

COMUNE di PADOVA

SETTORE LAVORI PUBBLICI

RIFACIMENTO PISTA BMX AL PARCO RACITI

PROGETTO ESECUTIVO

Importo complessivo € 500.000,00

CODICE OPERA

LL.PP. EDP 2017/020

IL RESPONSABILE UNICO DEL
PROCEDIMENTO

Ing. Claudio Rossi

Titolo:

PROGETTO: RIFACIMENTO PISTA BMX E LOCALI ACCESSORI

Elaborato:

GGS

Descrizione Elaborato:

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Numero:

02

Filename:

APPR_02_GGS

Data:

luglio 2018

Scala:

varie

Revisione

Oggetto

Data

PROGETTISTA:

Ing. Denis Penzo

via XXIV maggio n.29 - 31021 Mogliano Veneto (TV)
mail: d.penzo@destruttura.it pec: denis.penzo@ingpec.eu
tel. 0418940361 mobile 3400089855
c.f. PNZDNS75M02L736P P.Iva 03827650262
Ordine Ingegneri Treviso al n. A2757

TIMBRO E FIRMA



FIRMA DIGITALE
ing. Denis Penzo

collaboratore

COLLABORATORI

Progetto Generale e Coordinamento:

Progetto Strutture:

Progetto Impianti Idrico Termico Sanitario:

Progetto Impianti Elettrici e affini:

Indagini Geotecniche:

Compatibilità Idraulica:

S.A.M. e C. Studio Architettura Misticoni e Consulenti - Padova
Ing. Mauro Ferrarese - Padova
Per. Ind. Masiero Andrea - Legnaro PD
Per. Ind. Albiero Enzo - Piove di Sacco PD
Sirgeo S.r.l. Dott. Geol. Devi Fincato - Padova
Ing. Mauro Tortorelli - Padova

COMUNE DI PADOVA

PROVINCIA DI PADOVA

**COMUNE DI PADOVA**

SETTORE EDILIZIA PUBBLICA E IMPIANTI SPORTIVI

Via N. Tommaseo, 60

35131 – PADOVA (PD)

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DEI
TERRENI PER IL PROGETTO DI RIFACIMENTO
DELLA PISTA DI CICLISMO FUORISTRADA CON
RAMPA DI PARTENZA C/O CENTRO SPORTIVO
COMUNALE BRENTILLA “FILIPPO RACITI” IN VIA
CHIESANUOVA – PADOVA (PD).

Dott. Geol. Devi Fincato
Albo dei Geologi della Regione Veneto N. 549.



Rev.0/2018

Padova, 24 Maggio 2018

Sommario

MODELLO GEOTECNICO E SISMICO DEI TERRENI	3
1. GENERALITÀ	3
2. LOCALIZZAZIONE	3
3. INDAGINI GEOTECNICHE	5
3.1 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPTM)	5
3.2 UBICAZIONE	5
3.3 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA	6
4. NOTE IDROGEOLOGICHE	7
5. INDAGINE SISMICA	7
5.1 INTRODUZIONE	7
5.2 DEFINIZIONI	8
5.3 STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	8
5.4 UBICAZIONE DELLA MISURA	8
5.5 PROCEDURA DI ANALISI DATI PER STAZIONI SINGOLE H/V	9
5.6 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	10
5.8 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	13
6. PARAMETRI DI AZIONE SISMICA	13
7. TERRENI SUSCETTIBILI DI LIQUEFAZIONE	15
8. CONCLUSIONI	17
APPENDICE	18
Oggetto della misura: il microtremore sismico ambientale	18
La tecnica impiegata: Cenni storici.	18
Bibliografia dell'Appendice	19
TAVOLE	20

MODELLO GEOTECNICO E SISMICO DEI TERRENI

1. GENERALITÀ

Su incarico e dietro indicazioni del committente è stata eseguita un'indagine geotecnica e geofisica dei terreni per il rifacimento della pista di ciclismo fuoristrada con rampa di partenza presso il centro sportivo comunale Brentella "Filippo Raciti" al fine di esaminare i problemi geotecnici e sismici connessi con le opere da realizzare.

La presente indagine, oltre che rispondere all'esigenza di una corretta e razionale progettazione delle opere di fondazione, ha come riferimento la seguente normativa:

- *Ordinanza 20/03/2003 n° 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per la costruzione in zona sismica" e successive modifiche ed integrazioni.*
- *D.M. 17/01/2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni.*

SI ALLEGANO ALLA PRESENTE:

- una planimetria con l'ubicazione della prova penetrometrica statica CPT e della prova HVSR (Tav. 1);
- n° 1 diagramma penetrometrico;
- n° 1 tabella con la restituzione dei parametri geotecnici dei terreni;
- n° 1 diagramma della litologia;
- n° 1 restituzione delle letture di campagna.

2. LOCALIZZAZIONE

L'impianto sportivo con la pista di ciclismo fuori strada e relativa rampa di partenza sono localizzati lungo Via Chiesanuova in comune di Padova (PD) nella zona ovest del centro abitato di Padova (PD), ad una distanza di circa 750 ÷ m ad est del canale Brentella. Il sito ha le seguenti coordinate geografiche (datum WGS84) - Si veda estratti in Fig. 1 e 2:

Latitudine:	45,412212° N;
Longitudine:	11,837130° E.
Altitudine:	12 ÷ 13 m circa s.l.m.m.

3. INDAGINI GEOTECNICHE

La campagna d'indagine è stata effettuata mediante l'esecuzione di n° 1 prova penetrometrica statica (CPT) spinta alla profondità massima di -15 m da p.c. effettuata in data 23/05/2018 secondo la norma UNI EN ISO 22476-12:2009.

3.1 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPTM)

Il penetrometro statico adottato è di tipo "Geopan" da 20 Ton di spinta nominale con mono-ancoraggio disassato.

L'indagine è eseguita tramite una colonna di aste prolungate a mano che precede la penetrazione. La colonna è cava e all'interno presenta una serie di barre metalliche: agendo alternativamente sulle barre e sulla colonna delle aste è possibile fare avanzare la punta e lo speciale manicotto che misura l'attrito laterale: mediante cella di carico vengono lette le resistenze istantanee a tale penetrazione.

L'ancoraggio al terreno per contrastare la spinta è ottenuto mediante l'infissione di un contrasto singolo (ancoraggio) posto frontalmente alla batteria d'infissione. Le modalità operative con tale apparecchiatura sono le seguenti:

- a)** Avanzamento di 4 cm della sola punta, con misura della resistenza della punta R_p .
- b)** Avanzamento di altri 4 cm del complesso (punta + manicotto) con misura della resistenza (punta + attrito locale); la pressione viene sempre esercitata sulle stesse aste, in quanto la punta trascina automaticamente il manicotto, dopo 4 cm di corsa;
- c)** Infissione del rivestimento (8 cm) fino a raggiungere la punta e quindi di tutto il complesso per altri 12 cm.

DIMENSIONI DELLE ASTE E DELLE PUNTE:

- 1)** Diametro esterno della colonna di penetrazione: 26 mm;
- 2)** Superficie terminale del cono di penetrazione: 10 cm²;
- 3)** Apertura del cono: 60°;

3.2 UBICAZIONE

L'ubicazione della prova penetrometrica è stata eseguita quasi a ridosso dell'attuale spogliatoio (vedi Tav. 1 e documentazione fotografica) il posizionamento è stato influenzato dalla presenza di sottoservizi ed è stato collocato nella zona di ampliamento dello spogliatoio verso sud. Il punto d'indagine è riferito al piano campagna (quota di calpestio del prato), resta a carico della committente la quotatura del punto di prova rispetto ad un caposaldo.

3.3 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA

Nel diagramma penetrometrico allegato sono riportate, in funzione della profondità, le misure effettuate per ogni 0.20 m di avanzamento, della:

- Resistenza alla punta q_c espressa in Kg/cm^2 ;
- Resistenza di attrito laterale locale f_s in Kg/cm^2 ;

L'analisi dei dati rilevati ipotizza una situazione stratigrafica omogenea in senso orizzontale all'unica prova eseguita. Prendendo come quota di riferimento il piano campagna e procedendo verticalmente risultano individuati i seguenti livelli:

PROFONDITA' Da metri	a metri	q_c Kg/cm^2	C_u Kg/cm^2	ϕ °	INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA
0.00	0.40 – 0.60	-	-	-	Terreno superficiale argilloso limoso.
0.40 – 0.60	3.40	11 13 9	0.55 0.65 0.45	- - -	Argilla di media consistenza (a tratti con argilla tenera tra -2.6 e -3.2 m).
3.40	11.80	58 66 82 (10)	- - - (0.5)	31 32 33 (-)	Sabbia da mediamente a poco addensata a tratti limosa (in particolare a circa -7.0 m circa con interlivello argilloso a -7.6 m)
11.80	15.00	170 190 240	- - -	37 38 39	Sabbia addensata.

N.B.: I valori di q_c (Resistenza di punta), C_u (coesione non drenata) e ϕ (angolo di attrito interno) sono da considerarsi valori medi dello strato ottenuti indirettamente da valori ricavati da prove puntuali. La descrizione stratigrafica, anch'essa ottenuta indirettamente dall'elaborazione dei dati medi dei valori meccanici sopra descritti, per poter rappresentare correttamente la situazione reale, deve essere sempre verificata mediante un sondaggio stratigrafico con il recupero dei materiali carotati e/o direttamente con prove in situ.

Param. 90-2018 [1]							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H.m da	a	q_c U.M.	q_c/f_s	γ' t/m^3	σ'_{vo} U.M.	V_s m/s	C_u U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	FLs	FLI	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
0.20	0.60	33.5	20.49	1.9	0.09	208	1.12	98.9	189.8	284.8	101	92	42	39	37	34	43	29	--	--	55.8	83.8	100.5
0.60	3.40	13.4	18.41	1.4	0.35	146	0.60	16.0	113.9	170.9	47	26	34	27	24	23	31	26	2.99	1.98	22.1	33.1	39.8
3.40	11.80	70.9	76.70	1.0	0.90	272	1.25	10.8	292.5	438.8	110	63	39	32	29	27	36	32	5.42	3.20	120.6	180.9	217.0
11.80	15.00	207.4	95.54	1.1	1.49	412	--	--	--	--	--	87	42	34	31	29	39	38	53.85	18.32	345.7	518.6	622.3

Sezione geotecnica – CPT n° 1



ubicazione CPT n° 1

4. NOTE IDROGEOLOGICHE

Al termine dell'esecuzione della prova penetrometrica si è misurato, per mezzo di una sonda freaticometrica, il livello dell'acqua all'interno del foro di prova; la profondità della falda freatica è stata individuata a -2.04 m da p.c. Il valore rilevato è soggetto ad oscillazioni meteo climatiche e pertanto potrebbe subire delle variazioni nel tempo.

5. INDAGINE SISMICA

5.1 INTRODUZIONE

Sul terreno in esame è stata condotta un'indagine sismica passiva consistente in n° 1 acquisizione del microtremore ambientale a stazione singola in campo libero (HVSr).

L'indagine effettuata permette di misurare le frequenze di risonanza dei terreni e, tramite opportuna modellazione vincolata, di ricostruire una stratigrafia sismica e stimare la velocità delle onde di taglio (V_s) a partire dalla velocità delle onde di superficie. La velocità delle onde di taglio è legata alla rigidità μ dei terreni tramite la formula: $\mu = \rho \cdot V_s^2$, dove ρ è la densità.

Poiché la densità dei suoli varia relativamente poco con la profondità (almeno nelle prime decine di metri), dalla formula si evince che i valori di V_s sono i primi indicatori della rigidità di un terreno.

Le indagini sono state condotte in ottemperanza alle Norme Tecniche per le Costruzioni (2018).

5.2 DEFINIZIONI

Il tipo di stratigrafia che le tecniche sismiche possono restituire si basa sul concetto di *contrasto di impedenza*. Per *strato* si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

5.3 STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

La misura di microtremore ambientale è stata effettuata per mezzo di un tromografo digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (*Tromino*®, Micromed spa) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ortogonali. I dati di microtremore ambientale, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti per 16 min alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

5.4 UBICAZIONE DELLA MISURA

In Tav. 1 è illustrata l'ubicazione della prova a stazione singola eseguita in corrispondenza della verticale geotecnica CPT n° 1 in terreno naturale.



ubicazione HVSR N° 1

5.5 PROCEDURA DI ANALISI DATI PER STAZIONI SINGOLE H/V

La tecnica H/V (cfr. Appendice) è la tecnica dedicata quando si vogliono mettere in luce le frequenze di risonanza dei terreni. Dalle registrazioni del rumore sismico ambientale su terreno sono state ricavate le curve H/V, secondo la procedura classica, descritta per esempio in SESAME (2005), con parametri:

- ⇒ larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- ⇒ lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
- ⇒ rimozione dei transienti sulla serie temporale degli H/V.

In Figura 1 viene riportata la H/V registrata in corrispondenza del sito HVSR N° 1 (vedi posizionamento in Tav.1 allegata) tarata sulla verticale geotecnica CPT n° 1.

Tale curva evidenzia **un'amplificazione a 0.56 Hz (1.78 s) e a 50.4 Hz (0.02 s) con rapporto H/V rispettivamente di circa $2.7 \div 3.0$** e generale debole amplificazione nelle frequenze intermedie (a 0.94 Hz e a 5.70 Hz dovuti a cambiamenti stratigrafici con un rapporto H/V di circa $1.2 \div 1.3$). Il picco è imputabile alla risonanza di circa 160 - 180 m di coperture sovrastanti un riflettore stratigrafico semi-rigido che funge da strato assimilabile a bedrock sismico.

Si osserva poi un rapporto H/V < 1 limitatamente alla frequenza di 10 Hz circa.

La curva H/V sperimentale è stata modellata usando come vincolo i dati forniti dalla prova penetrometrica ed ha restituito il modello di Vs illustrato in Figura 2. La curva H/V teorica discendente da questo modello è illustrata in azzurro in Figura 2 ed ivi confrontata con quella sperimentale misurata nel punto HVSR n°1 (secondo pannello di Figura 1).

Nella stessa figura sono mostrati gli spettri di ampiezza (in velocità) delle singole componenti del moto: da questi è possibile distinguere la natura (stratigrafica o antropica) dei diversi picchi H/V. Le risonanze di origine stratigrafica sono rappresentate da un minimo locale della componente verticale, mentre i picchi H/V di origine artefattuale presentano un massimo stretto, anche con ampiezza diversa, su tutte e tre le componenti che nel ns. caso non risultano presenti.

In questo sito le strutture esposte a maggior sollecitazione in caso di terremoto sono quelle con frequenza propria intorno a 0.52 Hz (1.78 s), che si collocano in piena doppia risonanza col terreno. A tal proposito nella Figura 1 – pannello in alto viene inoltre riportata la curva sintetica H/V per una fondazione con piano di posa a -0.6 m di profondità da piano campagna (in colore arancio) Si segnala inoltre che i terremoti tipicamente risentibili in questa zona ($M \approx 5-6$) hanno a loro volta frequenze caratteristiche minori od uguali a 1 Hz. Questo comporta un ulteriore aggravio sia nell'ampiezza dell'input sismico che nella sua durata.

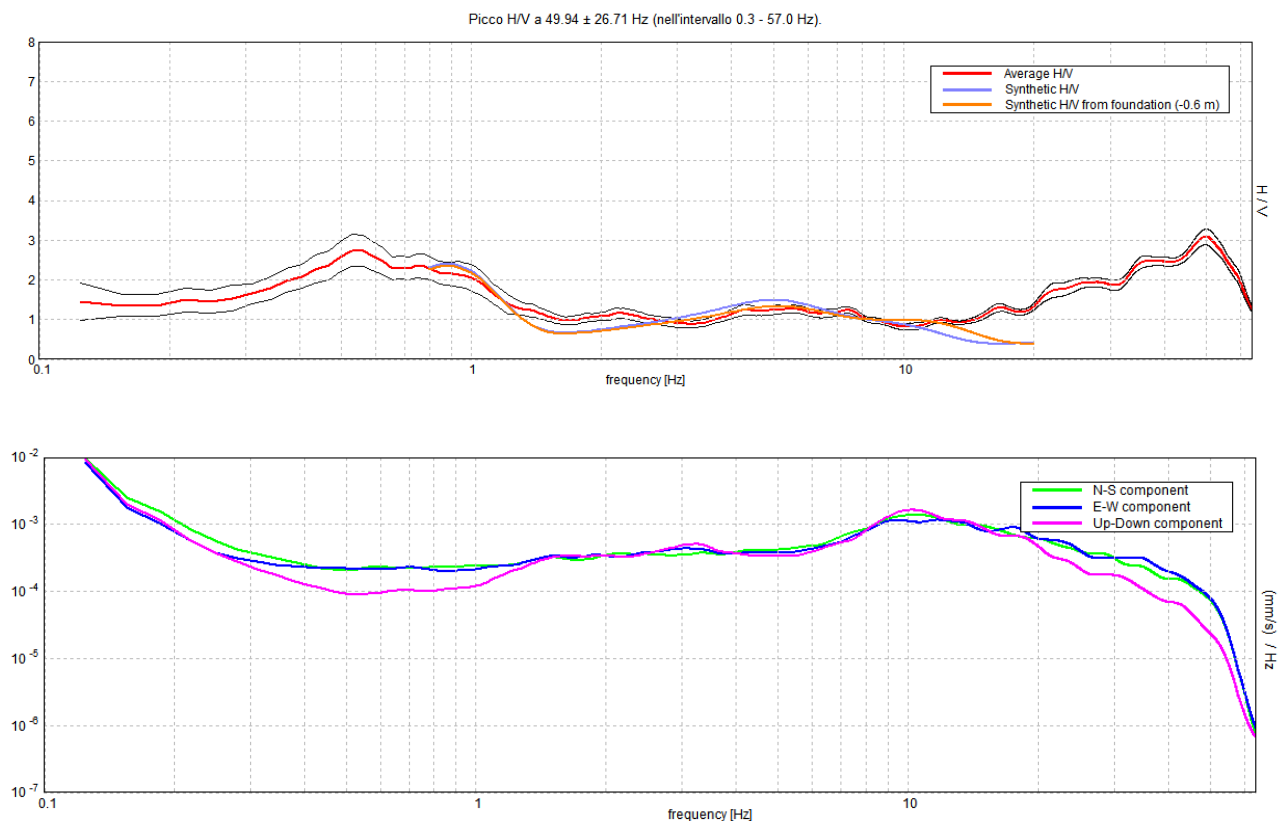


Figura 1. *Alto:* Curva sperimentale (rosso) e teorica (blu) per il modello di sottosuolo proposto per il sito in corrispondenza della HVSr n° 1, *Basso:* spettri di ampiezza in velocità delle componenti del moto relativi alla curva H/V mostrata sopra.

5.6 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione (NTC 2018):

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera.

Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II. del DM 17/01/2018:

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

Per il caso specifico il valore di velocità delle onde di taglio nello strato omogeneo equivalente ai primi 30 m di profondità (V_{s30} , Norme Tecniche per le Costruzioni, 2018) è calcolato come:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

dove h_i e V_{s_i} sono spessori e velocità dei singoli strati.

Risulta V_{s_eq} (0.6 – 30.6) = **270 ± 40 m/s** (incertezza 2σ dell'ordine del 15%, cfr. Mulargia e Castellaro, 2009, *Seism. Res. Lett.*, 80, 985-989) a partire dal piano campagna (fig.2).

La categoria di suolo di fondazione secondo l'approccio semplificato di normativa è "C".

Si ricorda che qualunque tecnica di geofisica applicata ha un margine di errore intrinseco variabile in funzione del tipo di tecnica usata, di strumentazione utilizzata e di problematiche incontrate durante la fase di acquisizione. Infine, i profili di V_s ricavati con questa metodologia, come tutti i metodi indiretti, non presentano una soluzione univoca e quindi più modelli possono fornire curve sintetiche simili tra loro.

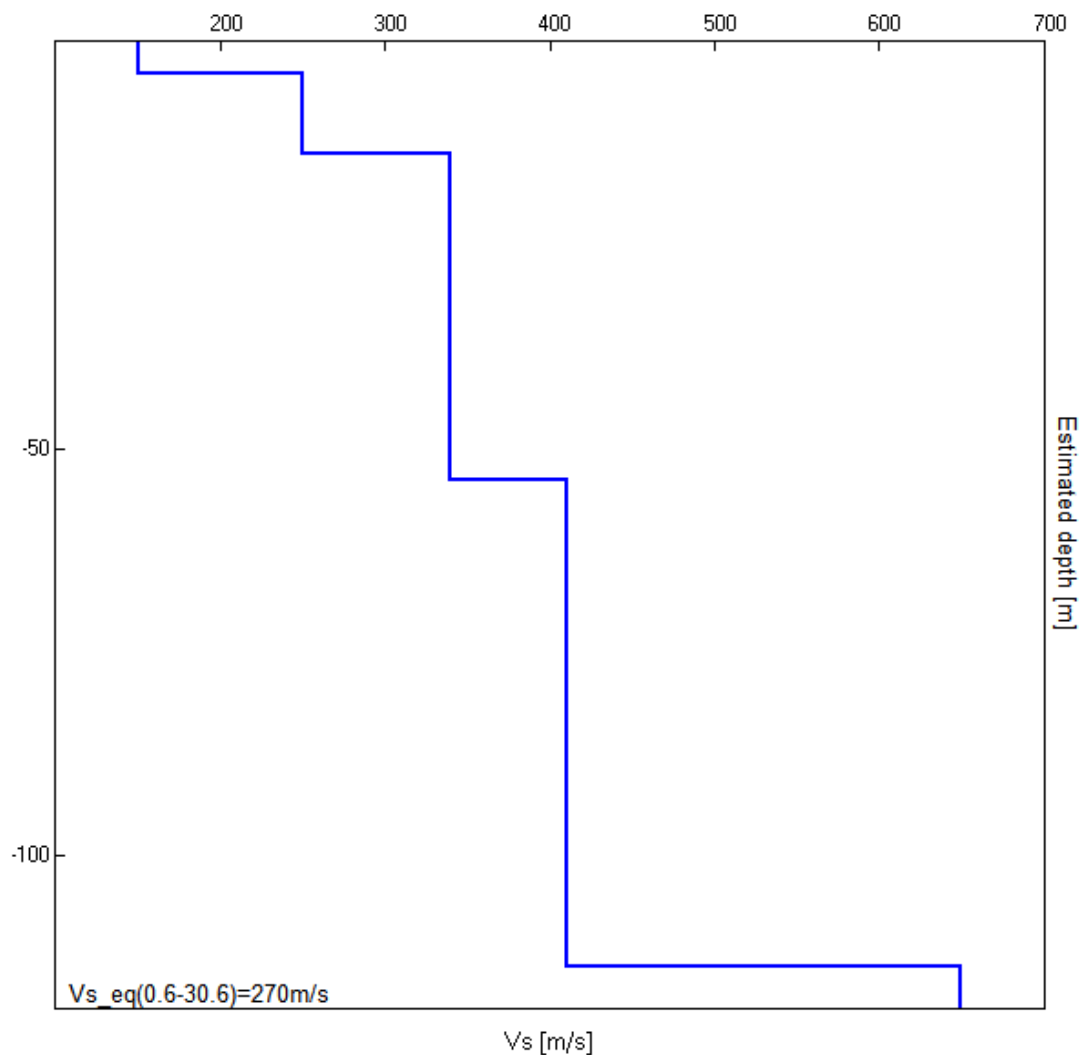


Figura 2. Modello di velocità delle onde di taglio (V_s) medio sotto l'area indagata ottenuto dal fit vincolato della prova H/V n° 1.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	V_s [m/s]	Rapporto di Poisson
4.00	4.00	150	0.42
13.80	9.80	250	0.41
53.80	40.00	340	0.42
113.80	60.00	410	0.42
inf.	inf.	650	0.48

$V_{s(0.6-30.6)}=270\text{m/s}$

Tabella 1. Modello di sottosuolo medio sotto l'area indagata ottenuto dal fit vincolato della prova H/V n° 1. Si noti che le prove effettuate forniscono una stima delle sole V_s . Il rapporto di Poisson indicato è quello adottato nella modellazione ma le prove geofisiche basate su onde di superficie non possono fornire misure affidabili di questo parametro.

5.8 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categorie topografiche (Tab. 3.2.III – NTC 2018)

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Nel ns. caso si potrà assumere la categoria topografica **T1**.

6. PARAMETRI DI AZIONE SISMICA


Si riportano di seguito sinteticamente alcune indicazioni utili per la progettazione ai fini sismici della struttura che si andrà a realizzare.

I parametri utilizzati (valori di input) per le azioni sismiche di progetto sono i seguenti:

- Comune: Padova (PD);
- Coordinate Sito: Lat. 45,412212° N – Long. 11°,837130° E;
- Categoria del terreno : “**C**”;
- Categoria Topografica: “**T1**”;
- Vita nominale: $V_n = \text{“50 anni”}$;
- Classe d’uso: “II” - coefficiente d’uso: “ $C_u = 1.0$ ”;
- Periodo di riferimento per l’azione sismica: 50 anni.


L’elaborazione è stata eseguita mediante il programma di calcolo “Geostru PS 2018 NTC”.

In sede di progetto definitivo alcuni parametri potranno essere rivisti in funzione della strategia di progettazione.




Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.031	2.518	0.211
Danno (SLD)	50	0.037	2.554	0.253
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.086	2.621	0.330
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.111	2.588	0.345
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Stato limite



Cat. Sottosuolo

C



Cat. Topografica

T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,76	1,65	1,51	1,49
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti sismici

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.009	0.011	0.026	0.040
kv	0.005	0.006	0.013	0.020
Amax [m/s ²]	0.455	0.550	1.267	1.636

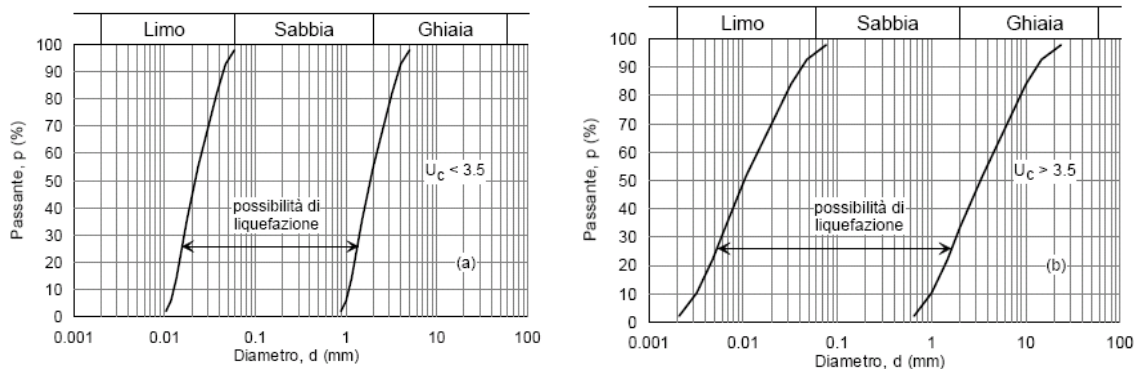
Valori Kh,Kv, Amax, β , per i diversi stati limite

7. TERRENI SUSCETTIBILI DI LIQUEFAZIONE

Il termine “liquefazione” denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidità causata dall’aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l’annullamento degli sforzi efficaci nel terreno. Deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa.

Ai sensi del D.M. 17/01/2018 la verifica di stabilità nei confronti della liquefazione “può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze”:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$ (rif. fig. 7.11(a) – NTC 2018).



Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Si è pertanto proceduto alla verifica di liquefazione degli strati come previsto dalla normativa vigente.

Il rischio di liquefazione viene espresso attraverso un coefficiente di sicurezza (F_s) dato dal rapporto tra la resistenza alla liquefazione (R) del deposito sciolto e lo sforzo dinamico di taglio (T) che lo sollecita durante l'evento sismico.

Secondo l'O.P.C.M. n.3274/2003 la liquefazione è correlata al coefficiente di sicurezza nel seguente modo:

$F_s \geq 1,25$	Liquefazione Assente
$1,0 < F_s < 1,25$	Liquefazione Possibile
$1,0 < F_s$	Liquefazione Molto Probabile

E' stato ricavato pertanto il valore di $a_{\max,s}$ per il sito in esame secondo la seguente espressione: $a_{\max,s} = a_g \cdot S_t \cdot S_s$

dove:

a_g : accelerazione orizzontale massima al sito (SLV) = 0,086 g;

S_s : coefficiente di amplificazione stratigrafica (pari a 1,5 per suoli di tipo "C");

S_t : coefficiente di amplificazione topografica (pari a 1,0 avendo considerato una categoria topografica "T1").

In tal modo si ottiene $a_{\max,s} \approx 0,13$ g.

Applicando il metodo semplificato di Youd-Idriss (1997), considerando un'accelerazione massima come quella indicata per il sito in oggetto, si osserva come il rischio di liquefazione sia "molto basso" con $FL > 1.95$ (Si veda Tavola allegata "Parametri Geotecnici" – parametri FL1 ed FL2).

8. CONCLUSIONI

In base all'analisi dei risultati ottenuti dalle indagini geotecniche e geofisiche eseguite si traggono le seguenti conclusioni:

- A. Si ipotizza una situazione stratigrafica omogenea in senso orizzontale all'unica prova eseguita.
- B. In par. 3.3 si riporta l'interpretazione stratigrafica derivata dall'analisi dei dati penetrometrici. Particolare attenzione andrà posta per la posa delle fondazioni ad una profondità di almeno 0.6 m da piano campagna considerando inoltre, per il dimensionamento delle fondazioni, la presenza di **terreni con scarse caratteristiche meccaniche (argille tenere) rinvenuti localmente tra -2.6 e -3.2 m da p.c.**
- C. La falda freatica è stata individuata a -2.04 m da p.c.. Il valore rilevato è soggetto ad oscillazioni meteo climatiche e pertanto potrebbe subire delle variazioni nel tempo.
- D. All'atto dello scavo per l'imposta delle fondazioni occorre verificare l'omogeneità del terreno alla quota di imposta e per rilevare eventuali difformità dalle prove eseguite (ad es. per la presenza cavità, di fossi nascosti e/o presenza di riporti antropici).
- E. La categoria di suolo di fondazione secondo l'approccio semplificato di normativa (D.M. 17/01/2018) è "C", mentre la categoria topografica risulta "T1".
- F. La frequenza caratteristica di risonanza di sito, generata dalla discontinuità sismica a più elevato rapporto spettrale ($H/V \approx 2.7$), è di circa 0.56 Hz.

Frequenza fondamentale di risonanza
0.56 Hz

Dott. Geol. Devi Fincato
Albo dei Geologi della Regione Veneto N. 549.



APPENDICE

Oggetto della misura: il microtremore sismico ambientale

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato, oltre che dall'attività dinamica terrestre, dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato *ad hoc*, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso e pianeggiante presenta l'andamento illustrato in Figura A. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie o anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

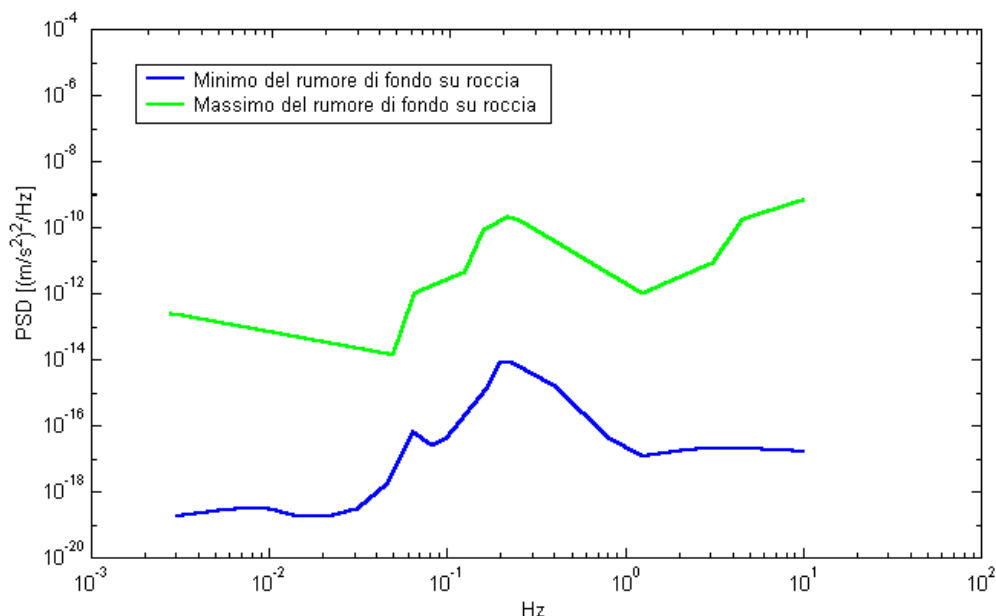


Figura A. Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra secondo il servizio geologico statunitense (USGS). Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.

La tecnica impiegata: Cenni storici.

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è la tecnica dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSr o H/V), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970). Il metodo fu in seguito reso popolare principalmente da Nakamura (1989) come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale. Mentre su questo punto non è ancora stato raggiunto consenso, è invece ampiamente riconosciuto che la curva H/V è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli e, tramite opportuna inversione, delle profondità dei substrati rocciosi sotto le coperture sedimentarie.

Studi recenti hanno dimostrato che ulteriori picchi a frequenza maggiori di quelle del bedrock sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria e picchi a frequenze minori di

quella del bedrock sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al bedrock stesso. Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo H/V può essere usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un sistema bistrato del tipo sedimenti + bedrock in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D). In questi casi la profondità h della discontinuità sismica viene ricavata tramite la formula semplice della risonanza $h = V / (4 f_r)$ o, al più, tramite la formula [1] in cui V_0 è la velocità al tetto dello strato, x un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e f_r la frequenza fondamentale di risonanza (cf. ad esempio Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

$$h = \left[\frac{V_0(1-x)}{4f_r} + 1 \right]^{\frac{1}{1-x}} - 1 \quad [1]$$

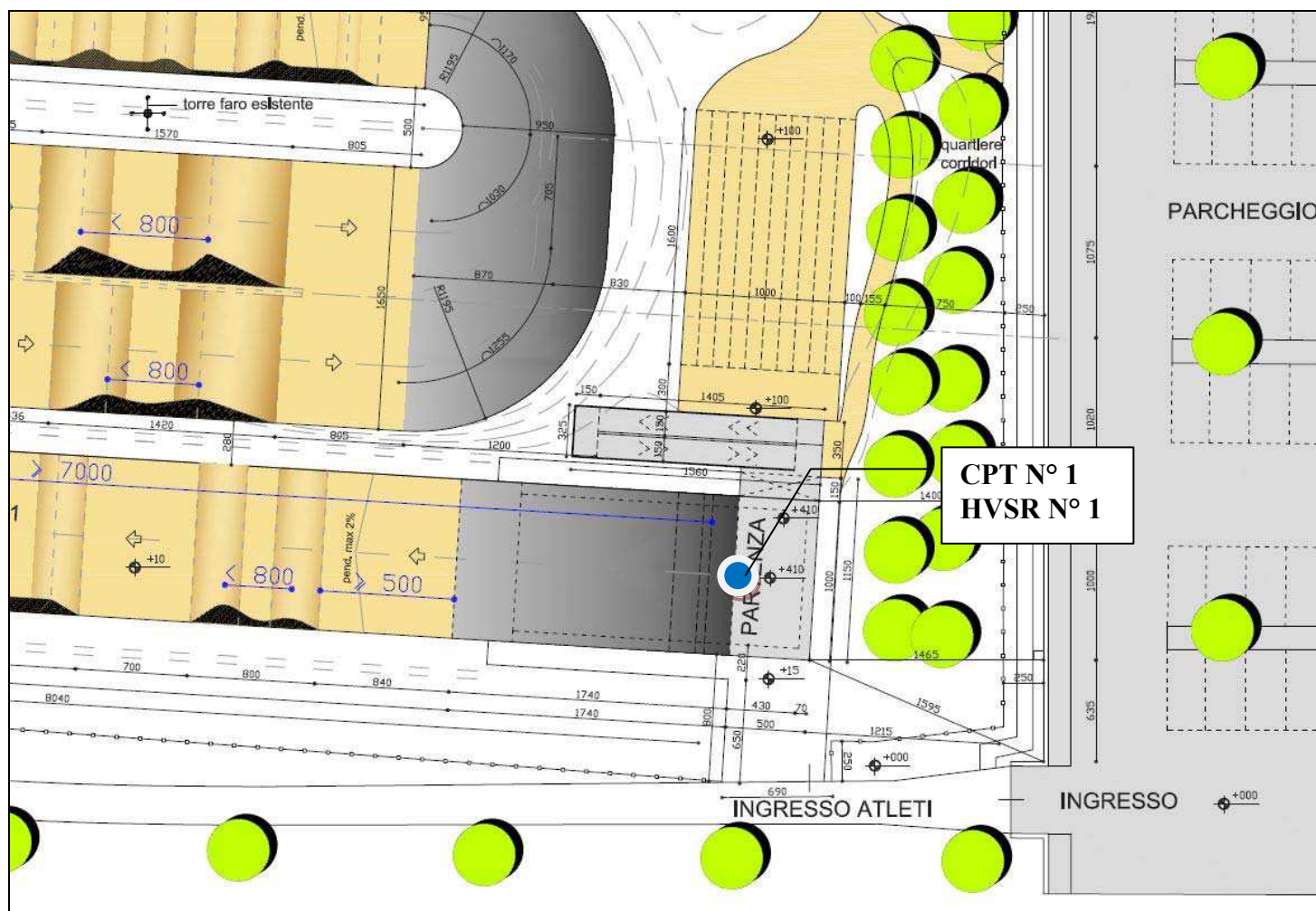
Nei sistemi multistrato, teoricamente l'effetto di risonanza è sommabile, ma non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1]. L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente ad un modello. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini. I modelli sintetici di inversione impiegati in questo lavoro partono dalla modellizzazione del campo d'onde superficiali (onde di Rayleigh e Love) in sistemi multistrato (Aki, 1964; Ben-Menahem e Singh, 1981). L'inversione delle curve H/V per ottenere un profilo di Vs è possibile a patto di disporre di un punto di taratura (es. penetrometria o sondaggio) che fornisca la profondità di un riflettore - anche molto superficiale - riconoscibile nella curva H/V oppure a patto di conoscere la Vs del primo strato a partire da tecniche indipendenti (Castellaro e Mulargia, 2007).

Bibliografia dell'Appendice

- Aki K., 1964. A note on the use of microseisms in determining the shallow structures of the earth's crust, *Geophysics*, **29**, 665-666.
- Ben-Menahem A., Singh S.J., 1981. *Seismic Waves and Sources*, Springer-Verlag, New York.
- Castellaro S., Mulargia F. e Bianconi L., 2005. Stratigrafia sismica passiva: una nuova tecnica accurata, rapida ed economica, *J. Geotech. Environm. Geol.*, **3**, 51-77.
- Castellaro S. e Mulargia F., 2007. Vs30 estimates using constrained H/V measurements, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **99**, 761-773.
- Castellaro S. e Mulargia F., 2008. The effect of velocity inversions on H/V, *Pure Appl. Geophys.*, **166**, 567-592.
- Ibs-von Seht M. e Wohlenberg J., 1999. Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments, *Bull. Seismol. Soc. America*, **89**, 250-259.
- Kanai K., 1957. The requisite conditions for predominant vibration of round, *Bull. Earthquake Res. Inst. Tokyo Univ.*, **31**, 457.
- Nakamura Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimates of subsurface using microtremor on the round surface, *QR of RTRI*, **30**, 25-33.

TAVOLE



UBICAZIONE INDAGINE GEOTECNICA E GEOFISICA

COMUNE DI PADOVA
CENTRO SPORTIVO COMUNALE BRENTELLA "FILIPPO RACITI"
VIA CHIESANUOVA – PADOVA (PD)

(ZONA NUOVA RAMPA DI PARTENZA/SPOGLIATOI)



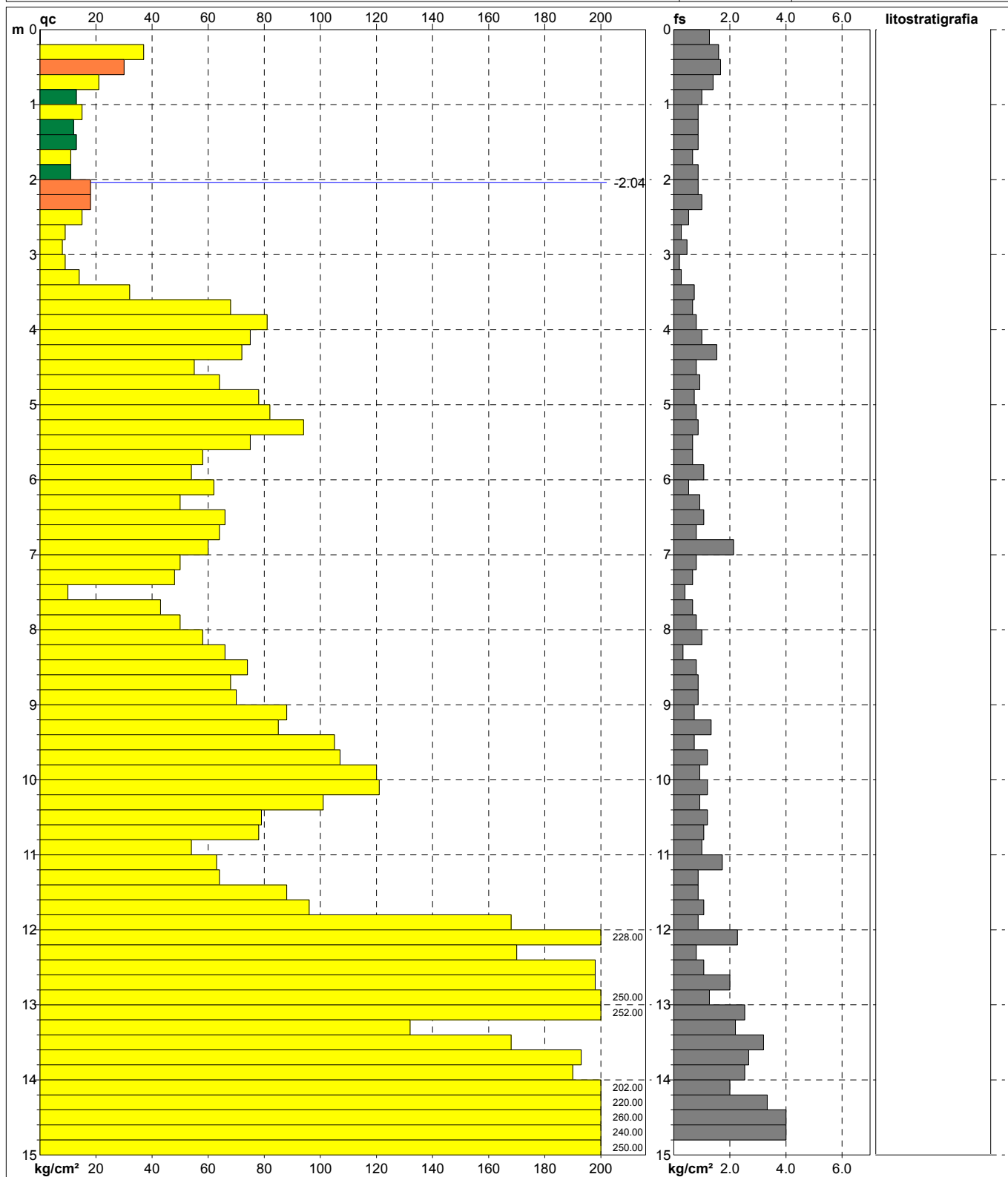
CPT - PROVA PENETROMETRICA STATICA

HVSR – MICROTREMORE SISMICO A STAZIONE SINGOLA

TAV. 1

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA	CPT	1
	Riferimento	90-2018

Committente	COMUNE DI PADOVA	U.M.: kg/cm²	Data esec.	23/05/2018
Cantiere	CENTRO SPORIVO COMUNALE BRENTELLA "FILIPPO RACITI"	Scala: 1:75		
Località	PADOVA (PD) - VIA CHIESANUOVA	Pagina 1	Quota inizio: Piano Campagna	
		Elaborato	Falda -2.04 m da p.c.	



Litology:	Personalizzata	preforo	m
Penetrometro:	TG63-200Stat	Corr.astine:	kg/ml
Responsabile:			
Assistente:		Cod. tip:	

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI						CPT		1
						Riferimento		90-2018

Committente	COMUNE DI PADOVA	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	23/05/2018
Cantiere	CENTRO SPORIVO COMUNALE BRENTELLA "FILIPPO RACITI"	Pagina	1		
Località	PADOVA (PD) - VIA CHIESANUOVA	Elaborato		Falda	-2.04 m da p.c.

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0.20	--	--		1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	37.00	23.13	4	1.85	0.07	216	1.23	99.9	209.7	314.5	111.0	100	43	41	38	35	44	30	61.7	92.5	111.0	--	--
0.60	30.00	17.96	4	1.85	0.11	199	1.00	98.0	170.0	255.0	90.0	84	41	38	35	33	41	29	50.0	75.0	90.0	--	--
0.80	21.00	15.00	4	1.85	0.15	174	0.82	53.7	140.0	210.0	63.0	65	39	34	32	29	39	27	35.0	52.5	63.0	--	--
1.00	13.00	13.00	2	1.85	0.19	145	0.60	27.6	102.8	154.2	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.20	15.00	17.24	2	1.85	0.22	154	0.67	24.8	113.3	170.0	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.40	12.00	13.79	2	1.85	0.26	141	0.57	16.9	97.1	145.7	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.60	13.00	14.94	2	1.85	0.30	145	0.60	15.3	102.8	154.2	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.80	11.00	16.42	2	1.85	0.33	137	0.54	11.4	91.2	136.8	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.00	11.00	12.64	2	1.85	0.37	137	0.54	10.0	91.2	136.8	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.20	18.00	20.69	2	0.98	0.39	164	0.75	14.2	127.5	191.3	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.40	18.00	18.00	2	0.98	0.41	164	0.75	13.4	127.5	191.3	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.60	15.00	28.30	2	0.95	0.43	154	0.67	10.9	113.3	170.0	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.80	9.00	33.33	4	0.85	0.45	127	0.45	6.4	115.6	173.4	37.8	9	32	25	21	20	28	26	15.0	22.5	27.0	>2.00	>2.00
3.00	8.00	17.02	2	0.86	0.46	121	0.40	5.2	126.6	189.9	35.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.20	9.00	45.00	4	0.85	0.48	127	0.45	5.8	128.1	192.2	37.8	7	32	24	21	20	28	26	15.0	22.5	27.0	1.95	>2.00
3.40	14.00	51.85	4	0.89	0.50	150	0.64	8.5	117.9	176.9	48.2	21	34	26	23	22	30	26	23.3	35.0	42.0	>2.00	>2.00
3.60	32.00	43.84	3	0.88	0.51	204	--	--	--	--	--	49	37	30	27	26	34	29	53.3	80.0	96.0	>2.00	>2.00
3.80	68.00	101.49	3	0.95	0.53	271	--	--	--	--	--	74	40	34	31	29	38	32	113.3	170.0	204.0	>2.00	>2.00
4.00	81.00	101.25	3	0.97	0.55	290	--	--	--	--	--	79	41	35	32	30	39	33	135.0	202.5	243.0	>2.00	>2.00
4.20	75.00	75.00	3	0.96	0.57	282	--	--	--	--	--	76	40	34	31	29	38	32	125.0	187.5	225.0	>2.00	>2.00
4.40	72.00	47.06	3	0.95	0.59	277	--	--	--	--	--	74	40	34	31	29	38	32	120.0	180.0	216.0	>2.00	>2.00
4.60	55.00	68.75	3	0.93	0.61	251	--	--	--	--	--	64	39	32	29	27	36	31	91.7	137.5	165.0	>2.00	>2.00
4.80	64.00	68.82	3	0.94	0.63	265	--	--	--	--	--	68	39	33	30	28	37	32	106.7	160.0	192.0	>2.00	>2.00
5.00	78.00	106.85	3	0.96	0.65	286	--	--	--	--	--	74	40	34	31	29	38	33	130.0	195.0	234.0	>2.00	>2.00
5.20	82.00	102.50	3	0.97	0.67	291	--	--	--	--	--	75	40	34	31	29	38	33	136.7	205.0	246.0	>2.00	>2.00
5.40	94.00	108.05	3	0.99	0.69	307	--	--	--	--	--	79	41	34	31	29	39	34	156.7	235.0	282.0	>2.00	>2.00
5.60	75.00	111.94	3	0.96	0.71	282	--	--	--	--	--	71	40	33	30	28	37	32	125.0	187.5	225.0	>2.00	>2.00
5.80	58.00	86.57	3	0.93	0.72	256	--	--	--	--	--	61	39	32	29	27	36	31	96.7	145.0	174.0	>2.00	>2.00
6.00	54.00	50.47	3	0.92	0.74	249	--	--	--	--	--	58	38	31	28	26	35	31	90.0	135.0	162.0	>2.00	>2.00
6.20	62.00	116.98	3	0.94	0.76	262	--	--	--	--	--	62	39	32	29	27	36	32	103.3	155.0	186.0	>2.00	>2.00
6.40	50.00	53.76	3	0.92	0.78	242	--	--	--	--	--	54	38	30	27	26	34	31	83.3	125.0	150.0	>2.00	>2.00
6.60	66.00	61.68	3	0.94	0.80	268	--	--	--	--	--	63	39	32	29	27	36	32	110.0	165.0	198.0	>2.00	>2.00
6.80	64.00	80.00	3	0.94	0.82	265	--	--	--	--	--	62	39	31	28	27	36	32	106.7	160.0	192.0	>2.00	>2.00
7.00	60.00	28.17	4	1.02	0.84	259	2.00	18.6	340.0	510.0	180.0	59	38	31	28	26	35	32	100.0	150.0	180.0	>2.00	>2.00
7.20	50.00	62.50	3	0.92	0.86	242	--	--	--	--	--	52	37	30	27	25	34	31	83.3	125.0	150.0	>2.00	>2.00
7.40	48.00	71.64	3	0.91	0.88	238	--	--	--	--	--	50	37	30	27	25	34	31	80.0	120.0	144.0	>2.00	>2.00
7.60	10.00	25.00	2	0.90	0.89	132	0.50	3.0	245.0	367.5	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.80	43.00	64.18	3	0.91	0.91	228	--	--	--	--	--	45	37	29	26	24	33	30	71.7	107.5	129.0	>2.00	>2.00
8.00	50.00	62.50	3	0.92	0.93	242	--	--	--	--	--	50	37	30	27	25	34	31	83.3	125.0	150.0	>2.00	>2.00
8.20	58.00	58.00	3	0.93	0.95	256	--	--	--	--	--	55	38	30	27	25	34	31	96.7	145.0	174.0	>2.00	>2.00
8.40	66.00	200.00	3	0.94	0.97	268	--	--	--	--	--	59	38	31	28	26	35	32	110.0	165.0	198.0	>2.00	>2.00
8.60	74.00	92.50	3	0.96	0.99	280	--	--	--	--	--	62	39	31	28	26	35	32	123.3	185.0	222.0	>2.00	>2.00
8.80	68.00	78.16	3	0.95	1.00	271	--	--	--	--	--	59	38	31	28	26	35	32	113.3	170.0	204.0	>2.00	>2.00
9.00	70.00	80.46	3	0.95	1.02	274	--	--	--	--	--	59	38	31	28	26	35	32	116.7	175.0	210.0	>2.00	>2.00
9.20	88.00	120.55	3	0.98	1.04	299	--	--	--	--	--	67	39	32	29	27	36	33	146.7	220.0	264.0	>2.00	>2.00
9.40	85.00	63.91	3	0.98	1.06	295	--	--	--	--	--	65	39	32	29	27	36	33	141.7	212.5	255.0	>2.00	>2.00
9.60	105.00	143.84	3	1.01	1.08	320	--	--	--	--	--	72	40	32	30	28	37	34	175.0	262.5	315.0	>2.00	>2.00
9.80	107.00	89.17	3	1.01	1.10	322	--	--	--	--	--	72	40	32	30	28	37	34	178.3	267.5	321.0	>2.00	>2.00
10.00	120.00	129.03	3	1.03	1.12	336	--	--	--	--	--	75	40	33	30	28	37	35	200.0	300.0	360.0	>2.00	>2.00
10.20	121.00	100.83	3	1.03	1.14	337	--	--	--	--	--	75	40	33	30	28	37	35	201.7	302.5	363.0	>2.00	>2.00
10.40	101.00	108.60	3	1.00	1.16	315	--	--	--	--	--	69	39	32	29	27	36	34	168.3	252.5	303.0	>2.00	>2.00
10.60	79.00	65.83	3	0.97	1.18	287	--	--	--	--	--	60	38	31	28	26	35	33	131.7	197.5	237.0	>2.00	>2.00
10.80	78.00	72.90	3	0.96	1.20	286	--	--	--	--	--	59	38	30	27	26	35	33	130.0	195.0	234.0	>2.00	>2.00
11.00	54.00	54.00	3	0.92	1.22	249	--	--	--	--	--	46	37	29	26	24	32	31	90.0	135.0	162.0	>2.00	>2.00
11.20	63.00	36.42	3	0.94	1.24	264	--	--	--	--	--	51	37	29	26	25	33	32	105.0	157.5	189.0	>2.00	>2.00
11.40	64.00	73.56	3	0.94	1.26	265	--	--	--	--	--	51	37	29	26	25	33	32	106.7	160.0	192.0	>2.00	>2.00
11.60	88.00	101.15	3	0.98	1.28	299	--	--	--	--	--	62	39	31	28	26	35	33	146.7	220.0	264.0	>2.00	>2.00
11.80	96.00	89.72	3	0.99	1.30	309	--	--	--	--	--	64	39	31	28	26	35	34	160.0	240.0	288.0	>2.00	>2.00
12.00	168.00	193.10	3	1.10	1.32	382	--	--	--	--	--	83	41	34	31	29	38	37	280.0	420.0	504.0	>2.00	>2.00
12.20	228.00	100.44	3	1.15	1.34	428	--	--	--	--	--	93	42	35	32	30	39	39	380.0	570.0	684.0	>2.00	>2.00
12.40	170.00	212.50	3	1.11	1.37	383	--	--	--	--	--	83	41	34	31	29	38	37	283.3	425.0	510.0	>2.00	>2.00
12.60	198.00	185.05	3	1.15	1.39	406	--	--	--	--	--	87	42	34	32	30	39	38	330.0	495.0	594.0	>2.00	>2.00
12.80	198.00	99.00	3	1.15	1.41	406	--	--	--	--	--	87	42	34	32	29	39	38	330.0	4			

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

Riferimento

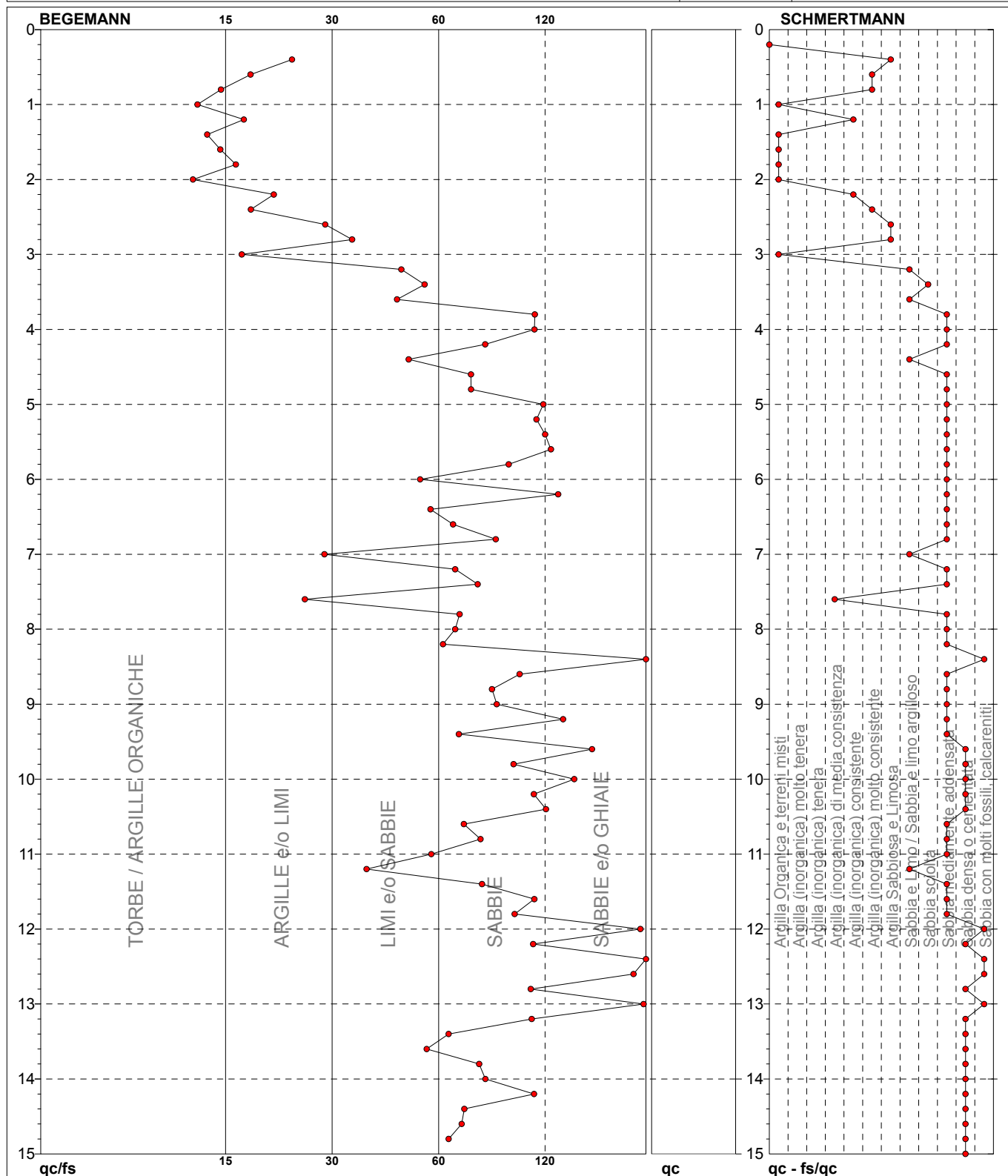
1

90-2018

Committente **COMUNE DI PADOVA**
Cantiere **CENTRO SPORIVO COMUNALE BRENTELLA "FILIPPO RACITI"**
Località **PADOVA (PD) - VIA CHIESANUOVA**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:75**
Pagina **1**
Elaborato

Data esec. **23/05/2018**
Falda **-2.04 m da p.c.**



TORBE / ARGILLE ORGANICHE	6 punti, 8.00%	Argilla Organica e terreni misti	6 punti, 8.00%	Argilla Sabbiosa e Limosa	3 punti, 4.00%
ARGILLE e/o LIMI	10 punti, 13.33%	Argilla (inorganica) di media consistenza	1 punto, 1.33%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	5 punti, 6.67%
LIMI e/o SABBIE	13 punti, 17.33%	Argilla (inorganica) consistente	2 punti, 2.67%	Sabbia sciolta	1 punto, 1.33%
SABBIE	37 punti, 49.33%	Argilla (inorganica) molto consistente	3 punti, 4.00%	Sabbia mediamente addensata	31 punti, 41.33%
SABBIE e/o GHIAIE	8 punti, 10.67%			Sabbia densa o cementata	16 punti, 21.33%
				Sabbia con molti fossili, calcareniti	5 punti, 6.67%

FON106

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	1
	Riferimento	90-2018

Committente	COMUNE DI PADOVA	U.M.: kg/cm²	Data esec.	23/05/2018
Cantiere	CENTRO SPORIVO COMUNALE BRENTELLA "FILIPPO RACITI"	Pagina	1	
Località	PADOVA (PD) - VIA CHIESANUOVA	Elaborato	Falda	-2.04 m da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	1.27	0									
0.40	37.0	56.0		37.00	1.60	23	4.3								
0.60	30.0	54.0		30.00	1.67	18	5.6								
0.80	21.0	46.0		21.00	1.40	15	6.7								
1.00	13.0	34.0		13.00	1.00	13	7.7								
1.20	15.0	30.0		15.00	0.87	17	5.8								
1.40	12.0	25.0		12.00	0.87	14	7.3								
1.60	13.0	26.0		13.00	0.87	15	6.7								
1.80	11.0	24.0		11.00	0.67	16	6.1								
2.00	11.0	21.0		11.00	0.87	13	7.9								
2.20	18.0	31.0		18.00	0.87	21	4.8								
2.40	18.0	31.0		18.00	1.00	18	5.6								
2.60	15.0	30.0		15.00	0.53	28	3.5								
2.80	9.0	17.0		9.00	0.27	33	3.0								
3.00	8.0	12.0		8.00	0.47	17	5.9								
3.20	9.0	16.0		9.00	0.20	45	2.2								
3.40	14.0	17.0		14.00	0.27	52	1.9								
3.60	32.0	36.0		32.00	0.73	44	2.3								
3.80	68.0	79.0		68.00	0.67	101	1.0								
4.00	81.0	91.0		81.00	0.80	101	1.0								
4.20	75.0	87.0		75.00	1.00	75	1.3								
4.40	72.0	87.0		72.00	1.53	47	2.1								
4.60	55.0	78.0		55.00	0.80	69	1.5								
4.80	64.0	76.0		64.00	0.93	69	1.5								
5.00	78.0	92.0		78.00	0.73	107	0.9								
5.20	82.0	93.0		82.00	0.80	103	1.0								
5.40	94.0	106.0		94.00	0.87	108	0.9								
5.60	75.0	88.0		75.00	0.67	112	0.9								
5.80	58.0	68.0		58.00	0.67	87	1.2								
6.00	54.0	64.0		54.00	1.07	50	2.0								
6.20	62.0	78.0		62.00	0.53	117	0.9								
6.40	50.0	58.0		50.00	0.93	54	1.9								
6.60	66.0	80.0		66.00	1.07	62	1.6								
6.80	64.0	80.0		64.00	0.80	80	1.3								
7.00	60.0	72.0		60.00	2.13	28	3.6								
7.20	50.0	82.0		50.00	0.80	63	1.6								
7.40	48.0	60.0		48.00	0.67	72	1.4								
7.60	10.0	20.0		10.00	0.40	25	4.0								
7.80	43.0	49.0		43.00	0.67	64	1.6								
8.00	50.0	60.0		50.00	0.80	63	1.6								
8.20	58.0	70.0		58.00	1.00	58	1.7								
8.40	66.0	81.0		66.00	0.33	200	0.5								
8.60	74.0	79.0		74.00	0.80	93	1.1								
8.80	68.0	80.0		68.00	0.87	78	1.3								
9.00	70.0	83.0		70.00	0.87	80	1.2								
9.20	88.0	101.0		88.00	0.73	121	0.8								
9.40	85.0	96.0		85.00	1.33	64	1.6								
9.60	105.0	125.0		105.00	0.73	144	0.7								
9.80	107.0	118.0		107.00	1.20	89	1.1								
10.00	120.0	138.0		120.00	0.93	129	0.8								
10.20	121.0	135.0		121.00	1.20	101	1.0								
10.40	101.0	119.0		101.00	0.93	109	0.9								
10.60	79.0	93.0		79.00	1.20	66	1.5								
10.80	78.0	96.0		78.00	1.07	73	1.4								
11.00	54.0	70.0		54.00	1.00	54	1.9								
11.20	63.0	78.0		63.00	1.73	36	2.7								
11.40	64.0	90.0		64.00	0.87	74	1.4								
11.60	88.0	101.0		88.00	0.87	101	1.0								
11.80	96.0	109.0		96.00	1.07	90	1.1								
12.00	168.0	184.0		168.00	0.87	193	0.5								
12.20	228.0	241.0		228.00	2.27	100	1.0								
12.40	170.0	204.0		170.00	0.80	213	0.5								
12.60	198.0	210.0		198.00	1.07	185	0.5								
12.80	198.0	214.0		198.00	2.00	99	1.0								
13.00	250.0	280.0		250.00	1.27	197	0.5								
13.20	252.0	271.0		252.00	2.53	100	1.0								
13.40	132.0	170.0		132.00	2.20	60	1.7								
13.60	168.0	201.0		168.00	3.20	53	1.9								
13.80	193.0	241.0		193.00	2.67	72	1.4								
14.00	190.0	230.0		190.00	2.53	75	1.3								
14.20	202.0	240.0		202.00	2.00	101	1.0								
14.40	220.0	250.0		220.00	3.33	66	1.5								
14.60	260.0	310.0		260.00	4.00	65	1.5								
14.80	240.0	300.0		240.00	4.00	60	1.7								
15.00	250.0	310.0		250.00											

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta

fs = resistenza laterale

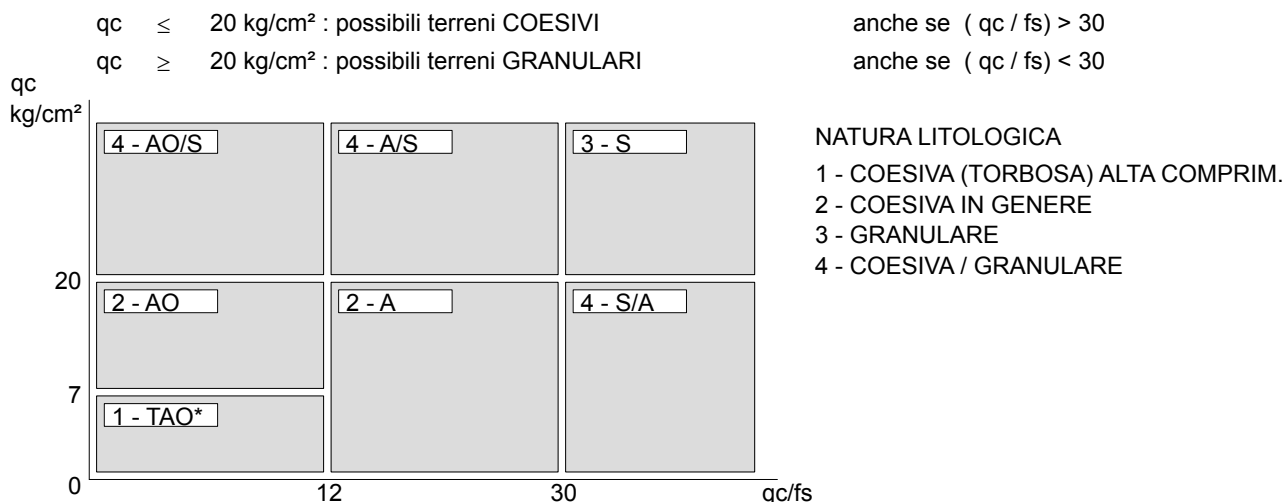
0.20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto q_c / f_s (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :



PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - q_c - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - q_c]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - q_c]
E'50 - E'25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza F = 2 - 4 rispettivamente)
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - q_c - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - R_p - σ'_{vo} (Schmertmann 1976)]
- \emptyset' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : \emptyset' - Dr - q_c σ'_{vo})
 \emptyset'_{Ca} - Caquot (1948) \emptyset'_{Ko} - Koppejan (1948)
 \emptyset'_{DB} - De Beer (1965) \emptyset'_{Sc} - Schmertmann (1978)
 \emptyset'_{DM} - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) \emptyset'_{Me} - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = fattore di liquefazione (F.L.1 = Sabbie Pulite, F.L.2 = Sabbie Limose)
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)