

**MASSIMO dr. MANNINI**  
**GEOLOGIA**

**Indagini Geofisiche - Geotecniche**

Via Caduti di Cefalonia, 9 29017 Fiorenzuola d'Arda (Pc)  
Tel. 3452353055  
e-mail: info@manninimassimo.it

## **Relazione Geologica-Sismica per la caratterizzazione sito fondazionale**

in Località "Rottofreno – San Nicolò Noce (Pc)"

Committente: "FOSSATI SERRAMENTI S.R.L."

# INDICE

<b>1.0 - PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>2.0 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO</b>	<b>2</b>
<b>3.0 - GEOLOGIA E MORFOLOGIA</b>	<b>2</b>
<b>4.0 – IDRO (GEO) LOGIA</b>	<b>4</b>
<b>5.0 - VERIFICA IDRAULICA DI ESONDABILITA’</b>	<b>4</b>
<b>6.0 - INDAGINI SVOLTE</b>	<b>5</b>
<b>7.0 - CARATTERISTICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI</b>	<b>7</b>
<b>7.1 - MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI RIFERIMENTO</b>	<b>9</b>
<b>8.0 - PORTANZA DEI TERRENI DI FONDAZIONE</b>	<b>10</b>
<b>8.1 - STATO LIMITE ULTIMO - SLV</b>	<b>12</b>
<b>9.0 - COMPATIBILITA’ SISMICA</b>	<b>13</b>
<b>10.0– SCENARI DI PERICOLOSITA’ SISMICA LOCALE</b>	<b>15</b>
<b>10.1 - PRIMA FASE - INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI</b>	<b>17</b>
<b>10.2 - SECONDA FASE - ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO</b>	<b>19</b>
<b>10.3 - ACCELERAZIONE MASSIMA ORIZZONTALE DI PICCO AL SUOLO</b>	<b>21</b>
<b>11.0 – CONCLUSIONI</b>	<b>22</b>

*ALLEGATI:*

*Schede Penetrometriche*  
*Report Sismico*

## **1.0 - PREMESSA**

Il presente Studio Geologico, nasce dalla necessità di realizzare un ampliamento di un capannone industriale in località San Nicolò a Trebbia - La Noce (Pc); in accordo con la legislazione attualmente vigente, già oggetto di uno studio geologico d'inquadramento.

### **PRINCIPALE NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- *D.M. 11-03-1988*
- *D.M. 16-01-1996*
- *O.P.C.M. 3274/2003*
- *D.M. 14-09-2005*
- *Euro Codice 7*
- *Euro Codice 8*
- *N.T.C. '08 (D.M. 14-01-2008)*
- *N.T.C. 2018*

## **2.0 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO**

Il terreno interessato dalla presente indagine, si trova nel settore sud del territorio di San Nicolò a Trebbia in località Noce, vedi cartografia allegata.

Catastalmente l'area è inquadrata al foglio n.29 mappale n.2132 del Comune di Rottofreno.

## **3.0 - GEOLOGIA E MORFOLOGIA**

Segue la caratterizzazione geolitologica emersa dalla Carta Geologica a scala 1:10.000 redatta dalla Regione Emilia Romagna: la Banca Dati della Carta Geologica in scala 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna è stata realizzata utilizzando i rilevamenti alla scala 1:10.000 per la parte collinare e montana del territorio; per la parte di pianura è stata utilizzata la banca dati dei Fogli CARG stampati o in fase di collaudo (a scala 1:25.000), previa conversione della struttura dati. La Banca Dati alla scala 1:10.000 è il risultato di revisioni ed aggiornamenti effettuati dal Servizio Geologico a partire dal 2003 sia sulle coperture quaternarie (nell'ambito di vari progetti, fra cui il progetto IFFI, l'aggiornamento dell'archivio storico delle frane, i tavoli di lavoro con gli enti locali nei processi di pianificazione, ecc.) che sul substrato geologico (per evoluzione delle conoscenze scientifiche, aggiornamenti successivi alla realizzazione dei Fogli geologici alla scala 1:50.000, ecc.).



Inquadramento cartografico – C.T.R. Sezione 161164

L'unità geologica caratterizzante l'area in oggetto, corrisponde alle "coperture quaternarie" appartenenti al Subsistema di Ravenna, Unità di Modena, tipico di ambiente di pianura, "AES8a": ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intravallivi, terrazzati, e di conoide. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm). Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. *Periodo: Olocene.*

Anche dalla Tavola G1 "Geologia" estratta dal PSC Comunale si evince che questo settore è associato a depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi di conoide.

Morfologicamente, l'area in studio si trova in un settore di pianura con pendenze impercettibili orientate verso nord-nord-est. La quota s.l.m. è di 67.0 metri, mentre gli unici caratteri morfologici di rilievo in questo settore di pianura, sono associati alle scarpate del Fiume Trebbia posto ad est dell'area.

#### **4.0 – IDRO (GEO) LOGIA**

L'idrografia superficiale (regime idrologico), è regimata dalla pendenza del terreno e le principali acque sono raccolte principalmente dal Torrente Tidone presente ad ovest, dal Fiume Trebbia a est e dal Fiume Po a nord. Localmente, rii minori presenti nell'area ed anche canalizzazioni artificiali, che talora ripercorrono vecchi alvei di corsi d'acqua naturali, benché abbiano subito poi nel tempo diversi interventi d'arginatura, correzioni del tracciato e riconfigurazioni degli alvei per opera dell'uomo, assumono un ruolo importante nel deflusso superficiale dell'acqua.

Sotto il profilo idrogeologico (falde sotterranee), nell'area in esame il sistema acquifero si configura compartimentato con falde confinate, livelli freatici sospesi, discontinui e limitati dai terreni a grana fine coesivi (argille e limi) a permeabilità bassissima. Solamente in corrispondenza degli arricchimenti sabbiosi e maggiormente in quelli ghiaiosi permeabili, si attesta la prima vera e propria falda.

Localmente, si hanno livelli freatici lenticolari a carattere discontinuo, stagionale, sospesi rispetto all'acquifero principale, attestati nelle intercalazioni più grossolane dei depositi argillosi limosi superficiali. Le oscillazioni che li caratterizzano, sono associate allo stato idrometrico della rete idrografica superficiale, ed alle infiltrazioni efficaci delle acque meteoriche dal piano campagna.

Variazioni del livello delle falde superficiali, possono essere indotte anche dal regime pluviometrico incidente direttamente sul terreno, che porta ad un'escursione media annua che può oscillare di qualche metro entro le litologie ghiaiose sabbiose permeabili rispetto alla formazione argillosa limosa superficiale. Anche il carico idraulico dei corsi d'acqua può portare ad oscillazione del livello freatico superficiale associato alle alluvioni ghiaiose sabbiose.

Dalla Tavola G3 "Idrogeologia" del PSC Comunale, si evince che il lotto è attraversato dalla isopieza dei 58.0 metri s.l.m., pertanto, considerando la quota media del lotto pari a circa 67.0 metri s.l.m., si ha una profondità del tetto della prima falda a circa 9.0 metri dal p.c.

#### **5.0 - VERIFICA IDRAULICA DI ESONDABILITA'**

Il terreno oggetto del presente studio geologico è posto ad una quota di circa 67.0 s.l.m. ed è separato dai corsi d'acqua principale: ad ovest il Torrente Tidone da una distanza lineare di circa 4500 metri, Fiume Trebbia ad est a circa 700 metri intramezzato dai sistemi

arginali primari dello stesso, costituendo un fattore di sicurezza nei confronti di eventuali esondazioni.

Nella cartografia del **Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale** (Tavola A-2), l'area si trova al di fuori di qualunque fascia di tutela fluviale di tipo "A, B, C", assetto confermato anche dall'inquadramento del Piano Assetto Idrogeologico (PAI), sezione 161-2.

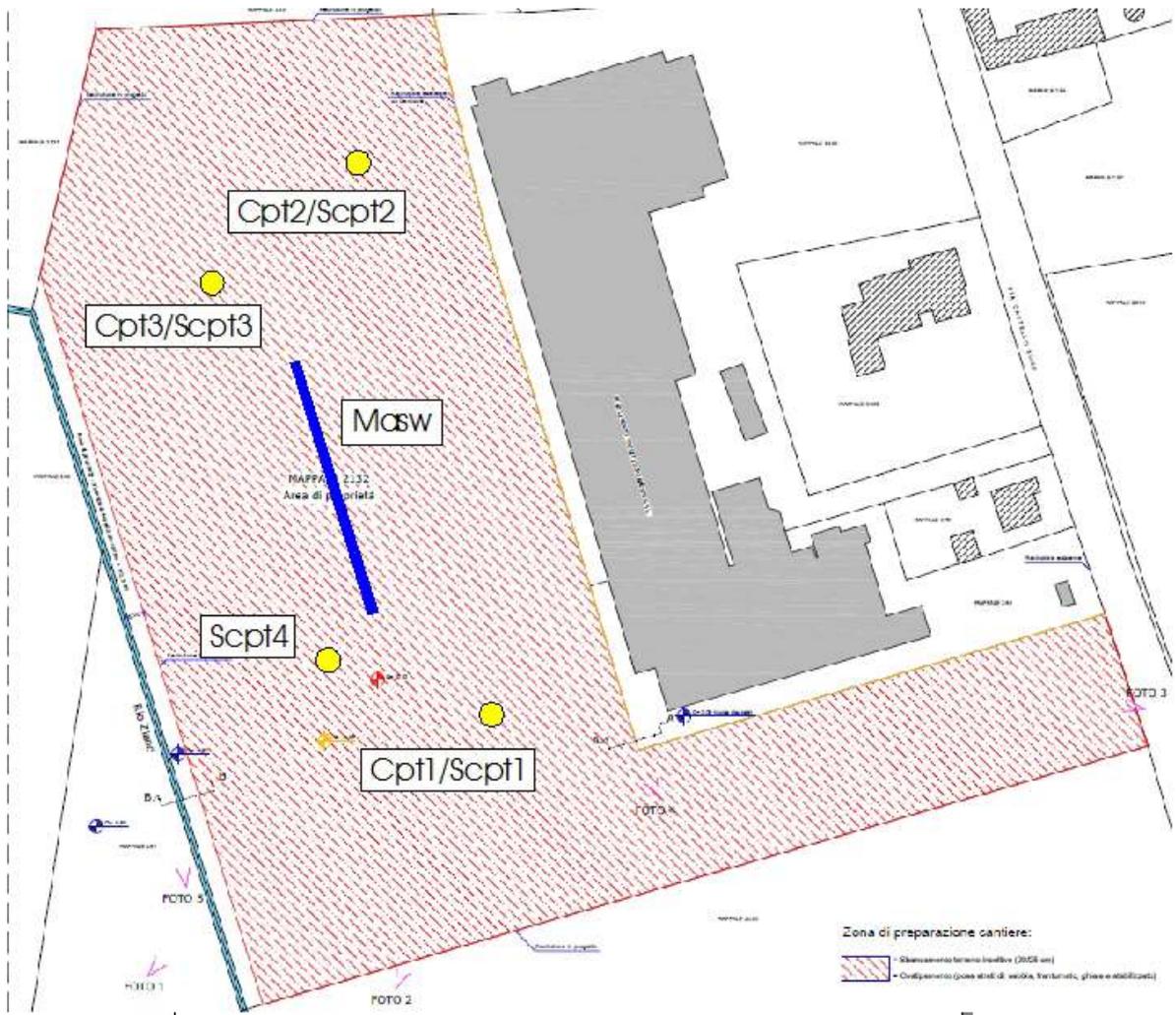
L'intervento in progetto, non ridurrà la capacità di portata dell'alveo, e non produrrà danno per la pubblica incolumità in caso di piena del corso d'acqua principale. Inoltre, non sarà alterata la naturalità dell'ambiente fluviale, né tanto meno i fenomeni idraulici naturali che possono aver luogo entro le fasce di rispetto, costituendo ostacolo al deflusso e limitazioni alla capacità dell'alveo stesso; pertanto si può assicurare una compatibilità ambientale ed idraulica dell'opera in progetto, assicurando il mantenimento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa.

## **6.0 - INDAGINI SVOLTE**

Al fine d'ottenere una caratterizzazione litogeotecnica dei terreni che interessano questo settore interessato dall'intervento in progetto sono state realizzate quattro prove penetrometriche di tipo "statico - CPT" e dinamico "SPCT".

La strumentazione utilizzata consiste di un penetrometro statico olandese tipo "Gouda CPT", le cui caratteristiche sono standard a norma A.G.I.

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico), consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ( $v = 2 \text{ cm/sec} \pm 0.5 \text{ cm/sec}$ ). La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo che agisce su una batteria doppia d'aste (esterne cave ed aste interne piene coassiali) alla cui estremità inferiore è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione, è determinato per mezzo di un opportuno sistema di misura collegato al martinetto idraulico; la punta conica (di tipo telescopico) è dotata di un manicotto laterale (punta/manicotto tipo "Begemann").



Ubicazione indagini geognostiche. Cpt/Scpt: prove penetrometriche; Masw: indagine sismica attiva

Nei diagrammi e tabelle allegati, sono riportati sia i valori di resistenza rilevati dalle letture di campagna durante l'infissione dello strumento, in cui la "resistenza alla punta"  $R_p$  e la "resistenza laterale"  $R_l$  sono rilevate ad intervalli regolari di 20 cm, sia i valori di resistenza unitaria di punta e laterale (*Diagramma di resistenza*).

Le prove di campagna restituiscono i valori delle resistenze unitarie di punta  $q_c$ , e laterale  $f_s$ , dal loro rapporto si può desumere la granulometria del sottosuolo indagato con i grafici proposti da Begemann (1965), e con il criterio di Schmertmann (1969), in funzione di  $q_c$  e del parametro  $R_f = 100 \times f_s/q_c$ , assumendo le seguenti correlazioni, vedasi grafico allegato (*Valutazioni Litologiche*).

## **7.0 - CARATTERISTICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI**

Dall'analisi dei risultati ed attraverso il rapporto Rp/Rl dal penetrometro è stato possibile risalire con una certa approssimazione alla natura litologica dei terreni attraversati, utilizzando come discriminante il metodo suggerito da Schmertmann (1978); quest'ultimo considera come indicativo della litologia il rapporto fra la resistenza alla punta Rp ed il rapporto Fr.

Tuttavia, si rammenta che, sebbene l'indagine penetrometrica tipo CPT fornisca dati geotecnici attendibili, le informazioni sulla natura litologica e granulometrica dei terreni derivano sostanzialmente da correlazioni del tipo empirico. Nell'interpretazione dei risultati, le prove penetrometriche sono state assimilate a prove rapide in condizioni di drenaggio impedito (condizioni non drenate) e, nella definizione del comportamento geotecnico, è stata adottata una distinzione fondamentale fra terreni incoerenti (resistenza al taglio caratterizzata dal solo angolo di attrito) e terreni fini (resistenza al taglio caratterizzata soprattutto dall'esistenza di legami coesivi).

Per quanto concerne la definizione dei parametri geotecnici, utilizzando le più note e diffuse correlazioni basate sui dati CPT, si è proceduto al calcolo di:

- coesione non drenata (Cu) e modulo edometrico (Ed) per i terreni coesivi.
- angolo di attrito interno ( $\phi$ ), densità relativa (Dr) e modulo di deformazione (E) per i terreni incoerenti.

I metodi utilizzati per il calcolo dei parametri geotecnici sono di seguito illustrati.

### **COESIONE NON DRENATA - Cu.**

E' stato utilizzato il metodo empirico proposto da Lunne e Eide:

$$Cu \text{ (Kg/cmq)} = (Rp - \sigma_v)/K$$

con K = costante compresa fra 12 e 19 (in funzione della plasticità)

### **MODULO EDOMETRICO - Ed**

E' stato calcolato attraverso la correlazione empirica Rp-Cu definita dalla seguente relazione, valida come stima di primo riferimento per i terreni coesivi in genere (dai limi plastici alle argille):

$$Ed \text{ (Kg/cmq)} = e^{(3.12 + 1.08cu)}$$

$$Ed \text{ (Kg/cmq)} = cu * 75$$

### PESO DI VOLUME NATURALE - $\gamma_n$ .

Per i terreni coesivi, è stata utilizzata la seguente formula di confronto:

$$\gamma_n (t/mc) = 2 + 0,515 * \text{Log} (Cu)$$

### ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO - $\phi$

Per stimare questo parametro sono stati utilizzati differenti metodi in cui l'angolo di attrito è calcolato in funzione della resistenza alla punta e della tensione verticale efficace, successivamente confrontati fra loro; in particolare:

Metodo di CAQUOT:  $\phi = 9.8 + 4.96 * \ln(qc/\sigma'v)$

Metodo di KOPPEJAN:  $\phi = 5.8 + 5.21 * \ln(qc/\sigma'v)$

Metodo di DE BEER:  $\phi = 5.9 + 4.76 * \ln(qc/\sigma'v)$

### DENSITÀ RELATIVA - DR

Definisce il grado di addensamento dei terreni attraversati; sono stati utilizzati i seguenti metodi:

HARMAN: questa correlazione è valida per tutti i tipi di sabbia e prevede di valutare la densità relativa in funzione della resistenza alla punta e della tensione verticale efficace.

$$Dr = 34.36 * \ln(qc/12.3 * \sigma'v^{0.7})$$

In cui:

$\sigma'v$  : tensione verticale efficace

$qc$  : resistenza alla punta (correlata)

SCHMERTMANN: questa correlazione è valida per tutti i tipi di suolo e prevede di valutare la densità relativa in funzione della resistenza alla punta e della tensione verticale efficace.

### MODULO DI DEFORMAZIONE - E

Definisce il valore del modulo di Young utilizzando la seguente correlazione empirica (Schmertmann)

$$E (Kg/cm^2) = 2,5 * Rp$$

## 7.1 - MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI RIFERIMENTO

Occorre precisare che il piano di inizio delle prove penetrometriche corrisponde all'attuale piano di sbancamento di cantiere, con scotico del coltivo (26 giugno 2023).

Dalle prove penetrometriche eseguite, emerge una successione lito-stratigrafica costituita da una litologia di copertura limosa (Orizzonte A) fino a circa 1.80-2.40 metri dal p.c. attuale, seguito da una litologia limosa sabbiosa con possibile incluso ghiaietto alterato (Orizzonte B), fino a circa 4.50 metri di profondità, oltre la quale si è rinvenuto un orizzonte sabbioso con ghiaia (Orizzonte C) fino alle massime profondità indagate, oltre le quali, difficoltà di infissione delle aste penetrometriche non hanno permesso il proseguimento della prova stessa – rifiuto geotecnico.

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno, segue una tabella, in cui sono riassunti i principali parametri geotecnica nominali derivati direttamente dalla prova penetrometrica alle varie profondità.

### **Orizzonte A:** limo

Profondità: da p.c. fino a 1.80-2.40 metri  
(Coesione non drenata)  $C_u = 1.10$  [Kg/cm<sup>2</sup>]  
(Peso di Volume)  $\gamma = 1.95$  [Ton/m<sup>3</sup>]  
(Modulo Edometrico)  $E = 105$  [Kg/cm<sup>2</sup>]

### **Orizzonte B:** limo sabbia e ghiaia

Profondità: da 1.80-2.40 fino a 4.50 metri  
(Angolo di attrito di picco)  $\phi = 36^\circ$   
(Densità relativa)  $D_r = 60\%$   
(Peso di Volume)  $\gamma = 2.00$  [Ton/m<sup>3</sup>]  
(Modulo Elastico)  $E' = 250$  [Kg/cm<sup>2</sup>]

### **Orizzonte C:** ghiaia e sabbia

Profondità: da 4.50 fino alle massime profondità  
(Angolo di attrito di picco)  $\phi = 42^\circ$   
(Densità relativa)  $D_r = 80\%$   
(Peso di Volume)  $\gamma = 2.10$  [Ton/m<sup>3</sup>]  
(Modulo Elastico)  $E' = 550$  [Kg/cm<sup>2</sup>]

Dalle prove penetrometriche eseguite in data giugno 2023, non è stato delineato un livello acquifero naturale.

## **8.0 - PORTANZA DEI TERRENI DI FONDAZIONE**

Le NTC '08 e '18 (D.M. 14.01.2008 e successivi) hanno introdotto un sisma di progetto non per ogni comune come da NTC05, ma per ogni punto del territorio, (punti di ancoraggio nodali di un reticolo di 4 Km di lato). Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale a campo aperto sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica Pvr probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $T_r$ :

$a_g$  = accelerazione massima al sito di riferimento;

$F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_C^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

La determinazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, che si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale, sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle grandezze fondamentali, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica Pvr probabilità di superamento nel periodo di riferimento in riferimento ai vari stati limite.

Seguono le caratteristiche del sito in esame in funzione delle coordinate geografiche di riferimento baricentriche, ed i relativi parametri sismici, ipotizzati sulla struttura e del sito in oggetto: categoria litologica e topografica.

Il terreno è stato associato ad una categoria di tipo B alla luce delle risultanze dell'indagine sismica attiva eseguita in sito con  $V_{s30eq} = 490$  m/s, mentre la topografia T1 poiché non si hanno versanti con pendenze superiori a  $15^\circ$  (25-30%).

Si rimane a disposizione di qualunque variazione dettata dal tecnico progettista.

### **Parametri Sismici**

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	50anni
Coefficiente cu:	1
Operatività (SLO):	
Probabilità di superamento:	81 %
Tr:	30 [anni]
ag:	0,031 g
Fo:	2,524
Tc*:	0,203 [s]
Danno (SLD):	
Probabilità di superamento:	63 %
Tr:	50 [anni]
ag:	0,038 g
Fo:	2,567
Tc*:	0,220 [s]
Salvaguardia della vita (SLV):	
Probabilità di superamento:	10 %
Tr:	475 [anni]
ag:	0,094 g
Fo:	2,488
Tc*:	0,285 [s]
Prevenzione dal collasso (SLC):	
Probabilità di superamento:	5 %
Tr:	975 [anni]
ag:	0,123 g
Fo:	2,472
Tc*:	0,290 [s]

#### Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:	
Ss:	1,200
Cc:	1,510
St:	1,000
Kh:	0,007
Kv:	0,004
Amax:	0,364
Beta:	0,200
SLD:	
Ss:	1,200
Cc:	1,490
St:	1,000
Kh:	0,009
Kv:	0,005
Amax:	0,445
Beta:	0,200
SLV:	
Ss:	1,200
Cc:	1,410
St:	1,000
Kh:	0,023
Kv:	0,011
Amax:	1,104
Beta:	0,200

SLC:

Ss:	1,200
Cc:	1,410
St:	1,000
Kh:	0,035
Kv:	0,018
Amax:	1,445
Beta:	0,240

## 8.1 - STATO LIMITE ULTIMO - SLV

Considerando la profondità significativa, ai fini della definizione della superficie di rottura al di sotto della fondazione di progetto, sono stati ricavati i relativi parametri geotecnici caratteristici e di progetto entro il terreno per la soluzione fondazionale, in aggiunta alla profondità di incasso della fondazione dal p.c. (in accordo con la profondità cuneo di rottura pari a  $1-2xB$  fondazione a seconda di fondazioni e del bulbo di pressione per la determinazione dei cedimenti assoluti), in riferimento alla coesione non drenata ed angolo di attrito derivato dalle prove penetrometriche realizzate, considerando il lungo e breve termine, per il volume di terreno significativo per la fondazione di progetto.

Inoltre, nell'elaborazione statistica dei dati geotecnici, ai fini della definizione del volume significativo, una fondazione continua è assimilata ad una piccola superficie e risente maggiormente delle variazioni dei valori geotecnici stessi, assimilando il valore di progetto al valore minimo della serie, mentre per grandi superfici (fondazioni a platea), si può avere compensazione dei valori geotecnici, pertanto il valore caratteristico della serie, si avvicina maggiormente al valore medio della serie stessa.

Di seguito vengono calcolati i relativi valori geotecnici caratteristici, a cui occorre applicare i relativi parametri correttivi secondo i differenti possibili approcci di progetto per ricavare i parametri di progetto.

I parametri geotecnici sono differenti in caso di compensazione o meno entro il volume significativo, associato a fondazione superficiale continua (valore tendente al valore minimo nella serie di riferimento) od a platea (valore tendente al valore medio della serie di riferimento).

### **Orizzonte A:** limo

Profondità: da p.c. fino a 1.80-2.40 metri  
(Coesione non drenata)  $C_{uk} = 0.82-0.92$  [Kg/cm<sup>2</sup>]  
(Peso di Volume)  $\gamma = 1.95$  [Ton/m<sup>3</sup>]  
(Modulo Edometrico)  $E_k = 72-82$  [Kg/cm<sup>2</sup>]

### **Orizzonte B:** limo sabbia e ghiaia

Profondità: da 1.80-2.40 fino a 4.50 metri

(Angolo di attrito di picco)  $\phi_k = 31^\circ-33^\circ$   
(Densità relativa)  $D_r = 60\%$   
(Peso di Volume)  $\gamma = 2.00$  [Ton/m<sup>3</sup>]  
(Modulo Elastico)  $E'_k = 190-215$  [Kg/cm<sup>2</sup>]

**Orizzonte C:** ghiaia e sabbia

Profondità: da 4.50 fino alle massime profondità  
(Angolo di attrito di picco)  $\phi_k = 38^\circ-40^\circ$   
(Densità relativa)  $D_r = 80\%$   
(Peso di Volume)  $\gamma = 2.10$  [Ton/m<sup>3</sup>]  
(Modulo Elastico)  $E'_k = 380-425$  [Kg/cm<sup>2</sup>]

## **9.0 - COMPATIBILITA' SISMICA**

Per la verifica della compatibilità sismica dell'area all'intervento in progetto, è stata condotta una campagna di rilievi sismici passivi, per la determinazione delle  $V_{s30eq}$  e dei principali parametri elastici del terreno fondazionale, la cui relazione interpretativa segue in allegato.

### **CARATTERI LITOLOGICI AREA D'INTERVENTO**

Alla luce della determinazione delle  $V_{s30eq}$  con la campagna di rilievi sismici effettuati in sito, pari a 490 m/s, a tale situazione stratigrafica corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo B "*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)*".

### **REQUISITI PER LA SCELTA DEL PIANO DI POSA FONDAZIONALE**

Il sito di fondazione deve essere scelto in modo che, in caso d'evento sismico, sia minimo il pericolo di collasso, instabilità, liquefazione, nonché d'eccessivo addensamento terreno.

L'area in oggetto, non si trova in corrispondenza di faglie tettoniche attive (condizioni tettoniche), le condizioni morfologiche in sito sono considerate nei confronti dei differenti parametri di amplificazione morfologica ( $St$ ) che possono amplificare i pericoli derivanti da un eventuale evento sismico "per condizioni morfologiche".

Per terreni sub-pianeggianti o con pendii con angoli fino a  $15^\circ$ , si ha un parametro di correzione topografica  $St$  pari a 1.00 ( $T1$ ), ne risulta, pertanto modificata l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito.

$$a_{max} = S_s * S_t * a_g$$

Il moto sismico in superficie nel sito, è definito dall' $a_{max}$  attesa e da una forma spettrale ancorata ad essa.

Dalle indagini geognostiche eseguite sul sito e dalla campagna di rilievi sismici effettuati in sito, a confermare indagini eseguite in aree limitrofe e stratigrafie emerse da pozzi idrici, l'area è inquadrata con un terreno appartenente alla categoria sismica di tipo "B", a tale categoria viene associato un parametro litologico  $S_s = 1.20$ .

Ne deriva che l'accelerazione massima al sito =  $1.20 * 1.00 * a_g$

dove  $a_g$  = accelerazione massima orizzontale su sito di riferimento (suolo rigido con terreno di tipo A, pianeggiante T1 e free field cioè campo aperto privo di strutture).

La correzione eseguita per la determinazione dell' $a_{max}$  sul sito, permette di considerare le condizioni litologiche e morfologiche che possono alterare l'arrivo dell'onda sismica in sito, sempre in riferimento allo stato limite di riferimento.

#### LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

In accordo con l'Euro Codice 8 "UNI-ENV 1998-5-1998" al p.to 4.1.3 "terreni potenzialmente liquefacibili", si hanno le norme per la verifica alla liquefazione dei terreni.

Si definisce liquefazione, la riduzione di resistenza e/o rigidità causata durante il sisma, dall'aumento delle pressioni interstiziali in terreni saturi non coesivi, tale da provocare deformazioni permanenti significative o persino da indurre nel terreno una condizione di sforzi efficaci quasi nulli.

Al p.to 4.1.10: nel caso di edifici aventi fondazioni superficiali, la verifica della suscettibilità alla liquefazione può essere omessa se il terreno sabbioso saturo (condizione litologica peggiore), si trova a profondità superiore a 15 metri.

Non è stata eseguita la verifica alla potenziale liquefazione dei terreni granulari, per la presenza di litologie ghiaiose ed argillose prevalenti che si trovano ben al di fuori del campo litologico di potenziale liquefazione. La presenza di una certa componente sabbiosa è compensata dalla matrice ghiaiosa grossolana dei terreni in sito.

## **10.0– SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE**

Le condizioni che si hanno in sito possono portare a modificazioni dell'azione sismica di riferimento, che è definita dall'accelerazione massima attesa in sito ( $a_{max}$ ) e dalle relative forme spettrali di riferimento, che definiscono i parametri  $F_0$ ,  $T_c^*$ ,  $A_{gmax}$ .

Scenari di pericolosità sismica locale possono essere dati da faglie, instabilità gravitative, liquefazione sabbie sature, amplificazioni sismiche, addensamento terreni a grana grossa, subsidenza terreni molli a grana fina.

Nel sito di riferimento non si hanno condizioni topografiche e/o strutturali tettoniche, solamente dal punto di vista litologico si possono avere effetti che portano ad una amplificazione dell'azione sismica.

Dalle coordinate geografiche di riferimento e dalla caratterizzazione litosismica e topografica del sito si ricavano i relativi spettri elastici di risposta sismica del sito cui il progettista applicherà il coefficiente di struttura in funzione della dilatanza della struttura stessa ricavando i relativi spettri di risposta inelastici sito-struttura.

Lo spettro elastico fornisce le forze sismiche necessarie per garantire un comportamento elastico, mentre lo spettro di progetto fornisce le forze sismiche di progetto ridotte corrispondenti ad un livello di plasticizzazione compatibile con la sopravvivenza della struttura.

Dalla Tavola GEO6 "Microzonazione sismica" estratta dal PSC si evince che il settore in oggetto è caratterizzato da depositi prevalentemente ghiaiosi o limosi misti, per i quali si attende una possibile amplificazione sismica per effetti litologici, e che necessitano di un II livello di approfondimento in base alla Del.RER n.112.

In accordo con la Delibera Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 02-05-2007, e dal successivo D.G.R. n.2193/2015, D.G.R. n.630/2019 e DGR 476 e 564/2021, sono stati illustrati i Criteri per la individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la Microzonazione sismica del territorio.

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica.

Gli studi della pericolosità sismica di base e della pericolosità locale hanno come obiettivo:

- l'individuazione delle aree dove in occasione di terremoti possono verificarsi effetti locali;
- la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine;
- la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale (micro zonazione sismica).

La microzonazione sismica è la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti dallo scuotimento (risposta sismica locale).

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento in funzione delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Per la microzonazione sismica si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del moto sismico, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno).

L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolti a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato.

Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili, compresi quelli con coperture di spessore circa costante e acclività  $\leq 15^\circ$ , vale a dire in tutte le zone non interessate da instabilità nelle quali il modello stratigrafico può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale, si ritiene sufficiente **un'analisi semplificata** (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere

basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche e prove geotecniche in sito di tipo standard e l'amplificazione del moto sismico può essere stimata attraverso abachi e formule. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione litostratigrafica e geofisica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

b) un'**analisi più approfondita** (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta per la definizione di indici di rischio nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili e potenzialmente instabili;
- aree con rapida variazione della profondità del substrato rigido, come ad esempio le valli strette e profondamente incise, il cui modello stratigrafico non può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale; in questo caso sono raccomandate analisi bidimensionali.

La prima fase, o primo livello di approfondimento (individuazione delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali), viene attuata già nell'ambito della pianificazione a scala di area vasta (es. provinciale), relativamente all'intero territorio, ed è recepita e integrata, ad una scala di maggior dettaglio, nella pianificazione urbanistica comunale, limitatamente alle zone da indagare di cui al par. 2.1 del DGR 2193/2015.

La seconda fase (analisi della risposta sismica locale e microzonazione sismica del territorio) è richiesta per la predisposizione e approvazione degli strumenti di pianificazione urbanistica comunale e deve interessare le aree già urbanizzate e quelle indicate come suscettibili di urbanizzazione, i corridoi infrastrutturali e gli agglomerati posti in territorio rurale che possano considerarsi significativi, per dimensione e/o interesse insediativo, in rapporto alla realtà territoriale locale, ricadenti nelle aree potenzialmente soggette ad effetti locali individuate nella prima fase.

## **10.1 - PRIMA FASE - INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI**

### Primo livello di approfondimento

Il primo livello di approfondimento ha le seguenti finalità:

- individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica;
- definire il tipo di effetti attesi;

- indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario;
- descrivere le caratteristiche delle unità geologiche del sottosuolo, in termini di litologia, stratigrafia, tettonica e geometria per definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica.

Per lo studio in oggetto sono stati predisposte le seguenti cartografie:

- 1) Carta delle indagini;
- 2) Carta geologico-tecnica
- 3) Carta delle frequenze naturali dei terreni, derivata da indagini svedite di sismica passiva (HVSr sulle vibrazioni ambientali)
- 4) Carta delle aree suscettibili di effetti locali.

Per l'areale in oggetto si ipotizzano zone suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico per effetto dell'assetto litostratigrafico, in cui si ritiene sufficiente un approfondimento di secondo livello (analisi semplificata con seconda fase). L'areale in oggetto è caratterizzato da depositi alluvionali.

Per la caratterizzazione del sito sono state eseguite quattro prove penetrometriche all'interno dell'area, ed una indagine sismica attiva con tecnica Masw per la delimitazione, sia delle  $V_{s30eq}$  di sito.

Non si hanno elementi geomorfologici caratteristici, ne tantomeno, con differenze all'interno dell'area di studio, che presenta un andamento sub pianeggiante, con assenza di rilievi, scarpate, ecc. L'areale in oggetto presenta una potenziale amplificazione del moto sismico, indotta esclusivamente dalla condizione litologica di sito – amplificazione sismica o effetto sismico di sito per effetti litologici, come confermato dall'attuale cartografia sismica del PSC approvato.

Anche dalla Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna (edizione 2017), si evince che il settore in oggetto non è interessato da lineamenti tettonici critici.

Dall'analisi sismica eseguita in sito, emerge il valore della  $V_{seq}$  (30) pari a 490 m/s, pertanto con omogeneità areale. La cartografia viene considerata superflua, sia per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro.

Anche la carta degli effetti sismici locali per l'areale (carattere estremamente locale) risulta associata alla amplificazione litologica omogenea per tutto il settore in oggetto. La cartografia viene considerata superflua, sia per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro.

## 10.2 - SECONDA FASE - ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

La seconda fase ha come obiettivo la valutazione della risposta sismica locale e la micro zonazione sismica del territorio indagato.

### Secondo livello di approfondimento – analisi semplificata

Per la definizione dell'amplificazione ove è ritenuta sufficiente l'analisi semplificata si utilizzeranno gli abachi, le formule e le procedure indicate nell'Allegato A2.

Per tale fase di approfondimento sono state elaborate:

- 1) Carta delle velocità delle onde di taglio S ( $V_s$ ).
- 2) Carte dei fattori di amplificazione.

La stima dell'amplificazione tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule) è possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione sarà quantificata in termini di parametri FAPGA, FA0,1-0,5s, FA0,5-1s, FA0,5-1,5s che esprimono l'amplificazione per motivi stratigrafici, eventualmente incrementati con il fattore di amplificazione per cause topografiche ST. Tali coefficienti di amplificazione vengono stimati impiegando le tabelle e le formule dell'Allegato A2 (punti A2.1 e A2.2)

I FA rappresentano il rapporto fra lo scuotimento sismico, espresso con i parametri sotto indicati, valutato per la condizione geo-litologica specifica e il corrispondente scuotimento relativo alla categoria di sottosuolo A. Quest'ultimo è definito nella tabella 3.2.II delle Norme Tecniche per le Costruzioni, NTC (2008), come segue:

*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.*

I FA sono relativi a due parametri rappresentativi dello scuotimento sismico.

Il primo è l'accelerazione di picco orizzontale (**PGA**), il secondo è l'intensità spettrale.

E' stato considerato uno smorzamento  $\xi = 5\%$  e tre intervalli di periodo proprio  $T_0$  ottenendo tre valori di intensità spettrale:

**SI1** :  $0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$

**SI2** :  $0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$

**SI3** :  $0.5s \leq T_0 \leq 1.5s$

Come si evince dalla seguente figura:

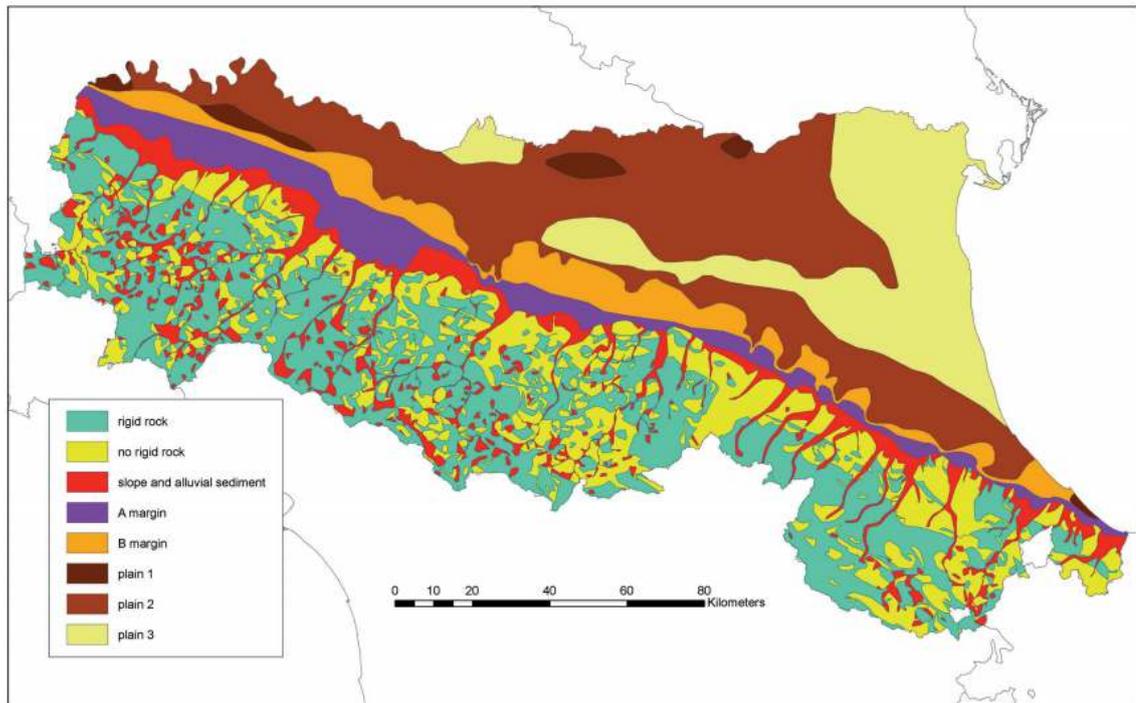


Fig. 11 - Emilia-Romagna map of the geologic macrozones for seismic studies.

per l'areale in oggetto, si considera il seguente scenario:

Margine B: caratterizzato da spessore dei terreni superficiali fini o grossolani poco consolidati superiore a 30 m; la successione sottostante è costituita da alternanze di orizzonti grossolani e orizzonti fini.

La cartografia, sia per le velocità delle onde sismiche, che per i fattori di amplificazione viene considerata superflua, sia per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro.

$V_{s30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5

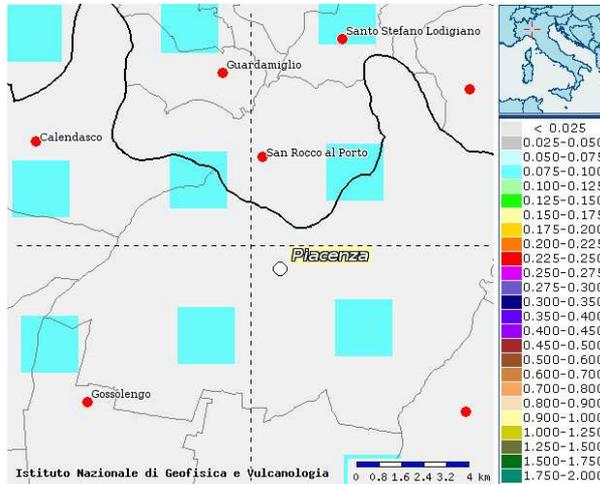
Fattore di Amplificazione **PGA**

Considerando l'analisi sismica di sito effettuata, emerge una  $V_{s30}$  pari a 490 m/s, ne deriva un  $PGA = 1.5$ .

Lo stesso procedimento viene applicato per gli altri fattori di amplificazione sismica.

### 10.3 - ACCELERAZIONE MASSIMA ORIZZONTALE DI PICCO AL SUOLO

Dal sito dell'INGV si ricava la seguente caratterizzazione per il sito in oggetto:



Con classe di accelerazione orizzontale massima al suolo: classe 0.075-0.100.

#### Calcolo magnitudo e distanza epicentrale.

Dalla Carta dei Meccanismi Focali della nuova classificazione della Regione Emilia-Romagna si evidenzia la seguente griglia di punti delle accelerazioni massime attese al suolo ( $A_{refg}$  con 10% di probabilità di superamento in 50 anni corrispondente al periodo di ritorno di 475 anni).

Evidenziando l'areale in oggetto, si ha un punto della griglia prossimo a San Nicolò a Trebbia, con relativo valore di  $A_{ref}(g)$ . I dati sono relativi ai punti di una griglia con passo 0.05 gradi, ed i valori sono stati elaborati da INGV2.

$$A_{ref}(g) = 0.0954$$

Dalla Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della R.E.R. del 2 maggio 2007 n.112 inerente i nuovi indirizzi di micro zonazione sismica in Emilia Romagna, vengono definiti per ciascun Comune della Regione i valori di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo (All. A della Del. 112/2007) espressa in funzione dell'accelerazione di gravità  $g$  ( $a_{refg}$ ), ed al Comune di Rottofreno si ha un valore di 0.094g.

## **11.0 – CONCLUSIONI**

Dalla Carta di fattibilità geologica delle trasformazioni dell'uso del suolo – Tav. G7 estratta dal PSC Comunale, questo settore è associato a zone a fattibilità geologico-idraulica con modeste limitazioni all'insediamento residenziale e industriale – zone con vulnerabilità alta degli acquiferi.

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni.

In linea generale si tratta di zone che presentano problematiche sotto il profilo idrogeologico perché suscettibili all'inquinamento delle acque sotterranee, ma facilmente risolvibili attraverso adeguati accorgimenti costruttivi da definire in sede di progettazione, sulla base di specifici approfondimenti per la mitigazione del rischio. In particolare le attività edificatorie potranno essere attuate solo dimostrando, in sede progettuale e tramite opportuno studio idrogeologico, che gli interventi non arrecheranno impatti negativi sulle falde sotterranee e nel caso dovranno prevedersi tutte le misure di salvaguardia possibili. Per la gestione degli scarichi, dei pozzi e delle acque di prima pioggia si rimanda alle Norme Tecniche del PTCP vigente.

Tutti i nuovi interventi edilizi dovranno essere realizzati con modalità atte a consentire una corretta regimazione delle acque superficiali. In particolare i materiali impiegati per le pavimentazioni dovranno favorire l'infiltrazione nel terreno e comunque la ritenzione temporanea delle acque di precipitazione. Tutti i nuovi interventi edilizi dovranno inoltre essere realizzati in modo da non alterare la funzionalità idraulica del contesto in cui s'inseriscono garantendo il mantenimento dell'efficienza della rete di convogliamento e di recapito delle acque superficiali.

E' vietato interrompere e/o impedire il deflusso superficiale dei fossi e dei canali nelle aree agricole, sia con opere definitive sia provvisorie, senza prevedere un nuovo e/o diverso recapito per le acque di scorrimento intercettate.

Per gli interventi edilizi che provochino l'impermeabilizzazione di grandi superfici di terreno, al fine di evitare un aumento eccessivo di carico idraulico nella rete di scolo superficiale e nella rete fognaria esistente si dovranno utilizzare degli appositi bacini di accumulo temporaneo per la raccolta delle acque intercettate dalle coperture degli edifici nel rispetto di quanto previsto dal DPR 18.02.1999 n.238. I manufatti di raccolta, di recapito e di accumulo delle acque meteoriche dovranno essere compresi, unitariamente, nelle opere di urbanizzazione primaria.

Nelle aree di nuova edificazione, comprese quelle già edificate richiedenti interventi di ristrutturazione ed ampliamento, situate nelle zone a "Fattibilità con modeste limitazioni", ma a distanze inferiori di 100 metri alle frane, deve essere verificata la propensione al dissesto e predisposti gli interventi di bonifica e regimazione idrologica necessari per evitare il propagarsi e l'estensione del dissesto già in atto in aree limitrofe.

Si raccomanda di tenere conto dei seguenti accorgimenti costruttivi.

- Verificare durante le eventuali fasi di scavo la reale successione lito-stratigrafica perchè potrebbero emergere locali variazioni litologiche anche a differenti profondità dal piano di campagna. E' possibile inoltre, rinvenire "lenti" litologiche di terreni relativamente coesivi sciolti (argillosi e limosi), associati soprattutto al passaggio tra differenti litologie. Nel caso il piano

di posa fondazionale corrispondesse a tali livelli, si consiglia di approfondirlo fino a raggiungere il sottostante orizzonte portante con arricchimento ghiaioso.

- Impermeabilizzare le pareti interrato a contatto con il terreno. Malgrado nei terreni attraversati non si sia riscontrata la presenza d'acqua ai livelli interessati dal piano di posa delle fondazioni, potrebbero manifestarsi occasionali infiltrazioni d'umidità nei periodi particolarmente piovosi o di precipitazioni nevose. Un eventuale innalzamento del livello freatico, porterebbe a lievi diminuzioni dei parametri geotecnici di questi terreni granulari molto permeabili.
- Si raccomanda di evitare qualsiasi dispersione o infiltrazione d'acqua nel sottosuolo, sia durante sia al termine dei lavori, specie in prossimità delle opere di fondazione, adottando una scrupolosa raccolta di tutte le acque di scolo superficiali che dovranno essere smaltite entro recapiti autorizzati.
- Occorrerà prestare particolare attenzione alla realizzazione delle opere di scavo fondazionale, per la stabilità dei fronti stessi. Opportune opere di contenimento sono consigliate per la realizzazione di tali scavi nel caso di angoli di scarpa maggiori di quelli di attrito interno dei terreni stessi coinvolti negli scavi.
- Prestare attenzione a scavi a ridosso di strutture esistenti, soprattutto se a maggiori profondità del piano fondazionale, per la possibilità di avere rilasci tensionali che si potrebbero riflettere sulla stabilità delle strutture.
- Si consiglia di impostare le fondazioni entro la litologia con maggiore presenza di ghiaia (Orizzonte B), sia direttamente che con sistemi di sottofondazione, anche in magrone o pali di fondazione.
- Nel caso si verificassero differenze rispetto al modello geologico definito dalla presente relazione geologica, si dovranno adottare le opportune modifiche nelle scelte progettuali.
- Prestare particolare attenzione anche ad eventuali vincoli con la struttura esistente: differenti tipologie strutturali, sistemi fondazionali e relativa profondità di posa, possono portare a cedimenti differenziali con sviluppo di quadri fessurativi al contatto tra le due strutture limitrofe.
- Un ulteriore accorgimento è dato dalla corretta regimazione del deflusso delle acque superficiali, non andando a creare aree centripete con possibili accumuli ed infiltrazioni di acque a contatto con la struttura in elevazione: il primo orizzonte limoso ha una permeabilità tale da assorbire acqua, ma non ne permette il relativo drenaggio in tempi brevi.

- La successione litostratigrafica ottenuta dai sondaggi ha delineato un orizzonte ghiaioso portante ad una profondità di circa 2.50 metri dall'attuale piano di campagna con maggiore arricchimento entro l'Orizzonte C a circa 4.50 metri di profondità; per cui se i carichi ammissibili dei terreni fino a tale profondità non risultassero soddisfacenti, si consiglia di approfondire il piano di imposta dei plinti, o direttamente oppure con un massello di sottofondazione alleggerito in magrone fino ad arrivare allo strato ghiaioso. E' consigliabile verificare direttamente durante gli scavi la reale profondità dello strato ghiaioso, poichè nonostante la corrispondenza litostratigrafica ottenuta dai due sondaggi eseguiti, è possibile che all'interno dell'area soggetta all'intervento si rinvenivano delle variazioni della potenza di tali orizzonti, anche al fine della quantificazione dell'eventuale volume di "magrone".



*Nel dichiararmi a disposizione per eventuali chiarimenti, colgo l'occasione per porgere i più distinti saluti.*

*Fiorenzuola d'Arda  
29 giugno 2023  
Massimo dott. Mannini geologo*

## INDAGINE SISMICA CON TECNICA MASW

Al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh e Love da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) utili a definire il profilo verticale della VS (velocità di propagazione delle onde di taglio). Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del DM 2018.

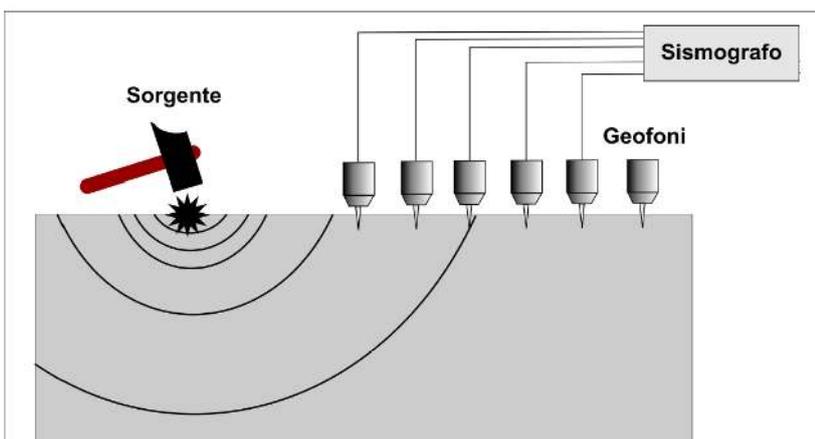
Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (VS).

La classificazione dei terreni è stata svolta sulla base del valore della Vs30 (il valore *medio* della VS nei primi 30m di profondità) definita dalla relazione:

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

in cui  $V_{s_i}$  e  $h_i$  sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell' $i$ -esimo strato.

L'acquisizione è avvenuta tramite sismografo a 12 canali (mod. Ambrogeo) collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz (spaziatura tra geofoni 5 m, 1s di acquisizione, offset minimi di 5 m).



**Figura 1.** Stendimento sismico. Nel caso si utilizzi una sorgente ad impatto verticale e geofoni a componente verticale, si acquisiranno dati utili all'analisi delle onde di Rayleigh.

Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software *winMASW* 4.1.1 Pro ([www.eliosoft.it](http://www.eliosoft.it)).

I dati acquisiti sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (VS). Il *dataset* appare dominato dal modo fondamentale delle onde di Rayleigh, con alcuni segnali a frequenze superiori a 15 Hz pertinenti al primo modo superiore.

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh e Love a partire da dati di sismica attiva (*MASW*) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS (e del modulo di taglio) e, di conseguenza, del parametro  $V_{s30eq}$ , risultato per il modello medio pari a 490 m/s (considerando come riferimento il piano campagna).

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

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

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

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

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

**Subsurface Model**

Vs (m/s): 160 450 565 800

Thickness (m): 1.5, 3.5, 26.0

Density (gr/cm3) (approximate values): 1.83 2.04 2.09 2.15

Shear modulus (MPa) (approximate values): 47 413 668 1377

Analyzing Phase velocities

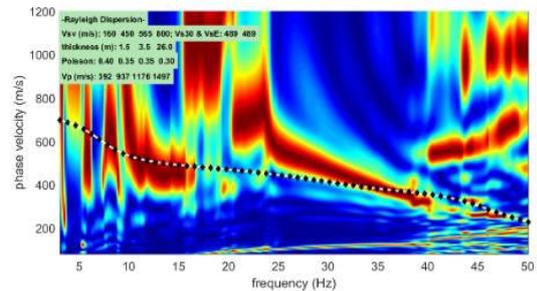
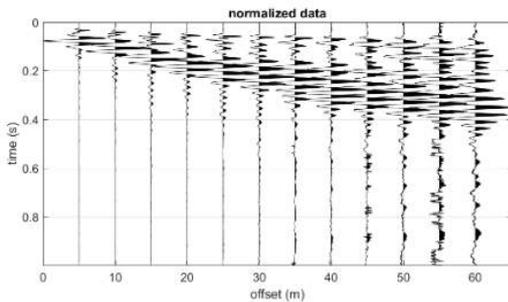
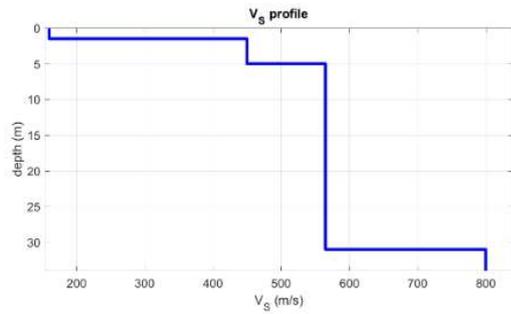
Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

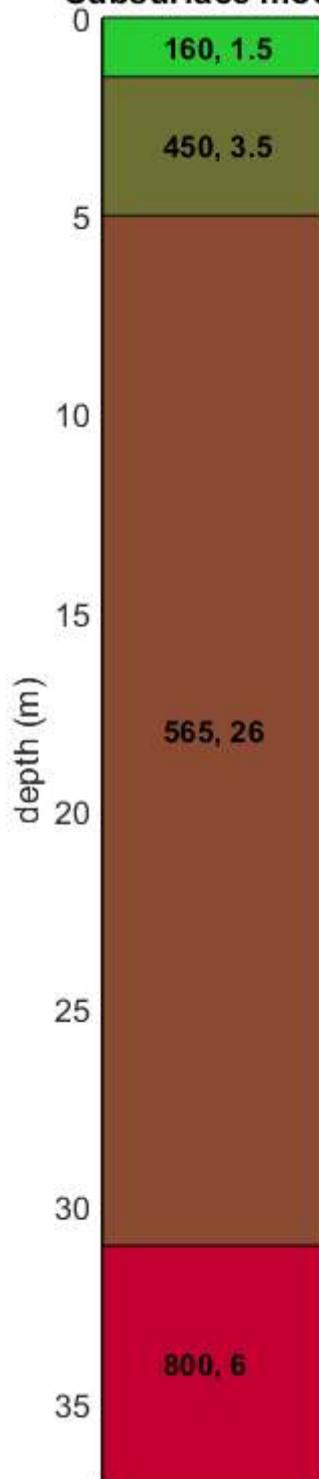
Vp (m/s): 392 937 1176 1497

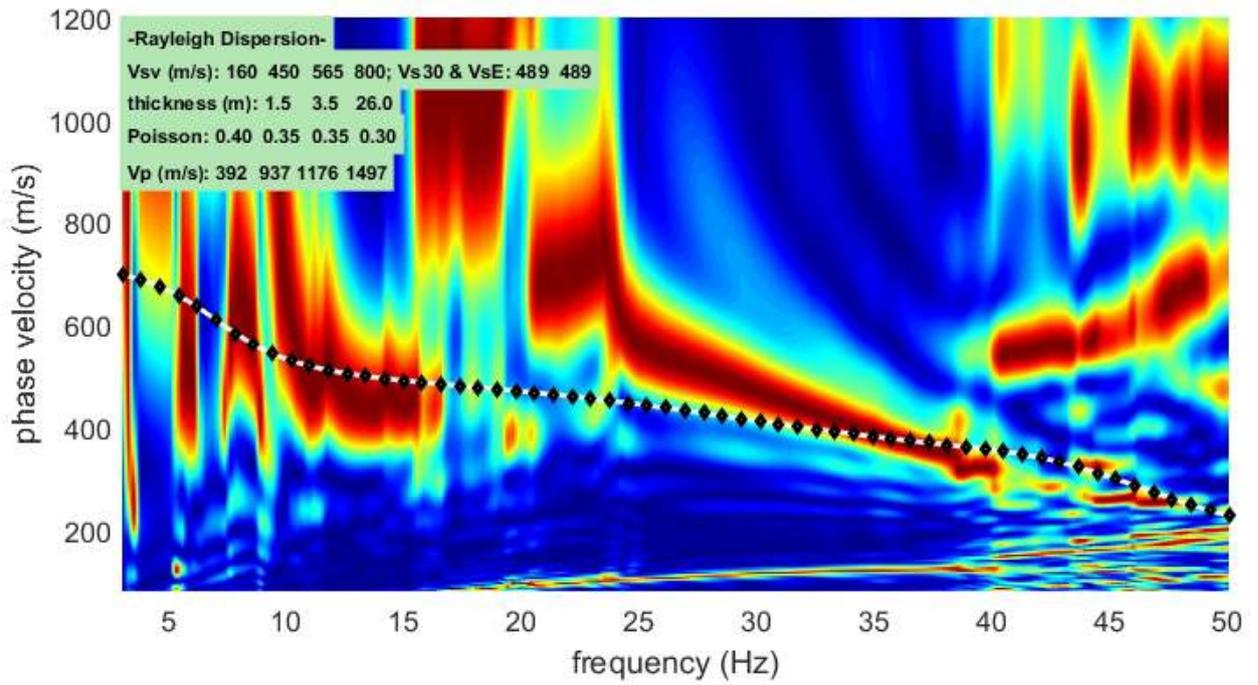
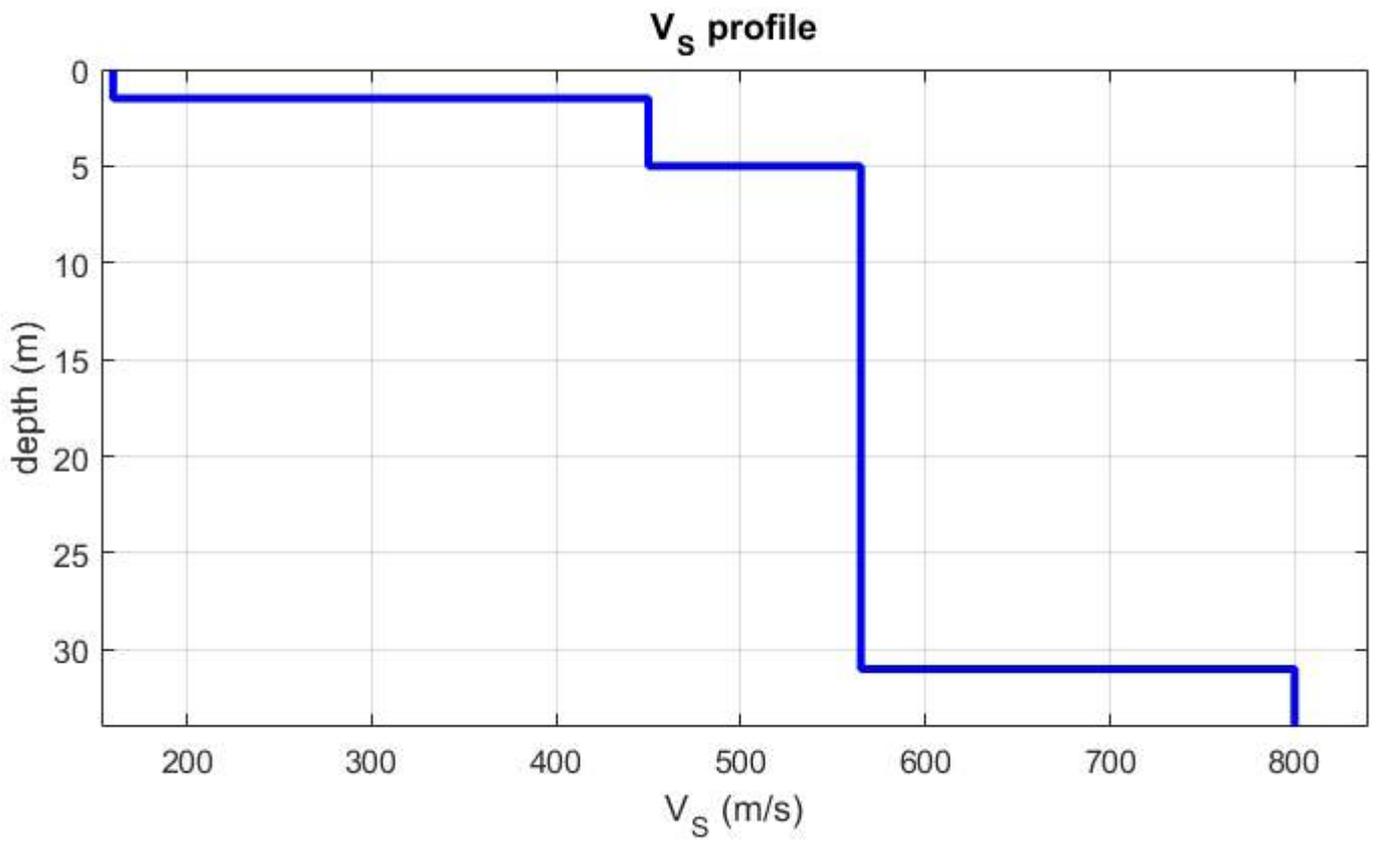
Poisson: 0.40 0.35 0.35 0.30

Vs30 and VsE (m/s): 489 489



### Subsurface model





# PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: Cantiere: Località:	
--	--

## Caratteristiche Strumentali PAGANI 100 kN

<b>Rif. Norme</b>	<b>ASTM D3441-86</b>
<b>Diametro Punta conica meccanica</b>	<b>35,7</b>
<b>Angolo di apertura punta</b>	<b>60</b>
<b>Area punta</b>	<b>10</b>
<b>Superficie manicotto</b>	<b>150</b>
<b>Passo letture (cm)</b>	<b>20</b>
<b>Costante di trasformazione Ct</b>	<b>10</b>

PROVA ... Nr.1

Committente:  
 Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN  
 Prova eseguita in data: 28/06/2023  
 Profondità prova: 2,40 mt  
 Località:

Profondità (m)	Letture punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Letture laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	68,00	83,0	68,0	1,0	68,0	1,5
0,40	68,00	83,0 68,0		1,266667	53,684	1,9
0,60	75,00	94,0	75,0	1,0	75,0	1,3
0,80	75,00	90,0 75,0		0,866667	86,538	1,2
1,00	78,00	91,0 78,0		1,333333	58,5	1,7
1,20	67,00	87,0	67,0 1,2		55,833	1,8
1,40	59,00	77,0 59,0		1,333333	44,25	2,3
1,60	46,00	66,0	46,0	0,8	57,5	1,7
1,80	37,00	49,0 37,0		0,866667	42,692	2,3
2,00	37,00	50,0	37,0 2,6		14,231	7,0
2,20	150,00	189,0 150,0		6,666667	22,5	4,4
2,40	200,00	300,0 200,0		0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
2,00	61,0	1,226667	2,0	Incoerente- Coesivo	Limi e sabbia
2,40	175,0	3,333333	2,2	Incoerente	Sabbie e ghiaietto

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Nr.1

### TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	2,00	61,0	1,226667	2,94	2,87	4,05	3,58	3,20	3,05

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buismann	Buismann Sanglerat
Strato 1	2,00	61,0	1,226667	152,50	122,00	183,00	91,50

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	2,00	61,0	1,226667	2280,00	91,50

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2,00	61,0	1,226667	Imai & Tomauchi	345,14

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Stress-History
Strato 1	2,00	61,0	1,226667	7,09

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	2,00	61,0	1,226667	Meyerhof	2,16

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	2,00	61,0	1,226667	Meyerhof	2,24

### TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	Schmertmann	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowski 1985
Strato 1	2,00	61,0	1,226667	74,71	95,95	93,73	75,62	99,24
Strato 2	2,40	175,0	3,333333	93,34	100	100	94,4	100

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Durgunoglu-Mitchell 1973	Caquot	Koppejan	De Beer	Schmertmann	Roberts on & Campanella 1983	Hermineer	Meyerhof 1951
Strato 1	2,00	61,0	1,226667	41,37	38,17	35,6	33,13	41,43	45	37,79	44,39

Strato 2	2,40	175,0	3,333333	42,84	39,44	36,94	34,35	42	45	40,52	45
----------	------	-------	----------	-------	-------	-------	-------	----	----	-------	----

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 1	2,00	61,0	1,226667	152,50	122,00	273,65
Strato 2	2,40	175,0	3,333333	437,50	350,00	700,00

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Robertson & Campanella da Schmertmann	Lunne-Christoffers en 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy-Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 1	2,00	61,0	1,226667	79,97	239,28	493,35	103,70	91,50
Strato 2	2,40	175,0	3,333333	89,44	363,23	1431,84	262,50	262,50

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2,00	61,0	1,226667	Imai & Tomauchi	345,14
Strato 2	2,40	175,0	3,333333	Imai & Tomauchi	657,13

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 1	2,00	61,0	1,226667	7,09	>9	0,6	>9
Strato 2	2,40	175,0	3,333333	>9	>9	<0,5	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 1	2,00	61,0	1,226667	Kulhawy & Mayne (1990)	1,25
Strato 2	2,40	175,0	3,333333	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 1	2,00	61,0	1,226667	0,10125	0,01316
Strato 2	2,40	175,0	3,333333	0,10077	0,0131

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	2,00	61,0	1,226667	Meyerhof	1,80
Strato 2	2,40	175,0	3,333333	Meyerhof	1,80

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	2,00	61,0	1,226667	Meyerhof	2,10
Strato 2	2,40	175,0	3,333333	Meyerhof	2,10

Liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0,15

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 1	2,00	61,0	1,226667	Robertson & Wride 1997	12,5

Strato 2	2,40	175,0	3,333333	Robertson & Wride 1997	78,211
----------	------	-------	----------	------------------------	--------

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	2,00	61,0	1,226667	Piacentini-Righi 1988	3,710375E-04
Strato 2	2,40	175,0	3,333333	Piacentini-Righi 1988	3,891243E-04

PROVA ... Nr.2

Committente:

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

Prova eseguita in data: 28/06/2023

Profondità prova: 3,20 mt

Località:

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	64,00	79,0	64,0	1,0	64,0	1,6
0,40	64,00	79,0	64,0	1,8	35,556	2,8
0,60	58,00	85,0	58,0	2,866667	20,233	4,9
0,80	55,00	98,0	55,0	1,333333	41,25	2,4
1,00	74,00	94,0	74,0	1,133333	65,294	1,5
1,20	71,00	88,0	71,0	0,733333	96,818	1,0
1,40	79,00	90,0	79,0	1,0	79,0	1,3
1,60	84,00	99,0	84,0	2,933333	28,636	3,5
1,80	60,00	104,0	60,0	1,933333	31,034	3,2
2,00	78,00	107,0	78,0	1,933333	40,345	2,5
2,20	86,00	115,0	86,0	2,2	39,091	2,6
2,40	97,00	130,0	97,0	3,6	26,944	3,7
2,60	94,00	148,0	94,0	11,2	8,393	11,9
2,80	152,00	320,0	152,0	0,4	380,0	0,3
3,00	194,00	200,0	194,0	6,0	32,333	3,1
3,20	220,00	310,0	220,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
2,60	74,15385	2,589744	2,1	Incoerente-Coesivo	Limo sabbia
3,20	188,6667	2,133333	2,1	Incoerente	Sabbia e ghiaietto

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Nr.2**

**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.-Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi	
Strato 1	2,60	74,15385	2,589744	3,57	3,20	4,93	4,35	3,89	3,71

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buismann	Buismann Sanglerat
Strato 1	2,60	74,15385	2,589744	185,38	148,31	222,46	111,23

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	2,60	74,15385	2,589744	2770,53	111,30

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2,60	74,15385	2,589744	Imai & Tomauchi	388,87

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Stress-History
Strato 1	2,60	74,15385	2,589744	6,32

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	2,60	74,15385	2,589744	Meyerhof	2,19

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	2,60	74,15385	2,589744	Meyerhof	2,27

## TERRENI INCOERENT I

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Baldi 1978 - Schmertma nn 1976	Schmertma nn	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkows ki 1985
Strato 1	2,60	74,15385	2,589744	75,84	94,73	92,96	76,76	95,92
Strato 2	3,20	188,6667	2,133333	90,98	100	100	92,02	99,69

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Durguno uglu- Mitchell 1973	Caquot	Koppeja n	De Beer	Schmert mann	Roberts on & Campan ella 1983	Hermi ni er	Meyerho f 1951
Strato 1	2,60	74,15385	2,589744	40,91	37,6	35	32,58	41,26	45	36,57	45
Strato 2	3,20	188,6667	2,133333	41,78	38,25	35,68	33,2	42	45	38,08	45

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 1	2,60	74,15385	2,589744	185,38	148,31	343,51
Strato 2	3,20	188,6667	2,133333	471,67	377,33	754,67

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Robertson & Campanella da	Lunne- Christoffers en 1983 - Robertson	Kulhawy- Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
--	---------------------	-----------------------------	-----------------------------	------------------------------------	--	---------------------------	-------------------------------	------------------------

Schmertma and Powell nn 1997								
Strato 1	2,60	74,15385	2,589744	80,26	290,88	601,27	126,06	111,23
Strato 2	3,20	188,6667	2,133333	91,79	390,04	1543,23	283,00	283,00

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2,60	74,15385	2,589744	Imai & Tomauchi	388,87
Strato 2	3,20	188,6667	2,133333	Imai & Tomauchi	688,03

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Stress- History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 1	2,60	74,15385	2,589744	6,32	>9	0,65	>9
Strato 2	3,20	188,6667	2,133333	7,2	>9	0,58	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 1	2,60	74,15385	2,589744	Kulhawy & Mayne (1990)	1,16
Strato 2	3,20	188,6667	2,133333	Kulhawy & Mayne (1990)	1,26

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 1	2,60	74,15385	2,589744	0,09783	0,01272
Strato 2	3,20	188,6667	2,133333	0,10628	0,01382

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	2,60	74,15385	2,589744	Meyerhof	1,80
Strato 2	3,20	188,6667	2,133333	Meyerhof	1,90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	2,60	74,15385	2,589744	Meyerhof	2,10
Strato 2	3,20	188,6667	2,133333	Meyerhof	2,20

Liquefazione - **Accelerazione sismica massima (g)=0,15**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 1	2,60	74,15385	2,589744	Robertson & Wride 1997	37,284
Strato 2	3,20	188,6667	2,133333	Robertson & Wride 1997	65,286

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	2,60	74,15385	2,589744	Piacentini-Righi 1988	1,963758E-07
Strato 2	3,20	188,6667	2,133333	Piacentini-Righi 1988	0,001

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Coefficiente di consolidazione
--	---------------------	-----------------------------	-----------------------------	--------------	-----------------------------------

						(cm <sup>2</sup> /s)
Strato 1	2,60	74,15385	2,589744	Piacentini-Righi 1988		4,368607E-02
Strato 2	3,20	188,6667	2,133333	Piacentini-Righi 1988		0

PROVA ... Nr.3

Committente:

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

Prova eseguita in data: 28/06/2023

Profondità prova: 2,60 mt

Località:

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	47,00	74,0	47,0	1,8	26,111	3,8
0,40	47,00	74,0	47,0	2,266667	20,735	4,8
0,60	45,00	79,0	45,0	0,933333	48,214	2,1
0,80	61,00	75,0	61,0	0,933333	65,357	1,5
1,00	66,00	80,0	66,0	1,0	66,0	1,5
1,20	74,00	89,0	74,0	0,866667	85,385	1,2
1,40	68,00	81,0	68,0	0,866667	78,462	1,3
1,60	78,00	91,0	78,0	1,266667	61,579	1,6
1,80	77,00	96,0	77,0	1,533333	50,217	2,0
2,00	74,00	97,0	74,0	0,866667	85,385	1,2
2,20	79,00	92,0	79,0	2,466667	32,027	3,1
2,40	163,00	200,0	163,0	3,266667	49,898	2,0
2,60	256,00	305,0	256,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
2,20	66,9	1,3	2,0	Incoerente	Sabbie e limi
2,60	209,5	1,633333	2,0	Incoerente	Sabbie e ghiaietto

### TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa (%)

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Baldi 1978 - Schmertma nn 1976	Schmertma nn	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkows ki 1985	
Strato 1	2,20	66,9	1,3	75,98	96,77	94,61	76,9	99,16
Strato 2	2,60	209,5	1,633333	97,34	100	100	98,44	100

Angolo di resistenza al taglio (°)

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Durguno uglu- Mitchell 1973	Caquot	Koppeja n	De Beer	Schmert mann	Roberts on & Campan ella 1983	Hermi ni er	Meyerho f 1951	
Strato 1	2,20	66,9	1,3	41,39	38,16	35,59	33,11	41,55	45	37,77	45
Strato 2	2,60	209,5	1,633333	43,36	39,95	37,47	34,83	42	45	41,41	45

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)	
Strato 1	2,20	66,9	1,3	167,25	133,80	293,53
Strato 2	2,60	209,5	1,633333	523,75	419,00	838,00

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Robertson & Campanella da Schmertma nn	Lunne- Christoffers en 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy- Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 1	2,20	66,9	1,3	81,03	262,43	541,86	113,73	100,35
Strato 2	2,60	209,5	1,633333	90,90	430,90	1716,17	314,25	314,25

#### Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2,20	66,9	1,3	Imai & Tomauchi	365,17
Strato 2	2,60	209,5	1,633333	Imai & Tomauchi	733,50

#### Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Stress- History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 1	2,20	66,9	1,3	7,07	>9	0,6	>9
Strato 2	2,60	209,5	1,633333	>9	>9	<0,5	>9

#### Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 1	2,20	66,9	1,3	Kulhawy & Mayne (1990)	1,25
Strato 2	2,60	209,5	1,633333	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00

#### Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 1	2,20	66,9	1,3	0,09952	0,01294
Strato 2	2,60	209,5	1,633333	0,12445	0,01618

#### Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	2,20	66,9	1,3	Meyerhof	1,80
Strato 2	2,60	209,5	1,633333	Meyerhof	1,90

#### Liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0,15

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 1	2,20	66,9	1,3	Robertson & Wride 1997	13,579
Strato 2	2,60	209,5	1,633333	Robertson & Wride 1997	72,426

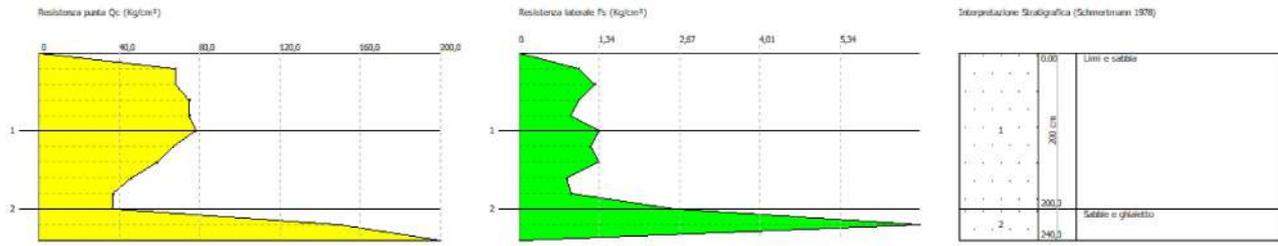
#### Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	2,20	66,9	1,3	Piacentini-Righi 1988	4,833221E-04
Strato 2	2,60	209,5	1,633333	Piacentini-Righi 1988	0,001

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1  
Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente:  
Cantiere:  
Località:

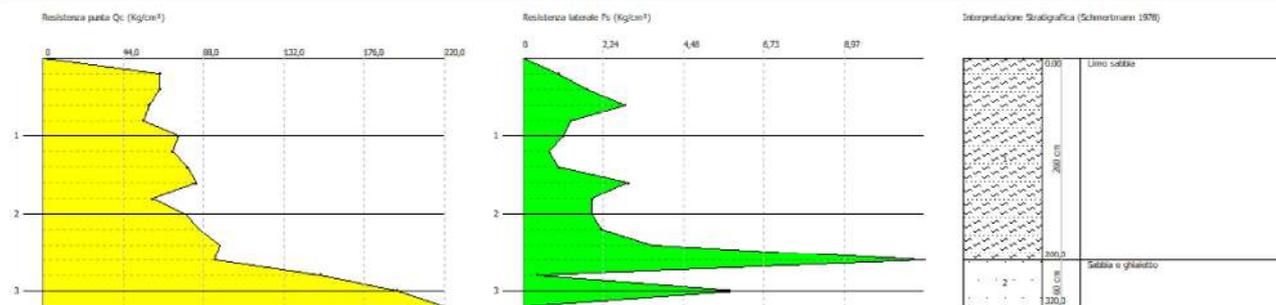
Data: 28/06/2023



Probe CPT - Cone Penetration Nr.2  
 Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente:  
 Cantiere:  
 Località:

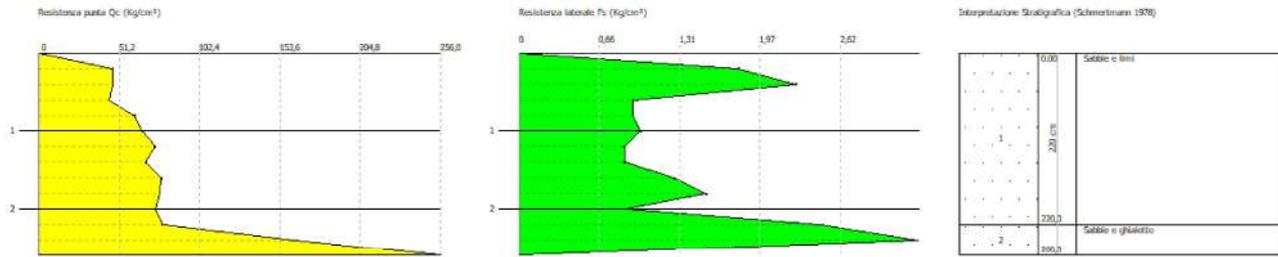
Data: 28/06/2023



Probe CPT - Cone Penetration Nr.3  
Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente:  
Cantiere:  
Località:

Data: 28/06/2023



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Descrizione: Localita':	
--	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: SCPT TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	73 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1,8
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

### PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...SCPT TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 28/06/2023

Profondita' prova 6,00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	0	0,853	0,00	0,00	0,00	0,00
0,60	0	0,847	0,00	0,00	0,00	0,00
0,90	0	0,842	0,00	0,00	0,00	0,00
1,20	0	0,836	0,00	0,00	0,00	0,00
1,50	0	0,831	0,00	0,00	0,00	0,00
1,80	0	0,826	0,00	0,00	0,00	0,00

2,10	0	0,822	0,00	0,00	0,00	0,00
2,40	0	0,817	0,00	0,00	0,00	0,00
2,70	12	0,813	64,33	79,15	3,22	3,96
3,00	11	0,809	58,67	72,55	2,93	3,63
3,30	16	0,755	79,64	105,53	3,98	5,28
3,60	10	0,801	49,65	62,00	2,48	3,10
3,90	12	0,797	59,31	74,40	2,97	3,72
4,20	24	0,694	103,22	148,80	5,16	7,44
4,50	30	0,690	121,13	175,47	6,06	8,77
4,80	33	0,637	122,97	193,02	6,15	9,65
5,10	38	0,634	140,92	222,26	7,05	11,11
5,40	41	0,581	139,34	239,81	6,97	11,99
5,70	45	0,578	144,03	249,11	7,20	12,46
6,00	55	0,575	175,21	304,46	8,76	15,22

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2,4	0	0	Coesivo	0	1,39	1,83	0,17	1,8	0	TORBA
3,9	12,2	78,72	Incoerente	0	2,03	1,99	0,49	1,5	18,3	Sabbia limosa e ghiaia
6	38	218,99	Incoerente	0	2,38	2,19	0,89	1,5	57	Ghiaia e sabbia

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S. D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Bensi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[1] - TORBA	0	2,40	0,00	0,00	0,00 - 0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - TORBA	0	2,40	Robertson (1983)	---

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - TORBA	0	2,40	0,00	--	1,79	0,00

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - TORBA	0	2,40	-20,40	0,00

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - TORBA	0	2,40	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - TORBA	0	2,40	Meyerhof	1,39

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - TORBA	0	2,40	Meyerhof	1,83

## Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - TORBA	0	2,40		0

## TERRENI INCOERENTI

## Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - Sabbia limosa e ghiaia	18,3	3,90	44,7	82,5	82,98	48,62
[3] - Ghiaia e sabbia	57	6,00	66,71	100	100	86,81

## Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck - Hanson- Thorburn- Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi - Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owaki & Iwasaki
[2] - Sabbia limosa e ghiaia	18,3	3,90	18,3	32,23	25,23	33,12	31,28	36,55	39,55	30-32	31,57	32,49	28,17	34,13
[3] - Ghiaia e sabbia	57	6,00	57	43,29	36,29	43,96	31,81	42,69	42	>38	44,24	44,1	30,95	48,76

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze- Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[2] - Sabbia limosa e	18,3	3,90	18,3	305,35	146,40	216,64	317,25	166,50

ghiaia								
[3] - Ghiaia e sabbia	57	6,00	57	538,90	456,00	673,30	607,50	360,00

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[2] - Sabbia limosa e ghiaia	18,3	3,90	18,3	109,80	65,05	129,93	119,62
[3] - Ghiaia e sabbia	57	6,00	57	342,00	144,54	404,70	292,22

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione e AGI
[2] - Sabbia limosa e ghiaia	18,3	3,90	18,3	Classificazione e A.G.I	MODERAMENTE ADDENSATO
[3] - Ghiaia e sabbia	57	6,00	57	Classificazione e A.G.I	MOLTO ADDENSATO

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Sabbia limosa e ghiaia	18,3	3,90	18,3	Terzaghi-Peck 1948	1,58
[3] - Ghiaia e sabbia	57	6,00	57	Terzaghi-Peck 1948	1,89

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Sabbia limosa e ghiaia	18,3	3,90	18,3	Terzaghi-Peck 1948	1,98
[3] - Ghiaia e sabbia	57	6,00	57	Terzaghi-Peck 1948	2,18

## Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - Sabbia limosa e ghiaia	18,3	3,90	18,3	(A.G.I.)	0,32
[3] - Ghiaia e sabbia	57	6,00	57	(A.G.I.)	0,24

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[2] - Sabbia limosa e ghiaia	18,3	3,90	18,3	999,12	738,36
[3] - Ghiaia e sabbia	57	6,00	57	2906,94	1478,26

## Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[2] - Sabbia limosa e ghiaia	18,3	3,90	18,3	Ohta & Goto (1978) Limi	141,16
[3] - Ghiaia e sabbia	57	6,00	57	Ohta & Goto (1978) Limi	187,48

**SCPT2**

Strumento utilizzato...SCPT TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 28/06/2023

Profondita' prova 6,90 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier -	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
					Herminier -	

						Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	
0,30	0	0,853	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,60	0	0,847	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,90	0	0,842	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,20	0	0,836	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,50	0	0,831	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,80	0	0,826	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,10	0	0,822	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,40	0	0,817	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,70	0	0,813	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,00	0	0,809	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,30	0	0,805	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,60	14	0,751	65,17	86,80	3,26	4,34	
3,90	17	0,747	78,75	105,40	3,94	5,27	
4,20	12	0,794	59,05	74,40	2,95	3,72	
4,50	11	0,790	50,85	64,34	2,54	3,22	
4,80	11	0,787	50,64	64,34	2,53	3,22	
5,10	16	0,734	68,69	93,58	3,43	4,68	
5,40	21	0,681	83,65	122,83	4,18	6,14	
5,70	24	0,678	90,10	132,86	4,51	6,64	
6,00	27	0,675	100,96	149,46	5,05	7,47	
6,30	34	0,623	117,23	188,21	5,86	9,41	
6,60	37	0,620	120,60	194,41	6,03	9,72	
6,90	45	0,568	134,29	236,44	6,71	11,82	

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
3,3	0	0	Coesivo	0	1,39	1,83	0,23	1,8	0	TORBA
5,1	13,5	81,48	Incoerente	0	2,07	2,01	0,65	1,5	20,25	SABBI E GHIAIE
6,9	31,33	170,7	Incoerente	0	2,27	2,16	1,04	1,5	46,99	GHIAIA E SABBI A

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S. D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Bensi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Bege mann	De Beer
[1] - TORBA	0	3,30	0,00	0,00	0,00 - 0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - TORBA	0	3,30	Robertson (1983)	---

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - TORBA	0	3,30	0,00	--	1,79	0,00

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - TORBA	0	3,30	-20,40	0,00

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - TORBA	0	3,30	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - TORBA	0	3,30	Meyerhof	1,39

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - TORBA	0	3,30	Meyerhof	1,83

## Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - TORBA	0	3,30		0

## TERRENI INCOERENTI

## Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - SABBIA E GHIAIE	20,25	5,10	44,32	81,48	80,87	51,6
[3] - GHIAIA E SABBIA	46,99	6,90	59,08	100	100	77,89

## Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck - Hanson-Thorburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi - Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[2] - SABBIA E GHIAIE	20,25	5,10	20,25	32,79	25,79	33,67	30,83	37,14	39,41	30-32	32,43	33,08	27,95	35,12
[3] - GHIAIA E SABBIA	46,99	6,90	46,99	40,43	33,43	41,16	31,16	42,25	42	35-38	41,55	41,1	29,66	45,66

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media

			falda			ghiaiosa)		
[2] - SABBIA E GHIAIE	20,25	5,10	20,25	321,21	162,00	239,65	331,88	176,25
[3] - GHIAIA E SABBIA	46,99	6,90	46,99	489,30	375,92	555,18	532,42	309,95

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[2] - SABBIA E GHIAIE	20,25	5,10	20,25	121,50	69,06	143,77	128,32
[3] - GHIAIA E SABBIA	46,99	6,90	46,99	281,94	123,98	333,63	247,58

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione e AGI
[2] - SABBIA E GHIAIE	20,25	5,10	20,25	Classificazione e A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - GHIAIA E SABBIA	46,99	6,90	46,99	Classificazione e A.G.I	ADDENSATO

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[2] - SABBIA E GHIAIE	20,25	5,10	20,25	Terzaghi-Peck 1948	1,60
[3] - GHIAIA E SABBIA	46,99	6,90	46,99	Terzaghi-Peck 1948	1,83

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[2] - SABBIA E GHIAIE	20,25	5,10	20,25	Terzaghi-Peck 1948	1,99

[3] - GHIAIA E SABBIA	46,99	6,90	46,99	Terzaghi-Peck 1948	2,14
-----------------------	-------	------	-------	--------------------	------

## Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - SABBIA E GHIAIE	20,25	5,10	20,25	(A.G.I.)	0,31
[3] - GHIAIA E SABBIA	46,99	6,90	46,99	(A.G.I.)	0,26

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[2] - SABBIA E GHIAIE	20,25	5,10	20,25	1098,89	785,48
[3] - GHIAIA E SABBIA	46,99	6,90	46,99	2424,37	1313,73

## Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[2] - SABBIA E GHIAIE	20,25	5,10	20,25	Ohta & Goto (1978) Limi	151,85
[3] - GHIAIA E SABBIA	46,99	6,90	46,99	Ohta & Goto (1978) Limi	188,17

**SCPT3**

Strumento utilizzato...SCPT TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 28/06/2023

Profondita' prova 6,30 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier -	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
-----------------	-----------	------------------------------------	---	-------------------------------------	---	--

						Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	
0,30	0	0,853	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,60	0	0,847	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,90	0	0,842	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,20	0	0,836	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,50	0	0,831	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,80	0	0,826	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,10	0	0,822	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,40	0	0,817	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,70	17	0,763	85,53	112,12	4,28	5,61	
3,00	17	0,759	85,07	112,12	4,25	5,61	
3,30	15	0,755	74,66	98,93	3,73	4,95	
3,60	13	0,751	60,52	80,60	3,03	4,03	
3,90	13	0,747	60,22	80,60	3,01	4,03	
4,20	13	0,744	59,94	80,60	3,00	4,03	
4,50	10	0,790	46,23	58,49	2,31	2,92	
4,80	12	0,787	55,25	70,19	2,76	3,51	
5,10	16	0,734	68,69	93,58	3,43	4,68	
5,40	24	0,681	95,60	140,38	4,78	7,02	
5,70	27	0,678	101,37	149,46	5,07	7,47	
6,00	30	0,675	112,18	166,07	5,61	8,30	
6,30	39	0,573	123,68	215,89	6,18	10,79	

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2,4	0	0	Coesivo	0	1,39	1,83	0,17	1,8	0	TORBA
5,1	14	87,47	Incoerente	0	2,08	2,01	0,61	1,5	21	SABBI A E GHIAIA
6,3	30	167,95	Incoerente	0	2,25	2,16	1,03	1,5	45	GHIAIA E SABBI A

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

#### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSP	Prof.	Terza	Sangl	Terza	U.S.	Schm	SUN	Fletc	Houst	Shioi	Bege	De
--	-----	-------	-------	-------	-------	------	------	-----	-------	-------	-------	------	----

	T	Strato o (m)	ghi- Peck	erat	ghi- Peck (1948 )	D.M. S.M	ertma nn 1975	DA (1983 ) Bena ssi e Vann elli	her (1965 ) Argill a di Chica go	on (1960 )	- Fukui 1982	mann	Beer
[1] - TOR BA	0	2,40	0,00	0,00	0,00 - 0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - TORBA	0	2,40	Robertson (1983)	---

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman- Sanglerat
[1] - TORBA	0	2,40	0,00	--	1,79	0,00

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - TORBA	0	2,40	-20,40	0,00

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - TORBA	0	2,40	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - TORBA	0	2,40	Meyerhof	1,39

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - TORBA	0	2,40	Meyerhof	1,83

## TERRENI INCOERENTI

## Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - SABBIA E GHIAIA	21	5,10	45,67	83,94	83,34	52,69
[3] - GHIAIA E SABBIA	45	6,30	58,02	100	100	76,31

## Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck - Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi - Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[2] - SABBIA E GHIAIA	21	5,10	21	33	26	33,88	30,99	37,37	39,75	30-32	32,75	33,3	28,21	35,49
[3] - GHIAIA E SABBIA	45	6,30	45	39,86	32,86	40,6	31,1	42,07	42	35-38	40,98	40,5	29,52	45

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[2] - SABBIA E GHIAIA	21	5,10	21	327,10	168,00	248,50	337,50	180,00
[3] - GHIAIA	45	6,30	45	478,82	360,00	531,70	517,50	300,00

E SABBIA								
-------------	--	--	--	--	--	--	--	--

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[2] - SABBIA E GHIAIA	21	5,10	21	126,00	70,60	149,10	131,66
[3] - GHIAIA E SABBIA	45	6,30	45	270,00	119,90	319,50	238,70

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazioni e AGI
[2] - SABBIA E GHIAIA	21	5,10	21	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - GHIAIA E SABBIA	45	6,30	45	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[2] - SABBIA E GHIAIA	21	5,10	21	Terzaghi-Peck 1948	1,61
[3] - GHIAIA E SABBIA	45	6,30	45	Terzaghi-Peck 1948	1,82

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[2] - SABBIA E GHIAIA	21	5,10	21	Terzaghi-Peck 1948	2,00
[3] - GHIAIA E SABBIA	45	6,30	45	Terzaghi-Peck 1948	2,13

## Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson

[2] - SABBIA E GHIAIA	21	5,10	21	(A.G.I.)	0,31
[3] - GHIAIA E SABBIA	45	6,30	45	(A.G.I.)	0,26

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[2] - SABBIA E GHIAIA	21	5,10	21	1137,10	803,13
[3] - GHIAIA E SABBIA	45	6,30	45	2327,73	1279,45

## Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[2] - SABBIA E GHIAIA	21	5,10	21	Ohta & Goto (1978) Limi	149,5
[3] - GHIAIA E SABBIA	45	6,30	45	Ohta & Goto (1978) Limi	184,93

**PROVA ... Nr.4**

Strumento utilizzato...SCPT TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 28/06/2023

Profondita' prova 6,00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	5	0,853	34,78	40,79	1,74	2,04
0,60	5	0,847	32,02	37,80	1,60	1,89
0,90	6	0,842	38,18	45,36	1,91	2,27
1,20	7	0,836	44,26	52,92	2,21	2,65
1,50	10	0,831	58,56	70,45	2,93	3,52

1,80	13	0,776	71,10	91,59	3,56	4,58
2,10	10	0,822	57,89	70,45	2,89	3,52
2,40	10	0,817	57,57	70,45	2,88	3,52
2,70	14	0,763	70,44	92,34	3,52	4,62
3,00	16	0,759	80,06	105,53	4,00	5,28
3,30	13	0,755	64,71	85,74	3,24	4,29
3,60	11	0,801	54,62	68,20	2,73	3,41
3,90	16	0,747	74,12	99,20	3,71	4,96
4,20	18	0,744	83,00	111,60	4,15	5,58
4,50	21	0,690	84,79	122,83	4,24	6,14
4,80	27	0,687	108,51	157,92	5,43	7,90
5,10	31	0,634	114,96	181,32	5,75	9,07
5,40	38	0,631	140,26	222,26	7,01	11,11
5,70	45	0,578	144,03	249,11	7,20	12,46
6,00	48	0,575	152,91	265,71	7,65	13,29

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1,2	5,75	44,22	Incoerente - coesivo	0	1,98	2,18	0,12	1,8	10,35	Limo
4,2	13,1	86,55	Incoerente	0	1,99	1,98	0,54	1,5	19,65	SABBIA E GHIAIA
6	35	199,86	Incoerente	0	2,31	2,18	1,04	1,5	52,5	GHIAIA E SABBIA

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S. D.M. S.M	Schmertmann (1975)	SUNDA (1983)	Fletcher (1965)	Houston (1960)	Shioi - Fukui (1982)	Bege mann	De Beer

					)			Bena ssi e Vann elli	Argill a di Chica go				
[1] - Limo	10,35	1,20	0,70	1,29	0,50 - 1,00	0,41	1,02	1,33	0,92	1,23	0,52	1,68	1,29

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Limo	10,35	1,20	Robertson (1983)	20,70

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman- Sanglerat
[1] - Limo	10,35	1,20	47,49	--	107,36	103,50

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Limo	10,35	1,20	98,63	103,50

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Limo	10,35	1,20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Limo	10,35	1,20	Meyerhof	1,98

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Limo	10,35	1,20	Meyerhof	2,18

## Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Limo	10,35	1,20		0

## TERRENI INCOERENTI

## Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Limo	10,35	1,20	39,33	74,66	91,4	33,76
[2] - SABBIA E GHIAIA	19,65	4,20	45,46	83,73	83,67	50,71
[3] - GHIAIA E SABBIA	52,5	6,00	61,94	100	100	82,53

## Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck - Hanson- Thorburn- Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi - Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Limo	10,35	1,20	10,35	29,96	22,96	30,9	33,41	33,8	38,45	<30	27,46	30,1	27,41	29,39
[2] - SABBIA E GHIAIA	19,65	4,20	19,65	32,61	25,61	33,5	31,18	36,96	39,72	30-32	32,17	32,9	28,25	34,82
[3] - GHIAIA E SABBIA	52,5	6,00	52,5	42	35	42,7	31,33	42,6	42	>38	43,06	42,75	30,06	47,4

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze- Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Limo	10,35	1,20	10,35	229,64	82,80	122,83	257,62	126,75
[2] - SABBIA	19,65	4,20	19,65	316,41	157,20	232,57	327,38	173,25

E GHIAIA								
[3] - GHIAIA E SABBIA	52,5	6,00	52,5	517,19	420,00	620,20	573,75	337,50

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Limo	10,35	1,20	10,35	62,10	48,72	73,49	84,16
[2] - SABBIA E GHIAIA	19,65	4,20	19,65	117,90	67,83	139,51	125,64
[3] - GHIAIA E SABBIA	52,5	6,00	52,5	315,00	135,30	372,75	272,15

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione e AGI
[1] - Limo	10,35	1,20	10,35	Classificazione e A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[2] - SABBIA E GHIAIA	19,65	4,20	19,65	Classificazione e A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - GHIAIA E SABBIA	52,5	6,00	52,5	Classificazione e A.G.I	MOLTO ADDENSATO

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Limo	10,35	1,20	10,35	Terzaghi-Peck 1948	1,48
[2] - SABBIA E GHIAIA	19,65	4,20	19,65	Terzaghi-Peck 1948	1,59
[3] - GHIAIA E SABBIA	52,5	6,00	52,5	Terzaghi-Peck 1948	1,87

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo
--	------	------------------	----------------------------	--------------	---------------------------

			falda		(t/m <sup>3</sup> )
[1] - Limo	10,35	1,20	10,35	Terzaghi-Peck 1948	1,92
[2] - SABBIA E GHIAIA	19,65	4,20	19,65	Terzaghi-Peck 1948	1,99
[3] - GHIAIA E SABBIA	52,5	6,00	52,5	Terzaghi-Peck 1948	2,16

## Modulo di Poisson

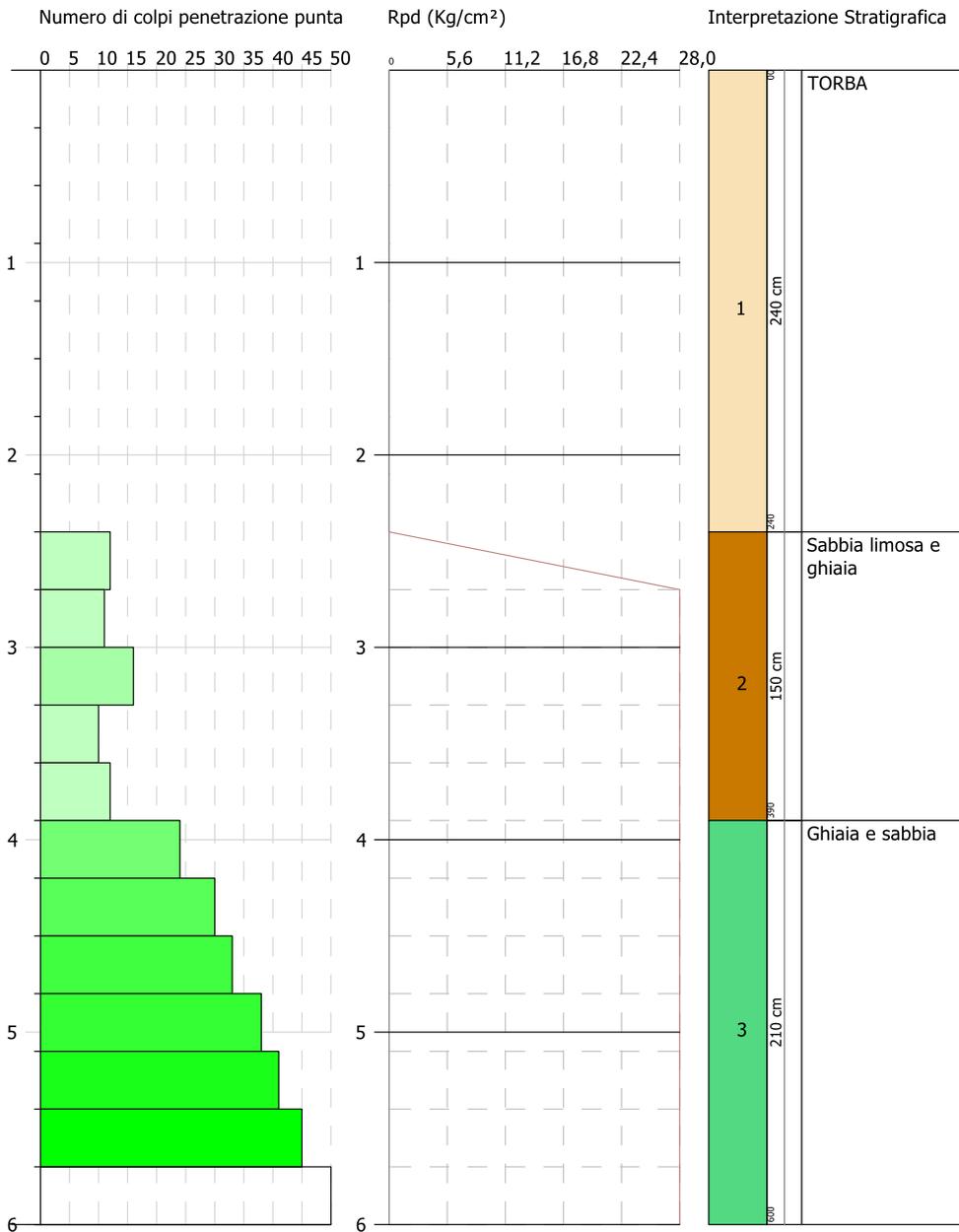
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Limo	10,35	1,20	10,35	(A.G.I.)	0,33
[2] - SABBIA E GHIAIA	19,65	4,20	19,65	(A.G.I.)	0,32
[3] - GHIAIA E SABBIA	52,5	6,00	52,5	(A.G.I.)	0,25

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Limo	10,35	1,20	10,35	584,73	521,24
[2] - SABBIA E GHIAIA	19,65	4,20	19,65	1068,25	771,18
[3] - GHIAIA E SABBIA	52,5	6,00	52,5	2690,69	1405,81

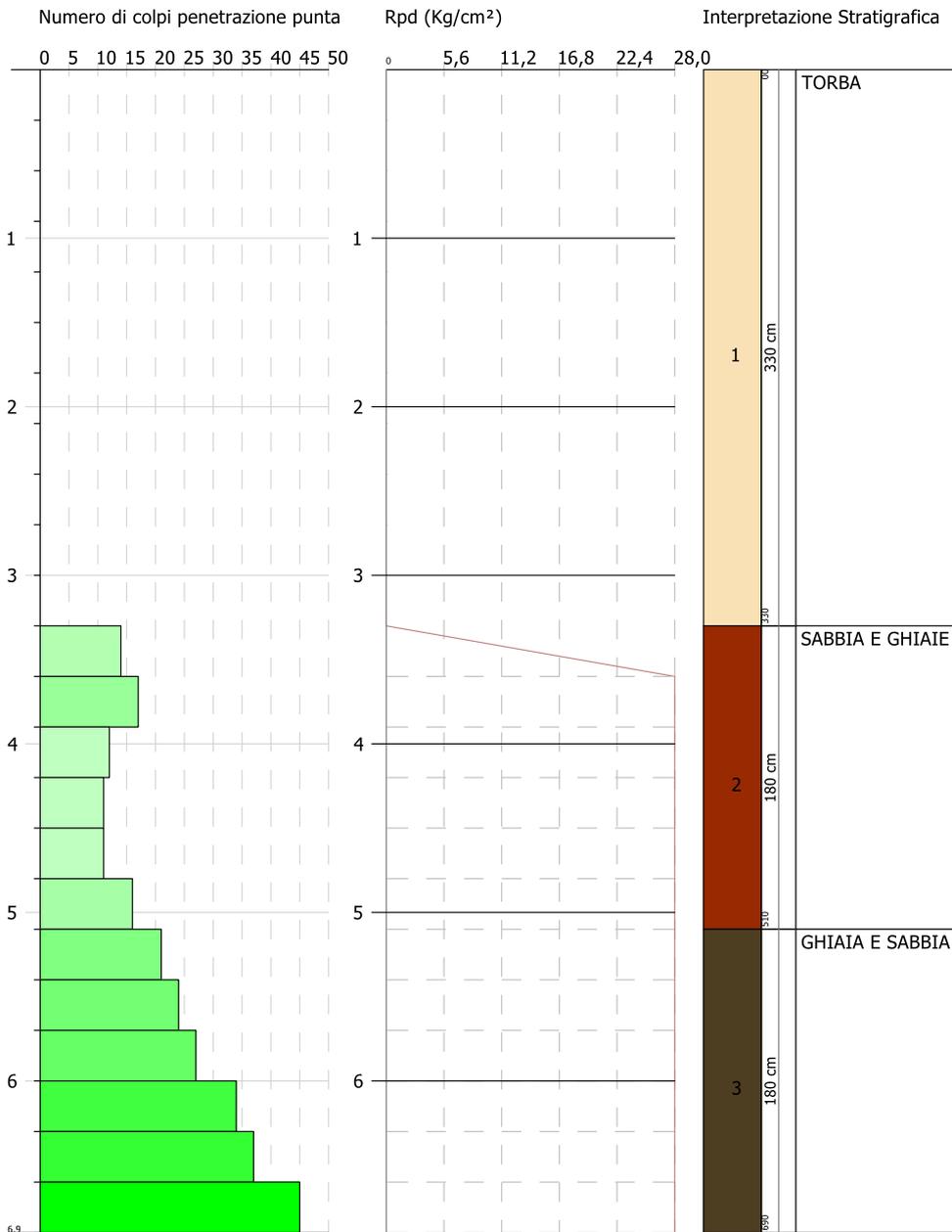
## Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Limo	10,35	1,20	10,35	Ohta & Goto (1978) Limi	92,87
[2] - SABBIA E GHIAIA	19,65	4,20	19,65	Ohta & Goto (1978) Limi	138,72
[3] - GHIAIA E SABBIA	52,5	6,00	52,5	Ohta & Goto (1978) Limi	185,9



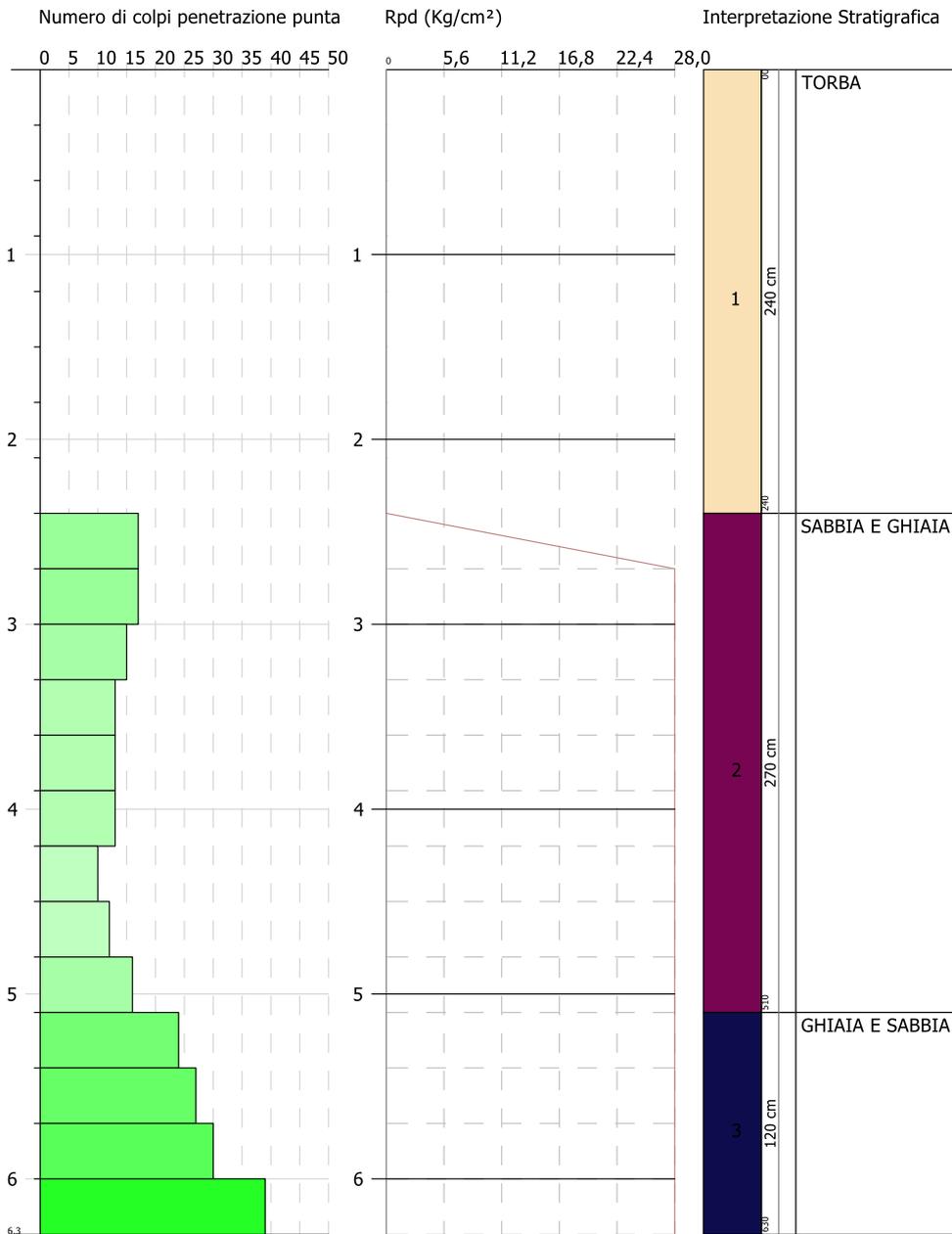
SIGNATURE 1

SIGNATURE 2



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

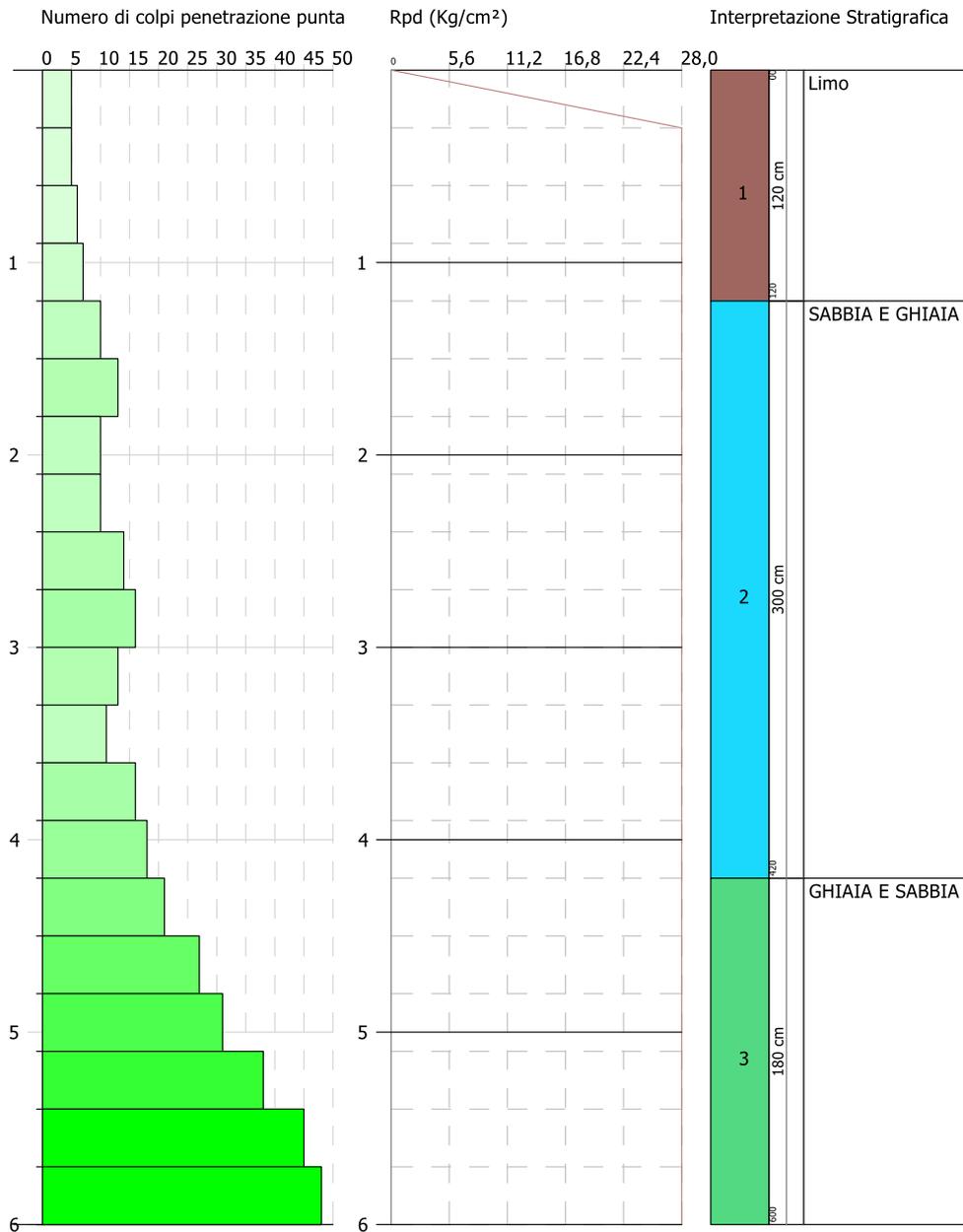
GEOSTRU  
 CHANGES FROM: PREFERENCES OPTIONS  
 COMPANY  
 .....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4  
 Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente:  
 Descrizione:  
 Localita':

28/06/2023

Scala 1:30



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2