

CITTA' DI
VENEZIA



Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR)

Missione 5 "Inclusione e Coesione", Componente 2 "Infrastrutture sociali, famiglie, comunità e terzo settore", Investimento 2.1 "Investimenti in progetti di rigenerazione urbana, volti a ridurre situazioni di emarginazione e degrado sociale"

Ampliamento Parco San giuliano area 6 ettari

C.I. 15011



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

Progetto di fattibilità tecnico economica

COMMITTENTE

Comune di Venezia

Area Lavori Pubblici, Mobilità e Trasporti

Settore Smart City, Rigenerazione

urbana, ERP

viale Ancona, 63

30170 Mestre - Venezia

Il R.U.P.

ing.Francesca Marton

Il Dirigente

dott.Maurizio Dorigo

Il Direttore

ing. Simone Agrondi

PROGETTISTA



General Progetti S.r.l.

Via Querini, 27 - 30172 Mestre (VE)
Tel. 041 928228
www.generalprogetti.com
e-mail: gp@generalprogetti.com

Ing. Diego Semenzato
Arch. Emma Annese
Geom. Robert Saginov

CONSULENZA SPECIALISTICA LANDSCAPE E OPERE A VERDE



AGRI.TE.CO. Ambiente Progetto Territorio sc
via Toffoli 13, 30135 Marghera (VE) | www.agriteco.com
agriteco_info@agriteco.com | agriteco@pec.it | tel. +39041920484
fax 041930106

ricerca research
pianificazione planning
progettazione project
Istituto di Ricerca riconosciuto dal
Ministero dell'Istruzione e della
Ricerca, dal Ministero delle
Politiche Agricole Forestali

Dott. Alessandro Vendramini
Agr. Dott. Roberta Rocco
Arch. Francesco Bortolato
Geom. Davide Folin
Arch. Francesca Giantin
Ing. Loris Lovo
Dott. Francesca Pavanello

TITOLO ELABORATO

**DOCUMENTI GENERALI Risultati di
indagini geotecniche ed ambientali**

REV.	DATA	FILE	OGGETTO	RED.	APPR.
a	16/02/2023	PFTE-D-013-A	Prima Emissione		D.S.
b					
				ELABORATO N.	
				D-013	
DATA:		SCALA:		FILE:	
16/02/2023				PFTE-D-013.A.	
REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE	
R.S.		D.S.		D.S.	

1 INDICE

1	Indice.....	1
2	Premessa	2
3	Descrizione della struttura	3
4	Normative di riferimento	3
5	Indagini.....	4
6	Modello geotecnico del sottosuolo	5
7	Valutazione capacità portante	8
8	Stima dei cedimenti	9
9	Allegati	12

2 PREMESSA

La presente relazione si riferisce alla progettazione geotecnica dell'ampliamento del parco per altri 6 ettari fronte Laguna.

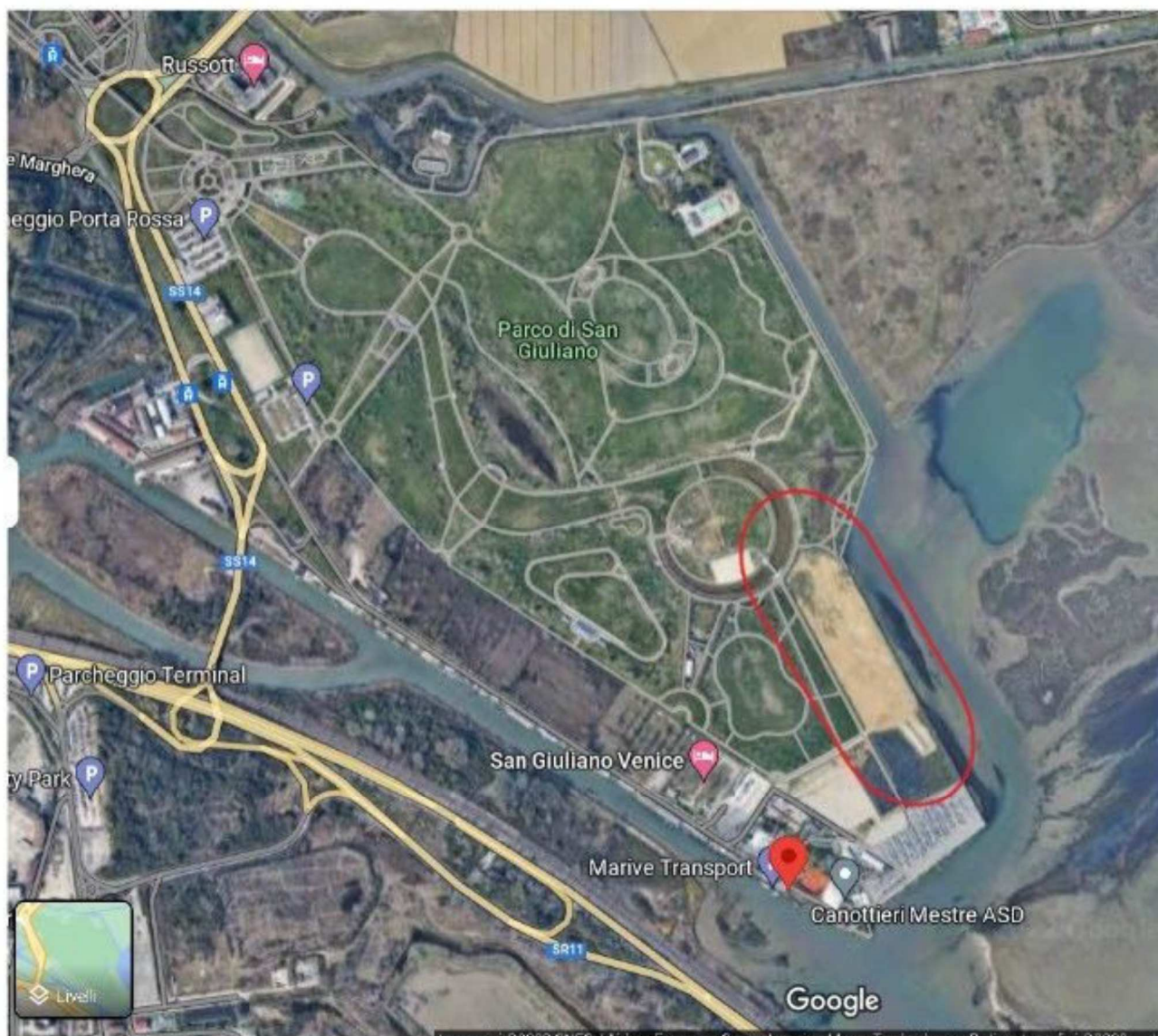


Figura 1 – Area di interesse

3 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Le opere che saranno eseguite sull'area dell'intervento saranno movimenti terra superficiali , in quanto dovranno rimanere inalterati gli orizzonti di bonifica , comunque si inquadra l'area d'intervento dal punto di vista geologico e geotecnico per i 6 ettari interessati , recuperando le indagini già svolte in passato su incarico del Amministrazione Comunale .

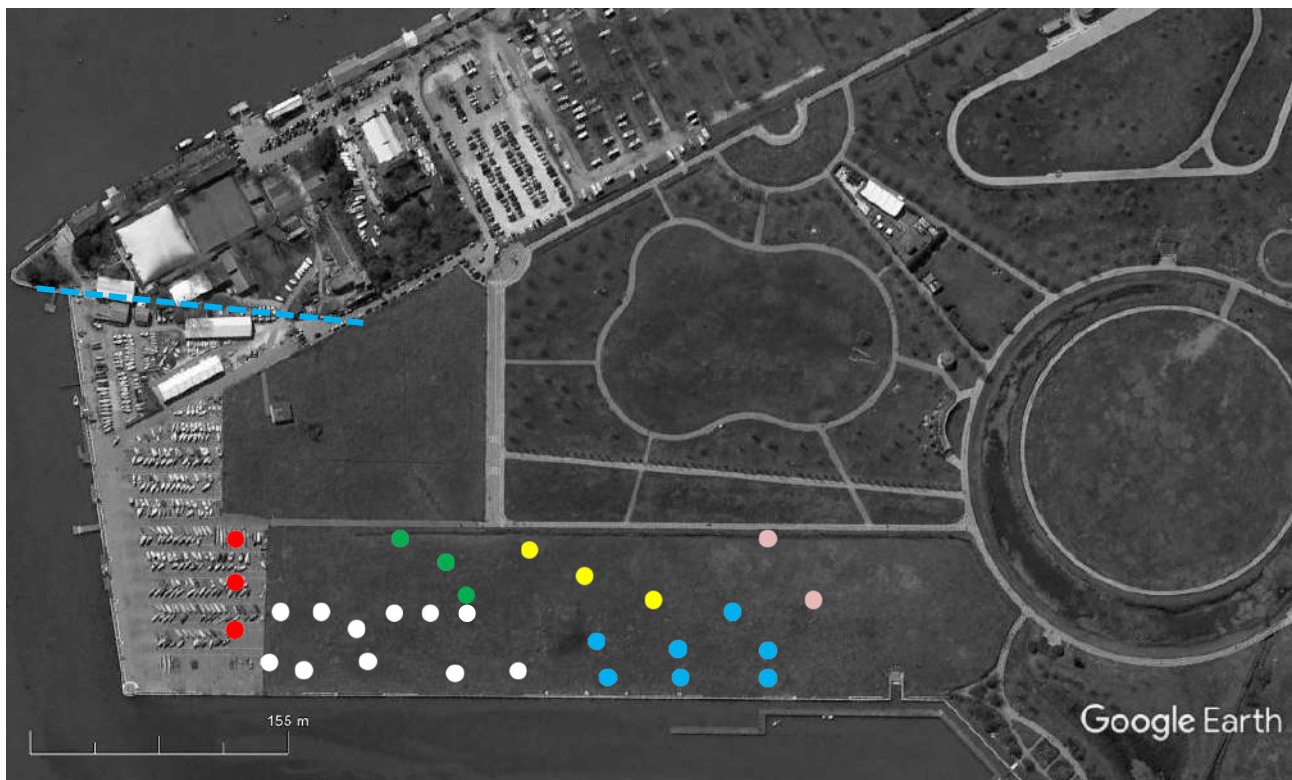
4 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Normativa di riferimento

- **D.M. LL.PP. del 11/03/1988** *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.*

5 INDAGINI

Nel 2005 è stata eseguita un campagna di indagini: i pallini indicano la posizione delle prove CPT spinte fino a -10m dal p.c..



La linea azzurra tratteggiata indica la separazione fra due aree di differente natura geotecnica, così come rilevato dai sondaggi archeologici di recente eseguiti.

Nell'aprile 2019 è stata eseguita una campagna di indagini integrativa:



Ove in verde sono indicati i sondaggi ed in rosso le prove SCPTU.

6 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Si riportano di seguito le interpretazioni dei risultati delle indagini geognostiche, così come riportati nella relazione geologia a firma dott. Zago.

Modello geotecnico secondo SCPTU1:

PROFONDITA' LIVELLO (m)	NATURA GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO	Qc (kg/cm ²)	Val. Caratt. COESIONE cu, (kg/cm ²)	Val. Caratt. ANGOLO D'ATTR. (°)	M Modulo Edometrico (kg/cm ²)
1 da p.c. a 2.00	Terreno di riporto	10 - 25	0.50-0.80		20
2 da 2.00 a 3.50	Limi e/o limi-argilloso-sabbiosi	20 - 35		28°-30°	67
3 da 3.50 a 6.20	Argille e argille limose con torba	4 - 6	0.20-0.35		7
4 da 6.20 a 7.60	Limi argillosi	7 - 18	0.35-0.75		59
5 da 7.60 a 8.60	Sabbie limose	30 - 75		29°-31°	71
6 da 8.60 a 10.70	Limi sabbiosi	11 - 40		27°-29°	56
7 da 10.70 a 14.00	Argille ed argille torbose	3 - 9	0.15-0.35		15
8 da 14.00 a 15.20	Sabbie limose	60 - 90		31°-33°	290
9 da 15.20 a 16.40	Argille limose	6 - 10	0.30-0.45		36
10 da 16.40 a 18.40	Limi sabbiosi	45 - 70		30°-31°	139
11 da 18.40 a 25.00	Limi torbosi, argille limose, torbe	7 - 12	0.35-0.60		39
12 da 25.00 a 28.20	Limi argilloso-sabbiosi	8 - 16 35 - 40	0.40-0.65	29°-30°	109
13 da 28.20 a 29.50	Sabbie	70 - 120		31°-35°	337
14 da 29.50 a 30.60	Limi argillosi	9 - 14	0.45-0.65		41

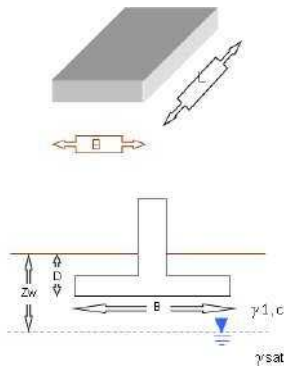
Modello geotecnico secondo SCPTU2-3-4:

PROFONDITA' LIVELLO (m)	NATURA GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO	Qc (kg/cm ²)	Val. Caratt. COESIONE c _u k (kg/cm ²)	Val. Caratt. ANGOLO D'ATTR. (φ' _k)	M Modulo Edometrico (kg/cm ²)
1 da p.c. a 2.00	Terreno di riporto	10 - 25	0.50-0.80		20
2 da 2.00 a 4.20	Argille e limi-argilloso-sabbiosi	1.5 - 11	0.10-0.45		7
3 da 4.20 a 5.40	Limi argillosi	30 - 60	0.90-1.20	28°-29°	101
4 da 5.40 a 6.60	Argille e limi argillosi	10 - 16	0.50-0.70		58
5 da 6.60 a 7.60	Limi sabbiosi	70 - 130		31°-33°	236
6 da 7.60 a 8.60	Limi argillosi	8 - 16	0.40-0.70		69
7 da 8.60 a 9.70	Limi sabbiosi	35 - 45		30°-31°	139
8 da 9.70 a 13.10	Argille limose	7 - 12	0.35-0.55		27
9 da 13.10 a 13.90	Limi sabbiosi	35 - 100		30°-32°	263
10 da 13.90 a 15.50	Argille limose con torba	4 - 10	0.25-0.40		33
11 da 15.50 a 16.90	Limi sabbioso-argillosi	9 - 15 25 - 35	0.45-0.70	29°-30°	51 190
12 da 16.90 a 17.70	Limi sabbiosi	35 - 60		30°-31°	168
13 da 17.70 a 24.00	Limi argillosi	7 - 12	0.35-0.60		42
14 da 24.00 a 26.40	Limi torbosi, argille limose, torbe	12 - 35	0.65-1.20		78
15 da 26.40 a 28.80	Sabbie	70 - 170		32°-35°	414
16 da 28.80 a 30.10	Limi argillosi	11 - 16	0.65-0.80		50

La falda si attesta a -0,45 m dal p.c.

7 VALUTAZIONE CAPACITÀ PORTANTE

Nella stima della capacità portante si utilizzano i seguenti valori:



peso specifico efficace:
peso specifico saturo:
coesione
profondità falda:
lato fondazione
lunghezza fondazione
profondità di posa

$\gamma_1 = 1555 \text{ daN/mc}$
 $\gamma_{\text{sat}} = 2635 \text{ daN/mc}$
 $c' = 50 \text{ kN/mq}$
 $Z_w = 0 \text{ m}$
 $B = 58 \text{ m}$
 $L = 58 \text{ m}$
 $D = 0 \text{ cm}$

Il carico limite è pari a: $q_{\text{lim}} = 3,07 \text{ daN/cm}^2$

Per le verifiche di resistenza si utilizza l'Approccio 2 (A1-M1-R3): il valore di calcolo del carico limite va diviso per il fattore di sicurezza 2,3.

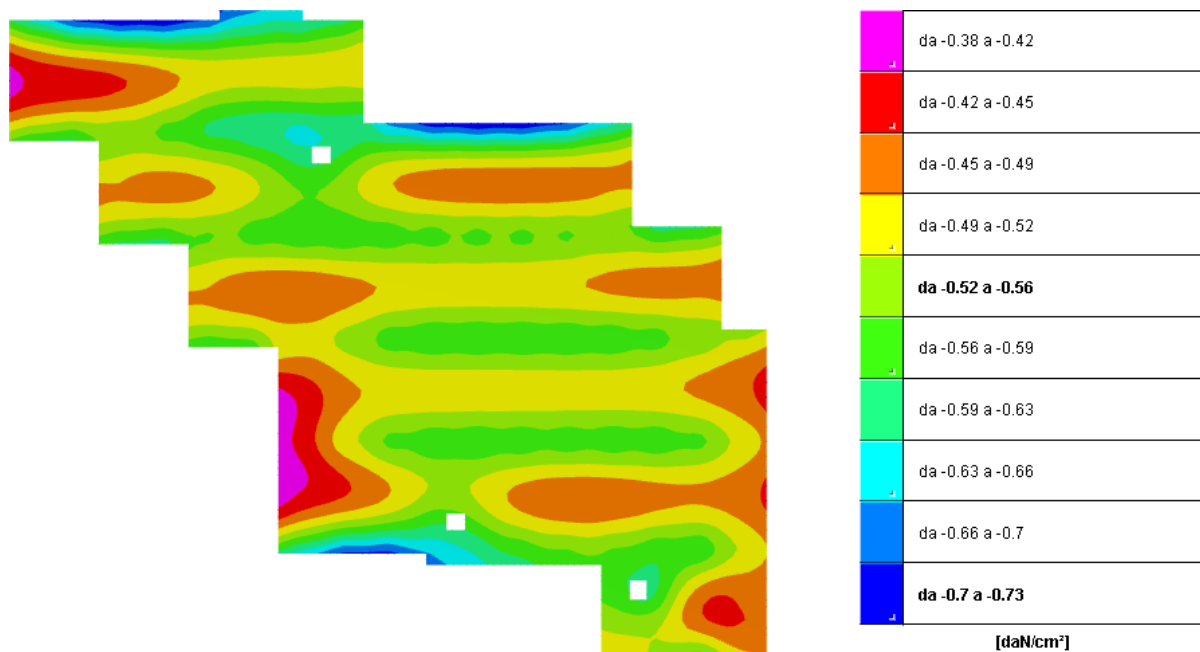


Figura 2 - Massime pressioni sul terreno combinazioni SLU-SLV

Il valore massimo di calcolo è pari a **0,73** daN/cm² < $3,07 / 2,3 = 1,33 \text{ daN/cm}^2$

8 STIMA DEI CEDIMENTI

Per la modellazione strutturale, si è optato per modellare il terreno con un suolo elastico alla Winkler; la rigidezza delle molle è valutata sulla base di dati da letteratura.

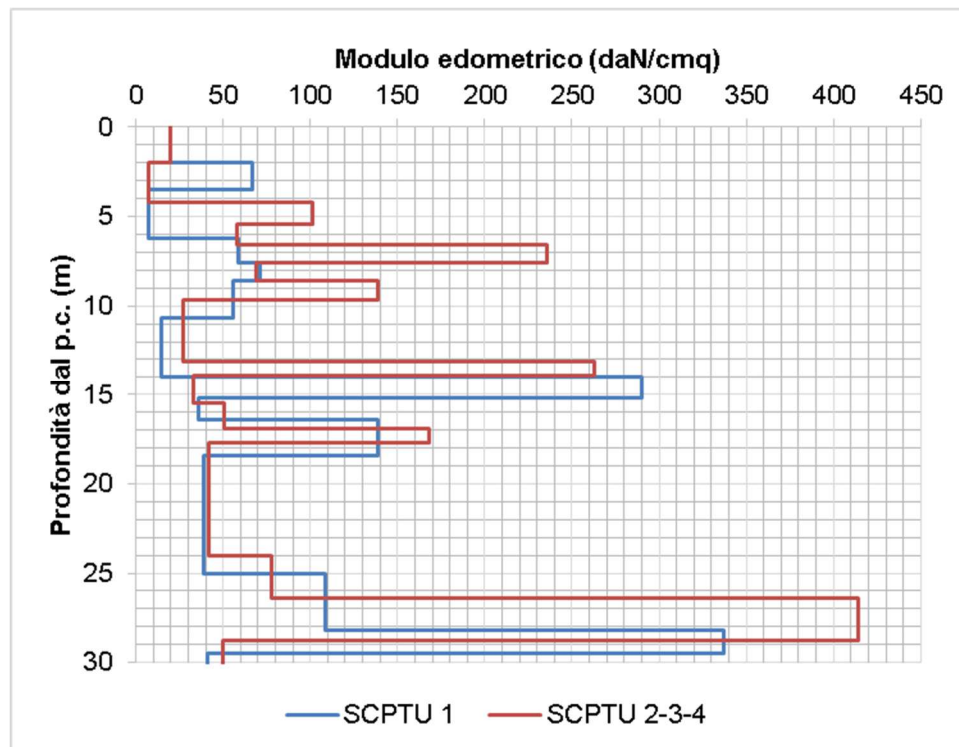
Il Viggiani indica il campo di variabilità di $k_1 = 1,8 - 3,5$ daN/cmc per valori di $c_u = 50-100$ kPa

La correlazione di Terzaghi e Peck:

$$k = k_1 [(B+b)/(2B)]^2 \quad \text{per } b=0 \quad \text{porta a:} \quad k = 0,25 k_1$$

Nell'ipotesi più cautelativa si sceglie $k = 1,8 \times 0,25 = 0,45$ daN/cmc

Si riporta di seguito un grafico schematico del modulo edometrico per ogni strato, al variare della profondità, per i due modelli geotecnici:



Sui nota la sostanziale somiglianza dei due modelli negli strati superficiali. E' evidente che per quanto riguarda i cedimenti, i livelli più soffici hanno pari caratteristiche nei due modelli geotecnici: tale fatto fa presumere che i cedimenti siano omogenei.

Di seguito si riportano i valori di carico distribuito per caso di carico:

g1	2150 daN/mq
g2	400 daN/mq
variabile categoria E:	600 daN/mq
variabile categoria C:	500 daN/mq
variabile categoria H	50 daN/mq
neve:	$(144+72)/2 = 108$ daN/mq

SLE R	0,37 daN/cm ^q
SLE F	0,34 daN/cm ^q
SLE QP	0,33 daN/cm ^q

Per la stima del cedimento finale, si utilizza la trattazione di Poulos e Davis (1974), per la combinazione SLE Rara

SCPTU 2-3-4

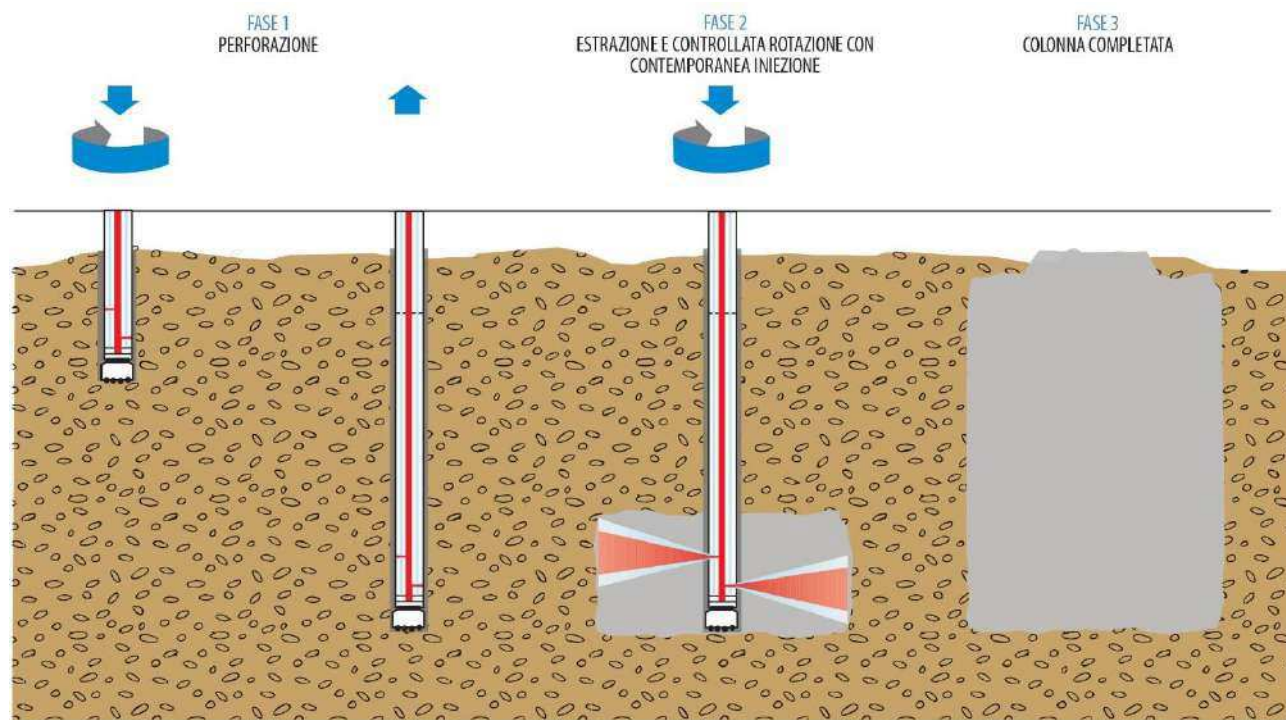
Strato	Litologia	Quota cambio di strato (m dal p.c.)	E (kPa)	ν	Cedimento (cm)
1	riporto	2.0	2000		1.77
2	argilla	4.2	700	0.40	8.52
3	limo	5.4	10100	0.30	0.33
4	argilla	6.6	5800	0.40	0.53
5	limo	7.6	23600	0.30	0.11
6	limo	8.6	6900	0.30	0.38
7	limo	9.7	13900	0.30	0.21
8	argilla	13.1	2700	0.40	3.18
9	limo	13.9	26300	0.30	0.08
10	argilla	15.5	3300	0.40	1.19
11	limo	16.9	5100	0.30	0.68
12	limo	17.7	16800	0.30	0.12
13	limo	24.0	4200	0.30	3.51
14	limo	26.4	7800	0.30	0.67
15	sabbia	28.8	41400	0.00	0.12
16	limo	30.1	5000	0.30	0.52
CEDIMENTO TOTALE CALCOLATO					21.91

SCPTU 1

Strato	Litologia	Quota cambio di strato (m dal p.c.)	E (kPa)	ν	Cedimento (cm)
1	riporto	2.0	2000		1.77
2	limo	3.5	6700	0.30	0.64
3	argilla	6.2	700	0.40	10.26
4	limo	7.6	5900	0.30	0.64
5	sabbia	8.6	7100		0.42
6	limo	10.7	5600	0.30	0.98
7	argilla	14.0	1500	0.40	5.53
8	sabbia	15.2	29000		0.11
9	argilla	16.4	3600	0.40	0.81
10	limo	18.4	13900	0.30	0.35
11	limo	25.0	3900	0.30	3.91
12	limo	28.2	10900	0.30	0.62
13	sabbia	29.5	33700		0.08
14	limo	30.6	4100	0.30	0.53
CEDIMENTO TOTALE CALCOLATO					26.64

I cedimenti sono troppo elevati per essere ammissibili, si prevede di attestare il piano di posa delle fondazioni a -100 cm dal p.c. e di consolidare il terreno argilloso con modulo edometrico più scadente (da 2/3,5 a 4,2/6,2 m dal p.c.).

Si prevede di consolidare tramite iniezioni Jet Grouting, atte a garantire 1 colonna di cls del diametro reso di 70 cm ogni circa 10 mq, che attraversa gli strati da -2 m a -9 m.



Nel calcolo dei cedimenti si prende in considerazione una profondità di 2 m oltre la testa palo (circa 3 diametri).

Stima dei cedimenti combinazione SLE QUASI PERMANENTE:

LITOLOGIA	QUOTA CAMBIO DI STRATO	E	N	CEDIMENTO
-	m	kN/mq	-	cm
riporto	2	2.000		2,41
limo	9	1.211.331		0,02
argilla	10,7	5.600	0,30	0,71
limo	11	1.500	0,40	0,42
CEDIMENTO TOTALE CALCOLATO				3,55

LITOLOGIA	QUOTA CAMBIO DI STRATO	E	N	CEDIMENTO
-	m	kN/mq	-	cm
riporto	2	2.000		2,41
argilla	9	1.211.331		0,02
limo	9,7	13.900	0,30	0,12
argilla	11	2.700	0,40	1,09
CEDIMENTO TOTALE CALCOLATO				3,62

I cedimenti sono ammissibili.

9 ALLEGATI



CENTRO STUDI GEOTECNICI

COMMITTENTE : COMUNE DI VENEZIA


**RIORDINO DEL POLO NAUTICO ED OPERE COMPLEMENTARI
PUNTA SAN GIULIANO
INDAGINI GEOGNOSTICHE**

RELAZIONE GEOLOGICA



Aprile 2019

**Il geologo
dott. Roberto Zago
Centro Studi Geotecnici sas
Via C. Piovene n°17 – 35127 Padova
T +39 049 8724770 – P.IVA 03271580288
email : info@centrostudigeo.191.it**

	Tipo di documento Relazione Geologica		COMMITTENTE COMUNE DI VENEZIA	
	Titolo sintetico	Foglio	Data	Revisione.
	Riordino del polo nautico ed opere complementari – Punta San Giuliano – indagini geognostiche	Pagina 1 di 24	APRILE 2019	00

INDICE

1. PREMESSA	2
2. LINEAMENTI GEOLOGICI DELL'AREA	4
3. INDAGINE IN SITO	9
4. INDAGINE ESEGUITA - RISULTATI.....	12
4.1 ASPETTI STRATIGRAFICI	12
4.2 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO	13
4.3 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO	17
5 VERIFICHE CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SOTTOSUOLO	20
MEDIANTE PIEZOCONO SISMICO	20
CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	22

1. PREMESSA

Per Vs. incarico si è provveduto all'esecuzione di un'indagine geognostica propedeutica allo sviluppo del progetto di riordino del polo Nautico ed opere complementari dell'area del Parco di San Giuliano.

L'indagine è stata commissionata allo scopo di acquisire le informazioni sulla composizione del locale sottosuolo e definire in sintesi la caratterizzazione geologica, geofisica e geotecnica dell'ambito interessato dalla futura realizzazione delle nuove strutture a servizio delle attività ubicate in punta San Giuliano.

Nella presente relazione sono esposti i risultati dei rilievi in sito eseguiti (prove penetrometriche statiche e sondaggi a carotaggio continuo), spinti a profondità di 30 m ; nel corso dei sondaggi sono stati inoltre prelevati dei campioni indisturbati di terreni e successivamente sottoposti a verifiche geotecniche di laboratorio.

I risultati dei nuovi rilievi in sito e gli esiti analitici di laboratorio hanno pertanto consentito la definizione del modello geologico e del modello geotecnico del locale sottosuolo.

Il modello geofisico locale è stato definito mediante l'impiego del piezocono sismico ; tale particolare punta piezoconica, grazie all'installazione di due geofoni all'interno della punta stessa, consente la definizione l'acquisizione dell'onda vibrazionale indotta da una sorgente esterna collocata appositamente in superficie.

E' così possibile definire in modo diretto sia la velocità di propagazione dell'onde di taglio (V_s) di singoli strati, che di definire la velocità media di attraversamento di un pacchetto di strato (nel caso specifico, la definizione della V_{s30}).

Normativa di riferimento

- **D.M. LL.PP. del 11/03/1988**

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- ❑ **D.M. 16 Gennaio 1996**
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- ❑ **Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.**
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- ❑ **Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003**
Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica
- ❑ **Norme tecniche per le Costruzioni 2008**
Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008
- ❑ **Eurocodice 7**
Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- ❑ **Eurocodice 8**
*Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture
Parte 5 : Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici*

La modalità di esecuzione delle prove geognostiche nel terreno è stata inoltre uniformata ai suggerimenti contenuti nelle "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" dell'A.G.I. - Associazione Geotecnica Italiana.

2. LINEAMENTI GEOLOGICI DELL'AREA

MODELLO GEOLOGICO

L'area in esame è ubicata al margine est del centro abitato di Mestre, in prossimità dell'area lagunare che separa l'abitato di Mestre con Venezia.

Si riporta di seguito un estratto di foto aerea, dove è indicata la posizione dell'area in esame.



La laguna di Venezia, così come tutte quelle dell'alto Adriatico, ha un'età identificabile in circa 6.000 anni ; in generale le genesi di una laguna è legata all'interazione e all'opposizione di due elementi: i processi continentali ed i processi marini.

Gli elementi continentali sono individuati dai fiumi, essenzialmente alpini, che trasportano dai monti al mare una grande quantità di sedimenti che diminuiscono, avvicinandosi progressivamente al mare, di granulometria passando dalle ghiaie (tipiche dell'alta pianura) alle sabbie, ai limi e alle argille.

Gli elementi marini sono individuati dalle correnti del mare; queste vengono generate dai venti preponderanti che nell'alto Adriatico sono di due tipi, la bora da nord/est e lo scirocco da Sud Ovest.

La genesi dell'ambiente lagunare in esame è inizialmente da riferire all'abbassamento del livello marino durante l'ultimo periodo glaciale pleistocenico (massimo glaciale 22.000 anni b.p.), che portò all'emersione di una vasta porzione dell'Adriatico settentrionale, con la linea di costa settentrionale attestata alla latitudine di Ancona.

La successiva fase climatica verificatasi nell'Olocene fu caratterizzata da un innalzamento della temperatura, con il conseguente arretramento dei ghiacciai.

Durante tale fase il livello del mare raggiunse un livello prossimo a quello attuale, innalzando il livello di base dei fiumi e favorendo la deposizione della fascia di sedimenti olocenici litorali e fluvio-palustri che formano la bassa pianura costiera.

Dal punto di vista stratigrafico è possibile suddividere il sottosuolo dell'area veneziana in due complessi deposizionali diversi:

- a) quello lagunare-litoraneo olocenico prevalentemente sabbioso-limoso con presenza di resti di conchiglie che testimoniano l'ingressione marina;
- b) quello, sottostante al primo, continentale pleistocenico, rappresentato da alternanze di orizzonti argilloso-limosi, subordinatamente sabbiosi, con frequenti intercalazioni torbose, le cui caratteristiche tessiturali e paleontologiche rivelano il carattere continentale.

I due complessi, continentale del pleistocene superiore e lagunare-costiero dell'olocene, sono ben separati tra loro da un orizzonte di argilla, che per la prolungata emersione ha subito un processo di sovraconsolidazione e ossidazione subaerea.

Tale orizzonte è conosciuto con il termine locale di "caranto", litologicamente rappresentato da un'argilla grigio-giallastra, generalmente molto compatta ed è facilmente riconoscibile dalle colorazioni screziate dall'ocra al grigio e dai comuni noduli carbonatici aventi diametro da pochi millimetri a 1-2 cm.

Come si osserva dall'esame della "Carta delle Unità Geologiche" della provincia di Venezia, di seguito riportata, l'area oggetto di studio è definita all'interno, affiora l'unità di Mestre, appartenente al Megafan del Brenta.

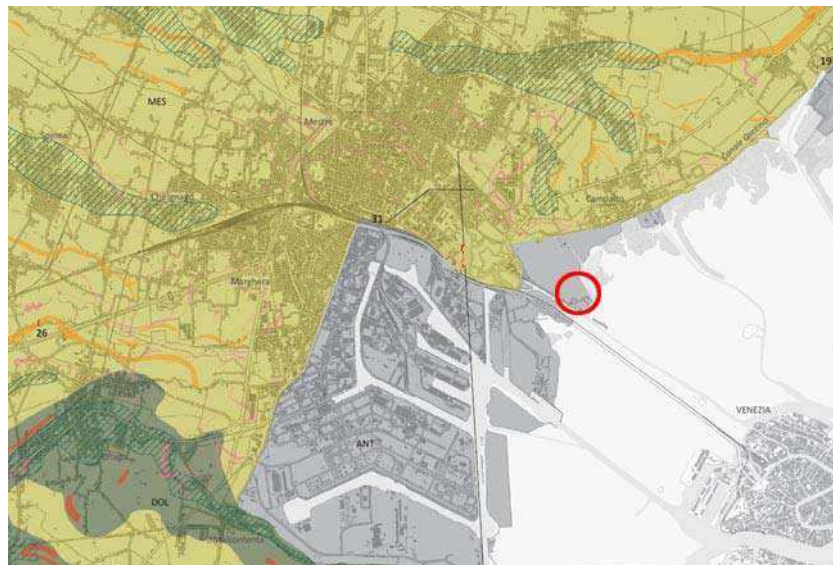
L'unità di Mestre è formata da depositi alluvionali costituiti da limi, sabbie e argille.

In superficie le sabbie medio-fini con variabili percentuali di limo, rappresentano facies di canale attivo, di argine naturale e ventaglio di rota e sono concentrate in corrispondenza dei dossi (dove costituiscono corpi lentiformi scarsamente interconnessi che giungono a spessori massimi di 2-4 m; in profondità).

I corpi di canale possono essere coalescenti tra loro e produrre sequenze sabbiose spesse fino a 10-20 m.

Solitamente si estendono lateralmente da qualche centinaio di metri a circa 2-3 km.

Gli abbondanti depositi limosi e argillosi di esondazione contengono comuni lenti di torba e orizzonti variamente organici di ambiente palustre, spessi al massimo pochi decimetri ma lateralmente continui.



Estratto della "Carta geologica" della Provincia di Venezia

SISTEMA ALLUVIONALE DEL BRENTA

DOL	UNITA' di DOLO <i>OLOCENE sup. (Medioevo – Attuale)</i> Depositi alluvionali costituiti in prevalenza da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi rappresentativi di facies di canale attivo, argine e ventaglio di rotta fluviale. Sono presenti, in subordine, limi argillosi e argille limose di piana di esondazione e di canale abbandonato. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 5 m.
CAM	UNITA' di CAMPONOGARA <i>OLOCENE medio - sup. (IV millennio a.C. – XII sec. d.C.)</i> Depositi alluvionali costituiti da sabbie limose e limi sabbiosi, rappresentativi di facies di canale attivo, argine e ventaglio di rotta fluviale, e da limi argillosi e argille limose, talora organici, di piana di esondazione. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 5 m.
MES	UNITA' di MESTRE <i>PLEISTOCENE sup. (Last Glacial Maximum)</i> Depositi alluvionali costituiti da limi, sabbie e argille. In superficie, le sabbie medio-fini con variabili percentuali di limo, rappresentative di facies di canale attivo, sono concentrate in corrispondenza dei dossi, dove costituiscono corpi lentiformi scarsamente interconnessi che giungono a spessori massimi di 2 - 4 m; in profondità, i corpi di canale possono essere amalgamati tra loro e produrre sequenze sabbiose spesse fino a 10 - 20 m. Gli abbondanti depositi limosi e argillosi di esondazione contengono comuni lenti di torba e orizzonti variamente organici di ambiente palustre, spesso al massimo pochi decimetri ma lateralmente continui.

Legenda della “Carta geologica” della Provincia di Venezia

ASPETTI LOCALI DEL MODELLO GEOLOGICO

Quanto rilevato nel corso dei sondaggi all'interno dei primi 30 m di spessore di sottosuolo vede la quasi totale prevalenza di terreni argillosi ed argilloso-limosi con limitate frazioni torbose fino alla profondità di 20-21 m.

Il livello definibile come “caranto” è stato rilevato nel punto S1 solo nel tratto compreso tra 6.1-7.4 m, mentre risulta assente nei primi 4 m di profondità (che appaiono con caratteristiche di terreno di riporto).

Relativamente al punto di sondaggio S2, il caranto è stato rilevato tra 2.0-2.2 m (probabile terreno di riporto) e tra 4.2-4.6 m).

In tale tratto di profondità i livelli sabbiosi sono limitati a sottili e discontinue intercalazioni, le più evidenti delle quali si possono riscontrare tra 6-8 m, tra 8.5-10.5 m, tra 13.0-14.5 m e tra 16-18 m ; si tratta per lo più di limi sabbiosi e sabbie fini limose.

Il tratto compreso tra 20-21 m e 26 m circa vede la presenza di limi argillosi, argille parzialmente limose, spesso frammiste a torbe (che talora formano dei veri e propri livelli).

Ad iniziare da circa 26 m e fino alla profondità di 29-30 m, è presente un livello continuo formato da sabbie fini parzialmente limose, talora con frazioni organiche sparse.

Sotto il profilo idrogeologico, dall'esame dei terreni nel corso delle perforazioni eseguite, si denota la presenza di più livelli acquiferi, che possono essere così sintetizzati :

- Livello 1 = inizio 0.5 m / fine 3.5 m circa = si tratta di una falda salmastra posta all'interno del terreno di riporto ed il suo livello è strettamente connesso con il livello di marea ;
- Livello 2 = inizio 6 m / fine 10 m circa = è identificabile come prima falda acquifera ; debole risalienza in pressione ;
- Livello 3 = inizio 13 m circa / fine 19-20 m circa = identificabile come seconda falda acquifera ; in pressione ;
- Livello 4 = inizio 26 m circa / fine 29-30 m = identificabile come terza falda acquifera ; in pressione .

3. INDAGINE IN SITO

L'indagine geognostica eseguita ha consentito la verifica della successione stratigrafica e della composizione geotecnica del locale sottosuolo, nonché la verifica dei suoi aspetti sismici.

In particolare, nell'area in esame si è provveduto all'esecuzione dei seguenti rilievi :

- n°4 prove penetrometriche statiche tipo SCPTU (piezocono sismico), spinte fino alla profondità di 30 m ;
- nel corso delle prove Scptu, in corrispondenza a strati di particolare interesse, è stata interrotta la discesa della punta ed eseguite complessivamente n°6 prove di dissipazione ;
- nell'ambito delle prove Scptu, durante la fase di risalita, è stata attivata l'acquisizione sismica, rilevando per i vari strati la velocità in sito delle onde di taglio (V_s), in modo da definire il valore medio delle V_s nel tratto investigato ;
- n°2 sondaggi a carotaggio continuo denominato S1 e S2, spinti fino alla profondità di 30 m ;
- nel corso dei sondaggi sono stati prelevati complessivamente n°5 campioni di terreno a carattere indisturbato, successivamente sottoposti ad analisi geotecniche di laboratorio .

L'ubicazione dei punti investigati è riportata nella planimetria al termine dell'ultimo capitolo.

Il materiale carotato e prelevato nel corso dei sondaggi è stato alloggiato in apposite cassette catalogatrici, classificato dal punto di vista geotecnico e fotografato ; le cassette catalogatrici sono state depositate presso l'area di intervento.

Le prove penetrometriche sono state effettuate con un penetrometro statico modello olandese da 20 tonn. di spinta A NORME A.G.I., montato su autocarro e funzionante con il sistema zavorrato.

PROVA SCPTU

La prova con punta piezoconica di tipo sismico consente il controllo in continuo dei dati di resistenza del sottosuolo, con l'acquisizione ogni 2 cm di avanzamento dei seguenti valori :

- resistenza alla punta q_c (Mpa)
- resistenza laterale f_s (kPa)
- pressione neutra U (kPa)
- deviazione sul piano orizzontale secondo due assi (x , y)
- temperatura °C

Al termine della relazione si riportano i vari report e tabulati delle prove SCPTU, le riprese fotografiche dei punti di rilievo stratigrafico e penetrometrico, le foto delle cassette catalogatrici, le sezioni stratigrafiche compilate nel corso del sondaggio ed i report del laboratorio geotecnico.

PROVE DI DISSIPAZIONE

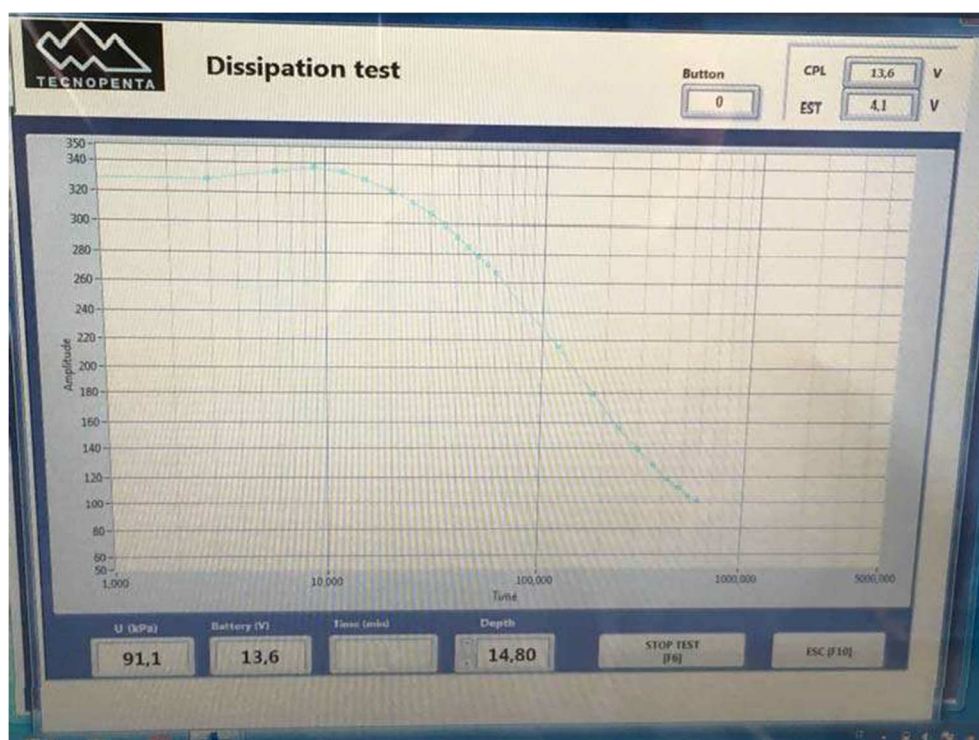
La prova di dissipazione viene eseguita utilizzando il sensore piezometrico installato nel piezocono, che permette la misura delle sovrappressioni interstiziali durante l'infissione.

La dissipazione ha inizio con l'arresto dell'infissione e la registrazione nel tempo della pressione interstiziale U .

La pressione interstiziale inizia a decrescere dal valore iniziale (definibile U_i) verso il valore di equilibrio corrispondente alla pressione idrostatica (definibile U_o) .

Le prove sono state eseguite nel tratto di sottosuolo posto tra 4-6 , tra 8-10 m e tra 12-14 m .

Si riporta di seguito l'immagine della prova a video eseguita nel corso della prova Scptu3, alla profondità di 14.8 m, dove è visibile l'andamento in discesa dei valori di pressione interstiziale.



Al termine della relazione, nella sezione allegati viene riportata per singola prova la tabella contenente i dati di lettura ed il diagramma della dissipazione in scala semi-logaritmica.

4. INDAGINE ESEGUITA - RISULTATI

Esaminando nel complesso i risultati dei quattro profili di prova penetrometrica e dei due sondaggi stratigrafici, si rileva un profilo di sottosuolo che può essere sostanzialmente definito come omogeneo in senso laterale.

4.1 ASPETTI STRATIGRAFICI

Rinviando alla descrizione di dettaglio riportata nel modello geotecnico del sottosuolo riportato di seguito, possono essere ulteriormente dettagliate le suddivisioni riportate in precedenza nel modello geologico locale.

Sono evidenziabili i seguenti livelli geotecnici :

- iniziale terreno di copertura definibile di riporto che si estende fino a profondità comprese tra 2 e 3.5-4 m circa ; si tratta di iniziale terreno ghiaioso di copertura e sottostante limi sabbiosi grigio-nocciola ed ancora sottostanti limi argillosi con tratti torbosi ; il livello presenza nel complesso valori di resistenza molto bassi;
- lo strato sottostante, di composizione prevalentemente fine e medio-fine, presenta valori di resistenza decisamente bassi (particolarmente per la prova Scpt1) ; in alcuni punti la resistenza risulta più elevata, in ragione della maggiore consistenza del locale terreno limoso-argilloso (“caranto”) ; la quota di fine strato si pone tra 6.2-6.7 m ;
- la successione verticale continua con un livello a media resistenza, la cui quota di base si pone tra 10-11 m circa ; si tratta di limi sabbiosi e sabbie limose di colore grigio, a cui si alternano delle intercalazioni argillose a bassa resistenza ;
- ad iniziare da 10-11 m e fino a 26.0-27.3 m sono presente una sequenza di terreni argillosi, argilloso-limosi, limoso-torbosi e torbosi in senso stretto a resistenza bassa e molto bassa, la cui continuità è

interrotta da alcuni strati sabbiosi e limoso-sabbiosi di spessore di poco oltre il metro e collocati nel tratto 13-21 m ;

- il tratto finale dei rilievi evidenzia la presenza di sabbie e sabbie parzialmente limose, dotate di elevata resistenza ; la loro continuità sembra interrompersi al di sotto di 29 m .

Al termine delle prove penetrometriche e del sondaggio si è provveduto alla misurazione del livello della falda acquifera all'interno dei fori di prova, ottenendo i seguenti risultati:

PROFONDITA' FALDA ACQUIFERA
Scptu 1 = - 0.68 m
Scptu 2 = - 0.45 m
Scptu 3 =-----m
Scptu 4 = - 1.62 m
Sondaggio S1 = - 0.68 m
Sondaggio S2 = - 3.62 m

4.2 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Nel corso dei due sondaggi si è provveduto al prelievo dei seguenti campioni di terreno a carattere indisturbato ; i campioni sono stati prelevati alle seguenti quote :

- S1 – camp. 1 - da 4.50 m a 5.10 m
- S1 – camp. 2 - da 11.50 m a 12.10 m
- S2 – camp. 1 - da 3.40 m a 3.75 m
- S1 – camp. 2 - da 11.50 m a 12.10 m
- S1 – camp. 3 - da 19.60 m a 20.00 m

Le analisi geotecniche (effettuate dal laboratorio geotecnico CSG Palladio di Vicenza, aut. Min. n°9225 del 23/09/2012) hanno riguardato per i cinque campioni, oltre che la classificazione visiva, il rilievo di :

- resistenza al pocket penetrometer

- torvane
- peso di volume
- peso specifico
- indice dei vuoti
- porosità
- grado di saturazione
- contenuto naturale d'acqua (w%) (norma ASTM D 2216)
- limiti di Atterberg (norma ASTM D 4318)
- prova di consolidazione edometrica a ciclo singolo (7 gradini di carico + 3 gradini di scarico)

I risultati delle varie prove eseguite sono riportate nei certificati allegati al termine della relazione.

Per comodità, si riporta di seguito uno specchio riassuntivo dei principali parametri relativi alle proprietà indice, al modulo edometrico ed ai coefficienti di consolidazione :

Prove di laboratorio – proprietà indice

Sond.	Camp.	Prof. m	γ gr/cm ³	γ_s grc/m ³	w %	wl %	wp %	lp %
S1	1	4.50-5.10	1.555	2.635	59.5	38.5	21.4	17.1
S1	2	11.50-12.10	1.944	2.716	33.4	39.5	21.7	17.8
S2	1	3.40-3.75	1.686	2.690	52.1	37.2	22.9	14.3
S2	2	11.50-12.10	1.670	2.698	52.1	38.1	20.6	15.5
S2	3	19.60-20.00	1.853	2.717	39.9	37.6	20.8	16.8

Osservando la tabella delle proprietà indice, risalta in modo visibile il valore del contenuto naturale d'acqua (w%) relativo al campione S1-C2 (4.5-5.1 m) e S2-C1 (3.40-3.75), che risulta ben più elevato del valore del limite liquido (wl%).

Questa sta a testimoniare dello stato di particolare inconsistenza del terreno campionato, come d'altra parte emerge in maniera altrettanto chiara dai report delle prove penetrometriche e dai valori di resistenza alla punta qc comprese tra 3 e 4.5 kg/cmq.

Prove di laboratorio – consolidazione edometrica

Sondaggio S1 Campione 1 – 4.5-5.1 m

PRESSIONE	CEDIMENTI	DEFORMAZIONE VERTICALE	INDICE DEI VUOTI	COEFF. DI COMPRESSIBILITA'	MODULO EDOMETRICO	COEFF. DI CONSOLIDAZIONE	COEFF. DI PERMEABILITA'
P (daN/cm ²)	δH (mm)	ϵ (%)	e	mv (cm ² /kg)	M (daN/cm ²)	Cv (cm ² /sec)	K (cm/sec)
0,25	0,911	4,554	1,799	0,1821	5,490	1,664E-03	3,031E-07
0,5	2,186	10,930	1,612	0,2551	3,921	1,297E-03	3,308E-07
1	3,456	17,278	1,426	0,1270	7,876	3,380E-04	4,292E-08
2	4,556	22,782	1,265	0,0550	18,168	5,411E-04	2,978E-08
4	5,880	29,402	1,070	0,0331	30,214	3,870E-04	1,281E-08
8	7,105	35,526	0,891	0,0153	65,312	3,804E-04	5,824E-09
16	8,390	41,951	0,702	0,0080	124,517	3,096E-04	2,487E-09
4	8,208	41,040	0,729	---	---	---	---
1	7,909	39,545	0,773	---	---	---	---
0,25	6,315	31,575	1,007	---	---	---	---

Sondaggio S1 Campione 2 – 11.5-12.1 m

PRESSIONE	CEDIMENTI	DEFORMAZIONE VERTICALE	INDICE DEI VUOTI	COEFF. DI COMPRESSIBILITA'	MODULO EDOMETRICO	COEFF. DI CONSOLIDAZIONE	COEFF. DI PERMEABILITA'
P (daN/cm ²)	δH (mm)	ϵ (%)	e	mv (cm ² /kg)	M (daN/cm ²)	Cv (cm ² /sec)	K (cm/sec)
0,25	1,138	5,690	0,756	0,2276	4,394	4,238E-04	9,645E-08
0,5	1,469	7,344	0,725	0,0662	15,111	7,788E-04	5,154E-08
1	1,835	9,177	0,691	0,0367	27,279	1,271E-03	4,658E-08
2	2,274	11,369	0,650	0,0219	45,630	2,674E-03	5,860E-08
4	2,836	14,180	0,598	0,0141	71,146	2,446E-03	3,438E-08
8	3,413	17,064	0,544	0,0072	138,675	3,421E-03	2,467E-08
16	4,027	20,137	0,487	0,0038	260,351	3,539E-03	1,359E-08
4	3,979	19,895	0,491	---	---	---	---
1	3,874	19,370	0,501	---	---	---	---
0,25	3,771	18,855	0,511	---	---	---	---

Sondaggio S2 Campione 1 – 3.40-3.75 m

PRESSIONE	CEDIMENTI	DEFORMAZIONE VERTICALE	INDICE DEI VUOTI	COEFF. DI COMPRESSIBILITA'	MODULO EDOMETRICO	COEFF. DI CONSOLIDAZIONE	COEFF. DI PERMEABILITA'
P (daN/cm ²)	δH (mm)	ϵ (%)	e	mv (cm ² /kg)	M (daN/cm ²)	Cv (cm ² /sec)	K (cm/sec)
0,25	2,100	10,502	1,289	0,4201	2,381	2,295E-04	9,640E-08
0,5	2,745	13,727	1,207	0,1290	7,751	1,140E-04	1,471E-08
1	3,400	16,999	1,123	0,0654	15,279	1,877E-04	1,228E-08
2	4,332	21,659	1,004	0,0466	21,459	1,964E-04	9,153E-09
4	5,454	27,270	0,860	0,0281	35,647	1,773E-04	4,975E-09
8	6,511	32,556	0,725	0,0132	75,678	2,543E-04	3,360E-09
16	7,589	37,945	0,587	0,0067	148,443	6,689E-04	4,506E-09
4	7,455	37,275	0,604	---	---	---	---
1	7,308	36,540	0,623	---	---	---	---
0,25	6,114	30,570	0,776	---	---	---	---

Sondaggio S2 Campione 2 – 11.5-12.1 m

PRESSIONE	CEDIMENTI	DEFORMAZIONE VERTICALE	INDICE DEI VUOTI	COEFF. DI COMPRESSIBILITA'	MODULO EDOMETRICO	COEFF. DI CONSOLIDAZIONE	COEFF. DI PERMEABILITA'
P (daN/cm ²)	δH (mm)	ε (%)	e	mv (cm ² /kg)	M (daN/cm ²)	Cv (cm ² /sec)	K (cm/sec)
0,25	0,820	4,102	1,333	0,1641	6,095	1,113E-03	1,826E-07
0,5	1,710	8,550	1,225	0,1779	5,621	3,649E-04	6,492E-08
1	2,379	11,897	1,144	0,0669	14,937	7,830E-04	5,242E-08
2	3,227	16,137	1,040	0,0424	23,583	9,539E-04	4,045E-08
4	4,142	20,708	0,929	0,0229	43,758	9,097E-04	2,079E-08
8	5,037	25,185	0,820	0,0112	89,341	1,033E-03	1,156E-08
16	5,868	29,341	0,719	0,0052	192,513	1,384E-03	7,191E-09
4	5,795	28,975	0,728	---	---	---	---
1	5,624	28,120	0,749	---	---	---	---
0,25	4,948	24,740	0,831	---	---	---	---

Sondaggio S2 Campione 3 – 19.6-20.0 m

PRESSIONE	CEDIMENTI	DEFORMAZIONE VERTICALE	INDICE DEI VUOTI	COEFF. DI COMPRESSIBILITA'	MODULO EDOMETRICO	COEFF. DI CONSOLIDAZIONE	COEFF. DI PERMEABILITA'
P (daN/cm ²)	δH (mm)	ε (%)	e	mv (cm ² /kg)	M (daN/cm ²)	Cv (cm ² /sec)	K (cm/sec)
0,25	0,789	3,943	0,876	0,1577	6,340	1,106E-03	1,745E-07
0,5	1,328	6,642	0,823	0,1079	9,264	1,097E-03	1,184E-07
1	1,641	8,204	0,793	0,0313	31,993	2,328E-03	7,278E-08
2	2,136	10,681	0,745	0,0248	40,385	2,594E-03	6,424E-08
4	2,782	13,912	0,681	0,0162	61,888	3,712E-03	5,999E-08
8	3,421	17,107	0,619	0,0080	125,196	4,430E-03	3,539E-08
16	4,085	20,426	0,554	0,0041	241,045	4,397E-03	1,824E-08
4	3,991	19,955	0,563	---	---	---	---
1	3,925	19,625	0,570	---	---	---	---
0,25	3,637	18,185	0,598	---	---	---	---

Per quanto riguarda le tabelle riassuntive delle prove edometriche, si nota come i valori calcolati di M (modulo edometrico) siano estremamente contenuti nel caso dei campioni S1-C1 e S2-C2, a riprova dello stato di bassa consistenza a cui si trovano i terreni più superficiali.

In tal senso, anche i valori di Cv (coefficiente di consolidazione) sono molto bassi e questo pone le condizioni per una maturazione dei cedimenti in tempi non brevi.

4.3 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva della situazione geotecnica presente nel sottosuolo, con una suddivisione in livelli omogenei; la tabella contiene dati relativi alla natura del terreno, spessore degli strati, resistenza meccanica, coesione, angolo d'attrito, modulo edometrico.

Visti i risultati dei vari rilievi, si è ritenuto raggruppare la rappresentazione del sottosuolo in due distinti schemi :

- Schema 1 = Scptu 1
- Schema 2 = Scptu 2 – Scptu 3 – Scptu 4

I parametri riguardanti le resistenze caratteristiche del terreno (ovvero coesione non drenata ed angolo d'attrito) sono corretti utilizzando gli opportuni coefficienti (indicati nel D.M. 17 Gennaio 2018) inseriti all'interno delle due tipologie d'approccio di calcolo:

a) Approccio 1 – combinazione 2

b) Approccio 2

Per il caso a) approccio 1 – combinazione 2 (colonna M2 della seguente tabella), si prevedono dei coefficienti parziali per correggere i parametri geotecnici caratteristici del terreno ed ottenere i parametri di progetto:

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1.0	1.25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_r	1.0	1.0

I parametri di progetto vengo ricavati utilizzando le seguenti equazioni:

$$C_{ud} = C_{uk} / \gamma_{cu} = C_{uk} / 1.4 ;$$

$$\phi'_d = \arctan (\tan(\phi'_k) / \gamma_{\phi'}) = \arctan (\tan(\phi'_k) / 1.25)$$

Per il CASO B) - Approccio 2, i parametri di progetto C_{ud} e ϕ'_d non subiscono fattori riduttivi, ovvero sono pari rispettivamente a C_{uk} e ϕ'_k .

Le tabelle sotto riportate si riferiscono al **caso b)** - Approccio 2

Schema 1 = Scptu 1

PROFONDITA' LIVELLO (m)	NATURA GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO	Qc (kg/cm ²)	Val. Caratt. COESIONE c_{uk} (kg/cm ²)	Val. Caratt. ANGOLO D'ATTR. (ϕ'_k)	M Modulo Edometrico (kg/cm ²)
1 da p.c. a 2.00	Terreno di riporto	10 - 25	0.50-0.80		20
2 da 2.00 a 3.50	Limi e/o limi-argilloso-sabbiosi	20 - 35		28°-30°	67
3 da 3.50 a 6.20	Argille e argille limose con torba	4 - 6	0.20-0.35		7
4 da 6.20 a 7.60	Limi argillosi	7 - 18	0.35-0.75		59
5 da 7.60 a 8.60	Sabbie limose	30 - 75		29°-31°	71
6 da 8.60 a 10.70	Limi sabbiosi	11 - 40		27°-29°	56
7 da 10.70 a 14.00	Argille ed argille torbose	3 - 9	0.15-0.35		15
8 da 14.00 a 15.20	Sabbie limose	60 - 90		31°-33°	290
9 da 15.20 a 16.40	Argille limose	6 - 10	0.30-0.45		36
10 da 16.40 a 18.40	Limi sabbiosi	45 - 70		30°-31°	139
11 da 18.40 a 25.00	Limi torbosi, argille limose, torbe	7 - 12	0.35-0.60		39
12 da 25.00 a 28.20	Limi argilloso-sabbiosi	8 - 16 35 - 40	0.40-0.65	29°-30°	109
13 da 28.20 a 29.50	Sabbie	70 - 120		31°-35°	337
14 da 29.50 a 30.60	Limi argillosi	9 - 14	0.45-0.65		41

Schema 2 = Scptu 2 – Scptu 3 – Scptu 4

PROFONDITA' LIVELLO (m)	NATURA GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO	Qc (kg/cm ²)	Val. Caratt. COESIONE c _{u_k} (kg/cm ²)	Val. Caratt. ANGOLO D'ATTR. (φ' _k)	M Modulo Edometrico (kg/cm ²)
1 da p.c. a 2.00	Terreno di riporto	10 - 25	0.50-0.80		20
2 da 2.00 a 4.20	Argille e limi-argilloso-sabbiosi	1.5 - 11	0.10-0.45		7
3 da 4.20 a 5.40	Limi argillosi	30 - 60	0.90-1.20	28°-29°	101
4 da 5.40 a 6.60	Argille e limi argillosi	10 - 16	0.50-0.70		58
5 da 6.60 a 7.60	Limi sabbiosi	70 - 130		31°-33°	236
6 da 7.60 a 8.60	Limi argillosi	8 - 16	0.40-0.70		69
7 da 8.60 a 9.70	Limi sabbiosi	35 - 45		30°-31°	139
8 da 9.70 a 13.10	Argille limose	7 - 12	0.35-0.55		27
9 da 13.10 a 13.90	Limi sabbiosi	35 - 100		30°-32°	263
10 da 13.90 a 15.50	Argille limose con torba	4 - 10	0.25-0.40		33
11 da 15.50 a 16.90	Limi sabbioso-argillosi	9 - 15 25 - 35	0.45-0.70	29°-30°	51 190
12 da 16.90 a 17.70	Limi sabbiosi	35 - 60		30°-31°	168
13 da 17.70 a 24.00	Limi argillosi	7 - 12	0.35-0.60		42
14 da 24.00 a 26.40	Limi torbosi, argille limose, torbe	12 - 35	0.65-1.20		78
15 da 26.40 a 28.80	Sabbie	70 - 170		32°-35°	414
16 da 28.80 a 30.10	Limi argillosi	11 - 16	0.65-0.80		50

5 VERIFICHE CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SOTTOSUOLO MEDIANTE PIEZOCONO SISMICO

Il piezocono sismico consente l'acquisizione dei dati sismici caratteristici del sottosuolo mediante due geofoni installati all'interno della punta e disposti lungo le direzioni ortogonali X e Y dello stesso piano orizzontale.

La prova penetrometrica sismica consiste essenzialmente nell'infissione nel terreno del piezocono, procedendo con il normale avanzamento della punta a velocità costante di 2 cm/s.

La prova viene arrestata a profondità prestabilite per effettuare l'acquisizione del segnale vibrazionale indotto da una energizzazione generata in superficie ; l'utilizzo di due geofoni orizzontali posti l'uno ortogonale all'altro permette di acquisire un segnale significativo dell'onda sismica di taglio *S* trasmessa attraverso il terreno.

L'onda sismica viene generata appositamente in superficie mediante la percussione sui due lati trasversali di una traversina ; tale sistema permette di generare preferenzialmente onde di taglio di larga ampiezza con scarsa componente compressionale.

Il segnale vibrazionale raggiunge quindi i geofoni installati nella punta e trasmesso alla centralina di acquisizione.

Una successiva elaborazione dei dati così acquisiti, consente l'identificazione del valore della velocità delle onde di taglio (*V_s*) relative allo strato interessato dalla misura.

Le verifiche così condotte hanno consentito la determinazione del valore caratteristico per ciascun strato ed il valore mediato della velocità

delle onde di taglio (V_s) nell'intervallo di spessore dei primi 30 m di sottosuolo.

Di seguito si riporta una tabella contenente il valore caratteristico di V_s per i singoli strati verificati e la rispettiva collocazione in profondità ed il grafico ricavato del valore di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità.

In allegato alla relazione si riportano le immagini dei segnali di acquisizione ricavati nel corso delle prove sismiche.

ELABORAZIONE PROVA SISMICA

Z (m)	ΔT (s)	VELOCITÀ CUMULATA (m/s)	DISTANZA ASTA GEOFONO (m)	DISTANZA EFFETTIVA (m)	SPESSORE SINGOLO STRATO (m)	ΔT SINGOLO STRATO (s)	VELOCITÀ SINGOLO STRATO (m/s)
6.0	0.038	158	0,2	6.00	6.00	0.038	158
8.0	0.046	174		8.00	2.00	0.008	250
10.0	0.055	182		10.00	2.00	0.009	222
12.0	0.067	179		12.00	2.00	0.012	167
14.0	0.077	182		14.00	2.00	0.010	200
18.0	0.096	188		18.00	4.00	0.019	211
22.0	0.119	185		22.00	4.00	0.023	174
24.0	0.129	186		24.00	2.00	0.010	200
26.0	0.137	190		26.00	2.00	0.008	250
27.0	0.147	184		27.00	1.00	0.010	100
28.0	0.149	188		28.00	1.00	0.002	500
29.0	0.152	191		29.00	1.00	0.003	333
30.0	0.155	194		30.00	1.00	0.003	333

L'elaborazione finale consente di definire il seguente valore medio di velocità delle onde di taglio :

$$V_{s30} = 194 \text{ m/sec}$$

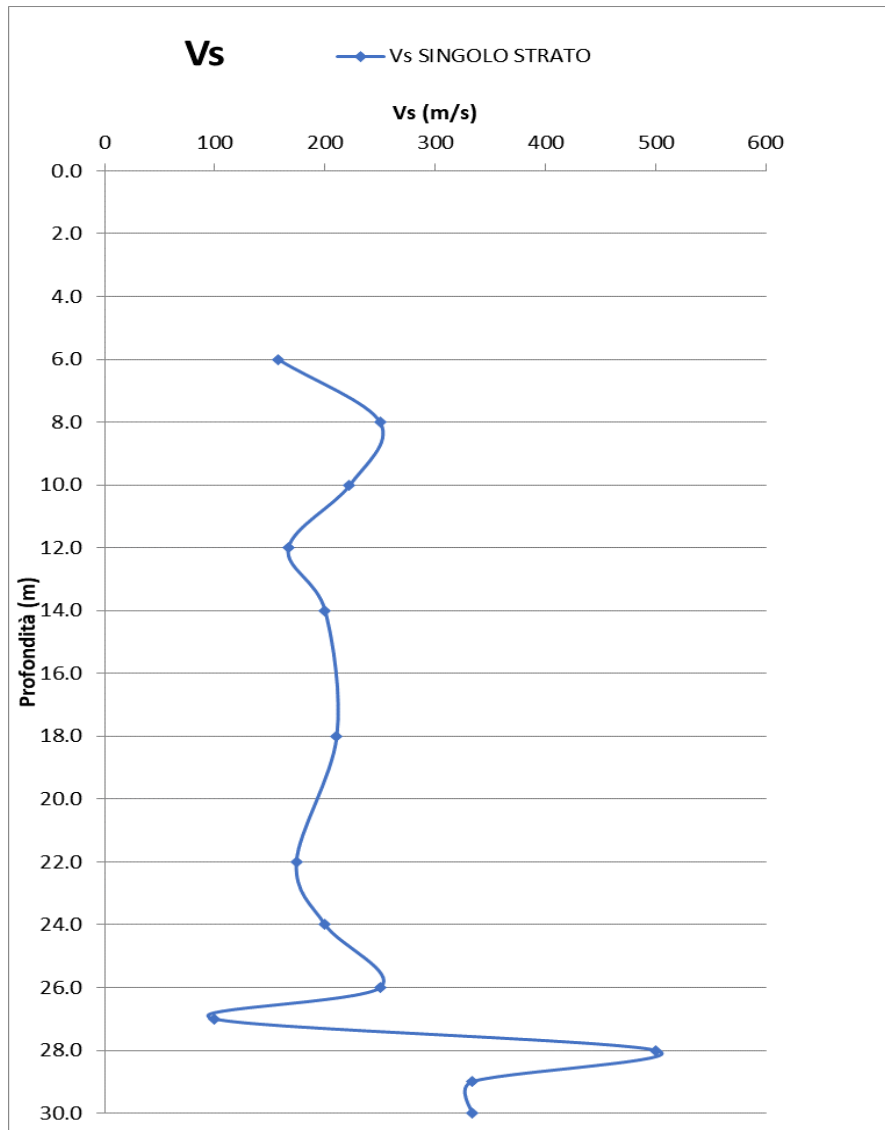


Grafico profilo onde di taglio Vs

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Sulla base dei dati acquisiti riguardanti le acquisizioni sismiche mediante il piezocono, nel corso delle quattro prove penetrometriche, si è stimato un valore medio di Vs (nello spessore investigato di 30 m) pari a **194 m/sec**, con il quale si ritiene di indicare l'appartenenza del locale

sottosuolo alla categoria **C** (valori di Vs compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec).

Tabella categoria sottosuolo

Categoria	Descrizione	V _{S30} (m/s)
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.	> 800
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.	360 – 800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.	180 – 360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.	100 - 180
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.	Come C – D

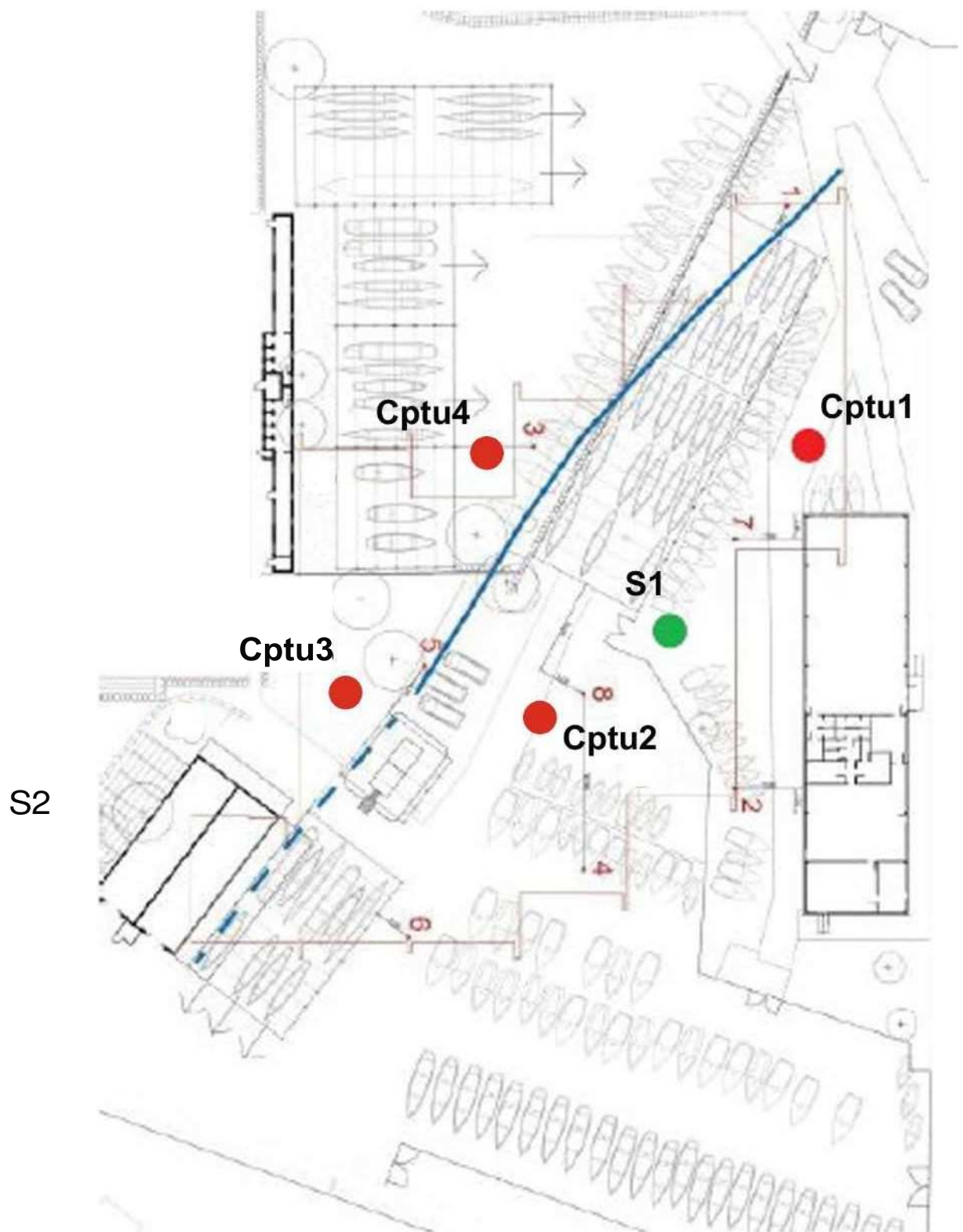
Padova, Aprile 2019

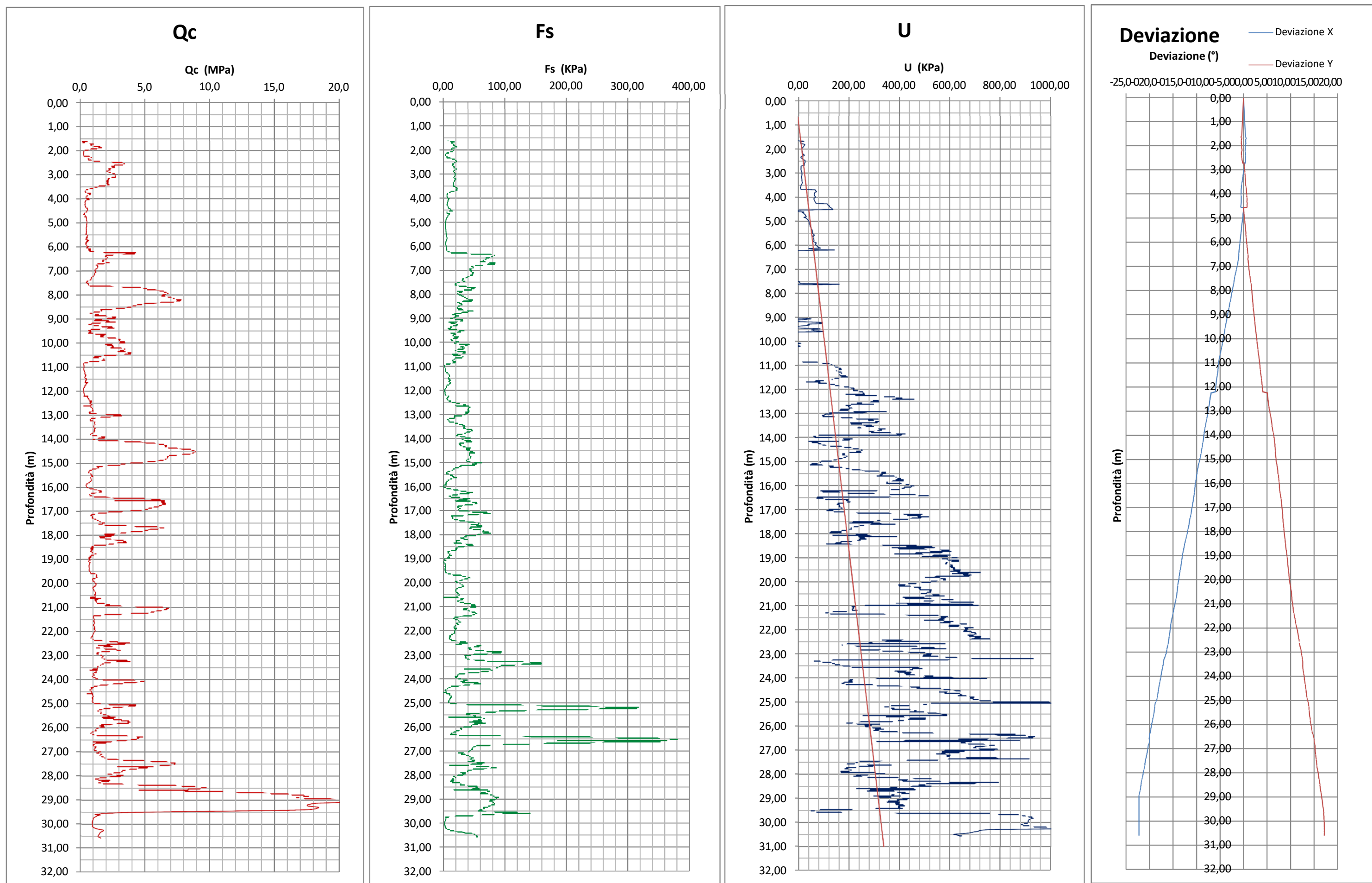
Dr. Geol. Roberto Zago



ALLEGATI

- ✓ PLANIMETRIA UBICAZIONE PUNTI DI RILIEVO
GEOGNOSTICO (PROVE SCPT E SONDAGGI)
- ✓ DATI PROVE PENETROMETRICHE STATICHE SCPTU1-
SCPTU2-SCPTU3-SCPTU4
- ✓ SEZIONI STRATIGRAFICHE S1-S2





Committente : Amm Comunale Venezia

Località : Mestre Punta San Giuliano

Rif. D-3-19

Data : 25/03/2019

Falda : 0.68 m

Prova penetrometrica statica con piezocono sismico **CPTU 1**



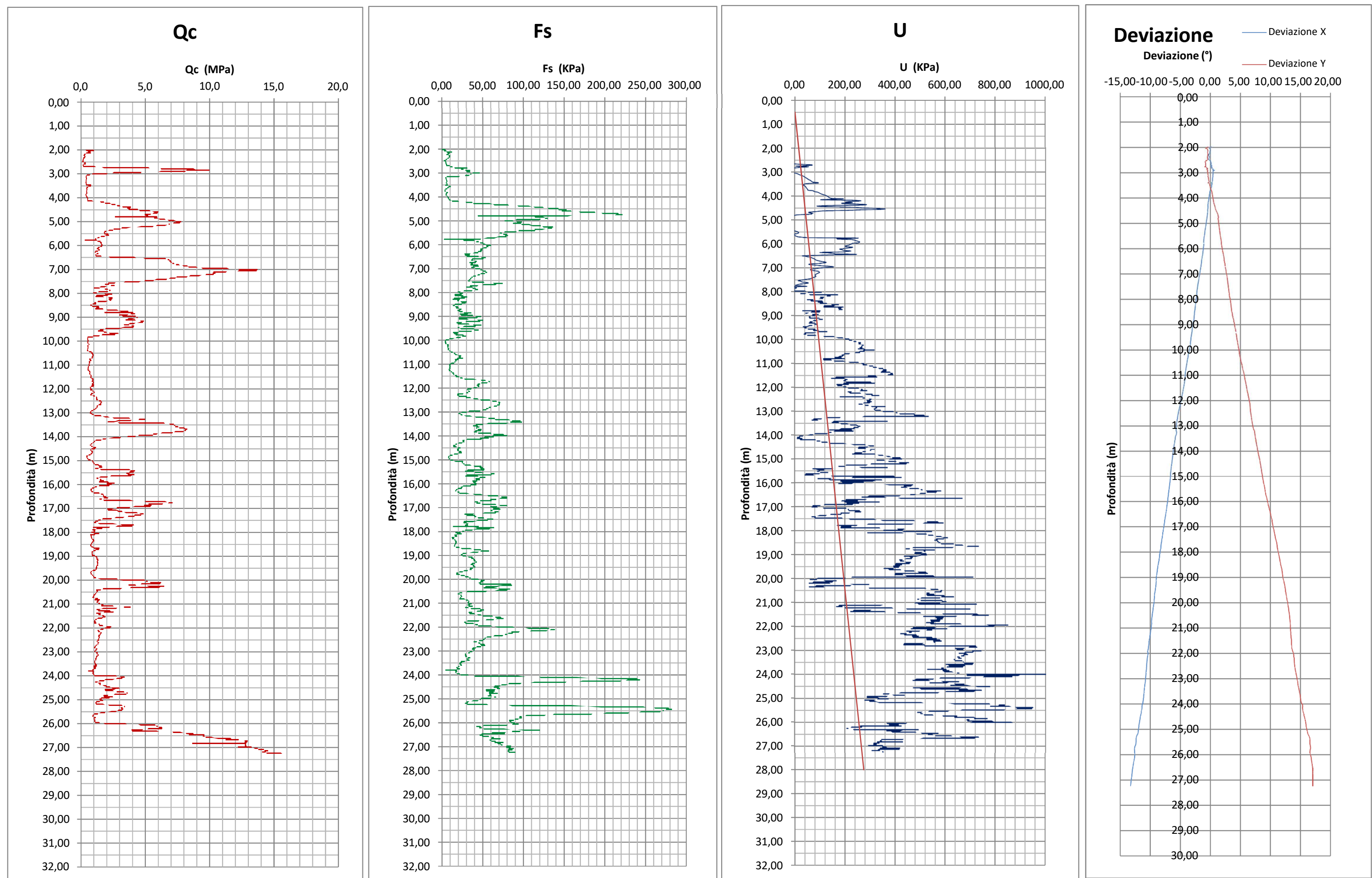
Centro Studi Geotecnici Sas

via C. Piovene n°17 - 35127 PADOVA

TEL. 049 8724770

info@centrostudigeo.191.it

www.centrostudigeotecnici.eu



Committente : Amm Comunale Venezia

Località : Mestre Punta San Giuliano

Rif. D-3-19

Data : 26/03/2019

Falda : 0.45 m

Prova penetrometrica statica con piezocono sismico **CPTU 2**



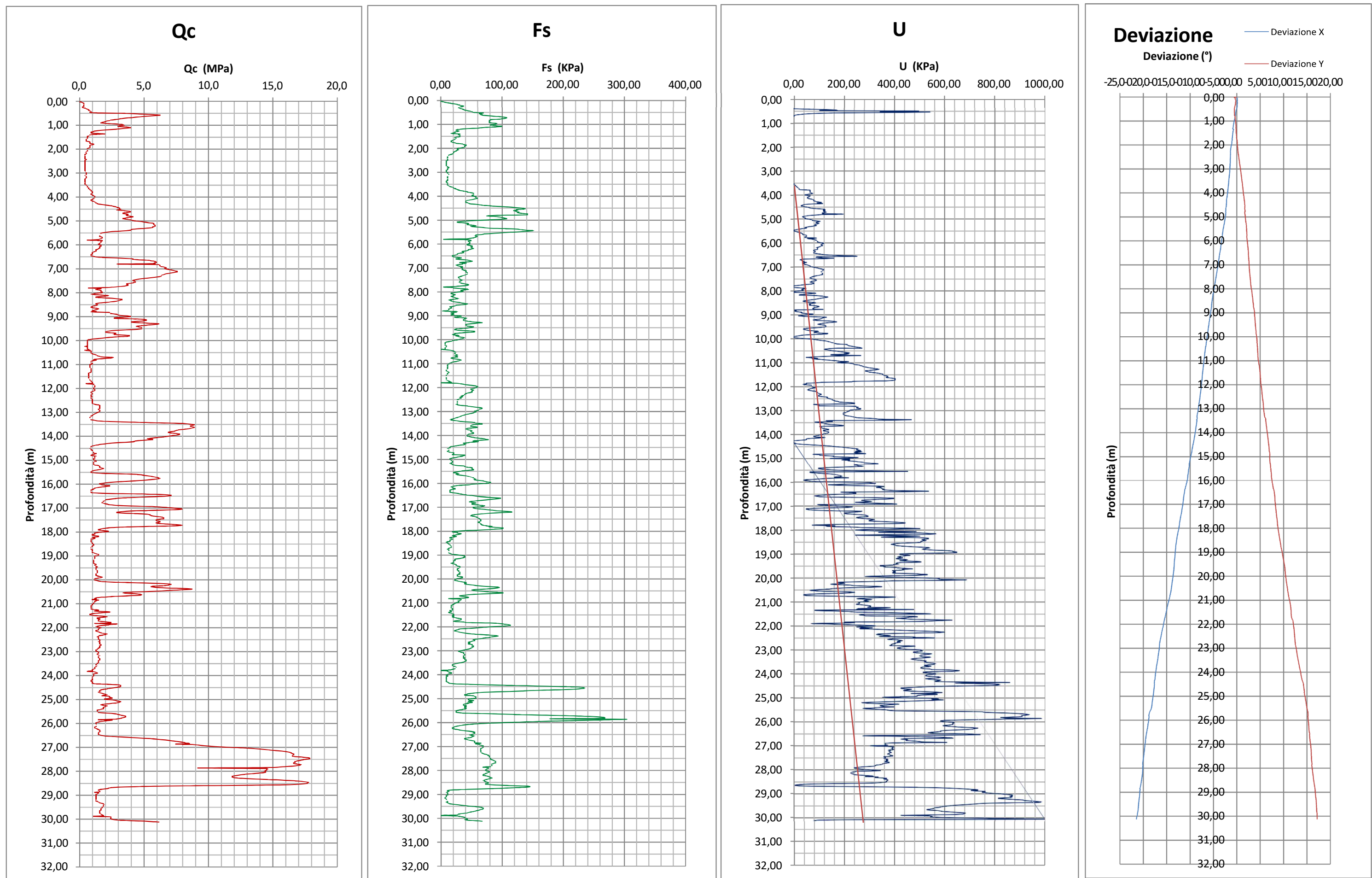
Centro Studi Geotecnici Sas

via C. Piovene n°17 - 35127 PADOVA

TEL. 049 8724770

info@centrostudigeo.191.it

www.centrostudigeotecnici.eu



Committente : Amm Comunale Venezia

Località : Mestre Punta San Giuliano

Rif. D-3-19

Data : 29/03/2019

Falda : 3,62 m

Prova penetrometrica statica con piezocono sismico **CPTU 3**



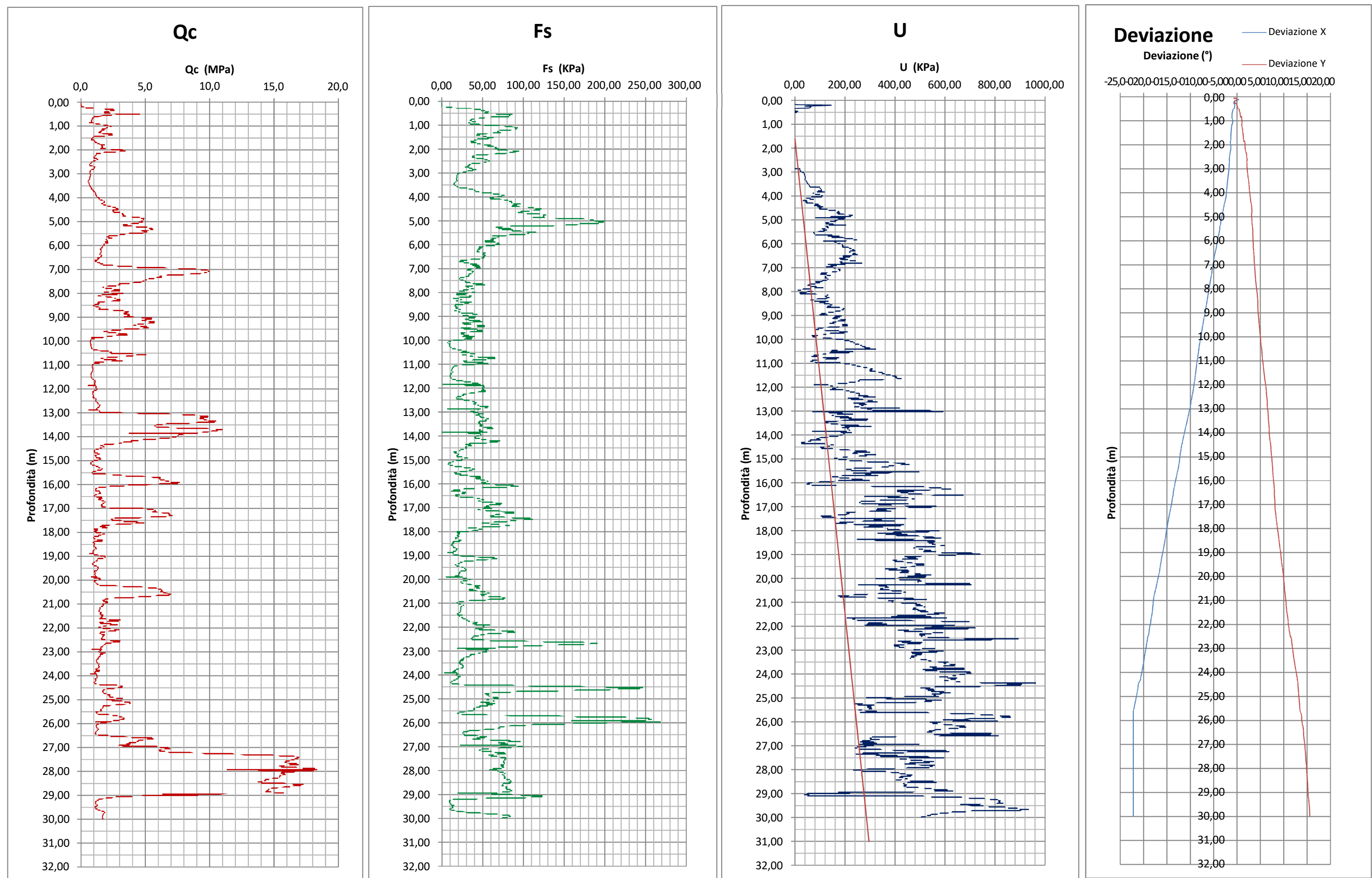
Centro Studi Geotecnici Sas

via C. Piovene n°17 - 35127 PADOVA

TEL. 049 8724770

info@centrostudigeo.191.it

www.centrostudigeotecnici.eu



Committente : Amm Comunale Venezia

Località : Mestre Punta San Giuliano

Rif. D-3-19

Data : 02/04/2019

Falda : 1,62 m

Prova penetrometrica statica con piezocono sismico **CPTU 4**



Centro Studi Geotecnici Sas
via C. Piovene n°17 - 35127 PADOVA
TEL. 049 8724770
info@centrostudigeo.191.it
www.centrostudigeotecnici.eu



CENTRO STUDI GEOTECNICI SAS

Società di servizi applicati alla geologia tecnica ed ambientale
Via C. Piovene n°17 - 35127 Padova
Tel. 049 - 8724770

Committente Amm.Com. Venezia	Profondità raggiunta - 28 m	Quota Ass. P.C.	Certificato n° D-3-19	Pagina 1
Sondaggio n. S1	Indagine Punta San Giuliano	Note1		Inizio/Fine Esec 21/3-22/3/2019

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	Pocket Test kg/cm ²	Vane Test kg/cm ²	Campioni	Falda	Piezometro
------------	-----------	-------------	-------	-----------------------------------	---------------------------------	----------	-------	------------

1		ghiaia ghiaia ciottoli in matrice limoso-sabbiosa	1.10					
2		sabbia debolmente limosa fine grigia	2.90					
3		limo sabbioso grigio	3.60					
4		limo argilloso	4.00					
4		argilla torbosa nera	4.50				4.50	
5		CAMPIONE INDISTURBATO N°1	5.10				S	
6		argilla torbosa nera	6.10				5.10	
7		limo argilloso nocciola con venature ossidate (caranto)	7.30					
		sabbia debolmente limosa	7.50					
		sabbia limosa	8.00					
8		limo sabbioso	8.50					
9		sabbia debolmente limosa	9.70					
		sabbia limosa	10.00					

Responsabile



CENTRO STUDI GEOTECNICI SAS

Società di servizi applicati alla geologia tecnica ed ambientale
Via C. Piovene 17 - 35127 Padova
Tel. 049 - 8724770

Committente Amm.Com.Venezia	Profondità raggiunta - 28 m	Quota Ass. P.C.	Certificato n° D-3-19	Pagina 2
Sondaggio n. S 1	Indagine Punta San Giuliano	Note1		Inizio/Fine Esecuz 21/3-22/3/2019

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	Pocket Test kg/cm ²	Vane Test kg/cm ²	Campioni	Falda	Piezometro
11		limo sabbioso	10.50					
		argilla plastica grigia	11.30					
		argilla torbosa	11.50			11.50		
		CAMPIONE INDISTURBATO N°2	12.10			S		
12		argilla torbosa	12.30			12.10		
		argilla plastica grigia	13.00					
		argilla debolmente limosa molle	13.40					
		argilla con torba	13.60					
13		sabbia limosa	15.00					
		argilla limosa	15.60					
		limo sabbioso	16.30					
		argilla debolmente limosa	17.20					
14		limo sabbioso	17.60					
		argilla limosa	17.80					
		limo torboso marrone con livelli di torba	19.60					
		limo sabbioso	20.00					

Responsabile



CENTRO STUDI GEOTECNICI SAS

Società di servizi applicati alla geologia tecnica ed ambientale
Via C. Piovene n°17 - 35127 Padova
Tel. 049 - 8724770

Committente Amm.Com. Venezia	Profondità raggiunta - 28 m	Quota Ass. P.C.	Certificato n° D-3-19	Pagina 3
Sondaggio n. S 1	Indagine Punta San Giuliano	Note1		Inizio/Fine Esec 21/3-22/3/2019

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	Pocket Test kg/cm ²	Vane Test kg/cm ²	Campioni	Falda	Piezometro
------------	-----------	-------------	-------	-----------------------------------	---------------------------------	----------	-------	------------

21		limo sabbioso grigio	21.00					
22		limo argilloso grigio	21.60					
23		limo grigio con venature sabbiose	22.30					
24		torba marron con livelli di limo grigio	22.60					
25		argilla limosa grigia	23.10					
26		limo argilloso grigio	23.50					
27		torba marrone con livelli limosi	24.30					
28		limo grigio con inclusi torbosi	25.00					
29		torba marrone	25.60					
30		argilla grigia con livelli torbosi	26.50					
31		sabbia grigia talora debolmente limosa	28.00					
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								

Responsabile



CENTRO STUDI GEOTECNICI SAS

Società di servizi applicati alla geologia tecnica ed ambientale
Via C. Piovene n°17 - 35127 Padova
Tel. 049 - 8724770

Committente Amm.Com.Venezia	Profondità raggiunta - 30 m	Quota Ass. P.C.	Certificato n° D-3-19	Pagina 1
Sondaggio n. S 2	Indagine Punta San Giuliano	Note1		Inizio/Fine Esec 27/3-28/3/2019

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	Pocket Test kg/cm ^q	Vane Test kg/cm ^q	Campioni	Falda	Piezometro
1		ghiaino in matrice limoso-sabbiosa marrone	0.60					
		limo sabbioso marrone	1.00					
		sabbia fine grigio-nocciola	2.00					
2		limo debolmente argilloso grigio con venature ossidate (caranto)	2.20					
		argilla plastica grigia	2.60					
3		limo sabbioso grigio	3.00					
		limo argilloso grigio	3.40					
		CAMPIONE INDISTURBATO N°1	3.75					
4		argilla con inclusi torbosi grigio scura	4.20					
		limo argilloso grigio con venature ossidate (caranto)	4.50					
		argilla torbosa marron-nerastra	4.70					
5		argilla plastica grigia	5.30					
		limo sabbioso grigio	5.80					
6		limo argilloso grigio	6.10					
		sabbia limosa grigia, sciolta	7.70					
8		argilla grigia debolmente limosa	8.00					
		limo sabbioso grigio	8.50					
		argilla grigia debolmente limosa	8.70					
9		limo sabbioso grigio con intercalazioni dm di sabbia limosa	10.00					

Responsabile



CENTRO STUDI GEOTECNICI SAS

Società di servizi applicati alla geologia tecnica ed ambientale
Via C. Piovene 17 - 35127 Padova
Tel. 049 - 8724770

Committente Amm. Com. Venezia	Profondità raggiunta - 30 m	Quota Ass. P.C.	Certificato n° D-3-19	Pagina 2
Sondaggio n. S 2	Indagine Punta San Giuliano	Note1		Inizio/Fine Esec 27/3-28/3/2019

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	Pocket Test kg/cm ²	Vane Test kg/cm ²	Campioni	Falda	Piezometro
------------	-----------	-------------	-------	-----------------------------------	---------------------------------	----------	-------	------------

11		limo sabbioso grigio	10.80					
		argilla plastica grigia						
		da 11.20 a 11.40 intercalazione di limo sabbioso	11.50				11.50	
12		CAMPIONE INDISTURBATO N°2	12.10				S	
		argilla plastica grigia	12.40				12.10	
		limo argilloso grigio	12.60					
13		argilla plastica grigia	13.00					
		argilla grigia debolmente limosa compatta	13.30					
		limo sabbioso grigio	14.00					
14		argilla plastica molle grigia ; da 14.30 argilla torbosa	14.40					
		limo sabbioso grigio	15.80					
		limo grigio debolmente argilloso	16.00					
16		sabbia limosa grigia	16.20					
		limo grigio debolmente sabbioso	16.40					
17		sabbia limosa grigia						
		sabbia limosa grigia						
		sabbia limosa grigia						
18		sabbia limosa grigia						
		sabbia limosa grigia						
		sabbia limosa grigia						
19		sabbia limosa grigia						
		sabbia limosa grigia						
		sabbia limosa grigia						
19		limo con torba marron	19.40					
		limo con torba marron	19.60				19.60	
		CAMPIONE INDISTURBATO N°3	20.00				S	

20.00

Responsabile

**CENTRO STUDI GEOTECNICI SAS**

Società di servizi applicati alla geologia tecnica ed ambientale
Via C. Piovene n°17 - 35127 Padova
Tel. 049 - 8724770

Committente Amm.Com. Venezia	Profondità raggiunta - 30 m	Quota Ass. P.C.	Certificato n° D-3-19	Pagina 3
Sondaggio n. S 2	Indagine Punta San Giuliano	Note1		Inizio/Fine Esec 27/3-28/3/2019

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	Pocket Test kg/cm ²	Vane Test kg/cm ²	Campioni	Falda	Piezometro
21		limo grigio debolmente sabbioso con venature torbose	20.60					
		argilla grigia debolmente limosa con venature torbose	21.40					
22		limo grigio con nuclei torbosi	22.00					
		limo grigio con venature torbose	22.40					
23		torba marrone	22.80					
		limo debolmente argilloso con venature torbose	23.00					
		argilla torbosa marron	23.70					
24		argilla grigia debolmente limosa	24.30					
		torba marron	24.50					
25		limo argilloso grigio	25.10					
		limo sabbioso grigio	25.50					
		torba marron	25.80					
26		sabbia limosa grigia	26.00					
27		sabbia grigia debolmente limosa						
28		idem c.s.						
29								
			30.00					

Responsabile

