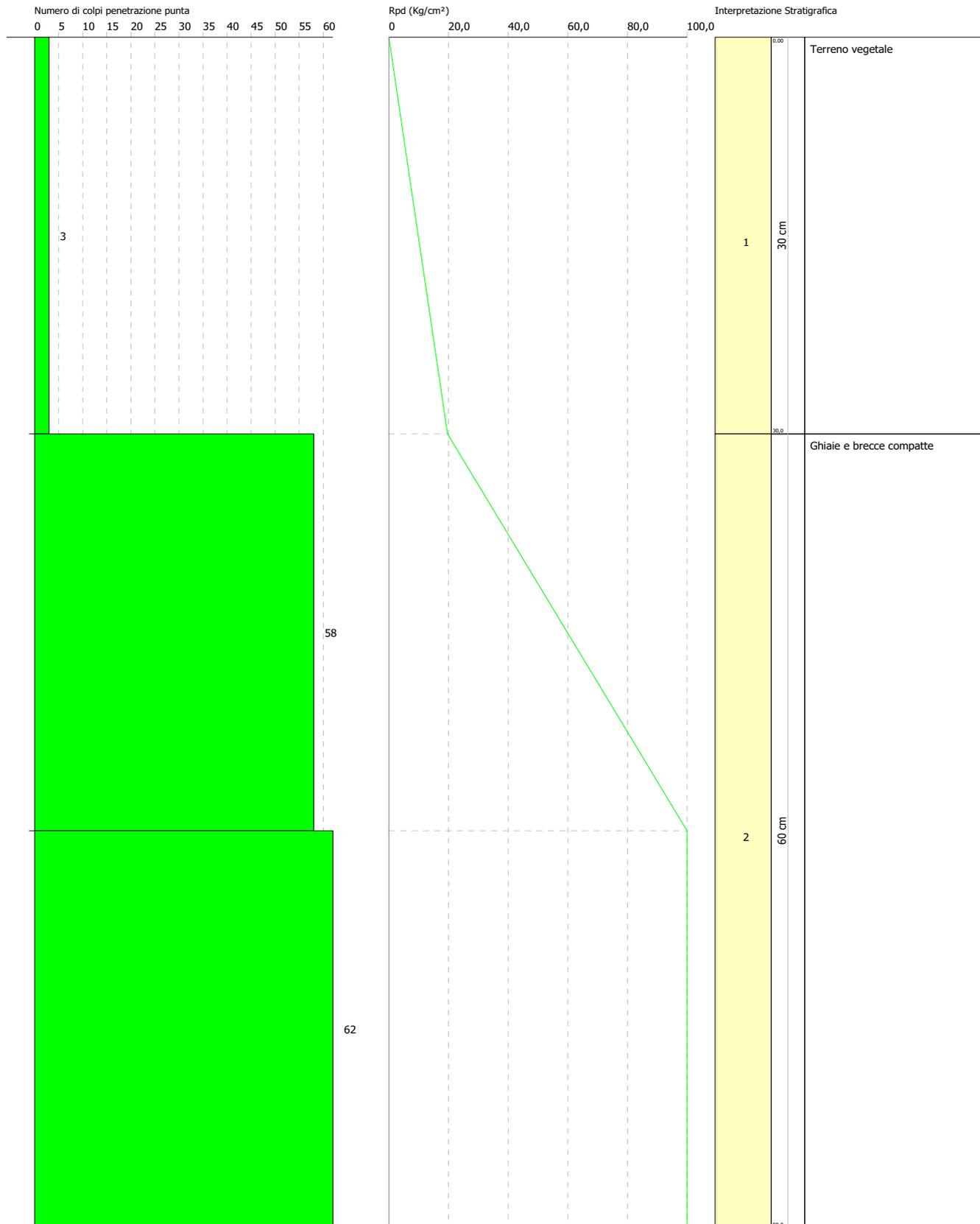


### PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.10 Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: Ternana Calcio  
Cantiere:  
Località: Zona Villa Palma

Data: 02/02/2022

Scala 1:4

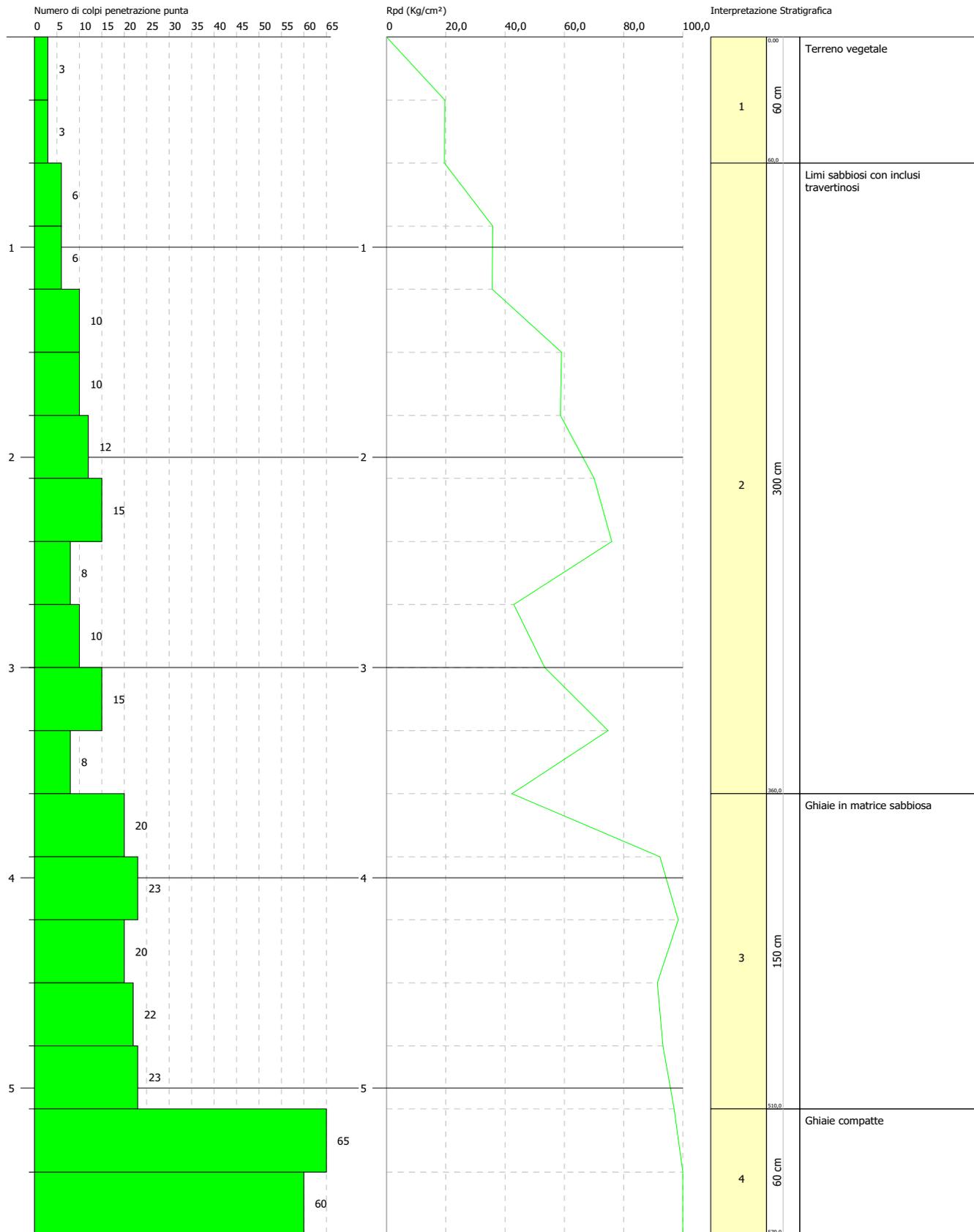


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.11**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Ternana Calcio  
 Cantiere:  
 Località: Zona Villa Palma

Data: 02/02/2022

Scala 1:25

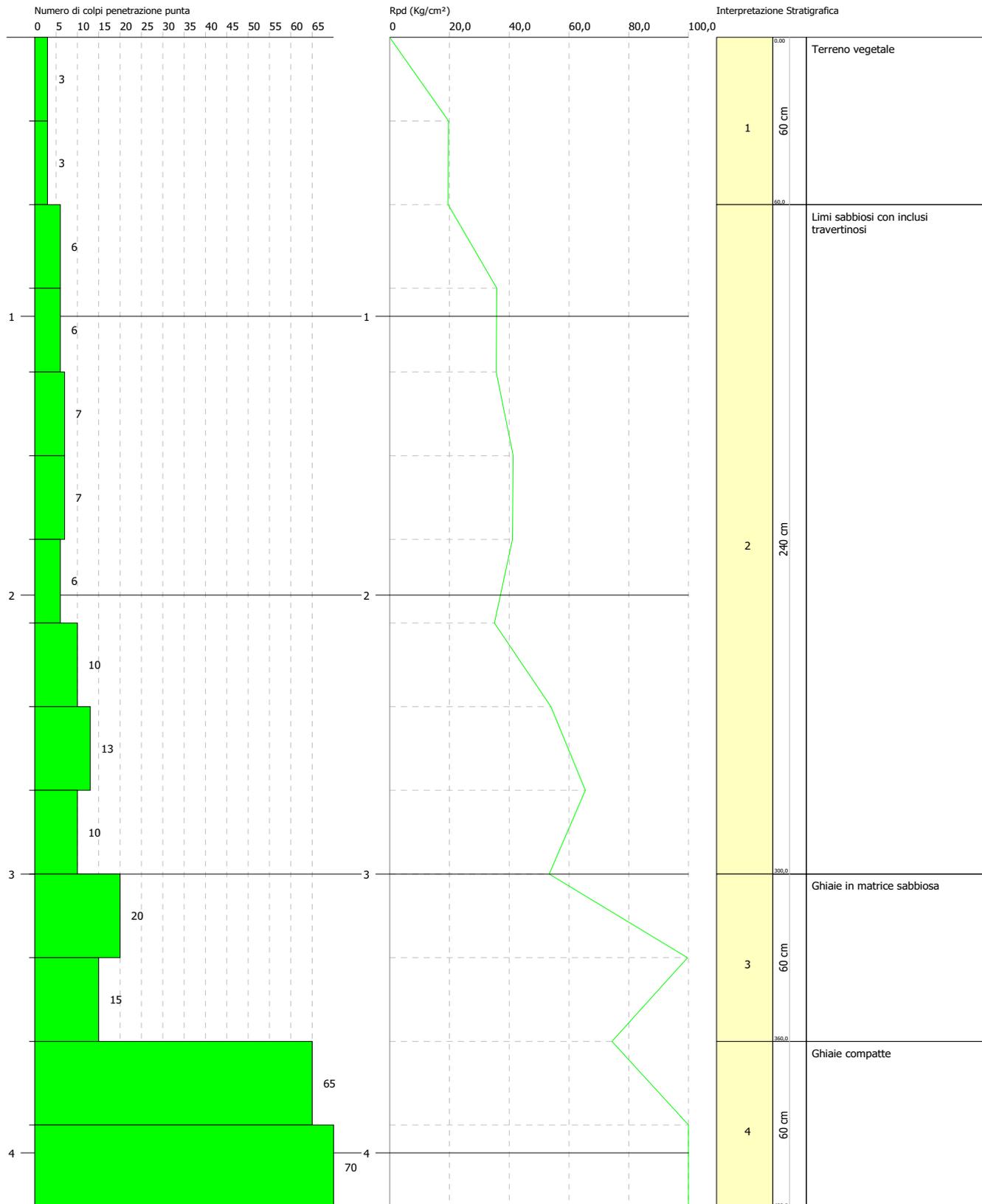


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.12**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Ternana Calcio  
 Cantiere:  
 Località: Zona Villa Palma

Data: 02/02/2022

Scala 1:19

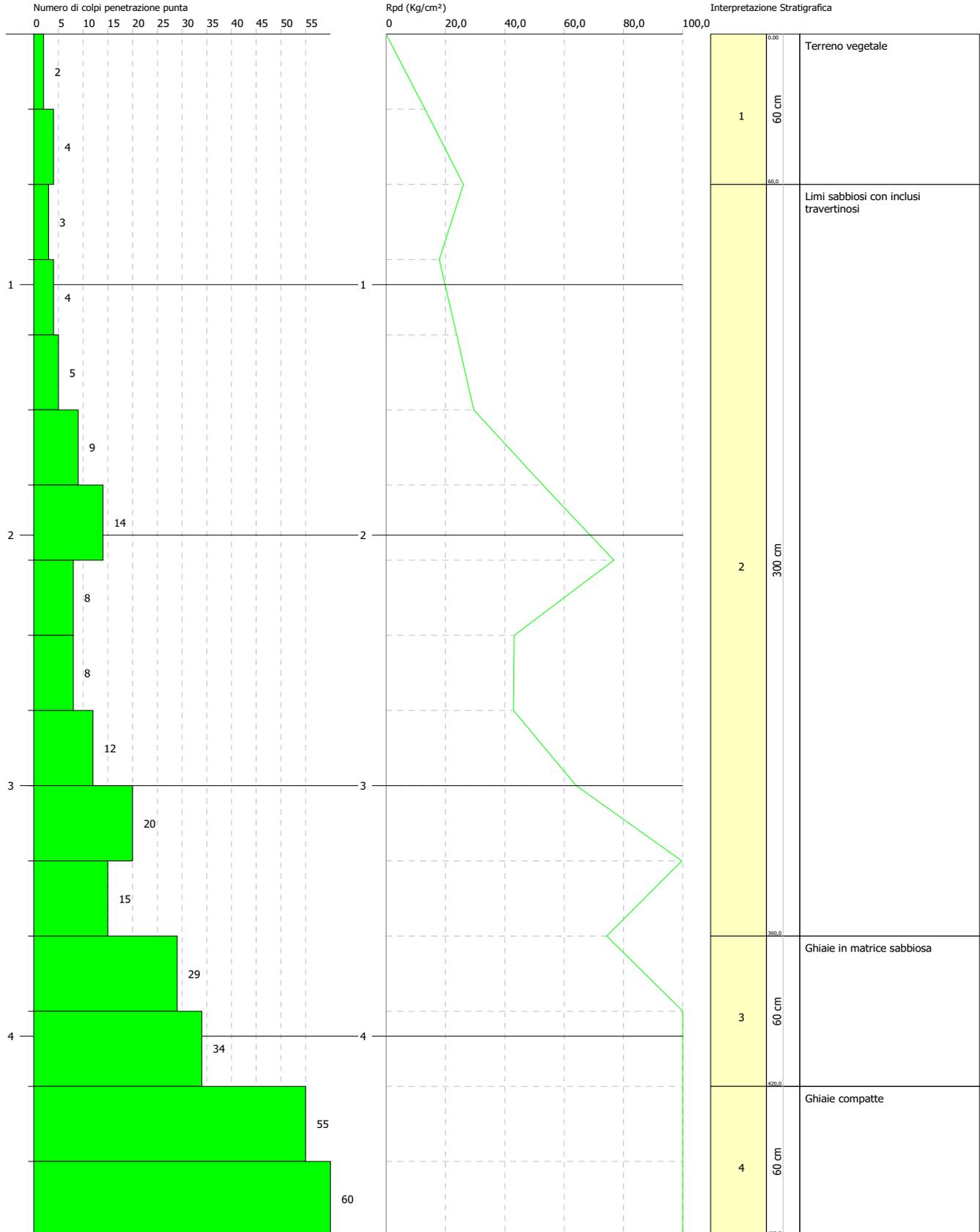


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.13**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Ternana Calcio  
 Cantiere:  
 Località: Zona Villa Palma

Data: 02/02/2022

Scala 1:21

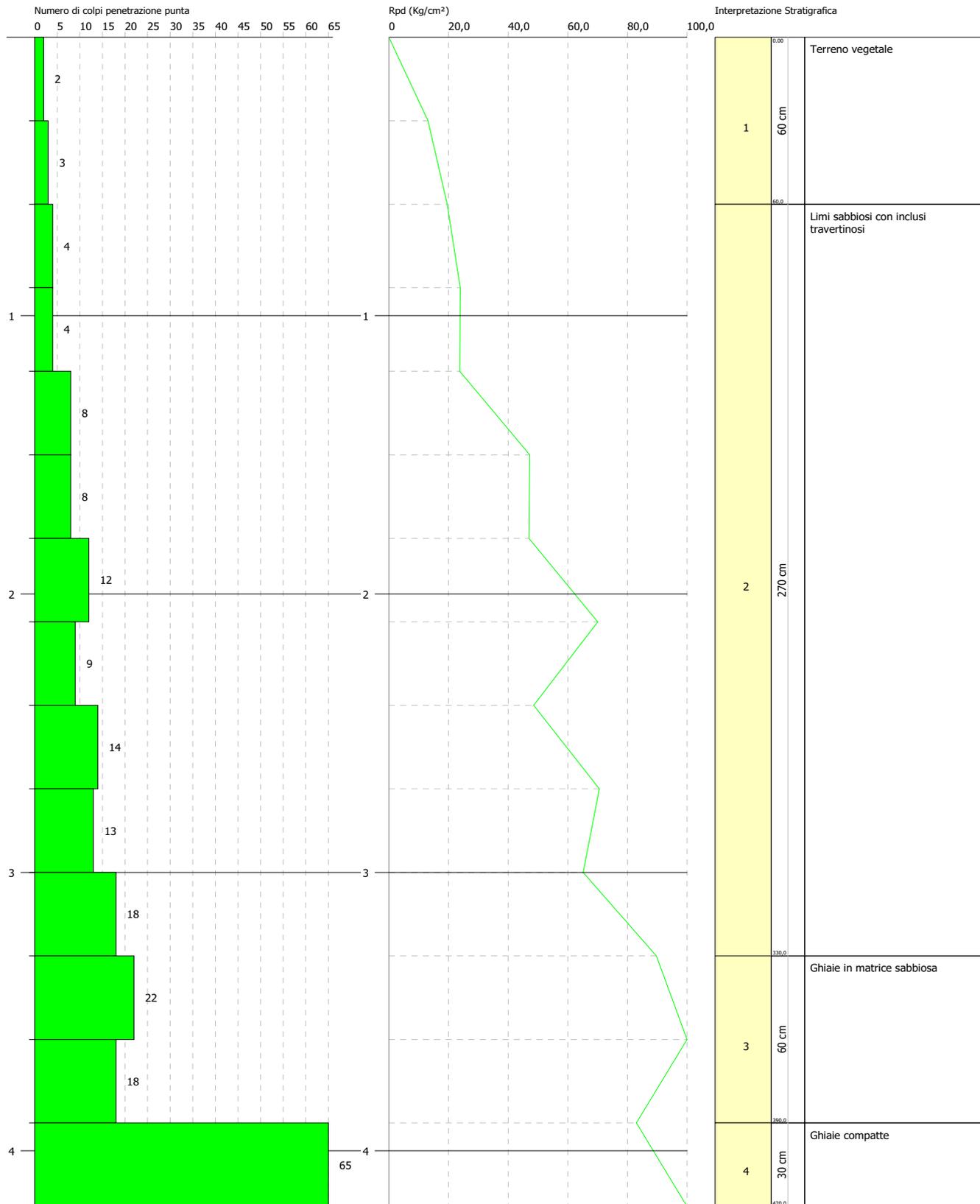


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.14**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Ternana Calcio  
 Cantiere:  
 Località: Zona Villa Palma

Data: 02/02/2022

Scala 1:19

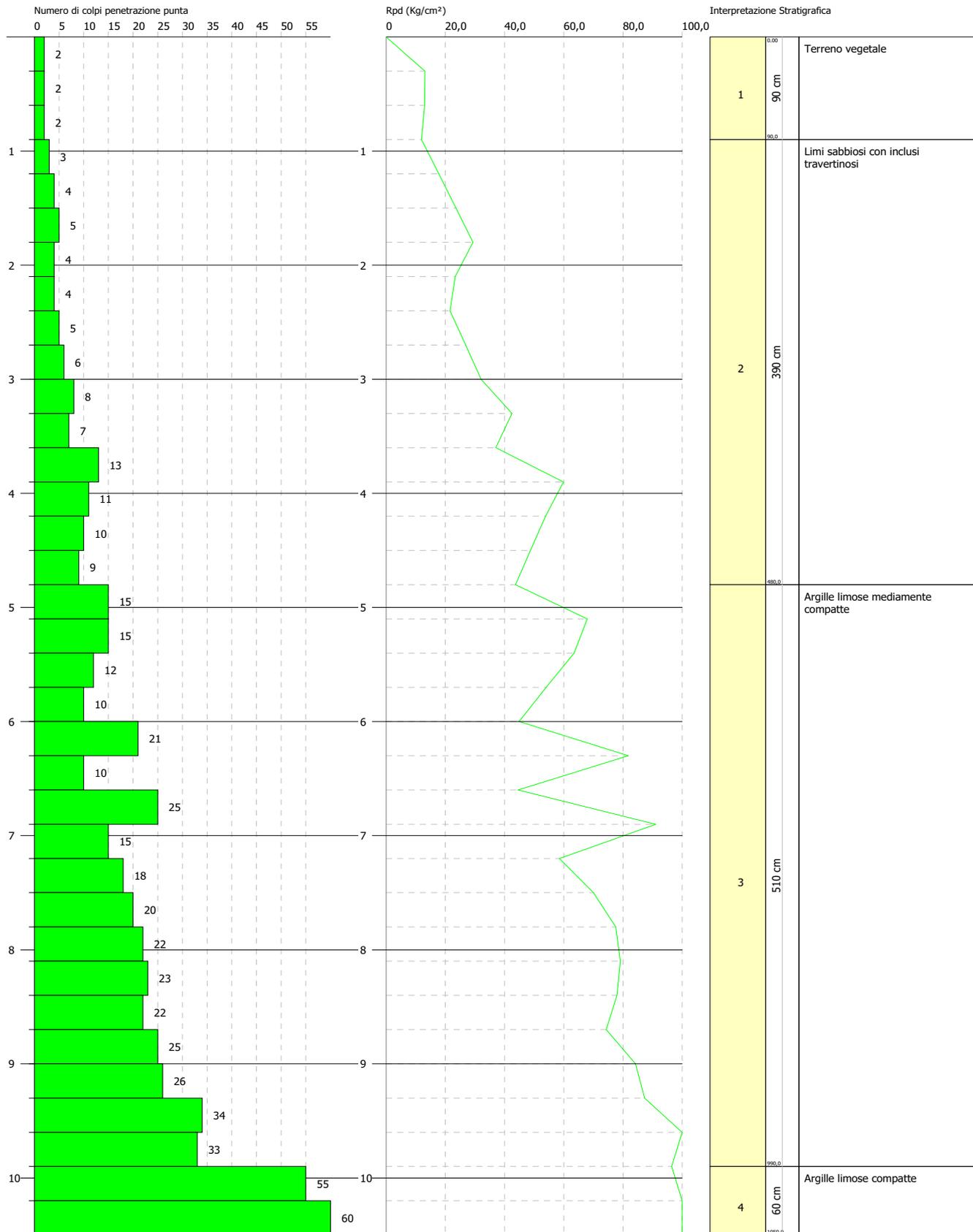


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.15**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Ternana Calcio  
 Cantiere:  
 Località: Zona Villa Palma

Data: 02/02/2022

Scala 1:46

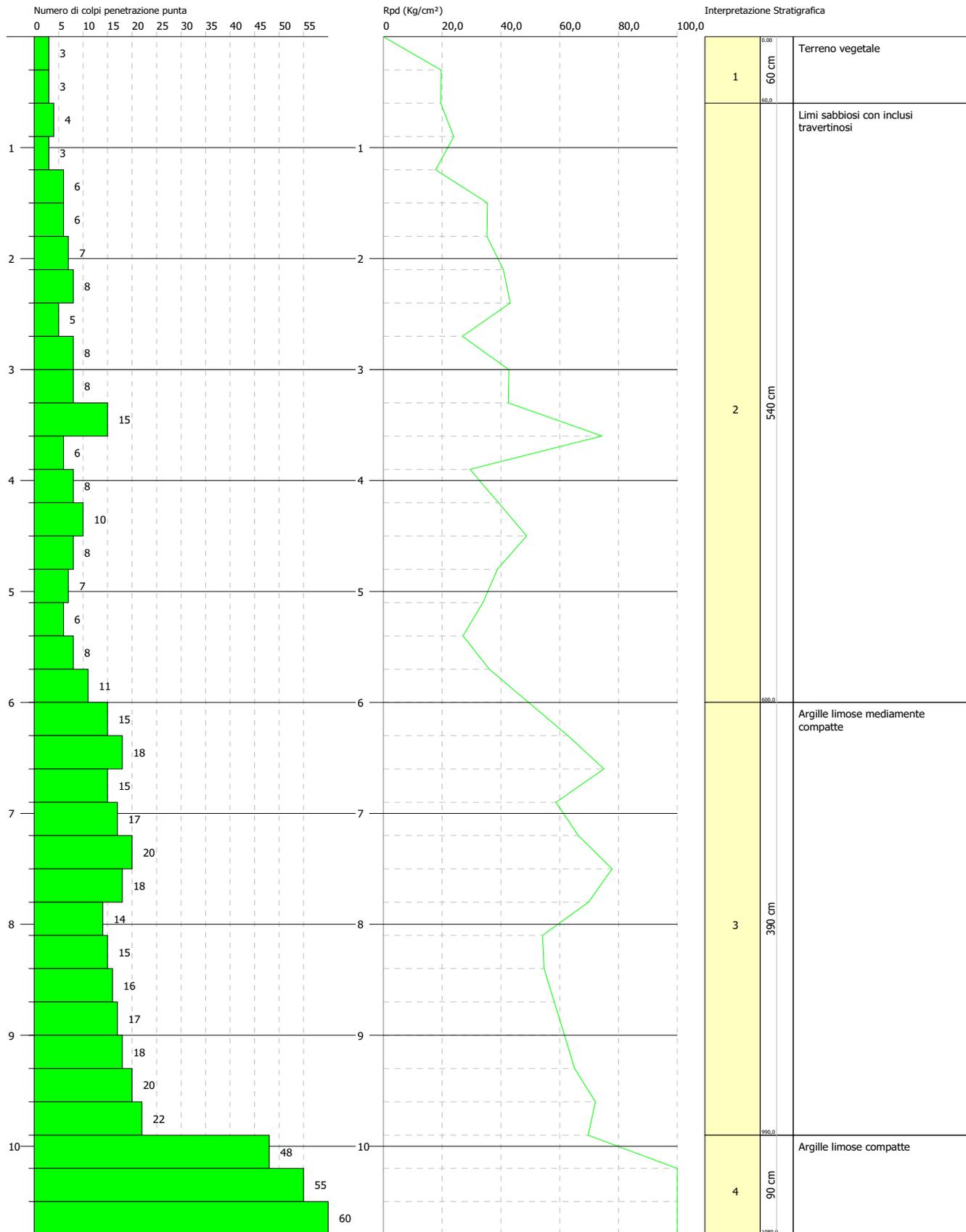


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.16**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Ternana Calcio  
 Cantiere:  
 Località: Zona Villa Palma

Data: 02/02/2022

Scala 1:47

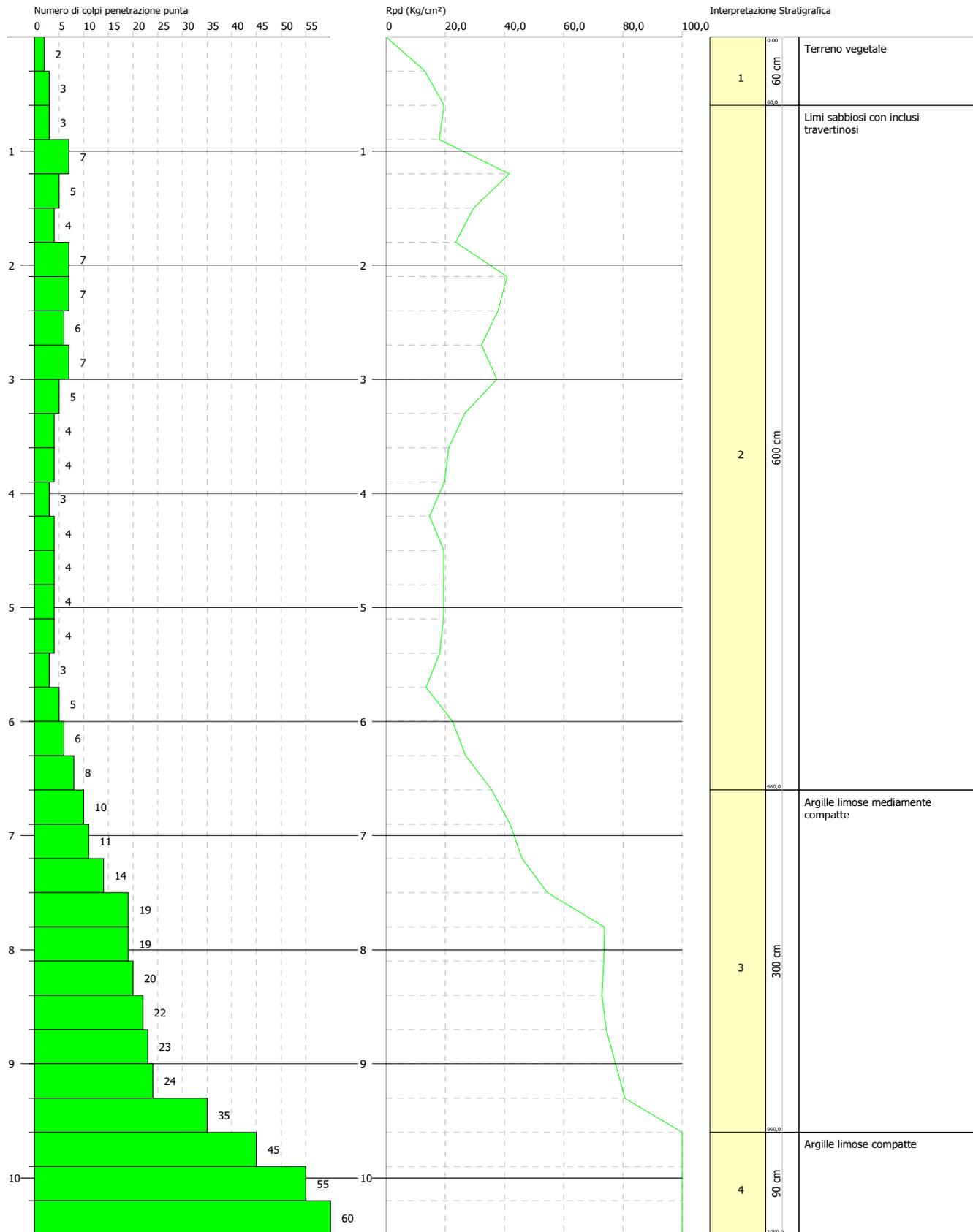


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.17**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Ternana Calcio  
 Cantiere:  
 Località: Zona Villa Palma

Data: 02/02/2022

Scala 1:46

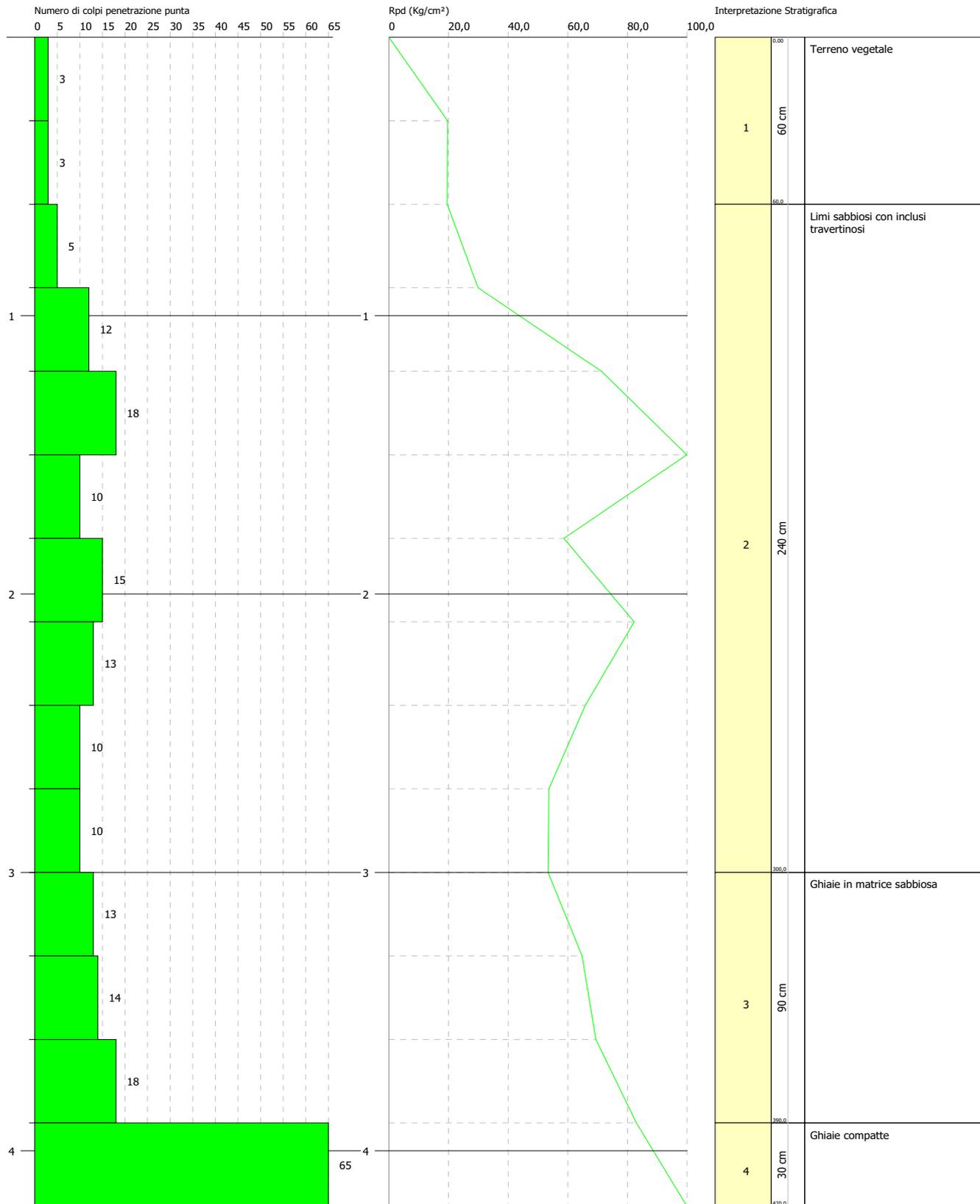


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.18**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Ternana Calcio  
 Cantiere:  
 Località: Zona Villa Palma

Data: 02/02/2022

Scala 1:19

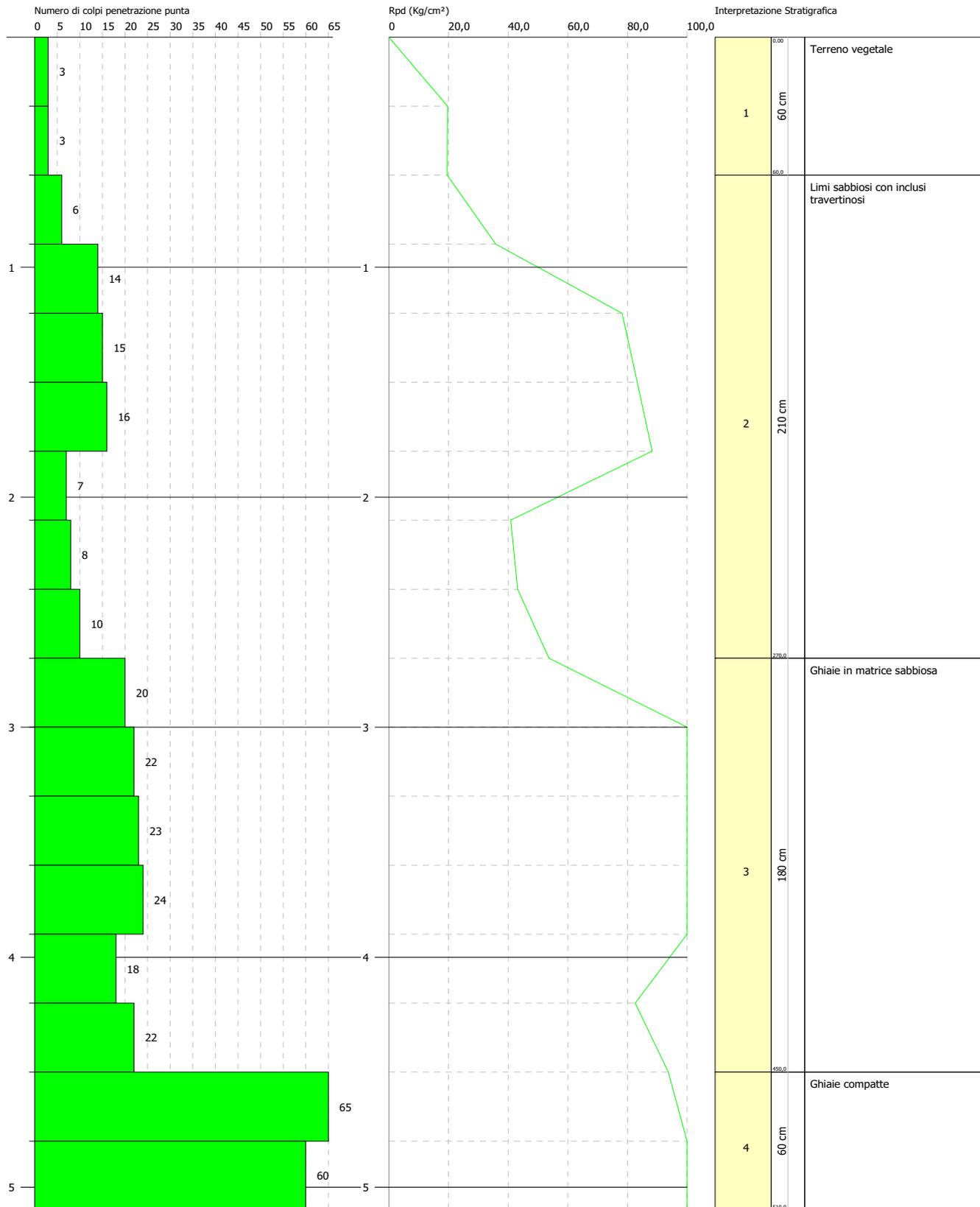


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.19**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Ternana Calcio  
 Cantiere:  
 Località: Zona Villa Palma

Data: 02/02/2022

Scala 1:23

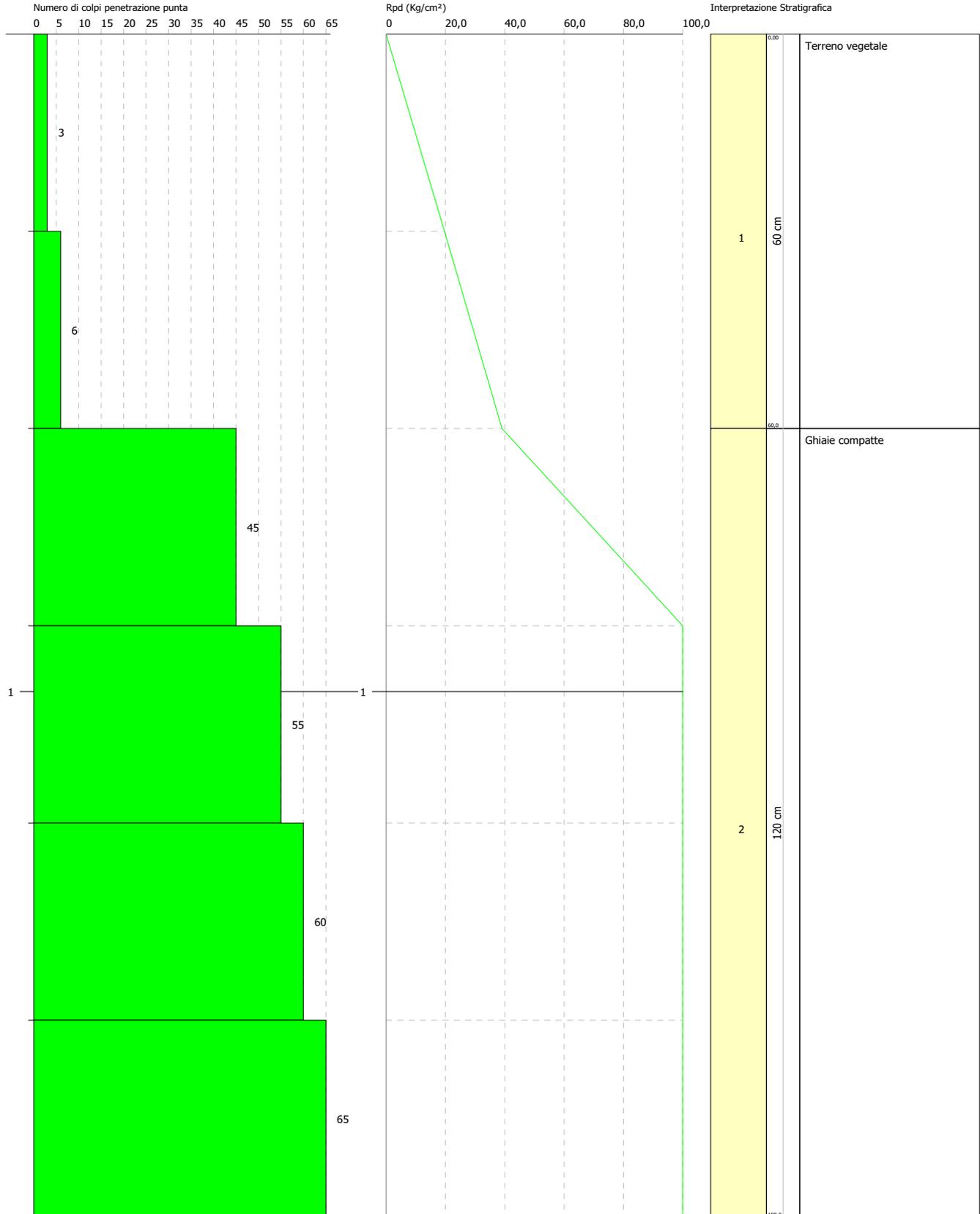


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.20**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Ternana Calcio  
Cantiere:  
Località: Zona Villa Palma

Data: 02/02/2022

Scala 1:8



**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**  
*PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE*  
*SUPER-PESANTI DPSH*



Pp1



Pp2



Pp3



Pp4

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**  
*PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE*  
*SUPER-PESANTI DPSH*



Pp5



Pp6



Pp7



Pp8

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**  
*PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE*  
*SUPER-PESANTI DPSH*



Pp9



Pp10



Pp11



Pp12

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**  
**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**  
**SUPER-PESANTI DPSH**



Pp13



Pp14



Pp15



Pp16

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**  
*PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE*  
*SUPER-PESANTI DPSH*



Pp17



Pp18



Pp19



Pp20

SLOPE

**GEOLOGO DOTT. LUCA LATELLA**

*Studio Tecnico: Via G. di Vitalone 18-05100 Terni*

*Tel. e Fax 0744-402427;347-6355500*

REGIONE UMBRIA

PROVINCIA DI TERNI

COMUNE DI TERNI

## RELAZIONE VERIFICHE DI STABILITA'

OGGETTO: PROPOSTA DI VARIANTE URBANISTICA  
SUAP

LOCALITA': ZONA VILLA PALMA

COMMITTENTE: TERNANA CALCIO

**Febbraio 2022**

**Geologo**

**LUCA LATELLA**



## SLOPE

## Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967) PROFILO 1

Lat./Long.	42,581281/12,64092
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

## Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	33,07 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	150,51 m
Ascissa vertice destro superiore xs	326,6 m
Ordinata vertice destro superiore ys	271,75 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	10,0

## Coefficienti sismici [N.T.C.]

## Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

## Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,57	2,5	0,27
S.L.D.	50,0	0,71	2,49	0,28
S.L.V.	475,0	1,66	2,45	0,32
S.L.C.	975,0	2,07	2,48	0,33

## Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,855	0,2	0,0174	0,0087
S.L.D.	1,065	0,2	0,0217	0,0109
S.L.V.	2,4089	0,24	0,059	0,0295
S.L.C.	2,8688	0,28	0,0819	0,041

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,059
Coefficiente azione sismica verticale	0,0295

## SLOPE

## Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	200,0
2	75,0	206,0
3	150,0	211,0
4	221,0	218,0
5	331,0	225,0

## Vertici strato .....1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	199,99
2	75,0	205,99
3	150,0	210,7
4	221,0	217,7
5	331,0	224,7

## Vertici strato .....2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	199,98
2	75,0	205,98
3	150,0	210,0
4	221,0	217,0
5	331,0	222,0

## Vertici strato .....3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	199,97
2	75,0	205,97
3	150,0	209,0
4	221,0	216,5
5	331,0	221,1

## Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

## Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0	0.10	21	1700	1750		
2	0	1.00	23	1850	1900		
3	0	0	32	1950	2000		
4	0	0	40	2050	2100		

## Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

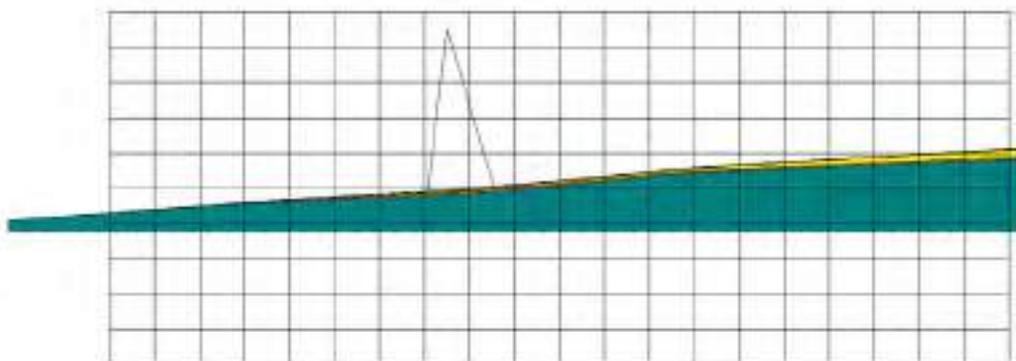
Fs minimo individuato	3,68
Ascissa centro superficie	143,15 m
Ordinata centro superficie	265,68 m
Raggio superficie	55,96 m

## SLOPE

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

**xc = 143,146 yc = 265,683 Rc = 55,962 Fs=3,678**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2,17	-5,6	2,18	701,47	41,39	20,69	0,0	21,0	0,0	713,6	89,8
2	2,17	-3,4	2,18	1947,27	114,89	57,44	0,0	23,0	0,0	1966,7	272,8
3	2,17	-1,1	2,17	2871,86	169,44	84,72	0,0	23,0	0,0	2880,4	398,9
4	2,17	1,1	2,17	3456,7	203,95	101,97	0,0	23,0	0,0	3448,3	477,6
5	2,17	3,3	2,18	3701,44	218,38	109,19	0,0	23,0	0,0	3678,2	510,1
6	2,54	5,7	2,55	4178,02	246,5	123,25	0,0	23,0	0,0	4141,5	576,3
7	1,81	8,0	1,83	2690,77	158,76	79,38	0,0	23,0	0,0	2665,3	372,7
8	2,17	10,0	2,21	2749,16	162,2	81,1	0,0	23,0	0,0	2725,1	383,2
9	2,17	12,3	2,22	1884,73	111,2	55,6	0,0	23,0	0,0	1872,5	265,4
10	2,17	14,6	2,25	692,79	40,87	20,44	0,0	21,0	0,0	693,3	89,7



## SLOPE

**Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967) PROFILO 2**

Lat./Long.	42,581281/12,64092
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	17,37 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	184,7 m
Ascissa vertice destro superiore xs	207,5 m
Ordinata vertice destro superiore ys	251,3 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	10,0

**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,57	2,5	0,27
S.L.D.	50,0	0,71	2,49	0,28
S.L.V.	475,0	1,66	2,45	0,32
S.L.C.	975,0	2,07	2,48	0,33

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,855	0,2	0,0174	0,0087
S.L.D.	1,065	0,2	0,0217	0,0109
S.L.V.	2,4089	0,24	0,059	0,0295
S.L.C.	2,8688	0,28	0,0819	0,041

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,059
Coefficiente azione sismica verticale	0,0295

## SLOPE

## Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	200,0
2	50,0	204,0
3	150,0	215,0
4	223,0	220,0

## Vertici strato .....1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	199,4
2	50,0	203,4
3	150,0	214,4
4	223,0	219,4

## Vertici strato .....2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	196,7
2	50,0	200,7
3	150,0	211,7
4	223,0	213,7

## Vertici strato .....3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	196,0
2	50,0	200,0
3	150,0	211,0
4	223,0	211,9

## Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

## Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0	0.10	21	1700	1750		
2	0	1.00	23	1850	1900		
3	0	0	32	1950	2000		
4	0	0	40	2050	2100		

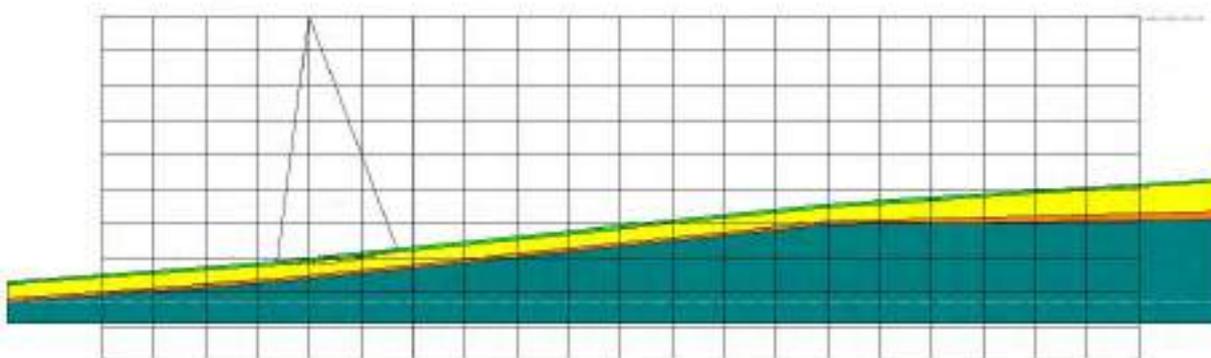
## Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	2,95
Ascissa centro superficie	55,39 m
Ordinata centro superficie	251,3 m
Raggio superficie	47,72 m

$$x_c = 55,394 \quad y_c = 251,295 \quad R_c = 47,723 \quad F_s = 2,945$$

## SLOPE

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,61	-6,9	0,61	64,29	3,79	1,9	0,0	21,0	0,0	66,0	10,4
2	3,81	-4,2	3,82	3297,06	194,53	97,26	0,0	21,0	0,0	3344,3	524,3
3	2,21	-0,6	2,21	3746,14	221,02	110,51	0,0	23,0	0,0	3752,9	648,8
4	2,21	2,1	2,21	4620,92	272,63	136,32	0,0	23,0	0,0	4595,2	794,9
5	2,21	4,7	2,22	5077,44	299,57	149,78	0,0	23,0	0,0	5023,0	871,3
6	2,21	7,4	2,23	5111,92	301,6	150,8	0,0	23,0	0,0	5041,7	878,9
7	2,21	10,1	2,24	4718,29	278,38	139,19	0,0	23,0	0,0	4649,4	816,4
8	2,21	12,8	2,26	3887,01	229,33	114,67	0,0	23,0	0,0	3835,4	679,9
9	2,21	15,5	2,29	2605,51	153,73	76,86	0,0	23,0	0,0	2580,2	462,9
10	2,21	18,3	2,33	970,19	57,24	28,62	0,0	21,0	0,0	971,6	160,0



**ELABORAZIONI  
INDAGINI SISMICHE  
N° 1 SISMICA DOWNHOLE  
N° 5 SISMICHE DI TIPO MASW  
N° 2 HVSR**

LOCALITA': ZONA VILLA PALMA

COMMITTENTE: TERNANA CALCIO

SOCIETA' GEOLOGICA s.r.l.  
Via G. Di Vitalone, 18 - 05100 TERNI  
Tel. 0744 402427 / Fax 0744 283784  
P. IVA 01374990552





*Indagini geognostiche e geofisiche*

*Studi geologici*

*Società Geologica Srl*

Via G. di Vitalone 18 - 05100 Terni

**REGIONE UMBRIA**

**PROVINCIA DI TERNI**

**COMUNE DI TERNI**

**LOCALITA': ZONA VILLA PALMA**

**COMMITTENTE: TERNANA CALCIO**

**ANALISI SISMICA DOWN-HOLE**

**Data: GENNAIO 2022**

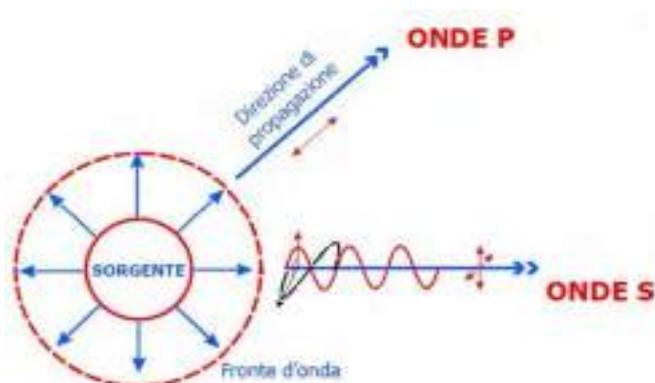
## **PREMESSA**

Nel mese di GENNAIO 2022, è stata eseguita un indagine geofisica in foro di tipo *downhole* all'interno del territorio del Comune di Terni.

Le indagini sono consistite nell'esecuzione della prova geofisica in foro di 30 m attraverso l'utilizzo di un geofono a tre componenti. Come sorgente di energia una mazza di battuta. L'acquisizione di dati è stata effettuata utilizzando il Sismografo 16S24U della P.A.S.I. s.r.l. di Torino, e la successiva elaborazione dei dati è avvenuta mediante il software Intersism, della Geo&Soft International.

## **NOTE TEORICHE SULLA SISMICA A RIFRAZIONE**

Come noto, la sismica a rifrazione utilizza le onde di volume nei corpi solidi, utilizzando per l'energizzazione un martello percussore, una massa battente oppure una piccola carica esplosiva. Quando le onde sismiche si propagano all'interno di un mezzo infinitamente esteso (sorgente interna al mezzo) si definiscono onde di volume e si propagano secondo fronti d'onda sferici, secondo l'immagine mostrata in figura 1.



**Figura 1: propagazione delle onda di volume**

Esistono due tipologie di onde di volume:

- Onde P: onde longitudinali, o *prime*;
- Onde S: onde trasversali, o *secondarie*.

Le onde longitudinali sono caratterizzate da una velocità maggiore delle onde trasversali, secondo la relazione:

$$V_p = V_s \sqrt{\frac{1 - \nu}{0.5 - \nu}}$$

Dove  $\nu$  è il coefficiente di Poisson, definito come la deformazione trasversale risultante dall'applicazione di uno stress assiale.

Le onde sismiche viaggiano nel sottosuolo a diverse velocità a seconda dei litotipi attraversati e subiscono lungo le superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione.

A solo titolo indicativo sono di seguito elencati alcuni valori medi di velocità delle onde di compressione  $V_p$  e trasversali  $V_s$  in diversi litotipi:

LITOTIPO	$V_p$ (m/s)
Strato aerato superficiale	300 – 800
Sabbia asciutta	500 – 1000
Sabbia umida	600 – 1800
Acqua	1500 (valore medio)
Calcere	3500 - 5000
Arenaria	2500 - 4500
Graniti	4000 – 6000
Lave	2500 – 4000

Tipo di terreno	$V_p$ [m/s]	$V_s$ [m/s]
Argilla satura	1500	100 ÷ 250
Sabbia fine e media	300 ÷ 500	120 ÷ 200
Sabbia densa	400 ÷ 600	200 ÷ 400
Ghiaia	500 ÷ 750	300 ÷ 600
Arenaria	1500 ÷ 4500	700 ÷ 1500
Marna	1500 ÷ 4500	600 ÷ 1500

Nella tecnica di indagine Down-Hole, (DH), si installa in superficie una sorgente ad impulsi verticali e/o orizzontali e nel foro di misura con uno o più ricevitori a distanza nota ed opportunamente orientati, il tempo di arrivo delle varie fasi P od S mediante diverse tecniche di analisi (figura 2).

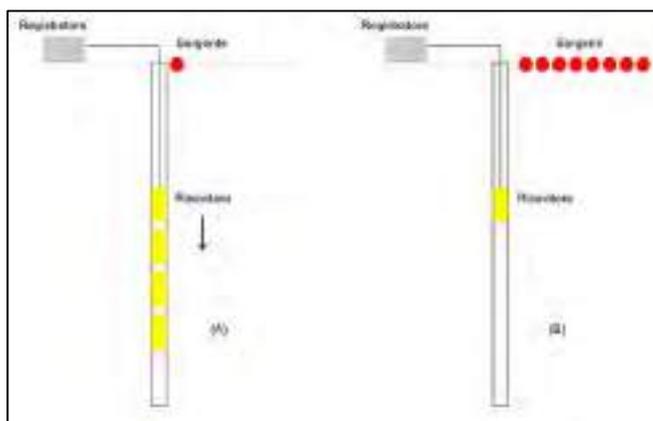


Figura 2 – Schema di acquisizione nell'indagine down-hole

L'impulso alla sorgente produce lungo la direzione di propagazione verticale prevalentemente onde longitudinali P se la battuta è effettuata verticalmente sulla piastra mentre produce impulsi prevalentemente orizzontali e quindi onde di taglio polarizzate orizzontalmente (le cosiddette onde SH) se vengono effettuate battute parallele al terreno di superficie. L'arrivo è registrato dai geofoni, alle diverse profondità in cui sono posizionati. I geofoni vengono bloccati nel foro mediante sistemi ad aria compressa o idraulici.

La velocità delle onde P, ovvero il rapporto tra il tempo di arrivo delle onde al geofono e la distanza di che separa la sorgente dal ricevitore, si rileva mediante il picking del primo arrivo. La misurazione dei tempi di arrivo delle onde P è relativamente semplice; per le onde di taglio (SH), invece, la situazione è abbastanza diversa in quanto essendo più lente delle onde di compressione P, la loro rilevazione deve essere fatta mediante l'ausilio di procedure che prevedono già dalla fase di acquisizione particolari accorgimenti.

Le procedure di interpretazione convenzionali permettono di determinare la velocità delle onde di taglio Vs dalla conoscenza della lunghezza e del tempo di percorrenza del percorso sorgente-ricevitore o del percorso tra coppie di ricevitori. In generale, le onde di taglio viaggiano attraverso strati di terreno di diversa rigidezza. Il tempo di viaggio misurato è quello necessario per attraversare l'insieme dei diversi strati, ognuno caratterizzato dalla propria velocità di propagazione.

A rigore anche la lunghezza del percorso di propagazione è influenzata dalla presenza di strati con rigidità diversa.

## **SCHEMA DELLA PROVA**

L'esecuzione della prova è stata preceduta dalla preparazione della piazzola per l'energizzazione in onde P ed in onde SH.

La trave (appoggiata e non ancorata al terreno), posta ortogonalmente rispetto ai raggi di uscita dal centro foro e ad una distanza di 4.00 m dalla bocca del foro stesso.

Per l'energizzazione in onde P, viene posizionata una piastra metallica al suolo con lo stesso offset delle due battute orizzontali. Tale piastra viene percossa, con impatto verticale, utilizzando un martello pesante.

Per la generazione di onde S (SH), viene battuto con energizzatore sismico sul lato verticale all'estremità della trave appoggiata al suolo.

Viene calato il geofono all'interno del foro, ad intervalli di profondità noti e, ad ogni profondità, sono state registrate le onde sismiche prodotte dalle energizzazioni in onde P ed SH (queste ultime effettuate in due direzioni ortogonali tra loro).

Con la determinazione dei tempi di arrivo delle onde P ed S, e conoscendo la distanza tra i sistemi di energizzazione ed il foro e della profondità del geofono triassiale, è stato possibile ricavare le velocità delle onde sismiche P ed SH entro i primi 30 m dal p.c., ed è stato quindi valutato il parametro  $V_{s_{eq}}$  come media dei valori riscontrati in direzione x e in direzione y ed individuata una classe di suolo (come prescritto dalle N.T.C. 2018).

## **RIEPILOGO E SINTESI DEI RISULTATI**

### **APPARECCHIATURA UTILIZZATA**

L'apparecchiatura utilizzata è costituita da:

- Sistema sorgente;
- Sistema di ricezione;
- Sistema di acquisizione dati;
- Trigger.

### **DATI TECNICI**

Ambito indagine: **INDAGINI GEOFISICHE DI SISMICA ATTIVA**

Tipo di indagini: Down Hole con sensore 3D

**Località:** **ZONA VILLA PALMA**

Strumentazione: Acquisitore PASI mod. 16S24U (dinamica 24 bit)

Descrizione prova: Acquisizione sia in onde P che in onde SH. Tre letture ogni 1 m. Geofono da foro a tre componenti con sensori 4.5 Hz e sistema di ancoraggio a trasduttore elettrico controllato da centralina in superficie.

L'interpretazione dei dati mediante l'analisi della stratigrafia di sondaggio e tramite l'esame delle dromocrone ha permesso di individuare la seguente successione di strati (seguono sezioni esplicative):

Sismostrato	Profondità (m)	Vp (m/s)	V <sub>Smed</sub> (m/s)	Poisson (-)
<b>1</b>	<b>3</b>	<b>696</b>	<b>226</b>	<b>0.41</b>
<b>2</b>	<b>6</b>	<b>732</b>	<b>245</b>	<b>0.41</b>
<b>3</b>	<b>13</b>	<b>1305</b>	<b>363</b>	<b>0.43</b>
<b>4</b>	<b>30</b>	<b>1764</b>	<b>428</b>	<b>0.45</b>

$$\underline{\underline{VS_{eq} \text{ (m/s)} = 355}}$$

**Cat. Sottosuolo: "C"**

La categoria di sottosuolo risultante è riferita al piano attuale di campagna.

## ANALISI SISMICA DOWN-HOLE

## DISTANZA DELLO SPARO DA BOCCA FORO

Distanza = 4.00 [m]

## PRIMI ARRIVI

N° Geof.	Profondità [m]	Onde P [ms]	Onde S (X) [ms]	Onde S (Y) [ms]	Onde P (corretti) [ms]	Onde S (X) (corretti) [ms]	Onde S (Y) (corretti) [ms]
1	1.00	4.77	13.50	13.29	1.16	3.27	3.22
2	2.00	6.18	17.60	17.90	2.76	7.87	8.00
3	3.00	7.29	22.00	22.83	4.37	13.20	13.70
4	4.00	8.21	25.20	25.87	5.81	17.82	18.29
5	5.00	8.88	27.80	28.02	6.93	21.71	21.88
6	6.00	9.75	29.80	29.82	8.11	24.80	24.81
7	7.00	10.63	32.50	32.51	9.23	28.22	28.23
8	8.00	11.38	35.10	35.21	10.17	31.39	31.49
9	9.00	12.13	37.50	37.54	11.08	34.27	34.31
10	10.00	12.75	39.80	40.24	11.84	36.95	37.36
11	11.00	13.25	42.00	42.45	12.45	39.47	39.89
12	12.00	13.63	43.60	44.04	12.93	41.36	41.78
13	13.00	14.25	46.30	46.34	13.62	44.25	44.29
14	14.00	14.75	48.30	48.46	14.18	46.44	46.60
15	15.00	15.25	50.80	51.12	14.74	49.08	49.39
16	16.00	15.88	52.90	53.42	15.40	51.32	51.82
17	17.00	16.50	56.20	56.25	16.06	54.71	54.75
18	18.00	17.00	57.80	57.84	16.60	56.42	56.46
19	19.00	17.50	60.50	60.31	17.12	59.20	59.02
20	20.00	18.13	62.60	62.44	17.77	61.38	61.22
21	21.00	18.75	65.00	64.91	18.42	63.85	63.77

22	22.00	19.25	67.30	67.21	18.94	66.21	66.13
23	23.00	19.75	69.50	69.69	19.46	68.47	68.66
24	24.00	20.38	71.60	71.46	20.10	70.63	70.49
25	25.00	20.88	73.70	73.76	20.61	72.77	72.83
26	26.00	21.38	76.40	76.23	21.13	75.51	75.35
27	27.00	22.00	78.50	78.71	21.76	77.65	77.86
28	28.00	22.50	80.40	80.66	22.27	79.59	79.84
29	29.00	23.00	82.40	82.60	22.78	81.63	81.83
30	30.00	23.50	84.70	84.25	23.29	83.96	83.51

## VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	3	696
2	6	732
3	13	1305
4	30	1764

## PARAMETRI ONDE SX

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	3	230	0.41	105800	298355	552509
2	6	241	0.41	116162	327576	606622
3	13	364	0.43	264992	757877	1804469
4	30	426	0.45	362952	1052560	3508532

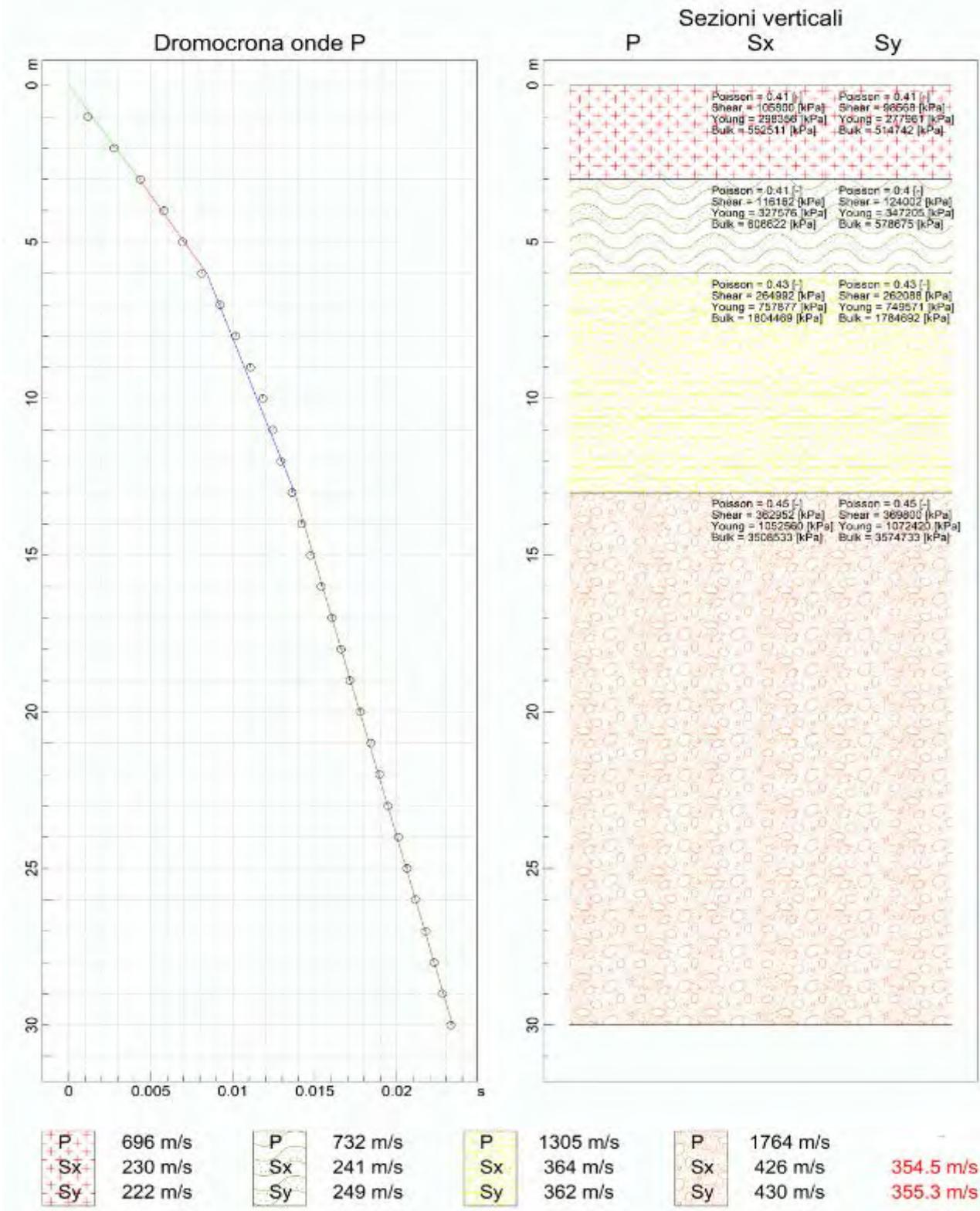
## PARAMETRI ONDE SY

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	3	222	0.41	98568.0	277961	514742
2	6	249	0.40	124002..	347205	578675
3	13	362	0.43	262088..	749571	1784693
4	30	430	0.45	369800..	1072419	3574729

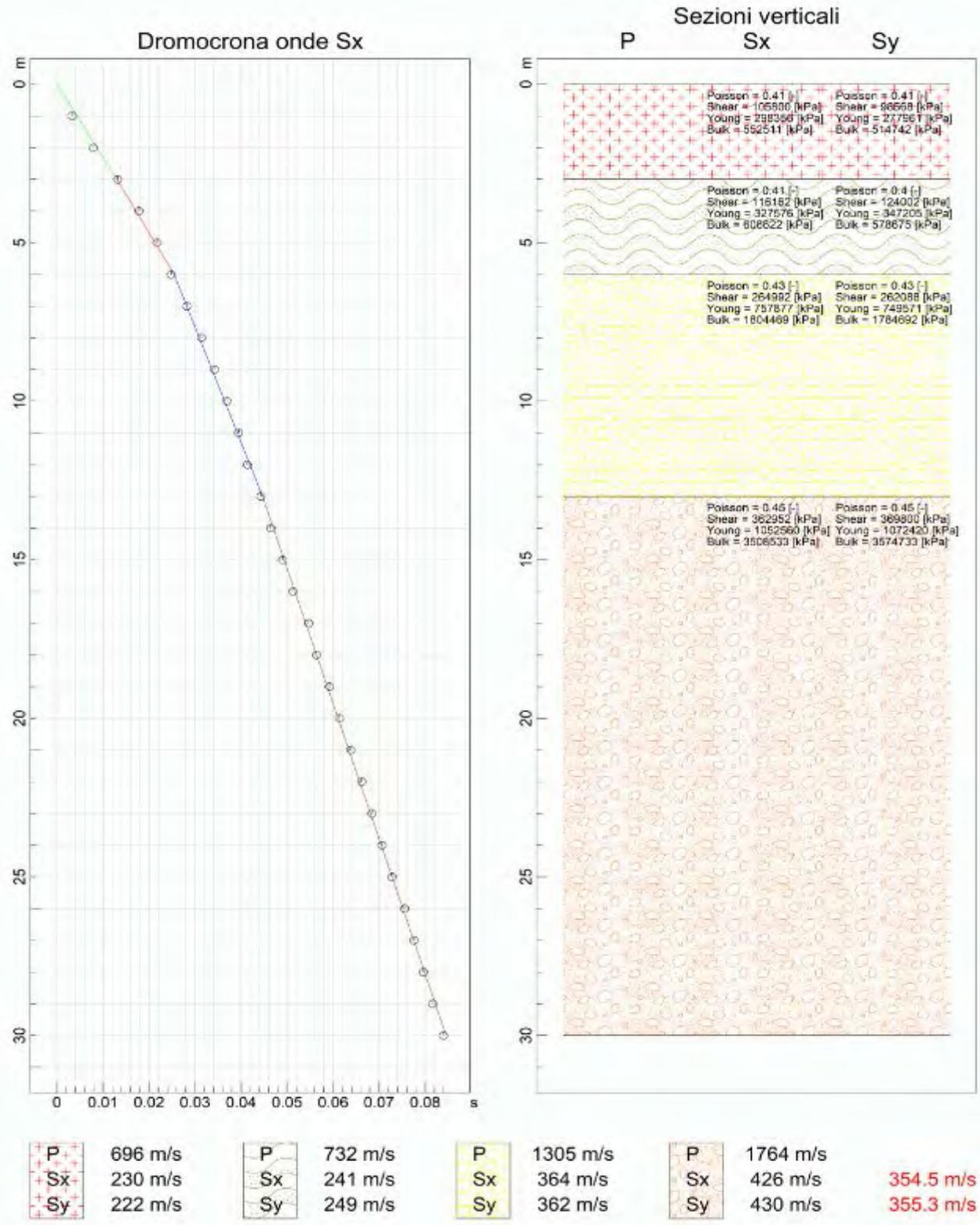
## VELOCITA' MEDIE VS EQ

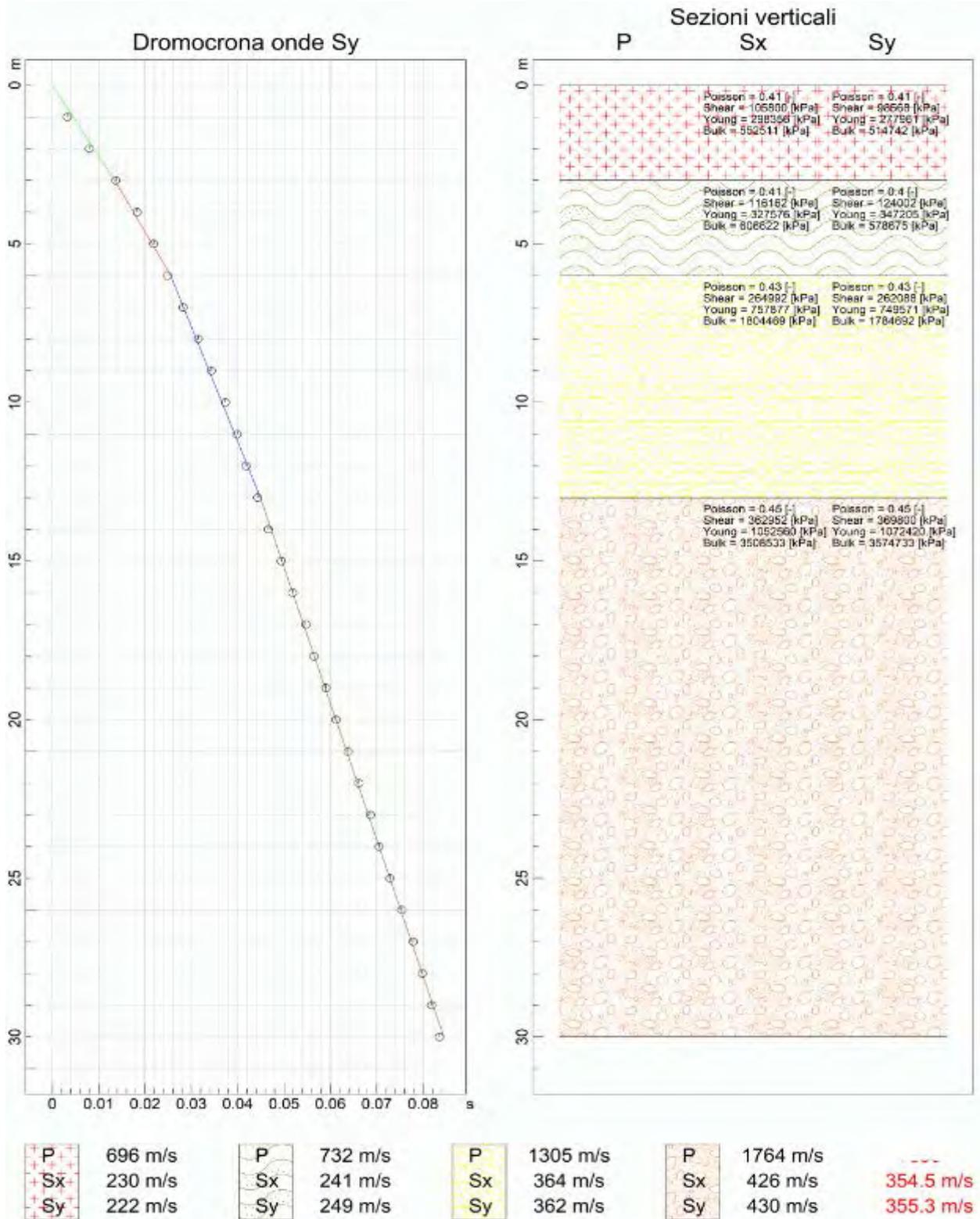
Geofono	VS EQ [m/s]
orizzontale Sx	354.5
orizzontale Sy	355.3

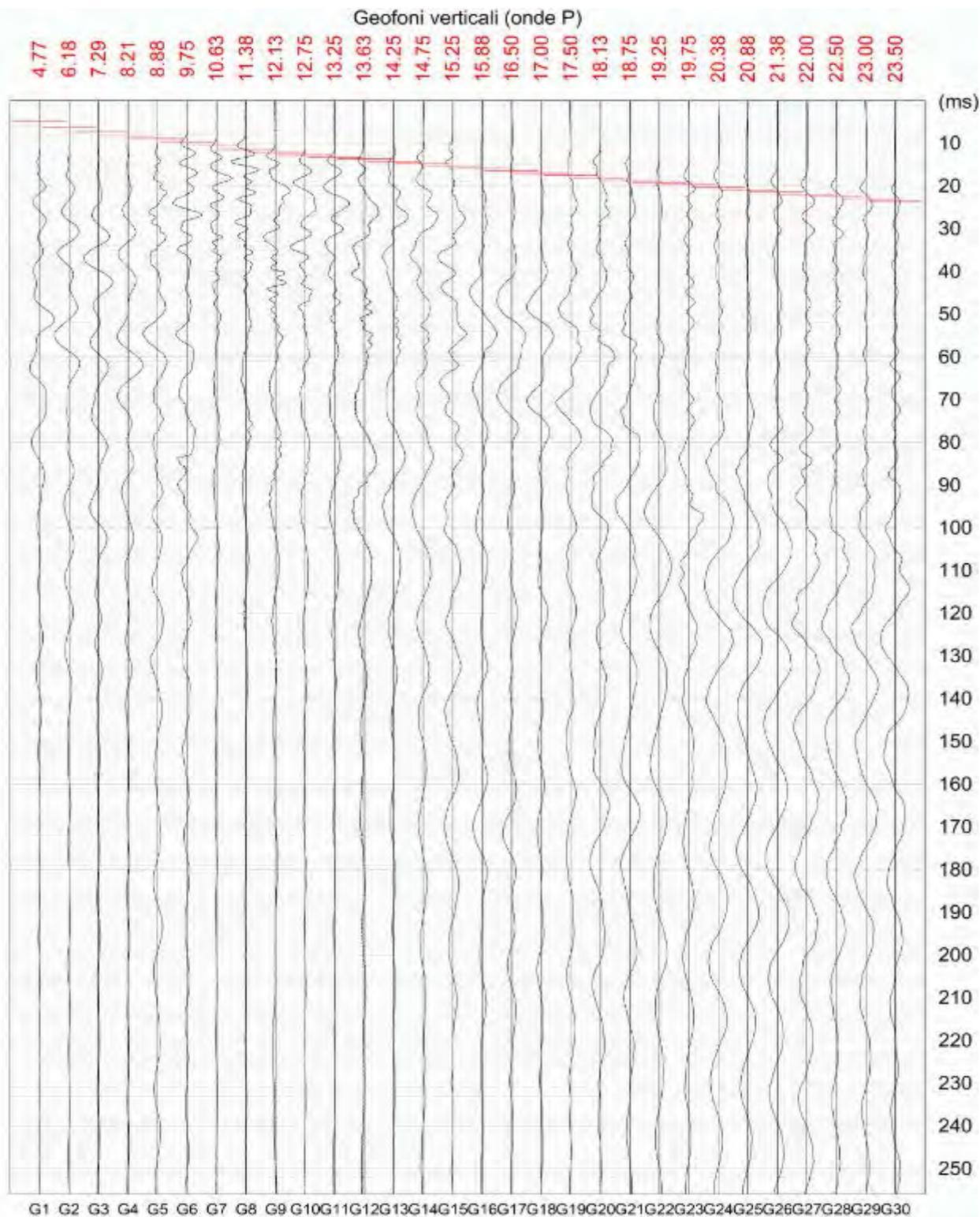
## ALLEGATI

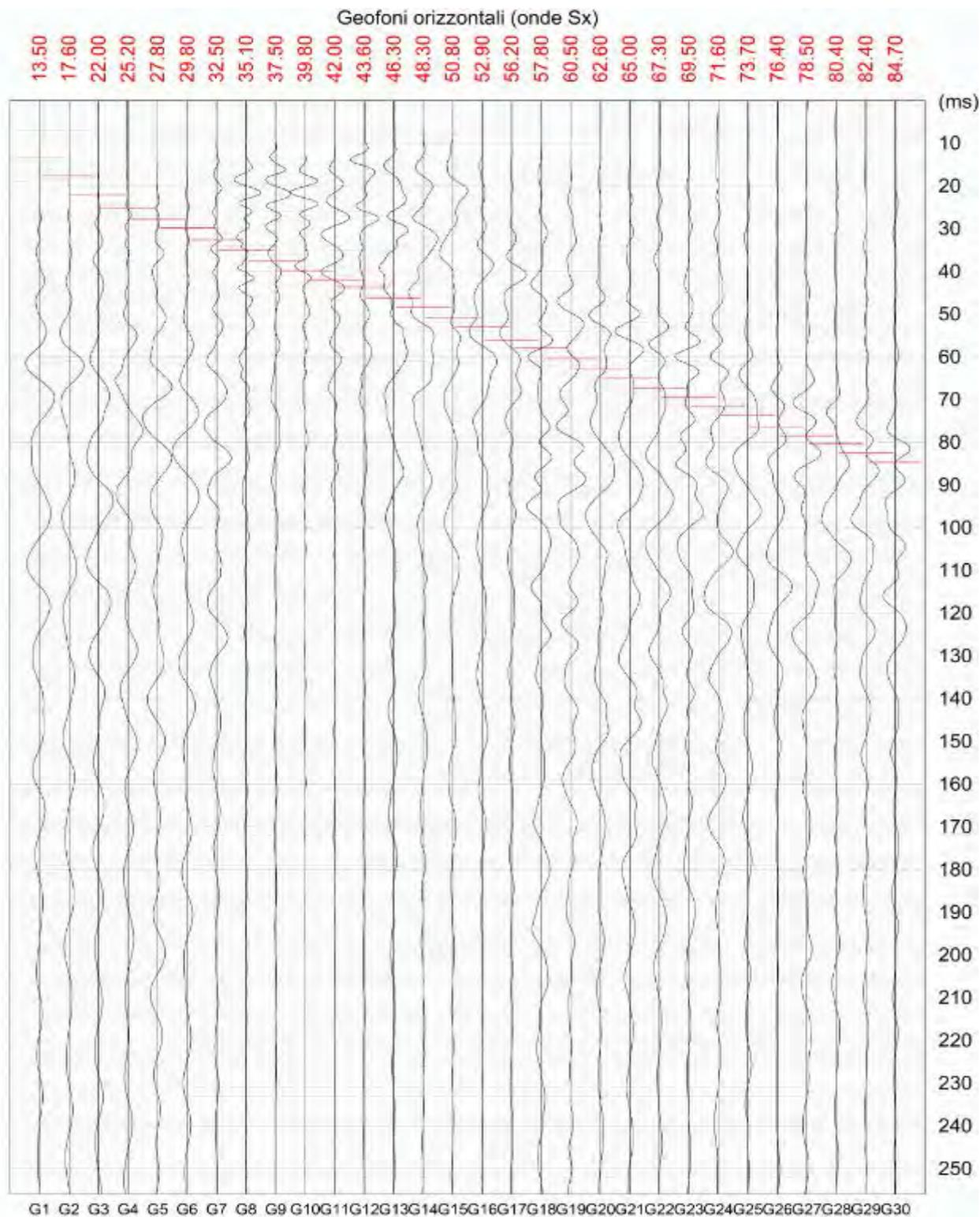


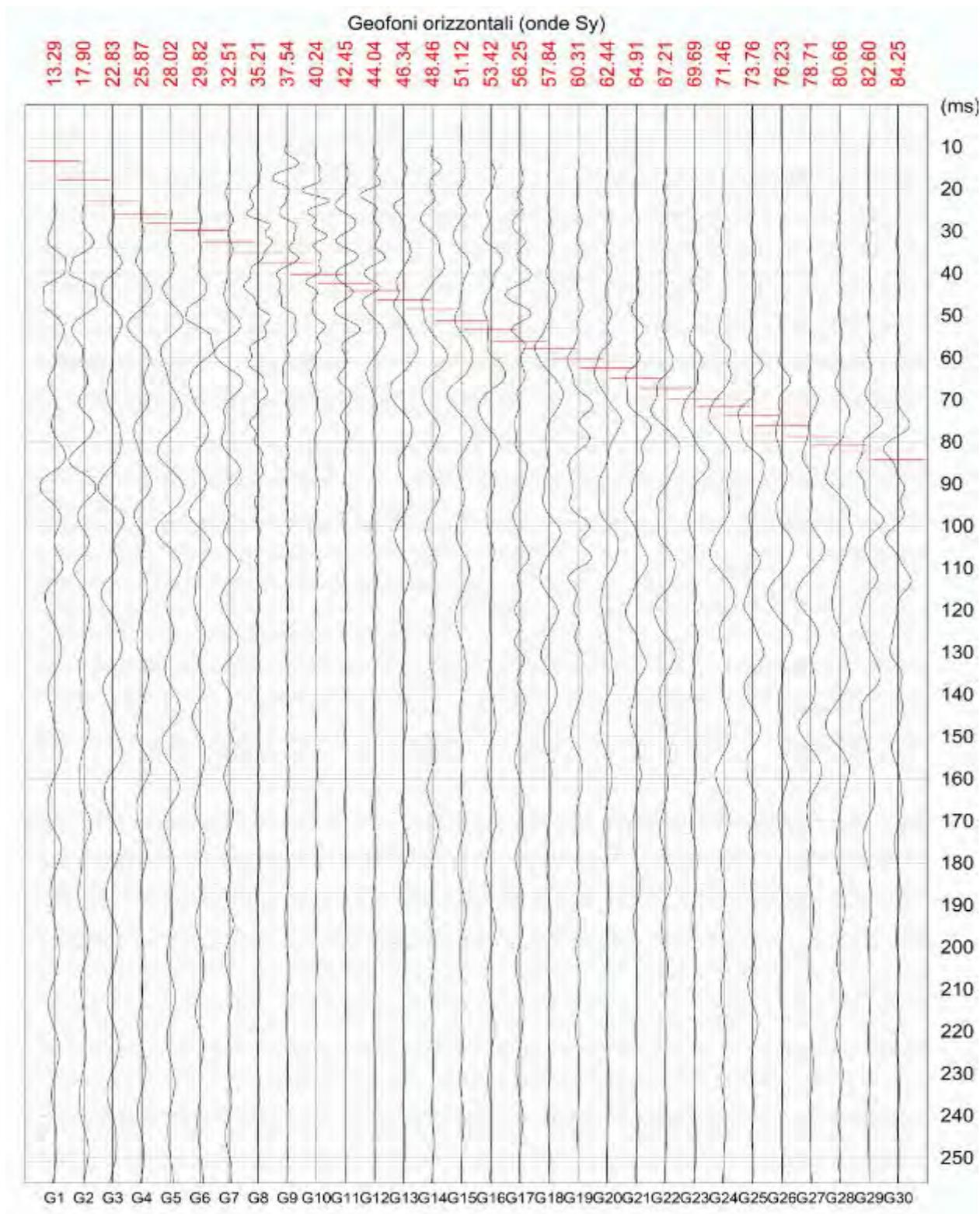
354.5 m/s  
355.3 m/s













*Indagini geognostiche e geofisiche*

*Studi geologici*

*Società Geologica Srl*

Via G. di Vitalone 18 - 05100 Terni

**REGIONE UMBRIA**

**PROVINCIA DI TERNI**

**COMUNE DI TERNI**

**LOCALITA': ZONA VILLA PALMA**

**COMMITTENTE: TERNANA CALCIO**

**INDAGINE MASW**

**Multi-channel Analysis of Surface Waves (Analisi Multi-canale di Onde di Superficie)**

**SOCIETÀ' GEOLOGICA S.r.l**

**Data GENNAIO 2022**

SOCIETÀ' GEOLOGICA S.r.l.  
Via G. Di Vitalone, 18 - 05100 TERNI  
Tel. 0744 402427 / Fax 0744 293784  
P. IVA 01374990552

## PREMESSA

Nel mese di GENNAIO 2022 sono state eseguite n° 5 indagini di tipo MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*) all'interno del territorio del Comune di Terni.

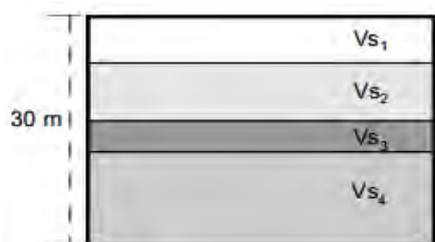
Le indagini sono consistite nell'esecuzione di n. 5 stendimenti di lunghezza pari a 46.00 metri e le acquisizioni sono state effettuate utilizzando il Sismografo a 12 canali 16SG24 della P.A.S.I. s.r.l. di Torino; come sorgente di energia è stata utilizzata una mazza di battuta su piastra in alluminio, mentre la successiva elaborazione è avvenuta mediante il software WinMASW, della EliaSoft.

## NOTE TEORICHE

### A cosa serve sapere la $V_s$ ?

La questione della conoscenza della velocità delle onde S,  $V_s$ , è venuta alla ribalta in relazione alle novità normative in materia antisismica, in quanto utile a stimare l'effetto di sito (amplificazione litologica). La recente normativa (D.M. 14.01.2018) ha introdotto la definizione dell'azione sismica di progetto per diverse categorie di suolo di fondazione, sulla base del parametro  $V_{seq}$ , definito come la media equivalente delle velocità delle onde S al di sopra del bedrock fino a 30 metri di profondità, secondo la relazione:

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$



Le categorie di suolo descritte dal D.M. 17.01.2018 e classificate in base al parametro  $V_{seq}$  sono le seguenti:

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

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

La  $V_s$  ha un notevole valore anche dal punto di vista dell'ingegneria civile (ricordiamo ad esempio che il *modulo di taglio* è dato dal prodotto della densità per il quadrato della  $V_s$ ) e, in generale, la conoscenza di  $V_s$  e  $V_p$  consente di effettuare una serie di considerazioni sulle caratteristiche geofisiche geomeccaniche e litologiche.

Si ricordi, giusto per dare un motivo di riflessione, come la  $V_p$  sia fortemente influenzata dalla presenza di acqua (le rifrazioni in  $V_p$  fatte in pianura alluvionale forniscono  $V_p$  attorno a 1500 m/s a pochissimi metri di profondità proprio a causa della "tavola d'acqua") mentre la  $V_s$  ne sia solo modestamente influenzata.

### Cos'è una misura MASW

*MASW* è l'acronimo di *Multi-channel Analysis of Surface Waves (Analisi Multi-canale di Onde di Superficie)*: il fenomeno che si analizza è la propagazione delle onde di superficie, prodotte attraverso una *sorgente*.

Più precisamente si analizza la *dispersione* delle onde di superficie (il particolare fenomeno in base al quale onde caratterizzate da diverse frequenze viaggiano a profondità diverse); il principio base è piuttosto semplice: le varie componenti (frequenze) del segnale (cioè dell'onda sismica che si propaga) viaggiano a profondità diverse, attraverso mezzi con caratteristiche meccaniche, e quindi velocità, diverse; dall'interpretazione delle indagini è possibile ottenere *una curva di dispersione*, che mostra la velocità corrispondente a diverse frequenze e, quindi, a diverse profondità, secondo l'esempio mostrato in figura 1.

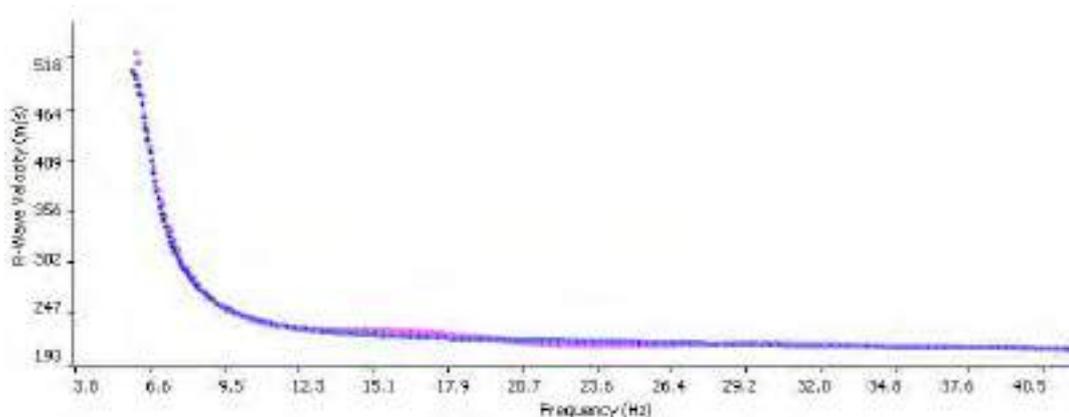


Figura 1: Esempio di curva di dispersione

Lunghezze d'onda più ampie (corrispondenti a frequenze più basse) viaggiano più in profondità (in altri termini *sentono* gli strati più profondi), mentre le piccole lunghezze d'onda (corrispondenti alle frequenze più alte) si concentrano nella parte più superficiale; poiché tipicamente la velocità delle onde sismiche aumenta con la profondità, le frequenze più basse viaggeranno ad una velocità maggiore rispetto le frequenze più alte.

Tradizionalmente le *MASW* sono effettuate tramite analisi delle onde di Rayleigh (che vengono registrate tramite i comuni geofoni a componente verticale e prodotte attraverso una comunissima sorgente ad impatto verticale, cioè la classica martellata).

Questo avviene per almeno 2 motivi:

1. tali geofoni (e tale modalità di acquisizione) sono sicuramente i più semplici e comuni.

2. la propagazione e dispersione delle onde di Rayleigh si verifica senza problemi anche in presenza di canali a bassa velocità (inversioni di velocità) che, come sappiamo, risultano invisibili per la rifrazione.

In sintesi, poiché la dispersione delle onde di superficie dipende dalle caratteristiche del sottosuolo (dalle sue variazioni verticali), dalla determinazione delle curve di dispersione è possibile ricavare le caratteristiche del mezzo (i parametri fondamentali sono la velocità delle onde di taglio e lo spessore degli strati).

### **PROFILO MASW 1**

- Lunghezza stendimento: 46.00 m
- Distanza Intergeofonica: 4.00 m

L'acquisizione dei risultati è avvenuta effettuando n. 2 battute rispettivamente con offset di 2-5 metri dal primo geofono, ed utilizzando come sorgente di energia una mazza di battuta.

**La velocità  $V_{s_{eq}}$  (m/s) = 341**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (NTC 2018) il terreno in oggetto ricade nella categoria di sottosuolo:

**“C” 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.**

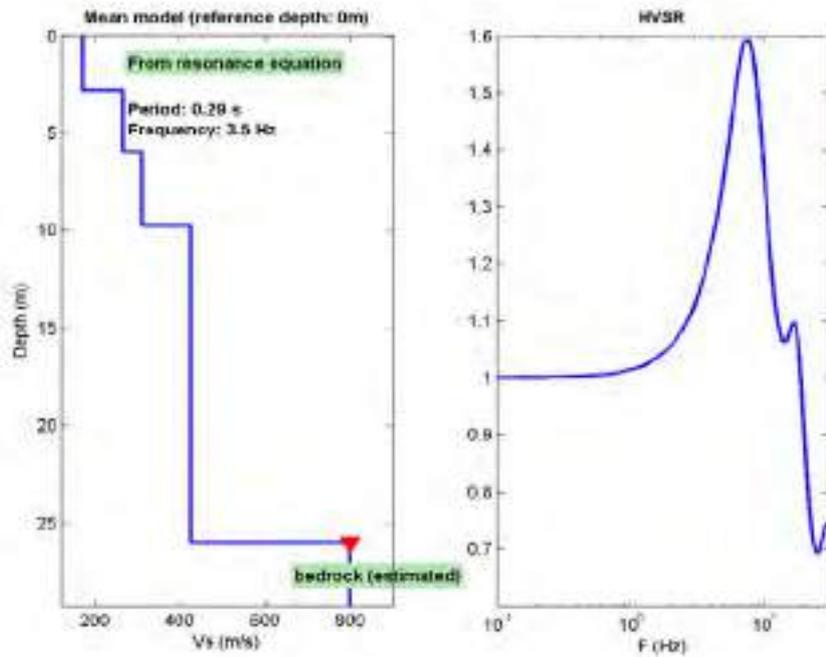
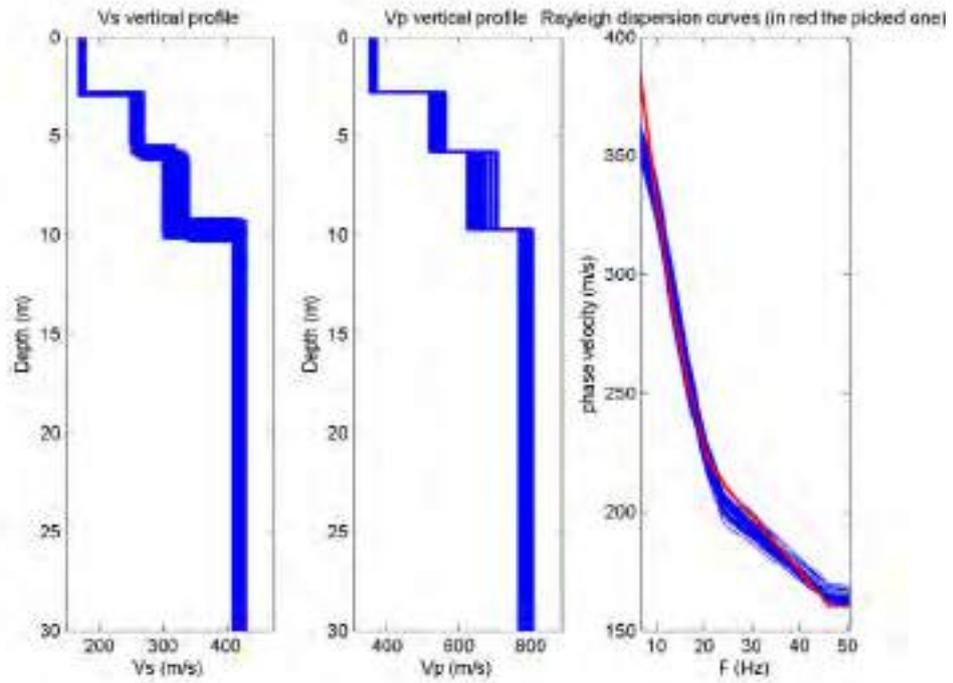
---

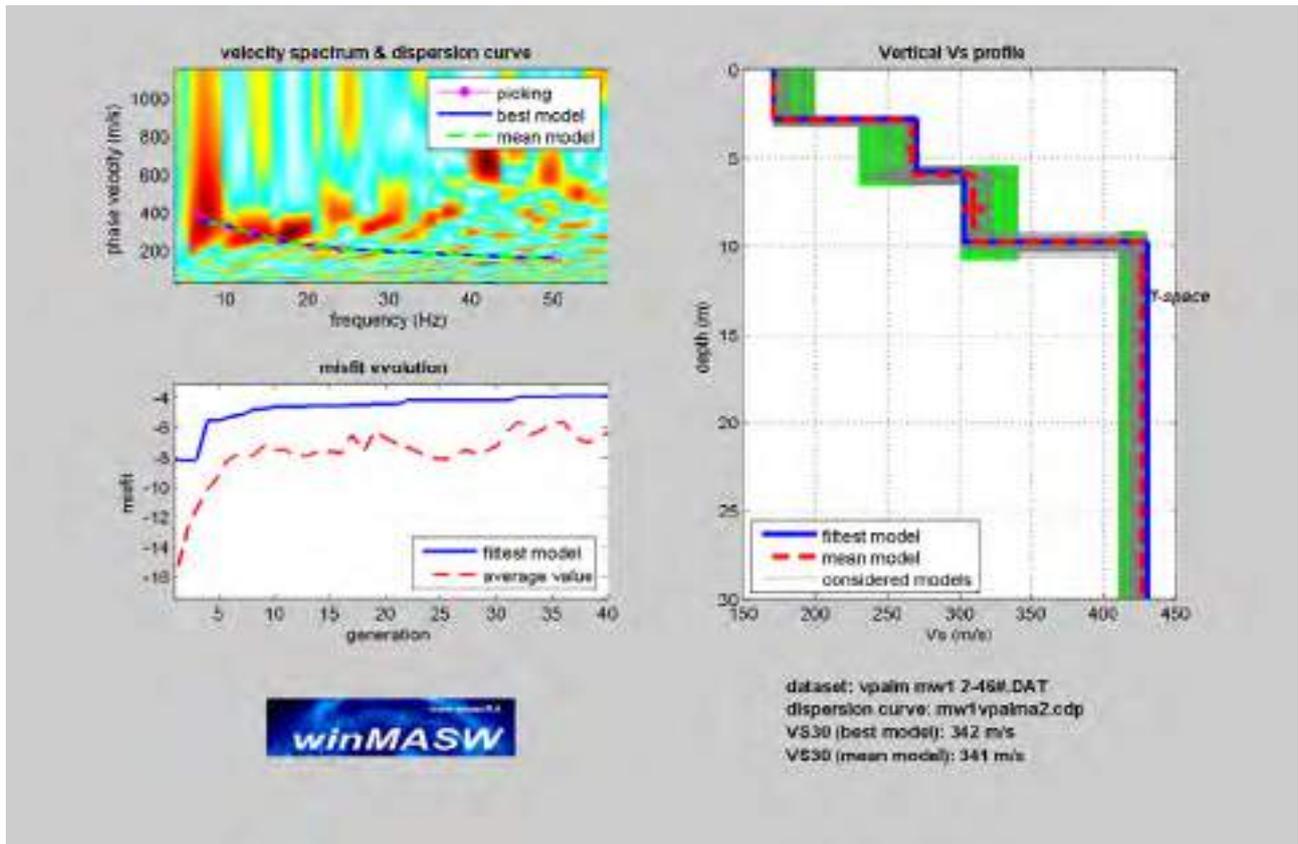
<b>Sismostrato</b>	<b>Vs (m/s)</b>	<b>Spessore (m)</b>
<b>1</b>	<b>171</b>	<b>2.8</b>
<b>2</b>	<b>267</b>	<b>3.1</b>
<b>3</b>	<b>309</b>	<b>3.8</b>
<b>4</b>	<b>426</b>	<b>--</b>

E' da tener presente, tuttavia, che le Vseq, e la relativa categoria di sottosuolo risultante, si riferiscono ai 30 metri di profondità a partire dal piano campagna o al raggiungimento del bedrock.

---

## ALLEGATI PROFILO MASW 1





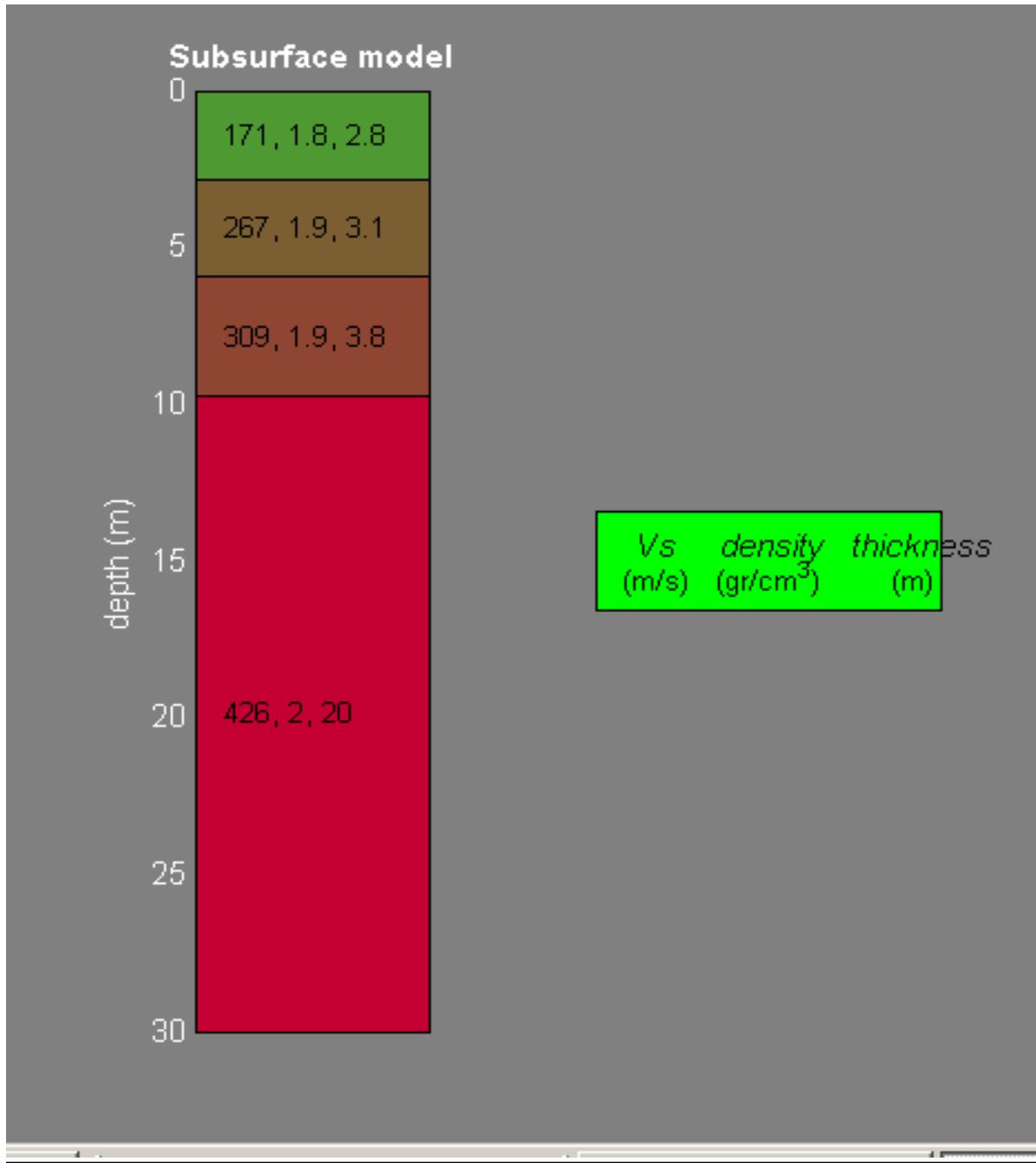
The screenshot shows the winMASW software interface with two main panels:

- A1: uploading & processing (MASW analysis):** Displays dataset information (vpalm mw1 2-46#.DAT, minimum offset 2 m, geophone spacing 4 m, sampling 0.5 ms) and a plot of 'normalized traces' showing time (s) on the y-axis (0 to 1) versus offset (m) on the x-axis (0 to 60). Below the plot are controls for 'utils' (flip traces, spectrum, reset), 'data selection' (activate, select, cancel, save), and 'refraction' (quick refraction, upload, save, clear refraction).
- A2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & RoM analysis):** Features a 'velocity spectrum' heatmap (phase velocity vs frequency) with a 'Rayleigh Dispersion' table:

954 modes:	188	236	319	420	539	686
Thickness (m):	3.0	3.3	4.0			
Poisson:	0.25	0.26	0.26	0.25		
Vp (m/s):	375	428	546	674		

Below the heatmap are controls for 'modelling' (parameters, save model, load model, refresh) and 'picking' (fundamental, iteration, save picking, cancel picking).

**winMASW**



## **PROFILO MASW 2**

- Lunghezza stendimento: 46.00 m
- Distanza Intergeofonica: 4.00 m

L'acquisizione dei risultati è avvenuta effettuando n. 2 battute rispettivamente con offset di 2-5 metri dal primo geofono, ed utilizzando come sorgente di energia una mazza di battuta.

**La velocità  $V_{seq}$  (m/s) = 341**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (NTC 2018) il terreno in oggetto ricade nella categoria di sottosuolo:

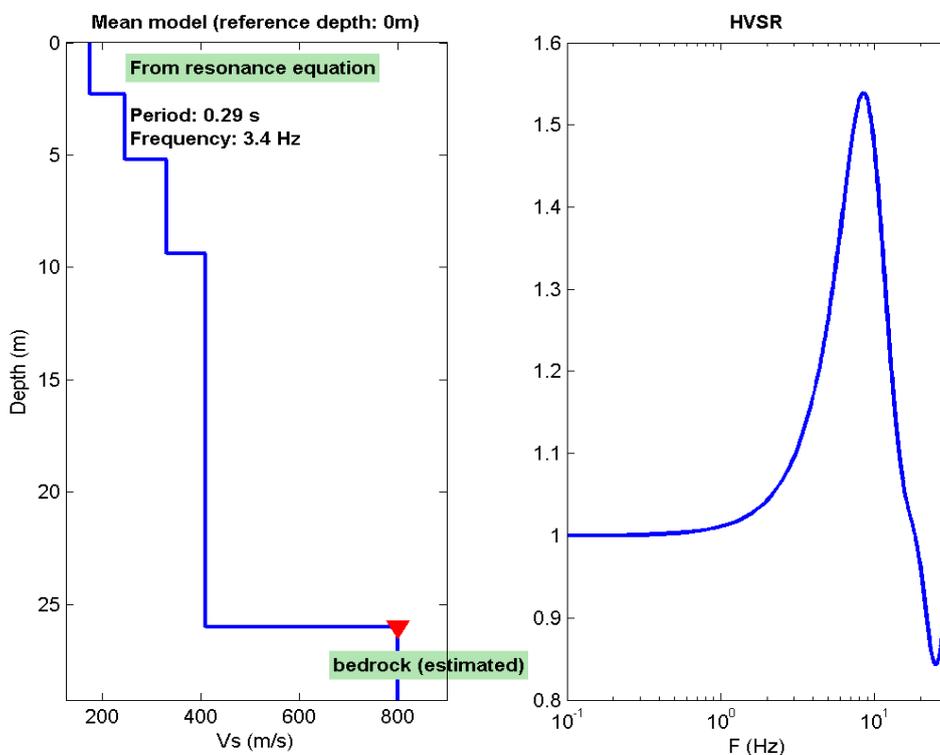
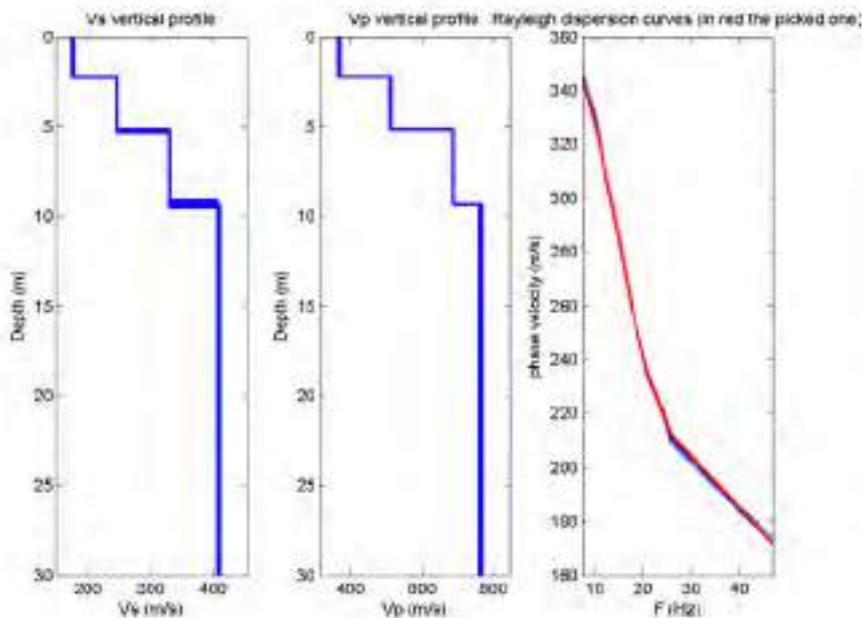
**“C” Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.**

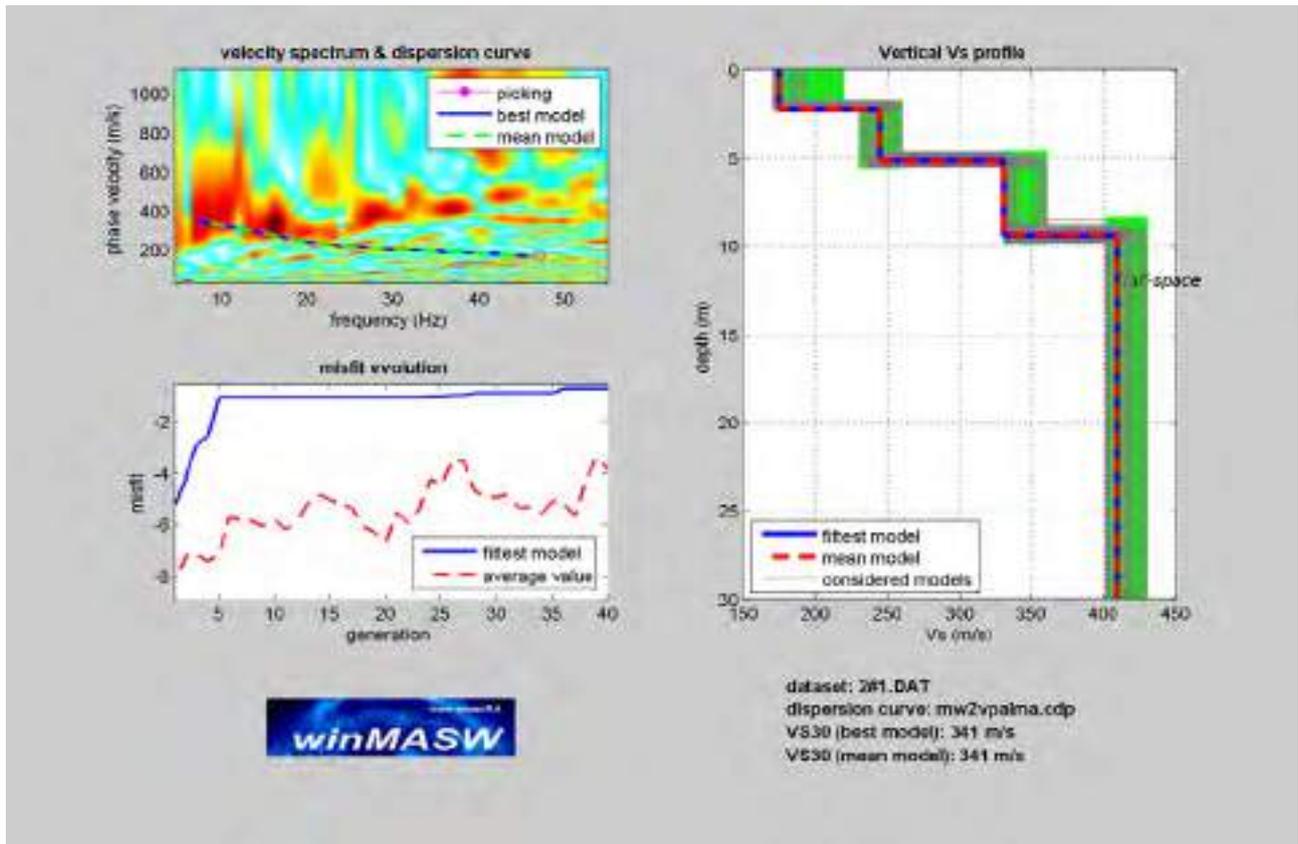
Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	175	2.3
2	245	2.9
3	330	4.2
4	409	--

E' da tener presente, tuttavia, che le  $V_{seq}$ , e la relativa categoria di sottosuolo risultante, si riferiscono ai 30 metri di profondità a partire dal piano campagna o al raggiungimento del bedrock.

---

## ALLEGATI PROFILO MASW 2

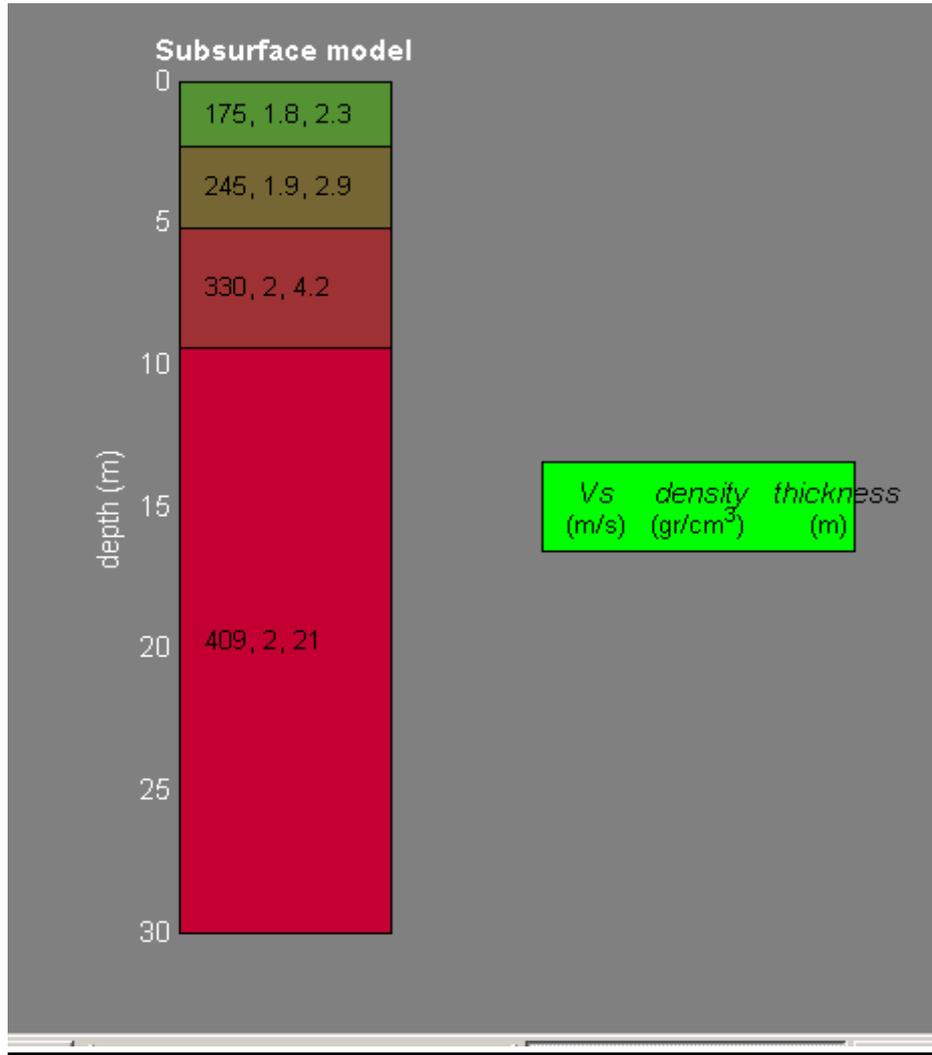




The screenshot shows the winMASW software interface with two main panels:

- #1: uploading & processing (MASW analysis):** Displays dataset information (2#1.DAT, minimum offset 2 m, geophone spacing 4 m, sampling 0.5 ms) and a plot of 'normalized traces' showing time (s) on the y-axis (0 to 1) versus offset (m) on the x-axis (0 to 60). Below the plot are controls for 'utils' (flip traces, spectrum, reset), 'data selection' (activate, select, cancel, save), and 'refraction' (quick refraction, upload, save, clear refraction).
- #2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & RoM analysis):** Features a 'velocity spectrum' heatmap (phase velocity vs frequency) with a 'Rayleigh Dispersion' window showing parameters: 954 modes, 189 246 309 409, VS30: 348, Thickness (m): 2.9 3.3 4.0, Poisson: 0.26 0.26 0.26 0.26, and Vs (m/s): 375 568 725 853. It includes buttons for 'calculate spectrum', 'upload field spect', 'visualize curves', and 'input curve'. Below the heatmap are 'modelling' controls (parameters, save model, load model, refresh, eigen per, refresh) and 'picking' controls (fundamental, use the right button to select the first point of the considered mode, save picking, cancel picking, iteration, exit).

winMASW logo is visible at the bottom left of the interface.



### **PROFILO MASW 3**

- Lunghezza stendimento: 46.00 m
- Distanza Intergeofonica: 4.00 m

L'acquisizione dei risultati è avvenuta effettuando n. 2 battute rispettivamente con offset di 2-5 metri dal primo geofono, ed utilizzando come sorgente di energia una mazza di battuta.

**La velocità  $V_{seq}$  (m/s) = 350**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (NTC 2018) il terreno in oggetto ricade nella categoria di sottosuolo:

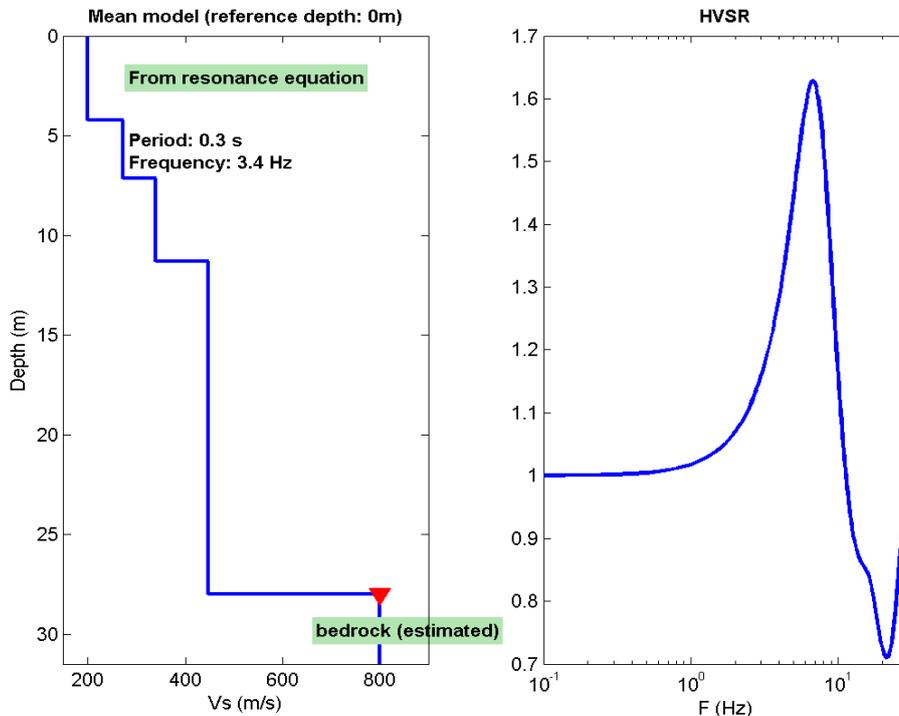
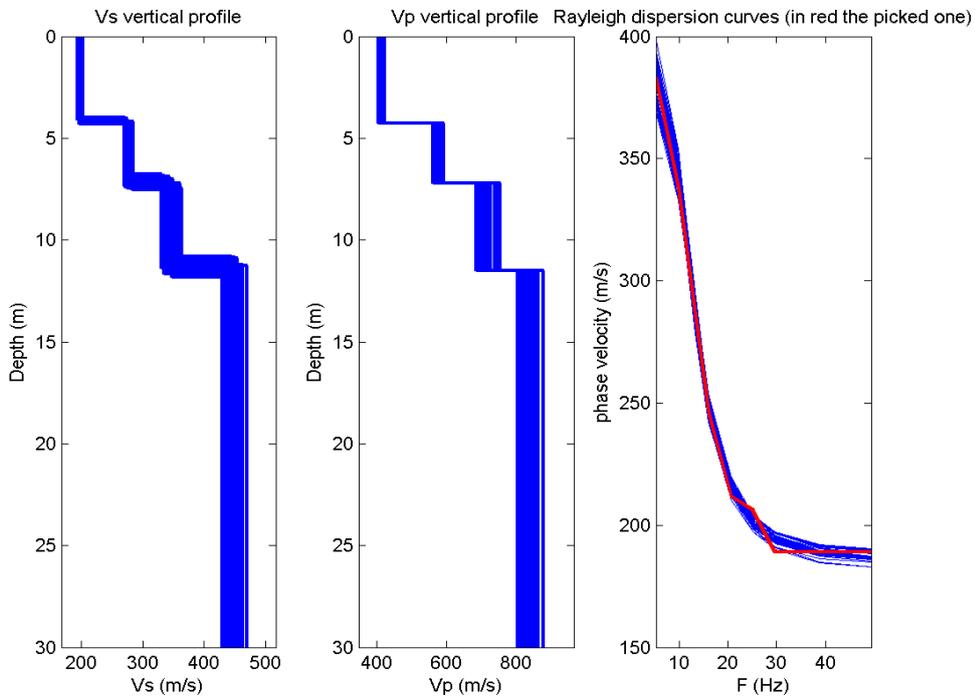
**“C” Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.**

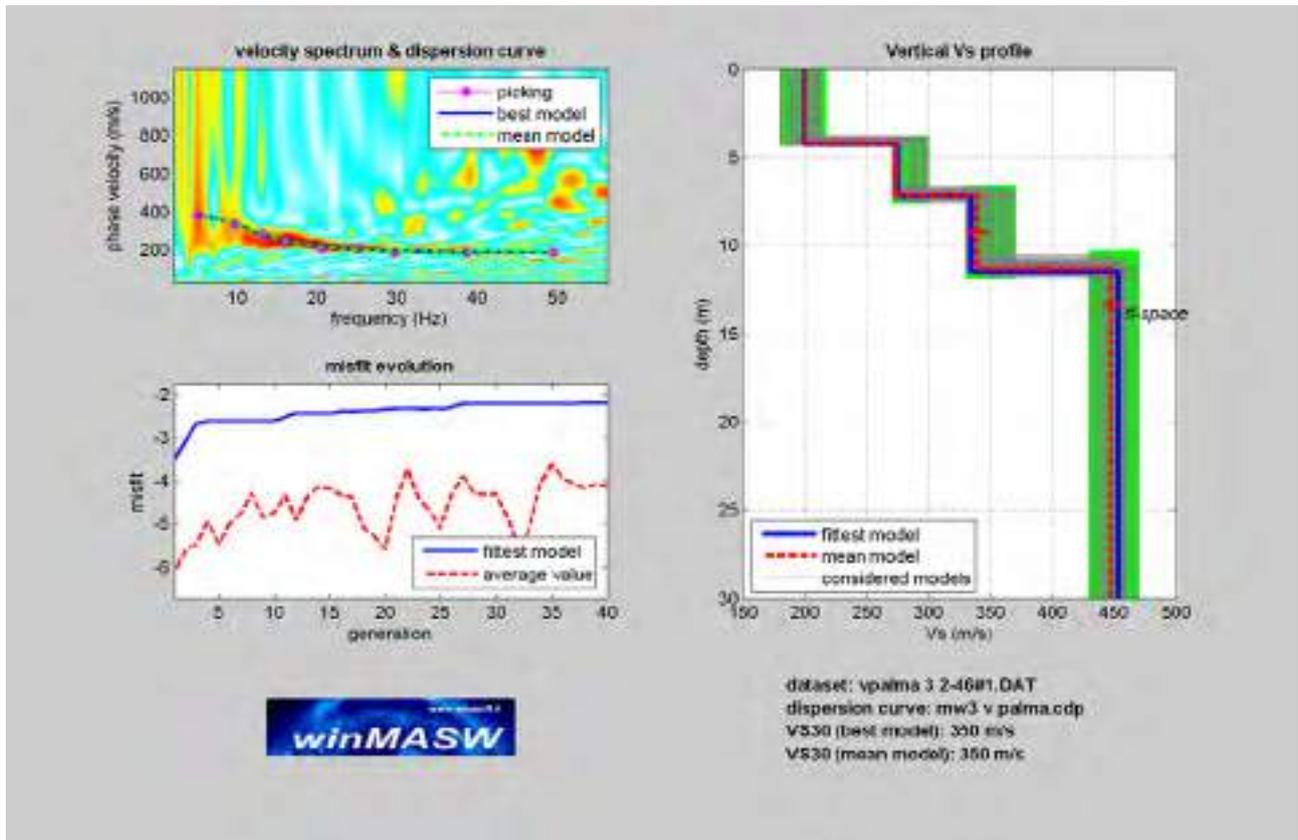
Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	200	4.2
2	273	3.0
3	339	4.1
4	448	--

E' da tener presente, tuttavia, che le Vseq, e la relativa categoria di sottosuolo risultante, si riferiscono ai 30 metri di profondità a partire dal piano campagna o al raggiungimento del bedrock.

---

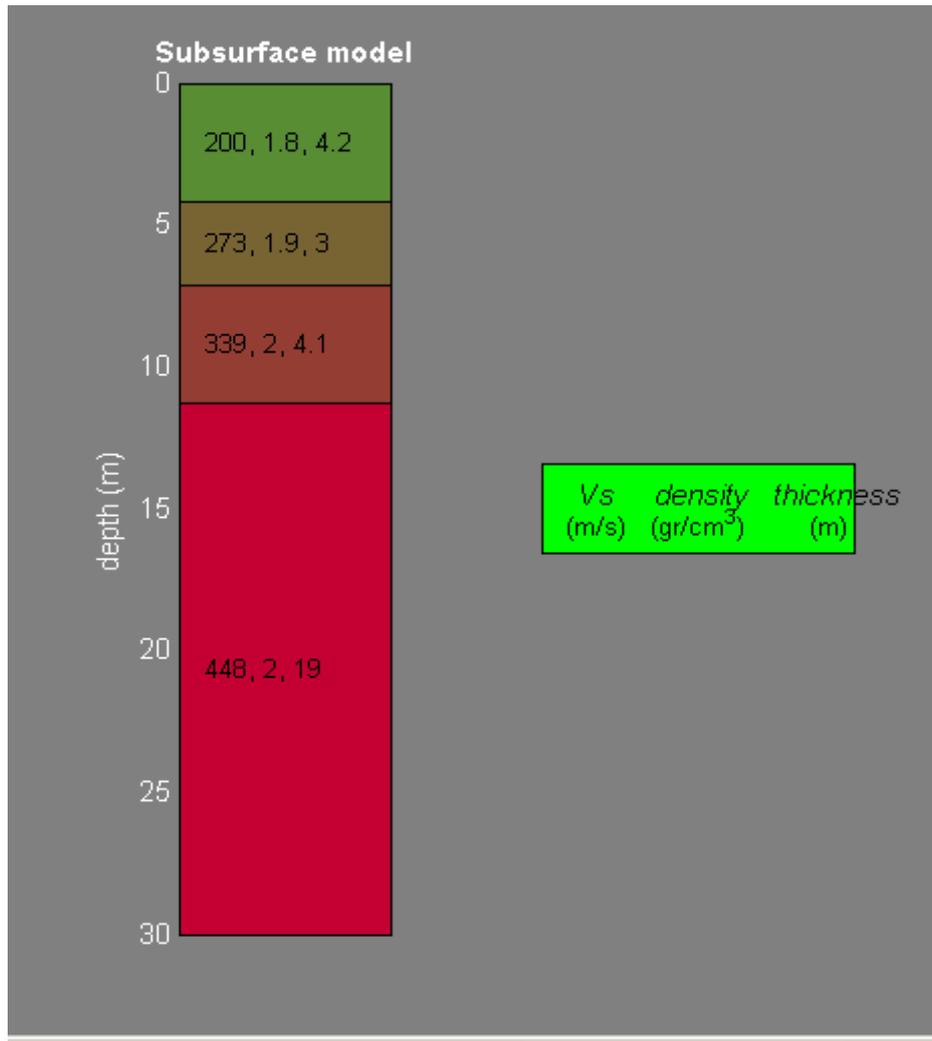
### ALLEGATI PROFILO MASW 3





dataset: vpalma 3 2-46#.DAT  
dispersion curve: mw3 v palma.cdp  
VS30 (best model): 300 m/s  
VS30 (mean model): 350 m/s

The screenshot shows the winMASW software interface. The top-left panel, titled "A1: uploading & processing (MASW analysis)", displays dataset information: "dataset: vpalma 3 2-46#.DAT", "minimum offset: 2 m", "grouping spacing: 4 m", and "sampling: 0.5 ms". Below this is a "normalized traces" plot showing time (s) on the y-axis (0 to 1) versus offset (m) on the x-axis (0 to 50). The top-right panel, titled "A2: velocity spectrum, modeling & picking (MASW & RoM analysis)", shows a "velocity spectrum" heatmap with phase velocity (m/s) on the y-axis (0 to 1800) versus frequency (Hz) on the x-axis (5 to 60). It includes a "Rayleigh Dispersion" table with parameters: "954 2000 200 200 200 400 VS30: 300", "Thickness (m): 0.0 3.0 4.0", "Powers: 0.25 0.25 0.25 0.25", and "Vp (m/s): 465 583 729 937". The interface also features various control buttons for "upload", "save", "clear", "parameters", "save model", "load model", "align par...", "refresh", "fundamental", "save picking", and "cancel picking". The "winMASW" logo is visible at the bottom left of the interface.



## **PROFILO MASW 4**

- Lunghezza stendimento: 46.00 m
- Distanza Intergeofonica: 4.00 m

L'acquisizione dei risultati è avvenuta effettuando n. 2 battute rispettivamente con offset di 2-5 metri dal primo geofono, ed utilizzando come sorgente di energia una mazza di battuta.

**La velocità  $V_{seq}$  (m/s) = 320**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (NTC 2018) il terreno in oggetto ricade nella categoria di sottosuolo:

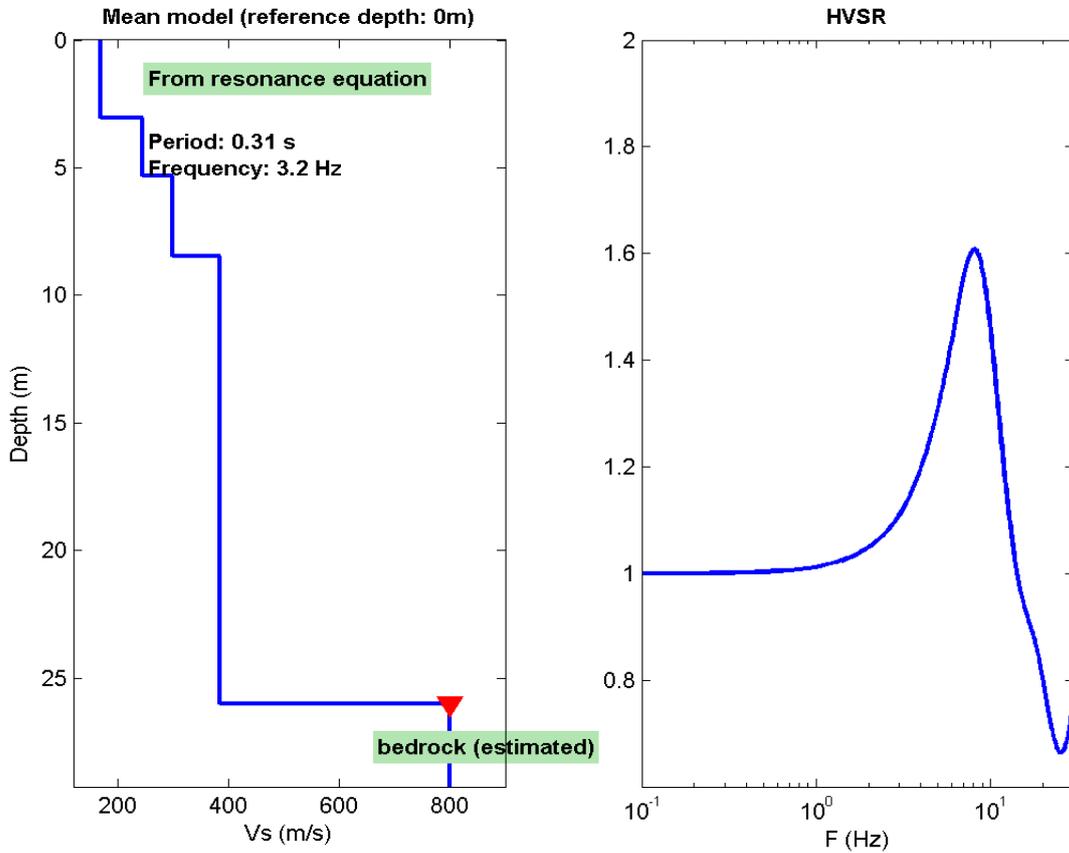
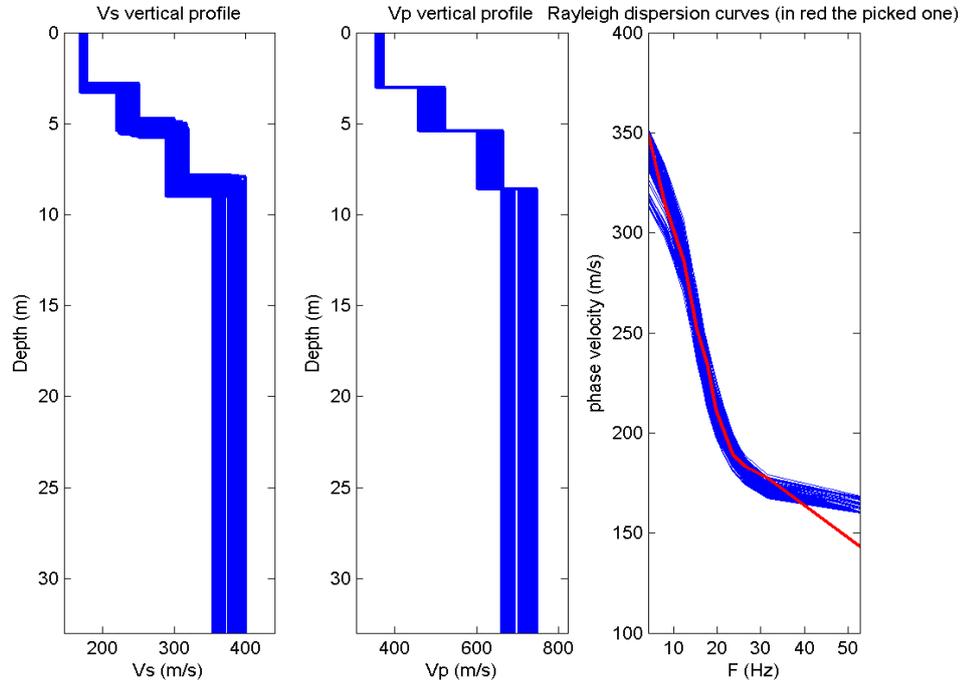
**“C” Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.**

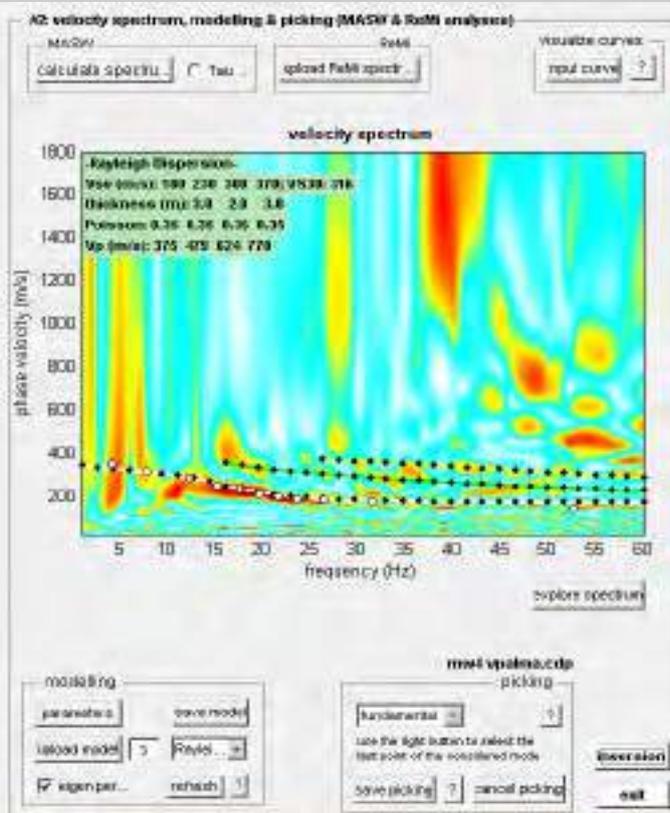
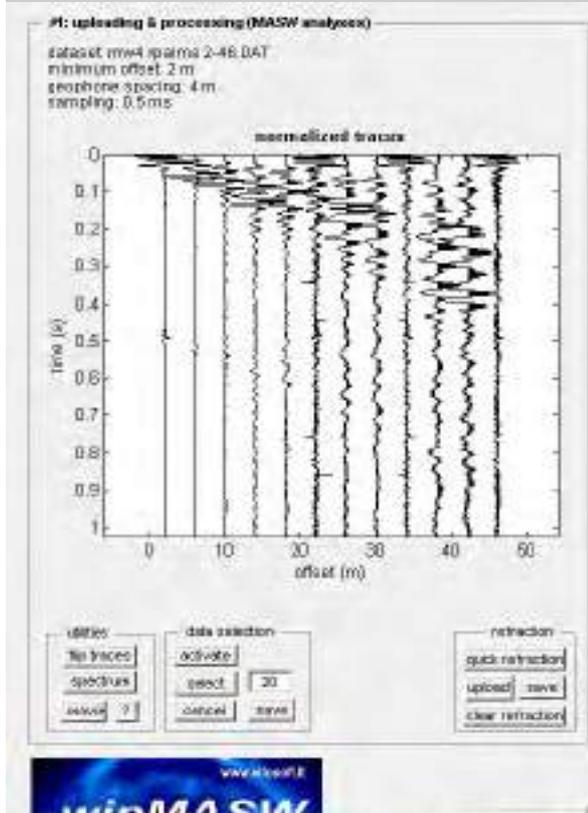
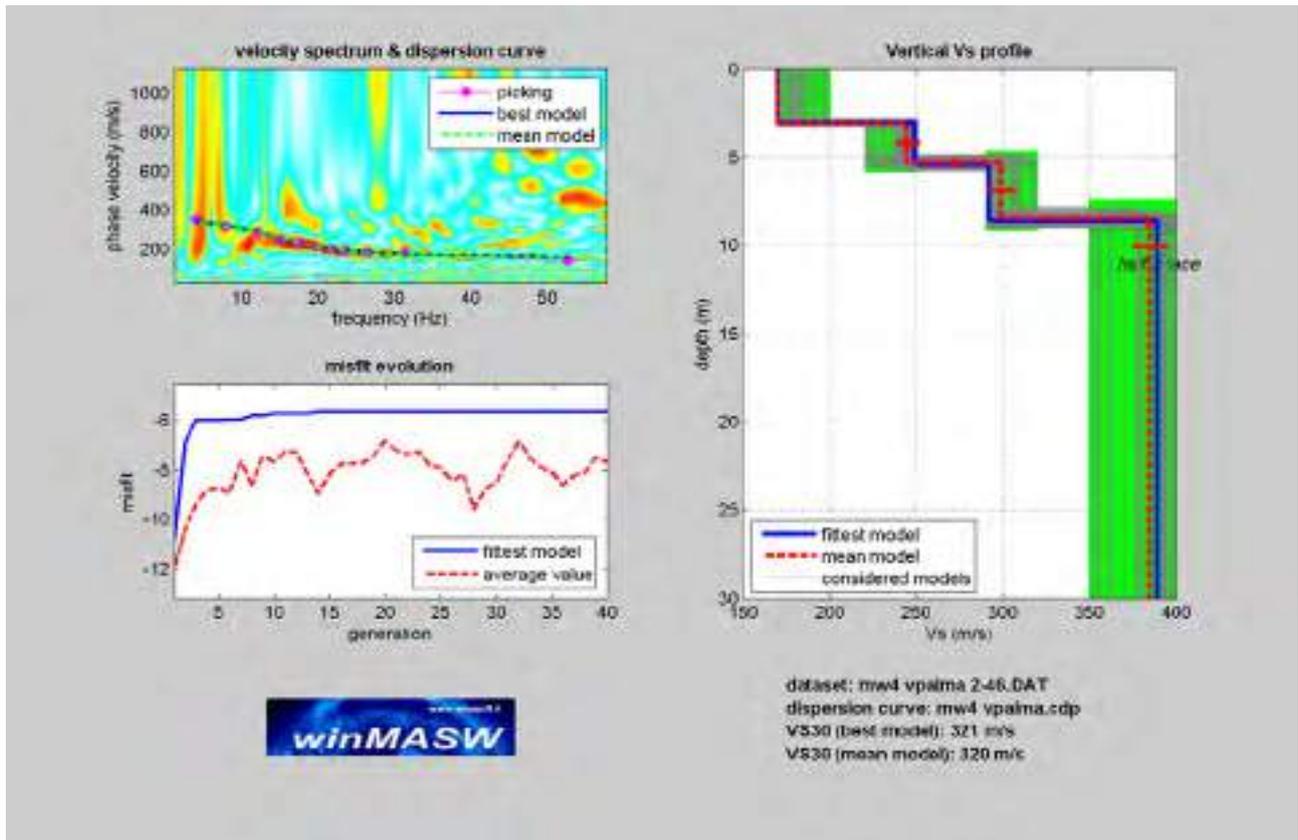
Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	170	3.1
2	245	2.3
3	299	3.2
4	385	--

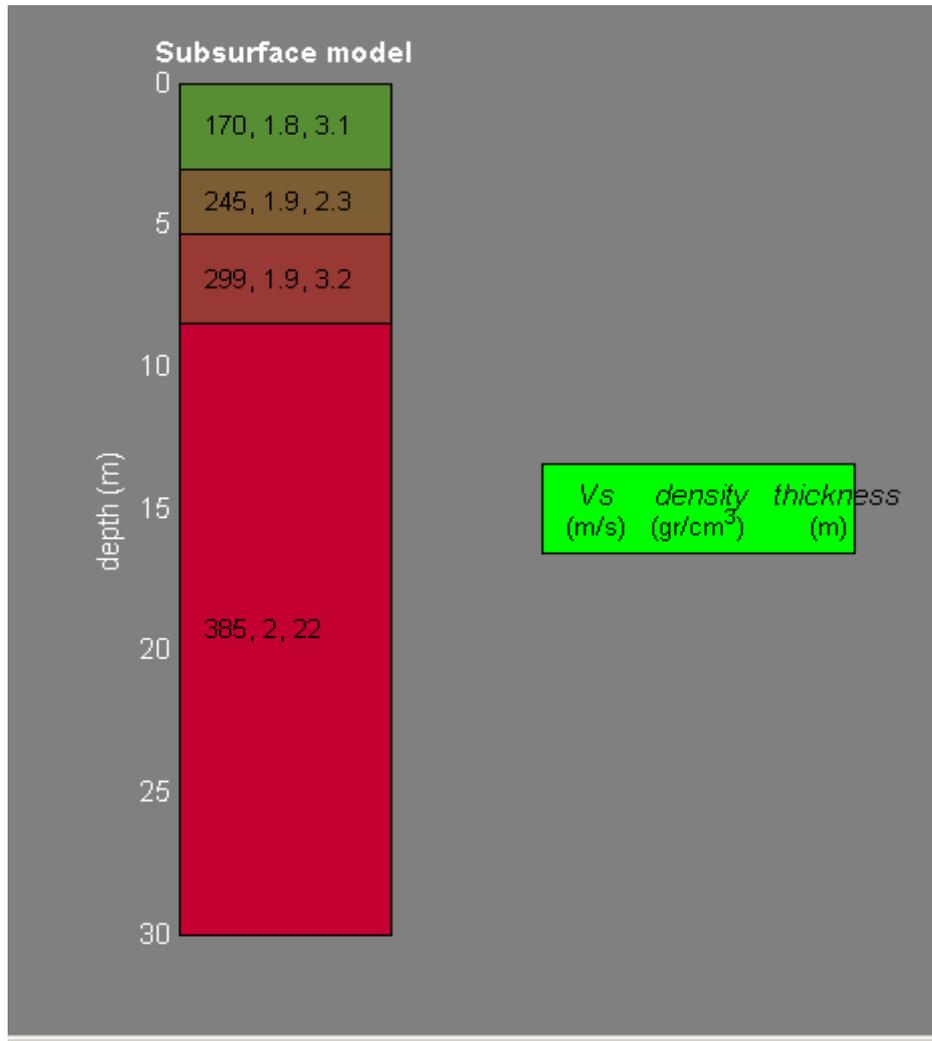
E' da tener presente, tuttavia, che le Vseq, e la relativa categoria di sottosuolo risultante, si riferiscono ai 30 metri di profondità a partire dal piano campagna o al raggiungimento del bedrock.

---

### ALLEGATI PROFILO MASW 4







## **PROFILO MASW 5**

- Lunghezza stendimento: 46.00 m
- Distanza Intergeofonica: 4.00 m

L'acquisizione dei risultati è avvenuta effettuando n. 2 battute rispettivamente con offset di 2-5 metri dal primo geofono, ed utilizzando come sorgente di energia una mazza di battuta.

**La velocità  $V_{seq}$  (m/s) = 340**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (NTC 2018) il terreno in oggetto ricade nella categoria di sottosuolo:

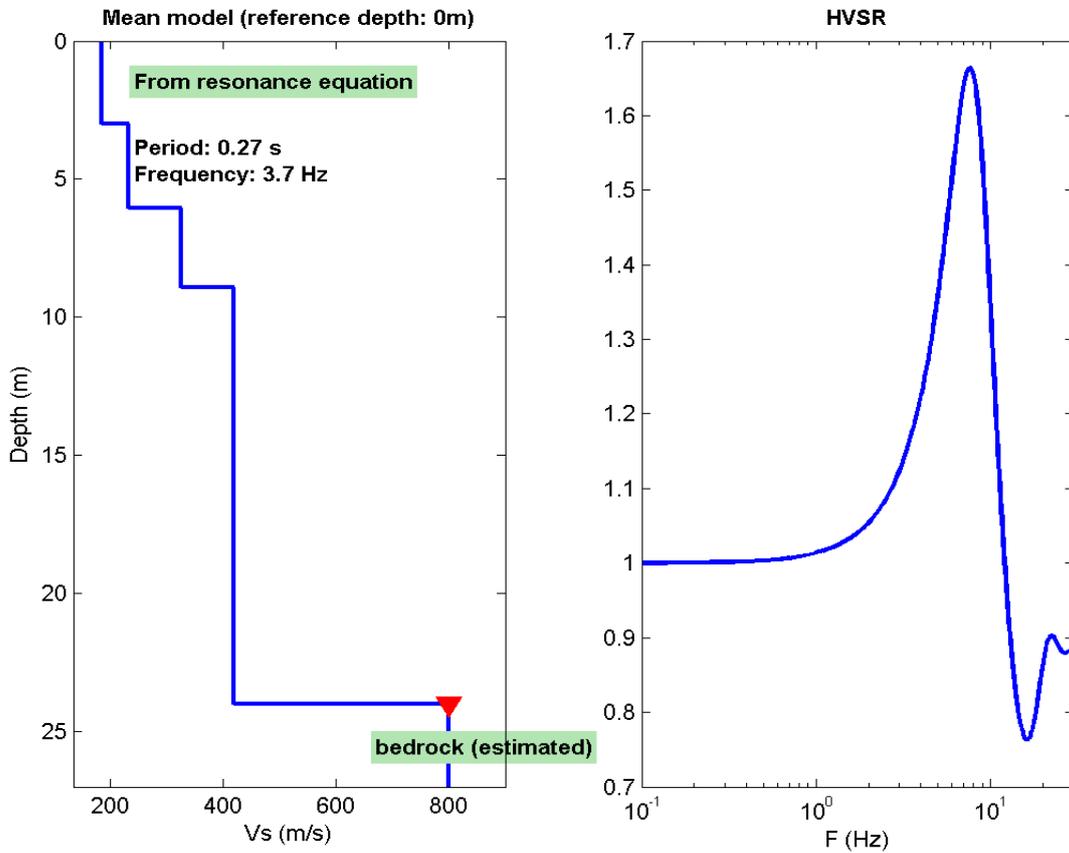
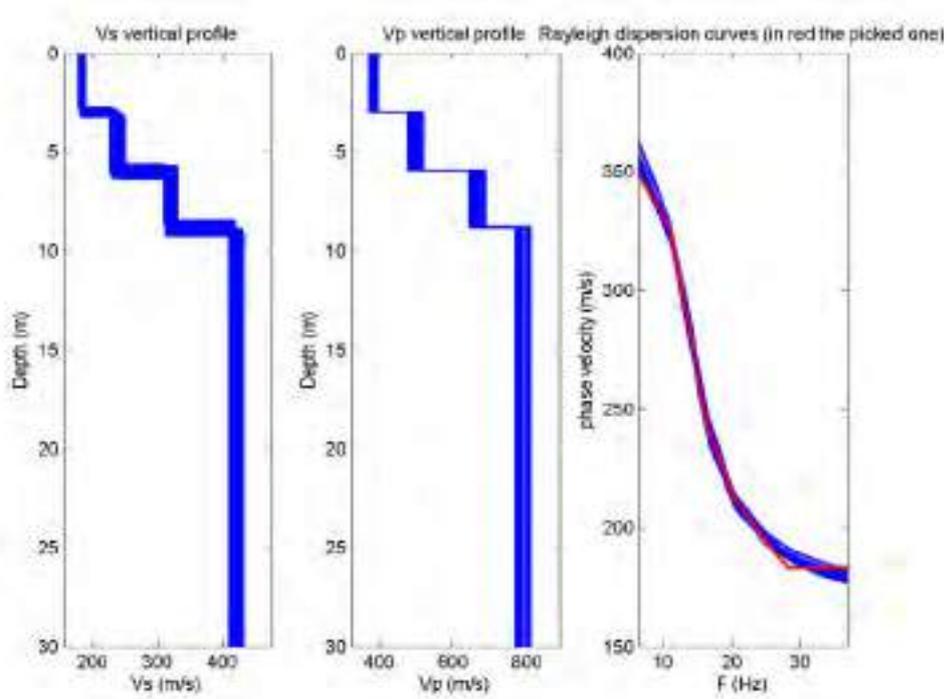
**“C” Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.**

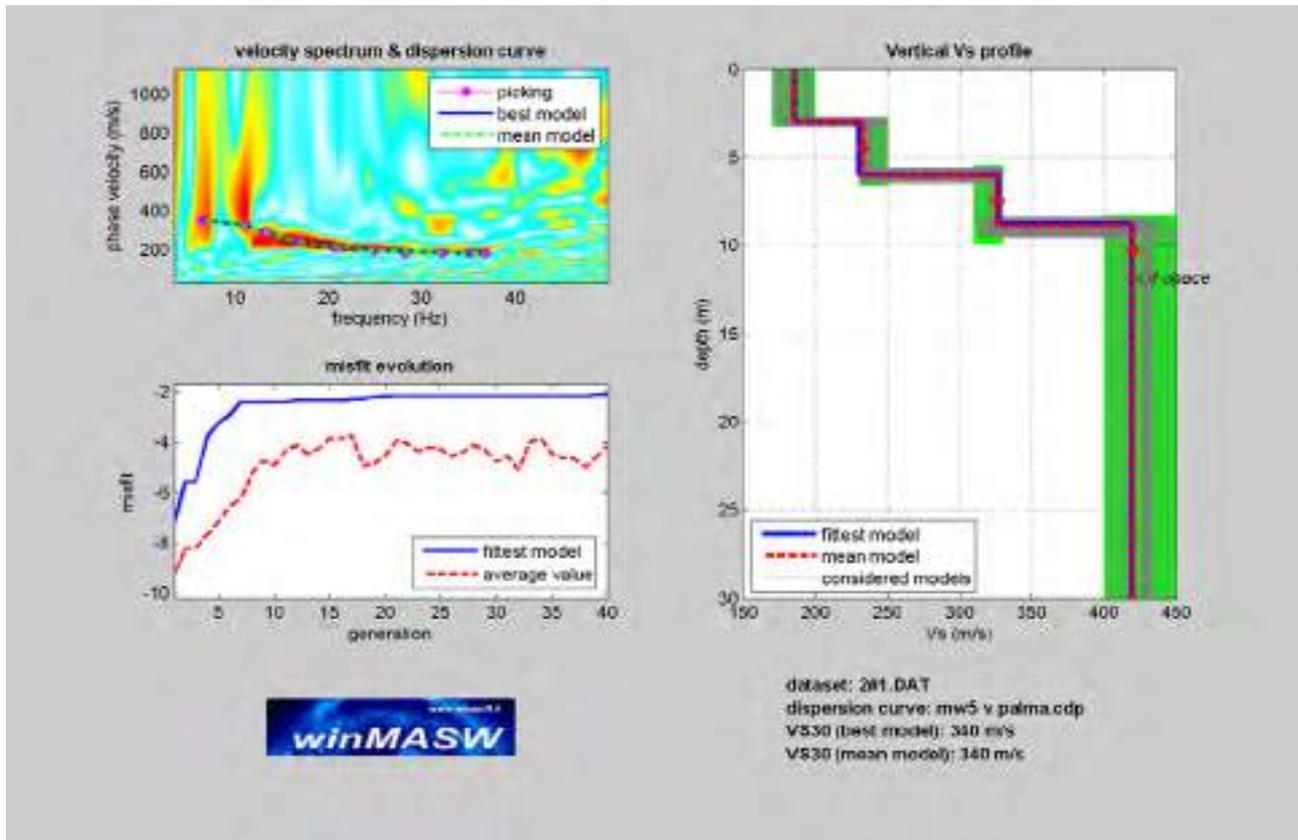
Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	185	3.0
2	233	3.0
3	326	2.9
4	420	--

E' da tener presente, tuttavia, che le  $V_{seq}$ , e la relativa categoria di sottosuolo risultante, si riferiscono ai 30 metri di profondità a partire dal piano campagna o al raggiungimento del bedrock.

---

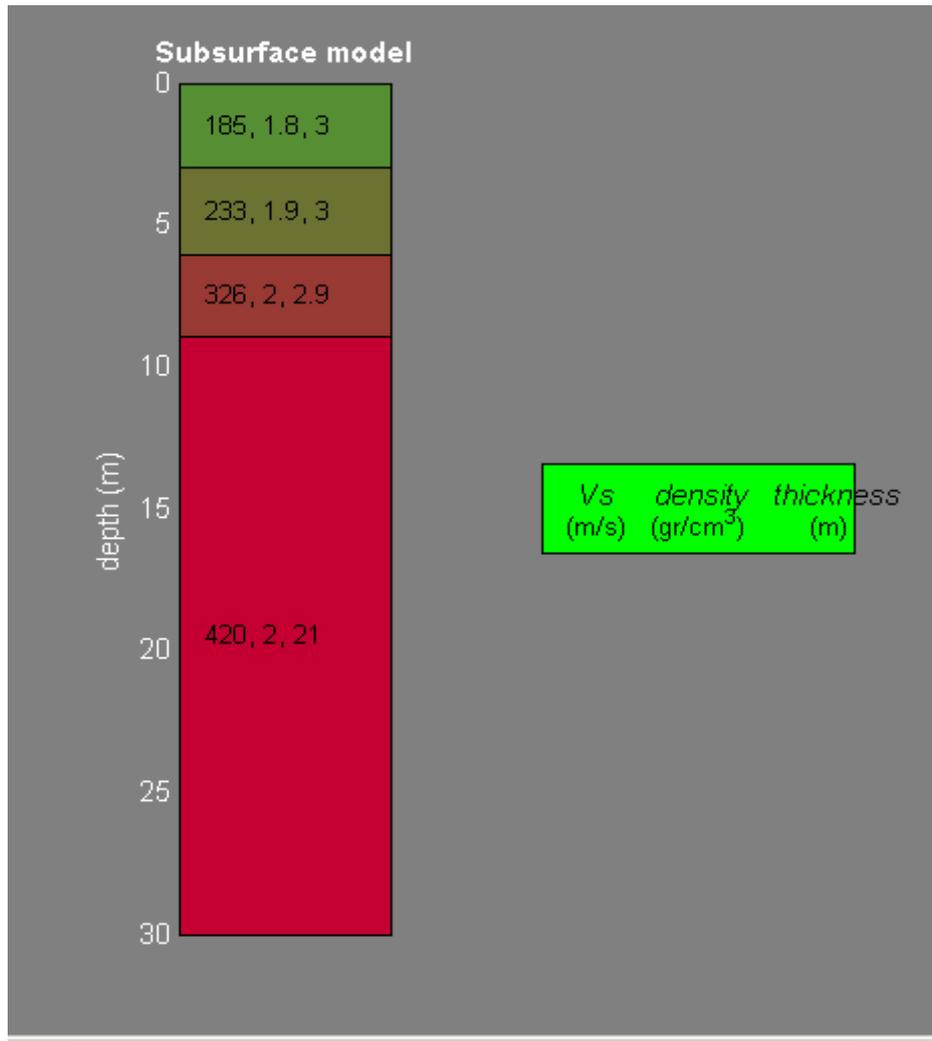
### ALLEGATI PROFILO MASW 5





dataset: 2#1.DAT  
dispersion curve: mw5 v palma.cdp  
VS30 (best model): 340 m/s  
VS30 (mean model): 340 m/s

The screenshot shows the winMASW software interface. The top-left panel, titled "A1: uploading & processing (MASW analysis)", displays dataset information: "dataset: 2#1.DAT", "minimum offset: 2 m", "phone spacing: 4 m", and "sampling: 0.25 ms". Below this is a plot of "normalized traces" showing time (s) on the y-axis (0 to 1) versus offset (m) on the x-axis (0 to 50). The top-right panel, titled "A2: velocity spectrum, modeling & picking (MASW & RoM analysis)", shows a "velocity spectrum" heatmap with phase velocity (m/s) on the y-axis (0 to 1800) versus frequency (Hz) on the x-axis (0 to 60). It includes a legend for "Rayleigh Dispersion" with parameters: "Vs30 (m/s): 340 340 340 340", "Thickness (m): 3.0 3.0 3.0", "Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35", and "Mp (m/s): 375 500 666 853". The interface also features various control buttons for "calcula spectra", "upload fctM spectr", "modeling", and "picking". The "winMASW" logo is visible at the bottom left of the interface.



*Società Geologica S.r.l.*

*Indagini HVSR*



*Indagini geognostiche e geofisiche*

*Studi geologici*

*Società Geologica Srl*

*Via G. di Vitalone 18 - 05100 Terni*

**REGIONE UMBRIA**

**PROVINCIA DI TERNI**

**COMUNE DI TERNI**

**LOCALITA': ZONA VILLA PALMA**

**COMMITTENTE: TERNANA CALCIO**

**INDAGINI HVSR**

**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO – METODO DI NAKAMURA**

## **PREMESSA**

Nel mese di Gennaio-Febbraio 2022 è stata eseguita n° 1 indagine di tipo HVSR (*Horizontal To Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura*) all'interno del territorio del Comune di Terni.

Le indagini sono consistite nell'approntamento di n. 2 stazioni puntuali effettuando acquisizioni tramite il sensore SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors).

Come sorgente di energia è stata utilizzato il rumore sismico di fondo; la successiva elaborazione è avvenuta mediante i software: GeoExplorer® Sara Instruments e Geopsy.

## **NOTE TEORICHE**

### *Principi, scopi e limiti del metodo HVSR.*

Il metodo HVSR è stato sviluppato in Giappone negli anni '70 e diffuso alla fine degli anni '80 da Nakamura. Consiste nel calcolo del rapporto (indicato come H/V) della media delle componenti orizzontali con la componente verticale dello spettro di Fourier del rumore ambientale registrato da un sensore a tre componenti e un digitalizzatore di segnale.

Le onde superficiali sono le protagoniste nel campo di rumore ambientale, ed hanno come caratteristiche: l'ellitticità, ovvero la differenza tra le ampiezze orizzontali e verticali del moto in funzione della frequenza (l'ellitticità è massima in corrispondenza della frequenza di risonanza delle onde S), e la dispersione, ovvero le variazioni di velocità di propagazione delle onde in funzione della frequenza di vibrazione (fig. 1).

Il risultato dell'elaborazione, mediante specifici software, consiste nel mostrare l'andamento del rapporto H/V per ogni frequenza di interesse ingegneristico (tipicamente 0,2 – 40 Hz) e mostra il massimo od i massimi di tale rapporto intorno alla frequenza fondamentale di sito e modi superiori. L'ampiezza del picco del rapporto H/V non fornisce un valore esatto dell'amplificazione del moto del suolo, ma è comunque proporzionale (non lineare): maggiore è il valore del picco misurato e maggiore sarà l'amplificazione sismica attesa (fig. 2). Il massimo del rapporto H/V misurato è dovuto generalmente al contrasto di impedenza tra il bedrock sismico e la copertura sovrastante e maggiore è il contrasto e

maggiore sarà l'ampiezza del picco (fig. 3). Tuttavia può accadere che interfacce più rigide dal punto di vista sismico all'interno delle formazioni sedimentarie possano generare picchi del rapporto spettrale che non si riferiscono quindi al contrasto tra bedrock e coperture. Effetti di sito 2D e 3D come vicinanza ai bordi di bacino, la presenza di valli strette, vicinanza di alberi ed edifici eccetera possono dominare il pattern di risonanza e quindi condurre forti errori di valutazione in un modello di inversione 1D. Il rapporto spettrale H/V non può dunque essere invertito da solo in un profilo di velocità delle onde di taglio, ma solo dopo l'integrazione con altre prove geofisiche e la conoscenza della struttura geologica investigata. Infatti un'onda che viaggia da un mezzo ad un altro viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. Nel caso di un modello a due strati omogenei ed isotropi con contrasto di impedenza si ha che la frequenza fondamentale  $f_0$  relativa alle onde S è legata alla velocità  $V_s$  dello strato a minore impedenza ed al suo spessore H dalla relazione  $f_0 = V_s/4H$  (fig. 4).

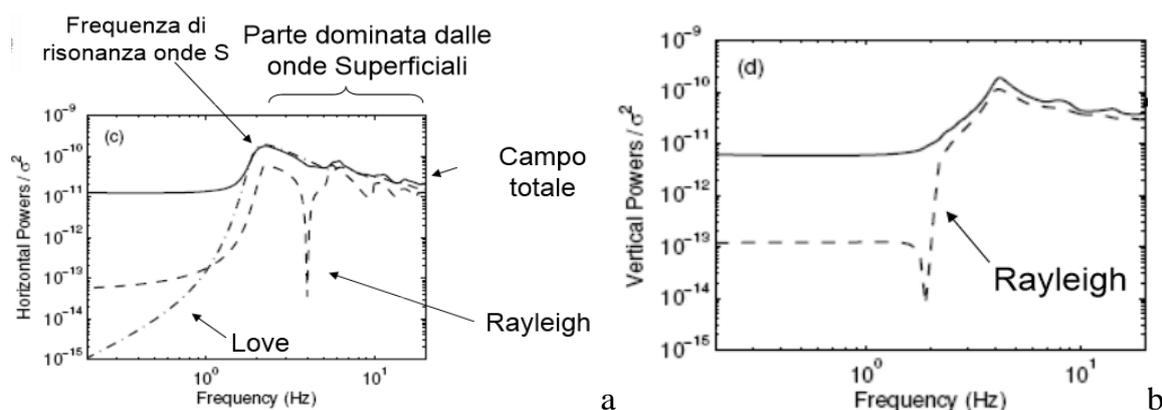


Figura 1: peso delle fasi della perturbazione meccanica per la componente orizzontale (a) e verticale (b).

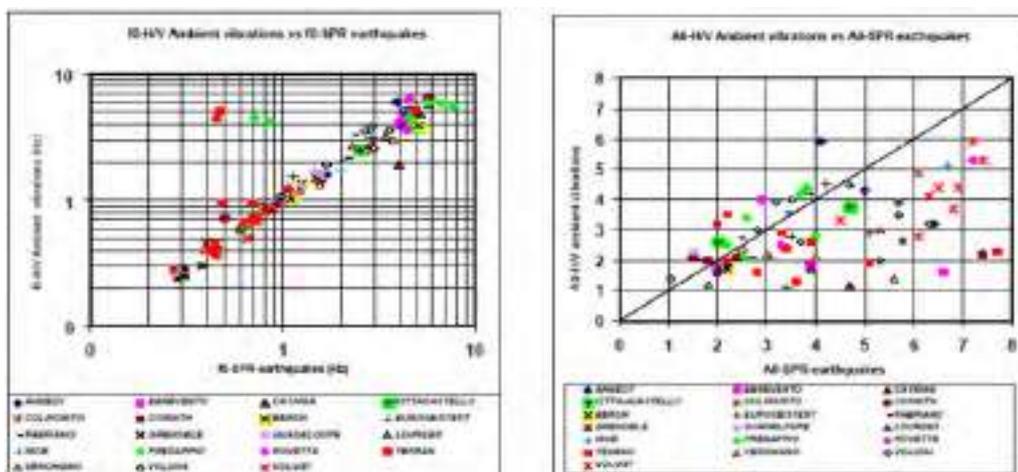


Figura 2: Confronto tra indagini HVSR e terremoti: correlazione per la frequenza  $f_0$  e Non-correlazione per l'ampiezza  $A_0$ .

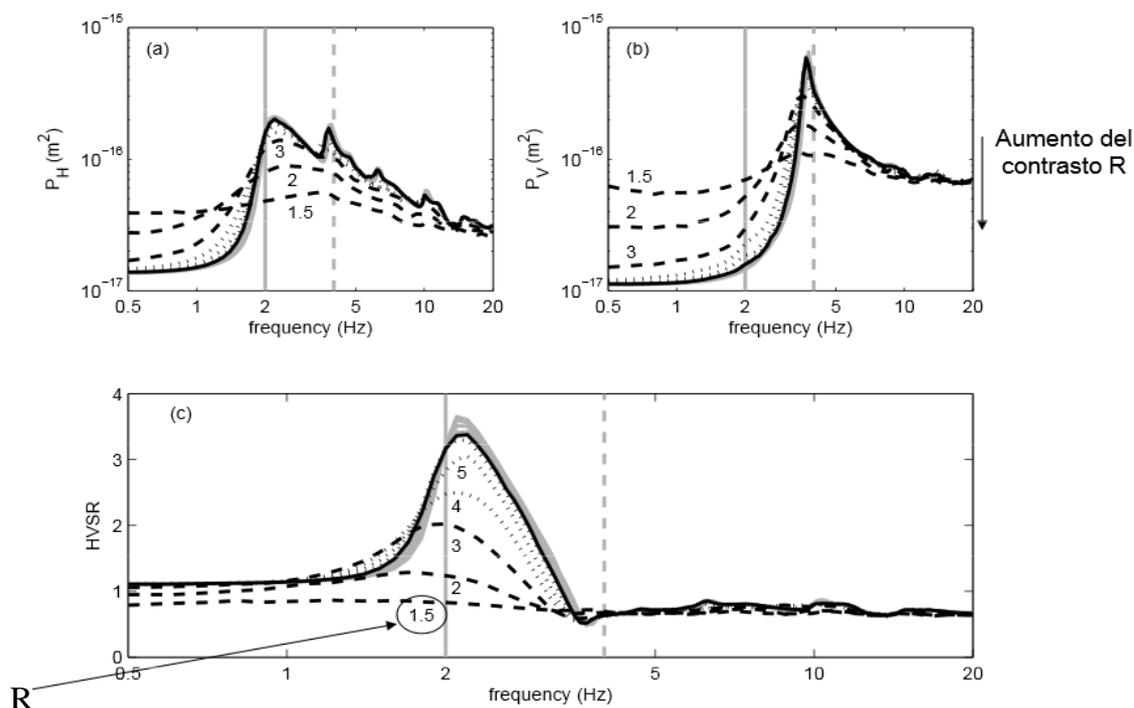


Figura 3: Più alto è il contrasto di impedenza sismica R e maggiore sarà il massimo del rapporto H/V.

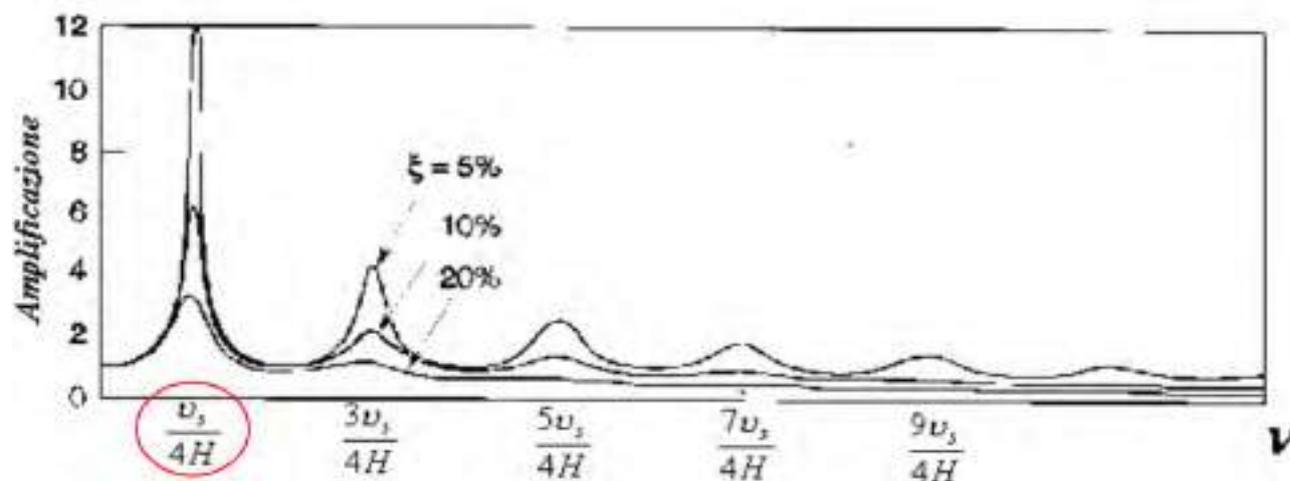


Figura 4: modo fondamentale e modi superiori di vibrazione in funzione delle velocità e degli spessori dei sismostrati.  $\xi$  = smorzamento.

### Cos'è una misura HVSR

È una tecnica di sismica passiva finalizzata alla caratterizzazione delle proprietà meccaniche del sottosuolo (impedenza sismica, velocità di propagazione delle onde S) a partire da misure del campo di vibrazioni ambientali generate da sorgenti non controllate di varia natura. Si tratta di un metodo basato sull'osservazione di un campo d'onde che interagisce con la struttura geologica del sottosuolo investigato. Il vantaggio di questa tecnica è che le onde sismiche oggetto di studio sono caratterizzate da lunghezze d'onda e profondità di propagazione molto maggiori di quelle generate artificialmente e questo permette di raggiungere profondità di esplorazione assai più grandi di quelle raggiungibili da tecniche attive, a prezzo di una peggiore risoluzione spaziale e di una maggiore ambiguità interpretativa. Inoltre possono operare in ambiente urbano anche in presenza di disturbi antropici, purché non inficino sulla attendibilità della misura (picchi dovuti a forti impulsi meccanici di siti industriali o da disturbi elettromagnetici). Per a loro natura le vibrazioni ambientali hanno un andamento molto irregolare ed esibiscono una natura essenzialmente stocastica. Questo implica che lo studio di questo tipo di fenomeno richiede un approccio diverso da quello adottato dalla sismica in array. L'attenzione si sposta dallo studio delle singole fasi sismiche a quello delle proprietà medie del segnale. La misura HVSR per essere

---

considerata rappresentativa delle caratteristiche del sottosuolo, deve essere sufficientemente estesa nel tempo da includere l'effetto di un numero significativo di sorgenti a varie distanze dal ricevitore (fig. 5).

Inoltre, dovendo operare su un segnale di tipo stocastico, è necessario mettere in campo tutti gli accorgimenti necessari perché l'analisi spettrale fornisca risultati stabili ed affidabili per la successiva trattazione statistica. Per ottenere questi risultati bisogna quindi definire tempi di misura adeguatamente lunghi e procedere adottando opportune tecniche di trattamento del segnale. Queste caratteristiche vanno valutate per via indiretta attraverso l'impiego di opportuni indicatori: la stazionarietà temporale e la direzionalità del segnale (fig. 6).

Molto importante è la valutazione preliminare della qualità e della rappresentatività della misura effettuata; a questo proposito, il progetto SESAME ha definito una serie di criteri di carattere empirico su considerazioni di tipo statistico sulla stabilità della curva, sulle modalità di campionamento, ecc (fig. 7).

Tuttavia i criteri SESAME non tengono in considerazione di altri fattori influenti sulla qualità ed attendibilità del dato e può accadere che picchi di frequenze soddisfino i tali criteri, ma non sono imputabili a nessun vincolo geologico, mentre la mancata verifica di tali criteri non implica automaticamente che la curva H/V ricavata sia da scartare. Ad esempio se si effettua una misura HVSR su roccia compatta o su coltri dove non vi è un netto contrasto di impedenza ecc, NON può essere presente il picco di risonanza alla frequenza fondamentale, proprio per la sua definizione naturale: è la frequenza a cui un sistema, eccitato da un impulso, vibra con maggior ampiezza. E' il reciproco del periodo fondamentale (fig. 8).

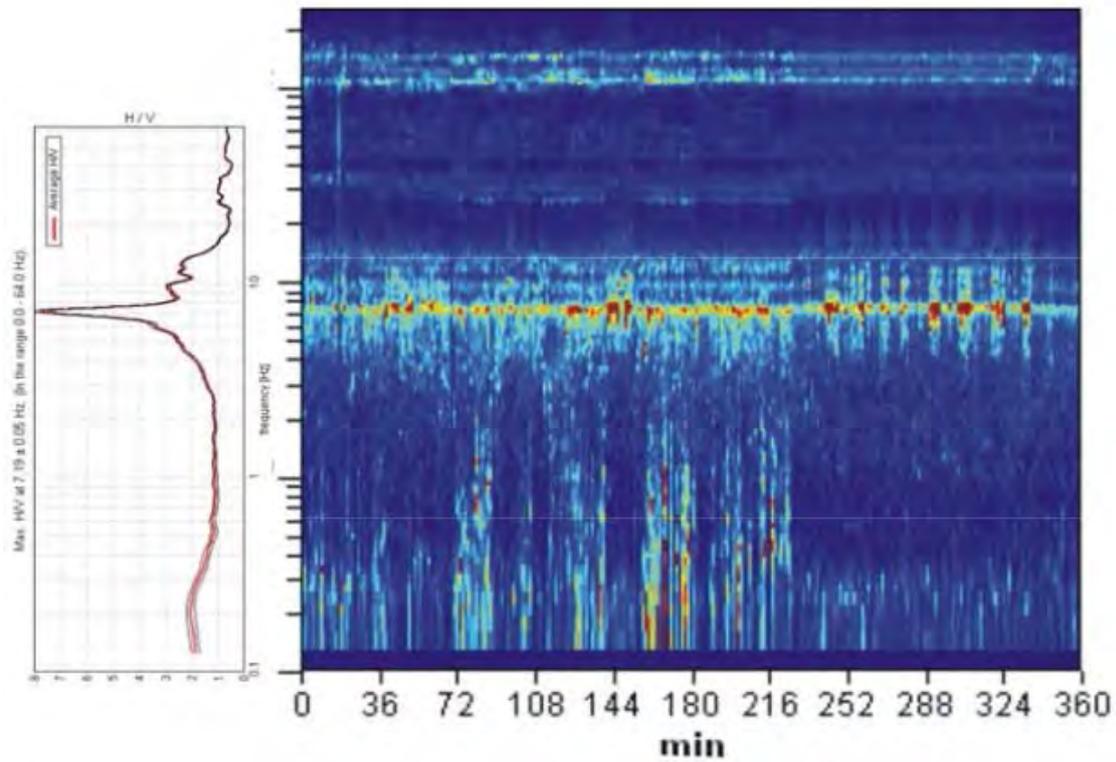


Figura 5: andamento del rapporto H/V nel tempo per ogni frequenza.

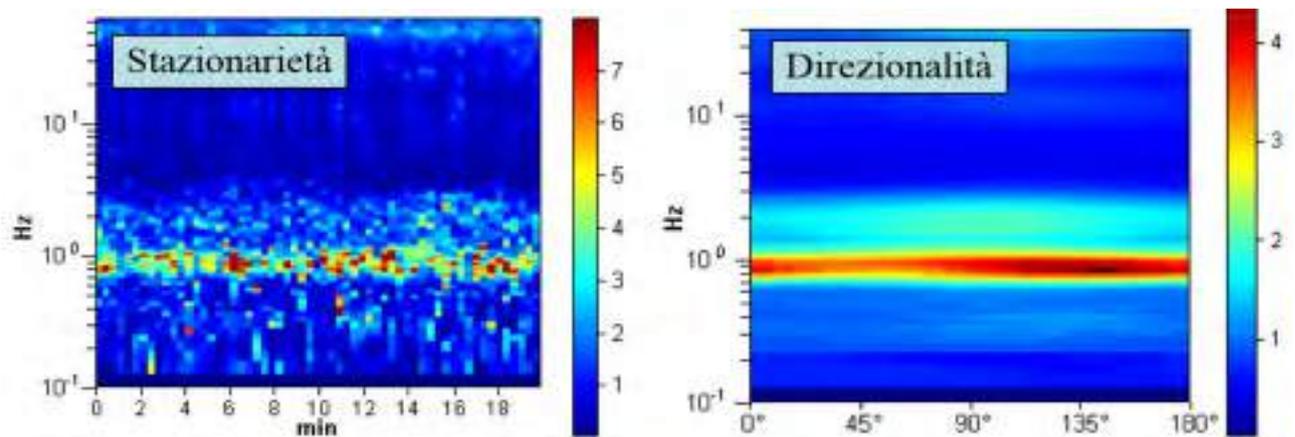


Figura 6: grafici di Stazionarietà dei rapporti H/V per ogni frequenza e durante tutto il tempo di acquisizione del segnale e grafico di Direzionalità che indica la provenienza in Azimut del massimo dei rapporti H/V considerati per la trattazione del segnale.

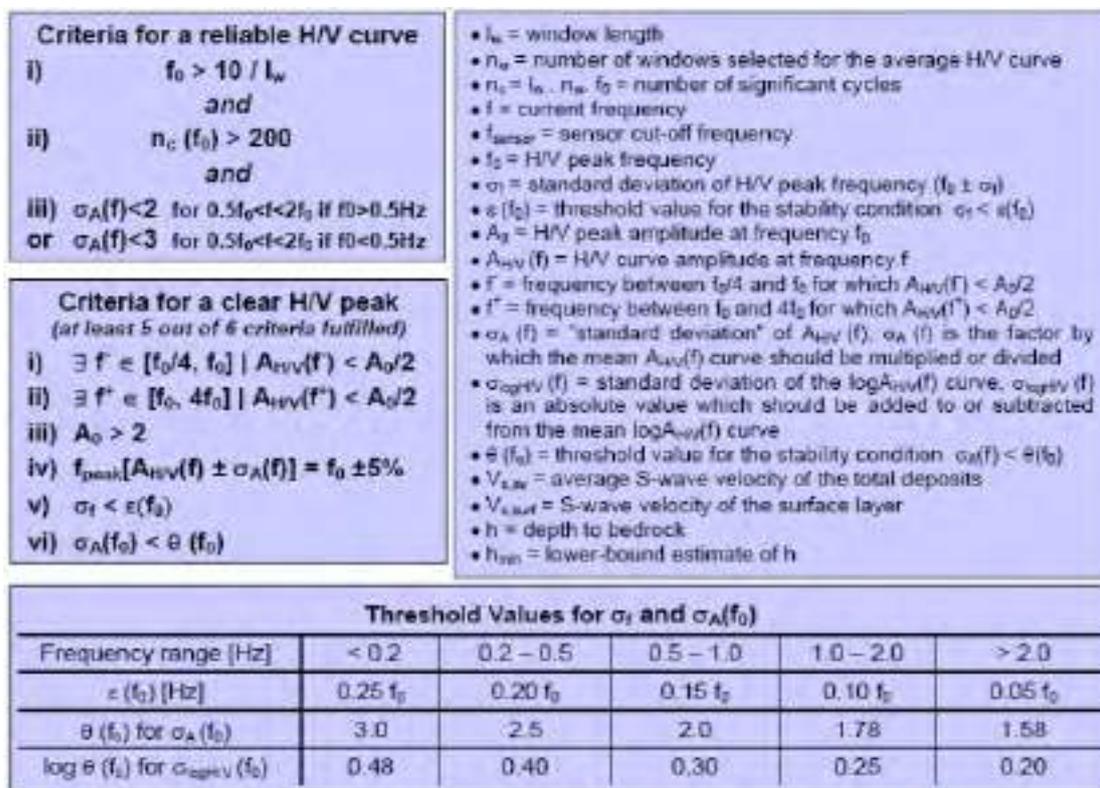


Figura 7: Criteri SESAME.

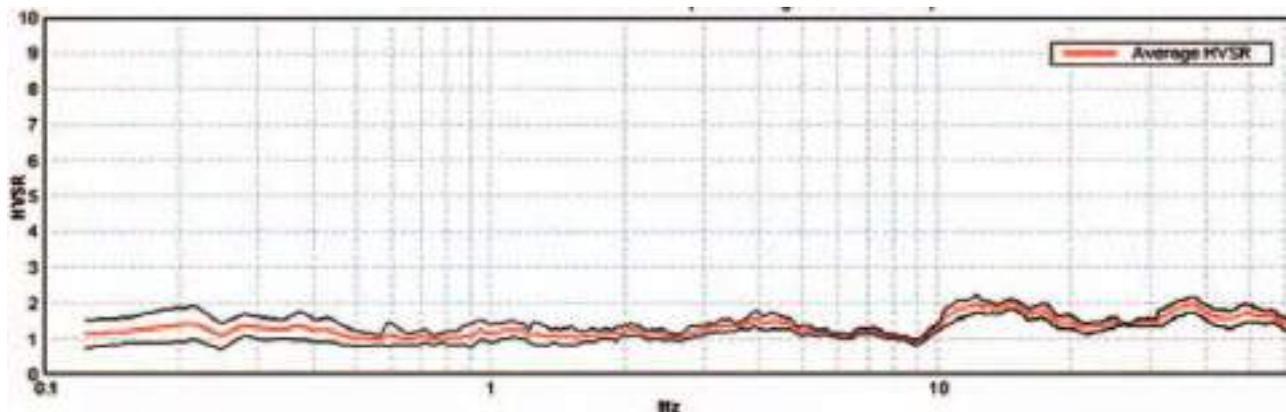


Figura 8: Curva H/V con assenza di massimi significativi.  
 Può essere riconducibile ad acquisizione su roccia integra.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> : immagini tratte da D.Albarellò, 2013

*Società Geologica S.r.l.*

*Indagini HVSR*

---

## **SINTESI DEI RISULTATI**

Riepilogando, all'interno del territorio comunale di Terni sono state eseguite n° 2 indagini di tipo HVSR (*Horizontal To Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura*), che ha permesso di desumere la frequenza fondamentale ed alcune frequenze minori dei siti investigati dal punto di vista geofisico.

### **HVSR**

Le misure eseguite della durata di 30 e 35 minuti non hanno permesso di desumere una frequenza fondamentale di sito chiara e univoca.

Nella acquisizione 1 è stato individuato un picco a 0.588 Hz con un rapporto H/V di 2.647, che però non rispetta i criteri SESAME.

Il picco può essere associato al passaggio al bedrock sismico in profondità

Nella acquisizione 2 è stato individuato un picco a 4.926 Hz con un rapporto H/V di 2.320, che però non rispetta i criteri SESAME.

Il picco potrebbe essere dovuto al passaggio intorno ai 45-50 metri tra terreni a differente impedenza, non associabili però al passaggio al bedrock sismico.

---

## ALLEGATI HVSR 1

### SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

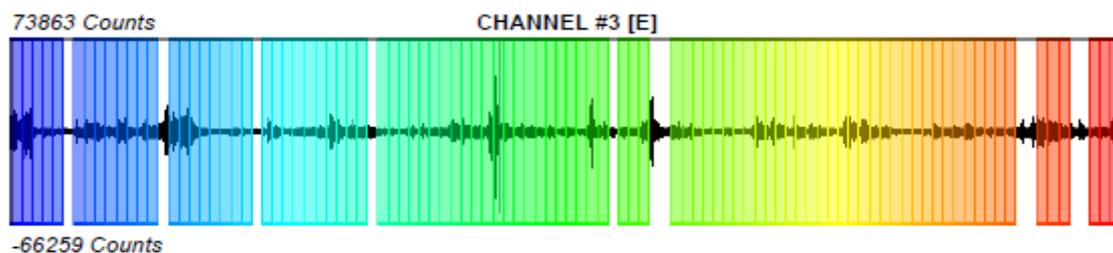
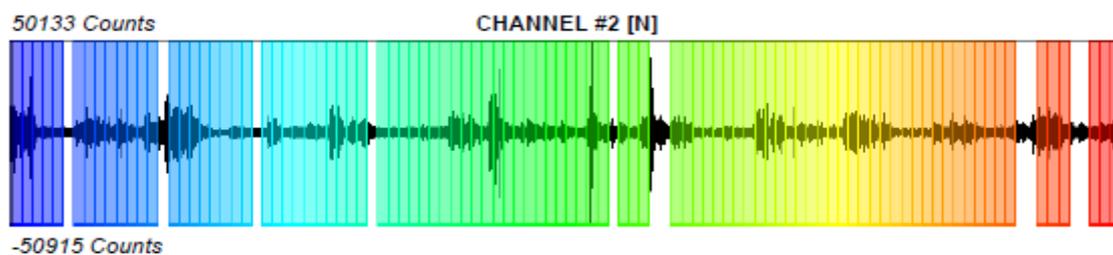
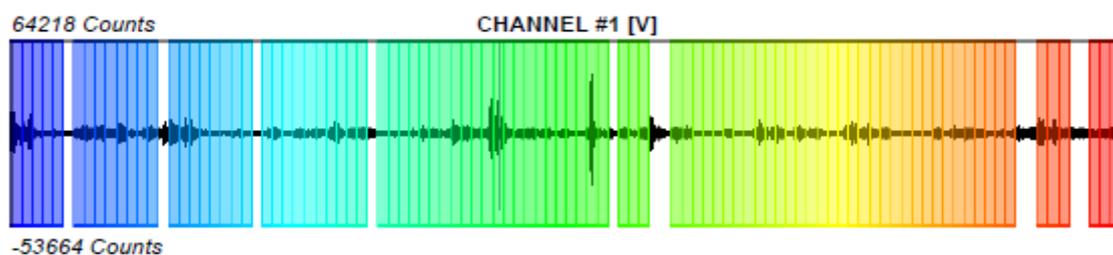
Recording start time: 2022/01/24 13:47:48

Recording length: 35.34 min

Windows count: 95

Average windows length: 20

Signal coverage: 89.6%



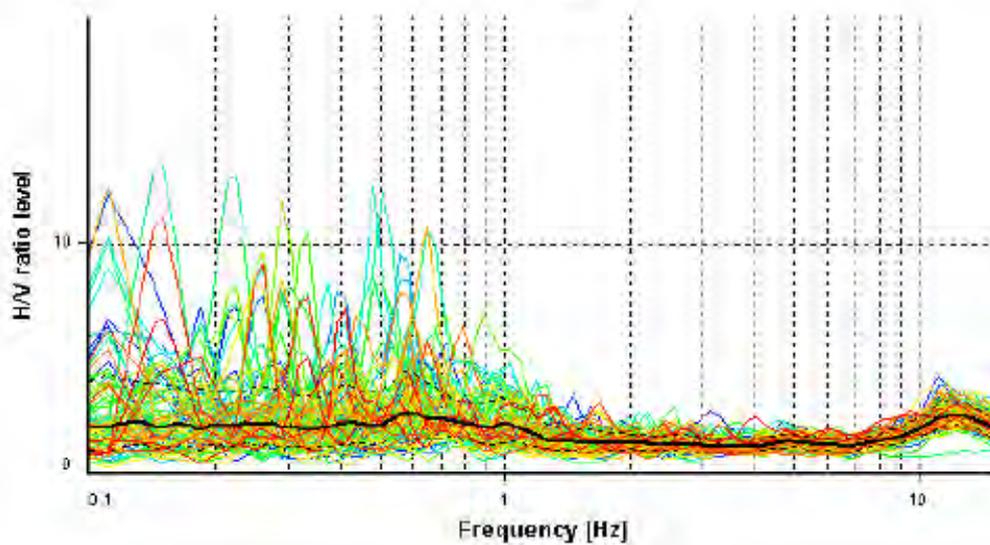
### HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

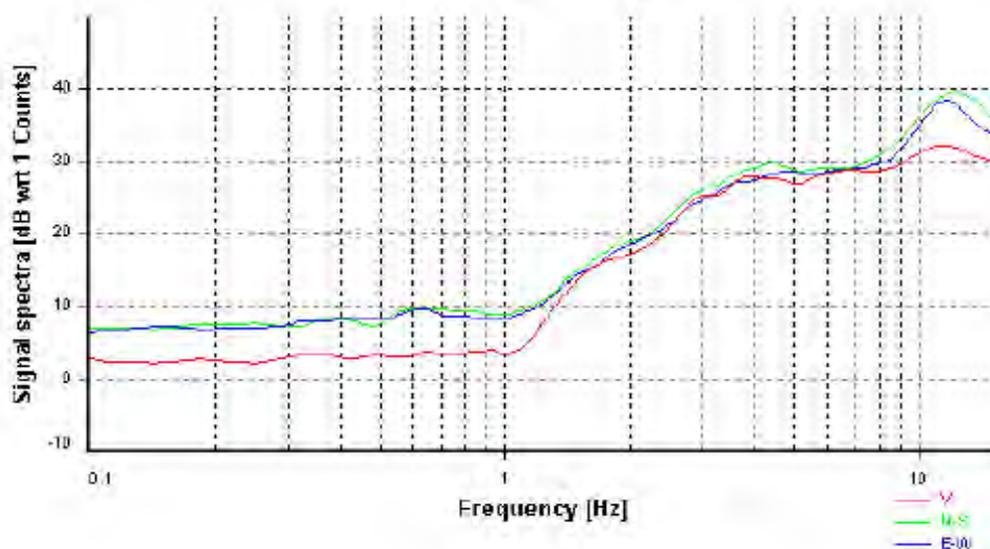
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

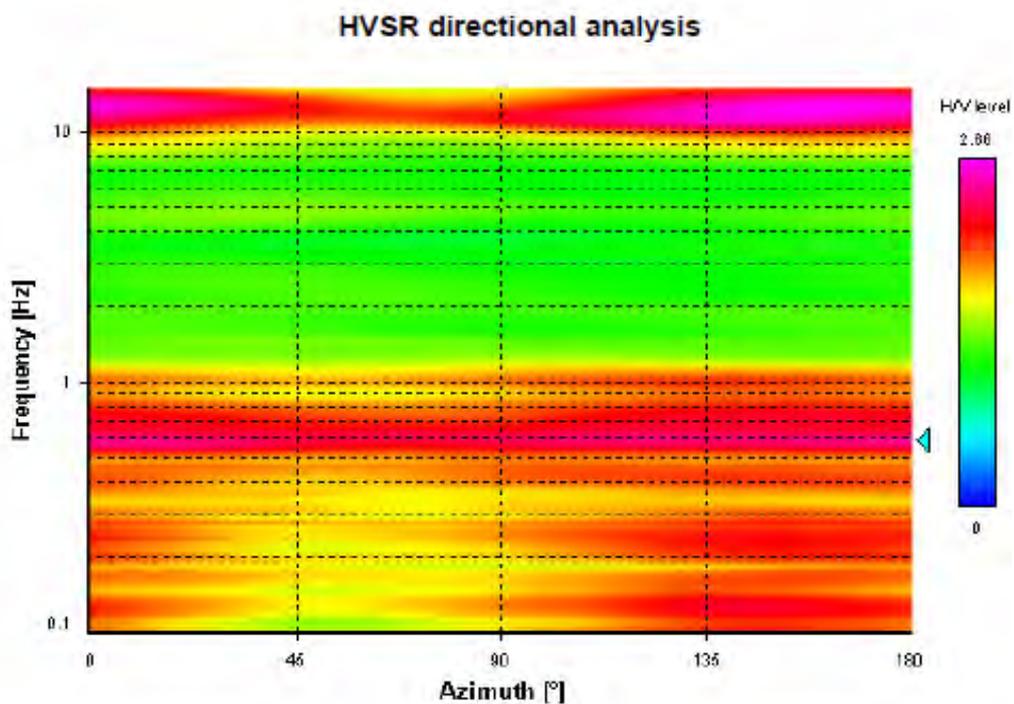
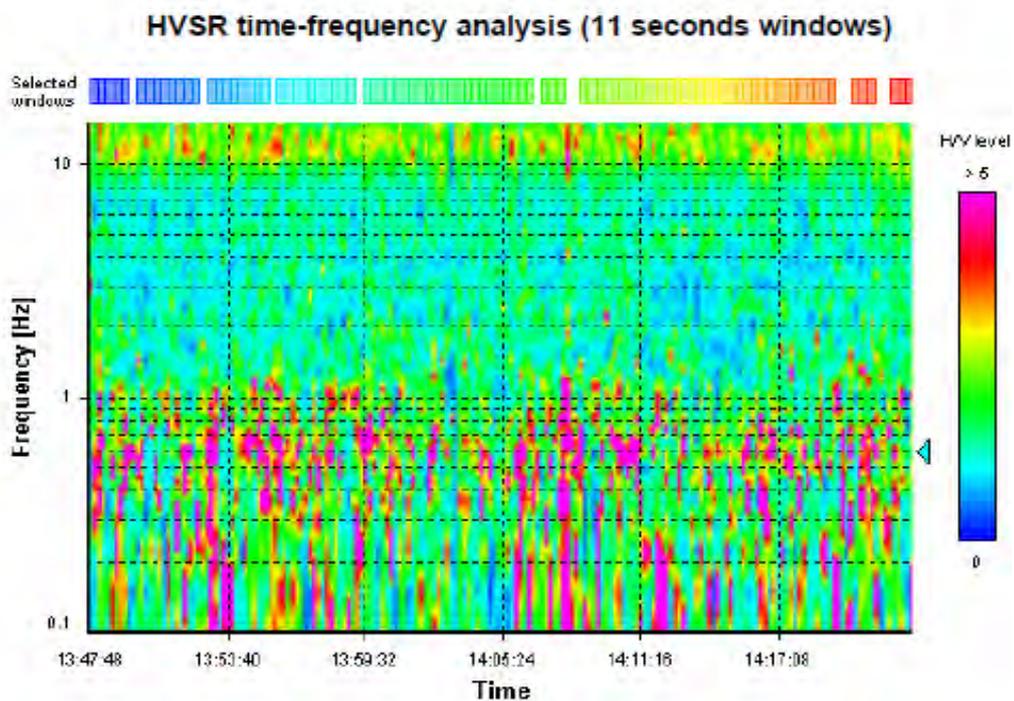
Instrumental correction: Disabled

#### HVSR average



#### Signal spectra average





Società Geologica S.r.l.

Indagini HVSR

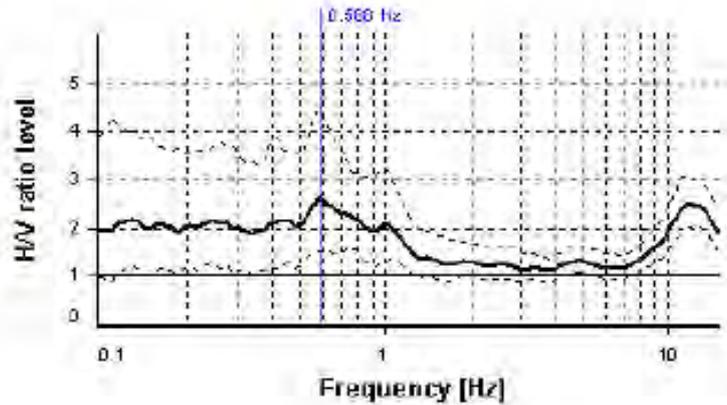
## SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

0.588 Hz

$A_0$  amplitude = 2.647

Average  $f_0 = 0.600 \pm 0.127$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	95 valid windows (length > 17.01 s) out of 95	OK
$n_c(f_0) > 200$	1117.07 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 27	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f' \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f') < A_0/2$	1.53801 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.65 > 2	OK
$f_{\text{DEGR}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	28.8% > 5%	NO
$\sigma_T < \varepsilon(f_0)$	0.12742 $\geq$ 0.08819	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.73997 < 2	OK
<b>Overall criteria fulfillment</b>		<b>NO</b>

---

## ALLEGATI HVSR 2

### SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

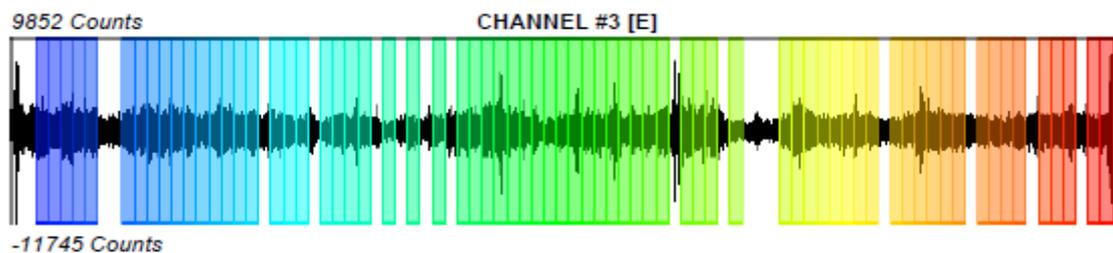
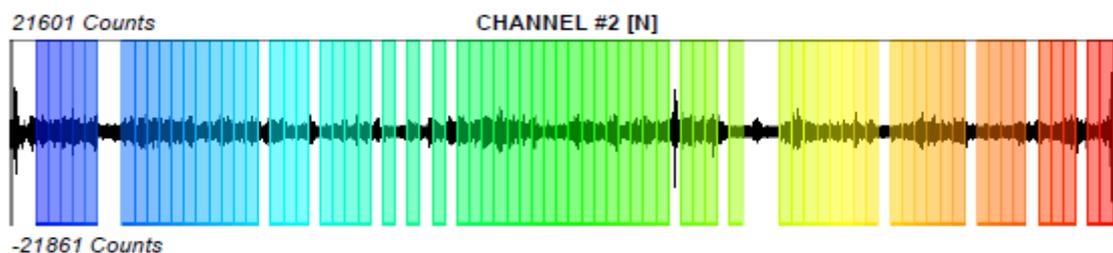
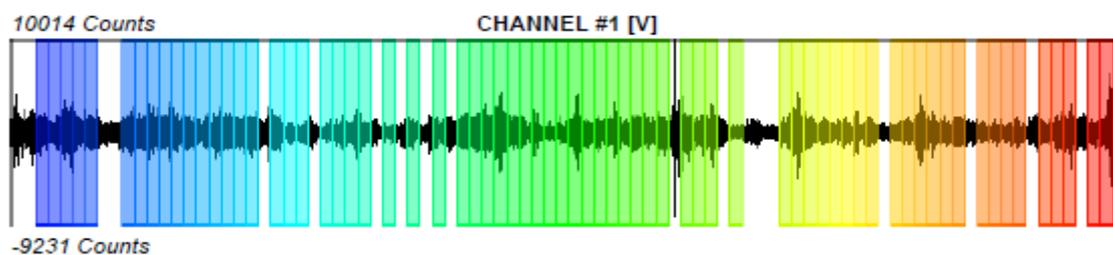
Recording start time: 2022/01/31 10:26:58

Recording length: 29.87 min

Windows count: 70

Average windows length: 20

Signal coverage: 78.11%



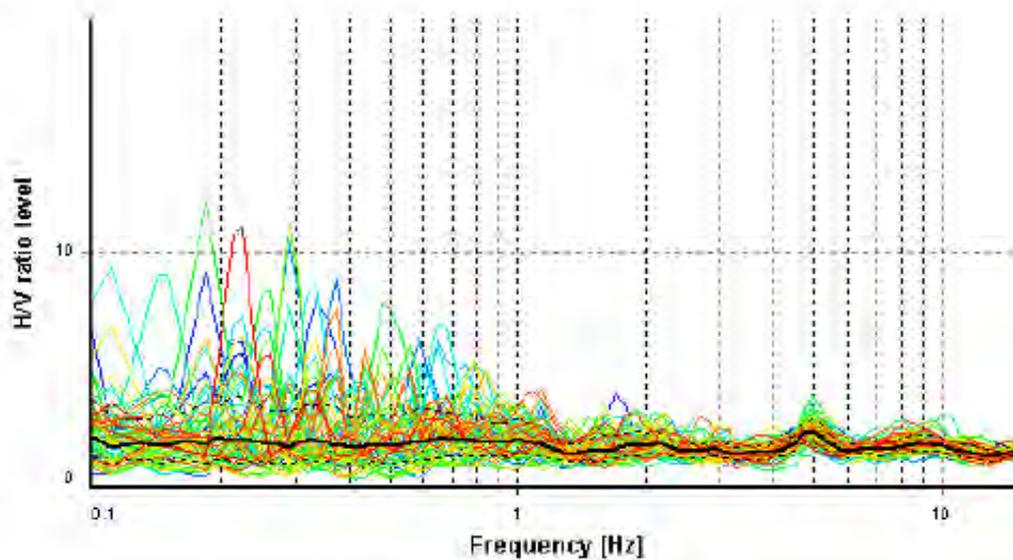
### HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

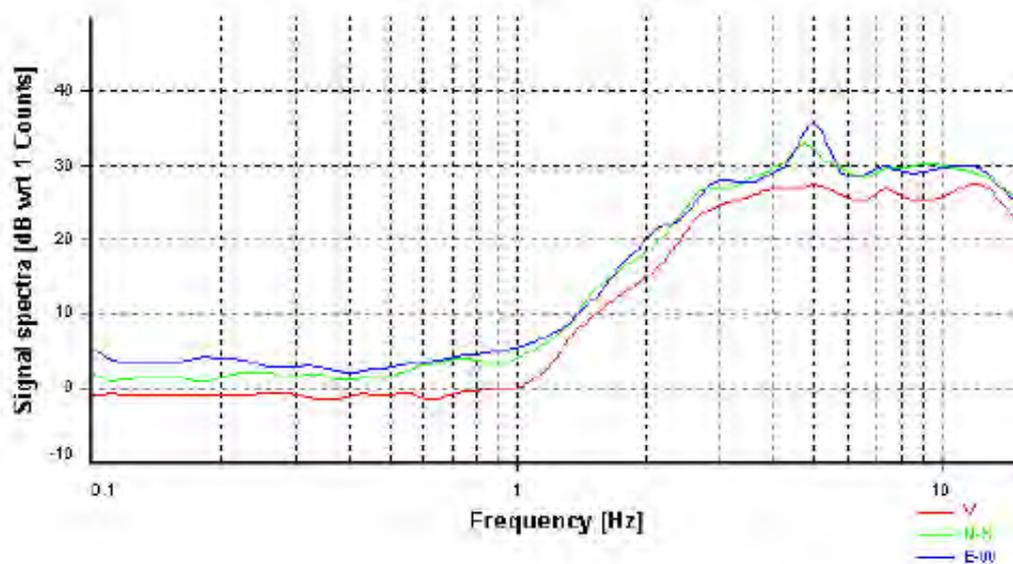
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

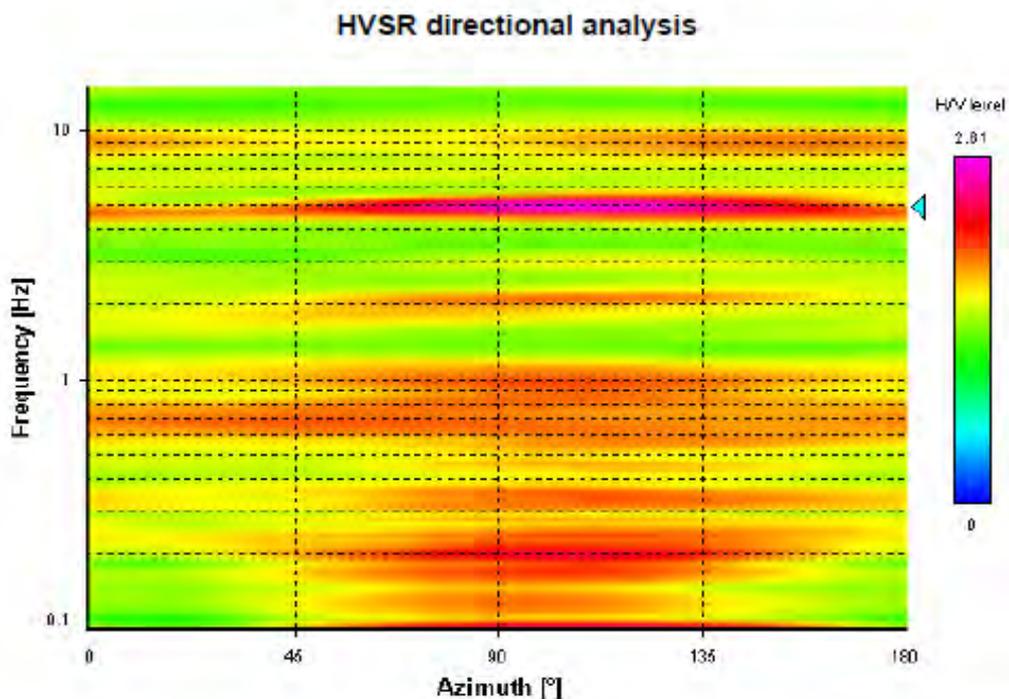
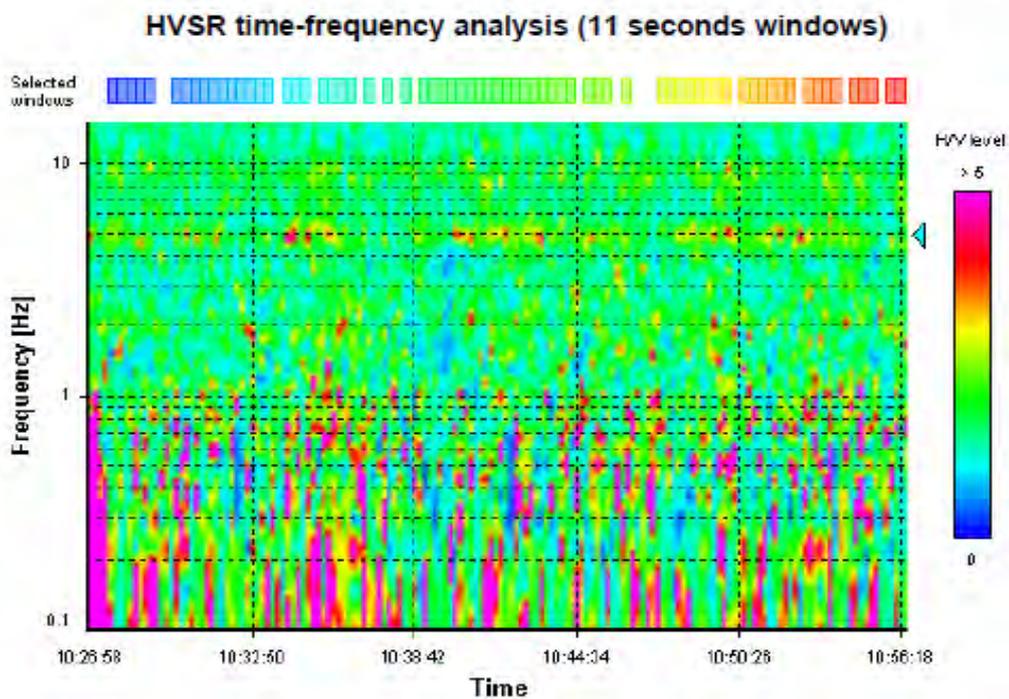
Instrumental correction: Disabled

#### HVSR average



#### Signal spectra average





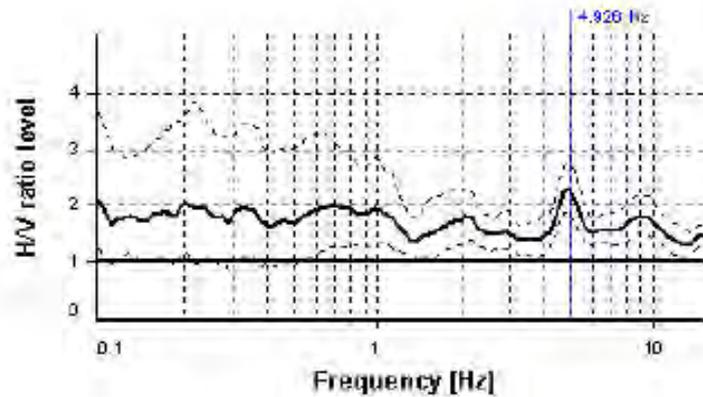
### SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

**4.926 Hz**

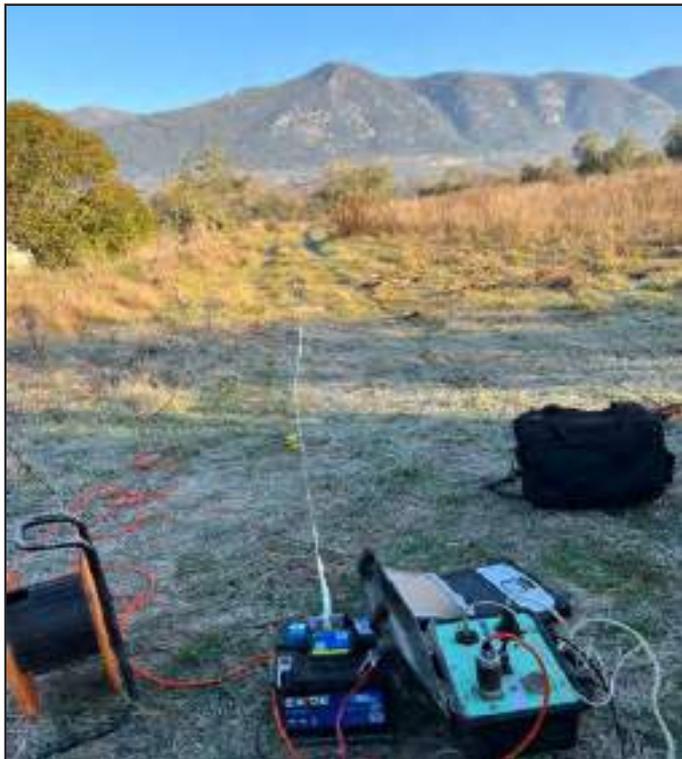
**$A_0$  amplitude = 2.320**

**Average  $f_0 = 4.876 \pm 0.242$**



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	70 valid windows (length > 2.03 s) out of 70	OK
$n_c(f_0) > 200$	6896.73 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 27	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f' \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f') < A_0/2$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	2.32 > 2	OK
$f_{peak}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.24196 < 0.24631	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.23592 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**  
*INDAGINI SISMICHE:*  
*MASW, HVSR, DOWN-HOLE*



MASW 1



MASW 2



MASW 3



MASW 4

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**  
*INDAGINI SISMICHE:*  
*MASW, HVSR, DOWN-HOLE*



MASW 5



HVSR 1



HVSR 2



DOWN-HOLE

**REGIONE UMBRIA**

**PROVINCIA DI TERNI**

**COMUNE DI TERNI**

**RELAZIONE DI CALCOLO**  
**MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO**  
**RISPOSTA SISMICA LOCALE**

**OGGETTO: PROPOSTA DI VARIANTE URBANISTICA SUAP**

**LOCALITA': ZONA VILLA PALMA**

**COMMITTENTE: TERNANA CALCIO**

Febbraio 2022

Geologo

LUCA LATELLA



A handwritten signature in black ink that reads "Luca Latella".

## INTRODUZIONE

### PROCEDURA DI CALCOLO

La procedura di calcolo adoperata da RSL per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
  - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
  - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
  - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;

Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;

3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile "trasferire" l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M - 1}{10}$$

dove  $M$  rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da  $N$  strati orizzontali di cui l' $N$ -esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi che ciascuno

strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt  $\left[ \tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z,t)}{\partial z \partial t} \right]$ , la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove:  $u$  rappresenta lo spostamento;  $t$  il tempo;  $\rho$  la densità;  $G$  il modulo di deformazione al taglio;  $\eta$  la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z,t) = U(z) e^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho \omega^2 U \quad (3)$$

dove  $\omega$  rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho \omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto  $G^* = G + i\omega\eta$ , ovvero il modulo di deformazione al taglio *complesso*. Questo può essere ulteriormente riscritto come

$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove  $\xi$  rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice \* indica la natura complessa della variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z, t) = Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

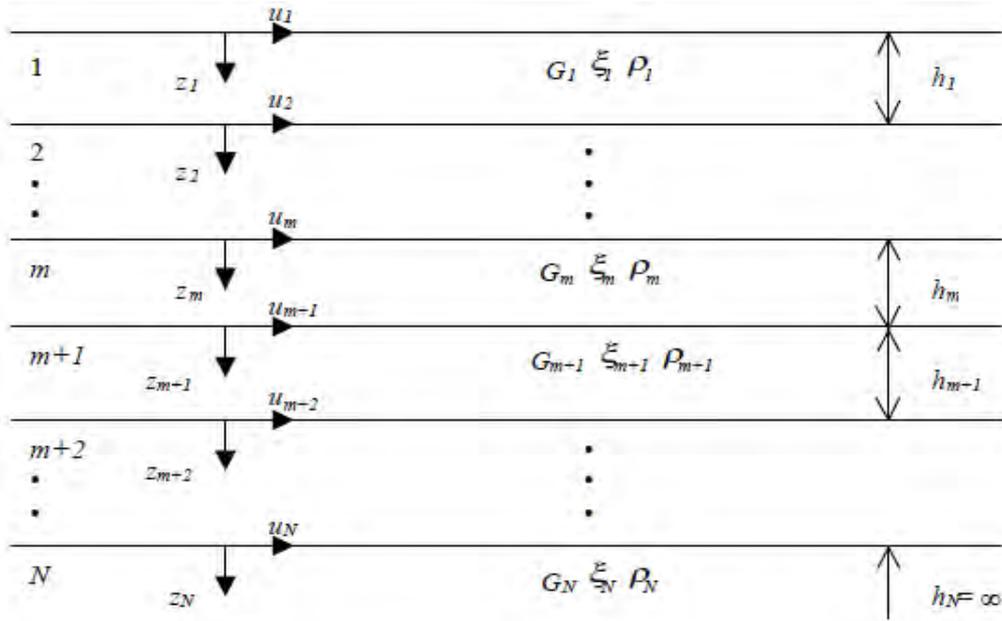


Figura 1: Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre  $k^*$  rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad (8)$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* \left[ Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)} \right] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato  $m$  di spessore  $h_m$  gli spostamenti, rispettivamente in sommità ( $z = 0$ ) ed al fondo ( $z = h_m$ ), sono:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = (E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m}) e^{i\omega t} \quad (11)$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell' $m$ -esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* \left[ E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m} \right] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

ovvero

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} \left( E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m} \right) \quad (17)$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove  $\alpha_m^*$  rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati  $m$  ed  $m+1$ , ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che  $E_1 = F_1$ .

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad  $m$ . La funzione di trasferimento  $A_{mn}$  che lega gli spostamenti in sommità degli strati  $m$  ed  $n$  è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

$A_{mn}$  rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti  $m$  e  $n$ .

In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\dot{u}(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento  $A_{mn}$  può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati  $n$  ed  $m$ :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità  $z$  e al tempo  $t$  dalla relazione:

$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* \left( E e^{ik^* z} - F e^{-ik^* z} \right) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z, t) = G^* \gamma(z, t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura 2 in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

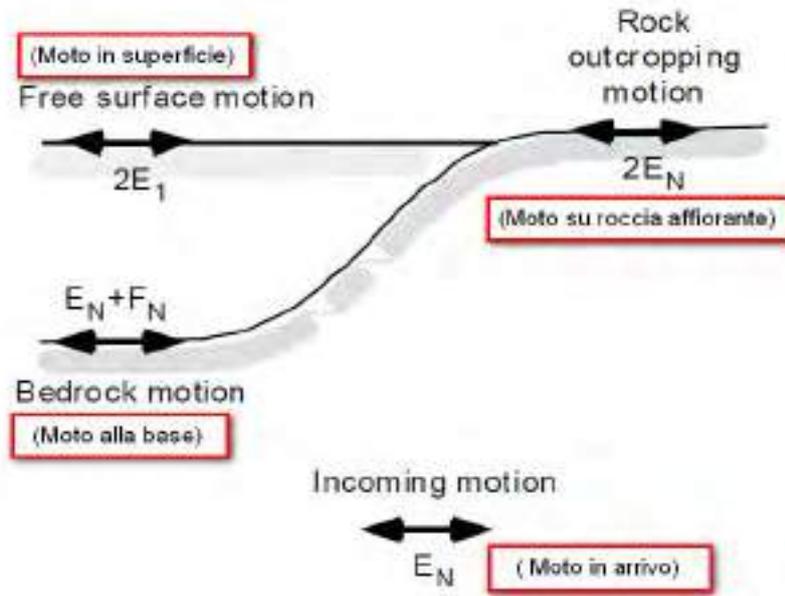


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad  $E_N$ ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a  $E_N + F_N$ . Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ( $E_N = F_N$ ), il moto avrà ampiezza pari a  $2E_N$ . La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{NN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

$A$  è non lineare poiché  $G$  è funzione di  $\gamma$ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di  $\gamma$ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo  $G$  così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per  $G(\gamma)$  adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma'_m)^{m(\gamma, PI) - m_0} \quad (24)$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[ \ln \left( \frac{0.000102 + n(PI)}{\gamma} \right)^{0.492} \right] \right\} \quad (25)$$

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[ \ln \left( \frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145PI^{1.3}) \quad (26)$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

dove  $G_{max}$  è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

dove  $\rho$  è la densità del terreno e  $V_s$  la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di  $G$  per la prima iterazione.

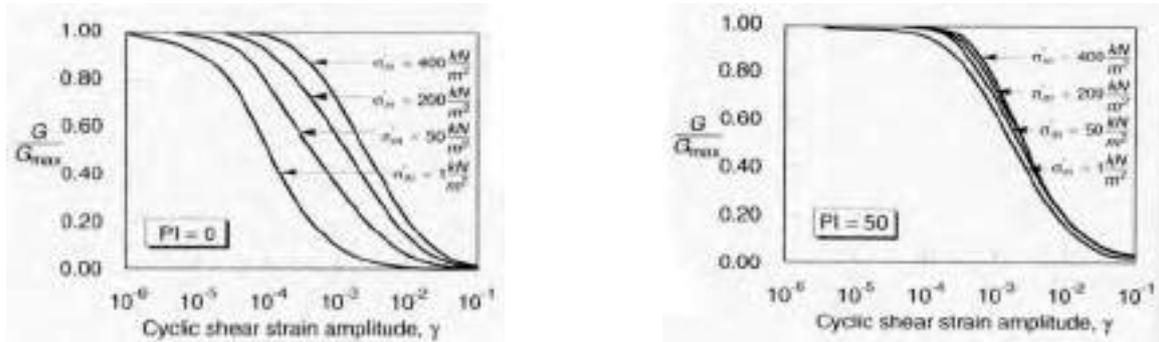


Figura 2: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.5})}{2} \left[ 0.586 \left( \frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche  $\xi$  deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

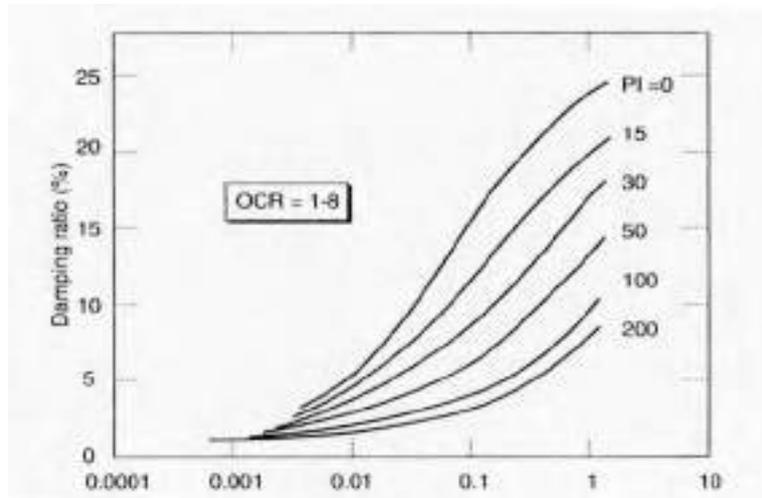


Figura 3: Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

## Parametri sismici

## Sito in esame.

latitudine: 42,582083  
 longitudine: 12,641965  
 Classe: 2  
 Vita nominale: 50

## Siti di riferimento

Sito 1	ID: 25406	Lat: 42,5815	Lon: 12,6073	Distanza: 2837,246
Sito 2	ID: 25407	Lat: 42,5820	Lon: 12,6752	Distanza: 2722,723
Sito 3	ID: 25185	Lat: 42,6320	Lon: 12,6746	Distanza: 6161,699
Sito 4	ID: 25184	Lat: 42,6315	Lon: 12,6067	Distanza: 6208,890

## Parametri sismici

Categoria sottosuolo: A  
 Categoria topografica: T1  
 Periodo di riferimento: 50anni  
 Coefficiente cu: 1

## Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
 Tr: 30 [anni]  
 ag: 0,058 g  
 Fo: 2,503  
 Tc\*: 0,270 [s]

## Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
 Tr: 50 [anni]  
 ag: 0,072 g  
 Fo: 2,488  
 Tc\*: 0,281 [s]

## Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
 Tr: 475 [anni]  
 ag: 0,169 g  
 Fo: 2,447  
 Tc\*: 0,321 [s]

## Prevenzione dal collasso (SLC):

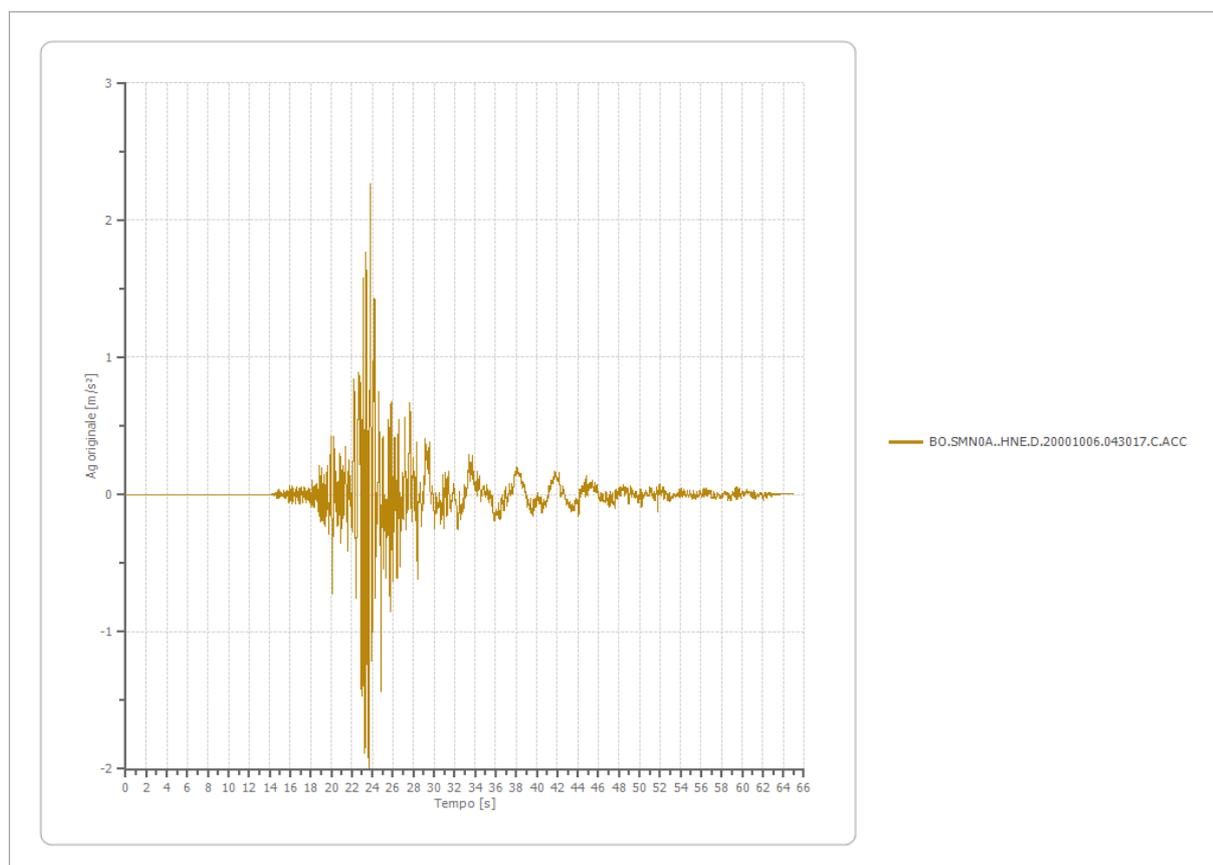
Probabilità di superamento: 5 %  
 Tr: 975 [anni]  
 ag: 0,211 g  
 Fo: 2,478  
 Tc\*: 0,333 [s]

## File BO.SMN0A..HNE.D.20001006.043017.C.ACC:

### Accelerogramma importato

Nome del file BO.SMN0A..HNE.D.20001006.043017.C.ACC

Durata della traccia	64.995 [s]
Accelerazione massima	2.262 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	23.810 [s]



### File EU.108..HN2.D.20000617.154041.C.ACC:

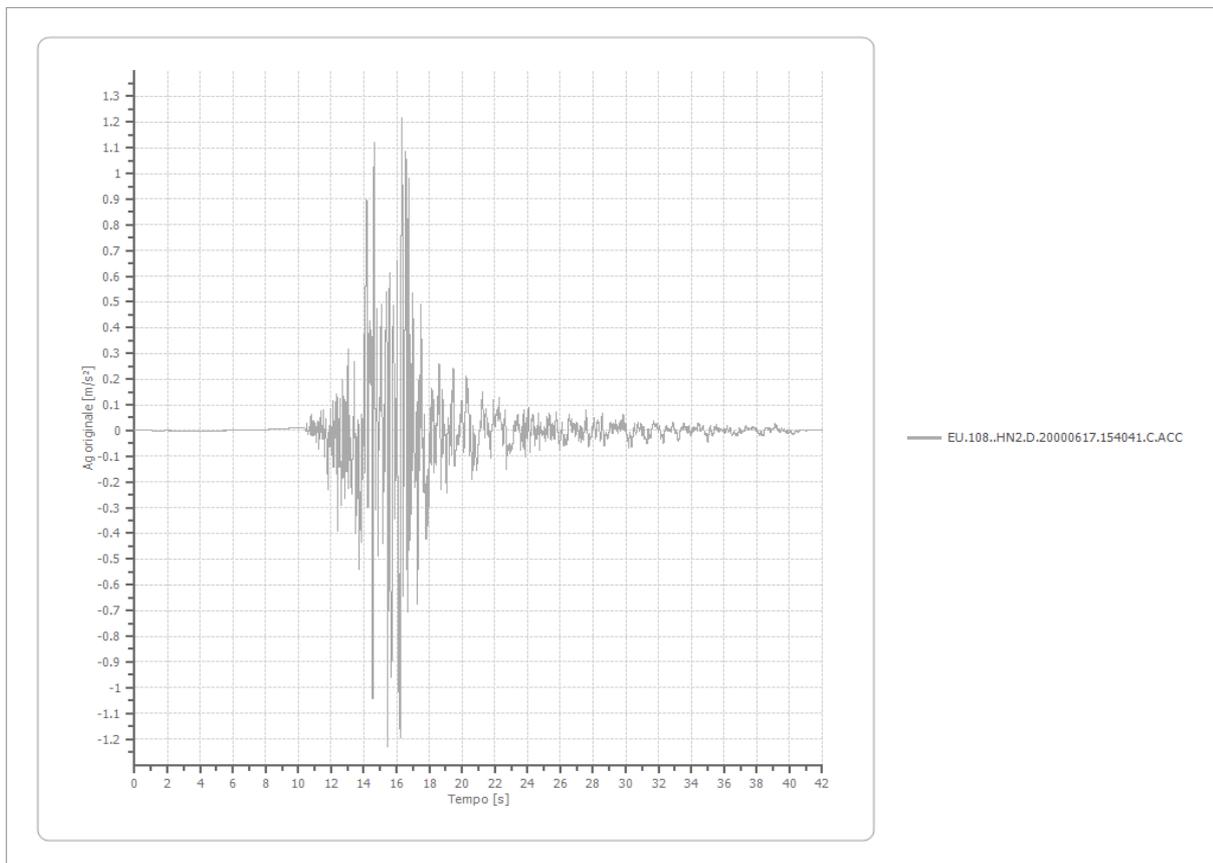
#### Accelerogramma importato

Nome del file EU.108..HN2.D.20000617.154041.C.ACC

Durata della traccia 41.995 [s]

Accelerazione massima 1.232 [m/s<sup>2</sup>]

Periodo con accelerazione massima 15.460 [s]



### File EU.108..HN3.D.20000617.154041.C.ACC:

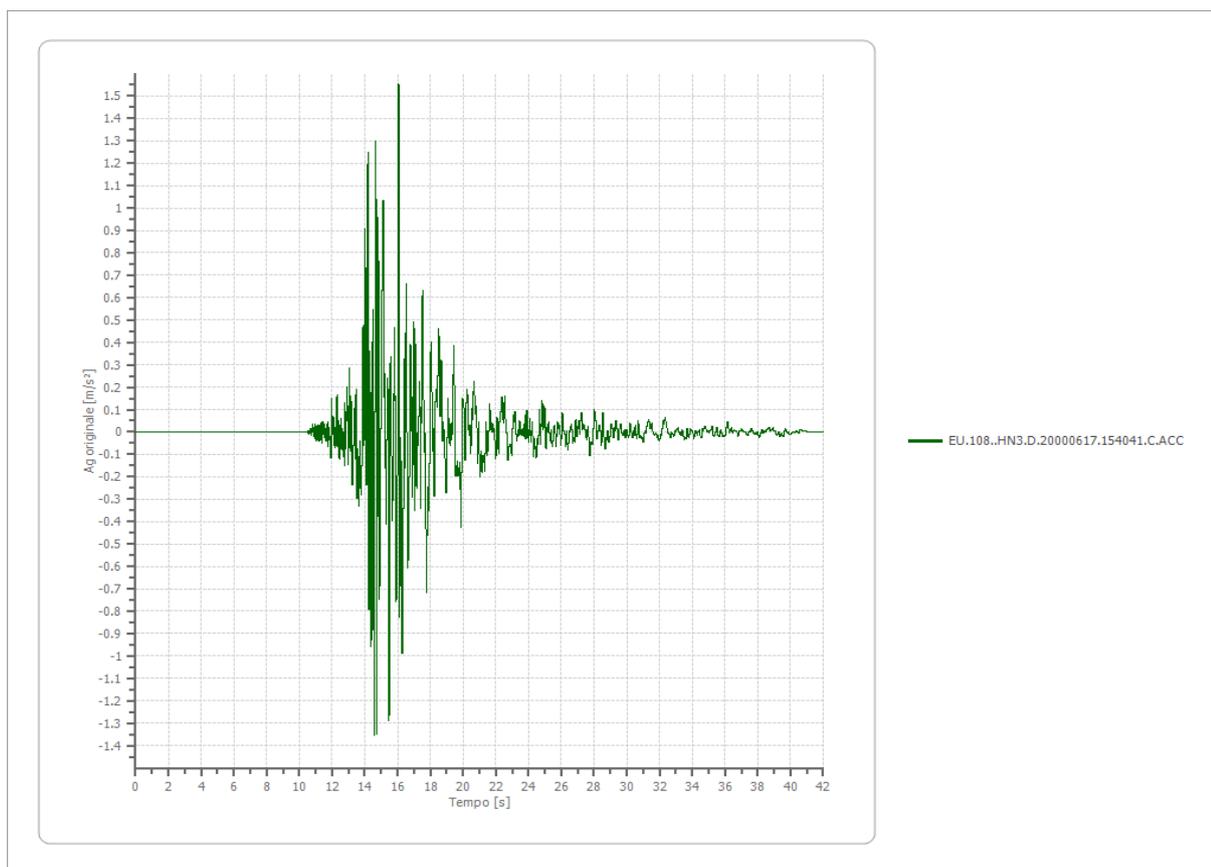
#### Accelerogramma importato

Nome del file EU.108..HN3.D.20000617.154041.C.ACC

Durata della traccia 41.995 [s]

Accelerazione massima 1.554 [m/s<sup>2</sup>]

Periodo con accelerazione massima 16.065 [s]



**File IT.CLO..HGN.D.20161026.191806.C.ACC:**

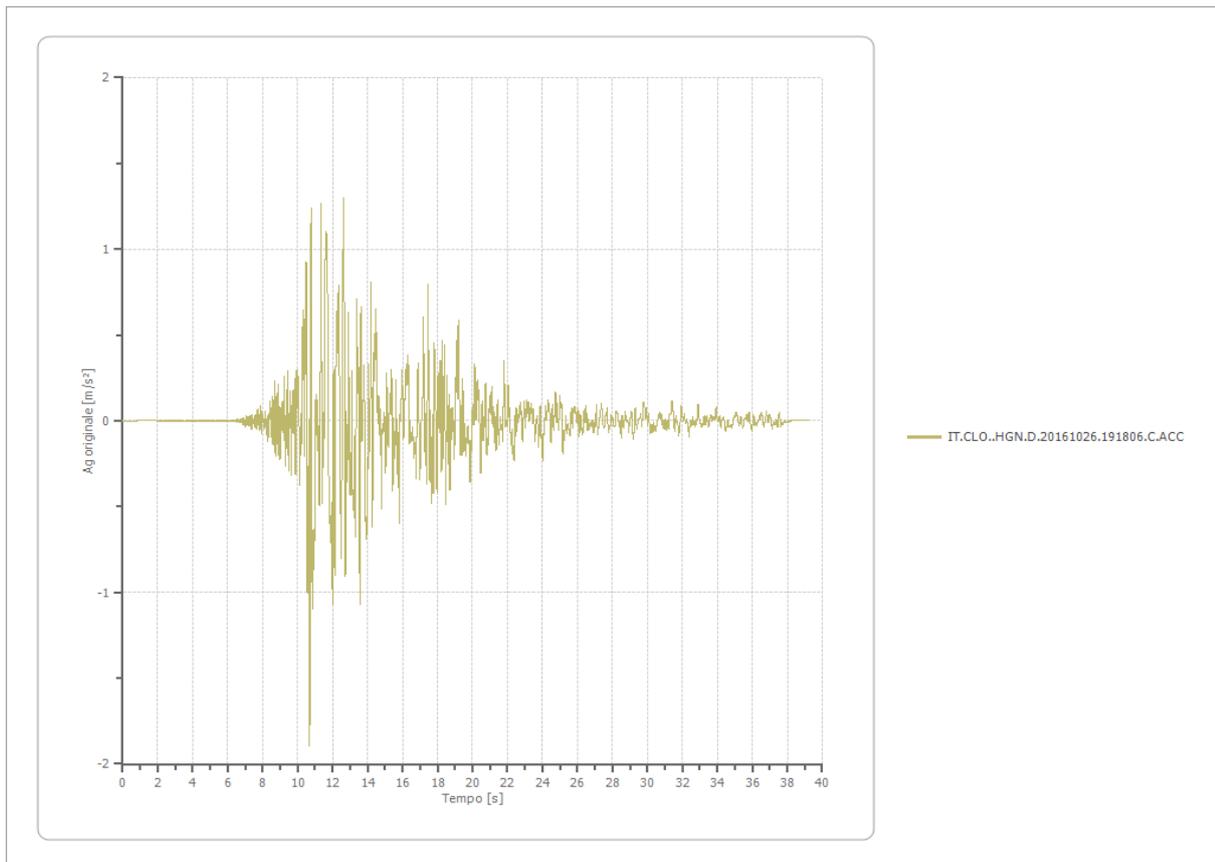
**Accelerogramma importato**

Nome del file IT.CLO..HGN.D.20161026.191806.C.ACC

Durata della traccia 39.255 [s]

Accelerazione massima 1.894 [m/s<sup>2</sup>]

Periodo con accelerazione massima 10.690 [s]

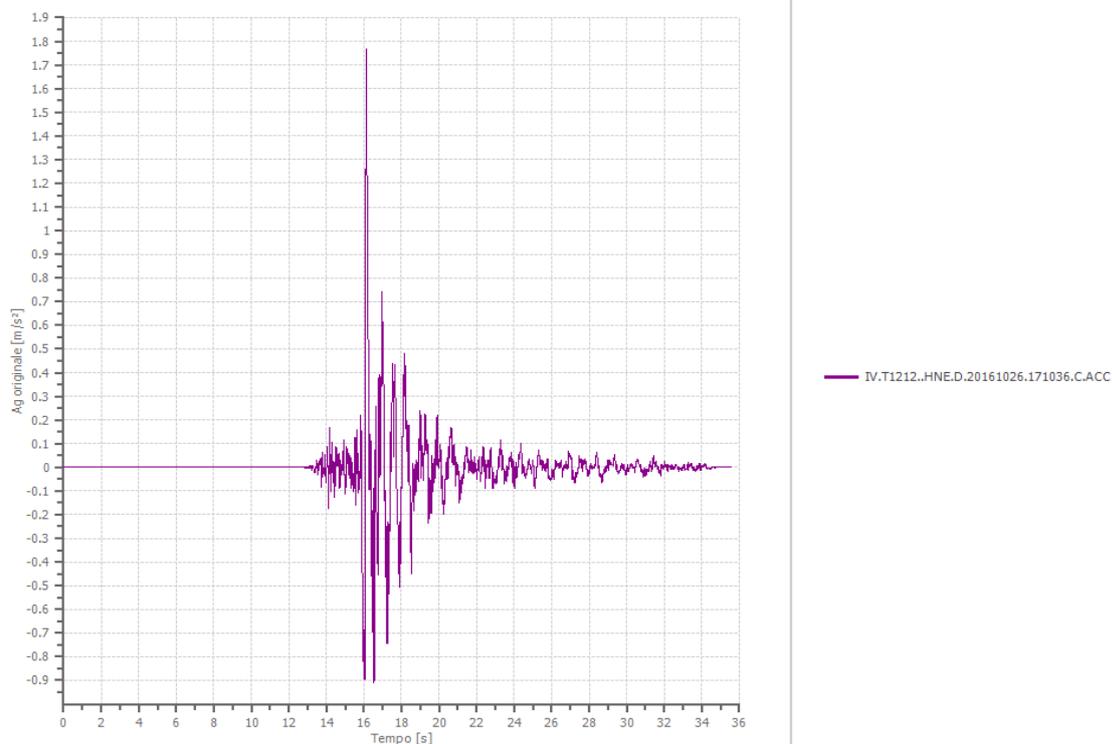


### File IV.T1212..HNE.D.20161026.171036.C.ACC:

#### Accelerogramma importato

Nome del file IV.T1212..HNE.D.20161026.171036.C.ACC

Durata della traccia	35.550 [s]
Accelerazione massima	1.767 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	16.135 [s]

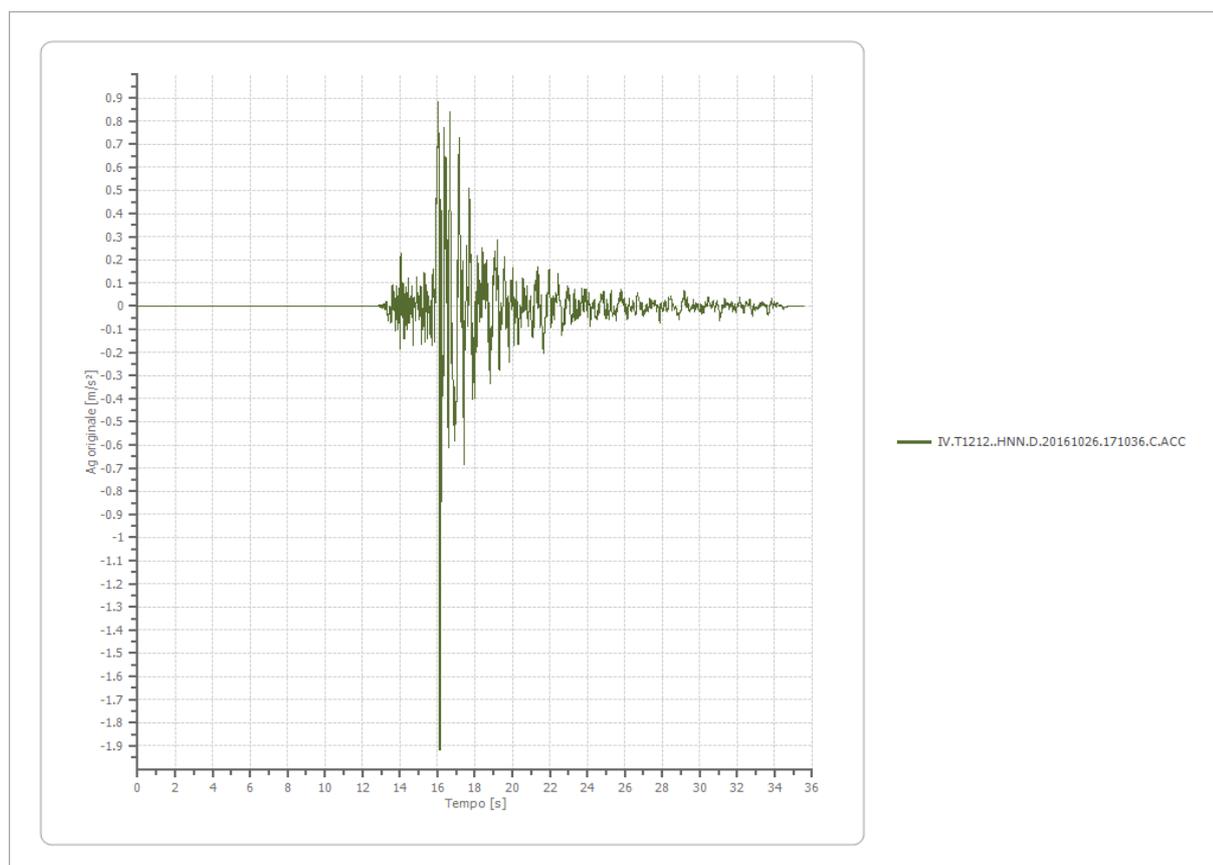


### File IV.T1212..HNN.D.20161026.171036.C.ACC:

#### Accelerogramma importato

Nome del file IV.T1212..HNN.D.20161026.171036.C.ACC

Durata della traccia	35.550 [s]
Accelerazione massima	1.917 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	16.130 [s]

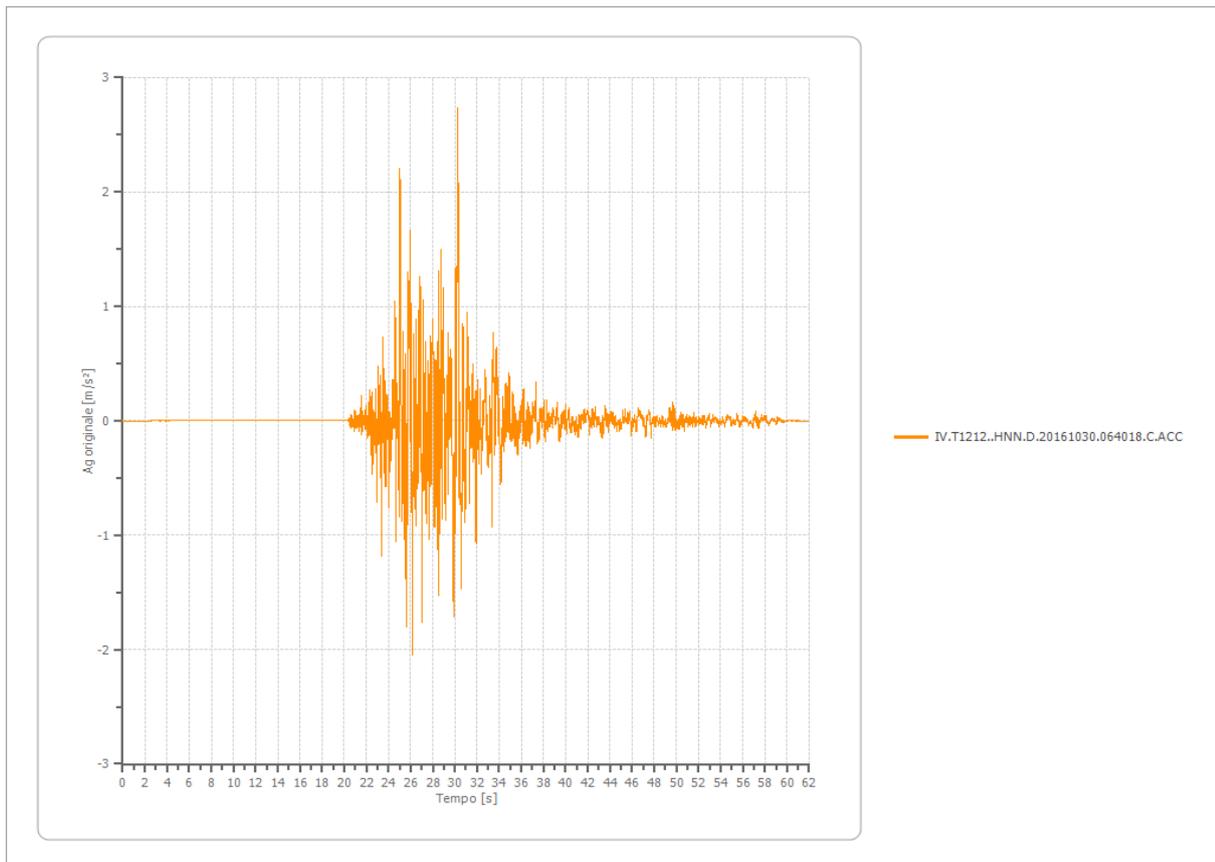


**File IV.T1212..HNN.D.20161030.064018.C.ACC:**

**Accelerogramma importato**

Nome del file IV.T1212..HNN.D.20161030.064018.C.ACC

Durata della traccia	61.915 [s]
Accelerazione massima	2.732 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	30.280 [s]

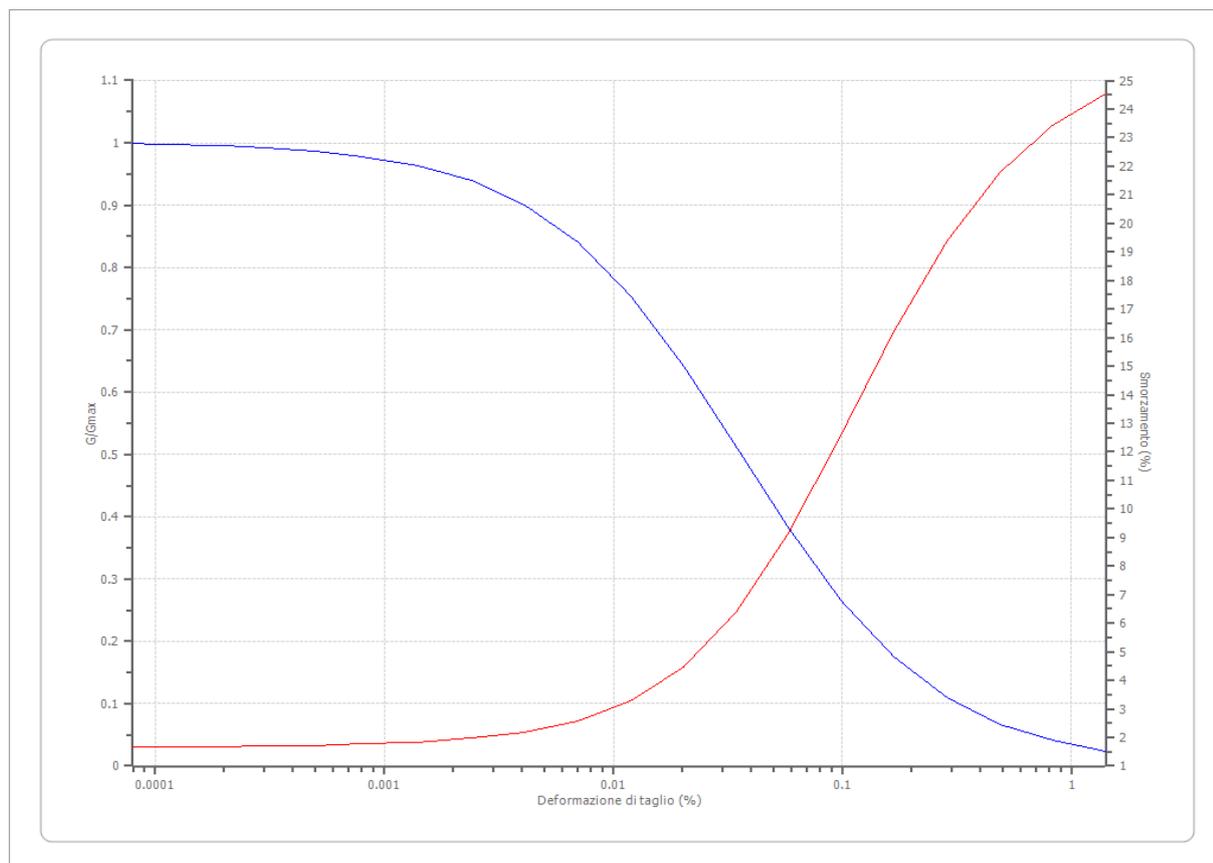


## RISPOSTA SISMICA LOCALE PER LA MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO MOPS 1

### Terreni

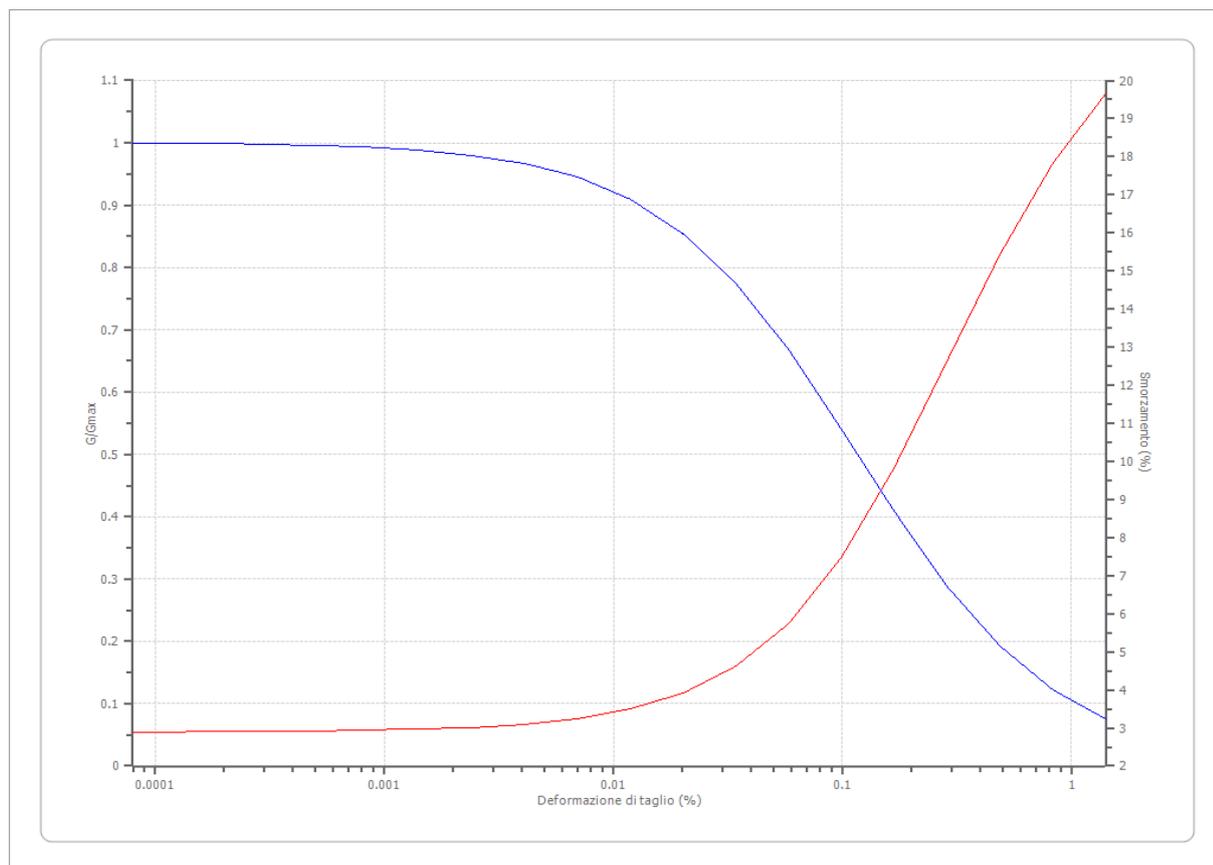
Lombardia - Limi argillosi

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.00008	1.000	0.00008	1.665475
0.0001	0.9974	0.0001	1.67745
0.0002	0.995575	0.0002	1.685925
0.0003	0.992475	0.0003	1.700375
0.0005	0.9872	0.0005	1.725175
0.0008	0.978325	0.0008	1.767775
0.0014	0.963575	0.0014	1.841375
0.0024	0.939225	0.0024	1.96895
0.0041	0.900325	0.0041	2.191675
0.007	0.8407	0.007	2.583075
0.0119	0.755075	0.0119	3.270475
0.0202	0.64305	0.0202	4.454025
0.0343	0.512875	0.0343	6.375775
0.0583	0.381	0.0583	9.167875
0.099	0.2647	0.099	12.63128
0.1684	0.173975	0.1684	16.22277
0.2862	0.109725	0.2862	19.36967
0.4866	0.0673	0.4866	21.77518
0.8272	0.040525	0.8272	23.44093
1.4063	0.024175	1.4063	24.52093



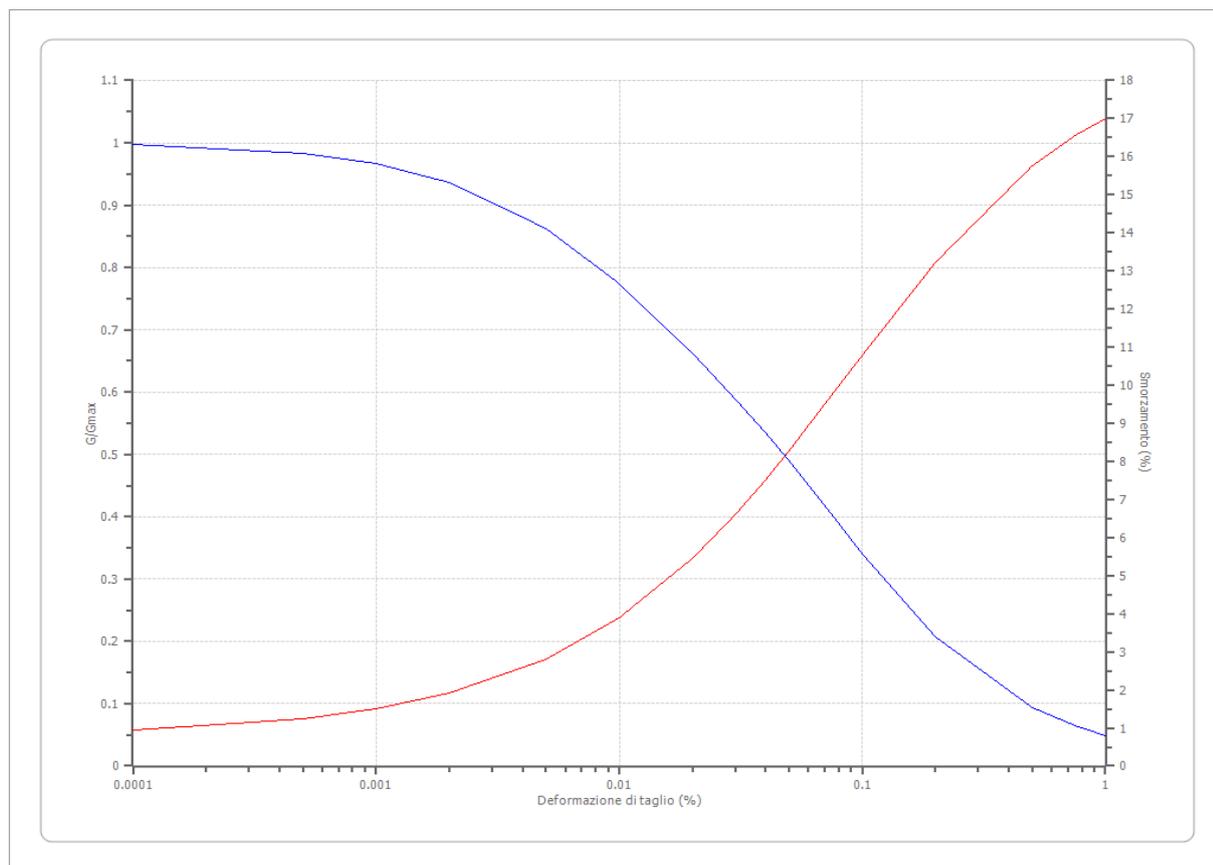
## Lombardia - Argille limose

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.00008	1.000	0.00008	2.891
0.0001	0.9992	0.0001	2.8959
0.0002	0.9986	0.0002	2.8994
0.0003	0.9976	0.0003	2.9053
0.0005	0.9959	0.0005	2.9154
0.0008	0.9931	0.0008	2.9326
0.0014	0.9883	0.0014	2.962
0.0024	0.9802	0.0024	3.012
0.0041	0.9667	0.0041	3.0975
0.007	0.9445	0.007	3.2433
0.0119	0.9089	0.0119	3.4917
0.0202	0.854	0.0202	3.9125
0.0343	0.7742	0.0343	4.616
0.0583	0.6677	0.0583	5.7552
0.099	0.5408	0.099	7.4855
0.1684	0.4084	0.1684	9.848
0.2862	0.2881	0.2862	12.6362
0.4866	0.1918	0.4866	15.4287
0.8272	0.1221	0.8272	17.8243
1.4063	0.0754	1.4063	19.6357



### ROLLINS 1998 GHIAIE SABBIOSE

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	0.9965	0.0001	0.94882
0.0005	0.98288	0.0005	1.23923
0.001	0.96667	0.001	1.49807
0.002	0.93669	0.002	1.90513
0.005	0.86241	0.005	2.80479
0.010	0.77342	0.010	3.89377
0.020	0.66164	0.020	5.45354
0.030	0.58942	0.030	6.60547
0.040	0.53492	0.040	7.52275
0.050	0.4902	0.050	8.28232
0.075	0.40356	0.075	9.73687
0.100	0.3406	0.100	10.7935
0.200	0.2066	0.200	13.229
0.500	0.09434	0.500	15.7585
0.750	0.06494	0.750	16.5554
1.000	0.0495	1.000	17.0087



### Stratigrafia

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Numero sottostrati	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1		--	6.0	ROLLINS 1998 GHIAIE SABBIOSE	0	114.68	--	18.0	250.0	54.0
2		6.0	6.0	ROLLINS 1998 GHIAIE SABBIOSE	0	251.01	--	19.0	360.0	165.0
3		12.0	38.0	Lombardia - Limi argillosi	0	376.96	--	20.0	430.0	602.0
4		50.0	70.0	Lombar	0	880.73	--	24.0	600.0	1822.0

				dia - Argille limose						
5		oo	--	Smorza- mento costante	0	3330.28	--	27.0	1100.0	2662.0

Strato rilevamento accelerogramma: 5 Affiorante

Profilo		Velocità onde di taglio		Tensione verticale	
6.00 [m]	6.00 [m]	250.0 [m/s]		54.0 [kPa]	
6.00 [m]	2.00 [m]	360.0 [m/s]		165.0 [kPa]	
38.00 [m]		430.0 [m/s]		602.0 [kPa]	
50.00 [m]					
70.00 [m]		600.0 [m/s]		1822.0 [kPa]	
120.00 [m]					
	oo	1100.0 [m/s]		2662.0 [kPa]	

**Fattori di amplificazione ICMS 2018**

Tai	0.160 [s]
Tvi	0.720 [s]
Tao	0.160 [s]
Tvo	0.720 [s]
Sami	3.947 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.217 [m/s]
Samo	7.141 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	0.493 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>1.809 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>2.273 [-]</b>
TB	0.145 [s]
TC	0.434 [s]
TD	2.638 [s]
SA(0)	2.546 [m/s <sup>2</sup> ]
SA(TB)	7.141 [m/s <sup>2</sup> ]

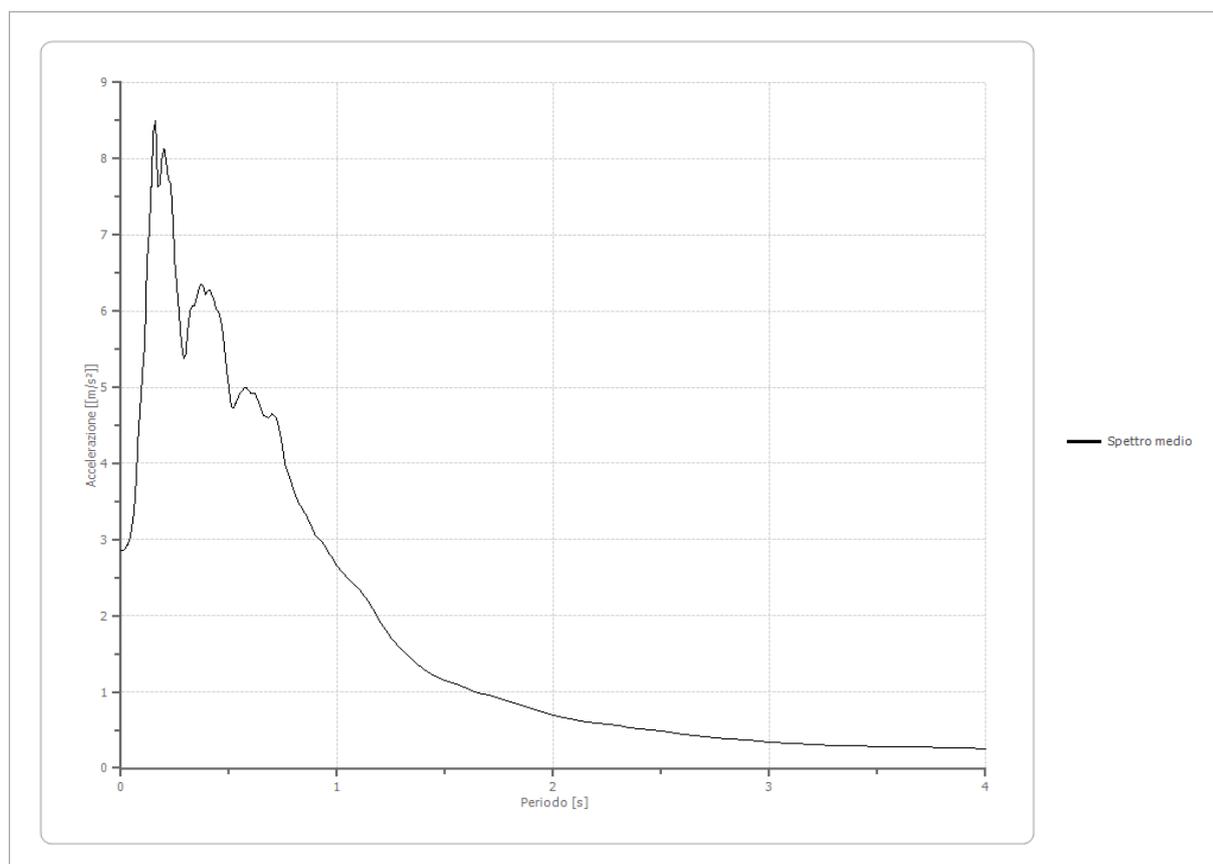
**Fattori di amplificazione su intensità spettrale**

Periodo minimo [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.061	0.111	0.200	1.826
0.400	0.800	0.085	0.183	0.500	2.142
0.700	1.100	0.084	0.195	0.636	2.332

**Spettro medio di risposta elastico**

Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]								
0.00	2.8640	0.26	6.2579	0.52	4.7220	0.98	2.7506	2.25	0.5690
0.01	2.8640	0.27	5.9429	0.53	4.7813	1.00	2.6484	2.30	0.5550
0.02	2.8835	0.28	5.5724	0.54	4.8508	1.05	2.4932	2.35	0.5332
0.03	2.9380	0.29	5.3754	0.55	4.9144	1.10	2.3605	2.40	0.5185
0.04	2.9964	0.30	5.4417	0.56	4.9538	1.15	2.1589	2.50	0.4835
0.05	3.1691	0.31	5.7669	0.57	4.9961	1.20	1.9096	2.60	0.4362
0.06	3.3390	0.32	6.0129	0.58	4.9971	1.25	1.7110	2.70	0.4087
0.07	3.7594	0.33	6.0713	0.60	4.9229	1.30	1.5490	2.80	0.3877
0.08	4.3686	0.34	6.0618	0.62	4.9231	1.35	1.4090	2.90	0.3623
0.09	4.7904	0.35	6.1830	0.64	4.7904	1.40	1.3020	3.00	0.3405
0.10	5.2150	0.36	6.2877	0.66	4.6299	1.45	1.2111	3.10	0.3211
0.11	5.5705	0.37	6.3557	0.68	4.5962	1.50	1.1447	3.20	0.3034
0.12	6.6187	0.38	6.3355	0.70	4.6602	1.55	1.0996	3.30	0.2974
0.13	7.0174	0.39	6.2188	0.72	4.6007	1.60	1.0443	3.40	0.2916
0.14	7.6292	0.40	6.2628	0.74	4.3411	1.65	0.9912	3.50	0.2819
0.15	8.3523	0.41	6.2726	0.76	3.9734	1.70	0.9559	3.60	0.2775
0.16	8.4923	0.42	6.2127	0.78	3.8080	1.75	0.9200	3.70	0.2740
0.17	7.6228	0.43	6.1420	0.80	3.6360	1.80	0.8701	3.80	0.2691

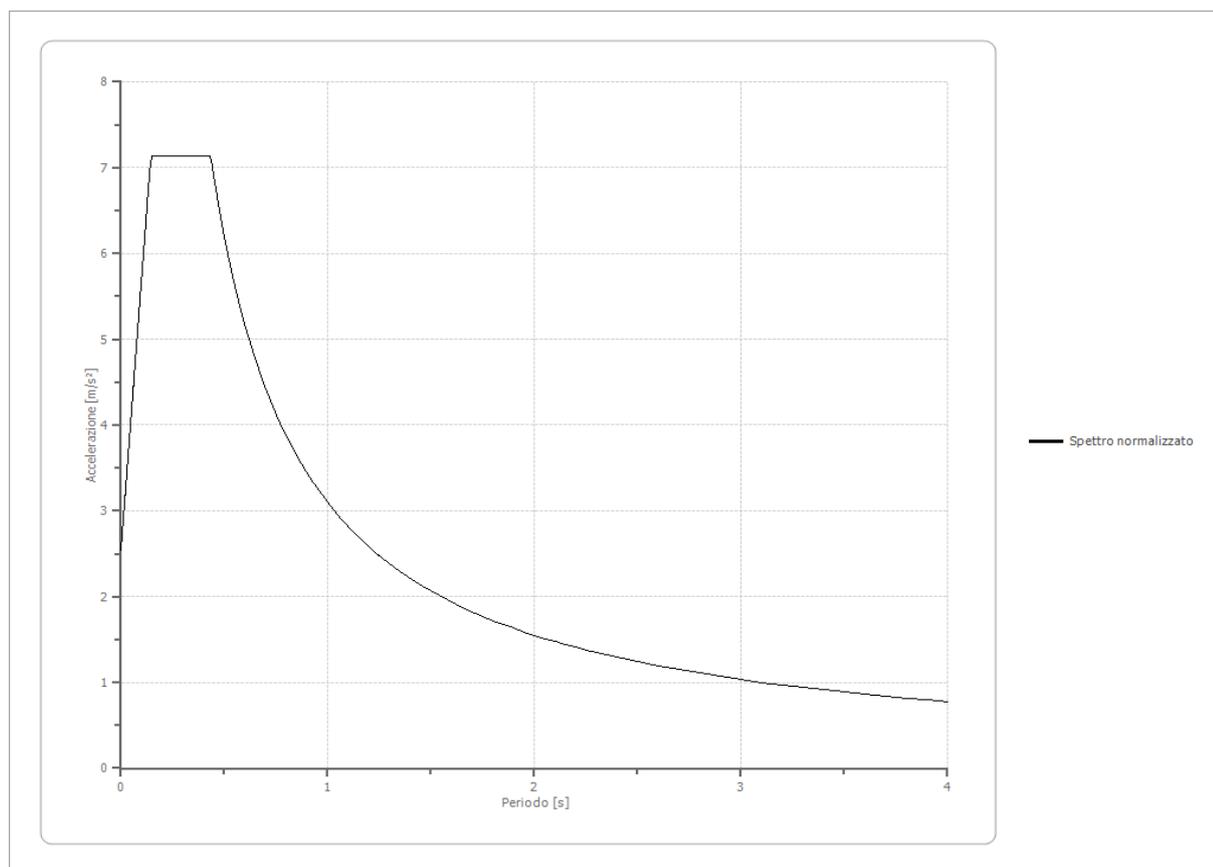
0.18	7.6657	0.44	6.0176	0.82	3.4892	1.85	0.8179	3.90	0.2624
0.19	8.0255	0.45	5.9960	0.84	3.4005	1.90	0.7758	4.00	0.2536
0.20	8.1283	0.46	5.9102	0.86	3.2981	1.95	0.7329		
0.21	7.9476	0.47	5.7310	0.88	3.1841	2.00	0.6900		
0.22	7.7190	0.48	5.4841	0.90	3.0537	2.05	0.6595		
0.23	7.6711	0.49	5.1995	0.92	3.0086	2.10	0.6265		
0.24	7.2183	0.50	4.9720	0.94	2.9243	2.15	0.6030		
0.25	6.6164	0.51	4.7432	0.96	2.8328	2.20	0.5835		



### Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]								
0.00	2.5463	0.26	7.1415	0.52	5.9593	0.98	3.1621	2.25	1.3773
0.01	2.8640	0.27	7.1415	0.53	5.8469	1.00	3.0988	2.30	1.3473
0.02	3.1817	0.28	7.1415	0.54	5.7386	1.05	2.9513	2.35	1.3187
0.03	3.4994	0.29	7.1415	0.55	5.6342	1.10	2.8171	2.40	1.2912
0.04	3.8171	0.30	7.1415	0.56	5.5336	1.15	2.6946	2.50	1.2395
0.05	4.1348	0.31	7.1415	0.57	5.4365	1.20	2.5824	2.60	1.1919
0.06	4.4525	0.32	7.1415	0.58	5.3428	1.25	2.4791	2.70	1.1477
0.07	4.7702	0.33	7.1415	0.60	5.1647	1.30	2.3837	2.80	1.1067
0.08	5.0879	0.34	7.1415	0.62	4.9981	1.35	2.2954	2.90	1.0686
0.09	5.4056	0.35	7.1415	0.64	4.8419	1.40	2.2135	3.00	1.0329

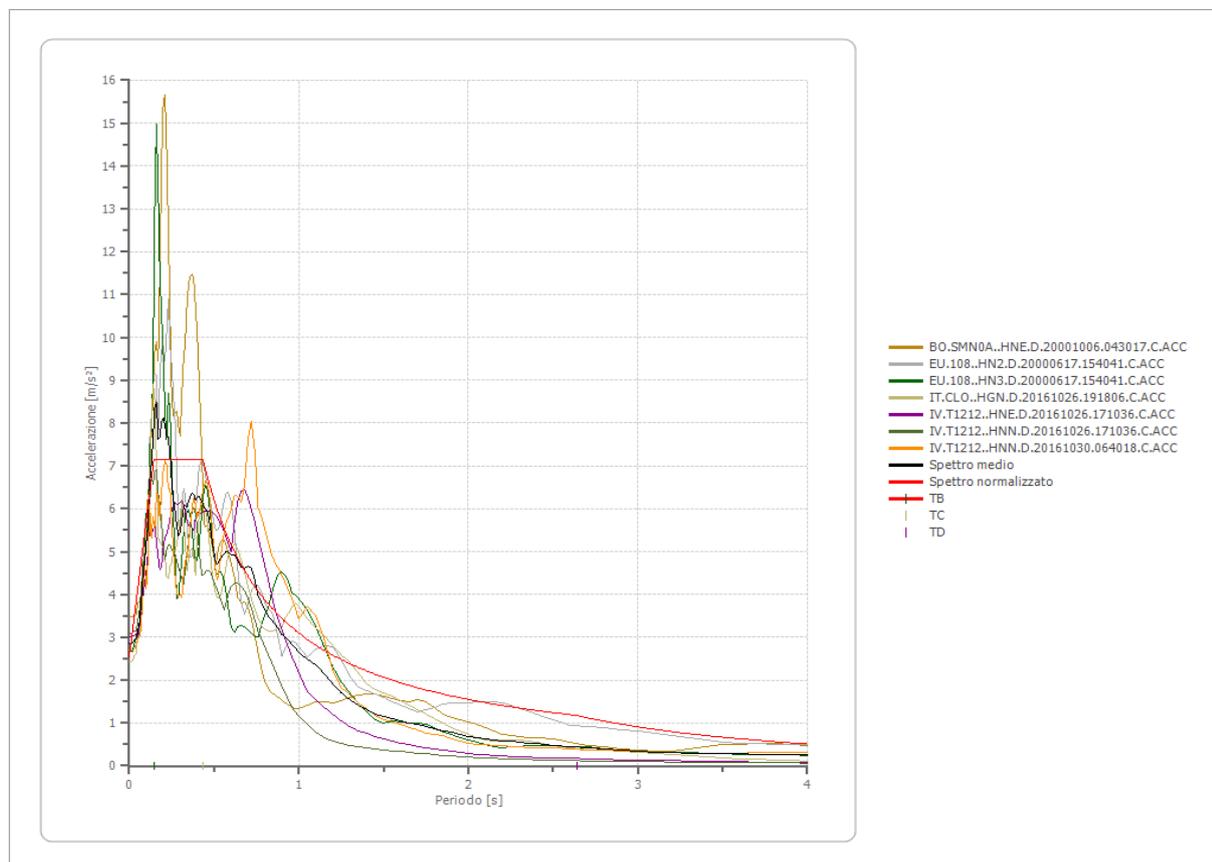
0.10	5.7233	0.36	7.1415	0.66	4.6952	1.45	2.1371	3.10	0.9996
0.11	6.0409	0.37	7.1415	0.68	4.5571	1.50	2.0659	3.20	0.9684
0.12	6.3586	0.38	7.1415	0.70	4.4269	1.55	1.9992	3.30	0.9390
0.13	6.6763	0.39	7.1415	0.72	4.3039	1.60	1.9368	3.40	0.9114
0.14	6.9940	0.40	7.1415	0.74	4.1876	1.65	1.8781	3.50	0.8854
0.15	7.1415	0.41	7.1415	0.76	4.0774	1.70	1.8228	3.60	0.8608
0.16	7.1415	0.42	7.1415	0.78	3.9729	1.75	1.7708	3.70	0.8375
0.17	7.1415	0.43	7.1415	0.80	3.8735	1.80	1.7216	3.80	0.8155
0.18	7.1415	0.44	7.0428	0.82	3.7791	1.85	1.6750	3.90	0.7946
0.19	7.1415	0.45	6.8863	0.84	3.6891	1.90	1.6310	4.00	0.7747
0.20	7.1415	0.46	6.7366	0.86	3.6033	1.95	1.5891		
0.21	7.1415	0.47	6.5933	0.88	3.5214	2.00	1.5494		
0.22	7.1415	0.48	6.4559	0.90	3.4431	2.05	1.5116		
0.23	7.1415	0.49	6.3241	0.92	3.3683	2.10	1.4756		
0.24	7.1415	0.50	6.1977	0.94	3.2966	2.15	1.4413		
0.25	7.1415	0.51	6.0761	0.96	3.2279	2.20	1.4086		



### Parametri spettro normalizzato

Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	S
2.546	2.804598	--	0.145	0.434	2.638	2.546	7.141	1.536

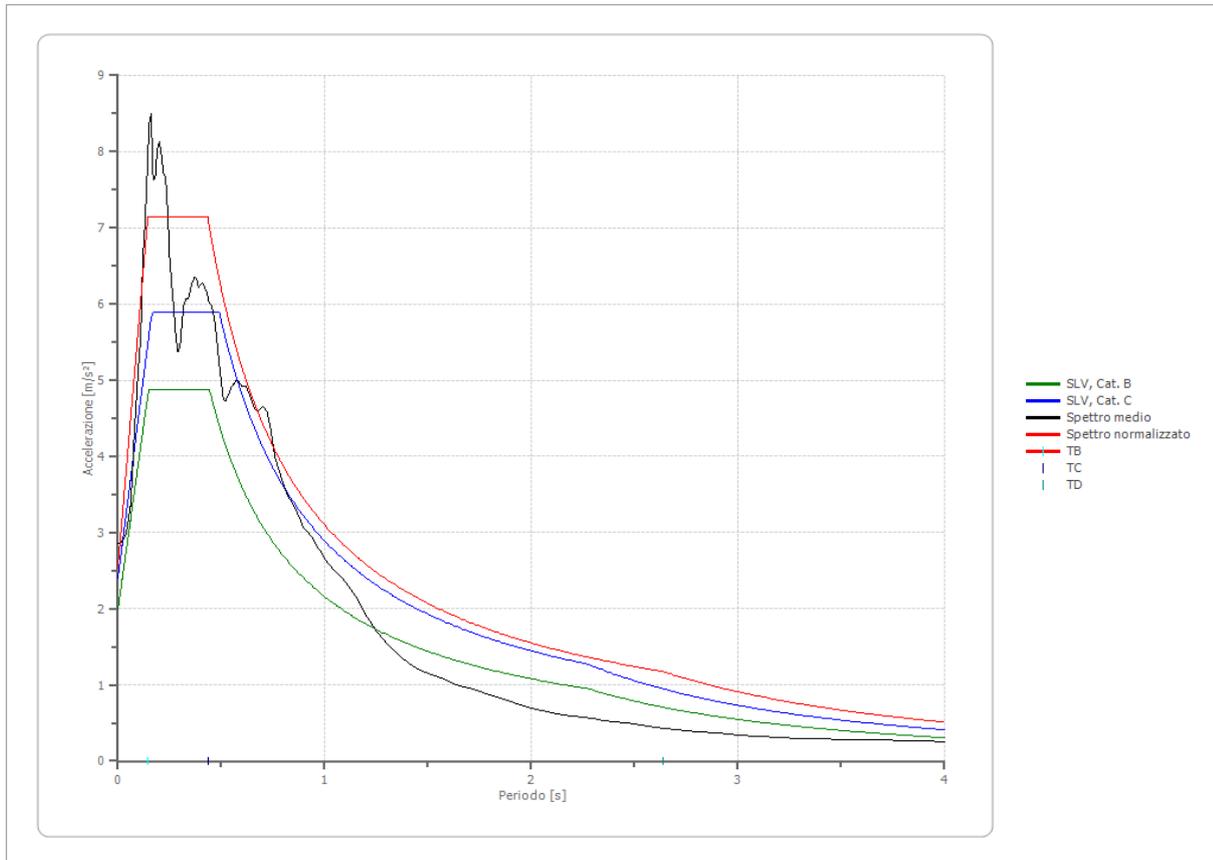
### Confronto tra gli spettri



### Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

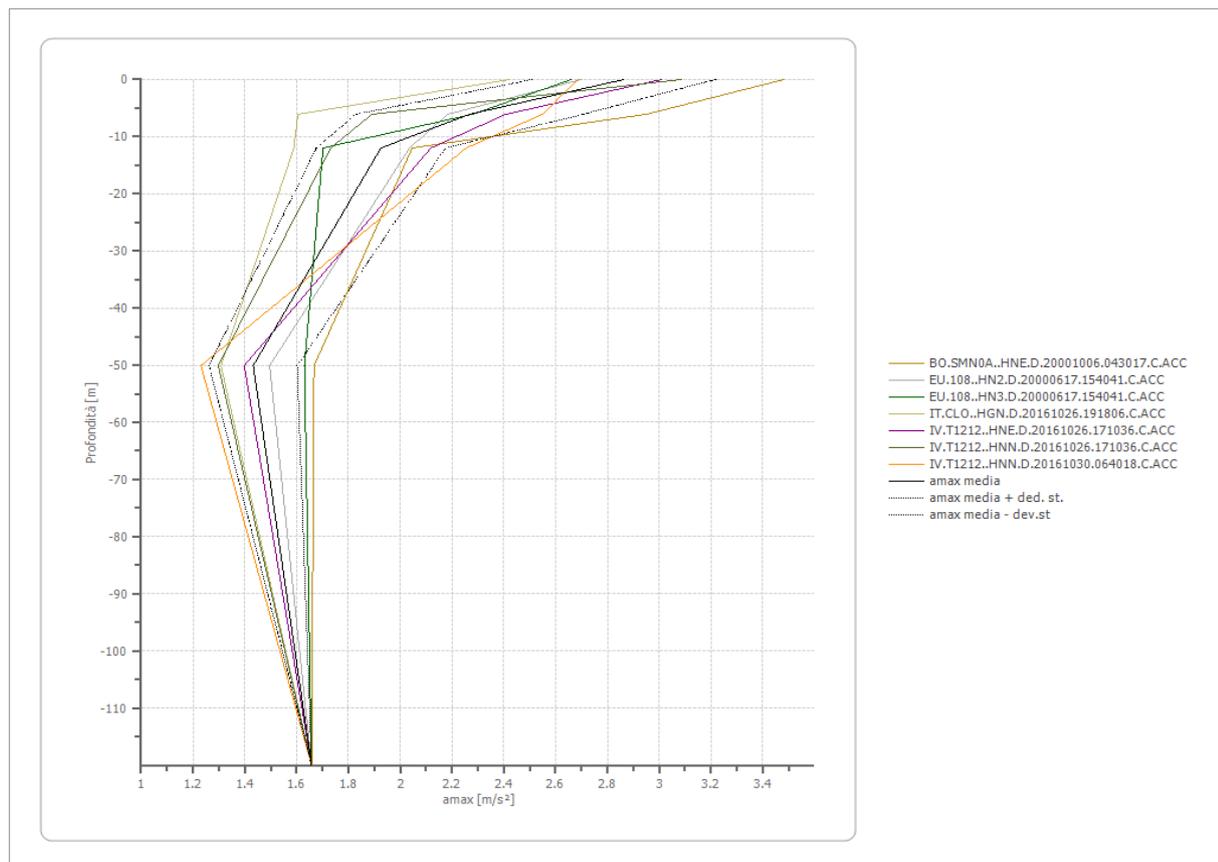
	Operatività à SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguardia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B	Operatività à SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C
Tr [anni]	30	50	475	975	30	50	475	975
ag [m/s <sup>2</sup> ]	0.569	0.706	1.658	2.070	0.569	0.706	1.658	2.070
Fo	2.503	2.488	2.447	2.478	2.503	2.488	2.447	2.478
Tc* [s]	0.27	0.281	0.321	0.333	0.27	0.281	0.321	0.333
Ss	1.20	1.20	1.20	1.19	1.50	1.50	1.45	1.39
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.43	1.42	1.38	1.37	1.62	1.60	1.53	1.51
TB [s]	0.129	0.133	0.148	0.152	0.146	0.150	0.163	0.168
TC [s]	0.386	0.398	0.443	0.456	0.437	0.449	0.490	0.503
TD [s]	1.832	1.888	2.276	2.444	1.832	1.888	2.276	2.444
Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	0.683	0.847	1.990	2.465	0.854	1.059	2.407	2.870
Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	1.709	2.108	4.869	6.108	2.136	2.635	5.890	7.111



### Profilo a max

	0.0 [m]	6.0 [m]	12.0 [m]	50.0 [m]	120.0 [m]
BO.SMN0A..H NE.D.2000100 6.043017.C.ACC C [m/s <sup>2</sup> ]	3.482	2.950	2.047	1.667	1.658
EU.108..HN2. D.20000617.15 4041.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	2.700	2.183	2.036	1.496	1.658
EU.108..HN3. D.20000617.15 4041.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	2.660	2.279	1.702	1.630	1.658
IT.CLO..HGN. D.20161026.19 1806.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	2.422	1.605	1.589	1.308	1.658
IV.T1212..HN E.D.20161026. 171036.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	3.009	2.408	2.118	1.398	1.658
IV.T1212..HN N.D.20161026.	3.088	1.891	1.732	1.298	1.658

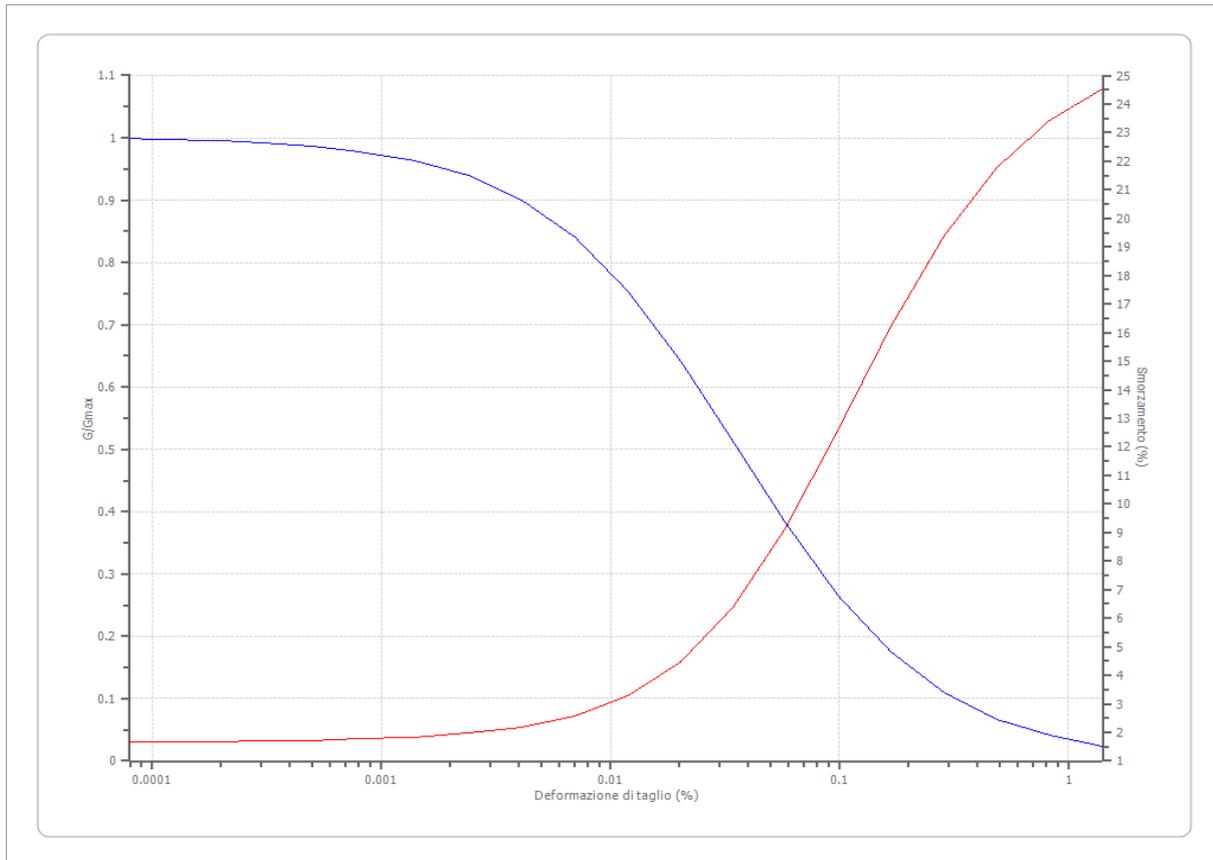
171036.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]					
IV.T1212..HN N.D.20161030. 064018.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	2.686	2.550	2.255	1.231	1.658
media [m/s <sup>2</sup> ]	2.864	2.267	1.926	1.433	1.658
Dev. St. [m/s <sup>2</sup> ]	0.353	0.438	0.249	0.170	0.000



**RISPOSTA SISMICA LOCALE PER LA MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO  
MOPS 2****Terreni**

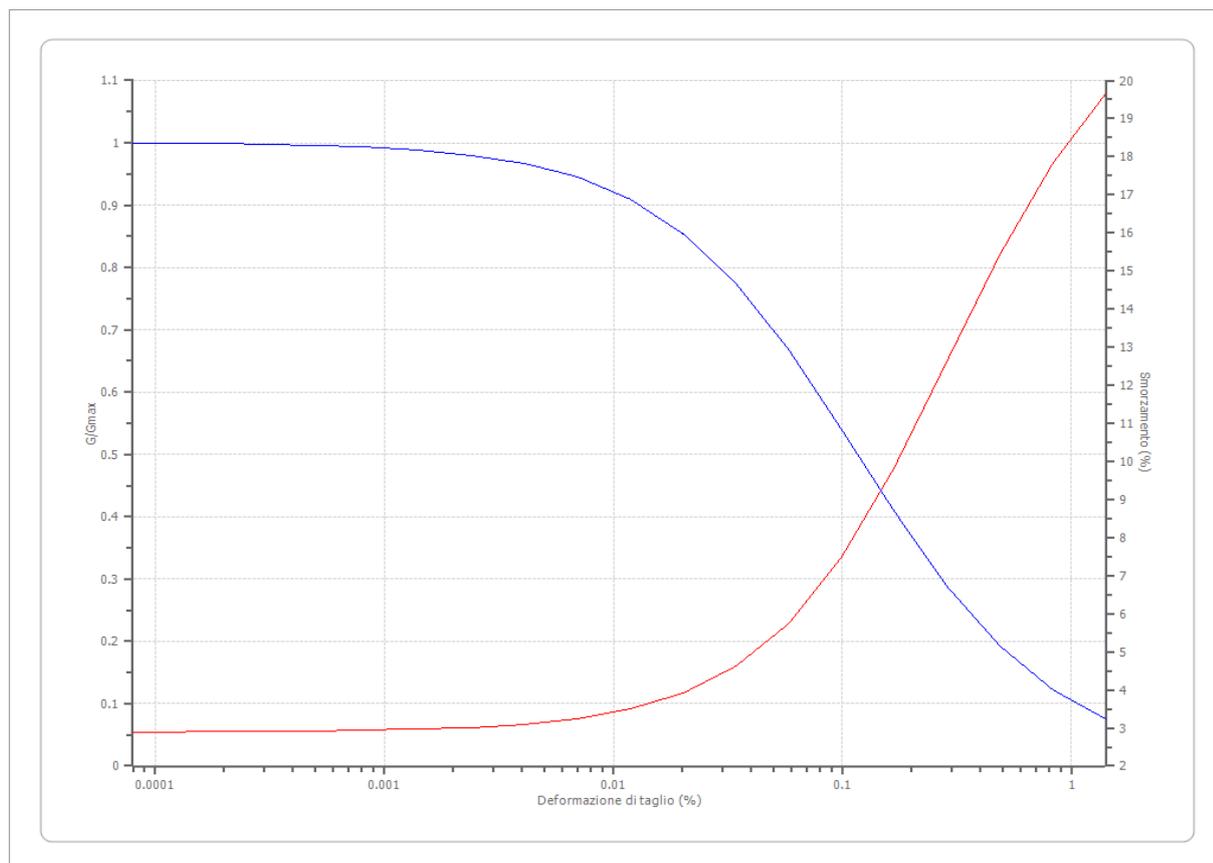
Lombardia - Limi argillosi

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.00008	1.000	0.00008	1.665475
0.0001	0.9974	0.0001	1.67745
0.0002	0.995575	0.0002	1.685925
0.0003	0.992475	0.0003	1.700375
0.0005	0.9872	0.0005	1.725175
0.0008	0.978325	0.0008	1.767775
0.0014	0.963575	0.0014	1.841375
0.0024	0.939225	0.0024	1.96895
0.0041	0.900325	0.0041	2.191675
0.007	0.8407	0.007	2.583075
0.0119	0.755075	0.0119	3.270475
0.0202	0.64305	0.0202	4.454025
0.0343	0.512875	0.0343	6.375775
0.0583	0.381	0.0583	9.167875
0.099	0.2647	0.099	12.63128
0.1684	0.173975	0.1684	16.22277
0.2862	0.109725	0.2862	19.36967
0.4866	0.0673	0.4866	21.77518
0.8272	0.040525	0.8272	23.44093
1.4063	0.024175	1.4063	24.52093



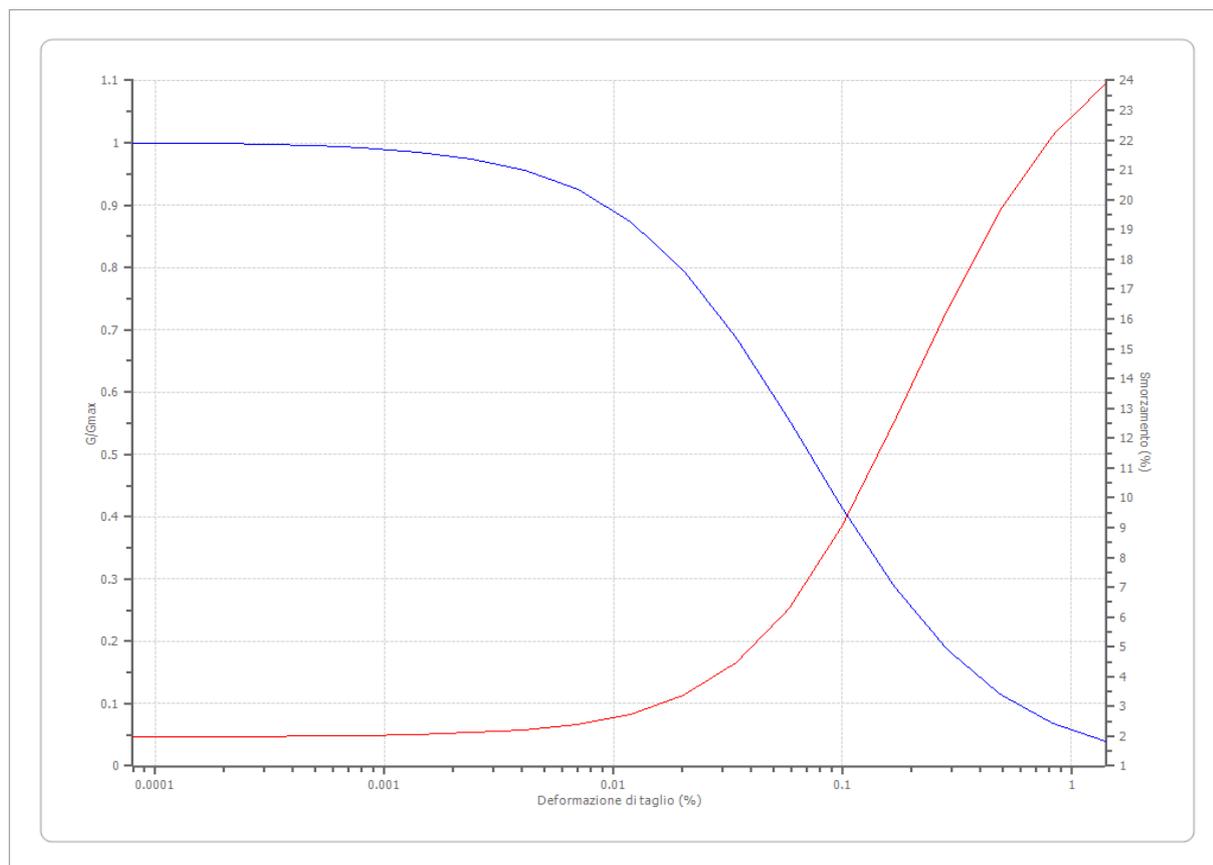
## Lombardia - Argille limose

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.00008	1.000	0.00008	2.891
0.0001	0.9992	0.0001	2.8959
0.0002	0.9986	0.0002	2.8994
0.0003	0.9976	0.0003	2.9053
0.0005	0.9959	0.0005	2.9154
0.0008	0.9931	0.0008	2.9326
0.0014	0.9883	0.0014	2.962
0.0024	0.9802	0.0024	3.012
0.0041	0.9667	0.0041	3.0975
0.007	0.9445	0.007	3.2433
0.0119	0.9089	0.0119	3.4917
0.0202	0.854	0.0202	3.9125
0.0343	0.7742	0.0343	4.616
0.0583	0.6677	0.0583	5.7552
0.099	0.5408	0.099	7.4855
0.1684	0.4084	0.1684	9.848
0.2862	0.2881	0.2862	12.6362
0.4866	0.1918	0.4866	15.4287
0.8272	0.1221	0.8272	17.8243
1.4063	0.0754	1.4063	19.6357



## Lombardia - Limi sabbiosi

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.00008	1.000	0.00008	1.9826
0.0001	0.99915	0.0001	1.98695
0.0002	0.9985	0.0002	1.9903
0.0003	0.9974	0.0003	1.9962
0.0005	0.9953	0.0005	2.0067
0.0008	0.9918	0.0008	2.02525
0.0014	0.98555	0.0014	2.05825
0.0024	0.97465	0.0024	2.11705
0.0041	0.956	0.0041	2.222
0.007	0.9246	0.007	2.4103
0.0119	0.87385	0.0119	2.7498
0.0202	0.7964	0.0202	3.36165
0.0343	0.6886	0.0343	4.4464
0.0583	0.556	0.0583	6.2701
0.099	0.41535	0.099	9.0215
0.1684	0.2876	0.1684	12.55055
0.2862	0.1867	0.2862	16.2968
0.4866	0.11545	0.4866	19.6163
0.8272	0.0691	0.8272	22.15295
1.4063	0.0405	1.4063	23.89285



### Stratigrafia

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Numero sottostrati	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1		--	4.0	Lombardia - Limi sabbiosi	0	114.68	--	18.0	250.0	36.0
2		4.0	4.0	Lombardia - Limi sabbiosi	0	251.01	--	19.0	360.0	110.0
3		8.0	40.0	Lombardia - Limi argillosi	0	376.96	--	20.0	430.0	548.0
4		48.0	72.0	Lombardia - Argille limose	0	880.73	--	24.0	600.0	1812.0
5		oo	--	Smorzamento costante	0	3330.28	--	27.0	1100.0	2676.0

Strato rilevamento accelerogramma: 5 Affiorante

Profilo	Velocità onde di taglio	Tensione verticale
4.00 [m]	250.0 [m/s]	36.0 [kPa]
4.00 [m]	360.0 [m/s]	110.0 [kPa]
40.00 [m]	430.0 [m/s]	548.0 [kPa]
48.00 [m]		
72.00 [m]	600.0 [m/s]	1812.0 [kPa]
120.00 [m]		
oo	1100.0 [m/s]	2676.0 [kPa]

**Fattori di amplificazione ICMS 2018**

Tai	0.160 [s]
Tvi	0.720 [s]
Tao	0.160 [s]
Tvo	0.740 [s]
Sami	3.947 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.217 [m/s]
Samo	6.166 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	0.477 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>1.562 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>2.200 [-]</b>
TB	0.162 [s]
TC	0.486 [s]
TD	2.577 [s]
SA(0)	2.397 [m/s <sup>2</sup> ]
SA(TB)	6.166 [m/s <sup>2</sup> ]

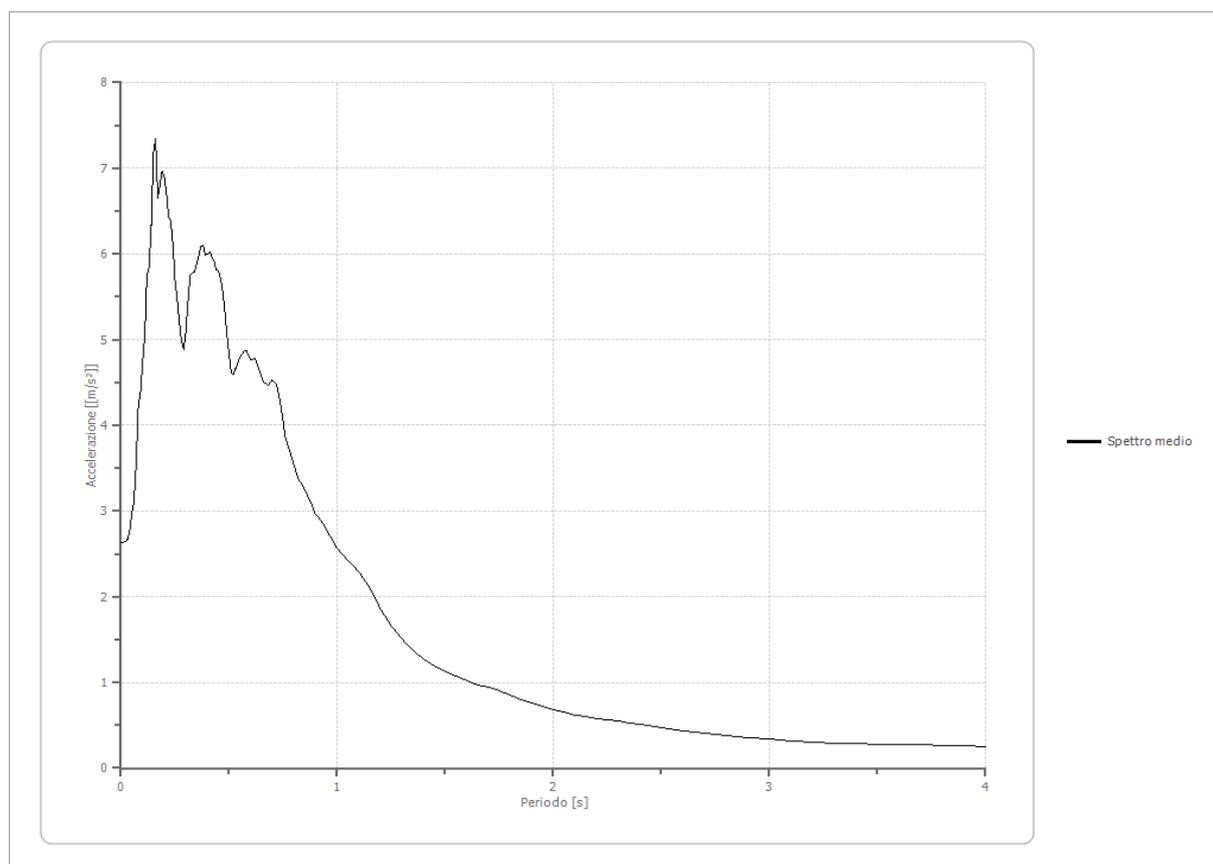
**Fattori di amplificazione su intensità spettrale**

Periodo minimo [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.061	0.101	0.200	1.664
0.400	0.800	0.085	0.176	0.500	2.059
0.700	1.100	0.084	0.189	0.636	2.257

**Spettro medio di risposta elastico**

Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]								
0.00	2.6294	0.26	5.4570	0.52	4.5968	0.98	2.6589	2.25	0.5624
0.01	2.6294	0.27	5.2015	0.53	4.6553	1.00	2.5664	2.30	0.5482
0.02	2.6474	0.28	4.9736	0.54	4.7249	1.05	2.4242	2.35	0.5269
0.03	2.6759	0.29	4.8882	0.55	4.7872	1.10	2.2959	2.40	0.5120
0.04	2.7666	0.30	5.0978	0.56	4.8251	1.15	2.1043	2.50	0.4775
0.05	2.9726	0.31	5.4522	0.57	4.8683	1.20	1.8584	2.60	0.4311
0.06	3.0966	0.32	5.7468	0.58	4.8707	1.25	1.6674	2.70	0.4049
0.07	3.5399	0.33	5.7708	0.60	4.7663	1.30	1.5093	2.80	0.3837
0.08	4.2192	0.34	5.7855	0.62	4.7794	1.35	1.3747	2.90	0.3583
0.09	4.3905	0.35	5.8791	0.64	4.6484	1.40	1.2716	3.00	0.3365
0.10	4.7416	0.36	5.9835	0.66	4.5067	1.45	1.1851	3.10	0.3172
0.11	5.0515	0.37	6.0843	0.68	4.4696	1.50	1.1222	3.20	0.2998
0.12	5.7471	0.38	6.1049	0.70	4.5306	1.55	1.0782	3.30	0.2939
0.13	5.8365	0.39	5.9855	0.72	4.4720	1.60	1.0233	3.40	0.2884
0.14	6.3346	0.40	6.0003	0.74	4.2247	1.65	0.9719	3.50	0.2787
0.15	7.1812	0.41	6.0229	0.76	3.8604	1.70	0.9392	3.60	0.2757
0.16	7.3490	0.42	5.9749	0.78	3.7010	1.75	0.9035	3.70	0.2722
0.17	6.6466	0.43	5.9160	0.80	3.5372	1.80	0.8560	3.80	0.2677

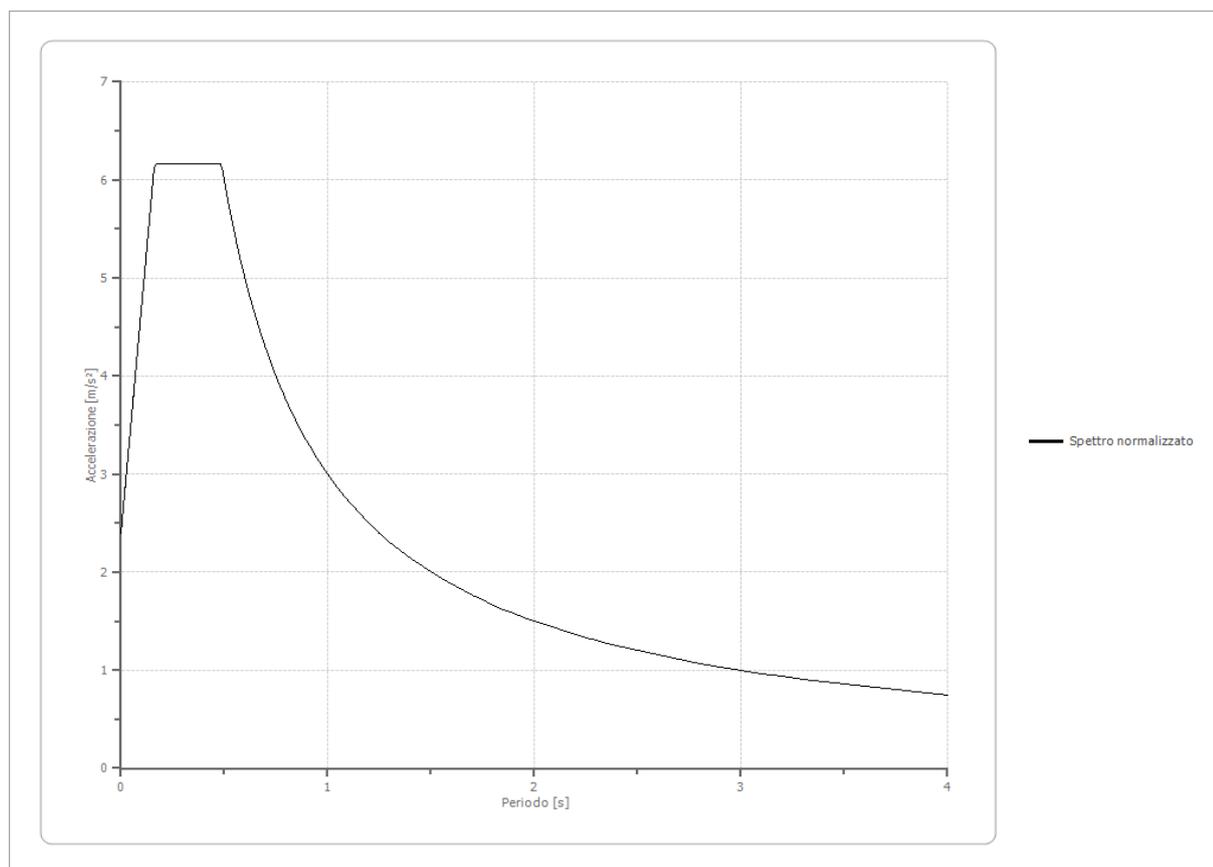
0.18	6.8063	0.44	5.8093	0.82	3.3802	1.85	0.8046	3.90	0.2609
0.19	6.9613	0.45	5.8016	0.84	3.2938	1.90	0.7637	4.00	0.2520
0.20	6.8986	0.46	5.7282	0.86	3.1969	1.95	0.7209		
0.21	6.7142	0.47	5.5673	0.88	3.0898	2.00	0.6804		
0.22	6.4368	0.48	5.3373	0.90	2.9607	2.05	0.6515		
0.23	6.3795	0.49	5.0654	0.92	2.9099	2.10	0.6186		
0.24	6.1274	0.50	4.8362	0.94	2.8260	2.15	0.5963		
0.25	5.6940	0.51	4.6135	0.96	2.7352	2.20	0.5767		



### Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]								
0.00	2.3969	0.26	6.1658	0.52	5.7671	0.98	3.0601	2.25	1.3328
0.01	2.6294	0.27	6.1658	0.53	5.6583	1.00	2.9989	2.30	1.3039
0.02	2.8619	0.28	6.1658	0.54	5.5535	1.05	2.8561	2.35	1.2761
0.03	3.0943	0.29	6.1658	0.55	5.4525	1.10	2.7263	2.40	1.2495
0.04	3.3268	0.30	6.1658	0.56	5.3552	1.15	2.6077	2.50	1.1996
0.05	3.5593	0.31	6.1658	0.57	5.2612	1.20	2.4991	2.60	1.1534
0.06	3.7917	0.32	6.1658	0.58	5.1705	1.25	2.3991	2.70	1.1107
0.07	4.0242	0.33	6.1658	0.60	4.9981	1.30	2.3068	2.80	1.0710
0.08	4.2566	0.34	6.1658	0.62	4.8369	1.35	2.2214	2.90	1.0341
0.09	4.4891	0.35	6.1658	0.64	4.6858	1.40	2.1421	3.00	0.9996

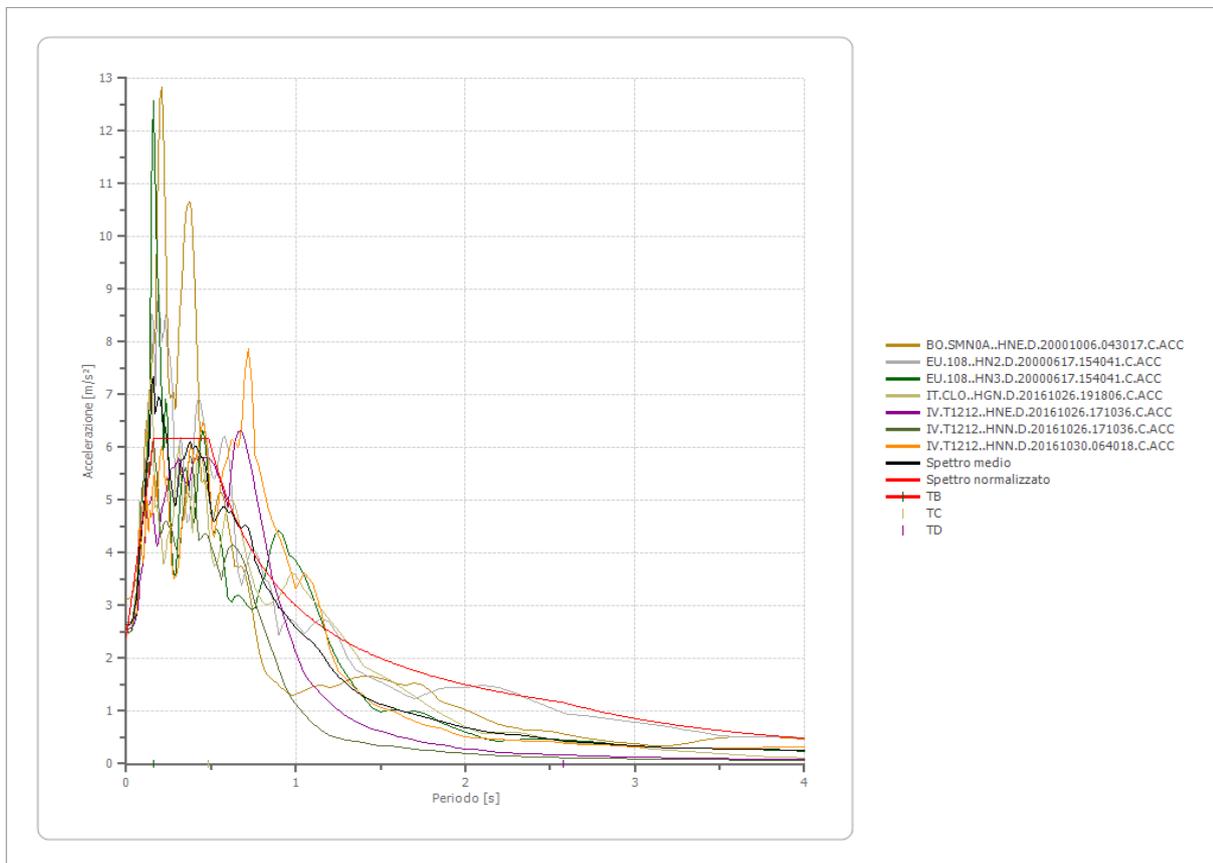
0.10	4.7216	0.36	6.1658	0.66	4.5438	1.45	2.0682	3.10	0.9674
0.11	4.9540	0.37	6.1658	0.68	4.4101	1.50	1.9993	3.20	0.9372
0.12	5.1865	0.38	6.1658	0.70	4.2841	1.55	1.9348	3.30	0.9088
0.13	5.4189	0.39	6.1658	0.72	4.1651	1.60	1.8743	3.40	0.8820
0.14	5.6514	0.40	6.1658	0.74	4.0525	1.65	1.8175	3.50	0.8568
0.15	5.8839	0.41	6.1658	0.76	3.9459	1.70	1.7641	3.60	0.8330
0.16	6.1163	0.42	6.1658	0.78	3.8447	1.75	1.7136	3.70	0.8105
0.17	6.1658	0.43	6.1658	0.80	3.7486	1.80	1.6660	3.80	0.7892
0.18	6.1658	0.44	6.1658	0.82	3.6572	1.85	1.6210	3.90	0.7689
0.19	6.1658	0.45	6.1658	0.84	3.5701	1.90	1.5784	4.00	0.7497
0.20	6.1658	0.46	6.1658	0.86	3.4871	1.95	1.5379		
0.21	6.1658	0.47	6.1658	0.88	3.4078	2.00	1.4994		
0.22	6.1658	0.48	6.1658	0.90	3.3321	2.05	1.4629		
0.23	6.1658	0.49	6.1202	0.92	3.2597	2.10	1.4280		
0.24	6.1658	0.50	5.9978	0.94	3.1903	2.15	1.3948		
0.25	6.1658	0.51	5.8802	0.96	3.1238	2.20	1.3631		



### Parametri spettro normalizzato

Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	S
2.397	2.572334	--	0.162	0.486	2.577	2.397	6.166	1.446

### Confronto tra gli spettri

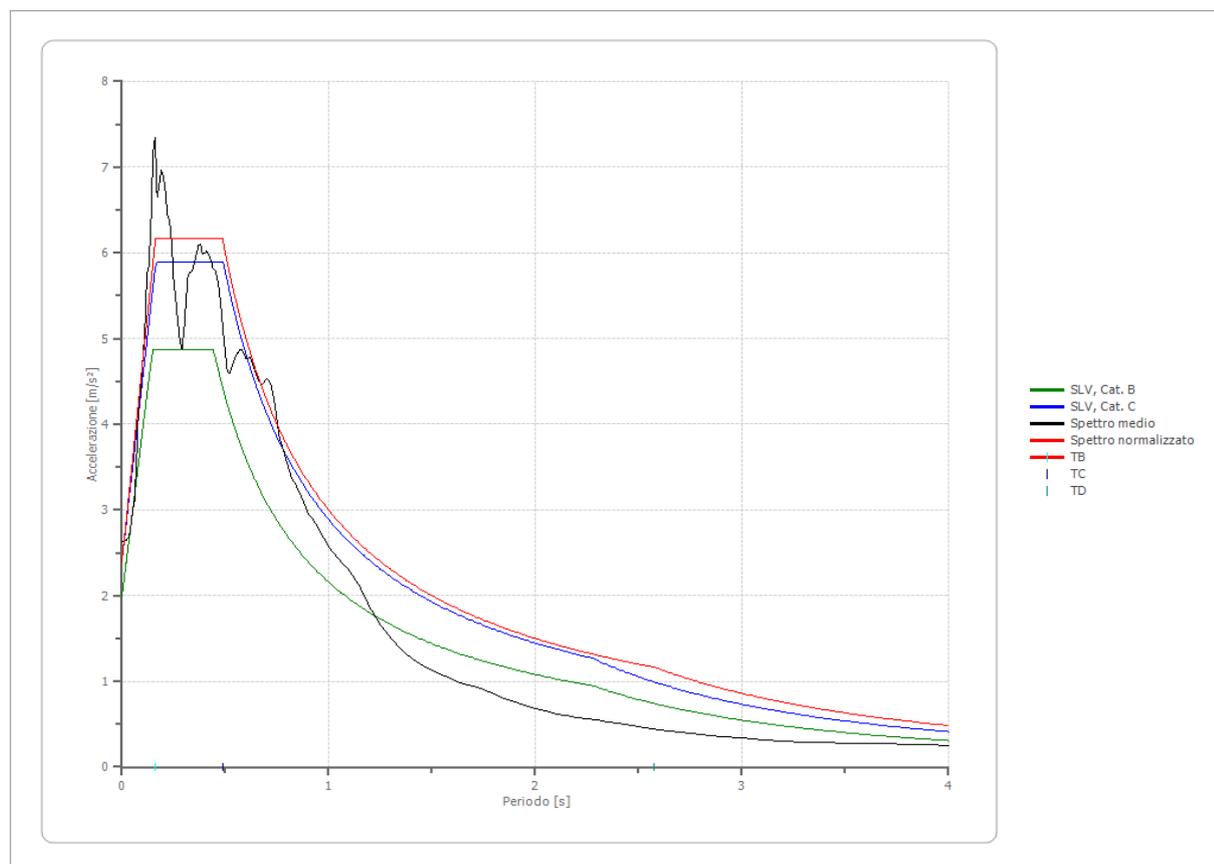


### Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività à SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguar dia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B	Operatività à SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguar dia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C
Tr [anni]	30	50	475	975	30	50	475	975
ag [m/s²]	0.569	0.706	1.658	2.070	0.569	0.706	1.658	2.070
Fo	2.503	2.488	2.447	2.478	2.503	2.488	2.447	2.478
Tc* [s]	0.27	0.281	0.321	0.333	0.27	0.281	0.321	0.333
Ss	1.20	1.20	1.20	1.19	1.50	1.50	1.45	1.39

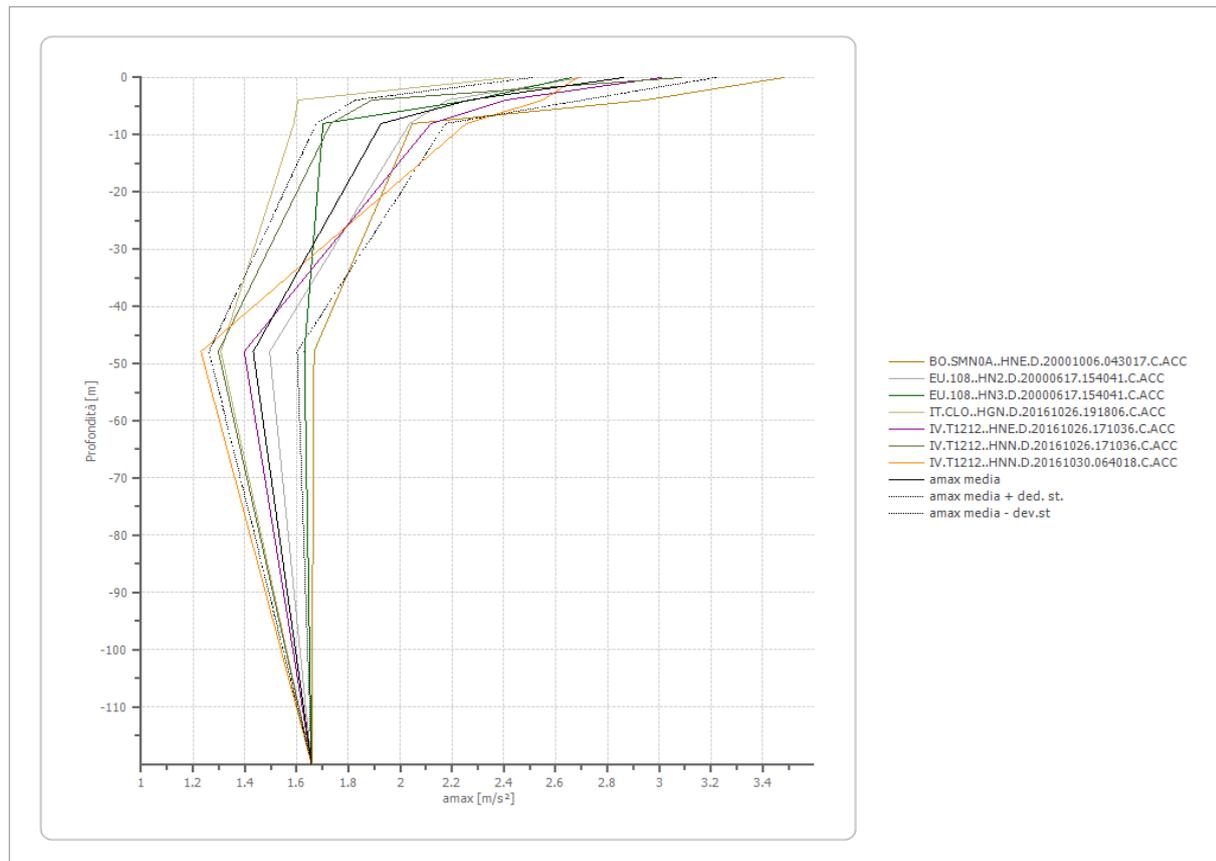
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.43	1.42	1.38	1.37	1.62	1.60	1.53	1.51
TB [s]	0.129	0.133	0.148	0.152	0.146	0.150	0.163	0.168
TC [s]	0.386	0.398	0.443	0.456	0.437	0.449	0.490	0.503
TD [s]	1.832	1.888	2.276	2.444	1.832	1.888	2.276	2.444
Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	0.683	0.847	1.990	2.465	0.854	1.059	2.407	2.870
Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	1.709	2.108	4.869	6.108	2.136	2.635	5.890	7.111



### Profilo a max

	0.0 [m]	4.0 [m]	8.0 [m]	48.0 [m]	120.0 [m]
BO.SMN0A..H NE.D.2000100 6.043017.C.AC C [m/s <sup>2</sup> ]	3.482	2.950	2.047	1.667	1.658
EU.108..HN2. D.20000617.15 4041.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	2.700	2.183	2.036	1.496	1.658
EU.108..HN3. D.20000617.15 4041.C.ACC	2.660	2.279	1.702	1.630	1.658

[m/s <sup>2</sup> ]					
IT.CLO..HGN. D.20161026.19 1806.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	2.422	1.605	1.589	1.308	1.658
IV.T1212..HN E.D.20161026. 171036.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	3.009	2.408	2.118	1.398	1.658
IV.T1212..HN N.D.20161026. 171036.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	3.088	1.891	1.732	1.298	1.658
IV.T1212..HN N.D.20161030. 064018.C.ACC [m/s <sup>2</sup> ]	2.686	2.550	2.255	1.231	1.658
media [m/s <sup>2</sup> ]	2.864	2.267	1.926	1.433	1.658
Dev. St. [m/s <sup>2</sup> ]	0.353	0.438	0.249	0.170	0.000



# TRACCE SEZIONI VERIFICHE DI STABILITA'



# SEZIONI GEOLOGICHE

SCALA 1:500

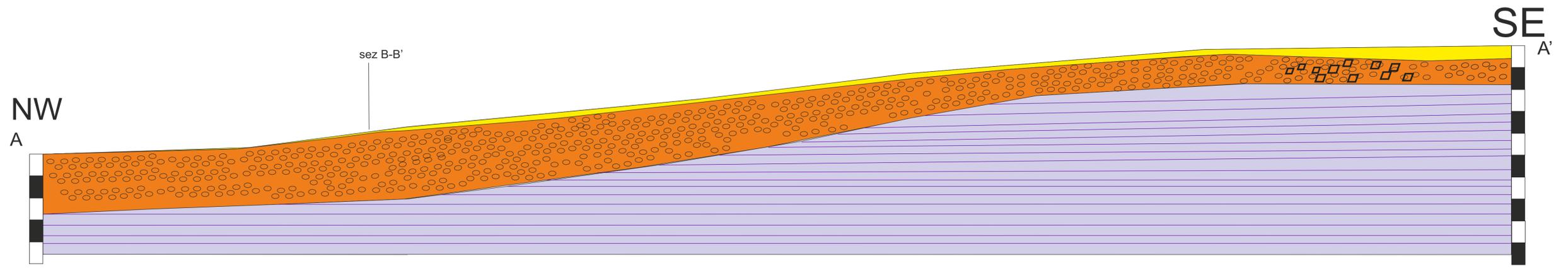
PROFILO A-A'

PROFILO B-B'

# TRACCIA DELLE SEZIONI GEOLOGICHE



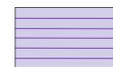
# SEZIONE GEOLOGICA A-A'



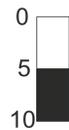
TERRENO VEGETALE E LIMI SABBIOSI CON INCLUSI TRAVERTINOSI



GHIAIE IN MATRICE VARIABILE DA SABBIOSA AD ARGILLOSA / BRECCE IN MATRICE ARGILLOSA

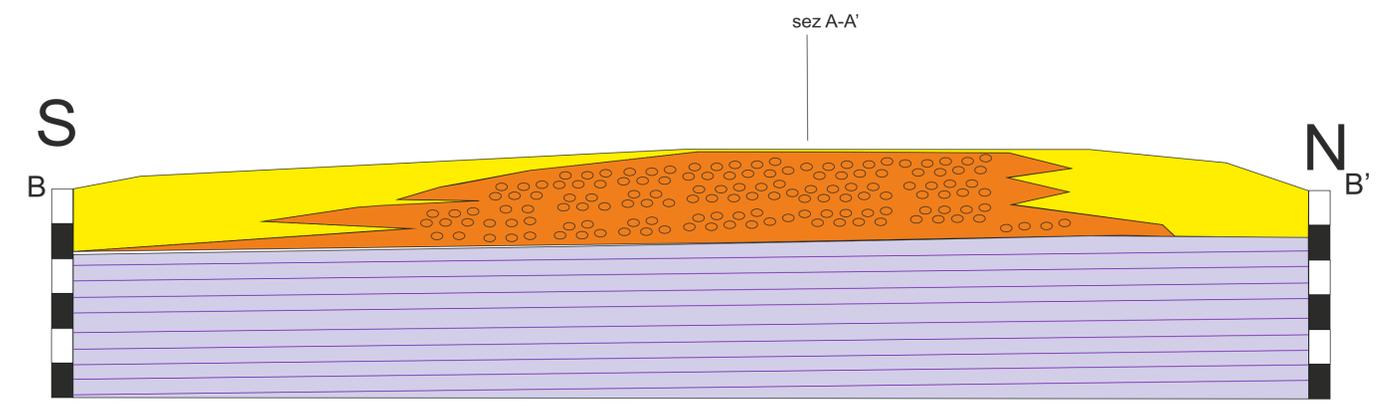


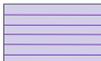
LIMI ARGILLOSI E ARGILLE LIMOSE DA MEDIAMENTE A MOLTO COMPATTE DI COLORE GRIGIO OCRA VERDASTRO



10 METRI

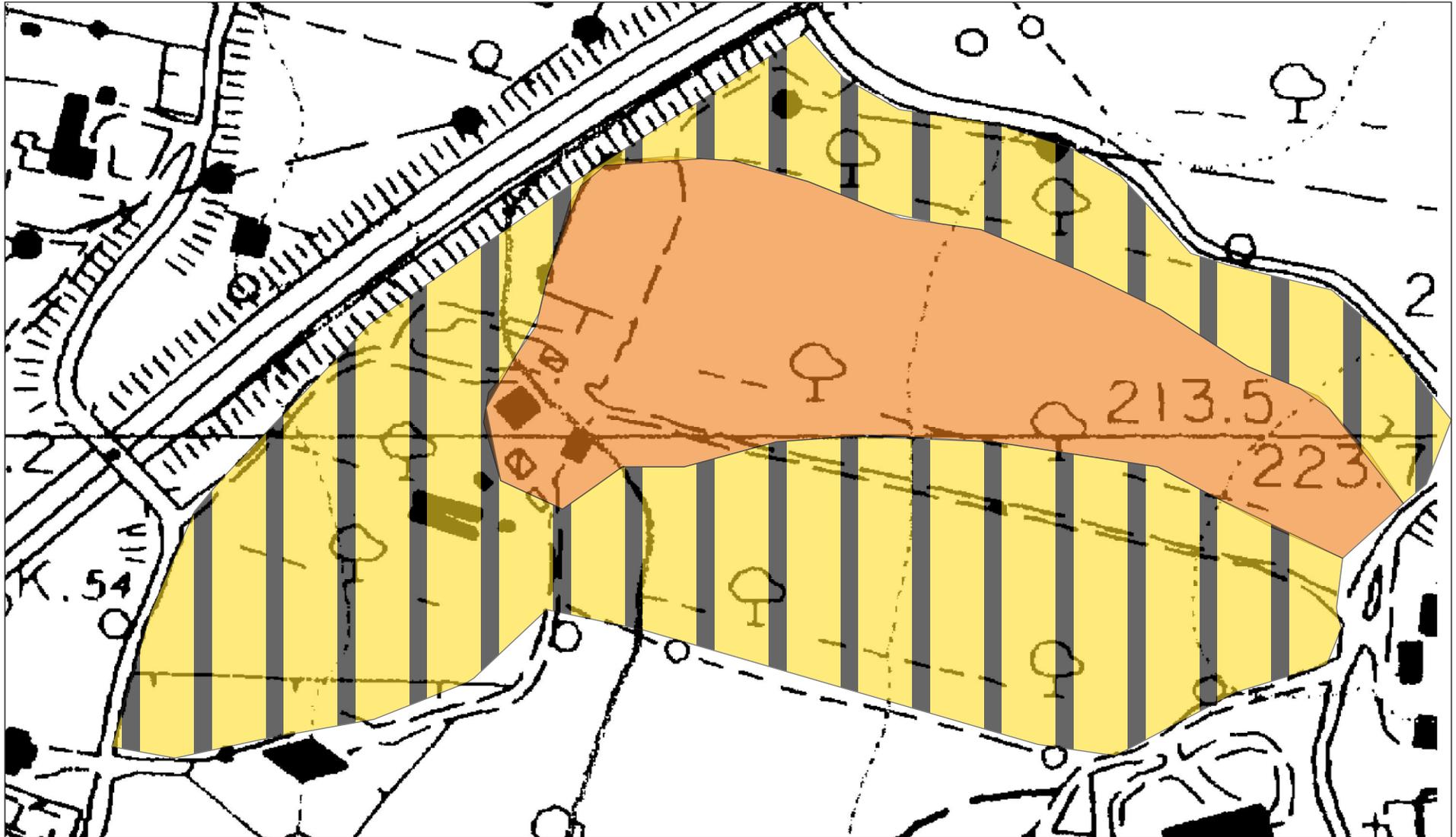
# SEZIONE GEOLOGICA B-B'



-  TERRENO VEGETALE E LIMI SABBIOSI CON INCLUSI TRAVERTINOSI
-  GHIAIE IN MATRICE VARIABILE DA SABBIOSA AD ARGILLOSA / BRECCE IN MATRICE ARGILLOSA
-  LIMI ARGILLOSI E ARGILLE LILOSE DA MEDIAMENTE A MOLTO COMPATTE DI COLORE GRIGIO OCRA VERDASTRO



# CARTA GEOLOGICA SCALA 1:2000



## LEGENDA



GHIAIE E BRECCE IN MATRICE SABBIOSA E ARGILLOSA



SABBIE LIMOSE LIMI SABBIOSI DI ORIGINE TRAVERTINOSA

# CARTA DELLE MOPS



# LEGENDA

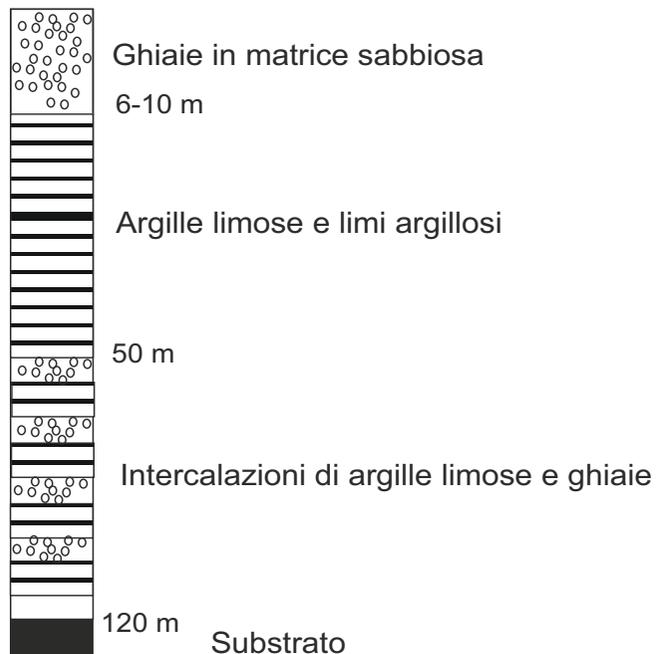


MOPS 1

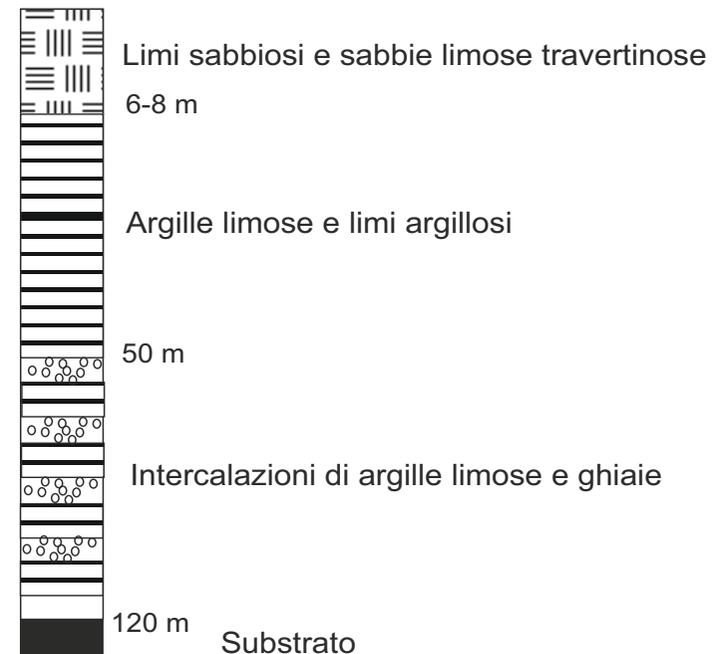


MOPS 2

## MOPS 1



## MOPS 2



# CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO

## PERIODO 0-0.5 s



# CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO

## PERIODO 0.4-0.8 s



# CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO PERIODO 0.7-1.1 s

