



REGIONE
PIEMONTE



COMUNE DI
CASTELNUOVO SCRIVIA



PROVINCIA DI
ALESSANDRIA

PROGETTO PER AUTORIZZAZIONE UNICA

Progetto di realizzazione Impianto BESS (Battery Energy Storage System) denominato
"Castelnuovo" da 80 MW – Autorizzazione Unica (ex d.l. 07.02.2003 n. 7)

Titolo elaborato

Relazione geologica

Codice elaborato

F0608AR14A

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro
specifica autorizzazione.

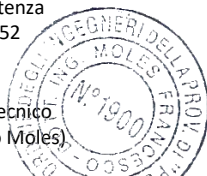
Progettazione



F4 ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Francesco Moles)



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Gruppo di lavoro

Ing. Mauro MARELLA
Ing. Domenico ALBERICO
Ing. Denise TELESICA
Ing. Michele ALBERICO
Ing. Maria Antonia CARLUCCI
Arch. Gaia TELESICA
Arch. Luciana TELESICA
Ing. Mariana SANTOS

Consulenze specialistiche

GEOLOGIA

ENGINEERING GEOLOGY

Via del Gallitello n. 90/A, 85100 Potenza
Tel. 0971 26378 Fax 0971 1940737



Il Geologo
Dott. Raffaele NARDONE

Committente

RPC Castelnuovo S.r.l.
Corso Re Umberto n. 8 - Torino (TO)

Il Legale Rappresentante

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Aprile 2024	Prima emissione	RN	MMA	FMO

Sommario

1.	<i>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO</i>	<i>4</i>
1.1	<i>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</i>	<i>4</i>
1.2	<i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO</i>	<i>6</i>
	<i>CARATTERI FORMAZIONALI DELL'AREA DI PIANURA.....</i>	<i>7</i>
1.3	<i>INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO.....</i>	<i>10</i>
1.4	<i>IDROGEOLOGIA LOCALE</i>	<i>11</i>
2.	<i>ANALISI DELLA VINCOLISTICA</i>	<i>13</i>
	<i>PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI</i>	<i>15</i>
3.	<i>INDAGINI GEOGNOSTICHE.....</i>	<i>16</i>
3.1	<i>PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE</i>	<i>17</i>
3.2	<i>INDAGINE MASW.....</i>	<i>18</i>
3	<i>CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....</i>	<i>21</i>
4.	<i>ESECUZIONE DELLE INDAGINI.....</i>	<i>22</i>
4.1	<i>INDAGINE GEOFISICA M.A.S.W.....</i>	<i>22</i>
4.2	<i>MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO E PERICOLOSITA' SISMICA DIBASE.....</i>	<i>25</i>
5.	<i>VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE.....</i>	<i>30</i>
6.	<i>MODELLO GEOTECNICO.....</i>	<i>31</i>
7.	<i>CONCLUSIONI.....</i>	<i>33</i>

Premessa

Nell'ambito del progetto di realizzazione dell'impianto BESS, sito in Strada Vicinale dei Prati nel comune di Castelnuovo Scrivia (AL) è stato redatto lo studio geologico, geomorfologico, idrogeologico, geotecnico e sismico sui terreni interessati ***"Progetto di realizzazione Impianto BESS (Battery Energy Storage System) denominato "Castelnuovo" da 80 MW – Autorizzazione Unica (ex d.l. 07.02.2003 n. 7)"***

Al fine fornire al progettista un modello geologico tecnico del sottosuolo il più esauriente possibile propedeutico alla progettazione di un responsabile e corretto intervento, è stata progettata e diretta dallo scrivente una campagna di indagini geognostiche che ha permesso di ricostruire l'effettiva stratigrafia del sottosuolo e ricavare i parametri fisico-meccanici necessari per la ricostruzione del modello citato.

La campagna di indagine è stata articolata nel seguente modo:

- Ricerca bibliografica preliminare;
- Reperimento della cartografia;
- Rilevamento geologico-tecnico e geomorfologico sull'area di progetto e di un'ampia fascia a contorno al fine di meglio comprendere l'andamento delle strutture il cui controllo in dettaglio è avvenuto con una campagna geognostica puntuale;
- Caratterizzazione litostratigrafica sulla base di n° 5 prove penetrometriche dinamiche DPSH.;
- Indagine geofisica costituita da n°1 stendimento Masw

Lo studio è stato eseguito seguendo le prescrizioni contenute nel:

- D.M. 17 gennaio 2018 – Norme Tecniche per le costruzioni;
- Circolare applicativa del C.S.LL.PP. n° 7/2019;
- Norme Tecniche di Attuazione del PAI dell'Autorità di bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale

A corredo del presente lavoro si allegano i seguenti elaborati grafici.

– Cartografie tematiche

- Carta Geolitologica in scala 1:2.000;
- Carta Geomorfologica in scala 1:2.000;
- Carta Idrogeologica in scala 1:2.000;
- Carta dell'ubicazione delle indagini in scala 1:2.000;
- Modello Geologico Tecnico in scala 1:500;
- Rapporto tecnico sulle Indagini eseguite e pregresse

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area interessata dall'impianto BESS in progetto ricade nel territorio del Comune di Castelnuovo Scrivia, in Provincia di Alessandria, a circa 900 m a nord-est del centro abitato di quest'ultimo.



Figura 1: stralcio dell'area di intervento su base ortofoto

Attualmente l'area di intervento è interessata da terreni ad uso agricolo, così come il territorio circostante.

I sistemi di accumulo dell'energia elettrica (EES) comprendono ogni tipo di sistema connesso alla rete elettrica che, indipendentemente dalla tecnologia di accumulo impiegata, può sia immagazzinare (dalla rete stessa o da qualsiasi altra fonte) sia fornire energia elettrica alla rete. Si tratta, dunque, di dispositivi e apparecchiature funzionali ad assorbire e rilasciare energia elettrica, previsti per funzionare in maniera continuativa in parallelo con la rete con obbligo di connessione di terzi o in grado di comportare un'alterazione dei profili di scambio con la rete elettrica (immissione e/o prelievo).

L'impianto in esame, denominato "BESS" (Battery Energy Storage System), rientra nella tipologia di sistema di accumulo a batterie, con inverter bidirezionale di tipo "elettrochimico", realizzato con celle a ioni di litio. L'impianto sarà costituito da diverse unità tecnologiche con funzioni di:

1. bilanciamento rete AT;
2. regolazione di tensione;
3. Time shift di energia.

L'area principale di accesso al sito, interamente recintato, sarà ubicata a nord-est dello stesso.

L'impianto sarà connesso alla SE a 380/132 kV della RTN denominata "Castelnuovo Scrivia" e avrà una potenza elettrica in immissione e prelievo pari a 80 MW. Il sistema proposto verrà utilizzato allo scopo di scambiare energia nei mercati elettrici e fornire servizi di rete.

La tecnologia prevista prevede una composizione modulare ed in particolare moduli denominati "cores", costituiti a loro volta da unità di accumulo (batterie a ioni di litio) denominate "cubes". Nello specifico, ogni "core" sarà dotato di n. 3 "nodes" costituiti da n. 21 "cubes" ciascuno.

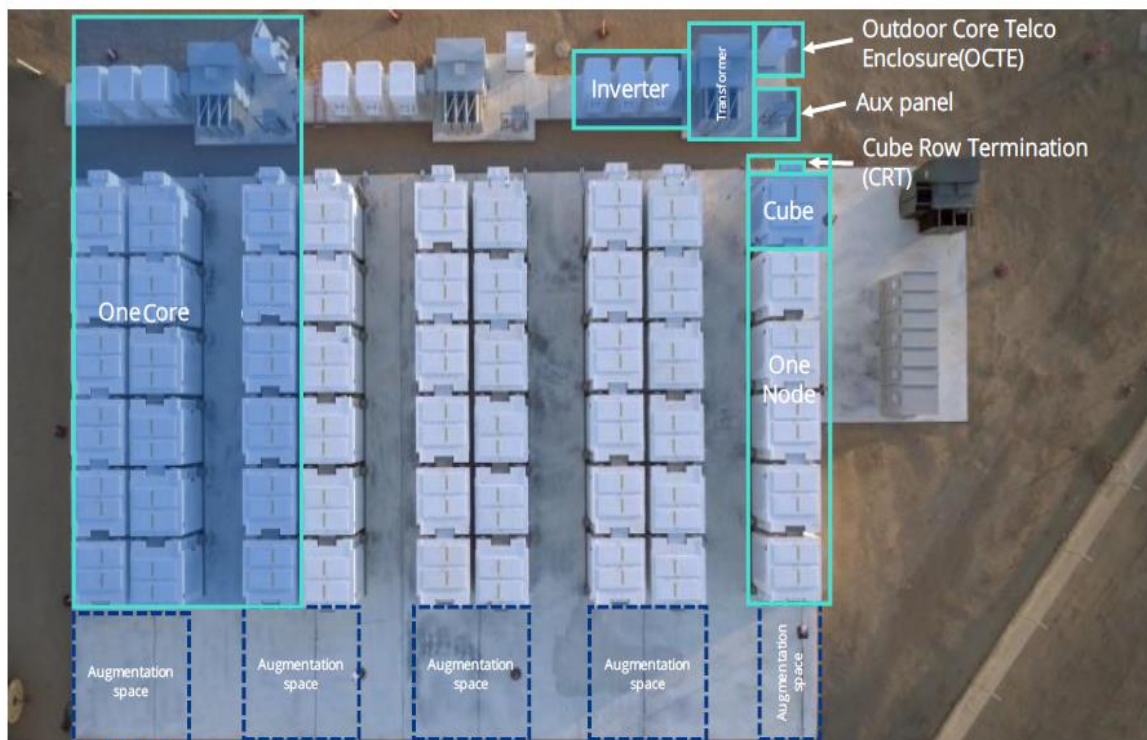


Figura 2: tipologico di composizione modulare

Saranno adottati, opportunamente dislocati, skids integrati che includono inverter, trasformatore e quadri MT come un'unica unità precablata.

La progettazione dell'intervento è stata orientata alla minimizzazione del consumo di suolo indotto dalla realizzazione di superfici impermeabilizzate. Si prevede, infatti, l'utilizzo di pavimentazione drenante sull'intera superficie di impianto, al netto delle aree di posizionamento dei "cores" ove saranno realizzate platee in cemento di dimensioni poco superiori all'ingombro dei citati "cores".

1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Con l'inizio del Quaternario (1,7 Ma), in un regime di subsidenza generalizzata della Padania, il mare Padano tornò a ricoprire la parte delle terre che erano emerse nella zona di Torino durante il Pliocene medio-superiore, mentre si ritirò dalla zona del Piemonte meridionale, consentendo così alle terre emerse del Monferrato di estendersi in tutta l'area dell'astigiano e del cuneese e portando ad emergere, nella zona collinare di Villalvernia e Tortona, la parte sommitale del B.T.P. rappresentata dalle "Argille di Lugagnano" e dalle "Sabbie di Asti". Si delineò così la presenza di un golfo marino nella zona della pianura tortonese-alessandrina con la sua apertura sulla Padania e con il rimanente circondato dalle terre emerse. In questa situazione la successiva regressione del mare Padano da questo golfo alessandrino durante il Pleistocene inferiore (1,7÷0,7 Ma) e gli apporti da parte del reticolo idrografico, impostosi sulle terre emerse circostanti, facilitarono la formazione di condizioni lacustri. Conseguentemente si produsse, sopra i sedimenti marini pliocenici, una deposizione fluvio lacustre corrispondente al Villafranchiano Autorum. Successivamente, con il definitivo ritiro del mare Padano dall'area del golfo e con i consistenti apporti alluvionali pedemontani del reticolo idrografico ad esso sotteso, prese corpo, nell'area del golfo padano, la formazione alluvionale della piana tortonese-alessandrina. In particolare il T. Scrivia, sboccando dall'area della piana della zona di Serravalle Scrivia, iniziò a formare, con la sua asta principale diretta SE-NW il più importante conoide che si estese con un ampio ventaglio tra Frugarolo e Tortona, mentre più modesti quelli dell'Orba e del Bormida-Tanaro. In quest'area precedentemente occupata dal golfo del mare Padano, fortemente subsidente ed interessata dai notevoli apporti pedemontani, si accumularono quindi notevoli spessori di materiale, per cui nella zona a margine tra Tortona e Serravalle questi depositi del quaternario continentale ricoprirono gli affioramenti del B.T.P. e del Pedepennino.

La zona di pianura e quella di collina presentano pertanto diversificati caratteri formazionali strettamente legati alla descritta diversa genesi delle due aree, ciascuna rappresentata quindi da specifiche sequenze di litofacies caratterizzanti il paesaggio.

CARATTERI FORMAZIONALI DELL'AREA DI PIANURA

L'area della pianura tortonese-alessandrina, rappresentata dal bacino del golfo del mare Padano colmato dai sedimenti terrigeni provenienti dalla catena appenninica e ligure alpina presenta un'evoluzione geomorfologica quaternaria soprattutto correlata agli effetti del glacio-eustatismo, in quanto durante il Pleistocene medio e superiore, le variazioni del livello marino, legate ai periodi glaciali ed interglaciali, produssero un evidente terrazzamento nei depositi fluviali, i cui orli di terrazzo e l'altezza delle relative scarpate indicano chiaramente l'importanza dell'azione erosiva d'approfondimento delle aste fluviali del T. Scrivia, del F. Tanaro e del F. Bormida. La pianura tortonese-alessandrina risultò pertanto soggetta a fenomeni di intenso alluvionamento alternati a quelli di ripresa dell'attività erosiva, associati a quelli di subsidenza della piana ed a quelli di sollevamento differenziato delle colline circostanti, in funzione delle fasi glaciali ed interglaciali che si succedono nel quaternario. All'inizio dell'Olocene (0,01 Ma cioè 10.000 anni B.P.) con l'asta del T. Scrivia orientata lungo l'allineamento Serravalle Scrivia-Pozzolo Formigaro-Spinetta Marengo, la prosecuzione del processo di subsidenza della piana tortonese-alessandrina, abbinata al generale sollevamento differenziato dell'area alpino-appenninica, produsse un fenomeno di basculaggio di tutta l'area del Piemonte meridionale con l'effetto di provocare una generale tendenza, tuttora in atto, del reticoloidrografico sulla piana a deviare verso NE. La descritta tendenza del reticolo a migrare verso NE potrebbe non essersi ancora completamente estinta, in quanto le ricostruzioni dell'alveo del T. Scrivia, ricavate dalla cartografia storica, evidenziano che dal 1726 al 1972 è avvenuta una migrazione verso E di ca. 800 m su tutto il tratto d'alveo compreso tra Villalvernia e Tortona.

Nel territorio comunale di Tortona, il piede della zona collinare (substrato roccioso appartenente al B.T.P.) si presenta pertanto ricoperto dai depositi alluvionali del T. Scrivia ed in minor misura dai conoidi di deposizione dei tributari di sponda orografica destra del T. Scrivia (T. Ossona e T. Grue). Tale copertura alluvionale quaternaria ("depositi continentali") costituiscono tutto il complesso della pianura, che occupa ca. l'85% della superficie del territorio comunale.

Lo spessore di tali depositi risulta pertanto limitato al piede della zona collinare ed aumenta verso W, nella zona di pianura, dove presenta spessori fino a 110÷130 m (Loc. Rivalta-S. Giuliano).

Nell'ambito dei depositi alluvionali sono distinguibili differenti livelli geometrici che rappresentano altrettanti terrazzi corrispondenti alle varie fasi di alluvionamento e di erosione a cui è andata soggetta la zona nell'era quaternaria.

Nel rilevamento geologico di campagna sono state pertanto cartografate con i relativi limiti, esponendole dall'alto al basso, cioè dal più recente al più vecchio, i differenti depositi: alluvioni oloceniche: distribuite lungo una fascia sia a destra che a sinistra rispetto all'attuale corso del T. Scrivia, per un'ampiezza mediamente di ca. 1.5 Km, si espandono a chiazza a N di Tortona, costituendo la piana tra i torrenti Scrivia e Grue.

Dal punto di vista morfologico nell'ambito delle alluvioni oloceniche è possibile distinguere vari livelli denominati "alluvioni attuali", "alluvioni recenti" e "alluvioni antiche". Trattasi di depositi grossolani

ghiaioso-sabbiosi. Solo le alluvioni antiche risultano pedogenizzate superficialmente con suoli di natura limoso-argillosa.

Alluvioni attuali: complesso dei depositi del canale di scorrimento, del letto ordinario e di esondazione, sedimentati dal T. Scrivia durante le sue varie fasi annuali;

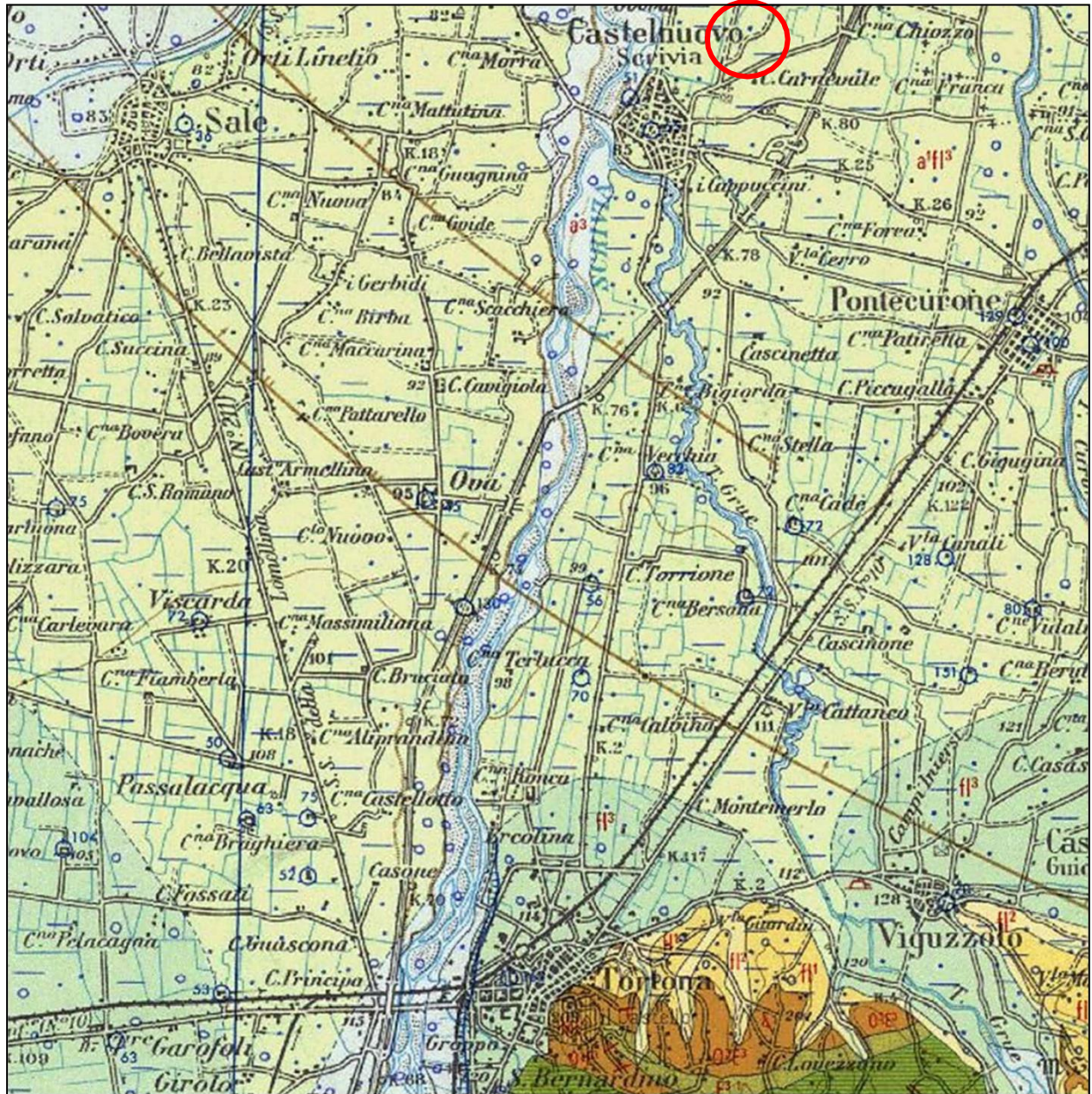
Alluvioni recenti: terrazzo morfologico di deposizione più antica (1680 ± 100 B.P.) rispetto ai depositi attuali costituenti la zona d'alveo, dai quali risulta geometricamente più elevato con scarpate mediamente dell'ordine di 3 m.

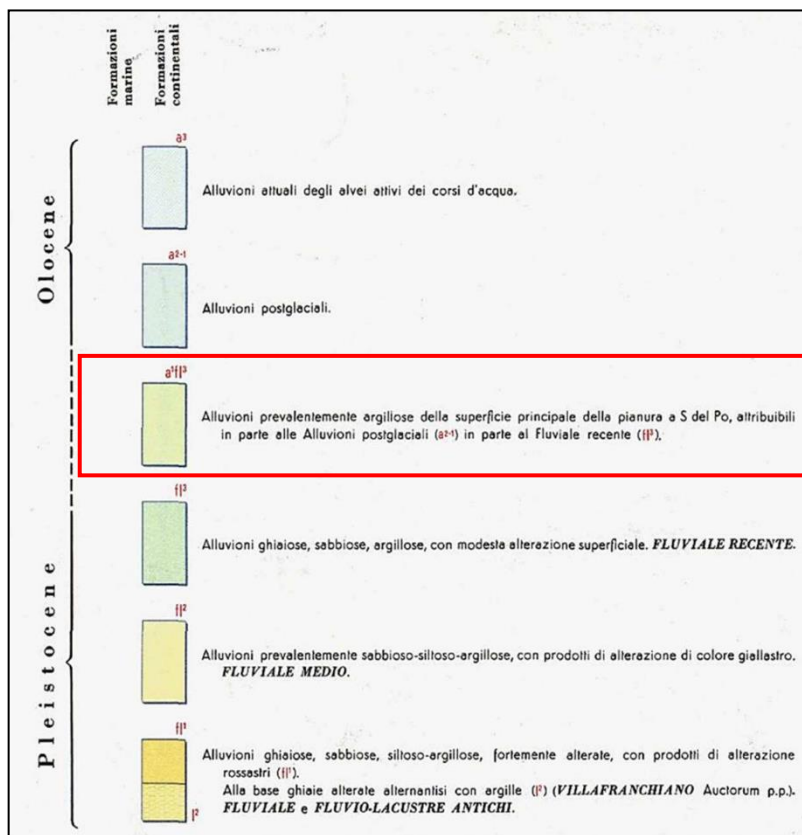
Alluvioni antiche: depositi alluvionali più antichi (4.380 ± 70 anni B.P.) e pertanto sopraelevati rispetto al terrazzo delle alluvioni recenti con scarpate mediamente dell'ordine di $4.5 \div 5.5$ m.

Alluvioni pleistoceniche: occupano la rimanente parte della zona di pianura del territorio comunale. Tali alluvioni si presentano mediamente sopraelevate su quelle oloceniche con un orlo di terrazzo ben netto ed evidente in particolare nella zona a S di Tortona. Sono suddivise in tre ordini di terrazzi impostati su livelli topografici differenti distinguibili in Fluviale recente, Fluviale medio, Fluviale antico, in funzione dell'età di deposizione dal più giovane, Fluviale recente, (più basso), al più antico, Fluviale antico (più alto). Trattasi di depositi alluvionali costituiti da alternanze di livelli fini limoso-argillosi e livelli più grossolani ghiaioso-sabbiosi.

Prescindendo da eventuali locali riporti antropici i terreni che caratterizzano l'ambito territoriale in esame sono costituiti dai depositi "a1 fl3", attribuibili in parte alle Alluvioni postglaciali (a2-1) ed in parte al fluviale recente (fl3). Trattasi di sedimenti fluviali ed alluvionali, tardo-pleistocenici ed olocenici del T. Curone e dei corsi d'acqua della zona, di natura ghiaiosa, sabbiosa, argillosa con moderata alterazione superficiale, impostati su un substrato argilloso e/o marnoso-argilloso con livelli di conglomeratici. La

coltre di copertura è rappresentata da terreni limosi ed argilloso- limosi. Il materasso alluvionale, impostato su un substrato in facies argilloso-marnosa, con possibili livelli e/o lenti conglomeratiche produttive, presenta spessori generalmente compresi tra ca. 75 m e 100 m.





Estratto, non in scala, del Foglio 70 “Alessandria” della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000

1.3 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO

Il territorio comunale di Castelnuovo è contraddistinto anche, da un punto di vista geomorfologico, da una zona di pianura con caratteristiche geotecniche stabili e dove le problematiche risultano prevalentemente di regolazione idraulica. Infatti le caratteristiche tessiturali e la disposizione orizzontale dei vari livelli comportano condizioni generali di stabilità morfologica; in genere la litologia presente non subisce rilevanti variazioni delle proprietà geotecniche in quanto l’escursione del livello di falda non va ad interessare i livelli superficiali, mantenendo valori di soggiacenza mediamente elevati; limitate variazioni delle proprietà geotecniche possono verificarsi in funzione del contenuto di umidità e/o del grado di saturazione in conseguenza di eventi piovosi e/o alluvionali. Pertanto l’evoluzione delle condizioni di equilibrio si verifica prevalentemente sotto l’aspetto idrografico-idraulico.

Relativamente alla zona di pianura la configurazione pianeggiante dei siti e le caratteristiche litotecniche dei terreni presenti non comportano, in genere, problematiche di stabilità, né sotto il profilo geomorfologico, né sotto il profilo geotecnico. La zona di pianura è pertanto da intendersi stabile sotto il

profilo della pericolosità geomorfologica. Uniche eccezioni possono manifestarsi in corrispondenza di zone interessate da rimaneggiamenti antropici, o degli orli di terrazzo o di scarpate morfologiche, antropiche o di sponda nella zona di pertinenza fluviale, interessata dall'evoluzione dinamica dei corsi d'acqua. Per il T. Scrivia è stata individuata la zona d'alveo, parte attiva del corso d'acqua comprendente il canale di scorrimento fluviale vero e proprio ed il "letto di piena ordinaria", cioè la zona di evoluzione dinamica naturale del canale di scorrimento; la delimitazione di tale zona risulta dagli elementi fisici rilevabili in campagna quali le scarpate morfologiche e gli orli di terrazzo, anche se non sempre visibili in continuo. L'area in esame ricade nella porzione orientale della pianura alessandrina. La sequenza litostratigrafica è caratterizzata dalla presenza in superficie della Serie dei Depositi Fluviali costituita da ampie conoidi alluvionali di età pleistocenica inferiore - olocenica, che, dallo sbocco delle rispettive valli, si aprono a ventaglio verso nord, saldandosi lateralmente tra di loro. I depositi più recenti si distinguono nettamente da quelli sottostanti più antichi lungo i corsi d'acqua principali, mentre altrove il passaggio è più sfumato; questi depositi, di natura ghiaiosa, sabbiosa e argillosa con modesto grado di alterazione superficiale, costituiscono la maggior parte della pianura tra Serravalle Scrivia, Tortona, Castelnuovo Scrivia, Sale e Alessandria. Si tratta di depositi che ospitano ricche falde acquifere. Inferiormente ai depositi fluviali è presente la Serie dei Depositi Villafranchiani di Transizione; l'area di distribuzione in affioramento e nel sottosuolo di tale complesso è limitata alle zone pianeggianti e sub collinari, mentre è assente nei rilievi collinari e sulla dorsale sepolta tra Tortona e S. Giuliano, tra Castelceriolo e Piovera ed a E della congiungente Novi Ligure - Tortona. In tali sedimenti si hanno per lo più falde in pressione in corrispondenza dei livelli sabbiosi-ghiaiosi a maggiore permeabilità. Infine alla base si ha il complesso di origine marina la cui individuazione è relativamente agevole in alcune zone, mentre in altre risulta più problematica, in parte per la modesta profondità dei pozzi disponibili, in parte per la difficoltà di interpretazione dei sedimenti con facies di transizione fra l'ambiente marino e quello continentale a causa della carenza di informazioni paleontologiche nelle stratigrafie. Si tratta in ogni caso di depositi caratterizzati da ridotta permeabilità in cui l'eventuale percolazione delle acque avviene prevalentemente per fratturazione; si tratta di falde profonde, spesso fortemente mineralizzate.

1.4 IDROGEOLOGIA LOCALE

Con riferimento alla Cartografia allegata allo studio geologico di PRGC, nel territorio di Castelnuovo Scrivia, si individuano terreni aventi tre classi di permeabilità principali:

- terreni a bassa permeabilità, nella porzione più esterna del territorio comunale, aventi natura argilloso-limosa;
- terreni a media permeabilità aventi natura limoso-sabbiosa;
- terreni ad alta permeabilità, ubicati in prossimità dell'asta del T. Scrivia, aventi natura sabbioso-

limoso-ghiaiosa.

In sponda orografica destra del T. Scrivia si ha un primo acquifero costituito da materiali fini dovuti alle divagazioni del T. Grue e leggermente confinati mentre in sponda sinistra su ha un acquifero libero con deflusso preferenziale Sud Est Nord Ovest. Al di sotto di queste unità idrogeologiche su entrambi le sponde dello Scrivia si ha poi un acquifero semiartesiano con spessore massimo nel settore occidentale del territorio comunale.

La soggiacenza della falda risulta massima nella porzione meridionale di Castelnuovo, attestandosi intorno a 15 m di profondità, mentre nella zona Nord- Ovest si arriva a valori intorno ai 4 m da piano campagna, per la maggiore vicinanza al Fiume Po.

Il T. Scrivia presenta carattere drenante che si attenua verso Nord alla confluenza nel Po.

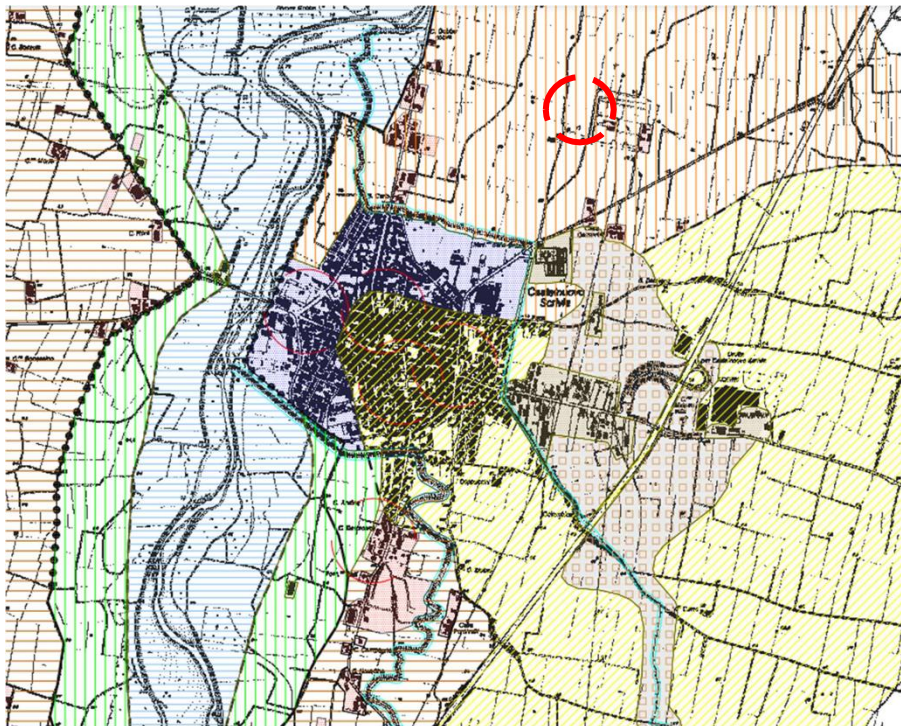


Stralcio Carta idrogeologica – Geoportale arpa Piemonte

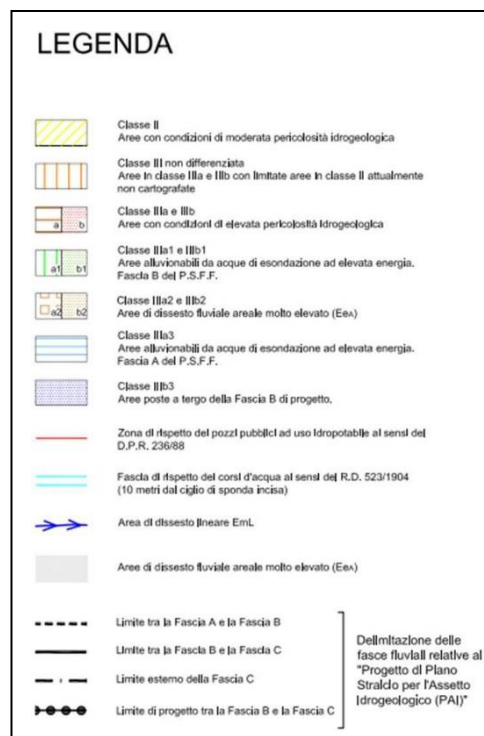
L'area di progetto, avente quota topografica di m. 81 s.l.m, risulta ubicata in corrispondenza di una quota di falda posta a m. 75,00 sul livello del mare, pertanto il livello indicativo della falda locale desunta dalla carta idrogeologica corrisponde a – m. 5 da piano campagna.

Durante l'indagine penetrometrica di riferimento, spinta alla massima profondità di m. 10 da p.c., in data 5/07/2023, è stato intercettato il livello freatico a circa 3.5 metri. Alla luce delle indagini eseguite, si evidenzia che la soggiacenza della falda locale risulta inferiore e quindi più prossima al piano campagna rispetto a quella fornita dal Geoportale di Arpa Piemonte.

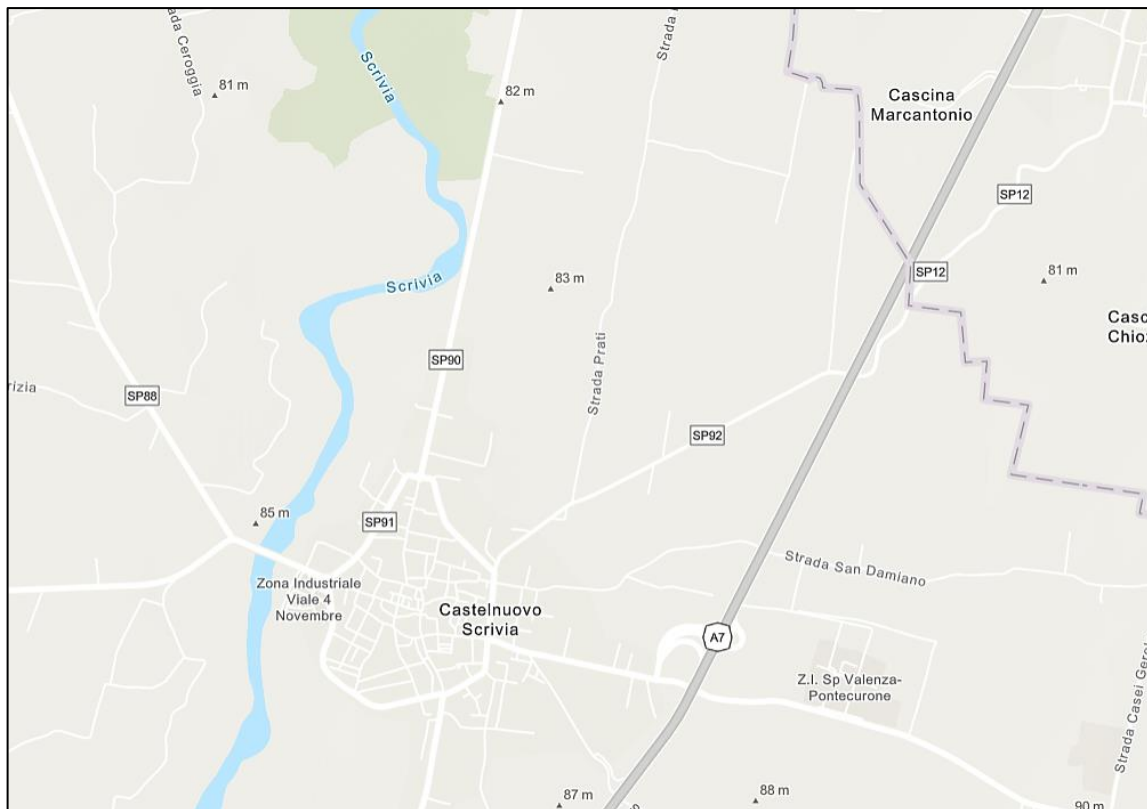
2. ANALISI DELLA VINCOLISTICA



Stralcio Carta di sintesi PGT comunale

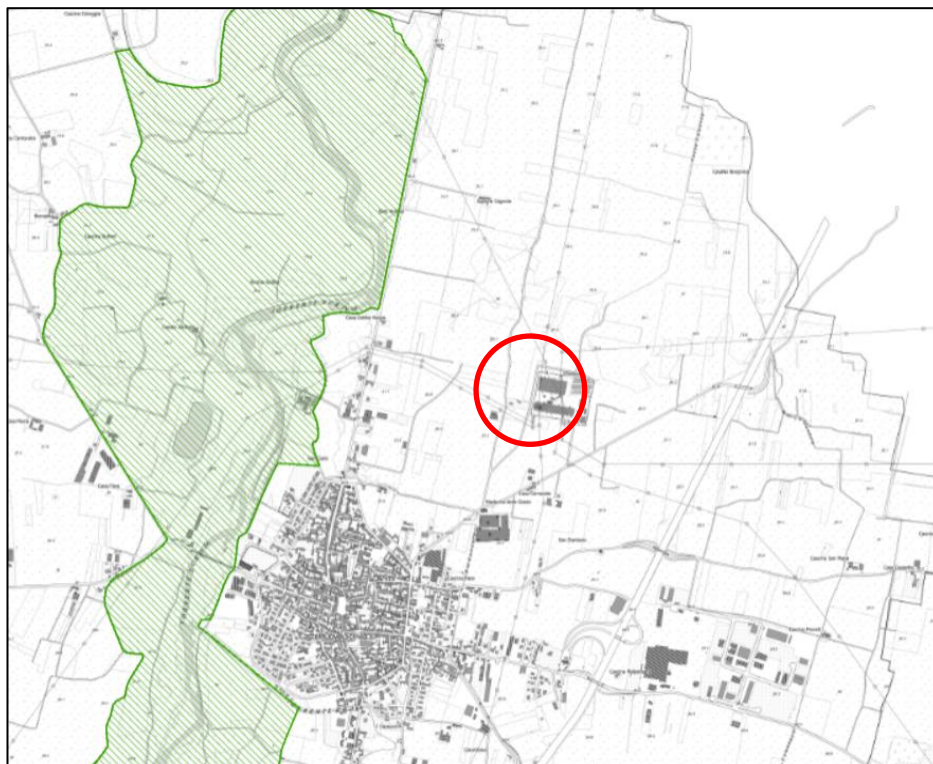


L'area si trova in Classe III non differenziata



Vincolo idrogeologico

L'area si trova fuori dalla zona di vincolo idrogeologico.



L'area si trova fuori dalla zona di protezione speciale Zps

PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI



L'area in oggetto, dai dati aggiornati reperibili dal Geoportale di Arpa Piemonte risulta interna alle aree allagabili ed ai rischi significativi SCARSI.

Piano di Gestione del Rischio Alluvionale

Limiti amministrativi comunali

✓ Limiti amministrativi comunali

Tavolette CTR 1:25.000

✓ Tavolette CTR 1:25000

Scenari di alluvioni - Pericolosità - storico

■ Probabilità di alluvioni elevata (tr. 10/20)
■ Probabilità di alluvioni media (tr. 100/200)
■ Probabilità di alluvioni scarsa (tr. 500)

Scenari di alluvioni - Pericolosità

■ Probabilità di alluvioni elevata (tr. 10/20)
■ Probabilità di alluvioni media (tr. 100/200)
■ Probabilità di alluvioni scarsa (tr. 500)

Scenari di rischio - Elementi puntuali - storico

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

L'indagine geognostica di campagna, condotta dal sottoscritto, è consistita in:

- n.5 prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H. (Dynamic Probing Super Heavy) spinte fino a profondità massima di:
 - -10 m. nella prova n.1
 - -10 m. nella prova n. 2
 - -10 m. nella prova n.3
 - -10 m. nella prova n.4
 - -10 m. nella prova n.5
- n.1 stendimento sismico M.A.S.W. della lunghezza di 48.0 metri;

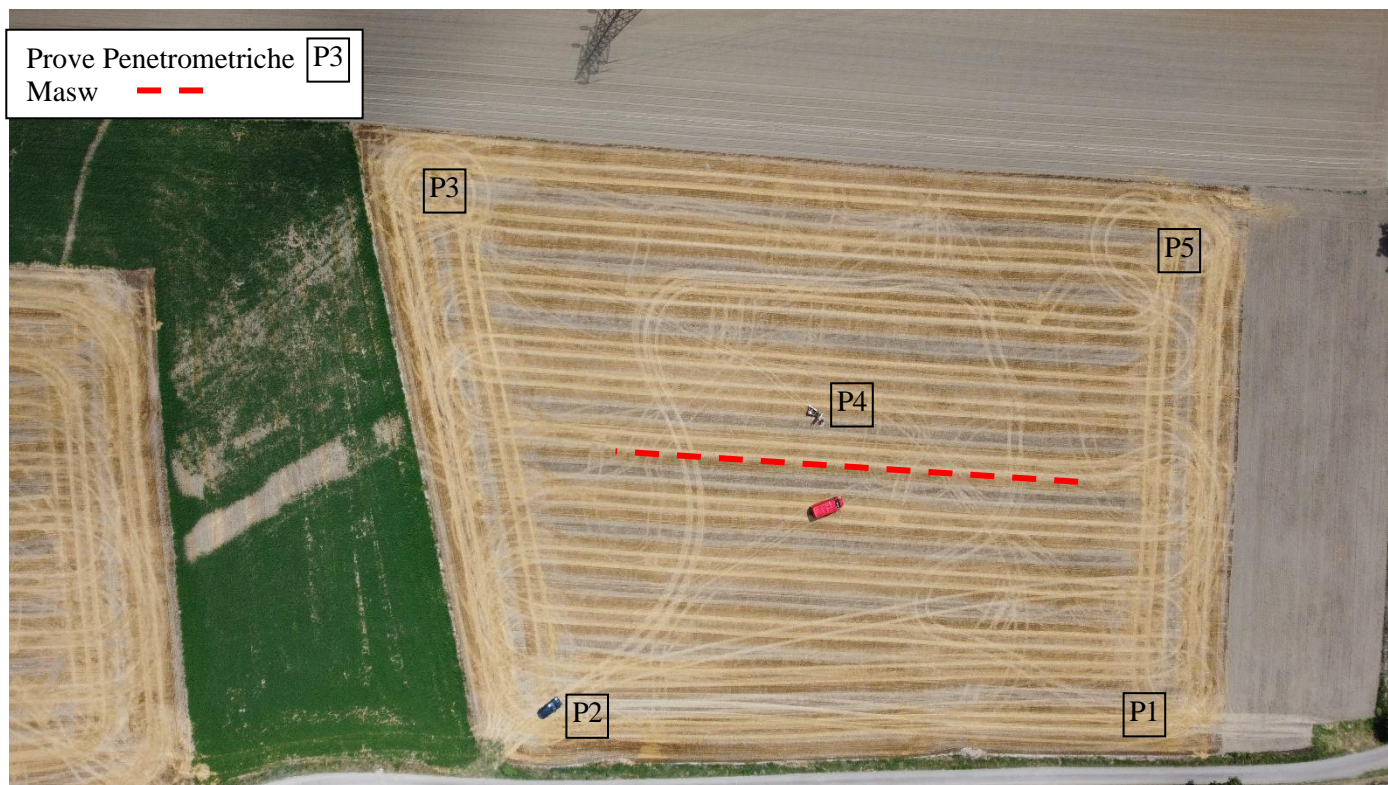


Foto realizzata con drone rappresentativa delle prove effettuate

3.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Le prove penetrometriche sono state effettuate con Penetrometro Super Pesante statico dinamico in assetto prova tipo DPSH (S. Heavy) PAGANI TG 63-200 KN secondo la normativa europea (ISSMFE). La prova penetrometrica dinamica consiste sostanzialmente nell'infissione nel terreno di una punta conica situata all'estremità di una batteria di aste, energizzata facendo cadere da un'altezza costante un maglio di peso standard. La misurazione del numero di colpi necessario all'avanzamento del sistema di aste di 20 cm, inserita in un programma di calcolo dedicato, fornisce uno degli elementi fondamentali per una corretta interpretazione geotecnica del sottosuolo.

Le prove vengono normalmente spinte sino al raggiungimento dei livelli al di sotto del piano di fondazione previsto e/o comunque fino all'eventuale rifiuto (N spt maggiore di 35 colpi). In occasione di ogni prova viene verificato il livello di eventuali falde freatiche mediante freatimetro e/o misura diretta sulle aste di perforazione.



Prova (3) dinamica con Penetrometro Pagani

Durante le indagini svolte è stata rilevata la falda in tutte le 5 prove ad una profondità media di circa 3.5 metri.

3.2 INDAGINE MASW

È stata eseguita n.1 indagine geofisica MASW finalizzata:

- alla misura diretta della velocità equivalente delle onde di taglio Vs30 e della relativa classificazione della categoria sismica di appartenenza dei terreni del sottosuolo;
- all'acquisizione di dati che contribuissero ad indagare sull'eventuale presenza di cavità sotterranee che fornissero maggiori informazioni sull'uniformità areale dei depositi presenti in situ.

Come detto nel precedente paragrafo, per la definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessaria una valutazione, oltre che dei parametri relativi alla "Pericolosità Sismica di Base", anche degli effetti della "Risposta Sismica Locale", che dipendono, essenzialmente, dalle caratteristiche litostratigrafiche o morfologiche del sito. Queste ultime, infatti, risultano esercitare una diretta influenza sulla propagazione e sull'eventuale amplificazione delle onde sismiche nel sottosuolo. Secondo le procedure prescritte dalla normativa vigente tali effetti sono valutabili, con buona approssimazione, mediante l'individuazione della categoria di sottosuolo e della categoria topografica in cui ricade il sito di interesse.

Da dette categorie deriva poi la definizione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, "SS" e "ST", stabiliti dalle stesse norme, che concorrono nella ricostruzione degli spettri di risposta elastici tipici del sito.

L'indagine MASW si svolge in tre fasi: acquisizione delle onde superficiali (ground roll), costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Le prove MASW sono indispensabili per ricavare direttamente il parametro Vs30 (nb: comunque eventualmente calcolabile anche attraverso il parametro Nspt acquisito con le prove penetrometriche), richiesto dalla nuova normativa sismica, in maniera semplice e decisamente affidabile. Tramite questa prova vengono misurate le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica. Poiché il parametro Vs30 è una sorta di media pesata delle velocità Vs dei primi 30 metri, l'utilizzo della tecnica MASW per ricavarlo è decisamente opportuno.

Le onde di superficie sono state generate con una mazza battente (sorgente sismica) da due punti di energizzazione e sono state registrate con 24 geofoni lungo uno stendimento di lunghezza di 48.0 m. Il modello sismico monodimensionale (Vs-profondità) che si è ricavato costituisce l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto quanto consente

di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche sulla pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica). I risultati dell'indagine MASW sono riportati per esteso nel pertinente allegato.



Prova Sismica Masw

3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

La classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per la costruzione di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico. In basso è riportata la zona sismica per il territorio di Castelnuovo Scrivia, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Deliberazione della Giunta Regionale n.1435 del 21 Luglio 2003 e successivamente con la n.1164 del 23 Luglio 2018.

Il comune di Castelnuovo Scrivia non ricade in corrispondenza di zone sismogenetiche e ricade in zona sismica 3 con valori di accelerazione massima del suolo compresi tra $0.050 < a_{max} < 0.15$.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25 \text{ g}$	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g	3.002
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g	1.982

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti dall'Ordinanza del PCM n.3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Ai fini delle Nuove Norme Tecniche (NTC) le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle

probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido

F_o = 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

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

4. ESECUZIONE DELLE INDAGINI

4.1 INDAGINE GEOFISICA M.A.S.W.

in comune di Castelnuovo Scrivia

E' stata eseguita una indagine geofisica di tipo MASW mediante sismografo Pasi GEA24 (24 canali con scheda di acquisizione a 24 bit), geofoni verticali da 4,5 Hz e mazza energizzante da 8 Kg.

A tale scopo è stato predisposto uno stendimento sismico lineare di lunghezza pari a 48 m con 12 geofoni posti a distanza intergeofonica di 3 metri e punto di energizzazione posto ad una distanza di 6 metri dal primo geofono.

Il modello sismico monodimensionale (V_s -profondità) che si è ricavato, costituisce l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche sulla pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica).

Lo stendimento eseguito è volto in particolare:

alla misura diretta della velocità equivalente delle onde di taglio V_s e della relativa classificazione della categoria sismica di appartenenza dei terreni del sottosuolo;

all'acquisizione di dati che permettono di indagare sull'eventuale presenza di cavità sotterranee e che forniscono maggiori informazioni sull'uniformità areale dei depositi presenti in situ.

Secondo le procedure prescritte dalla normativa vigente tali effetti sono valutabili, con buona approssimazione, mediante l'individuazione della categoria di sottosuolo e della categoria topografica in cui ricade il sito di interesse.

Da dette categorie deriva poi la definizione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, "SS" e "ST", stabiliti dalle stesse norme, che concorrono nella ricostruzione degli spettri di risposta elastici tipici del sito.

L'indagine MASW si svolge in tre fasi:

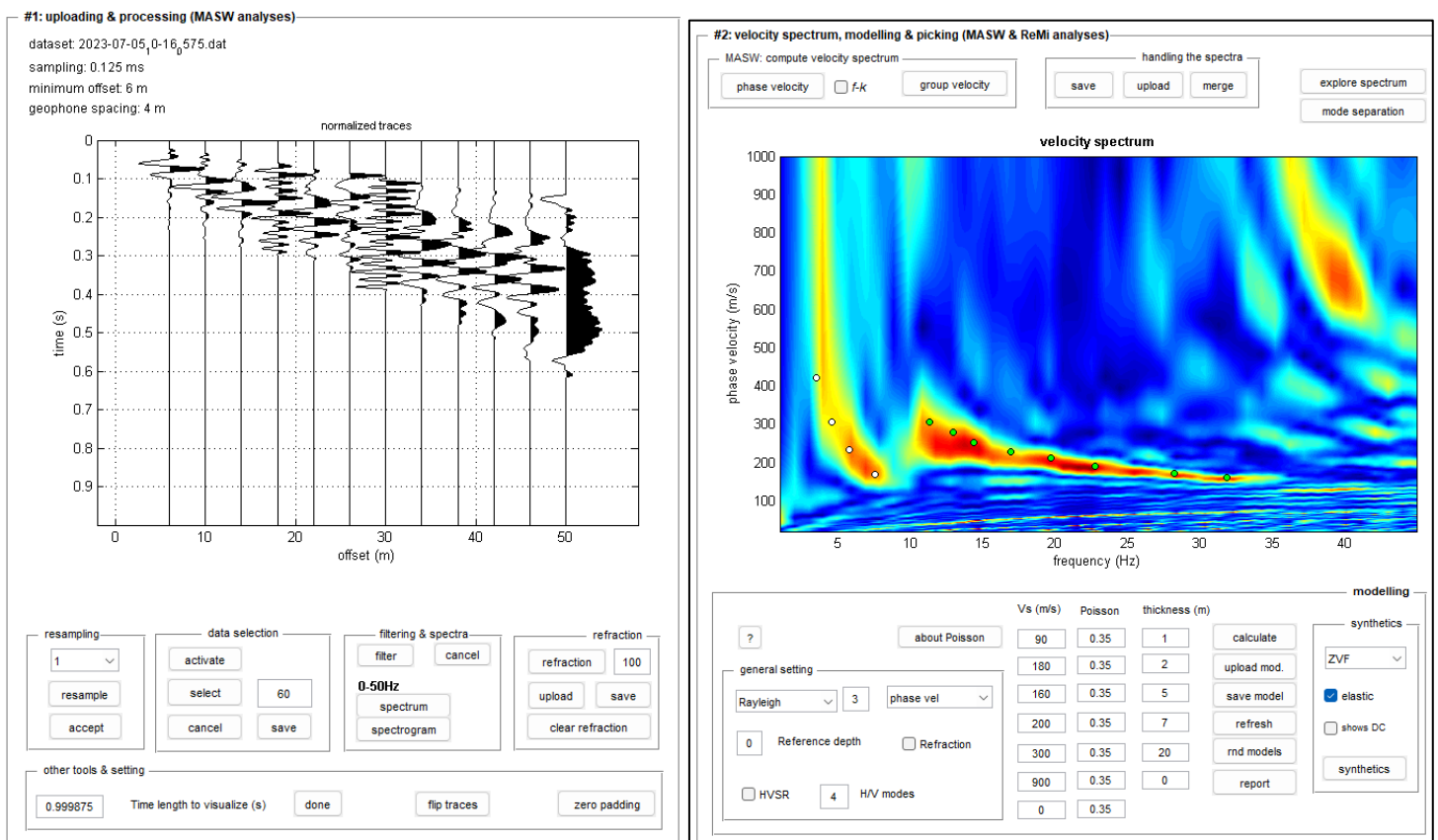
- acquisizione delle onde superficiali (ground roll)

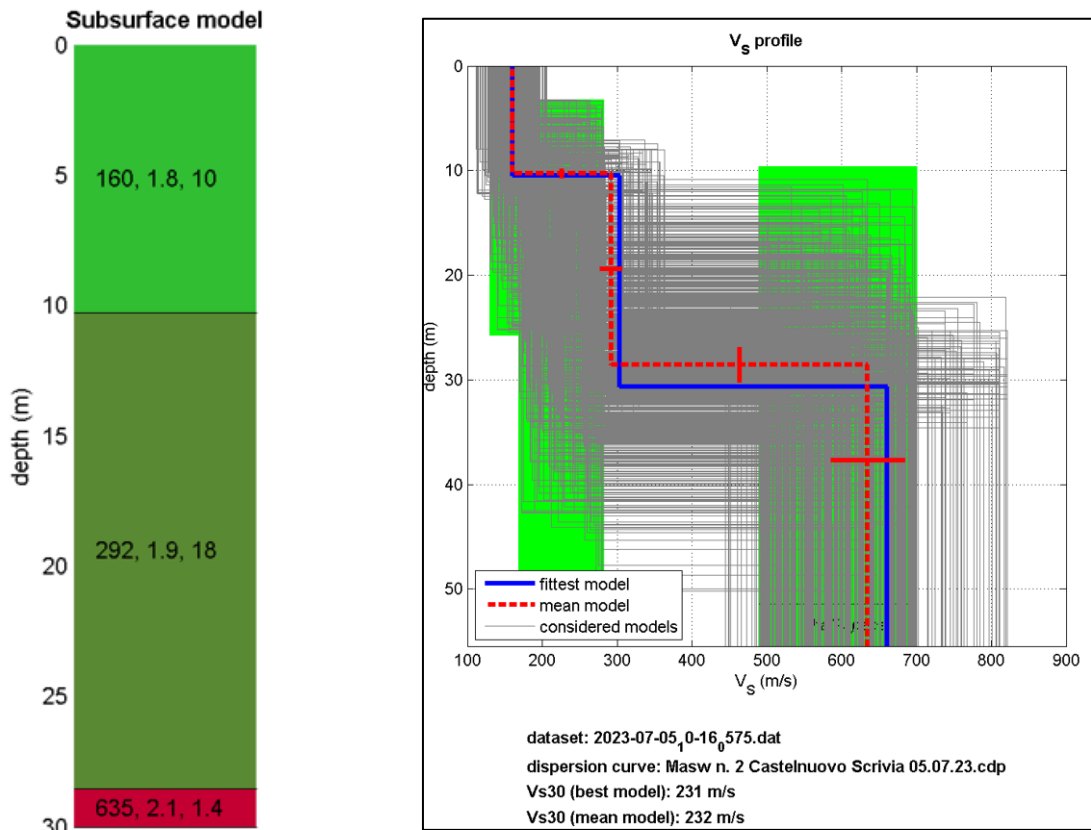
- costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza)
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Una volta acquisito il dato di campagna, si è proceduto all'elaborazione dello stesso mediante il software winMASW®-3C 7.2 (ELIOSOFT geophysical software & services) con cui è stato determinato lo spettro di velocità e la curva di dispersione.

Successivamente, mediante l'inversione di quest'ultima, si è ricostruito il profilo verticale delle velocità delle onde di taglio ottenendo così il valore di Vs.

Di seguito si riporta quanto ottenuto.







L'elaborazione del dato di campagna ha fornito una V_{s30} pari a 232 m/s che, così come riportato dalle NTC 2018, permette di classificare il suolo di fondazione come **“tipo 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.

4.2 MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO E PERICOLOSITA' SISMICA DIBASE

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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 <u>profondità del</u> 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.

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

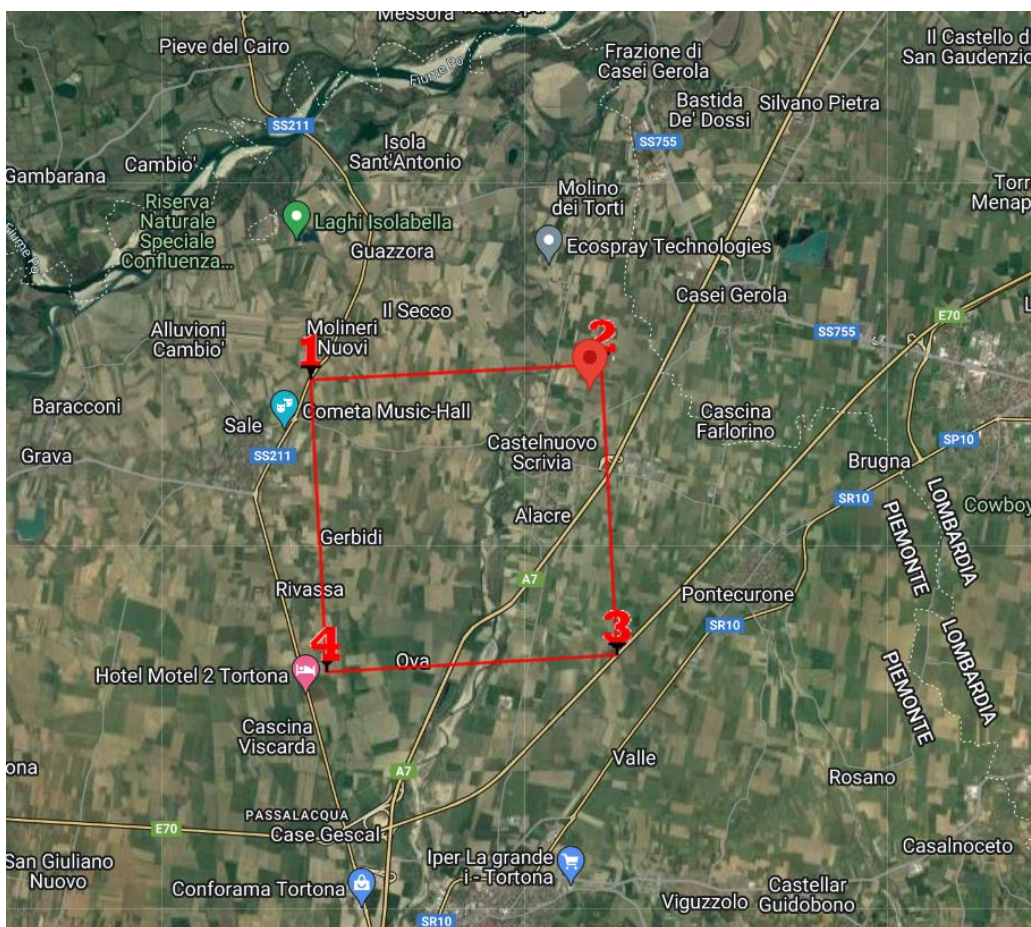
ESPRESSIONI DI S_s E C_c		
Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_a \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C 	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_a \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_a \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_a \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli stati limite, che possono verificarsi durante un determinato periodo di riferimento della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la vita nominale dell'opera, che congiuntamente alla classe d'uso, permette di determinare il periodo di riferimento;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative probabilità di superamento è possibile stabilire il periodo di ritorno associato a ciascun stato limite;

- a questo punto è possibile definire la pericolosità sismica di base per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

La V_n (Vita nominale) attesa da un eventuale edificio: $V_n = 50$ anni (informazione standard di Legge in assenza altre indicazioni). I dati sono stati processati con il software Geostru dedicato per la determinazione dei parametri sismici corretti. Vengono di seguito riportati i valori.



Stati limite

 Classe Edificio

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


 Vita Nominale 50

 Interpolazione Media ponderata

CU = 1


Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_o	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.022	2.507	0.184
Danno (SLD)	50	0.029	2.490	0.207
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.073	2.498	0.276
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.098	2.483	0.280
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			


Coefficienti sismici

 Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni


☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 us (m) 0.1

 Cat. Sottosuolo C

 Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,83	1,77	1,61	1,60
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☒ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]  0.09

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.002	0.002	0.002	0.002
kv	0.001	0.001	0.001	0.001
Amax [m/s²]	0.090	0.090	0.090	0.090
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Parametri sismici

determinati con GeoStru PS

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 44,992151 [°]

longitudine: 8,893734 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	14253	44,994140	8,826187	5316,2
Sito 2	14254	44,996880	8,896642	573,4
Sito 3	14476	44,946950	8,900483	5054,1
Sito 4	14475	44,944230	8,830014	7315,9

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,022	2,507	0,184
Danno (SLD)	63	50	0,029	2,490	0,207
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,073	2,498	0,276
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,098	2,483	0,280

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,835	1,000	0,002	0,001	0,090	0,200
SLD	1,500	1,767	1,000	0,002	0,001	0,090	0,200
SLV	1,500	1,607	1,000	0,002	0,001	0,090	0,200
SLC	1,500	1,598	1,000	0,002	0,001	0,090	0,200

Geostru

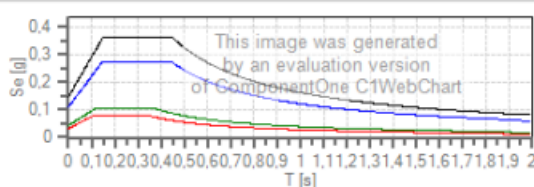
Spettri di risposta

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000

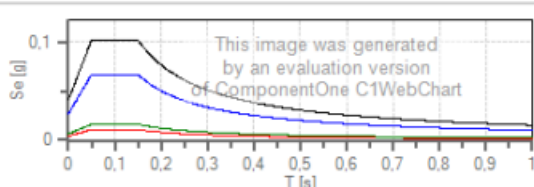
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



— SLO
— SLD
— SLV
— SLC

	cu	ag	Fo	Tc*	Ss	Cc	St	S		TB	TC	TD
		[g]		[s]						[s]	[s]	[s]
SLO	1	0,022	2,507	0,184	1,500	1,835	1,000	1,500	1,000	0,113	0,338	1,686
SLD	1	0,029	2,490	0,207	1,500	1,767	1,000	1,500	1,000	0,122	0,365	1,714
SLV	1	0,073	2,498	0,276	1,500	1,607	1,000	1,500	1,000	0,148	0,443	1,893
SLC	1	0,098	2,483	0,280	1,500	1,598	1,000	1,500	1,000	0,149	0,447	1,990

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



— SLO
— SLD
— SLV
— SLC

	cu	ag	Fo	Tc*	Ss	Cc	St	S		TB	TC	TD
		[g]		[s]						[s]	[s]	[s]
SLO	1	0,022	2,507	0,184	1,000	1,835	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,029	2,490	0,207	1,000	1,767	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,073	2,498	0,276	1,000	1,607	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,098	2,483	0,280	1,000	1,598	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

Spettro di progetto

Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5

per lo spettro orizzontale = 0,667

Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5

per lo spettro verticale = 0,667

Stato limite: SLV

Spettri di progetto per lo stato limite: SLV



— Componente orizzontale
— Componente verticale

	cu	ag	Fo	Tc*	Ss	Cc	St	S	q	TB	TC	TD
		[g]		[s]						[s]	[s]	[s]
SLV orizzontale	1	0,073	2,498	0,276	1,500	1,607	1,000	1,500	1,500	0,148	0,443	1,893
SLV verticale	1	0,073	2,498	0,276	1,500	1,607	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

5. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Vengono di seguito riportate le condizioni di Legge previste: Esclusione della verifica a liquefazione La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
 2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
 3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
 4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 9(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 9(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.
- Figura 11 Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

Si riportano i parametri sismici per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita definiti per il sito

di studio:

-S - Accelerazione massima in superficie=0.073 g

-F0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale = 2.498

-Tc periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale = 0.276

-Categoria di suolo di tipo “C”

-Coefficiente di amplificazione litologica $S_s=1.5$

-Coefficiente di amplificazione litologica $C_c=1.607$

-Categoria topografica “T1”

-Coefficiente di amplificazione topografica $S_t=1.00$

La condizione 1 risulta soddisfatta.

6. MODELLO GEOTECNICO

I dati acquisiti sono stati elaborati con l'ausilio del software di calcolo dedicato Geostru per Windows al fine di caratterizzare e parametrizzare gli aspetti geotecnici del sottosuolo investigato.

Si rinvia alle tabelle allegate per la ricostruzione di dettaglio del modello geotecnico del sottosuolo stesso.

Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisicomeccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico (da NTC – D.M. 14/01/2008 e successivo aggiornamento del 17/01/2018).

Sulla base dei dati ottenuti dalle prove geognostiche, il terreno investigato può essere schematicamente suddiviso (NB: riferimento piano campagna), dal punto di vista geotecnico, in cinque livelli stratigrafici aventi le caratteristiche geotecniche principali di seguito indicate.

Secondo quanto disposto dalle Norme Tecniche, tali parametri meccanici devono essere trattati in maniera statistica, adottando valori a cui sia associata una probabilità di superamento non superiore a 5% (2.3 – NTC2018), ottenendo parametri definiti "caratteristici".

L'indagine svolta nell'area in data 14 febbraio 2023 permette di constatare che i depositi sottostanti la coltre superficiale presentano alternanze di strati sabbiosi, sabbioso ghiaiosi e limosi, con locali intercalazioni torbose argillose, tipiche dei depositi alluvionali della pianura alessandrina. Dall'analisi dei dati ottenuti attraverso le prove penetrometriche eseguite si possono dedurre le seguenti considerazioni:

l'area è stata indagata per una profondità massima di m. 10 metri da quota piano campagna interno mediante penetrometro super pesante Pagani TG63-200, realizzando 6 indagini di tipo dinamico.

Le indagini eseguite hanno mostrato una certa variabilità relativamente alla presenza o meno di livelli e lenti limoso argillose che possono influenzare negativamente le caratteristiche di portanza, pertanto le elaborazioni sono state precauzionalmente eseguite in riferimento all'indagini con caratteristiche geotecniche peggiori DPSH2, che mostra:

- coltre superficiale per uno spessore di m. 0,20
- sottostante livello sabbioso limoso fino alla profondità di m. 1.4
- sottostante livello limoso argilloso fino alla profondità di m. 6.4
- sottostante livello sabbioso limoso fino a m. 7.4
- ghiaia fino fondo foro
- **la falda acquifera è stata rilevata 3.6m** (Luglio 2023)

I calcoli, sono stati eseguiti con apposito software Geostru Dynamic Probing 2018, applicando la formula di Meyerhof.

Meyerhof modificò l'equazione di Terzaghi inserendo fattori di forma e di profondità e tenendo conto dell'inclinazione del carico. Per fondazioni aventi $D \geq B$ (D = profondità di posa plinto – B = lato del plinto) la capacità portante ottenuta non è molto diversa da quella ricavata dalla formula di Terzaghi; maggiori differenze si riscontrano quando il rapporto D/B aumenta.

Per carico verticale:

$$cNc scd c + \delta DNqsq dq + 0,5 \delta BN \delta s \delta d \delta$$

dove:

c = coesione

δ = peso di volume ton/mc

$Nc - Nq - N\delta$ = coeff. di capacità portante (apposite tabelle)

$sc d c sq dq s \delta d \delta$ = fattori di forma e profondità legati a ϕ (angolo d'attrito) con apposite formule

I risultati delle indagini sono riportati in dettaglio nelle elaborazioni grafiche allegate.

DATI GEOTECNICI

PROVA DPSH2

Strat o	Prof. Strato (m)	Nspt	Litologia	Tipo	Peso Unita' di Volume (t/m³)	Peso Unita' di Volume Saturo	Angolo d'attrito Fi (°)	Coesione non drenata Cu	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocita' onde di taglio (m/s)	Densita' relativa (%)
1	0.2	4.47	Strato alterato	Coesivo	1.73	1.87	0	0.28	47.38	44.7	0	0	56.84	--
2	1.4	8.95	sabbia limosa	Incoerente	1.46	1.91	22.56	0	45.85	0	0.34	510.07	95.74	68.71
3	6.4	3.9	limo argilloso	Incoerente/ Coesivo	1.4	1.87	21.11	0.24	35.48	0	0.35	233.62	112.58	35.89
4	7.4	8.65	sabbia limosa	Incoerente	1.46	1.91	22.47	0	45.23	0	0.34	493.98	144.25	48.84
5	10	17.45	sabbia e ghiaia	Incoerente	1.55	1.97	24.64	0	60.79	156.12	0.32	892.25	168.19	63.57

7. CONCLUSIONI

L'area di progetto, avente quota topografica di m. 81 s.l.m, risulta ubicata in corrispondenza di una quota di falda posta a m. 75,00 sul livello del mare, pertanto il livello indicativo della falda locale desunta dalla carta idrogeologica corrisponde a – m. 5 da piano campagna.

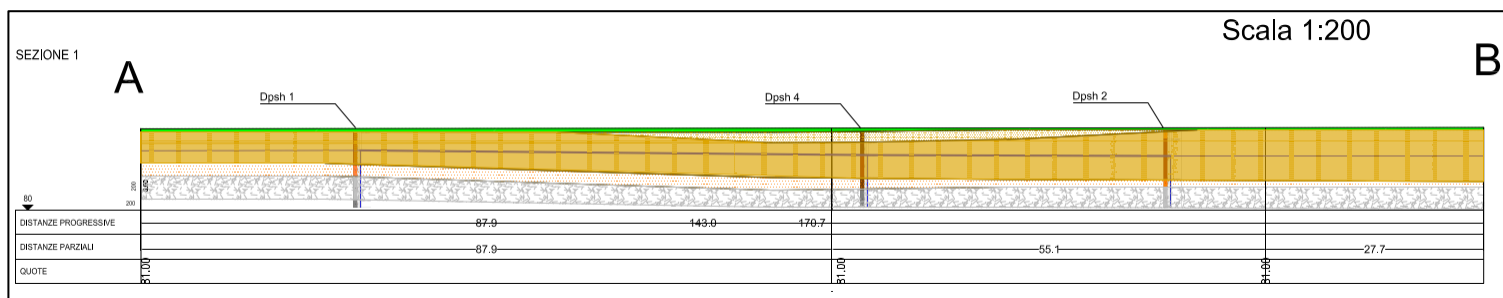
Durante l'indagine penetrometrica di riferimento, spinta alla massima profondità di m. 10 da p.c., in data 5/07/2023, è stato intercettato il livello freatico a circa 3.5 metri. Alla luce delle indagini eseguite, si evidenzia che la soggiacenza della falda locale risulta inferiore e quindi più prossima al piano campagna rispetto a quella fornita dal Geoportale di Arpa Piemonte.

L'area in oggetto, dai dati aggiornati reperibili dal Geoportale di Arpa Piemonte risulta **interna** alle aree allagabili ed ai rischi significativi SCARSI ed **esterna** alle zone di protezione speciale ZPS.

L'elaborazione del dato di campagna ha fornito una Vs30 pari a 232 m/s che, così come riportato dalle NTC 2018, permette di classificare il suolo di fondazione come **“tipo C”**.

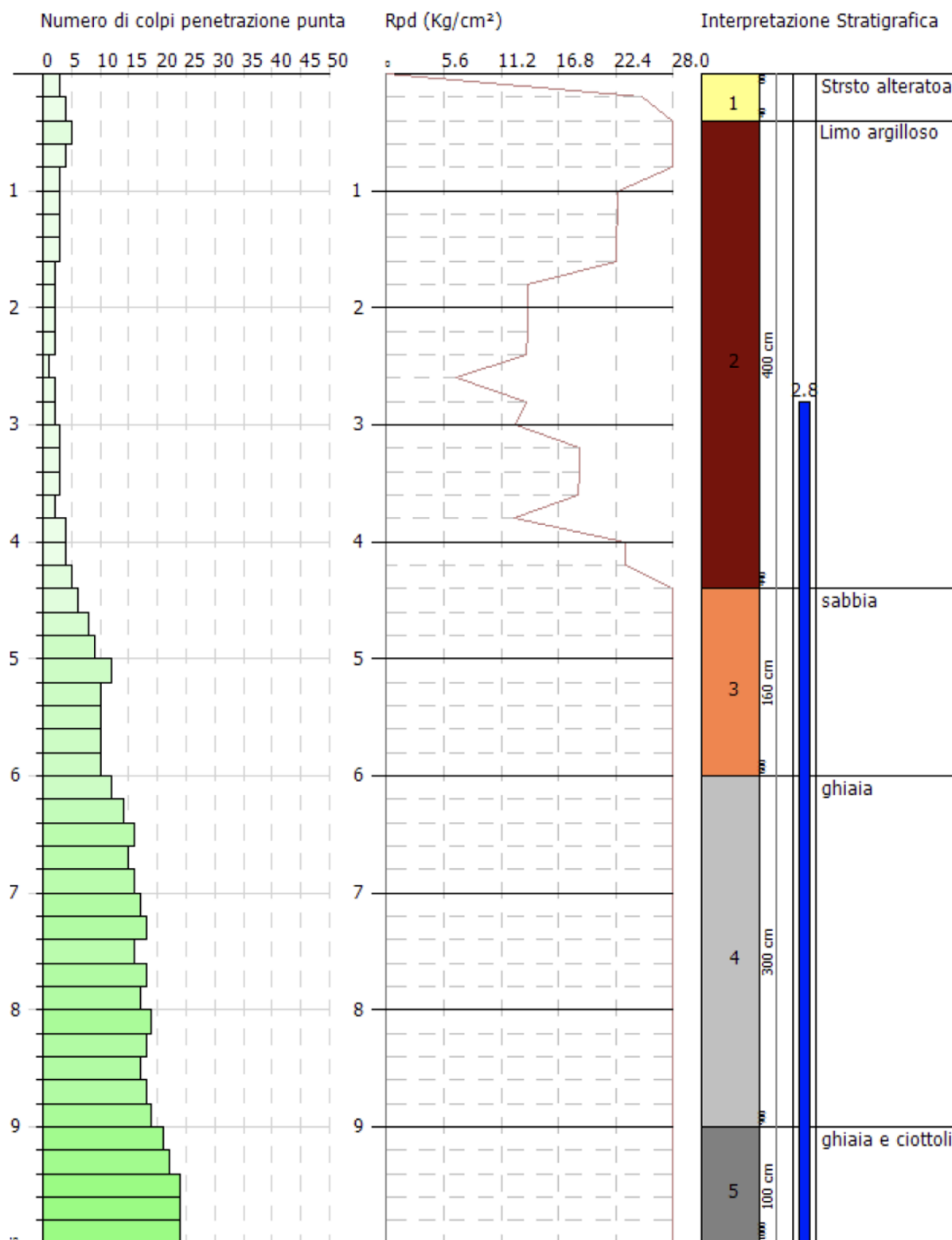
Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

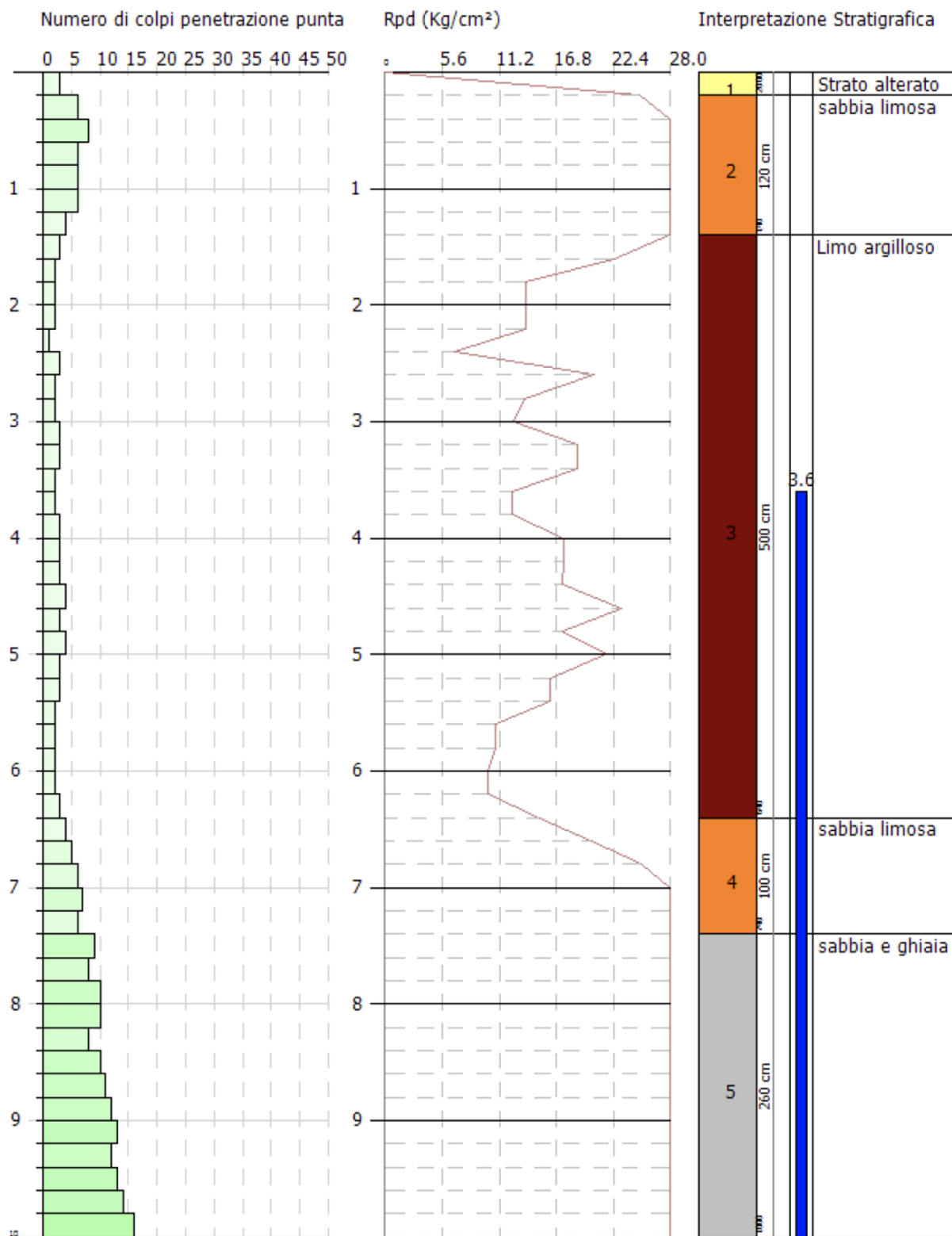
Dalle prove eseguite si può riassumere una stratigrafia sub-orizzontale tipica della Pianura Padana con alternanze di limi, argille e sabbie appoggiate ad uno strato più competente caratterizzato da ghiaie ad una quota intorno ai 7-8 metri di profondità da p.c.

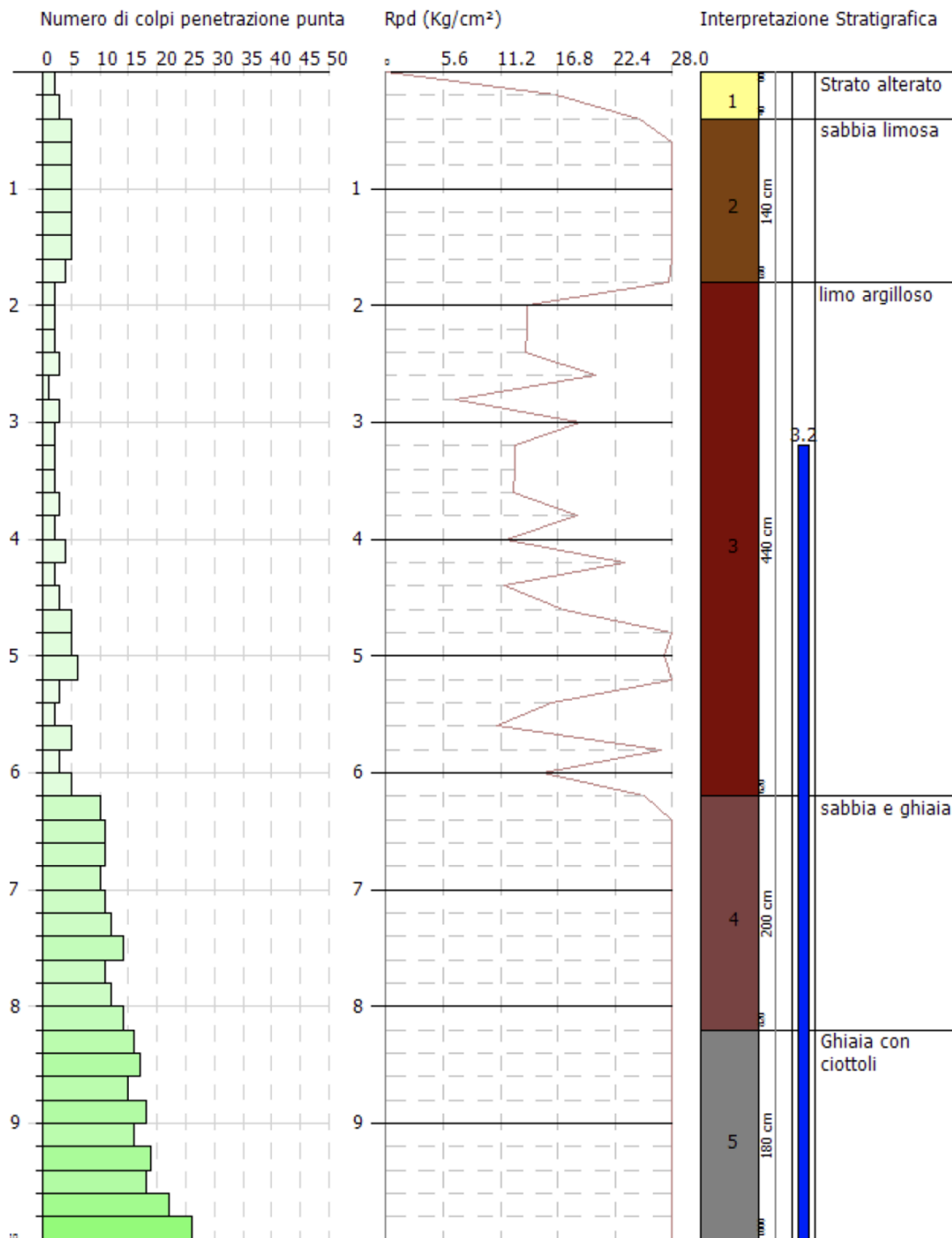


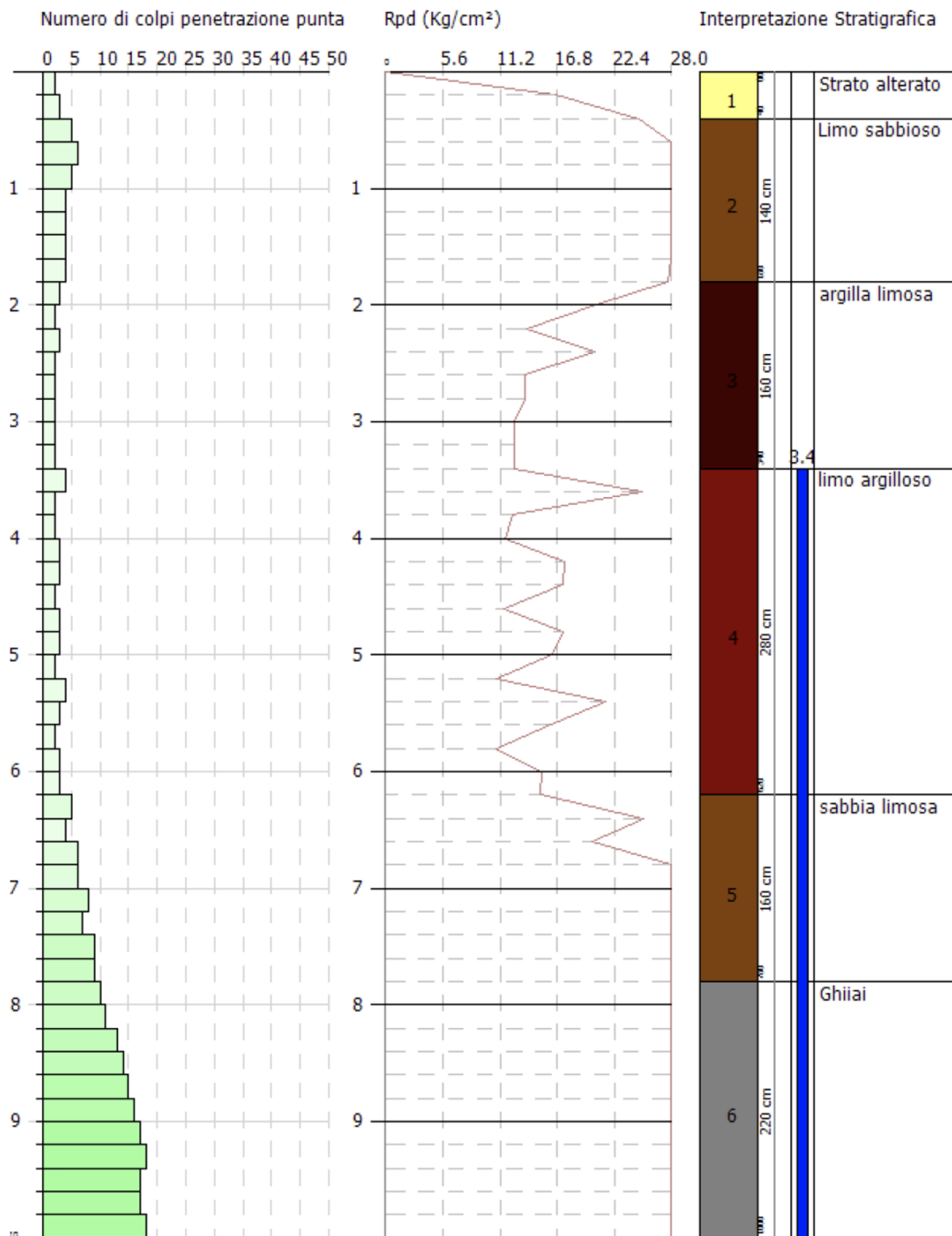
Sezione di Castelnuovo Scrivia estratta dalla tavola allegata

ALLEGATI





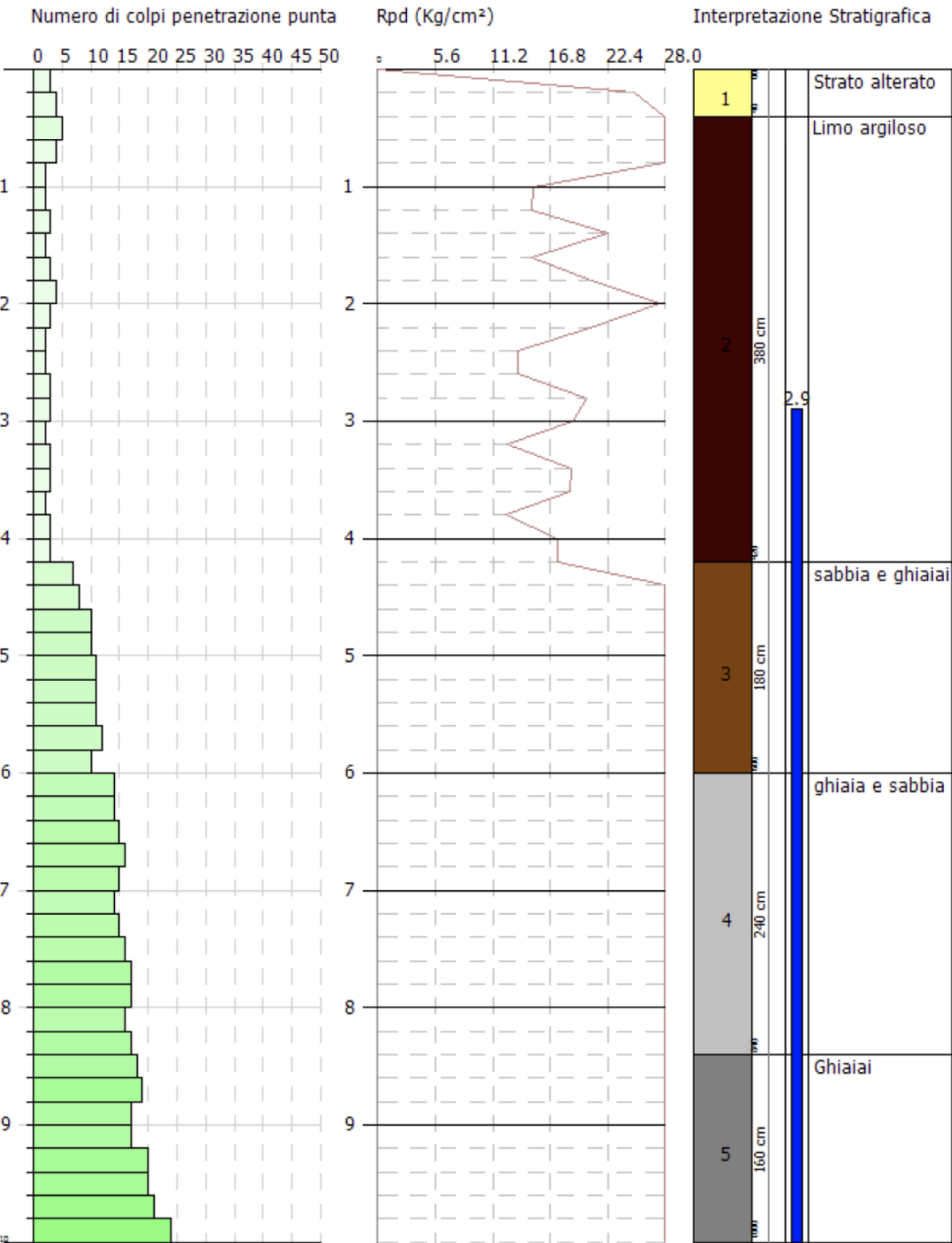


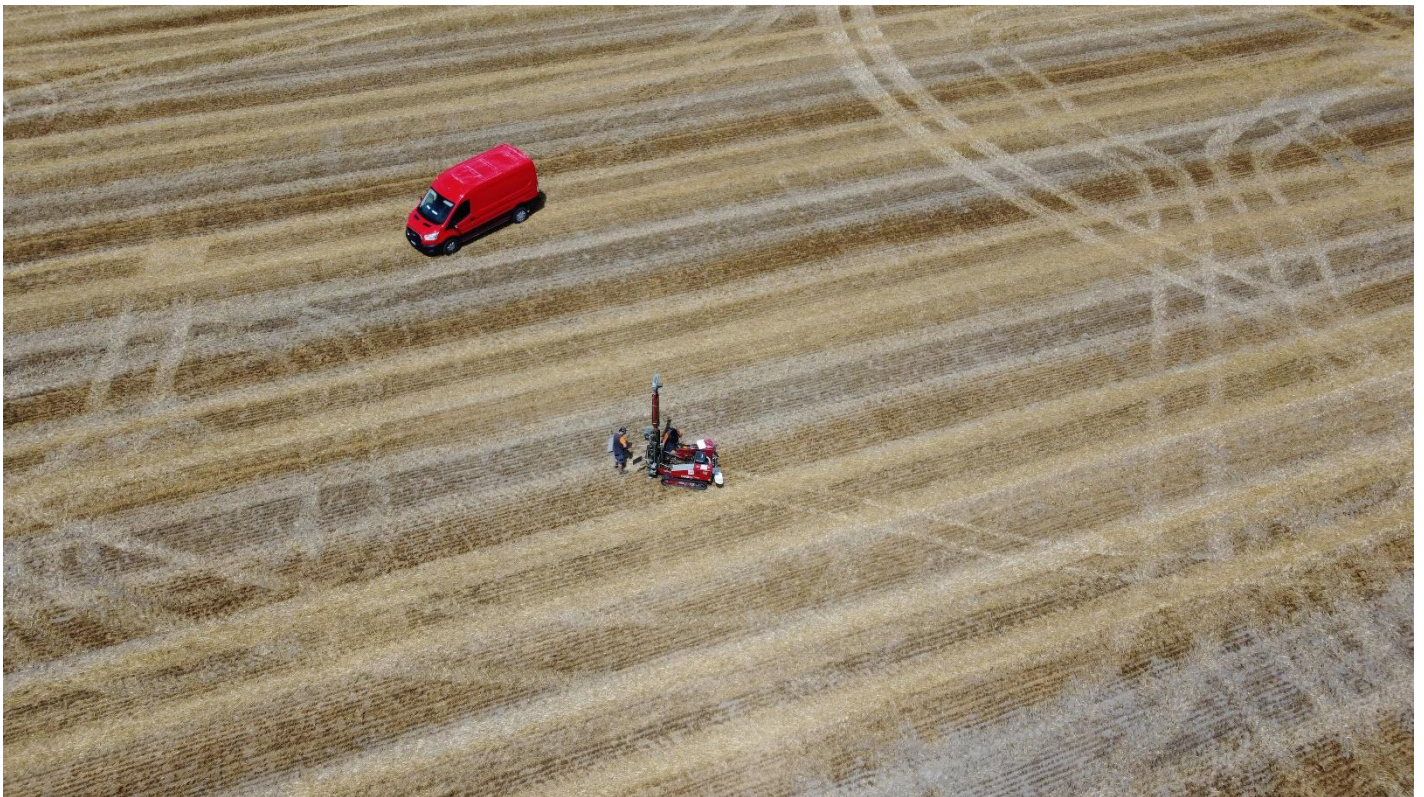
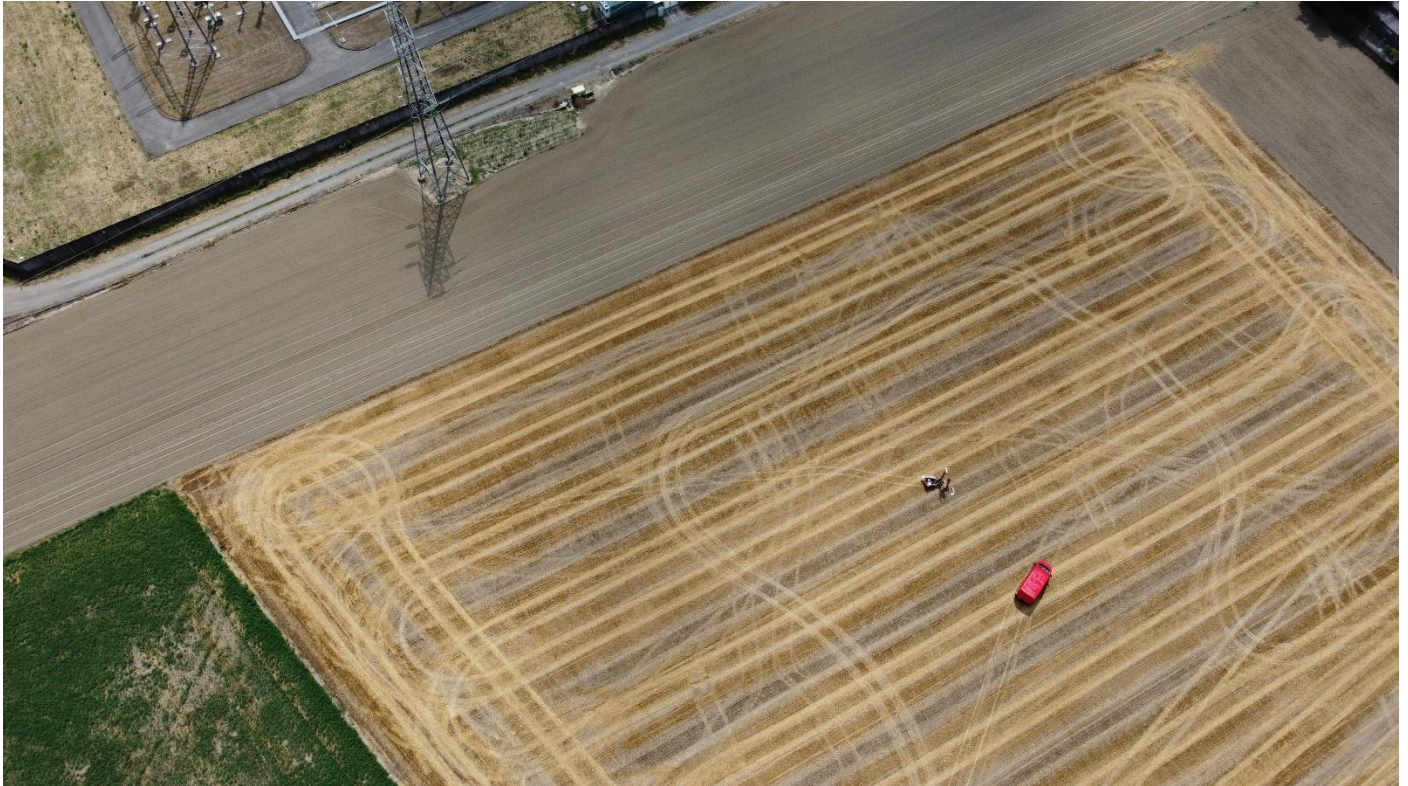


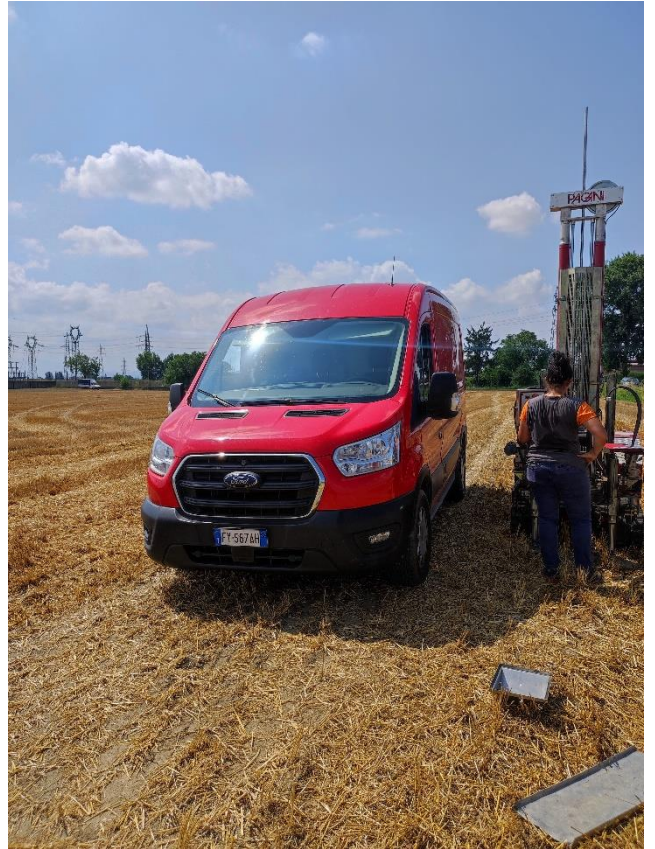
Committente: ENGINEERING GEOLOGY SRL
Descrizione: Costruzione di un impianto storage
Localita': Castelnuovo Scrivia

5/07/2023

Scala 1:49







PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: ENGINEERING GEOLOGY SRL Descrizione: Costruzione di un impianto storage Localita': Castelnuovo Scrivia	
---	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.3 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPL-DPM-DPH-DPSH

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm² rivestimento / fango bentonitico: talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica ($\alpha= 60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm² rivestimento / fango bentonitico: talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H = 0.75$ m, avanzamento $\delta = 30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A = 20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente $M = 63.5$ kg, altezza caduta $H = 0.75$ m, avanzamento $\delta = 20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico: talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M peso massa battente.
 M' peso aste.
 H altezza di caduta.
 A area base punta conica.
 δ passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

R_{pd} resistenza dinamica punta (area A).
 e infissione media per colpo (δ / N).
 M peso massa battente (altezza caduta H).
 P peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa' / \sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

$ER/60$ rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
 C_s parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
 C_d funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
 C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare, consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono:

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (- s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING* (1982), applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt\text{ corretto}} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977) - Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss (1978-1981). Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/s)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (Ko)

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli - correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensibilità > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche" di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC.
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago). Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975), - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali.
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cmq) -, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buisman-Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt} = 6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con $I.P. > 15$.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 05/07/2023
 Profondita' prova 10.00 mt
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	3	0.855	24.92	29.15	1.25	1.46
0.40	4	0.851	33.07	38.87	1.65	1.94
0.60	5	0.847	41.16	48.59	2.06	2.43
0.80	4	0.843	32.78	38.87	1.64	1.94
1.00	3	0.840	22.65	26.97	1.13	1.35
1.20	3	0.836	22.55	26.97	1.13	1.35
1.40	3	0.833	22.46	26.97	1.12	1.35
1.60	3	0.830	22.37	26.97	1.12	1.35
1.80	2	0.826	14.86	17.98	0.74	0.90
2.00	2	0.823	13.77	16.73	0.69	0.84
2.20	2	0.820	13.72	16.73	0.69	0.84
2.40	2	0.817	13.67	16.73	0.68	0.84
2.60	1	0.814	6.81	8.36	0.34	0.42
2.80	2	0.811	13.57	16.73	0.68	0.84
3.00	2	0.809	12.65	15.64	0.63	0.78
3.20	3	0.806	18.91	23.46	0.95	1.17
3.40	3	0.803	18.84	23.46	0.94	1.17
3.60	3	0.801	18.78	23.46	0.94	1.17
3.80	2	0.798	12.48	15.64	0.62	0.78
4.00	4	0.796	23.37	29.36	1.17	1.47
4.20	4	0.794	23.30	29.36	1.17	1.47
4.40	5	0.791	29.05	36.70	1.45	1.84
4.60	6	0.789	34.76	44.04	1.74	2.20
4.80	8	0.787	46.22	58.72	2.31	2.94
5.00	9	0.785	48.87	62.25	2.44	3.11
5.20	12	0.783	64.99	83.01	3.25	4.15
5.40	10	0.781	54.03	69.17	2.70	3.46
5.60	10	0.779	53.89	69.17	2.69	3.46
5.80	10	0.777	53.77	69.17	2.69	3.46
6.00	10	0.775	50.72	65.40	2.54	3.27
6.20	12	0.774	60.72	78.48	3.04	3.92
6.40	14	0.722	66.11	91.56	3.31	4.58
6.60	16	0.720	75.38	104.64	3.77	5.23
6.80	15	0.719	70.51	98.10	3.53	4.91
7.00	16	0.717	71.17	99.24	3.56	4.96
7.20	17	0.716	75.46	105.44	3.77	5.27
7.40	18	0.714	79.73	111.64	3.99	5.58
7.60	16	0.713	70.73	99.24	3.54	4.96
7.80	18	0.711	79.41	111.64	3.97	5.58
8.00	17	0.710	71.17	100.26	3.56	5.01
8.20	19	0.709	79.40	112.05	3.97	5.60
8.40	18	0.707	75.08	106.15	3.75	5.31
8.60	17	0.706	70.78	100.26	3.54	5.01
8.80	18	0.705	74.81	106.15	3.74	5.31
9.00	19	0.703	75.13	106.80	3.76	5.34
9.20	21	0.652	77.00	118.04	3.85	5.90
9.40	22	0.651	80.52	123.67	4.03	6.18
9.60	24	0.650	87.68	134.91	4.38	6.75
9.80	24	0.649	87.53	134.91	4.38	6.75
10.00	24	0.648	83.47	128.87	4.17	6.44

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.4	3.5	34.01	Coesivo	0	1.77	1.88	0.04	1.49	5.22	Strsto alterato

4.4	2.9	24.28	Incoerente - coesivo	0	1.72	1.87	0.41	1.51	4.39	Limo argilloso
6	9.38	65.12	Incoerente	0	1.87	1.95	0.7	1.54	14.43	sabbia
9	16.67	102.11	Incoerente	0	2.09	2.02	0.93	1.55	25.82	ghiaia
10	23	128.08	Incoerente	0	2.18	2.08	1.13	1.56	35.83	ghiaia e ciottoli

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Strsto altertoa	5.22	0.40	0.33	0.65	0.25 - 0.50	0.21	0.51	1.02	0.47	0.82	0.26	0.88	0.65
[2] - Limo argilloso	4.39	4.40	0.27	0.55	0.25 - 0.50	0.18	0.43	0.73	0.40	0.76	0.22	0.24	0.55

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strsto altertoa	5.22	0.40	Robertson (1983)	10.44
[2] - Limo argilloso	4.39	4.40	Robertson (1983)	8.78

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strsto altertoa	5.22	0.40	23.95	78.30	55.03	65.25
[2] - Limo argilloso	4.39	4.40	20.14	65.85	46.57	54.88

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strsto altertoa	5.22	0.40	39.63	52.20
[2] - Limo argilloso	4.39	4.40	30.09	43.90

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strsto altertoa	5.22	0.40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Limo argilloso	4.39	4.40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] - Strsto altertoa	5.22	0.40	Meyerhof	1.77
[2] - Limo argilloso	4.39	4.40	Meyerhof	1.72

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] - Strsto altertoa	5.22	0.40	Meyerhof	1.88
[2] - Limo argilloso	4.39	4.40	Meyerhof	1.87

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Strsto altertoa	5.22	0.40	Ohta & Goto (1978) Limi	66.74
[2] - Limo argilloso	4.39	4.40	Ohta & Goto (1978) Limi	104.63

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - Limo argilloso	4.39	4.40	17.24	41.67	43.71	19.19
[3] - sabbia	14.43	6.00	35.97	67.45	67.35	41.97
[4] - ghiaia	25.82	9.00	40.34	74.36	73.8	51.84
[5] - ghiaia e ciottoli	35.83	10.00	42.64	78.16	77.74	58.46

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] - Limo argilloso	4.39	4.40	4.39	28.25	21.25	29.23	29.31	31.41	0	<30	23.11	28.32	23.03	24.37
[3] - sabbia	14.43	6.00	14.43	31.12	24.12	32.04	30.1	35.27	37.44	30-32	29.71	31.33	26.46	31.99
[4] - ghiaia	25.82	9.00	20.41	32.83	25.83	33.71	30.05	37.19	38.41	30-32	32.5	33.12	26.91	35.2
[5] - ghiaia e ciottoli	35.83	10.00	25.415	34.26	27.26	35.12	29.97	38.58	38.94	32-35	34.52	34.62	26.95	37.55

Modulo di Young (Kg/cm²)

	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] - Limo argilloso	4.39	4.40	4.39	---	35.12	---	---	---
[3] - sabbia	14.43	6.00	14.43	271.15	115.44	170.97	288.23	147.15
[4] - ghiaia	25.82	9.00	20.41	322.47	163.28	241.54	333.08	177.05
[5] - ghiaia e ciottoli	35.83	10.00	25.415	359.85	203.32	300.60	370.61	202.08

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	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] - Limo argilloso	4.39	4.40	4.39	---	36.48	31.17	57.58
[3] - sabbia	14.43	6.00	14.43	86.58	57.10	102.45	102.36
[4] - ghiaia	25.82	9.00	20.41	122.46	69.39	144.91	129.03
[5] - ghiaia e ciottoli	35.83	10.00	25.415	152.49	79.67	180.45	151.35

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - Limo argilloso	4.39	4.40	4.39	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] - sabbia	14.43	6.00	14.43	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - ghiaia	25.82	9.00	20.41	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[5] - ghiaia e ciottoli	35.83	10.00	25.415	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[2] - Limo argilloso	4.39	4.40	4.39	Terzaghi-Peck 1948	1.40
[3] - sabbia	14.43	6.00	14.43	Terzaghi-Peck 1948	1.53
[4] - ghiaia	25.82	9.00	20.41	Terzaghi-Peck 1948	1.60
[5] - ghiaia e ciottoli	35.83	10.00	25.415	Terzaghi-Peck 1948	1.65

Peso unita' di volume saturo

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

					(t/m³)
[2] - Limo argilloso	4.39	4.40	4.39	Terzaghi-Peck 1948	1.87
[3] - sabbia	14.43	6.00	14.43	Terzaghi-Peck 1948	1.95
[4] - ghiaia	25.82	9.00	20.41	Terzaghi-Peck 1948	2.00
[5] - ghiaia e ciottoli	35.83	10.00	25.415	Terzaghi-Peck 1948	2.03

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - Limo argilloso	4.39	4.40	4.39	(A.G.I.)	0.34
[3] - sabbia	14.43	6.00	14.43	(A.G.I.)	0.33
[4] - ghiaia	25.82	9.00	20.41	(A.G.I.)	0.31
[5] - ghiaia e ciottoli	35.83	10.00	25.415	(A.G.I.)	0.3

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[2] - Limo argilloso	4.39	4.40	4.39	261.11	308.64
[3] - sabbia	14.43	6.00	14.43	799.14	638.59
[4] - ghiaia	25.82	9.00	20.41	1107.05	789.27
[5] - ghiaia e ciottoli	35.83	10.00	25.415	1360.50	902.44

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[2] - Limo argilloso	4.39	4.40	4.39	Ohta & Goto (1978) Limi	104.63
[3] - sabbia	14.43	6.00	14.43	Ohta & Goto (1978) Limi	149.23
[4] - ghiaia	25.82	9.00	20.41	Ohta & Goto (1978) Limi	170.06
[5] - ghiaia e ciottoli	35.83	10.00	25.415	Ohta & Goto (1978) Limi	184.89

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[2] - Limo argilloso	4.39	4.40	4.39	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - sabbia	14.43	6.00	14.43	Seed e Idriss (1971)	2.998
[4] - ghiaia	25.82	9.00	20.41	Seed e Idriss (1971)	4.611
[5] - ghiaia e ciottoli	35.83	10.00	25.415	Seed e Idriss (1971)	6.774

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[2] - Limo argilloso	4.39	4.40	4.39	Navfac 1971-1982	0.84
[3] - sabbia	14.43	6.00	14.43	Navfac 1971-1982	3.01
[4] - ghiaia	25.82	9.00	20.41	Navfac 1971-1982	4.12
[5] - ghiaia e ciottoli	35.83	10.00	25.415	Navfac 1971-1982	4.94

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[2] - Limo argilloso	4.39	4.40	4.39	Robertson 1983	8.78
[3] - sabbia	14.43	6.00	14.43	Robertson 1983	28.86
[4] - ghiaia	25.82	9.00	20.41	Robertson 1983	40.82
[5] - ghiaia e ciottoli	35.83	10.00	25.415	Robertson 1983	50.83

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 5/07/2023
 Profondita' prova 10.00 mt
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
-----------------	-----------	------------------------------------	--------------------------------	------------------------	--	---

					(Kg/cm²)	
0.20	3	0.855	24.92	29.15	1.25	1.46
0.40	6	0.851	49.61	58.31	2.48	2.92
0.60	8	0.847	65.85	77.74	3.29	3.89
0.80	6	0.843	49.17	58.31	2.46	2.92
1.00	6	0.840	45.30	53.94	2.26	2.70
1.20	6	0.836	45.11	53.94	2.26	2.70
1.40	4	0.833	29.95	35.96	1.50	1.80
1.60	3	0.830	22.37	26.97	1.12	1.35
1.80	2	0.826	14.86	17.98	0.74	0.90
2.00	2	0.823	13.77	16.73	0.69	0.84
2.20	2	0.820	13.72	16.73	0.69	0.84
2.40	1	0.817	6.83	8.36	0.34	0.42
2.60	3	0.814	20.43	25.09	1.02	1.25
2.80	2	0.811	13.57	16.73	0.68	0.84
3.00	2	0.809	12.65	15.64	0.63	0.78
3.20	3	0.806	18.91	23.46	0.95	1.17
3.40	3	0.803	18.84	23.46	0.94	1.17
3.60	2	0.801	12.52	15.64	0.63	0.78
3.80	2	0.798	12.48	15.64	0.62	0.78
4.00	3	0.796	17.53	22.02	0.88	1.10
4.20	3	0.794	17.48	22.02	0.87	1.10
4.40	3	0.791	17.43	22.02	0.87	1.10
4.60	4	0.789	23.17	29.36	1.16	1.47
4.80	3	0.787	17.33	22.02	0.87	1.10
5.00	4	0.785	21.72	27.67	1.09	1.38
5.20	3	0.783	16.25	20.75	0.81	1.04
5.40	3	0.781	16.21	20.75	0.81	1.04
5.60	2	0.779	10.78	13.83	0.54	0.69
5.80	2	0.777	10.75	13.83	0.54	0.69
6.00	2	0.775	10.14	13.08	0.51	0.65
6.20	2	0.774	10.12	13.08	0.51	0.65
6.40	3	0.772	15.15	19.62	0.76	0.98
6.60	4	0.770	20.15	26.16	1.01	1.31
6.80	5	0.769	25.14	32.70	1.26	1.64
7.00	6	0.767	28.55	37.21	1.43	1.86
7.20	7	0.766	33.24	43.42	1.66	2.17
7.40	6	0.764	28.44	37.21	1.42	1.86
7.60	9	0.763	42.57	55.82	2.13	2.79
7.80	8	0.761	37.77	49.62	1.89	2.48
8.00	10	0.760	44.82	58.97	2.24	2.95
8.20	10	0.759	44.74	58.97	2.24	2.95
8.40	8	0.757	35.73	47.18	1.79	2.36
8.60	10	0.756	44.58	58.97	2.23	2.95
8.80	11	0.755	48.96	64.87	2.45	3.24
9.00	12	0.753	50.83	67.45	2.54	3.37
9.20	13	0.702	51.32	73.08	2.57	3.65
9.40	12	0.751	50.67	67.45	2.53	3.37
9.60	13	0.700	51.15	73.08	2.56	3.65
9.80	14	0.699	54.99	78.70	2.75	3.93
10.00	16	0.698	59.94	85.91	3.00	4.30

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.2	3	29.15	Coesivo	0	1.73	1.87	0.02	1.49	4.47	Strato alterato
1.4	6	56.37	Incoerente	0	1.69	1.91	0.14	1.49	8.95	sabbia limosa
6.4	2.56	19.3	Incoerente - coesivo	0	1.69	1.87	0.64	1.52	3.9	Limo argilloso
7.4	5.6	35.34	Incoerente	0	1.79	1.93	0.9	1.54	8.65	sabbia limosa
10	11.23	64.62	Incoerente	0	1.94	1.96	1.07	1.55	17.45	sabbia e ghiaia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Strato alterato	4.47	0.20	0.28	0.56	0.25 - 0.50	0.18	0.44	0.87	0.41	0.77	0.22	0.77	0.56
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	0.24	0.49	0.15 - 0.25	0.16	0.38	0.58	0.35	0.72	0.20	0.00	0.49

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Strato alterato	4.47	0.20	Robertson (1983)	8.94
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	Robertson (1983)	7.80

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato alterato	4.47	0.20	20.51	67.05	47.38	55.88
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	17.89	58.50	41.57	48.75

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato alterato	4.47	0.20	31.01	44.70
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	24.45	39.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato alterato	4.47	0.20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m³)
[1] - Strato alterato	4.47	0.20	Meyerhof	1.73
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	Meyerhof	1.69

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m³)
[1] - Strato alterato	4.47	0.20	Meyerhof	1.87
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	Meyerhof	1.87

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Strato alterato	4.47	0.20	Ohta & Goto (1978) Limi	56.84
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	Ohta & Goto (1978) Limi	112.58

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - sabbia limosa	8.95	1.40	35.79	68.71	82.3	30.62
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	12.48	35.89	36.94	17.84
[4] - sabbia limosa	8.65	7.40	23.25	48.84	49.36	29.93
[5] - sabbia e ghiaia	17.45	10.00	33.63	63.57	63.69	45.18

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDG	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
--	------	------------------	----------------------------------	--------------------------------	-----------------	---------------	---------------	-----------------	---------------------------	-------------------------	-------------------------------	---------------------------	----------	-------------------

				f 1956							E SPECIFI CATION)			
[2] - sabbia limosa	8.95	1.40	8.95	29.56	22.56	30.51	32.88	33.27	0	<30	26.59	29.68	26.79	28.38
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	3.9	28.11	21.11	29.09	28.19	31.2	0	<30	22.65	28.17	21.75	23.83
[4] - sabbia limosa	8.65	7.40	8.65	29.47	22.47	30.42	28.73	33.15	0	<30	26.39	29.59	23.76	28.15
[5] - sabbia e ghiaia	17.45	10.00	16.225	31.64	24.64	32.54	29.37	35.88	36.9	30-32	30.6	31.87	25.5	33.01

Modulo di Young (Kg/cm²)

	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	8.95	1.40	8.95	---	71.60	106.31	---	---
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	3.9	---	31.20	---	---	---
[4] - sabbia limosa	8.65	7.40	8.65	---	69.20	102.77	---	---
[5] - sabbia e ghiaia	17.45	10.00	16.225	287.52	129.80	192.15	301.69	156.12

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	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	8.95	1.40	8.95	---	45.85	63.54	77.92
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	3.9	---	35.48	27.69	55.39
[4] - sabbia limosa	8.65	7.40	8.65	---	45.23	61.41	76.58
[5] - sabbia e ghiaia	17.45	10.00	16.225	97.35	60.79	115.20	110.36

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - sabbia limosa	8.95	1.40	8.95	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	3.9	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[4] - sabbia limosa	8.65	7.40	8.65	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[5] - sabbia e ghiaia	17.45	10.00	16.225	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
[2] - sabbia limosa	8.95	1.40	8.95	Terzaghi-Peck 1948	1.46
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	3.9	Terzaghi-Peck 1948	1.40
[4] - sabbia limosa	8.65	7.40	8.65	Terzaghi-Peck 1948	1.46
[5] - sabbia e ghiaia	17.45	10.00	16.225	Terzaghi-Peck 1948	1.55

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
[2] - sabbia limosa	8.95	1.40	8.95	Terzaghi-Peck 1948	1.91
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	3.9	Terzaghi-Peck 1948	1.87
[4] - sabbia limosa	8.65	7.40	8.65	Terzaghi-Peck 1948	1.91
[5] - sabbia e ghiaia	17.45	10.00	16.225	Terzaghi-Peck 1948	1.97

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Poisson
--	------	--------------	-------------------	--------------	---------

		(m)	presenza falda		
[2] - sabbia limosa	8.95	1.40	8.95	(A.G.I.)	0.34
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	3.9	(A.G.I.)	0.35
[4] - sabbia limosa	8.65	7.40	8.65	(A.G.I.)	0.34
[5] - sabbia e ghiaia	17.45	10.00	16.225	(A.G.I.)	0.32

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[2] - sabbia limosa	8.95	1.40	8.95	510.07	476.95
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	3.9	233.62	287.11
[4] - sabbia limosa	8.65	7.40	8.65	493.98	467.12
[5] - sabbia e ghiaia	17.45	10.00	16.225	892.25	686.01

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[2] - sabbia limosa	8.95	1.40	8.95	Ohta & Goto (1978) Limi	95.74
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	3.9	Ohta & Goto (1978) Limi	112.58
[4] - sabbia limosa	8.65	7.40	8.65	Ohta & Goto (1978) Limi	144.25
[5] - sabbia e ghiaia	17.45	10.00	16.225	Ohta & Goto (1978) Limi	168.19

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[2] - sabbia limosa	8.95	1.40	8.95	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	3.9	Seed e Idriss (1971)	1.607
[4] - sabbia limosa	8.65	7.40	8.65	Seed e Idriss (1971)	1.766
[5] - sabbia e ghiaia	17.45	10.00	16.225	Seed e Idriss (1971)	2.436

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[2] - sabbia limosa	8.95	1.40	8.95	Navfac 1971-1982	1.88
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	3.9	Navfac 1971-1982	0.73
[4] - sabbia limosa	8.65	7.40	8.65	Navfac 1971-1982	1.81
[5] - sabbia e ghiaia	17.45	10.00	16.225	Navfac 1971-1982	3.36

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[2] - sabbia limosa	8.95	1.40	8.95	Robertson 1983	17.90
[3] - Limo argilloso	3.9	6.40	3.9	Robertson 1983	7.80
[4] - sabbia limosa	8.65	7.40	8.65	Robertson 1983	17.30
[5] - sabbia e ghiaia	17.45	10.00	16.225	Robertson 1983	32.45

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 5/07/2023

Profondita' prova 10.00 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	2	0.855	16.61	19.44	0.83	0.97
0.40	3	0.851	24.80	29.15	1.24	1.46
0.60	5	0.847	41.16	48.59	2.06	2.43
0.80	5	0.843	40.98	48.59	2.05	2.43
1.00	5	0.840	37.75	44.95	1.89	2.25
1.20	5	0.836	37.59	44.95	1.88	2.25
1.40	5	0.833	37.44	44.95	1.87	2.25

1.60	5	0.830	37.29	44.95	1.86	2.25
1.80	4	0.826	29.71	35.96	1.49	1.80
2.00	2	0.823	13.77	16.73	0.69	0.84
2.20	2	0.820	13.72	16.73	0.69	0.84
2.40	2	0.817	13.67	16.73	0.68	0.84
2.60	3	0.814	20.43	25.09	1.02	1.25
2.80	1	0.811	6.79	8.36	0.34	0.42
3.00	3	0.809	18.97	23.46	0.95	1.17
3.20	2	0.806	12.60	15.64	0.63	0.78
3.40	2	0.803	12.56	15.64	0.63	0.78
3.60	2	0.801	12.52	15.64	0.63	0.78
3.80	3	0.798	18.73	23.46	0.94	1.17
4.00	2	0.796	11.69	14.68	0.58	0.73
4.20	4	0.794	23.30	29.36	1.17	1.47
4.40	2	0.791	11.62	14.68	0.58	0.73
4.60	3	0.789	17.38	22.02	0.87	1.10
4.80	5	0.787	28.89	36.70	1.44	1.84
5.00	5	0.785	27.15	34.59	1.36	1.73
5.20	6	0.783	32.50	41.50	1.62	2.08
5.40	3	0.781	16.21	20.75	0.81	1.04
5.60	2	0.779	10.78	13.83	0.54	0.69
5.80	5	0.777	26.88	34.59	1.34	1.73
6.00	3	0.775	15.22	19.62	0.76	0.98
6.20	5	0.774	25.30	32.70	1.27	1.64
6.40	10	0.772	50.49	65.40	2.52	3.27
6.60	11	0.770	55.42	71.94	2.77	3.60
6.80	11	0.769	55.31	71.94	2.77	3.60
7.00	10	0.767	47.58	62.02	2.38	3.10
7.20	11	0.766	52.24	68.22	2.61	3.41
7.40	12	0.764	56.87	74.43	2.84	3.72
7.60	14	0.713	61.88	86.83	3.09	4.34
7.80	11	0.761	51.94	68.22	2.60	3.41
8.00	12	0.760	53.78	70.77	2.69	3.54
8.20	14	0.709	58.50	82.56	2.93	4.13
8.40	16	0.707	66.74	94.36	3.34	4.72
8.60	17	0.706	70.78	100.26	3.54	5.01
8.80	15	0.705	62.34	88.46	3.12	4.42
9.00	18	0.703	71.18	101.18	3.56	5.06
9.20	16	0.702	63.16	89.94	3.16	4.50
9.40	19	0.701	74.88	106.80	3.74	5.34
9.60	18	0.700	70.82	101.18	3.54	5.06
9.80	22	0.649	80.24	123.67	4.01	6.18
10.00	26	0.648	90.43	139.61	4.52	6.98

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.4	2.5	24.29	Coesivo	0	1.68	1.87	0.03	1.49	3.73	Strato alterato
1.8	4.86	44.7	Incoerente	0	1.63	1.9	0.18	1.5	7.31	sabbia limosa
6.2	3.05	22.39	Incoerente - coesivo	0	1.74	1.88	0.61	1.52	4.65	limo argilloso
8.2	11.6	72.23	Incoerente	0	1.92	1.96	0.9	1.55	17.97	sabbia e ghiaia
10	18.56	105.05	Incoerente	0	2.03	1.99	1.08	1.56	28.92	Ghiaia con ciottoli

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman	De Beer
[1] - Strato alterato	3.73	0.40	0.23	0.47	0.15 - 0.25	0.15	0.36	0.73	0.34	0.71	0.19	0.62	0.47

[3] - limo argilloso	4.65	6.20	0.29	0.58	0.25 - 0.50	0.19	0.45	0.67	0.42	0.78	0.23	0.06	0.58
----------------------	------	------	------	------	-------------	------	------	------	------	------	------	------	------

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato alterato	3.73	0.40	Robertson (1983)	7.46
[3] - limo argilloso	4.65	6.20	Robertson (1983)	9.30

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato alterato	3.73	0.40	17.11	55.95	39.84	46.63
[3] - limo argilloso	4.65	6.20	21.33	69.75	49.22	58.13

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato alterato	3.73	0.40	22.50	37.30
[3] - limo argilloso	4.65	6.20	33.08	46.50

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato alterato	3.73	0.40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[3] - limo argilloso	4.65	6.20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] - Strato alterato	3.73	0.40	Meyerhof	1.68
[3] - limo argilloso	4.65	6.20	Meyerhof	1.74

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] - Strato alterato	3.73	0.40	Meyerhof	1.87
[3] - limo argilloso	4.65	6.20	Meyerhof	1.88

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Strato alterato	3.73	0.40	Ohta & Goto (1978) Limi	62.97
[3] - limo argilloso	4.65	6.20	Ohta & Goto (1978) Limi	116.62

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - sabbia limosa	7.31	1.80	30.64	60.48	69.29	26.73
[3] - limo argilloso	4.65	6.20	15.68	39.57	40.63	19.89
[4] - sabbia e ghiaia	17.97	8.20	36.07	67.43	67.19	45.63
[5] - Ghiaia con ciottoli	28.92	10.00	39.98	73.68	73.37	54.03

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 limosa	7.31	1.80	7.31	29.09	22.09	30.05	31.93	32.62	0	<30	25.47	29.19	25.85	27.09
[3] -	4.65	6.20	4.65	28.33	21.33	29.3	28.57	31.52	0	<30	23.35	28.4	22.51	24.64

limo argilloso														
[4] - sabbia e ghiaia	17.97	8.20	16.485	31.71	24.71	32.62	29.77	35.97	37.44	30-32	30.72	31.95	26.21	33.16
[5] - Ghiaia con ciottoli	28.92	10.00	21.96	33.27	26.27	34.15	29.83	37.64	38.32	30-32	33.15	33.59	26.59	35.96

Modulo di Young (Kg/cm²)

	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	7.31	1.80	7.31	---	58.48	---	---	---
[3] - limo argilloso	4.65	6.20	4.65	---	37.20	---	---	---
[4] - sabbia e ghiaia	17.97	8.20	16.485	289.81	131.88	195.22	303.64	157.43
[5] - Ghiaia con ciottoli	28.92	10.00	21.96	334.49	175.68	259.83	344.70	184.80

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	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	7.31	1.80	7.31	---	42.48	51.90	70.60
[3] - limo argilloso	4.65	6.20	4.65	---	37.02	33.01	58.74
[4] - sabbia e ghiaia	17.97	8.20	16.485	98.91	61.33	117.04	111.52
[5] - Ghiaia con ciottoli	28.92	10.00	21.96	131.76	72.57	155.92	135.94

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - sabbia limosa	7.31	1.80	7.31	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] - limo argilloso	4.65	6.20	4.65	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[4] - sabbia e ghiaia	17.97	8.20	16.485	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[5] - Ghiaia con ciottoli	28.92	10.00	21.96	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
[2] - sabbia limosa	7.31	1.80	7.31	Terzaghi-Peck 1948	1.44
[3] - limo argilloso	4.65	6.20	4.65	Terzaghi-Peck 1948	1.41
[4] - sabbia e ghiaia	17.97	8.20	16.485	Terzaghi-Peck 1948	1.56
[5] - Ghiaia con ciottoli	28.92	10.00	21.96	Terzaghi-Peck 1948	1.62

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
[2] - sabbia limosa	7.31	1.80	7.31	Terzaghi-Peck 1948	1.90
[3] - limo argilloso	4.65	6.20	4.65	Terzaghi-Peck 1948	1.88
[4] - sabbia e ghiaia	17.97	8.20	16.485	Terzaghi-Peck 1948	1.97
[5] - Ghiaia con ciottoli	28.92	10.00	21.96	Terzaghi-Peck 1948	2.01

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - sabbia limosa	7.31	1.80	7.31	(A.G.I.)	0.34
[3] - limo argilloso	4.65	6.20	4.65	(A.G.I.)	0.34
[4] - sabbia e ghiaia	17.97	8.20	16.485	(A.G.I.)	0.32
[5] - Ghiaia con ciottoli	28.92	10.00	21.96	(A.G.I.)	0.31

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[2] - sabbia limosa	7.31	1.80	7.31	421.69	421.47
[3] - limo argilloso	4.65	6.20	4.65	275.63	319.69
[4] - sabbia e ghiaia	17.97	8.20	16.485	905.68	692.71
[5] - Ghiaia con ciottoli	28.92	10.00	21.96	1185.90	825.37

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[2] - sabbia limosa	7.31	1.80	7.31	Ohta & Goto (1978) Limi	98.3
[3] - limo argilloso	4.65	6.20	4.65	Ohta & Goto (1978) Limi	116.62
[4] - sabbia e ghiaia	17.97	8.20	16.485	Ohta & Goto (1978) Limi	162.61
[5] - Ghiaia con ciottoli	28.92	10.00	21.96	Ohta & Goto (1978) Limi	178.78

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[2] - sabbia limosa	7.31	1.80	7.31	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - limo argilloso	4.65	6.20	4.65	Seed e Idriss (1971)	1.643
[4] - sabbia e ghiaia	17.97	8.20	16.485	Seed e Idriss (1971)	2.878
[5] - Ghiaia con ciottoli	28.92	10.00	21.96	Seed e Idriss (1971)	4.339

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[2] - sabbia limosa	7.31	1.80	7.31	Navfac 1971-1982	1.51
[3] - limo argilloso	4.65	6.20	4.65	Navfac 1971-1982	0.90
[4] - sabbia e ghiaia	17.97	8.20	16.485	Navfac 1971-1982	3.41
[5] - Ghiaia con ciottoli	28.92	10.00	21.96	Navfac 1971-1982	4.38

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[2] - sabbia limosa	7.31	1.80	7.31	Robertson 1983	14.62
[3] - limo argilloso	4.65	6.20	4.65	Robertson 1983	9.30
[4] - sabbia e ghiaia	17.97	8.20	16.485	Robertson 1983	32.97
[5] - Ghiaia con ciottoli	28.92	10.00	21.96	Robertson 1983	43.92

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 5/07/2023

Profondita' prova 10.00 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	2	0.855	16.61	19.44	0.83	0.97
0.40	3	0.851	24.80	29.15	1.24	1.46
0.60	5	0.847	41.16	48.59	2.06	2.43
0.80	6	0.843	49.17	58.31	2.46	2.92
1.00	5	0.840	37.75	44.95	1.89	2.25
1.20	4	0.836	30.07	35.96	1.50	1.80
1.40	4	0.833	29.95	35.96	1.50	1.80
1.60	4	0.830	29.83	35.96	1.49	1.80
1.80	4	0.826	29.71	35.96	1.49	1.80
2.00	3	0.823	20.65	25.09	1.03	1.25
2.20	2	0.820	13.72	16.73	0.69	0.84
2.40	3	0.817	20.50	25.09	1.03	1.25
2.60	2	0.814	13.62	16.73	0.68	0.84

2.80	2	0.811	13.57	16.73	0.68	0.84
3.00	2	0.809	12.65	15.64	0.63	0.78
3.20	2	0.806	12.60	15.64	0.63	0.78
3.40	2	0.803	12.56	15.64	0.63	0.78
3.60	4	0.801	25.05	31.27	1.25	1.56
3.80	2	0.798	12.48	15.64	0.62	0.78
4.00	2	0.796	11.69	14.68	0.58	0.73
4.20	3	0.794	17.48	22.02	0.87	1.10
4.40	3	0.791	17.43	22.02	0.87	1.10
4.60	2	0.789	11.59	14.68	0.58	0.73
4.80	3	0.787	17.33	22.02	0.87	1.10
5.00	3	0.785	16.29	20.75	0.81	1.04
5.20	2	0.783	10.83	13.83	0.54	0.69
5.40	4	0.781	21.61	27.67	1.08	1.38
5.60	3	0.779	16.17	20.75	0.81	1.04
5.80	2	0.777	10.75	13.83	0.54	0.69
6.00	3	0.775	15.22	19.62	0.76	0.98
6.20	3	0.774	15.18	19.62	0.76	0.98
6.40	5	0.772	25.25	32.70	1.26	1.64
6.60	4	0.770	20.15	26.16	1.01	1.31
6.80	6	0.769	30.17	39.24	1.51	1.96
7.00	6	0.767	28.55	37.21	1.43	1.86
7.20	8	0.766	37.99	49.62	1.90	2.48
7.40	7	0.764	33.18	43.42	1.66	2.17
7.60	9	0.763	42.57	55.82	2.13	2.79
7.80	9	0.761	42.49	55.82	2.12	2.79
8.00	10	0.760	44.82	58.97	2.24	2.95
8.20	11	0.759	49.21	64.87	2.46	3.24
8.40	13	0.707	54.22	76.67	2.71	3.83
8.60	14	0.706	58.29	82.56	2.91	4.13
8.80	15	0.705	62.34	88.46	3.12	4.42
9.00	16	0.703	63.27	89.94	3.16	4.50
9.20	17	0.702	67.11	95.56	3.36	4.78
9.40	18	0.701	70.94	101.18	3.55	5.06
9.60	17	0.700	66.89	95.56	3.34	4.78
9.80	17	0.699	66.78	95.56	3.34	4.78
10.00	18	0.698	67.44	96.65	3.37	4.83

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.4	2.5	24.29	Coesivo	0	1.68	1.87	0.03	1.49	3.73	Strato alterato
1.8	4.57	42.24	Incoerente	0	1.62	1.9	0.18	1.5	6.87	Limo sabbioso
3.4	2.25	18.41	Coesivo	0	1.66	1.86	0.43	1.51	3.41	argilla limosa
6.2	2.79	19.89	Incoerente - coesivo	0	1.72	1.87	0.66	1.53	4.27	limo argilloso
7.8	6.75	42.5	Incoerente	0	1.82	1.93	0.83	1.54	10.42	sabbia limosa
10	15.09	86	Incoerente	0	2.05	2.0	1.01	1.55	23.45	Ghiiai

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Strato alterato	3.73	0.40	0.23	0.47	0.15 - 0.25	0.15	0.36	0.73	0.34	0.71	0.19	0.62	0.47
[3] - argilla limosa	3.41	3.40	0.21	0.43	0.15 - 0.25	0.14	0.33	0.55	0.31	0.69	0.17	0.21	0.43
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	0.27	0.53	0.25 - 0.50	0.17	0.42	0.60	0.39	0.75	0.21	0.00	0.53

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato alterato	3.73	0.40	Robertson (1983)	7.46
[3] - argilla limosa	3.41	3.40	Robertson (1983)	6.82
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	Robertson (1983)	8.54

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato alterato	3.73	0.40	17.11	55.95	39.84	46.63
[3] - argilla limosa	3.41	3.40	15.65	51.15	36.57	42.63
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	19.59	64.05	45.34	53.38

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato alterato	3.73	0.40	22.50	37.30
[3] - argilla limosa	3.41	3.40	18.82	34.10
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	28.71	42.70

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato alterato	3.73	0.40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[3] - argilla limosa	3.41	3.40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] - Strato alterato	3.73	0.40	Meyerhof	1.68
[3] - argilla limosa	3.41	3.40	Meyerhof	1.66
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	Meyerhof	1.72

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] - Strato alterato	3.73	0.40	Meyerhof	1.87
[3] - argilla limosa	3.41	3.40	Meyerhof	1.86
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	Meyerhof	1.87

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Strato alterato	3.73	0.40	Ohta & Goto (1978) Limi	62.97
[3] - argilla limosa	3.41	3.40	Ohta & Goto (1978) Limi	101.71
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	Ohta & Goto (1978) Limi	119.03

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - Limo sabbioso	6.87	1.80	29.42	58.66	67.33	25.65
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	13.66	37.2	38.19	18.86
[5] - sabbia limosa	10.42	7.80	27.63	54.86	55.15	33.91
[6] - Ghiiai	23.45	10.00	37.99	70.46	70.18	50.06

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck- Hanson- Thornbu rn- Meyerho f 1956	Meyerho f (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerho f (1965)	Schmert mann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi- Fukuni 1982 (ROAD BRIDG E SPECIFI CATIO N)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
--	------	------------------------	--	---	---------------------	------------------	------------------	---------------------	-------------------------------------	-------------------------------	---	---------------------------------	-------------	-------------------------

[2] - Limo sabbioso	6.87	1.80	6.87	28.96	21.96	29.92	31.84	32.44	0	<30	25.15	29.06	25.62	26.72
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	4.27	28.22	21.22	29.2	28.25	31.36	0	<30	23	28.28	21.99	24.24
[5] - sabbia limosa	10.42	7.80	10.42	29.98	22.98	30.92	29.21	33.83	35.68	<30	27.5	30.13	24.74	29.44
[6] - Ghiiai	23.45	10.00	19.225	32.49	25.49	33.38	29.77	36.84	37.86	30-32	31.98	32.77	26.38	34.61

Modulo di Young (Kg/cm²)

	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] - Limo sabbioso	6.87	1.80	6.87	---	54.96	---	---	---
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	4.27	---	34.16	---	---	---
[5] - sabbia limosa	10.42	7.80	10.42	230.41	83.36	123.66	258.15	127.10
[6] - Ghiiai	23.45	10.00	19.225	312.97	153.80	227.56	324.19	171.12

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	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] - Limo sabbioso	6.87	1.80	6.87	---	41.58	48.78	68.64
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	4.27	---	36.24	30.32	57.04
[5] - sabbia limosa	10.42	7.80	10.42	62.52	48.87	73.98	84.47
[6] - Ghiiai	23.45	10.00	19.225	115.35	66.95	136.50	123.74

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - Limo sabbioso	6.87	1.80	6.87	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	4.27	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[5] - sabbia limosa	10.42	7.80	10.42	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[6] - Ghiiai	23.45	10.00	19.225	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
[2] - Limo sabbioso	6.87	1.80	6.87	Terzaghi-Peck 1948	1.44
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	4.27	Terzaghi-Peck 1948	1.40
[5] - sabbia limosa	10.42	7.80	10.42	Terzaghi-Peck 1948	1.48
[6] - Ghiiai	23.45	10.00	19.225	Terzaghi-Peck 1948	1.59

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
[2] - Limo sabbioso	6.87	1.80	6.87	Terzaghi-Peck 1948	1.89
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	4.27	Terzaghi-Peck 1948	1.87
[5] - sabbia limosa	10.42	7.80	10.42	Terzaghi-Peck 1948	1.92
[6] - Ghiiai	23.45	10.00	19.225	Terzaghi-Peck 1948	1.99

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - Limo sabbioso	6.87	1.80	6.87	(A.G.I.)	0.34
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	4.27	(A.G.I.)	0.35
[5] - sabbia limosa	10.42	7.80	10.42	(A.G.I.)	0.33
[6] - Ghiiai	23.45	10.00	19.225	(A.G.I.)	0.32

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[2] - Limo sabbioso	6.87	1.80	6.87	397.79	405.78
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	4.27	254.40	303.46
[5] - sabbia limosa	10.42	7.80	10.42	588.45	523.39
[6] - Ghiaia	23.45	10.00	19.225	1046.52	760.94

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[2] - Limo sabbioso	6.87	1.80	6.87	Ohta & Goto (1978) Limi	97.25
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	4.27	Ohta & Goto (1978) Limi	119.03
[5] - sabbia limosa	10.42	7.80	10.42	Ohta & Goto (1978) Limi	149.39
[6] - Ghiaia	23.45	10.00	19.225	Ohta & Goto (1978) Limi	173.97

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[2] - Limo sabbioso	6.87	1.80	6.87	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	4.27	Seed e Idriss (1971)	1.461
[5] - sabbia limosa	10.42	7.80	10.42	Seed e Idriss (1971)	1.917
[6] - Ghiaia	23.45	10.00	19.225	Seed e Idriss (1971)	3.334

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[2] - Limo sabbioso	6.87	1.80	6.87	Navfac 1971-1982	1.42
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	4.27	Navfac 1971-1982	0.82
[5] - sabbia limosa	10.42	7.80	10.42	Navfac 1971-1982	2.19
[6] - Ghiaia	23.45	10.00	19.225	Navfac 1971-1982	3.91

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[2] - Limo sabbioso	6.87	1.80	6.87	Robertson 1983	13.74
[4] - limo argilloso	4.27	6.20	4.27	Robertson 1983	8.54
[5] - sabbia limosa	10.42	7.80	10.42	Robertson 1983	20.84
[6] - Ghiaia	23.45	10.00	19.225	Robertson 1983	38.45

PROVA ... Nr.5

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 5/07/2023
 Profondita' prova 10.00 mt
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	3	0.855	24.92	29.15	1.25	1.46
0.40	4	0.851	33.07	38.87	1.65	1.94
0.60	5	0.847	41.16	48.59	2.06	2.43
0.80	4	0.843	32.78	38.87	1.64	1.94
1.00	2	0.840	15.10	17.98	0.75	0.90
1.20	2	0.836	15.04	17.98	0.75	0.90
1.40	3	0.833	22.46	26.97	1.12	1.35
1.60	2	0.830	14.92	17.98	0.75	0.90
1.80	3	0.826	22.29	26.97	1.11	1.35
2.00	4	0.823	27.54	33.45	1.38	1.67
2.20	3	0.820	20.58	25.09	1.03	1.25
2.40	2	0.817	13.67	16.73	0.68	0.84
2.60	2	0.814	13.62	16.73	0.68	0.84

2.80	3	0.811	20.36	25.09	1.02	1.25
3.00	3	0.809	18.97	23.46	0.95	1.17
3.20	2	0.806	12.60	15.64	0.63	0.78
3.40	3	0.803	18.84	23.46	0.94	1.17
3.60	3	0.801	18.78	23.46	0.94	1.17
3.80	2	0.798	12.48	15.64	0.62	0.78
4.00	3	0.796	17.53	22.02	0.88	1.10
4.20	3	0.794	17.48	22.02	0.87	1.10
4.40	7	0.791	40.67	51.38	2.03	2.57
4.60	8	0.789	46.35	58.72	2.32	2.94
4.80	10	0.787	57.78	73.40	2.89	3.67
5.00	10	0.785	54.30	69.17	2.72	3.46
5.20	11	0.783	59.58	76.09	2.98	3.80
5.40	11	0.781	59.43	76.09	2.97	3.80
5.60	11	0.779	59.28	76.09	2.96	3.80
5.80	12	0.777	64.52	83.01	3.23	4.15
6.00	10	0.775	50.72	65.40	2.54	3.27
6.20	14	0.724	66.27	91.56	3.31	4.58
6.40	14	0.722	66.11	91.56	3.31	4.58
6.60	15	0.720	70.67	98.10	3.53	4.91
6.80	16	0.719	75.21	104.64	3.76	5.23
7.00	15	0.717	66.72	93.03	3.34	4.65
7.20	14	0.716	62.14	86.83	3.11	4.34
7.40	15	0.714	66.44	93.03	3.32	4.65
7.60	16	0.713	70.73	99.24	3.54	4.96
7.80	17	0.711	75.00	105.44	3.75	5.27
8.00	17	0.710	71.17	100.26	3.56	5.01
8.20	16	0.709	66.86	94.36	3.34	4.72
8.40	17	0.707	70.91	100.26	3.55	5.01
8.60	18	0.706	74.94	106.15	3.75	5.31
8.80	19	0.705	78.96	112.05	3.95	5.60
9.00	17	0.703	67.23	95.56	3.36	4.78
9.20	17	0.702	67.11	95.56	3.36	4.78
9.40	20	0.701	78.82	112.42	3.94	5.62
9.60	20	0.700	78.69	112.42	3.93	5.62
9.80	21	0.649	76.59	118.04	3.83	5.90
10.00	24	0.648	83.47	128.87	4.17	6.44

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.4	3.5	34.01	Coesivo	0	1.77	1.88	0.04	1.49	5.22	Strato alterato
4.2	2.84	24.11	Incoerente - coesivo	0	1.72	1.87	0.4	1.51	4.3	Limo argilloso
6	10	69.93	Incoerente	0	1.88	1.95	0.7	1.54	15.38	sabbia e ghiaia
8.4	15.5	96.53	Incoerente	0	1.98	1.98	0.9	1.55	24.01	ghiaia e sabbia
10	19.5	110.14	Incoerente	0	2.04	2.0	1.1	1.56	30.38	Ghiaia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Strato alterato	5.22	0.40	0.33	0.65	0.25 - 0.50	0.21	0.51	1.02	0.47	0.82	0.26	0.88	0.65
[2] - Limo argilloso	4.3	4.20	0.27	0.54	0.25 - 0.50	0.18	0.42	0.72	0.39	0.75	0.22	0.25	0.54

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
--	------	------------------	--------------	--------------------------

[1] - Strato alterato	5.22	0.40	Robertson (1983)	10.44
[2] - Limo argiloso	4.3	4.20	Robertson (1983)	8.60

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato alterato	5.22	0.40	23.95	78.30	55.03	65.25
[2] - Limo argiloso	4.3	4.20	19.73	64.50	45.65	53.75

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato alterato	5.22	0.40	39.63	52.20
[2] - Limo argiloso	4.3	4.20	29.05	43.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato alterato	5.22	0.40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Limo argiloso	4.3	4.20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m³)
[1] - Strato alterato	5.22	0.40	Meyerhof	1.77
[2] - Limo argiloso	4.3	4.20	Meyerhof	1.72

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m³)
[1] - Strato alterato	5.22	0.40	Meyerhof	1.88
[2] - Limo argiloso	4.3	4.20	Meyerhof	1.87

Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Strato alterato	5.22	0.40	Ohta & Goto (1978) Limi	66.74
[2] - Limo argiloso	4.3	4.20	Ohta & Goto (1978) Limi	103.4

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - Limo argiloso	4.3	4.20	17.12	41.57	43.77	18.94
[3] - sabbia e ghiaiai	15.38	6.00	37.06	69.19	69	43.36
[4] - ghiaia e sabbia	24.01	8.40	39.67	73.26	72.74	50.49
[5] - Ghiaiai	30.38	10.00	40.51	74.56	74.24	55.01

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] - Limo argiloso	4.3	4.20	4.3	28.23	21.23	29.2	29.37	31.37	0	<30	23.03	28.29	23.02	24.27
[3] - sabbia e ghiaiai	15.38	6.00	15.19	31.34	24.34	32.25	30.18	35.53	37.69	30-32	30.09	31.56	26.66	32.43
[4] - ghiaia e sabbia	24.01	8.40	19.505	32.57	25.57	33.46	30.04	36.92	38.26	30-32	32.1	32.85	26.83	34.75
[5] -	30.38	10.00	22.69	33.48	26.48	34.35	29.85	37.85	38.44	30-32	33.45	33.81	26.66	36.3

Modulo di Young (Kg/cm²)Modulo Edometrico (Kg/cm²)

Classificazione AGI

Peso unita' di volume

Peso unita' di volume saturo

Modulo di PoissonModulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

Velocita' onde di taglio

Indice

PROVA ... Nr.1	.10
Densita' relativa	.14
Angolo di resistenza al taglio	.14
Modulo di Young (Kg/cm ²)	.15
Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	.15
Classificazione AGI	.15
Peso unita' di volume	.16
Peso unita' di volume saturo	.16
Modulo di Poisson	.16
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm ²)	.16
Velocita' onde di taglio	.17
Liquefazione	.17
Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)	.18
PROVA ... Nr.2	.18
Densita' relativa	.21
Angolo di resistenza al taglio	.21
Modulo di Young (Kg/cm ²)	.22
Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	.22
Classificazione AGI	.23
Peso unita' di volume	.23
Peso unita' di volume saturo	.23
Modulo di Poisson	.24
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm ²)	.24
Velocita' onde di taglio	.24
Liquefazione	.25
Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)	.25
PROVA ... Nr.3	.25
Densita' relativa	.29
Angolo di resistenza al taglio	.29
Modulo di Young (Kg/cm ²)	.30
Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	.30
Classificazione AGI	.30
Peso unita' di volume	.31
Peso unita' di volume saturo	.31
Modulo di Poisson	.31
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm ²)	.32
Velocita' onde di taglio	.32
Liquefazione	.32
Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)	.33
PROVA ... Nr.4	.33
Densita' relativa	.37
Angolo di resistenza al taglio	.37
Modulo di Young (Kg/cm ²)	.38
Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	.38
Classificazione AGI	.38
Peso unita' di volume	.39
Peso unita' di volume saturo	.39
Modulo di Poisson	.39
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm ²)	.39
Velocita' onde di taglio	.40
Liquefazione	.40
Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)	.41
PROVA ... Nr.5	.41
Densita' relativa	.44
Angolo di resistenza al taglio	.44
Modulo di Young (Kg/cm ²)	.45
Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	.45
Classificazione AGI	.46
Peso unita' di volume	.46
Peso unita' di volume saturo	.46
Modulo di Poisson	.47
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm ²)	.47
Velocita' onde di taglio	.47
Liquefazione	.47
Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)	.48
Indice	.50