



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Mims
Ministero delle infrastrutture
e della mobilità sostenibili



COMUNE
DI PADOVA

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

MISSIONE 5 Coesione e inclusione

COMPONENTE 2 Infrastrutture sociali, famiglie, comunità e terzo settore

INVESTIMENTO 2.3 Programma Innovativo della qualità dell'abitare

PROGETTO ESECUTIVO

LLPP EDP 2021/135

RIQUALIFICAZIONE PIAZZA AZZURRI D'ITALIA

N° Progetto
2021/135

nome File
APPR_04-LLPP_EDP 2011-135_REL-GEO

data maggio-2023

CUP
H97H20006780001

LLPP **EDP 2021/135**

Elaborato

04

Relazione Geologica

Progettista

Massimiliano Clemente
Architetto

Via Mestrina, 19
35035 Mestrino (PD)
+39 340 7108066

Rup

Arch. Domenico Lo Bosco
loboscod@comune.padova.it

Capo Settore

Ing. Matteo Banfi
banfim@comune.padova.it

Committente:
4EMME Service SpA
Via dei Ronchi, 5
35127 Padova (PD)



**INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE RELATIVE AL PROGETTO
DI "RIQUALIFICAZIONE DELL'EDIFICIO EX CONI" IN VIA T. ASPETTI
ANGOLO PIAZZALE DEGLI AZZURRI D'ITALIA IN COMUNE DI
PADOVA (PD)"**

**RELAZIONE GEOLOGICA
AI SENSI DEL D.M. 17 GENNAIO 2018**

Data: settembre 2022

Estensori: J. Perin



GEODIS s.r.l. - N. REA: VE – 345850 – Codice Fiscale e Partita IVA: 03871990275
Sede Legale: Spinea (VE) - via L. Negrelli, 17/i – 30038 Tel/Fax 041-481046
www.impresageodis.com – email: info@impresageodis.com – PEC: geodis@ticertifica.it
Certificata ISO 9001:2015; ISO 14001:2015; ISO 45001:2018
Iscritta Albo Nazionale Gestori Ambientali Veneto cat 9E



INDICE

| | |
|---|----|
| PREMESSE..... | 2 |
| Obiettivo dell'indagine geologica | 2 |
| Normativa di riferimento..... | 2 |
| Limitazioni di responsabilità | 2 |
| INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA..... | 3 |
| INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO DELL'AREA | 5 |
| Inquadramento geologico- strutturale | 5 |
| Fasi evolutive | 6 |
| Inquadramento geomorfologico | 9 |
| Inquadramento idrogeologico | 10 |
| Inquadramento sismico | 12 |
| METODOLOGIE IMPIEGATE | 13 |
| Prove penetrometriche statiche di tipo meccanico (CPT) | 13 |
| Indagini geognostiche..... | 14 |
| Indagini geofisiche/sismiche | 15 |
| Analisi multicanale delle onde superficiali | 15 |
| ANALISI DEI DATI | 16 |
| Caratterizzazione geologica e geotecnica..... | 16 |
| Ricostruzione litologica del sito | 16 |
| Risultati delle prove in foro SPT | 17 |
| Stima parametri geotecnici da prova Cpt..... | 18 |
| Risultati delle indagini geofisiche | 19 |
| Sismica onde VS con tecnica Masw 1D..... | 21 |
| Calcolo azione sismica di progetto | 26 |
| Verifica della liquefazione dei terreni..... | 27 |
| Verifiche geotecniche | 31 |
| BIBLIOGRAFIA | 32 |
| APPENDICI | |
| APPENDICE 1 | |
| DESCRIZIONE STRATIGRAFICA | |
| APPENDICE 2 | |
| DIAGRAMMI PENETROMETRICI | |
| APPENDICE 3 | |
| RISULTATI MASW | |
| APPENDICE 4 | |
| ATLANTE FOTOGRAFICO | |

PREMESSE

Geodis Srl ha ricevuto l'incarico da parte di 4EMME Spa e per conto del Comune di Padova, di fornire dei servizi geognostici e geofisici finalizzati alle verifiche dei terreni nell'ambito del progetto di "riqualificazione dell'edificio ex Coni" sito in via T. Aspetti angolo Piazzale Azzurri d'Italia nel quartiere Arcella in Comune di Padova (PD).

Le verifiche in questione sono state eseguite allo scopo di fornire valutazioni di supporto alla progettazione dell'intervento in oggetto, così come previsto dalla normativa vigente emanata con D.M. 17 gennaio 2018 "nuove Norme Tecniche per le Costruzioni". Tali disposizioni di legge stabiliscono i criteri da osservare per la pianificazione delle indagini specialistiche e per le verifiche di fattibilità.

Le attività di cantiere, in sintesi, hanno previsto:

- l'esecuzione di n. 2 prove penetrometriche statiche (CPT), con profondità di 30 m p.c. per caratterizzare dal punto di vista geotecnico il terreno e come strumento di taratura per la perforazione e le indagini geofisiche;
- l'esecuzione di n. 1 sondaggio a carotaggio continuo completato successivamente a piezometro, con profondità della perforazione di 15 m p.c., e l'esecuzione di prove in foro;
- l'esecuzione di n. 1 acquisizione sismica di tipo MASW per la misura delle velocità delle onde sismiche di tipo S nei primi 30 m di profondità (VS30).

OBIETTIVO DELL'INDAGINE GEOLOGICA

L'obiettivo del servizio si sostanzia nelle prestazioni professionali e sul campo relative all'esecuzione di campagne di indagine geotecnica-geognostica, finalizzate alla rappresentazione della situazione litostratigrafica ed alla parametrizzazione geotecnica dei terreni indispensabili per la definizione delle caratteristiche meccaniche dei suoli.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I riferimenti legislativi utilizzati per la redazione della presente relazione sono:

- D.M. 17 gennaio 2018.
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n.7 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018" (pubblicata nel supplemento ordinario n.5 della G.U. n.35 del 11.02.2019).
- Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche Associazione Geotecnica Italiana (1977).

LIMITAZIONI DI RESPONSABILITÀ

Questo rapporto tecnico si fonda sull'applicazione di conoscenze e di leggi scientifiche riconosciute ma anche di calcoli e di valutazioni professionali circa eventi o fenomeni suscettibili di interpretazione. Le stime e le considerazioni ivi espresse sono basate su informazioni acquisite e fornite dalla Committenza/Progettista o comunque disponibili al momento dell'indagine e sono strettamente condizionate dai limiti imposti dalla tipologia e dalla consistenza dei dati utilizzabili, dalle risorse fruibili per il caso di specie, nonché dal programma di lavoro indicato dal Committente/Progettista. Si precisa che qualunque tecnica di geofisica applicata ha un margine di errore intrinseco variabile in funzione del tipo di tecnica usata, di strumentazione utilizzata e di problematiche incontrate durante la fase di acquisizione. I profili di Vs ricavati con questa metodologia, come tutti i metodi indiretti, non presentano una soluzione univoca e quindi più modelli possono fornire curve sintetiche simili tra loro. Questo rapporto si basa inoltre sulla conoscenza professionale degli attuali standard e codici, tecnologia e legislazione della Comunità Europea. Modifiche e aggiornamenti di quanto sopra citato potrebbero rendere inappropriate o scorrette le conclusioni, le raccomandazioni e le indicazioni stilate nel testo. Le conclusioni ed i

suggerimenti operativi contenuti nel presente rapporto vanno intesi come proposte di intervento e non come azioni vincolanti, salvo ciò non sia specificatamente indicato. Si tiene a precisare, che le valutazioni contenute in questo rapporto sono state elaborate da tecnici e pertanto rivestono un carattere esclusivamente tecnico, non costituendo in alcun modo parere legale. Gli Autori rispondono unicamente al Committente circa la corrispondenza del rapporto emesso, in ordine agli obiettivi delle ricerche definite nell'ambito dell'incarico e non possono farsi carico di responsabilità per danni, rivendicazioni, perdite, azioni o spese, qualora subite anche da terzi, come risultato di decisioni prese o azioni condotte e basate sul rapporto stesso. Il tipo di indagine geologica e le quantità dei punti sono stati concordati con la Committenza; Geodis S.r.l. non intende, pertanto, fornire alcuna garanzia, espressa o implicita, utilizzabile per qualsiasi finalità, relativa alle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni nei settori di proprietà non indagati.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA

La zona interessata dal presente studio comprende un'area in prossimità di un edificio ubicato in via T. Aspetti angolo Piazzale Azzurri d'Italia nel quartiere Arcella in Comune di Padova (PD). Le figure di seguito riportano le aree in cui gli interventi sono stati effettuati sia con indagini di tipo geognostico/geotecnico che geofisico.

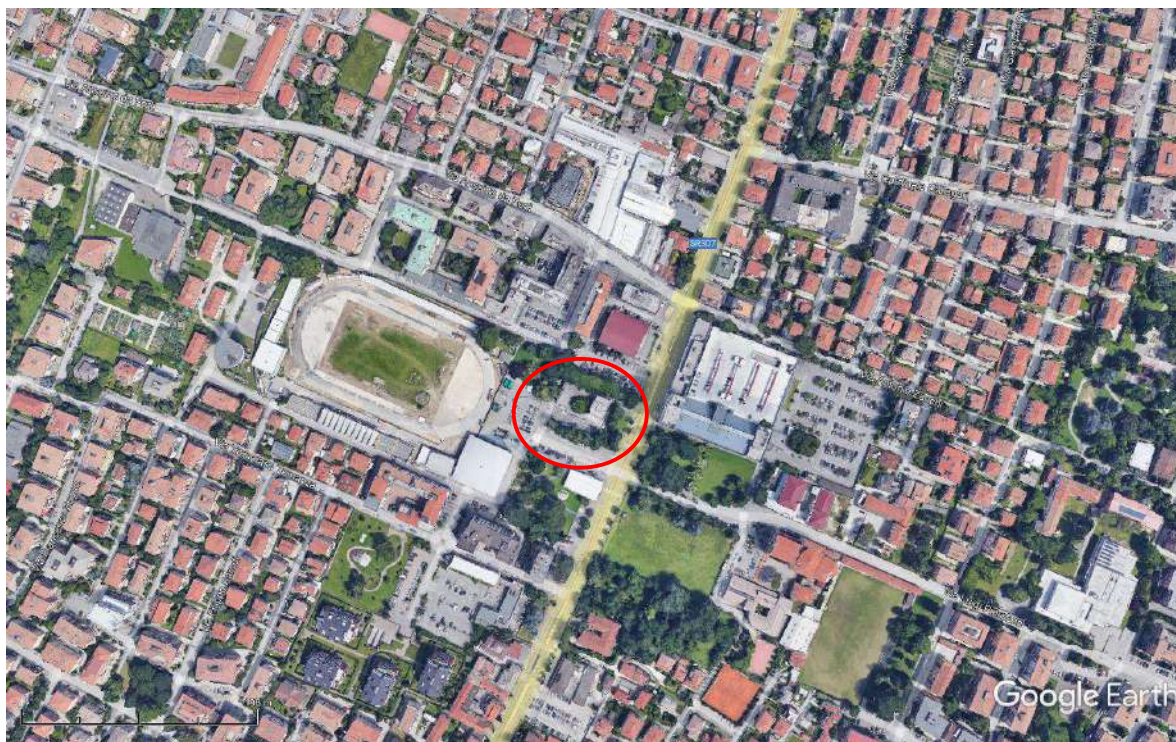


Figura 1a – corografia con ubicazione dell'area di intervento

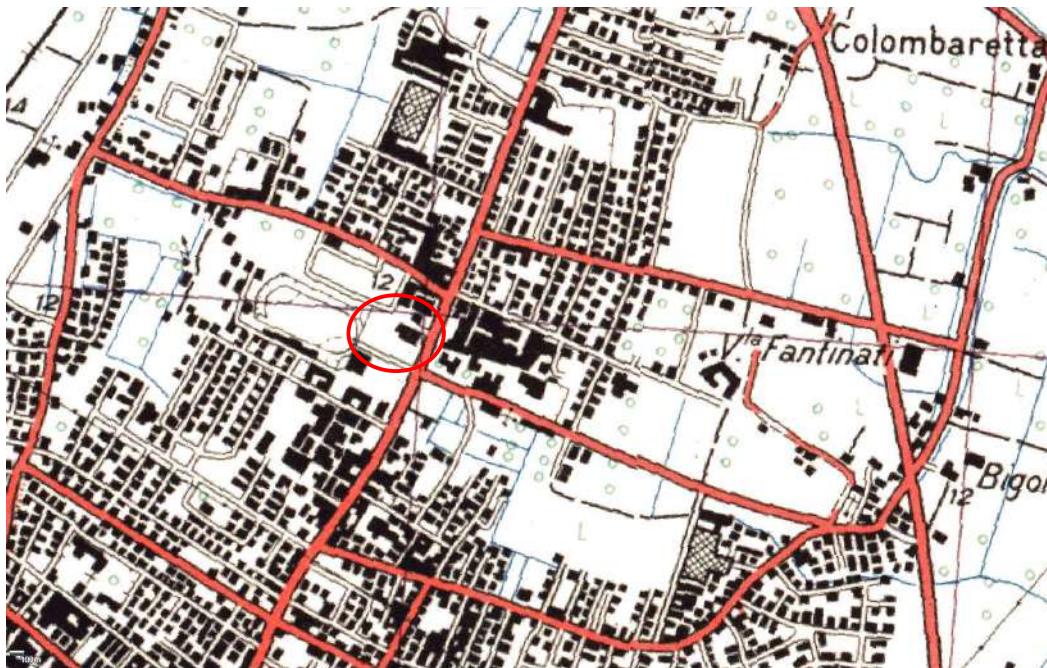


Figura 1b – estratto della carta IGM 1: 25000 in scala 1:5000 con ubicazione delle aree di intervento



Figura 2 – Planimetria con area di indagine e ubicazione punti (in rosso)

INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO DELL'AREA

INQUADRAMENTO GEOLOGICO- STRUTTURALE

Le deformazioni tettoniche che hanno caratterizzato l'evoluzione geologica del Veneto possono sintetizzarsi in tre macro fasi:

- Tettonica Paleozoica;
- Tettonica Mesozoica;
- Tettonica Alpina.

Gli effetti della *Tettonica Paleozoica* non sono facilmente riconoscibili ed i movimenti tettonici distensivi in quel periodo, singeneticamente alle fasi di deposizione, hanno favorito l'instaurarsi di cicli magmatici. La *Tettonica Mesozoica* si manifesta, nell'area alpina, con movimenti tensionali tali da portare allo sviluppo del margine passivo africano di cui le Alpi Meridionali ed il Veneto facevano parte. L'intera regione viene frammentata da una serie di faglie listriche sinsedimentarie in grandi alti e bassi strutturali, allineati in senso NNE SSW, che sono andati a condizionare fortemente l'evoluzione tettonica alpina della regione. Tra il Giurassico ed il Cretaceo termina l'espansione della Tetide ed inizia la sua evoluzione compressionale, risultato della sovrapposizione di due principali fasi: la prima fase tettonica produce nel Veneto nord orientale sovrascorrimenti e pieghe vergenti a WSW che deformano intensamente la copertura sedimentaria permio cenozoica generando il fronte della Catena Dinarica; al secondo ciclo formativo, di età neogenica, sono imputabili il sollevamento delle montagne venete ed una serie di sovrascorrimenti con vergenza a sud. La scarsa influenza delle deformazioni neogeniche nel settore sud occidentale della montagna veneta che, delimitato ad est dalla faglia Schio Vicenza, comprende i Monti Lessini, i Colli Berici e i Colli Euganei, trova riscontro nell'assenza di molassa ai piedi dei rilievi montuosi (Vorlicek, 2008).

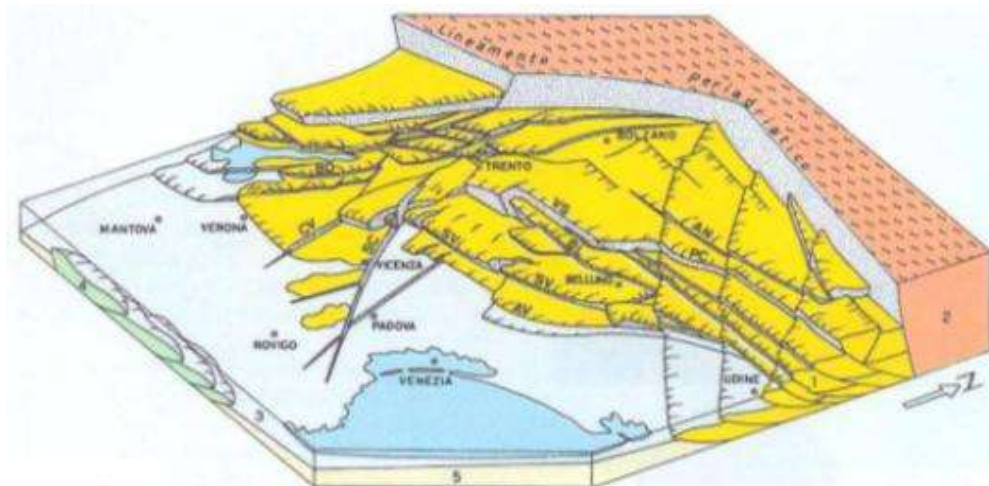


Figura 3 – Visione tridimensionale delle principali deformazioni Alpine: AN = Linea dell'Antelao; AV = Linea di Aviano; BD = Faglia del Monte Baldo; BL = Linea di Belluno; CV = Faglia di Castelvevo; FP = Fronte della Catena Appenninica; PC = Linea di Pieve di Cadore; SC = Faglia Schio - Vicenza; SV = Sovrascorrimento Schio - Valdobbiadene ("Flessura pedemontana")

Dal punto di vista geologico la pianura veneta si estende da NE a SW tra il corso del fiume Tagliamento e quello del Po. Le caratteristiche delle unità geologiche descritte in questo lavoro sono intimamente legate agli elementi geomorfologici riconoscibili in superficie; sono il prodotto dei processi deposizionali ed erosivi attuatisi tra il Pleistocene finale e l'Attuale (Figura 4).

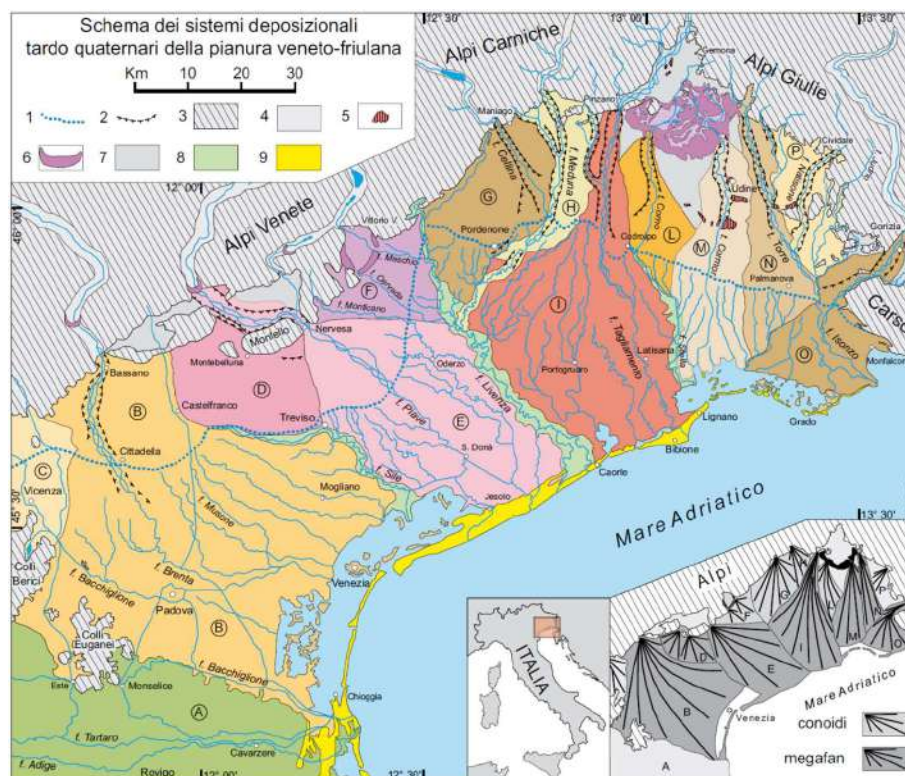


Figura 4 – Schema dei sistemi deposizionali tardo quaternari della pianura veneto-friulana (modificato da Fontana et al., 2 008). Nel riquadro in basso a destra uno schizzo semplificato dei conoidi e megafan. Simboli: 1) limite superiore delle risorgive; 2) orlo di terrazzo fluviale; 3) aree montuose e collinari; 4) principali valli alpine; 5) terrazzi tettonici; 6) cordoni morenici; 7) depositi di interconoide e delle zone intermontane; 8) depositi dei principali fiumi di risorgiva; 9) sistemi costieri e deltizi. Lettere: (A) pianura dell'Adige, (B) megafan del Brenta, (C) conoide dell'Astico, (D) megafan di Montebelluna, (E) megafan di Nervesa, (F) conoide del Monticano- Cervada- Meschio, (G) conoide del Cellina, (H) conoide del Meduna, (I) megafan del Tagliamento, (L) conoide del Corno, (M) megafan del Cormor, (N) megafan del Torre, (O) megafan dell'Isonzo, (P) conoide del Natisone.

Al momento non sembra possibile definire uno schema cronostratigrafico applicabile a tutti i sistemi alluvionali della pianura veneto-friulana, ma si può comunque individuare un'importante fase morfogenetica comune, legata alle fasi finali dell'Ultimo Massimo Glaciale (LGM compreso tra 30.000 e 17.000 anni fa circa) quando, i ghiacciai alpini con le loro fronti arrivarono in pianura, segnando una delle più importanti fasi evolutive.

FASI EVOLUTIVE

Le fasi evolutive che vengono prese in considerazione sono 3 e di seguito vengono brevemente illustrate nelle loro caratteristiche principali.

PRE – LGM (>30.000 ANNI FA)

Il periodo Pre- LGM fu caratterizzato da un'iniziale fase di sedimentazione, dovuta a condizioni climatiche pleniglaciali, durante la quale i ghiacciai alpini fuoriuscirono dagli sbocchi vallivi; successivamente l'incremento del livello marino (di circa + 6 m slm, fase di high stand marino) consentì la formazione di sistemi lagunari e apparati deltizi. La fase si conclude con la transizione da condizioni climatiche mediamente più calde a mediamente più fredde caratterizzate da deposizione molto scarsa o quasi assente.

LGM (30.000 – 17.000 ANNI FA)

Il periodo dell'Ultimo Massimo Glaciale corrisponde all'ultima avanzata glaciale pleistocenica, durante la quale enormi ghiacciai occuparono le principali valli alpine e con le loro fronti giunsero in pianura depositando sedimenti per uno spessore, in genere superiore, tra i 15 m e 30 m.; l'Adriatico, invece, durante l'acme glaciale si ritirò nella depressione esistente nella sua parte centrale, a oltre 400 km di distanza dalle attuali coste veneto-friulane, lasciando in condizioni di pianura continentale il precedente fondale marino.

Nella pianura veneto-friulana si poté così attuare l'aggradazione sedimentaria alimentata dai bacini montani glacializzati e, quindi, i sistemi alluvionali subirono un controllo "da monte": nella porzione prossimale, costituita da depositi ghiaiosi, i fiumi avevano una tipologia braided; nel settore distale, al di sotto del limite inferiore delle risorgive, le tracce fluviali sono tipicamente costituite da alvei con pochi canali o con canale singolo poco sinuoso (tipologie wandering). La bassa pianura è costituita, invece, da bassi dossi separati fra loro da estese piane di esondazione argilloso limose, indizi tipici di un sistema dominato dalle avulsioni; si possono ritrovare livelli torbosi e limosi organici di spessore pluricentrico, con continuità laterale che può raggiungere vari chilometri, a testimonianza di limitati momenti di stasi sedimentaria, in corrispondenza di bacini palustri. La fase di deglaciazione nelle aree alpine occupa l'ultima parte dell'LGM ed è caratterizzata dall'abbandono delle cerchie moreniche più esterne degli anfiteatri.

POST – LGM (ULTIMI 17.000 ANNI)

Il rapido miglioramento delle condizioni climatiche ed il conseguente ridimensionamento e ritiro dei ghiacciai nelle alte valli segna la fine dell'LGM e l'inizio del cosiddetto Tardoglaciale; l'evoluzione della bassa pianura, in questo periodo, viene controllata oltre che dai sistemi fluvioglaciali e fluviali anche all'attività del mare, dei fiumi di risorgiva e dell'uomo.

Con l'inizio del Tardoglaciale i megafan (Brenta e Tagliamento) sono soggetti ad un'importante fase di terrazzamento; poco a valle della fascia delle risorgive, i fiumi alpini sono stati sempre caratterizzati da alvei a canale singolo e sinuosità variabile con una tendenza marcatamente erosiva e incisioni profonde tra 5 e 25 m rispetto al top della superficie LGM.

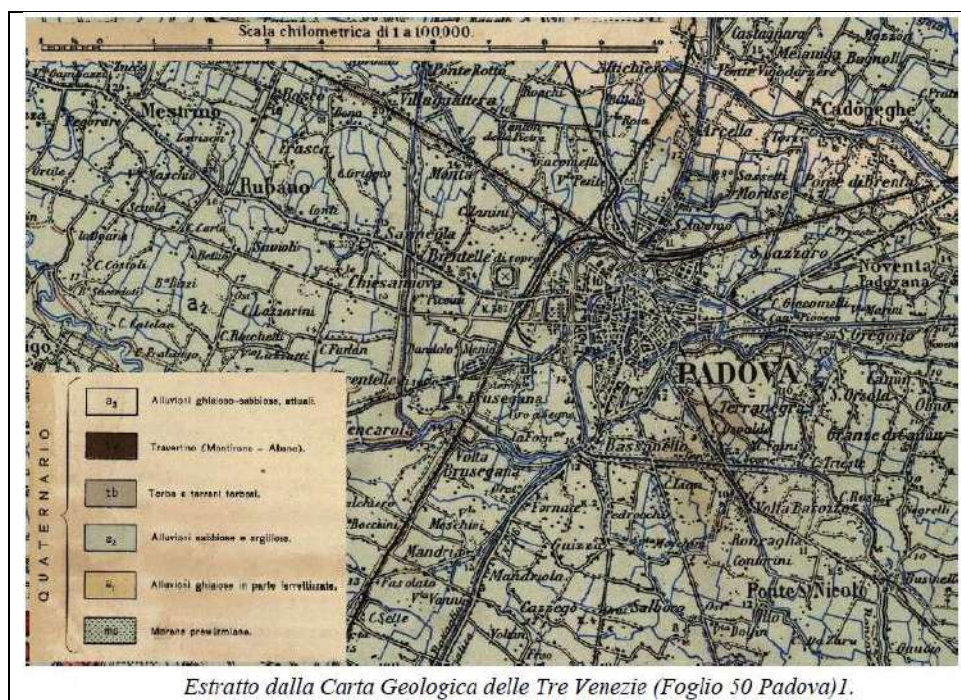
In tutta la pianura veneto-friulana i dati cronostratigrafici riguardanti il Tardoglaciale e l'Olocene iniziale mancano quasi completamente; una delle ipotesi più verosimili può essere trovata nella mancanza di deposizioni alluvionali sulla superficie dei megafan indotta dal confinamento dell'attività fluviale entro i canali incisi, che portarono alla trasformazione di ampi settori di megafan in superfici abbandonate dove poterono così svilupparsi suoli ben formati.

L'azione della copertura forestale, l'effetto di alcune fasi pedo-climatiche e la presenza della falda freatica in prossimità della superficie hanno contribuito ad evoluzione pedogenetica differenziata: le zone di argine più rilevate e ben drenate, sono, in genere, caratterizzate da una pedogenesi avanzata, con fenomeni di rubefazione che hanno sviluppato colori marrone giallastri (10YR 6-5/3); allontanandosi dall'argine, le zone di basso con sedimenti via via più limosi e con presenza della falda superficiale hanno orizzonti con sviluppo di concrezioni carbonatiche.

A partire da 15.000 anni BP, lo scioglimento della calotta artica e degli Inlandsis Nord Europeo e Nord Americano causò un rapido innalzamento marino al ritmo medio di 15-10 mm/anno (Correggiari et al., 1996; Lambeck et al., 2004); il successivo sollevamento del mare è da attribuirsi in buona parte alle deformazioni tettoniche, alla subsidenza locale, agli aggiustamenti isostatici, alle fluttuazioni climatiche oloceniche e alla quantità di apporti sedimentari fluviali. Nelle aree che avevano subito la trasgressione in modo passivo, l'odierna posizione del mare è generalmente la più interna raggiunta nel postglaciale; nelle aree in cui sono sfociati i corsi alpini durante l'Olocene caratterizzati da ciclo trasgressivo- regressivo si sono formati specchi di mare e lagune, ad esempio nell'area veneziana e friulana, la prima formazione delle lagune sembra essere documentata a circa 7500- 6000 anni fa, in corrispondenza della massima ingressione marina.

La città di Padova si sviluppa nel settore orientale della Pianura Padana, immediatamente a Nord-Est dei colli Euganei; è interessata dalla presenza di due corsi d'acqua: Il Bacchiglione che ne attraversa il centro, con direzione prevalente Est-Ovest, ed il Brenta che tocca il limite Nord orientale. Il territorio del Comune di Padova rientra completamente in quella

fascia della Pianura Padana definita come bassa pianura, dove, all'aumento di sedimenti più fini si accompagna l'innalzamento della falda alla superficie topografica. Questa fascia di pianura si è formata in seguito ad eventi alluvionali, posteriori all'arretramento dei ghiacciai, che risalgono al periodo tardiglaciale (Pleistocene). I principali fiumi che ne hanno contribuito alla formazione sono l'Adige, il Piave, il Tagliamento e in particolare il sistema Bacchiglione-Brenta per quanto concerne il territorio padovano. La parte più giovane della bassa pianura è di età olocenica e comprende sedimenti fluviali dei corsi d'acqua citati in precedenza. L'assetto stratigrafico dell'area risulta fortemente condizionato da peculiari meccanismi deposizionali che danno origine a numerose eteropie di facies ed interdigitazioni dei materiali sedimentatisi. La natura dei sedimenti è di due tipi: fluvio-glaciale e marina. I sedimenti marini intercalati a quelli continentali sono da mettere in relazione alle regressioni e trasgressioni occorse in seguito ad oscillazioni glacioeustatiche, e alla variazioni del rapporto tra apporto detritico e subsidenza, mentre quelli continentali sono dovuti all'azione deposizionale dei corsi d'acqua principali che solcano la Pianura Padano-veneta. Dal punto di vista litologico la fascia di bassa pianura è costituita da un materasso costituito da depositi periglaciali e fluvio-glaciali caratterizzati da granulometria medio-fine (raramente ghiaie, in prevalenza sabbie e limi) interdigitati con sedimenti molto più fini (limi argillosi ed argille). I depositi più superficiali sono il risultato della deposizione dei fiumi (Brenta in primis per il territorio padovano) che in periodo post-glaciale (quaternario) assunsero un'importante capacità di trasporto e quindi deposizionale: in particolare allo sbocco delle valli alpine venivano depositati ingenti spessori di materiale ghiaioso, sabbioso talora intercalato da livelli più fini, mentre man mano che i corsi d'acqua si addentravano nella pianura perdevano parte della loro capacità di trasporto, depositando sedimenti via via più fini, da sabbie a limi ed argille. In epoca più recente, storica, l'azione deposizionale dei fiumi verso la laguna di Venezia comportavano l'interramento della laguna stessa, motivo per cui furono improntati importanti interventi idraulici ad opera dei veneziani: tra cui il Taglio del Re ed il Canale Taglio del Sile alla fine del 600, e il canale del Limenella.



Come già accennato, per quanto concerne gli aspetti geolitologici, l'area di studio è costituita per lo più da terreni alluvionali, quindi limi ed argille, a medio-bassa permeabilità localmente intervallati da depositi più permeabili, caratterizzati da sabbie e limi sabbiosi, con coperture limoso-argillose formatesi per decantazione successiva a fenomeni di esondazione e piena, localizzabili nella maggior parte dei casi in corrispondenza di vecchi paleoalvei, testimonianza delle divagazioni del fiume Brenta.

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

In generale, l'area interessata dalle indagini è posta nel margine settentrionale del tratto di pianura approssimativamente delimitato dal Brenta a nord, dal Bacchiglione a sud e dalla conterminazione lagunare a est, e rappresenta la porzione terminale del sistema deposizionale olocenico del Brenta. Tale sistema confina a nord con il sistema tardopleistocenico del Brenta e a sud con quello olocenico dell'Adige. (Bondesan A. Meneghel M., 2004).



Figura 5 – Le principali direttrici di deflusso oloceniche del Brenta nell'area compresa tra Naviglio Brenta e Bacchiglione (da Bondesan e Meneghel, 2004 modificato)

Le forme che caratterizzano maggiormente questo territorio sono i dossi fluviali e i paleoalvei con direzione di propagazione verso il margine interno della laguna (Bondesan A. Meneghel M., 2004).

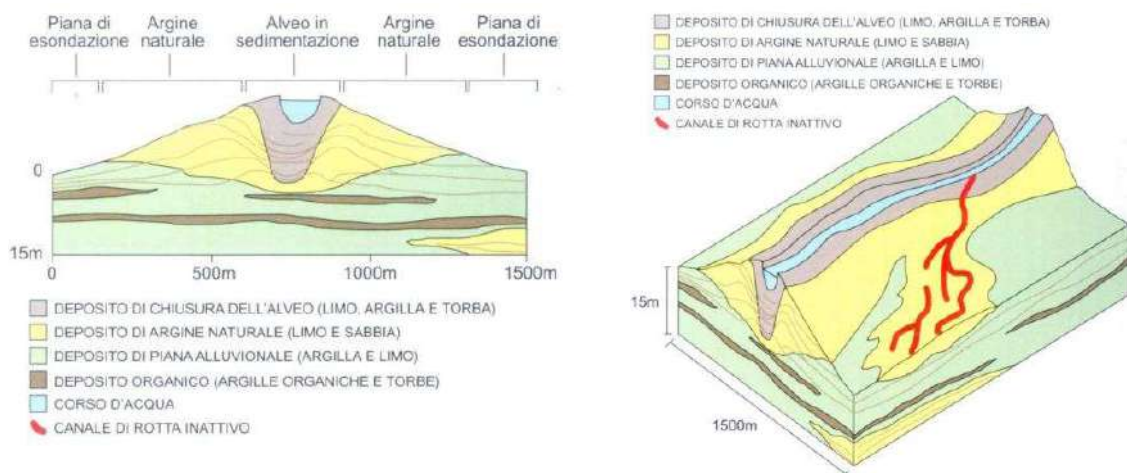


Figura 6 – Sezione trasversale di dosso fluviale (Peretto, 1992)

La città di Padova è stata interessata in passato dall'attraversamento diretto da parte del fiume Brenta: E. De Lucchi (1985) ha delineato due percorsi indipendenti, diretti da Ovest ad Est, grossolanamente paralleli e tra loro contemporanei (di età romana) attribuiti a due rami del Brenta, l'uno passante a Nord di Padova per Montà e Arcella, l'altro passante per il centro urbano. Morfologicamente l'area si può inserire in un contesto di bassa pianura alluvionale interessata da corsi d'acqua, che per le basse pendenze dell'alveo, sviluppano per lo più un andamento meandriforme (piana di divagazione a meandri). Inoltre, si possono distinguere anche aree in cui il fiume Brenta, scorrendo pensile sulla pianura, ha sviluppato un modello di deposizione a dossi e depressioni. Dossi fluviali e paleoalvei, sono riconoscibili da peculiari strutture geomorfologiche costituite da fasce allungate sopraelevate rispetto al terreno circostante. I paleoalvei sono per lo più contraddistinti dalla presenza di lenti e depositi a granulometria media, generalmente sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi; quindi, da depositi che essendo caratterizzati da un basso grado di costipamento risultano sopraelevati rispetto ai terreni circostanti che sono per lo più costituiti da terreni argillosi, limo-argillosi, (depositati durante fasi di piena ed esondazione), caratterizzati da un elevato grado di costipamento. Queste tracce paleoidrografiche, oggetto di studio negli anni passati (Castiglioni 1982), mediante dati cronostratigrafici ricavati da sondaggi geognostici, sono stati datati e risultano essere non più attivi a partire da 7-5000 anni fa (Castiglioni, 1982a, 1982b, et alii).

Il Brenta, circa 3000 anni fa scorreva lambendo Piazzola e Curtarolo e depositandovi ingenti spessori di sedimenti; proseguiva poi in direzione sud, verso Saonara, dove, tra la fine del I millennio e l'Alto Medioevo costruì un ampio dosso sabbioso. L'attuale decorso del Brenta tra Curtarolo, Vigodarzere e Cadoneghe, quindi al limite settentrionale del territorio comunale della città di Padova, risale all'età preromana. Questo sembra essere discordante con quanto testimoniato dalla tradizione archeologica, che vede nell'ampio paleo-meandro che cinge la città di Padova una traccia inconfondibile del Medoacus, nome romano del Brenta. In base ad un ulteriore studio (Baggio et alii, 1992) tale meandro sembrerebbe appartenere ad un sistema di tracce di meandri, caratterizzati da parametri morfometrici diversi rispetto a quelli del Brenta, ma appartenente a quello del Bacchiglione. Un'altra ipotesi che avrebbe preso piede è quella che il Bacchiglione sia stato condizionato nel suo decorso verso il mare da vecchi alvei relitti del Brenta di cui farebbe parte anche il meandro in corrispondenza delle mura cinquecentesche che cingono Padova. A tutt'oggi il Bacchiglione viene fatto defluire dalla città artificialmente, anche se in parte le sue acque continuano ad alimentare, mediante un sistema di chiuse, la rete di canali interni a Padova, nonché l'antico meandro, tombinato nel secondo dopoguerra.

I fattori di rischio per il territorio ed in particolare per le zone urbanizzate o di possibile urbanizzazione non vanno quindi ricercati nei lineamenti della geodinamica esogena, ma risultano oramai esclusivamente derivanti dall'assetto idraulico e quindi dalla possibilità di esondazione.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

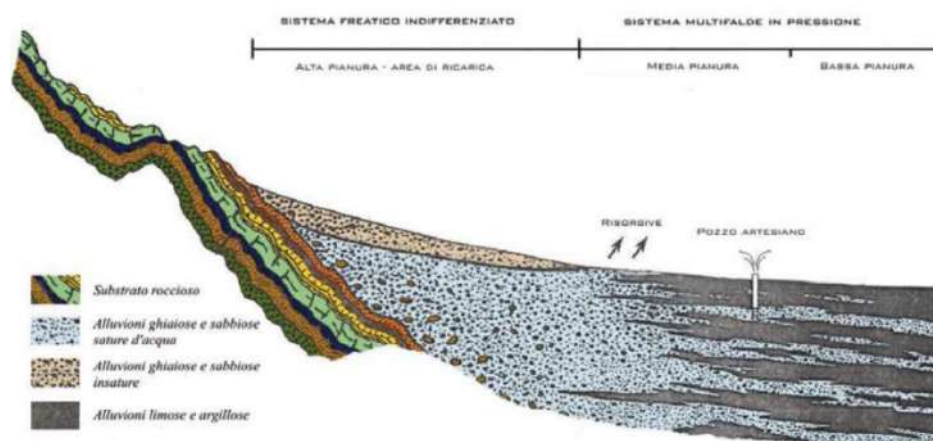
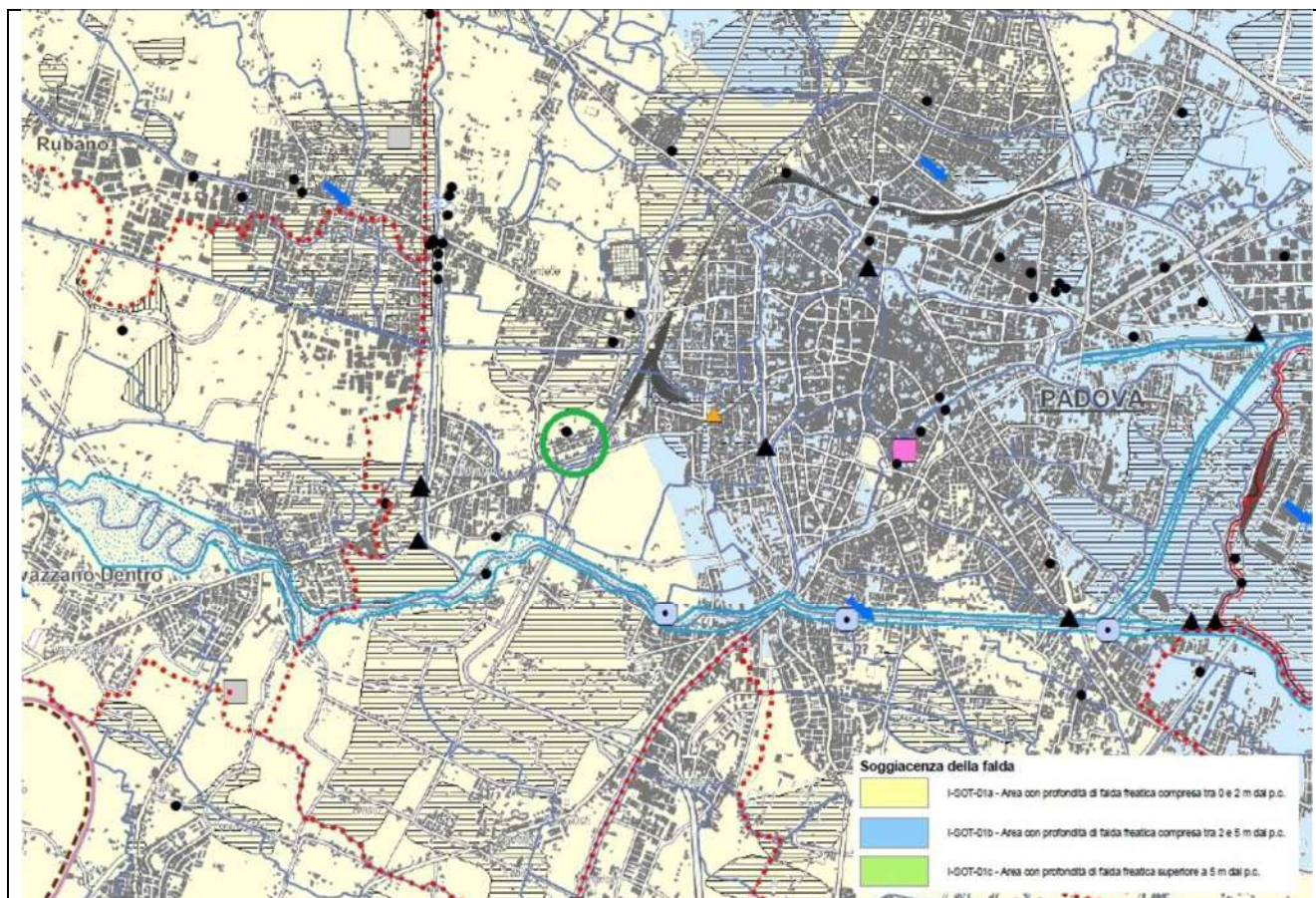


Figura 7 – Schema idrogeologico dell'alta e media pianura veneta.

Il sottosuolo dell'area in oggetto si inserisce nel sistema multifalda della bassa pianura veneta (Figura 7), con un'alternanza, talvolta spiccata di livelli permeabili e impermeabili. Si vengono perciò a formare acquiferi liberi, semiconfinati e acquiferi in pressione. In via generale si avrà una modesta falda freatica, a bassa profondità al di sotto del piano campagna. Tale falda è ricaricata prevalentemente da acque meteoriche e indirettamente dagli apporti dei corsi d'acqua. Le falde sottostanti sono per lo più in pressione, alloggiate nei materiali più permeabili (sabbie), separate da letti di materiali argillosi praticamente impermeabili.



Dall'estratto della carta idrogeologica della provincia di Padova si nota che la falda superficiale ha profondità media di 2,0 m da p.c., con abbassamento della falda freatica da Sud verso Nord. Le oscillazioni medie della falda sono stimabili in ± 1 m nel corso delle variazioni annuali.

INQUADRAMENTO SISMICO

Secondo l'O.P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 il Comune di Padova (PD) risulta classificato in zona sismica 3, nella quale il territorio può essere soggetto a scuotimenti modesti.

I valori per i nodi più vicini al territorio di Padova, definiti secondo l'ordinanza del PCM del 28 aprile 2006, dell'accelerazione massima al suolo a_g , (con probabilità di superamento del 10% in 50 anni) appartengono alle classi comprese fra 0,075-0,100g.

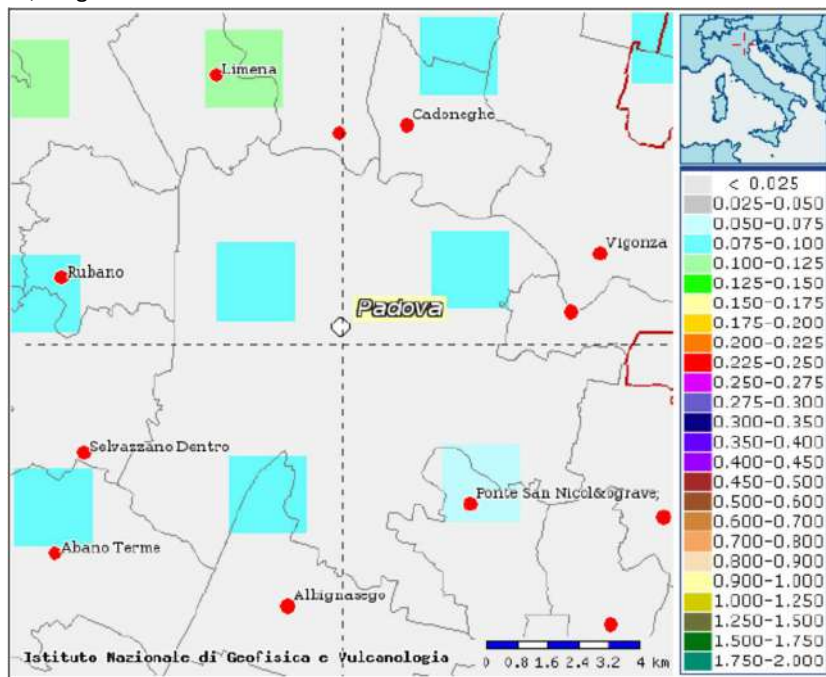


Figura 8 – valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

Con l'entrata in vigore del D.M. 17 gennaio 2018 e s.m.i. la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito specifico" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) D.M. 17.01.2018 introducono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale. La "pericolosità sismica di base", nel seguito chiamata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni. Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, <http://esse1.mi.ingv.it/>).

Le NTC introducono il concetto di nodo di riferimento di un reticolo composto da 10751 punti in cui è stato suddiviso l'intero territorio italiano. Le stesse NTC forniscono, per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_r considerati dalla pericolosità sismica, tre parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno (espressa in $g/10$);
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito non è sintetizzata più dall'unico parametro (a_g), ma dipende dalla posizione rispetto ai nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame (Tabella A1 delle NTC), dalla Vita Nominale e dalla Classe d'Uso dell'opera. I punti del reticolo di riferimento riportati nella Tabella A1 delle NTC hanno un passo di circa 10 km e sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine. La

rappresentazione grafica dello studio di pericolosità sismica di base dell'INGV, da cui è stata tratta la Tabella A1 delle NTC, è caratterizzata da una mappa di pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo rigido (in g) in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato.

Le condizioni del sito di riferimento rigido in generale non corrispondono a quelle effettive. È necessario, pertanto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

Di seguito, per i vari stati limite, sono indicati i valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* , calcolati con il software NTCSISMA.

| SLATO LIMITE | T_R [anni] | a_g [g] | F_0 [-] | T_c^* [s] |
|-----------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO | 30 | 0,031 | 2,533 | 0,212 |
| SLD | 50 | 0,038 | 2,570 | 0,254 |
| SLV | 475 | 0,092 | 2,582 | 0,329 |
| SLC | 975 | 0,118 | 2,557 | 0,346 |

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

METODOLOGIE IMPIEGATE

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE DI TIPO MECCANICO (CPT)

Per l'esecuzione delle prove penetrometriche è stato impiegato un penetrometro da 20 T di spinta, modello Pagani tipo TG 63-200 montato su cingoli, le cui caratteristiche tecniche principali sono le seguenti:



| | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------------|
| Motore | Tipo | Benzina; 2 cil.; V |
| | Potenza [HP (kW) RPM] | 18 (13.5) - 3600 |
| | Raffreddamento | Aria |
| Traslazione | Cingolato a trasmissione idrostatica | Cingolato |
| | Velocità di traslazione [km/h] | 0 ÷ 2 |
| | Pendenza Max % | 30 |
| Pompa Idraulica | Numero di Pompe | 2 |
| | Max. pressione operativa [bar] | 240 |
| Stabilizzatori | Numero | 3 |
| | Tipo | Idraulico |

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/s} - 0,5 \text{ cm/s}$). La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta. La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale: punta/manicotto tipo "Begemann". Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

diametro Punta Conica meccanica $D = 35,7 \text{ mm}$

area di punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$

angolo di apertura del cono $\alpha = 60^\circ$

superficie laterale del manicotto $A_m = 150 \text{ cm}^2$

Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore". I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sul display di una Sistema Acquisizione Automatico (qualora presente) o sui manometri.

I dati rilevati in campagna sono una coppia di valori per ogni intervallo di lettura (20 cm) costituiti da LP (Lettura alla punta) e LT (Lettura della punta + manicotto). I dati, sulla base di opportune costanti e dei valori specifici dell'area di base della punta e dell'area del manicotto di frizione laterale, vengono successivamente elaborati per ricavare i valori di resistenze specifiche Q_c (Resistenza alla punta RP) e Q_l (Resistenza Laterale RL o f_s attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione). L'interpretazione e la visualizzazione grafica dei dati elaborati consentono infine di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato.

I diagrammi delle prove penetrometriche sono riportati nell'Appendice 1 della presente relazione.

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata impiegata una sonda cingolata Beretta T45 a funzionamento completamente idraulico.

| Caratteristiche tecniche | |
|--|-----------------------|
| Peso sonda BerettaT-45 C (esclusi accessori) | 4.000 kg |
| Testa di rotazione con albero flottante 43-4V | |
| Velocità albero di rotazione | 53-444 r/min |
| Coppia max | 6.200 Nm |
| Slitta di avanzamento | |
| Corsa utile effettiva | 2.200 mm |
| Trazione/spinta | 40Kn |
| Velocità di movimentazione testa max | 40 cm/sec |
| Centralina oleodinamica | |
| Motore diesel DEUTZ 4 cilindri raffreddato ad aria | |
| Potenza (in curva NF) a 2.500 r/min | 42 kW |
| Carro cingolato | |
| Velocità di traslazione | 0 – 3 km/h |
| Larghezza cingolatura | 230 mm |
| Pendenza max superabile | 55% |
| Pressione specifica al suolo | 6,2 N/cm ² |

Le carote estratte in fase di perforazione a carotaggio continuo sono state opportunamente decorticate e riposte in cassette catalogatrici in PVC atossico munite di scomparti divisori e di coperchio, in grado di contenere 5 m lineari di carota. Le cassette catalogatrici sono state fotografate dopo il loro completamento allo scopo di documentare la stratigrafia del sottosuolo del sito in esame (Appendice 4).

Sono state redatte delle schede stratigrafiche, allegate alla presente relazione (Appendice 1) nelle quali è stato dettagliatamente descritto il terreno, secondo le indicazioni fornite dalle "Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche" (A.G.I., 1977).

La descrizione stratigrafica inoltre riporta:

- il tipo di terreno;
- la litologia, la consistenza, il colore e la struttura;
- la percentuale di carotaggio;
- profondità e tipo di falde acquifere incontrate e quota della stabilizzazione dell'acqua nel foro;
- eventuali franamenti delle pareti, rifluimenti dal fondo, cavità, perdite dell'acqua o fango di circolazione ecc;
- indicazione delle profondità alle quali sono state eventualmente effettuate prove speciali (prelievo di campioni con campionatori speciali, misure di permeabilità, prelievi di campioni d'acqua, prove in foro, ecc);

La messa in opera del piezometro ha previsto, nell'intercapedine foro-colonna di rivestimento, la realizzazione di un tratto drenante costituito da ghiaio siliceo calibrato, per tutta la lunghezza del tratto fessurato e di un'impermeabilizzazione del tratto cieco, sovrastante i filtri, con bentonite granulare. Al fondo dei piezometri sono stati installati dei tappi filettati; inoltre, a protezione della testa del piezometro, è stato installato un pozzetto di cemento con chiusino carrabile in ghisa.

INDAGINI GEOFISICHE/SISMICHE

ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione. Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali. La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Vs), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi: L'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Per ottenere un profilo Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse è stata utilizzata nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).

STRUMENTAZIONE

La strumentazione utilizzata è costituita da:

- un sismografo a 24 canali



GEODIS s.r.l. - N. REA: VE - 345850 - Codice Fiscale e Partita IVA: 03871990275
Sede Legale: Spinea (VE) - via L. Negrelli, 17/i - 30038 Tel/Fax 041-481046
www.impresageodis.com - email: info@impresageodis.com - PEC: geodis@ticertifica.it
Certificata ISO 9001:2015; ISO 14001:2015; ISO 45001:2018
Iscritta Albo Nazionale Gestori Ambientali Veneto cat 9E



- 24 geofoni a 4.5Hz
- fucile sismico o una mazza da 6 Kg

VANTAGGI DELLA REGISTRAZIONE MULTICANALE

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di vari e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.

DESCRIZIONE GENERALE DELLA PROCEDURA MASW

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 1- acquisizione dei dati di campo.
- 2- estrazione della curva di dispersione.
- 3- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità.

In Appendice 3 al presente scritto sono riportati i risultati della prova in cui viene esposto il valore del parametro $V_{s,eq}$.

ANALISI DEI DATI

CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

RICOSTRUZIONE LITOLOGICA DEL SITO

Per l'individuazione della natura dei terreni presenti in sito è stata eseguita una perforazione di sondaggio a carotaggio continuo fino alla profondità di 15 m p.c. e delle prove penetrometriche fino alla profondità di 30 m p.c.

Dall'osservazione delle colonne stratigrafiche si riscontra una serie di depositi sintetizzabili come segue:

- dal p.c. fino a circa – 2,50-2,80 m dal p.c. sono presenti depositi coesivi costituiti principalmente da limi argillosi anche consistenti contenenti percentuali variabili di sabbie.
- da – 2,50-2,80 m fino a circa – 4,00 m dal p.c. si rinvencono litotipi dominanti costituiti da depositi da sabbiosi a sabbioso-limosi e limo-sabbiosi.
- da circa – 4,00 m fino a circa – 6,50-7,00 m dal p.c. sono presenti depositi coesivi costituiti principalmente da limi argillosi contenenti percentuali variabili di sabbie e localmente torbosi.
- da – 6,50-7,00 m fino a circa – 8,00 m dal p.c. si rinvencono litotipi dominanti costituiti da depositi da sabbiosi a sabbioso-limosi e limo-sabbiosi.
- da circa – 8,00 m fino a circa – 12,00 m dal p.c. sono presenti depositi coesivi costituiti principalmente da limi argillosi contenenti percentuali variabili di sabbie e localmente torbosi.
- da – 12,00 m circa fino a – 30,00 m dal p.c. (raggiunti con le prove penetrometriche) si rinvencono litotipi dominanti costituiti da depositi da sabbiosi a sabbioso-limosi anche molto addensate.

Le indagini geognostiche eseguite nel sito hanno permesso la misura diretta della profondità della superficie piezometrica al momento delle indagini che è risultata essere:

| | CPT1 | CPT2 | S1 p.c. |
|------------------------------|------|------|---------|
| Profondità falda da p.c. (m) | 2,20 | 2,10 | 2,13 |

RISULTATI DELLE PROVE IN FORO SPT

Nel corso delle perforazioni di sondaggio sono state effettuate n. 4 prove in foro di tipo SPT nei terreni granulari riscontrati durante l'avanzamento della perforazione, su indicazione della Committente.

Di seguito sono riportati i valori ottenuti nelle diverse prove ed una stima dei parametri risultanti:

PROVA SPT1

| Profondità (m) | Nr. Colpi |
|----------------|-----------|
| 9,15 | 1 |
| 9,30 | 3 |
| 9,45 | 2 |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT1

| Prof. (m) | Nspt | Tipo | Peso unità di volume (t/m ³) | Peso unità di volume saturo (t/m ³) | Angolo di resistenza al taglio (°) | Coesione non drenata (Kg/cm ²) |
|-----------|------|---------|--|---|------------------------------------|--|
| 9,0 | 5 | Coesivo | 1,76 | 1,88 | -- | 0,31 |

PROVA SPT2

| Profondità (m) | Nr. Colpi |
|----------------|-----------|
| 10,65 | 3 |
| 10,80 | 4 |
| 10,95 | 4 |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT2

| Prof. (m) | Nspt | Tipo | Peso unità di volume (t/m ³) | Peso unità di volume saturo (t/m ³) | Angolo di resistenza al taglio (°) | Coesione non drenata (Kg/cm ²) |
|-----------|------|--------------------|--|---|------------------------------------|--|
| 10,5 | 8 | Coesivo-Incoerente | 1,90 | 1,91 | <30 | 0,54 |

PROVA SPT3

| Profondità (m) | Nr. Colpi |
|----------------|-----------|
| 12,15 | 3 |
| 12,30 | 5 |
| 12,45 | 4 |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT3

| Prof. (m) | Nspt | Tipo | Peso unità di volume (t/m ³) | Peso unità di volume saturo (t/m ³) | Angolo di resistenza al taglio (°) | Coesione non drenata (Kg/cm ²) |
|-----------|------|------------|--|---|------------------------------------|--|
| 12,0 | 9 | Incoerente | 1,70 | 1,91 | <30 | -- |

PROVA SPT4

| Profondità (m) | Nr. Colpi |
|----------------|-----------|
| 13,65 | 4 |
| 13,80 | 4 |
| 13,95 | 5 |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT4

| Prof. (m) | Nspt | Tipo | Peso unità di volume (t/m ³) | Peso unità di volume saturo (t/m ³) | Angolo di resistenza al taglio (°) | Coesione non drenata (Kg/cm ²) |
|-----------|------|------------|--|---|------------------------------------|--|
| 13,5 | 9 | Incoerente | 1,70 | 1,91 | <30 | -- |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI DA PROVA CPT

Oltre alla realizzazione di una perforazione le indagini comprendevano l'esecuzione di prove penetrometriche statiche (CPT) per caratterizzare dal punto di vista geotecnico il terreno e come strumento di taratura per la definizione dei parametri sismici.

I dati registrati in campo sono stati elaborati utilizzando i software *StaticProbing* della Geostru® e *P.G.S Interpretazione di prove geotecniche in sito* della Flaccovio Editore®.

I programmi consentono di automatizzare le attività di calcolo e di interpretare i dati sulla base di correlazioni opportunamente selezionate, compatibili con il tipo di strumentazione utilizzata in campo e con le litologie rilevate.

Per la stima dei parametri geotecnici dei terreni incoerenti sono state utilizzate le formule dei seguenti autori:

| PARAMETRI GEOTECNICI | AUTORI |
|----------------------------------|------------------------------|
| Angolo di Attrito | Robertson & Campanella, 1983 |
| Densità Relativa | Lancellotta, 1986 |
| Peso di Volume Gamma | Meyerhof, 1951 |
| Grado di Sovraconsolidazione OCR | Piacentini & Righi, 1978 |

Per la stima dei parametri geotecnici dei terreni coesivi sono state utilizzate le formule dei seguenti autori:

| PARAMETRI GEOTECNICI | AUTORI |
|---------------------------------------|----------------|
| Coesione non drenata | Terzaghi |
| Peso di Volume terreni coesivi | Meyerhof, 1951 |
| Peso di Volume saturo terreni coesivi | Meyerhof, 1951 |
| Grado di Sovraconsolidazione OCR | Mayne, 1991 |

Appare doveroso evidenziare ancora una volta come i risultati esposti in questo studio siano frutto di interpretazioni ed assunzioni basate sui dati disponibili e non forniscano prova certa ed inoppugnabile del reale assetto geologico del sito. In particolare, si ritiene necessario sottolineare come il grado di precisione ed affidabilità del modello siano maggiori ove più densa risulti la quantità di dati a disposizione. Il livello di dettaglio ottenibile è quindi direttamente proporzionale alla densità delle informazioni, ed un suo eventuale aumento richiederà necessariamente un conseguente infittimento della maglia di punti di indagine.

Le tabelle che seguono riportano la stima dei parametri geotecnici secondo un modello geotecnico interpretativo sintetico. Per completezza, in Appendice 2 è possibile ritrovare i valori degli stessi parametri secondo un modello geotecnico ricavato per ogni intervallo di misura sulla scorta degli autori precedentemente citati.

Nr: Numero progressivo strato
 Prof: Profondità strato (m)
 Tipo: C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
 Cu: Coesione non drenata (KPa)
 Fi: Angolo di resistenza al taglio (°)

OCR: Grado di sovraconsolidazione
 P_{uv}: Peso unità di volume (KN/m³)
 P_{uvs}: Peso unità di volume saturo (KN/m³)
 D_r: Densità relativa (%)

CPT1 (modello sintetico)

| Nr. | Prof. da | Prof. a | Tipo | Cu | Fi | OCR | Puv | PuvS | Dr |
|-----|----------|---------|------|-------|------|-----|------|------|------|
| 1 | 0,00 | 0,40 | C | 30,4 | -- | 2,6 | 17,4 | 18,2 | -- |
| 2 | 0,40 | 1,60 | I | -- | 39,7 | >9 | 18,6 | 21,6 | 65,2 |
| 3 | 1,60 | 2,80 | C | 70,6 | -- | 6,7 | 18,8 | 19,5 | -- |
| 4 | 2,80 | 4,40 | I | -- | 34,2 | >9 | 17,7 | 20,6 | 43,3 |
| 5 | 4,40 | 6,40 | C | 46,1 | -- | 4,2 | 17,9 | 18,7 | -- |
| 6 | 6,40 | 7,80 | I | -- | 34,1 | 6,3 | 18,6 | 21,6 | 47,4 |
| 7 | 7,80 | 8,40 | C | 65,7 | -- | 6,2 | 18,5 | 19,3 | -- |
| 8 | 8,40 | 9,20 | I | -- | 29,8 | 2,9 | 18,6 | 21,6 | 24,6 |
| 9 | 9,20 | 10,80 | C | 59,8 | -- | 5,6 | 18,3 | 19,0 | -- |
| 10 | 10,80 | 11,40 | I | -- | 28,7 | 2,6 | 17,7 | 20,6 | 17,3 |
| 11 | 11,40 | 11,80 | C | 70,6 | -- | 6,7 | 18,5 | 19,3 | -- |
| 12 | 11,80 | 12,40 | I | -- | 32,5 | 4,0 | 18,6 | 21,6 | 41,9 |
| 13 | 12,40 | 12,80 | C | 76,5 | -- | 7,3 | 18,7 | 19,4 | -- |
| 14 | 12,80 | 17,80 | I | -- | 30,7 | 2,9 | 18,6 | 21,6 | 33,4 |
| 15 | 17,80 | 18,20 | C | 50,0 | -- | 4,6 | 17,6 | 18,4 | -- |
| 16 | 18,20 | 19,40 | I | -- | 29,3 | 2,2 | 18,6 | 21,6 | 27,4 |
| 17 | 19,40 | 19,80 | CI | 138,3 | 28,7 | 1,9 | 19,7 | 20,5 | 11,7 |
| 18 | 19,80 | 22,60 | I | -- | 30,9 | 3,0 | 18,6 | 21,6 | 37,1 |
| 19 | 22,60 | 30,00 | I | -- | 34,2 | 4,3 | 18,6 | 21,6 | 57,1 |

CPT2 (modello sintetico)

| Nr. | Prof. da | Prof. a | Tipo | Cu | Fi | OCR | Puv | PuvS | Dr |
|-----|----------|---------|------|-------|------|-----|------|------|------|
| 1 | 0,00 | 0,60 | C | 67,7 | -- | 6,4 | 18,7 | 19,5 | -- |
| 2 | 0,60 | 1,60 | I | -- | 39,8 | >9 | 17,7 | 20,6 | 66,9 |
| 3 | 1,60 | 2,60 | C | 75,5 | -- | 7,2 | 18,9 | 19,7 | -- |
| 4 | 2,60 | 4,20 | I | -- | 34,4 | >9 | 17,7 | 20,6 | 44,2 |
| 5 | 4,20 | 7,00 | C | 45,1 | -- | 4,1 | 17,9 | 18,7 | -- |
| 6 | 7,00 | 8,20 | I | -- | 33,4 | 6,8 | 18,6 | 21,6 | 44,1 |
| 7 | 8,20 | 10,40 | C | 56,9 | -- | 5,3 | 18,2 | 19,0 | -- |
| 8 | 10,40 | 11,20 | I | -- | 29,2 | 3,4 | 17,7 | 20,6 | 22,8 |
| 9 | 11,20 | 11,80 | C | 62,8 | -- | 5,9 | 18,3 | 19,1 | -- |
| 10 | 11,80 | 14,00 | I | -- | 31,7 | 3,5 | 18,6 | 21,6 | 38,0 |
| 11 | 14,00 | 14,60 | C | 75,5 | -- | 7,2 | 18,6 | 19,4 | -- |
| 12 | 14,60 | 18,40 | I | -- | 30,0 | 2,7 | 18,6 | 21,6 | 29,9 |
| 13 | 18,40 | 19,20 | C | 67,7 | -- | 6,4 | 18,3 | 19,0 | -- |
| 14 | 19,20 | 20,00 | I | -- | 29,5 | 2,0 | 18,6 | 21,6 | 28,6 |
| 15 | 20,00 | 20,60 | CI | 120,6 | 28,7 | 1,8 | 19,4 | 20,2 | 7,3 |
| 16 | 20,60 | 30,00 | I | -- | 33,6 | 3,8 | 18,6 | 21,6 | 53,1 |

| | | |
|------|--------|---|
| 0,00 | 0,00 | Argilla inorganica compatta |
| 2 | 120 cm | Sabbie |
| 3 | 160,0 | Argille sabbiose e limose |
| 4 | 280,0 | Sabbie |
| 5 | 160 cm | Argilla inorganica di media consistenza |
| 6 | 200 cm | Sabbie |
| 7 | 640,0 | Argille sabbiose e limose |
| 8 | 140 cm | Sabbie |
| 9 | 780,0 | Argille sabbiose e limose |
| 10 | 840,0 | Sabbie |
| 11 | 920,0 | Argille sabbiose e limose |
| 12 | 160 cm | Sabbie |
| 13 | 1080,0 | Argilla inorganica compatta |
| 14 | 1140,0 | Sabbie |
| 15 | 1180,0 | Sabbie |
| 16 | 1240,0 | Sabbie |
| 17 | 1280,0 | Sabbie |
| 18 | 500 cm | Sabbie addensate o cementate |
| 19 | 1780,0 | Sabbie addensate o cementate |
| 20 | 1820,0 | Sabbie addensate o cementate |
| 21 | 1860,0 | Sabbie addensate o cementate |
| 22 | 1940,0 | Sabbie addensate o cementate |
| 23 | 1980,0 | Sabbie addensate o cementate |
| 24 | 2260,0 | Sabbie addensate o cementate |
| 25 | 3000,0 | Sabbie addensate o cementate |

CPT1 (30,00 m)

| | | |
|------|--------|--|
| 0,00 | 0,00 | Argilla inorganica compatta |
| 2 | 160,0 | Sabbie |
| 3 | 260,0 | Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi |
| 4 | 160 cm | Sabbie |
| 5 | 420,0 | Argille sabbiose e limose |
| 6 | 280 cm | Sabbie |
| 7 | 700,0 | Argille sabbiose e limose |
| 8 | 820,0 | Sabbie |
| 9 | 820,0 | Argille sabbiose e limose |
| 10 | 1040,0 | Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi |
| 11 | 1120,0 | Argilla inorganica compatta |
| 12 | 1180,0 | Sabbie |
| 13 | 1400,0 | Sabbie |
| 14 | 1460,0 | Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi |
| 15 | 1840,0 | Sabbie |
| 16 | 1920,0 | Argille sabbiose e limose |
| 17 | 2000,0 | Sabbie |
| 18 | 2060,0 | Argille sabbiose e limose |
| 19 | 3000,0 | Sabbie addensate o cementate |

CPT2 (30,00 m)

RISULTATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE

SISMICA ONDE VS CON TECNICA MASW 1D

In Appendice 3 al presente scritto sono riportati i risultati della prova MASW.

Per il calcolo del modulo di taglio è stata usata una formula approssimata per la valutazione della densità, non nota. La formula utilizzata è la seguente:

$$\text{Densità} = 1,5 + V_s/1000$$

Poiché il valore del modulo di taglio G in MegaPascal si ottiene dalla formula: $G = V_s \times V_s \times \text{Densità} / 10^3$

è facile ricalcolare il modulo G esatto quando si disponesse di valori più precisi di densità.

Con una curva è stato tracciato il valore di Vs progressiva. Dalla curva si può quindi ricavare il valore di Vs10, Vs20 e così via, e quindi anche il valore di Vs30, quest'ultimo ovviamente alla profondità 30.

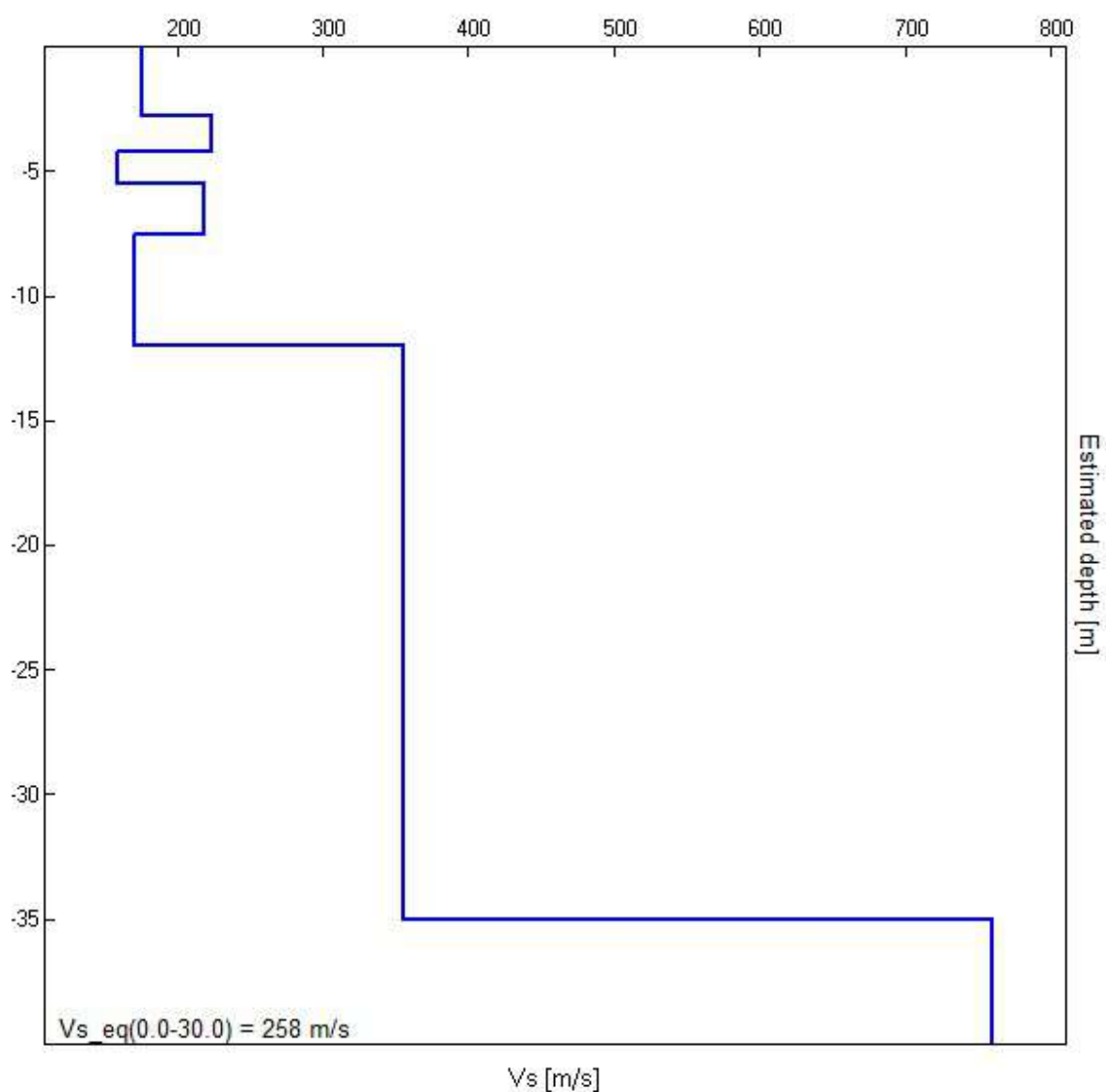
Il valore del parametro Vs30 calcolato utilizzando la stratigrafia Vs e la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i – esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

La stratigrafia Vs riportata nelle tavole allegate è quella utilizzata per il calcolo del Vs,eq ed è sismicamente equivalente e ragionevolmente prossima alla stratigrafia reale ma probabilmente non esattamente coincidente.

| Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson |
|---------------------------------------|--------------|----------|---------------------|
| 2.80 | 2.80 | 176 | 0.42 |
| 4.20 | 1.40 | 223 | 0.42 |
| 5.50 | 1.30 | 159 | 0.42 |
| 7.50 | 2.00 | 218 | 0.42 |
| 12.00 | 4.50 | 171 | 0.42 |
| 35.00 | 23.00 | 356 | 0.42 |



DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi o in rapporto ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di Categorie di Sottosuolo di riferimento. Per definire tali categorie, il D.M. 17/01/18 prevede, il calcolo del parametro $V_{s,eq}$, calcolata in modo analogo alla precedente $V_{s,30}$, che invece di estendere la media pesata fino ai 30 m di profondità, viene valutata entro una profondità H (pari a 30 m o inferiore). La discriminante della profondità H è il raggiungimento del "substrato" caratterizzato da velocità superiori agli 800 m/s.

| Categoria | Descrizione |
|-----------|---|
| A | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m. |
| B | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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 | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , 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 | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. |
| E | <i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m. |

La stima, tramite la formula [3.5] del parametro $V_{s,eq}$, è stata effettuata, come esplicitamente richiesto dalle N.T.C. del 17 gennaio 2018, per l'assegnazione della categoria di sottosuolo. Dall'indagine sismica effettuata e dal modello sismico ricavato è stato possibile calcolare le velocità di propagazione delle onde di taglio fino a 30 m dal piano di posa delle fondazioni. A seguire si riportano i valori di $V_{s,eq}$ ottenuti dalle prove eseguite:

| $V_{s,30}$ |
|------------|
| 258 m/s |

Dalla ricostruzione del quadro geofisico emerso dal presente studio e dalle indicazioni normative si prevede l'inserimento del sito d'indagine nella **Categoria di Sottosuolo denominata C**, così definita:

| | |
|----------|--|
| C | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , 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. |
|----------|--|

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento | S_T |
|-----------|---|--|-------|
| T1 | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ | - | 1.0 |
| T2 | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ | In corrispondenza della sommità del pendio | 1.2 |
| T3 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1.2 |
| T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1.4 |

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_T assume valore unitario.

Nel caso in esame, il terreno appartiene alla categoria **T1** con coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.0$.

ACCELERAZIONE MASSIMA ATTESA IN SUPERFICIE: COMPONENTE ORIZZONTALE

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale è possibile valutare l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione:

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

in cui:

| Categoria sottosuolo | S_S |
|----------------------|---|
| A | 1,00 |
| B | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$ |
| C | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$ |
| D | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$ |
| E | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$ |

dove

- S_S = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica
- S_T = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica
- a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A

I valori di a_g e F_0 sono riportati nel paragrafo di inquadramento sismico a corredo della presente relazione e sintetizzati nella tabella in esso contenuto.

DEFINIZIONE DELLA VITA NOMINALE VN DELL'OPERA DA REALIZZARE:

La vita nominale di un'opera strutturale V_n è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata (cap.2.4.1. del D.M. 17/01/2018).

Per le opere in progetto è stata determinata una vita nominale $V_n = 50$ anni.

CLASSE D'USO

I manufatti di progetto sono di tipologia e svolgono funzioni diverse. Tra di loro differiscono, quindi, per la relativa classe d'uso da assegnare. A seguire vengono esplicitate le relative classi d'uso.

Per il manufatto di progetto si indica una classe d'uso II per "Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV". Per l'opera, quindi, sono stati assunti i seguenti parametri:

- Vita Nominale dell'opera = 50 anni
- Classe d'uso = II – opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV
- Coefficiente d'uso = 1,0

In base ai quali risulta un periodo di riferimento per l'azione sismica pari a: $VR = VN \times CU = 50 \times 1,0 = 50$ anni

CALCOLO AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Sito in esame.

Latitudine: 45,43044

Longitudine: 11,88876

Parametri sismici:

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni] ag: 0,031 g

Fo: 2,532 Tc*: 0,212 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni] ag: 0,038 g

Fo: 2,571 Tc*: 0,254 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 475 [anni] ag: 0,092 g

Fo: 2,582 Tc*: 0,329 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni] ag: 0,118 g

Fo: 2,557 Tc*: 0,346 [s]

Coefficienti Sismici:

SLO:

| | | | | | | | |
|-----|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ss: | 1,500 | Cc: | 1,750 | St: | 1,000 | | |
| Kh: | 0,009 | Kv: | 0,005 | Amax: | 0,461 | Beta: | 0,200 |

SLD:

| | | | | | | | |
|-----|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ss: | 1,500 | Cc: | 1,650 | St: | 1,000 | | |
| Kh: | 0,011 | Kv: | 0,006 | Amax: | 0,558 | Beta: | 0,200 |

SLV:

| | | | | | | | |
|-----|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ss: | 1,500 | Cc: | 1,520 | St: | 1,000 | | |
| Kh: | 0,027 | Kv: | 0,014 | Amax: | 1,348 | Beta: | 0,200 |

SLC:

| | | | | | | | |
|-----|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ss: | 1,500 | Cc: | 1,490 | St: | 1,000 | | |
| Kh: | 0,043 | Kv: | 0,021 | Amax: | 1,741 | Beta: | 0,240 |

VERIFICA DELLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

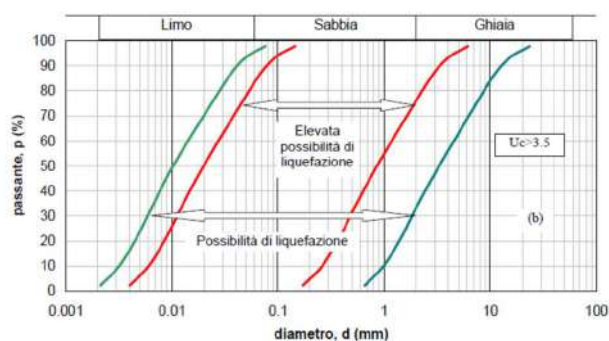
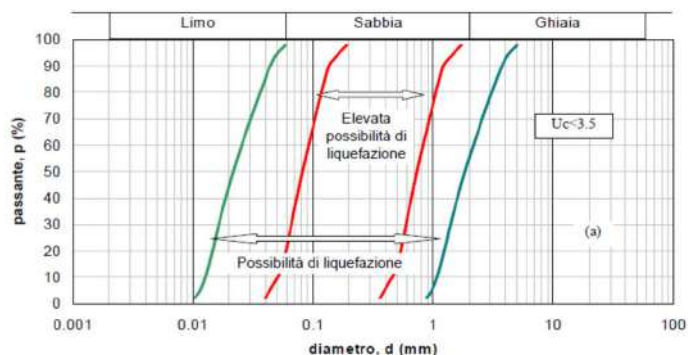
Il fenomeno della liquefazione dei terreni durante i terremoti interessa in genere i depositi sabbiosi e/o sabbioso limosi sciolti, a granulometria uniforme, normalmente consolidati e saturi. Durante un fenomeno sismico, infatti, le sollecitazioni indotte nel terreno, possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la pressione litostatica, annullando la resistenza al taglio e inducendo fenomeni di fluidificazione.

La probabilità che un deposito raggiunga tali condizioni dipende:

- ✓ dal grado di addensamento;
- ✓ dalla granulometria e forma dei granuli;
- ✓ dalle condizioni di drenaggio;
- ✓ dall'andamento ciclico delle sollecitazioni sismiche e loro durata;
- ✓ dall'età del deposito;
- ✓ dalla profondità della linea di falda (prossima alla superficie).

Dall'osservazione di zone colpite da liquefazione, si è notato che questa avviene nelle seguenti circostanze:

- terremoti di magnitudo uguale o superiore a 5,5, con accelerazioni superiori o uguali a 0,2g;
- al di sopra dei 15 m di profondità (oltre questa profondità non sono state osservate liquefazioni);
- la profondità della falda era posizionata in prossimità della superficie (inferiore a 3 m);
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$, oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (CPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate di seguito nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ (figura a) e nel caso di terreni con coefficienti di uniformità $U_c > 3.5$ (figura b).

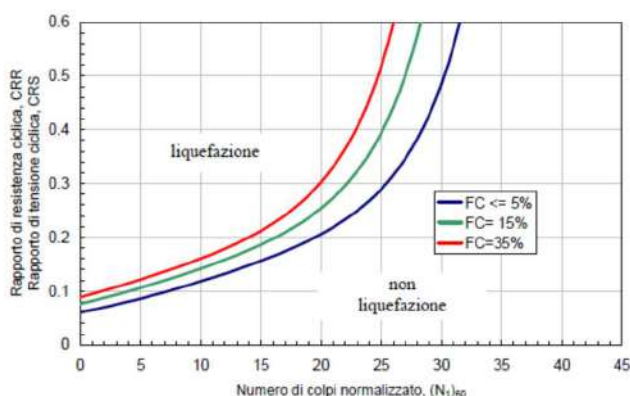


Per verificare la possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione vanno impiegate le procedure che nell'Ingegneria Geotecnica Sismica vengono denominati *metodi semplificati*. Tali metodi (si fa riferimento al *metodo di Robertson e Wride*, 1998) generalmente valutano la suscettibilità alla liquefazione dei depositi in funzione della profondità di falda, delle caratteristiche dell'evento sismico (magnitudo ed accelerazione al suolo), dello stato di addensamento dei terreni sabbiosi (ricavati da prove SPT, CPT e sismiche), da prove granulometriche (valutazione della percentuale di fine presente). Tali metodi, permettono di esprimere la suscettibilità di un deposito alla liquefazione, attraverso la definizione di un coefficiente di sicurezza F_s , espresso come rapporto

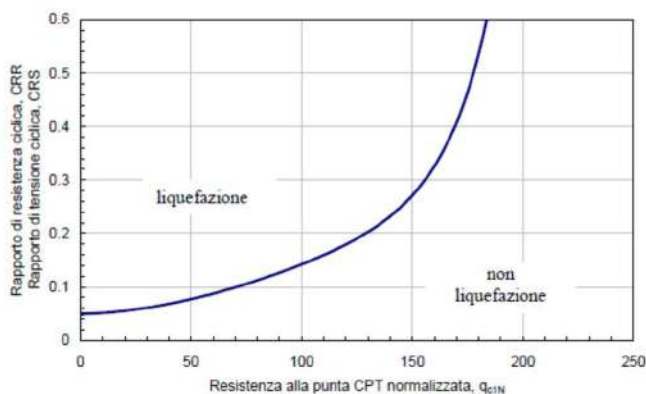
$$F_s = \frac{CRR}{CSR} \cdot MSF$$

dove

- CRR è la resistenza normalizzata che può essere valutata attraverso gli abachi di seguito riportati;

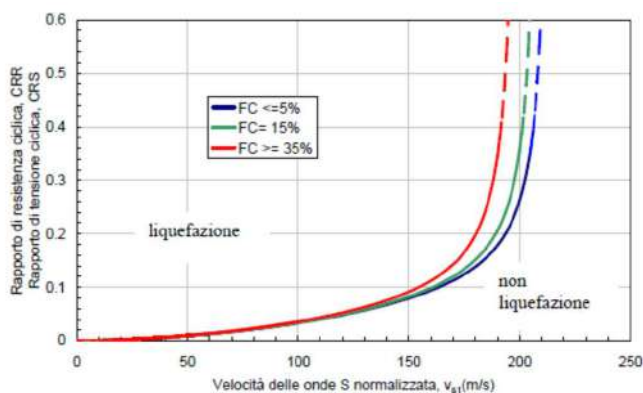


$(N_1)_{60} = N_{SPR} C_N C_E C_B C_R C_S$ dove:
 $C_N = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{0.784 - 0.0762 \sqrt{(N_1)_{60}}}$
 C_N non deve superare il valore di 1,7 e p_a (pressione atmosferica ≈ 100 kPa) e σ'_v devono avere le stesse unità di misura e
 $C_E C_B C_R C_S \approx 1$



$q_{c1N} = C_Q \frac{q_c}{p_a}$
dove p_a (pressione atmosferica di riferimento ≈ 100 kPa) e σ'_v sono espresse nelle stesse unità di misura ed è

$$C_Q = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{1.338 - 0.204(q_{c1N})^{0.394}}$$



$v_{s1} = C_V v_s$
dove p_a (pressione atmosferica di riferimento ≈ 100 kPa) e σ'_v sono espresse nelle stesse unità di misura ed è
 $C_V = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{0.25}$

- CSR è la tensione indotta dal terremoto, calcolata attraverso la relazione

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \cdot r_d$$

nella quale g è l'accelerazione di gravità; σ_v e σ'_v sono rispettivamente la tensione totale verticale e la tensione efficace verticale alla profondità considerata; r_d è un coefficiente riduttivo dall'azione sismica e può essere determinato attraverso la relazione semplificata

$$r_d = 1 - 0.0015 \cdot z$$

- MSF è un fattore di scala che può essere valutato mediante la tabella seguente in funzione della magnitudo.

| Magnitudo | MSF |
|-----------|------|
| 5.5 | 1.43 |
| 6.0 | 1.32 |
| 6.5 | 1.19 |

Se il fattore $F_s > 1$ la liquefazione è da escludere; se il fattore $F_L < 1$ è possibile che avvengano fenomeni di liquefazione.

A tali metodi, che prevedono il calcolo del fattore di sicurezza (F_s), è possibile associare un indice rappresentativo del rischio di liquefazione, definito da Iwasaki et al. (1978) come *Indice del Potenziale di Liquefazione* IP_L , esprimibile come

$$IP_L = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz$$

In cui $z_{crit} = 20$ m, che rappresenta la profondità oltre la quale è da escludersi fenomeni di liquefazione. In base al valore di IP_L è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione attraverso la tabella che segue:

| Valore IP_L | Rischio di liquefazione |
|--------------------|-------------------------|
| $IP_L = 0$ | Molto basso |
| $0 < IP_L \leq 5$ | Basso |
| $5 < IP_L \leq 15$ | Alto |
| $IP_L > 15$ | Molto alto |

La scrivente ha scelto di valutare il potenziale di liquefazione utilizzando i dati ottenuti dall'indagine penetrometrica attraverso il metodo di Robertson & Wride (1998):

FORMULE

Per $0 < (q_{c1n})_{CS} < 50$

$$CRR = 0.883 \cdot \left[\frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000} \right] + 0.05$$

Per $50 < (q_{c1n})_{CS} < 160$


$$CRR = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000} \right]^3 + 0.08$$

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

La verifica è stata effettuata per tutte le prove penetrometriche eseguite in sito. Vista la similitudine di valori ottenuti tra le prove e per semplicità si riporta il risultato della verifica eseguita sulla prova CPT1.

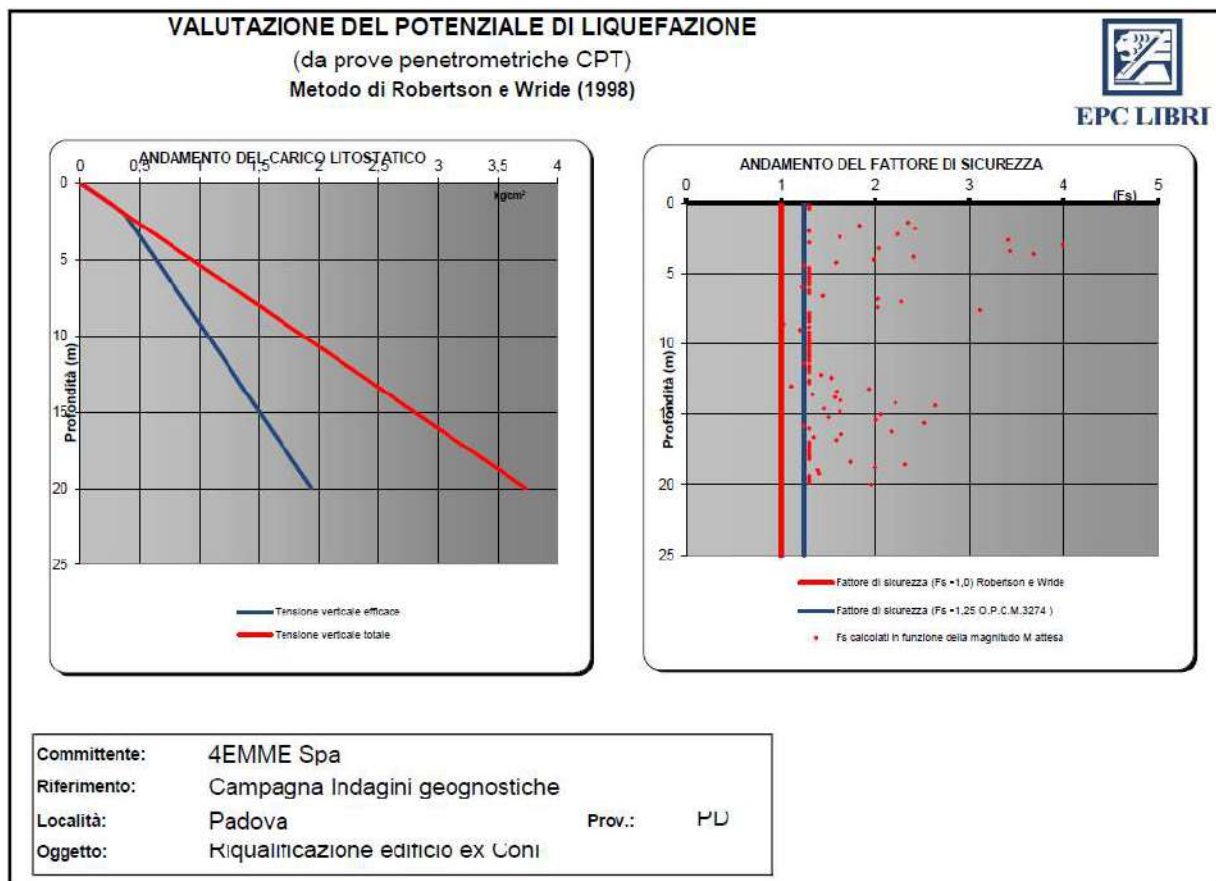
Ipotizzando la magnitudo di riferimento pari a 6.5, desunta da dati storici, e una profondità media della falda al momento dell'indagine di 2,00 m p.c. si ottiene quanto segue:

| Metodi che utilizzano Prove statiche (CPT) | Fattore di sicurezza | | Magnitudo di riferimento (M) | Indice del Potenziale di Liquefazione (PL) | Rischio liquefazione Iwasaki et al. (1978) |
|---|-------------------------|--------------|------------------------------------|---|---|
| | Fs (Autore) | OPCM 3274 | | | |
| Robertson e Wride (1998) | >1,0 | >1,25 | 6,5 | 0,000 | Molto Basso |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|---|--|--|--|--|--|--|------------------|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|
| Committente: 4EMME Spa Riferimento: Campagna Indagini geognostiche Località: Padova Oggetto: Riqualificazione edificio ex Coni | | | | | | | | | | Prov.: PD | | <h1 style="color: red;">ANALISI</h1> | | | | | | | | | |
| Metodi che utilizzano Prove Statiche (CPT) Robertson e Wride (1998) | | | Fattore di sicurezza (Fs) > 1,0 > 1,25 (OPCM 3274) | | | Magnitudo di riferimento (M) 6,5 | | | Indice del Potenziale di Liquefazione (IP _L) 0,000 | | | Rischio liquefazione Iwasaki et al. (1978) Molto Basso | | |  | | | | | | |

| Prof. (m) | Ic (n=1) | | | Ic (n=0,5) | | | Verificare campione in lab. | Ic utilizzato | Fs | Prof. (m) | Ic (n=1) | | | Ic (n=0,5) | | | Verificare campione in lab. | Ic utilizzato | Fs |
|--------------|----------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|-----------------------------|---------------|----|--------------|----------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|-----------------------------|---------------|----|
| | valore | Classificazione | valore | Classificazione | valore | Classificazione | | | | | valore | Classificazione | valore | Classificazione | valore | Classificazione | | | |
| 0,20 | 4,76 | Argilloso | 5,24 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 10,20 | 2,68 | Argilloso | 2,67 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 0,40 | 2,64 | Argilloso | 2,95 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 10,40 | 2,82 | Argilloso | 2,80 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 0,60 | 1,58 | Granulare | 1,86 | NPGranulare | 1,71 | — | 1,86 | N.C. | | 10,60 | 3,08 | Argilloso | 3,06 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 0,80 | 1,45 | Granulare | 1,66 | NPGranulare | 1,56 | — | 1,66 | N.C. | | 10,80 | 3,24 | Argilloso | 3,22 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 1,00 | 1,30 | Granulare | 1,54 | NPGranulare | 1,41 | — | 1,54 | N.C. | | 11,00 | 2,70 | Argilloso | 2,68 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 1,20 | 1,66 | Granulare | 1,87 | NPGranulare | 1,76 | — | 1,87 | N.C. | | 11,20 | 2,81 | Argilloso | 2,78 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 1,40 | 1,97 | Granulare | 2,20 | NPGranulare | 2,08 | — | 2,20 | 2,35 | | 11,40 | 2,53 | Granulare | 2,50 | NPGranulare | 2,52 | — | 2,50 | 1,25 | |
| 1,60 | 2,04 | Granulare | 2,26 | NPGranulare | 2,15 | — | 2,26 | 1,84 | | 11,60 | 2,94 | Argilloso | 2,91 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 1,80 | 2,48 | Granulare | 2,66 | Plimoso | 2,57 | C. Cinese | 2,57 | 2,43 | | 11,80 | 3,07 | Argilloso | 3,03 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 2,00 | 2,66 | Argilloso | 2,82 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 12,00 | 2,73 | Argilloso | 2,69 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 2,20 | 2,21 | Granulare | 2,37 | NPGranulare | 2,29 | — | 2,37 | 2,24 | | 12,20 | 1,93 | Granulare | 1,89 | NPGranulare | 1,91 | — | 1,89 | 1,43 | |
| 2,40 | 2,25 | Granulare | 2,41 | NPGranulare | 2,33 | — | 2,41 | 1,62 | | 12,40 | 1,99 | Granulare | 1,95 | NPGranulare | 1,97 | — | 1,95 | 1,53 | |
| 2,60 | 2,50 | Granulare | 2,64 | Plimoso | 2,57 | C. Cinese | 2,57 | 3,41 | | 12,60 | 2,57 | Argilloso | 2,53 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 2,80 | 2,67 | Argilloso | 2,80 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 12,80 | 3,26 | Argilloso | 3,21 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 3,00 | 2,15 | Granulare | 2,26 | NPGranulare | 2,20 | — | 2,26 | 3,39 | | 13,00 | 2,18 | Granulare | 2,13 | NPGranulare | 2,16 | — | 2,13 | 1,11 | |
| 3,20 | 1,99 | Granulare | 2,12 | NPGranulare | 2,06 | — | 2,12 | 2,03 | | 13,20 | 2,24 | Granulare | 2,19 | NPGranulare | 2,21 | — | 2,19 | 1,34 | |
| 3,40 | 2,12 | Granulare | 2,23 | NPGranulare | 2,17 | — | 2,23 | 3,43 | | 13,40 | 2,23 | Granulare | 2,18 | NPGranulare | 2,21 | — | 2,18 | 1,59 | |
| 3,60 | 2,03 | Granulare | 2,13 | NPGranulare | 2,08 | — | 2,13 | 3,68 | | 13,60 | 2,15 | Granulare | 2,09 | NPGranulare | 2,12 | — | 2,09 | 1,33 | |
| 3,80 | 2,16 | Granulare | 2,26 | NPGranulare | 2,21 | — | 2,26 | 2,41 | | 13,80 | 2,06 | Granulare | 2,00 | NPGranulare | 2,03 | — | 2,00 | 1,57 | |
| 4,00 | 1,98 | Granulare | 2,08 | NPGranulare | 2,03 | — | 2,08 | 1,98 | | 14,00 | 2,02 | Granulare | 1,96 | NPGranulare | 1,99 | — | 1,96 | 1,63 | |
| 4,20 | 2,14 | Granulare | 2,24 | NPGranulare | 2,19 | — | 2,24 | 1,58 | | 14,20 | 2,15 | Granulare | 2,09 | NPGranulare | 2,12 | — | 2,09 | 2,22 | |
| 4,40 | 2,38 | Granulare | 2,48 | NPGranulare | 2,43 | — | 2,48 | 1,25 | | 14,40 | 2,16 | Granulare | 2,10 | NPGranulare | 2,13 | — | 2,10 | 2,63 | |
| 4,60 | 2,94 | Argilloso | 2,93 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 14,60 | 2,11 | Granulare | 2,04 | NPGranulare | 2,07 | — | 2,04 | 1,45 | |
| 4,80 | 3,03 | Argilloso | 3,11 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 14,80 | 2,22 | Granulare | 2,15 | NPGranulare | 2,18 | — | 2,15 | 1,62 | |
| 5,00 | 2,96 | Argilloso | 3,04 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 15,00 | 2,14 | Granulare | 2,07 | NPGranulare | 2,10 | — | 2,07 | 2,05 | |
| 5,20 | 3,04 | Argilloso | 3,12 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 15,20 | 2,08 | Granulare | 2,00 | NPGranulare | 2,04 | — | 2,00 | 1,50 | |
| 5,40 | 2,72 | Argilloso | 2,79 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 15,40 | 2,06 | Granulare | 1,99 | NPGranulare | 2,03 | — | 1,99 | 2,00 | |
| 5,60 | 2,89 | Argilloso | 2,95 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 15,60 | 2,34 | Granulare | 2,27 | NPGranulare | 2,31 | — | 2,27 | 2,52 | |
| 5,80 | 3,29 | Argilloso | 3,35 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 15,80 | 2,16 | Granulare | 2,07 | NPGranulare | 2,12 | — | 2,07 | 1,25 | |
| 6,00 | 2,47 | Granulare | 2,53 | NPGranulare | 2,50 | — | 2,53 | 1,23 | | 16,00 | 2,64 | Argilloso | 2,56 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 6,20 | 2,92 | Argilloso | 2,97 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 16,20 | 2,44 | Granulare | 2,36 | NPGranulare | 2,40 | — | 2,36 | 2,17 | |
| 6,40 | 3,15 | Argilloso | 3,19 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 16,40 | 2,40 | Granulare | 2,31 | NPGranulare | 2,35 | — | 2,31 | 1,64 | |
| 6,60 | 1,85 | Granulare | 1,90 | NPGranulare | 1,88 | — | 1,90 | 1,44 | | 16,60 | 2,15 | Granulare | 2,05 | NPGranulare | 2,10 | — | 2,05 | 1,35 | |
| 6,80 | 1,97 | Granulare | 2,01 | NPGranulare | 1,99 | — | 2,01 | 2,03 | | 16,80 | 2,58 | Granulare | 2,49 | NPGranulare | 2,54 | — | 2,49 | 1,58 | |
| 7,00 | 1,72 | Granulare | 1,76 | NPGranulare | 1,74 | — | 1,76 | 2,28 | | 17,00 | 2,89 | Argilloso | 2,80 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 7,20 | 1,54 | Granulare | 1,57 | NPGranulare | 1,55 | — | 1,57 | N.C. | | 17,20 | 2,74 | Argilloso | 2,65 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 7,40 | 1,84 | Granulare | 1,87 | NPGranulare | 1,85 | — | 1,87 | 2,02 | | 17,40 | 2,81 | Argilloso | 2,71 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 7,60 | 1,48 | Granulare | 1,51 | NPGranulare | 1,49 | — | 1,51 | 3,11 | | 17,60 | 2,85 | Argilloso | 2,75 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 7,80 | 2,93 | Argilloso | 2,96 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 17,80 | 2,91 | Argilloso | 2,81 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 8,00 | 3,19 | Argilloso | 3,21 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 18,00 | 3,23 | Argilloso | 3,12 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 8,20 | 2,70 | Argilloso | 2,72 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 18,20 | 3,99 | Argilloso | 3,90 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 8,40 | 3,06 | Argilloso | 3,07 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 18,40 | 2,51 | Granulare | 2,40 | NPGranulare | 2,46 | — | 2,40 | 1,75 | |
| 8,60 | 2,09 | Granulare | 2,10 | NPGranulare | 2,09 | — | 2,10 | 1,04 | | 18,60 | 2,41 | Granulare | 2,31 | NPGranulare | 2,36 | — | 2,31 | 2,32 | |
| 8,80 | 2,97 | Argilloso | 2,98 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 18,80 | 2,48 | Granulare | 2,37 | NPGranulare | 2,43 | — | 2,37 | 2,00 | |
| 9,00 | 2,21 | Granulare | 2,21 | NPGranulare | 2,21 | — | 2,21 | 1,21 | | 19,00 | 2,30 | Granulare | 2,18 | NPGranulare | 2,24 | — | 2,18 | 1,39 | |
| 9,20 | 2,72 | Argilloso | 2,72 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 19,20 | 2,26 | Granulare | 2,14 | NPGranulare | 2,20 | — | 2,14 | 1,41 | |
| 9,40 | 2,99 | Argilloso | 2,98 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 19,40 | 2,64 | Argilloso | 2,53 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 9,60 | 2,99 | Argilloso | 2,98 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 19,60 | 2,97 | Argilloso | 2,85 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 9,80 | 2,85 | Argilloso | 2,84 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 19,80 | 2,90 | Argilloso | 2,79 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | |
| 10,00 | 3,07 | Argilloso | 3,06 | N.L. | N.L. | — | N.L. | N.L. | | 20,00 | 2,45 | Granulare | 2,33 | NPGranulare | 2,39 | — | 2,33 | 1,95 | |

| | | |
|---|--|--|
| N.C. = Non Calcolabile N.L. = Non Liquefacibile Plimoso = Terreno Limoso e possibilmente Plastico NPGranulare = Terreno non Plastico di natura granulare | Argilloso = Terreno Argilloso C. Cinese = Criteri Cinese Granulare = Terreno Granulare -- = Nessun Criterio | <div>HOME</div> <div>INSERIMENTO DATI CPT</div> <div>DATI CPT</div> <div>GRAFICI</div> |
|---|--|--|



VERIFICHE GEOTECNICHE

Al momento dell'affidamento dell'incarico non sono state fornite dalla Committenza/Progettista indicazioni su carichi e tipologie fondazionali. Le verifiche geotecniche, qualora necessarie, verranno eseguite a cura della Committenza/Progettista. Con i dati sopra indicati è quindi possibile eseguire le opportune e corrette verifiche geotecniche per la realizzazione dell'opera, per la verifica dei relativi cedimenti e soprattutto per la progettazione degli scavi in sicurezza data la presenza di acqua. Sarà compito del progettista prevedere la soluzione fondazionale più adeguata alle strutture previste dal progetto anche alla luce degli effettivi carichi di progetto previsti.

Dr. Geol. Julien Perin



BIBLIOGRAFIA

ARPAV, Regione del Veneto, 2011– *Metalli e metalloidi nei suoli del Veneto – determinazione dei valori di fondo*. Grafiche Brenta Limena.

ARPAV, Regione del Veneto, 2014 – *ALiNa –Analisi dei livelli di fondo naturale per alcune sostanze presenti nelle acque sotterranee della falda superficiale dell’acquifero differenziato del bacino scolante in laguna di Venezia (bacino deposizionale del Brenta) – Presentazione dati e determinazione dei livelli di fondo*.

Associazione Geotecnica Italiana, 1977 – *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*.

Bondesan A. & Meneghel M. (a cura di), 2004 – *Geomorfologia della provincia di Venezia*. Esedra, Padova.

Bondesan A., Primon S., Bassan V., Vitturi A., 2008 – *Le unità geologiche della provincia di Venezia*. Cierre grafica, Venezia.

Colomo P., Coleselli F., 1996 – *Elementi di geotecnica*. Zanichelli

Crespellani T., Facciorusso J., 2010 – *Dinamica dei terreni per le applicazioni sismiche*. Dario Flaccovio Editore.

Lancellotta R., 2004 – *Geotecnica*. Zanichelli

D.G.R.V. n. 2922 del 03/10/2003 - *Protocollo operativo per la caratterizzazione e il monitoraggio dei siti contaminati ai sensi del D.M. 471/99*;

D. Lgs n. 152 del 03/04/2006 “Norme in materia ambientale” aggiornato con il D.Lgs n. 4 del 16/01/2008.

Mion F., Boscolo C., 2008 – *Le acque sotterranee della pianura Veneta. I risultati del Progetto SAMPAS*. ARPAV, Padova.

Mozzi et alii, 2003: Mozzi P., Bini C., Zilocchi L., Beccatini R. & Mariotti Lippi M., 2003 – *Stratigraphy, paleopedology and palinology of late Pleistocene an Holocene deposits in the landward sector of the lagoon of Venice (Italy), in relation to caranto level*. Il Quaternario, 16 (bis), 193 – 210.

Perin J., Dal Prà A., Università di Padova – Studio idrogeologico dei fontanili della pianura vicentina tra i fiumi Astico e Brenta, Tesi di Laurea, 2002

PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI AI SENSI DEL D. LGS. 152/06 E S.M.I. E DELL’ACCORDO DI PROGRAMMA PER LA CHIMICA DI PORTO MARGHERA - Revisione ai sensi dell’Accordo di Programma del 16 Aprile 2012 - (art.5, comma 3)

Sguazzin M., Semenzato P., Università degli Studi di Padova – Indagine idrogeologica e degli effetti fitopatologici dell’intrusione salina in un’isola della Laguna Veneziana, Tesi di Laurea, 2014.

Spadon P.G., ottobre 2021 - Indagine elettrica (ert) per verifica ed individuazione delle resistività elettriche del terreno. Interventi finalizzati alla progettazione delle condotte fognarie in località Chioggia (VE).

Tanzini M. 2011 – *Micropali e pali di piccolo diametro. Aspetti progettuali e tecnologici*. Dario Flaccovio Editore.

Tanzini M. 2011 – *L’indagine geotecnica*. Dario Flaccovio Editore.

Tulipano L., Sappa G., Lezioni di idrogeologia applicata, 2008.

APPENDICE 1



GEODIS s.r.l. - N. REA: VE – 345850 – Codice Fiscale e Partita IVA: 03871990275
Sede Legale: Spinea (VE) - via L. Negrelli, 17/i – 30038 Tel/Fax 041-481046
www.impresageodis.com – email: info@impresageodis.com – PEC: geodis@ticertifica.it
Certificata ISO 9001:2015; ISO 14001:2015; ISO 45001:2018
Iscritta Albo Nazionale Gestori Ambientali Veneto cat 9E



| | |
|--|------------------|
| Committente: 4EMME Spa | Sondaggio: S1 |
| Cantiere Piazzale Azzurri d'Italia - Padova (PD) | Data: 23/09/2022 |
| Attrezzatura: Beretta T45 | Quota: p.c. |
| Perforazione: Carotaggio continuo | |

LEGENDA STRATIGRAFIA

| metri batt. | Prel. % 0 --- 100 | ø mm | R v | LITOLOGIA | prof. m | DESCRIZIONE | metri | RP | VT | Standard Penetration Test | | | Campioni | Pz | A r s |
|----------------|----------------------|---------|--------|-----------|------------|-------------|-------|----|----|---------------------------|----|----|----------|----|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |

- 1) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 2) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 3) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 4) Rivestimento
- 5) Simbolo litologico
- 6) Profondità della base dello strato (m)
- 7) Descrizione della litologia dello strato
- 8) Scala metrica
- 9) Resistenza alla punta (kPa)
- 10) Vane test (kPa)
- 11) Profondità di inizio della prova S.P.T.
- 12) Prova S.P.T.
- 13) Valore di N_{spt}
- 14) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 15) Piezometri
- 16) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)

She = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Maz = Mazier
Crp = Craps
nk3 = NK3
Ind = Indisturbato
Dis = Disturbato
SDi = Semi disturbato
SPT = SPT
Amb = Ambientale

| Tubo aperto | Casagrande |
|-------------|--------------|
| tubo cieco | tubo cieco |
| finestrato | cella |
| | drenaggio |
| | cementazione |



| | |
|--|------------------|
| Committente: 4EMME Spa | Sondaggio: S1 |
| Cantiere Piazzale Azzurri d'Italia - Padova (PD) | Data: 23/09/2022 |
| Attrezzatura: Beretta T45 | Quota: p.c. |
| Perforazione: Carotaggio continuo | |

SCALA 1:100

STRATIGRAFIA - S1

Pagina 1/1

| metri batt. | Prel. % 0 --- 100 | Ø mm | R v | LITOLOGIA | prof. m | DESCRIZIONE | metri | RP | VT | Standard Penetration Test | | | Campioni | Pz | A r s |
|----------------|----------------------|---------|--------|--|------------|-------------|-------------------------------------|----------------------------------|------|---------------------------|--------|---|----------|----|-------------|
| | | | | | | | | | | m | S.P.T. | N | | | |
| 1 | | | | Limo argilloso e sabbioso bruno-nocciola con frammenti centimetrici di cotto. | 0.6 | | >200 | | | | | | | | |
| 2 | | | | Limo argilloso debolmente sabbioso nocciola. | 1.7 | | >200 | | | | | | | | |
| 3 | | | | Limo argilloso debolmente sabbioso bruno-nocciola con concrezioni carbonatiche alla base. | 2.4 | | 80 150 | 30 45 | | | | | | | |
| 4 | | | | Sabbia fine limosa grigio chiaro. | 4.0 | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | Limo sabbioso e argilloso grigio. | 4.4 | | 120 | 30 | | | | | | | |
| 6 | | | | Limo argilloso grigio con frequenti veli e livelletti centimetrici di sabbia limosa; presente un livelletto torboso tra 7,10 e 7,20 m p.c. | 7.5 | | 80 120 80 50 100 150 | 40 55 35 20 40 55 | | | | | | | |
| 7 | | | | Sabbia fine con limo grigio. | 8.0 | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | Limo con argilla grigio con veli e livelli centimetrici sabbiosi. | 10.5 | | 100 80 50 80 | 40 30 20 35 | 9,0 | 1-3-2 | 5 | | | | |
| 9 | | | | Sabbia con limo argillosa grigia. | 11.2 | | | | 10,5 | 3-4-4 | 8 | | | | |
| 10 | | | | Limo con argilla grigio. | 11.8 | | 80 100 120 | 40 45 50 | 12,0 | 3-5-4 | 9 | | | | |
| 11 | | | | Sabbia fine con limo grigio; presenti livelli centimetrici limosi tra 14,30 e 15,00 m p.c. | 15.0 | | | | 13,5 | 4-4-5 | 9 | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | 110 | 40 | | | | | | | |
| 16 | | | | FINE SONDAGGIO. | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | Note: installazione di piezometro PVC Ø 3" con chiusino di protezione. | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | |



APPENDICE 2



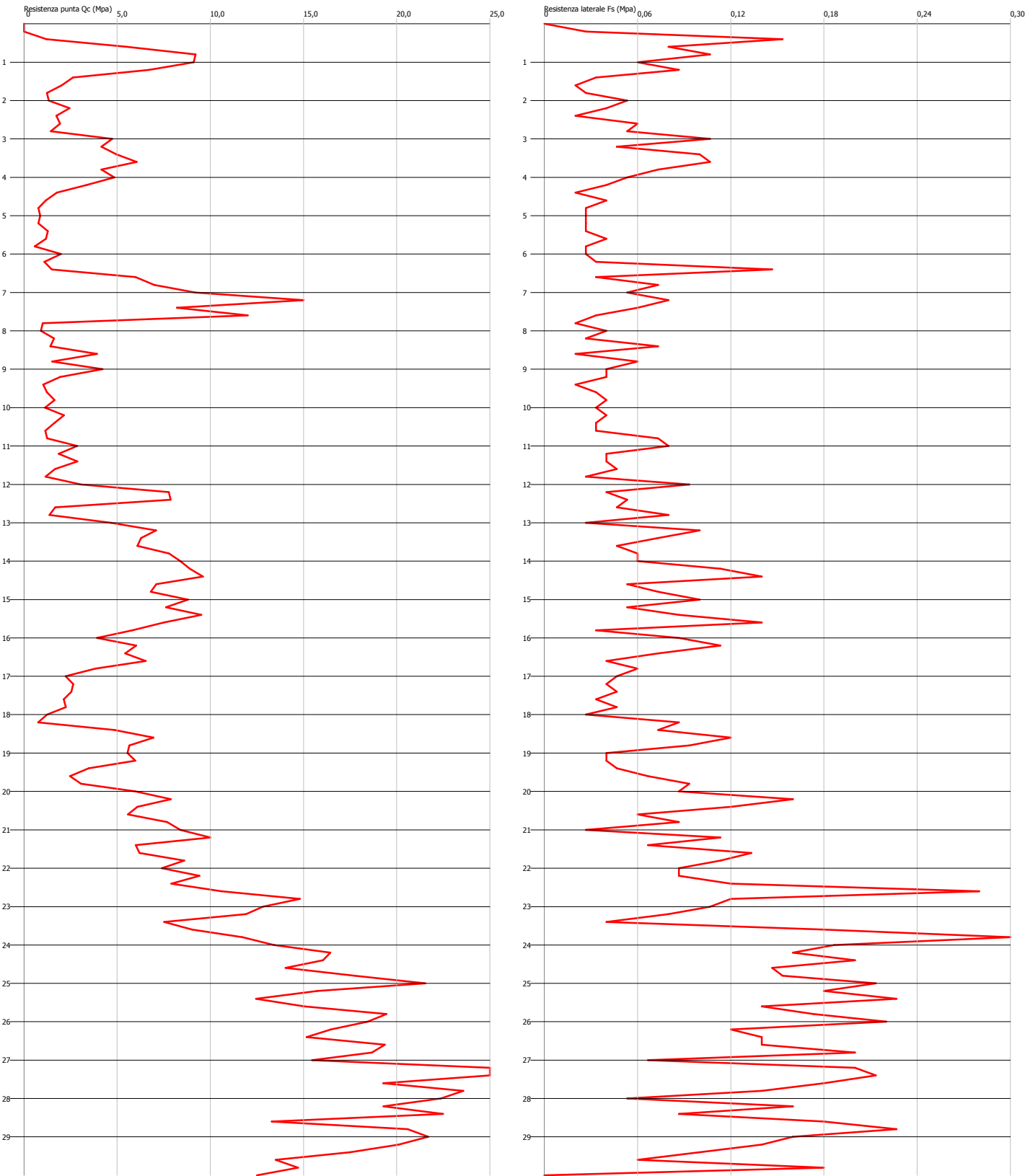
GEODIS s.r.l. - N. REA: VE – 345850 – Codice Fiscale e Partita IVA: 03871990275
Sede Legale: Spinea (VE) - via L. Negrelli, 17/i – 30038 Tel/Fax 041-481046
www.impresageodis.com – email: info@impresageodis.com – PEC: geodis@ticertifica.it
Certificata ISO 9001:2015; ISO 14001:2015; ISO 45001:2018
Iscritta Albo Nazionale Gestori Ambientali Veneto cat 9E



Probe CPT - Cone Penetration CPT1
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: 4EMME Spa
Cantiere: Piazza Azzurri d'Italia
Località: Padova

Data: 21/09/2022



PROVA CPT1

LETTURE E RESISTENZE

| Profondità (m) | Lettura punta (kg/cm ²) | Lettura laterale (kg/cm ²) | qc (Mpa) | fs (Mpa) | qc/fs Begemann | fs/qcx100 (Schmertmann) |
|-------------------|--|---|-------------|-------------|-------------------|----------------------------|
| 0,20 | 0,00 | 0,0 | 0,0135 | 0,027 | 0,5 | 200,0 |
| 0,40 | 12,00 | 16,0 | 1,2135 | 0,153 | 7,9 | 12,6 |
| 0,60 | 55,00 | 78,0 | 5,5135 | 0,08 | 68,9 | 1,5 |
| 0,80 | 92,00 | 104,0 | 9,2135 | 0,107 | 86,1 | 1,2 |
| 1,00 | 91,00 | 107,0 | 9,1135 | 0,06 | 151,9 | 0,7 |
| 1,20 | 67,00 | 76,0 | 6,7271 | 0,087 | 77,3 | 1,3 |
| 1,40 | 26,00 | 39,0 | 2,6271 | 0,033 | 79,6 | 1,3 |
| 1,60 | 20,00 | 25,0 | 2,0271 | 0,02 | 101,4 | 1,0 |
| 1,80 | 12,00 | 15,0 | 1,2271 | 0,027 | 45,4 | 2,2 |
| 2,00 | 13,00 | 17,0 | 1,3271 | 0,053 | 25,0 | 4,0 |
| 2,20 | 24,00 | 32,0 | 2,4406 | 0,04 | 61,0 | 1,6 |
| 2,40 | 17,00 | 23,0 | 1,7406 | 0,02 | 87,0 | 1,1 |
| 2,60 | 19,00 | 22,0 | 1,9406 | 0,06 | 32,3 | 3,1 |
| 2,80 | 14,00 | 23,0 | 1,4406 | 0,053 | 27,2 | 3,7 |
| 3,00 | 47,00 | 55,0 | 4,7406 | 0,107 | 44,3 | 2,3 |
| 3,20 | 41,00 | 57,0 | 4,1541 | 0,047 | 88,4 | 1,1 |
| 3,40 | 49,00 | 56,0 | 4,9541 | 0,1 | 49,5 | 2,0 |
| 3,60 | 60,00 | 75,0 | 6,0541 | 0,107 | 56,6 | 1,8 |
| 3,80 | 41,00 | 57,0 | 4,1541 | 0,073 | 56,9 | 1,8 |
| 4,00 | 48,00 | 59,0 | 4,8541 | 0,053 | 91,6 | 1,1 |
| 4,20 | 33,00 | 41,0 | 3,3677 | 0,04 | 84,2 | 1,2 |
| 4,40 | 17,00 | 23,0 | 1,7677 | 0,02 | 88,4 | 1,1 |
| 4,60 | 11,00 | 14,0 | 1,1677 | 0,04 | 29,2 | 3,4 |
| 4,80 | 7,00 | 13,0 | 0,7677 | 0,027 | 28,4 | 3,5 |
| 5,00 | 8,00 | 12,0 | 0,8677 | 0,027 | 32,1 | 3,1 |
| 5,20 | 7,00 | 11,0 | 0,7812 | 0,027 | 28,9 | 3,5 |
| 5,40 | 12,00 | 16,0 | 1,2812 | 0,027 | 47,5 | 2,1 |
| 5,60 | 11,00 | 15,0 | 1,1812 | 0,04 | 29,5 | 3,4 |
| 5,80 | 5,00 | 11,0 | 0,5812 | 0,027 | 21,5 | 4,6 |
| 6,00 | 19,00 | 23,0 | 1,9812 | 0,027 | 73,4 | 1,4 |
| 6,20 | 10,00 | 14,0 | 1,0947 | 0,033 | 33,2 | 3,0 |
| 6,40 | 14,00 | 19,0 | 1,4947 | 0,147 | 10,2 | 9,8 |
| 6,60 | 59,00 | 81,0 | 5,9947 | 0,033 | 181,7 | 0,6 |
| 6,80 | 69,00 | 74,0 | 6,9947 | 0,073 | 95,8 | 1,0 |
| 7,00 | 91,00 | 102,0 | 9,1947 | 0,053 | 173,5 | 0,6 |
| 7,20 | 149,00 | 157,0 | 15,0083 | 0,08 | 187,6 | 0,5 |
| 7,40 | 81,00 | 93,0 | 8,2083 | 0,06 | 136,8 | 0,7 |
| 7,60 | 119,00 | 128,0 | 12,0083 | 0,033 | 363,9 | 0,3 |
| 7,80 | 9,00 | 14,0 | 1,0083 | 0,02 | 50,4 | 2,0 |
| 8,00 | 8,00 | 11,0 | 0,9083 | 0,04 | 22,7 | 4,4 |
| 8,20 | 15,00 | 21,0 | 1,6218 | 0,027 | 60,1 | 1,7 |
| 8,40 | 13,00 | 17,0 | 1,4218 | 0,073 | 19,5 | 5,1 |
| 8,60 | 38,00 | 49,0 | 3,9218 | 0,02 | 196,1 | 0,5 |
| 8,80 | 14,00 | 17,0 | 1,5218 | 0,06 | 25,4 | 3,9 |
| 9,00 | 41,00 | 50,0 | 4,2218 | 0,04 | 105,5 | 0,9 |
| 9,20 | 18,00 | 24,0 | 1,9353 | 0,04 | 48,4 | 2,1 |
| 9,40 | 9,00 | 15,0 | 1,0353 | 0,02 | 51,8 | 1,9 |
| 9,60 | 11,00 | 14,0 | 1,2353 | 0,033 | 37,4 | 2,7 |
| 9,80 | 15,00 | 20,0 | 1,6353 | 0,04 | 40,9 | 2,4 |
| 10,00 | 10,00 | 16,0 | 1,1353 | 0,033 | 34,4 | 2,9 |
| 10,20 | 20,00 | 25,0 | 2,1489 | 0,04 | 53,7 | 1,9 |
| 10,40 | 15,00 | 21,0 | 1,6489 | 0,033 | 50,0 | 2,0 |
| 10,60 | 10,00 | 15,0 | 1,1489 | 0,033 | 34,8 | 2,9 |

| | | | | | | |
|-------|-------|-------|--------|-------|-------|------|
| 10,80 | 11,00 | 16,0 | 1,2489 | 0,073 | 17,1 | 5,8 |
| 11,00 | 27,00 | 38,0 | 2,8489 | 0,08 | 35,6 | 2,8 |
| 11,20 | 17,00 | 29,0 | 1,8624 | 0,04 | 46,6 | 2,1 |
| 11,40 | 27,00 | 33,0 | 2,8624 | 0,04 | 71,6 | 1,4 |
| 11,60 | 15,00 | 21,0 | 1,6624 | 0,047 | 35,4 | 2,8 |
| 11,80 | 10,00 | 17,0 | 1,1624 | 0,027 | 43,1 | 2,3 |
| 12,00 | 29,00 | 33,0 | 3,0624 | 0,093 | 32,9 | 3,0 |
| 12,20 | 76,00 | 90,0 | 7,7759 | 0,04 | 194,4 | 0,5 |
| 12,40 | 77,00 | 83,0 | 7,8759 | 0,053 | 148,6 | 0,7 |
| 12,60 | 15,00 | 23,0 | 1,6759 | 0,047 | 35,7 | 2,8 |
| 12,80 | 12,00 | 19,0 | 1,3759 | 0,08 | 17,2 | 5,8 |
| 13,00 | 45,00 | 57,0 | 4,6759 | 0,027 | 173,2 | 0,6 |
| 13,20 | 69,00 | 73,0 | 7,0895 | 0,1 | 70,9 | 1,4 |
| 13,40 | 61,00 | 76,0 | 6,2895 | 0,073 | 86,2 | 1,2 |
| 13,60 | 59,00 | 70,0 | 6,0895 | 0,047 | 129,6 | 0,8 |
| 13,80 | 76,00 | 83,0 | 7,7895 | 0,06 | 129,8 | 0,8 |
| 14,00 | 82,00 | 91,0 | 8,3895 | 0,06 | 139,8 | 0,7 |
| 14,20 | 87,00 | 96,0 | 8,903 | 0,113 | 78,8 | 1,3 |
| 14,40 | 94,00 | 111,0 | 9,603 | 0,14 | 68,6 | 1,5 |
| 14,60 | 69,00 | 90,0 | 7,103 | 0,053 | 134,0 | 0,7 |
| 14,80 | 66,00 | 74,0 | 6,803 | 0,073 | 93,2 | 1,1 |
| 15,00 | 86,00 | 97,0 | 8,803 | 0,1 | 88,0 | 1,1 |
| 15,20 | 74,00 | 89,0 | 7,6165 | 0,053 | 143,7 | 0,7 |
| 15,40 | 93,00 | 101,0 | 9,5165 | 0,087 | 109,4 | 0,9 |
| 15,60 | 73,00 | 86,0 | 7,5165 | 0,14 | 53,7 | 1,9 |
| 15,80 | 56,00 | 77,0 | 5,8165 | 0,033 | 176,3 | 0,6 |
| 16,00 | 37,00 | 42,0 | 3,9165 | 0,087 | 45,0 | 2,2 |
| 16,20 | 58,00 | 71,0 | 6,0301 | 0,113 | 53,4 | 1,9 |
| 16,40 | 52,00 | 69,0 | 5,4301 | 0,073 | 74,4 | 1,3 |
| 16,60 | 63,00 | 74,0 | 6,5301 | 0,04 | 163,3 | 0,6 |
| 16,80 | 36,00 | 42,0 | 3,8301 | 0,06 | 63,8 | 1,6 |
| 17,00 | 20,00 | 29,0 | 2,2301 | 0,047 | 47,4 | 2,1 |
| 17,20 | 24,00 | 31,0 | 2,6436 | 0,04 | 66,1 | 1,5 |
| 17,40 | 23,00 | 29,0 | 2,5436 | 0,047 | 54,1 | 1,8 |
| 17,60 | 19,00 | 26,0 | 2,1436 | 0,033 | 65,0 | 1,5 |
| 17,80 | 20,00 | 25,0 | 2,2436 | 0,047 | 47,7 | 2,1 |
| 18,00 | 10,00 | 17,0 | 1,2436 | 0,027 | 46,1 | 2,2 |
| 18,20 | 5,00 | 9,0 | 0,7571 | 0,087 | 8,7 | 11,5 |
| 18,40 | 46,00 | 59,0 | 4,8571 | 0,073 | 66,5 | 1,5 |
| 18,60 | 67,00 | 78,0 | 6,9571 | 0,12 | 58,0 | 1,7 |
| 18,80 | 54,00 | 72,0 | 5,6571 | 0,093 | 60,8 | 1,6 |
| 19,00 | 53,00 | 67,0 | 5,5571 | 0,04 | 138,9 | 0,7 |
| 19,20 | 57,00 | 63,0 | 5,9707 | 0,04 | 149,3 | 0,7 |
| 19,40 | 32,00 | 38,0 | 3,4707 | 0,047 | 73,8 | 1,4 |
| 19,60 | 22,00 | 29,0 | 2,4707 | 0,067 | 36,9 | 2,7 |
| 19,80 | 28,00 | 38,0 | 3,0707 | 0,093 | 33,0 | 3,0 |
| 20,00 | 57,00 | 71,0 | 5,9707 | 0,087 | 68,6 | 1,5 |
| 20,20 | 76,00 | 89,0 | 7,8842 | 0,16 | 49,3 | 2,0 |
| 20,40 | 58,00 | 82,0 | 6,0842 | 0,12 | 50,7 | 2,0 |
| 20,60 | 53,00 | 71,0 | 5,5842 | 0,06 | 93,1 | 1,1 |
| 20,80 | 74,00 | 83,0 | 7,6842 | 0,087 | 88,3 | 1,1 |
| 21,00 | 81,00 | 94,0 | 8,3842 | 0,027 | 310,5 | 0,3 |
| 21,20 | 97,00 | 101,0 | 9,9977 | 0,113 | 88,5 | 1,1 |
| 21,40 | 57,00 | 74,0 | 5,9977 | 0,067 | 89,5 | 1,1 |
| 21,60 | 59,00 | 69,0 | 6,1977 | 0,133 | 46,6 | 2,1 |
| 21,80 | 83,00 | 103,0 | 8,5977 | 0,113 | 76,1 | 1,3 |
| 22,00 | 71,00 | 88,0 | 7,3977 | 0,087 | 85,0 | 1,2 |
| 22,20 | 91,00 | 104,0 | 9,4113 | 0,087 | 108,2 | 0,9 |

| | | | | | | |
|-------|--------|-------|---------|-------|-------|-----|
| 22,40 | 76,00 | 89,0 | 7,9113 | 0,12 | 65,9 | 1,5 |
| 22,60 | 103,00 | 121,0 | 10,6113 | 0,28 | 37,9 | 2,6 |
| 22,80 | 145,00 | 187,0 | 14,8113 | 0,12 | 123,4 | 0,8 |
| 23,00 | 125,00 | 143,0 | 12,8113 | 0,107 | 119,7 | 0,8 |
| 23,20 | 116,00 | 132,0 | 11,9248 | 0,08 | 149,1 | 0,7 |
| 23,40 | 72,00 | 84,0 | 7,5248 | 0,04 | 188,1 | 0,5 |
| 23,60 | 87,00 | 93,0 | 9,0248 | 0,18 | 50,1 | 2,0 |
| 23,80 | 114,00 | 141,0 | 11,7248 | 0,313 | 37,5 | 2,7 |
| 24,00 | 131,00 | 178,0 | 13,4248 | 0,187 | 71,8 | 1,4 |
| 24,20 | 161,00 | 189,0 | 16,4383 | 0,16 | 102,7 | 1,0 |
| 24,40 | 157,00 | 181,0 | 16,0383 | 0,2 | 80,2 | 1,2 |
| 24,60 | 137,00 | 167,0 | 14,0383 | 0,147 | 95,5 | 1,0 |
| 24,80 | 174,00 | 196,0 | 17,7383 | 0,153 | 115,9 | 0,9 |
| 25,00 | 212,00 | 235,0 | 21,5383 | 0,213 | 101,1 | 1,0 |
| 25,20 | 154,00 | 186,0 | 15,7519 | 0,18 | 87,5 | 1,1 |
| 25,40 | 121,00 | 148,0 | 12,4519 | 0,227 | 54,9 | 1,8 |
| 25,60 | 147,00 | 181,0 | 15,0519 | 0,14 | 107,5 | 0,9 |
| 25,80 | 191,00 | 212,0 | 19,4519 | 0,173 | 112,4 | 0,9 |
| 26,00 | 181,00 | 207,0 | 18,4519 | 0,22 | 83,9 | 1,2 |
| 26,20 | 161,00 | 194,0 | 16,4654 | 0,12 | 137,2 | 0,7 |
| 26,40 | 148,00 | 166,0 | 15,1654 | 0,14 | 108,3 | 0,9 |
| 26,60 | 190,00 | 211,0 | 19,3654 | 0,14 | 138,3 | 0,7 |
| 26,80 | 183,00 | 204,0 | 18,6654 | 0,2 | 93,3 | 1,1 |
| 27,00 | 151,00 | 181,0 | 15,4654 | 0,067 | 230,8 | 0,4 |
| 27,20 | 266,00 | 276,0 | 26,9789 | 0,2 | 134,9 | 0,7 |
| 27,40 | 253,00 | 283,0 | 25,6789 | 0,213 | 120,6 | 0,8 |
| 27,60 | 189,00 | 221,0 | 19,2789 | 0,18 | 107,1 | 0,9 |
| 27,80 | 232,00 | 259,0 | 23,5789 | 0,14 | 168,4 | 0,6 |
| 28,00 | 220,00 | 241,0 | 22,3789 | 0,053 | 422,2 | 0,2 |
| 28,20 | 189,00 | 197,0 | 19,2925 | 0,16 | 120,6 | 0,8 |
| 28,40 | 221,00 | 245,0 | 22,4925 | 0,087 | 258,5 | 0,4 |
| 28,60 | 129,00 | 142,0 | 13,2925 | 0,18 | 73,8 | 1,4 |
| 28,80 | 202,00 | 229,0 | 20,5925 | 0,227 | 90,7 | 1,1 |
| 29,00 | 213,00 | 247,0 | 21,6925 | 0,16 | 135,6 | 0,7 |
| 29,20 | 197,00 | 221,0 | 20,106 | 0,14 | 143,6 | 0,7 |
| 29,40 | 171,00 | 192,0 | 17,506 | 0,1 | 175,1 | 0,6 |
| 29,60 | 131,00 | 146,0 | 13,506 | 0,06 | 225,1 | 0,4 |
| 29,80 | 143,00 | 152,0 | 14,706 | 0,18 | 81,7 | 1,2 |
| 30,00 | 121,00 | 148,0 | 12,506 | 0,0 | | 0,0 |

INTERPRETAZIONE LITOLOGICA (SCHMERTMANN, 1978)

| Prof. Strato (m) | qc Distribuzione normale R.C. (Mpa) | fs Distribuzione normale R.C. (Mpa) | Gamma (KN/m³) | Comp. Geotecnico | Descrizione |
|------------------|--|--|---------------|------------------|---|
| 0,40 | 0,6135 | 0,09 | 17,0 | Coesivo | Argille organiche e terreni misti |
| 1,60 | 3,9739 | 0,0645 | 18,6 | Incoerente | Sabbie |
| 2,80 | 1,4069 | 0,0422 | 18,6 | Coesivo | Argille sabbiose e limose |
| 4,40 | 3,5641 | 0,0684 | 18,8 | Incoerente | Sabbie |
| 6,40 | 0,9179 | 0,0422 | 18,1 | Coesivo | Argilla inorganica di media consistenza |
| 7,80 | 5,7739 | 0,0503 | 18,8 | Incoerente | Sabbie |
| 8,40 | 1,3173 | 0,0467 | 18,1 | Coesivo | Argille sabbiose e limose |
| 9,20 | 2,9002 | 0,04 | 18,7 | Incoerente | Sabbie |
| 10,80 | 1,1996 | 0,0381 | 18,3 | Coesivo | Argille sabbiose e limose |
| 11,40 | 2,5246 | 0,0533 | 19,2 | Incoerente | Sabbie |
| 11,80 | 1,4124 | 0,037 | 18,7 | Coesivo | Terre Limo sabbiose - Sabbie |

| | | | | | |
|-------|---------|--------|------|--------------------|---|
| | | | | | Arg. - Limi |
| 12,40 | 6,2381 | 0,062 | 19,1 | Incoerente | Sabbie |
| 12,80 | 1,5259 | 0,0635 | 18,8 | Coesivo | Argilla inorganica compatta |
| 17,80 | 5,2132 | 0,0698 | 18,8 | Incoerente | Sabbie |
| 18,20 | 1,0004 | 0,057 | 18,0 | Coesivo | Argilla inorganica compatta |
| 19,40 | 4,6937 | 0,0688 | 18,6 | Incoerente | Sabbie |
| 19,80 | 2,7707 | 0,08 | 19,8 | Incoerente-Coesivo | Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi |
| 22,60 | 7,0152 | 0,1101 | 19,1 | Incoerente | Sabbie |
| 30,00 | 15,7625 | 0,151 | 19,6 | Incoerente | Sabbie addensate o cementate |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

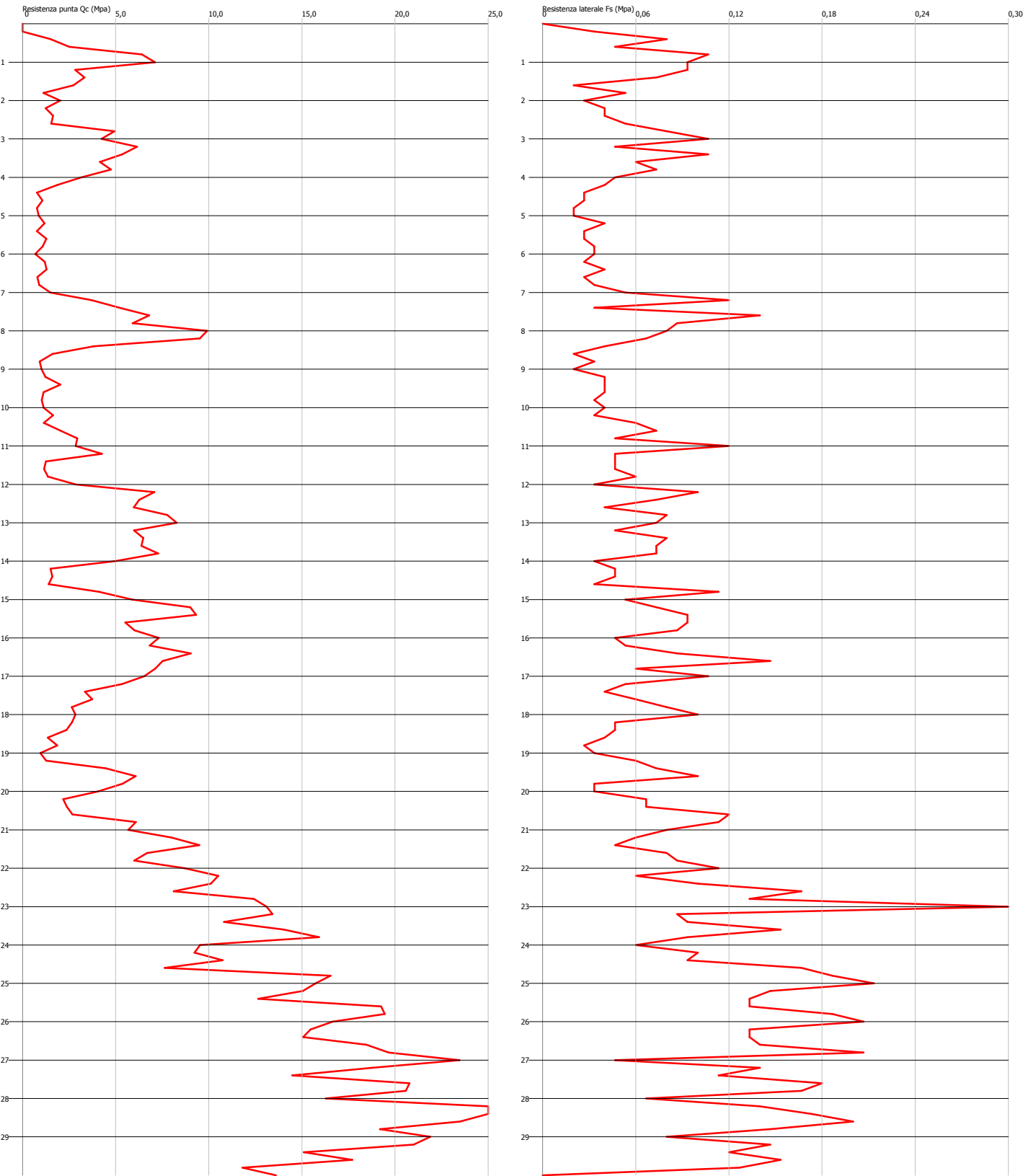
Nr: Numero progressivo strato
 Prof: Profondità strato (m)
 Tipo: C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
 Cu: Coesione non drenata (KPa)
 OCR: Grado di sovraconsolidazione
 Puv: Peso unità di volume (KN/m³)
 PuvS: Peso unità di volume saturo (KN/m³)
 Dr: Densità relativa (%)
 Fi: Angolo di resistenza al taglio (°)

| Nr. | Prof. da | Prof. a | Tipo | Cu | OCR | Puv | PuvS | Dr | Fi |
|-----|----------|---------|------|-------|-----|------|------|------|------|
| 1 | 0,00 | 0,40 | C | 30,4 | 2,6 | 17,4 | 18,2 | -- | -- |
| 2 | 0,40 | 1,60 | I | -- | >9 | 18,6 | 21,6 | 65,2 | 39,7 |
| 3 | 1,60 | 2,80 | C | 70,6 | 6,7 | 18,8 | 19,5 | -- | -- |
| 4 | 2,80 | 4,40 | I | -- | >9 | 17,7 | 20,6 | 43,3 | 34,2 |
| 5 | 4,40 | 6,40 | C | 46,1 | 4,2 | 17,9 | 18,7 | -- | -- |
| 6 | 6,40 | 7,80 | I | -- | 6,3 | 18,6 | 21,6 | 47,4 | 34,1 |
| 7 | 7,80 | 8,40 | C | 65,7 | 6,2 | 18,5 | 19,3 | -- | -- |
| 8 | 8,40 | 9,20 | I | -- | 2,9 | 18,6 | 21,6 | 24,6 | 29,8 |
| 9 | 9,20 | 10,80 | C | 59,8 | 5,6 | 18,3 | 19,0 | -- | -- |
| 10 | 10,80 | 11,40 | I | -- | 2,6 | 17,7 | 20,6 | 17,3 | 28,7 |
| 11 | 11,40 | 11,80 | C | 70,6 | 6,7 | 18,5 | 19,3 | -- | -- |
| 12 | 11,80 | 12,40 | I | -- | 4,0 | 18,6 | 21,6 | 41,9 | 32,5 |
| 13 | 12,40 | 12,80 | C | 76,5 | 7,3 | 18,7 | 19,4 | -- | -- |
| 14 | 12,80 | 17,80 | I | -- | 2,9 | 18,6 | 21,6 | 33,4 | 30,7 |
| 15 | 17,80 | 18,20 | C | 50,0 | 4,6 | 17,6 | 18,4 | -- | -- |
| 16 | 18,20 | 19,40 | I | -- | 2,2 | 18,6 | 21,6 | 27,4 | 29,3 |
| 17 | 19,40 | 19,80 | CI | 138,3 | 1,9 | 19,7 | 20,5 | 11,7 | 28,7 |
| 18 | 19,80 | 22,60 | I | -- | 3,0 | 18,6 | 21,6 | 37,1 | 30,9 |
| 19 | 22,60 | 30,00 | I | -- | 4,3 | 18,6 | 21,6 | 57,1 | 34,2 |

Probe CPT - Cone Penetration TPT2
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: 4EMME Spa
Cantiere: Piazza Azzurri d'Italia
Località: Padova

Data: 21/09/2022



PROVA CPT2

LETTURE E RESISTENZE

| Profondità (m) | Lettura punta (kg/cm ²) | Lettura laterale (kg/cm ²) | qc (Mpa) | fs (Mpa) | qc/fs Begemann | fs/qcx100 (Schmertmann) |
|-------------------|--|---|-------------|-------------|-------------------|----------------------------|
| 0,20 | 0,00 | 0,0 | 0,0135 | 0,0333 | 0,4 | 246,7 |
| 0,40 | 15,00 | 20,0 | 1,5135 | 0,08 | 18,9 | 5,3 |
| 0,60 | 25,00 | 37,0 | 2,5135 | 0,0467 | 53,8 | 1,9 |
| 0,80 | 64,00 | 71,0 | 6,4135 | 0,1067 | 60,1 | 1,7 |
| 1,00 | 71,00 | 87,0 | 7,1135 | 0,0933 | 76,2 | 1,3 |
| 1,20 | 28,00 | 42,0 | 2,8271 | 0,0933 | 30,3 | 3,3 |
| 1,40 | 33,00 | 47,0 | 3,3271 | 0,0733 | 45,4 | 2,2 |
| 1,60 | 27,00 | 38,0 | 2,7271 | 0,02 | 136,4 | 0,7 |
| 1,80 | 11,00 | 14,0 | 1,1271 | 0,0533 | 21,1 | 4,7 |
| 2,00 | 20,00 | 28,0 | 2,0271 | 0,0267 | 75,9 | 1,3 |
| 2,20 | 12,00 | 16,0 | 1,2406 | 0,04 | 31,0 | 3,2 |
| 2,40 | 16,00 | 22,0 | 1,6406 | 0,04 | 41,0 | 2,4 |
| 2,60 | 15,00 | 21,0 | 1,5406 | 0,0533 | 28,9 | 3,5 |
| 2,80 | 49,00 | 57,0 | 4,9406 | 0,08 | 61,8 | 1,6 |
| 3,00 | 42,00 | 54,0 | 4,2406 | 0,1067 | 39,7 | 2,5 |
| 3,20 | 61,00 | 77,0 | 6,1541 | 0,0467 | 131,8 | 0,8 |
| 3,40 | 53,00 | 60,0 | 5,3541 | 0,1067 | 50,2 | 2,0 |
| 3,60 | 41,00 | 57,0 | 4,1541 | 0,06 | 69,2 | 1,4 |
| 3,80 | 47,00 | 56,0 | 4,7541 | 0,0733 | 64,9 | 1,5 |
| 4,00 | 31,00 | 42,0 | 3,1541 | 0,0467 | 67,5 | 1,5 |
| 4,20 | 18,00 | 25,0 | 1,8677 | 0,04 | 46,7 | 2,1 |
| 4,40 | 7,00 | 13,0 | 0,7677 | 0,0267 | 28,8 | 3,5 |
| 4,60 | 10,00 | 14,0 | 1,0677 | 0,0267 | 40,0 | 2,5 |
| 4,80 | 7,00 | 11,0 | 0,7677 | 0,02 | 38,4 | 2,6 |
| 5,00 | 8,00 | 11,0 | 0,8677 | 0,02 | 43,4 | 2,3 |
| 5,20 | 11,00 | 14,0 | 1,1812 | 0,04 | 29,5 | 3,4 |
| 5,40 | 7,00 | 13,0 | 0,7812 | 0,0267 | 29,3 | 3,4 |
| 5,60 | 12,00 | 16,0 | 1,2812 | 0,0267 | 48,0 | 2,1 |
| 5,80 | 10,00 | 14,0 | 1,0812 | 0,0333 | 32,5 | 3,1 |
| 6,00 | 6,00 | 11,0 | 0,6812 | 0,0333 | 20,5 | 4,9 |
| 6,20 | 11,00 | 16,0 | 1,1947 | 0,0267 | 44,7 | 2,2 |
| 6,40 | 12,00 | 16,0 | 1,2947 | 0,04 | 32,4 | 3,1 |
| 6,60 | 7,00 | 13,0 | 0,7947 | 0,0267 | 29,8 | 3,4 |
| 6,80 | 8,00 | 12,0 | 0,8947 | 0,0333 | 26,9 | 3,7 |
| 7,00 | 14,00 | 19,0 | 1,4947 | 0,0533 | 28,0 | 3,6 |
| 7,20 | 36,00 | 44,0 | 3,7083 | 0,12 | 30,9 | 3,2 |
| 7,40 | 51,00 | 69,0 | 5,2083 | 0,0333 | 156,4 | 0,6 |
| 7,60 | 67,00 | 72,0 | 6,8083 | 0,14 | 48,6 | 2,1 |
| 7,80 | 58,00 | 79,0 | 5,9083 | 0,0867 | 68,1 | 1,5 |
| 8,00 | 98,00 | 111,0 | 9,9083 | 0,08 | 123,9 | 0,8 |
| 8,20 | 94,00 | 106,0 | 9,5218 | 0,0667 | 142,8 | 0,7 |
| 8,40 | 37,00 | 47,0 | 3,8218 | 0,04 | 95,5 | 1,0 |
| 8,60 | 15,00 | 21,0 | 1,6218 | 0,02 | 81,1 | 1,2 |
| 8,80 | 8,00 | 11,0 | 0,9218 | 0,0333 | 27,7 | 3,6 |
| 9,00 | 9,00 | 14,0 | 1,0218 | 0,02 | 51,1 | 2,0 |
| 9,20 | 11,00 | 14,0 | 1,2353 | 0,04 | 30,9 | 3,2 |
| 9,40 | 19,00 | 25,0 | 2,0353 | 0,04 | 50,9 | 2,0 |
| 9,60 | 10,00 | 16,0 | 1,1353 | 0,04 | 28,4 | 3,5 |
| 9,80 | 9,00 | 15,0 | 1,0353 | 0,0333 | 31,1 | 3,2 |
| 10,00 | 10,00 | 15,0 | 1,1353 | 0,04 | 28,4 | 3,5 |
| 10,20 | 15,00 | 21,0 | 1,6489 | 0,0333 | 49,5 | 2,0 |
| 10,40 | 10,00 | 15,0 | 1,1489 | 0,06 | 19,1 | 5,2 |
| 10,60 | 19,00 | 28,0 | 2,0489 | 0,0733 | 28,0 | 3,6 |

| | | | | | | |
|-------|--------|-------|---------|--------|-------|-----|
| 10,80 | 28,00 | 39,0 | 2,9489 | 0,0467 | 63,1 | 1,6 |
| 11,00 | 27,00 | 34,0 | 2,8489 | 0,12 | 23,7 | 4,2 |
| 11,20 | 41,00 | 59,0 | 4,2624 | 0,0467 | 91,3 | 1,1 |
| 11,40 | 11,00 | 18,0 | 1,2624 | 0,0467 | 27,0 | 3,7 |
| 11,60 | 10,00 | 17,0 | 1,1624 | 0,0467 | 24,9 | 4,0 |
| 11,80 | 12,00 | 19,0 | 1,3624 | 0,06 | 22,7 | 4,4 |
| 12,00 | 27,00 | 36,0 | 2,8624 | 0,0333 | 86,0 | 1,2 |
| 12,20 | 69,00 | 74,0 | 7,0759 | 0,1 | 70,8 | 1,4 |
| 12,40 | 61,00 | 76,0 | 6,2759 | 0,0733 | 85,6 | 1,2 |
| 12,60 | 58,00 | 69,0 | 5,9759 | 0,04 | 149,4 | 0,7 |
| 12,80 | 76,00 | 82,0 | 7,7759 | 0,08 | 97,2 | 1,0 |
| 13,00 | 81,00 | 93,0 | 8,2759 | 0,0733 | 112,9 | 0,9 |
| 13,20 | 58,00 | 69,0 | 5,9895 | 0,0467 | 128,3 | 0,8 |
| 13,40 | 63,00 | 70,0 | 6,4895 | 0,08 | 81,1 | 1,2 |
| 13,60 | 62,00 | 74,0 | 6,3895 | 0,0733 | 87,2 | 1,1 |
| 13,80 | 71,00 | 82,0 | 7,2895 | 0,0733 | 99,4 | 1,0 |
| 14,00 | 48,00 | 59,0 | 4,9895 | 0,0333 | 149,8 | 0,7 |
| 14,20 | 13,00 | 18,0 | 1,503 | 0,0467 | 32,2 | 3,1 |
| 14,40 | 14,00 | 21,0 | 1,603 | 0,0467 | 34,3 | 2,9 |
| 14,60 | 12,00 | 19,0 | 1,403 | 0,0333 | 42,1 | 2,4 |
| 14,80 | 39,00 | 44,0 | 4,103 | 0,1133 | 36,2 | 2,8 |
| 15,00 | 57,00 | 74,0 | 5,903 | 0,0533 | 110,8 | 0,9 |
| 15,20 | 88,00 | 96,0 | 9,0165 | 0,0733 | 123,0 | 0,8 |
| 15,40 | 91,00 | 102,0 | 9,3165 | 0,0933 | 99,9 | 1,0 |
| 15,60 | 53,00 | 67,0 | 5,5165 | 0,0933 | 59,1 | 1,7 |
| 15,80 | 58,00 | 72,0 | 6,0165 | 0,0867 | 69,4 | 1,4 |
| 16,00 | 71,00 | 84,0 | 7,3165 | 0,0467 | 156,7 | 0,6 |
| 16,20 | 66,00 | 73,0 | 6,8301 | 0,0533 | 128,1 | 0,8 |
| 16,40 | 88,00 | 96,0 | 9,0301 | 0,0867 | 104,2 | 1,0 |
| 16,60 | 73,00 | 86,0 | 7,5301 | 0,1467 | 51,3 | 1,9 |
| 16,80 | 69,00 | 91,0 | 7,1301 | 0,06 | 118,8 | 0,8 |
| 17,00 | 63,00 | 72,0 | 6,5301 | 0,1067 | 61,2 | 1,6 |
| 17,20 | 51,00 | 67,0 | 5,3436 | 0,0533 | 100,3 | 1,0 |
| 17,40 | 31,00 | 39,0 | 3,3436 | 0,04 | 83,6 | 1,2 |
| 17,60 | 35,00 | 41,0 | 3,7436 | 0,06 | 62,4 | 1,6 |
| 17,80 | 24,00 | 33,0 | 2,6436 | 0,08 | 33,0 | 3,0 |
| 18,00 | 26,00 | 38,0 | 2,8436 | 0,1 | 28,4 | 3,5 |
| 18,20 | 24,00 | 39,0 | 2,6571 | 0,0467 | 56,9 | 1,8 |
| 18,40 | 21,00 | 28,0 | 2,3571 | 0,0467 | 50,5 | 2,0 |
| 18,60 | 11,00 | 18,0 | 1,3571 | 0,04 | 33,9 | 2,9 |
| 18,80 | 16,00 | 22,0 | 1,8571 | 0,0267 | 69,6 | 1,4 |
| 19,00 | 7,00 | 11,0 | 0,9571 | 0,0333 | 28,7 | 3,5 |
| 19,20 | 10,00 | 15,0 | 1,2707 | 0,06 | 21,2 | 4,7 |
| 19,40 | 42,00 | 51,0 | 4,4707 | 0,0733 | 61,0 | 1,6 |
| 19,60 | 58,00 | 69,0 | 6,0707 | 0,1 | 60,7 | 1,6 |
| 19,80 | 51,00 | 66,0 | 5,3707 | 0,0333 | 161,3 | 0,6 |
| 20,00 | 38,00 | 43,0 | 4,0707 | 0,0333 | 122,2 | 0,8 |
| 20,20 | 19,00 | 24,0 | 2,1842 | 0,0667 | 32,7 | 3,1 |
| 20,40 | 21,00 | 31,0 | 2,3842 | 0,0667 | 35,7 | 2,8 |
| 20,60 | 24,00 | 34,0 | 2,6842 | 0,12 | 22,4 | 4,5 |
| 20,80 | 58,00 | 76,0 | 6,0842 | 0,1133 | 53,7 | 1,9 |
| 21,00 | 54,00 | 71,0 | 5,6842 | 0,08 | 71,1 | 1,4 |
| 21,20 | 77,00 | 89,0 | 7,9977 | 0,06 | 133,3 | 0,8 |
| 21,40 | 92,00 | 101,0 | 9,4977 | 0,0467 | 203,4 | 0,5 |
| 21,60 | 64,00 | 71,0 | 6,6977 | 0,08 | 83,7 | 1,2 |
| 21,80 | 57,00 | 69,0 | 5,9977 | 0,0867 | 69,2 | 1,4 |
| 22,00 | 84,00 | 97,0 | 8,6977 | 0,1133 | 76,8 | 1,3 |
| 22,20 | 102,00 | 119,0 | 10,5113 | 0,06 | 175,2 | 0,6 |

| | | | | | | |
|-------|--------|-------|---------|--------|-------|-----|
| 22,40 | 98,00 | 107,0 | 10,1113 | 0,1 | 101,1 | 1,0 |
| 22,60 | 78,00 | 93,0 | 8,1113 | 0,1667 | 48,7 | 2,1 |
| 22,80 | 121,00 | 146,0 | 12,4113 | 0,1333 | 93,1 | 1,1 |
| 23,00 | 128,00 | 148,0 | 13,1113 | 0,3 | 43,7 | 2,3 |
| 23,20 | 131,00 | 176,0 | 13,4248 | 0,0867 | 154,8 | 0,6 |
| 23,40 | 105,00 | 118,0 | 10,8248 | 0,0933 | 116,0 | 0,9 |
| 23,60 | 137,00 | 151,0 | 14,0248 | 0,1533 | 91,5 | 1,1 |
| 23,80 | 156,00 | 179,0 | 15,9248 | 0,0933 | 170,7 | 0,6 |
| 24,00 | 92,00 | 106,0 | 9,5248 | 0,06 | 158,7 | 0,6 |
| 24,20 | 89,00 | 98,0 | 9,2383 | 0,1 | 92,4 | 1,1 |
| 24,40 | 104,00 | 119,0 | 10,7383 | 0,0933 | 115,1 | 0,9 |
| 24,60 | 73,00 | 87,0 | 7,6383 | 0,1667 | 45,8 | 2,2 |
| 24,80 | 162,00 | 187,0 | 16,5383 | 0,1867 | 88,6 | 1,1 |
| 25,00 | 154,00 | 182,0 | 15,7383 | 0,2133 | 73,8 | 1,4 |
| 25,20 | 147,00 | 179,0 | 15,0519 | 0,1467 | 102,6 | 1,0 |
| 25,40 | 123,00 | 145,0 | 12,6519 | 0,1333 | 94,9 | 1,1 |
| 25,60 | 189,00 | 209,0 | 19,2519 | 0,1333 | 144,4 | 0,7 |
| 25,80 | 191,00 | 211,0 | 19,4519 | 0,1867 | 104,2 | 1,0 |
| 26,00 | 163,00 | 191,0 | 16,6519 | 0,2067 | 80,6 | 1,2 |
| 26,20 | 151,00 | 182,0 | 15,4654 | 0,1333 | 116,0 | 0,9 |
| 26,40 | 147,00 | 167,0 | 15,0654 | 0,1333 | 113,0 | 0,9 |
| 26,60 | 181,00 | 201,0 | 18,4654 | 0,14 | 131,9 | 0,8 |
| 26,80 | 193,00 | 214,0 | 19,6654 | 0,2067 | 95,1 | 1,1 |
| 27,00 | 231,00 | 262,0 | 23,4654 | 0,0467 | 502,5 | 0,2 |
| 27,20 | 184,00 | 191,0 | 18,7789 | 0,14 | 134,1 | 0,7 |
| 27,40 | 141,00 | 162,0 | 14,4789 | 0,1133 | 127,8 | 0,8 |
| 27,60 | 204,00 | 221,0 | 20,7789 | 0,18 | 115,4 | 0,9 |
| 27,80 | 202,00 | 229,0 | 20,5789 | 0,1667 | 123,4 | 0,8 |
| 28,00 | 159,00 | 184,0 | 16,2789 | 0,0667 | 244,1 | 0,4 |
| 28,20 | 256,00 | 266,0 | 25,9925 | 0,14 | 185,7 | 0,5 |
| 28,40 | 263,00 | 284,0 | 26,6925 | 0,1733 | 154,0 | 0,6 |
| 28,60 | 231,00 | 257,0 | 23,4925 | 0,2 | 117,5 | 0,9 |
| 28,80 | 188,00 | 218,0 | 19,1925 | 0,1467 | 130,8 | 0,8 |
| 29,00 | 215,00 | 237,0 | 21,8925 | 0,08 | 273,7 | 0,4 |
| 29,20 | 206,00 | 218,0 | 21,006 | 0,1467 | 143,2 | 0,7 |
| 29,40 | 147,00 | 169,0 | 15,106 | 0,12 | 125,9 | 0,8 |
| 29,60 | 173,00 | 191,0 | 17,706 | 0,1533 | 115,5 | 0,9 |
| 29,80 | 114,00 | 137,0 | 11,806 | 0,1267 | 93,2 | 1,1 |
| 30,00 | 132,00 | 151,0 | 13,606 | 0,0 | | 0,0 |

INTERPRETAZIONE LITOLOGICA (SCHMERTMANN, 1978)

| Prof. Strato (m) | qc Distribuzione normale R.C. (Mpa) | fs Distribuzione normale R.C. (Mpa) | Gamma (KN/m ³) | Comp. Geotecnico | Descrizione |
|------------------|--|--|----------------------------|--------------------|--|
| 0,60 | 1,3468 | 0,0533 | 17,7 | Coesivo | Argilla inorganica compatta |
| 1,60 | 4,4817 | 0,0773 | 19,2 | Incoerente | Sabbie |
| 2,60 | 1,5152 | 0,0427 | 18,7 | Coesivo | Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi |
| 4,20 | 3,603 | 0,07 | 19,0 | Incoerente | Sabbie |
| 7,00 | 0,9044 | 0,031 | 18,0 | Coesivo | Argille sabbiose e limose |
| 8,20 | 5,3436 | 0,0878 | 19,2 | Incoerente | Sabbie |
| 10,40 | 1,1296 | 0,0364 | 18,1 | Coesivo | Argille sabbiose e limose |
| 11,20 | 3,0273 | 0,0717 | 19,1 | Incoerente | Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi |
| 11,80 | 1,2624 | 0,0511 | 18,4 | Coesivo | Argilla inorganica compatta |
| 14,00 | 5,6156 | 0,0642 | 18,6 | Incoerente | Sabbie |
| 14,60 | 1,503 | 0,0422 | 18,7 | Coesivo | Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi |
| 18,40 | 4,7956 | 0,0758 | 18,9 | Incoerente | Sabbie |
| 19,20 | 1,3605 | 0,04 | 18,4 | Coesivo | Argille sabbiose e limose |
| 20,00 | 4,9957 | 0,06 | 18,6 | Incoerente | Sabbie |
| 20,60 | 2,4175 | 0,0845 | 19,6 | Incoerente-Coesivo | Argille sabbiose e limose |
| 30,00 | 13,406 | 0,1278 | 19,5 | Incoerente | Sabbie addensate o cementate |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Nr: Numero progressivo strato
 Prof: Profondità strato (m)
 Tipo: C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
 Cu: Coesione non drenata (KPa)
 OCR: Grado di sovraconsolidazione
 Puv: Peso unità di volume (KN/m³)
 PuvS: Peso unità di volume saturo (KN/m³)
 Dr: Densità relativa (%)
 Fi: Angolo di resistenza al taglio (°)

| Nr. | Prof. da | Prof. a | Tipo | Cu | OCR | Puv | PuvS | Dr | Fi |
|-----|----------|---------|------|-------|-----|------|------|------|------|
| 1 | 0,00 | 0,60 | C | 67,7 | 6,4 | 18,7 | 19,5 | -- | -- |
| 2 | 0,60 | 1,60 | I | -- | >9 | 17,7 | 20,6 | 66,9 | 39,8 |
| 3 | 1,60 | 2,60 | C | 75,5 | 7,2 | 18,9 | 19,7 | -- | -- |
| 4 | 2,60 | 4,20 | I | -- | >9 | 17,7 | 20,6 | 44,2 | 34,4 |
| 5 | 4,20 | 7,00 | C | 45,1 | 4,1 | 17,9 | 18,7 | -- | -- |
| 6 | 7,00 | 8,20 | I | -- | 6,8 | 18,6 | 21,6 | 44,1 | 33,4 |
| 7 | 8,20 | 10,40 | C | 56,9 | 5,3 | 18,2 | 19,0 | -- | -- |
| 8 | 10,40 | 11,20 | I | -- | 3,4 | 17,7 | 20,6 | 22,8 | 29,2 |
| 9 | 11,20 | 11,80 | C | 62,8 | 5,9 | 18,3 | 19,1 | -- | -- |
| 10 | 11,80 | 14,00 | I | -- | 3,5 | 18,6 | 21,6 | 38,0 | 31,7 |
| 11 | 14,00 | 14,60 | C | 75,5 | 7,2 | 18,6 | 19,4 | -- | -- |
| 12 | 14,60 | 18,40 | I | -- | 2,7 | 18,6 | 21,6 | 29,9 | 30,0 |
| 13 | 18,40 | 19,20 | C | 67,7 | 6,4 | 18,3 | 19,0 | -- | -- |
| 14 | 19,20 | 20,00 | I | -- | 2,0 | 18,6 | 21,6 | 28,6 | 29,5 |
| 15 | 20,00 | 20,60 | CI | 120,6 | 1,8 | 19,4 | 20,2 | 7,3 | 28,7 |
| 16 | 20,60 | 30,00 | I | -- | 3,8 | 18,6 | 21,6 | 53,1 | 33,6 |

APPENDICE 3



GEODIS s.r.l. - N. REA: VE – 345850 – Codice Fiscale e Partita IVA: 03871990275
Sede Legale: Spinea (VE) - via L. Negrelli, 17/i – 30038 Tel/Fax 041-481046
www.impresageodis.com – email: info@impresageodis.com – PEC: geodis@ticertifica.it
Certificata ISO 9001:2015; ISO 14001:2015; ISO 45001:2018
Iscritta Albo Nazionale Gestori Ambientali Veneto cat 9E



Committente: 4EMME Spa

Sito: edificio ex Coni - via T. Aspetti angolo Piazzale Azzurri d'Italia, Padova (PD)

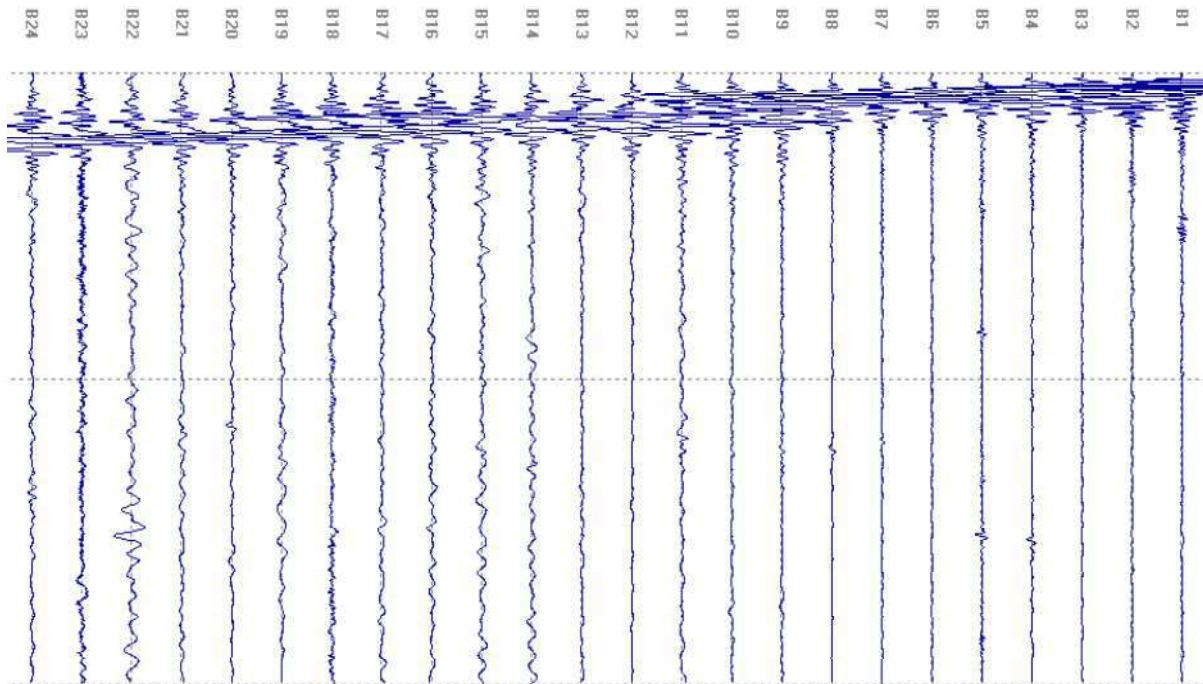
Prova: MASW1

Data: 21/09/2022

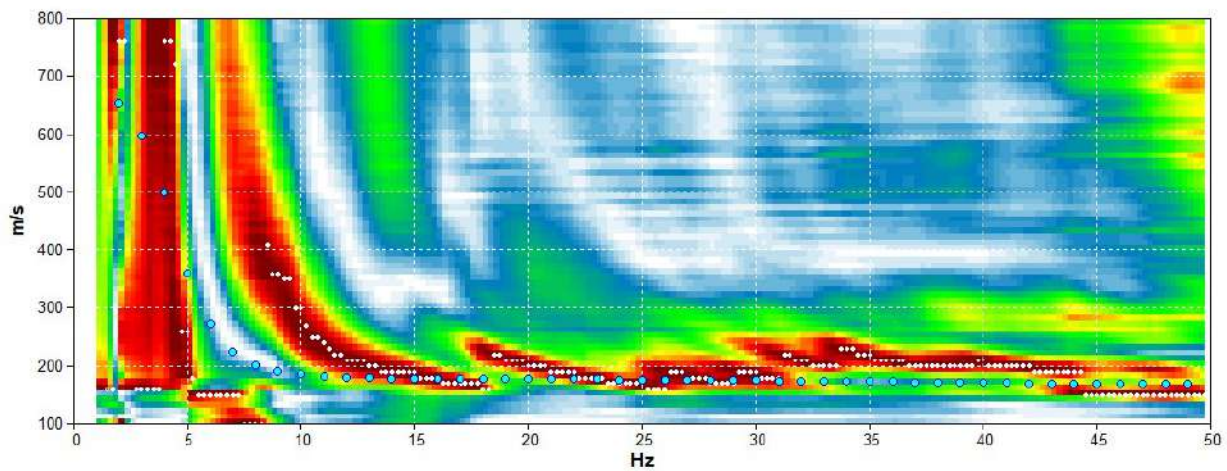
Numero geofoni: 24 cad. profilo;

Distanza geofonica: 1 m;

Freq. campionamento: 512 Hz



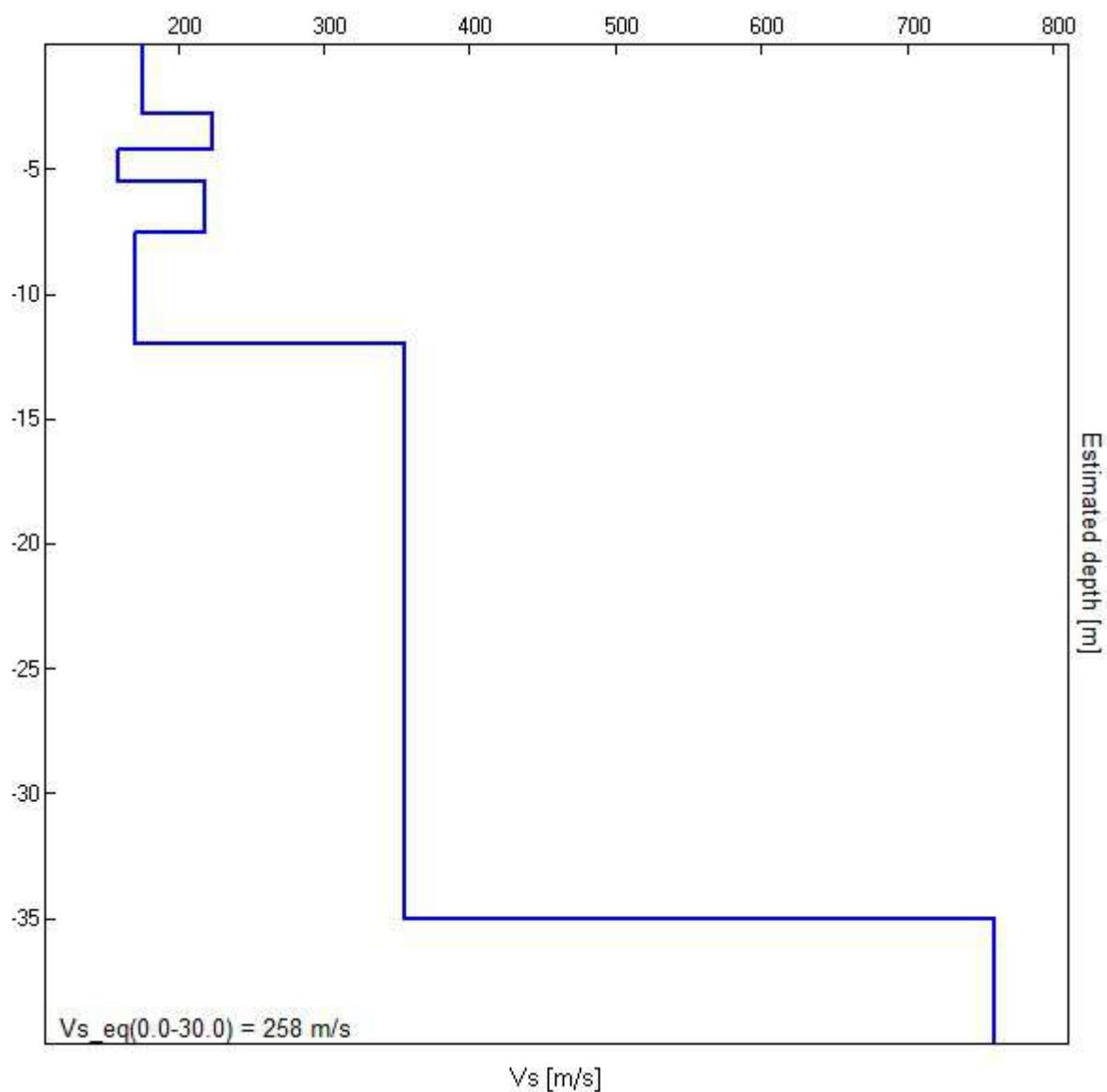
MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|--------------------------------------|---------------|----------|---------------|
| 2.80 | 2.80 | 176 | 0.42 |
| 4.20 | 1.40 | 223 | 0.42 |
| 5.50 | 1.30 | 159 | 0.42 |
| 7.50 | 2.00 | 218 | 0.42 |
| 12.00 | 4.50 | 171 | 0.42 |
| 35.00 | 23.00 | 356 | 0.42 |

$Vs_{eq}(0.0-30.0) = 258 \text{ m/s}$

Vs VERTICAL PROFILE



APPENDICE 4



GEODIS s.r.l. - N. REA: VE – 345850 – Codice Fiscale e Partita IVA: 03871990275
Sede Legale: Spinea (VE) - via L. Negrelli, 17/i – 30038 Tel/Fax 041-481046
www.impresageodis.com – email: info@impresageodis.com – PEC: geodis@ticertifica.it
Certificata ISO 9001:2015; ISO 14001:2015; ISO 45001:2018
Iscritta Albo Nazionale Gestori Ambientali Veneto cat 9E



ATLANTE FOTOGRAFICO



Fig. 1-Posizionamento prova CPT1.

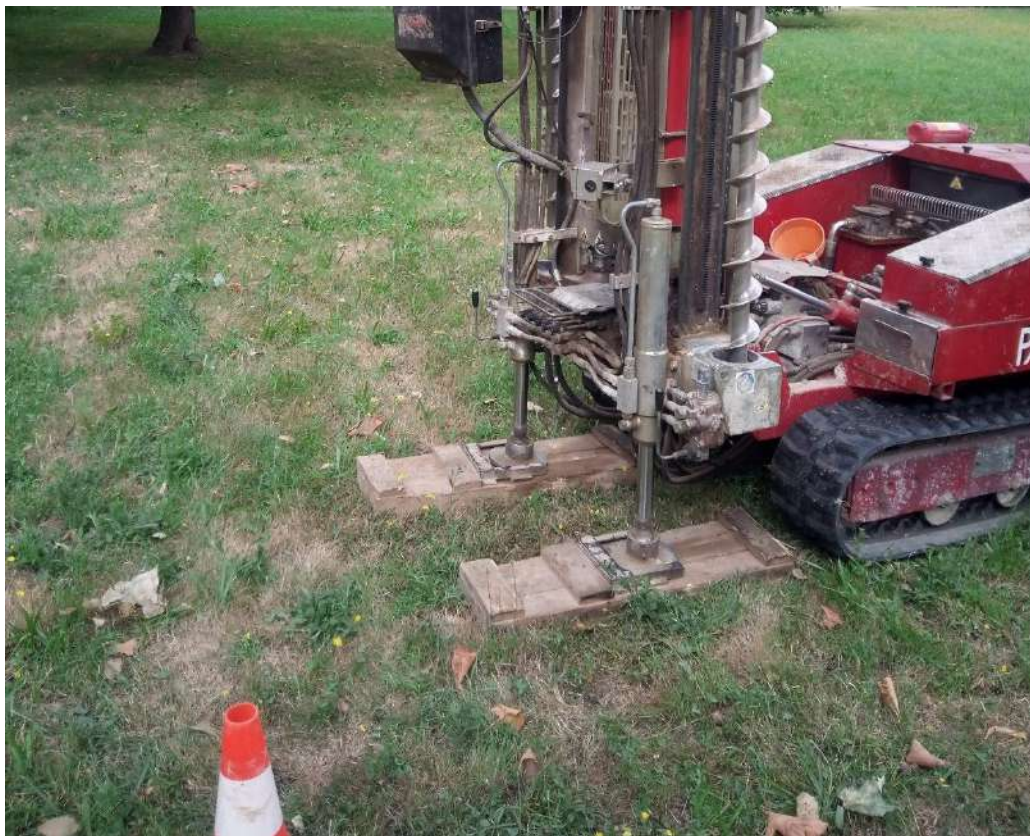


Fig. 2-Posizionamento prova CPT2.

ATLANTE FOTOGRAFICO



Fig. 3-Posizionamento sondaggio.



Fig.4-Cassetta catalogatrice sondaggio da 0 a 5 m.

ATLANTE FOTOGRAFICO



Fig. 5-Cassetta catalogatrice sondaggio da 5 a 10 m.



Fig. 6-Cassetta catalogatrice sondaggio da 10 a 15 m.

ATLANTE FOTOGRAFICO



Fig. 7-Stendimento MASW.