



# COMUNE DI TERNI

DIREZIONE LL.PP. - MANUTENZIONI

LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE

## CAMPO SCUOLA " F. CASAGRANDE"

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR)

Missione 5 Componente 2 Investimento/Subinvestimento 2.1

RIGENERAZIONE URBANA

CUP F44H16000340007



Committente: **COMUNE DI TERNI**

P.zza M. Ridolfi, 1 - 05100 Terni  
C.F. 00175660554

R.U.P. **Geom. STEFANO FREDDUZZI**

Corso del Popolo n. 30 - 05100 Terni

Collaboratore: **Dott.ssa Marta Di Filippo**



**Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU**

### R.T.P.

Mandatario e Capogruppo:

Coord. e Progetto Architettonico: **arch. Alberto Tiberi**

05100 Terni Via Sabotino, 7 - e-mail : albertotiberi@gmail.com

Mandanti:

Progetto impianti:

**Studio Tecnico Associato Paganelli**

Viale B. Brin, 10 - 05100 TERNI - e-mail: info@stap.it

Progetto strutture:

**ing. Simone Monotti**

Strada della Quercia 6/b - 05100 Terni - e-mail: segreteria@studiomonotti.it

Progetto sicurezza:

C.S.P. - C.S.E.

**ing. Alessandro Passetti**

Via Del Daino, 19 - 05100 - Terni - e-mail: passetti.ale@gmail.com

Collaborazioni:

**ing. iunior Alberto Lausi**

Prog. impianti termotecnici

Via Lombardo Radice, 19 - 05100 - Terni - e-mail: alberto.lausi@gmail.com

Direttore dei Lavori:

**arch. Andrea Della Sala**

Strada di S. Martino, 104 - 05100 Terni - e-mail : info@andreadellasala.com

Il progettista:

Contenuto del disegno:

**PROGETTO  
ESECUTIVO**

Oggetto:

**RELAZIONE GEOLOGICA,  
GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA,  
SISMICA E GEOLOGIO-TECNICA**

tavola numero:

**REL.  
G. 01**

data	aggiornato al	disegnato da	visto R.U.P.	indice file	scala
18.01.2023	6.03.2023				

Il contenuto del presente elaborato è di proprietà esclusiva del Progettista. Senza autorizzazione scritta dello stesso non può essere diffuso a terzi nè riprodotto totalmente o parzialmente.





**PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (P.N.R.R.)**

**Missione 5 – Componente 2 – Investimento/Subinvestimento 2.1**

**“RIGENERAZIONE URBANA”**

**RIQUALIFICAZIONE CAMPO SCUOLA “F. CASAGRANDE”**

**CUP: F44H16000340007**

**COMUNE DI TERNI**

**DIREZIONE PIANIFICAZIONE TERRITORIALE, EDILIZIA PRIVATA**

**UNITÀ DI SUPPORTO TECNICO E VALUTAZIONI TERRITORIALI**

Studi idrogeologici – Gestione informatizzata pianificazione; elaborazioni GIS - Gestione basi cartografiche

***RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA, SISMICA E GEOLOGIO-TECNICA***

*Funzionario Tecnico*

Dott. Geol. Paolo Paccara



## PREMESSA

La presente relazione viene redatta per il progetto di “ADEGUAMENTO, MESSA IN SICUREZZA E RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEL CAMPO DI ATLETICA CAMPO SCUOLA "F. CASAGRANDE". A tale scopo è stata eseguita una campagna di indagine geognostica, geotecnica e geofisica consistente in:

- esecuzione n. 7 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH denominate “DIN1-DIN2-DIN3-DIN4-DIN5-DIN6- DIN7”.
- esecuzione n. 1 indagine passiva a stazione singola con tecnica dei rapporti spettrali di Nakamura “HVSr” (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), denominata “HVSr1”;
- esecuzione n. 2 INDAGINI ATTIVE MULTICANALE “MASW” (Multichannel Analysis of Surface Waves) mediante analisi della dispersione delle onde di Love (THF), denominate “MW1-MW2”.

La campagna di indagine geofisica è stata sempre effettuata il 07 Febbraio 2023; per il dettaglio delle indagini si rimanda all'allegato report della ditta incaricata Terra snc di Perugia, in coda al testo.

L'impianto sportivo è ubicato nel comune di Terni (TR), loc. Terni, Largo Atleti d'Italia 1A, su area censita al vigente catasto al Foglio n. 114, Particella n. 142.

L'area oggetto del presente studio è situata nella zona centrale della città, a breve distanza dai giardini della Passeggiata (vedi Carta Corografica); l'intervento riguarda il rifacimento di parte della tribuna spettatori del campo scuola.

## CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DELL'AREA

Dal punto di vista geologico la zona è caratterizzata dalla sequenza alluvionale recente che costituisce il colmamento della Conca Ternana. La successione, descritta in termini generali di suddivisione litologica, deriva da dati esistenti. In particolare l'assetto stratigrafico dell'area è deducibile dal pozzo ASM presente a circa 100 m di distanza nell'attiguo Campo Scuola ed è anche confortato da recenti osservazioni su fronti di scavo per edificazioni civili, nei quali è stato possibile verificare la presenza dapprima da riporto antropico passante a sabbie limose avana con ghiaie e poi a ghiaie.

Questo assetto stratigrafico, sempre dedotto dal pozzo ASM Campo Scuola, indica la presenza di sabbie limose travertinose per circa 9 m di spessore, passanti ad un primo corpo ghiaioso, con clasti calcarei evoluti in matrice sabbiosa, fino a 14 m di profondità. Questo intervallo ghiaioso è sede dell'acquifero che caratterizza l'intera conca ternana, sfruttato per uso agricolo, potabile e industriale. Segue un livello argilloso di circa 1 m di potenza e caratteristico per l'estensione areale che riveste nella piana ternana e per essere comunque capace, a luoghi, di separare la falda idrica alluvionale in due acquiferi distinti. Nel pozzo Campo Scuola la falda idrica si attesta a circa -14 m dal piano campagna, con quota bocca pozzo di 117 m s.l.m.. L'area in oggetto è a 120 m di quota, quindi la falda si attesta a -17 m dal p.c.

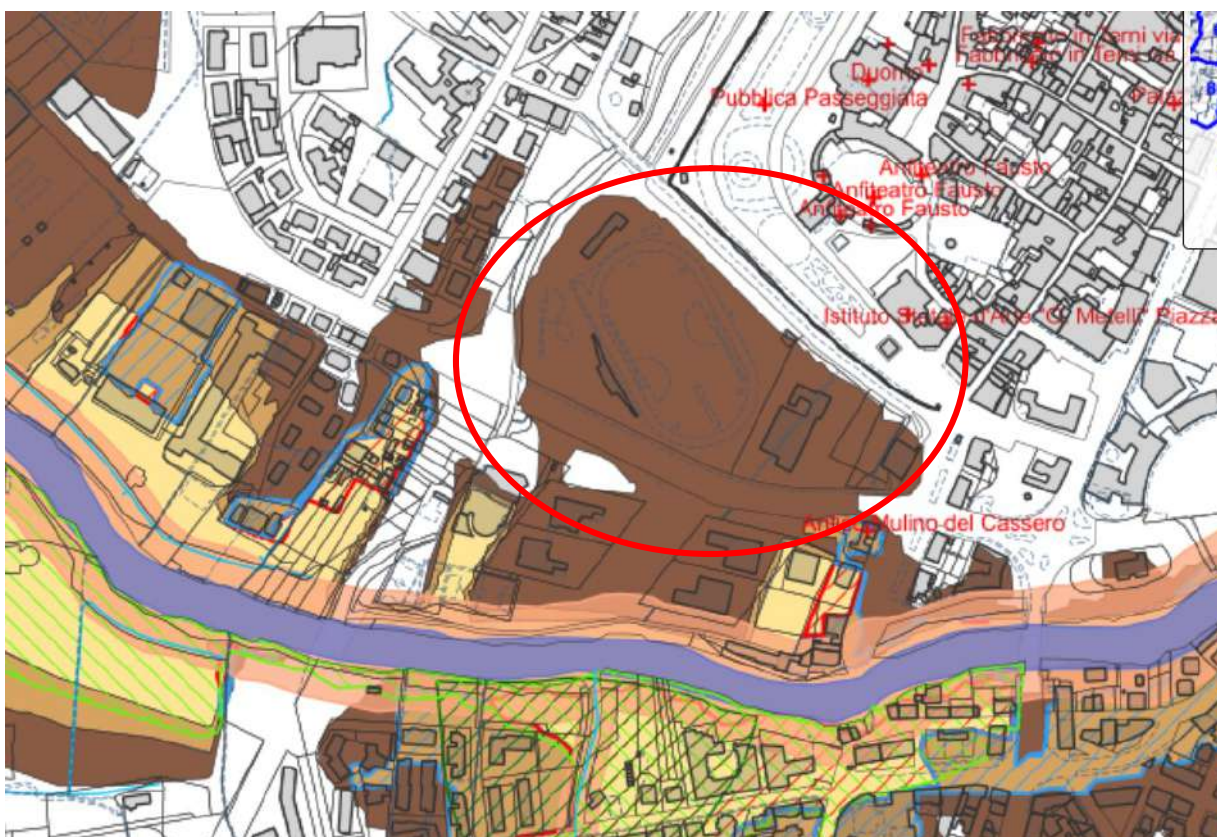
A profondità maggiori sono presenti ancora ghiaie in matrice sabbiosa fino a circa 28 m di profondità.



Per quanto riguarda i caratteri geomorfologici del sito, questi consistono in una situazione subpianeggiante, a quote topografiche di circa 118 m; la quota campagna attuale del campo scuola è di circa 2 m più bassa delle aree circostanti, a conferma sia di un generale innalzamento del piano campagna a causa dei riporti antropici, sia per operazioni di scavo effettuate durante la realizzazione del campo scuola. Nel sito di interesse non sono comunque presenti elementi di dissesto geomorfologico in atto.

## IDROGRAFIA, IDROGEOLOGIA

L'area non è interessata direttamente da corsi d'acqua naturali. Il Nera, principale elemento idrografico della zona scorre a Sud a circa 300 m lineari e a quote topografiche inferiori alla quota del sito in oggetto. Dall'esame della recente cartografia inerente la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico dell'Autorità di Bacino (PAI 2013), si evince **che l'area in questione è compresa all'interno della FASCIA C del PAI del F. Nera**. Le norme di salvaguardia relative alla Fascia C (art .30 delle NTA del PAI), consentono comunque la realizzazione di interventi edilizi in quanto non ci sono limitazioni edilizie, se non l'obbligo di aggiornare la pianificazione di protezione civile. Segue un estratto di mappa della Fascia di potenziale esondazione C



Per quanto attiene ai caratteri idrogeologici dell'area di interesse, questi sono riconducibili all'assetto idrogeologico generale della zona di pianura alluvionale. L'assetto stratigrafico sopra descritto consente di distinguere due complessi idrogeologici sovrapposti, sebbene geologicamente legati alla stessa genesi di riempimento ed erosione della conca ternana ("Studi di vulnerabilità degli acquiferi: La conca Ternana"; Marchetti et alii, 1992).



Il primo complesso è quello superficiale, limo-sabbioso, maggiormente permeabile (permeabilità per porosità), con  $K \sim 10^{-3} / 10^{-4}$  cm/s.

Il secondo complesso idrogeologico, relativo alle ghiaie sabbiose, è permeabile per porosità primaria, ed è sede della falda idrica con pelo libero qui compreso tra 16 e 18 m; questo dato è estrapolato dalla pubblicazione sopra menzionata e confermata dal livello statico della falda nei pozzi nella zona. Considerando la presenza di un livello argilloso intermedio tra le ghiaie a circa - 17 m è probabile una separazione della falda idrica alluvionale in due distinti livelli acquiferi.

## CARATTERI FISICO - MECCANICI DEI TERRENI

Per la definizione delle caratteristiche fisiche e geotecniche dei terreni del Campo Scuolo, sono state effettuate delle indagini geotecniche (Prove Penetrometriche Dinamiche Superpesanti – DPSH) e delle indagini geofisiche (sismica attiva in onde di superficie MASW e sismica passiva HVSr). La ditta incaricata dall'ufficio della Direzione LLPP è la ditta Terra snc di Perugia.

L'ubicazione è visibile a seguire e nel report allegato in coda al testo.

La campagna di indagine geognostica e geotecnica è stata effettuata il 07 Febbraio 2023 secondo il seguente cronoprogramma:

- esecuzione n. 7 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH denominate “DIN1-DIN2-DIN3-DIN4-DIN5-DIN6- DIN7”.

La campagna di indagine geofisica è stata sempre effettuata il 07 Febbraio 2023 secondo il seguente cronoprogramma:

- esecuzione n. 1 indagine passiva a stazione singola con tecnica dei rapporti spettrali di Nakamura “HVSr” (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), denominata “HVSr1”;
- esecuzione n. 2 INDAGINI ATTIVE MULTICANALE “MASW” (Multichannel Analysis of Surface Waves) mediante analisi della dispersione delle onde di Love (THF), denominate “MW1-MW2”.

## ELABORATI E ALLEGATI

Vedi Report allegato alla presente relazione, tra cui:

### UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

TAVOLA A: - Foto aerea con ubicazione indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche scala 1:500

### INDAGINI GEOGNOSTICHE (PROVE IN SITU)

ALLEGATO 1: - Report prove penetrometriche dinamiche superpesanti “DPSH”:

### INDAGINI GEOFISICHE PASSIVE A STAZIONE SINGOLA

ALLEGATO 2: - Report indagine “HVSr1”

Foglio di campagna indagine “HVSr1”

### INDAGINI GEOFISICHE ATTIVE MULTICANALE “MASW” IN ONDE DI LOVE (THF)

ALLEGATO 3: - Report indagine “MW1”

winMASW report inversione “MW1”

Foglio di campagna indagine “MW1”



Report indagine “MW2”

winMASW report inversione “MW2”

Foglio di campagna indagine “MW2”

## UBICAZIONE INDAGINI

L’ubicazione generale del sito oggetto di indagine è consultabile nell’aerofotogrammetria riportata alla pagina a seguire e nel Report della ditta Terra snc. L’inquadramento di dettaglio con ubicazione dei punti di indagine è invece consultabile in TAVOLA A. La documentazione fotografica e le coordinate GPS WGS84 che identificano i punti specifici di esecuzione delle indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche, sono riportate e consultabili negli specifici report allegati.

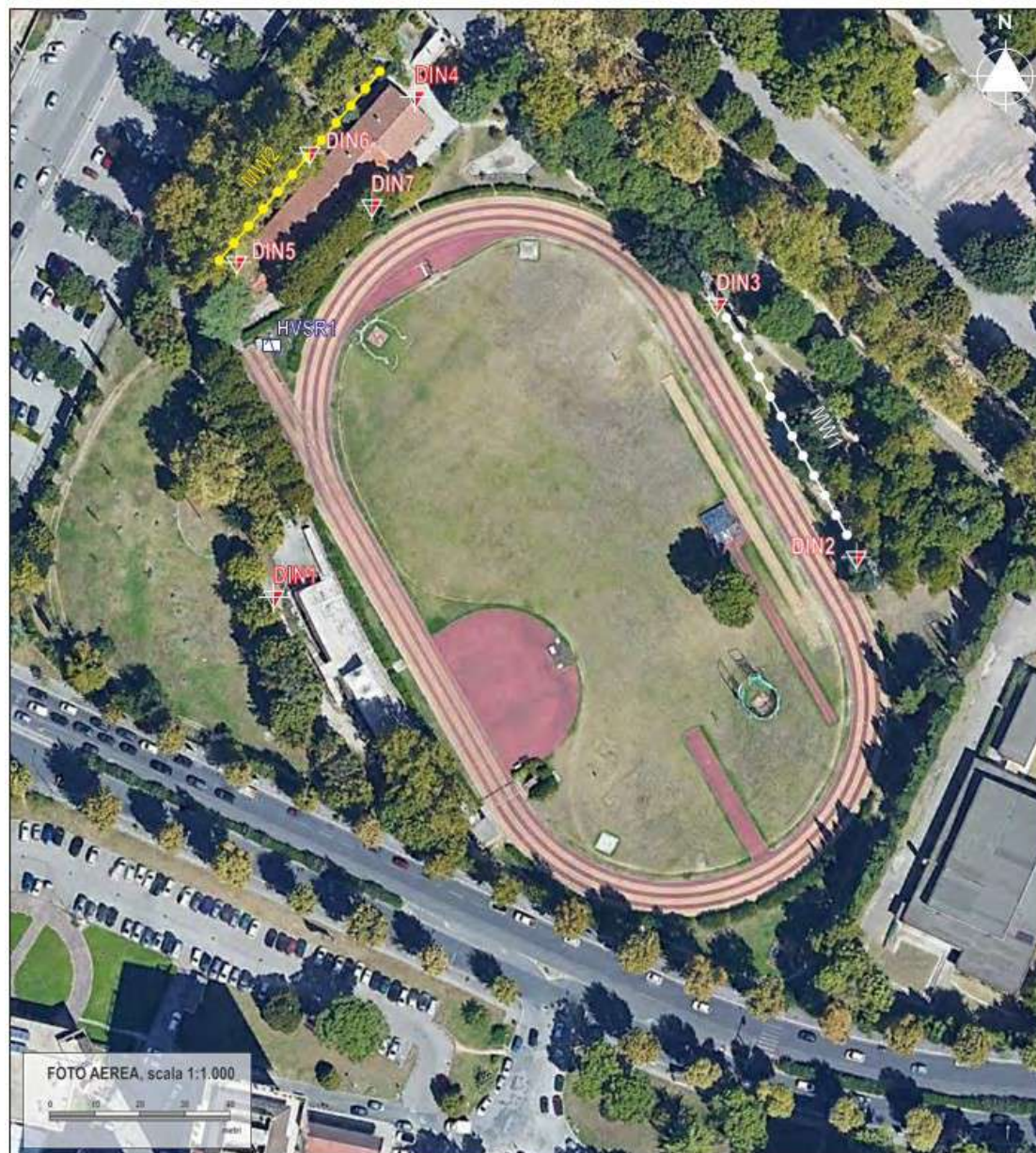
## INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE (PROVE IN SITU)

### PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI

La tabella sottostante riporta la sigla e la lunghezza di ciascuna delle n. 7 prove penetrometriche dinamiche superpesanti “DPSH” eseguite, la cui ubicazione è consultabile in TAVOLA A.

<b>Tipo Prova Penetrometrica</b>	<b>Sigla Prova</b>	<b>Profondità (m da p.c.)</b>	<b>Quota falda (m da p.c.)</b>
dinamica superpesante DPSH	<b>DIN1</b>	6.00	non presente
	<b>DIN2</b>	5.00	non presente
	<b>DIN3</b>	11.00	non presente
	<b>DIN4</b>	9.00	non presente
	<b>DIN5</b>	7.00	non presente
	<b>DIN6</b>	9.00	non presente
	<b>DIN7</b>	6.00	non presente





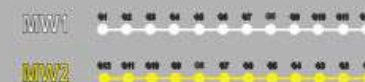
LEGENDA INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

**DIN(n)** Prove penetrometriche dinamiche superpesanti "DPSH2"

LEGENDA INDAGINI GEOFISICHE

Attive multicanale

Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) con analisi dispersione delle onde di Love (THF)



Passive a stazione singola

**HVSRI** Indagini con tecnica dei rapporti spettrali di Nakamura



**TERRA S.n.c.**  
Via Comunale Vittorio Veneto 48  
04016 Pagnano (PG)  
tel. 075 8081539 - 075 8795142  
info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010





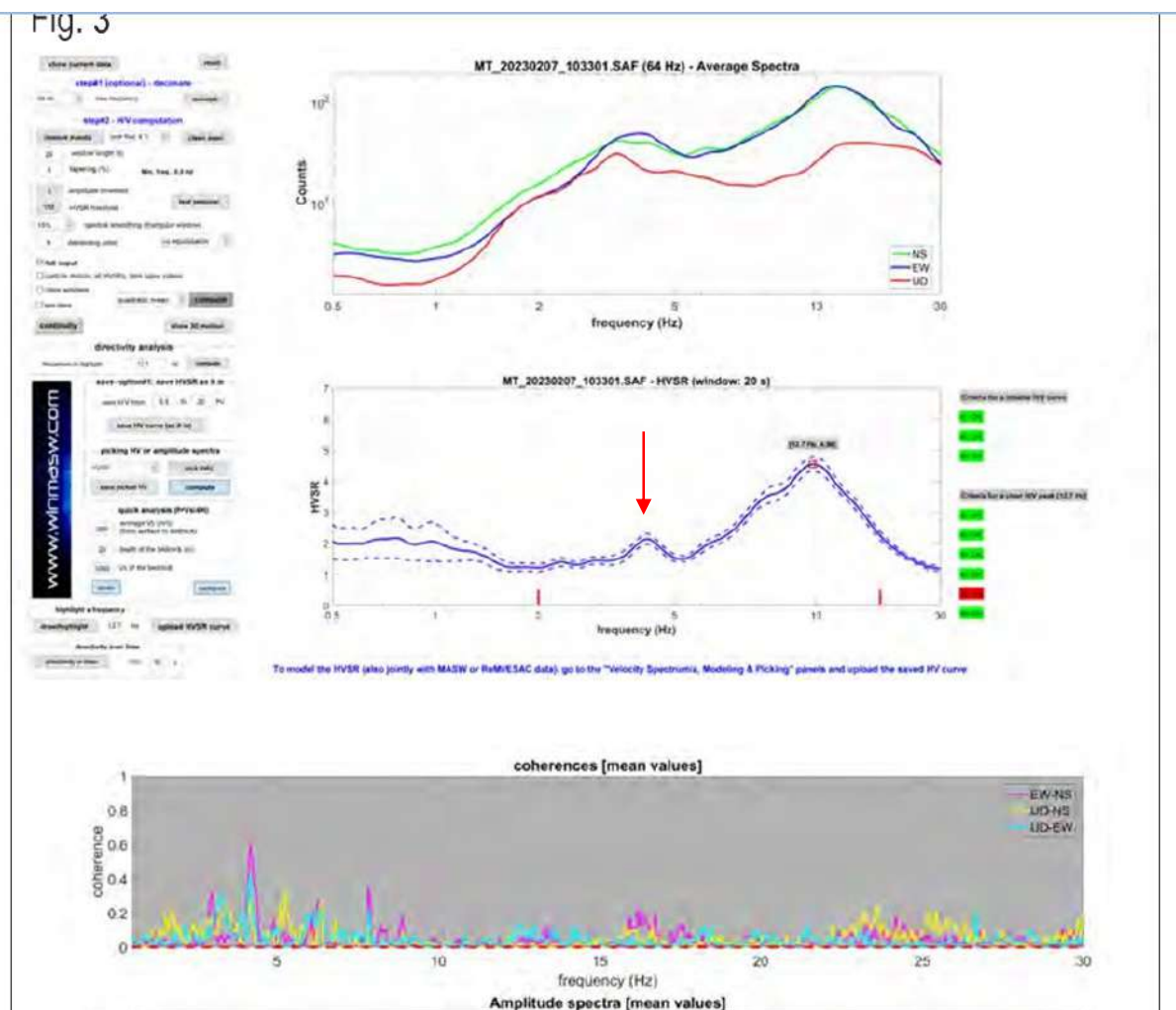
L'indagine "HVSr1" (registrazione di 30 min) ha permesso di ricavare la curva HVSr; nello specifico punto di misurazione. In ALLEGATO 2 sono riportati e consultabili:

- i dati acquisiti (con il check qualitativo delle tracce utilizzate) e la curva HV determinata con verifica dei criteri SESAME;
- i parametri di acquisizione ed altre informazioni (foglio di campagna). In sintesi, sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Indagine HVSr1	
PEAK	
frequency (Hz) - $f_0$ :	12.7 ( $\pm$ 1.1)
HVSr value - $A_0$ :	4.56 ( $\pm$ 0.2)
Classe di qualità curva HV:	B1

Il valore della frequenza (12.7 Hz) indica che il contrasto di impedenza sismica tra copertura e "substrato rigido" è superficiale. Il valore di 12.7 Hz corrisponde infatti ad un passaggio sabbie e limi / ghiaie e sabbie addensate, che le prove penetrometriche n. 5,6,7 indicano essere presenti a profondità variabile tra 6 e 9 m dal piano campagna. Si tratta tuttavia di un *bedrock-like* superficiale, mentre le curve di elaborazione mostrano, oltre al picco principale, un picco secondario con valore del rapporto H/V poco superiore a 2, con  $f_0$  a circa 4 Hz, che potrebbe essere il passaggio tra ghiaie sabbiose alluvionali e sottostanti argille del Bacino Tiberino a circa -40/-50 m di profondità (vedi freccia rossa). Non viene invece evidenziato dalla registrazione il passaggio copertura / bedrock geologico (calcari) che è posto nella città di Terni a circa -120 m dal pc.

Fig. 3





PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI DPSH Le prove sono state effettuate con attrezzatura della Pagani Geotechnical Equipment, il penetrometro è il TG63-200DIN.

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	M = 63.5	Kg
Altezza di caduta libera	H = 75	cm
Peso sistema di battuta	M' = 0.63	Kg
Diametro punta conica	D = 51.00	mm
Area di base punta	A = 20.00	cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	La = 100	cm
Peso aste a metro	Pa = 6.31	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	P1 = 40	cm
Avanzamento punta	δ = 20	cm
Numero colpi per punta	N(20) relativo a 20 cm di avanzamento	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	α = 90	°



ATTREZZATURA UTILIZZATA: ENERGIA SPECIFICA x avanzamento 20 cm  
 $Q_d = (MH)/(A\delta) = 11.9025 \text{ kg/cmq}$

PROVA SPT in loco: ENERGIA SPECIFICA x avanzamento 30 cm  
 $Q_{spt} = 7.34 \text{ kg/cmq}$

COEFF. TEDRICO DI ENERGIA:  $\beta_t = Q/Q_{spt} = 1.51$  (teoricamente:  $N_{spt} = \beta_t N$ )

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd (funzione del numero di colpi N)

FORMULA OLANDESE:

$$R_{pd} \text{ (kg/cm}^2\text{)} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

con  $P = M' + P_a$

Il parametro misurato attraverso la prova è la Resistenza Penetrometrica Dinamica RPD, mediante la ben nota “Formula degli Olandesi”, visibile qui sopra. Da essa si attiene la Densità Relativa DR (espressa in %) e da questa l’angolo di attrito efficace del terreno. Si ricorda che i parametri assegnati sono relativi ad un comportamento geotecnico di tipo granulare; tale caratteristica indica quindi un comportamento prevalente di tipo granulare con parametri di resistenza a taglio di tipo efficace (breve e lungo periodo coincidenti, a parità di medesime condizioni al contorno).

Le prove DPSH 1 e 2, sebbene lontane tra loro, mostrano una copertura di terreni limosi e sabbiosi di spessore compreso tra 4.80 e 5.80 m a cui seguono ghiaie sabbiose addensate e su cui si è registrato il rifiuto:

Seguono le tabelle di parametrizzazione geotecnica delle due prove DPSH 1 e 2 con evidenziati la Densità Relativa (DR in %), l’angolo di attrito  $\phi'$  dei vari orizzonti a resistenza omogenea, il peso specifico saturo  $\gamma_{sat}$  ed il  $\gamma_d$  secco (il valore del gamma naturale è in genere intermedio tra  $\gamma_{sat}$  e  $\gamma_d$ ):

DSPH 1  
(Tribuna)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA											DIN		1	
SUDDIVISIONE GEOTECNICA											VALORI MINIMI			
Committente: Comune di Terni											U.M.: kg/cm²		Data esec.: 07/02/2023	
Cantiere: PNRR -DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"											Pagina: 1			
Località: TERNI(TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A											Elaborato:		Falda: Non rilevata	

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	tpd kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0.00 : 1.00	minimo	1	1.52	2	9.9	9.7	74	21	0.50	Coes./Gran.	
2	1.00 : 3.20	minimo	3	1.52	5	29.8	24.6	114	43	1.49	Coes./Gran.	
3	3.20 : 5.40	minimo	7	1.52	11	59.9	49.8	150	82	3.00	Coes./Gran.	
4	5.40 : 5.80	minimo	32	1.52	49	240.5	201.1	223	270	12.03	Coes./Gran.	
5	5.80 : 6.00	minimo	50	1.52	76	354.4	314.1	243	384	17.72	Coes./Gran.	

NATURA COESIVA								NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	φ °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0.00 : 1.00	2	0.13	1.75	46.91	1.27	25	8	20	207	1.85	1.36	93	---
2	1.00 : 3.20	5	0.31	1.63	39.28	1.06	33	18	24	230	1.88	1.41	127	---
3	3.20 : 5.40	11	0.69	1.91	32.11	0.87	50	37	28	276	1.94	1.51	196	---
4	5.40 : 5.80	49	3.06	2.10	20.20	0.55	128	84	42	569	2.15	1.84	539	---
5	5.80 : 6.00	76	4.75	2.10	20.20	0.55	183	95	49	777	2.21	1.94	770	---



**DSPH 2**  
Torre faro

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA											DIN	2
SUDDIVISIONE GEOTECNICA												
VALORI MINIMI												
Committente: Comune di Terni											U.M.: kg/cm <sup>2</sup>	Data esec.: 07/02/2023
Cantiere: PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"											Pagina: 1	
Località: TERNI(TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A											Elaborato:	Falda: Non rilevata
PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β	Nspt colpi	rp kg/cm <sup>2</sup>	qc kg/cm <sup>2</sup>	Vs m/sec	G kg/cm <sup>2</sup>	Q kg/cm <sup>2</sup>	natura	descrizione
1	0.00 : 1.20	minimo	2	1.52	3	19.7	17.7	82	29	0.99	Coes./Gran.	
2	1.20 : 4.00	minimo	3	1.52	5	27.3	22.8	118	43	1.37	Coes./Gran.	
3	4.00 : 4.80	minimo	27	1.52	41	213.3	192.0	206	234	10.67	Coes./Gran.	
4	4.80 : 5.00	minimo	50	1.52	76	370.6	333.6	234	384	18.53	Coes./Gran.	
NATURA COESIVA												
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	W %	e	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	φ °	E kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	Yd t/m <sup>3</sup>
1	0.00 : 1.20	3	0.19	1.78	44.21	1.19	28	11	22	214	1.86	1.38
2	1.20 : 4.00	5	0.31	1.83	39.28	1.06	33	18	24	230	1.88	1.41
3	4.00 : 4.80	41	2.56	2.10	20.20	0.55	112	76	40	507	2.10	1.77
4	4.80 : 5.00	76	4.75	2.10	20.20	0.55	183	95	49	777	2.21	1.94
NATURA GRANULARE												
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	W %	e	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	φ °	E kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	Yd t/m <sup>3</sup>
1	0.00 : 1.20	3	0.19	1.78	44.21	1.19	28	11	22	214	1.86	1.38
2	1.20 : 4.00	5	0.31	1.83	39.28	1.06	33	18	24	230	1.88	1.41
3	4.00 : 4.80	41	2.56	2.10	20.20	0.55	112	76	40	507	2.10	1.77
4	4.80 : 5.00	76	4.75	2.10	20.20	0.55	183	95	49	777	2.21	1.94

La prova **DPSH 3** (altra torre faro) è quella invece che ha raggiunto la maggiore profondità (-11.0 m), con uno potente strato di limi e sabbie fini fino a -7.0 m a cui seguono sabbie e ghiaie fino a -10.60 m e poi ghiaie addensate con rifiuto strumentale a -11.00 m.

Segue la tabella parametri geotecnici **DPSH 3**:

**DSPH 3**  
Torre faro

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA											DIN	3
SUDDIVISIONE GEOTECNICA												
VALORI MINIMI												
Committente: Comune di Terni											U.M.: kg/cm <sup>2</sup>	Data esec.: 07/02/2023
Cantiere: PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"											Pagina: 1	
Località: TERNI(TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A											Elaborato:	Falda: Non rilevata
PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β	Nspt colpi	rp kg/cm <sup>2</sup>	qc kg/cm <sup>2</sup>	Vs m/sec	G kg/cm <sup>2</sup>	Q kg/cm <sup>2</sup>	natura	descrizione
1	0.00 : 1.00	minimo	2	1.52	3	21.5	19.3	79	29	1.08	Coes./Gran.	
2	1.00 : 3.80	minimo	3	1.52	5	25.4	24.6	117	43	1.27	Coes./Gran.	
3	3.80 : 6.60	minimo	6	1.52	9	44.5	40.0	150	70	2.23	Coes./Gran.	
4	6.60 : 10.20	minimo	9	1.52	14	59.4	50.6	176	99	2.97	Coes./Gran.	
5	10.20 : 10.80	minimo	26	1.52	40	147.2	132.5	243	230	7.36	Coes./Gran.	
6	10.80 : 11.00	minimo	50	1.52	76	270.3	243.3	273	384	13.52	Coes./Gran.	
NATURA COESIVA												
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	W %	e	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	φ °	E kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	Yd t/m <sup>3</sup>
1	0.00 : 1.00	3	0.19	1.78	44.21	1.19	28	11	22	214	1.86	1.38
2	1.00 : 3.80	5	0.31	1.83	39.28	1.06	33	18	24	230	1.88	1.41
3	3.80 : 6.60	9	0.56	1.89	34.00	0.92	44	32	27	261	1.92	1.48
4	6.60 : 10.20	14	0.88	1.95	29.45	0.80	57	41	29	299	1.96	1.53
5	10.20 : 10.80	40	2.50	2.10	20.20	0.55	110	75	39	500	2.10	1.77
6	10.80 : 11.00	76	4.75	2.10	20.20	0.55	183	95	49	777	2.21	1.94
NATURA GRANULARE												
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	W %	e	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	φ °	E kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	Yd t/m <sup>3</sup>
1	0.00 : 1.00	3	0.19	1.78	44.21	1.19	28	11	22	214	1.86	1.38
2	1.00 : 3.80	5	0.31	1.83	39.28	1.06	33	18	24	230	1.88	1.41
3	3.80 : 6.60	9	0.56	1.89	34.00	0.92	44	32	27	261	1.92	1.48
4	6.60 : 10.20	14	0.88	1.95	29.45	0.80	57	41	29	299	1.96	1.53
5	10.20 : 10.80	40	2.50	2.10	20.20	0.55	110	75	39	500	2.10	1.77
6	10.80 : 11.00	76	4.75	2.10	20.20	0.55	183	95	49	777	2.21	1.94

Le altre 4 prove **DPSH** (la n 4,5,6,7), eseguite nell'intorno del fabbricato principale esistente nel **Campo Scuola** (visibile nello stralcio di planimetria a pag. 7), mostrano sempre la presenza dall'alto: di riporti per circa 1 m metreo, poi sabbie limi mediamente addensati, quindi ghiaie e sabbie ghiaiose (dep. alluvionali del Nera) dove si registra il rifiuto strumentale tra 6 e 9 m.

Seguono le tabelle di parametrizzazione geotecnica delle prove **DPSH** 4, 5, 6 e 7 con evidenziati la Densità Relativa (DR in %), l'angolo di attrito φ' dei vari orizzonti a resistenza omogenea, il peso specifico saturo γsat ed il γd secco (il valore del gamma naturale è in genere intermedio tra γsat e γd).



DSPH 4  
Edificio  
Campo scuola

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA											DIN		4		
SUDDIVISIONE GEOTECNICA											VALORI MINIMI				
Committente: Comune di Terni											U.M.: kg/cm²		Data esec.: 07/02/2023		
Cantiere: PNRR-DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"											Pagina: 1				
Località: TERNI(TR)-Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A											Elaborato:		Falda: Non rilevata		
PARAMETRI GENERALI															
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β	Nspt colpi	rpq kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione			
1	0.00 : 1.40	minimo	1	1.52	2	9.9	8.9	78	21	0.50	Coes./Gran.				
2	1.40 : 2.00	minimo	3	1.52	5	27.3	24.6	109	43	1.37	Coes./Gran.				
3	2.00 : 6.40	minimo	3	1.52	5	23.7	21.3	130	43	1.19	Coes./Gran.				
4	6.40 : 7.60	minimo	1	1.52	2	6.6	5.9	122	21	0.33	Coes./Gran.				
5	7.60 : 8.80	minimo	14	1.52	21	87.5	78.8	190	137	4.38	Coes./Gran.				
6	8.80 : 9.00	minimo	50	1.52	76	297.1	267.4	263	384	14.86	Coes./Gran.				
NATURA COESIVA															
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e	Mo kg/cm²	NATURA GRANULARE							
								Dr %	θ °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -	
1	0.00 : 1.40	2	0.13	1.75	46.91	1.27	25	8	20	207	1.85	1.36	93	---	
2	1.40 : 2.00	5	0.31	1.83	39.28	1.06	33	18	24	230	1.88	1.41	127	---	
3	2.00 : 6.40	5	0.31	1.83	39.28	1.06	33	18	24	230	1.88	1.41	127	---	
4	6.40 : 7.60	2	0.13	1.75	46.91	1.27	25	8	20	207	1.85	1.36	93	---	
5	7.60 : 8.80	21	1.31	2.03	23.98	0.65	71	52	33	353	2.00	1.60	301	---	
6	8.80 : 9.00	76	4.75	2.10	20.20	0.55	183	95	49	777	2.21	1.94	770	---	

DSPH 5  
Edificio  
Campo scuola

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA											DIN	5
SUDDIVISIONE GEOTECNICA											VALORI MINIMI	
Committente: <b>Comune di Terni</b>									U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data esec.: 07/02/2023		
Cantiere: <b>PNRR -DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"</b>									Pagina: 1			
Località: <b>TERNI(TR)- Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A</b>									Elaborato:	Falda: Non rilevata		

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpq kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0.00 : 1.00	minimo	2	1.52	3	21.5	19.3	79	29	1.08	Coes./Gran.	
2	1.00 : 3.00	minimo	2	1.52	3	18.2	16.4	103	29	0.91	Coes./Gran.	
3	3.00 : 5.80	minimo	7	1.52	11	55.3	49.8	150	82	2.77	Coes./Gran.	
4	5.80 : 6.80	minimo	31	1.52	47	211.1	194.8	226	261	10.56	Coes./Gran.	
5	6.80 : 7.00	minimo	50	1.52	76	329.8	296.9	250	384	16.49	Coes./Gran.	

NATURA COESIVA								NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e	Mo kg/cm²	Dr %	φ °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0.00 : 1.00	3	0.19	1.78	44.21	1.19	28	11	22	214	1.86	1.38	105	---
2	1.00 : 3.00	3	0.19	1.78	44.21	1.19	28	11	22	214	1.86	1.38	105	---
3	3.00 : 5.80	11	0.69	1.91	32.11	0.87	50	37	28	276	1.94	1.51	196	---
4	5.80 : 6.80	47	2.94	2.10	20.20	0.55	124	82	42	554	2.14	1.82	522	---
5	6.80 : 7.00	76	4.75	2.10	20.20	0.55	183	95	49	777	2.21	1.94	770	---

DSPH 6  
Edificio  
Campo scuola

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA										DIN	6	
SUDDIVISIONE GEOTECNICA										VALORI MINIMI		
Committente: <b>Comune di Terni</b>										U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data esec.: <b>07/02/2023</b>	
Cantiere: <b>PNRR -DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"</b>										Pagina: <b>1</b>	Falda: <b>Non rilevata</b>	
Località: <b>TERNI (TR) -Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A</b>										Elaborato:		
PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β	Nspt colpi	rpq kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0.00 : 1.00	minimo	3	1.52	5	32.2	29.0	86	43	1.61	Coes./Gran.	
2	1.00 : 3.40	minimo	5	1.52	8	45.5	41.0	124	63	2.28	Coes./Gran.	
3	3.40 : 7.80	minimo	8	1.52	12	55.8	50.3	160	83	2.79	Coes./Gran.	
4	7.80 : 8.80	minimo	32	1.52	49	190.2	180.1	240	270	9.51	Coes./Gran.	
5	8.80 : 9.00	minimo	50	1.52	76	297.1	267.4	263	384	14.86	Coes./Gran.	
NATURA COESIVA												
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e	Mo kg/cm²	Dr %	θ °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³
1	0.00 : 1.00	5	0.31	1.83	39.28	1.06	33	18	24	230	1.88	1.41
2	1.00 : 3.40	8	0.50	1.87	34.98	0.94	41	26	26	253	1.91	1.46
3	3.40 : 7.80	12	0.75	1.92	31.20	0.84	52	38	28	284	1.94	1.52
4	7.80 : 8.80	49	3.06	2.10	20.20	0.55	128	84	42	569	2.15	1.84
5	8.80 : 9.00	76	4.75	2.10	20.20	0.55	183	95	49	777	2.21	1.94
NATURA GRANULARE												
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e	Mo kg/cm²	Dr %	θ °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³
1	0.00 : 1.00	5	0.31	1.83	39.28	1.06	33	18	24	230	1.88	1.41
2	1.00 : 3.40	8	0.50	1.87	34.98	0.94	41	26	26	253	1.91	1.46
3	3.40 : 7.80	12	0.75	1.92	31.20	0.84	52	38	28	284	1.94	1.52
4	7.80 : 8.80	49	3.06	2.10	20.20	0.55	128	84	42	569	2.15	1.84
5	8.80 : 9.00	76	4.75	2.10	20.20	0.55	183	95	49	777	2.21	1.94



**DSPH 7**  
Edificio  
Campo scuola

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA										DIN		7	
SUDDIVISIONE GEOTECNICA										VALORI MINIMI			
Committente: <b>Comune di Terni</b>										U.M.: <b>kg/cm²</b>		Data esec.: <b>07/02/2023</b>	
Cantiere: <b>PNRR -DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"</b>										Pagina: <b>1</b>			
Località: <b>TERNI(TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A</b>										Elaborato:		Falda: <b>Non rilevata</b>	

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0.00 : 0.80	minimo	2	1.52	3	21.5	19.3	76	29	1.08	Coes./Gran.	
2	0.80 : 2.00	minimo	3	1.52	5	29.6	26.6	105	43	1.48	Coes./Gran.	
3	2.00 : 4.40	minimo	3	1.52	6	23.7	22.8	123	43	1.19	Coes./Gran.	
4	4.40 : 5.80	minimo	16	1.52	24	118.6	106.7	177	153	5.93	Coes./Gran.	
5	5.80 : 6.00	minimo	50	1.52	76	349.1	314.1	243	384	17.46	Coes./Gran.	

NATURA COESIVA													NATURA GRANULARE				
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m²	W %	e	Mo kg/cm²	Dr %	φ °	E kg/cm²	Ysat t/m²	Yd t/m²	Mo kg/cm²	Liq. -			
1	0.00 : 0.80	3	0.19	1.78	44.21	1.19	28	11	22	214	1.86	1.38	105	---			
2	0.80 : 2.00	5	0.31	1.83	39.28	1.06	33	18	24	230	1.88	1.41	127	---			
3	2.00 : 4.40	6	0.31	1.83	39.28	1.06	33	18	24	230	1.88	1.41	127	---			
4	4.40 : 5.80	24	1.50	2.07	21.91	0.59	77	56	34	376	2.01	1.63	326	---			
5	5.80 : 6.00	76	4.75	2.10	20.20	0.55	183	95	49	777	2.21	1.94	770	---			

## INDAGINI GEOFISICHE – SISMICHE MULTICANALE IN ONDE DI SUPERFICIE MASW

### STRUMENTAZIONE UTILIZZATA Sorgente meccanica

La sorgente sismica utilizzata è un sistema che comprende una mazza del peso di 8 kg battente trasversalmente su traversina di legno dotata lateralmente di piastre rigide in PE; il tutto per generare prevalentemente onde di taglio SH e Love.

### Sistema di ricezione dei segnali

Il sistema di ricezione dei segnali generati con le energizzazioni è costituito da n. 12 geofoni orizzontali (da 4.5 Hz, ad alta sensibilità) con asse disposto perpendicolarmente alla direzione dello stendimento, cioè dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche, prodotte dalla specifica sorgente.

- Geofoni verticali utilizzati per indagini MASW "Sunfull":
  - Tipo: SS-4.5N
  - Frequenza naturale (Hz):  $4.5 \pm 10\%$
  - Coil resistance ( $\Omega$ ):  $375 \pm 5\%$
  - Damping:  $0.6 \pm 5\%$
  - Intrinsic voltage sensitivity (v/m/s):  $80 \pm 5\%$
  - Harmonic distortion (%):  $\leq 0.2\%$
  - Mass Moving (g): 11.3
  - Typical case to coil motion p-p: 4 (mm)
  - Operating temperature range ( $^{\circ}\text{C}$ ): -40 to +100
  - Height (mm): 36
  - Diameter (mm): 25.4
  - Weight (g): 86

### Sismografo

Per l'acquisizione dei segnali generati è stato utilizzato il sismografo GEA24 della ditta PASI S.r.l. GEA24 è un compatto sismografo 24 canali (serializzabile fino a 48 can.) con scheda di acquisizione 24 bit e interfaccia USB per PC esterno. Adatto per tutte le applicazioni di sismica attiva multicanale (MASW, RIFRAZIONE, HVSR, DOWNHOLE e CROSSHOLE) e passiva multicanale (HVSR, ESAC, MAAM, SPAC etc.) una volta collegato al PC, tablet o notebook, GEA24 si trasforma in uno strumento per indagini geofisiche semplice da utilizzare, ma dalle performance ai massimi livelli. Non c'è bisogno della batteria 12V esterna (pesante ed ingombrante): GEA24 consuma pochissimo e viene alimentata direttamente da PC. GEA24 può acquisire utilizzando geofoni con qualsiasi frequenza di risonanza (anche 1Hz).

### Caratteristiche tecniche generali del Sismografo multicanale GEA24 della PASI srl:



- **Numero di canali:** 24 canali + trigger (can. AUX)
- **Conversione Dati:** Convertitore Analogico/Digitale Sigma-Delta 24 bit reali (compatibile con geofoni analogici a qualsiasi frequenza di risonanza)
- **Stacking:** Numero di stacking illimitato
- **Impedenza di ingresso:** 2M $\Omega$  // 22nF
- **Range Dinamico:** 144dB (sistema); >117dB (istantaneo, misurato @1ksps)
- **Distorsione:** 0.007% @16kHz
- **Trigger:** Contatto normalmente chiuso, normalmente aperto (es. per uso con esplosivo), segnale analogico (geofono starter, starter piezoelettrico), trigger TTL. Sensibilità del trigger regolabile via software



**Figura:** Configurazione strumentazione per acquisizione con sismografo GEA24.

### Trigger (start)

Il sistema che avvia la ricezione dei segnali (collocato al di sopra del peso della mazza utilizzata per energizzare) è costituito da un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la mazza colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.

### CENNI TEORICI TECNICA "MASW"

La metodologia di analisi attiva della propagazione delle onde di superficie con utilizzo di più canali (Multichannel Analysis of Surface Waves), è una tecnica di indagine non invasiva che permette anche di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$ , sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo. In un mezzo stratificato le onde di superficie sono dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. And Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) delle onde di Rayleigh e di Love dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile in generale al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più epidermica del suolo, mentre onde a bassa frequenza si propagano con elevate lunghezze d'onda interessando gli strati più profondi. Il metodo di indagine qui utilizzato è di tipo attivo, multicanale e multi-offset in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo tramite energizzazione (massa battente) e misurate da uno stendimento lineare di sensori (geofoni) posti a distanza regolare dalla sorgente. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh e/o di Love rispetto ad altri tipi di segnali.

Pertanto, attraverso tale trattazione, è possibile passare dalle tracce registrate (nel dominio tempo-spazio) allo spettro di velocità di fase delle onde di superficie (Rayleigh o Love) nel dominio frequenza – velocità (di fase), determinato via "*phase shift*"; le



curve che uniscono i massimi in ampiezza dei valori  $f-v$  sono dette curve di dispersione modali. La tecnica permette di analizzare frequenze in genere comprese tra i 2-60 Hz e quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa tra i 10m ed i 50m (in funzione della rigidità del suolo, delle caratteristiche della sorgente, ma soprattutto della lunghezza dello stendimento sismico). Per l'elaborazione dei dati di campo è stato utilizzato il software *WINMASW Academy 2019 release version* che consente di gestire il sismogramma digitale, selezionare le tracce utili, eseguire l'analisi spettrale  $f-v$ , ed effettuare le procedure di inversione per il riconoscimento del profilo  $V_s$  (attraverso il metodo FVS – Full Velocity Spectrum). Lo scopo dell'intera procedura di inversione è identificare il modello geotecnico (profilo  $V_s$  del terreno) che meglio riproduce lo spettro sperimentale "osservato" (ovvero le curve modali "osservate"); tale modello sarà evidentemente caratterizzato dal minor errore di adattamento (misfit o funzione obiettivo), che in questo caso è rappresentato dalla deviazione standard tra le velocità di fase osservate e quelle calcolate. I limiti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali ed omogenei, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata anche dalla presenza di pendenze significative. Si ricorda comunque che la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira generalmente attorno al 10-20 %.

#### 4.0.2 CARATTERISTICHE DEGLI STENDIMENTI SISMICI

Il sito per caratteristiche ambientali e di estensione ha reso possibile l'esecuzione di n. 2 stendimenti sismici lineari denominati "MW1"- "MW2" con utilizzo di sismografo PASI GEA24 a 12 canali; a ciascun canale è stato collegato un ricevitore (geofono) orizzontale con asse disposto

perpendicolarmente alla direzione dello stendimento (T, Trasversal component) in modo da poter acquisire le onde di Love; a tale fine l'energizzazione è avvenuta percuotendo orizzontalmente la traversina di legno dotata di piastre rigide in PE ai lati (HF, Horizontal Force); il tutto come da schema esemplificativo riportato a lato.

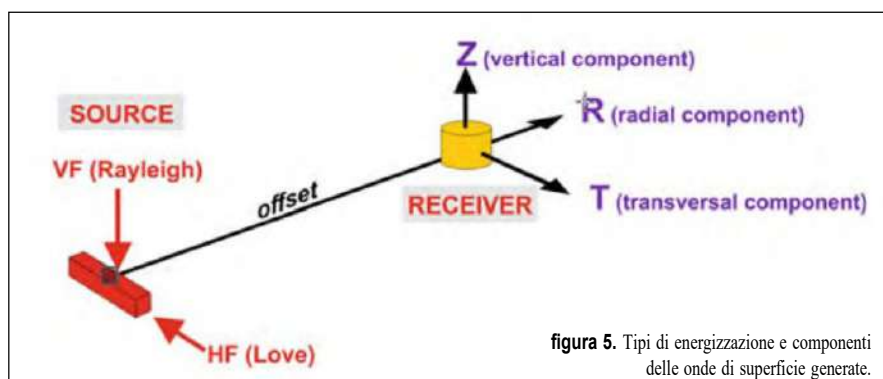


figura 5. Tipi di energizzazione e componenti delle onde di superficie generate.

La lunghezza di ciascuno degli stendimenti è stata di 55.0 m con:

- offset minimo a 5.0 m dal geofono G1 (shot01),
- offset minimo a 5.0 m dal geofono G12 (shot 02),
- distanza inter-geofonica pari a 5.0 m.

Per l'analisi della propagazione e dispersione delle onde di Love (THF), sono state effettuate diverse registrazioni successivamente sottoposte ad operazione di stacking in modo da minimizzare il rumore ambientale; i file ottenuti sono stati salvati in formato ".sg2".

Tutte le specifiche caratteristiche e documentazione fotografica delle indagini geofisiche attive multicanale "MW1-MW2"

realizzate sono consultabili negli specifici fogli di campagna (ALLEGATO 3).



## RISULTATI Indagine “MW1”

### Profilo VS di sito

In ALLEGATO 3 è riportato il profilo VS di sito ottenuto partendo dall’analisi della dispersione delle onde di Love (THF). I segnali acquisiti nel dominio spazio-tempo sono stati elaborati con analisi spettrale 2D al fine di identificare lo spettro di velocità (di fase) delle onde di Love via “phase shift” (spettro THF). Successivamente, partendo da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson e velocità delle onde S, attraverso un processo di INVERSIONE TOTALE DELLO SPETTRO (metodo FVS), si è cercato il profilo VS di sito che meglio sovrappone (confronta) lo spettro di velocità registrato allo spettro sintetico, ovvero i massimi f-v dello spettro registrato (curve modali) alle curve modali sintetiche (da inversione). Di sotto si riporta la tabella sismostratigrafica di sintesi che individua il possibile profilo VS di sito riconosciuto con l’indagine “MW1”.

INDAGINE "MW1" - TABELLA SISMOSTRATIGRAFICA DI SINTESI (Mean model)			
SISMOSTRATO	Profondità [m]	Spessore [m]	V <sub>s</sub> [m/sec]
1	0.30	0.30	157.00
2	0.80	0.50	201.00
3	2.80	2.00	271.00
4	4.90	2.10	317.00
5	9.30	4.40	641.00
6	15.70	6.40	688.00
7	SOTTO 15.70 m		779.00

### Calcolo VS,eq

In funzione del profilo VS individuato, in base a quanto riportato nel §3.2.2 delle NTC 2018, è stato anche eseguito il calcolo della VS,eq quale VS,30 (per ASSENZA di bedrock sismico entro 30 m dal p.c.). Il calcolo è stato effettuato al p.c. attuale (0.00 m).

NTC 2018		Calcolo $V_{S,30} - V_{S,eq}$		
$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$		Bedrock sismico NON PRESENTE entro 30.0 m dal p.c.		
$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]}$		profondità piano fondale da p.c. (m)	$V_{S,30}$ (m/s)	$V_{S,eq}$ (m/s)
con:		0.00	567	-
hi - spessore iesimo strato	N - numero di strati			
$V_{S,i}$ - velocità delle onde di taglio dell' i-esimo strato				
profondità del substrato, definito come quella formazione di roccia,H - caratterizzata da $V_S$ non inferiore di 800 m/s				

### Indagine “MW2” - Profilo VS di sito

In ALLEGATO 3 è riportato il profilo VS di sito ottenuto partendo dall’analisi della dispersione delle onde di Love (THF). I segnali acquisiti nel dominio spazio-tempo sono stati elaborati con analisi spettrale 2D al fine di identificare lo spettro di velocità (di fase) delle onde di Love via “phase shift” (spettro THF). Successivamente, partendo da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson e velocità delle onde S, attraverso un processo di INVERSIONE TOTALE DELLO SPETTRO (metodo FVS), si è cercato il profilo VS di sito che meglio sovrappone (confronta) lo spettro di velocità registrato allo spettro sintetico, ovvero i massimi f-v dello spettro registrato (curve modali) alle curve modali sintetiche (da inversione). Di sotto si riporta la tabella sismostratigrafica di sintesi che individua il possibile profilo VS di sito riconosciuto con l’indagine “MW2”.



INDAGINE "MW2" - TABELLA SISMOSTRATIGRAFICA DI SINTESI (Mean model)			
SISMOSTRATO	Profondità [m]	Spessore [m]	V <sub>s</sub> [m/sec]
1	0.30	0.30	164.00
2	0.80	0.50	212.00
3	2.90	2.10	296.00
4	6.80	3.90	322.00
5	11.20	4.40	612.00
6	17.60	6.40	700.00
7	SOTTO 17.60 m		758.00

Calcolo  $V_{s,eq}$

In funzione del profilo  $V_s$  individuato, in base a quanto riportato nel §3.2.2 delle NTC 2018, è stato anche eseguito il calcolo della  $V_{s,eq}$  quale  $V_{s,30}$  (per ASSENZA di bedrock sismico entro 30 m dal p.c.). Il calcolo è stato effettuato al p.c. attuale (0.00 m).

NTC 2018		Calcolo $V_{S,30} - V_{S,eq}$				
$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$	$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]}$	Bedrock sismico NON PRESENTE entro 30.0 m dal p.c.				
		profondità piano fondale da p.c. (m)	$V_{S,30}$ (m/s)	$V_{S,eq}$ (m/s)		
		0.00	535	-		
					con:	
					hi - spessore iesimo strato	N - numero di strati
$V_{S,i}$ - velocità delle onde di taglio dell' i-esimo strato						
profondità del substrato, definito come quella formazione di roccia, H - caratterizzata da $V_S$ non inferiore di 800 m/s						

IN CONCLUSIONE DELLE INDAGINI SISMICHE MASW , ai sensi del paragrafo 3.2.2 delle NTC 2018, si è ottenuto un profilo di suolo di classe B.

## SISMICITA' - DETERMINAZIONE DELLE AZIONI SISMICHE

In base all'ordinanza del Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 il Comune di Terni è inserito tra le località sismiche con classe di sismicità 2 (Gazzetta Ufficiale n. 105 del 2 del 08-05-2003 S.O. n.72).

Nella fase di progetto si dovrà tenere conto del nuovo vincolo sismico e della nuova legislazione vigente in materia di progettazione. Per completezza dei riferimenti normativi, si ricordano comunque le ulteriori disposizioni emanate successivamente al DPCM 3274/2003:

- “Nuova Normativa Antisismica – Ordinanza n° 3316 “Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003”
- “Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003” Ordinanza n° 3431.
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14 Settembre 2005 “Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- Il DM 14.01.2009 NTC 2008 ed il recente D.M. 17.1.2018 - Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni.
- -IL DM 17-01-2018 o NTC 2018



## DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Per la determinazione dell'azione sismica di progetto si propone in questa relazione un primo approccio all'argomento, ovvero la determinazione secondo un approccio semplificato di normativa. Tuttavia si sottolinea che è compito del Progettista definire i parametri dipendenti che definiscono poi correttamente la valutazione dell'azione sismica di progetto in quanto allo stesso Progettista la Normativa chiede di individuare parametri che lo scrivente non conosce e che possono modificare anche di molto l'entità dello Spettro elastico di progetto, ovvero:

- Classe d'uso delle strutture Cu (edifici con funzioni pubbliche e affollamenti significativi?)
- Vita di riferimento Vr e Vita nominale Vn
- Tipo di Struttura (muratura, C.A., acciaio ecc.)

Pertanto si ritiene che la definizione ultima dell'azione sismica di progetto debba essere indicata dal progettista secondo i parametri qui sopra indicati che possono confermare una classe d'uso II con Vn 50 anni o Classe d'uso III (e Vn eventualmente anche diversa da 50 anni).

Vengono qui a seguire indicate comunque le caratteristiche fondamentali che le NTC 2018 chiede:

- Per il Comune di Terni la normativa relativa al DPCM 3274/2003 assegna un valore di accelerazione orizzontale di picco su suolo rigido di categoria A pari a 0.25 ag/g;
- In riferimento alla nuova normativa antisismica (D.M. 17/1/2018), redatta sulla base dell'Eurocodice 8, la categoria di suolo (già indicate nella OPCM 3274), qui presente è la **B**, ovvero *“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.*
- Quanto agli aspetti morfologici, in considerazione della topografia pianeggiante, si consideri un incremento del coefficiente di amplificazione sismica da motivi topografici (categoria topografica T1 ovvero con pendenze comprese tra 15° e 0° sull'orizzontale).

il Funzionario Tecnico

Dott. Paolo Paccara - Geologo



## ALLEGATI ALLA RELAZIONE:

- Report indagini geotecniche e geofisiche Ditta “Terra Snc”



# Regione Umbria

PROVINCIA DI TERNI

## COMUNE DI TERNI

Progetto:

### ADEGUAMENTO, MESSA IN SICUREZZA E RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEL CAMPO DI ATLETICA CAMPO SCUOLA "F. CASAGRANDE"

LOCALITA' TERNI - LARGO ATLETI AZZURRI D'ITALIA 1A

NTC: FOGLIO N. 114 - PARTICELLA N. 142

Oggetto:

### REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE



Committente: Comune di Terni

Data esecuzione: 07 Febbraio 2023



**Terra S.n.c. Servizi al territorio**  
di R. Ficiarà, Paolo Bartoccini & C.

via comunale V. Veneto n. 48  
06055 - PAPIANO (PG)

**RECAPITI**

tel. 0758795142 - 0758089539  
fax: 0757823018  
mobile: 3339177996  
mail: info@laboratoriogeotecnico.it

Laboratorio aut. D.M. n° 2612 del  
26/03/2010

Settore A (prove di laboratorio su terreni  
con estensione prova di carico su pali)

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

  
**PAOLO BARTOCCINI**

RESPONSABILE DI CANTIERE

  
**PIAGNANI GIORGIO**  
ALBO  
351  
REGIONE UMBRIA

**DOTT. GEOL. GIORGIO PIAGNANI**



<b>1.0 PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
1.1 ELABORATI E ALLEGATI .....	2
<b>2.0 UBICAZIONE INDAGINI .....</b>	<b>2</b>
<b>3.0 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE (PROVE IN SITU).....</b>	<b>3</b>
3.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI.....	3
3.1.1 <i>Strumentazione e attrezzatura utilizzata</i> .....	3
3.1.2 <i>Cenni teorici</i> .....	4
3.1.3 <i>Risultati ed elaborazioni per fini litostratigrafici e geotecnici</i> .....	4
<b>4.0 INDAGINI GEOFISICHE .....</b>	<b>5</b>
4.1 INDAGINI PASSIVE A STAZIONE SINGOLA.....	5
4.1.1 <i>Strumentazione utilizzata</i> .....	5
4.1.2 <i>Cenni teorici tecnica "HVSr"</i> .....	5
4.1.3 <i>Risultati</i> .....	8
4.2 INDAGINI ATTIVE MULTICANALE DI SUPERFICIE.....	9
4.2.1 <i>Strumentazione utilizzata</i> .....	9
4.2.1.1 <i>Sorgente meccanica per generazione onde di superficie</i> .....	9
4.2.1.2 <i>Sistema di ricezione dei segnali</i> .....	9
4.2.1.3 <i>Sismografo</i> .....	9
4.2.1.4 <i>Trigger (start)</i> .....	10
4.2.2 <i>Cenni teorici tecnica "MASW"</i> .....	10
4.2.3 <i>Caratteristiche degli stendimenti sismici</i> .....	11
4.2.4 <i>Risultati</i> .....	12
4.2.4.1 <i>Indagine "MW1"</i> .....	12
4.2.4.2 <i>Indagine "MW2"</i> .....	13
<b>5.0 CONCLUSIONI.....</b>	<b>14</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>15</b>





## 1.0 PREMESSA

Su incarico del COMUNE DI TERNI è stata eseguita una campagna di indagine geognostica, geotecnica e geofisica per il progetto di:

### ADEGUAMENTO, MESSA IN SICUREZZA E RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEL CAMPO DI ATLETICA CAMPO SCUOLA "F. CASAGRANDE"

impianto sportivo ubicato nel comune di Terni (TR), loc. Terni, Largo Atleti d'Italia 1A, su area censita al vigente catasto al Foglio n. 114, Particella n. 142.

La campagna di indagine geognostica e geotecnica è stata effettuata il 07 Febbraio 2023 secondo il seguente cronoprogramma:

- esecuzione n. 7 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH denominate "DIN1-DIN2-DIN3-DIN4-DIN5-DIN6-DIN7".

La campagna di indagine geofisica è stata sempre effettuata il 07 Febbraio 2023 secondo il seguente cronoprogramma:

- esecuzione n. 1 indagine passiva a stazione singola con tecnica dei rapporti spettrali di Nakamura "HVSr" (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), denominata "HVSr1";
- esecuzione n. 2 INDAGINI ATTIVE MULTICANALE "MASW" (Multichannel Analysis of Surface Waves) mediante analisi della dispersione delle onde di Love (THF), denominate "MW1-MW2".

## 1.1 ELABORATI E ALLEGATI

Si allegano alla presente relazione:

### UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

**TAVOLA A:** - Foto aerea con ubicazione indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche scala 1:500

### INDAGINI GEOGNOSTICHE (PROVE IN SITU)

**ALLEGATO 1:** - Report prove penetrometriche dinamiche superpesanti "DPSH":

### INDAGINI GEOFISICHE PASSIVE A STAZIONE SINGOLA

**ALLEGATO 2:** - Report indagine "HVSr1"  
- Foglio di campagna indagine "HVSr1"

### INDAGINI GEOFISICHE ATTIVE MULTICANALE "MASW" IN ONDE DI LOVE (THF)

**ALLEGATO 3:** - Report indagine "MW1"  
- winMASW report inversione "MW1"  
- Foglio di campagna indagine "MW1"  
  
- Report indagine "MW2"  
- winMASW report inversione "MW2"  
- Foglio di campagna indagine "MW2"

## 2.0 UBICAZIONE INDAGINI

L'ubicazione generale del sito oggetto di indagine è consultabile nell'aerofotogrammetria riportata nella testata del presente rapporto. L'inquadramento di dettaglio con ubicazione dei punti di indagine è invece consultabile in **TAVOLA A**. La documentazione fotografica e le coordinate GPS WGS84 che identificano i punti specifici di esecuzione delle indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche, sono riportate e consultabili negli specifici report allegati.



**TERRA S.n.c.**  
Via Comunale Vittorio Veneto 48  
04055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142  
info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010



### 3.0 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE (PROVE IN SITU)

#### 3.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI

La tabella sottostante riporta la sigla e la lunghezza di ciascuna delle n. 7 prove penetrometriche dinamiche superpesanti "DPSH" eseguite, la cui ubicazione è consultabile in TAVOLA A.

Tipo Prova Penetrometrica	Sigla Prova	Profondità (m da p.c.)	Quota falda (m da p.c.)
dinamica superpesante DPSH	DIN1	6.00	non presente
	DIN2	5.00	non presente
	DIN3	11.00	non presente
	DIN4	9.00	non presente
	DIN5	7.00	non presente
	DIN6	9.00	non presente
	DIN7	6.00	non presente

#### 3.1.1 STRUMENTAZIONE E ATTREZZATURA UTILIZZATA

Per l'esecuzione delle prove è stato utilizzato un penetrometro ISSMFE PAGANI mod. TG 63-200 kN semovente su cingoli. Di seguito si riportano le caratteristiche tecniche dell'attrezzatura utilizzata ed il coefficiente  $\beta$  della sonda che permette di correlare il N di colpi per tratto di avanzamento (20 cm –  $N_{20}$ ), con il valore di riferimento della prova in foro  $N_{spt}$ . Tutte le prove si sono fermate per rifiuto strumentale ( $N_{20} > 50$ ).



Figura 1. Penetrometro utilizzato

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	M = 63.5	Kg
Altezza di caduta libera	H = 75	cm
Peso sistema di battuta	M' = 0.63	Kg
Diametro punta conica	D = 51.0	mm
Area di base punta	A = 20.00	cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	La = 100	cm
Peso aste a metro	Ma = 6.31	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	P1 = 40	cm
Avanzamento punta	$\delta$ = 20	cm
Numero colpi per punta	N(20) relativo a 20 cm di avanzamento	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	$\alpha$ = 90	°

#### Correlazione con valori $N_{spt}$

Dai dati forniti dalla ditta  $Q/Q_{spt} = N_{20}/N_{spt} = \beta t = 1.51$

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

Formula Olandese

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

$R_{pd}$  - resistenza dinamica punta (area A)

M - peso massa battente (altezza caduta H)

e - infissione media per colpo ( $\delta/N$ ).

P peso totale (M + M' + Ma, peso Massa battente + sistema battuta + peso aste)



**TERRA S.n.c.**  
Via Comunale Vittorio Veneto 48  
04055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142  
info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010



### 3.1.2 CENNI TEORICI

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere 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.

Per fini geotecnici si ricorda che tutte le prove penetrometriche nascono come prove di correlazione di dati diretti e che andrebbero tarate con indagini dirette quali sondaggi geognostici, analisi granulometriche e geotecniche di laboratorio.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante software dedicato e consultabili in **ALLEGATO 1** dove sono riportati:

- i valori numerici e grafici del numero di colpi per gli specifici tratti di avanzamento,
- i valori della resistenza dinamica alla penetrazione RPD definita con la formula Olandesi, per gli specifici tratti di avanzamento.

Il programma calcola anche il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con prova SPT) proprio per poter effettuare correlazioni di natura litotecnica, litostratigrafica e geotecnica.

### 3.1.3 RISULTATI

In **ALLEGATO 1** sono riportati gli specifici risultati di ciascuna prova eseguita oltre a delle possibili elaborazioni per fini litostratigrafici e geotecnici dei dati derivati (con riconoscimento di potenziali livelli a comportamento geologico-geotecnico "omogeneo").





## 4.0 INDAGINI GEOFISICHE

### 4.1 INDAGINI PASSIVE A STAZIONE SINGOLA

#### 4.1.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le indagini geofisiche a stazione singola con metodo dei rapporti spettrali HVSR sono state eseguite con sismografo a trasmissione digitale SR04-GEOBOX dotato di terna velocimetrica interna da 2.0 Hz, prodotto dalla ditta *SARA Electronic Instruments s.r.l.* Il digitalizzatore SR04 a 3 canali (3 componenti N-S, E-O e Verticale) e 24 bit è uno strumento ad alte prestazioni in grado di acquisire il segnale sismico per misure sismologiche, geofisiche nonché per l'esecuzione di prove HVSR (Nakamura). Geobox viene gestito dal modulo software SISMOLOG-MT della suite GEOEXPLORER (versione 1.4.3) della ditta *SARA Electronic Instruments s.r.l.*, attraverso il quale si può trasformare un comune notebook in una stazione sismica performante che permette di eseguire sia elaborazioni vibrometriche che spettrometriche (es. in accordo alle norme UNI 9916 o 9614).

##### Caratteristiche tecniche generali SARA GEOBOX SR 04

Alimentazione: batteria interna ricaricabile, consumo minore di 1W  
 Numero canali ed a/d converter: 3 (SD) dinamica di 144dB (24 bit effettivi fra 0.1 e 10Hz, ENOB)  
 Sensibilità: con velocimetri da 4.5Hz: < 1 nanometro/secondo per count  
 Campionamento: simultaneo sui tre canali a 10, 20, 50, 100, 200, 300, 400, 480, 600Hz  
 Real Time Clock: Sincronizzato da GPS via PPS modulato (su richiesta)  
 Precisione RTC: +/-10ppm fra -20/+50°C (+/-40ms rispetto ad UTC)  
 Antenna GPS: assente  
 Interfaccia dati: RS232 con cavo da 8 metri e adattatore USB in dotazione  
 Contenitore: Monoblocco in alluminio IP66  
 Dimensioni e peso: 155x140x110 mm 3.1kg con sensori da 4.5Hz  
 Temperatura operativa: -20/+50°C  
 Conformità: CE



Figura 2. Strumento utilizzato per indagini HVSR

#### 4.1.2 CENNI TEORICI TECNICA "HVSR"

Le vibrazioni sismiche ambientali (rumore sismico) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di  $10^{-4}$  -  $10^{-2}$  mm (Okada, 2003). In riferimento al contenuto in frequenza, il rumore sismico è anche detto microtremore se contiene alte frequenze (in genere maggiori di 0.5 Hz) e microsisma per basse frequenze. Per quanto riguarda l'origine del rumore sismico, è certo che le sorgenti dei microsismi sono le perturbazioni atmosferiche sugli oceani che si propagano come onde superficiali sui continenti, mentre le sorgenti dei microtremori sono le attività antropiche come il traffico veicolare, le attività industriali etc. e si propagano come onde superficiali. Le misure puntuali di rumore sismico possono essere utilizzate per la stima sia degli effetti di sito, sia degli effetti sulle costruzioni nel rispetto della normativa che ne stabilisce la soglia massima (UNI9916).

In relazione agli effetti di sito, l'analisi delle misure di rumore sismico può essere condotta con tre metodi:

- Spettri di Fourier,
- Rapporti spettrali,
- Rapporti spettrali H/V.

Tra questi quello che sembra fornire i risultati migliori è quello dei Rapporti spettrali H/V noto anche come metodo HVSR o metodo di Nakamura. La tecnica dei rapporti H/V consiste nel calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore nel piano orizzontale H (generalmente lo spettro H viene calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW) e della componente verticale V. Il metodo è applicabile alle misure di rumore registrate in una singola stazione posta su coperture.

Il metodo è stato introdotto da scienziati giapponesi agli inizi degli anni '70, tra i quali Nogoshi e Igarashi (1971) e Shiono et al. (1979), che indagarono sul significato fisico del rapporto H/V.



**TERRA S.n.c.**  
 Via Comunale Vittorio Veneto 48  
 04055 Papierno (PG)  
 tel: 075 8089539 - 075 8795142  
 info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON  
 SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
 UNI EN ISO 9001:2015  
 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
 Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
 D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010



Essi conclusero che il picco massimo di ampiezza si verifica alla frequenza di risonanza fondamentale, che segna il contrasto di rigidità tra terreni di copertura e sottostante bedrock (o terreni a maggiore rigidità).

Tale tecnica, ampiamente utilizzata da anni nel settore sismologico, di recente viene sempre più impiegata in campo geotecnico ed ingegneristico per derivare i seguenti parametri:

- la frequenza fondamentale di risonanza  $f_0$  dei terreni presenti nel sottosuolo;
- la stima del profilo del terreno in termini delle velocità Vs attraverso opportuni metodi di inversione,
- la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio e i relativi modi di vibrare.

I pregi fondamentali di tale tecnica sono:

- possibilità di operare in spazi molto ristretti in quanto i rilievi vengono eseguiti a "stazione singola";
- la presenza di rumore ambientale non disturba il rilievo sismico a meno che questo non sia presente in modo costante e continuo per tutta la durata del singolo rilievo;
- non necessita di energizzazioni al di fuori del rumore sismico ambientale sempre presente,
- permette di raggiungere grandi profondità e permette di rilevare la presenza di inversioni di velocità nel sottosuolo.

Il progetto *SESAME - Site EffectS Assessment using AMBient Excitations* (2005) si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del **progetto SESAME**, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Il segnale viene filtrato in base a criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle alte frequenze) o di fenomeni di saturazione. Successivamente il segnale "ripulito" viene scomposto in finestre temporali di determinato periodo.

Per ciascuna delle finestre viene valutato lo

spettro di Fourier che viene sottoposto a tapering e/o liscio secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee. Si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea. Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quella della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing. Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle

<b>Criteria for a reliable H/V curve</b> i) $f_0 > 10 / l_w$ and ii) $n_c(f_0) > 200$ and iii) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz or $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>l_w</math> = window length</li> <li>• <math>n_w</math> = number of windows selected for the average H/V curve</li> <li>• <math>n_c = l_w \cdot n_w</math>, <math>f_0</math> = number of significant cycles</li> <li>• <math>f</math> = current frequency</li> <li>• <math>f_{\text{sensor}}</math> = sensor cut-off frequency</li> <li>• <math>f_0</math> = H/V peak frequency</li> <li>• <math>\sigma_1</math> = standard deviation of H/V peak frequency (<math>f_0 \pm \sigma_1</math>)</li> <li>• <math>\pm(f_0)</math> = threshold value for the stability condition: <math>\sigma_1 &lt; \pm(f_0)</math></li> <li>• <math>A_0</math> = H/V peak amplitude at frequency <math>f_0</math></li> <li>• <math>A_{H/V}(f)</math> = H/V curve amplitude at frequency <math>f</math></li> <li>• <math>f</math> = frequency between <math>f_0/4</math> and <math>f_0</math> for which <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></li> <li>• <math>f'</math> = frequency between <math>f_0</math> and <math>4f_0</math> for which <math>A_{H/V}(f') &lt; A_0/2</math></li> <li>• <math>\sigma_A(f)</math> = "standard deviation" of <math>A_{H/V}(f)</math>, <math>\sigma_A(f)</math> is the factor by which the mean <math>A_{H/V}(f)</math> curve should be multiplied or divided</li> <li>• <math>\sigma_{\log A_{H/V}}(f)</math> = standard deviation of the <math>\log A_{H/V}(f)</math> curve, <math>\sigma_{\log A_{H/V}}(f)</math> is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean <math>\log A_{H/V}(f)</math> curve</li> <li>• <math>\theta(f_0)</math> = threshold value for the stability condition: <math>\sigma_A(f) &lt; \theta(f_0)</math></li> <li>• <math>V_{\text{site}}</math> = average S-wave velocity of the total deposits</li> <li>• <math>V_{\text{surf}}</math> = S-wave velocity of the surface layer</li> <li>• <math>h</math> = depth to bedrock</li> <li>• <math>h_{\text{min}}</math> = lower-bound estimate of <math>h</math></li> </ul>
<b>Criteria for a clear H/V peak</b> (at least 5 out of 6 criteria fulfilled) i) $\exists f \in [f_0/4, f_0] : A_{H/V}(f) < A_0/2$ ii) $\exists f' \in [f_0, 4f_0] : A_{H/V}(f') < A_0/2$ iii) $A_0 > 2$ iv) $f_{\text{max}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ v) $\sigma_1 < \pm(f_0)$ vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	

Threshold Values for $\sigma_1$ and $\sigma_A(f_0)$					
Frequency range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\pm(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.20 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.75	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log A_{H/V}}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20





varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio (curva HV "osservata" o "sperimentale"), la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito (nel caso che almeno 5 dei 6 criteri di verifica dell'attendibilità del picco di cui al progetto SESAME siano verificate). Recenti studi condotti da Albarello e Castellaro (2011) hanno inoltre proposto una classificazione della misura (e curva) H/V in modo da poter fornire una indicazione immediata della qualità delle singole misure H/V, con lo scopo di aiutare gli operatori nella fase interpretativa e nel confronto con altri dati osservati. Questo tipo di classificazione trova il suo principale impiego nella redazione delle mappe delle indagini relative al livello 1 della microzonazione sismica (dalla pubblicazione *"Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola, Appendice 2 Classificazione delle misure H/V"* Albarello e Castellaro, 2011).

Vengono proposte tre classi di qualità:

**Classe A:** H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola:

1. la forma dell'HVSR nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (*Stazionarietà*),
2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano almeno il 30% del massimo (*Isotropia*),
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (*Assenza di disturbi*),
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (*Plausibilità fisica*),
5. i criteri SESAME per una curva HVSR chiara ed attendibile (*Robustezza statistica*),
6. la misura è durata almeno 20 minuti (*Durata*).

**Classe B:** curva H/V sospetta (da "interpretare"): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze:

1. Almeno una delle condizioni della Classe A non è soddisfatta.

**Classe C:** curva H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata; rientrano in questa classe:

1. misure di tipo B nella quale la curva H/V mostra una ampiezza crescente al diminuire della frequenza (*deriva*), indice di un movimento dello strumento durante la misura;
2. misure di tipo B nella quale si evidenzia la presenza di rumore elettromagnetico in corrispondenza di diverse frequenze nell'intervallo di interesse.

I criteri delineati sopra non riguardano l'interpretazione in chiave Geologico-Stratigrafica della curva, per la quale sono richiesti ulteriori criteri (per es. criteri SESAME per la "chiarezza" del picco). Vengono aggiunte dunque 2 sottoclassi alle precedenti:

- tipo 1, presenta almeno un picco chiaro secondo i criteri di SESAME: *possibile risonanza*,
- tipo 2, non presenta picchi chiari nell'intervallo di frequenza di interesse: *assenza di risonanza*.





Di fatto non è mai stata dimostrata la relazione tra amplificazione e curva HVSr. Considerazioni teoriche e osservazioni sperimentali non supportano infatti l'idea (purtroppo molto popolare) che la curva HVSr rappresenti, *sic et simpliciter*, la curva di amplificazione. Diversi studi<sup>1</sup> hanno infatti dimostrato che l'amplificazione effettivamente registrata durante un terremoto si discosta anche di molto rispetto alla curva HVSr (Figura 3).

Se quindi, unicamente a dati riguardanti la velocità di propagazione delle onde di superficie, l'HVSr rappresenta un valido sussidio a stimare le  $V_s$  delle parti più profonde<sup>2</sup>, essa non deve essere intesa come stima dell'amplificazione di sito.

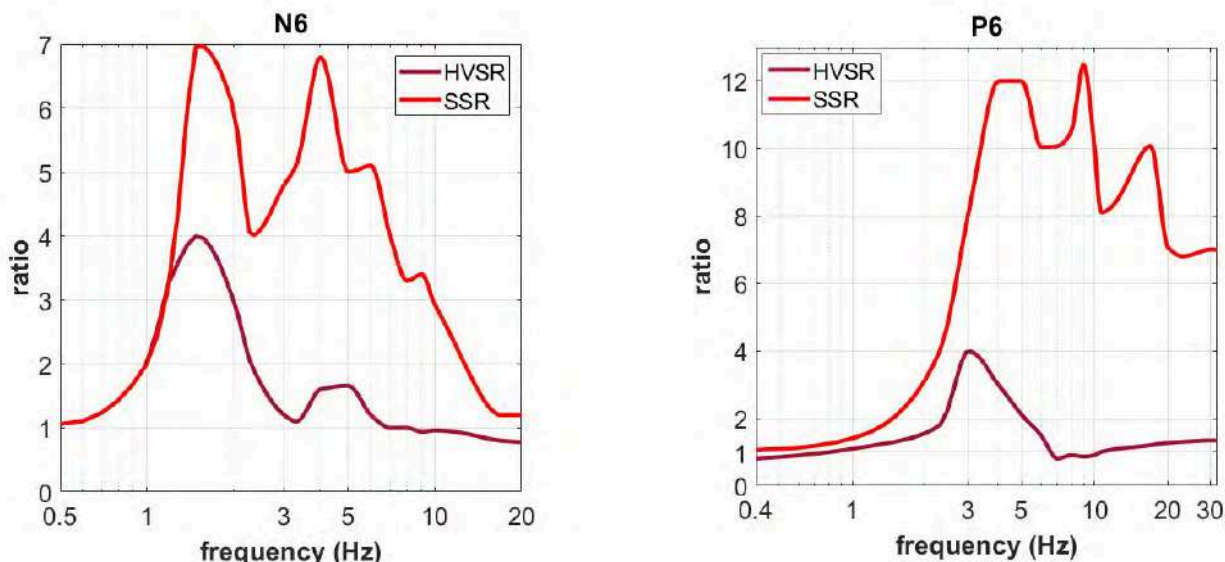


Figura 3. Confronto tra curva HVSr e curva di amplificazione reale (da analisi SSR – *Standard Spectral Ratio*) in caso di evento sismico (da Perron et al., 2018). Si noti la profonda differenza tra curva HVSr ed amplificazione effettivamente misurata.

#### 4.1.3 RISULTATI

L'indagine "HVSr1" (registrazione di 30 min) ha permesso di ricavare la curva HVSr nello specifico punto di misurazione.

In **ALLEGATO 2** sono riportati e consultabili:

- i dati acquisiti (con il check qualitativo delle tracce utilizzate) e la curva HV determinata con verifica dei criteri SESAME,
- i parametri di acquisizione ed altre informazioni (foglio di campagna).

In sintesi, sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Indagine HVSr1	
PEAK	
frequency (Hz) - $f_0$ :	12.7 ( $\pm$ 1.1)
HVSr value - $A_0$ :	4.56 ( $\pm$ 0.2)
Classe di qualità curva HV:	B1

<sup>1</sup> Perron et al., 2018

<sup>2</sup> Arai & Tokimastu, 2005; Dal Moro, 2015





## 4.2 INDAGINI ATTIVE MULTICANALE DI SUPERFICIE

### 4.2.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

#### 4.2.1.1 Sorgente meccanica

La sorgente sismica utilizzata è un sistema che comprende una mazza del peso di 8 kg battente trasversalmente su traversina di legno dotata lateralmente di piastre rigide in PE; il tutto per generare prevalentemente onde di taglio SH e Love.

#### 4.2.1.2 Sistema di ricezione dei segnali

Il sistema di ricezione dei segnali generati con le energizzazioni è costituito da n. 12 geofoni orizzontali (da 4.5 Hz, ad alta sensibilità) con asse disposto perpendicolarmente alla direzione dello stendimento, cioè dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche, prodotte dalla specifica sorgente.

- Geofoni verticali utilizzati per indagini MASW "Sunfull":
  - Tipo: SS-4.5N
  - Frequenza naturale (Hz):  $4.5 \pm 10\%$
  - Coil resistance ( $\Omega$ ):  $375 \pm 5\%$
  - Damping:  $0.6 \pm 5\%$
  - Intrinsic voltage sensitivity (v/m/s):  $80 \pm 5\%$
  - Harmonic distortion (%):  $\leq 0.2\%$
  - Mass Moving (g): 11.3
  - Typical case to coil motion p-p: 4 (mm)
  - Operating temperature range ( $^{\circ}\text{C}$ ): -40 to +100
  - Height (mm): 36
  - Diameter (mm): 25.4
  - Weight (g): 86

#### 4.2.1.3 Sismografo

Per l'acquisizione dei segnali generati è stato utilizzato il sismografo GEA24 della ditta PASI S.r.l..

GEA24 è un compatto sismografo 24 canali (serializzabile fino a 48 can.) con scheda di acquisizione 24 bit e interfaccia USB per PC esterno. Adatto per tutte le applicazioni di sismica attiva multicanale (MASW, RIFRAZIONE, HVSR, DOWNHOLE e CROSSHOLE) e passiva multicanale (HVSR, ESAC, MAAM, SPAC etc.) una volta collegato al PC, tablet o notebook, GEA24 si trasforma in uno strumento per indagini geofisiche semplice da utilizzare, ma dalle performance ai massimi livelli. Non c'è bisogno della batteria 12V esterna (pesante ed ingombrante): GEA24 consuma pochissimo e viene alimentata direttamente da PC. GEA24 può acquisire utilizzando geofoni con qualsiasi frequenza di risonanza (anche 1Hz).

#### Caratteristiche tecniche generali del Sismografo multicanale GEA24 della PASI srl:

- Numero di canali: 24 canali + trigger (can. AUX)
- Conversione Dati: Convertitore Analogico/Digitale Sigma-Delta 24 bit reali (compatibile con geofoni analogici a qualsiasi frequenza di risonanza)
- Stacking: Numero di stacking illimitato
- Impedenza di ingresso: 2M $\Omega$  // 22nF
- Range Dinamico: 144dB (sistema); >117dB (istantaneo, misurato @1ksps)
- Distorsione: 0.007% @16kHz
- Trigger: Contatto normalmente chiuso, normalmente aperto (es. per uso con esplosivo), segnale analogico (geofono starter, starter piezoelettrico), trigger TTL. Sensibilità del trigger regolabile via software







Figura 4. Configurazione strumentazione per acquisizione con sismografo GEA24.

#### 4.2.1.4 Trigger (start)

Il sistema che avvia la ricezione dei segnali (collocato al di sopra del peso della mazza utilizzata per energizzare) è costituito da un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la mazza colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.

#### 4.2.2 CENNI TEORICI TECNICA "MASW"

La metodologia di analisi attiva della propagazione delle onde di superficie con utilizzo di più canali (Multichannel Analysis of Surface Waves), è una tecnica di indagine non invasiva che permette anche di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$ , sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo. In un mezzo stratificato le onde di superficie sono dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. And Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) delle onde di Rayleigh e di Love dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile in generale al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più epidermica del suolo, mentre onde a bassa frequenza si propagano con elevate lunghezze d'onda interessando gli strati più profondi. Il metodo di indagine qui utilizzato è di tipo attivo, multicanale e multi-offset in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo tramite energizzazione (massa battente) e misurate da uno stendimento lineare di sensori (geofoni) posti a distanza regolare dalla sorgente. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh e/o di Love rispetto ad altri tipi di segnali.

Pertanto, attraverso tale trattazione, è possibile passare dalle tracce registrate (nel dominio tempo-spazio) allo spettro di velocità di fase delle onde di superficie (Rayleigh o Love) nel dominio frequenza – velocità (di fase), determinato via "phase shift"<sup>3</sup>; le

<sup>3</sup> Park et al. (1998)





curve che uniscono i massimi in ampiezza dei valori  $f-v$  sono dette curve di dispersione modali. La tecnica permette di analizzare frequenze in genere comprese tra i 2-60 Hz e quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa tra i 10m ed i 50m (in funzione della rigidità del suolo, delle caratteristiche della sorgente, ma soprattutto della lunghezza dello stendimento sismico). Per l'elaborazione dei dati di campo è stato utilizzato il software **WINMASW Academy 2019 release version** che consente di gestire il sismogramma digitale, selezionare le tracce utili, eseguire l'analisi spettrale  $f-v$ , ed effettuare le procedure di inversione per il riconoscimento del profilo  $V_s$  (attraverso il metodo FVS – Full Velocity Spectrum). Lo scopo dell'intera procedura di inversione è identificare il modello geotecnico (profilo  $V_s$  del terreno) che meglio riproduce lo spettro sperimentale "osservato" (ovvero le curve modali "osservate"); tale modello sarà evidentemente caratterizzato dal minor errore di adattamento (misfit o funzione obiettivo), che in questo caso è rappresentato dalla deviazione standard tra le velocità di fase osservate e quelle calcolate. I limiti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali ed omogenei, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata anche dalla presenza di pendenze significative. Si ricorda comunque che la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira generalmente attorno al 10-20 %.

#### 4.2.3 CARATTERISTICHE DEGLI STENDIMENTI SISMICI

Il sito per caratteristiche ambientali e di estensione ha reso possibile l'esecuzione di n. 2 stendimenti sismici lineari denominati "MW1"-"MW2" con utilizzo di sismografo PASI GEA24 a 12 canali; a ciascun canale è stato collegato un ricevitore (geofono) orizzontale con asse disposto perpendicolarmente alla direzione dello stendimento (T, Trasversal component) in modo da poter acquisire le onde di Love; a tale fine l'energizzazione è avvenuta percuotendo orizzontalmente la traversina di legno dotata di piastre rigide in PE ai lati (HF, Horizontal Force); il tutto come da schema esemplificativo riportato a lato.

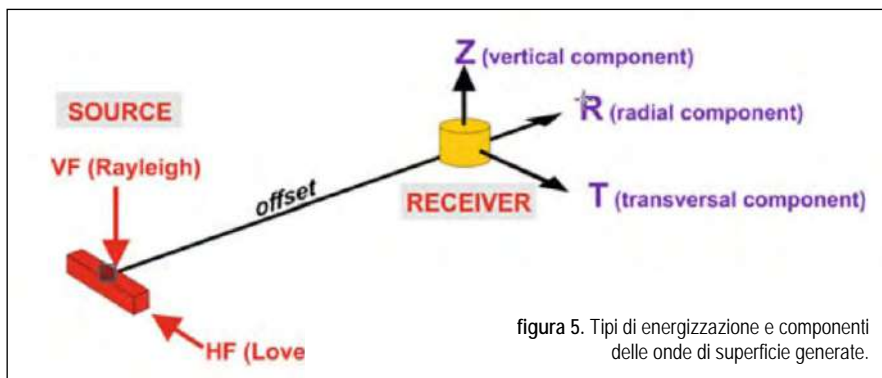


figura 5. Tipi di energizzazione e componenti delle onde di superficie generate.

La lunghezza di ciascuno degli stendimenti è stata di 55.0 m con:

- offset minimo a 5.0 m dal geofono G1 (shot01),
- offset minimo a 5.0 m dal geofono G12 (shot 02),
- distanza inter-geofonica pari a 5.0 m.

Per l'analisi della propagazione e dispersione delle onde di Love (THF), sono state effettuate diverse registrazioni successivamente sottoposte ad operazione di stacking in modo da minimizzare il rumore ambientale; i file ottenuti sono stati salvati in formato ".sg2".

Tutte le specifiche caratteristiche e documentazione fotografica delle indagini geofisiche attive multicanale "MW1-MW2" realizzate sono consultabili negli specifici fogli di campagna (ALLEGATO 3).





## 4.2.4 RISULTATI

## 4.2.4.1 Indagine "MW1"

4.2.4.1.1 Profilo  $V_s$  di sito

In **ALLEGATO 3** è riportato il profilo  $V_s$  di sito ottenuto partendo dall'analisi della dispersione delle onde di Love (THF). I segnali acquisiti nel dominio spazio-tempo sono stati elaborati con analisi spettrale 2D al fine di identificare lo spettro di velocità (di fase) delle onde di Love via "phase shift" (spettro THF). Successivamente, partendo da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson e velocità delle onde S, attraverso un processo di INVERSIONE TOTALE DELLO SPETTRO (metodo FVS), si è cercato il profilo  $V_s$  di sito che meglio sovrappone (confronta) lo spettro di velocità registrato allo spettro sintetico, ovvero i massimi f-v dello spettro registrato (curve modali) alle curve modali sintetiche (da inversione). Di sotto si riporta la tabella sismostratigrafica di sintesi che individua il possibile profilo  $V_s$  di sito riconosciuto con l'indagine "MW1".

INDAGINE "MW1" - TABELLA SISMOSTRATIGRAFICA DI SINTESI (Mean model)			
SISMOSTRATO	Profondità [m]	Spessore [m]	$V_s$ [m/sec]
1	0.30	0.30	157.00
2	0.80	0.50	201.00
3	2.80	2.00	271.00
4	4.90	2.10	317.00
5	9.30	4.40	641.00
6	15.70	6.40	688.00
7	SOTTO 15.70 m		779.00

4.2.4.1.2 Calcolo  $V_{s,eq}$ 

In funzione del profilo  $V_s$  individuato, in base a quanto riportato nel §3.2.2 delle NTC 2018, è stato anche eseguito il calcolo della  $V_{s,eq}$  quale  $V_{s,30}$  (per ASSENZA di bedrock sismico entro 30 m dal p.c.). Il calcolo è stato effettuato al p.c. attuale (0.00 m). Il tutto come sotto riportato e visibile in dettaglio in **ALLEGATO 3**.

NTC 2018		Calcolo $V_{S,30} - V_{S,eq}$				
$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$	$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]}$	Bedrock sismico NON PRESENTE entro 30.0 m dal p.c.				
		profondità piano fondale da p.c. (m)	$V_{S,30}$ (m/s)	$V_{S,eq}$ (m/s)		
		0.00	567	-		
					con:	
					hi - spessore iesimo strato	N - numero di strati
$V_{S,i}$ . velocità delle onde di taglio dell' i-esimo strato						
H - profondità del substrato, definito come quella formazione di roccia, caratterizzata da $V_S$ non inferiore di 800 m/s						





## 4.2.4.2 Indagine "MW2"

4.2.4.2.1 Profilo  $V_s$  di sito

In **ALLEGATO 3** è riportato il profilo  $V_s$  di sito ottenuto partendo dall'analisi della dispersione delle onde di Love (THF). I segnali acquisiti nel dominio spazio-tempo sono stati elaborati con analisi spettrale 2D al fine di identificare lo spettro di velocità (di fase) delle onde di Love via "phase shift" (spettro THF). Successivamente, partendo da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson e velocità delle onde S, attraverso un processo di INVERSIONE TOTALE DELLO SPETTRO (metodo FVS), si è cercato il profilo  $V_s$  di sito che meglio sovrappone (confronta) lo spettro di velocità registrato allo spettro sintetico, ovvero i massimi f-v dello spettro registrato (curve modali) alle curve modali sintetiche (da inversione). Di sotto si riporta la tabella sismostratigrafica di sintesi che individua il possibile profilo  $V_s$  di sito riconosciuto con l'indagine "MW2".

INDAGINE "MW2" - TABELLA SISMOSTRATIGRAFICA DI SINTESI (Mean model)			
SISMOSTRATO	Profondità [m]	Spessore [m]	$V_s$ [m/sec]
1	0.30	0.30	164.00
2	0.80	0.50	212.00
3	2.90	2.10	296.00
4	6.80	3.90	322.00
5	11.20	4.40	612.00
6	17.60	6.40	700.00
7	SOTTO 17.60 m		758.00

4.2.4.2.2 Calcolo  $V_{s,eq}$ 

In funzione del profilo  $V_s$  individuato, in base a quanto riportato nel §3.2.2 delle NTC 2018, è stato anche eseguito il calcolo della  $V_{s,eq}$  quale  $V_{s,30}$  (per ASSENZA di bedrock sismico entro 30 m dal p.c.). Il calcolo è stato effettuato al p.c. attuale (0.00 m). Il tutto come sotto riportato e visibile in dettaglio in **ALLEGATO 3**.

NTC 2018		Calcolo $V_{S,30} - V_{S,eq}$				
$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$	$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]}$	Bedrock sismico NON PRESENTE entro 30.0 m dal p.c.				
		profondità piano fondale da p.c. (m)	$V_{S,30}$ (m/s)	$V_{S,eq}$ (m/s)		
		0.00	535	-		
					con:	
					hi - spessore iesimo strato	N - numero di strati
$V_{S,i}$ . velocità delle onde di taglio dell' i-esimo strato						
H - profondità del substrato, definito come quella formazione di roccia, caratterizzata da $V_S$ non inferiore di 800 m/s						





## 5.0 CONCLUSIONI

Per le indagini geognostiche la scelta dei valori delle caratteristiche geotecniche dei terreni spetta al progettista geotecnico sulla base dei valori di resistenza delle prove penetrometriche rilevati in campagna (ed elaborati in funzione delle specifiche della strumentazione utilizzata).

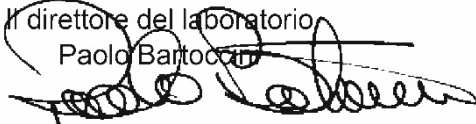
Le indagini geofisiche di superficie, hanno permesso di ottenere i profili  $V_s$  di sito (presenti entro 30 m dal p.c.) oltre al valore della frequenza di sito (calcolata al p.c. con microtremori). L'eventuale scelta di procedere al calcolo dell'azione sismica tramite approccio semplificato (di cui alle NTC 2018) o analisi di Risposta Sismica Locale (RSL), spetta al progettista e relatore della relazione sismica a corredo del progetto, in base:

- alle considerazioni e studi precedentemente riportati,
- alle effettive condizioni geologiche, litostratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni presenti sotto ai previsti piani fondali.

La scelta dovrà tenere conto delle eventuali differenze topografiche e di spessore dei sismostrati individuati tra il punto effettivo di esecuzione dell'indagine MASW in oggetto e lo specifico sedime progettuale.

Si ricorda comunque che la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira generalmente attorno al 10-20 %.

Il direttore del laboratorio  
Paolo Bartocci



**TERRA S.n.c.**  
Via Comunale Vittorio Veneto 48  
04055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142  
info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010



## BIBLIOGRAFIA

- Arai, H., Tokimatsu, K., 2004. S-wave velocity profiling by inversion of microtremor H/V spectrum. Bull. Seism. Soc. Am 94, 53–63.
- Albarello D. e Lunedei E., 2010. Alternative interpretations of horizontal to vertical spectral ratios of ambient vibrations: new insights from theoretical modeling. Bulletin of Earthquake Engineering 8, 519–534.
- Dal Moro G., 2012, Onde di superficie in Geofisica applicata - Acquisizione e analisi di dati secondo tecniche MASW e HVSR, Dario Flaccovio Editore, 192 pagine
- Dal Moro G., 2019, Surface wave analysis: improving the accuracy of the shear-wave velocity profile through the efficient joint acquisition and Full Velocity Spectrum (FVS) analysis of Rayleigh and Love waves, Exploration Geophysics, DOI: 10.1080/08123985.2019.1606202
- Dal Moro G. 2018, Problemi e soluzioni per la corretta definizione del profilo VS (velocità delle onde di taglio) in studi di geotecnica e microzonazione sismica Geologia Tecnica & Ambientale, Rivista dell'Ordine Nazionale dei Geologi, ISSN 1722 - 0025, numero 1/2018, 43-60
- Dal Moro G., 2014, *Surface Wave Analysis for Near Surface Applications Elsevier*, ISBN 978-0-12-800770-9, 252pp (theory, field practice and advanced joint analysis)
- Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999, Multichannel analysis of surface waves, Geophysics, 64, 3; 800–808
- Park C.B., 2002, Multichannel analysis of surface waves (MASW). MASW Workshop Notes, open file ([http://www.terrajp.co.jp/MASW\\_Workshop\\_Tokyo.pdf](http://www.terrajp.co.jp/MASW_Workshop_Tokyo.pdf))
- Park D. & Hashash Y.M.A., 2004, Soil Damping Formulation in non-linear Time Domain Site Response Analysis. Journal of Earthquake Engineering, 8, 249-274
- Tokimatsu, K., Tamura, S., Kojima, H., 1992. Effects of Multiple Modes on Rayleigh Wave Dispersion Characteristics. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 118, 10, 1529-1543
- Tokimatsu K., 1995, Geotechnical Site Characterization Using Surface Waves, Proc., First Int. Conf. on Earthquake Geotechnical Eng., pp. 1333-1368
- Zhang S.X. & Chan L.S., 2003, *Possible Effects of Misidentified Mode Number on Rayleigh Wave Inversion*, J. Appl. Geophysics, 53, 17-29







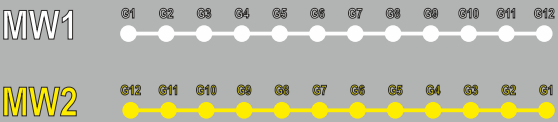
LEGENDA INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

DIN(n)  Prove penetrometriche dinamiche superpesanti "DPSH2"


LEGENDA INDAGINI GEOFISICHE

Attive multicanale

Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) con analisi dispersione delle onde di Love (THF)



Passive a stazione singola

HVSR1  Indagini con tecnica dei rapporti spettrali di Nakamura



**TERRA S.n.c.**  
Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142  
info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010





## **Report prove penetrometriche dinamiche superpesanti "DPSH":**

- "DIN1" (6.0 m)
- "DIN2" (5.0 m)
- "DIN3" (11.0 m)
- "DIN4" (9.0 m)
- "DIN5" (7.0 m)
- "DIN6" (9.0 m)
- "DIN7" (6.0 m)



# PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

## SCHEMA PENETROMETRO

# DIN

Committente: **Comune di Terni**  
 Cantiere: **PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"**  
 Località: **TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A**

Data esecuzione: 07/02/2023

Data emissione: 13/02/2023

**TG63-200DIN**

**Pagani Geotechnical Equipment**

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	M = 63.5	Kg
Altezza di caduta libera	H = 75	cm
Peso sistema di battuta	M' = 0.63	Kg
Diametro punta conica	D = 51.00	mm
Area di base punta	A = 20.00	cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	La = 100	cm
Peso aste a metro	Pa = 6.31	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	P1 = 40	cm
Avanzamento punta	δ = 20	cm
Numero colpi per punta	N(20) relativo a 20 cm di avanzamento	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	α = 90	°



ATTREZZATURA UTILIZZATA: ENERGIA SPECIFICA x avanzamento 20 cm

$$Q_d = (MH)/(A\delta) = 11.9025 \text{ kg/cm}^2$$

PROVA SPT in foro

ENERGIA SPECIFICA x avanzamento 30 cm

$$Q_{spt} = 7.84 \text{ kg/cm}^2$$

COEFF. TEORICO DI ENERGIA

$$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1.51 \quad (\text{teoricamente: } N_{spt} = \beta_t N)$$

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd (funzione del numero di colpi N)

FORMULA OLANDESE:

$$R_{pd} \text{ (kg/cm}^2\text{)} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

con P = M' + Pa

Il direttore del laboratorio  
Paolo Bartoccini

Sperimentatore  
Giorgio Piagnani



**TERRA S.n.c.**

Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010




**TERRA S.n.c.**Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITYAUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE****DIN****1**Committente: **Comune di Terni**Cantiere: **PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"**Località: **TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A**U.M.: **MPa**Data esec.: **07/02/2023**Pagina: **1**

Elaborato:


Falda: **Non rilevata**

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0.20	1	4		4.2					
0.40	1	4		4.2					
0.60	1	2		2.1					
0.80	2	3		3.2					
1.00	2	1		1.0					
1.20	2	4		3.9					
1.40	2	4		3.9					
1.60	3	3		2.9					
1.80	3	3		2.9					
2.00	3	4		3.6					
2.20	3	5		4.5					
2.40	3	7		6.3					
2.60	4	5		4.5					
2.80	4	6		5.4					
3.00	4	5		4.2					
3.20	4	5		4.2					
3.40	4	7		5.9					
3.60	5	9		7.5					
3.80	5	12		10.1					
4.00	5	13		10.2					
4.20	5	13		10.2					
4.40	5	16		12.5					
4.60	6	15		11.8					
4.80	6	27		21.2					
5.00	6	14		10.3					
5.20	6	16		11.8					
5.40	6	14		10.3					
5.60	7	32		23.6					
5.80	7	35		25.8					
6.00	7	50		34.7					

Il direttore del laboratorio  
Paolo Bartocchini



Sperimentatore  
Giorgio Piagnani

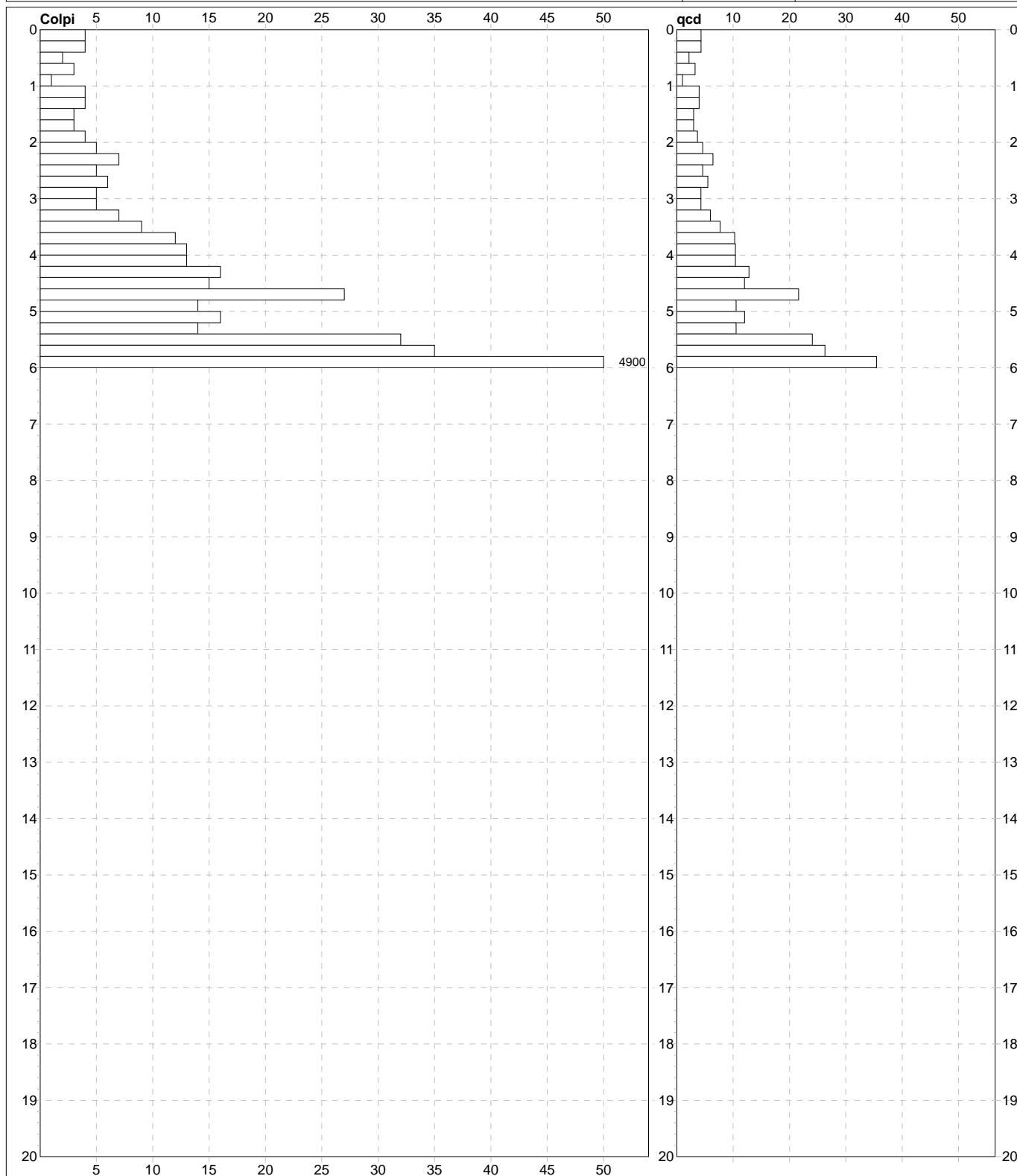


H = profondità  
L1 = prima lettura (colpi punta)  
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)qcd = resistenza dinamica punta  
Asta = numero di asta impiegata



**TERRA S.n.c.**Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITYAUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA****DIN****1**Committente: **Comune di Terni**Cantiere: **PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"**Località: **TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A**U.M.: **MPa**Scala: **1:100**Pagina: **1**

Elaborato:

Data exec.: **07/02/2023**Quota inizio: **Piano Campagna**Falda: **Non rilevata**Penetrometro: **TG63-200D**Massa battente: **63.50 kg**Altezza caduta: **0.75 m**Avanzamento: **0.20 m**Responsabile: **Dott. Geol. G. Piagnani**

Assistente:

Preforo: **m**Corr.astine: **kN/ml**Cod.ISTAT: **055032**





**TERRA S.n.c.**

Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142

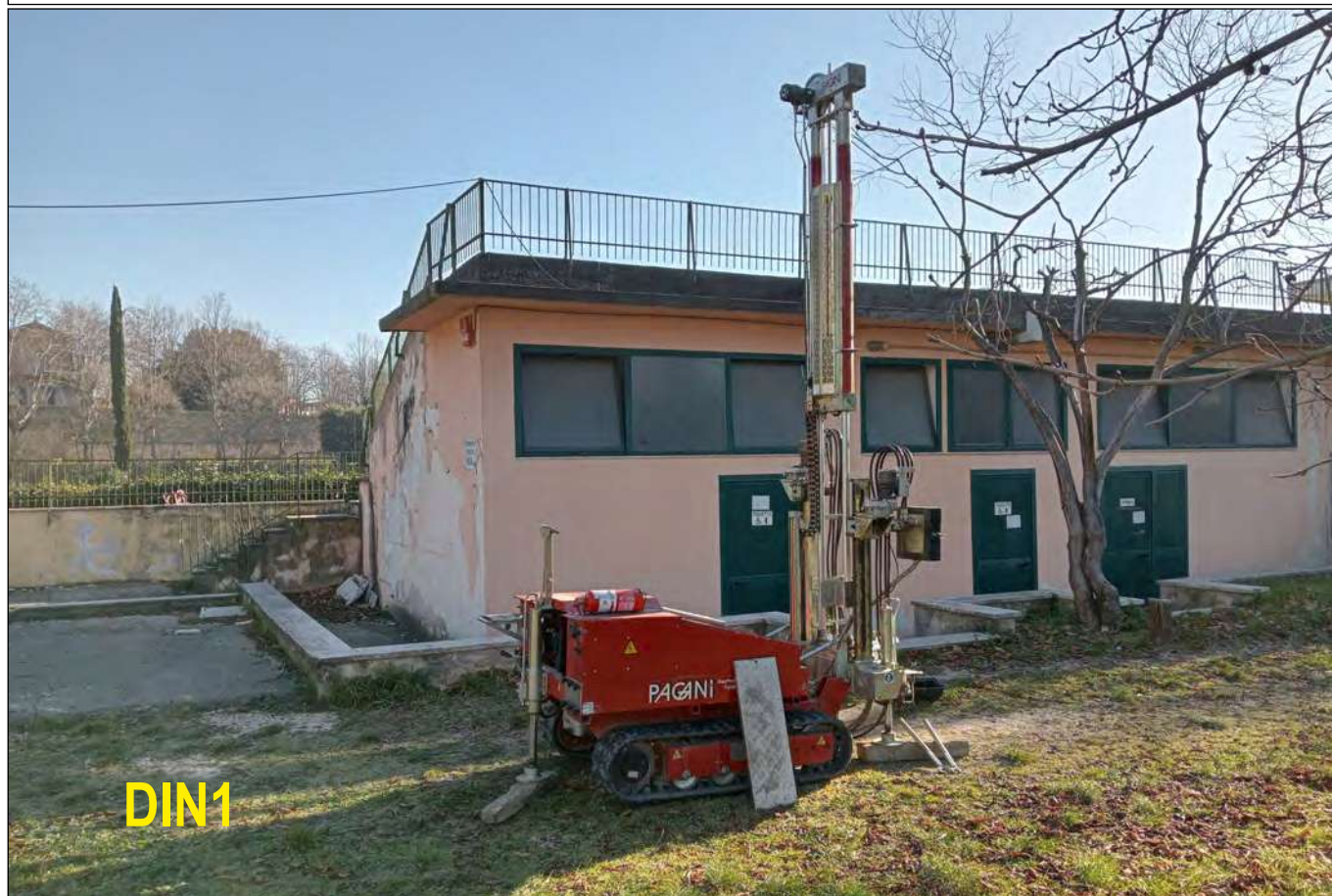
AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

## UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVE PENETROMETRICHE





**TERRA S.n.c.**Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITYAUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE****DIN****2**Committente: **Comune di Terni**Cantiere: **PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"**Località: **TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A**U.M.: **MPa**Data esec.: **07/02/2023**Pagina: **1**

Elaborato:

Falda: **Non rilevata**

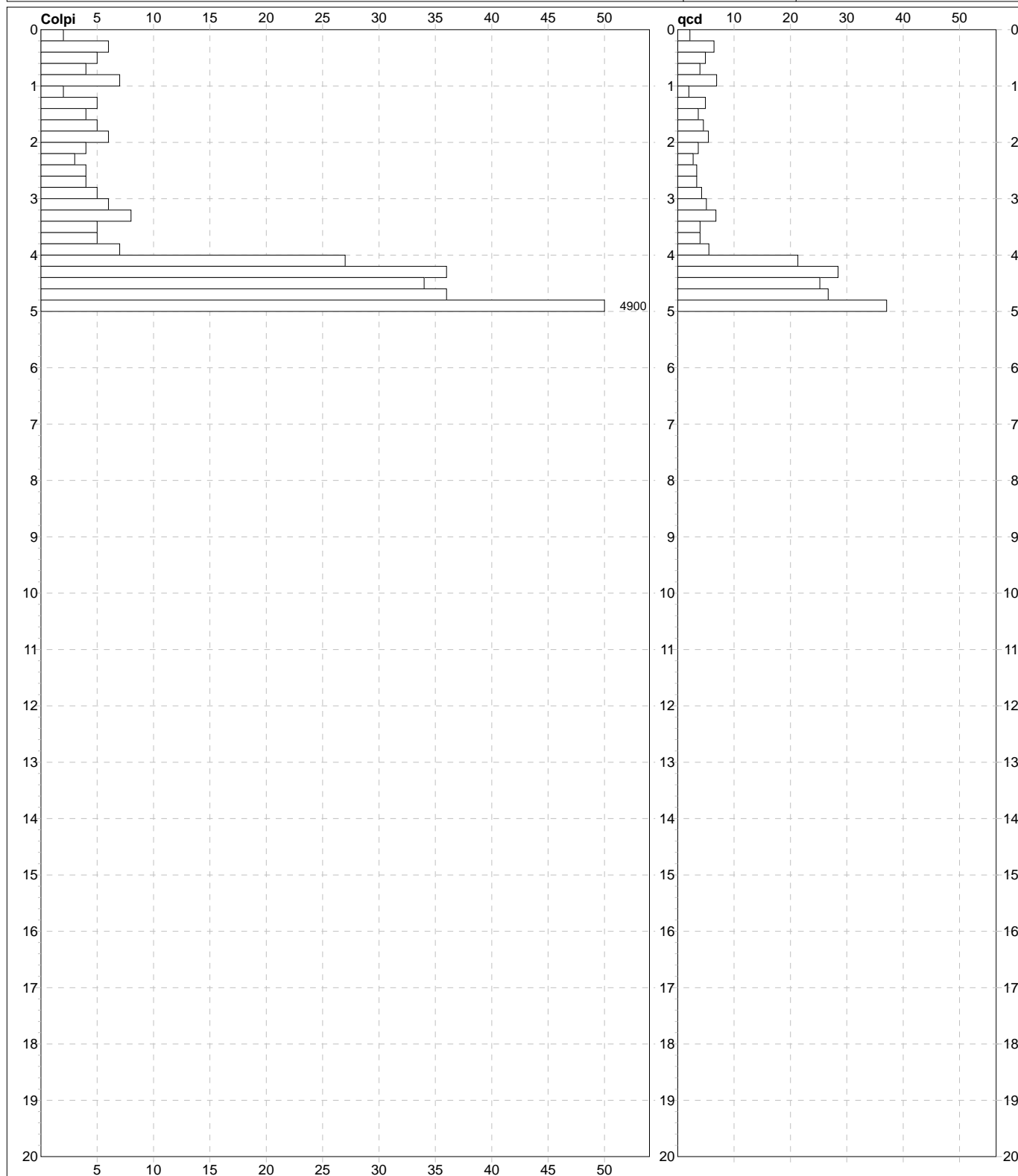
H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0.20	1	2		2.1					
0.40	1	6		6.3					
0.60	1	5		4.8					
0.80	2	4		3.9					
1.00	2	7		6.8					
1.20	2	2		1.9					
1.40	2	5		4.8					
1.60	3	4		3.6					
1.80	3	5		4.5					
2.00	3	6		5.4					
2.20	3	4		3.6					
2.40	3	3		2.7					
2.60	4	4		3.3					
2.80	4	4		3.3					
3.00	4	5		4.1					
3.20	4	6		5.0					
3.40	4	8		6.6					
3.60	5	5		3.9					
3.80	5	5		3.9					
4.00	5	7		5.4					
4.20	5	27		20.9					
4.40	5	36		27.9					
4.60	6	34		24.7					
4.80	6	36		26.2					
5.00	6	50		36.3					

Il direttore del laboratorio  
Paolo BartocchiniSperimentatore  
Giorgio PiagnaniH = profondità  
L1 = prima lettura (colpi punta)  
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)qcd = resistenza dinamica punta  
Asta = numero di asta impiegata



**TERRA S.n.c.**Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITYAUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA****DIN****2**Committente: **Comune di Terni**Cantiere: **PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"**Località: **TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A**U.M.: **MPa**Scala: **1:100**Pagina: **1**

Elaborato:

Data exec.: **07/02/2023**Quota inizio: **Piano Campagna**Falda: **Non rilevata**Penetrometro: **TG63-200D**Massa battente: **63.50 kg**Altezza caduta: **0.75 m**Avanzamento: **0.20 m**Responsabile: **Dott. Geol. G. Piagnani**

Assistente:

Preforo: **m**Corr.astine: **kN/ml**Cod.ISTAT: **055032**





**TERRA S.n.c.**

Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

## UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVE PENETROMETRICHE






**TERRA S.n.c.**Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITYAUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE****DIN****3**Committente: **Comune di Terni**Cantiere: **PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"**Località: **TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A**U.M.: **MPa**Data esec.: **07/02/2023**Pagina: **1**

Elaborato:


Falda: **Non rilevata**

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0.20	1	2		2.1					
0.40	1	4		4.2					
0.60	1	4		3.9					
0.80	2	4		3.9					
1.00	2	4		3.9					
1.20	2	3		2.9					
1.40	2	5		4.8					
1.60	3	4		3.6					
1.80	3	6		5.4					
2.00	3	6		5.4					
2.20	3	5		4.5					
2.40	3	4		3.6					
2.60	4	3		2.5					
2.80	4	3		2.5					
3.00	4	3		2.5					
3.20	4	4		3.3					
3.40	4	11		9.1					
3.60	5	5		3.9					
3.80	5	4		3.1					
4.00	5	11		8.5					
4.20	5	10		7.7					
4.40	5	7		5.4					
4.60	6	8		5.8					
4.80	6	7		5.1					
5.00	6	8		5.8					
5.20	6	9		6.5					
5.40	6	6		4.4					
5.60	7	7		4.8					
5.80	7	7		4.8					
6.00	7	7		4.8					
6.20	7	8		5.5					
6.40	7	7		4.8					
6.60	8	7		4.5					
6.80	8	9		5.8					
7.00	8	14		9.1					
7.20	8	22		14.2					
7.40	8	27		17.5					
7.60	9	14		8.6					
7.80	9	19		11.6					
8.00	9	13		8.0					
8.20	9	13		8.0					
8.40	9	15		9.2					
8.60	10	15		8.7					
8.80	10	13		7.6					
9.00	10	11		6.4					
9.20	10	16		9.3					
9.40	10	12		7.0					
9.60	11	14		7.8					
9.80	11	16		8.9					
10.00	11	11		6.1					
10.20	11	15		8.3					
10.40	11	26		14.4					
10.60	12	32		17.0					
10.80	12	34		18.0					
11.00	12	50		26.5					

Il direttore del laboratorio  
Paolo Bartocchini



Sperimentatore  
Giorgio Piagnani



H = profondità  
L1 = prima lettura (colpi punta)  
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)qcd = resistenza dinamica punta  
Asta = numero di asta impiegata

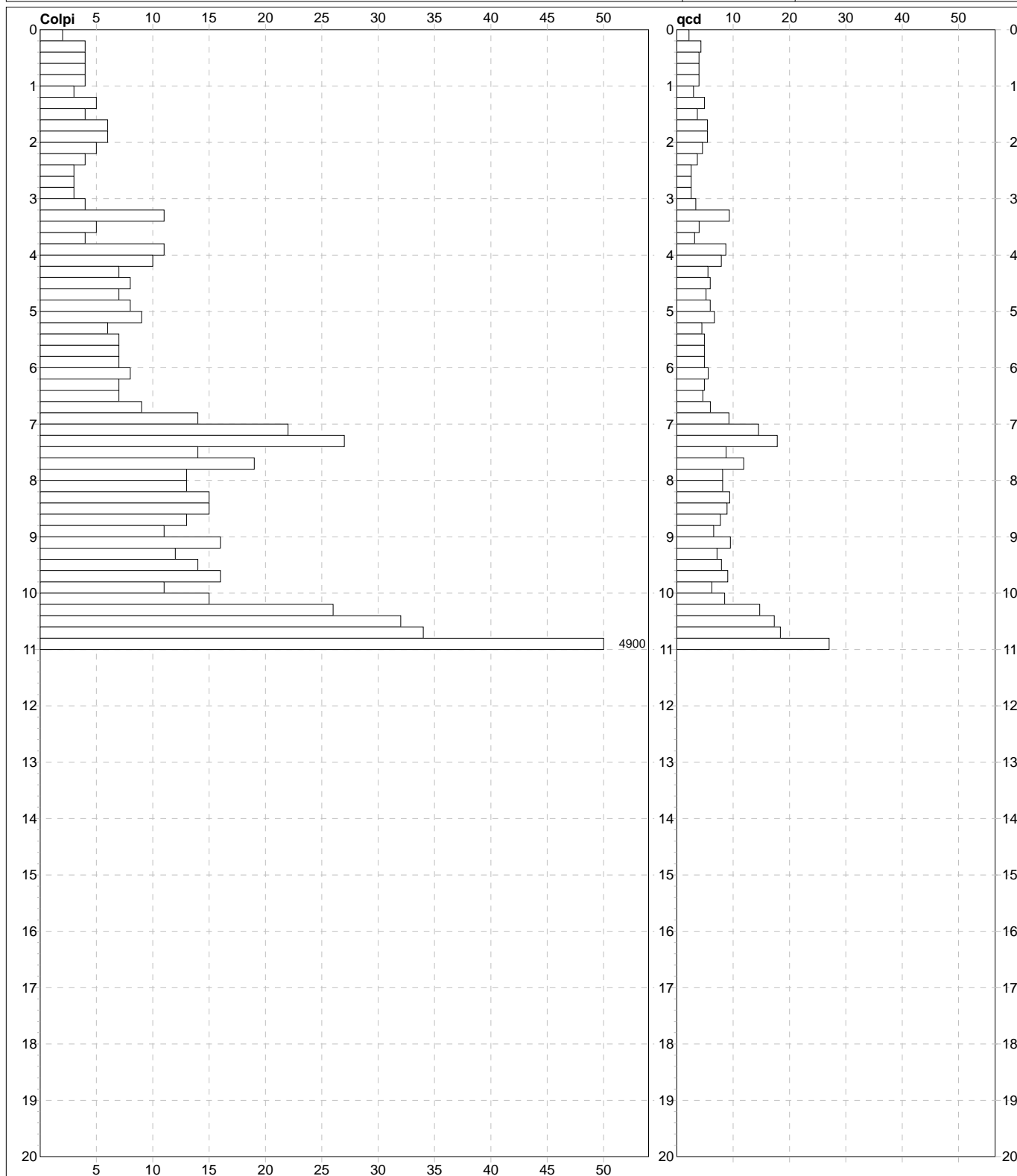


**TERRA S.n.c.**Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITYAUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA****DIN****3**Committente: **Comune di Terni**Cantiere: **PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"**Località: **TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A**U.M.: **MPa**Scala: **1:100**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **07/02/2023**

Quota inizio:

Falda: **Non rilevata**Penetrometro: **TG63-200D**Massa battente: **63.50 kg**Altezza caduta: **0.75 m**Avanzamento: **0.20 m**Responsabile: **Dott. Geol. G. Piagnani**

Assistente:

Preforo: **m**Corr.astine: **kN/ml**Cod.ISTAT: **055032**





**TERRA S.n.c.**

Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

## UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVE PENETROMETRICHE






**TERRA S.n.c.**Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITYAUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE****DIN****4**Committente: **Comune di Terni**Cantiere: **PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"**Località: **TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A**U.M.: **MPa**Data esec.: **07/02/2023**Pagina: **1**

Elaborato:


Falda: **Non rilevata**

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0.20	1	5		5.3					
0.40	1	6		6.3					
0.60	1	4		3.9					
0.80	2	1		1.0					
1.00	2	2		1.9					
1.20	2	2		1.9					
1.40	2	1		1.0					
1.60	3	3		2.7					
1.80	3	4		3.6					
2.00	3	4		3.6					
2.20	3	7		6.2					
2.40	3	7		6.2					
2.60	4	7		5.8					
2.80	4	7		5.8					
3.00	4	7		5.8					
3.20	4	6		5.0					
3.40	4	5		4.1					
3.60	5	7		5.4					
3.80	5	5		3.9					
4.00	5	3		2.3					
4.20	5	4		3.1					
4.40	5	3		2.3					
4.60	6	5		3.6					
4.80	6	7		5.1					
5.00	6	6		4.4					
5.20	6	6		4.4					
5.40	6	10		7.3					
5.60	7	15		10.3					
5.80	7	6		4.1					
6.00	7	5		3.4					
6.20	7	6		4.1					
6.40	7	8		5.5					
6.60	8	4		2.6					
6.80	8	3		1.9					
7.00	8	1		0.6					
7.20	8	1		0.6					
7.40	8	1		0.6					
7.60	9	2		1.2					
7.80	9	14		8.6					
8.00	9	28		17.2					
8.20	9	32		19.6					
8.40	9	36		22.1					
8.60	10	34		19.8					
8.80	10	38		22.1					
9.00	10	50		29.1					

Il direttore del laboratorio  
Paolo Bartocchini

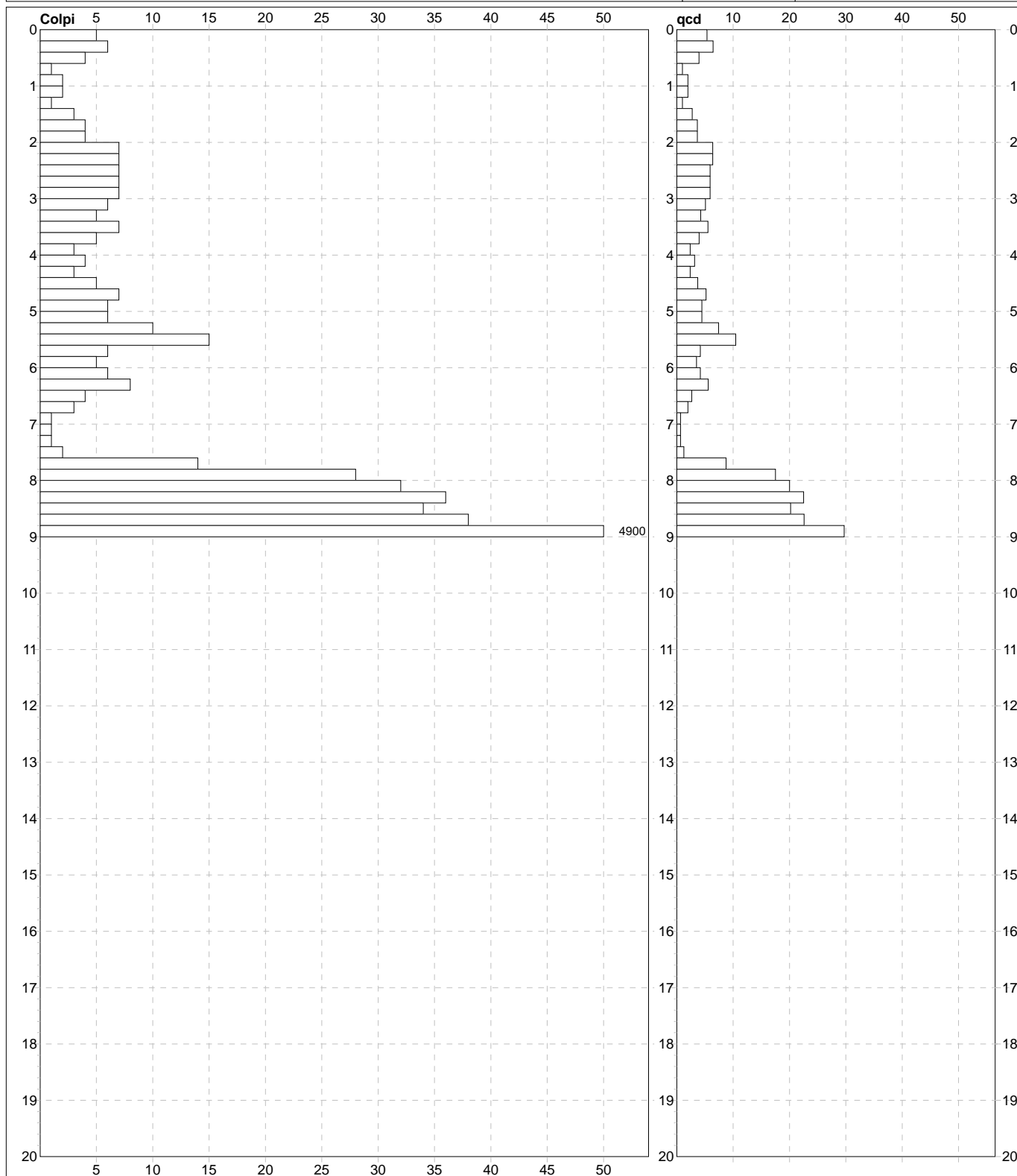


Sperimentatore  
Giorgio Piagnani



H = profondità  
L1 = prima lettura (colpi punta)  
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)qcd = resistenza dinamica punta  
Asta = numero di asta impiegata



**TERRA S.n.c.**Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITYAUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA****DIN****4**Committente: **Comune di Terni**Cantiere: **PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"**Località: **TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A**U.M.: **MPa**  
Scala: **1:100**  
Pagina: **1**  
Elaborato:Data exec.: **07/02/2023**Quota inizio:  
Falda: **Non rilevata****Penetrometro:** TG63-200D  
**Massa battente:** 63.50 kg  
**Altezza caduta:** 0.75 m  
**Avanzamento:** 0.20 m**Responsabile:** Dott. Geol. G. Piagnani  
**Assistente:****Preforo:** m  
**Corr.astine:** kN/ml  
**Cod.ISTAT:** 055032





**TERRA S.n.c.**

Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

## UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVE PENETROMETRICHE





**TERRA S.n.c.**Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITYAUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE****DIN****5**Committente: **Comune di Terni**Cantiere: **PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"**Località: **TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A**U.M.: **MPa**Data esec.: **07/02/2023**Pagina: **1**

Elaborato:

Falda: **Non rilevata**

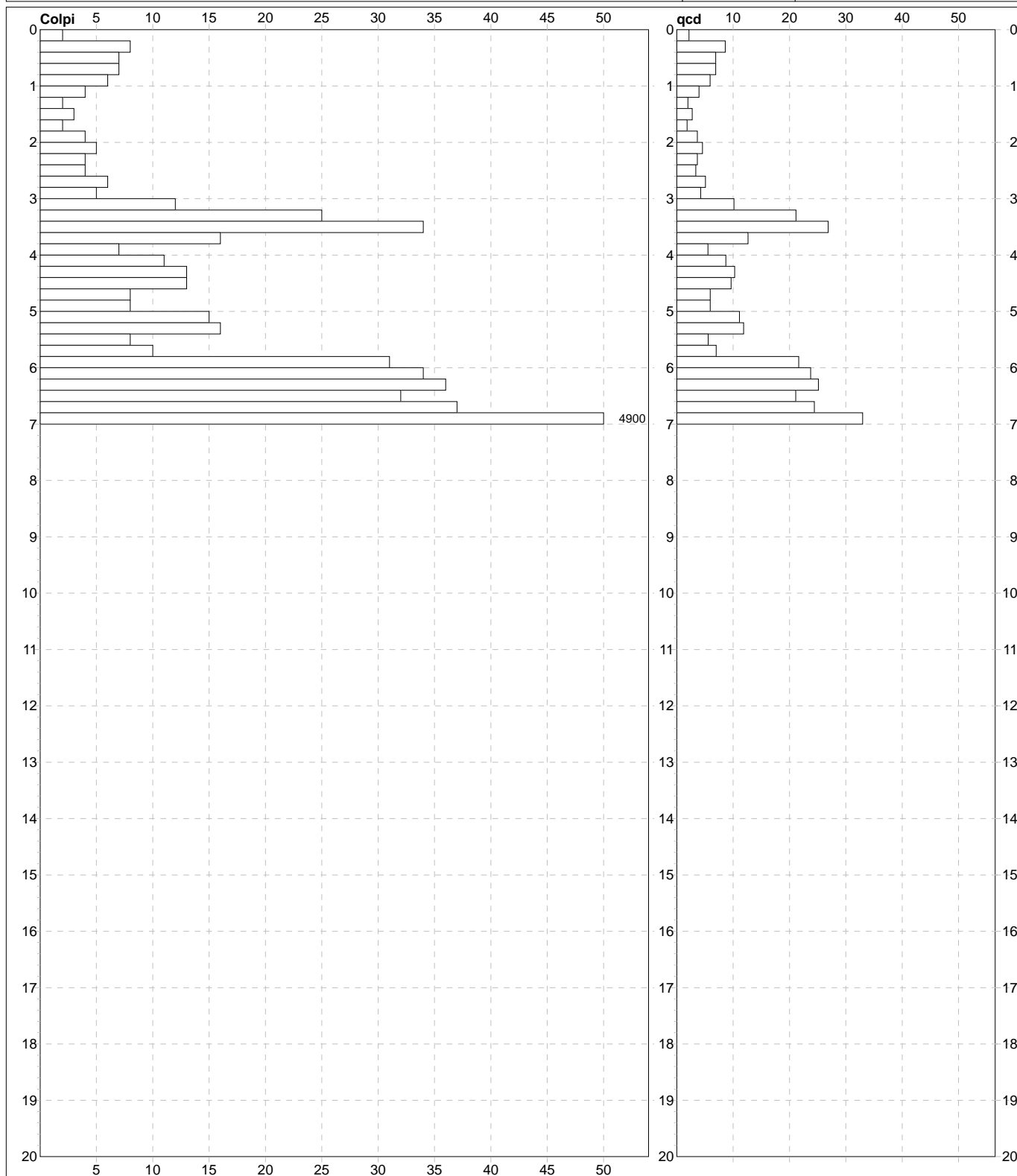
H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0.20	1	2		2.1					
0.40	1	8		8.4					
0.60	1	7		6.8					
0.80	2	7		6.8					
1.00	2	6		5.8					
1.20	2	4		3.9					
1.40	2	2		1.9					
1.60	3	3		2.7					
1.80	3	2		1.8					
2.00	3	4		3.6					
2.20	3	5		4.5					
2.40	3	4		3.6					
2.60	4	4		3.3					
2.80	4	6		5.0					
3.00	4	5		4.1					
3.20	4	12		9.9					
3.40	4	25		20.7					
3.60	5	34		26.3					
3.80	5	16		12.4					
4.00	5	7		5.4					
4.20	5	11		8.5					
4.40	5	13		10.1					
4.60	6	13		9.4					
4.80	6	8		5.8					
5.00	6	8		5.8					
5.20	6	15		10.9					
5.40	6	16		11.6					
5.60	7	8		5.5					
5.80	7	10		6.8					
6.00	7	31		21.2					
6.20	7	34		23.3					
6.40	7	36		24.6					
6.60	8	32		20.7					
6.80	8	37		23.9					
7.00	8	50		32.3					

Il direttore del laboratorio  
**Paolo Bartocchini**Sperimentatore  
**Giorgio Piagnani**H = profondità  
L1 = prima lettura (colpi punta)  
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)qcd = resistenza dinamica punta  
Asta = numero di asta impiegata



**TERRA S.n.c.**Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITYAUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA****DIN****5**Committente: **Comune di Terni**Cantiere: **PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"**Località: **TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A**U.M.: **MPa**Scala: **1:100**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **07/02/2023**Quota inizio: **Piano Campagna**Falda: **Non rilevata****Penetrometro:** TG63-200D

Massa battente: 63.50 kg

Altezza caduta: 0.75 m

Avanzamento: 0.20 m

**Responsabile:** Dott. Geol. G. Piagnani**Assistente:****Preforo:** m**Corr.astine:** kN/ml**Cod.ISTAT:** 055032





**TERRA S.n.c.**

Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

## UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVE PENETROMETRICHE






**TERRA S.n.c.**Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITYAUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE****DIN****6**Committente: **Comune di Terni**Cantiere: **PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"**Località: **TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A**U.M.: **MPa**Data esec.: **07/02/2023**Pagina: **1**

Elaborato:


Falda: **Non rilevata**

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0.20	1	3		3.2					
0.40	1	4		4.2					
0.60	1	10		9.7					
0.80	2	5		4.8					
1.00	2	6		5.8					
1.20	2	7		6.8					
1.40	2	5		4.8					
1.60	3	6		5.4					
1.80	3	5		4.5					
2.00	3	6		5.4					
2.20	3	17		15.2					
2.40	3	9		8.0					
2.60	4	9		7.5					
2.80	4	17		14.1					
3.00	4	7		5.8					
3.20	4	7		5.8					
3.40	4	6		5.0					
3.60	5	12		9.3					
3.80	5	15		11.6					
4.00	5	22		17.0					
4.20	5	19		14.7					
4.40	5	10		7.7					
4.60	6	16		11.6					
4.80	6	13		9.4					
5.00	6	9		6.5					
5.20	6	9		6.5					
5.40	6	11		8.0					
5.60	7	13		8.9					
5.80	7	19		13.0					
6.00	7	16		10.9					
6.20	7	8		5.5					
6.40	7	12		8.2					
6.60	8	17		11.0					
6.80	8	12		7.8					
7.00	8	14		9.1					
7.20	8	20		12.9					
7.40	8	21		13.6					
7.60	9	20		12.3					
7.80	9	19		11.6					
8.00	9	33		20.2					
8.20	9	32		19.6					
8.40	9	34		20.8					
8.60	10	38		22.1					
8.80	10	32		18.6					
9.00	10	50		29.1					

Il direttore del laboratorio  
Paolo Bartocchini



Sperimentatore  
Giorgio Piagnani

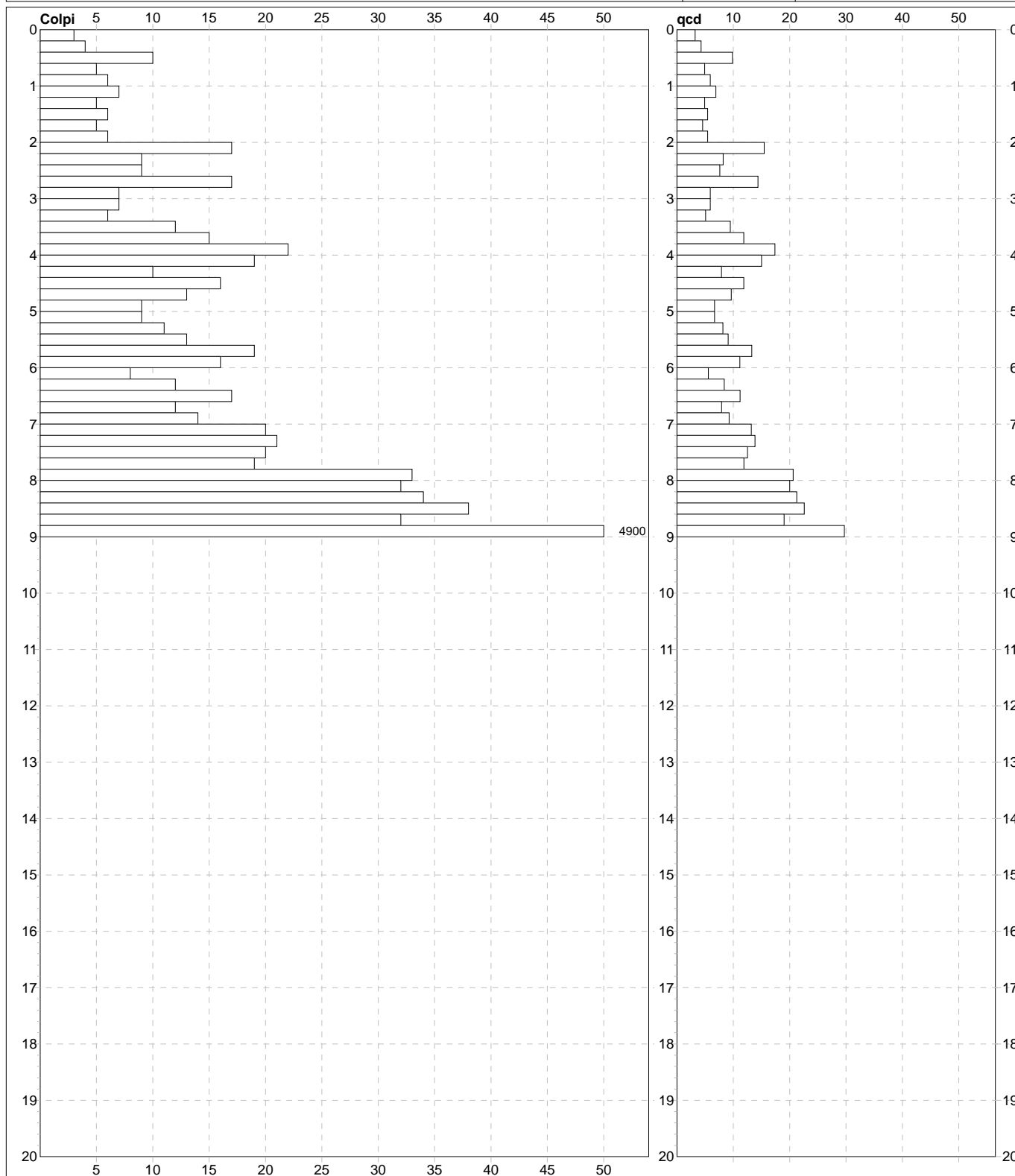


H = profondità  
L1 = prima lettura (colpi punta)  
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)qcd = resistenza dinamica punta  
Asta = numero di asta impiegata



**TERRA S.n.c.**Via Comunale Vitorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITYAUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA****DIN****6**Committente: **Comune di Terni**Cantiere: **PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"**Località: **TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A**U.M.: **MPa**Scala: **1:100**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **07/02/2023**Quota inizio: **Piano Campagna**Falda: **Non rilevata**Penetrometro: **TG63-200D**Massa battente: **63.50 kg**Altezza caduta: **0.75 m**Avanzamento: **0.20 m**Responsabile: **Dott. Geol. G. Piagnani**

Assistente:

Preforo: **m**Corr.astine: **kN/ml**Cod.ISTAT: **055032**





**TERRA S.n.c.**

Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

## UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVE PENETROMETRICHE






**TERRA S.n.c.**Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITYAUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE****DIN****7**Committente: **Comune di Terni**Cantiere: **PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"**Località: **TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A**U.M.: **MPa**Data esec.: **07/02/2023**Pagina: **1**

Elaborato:


Falda: **Non rilevata**

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0.20	1	2		2.1					
0.40	1	7		7.4					
0.60	1	6		5.8					
0.80	2	5		4.8					
1.00	2	3		2.9					
1.20	2	3		2.9					
1.40	2	3		2.9					
1.60	3	4		3.6					
1.80	3	7		6.2					
2.00	3	4		3.6					
2.20	3	6		5.4					
2.40	3	6		5.4					
2.60	4	6		5.0					
2.80	4	6		5.0					
3.00	4	5		4.1					
3.20	4	6		5.0					
3.40	4	5		4.1					
3.60	5	4		3.1					
3.80	5	3		2.3					
4.00	5	5		3.9					
4.20	5	6		4.6					
4.40	5	9		7.0					
4.60	6	16		11.6					
4.80	6	26		18.9					
5.00	6	23		16.7					
5.20	6	21		15.3					
5.40	6	27		19.6					
5.60	7	33		22.6					
5.80	7	38		26.0					
6.00	7	50		34.2					

Il direttore del laboratorio  
Paolo Bartocchini



Sperimentatore  
Giorgio Piagnani

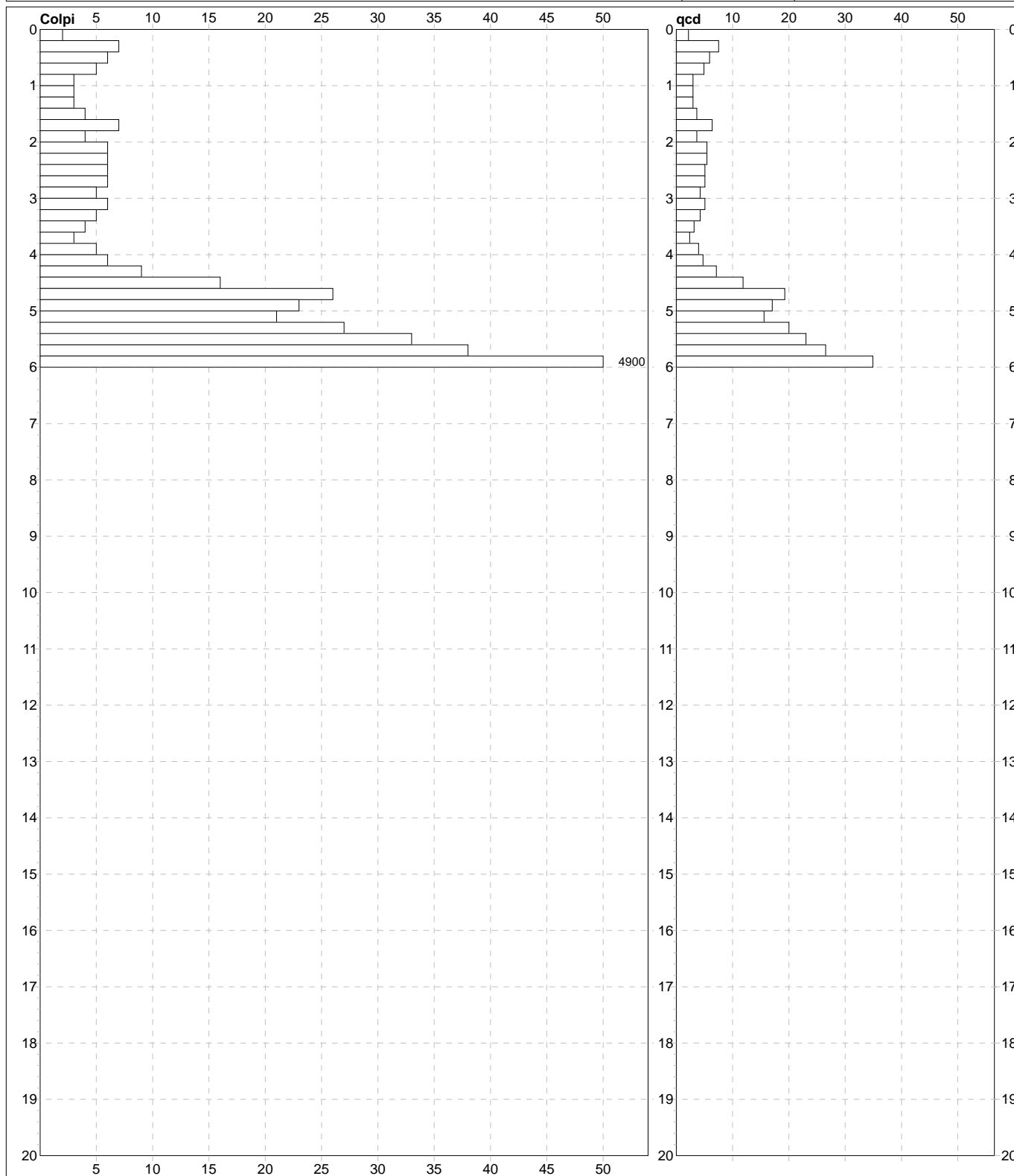


H = profondità  
L1 = prima lettura (colpi punta)  
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)qcd = resistenza dinamica punta  
Asta = numero di asta impiegata



**TERRA S.n.c.**Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITYAUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA****DIN****7**Committente: **Comune di Terni**Cantiere: **PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"**Località: **TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A**U.M.: **MPa**Scala: **1:100**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **07/02/2023**Quota inizio: **Piano Campagna**Falda: **Non rilevata****Penetrometro:** TG63-200D  
**Massa battente:** 63.50 kg  
**Altezza caduta:** 0.75 m  
**Avanzamento:** 0.20 m**Responsabile:** Dott. Geol. G. Piagnani  
**Assistente:****Preforo:** m  
**Corr.astine:** kN/ml  
**Cod.ISTAT:** 055032





**TERRA S.n.c.**  
Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

## UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVE PENETROMETRICHE





# PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI

## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

### VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / Nspt

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati .

Previo definizione della profondità di ciascuno strato , il programma effettua (con riferimento al numero di colpi N) una serie di elaborazioni statistiche dei dati in memoria, valutando :

valore minimo m - media M

Ciò considerato , si potrà adottare il valore caratteristico VCA per N più adatto , a seconda delle esigenze, impostando uno dei valori elaborati sopracitati o un valore a scelta.

Successivamente , con riferimento al valore caratteristico assunto per il numero di colpi N , si potrà avviare un tentativo di correlazione con il numero di colpi Nspt della prova SPT :  $N_{spt} = \beta N$  [ove per il coefficiente  $\beta$  si potrà introdurre un valore sperimentale a piacere (vedi note illustrative), ovvero il coefficiente teorico di energia  $\beta_t$  fornito dal programma] .

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

Nspt -> Dr DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt ->  $\sigma'$  ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (Terreni granulari) - SHIOI - FUKUNI (1982) Road Bridge Specific.

Nspt -> E' MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri (1970)

Nspt -> Cu COESIONE NON DRENATA (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt -> Y PESO DI VOLUME

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [e.max = 1 e.min = 1/3 G = 2.65]

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [p.specifico G = 2.70]

Rpd -> Qd CAPACITA' PORTANTE DINAMICA Herminier, Tchong & Lebegue(1965)

F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )

( g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni : (Amax/g) ]

Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche ( Sycora e Stokoe 1983 )











<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>SUDDIVISIONE GEOTECNICA</b>		<b>DIN</b>	<b>3</b>
	VALORI MINIMI		

Committente:	<b>Comune di Terni</b>	U.M.:	<b>kg/cm²</b>	Data exec.:	07/02/2023
Cantiere:	<b>PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"</b>	Pagina:	1		
Località:	<b>TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A</b>	Elaborato:		Falda:	Non rilevata

PARAMETRI GENERALI													
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpđ kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione	
1	0.00 : 1.00	minimo	2	1.52	3	21.5	19.3	79	29	1.08	Coes./Gran.		
2	1.00 : 3.80	minimo	3	1.52	5	25.4	24.6	117	43	1.27	Coes./Gran.		
3	3.80 : 6.60	minimo	6	1.52	9	44.5	40.0	150	70	2.23	Coes./Gran.		
4	6.60 : 10.20	minimo	9	1.52	14	59.4	50.6	178	99	2.97	Coes./Gran.		
5	10.20 : 10.80	minimo	26	1.52	40	147.2	132.5	243	230	7.36	Coes./Gran.		
6	10.80 : 11.00	minimo	50	1.52	76	270.3	243.3	273	384	13.52	Coes./Gran.		

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0.00 : 1.00	3	0.19	1.78	44.21	1.19	28	11	22	214	1.86	1.38	105	- - -
2	1.00 : 3.80	5	0.31	1.83	39.28	1.06	33	18	24	230	1.88	1.41	127	- - -
3	3.80 : 6.60	9	0.56	1.89	34.00	0.92	44	32	27	261	1.92	1.48	173	- - -
4	6.60 : 10.20	14	0.88	1.95	29.45	0.80	57	41	29	299	1.96	1.53	230	- - -
5	10.20 : 10.80	40	2.50	2.10	20.20	0.55	110	75	39	500	2.10	1.77	463	- - -
6	10.80 : 11.00	76	4.75	2.10	20.20	0.55	183	95	49	777	2.21	1.94	770	- - -



<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>SUDDIVISIONE GEOTECNICA</b>		<b>DIN</b>	<b>4</b>
	VALORI MINIMI		

Committente:	<b>Comune di Terni</b>	U.M.:	<b>kg/cm²</b>	Data exec.:	07/02/2023
Cantiere:	<b>PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"</b>	Pagina:	1		
Località:	<b>TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A</b>	Elaborato:		Falda:	Non rilevata

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpd kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0.00 : 1.40	minimo	1	1.52	2	9.9	8.9	78	21	0.50	Coes./Gran.	
2	1.40 : 2.00	minimo	3	1.52	5	27.3	24.6	109	43	1.37	Coes./Gran.	
3	2.00 : 6.40	minimo	3	1.52	5	23.7	21.3	130	43	1.19	Coes./Gran.	
4	6.40 : 7.60	minimo	1	1.52	2	6.6	5.9	122	21	0.33	Coes./Gran.	
5	7.60 : 8.80	minimo	14	1.52	21	87.5	78.8	190	137	4.38	Coes./Gran.	
6	8.80 : 9.00	minimo	50	1.52	76	297.1	267.4	263	384	14.86	Coes./Gran.	

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E¹ kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0.00 : 1.40	2	0.13	1.75	46.91	1.27	25	8	20	207	1.85	1.36	93	---
2	1.40 : 2.00	5	0.31	1.83	39.28	1.06	33	18	24	230	1.88	1.41	127	---
3	2.00 : 6.40	5	0.31	1.83	39.28	1.06	33	18	24	230	1.88	1.41	127	---
4	6.40 : 7.60	2	0.13	1.75	46.91	1.27	25	8	20	207	1.85	1.36	93	---
5	7.60 : 8.80	21	1.31	2.03	23.98	0.65	71	52	33	353	2.00	1.60	301	---
6	8.80 : 9.00	76	4.75	2.10	20.20	0.55	183	95	49	777	2.21	1.94	770	---



**VALORI MINIMI**

5

U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: 07/02/2023
Pagina: 1	
Elaborato:	Falda: Non rilevata

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpđ kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0.00 : 1.00	minimo	2	1.52	3	21.5	19.3	79	29	1.08	Coes./Gran.	
2	1.00 : 3.00	minimo	2	1.52	3	18.2	16.4	103	29	0.91	Coes./Gran.	
3	3.00 : 5.80	minimo	7	1.52	11	55.3	49.8	150	82	2.77	Coes./Gran.	
4	5.80 : 6.80	minimo	31	1.52	47	211.1	194.8	226	261	10.56	Coes./Gran.	
5	6.80 : 7.00	minimo	50	1.52	76	329.8	296.9	250	384	16.49	Coes./Gran.	

## NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0.00 : 1.00	3	0.19	1.78	44.21	1.19	28	11	22	214	1.86	1.38	105	---
2	1.00 : 3.00	3	0.19	1.78	44.21	1.19	28	11	22	214	1.86	1.38	105	---
3	3.00 : 5.80	11	0.69	1.91	32.11	0.87	50	37	28	276	1.94	1.51	196	---
4	5.80 : 6.80	47	2.94	2.10	20.20	0.55	124	82	42	554	2.14	1.82	522	---
5	6.80 : 7.00	76	4.75	2.10	20.20	0.55	183	95	49	777	2.21	1.94	770	---











<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>SUDDIVISIONE GEOTECNICA</b> <b>VALORI MEDI</b>	<b>DIN</b>	<b>1</b>

Committente: <b>Comune di Terni</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data eseg.: <b>07/02/2023</b>
Cantiere: <b>PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"</b>	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A</b>	Elaborato:	Falda: <b>Non rilevata</b>

PARAMETRI GENERALI													
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione	
1	0.00 : 1.00	Media	3	1.52	4	30.0	27.0	83	36	1.50	Coes./Gran.		
2	1.00 : 3.20	Media	5	1.52	7	43.0	38.0	120	57	2.15	Coes./Gran.		
3	3.20 : 5.40	Media	14	1.52	22	112.9	100.9	169	142	5.65	Coes./Gran.		
4	5.40 : 5.80	Media	34	1.52	51	251.8	210.5	224	279	12.59	Coes./Gran.		
5	5.80 : 6.00	Media	50	1.52	76	354.4	314.1	243	384	17.72	Coes./Gran.		

			NATURA COESIVA						NATURA GRANULARE					
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0.00 : 1.00	4	0.25	1.80	41.67	1.13	30	15	23	222	1.87	1.39	116	---
2	1.00 : 3.20	7	0.44	1.86	36.00	0.97	39	25	25	245	1.90	1.45	150	---
3	3.20 : 5.40	22	1.38	2.04	23.28	0.63	73	53	33	361	2.00	1.61	309	---
4	5.40 : 5.80	51	3.19	2.10	20.20	0.55	132	85	43	584	2.15	1.85	556	---
5	5.80 : 6.00	76	4.75	2.10	20.20	0.55	183	95	49	777	2.21	1.94	770	---

<



<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>SUDDIVISIONE GEOTECNICA</b>	<b>DIN</b>	<b>2</b>

VALORI MEDI

Committente: <b>Comune di Terni</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data esec.: <b>07/02/2023</b>
Cantiere: <b>PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"</b>	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A</b>	Elaborato:	Falda: <b>Non rilevata</b>

PARAMETRI GENERALI													
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpđ kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione	
1	0.00 : 1.20	Media	4	1.52	7	43.9	38.4	95	57	2.19	Coes./Gran.		
2	1.20 : 4.00	Media	5	1.52	8	43.7	38.6	128	63	2.19	Coes./Gran.		
3	4.00 : 4.80	Media	33	1.52	51	254.2	236.5	214	279	12.71	Coes./Gran.		
4	4.80 : 5.00	Media	50	1.52	76	370.6	333.6	234	384	18.53	Coes./Gran.		

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0.00 : 1.20	7	0.44	1.86	36.00	0.97	39	25	25	245	1.90	1.45	150	- - -
2	1.20 : 4.00	8	0.50	1.87	34.98	0.94	41	28	26	253	1.91	1.46	161	- - -
3	4.00 : 4.80	51	3.19	2.10	20.20	0.55	132	85	43	584	2.15	1.85	556	- - -
4	4.80 : 5.00	76	4.75	2.10	20.20	0.55	183	95	49	777	2.21	1.94	770	- - -



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA

3

## VALORI MEDI

Committente: **Comune di Terni**  
 Cantiere: **PNRR - DM 30/12/2021, Riqualficazione Campo Scuola "F. Casagrande"**  
 Località: **TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A**

Data esec.:	07/02/2023
-------------	------------

1	
---	--

Falda: Non rilevata

## PARAMETRI GENERALI

## NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0.00 : 1.00	5	0.31	1.83	39.28	1.06	33	18	24	230	1.88	1.41	127	---
2	1.00 : 3.80	7	0.44	1.86	36.00	0.97	39	25	25	245	1.90	1.45	150	---
3	3.80 : 6.60	12	0.75	1.92	31.20	0.84	52	38	28	284	1.94	1.52	207	---
4	6.60 : 10.20	23	1.44	2.06	22.58	0.61	75	55	34	369	2.01	1.62	318	---
5	10.20 : 10.80	47	2.94	2.10	20.20	0.55	124	82	42	554	2.14	1.82	522	---
6	10.80 : 11.00	76	4.75	2.10	20.20	0.55	183	95	49	777	2.21	1.94	770	---



<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>SUDDIVISIONE GEOTECNICA</b>	<b>DIN</b>	<b>4</b>

VALORI MEDI

Committente: <b>Comune di Terni</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data esec.: <b>07/02/2023</b>
Cantiere: <b>PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"</b>	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A</b>	Elaborato:	Falda: <b>Non rilevata</b>

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpđ kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0.00 : 1.40	Media	3	1.52	5	31.0	26.6	92	43	1.55	Coes./Gran.	
2	1.40 : 2.00	Media	4	1.52	6	33.4	30.0	113	50	1.67	Coes./Gran.	
3	2.00 : 6.40	Media	6	1.52	10	50.1	45.9	146	76	2.51	Coes./Gran.	
4	6.40 : 7.60	Media	2	1.52	3	13.1	11.9	131	29	0.65	Coes./Gran.	
5	7.60 : 8.80	Media	30	1.52	46	185.9	170.7	237	257	9.30	Coes./Gran.	
6	8.80 : 9.00	Media	50	1.52	76	297.1	267.4	263	384	14.86	Coes./Gran.	

NATURA COESIVA							
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²
1	0.00 : 1.40	5	0.31	1.83	39.28	1.06	33
2	1.40 : 2.00	6	0.38	1.85	37.04	1.00	36
3	2.00 : 6.40	10	0.63	1.90	33.04	0.89	47
4	6.40 : 7.60	3	0.19	1.78	44.21	1.19	28
5	7.60 : 8.80	46	2.88	2.10	20.20	0.55	122
6	8.80 : 9.00	76	4.75	2.10	20.20	0.55	183

NATURA GRANULARE							
Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -	
18	24	230	1.88	1.41	127	---	
22	24	238	1.89	1.43	139	---	
35	27	268	1.93	1.50	184	---	
11	22	214	1.86	1.38	105	---	
81	41	546	2.13	1.82	514	---	
95	49	777	2.21	1.94	770	---	

DATI A MERO USO INDICATIVO. L'ASSUNZIONE DEI VALORI E' PIENA ED UNICA RESPONSABILITA' DEL SOGGETTO UTILIZZATORE



<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>SUDDIVISIONE GEOTECNICA</b>	<b>DIN</b>	<b>5</b>

VALORI MEDI

Committente: <b>Comune di Terni</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data esec.: <b>07/02/2023</b>
Cantiere: <b>PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"</b>	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A</b>	Elaborato:	Falda: <b>Non rilevata</b>

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0.00 : 1.00	Media	6	1.52	9	60.9	58.0	95	70	3.05	Coes./Gran.	
2	1.00 : 3.00	Media	4	1.52	6	35.0	31.9	116	50	1.75	Coes./Gran.	
3	3.00 : 5.80	Media	14	1.52	21	108.8	99.6	168	137	5.44	Coes./Gran.	
4	5.80 : 6.80	Media	34	1.52	52	232.1	213.6	230	283	11.60	Coes./Gran.	
5	6.80 : 7.00	Media	50	1.52	76	329.8	296.9	250	384	16.49	Coes./Gran.	

	<b>NATURA COESIVA</b>	<b>NATURA GRANULARE</b>
--	-----------------------	-------------------------

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0.00 : 1.00	9	0.56	1.89	34.00	0.92	44	32	27	261	1.92	1.48	173	---
2	1.00 : 3.00	6	0.38	1.85	37.04	1.00	36	22	24	238	1.89	1.43	139	---
3	3.00 : 5.80	21	1.31	2.03	23.98	0.65	71	52	33	353	2.00	1.60	301	---
4	5.80 : 6.80	52	3.25	2.10	20.20	0.55	134	86	43	592	2.16	1.86	565	---
5	6.80 : 7.00	76	4.75	2.10	20.20	0.55	183	95	49	777	2.21	1.94	770	---



<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b>  <b>SUDDIVISIONE GEOTECNICA</b>	<b>DIN</b>	<b>6</b>

VALORI MEDI

Committente: <b>Comune di Terni</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data esec.: <b>07/02/2023</b>
Cantiere: <b>PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"</b>	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A</b>	Elaborato:	Falda: <b>Non rilevata</b>

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0.00 : 1.00	Media	6	1.52	9	56.4	54.1	95	70	2.82	Coes./Gran.	
2	1.00 : 3.40	Media	8	1.52	13	74.9	69.0	135	93	3.74	Coes./Gran.	
3	3.40 : 7.80	Media	15	1.52	23	105.4	93.4	179	147	5.27	Coes./Gran.	
4	7.80 : 8.80	Media	34	1.52	51	207.0	190.2	242	279	10.35	Coes./Gran.	
5	8.80 : 9.00	Media	50	1.52	76	297.1	267.4	263	384	14.86	Coes./Gran.	

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0.00 : 1.00	9	0.56	1.89	34.00	0.92	44	32	27	261	1.92	1.48	173	---
2	1.00 : 3.40	13	0.81	1.93	30.31	0.82	55	40	29	291	1.95	1.53	218	---
3	3.40 : 7.80	23	1.44	2.06	22.58	0.61	75	55	34	369	2.01	1.62	318	---
4	7.80 : 8.80	51	3.19	2.10	20.20	0.55	132	85	43	584	2.15	1.85	556	---
5	8.80 : 9.00	76	4.75	2.10	20.20	0.55	183	95	49	777	2.21	1.94	770	---



<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>SUDDIVISIONE GEOTECNICA</b>		<b>DIN</b>	<b>7</b>
	VALORI MEDI		

Committente:	<b>Comune di Terni</b>	U.M.:	<b>kg/cm²</b>	Data eseg.:	07/02/2023
Cantiere:	<b>PNRR - DM 30/12/2021, Riqualificazione Campo Scuola "F. Casagrande"</b>	Pagina:	1		
Località:	<b>TERNI (TR) - Largo Atleti Azzurri d'Italia n. 1A</b>	Elaborato:		Falda:	Non rilevata

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpd kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0.00 : 0.80	Media	5	1.52	8	51.3	48.3	90	63	2.56	Coes./Gran.	
2	0.80 : 2.00	Media	4	1.52	6	37.6	35.5	108	50	1.88	Coes./Gran.	
3	2.00 : 4.40	Media	6	1.52	8	46.6	42.5	134	63	2.33	Coes./Gran.	
4	4.40 : 5.80	Media	26	1.52	40	190.5	175.4	211	230	9.52	Coes./Gran.	
5	5.80 : 6.00	Media	50	1.52	76	349.1	314.1	243	384	17.46	Coes./Gran.	

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0.00 : 0.80	8	0.50	1.87	34.98	0.94	41	28	26	253	1.91	1.46	161	---
2	0.80 : 2.00	6	0.38	1.85	37.04	1.00	36	22	24	238	1.89	1.43	139	---
3	2.00 : 4.40	8	0.50	1.87	34.98	0.94	41	28	26	253	1.91	1.46	161	---
4	4.40 : 5.80	40	2.50	2.10	20.20	0.55	110	75	39	500	2.10	1.77	463	---
5	5.80 : 6.00	76	4.75	2.10	20.20	0.55	183	95	49	777	2.21	1.94	770	---



- Report indagine "HVSr1"
- Foglio di campagna indagine "HVSr1"



Fig. 1

TRACCE REGISTRATE

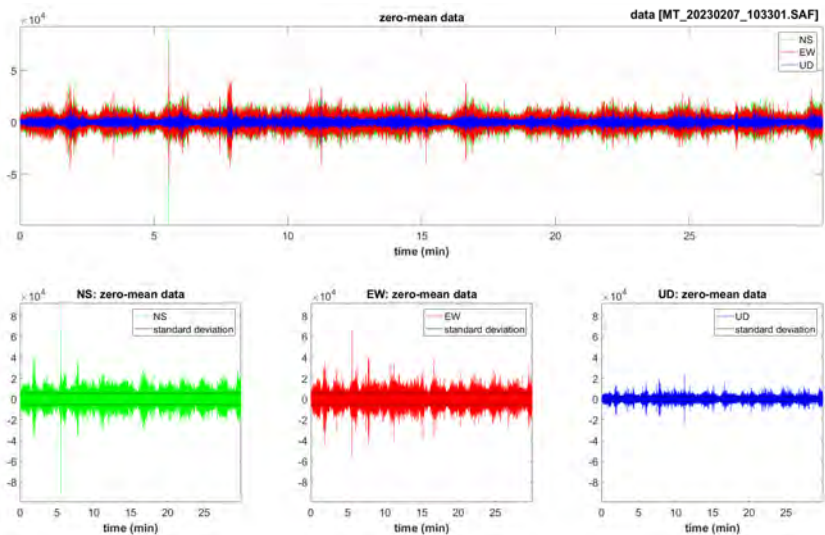


Fig. 2

TRACCE FILTRATE

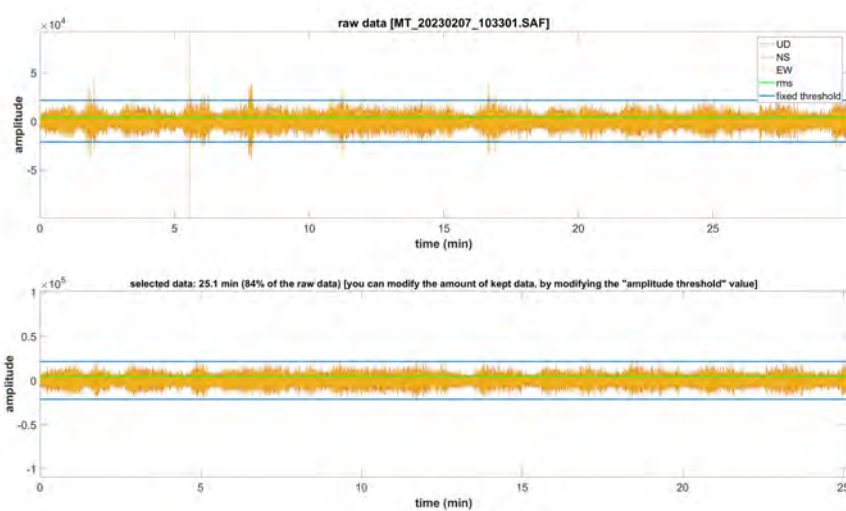


Fig. 3

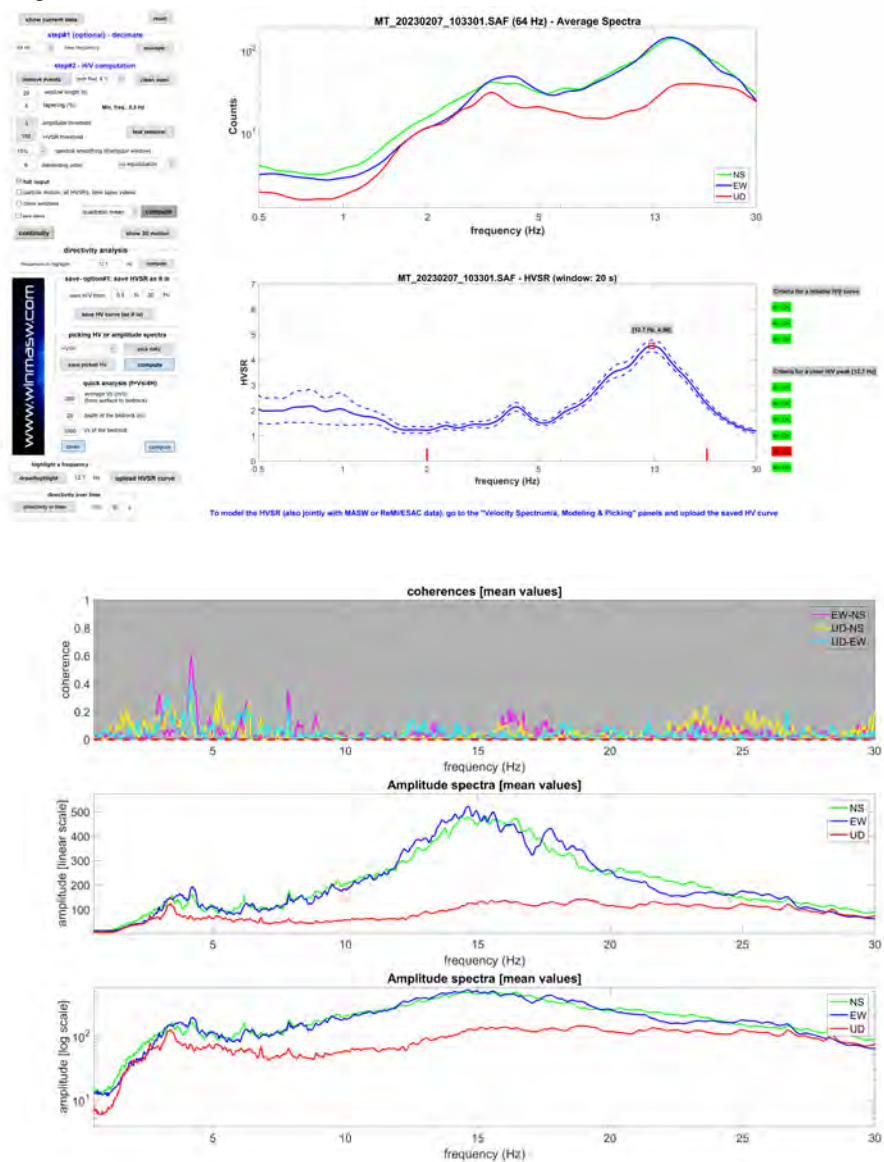
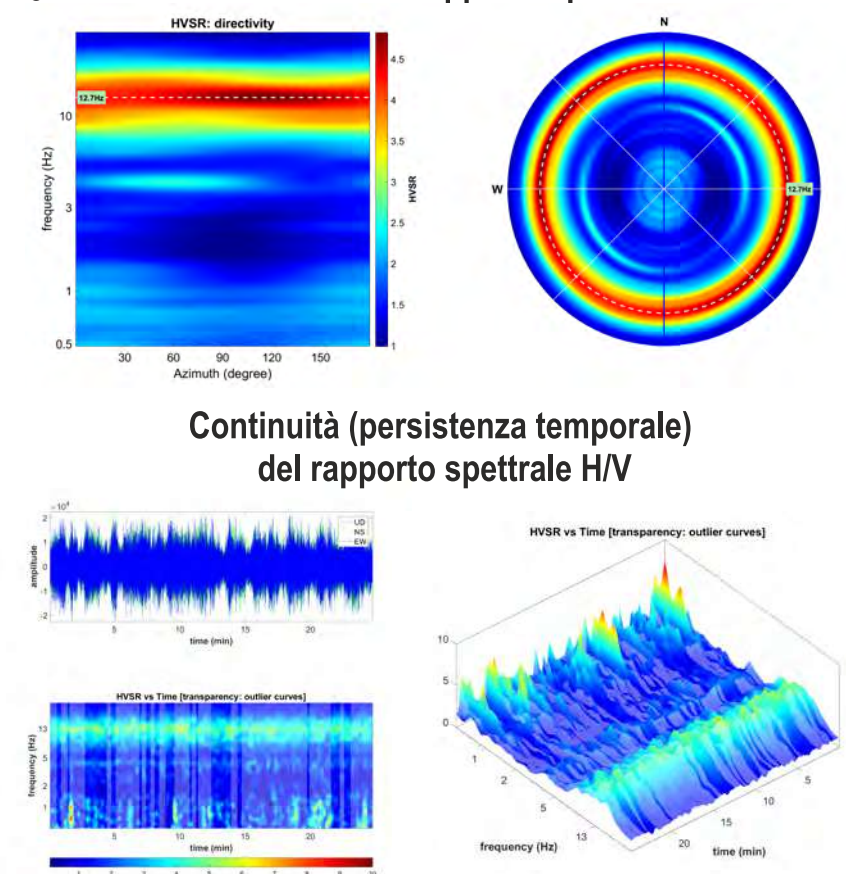


Fig. 4

Direzionalità del rapporto spettrale H/V



LEGENDA

Fig. 1 - Tracce Registrare nelle 3 componenti (NS - WE - UpDown)  
Fig. 2 - Tracce filtrate  
Fig. 3 - Spettri delle singole componenti e curva spettrale H/V  
Fig. 4 - Direzionalità e Persistenza temporale H/V  
Fig. 5 - Conformità della curva H/V e del picco  $f_0$  ai criteri SESAME e classificazione curva H/V (Albarello e Castellaro, 2011)

**TERRA S.n.c.**  
Via Comunale Vittorio Veneto 48  
04055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142  
info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

Indagine geofisica

# HVSR1

Responsabile di cantiere  
dott. Geol. Giorgio PIAGNANI  
ALBO 351  
REGIONE UMBRIA

Fig. 5

winMASW & HoliSurface:  
Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

Dataset: MT\_20230207\_103301.SAF

DATA ACQUISITION  
Date and time: 2023 02 07 10 33 01  
Sampling frequency (Hz): 300  
Length of dataset (min): 30.0

DATA PROCESSING  
Date: 11 2 2023  
Time: 16 58  
Sampling frequency (Hz): 64  
Window length (sec): 20  
HVSR computation: quadratic mean  
Minimum frequency soundly  
determined [10 cycles]: 0.5Hz  
Length of analysed dataset (min): 25.1  
Tapering (%): 5  
Smoothing (%): 15

SESAME criteria

In the following the results considering the data in the 2.0-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 12.7 ( $\pm 1.1$ )

Peak HVSR value: 4.56 ( $\pm 0.2$ )

Criteria for a reliable H/V curve

- #1.  $[f_0 > 10/Lw]$ :  $12.694 > 0.5$  (OK)
- #2.  $[nc > 200]$ :  $37827 > 200$  (OK)
- #3.  $[f_0 > 0.5Hz; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$  (OK)

Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)

- #1.  $[exists \ f^- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f^-) < A_0/2]$ : yes, at frequency 3.2Hz (OK)
- #2.  $[exists \ f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f^+) < A_0/2]$ : yes, at frequency 19.9Hz (OK)
- #3.  $[A_0 > 2]$ :  $4.6 > 2$  (OK)
- #4.  $[f_{peak}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$ : (OK)
- #5.  $[\sigma_A(f) < \epsilon(f_0)]$ :  $1.147 > 0.635$  (NO)
- #6.  $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$ :  $0.435 < 1.58$  (OK)

www.winmasw.com

CLASSIFICAZIONE MISURA H/V  
(Albarello e Castellaro, 2011)

B1



### Foglio Campagna acquisizione HVSR

Campagna:	Comune di Terni	Data:	07/02/2023
Sito:	Campo scuola "F. Casagrande"	Operatore:	dott. Giorgio PIAGNANI
Strumento Acquisitore:	SR04-GEOBOX Sara El.	Sismometro Tipo:	Digitale Triassiale 24bit
Frequenza Sismometro:	2.0 Hz	Fondo scala:	1.25V picco-picco
Freq. Campionamento:	300 Hz	Durata (sec):	1800
Inizio Registrazione:	10.33	FORMATO FILE:	.SAF
NOME FILE:	MT_20230207_103301	SIGLA PUNTO DI ACQUISIZIONE:	HVSR1
Coordinate GPS (WGS84)			
Latitudine:	42.559008°		
Longitudine:	12.640666°		
Quota (m slm):	119		

**Indicazioni sul Sito:** (Città, Frazione, via, proprietario, telefono e altri riferimenti per la sua individuazione)

TERNI(PG), loc. TERNI, Largo Atleti d'Italia n. 1A – Campo scuola "F. Casagrande"

Ubicazione punto di misura:

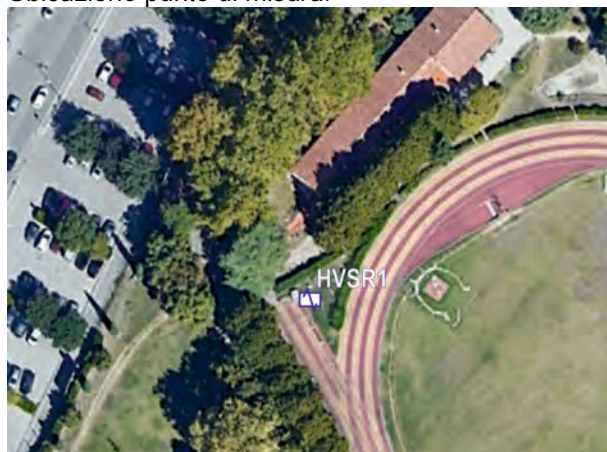


Foto:



#### INSTALLAZIONE SISMOMETRO: ACCOPPIAMENTO

- |  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> Roccia          | <input type="checkbox"/> Asfalto          | <input checked="" type="checkbox"/> Sabbia | <input checked="" type="checkbox"/> Erba          |
| <input type="checkbox"/> Terreno Riporto | <input type="checkbox"/> Terreno_compatto | <input type="checkbox"/> Terreno_bagnato   | <input checked="" type="checkbox"/> Terreno_secco |
| <input type="checkbox"/> Cemento         | <input type="checkbox"/> Sterrato         | <input type="checkbox"/> Pavimentazione    | <input type="checkbox"/> Marciapiede              |

**Modalità Accoppiamento Sismometro Terreno:**

(appoggiato, interrato, cementato): **Appoggiato**



**TERRA S.n.c.**  
Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142  
info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

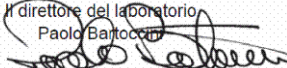


INSTALLAZIONE SISMOMETRO: GEOLOGIA			
<input type="checkbox"/> Roccia	<input checked="" type="checkbox"/> Terreno	<input type="checkbox"/> Detrito	<input type="checkbox"/> Riporto
altro/commento: .....			
INSTALLAZIONE SISMOMETRO: POSIZIONAMENTO in			
<input type="checkbox"/> Città_via_principale	<input type="checkbox"/> Città_via_secondaria	<input type="checkbox"/> Città_cortile	<input type="checkbox"/> Città_parco
<input type="checkbox"/> Strada_principale	<input type="checkbox"/> Strada_secondaria	<input type="checkbox"/> Mura	<input type="checkbox"/> Mura_antiche
<input type="checkbox"/> Aperta_campagna	<input type="checkbox"/> Galleria	<input type="checkbox"/> Cunicolo	
altro/commento: CAMPO SPORTIVO			
INSTALLAZIONE GEOFONO : VICINANZA			
<input type="checkbox"/> Fiume	<input type="checkbox"/> Canale	<input type="checkbox"/> Fabbrica	<input type="checkbox"/> Cantiere
<input type="checkbox"/> Lavori_stradali	<input type="checkbox"/> Alberi	<input type="checkbox"/> Ponti	<input type="checkbox"/> Viadotti
<input type="checkbox"/> Mura	<input type="checkbox"/> Gallerie	<input type="checkbox"/> fognature	
<input checked="" type="checkbox"/> Edifici_nessuno	<input type="checkbox"/> Edifici_scarsi	<input type="checkbox"/> Edifici_densi	
distanza_edificio_vicino: m		numero piani edificio vicino:	
strutture_sotterranee:			

CONDIZIONI ATMOSFERICHE :		
<input type="checkbox"/> vento_forte	<input type="checkbox"/> vento_debole	<input checked="" type="checkbox"/> no_vento
<input type="checkbox"/> pioggia_forte	<input type="checkbox"/> pioggia_debole	<input checked="" type="checkbox"/> no_pioggia
altro/commento.....sereno - T = 6° C.....		

RUMORE RILEVABILE:		
<input type="checkbox"/> Auto_nessuna	<input type="checkbox"/> Auto_poche	<input checked="" type="checkbox"/> Auto_tante
<input type="checkbox"/> Mezzi_pesanti_nessuno	<input type="checkbox"/> Mezzi_pesanti_pochi	<input checked="" type="checkbox"/> Mezzi_pesanti_tanti
<input type="checkbox"/> Pedoni_nessuno	<input checked="" type="checkbox"/> Pedoni_pochi	<input type="checkbox"/> Pedoni_tanti
ALTRE SORGENTI DI RUMORE:		

Il direttore del laboratorio  
Paolo Bartocci



Sperimentatore  
Dott. Geol. Giorgio Piagnani



**TERRA S.n.c.**  
Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papierno (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142  
info@laboratorioriegeotecnico.it

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010



**INDAGINI CON ANALISI DELLA DISPERSIONE DELLE ONDE LOVE  
(THF)**

- Report indagine "MW1"**
- winMASW Report inversione "MW1"**
- Foglio di campagna indagine "MW1"**

- Report indagine "MW2"**
- winMASW Report inversione "MW2"**
- Foglio di campagna indagine "MW2"**



FOTO AEREA, scala 1:1.000

Fig. 1

**Fig. 3**

Figure 3 displays three plots related to the seismic data analysis:

- velocity spectra:** A plot showing velocity (m/s) versus frequency (Hz). The observed data (green) and the best model (black) are shown. The velocity ranges from 200 to 1200 m/s, and the frequency ranges from 5 to 35 Hz.
- misfit evolution:** A plot showing misfit versus generation. The fittest model (blue) and the average value (red) are shown. The misfit ranges from -8 to -5, and the generation ranges from 0 to 70.
- $V_s$  profile:** A plot showing the shear wave velocity ( $V_s$ ) profile versus depth (m). The fittest model (blue) and the mean model (red) are shown. The depth ranges from 0 to 30 m, and the  $V_s$  ranges from 200 to 1000 m/s. The mean model is also shown as a dashed line.

Mean model  
 $V_s$  (m/s): 157, 201, 271, 317, 641, 688, 779  
 $V_s$  standard deviations (m/s): 9, 13, 6, 25, 50, 35  
Thickness (m): 0.3, 0.5, 2.0, 2.1, 4.4, 6.4

dataset: THF1-5DX-5MO.sg2  
velocity spectrum: THF1-5DX-5MOFVS.mat

DATASET:	THF1-SDX-5MO.seg2
Considered component:	THF
Considered velocity spectrum:	THF1-SDX-5MOFVS.mat

Frequenza minima di elaborazione (Hz)	3	Tracce	(n°)	12
Frequenza massima di elaborazione (Hz)	40	Durata acquisizione	(s)	2.0
Velocità minima di elaborazione (m/s)	80	Periodo campionamento	(ms)	1.0
Velocità massima di elaborazione (m/s)	1.300	Distanza geofoni	(m)	5.00

SISMOSTRATO	Profondità [m]	Spessore [m]	V <sub>s</sub> [m/sec]
1	0.30	0.30	157.00
2	0.80	0.50	201.00
3	2.80	2.00	271.00
4	4.90	2.10	317.00
5	9.30	4.40	641.00
6	15.70	6.40	688.00
7	SOTTO 15,70 m		779.00

$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$		$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,30} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]}$		Bedrock sismico NON PRESENTE entro 30,0 m dal p.c.	
		profondità piano fondale da p.c. (m)	$V_{S,30}$ (m/s)	$V_{S,eq}$ (m/s)	
con:		0.00	567	-	
hi - spessore i-esimo strato      N - numero di strati					
$V_{S,i}$ - velocità delle onde di taglio dell' i-esimo strato					
H - profondità del substrato, definito come quella formazione di roccia, caratterizzata da $V_S$ non inferiore di 800 m/s					

**FIG. 4: RISULTATI**

- a) tabella sismostratigrafica di sintesi (Mean Model),
- b) confronto dataset e spettri «osservati» (registrati) e sintetici (Mean Model),
- c) confronto massimi f-v spettro di velocità di fase (curve modali «osservate») e curve modali sintetiche (Mean Model)
- d) calcolo  $V_{S,eq}$

## LEGENDA

Indagine geofisica  
**MW1**

Lo spediente è:



dott. Giorgio Piagnani MCNANI



## ===== SECTION#1

dataset: THF1-5DX-5MO.sg2  
 sampling (ms): 1  
 minimum offset (m): 5  
 geophone spacing (m): 5  
 offsets (m): 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60  
 Velocity spectrum: THF1-5DX-5MOFVS.mat  
 Number of individuals: 48  
 Number of generations: 61

Love-wave dispersion analysis

Analyzing phase velocities

Adopted search space (minimum Vs): 134 179 221 290 541 613 646

Adopted search space (maximum Vs): 168 224 278 320 679 768 810

Adopted search space (minimum Poisson): 0.22095 0.24478 0.24847 0.22838 0.24639 0.23009 0.23503

Adopted search space (maximum Poisson): 0.41033 0.45459 0.46145 0.42414 0.45759 0.4273 0.43649

Adopted search space (minimum Qs): 11.05 14.45 17.85 22.95 43.35 48.45 51

Adopted search space (maximum Qs): 16.9 22.1 27.3 35.1 66.3 74.1 78

Adopted search space (minimum reference frequency): 1

Adopted search space (maximum reference frequency): 40.02

Adopted search space (minimum thickness): 0.27679 0.46429 2 2 3.9375 5.9286

Adopted search space (maximum thickness): 0.3472 0.5824 3 3 4.9392 7.4368

## ===== SECTION#2

component: THF

number of considered modes: 5

starting Qs values: 13 17 21 27 51 57 60

allowed variability for Poisson and Q values (%): 5

Love-wave analysis

Optimizing subsurface model - generation: 1; average & best misfits: -7.9995 -6.7291  
 Optimizing subsurface model - generation: 2; average & best misfits: -7.819 -6.5003  
 Optimizing subsurface model - generation: 3; average & best misfits: -7.6893 -6.4642  
 Optimizing subsurface model - generation: 4; average & best misfits: -7.5777 -6.4642  
 Optimizing subsurface model - generation: 5; average & best misfits: -7.4463 -6.432  
 Optimizing subsurface model - generation: 6; average & best misfits: -7.2791 -6.4028  
 Optimizing subsurface model - generation: 7; average & best misfits: -7.1553 -6.3875  
 Optimizing subsurface model - generation: 8; average & best misfits: -7.054 -6.2346  
 Optimizing subsurface model - generation: 9; average & best misfits: -7.0959 -6.1739  
 Optimizing subsurface model - generation: 10; average & best misfits: -6.982 -6.1615  
 Optimizing subsurface model - generation: 11; average & best misfits: -6.8615 -6.1615  
 Optimizing subsurface model - generation: 12; average & best misfits: -6.8851 -6.1615  
 Optimizing subsurface model - generation: 13; average & best misfits: -6.836 -6.1615  
 Optimizing subsurface model - generation: 14; average & best misfits: -6.9227 -6.1615  
 Optimizing subsurface model - generation: 15; average & best misfits: -6.8894 -6.0922  
 Optimizing subsurface model - generation: 16; average & best misfits: -6.7511 -6.0922  
 Optimizing subsurface model - generation: 17; average & best misfits: -7.0066 -6.0922  
 Optimizing subsurface model - generation: 18; average & best misfits: -6.952 -6.0922  
 Optimizing subsurface model - generation: 19; average & best misfits: -7.0455 -6.0922  
 Optimizing subsurface model - generation: 20; average & best misfits: -7.0039 -6.0427  
 Optimizing subsurface model - generation: 21; average & best misfits: -7.043 -6.0427  
 Optimizing subsurface model - generation: 22; average & best misfits: -7.0025 -6.0427  
 Optimizing subsurface model - generation: 23; average & best misfits: -6.9934 -6.0427  
 Optimizing subsurface model - generation: 24; average & best misfits: -6.998 -6.0427  
 Optimizing subsurface model - generation: 25; average & best misfits: -6.9601 -6.0427  
 Optimizing subsurface model - generation: 26; average & best misfits: -6.9544 -5.9948  
 Optimizing subsurface model - generation: 27; average & best misfits: -6.8573 -5.9948  
 Optimizing subsurface model - generation: 28; average & best misfits: -6.8534 -5.9948  
 Optimizing subsurface model - generation: 29; average & best misfits: -6.8691 -5.9948  
 Optimizing subsurface model - generation: 30; average & best misfits: -6.844 -5.9948  
 Optimizing subsurface model - generation: 31; average & best misfits: -6.9512 -5.9948  
 Optimizing subsurface model - generation: 32; average & best misfits: -7.0067 -5.9948  
 Optimizing subsurface model - generation: 33; average & best misfits: -6.8916 -5.9948



**TERRA S.n.c.**

Via Comunale Vittorio Veneto 48  
 06055 Papiano (PG)  
 tel: 075 8089539 - 075 8795142  
 info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON  
 SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
 UNI EN ISO 9001:2015  
 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
 Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
 D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010



Optimizing subsurface model - generation: 34; average & best misfits: -6.7997 -5.9948  
 Optimizing subsurface model - generation: 35; average & best misfits: -6.8418 -5.9943  
 Optimizing subsurface model - generation: 36; average & best misfits: -6.8739 -5.9928  
 Optimizing subsurface model - generation: 37; average & best misfits: -6.903 -5.9928  
 Optimizing subsurface model - generation: 38; average & best misfits: -6.846 -5.9797  
 Optimizing subsurface model - generation: 39; average & best misfits: -6.8895 -5.9797  
 Optimizing subsurface model - generation: 40; average & best misfits: -6.9744 -5.9797  
 Optimizing subsurface model - generation: 41; average & best misfits: -6.8293 -5.9797  
 Optimizing subsurface model - generation: 42; average & best misfits: -6.9897 -5.9797  
 Optimizing subsurface model - generation: 43; average & best misfits: -6.8162 -5.9549  
 Optimizing subsurface model - generation: 44; average & best misfits: -6.7386 -5.9549  
 Optimizing subsurface model - generation: 45; average & best misfits: -6.7232 -5.9549  
 Optimizing subsurface model - generation: 46; average & best misfits: -6.6753 -5.9549  
 Optimizing subsurface model - generation: 47; average & best misfits: -6.6425 -5.9549  
 Optimizing subsurface model - generation: 48; average & best misfits: -6.6269 -5.9549  
 Optimizing subsurface model - generation: 49; average & best misfits: -6.7503 -5.9549  
 Optimizing subsurface model - generation: 50; average & best misfits: -6.8088 -5.9549  
 Optimizing subsurface model - generation: 51; average & best misfits: -6.9382 -5.9549  
 Optimizing subsurface model - generation: 52; average & best misfits: -6.8967 -5.9549  
 Optimizing subsurface model - generation: 53; average & best misfits: -6.7506 -5.9549  
 Optimizing subsurface model - generation: 54; average & best misfits: -6.748 -5.9549  
 Optimizing subsurface model - generation: 55; average & best misfits: -6.7832 -5.9549  
 Optimizing subsurface model - generation: 56; average & best misfits: -6.8939 -5.9549  
 Optimizing subsurface model - generation: 57; average & best misfits: -6.9373 -5.9549  
 Optimizing subsurface model - generation: 58; average & best misfits: -6.834 -5.9549  
 Optimizing subsurface model - generation: 59; average & best misfits: -6.7933 -5.9549  
 Optimizing subsurface model - generation: 60; average & best misfits: -6.7655 -5.9549

Checking the new search space (for the finer search)

Adopted search space (minimum Vs): 134 179 221 290 541 613 646

Adopted search space (maximum Vs): 168 224 278 320 679 768 810

Adopted search space (minimum Qs): 11.05 14.45 17.85 22.95 43.35 48.45 51

Adopted search space (maximum Qs): 16.9 22.1 27.3 35.1 66.3 74.1 78

Adopted search space (minimum reference frequency): 1

Adopted search space (maximum reference frequency): 40.02

Adopted search space (minimum Poisson): 0.22095 0.24478 0.24847 0.22838 0.24639 0.23009 0.23503

Adopted search space (maximum Poisson): 0.41033 0.45459 0.46145 0.42414 0.45759 0.4273 0.43649

Adopted search space (minimum thickness): 0.27679 0.46429 2 2 3.9375 5.9286

Adopted search space (maximum thickness): 0.3472 0.5824 3 3 4.9392 7.4368

Now a finer search around the most promising search space area

Love-wave analysis

Optimizing subsurface model - generation: 1; average & best misfits: -6.8311 -6.0028  
 Optimizing subsurface model - generation: 2; average & best misfits: -6.7705 -6.0028  
 Optimizing subsurface model - generation: 3; average & best misfits: -6.7812 -6.0028  
 Optimizing subsurface model - generation: 4; average & best misfits: -6.7448 -5.9999  
 Optimizing subsurface model - generation: 5; average & best misfits: -6.8454 -5.9999  
 Optimizing subsurface model - generation: 6; average & best misfits: -6.8392 -5.9999  
 Optimizing subsurface model - generation: 7; average & best misfits: -6.8474 -5.9999  
 Optimizing subsurface model - generation: 8; average & best misfits: -6.8144 -5.9984  
 Optimizing subsurface model - generation: 9; average & best misfits: -6.8617 -5.9984  
 Optimizing subsurface model - generation: 10; average & best misfits: -6.8343 -5.9984  
 Optimizing subsurface model - generation: 11; average & best misfits: -6.7397 -5.9984  
 Optimizing subsurface model - generation: 12; average & best misfits: -6.8357 -5.9984  
 Optimizing subsurface model - generation: 13; average & best misfits: -6.8794 -5.9984  
 Optimizing subsurface model - generation: 14; average & best misfits: -6.8184 -5.9984  
 Optimizing subsurface model - generation: 15; average & best misfits: -6.9606 -5.9984

Subsurface model after Vs, Qs, Vp & thickness optimization [fittest model]:

Vs (m/s): 158 188 273 320 641 646 804

Thickness (m): 0.28 0.47 2 2 4.3 6.1

Qs (estimated): 16 16 18 29 43 48 59

Vp (m/s) (estimated): 289 475 553 631 1184 1813 1880

Poisson (estimated): 0.29 0.41 0.34 0.33 0.29 0.43 0.39

Reference frequency (Hz): 1



**TERRA S.n.c.**  
 Via Comunale Vittorio Veneto 48  
 06055 Papiano (PG)  
 tel: 075 8089539 - 075 8795142  
 info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON  
 SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
 UNI EN ISO 9001:2015  
 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
 Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
 D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010



Number of models considered to calculate the average model: 2391

# ##### RESULTS #####

Dataset: THF1-5DX-5MO.sg2  
Analyzed data: THF1-5DX-5MOFVS.mat

## ===== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities  
Analyzing Love-Wave Dispersion

## ===== MEAN MODEL

Vs (m/s): 157 201 271 317 641 688 779  
Standard deviations (m/s): 9 13 6 6 25 50 35

Thickness (m): 0.3 0.5 2.0 2.1 4.4 6.4  
Standard deviations (m): 0.0 0.0 0.1 0.0 0.1 0.1

Approximate values for density & shear modulus  
Density (gr/cm3): 1.77 1.84 1.92 1.96 2.15 2.17 2.21  
Shear modulus (MPa): 44 74 141 197 885 1029 1340

## ===== SECTION#4 BEST MODEL

Vs (m/s): 158 188 273 320 641 646 804  
thickness (m): 0.28279 0.47114 2 2 4.3446 6.1438

Approximate values for density & shear modulus  
Density (gr/cm3): 1.77 1.82 1.92 1.97 2.15 2.16 2.22  
Shear modulus (MPa): 44 64 143 201 885 900 1433

## ===== SECTION#5

Vs30 & VsE (mean model): 566 566 m/s  
Vs30 & VsE (best model): 571 446 m/s

## ===== SECTION#6

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

- A - 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.
- B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
- C - Depositati 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.
- D - Depositati 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.
- E - 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.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

winMASW - Surface Waves & Beyond  
www.winmasw.com

Number of models used to define the mean model: 2391  
Analyzing Phase velocities



**TERRA S.n.c.**  
Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142  
info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010



**Foglio Campagna acquisizione MASW – “MW1” (THF)**

Campagna:	Comune di Terni Campo scuola “F. Casagrande” Largo Atleti d'Italia n. 1A - Terni	Data:	07/02/2023
Profilo:	MW1 (THF)	Operatore:	Dr. Geol. Giorgio PIAGNANI
Strumento:	Sismografo PASI GEA24 24 bit	Condizioni Meteo:	Sereno
Sorgente:	Mazza 8 Kg	Formato Dati:	.dat (sg2)
Energizzazione:	Colpo orizzontale su traversina in legno dotata di piastra in PE con mazza dotata di switch piezoelettrico		
Tipo Geofoni:	orizzontali con asse perpendicolare alla direzione dello stendimento	Frequenza Geofoni:	4.5 Hz
Spaziatura Geofoni:	5.00 m	Offset minimo (01-G1):	5.00 m
		Offset minimo (02-G12):	5.00 m
Frequenza di Campionamento:	1000 Hz	Durata registrazione:	2.0 sec
Lungh. Registrazione:	2.0 sec		
Coordinate GPS			
Inizio Profilo (G1)		Fine Profilo (G12)	
Latitudine	42.559072°	Latitudine	42.558638°
Longitudine	12.641863°	Longitudine	12.642189°
Quota (m slm)	119	Quota (m slm)	119

**Schema geometria**

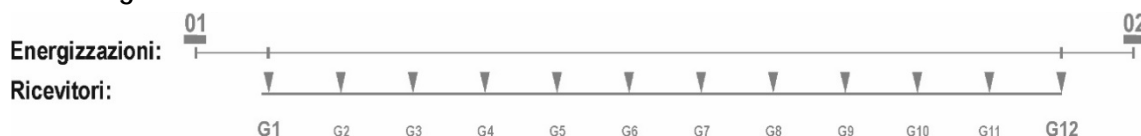


Foto: Indagine MW1 – posizione G1 → G12



Foto: Indagine MW1 – posizione G12 → G1



**TERRA S.n.c.**  
Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142  
info@laboratoriogetecnico.it

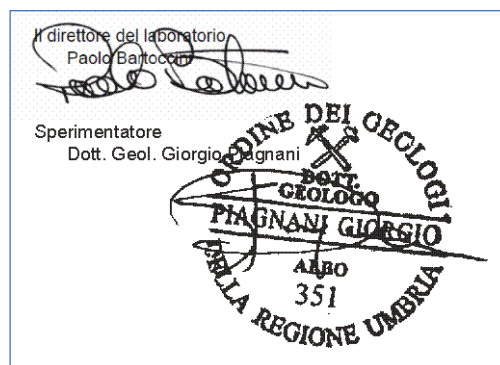
AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010



Misura N°	Posizione Energiz.	Nome file	Posizioni Ricevitori	Tracce inattive	Note (Rumore, Energ. singola, stack Energ.)
01	01	THF1-5DX-5MO_shot1.sg2	-----	-----	Energ. singola
02	01	THF1-5DX-5MO_shot2.sg2	-----	-----	Energ. singola
03	01	THF1-5DX-5MO_shot3.sg2	-----	-----	Energ. singola
04	01	THF1-5DX-5MO_shot4.sg2	-----	-----	Energ. singola
05	01	THF1-5DX-5MO_shot5.sg2	-----	-----	Energ. singola
06	01	THF1-5DX-5MO_shot6.sg2	-----	-----	Energ. singola
07	01	THF1-5DX-5MO_shot7.sg2	-----	-----	Energ. singola
08	01	THF1-5DX-5MO_shot8.sg2	-----	-----	Energ. singola
09	01	THF1-5DX-5MO_shot9.sg2	-----	-----	Energ. singola
10	01	THF1-5DX-5MO_shot10.sg2	-----	-----	Energ. singola
	01	THF1-5DX-5MO.sg2*	-----	-----	Stack Energ. Misure n° 01-10
01	02	THF2-5DX-5MO_shot1.sg2	-----	-----	Energ. singola
02	02	THF2-5DX-5MO_shot2.sg2	-----	-----	Energ. singola
03	02	THF2-5DX-5MO_shot3.sg2	-----	-----	Energ. singola
04	02	THF2-5DX-5MO_shot4.sg2	-----	-----	Energ. singola
05	02	THF2-5DX-5MO_shot5.sg2	-----	-----	Energ. singola
06	02	THF2-5DX-5MO_shot6.sg2	-----	-----	Energ. singola
07	02	THF2-5DX-5MO_shot7.sg2	-----	-----	Energ. singola
08	02	THF2-5DX-5MO_shot8.sg2	-----	-----	Energ. singola
09	02	THF2-5DX-5MO_shot9.sg2	-----	-----	Energ. singola
10	02	THF2-5DX-5MO_shot10.sg2	-----	-----	Energ. singola
	02	THF2-5DX-5MO.sg2*	-----	-----	Stack Energ. Misure n° 01-10

\* file tracce utilizzato per elaborazione MW1 (THF)



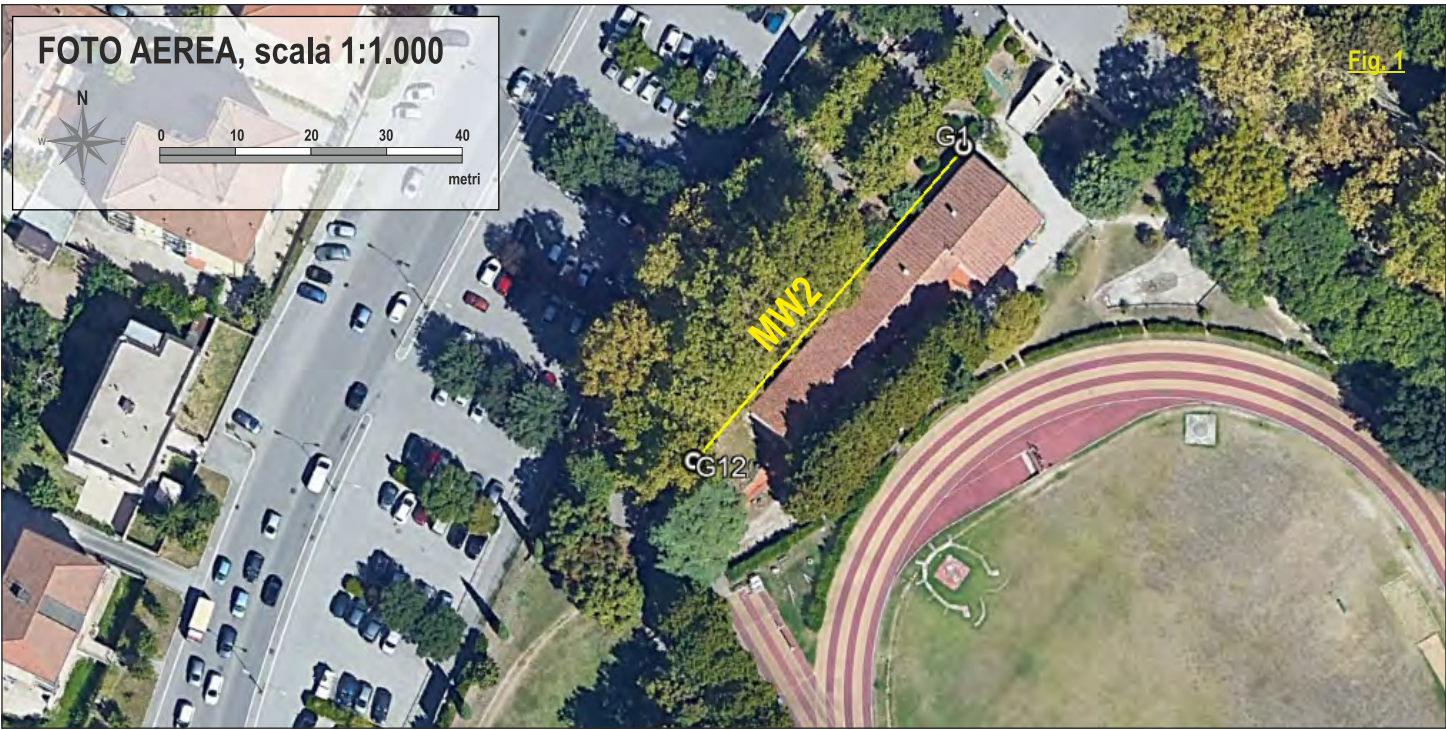
**TERRA S.n.c.**  
Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142  
info@laboratoriogeo-tecnico.it

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

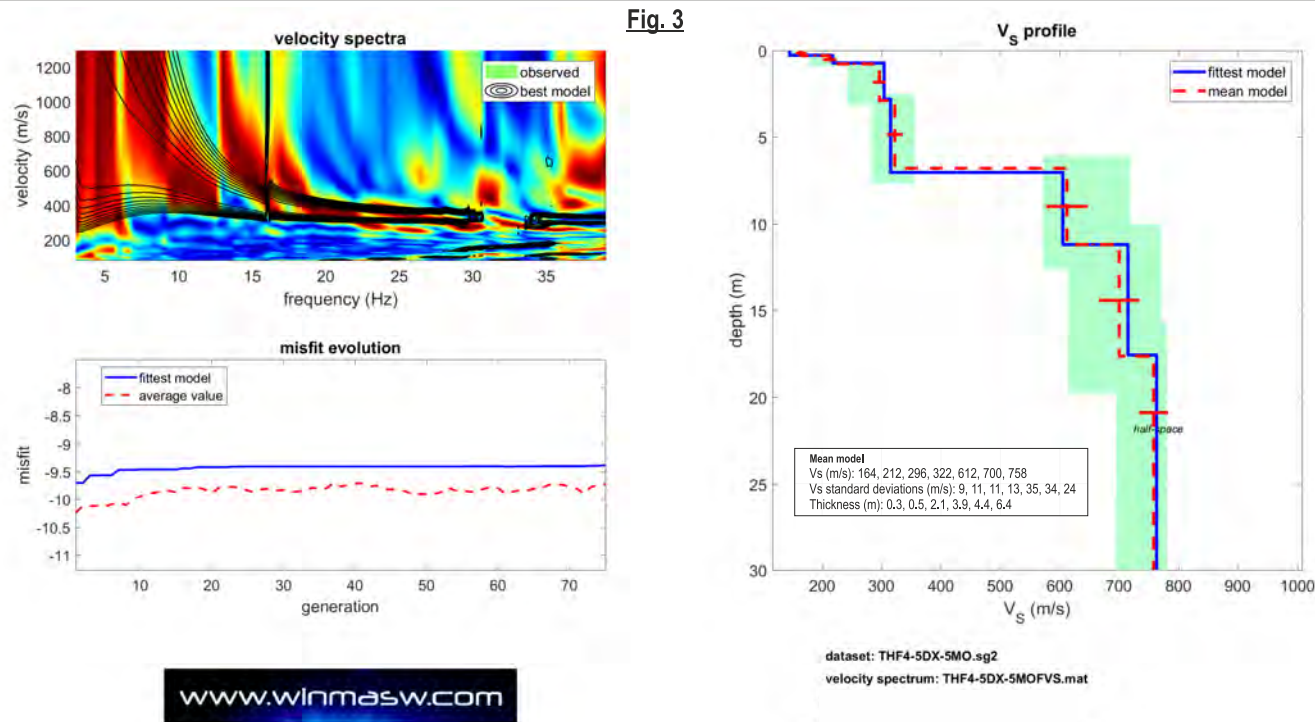
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010



UBICAZIONE STENDIMENTO "MASW"

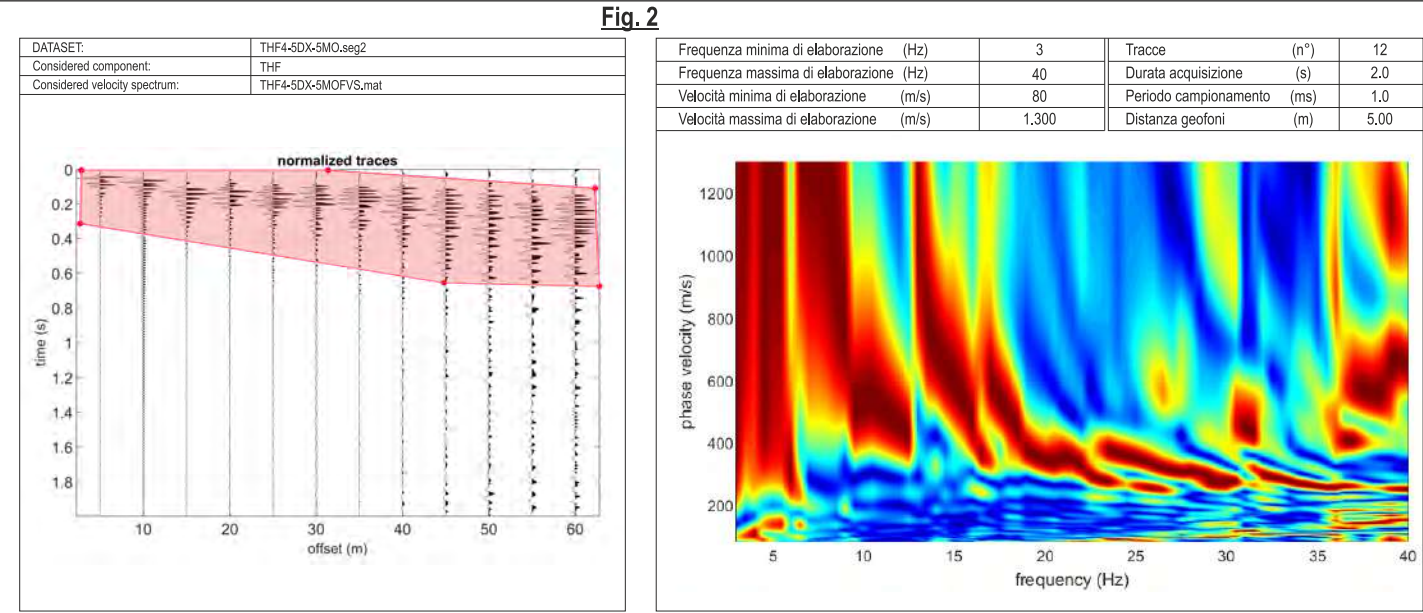


INVERSIONE [step 3] (metodo FVS - Full Velocity Spectrum)



TRACCE REGISTRATE [step 1]

SPETTRO Frequenza - Velocità di fase (THF) [step 2]



RISULTATI

Fig. 4

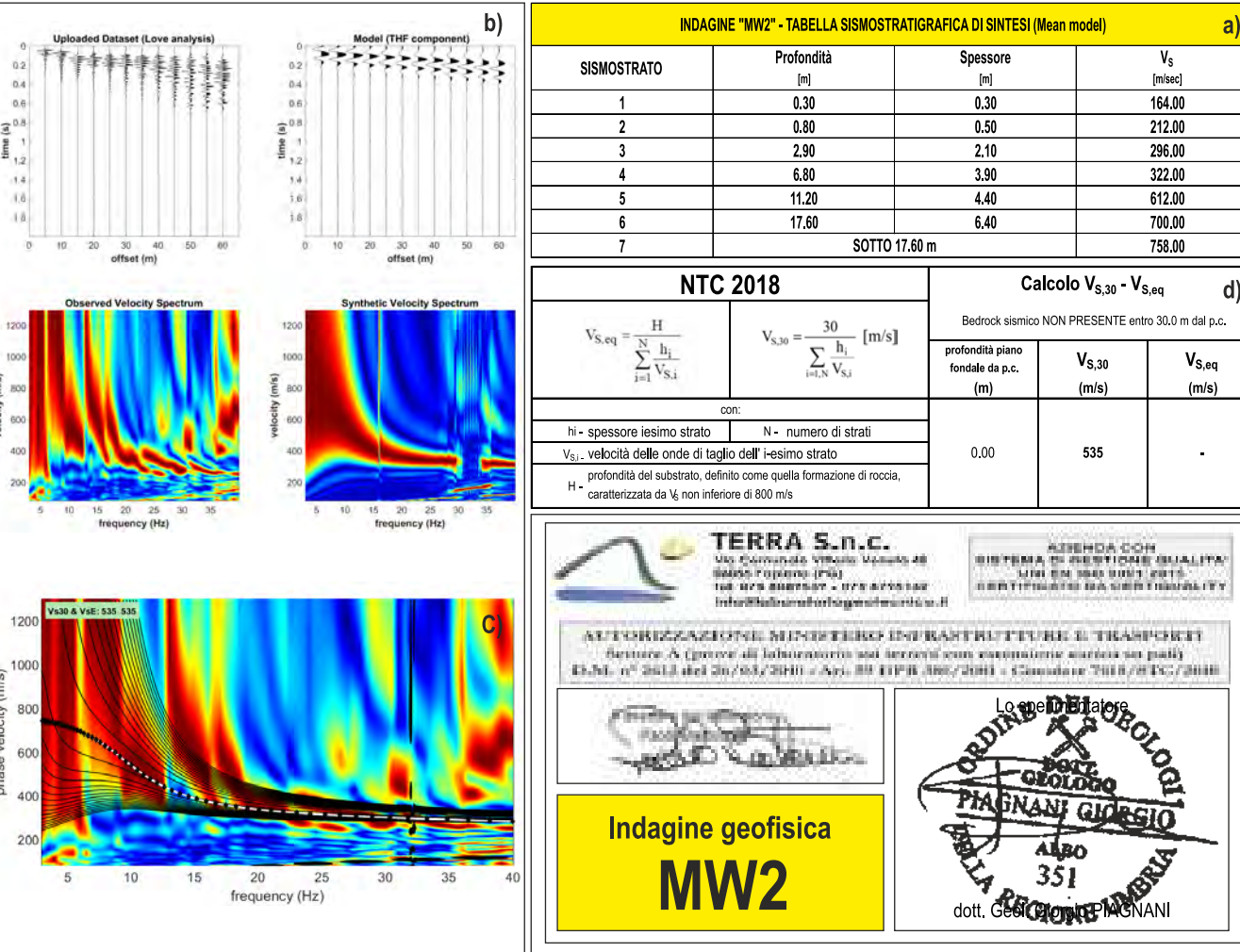


FIG. 1: UBICAZIONE STENDIMENTO

FIG. 2: TRACCE REGISTRATE (step 1)  
SPETTRO DI VELOCITA' DI FASE delle onde di Love (THF - step 2)

FIG. 3: INVERSIONE SPETTRO "THF" con metodo FVS (Full Velocity Spectrum - step 3)  
- sovrapposizione spettro sintetico (contour line) ed «osservato»  
- profilo  $V_s$  di sito,  
- andamento misfit

FIG. 4: RISULTATI  
- a) tabella sismostratigrafica di sintesi (Mean Model),  
- b) confronto dataset e spettri «osservati» (registrati) e sintetici (Mean Model),  
- c) confronto massimi f-v spettro di velocità di fase (curve modali «osservate») e curve modali sintetiche (Mean Model)  
- d) calcolo  $V_{s,eq}$

LEGENDA



===== SECTION#1

dataset: THF4-5DX-5MO.sg2  
 sampling (ms): 1  
 minimum offset (m): 5  
 geophone spacing (m): 5  
 offsets (m): 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60  
 Velocity spectrum: THF4-5DX-5MOFVS.mat  
 Number of individuals: 48  
 Number of generations: 61

Love-wave dispersion analysis

Analyzing phase velocities

Adopted search space (minimum Vs): 140 179 242 283 572 614 696  
 Adopted search space (maximum Vs): 176 225 304 355 718 771 780

Adopted search space (minimum Poisson): 0.21919 0.26277 0.23724 0.21633 0.26351 0.25217 0.24179  
 Adopted search space (maximum Poisson): 0.40707 0.488 0.44059 0.40176 0.48938 0.46831 0.44904

Adopted search space (minimum Qs): 11.05 14.45 19.55 22.1 45.05 48.45 55.25  
 Adopted search space (maximum Qs): 16.9 22.1 29.9 33.8 68.9 74.1 84.5

Adopted search space (minimum reference frequency): 1  
 Adopted search space (maximum reference frequency): 40.02

Adopted search space (minimum thickness): 0.26786 0.44643 1.8214 3.5714 3.9196 5.7411  
 Adopted search space (maximum thickness): 0.336 0.56 2.2848 4.48 4.9168 7.2016

===== SECTION#2

component: THF  
 number of considered modes: 5  
 starting Qs values: 13 17 23 26 53 57 65  
 allowed variability for Poisson and Q values (%): 5  
 Love-wave analysis

Optimizing subsurface model - generation: 1; average & best misfits: -10.2387 -9.69951  
 Optimizing subsurface model - generation: 2; average & best misfits: -10.1177 -9.69951  
 Optimizing subsurface model - generation: 3; average & best misfits: -10.1216 -9.56518  
 Optimizing subsurface model - generation: 4; average & best misfits: -10.117 -9.56518  
 Optimizing subsurface model - generation: 5; average & best misfits: -10.1315 -9.56348  
 Optimizing subsurface model - generation: 6; average & best misfits: -10.0904 -9.56348  
 Optimizing subsurface model - generation: 7; average & best misfits: -10.0578 -9.46722  
 Optimizing subsurface model - generation: 8; average & best misfits: -10.1036 -9.46722  
 Optimizing subsurface model - generation: 9; average & best misfits: -9.9974 -9.4672  
 Optimizing subsurface model - generation: 10; average & best misfits: -9.9437 -9.4597  
 Optimizing subsurface model - generation: 11; average & best misfits: -9.897 -9.4597  
 Optimizing subsurface model - generation: 12; average & best misfits: -9.8746 -9.4597  
 Optimizing subsurface model - generation: 13; average & best misfits: -9.848 -9.4597  
 Optimizing subsurface model - generation: 14; average & best misfits: -9.8411 -9.4597  
 Optimizing subsurface model - generation: 15; average & best misfits: -9.8663 -9.4597  
 Optimizing subsurface model - generation: 16; average & best misfits: -9.7903 -9.4396  
 Optimizing subsurface model - generation: 17; average & best misfits: -9.7945 -9.4396  
 Optimizing subsurface model - generation: 18; average & best misfits: -9.7827 -9.4186  
 Optimizing subsurface model - generation: 19; average & best misfits: -9.8167 -9.4178  
 Optimizing subsurface model - generation: 20; average & best misfits: -9.8862 -9.4178  
 Optimizing subsurface model - generation: 21; average & best misfits: -9.7859 -9.4178  
 Optimizing subsurface model - generation: 22; average & best misfits: -9.7704 -9.4178  
 Optimizing subsurface model - generation: 23; average & best misfits: -9.7716 -9.4089  
 Optimizing subsurface model - generation: 24; average & best misfits: -9.79 -9.4089  
 Optimizing subsurface model - generation: 25; average & best misfits: -9.8367 -9.4065  
 Optimizing subsurface model - generation: 26; average & best misfits: -9.8652 -9.4065  
 Optimizing subsurface model - generation: 27; average & best misfits: -9.8141 -9.4065  
 Optimizing subsurface model - generation: 28; average & best misfits: -9.8019 -9.4065  
 Optimizing subsurface model - generation: 29; average & best misfits: -9.8352 -9.4065  
 Optimizing subsurface model - generation: 30; average & best misfits: -9.8276 -9.4065  
 Optimizing subsurface model - generation: 31; average & best misfits: -9.8606 -9.4065  
 Optimizing subsurface model - generation: 32; average & best misfits: -9.8546 -9.4065  
 Optimizing subsurface model - generation: 33; average & best misfits: -9.8203 -9.4065



**TERRA S.n.c.**  
 Via Comunale Vittorio Veneto 48  
 06055 Papiano (PG)  
 tel: 075 8089539 - 075 8795142  
 info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON  
 SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
 UNI EN ISO 9001:2015  
 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
 Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
 D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010



Optimizing subsurface model - generation: 34; average & best misfits: -9.7886 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 35; average & best misfits: -9.7989 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 36; average & best misfits: -9.799 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 37; average & best misfits: -9.7005 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 38; average & best misfits: -9.7618 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 39; average & best misfits: -9.7418 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 40; average & best misfits: -9.7083 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 41; average & best misfits: -9.7061 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 42; average & best misfits: -9.7649 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 43; average & best misfits: -9.7471 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 44; average & best misfits: -9.8107 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 45; average & best misfits: -9.8148 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 46; average & best misfits: -9.8191 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 47; average & best misfits: -9.8477 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 48; average & best misfits: -9.9048 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 49; average & best misfits: -9.8982 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 50; average & best misfits: -9.9003 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 51; average & best misfits: -9.8981 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 52; average & best misfits: -9.8669 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 53; average & best misfits: -9.7799 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 54; average & best misfits: -9.8351 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 55; average & best misfits: -9.8311 -9.4065  
Optimizing subsurface model - generation: 56; average & best misfits: -9.8581 -9.4029  
Optimizing subsurface model - generation: 57; average & best misfits: -9.854 -9.4029  
Optimizing subsurface model - generation: 58; average & best misfits: -9.8044 -9.4029  
Optimizing subsurface model - generation: 59; average & best misfits: -9.7779 -9.4029  
Optimizing subsurface model - generation: 60; average & best misfits: -9.7894 -9.4029

Checking the new search space (for the finer search)

Adopted search space (minimum Vs): 140 179 242 283 572 614 696

Adopted search space (maximum Vs): 176 225 304 355 718 771 780

Adopted search space (minimum Qs): 11.05 14.45 19.55 22.1 45.05 48.45 55.25

Adopted search space (maximum Qs): 16.9 22.1 29.9 33.8 68.9 74.1 84.5

Adopted search space (minimum reference frequency): 1

Adopted search space (maximum reference frequency): 40.02

Adopted search space (minimum Poisson): 0.21919 0.26277 0.23724 0.21633 0.26351 0.25217 0.24179

Adopted search space (maximum Poisson): 0.40707 0.488 0.44059 0.40176 0.48938 0.46831 0.44904

Adopted search space (minimum thickness): 0.26786 0.44643 1.8214 3.5714 3.9196 5.7411

Adopted search space (maximum thickness): 0.336 0.56 2.2848 4.48 4.9168 7.2016

Now a finer search around the most promising search space area

Love-wave analysis

Optimizing subsurface model - generation: 1; average & best misfits: -9.8924 -9.4077  
Optimizing subsurface model - generation: 2; average & best misfits: -9.8579 -9.4077  
Optimizing subsurface model - generation: 3; average & best misfits: -9.8324 -9.4053  
Optimizing subsurface model - generation: 4; average & best misfits: -9.8432 -9.4053  
Optimizing subsurface model - generation: 5; average & best misfits: -9.8006 -9.4053  
Optimizing subsurface model - generation: 6; average & best misfits: -9.8027 -9.4014  
Optimizing subsurface model - generation: 7; average & best misfits: -9.7367 -9.4014  
Optimizing subsurface model - generation: 8; average & best misfits: -9.7396 -9.4014  
Optimizing subsurface model - generation: 9; average & best misfits: -9.7306 -9.4014  
Optimizing subsurface model - generation: 10; average & best misfits: -9.7697 -9.4014  
Optimizing subsurface model - generation: 11; average & best misfits: -9.7988 -9.4014  
Optimizing subsurface model - generation: 12; average & best misfits: -9.8942 -9.4014  
Optimizing subsurface model - generation: 13; average & best misfits: -9.7712 -9.3932  
Optimizing subsurface model - generation: 14; average & best misfits: -9.7381 -9.3932  
Optimizing subsurface model - generation: 15; average & best misfits: -9.716 -9.3843

Subsurface model after Vs, Qs, Vp & thickness optimization [fittest model]:

Vs (m/s): 145 217 304 315 605 715 763

Thickness (m): 0.28 0.45 2.1 4.2 4.2 6.4

Qs (estimated): 11 15 20 23 49 72 76

Vp (m/s) (estimated): 271 601 620 744 1067 2623 1495

Poisson (estimated): 0.3 0.42 0.34 0.39 0.26 0.46 0.32

Reference frequency (Hz): 1



**TERRA S.n.c.**

Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142  
info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON  
**SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ**  
UNI EN ISO 9001:2015  
**CERTIFICATO DA CERTIQUALITY**

**AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI**  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010



Number of models considered to calculate the average model: 3419

##### RESULTS  
#####

Dataset: THF4-5DX-5MO.sg2  
Analyzed data: THF4-5DX-5MOFVS.mat

===== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Love-Wave Dispersion

=====

MEAN MODEL

Vs (m/s): 164 212 296 322 612 700 758  
Standard deviations (m/s): 9 11 11 13 35 34 24

Thickness (m): 0.3 0.5 2.1 3.9 4.4 6.4  
Standard deviations (m): 0.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

Approximate values for density & shear modulus  
Density (gr/cm3): 1.78 1.85 1.94 1.97 2.14 2.18 2.20  
Shear modulus (MPa): 48 83 170 204 802 1067 1264



===== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 145 217 304 315 605 715 763  
thickness (m): 0.27655 0.44643 2.0832 4.2377 4.1685 6.3782

Approximate values for density & shear modulus  
Density (gr/cm3): 1.75 1.86 1.95 1.96 2.14 2.18 2.20  
Shear modulus (MPa): 37 88 180 195 783 1117 1282

===== SECTION#5

Vs30 & VsE (mean model): 535 535 m/s  
Vs30 & VsE (best model): 532 532 m/s

===== SECTION#6

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

- A - 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.
- B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
- C - Depositati 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.
- D - Depositati 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.
- E - 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.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

=====

winMASW - Surface Waves & Beyond  
www.winmasw.com

Number of models used to define the mean model: 3419  
Analyzing Phase velocities



**TERRA S.n.c.**  
Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142  
info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010



# Foglio Campagna acquisizione MASW – “MW2” (THF)

Campagna:	Comune di Terni Campo scuola “F. Casagrande” Largo Atleti d'Italia n. 1A - Terni	Data:	07/02/2023
Profilo:	<b>MW2 (THF)</b>	Operatore:	Dr. Geol. Giorgio PIAGNANI
Strumento:	Sismografo PASI GEA24 24 bit	Condizioni Meteo:	Sereno
Sorgente:	Mazza 8 Kg	Formato Dati:	.dat (sg2)
Energizzazione:	Colpo orizzontale su traversina in legno dotata di piastra in PE con mazza dotata di switch piezoelettrico		
Tipo Geofoni:	orizzontali con asse perpendicolare alla direzione dello stendimento	Frequenza Geofoni:	4.5 Hz
Spaziatura Geofoni:	5.00 m	Offset minimo (01-G1):	5.00 m
Frequenza di Campionamento:	1000 Hz	Offset minimo (02-G12):	5.00 m
Lungh. Registrazione:	2.0 sec	Durata registrazione:	2.0 sec
Coordinate GPS			
Inizio Profilo (G1)		Fine Profilo (G12)	
Latitudine	42.559540°	Latitudine	42.559164°
Longitudine	12.640963°	Longitudine	12.640524°
Quota (m slm)	119	Quota (m slm)	119

## Schema geometria

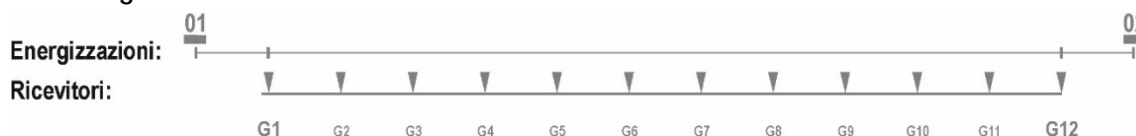


Foto: Indagine MW1 – posizione G1 → G12



Foto: Indagine MW1 – posizione G12 → G1



**TERRA S.n.c.**  
Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142  
info@laboratoriogetecnico.it

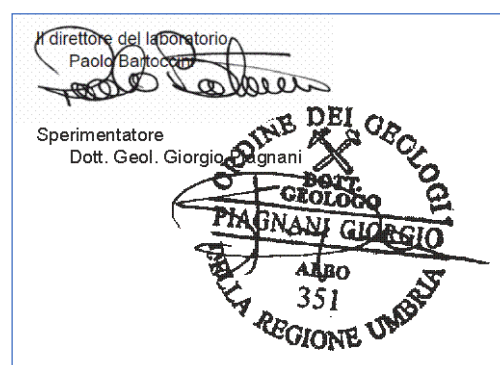
AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010



Misura N°	Posizione Energiz.	Nome file	Posizioni Ricevitori	Tracce inattive	Note (Rumore, Energ. singola, stack Energ.)
01	01	THF3-5DX-5MO_shot1.sg2	-----	-----	Energ. singola
02	01	THF3-5DX-5MO_shot2.sg2	-----	-----	Energ. singola
03	01	THF3-5DX-5MO_shot3.sg2	-----	-----	Energ. singola
04	01	THF3-5DX-5MO_shot4.sg2	-----	-----	Energ. singola
05	01	THF3-5DX-5MO_shot5.sg2	-----	-----	Energ. singola
06	01	THF3-5DX-5MO_shot6.sg2	-----	-----	Energ. singola
07	01	THF3-5DX-5MO_shot7.sg2	-----	-----	Energ. singola
08	01	THF3-5DX-5MO_shot8.sg2	-----	-----	Energ. singola
09	01	THF3-5DX-5MO_shot9.sg2	-----	-----	Energ. singola
10	01	THF3-5DX-5MO_shot10.sg2	-----	-----	Energ. singola
	01	THF3-5DX-5MO.sg2*	-----	-----	Stack Energ. Misure n° 01-10
01	02	THF4-5DX-5MO_shot1.sg2	-----	-----	Energ. singola
02	02	THF4-5DX-5MO_shot2.sg2	-----	-----	Energ. singola
03	02	THF4-5DX-5MO_shot3.sg2	-----	-----	Energ. singola
04	02	THF4-5DX-5MO_shot4.sg2	-----	-----	Energ. singola
05	02	THF4-5DX-5MO_shot5.sg2	-----	-----	Energ. singola
06	02	THF4-5DX-5MO_shot6.sg2	-----	-----	Energ. singola
07	02	THF4-5DX-5MO_shot7.sg2	-----	-----	Energ. singola
08	02	THF4-5DX-5MO_shot8.sg2	-----	-----	Energ. singola
09	02	THF4-5DX-5MO_shot9.sg2	-----	-----	Energ. singola
10	02	THF4-5DX-5MO_shot10.sg2	-----	-----	Energ. singola
	02	THF4-5DX-5MO.sg2*	-----	-----	Stack Energ. Misure n° 01-10

\* file tracce utilizzato per elaborazione MW1 (THF)



**TERRA S.n.c.**  
Via Comunale Vittorio Veneto 48  
06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 - 075 8795142  
info@laboratoriogeo tecnico.it

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)  
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010