



Comune di
PORTO MANTOVANO – Loc. Soave
Provincia di Mantova

RELAZIONE GEOLOGICA IDROGEOLOGICA E SISMICA

Ai sensi della DGR IX/2616 del 30-11-2011 e D.M. 14.01.2008 NTC

PIANO DI RECUPERO AT 023 – CORTE BAITONE

Committente:
SOC. AGR. IL BAITONE
di Tessadri Fabrizio Davide e Luca SS

Il relatore
Dott. Geol. Giuliano Donaera



Castiglione delle Stiviere, li 27/03/2018

Commessa	Data	Descrizione	Revisione	Redatta
PRJ.077.18	27/03/2018	Relazione geologica idrogeologica e sismica	03/2017	Dott. G. Donaera

Studio GEO Ambiente

Via Prede n. 16 ~ Castiglione delle Stiviere (Mn)
Telefono 0376.670334 ~ Fax 0376.670334
Partita I.V.A. : 02284190200

E info@studiogeoambiente.it
W www.studiogeoambiente.it
P gdonaera@epap.sicurezzaapostale.it

RELAZIONE GEOLOGICA IDROGEOLOGICA E SISMICA

ai sensi della DGR X/2616 e D.M. 14.01.2008 " Norme tecniche per le costruzioni"

Contiene il piano delle indagini geognostiche

PIANO DI RECUPERO AT 023 – CORTE BAITONE

COMMITTENTI:

SOC. AGR. IL BAITONE

di Tessadri Fabrizio, Davide e Luca SS

PREMESSA.....	4
1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	5
2. INQUADRAMENTO URBANISTICO DELL'AREA.....	6
2.1 VINCOLI.....	6
2.2 FATTIBILITÀ.....	6
2.3 VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI.....	6
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	7
3.1 GEOLOGIA DELL'AREA.....	7
3.2 UNITÀ LITOLOGICHE AFFIORANTI	8
3.3 GEOMORFOLOGIA E IDROGRAFIA SUPERFICIALE.....	8
4. IDROGEOLOGIA	10
4.1 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	10
5. AZIONE SISMICA (MODELLO SISMICO DEL SITO).....	12
PERICOLOSITÀ DI RIFERIMENTO PER IL TERRITORIO NAZIONALE E REGIONALE	12
5.1 INDAGINE SISMICA.....	14
5.2 DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE	17
5.3 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	18
5.4 PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO	20
6. AMPLIFICAZIONE SISMICA DEL SITO.....	21
7. INDAGINE GEOGNOSTICA	23
6.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SCPT (STANDARD CONE PENETRATION TEST)	24
8. LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	31
9. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE.....	33
10. TERRE E ROCCE DA SCAVO	34
10.1 PRESUPPOSTI PER L'UTILIZZO	34
10.2 MODALITÀ DI UTILIZZO	35
11. CONCLUSIONI.....	36

INDICE DELLE TAVOLE E ALLEGATI:

- TAV 1 - Corografia generale in scala 1:10.000;
- TAV 2 – Estratto di mappa catastale in scala 1:2.000;
- TAV 3 - Carta geologica in scala 1:100.000;
- TAV 4 – Planimetria Ubicazione indagini geognostiche;
- Diagrammi penetrometrici;

- **NORMATIVA DI SETTORE DI RIFERIMENTO**

- Eurocodice 8 (1998) - **Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture Parte 5 : fondazioni, strutture di contenimento e aspetti geotecnici (2003);**
- Eurocodice 7.1 (1997) - **Progettazione geotecnica – Parte I: regole generali UNI;**
- Eurocodice 7.3 (2002) - **Progettazione geotecnica – Parte II: progettazione assistita con prove in sito (2002);**
- Decreto Ministeriale 14.01.2008 - **Testo unico “Norme Tecniche per le Costruzioni”;**
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - **Istruzioni per l’applicazione delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14.01.2008. Circolare 2 Febbraio 2009 e succ. mod. ed integrazioni;**
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - **Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale;**
- **DPR 6/6/2001 n. 380 “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia”.**
- **DGR 11/07/2014 n. 2129 “Riclassificazione sismica dei comuni lombardi”;**
- Legge Regionale Lombardia 11.03.2005 n. 12 – **“Legge per il governo del territorio”;**
- Legge Regionale Lombardia n. 33/2015 **“Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche”;**
- D.G.R. Lombardia n. x/2616 del 30/11/2011 **“Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 11.03.2005 n.12”;**
- D.G.R. Lombardia n. X/5001 del 30/03/2016 **“Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l’esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (art. 3 comma 1 e 13 comma 1 della LR 33/2015) ”;**
- Decreto 17/01/2018 **“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”** – Supplemento ordinario GU n. 42 del 20/02/2018;

- **BIBLIOGRAFIA**

- **PGT del Comune di PORTO MANTOVANO (MN)** e relative norme di attuazione.
- Pianificazione Regionale e Provinciale PTR e PTCP.
- Cartografia e basi informative geografiche e tematiche;
- Programma Provinciale di Protezione Civile;
- Basi informative ambientali ERSAL;

- **ACQUE E SUOLO**

- D. Lgs. 152/2006 artt. 184bis - 184ter -185 – 186 “ Testo unico ambiente o codice dell’ambiente”.
- Programma di tutela ed uso delle acque PTUA – DGR n. 2244 03/2006 e relative NTA;
- Progetto Plume Provincia di Mantova;
- Criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica e idrologica – RR n. 7 del 2017;

- **TERRE E ROCCE DA SCAVO**

- Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164. (17G00135) (GU n.183 del 7-8-2017)

- **WEB**

- Sistema informativo territoriale regionale (PGT Web – mosaico PGT – Foto aeree e storiche) –www.regione.lombardia.it;

PREMESSA

Per conto del committente le opere SOC. AGRICOLA IL BAITONE, è stato svolto uno studio geologico idrogeologico e sismico e redatta la presente relazione geologica, a corredo del progetto di "Piano di Recupero AT 023 – IL BAITONE" da realizzare c/o un lotto sito in comune di Porto Mantovano (Mn) frazione Soave..

La presente relazione, sintesi e compendio dei dati acquisiti durante il rilevamento geologico dell'area e le indagini geognostiche e sismiche appositamente eseguite, è finalizzata alla definizione dell'assetto geologico, idrogeologico e sismico del sito, con particolare riguardo alla definizione delle caratteristiche litostratigrafiche ed alle proprietà fisico meccaniche dei terreni coinvolti dalle opere in progetto, per la valutazione della fattibilità dell'intervento sulla base del modello geologico e geotecnico preliminare dell'area, necessario alla successiva progettazione esecutiva delle opere di fondazione e strutturali del fabbricato.

Per le notizie di carattere geologico generale è stato consultato il documento di pianificazione urbanistica comunale (PGT) nonché la documentazione geologica generale disponibile in letteratura, integrata da rilievi eseguiti in campagna, basati sull'osservazione delle forme del territorio e delle litologie superficiali, correlati al passato geologico dell'area.

Lo studio è stato condotto in ottemperanza alla vigente normativa DM 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni" (Cap. 6 Progettazione geotecnica e Cap. 7 Progettazione per azioni sismiche) e successiva revisione 2018.

Si precisa che il presente documento "Relazione geologica" (circ. 617/2009 – NTC par. C6.2.1) riporta le risultanze dello studio volto alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito di indagine e contiene anche il piano delle indagini geognostiche finalizzate alla definizione del modello geotecnico preliminare e l'individuazione delle criticità progettuali in merito agli aspetti geologico- geomorfologici e idrogeologici dell'opera in progetto.

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'intervento in progetto è ubicato in Comune di Porto Mantovano (MN) frazione Soave, nel comparto ovest del comprensorio comunale, su un ampio lotto di terreno posto in Via Soave al limite sud dell'urbanizzato in area urbana a prevalente destinazione residenziale con presenza anche di comparti agricoli (Cascina il Baitone).

L'area si presenta pianeggiante di forma trapezoidale ad una quota altimetrica compresa tra 23-24 m slm in corrispondenza del livello fondamentale della pianura costituito da sedimenti fluviali prevalentemente sabbioso ghiaiosi.

Geograficamente l'area ha coordinate (WGS 84): 45°11'57" latitudine N, 10°43'72" longitudine E., ed è rappresentata nella sezione n° E7b4 della Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia (C.T.R. R.L.) alla scala 1:10.000.

Dal punto di vista geologico l'area è rappresentata a scala regionale nel foglio n.62 "Mantova" della CGI (Carta Geologica D'Italia) alla scala 1:100.000 ed in maggior dettaglio nella tavola TAV 2 "Litologia di superficie" dell'allegato geologico al PGT comunale.



2. INQUADRAMENTO URBANISTICO DELL'AREA

2.1 Vincoli

La fase di progettazione preliminare e di valutazione della fattibilità dell'intervento ha previsto l'analisi delle limitazioni d'uso del territorio (vincoli) in particolare modo quelli descritti e presenti nella relazione geologica a corredo del vigente PGT comunale (Tav 6) e quelli relativi alla normativa sovraordinata (PTCP, Ambientale, Regionale e di Bacino). Sulla base di detta analisi si afferma che sull'area in questione non sussistono vincoli e/o limitazioni d'uso del suolo in relazione alla consistenza delle opere in progetto. Si fa comunque presente che il lotto è delimitato su tre lati (ovest-nord est) da vasi irrigui appartenenti al reticolo idrico principale (allegato B) gestiti dal consorzio di Bonifica, con le relative fasce di rispetto (10 m Guerriera di Soave).

2.2 Fattibilità

La carta della fattibilità per le azioni di piano allegata alla "Componente geologica, idrogeologica, e sismica del Piano di Governo del Territorio" del Comune di Porto Mantovano (Tav 7) indica per l'area in questione una classe di fattibilità 3a (classe di fattibilità con consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni).

Tale classe è caratteristica dell'unità geologica dei depositi fluvio-glaciali che sono ricompresi nella valle fluviale del Fiume Mincio (Fascia B del Pai) caratterizzati da limitata soggiacenza della falda connessa ad elevata vulnerabilità idrogeologica.

Le NTA impongono per la classe di fattibilità 3a, che in sede di redazione del progetto venga redatta specifica relazione geologica, idrogeologica e sismica basata su indagini in sito e misura della Vs30 per la determinazione della categoria di suolo di fondazione.

Con riferimento alla pericolosità sismica locale l'area è inquadrata nello scenario Z4a "zone di pianura con presenza di depositi granulari e/o coesivi", suscettibili di amplificazioni litologiche in cui le analisi di 2° livello eseguite in fase di pianificazione hanno verificato che l'utilizzo della normativa vigente è sufficientemente cautelativa rispetto ai fenomeni di amplificazione sismica per entrambi le classi di periodo.

2.3 Vulnerabilità degli acquiferi

La vulnerabilità degli acquiferi ed in particolare modo del primo acquifero freatico, è in relazione alle caratteristiche litologiche e granulometriche dei primi strati di sottosuolo, direttamente connesse alla permeabilità degli stessi ed alla potenzialità con cui sostanze "contaminanti" possono raggiungere la risorsa idrica e in essa diffondersi.

Sulla base della cartografia del PGT del comune di Porto Mantovano (Tav 3), che riporta parte dei vincoli e delle zone classificate a vulnerabilità ambientale, per quanto riguarda la pericolosità idrogeologica l'area in oggetto ricade in una zona a vulnerabilità elevata della falda.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

3.1 Geologia dell'area

Dal punto di vista strutturale l'area appartiene al settore nord orientale della pianura padana la cui evoluzione geologica è il risultato dello sviluppo orogenetico della catena alpina in prima fase, e successivamente di quella appenninica con la costituzione dell'avanfossa padana.

Dal Pliocene ad oggi tale depressione (avanfossa Padana) è stata progressivamente colmata da sedimenti di natura marina e continentale, che hanno portato con il procedere dello spessore dei sedimenti, ad una lenta ma accentuata subsidenza, parzialmente ricolmata con nuovi sedimenti di natura fluvioglaciale durante la fase di scioglimento e ritiro dei ghiacciai.

In bibliografia si cita anche la presenza di una faglia locale indicata come "faglia dei Laghi di Mantova" che si imposta con direzione E-W tangenzialmente ai laghi in corrispondenza della confluenza del fiume Mincio, che a detta di alcuni autori sembrerebbe la responsabile dell'inflessione del Fiume e della formazione dei laghi.

Geologicamente il territorio è il risultato di complessi eventi morfogenetici e deposizionali che qui si sono rincorsi in particolare nel corso del Quaternario continentale, avvicinando fasi deposizionali fluviali a fasi erosive fluvioglaciali.

In particolare l'area è modellata e costruita dalla sequenza degli avvenimenti delle fasi delle glaciazioni quaternarie le quali hanno condotto alla geometria e alla distribuzione delle formazioni litologiche osservate e presenti sul territorio.

A nord le colline moreniche che appartengono alle cerchie moreniche maggiori dell'anfiteatro gardesano di età rissiana, a Sud la piana fluvioglaciale per la maggior parte di età rissiana; per le aree più depresse i depositi fluvioglaciali risultano più recenti, di età wurmiana, ovvero occupano un'area erosa in epoca wurmiana e reincisa dagli scaricatori fluvioglaciali evidenziando gli assi di drenaggio della circolazione idrica sia superficiale che sotterranea.

Durante la campagna di indagini geognostiche è stato possibile misurare il livello statico di falda che in data 20/03/2018 si attesta a – 3,40 m da piano campagna.

Il lotto avente morfologia pianeggiante si trova ad una quota di circa 24.00 m s.l.m., ed è sito all'interno delle Alluvioni fluviali caratterizzate da depositi sabbioso ghiaiosi ciottolose del Terrazziano.

Costituiscono il livello fondamentale della pianura a ridosso del terrazzo fluviale del fiume Mincio. (Carta Geologica d'Italia a scala 1:100 000, Foglio n° 62 "Mantova").

3.2 Unità litologiche affioranti

Le litologie che costituiscono il sottosuolo possono essere raggruppate in due unità principali:

- Depositi che costituiscono il "Livello fondamentale della Pianura".
- Depositi terrazzati che costituiscono la pertinenza fluviale del fiume Mincio.

Tra i primi sono ricompresi:

- Alluvioni fluvioglaciali prevalentemente ghiaiose
- Alluvioni fluvioglaciali costituite da alternanze di ghiaie e sabbie
- Alluvioni fluvioglaciali con sedimenti limoso argillosi di spessore variabile da 2.0 a 10.0 m intercalati ai depositi sabbioso ghiaiosi. Che caratterizzano in particolare l'area in studio.

Tra i depositi riferibili all'attività del fiume Mincio sono invece ricompresi:

- **Alluvioni fluviali prevalentemente ghiaiose.**
- Alluvioni fluviali costituite da alternanze di sabbie e ghiaie
- Alluvioni fluviali limoso argillose che ricoprono depositi prevalentemente incoerenti sabbioso ghiaiosi.

Le litologie di superficie che caratterizzano l'area appartengono prevalentemente alle alluvioni del livello fondamentale della pianura con sedimenti di natura limo-sabbiosa e subordinatamente argillosa, ad eccezione della parte ovest del comprensorio comunale di Porto Mantovano che avvicinandosi all'asta fluviale del fiume Mincio è caratterizzato progressivamente da maggiori percentuali di sabbie e ghiaie.

3.3 Geomorfologia e idrografia superficiale

Dal punto di vista geomorfologico il territorio è caratterizzato da alcuni lineamenti chiaramente riferibili alle passate divagazioni fluviali e fluvioglaciali, che qui hanno lasciato un'impronta indelebile del loro passaggio ed in seguito al quale si è prodotta la configurazione geomorfologica attuale.

L'area è comprensiva di due unità morfologiche ben definite: la fascia della media-pianura padana e l'alveo attuale ed antico del Fiume Mincio.

Su tutta l'area interessata dalle opere sono presenti depositi con litologia limoso sabbiosa e limosa legati alla deposizione di acque a bassa energia. Spostandosi verso ovest (Porto Mantovano) i depositi assumono progressivamente tessitura incoerente passando da limoso a sabbiosi ed infine oltre il terrazzo che delimita la fascia fluviale divengono ghiaiosi grossolani.

Si precisa che data l'estrema eterogeneità litologica dei termini litologici che spesso sfumano gradualmente e l'elevata anisotropia laterale l'area è difficilmente rappresentabile e cartografabile con precisione. Unico elemento

di separazione fisico è la fascia terrazzata del fiume Mincio che definisce la fine di un dominio deposizionale e l'inizio del successivo.

L'area esaminata è ubicata in una zona di piana alluvionale vera e propria (valle fluviale del Mincio); questa morfologia ha determinato nel tempo la creazione di una fitta rete di rogge, vasi, seriole e canali destinati alla distribuzione delle acque irrigue per scorrimento superficiale; parte dei fabbisogni idrici sono inoltre soddisfatti attraverso pozzi realizzati in tempi recenti al fine di coprire i crescenti bisogni legati alle nuove coltivazioni ed alle necessita produttive.

Il territorio della media pianura è per vocazione storica a marcata impronta agricola, ad eccezione degli aggregati urbani che si sono recentemente ampliati, andando ad occupare le aree periferiche più prossime al nucleo storico. Per tale ragione il territorio è caratterizzato da una fitta rete di drenaggio e distribuzione delle acque irrigue che funziona anche da scolo meccanico per le acque meteoriche recapitando, con flusso naturale, le acque verso le aste idriche principali (Mincio e Po) ed i laghi di Mantova.

Tale rete di drenaggio, parte in alveo naturale e parte antropizzata, è gestita da consorzi di Bonifica (Consorzio di Bonifica Alta e Media Pianura Mantovana e Fossa di Pozzolo), ed appartiene alla rete di drenaggio del Fiume Mincio.

La vicinanza del Fiume Mincio, unico emissario del Lago di Garda, che costituisce il collettore di collegamento tra il Benaco ed il Fiume Po, ha influenzato ed influenza tutt'ora l'attuale configurazione idrologica dell'area.

Il Mincio è un corso d'acqua caratterizzato da regime idraulico con piene in autunno e primavera e da magre invernali con portate variabili da 30 a 150 mc/sec. Il tracciato attuale è legato a successive vicissitudini naturali e antropiche che nel tempo ne hanno modificato il regime idraulico e le caratteristiche morfometriche.

In particolare la realizzazione della Diga di Salionze e del diversivo Mincio, hanno permesso di regimare il livello idrometrico del lago di Garda e le portate del fiume, scongiurando di fatto il pericolo inondazioni nell'area di media pianura.

Per quanto attiene il reticolo secondario e minore i principali canali e fossati sono i seguenti:

- Loghino di Soave
- Guerriera di Soave..

Nonostante l'intervento antropico la maggior parte dei fossi e dei canali sopracitati conservano ancora caratteristiche naturali con sponde ed alveo in terra e tortuosità del percorso, coerentemente mantenuti dai conduttori dei fondi agricoli interessati. Parte di essi, ma in verità sono la minoranza, hanno tracciato interferente con aree urbanizzate con conseguente intubamento e utilizzo come recapito delle acque meteoriche.

La rete idrografica presenta un modesto drenaggio in relazione alla leggera acclività dei terreni in direzione Sud.

4. IDROGEOLOGIA

4.1 Inquadramento idrogeologico

Il territorio mantovano fa parte dell'area padana, un grande bacino subsidente che durante il Pliocene e parte del Pleistocene corrispondeva ad un golfo occupato dalle acque marine, soggetto a continui avanzamenti ed arretramenti della linea di costa. Questo grande bacino viene interpretato, alla luce dei dati attualmente disponibili, come una fossa inserita nella geosinclinale alpina e subsidente durante il sollevamento delle catene montuose circostanti.

La base di questo acquifero principale è costituita, in corrispondenza del margine alpino da formazioni sedimentarie carbonatiche prevalentemente mesozoiche. Il pacco di depositi saturo d'acqua è suddiviso in molti strati, per cui inferiormente ad una falda libera o freatica esistono una o più falde in pressione sottostanti.

In particolare nel settore settentrionale del territorio mantovano (zona morenica e pedecollinare) il passaggio tra la falda libera e le falde confinate/semiconfinate della media alta pianura è caratterizzato da un allineamento abbastanza continuo di fontanili (o risorgive).

La pianura lombarda rappresenta una delle maggiori riserve idriche in quanto caratterizzata dalla presenza di potenti livelli acquiferi sfruttabili, particolare nella media e bassa pianura.

Lo stato attuale delle conoscenze è chiaramente ed integralmente riportato nella Relazione Generale del Programma di Tutela ed Uso delle Acque della Regione Lombardia che distingue tra zona di ricarica delle falde, Zona di non infiltrazione alle falde, Zona ad alimentazione mista e zona di interscambio tra falde superficiali e profonde.

L'area di studio ricade nella zona ad alimentazione mista in cui le falde sono alimentate da infiltrazioni locali, ma non trasmettono tale afflusso alle falde più profonde, che risultano separate e protette da diaframmi costituiti da livelli impermeabili di spessore variabile e buona continuità laterale.

Tali caratteristiche costituiscono il cosiddetto acquifero multi falda che deriva dalla natura dei depositi fluviali e fluvioglaciali che si sono depositati in varie fasi in successione relativamente alla tipologia dell'agente di trasporto ed all'energia ad esso connessa.

In linea generale si parla di acquifero tradizionale comunemente sfruttato dai pozzi pubblici ad uso idropotabile e di acquifero profondo (multistrato) suddiviso da alternanze di livelli permeabili ed impermeabili.

La "falda" intesa come livello freatico superficiale è sovrastante all'acquifero tradizionale e rappresenta il livello acquifero immediatamente interagente con la superficie topografica e generalmente presenta scarse caratteristiche qualitative.

La suddivisione operata dal PTUA comprende l'area nel bacino "Oglio-Mincio" settore 9 "Ostiglia" che delinea un acquifero differenziato la cui base si trova tra 80 e 140 m s.l.m. con livello impermeabile di separazione (acquitard) compreso tra 0 e 15 m s.l.m..

Le caratteristiche idrauliche dell'acquifero denotano buona trasmissività con valori medi di 3.5×10^{-2} m²/s permeabilità in relazione ai tipi litologici che da prevalentemente incoerenti nel territorio di Porto Mantovano sfumano a coerenti procedendo verso il comune di San Giorgio.

Per tale fattore la direzione di flusso e la soggiacenza della falda si presentano differenziate a seconda delle diverse aree in cui il territorio risulta litologicamente suddiviso:

L'area di Porto Mantovano caratterizzata da litologie superficiali incoerenti sabbiose ha direzione di flusso prevalente verso NS in coerenza con l'andamento della scarpata fluviale del Mincio e soggiacenza variabile tra i 5.00 e i 2.50 m da p.c.,. Il livello piezometrico è pressoché costante ed ubicato a profondità variabili tra 3.0 e 5.0 m da p.c con direzione di flusso prevalente NW-SE. (3,40 m da p.c. in data 20/03/2018)

5. AZIONE SISMICA (Modello sismico del sito)

L'azione sismica di progetto si definisce a partire dalla **"Pericolosità Sismica di base"**, che rappresenta in senso probabilistico, lo scuotimento atteso in un dato sito, in un dato intervallo di tempo (finestra temporale).

La **Pericolosità Sismica** è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero (field free) su sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale (di categoria A), con prefissate probabilità di eccedenza $P_{v,r}$, nel periodo di riferimento V_r .

Le forme spettrali, sono definite per ciascuna probabilità di superamento nel periodo di riferimento $P_{v,r}$, a partire dai seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Pericolosità di riferimento per il territorio nazionale e regionale

- Ordinanza del P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 che emana i "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche (G.U. n.105 del 08/05/2003).
- Ordinanza del P.C.M. n° 3519 del 28/04/2006 che emana i "criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone (G.U. n.108 del 11/05/2006)".

L'emanazione di successive ordinanze (Ordinanza di protezione civile n° 3379 del 05/11/2004, Ordinanza del P.C.M. n° 3431 del 03/05/2005, Ordinanza del P.C.M. n° 3452 del 01/08/2005, legge n. 31/08 del 28/02/2008), hanno preceduto la definitiva obbligatorietà all'applicazione del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche sulle costruzioni" (cap 3.2 Azione sismica) per la valutazione della "pericolosità sismica di base" del sito interessato da nuove opere di costruzione.

- D.G.R. della Regione Lombardia, n. 7/14964 del 7/11/2003 "Disposizioni preliminari per l'attuazione dell'Ordinanza Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- Il D.G.R. della Regione Lombardia, n. 11/2616 del 30/11/2011: aggiornamento dei "Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio".
- D.G.R. n. 2129 del 11.07.2014, "Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni" in attuazione della Legge 112/1998, della legge regionale 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d), del D.P.R. 380/2001 e di

specifiche O.P.C.M., tra cui la n. 3274/2003, recepita dalla D.G.R. 7 novembre 2003, n.14964, in vigore dal prossimo 14/10/2014;

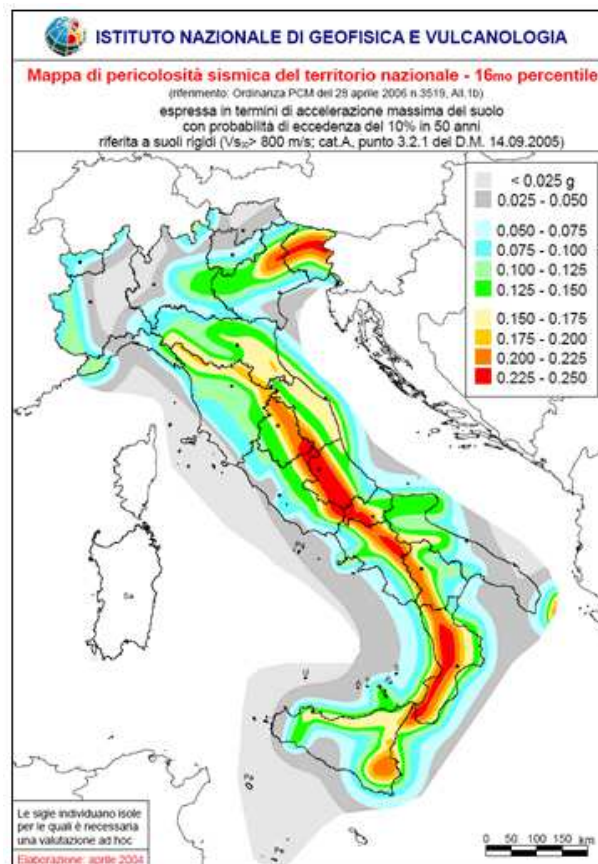
- **Legge Regionale n. 33/2015, “Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche”;**
- **D.G.R. n. x/5001 del 30/03/2016 “Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l’esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (art. 3 comma 1 e art 13 comma 1 della LR 33/2015)**

La norma nazionale prevede di definire l’accelerazione sismica al suolo, sulla base di una mappatura del territorio italiano a cura dell’INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), riportante le accelerazioni massime attese al suolo.

La porzione di territorio in cui ricade l’area in studio è definita a medio alta sismicità ovvero:

Il comune di Porto Mantovano è classificato in zona sismica 3

Si riporta la tabella che individua ciascuna zona secondo i valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.



Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

5.1 Indagine sismica

Nell'area in esame sono stati eseguite indagini sismiche con metodi Re.mi e Masw.

La MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) è una metodologia di indagine geofisica che consente l'individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh) generate artificialmente. L'analisi delle onde superficiali permette la determinazione delle velocità delle onde di taglio verticali (Vs) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico.

L'indagine è realizzata disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale mazza battente su piastra metallica o cannoncino sismico, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili. Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma 1D (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellizzazione ed elaborazione matematica con algoritmi capaci di minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza. Il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata all'indagine di lunghezza circa corrispondente a quella della linea sismica e profondità variabile principalmente in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento.

Il metodo MASW frutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio (Vs), essendo le onde di Rayleigh prodotte dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume (Vp).

Le onde di Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, producendo un movimento ellittico delle particelle durante il transito. Con i metodi di energizzazione usuali i due terzi dell'energia prodotta viene trasportata dalle onde di Rayleigh a fronte di meno di un terzo suddiviso tra le rimanenti tipologie di onde. Inoltre le onde di Rayleigh sono meno sensibili delle onde P e S alla dispersione in funzione della distanza e con un'attenuazione geometrica inferiore.

Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi. In pratica il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati, tra 30 e 50 metri. La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale, infatti la massima lunghezza

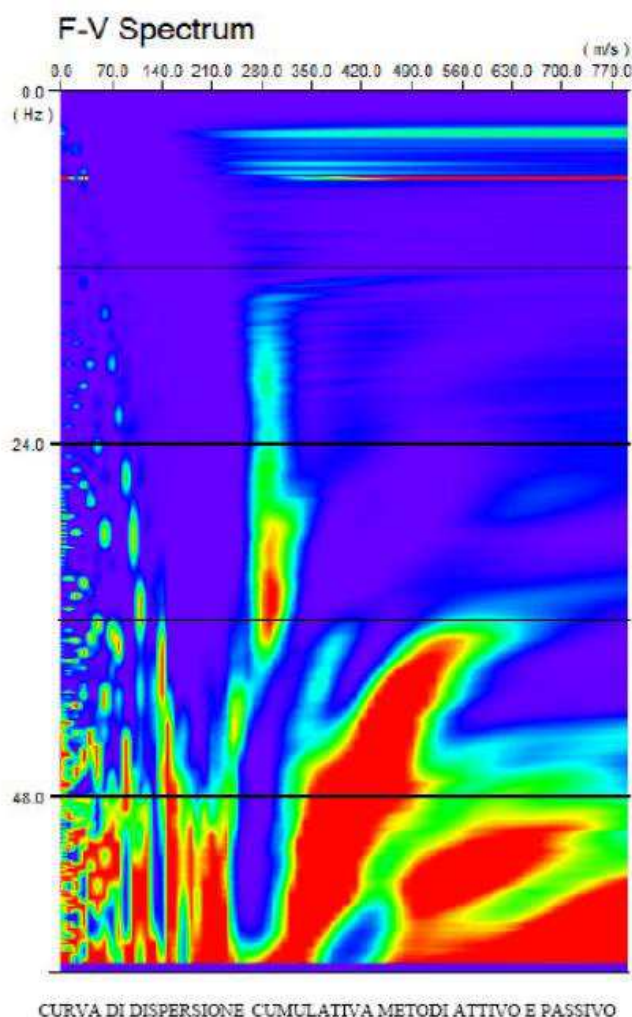
d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; mentre la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di aliasing.

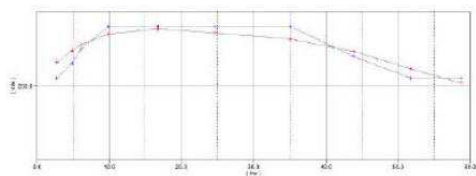
Nella campagna di indagine del lavoro in oggetto è stato eseguito uno stendimento di 24 geofoni, con spaziatura tra i geofoni di 2 metri per una lunghezza della linea sismica di 46 metri.

L'energizzazione è stata eseguita a 2 e 10 metri dal primo e dall'ultimo geofono. Per ridurre il rumore di fondo e migliorare la qualità complessiva dei sismogrammi sono stati sommati più tiri.

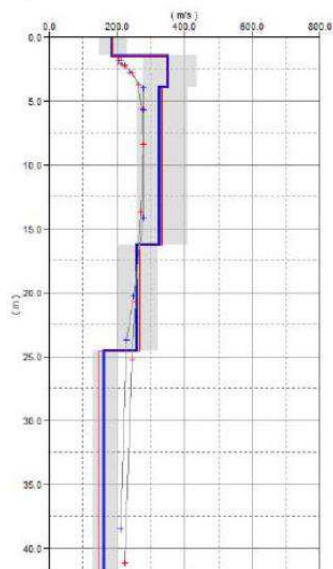
Lo stendimento è stato ubicato in base alle indicazioni della committenza e all'obiettivo dell'indagine.

Il sito di indagine è collocato in area urbanizzata in cui il rumore sismico di origine naturale e antropica risulta di modesta entità e non in grado di interferire con le misure effettuate.





CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)



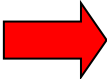
MODELLO RISULTANTE DALL'INVERSIONE DEI DATI

Tabella – Modello geofisico

profondità (metri)	Vs (m/s)	Vs ₃₀ (m/s)	Periodo T (s)
0,00 – 1,40	187	251	0,89
1,40 – 3,90	346		
3,90 – 16,20	333		
16,20 – 22,00	268		
22,00 – 44,20	142		
44,20 – 51,60	400		
51,60 - 60,00	424		
60,00 – 68,40	482		
68,40 – 76,80	540		
76,80 – 85,30	598		
85,30 – 93,70	656		
93,70 – 102,10	714		
102,10 – 110,50	772		
110,50 – 118,90	800		

5.2 Determinazione della categoria di suolo di fondazione

L'analisi dei rapporti spettrali, ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio, come riportato in tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore Vs30 per la sezione indagata. Il valore di Vs30, è riferito ai primi 30 m a partire dalla base delle fondazioni poste a circa -1.00 m da p.c.. **Vs (30)= 251 m/sec.**

CATEGORIA di SOTTOSUOLO	Descrizione da D.M. 14/01/2008 – Tabella 3.2.II
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da Vs30 superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3.00 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT ₃₀ > 50 nei terreni a grana grossa e cu ₃₀ > 250 kPa nei terreni a grana fina).
C 	Deposti di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT ₃₀ < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu ₃₀ < 250 kPa nei terreni a grana fina).
D	Deposti di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori 180 m/s (ovvero NSPT ₃₀ < 15 nei terreni a grana grossa e cu ₃₀ < 70 kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/sec).

- Determinazione dell'amplificazione stratigrafica :**

CATEGORIA di SOTTOSUOLO	S _s	C _c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_C^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_C^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_C^*)^{-0.40}$

- Determinazione dell'amplificazione topografica :**

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

5.3 Definizione dell'azione sismica

Con l'entrata in vigore del D.M. 14/01/2008 NTC 2008, la stima della pericolosità sismica è definita mediante un approccio "sito dipendente". Il territorio nazionale è stato suddiviso in punti, denominati "nodi", a ciascuno dei quali è stato assegnato un valore dell'accelerazione orizzontale massima al suolo (a_g), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (corrispondente a un periodo di ritorno di 475 anni).

Sulla base delle disposizioni previste nelle NTC 08, si definiscono per l'opera in progetto i seguenti parametri sismici: **PDR IL BAITONE**

- COMUNE di: **PORTO MANTOVANO (MN)**
- Zona sismica : **3**
- Vs30: **251 m/sec**
- Categoria suolo di fondazione: **C**
- Categoria topografica : **T1** Coefficiente topografico : **St=1,00**
- Vita nominale: **$V_N \leq 50$** anni ;

Numero di anni nel quale la struttura, soggetta alla manutenzione ordinaria, deve essere usata allo scopo al quale è destinata.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali- Strutture in fase costruttiva;	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali, e dighe di dimensioni contenute o importanza normale;	≤ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali, e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica;	≤ 100

- **Classe d'uso: = II** ; (rif. par. 2.4.2. NTC 08)

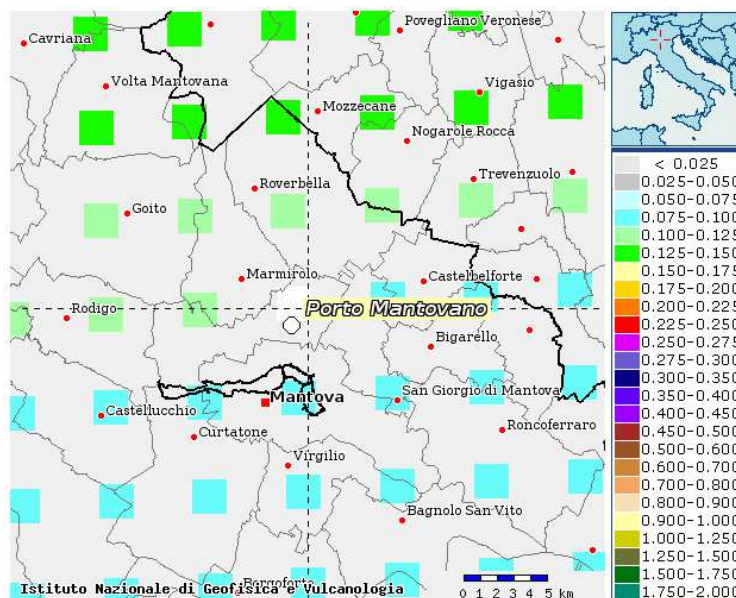
il valore del coefficiente d'uso C_u è definito al variare della classe d'uso secondo la tabella seguente:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,70	1,0	1,5	2,0

I valori utilizzati per la definizione dell'azione sismica, sono puntualmente definiti da un reticolo di riferimento (griglia di 10751 punti) sulla base delle coordinate geografiche (latitudine e longitudine) del sito di studio.

Di seguito viene riportata la mappa di pericolosità sismica del progetto DPC INGV S1 utilizzata per la definizione dei valori di a_g , F_0 e T_c^* :

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.180	25.500	1.220



- Periodo di riferimento per l'azione sismica: $PV_r = 50$; pari a $V_R = V_N \cdot C_U$

Coordinate Geografiche della località in esame (WGS84)

Latitudine:	45.1929
Longitudine:	10.7286

Utilizzando il software automatico di calcolo Geostru PS Advanced, della Geostru® Software, introducendo i dati di input sopra riportati, si ottengono in forma tabellare i seguenti parametri e coefficienti sismici, riferiti ai diversi stati limite da considerare:

PARAMETRI SISMICI					
STATO LIMITE	Prob. superam. (%)	Tr (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_c^0 (sec)
Operatività (SLO)	81	30	0,034	2,520	0,217
Danno (SLD)	63	50	0,041	2,554	0,258
Salvaguardia Vita (SLV)	10	475	0,098	2,556	0,294
Prev. Collasso (SLC)	5	30	0,034	2,520	0,217

5.4 Pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

Categoria sottosuolo:

C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < \text{NSPT}_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < \text{cu}_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

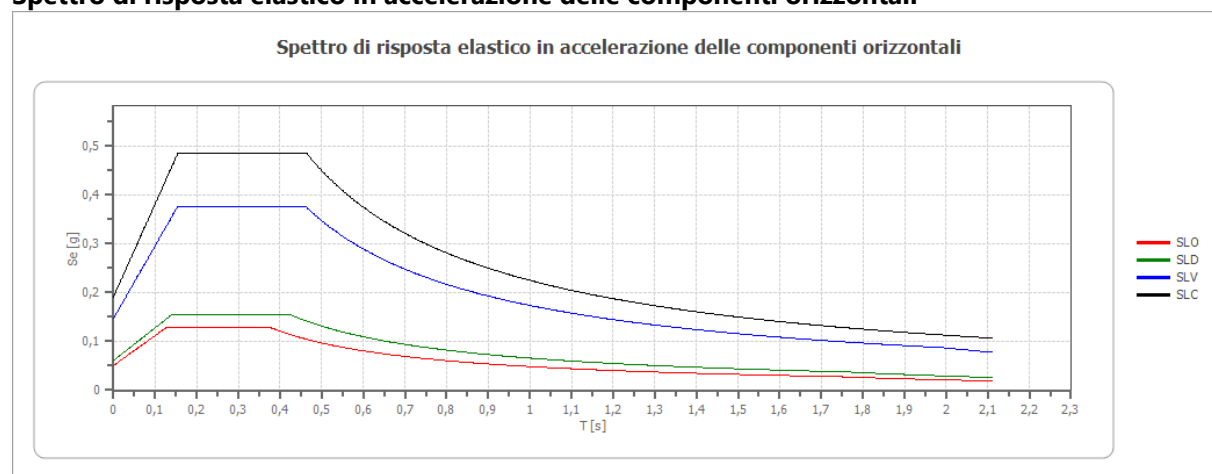
Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

COEFFICIENTI SISMICI STABILITA' DI PENDII E FONDAZIONI				
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,010	0,012	0,029	0,046
kv	0,005	0,006	0,015	0,023
Amax [m/s ²]	0,498	0,596	1,444	1,877
Beta	0,200	0,200	0,200	0,240

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,034	2,520	0,217	1,500	1,740	1,000	1,500	1,000	0,126	0,378	1,735	0,051	0,128
SLD	1,0	0,041	2,554	0,258	1,500	1,640	1,000	1,500	1,000	0,141	0,423	1,762	0,061	0,155
SLV	1,0	0,098	2,556	0,294	1,500	1,570	1,000	1,500	1,000	0,154	0,461	1,993	0,147	0,376
SLC	1,0	0,128	2,538	0,295	1,500	1,570	1,000	1,500	1,000	0,154	0,463	2,111	0,191	0,486

6. AMPLIFICAZIONE SISMICA DEL SITO

La verifica dell'eventuale amplificazione sismica è stata condotta applicando le metodologie geologico-geofisiche indicate dalla Regione Lombardia nella DGR 30 Novembre 2011 n° 9/2616 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11/03/2005 n. 12".

Il parametro calcolato per ciascun Comune da Regione Lombardia è riportato in una banca dati e rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione del sito.

Per il Comune di Porto Mantovano la Regione Lombardia ha assegnato i valori di amplificazione per le diverse categorie di sottosuolo, sotto riportati, in funzione di due intervalli di periodi, di cui quello tra 0,1 e 0,5 secondi corrisponde indicativamente a fabbricati di altezza inferiore ai 5 piani.

INTERVALLO (secondi)	CATEGORIA SOTTOSUOLO			
	B	C	D	E
0.1 - 0.5	1,4	1,8	2,1	1.9
0.5 – 1.5	1.7	2.4	4.0	3.0

1° LIVELLO

Applicando il primo livello d'approfondimento si ricava che l'area in esame è soggetta a possibile amplificazione per effetti litologici in quanto ricadente nello scenario denominato Z4a:

Zona PSL Z4a - zona di PIANURA.

2° LIVELLO

Ricadendo in scenario Z4a la normativa della Regione Lombardia prevede la verifica di 2° livello che si esplica nella verifica del fattore di amplificazione sismica. Il primo passaggio da compiere è quello di controllare la compatibilità dei dati ricavati con l'indagine sismica realizzata nel sito di intervento.

Verifica secondo i criteri nazionali Linee Guida Protezione civile

Classe dell'edificio: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente

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

Vita nominale: 50 [Anni]

Stato limite	Tr [Anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [sec]
SLO	30	0.034	2.520	0.217
SLD	50	0.041	2.554	0.258
SLV	475	0.098	2.556	0.294
SLC	975	0.127	2.539	0.295

Amplificazione litostratigrafica

Abachi regione: LGMS - DPC
 Litotipo prevalente: Ghiaia
 Profilo di velocità: Costante
 Spessore si sottosuolo: 30.0 [m]
 Vs 30: 251.0 [m/sec]

Spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali e verticali

Stato limite	Tr [Anni]	Fa [-]	Fv [-]	ag [g]	ag abaco [g]	F0 [-]	Tc* [sec]	SAc [g]	SA(TB) [g]	TB [sec]	TC [sec]	TD [sec]
SLO	30	1.340	2.208	0.034	0.060	2.520	0.217	0.085	0.019	0.119	0.358	1.735
SLD	50	1.340	2.208	0.041	0.060	2.554	0.258	0.104	0.027	0.142	0.425	1.762
SLV	475	1.340	2.208	0.098	0.060	2.556	0.294	0.250	0.074	0.162	0.485	1.992
SLC	975	1.142	-	0.127	0.180	2.539	0.295	0.323	0.095	-	-	2.110

- Fattore di amplificazione ricavato dalla scheda litologia sabbiosa per periodo 0,1-0,5 s: $F_a = 1.340$ (soglia comunale categoria C = $1,8+0,1$)

Considerando un fattore +0,1 che tiene conto della variabilità del F_a , come previsto da normativa, il valore di F_a caratteristico del sito di studio risulta inferiore al valore comunale previsto da Regione Lombardia per la categoria di suolo C, pertanto la normativa è sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito.

Il rispetto dei vari stati limite viene considerato conseguito dalle NTC:

Nei confronti di tutti gli Stati Limite Ultimi (SLU) quando siano soddisfatte le verifiche al solo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV).

Nei confronti di tutti gli Stati Limite di Esercizio (SLE) quando siano soddisfatte le verifiche al solo Stato Limite di Danno (SLD).

7. INDAGINE GEOGNOSTICA

Le indagini geognostiche, hanno lo scopo di fornire i dati e le informazioni necessarie per la caratterizzazione geotecnica dei terreni, ad un livello adeguato alle necessità del progetto.

Tale caratterizzazione eseguita in fase di progettazione è da considerarsi esaustiva, e potrà essere eventualmente integrata da indagini di maggior dettaglio qualora necessario in relazione esigenze specifiche di calcolo strutturale. Con l'obiettivo di caratterizzare il sottosuolo sia da un punto di vista litostratigrafico che geotecnico, si riportano le risultanze e le caratteristiche delle indagini eseguite: n. 6 prove penetrometriche dinamiche SCPT integrata da una sismica di superficie per la determinazione dell'accelerazione sito specifica ed il calcolo delle Vs30 e conseguente categoria di suolo di fondazione:

Nell'area sono state eseguite le seguenti indagini

- Prove penetrometriche dinamiche tipo SCPT di profondità massima 10,20 m da quota p.c.;
- N. 1 prova sismica Rifrazione e Masw;

In relazione al volume significativo dei depositi direttamente influenzati dalla costruzione delle opere in progetto e alla natura dei terreni ed ai requisiti funzionali delle opere stesse, si riassumono le profondità massime investigate con le indagini in sito:

PROVA	DATA ESECUZIONE	PROFONDITA'
SCPT 1	20/03/2018	2,40 m
SCPT 2	20/03/2018	10,20 m
SCPT 3	20/03/2018	9,90 m
SCPT 4	20/03/2018	3,90 m
SCPT 5	20/03/2018	3,60 m
SCPT 6	20/03/2018	3,90 m

Le prove eseguite, unitamente a precedenti indagini eseguite dallo scrivente in area limitrofa, hanno consentito di delineare con chiarezza l'andamento in profondità della litostratigrafia dei depositi che verranno interessati dalle opere in progetto.

Durante l'indagine è stata misurata direttamente la quota di falda (livello statico) che in data 20/03/2018 si situa a profondità di 3,40 m da p.c.;(circa 20 m slm).

6.1 Prove penetrometriche dinamiche SCPT (Standard Cone Penetration Test)

L'attrezzatura utilizzata per l'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche è costituita da un penetrometro cingolato marca Pagani TG 63/200 statico dinamico.

Le caratteristiche costruttive e prestazionali sono le seguenti:

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	72,5	Kg
Altezza di caduta libera	0,75	m
Peso sistema di battuta	6	Kg
Diametro punta conica	50,46	mm
Area di base punta	20	cm ²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	7	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80	m
Avanzamento punta	0,30	m
Numero colpi per punta	N(30)	
Coeff. Correlazione	1,15	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	60	°

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura •)
- avanzamento (penetrazione) δ

- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

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

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

• **CORRELAZIONE CON N_{spt}**

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

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

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

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

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

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

• METODOLOGIA DI ELABORAZIONE

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della GeoStru Software. Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981. Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

• VALUTAZIONI STATISTICHE

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

Medio Media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Media minima Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

- Massimo Valore massimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.
- Minimo Valore minimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.
- Media + s Media + scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.
- Media - s Media - scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

La buona diffusione di questo tipo di prove e la sua standardizzazione consentono di ottenere una significativa caratterizzazione dei terreni attraversati, nonché un'attendibile identificazione dei principali parametri geotecnici, mediante l'utilizzo delle principali correlazioni presenti in bibliografia. I dati desunti dall'indagine di cui sopra sono stati integrati dalle conoscenze acquisite dallo scrivente nella zona, attraverso precedenti indagini.

PROVA ...SCPT 1**Strumento utilizzato...SCPT (Standard Cone Penetration Test)****Prova eseguita in data** 20/03/2018**Profondità prova** 2,40 mt**Falda non rilevata**

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,30	2	0,853	13,11	15,37
0,60	5	0,847	32,54	38,42
0,90	15	0,792	84,33	106,55
1,20	27	0,736	141,20	191,78
1,50	49	0,631	219,69	348,05
1,80	65	0,626	289,17	461,70
2,10	80	0,622	328,39	528,27
2,40	100	0,617	407,52	660,33

PROVA ...SCPT 6**Strumento utilizzato...SCPT (Standard Cone Penetration Test)****Prova eseguita in data** 20/03/2018**Profondità prova** 3,90 mt**Falda rilevata**

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,30	6	0,853	39,32	46,11
0,60	16	0,797	97,99	122,95
0,90	18	0,792	101,20	127,85
1,20	29	0,736	151,66	205,99
1,50	47	0,631	210,72	333,84
1,80	43	0,626	191,30	305,43
2,10	36	0,672	159,66	237,72
2,40	31	0,667	136,57	204,70
2,70	27	0,713	127,09	178,29
3,00	35	0,659	142,22	215,93
3,30	61	0,605	227,56	376,33
3,60	80	0,601	296,56	493,54
3,90	100	0,597	345,71	578,88

PROVA ...SCPT 2

Strumento utilizzato...SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Prova eseguita in data 20/03/2018

Profondità prova 10,20 mt

Falda rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,30	2	0,853	13,11	15,37
0,60	6	0,847	39,05	46,11
0,90	14	0,792	78,71	99,44
1,20	23	0,736	120,28	163,37
1,50	24	0,731	124,65	170,47
1,80	30	0,726	154,77	213,09
2,10	27	0,722	128,66	178,29
2,40	15	0,767	75,99	99,05
2,70	17	0,763	85,63	112,26
3,00	10	0,809	49,89	61,69
3,30	6	0,805	29,79	37,02
3,60	4	0,801	19,76	24,68
3,90	3	0,797	13,84	17,37
4,20	5	0,794	22,97	28,94
4,50	14	0,740	60,00	81,04
4,80	14	0,737	59,74	81,04
5,10	13	0,734	52,03	70,88
5,40	12	0,781	51,10	65,43
5,70	18	0,728	71,47	98,15
6,00	13	0,725	48,60	66,99
6,30	13	0,723	48,43	66,99
6,60	10	0,770	39,70	51,53
6,90	8	0,768	30,01	39,08
7,20	10	0,766	37,40	48,85
7,50	8	0,763	29,83	39,08
7,80	7	0,761	26,03	34,19
8,10	7	0,759	24,68	32,50
8,40	10	0,757	35,16	46,43
8,70	7	0,755	24,55	32,50
9,00	8	0,753	26,67	35,40
9,30	8	0,752	26,61	35,40
9,60	7	0,750	23,23	30,97
9,90	9	0,748	28,45	38,03
10,20	9	0,747	28,39	38,03

PROVA ...SCPT 3

Strumento utilizzato...SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Prova eseguita in data 20/03/2018

Profondità prova 10,20 mt

Falda rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,30	2	0,853	13,11	15,37
0,60	6	0,847	39,05	46,11
0,90	5	0,842	29,89	35,52
1,20	11	0,836	65,34	78,13
1,50	38	0,681	183,87	269,92
1,80	52	0,626	231,34	369,36
2,10	32	0,672	141,92	211,31
2,40	12	0,817	64,75	79,24
2,70	5	0,813	26,84	33,02
3,00	3	0,809	14,97	18,51
3,30	2	0,805	9,93	12,34
3,60	7	0,801	34,59	43,19
3,90	9	0,797	41,53	52,10
4,20	18	0,744	77,49	104,20
4,50	17	0,740	72,86	98,41
4,80	23	0,687	91,48	133,14
5,10	20	0,734	80,04	109,05
5,40	6	0,781	25,55	32,72
5,70	6	0,778	25,46	32,72
6,00	5	0,775	19,98	25,77
6,30	8	0,773	31,86	41,23
6,60	8	0,770	31,76	41,23
6,90	7	0,768	26,26	34,19
7,20	10	0,766	37,40	48,85
7,50	7	0,763	26,11	34,19
7,80	7	0,761	26,03	34,19
8,10	8	0,759	28,20	37,15
8,40	9	0,757	31,65	41,79
8,70	8	0,755	28,06	37,15
9,00	9	0,753	30,00	39,82
9,30	11	0,752	36,58	48,67
9,60	10	0,750	33,18	44,24
9,90	12	0,748	37,94	50,70
10,20	10	0,747	31,55	42,25

PROVA ...SCPT 4

Strumento utilizzato...SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Prova eseguita in data 20/03/2018

Profondità prova 3,90 mt

Falda rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,30	2	0,853	13,11	15,37
0,60	3	0,847	19,53	23,05
0,90	3	0,842	17,93	21,31
1,20	12	0,836	71,28	85,24
1,50	26	0,731	135,04	184,68
1,80	21	0,726	108,34	149,16
2,10	19	0,772	96,81	125,46
2,40	29	0,717	137,33	191,50
2,70	17	0,763	85,63	112,26
3,00	25	0,709	109,30	154,23
3,30	29	0,705	126,08	178,91
3,60	57	0,601	211,30	351,65
3,90	100	0,597	345,71	578,88

PROVA ...SCPT 5

Strumento utilizzato...SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Prova eseguita in data 20/03/2018

Profondità prova 3,60 mt

Falda rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,30	4	0,853	26,21	30,74
0,60	3	0,847	19,53	23,05
0,90	8	0,842	47,82	56,82
1,20	26	0,736	135,97	184,68
1,50	56	0,631	251,07	397,77
1,80	51	0,626	226,89	362,26
2,10	41	0,622	168,30	270,74
2,40	35	0,667	154,19	231,12
2,70	38	0,663	166,32	250,93
3,00	49	0,609	184,00	302,30
3,30	63	0,605	235,02	388,67
3,60	100	0,601	370,70	616,93

8. LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

I dati seguenti sono stati desunti dall'indagine geognostica specifica, debitamente interpretati ed elaborati alla luce della normativa nazionale e sulla base di precedenti esperienze professionali; si ritiene che i risultati dell'indagine, siano sufficientemente rappresentativi delle caratteristiche litologico - geotecniche del terreno indagato, il quale risulta caratterizzato da una stratigrafia media del sottosuolo come descritto nel seguito:

MODELLOLITOSTRATIGRAFICO (medio conservativo sulle risultanze dell'indagine – prova di riferimento

SCPT 2)

Prof. Strato (m)	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	NSPT	Descrizione
0,6	30,74	Coesivo	1,74	1,87	0,05	4,6	SUOLO
3	137,21	Incoerente	2,05	2,0	0,35	23	GHIAIA
4,2	27	Incoerente - coesivo	1,77	1,88	0,68	5,17	LIMO SABBIOSO CON RARA GHIAIA
6,6	72,76	Incoerente	1,89	1,95	0,85	15,39	GHIAIA
10,2	37,54	Incoerente - coesivo	1,95	2,14	1,17	9,4	SABBIA LIMOSA

Caratteristiche geotecniche del sottosuolo

UNITA' GEOTECNICA A – GHIAIA E SABBIA –DA 0.60 M A 2,40/3,00 m DA P.C

Oltre lo spessore di 0,40-0,60 cm di suolo vegetale sino alla profondità di 2,40-3,00 m da p.c. sono presenti depositi fluviali ghiaioso sabbiosi addensati che localmente conducono al rifiuto alla punta (SCPT 1-4-5-6) aventi valori di Nspt medio ≤ 20 cp; Ad essa si possono assegnare i seguenti parametri geotecnici medi:

Peso di volume naturale (t/mc)	$\gamma = 1.90$
Angolo di resistenza al taglio (°gradi)	$\phi^\circ = 34^\circ$
Coesione non drenata Cu (kg/cm ^q)	Cu = 0.90
Densità relativa (%)	Dr = 40-60%
Classificazione AGI	Da moderatamente add. Ad addensati
Modulo di Young (kg/cm ^q)	Eu=350
Modulo Edometrico (kg/cm ^q)	E = 120

<i>Modulo di Poisson (kg/cm^q)</i>	$P = 0,29$
<i>Modulo di Winkler (kg/cm^c)</i>	$K_0 = 8$

UNITA' GEOTECNICA B –SABBIE LIMOSE –DA 2,40/3,00 m A 4,00 m DA P.C

Oltre l'unità geotecnica A localmente è presente un livello sabbioso limoso poco addensato/consistente sino alla profondità di 4.00 m da p.c.: aventi valori di Nspt medio ≤ 5 cp; Depositi saturi dalla profondità di 3,40 m da p.c..

Ad essa si possono assegnare i seguenti parametri geotecnici medi:

<i>Peso di volume naturale (t/mc)</i>	$\gamma = 1.70$
<i>Peso di volume saturo (t/mc)</i>	$\gamma_{\text{sat}} = 1,85$
<i>Angolo di resistenza al taglio (°gradi)</i>	$\phi^\circ = 28^\circ$
<i>Coesione non drenata Cu (kg/cm^q)</i>	$C_u = 0.30$
<i>Classificazione AGI</i>	Da poco a moderatamente addensato
<i>Modulo di Young (kg/cm^q)</i>	$Y = 60$
<i>Modulo Edometrico (kg/cm^q)</i>	$E = 50$

UNITA' GEOTECNICA C –SABBIE e GHIAIA–DA 4.00 m A 10.0 m DA P.C

Oltre 4,00 m sino alla massima profondità indagata di 10.00 m da p.c. sono presenti depositi di natura prevalentemente incoerente quali sabbie e ghiaie debolmente limose sature dalla profondità con locali intercalazioni prettamente limose e grado di addensamento variabile.; valori di Nspt medio ≤ 10 cp

Ad essa si possono assegnare i seguenti parametri geotecnici medi:

<i>Peso di volume naturale (t/mc)</i>	$\gamma = 1.80$
<i>Peso di volume saturo (t/mc)</i>	$\gamma_{\text{sat}} = 1,90$
<i>Angolo di resistenza al taglio (°gradi)</i>	$\phi^\circ = 30^\circ$
<i>Coesione non drenata Cu (kg/cm^q)</i>	$C_u = -$
<i>Densità relativa (%)</i>	$D_r = 30-40\%$
<i>Classificazione AGI</i>	Moderatamente addensato
<i>Modulo di Young (kg/cm^q)</i>	$Y = 180$
<i>Modulo Edometrico (kg/cm^q)</i>	$E = 70$
<i>Modulo di Poisson (kg/cm^q)</i>	$P = 0.33$

9. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Il DM 14.01.2008 (paragrafo 7.11.3.4) e successiva Circolare esplicativa n. 617/2009 (paragrafo C7.11.3.4) impongono che sia valutata la stabilità nei confronti della liquefazione mediante il ricorso a metodologie analitiche o a carattere semiempirico.

Tali verifiche, secondo le NTC 2008, devono essere condotte tutte le volte che il manufatto in progetto interagisce con terreni saturi a prevalente componente sabbiosa ed in presenza, ovviamente, di sollecitazioni cicliche e dinamiche per le quali il sottosuolo tende a comportarsi come un sistema idraulicamente chiuso, ovvero come un sistema non drenato; nel contempo, al fine di facilitare le procedure di analisi, al paragrafo 7.11.3.4.2 **è ribadito che tali analisi possono essere omesse in presenza dei seguenti casi:**

- eventi sismici di magnitudo inferiore a 5 ($M < 5$);
- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di free-field) inferiori a $0.1g$ ($a < 1 \text{ m/sec}^2$);
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano di campagna, quest'ultimo inteso ad andamento sub-orizzontale e con strutture a fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $N_{1,60} > 30$;
- elevata presenza, nel fuso granulometrico, di terreni a componente fine (limi e argille) o di ghiaie

Ne deriva che i fattori che governano il fenomeno della liquefazione possono essere intimamente legati a:

- lo stato di addensamento;
- la granulometria;
- le condizioni di drenaggio;
- l'età del deposito;
- il grado di sovraconsolidazione.

Per tale ragione si può ragionevolmente affermare che il sito non è suscettibile di liquefazione perché sussistono la seguente condizione di esclusione fra cui:

- **UNITA' GEOTECNICA A - depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $N_{1,60} > 30$;**

Per le successive unità sotto falda in particolare le unità sabbiose UNITA' GEO B è stata eseguita una verifica puntuale con il metodo di Seed&Idriss che ha escluso il fenomeno:

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Fs liquefazione
UNITA' GEO B	20,01	3,60-5,20	17,505	Seed e Idriss (1971)	3,068

10. TERRE E ROCCE DA SCAVO

Il suolo ed i materiali scavati nel corso dell'attività di costruzione, anche di gallerie, ottenute quali sottoprodotti, possono essere utilizzati per reinterri, riempimenti, rimodellazioni e rilevati purché soddisfino tutti i criteri, requisiti e condizioni previste dal D.lgs. 3 aprile 2006, n. 152.

Ai sensi del comma 1 dell'art. 186 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (Norme in materia ambientale), " .. *il suolo escavato derivante da attività finalizzate alla realizzazione di un'opera, tra le quali: gli scavi in genere, tra cui lo sbancamento, le fondazioni, le trincee; la perforazione, la trivellazione, la palificazione, il consolidamento; le opere infrastrutturali, tra cui le gallerie e le strade; la rimozione e il livellamento di opere in terra. Le terre e rocce da scavo possono contenere anche i seguenti materiali: quali il calcestruzzo, la bentonite, il polivinilcloruro (PVC), la vetroresina, le miscele cementizie e gli additivi per scavo meccanizzato, purché le terre e rocce contenenti tali materiali non presentino concentrazioni di inquinanti superiori ai limiti di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, per la specifica destinazione d'uso*". Questa definizione sostituisce la voce "materiali da scavo" presente al comma b) del D.M. 161/12 chiarendo quali sono le caratteristiche per le quali un determinato materiale può essere definito con il termine "terre e rocce da scavo"

Ai sensi della vigente normativa ambientale DPR 13/06/2017 n. 120 , le terre e rocce da scavo sono soggette alla verifica di alcune condizioni tali per cui esse possano essere considerate terre e non rifiuti, compresi gli eventuali riporti antropici.

10.1 Presupposti per l'utilizzo

Le terre e rocce da scavo :

- non devono provenire dall'interno della perimetrazione di siti contaminati o sottoposti ad interventi di bonifica ai sensi del Titolo V della parte quarta del D. lgs 152/2006
- devono garantire, fin dalla fase di produzione, il rispetto dei requisiti di qualità ambientale
- il loro utilizzo non deve richiedere la necessità di preventivo trattamento o trasformazioni preliminari, inclusa la miscelazione se ha come effetto la diluizione di inquinanti per soddisfare i requisiti di qualità ambientale e i requisiti merceologici di cui all'art. 186 comma 1 lettera c) del D. lgs 3 aprile 2006. Non sono considerate operazioni di preventivo trattamento o di trasformazione preliminare la riduzione volumetrica, la macinatura e la vagliatura, finalizzate all'adeguamento delle caratteristiche geotecniche del materiale, a condizione che siano sempre verificati e rispettati i requisiti di qualità ambientale e merceologici

10.2 Modalità di utilizzo

Le terre e rocce da scavo possono essere utilizzate per reinterri, riempimenti, rimodellazioni e rilevati purché:

- a) siano impiegate direttamente nell'ambito di opere o interventi preventivamente individuati e definiti;
- b) sin dalla fase della produzione vi sia certezza dell'integrale utilizzo;
- c) l'utilizzo integrale della parte destinata a riutilizzo sia tecnicamente possibile senza necessità di preventivo trattamento o di trasformazioni preliminari per soddisfare i requisiti merceologici e di qualità ambientale idonei a garantire che il loro impiego non dia luogo a emissioni e, più in generale, ad impatti ambientali qualitativamente e quantitativamente diversi da quelli ordinariamente consentiti ed autorizzati per il sito dove sono destinati ad essere utilizzati;
- d) sia garantito un elevato livello di tutela ambientale;
- e) sia accertato che non provengono da siti contaminati o sottoposti ad interventi di bonifica ai sensi del titolo V della parte quarta del D.lgs 4/2008
- f) le loro caratteristiche chimiche e chimico-fisiche siano tali che il loro impiego nel sito prescelto non determini rischi per la salute e per la qualità delle matrici ambientali interessate ed avvenga nel rispetto delle norme di tutela delle acque superficiali e sotterranee, della flora, della fauna, degli habitat e delle aree naturali protette. In particolare deve essere dimostrato che il materiale da utilizzare non è contaminato con riferimento alla destinazione d'uso del medesimo, nonché la compatibilità di detto materiale con il sito di destinazione;
- g) la certezza del loro integrale utilizzo sia dimostrata.

Le terre oggetto di scavo saranno gestite sulla base della normativa vigente in funzione del loro riutilizzo c/o il sito di produzione o in altro sito e tale attività sarà oggetto della stesura in fase progettuale definitiva di adeguata documentazione, che individuerà il produttore (impresa affidataria degli scavi), la quantità dei volumi destinati a riutilizzo, i siti di destino e la classificazione del materiale dal punto di vista merceologico e chimico/fisico, nonché espletterà le prescritte pratiche autorizzative c/o gli enti preposti al rilascio delle autorizzazioni (Comune).

11. CONCLUSIONI

L'indagine ha permesso di definire la stratigrafia media del sottosuolo evidenziando la presenza, al di sotto di uno strato di suolo, di depositi fluviali prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi con locali intercalazioni limoso sabbiose che oltre la profondità di 4,00 m passano a sabbie ghiaioso limose da poco a moderatamente addensate.

Sulla base delle considerazioni e dei calcoli geotecnici svolti nei paragrafi precedenti si traggono le seguenti conclusioni per l'area indagata:

- La carta della fattibilità per le azioni di piano allegata alla "Componente geologica, idrogeologica, e sismica del Piano di Governo del Territorio" del Comune di Porto Mantovano indica per l'area in questione una classe di fattibilità 3a (classe di fattibilità con consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni). Tale classe è caratteristica dell'unità geologica dei depositi fluviali che presentano generalmente sufficienti caratteristiche geotecniche dei depositi alluvionali con livello piezometrico poco soggiacente (3,40 m da p.c.), elevata vulnerabilità idrogeologica e appartenenza alla fascia B del Pai.
- La geomorfologia dell'area, limitatamente alla zona interessata dagli interventi, risulta pianeggiante, esente da fenomeni geomorfologici (erosione, alluvionamento) in rapida evoluzione in atto e/o potenziali che pregiudichino la stabilità dei luoghi e la buona riuscita delle opere in progetto. Si rammenta comunque la presenza al limite dell'area di vasi irrigui con relativa fascia di rispetto.
- La natura litologica dei depositi superficiali (limi e sabbie) conferisce agli acquiferi un grado di vulnerabilità all'inquinamento elevato; sarà comunque importante verificare le modalità di realizzazione di eventuali nuove strutture sopra terra e interrate che prevedano lo stoccaggio o la circolazione di fluidi potenzialmente inquinanti quali: scarichi, fognature e cisterne interrate e/o percolati.
- L'area in oggetto ricade nello scenario di microzonazione sismica individuato come Z4a "Zone di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali suscettibili di amplificazione litostratigrafica.
- All'atto delle indagini in sito il livello piezometrico dell'acquifero freatico è stato rilevato a -3.40 m dal p.c. attuale. Come già precedentemente citato nel corso dell'anno tale livello piezometrico è soggetto a variazioni rispetto alla misura rilevata e perciò soggetto a innalzamento durante la stagione autunnale e primaverile dovuto a periodi particolarmente piovosi o intensi eventi meteorici.
- Sulla base dell'indagine sismica eseguita il valore della velocità di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità (V_{s30}) nei terreni interessati dall'intervento in oggetto è pari a 251 m/sec, pertanto la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento*

delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

- **La verifica di secondo livello ha evidenziato che la normativa è in grado di tenere in considerazione gli effetti di amplificazione litostratigrafica per la categoria di suolo C.**
- Il DM 14.01.2008 (paragrafo 7.11.3.4) e successiva Circolare esplicativa n. 617/2009 (paragrafo C7.11.3.4) impongono che sia valutata la stabilità nei confronti della liquefazione mediante il ricorso a metodologie analitiche o a carattere semiempirico.

Detta valutazione è stata eseguita con procedure di analisi di cui **al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC** che escludono per il sito in questione il fenomeno della liquefazione.

Dalle considerazioni esposte nei paragrafi precedenti e dall'esame delle condizioni geomorfologiche, geologiche dell'area e dei depositi indagati con indagine in sito, si può dedurre che le caratteristiche dell'area in oggetto appaiono compatibili con la destinazione d'uso prevista, adottando le prescrizioni sin qui esposte.

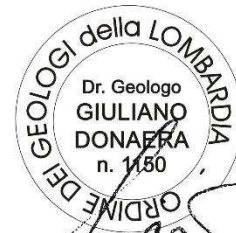
Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del DM 14/01/2008 e contempla i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica ivi prescritti, costituendo documento idoneo per il rilascio della concessione edilizia sulla base del progetto di costruzione/miglioramento ad esso allegato.

Si ricorda che come prescritto dalla vigente normativa DM 14/01/2008, la progettazione esecutiva delle singole strutture dovrà essere accompagnata da apposita relazione geotecnica a firma di tecnici abilitati, sulla base della consistenza e della geometria effettiva delle opere, la quale, qualora necessario dovrà approfondire e/o integrare i dati geologici, geotecnici e le indagini geognostiche qui riportate secondo le necessità specifiche della progettazione

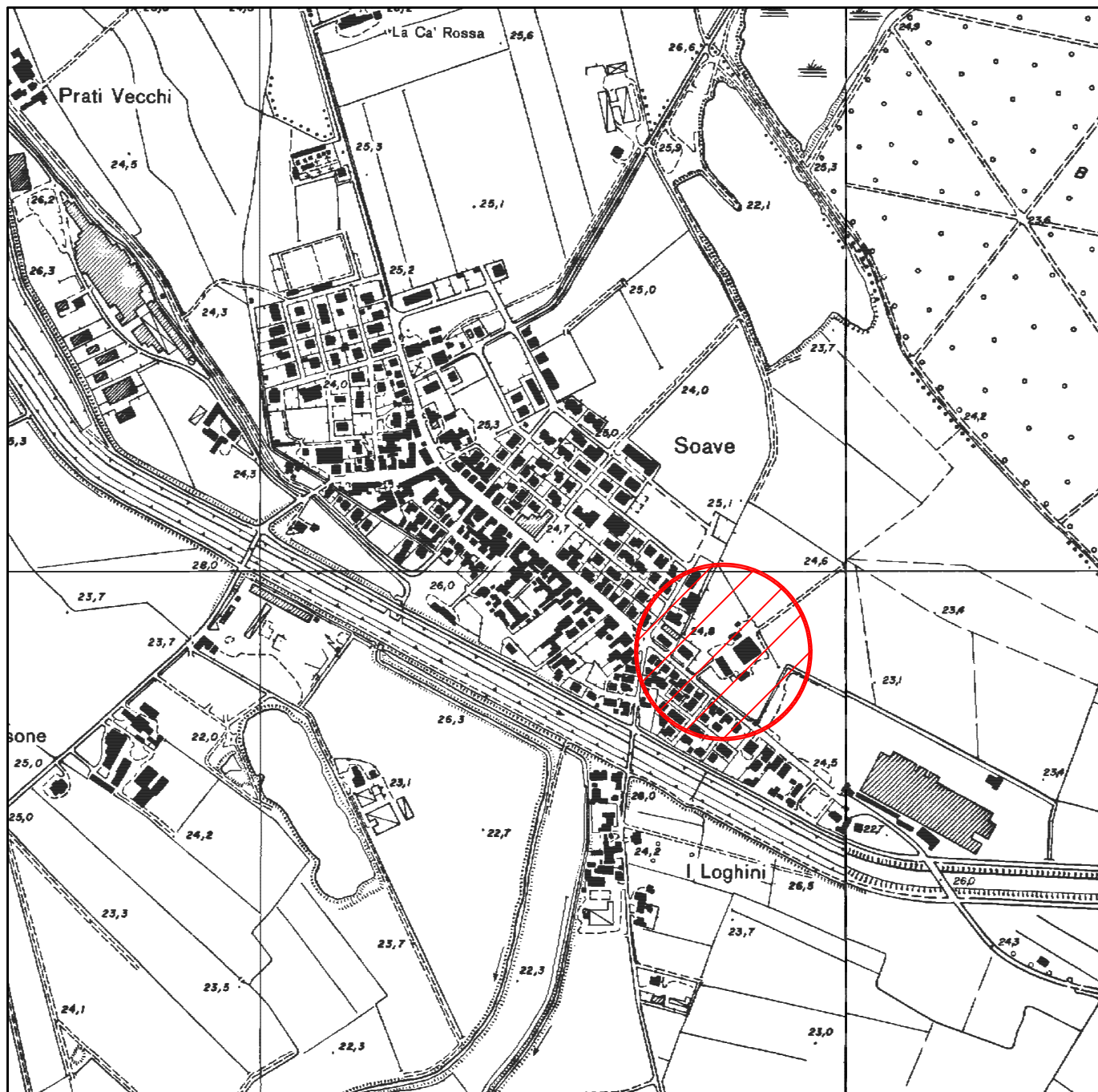
A disposizione per ulteriori approfondimenti e chiarimenti, si coglie l'occasione per porgere cordiali saluti

Il Geologo

Dott. Geol. Giuliano Donaera

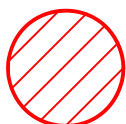


TITOLO ELABORATO	COROGRAFIA GENERALE	DATA MARZO 2018	SCALA 1:10.000	APP GDO
COMMITTENTE	SOC AGRICOLA IL BAITONE DI TESSADRI FABRIZIO DAVIDE E LUCA SS	N. PRJ 07718		
LAVORO	PIANO DI RECUPERO IL BAITONE	TAVOLA		
CANTIERE	PORTO MANTOVANO (MN) - LOC. SOAVE	1		

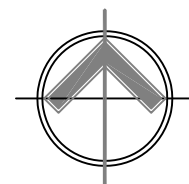


Base cartografica Carta Tecnica Regionale CTR R.L. Sezione E7B3 scala 1:10.000

LEGENDA SIMBOLI



AREA DI STUDIO



TITOLO ELABORATO	ESTRATTO DI MAPPA CATASTALE	DATA MARZO 2018	SCALA 1:2.000	APP GDO
COMMITTENTE	SOC AGRICOLA IL BAITONE DI TESSADRI FABRIZIO DAVIDE E LUCA SS	N. PRJ_07718		
LAVORO	PIANO DI RECUPERO IL BAITONE	TAVOLA 2		
CANTIERE	PORTO MANTOVANO (MN) - LOC. SOAVE			



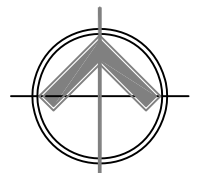
COMUNE DI PORTO MANTOVANO
FOGLIO N. 21 - MAPPALI N. 41 - 44 - 47 - 48 - 49 - 50

scala 1:2000

Estratto di mappa catastale Foglio n. 21 CC di Porto Mantovano (Mn)

LEGENDA SIMBOLI

— AREA DI STUDIO

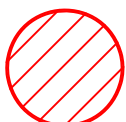


TITOLO ELABORATO	CARTA LITOLOGICA - GEOMORFOLOGICA	DATA MARZO 2018	SCALA 1:10.000	APP GDO
COMMITTENTE	SOC AGRICOLA IL BAITONE DI TESSADRI FABRIZIO DAVIDE E LUCA SS	N. P.R.J.07.71.8		
LAVORO	PIANO DI RECUPERO IL BAITONE	TAVOLA		
CANTIERE	PORTO MANTOVANO (MN) - LOC. SOAVE	3		

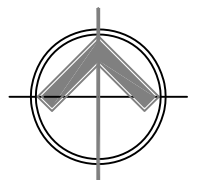
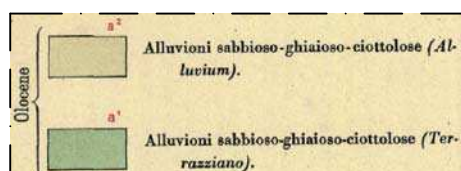


Stralcio da carta geologica d'Italia Foglio 62 " Mantova" in scala 1: 100.000

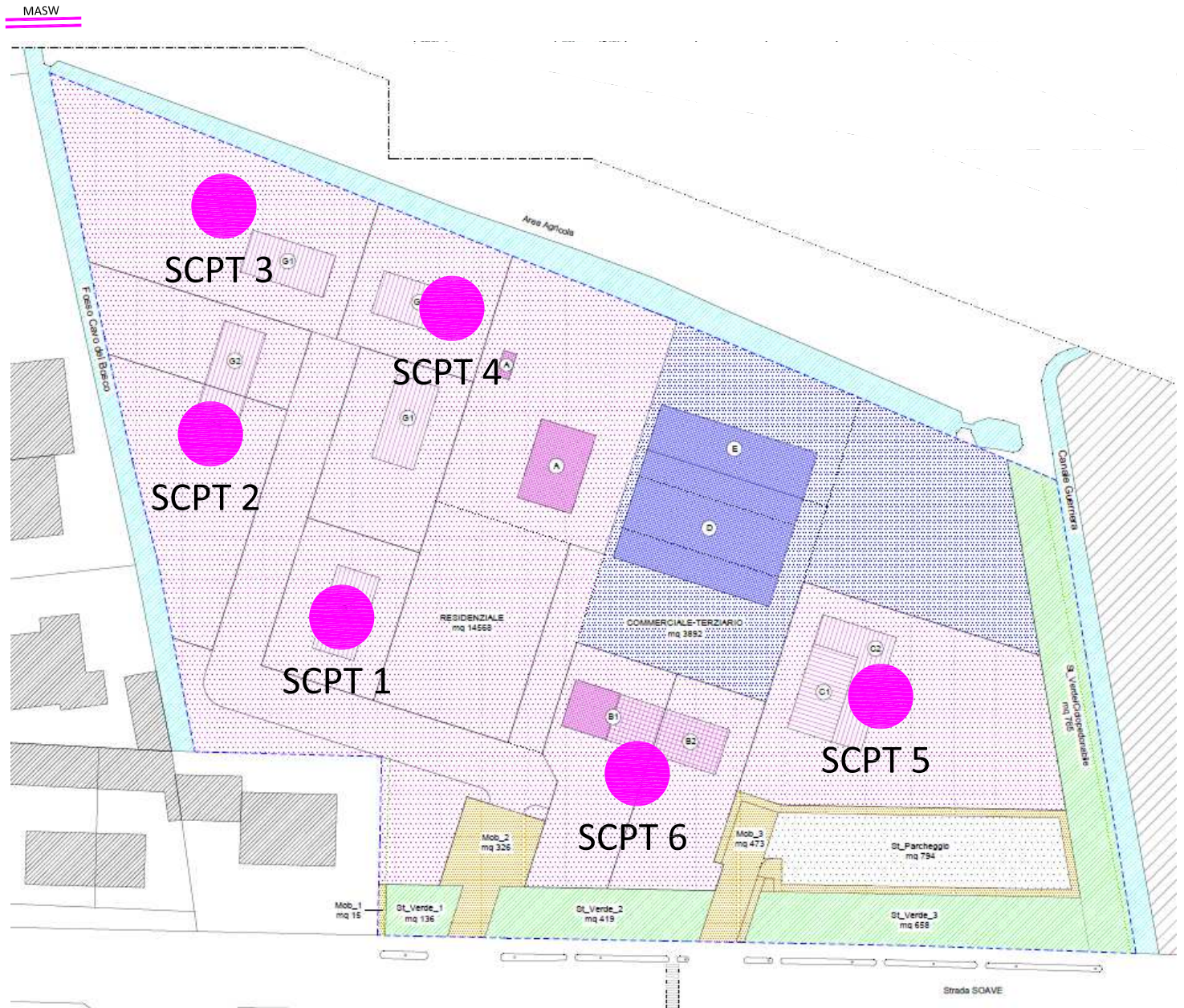
LEGENDA SIMBOLI



AREA DI STUDIO



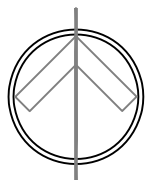
TITOLO ELABORATO	UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE	DATA MARZO 2018	SCALA FS	APP GDO
COMMITTENTE	SOC AGRICOLA IL BAITONE DI TESSADRI FABRIZIO DAVIDE E LUCA SS	N. PRJ_07718		
LAVORO	PIANO DI RECUPERO IL BAITONE	TAVOLA		
CANTIERE	PORTO MANTOVANO (MN) - LOC. SOAVE	4		



Vista satellitare dell'area

LEGENDA SIMBOLI

 SCPT	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT	 CPT	PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT	 S	CAMPIONAMENTO TERRENI TRS
 HVSR	TROMOGRAFIA DIGITALE	 MASW	SISMICA MASW		AREA DI STUDIO

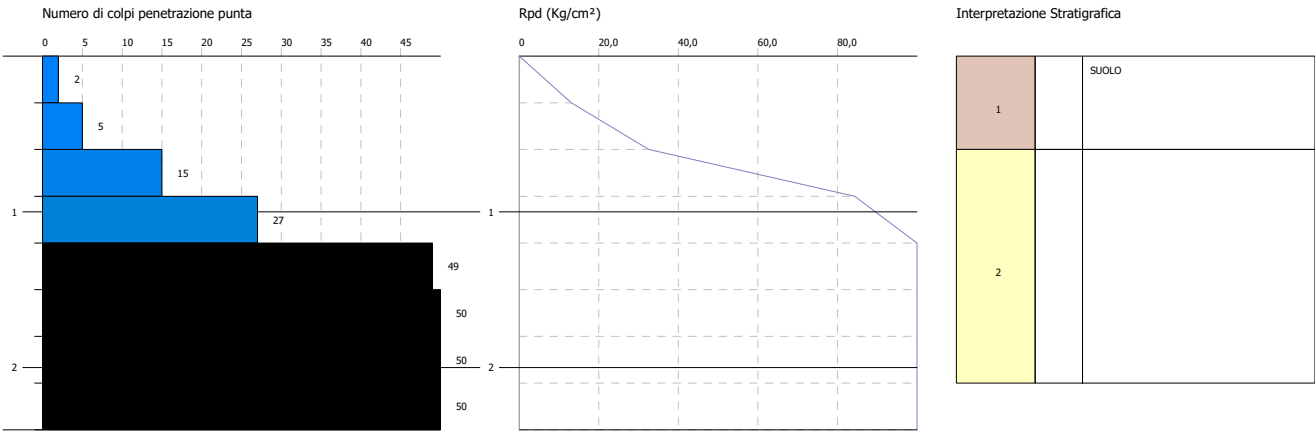


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 1
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: SOC. AGR. ILBAITONE DI TESADRI FABRIZIO, DAVIDE E LUCA SS
Descrizione: PDR BAITONE
Località: SOAVE DI PORTO MANTOVANO (MN)

Data: 20/03/2018

Scala 1:50

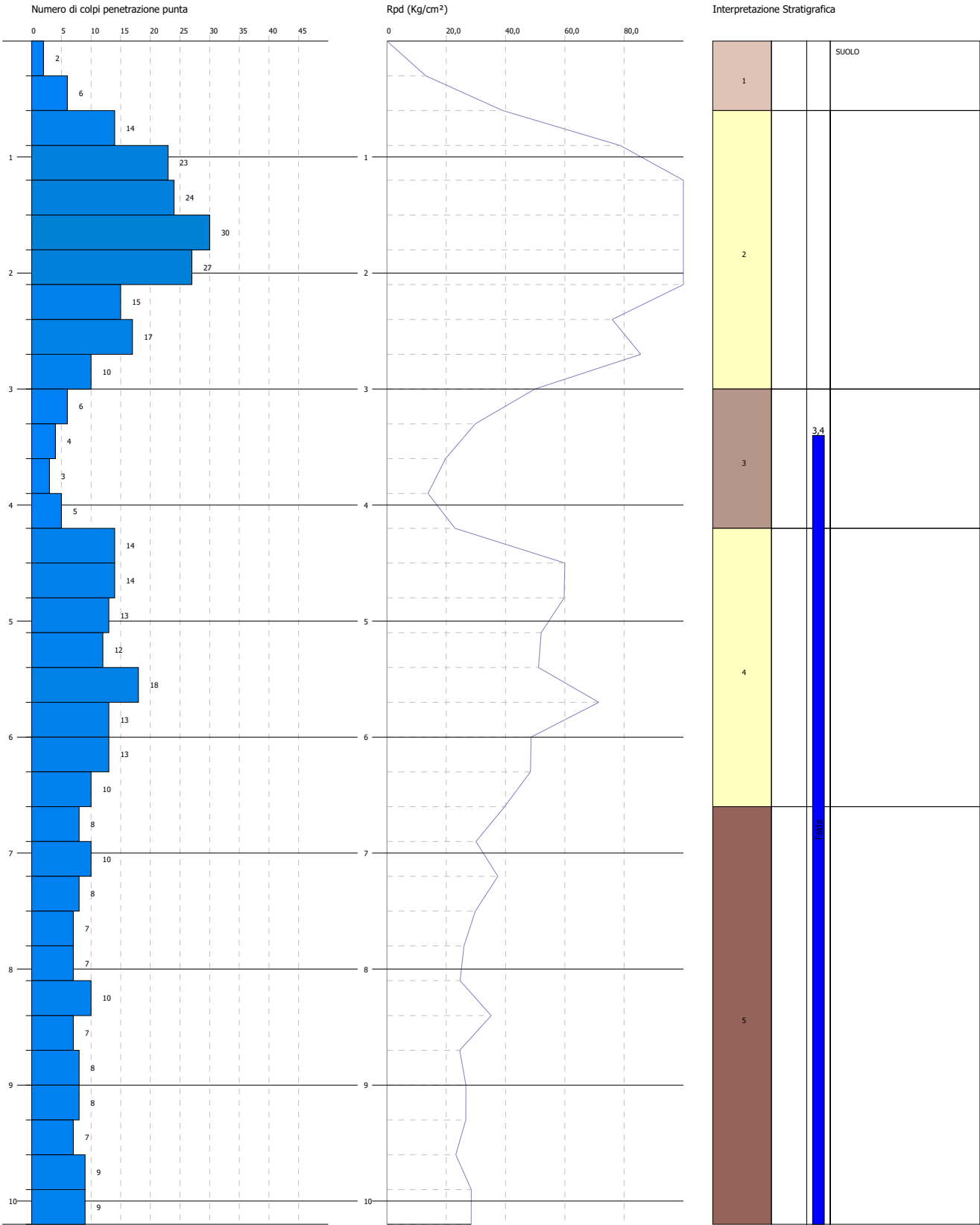


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 2
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: SOC. AGR. ILBAITONE DI TESADRI FABRIZIO, DAVIDE E LUCA SS
Descrizione: PDR BAITONE
Località: SOAVE DI PORTO MANTOVANO (MN)

Data: 20/03/2018

Scala 1:50

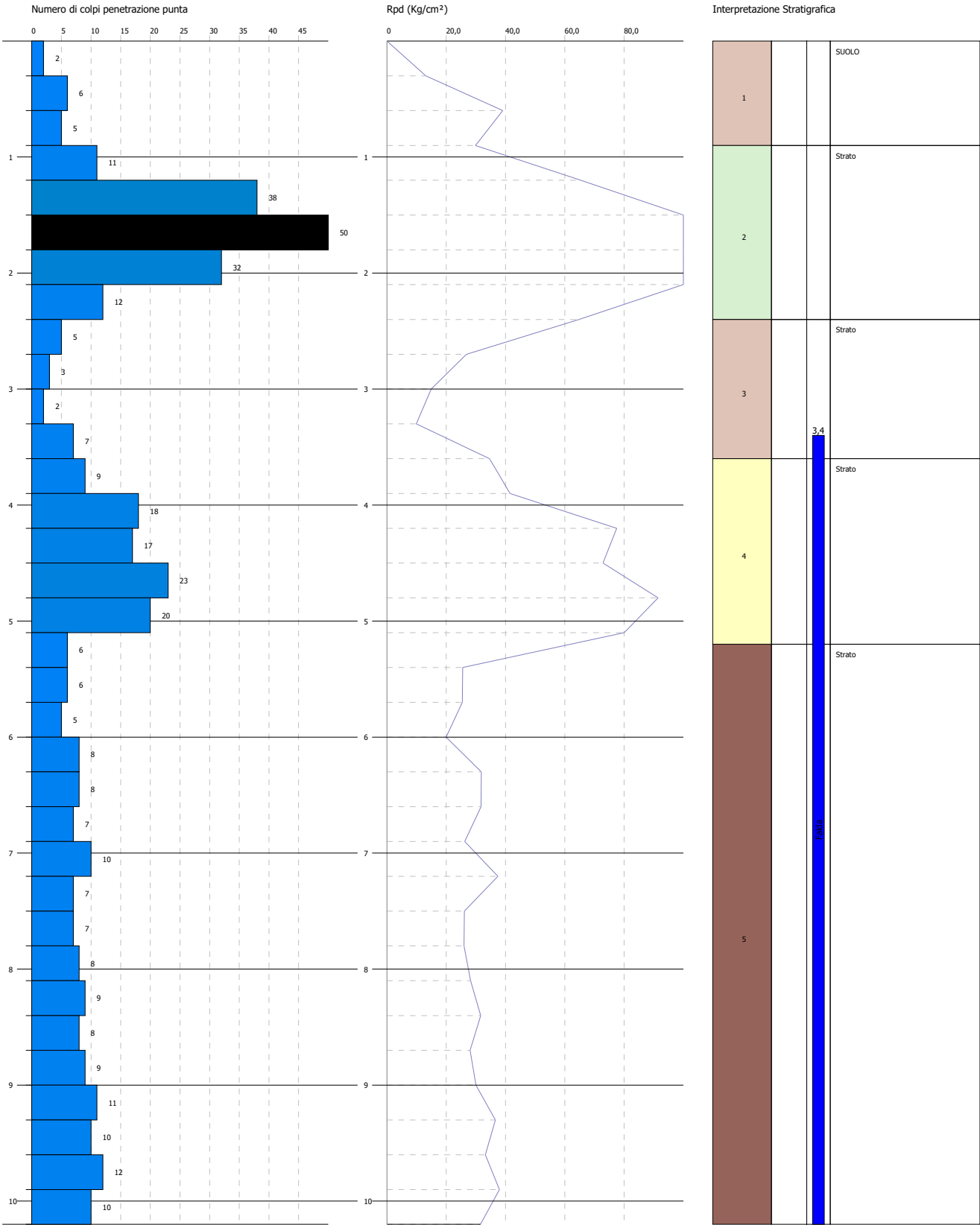


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 3
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: SOC. AGR. ILBAITONE DI TESADRI FABRIZIO, DAVIDE E LUCA SS
Descrizione: PDR BAITONE
Località: SOAVE DI PORTO MANTOVANO (MN)

Data: 20/03/2018

Scala 1:50



SIGNATURE 1

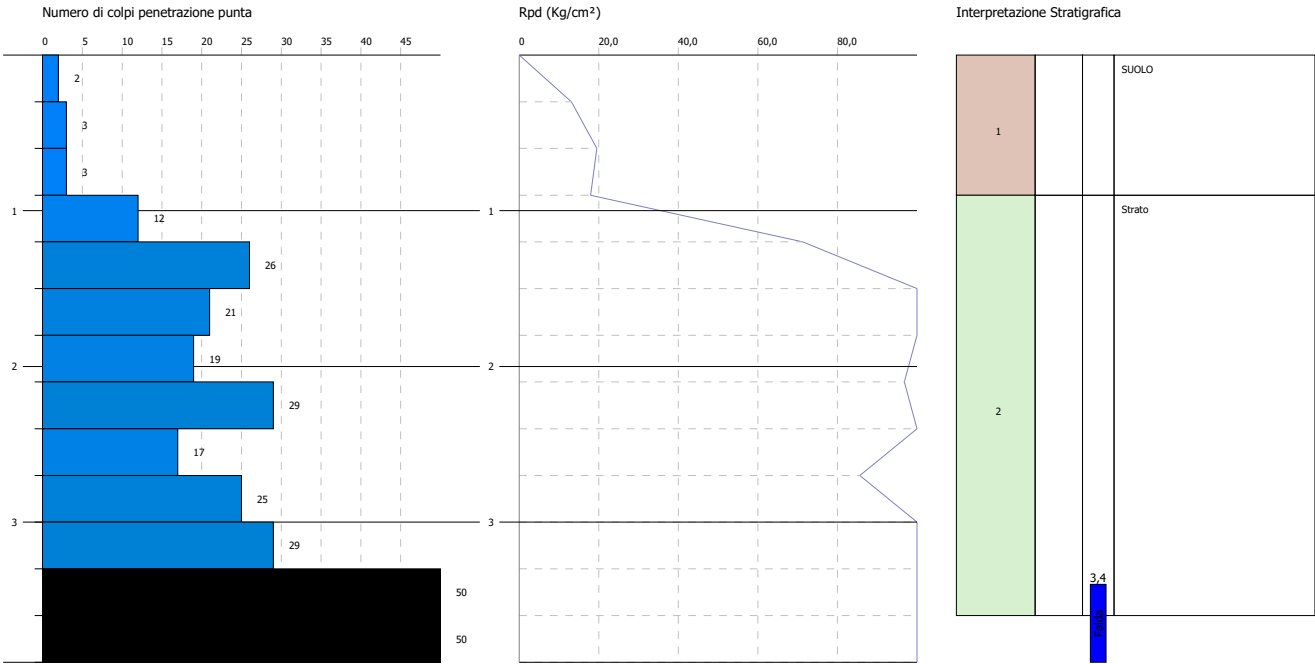
SIGNATURE 2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 4
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: SOC. AGR. ILBAITONE DI TESADRI FABRIZIO, DAVIDE E LUCA SS
Descrizione: PDR BAITONE
Località: SOAVE DI PORTO MANTOVANO (MN)

Data: 20/03/2018

Scala 1:50

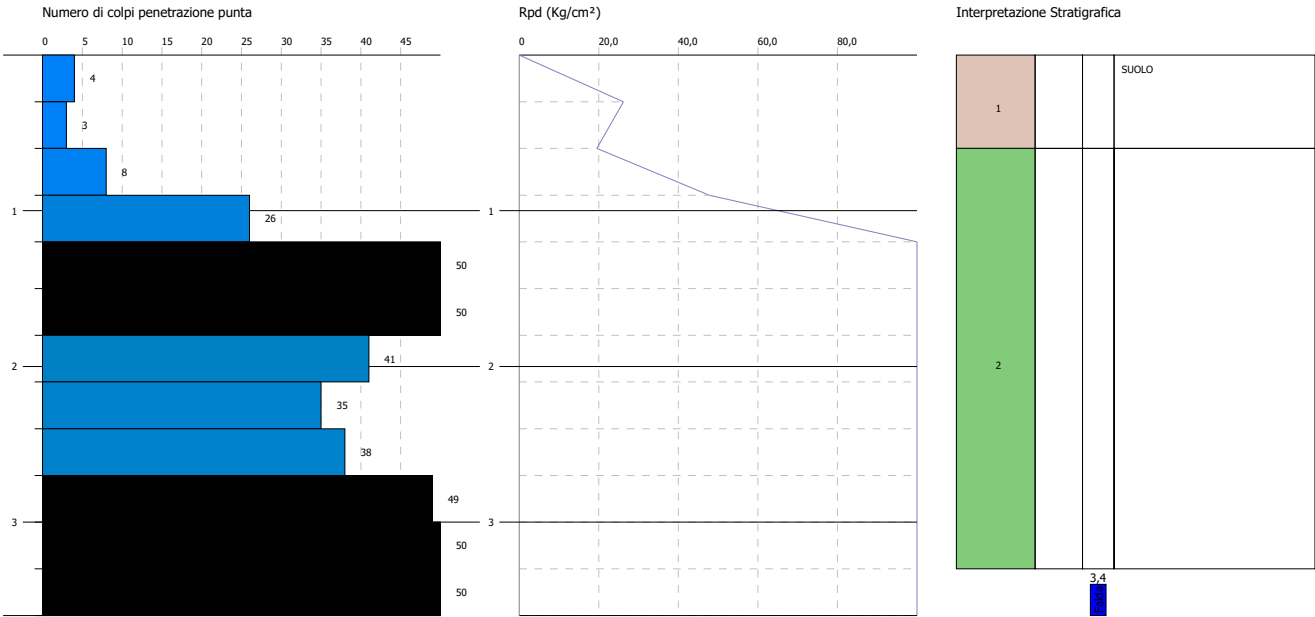


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 5
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: SOC. AGR. ILBAITONE DI TESADRI FABRIZIO, DAVIDE E LUCA SS
Descrizione: PDR BAITONE
Località: SOAVE DI PORTO MANTOVANO (MN)

Data: 20/03/2018

Scala 1:50



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 6
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: SOC. AGR. ILBAITONE DI TESADRI FABRIZIO, DAVIDE E LUCA SS
Descrizione: PDR BAITONE
Località: SOAVE DI PORTO MANTOVANO (MN)

Data: 20/03/2018

Scala 1:50

