

COMUNE DI CASTIGLIONE DELLE STIVIERE



PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

INTERVENTI DI VIABILITA' - NUOVA ROTATORIA INCROCIO PORTA LAGO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Ing. Leo Galli		PROGETTISTA Ing. Davide Zubbi Via Deretti n. 71 Carpenedolo (BS)	
RELAZIONE GEOLOGICA			ELABORATO 4
DATA Novembre 2018			SCALA
REV.			

Provincia di Mantova

Regione Lombardia



Comune di
CASTIGLIONE DELLE STIVIERE
Provincia di Mantova

RELAZIONE DI INDAGINE E GEOLOGICA IDROGEOLOGICA E SISMICA

Ai sensi del D.M. 14.01.2008 "NTC" e DGR X/5001

RETICOLO IDRICO MINORE OPERE PER INTERVENTI DI SALVAGUARDIA SUL TERRITORIO

COMMITTENTE :

COMUNE DI CASTIGLIONE DELLE STIVIERE (MN)

Il relatore

Dott. Geol. **Giuliano Donaera**

Dr. Geologo
**GIULIANO
DONAERA**
n. 1150

Castiglione delle Stiviere, li 03/01/2017

Commessa	Data	Descrizione	Revisione	Redatta
PRJ.051.16	03/01/2017	Relazione geologica idrogeologica e sismica – relazione di indagine	01/2017	Dott. G. Donaera

Studio GEO Ambiente

Via Prede n. 16 ~ Castiglione delle Stiviere (Mn)
Telefono 0376.1505961 ~ Fax 0376.1505960
Partita I.V.A. : 02284190200

E info@studiogeoambiente.it
W www.studiogeoambiente.it
P gdonaera@epap.sicurezza postale.it

RELAZIONE GEOLOGICA IDROGEOLOGICA E SISMICA

ai sensi del D.M. 14.01.2008 " Norme tecniche per le costruzioni" – e DGR X/5001 del 30/03/2016

Contiene il piano delle indagini geognostiche

RETICOLO IDRICO MINORE OPERE PER INTERVENTI DI SALVAGUARDIA SUL TERRITORIO

COMMITTENTE: **AMM. COMUNALE CITTA' DI CASTIGLIONE DELLE STIVIERE (MN9**
Via Cesare Battisti N. 4
46043 Castiglione delle Stiviere (MN)

PREMESSA	4
1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	6
2. INQUADRAMENTO URBANISTICO DELL'AREA	7
2.1 VINCOLI	7
2.2 FATTIBILITÀ	7
2.3 VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI	7
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	8
3.1 GEOLOGIA DELL'AREA	8
3.2 UNITÀ LITOLOGICHE AFFIORANTI	9
3.3 GEOMORFOLOGIA E IDROLOGIA SUPERFICIALE	10
4. IDROGEOLOGIA	12
4.1 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	12
5. AZIONE SISMICA (MODELLO SISMICO DEL SITO)	14
PERICOLOSITÀ DI RIFERIMENTO PER IL TERRITORIO NAZIONALE E REGIONALE	14
5.1 INDAGINE SISMICA MASW	16
5.1.1 CENNI SULLA METODOLOGIA MASW	16
5.1.2 ACQUISIZIONE DEI DATI	17
5.1.3 ANALISI ED ELABORAZIONE CONGIUNTA DEI SEGNALE ACQUISITI	18
5.2 PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO	20
5.3 DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE	22
6. INDAGINI GEOGNOSTICHE	23
6.1 PERFORAZIONI DI SONDAGGIO	24
L'ATTREZZATURA IMPIEGATA PER L'ESECUZIONE DEI SONDAGGI È LA SEGUENTE:	24
6.1.1 MODALITÀ ESECUTIVE DELLA PERFORAZIONE	24
6.1.2 PROVE GEOTECNICHE E RILIEVI IN FORO DI SONDAGGIO	25
• STANDARD PENETRATION TEST (SPT)	25
6.2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SCPT (STANDARD CONE PENETRATION TEST)	27
7. LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	34

Sommario e indice delle tavole e allegati

8. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE.....	37
9. TERRE E ROCCE DA SCAVO.....	38
9.1 PRESUPPOSTI PER L'UTILIZZO.....	38
9.2 MODALITÀ DI UTILIZZO.....	39
10. CONCLUSIONI.....	40

INDICE DELLE TAVOLE E ALLEGATI:

- TAV 1 - Corografia generale in scala 1:10.000;
- TAV 2 - Carta geologica in scala 1:10.000;
- TAV 3 – Ubicazione indagini geognostiche;
- Tabulati e grafici prove penetrometriche;
- Stratigrafie sondaggi e trincee;

- **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;**
- Legge Regionale Lombardia 11.03.2005 n. 12 – **“Legge per il governo del territorio”;**
- D.G.R. Lombardia n. 8/7374 del 28.05.2008 **“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”;**
- Legge Regionale Lombardia n. 33/2015 **“Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e 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)”;**

- **BIBLIOGRAFIA**

- **PGT del Comune di CASTIGLIONE DELLE STIVIERE (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**

- Programma di tutela ed uso delle acque PTUA – DGR n. 2244 03/2006 e relative NTA;
- D. Lgs. 152/2006 artt. 184bis - 184ter -185 – 186 “ Testo unico ambiente o codice dell’ambiente”.
- Progetto Plume Provincia di Mantova;
- Osservatorio Rifiuti della provincia di Mantova;
- Piano Cave della Provincia di Mantova;

- **TERRE E ROCCE DA SCAVO**

- D. Lgs. 205/2010 “Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del parlamento Europeo e del consiglio del 19/11/2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive”.
- DM 161/2012 – “Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo” e s.m.i.

PREMESSA

Per conto del Comune di Castiglione delle Stiviere, con determina AT n. 184 del 26/09/2016 Gen 656 , è stato conferito allo scrivente l'incarico della redazione di una relazione geologica idrogeologica e sismica, a corredo del progetto di "Intervento a salvaguardia del territorio" riguardante la realizzazione di una vasca di laminazione delle piene del torrente Riale (vaso irriguo appartenente all'allegato D del reticolo idrico comunale) a monte dell'abitato cittadino. Onde prevenire il sovralluvionamento delle aree di paese dovuto agli apporti idrici della porzione urbanizzata del nucleo storico comunale in occasione di intense precipitazioni. Il comune di Castiglione delle Stiviere, alla luce degli episodi di alluvionamento del centro e delle aree ribassate di pianura degli anni 2014-2015 ha intenzione di prevenire detti episodi potenziando la rete di raccolta ed invaso delle acque meteoriche mediante la realizzazione di invasi di laminazione delle piene fra i quali è presente "naturalmente", a monte dell'abitato, una cassa di espansione del vaso Riale, principale vaso irriguo che attraversa il paese e che costituisce in caso di precipitazioni il principale recapito fondo-vallivo delle acque, con non poche criticità dovute al sottodimensionamento della sezione attuale e dei tombotti esistenti nei confronti delle portate eccezionali che si verificano negli ultimi anni, aventi intensità corrispondente a tempi di ritorno superiori a 100 anni.

L'area in studio è costituita dalla valle fluviale del Vaso Riale, traccia di un antico scaricatore fluvioglaciale che in loc. Fichetto del Comune di Castiglione delle Stiviere, prima dell'ingresso da est nel centro storico cittadino, crea una depressione sinuosa che si snoda tra i rilievi morenici del monte della Palazzina e del Monte del Castello dovuta ai cicli di erosione e deposito che nel tempo si sono susseguiti. Detta depressione che prosegue anche all'interno del centro comunale costituendo il Parco Pastore ed il Parco Desenzani ed oltre, rappresenta la naturale sede e il recapito delle acque meteoriche che si invasano dal bacino del comparto collinare su cui sorge parte dell'abitato cittadino. La forma infatti ricorda proprio una naturale espansione del corpo idrico per calmierare le piene tanto che la via in ingresso al paese ne ricorda la precedente destinazione – Via Portalago.

Per tale ragione potendo sfruttare la presenza di un "setto" antropico costituito dal rilevato stradale per "arginare" invasando e laminando parte degli apporti idrici del torrente prima del suo ingresso in paese, è stato eseguito uno studio geologico e redatta la presente relazione sintesi e compendio dei dati acquisiti durante il rilevamento geologico dell'area e le informazioni provenienti dalle indagini geognostiche e sismiche appositamente eseguite nell'area di intervento, 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 dell'area, necessario alla successiva progettazione esecutiva delle opere. Si precisa che

detta relazione costituisce uno studio preliminare/fattibilità in quanto allo stato attuale non è disponibile un progetto definitivo delle opere su cui affinare le scelte progettuali e le eventuali prescrizioni da seguire.

L'incarico prevede la realizzazione di indagini geognostiche e sismiche finalizzate a caratterizzare i terreni costituenti il fondo dell'invaso e il setto frontale costituito dal rilevato stradale che collega l'abitato di Castiglione delle Stiviere con Desenzano del Garda.

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 sui luoghi, basati sull'osservazione delle forme del territorio e delle litologie superficiali, correlati al passato geologico dell'area. Lo studio è completato con l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche e sismiche sito specifiche 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).

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Essa è impostata ad una quota altimetrica di 109.0 m s.l.m, in corrispondenza del corso del Vaso Riale in loc. Fichetto del Comune di Castiglione delle Stiviere (Mn) tra i rilievi morenici isolati appartenenti all'anfiteatro morenico Benacense, che costituiscono l'arco più esterno della massima espansione del ghiacciaio.

Geograficamente è rappresentata nella CTR RL (Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia) alla scala 1:10.000 alla sezione D6E4 con coordinate baricentriche dell'area (WGS 84): 45°23'38" latitudine N, 10°29'561' longitudine E;

Dal punto di vista geologico l'area è rappresentata a scala regionale nel foglio n. 48 "Peschiera del Garda" della CGI (Carta Geologica D'Italia) alla scala 1:100.000 ed in maggior dettaglio nella Carta Geolitologica alla scala 1:10.000 (Tav 1) dello studio geologico a corredo del vigente 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 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 alle consistenza delle opere in progetto, trattandosi di opere con finalità idraulica la zona di massima protezione del corpo idrico è di fatto assorbita dalla futura destinazione.

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 Castiglione delle Stiviere indica per l'area in questione una classe di fattibilità 2A (classe di fattibilità con modeste limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni).

Tale classe è caratteristica dell'unità geologica dei depositi morenici che presentano generalmente discrete caratteristiche geotecniche dei depositi con elevata vulnerabilità idrogeologica connessa alla presenza di terreni permeabili. Le NTA impongono per la classe di fattibilità 2A, 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 (Tav. 4 PGT comunale) l'area è inquadrata nello scenario Z4a "Zone di pianura".

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 nuovo PGT del comune di Castiglione delle Stiviere, 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 molto elevata della falda.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

3.1 Geologia dell'area

L'area è comprensiva di due unità morfologiche ben definite: la fascia della media pianura padana ed alcune colline dell'arco esterno dell'anfiteatro morenico del Garda; la quota della pianura rispetto al livello del mare è sui 90 metri e quella delle colline oscilla tra i 100 ed i 200 metri.

Geologicamente sono presenti unità litologiche incoerenti che, per la loro eterogeneità granulometrica e mineralogica, dovuta alla loro origine ed ai molteplici meccanismi di deposizione, mostrano litofacies variabilissime. Si può tranquillamente ammettere che, all'interno delle formazioni geologiche descritte sommariamente in questo paragrafo, si possono trovare membri e talvolta anche unità di caratteristiche litologiche molto diverse. Geologicamente sono presenti i caratteri morfologici legati all'attività glaciale e fluvioglaciale quaternaria; in particolare la presenza di numerosi cordoni morenici di età Rissiana, deposti nel Pleistocene Superiore ed originatisi in seguito allo scioglimento dei ghiacciai quaternari del Garda e della Val d'Adige.

Tali depositi, detti "morene," sono costituiti da una mescolanza caotica di materiali differenti per genesi e provenienza, granulometricamente eterogenei, strappati a monte dall'azione erosiva del ghiacciaio e trasportati nonché deposti a valle durante le fasi di scioglimento e ritiro. Si tratta di un insieme eterogeneo, e spesso fittamente lentiforme, di ghiaie, sabbie, limi e argille; le ghiaie talora debolmente cementate sono ricoperte da uno strato di alterazione argilloso di colore rossastro o rosso bruno, con rari ciottoli calcarei, dello spessore massimo di 1,00 – 1,20 m. Dove la copertura è stata dilavata ed erosa dalle acque ruscellanti, affiora la morena ghiaiosa fresca, con inglobati massi erratici di varia natura. La complessità dei rapporti geometrici esistenti all'interno dei depositi morenici e le numerose interdigitazioni, rendono la rappresentazione geologica di difficile interpretazione. A sud delle colline moreniche si stende la piana fluvioglaciale o "Sandur", originata nel periodo post-glaciale Wurmiano dallo scioglimento dei ghiacciai durante le fasi di ritiro.

I numerosi "scaricatori fluvioglaciali", che percorrendo le cerchie moreniche, hanno generato terrazzi morfologici sospesi sul fondovalle pluviale-fluviale wurmiano, terminano allo sbocco delle valli inframoreniche principali con conoidi a ventaglio di materiali sciolti, generalmente incise e marcate da tracce diffuse di corsi d'acqua a canali intrecciati (Braided) creando una fascia di passaggio tra le colline moreniche e la piana alluvionale vera e propria, detta unità pedecollinare.

Dall'esame della carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (Foglio 48 – Peschiera del Garda) l'area in esame appartiene ai "Depositi fluvioglaciali e fluviali Wurmiani". Si tratta di un insieme eterogeneo, di ghiaie, sabbie, limi e argille;

3.2 Unità litologiche affioranti

Di seguito si descrivono sommariamente le formazioni affioranti nel territorio preso in esame, partendo dalle unità più antiche. A partire dai depositi più recenti abbiamo (da relazione geologica generale PGT di Castiglione delle Stiviere (MN):

- Depositi morenici: il loro accumulo rappresentò l'ultimo atto di una serie complessa di avanzate e ritiri del fronte glaciale, che portarono alla costituzione dell'odierno apparato collinare; vi affiorano massi, blocchi, ciottoli, ghiaie e sabbie immersi in una matrice limoso argillosa avente funzione coesiva. I rilievi sono frequentemente ricoperti da un orizzonte pedogenizzato di colore giallo rossastro, la cui potenza varia in ragione dell'acclività e del rimodellamento antropico legato alle diffuse attività agricole. La maggioranza del nucleo storico cittadino si snoda sulla zona collinare e sulle conodidi meridionali della zona pedecollinare.

I suoli reperibili in corrispondenza dei depositi descritti sono da molto sottili a profondi, limitati dal substrato sabbioso-limoso, fortemente calcareo, con scheletro comune in superficie e frequente in profondità, a tessitura media o moderatamente grossolana, con drenaggio da buono a rapido.

- Depositi Fluviali e fluvioglaciali Wurmiani prevalentemente ghiaiosi: si tratta di terreni contemporanei ai precedenti; le azioni di erosione, trasporto e rideposizione operate dai torrenti fluvioglaciali nei confronti del materiale morenico, hanno portato all'alluvionamento degli alvei incisi interposti ai rilievi nonché della pianura antistante (sandur) al fronte principale del ghiacciaio gardesano. I terreni in questione, a tessitura ghiaiosa ed in minor misura sabbiosa, sono costituiti da clasti arrotondati, talvolta cementati e superficialmente alterati a causa della formazione di un suolo agrario rubefatto e piuttosto potente.

I materiali inframorenici e di Alta Pianura sono riconducibili al Fluvioglaciale Riss I; essi sono erosi da evidenti scarpate alte alcuni metri databili al Fluvioglaciale Riss II.

Nella zona pedecollinare la potenza del banco ghiaioso supera i 40 m, decrescendo progressivamente a Sud fino a scomparire là dove affiorano i terreni cretosi di Media Pianura. I relativi suoli sono sottili o moderatamente profondi, limitati dal substrato a forte componente ghiaioso-sabbioso-ciottoloso, con scheletro da frequente ad abbondante, a tessitura media, non o scarsamente calcarei nella parte superiore, calcarei nel substrato e a drenaggio da buono a rapido; la falda è molto profonda.

- Depositi prevalentemente sabbiosi:

la presenza di tali sedimenti a valle dell'area di sandur è correlata all'evoluzione avuta nel tempo dall'idrografia; in particolare, le sabbie si rilevano in fasce circostanti ai tracciati degli scaricatori glaciali e orientate in senso Nord-Sud.

3.3 Geomorfologia e idrologia superficiale

Il comune di Castiglione delle Stiviere ricade all'interno in parte nella fascia morenica Gardesana (settore Nord) ed in parte nell'alta pianura lombarda comprensiva anche della fascia pedecollinare.

L'alternarsi di fasi glaciali ed interglaciali, l'erosione il trasporto di materiale, in seguito rimaneggiato dagli scaricatori fluvioglaciali e rideposto, costituiscono le componenti fondamentali dei processi che hanno contribuito al modellamento della superficie topografica attuale.

Dal punto di vista geomorfologico sono presenti i caratteri morfologici legati all'attività glaciale e fluvioglaciale quaternaria; in particolare la presenza di numerosi cordoni morenici di età Rissiana, depositi nel Pleistocene Superiore ed originatisi in seguito allo scioglimento dei ghiacciai quaternari del Garda e della Val d'Adige.

Tali depositi, detti "morene," sono costituiti da una mescolanza caotica di materiali differenti per genesi e provenienza, granulometricamente eterogenei, strappati a monte dall'azione erosiva del ghiacciaio e trasportati nonché depositi a valle durante le fasi di scioglimento e ritiro.

Si tratta di un insieme eterogeneo, e spesso fittamente lentiforme, di ghiaie, sabbie, limi e argille; le ghiaie talora debolmente cementate sono ricoperte da uno strato di alterazione argilloso di colore rossastro o rosso bruno, con rari ciottoli calcarei, dello spessore massimo di 1.00 – 1.20 m.

Dove la copertura è stata dilavata ed erosa dalle acque ruscellanti, affiora la morena ghiaiosa fresca, con inglobati massi erratici di varia natura. La complessità dei rapporti geometrici esistenti all'interno dei depositi morenici e le numerose interdigitazioni, rendono la rappresentazione geologica di difficile interpretazione.

I depositi morenici, che costituiscono l'ossatura dei rilievi collinari, sono formati da sedimenti aventi una gamma granulometrica che va dalle argille ai trovanti; generalmente i ciottoli presentano un buon grado di arrotondamento anche se non si nota alcuna classazione.

I depositi superficiali, di natura argillosa, sono soggetti a fenomeni geomorfologici legati all'azione delle acque non incanalate, soprattutto all'interno degli impluvi piuttosto incisi, dove subiscono fenomeni di erosione accelerata e diffusa, ruscellamento e fenomeni gravitativi lenti. L'area in studio sulla sommità di un modesto rilievo collinare è delimitata a Ovest da una scarpata antropica mentre sui restanti lati degrada dolcemente verso il fondo vallivo della "valle del torrente Riale", riferibile all'incisione generata dal passaggio dell'antico scaricatore fluvioglaciale, peraltro visibile e caratterizzante parte del territorio comunale.

L'area di interesse è costituita dalla valle del Riale di natura prevalentemente sabbioso ghiaiosa con strato di alterazione superficiale argilloso torboso di colmata che copre le sottostanti ghiaie e sabbie in matrice argillolimoso che rappresentano i prodotti alluvionali fluvioglaciali. Tuttavia i caratteri litologici propri dell'unità descritta, sono

qui osservabili solo in parte, in quanto il profilo originario risulta essere stato modificato in seguito a passate operazioni di scavo e sbancamento legati alla costruzione della viabilità ed alle opere di utilizzo agricolo dell'area. L'idrografia superficiale è caratterizzata da alcuni elementi salienti legati in particolare all'azione degli scaricatori fluvioglaciali, i quali hanno determinato la costruzione di un sistema di depositi terrazzati alternati ad aree relativamente depresse.

Il territorio in questione, in quanto appartenente all'anfiteatro morenico benacense, presenta la tipica idrografia superficiale che contraddistingue le zone collinari moreniche: tali aree sono normalmente caratterizzate dalla presenza di piccoli torrenti di limitato bacino idrografico a deflusso interno od esterno, con portate modeste.

Nell'area non si osservano emergenze idriche di rilievo, se non quelle che scaturiscono dalle acque meteoriche e d'infiltrazione a monte in occasione di intense e prolungate precipitazioni.

L'intervento in oggetto concerne una porzione attualmente inedificata di un ampio lotto agricolo ; si tratta di una superficie morfologicamente irregolare, in parte rimodellata ben delimitata con forma a catino.

La regimazione delle acque di versante è attualmente a spaglio, tale che l'area in questione, ribassata tramite scarpate in terra presenta alcuni fenomeni di instabilità in atto, ovvero potenziali situazioni in rapida evoluzione morfologica dovute principalmente all'erosione non incanalata delle acque ruscellanti provenienti dalla strada di coronamento e dalla manutenzione praticamente assente del verde sulle scarpate.

4. IDROGEOLOGIA

4.1 Inquadramento idrogeologico

Per quanto attiene l'area è costituita superficialmente da termini fini limoso argillosi e torbosi di colmata presumibilmente dovuti alla naturale funzione di cassa di espansione/laminazione con deposito e sedimentazione in acque calme, che ricoprono le sottostanti sabbie e ghiaie dovuti alle fasi alluvionali del torrente. Tali depositi a granulometria incoerente ghiaiosa sabbiosa sono altamente permeabili e consentono una rapida circolazione idrica ed il drenaggio delle acque di infiltrazione.

La carta idrogeologica rappresenta, per l'area in questione, una direzione di flusso NW-SE riferita alla falda presente nei depositi alluvionali sottostanti il complesso morenico. Dalla piezometria si riporta il valore del livello freatico che si situa a quota di 81.00 m s.l.m (circa 28 m da p.c.) , mentre dalle indagini la quota di falda si attesta poco sotto il piano campagna a profondità variabili tra 1.60 e 1.90 m da p.c. per il ristagno delle acque meteoriche sulla coltre superficiale a bassa permeabilità.

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).

Il sistema acquifero morenico che si estende a nord fino al lago di Garda è che da esso è alimentato giova inoltre di ulteriori apporti provenienti dagli acquiferi al contorno (sistema Chiese-Oglio), da afflussi profondi e da infiltrazioni di acque irrigue e meteoriche. Lo schema della circolazione idrica sotterranea della porzione morenica è stato ricostruito analizzando congiuntamente le stratigrafie di pozzi limitrofi e i vari elementi geologici che concorrono a definire l'assetto idrogeologico (litologia superficiale e profonda, geomorfologia, piezometria e chimismo). L'area si compone di almeno tre unità idrogeologiche che sfumano una in successione all'altra:

- unità delle colline moreniche
- unità pedecollinare
- unità dell'alta pianura.

Nell'unità delle colline moreniche, causa la caoticità ed eterogeneità dei depositi legata alla dinamica deposizionale, non si rinvencono negli strati superficiali (fino a 30/40 m circa) vere e proprie falde idriche a carattere permanente, ma solamente falde sospese poco estese di modesto spessore il cui livello piezometrico è fortemente influenzato dal locale regime pluviometrico e dagli apporti irrigui.

In profondità sono invece presenti acquiferi più estesi, con spessori notevoli caratterizzati da una ricca circolazione idrica probabilmente in funzione di una comunicazione diretta con il bacino benacense posto a monte.

Nel settore pedecollinare, che funge da raccordo tra l'unità morenica e quella di alta pianura, la litologia dei depositi superficiali, dovuta essenzialmente al trasporto ad opera degli scaricatori fluvioglaciali, è di natura ciottolosa-ghiaiosa-sabbiosa e conferisce agli stessi elevata permeabilità.

La fascia pedecollinare si configura quindi come l'area di principale ricarica degli acquiferi da parte degli apporti pluviometrici, fluviali ed in particolare delle acque di irrigazione, le quali essendo a carattere stagionale, determinano fluttuazioni del livello piezometrico dell'ordine anche di qualche metro.

In profondità, il sottosuolo si configura come un acquifero monostrato compartimentato con livelli in pressione; la presenza di orizzonti semipermeabili permette lo scambio idrico tra livelli sovrapposti.

Nella zona circostante il lotto in esame la cartografia in esame evidenzia "aree ad elevata vulnerabilità", dovuta prevalentemente all'elevata permeabilità dei depositi superficiali, che consente una rapida percolazione di qualsivoglia sostanza contaminante, anche in relazione alla naturalità dei luoghi che conferisce la denominazione di "aree sensibili agli usi antropici".

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.

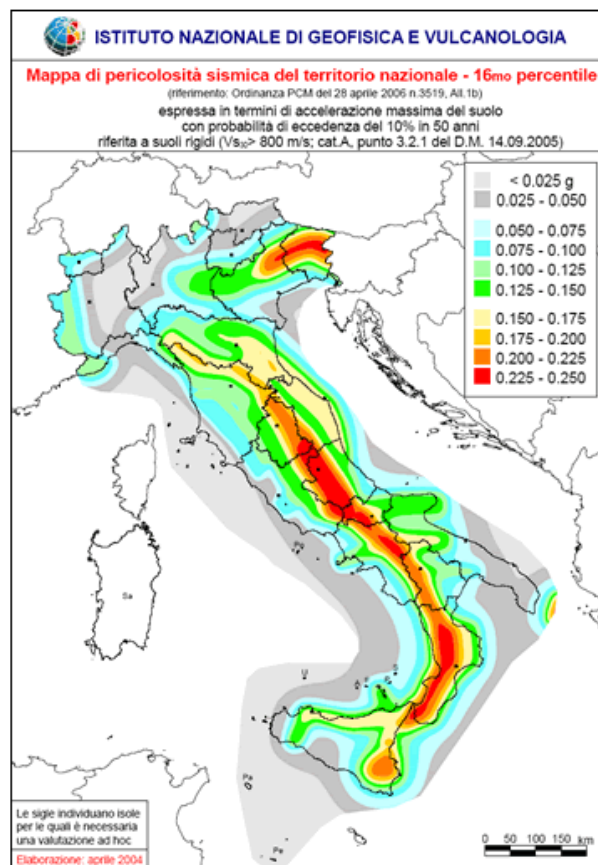
- D.G.R. della Regione Lombardia, n. 7/14964 del 7/11/2003 " Disposizioni preliminari per l'attuazione dell'Ordinanza Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche 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 Castiglione delle Stiviere è classificato in zona sismica 2**

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 Masw

5.1.1 Cenni sulla metodologia MASW

Con una prospezione sismica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) si analizza il fenomeno della dispersione che le onde di superficie subiscono in un mezzo stratificato. La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda (λ), quindi frequenza è, infatti, influenzata dalle proprietà che il sottosuolo attraversato possiede ed è detta velocità di fase.

Le MASW attive sono realizzate tramite analisi delle onde di Rayleigh o di Love oppure, congiuntamente Rayleigh + Love. Queste rappresentano le onde di superficie prodotte dall'interazione delle onde di corpo (P e S) con una superficie di discontinuità fisica. Le onde di Rayleigh, e più precisamente le loro componenti verticali, vengono registrate tramite i comuni geofoni verticali a bassa frequenza e generate da una sorgente ad impatto verticale, la classica martellata. Le onde di Love invece vengono acquisite mediante geofoni a componente orizzontale e generate applicando una sorgente di taglio al terreno, questo perché le loro componenti si muovono solamente sul piano orizzontale, con oscillazione perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione dell'onda. Durante l'indagine in oggetto sono state registrate solo le componenti verticali delle onde di Rayleigh.

Il principio della tecnica MASW prevede che, poiché la dispersione delle onde di superficie dipende dalle caratteristiche del sottosuolo e dalle sue variazioni verticali, dalla determinazione delle curve di dispersione del segnale è possibile ricavare le caratteristiche fondamentali del mezzo quali ad esempio la velocità delle onde di taglio V_s e lo spessore degli strati. La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) infatti è correlabile alla V_s , essendo pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio.

L'analisi del fenomeno della dispersione, che avviene attraverso la curva di dispersione, permette quindi di determinare le caratteristiche del sottosuolo. La curva di dispersione del dataset è ottenuta mediante il passaggio dal dominio spazio-tempo (sismogramma) al dominio velocità di fase/frequenza (spettro di velocità) effettuato mediante specifica operazione con software dedicato.

Tenuto conto di quanto richiesto per l'applicazione della normativa relativa alla progettazione geotecnica, si ritiene che la metodologia di analisi MASW, risulti idonea alla definizione dei dati richiesti. Tale scelta risulta avvalorata dalle seguenti considerazioni:

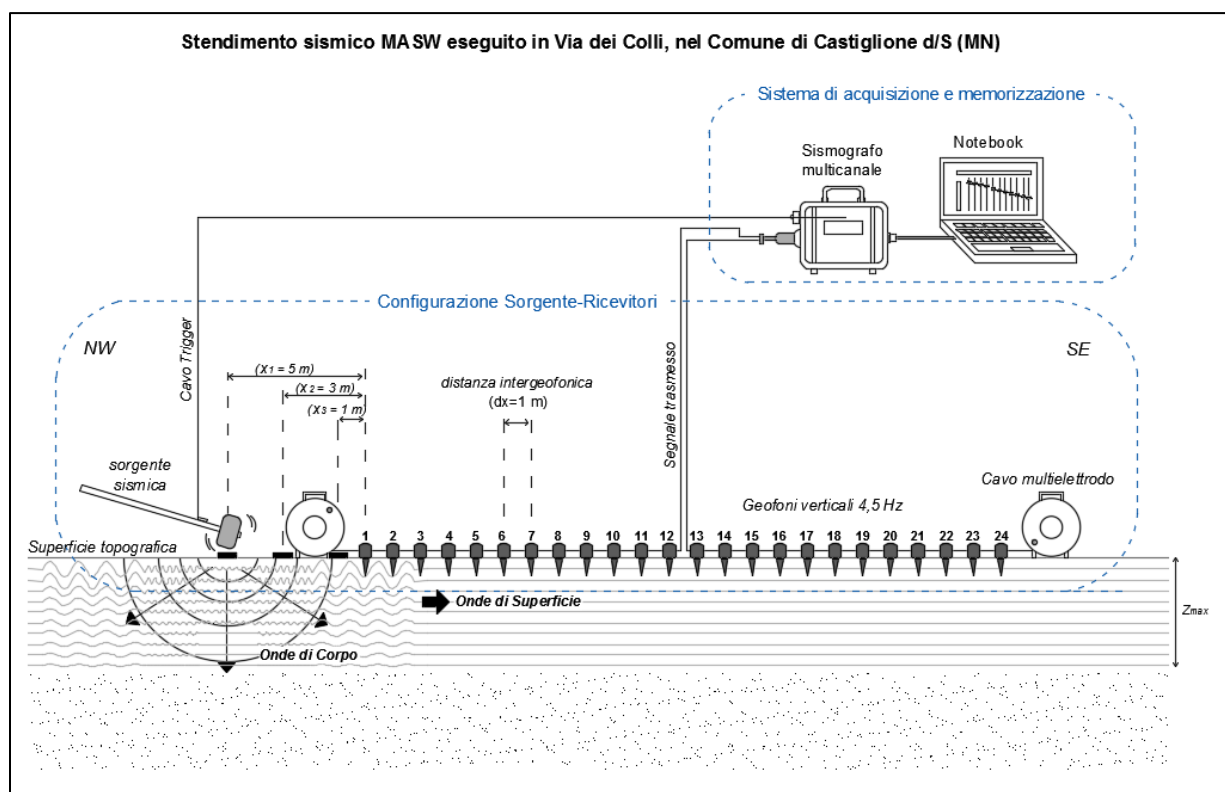
- 1 - La percentuale di energia convertita in onde Rayleigh o di Love è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).
- 2 - La propagazione e dispersione delle onde di Rayleigh o di Love si verifica senza problemi anche in caso di inversioni di velocità. Rispetto alla sismica a rifrazione, infatti, il metodo MASW non presenta problemi legati alla presenza di strati soffici compresi tra strati più rigidi.

- 3 - La propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito (categoria di suolo in base al Testo Unico).

5.1.2 Acquisizione dei dati

L'acquisizione dei dati è avvenuta mediante registrazione della propagazione delle onde di Rayleigh generate da una sorgente ad impatto (martellata), tramite uno stendimento sismico di 24 geofoni a componente verticale ed un sismografo multicanale.

L'ubicazione e la lunghezza dello stendimento è stata scelta in funzione della logistica dei luoghi e dell'ingombro dell'edificio esistente. L'allineamento sismico per l'acquisizione delle onde di Rayleigh ha previsto una distanza tra i geofoni pari a 1,0 m ed una serie di scoppi esterni e coniugati all'ultimo geofono con offset variabili (1-3-5 m) a diversa intensità di energizzazione.



Schema di acquisizione adottato per lo stendimento sismico MASW.

La strumentazione utilizzata si compone nello specifico di:

- una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche direzionali e ricche di energia realizzata mediante la battuta verticale e orizzontale di una mazza battente di 10 kg su piastra;

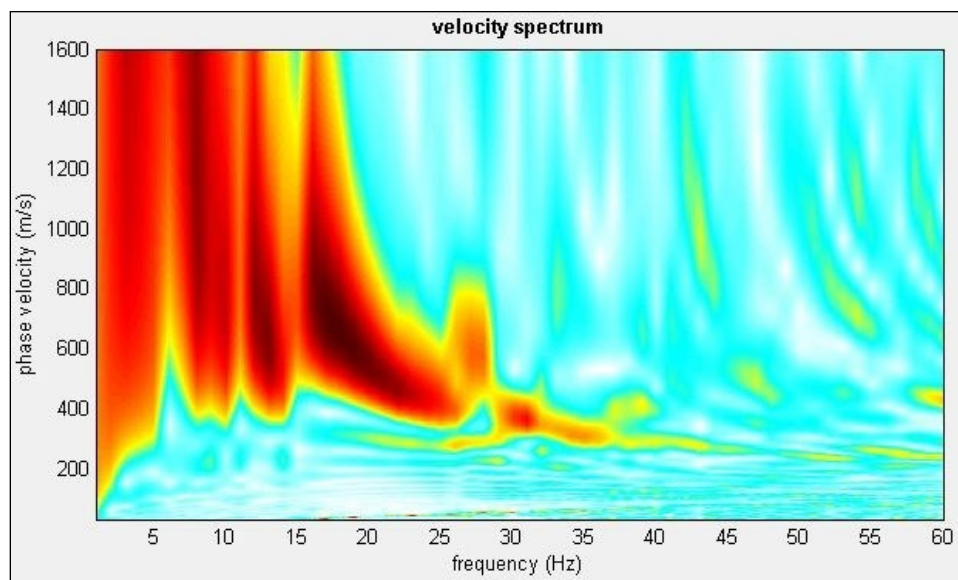
- un sistema di ricezione costituito da uno stendimento di 24 geofoni a movimento verticale (Geospace GS11D) a frequenza di 4,5 Hz e puntali da 3", collegati mediante un cavo multielettrodo;
- un sistema di acquisizione e memorizzazione costituito da un sismografo modulare in grado di registrare in modo digitale le forme d'onda generate (Geode Geometrics Mod. 3-1000); il sismografo A/D è in grado di campionare segnali tra 0.025 ms e 16 ms. Il sistema di acquisizione è completato da dispositivo di trigger, computer per l'analisi e la memorizzazione del segnale e appositi cavi di collegamento.

5.1.3 Analisi ed elaborazione congiunta dei segnali acquisiti

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (*Winmasw 4.3 – Elisoft*) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale.

La fase iniziale consiste nel filtraggio del segnale sismico per eliminare il "rumore" ed eventuali frequenze indesiderate. Il software permette di visualizzare il record sismico nel dominio spazio-tempo e visualizzando i grafici frequenza-ampiezza anche per le singole tracce. Sono disponibili varie modalità di gestione del segnale, le cui principali sono i filtri "passa basso", "passa alto", "passa banda", "taglia banda", il "muting" e l'ACG. Inoltre tramite le curve di attenuazione delle onde superficiale è possibile valutare con maggior precisione la qualità dei dati acquisiti.

La fase successiva consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza.



- Diagramma della curva di dispersione -

Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la curva della velocità di fase apparente del modo fondamentale e, ove possibile, dei modi superiori.

La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità. L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di procedimenti calcolo e algoritmi genetici di inversione (global-search methods), che gestiscono all'intero di un "spazio di ricerca", modelli caratterizzati da parametri velocità di taglio (V_s) e spessori degli strati. Altri parametri previsti dal modello sono il coefficiente di Poisson e la velocità delle onde di volume (V_p) che, assieme a spessore degli sismostrati e relative V_s , possono venire modificati anche manualmente. Tramite interazioni successive si ottiene un modello di inversione in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella modellizzata. Viene inoltre restituita una stima dell'attendibilità (deviazione standard) del modello proposto ottenuta con tecniche statistiche.

Avendo a disposizione informazioni aggiuntive, quali ad esempio stratigrafie di sondaggio, analisi granulometriche, di densità, prove CPT ecc, è possibile impostare un modello geologico\geofisico con il quale definire parametri quali lo spessore degli strati, la velocità delle onde P stimata e coefficiente di Poisson. Tale modello consente una più accurata inversione dei dati di campagna e di conseguenza una migliore definizione della sismostratigrafia del sito.

In conclusione viene restituito un diagramma (1D) delle velocità delle onde di taglio (V_s) in funzione della profondità, con relativa tabella, calcolo delle V_{s30} e correlazione al tipo di terreno, come da normativa.

Va ricordato che il diagramma 1D mostra una suddivisione sismostratigrafica ricostruita sul differente comportamento sismico dei materiali investigati. È quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti.

5.2 Profilo sismostratigrafico

L'analisi delle onde di taglio (Vs) tramite metodo MASW, ha consentito di stimare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio, come riportato in tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore V_{s30} per la sezione indagata. Il valore di V_{s30} è riferito ai primi 30 m a partire da piano campagna .

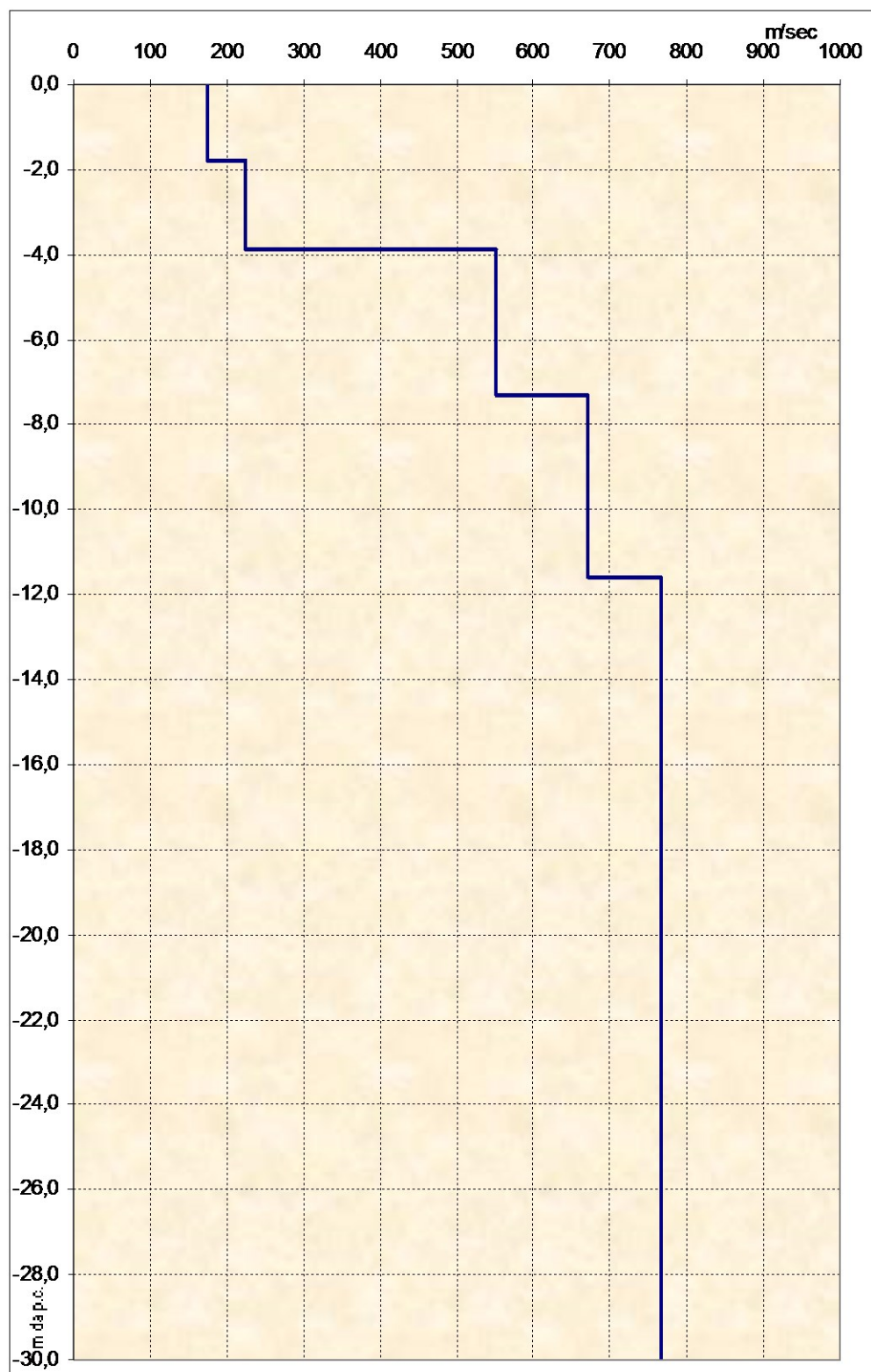
Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
-1,8	1,8	174
-3,9	2,1	224
-7,3	3,4	552
-11,6	4,3	671
-30,0	18,4	767

Il valore V_{s30} è 533 m/sec.

Secondo normativa la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la B:

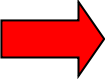
Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

	V_{s30}	Categoria di sottosuolo	Valore di V_{s30} calcolato mediante l'espressione 3.2.1 del D.M. 14/01/2008 $V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{b_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}$
Calcolo a partire dal p.c. esistente alla data delle indagini	533 (m/s)	B	Categoria di sottosuolo assegnata in base a quanto indicato nelle Tabelle 3.2 II e 3.2 III



5.3 Determinazione della categoria di suolo di fondazione

Secondo normativa (d. m. 14 / 01 /2008) la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la B:

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 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 < 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 fine 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 $i > 30^\circ$

6. INDAGINI GEOGNOSTICHE

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 è stata eseguita in fase di progettazione di massima, mediante alcune indagini e però lo scopo è da considerarsi esaustiva. Sulla base del progetto esecutivo potranno essere sviluppate alcune considerazioni ed indagini sulla stabilità delle scarpate e sul setto di testa in corrispondenza del manufatto idraulico

Con l'obiettivo di caratterizzare il sottosuolo sia da un punto di vista litostratigrafico che geotecnico e sismico, si riportano le risultanze delle indagini eseguite.

Nel complesso sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche e sismiche:

- N. 4 prove penetrometriche dinamiche tipo SCPT di profondità massima 9.00 m da quota p.c.;
- N. 1 prova sismica MASW;
- N. 2 sondaggi a carotaggio continuo di profondità massima 15,00 m;
- N. 3 trincee esplorative con escavatore meccanico;

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	11/10/2016	9.00 m
SCPT 2	11/10/2016	5.40 m
SCPT 1	11/10/2016	6.60 m
SCPT 2	11/10/2016	9.00 m
S1	28/12/2016	15.00 m
S2	28/12/2016	14.00 m
T1	28/12/2016	
T2	28/12/2016	
T3	28/12/2016	
MASW	11/10/2016	46 m lunghezza

6.1 Perforazioni di sondaggio

L'attrezzatura impiegata per l'esecuzione dei sondaggi è la seguente:

- Perforatrice idraulica cingolata Marca Geomarc mod. Gelmina GM 600/C, matricola 26/2010, completa di argano di servizio e pompa acqua modello TR 200 l/min - Pmax 45 bar;

L'attrezzatura è completa di dispositivi di sicurezza e risponde alle caratteristiche di conformità CEE 223.10 nazionali ed europee.

Le caratteristiche prestazionali sono le seguenti:

- Testa di rotazione 800 Nm
- Giri 28-500 giri/min
- Forza di tiro ed avanzamento 3900 kg
- Peso 6500 kg
- Morse idrauliche con svitatore passaggio 220 mm

6.1.1 Modalità esecutive della perforazione

Il carotaggio è stato eseguito per tutta lunghezza con carotiere semplice in avanzamento a secco e recupero integrale della carota di sondaggio.

La manovra di carotaggio ha le seguenti caratteristiche :

- Aste di perforazione : aste diametro 76 mm (serie leggera) di lunghezza 0.75 – 1.50 – 3.00 m con giunto a filetto conico M/F attacco 2"3/8 API R, con passaggio interno per il fluido di perforazione;
- Carotiere semplice; tubo sottile diametro 101/131 mm e lunghezza 1.50 m, munito all'estremità inferiore di corona al widia (carburo di tungsteno) ed all'estremità superiore di testina con attacco F per aste ;
- Asta a valvola posizionata sopra il carotiere per la trattenuta del campione e lo scarico dell'acqua contenuta entro la manovra sottofalda, senza coinvolgimento del campione;

Alternativamente all'avanzamento del carotiere di un tratto di almeno 1.50 m, è stata posta in opera una tubazione di rivestimento diam. 152 mm per il sostentamento provvisorio delle pareti del foro.

Le tubazioni di rivestimento sono costituite da tubo metallico in spezzoni di lunghezza 1.50 m giuntate a mezzo filetto quadro M/F con testina cieca superiore e corona al widia all'estremità inferiore.

Per l'avanzamento del rivestimento è stata utilizzata acqua in pressione (pressione regolabile con la profondità) con alesaggio del perforo e spurgo a vista. Il fluido di perforazione utilizzato è acqua fornita dalla rete antincendio di stabilimento sovente additivata con polimero biodegradabile in polvere tipo Biolam, per favorire la stabilità del foro e lo spurgo del cuttings.

Al termine dell'avanzamento, prima della manovra di carotaggio è stato misurato il fondo foro con scandaglio centimetrato. Le note sull'andamento della perforazione e le osservazioni di cantiere sono state redatte dal geologo di cantiere Dott. G. Donaera.

Le carote estratte durante il carotaggio sono state riposte ordinatamente entro cassette in PVC a scomparti appositamente predisposte, con indicata la quota, la sigla del foro, la data di esecuzione ed i riferimenti del cantiere. Il geologo di cantiere al completamento di ogni cassetta di sondaggio ha provveduto a redigere la stratigrafia, a fotografare la cassetta.

La descrizione stratigrafica nonché la documentazione fotografica del sondaggio sono allegate alla presente e ne costituiscono parte integrante.

6.1.2 Prove geotecniche e rilievi in foro di sondaggio

Durante la perforazione, in avanzamento, sono state eseguiti rilievi e prove in foro alcune routinarie ed alcune ad intervalli prefissati, con finalità di utilizzo pratico e geotecnico.

- Rilievi freaticimetrici

All'inizio ed al termine di ogni giornata lavorativa è stato misurato il livello della superficie piezometrica entro il foro di sondaggio. Per le misure è stato utilizzato un freaticimetro OTT mod. KI010 con cavo piatto centimetrato di lunghezza 50 m con segnalazione acustica (cicalino) e visiva del livello di acqua. Le misure eseguite sono riportate nel modulo stratigrafico di sondaggio e sinteticamente nella tabella seguente:

- Standard Penetration Test (SPT)

Ad intervalli regolari, come richiesto in specifica, sono state eseguite prove SPT (Standard Penetration Test) in avanzamento durante la perforazione.

L'intervallo di prova è di 3,00 m, coincidente con le manovre di carotaggio da 1,50 m e il ricoprimento del foro con rivestimento. La percussione è effettuata secondo le modalità contenute nella norma ASTM n° D 1586/67.

Caratteristiche dell'attrezzatura di prova

L'attrezzatura utilizzata per le prove è la seguente:

- Dispositivo con maglio a sganciamento automatico tipo Pilcon Nenzi azionato dall'argano di servizio con guida centrale;
- Peso del maglio 63.50 kg;
- Altezza di caduta libera 75.0 cm;
- Aste metalliche diametro 50.0 mm giuntate a nipplo M/M/F con filetto quadro;

- Campionatore Raymond a pareti spesse, apribile longitudinalmente, munito di scarpa aperta con estremità rastremata; in corrispondenza di livelli ghiaiosi grossolani al posto della punta aperta è stata utilizzata una punta conica chiusa.
- Campione di prova (carota);

Modalità esecutive

Al termine della manovra di carotaggio, successivamente all'estrazione del carotiere viene misurata la profondità del foro mediante scandaglio. Se la profondità del foro è coincidente con la quota raggiunta dalla perforazione viene eseguita immediatamente la prova, in caso contrario (presenza di franamenti) viene avanzato il rivestimento del foro, avendo cura di non dilavare e disturbare eccessivamente il fondo foro con l'utilizzo di acqua in pressione.

Terminate le fasi di verifica si procede a calare entro il foro mediante l'organo di servizio la batteria di aste con alla sommità inferiore il campionatore Raymond. Terminata la fase di posizionamento delle aste si procede al collegamento del dispositivo di battitura avvitato all'estremità superiore della batteria di aste e si preparano le tacche di misura, n. 3 di 15 cm cadauna.

Prima dell'inizio si chiudono le morse della macchina, onde evitare un eccessivo sventolamento del maglio e si procede a sollevare ripetutamente il maglio con cadenza regolare.

Il geologo di cantiere annota il numero dei colpi necessari per l'infissione dei singoli tratti di prova su un apposito modulo di campagna e compila l'etichetta del campione.

6.2 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'infiiggere 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 Nspt**

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 Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. 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 Qspt 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 Rpd

Formula Olandesi

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

- Rpd = 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 TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 11/10/2016
 Profondità prova 9.00 mt
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestiment o	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.30	6	0	0.853	41.73	48.94	2.09	2.45
0.60	6	0	0.847	38.42	45.36	1.92	2.27
0.90	1	0	0.842	6.36	7.56	0.32	0.38
1.20	1	0	0.836	6.32	7.56	0.32	0.38
1.50	1	0	0.831	5.86	7.05	0.29	0.35
1.80	1	0	0.826	5.82	7.05	0.29	0.35
2.10	1	0	0.822	5.79	7.05	0.29	0.35
2.40	1	0	0.817	5.76	7.05	0.29	0.35
2.70	2	0	0.813	10.72	13.19	0.54	0.66
3.00	4	0	0.809	21.33	26.38	1.07	1.32
3.30	5	0	0.805	26.54	32.98	1.33	1.65
3.60	3	0	0.801	14.90	18.60	0.74	0.93
3.90	6	0	0.797	29.66	37.20	1.48	1.86
4.20	7	0	0.794	34.45	43.40	1.72	2.17
4.50	8	0	0.790	36.98	46.79	1.85	2.34
4.80	21	0	0.687	84.40	122.83	4.22	6.14
5.10	11	0	0.784	50.44	64.34	2.52	3.22
5.40	17	0	0.731	72.69	99.43	3.63	4.97
5.70	26	0	0.678	97.61	143.93	4.88	7.20
6.00	35	0	0.625	121.19	193.75	6.06	9.69
6.30	36	0	0.623	124.13	199.29	6.21	9.96
6.60	33	0	0.620	107.56	173.39	5.38	8.67
6.90	26	0	0.668	91.25	136.61	4.56	6.83
7.20	16	0	0.716	60.16	84.07	3.01	4.20
7.50	14	0	0.713	49.94	70.00	2.50	3.50
7.80	28	0	0.661	92.58	140.00	4.63	7.00
8.10	19	0	0.709	67.38	95.00	3.37	4.75
8.40	27	0	0.657	88.73	135.00	4.44	6.75
8.70	38	0	0.605	109.71	181.23	5.49	9.06
9.00	100	0	0.553	263.97	476.93	13.20	23.85

PROVA ...SCPT 2

Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 11/10/2016
Profondità prova 5.40 mt
Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestiment o	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.30	11	0	0.853	76.51	89.73	3.83	4.49
0.60	13	0	0.797	78.34	98.29	3.92	4.91
0.90	6	0	0.842	38.18	45.36	1.91	2.27
1.20	4	0	0.836	25.29	30.24	1.26	1.51
1.50	3	0	0.831	17.57	21.14	0.88	1.06
1.80	3	0	0.826	17.46	21.14	0.87	1.06
2.10	2	0	0.822	11.58	14.09	0.58	0.70
2.40	8	0	0.817	46.06	56.36	2.30	2.82
2.70	5	0	0.813	26.81	32.98	1.34	1.65
3.00	7	0	0.809	37.34	46.17	1.87	2.31
3.30	14	0	0.755	69.69	92.34	3.48	4.62
3.60	25	0	0.701	108.63	155.00	5.43	7.75
3.90	19	0	0.747	88.02	117.80	4.40	5.89
4.20	22	0	0.694	94.62	136.40	4.73	6.82
4.50	23	0	0.690	92.87	134.53	4.64	6.73
4.80	28	0	0.687	112.53	163.77	5.63	8.19
5.10	27	0	0.684	108.02	157.92	5.40	7.90
5.40	23	0	0.681	91.62	134.53	4.58	6.73

PROVA ...SCPT 3

Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 11/10/2016
 Profondità prova 6.60 mt
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestiment o	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.30	7	0	0.853	48.69	57.10	2.43	2.86
0.60	8	0	0.847	51.23	60.49	2.56	3.02
0.90	6	0	0.842	38.18	45.36	1.91	2.27
1.20	1	0	0.836	6.32	7.56	0.32	0.38
1.50	1	0	0.831	5.86	7.05	0.29	0.35
1.80	1	0	0.826	5.82	7.05	0.29	0.35
2.10	1	0	0.822	5.79	7.05	0.29	0.35
2.40	3	0	0.817	17.27	21.14	0.86	1.06
2.70	4	0	0.813	21.44	26.38	1.07	1.32
3.00	9	0	0.809	48.00	59.36	2.40	2.97
3.30	10	0	0.805	53.07	65.96	2.65	3.30
3.60	11	0	0.801	54.62	68.20	2.73	3.41
3.90	7	0	0.797	34.60	43.40	1.73	2.17
4.20	19	0	0.744	87.61	117.80	4.38	5.89
4.50	30	0	0.690	121.13	175.47	6.06	8.77
4.80	32	0	0.637	119.24	187.17	5.96	9.36
5.10	32	0	0.634	118.67	187.17	5.93	9.36
5.40	23	0	0.681	91.62	134.53	4.58	6.73
5.70	27	0	0.678	101.37	149.46	5.07	7.47
6.00	29	0	0.675	108.44	160.54	5.42	8.03
6.30	33	0	0.623	113.78	182.68	5.69	9.13
6.60	38	0	0.620	123.86	199.66	6.19	9.98

PROVA ...SCTP 4

Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 09/04/2017
 Profondità prova 9.00 mt
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestiment o	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.30	3	0	0.853	20.87	24.47	1.04	1.22
0.60	10	0	0.847	64.04	75.61	3.20	3.78
0.90	4	0	0.842	25.45	30.24	1.27	1.51
1.20	7	0	0.836	44.26	52.92	2.21	2.65
1.50	12	0	0.831	70.27	84.54	3.51	4.23
1.80	13	0	0.776	71.10	91.59	3.56	4.58
2.10	18	0	0.772	97.86	126.81	4.89	6.34
2.40	12	0	0.817	69.08	84.54	3.45	4.23
2.70	2	0	0.813	10.72	13.19	0.54	0.66
3.00	1	0	0.809	5.33	6.60	0.27	0.33
3.30	1	0	0.805	5.31	6.60	0.27	0.33
3.60	2	0	0.801	9.93	12.40	0.50	0.62
3.90	2	0	0.797	9.89	12.40	0.49	0.62
4.20	3	0	0.794	14.76	18.60	0.74	0.93
4.50	4	0	0.790	18.49	23.40	0.92	1.17
4.80	5	0	0.787	23.02	29.24	1.15	1.46
5.10	9	0	0.784	41.27	52.64	2.06	2.63
5.40	10	0	0.781	45.68	58.49	2.28	2.92
5.70	10	0	0.778	43.08	55.36	2.15	2.77
6.00	10	0	0.775	42.93	55.36	2.15	2.77
6.30	9	0	0.773	38.50	49.82	1.93	2.49
6.60	11	0	0.770	44.52	57.80	2.23	2.89
6.90	14	0	0.718	52.81	73.56	2.64	3.68
7.20	17	0	0.716	63.92	89.32	3.20	4.47
7.50	21	0	0.663	69.66	105.00	3.48	5.25
7.80	25	0	0.661	82.66	125.00	4.13	6.25
8.10	33	0	0.609	100.52	165.00	5.03	8.25
8.40	35	0	0.607	106.27	175.00	5.31	8.75
8.70	31	0	0.605	89.50	147.85	4.47	7.39
9.00	37	0	0.603	106.49	176.46	5.32	8.82

7. 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:

- Da 0.00 a 1.50 m da p.c. è presente uno strato di terreno di copertura vegetale rimaneggiato/riportato (terrapieno scarpata)
- Da 1.50 a -3.60/3.90 m da p.c. sono presenti depositi fluvioglaciali addensati.
- Oltre i depositi fluvioglaciali di conoide sono presenti depositi morenici addensati sino alla massima profondità indagata di 4.80 m da p.c. per raggiungimento del rifiuto alla punta.

Prof. Strato (m)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	(N1)60	Descrizione
1.5	Incoerente - coesivo	1.9	1.91	0.14	6.55	Riporto
3.6	Incoerente - coesivo	2.11	2.21	0.51	13.58	fluvioglaciale
4.5	Incoerente	2.39	2.19	0.84	34	morenico

Modello geotecnico di riferimento **ZONA VASCA DI LAMINAZIONE (PROVE SCPT E TRINCEE T)**

UNITA' GEOTECNICA A – DEPOSITI DI COLMATA RECENTI da p.c. a 3.00/4.20 m da p.c.

Al di sotto della coltre di suolo di copertura dello spessore di circa 30 cm, identifichiamo la prima unità litologica costituita da depositi limoso argillosi che costituiscono il riempimento di sedimentazione della valle su cui si sviluppa tutta l'area di intervento; ; valori di N30 DPSH medi 2-3 colpi; i depositi sono saturi dalla quota media di 1.60/1.90 m da p.c.

Ad essa si possono assegnare i seguenti parametri geotecnici medi:

Peso di volume naturale (t/mc)	$\gamma = 1.70$
Angolo di resistenza al taglio (°gradi)	$\phi = 24^\circ$
Densità relativa (%)	$D_r = 20-25\%$
Coesione non drenata C_u (kg/cm ²)	$C_u = 0.30$
Classificazione AGI	Poco consistenti
Modulo di reazione K_0	$K_0 = 0.00$

UNITA' GEOTECNICA B – DEPOSITI FLUVIOGLACIALI

Al di sotto dei depositi di colmata identifichiamo la prima unità litologica naturale costituita da depositi fluvioglaciali poco o moderatamente addensati, costituiti da sabbie con ghiaie in matrice limosa; sono presenti locali intercalazioni fini limose a minore grado di consistenza; valori di N30 DPSH medi 10 colpi;

Ad essa si possono assegnare i seguenti parametri geotecnici medi:

Peso di volume naturale (t/mc)	$\gamma = 1.80$
Angolo di resistenza al taglio (°gradi)	$\varnothing^\circ = 28^\circ$
Densità relativa (%)	$Dr = 20-35\%$
Coesione non drenata C_u (kg/cm ²)	$C_u = 0.00$
Classificazione AGI	Mod addensato
Modulo di Young (kg/cm ²)	$Y = 110$
Modulo Edometrico (kg/cm ²)	$E = 50$
Modulo di Poisson (kg/cm ²)	$P = 0.33$
Modulo di reazione K_0	$K_0 = 3.00$

UNITA' GEOTECNICA C – DEPOSITI MORENICI

La seconda unità litologica naturale è costituita da depositi morenici addensati asciutti, che costituiscono lo zoccolo morenico/substrato; ; valori di N30 DPSH medi 35 colpi;

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)	$\varnothing^\circ = 34^\circ$
Densità relativa (%)	$Dr = 60-70\%$
Coesione non drenata C_u (kg/cm ²)	$C_u = 0.00$
Classificazione AGI	Molto addensato
Modulo di Young (kg/cm ²)	$Y = 250$
Modulo Edometrico (kg/cm ²)	$E = 80$
Modulo di Poisson (kg/cm ²)	$P = 0.27$
Modulo di reazione K_0	$K_0 = 8.00$

Modello geotecnico di riferimento ZONA RILEVATO STRADALE (SONDAGGI S1 – S2)**UNITA' GEOTECNICA A – DEPOSITI DI RIPORTO da p.c. a 11.00 m da p.c.**

Al di sotto della pavimentazione stradale e relativa massciata dello spessore di circa 30 cm, identifichiamo la prima unità litologica costituita da depositi riportati sabbioso ghiaiosi in matrice limosa che costituiscono il rilevato stradale; ; valori di N30 DPSH medi 10/15 colpi; i depositi sono asciutti.

Ad essa si possono assegnare i seguenti parametri geotecnici medi:

Peso di volume naturale (t/mc)	$\gamma = 1.80$
Angolo di resistenza al taglio (°gradi)	$\phi^\circ = 30^\circ$
Densità relativa (%)	$Dr = 30-35\%$
Coesione non drenata C_u (kg/cm ²)	$C_u = 0.00$
Classificazione AGI	Mod addensato
Modulo di Young (kg/cm ²)	$Y = 140$
Modulo Edometrico (kg/cm ²)	$E = 70$
Modulo di Poisson (kg/cm ²)	$P = 0.33$
Modulo di reazione K_0	$K_0 = 4.00$

UNITA' GEOTECNICA B – DEPOSITI MORENICI

La seconda unità litologica naturale è costituita da depositi morenici addensati asciutti, che costituiscono lo zoccolo morenico/substrato; ; valori di N30 DPSH medi 35 colpi;

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)	$\phi^\circ = 34^\circ$
Densità relativa (%)	$Dr = 60-70\%$
Coesione non drenata C_u (kg/cm ²)	$C_u = 0.00$
Classificazione AGI	Molto addensato
Modulo di Young (kg/cm ²)	$Y = 250$
Modulo Edometrico (kg/cm ²)	$E = 80$
Modulo di Poisson (kg/cm ²)	$P = 0.27$
Modulo di reazione K_0	$K_0 = 8.00$

8. 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;
- la storia delle sollecitazioni sismiche;
- 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:

- **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**

9. 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 purchè 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), così come modificato dal "Testo del decreto-legge 29 novembre 2008, n. 185 (in Gazzetta Ufficiale - n. 280 del 29 novembre 2008, S.O. n. 263/L), coordinato con la legge di conversione 28 gennaio 2009, n. 2 (in questo stesso supplemento ordinario alla pag. 1), recante: «Misure urgenti per il sostegno a famiglie, lavoro, occupazione e impresa e per ridisegnare in funzione anti-crisi il quadro strategico nazionale»" le terre e rocce da scavo sono rifiuti fatto salvo che non sia dimostrata la certezza del loro utilizzo come sottoprodotto e non provengano da siti contaminati.

Ai sensi della vigente normativa ambientale (DM 161/2012), 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. Nel caso di interventi edilizi non sottoposti a VIA e per volumi di scavo inferiori a 6000 mc il recente D. Lgs 69/2013 modificato in Legge 26/06/2013 n. 71, consente l'applicazione delle modalità definite dall'art. 186 del D. Lgs 152/2006 per le terre di scavo salvo il rispetto dei requisiti ambientali

Il paragrafo si propone di fornire indirizzi operativi per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo; le indicazioni riportate di seguito sono valide per la gestione delle terre da scavo indipendentemente dal volume movimentato.

9.1 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

9.2 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).

10. CONCLUSIONI

L'indagine geologica ha permesso di definire la natura e le caratteristiche dei terreni presenti nell'area esaminata; in particolare al di sotto della coltre di suolo di copertura superficiale dello spessore di circa 0.30 m, sino ad una profondità di – 4.00 m rispetto al p.c. si hanno depositi di colmata poco addensati seguiti da depositi naturali fluvio-glaciali e morenici da addensati a molto addensati di ghiaie e sabbie in matrice limoso argillosa.

Sulla base delle considerazioni svolte nei paragrafi precedenti e delle indagini realizzate nell'area in oggetto si traggono le seguenti conclusioni:

- La geomorfologia dell'area, limitatamente alla zona interessata dagli interventi, risulta caratterizzata da fenomeni in rapida evoluzione geomorfologica in atto che pregiudichino la stabilità dei luoghi e la buona riuscita delle opere in progetto quali l'erosione delle scarpate e la scarsa consistenza del fondo nella porzione più superficiale che potrebbe causare alla quota di invaso fenomeni di rifluimento alla base delle scarpate con conseguente innesco di fenomeni gravitativi . Si precisa comunque che allo stato attuale non è presente un progetto di massima su cui affinare determinate scelte progettuali esecutive in merito alla progettazione delle difese spondali e dei manufatti di esercizio e regolazione.
- La profondità della "superficie piezometrica" è stata rilevata all'interno dei fori di prova in corrispondenza del fondo vasca a quote prossime al pc. comprese tra 1.60 e 1.90 m da p.c.. Essa è probabilmente riferibile alle acque meteoriche e/o del Vaso riale che stagnano nei termini più superficiali am litologia argilloso poco permeabile. Dai dati in possesso dello scrivente la falda tradizionale si situa a profondità > 20 m dall'attuale piano di campagna.
- La natura litologica coerente dei depositi superficiali argillosi **conferisce un certo grado di protezione agli acquiferi anche se l'area nel suo, complesso è caratterizzata da un grado di vulnerabilità all'inquinamento estremamente elevato in relazione alle litologie presenti sotto la superficie** ; Sarà dunque importante verificare le modalità di realizzazione di eventuali nuove strutture interrate che prevedano lo stoccaggio o la circolazione di fluidi potenzialmente inquinanti quali: scarichi, fognature e cisterne interrate.
- L'area in oggetto ricade nello scenario di microzonazione sismica individuato come Z4a "zona di fondovalle" in cui l'applicazione dello spettro di normativa (D.M. 14 gennaio 2008), esorta a tenere in considerazione gli effetti di amplificazione litologica, come riportato nella "Componente geologica, idrogeologica e sismica" del P.G.T. del Comune di Castiglione delle Stiviere.
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 533 m/sec, pertanto la categoria

di appartenenza del litotipo equivalente è la 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.

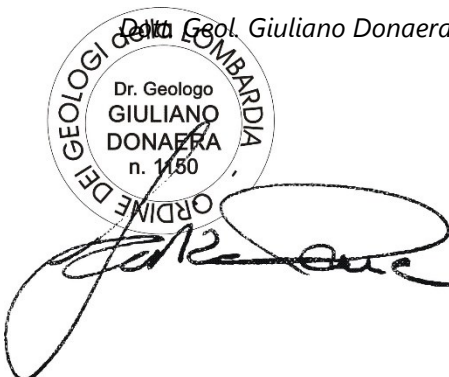
Si ricorda che come prescritto dalla vigente normativa DM 14/01/2008, la progettazione esecutiva delle singole strutture dovrà essere accompagnata da apposita relazione geotecnica a firma di tecnici abilitati, sulla base della consistenza e della geometria effettiva delle opere, la quale, qualora necessario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

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 ad esso allegato.

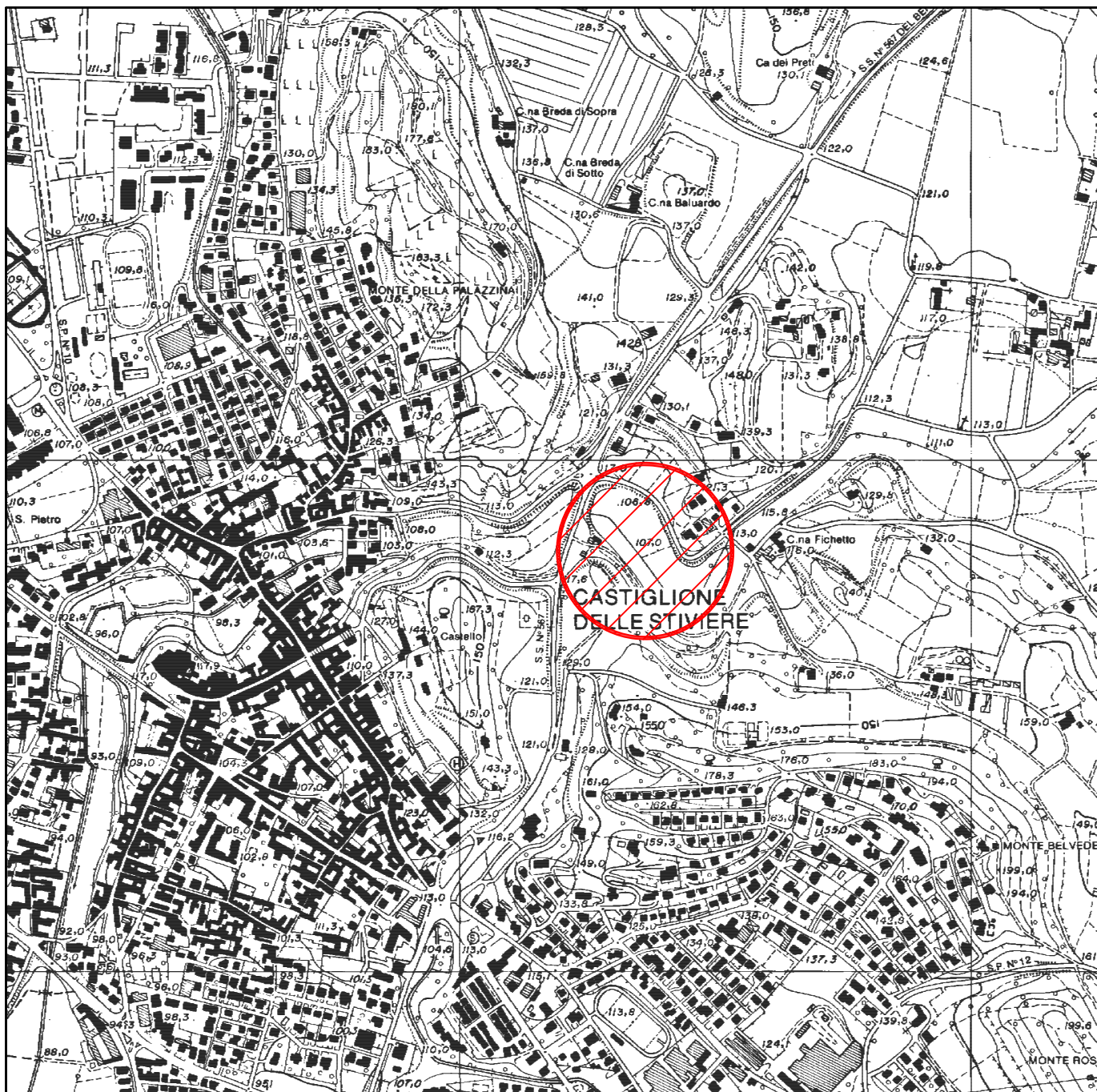
A disposizione per ulteriori approfondimenti e chiarimenti, si coglie l'occasione per porgere cordiali saluti

Il Geologo

Dr. Geol. Giuliano Donaera

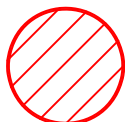


TITOLO ELABORATO	COROGRAFIA GENERALE	DATA GENNAIO 2017	SCALA 1:10.000	APP GDO
COMMITTENTE	COMUNE DI CASTIGLIONE DELLE STIVIERE (MN)	N. PRJ.05.1.1.6		
LAVORO	RETICOLO IDRICO MINORE - OPERE INT. SALVAGUARDIA SUL TERRITORIO	TAVOLA		
CANTIERE	CASTIGLIONE DELLE STIVIERE (MN) - LOC. FICHETTO	1		

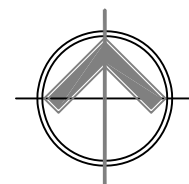


Base cartografica Carta Tecnica Regionale CTR R.L. Sezione D6e4 scala 1:10.000

LEGENDA SIMBOLI



AREA DI STUDIO

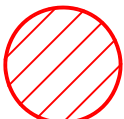


TITOLO ELABORATO	CARTA LITOLOGICA - GEOMORFOLOGICA	DATA GENNAIO 2017	SCALA 1:10.000	APP GDO
COMMITTENTE	COMUNE DI CASTIGLIONE DELLE STIVIERE (MN)	N. P.R.J.05.1.1.6		
LAVORO	RETICOLO IDRICO MINORE - OPERE INT. SALVAGUARDIA SUL TERRITORIO	TAVOLA 2		
CANTIERE	CASTIGLIONE DELLE STIVIERE (MN) - LOC. FICHETTO			

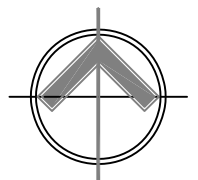
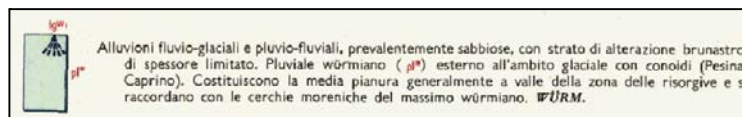


Estratto da carta GEOLOGICA D'ITALIA FOGLIO 48 PESCHIERA scala. 1:100.000

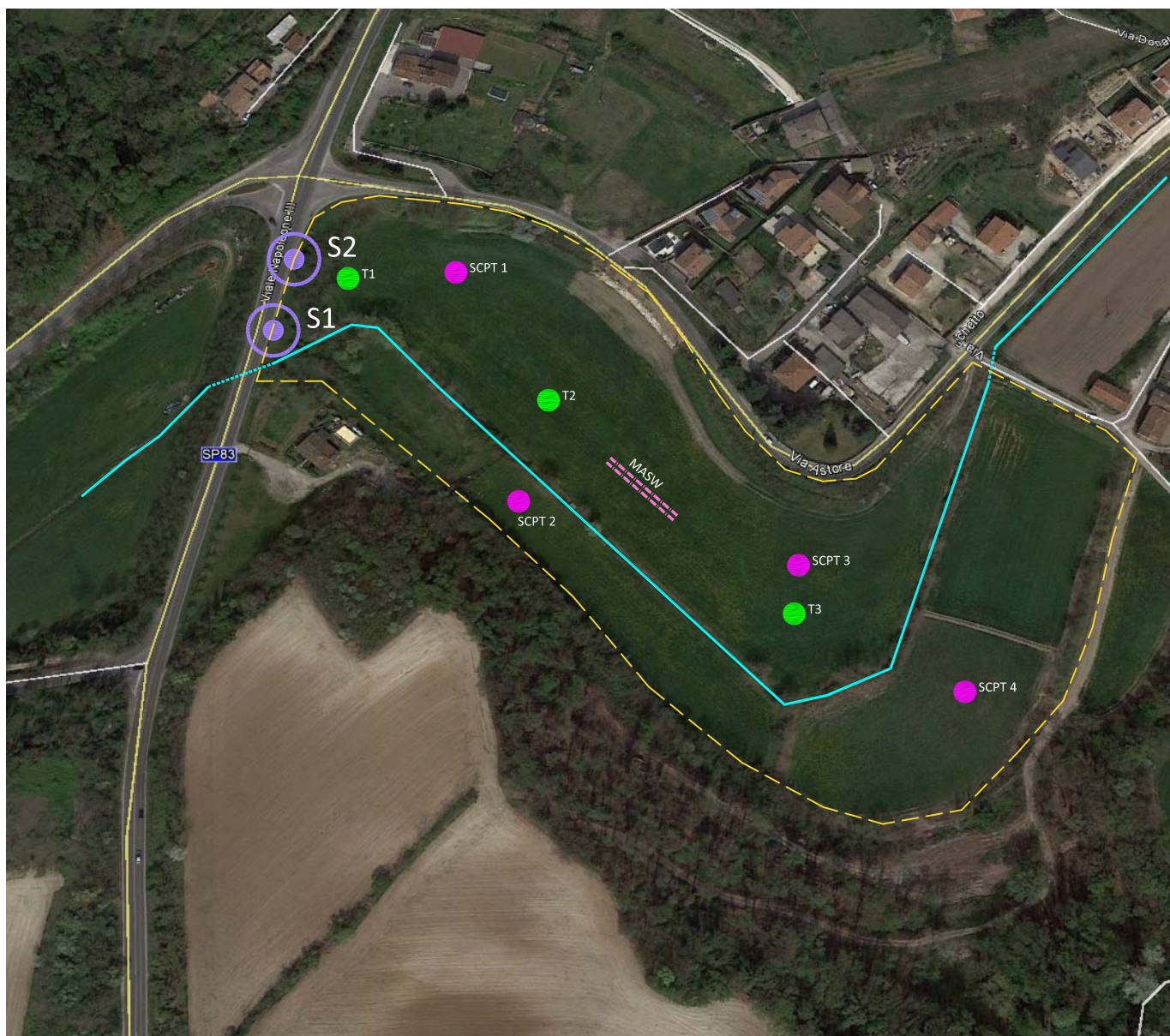
LEGENDA SIMBOLI



AREA DI STUDIO



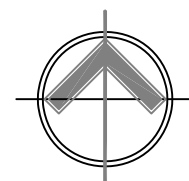
TITOLO ELABORATO	UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE	DATA GENNAIO 2017	SCALA 1:500	APP GDO
COMMITTENTE	COMUNE DI CASTIGLIONE DELLE STIVIERE (MN)	N. PRJ_05_1_1_6		
LAVORO	RETICOLO IDRICO MINORE - OPERE INT. SALVAGUARDIA SUL TERRITORIO	TAVOLA		
CANTIERE	CASTIGLIONE DELLE STIVIERE (MN) - LOC. FICHETTO	3		



Estratto di planimetria STATO DI PROGETTO

LEGENDA SIMBOLI

 SCPT	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT	 T	TRINCEA DI SCAVO	 S	SONDAGGIO GEOGNOSTICO
	VASCA LAMINAZIONE		MASW SISMICA MASW		VASO RIALE



Sede : Via Prede, n. 16 46043 Castiglione delle Stiviere (Mn)
 Telefono 0376.1505961 Fax 0376.1505960
 e-mail: info@studiogeoambiente.it

Attrezzatura di perforazione: GEOMARC GM 600/C

Prelievo campioni <input type="checkbox"/> Campione per analisi ambientali prelevato ai sensi del D.Lgs 152/06 <input type="checkbox"/> Campione rimaneggiato <input checked="" type="checkbox"/> Campione indisturbato (SH= Shelby - OS= Osterberg)	Prova SPT <input type="checkbox"/> Punta aperta <input type="checkbox"/> Punta chiusa Prova Pressiometrica ps	Prova di permeabilità <input type="checkbox"/> Carico variabile <input checked="" type="checkbox"/> Carico costante	Piezometri <input type="checkbox"/> Tubo cieco <input checked="" type="checkbox"/> Tubo fessurato <input type="checkbox"/> Cella Casagrande	LIVELLI ACQUA					
				PROFONDITA'		SERA		MATTINO	
				Rivestimento	Foro	Data	H	Data	H

MANOVRE	PROFONDITA' (m)	LITOLOGIA	CAMPIONI	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CAROTIERE	RIVESTIMENTO (mm)	Prove di Permeabilità	Vane Test (kg/cmq) max/res	Pocket Penetrometer (kg/cmq)	PROFONDITA' (m)	SPT	LIVELLO FALDA (m)	PIEZOMETRO TUBO APERTO
	0.30			Asfalto con relativa massicciata	PERFORAZIONE A ROTAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO	RIVESTIMENTI DIAM. $\phi = 127$ mm		N.A.	N.A.				
1.00				Riporto limoso sabbioso con ghiaia costituente il rilevato stradale.						1.00			
2.00										2.00			
3.00										3.00	3.00 (8-7-11)		
4.00										4.00			
5.00										5.00			
6.00										6.00	6.00 (13-21-R)		
7.00										7.00			
8.00										8.00			
9.00										9.00	9.00 (7-9-18)		
10.0										10.0			
11.0										11.0			
11.50										11.50			
12.0				Limo argilloso						12.0			
12.20										12.20			
13.0				Ghiaia grossa eterometrica, poligenica, da sub-arrotondata ad arrotondata, con sabbia medio grossolana, da moderatamente addensata a addensata di colore grigio chiaro. Clasti diametro medio 2-3 cm.						13.0			
14.0										14.0			
15.0	15.00									15.0			
16.0										16.0			
17.0										17.0			
18.0										18.0			
19.0										19.0			
20.0										20.0			

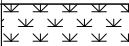
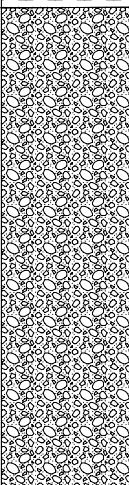
Sede : Via Prede, n. 16 46043 Castiglione delle Stiviere (Mn)
 Telefono 0376.1505961 Fax 0376.1505960
 e-mail: info@studiogeoambiente.it

Attrezzatura di perforazione: GEOMARC GM 600/C

Prelievo campioni <input type="checkbox"/> Campione per analisi ambientali prelevato ai sensi del D.Lgs 152/06 <input type="checkbox"/> Campione rimaneggiato <input checked="" type="checkbox"/> Campione indisturbato (SH= Shelby - OS= Osterberg)	Prova SPT <input type="checkbox"/> Punta aperta <input type="checkbox"/> Punta chiusa Prova Pressiometrica ps	Prova di permeabilità <input type="checkbox"/> Carico variabile <input checked="" type="checkbox"/> Carico costante	Piezometri <input type="checkbox"/> Tubo cieco <input checked="" type="checkbox"/> Tubo fessurato <input type="checkbox"/> Cella Casagrande	LIVELLI ACQUA					
				PROFONDITA'		SERA		MATTINO	
				Rivestimento	Foro	Data	H	Data	H

MANOVRE	PROFONDITA' (m)	LITOLOGIA	CAMPIONI	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CAROTIERE	RIVESTIMENTO (mm)	Prove di Permeabilità	Vane Test (kg/cmq) max/res	Pocket Penetrometer (kg/cmq)	PROFONDITA' SPT	LIVELLO FALDA (m)	PIEZOMETRO TUBO APERTO
	0.30			Asfalto con relativa massiciata	PERFORAZIONE A ROTAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO	RIVESTIMENTI DIAM. $\phi = 127$ mm		N.A.	N.A.			
1.00				Riporto limoso sabbioso con ghiaia costituente il rilevato stradale.								
2.00												
3.00										3.00 (7-11-9)		
4.00												
5.00												
6.00										6.00 (5-5-7)		
7.00												
8.00												
9.00										9.00 (12-8-10)		
10.0												
11.0	11.00											
12.0				Ghiaia grossa eterometrica, poligenica, da sub-arrotondata ad arrotondata, con sabbia medio grossolana, da moderatamente addensata a addensata di colore grigio chiaro. Clasti diametro medio 2-3 cm.								
13.0												
14.0	14.00											
15.0												
16.0												
17.0												
18.0												
19.0												
20.0												

Prelievo campioni <input type="checkbox"/> Campione per analisi ambientali prelevato ai sensi del D.Lgs 152/06 <input type="checkbox"/> Campione rimaneggiato <input checked="" type="checkbox"/> Campione indisturbato (SH= Shelby - OS= Osterberg)		Prova di permeabilità <input type="radio"/> Carico variabile <input checked="" type="radio"/> Carico costante		LIVELLI ACQUA					
				PROFONDITA'		SERA		MATTINO	
				Rivestimento	Foro	Data	H	Data	H

MANOVRE	PROFONDITA' (m)	LITOLOGIA	CAMPIONI	DESCRIZIONE LITOLOGICA
0.00				Suolo vegetale
0.25	0.15			Sabbia media e grossolana con ghiaia media e grossa
0.50				
0.75				
1.00				
1.25				
1.50				
1.75	1.75			
2.00				
2.25				
2.50				
2.75				
3.00				



Prelievo campioni

- ☐ Campione per analisi ambientali prelevato ai sensi del D.Lgs 152/06
- ☐ Campione rimaneggiato
- ☒ Campione indisturbato (SH= Shelby - OS= Osterberg)

Prova di permeabilità

- ☐ Carico variabile
- ☒ Carico costante

LIVELLI ACQUA

PROFONDITA'		SERA		MATTINO	
Rivestimento	Foro	Data	H	Data	H

MANOVRE	PROFONDITA' (m)	LITOLOGIA	CAMPIONI	DESCRIZIONE LITOLOGICA
0.00				Suolo vegetale
0.25	0.20			Limo argilloso sabbioso con rara ghiaia inglobata colore marrone
0.50				
0.75				
1.00				
1.25				
1.50	1.50			Argilla torbosa plastica grigio nerastra
1.75				
2.00				
2.25				
2.50	2.50			Ingresso acqua da -1.80 m circa
2.75				
3.00				



Prelievo campioni <input type="checkbox"/> Campione per analisi ambientali prelevato ai sensi del D.Lgs 152/06 <input type="checkbox"/> Campione rimaneggiato <input checked="" type="checkbox"/> Campione indisturbato (SH= Shelby - OS= Osterberg)		Prova di permeabilità <input type="radio"/> Carico variabile <input checked="" type="radio"/> Carico costante		LIVELLI ACQUA					
				PROFONDITA'		SERA		MATTINO	
				Rivestimento	Foro	Data	H	Data	H

MANOVRE	PROFONDITA' (m)	LITOLOGIA	CAMPIONI	DESCRIZIONE LITOLOGICA
0.00				Suolo vegetale
0.25				
0.50	0.50			Limo argilloso sabbioso con rara ghiaia inglobata colore nocciola
0.75				
1.00				
1.25	1.25			Argilla torbosa plastica grigio nerastra
1.50				
1.75				
2.00				
2.25				
2.50	2.50			Ingresso acqua da -2.00 m circa
2.75				
3.00				

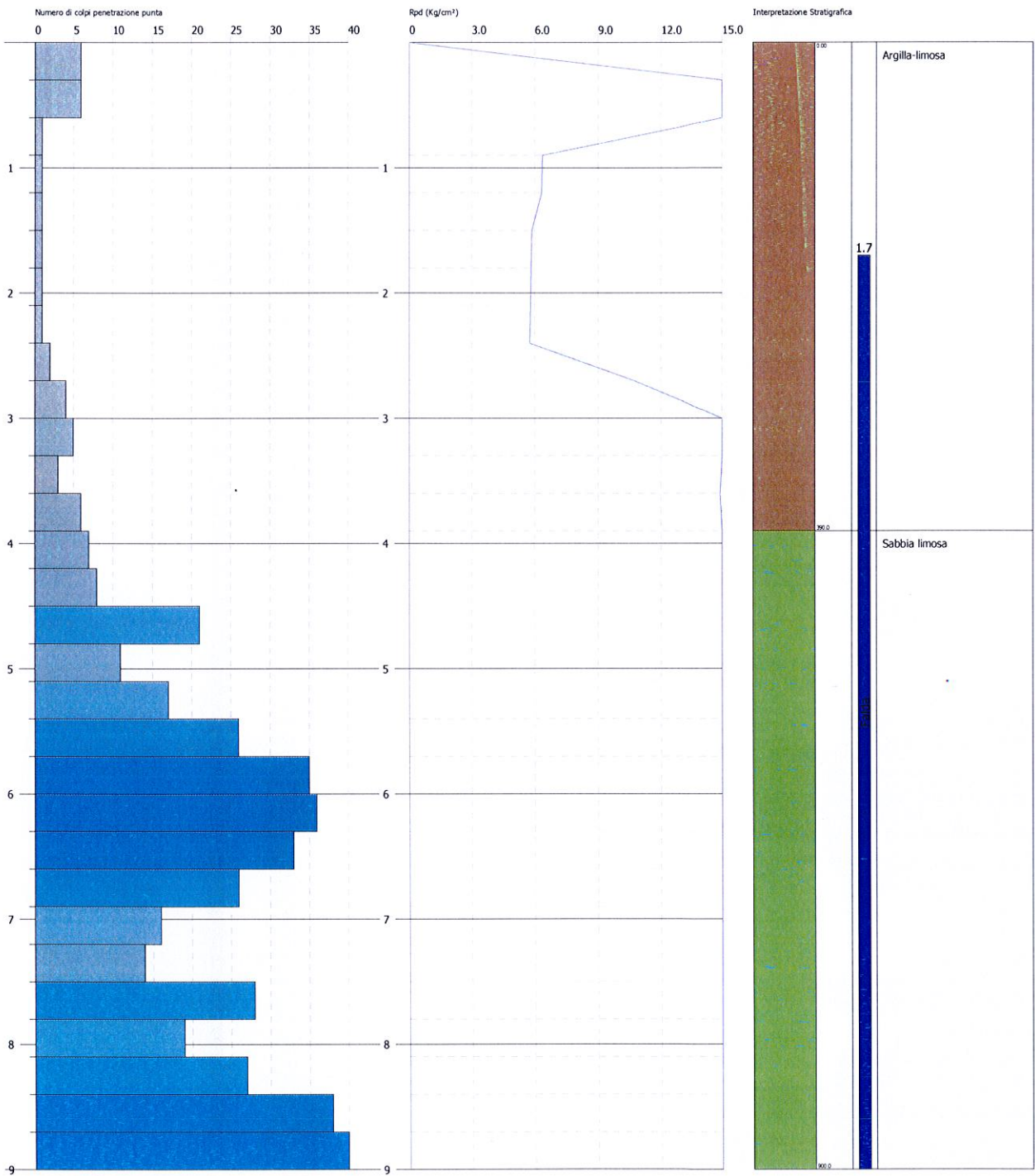


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 1
 Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente:
 Cantiere:
 Località:

Data: 11/10/2016

Scala 1:50

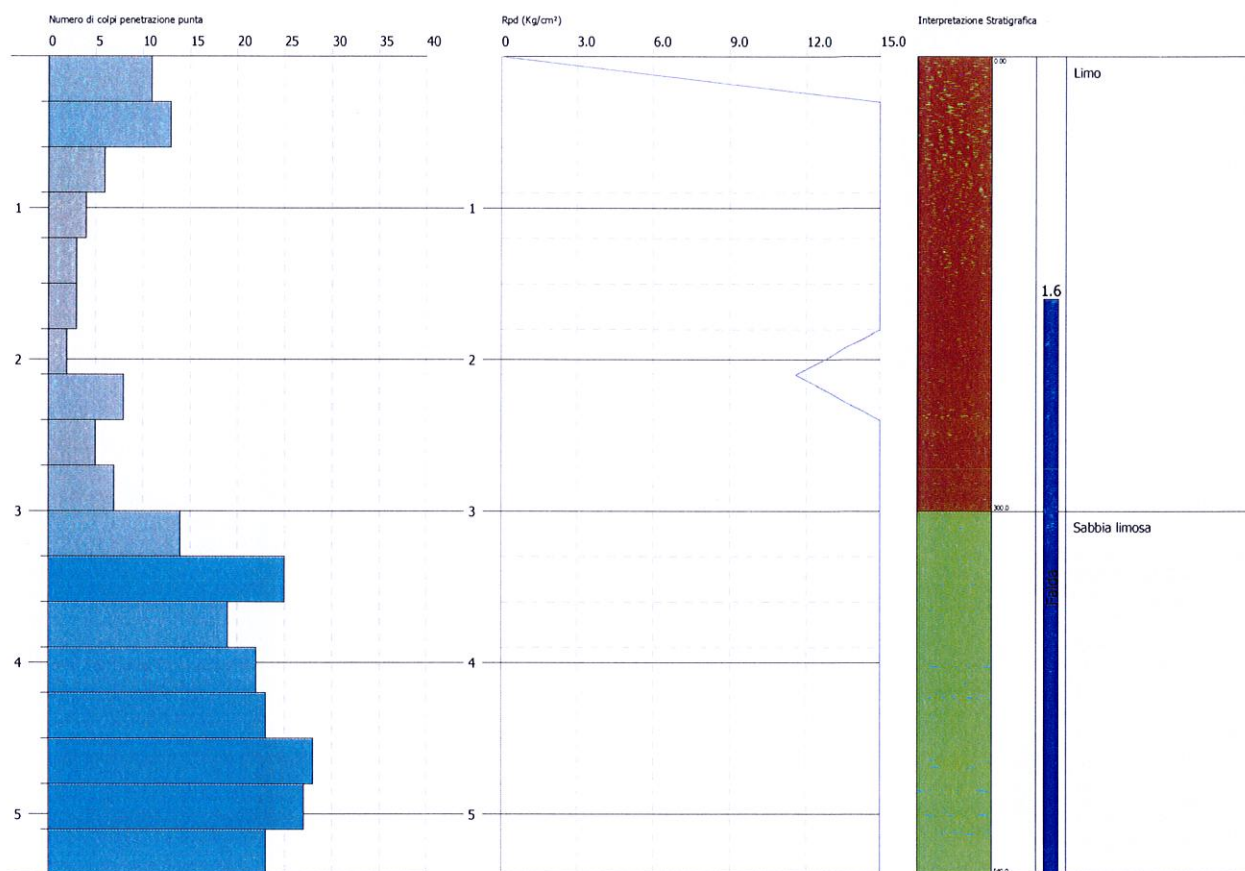


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 2
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente:
 Cantiere:
 Località:

Data: 11/10/2016

Scala 1:50

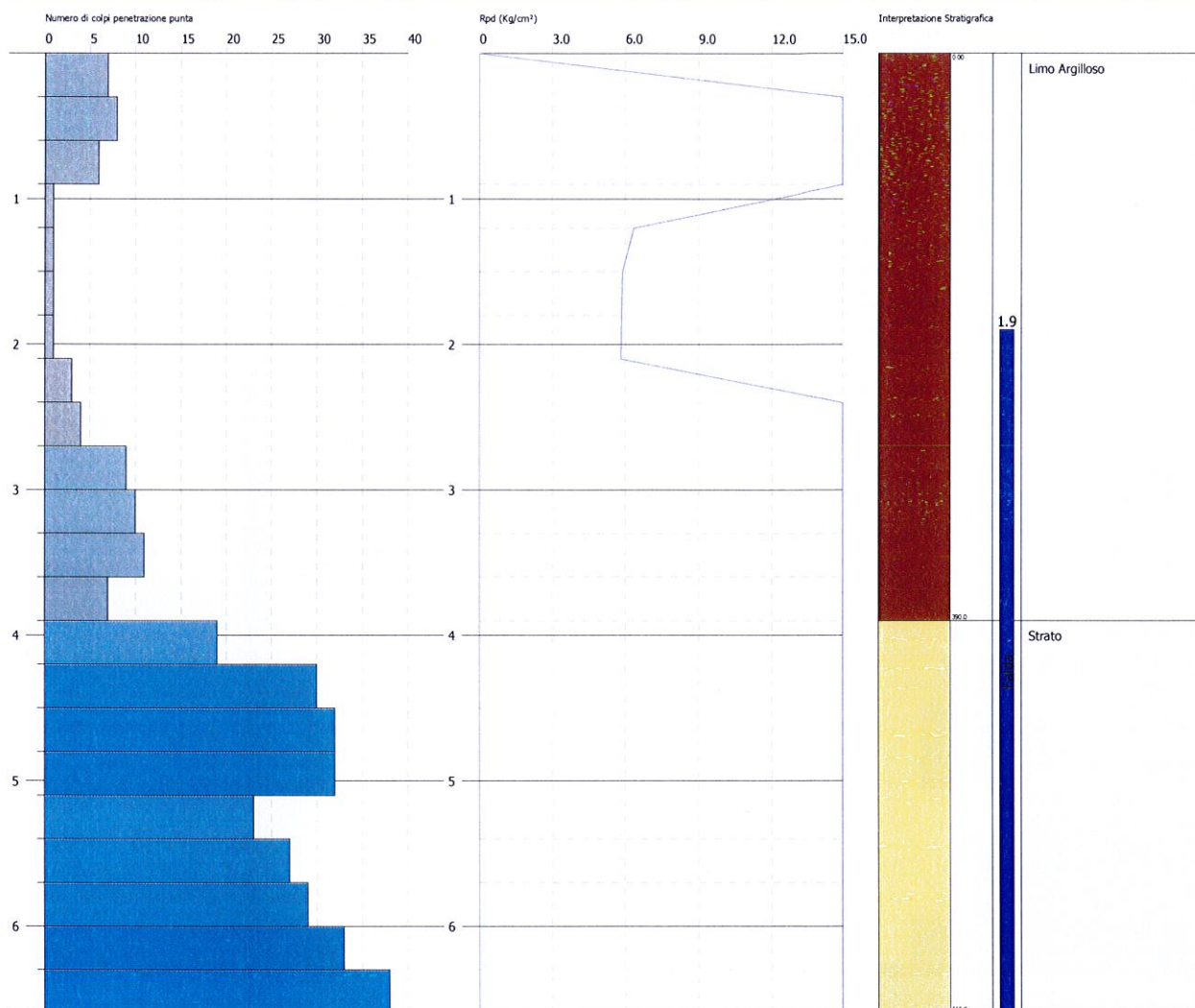


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 3
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente:
 Cantiere:
 Località:

Data: 11/10/2016

Scala 1:50



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 4
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente:
Cantiere:
Località:

Data: 09/04/2017

Scala 1:50

