



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
delle Infrastrutture  
e dei Trasporti



**Italiadomani**

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



COMUNE  
DI PADOVA

**PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA**

MISSIONE M5C2 - COMPONENTE C2 - AMBITO INTERVENTO INVESTIMENTO 2.3  
"PROGRAMMA INNOVATIVO NAZIONALE PER LA QUALITÀ DELL'ABITARE"

**RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE DELL'ISTITUTO EX  
CONFIGLIACHI IN VIA GUIDO RENI**

CUP: H97H21000330008

**PROGETTO ESECUTIVO**

<p>CODICE OPERA</p> <p><b>LLPP EDP 2021/137</b></p>	<p>DATA</p> <p><b>GIUGNO 2023</b></p>
<p>DESCRIZIONE ELABORATO</p> <p><b>RELAZIONE GEOLOGICA. INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO</b></p>	<p>NUMERO</p> <p><b>APPR_157</b></p> <p>CODICE ELABORATO</p> <p><b>GEO</b></p>
<p>I PROGETTISTI</p> <p><i>coordinamento e progettazione architettonica:</i> STUDIOMAS ARCHITETTI 35125 Padova via Falloppio 39 - +39 049 8764030 - www.studiomas.com - info@studiomas.com</p> <p><i>progetto strutturale e sicurezza:</i> VENICE PLAN INGEGNERIA srl 30172 Venezia Rampa Cavalcavia 26/A - +390415314590 - www.ingegneriavenezia.it - info@veniceplan.com</p> <p><i>progetto impiantistico:</i> STUDIO CASSUTTI sas 35133 Padova via Cortivo 2 - +39 049 8936020 - www.studiocassutti.com - tecnico@studiocassutti.com</p> <p><i>modellazione BIM:</i> BIM DESIGN GROUP srl 30135 Venezia Santa Croce 466/G - +39 3472585835 - info@bdgroup.it</p> <p><i>BIM manager:</i> arch. Matteo Nativo 800118 Mugnano di Napoli via Meucci 17 - +39 3386311076 - arch.matteonativo@gmail.com</p> <p><i>esperto energetico:</i> arch. Massimo Righetto 35030 Rubano Piazza Aldo Moro 18 - +39 3484717069 - massimo@architetturarighetto.com</p> <p><i>progettista architettonico:</i> arch. Riccardo Bettin 35100 Padova via Fornasari 6ter - +39 3462438440 - bettinriccardo@gmail.com</p> <p><i>progetto acustico:</i> ing. Robis Camata 30016 Jesolo via Pazienti 2c - +39 3489029223 - www.protecno.com - camata@protecno.info</p>	<p>IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO</p> <p>Arch. Domenico Lo Bosco</p> <p>IL CAPO SETTORE</p> <p>Ing. Matteo Banfi</p>

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



## RELAZIONE GEOLOGICA

INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO ADIACENTE ALL'EX  
ISTITUTO CONFIGLIACHI IN VIA GUIDO RENI 96, NEL COMUNE DI PADOVA.

Data: gennaio 2023

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](http://www.impresageodis.com) – email: [info@impresageodis.com](mailto:info@impresageodis.com) – PEC: [geodis@ticertifica.it](mailto: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 geofisiche/sismiche .....	14
Indagini geofisiche con sismica passiva .....	14
ANALISI DEI DATI .....	15
Caratterizzazione geologica e geotecnica.....	15
Ricostruzione litologica del sito e Stima parametri geotecnici.....	16
Risultati delle indagini geofisiche .....	19
Calcolo azione sismica di progetto .....	23
Verifica della liquefazione dei terreni.....	24
Verifiche geotecniche.....	28
BIBLIOGRAFIA .....	29
APPENDICI	
APPENDICE 1	
DIAGRAMMI PENETROMETRICI	
APPENDICE 2	
ELABORATO TECNICO CON I RISULTATI DELLA PROVA SISMICA	
APPENDICE 3	
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 finalizzati alle verifiche dei terreni nell'ambito del progetto di "restauro e riqualificazione dell'istituto ex Configliachi" sito in via G. Reni 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 15 m p.c. per caratterizzare dal punto di vista geotecnico il terreno;
- l'esecuzione, da parte della Committente stessa, di n. 1 acquisizione sismica di tipo HVSR per la misura delle velocità delle onde sismiche di tipo S nei primi 30 m di profondità (VS30) e la definizione dei parametri del sito.

## OBBIETTIVO 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 l'area dell'ex Istituto Configliachi sito in Via Guido Reni n.96, nel 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.

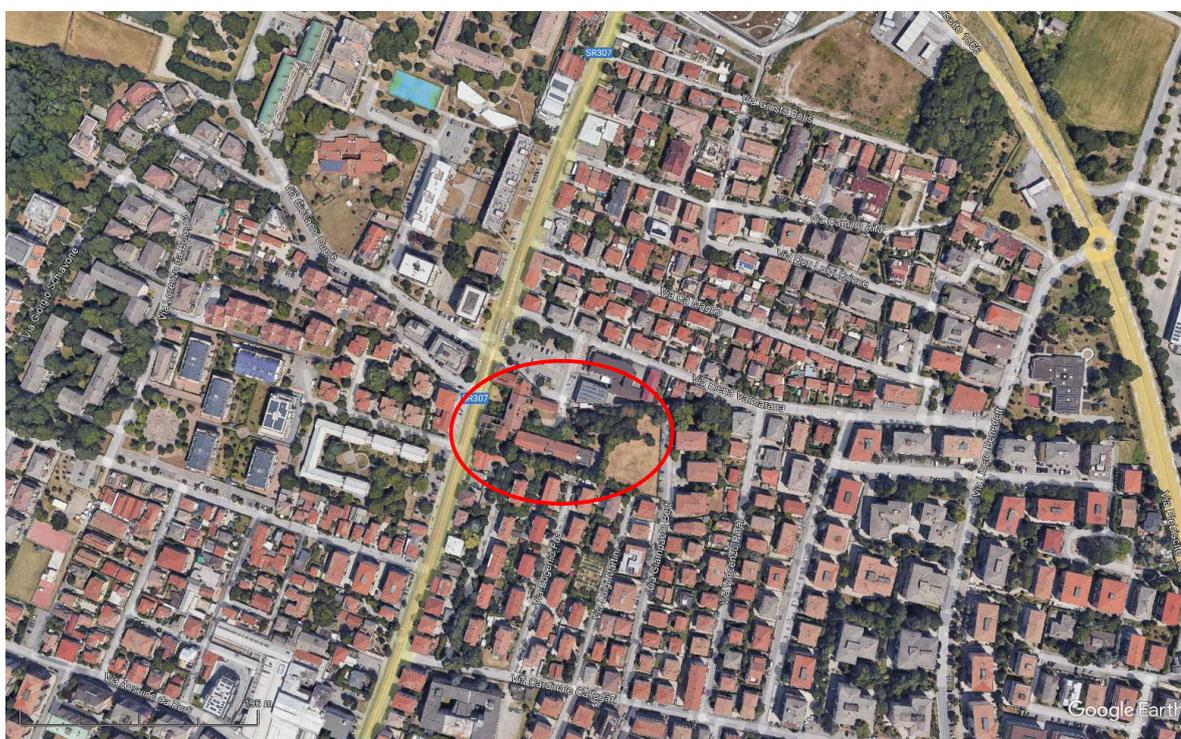


Figura 1a – corografia con ubicazione dell'area di intervento

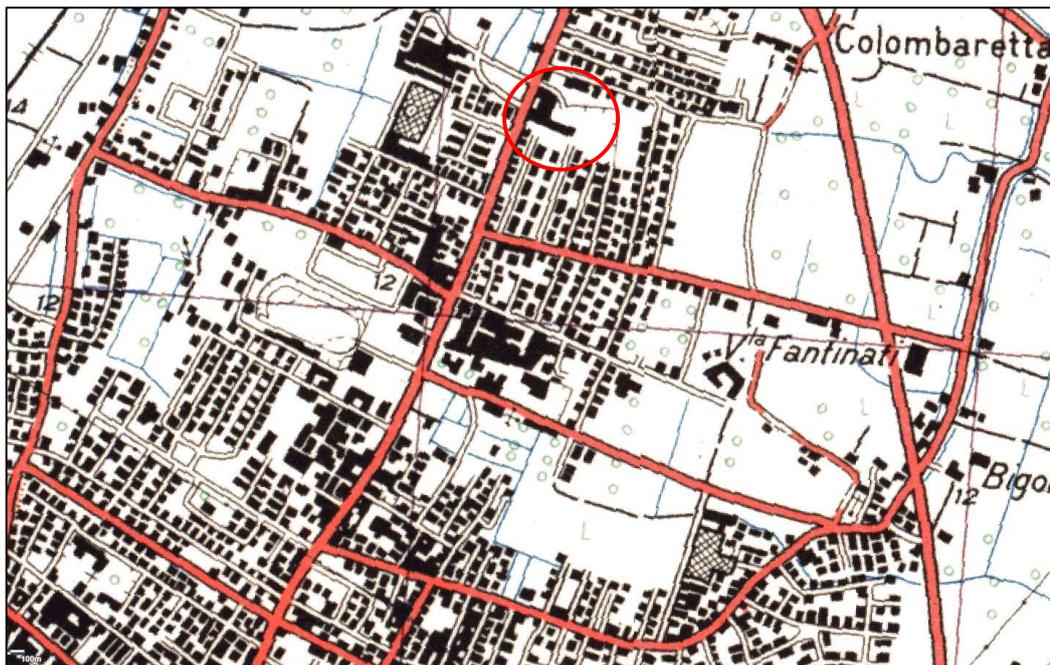


Figura 1b – estratto della carta IGM 1: 25000 in scala 1:5000 con ubicazione delle aree di intervento

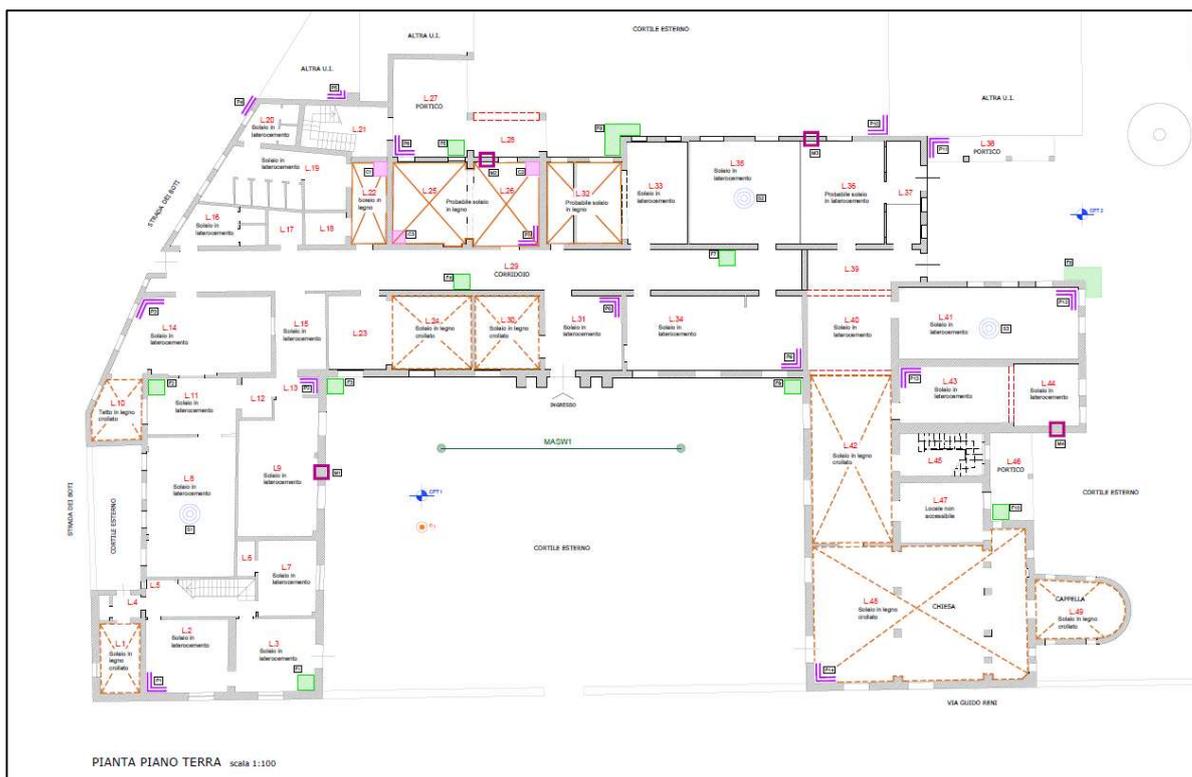


Figura 2 – Planimetria con area di indagine e ubicazione di progetto dei punti (in blu e verde)

# 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 deformativo, 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).

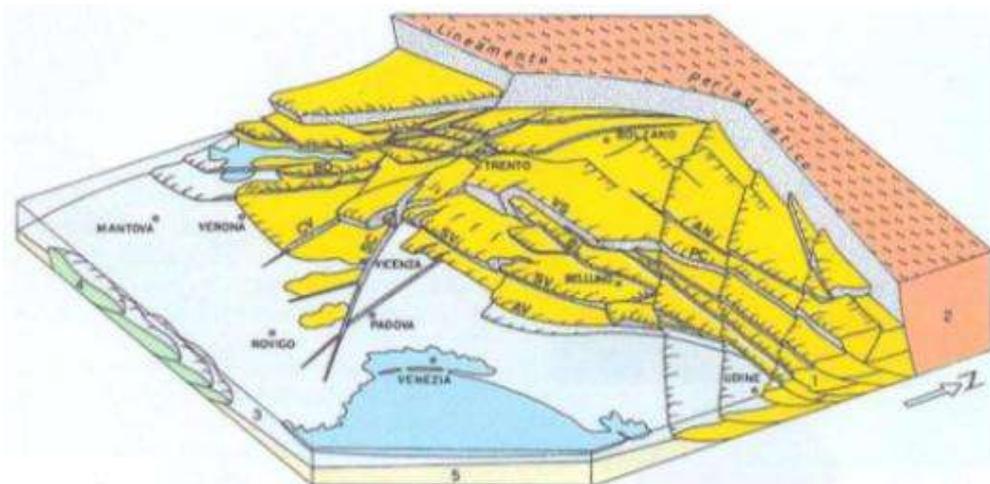


Figura 3 – Visione tridimensionale delle principali deformazioni Alpine: AN = Linea dell'Antelao; AV = Linea di Aviano; BD = Faglia del Monte Baldo; BL = Linea di Belluno; CV = Faglia di Castelvero; FP = Fronte della Catena Appenninica; PC = Linea di Pieve di Cadore; SC = Faglia Schio - Vicenza; SV =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

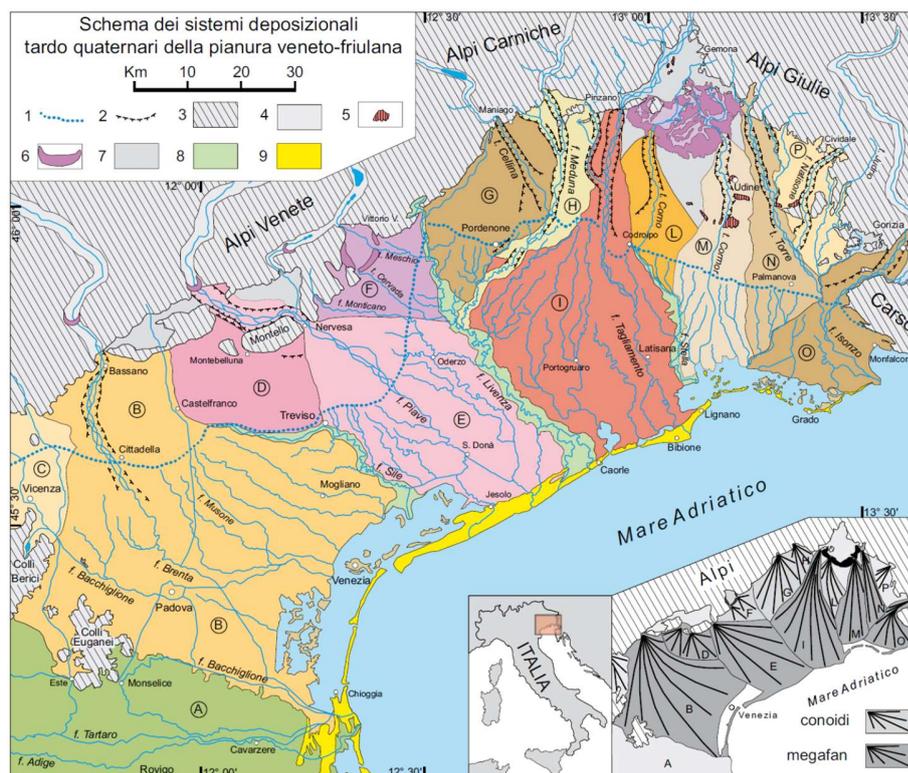


Figura 4 – Schema dei sistemi deposizionali tardo quaternari della pianura veneto-friulana (modificato da Fontana et al., 2 008). Nel riquadro in basso a destra uno schizzo semplificato dei conoidi e megafan. Simboli: 1) limite superiore delle risorgive; 2) orlo di terrazzo fluviale; 3) aree montuose 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 Natiseo.

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 fù 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.

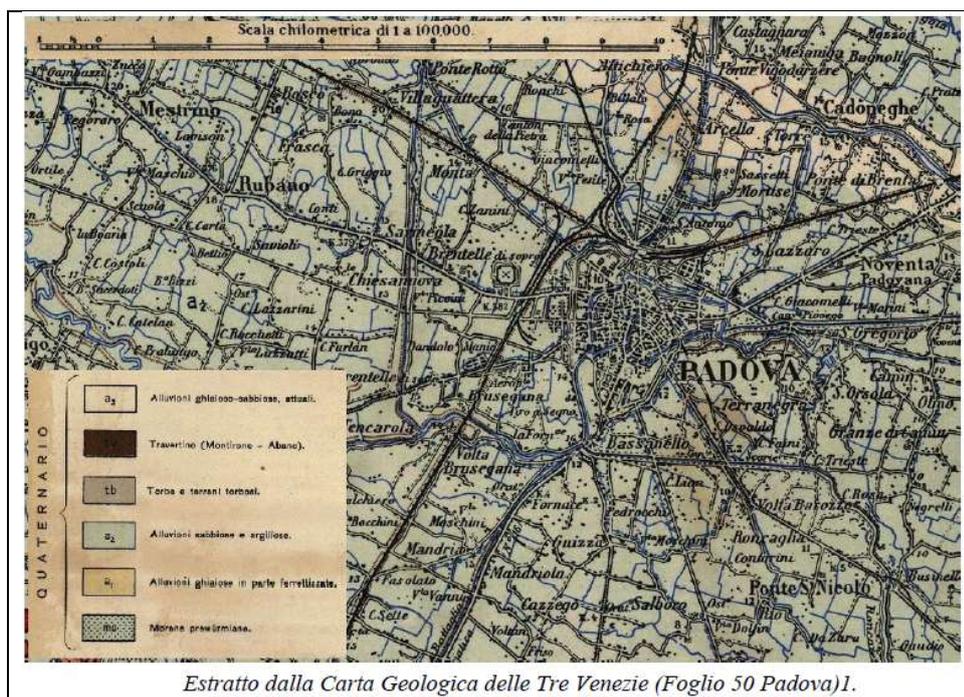
In tutta la pianura veneto-friulana i dati cronostratigrafici riguardanti il Tardoglaciale e l'Olocene iniziale mancano quasi completamente; una delle ipotesi più verosimili può essere trovata nella mancanza di deposizioni alluvionali sulla superficie dei megafan indotta dal confinamento dell'attività 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) interdigerati 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).

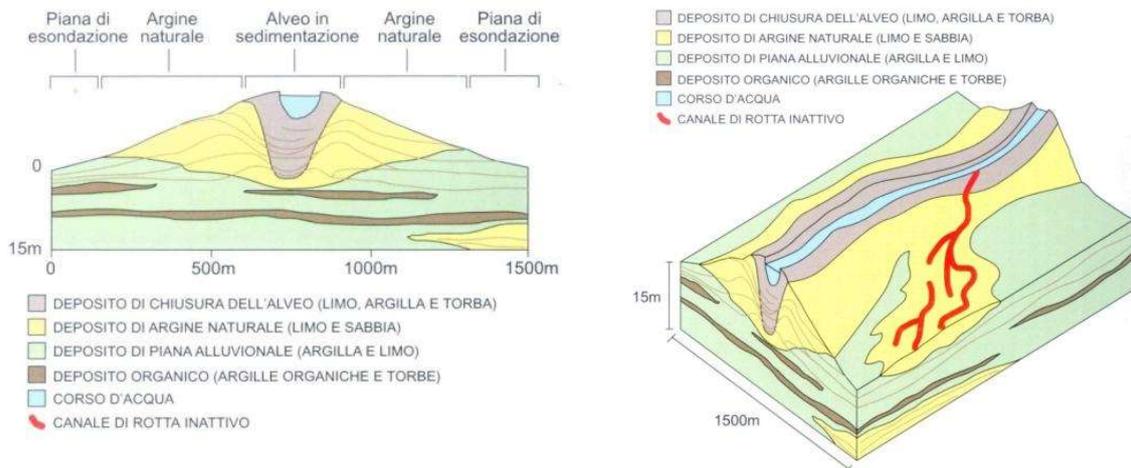


Figura 6 – Sezione trasversale di dosso fluviale (Peretto, 1992)

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 il 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 i 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

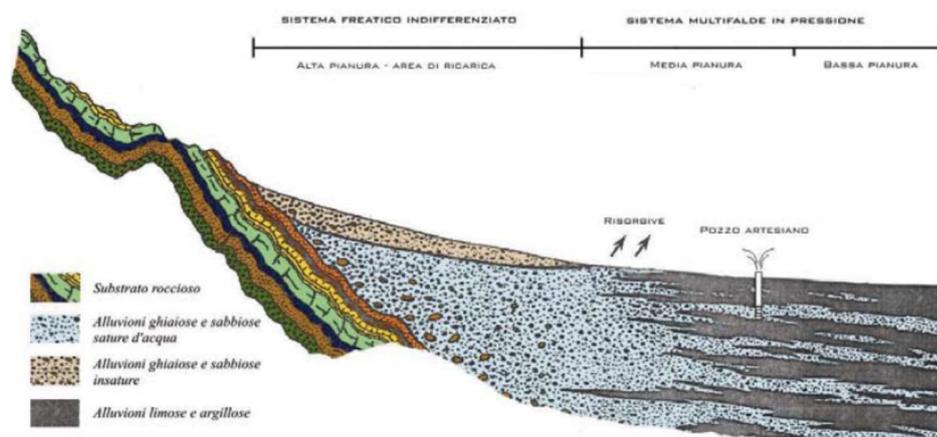
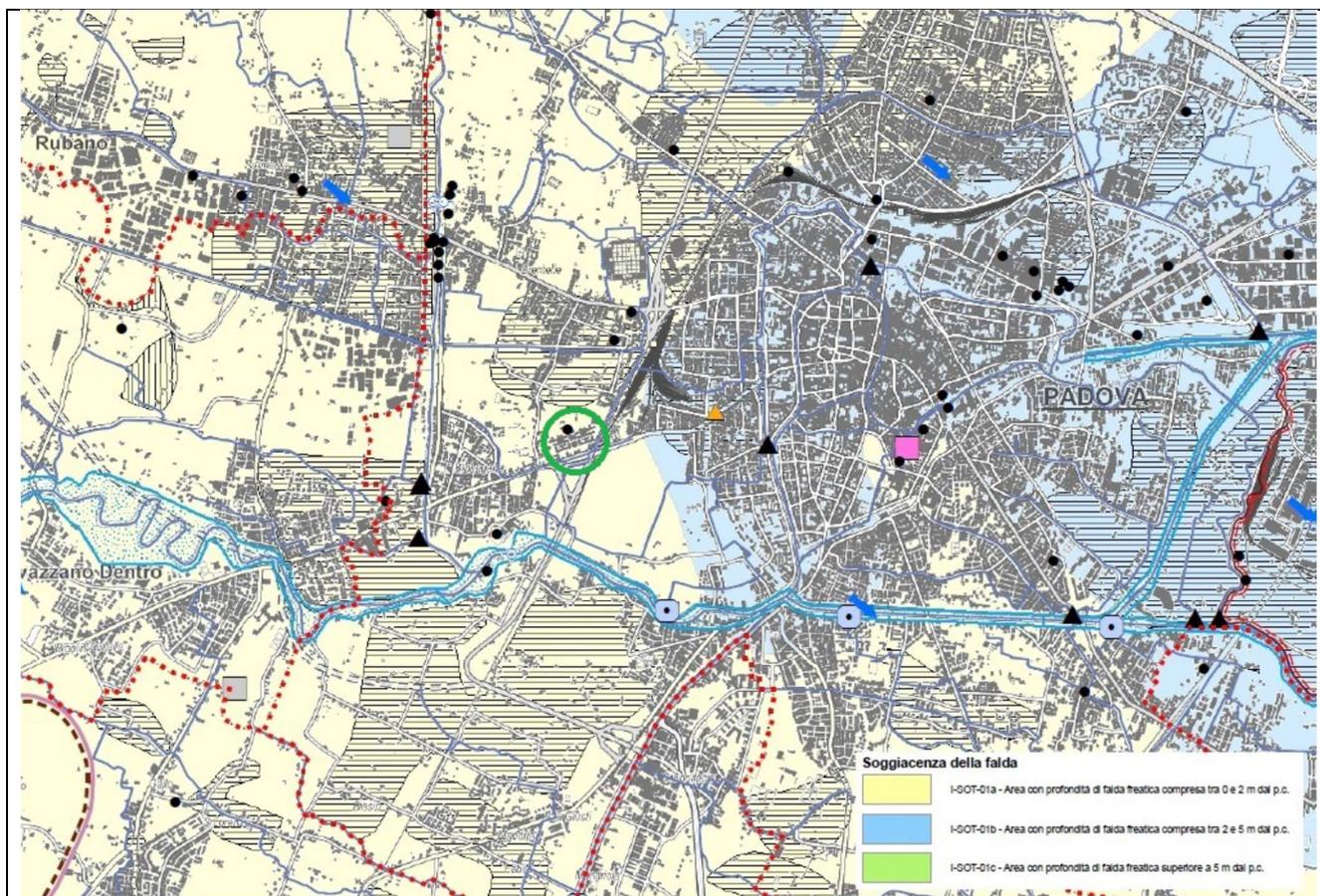


Figura 7 – Schema idrogeologico dell'alta e media pianura veneta.

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  $\pm 1$  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.

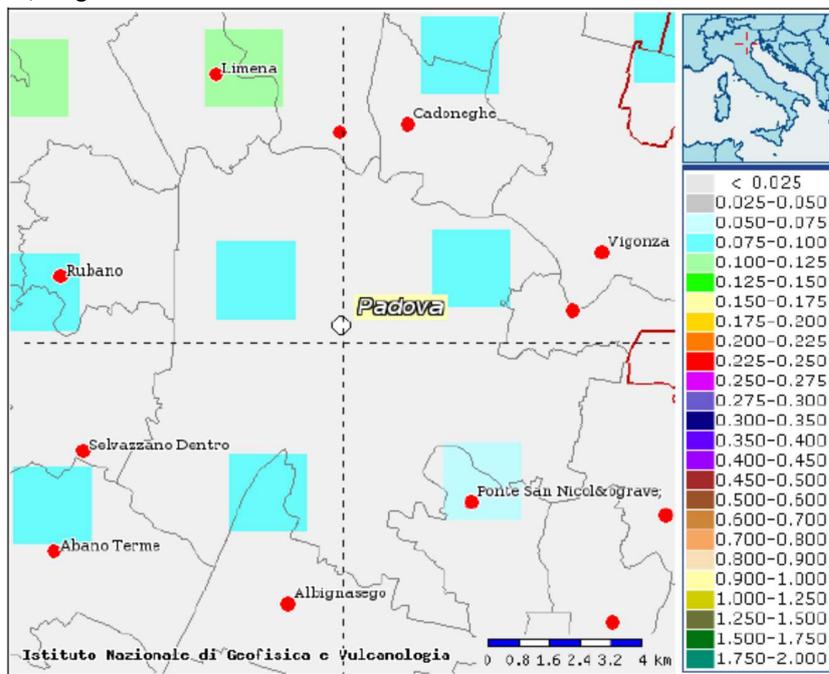


Figura 8 – valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

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

raccomandazione 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 GEOFISICHE/SISMICHE

### INDAGINI GEOFISICHE CON SISMICA PASSIVA

Nel corso delle attività è stata eseguita dalla Committente una acquisizione sismica di tipo HVSR per la definizione dei parametri sismici di sito, attraverso un tromografo digitale triassiale.

La tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali o H.V.S.R., Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non richiede nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nel costruire edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericoloso per la stabilità degli stessi;
- la **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito, sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito (*free field*) e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la **velocità media delle onde di taglio  $V_s$**  calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. Sarà quindi possibile calcolare la  $V_{s,30}$  e la relativa categoria di sottosuolo come esplicitamente richiesto dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni*;
- la **stratigrafia del sottosuolo** con un *range* di indagine compreso tra 0,5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostante per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Le basi teoriche della tecnica H.V.S.R. si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremiti. La forma di un'onda registrata in un sito  $x$  da uno strumento dipende:

1. dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente  $s$ ;

2. dal percorso dell'onda dalla sorgente  $s$  al sito  $x$  (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda);
3. dalla risposta dello strumento.

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio si utilizza un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (H.V.S.R.) basati sulla simulazione del campo d'onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981).

Operativamente si costruisce un modello teorico H.V.S.R. avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita. Successivamente, tramite uno specifico algoritmo, si cercherà di adattare la curva teorica a quella sperimentale; in questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde  $V_s$ . Per eseguire la procedura sopra descritta in maniera univoca è necessario conoscere la profondità di un riflettore acustico individuabile nello spettro sismico registrato.

In Appendice 2 al presente scritto sono riportati i risultati della prova eseguita dalla Committente che vengono esplicitati all'interno di un rapporto tecnico sulle attività.

## ANALISI DEI DATI

### CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

I dati registrati in campo dalle prove penetrometriche 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.

In Appendice 1 vengono inserite la legenda e le tabelle riportanti i parametri geotecnici stimati sulla scorta della bibliografia sopra citata. Dall'analisi delle prove penetrometriche si evince la presenza di diversi distinti orizzonti geotecnici.

#### RICOSTRUZIONE LITOLOGICA DEL SITO E STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Nelle prove penetrometriche, per l'individuazione della natura dei terreni presenti in sito viene comunemente utilizzata una correlazione tra i valori di  $q_c$  e  $f_s$  misurati durante la prova. I valori di  $q_c$  ed il rapporto di attrito  $R_f = \frac{f_s}{q_c}$  [%] vengono plottati sul Grafico di Schmertmann per punta meccanica, permettendo di eseguire una stima delle diverse litologie.

Nella figura seguente vengono visualizzate le litologie per i vari strati secondo il modello teorico (Schmertmann 1978).

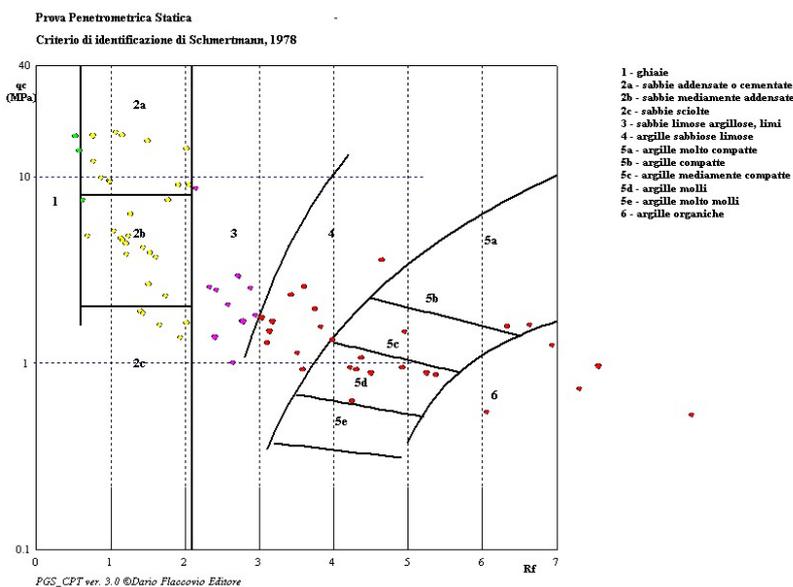


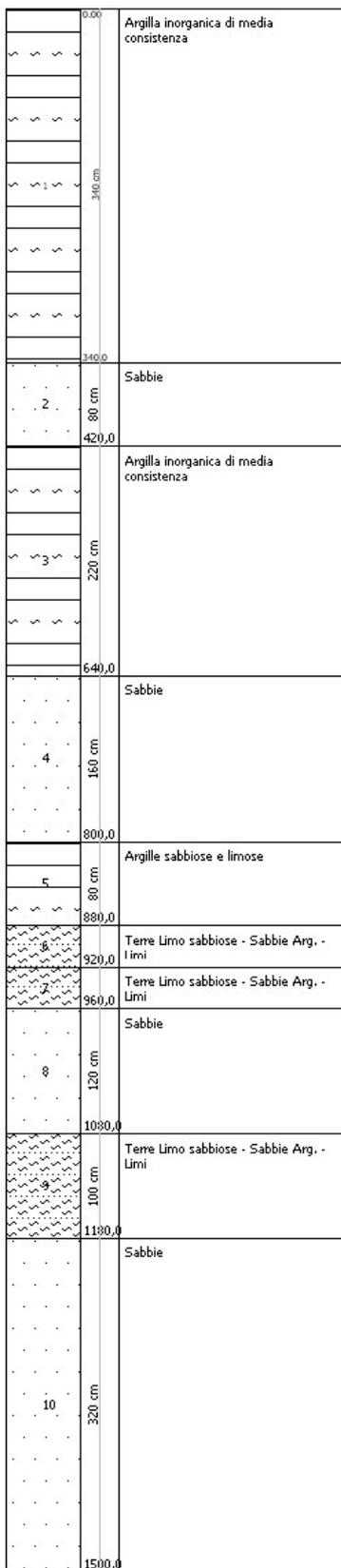
Figura – Grafico di Schmertmann per punta meccanica.

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

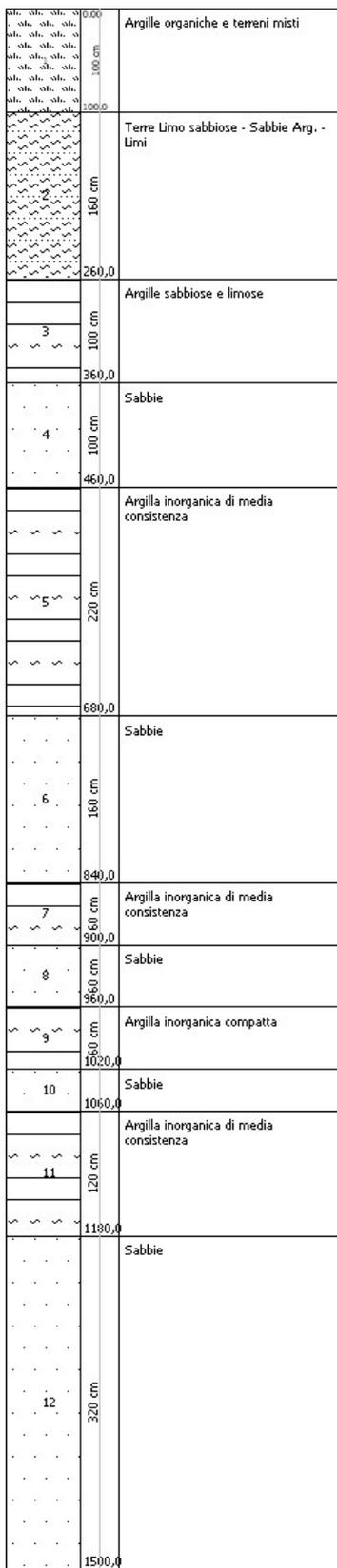
	CPT1	CPT2
Profondità falda da p.c. (m)	≈ 1,90 m	≈ 1,80 m

Tali valori sono rappresentativi delle interferenze tra le piezometrie dei diversi acquiferi incontrati durante l'esecuzione delle indagini in sito. Per la misura del reale livello piezometrico del primo acquifero confinato e per la valutazione di eventuali oscillazioni stagionali si consiglia l'installazione in foro di sondaggio di un piezometro a tubo aperto e l'esecuzione di un monitoraggio piezometrico annuale.

Vengono di seguito riportate le litologie ottenute dall'elaborazione delle prove CPT in cui sono evidenziati i terreni con comportamento geotecnico assimilabile al tipo coesivo (argille e limi anche con contenuto organico), i terreni aventi comportamento assimilabile al tipo incoerente (sabbie) ed i terreni costituiti da due o più frazioni di tipo coesivo e/o incoerente aventi comportamento geotecnico assimilabile a quello della frazione prevalente (limi sabbiosi, sabbie limose, ecc.), e le tabelle che riportano la stima dei parametri geotecnici secondo un modello geotecnico interpretativo sintetico ricavato per ogni intervallo di misura sulla scorta degli autori precedentemente citati.



CPT1 (10,00 m)



CPT2 (10,00 m)

Nel sito d'indagine la natura del terreno incontrato è così riassumibile:

- dal p.c. fino a circa - 3,50 m dal p.c. sono presenti depositi coesivi costituiti principalmente da limi argillosi anche consistenti contenenti percentuali variabili di sabbie.
- da - 3,50 m fino a circa - 4,50 m dal p.c. si rinvencono litotipi dominanti costituiti da depositi da sabbiosi a sabbioso-limosi e limo-sabbiosi.
- da circa - 4,50 m fino a circa - 6,50 m dal p.c. sono presenti depositi coesivi costituiti principalmente da limi argillosi contenenti percentuali variabili di sabbie e localmente torbosi.
- da - 6,50 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 - 15,00 m dal p.c. si rinvencono litotipi dominanti costituiti da depositi da sabbiosi a sabbioso-limosi anche molto addensate.

Le tabelle che seguono riportano la stima dei parametri geotecnici secondo un modello geotecnico interpretativo sintetico. Per completezza, in Appendice 1 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 (°)  
 Puv: Peso unità di volume (KN/m<sup>3</sup>)  
 PuvS: Peso unità di volume saturo (KN/m<sup>3</sup>)  
 Dr: Densità relativa (%)

CPT1 (modello sintetico)

Nr.	Prof. da	Prof. a	Tipo	Cu	Fi	Puv	PuvS	Dr
1	0,00	3,40	C	37,3	--	17,7	18,5	--
2	3,40	4,20	I	--	33,4	18,6	21,6	39,3
3	4,20	6,40	C	38,2	--	17,6	18,4	--
4	6,40	8,00	I	--	34,9	18,6	21,6	51,8
5	8,00	8,80	C	60,8	--	18,3	19,1	--
6	8,80	9,20	I	--	28,9	17,7	20,6	20,0
7	9,20	9,60	C	58,8	--	18,3	19,0	--
8	9,60	10,80	I	--	29,3	18,6	21,6	22,8
9	10,80	11,80	C	65,7	--	18,4	19,2	--
10	11,80	15,00	I	--	31,4	18,6	21,6	36,3

CPT2 (modello sintetico)

Nr.	Prof. da	Prof. a	Tipo	Cu	Fi	Puv	PuvS	Dr
1	0,00	1,00	C	11,8	--	15,8	16,6	--
2	1,00	2,60	C	104,9	--	19,4	20,2	--
3	2,60	3,60	C	65,7	--	18,6	19,4	--
4	3,60	4,60	I	--	33,5	18,6	21,6	40,3
5	4,60	6,80	C	42,2	--	17,7	18,5	--
6	6,80	8,40	I	--	33,5	17,7	20,6	44,5
7	8,40	9,00	C	59,8	--	18,3	19,1	--
8	9,00	9,60	I	--	29,3	17,7	20,6	22,2
9	9,60	10,20	C	61,8	--	18,3	19,1	--
10	10,20	10,60	I	--	28,7	18,6	21,6	17,4
11	10,60	11,80	C	54,9	--	18,0	18,8	--
12	11,80	15,00	I	--	30,6	18,6	21,6	31,8

## RISULTATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE

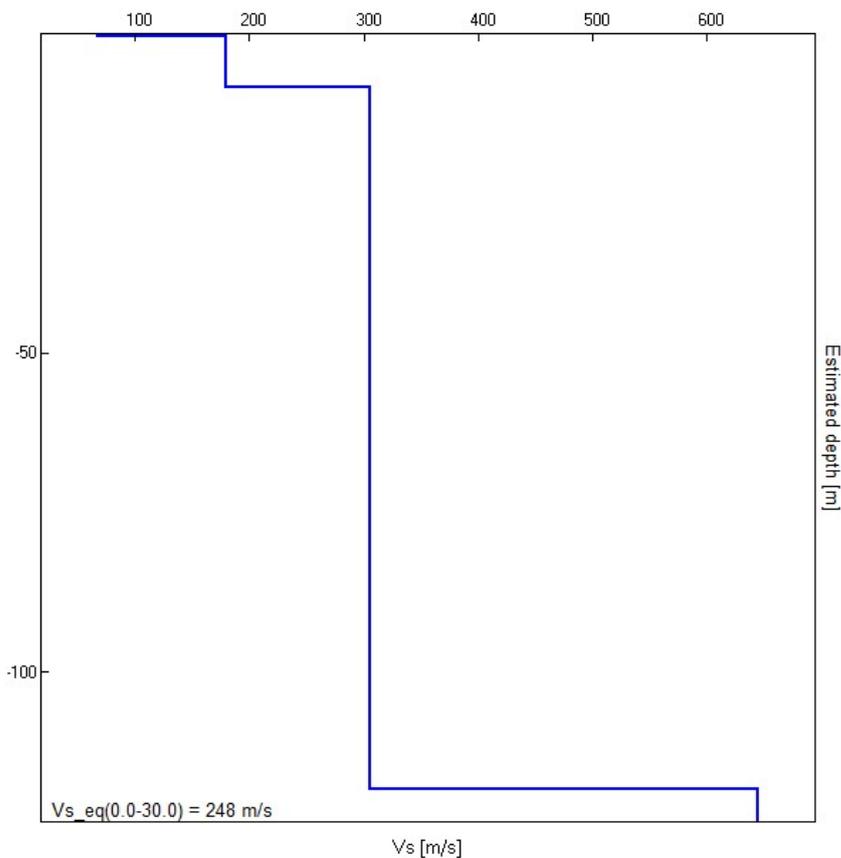
In Appendice 2 al presente scritto si riporta il Rapporto tecnico sulle indagini eseguite dalla Committente in cui vengono esplicitati i risultati completi della prova.

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

Di seguito si riportano alcuni stralci dei risultati per una più rapida consultazione e per permettere la comprensione dei successivi paragrafi del presente scritto.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vs30 [m/s]
0,40	0,40	68 – terreno di riporto	248
8,40	8,00	180 – sabbioso limoso	
118,40	110,00	306 – argillosa	
inf.	inf.	644 – suolo rigido	
FREQUENZA DI RISONANZA DEL TERRENO = 0,643 Hz			
PERIODO PROPRIO DEL TERRENO = 1,57 s			
AMPLIFICAZIONE H/V DEL TERRENO = 2,28			
PROFONDITA' DEL SUOLO RIGIDO (Bedrock) = 76,30 m da p.c.			

GRAFICO DI VELOCITA' DELLE ONDE Vs



## 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
<b>A</b>	<b><i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i></b> 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>B</b>	<b><i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i></b> , 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.
<b>C</b>	<b><i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i></b> , 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.
<b>D</b>	<b><i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i></b> , 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.
<b>E</b>	<b><i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i></b> , 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:

$V_{s,30}$
248 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:

<b>C</b>	<b><i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i></b> , 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	$S_T$
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	-	1.0
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
<b>T3</b>	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
<b>T4</b>	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	$S_S$
<b>A</b>	1,00
<b>B</b>	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
<b>C</b>	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
<b>D</b>	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
<b>E</b>	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

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 contenuta.

#### 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



## VERIFICA DELLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

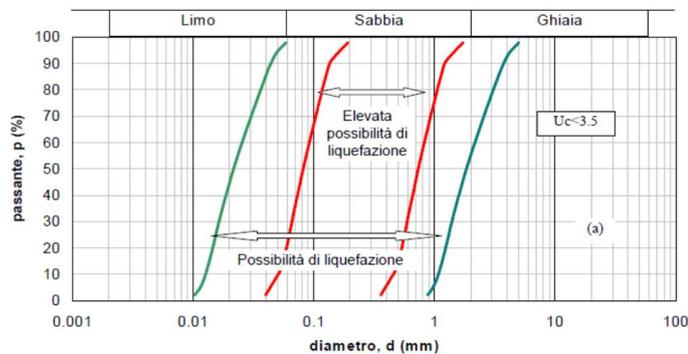
Il fenomeno della liquefazione dei terreni durante i terremoti interessa in genere i depositi sabbiosi e/o sabbioso limosi sciolti, a granulometria uniforme, normalmente consolidati e saturi. Durante un fenomeno sismico, infatti, le sollecitazioni indotte nel terreno, possono determinare un aumento delle 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:

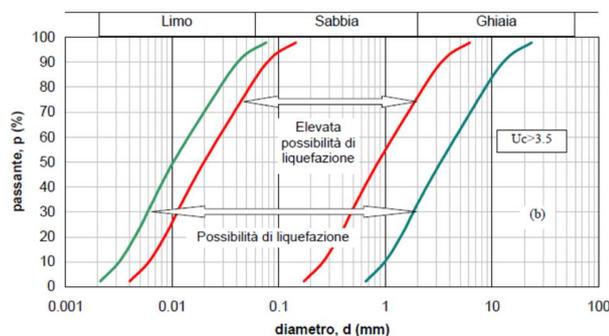
- ✓ dal grado di addensamento;
- ✓ dalla granulometria e forma dei granuli;
- ✓ dalle condizioni di drenaggio;
- ✓ dall'andamento ciclico delle sollecitazioni sismiche e loro durata;
- ✓ dall'età del deposito;
- ✓ dalla profondità della linea di falda (prossima alla superficie).

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).



(a)



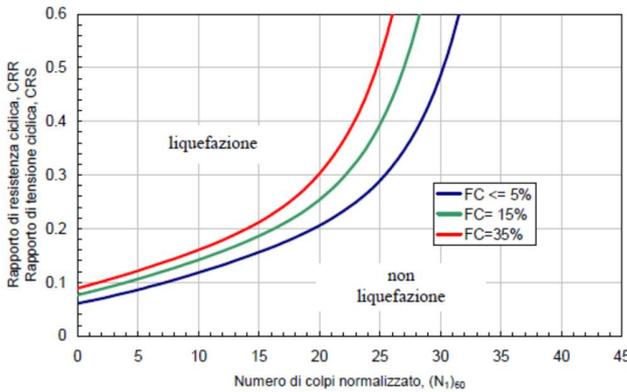
(b)

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

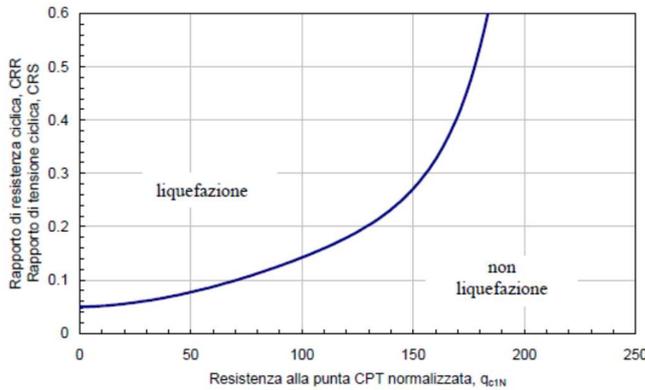
$$F_s = \frac{CRR}{CSR} \cdot MSF$$

dove

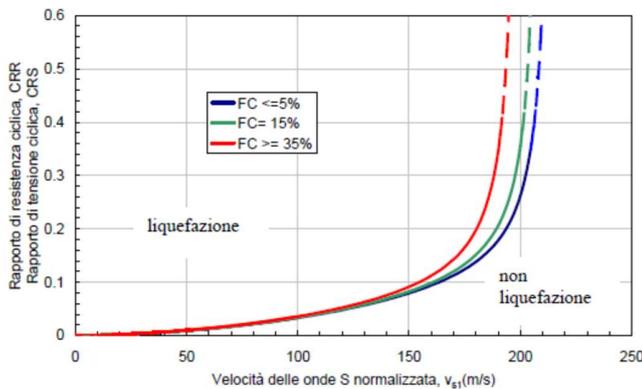
- CRR è la resistenza normalizzata che può essere valutata attraverso gli abachi di seguito riportati;



$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_B C_R C_S$  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  $\approx 100$  kPa) e  $\sigma'_v$  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  $p_a$ ,  $q_c$  (pressione atmosferica di riferimento  $\approx 100$  kPa) e  $\sigma'_v$  sono espresse nelle stesse unità di misura ed è  
 $C_Q = \left( \frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{1.338 - 0.204(q_{c1N})^{0.264}}$



$v_{s1} = C_V v_s$   
dove  $p_a$  (pressione atmosferica di riferimento  $\approx 100$  kPa) e  $\sigma'_v$  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;  $\sigma_v$  e  $\sigma'_v$  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  $50 < (q_{c1n})_{CS} < 160$

$$CRR = 93 \cdot \left[ \frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000} \right]^3 + 0,08$$

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

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 CPT2.

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: **Riqualficazione Ex Configliachi**

Prov.: **PD**

**ANALISI**

Metodi che utilizzano Prove Statiche (CPT)	Fattore di sicurezza (Fs)	Magnitudo di riferimento (M)	Indice del Potenziale di Liquefazione (IP <sub>L</sub> )	Rischio liquefazione Iwasaki et al. (1978)
Robertson e Wride (1998)	> 1,0	> 1,25 (OPCM 3274)	6,5	0,000

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	4,53	Argilloso	5,03	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		10,20	2,95	Argilloso	2,94	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
0,40	3,09	Argilloso	3,48	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		10,40	2,58	Granulare	2,56	NPGranulare	2,57	--	2,56	1,44	
0,60	2,39	Granulare	2,76	Plimoso	2,58	C.Cinese	2,58	1,85		10,60	2,63	Argilloso	2,61	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
0,80	3,23	Argilloso	3,54	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		10,80	2,98	Argilloso	2,95	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
1,00	3,31	Argilloso	3,57	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		11,00	3,15	Argilloso	3,12	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
1,20	2,28	Granulare	2,50	NPGranulare	2,39	--	2,50	5,43		11,20	3,45	Argilloso	3,42	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
1,40	1,94	Granulare	2,15	NPGranulare	2,04	--	2,15	3,32		11,40	2,90	Argilloso	2,87	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
1,60	2,09	Granulare	2,29	NPGranulare	2,19	--	2,29	3,07		11,60	3,04	Argilloso	3,01	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
1,80	2,34	Granulare	2,52	NPGranulare	2,43	--	2,52	2,54		11,80	3,27	Argilloso	3,24	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
2,00	2,12	Granulare	2,29	NPGranulare	2,21	--	2,29	2,37		12,00	2,61	Argilloso	2,57	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
2,20	2,24	Granulare	2,40	NPGranulare	2,32	--	2,40	2,05		12,20	2,96	Argilloso	2,92	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
2,40	2,45	Granulare	2,60	NPGranulare	2,52	--	2,60	2,74		12,40	2,67	Argilloso	2,62	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
2,60	2,50	Granulare	2,64	Plimoso	2,57	C.Cinese	2,57	3,41		12,60	2,87	Argilloso	2,83	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
2,80	2,79	Argilloso	2,93	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		12,80	2,22	Granulare	2,17	NPGranulare	2,20	--	2,17	2,04	
3,00	2,74	Argilloso	2,87	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		13,00	2,24	Granulare	2,19	NPGranulare	2,22	--	2,19	1,93	
3,20	2,65	Argilloso	2,78	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		13,20	1,84	Granulare	1,78	NPGranulare	1,81	--	1,78	1,64	
3,40	2,67	Argilloso	2,79	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		13,40	2,29	Granulare	2,24	NPGranulare	2,26	--	2,24	2,21	
3,60	2,60	Granulare	2,71	Plimoso	2,65	C.Cinese	2,65	2,29		13,60	2,33	Granulare	2,27	NPGranulare	2,30	--	2,27	2,01	
3,80	2,14	Granulare	2,25	NPGranulare	2,20	--	2,25	1,79		13,80	2,08	Granulare	2,02	NPGranulare	2,05	--	2,02	1,23	
4,00	1,95	Granulare	2,06	NPGranulare	2,01	--	2,06	1,86		14,00	2,24	Granulare	2,19	NPGranulare	2,21	--	2,19	1,85	
4,20	2,18	Granulare	2,27	NPGranulare	2,23	--	2,27	2,13		14,20	2,41	Granulare	2,35	NPGranulare	2,38	--	2,35	1,61	
4,40	2,27	Granulare	2,37	NPGranulare	2,32	--	2,37	1,96		14,40	2,38	Granulare	2,31	NPGranulare	2,35	--	2,31	1,52	
4,60	2,47	Granulare	2,56	NPGranulare	2,51	--	2,56	1,90		14,60	2,40	Granulare	2,34	NPGranulare	2,37	--	2,34	1,77	
4,80	2,80	Argilloso	2,98	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		14,80	2,42	Granulare	2,35	NPGranulare	2,38	--	2,35	2,24	
5,00	2,71	Argilloso	2,79	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		15,00	2,51	Granulare	2,44	NPGranulare	2,48	--	2,44	2,32	
5,20	3,01	Argilloso	3,09	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		15,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
5,40	2,83	Argilloso	2,90	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		15,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
5,60	3,06	Argilloso	3,13	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		15,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
5,80	3,49	Argilloso	3,55	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		15,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
6,00	2,93	Argilloso	2,99	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		16,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
6,20	2,81	Argilloso	2,86	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		16,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
6,40	3,19	Argilloso	3,24	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		16,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
6,60	3,10	Argilloso	3,14	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		16,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
6,80	3,57	Argilloso	3,61	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		16,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
7,00	2,62	Argilloso	2,65	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		17,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
7,20	2,01	Granulare	2,04	NPGranulare	2,02	--	2,04	2,63		17,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
7,40	2,07	Granulare	2,10	NPGranulare	2,08	--	2,10	1,94		17,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
7,60	1,95	Granulare	1,98	NPGranulare	1,97	--	1,98	N.C.		17,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
7,80	1,99	Granulare	2,01	NPGranulare	2,00	--	2,01	2,60		17,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
8,00	2,19	Granulare	2,21	NPGranulare	2,20	--	2,21	1,51		18,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
8,20	1,93	Granulare	1,95	NPGranulare	1,94	--	1,95	1,62		18,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
8,40	2,26	Granulare	2,27	NPGranulare	2,26	--	2,27	1,31		18,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
8,60	2,85	Argilloso	2,86	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		18,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
8,80	3,25	Argilloso	3,26	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		18,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
9,00	3,10	Argilloso	3,10	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		19,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
9,20	2,62	Argilloso	2,62	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		19,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
9,40	2,45	Granulare	2,45	NPGranulare	2,45	--	2,45	1,31		19,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
9,60	2,58	Granulare	2,57	NPGranulare	2,58	--	2,57	1,27		19,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
9,80	3,15	Argilloso	3,15	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		19,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
10,00	3,22	Argilloso	3,21	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.		20,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	

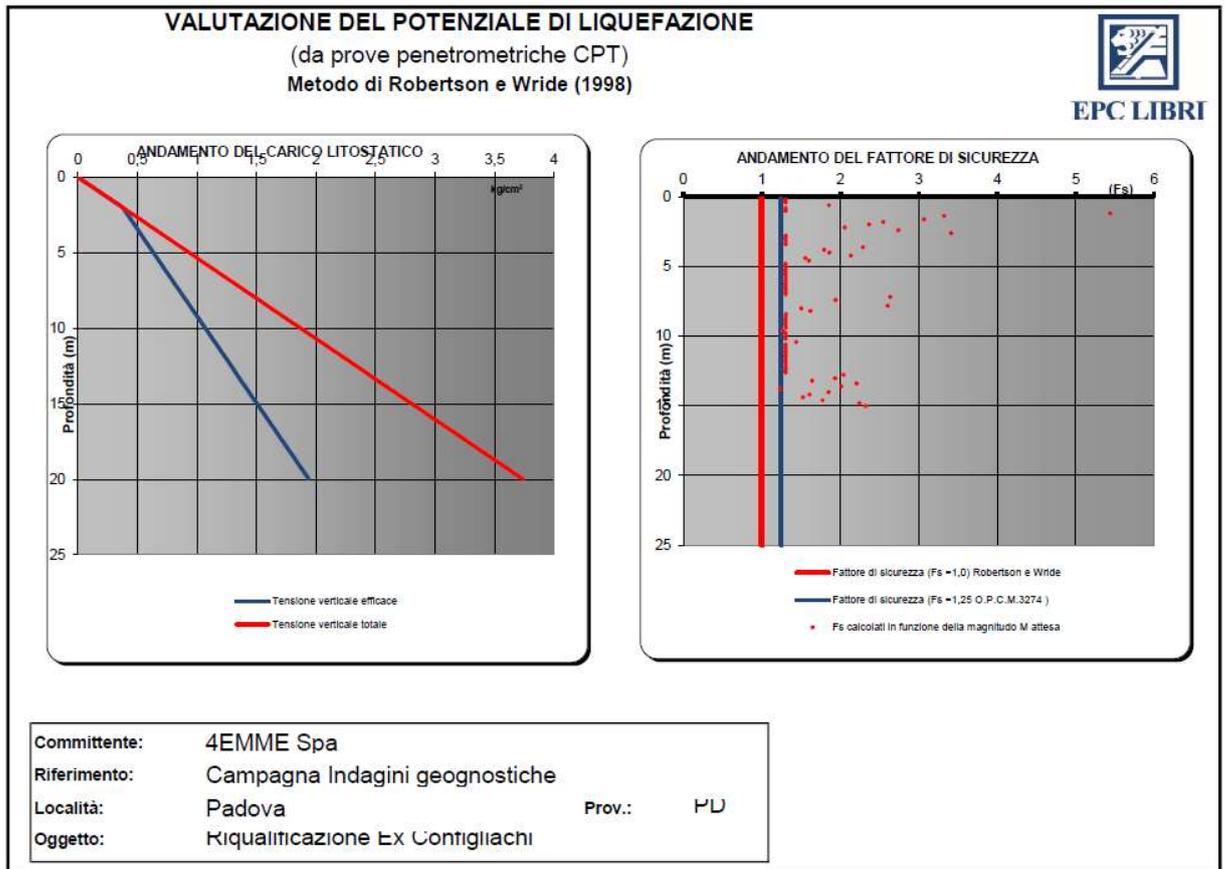
N.C. = Non Calcolabile	Argilloso = Terreno Argilloso	HOME	INSERIMENTO DATI CPT
N.L. = Non Liquefacibile	C.Cinese = Terreno Cinese	DATI CPT	GRAFICI
Plimoso = Terreno Limoso e possibilmente Plastico	Granulare = Terreno Granulare		
NPGranulare = Terreno non Plastico di natura granulare	-- = Nessun Criterio		

**GEODIS**  
Geological Drilling and Investigation Society

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](http://www.impresageodis.com) - email: [info@impresageodis.com](mailto:info@impresageodis.com) - PEC: [geodis@ticertifica.it](mailto:geodis@ticertifica.it)  
 Certificata ISO 9001:2015; ISO 14001:2015; ISO 45001:2018  
 Iscritta Albo Nazionale Gestori Ambientali Veneto cat 9E

Dasa-Rägister

27 di 29



## 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’ACCORDI 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.

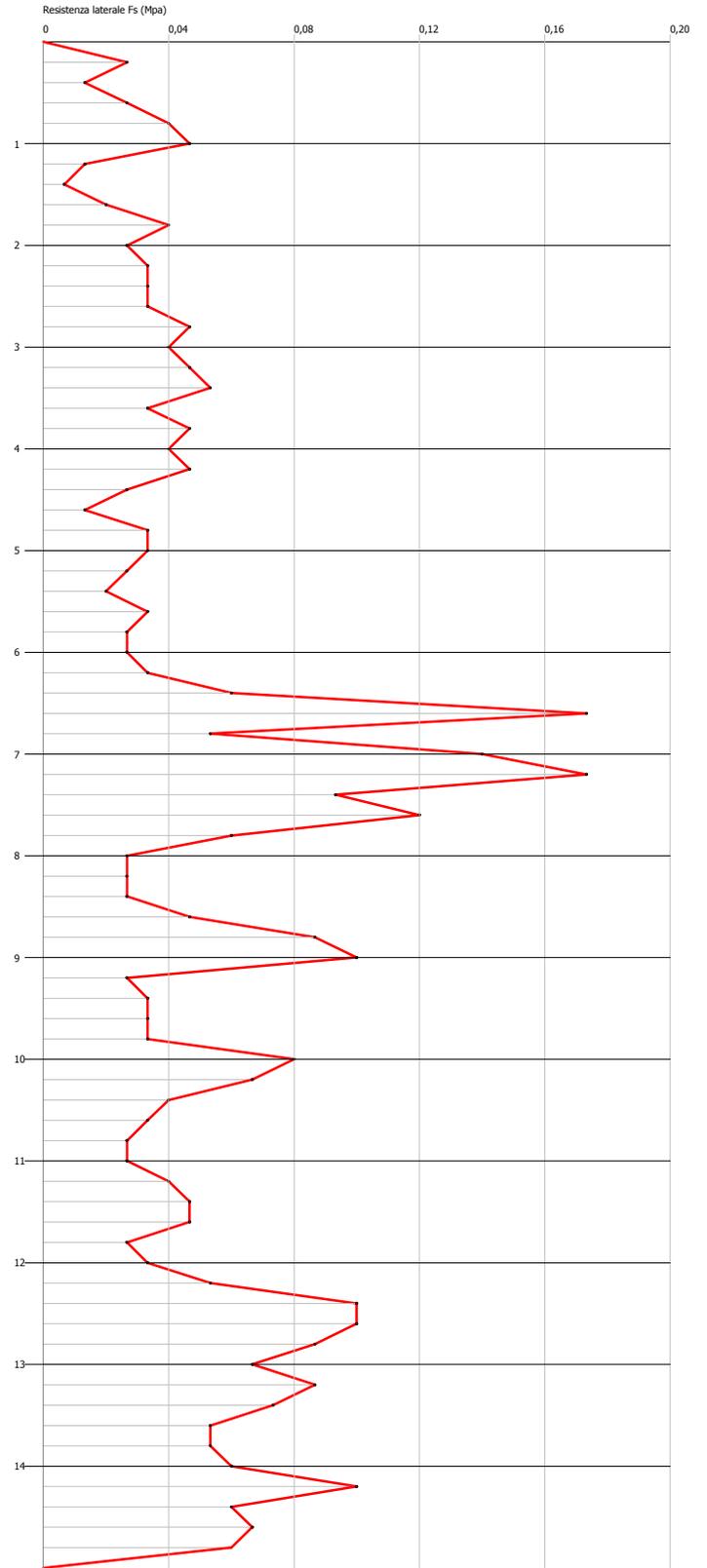
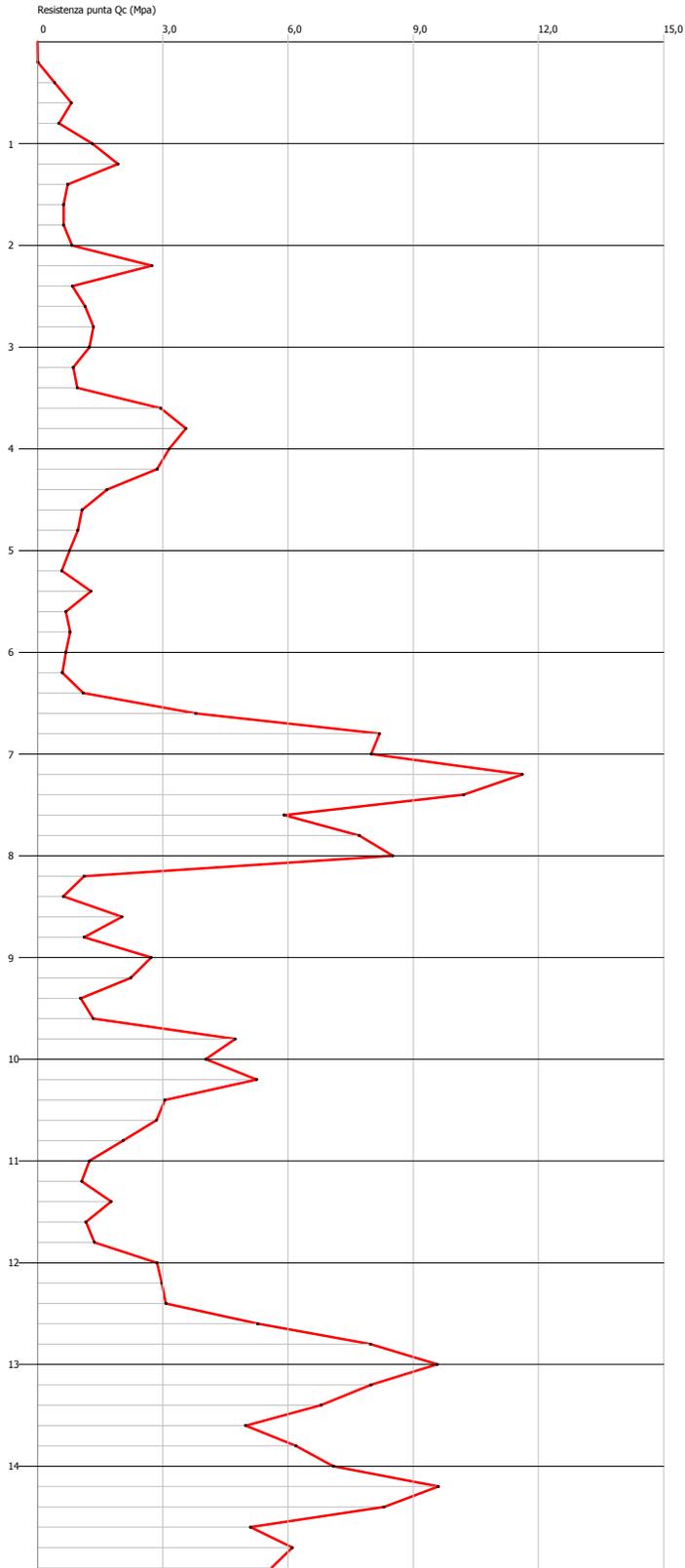
## APPENDICE 1



**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](http://www.impresageodis.com) – email: [info@impresageodis.com](mailto:info@impresageodis.com) – PEC: [geodis@ticertifica.it](mailto:geodis@ticertifica.it)  
Certificata ISO 9001:2015; ISO 14001:2015; ISO 45001:2018  
Iscritta Albo Nazionale Gestori Ambientali Veneto cat 9E



Committente: 4Emme Spa  
Cantiere: Ex Configliachi  
Località: Padova (PD)



PROVA CPT1

LETTURE E RESISTENZE

Profondità (m)	Lettura punta (kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0135	0,0267	0,5	197,8
0,40	4,00	8,0	0,4135	0,0133	31,1	3,2
0,60	8,00	10,0	0,8135	0,0267	30,5	3,3
0,80	5,00	9,0	0,5135	0,04	12,8	7,8
1,00	13,00	19,0	1,3135	0,0467	28,1	3,6
1,20	19,00	26,0	1,9271	0,0133	144,9	0,7
1,40	7,00	9,0	0,7271	0,0067	108,5	0,9
1,60	6,00	7,0	0,6271	0,02	31,4	3,2
1,80	6,00	9,0	0,6271	0,04	15,7	6,4
2,00	8,00	14,0	0,8271	0,0267	31,0	3,2
2,20	27,00	31,0	2,7406	0,0333	82,3	1,2
2,40	8,00	13,0	0,8406	0,0333	25,2	4,0
2,60	11,00	16,0	1,1406	0,0333	34,3	2,9
2,80	13,00	18,0	1,3406	0,0467	28,7	3,5
3,00	12,00	19,0	1,2406	0,04	31,0	3,2
3,20	8,00	14,0	0,8541	0,0467	18,3	5,5
3,40	9,00	16,0	0,9541	0,0533	17,9	5,6
3,60	29,00	37,0	2,9541	0,0333	88,7	1,1
3,80	35,00	40,0	3,5541	0,0467	76,1	1,3
4,00	31,00	38,0	3,1541	0,04	78,9	1,3
4,20	28,00	34,0	2,8677	0,0467	61,4	1,6
4,40	16,00	23,0	1,6677	0,0267	62,5	1,6
4,60	10,00	14,0	1,0677	0,0133	80,3	1,2
4,80	9,00	11,0	0,9677	0,0333	29,1	3,4
5,00	7,00	12,0	0,7677	0,0333	23,1	4,3
5,20	5,00	10,0	0,5812	0,0267	21,8	4,6
5,40	12,00	16,0	1,2812	0,02	64,1	1,6
5,60	6,00	9,0	0,6812	0,0333	20,5	4,9
5,80	7,00	12,0	0,7812	0,0267	29,3	3,4
6,00	6,00	10,0	0,6812	0,0267	25,5	3,9
6,20	5,00	9,0	0,5947	0,0333	17,9	5,6
6,40	10,00	15,0	1,0947	0,06	18,2	5,5
6,60	37,00	46,0	3,7947	0,1733	21,9	4,6
6,80	81,00	107,0	8,1947	0,0533	153,7	0,7
7,00	79,00	87,0	7,9947	0,14	57,1	1,8
7,20	115,00	136,0	11,6083	0,1733	67,0	1,5
7,40	101,00	127,0	10,2083	0,0933	109,4	0,9
7,60	58,00	72,0	5,9083	0,12	49,2	2,0
7,80	76,00	94,0	7,7083	0,06	128,5	0,8
8,00	84,00	93,0	8,5083	0,0267	318,7	0,3
8,20	10,00	14,0	1,1218	0,0267	42,0	2,4
8,40	5,00	9,0	0,6218	0,0267	23,3	4,3
8,60	19,00	23,0	2,0218	0,0467	43,3	2,3
8,80	10,00	17,0	1,1218	0,0867	12,9	7,7
9,00	26,00	39,0	2,7218	0,1	27,2	3,7
9,20	21,00	36,0	2,2353	0,0267	83,7	1,2
9,40	9,00	13,0	1,0353	0,0333	31,1	3,2
9,60	12,00	17,0	1,3353	0,0333	40,1	2,5
9,80	46,00	51,0	4,7353	0,0333	142,2	0,7
10,00	39,00	44,0	4,0353	0,08	50,4	2,0
10,20	51,00	63,0	5,2489	0,0667	78,7	1,3
10,40	29,00	39,0	3,0489	0,04	76,2	1,3
10,60	27,00	33,0	2,8489	0,0333	85,6	1,2

10,80	19,00	24,0	2,0489	0,0267	76,7	1,3
11,00	11,00	15,0	1,2489	0,0267	46,8	2,1
11,20	9,00	13,0	1,0624	0,04	26,6	3,8
11,40	16,00	22,0	1,7624	0,0467	37,7	2,6
11,60	10,00	17,0	1,1624	0,0467	24,9	4,0
11,80	12,00	19,0	1,3624	0,0267	51,0	2,0
12,00	27,00	31,0	2,8624	0,0333	86,0	1,2
12,20	28,00	33,0	2,9759	0,0533	55,8	1,8
12,40	29,00	37,0	3,0759	0,1	30,8	3,3
12,60	51,00	66,0	5,2759	0,1	52,8	1,9
12,80	78,00	93,0	7,9759	0,0867	92,0	1,1
13,00	94,00	107,0	9,5759	0,0667	143,6	0,7
13,20	78,00	88,0	7,9895	0,0867	92,2	1,1
13,40	66,00	79,0	6,7895	0,0733	92,6	1,1
13,60	48,00	59,0	4,9895	0,0533	93,6	1,1
13,80	60,00	68,0	6,1895	0,0533	116,1	0,9
14,00	69,00	77,0	7,0895	0,06	118,2	0,8
14,20	94,00	103,0	9,603	0,1	96,0	1,0
14,40	81,00	96,0	8,303	0,06	138,4	0,7
14,60	49,00	58,0	5,103	0,0667	76,5	1,3
14,80	59,00	69,0	6,103	0,06	101,7	1,0
15,00	54,00	63,0	5,603	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 <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
3,40	0,754	0,0322	17,8	Coesivo	Argilla inorganica di media consistenza
4,20	3,1325	0,0417	18,6	Incoerente	Sabbie
6,40	0,7659	0,0303	17,6	Coesivo	Argilla inorganica di media consistenza
8,00	6,6847	0,105	19,1	Incoerente	Sabbie
8,80	1,2218	0,0467	18,3	Coesivo	Argille sabbiose e limose
9,20	2,4786	0,0634	19,2	Incoerente	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
9,60	1,1853	0,0333	18,3	Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
10,80	2,9128	0,0467	18,6	Incoerente	Sabbie
11,80	1,3197	0,0374	18,3	Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
15,00	5,3584	0,0658	18,8	Incoerente	Sabbie

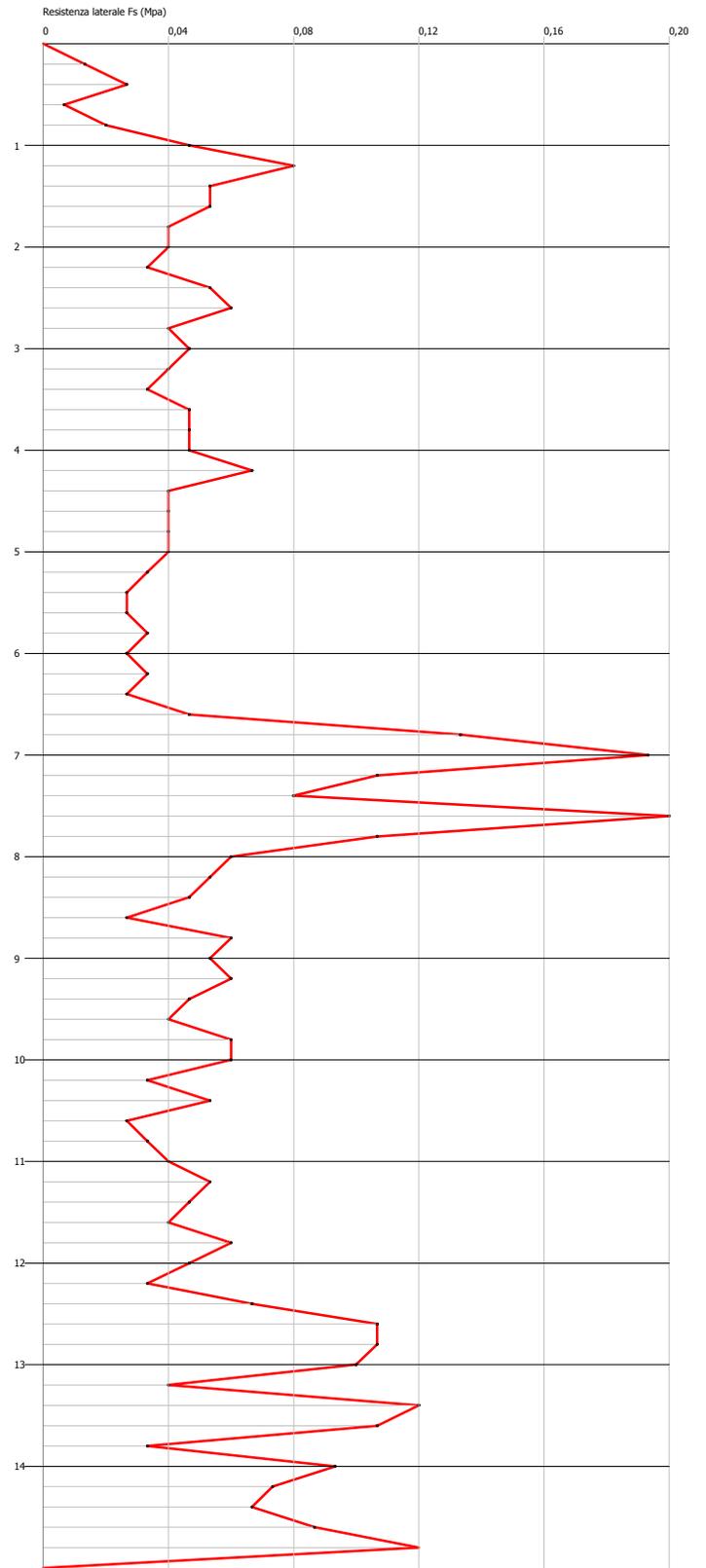
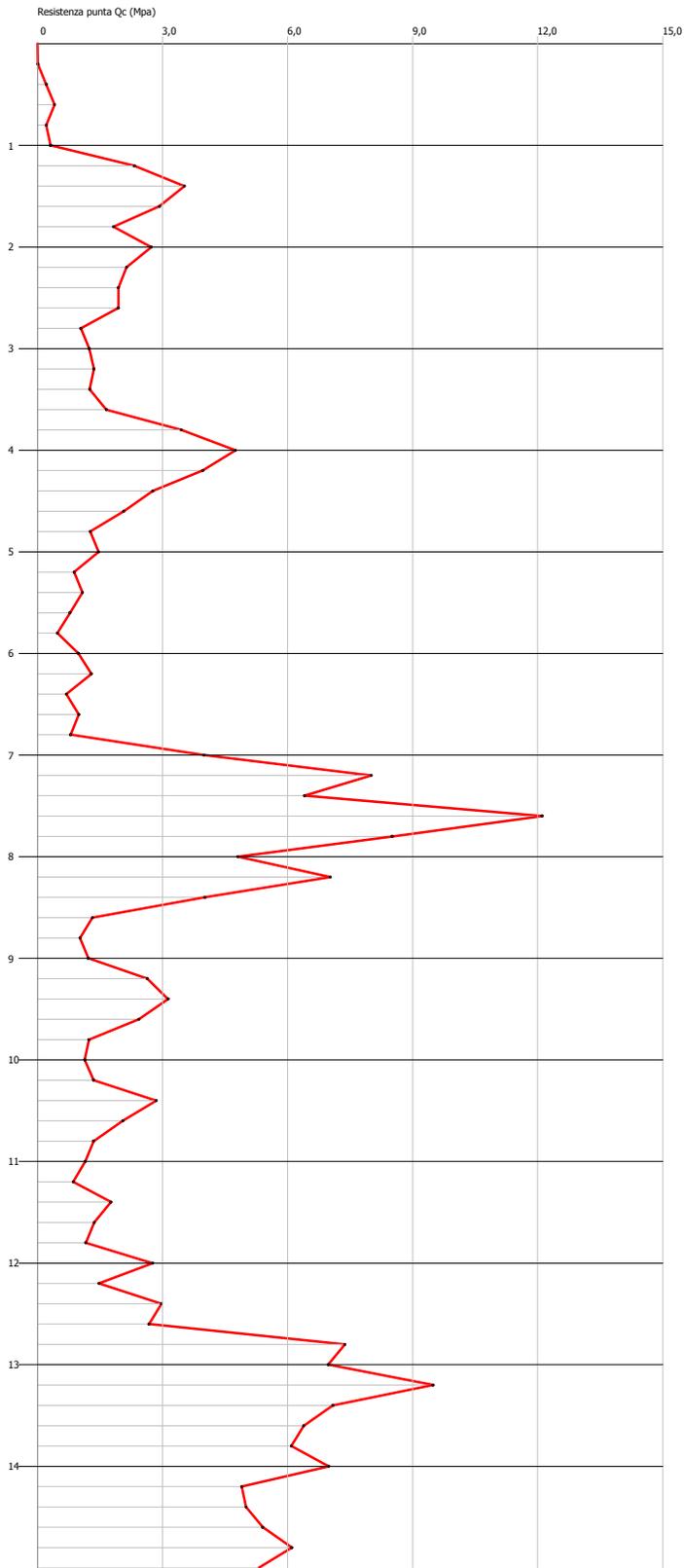
---

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

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 (°)  
Puv: Peso unità di volume (KN/m<sup>3</sup>)  
PuvS: Peso unità di volume saturo (KN/m<sup>3</sup>)  
Dr: Densità relativa (%)

Nr.	Prof. da	Prof. a	Tipo	Cu	Fi	Puv	PuvS	Dr
1	0,00	3,40	C	37,3	--	17,7	18,5	--
2	3,40	4,20	I	--	33,4	18,6	21,6	39,3
3	4,20	6,40	C	38,2	--	17,6	18,4	--
4	6,40	8,00	I	--	34,9	18,6	21,6	51,8
5	8,00	8,80	C	60,8	--	18,3	19,1	--
6	8,80	9,20	I	--	28,9	17,7	20,6	20,0
7	9,20	9,60	C	58,8	--	18,3	19,0	--
8	9,60	10,80	I	--	29,3	18,6	21,6	22,8
9	10,80	11,80	C	65,7	--	18,4	19,2	--
10	11,80	15,00	I	--	31,4	18,6	21,6	36,3

Committente: 4Emme Spa  
Cantiere: Ex Configliachi  
Località: Padova (PD)



PROVA CPT2

LETTURE E RESISTENZE

Profondità (m)	Lettura punta (kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0135	0,0133	1,0	98,5
0,40	2,00	4,0	0,2135	0,0267	8,0	12,5
0,60	4,00	8,0	0,4135	0,0067	61,7	1,6
0,80	2,00	3,0	0,2135	0,02	10,7	9,4
1,00	3,00	6,0	0,3135	0,0467	6,7	14,9
1,20	23,00	30,0	2,3271	0,08	29,1	3,4
1,40	35,00	47,0	3,5271	0,0533	66,2	1,5
1,60	29,00	37,0	2,9271	0,0533	54,9	1,8
1,80	18,00	26,0	1,8271	0,04	45,7	2,2
2,00	27,00	33,0	2,7271	0,04	68,2	1,5
2,20	21,00	27,0	2,1406	0,0333	64,3	1,6
2,40	19,00	24,0	1,9406	0,0533	36,4	2,7
2,60	19,00	27,0	1,9406	0,06	32,3	3,1
2,80	10,00	19,0	1,0406	0,04	26,0	3,8
3,00	12,00	18,0	1,2406	0,0467	26,6	3,8
3,20	13,00	20,0	1,3541	0,04	33,9	3,0
3,40	12,00	18,0	1,2541	0,0333	37,7	2,7
3,60	16,00	21,0	1,6541	0,0467	35,4	2,8
3,80	34,00	41,0	3,4541	0,0467	74,0	1,4
4,00	47,00	54,0	4,7541	0,0467	101,8	1,0
4,20	39,00	46,0	3,9677	0,0667	59,5	1,7
4,40	27,00	37,0	2,7677	0,04	69,2	1,4
4,60	20,00	26,0	2,0677	0,04	51,7	1,9
4,80	12,00	18,0	1,2677	0,04	31,7	3,2
5,00	14,00	20,0	1,4677	0,04	36,7	2,7
5,20	8,00	14,0	0,8812	0,0333	26,5	3,8
5,40	10,00	15,0	1,0812	0,0267	40,5	2,5
5,60	7,00	11,0	0,7812	0,0267	29,3	3,4
5,80	4,00	8,0	0,4812	0,0333	14,5	6,9
6,00	9,00	14,0	0,9812	0,0267	36,7	2,7
6,20	12,00	16,0	1,2947	0,0333	38,9	2,6
6,40	6,00	11,0	0,6947	0,0267	26,0	3,8
6,60	9,00	13,0	0,9947	0,0467	21,3	4,7
6,80	7,00	14,0	0,7947	0,1333	6,0	16,8
7,00	39,00	59,0	3,9947	0,1933	20,7	4,8
7,20	79,00	108,0	8,0083	0,1067	75,1	1,3
7,40	63,00	79,0	6,4083	0,08	80,1	1,2
7,60	120,00	132,0	12,1083	0,2	60,5	1,7
7,80	84,00	114,0	8,5083	0,1067	79,7	1,3
8,00	47,00	63,0	4,8083	0,06	80,1	1,2
8,20	69,00	78,0	7,0218	0,0533	131,7	0,8
8,40	39,00	47,0	4,0218	0,0467	86,1	1,2
8,60	12,00	19,0	1,3218	0,0267	49,5	2,0
8,80	9,00	13,0	1,0218	0,06	17,0	5,9
9,00	11,00	20,0	1,2218	0,0533	22,9	4,4
9,20	25,00	33,0	2,6353	0,06	43,9	2,3
9,40	30,00	39,0	3,1353	0,0467	67,1	1,5
9,60	23,00	30,0	2,4353	0,04	60,9	1,6
9,80	11,00	17,0	1,2353	0,06	20,6	4,9
10,00	10,00	19,0	1,1353	0,06	18,9	5,3
10,20	12,00	21,0	1,3489	0,0333	40,5	2,5
10,40	27,00	32,0	2,8489	0,0533	53,5	1,9
10,60	19,00	27,0	2,0489	0,0267	76,7	1,3

10,80	12,00	16,0	1,3489	0,0333	40,5	2,5
11,00	10,00	15,0	1,1489	0,04	28,7	3,5
11,20	7,00	13,0	0,8624	0,0533	16,2	6,2
11,40	16,00	24,0	1,7624	0,0467	37,7	2,6
11,60	12,00	19,0	1,3624	0,04	34,1	2,9
11,80	10,00	16,0	1,1624	0,06	19,4	5,2
12,00	26,00	35,0	2,7624	0,0467	59,2	1,7
12,20	13,00	20,0	1,4759	0,0333	44,3	2,3
12,40	28,00	33,0	2,9759	0,0667	44,6	2,2
12,60	25,00	35,0	2,6759	0,1067	25,1	4,0
12,80	72,00	88,0	7,3759	0,1067	69,1	1,4
13,00	68,00	84,0	6,9759	0,1	69,8	1,4
13,20	93,00	108,0	9,4895	0,04	237,2	0,4
13,40	69,00	75,0	7,0895	0,12	59,1	1,7
13,60	62,00	80,0	6,3895	0,1067	59,9	1,7
13,80	59,00	75,0	6,0895	0,0333	182,9	0,5
14,00	68,00	73,0	6,9895	0,0933	74,9	1,3
14,20	47,00	61,0	4,903	0,0733	66,9	1,5
14,40	48,00	59,0	5,003	0,0667	75,0	1,3
14,60	52,00	62,0	5,403	0,0867	62,3	1,6
14,80	59,00	72,0	6,103	0,12	50,9	2,0
15,00	51,00	69,0	5,303	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 <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
1,00	0,2335	0,0227	16,1	Coesivo	Argille organiche e terreni misti
2,60	2,0962	0,0517	19,0	Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
3,60	1,3087	0,0413	18,6	Coesivo	Argille sabbiose e limose
4,60	3,4023	0,048	18,6	Incoerente	Sabbie
6,80	0,8372	0,0424	18,0	Coesivo	Argilla inorganica di media consistenza
8,40	5,3731	0,1058	19,0	Incoerente	Sabbie
9,00	1,1885	0,0467	18,1	Coesivo	Argilla inorganica di media consistenza
9,60	2,7353	0,0489	19,0	Incoerente	Sabbie
10,20	1,2398	0,0511	18,4	Coesivo	Argilla inorganica compatta
10,60	2,4489	0,04	18,6	Incoerente	Sabbie
11,80	1,0908	0,0456	18,4	Coesivo	Argilla inorganica di media consistenza
15,00	4,5995	0,075	18,9	Incoerente	Sabbie

---

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

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 (°)  
Puv: Peso unità di volume (KN/m<sup>3</sup>)  
PuvS: Peso unità di volume saturo (KN/m<sup>3</sup>)  
Dr: Densità relativa (%)

Nr.	Prof. da	Prof. a	Tipo	Cu	Fi	Puv	PuvS	Dr
1	0,00	1,00	C	11,8	--	15,8	16,6	--
2	1,00	2,60	C	104,9	--	19,4	20,2	--
3	2,60	3,60	C	65,7	--	18,6	19,4	--
4	3,60	4,60	I	--	33,5	18,6	21,6	40,3
5	4,60	6,80	C	42,2	--	17,7	18,5	--
6	6,80	8,40	I	--	33,5	17,7	20,6	44,5
7	8,40	9,00	C	59,8	--	18,3	19,1	--
8	9,00	9,60	I	--	29,3	17,7	20,6	22,2
9	9,60	10,20	C	61,8	--	18,3	19,1	--
10	10,20	10,60	I	--	28,7	18,6	21,6	17,4
11	10,60	11,80	C	54,9	--	18,0	18,8	--
12	11,80	15,00	I	--	30,6	18,6	21,6	31,8

## 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](http://www.impresageodis.com) – email: [info@impresageodis.com](mailto:info@impresageodis.com) – PEC: [geodis@ticertifica.it](mailto:geodis@ticertifica.it)  
Certificata ISO 9001:2015; ISO 14001:2015; ISO 45001:2018  
Iscritta Albo Nazionale Gestori Ambientali Veneto cat 9E





**4 EMME Service S.p.A.**

**Prove in sito – Laboratorio prove materiali**

Sede legale: Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano (BZ) – ITALY [www.4emme.it](http://www.4emme.it)

Filiale di Padova: Via Dei Ronchi, 5 – 35127 Padova (PD) – Tel. 049-8020707 [padova@4emme.it](mailto:padova@4emme.it)

Sistema Qualità ISO 9001: 2015 certificato RINA nr. 6441/01/S

**CARATTERIZZAZIONE DINAMICA TERRENO**  
**EX ISTITUTO CONFIGLIACHI**  
**PADOVA**

**PROVA n. 5297/PD – HVSR**

**6 dicembre 2022**

Committente: **Comune di Padova**

Tecnico incaricato: **ing. Gabriele Tosi**

Relatore: **ing. Luciano Lionello**



**Prospetto edificio da via Guido Reni - Padova**

Rif.: PD-160-22

Padova, 7 dicembre 2022

C.F./P.I. IT 01288130212	Cap. Soc. 500.000,00 Euro	R.E.A. - BZ 111601	CASSA CENTRALE RAIFFEISEN BZ IT49 B 03493 11600 000300027138	
Bolzano 0471-543111	Firenze 055-461000	Modena 059-395414	Roma 06-71546992	<b>Laboratori Autorizzati</b>
Bologna 051-6346808	Genova 010-586195	Padova 049-8020707	Torino 011-7706023	Bolzano 0471-543111
Cagliari 070-490732	Marche 0734-903279	Palermo 091-6703629	Treviso 0438-990200	Milano 02-40092545
Como 031-305253	Milano 02-40092545	Piacenza 0523-755849	Verona 045-8004278	

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE</b> .....	<b>3</b>
2.1 Tromografo digitale Microsimic .....	3
<b>3. CARATTERIZZAZIONE DINAMICA DEL SITO</b> .....	<b>4</b>
3.1 Microsismica a stazione singola su terreno.....	4
3.2 Analisi ed elaborazione dei dati .....	5
3.3 Tabella riassuntiva.....	6
3.4 Velocità delle onde sismiche e categoria di sottosuolo.....	6

## 1. PREMESSA

La *4 EMME Service S.p.A.* è stata incaricata dal **Comune di Padova** di effettuare una indagine di caratterizzazione dinamica del sottosuolo adiacente all'ex Istituto Configliachi sito in Via Guido Reni n.96, nel Comune di Padova

Le rilevazioni sono state eseguite in data 6 dicembre 2022 dal personale della *4 EMME Service S.p.A.*, nella persona dell'ingegnere Luciano Lionello.

## 2. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

### 2.1 Tromografo digitale Microsismic

Il tromografo digitale Microsismic 6S è costituito ciascuno da 1 terna accelerometrica e 1 terna geofonica.

Caratteristiche degli strumenti impiegati:

- Tipologia MEMS®.

Fondo scala accelerometri:

- assi X e Y:  
 $\pm 3$  g nella banda 0.5 Hz-1600 Hz
- asse Z:  
 $\pm 3$  g nella banda 0.5 Hz- 550 Hz

Densità di potenza spettrale del rumore:

- assi X e Y:  $280 \mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$  rms
- asse Z:  $350 \mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$  rms.



L'eccitazione della struttura è stata di tipo antropico, naturale e/o prodotta dalla spinta del vento.

### 3. CARATTERIZZAZIONE DINAMICA DEL SITO

#### 3.1 Microsismica a stazione singola su terreno

Allo scopo di caratterizzare il sito fino a profondità adeguate e di soddisfare la normativa di settore in termini di Vs30 e caratteristiche dinamiche di sito, il lotto è stato oggetto di indagine sismica denominata HVSR1 e misura delle onde sismiche S nei primi 30 metri di profondità.

Le acquisizioni relative al sottosuolo sono state effettuate con frequenza di campionamento di 512 Hz per una durata di 20 minuti.

Acquisizioni eseguite sul terreno:

Microsismic n.1      sul terreno nelle vicinanze della struttura

Acquisizioni:        1 (01,02)



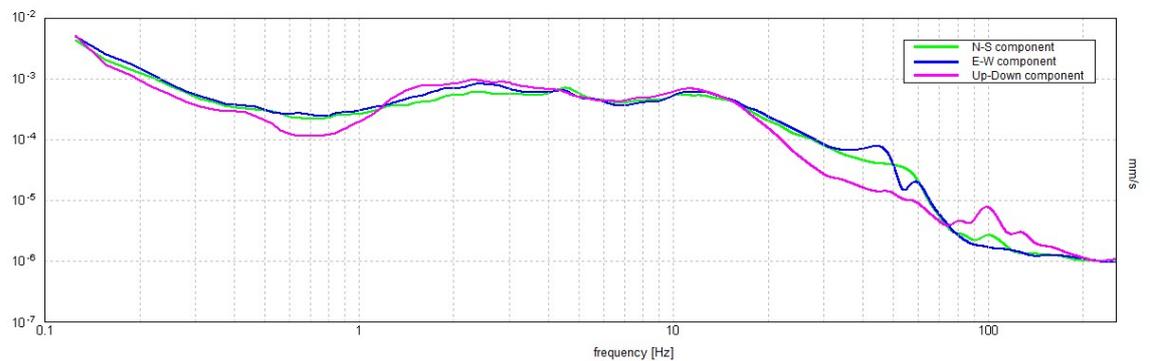
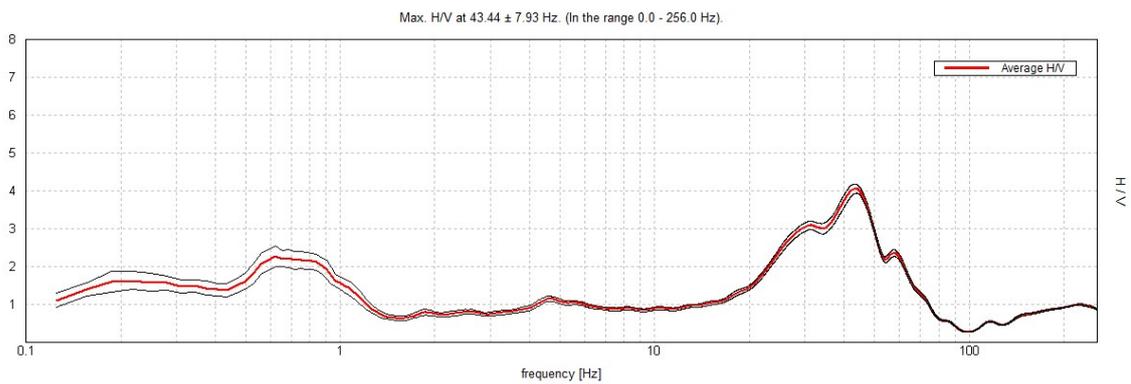
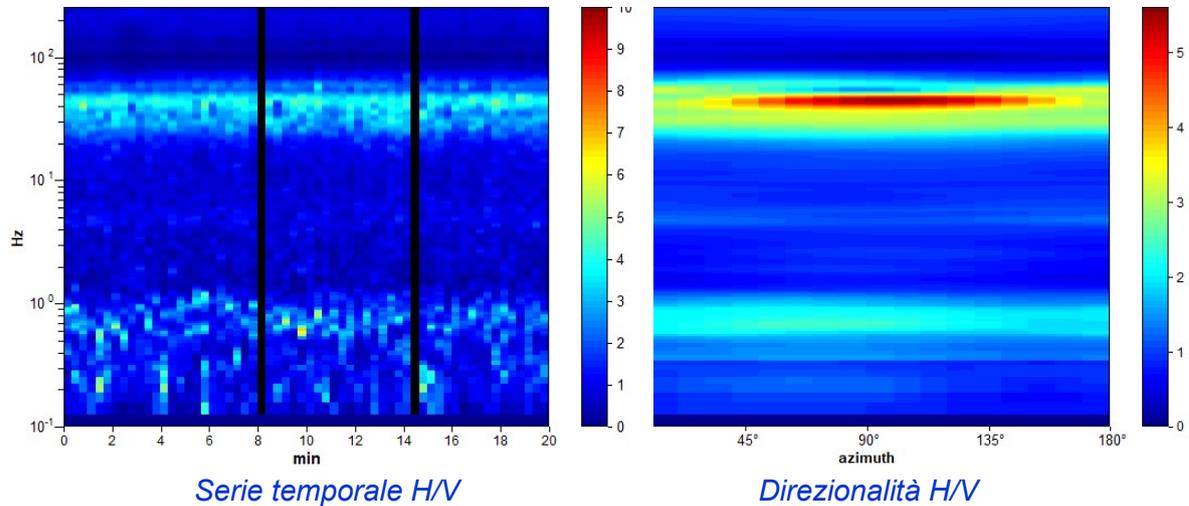
*Vista posizione Microsismic*

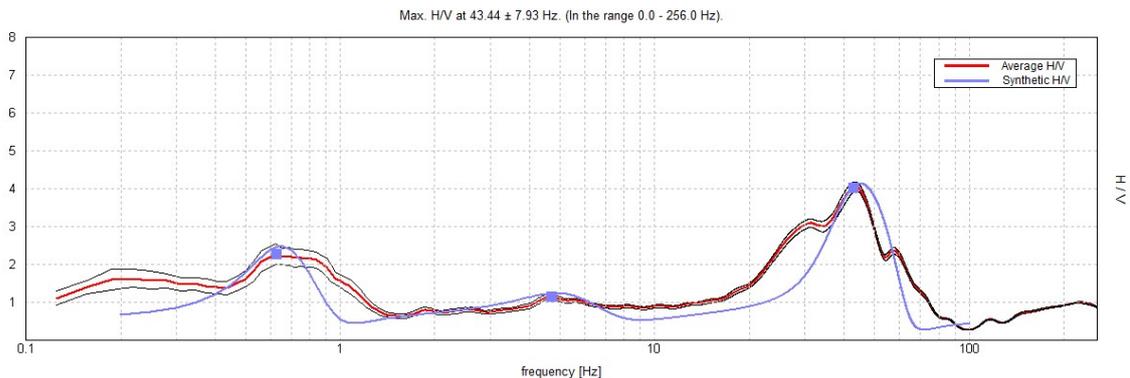
La metodologia permette la misura dei seguenti parametri:

- le caratteristiche dinamiche del sito indagato (frequenza di risonanza e amplificazione H/V del suolo);
- la velocità delle onde sismiche Vs e Vp;
- la profondità delle principali discontinuità lito-stratigrafiche;
- la definizione della litologia prevalente;
- profondità del suolo rigido (bedrock o like bedrock).

### 3.2 Analisi ed elaborazione dei dati

Di seguito si riportano le acquisizioni eseguite sul terreno



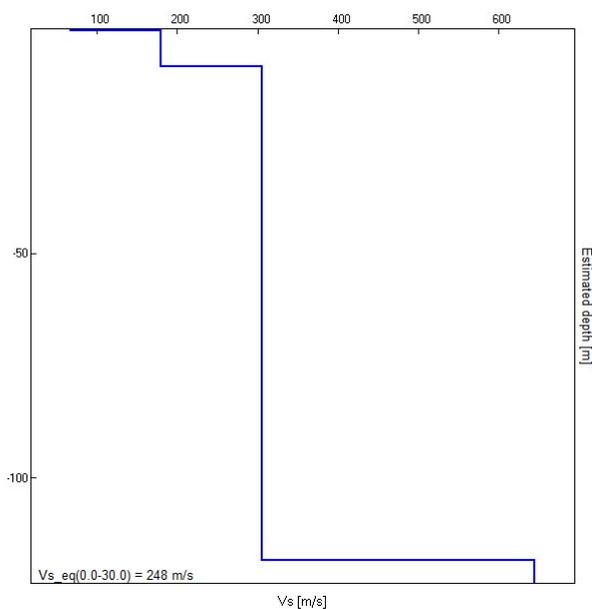


Confronto tra curva H/V sperimentale e curva teorica

### 3.3 Tabella riassuntiva

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vs30 [m/s]
0,40	0,40	68 – terreno di riporto	248
8,40	8,00	180 – sabbioso limoso	
118,40	110,00	306 – argillosa	
inf.	inf.	644 – suolo rigido	
FREQUENZA DI RISONANZA DEL TERRENO = 0,643 Hz			
PERIODO PROPRIO DEL TERRENO = 1,57 s			
AMPLIFICAZIONE H/V DEL TERRENO = 2,28			
PROFONDITA' DEL SUOLO RIGIDO (Bedrock) = 76,30 m da p.c.			

### 3.4 Velocità delle onde sismiche e categoria di sottosuolo



Velocità onde sismiche

Metri da p.c.	Litologia prevalente
-0,40	Terreno di riporto
-8,40	Sabbioso-argillosa
	Argillosa
-118,40	
oltre	like bedrock

Sismostratigrafia

Dall'indagine sismica è stato possibile ricavare la velocità di propagazione delle onde nel terreno. Per gli scopi del presente studio (principalmente geotecnici), di seguito viene riportata la Vs30 della colonna stratigrafica.

<b>Descrizione</b>	<b>Prova</b>	<b>Profondità (metri)</b>	<b>Vs</b>	<b>Categoria di sottosuolo</b>
Sismica passiva	HVSR 1	0,0÷30,0	248 m/s	C

In base alle indagini eseguite in sito di seguito viene indicata la categoria di sottosuolo del terreno di fondazione:

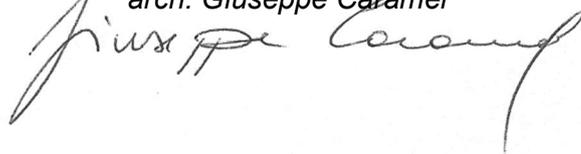
<i>Categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione</i>	<u>C</u>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ KPa nei terreni a grana fina).
---	----------	--

Padova, 7 dicembre 2022

4 EMME Service S.p.A.

**Il Direttore del Centro di Padova**

arch. Giuseppe Caramel



**Il relatore:**  
ing. Luciano Lionello



PER INFORMAZIONI E DETTAGLI TECNICI:

[www.4emme.it](http://www.4emme.it)

## 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](http://www.impresageodis.com) – email: [info@impresageodis.com](mailto:info@impresageodis.com) – PEC: [geodis@ticertifica.it](mailto: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-Esecuzione prova CPT1.



Fig. 2- Esecuzione prova CPT2.

---