REGIONE LOMBARDIA | **PROVINCIA DI MANTOVA** | **COMUNE DI PORTO MANTOVANO**

PROGETTO ESECUTIVO

AMPLIAMENTO DELLE STRUTTURE SPORTIVE ALLA CA' ROSSA

Progettazione architettonica
ing. Renato Buttini (sulla base del progetto definitivo redatto dall'arch. Matteo Leorati)

collaboratori
ing. Dario Buttini
geom. Mara Sanfelici
arch. Isabella Bonato

Geologia e Difesa del suolo
STUDIO GDS di De Togni D. e Gabrielli F.

Acustica
arch. Moreno Tonini

Progettazione strutturale
ing. Stefano Mazzocchi

Progetto della sicurezza
ing. Renato Buttini

Progettazione impianti
Studio associato Perlini

Progettazione antincendio
Studio associato Perlini

GEOLOGIA E DIFESA DEL SUOLO

Oggetto:

RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE GEOLOGICA
E PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

timbro e firma

doc. 01 GEO

Revisioni

N°	DESCRIZIONE	DATA
0	Emissione	Agosto 2021
1	Revisione	Gennaio 2022
2		-
3		-
4		-
5		-

STUDIO TECNICO ING. RENATO BUTTINI
PIAZZA MOZZARELLI N.10 - 46100 MANTOVA
TEL. E FAX 0376/220746
EMAIL:BUTTINI.RENATO54@GMAIL.COM

A termini di legge questo disegno non può essere riprodotto o ceduto a terzi senza nostro preventivo consenso scritto

STUDIO G.D.S. di De Togni D. e Gabrielli F.
Studio Associato di GEOLOGIA e DIFESA del SUOLO
Via La Marchesa, 3– 41037 MIRANDOLA (MO)
Tel.: 339.407.3066 – 335.577.1941 – E-mail: info@studiogds.com

PROVINCIA DI MANTOVA

COMUNE DI PORTO MANTOVANO

PROGETTO PER L'AMPLIAMENTO DELLE STRUTTURE SPORTIVE ALLA CA' ROSSA IN LOCALITA' BANCOLE NEL TERRITORIO COMUNALE DI PORTO MANTOVANO

COMMITTENZA:

COMUNE DI PORTO MANTOVANO

Strada Cisa n. 112 – 46047 PORTO MANTOVANO

RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE GEOLOGICA E PERICOLOSITÁ SISMICA LOCALE

ai sensi D.M. 17 Gennaio 2018 – D.P.R. 5 Giugno 2001, n. 328

IL GEOLOGO

DANIELE DE TOGNI

IL GEOLOGO

FRANCESCO GABRIELLI

MIRANDOLA, NOVEMBRE 2019

INDICE

1 - PREMESSA……... Pag. 2

2 - REFERIMENTI NORMATIVI……..……..……..……..... Pag. 3

3 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO…… Pag. 4

4 - PIANIFICAZIONE COMUNALE – P.G.T. DI PORTO MANTOVANO…….…… Pag. 5

5 - VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO ED IDRAULICO……..... Pag. 8

6 – ASSETTO GEOLOGICO LOCALE ……..…..…..... Pag. 10

7 - PROGRAMMA DELLE INDAGINI……..…… Pag. 21

7.1 Premessa…… Pag. 21

7.2 Prova penetrometrica statica con punta meccanica CPT……..…… Pag. 21

7.3 Misura a stazione singola del microtremore sismico…… Pag. 22

7.4 Indagine geofisica MASW…… Pag. 23

8 - MODELLO GEOLOGICO LOCALE……..……..……..……..…… Pag. 25

9 - DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO…….……..……..... Pag. 35

9.1 Sismicità storica…….…… Pag. 35

9.2 Faglie capaci e sorgenti sismogenetiche…… Pag. 38

9.3 Zonazione Sismica Nazionale……..……..…… Pag. 41

9.4 Pericolosità sismica di riferimento……. Pag. 42

9.5 Possibili fenomeni di instabilità……..…… Pag. 45

10 - ANALISI PRELIMINARE DELLE RISORSE GEOTERMICHE DEL SOTTOSUOLO…. Pag. 47

11 - PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL TERRITORIO – SINTESI QUALITATIVA…… Pag. 51

12 - CONCLUSIONI……....……....……..……..……..…… Pag. 52

1. PREMESSA

La presente relazione sulla modellazione geologica e pericolositá sismica locale è stata redatta nell'ambito a supporto del progetto per gli interventi di ampliamento delle strutture sportive alla Cà Rossa in località Bancole nel territorio comunale di Porto Mantovano.

Lo studio è stato condotto nel rispetto delle normative vigenti in materia il D.M. 17.01.2018, aggiornamento delle N.T.C. del 14 Gennaio 2008.
Per l'adempimento delle specifiche normative, è stato effettuato un sopralluogo sull'area in data 02/10/2019 al fine di verificarne l'idoneità geologica e geomorfologica.
Per la caratterizzazione litostratigrafia e geotecnica dei terreni di fondazione, in data 02/10/2019 è stata eseguita una campagna geognostica in sito, consistita in n. 03 prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT, spinte fino alla profondità massima di 18 metri dall'attuale piano di campagna, quota oltre la quale la prova è andata a rifiuto.
Per la classificazione dei terreni di fondazione è stata eseguita una duplice misura a stazione singola del microtremore sismico, mediante una strumentazione quale il tomografo portatile denominato TROMINO® che ha permesso di definire la frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo, oltre a stimare in maniera rapida la stratigrafia superficiale e le V_s, associata ad un'indagine MASW per la definizione delle V_{s30} e della categoria sismica del sottosuolo, come richiesto dalle normative vigenti.

La relazione si articola nel seguente modo:

- inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico;
- definizione del modello geologico del sottosuolo (MG);
- definizione del modello principali proprietà geotecniche, per la definizione del Modello Geotecnico del Sottosuolo (MGS) relativo ai terreni che costituiscono il Volume Significativo interessato dalle fondazioni;
- indagine sismica e definizione della pericolosità sismica del sito.

L'elaborazione del presente documento dovrà definire, inoltre, i parametri geotecnici necessari alla progettazione strutturale definitiva delle strutture fondali.
Sulla scorta di tutto ciò il Progettista sarà in grado di verificare l'idoneità statica delle fondazioni in progetto e alle azioni sismiche ad esse applicate.
Facendo riferimento ai parametri geotecnici nel seguito evidenziati, lo stesso Progettista sarà nelle condizioni di potere eseguire un eventuale congruo dimensionamento delle fondazioni e potrà valutare la natura e l'entità delle interazioni che si verranno a creare tra le opere fondali e il sottosuolo interessato dalla diffusione dei carichi.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

La realizzazione del presente studio è stata eseguita in ottemperanza alle indicazioni fornite dalla normativa vigente con particolare riferimento alle seguenti norme:

DECRETO MINISTERIALE 18 GENNAIO 2018

Aggiornamento delle *"Norme Tecniche per le Costruzioni"*.

CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI

"Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale".

DECRETO MINISTERIALE LAVORI PUBBLICI N. 47 DEL 11.03.1988

EUROCODICE 8 (1998)

"Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici. Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".

EUROCODICE 7.1 (1997)

"Progettazione geotecnica – Parte I: regole generali - UNI".

EUROCODICE 7.2 (2002)

"Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio - UNI".

EUROCODICE 7.3 (2002)

"Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito - UNI".

D.P.R. 5 GIUGNO 2001, N. 328

Articolo 41 – Attività professionali

"punto c) le indagini geognostiche e l'esplorazione del sottosuolo anche con metodi geofisici; le indagini e consulenze geologiche ai fini della relazione geologica per le opere di ingegneria civile mediante la costruzione del modello geologico-tecnico; la programmazione e progettazione degli interventi geologici e la direzione dei lavori relativi, finalizzati alla redazione della relazione geologica…;"

"punto e) le indagini e la relazione geotecnica…".

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il sito indagato è ubicato in prossimità dell'abitato di Bancole, frazione facente parte del territorio comunale di Porto Mantovano, centro della provincia mantovana, a nord del sistema dei Laghi di Mantova.
Esso è cartografato nella Sezione E7c3 denominata "Marmirolo" della Carta Tecnica Regionale, alla scala 1:10.000.
Le coordinate geografiche UTM32-WGS84 rilevate mediante la consultazione dell'archivio cartografico contenuto nel Geoportale della Regione Lombardia, sono le seguenti:

- longitudine x = 1.202.064,70 metri;
- latitudine y = 5.662.766,07 metri.

Il centro sportivo Cà Rossa, oggetto di intervento, è ubicato nella porzione orientale dell'abitato di Bancole, compresa tra Strada della Cisa ad ovest e Strada Dosso ad est, all'interno di un comparto residenziale, al confine con un'area interessata da pratiche agricole.

Il sito indagato in un intorno territoriale è posto ad una quota altimetrica pari a +30.4 metri s.l.m. in corrispondenza di Via Bersaglieri d'Italia, mentre i territori adiacenti posti a est interessati da pratiche agricole, si sviluppano a quote comprese tra +29.0 e +30.0 metri s.l.m..

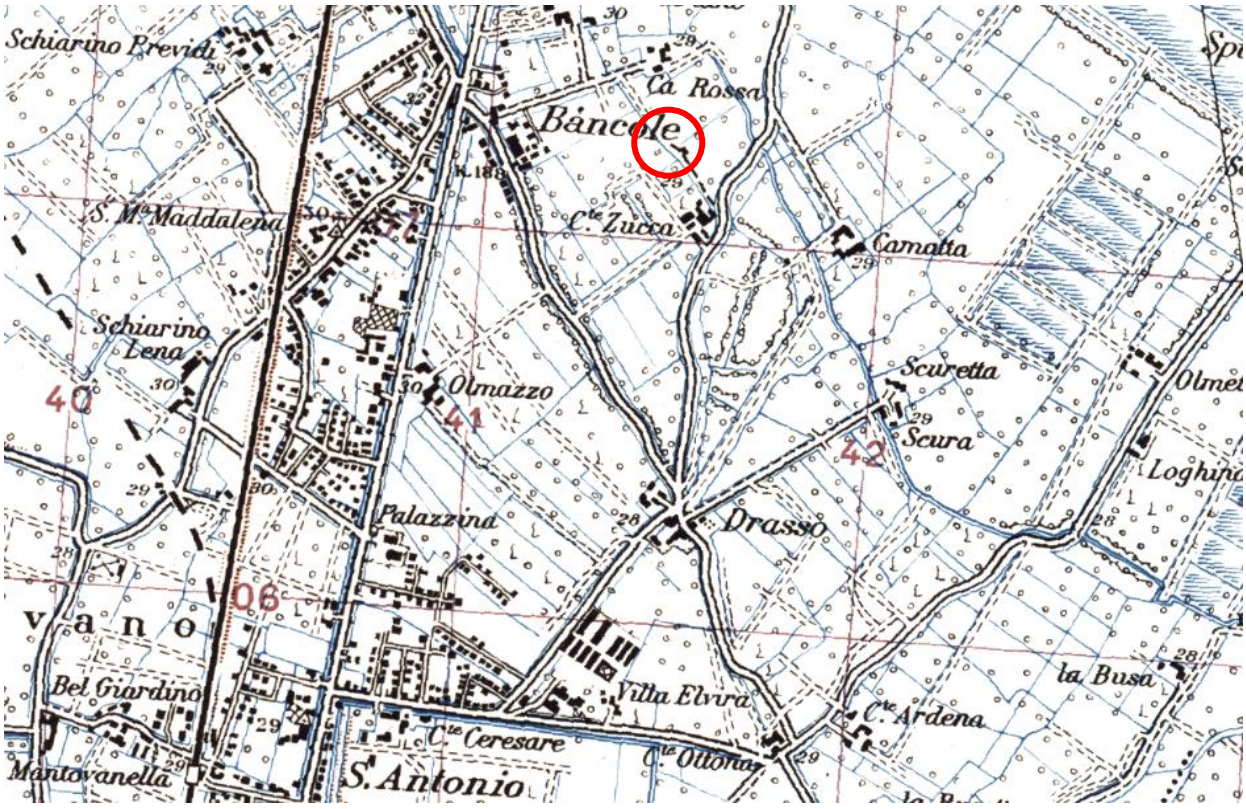


FIGURA 1 – INQUADRAMENTO COROGRAFICO – BASE CARTOGRAFICA CARTA I.G.M.

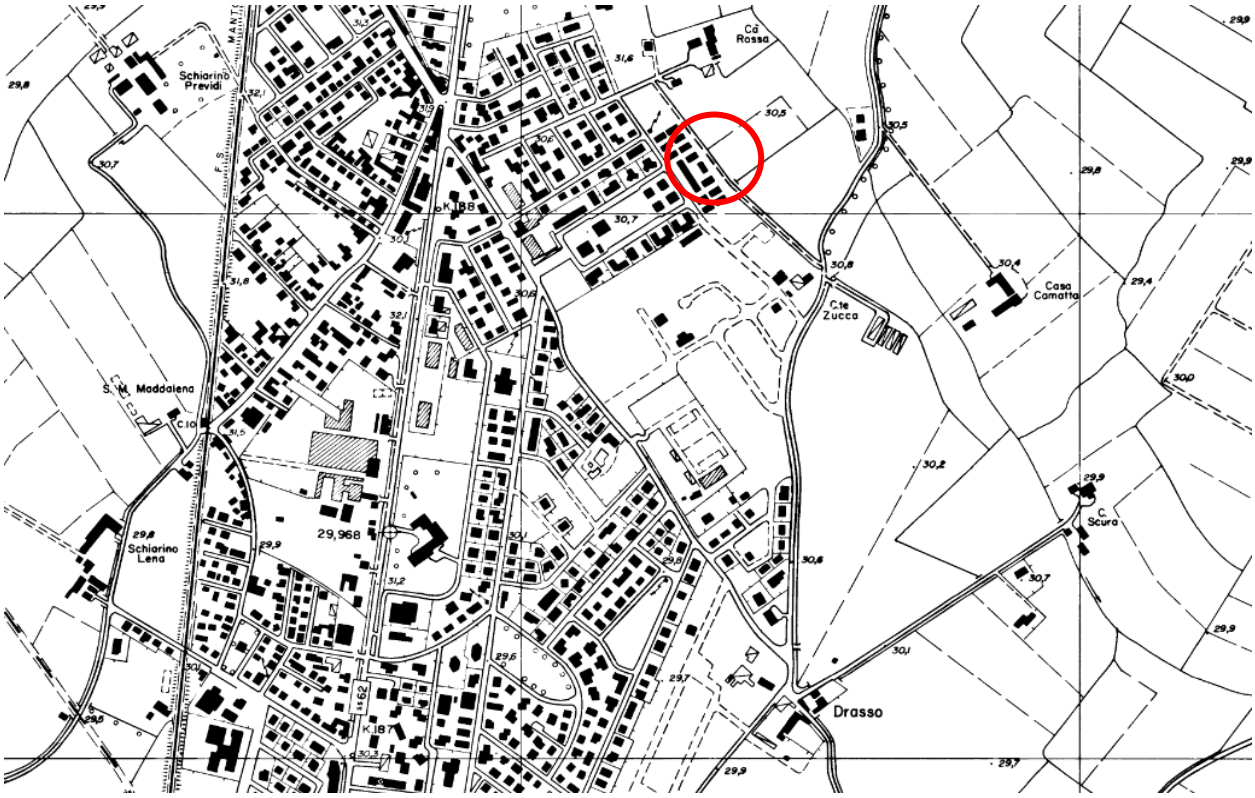


FIGURA 2 – Ubicazione dell'area in studio - Estratto da C.T.R. - Elemento E7c3 "Marmirolo"

Le figure 1 e 2, riportanti l'inquadramento corografico dell'area di studio, evidenziano come negli ultimi 50 anni, le località di Bancole e di Sant'Antonio siano state oggetto di un'intensa espansione urbanistica di tipo residenziale.

4. PIANIFICAZIONE COMUNALE – P.G.T. DEL COMUNE DI PORTO MANTOVANO

Il Piano di Governo del Territorio di Porto Mantovano è lo strumento di pianificazione che delinea le scelte strategiche di assetto e sviluppo del territorio comunale e individua le specifiche vocazioni e invarianze di natura geologica, geomorfologica, idrogeologica paesaggistica e ambientale.

In riferimento alla CARTA DI SINTESI DEL P.G.T. DI PORTO MANTOVANO, strumento che ha lo scopo di rappresentare le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che le genera e dei vincoli territoriali, l'area interessata dal progetto di fattibilità tecnica ed economica in essere, si sviluppa in corrispondenza dell'ambito del livello fondamentale di pianura, esternamente all'orlo di scarpata di erosione fluvioglaciale, all'interno della quale si sviluppa l'attuale corso del Fiume Mincio.

Per l'area indagata non sono state riscontrate significative situazioni di vulnerabilità, fatto salva la presenza di un corso d'acqua il cui alveo tombato si sviluppa in adiacenza al comparto oggetto di ampliamento delle strutture sportive.

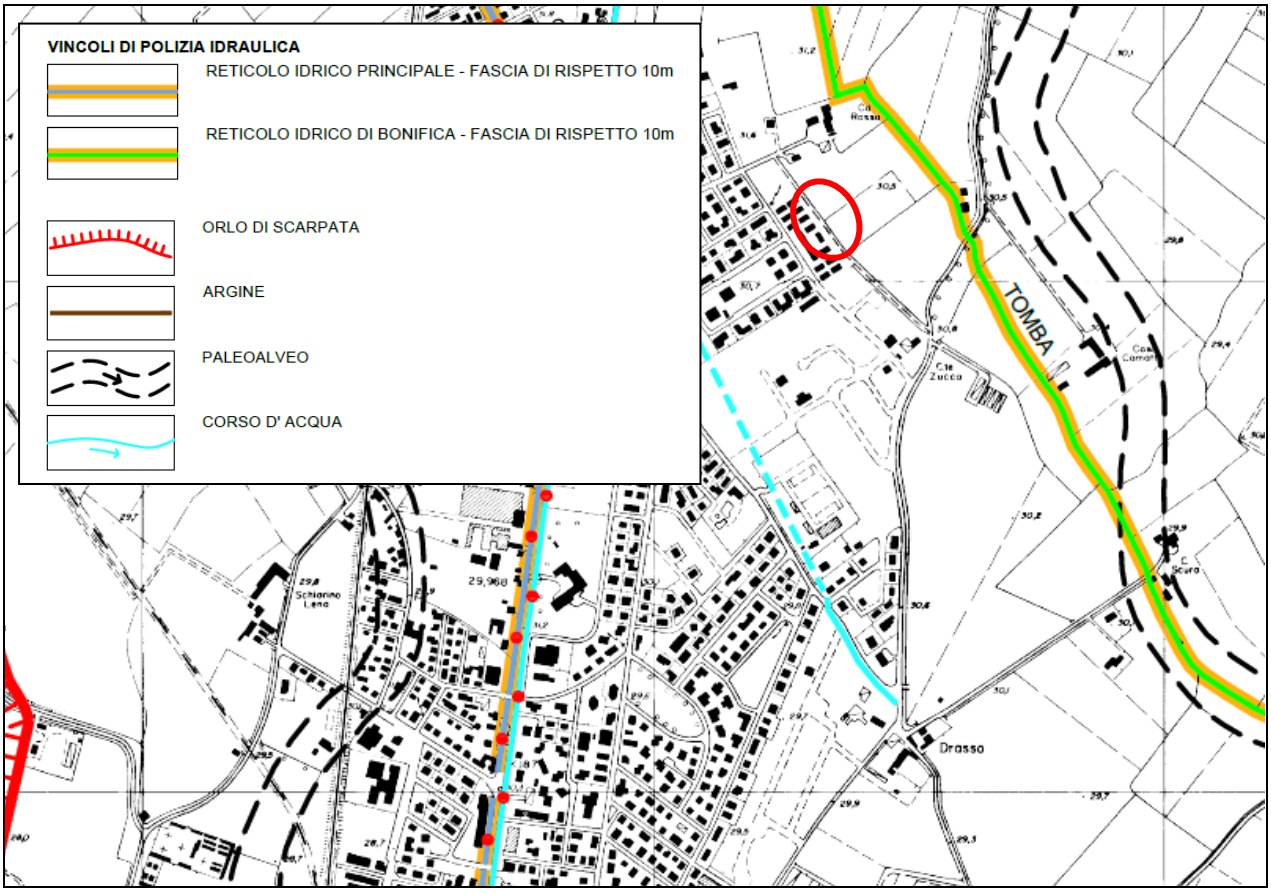


FIGURA 3 – ESTRATTO DI CARTA DI SINTESI; P.G.T. DI PORTO MANTOVANO

Più in generale, gran parte del territorio su cui si sviluppano gli abitati di Bancole e la parte settentrionale di Sant'Antonio, presenta caratteristiche geotecniche medio-scadenti: *in questa classe sono state inserite le aree con depositi* fluviali prevalentemente limoso-sabbiosi e limoso-argillosi, delimitate ad ovest dall'orlo di scarpata della valle del Mincio mentre ad est arrivano fino al confine comunale; tali depositi non presentano generalmente caratteristiche particolarmente scadenti, ma, semplicemente, meritano una analisi più attenta rispetto ai depositi prevalentemente granulari.

Generalmente sotto la copertura limoso o argillosa, con spessori variabili da 1-2 a 4-5 metri, si trovano depositi generalmente sabbiosi. Pertanto, tali aree andranno associate solo a modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso.

La TAV 7 "Carta delle Fattibilità geologica e delle Azioni di Piano" (cfr. fig. 4) costituisce la sintesi di tutti quegli elementi che pongono dei limiti all'uso del territorio relativamente alla qualità dei terreni, alla

vulnerabilità intrinseca degli acquiferi, al rischio di dissesti idrogeologici, ovvero tutti quei componenti che rendono bassa o improbabile la trasformabilità del territorio. Dall'analisi della suddetta carta si evince che il sito in esame ricade in **Classe 2** corrispondente a **Fattibilità con modeste limitazioni.** Tale classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico costruttivi per la mitigazione del rischio. Nelle aree ricomprese nella Classe 2 di fattibilità, i progetti per le nuove costruzioni e per gli interventi sulle costruzioni esistenti, previsti nel Capitolo 7 delle NTC/2018, dovranno essere dotati delle indagini geologiche, idrogeologiche, geotecniche e geofisiche commisurate all'importanza ed alla estensione dell'opera. Tenuto conto di quanto disposto dal sopracitato D.M., le indagini geotecniche e geofisiche di approfondimento devono raggiungere i seguenti risultati:

- valutazione del carico unitario ammissibile e dei cedimenti assoluti e relativi dei terreni di fondazione (Metodo delle tensioni ammissibili);
- verifiche agli stati limite;
- valutazione della soggiacenza della falda in caso di strutture sotterranee che possano interessare la falda;
- indicazioni sulle metodologie di abbattimento temporaneo della falda e dei sistemi di impermeabilizzazione nei casi di realizzazione di strutture sotto falda;
- indicazioni sulle metodologie di prevenzione dall'inquinamento dei livelli acquiferi non protetti.

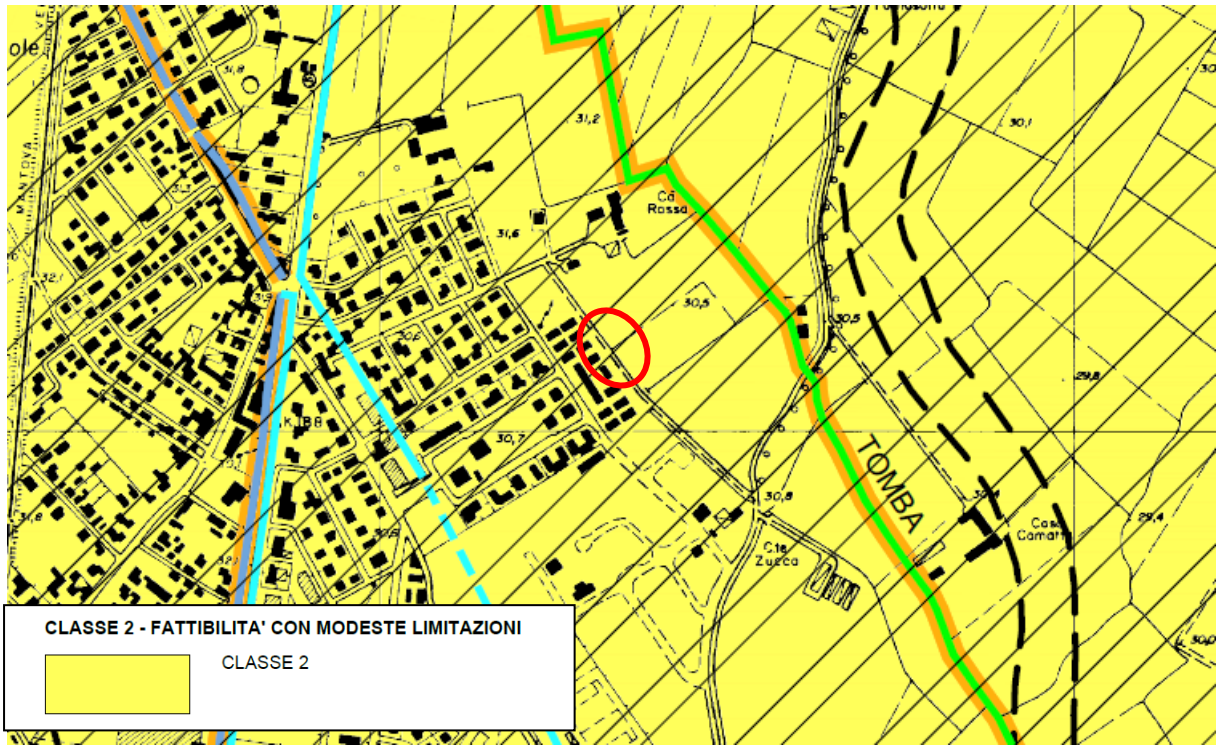


FIGURA 4 – ESTRATTO DELLA CARTA DI FATTIBILITÀ DELLA AZIONI DI PIANO; PGT DI PORTO MANTOVANO

In riferimento a quanto contenuto nella D.G.R. n. 8/7374 del 28.05.2008, la **valutazione dell'amplificazione sismica locale è stata condotta mediante l'applicazione del *1° livello* di approfondimento**.

La **Carta della Pericolosità Sismica Locale**, a corredo dello studio della componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. comunale (2008), è stata redatta secondo i criteri dell'***Allegato 5*** "*Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio*". Nel sito in esame è stato individuato il seguente scenario di pericolosità sismica locale (Allegato n. 5: Tabella n.1):

Sigla	Scenario di pericolosità sismica locale	Possibili effetti
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche

La zona Z4a corrisponde alle aree di affioramento delle alluvioni recenti che, in seguito al verificarsi di eventi sismici, possono dare luogo ad amplificazioni del moto del suolo originate, in particolare, alla diversità impedenza sismica tra i litotipi, con conseguente vibrazione del terreno con ampiezze e frequenze diverse e, secondariamente, alla conformazione geometrica del deposito con conseguenti fenomeni di focalizzazione delle onde sismiche.

Nelle aree di scenario Z4a, a seguito dell'applicazione del 2° Livello di approfondimento previsto dalla D.G.R. 7374/2008, è stato calcolato il fattore di amplificazione **Fa** in quattro zone che si possono ritenere rappresentative della situazione comunale. Il valore di Fa calcolato risulta inferiore al valore di soglia comunale corrispondente stabilito dalla Regione Lombardia; perciò la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa.

5. VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO ED IDRAULICO

La Legge 3 Agosto 1998 n° 267 e successive modifiche ed integrazioni prevede che *"le autorità di bacino di rilievo nazionale e interregionale e le regioni per i restanti bacini adottano, … piani stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico … che contengano in particolare la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico e la perimetrazione delle aree da sottoporre a misure di salvaguardia…"*

Il territorio comunale di Porto Mantovano appartiene in parte al "distretto idrografico padano" e quindi al bacino del Po ed in parte al "distretto idrografico delle Alpi Orientali" ed in particolare al bacino Fissero Tartaro Canalbianco.

Nelle more di approvazione dei piani di bacino distrettuale, previsti dal D.Lvo 152/2006, restano vigenti i piani stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) e i due bacini.

Il sito di studio è compreso nel bacino Fissero Tartaro Canalbianco e, pertanto, sono vigenti i vincoli idraulici del **Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)**, adottato con Delibera del Comitato Istituzionale del 12-04-2002. Pertanto il Comune provvede ad adeguare gli atti di programmazione e pianificazione alle prescrizioni del PAI, secondo quanto disposto dall'Art. 17, comma 4, della Legge 183/1989.

In particolare nel Comune di Porto Mantovano non sono delimitate aree di pericolosità idraulica e di rischio idraulico del bacino, ma sono presenti "**Fasce di tutela idraulica**" lungo i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico principale ai sensi della L.R.1/2001, Art.3, comma 108, lettera i).

Le fasce di tutela idraulica, definite dall'art. 9 del PAI, hanno una larghezza di 10 metri dalla sponda del corso d'acqua e interessano la Fossamana e la Tartagliona. Queste "fasce di tutela" coincidono con le "fasce di rispetto" istituite dalla D.G.R. 25/01/2002 N° 7/7868, successive modifiche e integrazioni, che riprende il R.D. 523/1904.

Per quanto riguarda l'area in oggetto, non viene segnalato nessun rischio di tipo idraulico né di pericolosità di frana.

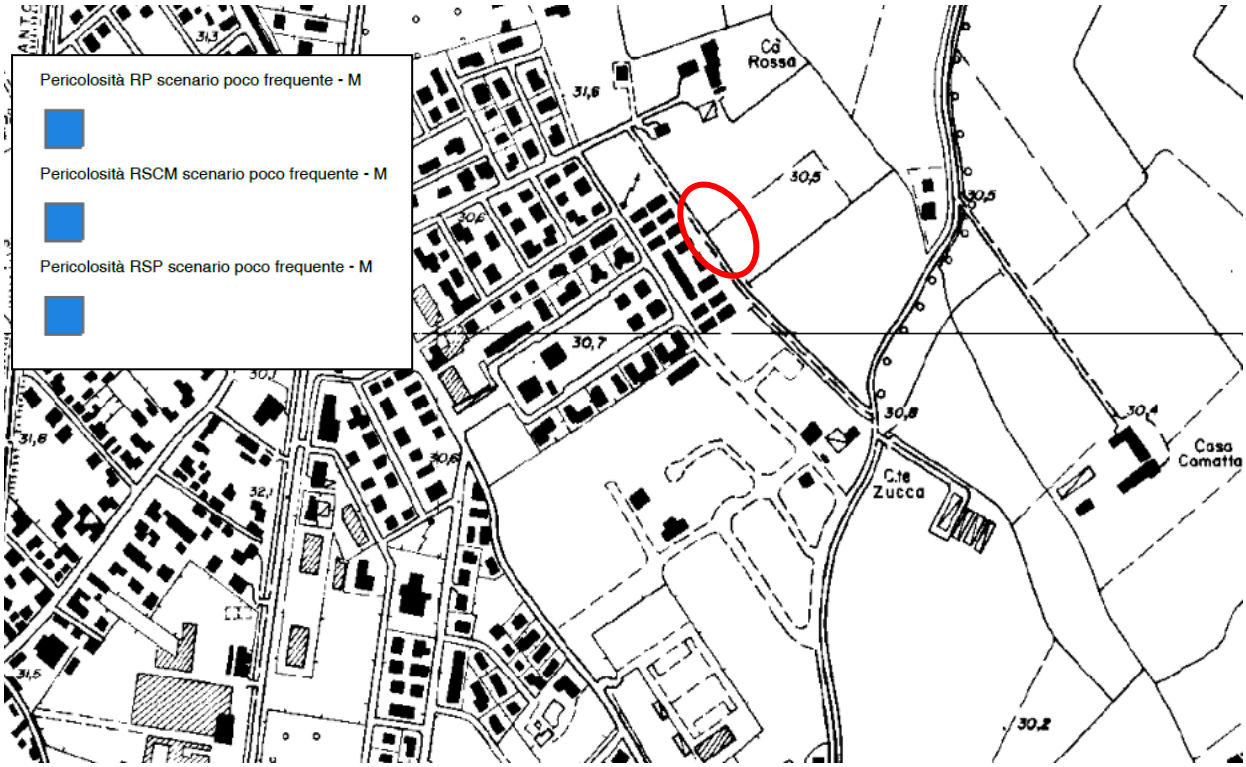


FIGURA 5 – Aree di rischio idraulico del PGRA (Autorità di bacino del fiume Po)

Analizzando il sistema dal punto di vista del rischio idraulico è necessario consultare le perimetrazioni afferenti il *"Piano Gestione Rischio Alluvioni del Fiume Po (PGRA), adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 e approvato con delibera n. 2 del 3 marzo 2016 e definitivamente approvato con d.p.c.m. del 27 ottobre 2016, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 30, serie Generale, del 6 febbraio 2017".*

I diversi ambiti territoriali definiti all'interno del Piano di Gestione Rischio Alluvioni del Fiume Po, sono i seguenti:

- Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP);
- Reticolo secondario collinare e montano (RSCM);
- Reticolo secondario di pianura (RSP).

Per tali ambiti, si individuano i seguenti scenari di pericolosità:

- aree interessata da alluvione rara (P1);
- aree interessate da alluvione poco frequente (P2);
- aree interessate da alluvione frequente (P3).

La consultazione delle mappe mostra quanto riportato in Figura 5, cioè l'assenza di aree di pericolosità / rischio idraulico localizzate in corrispondenza del sito di intervento.

Il Comune di Porto Mantovano, risulta tra quelli del territorio Lombardo classificati in **zona a criticità idraulica B,** ovvero a media criticità idraulica.

6. ASSETTO GEOLOGICO REGIONALE

Lineamenti strutturali

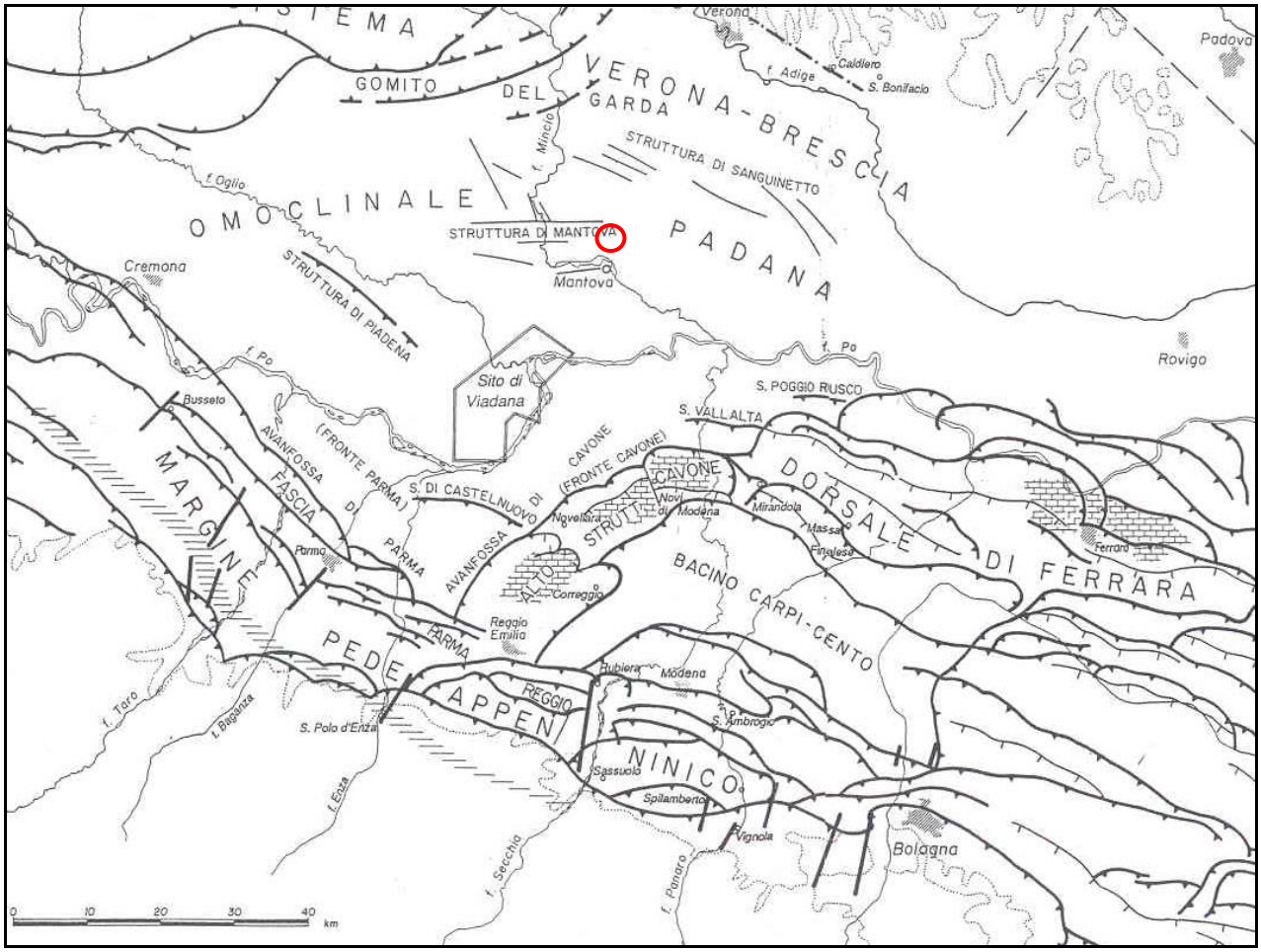
L'area in studio si colloca nella parte centrale del grande bacino subsidente plio-quaternario della pianura padana, un grande bacino subsidente che iniziò a delinearsi quando emersero prima la catena Alpina poi quella Appenninica, di cui rappresenta le rispettive avanfosse; mediante l'interpretazione delle linee sismiche e la correlazione di numerosi pozzi profondi, si è potuto osservare che il basamento di tale bacino presenta strutturalmente due situazioni differenti a N e a S del Po.

Il settore meridionale è caratterizzato dal fronte Appenninico esterno che si esplica in tre grandi archi (Monferrato, Emiliano, Ferrarese).

La parte settentrionale è rappresentata da un ampia monoclinale che si approfondisce dal margine Alpino fino ai 7500 m del depocentro, posto poco a Nord di Reggio Emilia.

L'assetto geologico-strutturale del Bacino Padano è caratterizzato dalla presenza di due complessi sedimentari poggianti su substrato Mesozoico: il primo, inferiore, caratterizzato da formazioni Pliocenico-

Pleistoceniche, essenzialmente costituite da sedimenti in facies marina, il secondo, superiore, da formazioni Oloceniche costituite da depositi clastici in facies continentale, di origine glaciale e fluviale, dovuti all'attività dei fiumi alpini e appenninici; le isobate del substrato pliocenico, che individua l'inizio dei depositi del Quaternario continentale sovrastanti ai depositi del Quaternario marino, sono segnalate a profondità superiori ai 300 metri dalla superficie.



Legenda: a) nucleo carbonatico, mesozoico sepolto; b) minimo dell'anomalia gravimetrica; c) accavallamento principale; d) faglia verticale; e) faglia diretta; f) faglia diretta trasversale al margine appenninico;

FIGURA 6 – CARTA DEGLI ELEMENTI TETTONICI SIGNIFICATIVI DELL'AREA PADANA CENTRO-ORIENTALE

L'area di studio, dal punto di vista geologico, appartiene al settore centro-occidentale della media pianura padana. L'evoluzione geologica della pianura è legata allo sviluppo della catena alpina prima e di quella appenninica nella fase successiva, rappresentando all'inizio l'avanfossa del sistema alpino e poi di quello appenninico.

Questo vasto bacino a profilo asimmetrico con minore inclinazione sul lato settentrionale è stato, a partire dal Pliocene, progressivamente colmato dalla deposizione di depositi sia marini che continentali di notevole spessore, denotando una accentuata subsidenza.

La base di questi depositi poggia su di un substrato di età Miocenica che costituisce la monoclinale pedealpina, elemento strutturale che si estende dal margine alpino a nord fino alla base della catena appenninica a sud. L'andamento regolare dello stesso è interrotto dalla presenza di strutture sepolte, costituite da sinclinali e anticlinali fagliate che interessano anche la provincia cremonese.

Dal punto di vista geostrutturale la monoclinale pedealpina rappresenta una zona relativamente tranquilla mentre più a sud è presente una successione plicativa ad anticlinali e sinclinali, con assi a vergenza appenninica, costituita da un sistema di accavallamenti con superfici di distacco multiple nella copertura sedimentaria meso-cenozoica. Tali pieghe sono in stretta connessione con il fronte di accavallamento esterno (E.T.F) che rappresenta il limite dell'Appennino sepolto.

Il territorio in essere si sviluppa immediatamente a sud della struttura tettonica denominata "di Mantova".

Lo spessore complessivo dei depositi del Quaternario può raggiungere valori notevoli in quanto la sua base è segnalata ad un profondità sotto il livello del mare variabile da 1000 metri a N a 2000 verso S. La base dei depositi del Pliocene, che presenta un andamento molto più complesso, si trova anche a oltre 5000 metri di profondità, lungo l'asta del Fiume Po.

In merito all'assetto strutturale, gli studi condotti da *F. Baraldi et alii (1980)* e *da M. Bernini et alii (1980)* hanno evidenziato che l'area in esame è stata interessata, durante il Quaternario, da una lenta subsidenza (comune a tutto il bacino) non del tutto compensata dalla sedimentazione.

L'asse di sinclinale Cremona-foce Taro-Poviglio rappresenta l'asse principale di subsidenza, con abbassamento più accentuato nella parte meridionale. Nell'intervallo 700.000-18.000 anni b.p. si inseriscono nuovi elementi lineari, anche se il motivo tettonico principale resta la subsidenza.

Si individuano la faglia del F. Adige, probabile zona di passaggio tra l'area montuosa dei Lessini e la pianura Veronese, e la faglia dei laghi di Mantova con direzione E-W, la cui presenza però non è certa. Nel periodo successivo (18.000 anni b.p.-attuale) la situazione si complica: nel settore settentrionale della pianura Mantovano-Veronese si ha un importante abbassamento dedotto da diverse osservazioni:

- riordino delle linee idrografiche secondo una direzione NNW-SSE (precedentemente NW-SE),
- approfondimento del letto di diversi corsi d'acqua,
- presenza di una vasta area palustre corrispondente alle Valli Grandi Veronesi,
- quote altimetriche che diminuiscono gradualmente verso questa zona.

Il resto dell'area sembra essere maggiormente stabile, anche se non si può escludere una debole subsidenza. La faglia dei laghi di Mantova con il suo movimento normale sembra influenzare il drenaggio superficiale: il Mincio subisce un'inflessione all'altezza di questo lineamento tettonico, passando da una direzione N-S ad una E-O e mantenendola fino al suo ingresso nei laghi di Mantova. Nel complesso dunque la zona di Porto Mantovano è attualmente interessata soltanto da una debole subsidenza che tuttavia, presentando carattere regionale, non determina particolari influenze su strutture quali quelle in progetto.

Lineamenti geomorfologici e litologici

Per quanto riguarda le caratteristiche dei depositi pliocenici-quaternari di questo settore di pianura, è possibile fare riferimento alla seguente successione litostratigrafiche, delle più recenti alle più antiche:

Quaternario continentale (Pleistocene inf. – Pleistocene sup.)

Caratterizzato in prevalenza da depositi di origine fluviale e fluvio-glaciale, con eventi marini limitati al settore orientale della pianura. Si tratta di una successione di sabbie, arenarie e ghiaie, con intercalazioni argillose, che si può rinvenire a varia profondità in tutta la Pianura Mantovana, con spessori variabili da alcune decine di metri fino ad un massimo di 300 metri. Essi sono localmente sovrapposti ai depositi del Villafranchiano, del Calabriano e del Pliocene.

Quaternario marino (Pleistocene inferiore)

Si tratta di depositi litologicamente caratterizzati da grossi banchi di sabbie con intercalazioni argillose; nello specifico sono costituiti da sedimenti prevalentemente siltoso-argillosi nella parte basale, per poi arricchirsi di intercalazioni sabbiosi e nella parte mediana, per divenire in seguito prevalentemente sabbiosi.

Villafranchiano (Pliocene sup. – Pleistocene inf.)

Depositi costituiti in prevalenza da sedimenti di origine continentale formati da limi, limi-sabbiosi ed argillosi con livelli sabbiosi e rare ghiaie. I limi presentano una caratteristica colorazione grigio-azzurra con intercalazioni torbose nerastre. L'ambiente deposizionale varia dal marino-transizionale al continentale; lateralmente e verso il basso questa unità fa transizione ai sedimenti "calabriani". Lo spessore di questi depositi è generalmente superiore a 100 metri.

In merito alle unità geologiche affioranti in questo settore di media pianura mantovana, esse sono di origine esclusivamente continentale e costituite da depositi fluviali e fluvio-glaciali di età compresa tra il Pleistocene e l'Olocene.

Il sottosuolo risulta caratterizzato dalla presenza di alternanze di litotipi limoso-argillosi, con sabbie medio-fini e grossolane, talora con livelli ghiaiosi, la cui disposizione e percentuale risulta in stretta correlazione con i bacini idrografici creatisi; pertanto, in tale contesto deposizionale le eteropie laterali risultano molto frequenti, quasi la regola.

Ne risultano stratificazioni con spessori di ordine da metrico a pluridecimetrico che hanno generalmente una conformazione lenticolare, con estensioni orizzontali dell'ordine di pochi metri fino a qualche centinaio di metri, passanti lateralmente in terreni di altra composizione.

Sulla base dei dati bibliografici esistenti e alle stratigrafie dei pozzi profondi perforati nelle vicinanze dell'area di ricerca, l'assetto litostratigrafico locale è caratterizzato dalla presenza di depositi essenzialmente limoso-sabbiosi e sabbioso-limosi con locali intercalazioni argillose e livelli con ghiaietto.

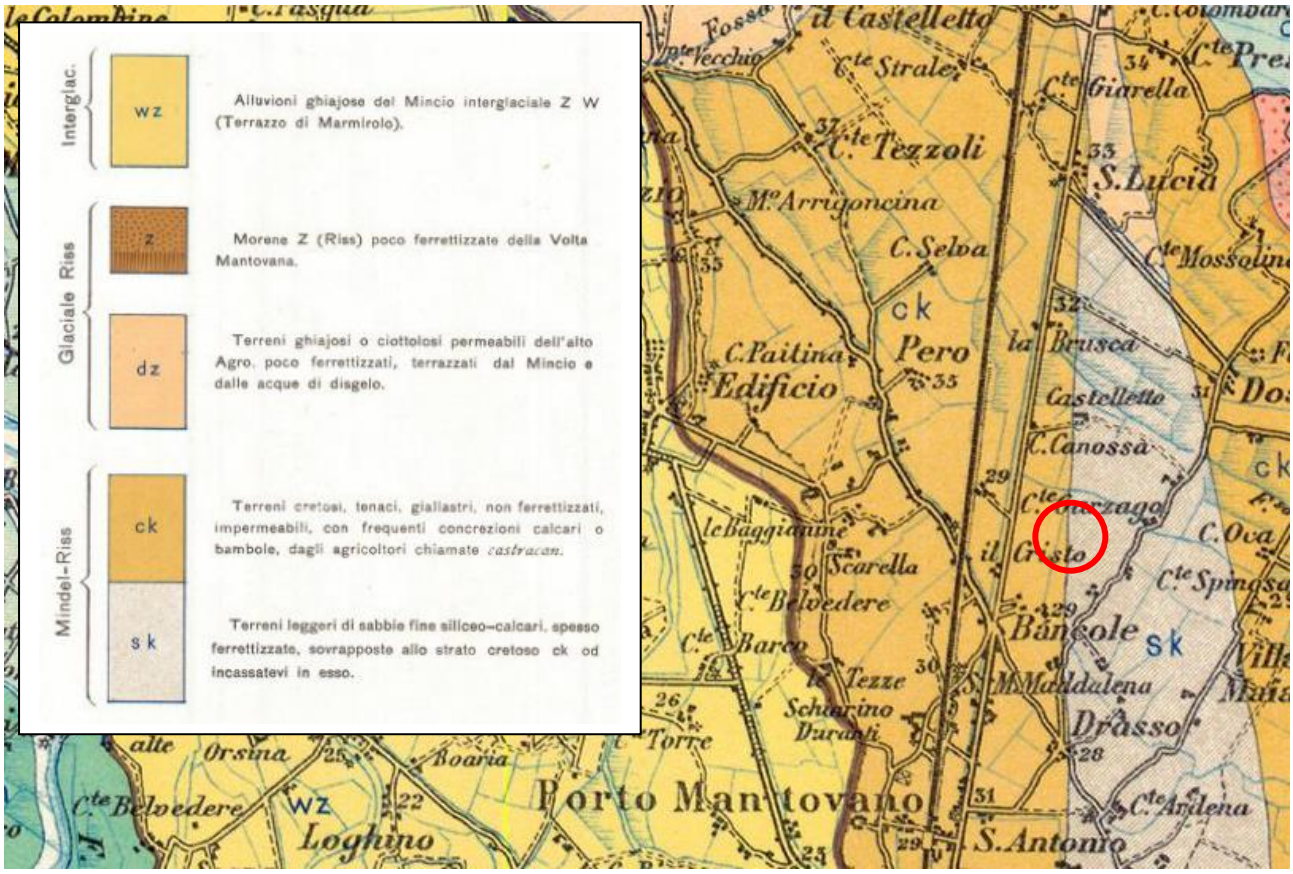


FIGURA 7 – STRALCIO DI CARTA GEOLOGICA IN SCALA 1:100.000 FOGLIO N. 62 "MANTOVA"

In merito alla litologia di superficie, i litotipi affioranti sono classificati sulla base della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000 – Foglio N° 62 "*Mantova*", come "*depositi sabbiosi – Alluvium"* di età Mindel-Riss. In generale, in questa porzione del territorio comunale, i terreni superficiali passano da NO a SE, da prevalentemente ghiaiosi e subordinatamente sabbiosi a sabbie poco gradate e limi sabbioso argillosi, che nelle aree più depresse possono arricchirsi di sostanza organica.

Tale descrizione schematica rappresenta un puro riferimento generale, che non tiene in considerazione la complessità stratigrafica e variabilità laterale che si potrebbero evidenziare a seguito di analisi più approfondite, trattandosi appunto di depositi di origine fluviale e fluvio-glaciale.

L'area interessata dall'intervento edilizio in progetto, posta nella porzione orientale dell'abitato di Bancole, appartiene alla Media Pianura Mantovana, ovvero a quel complesso di terreni medio-fini che raccorda l'alta pianura ghiaiosa con la sponda sinistra del Fiume Po.

Si tratta di un territorio pianeggiante, con quote topografiche intorno ai 29,0-31,0 m s.l.m., caratterizzato da una generale debole pendenza dello 0,5% orientata da NO verso SE, verso la depressione valliva del Mincio, privo di aree di instabilità o di potenziale dissesto.

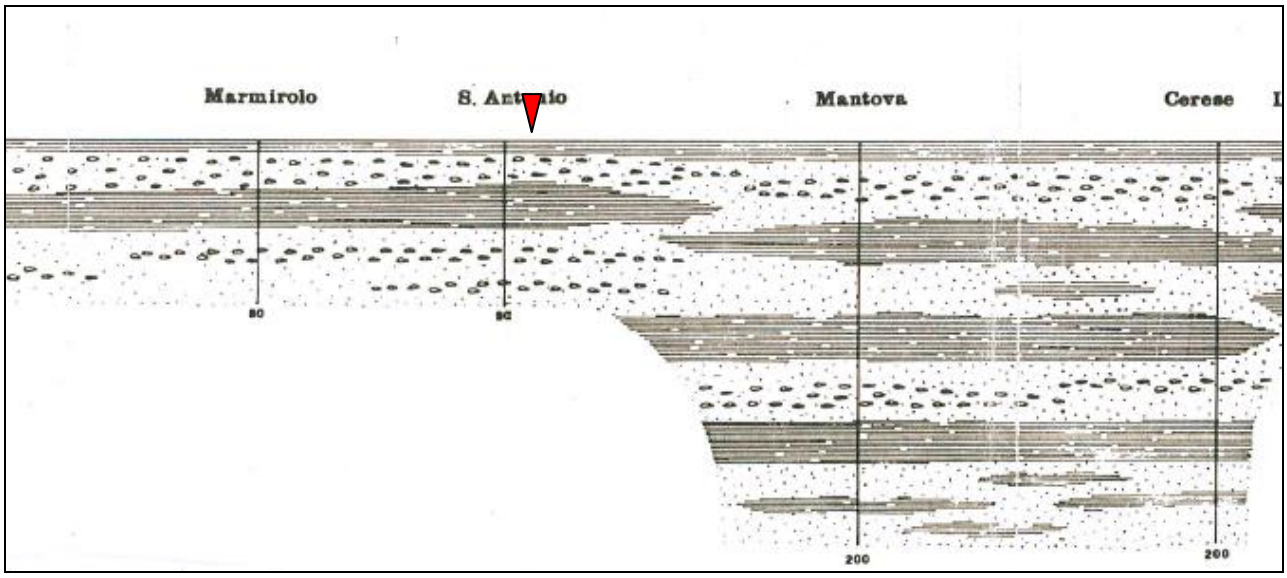


FIGURA 8 – SEZIONE GEOLOGICA NO/SE – TRATTA DA "FALDE ACQUIFERE DELLA PROVINCIA DI MANTOVA" – C.N.R.

In generale, il Comune di Porto Mantovano ricade all'interno dell'alta pianura lombarda, in un contesto territoriale in cui il paesaggio, dal punto di vista morfologico, è caratterizzato dalla presenza di forme poco evidenti. Tali forme sono essenzialmente legate a processi di origine fluviale, e fluvioglaciali.

Detta pianura si è formata come sandur proglaciale, cioè come un'entità continua con lievi ma costanti variazioni delle caratteristiche topografiche, granulometriche, morfologiche e pedologiche (sandur prossimale, intermedio e distale).

La sua evoluzione è, pertanto, legata alla presenza di un imponente sistema glaciale che ha portato alla formazione del livello fondamentale della pianura successivamente inciso dai corsi d'acqua principali, da cui è separato da scarpate d'erosione, ben evidenti lungo il Mincio.

Il settore occidentale del territorio comunale, in cui ricade l'area in esame, è caratterizzato dalla presenza di aree terrazzate, ribassate di alcuni metri rispetto al piano campagna circostante, da cui sono separate tramite scarpate, riferibili ad una fase erosiva medio-recente dei corsi d'acqua, che solcano o hanno solcato la zona.

Relativamente all'assetto locale del reticolo idrografico, si evidenzia che all'interno dell'area di progetto, completamente urbanizzata, le acque meteoriche sono raccolte e smaltite mediante la rete delle acque bianche comunale.

In sintesi dal punto di vista geomorfologico si è appurato che il sito d'intervento ricede in un contesto di pianura fluviale e/o fluvioglaciale essenzialmente stabile e consolidato, nel cui ambito non si sono rilevati fenomeni erosivi e/o d'evoluzione morfologica d'entità apprezzabile.

Per quanto concerne gli aspetti pedologici dell'area di indagine, si è fatto riferimento alla Carta Pedologica prodotta dall'*E.R.S.A.L.* – "*I Suoli della Pianura Mantovana Centrale*", nell'ambito del progetto "Carta Pedologica" della Regione Lombardia (1997).

La metodologia di indagine pedologica seguita dall'E.R.S.A.L. prevede la divisione del territorio in sistemi e unità pedopaesaggistiche, distinte sulla base di criteri idrogeomorfologici; il territorio in studio rientra nel sottosistema denominato LF, ovvero nella porzione del Livello Fondamentale della Pianura, caratterizzata da superfici generalmente stabili e depositi di origine fluviale e fluvio-glaciali, in cui si sono formati suoli evoluti, a profilo ben differenziato e a substrato grossolano.

La tessitura medio-fine dei suoli garantisce un drenaggio da buono a moderatamente rapido, condizionato dalla percentuale di fine nella matrice interstiziale.

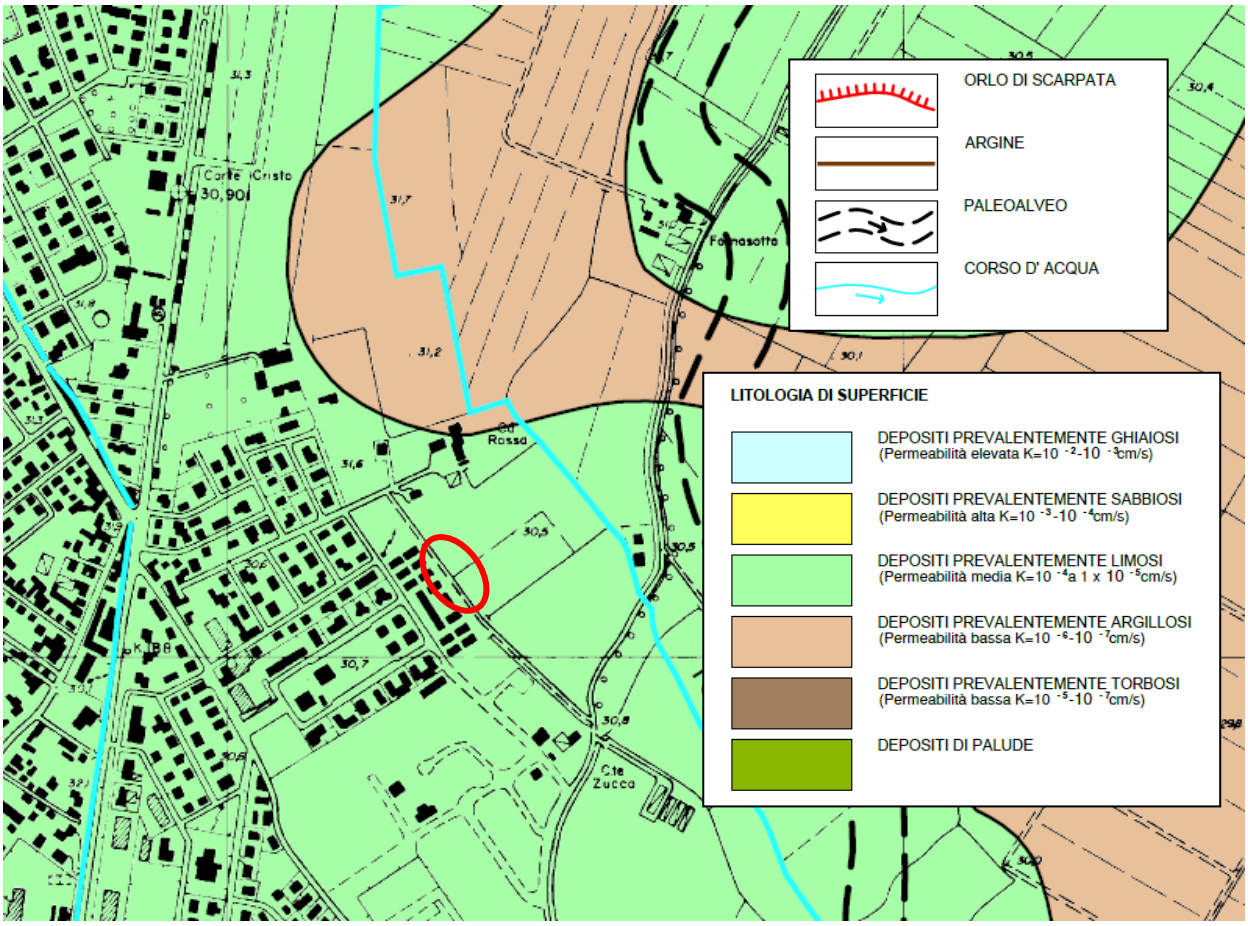


FIGURA 9 – CARTA DEGLI ELEMENTI GEOMORFOLOGICI E DELLA LITOLOGIA SUPERFICIALE (DA P.G.T.)

Assetto idrogeologico regionale

I depositi continentali fluviali e fluvio-glaciali che si estendono nell'area in esame costituiscono l'orizzonte più superficiale dell'acquifero noto in letteratura come "acquifero multistrato confinato della Media Pianura Mantovano".

L'osservazione di differenti sezioni idrogeologiche e/o idrostratigrafiche tracciate nell'area evidenzia la presenza di un sistema acquifero multifalda contraddistinto dalla ripetuta alternanza di orizzonti acquiferi,

costituiti prevalentemente da sabbie medio-fini, raramente ghiaiose, e di aquitard argilloso-limosi, che individuano nei primi 150 metri di profondità, almeno tre distinte falde acquifere aventi un grado di confinamento crescente; fino a tale profondità si è in presenza di un acquifero monostrato variamente compartimentato, non essendo inibita la possibilità di scambi idrici tra gli acquiferi sovrapposti.
La prima falda, il cui tetto si trova a qualche metro sotto il piano campagna, occupa un livello di sabbie medio-fini, grigie o giallastre, a volte contenenti ghiaia. Segue un banco argilloso compreso tra i 40 e 60 metri, con livelli sabbioso-limosi, poveri d'acqua o completamente asciutti.
La seconda falda si trova tra i 60 e gli 80 metri, in sabbie medie, caratterizzate da abbondanza d'acqua.
La terza falda ha sede in sabbie medio-grosse, con intercalazioni ghiaiose fini, delimitate alla basse da uno strato di argille blu e/o nere, molto compatte, comprese tra i 140 e i 160 metri.

Stratigrafie dei pozzi

Di seguito vengono riportate l'ubicazione, le caratteristiche e le stratigrafie dei pozzi più vicini all'area in studio, facenti parte della banca dati dell'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale).
L'andamento stratigrafico conferma la presenza di un materasso fluviale e/o fluvio-glaciale prevalentemente sabbioso da fine a grossolano, con livelli ghiaiosi fini ed intercalazioni argillose lentiformi.
I primi metri di profondità, compresi generalmente tra 2 e 12 metri, sono caratterizzati da depositi di copertura superficiale, di natura argillosa.

Dal punto di vista della permeabilità, i depositi fluviali e fluvio-glaciali sono classificabili come depositi da permeabili a semi-permeabili, per porosità, caratterizzati da un grado di permeabilità da medio a basso.
A tale classe sono stati attribuiti i depositi a granulometria prevalentemente limosa,, a cui è associata una permeabilità con coefficiente k compreso tra 10^{-5} e 10^{-6} m/sec.
Il valore della permeabilità è strettamente legato alla percentuale di matrice fine che, intasando i vuoti presenti tra gli elementi grossolani, determina una netta diminuzione della conducibilità idraulica e una notevole variabilità, sia in senso orizzontale che verticale.

La *falda freatica* rappresenta il primo elemento idrogeologico riscontrato in sito, per la quale, sulla base delle informazioni storiche recuperate e sulla base delle esperienze acquisite, è lecito attendersi un'oscillazione del livello della frangia freatica tra 4,00 metri ed oltre i 6,00 metri dal p.c..

Si segnala che lo Studio Geologico –Tecnico a corredo del Piano di Governo del Territorio del Comune di Porto Mantovano, evidenzia per l'area in esame una soggiacenza compresa tra 7,00 e 6,00 metri di profondità, con quote della superficie piezometrica comprese tra +23 m e +24 m s.l.m., con direzione del deflusso sotterraneo diretto da NNE/SSO.

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
Codice: 154134 **Regione:** LOMBARDIA **Provincia:** MANTOVA **Comune:** PORTO MANTOVANO **Tipologia:** PERFORAZIONE **Opera:** POZZO PER ACQUA **Profondità (m):** 40,00 **Quota pc slm (m):** 30,50 **Anno realizzazione:** 2003 **Numero diametri:** 1 **Presenza acqua:** SI **Portata massima (l/s):** 22,000 **Portata esercizio (l/s):** 5,000 **Numero falde:** 0 **Numero filtri:** 1 **Numero piezometrie:** 1 **Stratigrafia:** SI **Certificazione(*):** SI **Numero strati:** 4 **Longitudine WGS84 (dd):** 10,801511 **Latitudine WGS84 (dd):** 45,202689 **Longitudine WGS84 (dms):** 10° 48' 05.05" E **Latitudine WGS84 (dms):** 45° 12' 09.09" N **(*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia**	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	40,00	40,00	300

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	34,00	40,00	6,00	180

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
ago/2003	4,00	6,60	2,60	8,900

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	1,50	1,50		SABBIA CON TERRENO VEGETALE
2	1,50	12,00	10,50		SABBIA MEDIO FINE CON LIVELLI ARGILLOSI
3	12,00	16,00	4,00		ARGILLA LIMOSABBIOSA
4	16,00	40,00	24,00		SABBIA GROSSOLANA CON GHIAIA

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
Codice: 22142 **Regione:** LOMBARDIA **Provincia:** MANTOVA **Comune:** PORTO MANTOVANO **Tipologia:** PERFORAZIONE **Opera:** POZZO PER ACQUA **Profondità (m):** 42,00 **Quota pc slm (m):** 31,00 **Anno realizzazione:** 2004 **Numero diametri:** 1 **Presenza acqua:** SI **Portata massima (l/s):** 5,000 **Portata esercizio (l/s):** 3,500 **Numero falde:** 2 **Numero filtri:** 1 **Numero piezometrie:** 1 **Stratigrafia:** SI **Certificazione(*):** SI **Numero strati:** 6 **Longitudine WGS84 (dd):** 10,801944 **Latitudine WGS84 (dd):** 45,205103 **Longitudine WGS84 (dms):** 10° 48' 07.07" E **Latitudine WGS84 (dms):** 45° 12' 18.18" N **(*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia**	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	42,00	42,00	160

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	3,00	27,00	24,00
2	27,00	42,00	15,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	37,00	42,00	5,00	125

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
mag/2004	3,40	6,25	2,85	4,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	2,00	2,00		ARGILLA
2	2,00	13,00	11,00		SABBIA E GHIAIA
3	13,00	27,00	14,00		SABBIA FINE
4	27,00	30,00	3,00		ARGILLA
5	30,00	35,00	5,00		SABBIA FINE
6	35,00	42,00	7,00		SABBIA GROSSA

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
Codice: 154197 **Regione:** LOMBARDIA **Provincia:** MANTOVA **Comune:** PORTO MANTOVANO **Tipologia:** PERFORAZIONE **Opera:** POZZO PER ACQUA **Profondità (m):** 41,00 **Quota pc slm (m):** 29,50 **Anno realizzazione:** 2004 **Numero diametri:** 2 **Presenza acqua:** SI **Portata massima (l/s):** 5,000 **Portata esercizio (l/s):** 3,500 **Numero falde:** 1 **Numero filtri:** 1 **Numero piezometrie:** 1 **Stratigrafia:** SI **Certificazione(*):** SI **Numero strati:** 3 **Longitudine WGS84 (dd):** 10,798169 **Latitudine WGS84 (dd):** 45,202131 **Longitudine WGS84 (dms):** 10° 47' 53.53" E **Latitudine WGS84 (dms):** 45° 12' 07.07" N **(*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia**	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	41,00	41,00	160

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	18,00	41,00	23,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	36,00	41,00	5,00	125

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
mar/2004	4,90	8,12	3,22	3,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	18,00	18,00		ARGILLA
2	18,00	33,00	15,00		SABBIA FINE
3	33,00	41,00	8,00		SABBIA GROSSOLANA

7. INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE GEOTECNICHE

7.1 Piano delle indagini

Al fine di definire lo schema litostratigrafico, geomeccanico ed idrogeologico del primo sottosuolo e in ottemperanza al D.M. 17 Gennaio 2018, è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche così articolata:

- n.01 prova penetrometrica statica di tipo statico con punta meccanica, spinta alla profondità massima di 18 metri dal piano campagna esistente, quota che per i tipi di terreno indagato e per il tipo di intervento in progetto è stata ritenuta soddisfacente ai fini del concetto di "volume significativo"; all'interno del perforo è stata eseguito il rilievo della falda freatica, mediante l'utilizzo di freatimetro;
- per la definizione della pericolosità sismica di base del sito, ai sensi del § 3.2 N.T.C. e § C3.2 della Circolare, è stata eseguita un'indagine geofisica basata sulla misura del rumore sismico (microtremore) del sottosuolo, mediante l'utilizzo di strumentazione tromografica portatile, finalizzata alla stima delle frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo e dell'amplificazione sismica del sito mediante il rapporto HVSR;
- per la definizione della V_{S30} è stata eseguita un'indagine geofisica MASW, basata sull'analisi della propagazione delle onde superficiali, ed in particolare delle onde di Rayleigh.

I dettagli relativi alle prove penetrometriche eseguite, in cui è anche riportata la planimetria con l'ubicazione dei punti di indagine sono riportati in allegato.

7.2 Prova penetrometrica statica (CPT)

La prova penetrometrica è stata realizzata mediante penetrometro statico olandese tipo Gouda (tipo meccanico), con spinta massima nominale di 20 ton., munito di speciale punta Begemann, con le seguenti caratteristiche: Ø punta 35,7 mm, angolo di apertura 60°, area base 10 cm^2; manicotto laterale di frizione tipo Begemann con Ø di 36 mm, lunghezza 13,3 mm, area laterale 150,42 cm^2.

La prova penetrometrica statica CPT (Cone Penetration Test) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione offerta dal terreno alla punta meccanica tipo Begemann, sopra descritta, con dimensioni e caratteristiche standard ed infissa nel terreno a velocità costante; la punta conica di tipo telescopico (punta Begemann) è dotata di un manicotto esterno scorrevole e permette di valutare, per ogni 20 cm di infissione, i seguenti parametri: resistenza alla punta Rp (kg/cm^2): *si riferisce ai valori di resistenza offerta dal terreno all'avanzamento della punta* e resistenza all'attrito locale laterale Rl (kg/cm^2), *ai valori di resistenza offerta dal terreno per attrito sul manicotto che segue immediatamente la punta*.

L'elaborazione dei valori di resistenza all'infissione caratteristici dei vari livelli del sottosuolo, fornisce utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati sulla base del rapporto Rp/Rl fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale (Rapporto di Begemann 1965 – Raccomandazioni A.G.I. 1977) ovvero sulla base dei valori di Rp e del rapporto FR = Rl/Rp % (esperienze di Schmertmann 1978).
Nei casi dubbi nell'applicazione del rapporto Rp/Rl, si è proceduto a scelte litologiche con validità orientativa, sulla base di esperienze e correlazioni eseguite precedentemente su altri siti, che possono essere così sintetizzate:

$7 < Rp < 20$ kg/cm^2: possibili terreni coesivi in genere anche se $Rp/Rl < 15$
$Rp \leq 20$ kg/cm^2: possibili terreni coesivi anche se $Rp/Rl > 30$
$Rp \geq 20$ kg/cm^2: possibili terreni granulari anche se $Rp/Rl < 30$

Si rammenta tuttavia, che, sebbene l'indagine penetrometrica tipo CPT fornisca dati geotecnici attendibili, le informazioni sulla natura litologica e granulometrica dei terreni derivano sostanzialmente da correlazioni del tipo empirico.
Nell'interpretazione dei risultati, le prove penetrometriche vengono assimilate a prove rapide in condizioni di drenaggio impedito e, nella definizione del comportamento geotecnico, è stata adottata una distinzione fondamentale fra terreni incoerenti (resistenza al taglio caratterizzata dal solo angolo di attrito) e terreni fini (resistenza al taglio caratterizzata soprattutto dall'esistenza di legami coesivi).

7.3 Misura a stazione singola del microtremore sismico

La metodologia proposta di misura a stazione singola del microtremore sismico, mediante una strumentazione quale il tomografo portatile denominato TROMINO®, permette la misura della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo e degli edifici, oltre a stimare in maniera rapida la stratigrafia superficiale e la V_{s30}, come richiesto dalle normative antisismiche vigenti. La tecnica maggiormente consolidata per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico generato in un sito, è quella dell'analisi dei rapporti spettrali tra le componenti del moto sismico orizzontali e verticali (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V - NOGOSHI E IGARASHI, 1970). Il codice utilizzato per la creazione di curve H/V sintetiche si basa sulla simulazione del campo di onde di superficie di Rayleigh e Love in sistemi multistrato a strati piani e paralleli (AKI, 1964 - BEN-MENAHEM E SINGH, 1981), considerando che l'onda sismica viene parzialmente riflessa dall'interfaccia che separa due mezzi (litotipi) a rigidità differente, con la determinazione di un contrasto di impedenza.
L'onda riflessa interferisce con quelle incidenti sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza), quando la lunghezza dell'onda incidente è 4 volte (o multipli dispari) lo spessore H del primo strato: la frequenza fondamentale di risonanza F_r relativa alle onde S risulta pari a $F_r = V_S /4H$.

In questo modo l'esito della misura tromografica, opportunamente calibrato con i risultati della prova penetro metrica, fornisce un ulteriore e utile supporto alla ricostruzione del sottosuolo ed alla stima della velocità media delle onde di taglio nel volume di sottosuolo investigato.
La stima delle frequenze amplificanti del terreno, infine, consente una preliminare valutazione delle eventuali "doppie risonanze" con le tipologie di manufatti in progetto.

7.4 Indagine geofisica MASW

Il metodo geofisico utilizzato in questa sede per la caratterizzazione della categoria di sottosuolo in base al valore delle Vs è la sismica a rifrazione attiva elaborata mediante metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves): essa permette di modellizzare il sottosuolo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh (Park et alii, 1999).
Il metodo consente di stimare la velocità delle onde di taglio (Vs) dei terreni a partire dalla velocità delle onde di superficie (Rayleigh nel caso del presente studio).
La velocità delle onde di taglio e legata al modulo di rigidezza a taglio del mezzo (terreno) mediante la relazione:

$$Vs = (G/\rho)^{1/2}$$

dove:

- ρ = densità del mezzo;
- G = modulo di rigidezza a taglio del mezzo.

Poiché la densità dei suoli varia relativamente poco con la profondità (almeno nelle prime decine di metri), dalla formula si evince che i valori di Vs sono i primi indicatori della rigidità di un terreno.
Le onde Rayleigh sono onde di superficie e sono generate dall'interazione tra onde di pressione (P) e le onde di taglio verticali (Sv) ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo. In presenza di un semispazio omogeneo la loro velocità non presenta dipendenza dalla frequenza (no dispersione). Alla superficie libera hanno moto ellittico retrogrado che si inverte ad una profondità di $\lambda/2\pi$. L'ampiezza dello spostamento decresce con legge esponenziale; per questo diviene rapidamente trascurabile con la profondità.
La propagazione di queste onde non è influenzata dalle caratteristiche del mezzo al di sotto di una profondità pari a λ. Esse possono essere viste come la sovrapposizione di due componenti separate: una longitudinale e l'altra trasversale, che si propagano lungo la superficie con la stessa velocità ma con differente attenuazione con la profondità.
Il vantaggio di utilizzare il metodo MASW sta nel fatto che non è limitato dalla presenza di inversioni di velocità in profondità; ha una buona risoluzione e poi perché la propagazione delle onde Rayleigh è funzione

soprattutto delle Vs (parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito). Esso è particolarmente indicato per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi.

La dispersione è la deformazione di un treno d'onda dovuta ad una variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza.

Per la onde Rayleigh questa deformazione non si manifesta all'interno di un semispazio omogeneo ed isotropo ma solo quando questi presenta una stratificazione.

La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda λ (quindi frequenza) è influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino ad una profondità di circa λ/2. Tale velocità delle onde di Rayleigh (Vr) è pari a circa il 90% delle onde di taglio Vs. Per le indagini è stato utilizzato un tromografo digitale portatile TROMINO, prodotto da Micromed S.p.A., nella versione Engineering, combinato con un trigger wireless equipaggiato di puntale, con frequenza propria di 4,5 Hz.

Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati secondo le tre componenti spaziali (N-S, EW e Up-Down), che consentono di acquisizione digitale in alta definizione delle vibrazioni del terreno (ampiezze d'onda inferiori a 10 μm), nel campo delle frequenze 0 – 200 Hz.

In seguito ad una registrazione di un determinato tempo t, tale segnale digitalizzato viene elaborato tramite un software dedicato, Grilla, il quale esegue un'elaborazione per ognuna delle componenti del moto e ne fornisce i grafici relativi.

L'abbinamento tra Tromino Engy e il trigger wireless consente di effettuare stendimenti sismici senza limitazioni di estensione.

La presenza di un unico geofono, detto starter in quanto registra i primi arrivi delle onde sismiche, impone il suo spostamento continuo secondo le posizioni dello schema prestabilito.

Lo stendimento aveva una lunghezza di 48 metri con il primo geofono a distanza di 5,0 m dal Tromino mentre l'interdistanza tra le altre posizioni del geofono era di 3,0 metri; l'energizzazione, ottenuta tramite un salto effettuato dall'operatore, è avvenuta a 1,0 m di distanza dallo starter lungo l'asse geofono-Tromino.

Da tale stendimento viene elaborato un sismogramma definito "virtuale" in quanto non deriva dalla registrazione simultanea di più geofoni, ma i segnali di ogni energizzazione vengono composti in un unico sismogramma tramite software dedicati.

L'elaborazione del segnale registrato si compone dei seguenti passaggi:

1. picking dei primi arrivi sulla traccia di registrazione del geofono;
2. ricostruzione del sismogramma delle tracce registrate dal sismografo (Tromino) tramite software Grilla;
3. selezione per ogni traccia delle finestre temporali contenenti onde superficiali di Rayleigh;
4. calcolo della curva di dispersione sperimentale tramite software dedicato.

La curva di dispersione fornisce con una scala cromatica l'intensità della risonanza delle onde di Rayleigh alle varie frequenze (asse delle ascisse) e la relativa velocità delle onde (asse delle ordinate).

Si è optato di utilizzare la prospezione sismica mediante prove MASW poiché tale metodologia offre il vantaggio di fornire il profilo di velocità delle onde di taglio oltre i 30 metri di profondità, consentendo di individuare il tipo di suolo sismico, e, a differenza della sismica a rifrazione, può essere utilizzata in qualsiasi situazione stratigrafica pseudorizzontale, anche in presenza di falda e terreni saturi.

8. MODELLO GEOLOGICO LOCALE

Modello stratigrafico locale

Il sottosuolo dell'area interessata dall'intervento in progetto è caratterizzato dalla presenza di terreni continentali sabbiosi, limosi e cretosi, che dal punto di vista stratigrafico sono ricompresi in un intervallo di tempo che va dall'Interglaciale Mindel-Riss al Postglaciale Würm.

Si tratta di depositi prevalentemente sabbioso-limosi, sabbiosi e limoso-sabbiosi che costituiscono la maggior parte dei depositi rinvenibili nelle aree più prossime alla città di Mantova, riconducibili ai depositi tipici del livello fondamentale della pianura.

Questi terreni sono costituiti da sabbie medio-fini siliceo-calcaree, spesso ferrettizzate, presenti in percentuale variabile dal 46 al 90%, accompagnate da una frazione limosa (10÷40%) e in misura minore anche da una frazione argillosa (1÷18%).

Localmente, nei primi quattro metri di profondità, si possono riscontrare livelli ed orizzonti caratterizzati dalla presenza di ghiaie a percentuali consistenti di sabbie con piccola frazione limosa; i clasti più grossolani sono costituiti dal punto di vista petrografico, prevalentemente da calcari e calcari con selce, mentre più ridotta è la presenza di rocce ignee (porfidi) e metamorfiche (gneiss e micacisti).

L'elaborazione della prova penetrometrica CPT eseguite in sito ha permesso di risalire alla ricostruzione stratigrafica del sottosuolo secondo l'interpretazione di Searle (1979) e Robertson (1990).

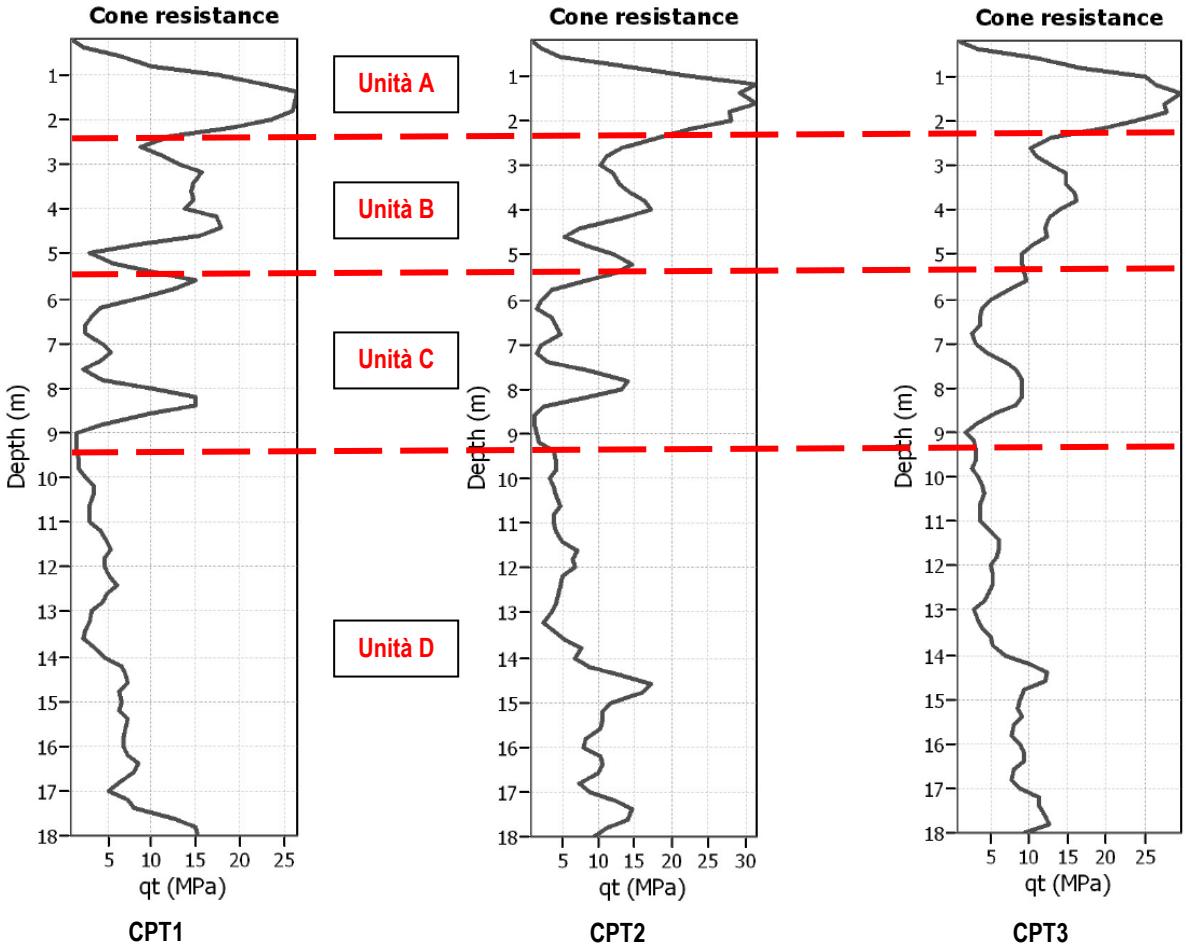
Dall'esame dei dati di lettura, sono state ricostruite le curve che si riferiscono alla resistenza alla punta (curva Qc), alla resistenza all'attrito laterale locale (curva fs), le cui rappresentazioni grafiche vengono riportate nei diagrammi allegati.

Dal rapporto Qc/fs si è giunti alla classificazione dei terreni mediante l'applicazione della teoria di Searle (1979); in particolare è stata realizzata una interpretazione basata unicamente sui rapporti meccanici. Mediante la metodologia di Robertson e Wride (1998), basato sui valori di Qc e fs normalizzati in funzione della pressione litostatica, è stato definito il valore dell'indice di comportamento del deposito denominato I_c, attraverso la seguente relazione:

$$\mathbf{I_c = [(3{,}47 - \log Q)^2 + (1{,}22 + \log F)^2]^{0{,}5}}$$

La metodologia di Robertson si basa sulla definizione dell'Indice di Comportamento (Ic), la cui variazione permette di distinguere le seguenti tipologie di suolo:

ZONA	INDICE DEL TIPO DI TERRENO	DESCRIZIONE
1	$\sqrt{(\log F + 1)^2 + (\log Q + 0.28)^2} = 1.28$	Terreni sensitivi
2	Ic>3,60	Terreni organici-torbe
3	2,95<Ic<3,60	Argille-argille limose
4	2,60<Ic<2,95	Limi argillosi-argille limose
5	2,05<Ic<2,60	Sabbie limose-limi sabbiosi
6	1,31<Ic<2,05	Sabbie-sabbie limose
7	Ic<1,31	Sabbie- sabbie con ghiaia
8	$\log Q = 2(\log F)^2 - 4(\log F) + 3.72$	Sabbie cementate–sabbie argillose (fortemente sovraconsolidate o cementate)
9	$\log Q = 2(\log F)^2 - 4(\log F) + 3.72$	Terreni a grana fine (fortemente sovraconsolidati o cementati)



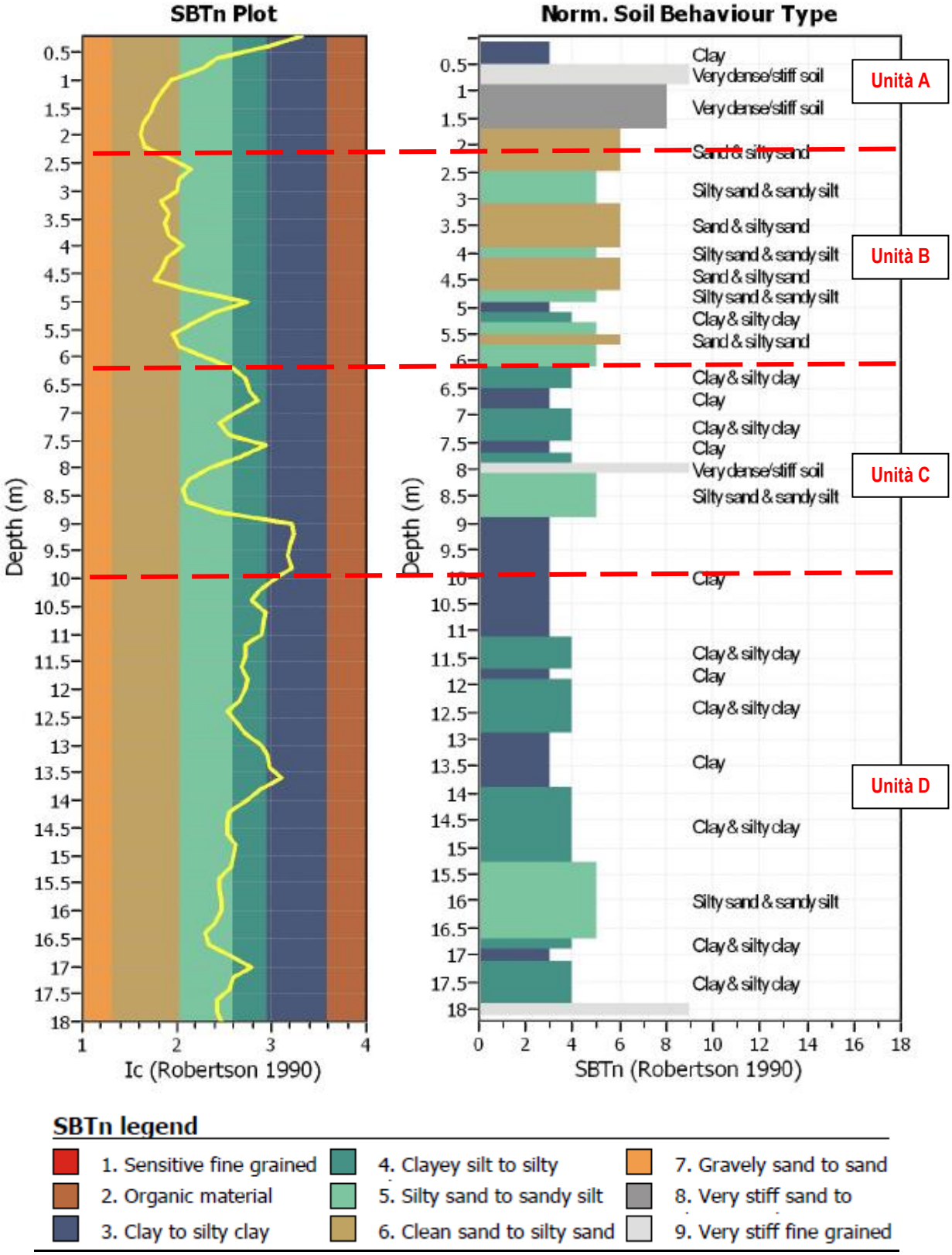
Le indagini in sito eseguite hanno evidenziato un profilo stratigrafico omogeneo sull'intera area, a testimonianza di assenza di eteropie litologiche importanti; la successione stratigrafica risulta essere caratterizzata da depositi prevalentemente a comportamento granulare/incoerenti con valori di Ic < 2,60, ad esclusione di livelli di spessore massimo pari a 1,50-2,00 metri, contraddistinti da depositi con Ic > 2,60, compresi tra 2,60 e 3,20, costituiti da limi argillosi ed argilla limosa.

Nello specifico, il profilo stratigrafico individuato, presenta fino alla profondità di circa 6,00 metri, depositi granulari costituiti fino alla profondità di 2,00-2,40 metri, da ghiaie con percentuali consistenti di sabbie e limo subordinato, caratterizzati da valori di resistenza alla penetrazione qc compresa tra 150 e 300 kg/cmq, mentre, in profondità, i depositi divengono marcatamente sabbioso-limosi, talora argillosi, con valori di qc compresi tra 100 e 150 kg/cmq.

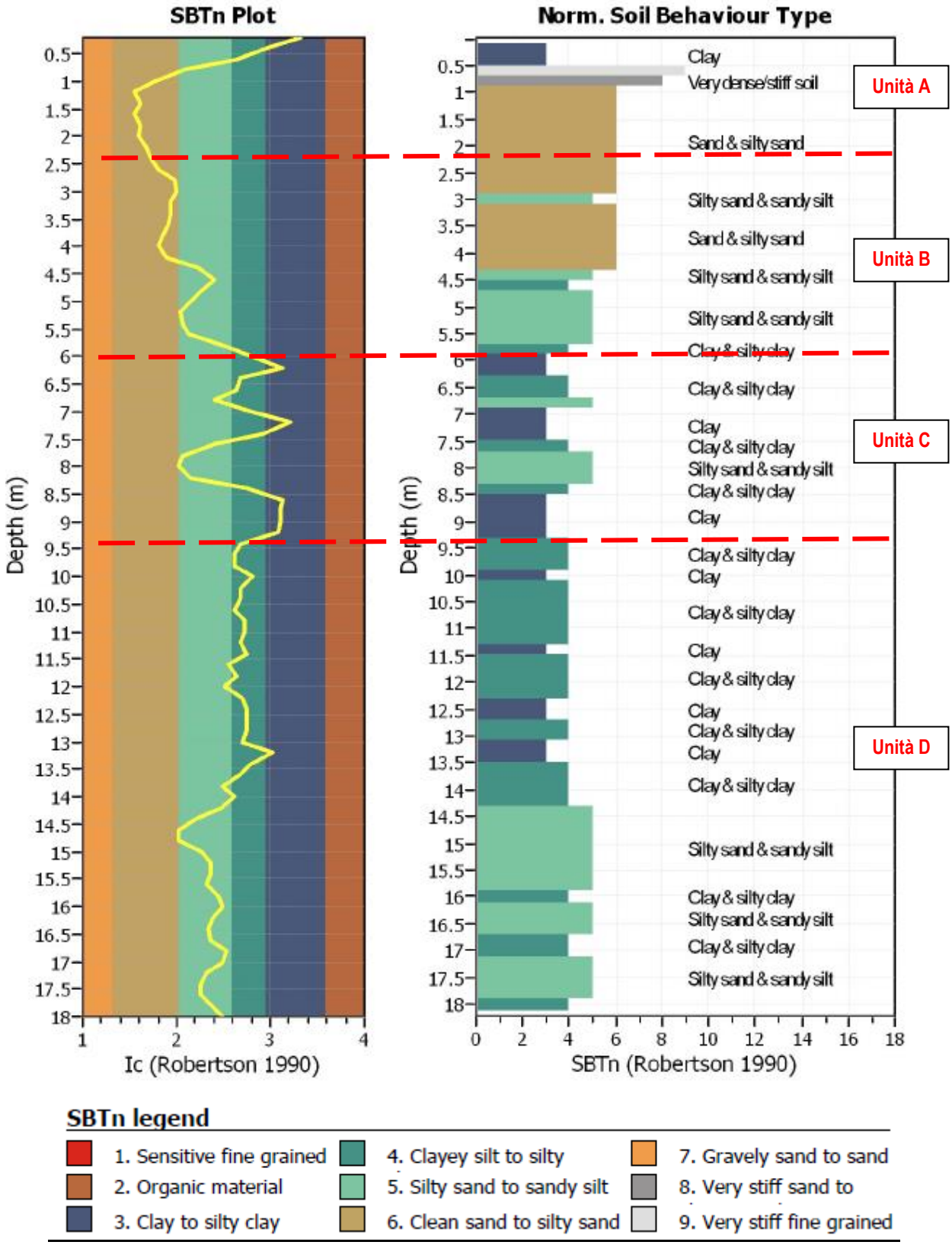
Al di sotto, e fino alla profondità di 9,50/10,00 metri dal piano esecuzione delle prove, si riscontra una fitta alternanza di livelli con comportamento coesivo costituiti da limi argillosi ed argille limose (qc compreso tra 10 e 24 kg/cmq), di consistenza plastica, e livelli limoso-sabbiosi mediamente addensati (qc compresi tra 30 e 160 kg/cmq), con valori di Ic compresi tra 2,20 e 2,90.

Da tale quota e fino alla massima profondità investigata (18 metri), si rinvengono depositi con comportamento geotecnico di tipo granulare/incoerente (Ic compreso tra 2,20 e 2,60), costituiti da sabbia limosa mediamente addensata, caratterizzati da valori di qc compresi tra 30 e 100 kg/cmq.

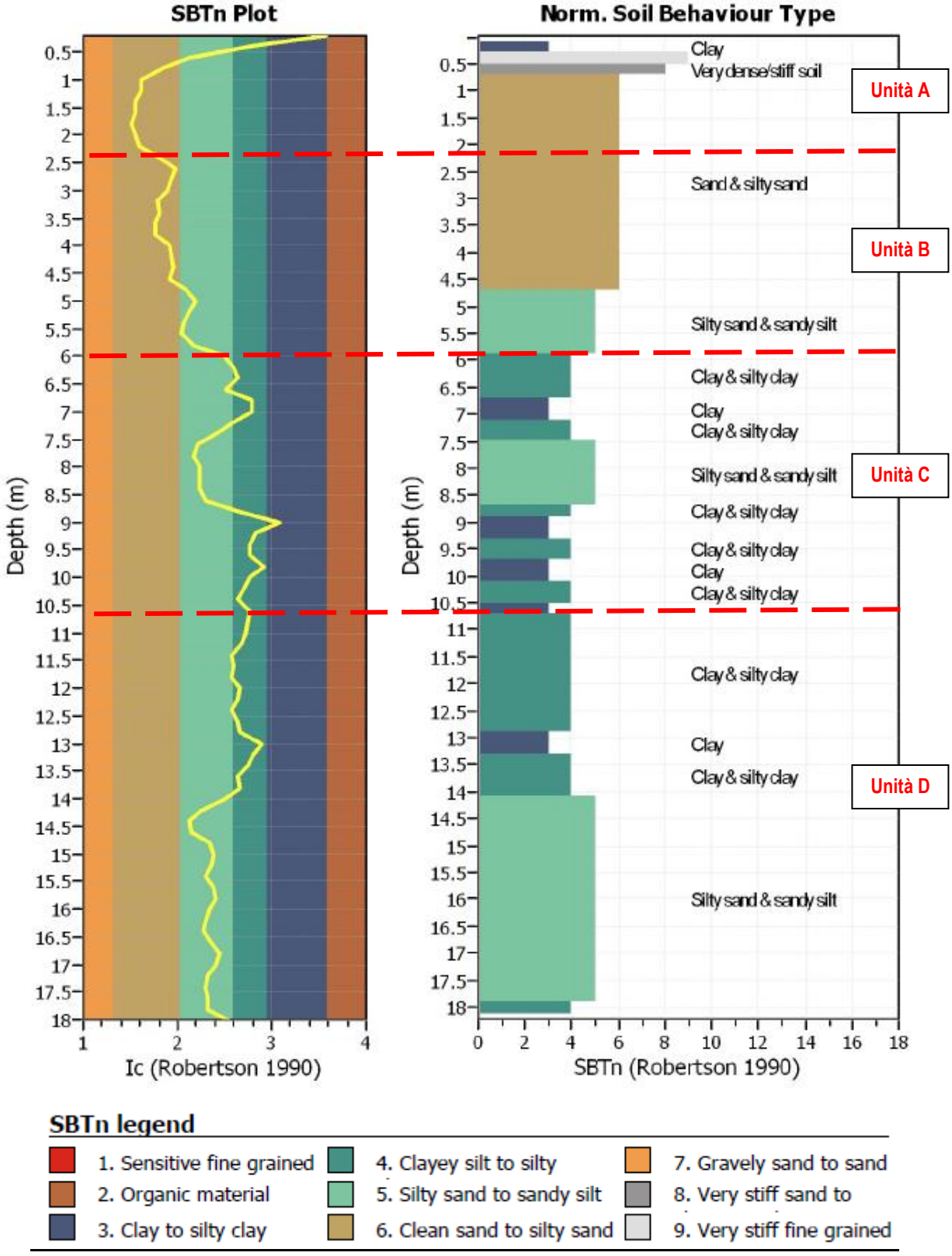
Nel dettaglio è possibile ricostruire la seguente successione stratigrafica del sottosuolo, escludendo i primi 40/60 cm circa costituiti da materiale di riporto e/o pedogenizzati:



Prova CPT1 – Interpretazione stratigrafica secondo Robertson (1990)



Prova CPT2 – Interpretazione stratigrafica secondo Robertson (1990)



Prova CPT3 – Interpretazione stratigrafica secondo Robertson (1990)

Nel dettaglio è possibile ricostruire la seguente successione stratigrafica del sottosuolo, escludendo i primi 40/60 cm circa costituiti da materiale di riporto e/o pedogenizzati:

Unità A – da 0,40/0,60 metri a 2,00/2,40 metri da p.c.

Depositi granulare/incoerenti di tipo dilatante

Classificazione di Searle – Ghiaia con sabbia debolmente limosa da mediamente addensata ad addensata

Classificazione di Robertson (1990) - I_c (indice di comportamento) è compreso tra 1,40 e 1,90: tale deposito è classificabile come sabbia (da sabbia pulita a sabbia limosa). I valori di contenuto di fine espresso in percentuale FC% (Robertson et alii, 1988) sono compresi tra 5 e 10%;

Unità B – da 2,00/2m40 metri a 5,60/5,80 metri da p.c.

Depositi granulare/incoerenti con comportamento di tipo dilatante

Classificazione di Searle – Sabbia limosa e sabbia argilloso-limosa mediamente addensata.

Classificazione di Robertson (1990) - I_c (indice di comportamento) è compreso tra 2,10 e 2,70: tale deposito è classificabile come miscela di sabbia (da sabbia limosa a limo sabbioso).

I valori di contenuto di fine FC% sono compresi tra 12 e 38%.

Unità C – da 5,60/5,80 metri a 9,40/10,00 metri da p.c.

Depositi misto coesivi e granulare/incoerenti con comportamento di tipo contrattivo

Classificazione di Searle – Alternanza di livelli limoso-sabbiosi mediamente addensati e limoso-argillosi ed argilloso-limosi di consistenza plastica.

Classificazione di Robertson (1990) - I_c (indice di comportamento) è compreso tra 2,20 e 3,20: tale deposito è classificabile come miscela di sabbia (da sabbia limosa a limo sabbioso) nei termini granulari e miscela di limo (da limo argilloso ad argilla limosa) nei termini coesivi. I valori di contenuto di fine FC% sono compresi tra 7 e 19%.

Unità D – da 9,40/10,00 metri a 18,00 metri da p.c.

Depositi granulare/incoerenti con comportamento di tipo dilatante

Classificazione di Searle – Sabbia e sabbia limosa mediamente addensata.

Classificazione di Robertson (1990) - I_c (indice di comportamento) è compreso tra 2,00 e 2,50: tale deposito è classificabile come miscela di sabbia (da sabbia limosa a limo sabbioso). I valori di contenuto di fine FC% sono compresi tra 12 e 35%.

Assetto idrogeologico locale

Sulla scorta delle risultanze derivanti dall'analisi dei dati desunti dalle indagini prese a riferimento, confrontati con le informazioni presenti in bibliografia, è stato possibile ricostruire il sottosuolo investigato

dal punto di vista idrogeologico. Nell'area oggetto d'indagine, al di sotto dei primi metri di terreni sabbioso-limoso è presente l'acquifero freatico locale (Unità B).

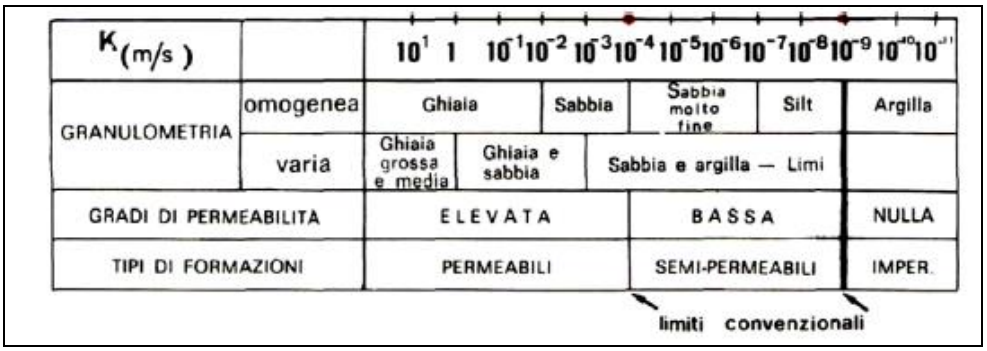


FIGURA 10 – VALORI DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ (DA CASTANY)

La frangia freatica superficiale trova sede nei depositi granulari sopra descritti ed è ascrivibile ad un livello idrico alimentato prevalentemente dalle infiltrazioni meteoriche efficaci dalla superficie e dalle infiltrazioni di sub-alveo del sistema dei canali irrigui.

La determinazione della permeabilità dei depositi superficiali fornisce le informazioni necessarie alla quantificazione dei meccanismi di ricarica legati all'infiltrazione delle acque meteoriche, nonché alla valutazione del grado di protezione degli acquiferi superficiali.

L'associazione dei valori numerici alle classi litologiche si basa sul confronto con terreni consimili a permeabilità nota. A riguardo, in Figura 10 è riportata la tabella che definisce i valori ed i limiti convenzionali fra il tipo granulometrico formazione e grado di permeabilità, utilizzata anche nel presente studio per definire la permeabilità dei depositi rilevati.

I terreni riscontrati all'interno dell'area in esame, dal punto di vista idrogeologico, sono classificabili come depositi alluvionali da permeabili a semi-permeabili, caratterizzati da un grado di permeabilità da elevato a basso.

Unità A - Depositi permeabili con permeabilità elevata

A tale classe sono stati attribuiti i depositi a granulometria ghiaioso-sabbiosa, a cui è associata una permeabilità elevata, con coefficiente di permeabilità $k > 10^{-4}$ m/sec.

Il valore della permeabilità è strettamente legato alla percentuale di matrice fine che, intasando i vuoti presenti tra gli elementi grossolani, determina una netta diminuzione della conducibilità idraulica e una notevole variabilità, sia in senso orizzontale che verticale.

Unità B e D - Depositi semi-permeabili a permeabilità bassa

A questa classe appartengono i terreni a granulometria sabbioso-limosa, talora limoso-sabbiosa, che in relazione alla granulometria estremamente fine determinano valori del coefficiente di permeabilità k inferiori

a $1*10^{-4}$ m/sec. Va precisato, tuttavia, che il valore della permeabilità è strettamente legato alla percentuale di matrice fine che, intasando i vuoti presenti tra gli elementi grossolani, determina una netta diminuzione della conducibilità idraulica e una notevole variabilità, sia in senso orizzontale che verticale.

Unità C - Depositi semi-permeabili con permeabilità da bassa a molto bassa

A tale classe sono stati attribuiti i depositi a granulometria franco sabbiosa, limoso-argillosa e limoso sabbiosa e i depositi caratterizzati da sottili alternanze di livelli a differente granulometria (da argillosa a sabbiosa).

A tali depositi è associata una permeabilità da bassa a molto bassa, con coefficiente di permeabilità k compreso tra 10^{-7} e 10^{-9} m/sec.

Le valutazioni qualitative eseguite sono state confrontate con i valori del coefficienti di permeabilità intrinseca, ottenuti mediante le rielaborazioni delle prove penetrometriche, secondo le relazioni riportate qui di seguito, insieme ai valori del coefficiente di permeabilità, associati alle distinte unità litologiche riscontrate.

:: Permeability, k (m/s) ::

$I_c < 3.27$ and $I_c > 1.00$ then $k = 10^{0.952-3.04 \cdot I_c}$

$I_c \leq 4.00$ and $I_c > 3.27$ then $k = 10^{-4.52-1.37 \cdot I_c}$

Le indicazioni i merito alla permeabilità dei depositi sopra esposte sono confermate anche dalla metodologia proposta da Robertson (2012), per la quale il coefficiente si permeabilità viene definito sulla base dell'Indice Ic (SBT), ottenuto dalla prove penetrometrica CPT, secondo la tabella di seguito riportata.

SBT Method for Permeability

Estimated permeability based on SBT

SBTn	SBT	Permeability (m/sec)	SBT I_c
1	Sensitive fine-grained	$3x10^{-10}$ to $3x\ 10^{-8}$	NA
2	Organic soils - clay	$1x10^{-10}$ to $1x\ 10^{-8}$	$I_c > 3.60$
3	Clay	$1x10^{-10}$ to $1x\ 10^{-9}$	$2.95 < I_c < 3.60$
4	Silt mixtures	$3x10^{-9}$ to $1x\ 10^{-7}$	$2.60 < I_c < 2.95$
5	Sand mixtures	$1x10^{-7}$ to $1x\ 10^{-5}$	$2.05 < I_c < 2.60$
6	Sand	$1x10^{-5}$ to $1x\ 10^{-3}$	$1.31 < I_c < 2.05$
7	Sand to gravelly sand	$1x\ 10^{-3}$ to 1	$I_c < 1.31$
8	Very dense/stiff soil*	$1x\ 10^{-8}$ to $1x10^{-3}$	NA
9	Very stiff fine-grained	$1x\ 10^{-9}$ to $1x10^{-7}$	NA

After Lunne et al, 1997

Robertson, 2012

Unità A – da 0,40/0,60 metri a 2,00/2,40 metri da p.c.

Classificazione di Robertson (1990) - I_c (indice di comportamento) è compreso tra 1,40 e 1,90: tale deposito è classificabile come ghiaia con sabbia e limo subordinato.

La permeabilità k è compresa tra 10^{-5} e 10^{-3} m/s indicante una permeabilità elevata e depositi permeabili.

Unità B – da 2,00/2,40 metri a 5,60/5,80 metri da p.c.

Classificazione di Robertson (1990) - I_c (indice di comportamento) è compreso tra 2,10 e 2,70: tale deposito è classificabile come miscela di sabbia (da sabbia limosa a limo sabbioso).

La permeabilità k è compresa tra 10^{-7} e 10^{-5} m/s m/s (miscela di sabbia) indicante una permeabilità bassa e depositi semi-permeabili.

Unità C – da 5,60/5,80 metri a 9,40/10,00 metri da p.c.

Classificazione di Robertson (1990) - I_c (indice di comportamento) è compreso tra 2,20 e 3,20: tale deposito è classificabile come miscela di sabbia (da sabbia limosa a limo sabbioso) e miscela di limo (da limo argilloso ad argilla limosa). **La permeabilità k è compresa tra 10^{-9} e 10^{-6} m/s indicante una permeabilità da bassa a molto bassa e depositi semi-permeabili**.

Unità D – da 9,40/10,00 metri a 18,00 metri da p.c.

Classificazione di Robertson (1990) - I_c (indice di comportamento) è compreso tra 2,00 e 2,50: tale deposito è classificabile come miscela di sabbia (da sabbia limosa a limo sabbioso. **La permeabilità k è compresa tra 10^{-7} e 10^{-5} m/s m/s (miscela di sabbia) indicante una permeabilità bassa e depositi semi-permeabili**.

La *falda freatica* rappresenta il primo elemento idrogeologico riscontrato in sito, la cui profondità, al momento delle rilevazioni non è stata riscontrata all'interno dei perfori penetrometrici, in quanto gli stessi si presentavano franati ma senza presenza di acqua di infiltrazione alla profondità compresa tra 2,40 e 2,55 metri da piano calpestio.

Le indagini eseguite sia sul sito di progetto sia nelle aree contermini consentono di rilevare la presenza di una piezometria media nell'area con il livello variabile tra 4 e 5 metri dal piano calpestio.

La superficie freatica risulta riconducibile all'acquifero sabbioso-limoso presente a partire dalla profondità di circa 3,00 metri dal piano campagna.

Tali valori di soggiacenza risulta confermata anche dalla cartografia idrogeologica estratta dal PGT del Comune di Porto Mantovano la quale evidenzia per l'area in esame una soggiacenza compresa tra 7,00 e 6,00 metri di profondità, con quote della superficie piezometrica comprese tra +23 m e +24 m s.l.m..

9. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Nella presente sezione verrà trattata la sismicità storica locale, le faglie capaci e le sorgenti sismogenetiche, la zonazione sismica nazionale, la pericolosità sismica di riferimento mentre verrà tralasciato l'inquadramento sismotettonico generale, ampiamente esposto nella relazione illustrativa a corredo dello studio di Microzonazione Sismica Livello 1 contenuta nella Relazione della componente Geologica, Idrogeologica e Sismica, parte integrante della documentazione a corredo del P.G.T. comunale.

9.1 Sismicità storica

In regione Lombardia le condizioni geologiche non sono così critiche come in molte altre regioni italiane tant'è che in generale il livello di pericolosità sismica è basso o molto basso con la sola eccezione dell'area del Lago di Garda, dell'Oltrepo Pavese e dell'Oltrepo Mantovano, al confine con la provincia modenese.
La sismicità maggiore sembra concentrarsi nella fascia prealpina orientale, dove i cataloghi dei terremoti collocano tra l'altro i sismi del 1117 e del 1222. Un discreto livello di sismicità è presente nelle zone dell'Oltrepò, mentre una modesta attività è presente in Alta Valtellina e nel Mantovano. Ulteriori zone sismiche sono individuabili in Emilia, nel Veronese e in Engadina. Gli epicentri dei terremoti storici per il settore Lombardo sono prevalentemente concentrati in una fascia allungata in direzione E-W lungo il margine pedemontano, in corrispondenza dell'asse Bergamo-Brescia-Lago di Garda. Gli eventi storici più importanti sono il terremoto del 1222 con area epicentrale nel bresciano e magnitudo (MS) stimata pari a 5.9, il terremoto di Salò del 1901 (MS=5.5) il terremoti localizzati nel bergamasco (1661, MS=5.2) e a Soncino (1802, MS=5.5). La parte più meridionale della regione risente della sismicità di origine appenninica, comprensiva dell'area dell'Oltrepo pavese, definita come una zona di transfer, contiene eventi storici con magnitudo massima stimata pari a MS=5.5 (Terremoto della Valle Scrivia, 1541) e dell'Oltrepo Mantovano, definita come una zona di compressione, la quale costituisce la continuazione sepolta delle strutture appenniniche nell'antistante area di pianura, con magnitudo massima stimata pari MS= 6,14 (terremoto dell'Emilia del Maggio 2012). Nella figura seguente è riportata la distribuzione dei terremoti di cui si ha una testimonianza storica distinti per classi di magnitudo di durata MD. Gli eventi con MD > 4.5, i cui epicentri ricadono nel territorio regionale o in prossimità di esso, sono:

Data	Località	Magnitudo
05.01.1892	Garda Occidentale	5.02
09.08.1892	Valle d'Alpone	4.91
30.10.1901	Salò	5.70
25.04.1907	Veronese	4.91
24.11.2004	Salò	5.20

29.05.2012	Basso Modenese	5.90

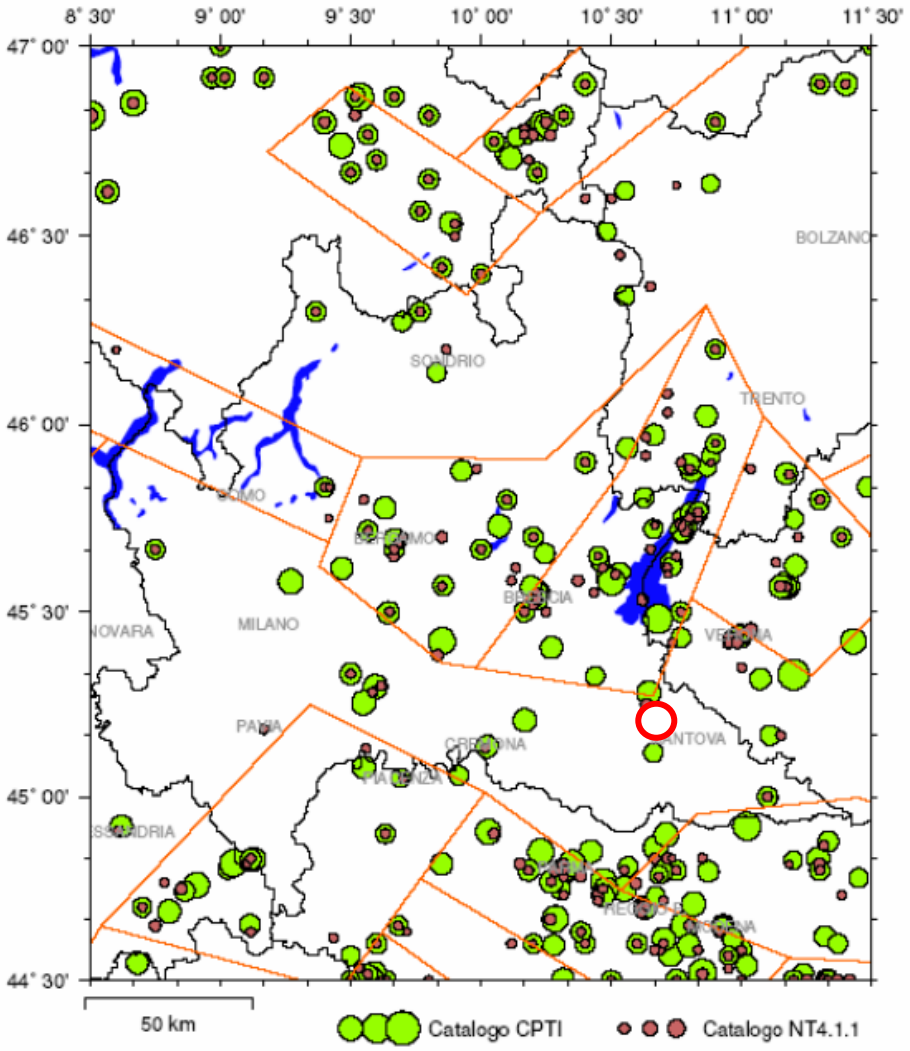


FIGURA 11 – CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DEI TERREMOTI IN LOMBARDIA

La ricostruzione storica degli eventi sismici che hanno caratterizzato il territorio comunale di Porto Mantovano è stata fatta utilizzando il Database Macrosismico Italiano DBMI11 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi, 2011): rispetto al precedente DBMI04 raccomandato nelle Linee Guida della Regione Lombardia per la realizzazione dello studio della compatibilità sismica, il DBMI11 ne rappresenta l'integrazione e l'aggiornamento, per cui è stato consultato per estrarre le seguenti informazioni.

Nello specifico, il comune di Porto Mantovano appare settantatre volte nel Database Macrosismico DBMI11. Nella tabella seguente sono stati elencati i vari eventi registrati, con indicati, oltre all'intensità in scala MCS al sito in esame (I), la data (anno, mese, giorno, ora, minuto) in cui si è verificato l'evento Ax, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io) e la magnitudo momento (Mw).

Numero di eventi: 73

Effetti	In occasione del terremoto del:								
Is	**Anno**	**Me**	**Gi**	**Or**	**Mi**	**Area epicentrale**	**Np**	**Ix**	**Mw**
F	1117	01	03	13		Veronese	85	9	6.49
5	1222	12	25	11		Basso bresciano	40	9	6.05
NR	1234	03	20			FERRARA	5	7	5.17
NR	1323	02	25	19		Bologna	5	6-7	4.63
4-5	1348	01	25			CARNIA	46	9-10	6.66
NR	1438	06	11	20		Parmense	12	8	5.62
4	1455	12	20	20	45	Media valle del Reno	7	7-8	5.18
NR	1474	03	11	20	30	MODENA	12	6	4.89
NR	1501	06	05	10		Appennino modenese	19	9	5.85
F	1505	01	03	02		Bologna	31	7	5.47
6	1511	03	26	14	40	Slovenia	66	10	6.51
5	1570	11	17	19	10	Ferrara	60	8	5.48
6-7	1693	07	06	09	15	GOITO	13	7	5.27
5	1695	02	25	05	30	Asolano	82	10	6.61
3	1738	11	05	00	30	PARMA	10	7	5.40
5-6	1741	04	24	09	20	FABRIANESE	135	9	6.08
3-4	1743	02	20	16	30	Basso Ionio	77	9	6.90
3	1786	12	25	01		Riminese	91	8	5.67
6	1796	10	22	04		Emilia orientale	26	7	5.63
3	1799	05	29	19		CASTENEDOLO	12	6-7	5.06
4-5	1802	05	12	09	30	Valle dell'Oglio	66	8-9	5.67
4	1806	02	12			NOVELLARA	28	7	5.26
6	1810	12	25	00	45	NOVELLARA	33	7	5.28
5-6	1818	12	09	18	52	LANGHIRANO	27	7-8	5.57
3	1826	06	24	12	15	SALO'	19	D	4.74
3-4	1828	10	09	02	20	Valle dello Staffora	105	8	5.67
F	1831	09	11	18	15	Reggiano	24	7-8	5.48
4-5	1832	03	13	03	30	Reggiano	93	7-8	5.59
3	1834	02	14	13	15	ALTA LUNIGIANA	101	8-9	5.64
3-4	1836	06	12	02	30	BASSANO	26	8	5.48
3	1851	08	03			GIUDICARIE	15	6	4.96
F	1855	07	25	12		Vallese	52	8-9	5.81
F	1857	02	01			PARMENSE	22	6-7	5.26
3	1859	01	20	07	55	COLLALTO	36	7	4.97
2-3	1864	03	15			ZOCCA	13	6-7	5.03
F	1868	05	22	21		ROVERETO	8	5-6	4.63
3	1873	03	12	20	04	Marche meridionali	196	9	5.88

4-5	1873 06 29 03 58	Bellunese	199	9-10 6.33
4-5	1873 09 17	LIGURIA ORIENTALE	68	6-7 5.52
4	1875 03 17 23 51	Romagna sud-orient.	143	8 5.74
F	1881 01 24 16 04	Bolognese	30	7 5.14
NF	1884 09 12	PONTOGLIO	24	6 4.83
RS	1885 02 26 20 48	SCANDIANO	78	6 5.22
3	1887 02 23 05 21	Liguria occidentale	1515	10 6.29
F	1889 03 08 02 47	BOLOGNA	32	6 4.83
4-5	1891 06 07 01 06	Valle d'Illasi	403	9 5.71
F	1894 11 27	FRANCIACORTA	168	6-7 4.95
3-4	1895 04 14 22 17	Slovenia	296	8 6.25
3	1898 03 04	CALESTANO	260	7 5.07
3-4	1900 03 04 16 55	VALDOBBIADENE	98	6-7 5.22
6	1901 10 30 14 49	Salo'	191	8 5.67
5	1907 04 25 04 52	BOVOLONE	136	6 4.94
5	1909 01 13 00 45	BASSA PADANA	799	6-7 5.53
NF	1911 02 19 07 18	Romagna meridionale	185	7 5.38
5	1914 10 27 09 22	GARFAGNANA	618	7 5.79
4	1916 05 17 12 50	Alto Adriatico	130	8 5.85
3	1918 07 19 19 03	SALO'	8	4 4.58
3	1919 06 29 15 06	Mugello	267	9 6.18
5	1920 09 07 05 55	Garfagnana	638	10 6.48
4	1926 01 01 18 04	Slovenia	63	7-8 5.71
4	1929 04 20 01 09	Bolognese	628	8 5.55
3	1935 06 05 11 48	FAENTINO	27	6 5.34
2	1936 10 18 03 10	BOSCO CANSIGLIO	267	9 5.90
5-6	1951 05 15 22 54	LODIGIANO	126	6 5.24
3-4	1967 12 30 04 19	BASSA PADANA	40	6 5.36
3	1971 07 15 01 33	Parmense	228	8 5.61
4	1972 10 25 21 56	PASSO CISA	198	5 4.95
4-5	1976 05 06 20	FRIULI	770	9-10 6.43
4	1983 11 09 16 29	Parmense	835	7 5.10
NF	1984 04 29 05 02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7 5.68
NF	1986 12 06 17 07	BONDENO	604	6 4.56
4	1987 05 02 20 43	REGGIANO	802	6 5.05
4-5	1996 10 15 09 55	CORREGGIO	135	7 5.44

9.2 Faglie capaci e sorgenti sismogenetiche

Per quanto riguarda il tema delle faglie capaci (faglie che si sono rotte almeno una volta negli ultimi 40.000 anni, raggiungendo la superficie e producendo una rottura del terreno) e l'inquadramento delle sorgenti

sismogenetiche più prossime all'area di Mantova, si è fatto riferimento agli studi condotti dagli esperti scientifici e riportate nei cataloghi ITHACA e DISS 3.1.1.

Le sorgenti sismogenetiche rappresentano le zone che sono state riconosciute come origine dei terremoti grazie allo studio della sismicità storica e delle indagini geologiche. ITHACA è un database creato per la raccolta e la consultazione di tutte le informazioni disponibili sulle strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali.

Il progetto si occupa in modo particolare delle faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie: dalla sua consultazione è stato possibile individuare una serie di faglie, ubicabili indicativamente come nella figura sotto riportata (immagine estratta dal sito dell'ISPRA).



La figura qui sopra riportata evidenzia, altresì, che nel territorio indagato sono presenti due faglie attive; nelle tabelle sottostanti, sono riportate le informazioni desunte dalle schede specifiche ITHACA per tali lineamenti. La stessa figura evidenzia come la distanza tra il sito indagato e le tre faglie capaci individuate per il territorio comunale di Porto Mantovano sia compresa tra 5,00 e 10,00 km dalle strutture di Mantova Lakes (cod. 76000 – Mw 6,2), di Mantova System (cod. 90002 – 90001 – 90000, Mw 6,5).

La mappa dell'INGV riportata di seguito, denominata DISS 3.1.1. (*Database of Individual Seismogenic Sources – DISS Version 3*), mostra tre tipologie di sorgenti sismogenetiche:

- **Sorgenti individuali (IS)**: per le quali viene proposta una rappresentazione tridimensionale semplificata del piano di faglia. Questo tipo di sorgente esibisce caratteristiche definite di estensione, movimento e massima magnitudo attesa.

- **Sorgenti composite (CS)**: sono regioni estese contenenti un numero non specificato di sorgenti minori allineate che non è ancora conosciuto singolarmente. Le sorgenti composite non sono associate a uno specifico gruppo di terremoti storici.
- **Sorgenti dibattute (DS)**: sono zone proposte in letteratura come potenziali sorgenti, ma considerate ancora non sufficientemente attendibili per entrare nel database.

La mappa del DISS posiziona il Comune di Porto Mantovano (MN) a circa 1 km a Sud-Ovest rispetto alla Sorgente composita ITCS076 "Adige Plan" e la Sorgente Individuale ITIS140 "Veronese" entrambe di origine alpina; ed a circa 35 km a nordovest rispetto alla ITCS050 "Poggio Rusco Migliarino" e ITCS051 "Carpi Poggio Renatico" entrambe di origine appenninica.



In merito alle sorgenti sismogenetiche responsabili degli eventi sismici del Maggio 2012, quelle individuali allineate contengono un numero imprecisato di sorgenti sismogenetiche individuali allineate non individuali singolarmente.

Alla più meridionale (ITCS051) è attribuita la magnitudo massima della sorgente individuale associata (ITIS107), cioè 5,7; alla più settentrionale (ITCS050) è invece attribuita una magnitudo massima di 5,5 sulla base del più forte terremoto registrato nella regione.

Gli studi in corso sulla sequenza sismica emiliana del Maggio 2012, associano, anche sulla base di dati SAR, la scossa del 29 Maggio 2012 alla sorgente individuale ITIS107, che, se pur identificata solo su base

geologica, pare corrispondere molto bene, in termini di magnitudo potenziale e altri parametri associati, a quanto osservato strumentalmente.

La scossa del 20 Maggio pare invece da associare alla porzione più profonda della sorgente composita ITCS050. Secondo la zonazione sismogenetica del territorio italiano – ZS9, prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) nel 2004, che rappresenta il riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica nel territorio nazionale, l'area in esame ricade entro la Zona 912, caratterizzata da un valore di M_w pari a 6,14.

9.3 Zonazione Sismica Nazionale

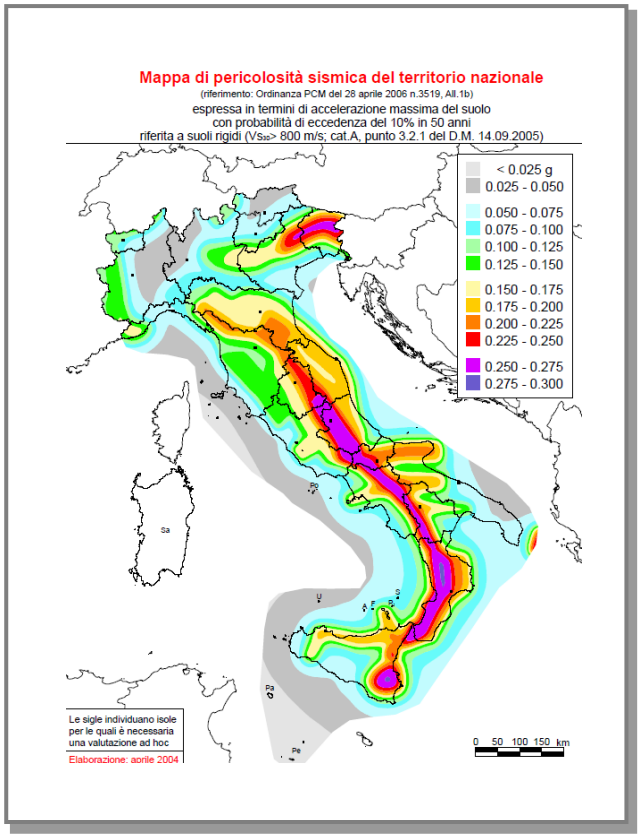
In seguito all'emanazione dell'O.P.C.M. 20/03/2003, n°3274, in cui si manifestava l'esigenza di una mappa di pericolosità sismica di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche sul territorio nazionale, è stato redatto a cura dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) un documento denominato "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'O.P.C.M. 20/03/2003, n°3274.

Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile" (INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici), che rappresenta il punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica su tutto il territorio nazionale (figura a lato). All'interno della ricerca eseguita per tale redazione, è stata elaborata una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9 che divide tutto il territorio italiano in 36 zone.

Tale zonazione è stata condotta tramite l'analisi cinematica degli elementi geologici (cenozoici e quaternari) coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale; essa, pur basandosi ampiamente sull'impianto generale e sul *background* informativo della precedente zonazione S4 (Scandone e Stucchi, 1996), rappresenta un suo sostanziale ripensamento, alla luce delle evidenze di tettonica attiva, delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite nei primi anni del decennio (con i fondamentali contributi del *Database of Individual Seismogenic Sources* (DISS), che, combinando dati geologici, storici e strumentali, censisce le sorgenti in grado di produrre terremoti di magnitudo 5.5 e superiore) e del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (all'epoca della redazione della mappa CPTI2, ora arrivato alla versione CPTI11). Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la Carta delle Zone Sismogenetiche del territorio nazionale.

Ogni zonizzazione sismogenetica è caratterizzata da un definito modello cinematico il quale sfrutta una serie di relazioni di attenuazione stimate sulla base di misurazioni accelerometriche effettuate sia sul territorio nazionale che europeo. Secondo la zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004), nelle vicinanze della porzione della Regione Lombardia in studio, ricadono le Zone Sismogenetiche n° 906 "Garda–Veronese" e n° 907 "Bergamasco", che interessano rispettivamente la fascia pedemontana che da Bassano prosegue fino al lago di Garda, con una sismicità medio-bassa e magnitudo M_w intorno a 6.2, e la parte più bassa delle province di Bergamo e Brescia, caratterizzata da una sismicità di energia normalmente medio-

bassa con la sola eccezione del terremoto di Soncino (1802), a cui viene assegnata una magnitudo M_w intorno a 5.9.



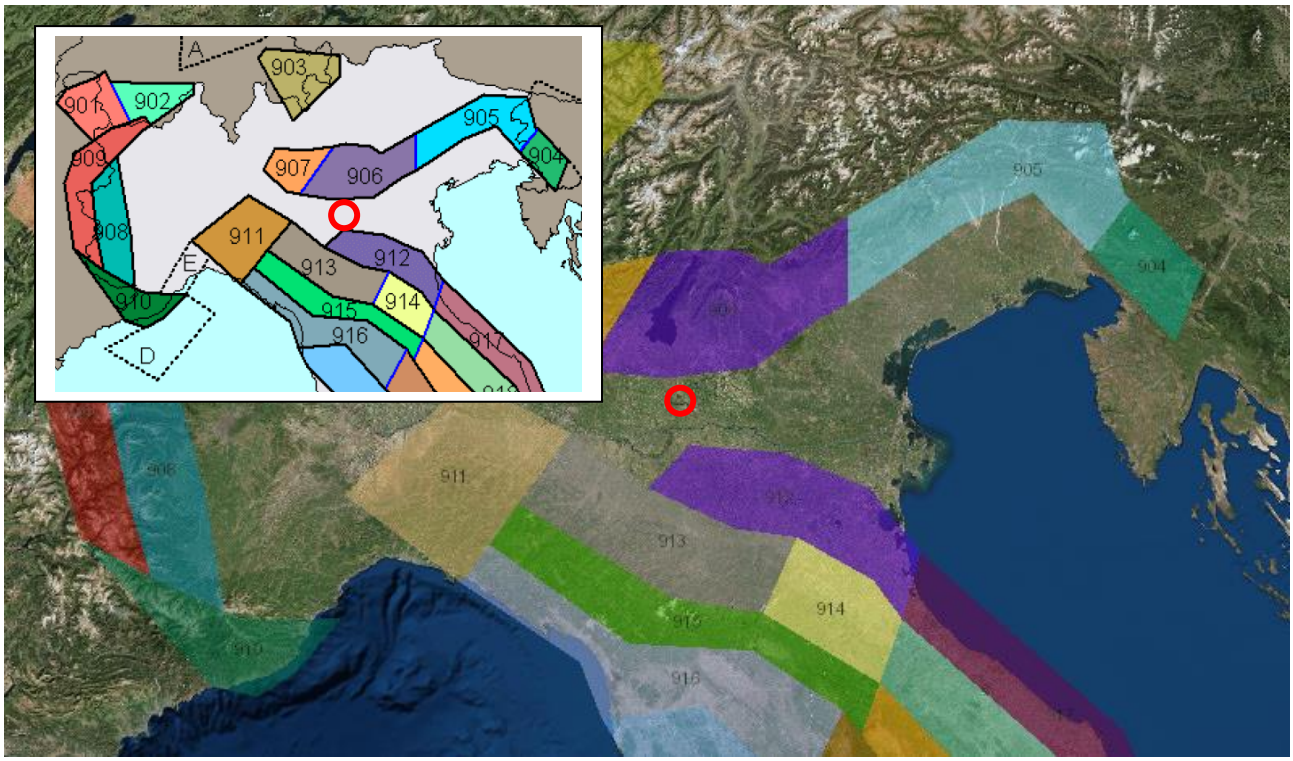
Il meccanismo di fagliazione responsabile dei terremoti che si sono verificati in entrambe le zone è di tipo faglia inversa, con una profondità ipocentrale media stimata di 8 km. Entrambe le zone sono legate all'interazione Adria–Europa ma presentano una sismicità differente. Secondo la zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004), nelle vicinanze della porzione della Regione Lombardia in studio, ricadono le Zone Sismogenetiche n° 906 "Garda–Veronese" e n° 907 "Bergamasco", che interessano rispettivamente la fascia pedemontana che da Bassano prosegue fino al lago di Garda, con una sismicità medio-bassa e magnitudo M_w intorno a 6.2, e la parte più bassa delle province di Bergamo e Brescia, caratterizzata da una sismicità di energia normalmente medio-bassa con la sola eccezione del terremoto di Soncino (1802), a cui viene assegnata una magnitudo M_w intorno a 5.9 e la Zona n° 912 denominata "*Pieghe emiliane* e *Dorsale Ferrarese*", la quale costituisce la continuazione sepolta delle strutture appenniniche nell'antistante area di pianura. Dal catalogo dei terremoti, si osserva che gli epicentri degli eventi storici selezionati per l'area in esame, ricadono in undici casi (su venticinque terremoti di riferimento) nella zona sismogenetica ZS 912, suddivisi tra il margine appenninico-padano, con Magnitudo M compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e l'arco della dorsale ferrarese, caratterizzato da sismicità frequente ma generalmente di minore energia (Magnitudo < 5,5).

9.4 Pericolosità sismica di riferimento

La distribuzione e la caratterizzazione delle zone sismogenetiche finora riconosciute e descritte in precedenza è stata tradotta in una Carta di Pericolosità Sismica, valida su tutto il territorio nazionale ed entrata in vigore con l'O.P.C.M. n°3519 del 28/04/2006.

Nella Carta, della quale la figura seguente rappresenta l'estratto per il comune di Porto Mantovano, sono riportati i valori di accelerazione orizzontale massima al suolo ag con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi sub-pianeggianti di categoria A. Pertanto, secondo l'O.P.C.M. n°3519 del 28/04/2006, e considerata nell'emanazione del D.M.14/01/2008, il territorio oggetto dello studio è inseribile

interamente nella fascia distinta da un valore di accelerazione sismica orizzontale ag riferito a suoli rigidi sub-pianeggianti caratterizzati da Vs, 30 > 800 m/s compreso tra 0,075g e 0,125g (valori riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni – mappa 50° percentile), ovvero in Zona 3, come classifica la tabella riportata sotto, estratta dall'O.P.C.M. n°3519 stessa.



Infine, si riporta il calcolo della disaggregazione della pericolosità, basato sulla disaggregazione della magnitudo (Finn e Wightman, 2007): questa ha lo scopo di individuare il maggior contributo alla pericolosità del sito in termini di magnitudo-distanza di un evento.

I grafici riportati sotto sono stati desunti dalle Mappe Interattive di Pericolosità Sismica dell'INGV e sono relativi al punto della griglia definito nella figura precedente (Carta di Pericolosità Sismica dell'INGV).

La disaggregazione consente di definire il contributo alla pericolosità di un sito di diverse sorgenti sismogenetiche a distanza D capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M-D fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario), inteso come l'evento di magnitudo M a distanza D dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. I grafici riportati sotto sono stati desunti dalle Mappe Interattive di Pericolosità Sismica dell'INGV e sono relativi al punto della griglia definito nella figura precedente (Carta di Pericolosità Sismica dell'INGV). In genere, **poiché trattasi di Magnitudo locale media Ml** e non di **Magnitudo momento Mw** si può utilizzare la magnitudo **Ml** che comprenda tuttavia **una**

percentuale ≥ 90% dei contributi (v. tabella Magnitudo-Distanza); pertanto, si assume Magnitudo momento Mw pari a 6,20.

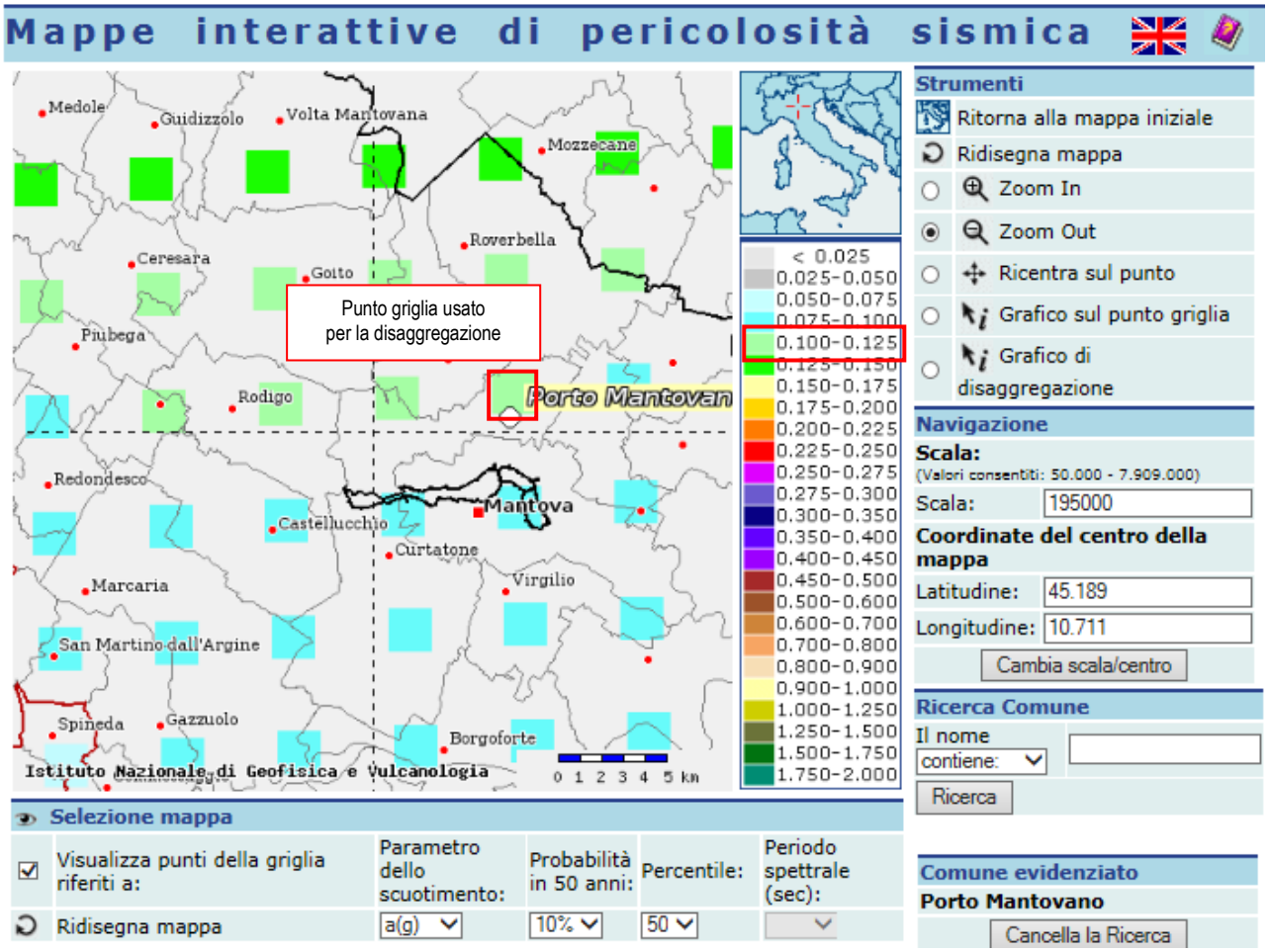
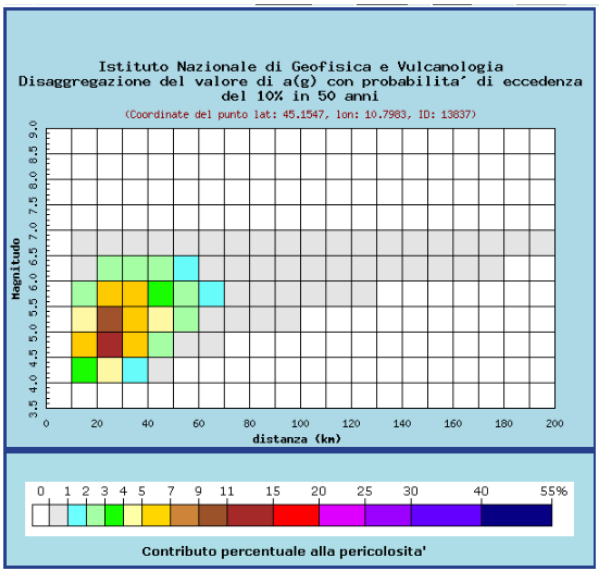


FIGURA 12 – MAPPA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA - Fonte INGV – http://esse1-gis.mi.ingv.it/

Si fa comunque presente che, come tutte le zone sismogenetiche del territorio italiano, anche quella contrassegnata al n°906 e precedentemente descritta viene considerata omogenea ai fini della probabilità di accadimento degli eventi sismici, ovvero si ritiene che tutti i punti in essa contenuti abbiano la stessa probabilità di essere sede di eventi sismici e, in rapporto agli epicentri noti, non esisterebbe quindi l'effetto distanza.

Secondo il paragrafo 2.8 degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica, per alcune tipologie di verifiche si potrebbe assumere come valore di magnitudo attesa quella massima della zona sismogenetica di appartenenza, che per le vicine zone n°912 "Pieghe emiliane e Dorsale Ferrarese" e n°906 "Garda-Veronese" risulta prossimo rispettivamente a M_{wmax} = 6,00 e M_{wmax} = 6,60.



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.1547, lon: 10.7983, ID: 13837)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.370	6.740	4.080	2.000	0.823	0.086	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	4.690	11.500	9.020	5.620	2.460	0.272	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	1.920	6.550	6.960	5.550	2.540	0.296	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.260	2.580	4.020	3.970	2.050	0.261	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.576	2.180	2.530	1.310	0.185	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.038	0.853	1.350	0.662	0.101	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.236	0.709	0.396	0.066	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.031	0.263	0.155	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.001	0.083	0.095	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.105	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.096	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.067	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	**Distanza**	**Epsilon**
5.250	33.300	1.440

9.5 Possibili fenomeni di instabilità

E' noto che, anche in un contesto morfologico di pianura quale quello in esame, fatte salve le caratteristiche stratigrafiche che comportano un'amplificazione del moto sismico in superficie, possono essere presenti depositi in grado di favorire fenomeni di instabilità dei terreni.

Più specificatamente, va valutato se sussistano condizioni predisponenti alla liquefazione (sabbie fini e medie ben classate nei primi 20 m di profondità con tetto della falda acquifera nei primi 15 m dalla superficie) o terreni con proprietà meccaniche scadenti e quindi, in caso di forti scosse, soggetti a cedimenti.

Il rischio che il territorio in esame possa essere, almeno in parte, soggetto a tali effetti locali è stato evidenziato anche dagli studi di microzonazione sismica di primo livello condotti nell'ambito del Piano di Governo del Territorio comunale.

Fatta questa doverosa premessa, va anche sottolineato che tutte le indagini esaminate in questa fase, eseguite dallo scrivente in aree adiacenti, non hanno mai evidenziato la presenza di terreni granulari fini sciolti o poco addensati sotto falda, né terreni coesivi particolarmente privi di consistenza.

Ne consegue che il rischio di liquefazione e cedimenti, nell'ambito in esame, può essere considerato basso, salvo la necessità di verificare che anche le indagini, di maggior dettaglio, da eseguire a supporto della progettazione definitiva ed esecutiva, confermino l'attuale stato delle conoscenze. Per la valutazione del potenziale di liquefazione, in assenza di specifiche indagini in sito, condotte sull'area in studio, si utilizzano alcuni metodi tabellari, basati sul confronto tra i depositi sabbiosi in sito con il comportamento di analoghi

depositi durante precedenti terremoti in varie parti della superficie terrestre in cui si sono verificati casi reali di liquefazione. Tali metodi forniscono una valutazione di massima della vulnerabilità alla liquefazione di depositi costituiti da sedimenti sabbiosi saturi e generalmente si limitano a valutare la suscettibilità dei depositi indipendentemente dall'entità dell'evento sismico. In tale sezione vengono adottati i seguenti metodi:

Iwasaki et al. (1982) in funzione dell'unità geomorfologica

UNITA' GEOMORFOLOGICHE	POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
Alvei fluviali attuali e passati *Paludi* *Aree bonificate* *Piane interduna*	LIQUEFAZIONE PROBABILE
Argini naturali *Dune di sabbia* *Piane inondate* *Spiagge* *altre Piane*	LIQUEFAZIONE POSSIBILE
Terrazze *Colline* *Montagne*	LIQUEFAZIONE NON PROBABILE

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione in funzione delle Unità Geomorfologiche
(Iwasaki et al., 1982, in Int. Geot. Ass., TC4, 1999)

L'area indagata ricade all'interno dell'unità geomorfologica di piana pro-glaciale, assimilabile ad una piana inondata dalle alluvioni di origine fluviali e fluvio-glaciali.
In tali aree il potenziale di liquefazione risulta essere possibile.

Youd et al. (1978) in funzione dell'unità stratigrafica e della profondità della falda

UNITA' STRATIGRAFICA	PROFONDITA' DELLA FALDA		
	< 9 m	9-15 m	> 15 m
Olocene recente	Forte	Debole	Molto Debole
Altro Olocene	Moderata	Debole	Molto Debole
Pleistocene recente	Debole	Debole	Molto Debole
Pleistocene antico e depositi anteriori	Molto Debole	Molto Debole	Molto Debole

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione in funzione della profondità della falda (Youd et al., 1978)

L'area indagata risulta essere caratterizzata da depositi di età pleistocenica con profondità della falda entro i due metri di profondità dal piano campagna; in tali contesti e tipologia di depositi la suscettibilità della liquefazione risulta essere debole.

Youd e Perkins (1978) in funzione della tipologia di deposito ed età del deposito

TIPOLOGIA DEL DEPOSITO	ETA' DEL DEPOSITO			
	< 500 anni	Olocene	Pleistocene	Pre-Pleistocene
Depositi Continentali				
Canali fluviali	Molto Alta	Alta	Bassa	Molto Bassa
Pianure di esondazione	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Pianure e conoidi alluvionali	Moderata	Bassa	Bassa	Molto Bassa
Spianate e terrazzi marini	---	Bassa	Molto Bassa	Molto Bassa
Deltaici	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Lacustri	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Colluvioni	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Scarpate	Bassa	Bassa	Molto Bassa	Molto Bassa
Dune	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Loess	Alta	Alta	Alta	Molto Bassa
Glaciali	Bassa	Bassa	Molto Bassa	Molto Bassa
Tufi	Bassa	Bassa	Molto Bassa	Molto Bassa
Tephra	Alta	Alta	Sconosciuta	Sconosciuta
Terreni residuali	Bassa	Bassa	Molto Bassa	Molto Bassa
Sebkha	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Zone Costiere				
Deltaici	Molto Alta	Alta	Bassa	Molto Bassa
Di estuario	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Di spiaggia con elevata energia delle onde	Moderata	Bassa	Molto Bassa	Molto Bassa
Di spiaggia con bassa energia delle onde	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Lagunari	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Litorali	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Riempimenti Artificiali				
Non compattati	Molto Alta	---	---	---
Compattati	Bassa	---	---	---

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione in funzione del tipo di deposito e della sua età (Youd e Perkins, 1978)

L'area indagata risulta essere caratterizzata da depositi di pianura di esondazione di età pleistocenica; in tali contesti e tipologia di depositi la suscettibilità della liquefazione risulta essere bassa.

10 ANALISI PRELIMINARE DELLE RISORSE GEOTERMICHE DEL SOTTOSUOLO

Finalità di questa sezione è eseguire un'analisi preliminare delle risorse geotermiche del sottosuolo locale per stabilire quale sia la fonte di alimentazione per un eventuale impianto a pompa di calore da realizzare, tecnicamente ed economicamente più conveniente.

In letteratura specifica non sono presenti studi sulla geotermia per la Provincia di Mantova; le uniche informazioni sono reperibili presso il Servizio Regionale e Provincia di Mantova – Ufficio Demanio Idrico Acque, riguardanti perforazioni profonde per richiesta di concessioni per derivazione di acque sotterranee e gli archivi di liberi professionisti ed imprese di perforazione, mentre dati sulla temperatura e pozzi profondi sono riportati in studi generali a cura della Provincia di Mantova, mediante monitoraggio diretto sui pozzi esistenti. Nella parte restante del territorio preso in esame, le risorse geotermiche presenti nei primi 100÷150

metri di sottosuolo, sono legate al gradiente normale di temperatura pari a 3°C/100 metri e alla circolazione di fluidi caratterizzati da una temperatura generalmente inferiore a 15°C.

codice pozzo	p.c. (m s.l.m.)	da m	a m	litologia
25	18,1	0,0	9,4	Terreno di riporto
		9,4	10,0	Ghiaietto e sabbia
		10,0	11,8	Argilla
		11,8	13,3	Ghiaietto e sabbia
		13,3	17,4	Sabbia
		17,4	50,8	Argilla
		50,8	64,0	Sabbia
		64,0	65,7	Argilla
		65,7	69,7	Sabbia
		69,7	78,8	Argilla
		78,8	91,1	Sabbia
		91,1	94,2	Argilla
		94,2	95,8	Sabbia
		95,8	104,7	Argilla
		104,7	112,1	Sabbia
		112,1	116,6	Argilla
		116,6	119,2	Sabbia
		119,2	132,1	Argilla
		132,1	125,2	Sabbia
		125,2	126,3	Ghiaietto e sabbia
		126,3	142,5	Sabbia
		142,5	151,0	Argilla
		151,0	170,6	Sabbia
		170,6	173,0	Argilla
		173,0	177,1	Sabbia
		177,1	206,8	Argilla
		206,8	213,0	Sabbia

Il vantaggio offerto da tali risorse geotermiche non è rappresentato dalle elevate temperature del sistema geotermico (in genere < 15°C) ma dallo sfruttamento di un sistema sorgente/serbatoio a temperatura costante durante tutto l'anno, indipendentemente dalle fluttuazioni climatiche stagionali.

I sistemi che sfruttano l'energia geotermica si distinguono in circuiti chiusi e in circuiti aperti. I circuiti chiusi sfruttano indirettamente il calore contenuto nel terreno o nei corpi idrici tramite uno scambio con un fluido termovettore circolante in tubi (o sonde); i principali sistemi a circuito chiuso sono costituiti da sonde verticali e sonde orizzontali. Per la progettazione dei sistemi geotermici sopra descritti, i fattori da quantificare sono la temperatura del sottosuolo, la successione litologica, le caratteristiche degli acquiferi, il livello dell'acqua di falda e la sua temperatura, mentre i parametri di riferimento da considerare sono la

conducibilità termica, la diffusività termica e la capacità termica. Dalle informazioni geologiche ed idrogeologiche riportate nelle sezioni precedenti, si evidenzia che il sottosuolo locale è caratterizzato dalla presenza di terreni alluvionali costituiti da un'alternanza di strati argillosi e limosi, intercalati da sabbie e sabbie limose, sature, sede di livelli acquiferi.

Nel profilo stratigrafico riportato nella pagina precedente, in cui è rappresentata la successione stratigrafica desunta da un pozzo infisso nelle immediate vicinanze rispetto all'area indagata, riportata nella relazione sulla componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del P.G.T. comunale (codice identificativo pozzo n°25), si evince che fino alla profondità di 150 metri da p.c., lo spessore di depositi sabbiosi saturi d'acqua con flusso idrico è pari a 70 metri circa, mentre lo spessore di depositi impermeabili argillosi è pari a 70 metri; mentre, per i primi 10 metri si assume l'assenza di circolazione idrica seppure in depositi sabbiosi.

Per il dimensionamento preliminare delle sonde geotermiche verticali, è possibile fare riferimento alle seguenti proprietà termofisiche dei terreni presenti, secondo lo schema svizzero (VDI 4640) riportato a pagina 47. Di cui si estrae la seguente tabella, per le litologie tipiche dell'area indagata:

Tipo di terreno	**Conducibilità termica (W/m·k)**	**Potenza d'estrazione (W/m)**
Argille e limi asciutti	0,4 ÷ 1,0	< 20
Argille e limi umidi	1,1 ÷ 3,1	30 ÷ 40
Sabbie asciutte	0,3 ÷ 0,9	< 20
Sabbie umide	1,8 ÷ 2,4	55 ÷ 65
Ghiaia secca	0,4 ÷ 0,9	30 ÷ 40
Ghiaia umida	1,6 ÷ 2,5	60 ÷ 70
Depositi morenici	1,1 ÷ 2,9	55 ÷ 65

Sulla base delle stratigrafie dei pozzi, le cui caratteristiche sono riportate nella pagine precedenti, si riporta il calcolo della potenza d'estrazione per una sonda geotermica verticale profonda 150 metri:

Spessore (metri)	**Descrizione litologica**	**Potenza d'estrazione specifica (W/m)**	**Potenza d'estrazione singola unità (W)**
10.00	Sabbia asciutta	15	150
70.00	Argilla e limo umidi	30	2100
70.00	Sabbia umida	65	4550
POTENZA D'ESTRAZIONE MEDIANTE SONDA GEOTERMICA DI LUNGHEZZA L = 150 metri			**6800**

Roccia	Densità	Conduttività termica		Capacità termica volumetrica
	[kg/dm^3]	[W/(m K)]		[MJ/(m^3 K)]
			valor medio	
Rocce magmatiche				
Basalto	2,6-3,2	1,3-2,3	1,7	2,3-2,6
Diorite	2,9-3,0	2,0-2,9	2,5	2,9
Gabbro	2,8-3,1	1,7-2,9	2,0	2,6
Granito	2,4-3,0	2,1-4,1	3,2	2,1-3,0
Riolite	2,6	3,1-3,4	3,3	2,1
Rocce metamorfiche				
Gneiss	2,4-2,7	1,9-4,0	2,9	1,8-2,4
Marmo	2,5-2,8	2,1-3,1	2,5	2,0
Quarzite	2,5-2,7	5,0-6,0	5,5	2,1
Micascisti	2,4-2,7	1,5-3,1	2,2	2,2-2,4
Anfibolite	2,6-2,9	2,1-3,6	2,9	2,0-2,3
Rocce sedimentarie				
Arenaria	2,2-2,7	1,9-4,6	2,8	1,8-2,6
Calcare	2,4-2,7	2,0-3,9	2,7	2,1-2,4
Marna	2,3-2,6	1,8-2,9	2,3	2,2-2,3
Rocce argillose/limose	2,4-2,6	1,1-3,4	2,2	2,1-2,4
Materiale non consolidato				
Argilla/limo – secco	1,8-2,0	0,4-1,0	0,5	1,5-1,6
Argilla/limo – umida	2,0-2,2	1,1-3,1	1,8	2,0-2,8
Ghiaia secca	1,8-2,2	0,4-0,9	0,4	1,3-1,6
Ghiaia umida	1,9-2,3	1,6-2,5	1,8	2,2-2,6
Depositi morenici	1,8-2,3	1,1-2,9	2,4	1,5-2,5
Sabbia secca	1,8-2,2	0,3-0,9	0,4	1,3-1,6
Sabbia umida	1,9-2,3	2,0-3,0	2,4	2,2-2,8
Torba	0,5-1,1	0,2-0,7	0,4	0,5-3,8

In fase di progettazione definitiva, per impianti inferiori a 30 kW, la lunghezza della sonda potrà essere determinata mediante l'adozione della relazione:

$$\mathbf{L\ (m) = P_{evap}\ (W) / q_{estrazione}\ (W/m)}$$

in cui: $q_{estrazione}$ è la potenza d'estrazione che si determina mediante lo schema svizzero (VDI 4640), P_{evap} è la potenza d'estrazione della pompa di calore.

Se sarà prevista l'installazione di più sonde geotermiche, si dovrà prevedere una distanza tra sonde compresa tra 8 e 10 metri e aumentare la lunghezza complessiva del 10÷20%.

In merito alla progettazione di un impianto geotermico con collettori o sonde orizzontali, si segnala che tale soluzione è meno efficiente rispetto alla precedente, in quanto risente maggiormente delle fluttuazioni della temperatura superficiale. Inoltre, la superficie di terreno impiegata è maggiore, fino a due volte la superficie

da climatizzare. Per stabilire la profondità per l'inserimento dei collettori orizzontali, si fa riferimento ai risultati di un'indagine sperimentale condotta mediante l'installazione di termometri a diverse profondità:

Profondità (metri)	Media annuale (°C)	Varianza (°C²)
0	15,1	73,5
0,5	15,3	43
1,5	15,3	18
3,0	15,4	4,1

I dati relativi alla varianza mostrano come già a 3 metri di profondità, la variazione stagionale della temperatura del terreno sia limitata.

Per quanto riguarda l'influenza termica del collettore orizzontale sul terreno, esso fornisce valori di maggiore criticità, in quanto, essendo una soluzione diffusa e non concentrata, la zona soggetta alla variazione di temperatura è molto più estesa.

Per il dimensionamento preliminare delle sonde orizzontali, si possono fornire le seguenti condizioni di riferimento:

- condizioni favorevole: terreno sabbioso, saturo d'acqua, con elevata radiazione solare (resa termica 35-40 W/mq);
- condizioni regolari: terreno umido, sabbioso-siltoso, con esposizione solare regolare (resa termica 20-30 W/mq);
- condizioni sfavorevoli: terreno pietroso, secco e ombreggiato (resa termica 8-12 W/mq).

11. PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL TERRITORIO – SINTESI QUALITATIVA

Alla luce di quanto emerso nelle sezioni precedenti, è possibile delineare in maniera sintetica gli scenari di pericolosità geologica, idrogeologica e del territorio, attinenti al sito oggetto di intervento, accompagnati da brevi commenti.

Tabella 1 – Sintesi del rischio geologico, sismico ed idrogeologico per il sito in studio

Scenario di pericolosità locale	Cartografia ufficiale	Grado di pericolosità attuale	Grado di pericolosità potenziale	Note
Faglie attive – rischio attivazione	DISS	Medio	Medio	La mappa del DISS individua per il sito la struttura tettonica individuale ITCS140 "Veronese" e

				composta "Piana dell'Adige" (Magnitudo potenziale 6,6),
Faglie capaci – rischio attivazione	ITHACA	Basso	Basso	Il database Ithaca del Servizio Geologico Nazionale segnala un faglia capace a NO dall'area, ad una distanza di circa 3,00 km dal sito (cod. 76000)
Rischio Idraulico - Allagamento	PGRA redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po approvato il 03/03/2016	classe di rischio R1 (rischio moderato o nullo di alluvione prodotta dal reticolo principale)	classe di rischio R1 (rischio moderato o nullo di alluvione prodotta dal reticolo principale).	La Carta della Pericolosità Idraulica del PTC di Mantova e del Rischio idraulico comunale classificano il sito come a basso rischio
Subsidenza	Studi Interregionali sulla Pianura padana	Basso	Basso	Valori di subsidenza bassi nell'interno dell'area indagata compresi tra 0 e 2 mm l'anno
Liquefazione	Applicazione Metodi Tabellari	Molto Basso	Molto Basso	Zona con basso potenziale di liquefazione - Assenza di fenomeni di liquefazione osservati in prossimità del sito post sisma
Erosione concentrata	-	Non presente	Non presente	Non esistono fossi di erosione concentrata nei pressi del sito
Cavità	-	Non presente	Non presente	Il rischio non è segnalato nella documentazione ufficiale
Frane, crolli e movimento di versante	-	Non presente	Non presente	Il sito insiste su zone di pianura

12. CONCLUSIONI

Lo studio geologico e sulle indagini geognostiche condotto sulla scorta di ricerca bibliografica, rilevamento diretto e soprattutto mediante specifica campagna di indagine in sito, ha permesso di stabilire che da un punto di vista geologico, il comparto interessato dal progetto per l'ampliamento delle strutture sportive alla Cà Rossa in località Bancole nel territorio comunale di Porto Mantovano, è **idoneo** ad ospitare le previsioni in progetto, **tenuto debito conto delle prescrizioni contenute nella presente indagine**.

Le indagini geognostiche e geofisiche hanno permesso di definire le caratteristiche geologiche e sismiche dei terreni dell'area in oggetto e trarre le seguenti conclusioni:

- dal punto di vista geomorfologico, il comparto oggetto di studio, ubicato nella porzione orientale dell'abitato di Bancole, frazione del Comune di Porto Mantovano, all'interno di un'area residenziale compresa tra Via Bersaglieri d'Italia ad ovest e Strada Dosso ad est, si sviluppa all'interno di un contesto sub-pianeggiante, con quote comprese tra +30 m e +31 m sul livello del mare, con inclinazione topografica orientata in direzione NO/SE, verso la depressione formata dalla Valle del Mincio, in un contesto stabile in cui non si ravvisano segnali di dissesto in atto o potenziali; pertanto, si può indicare come geomorfologicamente **compatibile ai fini edificatori**;

- dalle prime risultanze, si desume che il sottosuolo dell'area oggetto dell'intervento è costituito da depositi fluviali e fluvio-glaciali di età quaternaria, caratterizzati da una successione litologica prevalentemente sabbioso-limosa e limoso-sabbiosa, contraddistinta da buoni parametri geotecnici di resistenza al taglio e limitata compressibilità.
  I primi 2,00/2,50 metri di sottosuolo sono caratterizzati dalla presenza di depositi grossolani, costituiti da ghiaia sabbiosa con limo; tali depositi presentano caratteristiche di idoneità per costituire sedime di fondazione mediante l'utilizzo di fondazioni superficiali di tipo diretto.
  L'unità lito-meccanica, di natura granulare, darà luogo prevalentemente a cedimenti di tipo immediato (legati alla distorsione dello scheletro solido a volume costante), che si esauriranno durante le fasi costruttive dell'opera e saranno comunque contenuti.
  Dal punto di vista geotecnico consentono di indicare l'area come geologicamente compatibile ai fini **edificatori**, con assenza di evidenze di rischio derivanti da instabilità dei terreni di fondazione;

- l'area non è caratterizzata da elementi di pericolo idraulico o condizioni preparatorie a dissesti o condizioni di attenzione idraulica e la stessa può indicarsi come **idrogeologicamente compatibile ai fini edificatori**;

- al momento dell'esecuzione delle prove in sito (Ottobre 2019), la falda freatica, fino alla profondità di 2,55 metri dal piano calpestio non è stata riscontrata.
  Dalle informazioni in possesso, per l'area indagata è lecito attendersi un innalzamento del livello di falda fino alla quota di circa 4,00 metri dal piano campagna, con valori massimi di innalzamento tra Aprile e Giugno e massimo approfondimento tra Settembre e Novembre.
  Le attività di scavo entro i due metri di profondità, non interferiranno con la falda freatica. Localmente potranno verificarsi venute d'acqua, per la presenza di livelli limosi e limoso-sabbiosi saturi d'acqua (falde sospese e temporanee), in seguito a precipitazioni particolarmente abbondanti e prolungate;

- sulla base del modello geologico del sito e dell'assetto litostratigrafico locale, per la presenza del litosoma sabbioso-limoso e limoso-sabbioso, il cui tetto saturo è stato riscontrato a partire dalla profondità di circa 5,00 metri da piano calpestio nei periodi di massimo innalzamento, non si possono escludere rischi legati a fenomeni di liquefazione in occasione di eventi sismici.
  Si rende necessario, pertanto, eseguire le specifiche verifiche le cui modalità e risultanze saranno esposte nella Relazione sulla Modellazione Sismica.

In relazione al piano di imposta delle nuove fondazioni superficiali, si ricorda che quest'ultime devono essere congruenti alle seguenti indicazioni: sottostare alla massima profondità del gelo del terreno, essere più profonde del cosiddetto strato attivo, ovvero quello strato superficiale del suolo soggetto a ritiro/rigonfiamento in conseguenza all'andamento delle precipitazioni stagionali.
Nel caso di realizzazione di nuove fondazioni, queste dovranno appoggiare ad almeno 1,00 metri dall'attuale piano campagna.
In tal caso, si ritiene opportuno, in fase di esecuzione dei lavori, effettuare un'accurata ispezione visiva del terreno di fondazione per accertare la presenza di disomogeneità litologiche particolarmente evidenti e/o di livelli rammolliti, saturi d'acqua, formatisi in seguito a precipitazioni particolarmente intense e prolungate, e/o particolari disomogeneità del terreno di riporto.
In presenza di tali singolarità, si deve procedere con un'omogeneizzazione delle proprietà meccaniche e deformative del terreno, tipicamente mediante la rimozione di uno strato di adeguato spessore e la sua sostituzione con un getto di magrone.
Le terre provenienti dalle attività di sbancamento e/o di scavo delle fondazioni, se non vengono utilizzate in opere di reinterro, riempimenti e rilevati appositamente previste in fase progettuale, devono essere stoccati in un'apposita area comunale, regolarmente autorizzata, per il recupero.

Si raccomanda di limitare, se è possibile, le superfici impermeabilizzate od eventualmente prevedere l'adozione di pavimentazione di tipo permeabile che consentano la naturale infiltrazione nel sottosuolo di parte delle acque superficiali.

GEOLOGO
DANIELE DE TOGNI

GEOLOGO
FRANCESCO GABRIELLI

APPENDICE DOCUMENTALE

RISULTATI E CERTIFICATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

TAV. 1 – Planimetria generale, stato di progetto: ubicazione indagini in sito

Tabulati prove penetrometriche statiche CPT



● PROVA PENETROMETRICA CPT

★ INDAGINE GEOFISICA PASSIVA HVSR

⟷ INDAGINE GEOFISICA MASW

TAVOLA N. 1

ELABORATI
PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT	1
riferimento	02-10-2019

Committente: **Comune di Porto Mantovano**
Cantiere: **Ampliamento del Centro Sportivo Cà Rossa**
Località: **Porto Mantovano (MN)**

U.M.: **kg/cm²** | Data esec.: 02/10/2019
Pagina: 1
Elaborato:
Falda: -2.55 m da quota inizio

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0.20	0	0		0	0.67	0	
0.40	22	32		22	1.47	15	6.7
0.60	22	44		22	5.07	4	23.0
0.80	145	221		145	3.67	40	2.5
1.00	129	184		129	5.20	25	4.0
1.20	256	334		256	6.07	42	2.4
1.40	283	374		283	5.87	48	2.1
1.60	257	345		257	5.27	49	2.1
1.80	247	326		247	4.20	59	1.7
2.00	278	341		278	2.13	131	0.8
2.20	186	218		186	2.80	66	1.5
2.40	105	147		105	2.00	53	1.9
2.60	72	102		72	1.93	37	2.7
2.80	87	116		87	4.07	21	4.7
3.00	177	238		177	2.33	76	1.3
3.20	128	163		128	3.53	36	2.8
3.40	166	219		166	2.20	75	1.3
3.60	145	178		145	2.87	51	2.0
3.80	122	165		122	2.20	55	1.8
4.00	171	204		171	3.20	53	1.9
4.20	118	166		118	6.07	19	5.1
4.40	235	326		235	1.27	185	0.5
4.60	182	201		182	2.00	91	1.1
4.80	45	75		45	2.33	19	5.2
5.00	29	64		29	1.13	26	3.9
5.20	14	31		14	1.67	8	11.9
5.40	122	147		122	2.87	43	2.4
5.60	165	208		165	3.40	49	2.1
5.80	165	216		165	2.47	67	1.5
6.00	43	80		43	1.93	22	4.5
6.20	29	58		29	2.67	11	9.2
6.40	51	91		51	0.73	70	1.4
6.60	11	22		11	0.73	15	6.6
6.80	12	23		12	1.53	8	12.8
7.00	52	75		52	1.73	30	3.3
7.20	66	92		66	2.47	27	3.7
7.40	44	81		44	1.00	44	2.3
7.60	15	30		15	0.67	22	4.5
7.80	10	20		10	2.47	4	24.7
8.00	108	145		108	3.40	32	3.1
8.20	178	229		178	6.40	28	3.6
8.40	164	260		164	3.00	55	1.8
8.60	107	152		107	1.07	100	1.0
8.80	16	32		16	0.80	20	5.0
9.00	11	23		11	0.80	14	7.3
9.20	14	26		14	0.93	15	6.6
9.40	16	30		16	1.07	15	6.7
9.60	16	32		16	1.07	15	6.7
9.80	17	33		17	1.00	17	5.9
10.00	18	33		18	1.93	9	10.7
10.20	35	64		35	1.60	22	4.6
10.40	45	69		45	1.80	25	4.0
10.60	24	51		24	1.00	24	4.2
10.80	16	31		16	2.00	8	12.5
11.00	44	74		44	1.20	37	2.7
11.20	29	47		29	1.27	23	4.4
11.40	52	71		52	2.73	19	5.3
11.60	61	102		61	2.53	24	4.1
11.80	43	81		43	1.60	27	3.7
12.00	33	57		33	2.33	14	7.1
12.20	61	96		61	2.07	29	3.4
12.40	57	88		57	1.53	37	2.7
12.60	60	83		60	1.87	32	3.1
12.80	31	59		31	1.53	20	4.9
13.00	39	62		39	1.47	27	3.8
13.20	22	44		22	0.87	25	4.0
13.40	25	38		25	1.60	16	6.4
13.60	25	49		25	0.40	63	1.6
13.80	19	25		19	1.87	10	9.8
14.00	55	83		55	1.67	33	3.0
14.20	66	91		66	2.07	32	3.1
14.40	75	106		75	2.40	31	3.2
14.60	66	102		66	1.87	35	2.8
14.80	78	106		78	2.87	27	3.7
15.00	46	89		46	2.07	22	4.5
15.20	71	102		71	1.60	44	2.3
15.40	68	92		68	1.87	36	2.8
15.60	77	105		77	1.53	50	2.0
15.80	68	91		68	1.60	43	2.4
16.00	58	82		58	1.47	39	2.5
16.20	76	98		76	1.40	54	1.8
16.40	86	107		86	1.60	54	1.9
16.60	92	116		92	1.40	66	1.5
16.80	61	82		61	1.27	48	2.1
17.00	35	54		35	2.27	15	6.5
17.20	54	88		54	2.47	22	4.6
17.40	125	162		125	2.60	48	2.1
17.60	59	98		59	3.00	20	5.1
17.80	195	240		195	7.93	25	4.1
18.00	129	248		129			

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT	2
riferimento	02-10-2019

Committente: **Comune di Porto Mantovano**
Cantiere: **Ampliamento del Centro Sportivo Cà Rossa**
Località: **Porto Mantovano (MN)**

U.M.: **kg/cm²** | Data esec.: 02/10/2019
Pagina: 1
Elaborato:
Falda: -2.40 m da quota inizio

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0.20	0	0		0	1.20	0	
0.40	24	42		24	0.93	26	3.9
0.60	16	30		16	5.53	3	34.6
0.80	104	187		104	5.33	20	5.1
1.00	315	395		315	4.80	66	1.5
1.20	253	325		253	3.07	82	1.2
1.40	378	424		378	5.67	67	1.5
1.60	243	328		243	4.80	51	2.0
1.80	322	394		322	2.53	127	0.8
2.00	265	303		265	4.87	54	1.8
2.20	258	331		258	4.27	60	1.7
2.40	157	221		157	1.20	131	0.8
2.60	133	151		133	2.53	53	1.9
2.80	107	145		107	2.13	50	2.0
3.00	95	127		95	2.40	40	2.5
3.20	108	144		108	2.07	52	1.9
3.40	161	192		161	2.33	69	1.4
3.60	118	153		118	3.07	38	2.6
3.80	153	199		153	2.93	52	1.9
4.00	220	264		220	2.73	81	1.2
4.20	141	182		141	2.27	62	1.6
4.40	38	72		38	1.60	24	4.2
4.60	41	65		41	2.27	18	5.5
4.80	85	119		85	2.20	39	2.6
5.00	125	158		125	4.13	30	3.3
5.20	149	211		149	4.93	30	3.3
5.40	162	236		162	2.40	68	1.5
5.60	59	95		59	1.33	44	2.3
5.80	22	42		22	0.87	25	4.0
6.00	28	41		28	0.93	30	3.3
6.20	14	28		14	0.67	21	4.8
6.40	10	20		10	3.33	3	33.3
6.60	88	138		88	1.53	58	1.7
6.80	30	53		30	1.47	20	4.9
7.00	27	49		27	0.73	37	2.7
7.20	11	22		11	0.60	18	5.5
7.40	10	19		10	3.53	3	35.3
7.60	71	124		71	3.27	22	4.6
7.80	175	224		175	4.13	42	2.4
8.00	172	234		172	2.00	86	1.2
8.20	49	79		49	1.07	46	2.2
8.40	16	32		16	0.80	20	5.0
8.60	12	24		12	0.60	20	5.0
8.80	12	21		12	0.53	23	4.4
9.00	16	24		16	0.60	27	3.8
9.20	18	27		18	1.33	14	7.4
9.40	22	42		22	1.47	15	6.7
9.60	77	99		77	1.73	45	2.2
9.80	31	57		31	1.27	24	4.1
10.00	20	39		20	1.20	17	6.0
10.20	48	66		48	2.07	23	4.3
10.40	51	82		51	1.07	48	2.1
10.60	29	45		29	1.80	16	6.2
10.80	61	88		61	2.07	29	3.4
11.00	29	60		29	1.00	29	3.4
11.20	31	46		31	1.73	18	5.6
11.40	66	92		66	1.93	34	2.9
11.60	56	85		56	4.93	11	8.8
11.80	90	164		90	2.13	42	2.4
12.00	51	83		51	2.47	21	4.8
12.20	62	99		62	2.40	26	3.9
12.40	38	74		38	1.87	20	4.9
12.60	48	76		48	2.80	17	5.8
12.80	47	89		47	1.00	47	2.1
13.00	32	47		32	1.13	28	3.5
13.20	29	46		29	0.80	36	2.8
13.40	12	24		12	1.53	8	12.8
13.60	77	100		77	2.20	35	2.9
13.80	74	107		74	2.87	26	3.9
14.00	77	120		77	2.33	33	3.0
14.20	53	88		53	3.33	16	6.3
14.40	133	183		133	3.40	39	2.6
14.60	210	261		210	2.60	81	1.2
14.80	168	207		168	2.73	62	1.6
15.00	106	147		106	2.40	44	2.3
15.20	81	117		81	3.47	23	4.3
15.40	131	183		131	3.20	41	2.4
15.60	105	153		105	1.93	54	1.8
15.80	72	101		72	1.93	37	2.7
16.00	70	99		70	2.67	26	3.8
16.20	99	139		99	2.40	41	2.4
16.40	137	173		137	3.33	41	2.4
16.60	85	135		85	2.40	35	2.8
16.80	78	114		78	1.87	42	2.4
17.00	62	90		62	2.27	27	3.7
17.20	121	155		121	3.73	32	3.1
17.40	187	243		187	3.47	54	1.9
17.60	130	182		130	3.80	34	2.9
17.80	103	160		103	2.80	37	2.7
18.00	89	131		89			

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT	3
riferimento	02-10-2019

Committente: **Comune di Porto Mantovano**
Cantiere: **Ampliamento del Centro Sportivo Cà Rossa**
Località: **Porto Mantovano (MN)**

U.M.: **kg/cm²** | Data esec.: 02/10/2019
Pagina: 1
Elaborato:
Falda: -2.48 m da quota inizio

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0.20	0	0		0	0.72	0	
0.40	19	30		19	3.20	6	16.8
0.60	65	113		65	4.31	15	6.6
0.80	236	300		236	3.49	68	1.5
1.00	196	248		196	2.98	66	1.5
1.20	325	370		325	4.85	67	1.5
1.40	270	342		270	4.24	64	1.6
1.60	297	360		297	2.95	101	1.0
1.80	263	307		263	3.53	75	1.3
2.00	275	328		275	2.55	108	0.9
2.20	176	214		176	1.55	114	0.9
2.40	122	145		122	1.91	64	1.6
2.60	92	120		92	1.68	55	1.8
2.80	93	119		93	2.68	35	2.9
3.00	146	186		146	1.66	88	1.1
3.20	148	173		148	2.39	62	1.6
3.40	146	181		146	2.07	71	1.4
3.60	153	184		153	2.26	68	1.5
3.80	175	209		175	1.89	93	1.1
4.00	160	188		160	2.41	66	1.5
4.20	80	116		80	3.28	24	4.1
4.40	142	191		142	1.28	111	0.9
4.60	137	156		137	1.77	77	1.3
4.80	87	114		87	2.86	30	3.3
5.00	91	134		91	2.67	34	2.9
5.20	90	130		90	1.68	54	1.9
5.40	93	118		93	1.74	53	1.9
5.60	96	122		96	1.76	55	1.8
5.80	99	125		99	1.56	63	1.6
6.00	29	53		29	1.20	24	4.1
6.20	20	38		20	2.70	7	13.5
6.40	71	112		71	1.04	68	1.5
6.60	21	37		21	1.01	21	4.8
6.80	20	35		20	1.00	20	5.0
7.00	32	47		32	1.01	32	3.2
7.20	39	54		39	2.74	14	7.0
7.40	59	100		59	1.76	34	3.0
7.60	97	124		97	2.04	48	2.1
7.80	93	124		93	1.92	48	2.1
8.00	81	109		81	1.86	44	2.3
8.20	99	127		99	3.22	31	3.3
8.40	90	139		90	1.56	58	1.7
8.60	61	84		61	0.73	84	1.2
8.80	16	27		16	0.63	25	3.9
9.00	15	24		15	0.98	15	6.5
9.20	18	33		18	1.02	18	5.7
9.40	48	63		48	1.29	37	2.7
9.60	24	43		24	1.08	22	4.5
9.80	19	35		19	0.96	20	5.1
10.00	34	48		34	1.81	19	5.3
10.20	44	71		44	1.18	37	2.7
10.40	38	56		38	1.61	24	4.2
10.60	44	68		44	1.42	31	3.2
10.80	23	44		23	1.34	17	5.8
11.00	38	59		38	1.27	30	3.3
11.20	49	68		49	1.38	36	2.8
11.40	55	76		55	3.49	16	6.3
11.60	77	130		77	2.12	36	2.8
11.80	48	80		48	1.83	26	3.8
12.00	49	76		49	2.14	23	4.4
12.20	51	83		51	1.74	29	3.4
12.40	54	80		54	1.94	28	3.6
12.60	55	84		55	1.29	43	2.3
12.80	32	52		32	1.19	27	3.7
13.00	35	53		35	1.05	33	3.0
13.20	17	33		17	1.00	17	5.9
13.40	52	67		52	1.69	31	3.3
13.60	51	76		51	1.43	36	2.8
13.80	49	71		49	1.87	26	3.8
14.00	55	83		55	2.11	26	3.8
14.20	102	134		102	2.19	47	2.1
14.40	146	179		146	2.05	71	1.4
14.60	120	151		120	1.94	62	1.6
14.80	94	123		94	2.36	40	2.5
15.00	65	100		65	2.36	28	3.6
15.20	104	139		104	2.05	51	2.0
15.40	89	120		89	1.61	55	1.8
15.60	76	100		76	1.46	52	1.9
15.80	71	93		71	1.82	39	2.6
16.00	81	108		81	1.53	53	1.9
16.20	109	132		109	2.02	54	1.9
16.40	88	118		88	1.67	53	1.9
16.60	87	112		87	1.39	63	1.6
16.80	63	84		63	1.46	43	2.3
17.00	80	102		80	2.52	32	3.2
17.20	124	161		124	2.47	50	2.0
17.40	131	168		131	2.85	46	2.2
17.60	83	126		83	2.36	35	2.8
17.80	146	181		146	3.65	40	2.5
18.00	66	121		66			

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

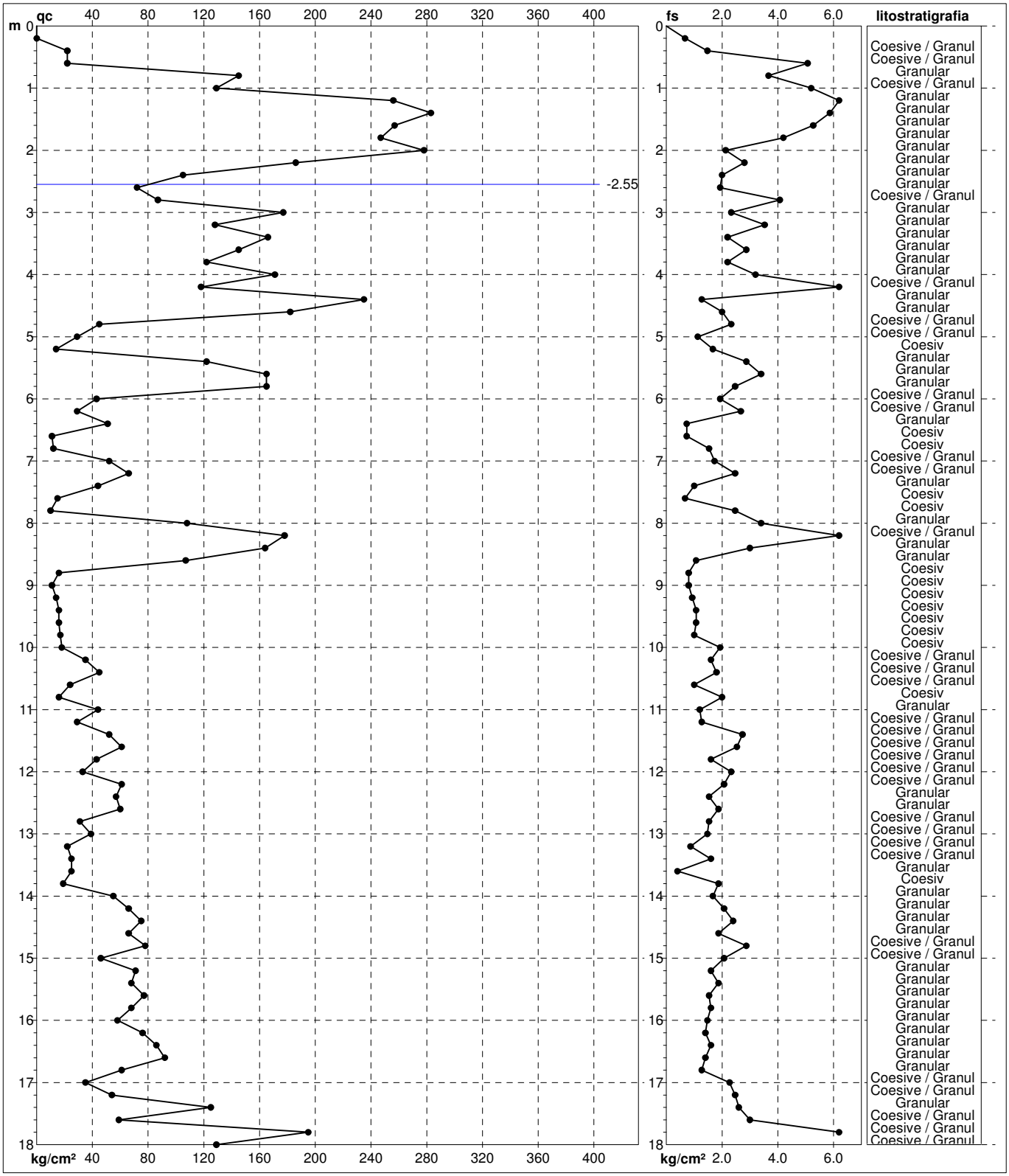
CPT	1
riferimento	02-10-2019

Committente: **Comune di Porto Mantovano**
Cantiere: **Ampliamento del Centro Sportivo Cà Rossa**
Località: **Porto Mantovano (MN)**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: 1:90
Pagina: 1
Elaborato:

Data esec.: 02/10/2019

Quota inizio: Piano Campagna
Falda: -2.55 m da quota inizio



Litologia: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone
Penetrometro: TG63-200
Responsabile:
Assistente:

Preforo: m
Corr.astine: kg/ml
Cod. punta:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

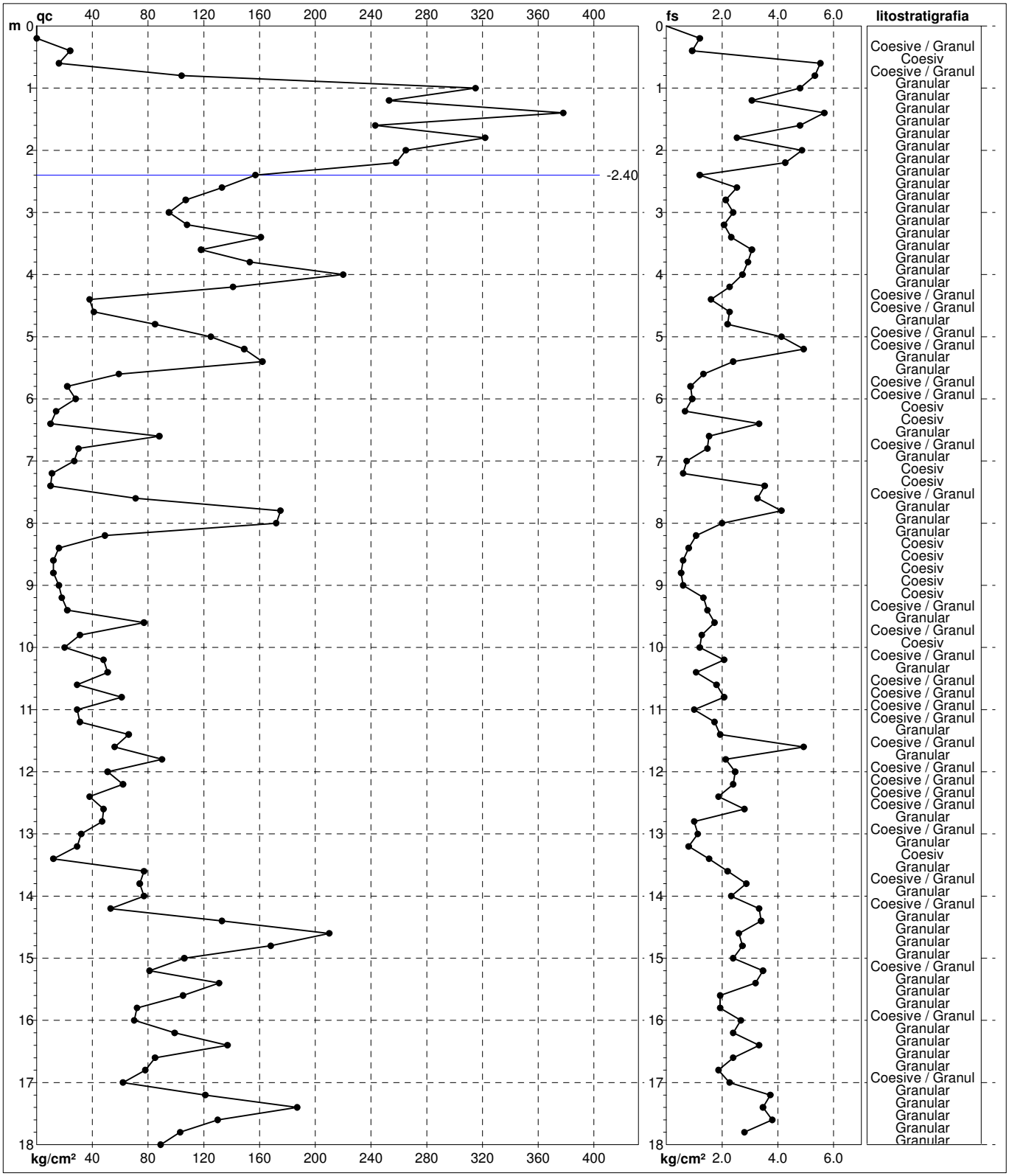
CPT	2
riferimento	02-10-2019

Committente: **Comune di Porto Mantovano**
Cantiere: **Ampliamento del Centro Sportivo Cà Rossa**
Località: **Porto Mantovano (MN)**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: 1:90
Pagina: 1
Elaborato:

Data esec.: 02/10/2019

Quota inizio: Piano Campagna
Falda: -2.40 m da quota inizio



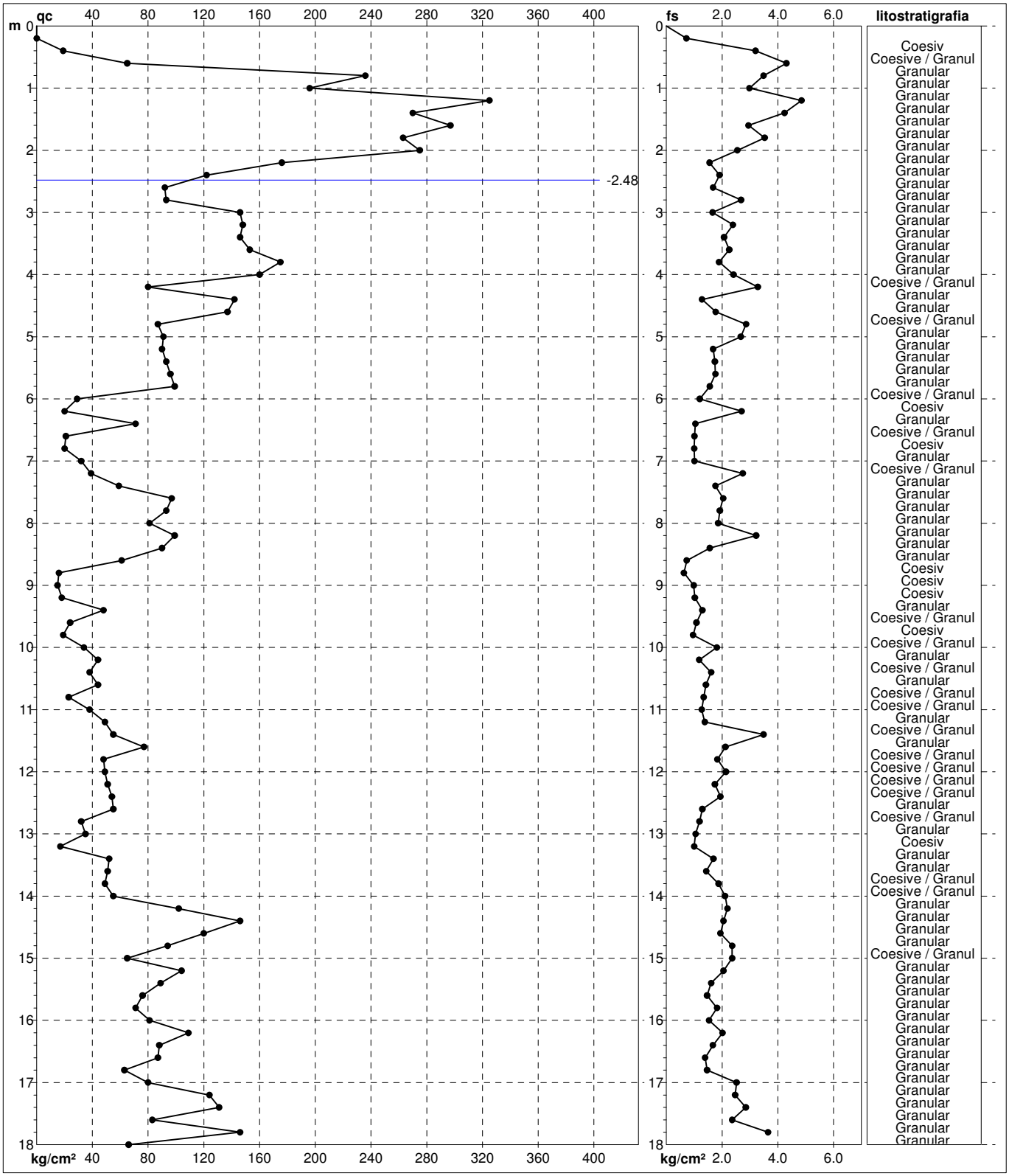
Litologia: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone
Penetrometro: TG63-200
Responsabile:
Assistente:

Preforo: m
Corr.astine: kg/ml
Cod. punta:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	3
riferimento	02-10-2019

Committente:	**Comune di Porto Mantovano**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 02/10/2019
Cantiere:	**Ampliamento del Centro Sportivo Cà Rossa**	Scala: 1:90	
Località:	**Porto Mantovano (MN)**	Pagina: 1	Quota inizio: Piano Campagna
		Elaborato:	Falda: -2.48 m da quota inizio



		Litologia: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	Preforo: m
		Penetrometro: TG63-200	Corr.astine: kg/ml
		Responsabile:	
		Assistente:	Cod. punta:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

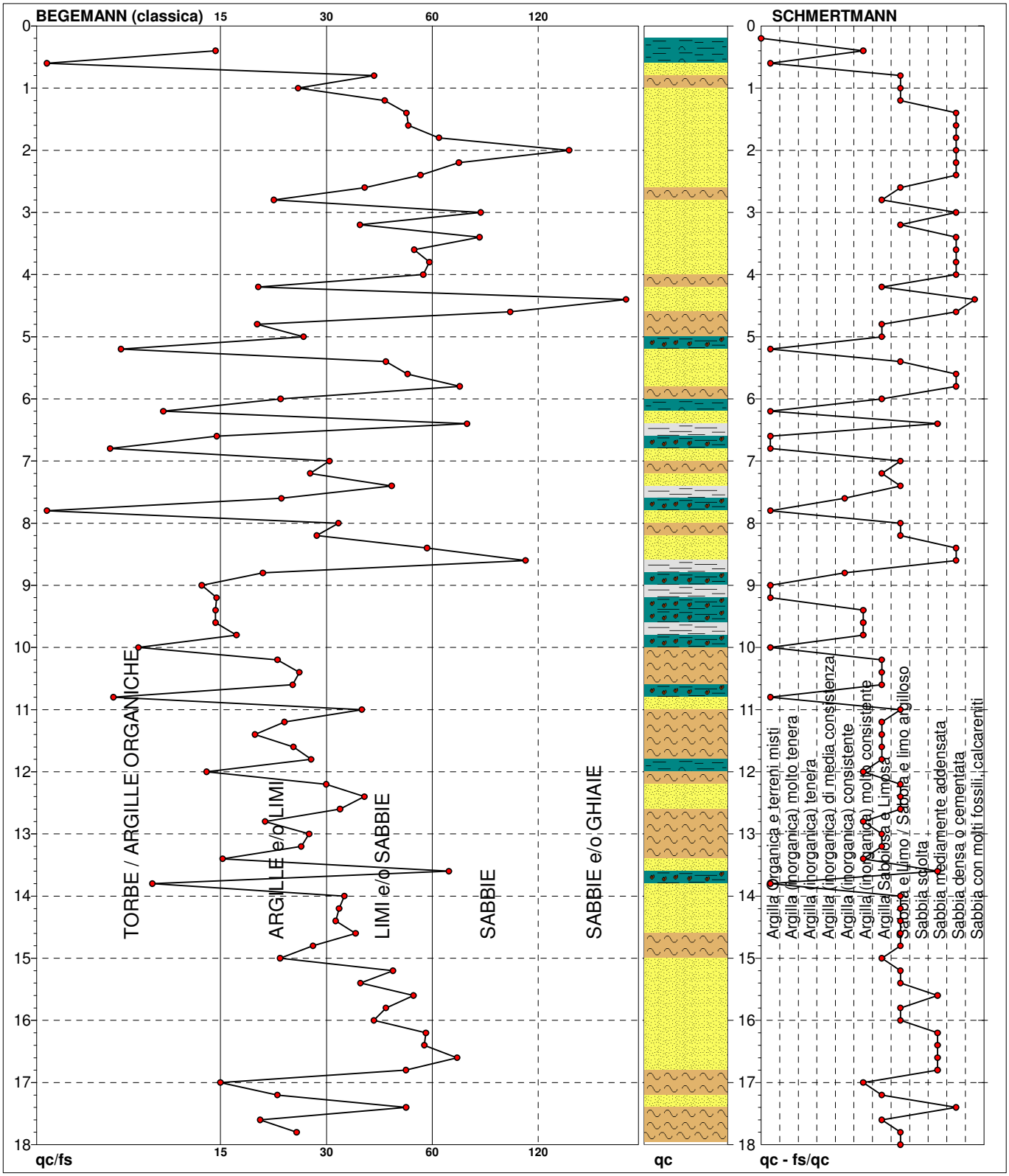
CPT	1
riferimento	02-10-2019

Committente: **Comune di Porto Mantovano**
Cantiere: **Ampliamento del Centro Sportivo Cà Rossa**
Località: **Porto Mantovano (MN)**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: 1:90
Pagina: 1
Elaborato:

Data esec.: 02/10/2019

Falda: -2.55 m da quota inizio



Torbe / Argille org. :	14 punti, 15.73%	Argilla Organica e terreni misti:	11 punti, 12.36%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	18 punti, 20.22%
Argille e/o Limi :	31 punti, 34.83%	Argilla (inorganica) consistente:	2 punti, 2.25%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	24 punti, 26.97%
Limi e/o Sabbie :	33 punti, 37.08%	Argilla (inorganica) molto consist.:	8 punti, 8.99%	Sabbia mediamente addensata:	7 punti, 7.87%
Sabbie:	9 punti, 10.11%			Sabbia densa o cementata:	17 punti, 19.10%
Sabbie e/o Ghiaie :	2 punti, 2.25%			Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punti, 1.12%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

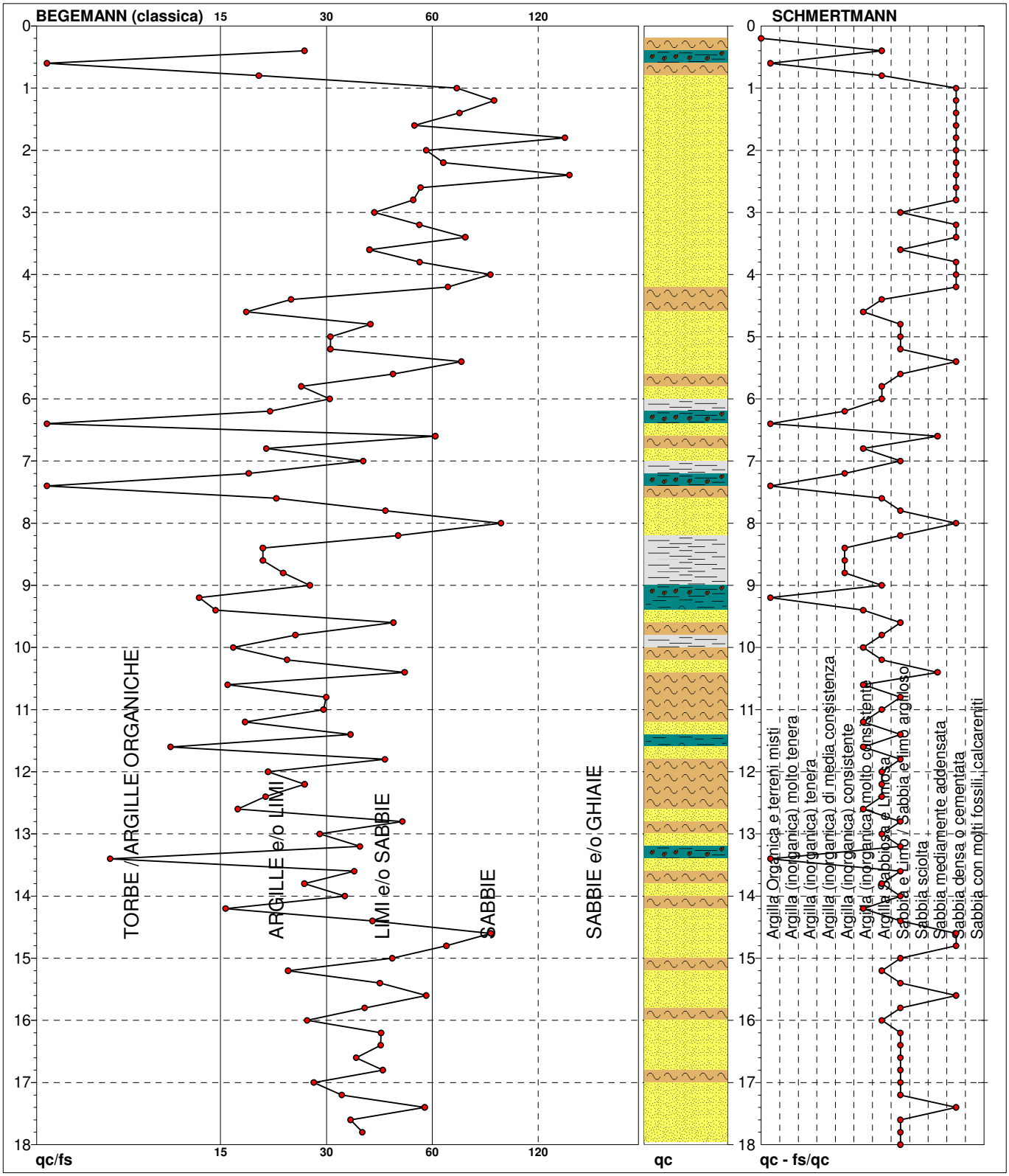
CPT	2
riferimento	02-10-2019

Committente: **Comune di Porto Mantovano**
Cantiere: **Ampliamento del Centro Sportivo Cà Rossa**
Località: **Porto Mantovano (MN)**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: 1:90
Pagina: 1
Elaborato:

Data esec.: 02/10/2019

Falda: -2.40 m da quota inizio



Torbe / Argille org. :	8 punti, 8.99%	Argilla Organica e terreni misti:	5 punti, 5.62%
Argille e/o Limi :	30 punti, 33.71%	Argilla (inorganica) consistente:	5 punti, 5.62%
Limi e/o Sabbie :	38 punti, 42.70%	Argilla (inorganica) molto consist.:	9 punti, 10.11%
Sabbie:	11 punti, 12.36%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	17 punti, 19.10%
Sabbie e/o Ghiaie :	2 punti, 2.25%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	29 punti, 32.58%
		Sabbia mediamente addensata:	2 punti, 2.25%
		Sabbia densa o cementata:	21 punti, 23.60%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

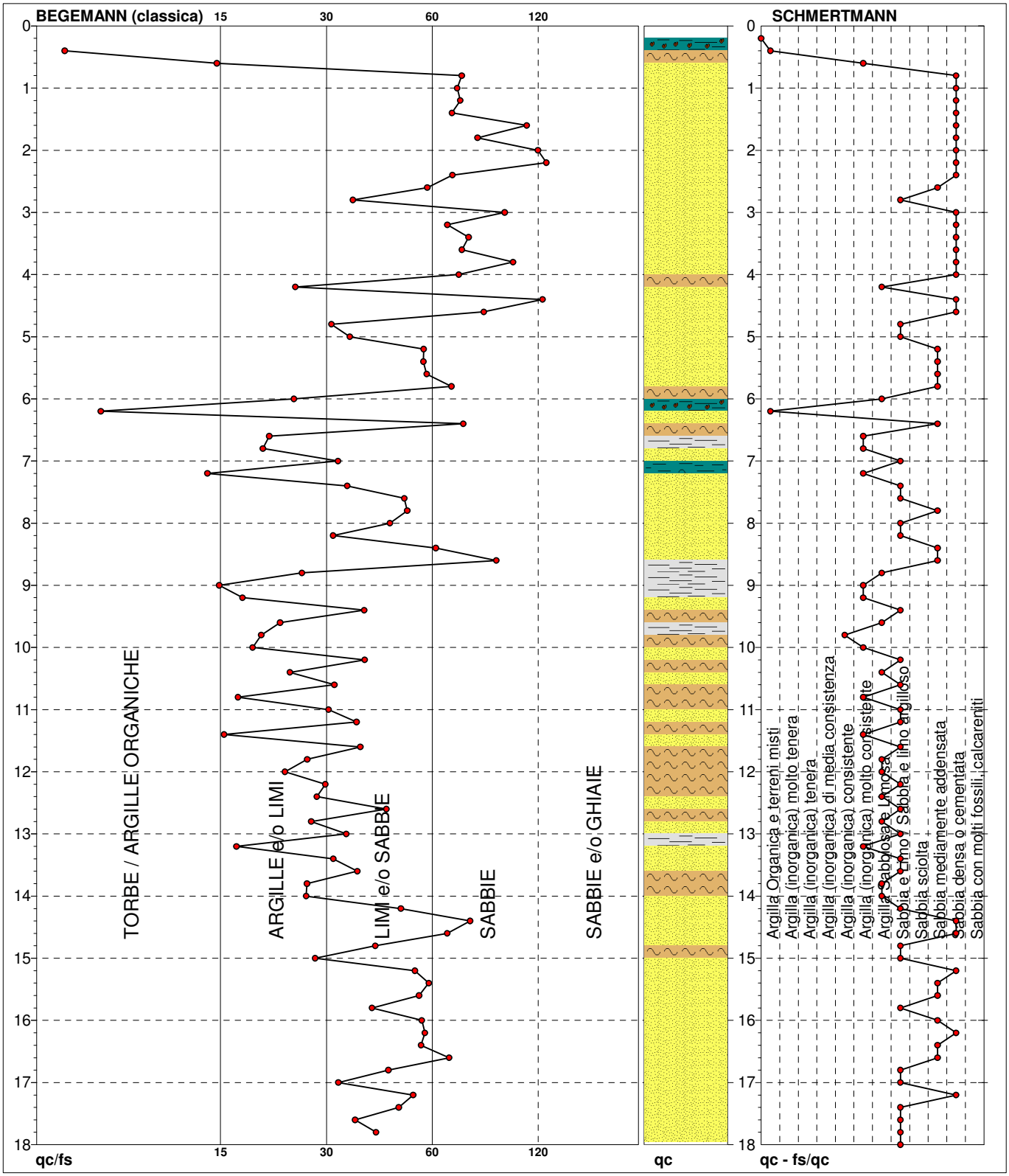
CPT	3
riferimento	02-10-2019

Committente: **Comune di Porto Mantovano**
Cantiere: **Ampliamento del Centro Sportivo Cà Rossa**
Località: **Porto Mantovano (MN)**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: 1:90
Pagina: 1
Elaborato:

Data esec.: 02/10/2019

Falda: -2.48 m da quota inizio



Torbe / Argille org. :	4 punti,	4.49%	Argilla Organica e terreni misti:	2 punti,	2.25%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	11 punti, 12.36%
Argille e/o Limi :	24 punti,	26.97%	Argilla (inorganica) consistente:	1 punti,	1.12%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	28 punti, 31.46%
Limi e/o Sabbie :	38 punti,	42.70%	Argilla (inorganica) molto consist.:	10 punti,	11.24%	Sabbia mediamente addensata:	14 punti, 15.73%
Sabbie:	23 punti,	25.84%				Sabbia densa o cementata:	22 punti, 24.72%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT	1
riferimento	02-10-2019

Committente: **Comune di Porto Mantovano**
Cantiere: **Ampliamento del Centro Sportivo Cà Rossa**
Località: **Porto Mantovano (MN)**

U.M.: **kg/cm²** | Data esec.: 02/10/2019
Pagina: 1
Elaborato:
Falda: -2.55 m da quota inizio

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof.	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	FLL	FLS	E'50	E'25	Mo
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)			U.M.	U.M.	U.M.
0.20	--	--		1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	22	15		1.93	0.08	83	0.85	99.9	143.8	215.8	66.0	83	40	38	35	33	42	28	--	--	36.7	55.0	66.0
0.60	22	4		1.93	0.11	88	0.85	76.6	143.8	215.8	66.0	73	38	36	33	31	40	28	--	--	36.7	55.0	66.0
0.80	145	40		2.07	0.16	156	--	--	--	--	--	100	42	44	41	38	45	36	--	--	241.7	362.5	435.0
1.00	129	25		2.07	0.20	144	4.30	99.9	731.0	1096.5	387.0	100	42	42	40	37	45	35	--	--	215.0	322.5	387.0
1.20	256	42		2.15	0.24	198	--	--	--	--	--	100	42	44	42	39	45	39	--	--	426.7	640.0	768.0
1.40	283	48		2.15	0.28	208	--	--	--	--	--	100	42	44	42	39	45	40	--	--	471.7	707.5	849.0
1.60	257	49		2.15	0.33	207	--	--	--	--	--	100	42	43	40	38	45	39	--	--	428.3	642.5	771.0
1.80	247	59		2.15	0.37	202	--	--	--	--	--	100	42	42	40	37	45	39	--	--	411.7	617.5	741.0
2.00	278	131		2.15	0.41	219	--	--	--	--	--	100	42	42	40	37	45	40	--	--	463.3	695.0	834.0
2.20	186	66		2.13	0.45	193	--	--	--	--	--	100	42	40	37	35	43	37	--	--	310.0	465.0	558.0
2.40	105	53		2.01	0.49	155	--	--	--	--	--	91	41	36	34	31	40	34	--	--	175.0	262.5	315.0
2.60	72	37		0.95	0.51	142	--	--	--	--	--	77	39	34	31	29	39	32	--	--	120.0	180.0	216.0
2.80	87	21		1.04	0.53	151	2.90	52.0	493.0	739.5	261.0	82	40	35	32	30	39	33	--	--	145.0	217.5	261.0
3.00	177	76		1.12	0.56	197	--	--	--	--	--	100	42	38	36	33	42	37	--	--	295.0	442.5	531.0
3.20	128	36		1.04	0.58	182	--	--	--	--	--	94	41	37	34	32	41	35	--	--	213.3	320.0	384.0
3.40	166	75		1.10	0.60	196	--	--	--	--	--	100	42	38	35	33	41	37	--	--	276.7	415.0	498.0
3.60	145	51		1.07	0.62	190	--	--	--	--	--	96	41	37	34	32	41	36	--	--	241.7	362.5	435.0
3.80	122	55		1.03	0.64	182	--	--	--	--	--	90	41	36	33	31	40	35	--	--	203.3	305.0	366.0
4.00	171	53		1.11	0.66	200	--	--	--	--	--	100	42	37	35	32	41	37	--	--	285.0	427.5	513.0
4.20	118	19		1.06	0.69	169	3.93	55.8	668.7	1003.0	354.0	87	40	35	33	30	39	35	--	--	196.7	295.0	354.0
4.40	235	185		1.15	0.71	219	--	--	--	--	--	100	42	39	36	34	42	39	--	--	391.7	587.5	705.0
4.60	182	91		1.12	0.73	206	--	--	--	--	--	100	42	37	34	32	41	37	--	--	303.3	455.0	546.0
4.80	45	19		1.00	0.75	133	1.50	14.9	255.0	382.5	135.0	52	35	30	27	25	34	31	--	--	75.0	112.5	135.0
5.00	29	26		0.96	0.77	119	0.98	8.5	182.8	274.1	87.0	36	33	28	25	23	32	29	--	--	48.3	72.5	87.0
5.20	14	8		0.94	0.79	104	0.64	4.8	218.9	328.4	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.40	122	43		1.03	0.81	188	--	--	--	--	--	84	40	35	32	30	39	35	--	--	203.3	305.0	366.0
5.60	165	49		1.10	0.83	204	--	--	--	--	--	94	41	36	33	31	40	37	--	--	275.0	412.5	495.0
5.80	165	67		1.10	0.85	205	--	--	--	--	--	93	41	36	33	31	40	37	--	--	275.0	412.5	495.0
6.00	43	22		1.00	0.87	136	1.43	11.7	243.7	365.5	129.0	46	34	29	26	24	33	30	--	--	71.7	107.5	129.0
6.20	29	11		0.96	0.89	122	0.98	7.1	223.1	334.7	87.0	32	33	27	24	22	31	29	--	--	48.3	72.5	87.0
6.40	51	70		0.92	0.91	142	--	--	--	--	--	51	35	30	27	25	34	31	--	--	85.0	127.5	153.0
6.60	11	15		0.91	0.93	99	0.54	3.2	257.7	386.6	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.80	12	8		0.92	0.95	99	0.57	3.3	265.7	398.6	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.00	52	30		0.92	0.97	143	--	--	--	--	--	50	35	30	27	25	34	31	--	--	86.7	130.0	156.0
7.20	66	27		1.02	0.99	152	2.20	17.1	374.0	561.0	198.0	58	36	31	28	26	35	32	--	--	110.0	165.0	198.0
7.40	44	44		0.91	1.00	123	--	--	--	--	--	44	34	29	25	24	32	31	--	--	73.3	110.0	132.0
7.60	15	22		0.95	1.02	108	0.67	3.7	289.0	433.5	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.80	10	4		0.90	1.04	91	0.50	2.5	264.7	397.1	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.00	108	32		1.01	1.06	175	--	--	--	--	--	73	38	33	30	28	37	34	--	--	180.0	270.0	324.0
8.20	178	28		1.11	1.08	198	5.93	52.6	1008.7	1513.0	534.0	90	41	35	32	30	39	37	--	--	296.7	445.0	534.0
8.40	164	55		1.10	1.11	213	--	--	--	--	--	87	40	35	32	30	39	37	--	--	273.3	410.0	492.0
8.60	107	100		1.01	1.13	176	--	--	--	--	--	71	38	32	29	28	37	34	--	--	178.3	267.5	321.0
8.80	16	20		0.96	1.15	109	0.70	3.4	321.6	482.4	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.00	11	14		0.91	1.16	102	0.54	2.4	288.4	432.6	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.20	14	15		0.94	1.18	110	0.64	2.9	319.2	478.9	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.40	16	15		0.96	1.20	110	0.70	3.2	333.4	500.2	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.60	16	15		0.96	1.22	110	0.70	3.1	337.1	505.6	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.80	17	17		0.97	1.24	111	0.72	3.2	344.9	517.4	54.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.00	18	9		0.98	1.26	111	0.75	3.3	352.2	528.3	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.20	35	22		0.98	1.28	136	1.17	5.6	345.3	518.0	105.0	30	32	26	23	22	30	29	--	--	58.3	87.5	105.0
10.40	45	25		1.00	1.30	143	1.50	7.5	318.0	477.0	135.0	38	33	27	24	23	31	31	--	--	75.0	112.5	135.0
10.60	24	24		0.94	1.32	124	0.89	3.8	370.8	556.2	72.0	16	30	24	21	20	27	28	--	--	40.0	60.0	72.0
10.80	16	8		0.96	1.34	112	0.70	2.8	355.4	533.0	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.00	44	37		0.91	1.36	129	--	--	--	--	--	36	33	27	24	22	31	31	--	--	73.3	110.0	132.0
11.20	29	23		0.96	1.37	129	0.98	4.1	383.9	575.8	87.0	22	31	25	22	20	28	29	--	--	48.3	72.5	87.0
11.40	52	19		1.01	1.40	151	1.73	8.2	332.7	499.1	156.0	41	34	28	25	23	31	31	--	--	86.7	130.0	156.0
11.60	61	24		1.02	1.42	157	2.03	9.9	346.3	519.4	183.0	47	35	28	25	24	32	32	--	--	101.7	152.5	183.0
11.80	43	27		1.00	1.44	145	1.43	6.3	374.7	562.0	129.0	34	33	27	23	22	30	30	--	--	71.7	107.5	129.0
12.00	33	14		0.97	1.46	135	1.10	4.4	406.1	609.1	99.0	25	31	25	22	21	29	29	--	--	55.0	82.5	99.0
12.20	61	29		1.02	1.48	158	2.03	9.4	352.6	529.0	183.0	46	34	28	25	24	32	32	--	--	101.7	152.5	183.0
12.40	57	37		0.93	1.49	155	--	--	--	--	--	43	34	28	25	23	32	31	--	--	95.0	142.5	171.0
12.60	60	32		0.93	1.51	158	--	--	--	--	--	44	34	28	25	23	32	32	--	--	100.0	150.0	180.0
12.80	31	20		0.97	1.53	136	1.03	3.8	430.9	646.3	93.0	21	31	25	21	20	28	29	--	--	51.7	77.5	93.0
13.00	39	27		1.00	1.55	144	1.30	5.0	427.9	641.8	117.0	29	32	26	23	21	29	30	--	--	65.0	97.5	117.0
13.20	22	25		0.93	1.57	127	0.85	2.9	424.2	636.4	66.0	9	29	23	20	18	26	28	--	--	36.7	55.0	66.0
13.40	25	16		0.94	1.59	127	0.91	3.1	439.4	659.1	75.0	13	30	23	20	19	27	28	--	--	41.7	62.5	75.0
13.60	25	63		0.86	1.61	127	--	--	--	--	--	13	30	23	20	19	27	28	--	--	41.7	62.5	75.0
13.80	19	10		0.99	1.63	122	0.78	2.5	411.7	617.5	58.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14.00	55	33		0.93	1.65	157	--	--	--	--	--	39	34	27	24	23	31	31	--	--	91.7	137.5	165.0
14.20	66	32		0.94	1.66	163	--	--	--	--	--	45	34	28	25	23	32	32	--	--	110.0	165.0	198.0
14.40	75	31		0.96	1.68	170	--	--	--	--	--	49	35	29	26	24	32	32	--	--	125.0	187.5	225.0
14.60	66	35		0.94	1.70	164	--	--	--	--	--	45	34	28	25	23	32	32	--	--	110.0	165.0	198.0
14.80	78	27		1.03	1.72	173	2.60	10.5	442.0	663.0	234.0	50	35	29	26	24	33	33	--	--	130.0	195.0	234.0
15.00	46	22		1.01	1.74	153	1.53	5.4	475.2	712.7	138.0	32	32	26	23	21	30	31	--	--	76.7	115.0	138.0
15.20	71	44		0.95	1.76	169	--	--	--	--	--	46	34	28	25	23	32	32	--	--	118.3	177.5	213.0
15.40	68	36		0.95	1.78	167	--	--	--	--	--	45	34	28	25	23	32	32	--	--	113.3	170.0	204.0
15.60	77	50		0.96	1.80	172	--	--	--	--	--	49	35	28	25	24	32	33	--	--	128.3	192.5	231.0
15.80	68	43		0.95	1.82	168	--	--	--	--	--	44	34	28	25	23	31	32	--	--	113.3	170.0	204.0
16.00	58	39		0.93	1.84	160	--	--	--	--	--	38	33	27	24	22	31	31	--	--	96.7	145.0	174.0
16.20	76	54		0.96	1.86	173	--	--	--	--	--	47	35	28	25	24	32	33	--	--	126.7	190.0	228.0
16.40	86	54		0.98	1.88	180	--	--	--	--	--	51	35	29	26	24	33	33	--	--	143.3	215.0	258.0
16.60	92	66		0.99	1.90	182	--	--	--	--	--	54	35	29	26	24	33	33	--	--	153.3	230.0	276.0
16.80	61	48		0.94	1.91	164	--	--	--	--	--	39	33	27	24	22	31	32	--	--	101.7	152.5	183.0
17.00	35	15		0.98	1.93	144	1.17	3.3	542.3	813.4	105.0	20	31	24	21	20	27	29	--	--	58.3	87.5	105.0
17.20	54	22		1.01	1.95	161	1.80	5.7	525.7	788.5	162.0	34	33	26	23	22	30	31	--	--	90.0	135.0	162.0
17.40	125	48		1.04	1.97	215	--	--	--	--	--	63	37	30	27	26	34	35	--	--	208.3	312.5	375.0
17.60	59	20		1.02	2.00	165	1.97	6.2	523.5	785.3	177.0	37	33	27	23	22	30	32	--	--	98.3	147.5	177.0
17.80	195	25		1.12	2.02	222	6.50	27.1	1105.0	1657.5	585.0	78	39	32	30	28	37	38	--	--	325.0	487.5	585.0
18.00	129	--		1.04	2.04	218	--	--	--	--	--	63	37	30	27	26	34	35	--	--	215.0	322.5	387.0

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT	2
riferimento	02-10-2019

Committente: **Comune di Porto Mantovano**
Cantiere: **Ampliamento del Centro Sportivo Cà Rossa**
Località: **Porto Mantovano (MN)**

U.M.: **kg/cm²** | Data esec.: 02/10/2019
Pagina: 1 | Elaborato:
Falda: -2.40 m da quota inizio

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof.	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	FLL	FLS	E'50	E'25	Mo
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)			U.M.	U.M.	U.M.
0.20	--	--		1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	24	26		1.94	0.08	83	0.89	99.9	151.1	226.7	72.0	86	40	38	36	33	42	28	--	--	40.0	60.0	72.0
0.60	16	3		1.96	0.12	79	0.70	59.6	118.3	177.4	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	104	20		2.05	0.16	132	3.47	99.9	589.3	884.0	312.0	100	42	42	40	37	45	34	--	--	173.3	260.0	312.0
1.00	315	66		2.15	0.20	204	--	--	--	--	--	100	42	46	44	41	45	40	--	--	525.0	787.5	945.0
1.20	253	82		2.15	0.24	198	--	--	--	--	--	100	42	44	42	39	45	39	--	--	421.7	632.5	759.0
1.40	378	67		2.15	0.29	224	--	--	--	--	--	100	42	45	43	40	45	40	--	--	630.0	945.0	1134.0
1.60	243	51		2.15	0.33	198	--	--	--	--	--	100	42	43	40	37	45	39	--	--	405.0	607.5	729.0
1.80	322	127		2.15	0.37	223	--	--	--	--	--	100	42	43	41	38	45	40	--	--	536.7	805.0	966.0
2.00	265	54		2.15	0.41	216	--	--	--	--	--	100	42	42	39	37	45	40	--	--	441.7	662.5	795.0
2.20	258	60		2.15	0.46	217	--	--	--	--	--	100	42	41	39	36	44	39	--	--	430.0	645.0	774.0
2.40	157	131		1.09	0.48	187	--	--	--	--	--	100	42	39	36	33	42	36	--	--	261.7	392.5	471.0
2.60	133	53		1.05	0.50	180	--	--	--	--	--	99	42	37	35	32	41	35	--	--	221.7	332.5	399.0
2.80	107	50		1.01	0.52	158	--	--	--	--	--	90	41	36	33	31	40	34	--	--	178.3	267.5	321.0
3.00	95	40		0.99	0.54	154	--	--	--	--	--	85	40	35	33	31	40	34	--	--	158.3	237.5	285.0
3.20	108	52		1.01	0.56	160	--	--	--	--	--	89	40	36	33	31	40	34	--	--	180.0	270.0	324.0
3.40	161	69		1.09	0.58	193	--	--	--	--	--	100	42	38	35	33	41	36	--	--	268.3	402.5	483.0
3.60	118	38		1.03	0.60	166	--	--	--	--	--	90	41	36	33	31	40	35	--	--	196.7	295.0	354.0
3.80	153	52		1.08	0.62	192	--	--	--	--	--	98	42	37	34	32	41	36	--	--	255.0	382.5	459.0
4.00	220	81		1.15	0.65	212	--	--	--	--	--	100	42	39	36	34	42	38	--	--	366.7	550.0	660.0
4.20	141	62		1.06	0.67	190	--	--	--	--	--	94	41	36	34	31	40	36	--	--	235.0	352.5	423.0
4.40	38	24		0.99	0.69	128	1.27	13.5	215.3	323.0	114.0	48	35	30	27	25	34	30	--	--	63.3	95.0	114.0
4.60	41	18		1.00	0.71	129	1.37	14.3	232.3	348.5	123.0	50	35	30	27	25	34	30	--	--	68.3	102.5	123.0
4.80	85	39		0.98	0.73	155	--	--	--	--	--	74	38	33	31	29	38	33	--	--	141.7	212.5	255.0
5.00	125	30		1.04	0.75	188	--	--	--	--	--	87	40	35	32	30	39	35	--	--	208.3	312.5	375.0
5.20	149	30		1.07	0.77	197	--	--	--	--	--	92	41	36	33	31	40	36	--	--	248.3	372.5	447.0
5.40	162	68		1.09	0.79	202	--	--	--	--	--	94	41	36	33	31	40	36	--	--	270.0	405.0	486.0
5.60	59	44		0.93	0.81	145	--	--	--	--	--	59	36	31	28	26	35	32	--	--	98.3	147.5	177.0
5.80	22	25		0.93	0.83	116	0.85	6.4	214.3	321.4	66.0	25	31	26	23	22	30	28	--	--	36.7	55.0	66.0
6.00	28	30		0.87	0.85	121	--	--	--	--	--	32	33	27	24	23	31	28	--	--	46.7	70.0	84.0
6.20	14	21		0.94	0.87	105	0.64	4.3	241.6	362.4	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.40	10	3		0.90	0.88	89	0.50	3.1	243.3	364.9	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.60	88	58		0.98	0.90	162	--	--	--	--	--	70	38	33	30	28	37	33	--	--	146.7	220.0	264.0
6.80	30	20		0.96	0.92	126	1.00	7.0	231.9	347.8	90.0	33	33	27	24	22	31	29	--	--	50.0	75.0	90.0
7.00	27	37		0.87	0.94	122	--	--	--	--	--	29	32	26	23	22	30	28	--	--	45.0	67.5	81.0
7.20	11	18		0.91	0.96	99	0.54	3.0	262.8	394.2	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.40	10	3		0.90	0.98	90	0.50	2.7	257.2	385.8	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.60	71	22		1.03	1.00	156	2.37	18.5	402.3	603.5	213.0	60	36	31	28	26	35	32	--	--	118.3	177.5	213.0
7.80	175	42		1.11	1.02	214	--	--	--	--	--	91	41	35	33	30	39	37	--	--	291.7	437.5	525.0
8.00	172	86		1.11	1.04	213	--	--	--	--	--	90	41	35	32	30	39	37	--	--	286.7	430.0	516.0
8.20	49	46		0.92	1.06	142	--	--	--	--	--	46	34	29	26	24	33	31	--	--	81.7	122.5	147.0
8.40	16	20		0.96	1.08	108	0.70	3.6	304.3	456.4	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.60	12	20		0.92	1.10	101	0.57	2.8	291.5	437.3	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.80	12	23		0.92	1.11	101	0.57	2.7	293.9	440.9	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.00	16	27		0.96	1.13	109	0.70	3.4	318.8	478.3	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.20	18	14		0.98	1.15	110	0.75	3.7	325.6	488.4	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.40	22	15		0.93	1.17	121	0.85	4.2	327.3	491.0	66.0	16	30	24	21	20	28	28	--	--	36.7	55.0	66.0
9.60	77	45		0.96	1.19	162	--	--	--	--	--	59	36	30	27	26	35	33	--	--	128.3	192.5	231.0
9.80	31	24		0.97	1.21	131	1.03	5.2	332.5	498.7	93.0	27	32	26	23	21	29	29	--	--	51.7	77.5	93.0
10.00	20	17		0.93	1.23	117	0.80	3.7	346.9	520.4	60.0	12	30	24	20	19	27	27	--	--	33.3	50.0	60.0
10.20	48	23		1.01	1.25	146	1.60	8.6	296.3	444.4	144.0	41	34	28	25	23	32	31	--	--	80.0	120.0	144.0
10.40	51	48		0.92	1.27	149	--	--	--	--	--	43	34	28	25	23	32	31	--	--	85.0	127.5	153.0
10.60	29	16		0.96	1.29	128	0.98	4.5	358.9	538.4	87.0	23	31	25	22	21	29	29	--	--	48.3	72.5	87.0
10.80	61	29		1.02	1.31	155	2.03	10.9	345.7	518.5	183.0	48	35	29	26	24	33	32	--	--	101.7	152.5	183.0
11.00	29	29		0.96	1.33	128	0.98	4.3	370.4	555.6	87.0	23	31	25	22	21	28	29	--	--	48.3	72.5	87.0
11.20	31	18		0.97	1.35	133	1.03	4.5	375.2	562.8	93.0	24	31	25	22	21	29	29	--	--	51.7	77.5	93.0
11.40	66	34		0.94	1.36	159	--	--	--	--	--	50	35	29	26	24	33	32	--	--	110.0	165.0	198.0
11.60	56	11		1.01	1.38	154	1.87	9.1	328.9	493.4	168.0	44	34	28	25	24	32	31	--	--	93.3	140.0	168.0
11.80	90	42		0.98	1.40	172	--	--	--	--	--	60	36	30	27	26	34	33	--	--	150.0	225.0	270.0
12.00	51	21		1.01	1.42	151	1.70	7.8	344.1	516.1	153.0	40	34	28	24	23	31	31	--	--	85.0	127.5	153.0
12.20	62	26		1.02	1.45	160	2.07	9.8	352.4	528.6	186.0	47	35	28	25	24	32	32	--	--	103.3	155.0	186.0
12.40	38	20		0.99	1.46	142	1.27	5.2	401.2	601.7	114.0	29	32	26	23	21	29	30	--	--	63.3	95.0	114.0
12.60	48	17		1.01	1.49	149	1.60	6.9	374.8	562.1	144.0	37	33	27	24	22	31	31	--	--	80.0	120.0	144.0
12.80	47	47		0.91	1.50	150	--	--	--	--	--	36	33	27	24	22	30	31	--	--	78.3	117.5	141.0
13.00	32	28		0.97	1.52	135	1.07	4.0	424.8	637.1	96.0	23	31	25	22	20	28	29	--	--	53.3	80.0	96.0
13.20	29	36		0.87	1.54	131	--	--	--	--	--	19	31	24	21	20	28	29	--	--	48.3	72.5	87.0
13.40	12	8		0.92	1.56	106	0.57	1.8	326.0	489.0	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13.60	77	35		0.96	1.58	169	--	--	--	--	--	52	35	29	26	24	33	33	--	--	128.3	192.5	231.0
13.80	74	26		1.03	1.60	167	2.47	10.8	419.3	629.0	222.0	50	35	29	26	24	33	32	--	--	123.3	185.0	222.0
14.00	77	33		0.96	1.62	170	--	--	--	--	--	51	35	29	26	24	33	33	--	--	128.3	192.5	231.0
14.20	53	16		1.01	1.64	154	1.77	6.9	413.1	619.6	159.0	38	33	27	24	22	31	31	--	--	88.3	132.5	159.0
14.40	133	39		1.05	1.66	213	--	--	--	--	--	69	38	32	29	27	36	35	--	--	221.7	332.5	399.0
14.60	210	81		1.15	1.68	239	--	--	--	--	--	85	40	34	31	29	38	38	--	--	350.0	525.0	630.0
14.80	168	62		1.10	1.70	227	--	--	--	--	--	77	39	33	30	28	37	37	--	--	280.0	420.0	504.0
15.00	106	44		1.01	1.72	185	--	--	--	--	--	61	36	30	27	26	34	34	--	--	176.7	265.0	318.0
15.20	81	23		1.03	1.74	174	2.70	10.8	459.0	688.5	243.0	51	35	29	26	24	33	33	--	--	135.0	202.5	243.0
15.40	131	41		1.05	1.77	215	--	--	--	--	--	67	37	31	28	26	35	35	--	--	218.3	327.5	393.0
15.60	105	54		1.01	1.79	186	--	--	--	--	--	60	36	30	27	25	34	34	--	--	175.0	262.5	315.0
15.80	72	37		0.95	1.80	170	--	--	--	--	--	46	34	28	25	23	32	32	--	--	120.0	180.0	216.0
16.00	70	26		1.03	1.83	170	2.33	8.5	433.0	649.5	210.0	45	34	28	25	23	32	32	--	--	116.7	175.0	210.0
16.20	99	41		1.00	1.85	185	--	--	--	--	--	57	36	30	27	25	34	34	--	--	165.0	247.5	297.0
16.40	137	41		1.06	1.87	218	--	--	--	--	--	68	37	31	28	26	35	35	--	--	228.3	342.5	411.0
16.60	85	35		0.98	1.89	178	--	--	--	--	--	51	35	29	26	24	33	33	--	--	141.7	212.5	255.0
16.80	78	42		0.96	1.91	176	--	--	--	--	--	48	35	28	25	24	32	33	--	--	130.0	195.0	234.0
17.00	62	27		1.02	1.93	166	2.07	6.9	486.8	730.2	186.0	40	34	27	24	22	31	32	--	--	103.3	155.0	186.0
17.20	121	32		1.03	1.95	213	--	--	--	--	--	62	37	30	27	26	34	35	--	--	201.7	302.5	363.0
17.40	187	54		1.13	1.97	238	--	--	--	--	--	77	39	32	29	28	37	37	--	--	311.7	467.5	561.0
17.60	130	34		1.05	1.99	217	--	--	--	--	--	64	37	31	28	26	35	35	--	--	216.7	325.0	390.0
17.80	103	37		1.00	2.01	189	--	--	--	--	--	56	36	29	26	25	33	34	--	--	171.7	257.5	309.0
18.00	89	--		0.98	2.03	182	--	--	--	--	--	51	35	29	25	24	32	33	--	--	148.3	222.5	267.0

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT	3
riferimento	02-10-2019

Committente: **Comune di Porto Mantovano**
Cantiere: **Ampliamento del Centro Sportivo Cà Rossa**
Località: **Porto Mantovano (MN)**

U.M.: **kg/cm²** | Data esec.: 02/10/2019
Pagina: 1
Elaborato:
Falda: -2.48 m da quota inizio

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof.	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	FLL	FLS	E'50	E'25	Mo
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)			U.M.	U.M.	U.M.
0.20	--	--		1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	19	6		1.99	0.08	79	0.78	99.9	131.8	197.8	58.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	65	15		2.02	0.12	112	2.17	99.9	368.3	552.5	195.0	100	42	41	39	36	44	32	--	--	108.3	162.5	195.0
0.80	236	68		2.15	0.16	178	--	--	--	--	--	100	42	46	44	41	45	39	--	--	393.3	590.0	708.0
1.00	196	66		2.14	0.20	175	--	--	--	--	--	100	42	44	42	39	45	38	--	--	326.7	490.0	588.0
1.20	325	67		2.15	0.25	211	--	--	--	--	--	100	42	45	43	40	45	40	--	--	541.7	812.5	975.0
1.40	270	64		2.15	0.29	207	--	--	--	--	--	100	42	44	41	38	45	40	--	--	450.0	675.0	810.0
1.60	297	101		2.15	0.33	215	--	--	--	--	--	100	42	44	41	38	45	40	--	--	495.0	742.5	891.0
1.80	263	75		2.15	0.38	213	--	--	--	--	--	100	42	42	40	37	45	40	--	--	438.3	657.5	789.0
2.00	275	108		2.15	0.42	218	--	--	--	--	--	100	42	42	40	37	45	40	--	--	458.3	687.5	825.0
2.20	176	114		2.11	0.46	191	--	--	--	--	--	100	42	39	37	34	43	37	--	--	293.3	440.0	528.0
2.40	122	64		2.03	0.50	176	--	--	--	--	--	96	41	37	34	32	41	35	--	--	203.3	305.0	366.0
2.60	92	55		0.99	0.52	152	--	--	--	--	--	85	40	35	33	31	40	33	--	--	153.3	230.0	276.0
2.80	93	35		0.99	0.54	153	--	--	--	--	--	84	40	35	33	30	39	33	--	--	155.0	232.5	279.0
3.00	146	88		1.07	0.56	187	--	--	--	--	--	99	42	37	35	32	41	36	--	--	243.3	365.0	438.0
3.20	148	62		1.07	0.58	189	--	--	--	--	--	99	42	37	35	32	41	36	--	--	246.7	370.0	444.0
3.40	146	71		1.07	0.60	189	--	--	--	--	--	97	42	37	34	32	41	36	--	--	243.3	365.0	438.0
3.60	153	68		1.08	0.63	193	--	--	--	--	--	98	42	37	34	32	41	36	--	--	255.0	382.5	459.0
3.80	175	93		1.11	0.65	201	--	--	--	--	--	100	42	38	35	33	41	37	--	--	291.7	437.5	525.0
4.00	160	66		1.09	0.67	197	--	--	--	--	--	98	42	37	34	32	41	36	--	--	266.7	400.0	480.0
4.20	80	24		1.03	0.69	152	2.67	34.0	453.3	680.0	240.0	73	38	33	31	29	38	33	--	--	133.3	200.0	240.0
4.40	142	111		1.06	0.71	193	--	--	--	--	--	92	41	36	33	31	40	36	--	--	236.7	355.0	426.0
4.60	137	77		1.06	0.73	192	--	--	--	--	--	90	41	36	33	31	40	35	--	--	228.3	342.5	411.0
4.80	87	30		0.98	0.75	158	--	--	--	--	--	74	38	33	30	29	38	33	--	--	145.0	217.5	261.0
5.00	91	34		0.99	0.77	160	--	--	--	--	--	75	39	33	31	29	38	33	--	--	151.7	227.5	273.0
5.20	90	54		0.98	0.79	159	--	--	--	--	--	74	38	33	30	28	38	33	--	--	150.0	225.0	270.0
5.40	93	53		0.99	0.81	161	--	--	--	--	--	75	38	33	30	28	38	33	--	--	155.0	232.5	279.0
5.60	96	55		0.99	0.83	164	--	--	--	--	--	75	39	33	30	29	38	34	--	--	160.0	240.0	288.0
5.80	99	63		1.00	0.85	166	--	--	--	--	--	76	39	33	31	29	38	34	--	--	165.0	247.5	297.0
6.00	29	24		0.96	0.87	121	0.98	7.3	215.4	323.0	87.0	33	33	27	24	23	31	29	--	--	48.3	72.5	87.0
6.20	20	7		0.93	0.89	112	0.80	5.5	241.2	361.8	60.0	20	31	25	22	21	29	27	--	--	33.3	50.0	60.0
6.40	71	68		0.95	0.91	154	--	--	--	--	--	63	37	31	28	27	36	32	--	--	118.3	177.5	213.0
6.60	21	21		0.93	0.93	112	0.82	5.4	252.3	378.4	63.0	20	31	25	22	21	29	27	--	--	35.0	52.5	63.0
6.80	20	20		0.93	0.95	113	0.80	5.1	260.3	390.5	60.0	18	31	25	22	20	28	27	--	--	33.3	50.0	60.0
7.00	32	32		0.88	0.96	113	--	--	--	--	--	34	33	27	24	23	31	29	--	--	53.3	80.0	96.0
7.20	39	14		1.00	0.98	135	1.30	8.9	233.0	349.5	117.0	40	34	28	25	23	32	30	--	--	65.0	97.5	117.0
7.40	59	34		0.93	1.00	149	--	--	--	--	--	54	36	30	27	25	34	32	--	--	98.3	147.5	177.0
7.60	97	48		1.00	1.02	169	--	--	--	--	--	70	38	32	29	28	37	34	--	--	161.7	242.5	291.0
7.80	93	48		0.99	1.04	167	--	--	--	--	--	68	38	32	29	27	36	33	--	--	155.0	232.5	279.0
8.00	81	44		0.97	1.06	162	--	--	--	--	--	63	37	31	28	27	35	33	--	--	135.0	202.5	243.0
8.20	99	31		1.00	1.08	172	--	--	--	--	--	70	38	32	29	27	36	34	--	--	165.0	247.5	297.0
8.40	90	58		0.98	1.10	167	--	--	--	--	--	66	37	32	29	27	36	33	--	--	150.0	225.0	270.0
8.60	61	84		0.94	1.12	152	--	--	--	--	--	52	35	30	27	25	34	32	--	--	101.7	152.5	183.0
8.80	16	25		0.96	1.14	109	0.70	3.4	320.0	480.1	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.00	15	15		0.95	1.16	110	0.67	3.1	320.7	481.1	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.20	18	18		0.98	1.18	110	0.75	3.6	332.3	498.5	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.40	48	37		0.91	1.20	145	--	--	--	--	--	42	34	28	25	23	32	31	--	--	80.0	120.0	144.0
9.60	24	22		0.94	1.21	122	0.89	4.3	339.2	508.8	72.0	18	31	25	21	20	28	28	--	--	40.0	60.0	72.0
9.80	19	20		0.99	1.23	117	0.78	3.5	348.1	522.2	58.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.00	34	19		0.98	1.25	132	1.13	5.5	339.3	509.0	102.0	29	32	26	23	22	30	29	--	--	56.7	85.0	102.0
10.20	44	37		0.91	1.27	127	--	--	--	--	--	38	33	27	24	23	31	31	--	--	73.3	110.0	132.0
10.40	38	24		0.99	1.29	140	1.27	6.1	339.7	509.5	114.0	32	33	27	23	22	30	30	--	--	63.3	95.0	114.0
10.60	44	31		0.91	1.31	128	--	--	--	--	--	37	33	27	24	23	31	31	--	--	73.3	110.0	132.0
10.80	23	17		0.94	1.33	124	0.87	3.7	375.0	562.5	69.0	15	30	24	21	19	27	28	--	--	38.3	57.5	69.0
11.00	38	30		0.99	1.35	141	1.27	5.8	360.3	540.5	114.0	31	32	26	23	22	30	30	--	--	63.3	95.0	114.0
11.20	49	36		0.92	1.37	148	--	--	--	--	--	40	34	28	24	23	31	31	--	--	81.7	122.5	147.0
11.40	55	16		1.01	1.39	154	1.83	8.9	328.6	493.0	165.0	43	34	28	25	23	32	31	--	--	91.7	137.5	165.0
11.60	77	36		0.96	1.41	166	--	--	--	--	--	55	36	30	27	25	34	33	--	--	128.3	192.5	231.0
11.80	48	26		1.01	1.43	149	1.60	7.2	353.4	530.1	144.0	38	33	27	24	23	31	31	--	--	80.0	120.0	144.0
12.00	49	23		1.01	1.45	149	1.63	7.3	357.3	536.0	147.0	38	33	27	24	23	31	31	--	--	81.7	122.5	147.0
12.20	51	29		1.01	1.47	152	1.70	7.6	358.2	537.4	153.0	40	34	27	24	23	31	31	--	--	85.0	127.5	153.0
12.40	54	28		1.01	1.49	155	1.80	8.0	357.3	535.9	162.0	41	34	28	24	23	31	31	--	--	90.0	135.0	162.0
12.60	55	43		0.93	1.51	156	--	--	--	--	--	41	34	28	25	23	31	31	--	--	91.7	137.5	165.0
12.80	32	27		0.97	1.52	135	1.07	4.0	425.3	638.0	96.0	23	31	25	22	20	28	29	--	--	53.3	80.0	96.0
13.00	35	33		0.89	1.54	124	--	--	--	--	--	25	32	25	22	21	29	29	--	--	58.3	87.5	105.0
13.20	17	17		0.97	1.56	114	0.72	2.4	388.2	582.3	54.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13.40	52	31		0.92	1.58	154	--	--	--	--	--	38	33	27	24	23	31	31	--	--	86.7	130.0	156.0
13.60	51	36		0.92	1.60	154	--	--	--	--	--	37	33	27	24	22	31	31	--	--	85.0	127.5	153.0
13.80	49	26		1.01	1.62	151	1.63	6.3	420.6	631.0	147.0	36	33	27	24	22	30	31	--	--	81.7	122.5	147.0
14.00	55	26		1.01	1.64	157	1.83	7.2	406.6	609.9	165.0	39	34	27	24	23	31	31	--	--	91.7	137.5	165.0
14.20	102	47		1.00	1.66	184	--	--	--	--	--	60	36	30	27	26	34	34	--	--	170.0	255.0	306.0
14.40	146	71		1.07	1.68	218	--	--	--	--	--	72	38	32	29	27	36	36	--	--	243.3	365.0	438.0
14.60	120	62		1.03	1.70	191	--	--	--	--	--	65	37	31	28	26	35	35	--	--	200.0	300.0	360.0
14.80	94	40		0.99	1.72	181	--	--	--	--	--	57	36	30	27	25	34	34	--	--	156.7	235.0	282.0
15.00	65	28		1.02	1.74	164	2.17	8.3	415.2	622.8	195.0	44	34	28	25	23	31	32	--	--	108.3	162.5	195.0
15.20	104	51		1.01	1.76	186	--	--	--	--	--	60	36	30	27	25	34	34	--	--	173.3	260.0	312.0
15.40	89	55		0.98	1.78	178	--	--	--	--	--	54	36	29	26	25	33	33	--	--	148.3	222.5	267.0
15.60	76	52		0.96	1.80	172	--	--	--	--	--	48	35	28	25	24	32	33	--	--	126.7	190.0	228.0
15.80	71	39		0.95	1.82	170	--	--	--	--	--	46	34	28	25	23	32	32	--	--	118.3	177.5	213.0
16.00	81	53		0.97	1.84	175	--	--	--	--	--	50	35	29	25	24	32	33	--	--	135.0	202.5	243.0
16.20	109	54		1.01	1.86	189	--	--	--	--	--	60	36	30	27	25	34	34	--	--	181.7	272.5	327.0
16.40	88	53		0.98	1.88	180	--	--	--	--	--	52	35	29	26	24	33	33	--	--	146.7	220.0	264.0
16.60	87	63		0.98	1.90	180	--	--	--	--	--	52	35	29	26	24	33	33	--	--	145.0	217.5	261.0
16.80	63	43		0.94	1.92	166	--	--	--	--	--	40	34	27	24	23	31	32	--	--	105.0	157.5	189.0
17.00	80	32		0.97	1.94	176	--	--	--	--	--	48	35	28	25	24	32	33	--	--	133.3	200.0	240.0
17.20	124	50		1.04	1.96	215	--	--	--	--	--	63	37	30	27	26	34	35	--	--	206.7	310.0	372.0
17.40	131	46		1.05	1.98	218	--	--	--	--	--	65	37	31	28	26	35	35	--	--	218.3	327.5	393.0
17.60	83	35		0.97	2.00	179	--	--	--	--	--	49	35	28	25	24	32	33	--	--	138.3	207.5	249.0
17.80	146	40		1.07	2.02	224	--	--	--	--	--	68	37	31	28	26	35	36	--	--	243.3	365.0	438.0
18.00	66	--		0.94	2.04	168	--	--	--	--	--	40	34	27	24	22	31	32	--	--	110.0	165.0	198.0