

COMMITTENTE



SOGGETTO TECNICO

**DIREZIONE STAZIONI - INGEGNERIA E INVESTIMENTI**

PROGETTAZIONE

MANDATARIA



CODING S.R.L.

MANDANTE



POLITECNICA SOC. COOP.



SWS ENGINEERING S.P.A.

# HUB DI INTERSCAMBIO FERROVIARIO DI POMPEI

## PROGETTO DEFINITIVO

**ELABORATI DI CARATTERE GENERALE  
GEOTECNICA**

Relazione geotecnica

SCALA

-

PROGETTO	ANNO	SOTTOPR.	LIVELLO	NOME DOC.	TIPO DOC.	SCALA	NUM.	REV.
3205	20	S01	PD	PM00	RC	SX	E01A	

Rev	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato	Data	Autorizzato Il progettista	Data
A	Emissione	<i>I. Lardani</i>	<i>L. Nardoni</i>	<i>P. Luciani</i>	16/11/20	<i>G. Coppa</i>	16/11/20

Controllo Qualità

QA & QC	Verificato	Approvato	Autorizzato	Soggetto Tecnico	Data	Referente di Progetto	Data
	<i>M. Italiano</i>	<i>F. Bordon</i>	<i>R. Vangeli</i>	<i>F. Carrone</i>	16/11/20	<i>A. Martino</i>	

POSIZIONE ARCHIVIO

LINEA	SEDE TECNICA	NOME DOC.	NUMERAZIONE
= = = =			

Verificato e Trasmesso	Data	Convalidato	Data	Archiviato	Data

Progetto definitivo  
**Relazione Geotecnica**  
**HUB DI INTERSCAMBIO FERROVIARIO DI**  
**POMPEI**

<b>Rev.</b>	<b>Descrizione revisione</b>	<b>Redatto</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>	<b>Autorizzato</b>
0	Emissione	I. Lardani	L. Nardoni	P. Luciani	F. Coppa

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
2.1 NORME E/O LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE RELATIVE ALL'ACCESSIBILITÀ .....	5
2.2 NORME E/O LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE .....	5
2.3 NORME NAZIONALI .....	6
2.4 MANUALI, SPECIFICHE, ISTRUZIONI, PRESCRIZIONI, ETC. DI RFI, ATTINENTI LE OPERE CIVILI DI RFI.....	8
2.5 TARIFFE DI RFI.....	10
<b>3. INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE .....</b>	<b>11</b>
3.1 UBICAZIONE DEI SONDAGGI .....	11
3.2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ DI INDAGINE.....	12
3.3 SONDAGGIO GEOGNOSTICO E VALORI DI SPT .....	13
3.4 INDAGINI SISMICHE.....	23
3.5 PROVE DI PERMEABILITÀ .....	25
3.6 PROVE DI LABORATORIO.....	25
<b>4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>26</b>
4.1 DEFINIZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE INTERCETTATE.....	26
4.1.1 <i>Depositi incoerenti</i> .....	27
4.1.2 <i>Depositi coesivi</i> .....	33
4.2 UNITA' GEOTECNICA UG.1 .....	38
4.3 UNITA' GEOTECNICA UG.2 .....	38
4.4 UNITA' GEOTECNICA UG.3 .....	38
4.5 UNITA' GEOTECNICA UG.4 .....	39
4.6 UNITA' GEOTECNICA UG.5 .....	39

4.7	SINTESI DELLE ANALISI GEOTECNICHE .....	40
6.	CLASSIFICAZIONE SISMICA E STABILITA' DEL SITO.....	41
7.	LIQUEFAZIONE.....	41



## 2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.

NB: L'elenco riportato ha valore indicativo. L'appaltatore è comunque tenuto all'osservanza di tutte le norme, nazionali ed internazionali, applicabile ed in vigore al momento della realizzazione.

### 2.1 **Norme e/o linee guida per la progettazione e costruzione relative all'accessibilità**

- Legge 9.1.1989, n° 13. Disposizioni per favorire il superamento e l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici privati.
- D.M. (LL.PP.) 14.6.1989, n° 236. Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visibilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche.
- Legge 5.2.1992, n° 104. Legge quadro per l'assistenza, l'integrazione sociale e i diritti delle persone handicappate.
- D.P.R. 24.7.1996, n° 503. Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici.

### 2.2 **Norme e/o linee guida per la progettazione e costruzione**

- UIC (Union Internationale Des Chemins de Fer), Fiche UIC – OR, Sagoma limite cinematica internazionale, Gabarit C1. (da adottare per la rete fondamentale europea, Piano Regolatore Europeo) Parigi, 1990.
- Linee guida - Sagome. Profili minimi degli ostacoli F.S., istruzione S.O.C.S./3870, Roma, 1990.
- Linee guida - Prescrizioni per la progettazione di marciapiedi alti nelle stazioni a servizio dei viaggiatori, istruzione R/ST.OC.412/4, ASA RETE, Roma, 1996.
- Linee guida - Sagome e profili minimi degli ostacoli. 23.07.90 – 003870.
- Linee guida - Pensiline; circolare 50 5.2 (1963).
- Linee guida - Gli ambienti per servizi alla clientela - ASA Passeggeri – 1998.
- Linee guida per la progettazione – Criteri per la progettazione di fermate e piccole stazioni impresenziate – 26 aprile 2007.
- Linee guida - Metodologia per la riqualificazione dei F.V. - Divisione infrastruttura – novembre 1999 – Direzione Movimento, Terminali Viaggiatori e Merci, Sviluppo e Progettazione stazioni – marzo 2002 .

- Linee guida - Servizi igienici per il pubblico - Divisione infrastruttura - settembre 1999 – Direzione Movimento, Terminali Viaggiatori e Merci – marzo 2002.
- UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: Eurocodice 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi variabili.
- UNI EN 1991-1-4 – Luglio 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- UNI EN 206-1-2016 - Calcestruzzo. “Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1992-2 – Gennaio 2006: Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi.
- UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- UNI-EN 1998-1 – Marzo 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

### 2.3 Norme nazionali

- Decreto Ministeriale del 17/01/2018 - “Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- Circolare M.LL.PP. n. 617 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'applicazione dell' “Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al Decreto Ministeriale del 17/01/2018”.
- Legge 1086/71, Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato.
- Legge 64/74, Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- Legge 464/84, Norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio geologico della Direzione generale delle miniere del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale.
- Legge 46/90, Norme per la sicurezza degli impianti.
- Legge 109/94, La nuova legge quadro in materia di lavori pubblici - Legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modifiche ed integrazioni.

- Legge 415/98, Interpretazione del criterio applicativo dell'articolo 21, comma 1-bis della legge 18 novembre 1998, n. 415.
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64.: “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- D.M. 11/03/88, Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Legge 10/91, Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale.
- D.P.R. 447 - 06/12/91, Regolamento di attuazione della legge 46/1990, in materia di sicurezza impianti.
- D.M. 20/02/92, Modello di dichiarazione di cui al regolamento di attuazione della legge 46/1990
- D.M. 22/04/92 Formazione degli elenchi dei soggetti abilitati in materia di sicurezza degli impianti.
- D.P.R. 412 - 26/08/93, Regolamento recante norme in attuazione dell'art. 4 della legge 10/1991.
- CIR 13/12/93, Indicazioni interpretative e di chiarimento all'art. 28 della legge 10/1991.
- D.M. 13/12/93 Modelli tipo per la relazione di cui all'art.28 della legge 10/1991.
- CIR 12/04/94 Indicazioni interpretative e di chiarimento all'art. 11 del DPR 412/93.
- D.P.R. 551 - 21/12/99 Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia.
- D.P.R. 34 - 25/01/00 Regolamento recante istituzione del sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 8 della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni.
- D.M. 145 - 19/04/00 Regolamento recante il Capitolato generale d'appalto dei lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 3, comma 5, della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni.
- D.M. 04/08/00 Modificazioni alla tabella relativa alle zone climatiche di appartenenza dei comuni italiani, allegata al regolamento per gli impianti termici degli edifici, emanato con decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412.
- D.P.R. 380 - 06/06/01 Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
- D.Lgs. 301 - 27/12/02 Modifiche ed integrazioni al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, recante testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia (Decreto Legislativo 27 dicembre 2002, n. 301 - GU n. 16 del 21-1-03).

- D.M. 16/02/2007 Classificazione di resistenza dei prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione.
- D.Lgs.42 del 22/01/2004 Codice dei beni culturali e del paesaggio.
- Decreto 11 ottobre 2017 - Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.

#### **2.4 Manuali, Specifiche, Istruzioni, prescrizioni, etc. di RFI, attinenti le opere civili di RFI**

- Manuale di progettazione delle opere civili – RFI DTC SI MA IFS 001 B del 22/12/2017.
- Procedura Operativa RFI DPR SIGS POTA 13 1 0 “Gestione dei Rifiuti” nella sua revisione corrente.
- Procedura Operativa Direzionale DPR P SE 10 1 1 del 30/11/2015 “Gestione materiali provenienti da tolto d’opera”.
- Procedura Operativa Direzionale RFI DCO PD INF 003 “Valorizzazione economica delle interruzioni della circolazione ferroviaria” emessa con Comunicazione Operativa n.231/AD del 03 ottobre 2006.
- Capitolato Generale tecnico di Appalto delle Opere Civili RFI DTC SI SP IFS 001 B del 22/12/2017.
- Manuale di Progettazione – Prescrizioni tecniche per la Progettazione Esecutiva – RFI DINIC MA OC 00 000 B del 20 settembre 2004.
- Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e altre opere minori sottobinario – RFI DTC INC PO SP IFS 001 del 27 dicembre 2011.
- Specifica per la progettazione e l’esecuzione di cavalcaferrovia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria RFI DTC INC PO SP IFS 002 del 27 dicembre 2011.
- Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari RFI DTC INC PO SP IFS 003 del 27 dicembre 2011.
- Specifica per la progettazione e l’esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo RFI DTC INC PO SP IFS 004 del 28 dicembre 2011.
- Specifica per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti negli impalcati ferroviari e nei cavalcavia RFI DTC INC PO SP IFS 005 del 28 dicembre 2011.
- 2011/275/UE Specifica Tecnica di Interoperabilità sottosistema “Infrastruttura” del sistema ferroviario transeuropeo convenzionale.

- Istruzione Tecnica n.44/M – DI TC/AR ST PO 002 A del 10 aprile 2000 – “Specifica tecnica relativa al collaudo dei materiali ed alla costruzione delle travate metalliche e miste acciaio-calcestruzzo per ponti ferroviari e cavalcaferrovia”.
- Istruzione Tecnica n.44/V – DI TC/AR ST PO 005 A del 01 marzo 2001 – “Cicli di verniciatura per la protezione dalla corrosione di opere metalliche nuove e per la manutenzione di quelle esistenti”.
- Procedura RFI DMA PD IFS 002 B del 25 marzo 2009 “Gestione degli attraversamenti e parallelismi dell’infrastruttura ferroviaria con condotte, con cavalcavia o sottovia e con linee elettriche di Telecomunicazione”.
- Disposizioni Generali tecniche ed Amministrative (edizione 1957 – aggiornamento 1963) per l’esecuzione e gestione dei lavori di manutenzione dell’armamento approvate dal Ministro dei Trasporti con Decreto n. 5360 del 23 giugno 1965, limitatamente alle disposizioni tecniche ed all’art. 27 delle disposizioni amministrative.
- Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie RFI DTC INC CS SP IFS 001 del 29 novembre 2011.
- Linee guida per il collaudo statico delle opere di ingegneria civile dell’Infrastruttura Ferroviaria RFI DTC SICS PO LG IFS 001 del 27 dicembre 2013.
- Disciplinare degli elementi tecnico progettuali RFI DPR MA IFS 001 B del 1 dicembre 2016.
- Manuale DPR MA 007 1 0 del 8 agosto 2017.
- Manuale DPR MA 008 1 0 del 4 agosto 2017.
- Linea guida “Arredi di stazione – 1^ parte – indicazioni tecnico-funzionali per l’uniformità tipologica” – RFI DPR TES LG IFS 003 B del 23/12/2012.
- Manuale “Sistema Segnaletico – Revisione 2013 – Istruzioni per la progettazione e la realizzazione della segnaletica a messaggio fisso nelle stazioni ferroviarie” e successivi aggiornamenti – RFI MA IFS 001 A del 18/12/2013.
- Linea Guida “Progettazione di piccole stazioni e fermate. Dimensionamento e dotazione degli elementi funzionali (aggiornamento)” RFI DPR DAMCG LG SVI 007 B del 28/07/2014.
- Linee guida “Accessibilità nelle stazioni – Elementi per la progettazione” – RFI DPR DAMCG LG SVI 009 B del 23/05/2016.
- Lettera RFI Direzione Produzione “Accessibilità stazioni – ascensori” del 13/07/2016 RFI DPR\A0011\P\2016\0004531.
- Linea Guida “Illuminazione nelle stazioni e fermate” – RFI DPR DAMCG LG SVI 008 B del 24/07/2017.

- Manuale Operativo “Sistema Segnaletico nelle stazioni ferroviarie – Cap. IV – Segnaletica a messaggio variabile” – DPR MA 004 1 0 del 21/12/2015.
- Linea Guida “Percorsi tattili per disabili visivi nelle stazioni ferroviarie – Elementi per la progettazione (aggiornamento)” – RFI DPR DAMCG LG SVI 010 C del Febbraio 2016.
- Documento di Sistema – III Livello – “Messa in servizio dei sottosistemi strutturali”: RFI DTC P SE 01 1 2 del 20/12/2017.
- Manuale “Manuale di progettazione per la riqualificazione delle stazioni di media importanza” (1^ Parte – RFI DPR TES MA IFS 001 A del 19/02/2013.

## **2.5 Tariffe di RFI**

- Elenco Tariffe di RFI anno 2020.
- Tariffa Elenco Nuovi Prezzi (Descrizione voci di prezzo non previste nelle tariffe RFI).

### 3. INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE

Le indagini geotecniche analizzate ai fini della caratterizzazione del terreno relativo all'area di intervento, fanno riferimento alla campagna effettuata a supporto della progettazione definitiva dell'hub di interscambio ferroviario fra la linea RFI Napoli - Salerno (storica) e la linea Circumvesuviana Napoli-Sorrento.

Di seguito l'elenco delle indagini effettuate sull'area in oggetto:

- n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S1-S2-S3) spinti fino alla profondità di 30,00m dal p.c., con esecuzione delle seguenti prove in foro:
  - n.10 Standard Penetration Test (SPT), di cui n.3 riferiti al sondaggio S1, n.3 al sondaggio S2, n.4 al sondaggio S3;
- n. 5 prove penetrometriche dinamiche pesanti;
- n. 1 indagine sismica down-hole (eseguita nel sondaggio S3) per la definizione dell'azione sismica di progetto;
- n. 2 prove sismiche eseguite con metodologia MASW atte a valutare la velocità delle onde sismiche di taglio.

#### 3.1 Ubicazione dei sondaggi

Nel prospetto riportato di seguito si individuano le coordinate dei sondaggi geognostici di riferimento:

Coordinate sondaggi geognostici				
<b>S1</b>	40°44'44.39"	N	14°28'58.11"	E
<b>S2</b>	40°44'37.48"	N	14°29'22.56"	E
<b>S3</b>	40°44'45.42"	N	14°29'30.43"	E

Nello stralcio planimetrico riportato di seguito si individua il posizionamento dei tre sondaggi di riferimento per il sito di interesse, nell'ambito delle indagini della campagna sopra descritta.

Si descrivono nei paragrafi successivi più dettagliatamente le indagini svolte e gli esiti ottenuti.



Figura 2 - Ubicazione dei sondaggi geognostici di riferimento per il sito di interesse

### 3.2 Descrizione delle attività di indagine

Si forniscono nei paragrafi successivi, in forma sintetica, le caratteristiche dei sondaggi e delle prove in situ effettuate in corrispondenza dei sondaggi di riferimento.

	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
Profondità fondo foro (m)	30	30	30
Perforazione carotaggio continuo (m)	30	30	30
Esecuzione di Standard Penetration Test (SPT)	3	3	4
Prelievo campioni	-	-	-
Installazione di piezometro	x	x	x
Prova permeabilità Lefranc	-	-	-

### 3.3 Sondaggio geognostico e valori di SPT

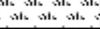
Nel prospetto di seguito si fornisce la sintesi dei valori di SPT relativi ai sondaggi di riferimento.

Per quanto riguarda i sondaggi S1-S2-S3, si individuano i seguenti valori di SPT, in corrispondenza delle profondità di seguito segnalate:

<b>Risultati prove SPT - S1</b>				
Profondità (m)	N1	N2	N3	Nspt
4.00-4.45	2	3	4	7
7.00-7.45	6	8	11	19
10.50-10.95	7	5	6	11
<b>Risultati prove SPT - S2</b>				
Profondità (m)	N1	N2	N3	Nspt
3.00-3.45	1	1	3	4
6.00-6.45	2	4	5	9
9.00-9.45	7	12	17	29
<b>Risultati prove SPT - S3</b>				
Profondità (m)	N1	N2	N3	Nspt
3.00-3.45	1	2	2	4
6.00-6.45	2	5	5	10
9.00-9.45	6	9	11	20
12.00-12.45	8	8	12	20

Di seguito, il dettaglio della stratigrafia relativa ai tre sondaggi di riferimento S1-S2-S3.



RICHIEDENTE: soc. Coding srl LOCALITA': Via Stabiana - Pompei (Na) OGGETTO: realizzazione di interscambio ferroviario di Pompei (Na)		ATTREZZATURA: Sonda Teredo 1200 METODO DI PERF: Carotaggio continuo QUOTA INIZ: Piano campagna PROFONDITA': 30.00 m UBICAZIONE: Lat 40° 41' 37,48"N Long 14° 29' 22,56"E		DATA ESECUZIONE: 25/08/2020  <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Sigla: S2</p>							
p.c.	Profondità		Colonna Stratigraf.	Stratigrafia e descrizione dei terreni	Falda m	Poker test Kg/cm <sup>2</sup>	Van test Kg/cm <sup>2</sup>	down hole piezometro	RQD %	Campioni litologici litografici	S.P.T.
	Q.rel. (m)	Spess. (m)									
	1,00	1,00		Vegetale e riporto							
	2,00	1,00		Limo							
	5,00	3,50		Limo sabbioso di colore grigio con pomici grossolani (nell'ultimo metro assume un colore rossastro)	4,50						3,00-3,45 1-1-3
	6,00	0,50		Limo sabbioso							6,00-6,45 2-4-5
	10,00	4,50		Sabbie alluvionale							9,00-9,45 7-12-17
	13,00	2,50		Livello di limo con ciottoli grossolani							
	20,00	12,50		Livello limoso con ciottoli marini arrotondati grossolani e resti organici "gusci di conchiglia"							
	25,50	1,00		Paleosuolo di colore nerastro con resti vegetali quasi torbosa							
	30,00	3,50		Sabbie alluvionale di colore nerastro							
	30,00	30,00		Fine sondaggio							

RICHIEDENTE: soc. Coding srl LOCALITA': Via Stabiana - Pompei (Na) OGGETTO: realizzazione di interscambio ferroviario di Pompei (Na)		ATTREZZATURA: Sonda Taredo 900 METODO DI PERF: Carotaggio continuo QUOTA INIZ: Piano campagna PROFONDITA': 30.00 m UBICAZIONE: Lat 40° 44' 45,42"N Long 14° 29' 30,43"E		DATA ESECUZIONE: 26/08/2020  Sigla: S3								
p.c.	Profondità		Colonna Stratigraf.	Stratigrafia e descrizione dei terreni	Falda m	Pocket test Kg/cm <sup>2</sup>	Van test Kg/cm <sup>2</sup>	down hole	piezometro	RQD %	Campioni in situ invece	S.P.T.
	Q.rel. (m)	Spess. (m)										
	1,80	1,80	Ripporto									
	3,30	1,50	Limo (ambiente palustro)		4,20							<u>3,00-3,45</u> 1-2-2
	5,00	4,70	Limo sabbioso pomiceo grossolano di colore grigio									<u>6,00-6,45</u> 2-5-5
	8,00											<u>9,00-9,45</u> 6-9-11
	10,00											<u>12,00-12,45</u> 8-8-12
	15,00		Sabbia marina di colore nerastra									
	20,00	1,00	Livello limoso ciottoloso con spigoli arrotondati									
	21,00											
	25,00	9,00	Sabbia marina di colore nerastra									
	30,00	30,00		Fine sondaggio								
	35,00											

Si riportano a seguire le foto delle cassette relative ai tre sondaggi in oggetto.

CASSETTE SONDAGGIO "S1"



Cassetta n. 1



Cassetta n. 2



Cassetta n. 3



Cassetta n. 4



Cassetta n. 5



Cassetta n. 6

CASSETTE SONDAGGIO "S2"



Cassetta n. 1



Cassetta n. 2



Cassetta n. 3



Cassetta n. 4



Cassetta n. 5



Cassetta n. 6

CASSETTE SONDAGGIO "S3"



Cassetta n. 1



Cassetta n. 2



Cassetta n. 3



Cassetta n. 4



Cassetta n. 5



Cassetta n. 6

### 3.4 Indagini sismiche

In corrispondenza del sito in esame, sono state condotte indagini geofisiche costituite da: n.1 indagine sismica di tipo down-hole approfondita fino alla quota di 30m da p.c., eseguita in corrispondenza del sondaggio S3, n.2 indagini sismiche con metodologia MASW, che hanno consentito di determinare le frequenze di sito, la velocità delle onde di compressione, le velocità media di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,30}$  e la categoria di sottosuolo corrispondente, in accordo con quanto previsto nel §3.2.2 del NTC 2018.

Nel prospetto di seguito si fornisce la sintesi dei risultati ottenuti dalla sismica down-hole, in termini di velocità media delle onde P e S.

Stratigrafia mediata								
Strato	Profond. Tetto (m)	Spessore (m)	Peso di Volume T/mc	Velocità Onde P (m/sec)	Velocità Onde S (m/sec)	Modulo di Poisson	Modulo di Young	Modulo di Taglio
1	0	4,00	1,3	246	83	0.44	293	102
2	4,00	4,00	1,4	624	205	0.44	1730	601
3	8,00	8,00	1,6	1249	487	0.41	10213	3629
4	16,00	6,00	1,6	1371	580	0.39	13600	4877
5	22,00	8,00	1,6	1469	690	0.39	13755	4944

La determinazione del tipo di suolo, secondo normativa, può essere basata sulla stima dei valori della velocità media di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ . In particolare, la normativa fa riferimento al parametro della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  (in m/s), definito dall'espressione seguente:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

$h_i$  spessore dell'i-esimo strato;

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

N numero di strati;

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

Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S portano alla determinazione di una  $V_{s,eq}$  pari a **284 m/sec**, corrispondente a una **categoria di sottosuolo tipo C**.

Per la modellazione sismica del sito sono state eseguite oltre alla prova Down-Hole, n. 2 prove sismiche con metodologia MASW atte a valutare la velocità delle onde sismiche di taglio.

Si è ottenuto il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata:

MASW n.1 modello medio			MASW n.2 modello medio		
Vs (m/s)	Densità (gr/cm3)	Spessore (m)	Vs (m/s)	Densità (gr/cm3)	Spessore (m)
99	1.67	2.40	91	1.65	2.20
218	1.86	4.90	202	1.84	4.70
274	1.92	7.10	236	1.88	6.90
480	2.05	5.20	365	1.99	4.80
717	2.13	10.40	709	2.12	11.40

Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S portano alla determinazione delle seguenti velocità equivalenti di propagazione delle onde di taglio:

Prospezione sismica	V <sub>s,eq</sub> (m/sec)	Categoria suoli
Masw n°1	308 m/sec	C
Masw n°2	283 m/sec.	C

In definitiva, sulla base degli esiti delle indagini sismiche condotte, si individua una **Categoria di sottosuolo tipo C** per le aree interessate dagli interventi di progetto, conformemente con quanto definito nella normativa vigente NTC18:

### Categoria di suolo di fondazione C

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

Suolo	Descrizione geotecnica
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	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
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.

Figura 3: Categorie di sottosuolo NTC2018

### 3.5 Prove di permeabilità

Non sono state eseguite prove di permeabilità Lefranc in corrispondenza dei sondaggi di riferimento per la caratterizzazione del sito di interesse.

### 3.6 Prove di laboratorio

Non sono stati prelevati campioni rimaneggiati/indisturbati in corrispondenza dei sondaggi di riferimento per la caratterizzazione del sito di interesse.

#### 4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La successione stratigrafica è stata desunta sulla base degli esiti delle indagini di riferimento per il progetto e dai rilievi e studi geologico-geomorfologici.

Nel seguito vengono definite le unità geotecniche intercettate per i terreni in esame.

##### 4.1 Definizione delle unità geotecniche intercettate

Sulla base dei risultati delle indagini a disposizione e dei dati di letteratura, si perviene ad una caratterizzazione geotecnica dei terreni e quindi alla definizione della stratigrafia e dei parametri geotecnici di progetto per la zona di intervento.

##### Unità geotecniche

**UG.1 (da 0.00 a 2.80m)** – TERRENO VEGETALE/RIPORTO: si tratta dello strato superficiale intercettato a partire dal p.c., caratterizzato da terreno vegetale e di riporto.

**UG.2 (da 2.80 a 7.00m)** – LIMO SABBIOSO POMICEO: livello di limo sabbioso di colore grigio con pomici grossolani (Nspt=7; 4-10; 4-9).

**UG.3 (da 7.00 a 21.80m)** – SABBIA ALLUVIONALE: livello caratterizzato da sabbie alluvionali di colore nerastro (Nspt=19-11; 20-20; 29).

**UG.4 (da 21.80 a 25.00m)** – LIMO E PIROCLASTITI: strato caratterizzato dall'alternanza di livelli di limo con ciottoli marini arrotondati grossolani e livelli piroclastici.

**UG.5 (da 25.00 a 30.00m)** – SABBIA: deposito caratterizzato dalla presenza di sabbia marina di colore nerastra.

**Livello falda:** -4.20m/-5.50m da p.c.

#### 4.1.1 Depositi incoerenti

Per i depositi prevalentemente incoerenti, i parametri geotecnici di resistenza al taglio e di deformabilità possono essere stimati sulla base dell'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT.

##### Stato di addensamento

#### Correlazione di Skempton

In accordo a quanto indicato in Skempton (1986), la densità relativa  $D_r$  può essere correlata al valore  $N_{SPT}$  con la seguente legge:

$$D_r = \left( \frac{1}{A + B \cdot \sigma'_{vo}} \cdot N_{SPT} \right)^{0.5}$$

essendo:

A, B = costanti empiriche indicate nel prospetto di seguito;

$\sigma'_{vo}$  = pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova SPT (kg/cm<sup>2</sup>);

$N_{SPT}$  = numero di colpi per 30 cm di infissione;

$D_r$  = densità relativa (-).

Tipo di materiale	A	B
Sabbie fini normalmente consolidate	27,5	27,5
Sabbie grosse normalmente consolidate	43,3	21,7
Sabbie sovraconsolidate	27,5÷43,3	$(21,7÷27,5) \cdot \frac{1+2 \cdot (k_o)_{sc}}{1+2 \cdot (k_o)_{nc}}$

Costanti empiriche A e B (Skempton, 1986)

#### Correlazione di Gibbs e Holtz

In accordo a quanto indicato da Gibbs e Holtz (1957) la densità relativa  $D_r$  può essere correlata al valore  $N_{SPT}$  con la seguente espressione:

$$D_R = \sqrt{\frac{N_{SPT}}{(16 + 23 \cdot \sigma'_{vo})}}$$

### Correlazione di Bazaraa

In accordo a quanto indicato da Bazaraa (1967) la densità relativa  $D_r$  può essere correlata al valore  $N_{SPT}$  con la seguente espressione:

$$D_R = \sqrt{\frac{N_{SPT}}{20 \cdot (1 + 4.1 \cdot \sigma_{vo}')}} \quad \text{per } \sigma_{vo}' \leq 0.732 \text{ kg/cm}^2$$

$$D_R = \sqrt{\frac{N_{SPT}}{20 \cdot (3.24 + 1.024 \cdot \sigma_{vo}')}} \quad \text{per } \sigma_{vo}' > 0.732 \text{ kg/cm}^2$$

essendo:

$D_R$  = densità relativa (-).

$\sigma_{vo}'$  = pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova SPT ( $\text{kg/cm}^2$ );

$N_{SPT}$  = numero di colpi per 30 cm di infissione.

### Parametri di resistenza

Per la stima dell'angolo di resistenza al taglio dalle prove SPT sono state utilizzate due diverse correlazioni (Bolton; Schmertmann) di seguito illustrate.

### Correlazione di Schmertmann

L'angolo di resistenza al taglio ( $\varphi'$ ) stimato dalle prove SPT in base alla correlazione proposta da Schmertmann (1977) correla l'angolo di resistenza al taglio alla densità relativa attraverso la seguente relazione:

$$\varphi = 38.5 + 0.108 \cdot D_R \quad \text{valida per sabbia e ghiaia poco limosa e ghiaietto uniforme}$$

$$\varphi = 34.5 + 0.10 \cdot D_R \quad \text{sabbia grossa-media uniformemente ben gradata}$$

$$\varphi = 31.5 + 0.115 \cdot D_R \quad \text{sabbia medio-fine uniformemente ben gradata}$$

$$\varphi = 28.0 + 0.14 \cdot D_R \quad \text{sabbia fine uniforme}$$

essendo:  $D_r$  = densità relativa

### Correlazione di Bolton

L'angolo di resistenza al taglio di picco  $\varphi'$  è stato determinato in accordo al metodo proposto da Bolton (1986):

$$\varphi' = \varphi'_{cv} + m \cdot DI$$

$$DI = D_r \cdot [Q - \ln(p'_f)] - 1$$

essendo:

$\varphi'$  = angolo di attrito di picco riferito a pressioni di 272 kPa (°);

Q = fattore che dipende dalla composizione mineralogica e dalla forma delle particelle di sabbia, valore consigliato = 10;

$p'_f = 1.4 \cdot \sigma'_{ff}$  kPa (vedasi Jamiokowski et al., 1988; in accordo a quanto proposto da Baligh, 1975, si assume  $p'_f = 1.4 \cdot 272 = 380$  kPa);

m = costante empirica dipendente dalle condizioni di deformazione prevalenti (vedasi tabella seguente (°)). Nel nostro caso si assume  $m=3$ ;

$D_r$  = densità relativa (-).

Condizioni di rottura	m
Tipo prova triassiale di compressione ( $\sigma'_2 = \sigma'_3$ )	3
Tipo prova triassiale in estensione o di deformazione piana ( $\sigma'_2 \neq \sigma'_3$ )	5
$\sigma'_2$ = tensione principale efficace intermedia $\sigma'_3$ = tensione principale efficace minore	

Valori della costante empirica m secondo Bolton (1986)

I valori dell'angolo di attrito  $\varphi'_{cv}$  sono stati ricavati in base a quanto indicato nella tabella seguente (Youd, 1972; Stroud, 1988) e sulla base delle prove di taglio diretto in laboratorio eseguite sui campioni prelevati. Nel caso specifico per l'angolo di attrito  $\varphi'_{cv}$  si è assunto, cautelativamente:

$\varphi'_{cv} = 33^\circ$  per le sabbie con ghiaia;

$\varphi'_{cv} = 30^\circ$  per le sabbie.

	Sabbie ben gradate	Sabbie uniformi
Sabbie a spigoli vivi	$\varphi'_{cv} = 38^\circ$	$\varphi'_{cv} = 34^\circ$
Sabbie a spigoli arrotondati	$\varphi'_{cv} = 33^\circ$	$\varphi'_{cv} = 30^\circ$

Valori dell'angolo di attrito  $\varphi_{cv}$  per sabbie silicee secondo quanto riportato in Stroud (1988) e Youd (1972)

### Correlazione Road Bridge Specification

$$\phi = \sqrt{15 \cdot N_{SPT}} + 15$$

Per sabbie e sabbie fini limose

### Correlazione De Mello (1971):

$$\phi' = 19 - 0.38\sigma'_v + 8.73 \log(N_{pt})$$

dove  $\sigma'_v$  è la pressione efficace in kg/cm<sup>2</sup> e  $N_{NSPT}$  il numero di colpi medio misurato.

La relazione è valida per le sabbie in genere e per qualunque profondità (tranne che per i primi 2 m sotto il p.c.). E' da considerarsi inattendibile però per valori di  $\phi'$  superiori a 38°.

### Correlazione di Meyerhof (1965)

$$\phi' = 23,7 + 0,57N_{spt} - 0,006 N_{spt}^2 \quad (>5\% \text{ limo})$$

$$\phi' = 29,47 + 0,46N_{spt} - 0,004 N_{spt}^2 \quad (<5\% \text{ limo})$$

### Caratteristiche di deformabilità

Le caratteristiche di deformabilità dei depositi incoerenti possono essere stimate, in ordine di importanza:

- sulla base dei risultati delle indagini sismiche;
- dall'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT.

Il modulo di taglio iniziale ( $G_0$ ) e quello di Young iniziale ( $E_0$ ), associabili a piccole deformazioni, possono essere ricavati dai valori delle velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) utilizzando le seguenti correlazioni:

$$G_0 = \frac{\gamma_t}{9.81} \cdot (V_s)^2 \quad (\text{kPa})$$

$$E_0 = G_0 \cdot 2 \cdot (1 + \nu)$$

essendo:

$\gamma_t$  = peso di volume naturale del terreno;

$\nu$  = coefficiente di Poisson del terreno (assunto pari a 0.3);

$V_s$  = velocità delle onde di taglio in m/sec.

La velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) può essere ricavata direttamente dai risultati delle prove geofisiche in foro di sondaggio o indirettamente, interpretando i risultati delle prove SPT attraverso la correlazione di Ohta e Goto (1978) o la correlazione di Yoshida e al. (1988).

### Correlazione di Ohta e Goto (1978)

$$V_s = C \cdot (N_{SPT} / 50\%)^{0.171} \cdot (z)^{0.199} \cdot f_A \cdot f_G \text{ (m/sec)}$$

essendo:

$C = 53.3$ ;

$z$  = profondità dal p.c. in metri;

$f_A$  = coefficiente funzione dell'epoca geologica del deposito (vedasi il prospetto di seguito);

$f_G$  = coefficiente funzione della composizione granulometrica (vedasi il prospetto di seguito).

$f_A$	<b>Olocene</b>	<b>Pleistocene</b>
	1,0	1,3

Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente  $f_A$  (funzione dell'epoca geologica del deposito)

$f_G$	<b>Ghiaie</b>	<b>Sabbie ghiaiose</b>	<b>Sabbie grosse</b>	<b>Sabbie medie</b>	<b>Sabbie fini</b>
	1,45	1,15	1,14	1,07	1,09

Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente  $f_G$  (funzione della granulometrica del deposito)

### Correlazione di Yoshida et al. (1988)

$$v_s = C \cdot (N_{SPT})^{0.25} \cdot (\sigma'_v)^{0.14} \text{ (m/sec)}$$

essendo:

$C=49$  per sabbie fini ;

$C=56$  per sabbie grosse con almeno il 25% di ghiaia;

MANDATARIA

**CODING**  
GENERAL ENGINEERING & PLANNING

MANDANTI

**POLITECNICA**  
INGEGNERIA E ARCHITETTURA

**SWS**<sup>TM</sup>

$C=60$  per 50% di ghiaia.

$\sigma_{vo}$  = pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova.

#### Correlazione di Schultze

$$E(\text{kg/cm}^2) = 5.27 N_{spt} + 76 \text{ sabbie}$$

#### Correlazione di Pasqualini (Politecnico di Torino, 1983)

$$E = B\sqrt{N_{SPT}}$$

Con  $B= 7 \text{ MPa}$

#### Correlazione di Jamiolkowski et al. (1988)

$$E'_{25} = (10.5 - 3.5) \cdot D_r \cdot N_{spt}$$

dove:

$E'_{25}$  = modulo di Young secante cui corrisponde un grado di mobilitazione della resistenza ultima pari al 25% espresso in  $\text{kg/cm}^2$ ;

$D_r$  = densità relativa espressa come numero decimale;

$N_{SPT}$  = numero di colpi risultante dalla prova SPT.

I moduli di deformabilità “operativi” ( $E'$ ) da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, saranno assunti pari a  $1/3 \div 1/5$  di quello iniziale ( $E_0$ ) oppure pari a quello desumibile dalle correlazioni empiriche.

#### 4.1.2 Depositi coesivi

Per i depositi coesivi la caratterizzazione geotecnica è stata fatta oltre che dall'interpretazione delle prove in sito, anche dai risultati delle prove di laboratorio sui campioni prelevati nei sondaggi.

##### Classificazione

La classificazione di questi terreni avverrà essenzialmente sui risultati delle seguenti prove di laboratorio:

- Analisi granulometriche;
- pesi di volume naturale e secco;
- contenuti d'acqua naturale;
- limiti di Atterberg;

##### Caratteristiche di resistenza

Per i depositi coesivi la caratterizzazione geotecnica è stata fatta oltre che dall'interpretazione delle prove in sito, anche dai risultati delle prove di laboratorio sui campioni prelevati nei sondaggi.

Per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio non drenata dei depositi coesivi ci si è basati:

- sugli esiti delle prove speditive di Pocket Penetometer (PP), correlazione  $k$  pari a 0,5 secondo la seguente relazione:

$$c_u = k * p_p$$

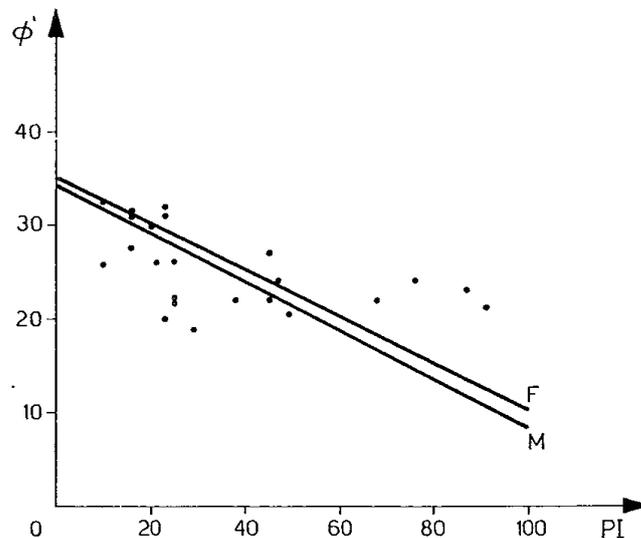
- sugli esiti delle prove penetrometriche dinamiche SPT in base alla seguente correlazione di Stroud (1974):

$$c_u \cong (5.0 \div 5.5) \cdot N_{SPT} \quad (\text{kPa})$$

In assenza di prove di laboratorio, una stima dell'angolo di resistenza al taglio per i depositi coesivi è data dalla correlazione di Flavigny in funzione dell'indice di plasticità del materiale:

$$\text{sen } \phi' = 0.58 - 0.0040 \text{ PI}$$

particolarmente adatta nel caso di argille normalconsolidate (si veda il grafico nella Figura seguente)



Andamento dell'angolo  $\phi'$  in funzione dell'indice di plasticità per un'argilla normalconsolidata

### Caratteristiche di deformabilità

Le caratteristiche di deformabilità dei depositi coesivi possono essere stimate:

- dalle prove edometriche di laboratorio;
- da correlazioni di letteratura.

Dalle prove edometriche di laboratorio generalmente si ottengono bassi valori del modulo di deformazione, in quanto la prova di laboratorio può essere affetta da errori sistematici legati alla strumentazione, alla qualità del campionamento e/o al rimaneggiamento in fase di confezionamento provino. Quindi in linea generale, quando disponibili, si è dato maggior peso ai moduli derivanti da indagini sismiche (misure dirette ed in continuo, nel qual caso prove DH), o dall'interpretazione di prove SPT.

Il valore del modulo di deformazione elastico ( $E'_v$ ) per terreni coesivi sovraconsolidati può anche essere stimato con la seguente correlazione (Stroud, 1974):

$$E'_v = 130 \cdot c_u = 130 \cdot f_1 \cdot N \quad [\text{kPa}]$$

Dove:

$E'_v$  = modulo di deformazione operativo (kPa)

MANDATARIA

**CODING**  
 GENERAL ENGINEERING & PLANNING

MANDANTI

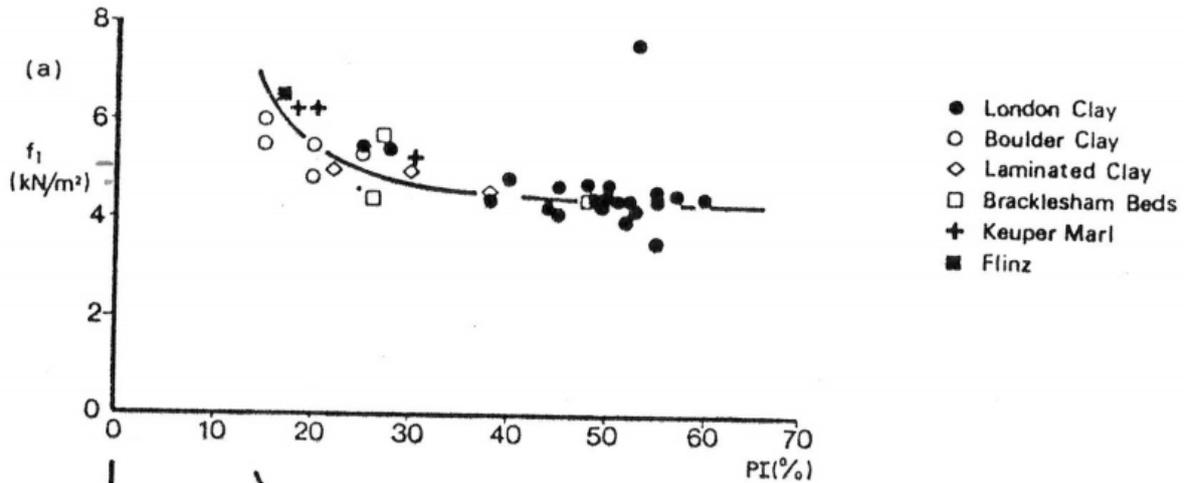
**POLITECNICA**  
 INGEGNERIA E ARCHITETTURA

**SWS**<sup>TM</sup>

$c_u$  = resistenza al taglio non drenata (kPa);

$f_1$  = fattore in funzione dell'indice di plasticità IP, (vedasi figura seguente);

N = valori di  $N_{SPT}$ .



Fattore  $f_1$  in funzione di IP

Sulla base di quanto riportato in Simpson et al. (1979) il modulo di taglio iniziale ( $G_0$ ) può essere stimato anche sulla base della seguente equazione:

$$G_0 = (500 \div 700) \cdot c_u \text{ (kPa)}$$

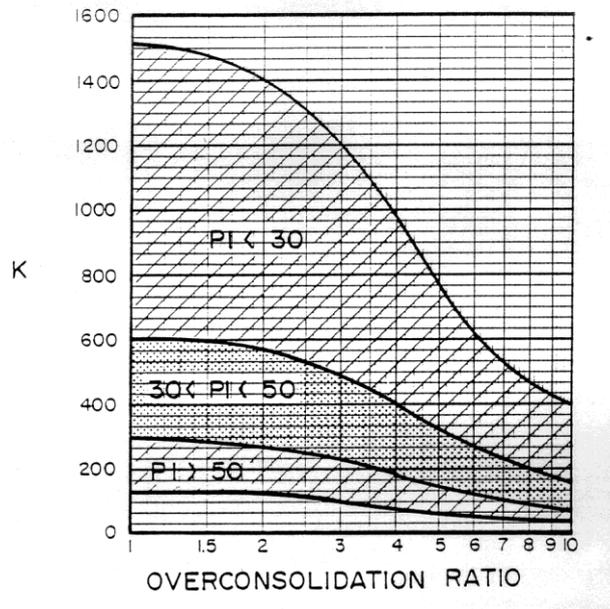
essendo:

$c_u$  = resistenza al taglio non drenata.

I moduli di deformabilità “operativi” ( $E$ ) da adottare per il calcolo delle deformazioni/cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni, saranno assunti pari a  $1/3 \div 1/5$  di quello iniziale ( $E_0$ ).

Nel caso di valutazione di cedimenti di rilevati, i moduli elastici “operativi” saranno assunti pari a  $1/10$  di quello iniziale.

Nella valutazione dei cedimenti immediati dei rilevati il modulo di deformazione in condizioni non drenate ( $E_u$ ) può essere stimato sulla base della correlazione empirica proposta da Duncan & Buchignani (1976)  $E_u = k \cdot c_u$ ; il coefficiente  $k$  è valutato con il grafico di figura seguente.



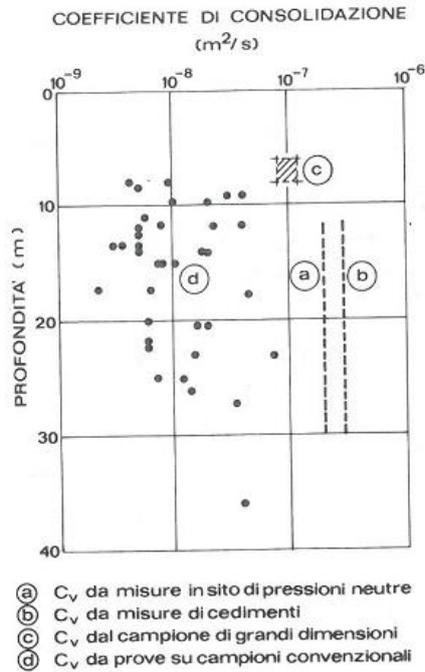
Duncan & Buchigani

### Caratteristiche di consolidazione

I valori del coefficiente di consolidazione primaria verticale sono stati determinati dalle prove edometriche di laboratorio e confrontati con i valori derivanti dalla seguente correlazione (manuale NAVFAC-DM 7.1. ,1971), in funzione del limite liquido (LL):

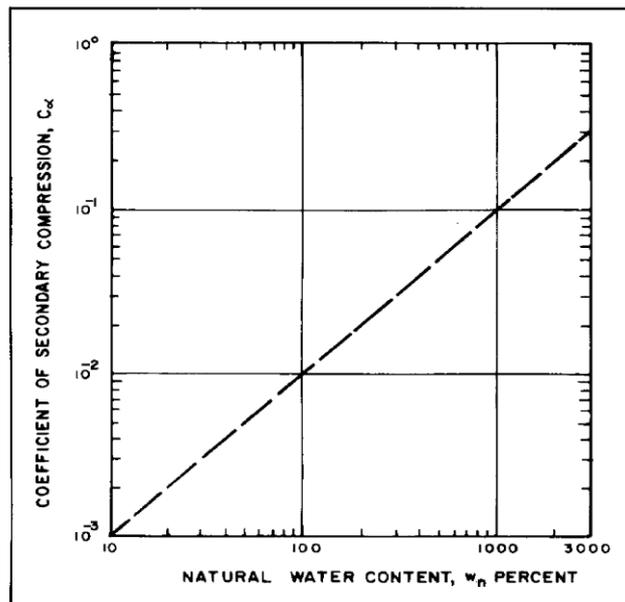
$$c_v = 0.009 (LL - 0.1) \quad [\text{cm}^2/\text{s}]$$

Il valore del coefficiente di consolidazione primaria assunto in progetto, andrà valutato tenendo conto che i risultati delle prove di laboratorio sono scarsamente rappresentativi del reale comportamento del terreno in quanto si tratta di prove eseguite su campioni di piccole dimensioni e quindi non tengono conto della eterogeneità nella composizione granulometrica dell'ammasso e dell'influenza delle condizioni del drenaggio, oltre che dal possibile disturbo del campione in fase di prelievo e/o confezionamento. A tal proposito si richiamano le esperienze di Bughignoli e Calabresi, (1975) mostrate in figura seguente.



Confronto tra valori di  $c_v$  ottenuti con diverse prove (Bughignoli e Calabresi, 1975)

Per quanto riguarda i coefficienti di consolidazione secondaria, si è fatto uso del metodo di determinazione proposto nel NAVFAC-DM 7.1 (1982, Figura successiva), che correla il coefficiente di consolidazione secondaria al contenuto naturale di acqua.



Abaco di calcolo del coefficiente di consolidazione secondaria da  $w_n$  (NAVFAC, 1982)

#### 4.2 UNITA' GEOTECNICA UG.1

Tale unità si rinviene nel sondaggio dal p.c. a 2.80 m. Sulla base dell'esame visivo delle stratigrafie e dei dati da letteratura, si assumono cautelativamente i seguenti valori per la caratterizzazione geotecnica del terreno di riporto:

##### UNITA' UG.1:

$\gamma = 13\div 15 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale;

$\phi' = 22\text{-}25^\circ$  angolo di resistenza al taglio;

$c' = 0 \text{ KPa}$  coesione drenata;

$E' = 3\text{-}5 \text{ MPa}$

#### 4.3 UNITA' GEOTECNICA UG.2

Tale unità si rinviene nel sondaggio da 2.80 m a 7.00 m.

In questa unità si dispone, oltre all'esame visivo delle stratigrafie, di valori di NSPT. Si assumono per il terreno in esame i seguenti dati cautelativi.

##### UNITA' UG.2:

$\gamma = 14\div 16 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale;

$\phi' = 25\text{-}28^\circ$  angolo di resistenza al taglio;

$c' = 0 \text{ KPa}$  coesione drenata;

$E' = 5\text{-}8 \text{ MPa}$

#### 4.4 UNITA' GEOTECNICA UG.3

Tale unità si rinviene nel sondaggio da 7.00 m a 21.80 m. Sulla base dell'esame visivo delle stratigrafie, dei valori di NSPT e dei dati di letteratura si assumono i seguenti dati cautelativi:

##### UNITA' UG.3:

$\gamma = 16\div 18 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale;

$\phi' = 33\text{-}35^\circ$  angolo di resistenza al taglio;

$c' = 0 \text{ KPa}$  coesione drenata;

$E' = 10-15 \text{ MPa}$

#### 4.5 UNITA' GEOTECNICA UG.4

Tale unità si rinviene nel sondaggio da 21.80 m a 25,00 m. Sulla base dell'esame visivo delle stratigrafie, e dei dati di letteratura si assumono i seguenti dati cautelativi:

##### UNITA' UG.4:

$\gamma = 16-18 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale;

$\phi' = 36-38^\circ$  angolo di resistenza al taglio;

$c' = 0 \text{ KPa}$  coesione drenata;

$E' = 15-20 \text{ MPa}$

#### 4.6 UNITA' GEOTECNICA UG.5

Tale unità si rinviene nel sondaggio da 25.00 m a 30,00 m. Sulla base dell'esame visivo delle stratigrafie, e dei dati di letteratura si assumono i seguenti dati cautelativi:

##### UNITA' UG.5:

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale;

$\phi' = 36-38^\circ$  angolo di resistenza al taglio;

$c' = 0 \text{ KPa}$  coesione drenata;

$E' = 15-20 \text{ MPa}$

#### 4.7 SINTESI DELLE ANALISI GEOTECNICHE

Nella tabella seguente, si riassumono le caratteristiche geotecniche di progetto:

UNITA'	Profondità	$\gamma$	$\phi'$ [°]	$c'$	$c_u$	$E'$
	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]		[kPa]	[kPa]	[MPa]
UG.1 - R	0.00-2.80	13.0÷15.0	22-25°	0	-	3÷5
UG.2 - L/S	2.80-7.00	14.0÷16.0	25-28°	0	-	5÷8
UG.3 - SA	7.00-21.80	16.0÷18.0	33-35°	0	-	10÷15
UG.4 - L	21.80-25.00	16.0÷18.0	36-38°	0	-	15÷20
UG.5 - S	25.00-30.00	20.0	36-38°	0	-	15÷20

#### 5. FALDA

Relativamente al sito oggetto di indagine si registra, come condizione normale, la presenza di un livello freatico che oscilla rispetto al p.c. tra quota -4.20m e -5.50m.

## 6. CLASSIFICAZIONE SISMICA E STABILITA' DEL SITO

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, relativamente al sito in esame, si faccia riferimento al documento '320520S01PDPM00RCSXE02A\_Relazione Sismica'.

## 7. LIQUEFAZIONE

Le NTC2018 al paragrafo 7.11.3.4.2 stabiliscono che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti una delle seguenti circostanze:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero minori di 0.1 g;
3. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test), normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa;
5. Distribuzione granulometrica esterna alle zone comprese tra le curve rappresentate in Figura 4 (coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$ ) e Figura 5 (coefficiente di uniformità  $U_c > 3.5$ ).

Si faccia riferimento alla Relazione geologica per considerazioni specifiche sul tema ('320520S01PDPM00RGSXE01A\_Relazione geologica').

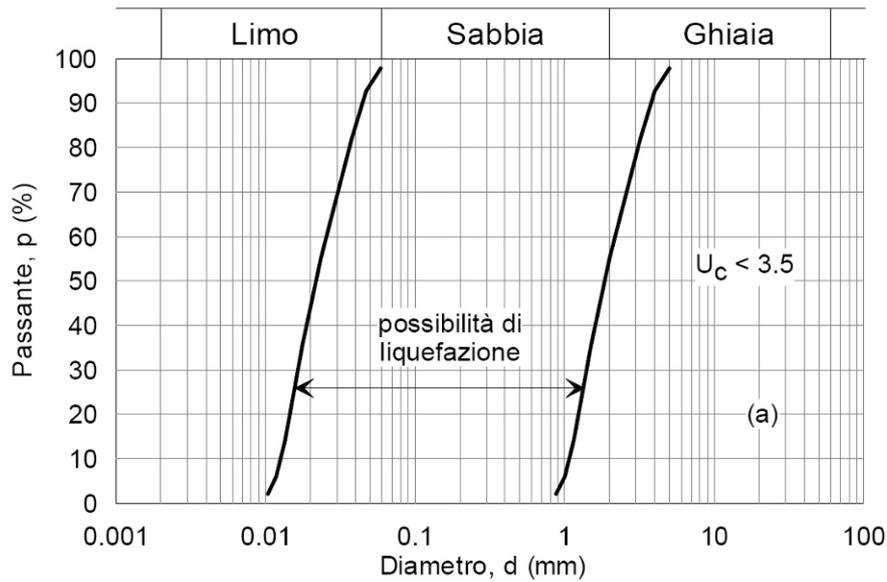


Figura 4 Ambito di potenziale liquefacibilità dei terreni ( $U_c < 3.5$ )

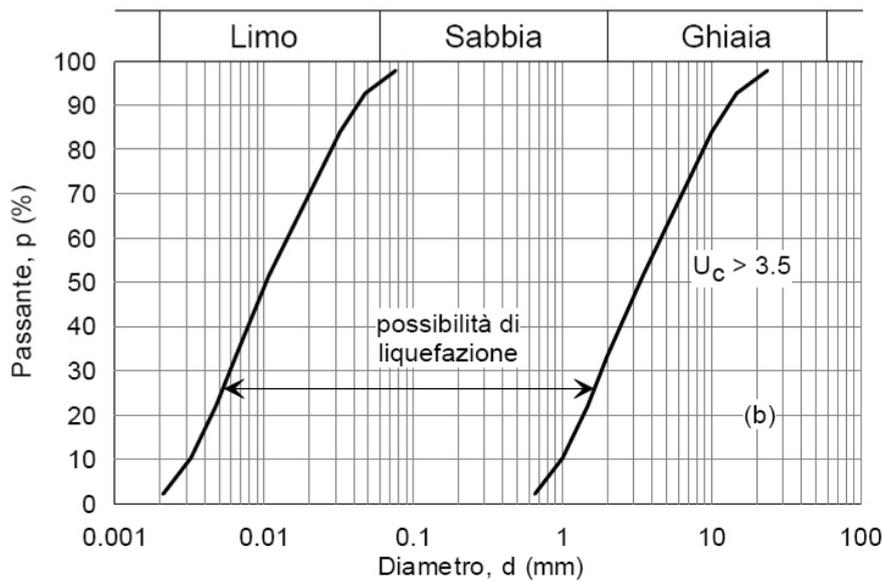


Figura 5 Ambito di potenziale liquefacibilità dei terreni ( $U_c > 3.5$ )