



PROGETTO/Project

Lavori di adeguamento antisismico della scuola materna di
Botticino Mattina - Caduti delle Cave

Cat. Progetto Esecutivo

Ref. Arch. Adele Pellegrino

CIG 82337544BF

CUP G23H19000590005

PROGETTISTI/Designers

CAPOGRUPPO RTP



ProgettoB20 srl - Società di Ingegneria
Cap. Soc. € 30.000,00 i.v. - C.F. e P.IVA 04068290982
www.progettob20.it
Direttore Tecnico: Ing. Pietro Brianza

Sede legale:
25128 BRESCIA - via Bredina, 2c/d
t. +39 030 383398
REA BS - 585894



GRUPPO DI PROGETTAZIONE

PROGETTAZIONE GENERALE, CSP
INTEGRAZIONE PREST. SPECIALISTICHE
Pietro Brianza Ingegnere

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA
Marco Bigni Ingegnere

PROGETTAZIONE STRUTTURALE
Giovanna Riina Ingegnere

COLLABORATORI:
Michele Rossini Dott., Federica Garattini Grafico

MANDANTE RTP

COMPONENTE GEOLOGICA

Daniela Chiarini geologo
25128 BRESCIA - via G. Randaccio, 21

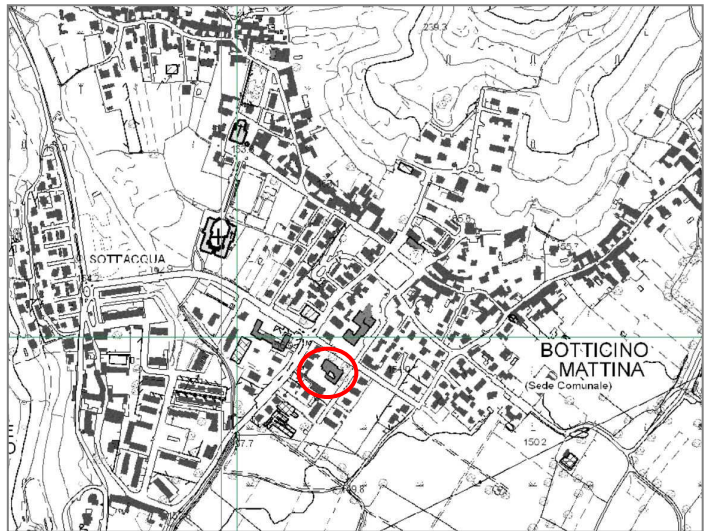
ELABORATO/Document

Relazione geologica e geotecnica

		ORDER	CATEGORY	SECTION	NUMBER	
Scale -		W20-174	P.E.	STR	E	
Rev.	N	SUBJECT		DATE	D	C
	00	Emissione ai fini della verifica		10/06/2022	G.R.	P.B.
	01	Emissione post verbale di contraddittorio		11/07/2022	G.R.	P.B.
File	Rif: 08 Doc E - Relazione geologica e geotecnica					

**RELAZIONE GEOLOGICA E DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA AI SENSI DELLA
DGR IX/2616/2011 E DEL DM 17/01/2018 PER L'ADEGUAMENTO SISMICO DELLA
SCUOLA MATERNA CADUTI DELLE CAVE
IN VIA ALESSANDRO MANZONI 4**

COMUNE DI BOTTICINO



Dott. geol. Daniela Chiarini



INDICE

1. Premessa.....	3
2. Riferimenti normativi.....	6
3. Ubicazione dell'area.....	9
4. Riferimenti agli studi relativi al governo del territorio (PGT, PCTP, PAI, ecc.)	10
5. Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico	22
6. Piano d'indagine	29
6.1. Scavi esplorativi.....	31
6.2. Analisi di laboratorio	34
6.3. Prove penetrometriche statiche CPT.....	36
7. Analisi sismica del sito.....	40
7.1. Premessa	40
7.2. Definizione della pericolosità sismica di base	40
7.3. Analisi sismica di 2° livello condotta contestualmente al PGT	42
7.4. Valutazione dei fenomeni di amplificazione stratigrafica e azione sismica progettuale.....	43
8. Calcolo parametrico preliminare di massima della capacità portante e dei cedimenti.....	44

ALLEGATI

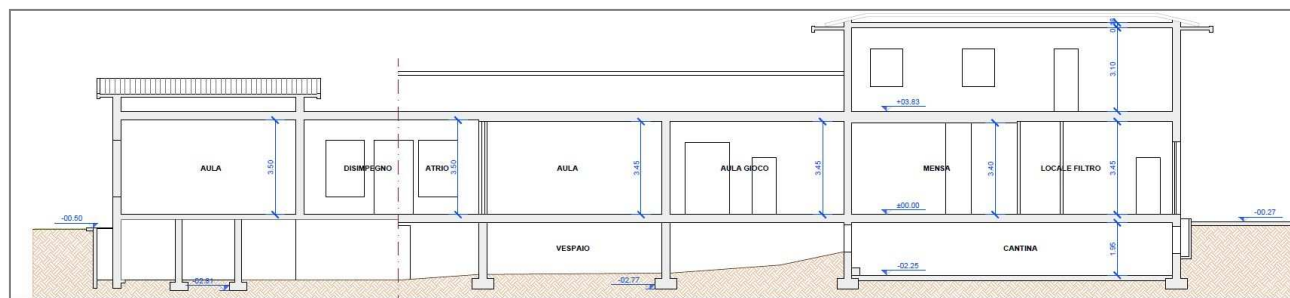
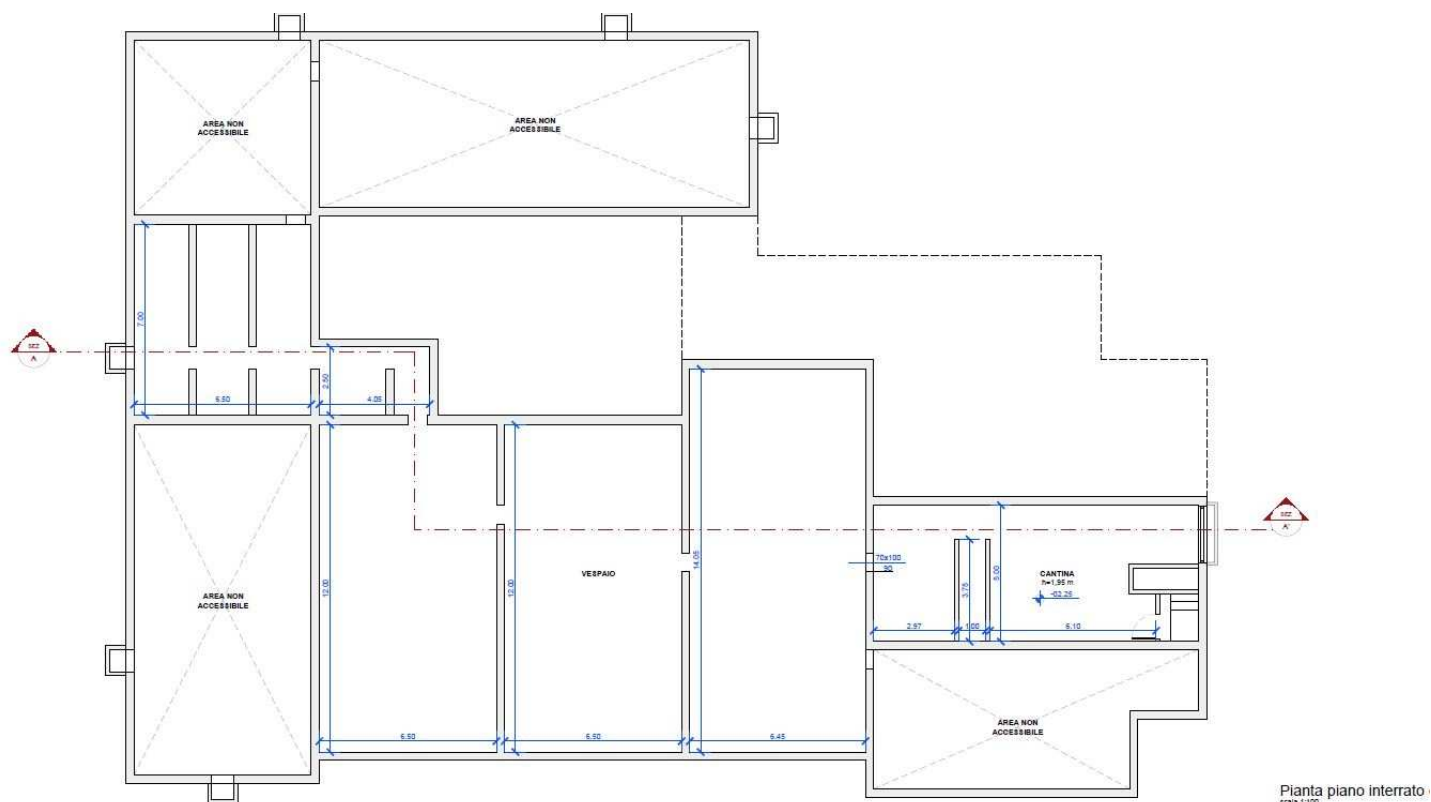
1. Stratigrafia pozzo comunale P1
2. Stratigrafie scavi esplorativi
3. Analisi di laboratorio
4. Elaborazione prove penetrometriche statiche CPT
5. Schema del modello geologico-tecnico
6. Calcolo capacità portante preliminare di massima

Brescia, Gennaio 2021

1. Premessa

Su incarico dell'amministrazione comunale in RT con Progetto B20srl e per conto della stessa si è eseguito lo studio geologico e di caratterizzazione geotecnica ai sensi della DGR IX/2616/2011 e del DM 17/01/18 per il progetto di adeguamento sismico della Scuola materna Caduti delle Cave, posta in località Botticino Mattina in via Alessandro Manzoni n. 4 nel comune di Botticino.

Il progetto prevede l'adeguamento sismico dell'edificio esistente di cui si riporta la planimetria dello stato di fatto del piano terra ed una sezione.



Il complesso scolastico si sviluppa su un piano terra mentre lo spigolo N che comprende l'appartamento del custode consta di due piani fuori terra ed una cantina interrata.

Il piano interrato è adibito a cantina al di sotto della casa del custode ed il resto è in parte riempito da terreno asciutto molto compatto e di difficile accessibilità o non accessibile.

Lo scopo principale del lavoro è la ricostruzione del modello geologico del sito sviluppato in prospettiva sismica e geologico-tecnica attraverso l'individuazione del modello geofisico e la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione. Tali dati, rappresentati dai principali parametri geotecnici dei terreni, dalla profondità del piano di posa fondazionale, dai valori di capacità portante del terreno di fondazione e dalla stima dei cedimenti prevedibili conseguenti ai carichi di progetto, forniscono indicazioni di base per la redazione del modello geotecnico progettuale.

Il modello geologico rappresenta la sintesi delle informazioni di carattere geologico che caratterizzano l'ambito territoriale con cui il progetto interagisce, fornisce pertanto indicazioni sui caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e in generale di pericolosità geologica al fine di valutare compiutamente le interazioni fra il contesto geologico e l'opera di progetto.

Il modello geologico costituisce il presupposto fisico-naturale e concettuale della successiva modellazione geotecnica e geofisica.

Pertanto per la redazione del quadro conoscitivo si sono utilizzati dati di letteratura, dati in possesso della scrivente, lavori eseguiti nelle vicinanze dell'area e dati desunti, dalle indagini geognostiche svolte in sito e dalle stratigrafie di pozzi prossimi all'area oggetto di studio.

Si è proceduto quindi come segue:

- raccolta della bibliografia geologica esistente e consultazione delle leggi e delle normative vigenti in merito al piano di governo del territorio;
- analisi dello studio sulla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT e dello Studio di Micronazione Sismica;
- sopralluogo in sito e rilievo geologico-geomorfologico;
- descrizione geolitologica, geomorfologica e idrogeologica del sito;
- esecuzione di 3 scavi esplorativi per la ricostruzione stratigrafica superficiale del sottosuolo e per la taratura delle prove indirette;
- raccolta di 3 campioni rimaneggiati dagli scavi di cui 2 sottoposti ad analisi fisica di laboratorio per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione;

- esecuzione di 3 prove penetrometriche statiche CPT spinte fino a 11 m (la prova CPT1 è stata rifatta a 8 m di distanza a causa di rifiuto a 3.20 m dal p.c.);
- ricostruzione del modello geologico e geotecnico;
- analisi della pericolosità sismica di base del sito e determinazione della categoria di suolo ai sensi delle NTC – DM 17 gennaio 2018 sulla base delle indagini geofisiche eseguite in prossimità del sito contestualmente al PGT ;
- valutazione analisi sismica di II livello eseguita contestualmente al PGT;
- calcolo parametrico preliminare di massima della capacità portante e dei cedimenti.

2. Riferimenti normativi

Per quanto attiene alle competenze del geologo l'opera in oggetto comporta l'osservazione della normativa nazionale e regionale vigente che si interessa, in generale, della realizzazione di scavi, della posa di fondazioni e della stabilità delle scarpate artificiali nel rispetto delle norme tecniche di attuazione del piano di governo del territorio.

Per quanto riguarda la normativa vigente si è fatto riferimento a:

- OPCM n. 3274/2003 e successive modifiche e integrazioni
- LR 12/05 e direttive regionali ai sensi del DGR n. 8/1566 del 22/12/2005, DGR n. 8/7374 del 28/05/2008
- DM 17/01/2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni
- DGR IX/2616/2011 normativa regionale riguardante i criteri e gli indirizzi per la componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano del governo del territorio.
- Circolare 21 febbraio 2019 n. 7 “Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 17-01-2018
- DGR X/6738 del 19/06/2017 Disposizioni regionali riguardanti l'attuazione del Piano Di Gestione Dei Rischi Di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza.

Il presente documento raccoglie le relazioni specialistiche ritenute necessarie alla realizzazione dell'opera di progetto, le quali costituiscono parte integrante del progetto strutturale, come disposto dal paragrafo 10.1 delle Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con DM 17-01-2018 ovvero:

- la relazione geologica di cui ai paragrafi 6.2.1 delle NTC,
- la relazione sismica concernente la valutazione della pericolosità sismica di base e locale così come definito nei paragrafi 3.2 e 7.11.3.1 delle NTC,
- la relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno così come definito nel paragrafo 6.2.2 delle NTC.

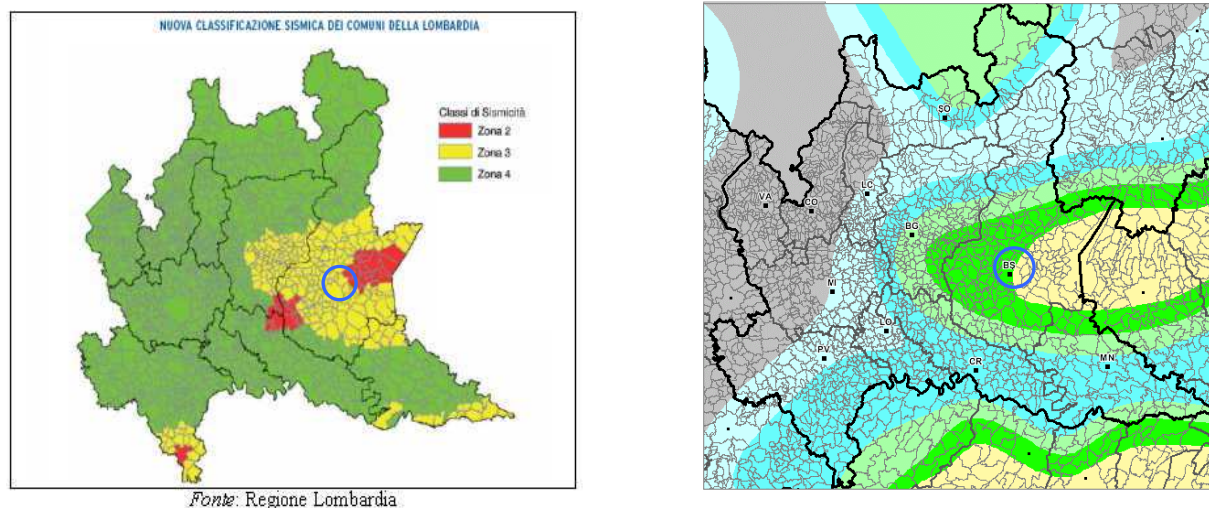
Con il DM 14 gennaio 2008, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 - Suppl. Ordinario n. 30 sono state approvate le nuove norme tecniche per le costruzioni aggiornate con il DM 17 gennaio 2018 pubblicate sulla GU n. 8 del 20 febbraio 2018 - Suppl. Ordinario n. 42.

Per quanto riguarda la normativa sismica, con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274, emanata il 20 marzo 2003¹ e pubblicata sul supplemento ordinario 72 alla Gazzetta Ufficiale n. 105

¹ Modifiche ed integrazioni all'ordinanza n. 3274 sono state pubblicate con OPCM 3316/2003, OPCM 3333/2004, OPCM 3431/2005

del 8 maggio 2003 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", l'intero territorio nazionale è stato riclassificato: il **comune di Botticino** risulta classificato in **zona sismica 3**.

Di seguito si riportano a sinistra l'estratto della carta di classificazione sismica regionale approvata con D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003 e a destra l'estratto della mappa di pericolosità sismica (Gruppo di Lavoro 2004) pubblicata come Allegato 1b all'OPCM n. 3519 del 28 aprile 2006:



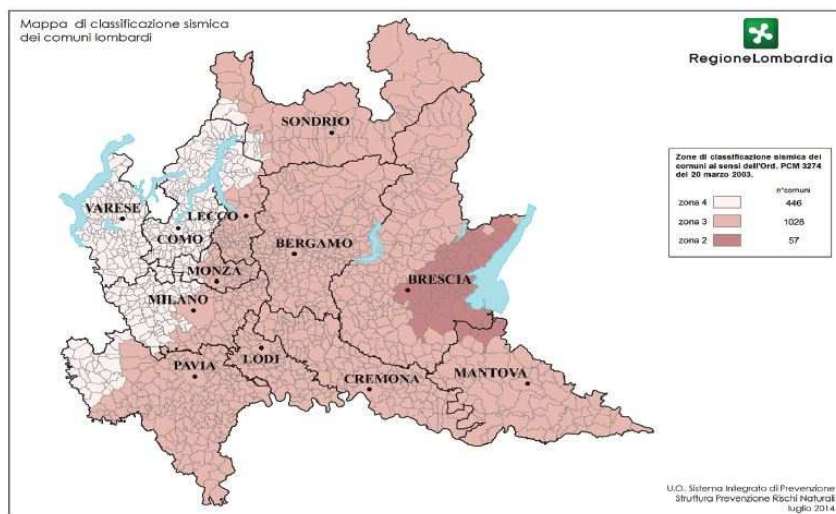
Le "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14-01-2008, nella Tabella 1 dell'allegato B, forniscono i valori di accelerazione massima orizzontale attesa su suolo rigido e pianeggiante per 9 tempi di ritorno diversi e per 10751 punti di riferimento estratti della griglia di analisi utilizzata dal GdL04 per la redazione della mappa di pericolosità (Allegato 1b all'OPCM n. 3519 del 28 aprile 2006).

Con il D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)" (pubblicato il 16 Luglio 2014 sul Bollettino Ufficiale-Serie ordinaria n 29) la Regione Lombardia procede alla determinazione di un livello di classificazione sismica maggiormente cautelativo rispetto a quello vigente e all'aggiornamento della classificazione del territorio lombardo, anche in funzione del riordino delle disposizioni della normativa regionale in materia di vigilanza e controllo sulle costruzione in zona sismica.

Nell'allegato A del DGR viene fornito "l'elenco dei comuni lombardi con indicazione delle relative zone sismiche e dell'accelerazione massima (agmax) presente all'interno del territorio comunale (o.p.c.m. 3519/06 e decreto min. infrastrutture 14/01/08) ".

Il comune di Botticino viene riclassificato in zona sismica 2 con Agmax 0,156501.

Il presente provvedimento doveva entrare in vigore il novantesimo giorno successivo a quello della sua pubblicazione (ossia il 14/10/2014) , con l'approvazione *del D.g.r. 8 ottobre 2015 - n. X/4144* l'entrata in vigore era stata prorogata al 10 Aprile 2016.



Con l'entrata in vigore della LR 33/2015 del 12 Ottobre 2015 "Disposizioni in materia di opere e di costruzioni e relativa vigilanza in zona sismica" le funzioni amministrative per le istruttorie relative alle opere e alle costruzioni nelle zone sismiche vengono trasferite ai

comuni.

In data 10 aprile 2016 è stata fissata l'entrata in vigore dei due provvedimenti sopracitati e della delibera con i criteri attuativi di seguito menzionata.

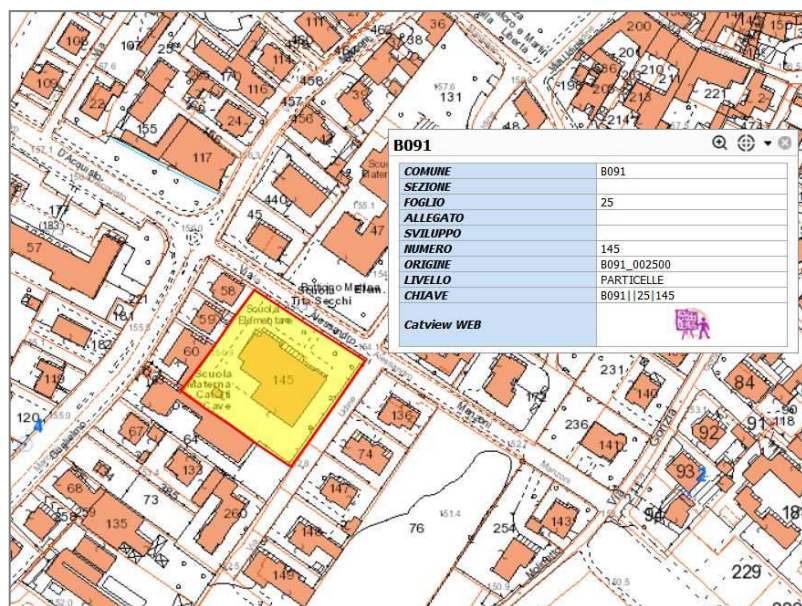
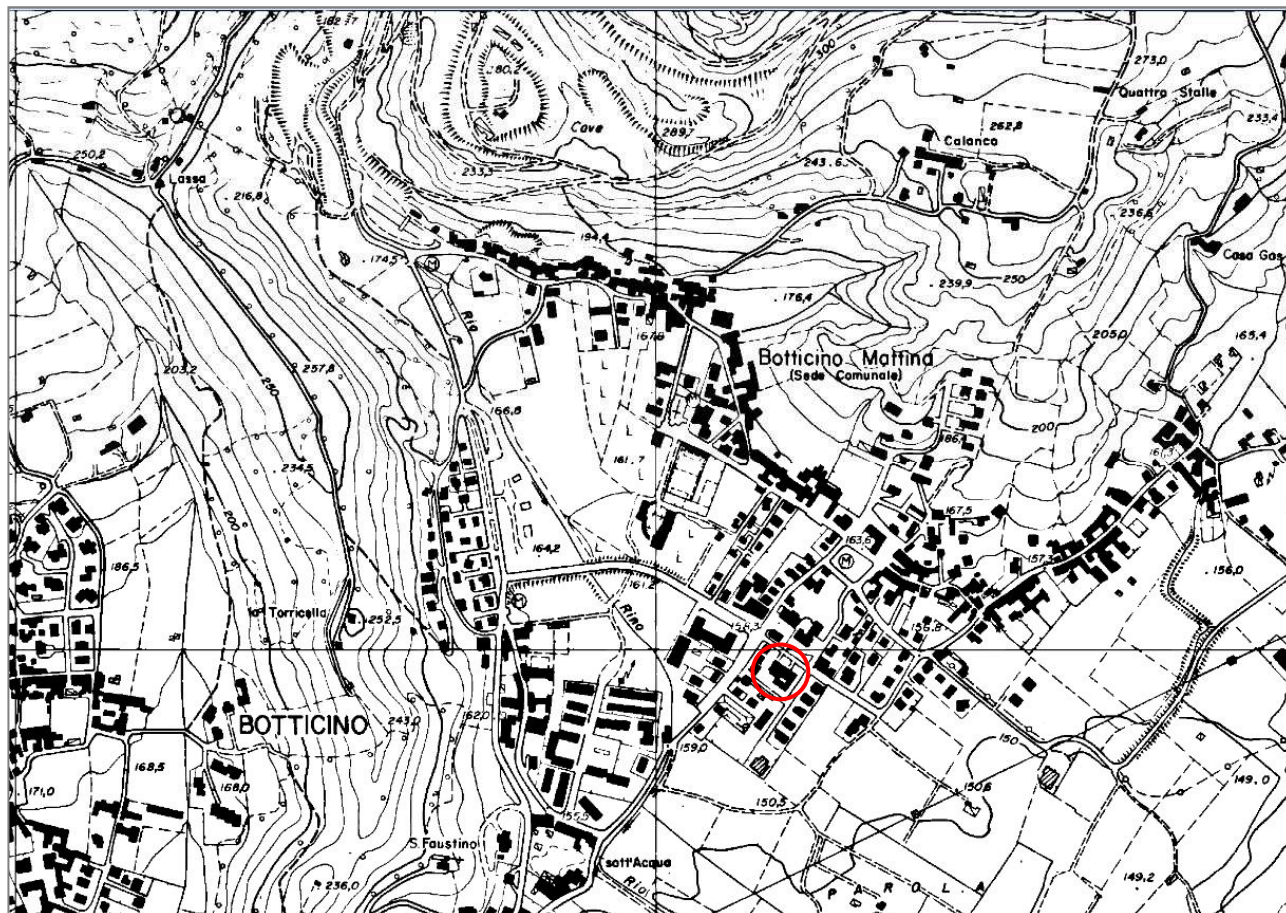
Con D.G.R. 30 marzo 2016 - n. X/5001 " Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)" viene istituito un sistema informativo integrato e vengono definite:

- le modalità con le quali i comuni devono gestire le istruttorie riguardanti la presentazione della comunicazione di deposito o dell'istanza per il rilascio dell'autorizzazione,
- i criteri con i quali presentare la documentazione per ottenere i titoli abilitativi per le costruzioni in zone sismiche,
- i termini e le modalità di svolgimento dei controlli.

Con l'entrata in vigore del DL 32/2019 (c.d. "Sblocca cantieri") l'introduzione del nuovo art. 94 bis del DPR 380/2001, nell'ambito degli interventi in zone sismiche soggetti agli obblighi previsti dal TU, prevede una ulteriore distinzione nelle categorie d'intervento con l'imposizione dell'onere della preventiva autorizzazione scritta del competente ufficio tecnico della regione solo per gli interventi "rilevanti" nei riguardi della pubblica incolumità.

3. Ubicazione dell'area

L'area in oggetto è ubicata in via Manzoni in località Botticino Mattina, a quota 158 m circa s.l.m., si trova in sinistra orografica rispetto al Rio Rino, e ricade nella sezione **D6c1 Rezzato** della Carta Tecnica Regionale a scala 1:10000. Di seguito si riporta un estratto del CTR con l'ubicazione dell'area oggetto di studio:



L'area interessata dal progetto appartiene al Foglio 25 particella 145 del NCT del comune di Botticino (B091).

Si riporta l'estratto catastale del SIT della Provincia di Brescia.

4. Riferimenti agli studi relativi al governo del territorio (PGT, PCTP, PAI, ecc.)

Il comune di Botticino con Deliberazione di Consiglio Comunale n. 44 del 14.11.2018 ha approvato il PGT che comprende l'aggiornamento dello studio geologico (Dr. geol. Fabio Alberti, 2018) redatto secondo i criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica in attuazione all'art. 57 della LR 11 marzo 2005 n. 12 ai sensi della DGR IX/2616 del 30/11/2011 del DGR n X/2029 del 21/07/2014 e del DGR n X/6738 del 19/06/2017.

Il comune di Botticino disponeva già di uno studio relativo alla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT redatto in data 03/06/2003 (Studio Tecnico Associato Pasquali Coluzzi) ai sensi della L.R. 41 del 24/11/1997 in riferimento alla DGR 29/10/2001 n. 7/6655, aggiornato parzialmente in data 08/02/2005 in occasione della Variante 1 al PGT, aggiornato relativamente agli aspetti sismici in data 30/04/2007 in riferimento alla DGR 22/12/2005 n. 8/1566 e aggiornato parzialmente in data luglio 2009 relativamente alla Carta dei Vincoli Idrogeologici ed alla Carta dei Dissesti con Legenda Uniformata PAI.

Il presente aggiornamento ha riguardato principalmente gli aspetti sismici, rivisti in riferimento alla DGR 30 novembre 2011 n. IX/2616 ed in particolare alla modifica delle soglie sismiche apportata già con la DGR 28 maggio 2008 n. 8/7374 ed alla riclassificazione da zona sismica 3 a zona sismica 2 introdotta con la DGR 21 luglio 2014 n. X/2129 ed entrata in vigore dal 10 aprile 2016 .

Lo studio aggiornato è stato integrato con nuove prove geofisiche eseguite per lo Studio di Microzonazione Sismica (Dr. Geol F. Fenaroli - Ottobre 2017).

Nell'ambito dell'aggiornamento sono state riviste le condizioni di fattibilità geologica di alcune aree in riferimento a studi ed indagini di carattere geologico ed idraulico eseguiti successivamente al 2007. Si è inoltre tenuto conto della DGR 19 giugno 2017 n. X/6738 relativa all'attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico.

Lo studio geologico per il PGT recepisce quanto riportato in materia di rischio idrogeologico dagli strumenti di pianificazione sovraordinata quali: Piano Stralcio delle Fasce Fluviali del fiume Po (PSFF), Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del fiume Po (PAI), Piano Straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato (PS267), Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP), Piano di Gestione dei Rischi Alluvione (PGRA).

L'area in esame ricade nella **classe 2 – sottoclassi Ep G Wp** di fattibilità geologica: **fattibilità con modeste limitazioni** relative ad aree potenzialmente allagabili localmente per eventi meteorici a carattere eccezionale e con bassi valori di velocità della corrente e del tirante idrico (sottoclasse Ep) costituite da terreni aventi caratteristiche geotecniche mediocri (sottoclasse G) con falda poco profonda (sottoclasse Wp).

L'area si trova al di fuori delle aree a rischio molto elevato (267/98) e del PGRA.

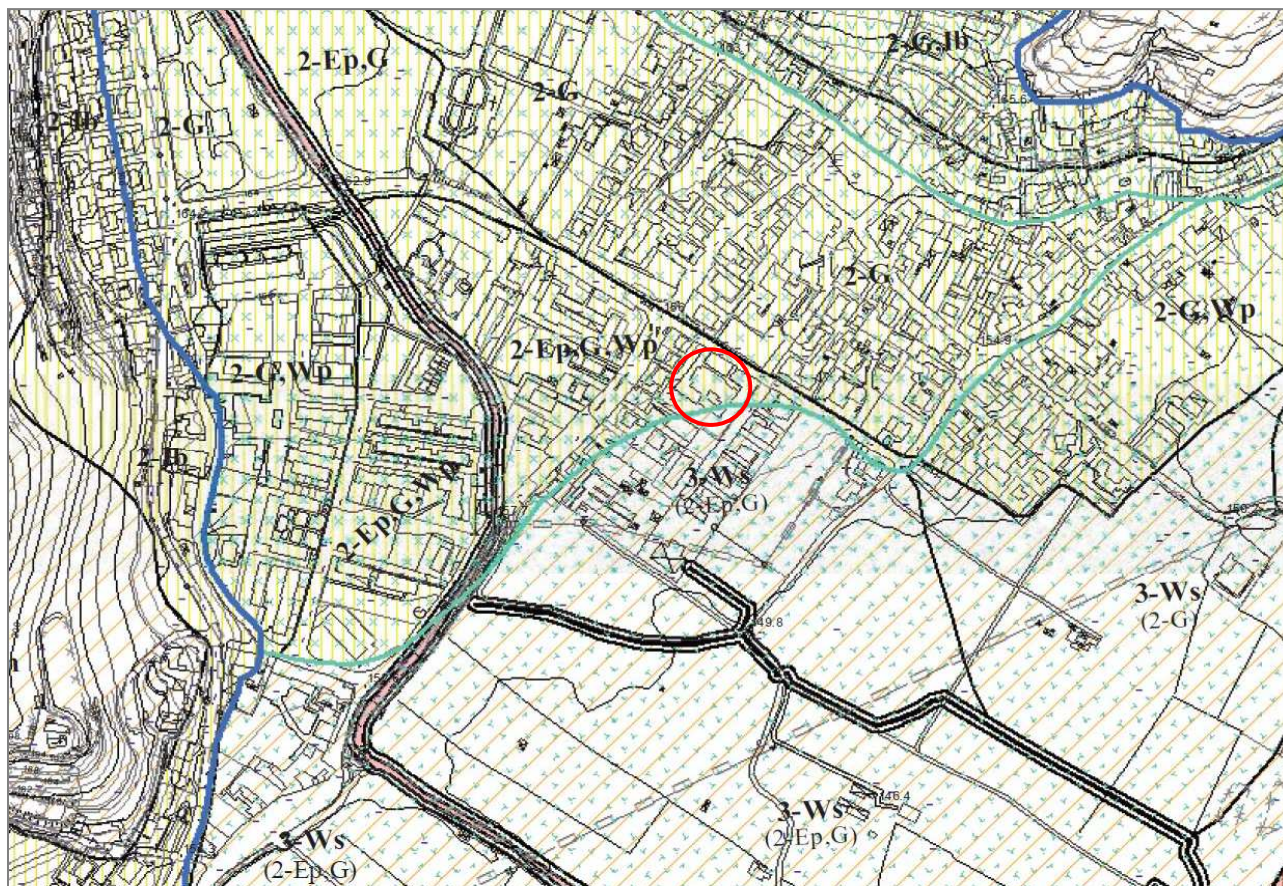
La classe 2 comprende zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico - costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

L'area oggetto di studio ricade in prossimità del limite con la **classe di fattibilità 3- sottoclasse Ws con consistenti limitazioni** relative alla superficialità della falda.

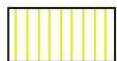
La classe 3 comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica delle destinazioni d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici od opere di difesa.

Si riporta di seguito un estratto della carta di fattibilità di piano:

Carta di fattibilità - PGT 2018



Classi di fattibilità geologica



CLASSE 2: FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI

Problematiche individuate

- G** Aree con presenza di terreni aventi caratteristiche geotecniche mediocri
- lb** Aree con bassa acclività
- Ed** Aree a pericolosità potenziale da bassa a molto bassa per deflusso su conoide
- Ep** Aree potenzialmente allagabili localmente per eventi meteorici a carattere eccezionale e con bassi valori di velocità della corrente e del tirante idrico
- Wp** Aree con falda poco profonda
- We** Aree ad elevata vulnerabilità degli acquiferi
- c1** Aree potenzialmente interessate da fenomeni di caduta blocchi rocciosi (PERICOLOSITA' H1 - MOLTO BASSA)



CLASSE 3: FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

- Ws** Aree con falda superficiale

RISULTATI ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO

Amplificazione litologica



Aree in categoria di sottosuolo B con Fa:

- superiore alla soglia per il periodo di riferimento 0,1-0,5 secondi

(fabbricati con periodo proprio 0,1-0,5 s: è richiesto il terzo livello di analisi sismica o l'utilizzo della categoria C)

- inferiore alla soglia per il periodo di riferimento 0,5-1,5 secondi

fabbricati con periodo proprio 0,5-1,5 s: terzo livello non richiesto, necessario e sufficiente utilizzo della categoria B)



Aree in categoria di sottosuolo C con Fa:

- superiore alla soglia per il periodo di riferimento 0,1-0,5 secondi

(fabbricati con periodo proprio 0,1-0,5 s: è richiesto il terzo livello di analisi sismica o l'utilizzo della categoria D)

- inferiore alla soglia per il periodo di riferimento 0,5-1,5 secondi

fabbricati con periodo proprio 0,5-1,5 s: terzo livello non richiesto, necessario e sufficiente utilizzo della categoria C)

Amplificazione morfologica

Nell'ambito dell'area sottoposta ad analisi sismica di secondo livello l'amplificazione morfologica è assente

La **sottoclasse G** caratterizza aree con presenza di terreni aventi caratteristiche da mediocri a scadenti in ragione della granulometria relativamente fine e/o del basso grado di addensamento/consistenza.

Approfondimenti d'indagine sottoclasse G:

In queste aree, fatti salvi gli aspetti relativi alla sismicità, sono ammissibili senza integrazioni di carattere geologico gli interventi definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/2005 purchè con questi interventi non vengano modificati i rapporti struttura/terreno esistenti ed a tal fine dovrà essere prodotta un'apposita dichiarazione da parte del progettista.

Ogni altro intervento dovrà essere preceduto da una fase d'indagine geologica, sulla base di una campagna geognostica ed idrogeologica adeguata all'importanza dell'intervento mirata al comportamento geotecnico dei terreni siano essi interessati dai carichi trasmessi dalle fondazioni o da lavori di scavo.

Nel primo caso l'analisi dovrà essere mirata alla definizione della capacità portante ed alla stima degli eventuali cedimenti in seguito all'applicazione dei carichi di progetto.

Nella **sottoclasse Ep** rientrano aree caratterizzate da condizioni di pericolosità geomorfologica per potenziali fenomeni di esondazione in occasione di eventi di piena a carattere eccezionale e si trovano sia nelle zone di piana che nelle zone di transizione tra la piana ed i conoidi alluvionali provenienti dai versanti.

Approfondimenti d'indagine sottoclasse Ep: le condizioni di pericolosità riscontrate per queste aree in occasione degli eventi considerati nell'analisi morfologica sono minime e tali da consentire nuovi interventi di edificazione, ma rendono necessario il ricorso ad accorgimenti finalizzati a mitigare le condizioni di rischio.

Per quanto riguarda edifici e manufatti esistenti in queste aree, fatti salvi gli aspetti relativi alla sismicità, sono ammissibili senza integrazioni di carattere geologico gli interventi definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c), d) della l.r. 12/2005 non comportanti demolizione e ricostruzione, purché con tutti questi interventi non vengano modificati i rapporti struttura/terreno esistenti ed a tal fine dovrà essere prodotta un'apposita dichiarazione da parte del progettista.

Tutti questi interventi dovranno comunque essere condotti con il ricorso ad accorgimenti, materiali e tecnologie in grado di limitare le conseguenze di potenziali allagamenti.

Per tutti gli altri interventi, in questa sede sono state definite le prescrizioni di carattere generale che dovranno essere successivamente dettagliate e verificate, in funzione delle tipologie e delle condizioni morfologiche locali, con studi specifici di carattere morfologico ed idraulico.

Prescrizioni di carattere generale per la realizzazione degli interventi:

- Realizzazione delle superfici abitabili, delle aree sede dei processi industriali e degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiale solo ad una quota indicativamente superiore al piano campagna locale di 0,5 m, da dettagliare sulla base degli studi specifici ed in riferimento a considerazioni relative alle condizioni morfologiche e topografiche locali.
- La superficie topografica adiacente agli edifici dovrà essere conformata in modo da non consentire alle acque di esondazione od alle frazioni fluide delle colate provenienti da monte di raggiungere le superfici di utilizzo.

- Locali interrati o seminterrati da destinare a cantine od autorimesse dovranno essere realizzati adottando accorgimenti costruttivi, relativi alla disposizione dei locali e delle aperture, alle reti tecnologiche, ai materiali ed alle tecniche da utilizzare, in grado di limitare le conseguenze di potenziali allagamenti sia in termini di danno materiale sia di pericolo per l'incolumità delle persone.
- Disposizione delle opere e conformazione delle superfici esterne in modo da mantenere la maggiore superficie libera possibile e da evitare l'accumulo ed il ristagno delle acque favorendone sia l'infiltrazione nel terreno sia il loro deflusso.
- Divieto di messa in opera di cisterne per carburanti, metano, GPL e prodotti assimilabili che non siano completamente interrati.
- Divieto di interventi che possano portare ad un aumento delle condizioni di pericolosità per le aree in esame e per le aree adiacenti.

Nella **sottoclasse Wp** rientrano aree caratterizzate dalla presenza nel sottosuolo di una falda idrica a bassa profondità, indicativamente dell'ordine di 3 m, che contribuisce allo scadimento delle caratteristiche geotecniche e può interferire negativamente con gli interventi in progetto.

Queste aree si trovano in genere nel tratto distale dei conoidi e delle falde colluviali, al passaggio alla zona della piana pedemontana.

Diversamente a quanto indicato nella normativa regionale di riferimento, tali aree sono state assegnate alla classe 2 e non alla classe 3 in quanto la falda si trova ad una certa profondità dal piano campagna; inoltre gli approfondimenti d'indagine richiesti in questa sede, finalizzati ad avere una maggiore conoscenza delle problematiche, consentono di affrontarle in modo adeguato.

Approfondimenti d'indagine sottoclasse Wp : per quanto riguarda edifici e manufatti esistenti in queste aree, fatti salvi gli aspetti relativi alla sismicità, sono ammissibili senza integrazioni di carattere geologico gli interventi definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c), d) della l.r. 12/2005 non comportanti demolizione e ricostruzione, purchè questi interventi non abbiano interferenza diretta con le condizioni idrogeologiche e non modifichino i rapporti struttura/terreno esistenti ed a tal fine dovrà essere prodotta un'apposita dichiarazione da parte del progettista.

Ogni altro intervento dovrà essere preceduto da una fase d'indagine geologica, sulla base di una campagna geognostica ed idrogeologica adeguata all'importanza dell'intervento, mirata alla ricostruzione delle condizioni idrogeologiche al contorno, intese come soggiacenza della falda e relative oscillazioni, ed alla definizione del comportamento geotecnico dei terreni e dell'influenza che le opere possono avere sulle condizioni idrogeologiche e geotecniche al contorno sia in fase di realizzazione sia in fase di esercizio.

Per quanto riguarda le aree poste appena a S appartenenti alla classe 3-**sottoclasse Ws** che lambiscono lo spigolo S dell'area in oggetto sono caratterizzate dalla presenza nel sottosuolo di una falda idrica posta in prossimità del piano campagna che può arrivare ad affiorare nei periodi di forte alimentazione e che contribuisce allo scadimento delle caratteristiche geotecniche ed interferisce negativamente con gli interventi da realizzare. Queste aree si trovano nella fascia centrale della piana del Rio Musia.

Concludendo l'area oggetto di studio rientra in **classe 2 di fattibilità geologica di piano – con modeste limitazioni** dovute alle problematiche definite **dalle sottoclassi Ep G Wp**.

Pertanto gli approfondimenti d'indagine saranno mirati ad approfondire tali problematiche superabili tramite accorgimenti tecnico costruttivi considerando che l'edificio scolastico è esistente.

Nella **carta di fattibilità** vengono riportati anche i risultati **dell'analisi sismica di secondo livello** condotta contestualmente al PGT.

Dal punto di vista dell'amplificazione litologica **l'area rientra in categoria di sottosuolo B** avente fattore di amplificazione (Fa) per effetti litologici superiore alla soglia comunale della categoria B per il periodo di riferimento compreso fra 0,1 e 0,5 secondi e inferiore alla soglia comunale della categoria B per il periodo di riferimento compreso fra 0,5 e 1,5 secondi:

- per la progettazione di fabbricati aventi periodo proprio compreso fra **0,1 e 0,5 secondi** (fabbricati bassi, regolari e piuttosto rigidi, aventi altezza indicativamente inferiore a 5 piani) è richiesta l'analisi sismica di terzo livello o in alternativa l'utilizzo dello spettro di norma relativo alla **categoria C**;
- per la progettazione di fabbricati aventi periodo proprio compreso fra **0,5 e 1,5 secondi** (strutture alte e flessibili) non è richiesta l'analisi sismica di terzo livello, ma è necessario e sufficiente l'utilizzo dello spettro di norma relativo alla **categoria B**.

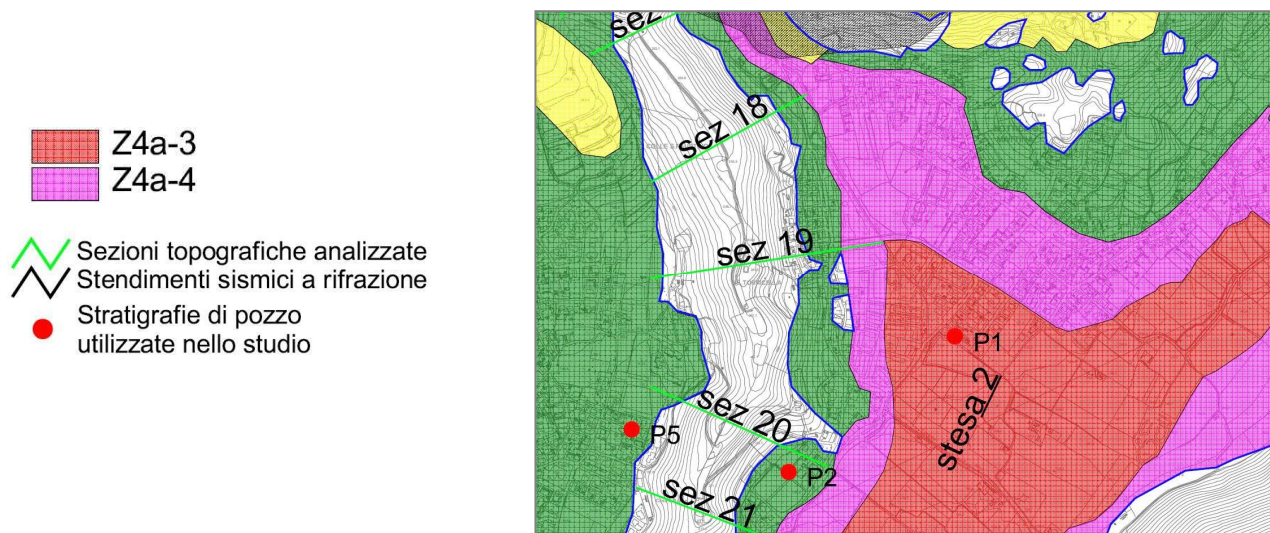
Analizzando più nel dettaglio, l'area soggetta ad amplificazione litologica si trova sul limite di contatto tra aree classificate in categoria di sottosuolo B ed aree in categoria di sottosuolo C.

Si osservi come nell'analisi della pericolosità sismica di II livello eseguita nello studio geologico precedente l'area ricadesse nello **scenario Z4a-3** e in prossimità dello stendimento di sismica a rifrazione in onde S n. 2 caratterizzato da terreni con V_{S30} pari a 296-320 m/s appartenenti alla categoria di sottosuolo C con un fattore di amplificazione Fa calcolato pari a 2.4 (per 0.1-0.5s) e a 1.4 (per 0.5-1.5s) di cui il primo risulta superiore all'attuale fattore di soglia comunale ($F_{sc}=1.9$) ed il secondo inferiore ($F_{sc}=2.4$).

Nel primo caso pertanto andrebbe utilizzato lo spettro di norma relativo alla **categoria di sottosuolo D**.

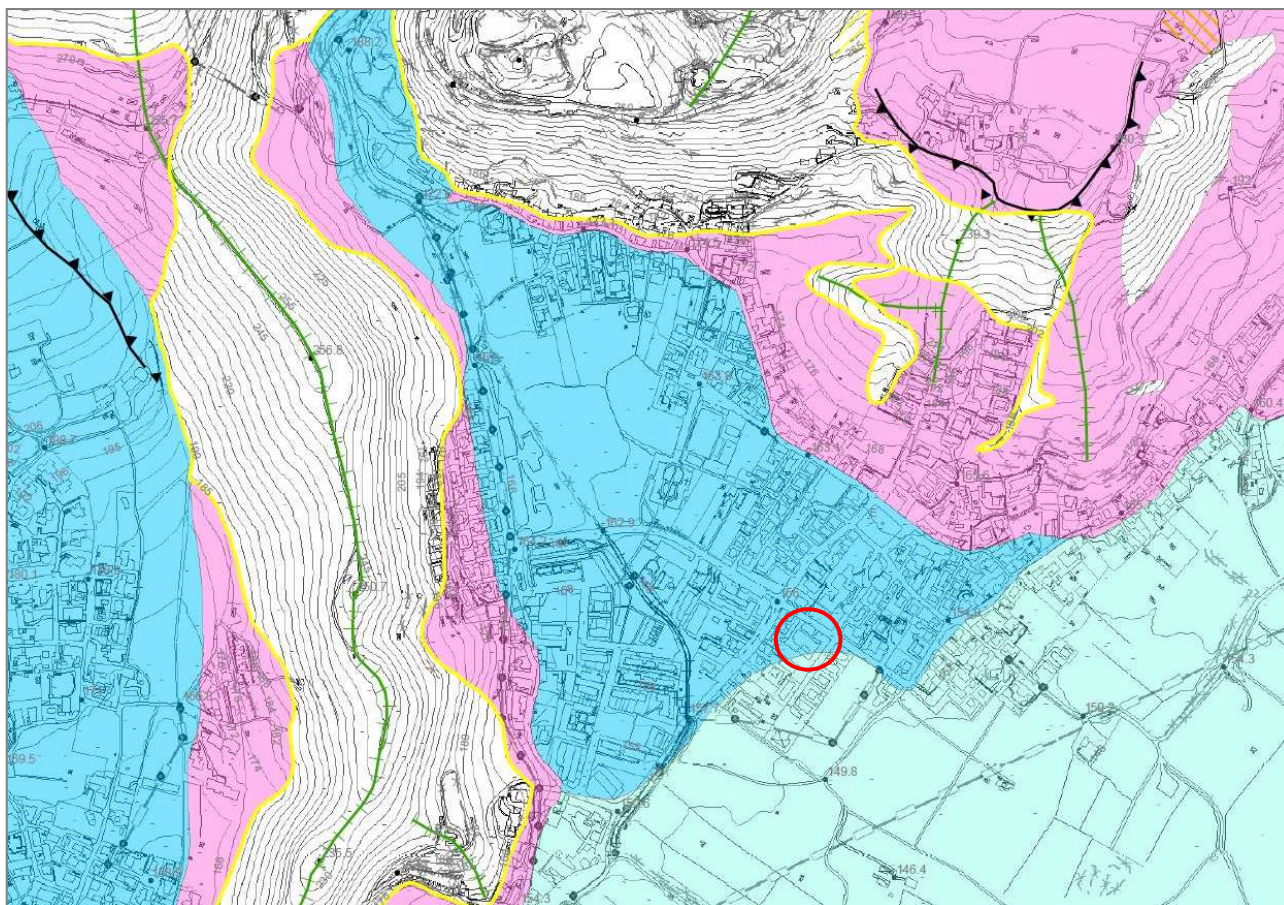
Per quanto riguarda i periodi di vibrazione del sottosuolo risultavano superiori a 0.4 s con profondità del substrato roccioso tra 70 e 100 m ed il bedrock geofisico tra 53-55 m di profondità (pozzi n 1 e 3), si consigliava pertanto di evitare la realizzazione di strutture con periodi propri di vibrazione compresi tra 0.3-0.5 s.

Estratto carta PSL II livello - 2007

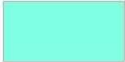




Per quanto riguarda lo **scenario di pericolosità sismica** l'area rientra nello scenario Z4b: "Zona pedemontana di falda di detrito conoide alluvionale e conoide deltizio lacustre" con **categoria di sottosuolo identificata B**. Si riporta di seguito un estratto della **carta della PSL di I livello**:

Carta della PSL di I livello - PGT 2018



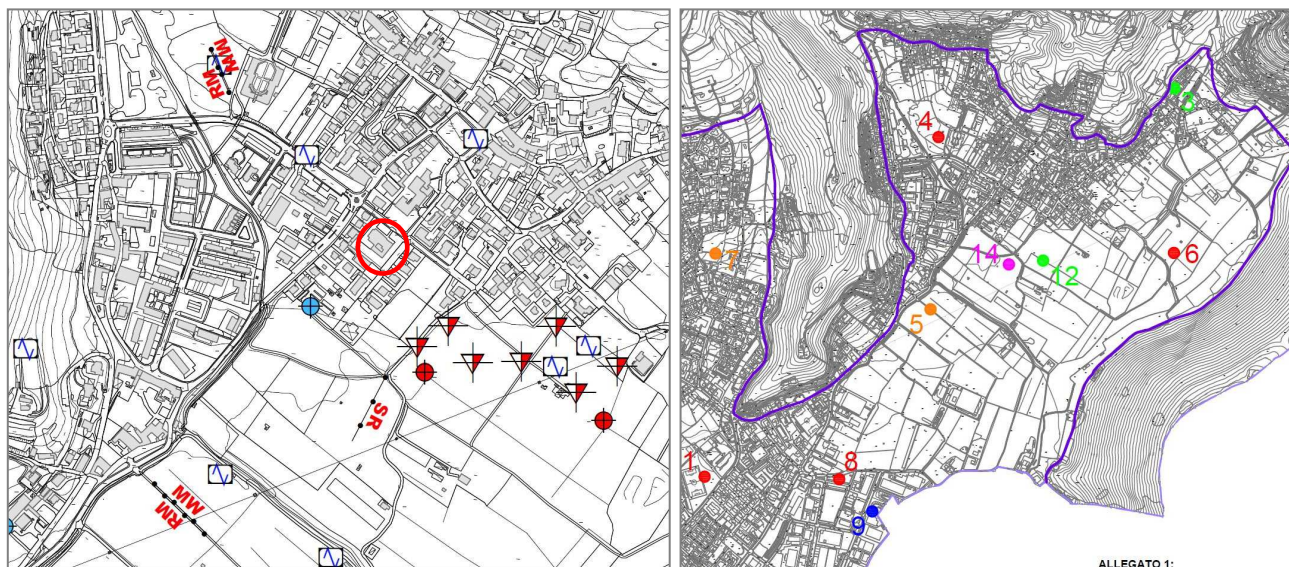
AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE E GEOMETRICHE (con spessore dei depositi > 5 m)

	Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi
	Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre
	Z4d	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale

Lo spigolo S della scuola esistente appartiene allo scenario Z4a "Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi" con **categoria di sottosuolo identificata C**.

Poiché nella zonazione della PSL di secondo livello nel PGT del 2018 si sono utilizzate le seguenti indagini coadiuvate da quelle eseguite per la microzonazione sismica comunale trovandosi la scuola in prossimità della linea di confine tra i due comportamenti diversi, essendo la scuola più vicina allo stendimento a rifrazione SR posto a S rispetto all'indagine Remi-Masw posta a N in prossimità del cimitero, si ritiene di attribuire all'area la categoria di sottosuolo C desunta dallo **stendimento SR** (**indagine 14 – via Gorizia Ovest**). Tale scelta peraltro è a favore della sicurezza.

Carta delle indagini-Microzonazione sismica 2017 Carta delle indagini per la PSL di II livello 2018



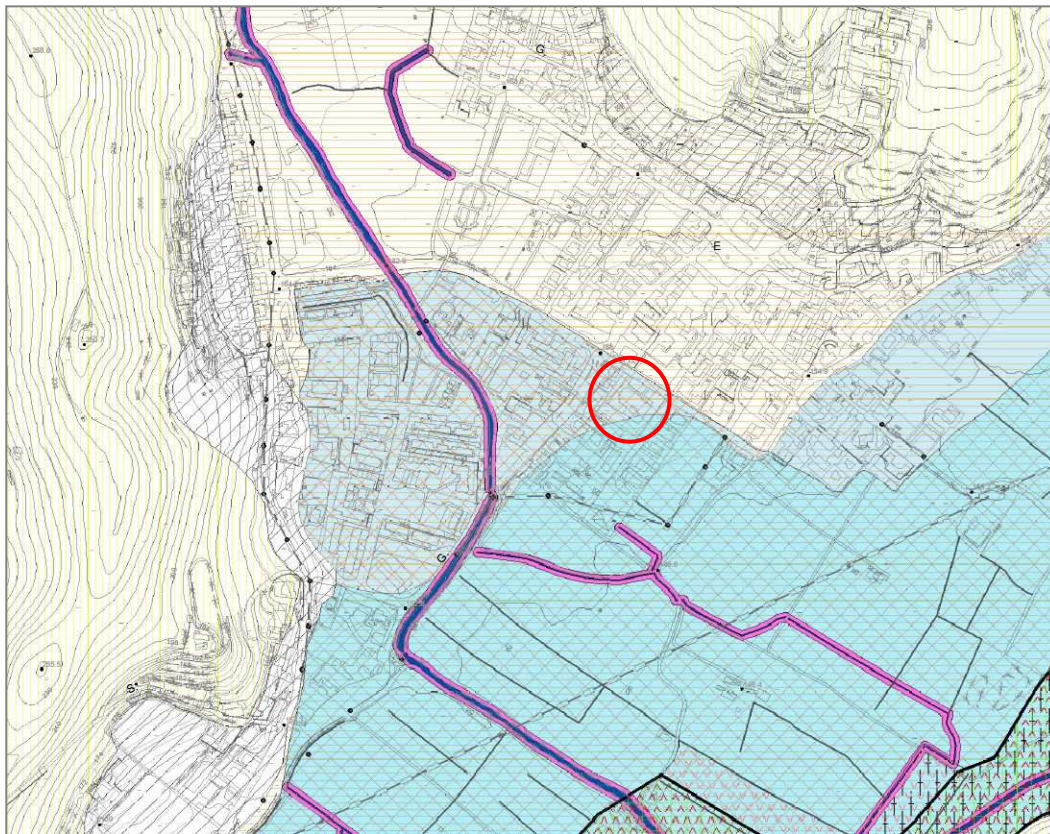
Si riportano di seguito gli esiti del II livello sismico eseguito per lo studio geologico del 2018 considerando i fattori di soglia comunale per la categoria C di 1.9 (0,1-0.5s) e di 2.4 (0.5-1.5s):

sito indagine	Vs30 (m/s) e categoria sottosuolo da indagine	Scheda di valutazione	curva correlazione T-Fa	Profondità substrato sismico (m)	T (s)	Fa 0,1- 0,5s	Fa 0,5- 1,5s	risultato	
								0,1-0,5s	0,5-1,5s
14 via Gorizia ovest	308,27 C	LS 2	1	53,0	0,430	2,4	1,4	> soglia	< soglia
		LA 2	1			2,4	1,4	> soglia	< soglia


sito e indagine	categoria sottosuolo da indagine	Periodo proprio tipologia edilizia 0,1-0,5 s		Periodo proprio tipologia edilizia 0,5-1,5 s	
		Fa	Categoria di sottosuolo da utilizzare in fase progettuale	Fa	Categoria di sottosuolo da utilizzare in fase progettuale
5 via Gerre 6 via Massiago 8 via Molinetto sud 9 via Artigianale 12 via Gorizia est 14 via Gorizia ovest	C	<i>Superiore alla soglia</i>	D o terzo livello di approfondimento sismico	<i>Inferiore alla soglia</i>	C

Si conclude pertanto di attribuire all'area oggetto d'intervento di adeguamento del complesso scolastico esistente in fase progettuale la **categoria di sottosuolo D** per tipologie edilizie con periodo proprio di **0.1-0.5s** e la **categoria di sottosuolo C** per tipologie edilizie con periodo proprio di **0.5-1.5s** .





Secondo quanto riportato nella **Carta di sintesi** del PGT si desumono le problematiche segnalate nelle sottoclassi della carta di fattibilità che derivano da aree vulnerabili dal punto di vista geotecnico, idraulico ed idrogeologico di cui le componenti idrauliche sono legate a potenziali allagamenti locali (con bassi valori di velocità della corrente e del tirante idrico) per eventi meteorici a carattere eccezionale. Tali aree non rientrano nelle aree del PGRA e del PAI presenti nella piana di fondovalle.



Aree vulnerabili dal punto di vista geotecnico

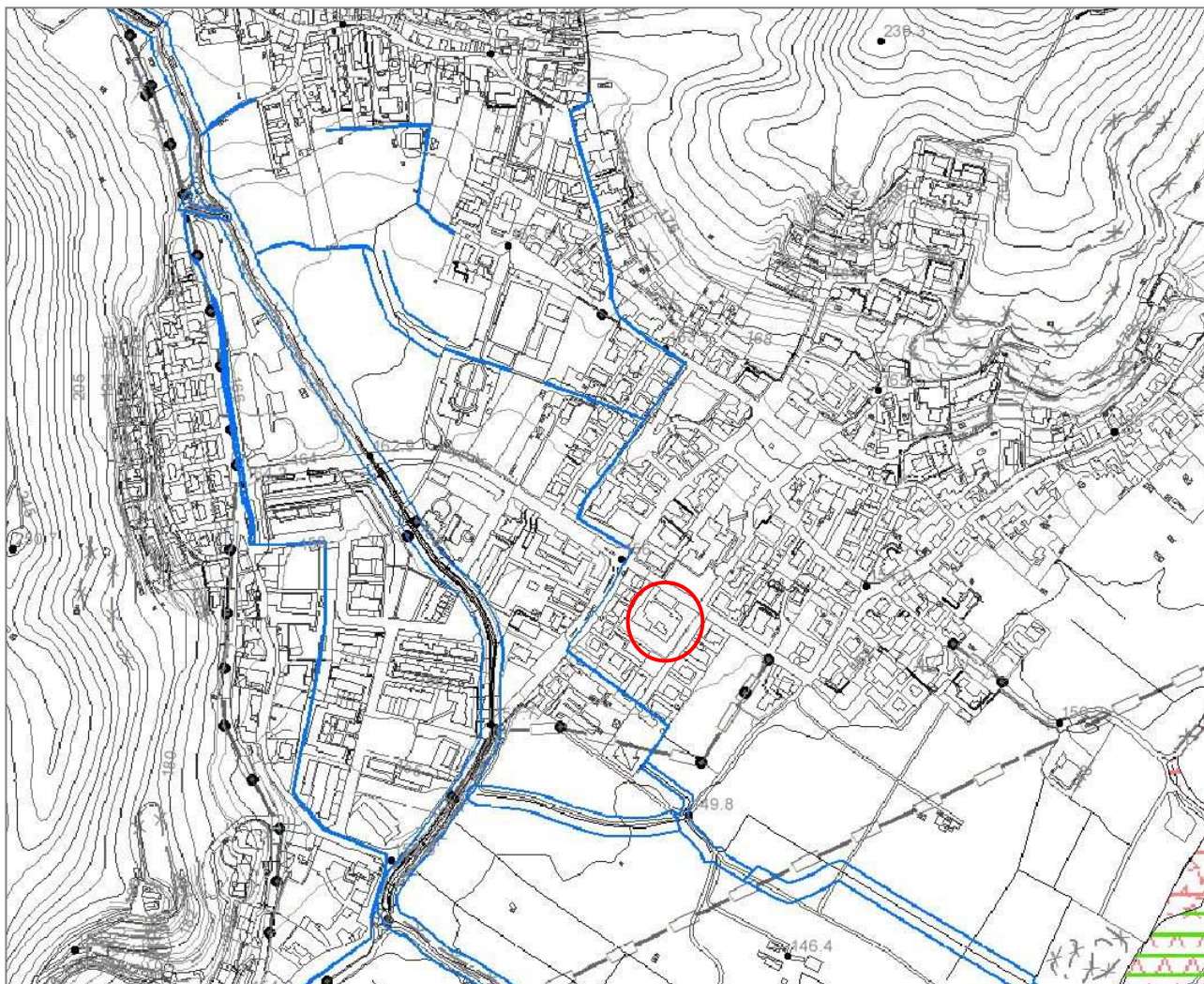
-  Aree con presenza di terreni aventi caratteristiche geotecniche mediocri

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico e/o idrogeologico

-  Aree a pericolosità potenziale per deflusso su conoide
-  Aree potenzialmente allagabili localmente per eventi meteorici a carattere eccezionale e con bassi valori di velocità della corrente e del tirante idrico
-  Area con falda poco profonda
-  Area con falda superficiale

Secondo quanto riportato nella **Carta dei vincoli** del PGT, e secondo il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) l'area in esame non rientra nelle aree interessate da pericolosità e rischio di alluvioni o assoggettate a vincoli sulla difesa del suolo.

Carta dei Vincoli - PGT 2018



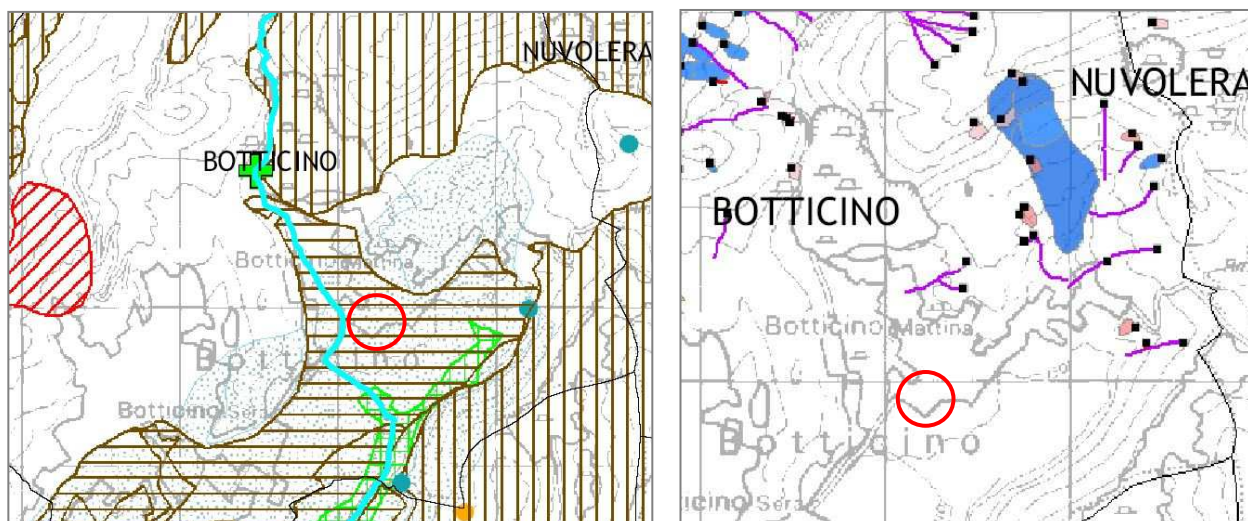
AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO E/O IDROGEOLOGICO





Fascia di rispetto del corso d'acqua appartenente al Reticolo Idrico

Per quanto riguarda il **Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale PTCP 2014 (tavola 3.1 sezione D – Ambiente e rischi e tavola 3.2 sezione D - Carta inventario dei dissesti)** l'area in esame non rientra nelle aree interessate da rischio idraulico né in quelle interessate da dissesti in base alla carta inventario. La zona di studio rientra nelle aree di ricarica potenziale del Gruppo acquifero A e presenta *vulnerabilità da alta a molto alta della falda*.

Estratto Tav 3.1 Ambiente e rischi – Tav 3.2 -Carta inventario dissesti PTCP 2014



Aree vulnerabili

-  Aree a vulnerabilità estremamente alta delle acque sotterranee per la presenza di circuiti idrici di tipo carsico ben sviluppati
-  Vulnerabilità alta e molto alta della falda

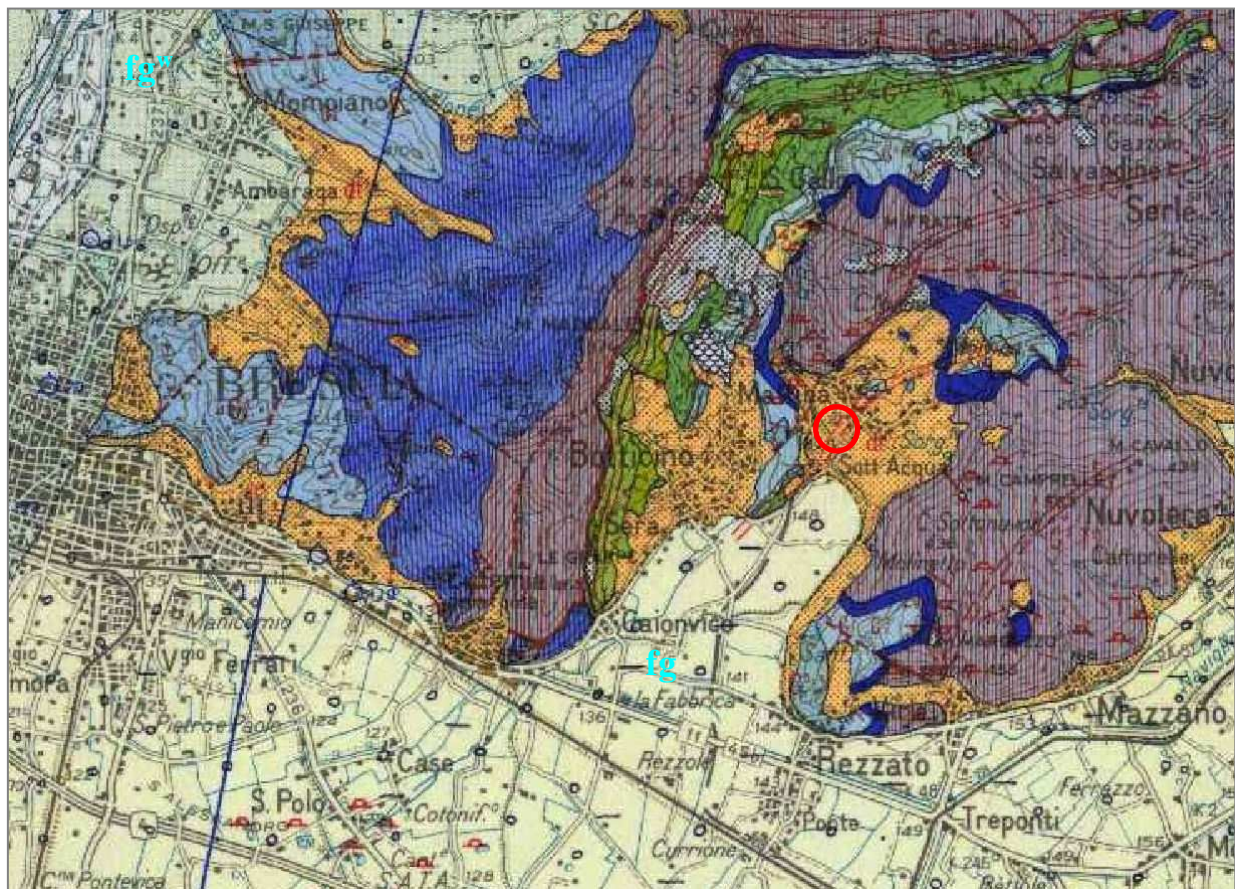
Aree di ricarica potenziale

-  Gruppo A

5. Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico

Secondo la Carta geologica d'Italia a scala 1:100000 - Foglio 47 Brescia – l'area in esame ricade a Sud degli imponenti affioramenti calcarei della Formazione della Corna a stratificazione indistinta che si rinvencono sul Monte Fratta soggetti a coltivazione di cava.

L'area oggetto di intervento è ubicata nella fascia pedemontana in depositi denominati **dt¹** appartenenti a falde di detrito antiche talora cementate, conoidi di deiezione inattive dei bassi versanti e ad argille rosse di dilavamento carsico in prossimità del passaggio con le alluvioni fluvioglaciali del fondovalle **fg** ricoperte da uno spessore più o meno esiguo di depositi eluvio-colluviali.



Depositi quaternari Pleistocenici



fg Alluvioni fluvi-glaciali, da molto grossolane e ghiaiose, con strato di alterazione superficiale argilloso, giallo-rossiccio, di ridotto spessore, localmente ricoperte da limi più recenti in lembi non cartografabili separatamente. Costituiscono l'alta pianura a monte della zona delle risorgive e si raccordano con le cerchie moreniche più alte degli anfiteatri sebino e benacense. Secondo alcuni autori sottoposte ed anteriori al "fg^w", secondo altri variazione granulometrica verso monte del medesimo.



dt¹ Falde di detrito antiche, talora cementate, conoidi di deiezione inattivi dei bassi versanti; argille rosse di dilavamento carsico (alle fornaci di Gavardo coprono il m² a "tipico ferretto") (colluvium ed eluvium).

Substrato roccioso

	<p>Calcarei marnosi grigiastri e nocciola e marne con selce in letti e noduli (G^{3-4}), localmente distinguibili in: calcarei marnosi grigi, per lo più in grossi banchi, con selce bruno-grigiastri e sottili intercalazioni di marne a <i>Posidonia alpina</i> (GRAS), ("Calcarei medoloidi"), CALLOVIANO INFERIORE - BAIOCIANO, (G^{2-3}); calcarei marnosi, talora arenacei, nocciola, ben stratificati, con liste di selce bruna ed intercalazioni di marne grigio-verdesire, talora rossicce, a <i>Steinmannia bronni</i> (VOLTZ), ("Calcarei nocciola"). ALENIANO? - TOARCIANO, (G^{3-4}). Le marne aumentano fino a prevalere a sud del Lago d'Iseo e ad est di Brescia, dove si associano a calcarei marnosi con selci grigie e bianche. CALLOVIANO INFERIORE - TOARCIANO. FORMAZIONE DI CONCESIO.</p>
	<p>Calcarei più o meno marnosi, con letti e noduli di selce e con intercalazioni di marne, (G^2-G^3), localmente distinguibili in: calcarei più o meno marnosi da grigi a biancastri, con selce ed intercalazioni di marne, ad <i>Arietoceras algovianum</i> (OFF.), <i>Reynosoceras ragazzonii</i> (HAUER) ed altre ammoniti pirilizzate e con arenarie e brecce - puddinghe calcareo-silicee nella parte superiore, ("Calcere di M. Domaro"), DOMERIANO, (G^1); calcarei più o meno marnosi, da chiari a nerastri, con selce ed intercalazioni di marne grigio-verdi, ("Calcere di Gardone Val Trompia"), CARIXIANO-LOTARINGIANO, (G^2-G^3). DOMERIANO - LOTARINGIANO. MEDOLO.</p>
	<p>Calcarei bianchi, compatti, ben stratificati, sovente selciosi, passanti talora a calcarei rosso-carnicini, in genere con poca selce, e con intercalazioni di calcarei puddingoidi, a: <i>Reynosoceras ragazzonii</i> (HAUER), <i>Arietoceras algovianum</i> (OFF.), <i>Asteroceras stellare</i> (SOW); dove la formazione è molto ridotta esso è stato cartografato assieme al "Medolo". DOMERIANO - LOTARINGIANO. CORSO.</p>
	<p>Calcarei compatti, bianco-avorio, grigi e bruni, in grosse bancate ("Marmo Botticino"), nella parte superiore talora (Val Gobbia, M. Montecca) impregnati di selce bruna e nerastra, ("Corno selciosa"), alla base localmente (Nave) fossiliferi, passanti a calcarei dolomitici e dolomie cristalline, prive di stratificazione; brecce policrome (Paitone e Val Vrendol, ("Breccia Aurora"). PLIENSCHACHIANO (?) - RETICO MEDIO (?). CORNA.</p>

Il substrato roccioso affiorante sulla colma della località La Torricella in destra orografica del Torrente Rino posta ad W dell'area di studio è costituita dalla successione calcareo marnosa talora con noduli di selce Giurassico-Cretacica (dal basso verso l'alto: Corso – Medolo - Formazione di Concesio - Selcifero Lombardo- Maiolica) sovrastante alla Formazione della Corna.

Tale successione dal punto di vista strutturale è interessata, a S della faglia inversa/sovrascorrimento del Monte Maddalena, da un sistema di pieghe sinclinali ed anticlinali (orientamento assi ENE-WSW passante verso S a NNE-SSW) che scendono verso la pianura a partire dalla Sinclinale di Botticino, ubicata in località San Gallo, a seguire l'Anticlinale del Monte Fratta fino alla Sinclinale di Molvina il cui asse passerebbe al di sotto dell'area di studio.

Di seguito viene riportato uno schema strutturale della Provincia di Brescia tratto da :

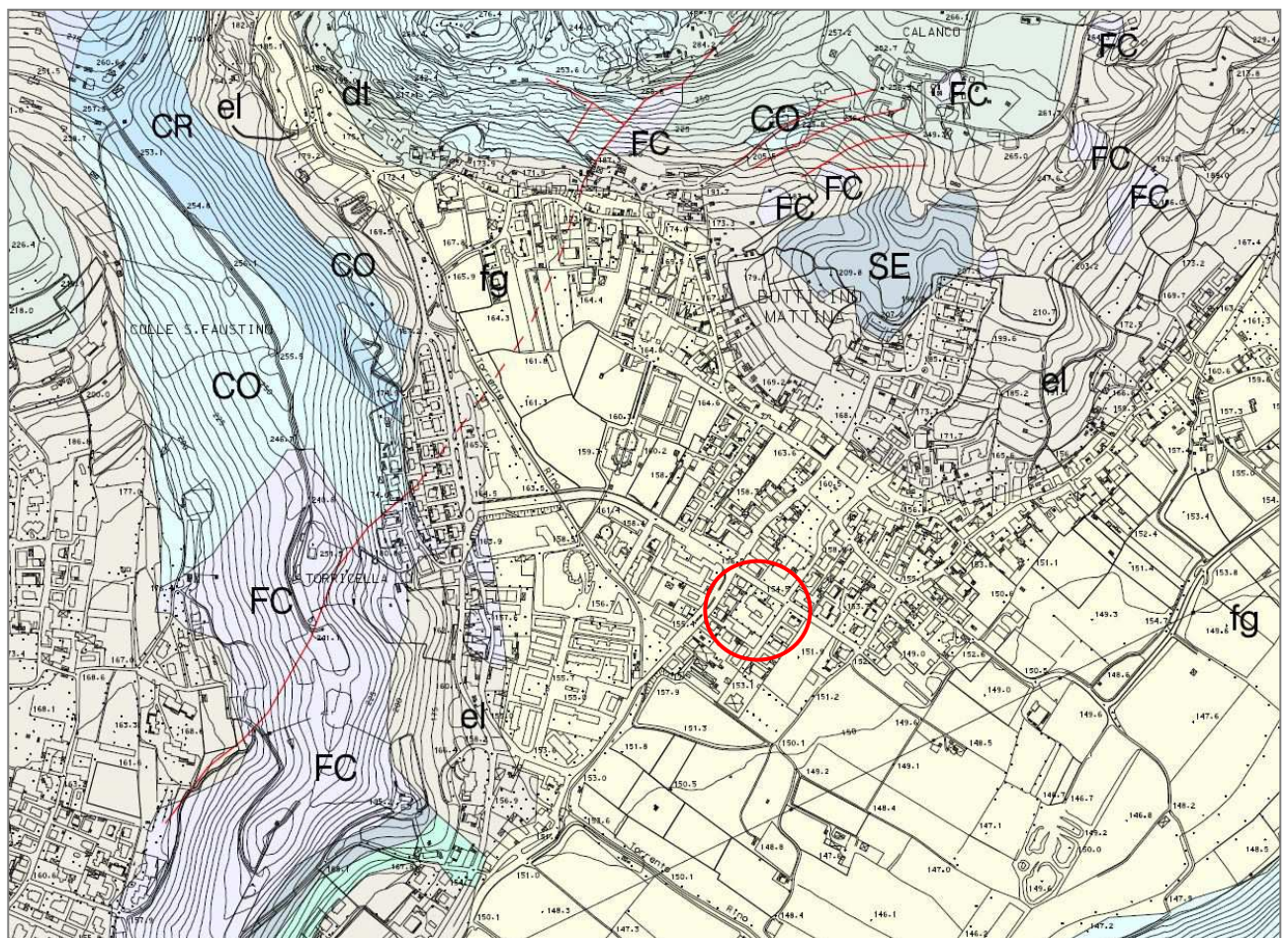
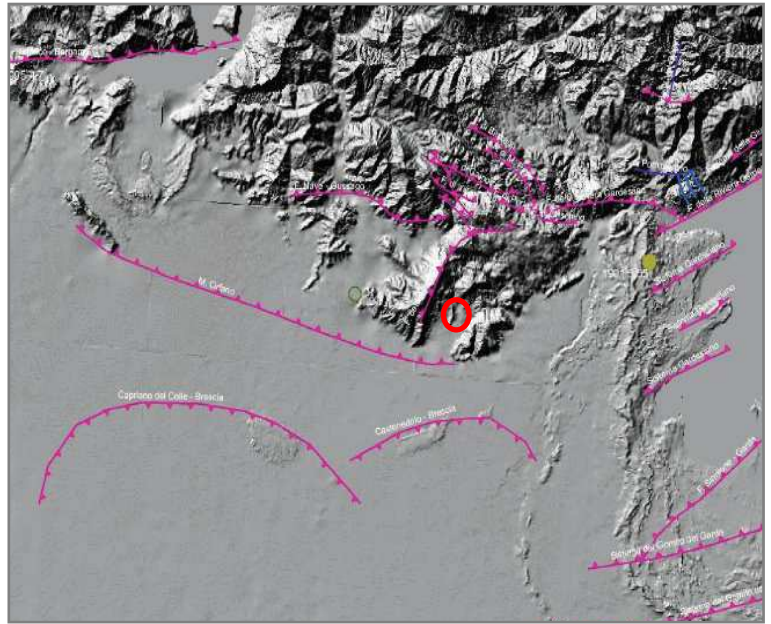
“Le faglie attive nell’area lombarda ed il progetto ITACA” (E.Vittorini APAT 2006) che riporta i principali lineamenti tettonici associati ad eventi sismici:

Nella **carta geologica** allegata allo studio della componente geologica per il PGT i depositi in esame sono indicati come “ fluvio glaciale legato alle cerchie più elevate “ mentre nello studio di microzonazione sismica nella carta geologico tecnica tali depositi risultano

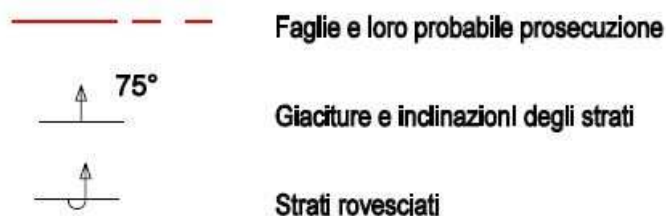
essere argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di conoide detritica/bacino intramontano.

Al di sotto di tali depositi si possono rinvenire le alluvioni fluvio glaciali e/o il substrato roccioso

Si riporta di seguito l’estratto della carta geologico-strutturale del PGT:



CO	CORNA: Pliensbachiano - Retico
CR	CORSO: Domeriano
ME	MEDOLO: Domeriano
FC	FORMAZIONE DI CONCESIO: Calloviano - Toarciano
SE	SELCIFERO LOMBARDO: Titoniano - Calloviano
MA	MAIOLICA: Barremiano - Titoniano
SR	SCAGLIA ROSSA: Cuisiano - Cenomaniano
SV	SCAGLIA VARIEGATA: Cenomaniano - Barremiano
fg	Fluvio glaciale legato alla cerchie più elevate
el	Eluvium, Colluvium, falde e coni di detrito e deiezione inattivi
dt	Detrito sciolto e cementato

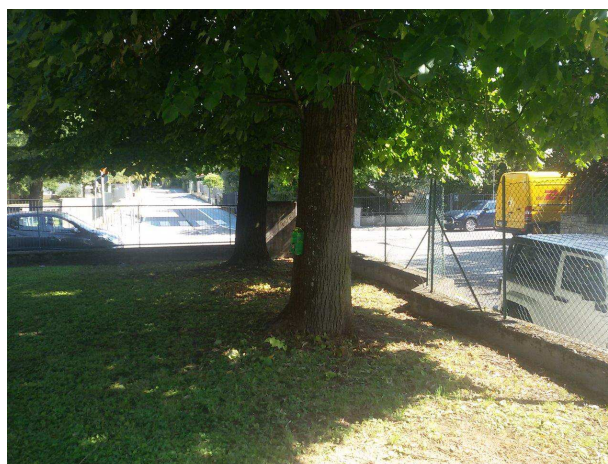
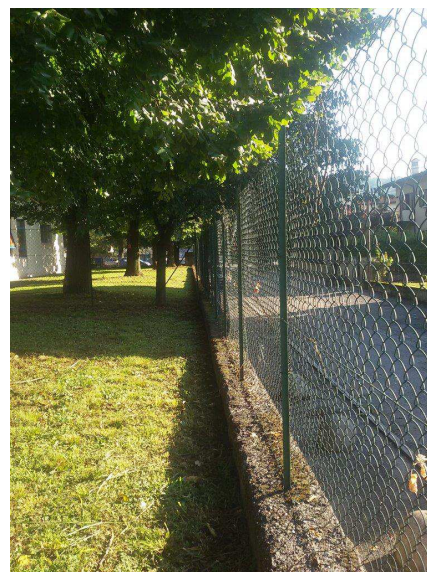
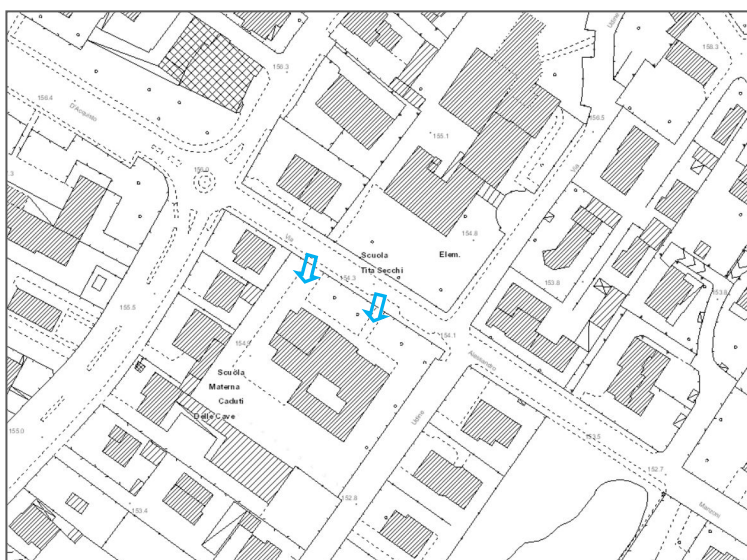


Dal punto di vista **geomorfologico** secondo il lavoro pubblicato dall'ERSAL "I suoli dell'area morenica gardesana - settore bresciano" (1997), i terreni dell'area in esame sono attribuibili al sistema **PV**: "Fondovalli montani di origine alluvionale, comprendenti le superfici di raccordo (di origine colluviale) con i versanti limitrofi, in cui trovano ampia diffusione le colture agrarie", all'unità **PV3**: "Superfici pedemontane di raccordo con l'alta pianura, corrispondenti alle principali fasce colluviali di piede versante. Hanno pendenze basse o moderate e sono soggette a modellamento antropico" e alla sottounità **PV 3.1**: "Aree caratterizzate dalla presenza di suoli evoluti su **materiali colluviali di età antica** con pendenze comprese tra 5-10%."

Suoli da profondi o molto profondi, con scheletro da assente a comune tessitura da moderatamente fine a fine in profondità, reazione alcalina, saturazione alta non o scarsamente calcarei a drenaggio buono.

In particolare la morfologia dell'area in esame analizzata sul fotogrammetrico del SIT della Provincia di Brescia in scala 1:2.000 è ubicata tra le quota 153-155 m circa s.l.m. era caratterizzata da una superficie originariamente a debole pendenza caratteristica di una conoide di deiezione/depositi colluviali di pedemonte.

L'area si presenta attualmente piana caratterizzata da terreni riportati per 1-2 m di altezza rispetto alla superficie originaria e delimitata sul lato SW e SE da muri alti circa 1.5-2.0 m con p.c. rilevato rispetto alle aree limitrofe di 1.3-1.7 m mentre sul lato NW l'area risulta rilevata di circa 1.0 m rispetto ai p.c. limitrofi e sul lato NE i due ingressi sono in quota con la strada che scende verso S. L'area si trova pertanto prevalentemente rilevata rispetto alle aree limitrofe con la presenza di due punti critici nel caso di allagamenti per eventi meteorici a carattere eccezionale individuabili in prossimità dei due ingressi. Tale osservazione potrà essere presa in considerazione in sede di progetto definitivo/esecutivo per evitare l'eventuale ingresso delle acque provenienti da monte.



Per quanto riguarda la **soggiacenza della falda** in base alla carta idrogeologica del PGT in prossimità dell'area oggetto di studio risultava essere, in base alle linee isopiezometriche relative all'anno 2003 (poste ad una quota pari a 150 mslm), a circa 3-4 m dal p.c.

Di seguito si riporta un estratto della **carta idrogeologica** del 2003 dove in prossimità dell'area è indicato un livello di soggiacenza della falda principale indicativo presunto compreso tra 3-4 m dal p.c. con direzione di flusso della falda verso S, le linee isopiezometriche si fermano appena a S dell'area nella piana di fondovalle posta a quota 151m slm e non proseguono a monte nell'area di

conoide in quanto, essendo prevalentemente costituita da depositi argillosi, può presentare falde sospese superficiali impostate in orizzonti localmente più sabbiosi o ghiaiosi (ove e se esistenti) costituite da locali falde esigue confinate in tali livelli che possono causare localizzate circolazioni/infiltrazioni d'acqua.

Le linee isopiezometriche sono state ivi tratteggiate in quanto il livello piezometrico della falda freatica di Botticino Sera - Rezzato è stato fatto proseguire anche laddove sono presenti i potenti strati di terreni argillosi, questo perché numerosi vecchi pozzi superficiali scavati a mano testimoniano la presenza di un acquifero superficiale contenuto nell'esiguo strato di copertura della potente sequenza argillosa (vedi Sezione A-A).

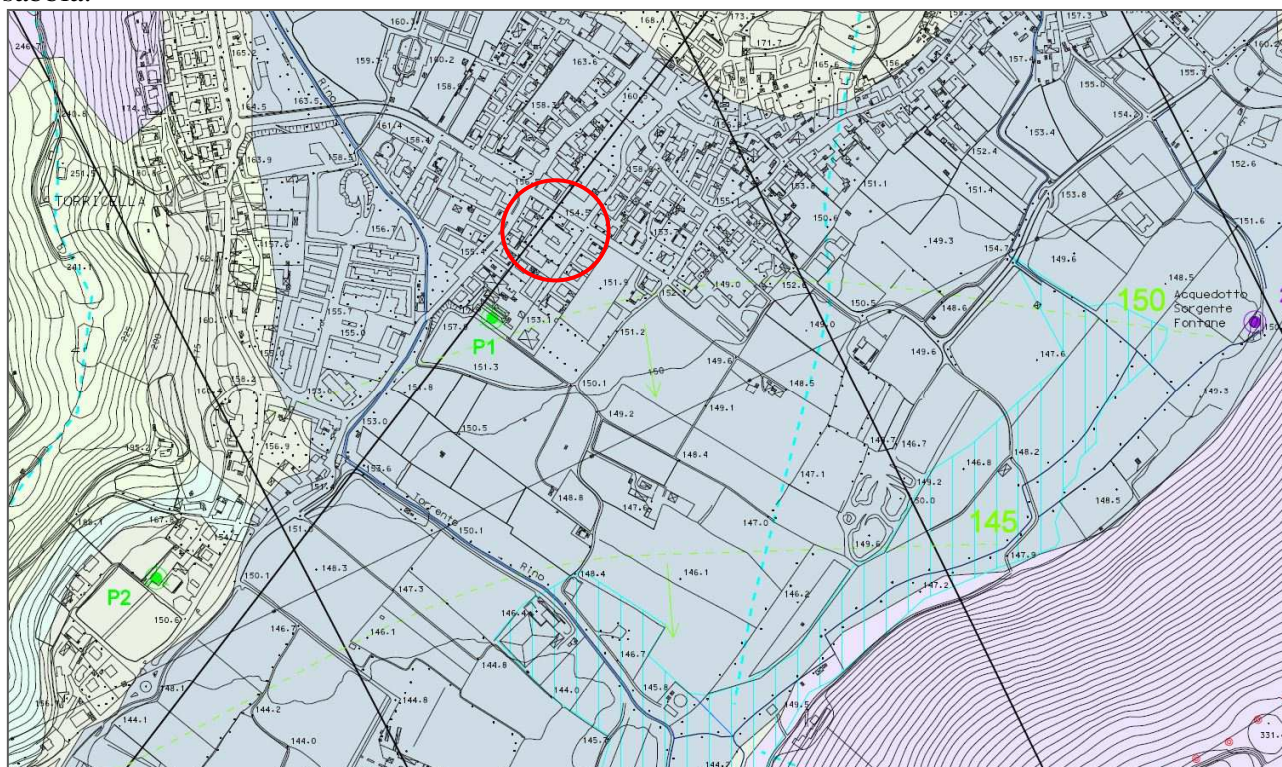
Da fonti di letteratura è noto che il sottosuolo della zona di pianura è costituito da un complesso alluvionale della potenza di 150 m circa costituito prevalentemente da terreni argillosi con subordinate intercalazioni di ghiaie e conglomerati.

Si tratta di depositi alluvionali misti a detriti colluviali dotati di una permeabilità limitata o molto bassa; la circolazione idrica è confinata nei livelli più grossolani e/o nei conglomerati fessurati.

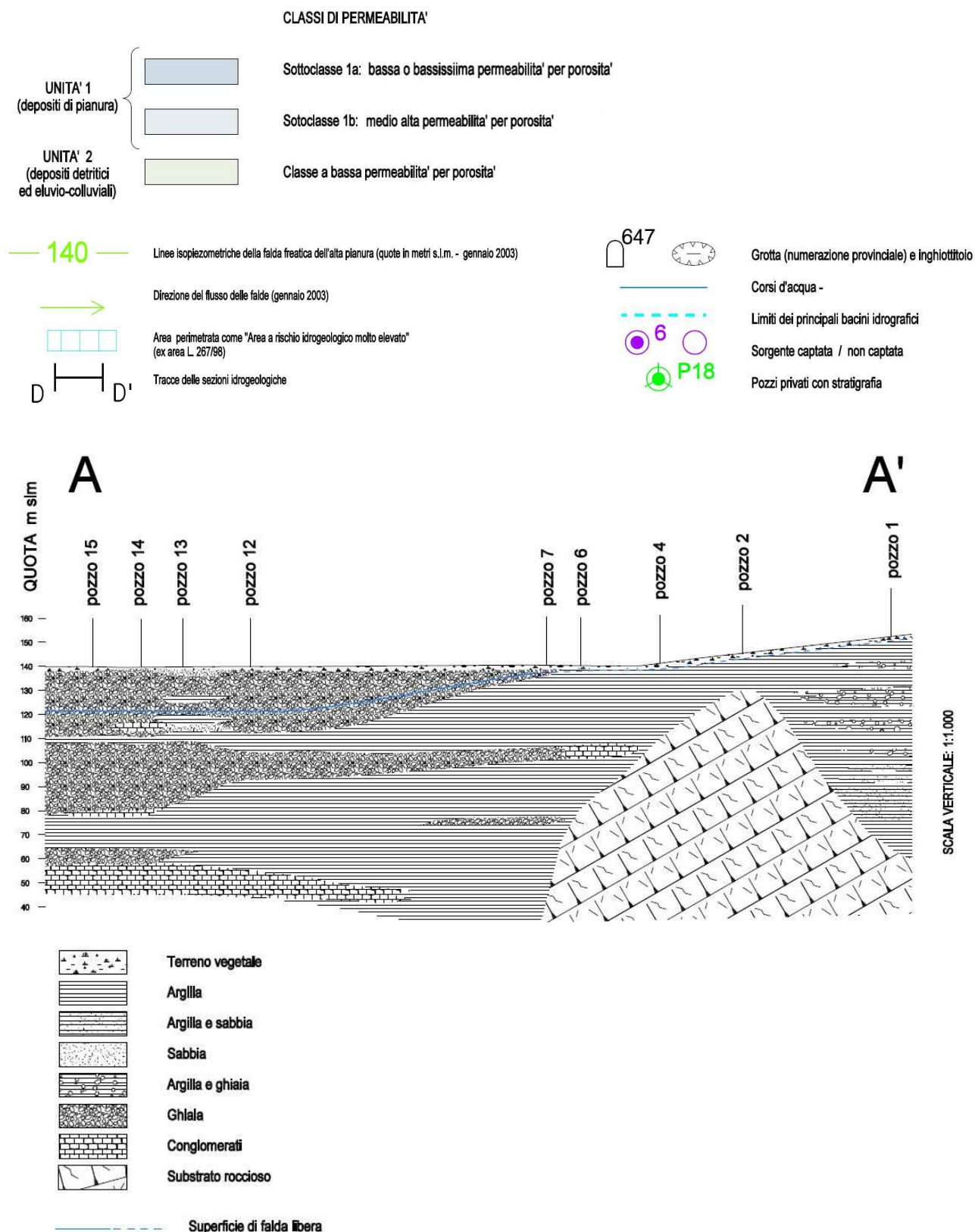
In accordo con la situazione idrogeologica sopra descritta, in generale i pozzi della piana di Botticino sono poco produttivi (la loro portata va da 1 a 3 l/s).

L'unità idrogeologica rientra nella **classe 1a** a bassa bassissima permeabilità costituita da terreni argillosi. Il pozzo 1 di cui si allega la stratigrafia presenta i filtri nella roccia fratturata presente a 82 m di profondità da p.c. al di sotto di una potente sequenza argillosa con orizzonti con ghiaia o con sabbia.

A'



A



La sezione idrogeologica A-A', costruita sulla base dei dati forniti dalle stratigrafie di alcuni dei 15 pozzi censiti (12 sul territorio del Comune di Botticino e 3 su aree limitrofe nei Comuni di Rezzato e Caionvico), visualizza l'assetto idrogeologico in corrispondenza del settore di pianura fino alle profondit  raggiunte dai pozzi stessi.

Risulta evidente la netta prevalenza di terreni argillosi nel settore settentrionale della pianura, in corrispondenza di Botticino Mattina e del crinale roccioso che, allungandosi verso sud, separa Botticino Mattina da Botticino Sera; la potente sequenza argillosa è interrotta solamente dalla presenza di esigui livelli ghiaioso-sabbiosi, all'interno dei quali sono ospitate falde artesiane. In alcuni pozzi le cui fenestrate si trovano in corrispondenza di questi acquiferi artesiani l'acqua risale fino a circa 4 metri dal piano campagna.

Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche eseguite il 03/09/2020 si è rinvenuta la presenza di acqua con soggiacenza compresa tra i 2.7 ed i 3.1 m di profondità dal p.c. considerando una variazione nelle quote del p.c. di circa 0.5-0.6 con punto massimo nello spigolo W del lotto e minimo sul lato a SE.

Dalle evidenze degli scavi esplorativi (eseguiti in condizioni metereologiche sfavorevoli nel periodo di gennaio durante una forte pioggia) spinti fino a profondità massime comprese tra 2.5-3.5 m di profondità dal p.c. non si sono avute evidenze di circolazione idrica pertanto l'acqua rinvenuta nelle prove penetrometriche proviene da livelli confinati probabilmente più profondi.

Non si conoscono le oscillazioni della falda ma da un rilievo dei vani interrati della cantina posta a NE e del cavò interrato presente fino a circa - 1.5-2.0 m dal p.c. i muri si presentano asciutti senza segni di risalita capillare.

Le fondazioni della scuola esistente si presume siano poste a circa 2.2-2.5 m da p.c. e che potrebbero interferire con la falda sospesa localmente e solo temporaneamente in periodi interessati da precipitazioni particolarmente intense e prolungate.

L'accumulo localizzato di acqua al di sotto del terreno riportato può provenire da perdite locali nei sottoservizi legati ai tombini dei pluviali ed alla presenza di un presunto canale intubato presente nel settore a SW.

6. Piano d'indagine

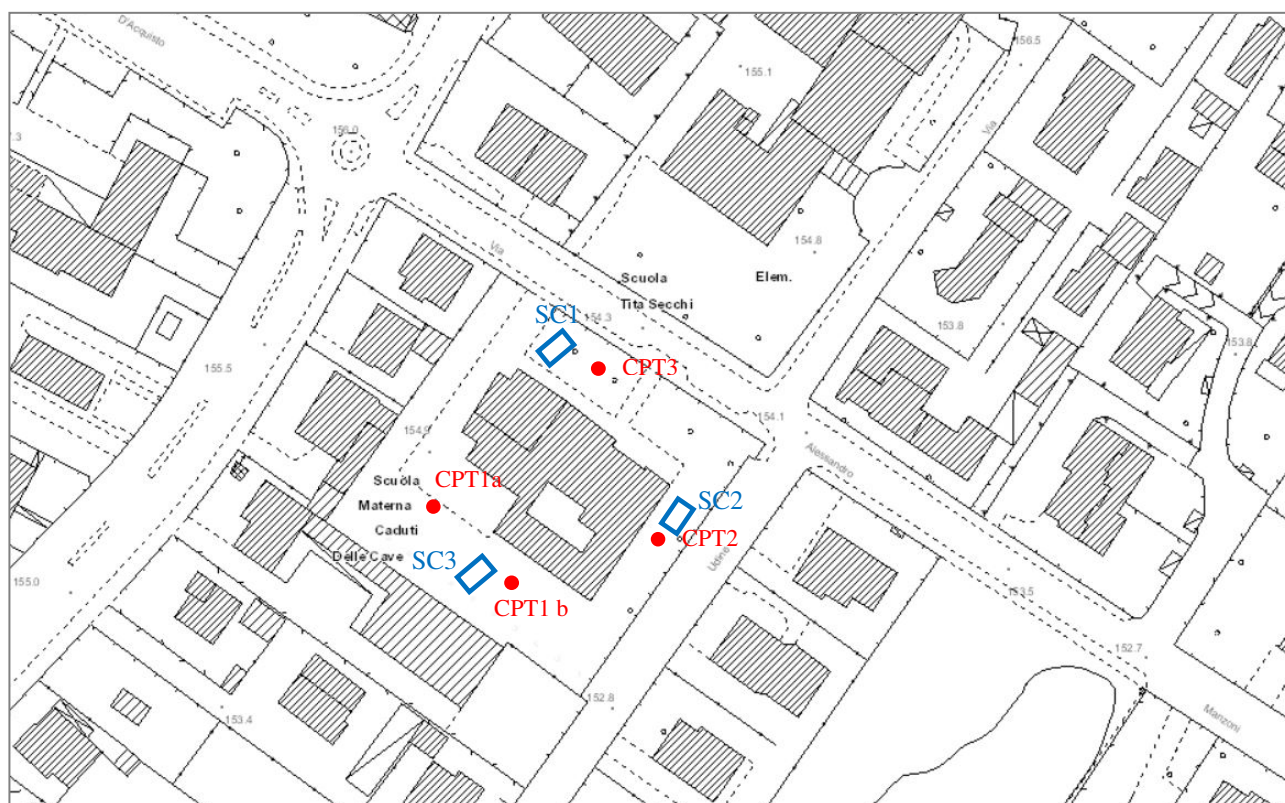
Per la *caratterizzazione geologica e geotecnica* dei terreni che costituiscono il sottosuolo dell'area in esame e per la definizione del modello geologico e geotecnico, si sono eseguite le seguenti indagini:

- di tipo diretto mediante 3 scavi esplorativi spinti fino ad una profondità compresa tra 2.5-3.5 m (non più profondi a causa delle sfavorevoli condizioni metereologiche nel periodo di accessibilità al giardino della scuola nel mese di gennaio e della presenza di frequenti sottorervizi), prove speditive sui campioni prelevati dagli scavi e sulle pareti degli scavi (pocket penetrometer e vane test), analisi di laboratorio;

- di tipo indiretto mediante 3 prove penetrometriche statiche con punta meccanica spinte fino 11 m da p.c. con difficoltà nell'ancoraggio a causa del riporto superficiale che presentava anche ciottoli e blocchi di dimensioni massime di 20-30 cm (evitati dalle prove per le quali si sono cambiate più postazioni).

Per la *caratterizzazione geofisica del sito*, al fine di definire la categoria di sottosuolo ai sensi del DM 17/01/2018, si è considerata una indagine di sismica a rifrazione (in onde P e S) SR2 eseguita a circa 200 m a SW del sito contestualmente all'integrazione sismica del PGT del 2007 e il secondo livello eseguito contestualmente al PGT 2018 relativo alla indagine stessa rinominata indagine 14 via Gorizia W (pag 17 paragrafo 4) che tiene in considerazione anche i risultati dello studio di microzonazione sismica del 2017.

Si riporta di seguito la planimetria con l'ubicazione delle indagini geognostiche eseguite:



6.1. Scavi esplorativi

Gli scavi esplorativi, ubicati nelle aree adibite a giardino, sono stati eseguiti il 28 Dicembre per problemi di accessibilità e logistica in condizioni metereologiche sfavorevoli sotto ad una intensa pioggia.

Negli scavi esplorativi al di sotto di un terreno di riporto di circa 1.3-2.0 m di profondità si rinviene **un deposito colluviale e di conoide di deiezione** costituito prevalentemente da argilla e limo sabbiosi debolmente ghiaiosi (SC1 e SC2) a limo argilloso sabbioso con ghiaia (SC3), da consistente a molto consistente, da umido (SC1 e SC2) a molto umido (SC3), presenti fino a 2.5-3.5 m di profondità dal p.c.

Gli orizzonti prevalentemente coesivi argilloso limosi si alternano a quelli parzialmente scheletro sostenuti di spessore minore a comportamento misto.

Profondità dal p.c. dei depositi rinvenuti negli scavi esplorativi

Unità	Scavo 1 [m]	Scavo 2 [m]	Scavo 3 [m]	Pocket [kg/cm ²]	Vane test [kg/cm ²]
Da argilla rossa ghiaiosa a ghiaia con sabbia limoso argillosa con orizzonti con blocchi e ciottoli calcarei (Corna)	0.0-1.3	0.0-1.9	0.0-1.9	2-3	0.6-0.8
Terreno riportato					
Da Argilla limosa debolmente sabbioso ghiaiosa a limo argilloso sabbioso con ghiaia da molto consistente a consistente	1.3-2.5	1.9-2.8	1.9-3.4	2-4	0.8-1.0
Deposito colluviale e di conoide					

Durante l'esecuzione degli scavi sono state eseguite prove speditive mediante pocket penetrometer e vane test rispettivamente per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale e della resistenza al taglio dell'orizzonte coesivo superficiale.

Negli scavi esplorativi non si è rilevata la presenza di falda libera, i terreni si presentano da umidi a localmente molto umidi (SC3 prof 3.0 m).

I terreni presentano disomogeneità laterale e verticale vista la variabilità stratigrafica tra matrice fine e scheletro anche se la prevalenza al di sotto del terreno di riporto è di terreni a granulometria fine. Tali terreni presentano comportamento misto ed in tali terreni risultano di difficile interpretazione le prove penetrometriche se non tarate almeno nei primi metri mediante gli scavi con visione diretta della stratigrafia.

Si riportano di seguito le fotografie dei 3 scavi:

Scavo1



L'acqua presente a fondo scavo non proviene dalle pareti di scavo ma dalle acque di pioggia che si sono accumulate a fondo scavo mentre era aperto. Lo scavo si presenta asciutto come tutti gli altri fino a fondo scavo 2.5 m di profondità. Il vecchio suolo è costituito dall'orizzonte grigio scuro al di sotto del quale il terreno si presenta argilloso limoso di colore bruno rossiccio.



Scavo 2



È evidente nel cumulo il passaggio dal terreno di riporto con blocchi e ciottoli di calcare micritico.

della Formazione della Corna al terreno limoso argilloso rinvenuto al di sotto di 1.9-2.0 m da p.c.

Lo scavo si presenta asciutto fino a 2.5 m (fondo

scavo)

Scavo 3

è ben evidente il passaggio tra terreno di riporto con blocchi e ciottoli al terreno in sito in matrice limoso argillosa. Lo scavo si presenta asciutto fino a 3.5 m di profondità dal p.c.



Sottoservizio posto a SW dello scavo 3 (fosso intubato o smaltimento pluviali? Da verificare)

Tale sottoservizio può contribuire alla presenza di circolazione e accumulo di acqua di infiltrazione presente se non è costituito da uno scatolare con fondo cementato



6.2. Analisi di laboratorio

Durante l'esecuzione degli scavi esplorativi sono stati raccolti alcuni campioni rappresentativi di terreno sui quali sono state eseguite le seguenti analisi di laboratorio:

- umidità naturale w_n
- determinazione della densità naturale γ_n e densità secca del terreno γ_d
- determinazione delle caratteristiche fisiche del terreno quali: grado di saturazione, porosità, indice dei vuoti
- analisi granulometrica per via umida
- limiti di Atterberg
- classificazioni secondo le norme USCS e CNR UNI 100006

Si sono inoltre eseguite prove speditive in laboratorio con determinazione della resistenza a compressione mediante pocket penetrometer e della resistenza al taglio mediante vane test per caratterizzare gli orizzonti coesivi.

Gli elaborati di prova sono riportati in allegato, mentre di seguito si riporta il quadro riassuntivo:

TABELLE RIASSUNTIVE DELLE PROVE DI LABORATORIO

Descrizione campioni e prove eseguite

Scavo	Campione	Profondità [m]	Pocket [kg/cm ²]	Vane test [kg/cm ²]	Colore	Descrizione campione secondo le norme A.G.I. ed esami eseguiti
SC1	C1	2.0-2.5	2.0	0.9-1.0	HUE 5YR 4/4 bruno rosso brillante	Argilla con limo debolmente sabbioso ghiaiosa, umida, molto consistente; clasti angolari prevalentemente selciosi rossi e subordinatamente calcarei biancastri. (Deposito di conoide prevalentemente fine) Ric
SC2	C1	2.0-2.5	2.0	0.7-0.8	HUE 5YR 4/4 bruno rosso brillante	Argilla con limo debolmente sabbioso ghiaiosa, umida, molto consistente; clasti angolari prevalentemente selciosi rossi e subordinatamente calcarei biancastri. (Deposito di conoide prevalentemente fine) Ric + W + Gn + Gs + Cf + ATT+Class
SC3	C1	2.8-3.0	1.5	0.6-0.7	HUE 5YR 4/2 grigio bruno	Ghiaia con limo argilloso sabbiosa, matrice mediamente plastica, umida, sovraconsolidata; presenza di clasti di ghiaia da angolari a subangolari calcarei e calcareo marnosi, rari clasti di selce. (Deposito di conoide misto parzialmente scheletro sostenuto) Ric + W + Gn + Gs + Cf + GRAN+ATT+ Class

PROVE GEOTECNICHE

Riconoscimento RIC, caratteristiche fisiche generali CF, umidità W, densità naturale GN, densità secca GS, analisi granulometrica GRAN, Sedimentometria SED, limiti di Atterberg ATT, espansione laterale libera ELL.

PROPRIETA' INDICE E CLASSIFICAZIONE

Scavo	Camp n.	Prof. [m]	W [%] Totale/ <i>fine</i>	γ naturale [t/m ³]	γ secco [t/m ³]	e	n	Sr [%]	Class. USCS	Class. CNR UNI 10006	Campo ϕ'
SC2	C1	2.0-2.5	21.7	1.85	1.52	0.75	0.43	77	CL	A6	-
SC3	C1	2.8-3.0	15.3/ <i>19.1</i>	1.95	1.69	0.57	0.36	72	GC-GM	A7-6	-

W = umidità
naturale γ = peso di volume

n = porosità

e = indice dei vuoti

Sr = grado di
saturazione ϕ' = angolo d'attrito efficace**PROVE DI IDENTIFICAZIONE*****Analisi granulometriche***

Scavo	Camp.	Prof. [m]	Ciottoli [%]	Ghiaia [%]	Sabbia [%]	Limo+Argilla [%]	Coefficiente di Uniformità C_u	Coefficiente di concavità C_c
SC3	C1	2.8-3.0	0	39,4	18,4	42,2	-	-

LIMITI DI ATTERBERG E INDICI CARATTERISTICI

Scavo n.	Camp. n.	Prof. [m]	W [%]	WL [%]	WP [%]	IP	IF	LR [%]	IT	CR	IL	IC	C_u [kPa]	ϕ' lim [°]	ϕ' res [°]
SC2	C1	2.0-2.5	21.7	40	21	19	9	16	2.1	0.10-0.12	0.0	1.0	60-100	29-30	12-13
SC3	C1	2.8-3.0	19.1	45	23	22	13	15	1.7	0.08-0.10	-0.2	1.2	80-120	28-29	11-12

WL = Limite liquido

WP = Limite plastico

LR = Limite di ritiro

IP = Indice di plasticità

IC = Indice di consistenza

CR = rapporto di compressione

IF = Indice di fluidità

IT = Indice di tenacità

 C_u = Coesione non drenata ricavata dai limiti

IL = Indice di liquidità

 ϕ' lim = Angolo di attrito drenato

ricavato da correlazioni con i limiti di Atterberg

 ϕ' res = Angolo di attrito residuo**CLASSIFICAZIONE CNR UNI**

CNR UNI 10006	Proprietà in base alla classificazione CNR UNI
A 7-6	<ul style="list-style-type: none"> argille fortemente compressibili fortemente plastiche qualità portanti da mediocri a scadenti azione del gelo media ritiro o rigonfiamento molto elevato permeabilità scarsa o nulla
A 6	<ul style="list-style-type: none"> argille poco compressibili qualità portanti da mediocri a scadenti azione del gelo media ritiro o rigonfiamento elevato permeabilità scarsa o nulla

I **depositi colluviali / di deiezione**, presenti oltre i 2.0 m circa di profondità che costituiscono il terreno di fondazione, sono costituiti prevalentemente da argille e limi sabbiosi a media plasticità, con presenza di più o meno frazione ghiaiosa classificati come **CL, GC-GM o A6 A7-6** in quanto il passante al setaccio 0.075 è sempre $> 35\%$, molto consistenti con indice di consistenza IC 1.0-1.2, resistenza non drenata C_u 80 kPa, umidi, con peso di volume naturale γ_{nat} di 1.85-1.95 g/cm³, indice dei vuoti 0.6-0.8, umidità w del 15-20 %, e grado di saturazione S del 70-75 %, dotate di angolo d'attrito drenato ϕ' ricavato dai limiti di Atterberg di 28°-30° e coesione drenata stimata in 3-5 kPa. Tali depositi presentano un modulo di compressibilità confinato M_o di circa 3-5 Mpa e sono assoggettati a cedimenti per consolidazione se sovraccaricati.

L'interpretazione stratigrafica è indiretta, dipende dall'autore utilizzato e nel caso in esame senza la taratura delle prove dà adito a più possibilità interpretative, pertanto il comportamento del terreno (coesivo, incoerente e/o misto) senza prove dirette rimane di valutazione incerta.

Vista la presenza di terreni a comportamento misto e l'alternanza di prevalenti orizzonti fini da coesivi a incoerenti/misti dovuti alla geologia locale, grazie all'esecuzione degli scavi esplorativi si è potuto migliorare l'interpretazione preliminare del comportamento del sottosuolo con la visione diretta della stratigrafia nei primi metri.

Nelle tavole allegate sono riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici:

- peso dell'unità di volume in kN/m^3 ,
- tensione verticale geostatica efficace σ'_{vo} in kPa
- coesione non drenata C_u in kPa
- angolo di attrito interno efficace ϕ'
- densità relativa D_r %,
- modulo di deformazione confinato M_o in MPa (Mitchell e Gardner 1975)
- modulo di deformazione elastico secante drenato per terreni granulari E in MPa (Cestari)

Con riferimento alle prove effettuate si rilevano le seguenti informazioni:

Tabelle riassuntive dei parametri geotecnici ricavati dalle prove C.P.T.

C.P.T. n° 1b							
Unità-Litologia	Prof. (m)	γ_{nat} [kN/m^3]	terreni granulari			terreni coesivi	
			D_r (%)	ϕ' (°)	E [MPa]	C_u [kPa]	M_o [MPa]
U1 – Alternanze di prevalenti limi sabbiosi o sabbie limose e argille con ghiaia mediamente addensati/consistenti	0.0-1.8	18-19	66-86	30-32	12-18	80-90	3-4
U2 – Alternanze di prevalenti argille o limi argillosi e limi sabbiosi o sabbie limose talora ghiaiosi Consistenti/mediam.addensate	1.8-4.8	19-20	- 50-70	- 29-31	- 10-16	95-140	3.5-5.5
U3 - Argille o limi argillosi passanti ad argille organiche con orizzonti di limi sabbiosi o sabbie limose talora ghiaiosi Molto consistenti	4.8-9.0	19-20	- 50-55	- 29-30	- 10-12	150-230	8 -12
U4 - Limo sabbioso o sabbia limosa alternati a argilla limosa consistenti	9.0-10.6	19-20	40-60 -	29-31 -	10-20 -	- 140-200	- 7.3-10.3
Si rinviene acqua nel foro a 2.74 m dal p.c. foro chiuso a 9.65 m							

(quota CPT2 -0.6m rispetto a CPT1b)

C.P.T. n° 2							
Unità-Litologia	Prof. (m)	γ_{nat} [kN/m ³]	terreni granulari			terreni coesivi	
			Dr (%)	ϕ' (°)	E [MPa]	Cu [kPa]	Mo [MPa]
U1 – Alternanze di prevalenti limi sabbiosi o sabbie limose e argille con ghiaia mediamente addensati/consistenti	0.0-2.2	18-19	70-90	29-32	15-20	- 250-260	- 10-12
U2 – Alternanze di prevalenti argille o limi argillosi e limi sabbiosi o sabbie limose talora ghiaiosi Consistenti/mediam.addensate	2.2-4.8	19-20	-	-	-	90-160	3.5-5.0
U3 - Argille o limi argillosi passanti ad argille organiche con orizzonti di limi sabbiosi o sabbie limose talora ghiaiosi Molto consistenti	4.8-9.0	19-20	- 40-50	- 29-30	- 10-20	190-240 -	10-12 -
U4 - Limo sabbioso o sabbia limosa alternati a argilla limosa consistenti	9.0-10.6	19-20	40-60	29-32	10-20	160-200	8.5-11
Si rinviene acqua nel foro a 3.2 m dal p.c. prof. piezometro 7.5 m							

(quota CPT3 -0.6m rispetto a CPT1b)

C.P.T. n° 3							
Unità-Litologia	Prof. (m)	γ_{nat} [kN/m ³]	terreni granulari			terreni coesivi	
			Dr (%)	ϕ' (°)	E [MPa]	Cu [kPa]	Mo [MPa]
U1 – Alternanze di prevalenti limi sabbiosi o sabbie limose e argille con ghiaia mediamente addensati/consistenti	0.0-1.4	18-19	70-100 -	30-35 -	10-30 -	- 60-80	- 2.3-3.0
U2 – Alternanze di prevalenti argille o limi argillosi e limi sabbiosi o sabbie limose talora ghiaiosi Consistenti/mediam.addensate	1.4-4.2	19-20	- 50-70	- 28-31	- 6-15	90-140 -	3.5-5.5 -
U3 - Argille o limi argillosi passanti ad argille organiche con orizzonti di limi sabbiosi o sabbie limose talora ghiaiosi Molto consistenti	4.2-9.2	19-20	- 40-60	- 29-31	- 8-15	190-250 -	9.8-13 -
U4 - Limo sabbioso o sabbia limosa alternati a argilla limosa consistenti	9.2-10.6	19-20	40-60	29-31	10-20	100-200	5.3-10.3
Si rinviene acqua nel foro a 2.92 m dal p.c.							

L'acqua rinvenuta durante l'esecuzione delle prove non è stata rinvenuta durante l'esecuzione degli scavi esplorativi pertanto circola presumibilmente alla base dell'unità U2 o nell'unità U3 nei livelli maggiormente sabbiosi e si tratta di una falda sospesa confinata in tali livelli.

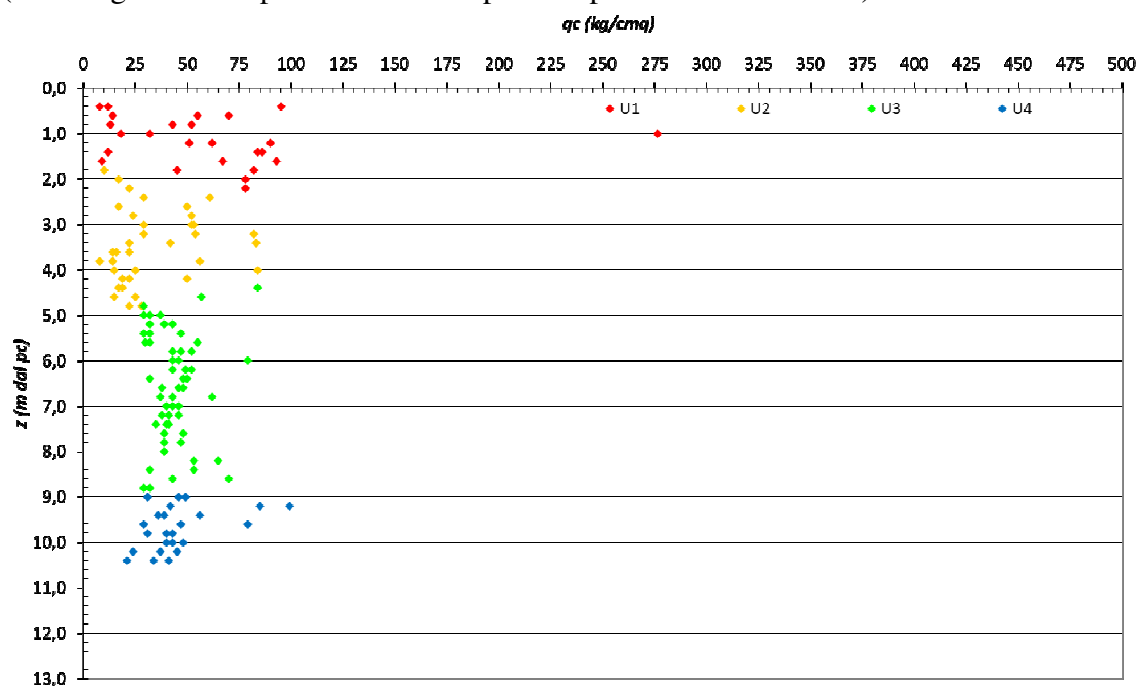
L'unità U1 costituita da terreno riportato ipotizzato profondo tra 1.5-2 m circa che presenta ciottoli e anche blocchi in matrice coesiva ha creato forti difficoltà di ancoraggio del penetrometro oltre a rifiuto entro i 3m per la CPT1a (la CPT1a è stata nuovamente eseguita cambiando postazione in CPT1b) inoltre per ogni postazione ci si è dovuti spostare due o tre volte per poter ancorare le eliche.

Il modello preliminare geologico tecnico presenta, al di sotto del terreno riportato unità U1, tre unità tra loro sostanzialmente simili caratterizzati da un'alternanza di terreni fini principalmente coesivi e secondariamente misti/incoerenti determinati da una interdigitazione tra argille colluviali residuali e depositi di conoide; tali depositi presentano una consistenza che tendenzialmente aumenta in profondità.

Le prove penetrometriche hanno evidenziato una buona correlabilità, a partire dal p.c. possono essere distinte le seguenti unità geotecniche:

- **Unità 1:** presente fino a profondità di circa 1.5-2 m dal p.c. con valori di resistenza alla punta in genere compresi tra 50 e 100 kg/cm²
- **Unità 2:** presente fino alla profondità di circa 4.0-5.0 m dal p.c. con valori di resistenza alla punta in genere compresi tra 15 e 50 kg/cm²
- **Unità 3:** presente fino a profondità di circa 9.0 m dal p.c. con valori di resistenza alla punta in genere compresi tra 40 e 70 kg/cm²
- **Unità 4:** presente fino alla profondità indagata con resistenza alla punta di 30-80 kg/cm².

I terreni possono presentare livelli molto umidi a partire dai 2.7-3.2 m di profondità dal p.c, i livelli sabbioso limosi rispetto a quelli argillosi sono più frequenti verso NW e vanno diminuendo verso SE (la litologia diviene presumibilmente più fine procedendo verso SE).



7. Analisi sismica del sito

7.1. Premessa

Lo scopo dell'analisi sismica di un sito è quello di definire, all'interno di un territorio a comportamento macrosismico omogeneo (cioè un territorio dove la sismicità di base è considerata costante) le aree che possono presentare una diversa risposta all'evento sismico, in funzione di particolari condizioni locali di amplificazione sismica oppure di particolari caratteristiche del territorio che possono indurre fenomeni di deformazione plastica permanente (liquefazione, addensamento, frane in terra o in roccia).

Nella progettazione di nuovi edifici e nella verifica di sicurezza di edifici esistenti il fine di questi studi è quello di verificare l'adeguatezza del sito, esaminando in prospettiva sismica il modello geologico e geotecnico opportunamente definito attraverso il piano di indagine e il rilievo di dettaglio.

Per quanto riguarda l'adeguatezza del sito di costruzione si escludono problemi legati agli effetti derivanti dalla vicinanza di faglie e/o discontinuità geologiche importanti e problemi legati ad instabilità di versante; è invece da valutare la risposta sismica locale in superficie (free field, in assenza di manufatti), tenendo in considerazione gli effetti di amplificazione litologico-stratigrafica ed escludendo effetti di natura geometrica e topografica.

Per quanto riguarda l'adeguatezza del terreno di fondazione sono da escludere *fenomeni di liquefazione in senso stretto* e di mobilità ciclica con perdita improvvisa della capacità portante.

Si esclude il fenomeno di liquefazione e quindi la *verifica alla liquefazione* in quanto i terreni sono prevalentemente coesivi e la circolazione d'acqua è legata ad una falda sospesa esigua.

7.2. Definizione della pericolosità sismica di base

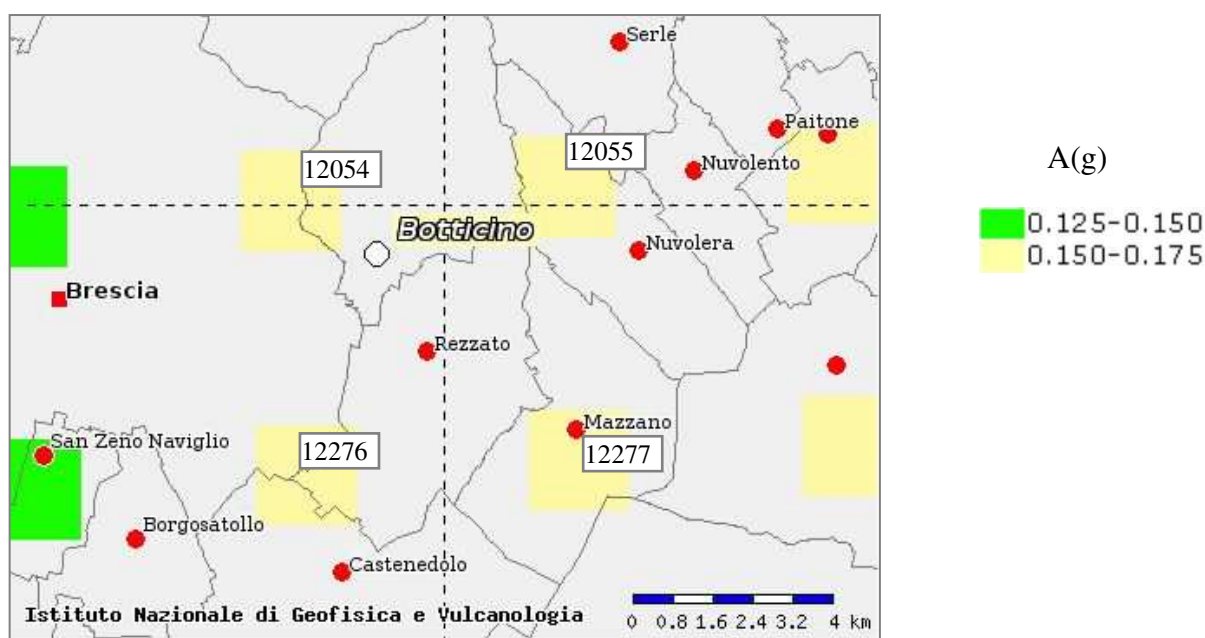
Ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni la definizione delle azione sismiche secondo cui eseguire le verifiche sismiche progettuali sono calcolate sulla base dei dati di pericolosità estratti direttamente dalla mappa ufficiale di pericolosità sismica nazionale (valori di a_g), mediante l'utilizzo di altri due parametri di significato spettrale (F_0 e T_c^*) e di relative formule empiriche per la determinazione della forma spettrale elastica di riferimento (paragrafo 3.2.3. e Tabella 1 allegato B – DM 14-01-08); pertanto la definizione delle azione sismiche è totalmente svincolata dalla zonazione sismica.

Per la determinazione dell'azione sismica, da utilizzarsi nelle verifiche agli stati limite ultimi e di esercizio delle opere di progetto, è necessario calcolare per il sito il valore di accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido e pianeggiante con una probabilità di eccedenza rispettivamente del 10% e del 63% in 75 anni:

la vita di riferimento di 75 anni è stata scelta assegnando all'opera di progetto una vita nominale di 50 anni e una classe d'uso III (come riferito dal progettista).

A tale scopo sono stati individuati i 4 punti del reticolo di riferimento che circondano il sito in oggetto. Secondo quanto riportato nell'allegato A alle norme, il valore da assegnare al sito viene calcolato come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

Di seguito si riporta la mappa di pericolosità sismica con evidenziati i quadrati dei vertici del reticolo di riferimento rispetto all'ubicazione del sito estratta dall'INGV per un parametro di scuotimento A (g) con probabilità di eccedenza in 50 anni del 10% (50 percentile) Tr 475 anni:



Di seguito si riportano i valori dei parametri spettrali (a_g , F_0 e T_c^*) calcolati per il sito in esame con una probabilità di eccedenza rispettivamente del 10% e del 63% in 75 anni:

<i>Tempi di ritorno anni</i>	<i>Parametri progettuali</i>	<i>Botticino Via Manzoni</i>
<i>Tr 712 SLV</i>	a_g (g)	0,180
	F_0	2,432
	T_c^*	0,275
<i>Tr 75 SLD</i>	a_g (g)	0,068
	F_0	2,478
	T_c^*	0,251

7.3. Analisi sismica di 2° livello condotta contestualmente al PGT

Dalle analisi di primo livello eseguite contestualmente al PGT emerge che l'area oggetto di studio si trova sul limite tra la Zona Z4b e Z4a degli scenari di pericolosità sismica come riportato e discusso nel paragrafo 4.

In base alle indagini sismiche eseguite sul territorio comunale alla Zona Z4b viene assegnata la categoria di sottosuolo B, mentre alla zona Z4a la categoria di sottosuolo C.

Avendo a disposizione una indagine geofisica inserita nel PGT e nello studio di Microzonazione sismica, posta appena a S della scuola si è assegnata al sito in oggetto, attraverso la procedura semplificata delle NTC, la **categoria di sottosuolo C**, definita in base all'indagine sismica a rifrazione in onde P e S n. 14 (sito via Gorizia Ovest).

La **categoria di sottosuolo C** è definita come "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti (in questo caso con spessori superiori a 30 m), caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente (in questo caso equivale a V_{s30}) compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

Dall'analisi di secondo livello eseguita contestualmente al PGT 2018 risulta che per il sito 14 il fattore di amplificazione F_a per tipologie edilizie con periodi compresi tra 0.1-0.5s supera la soglia comunale F_{sc} relativa alla categoria C, mentre per tipologie edilizie con periodi compresi tra 0.5-1.5s F_a risulta inferiore alla soglia comunale.

Si riportano gli esiti dell'analisi di secondo livello:

sito indagine	V_{s30} (m/s) e categoria sottosuolo da indagine	Scheda di valutazione	curva correlazione T- F_a	Profondità substrato sismico (m)	T (s)	F_a 0,1- 0,5s	F_a 0,5- 1,5s	risultato	
								0,1-0,5s	0,5-1,5s
14 via Gorizia ovest	308,27 C	LS 2	1	53,0	0,430	2,4	1,4	> soglia	< soglia
		LA 2	1			2,4	1,4	> soglia	< soglia

Si conclude pertanto di attribuire all'area oggetto d'intervento di adeguamento del complesso scolastico esistente di utilizzare in fase progettuale la **categoria di sottosuolo D** valida per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra **0.1-0.5s** e la **categoria di sottosuolo C** valida per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra **0.5-1.5s**.

Il periodo di risonanza del sito avrà periodi propri di vibrazione superiori a 0.4s come riportato nell'aggiornamento sismico dello studio geologico del 2007.

7.4. Valutazione dei fenomeni di amplificazione stratigrafica e azione sismica progettuale

Sulla base dei dati di pericolosità di base sopra riportati e dei risultati delle indagini sismiche sito specifiche è possibile definire l'azione sismica progettuale tenendo in conto i fenomeni di amplificazione stratigrafica attraverso la procedura semplificata proposta dalle NTC ai sensi del DM 14 gennaio 2008; in tal senso in riferimento al piano campagna e a condizioni di free field si definisce il sito appartenente **alla categoria di sottosuolo D** nel caso in cui la tipologia edilizia presenti **periodo proprio compreso tra 0.1-0.5s**.

Per quanto riguarda l'amplificazione topografica essendo la morfologia pianeggiante si attribuisce al sito la **categoria topografica T1**.

Il modello di riferimento per la descrizione del moto sismico in un punto della superficie libera del suolo è costituito dagli spettri di risposta elastici mostrati in figura e calcolati utilizzando i seguenti parametri di riferimento:

Probabilità di eccedenza	a_g (g)	F_0	T_C^* (s)	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
10% in 75 anni (Tr 712) - SLV	0,18	2,432	0,275	1,743	0,219	0,656	2,320
63% in 75 anni (Tr 75) - SLD	0,068	2,478	0,251	1,800	0,209	0,626	1,872

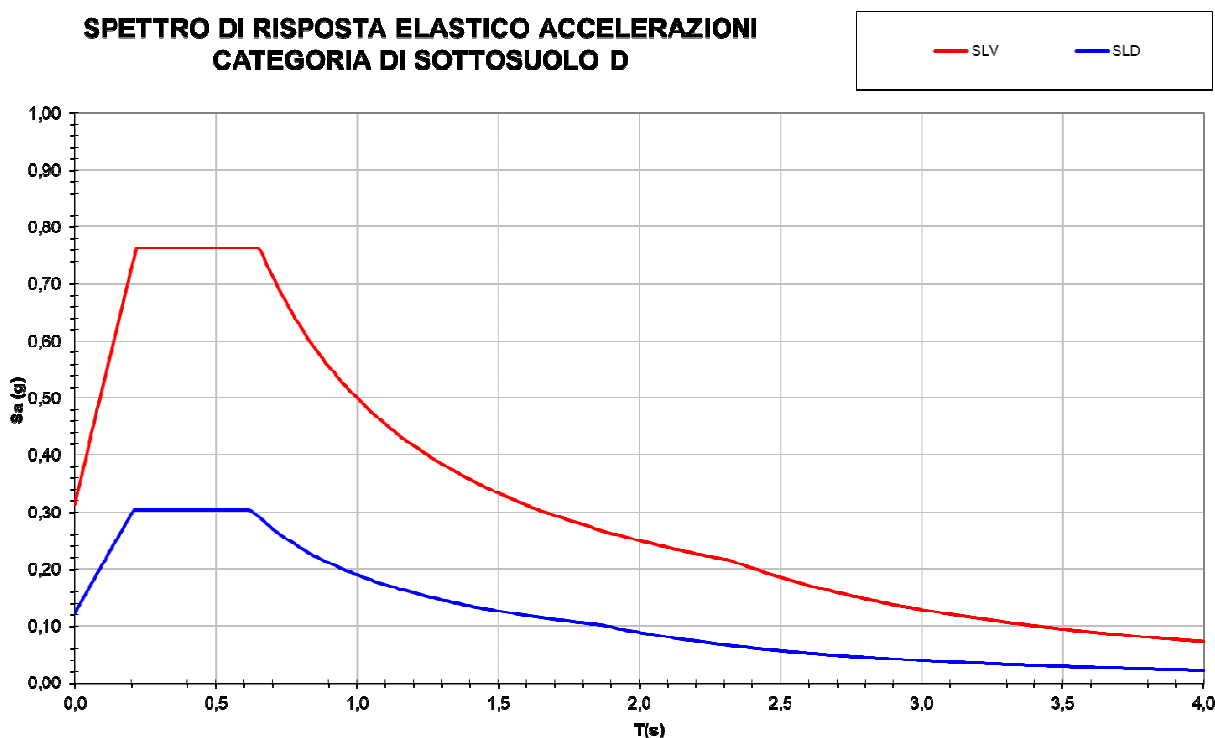
ove a_g è l'accelerazione massima al suolo espressa in g su suolo rigido e pianeggiante ($1g = 9.81 \text{ m/s}^2$);

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

S è il fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo (soil factor)

T_B , T_C , T_D sono i periodi che separano i diversi rami dello spettro di risposta elastico



Per la tipologia dell'opera di progetto si può trascurare nelle verifiche l'effetto della componente verticale. Lo spettro di progetto per gli stati limite di esercizio è rappresentato dallo spettro elastico SLD sopra riportato, mentre lo spettro di progetto per gli stati limite ultimi sarà definito sulla base dello spettro elastico SLV sopra riportato riducendo le ordinate spettrali secondo un opportuno fattore di struttura q , in modo da tenere in conto, in modo semplificato, la capacità dissipativa anelastica della struttura, la sua sovraresistenza e l'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni.

8. Calcolo parametrico preliminare di massima della capacità portante e dei cedimenti

Ai sensi della normativa il comportamento della struttura deve essere verificato, tanto nei suoi elementi quanto nel suo complesso struttura-terreno, rispetto alla sicurezza (stato limite ultimo) ed alla funzionalità dell'opera (stato limite di esercizio).

A tal fine è necessario determinare il carico limite del complesso fondazione-terreno ed i cedimenti totali e differenziali indotti dal carico trasferito dalla fondazione al terreno medesimo.

Per la progettazione delle opere di fondazione nei confronti delle azioni sismiche si ricorda che essa può essere condotta o in maniera rigorosa con l'ausilio dei metodi diretti di tipo dinamico in grado di valutare i complessi effetti di interazione dinamica struttura-fondazione-terreno tramite un unico modello, o in modo approssimato con l'impiego di metodi di tipo pseudo-statico con cui si trascura l'effetto dinamico e ciclico dell'azione sismica, assimilandola ad una forza statica equivalente.

Al momento sono state fornite solo indicativamente dal progettista le forze verticali e di taglio trasmesse dalla struttura alla base della fondazione allo SLU (forza di taglio molto esigua rispetto alla forza normale) pertanto la capacità portante del terreno di fondazione è stata calcolata in condizioni pseudo-statiche impiegando il metodo proposto da Brinch - Hansen (1970) a lungo termine considerando tali forze.

I metodi utilizzati considerano il terreno omogeneo ed isotropo nell'ipotesi di rottura generale con comportamento di tipo rigido plastico e condizioni di deformazione piana e sono stati condotti a lungo termine ossia in condizioni drenate, trascurando l'influenza della coesione drenata; essendo le strutture esistenti non è stato considerato il breve termine.

Il piano di posa delle fondazioni del corpo scolastico è posto, secondo quanto riferito dal progettista, a circa **-2.2-2.5 m** di profondità dal p.c. **(Zf) nell'unità geotecnica U2** costituita da argilla limosa sabbiosa debolmente ghiaiosa consistente a comportamento coesivo.

Le caratteristiche geotecniche attribuite al terreno di fondazione (benchè si tratti di argille sovaconsolidate la coesione drenata si è considerata cautelativamente nulla), espresse in termini di parametri caratteristici al di sotto di una fondazione continua considerando il metodo geotecnico cautelativo, per il calcolo della capacità portante eseguito sono le seguenti:

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione							
Unità geotecnica	Piano di posa Zf (m dal p.c.)	Incasso min Df (m dal piano di calpestio)	γ_{nat} (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	Mo (MPa)	Cu (kPa)
U2 -Argilla limoso sabbiosa debolmente ghiaiosa molto consistente prevalente Deposito colluviale /di conoide	2.35	0.6	19	29	-	4	90

γ_{nat} : peso di volume naturale	ϕ' : angolo d'attrito drenato	c': coesione drenata	Cu: coesione non drenata	Mo: modulo confinato
--	------------------------------------	----------------------	--------------------------	----------------------

Il cuneo di rottura interessa l'unità geotecnica U2 fino a 3-4 m di profondità dal p.c. (a seconda della larghezza della fondazione), tale unità presenta mediocri caratteristiche geotecniche ed un comportamento prevalente coesivo, prima del passaggio all'unità geotecnica U3 sempre a comportamento coesivo le cui caratteristiche di consistenza migliorano, il volume significativo interessato dalla fondazione coinvolgerà l'unità U2 e U3.

I calcoli della capacità portante sono stati eseguiti per una **fondazione continua** con larghezze **B** comprese tra **0.6-1.4 m** con piano di posa medio a -2.35 m di profondità dal p.c. e **profondità d'incasso minimo** della fondazione **Df** pari a **0.6 m** considerando l'ipotesi più cautelativa:

Capacità portante limite per fondazione continua

CONDIZIONI DRENATE – LUNGO TERMINE (METODO BRINCH-HANSEN, 1970)				
B [m]	L [m]	Df [m]	COMBINAZIONE DELLE AZIONI: FONDAMENTALE (STATICA)	
			Approccio 1(A1+M1+R1) Q_{lim} [kg/cm ²]	Approccio 2 (A1+M1+R3) Q_d [kg/cm ²]
0,6	10	0,6	3,28	1,43
0,8	10	0,6	3,56	1,55
1,0	10	0,6	3,96	1,72
1,2	10	0,6	4,38	1,90
1,4	10	0,6	4,59	2,00
B [m]	L [m]	Df [m]	COMBINAZIONE DELLE AZIONI: SISMICA	
			Approccio 1(A1+M1+R1) Q_{lim} [kg/cm ²]	Approccio 2 (A1+M1+R3) Q_d [kg/cm ²]
0,6	10	0,6	2,76	1,20
0,8	10	0,6	2,97	1,29
1,0	10	0,6	3,29	1,43
1,2	10	0,6	3,66	1,59
1,4	10	0,6	3,84	1,67

B	Larghezza della fondazione
L	Lunghezza della fondazione
D _f	Incasso della fondazione
Q _{lim}	Capacità portante limite a rottura
Q _d	Capacità portante limite di progetto (applicazione del fattore di sicurezza parziale per le resistenze R3)

Il valore della **capacità portante limite a lungo termine**, calcolato per l'opera in oggetto in condizioni pseudostatiche secondo la formula più conservativa di Brinch – Hansen, per una fondazione continua di larghezza B compresa tra 0.6-1.4 m, secondo l'approccio 1 combinazione 1 (**A1+M1+R1**) risulta rispettivamente di **2.8-3.8 kg/cm²**, secondo l'approccio 2 a combinazione unica (**A1+M1+R3**) il valore di **capacità portante limite progettuale** risulta di **1.2-1.7 kg/cm²**.

Per quanto riguarda i cedimenti che nei terreni coesivi avvengono prevalentemente per consolidazione si possono considerare già esauriti al di sotto delle fondazioni esistenti.

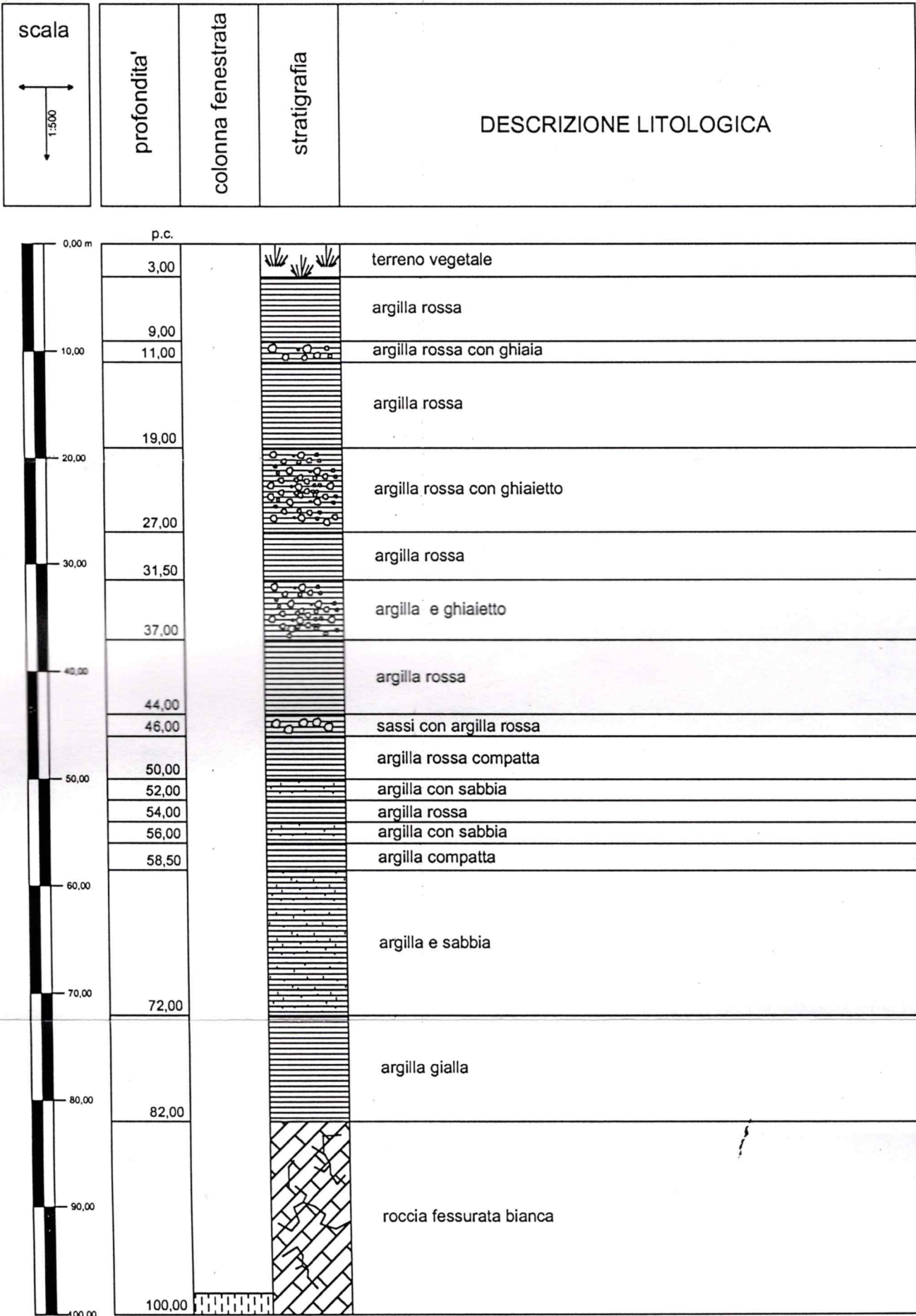
Sulla base del modello geologico e di caratterizzazione geotecnica ed in base a quanto preliminarmente calcolato il progettista avrà modo di valutare gli eventuali interventi da eseguirsi in fondazione.

Dott. Geol. Daniela Chiarini

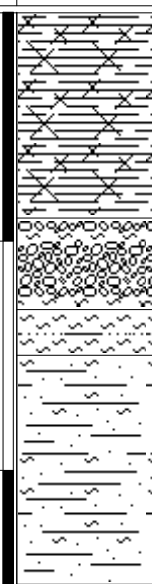


POZZO n°1

Località: Via Marconi, 63 - Botticino (Bs)
Committente: Sig. FRANGUELLI Eugenio
Perforatore: COSTA Emanuele & C. S.n.c. - Montichiari (Bs)
Data perforazione: 23 settembre 1988
Profondità: 100,00 m
Diametro: 110,00 mm
Portata: 1,00 l/sec
Livello statico: 4,00 m
Livello dinamico: 36,00 m
Colonna filtrante: da 88,00 m a 100,00 m



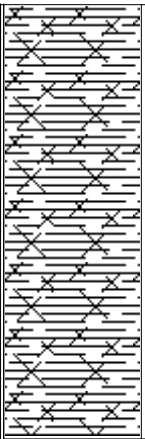
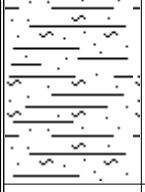
Committente	Comune di Botticino	Cantiere	Adeguamento sismico	Località	Scuola Materna- Botticino Mattina	Quota p.c.	155 m s.l.m.
Scavo	1	Metodo	Escavatore	Data	28/12/2020	Note	

Scala	Litologia	Descrizione	Quota	Pocket Pen.	Vane Test	Campioni	Falda
1		Da Argilla sabbiso ghiaiosa consistente, umida di colore rosso a ghiaia con sabbia limoso argillosa di colore nocciola chiaro con orizzonti con blocchi e ciottoli carbonatici da 0.9 a 1.3 m. (Terreno di riporto)	0.90				
			1.30				
		Limo e argilla sabbiosi , molto consistente, poco umido,sovracconsolidato di colore bruno grigio scuro. (vecchio suolo)	1.50				
2		Argilla limosa sabbiosa debolmente ghiaiosa molto consistente ,umida , di colore bruno. Clasti angolari selciosi e carbonatici. (Deposito colluviale-conoide di deiezione)	2.50	2-3	0.7-0.8	2.00 R	
3						2.50	
4							
5							

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Carotaggio: Escavatore

Sonda: Carotaggio: Escavatore

Committente	Comune di Botticino	Cantiere	Adeguamento sismico	Località	Scuola Materna - Botticino Mattina	Quota p.c.	155 m s.l.m.
Scavo	2	Metodo	Escavatore	Data	28/12/2020	Note	

Scala	Litologia	Descrizione	Quota	Pocket Pen.	Vane Test	Campioni	Falda
1		Ghiaia sabbioso limosa con con blocchi e ciottoli angolari carbonatici, di colore bruno chiaro. (Terreno di riporto)					
			1.90				
2		Argilla e limo sabbiosi debolmente ghiaiosi da consistente a molto consistenti ,umidi , di colore bruno. Clasti angolari selciosi e carbonatici. (Deposito colluviale-conoide di deiezione)		2	0.8-1.0	2.00 R	
			2.80			2.50	
3				4	0.9-1.1		
4							
5							

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Carotaggio: Escavatore

Sonda: Carotaggio: Escavatore

Committente		Comune di Botticino		Cantiere	Adeguamento sismico	Località	Scuola Materna- Botticino Mattina		Quota p.c.	155.5 m s.l.m.	
Scavo		3		Metodo	Escavatore	Data	28/12/2021		Note		
Scala	Litologia	Descrizione				Quota	Pocket Pen.	Vane Test	Campioni	Falda	
1		Terreno vegetale					0.50				
		Ghiaia con ciottoli e blocchi, argillosa limosa, poco addensata. (terreno di riporto)					1.90				
		Da limo sabbioso argilloso con ghiaia ad argilla limosa sabbiosa debolmente ghiaiosa dai 3.2 m di profondità, da molto consistenti a consistenti, umidi, di colore bruno. Orizzonte molto umido di 20 cm localmente al contatto con l'argilla (Deposito di conoide/colluviale)					3.20				
							3.50				
2											
3											
4											
5											

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT

Carotaggio: Escavatore

Sonda: Carotaggio: Escavatore

ANALISI DI LABORATORIO

Committente : Comune di Botticino
 Località: Via Manzoni - Scuola Materna Caduti delle Cave
 Cantiere : Adeguamento sismico
 Data: 14/01/2021

TABELLE RIASSUNTIVE DELLE PROVE DI LABORATORIO

Descrizione campioni e prove eseguite

Scavo	Campione	Profondità [m]	Pocket [kg/cm ²]	Vane test [kg/cm ²]	Colore	Descrizione campione secondo le norme A.G.I. ed esami eseguiti
SC1	C1	2.0-2.5	2.0	0.9-1.0	HUE 5YR 4/4 bruno rosso brillante	Argilla con limo debolmente sabbioso ghiaiosa, umida, molto consistente; clasti angolari prevalentemente selciosi rossi e subordinatamente calcarei biancastri. (Deposito di conoide prevalentemente fine) Ric
SC2	C1	2.0-2.5	2.0	0.7-0.8	HUE 5YR 4/4 bruno rosso brillante	Argilla con limo debolmente sabbioso ghiaiosa, umida, molto consistente; clasti angolari prevalentemente selciosi rossi e subordinatamente calcarei biancastri. (Deposito di conoide prevalentemente fine) Ric + W + Gn + Gs + Cf + ATT+Class
SC3	C1	2.8-3.0	1.5	0.6-0.7	HUE 5YR 4/2 grigio bruno	Ghiaia con limo argilloso sabbiosa, matrice mediamente plastica, umida, sovraconsolidata; presenza di clasti di ghiaia da angolari a subangolari calcarei e calcareo marnosi rari clasti di selce. (Deposito di conoide misto parzialmente scheletro sostenuto) Ric + W + Gn + Gs + Cf + GRAN+ATT+ Class

PROVE GEOTECNICHE

Riconoscimento RIC, caratteristiche fisiche generali CF, umidità W, densità naturale GN, densità secca GS, analisi granulometrica GRAN, Sedimentometria SED, limiti di Atterberg ATT, espansione laterale libera ELL.

PROPRIETA' INDICE E CLASSIFICAZIONE

Scavo	Camp n.	Prof. [m]	W [%] Totale/ <i>fine</i>	γ naturale [t/m ³]	γ secco [t/m ³]	e	n	Sr [%]	Class. USCS	Class. CNR UNI 10006	Campo ϕ'
SC2	C1	2.0-2.5	21.7	1.85	1.52	0.75	0.43	77	CL	A6	-
SC3	C1	2.8-3.0	15.3/ 19.1	1.95	1.69	0.57	0.36	72	GC-GM	A7-6	-

W = umidità naturale γ = peso di volume n = porosità e = indice dei vuoti Sr = grado di saturazione ϕ' = angolo d'attrito efficace

PROVE DI IDENTIFICAZIONE

Analisi granulometriche

Scavo	Camp.	Prof. [m]	Ciottoli [%]	Ghiaia [%]	Sabbia [%]	Limo+Argilla [%]	Coefficiente di Uniformità C_u	Coefficiente di concavità C_c
SC3	C1	2.8-3.0	0	39,4	18,4	42,2	-	-

LIMITI DI ATTERBERG E INDICI CARATTERISTICI

Scavo n.	Camp. n.	Prof. [m]	W [%]	WL [%]	WP [%]	IP	IF	LR [%]	IT	CR	IL	IC	C _u [kPa]	φ' lim [°]	φ' res [°]
SC2	C1	2.0-2.5	21.7	40	21	19	9	16	2.1	0.10-0.12	0.0	1.0	60-100	29-30	12-13
SC3	C1	2.8-3.0	19.1	45	23	22	13	15	1.7	0.08-0.10	-0.2	1.2	80-120	28-29	11-12

WL = Limite liquido

WP = Limite plastico

LR = Limite di ritiro

IP = Indice di plasticità

IC = Indice di consistenza

CR = rapporto di compressione

IF = Indice di fluidità

IT = Indice di tenacità

C_u = Coesione non drenata ricavata dai limiti

IL = Indice di liquidità

φ' lim = Angolo di attrito drenato

ricavato da correlazioni con i limiti di Atterberg

φ' res = Angolo di attrito residuo

CLASSIFICAZIONE CNR UNI

CNR UNI 10006	Proprietà in base alla classificazione CNR UNI
A 7-6	<ul style="list-style-type: none"> • argille fortemente compressibili • fortemente plastiche • qualità portanti da mediocri a scadenti • azione del gelo media • ritiro o rigonfiamento molto elevato • permeabilità scarsa o nulla
A 6	<ul style="list-style-type: none"> • argille poco compressibili • qualità portanti da mediocri a scadenti • azione del gelo media • ritiro o rigonfiamento elevato • permeabilità scarsa o nulla

CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRENO

Committente	:	Comune di Botticino
Località	:	Via Manzoni
Cantiere	:	Adeguamento sismico Scuola Materna
Scavo	:	SC2
Campione	:	C1
Profondità	:	2,0-2,5 m

Umidità naturale (Wn %)

Provino n	Tara	Peso lordo umido (g)	Peso lordo secco (g)	Wn %	Wn media %
1	9,63	64,56	54,64	22,04	21,65
2	9,67	63,5	54,23	20,80	
3	9,78	67,2	56,81	22,09	

Densità naturale (Yn)

Provino n	Peso netto umido (g)	Volume (cm3)	Yn (g/cm3)	Yn media (g/cm3)
1	54,93	30	1,83	1,85
2	53,83	30	1,79	
3	57,42	30	1,91	

Densità secca (Yd)

Provino n	Yn (g/cm3)	Wn %	Yd (g/cm3)	Yd media (g/cm3)
1	1,83	22,04	1,50	1,52
2	1,79	20,80	1,49	
3	1,91	22,09	1,57	

Indice dei vuoti (e)

Provino n	Ys (g/cm3)	Yd (g/cm3)	e	e medio
1	2,65	1,50	0,77	0,75
2	2,65	1,49	0,78	
3	2,65	1,57	0,69	

Porosità (n %)

Provino n	n %	n medio %
1	43,4	42,7
2	43,9	
3	40,8	

Grado di Saturazione (Sr %)

Provino n	S %	Sr medio %
1	76,2	77,1
2	70,3	
3	84,8	

Umidità di saturazione (Wsat %)

Provino n	Wsat %	Wsat medio %
1	28,9	28,2
2	29,6	
3	26,1	

CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRENO

Committente : Comune di Botticino
 Località : Via Manzoni
 Cantiere : Adeguamento sismico Scuola Materna
 Scavo : SC3
 Campione : C1
 Profondità : 2,8-3,0 m

Umidità naturale (Wn %)

Provino n	Tara	Peso lordo umido (g)	Peso lordo secco (g)	Wn %	Wn media %
1	447,85	2670,8	2376,2	15,28	15,28
2	103,07	178,62	166,49	19,13	
3	-	-	-	-	

Densità naturale (Yn)

Provino n	Peso netto umido (g)	Volume (cm3)	Yn (g/cm3)	Yn media (g/cm3)
1	2222,95	1138,83	1,95	1,95
2	-	-	-	
3	-	-	-	

Densità secca (Yd)

Provino n	Yn (g/cm3)	Wn %	Yd (g/cm3)	Yd media (g/cm3)
1	1,95	15,28	1,69	1,69
2	-	19,13	-	
3	-	-	-	

Indice dei vuoti (e)

Provino n	Ys (g/cm3)	Yd (g/cm3)	e	e medio
1	2,65	1,69	0,57	0,57
2	2,65	-	-	
3	2,65	-	-	

Porosità (n %)

Provino n	n %	n medio %
1	36,1	36,1
2	-	
3	-	

Grado di Saturazione (Sr %)

Provino n	S %	Sr medio %
1	71,7	71,7
2	-	
3	-	

Umidità di saturazione (Wsat %)

Provino n	Wsat %	Wsat medio %
1	21,3	21,3
2	-	
3	-	

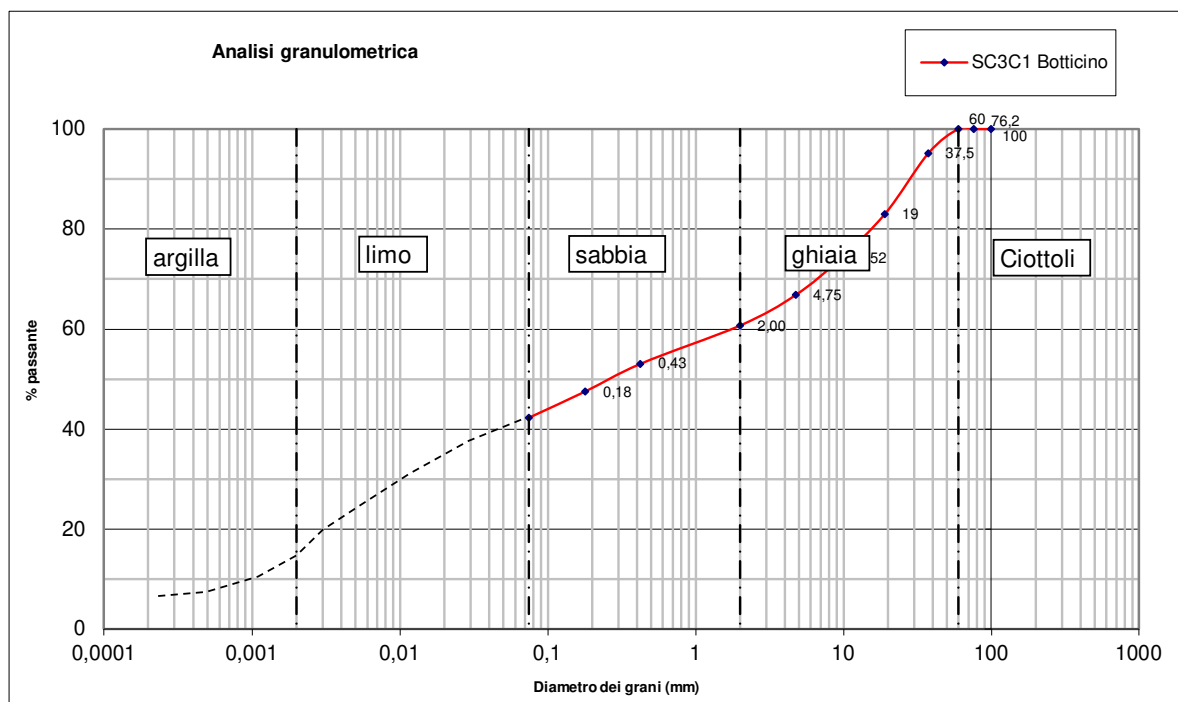
Analisi granulometrica

Committente: Comune di Botticino
Località: Via Manzoni
Cantiere: Adeguamento sismico Scuola Materna

Campione: SC3C1 Botticino
Profondità: 2,8-3,0 m

PNS totale: 1928,35 g

Diametri mm	peso netto trattenuto g	peso netto parziale g	passante %
100	0,00	0,00	100,00
76,2	0,00	0,00	100,00
60	0,00	0,00	100,00
37,5	95,10	95,10	95,07
19	234,20	329,30	82,92
9,52	172,13	501,43	74,00
4,75	139,02	640,45	66,79
2,00	118,76	759,21	60,63
0,43	146,46	905,67	53,03
0,18	107,54	1013,21	47,46
0,075	100,96	1114,17	42,22



Ciottoli %	ghiaia %	sabbia %	argilla+limo %	classificazione	
				AGI	Ghiaia con limo argillosa sabbiosa
0,0	39,4	18,4	42,2	USCS	GC-GM
				CNR UNI	A 7-6

D10 mm	D30 mm	D60 mm	coeff. di uniformità Cu	coeff. di concavità Cc
-	-	-	-	-

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG

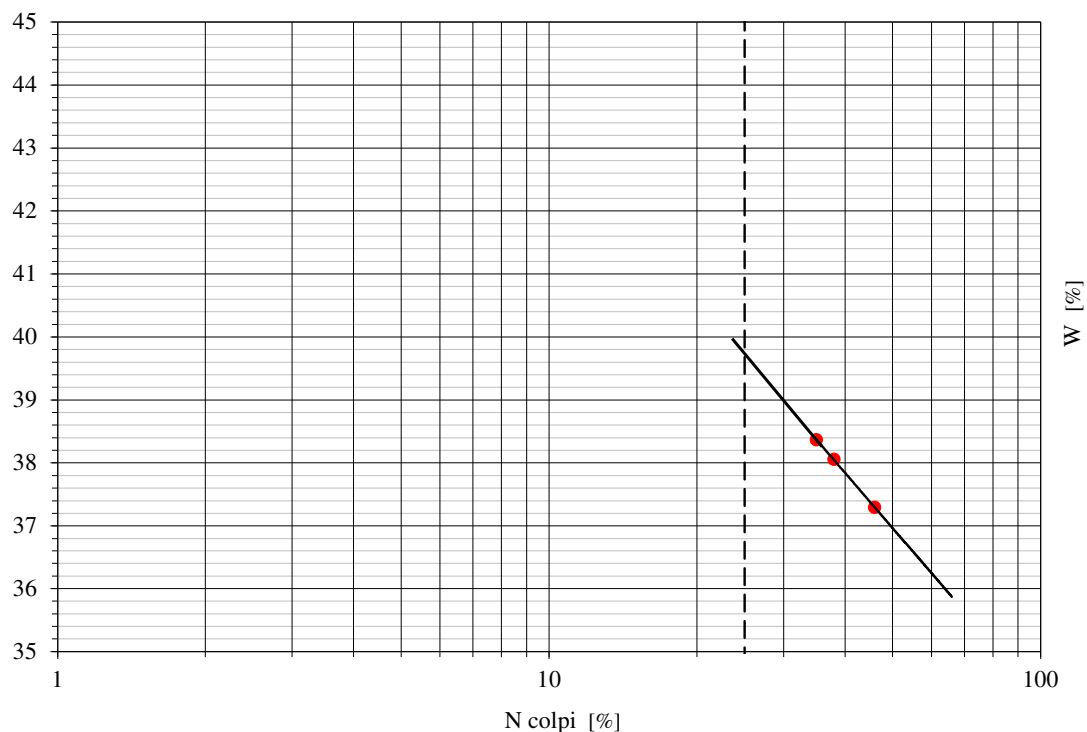
Committente: Comune di Brescia
Località : Via Manzoni
Cantiere: Adeguamento sismico Scuola Materna
Scavo: SC2
Campione: C1
Profondità: 2,0-2,5 m

Limite Liquido

tara	campione umido + tara	campione secco + tara	N colpi	W	WL	IF
9,95	19,76	17,04	35	38,36		
9,67	21,17	18	38	38,06	39,7	9,04
9,6	19,43	16,76	46	37,29		

Limite Plastico

tara	campione umido + tara	campione secco + tara	W	WP
9,63	17,37	16,04	20,7	
7,23	14,67	13,37	21,2	21,0



CORRELAZIONI E CLASSIFICAZIONE U.S.C.S.

Committente: Comune di Brescia
Località: Via Manzoni
Cantiere: Adeguamento sismico Scuola Materna
Scavo: SC2
Campione: C1
Profondità: 2,0-2,5 m

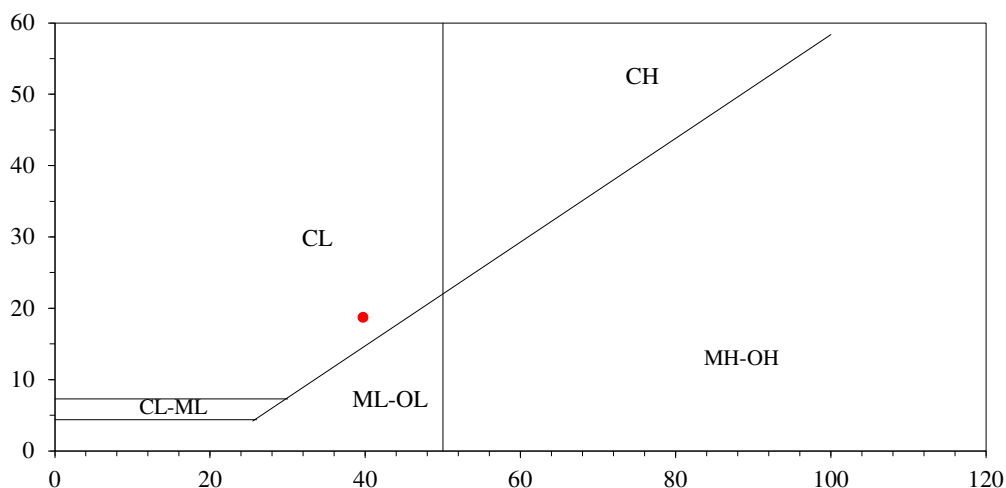
DESCRIZIONE: Argilla con limo sabbiosa

UMIDITA'	W [%] =	21,7
LIMITE DI LIQUIDITA'	W L [%] =	39,7
LIMITE DI PLASTICITA'	W P [%] =	21,0
INDICE DI PLASTICITA'	I P [%] =	18,7
PERCENTUALE ARGILLA	CF [%] =	-
INDICE DI FLUIDITA'	IF [%] =	9,0

LIMITE DI RITIRO	LR =	15,8	(Holtz and Kovacs '81)
INDICE DI TENACITA'	IT =	2,1	(indice di tenacità)
INDICE DI LIQUIDITA'	IL =	0,0	(indice di liquidità)
INDICE DI CONSISTENZA	IC =	1,0	(indice di consistenza)
ANGOLO D'ATTRITO	PHI ' =	29,4	(Massarsch)
ANGOLO D'ATTRITO	PHI ' =	30,3	(Flavigny)
ANGOLO D'ATTRITO RESIDUO	PHI ' res=	12,6	(Kanji '74)
INDICE D'ATTIVITA'	IA =	-	

CLASSIFICAZIONE U.S.C.S.

CL - Argilla inorganica a bassa plasticità



DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG

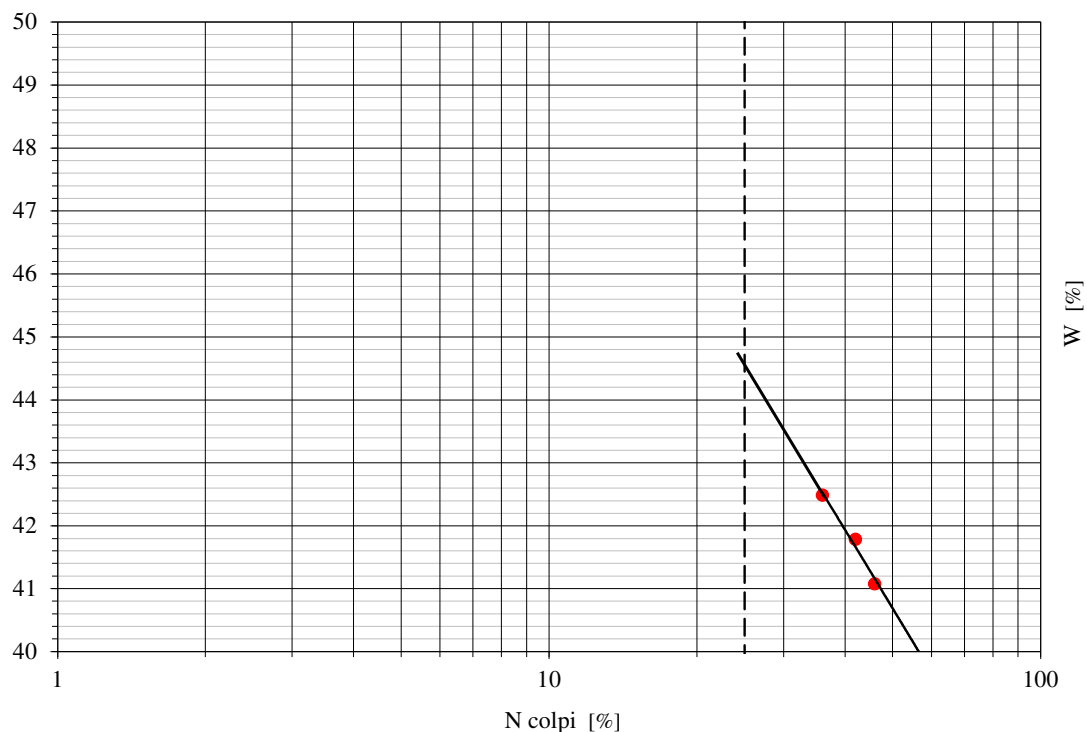
Committente: Comune di Brescia
Località : Via Manzoni
Cantiere: Adeguamento sismico Scuola Materna
Scavo: SC3
Campione: C1
Profondità: 2,8-3,0 m

Limite Liquido

tara	campione umido + tara	campione secco + tara	N colpi	W	WL	IF
9,84	21,31	17,89	36	42,48	44,5	13,20
9,63	20,59	17,36	42	41,79		
9,64	23,24	19,28	46	41,08		

Limite Plastico

tara	campione umido + tara	campione secco + tara	W	WP
9,6	14,7	13,76	22,6	22,5
9,61	14,14	13,31	22,4	



CORRELAZIONI E CLASSIFICAZIONE U.S.C.S.

Committente: Comune di Brescia

Località: Via Manzoni
Cantiere: Adeguamento sismico Scuola Materna
Scavo: SC3
Campione: C1
Profondità: 2,8-3,0 m

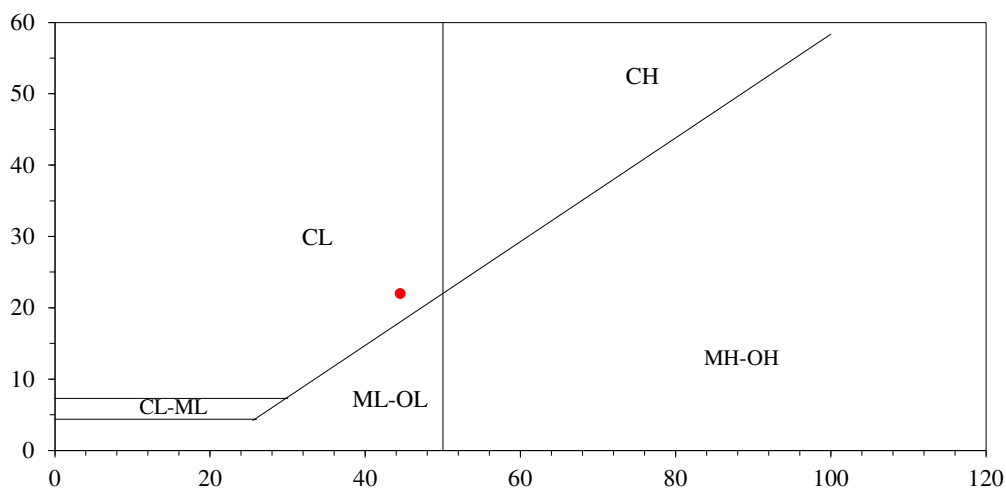
DESCRIZIONE: Ghiaia con limo argillosa sabbiosa

UMIDITA'	W [%] =	19,1
LIMITE DI LIQUIDITA'	W L [%] =	44,5
LIMITE DI PLASTICITA'	W P [%] =	22,5
INDICE DI PLASTICITA'	I P [%] =	22,0
PERCENTUALE ARGILLA	CF [%] =	-
INDICE DI FLUIDITA'	IF [%] =	13,2

LIMITE DI RITIRO	LR =	16,2	(Holtz and Kovacs '81)
INDICE DI TENACITA'	IT =	1,7	(indice di tenacità)
INDICE DI LIQUIDITA'	IL =	-0,2	(indice di liquidità)
INDICE DI CONSISTENZA	IC =	1,2	(indice di consistenza)
ANGOLO D'ATTRITO	PHI ' =	28,5	(Massarsch)
ANGOLO D'ATTRITO	PHI ' =	29,5	(Flavigny)
ANGOLO D'ATTRITO RESIDUO	PHI ' res=	11,7	(Kanji '74)
INDICE D'ATTIVITA'	IA =	-	

CLASSIFICAZIONE U.S.C.S.

CL - Argilla inorganica a bassa plasticità



PROVA PENETROMETRICA CPT1

Committente: Comune di Botticino
Progetto: Adeguamento sismico Scuola materna
Località: Botticino

Prova: CPT 1b
Data: 03/09/2020
Prof. Falda: 2,74 m

Z	RP (qc)	RM	RL	fs	fs	qc/fs	100fs/qc	Litologia	γ_n	σ'_v	terreni coesivi		terreni granulari		Dr	Es	E ₂₅	E ₅₀
m	kg/cmq			kg/cmq	t/mq	-	-	(Begemann)	kN/mc	kPa	Cu	Mo	ϕ^s	ϕ^{sl}	%	MPa	MPa	MPa
0,0			0															
0,2			10	0,7	6,7				18	3,6	0	0,0	-	-	-	-	-	-
0,4	12	22	15	1,0	10,0	12	8,3	argilla organica	18	7,2	80	3,0	-	-	-	-	-	-
0,6	14	29	10	0,7	6,7	21	4,8	argilla o limo argilloso	18	10,8	93	3,5	-	-	-	-	-	-
0,8	13	23	20	1,3	13,3	10	10,3	argilla organica	18	14,4	86	3,3	-	-	-	-	-	-
1,0	32	52	41	2,7	27,3	12	8,5	argilla organica	18	18,0	212	8,0	-	-	-	-	-	-
1,2	90	131	40	2,7	26,7	34	3,0	limo sabbioso o sabbia limos	19	21,8	-	-	36,5	31,5	86	31,3	18,0	10,8
1,4	84	124	44	2,9	29,3	29	3,5	argilla o limo argilloso	19	25,6	419	21,0	36,2	31,2	82	28,0	16,8	10,1
1,6	67	111	40	2,7	26,7	25	4,0	argilla o limo argilloso	19	29,4	334	16,8	35,5	30,5	73	20,6	13,4	8,0
1,8	45	85	42	2,8	28,0	16	6,2	argilla o limo argilloso	19	33,2	223	11,3	-	-	-	-	-	-
2,0	62	104	18	1,2	12,0	52	1,9	limo sabbioso o sabbia limos	19	37,0	-	-	35,2	30,2	68	18,1	12,4	7,4
2,2	69	87	30	2,0	20,0	35	2,9	limo sabbioso o sabbia limos	19	40,8	-	-	35,6	30,6	69	20,4	13,8	8,3
2,4	61	91	42	2,8	28,0	22	4,6	argilla o limo argilloso	19	44,6	303	15,3	-	30,2	-	-	-	-
2,6	64	106	38	2,5	25,3	25	4,0	argilla o limo argilloso	19	48,4	318	16,0	-	30,3	-	-	-	-
2,8	68	106	29	1,9	19,3	35	2,8	limo sabbioso o sabbia limos	20	50,4	-	-	35,5	30,5	66	19,5	13,6	8,2
3,0	29	58	23	1,5	15,3	19	5,3	argilla o limo argilloso	20	52,4	190	7,3	-	-	-	-	-	-
3,2	29	52	22	1,5	14,7	20	5,1	argilla o limo argilloso	20	54,4	190	7,3	-	-	-	-	-	-
3,4	22	44	16	1,1	10,7	21	4,8	argilla o limo argilloso	20	56,4	143	5,5	-	27,7	-	-	-	-
3,6	22	38	36	2,4	24,0	9	10,9	argilla organica	20	58,4	143	5,5	-	-	-	-	-	-
3,8	56	92	28	1,9	18,7	30	3,3	argilla o limo argilloso	20	60,4	369	14,0	34,9	29,9	58	14,9	11,2	6,7
4,0	84	112	39	2,6	26,0	32	3,1	limo sabbioso o sabbia limos	20	62,4	-	-	36,2	31,2	69	24,7	16,8	10,1
4,2	50	89	22	1,5	14,7	34	2,9	limo sabbioso o sabbia limos	20	64,4	-	-	34,6	29,6	53	12,9	10,0	6,0
4,4	17	39	14	0,9	9,3	18	5,5	argilla o limo argilloso	20	66,4	109	4,3	-	-	-	-	-	-
4,6	15	29	14	0,9	9,3	16	6,2	argilla o limo argilloso	20	68,4	95	3,8	-	-	-	-	-	-
4,8	22	36	12	0,8	8,0	28	3,6	argilla o limo argilloso	20	70,4	142	5,5	32,7	27,7	29	4,8	4,4	2,6
5,0	29	41	17	1,1	11,3	26	3,9	argilla o limo argilloso	20	72,4	141	7,3	33,3	28,3	36	6,6	5,8	3,5
5,2	32	49	18	1,2	12,0	27	3,8	argilla o limo argilloso	20	74,4	156	8,0	33,5	28,5	39	7,4	6,4	3,8
5,4	29	47	20	1,3	13,3	22	4,6	argilla o limo argilloso	20	76,4	141	7,3	33,3	28,3	35	6,5	5,8	3,5
5,6	32	52	28	1,9	18,7	17	5,8	argilla o limo argilloso	20	78,4	156	8,0	-	-	-	-	-	-
5,8	43	71	36	2,4	24,0	18	5,6	argilla o limo argilloso	20	80,4	211	10,8	-	-	-	-	-	-
6,0	43	79	41	2,7	27,3	16	6,4	argilla o limo argilloso	20	82,4	211	10,8	-	-	-	-	-	-
6,2	43	84	40	2,7	26,7	16	6,2	argilla o limo argilloso	20	84,4	211	10,8	-	-	-	-	-	-
6,4	48	88	41	2,7	27,3	18	5,7	argilla o limo argilloso	20	86,4	236	12,0	-	-	-	-	-	-
6,6	48	89	31	2,1	20,7	23	4,3	argilla o limo argilloso	19	88,2	236	12,0	34,5	29,5	48	11,8	9,6	5,8
6,8	62	93	39	2,6	26,0	24	4,2	argilla o limo argilloso	19	90,0	306	15,5	35,2	30,2	55	16,1	12,4	7,4
7,0	40	79	30	2,0	20,0	20	5,0	argilla o limo argilloso	20	92,0	195	10,0	-	-	-	-	-	-
7,2	38	68	31	2,1	20,7	18	5,4	argilla o limo argilloso	20	94,0	185	9,5	-	-	-	-	-	-
7,4	41	72	35	2,3	23,3	18	5,7	argilla o limo argilloso	20	96,0	200	10,3	-	-	-	-	-	-
7,6	48	83	37	2,5	24,7	19	5,1	argilla o limo argilloso	20	98,0	235	12,0	-	-	-	-	-	-
7,8	47	84	37	2,5	24,7	19	5,2	argilla o limo argilloso	20	100,0	230	11,8	-	-	-	-	-	-
8,0	39	76	51	3,4	34,0	11	8,7	argilla organica	20	102,0	190	9,8	-	-	-	-	-	-
8,2	65	116	42	2,8	28,0	23	4,3	argilla o limo argilloso	20	104,0	320	16,3	-	30,4	-	-	-	-
8,4	32	74	35	2,3	23,3	14	7,3	argilla organica	20	106,0	155	8,0	-	-	-	-	-	-
8,6	43	78	34	2,3	22,7	19	5,3	argilla o limo argilloso	20	108,0	210	10,8	-	-	-	-	-	-
8,8	32	66	23	1,5	15,3	21	4,8	argilla o limo argilloso	20	110,0	155	8,0	-	28,5	-	-	-	-
9,0	31	54	34	2,3	22,7	14	7,3	argilla organica	20	112,0	149	7,8	-	-	-	-	-	-
9,2	85	119	31	2,1	20,7	41	2,4	limo sabbioso o sabbia limos	20	114,0	-	-	36,3	31,3	60	23,2	17,0	10,2
9,4	36	67	31	2,1	20,7	17	5,7	argilla o limo argilloso	20	116,0	174	9,0	-	-	-	-	-	-
9,6	29	60	25	1,7	16,7	17	5,7	argilla o limo argilloso	20	118,0	139	7,3	-	-	-	-	-	-
9,8	40	65	28	1,9	18,7	21	4,7	argilla o limo argilloso	20	120,0	194	10,0	-	29,0	38	9,2	8,0	4,8
10,0	40	68	24	1,6	16,0	25	4,0	argilla o limo argilloso	20	122,0	194	10,0	-	29,0	38	9,1	8,0	4,8
10,2	45	69	21	1,4	14,0	32	3,1	limo sabbioso o sabbia limos	20	124,0	-	-	34,3	29,3	41	10,5	9,0	5,4
10,4	41	62	26	1,7	17,3	24	4,2	argilla o limo argilloso	20	126,0	199	10,3	-	29,1	-	-	-	-
10,6	41	67																
10,8																		
11,0																		
11,2																		
11,4																		
11,6																		
11,8																		
12,0																		
12,2																		
12,4																		
12,6																		
12,8																		
13,0																		
13,2																		
13,4																		
13,6																		

Z = Profondità
RP (qc) = Resistenza alla punta
RM = Lettura punta + manicotto
RL = Lettura manicotto
fs = Resistenza unitaria di attrito laterale
qc/fs = Indice della resistenza
100fs/qc = Rapporto della resistenza
 γ_n = Peso di volume naturale
 σ'_v = Pressione geostatica efficace

Cu = Resistenza al taglio non drenata
Mo = Modulo confinato (terreni coerenti)
 ϕ^s = angolo di attrito drenato per sabbie
 ϕ^{sl} = angolo di attrito drenato per sabbie limose
Dr = Densità relativa
Es = Modulo di Young secante
E₂₅ = Modulo di Young secante al 25% di sforzo a rottura
E₅₀ = Modulo di Young secante al 50% di sforzo a rottura

DIAGRAMMA PROVA CPT 1b

Resistenza alla punta q_c [kg/cm²] - Attrito laterale f_s [t/mq]

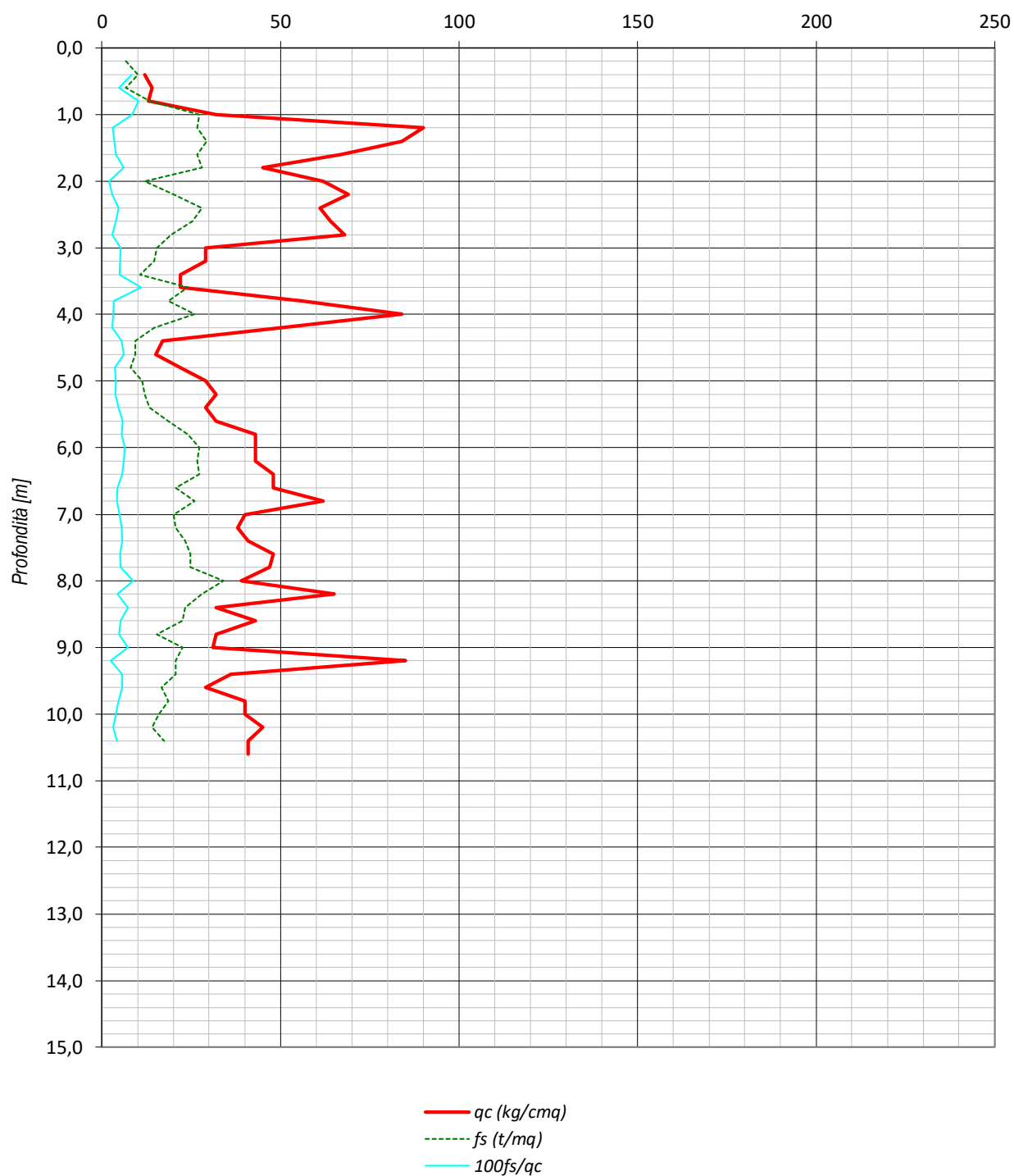
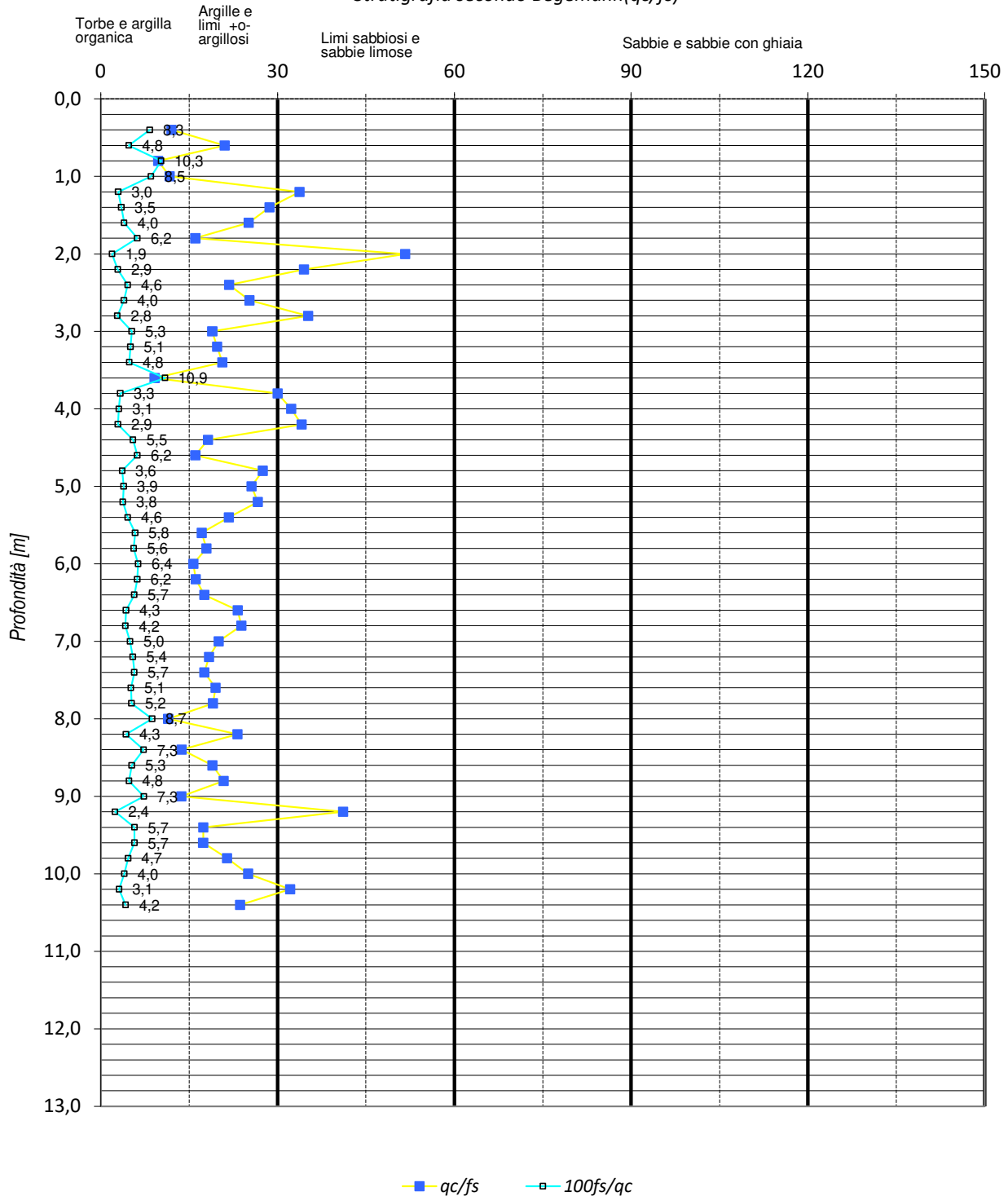


DIAGRAMMA PROVA CPT 1b

Stratigrafia secondo Begemann(qc/fs)



PROVA PENETROMETRICA CPT 2

Committente: Comune di Botticino
Progetto: Adeguamento sismico Scuola materna
Località: Botticino

Prova: CPT 2
Data: 03/09/2020
Prof. Falda: 3,10 m

Z	RP (qc)	RM	RL	fs	fs	qc/fs	100fs/qc	Litologia	γ_n	σ'_v	terreni coesivi		terreni granulari		Dr	Es	E ₂₅	E ₅₀
m	kg/cmq			kg/cmq	t/mq	-	-	(Begemann)	kN/mc	kPa	Cu	Mo	ϕ^s	ϕ^{sl}	%	MPa	MPa	MPa
0,0			0															
0,2			13	0,9	8,7				18	3,6	0	0,0	-	-	-	-	-	-
0,4	95	108	25	1,7	16,7	57	1,8	limo sabbioso o sabbia	18	7,2	-	-	36,7	31,7	103	39,3	19,0	11,4
0,6	70	95	13	0,9	8,7	81	1,2	sabbia ghiaiosa	18	10,8	-	-	35,6	30,6	89	25,0	14,0	8,4
0,8	43	56	17	1,1	11,3	38	2,6	limo sabbioso o sabbia	18	14,4	-	-	34,2	29,2	71	12,9	8,6	5,2
1,0	18	35	14	0,9	9,3	19	5,2	argilla o limo argilloso	18	18,0	89	4,5	-	-	-	-	-	-
1,2	51	65	45	3,0	30,0	17	5,9	argilla o limo argilloso	18	21,6	254	12,8	-	-	-	-	-	-
1,4	86	131	24	1,6	16,0	54	1,9	limo sabbioso o sabbia	19	25,4	-	-	36,3	31,3	82	28,9	17,2	10,3
1,6	93	117	63	4,2	42,0	22	4,5	argilla o limo argilloso	19	29,2	464	23,3	36,6	31,6	83	31,3	18,6	11,2
1,8	82	145	47	3,1	31,3	26	3,8	argilla o limo argilloso	19	33,0	408	20,5	36,2	31,2	77	26,2	16,4	9,8
2,0	78	125	55	3,7	36,7	21	4,7	argilla o limo argilloso	19	36,8	388	19,5	36,0	31,0	74	24,2	15,6	9,4
2,2	78	133	45	3,0	30,0	26	3,8	argilla o limo argilloso	19	40,6	388	19,5	36,0	31,0	73	23,9	15,6	9,4
2,4	61	106	65	4,3	43,3	14	7,1	argilla organica	19	44,4	303	15,3	-	-	-	-	-	-
2,6	50	115	76	5,1	50,7	10	10,1	argilla organica	19	48,2	248	12,5	-	-	-	-	-	-
2,8	52	128	57	3,8	38,0	14	7,3	argilla organica	19	52,0	257	13,0	-	-	-	-	-	-
3,0	53	110	42	2,8	28,0	19	5,3	argilla o limo argilloso	19	55,8	262	13,3	-	-	-	-	-	-
3,2	54	96	47	3,1	31,3	17	5,8	argilla o limo argilloso	20	57,8	267	13,5	-	-	-	-	-	-
3,4	42	89	22	1,5	14,7	29	3,5	argilla o limo argilloso	20	59,8	276	10,5	34,1	29,1	50	10,5	8,4	5,0
3,6	16	38	16	1,1	10,7	15	6,7	argilla organica	20	61,8	103	4,0	-	-	-	-	-	-
3,8	14	30	11	0,7	7,3	19	5,2	argilla o limo argilloso	20	63,8	89	3,5	-	-	-	-	-	-
4,0	15	26	15	1,0	10,0	15	6,7	argilla organica	20	65,8	96	3,8	-	-	-	-	-	-
4,2	19	34	15	1,0	10,0	19	5,3	argilla o limo argilloso	20	67,8	122	4,8	-	-	-	-	-	-
4,4	19	34	18	1,2	12,0	16	6,3	argilla o limo argilloso	20	69,8	122	4,8	-	-	-	-	-	-
4,6	25	43	24	1,6	16,0	16	6,4	argilla o limo argilloso	20	71,8	162	6,3	-	-	-	-	-	-
4,8	28	52	24	1,6	16,0	18	5,7	argilla o limo argilloso	20	73,8	182	7,0	-	-	-	-	-	-
5,0	32	56	26	1,7	17,3	18	5,4	argilla o limo argilloso	20	75,8	208	8,0	-	-	-	-	-	-
5,2	43	69	45	3,0	30,0	14	7,0	argilla organica	20	77,8	211	10,8	-	-	-	-	-	-
5,4	47	92	56	3,7	37,3	13	7,9	argilla organica	20	79,8	231	11,8	-	-	-	-	-	-
5,6	55	111	51	3,4	34,0	16	6,2	argilla o limo argilloso	20	81,8	271	13,8	-	-	-	-	-	-
5,8	47	98	38	2,5	25,3	19	5,4	argilla o limo argilloso	20	83,8	231	11,8	-	-	-	-	-	-
6,0	46	84	45	3,0	30,0	15	6,5	argilla o limo argilloso	20	85,8	226	11,5	-	-	-	-	-	-
6,2	49	94	49	3,3	32,7	15	6,7	argilla organica	20	87,8	241	12,3	-	-	-	-	-	-
6,4	50	99	41	2,7	27,3	18	5,5	argilla o limo argilloso	20	89,8	246	12,5	-	-	-	-	-	-
6,6	46	87	36	2,4	24,0	19	5,2	argilla o limo argilloso	20	91,8	225	11,5	-	-	-	-	-	-
6,8	43	79	38	2,5	25,3	17	5,9	argilla o limo argilloso	20	93,8	210	10,8	-	-	-	-	-	-
7,0	46	84	41	2,7	27,3	17	5,9	argilla o limo argilloso	20	95,8	225	11,5	-	-	-	-	-	-
7,2	46	87	33	2,2	22,0	21	4,8	argilla o limo argilloso	20	97,8	225	11,5	-	29,4	45	11,1	9,2	5,5
7,4	40	73	35	2,3	23,3	17	5,8	argilla o limo argilloso	20	99,8	195	10,0	-	-	-	-	-	-
7,6	39	74	29	1,9	19,3	20	5,0	argilla o limo argilloso	20	101,8	190	9,8	-	28,9	40	9,0	7,8	4,7
7,8	39	68	33	2,2	22,0	18	5,6	argilla o limo argilloso	20	103,8	190	9,8	-	-	-	-	-	-
8,0	39	72	19	1,3	12,7	31	3,2	limo sabbioso o sabbia	20	105,8	-	-	33,9	28,9	39	9,0	7,8	4,7
8,2	53	72	54	3,6	36,0	15	6,8	argilla organica	20	107,8	260	13,3	-	-	-	-	-	-
8,4	53	107	21	1,4	14,0	38	2,6	limo sabbioso o sabbia	20	109,8	-	-	34,8	29,8	47	13,0	10,6	6,4
8,6	70	91	46	3,1	30,7	23	4,4	argilla o limo argilloso	20	111,8	344	17,5	-	30,6	-	-	-	-
8,8	29	75	44	2,9	29,3	10	10,1	argilla organica	20	113,8	139	7,3	-	-	-	-	-	-
9,0	49	93	60	4,0	40,0	12	8,2	argilla organica	20	115,8	239	12,3	-	-	-	-	-	-
9,2	99	159	60	4,0	40,0	25	4,0	argilla o limo argilloso	20	117,8	489	24,8	36,9	31,9	64	28,0	19,8	11,9
9,4	56	116	37	2,5	24,7	23	4,4	argilla o limo argilloso	20	119,8	274	14,0	34,9	29,9	48	13,8	11,2	6,7
9,6	47	84	42	2,8	28,0	17	6,0	argilla o limo argilloso	20	121,8	229	11,8	-	-	-	-	-	-
9,8	43	85	36	2,4	24,0	18	5,6	argilla o limo argilloso	20	123,8	209	10,8	-	-	-	-	-	-
10,0	43	79	32	2,1	21,3	20	5,0	argilla o limo argilloso	20	125,8	209	10,8	-	29,2	40	9,9	8,6	5,2
10,2	37	69	29	1,9	19,3	19	5,2	argilla o limo argilloso	20	127,8	179	9,3	-	-	-	-	-	-
10,4	34	63	27	1,8	18,0	19	5,3	argilla o limo argilloso	20	129,8	164	8,5	-	-	-	-	-	-
10,6	31	58																
10,8																		
11,0																		
11,2																		
11,4																		
11,6																		
11,8																		
12,0																		
12,2																		
12,4																		
12,6																		
12,8																		
13,0																		
13,2																		
13,4																		
13,6																		

Z = Profondità
RP (qc) = Resistenza alla punta
RM = Lettura punta + manicotto
RL = Lettura manicotto
fs = Resistenza unitaria di attrito laterale
qc/fs = Indice della resistenza
100fs/qc = Rapporto della resistenza
 γ_n = Peso di volume naturale
 σ'_v = Pressione geostatica efficace

Cu = Resistenza al taglio non drenata
Mo = Modulo confinato (terreni coerenti)
 ϕ^s = angolo di attrito drenato per sabbie
 ϕ^{sl} = angolo di attrito drenato per sabbie limose
Dr = Densità relativa
Es = Modulo di Young secante
E₂₅ = Modulo di Young secante al 25% di sforzo a rottura
E₅₀ = Modulo di Young secante al 50% di sforzo a rottura

DIAGRAMMA PROVA CPT 2

Resistenza alla punta q_c [kg/cm²] - Attrito laterale f_s [t/mq]

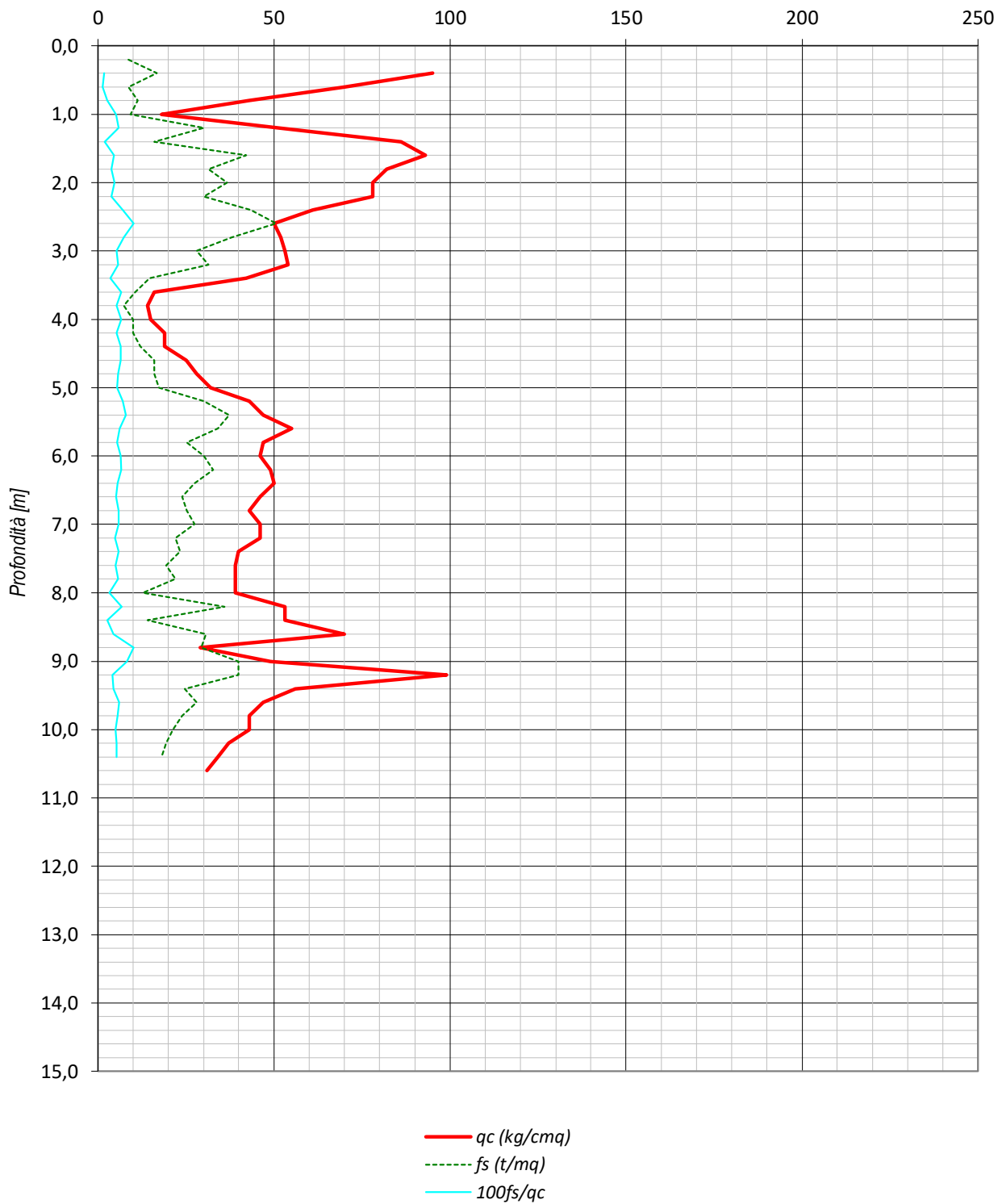
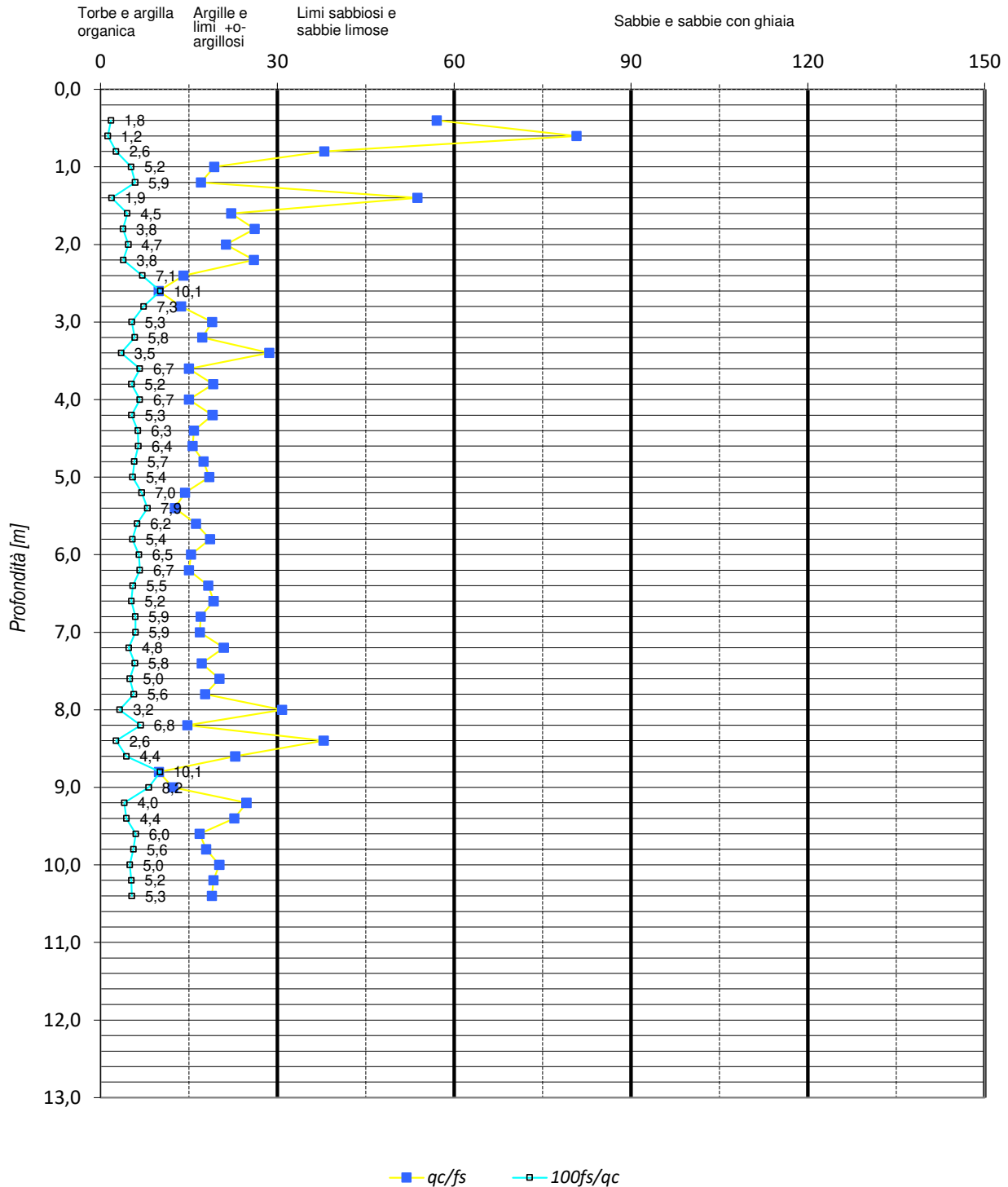


DIAGRAMMA PROVA CPT 2
Stratigrafia secondo Begemann(qc/fs)



PROVA PENETROMETRICA CPT 3

Committente: Comune di Botticino
Progetto: Adeguamento sismico Scuola materna
Località: Botticino

Prova: CPT 3
Data: 03/09/2020
Prof. Falda: 2,92 m

Z	RP (qc)	RM	RL	fs	fs	qc/fs	100fs/qc	Litologia	γ_n	σ'_v	terreni coesivi		terreni granulari		Dr	Es	E ₂₅
m	kg/cmq			kg/cmq	t/mq	-	-	(Begemann)	kN/mc	kPa	Cu	Mo	ϕ^s	ϕ^{sl}	%	MPa	MPa
0,0			0														
0,2			12	0,8	8,0				18	3,6	0	0,0	-	-	-	-	-
0,4	8	20	56	3,7	37,3	2	46,7	argilla organica	18	7,2	53	2,0	-	-	-	-	-
0,6	55	111	56	3,7	37,3	15	6,8	argilla organica	18	10,8	366	13,8	-	-	-	-	-
0,8	52	108	140	9,3	93,3	6	17,9	argilla organica	18	14,4	346	13,0	-	-	-	-	-
1,0	276	416	54	3,6	36,0	77	1,3	sabbia ghiaiosa	19	18,2	-	-	42,1	37,1	121	135,4	55,2
1,2	62	116	16	1,1	10,7	58	1,7	limo sabbioso o sabbia	19	22,0	-	-	35,2	30,2	75	19,4	12,4
1,4	12	28	15	1,0	10,0	12	8,3	argilla organica	19	25,8	78	3,0	-	-	-	-	-
1,6	9	24	9	0,6	6,0	15	6,7	argilla organica	19	29,6	58	2,3	-	-	-	-	-
1,8	10	19	8	0,5	5,3	19	5,3	argilla o limo argilloso	19	33,4	64	2,5	-	-	-	-	-
2,0	17	25	17	1,1	11,3	15	6,7	argilla organica	19	37,2	111	4,3	-	-	-	-	-
2,2	22	39	19	1,3	12,7	17	5,8	argilla o limo argilloso	19	41,0	144	5,5	-	-	-	-	-
2,4	29	48	21	1,4	14,0	21	4,8	argilla o limo argilloso	19	44,8	190	7,3	33,3	28,3	43,0	6,9	5,8
2,6	17	38	19	1,3	12,7	13	7,5	argilla organica	19	48,6	110	4,3	-	-	-	-	-
2,8	24	43	24	1,6	16,0	15	6,7	argilla organica	19	52,4	157	6,0	-	-	-	-	-
3,0	52	76	60	4,0	40,0	13	7,7	argilla organica	19	54,2	343	13,0	-	-	-	-	-
3,2	82	142	43	2,9	28,7	29	3,5	argilla o limo argilloso	20	56,2	543	20,5	36,2	31,2	70	24,3	16,4
3,4	83	126	13	0,9	8,7	96	1,0	sabbia ghiaiosa	20	58,2	-	-	36,2	31,2	69	24,6	16,6
3,6	14	27	12	0,8	8,0	18	5,7	argilla o limo argilloso	20	60,2	89	3,5	-	-	-	-	-
3,8	8	20	19	1,3	12,7	6	15,8	argilla organica	20	62,2	49	2,0	-	-	-	-	-
4,0	25	44	21	1,4	14,0	18	5,6	argilla o limo argilloso	20	64,2	162	6,3	-	-	-	-	-
4,2	22	43	51	3,4	34,0	6	15,5	argilla organica	20	66,2	142	5,5	-	-	-	-	-
4,4	84	135	64	4,3	42,7	20	5,1	argilla o limo argilloso	20	68,2	417	21,0	-	-	-	-	-
4,6	57	121	25	1,7	16,7	34	2,9	limo sabbioso o sabbia	20	70,2	-	-	35,0	30,0	56	15,0	11,4
4,8	29	54	21	1,4	14,0	21	4,8	argilla o limo argilloso	20	72,2	141	7,3	33,3	28,3	36,2	6,6	5,8
5,0	37	58	24	1,6	16,0	23	4,3	argilla o limo argilloso	20	74,2	181	9,3	33,8	28,8	43	8,8	7,4
5,2	39	63	20	1,3	13,3	29	3,4	argilla o limo argilloso	20	76,2	191	9,8	33,9	28,9	44	9,3	7,8
5,4	32	52	35	2,3	23,3	14	7,3	argilla organica	20	78,2	156	8,0	-	-	-	-	-
5,6	30	65	34	2,3	22,7	13	7,6	argilla organica	20	80,2	146	7,5	-	-	-	-	-
5,8	52	86	39	2,6	26,0	20	5,0	argilla o limo argilloso	20	82,2	256	13,0	-	-	-	-	-
6,0	79	118	55	3,7	36,7	22	4,6	argilla o limo argilloso	20	84,2	391	19,8	36,0	31,0	63	22,0	15,8
6,2	52	107	46	3,1	30,7	17	5,9	argilla o limo argilloso	20	86,2	256	13,0	-	-	-	-	-
6,4	32	78	21	1,4	14,0	23	4,4	argilla o limo argilloso	20	88,2	156	8,0	33,5	28,5	36	7,2	6,4
6,6	38	59	22	1,5	14,7	26	3,9	argilla o limo argilloso	20	90,2	185	9,5	33,9	28,9	41	8,9	7,6
6,8	37	59	45	3,0	30,0	12	8,1	argilla organica	20	92,2	180	9,3	-	-	-	-	-
7,0	43	88	48	3,2	32,0	13	7,4	argilla organica	20	94,2	210	10,8	-	-	-	-	-
7,2	41	89	39	2,6	26,0	16	6,3	argilla o limo argilloso	20	96,2	200	10,3	-	-	-	-	-
7,4	35	74	38	2,5	25,3	14	7,2	argilla organica	20	98,2	170	8,8	-	-	-	-	-
7,6	70	108	40	2,7	26,7	26	3,8	argilla o limo argilloso	20	100,2	345	17,5	35,6	30,6	57	18,5	14,0
7,8	75	115	57	3,8	38,0	20	5,1	argilla o limo argilloso	20	102,2	370	18,8	-	-	-	-	-
8,0	71	128	49	3,3	32,7	22	4,6	argilla o limo argilloso	20	104,2	350	17,8	35,7	30,7	56,6	18,7	14,2
8,2	35	84	42	2,8	28,0	13	8,0	argilla organica	20	106,2	170	8,8	-	-	-	-	-
8,4	41	83	33	2,2	22,0	19	5,4	argilla o limo argilloso	20	108,2	200	10,3	-	-	-	-	-
8,6	46	79	33	2,2	22,0	21	4,8	argilla o limo argilloso	20	110,2	224	11,5	34,4	29,4	43,4	10,9	9,2
8,8	48	81	36	2,4	24,0	20	5,0	argilla o limo argilloso	20	112,2	234	12,0	-	-	-	-	-
9,0	46	82	32	2,1	21,3	22	4,6	argilla o limo argilloso	20	114,2	224	11,5	34,4	29,4	42,8	10,9	9,2
9,2	42	74	31	2,1	20,7	20	4,9	argilla o limo argilloso	20	116,2	204	10,5	34,1	29,1	40,0	9,7	8,4
9,4	39	70	33	2,2	22,0	18	5,6	argilla o limo argilloso	20	118,2	189	9,8	-	-	-	-	-
9,6	79	112	36	2,4	24,0	33	3,0	limo sabbioso o sabbia	20	120,2	-	-	36,0	31,0	58	21,0	15,8
9,8	31	67	22	1,5	14,7	21	4,7	argilla o limo argilloso	20	122,2	149	7,8	33,4	28,4	30,6	6,8	6,2
10,0	48	70	34	2,3	22,7	21	4,7	argilla o limo argilloso	20	124,2	234	12,0	34,5	29,5	42,9	11,4	9,6
10,2	24	58	17	1,1	11,3	21	4,7	argilla o limo argilloso	20	126,2	114	6,0	32,9	27,9	22,8	5,0	4,8
10,4	21	38	17	1,1	11,3	19	5,4	argilla o limo argilloso	20	128,2	99	5,3	-	-	-	-	-
10,6	22	39															
10,8																	
11,0																	
11,2																	
11,4																	
11,6																	
11,8																	
12,0																	
12,2																	
12,4																	
12,6																	
12,8																	
13,0																	
13,2																	
13,4																	
13,6																	

Z = Profondità
RP (qc) = Resistenza alla punta
RM = Lettura punta + manicotto
RL = Lettura manicotto
fs = Resistenza unitaria di attrito laterale
qc/fs = Indice della resistenza
100fs/qc = Rapporto della resistenza
 γ_n = Peso di volume naturale
 σ'_v = Pressione geostatica efficace

Cu = Resistenza al taglio non drenata
Mo = Modulo confinato (terreni coerenti)
 ϕ^s = angolo di attrito drenato per sabbie
 ϕ^{sl} = angolo di attrito drenato per sabbie limose
Dr = Densità relativa
Es = Modulo di Young secante
E₂₅ = Modulo di Young secante al 25% di sforzo a rottura
E₅₀ = Modulo di Young secante al 50% di sforzo a rottura

DIAGRAMMA PROVA CPT 3

Resistenza alla punta q_c [kg/cm²] - Attrito laterale f_s [t/mq]

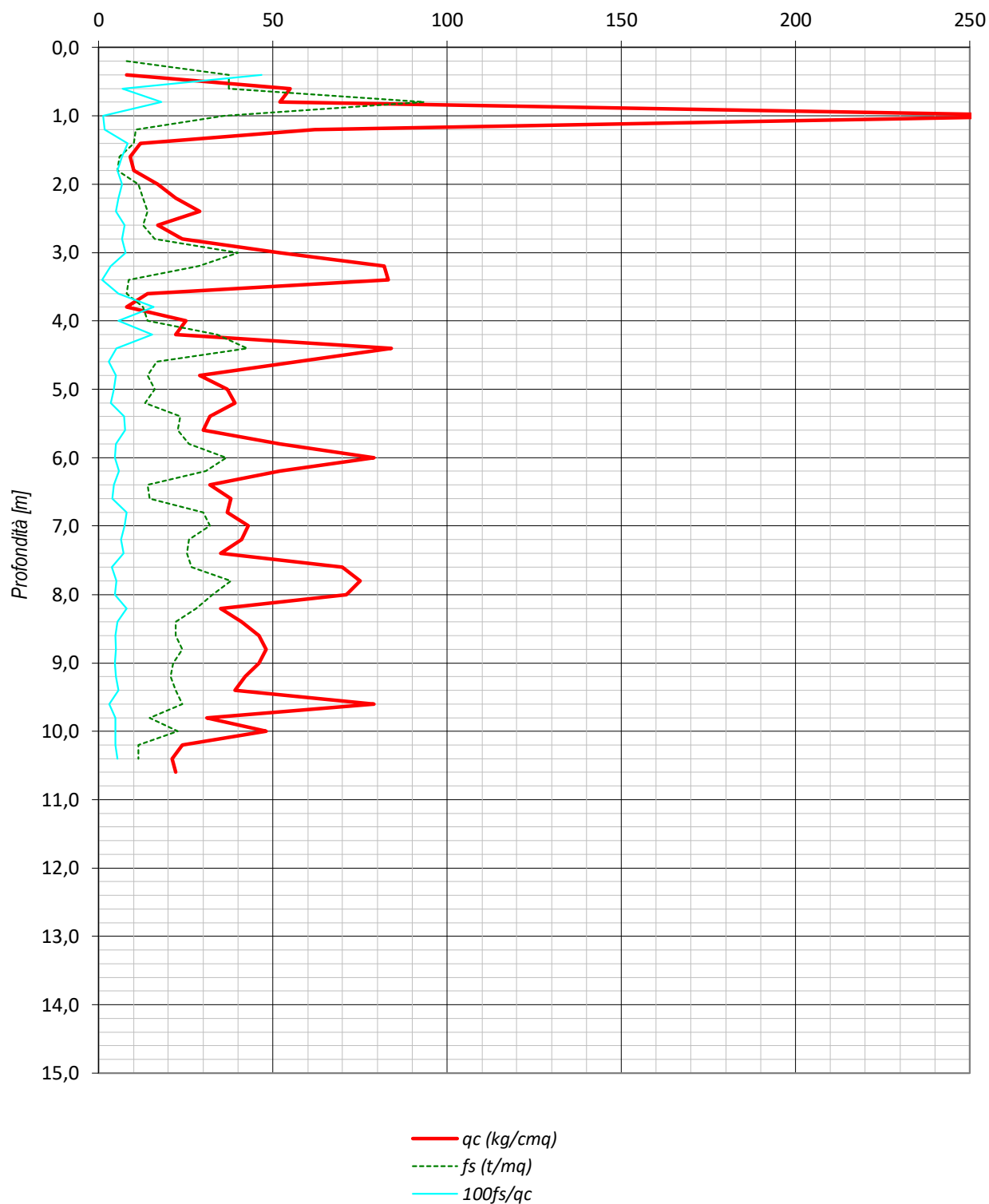
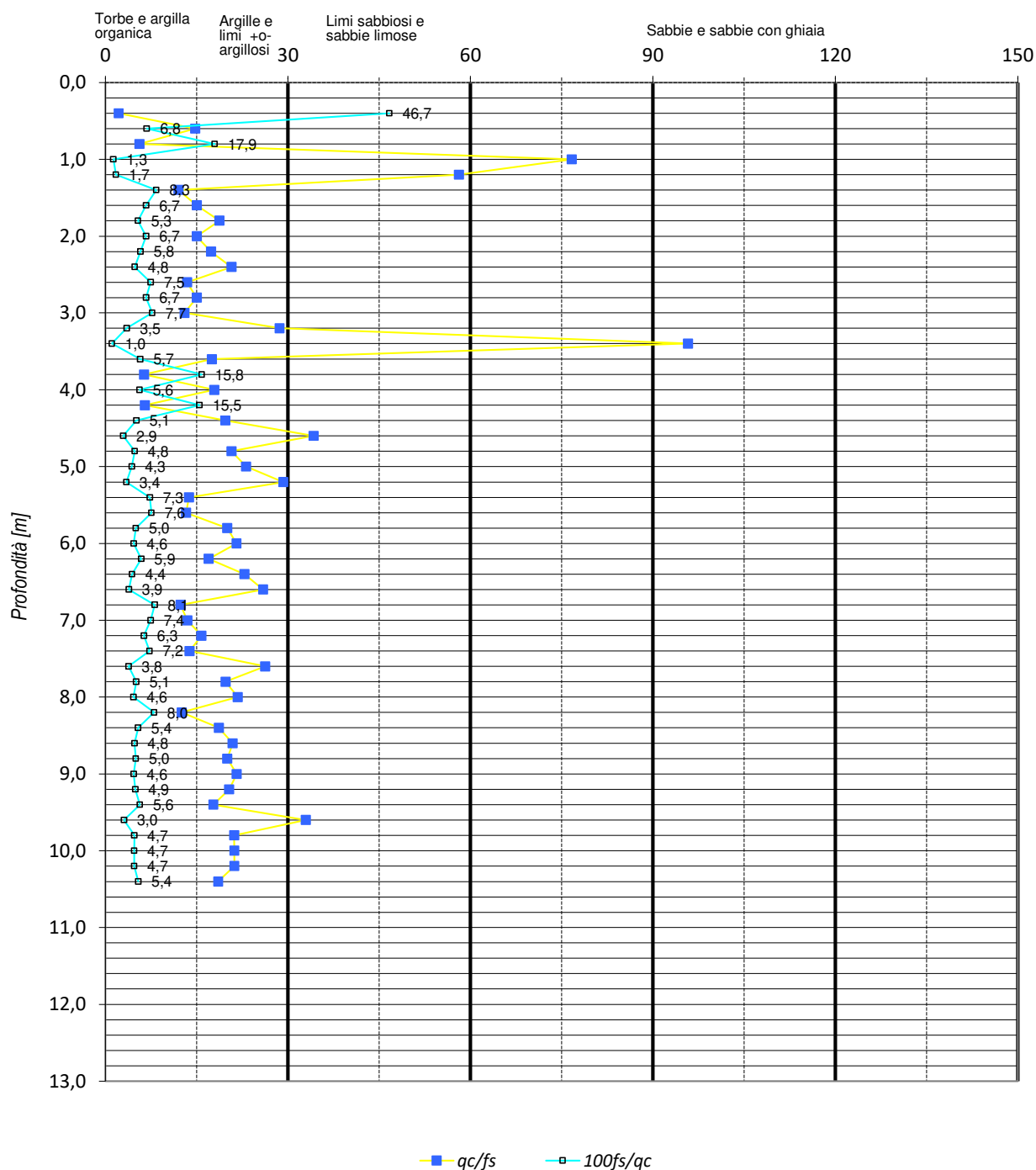


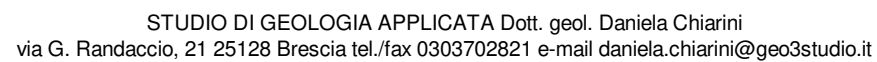
DIAGRAMMA PROVA CPT 3
Stratigrafia secondo Begemann(qc/fs)



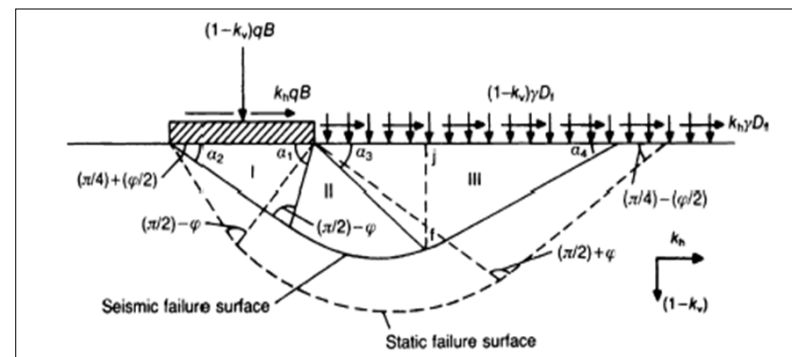
W

E

NW



PARAMETRI TERRENO - condizioni drenate					
ANALISI CON COEFFICIENTI PARZIALI? (y/n)	n				
angolo di attrito drenato caratteristico (°)	29,0				
coefficiente parziale γ_ϕ	1,00				
angolo di attrito di progetto (°)	29,00				
coesione drenata caratteristica (KPa)	0,0				
coefficiente parziale γ_c	1,00				
coesione drenata di progetto (KPa)	0,0				
peso di volume caratteristico (kN/m ³)	19,0				
coefficiente parziale γ_γ	1,00				
peso di volume di progetto (kN/m ³)	19,0				
coesione non drenata caratteristica (KPa)	0,0				
PARAMETRI SISMA					
accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante (g)	0,180				
soil factor S_S	1,74				
topographic factor S_T	1				
categoria di suolo	D				
coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (β_S)	0,24				
coefficiente sismico orizzontale	0,075				
accelerazione verticale (g)	1,0000				
coefficiente sismico verticale	0,038				
accelerazione di gravità (m/s ²)	9,81				
AZIONI AGENTI (da analisi della situazione sismica progettuale)					
effetto dell'azione normale di progetto agente in fondazione N_{Ed} (kN)	180				
effetto dell'azione orizzontale (taglio) di progetto V_{Ed} (kN)	10				
effetto dell'azione di progetto in termini di momenti M_{Ed} (kN/m)	-				
eccentricità (m)	0,00				
PARAMETRI FONDAZIONE (analisi parametrica su B)					
larghezza B fondazione superficiale (m)	0,60	1,00	1,40	1,80	2,00
lunghezza L (m)	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
profondità di incasso D_f (m)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
eccentricità lungo B (m)	0	0	0	0	0
eccentricità lungo L (m)	0	0	0	0	0



CAPACITA' PORTANTE SECONDO LA FORMULA DI BRINCH-HANSEN (1970)

Tipologia di fondazione: continua

Analisi in condizioni drenate

$$q_u = c' \cdot N_c \cdot Sc \cdot Dc \cdot Ic \cdot Gc + Df \cdot \gamma \cdot N_q \cdot Sq \cdot Dq \cdot Iq \cdot Gq \cdot Bq + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma \cdot D_\gamma \cdot I_\gamma \cdot G_\gamma \cdot B_\gamma$$

<i>Input</i>														A1 M1 R1	A1 M1 R3
e_B	e_L	B	L	B'	L'	D_f	c'	ϕ'	β	δ	γ	σ	q_{lim}	q_{lim}	q_d
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kPa]	[°]	[°]	[°]	[kN/m³]	[kPa]	[kPa]	[kg/cm²]	[kg/cm²]
0	0	0,60	10,00	0,60	10,00	0,60	0,0	29,0	0,0	3,2	19,0	11,4	270	2,76	1,20
0	0	1,00	10,00	1,00	10,00	0,60	0,0	29,0	0,0	3,2	19,0	11,4	291	2,97	1,29
0	0	1,40	10,00	1,40	10,00	0,60	0,0	29,0	0,0	3,2	19,0	11,4	323	3,29	1,43
0	0	1,80	10,00	1,80	10,00	0,60	0,0	29,0	0,0	3,2	19,0	11,4	358	3,66	1,59
0	0	2,00	10,00	2,00	10,00	0,60	0,0	29,0	0,0	3,2	19,0	11,4	377	3,84	1,67

<i>Output</i>	<u>Fattori di capacità portante</u>				<u>Fattori di forma</u>			<u>Fattori di profondità</u>			<u>Fattori inclinazione pendio</u>		
B	K	N_c	N_q	N_γ	S_c	S_q	S_γ	d_c	d_q	d_γ	g_c	g_q	g_γ
[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
0,60	1,00	27,81	16,41	12,82	1,00	1,03	0,98	1,40	1,29	1,00	1,00	1,00	1,00
1,00	0,60	27,81	16,41	12,82	1,00	1,06	0,96	1,24	1,18	1,00	1,00	1,00	1,00
1,40	0,43	27,81	16,41	12,82	1,00	1,08	0,94	1,17	1,13	1,00	1,00	1,00	1,00
1,80	0,33	27,81	16,41	12,82	1,00	1,10	0,93	1,13	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00
2,00	0,30	27,81	16,41	12,82	1,00	1,11	0,92	1,12	1,09	1,00	1,00	1,00	1,00

		<u>Fattori inclinazione carico</u>		
$N o a_v$	$V o a_H$	I_c	I_q	I_γ
[g]	[g]	[-]	[-]	[-]
180,00	10,000	0,860	0,869	0,820
180,00	10,000	0,860	0,869	0,820
180,00	10,000	0,860	0,869	0,820
180,00	10,000	0,860	0,869	0,820
180,00	10,000	0,860	0,869	0,820

CAPACITA' PORTANTE SECONDO LA FORMULA DI BRINCH-HANSEN (1970)

Tipologia di fondazione: continua

Analisi in condizioni drenate

$$q_u = c' \cdot N_c \cdot Sc \cdot Dc \cdot Ic \cdot Gc + Df \cdot \gamma \cdot N_q \cdot Sq \cdot Dq \cdot Iq \cdot Gq \cdot Bq + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma \cdot D_\gamma \cdot I_\gamma \cdot G_\gamma \cdot B_\gamma$$

<u>Input</u>														A1 M1 R1	A1 M1 R3
e_B	e_L	B	L	B'	L'	D_f	c'	ϕ'	β	δ	γ	σ	q_{lim}	q_{lim}	q_d
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kPa]	[°]	[°]	[°]	[kN/m³]	[kPa]	[kPa]	[kg/cm²]	[kg/cm²]
0	0	0,60	10,00	0,60	10,00	0,60	0,0	29,0	0,0	0,0	19,0	11,4	322	3,28	1,43
0	0	1,00	10,00	1,00	10,00	0,60	0,0	29,0	0,0	0,0	19,0	11,4	349	3,56	1,55
0	0	1,40	10,00	1,40	10,00	0,60	0,0	29,0	0,0	0,0	19,0	11,4	388	3,96	1,72
0	0	1,80	10,00	1,80	10,00	0,60	0,0	29,0	0,0	0,0	19,0	11,4	429	4,38	1,90
0	0	2,00	10,00	2,00	10,00	0,60	0,0	29,0	0,0	0,0	19,0	11,4	450	4,59	2,00

<u>Output</u>	<u>Fattori di capacità portante</u>				<u>Fattori di forma</u>			<u>Fattori di profondità</u>			<u>Fattori inclinazione pendio</u>		
B	K	N_c	N_q	N_γ	S_c	S_q	S_γ	d_c	d_q	d_γ	g_c	g_q	g_γ
[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
0,60	1,00	27,81	16,41	12,82	1,00	1,03	0,98	1,40	1,29	1,00	1,00	1,00	1,00
1,00	0,60	27,81	16,41	12,82	1,00	1,06	0,96	1,24	1,18	1,00	1,00	1,00	1,00
1,40	0,43	27,81	16,41	12,82	1,00	1,08	0,94	1,17	1,13	1,00	1,00	1,00	1,00
1,80	0,33	27,81	16,41	12,82	1,00	1,10	0,93	1,13	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00
2,00	0,30	27,81	16,41	12,82	1,00	1,11	0,92	1,12	1,09	1,00	1,00	1,00	1,00

		<u>Fattori inclinazione carico</u>		
$N o a_v$	$V o a_H$	I_c	I_q	I_γ
[g]	[g]	[-]	[-]	[-]
1,00	0,000	1,000	1,000	1,000
1,00	0,000	1,000	1,000	1,000
1,00	0,000	1,000	1,000	1,000
1,00	0,000	1,000	1,000	1,000
1,00	0,000	1,000	1,000	1,000