

PROGETTO

COMPARTO PA2
Pianificazione attuativa dell'area "ex Comated"
Fiera Catena - Mantova

COMMITTENTE

MABRO S.r.l.
via Scuderie Reali n°12 - Mantova



REGIONE LOMBARDIA
PROVINCIA DI MANTOVA
COMUNE DI MANTOVA



CONTENUTO
Relazione Geologica

INDIRIZZO
Via Daino

COMUNE PROVINCIA
Mantova Mantova

DATA EDIZIONE
22/06/2023

PROT.
386/2023

ALLEGATO
A.4

PROGETTAZIONE

ARCHITETTO PAOLO VINCENZI
Corso Vittorio Emanuele II, 33 - 46100 Mantova
0376 224380 - pmvinc@tin.it

GEOLOGICA

DOTT. GEOL. SAMANTA CRISTANTE
Strada Volta Monzambano, 54/c - 46049 Volta Mantovana (MN)
338 2051831 - samantacristante@yahoo.it

Dott. Geol. CRISTANTE SAMANTA

REGIONE LOMBARDIA - PROVINCIA DI MANTOVA
COMUNE DI MANTOVA

**COMPARTO PA2 – STRALCIO IN VARIANTE AL P.G.T.
PIANIFICAZIONE ATTUATIVA DELL'AREA "EX COMATED"
FIERA CATENA - MANTOVA**

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

ELABORATO	RELAZIONE GEOLOGICA R1 (ai sensi del D.M. 17/01/18)
	RELAZIONE GEOLOGICA R3 (ai sensi della D.G.R. IX/2616/2011)

IL COMMITTENTE:
MABRO S.R.L.

IL TECNICO:
Dott. Geol. Samanta CRISTANTE
Strada Volta Monzambano, 54/c
46049 VOLTA MANTOVANA (MN)
Cell.: 338-2051831
e-mail: samantacristante@yahoo.it
pec: samantacristante@pec.epap.it



Maggio 2023

INDICE

PREMESSA	2
RIFERIMENTI NORMATIVI	3
PARTE I INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	4
I.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
I.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	8
I.3 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO	11
I.4 VINCOLI GEOLOGICI E FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELL'AREA	16
PARTE II SISMICITÀ	18
II.1 L'ASSETTO TETTONICO DELLA PIANURA PADANA	18
II.2 INQUADRAMENTO SISMICO E PERICOLOSITÀ SISMICA	20
II.3 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	21
II.4 VERIFICA DELLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI	25
PARTE III CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA	27
III.1 PROVE PENETROMETRICHE	27
III.2 DEFINIZIONE DEI MODELLI GEOLOGICI DEL SITO	27
PARTE V CONCLUSIONI.....	30

ALLEGATI

- All. 1 – Ubicazione indagini penetrometriche e sismiche
- All. 2 – Grafici e tabulati indagine sismica MASW
- All. 3 – Grafici e tabulati indagine sismica HVSR
- All. 4 – Verifica della liquefazione dei terreni
- All. 5 – Grafici e tabulati delle prove penetrometriche
- All. 6 – Documentazione fotografica

PREMESSA

Il presente documento è stato redatto, su incarico della Committenza, a supporto della Pianificazione attuativa dell'area "ex Comated" (Piano Attuativo PA2), sita in Via Jacopo Daino in Comune di Mantova (MN).

L'ambito oggetto di intervento, all'interno dello studio geologico di supporto al Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) comunale, è stato assegnato alla **classe di fattibilità geologica 2** (fattibilità con modeste limitazioni).

Nel rispetto delle vigenti NTC2018, per caratterizzare dal punto di vista geologico-tecnico ed idrogeologico i terreni di fondazione dell'area di intervento sono state realizzate n. 4 prove penetrometriche statiche CPT, spinte a profondità variabili tra m 12,80÷14,60 da p.c..

In base ai risultati derivanti dalle indagini geognostiche realizzate è stato definito il modello geologico di riferimento del sito (Cap. 6.2.1 NTC2018).

In ottemperanza alla normativa, sono stati inoltre analizzati i principali aspetti geologici, geomorfologici, idraulici, idrogeologici, vincolistici, geologico-tecnici e sismici del territorio, al fine di individuare eventuali elementi di vulnerabilità e pericolosità.

In riferimento alla caratterizzazione sismica dell'area, è stata verificata la pericolosità sismica del sito in esame relativamente sia agli effetti di amplificazione del segnale sismico, sulla base dell'esecuzione di indagini sismiche in sito (MASW, HVSR), sia agli effetti di instabilità (liquefazione) cui sono potenzialmente soggetti i terreni di fondazione in condizioni sismiche.

RIFERIMENTI NORMATIVI

Si fornisce di seguito l'elenco della normativa di riferimento consultata per la realizzazione della presente relazione.

- **D.M. 17 gennaio 2018 (NTC2018)** "Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"".
- **O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274** "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", e succ. modifiche e integrazioni.
- **O.P.C.M. 28 aprile 2006 n. 3519** "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- **D.G.R. 11 luglio 2014 n. X/2129** "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)".
- **D.G.R. 10 ottobre 2014 n. X/2489** "Differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 11 luglio 2014 n. 2129".
- **D.G.R. 8 ottobre 2015 n. X/4144** "Ulteriore differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 11 luglio 2014 n. 2129".
- **L.R. 12 ottobre 2015 n. 33** "Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche".
- **D.G.R. 30 marzo 2016 n. X/5001** "Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)"
- **Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione Civile** "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica".
- **L.R. 11 marzo 2005 n. 12** "Legge per il governo del territorio".
- **D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616** "Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005 n. 12".
- **Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P).**
- **Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) del Comune di Mantova (MN).**

PARTE I INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

I.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il Comparto PA2 oggetto di intervento è localizzato nel Quartiere di Fiera Catena, nella zona orientale del centro abitato di Mantova, ad ovest del Lago Inferiore ed in prossimità del Porto Catena (Figura 1 e 2); l'ambito in esame è cartografato nella sezione E7c4 "Mantova" della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000 (Figura 3) e censito al catasto come riportato in Figura 4.

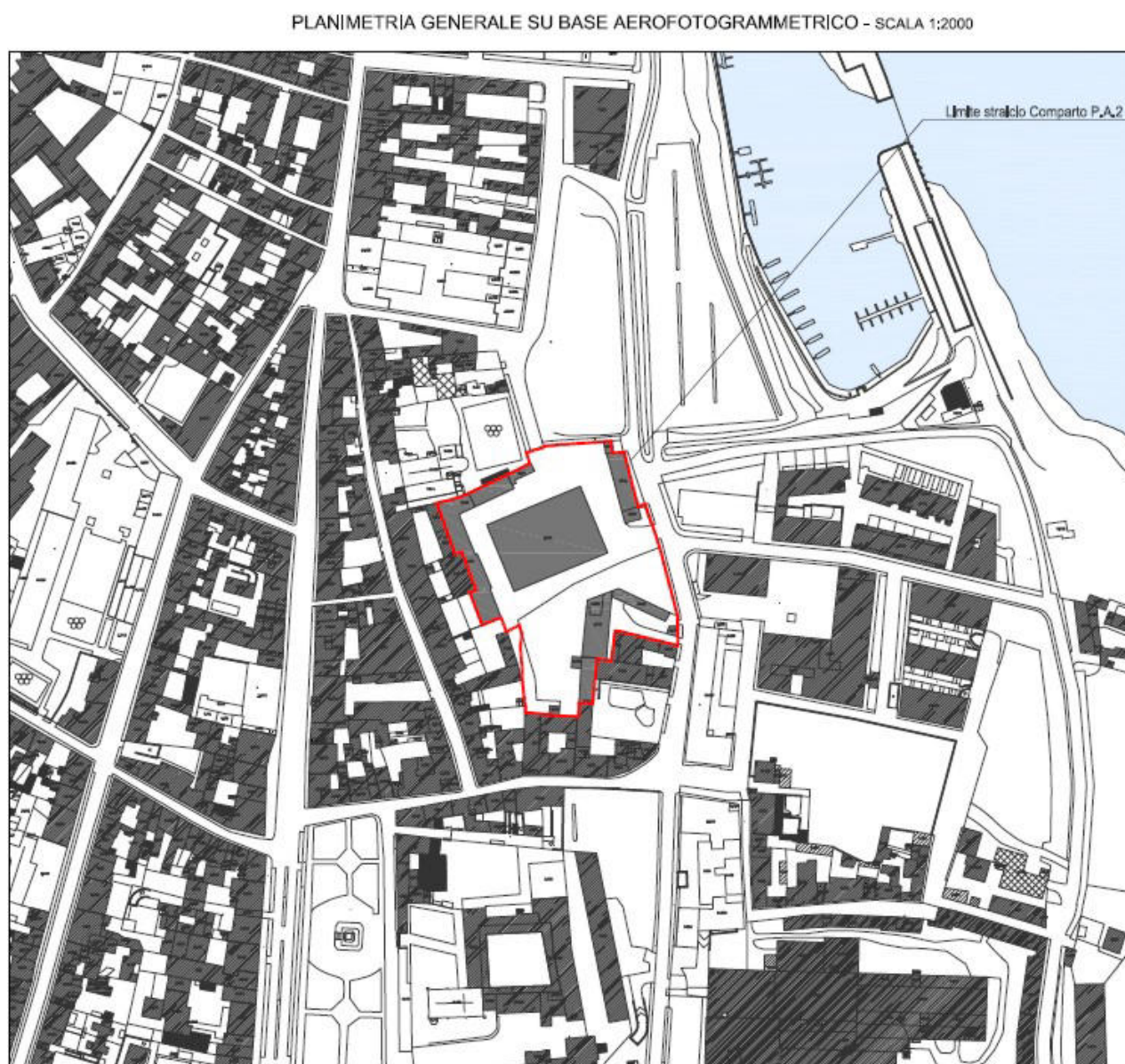


Figura 1: Planimetria su base aerofotogrammetrica con evidenziata l'area oggetto di intervento.



Figura 2: Vista da satellite con evidenziata l'area oggetto di intervento (Fonte: Google Earth).



Figura 3: Corografia su base cartografica C.T.R. (scala 1:10.000) con evidenziata l'area oggetto di intervento.



Foglio	Particella	Sub.	Proprietà
55	250	1	IMMOBILIARE PORTO CATENA corso Vittorio Emanuele I, n°21 - Mantova
55	251	1	
55	162		
55	168		
55	263	308	
55	247	2	
55	671		
55	238	1	

Figura 4: Mappa catastale con evidenziata l'area oggetto di intervento.

I.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

I principali aspetti geologici e geomorfologici dell'ambito territoriale in esame sono stati analizzati sulla base delle informazioni derivanti dalla cartografia geologica ufficiale (Fg. 62 "Mantova" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000), nonché dalle tavole cartografiche dello studio geologico-tecnico di supporto al P.G.T. comunale.

Come rappresentato nello stralcio di Figura 5, l'area in esame è caratterizzata dai depositi alluvionali di origine continentale appartenenti alla Formazione Geologica Olocenica denominata "Alluvium (a²)", costituiti prevalentemente da terreni sabbiosi e ghiaiosi.

Dall'analisi della Tav. 1.1 "Carta litologica e geomorfologica con elementi geopedologici" (scala 1:10.000) dello studio geologico-tecnico del P.G.T., di cui si riporta uno stralcio in Figura 6, emerge che il territorio in studio è caratterizzato da depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi (5sb), costituiti da sabbie medio-fini siliceo-calcaree, spesso ferrettizzate, con subordinata presenza di limo ed argilla.

L'ambito urbano, in cui ricade l'area di intervento, è caratterizzato in superficie per alcuni metri da materiali di riporto di natura antropica.

Comparto PA2 – Stralcio in Variante al P.G.T. – Pianificazione attuativa dell'area “ex Comated”.
Fiera Catena – Mantova_Relazione geologica e sismica

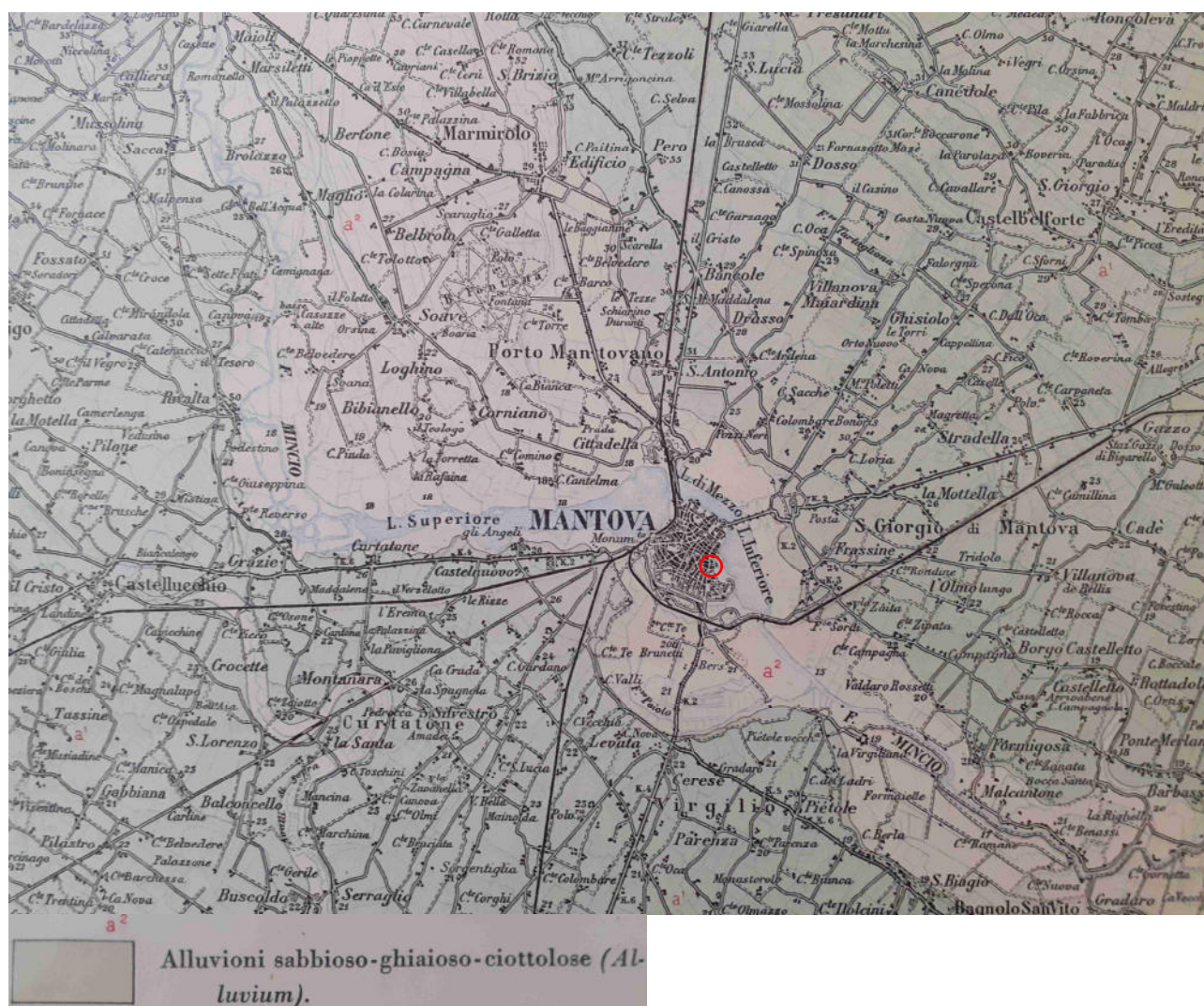


Figura 5: Stralcio del Fg. 62 “Mantova” della Carta Geologica d’Italia (scala 1:100.000) con indicazione dell’area oggetto di intervento.

Dott. Geol. Cristante Samanta

Strada Volta Monzambano, 54 C – 46049 VOLTA MANTOVANA (MN)

P.IVA 02301490203

Cell.: 338-2051831

e-mail: samantacristante@yahoo.it



LITOLOGIA DI SUPERFICIE	ELEMENTI GEOPEDOLOGICI
5gh Depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi	Suoli moderatamente profondi, limitati dal substrato ghiaioso e sabbioso incoerente e molto calcareo, a tessitura moderatamente grossolana, da subalcalini ad alcalini, calcarei e a drenaggio rapido. La falda è presente intorno al metro di profondità.
5sb Depositi prevalentemente sabbiosi	Suoli da molto sottili a profondi, limitati dal substrato sabbioso incoerente, a tessitura media o moderatamente fine, da subalcalini ad alcalini, calcarei e a drenaggio buono o moderatamente rapido. La falda è periodicamente presente all'interno del profilo.
5lm Depositi prevalentemente limosi	Suoli moderatamente profondi, limitati dal substrato limoso molto calcareo, a tessitura moderatamente fine e moderatamente calcarei in superficie, da moderatamente grossolani a medi e calcarei a media profondità, alcalini e a drenaggio da mediocre a buono.
5ag Depositi prevalentemente argillosi	Suoli da moderatamente profondi a profondi, a substrato limoso-argilloso molto compatto e calcareo, a tessitura fine, subalcalini o alcalini, calcarei e a drenaggio molto lento. La falda è presente intorno al metro di profondità e oscilla all'interno del profilo.
3trb Depositi prevalentemente torbosi	Suoli da sottili a moderatamente profondi, limitati da strati torbosi al di sotto dei quali, talvolta, si trovano orizzonti sabbiosi incoerenti, e dalla falda permanente; sono a tessitura media, subalcalini, da calcarei a molto calcarei, a drenaggio da impedito a molto lento.
5lcs Depositi paludosi	Suoli organici sottili, limitati dalla falda permanente e da strati torbosi, a reazione subacida, non calcarei e a drenaggio impedito.
Aree urbanizzate	

Figura 6: Stralcio dalla Tavola 1.1 “Carta litologica e geomorfologica con elementi geopedologici” (scala 1:10.000) dello studio geologico-tecnico del P.G.T. comunale.

I.3 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO

L'area oggetto di intervento si sviluppa ad una distanza minima di circa 240 metri ad ovest della sponda del Lago Inferiore e di circa 280 m a sud del Rio di Mantova, corso d'acqua pubblico appartenente al Reticolo Idrico Principale che scorre in ambito urbano, per alcuni tratti tombinato, collegando il Lago Superiore con il Lago Inferiore.

Nelle mappe di pericolosità e nelle mappe di rischio del “*Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)*”, predisposto dalla Regione Lombardia in attuazione della Direttiva 2007/60/CE “*Direttiva Alluvioni*” e del d.lgs. 49/2010 ed approvato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po, in cui sono contenute rispettivamente la delimitazione/classificazione delle aree allagabili e la classificazione del grado di rischio al quale sono soggetti gli elementi esposti, e che rappresentano un aggiornamento ed integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli elaborati del P.A.I., l'area in esame relativamente al reticolo principale di pianura (RP) è indicata come “*Area P1 (L nella cartografia) potenzialmente interessata da alluvioni rare*” (Figura 7) e come area a “*Rischio medio (R2)*” (Figura 8).



Figura 7: Stralcio della “Mappa di pericolosità (rev. 2022)” del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA).

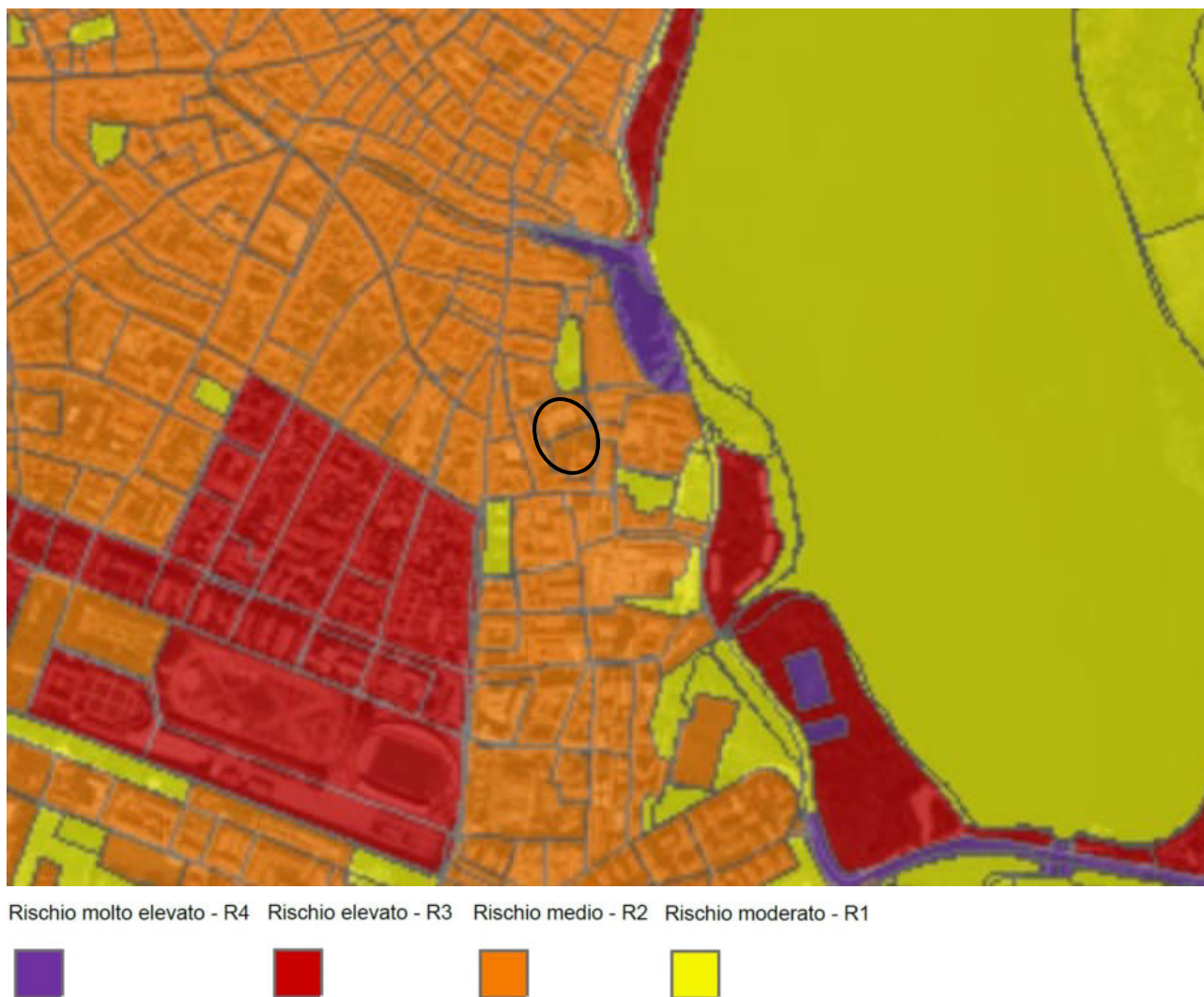


Figura 8: Stralcio della “*Mappa di rischio (rev. 2022)*” del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA).

* * *

L'assetto idrostratigrafico del sottosuolo è caratterizzato da una complessa successione di livelli acquiferi sabbiosi e ghiaiosi ad elevata permeabilità che si sviluppano in alternanza a livelli argillosi impermeabili di continuità laterale variabile per uno spessore complessivo dell'ordine di alcune centinaia di metri.

Direttamente al di sotto del piano campagna e fino a profondità variabili tra i 15 e i 20 m si rinviene un banco psammitico costituito nella parte alta da sabbie medie miste a ghiaia che verso il basso passano a sabbie fini, al cui interno è ospitata la prima falda di tipo freatico; localmente, data la presenza in prossimità della superficie topografica di depositi limosi e argillosi, la falda può essere di tipo semi-confinato.

Alla sua base, le stratigrafie analizzate evidenziano una fitta alternanza di livelli lutitici formati da argille grigie talora torbose e altri di sabbie fini limose.

Dott. Geol. Cristante Samanta

Strada Volta Monzambano, 54 C – 46049 VOLTA MANTOVANA (MN)

P.IVA 02301490203

Cell.: 338-2051831

e-mail: samantacristante@yahoo.it

Verso il basso, tra i 55 e i 64 m dal p.c., si trova il secondo orizzonte acquifero, contenuto all'interno di depositi sabbiosi medio-fini dello spessore di circa 18-20 m.

A profondità maggiori, sono stati individuati altri due orizzonti produttivi, posti rispettivamente in corrispondenza delle fasce di profondità 113-122 e 160-206 m.

Dalle informazioni pubblicate in letteratura, si può ritenere che almeno le prime due falde appartengano ad un acquifero monostrato a permeabilità variabile, la cui alimentazione avviene per infiltrazione delle acque meteoriche e d'irrigazione; sono inoltre certi interscambi con il subalveo del Mincio, comuni all'intera area urbana.

Numerosi studi hanno evidenziato come la falda freatica sia essenzialmente alimentata, ad Ovest, dal Lago Superiore, la cui quota è mediamente pari a 17,50 m s.l.m. e venga invece drenata ad Est dal Lago Inferiore, il cui livello si attesta intorno ai 14 m s.l.m..

Come rappresentato nella Tav. 4.1 "*Carta idrogeologica e della vulnerabilità*" (scala 1:10.000) dello studio geologico-tecnico del P.G.T., di cui si riporta uno stralcio in Figura 9, la superficie piezometrica ricostruita sulla base delle letture freaticometriche del luglio 2003 - che si ricorda essere stata una stagione estiva eccezionalmente siccitosa - presenta nel settore in esame un andamento variabile da NO-SE a SO-NE, risentendo dell'azione drenante del Lago Inferiore, con un gradiente idraulico medio dello 0,024%.

In corrispondenza dell'area in esame si stima una quota di falda di circa 13,80 m s.l.m., cui corrispondono valori di soggiacenza di circa 4,50 m.

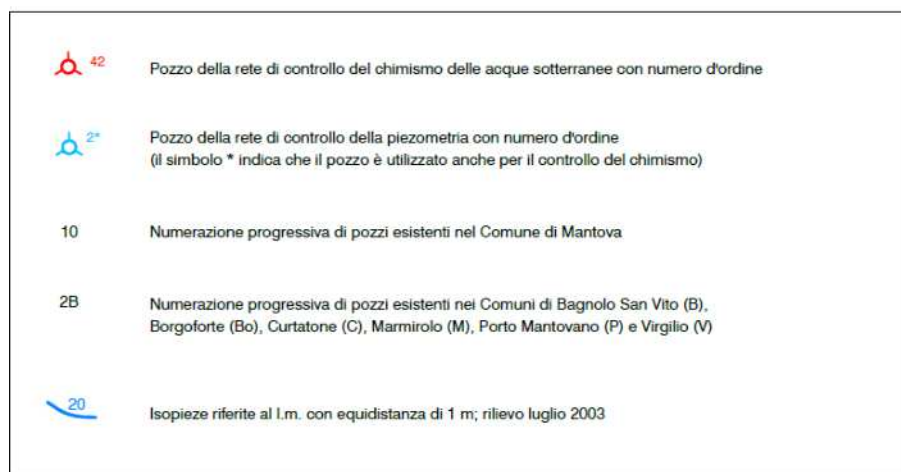
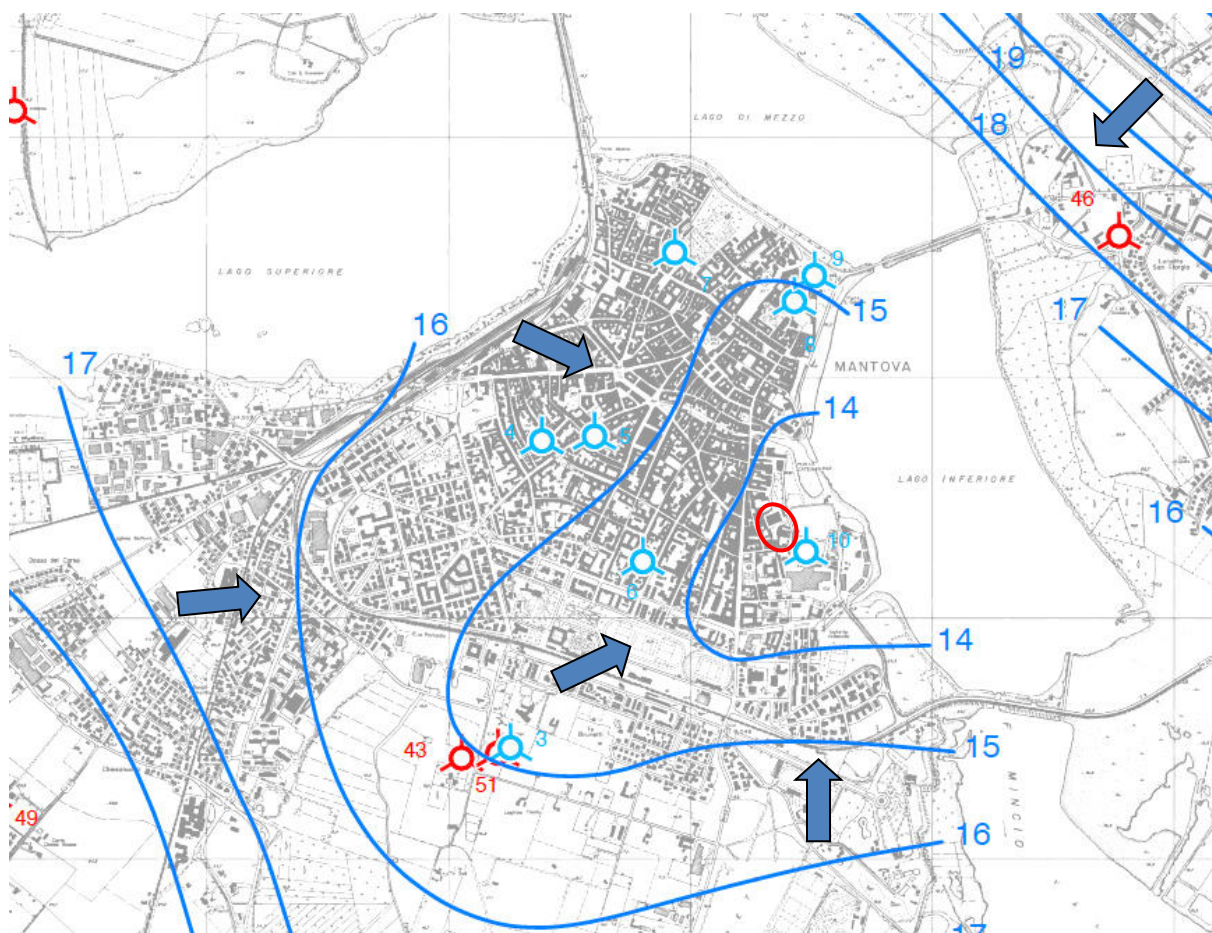


Figura 9: Stralcio della Tavola 4.1 “Carta idrogeologica e della vulnerabilità” (scala 1:10.000) dello studio geologico-tecnico del P.G.T. comunale.

I.4 VINCOLI GEOLOGICI E FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELL'AREA

Per verificare la presenza di vincoli geologici all'interno dell'area in esame sono stati consultati i piani di programmazione e pianificazione comunale, provinciale, regionale e sovraregionale.

Dall'analisi di tale documentazione e della relativa cartografia allegata emerge che l'area di intervento:

- ricade all'interno della fascia C (area di inondazione per piena catastrofica) del Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Po;
- ricade all'interno della fascia di rispetto paesaggistico dalle sponde del Lago Inferiore.

* * *

In riferimento alla fattibilità geologica, come rappresentato nella Tav. 6.3 "Carta della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano" (scala 1:5.000) dello studio geologico-tecnico del P.G.T., di cui si riporta uno stralcio in Figura 10, l'area in esame ricade in **Classe di Fattibilità Geologica 2b** (fattibilità con modeste limitazioni), che comprende aree con soggiacenza della falda freatica > 2,00 m da p.c..

L'area di intervento è stata inoltre inserita all'interno dello scenario sismico **PSLZ4a**, che caratterizza le zone con terreni potenzialmente soggetti a fenomeni di amplificazione litologica e geometrica del segnale sismico di base.

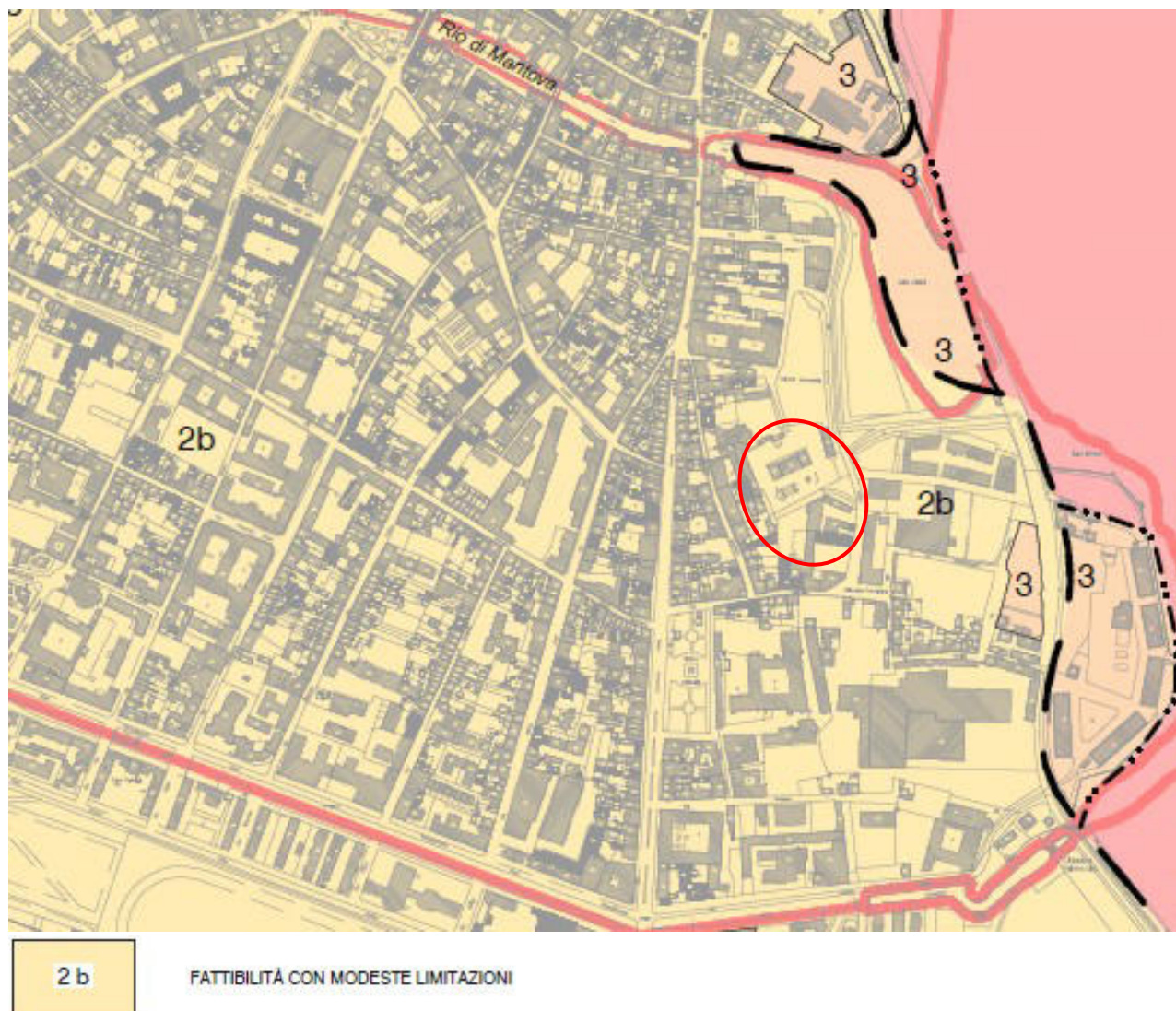


Figura 10: Stralcio della Tavola 6.3 "Carta della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano" (scala 1:5.000) dello studio geologico-tecnico del P.G.T. comunale.

PARTE II SISMICITÀ

II.1 L'ASSETTO TETTONICO DELLA PIANURA PADANA

L'attuale assetto tettonico della Pianura Padana (Figura 11) è determinato dalla storia geologica che ha prodotto i suoi due principali confini strutturali: le Alpi Meridionali che la delimitano a nord, l'Appennino Settentrionale che la delimita a sud. È all'interno di queste strutture tettoniche che si possono ricercare le sorgenti sismogenetiche, storicamente attive o potenziali, rilevanti per la pericolosità sismica della provincia di Lodi.

L'origine e la forma degli Appennini e delle Alpi Meridionali sono dovute alla convergenza tra le Placche Africana ed Europea che è in corso dal Cretaceo Superiore.

L'evoluzione tettonica degli Appennini Settentrionali è da collegarsi alla migrazione di età Neogenica della deformazione, da ovest ad est ed attraverso il dominio dell'Avampaese Adriatico, come conseguenza della subduzione in arretramento verso NO-O della litosfera della microplacca Adria.

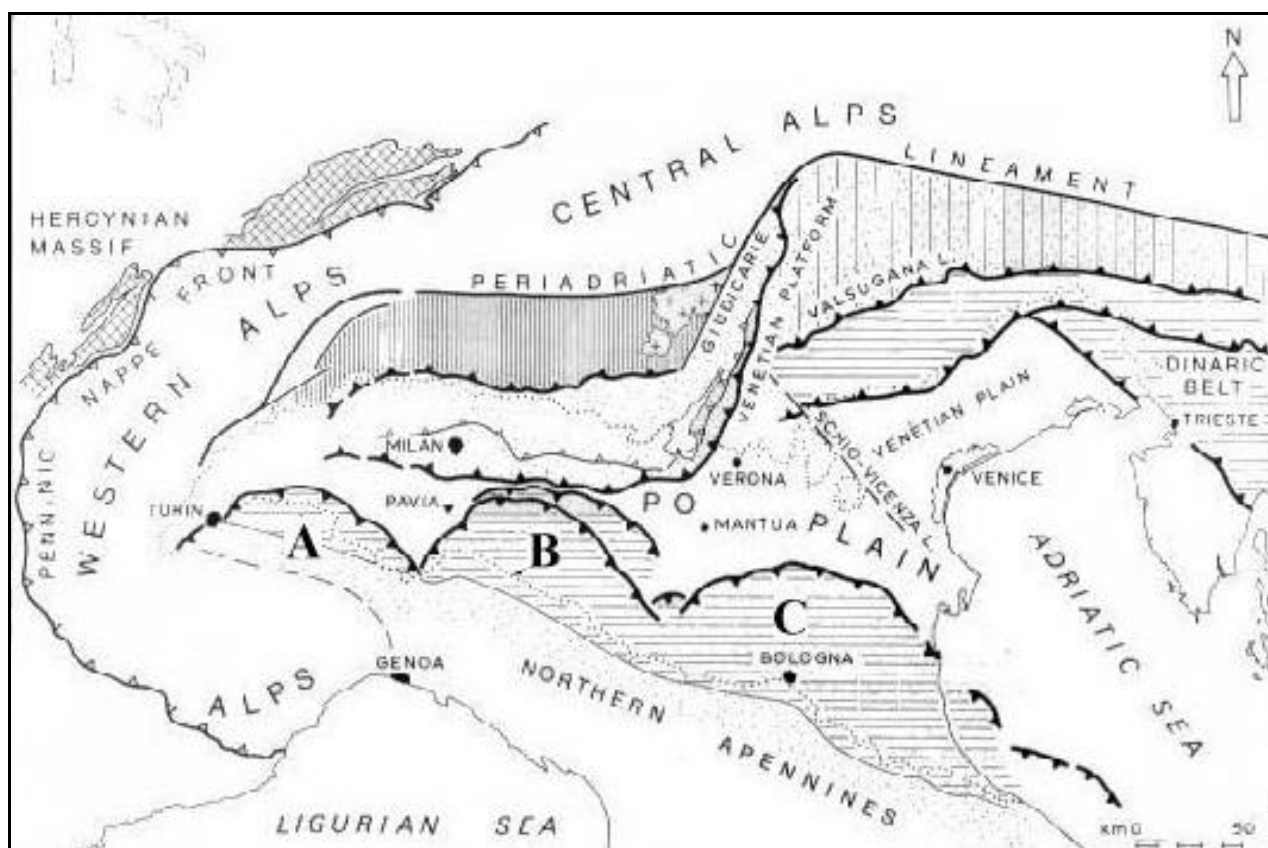


Figura 11: Mappa strutturale semplificata della Pianura Padana; si possono osservare i due principali Sistemi arcuati, Nordappenninico e Sudalpino, divisi dalla copertura Quaternaria indeformata, «A» Pieghe del Monferrato, «B» Pieghe Emiliane, «C» Pieghe Romagnole-Ferraresi.

I profili sismici effettuati nella Pianura Padana mostrano strutture tettoniche compressive al di sotto dei depositi sedimentari Pliocenici inferiori-Quaternari.

Fasi tettoniche compressive hanno prodotto queste pieghe asimmetriche e sovrascorrimenti, aventi direzione NE o NNE, queste strutture si sono sviluppate nella copertura sedimentaria terrigena e nelle sequenze carbonatiche mesozoiche.

In accordo con numerosi studi e come visibile nelle sezioni sismiche, gli attuali limiti orografici e strutturali degli Appennini Settentrionali non coincidono. Il fronte strutturale Nord Appenninico si estende infatti per più di 50 Km nella Pianura Padana al di sotto della copertura Quaternaria.

Come si può osservare, si identificano tre principali sistemi arcuati di sovrascorrimento, grossolanamente orientati E-O, partendo da occidente:

1) *Sistema di Pieghe Arcuate del Monferrato (A)*, è il più interno ed occidentale, esso segna l'ultima fase orogenetica tardo Pliocenica.

2) *Sistema di Pieghe Arcuate Emiliane (B)*, rappresentano il sistema centrale di sovrascorrimenti arcuati più prossimo all'Omoclinale Alpina e ampiamente collidente con il contrapposto, antico e sepolto, Fronte Sudalpino. L'ultima e più importante fase che ha interessato questo sistema arcuato si è attuata dal tardo Pliocene.

3) *Sistema di Pieghe Romagnole-Ferraresi (C)*, costituiscono il più orientale e complesso tra i sistemi di archi ed anche il più complesso tra i maggiori allineamenti della Pianura Padana. Le «Pieghe Romagnole», le strutture più interne dell'arco, sono caratterizzate da una disarmonia strutturale delle formazioni clastiche Terziarie rispetto alle formazioni carbonatiche Mesozoiche.

I tre sistemi arcuati della Pianura Padana meridionale sono tutti di età Neogenica (Miocene superiore-Pliocene superiore) e sono grossolanamente concentrici ai più antichi ed interni Archi Appenninici generati dal sovrascorrimento degli Appennini Settentrionali sull'avanfossa Padana.

La complessità di queste strutture arcuate può essere messa in relazione alla maggiore rigidità delle due porzioni crostali, «blocchi», ubicate al di sotto di Mantova e Pavia. Ogni blocco ha impedito la propagazione laterale delle superfici di scollamento determinando la formazione delle strutture arcuate (Figura 12).

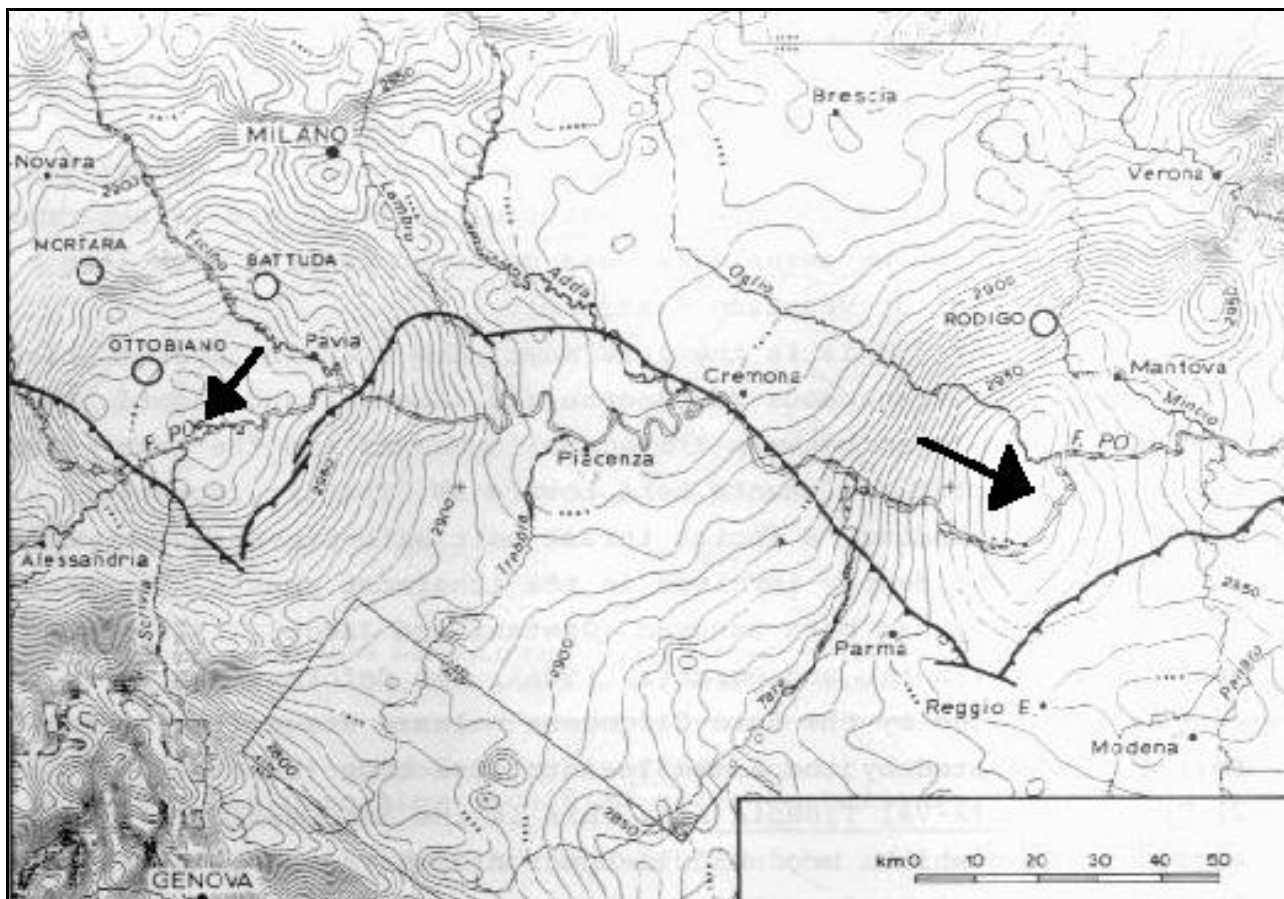


Figura 12: Profilo degli archi sepolti al di sotto della Pianura Padana centrale rapportato ai valori delle anomalie aereomagnetiche. Le due maggiori anomalie positive (freccie) approssimano bene il Mantova e Pavia Blocks.

II.2 INQUADRAMENTO SISMICO E PERICOLOSITÀ SISMICA

Il territorio comunale di Mantova (MN), in seguito all'O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274 ed alla d.g.r. 14964/03 della Regione Lombardia, è stato classificato in Zona Sismica 4.

Successivamente, l'O.P.C.M. 3519/2006 ha stabilito che la nuova suddivisione in zone sismiche da parte della Regione Lombardia deve avere come riferimento una nuova mappa di pericolosità sismica, allegata all'O.P.C.M., nella quale vengono espressi i valori di accelerazione sismica di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, risultato di valutazioni relative alla pericolosità sismica che hanno avuto come riferimento la zonazione sismogenetica ZS9, realizzata per tutto il territorio nazionale dall'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Gruppo di lavoro MPS 2004).

In accordo con le disposizioni normative nazionali e coerentemente con la mappa di pericolosità sismica, la Giunta Regionale ha approvato, con d.g.r. 11 luglio 2014 n. X/2129, l'aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia, entrato ufficialmente in vigore dal 10 aprile 2016.

Dott. Geol. Cristante Samanta

Strada Volta Monzambano, 54 C – 46049 VOLTA MANTOVANA (MN)

P.IVA 02301490203

Cell.: 338-2051831

e-mail: samantacristante@yahoo.it

Pertanto a seguito di tale aggiornamento in territorio comunale, riclassificato in **Zona Sismica 3**, dovrà essere adottato un regime normativo più restrittivo e maggiormente attento alla componente sismica sia a livello di pianificazione che di progettazione degli interventi.

II.3 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Allo stato attuale il concetto di zonazione sismica è stato totalmente superato, sostituito da un approccio di tipo quantitativo–probabilistico ed interpolatorio–deterministico che ha portato alla definizione ed alla realizzazione di un reticolo di riferimento su tutto il territorio nazionale, risultato di valutazioni relative alla pericolosità sismica che hanno avuto come riferimento la zonazione sismogenetica ZS9.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto di un sito specifico, è necessario valutare l'influenza delle condizioni geologiche e geomorfologiche della zona (condizioni locali) sulla pericolosità sismica di base, valutando sia gli **effetti di amplificazione** che può subire il moto sismico di riferimento che gli **effetti di instabilità** cui sono sottoposti i terreni di fondazione se sottoposti ad una sollecitazione sismica.

Come riportato in precedenza, la pericolosità sismica di base, che presenta una discreta variabilità anche all'interno di uno stesso territorio, è definita attraverso il valore dell'accelerazione sismica orizzontale massima del suolo ag su suolo rigido orizzontale in condizioni di campo libero (free field, assenza di manufatti) nonché in termini di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, ed è funzione dei parametri sismici (ag , F_0 , T_c^*), che per ciascuna delle probabilità di superamento P_vR nel periodo di riferimento VR (espresso in anni) definiscono le forme spettrali dell'azione sismica di progetto.

L'amplificazione dell'azione sismica di base è legata alle condizioni topografiche e stratigrafiche di uno specifico sito, in relazione ai potenziali effetti di riflessione multipla, risonanza e doppia risonanza delle onde sismiche, che tendono ad amplificare localmente le azioni sismiche trasmesse dal terreno (effetti di sito).

Si rende pertanto necessaria la valutazione della **"risposta sismica locale"** del sito di intervento, al fine di determinare l'azione sismica di progetto, a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite dall'azione sismica di base trasmettendosi dal substrato rigido sino alla superficie topografica.

Nel caso in esame, essendo l'area di intervento pianeggiante, non devono essere considerati gli effetti di amplificazione topografica; l'area di progetto appartiene difatti alla **categoria topografica T1**, alla quale corrisponde un coefficiente topografico $ST=1,0$ (assenza di amplificazione topografica), come riportato nelle NTC18 (Tab. 3.2.V).

La risposta sismica locale del sito di costruzione è pertanto legata esclusivamente agli effetti di amplificazione stratigrafica del segnale sismico di riferimento.

Come previsto nelle NTC18 (par. 3.2.2), la valutazione dell'amplificazione stratigrafica necessaria alla definizione dell'azione sismica di progetto, in alternativa a specifiche analisi di risposta sismica locale può essere effettuata con riferimento alle **categorie di sottosuolo** (approccio semplificato), la cui individuazione si basa sui valori della velocità di propagazione delle onde di taglio **V_s**.

Per depositi con profondità del substrato (formazione costituita da roccia o terreno molto rigido caratterizzata da $V_s \geq 800$ m/s) superiore a 30 m dal piano di imposta delle fondazioni superficiali o dalla testa dei pali la velocità equivalente $V_{s,eq}$ delle onde di taglio è definita dal parametro **V_{s30}**.

Ai fini della determinazione del valore della **V_{s30}**, necessario per la definizione della categoria di sottosuolo dell'area in esame, è stata realizzata un'indagine sismica condotta con metodo "**MASW**" (Multichannel Analysis of Surface Waves), tecnica "attiva" non invasiva basata sulla misura delle onde superficiali (onde di Rayleigh), localizzata come rappresentato in All. 1.

La prova è stata eseguita utilizzando un sismografo multicanale ad incrementi di segnale della P.A.S.I. mod. GEA24 a 24 canali, con le seguenti specifiche tecniche:

-Canali:	24
-Formato dati:	SEG-2 (.dat),
-Tempi campionamento:	6000 ms
-Filtri digitali:	Passa alto (25÷400 Hz) Passa Basso (100÷250 Hz) Notch (50÷180 Hz)
-Attivazione filtri:	manualmente
-Trigger:	inibizione impulsi dovuti a rimbalzi

Per le possibilità operative presenti nel sito di intervento, la Base MASW, comprensiva del punto di shot, è stata improntata con la geometria sotto indicata:

Numero geofoni a 4,5 Hz:	12
Spaziatura geofoni:	da 1,0 a 5,0 m
Lunghezza stendimento geofonico:	28,0 m
Energizzazione:	4,0 m
Lunghezza complessiva:	32,0 m

I dati acquisiti dai rilievi in sito sono stati quindi elaborati sulla taratura dei profili di resistenza delle prove penetrometriche CPT realizzate ed è quindi stato possibile ricostruire un modello V_s /profondità attendibile.

I risultati dell'indagine sismica MASW realizzata sono riportati in All. 2.

I dati sismici acquisiti ed elaborati hanno consentito di determinare il profilo di velocità delle onde "S" fino oltre 30 m di profondità e di ottenere un valore di V_{s30} da p.c. pari a **$V_{s30}=207$ m/s**, tale da permettere di assegnare i terreni analizzati ad una **categoria di sottosuolo C**, alla quale appartengono depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

* * *

Al fine di valutare la frequenza di vibrazione fondamentale dei terreni dell'area di intervento è stata realizzata **n. 1 prova H/V – metodo dei rapporti spettrali a stazione singola HVSR** (metodo Nakamura), localizzata come rappresentato in All. 1.

Tale metodo si basa sulla misura del microtremore naturale del suolo, il quale agendo da oscillatore naturale permette, tramite adeguata strumentazione, la misura diretta delle frequenze di vibrazione dei terreni e dei manufatti.

La tecnica utilizzata, proposta da Nakamura per lo studio delle amplificazioni di sito assume che i microtremori consistano principalmente di onde di Rayleigh che si propagano in un singolo strato sofficie su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito.

La prova HVSR è stata effettuata mediante tromografo digitale "TROMINO" (Micromed S.r.l.), che racchiude al suo interno 3 terne (due di velocimetri ed una di accelerometri) di sensori ortogonali tra loro con possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0,1 e 256 Hz; è stata acquisita n. 1 registrazione di lunghezza pari a circa 33 minuti con campionamento a 128 Hz orientando la componente y dello strumento secondo il nord geografico.

Per l'elaborazione dei dati sismici è stato utilizzato il software "GRILLA" (Micromed S.r.l.), che consente di effettuare:

- Analisi spettrale completa delle tracce e calcolo delle curve H/V per la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo.
- Procedure di pulizia delle tracce nel dominio del tempo e delle frequenze.
- Test sulla significatività dei picchi secondo le linee guida europee (Criteri Sesame).
- Determinazione delle frequenze dei modi di vibrare delle strutture con rimozione dell'effetto di sottosuolo.
- Creazione di un report automatico con tabelle e illustrazioni.

Il risultato dell'elaborazione è rappresentato da una "*curva di ellitticità*" che rappresenta il **rapporto spettrale H/V** tra il segnale delle componenti orizzontali ed il segnale della componente verticale; l'analisi dell'andamento dello spettro medio e delle corrispondenti curve di confidenza (deviazione standard) nell'intervallo di frequenze di interesse permette di individuare in modo

diretto la frequenza di risonanza f_0 del sito indagato, corrispondente nel grafico al picco massimo del rapporto H/V cui è associato il massimo valore di amplificazione stratigrafica dovuta ad un contrasto di impedenza sismica (prodotto tra densità e velocità dell'onda sismica nel mezzo) tra strati (unità sismiche) differenti.

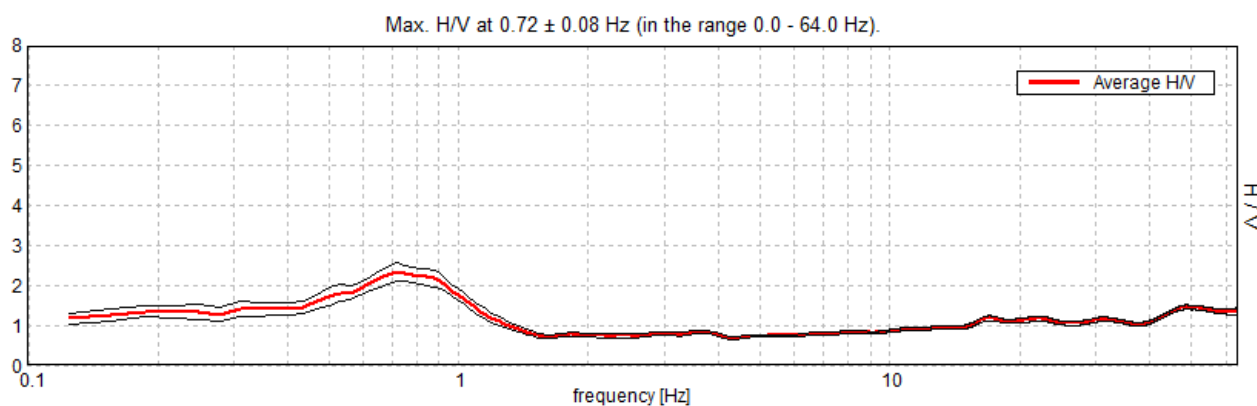
In All. 3 sono riportati i grafici ed i tabulati dell'indagine sismica HVSR realizzata, rappresentati da: parametri e risultati della registrazione, grafico dello spettro medio del rapporto spettrale H/V e delle relative curve di confidenza, serie temporale del rapporto spettrale H/V risultante dalla pulizia del segnale nel dominio delle frequenze, grafico di direzionalità del rapporto spettrale H/V, grafico degli spettri delle singole componenti del moto (V, NS, EW) e verifica dei criteri SESAME.

Le linee guida del progetto di ricerca europeo SESAME (2004) stabiliscono una serie di criteri (essenzialmente di tipo statistico) per la valutazione della significatività dei risultati dell'indagine sismica HVSR realizzata e del grafico del rapporto spettrale H/V ottenuto.

I primi 3 criteri riguardano l'affidabilità statistica della curva H/V ottenuta e la correttezza delle finestre temporali scelte per l'elaborazione.

I restanti 6 criteri riguardano la chiarezza del picco massimo del rapporto H/V, sia rispetto alle frequenze circostanti che alla sua stabilità nei rapporti H/V delle singole finestre.

Si riporta di seguito il rapporto spettrale H/V ottenuto dall'indagine sismica HVSR realizzata.



Prova HVSR – Rapporto Spettrale H/V – Spettro medio e relativa deviazione standard

Analizzando i risultati ottenuti si evince che la frequenza fondamentale (di risonanza) del sito presenta un valore pari a **$f_0=0,72$ Hz** +/- una deviazione standard; il corrispondente periodo di oscillazione presenta un valore pari a **$T=1,39$ s**.

Tale amplificazione sismica, alla quale corrisponde un valore del rapporto **$H/V=2,34$** , è associata ad un contrasto di impedenza sismica profondo, al passaggio tra unità sismiche differenti.

II.4 VERIFICA DELLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

In riferimento agli **effetti di instabilità** cui sono sottoposti i terreni di fondazione se sottoposti ad una sollecitazione sismica, come da indicazioni delle NTC18 è stata valutata la stabilità del sito di costruzione nei confronti della **liquefazione**, fenomeno associato alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, in seguito ad un significativo aumento istantaneo della pressione interstiziale dell'acqua presente nei vuoti intergranulari, che determina una fluidificazione del materiale con conseguenti potenziali effetti di instabilità nei confronti delle strutture di fondazione e delle strutture in elevazione.

Per condurre a liquefazione un terreno suscettibile al fenomeno è necessaria non solo l'occorrenza di un forte sisma, sia in termini di magnitudo che durata, ma anche di particolari condizioni litostratigrafiche, idrogeologiche e geomeccaniche dei terreni di fondazione.

Per la definizione del sisma di progetto si ritiene opportuno adottare in via cautelativa il valore di magnitudo **M_w=6,60** corrispondente alla zona sismogenetica più prossima all'area di intervento, la **ZS906** (Garda – Veronese), come da tabella 2.8-1 degli "Indirizzi e criteri di Microzonazione Sismica (ICMS)" di seguito riportata.

Tabella 2.8-1 – Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Tra i vari metodi di verifica alla liquefazione riportati in letteratura, nel presente studio è stato utilizzato il metodo semplificato di Robertson (1998), basato sul calcolo di un fattore di sicurezza **F_s** dato dal rapporto tra la resistenza al taglio mobilitante R caratteristica del materiale (**CRR** – Cyclic Resistance Ratio), ossia il suo stato di deformazione critica, e lo sforzo di taglio T indotto dall'azione sismica (**CSR** – Cyclic Stress Ratio):

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

dove MSF è un fattore di scala funzione della magnitudo dei terremoti attesi.

Si considera come valore discriminante $F_s=1,00$, tale per cui un terreno risulterà suscettibile al fenomeno della liquefazione nel caso in cui: **$F_s \leq 1,00$ materiale liquefacibile**

Mediante l'adozione di un programma dedicato (LiqIT – Geologismiki), utilizzando i risultati della prova penetrometrica statica **CPT3** e considerando in via cautelativa un valore di soggiacenza della falda freatica pari a 2 m da p.c., sono stati ottenuti i diagrammi riportati in All. 4.

È stato calcolato inoltre il valore del potenziale di liquefazione (**PL**) o indice di liquefazione (**IL**), definito dalla relazione di Iwasaki et al. (1978):

$$PL = \sum_{i=1}^n F(z)W(z)dz$$

dove:

n	numero degli intervalli di calcolo di Fs lungo la verticale
z	profondità di calcolo (max 20 m)
F(z)	F(z) = 0 per Fs > 1; F(z) = 1 – Fs per Fs ≤ 1
W(z)	W(z) = 10 – 0,5z
dz	spessore dell'intervallo di calcolo

Il valore ottenuto, pari a **IL=0,00**, in base alle classi di rischio riportate nella seguente legenda permette di definire un **rischio di liquefazione nullo**.

Overall potential I_L : 0.00

I_L = 0.00 - No liquefaction
I_L between 0.00 and 5 - Liquefaction not probable
I_L between 5 and 15 - Liquefaction probable
I_L > 15 - Liquefaction certain

PARTE III CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA

III.1 PROVE PENETROMETRICHE

Al fine di caratterizzare dal punto di vista litostratigrafico, geologico-tecnico ed idrogeologico i terreni di fondazione dell'area in esame sono state realizzate per conto della scrivente dal Dott. Geol. Leonardo Calzolari n. 4 prove penetrometriche statiche C.P.T., localizzate come rappresentato in All. 1.

La prova penetrometrica statica con punta meccanica consiste nell'infiggere verticalmente a pressione nel terreno, tramite un martinetto idraulico, una punta conica standardizzata prolungabile con l'aggiunta di successive aste, misurando ogni 20 cm lo sforzo necessario per la penetrazione della punta e per l'adesione terreno-acciaio del manicotto laterale posto sopra la punta; i risultati ottenuti vengono utilizzati, attraverso varie correlazioni semiempiriche di letteratura, per stimare le caratteristiche litologiche e le proprietà geotecniche dei terreni indagati.

Le caratteristiche del penetrometro utilizzato per la realizzazione delle indagini penetrometriche, i diagrammi, i tabulati e le elaborazioni delle prove, con le relative legende descrittive, sono riportate in All. 5.

III.2 DEFINIZIONE DEI MODELLI GEOLOGICI DEL SITO

In base ai risultati delle indagini penetrometriche realizzate, utilizzando le correlazioni tratte dalla letteratura geotecnica (All. 5) sono stati determinati i principali parametri geotecnici rappresentativi dei livelli litologici individuati in corrispondenza di ciascuna prova, suddivisi in **Unità Geotecniche** a comportamento geomeccanico omogeneo, i cui valori medi sono riportati nelle seguenti tabelle.

PROVA PENETROMETRICA CPT1					
Litologia prevalente (stimata)	Profondità da p.c. [m]		φ'_m [°]	C _{um} [Kg/cm ²]	Unità geotecnica
	da	a			
Limi e limi argillosi	0,00	2,80	27°	0,70	A
Limi sabbiosi e sabbie limose	2,80	5,60	31°	/	B
Sabbie compatte	5,60	8,40	37°	/	C
Limi, limi argillosi e limi sabbiosi	8,40	12,00	28°	0,80	D
Sabbie compatte	12,00	12,80	37°	/	E

Dott. Geol. Cristante Samanta

Strada Volta Monzambano, 54 C – 46049 VOLTA MANTOVANA (MN)

P.IVA 02301490203

Cell.: 338-2051831

e-mail: samantacristante@yahoo.it

PROVA PENETROMETRICA CPT2					
Litologia prevalente (stimata)	Profondità da p.c. [m]		φ'_m [°]	Cu _m [Kg/cm ²]	Unità geotecnica
	da	a			
Limi, limi argillosi e limi sabbiosi	0,00	2,60	28°	0,85	A
Limi sabbiosi e sabbie limose con lente argilloso limosa	2,60	4,80	31°	0,85	B
Sabbie limose	4,80	6,00	33°	/	C
Limi sabbiosi e limi argillosi	6,00	10,00	30°	0,80	D
Sabbie e sabbie limose	10,00	14,40	34°	/	E

PROVA PENETROMETRICA CPT3					
Litologia prevalente (stimata)	Profondità da p.c. [m]		φ'_m [°]	Cu _m [Kg/cm ²]	Unità geotecnica
	da	a			
Limi, limi argillosi e limi sabbiosi	0,00	5,20	28°	0,70	A
Sabbie limose	5,20	9,00	33°	/	B
Sabbie e sabbie limose	9,00	14,60	36°	/	C

PROVA PENETROMETRICA CPT4					
Litologia prevalente (stimata)	Profondità da p.c. [m]		φ'_m [°]	Cu _m [Kg/cm ²]	Unità geotecnica
	da	a			
Materiale di riporto	0,00	1,00	32°	/	/
Limi e limi argillosi	1,00	4,60	27°	0,70	A
Limi sabbiosi e sabbie limose	4,60	6,40	31°	/	B
Sabbie compatte	6,40	9,80	37°	/	C
Limi, limi argillosi e limi sabbiosi	9,80	11,80	28°	0,80	D
Sabbie compatte	11,80	14,60	37°	/	E

Dott. Geol. Cristante Samanta

Strada Volta Monzambano, 54 C – 46049 VOLTA MANTOVANA (MN)

P.IVA 02301490203

Cell.: 338-2051831

e-mail: samantacristante@yahoo.it

Dove:

φ'_m	Valore <u>medio</u> dell'angolo di attrito interno dei terreni (di natura incoerente)
Cu_m	Valore <u>medio</u> della coesione non drenata dei terreni (di natura coesiva)

La soggiacenza della falda freatica è stata rilevata alla profondità di circa **m. 3,80** da p.c.,
valore soggetto ad oscillazioni stagionali.

PARTE V CONCLUSIONI

La presente relazione geologica e sismica è stata redatta, dietro incarico della Committenza, a supporto della Pianificazione attuativa dell'area "ex Comated" (Piano Attuativo PA2), sita in Via Jacopo Daino in Comune di Mantova (MN).

L'analisi degli aspetti geologici e geomorfologici ha permesso di escludere la presenza di elementi di pericolosità.

L'analisi degli aspetti idrografici ed idraulici ha permesso di individuare un potenziale rischio di alluvione, evento definito raro nel PGRA.

L'analisi degli aspetti idrogeologici ha permesso di definire la presenza di una falda freatica superficiale con valori di soggiacenza generalmente inferiori a m 5,00 da p.c..

L'analisi degli aspetti vincolistici ha permesso di verificare che l'ambito di intervento ricade all'interno della Fascia C (area di inondazione per piena catastrofica) del P.A.I. e della fascia di rispetto paesaggistico dalle sponde del Lago Inferiore, pertanto dovrà essere rispettata la relativa normativa vigente in materia.

L'analisi degli aspetti sismici ha fornito un inquadramento sismico del territorio comunale, approfondendo gli aspetti relativi alla pericolosità sismica del sito di intervento, ovvero gli effetti di amplificazione stratigrafica (sulla base dei risultati di indagini sismiche MASW, HVSR) e gli effetti di instabilità (liquefazione dei terreni); si consiglia l'utilizzo in fase di progettazione dello spettro previsto per la **categoria di sottosuolo C**.

Sulla base dei risultati ottenuti mediante n. 4 prove penetrometriche statiche C.P.T. con punta meccanica sono stati definiti n. 4 modelli geologici di riferimento del sito, caratterizzati da alternanze di Unità Geotecniche di natura incoerente e coesiva, delle quali sono stati riportati i principali parametri geotecnici medi.

Si rimanda alla progettazione definitiva per la realizzazione di indagini geognostiche integrative in corrispondenza dell'impronta planimetrica degli edifici in progetto, finalizzate alla definizione del modello geotecnico del sottosuolo ed alle verifiche geotecniche di sicurezza a supporto della progettazione di ciascuna opera, così come disposto dalle NTC18.

Volta Mantovana, 31 maggio 2023



Il Tecnico

Dott. Geol. Cristante Samanta

Dott. Geol. Cristante Samanta

Strada Volta Monzambano, 54 C – 46049 VOLTA MANTOVANA (MN)

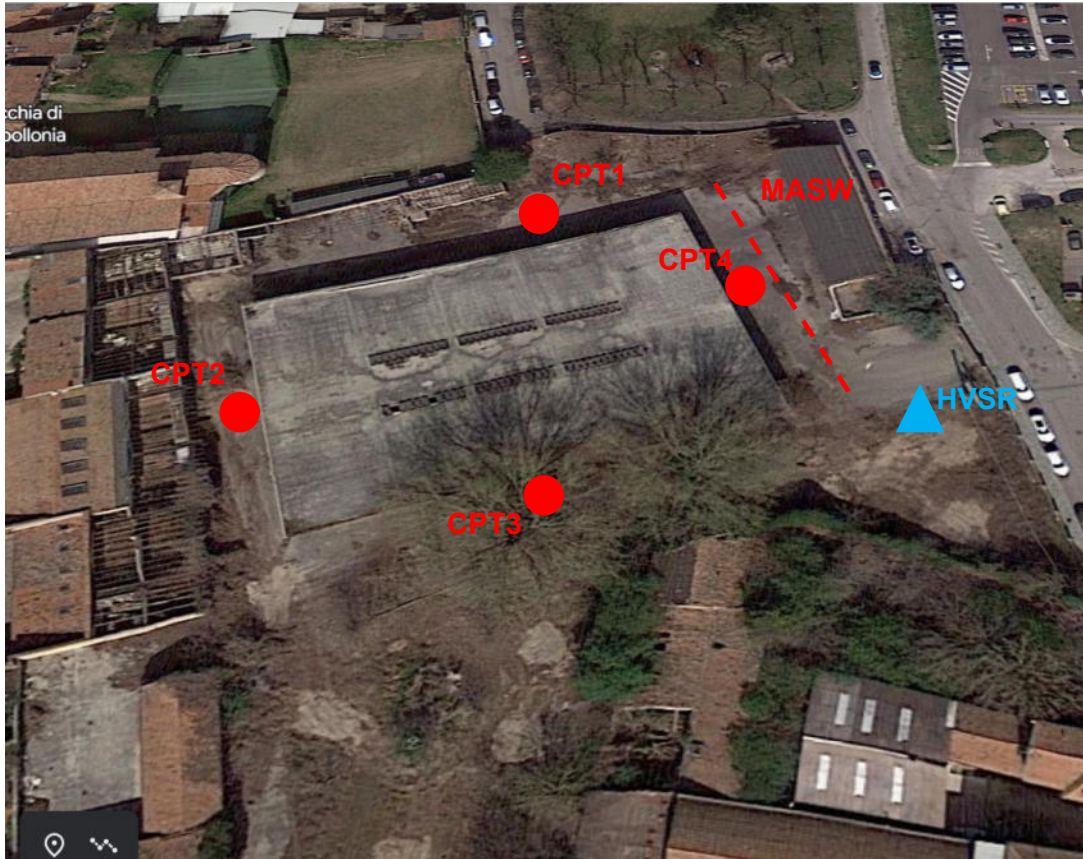
P.IVA 02301490203

Cell.: 338-2051831

e-mail: samantacristante@yahoo.it

ALLEGATI

ALLEGATO 1
UBICAZIONE INDAGINI PENETROMETRICHE E SISMICHE



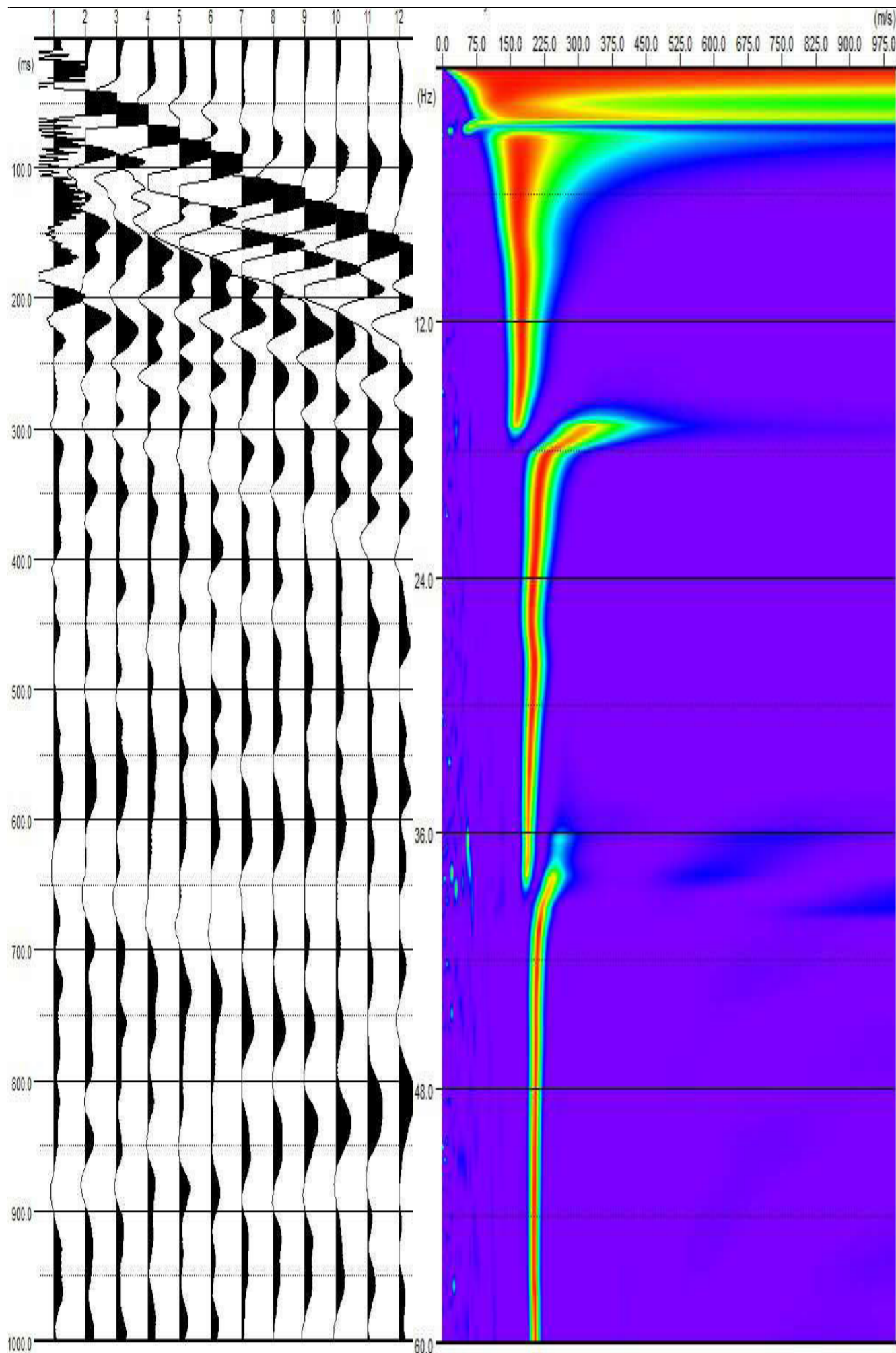
Ubicazione indagini geognostiche

● **CPT1** Prove penetrometriche statiche

▲ **HVSR** Prova H/V

- - - **MASW** Indagine sismica MASW

ALLEGATO 2
GRAFICI E TABULATI INDAGINE SISMICA MASW



V_{Seq} calcolata in base al art. 3.2.2. del NTC-18

V_S 0 / 30.0 = 207 m/sec

Prof. posa fondazione in m da pc= 0.0

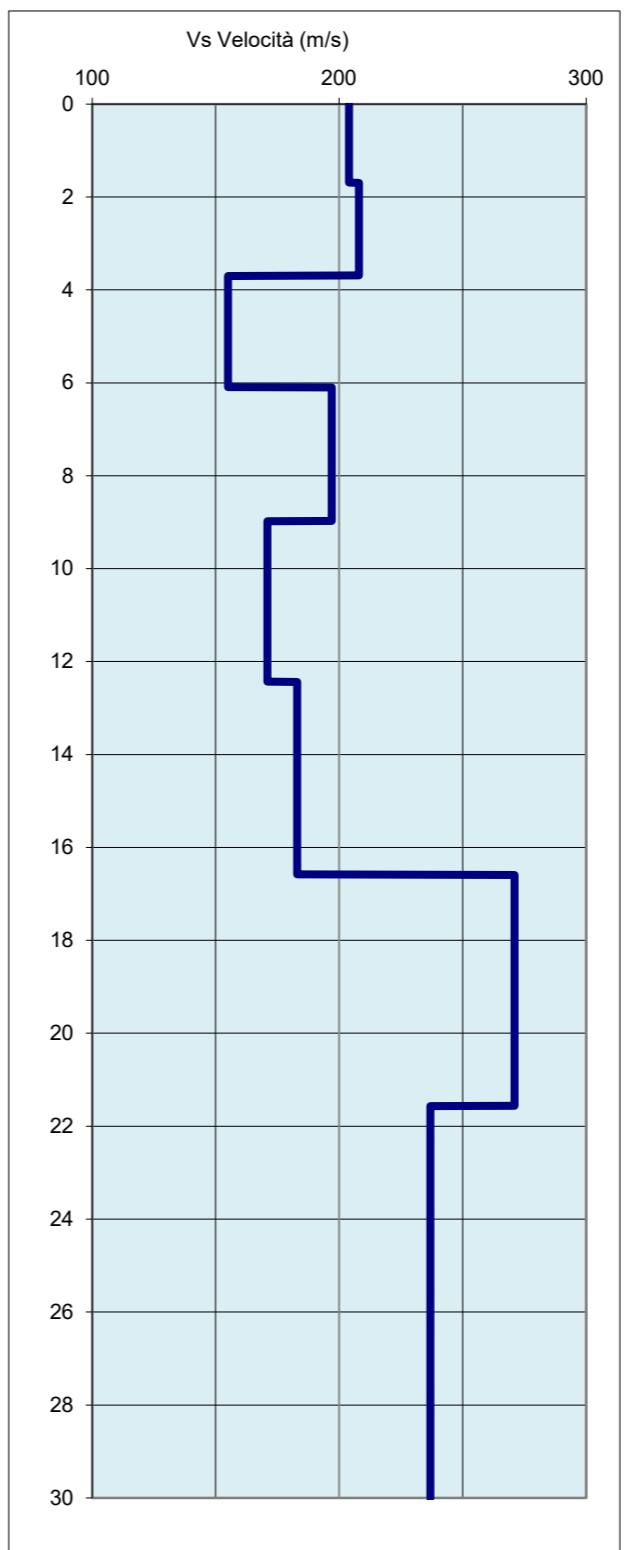


Grafico velocità/profondità onde di taglio Vs

Risultati elaborazione

Strato	Profondità da	Spessore a	Vel m/sec
1	0.00	1.69	204
2	1.69	3.69	208
3	3.69	6.09	155
4	6.09	8.97	197
5	8.97	12.43	171
6	12.43	16.58	183
7	16.58	21.56	271
8	21.56	30.00	237

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

velocità calcolata tra p.c. e H = m 30

Si ricorda che in base all' art 3.2.2 del DM 17 gennaio 2018 la Vseq di progetto è riferita al piano di imposta delle fondazioni superficiali o alla testa dei pali in caso di fondazioni profonde od opere di sostegno di terreni naturali.

Geometria indagine

Sismografo	PASI GEA24
Geofoni	Geospace
N° geofoni a 4,5Hz	12
Spaziatura geofoni	da 1,0 a 5,0 m
Lunghezza stendimento geofonico	28.0 m
Energizzazione	4.0 m
Lunghezza totale stendimento	32.0 m

**PROSPEZIONE SISMICA DI SUPERFICIE
METODOLOGIA MASW**

COMMITTENTE:

LOCALITÀ:
Via J. Daino 13
Mantova (MN)

CANTIERE:
Piano Urbanistico Attuativo

DATA: 22.05.23	G.S.C. Indagini Geognostiche Via Carpi, 21 San Martino in Rio (RE) tel. 333.42.73.452 gsc.inge@gmail.com
FILE: masw_ANCONETTA	
Dir. Lavori: Dr. Cristante Samanta	
Rif. 41_23	

ALLEGATO 3
GRAFICI E TABULATI INDAGINE SISMICA HVSR

MANTOVA (MN), VIA J. DAINO 13

Instrument: TRZ-0171/01-12

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 22/05/23 15:09:01 End recording: 22/05/23 15:41:49

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h32'48". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

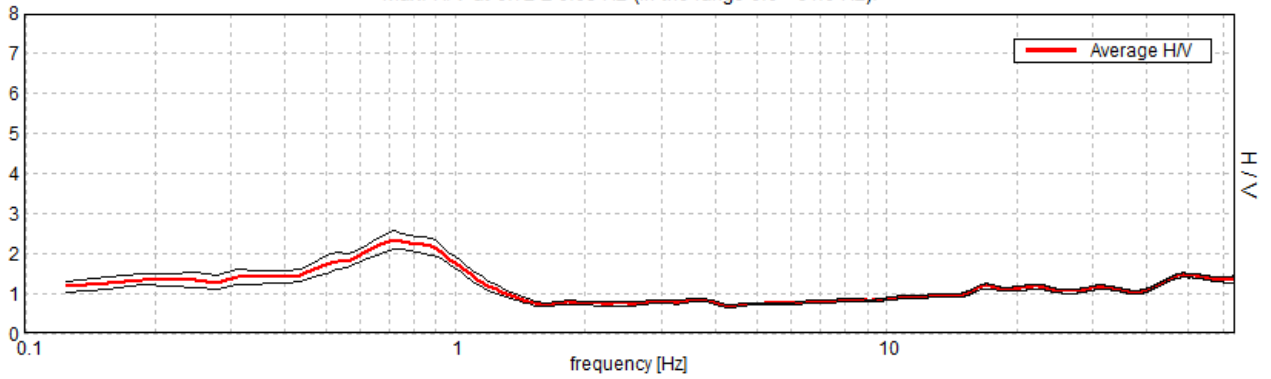
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

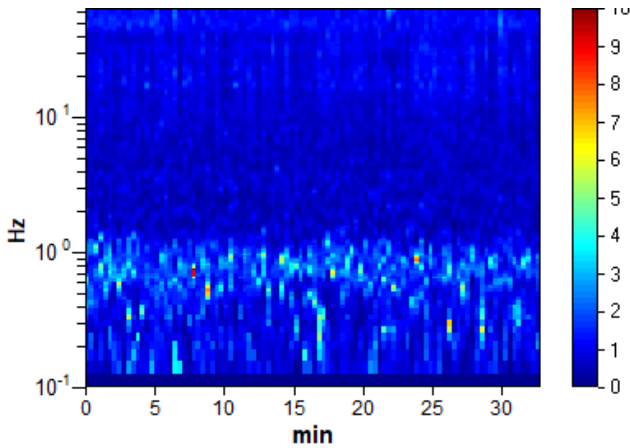
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

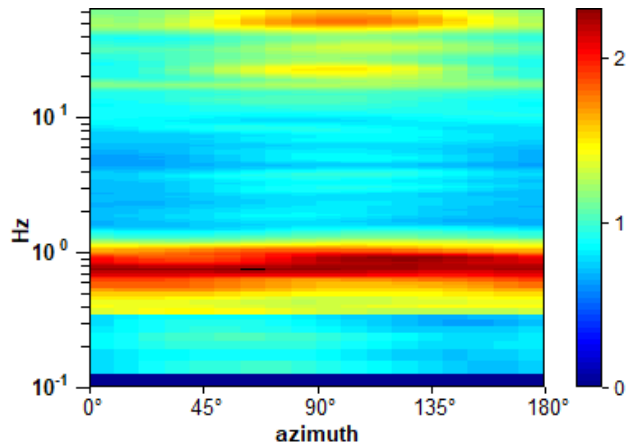
Max. H/V at 0.72 ± 0.08 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



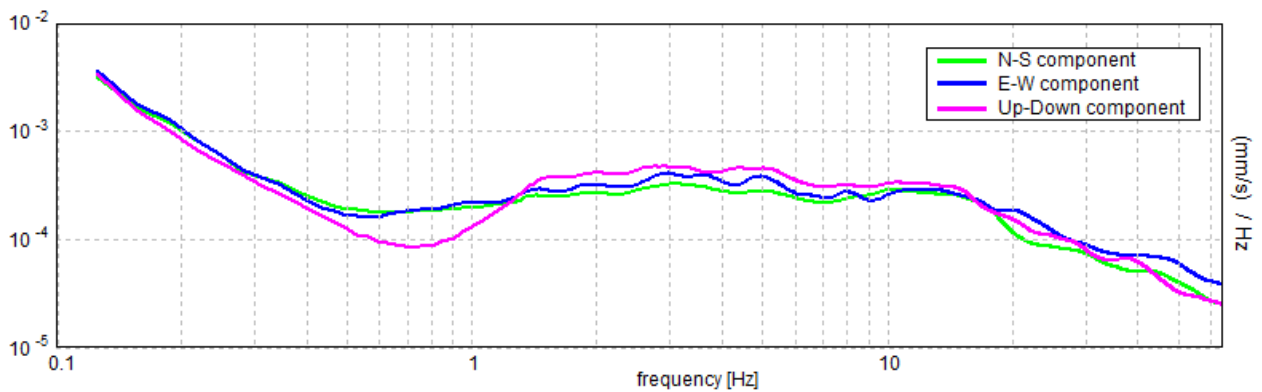
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.72 ± 0.08 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.72 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1408.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 36 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.219 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.34 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.10776 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.07745 < 0.10781$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2398 < 2.0$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

ALLEGATO 4
VERIFICA DELLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Dott. Geol. Cristante Samanta

Strada Volta Monzambano, 54 C – 46049 VOLTA MANTOVANA (MN)

P.IVA 02301490203

Cell.: 338-2051831

e-mail: samantacristante@yahoo.it

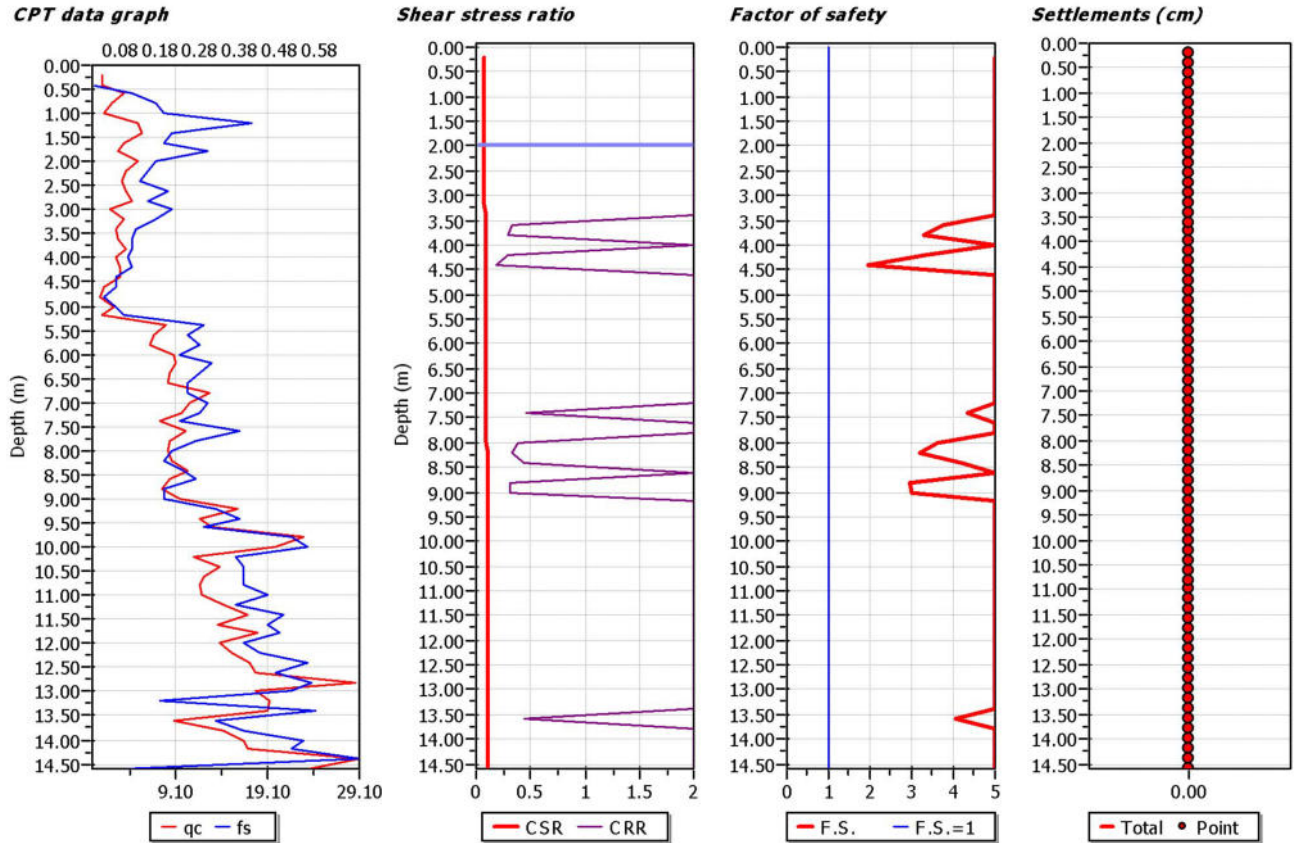
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

Project title : Piano Attuativo area "ex Comated" - Via Daino, Mantova (MN)

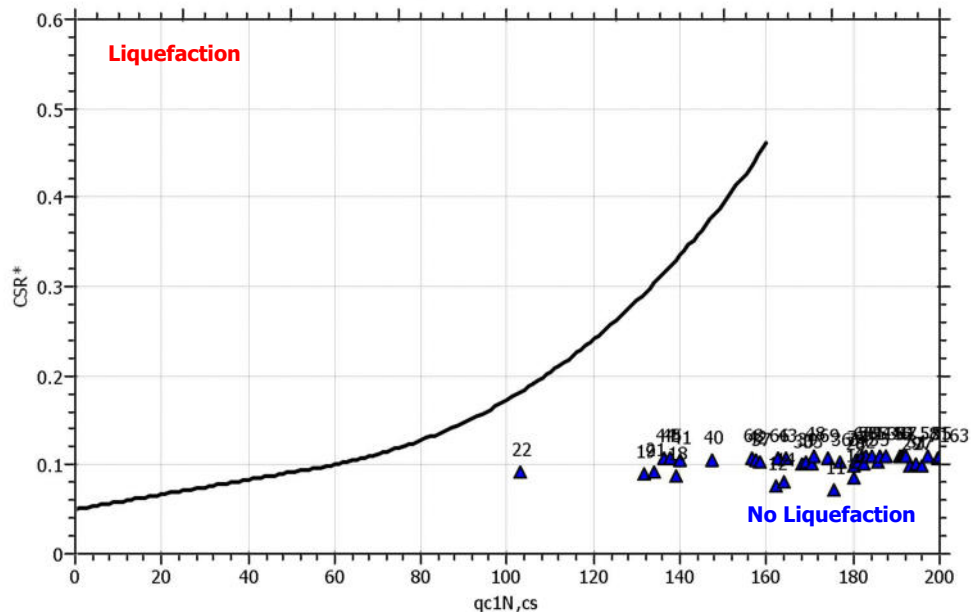
Project subtitle : CP3

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Cone Penetration Test	Depth to water table:	2.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w :	6.60
Analysis method:	Robertson (1998)	Peak ground acceleration:	0.15 g
Fines correction method:	Robertson (1998)	User defined F.S.:	1.00



$M_w=7^{1/2}$, $\sigma'_v=1$ atm base curve



ALLEGATO 5

GRAFICI E TABULATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO OLANDESE tipo GOUDA (tipo meccanico).

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (\varnothing 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm^2)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett. \Rightarrow Spinta) $C_t = \text{SPINTA (Kg) / LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta $q_c \text{ (Kg / cm}^2 \text{)} = (\text{L. punta}) C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale $f_s \text{ (Kg / cm}^2 \text{)} = [(\text{L. laterale}) - (\text{L. punta})] C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale $R_t \text{ (Kg)} = (\text{L. totale}) C_t$

$q_c / f_s = \text{'rapporto Begemann'}$

- L. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta $S \text{ (Kg)}$, corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione C_t .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale f_s viene computata 20 cm sopra la punta.

CONVERSIONI

$1 \text{ kN (kiloNewton)} = 1000 \text{ N} \approx 100 \text{ kg} = 0,1 \text{ t}$ - $1 \text{ MN (megaNewton)} = 1000 \text{ kN} = 1000000 \text{ N} \approx 100 \text{ t}$

$1 \text{ kPa (kiloPascal)} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0,001 \text{ MN/m}^2 = 0,001 \text{ MPa} \approx 0,1 \text{ t/m}^2 = 0,01 \text{ kg/cm}^2$

$1 \text{ MPa (MegaPascal)} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1000 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ kPa} \approx 100 \text{ t / m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$

$\text{kg/cm}^2 = 10 \text{ t/m}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MN/m}^2 = 0,1 \text{ Mpa}$

$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} \approx 10 \text{ kN}$

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: $F = (qc / fs)$

(Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977)

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = qc / fs$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F < 15$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 < F \leq 30$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 < F \leq 60$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di qc e di $FR = (fs / qc) \%$:

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

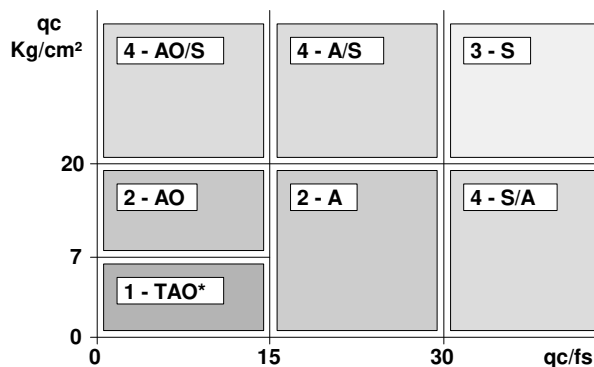
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto qc / fs (Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$qc \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se $(qc / fs) > 30$

$qc \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se $(qc / fs) < 30$



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ - qc - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ)
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - qc]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- E_u = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : E_u - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
 E_{u50} - E_{u25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - qc]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
(Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - qc - natura]
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : D_r - qc - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- \emptyset' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : \emptyset' - D_r - qc - σ'_{vo}]
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 \emptyset'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme \emptyset'_{2s} - sabbia media unif./ fine ben gradata
 \emptyset'_{3s} - sabbia grossa unif./ media ben gradata \emptyset'_{4s} - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
 \emptyset'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. \emptyset'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
- A_{max} = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - D_r]

PROVA PENETROMETRICA STATICA

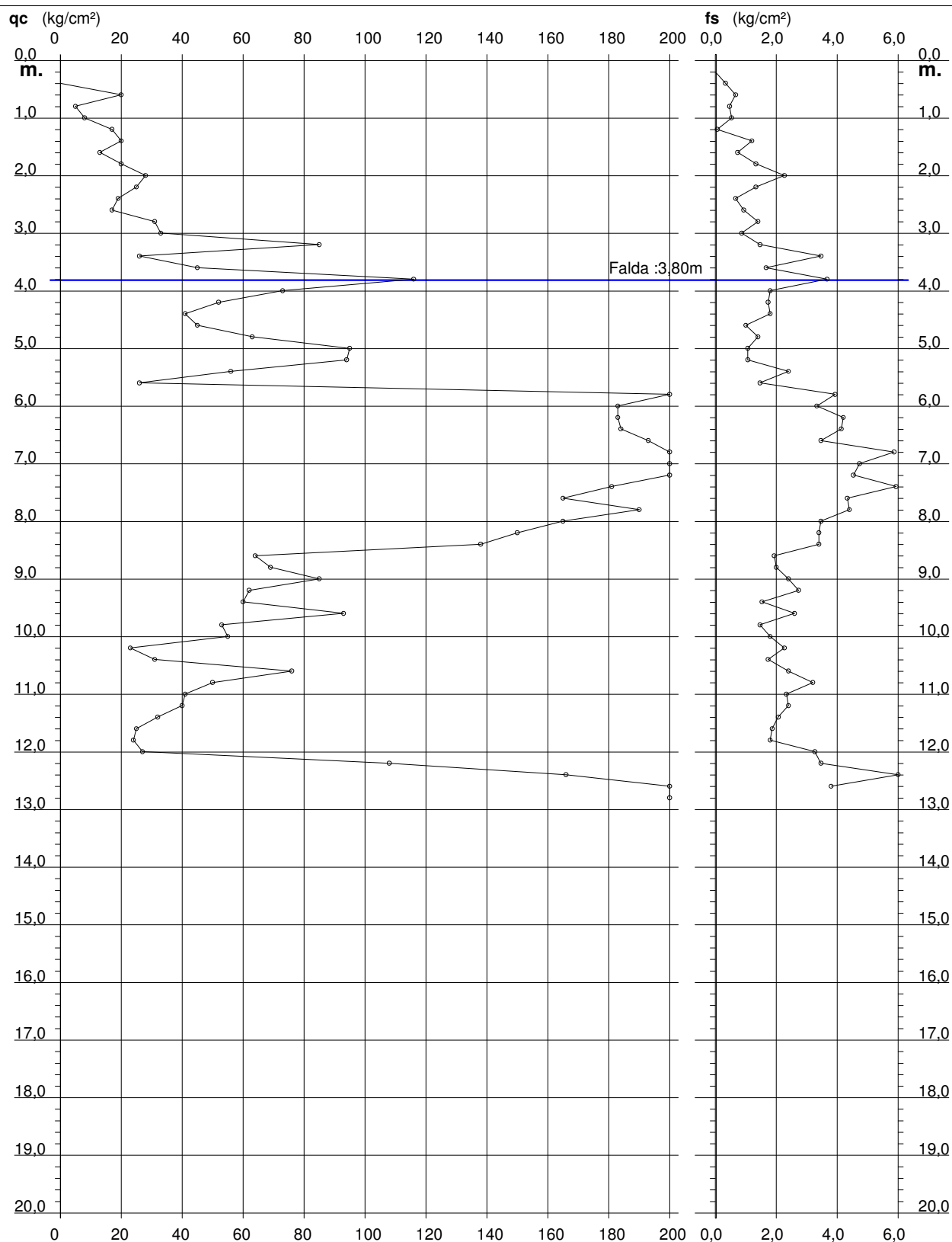
DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-033

- committente : Dott. Geol. Samanta Cristante
 - lavoro : Piano Attuativo area "ex Comated"
 - località : Via Daino - Mantova (MN)

- data : 22/05/2023
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 3,80 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA

LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-033

- committente : Dott. Geol. Samanta Cristante
 - lavoro : Piano Attuativo area "ex Comated"
 - località : Via Daino - Mantova (MN)
 - note :

- data : 22/05/2023
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 3,80 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	----	----	--	-----	----	6,60	193,0	255,0	193,0	3,47	56,0
0,40	----	----	--	0,33	----	6,80	222,0	274,0	222,0	5,87	38,0
0,60	20,0	25,0	20,0	0,67	30,0	7,00	245,0	333,0	245,0	4,73	52,0
0,80	5,0	15,0	5,0	0,47	11,0	7,20	225,0	296,0	225,0	4,53	50,0
1,00	8,0	15,0	8,0	0,53	15,0	7,40	181,0	249,0	181,0	5,93	31,0
1,20	17,0	25,0	17,0	0,07	255,0	7,60	165,0	254,0	165,0	4,33	38,0
1,40	20,0	21,0	20,0	1,20	17,0	7,80	190,0	255,0	190,0	4,40	43,0
1,60	13,0	31,0	13,0	0,73	18,0	8,00	165,0	231,0	165,0	3,47	48,0
1,80	20,0	31,0	20,0	1,33	15,0	8,20	150,0	202,0	150,0	3,40	44,0
2,00	28,0	48,0	28,0	2,27	12,0	8,40	138,0	189,0	138,0	3,40	41,0
2,20	25,0	59,0	25,0	1,33	19,0	8,60	64,0	115,0	64,0	1,93	33,0
2,40	19,0	39,0	19,0	0,67	28,0	8,80	69,0	98,0	69,0	2,00	34,0
2,60	17,0	27,0	17,0	0,93	18,0	9,00	85,0	115,0	85,0	2,40	35,0
2,80	31,0	45,0	31,0	1,40	22,0	9,20	62,0	98,0	62,0	2,73	23,0
3,00	33,0	54,0	33,0	0,87	38,0	9,40	60,0	101,0	60,0	1,53	39,0
3,20	85,0	98,0	85,0	1,47	58,0	9,60	93,0	116,0	93,0	2,60	36,0
3,40	26,0	48,0	26,0	3,47	7,0	9,80	53,0	92,0	53,0	1,47	36,0
3,60	45,0	97,0	45,0	1,67	27,0	10,00	55,0	77,0	55,0	1,80	31,0
3,80	116,0	141,0	116,0	3,67	32,0	10,20	23,0	50,0	23,0	2,27	10,0
4,00	73,0	128,0	73,0	1,80	41,0	10,40	31,0	65,0	31,0	1,73	18,0
4,20	52,0	79,0	52,0	1,73	30,0	10,60	76,0	102,0	76,0	2,40	32,0
4,40	41,0	67,0	41,0	1,80	23,0	10,80	50,0	86,0	50,0	3,20	16,0
4,60	45,0	72,0	45,0	1,00	45,0	11,00	41,0	89,0	41,0	2,33	18,0
4,80	63,0	78,0	63,0	1,40	45,0	11,20	40,0	75,0	40,0	2,40	17,0
5,00	95,0	116,0	95,0	1,07	89,0	11,40	32,0	68,0	32,0	2,07	15,0
5,20	94,0	110,0	94,0	1,07	88,0	11,60	25,0	56,0	25,0	1,87	13,0
5,40	56,0	72,0	56,0	2,40	23,0	11,80	24,0	52,0	24,0	1,80	13,0
5,60	26,0	62,0	26,0	1,47	18,0	12,00	27,0	54,0	27,0	3,27	8,0
5,80	206,0	228,0	206,0	3,93	52,0	12,20	108,0	157,0	108,0	3,47	31,0
6,00	183,0	242,0	183,0	3,33	55,0	12,40	166,0	218,0	166,0	6,93	24,0
6,20	183,0	233,0	183,0	4,20	44,0	12,60	210,0	314,0	210,0	3,80	55,0
6,40	184,0	247,0	184,0	4,13	45,0	12,80	349,0	406,0	349,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

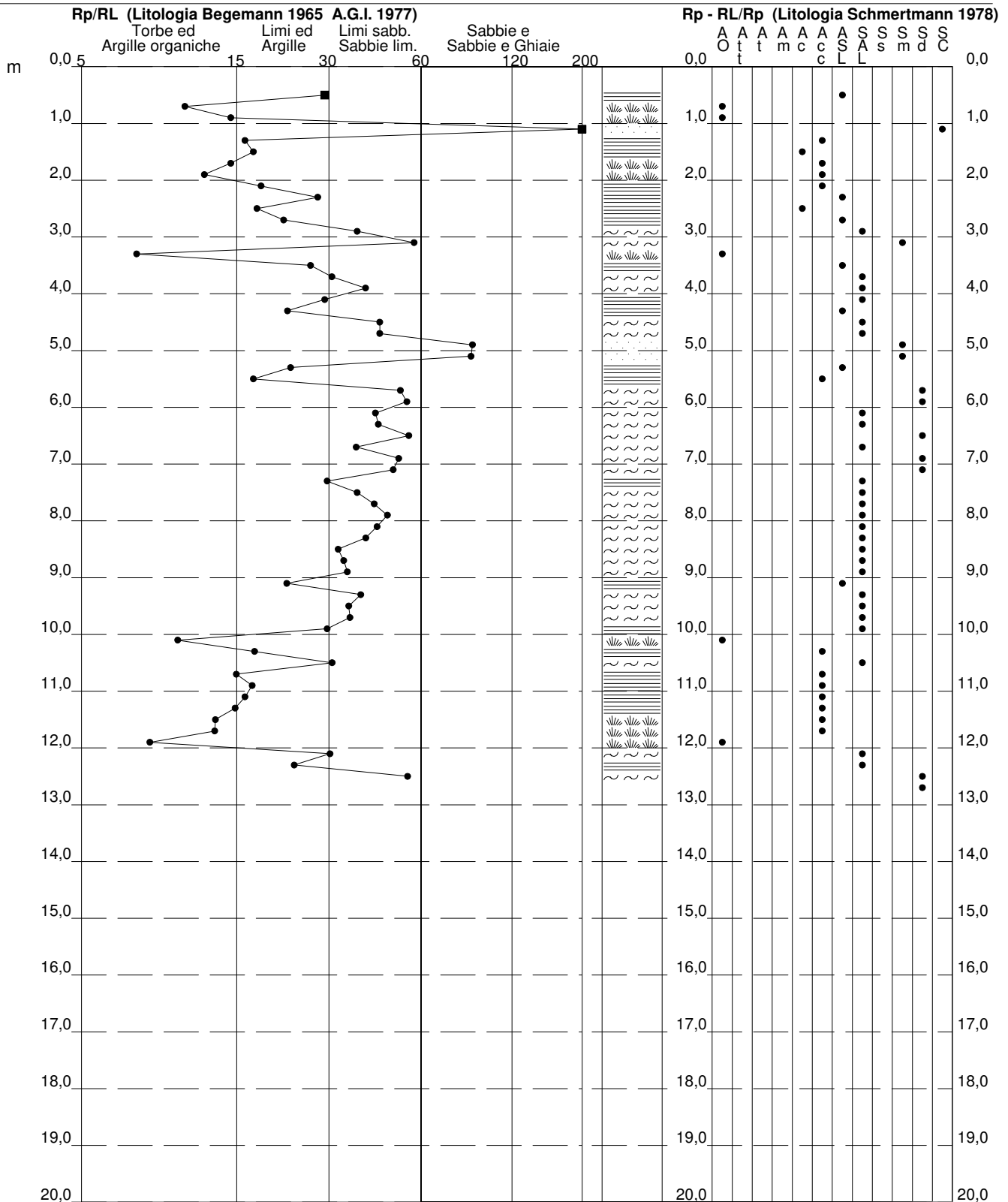
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

2.01PG05-033

- committente : Dott. Geol. Samanta Cristante
 - lavoro : Piano Attuativo area "ex Comated"
 - località : Via Daino - Mantova (MN)
 - note :

- data : 22/05/2023
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 3,80 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA

TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.01PG05-033

- committente : Dott. Geol. Samanta Cristante
 - lavoro : Piano Attuativo area "ex Comated"
 - località : Via Daino - Mantova (MN)
 - note :

- data : 22/05/2023
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 3,80 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof. m	qc kg/cm ²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	d'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	NATURA GRANULARE											
											Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	omy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	20	30	4/1	1,85	0,11	0,80	74,1	136	204	60	70	38	40	42	44	40	27	0,160	33	50	60	
0,80	5	11	1***	1,85	0,15	0,25	12,1	10	15	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	8	15	2///	1,85	0,19	0,40	16,5	68	102	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	17	255	4/1	1,85	0,22	0,72	27,5	123	184	54	48	35	37	39	42	35	27	0,099	28	43	51	
1,40	20	17	4/1	1,85	0,26	0,80	25,7	136	204	60	50	35	37	40	42	36	27	0,103	33	50	60	
1,60	13	18	2///	1,85	0,30	0,60	15,3	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	20	15	4/1	1,85	0,33	0,80	18,8	136	204	60	44	34	36	39	41	34	27	0,088	33	50	60	
2,00	28	12	4/1	1,85	0,37	0,97	20,8	164	246	84	52	35	38	40	42	35	28	0,110	47	70	84	
2,20	25	19	4/1	1,85	0,41	0,91	17,1	155	232	75	46	34	37	39	42	34	28	0,095	42	63	75	
2,40	19	28	2///	1,85	0,44	0,78	12,6	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	17	18	2///	1,85	0,48	0,72	10,5	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	31	22	4/1	1,85	0,52	1,03	14,9	176	264	93	48	35	37	39	42	34	29	0,098	52	78	93	
3,00	33	38	3****	1,85	0,55	--	--	--	--	--	48	35	37	39	42	34	29	0,100	55	83	99	
3,20	85	58	3****	1,85	0,59	--	--	--	--	--	79	39	41	42	44	39	33	0,187	142	213	255	
3,40	26	7	4/1	1,85	0,63	0,93	10,2	158	237	78	37	33	36	38	41	32	28	0,073	43	65	78	
3,60	45	27	4/1	1,85	0,67	1,50	17,3	255	383	135	54	36	38	40	42	35	31	0,116	75	113	135	
3,80	116	32	3****	1,02	0,69	--	--	--	--	--	86	40	42	43	45	39	35	0,210	193	290	348	
4,00	73	41	3****	0,96	0,71	--	--	--	--	--	70	38	40	42	44	37	32	0,158	122	183	219	
4,20	52	30	4/1	1,01	0,73	1,73	18,6	295	442	156	57	36	38	40	43	35	31	0,123	87	130	156	
4,40	41	23	4/1	1,00	0,75	1,37	13,4	232	349	123	49	35	37	39	42	34	30	0,100	68	103	123	
4,60	45	45	3****	0,91	0,76	--	--	--	--	--	51	35	37	40	42	34	31	0,107	75	113	135	
4,80	63	45	3****	0,94	0,78	--	--	--	--	--	62	37	39	41	43	36	32	0,136	105	158	189	
5,00	95	89	3****	0,99	0,80	--	--	--	--	--	76	39	40	42	44	38	34	0,176	158	238	285	
5,20	94	88	3****	0,99	0,82	--	--	--	--	--	75	38	40	42	44	38	34	0,173	157	235	282	
5,40	56	23	4/1	1,01	0,84	1,87	17,0	317	476	168	56	36	38	40	42	35	31	0,120	93	140	168	
5,60	26	18	4/1	0,95	0,86	0,93	6,9	217	326	78	29	32	35	37	40	30	28	0,056	43	65	78	
5,80	206	52	3****	1,15	0,88	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	38	0,258	343	515	618	
6,00	183	55	3****	1,12	0,91	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	40	37	0,241	305	458	549	
6,20	183	44	3****	1,12	0,93	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	40	37	0,239	305	458	549	
6,40	184	45	3****	1,13	0,95	--	--	--	--	--	94	41	43	44	46	40	37	0,237	307	460	552	
6,60	193	56	3****	1,14	0,97	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	40	38	0,241	322	483	579	
6,80	222	38	3****	1,15	1,00	--	--	--	--	--	99	42	43	45	46	41	38	0,256	370	555	666	
7,00	245	52	3****	1,15	1,02	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	39	0,258	408	613	735	
7,20	225	50	3****	1,15	1,04	--	--	--	--	--	99	42	43	44	46	40	39	0,254	375	563	675	
7,40	181	31	3****	1,12	1,07	--	--	--	--	--	91	41	42	44	45	39	37	0,226	302	453	543	
7,60	165	38	3****	1,10	1,09	--	--	--	--	--	87	40	42	43	45	39	37	0,213	275	413	495	
7,80	190	43	3****	1,14	1,11	--	--	--	--	--	91	41	42	44	45	39	37	0,228	317	475	570	
8,00	165	48	3****	1,10	1,13	--	--	--	--	--	86	40	42	43	45	39	37	0,210	275	413	495	
8,20	150	44	3****	1,08	1,15	--	--	--	--	--	82	40	41	43	45	38	36	0,198	250	375	450	
8,40	138	41	3****	1,06	1,18	--	--	--	--	--	79	39	41	42	44	38	36	0,187	230	345	414	
8,60	64	33	3****	0,94	1,19	--	--	--	--	--	52	35	38	40	42	33	32	0,110	107	160	192	
8,80	69	34	3****	0,95	1,21	--	--	--	--	--	55	36	38	40	42	34	32	0,116	115	173	207	
9,00	85	35	3****	0,98	1,23	--	--	--	--	--	61	37	39	41	43	35	33	0,134	142	213	255	
9,20	62	23	4/1	1,02	1,25	2,07	11,7	351	527	186	50	35	37	40	42	33	32	0,104	103	155	186	
9,40	60	39	3****	0,93	1,27	--	--	--	--	--	49	35	37	39	42	33	32	0,100	100	150	180	
9,60	93	36	3****	0,99	1,29	--	--	--	--	--	63	37	39	41	43	35	33	0,140	155	233	279	
9,80	53	36	3****	0,92	1,31	--	--	--	--	--	44	34	36	39	41	32	31	0,088	88	133	159	
10,00	55	31	3****	0,93	1,33	--	--	--	--	--	45	34	37	39	42	32	31	0,090	92	138	165	
10,20	23	10	4/1	0,94	1,35	0,87	3,6	380	571	69	14	30	33	36	39	27	28	0,028	38	58	69	
10,40	31	18	4/1	0,97	1,37	1,03	4,4	381	572	93	24	31	34	37	40	29	29	0,046	52	78	93	
10,60	76	32	3****	0,96	1,39	--	--	--	--	--	55	36	38	40	42	34	33	0,116	127	190	228	
10,80	50	16	4/1	1,01	1,41	--	--	--	--	--	40	34	36	39	41	31	31	0,079	83	125	150	
11,00	41	18	4/1	1,00	1,43	1,37	6,0	378	567	123	33	33	35	38	41	30	30	0,063	68	103	123	
11,20	40	17	4/1	1,00	1,45	1,33	5,7	389	583	120	31	32	35	39	41	30	30	0,061	67	100	120	
11,40	32	15	4/1	0,97	1,47	1,07	4,2	409	614	96	24	31	34	37	40	28	29	0,045	53	80	96	
11,60	25	13	4/1	0,94	1,48	0,91	3,4	417	626	75	15	30	33	36	39	27	28	0,028	42	63	75	
11,80	24	13	4/1	0,94	1,50	0,89	3,3	420	629	72	13	30	33	36	39	27	28	0,025	40	60	72	
12,00	27	8	4/1	0,95	1,52	0,95	3,5	429	643	81	17	30	33	36	39	27	28	0,032	45	68	81	
12,20	108	31	3****	1,01	1,54	--	--	--	--	--	64	37	39	41	43	35	34	0,142	180	270	324	
12,40	166	24	4/1	1,10	1,56	5,53	30,5	941	1411	498	78	39	41	42	44	37	37	0,185	277	415	498	
12,60	210	55	3****	1,15	1,59	--	--	--	--	--	86	40	42	43	45	38	38	0,210	350	525	630	
12,80	349	--	3****	1,15	1,61	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	40	40	0,258	582	873	1047	

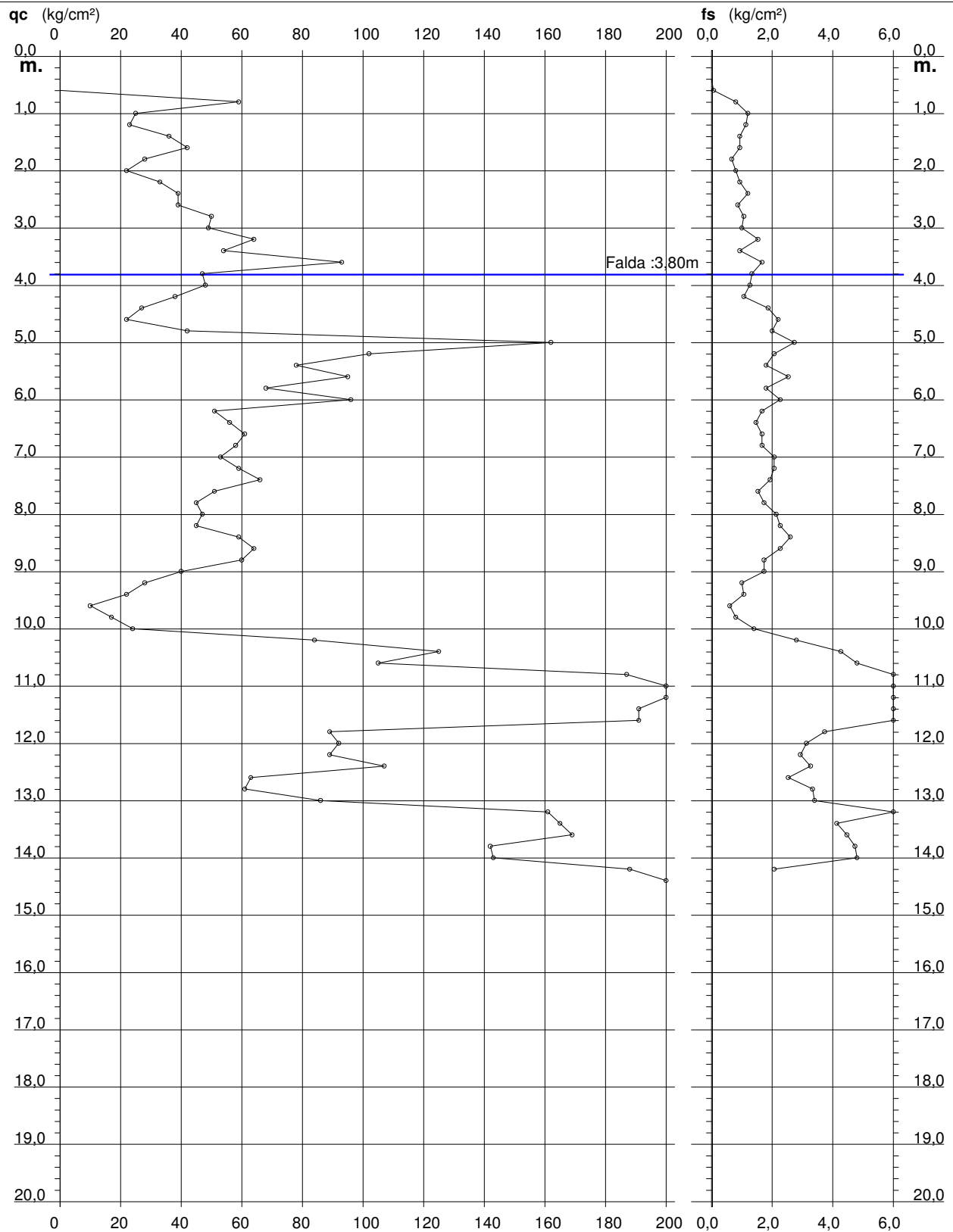
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.01PG05-033

- committente : Dott. Geol. Samanta Cristante
- lavoro : Piano Attuativo area "ex Comated"
- località : Via Daino - Mantova (MN)

- data : 22/05/2023
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 3,80 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA

LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

2.01PG05-033

- committente : Dott. Geol. Samanta Cristante
 - lavoro : Piano Attuativo area "ex Comated"
 - località : Via Daino - Mantova (MN)
 - note :

- data : 22/05/2023
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 3,80 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	---	---	--	-----	----	7,40	66,0	97,0	66,0	1,93	34,0
0,40	---	---	--	-----	----	7,60	51,0	80,0	51,0	1,53	33,0
0,60	---	---	--	0,07	----	7,80	45,0	68,0	45,0	1,73	26,0
0,80	59,0	60,0	59,0	0,80	74,0	8,00	47,0	73,0	47,0	2,13	22,0
1,00	25,0	37,0	25,0	1,20	21,0	8,20	45,0	77,0	45,0	2,27	20,0
1,20	23,0	41,0	23,0	1,13	20,0	8,40	59,0	93,0	59,0	2,60	23,0
1,40	36,0	53,0	36,0	0,93	39,0	8,60	64,0	103,0	64,0	2,27	28,0
1,60	42,0	56,0	42,0	0,93	45,0	8,80	60,0	94,0	60,0	1,73	35,0
1,80	28,0	42,0	28,0	0,67	42,0	9,00	40,0	66,0	40,0	1,73	23,0
2,00	22,0	32,0	22,0	0,80	27,0	9,20	28,0	54,0	28,0	1,00	28,0
2,20	33,0	45,0	33,0	0,93	35,0	9,40	22,0	37,0	22,0	1,07	21,0
2,40	39,0	53,0	39,0	1,20	32,0	9,60	10,0	26,0	10,0	0,60	17,0
2,60	39,0	57,0	39,0	0,87	45,0	9,80	17,0	26,0	17,0	0,80	21,0
2,80	50,0	63,0	50,0	1,07	47,0	10,00	24,0	36,0	24,0	1,40	17,0
3,00	49,0	65,0	49,0	1,00	49,0	10,20	84,0	105,0	84,0	2,80	30,0
3,20	64,0	79,0	64,0	1,53	42,0	10,40	125,0	167,0	125,0	4,27	29,0
3,40	54,0	77,0	54,0	0,93	58,0	10,60	105,0	169,0	105,0	4,80	22,0
3,60	93,0	107,0	93,0	1,67	56,0	10,80	187,0	259,0	187,0	7,00	27,0
3,80	47,0	72,0	47,0	1,33	35,0	11,00	203,0	308,0	203,0	7,87	26,0
4,00	48,0	68,0	48,0	1,27	38,0	11,20	293,0	411,0	293,0	7,40	40,0
4,20	38,0	57,0	38,0	1,07	36,0	11,40	191,0	302,0	191,0	6,47	30,0
4,40	27,0	43,0	27,0	1,87	14,0	11,60	191,0	288,0	191,0	6,27	30,0
4,60	22,0	50,0	22,0	2,20	10,0	11,80	89,0	183,0	89,0	3,73	24,0
4,80	42,0	75,0	42,0	2,00	21,0	12,00	92,0	148,0	92,0	3,13	29,0
5,00	162,0	192,0	162,0	2,73	59,0	12,20	89,0	136,0	89,0	2,93	30,0
5,20	102,0	143,0	102,0	2,07	49,0	12,40	107,0	151,0	107,0	3,27	33,0
5,40	78,0	109,0	78,0	1,80	43,0	12,60	63,0	112,0	63,0	2,53	25,0
5,60	95,0	122,0	95,0	2,53	38,0	12,80	61,0	99,0	61,0	3,33	18,0
5,80	68,0	106,0	68,0	1,80	38,0	13,00	86,0	136,0	86,0	3,40	25,0
6,00	96,0	123,0	96,0	2,27	42,0	13,20	161,0	212,0	161,0	6,00	27,0
6,20	51,0	85,0	51,0	1,67	31,0	13,40	165,0	255,0	165,0	4,13	40,0
6,40	56,0	81,0	56,0	1,47	38,0	13,60	169,0	231,0	169,0	4,47	38,0
6,60	61,0	83,0	61,0	1,67	37,0	13,80	142,0	209,0	142,0	4,73	30,0
6,80	58,0	83,0	58,0	1,67	35,0	14,00	143,0	214,0	143,0	4,80	30,0
7,00	53,0	78,0	53,0	2,07	26,0	14,20	188,0	260,0	188,0	2,07	91,0
7,20	59,0	90,0	59,0	2,07	29,0	14,40	284,0	315,0	284,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

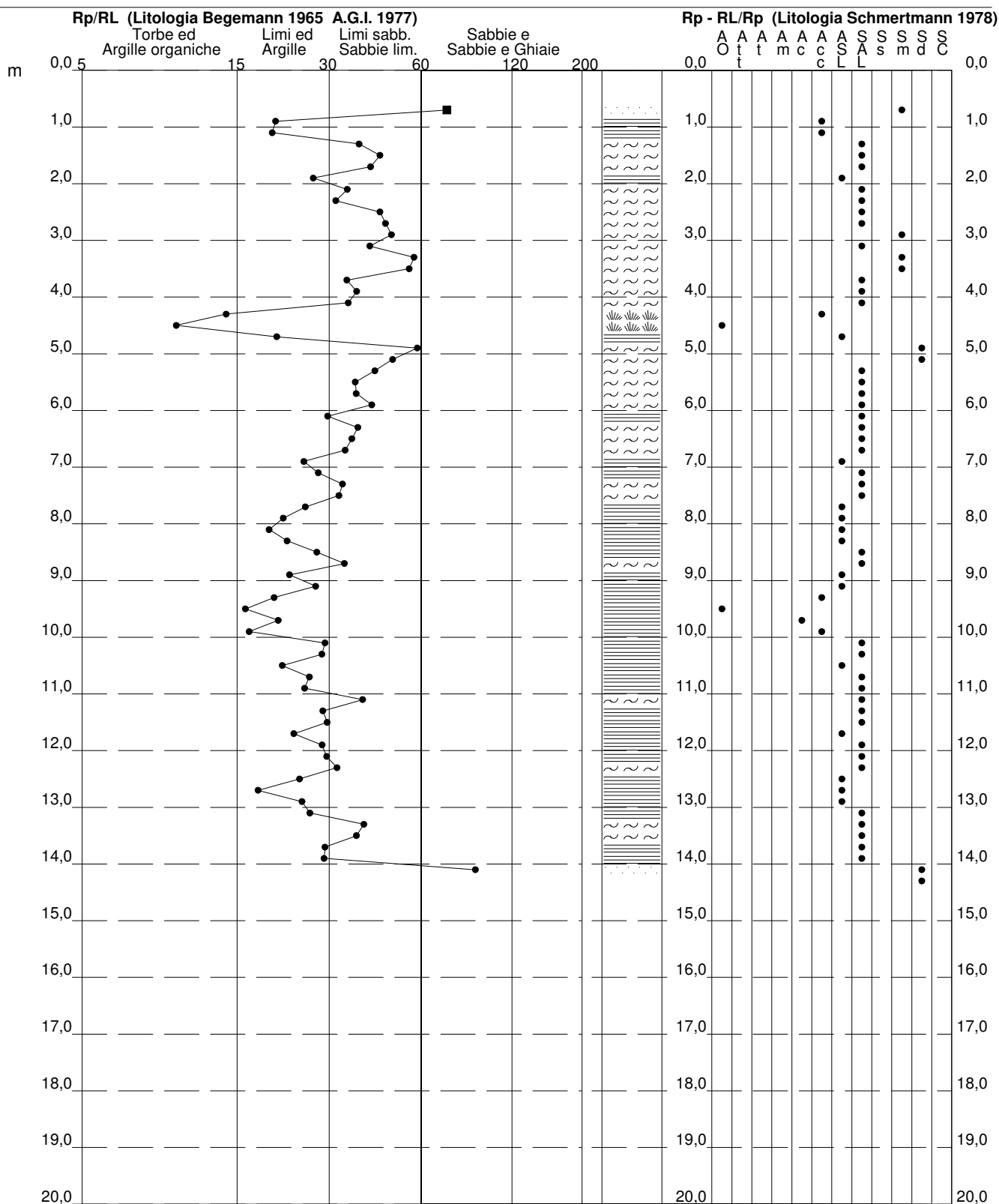
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.01PG05-033

- committente : Dott. Geol. Samanta Cristante
 - lavoro : Piano Attuativo area "ex Comated"
 - località : Via Daino - Mantova (MN)
 - note :

- data : 22/05/2023
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 3,80 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



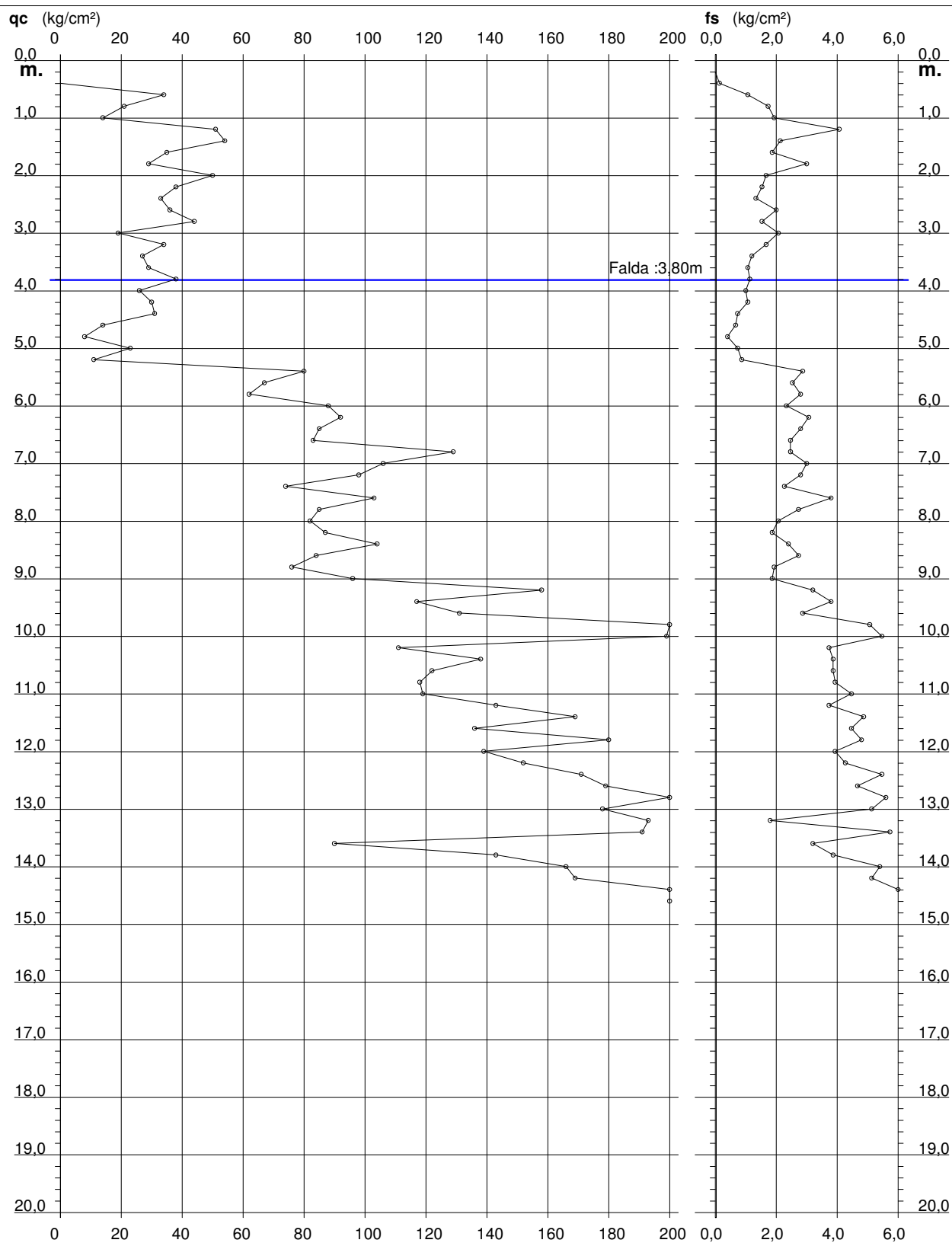
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.01PG05-033

- committente : Dott. Geol. Samanta Cristante
- lavoro : Piano Attuativo area "ex Comated"
- località : Via Daino - Mantova (MN)

- data : 22/05/2023
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 3,80 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA

LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 3

2.01PG05-033

- committente : Dott. Geol. Samanta Cristante
 - lavoro : Piano Attuativo area "ex Comated"
 - località : Via Daino - Mantova (MN)
 - note :

- data : 22/05/2023
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 3,80 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	---	---	--	-----	----	7,60	103,0	137,0	103,0	3,80	27,0
0,40	---	---	--	0,13	----	7,80	85,0	142,0	85,0	2,73	31,0
0,60	34,0	36,0	34,0	1,07	32,0	8,00	82,0	123,0	82,0	2,07	40,0
0,80	21,0	37,0	21,0	1,73	12,0	8,20	87,0	118,0	87,0	1,87	47,0
1,00	14,0	40,0	14,0	1,93	7,0	8,40	104,0	132,0	104,0	2,40	43,0
1,20	51,0	80,0	51,0	4,07	13,0	8,60	84,0	120,0	84,0	2,73	31,0
1,40	54,0	115,0	54,0	2,13	25,0	8,80	76,0	117,0	76,0	1,93	39,0
1,60	35,0	67,0	35,0	1,87	19,0	9,00	96,0	125,0	96,0	1,87	51,0
1,80	29,0	57,0	29,0	3,00	10,0	9,20	158,0	186,0	158,0	3,20	49,0
2,00	50,0	95,0	50,0	1,67	30,0	9,40	117,0	165,0	117,0	3,80	31,0
2,20	38,0	63,0	38,0	1,53	25,0	9,60	131,0	188,0	131,0	2,87	46,0
2,40	33,0	56,0	33,0	1,33	25,0	9,80	230,0	273,0	230,0	5,07	45,0
2,60	36,0	56,0	36,0	2,00	18,0	10,00	199,0	275,0	199,0	5,47	36,0
2,80	44,0	74,0	44,0	1,53	29,0	10,20	111,0	193,0	111,0	3,73	30,0
3,00	19,0	42,0	19,0	2,07	9,0	10,40	138,0	194,0	138,0	3,87	36,0
3,20	34,0	65,0	34,0	1,67	20,0	10,60	122,0	180,0	122,0	3,87	32,0
3,40	27,0	52,0	27,0	1,20	22,0	10,80	118,0	176,0	118,0	3,93	30,0
3,60	29,0	47,0	29,0	1,07	27,0	11,00	119,0	178,0	119,0	4,47	27,0
3,80	38,0	54,0	38,0	1,13	34,0	11,20	143,0	210,0	143,0	3,73	38,0
4,00	26,0	43,0	26,0	1,00	26,0	11,40	169,0	225,0	169,0	4,87	35,0
4,20	30,0	45,0	30,0	1,07	28,0	11,60	136,0	209,0	136,0	4,47	30,0
4,40	31,0	47,0	31,0	0,73	42,0	11,80	180,0	247,0	180,0	4,80	37,0
4,60	14,0	25,0	14,0	0,67	21,0	12,00	139,0	211,0	139,0	3,93	35,0
4,80	8,0	18,0	8,0	0,40	20,0	12,20	152,0	211,0	152,0	4,27	36,0
5,00	23,0	29,0	23,0	0,73	31,0	12,40	171,0	235,0	171,0	5,47	31,0
5,20	11,0	22,0	11,0	0,87	13,0	12,60	179,0	261,0	179,0	4,67	38,0
5,40	80,0	93,0	80,0	2,87	28,0	12,80	286,0	356,0	286,0	5,60	51,0
5,60	67,0	110,0	67,0	2,53	26,0	13,00	178,0	262,0	178,0	5,13	35,0
5,80	62,0	100,0	62,0	2,80	22,0	13,20	193,0	270,0	193,0	1,80	107,0
6,00	88,0	130,0	88,0	2,33	38,0	13,40	191,0	218,0	191,0	5,73	33,0
6,20	92,0	127,0	92,0	3,07	30,0	13,60	90,0	176,0	90,0	3,20	28,0
6,40	85,0	131,0	85,0	2,80	30,0	13,80	143,0	191,0	143,0	3,87	37,0
6,60	83,0	125,0	83,0	2,47	34,0	14,00	166,0	224,0	166,0	5,40	31,0
6,80	129,0	166,0	129,0	2,47	52,0	14,20	169,0	250,0	169,0	5,13	33,0
7,00	106,0	143,0	106,0	3,00	35,0	14,40	291,0	368,0	291,0	6,80	43,0
7,20	98,0	143,0	98,0	2,80	35,0	14,60	237,0	339,0	237,0	-----	----
7,40	74,0	116,0	74,0	2,27	33,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA

TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 3

2.01PG05-033

- committente : Dott. Geol. Samanta Cristante
 - lavoro : Piano Attuativo area "ex Comated"
 - località : Via Daino - Mantova (MN)
 - note :

- data : 22/05/2023
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 3,80 m da quota inizio
 - pagina : 1

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE												
Prof. m	qc kg/cm ²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	d'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	34	32	3:...	1,85	0,11	--	--	--	--	--	89	40	42	43	45	42	29	0,218	57	85	102	
0,80	21	12	4:/:	1,85	0,15	0,82	53,7	140	210	63	65	37	39	41	43	39	27	0,144	35	53	63	
1,00	14	7	2:////	1,85	0,19	0,64	29,4	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,20	51	13	4:/:	1,85	0,22	1,70	80,0	289	434	153	86	40	42	43	45	41	31	0,208	85	128	153	
1,40	54	25	4:/:	1,85	0,26	1,80	70,8	306	459	162	84	40	41	43	45	40	31	0,202	90	135	162	
1,60	35	19	4:/:	1,85	0,30	1,17	34,9	198	298	105	66	37	39	41	43	38	29	0,146	58	88	105	
1,80	29	10	4:/:	1,85	0,33	0,98	24,3	167	251	87	56	36	38	40	43	36	29	0,120	48	73	87	
2,00	50	30	4:/:	1,85	0,37	1,67	41,2	283	425	150	72	38	40	42	44	38	31	0,166	83	125	150	
2,20	38	25	4:/:	1,85	0,41	1,27	26,0	215	323	114	61	36	39	41	43	37	30	0,132	63	95	114	
2,40	33	25	4:/:	1,85	0,44	1,10	19,5	187	281	99	54	36	38	40	42	35	29	0,114	55	83	99	
2,60	36	18	4:/:	1,85	0,48	1,20	19,7	204	306	108	55	36	38	40	42	35	30	0,116	60	90	108	
2,80	44	29	4:/:	1,85	0,52	1,47	23,1	249	374	132	60	36	38	41	43	36	31	0,130	73	110	132	
3,00	19	9	2:////	1,85	0,55	0,78	9,5	133	200	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,20	34	20	4:/:	1,85	0,59	1,13	14,1	193	289	102	48	35	37	39	42	34	29	0,098	57	85	102	
3,40	27	22	4:/:	1,85	0,63	0,95	10,5	161	242	81	38	33	36	38	41	32	28	0,076	45	68	81	
3,60	29	27	4:/:	1,85	0,67	0,98	10,2	167	251	87	39	34	36	38	41	32	29	0,078	48	73	87	
3,80	38	34	3:...	0,90	0,68	--	--	--	--	--	48	35	37	39	42	34	30	0,099	63	95	114	
4,00	26	26	4:/:	0,95	0,70	0,93	8,9	167	250	78	34	33	35	38	41	31	28	0,067	43	65	78	
4,20	30	28	4:/:	0,96	0,72	1,00	9,4	173	259	90	39	33	36	38	41	32	29	0,076	50	75	90	
4,40	31	42	3:...	0,88	0,74	--	--	--	--	--	39	33	36	38	41	32	29	0,078	52	78	93	
4,60	14	21	2:////	0,94	0,76	0,64	5,0	209	314	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,80	8	20	2:////	0,86	0,78	0,40	2,7	205	308	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,00	23	31	3:...	0,86	0,79	--	--	--	--	--	27	32	35	37	40	30	28	0,052	38	58	69	
5,20	11	13	2:////	0,91	0,81	0,54	3,7	229	343	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,40	80	28	4:/:	1,03	0,83	2,67	26,9	453	680	240	69	38	40	41	44	37	33	0,156	133	200	240	
5,60	67	26	4:/:	1,02	0,85	2,23	20,9	380	570	201	62	37	39	41	43	36	32	0,136	112	168	201	
5,80	62	22	4:/:	1,02	0,87	2,07	18,4	351	527	186	59	36	38	40	43	35	32	0,127	103	155	186	
6,00	88	38	3:...	0,98	0,89	--	--	--	--	--	70	38	40	42	44	37	33	0,160	147	220	264	
6,20	92	30	4:/:	1,04	0,91	3,07	28,6	521	782	276	71	38	40	42	44	37	33	0,163	153	230	276	
6,40	85	30	4:/:	1,04	0,93	2,83	25,1	482	723	255	68	38	39	41	43	36	33	0,153	142	213	255	
6,60	83	34	3:...	0,97	0,95	--	--	--	--	--	67	37	39	41	43	36	33	0,150	138	208	249	
6,80	129	52	3:...	1,04	0,97	--	--	--	--	--	81	39	41	43	45	38	35	0,194	215	323	387	
7,00	106	35	3:...	1,01	0,99	--	--	--	--	--	74	38	40	42	44	37	34	0,172	177	265	318	
7,20	98	35	3:...	1,00	1,01	--	--	--	--	--	71	38	40	42	44	37	34	0,162	163	245	294	
7,40	74	33	3:...	0,96	1,03	--	--	--	--	--	61	37	39	41	43	35	32	0,133	123	185	222	
7,60	103	27	4:/:	1,05	1,05	3,43	27,5	584	876	309	72	38	40	42	44	37	34	0,164	172	258	309	
7,80	85	31	3:...	0,98	1,07	--	--	--	--	--	65	37	39	41	43	36	33	0,144	142	213	255	
8,00	82	40	3:...	0,97	1,09	--	--	--	--	--	63	37	39	41	43	35	33	0,139	137	205	246	
8,20	87	47	3:...	0,98	1,11	--	--	--	--	--	65	37	39	41	43	36	33	0,143	145	218	261	
8,40	104	43	3:...	1,01	1,13	--	--	--	--	--	70	38	40	42	44	37	34	0,160	173	260	312	
8,60	84	31	3:...	0,97	1,15	--	--	--	--	--	63	37	39	41	43	35	33	0,137	140	210	252	
8,80	76	39	3:...	0,96	1,17	--	--	--	--	--	59	36	38	40	43	35	33	0,127	127	190	228	
9,00	96	51	3:...	0,99	1,19	--	--	--	--	--	66	37	39	41	43	36	34	0,148	160	240	288	
9,20	158	49	3:...	1,09	1,21	--	--	--	--	--	83	40	41	43	45	38	36	0,200	263	395	474	
9,40	117	31	3:...	1,03	1,23	--	--	--	--	--	72	38	40	42	44	37	35	0,166	195	293	351	
9,60	131	46	3:...	1,05	1,25	--	--	--	--	--	76	39	40	42	44	37	35	0,177	218	328	393	
9,80	230	45	3:...	1,15	1,28	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	40	39	0,239	383	575	690	
10,00	199	36	3:...	1,15	1,30	--	--	--	--	--	89	40	42	44	45	39	38	0,220	332	498	597	
10,20	111	30	4:/:	1,06	1,32	3,70	22,7	629	944	333	69	38	40	41	44	36	34	0,155	185	278	333	
10,40	138	36	3:...	1,06	1,34	--	--	--	--	--	76	39	40	42	44	37	36	0,177	230	345	414	
10,60	122	32	3:...	1,03	1,36	--	--	--	--	--	71	38	40	42	44	36	35	0,163	203	305	366	
10,80	118	30	4:/:	1,06	1,38	3,93	23,2	669	1003	354	70	38	40	42	44	36	35	0,158	197	295	354	
11,00	119	27	4:/:	1,06	1,41	3,97	23,0	674	1012	357	70	38	40	42	44	36	35	0,158	198	298	357	
11,20	143	38	3:...	1,06	1,43	--	--	--	--	--	76	39	40	42	44	37	36	0,176	238	358	429	
11,40	169	35	3:...	1,10	1,45	--	--	--	--	--	81	39	41	43	44	38	37	0,193	282	423	507	
11,60	136	30	4:/:	1,08	1,47	4,53	25,6	771	1156	408	73	38	40	42	44	37	35	0,169	227	340	408	
11,80	180	37	3:...	1,12	1,49	--	--	--	--	--	82	40	41	43	45	38	37	0,198	300	450	540	
12,00	139	35	3:...	1,06	1,51	--	--	--	--	--	73	38	40	42	44	37	36	0,169	232	348	417	
12,20	152	36	3:...	1,08	1,54	--	--	--	--	--	76	39	40	42	44	37	36	0,177	253	380	456	
12,40	171	31	3:...	1,11	1,56	--	--	--	--	--	80	39	41	43	44	38	37	0,189	285	428	513	
12,60	179	38	3:...	1,12	1,58	--	--	--	--	--	81	39	41	43	44	38	37	0,193	298	448	537	
12,80	286	51	3:...	1,15	1,60	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	40	40	0,246	477	715	858	
13,00	178	35	3:...	1,12	1,63	--	--	--	--	--	80	39	41	43	44	37	37	0,190	297	445	534	
13,20	193	107	3:...	1,14	1,65	--	--	--	--	--	82	40	41	43	45	38	38	0,198	322	483	579	
13,40	191	33	3:...	1,14	1,67	--	--	--	--	--	82	39	41	43	45	38	37	0,195	318	478	573	
13,60	90	28	4:/:	1,04	1,69	3,00	12,8	510	765	270	56	36	38	40	42	33	33	0,118	150	225	270	
13,80	143	37	3:...	1,06	1,71	--	--	--	--	--	71	38	40	42	44	36	36	0,163	238	358	429	
14,00	166	31	3:...	1,10	1,74	--	--	--	--	--	76	39	40	42	44	37	37	0,177	277	415	498	
14,20	169	33	3:...	1,10	1,76	--	--	--	--													

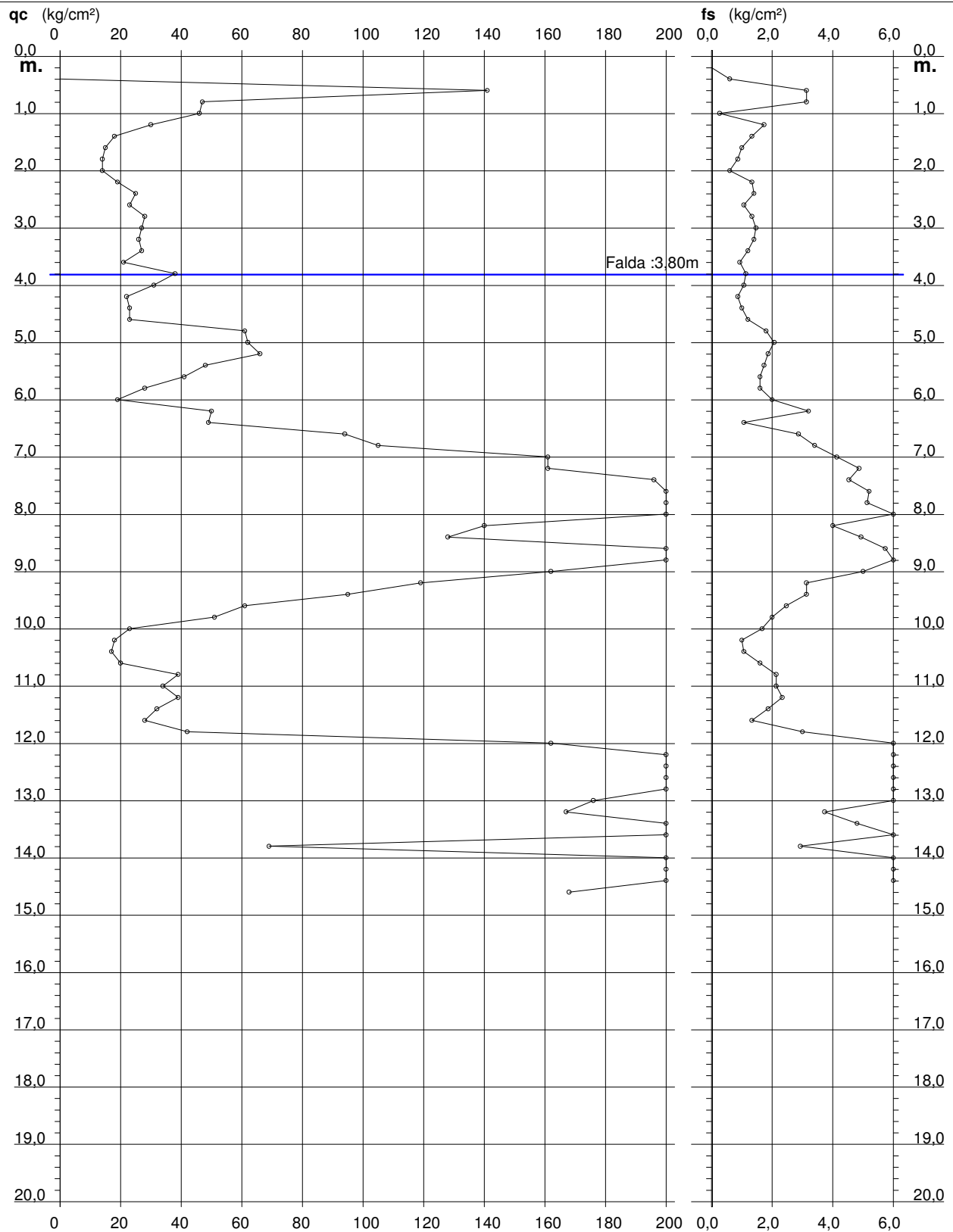
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 4

2.01PG05-033

- committente : Dott. Geol. Samanta Cristante
- lavoro : Piano Attuativo area "ex Comated"
- località : Via Daino - Mantova (MN)

- data : 22/05/2023
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 3,80 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 4

2.01PG05-033

- committente : Dott. Geol. Samanta Cristante
 - lavoro : Piano Attuativo area "ex Comated"
 - località : Via Daino - Mantova (MN)
 - note :

- data : 22/05/2023
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 3,80 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	----	----	--	-----	----	7,60	247,0	315,0	247,0	5,20	48,0
0,40	----	----	--	0,60	----	7,80	224,0	302,0	224,0	5,13	44,0
0,60	141,0	150,0	141,0	3,13	45,0	8,00	212,0	289,0	212,0	6,40	33,0
0,80	47,0	94,0	47,0	3,13	15,0	8,20	140,0	236,0	140,0	4,00	35,0
1,00	46,0	93,0	46,0	0,27	172,0	8,40	128,0	188,0	128,0	4,93	26,0
1,20	30,0	34,0	30,0	1,73	17,0	8,60	205,0	279,0	205,0	5,73	36,0
1,40	18,0	44,0	18,0	1,33	13,0	8,80	218,0	304,0	218,0	6,07	36,0
1,60	15,0	35,0	15,0	1,00	15,0	9,00	162,0	253,0	162,0	5,00	32,0
1,80	14,0	29,0	14,0	0,87	16,0	9,20	119,0	194,0	119,0	3,13	38,0
2,00	14,0	27,0	14,0	0,60	23,0	9,40	95,0	142,0	95,0	3,13	30,0
2,20	19,0	28,0	19,0	1,33	14,0	9,60	61,0	108,0	61,0	2,47	25,0
2,40	25,0	45,0	25,0	1,40	18,0	9,80	51,0	88,0	51,0	2,00	26,0
2,60	23,0	44,0	23,0	1,07	22,0	10,00	23,0	53,0	23,0	1,67	14,0
2,80	28,0	44,0	28,0	1,33	21,0	10,20	18,0	43,0	18,0	1,00	18,0
3,00	27,0	47,0	27,0	1,47	18,0	10,40	17,0	32,0	17,0	1,07	16,0
3,20	26,0	48,0	26,0	1,40	19,0	10,60	20,0	36,0	20,0	1,60	12,0
3,40	27,0	48,0	27,0	1,20	22,0	10,80	39,0	63,0	39,0	2,13	18,0
3,60	21,0	39,0	21,0	0,93	22,0	11,00	34,0	66,0	34,0	2,13	16,0
3,80	38,0	52,0	38,0	1,13	34,0	11,20	39,0	71,0	39,0	2,33	17,0
4,00	31,0	48,0	31,0	1,07	29,0	11,40	32,0	67,0	32,0	1,87	17,0
4,20	22,0	38,0	22,0	0,87	25,0	11,60	28,0	56,0	28,0	1,33	21,0
4,40	23,0	36,0	23,0	1,00	23,0	11,80	42,0	62,0	42,0	3,00	14,0
4,60	23,0	38,0	23,0	1,20	19,0	12,00	162,0	207,0	162,0	6,13	26,0
4,80	61,0	79,0	61,0	1,80	34,0	12,20	237,0	329,0	237,0	6,20	38,0
5,00	62,0	89,0	62,0	2,07	30,0	12,40	235,0	328,0	235,0	6,73	35,0
5,20	66,0	97,0	66,0	1,87	35,0	12,60	207,0	308,0	207,0	6,40	32,0
5,40	48,0	76,0	48,0	1,73	28,0	12,80	225,0	321,0	225,0	6,67	34,0
5,60	41,0	67,0	41,0	1,60	26,0	13,00	176,0	276,0	176,0	7,07	25,0
5,80	28,0	52,0	28,0	1,60	17,0	13,20	167,0	273,0	167,0	3,73	45,0
6,00	19,0	43,0	19,0	2,00	10,0	13,40	359,0	415,0	359,0	4,80	75,0
6,20	50,0	80,0	50,0	3,20	16,0	13,60	206,0	278,0	206,0	6,60	31,0
6,40	49,0	97,0	49,0	1,07	46,0	13,80	69,0	168,0	69,0	2,93	24,0
6,60	94,0	110,0	94,0	2,87	33,0	14,00	312,0	356,0	312,0	8,47	37,0
6,80	105,0	148,0	105,0	3,40	31,0	14,20	301,0	428,0	301,0	7,67	39,0
7,00	161,0	212,0	161,0	4,13	39,0	14,40	232,0	347,0	232,0	7,33	32,0
7,20	161,0	223,0	161,0	4,87	33,0	14,60	168,0	278,0	168,0	-----	----
7,40	196,0	269,0	196,0	4,53	43,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

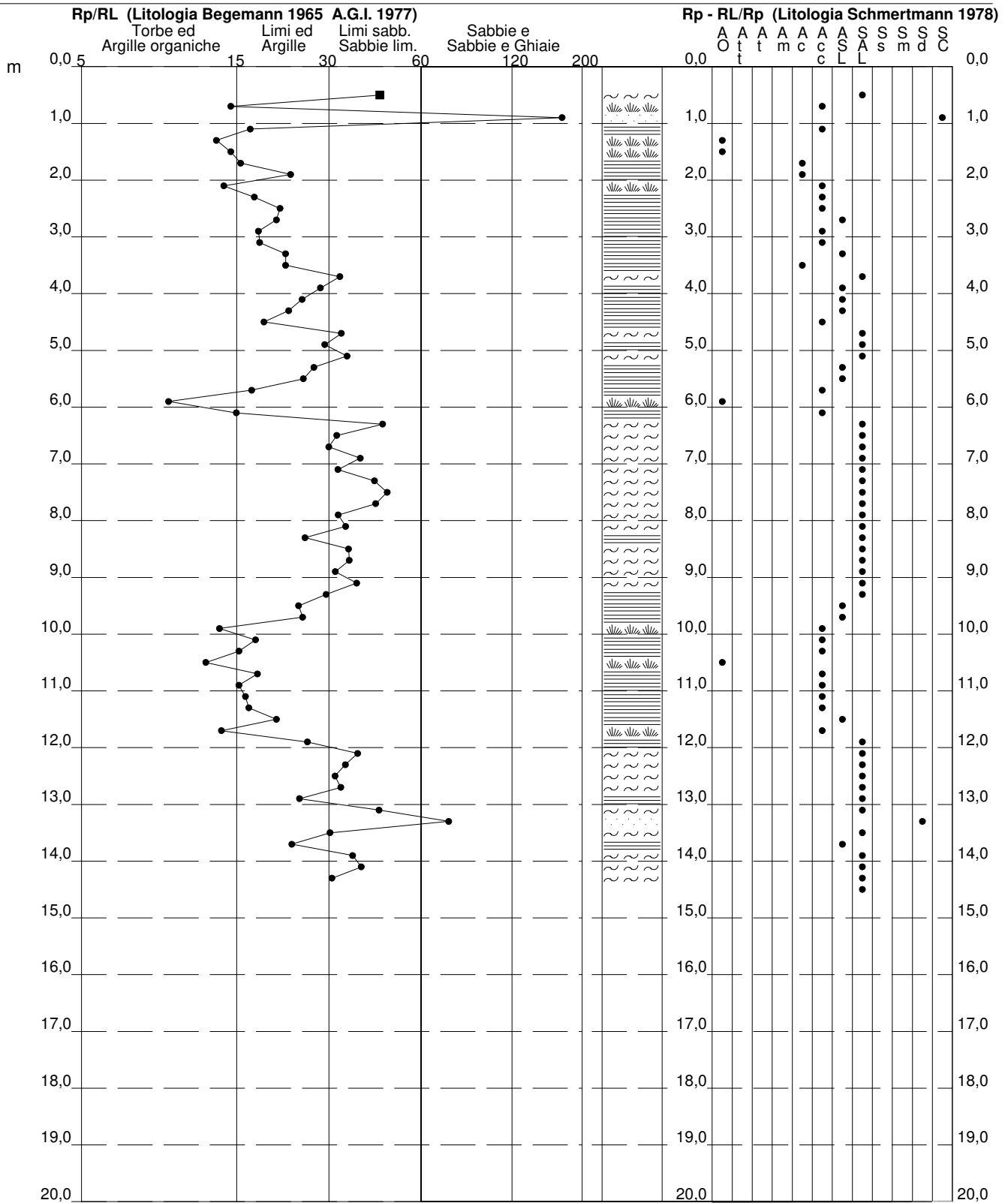
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 4

2.01PG05-033

- committente : Dott. Geol. Samanta Cristante
 - lavoro : Piano Attuativo area "ex Comated"
 - località : Via Daino - Mantova (MN)
 - note :

- data : 22/05/2023
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 3,80 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



ALLEGATO 6

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

*



Foto 1_CPT1



Foto 2_CPT2



Foto 3_CPT3



Foto 4_CPT4



Foto 5_Trumino



Foto 6_ Stendimento MASW



**DICHIARAZIONE/ASSEVERAZIONE DEL GEOLOGO
DI CONGRUITA' DEI CONTENUTI DELLA RELAZIONE GEOLOGICA AI REQUISITI RICHIESTI DAL
PARAGRAFO 6.2.1 NTC 2018 e/o DALLA D.G.R. 2616/2011**

Il sottoscritto DOTT. GEOL. SAMANTA CRISTANTE

iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione LOMBARDIA - N. 1576AP...incaricato in data 18/05/2023 da dott. Brugnoli Marco per conto

di MABRO SRL di redigere la relazione geologica relativa al seguente intervento

..COMPARTO.PA2.-STRALCIO IN VARIANTE AL P.G.T.-PIANIFICAZIONE ATTUATIVA DELL'AREA "EX COMATED"

da eseguire in Comune di MANTOVA (MN)
Località

indirizzo VIA JACOPO DAINO n°
CAP 46100

Comune Catastale E897 Foglio n. 55 Mappale o Particella vari

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadranno i benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (art. 75 D.P.R. 445/2000),

DICHIARA

A. che la relazione geologica in oggetto è stata redatta ai sensi di:

- D.M. 17 gennaio 2018 (paragrafo 6.2.1 NTC 2018)
- D.G.R. 2616/2011 e D.M. 17 gennaio 2018 (paragrafo 6.2.1 NTC 2018)
- D.M. 17 gennaio 2018 (paragrafo 6.2.1 NTC 2018), recependo quanto contenuto in una relazione geologica già depositata, redatta ai sensi della D.G.R. 2616/2011 per il rilascio del titolo abilitativo relativo all'intervento in questione

B. che, nello studio geologico comunale (PGT vigente) redatto in attuazione dell'art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005, al sito di intervento sono state attribuite le seguenti caratteristiche geologiche:

1. SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE PSL 1 LIV – DGR 2616/2011 all. 5 p.to 2.1

- | | | |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> Z1 Instabilità dei versanti | <input type="checkbox"/> Z2a Cedimenti | <input type="checkbox"/> Z2b Liquefazione |
| <input type="checkbox"/> Z3 Amplificazione topografica | <input checked="" type="checkbox"/> Z4 Amplificazione Stratigrafica | |
| <input type="checkbox"/> Z5 Comportamenti differenziali | <input type="checkbox"/> Nessuno scenario | |

1.1 VERIFICA SISMICA DI SECONDO LIVELLO PSL 2 LIV – DGR 2616/2011 all. 5 p.to 2.2

- Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) > Soglia comunale (FAS)*
 Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) <= Soglia comunale (FAS)*
 Analisi di secondo livello non effettuata

* tenuto conto delle tolleranze ammesse nell'Allegato 5 della D.G.R. 2616/2011

2. CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR 2616/2011 p.to 3.1

- 1 senza particolari limitazioni
 2 con modeste limitazioni
 3 con consistenti limitazioni
 4 con gravi limitazioni

2.1 TIPO DI LIMITAZIONE ALLA FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR2616/2011 p.to 3.2

- a) Instabilità dei versanti dal punto di vista statico
 b) Vulnerabilità idrogeologica
 c) Vulnerabilità idraulica
 d) Scadenti caratteristiche geotecniche
 nessuna particolare limitazione

DICHIARA INOLTRE

in fase di predisposizione dello studio geologico a supporto della progettazione

C. di aver seguito tutte le prescrizioni previste dalle norme geologiche di piano vigenti riportate nel piano delle regole del PGT del Comune di MANTOVA (MN).....

D. di aver eseguito ai sensi degli allegati alla DGR 2616/2011 conformemente alle linee guida disponibili:

- Approfondimento relativo all'instabilità dei versanti dal punto di vista statico (App1)
 Approfondimento relativo alla vulnerabilità idrogeologica (App2)
 Approfondimento relativo alla vulnerabilità idraulica (App3)
 Approfondimento relativo alle scadenti caratteristiche geotecniche (App4)
 Approfondimento relativo agli aspetti sismici (App5), la cui tipologia e grado sono dettagliatamente descritte nelle successive schede
 Nessun particolare approfondimento

E. di aver redatto il modello geologico del sito sulla base di:

- indagini appositamente eseguite nel sito d'interesse o nel suo immediato intorno, del tipo PROVE PENETROMETRICHE.....

.....
.....
 indagini pregresse, la cui estendibilità al sito d'interesse è stata adeguatamente motivata in relazione, del tipo

F. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo stratigrafico attraverso:

- analisi di risposta sismica locale
- procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria di sottosuolo, di cui al paragrafo 3.2.2 NTC 2018, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione; pertanto è stata individuata la seguente categoria di sottosuolo:

A B C D E

mediante la seguente tipologia d'indagine MASW + HVSR.....
la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione.

G. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo topografico attraverso:

- analisi di risposta sismica locale
- procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria topografica, di cui al paragrafo 3.2.2 NTC 2018, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione; pertanto è stata individuata la seguente categoria topografica:

T1 T2 T3 T4

mediante analisi morfologica condotta su base topografica a scala LOCALE.....
la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione.

H. di aver adeguatamente considerato la sicurezza nei confronti del fenomeno della liquefazione, mediante:

- esclusione della verifica (paragrafo 7.11.3.4.2 NTC 2018), opportunamente motivata in relazione;
- verifica di stabilità (paragrafo 7.11.3.4.3 NTC 2018) mediante la seguente metodologia ROBERTSON (1998).....

I. che l'intervento previsto risulta fattibile e compatibile con l'assetto geologico del sito:

- senza esecuzione di opere e/o interventi specifici per la mitigazione del rischio
- previa esecuzione di opere e/o accorgimenti costruttivi da eseguirsi durante i lavori relativi all'intervento in oggetto
- previa esecuzione di specifiche opere e/o interventi per la mitigazione del rischio da eseguirsi prima dei lavori relativi all'intervento in oggetto; in relazione a questo si specifica che tali lavori:
 - non sono stati eseguiti o sono stati eseguiti solo parzialmente

