



AREA LAVORI PUBBLICI, MOBILITÀ E TRASPORTI  
Settore Pianificazione e Mobilità Sostenibile  
Servizio Nuove Opere Mobilità Sostenibile

IL DIRETTORE

**Ing. Simone Agrondi**

IL DIRIGENTE

**Ing. Roberto Di Bussolo**

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROGETTO

**Arch. Cons. Alice Maniero**

PROGETTO

PN Metro Plus 21-27 - VE3.2.8.3.a\_2 Intervento di "COLLEGAMENTO CICLABILE DAL CENTRO DI TESSERA A CAMPALTO" (c.i. 14823)  
CUP F71B20000160005

FASE

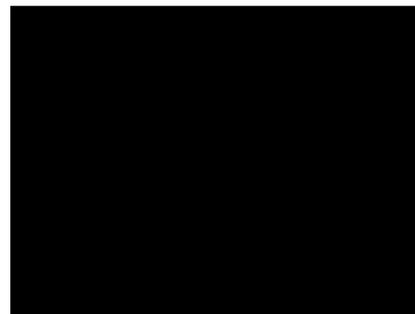
**PROGETTO ESECUTIVO**

PROGETTISTA



STUDIO MARTINI INGEGNERIA S.r.l.  
info@martiniingegneria.it

Certificati: Qualità, Ambiente, Sicurezza, Parità genere, SA8000



TITOLO

**PROGETTO GENERALE**  
RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

ELABORATO

**5**

REVISIONE	DATA:	OGGETTO:	REDATTO:	VERIFICATO:	APPROVATO:	SCALA:
Rev_01	Settembre 2025	Prima emissione				-

NOME FILE:  
3366SES1\_relazione geo\_1.docx

## INDICE

<b>1. PREMESSA PROGETTO</b> .....	<b>2</b>
<b>2. NORMATIVE ED ELABORATI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>3. RISPOSTA SISMICA LOCALE</b> .....	<b>4</b>
<b>4. INDAGINI GEOGNOSTICHE</b> .....	<b>10</b>
<b>5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b> .....	<b>11</b>
<b>6. PARAMETRI GEOTECNICI</b> .....	<b>14</b>
6.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA MEDIANTE CPTU .....	14
6.2 INTERPRETAZIONE CPTU 1 .....	20
<b>7. MODELLO GEOTECNICO</b> .....	<b>24</b>
7.1 LIVELLO DI FALDA.....	24
<b>8. SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE</b> .....	<b>25</b>
8.1 VERIFICA A LIQUEFAZIONE MEDIANTE CPTU.....	28
8.2 RISULTATI CPTU1 .....	29
<b>ALLEGATO 1: CERTIFICATO CPTU</b> .....	<b>30</b>
<b>ALLEGATO 2: RELAZIONE GEOLOGICA DELLA PRECEDENTE FASE PROGETTUALE</b> .....	<b>31</b>

## 1. PREMESSA PROGETTO

Il presente progetto esecutivo riguarda per l'intervento denominato "(C.I. 14823) – PN PLUS VE3.2.8.3.A\_2 - COLLEGAMENTO CICLABILE DAL CENTRO DI TESSERA A CAMPALTO". (CIG: B610112782 - CUP: F71B20000160005).

Il progetto prevede la realizzazione di una pista ciclopedonale dedicata tra la località di Campalto e la località di Tessera collegando, tramite via Orlanda e via Triestina, il Bosco di Campalto e via Cà Zorzi in prossimità dell'Aeroporto Marco Polo di Venezia.

La viabilità di via Orlanda e via Triestina rappresenta un'importante asse di collegamento tra l'Aeroporto Marco Polo e la città di Mestre Venezia ed è percorso quotidianamente da numerosi mezzi pubblici. Questa tratta inoltre collega il Bosco di Campalto, il previsto Bosco dello Sport e via Cà Zorzi che permette il raggiungimento del fiume Dese.

Il progetto quindi ha il duplice scopo di mettere in sicurezza il ciclista rispetto la viabilità di via Orlanda e via Triestina e collegare ambiti naturalistici esistenti, con tutti gli interventi collegati all'intero intervento.

In questa relazione in particolare verrà effettuata la caratterizzazione geotecnica dei terreni indagati con le indagini effettuate in sito.

## 2. NORMATIVE ED ELABORATI DI RIFERIMENTO

Il presente documento è stato redatto in osservanza alla vigente normativa, ed in particolare si fa riferimento ai seguenti documenti:

- Norme tecniche per le costruzioni – D.M. 17 Gennaio 2018;
- Circolare esplicativa N.T.C. 2018;
- Eurocodice 8 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”, febbraio 1998;
- Linee Guida “Valutazione della sicurezza sismica di opere d’arte esistenti nel loro stato attuale e successivo ad interventi strutturali di ampliamento”.

### 3. RISPOSTA SISMICA LOCALE

In base all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 i comuni nei quali sono previste le opere in questione, ossia comune di Venezia, sono classificati in zona sismica 3.

Le zone sismiche sono individuate secondo lo schema riportato in Tabella 6-1.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a <sub>g</sub> /g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche)
1	> 0,25	0,35
2	0,15 ÷ 0,25	0,25
3	0,05 ÷ 0,15	0,15
4	<0,05	0,05

*Tabella 3-1 Definizione delle zone sismiche*

Ai sensi del D.M. 17/01/2018 si esegue di seguito la determinazione dei parametri sismici, conseguenti alla zonizzazione sismica per i comuni sopra citati.

In Tabella 6-2 sono riportate le coordinate geografiche rappresentative del tratto stradale oggetto di intervento.

Longitudine	12,308 E
Latitudine	45,492 N

*Tabella 3-2 Coordinate geografiche del comune di Venezia*

## FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate      LONGITUDINE:       LATITUDINE:

Ricerca per comune      REGIONE:       PROVINCIA:       COMUNE:

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri →

**Nodi del reticolo intorno al sito**

**Reticolo di riferimento**

Controllo sul reticolo

Sito esterno

media ponderata ▼

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Ai sensi del punto 2.4 del D.M. 17 gennaio 2018 vengono assunti i parametri di vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento. Si assume pertanto:

Tipo di costruzione: 2

conseguentemente:

Vita nominale  $V_N = 50$  anni

Classe d'uso: II con  $C_U = 1.0$

quindi il periodo di riferimento per l'azione sismica è pari a:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1,0 = 50 \text{ anni}$$

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE

SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="30"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="50"/>

Stati limite ultimi - SLU

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="475"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="975"/>

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

--- Strategia per costruzioni ordinarie    - - - Strategia scelta

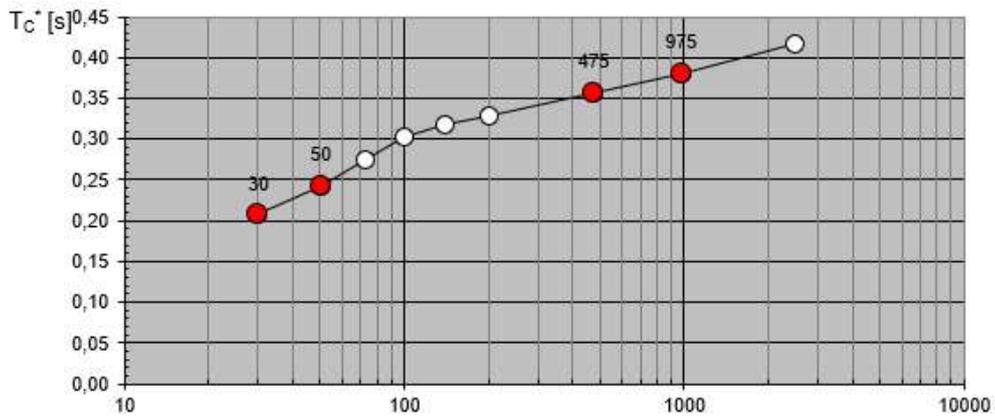
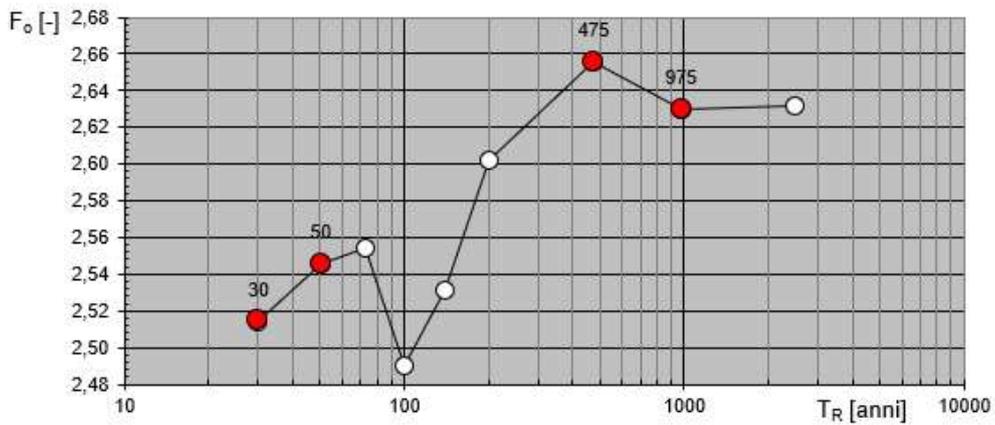
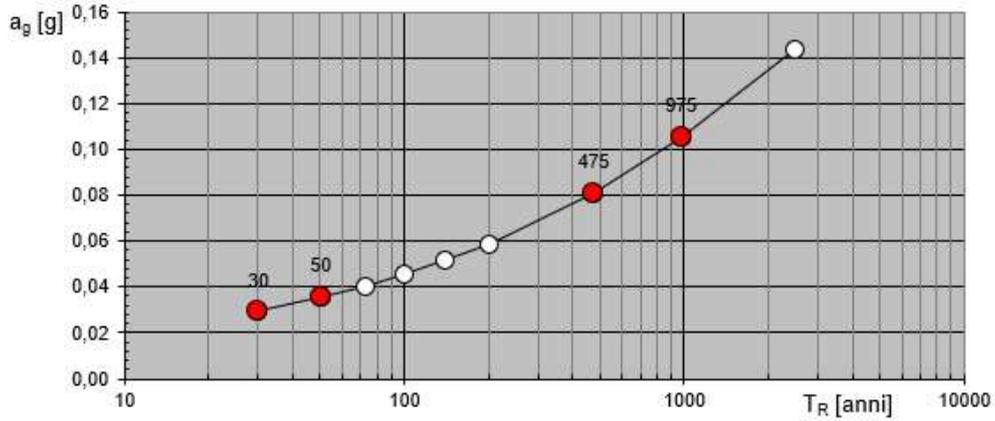
Strategia di progettazione

Stato	Parametro	Valore
SLO	$T_R$ [anni]	30
SLD	$T_R$ [anni]	50
SLV	$T_R$ [anni]	475
SLC	$T_R$ [anni]	975

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Nei grafici seguenti, relativamente a diversi periodi di ritorno  $T_R$ , vengono riportati i valori dei parametri sismici:

- accelerazione orizzontale massima al suolo ( $a_g$ ), in funzione del tempo di ritorno ( $T_R$ );
- valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale ( $F_0$ );
- periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale ( $T_C^*$ ).



SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0,029	2,515	0,207
SLD	50	0,035	2,545	0,243
SLV	475	0,081	2,656	0,356
SLC	975	0,105	2,630	0,380

Il D.M. 17-01-2018 prevede, in mancanza di espresse indicazioni in merito, verifiche relative allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita SLV, con probabilità di superamento nel periodo di riferimento ( $V_R = 100$  anni) pari a:

$$P_{VR} = 10\%$$

Con riferimento ai valori testé riportati, risulta per lo stato limite ultimo SLV il seguente valore del periodo di ritorno dell'azione sismica:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = 475 \text{ anni}$$

L'interpolazione condotta per lo **stato limite ultimo SLV di salvaguardia della vita** secondo le modalità previste dal D.M. 17-01-2018, conduce ai seguenti risultati:

$T_R$	$a_g$	$F_0$	$T_C^*$
475 anni	0,081 g	2,656	0,356

Per quanto concerne la classificazione del terreno di fondazione si assume la tipologia C.

Con riferimento allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita SLV** (periodo di ritorno  $T_R = 475$  anni), nell'ipotesi di categoria topografica T1 (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$  e altezza non maggiore di 30 m), secondo le indicazioni fornite dal D.M. 17-01-2018 risultano i seguenti valori dei parametri:

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,081 g
$F_0$	2,656
$T_C^*$	0,356 s
$S_S$	1,500
$C_C$	1,476
$S_T$	1,000
$q$	1,000

**Parametri dipendenti**

$S$	1,500
$\eta$	1,000
$T_B$	0,175 s
$T_C$	0,526 s
$T_D$	1,924 s

L'accelerazione massima al suolo, tenendo conto degli effetti di sito, risulta pari a

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 0,121 g$$

Dall'analisi di disaggregazione di PGA determinata con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, ottenuta dal sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia (INGV), si ottiene un valore medio di magnitudo di momento pari a 5.38.

Si riportano in Tabella 6-3 i dati forniti da tale sito.

Valori Medi	
Magnitudo	Distanza
5.62	52.1

*Tabella 3-3 Valori medi di magnitudo e distanza epicentrale (da sito INGV)*

#### 4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per la caratterizzazione geotecnica del sito d'intervento, localizzato nel Comune di Venezia in via Orlanda, è stata eseguita una prova penetrometrica statica con piezocono CPTU (geolocalizzazione: 45.49226 N, 12.30768 E), spinta fino alla profondità di 30,00 m da piano campagna.

Si riporta il certificato in Allegato 1.

## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'inquadramento geologico dell'area di intervento rimane invariato rispetto a quanto già definito ed approvato nella precedente fase progettuale, si conferma pertanto quanto già riportato nei relativi elaborati. Di seguito si riporta uno stralcio della relazione geologica approvata, disponibile integralmente in Allegato2.

### CONTESTO GEOLOGICO

*L'area urbana di Mestre e di Venezia occupa la porzione centrale della laguna e l'immediato entroterra. La laguna di Venezia fa parte della fascia di ambienti anfibi che, da Ravenna a Monfalcone, borda la pianura padana e quella veneto-friulana. Essa si presenta come un bacino arcuato, allungato da sud-ovest a nord-est su una lunghezza di circa 55 km, mentre la larghezza è di circa 13 km. A nord chiudono la laguna il Sile e il Piave, quest'ultimo con dossi fluviali e apparati deltizi ben individuati. Ancora in tempi storici, il Brenta e il Sile hanno versato le proprie acque all'interno della laguna.*



**Figura 1** – Estratto tavola geomorfologica PAT del Comune di Venezia

*Nell'ambito della cartografia del comprensorio veneziano sono presenti quattro tipi di ambiente deposizionale differenti: alluvionale o fluviale, deltizio, litorale e di piattaforma; inoltre all'interno dell'ambiente litorale si distinguono i depositi lagunari*

*da quelli di spiaggia. Gli ambienti deposizionali presenti, a causa delle complesse dinamiche di trasporto e rimescolamento dei sedimenti, risultano caratterizzati da litologie molto variabili e comuni tra loro; inoltre, come spesso accade nelle zone di transizione, non sempre essi sono nettamente distinguibili.*

*L'area oggetto di intervento si identifica come parte della piana alluvionale, in cui si riconoscono numerose tracce di antichi alvei fluviali, spesso in corrispondenza di dossi variamente rilevati rispetto alle aree circostanti; localmente, inoltre si individuano ventagli di rotta. Dal punto di vista litologico i depositi di canale attivo e di dosso fluviale appaiono costituiti soprattutto da sabbie, sabbie limose e/o argillose e limi sabbiosi, talora contenenti sostanza organica. Nei termini sabbioso-limosi sono comprese le laminazioni piano-parallele ed incrociate e tasche di erosione.*

*I depositi di piana inondabile sono invece caratterizzati da granulometrie più fini, limose ed argillose, a volte con sostanza organica; rare sono le intercalazioni sabbiose. I limi prevalgono in zone di raccordo tra dossi ed aree interfluviali depresse, mentre le argille sono presenti in bacini di piena e in settori di piana inondabile situati in posizione distale rispetto ai corsi d'acqua, dove avviene la decantazione dei sedimenti fini in sospensione; corpi argillosi con sviluppo nastriforme rappresentano i depositi dei canali in fase di abbandono mentre i livelli torbosi sono indicativi di facies palustri in bacini interfluviali.*

## CONTESTO IDROGEOLOGICO

*I lavori in oggetto prevedono la realizzazione di una nuova pista ciclabile dedicata tra il comune di Campalto e il comune di Tessera collegando, tramite via Orlanda e via Triestina, il Bosco di Campalto e via Cà Zorzi in prossimità dell'Aeroporto Marco Polo di Venezia.*

*In generale l'idrogeologia del veneziano è caratterizzata dalla presenza di una modesta falda freatica e di varie falde confinate in pressione, che approssimativamente diminuiscono in spessore, potenzialità e numero procedendo verso sud.*

*La struttura stratigrafica è caratterizzata da materiali sciolti di diversa granulometria, compresa tra le argille e le sabbie medie, e determina la presenza di livelli con permeabilità variabilissima.*

*La situazione idrogeologica è caratterizzata da un sistema a più falde sovrapposte e in pressione, alloggiate nei materiali più permeabili (sabbie), separate da letti di materiali argillosi praticamente impermeabili. Risulta, inoltre, sempre presente in quest'area una falda superficiale di tipo freatico, la cui superficie è posta appena al di sotto del piano campagna; anche se, molto spesso più che di una singola falda sarebbe corretto riferirsi ad un insieme di piccole falde superficiali in comunicazione idraulica tra loro e talora dotate di una debole pressione.*

*Da un punto di vista idrogeologico, gli interventi di progetto non presentano particolari problematiche da un punto di vista di inserimento idrogeologico. Infatti, la pista ciclabile è stata sviluppata, in tutti i tratti ove ciò era possibile, senza interferire con il sistema idraulico esistente ovvero andandolo ad integrare con la realizzazione di nuovi fossati di scolo. In alcuni brevi tratti, come dettagliatamente riportato nelle planimetrie di progetto, è stato necessario realizzare la pista sul sedime dei fossati esistenti tombinandoli.*

*In fase di progettazione esecutiva o di esecuzione dei lavori, sarà pertanto sufficiente eseguire delle trincee superficiali per indagare la stratigrafia dei primi 1,5 ml, anche al fine di determinare i moduli elastici dei piani di posa dei rilevati di progetto. Quindi l'impatto dell'opera con l'assetto idrogeologico del territorio si può considerare trascurabile, se non migliorativo, in quanto l'assetto idraulico e geotecnico del territorio non verrà sostanzialmente mutato.*

## 6. PARAMETRI GEOTECNICI

Per la caratterizzazione dei terreni si fa riferimento a quanto ottenuto dall'interpretazione della CPTU realizzata in loco e spinta fino alla profondità di 30 m da pc, di cui si riporta il certificato in Allegato 1.

### 6.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA MEDIANTE CPTU

La prova CPT è una prova che si effettua mediante l'utilizzo di un penetrometro statico a punta conica di dimensioni e caratteristiche definite dagli standard. Dalla prova si misura la resistenza alla penetrazione della punta conica (resistenza alla punta  $q_c$  e resistenza laterale  $f_s$ ) introdotta nel terreno a velocità costante per mezzo di un dispositivo di spinta che agisce su una batteria di aste. Quando è presente il piezocono (CPTU) viene misurata anche la pressione interstiziale ( $u_2$ ).

Il valore della resistenza alla punta  $q_c$  viene corretto mediante la seguente espressione:

$$q_t = q_c + u_2 \cdot (1 - a)$$

dove  $a$  è il rapporto di superficie netta che varia generalmente tra 0,70 e 0,85.

Si definisce poi il rapporto di pressione dato dalla seguente formula:

$$B_q = \frac{u_2 - u_0}{q_t - \sigma_{v0}}$$

Infine, la resistenza alla penetrazione del cono normalizzata e il rapporto di frizione normalizzato sono dati rispettivamente dalle seguenti espressioni:

$$Q_t = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'}$$

$$F_r[\%] = \frac{f_s}{q_t - \sigma_{v0}} \cdot 100$$

I dati rilevati con la campagna d'indagine (litologie, resistenza alla punta  $q_c$ , resistenza di attrito laterale  $f_s$  e pressioni interstiziali  $u_2$ ) sono stati elaborati con metodi e formule empiriche note in letteratura scientifica e hanno consentito la stima di alcuni dei principali parametri geotecnici caratterizzanti il comportamento meccanico dei materiali. I parametri di seguito descritti sono da ritenersi una stima indicativa, ma sufficiente per una loro caratterizzazione qualitativa – quantitativa.

Nello specifico sono state utilizzate le seguenti correlazioni presenti in letteratura:

Autore	Correlazione con l'indice di plasticità $I_p$	Tipologia di terreno
Cetin e Ozan (2009)	$I_p = 10^{\frac{2,37+1,33 \cdot \log(F_r) - \log(q_{t,1,net})}{2,25}}$ $q_{t,1,net} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\left(\frac{\sigma'_{v0}}{p_a}\right)^c}$ $c = \frac{R - 272,38}{275,19 - 272,38}$ $R = \sqrt{[\log(F_r) + 243,91]^2 + \left[\log\left(\frac{q_{t,1,net}}{p_a}\right) - 126,24\right]^2}$	terreni a grana fine
Ramsey e Tho (2023)	$I_p = \frac{11,33 \cdot F_r \cdot (1 + B_q)^{1,15}}{\left(\frac{Q_t}{3}\right)^{0,31}}$	terreni a grana fine sotto falda

Autore	Correlazione con l'angolo di attrito $\phi'$	Tipologia di terreno
--------	--	----------------------

De Beer (1965-1967)	$\phi'_{cv} = 5,9 + 4,76 \cdot \ln(q_c/\sigma'_{v0})$	sabbie
Caquot	$\phi'_{cv} = 9,8 + 4,96 \cdot \ln(q_c/\sigma'_{v0})$	sabbie
Koppejan	$\phi'_{cv} = 5,8 + 5,21 \cdot \ln(q_c/\sigma'_{v0})$	sabbie
Dourgunouglu e Mitchell (1973-1975)	$\phi'_{cv} = 14,4 + 4,8 \cdot \ln(q_c) - 4,5 \cdot \ln(\sigma'_{v0})$	sabbie
Robertson e Campanella (1983)	$\phi'_p = \tan^{-1} \left\{ \frac{1}{2,68} \cdot \left[ \log \left( \frac{q_c}{\sigma'_{v0}} \right) + 0,29 \right] \right\}$	sabbie
Kulhawy e Mayne (1990)	$\phi'_p = 17,6 + 11 \cdot \log \left( \frac{q_t}{\sqrt{\sigma'_{v0} \cdot p_a}} \right)$	sabbie
Uzielli et al. (2013)	$\phi'_p = 25 \cdot \left( \frac{\frac{q_t}{p_a}}{\frac{\sigma'_{v0}}{p_a}^{0,5}} \right)^{0,10}$	sabbie
Sorensen e Okkels (2013)	$\phi'_{cv} = 39 - 11 \cdot \log(I_p)$ $\phi'_{cv} = \begin{cases} 44 - 14 \cdot \log(I_p) & \text{per } 4 < I_p < 50 \\ 30 - 6 \cdot \log(I_p) & \text{per } 50 \leq I_p \leq 150 \end{cases}$	argille NC argille OC
Mayne (2006)	$\phi'_{cv} = 29,5^\circ \cdot B_q^{0,121} \cdot [0,256 + 0,336 \cdot B_q + \log(Q_t)]$	argille e limi NC

<b>Autore</b>	<b>Correlazione con la coesione efficace</b> $c'$	<b>Tipologia di terreno</b>
Mayne e Stewart (1988)	$c' = 0,03 \cdot OCR \cdot \sigma'_{v0}$	argilla

<b>Autore</b>	<b>Correlazione con la coesione non drenata <math>c_u</math></b>	<b>Tipologia di terreno</b>
Robertson (2012)	$c_u = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{10,5 + 7,0 \cdot \log (F_r)}$	limo e argilla
Mayne e Peuchen (2022)	$c_u = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{10,5 + 4,6 \cdot \ln (B_q + 0,1)}$	limo e argilla

<b>Autore</b>	<b>Correlazione con il modulo elastico <math>E_s</math></b>	<b>Tipologia di terreno</b>
Schmertmann (1978)	$E_s = 2,5 \cdot q_c$	sabbie
Robertson (2010)	$E_s = 0,015 \cdot [10^{0,55 \cdot I_c + 1,68}] \cdot (q_t - \sigma_{v0})$	sabbie

<b>Autore</b>	<b>Correlazione con il modulo edometrico <math>M</math></b>	<b>Tipologia di terreno</b>
Schmertmann (1986)	$M = 7 \cdot q_c$ $M = 3 \cdot q_c$	terreni OC terreni NC
Robertson (2012)	$M = Q_t \cdot (q_t - \sigma_{v0}) \text{ per } I_c > 2,2 \text{ e } Q_t < 8$ $M = 8 \cdot (q_t - \sigma_{v0}) \text{ per } I_c > 2,2 \text{ e } Q_t > 8$ $M = 0,0188 \cdot [10^{0,55 \cdot I_c + 1,68}] \cdot (q_t - \sigma_{v0}) \text{ per } I_c < 2,2$	terreni a grana fine terreni a grana grossa

<b>Autore</b>	<b>Correlazione con il modulo di taglio <math>G_0</math></b>	<b>Tipologia di terreno</b>
Imai e Tomaichi (1990)	$G_0 = 28 \cdot q_c^{0,611}$	tutti i terreni
Mayne e Rix (1993)	$G_0 = 99,5 \cdot p_a^{0,305} \cdot \frac{q_t^{0,696}}{e_0^{1,130}}$	terreni a grana fine
Robertson (2010)	$G_0 = 0,0188 \cdot [10^{0,55 \cdot I_c + 1,68}] \cdot (q_t - \sigma_{v0})$	terreni a grana grossa

<b>Autore</b>	<b>Correlazione con la densità relativa <math>D_r</math></b>	<b>Tipologia di terreno</b>
Jamiolkowski et al. (2001)	$D_r = 26,8 \cdot \ln \left[ \frac{\frac{q_t}{p_a}}{\left( \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)^{0,5}} \right] - 67,5$	sabbie
Boulangier e Idriss (2008)	$D_r = 0,465 \cdot \left( \frac{\frac{q_t}{p_a} \cdot \left( \frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^{0,5}}{0,9} \right)^{0,264} - 1,063$	sabbie

<b>Autore</b>	<b>Correlazione con il grado di sovraconsolidazione <math>OCR</math></b>	<b>Tipologia di terreno</b>
Kulhawy e Mayne (1988)	$OCR = 0,33 \cdot \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$	limi e argille
Robertson (2022)	$OCR = (2,625 + 1,75 \cdot \log(F_r))^{-1,25} \cdot (Q_t)^{1,25}$	limi e argille

Autore	Correlazione con il peso di volume $\gamma$	Tipologia di terreno
Robertson e Cabal (2010)	$\gamma = \gamma_w \cdot \left( 0,27 \cdot \log \left( \frac{f_s}{q_t} \right) + 0,36 \cdot \log \left( \frac{q_t}{p_a} \right) + 1,236 \right)$	tutti i terreni
Mayne e Peuchen (2012)	$\gamma = 26 - \frac{14}{1 + [0,5 \cdot \log(f_s + 1)]^2}$	tutti i terreni

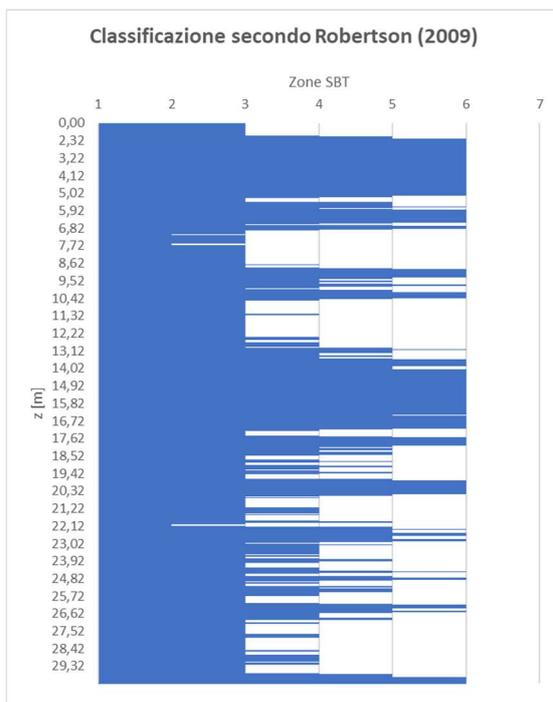
## 6.2 INTERPRETAZIONE CPTU 1

Si riporta ora l'interpretazione relativa alla CPTU effettuata considerando la falda a 1.50 m di profondità come riportato nel relativo certificato di sondaggio.

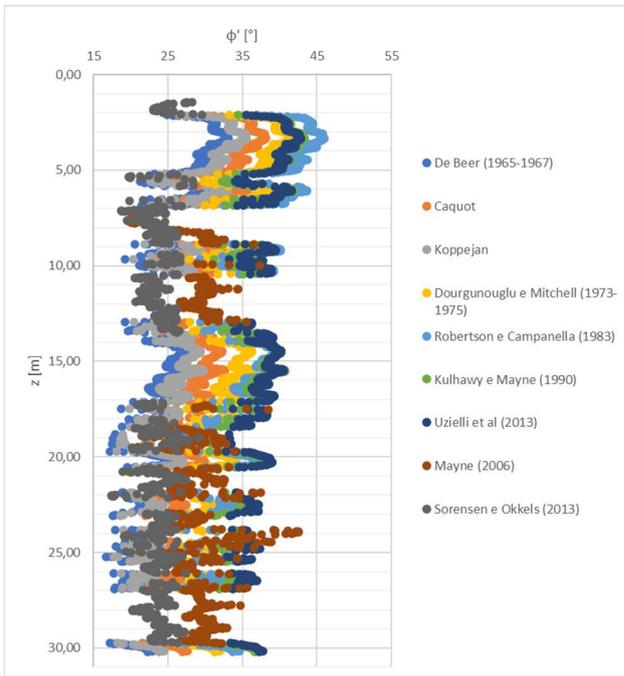
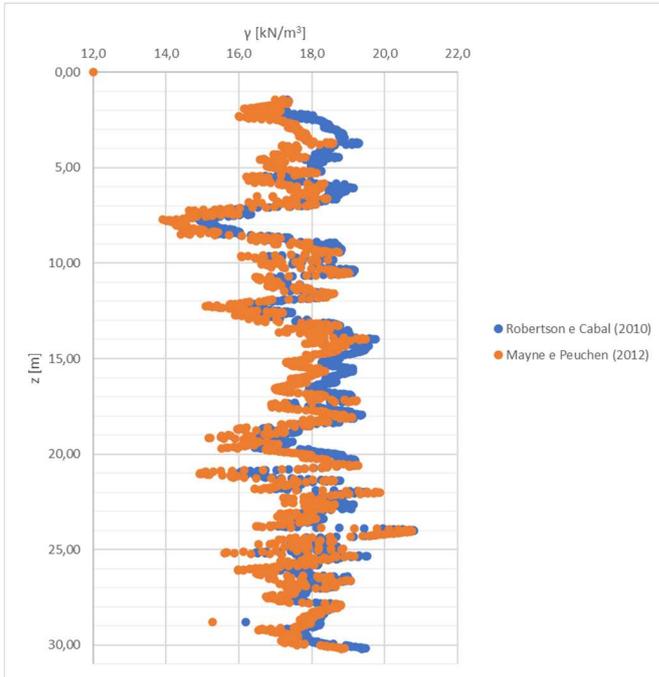
La verticale è stata caratterizzata secondo la trattazione di Robertson (2009) in cui il terreno attraversato dalla prova CPTU viene suddiviso in 9 zone:

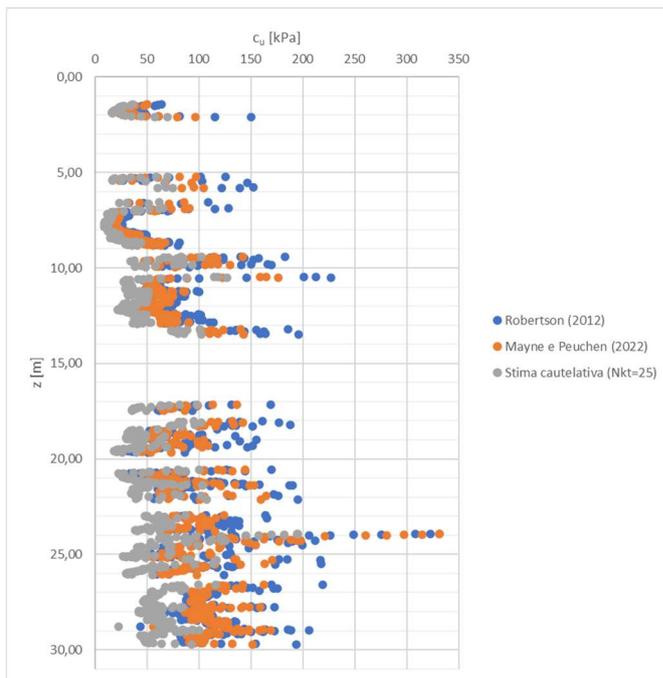
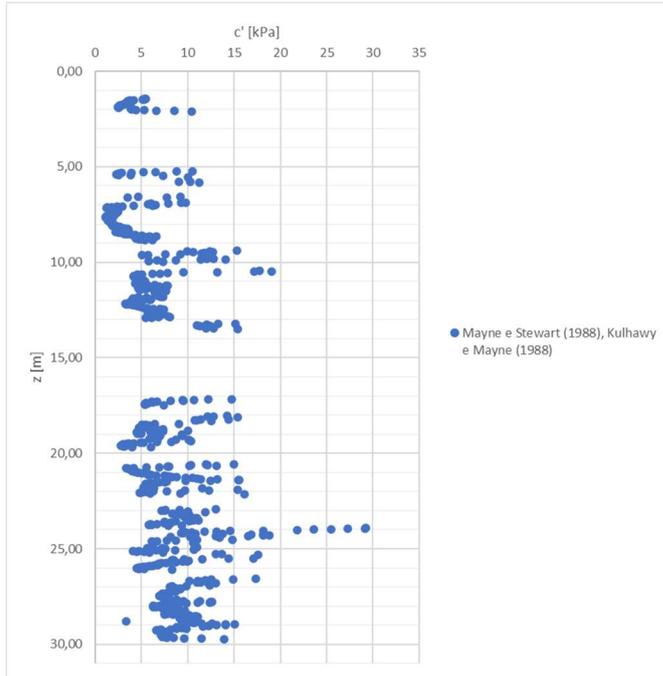
Zona	Descrizione
1	Grana fine e sensibile
2	Argilla - suoli organici
3	Argille: da argilla ad argilla limosa
4	Misture di limo: da limi argillosi ad argille limose
5	Misture di sabbie: da sabbie limose a limi sabbiosi
6	Sabbie: da sabbie pulite a sabbie limose
7	Da sabbie dense a sabbie ghiaiose
8	Da sabbia dura a sabbia argillosa, sovraconsolidate o cementate
9	Da grana fina rigida a granulare, sovraconsolidate o cementate

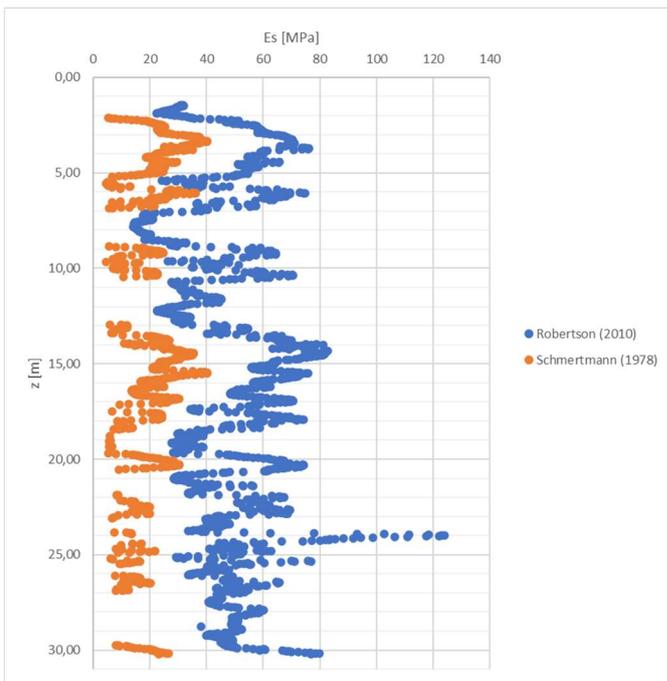
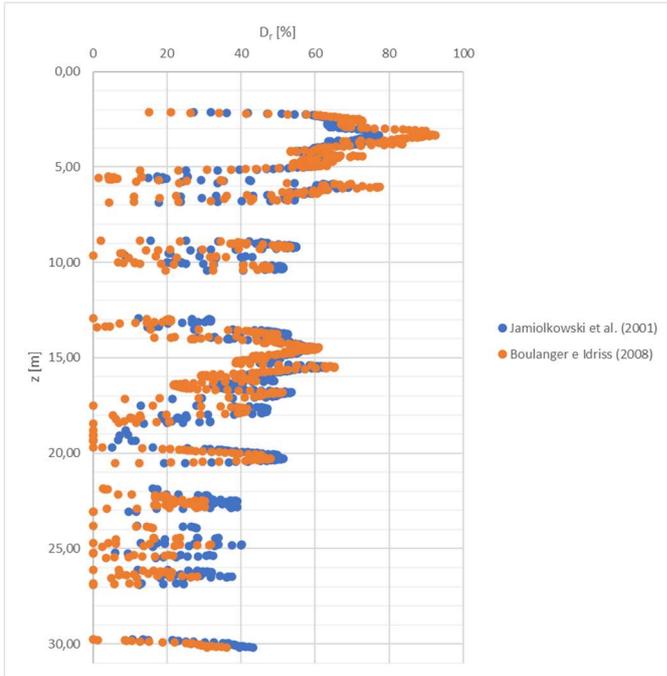
La verticale risulta quindi essere la seguente.



Si riportano in seguito i plot degli esiti ottenuti mediante alcune delle correlazioni reperite in letteratura sopra riportate.







## 7. MODELLO GEOTECNICO

Sulla base dell'elaborazione dei risultati della prova CPTU, riportata nel capitolo precedente, e a seguito della validazione dei parametri ottenuti mediante confronto con valori di letteratura, si è proceduto alla definizione del modello geotecnico di riferimento.

Il modello adottato tiene conto delle principali unità litotecniche individuate lungo la verticale investigata e dei relativi valori caratteristici dei parametri meccanici.

Di seguito si riporta il modello geotecnico assunto.

z [m]	sp. [m]	Litografia	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c' [kPa]	cu [kPa]	M [MPa]	E [MPa]
0	2,2	C1-Argille	18	24	4	40	4	3,0
2,2	6,2	G1-Sabbie	19	35	-	-	50	37,1
6,2	8,9	C1-Argille	18	24	4	40	4	3,0
8,9	10,5	G2-Sabbie fini	19	27	-	-	25	18,6
10,5	14	C2-Limi	19	24	7	70	7	5,2
14	17	G3-Sabbie	19	30	-	-	40	29,7
17	30	C2-Limi	19	24	7	70	7	5,2

### 7.1 LIVELLO DI FALDA

La falda di calcolo si pone, cautelativamente, alla profondità di 1 m dal piano campagna per considerare le oscillazioni della falda nei periodi invernali.

## 8. SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

La liquefazione è un fenomeno che si verifica al manifestarsi di un evento sismico di una determinata intensità ed interessa i terreni sabbiosi sciolti posti al di sotto del livello di falda. In accordo con quanto riportato nella normativa vigente, si rende necessario verificare la stabilità del sito in oggetto nei confronti della liquefazione.

La verifica alla 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 prima figura nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in seconda figura nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

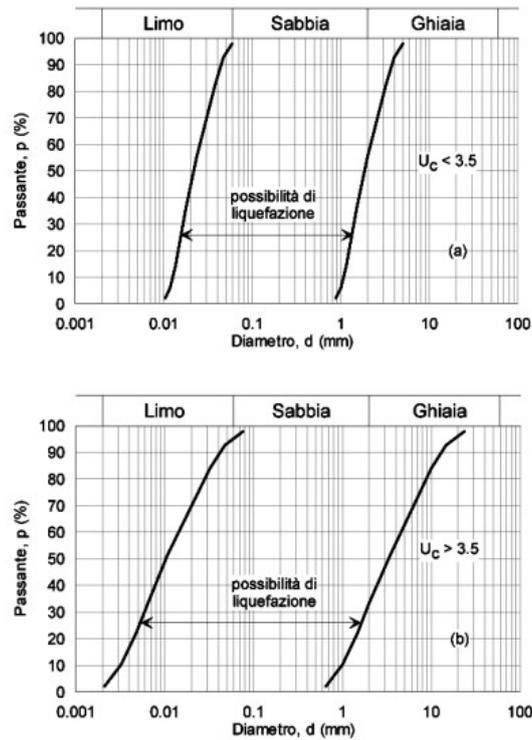


Figura 8-1: Fusi granulometrici di terreno suscettibili di liquefazione – NTC18

La verifica a liquefazione si conduce mediante la determinazione di un fattore di sicurezza dato dal rapporto tra la resistenza ciclica (CRR) e l'azione ciclica (CSR):

$$FS = \frac{CRR}{CSR} = \frac{CRR_{7,5} \cdot MSF}{CSR} \cdot k_{\sigma}$$

dove:

- $CRR_{7,5}$  è il rapporto di resistenza ciclica per un terremoto di magnitudo 7,5;
- $MSF$  è il fattore di scala per la magnitudo, il cui valore è compreso tra un limite inferiore e un limite superiore, ricavati dalle seguenti formulazioni:

$$MSF^{-} = \frac{10^{2,24}}{M_w^{2,56}} \quad (Yound \ et \ al., \ 2001)$$

$$MSF^{+} = \frac{M_w^{-3,3}}{7,5} \quad (Andrus \ e \ Stokoe, \ 1997)$$

- $k_\sigma$  è il fattore di correzione per il sovraccarico, ricavato dalla formulazione di Hynes e Olsen (1999):

$$K_\sigma = \frac{\sigma'_{v0} f^{-1}}{p_a} \leq 1$$

in cui  $p_a$  è la pressione atmosferica e  $f =$

$$\begin{cases} 0,8 - 0,7 & \text{per } 40\% < D_r < 60\% \\ 0,7 - 0,6 & \text{per } 60\% < D_r < 80\% \end{cases}$$

con la densità relativa  $D_r$  che viene stimata attraverso la relazione di Tatsuoka et al. (1980):

$$D_r[\%] = 0,9 \cdot [(N_1)_{60} + 14 + 6,51 \cdot \log FC[\%]]$$

dove  $(N_1)_{60}$  è il numero dei colpi SPT corretto e FC è il contenuto in fine.

Nell'analisi con le prove CPT invece tale coefficiente viene assunto unitario;

- $CSR = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \cdot r_d$

in cui  $\frac{a_{max}}{g}$  è il valore dell'accelerazione massima orizzontale al suolo

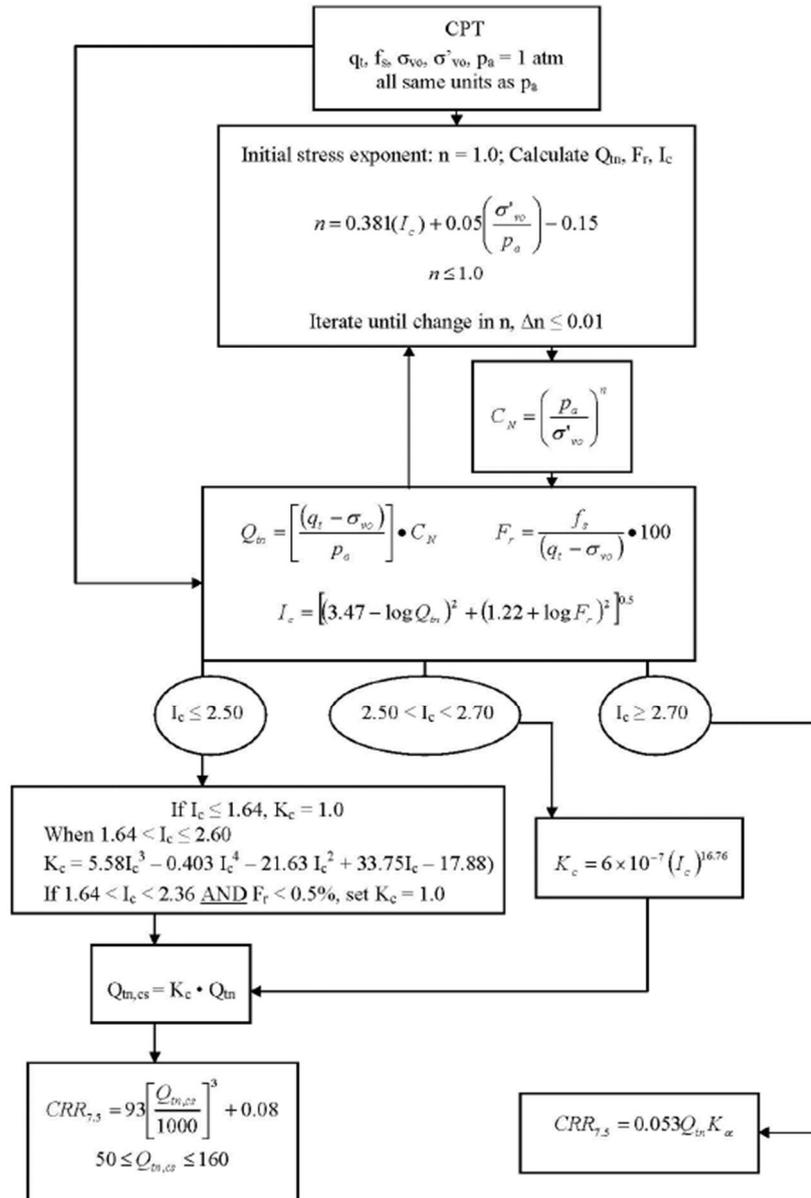
normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità e  $r_d$  è il fattore di riduzione definito secondo la formulazione di Liao e Whitman (1986):

$$r_d = \begin{cases} 1,000 - 0,00765 \cdot z & \text{per } 0,00 < z \leq 23,0 \text{ m} \\ 1,174 - 0,02670 \cdot z & \text{per } 9,15 < z \leq 23,0 \text{ m} \\ 0,744 - 0,00800 \cdot z & \text{per } 23,0 < z \leq 30,0 \text{ m} \end{cases}$$

Il fattore di sicurezza FS così determinato viene ulteriormente ridotto del coefficiente di sicurezza  $\gamma_R = 1,25$  così come raccomandato dalla normativa europea EC8 – EN 1998-5 (2004).

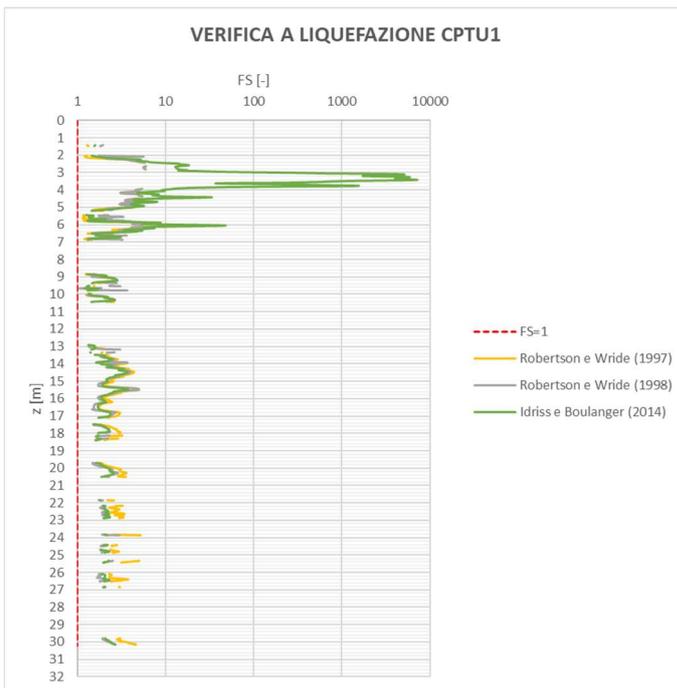
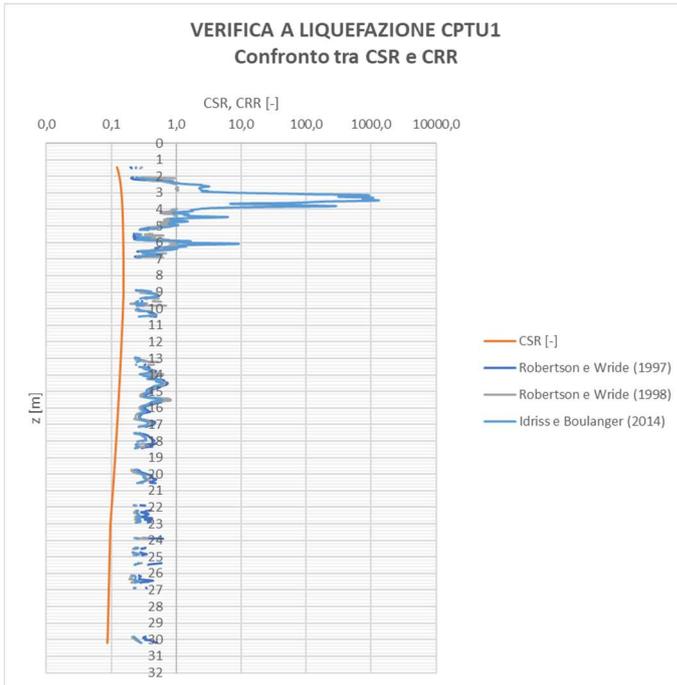
## 8.1 VERIFICA A LIQUEFAZIONE MEDIANTE CPTU

La resistenza ciclica riferita a una magnitudo di 7,5 viene determinata secondo la formulazione proposta da Robertson (2009) e racchiusa nel seguente flow chart.



**Figure 46** Flow chart to evaluate cyclic resistance ratio ( $CRR_{7.5}$ ) from CPT (after Robertson, 2009)

## 8.2 RISULTATI CPTU1

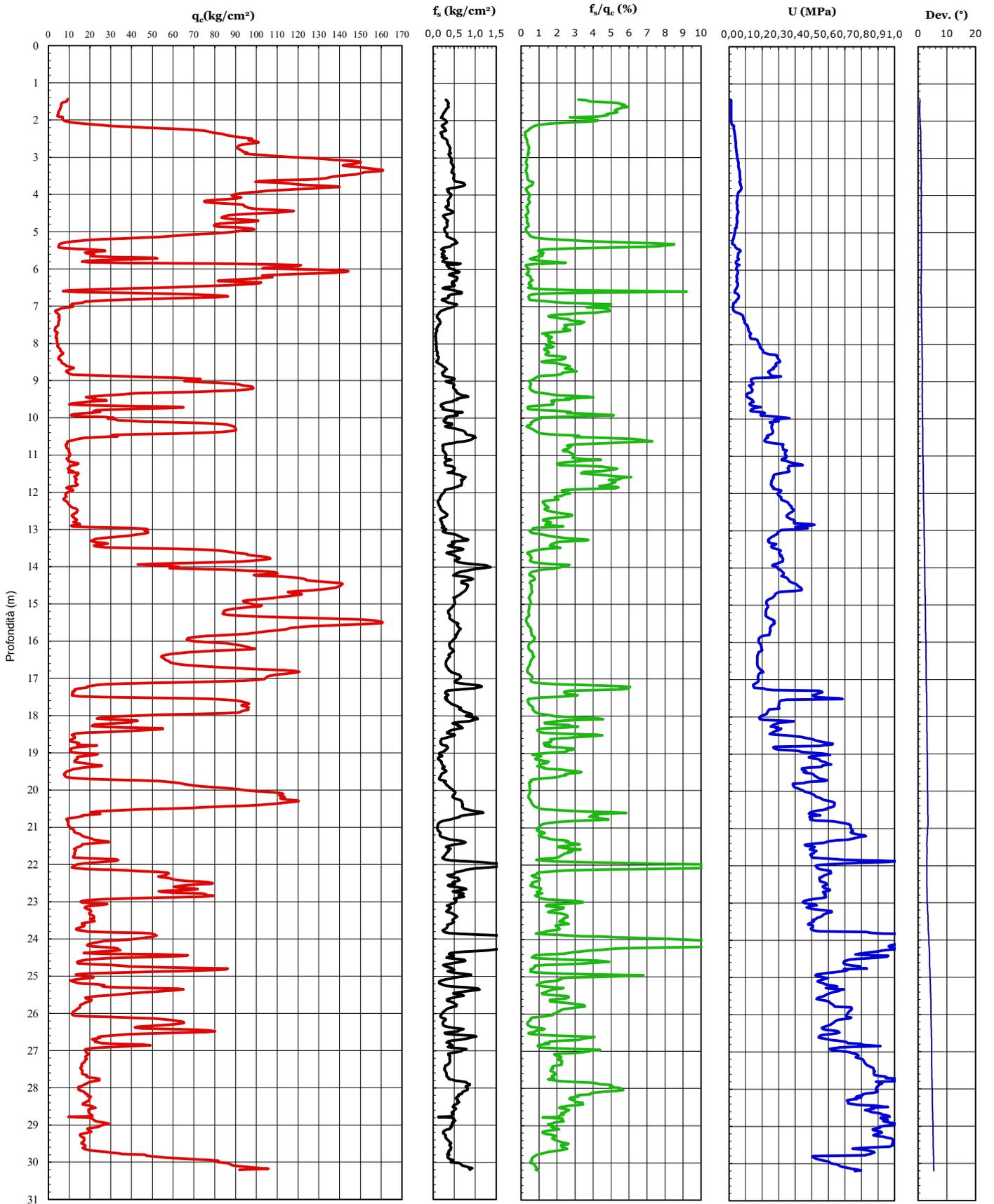


Si osserva che il tratto indagato dalla verticale d'indagine non risulta liquefacibile.

**ALLEGATO 1:**  
***CERTIFICATO CPTU***

COMMITTENTE:	Martini studio
CANTIERE:	Venezia, Tessera Pista ciclabile

CPTU1	DATA 19/08/2025	PREFORO -1,44 m da p.c.	FALDA -1,62 m da p.c.
-------	-----------------	-------------------------	-----------------------



**ALLEGATO 2:**  
***RELAZIONE GEOLOGICA DELLA PRECEDENTE FASE PROGETTUALE***

CITTA' DI  
VENEZIA



Area Lavori Pubblici, Mobilità e Trasporti  
Settore Pianificazione e Mobilità Sostenibile

IL DIRETTORE

Ing. Simone Agrondi

IL DIRIGENTE

Ing. Roberto Di Bussolo

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Francesco Dittadi

PROGETTO

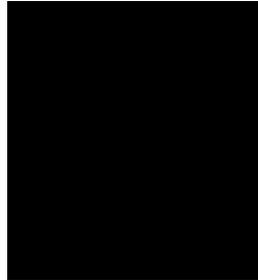
CI 14823 COLLEGAMENTO CICLABILE DAL CENTRO DI TESSERA A CAMPALTO  
CUP F79G18000090001

FASE

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Progetto  
architettonico  
Progetto  
Idraulica ed  
Impianti  
Collaboratori



AI PROGETTI

AI PROGETTI srl

C.F.P. IVA: 03474500273

REA: 311568

DISCIPLINA

AMBIENTALE

ELABORATO

3.04\_F\_AM\_GE

TITOLO

**GE**  
Relazione geologica, idrogeologica e storica

REVISIONE	DATA:	OGGETTO:	REDATTO:	VERIFICATO:	APPROVATO:	SCALA:
rev_00	30/11/2023	PRIMA EMISSIONE - PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ED ECONOMICA				
rev_01	25/01/2024	INTEGRAZIONE - PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ED ECONOMICA				NOME FILE INTERNO AI progetti srl: [REDACTED]
rev_02	27/05/2024	SECONDA EMISSIONE - PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ED ECONOMICA				
rev_03	08/10/2024	TERZA EMISSIONE - PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ED ECONOMICA				NOME FILE pdf: 3.04_F_AM_GE_Rel. Geol. Idrogeol. e Storica.pdf
rev_04	21/10/2024	QUARTA EMISSIONE - PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ED ECONOMICA				

## **RELAZIONE GEOLOGICA, IDROLOGICA, ARCHEOLOGICA E STORICA**

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>CONTESTO GEOLOGICO</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>CONTESTO IDROGEOLOGICO</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>CONTESTO ARCHEOLOGICO</b>	<b>4</b>

## I PREMESSA

Il presente elaborato è parte integrante del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica denominato “CI 14823 - COLLEGAMENTO CICLABILE DAL CENTRO DI TESSERA A CAMPALTO”.

(CIG: 9050026DB3 - CUP: F79G18000090001).

Nella presente relazione si riporta l'analisi preliminare del contesto geologico, idrogeologico, archeologico, topografico e storico dell'area in cui ricade l'intervento di progetto come indicato alla lettera d) dell'art. 17 del nuovo Regolamento al Codice dei Contratti (D.P.R. n. 207 del 5 ottobre 2010).

## 2 CONTESTO GEOLOGICO

L'area urbana di Mestre e di Venezia occupa la porzione centrale della laguna e l'immediato entroterra. La laguna di Venezia fa parte della fascia di ambienti anfrichi che, da Ravenna a Monfalcone, borda la pianura padana e quella veneto-friulana. Essa si presenta come un bacino arcuato, allungato da sud-ovest a nord-est su una lunghezza di circa 55 km, mentre la larghezza è di circa 13 km. A nord chiudono la laguna il Sile e il Piave, quest'ultimo con dossi fluviali e apparati deltizi ben individuati. Ancora in tempi storici, il Brenta e il Sile hanno versato le proprie acque all'interno della laguna.



**Figura I** – Estratto tavola geomorfologica PAT del Comune di Venezia

Nell'ambito della cartografia del comprensorio veneziano sono presenti quattro tipi di ambiente deposizionale differenti: alluvionale o fluviale, deltizio, litorale e di piattaforma; inoltre all'interno dell'ambiente litorale si distinguono i depositi lagunari da quelli di spiaggia. Gli ambienti deposizionali presenti, a causa delle complesse dinamiche di trasporto e rimescolamento dei sedimenti, risultano caratterizzati da litologie molto variabili e comuni tra loro; inoltre, come spesso accade nelle zone di transizione, non sempre essi sono nettamente distinguibili.

L'area oggetto di intervento si identifica come parte della piana alluvionale, in cui si riconoscono numerose tracce di antichi alvei fluviali, spesso in corrispondenza di dossi variamente rilevati rispetto alle aree circostanti; localmente, inoltre si individuano ventagli di rotta. Dal punto di vista litologico i depositi di canale attivo e di dosso fluviale appaiono costituiti soprattutto da sabbie, sabbie limose e/o argillose e limi sabbiosi, talora contenenti sostanza organica. Nei termini sabbioso-limosi sono comprese le laminazioni piano-parallele ed incrociate e tasche di erosione.

I depositi di piana inondabile sono invece caratterizzati da granulometrie più fini, limose ed argillose, a volte con sostanza organica; rare sono le intercalazioni sabbiose. I limi prevalgono in zone di raccordo tra dossi ed aree interfluviali depresse, mentre le argille sono presenti in bacini di piena e in settori di piana inondabile situati in posizione distale rispetto ai corsi d'acqua, dove avviene la decantazione dei sedimenti fini in sospensione; corpi argillosi con sviluppo nastroforme rappresentano i depositi dei canali in fase di abbandono mentre i livelli torbosi sono indicativi di facies palustri in bacini interfluviali.

### **3 CONTESTO IDROGEOLOGICO**

I lavori in oggetto prevedono la realizzazione di una nuova pista ciclabile dedicata tra il comune di Campalto e il comune di Tessera collegando, tramite via Orlanda e via Triestina, il Bosco di Campalto e via Cà Zorzi in prossimità dell'Aeroporto Marco Polo di Venezia.

In generale l'idrogeologia del veneziano è caratterizzata dalla presenza di una modesta falda freatica e di varie falde confinate in pressione, che approssimativamente diminuiscono in spessore, potenzialità e numero procedendo verso sud.

La struttura stratigrafica è caratterizzata da materiali sciolti di diversa granulometria, compresa tra le argille e le sabbie medie, e determina la presenza di livelli con permeabilità variabilissima.

La situazione idrogeologica è caratterizzata da un sistema a più falde sovrapposte e in pressione, alloggiato nei materiali più permeabili (sabbie), separate da letti di materiali argillosi praticamente impermeabili. Risulta, inoltre, sempre presente in quest'area una falda superficiale di tipo freatico, la cui superficie è posta appena al di sotto del piano campagna; anche se, molto spesso più che di una singola falda sarebbe corretto riferirsi ad un insieme di piccole falde superficiali in comunicazione idraulica tra loro e talora dotate di una debole pressione.

Da un punto di vista idrogeologico, gli interventi di progetto non presentano particolari problematiche da un punto di vista di inserimento idrogeologico. Infatti, la pista ciclabile è stata sviluppata, in tutti i tratti ove ciò era possibile, senza interferire con il sistema idraulico esistente ovvero andandolo ad integrare con la realizzazione di nuovi fossati di scolo. In alcuni brevi tratti, come dettagliatamente riportato nelle planimetrie di progetto, è stato necessario realizzare la pista sul sedime dei fossati esistenti tombinandoli.

In fase di progettazione esecutiva o di esecuzione dei lavori, sarà pertanto sufficiente eseguire delle trincee superficiali per indagare la stratigrafia dei primi 1,5 ml, anche al fine di determinare i moduli elastici dei piani di posa dei rilevati di progetto. Quindi l'impatto dell'opera con l'assetto idrogeologico del territorio si può considerare trascurabile, se non migliorativo, in quanto l'assetto idraulico e geotecnico del territorio non verrà sostanzialmente mutato.

#### 4 CONTESTO ARCHEOLOGICO

Le aree specificatamente interessate dai lavori non risultano essere sottoposte a vincolo archeologico. Si consideri, comunque, che le opere previste da progetto non interessano strati profondi di terreno: trattasi infatti di una pista ciclabile realizzata in allargamento del sedime stradale esistente. Gli scavi saranno quindi di carattere prevalentemente superficiale e gli scavi più profondi saranno quelli necessario per l'esecuzione dei nuovi fossati che andranno ad interessare all'incirca il primo metro di profondità del terreno. Tali scavi, inoltre, non verranno estesi a quote inferiori a quelle già impegnate dai manufatti esistenti.

Venezia, lì 27/05/2024



*(firmato digitalmente)*