

Studio di Geologia - Dott. Geol. Luigi Renna - Dott. Geol. Niccolò Crestana
Viale Michelangelo, 40 – 25015 Desenzano del Garda (BS)
Cell: 349 2936733 - 347 9428449
mail: renna@crestanasrls.com - crestana@crestanasrls.com

COMUNE DI PIAN CAMUNO

PROVINCIA DI BRESCIA
Regione Lombardia

PIANO DI LOTTIZZAZIONE P.A.R. 29, IN VIA BATTAGLIONE EDOLO

RELAZIONE GEOLOGICA R1

ai sensi del punto 6.2.1 del D.M. 17/01/18 " Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"

RELAZIONE GEOTECNICA R2

ai sensi del punto 6.2.2 del D.M. 17/01/18 " Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"

RELAZIONE GEOLOGICA R3

ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30/11/2011 "Norme di Piano"

Committente: *Sipac S.r.l.*

Data:

21 Giugno 2022

I Tecnici:

Dott. Geol. Niccolò Crestana

Ordine dei Geologi della Lombardia n°1691

Dott. Geol. Luigi Renna

Ordine dei Geologi della Lombardia n°1667



INDICE

1. PREMESSA.....	3
1.1 Metodologia di lavoro.....	3
1.2 Riferimenti Normativi	4
A. RELAZIONE GEOLOGICA R1 e R3	5
2. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO.....	5
2.1 Inquadramento Geografico e Geologico	5
2.2 Assetto Geomorfologico	7
2.3 Caratteri Idrogeologici locali	8
2.4 Permeabilità dei terreni	10
2.5 Rete Idrografica locale	10
2.6 Piano di Gestione Rischio Alluvioni	11
3. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	14
3.1 Scavi esplorativi	14
3.2 Prove di permeabilità in sito.....	15
3.3 Prove penetrometriche statiche (CPT)	17
3.4 Prospezioni sismiche e modello sismostratigrafico	18
4. SISMICITÀ DELL'AREA E AZIONE SISMICA	27
4.1 Inquadramento sismotettonico.....	27
4.2 Sismicità locale	28
4.3 Normativa sismica vigente.....	29
4.4 Azione sismica di progetto.....	29
5. FATTIBILITÀ GEOLOGICA E VINCOLI DELL'AREA DI PROGETTO.....	39
B. RELAZIONE GEOTECNICA R2	43
6. MODELLO GEOTECNICO – VALORI CARATTERISTICI	43
7. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DELLE FONDAZIONI	44
7.1 Elementi per le Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)	45
7.2 Elementi per le Verifiche agli Stati Limite d'Esercizio (SLE).....	46
8. SPECIFICHE DI PROGETTO E PRESCRIZIONI REALIZZATIVE	47
9. CONCLUSIONI	49

1. PREMESSA

Su incarico conferito da *Sipac S.r.l.* e a seguito dei colloqui intercorsi con il *Geom. William Cotti*, è stato eseguito uno studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del Piano di Lottizzazione P.A.R. 29, in Via Battaglione Edolo, nel Comune di Pian Camuno (BS).

Lo studio viene eseguito in ottemperanza a quanto prescritto dal Testo Unico sulle Costruzioni (D.M. 14/01/08) e relativo aggiornamento (D.M. 17/01/18), secondo quanto previsto dalle Norme di Piano (D.G.R. 30/11/2011 n. IX/2616) e dalle normative regionali in materia di vigilanza sulle costruzioni in zone sismiche (D.G.R. 5001/2016, L.R. 33/2015) e dall'aggiornamento della classificazione sismica regionale (D.G.R. 2129/2014).

1.1 Metodologia di lavoro

Scopo del lavoro è stato quello di valutare la natura litologica dei terreni di fondazione presenti nell'area, verificare la fattibilità delle opere di progetto secondo i regolamenti urbanistici comunali e regionali vigenti e considerare le problematiche realizzative.

Lo studio degli aspetti geomorfologici ed idrografici del territorio d'interesse e delle caratteristiche geotecniche dei terreni, si è articolato in una prima fase di rilievi geologico-geomorfologici di campagna, eseguiti in un intorno significativo dell'area di progetto.

Quindi si è proceduto ad una seconda fase che ha riguardato l'acquisizione dei dati reperibili in letteratura consultando, tra gli altri, lo studio della "*Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio*" di Pian Camuno (Maggio 2007), e dei relativi aggiornamenti (Febbraio 2008 – Agosto 2011 – Settembre 2014 – Marzo 2020), sulla base del quale è stata considerata la fattibilità dell'opera di progetto e vari studi geologici eseguiti dal *Dott. Geol. G. Crestana* (di cui si dispone dell'archivio personale), in aree limitrofe a quella oggetto di studio e più in generale nel territorio comunale di Pian Camuno (BS).

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata predisposta un'indagine geognostica condotta mediante esecuzione di Prove Penetrometriche Statiche CPT.

Per la stima delle velocità $V_{s_{eq}}$ e della categoria di sottosuolo di sito, è stata eseguita, entro il sito di progetto, una prospezione sismica multicanale con acquisizione ed elaborazione dei dati mediante metodologia MASW e misura di microtremiti sismici ambientali mediante tecnica HVSr.

Sono stati infine prodotti alcuni allegati cartografici e tecnici a supporto della presente relazione, come di seguito elencati:

- ✓ TAV. 1 – Corografia con ubicazione dell'area d'indagine e dei pozzi con stratigrafia
- ✓ TAV. 2 – Planimetria di progetto con ubicazione dei punti di indagine
- ✓ Diagrammi Prove Penetrometriche Statiche CPT
- ✓ Stratigrafie Scavi Esplorativi
- ✓ Allegato fotografico
- ✓ Stratigrafie Pozzi

1.2 Riferimenti Normativi

- D.M. 14 Gennaio 2008 *“Approvazione delle Norme Tecniche per la Costruzioni”* (G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008) e relativo aggiornamento (D.M. 17 Gennaio 2018); che sancisce l’obbligo di effettuare la progettazione antisismica e la relazione geologica e geotecnica.
- Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal C.S.LL.PP. *“Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018”*.
- Ordinanza Presidenza Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006 n. 3519, recante *“Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”* (G.U. n. 108 del 11/5/2006).
- L.R. 11 Marzo 2005 - n.12 Piani di Governo del Territorio; D.G.R. 22 Dicembre 2005 n.8/1566 *“Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio”*.
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 *“Norme in materia ambientale”* con riferimento alla Parte Terza *“Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall’inquinamento e di gestione delle risorse idriche”* - Sezione II *“Tutela delle acque dall’inquinamento”*.
- D.G.R. 30 Novembre 2011 – n° IX/2616 *“Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n° 12”, approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n° 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n° 8/7374”*
- 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)”*.
- L.R. 12 Ottobre 2015 - n. 33 *“Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche”* BURL n. 42, suppl. del 16 Ottobre 2015).
- 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)”*.
- D.G.R. 19 Giugno 2017 – n° X/6738 *“Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l’assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po”*.
- *Raccomandazioni per la redazione della “Relazione Geologica” ai sensi delle norme tecniche sulle costruzioni* secondo quanto approvato con delibera n.1 del 14/04/2015 dal Centro Studi del Consiglio Nazionale dei Geologi e con delibera n. 111/2015 del 28/04/2015 del C.N.G..
- Associazione Geotecnica Italiana *“Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche in sito”* (1977).

A. RELAZIONE GEOLOGICA R1 e R3

2. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Nel presente capitolo viene redatto, sulla base di tutti i dati raccolti in letteratura, un inquadramento geografico-geologico, geomorfologico, idrografico ed idrogeologico generale e di dettaglio, dell'area di progetto.

2.1 Inquadramento Geografico e Geologico

L'area di intervento, identificata dai *Mappali* n°400,402, 9206 del *Foglio 1*, è ubicata in Via Battaglio Edolo, a circa 700 m in direzione W-SW dal Municipio comunale, nella porzione centrale del territorio comunale di Pian Camuno (**Fig. 1**).

Il lotto d'interesse, in particolare, è individuato nella CTR RL (*Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia*) alla scala 1:10.000 nella tavola D4B4 e possiede, nel punto mediano, le seguenti coordinate geografiche (Gauss-Boaga): 5077025,47 latitudine N – 1589035,69 longitudine E.



Fig. 1 - Individuazione dell'area oggetto d'interesse
(fonte Viewer Geografico Regione Lombardia).

L'area di progetto si colloca alla base del versante sinistro della bassa Val Camonica, in prossimità dello sbocco verso il Lago d'Iseo, in adiacenza al corso d'acqua denominato Val Roncaglia, e nello specifico, in corrispondenza dei conoidi alluvionali che fungono da raccordo tra i versanti montuosi, con la sottostante piana di fondovalle del Fiume Oglio.

La bassa Val Camonica è caratterizzata dalla presenza di un'ampia piega anticlinale, disposta con piano assiale allungato in direzione est-ovest, che porta in affioramento sul fianco sinistro della valle le rocce appartenenti al basamento cristallino sudalpino, rappresentate dalla formazione dei Micascisti del Maniva.

Il territorio comunale di Pian Camuno si trova all'incirca nella zona di cerniera della piega e le unità della copertura sedimentaria, limitate al settore sommitale e ad un piccolo tratto del piede del versante della Val Camonica, sono sovrapposte in discordanza al basamento cristallino con una disposizione sub-orizzontale o poco inclinata che accompagna la piega nel suo complesso.

La disposizione della scistosità del basamento è fortemente disturbata da pieghe a vario livello e faglie, spesso sottolineate da fasce cataclastiche o milonitiche, anche a livello strettamente locale, che non consentono di valutare nel dettaglio la struttura all'interno dell'anticlinale. I lineamenti tettonici meglio riconoscibili sono rappresentati da faglie che coinvolgono anche la copertura sedimentaria e sono in genere disposti secondo la direzione NE-SO e NO-SE, lungo le quali si sono impostati i principali assi di drenaggio del versante sinistro della Val Camonica, come i torrenti Re di Artogne, Re di Gratacasolo e le linee di impluvio comprese tra questi. Ad una linea di faglia è legata la presenza della formazione di Collio alla base del versante della valle nella zona di Beta a e Solato. Le strutture tettoniche controllano direttamente anche i fenomeni gravitativi profondi presenti sul versante della Val Camonica e sui versanti delle valli laterali.

Nell'ambito del territorio comunale il substrato roccioso è spesso coperto da coltri e lembi di depositi superficiali che raggiungono talora una potenza considerevole, soprattutto in corrispondenza del fondovalle del fiume Oglio.

I depositi di conoide alluvionale sono caratterizzati dalla tipica forma a ventaglio che i corsi d'acqua formano quando incontrano, lungo il loro percorso, una sensibile diminuzione del gradiente topografico e subiscono una diminuzione della velocità e quindi della capacità di trasporto della corrente. Si tratta di depositi sciolti, con clasti generalmente arrotondati, le cui dimensioni diminuiscono dall'apice del conoide verso la zona distale, in relazione alla progressiva diminuzione della velocità della corrente.

I depositi alluvionali attuali e recenti corrispondono rispettivamente ai depositi che formano l'alveo e la piana alluvionale dei corsi d'acqua. Si tratta pertanto di sedimenti clastici, legati essenzialmente all'azione trattiva della corrente, depositi lungo l'alveo al calare delle piene o all'esterno di esso durante le esondazioni. I clasti sono in genere ben arrotondati e la loro dimensione media dipende dalla velocità della corrente che li ha depositi. Questi sedimenti sono presenti in corrispondenza del fondovalle del Fiume Oglio e dei suoi maggiori affluenti.

Le alluvioni attuali dell'Oglio sono costituite principalmente da ciottoli e ghiaia con massi mentre le alluvioni attuali presenti lungo gli alvei degli affluenti principali sono costituite soprattutto da massi e ciottoli, date le pendenze elevate e la forte energia della corrente. Le alluvioni recenti che costituiscono la piana di fondovalle del fiume Oglio sono caratterizzate dalla presenza di un orizzonte superficiale a granulometria relativamente fine, legato ai fenomeni di esondazione, e costituito principalmente da livelli di sabbia e sabbia limosa, per uno spessore dell'ordine di 1,5-2,5 m, ai quali si possono intercalare localmente, soprattutto nel settore posto al margine dei conoide alluvionale della Val Roncaglia, delle lenti più fini, da decantazione, costituite da sabbie, sabbie limose e limi.

Al di sotto dell'orizzonte superficiale le alluvioni recenti della piana dell'Oglio sono costituite principalmente da livelli relativamente grossolani, che rappresentano il materiale di riempimento dei canali, ai quali si possono intercalare localmente dei livelli di sedimenti fini da esondazione o decantazione.

Nel territorio comunale, inoltre, possono essere presenti accumuli di materiale inerte, riportato artificialmente, che per le loro dimensioni assumono una relativa importanza morfologica.

A seguito dell'esecuzione delle indagini in sito, è stata constatata la presenza, in tutto il lotto d'interesse progettuale, oltre un primo orizzonte superficiale vegetale/rimaneggiato, di depositi di conoide alluvionale, contrariamente a quanto esposto all'interno dello studio geologico comunale (Fig. 2), in cui vengono segnalati per l'intero ingombro di studio, depositi alluvionali recenti.

Tali depositi, costituiti da sabbie e ghiaie sciolte, in matrice limoso-argillosa, sono riconducibili alla porzione terminale del conoide alluvionale che caratterizza la Valle Roncaglia, cartografato nelle immediate vicinanze dell'area di studio (Fig. 2).

A tal proposito si specifica che tali depositi possono essere ricoperti da materiali di rimaneggiamento legati alle passate attività edilizie, avvenute nelle aree adiacenti, o a passati interventi di regolarizzazione della topografia.

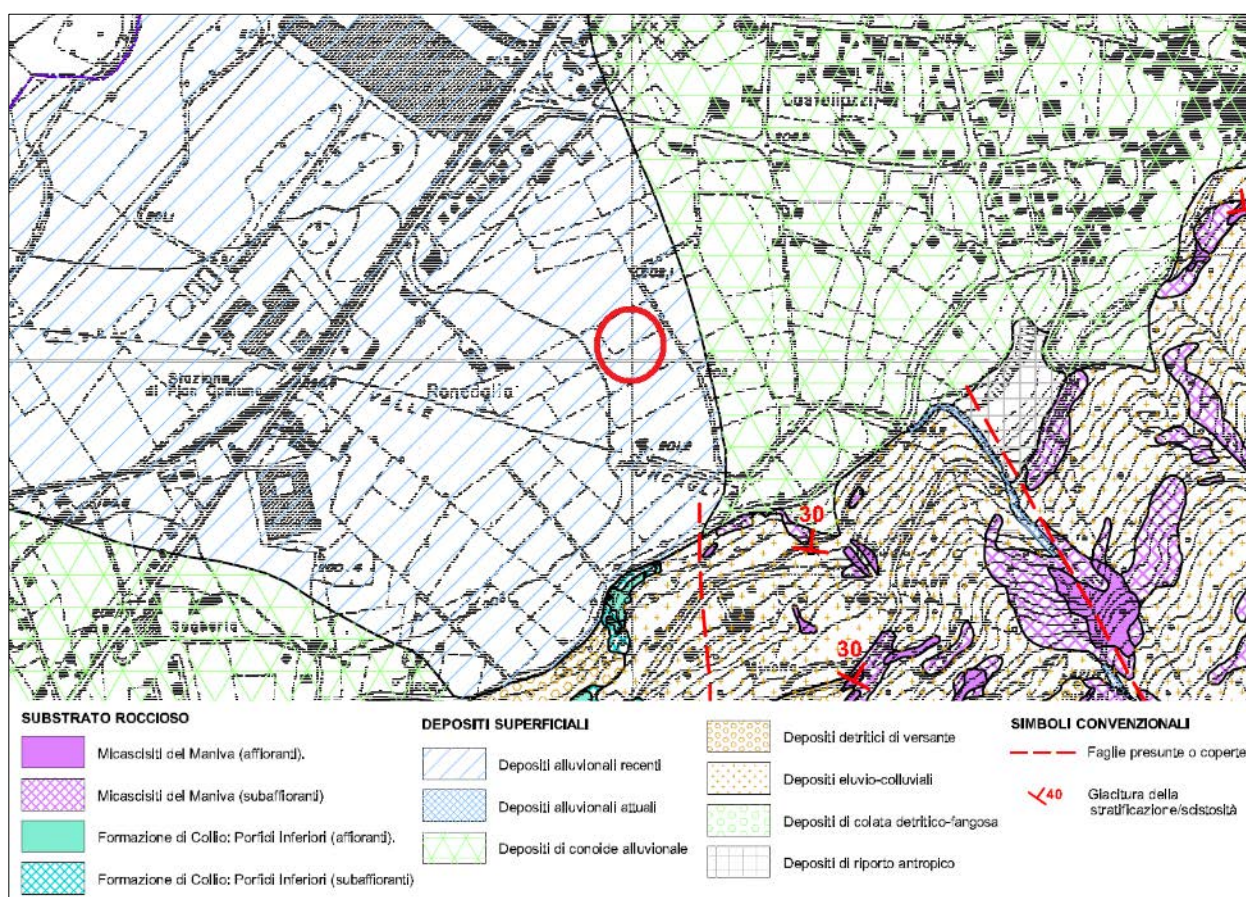


Fig. 2 - Stralcio della "Carta Geologica" (Tav. 1 - Agosto 2007), allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale, con ubicazione dell'area d'interesse.

2.2 Assetto Geomorfológico

La configurazione attuale del territorio di Pian Camuno è il risultato delle varie fasi morfogenetiche che si sono succedute sul territorio a carico delle successioni rocciose e dei depositi continentali. L'assetto geologico e geostrutturale dei corpi affioranti costituisce l'elemento di base su cui si sviluppano i successivi processi di rimodellamento. L'elemento

che contraddistingue e condiziona l'assetto morfologico degli ambiti presenti è rappresentato fundamentalmente dalla combinazione fra i tipi litologici e i rapporti strutturali e stratigrafici esistenti fra loro.

Il territorio comunale di Pian Camuno comprende sostanzialmente due settori morfologicamente distinti ovvero il settore della piana di fondovalle del Fiume Oglio e dei conoidi alluvionali dei corsi d'acqua laterali ed il settore del versante sinistro della Val Camonica, comprensivo di una piccola parte dei versanti dei torrenti Re di Artogne e Re di Gratacasolo e quasi tutto il bacino della Val Negra, affluente del Re di Gratacasolo.

L'assetto morfologico di questo territorio è definito e condizionato da tre fattori principali: le caratteristiche litologiche e strutturali del substrato roccioso, l'azione modellatrice esercitata in passato dai ghiacci e, successivamente al loro ritiro, la sovrapposizione alle forme glaciali dell'azione modellatrice della gravità e delle acque superficiali.

Per quanto concerne l'area oggetto di studio, essa si colloca in corrispondenza del conoide alluvionale che caratterizza la Valle del torrente Roncaglia, caratterizzato da una morfologia nel complesso sub-pianeggiante, debolmente degradante in direzione Sud-Ovest, ad una quota media di circa 202 m s.l.m..

Secondo la "Carta PAI-PGRA" (Tav. 8 – Novembre 2020) infatti, allegata allo Studio Geologico comunale vigente, l'area progettuale ricade all'interno di un'area definita dalla Normativa PAI come "Aree di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetto" (Cn).

Si specifica che alla data d'esecuzione delle indagini geognostiche, l'area di progetto risulta stabile e non presenta fenomeni di instabilità in atto e/o potenziali.

Sulla base dello scenario di pericolosità individuato, si specifica che all'interno del Capitolo 5 del presente elaborato (Fattibilità Geologica e Vincoli), sono state fornite le prescrizioni generali per la realizzazione degli interventi progettuali, estrapolate dalle "Norme Geologiche di Piano" allegate allo Studio Geologico comunale vigente.

2.3 Caratteri Idrogeologici locali

L'assetto idrogeologico del territorio di Pian Camuno è legato alla circolazione idrica sotterranea che si instaura in funzione della permeabilità delle unità litologiche sopra descritte e ai loro rapporti stratigrafici.

Nell'area in esame, il modello idrogeologico di riferimento è caratterizzato da acquiferi superficiali sospesi, discontinui e poco produttivi che circolano all'interno dei depositi superficiali alluvionali di conoide.

Si segnala che, durante l'avanzamento delle prove non sono state riscontrate aste umide, tuttavia, successivamente all'esecuzione delle prove penetrometriche, all'interno dei fori di prova, sono stati comunque inseriti tubi piezometrici in PVC del diametro di 1/2", per la misura di un eventuale livello di falda. Dalle misure effettuate, è stata rilevata la presenza di un acquifero a partire da circa -1,30/-2,60 m dal p.c..

Tale falda sospesa superficiale, si colloca ad una quota ben superiore rispetto al sistema acquifero di fondovalle, ed è sostenuta dai livelli fini depositatisi per esondazione nella piana e nella zona distale dei conoidi. Queste falde sono alimentate dall'infiltrazione delle acque provenienti dalla zona del piede dei versanti e dai conoidi e, molto probabilmente, vista la presenza di numerose sorgenti alla base dei versanti, anche dalle acque sotterranee provenienti dal settore montuoso.

Si segnala inoltre che fenomeni di umidità/livelli acquiferi, potranno comparire a profondità inferiori di quelle rilevate, soprattutto in condizione di elevata alimentazione delle falde, a causa del susseguirsi di periodi caratterizzati da piovosità intensa e prolungata.

Le falde medie-profonde confinate o semiconfinate, sono contenute invece negli acquiferi ghiaioso-sabbiosi o ghiaioso-conglomeratici, compresi tra intervalli prevalentemente limoso-argillosi. Tali falde sono presenti nella porzione di territorio d'interesse a partire da circa 15-20 m dal p.c., in corrispondenza delle potenti sequenze alluvionali ghiaioso-sabbiose. L'alimentazione di tali falde medie-profonde deriva essenzialmente dall'infiltrazione diretta delle acque meteoriche e da dispersioni da subalveo da parte della rete idrica superficiale, nonché dagli apporti ipogei connessi alla circolazione idrica di tipo carsico sviluppata nel substrato roccioso del settore montano e pedemontano.

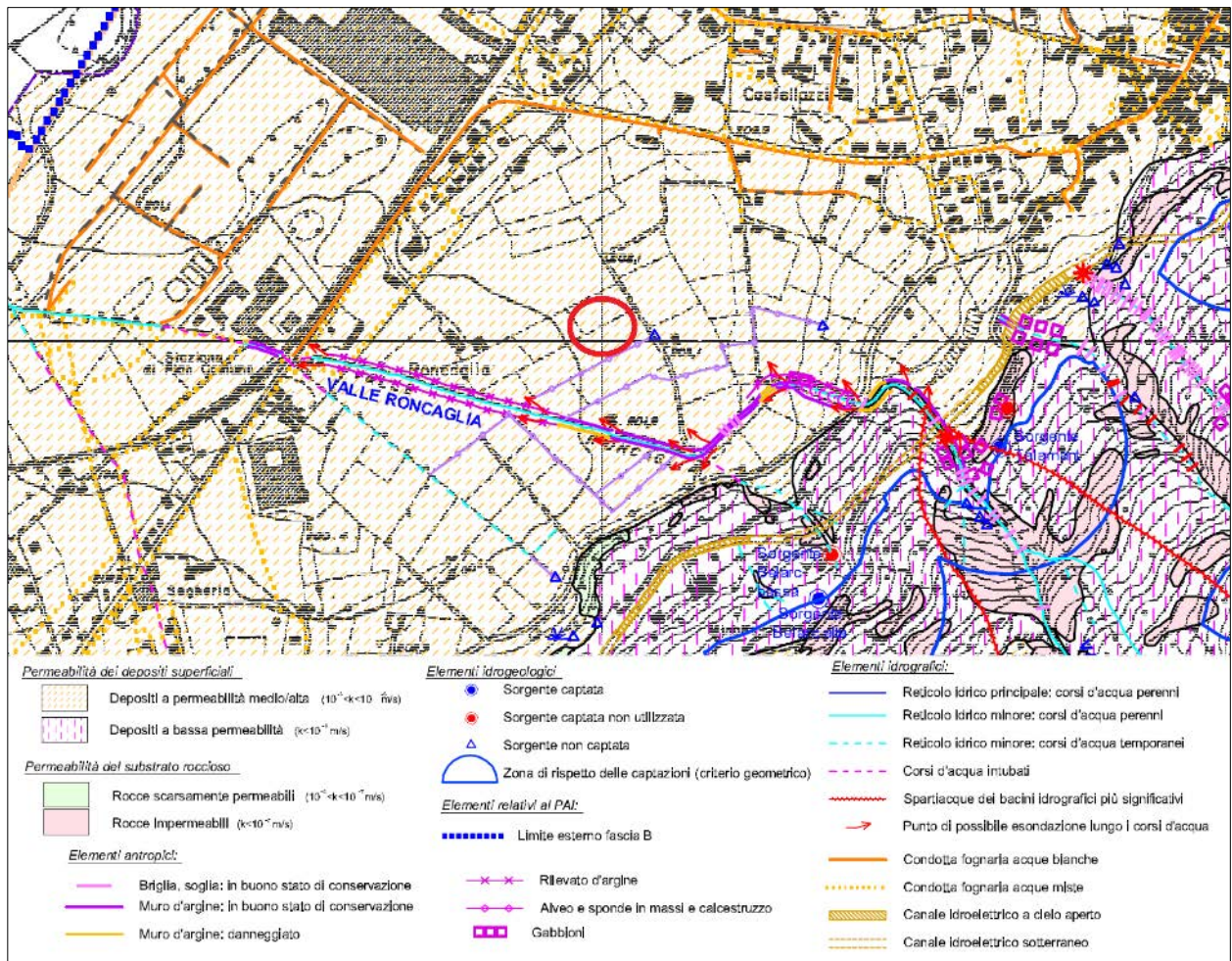


Fig. 3 - Stralcio della “Carta Idrogeologica e del sistema idrografico” (Tav. 3 – Agosto 2007), allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale, con ubicazione dell’area d’interesse.

2.4 Permeabilità dei terreni

La circolazione idrica sotterranea dell'area di progetto è in funzione della permeabilità delle unità idrogeologiche presenti. In merito, il lotto d'interesse è costituito, oltre un primo orizzonte superficiale vegetale/rimaneggiato, da depositi costituiti da sabbie e ghiaie sciolte, in matrice limoso-argillosa, permeabili per porosità, caratterizzati da una permeabilità complessivamente medio-bassa.

Per la stima dei valori di permeabilità k sono state eseguite all'interno del lotto di progetto specifiche prove di permeabilità all'interno degli scavi esplorativi; tali dati sono stati confrontati con i dati reperiti da letteratura, riguardanti le caratteristiche di permeabilità dei terreni, sia da stratigrafie di alcuni pozzi terebrati in aree limitrofe a quella di studio.

Sulla base dei dati raccolti dalle prove in situ, ai depositi superficiali presenti all'interno dell'area d'interesse, sono attribuiti valori di permeabilità medio-bassi (da $2,55 \times 10^{-5}$ m/s a $3,31 \times 10^{-6}$ m/s) con deboli capacità di drenaggio.

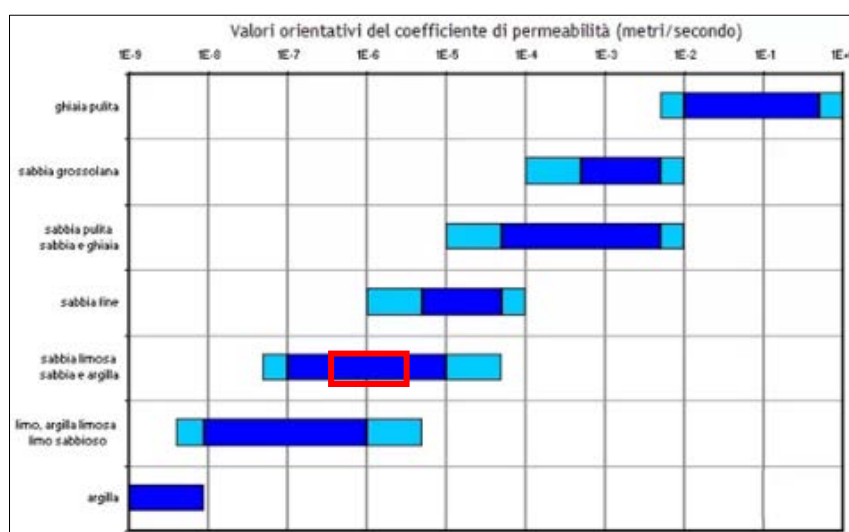


Fig. 4 - Valori indicativi del coefficiente di permeabilità.

2.5 Rete Idrografica locale

L'**idrografia superficiale** del territorio comunale, è caratterizzata dalla presenza di corsi d'acqua appartenenti al reticolo principale come il Fiume Oglio, il torrente Re di Artogne (o Valle di Artogne) ed il torrente Re di Gratacasolo. Tutti gli altri corsi d'acqua naturali presenti nel territorio comunale fanno parte del reticolo idrico minore.

Il Fiume Oglio, i torrenti Re di Artogne, Val Roncaglia e Re di Gratacasolo sono caratterizzati da un regime naturale perenne con portate relativamente variabili nel corso dell'anno, ma risentono delle interferenze antropiche che determinano situazioni particolari in quanto sono tutti soggetto di derivazioni di acqua principalmente per finalità idroelettriche.

L'area di progetto non interferisce con alcuna asta idrica del bacino idrografico, non ricadendo quindi entro le rispettive fasce di tutela previste, come confermato all'interno dello studio di "Individuazione del Reticolo Idrico Minore e Fasce di Tutela" comunale vigente (Fig. 5), dalla "Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano" e nella "Carta dei Vincoli" allegate alle "Norme Geologiche di Piano" comunali.

Il deflusso idrico superficiale entro l'area di indagine ed in quelle limitrofe avviene essenzialmente per spaglio superficiale e tramite i corsi d'acqua a cielo aperto, presenti in tale porzione del territorio comunale.

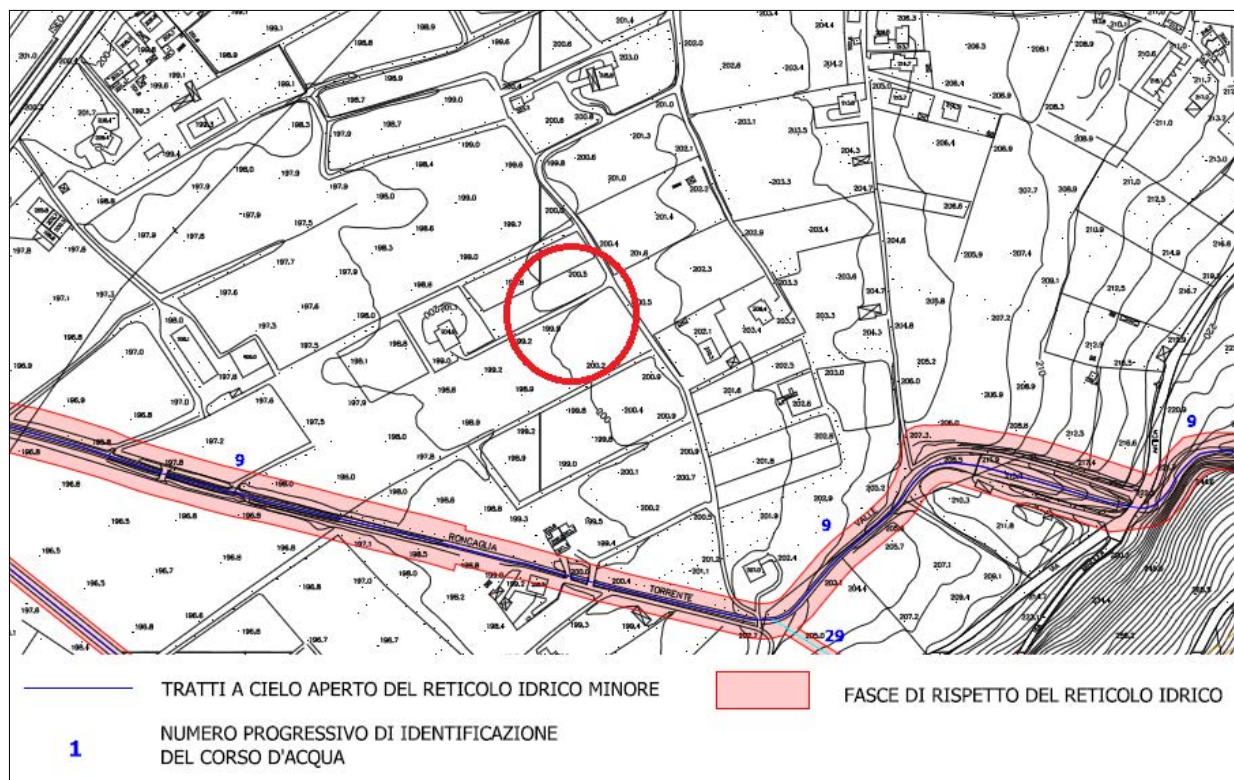


Fig. 5 - Stralcio della carta "Settore di territorio urbanizzato: Foglio A "Pian Camuno" (Tav. 2), allegata allo studio di "Individuazione del Reticolo Idrico Minore e delle Fasce di Rispetto", con ubicazione dell'area d'interesse.

2.6 Piano di Gestione Rischio Alluvioni

Il **Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)** è lo strumento operativo previsto dalla legge italiana, in particolare dal D.Lgs. n. 49 del 2010, che dà attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali. Esso deve essere predisposto a livello di distretto idrografico.

Per **alluvione** si intende qualsiasi evento che provoca un allagamento temporaneo di un territorio non abitualmente coperto dall'acqua, purché direttamente imputabile a cause di tipo meteorologico. Per il Distretto Padano, cioè il territorio interessato dalle alluvioni di tutti i corsi d'acqua che confluiscono nel Po, dalla sorgente fino allo sbocco in mare, è stato predisposto il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Po (PGRA-Po).

Il PGRA, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 e approvato con delibera n. 2 del 3 marzo 2016 è definitivamente approvato con D.P.C.M. del 27 ottobre 2016, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 30, serie Generale, del 6 febbraio 2017.

Secondo la D.G.R. n°6738 (Giungo 2017, e Revisione 2020) vigente in materia, l'area di progetto ricade, all'interno dell'area esondabile con scenario raro L (P1) dell'ambito di

Pericolosità RSCM, coincidente alla zonazione del vincolo PAI “Cn”: “Trasporto in massa di conoide – Area protetta” (Fig. 6).

Tale aspetto è confermato sia all’interno della “Carta dei Vincoli” (Tav. 3; vedi **Fig. 26**), allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale vigente e di conseguenza, le relative prescrizioni sono state integrate alle normative di carattere geologico (*Classe di Fattibilità 2u e 3z*) e alla “Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano” (Tav. 7C; vedi **Fig. 25**).

Secondo quanto esposto all’interno delle Norme Geologiche di Piano del P.G.T. comunale vigente “Le condizioni di pericolosità riscontrate per queste aree in occasione degli eventi considerati nell’analisi morfologica non sono tali da escludere a priori la possibilità di interventi di nuova edificazione, ma rendono necessario il ricorso ad accorgimenti finalizzati a mitigare le condizioni di rischio”.

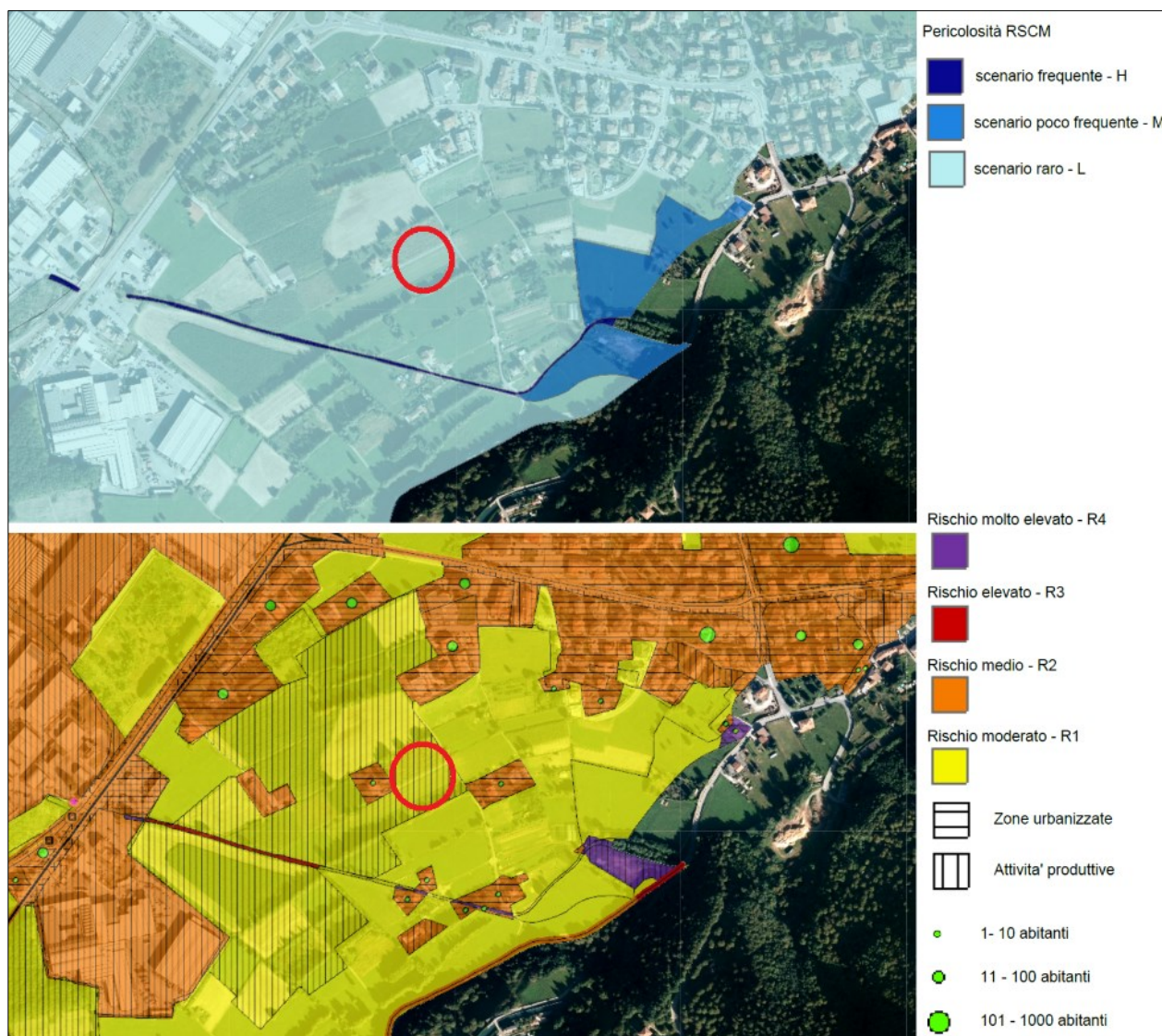


Fig. 6 - Stralcio della Mappa degli Scenari di Pericolosità da alluvione e Mappa del Rischio Alluvioni stralciate dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Po (Dicembre 2020).

Fonte Viewer Geografico del Geoportale della Regione Lombardia.

Sulla base dello scenario di pericolosità individuato, si specifica che all'interno del Capitolo 5 del presente elaborato (Fattibilità Geologica e Vincoli), sono state fornite le prescrizioni generali per la realizzazione degli interventi progettuali, estrapolate dalle "Norme Geologiche di Piano" allegate allo Studio Geologico comunale vigente.

Infine, oltre alle suddette prescrizioni, si specifica che è stato redatto dal sottoscritto uno Studio di Invarianza Idraulica e Idrologica secondo la normativa regionale vigente in materia, con lo scopo di immagazzinare e smaltire correttamente le acque meteoriche ricadenti all'interno del lotto d'interesse, relativamente alla realizzazione delle nuove superfici di trasformazione progettuali.

La realizzazione delle opere idrauliche prescritte nel suddetto studio, contribuiranno alla mitigazione di eventuali fenomeni di esondazione e di dissesto idrogeologico, nonché alla tutela dello scenario di rischio e pericolosità idrogeologica segnalata per l'area d'interesse, non aggravando il bilancio idrologico/idrogeologico di quest'ultima.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

A supporto della presente relazione tecnica, in data 30 Maggio 2022 la ditta *Crestana S.r.l.s.* ha eseguito un'indagine geognostica, realizzata e progettata al fine di raggiungere i seguenti obiettivi:

- ✓ Caratterizzazione idrogeologica e definizione permeabilità dei terreni superficiali;
- ✓ Caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione e verifica della presenza di un'eventuale falda acquifera superficiale;
- ✓ Modello sismostratigrafico e caratterizzazione sismica del sito.

L'indagine ha previsto la realizzazione di **n°5 Prove Penetrometriche Statiche CPT** e **n°2 Scavi Esplorativi** per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione.

È stato eseguito inoltre **n° 1 stendimento di sismica** multicanale con acquisizione delle onde di superficie, ed elaborazione dei dati secondo la procedura tipo **MASW** e **n° 1 indagine sismica passiva con metodo HVSR**, per la caratterizzazione sismostratigrafica del sottosuolo.

Le indagini sono state eseguite secondo le prescrizioni e gli oneri contenuti nelle *Raccomandazioni A.G.I. (1977)* ed alla presenza costante del sottoscritto, geologo abilitato.

Nell'ubicazione dei punti d'indagine si è tenuto conto della logistica dei luoghi e delle opere di progetto. I dati derivanti dalle prove in situ riassunti nei diagrammi in allegato sono riferiti al piano campagna presente alla data delle indagini (p.c.).

3.1 Scavi esplorativi

Metodologia di esecuzione

In accordo con i *Tecnici della committenza*, per la presente campagna d'indagine sono stati eseguiti **n° 2 scavi esplorativi**, per la caratterizzazione stratigrafica dei terreni di fondazione e per l'esecuzione di prove di permeabilità dei terreni.

Gli scavi sono stati ubicati in modo da essere complementari alle informazioni geotecniche desumibili dalle prove penetrometriche; essi hanno raggiunto una profondità massima di -2,0 m dal p.c., necessaria a raggiungere gli obiettivi preposti e ad indagare gli orizzonti stratigrafici superficiali interessati dalle future operazioni di scavo e posa fondazioni, nonché per la determinazione delle caratteristiche di permeabilità dei terreni.

La stratigrafia riscontrata risulta pienamente corrispondente alle caratteristiche dei terreni superficiali individuati con le prove penetrometriche.

La descrizione dei terreni è stata eseguita utilizzando il "*criterio granulometrico*" fissato per la descrizione delle terre dalle (AGI 1977), secondo cui il terreno viene denominato gerarchicamente con il nome della frazione percentuale maggiore. Successivamente, la frazione gerarchicamente inferiore viene preceduta dal termine "*con*" se la percentuale è compresa tra il 25% e il 50% oppure seguita dal suffisso "*... oso*" se la percentuale è compresa tra il 10% e il 25%, oppure dal suffisso "*debolmente ...oso*" se la percentuale è compresa tra il 5% e il 10%. Le frazioni inferiori al 5% sono indicate con "*... in tracce*".

3.2 Prove di permeabilità in sito

Per la definizione delle caratteristiche di permeabilità dei terreni presenti in sito, sono state eseguite, entro gli scavi esplorativi T1 e T2, specifiche **prove di permeabilità a carico variabile**.

Metodologia ed esecuzione della prova

Le prove di permeabilità sono state eseguite inserendo all'interno dello scavo esplorativo un tubo cieco del diametro di 196 mm e con lunghezza pari a 2,0 m.

Le prove di permeabilità possono essere di due tipologie:

- prove a carico costante, effettuate cioè riempiendo d'acqua il tubo e misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello;
- prove a carico variabile, effettuate misurando la velocità di abbassamento in funzione del tempo.



Fig. 7 - Esecuzione di prova di permeabilità in sito.

Le prove, in questo caso di tipo a carico variabile, sono state eseguite nel terreno preventivamente saturato, mediante riempimento del fondo foro, circoscritto dal tubo circolare del diametro di 196 mm, con acqua per quasi l'intera altezza del tubo, con misura della velocità di abbassamento del livello idrico in funzione del tempo.

La stima del *coefficiente di permeabilità* (k), è stata ricavata utilizzando la seguente formula (A.G.I. – 1977):

$$k = \frac{A}{C_L(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

in cui:

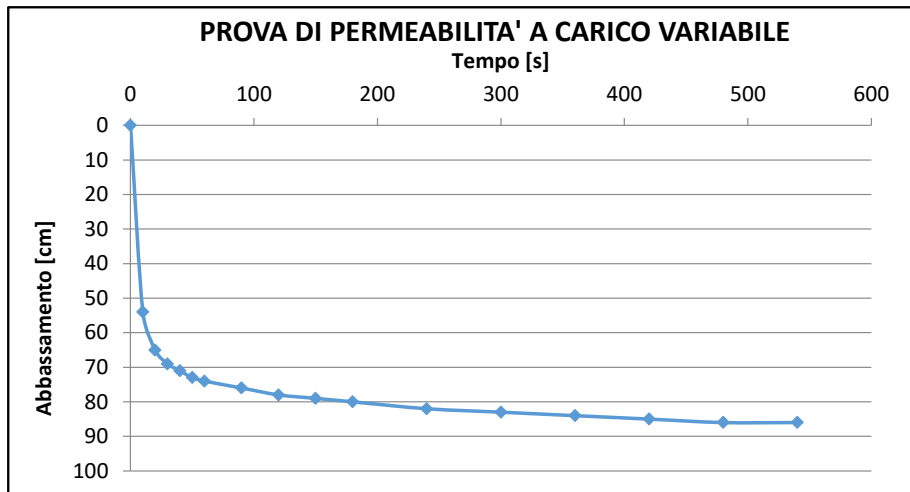
A = area di base della tubazione;

$h_2 - h_1$ = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti t_1 e t_2 ;

$t_2 - t_1$ = tempi ai quali si misurano h_1 e h_2 ;

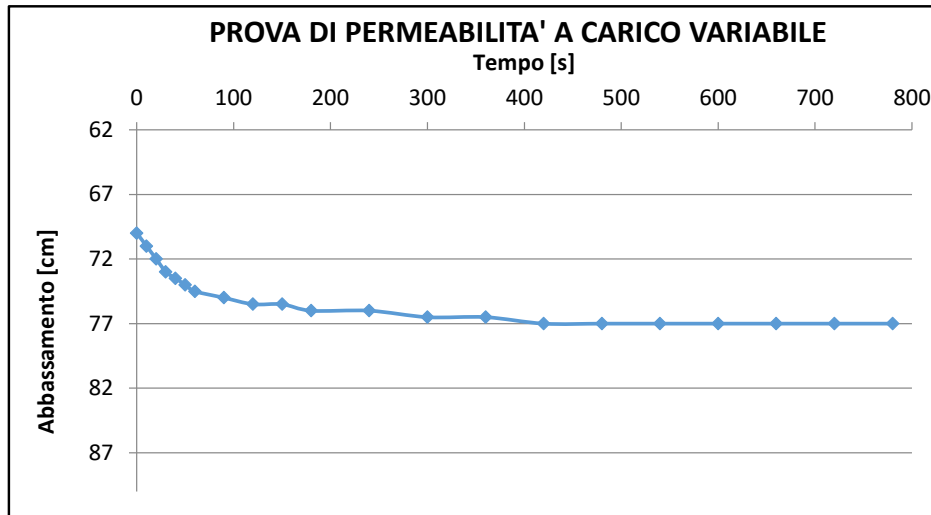
C_L = coefficiente di forma dipendente dall'area del foro della tubazione e dalla lunghezza del tratto di foro scoperto.

T1



tempo [s]	abbassamento [cm]	livello [cm]
0	0	200
10	54	146
20	65	135
30	69	131
40	71	129
50	73	127
60	74	126
90	76	124
120	78	122
150	79	121
180	80	120
240	82	118
300	83	117
360	84	116
420	85	115
480	86	114
540	86	114

T2



tempo [s]	abbassamento [cm]	livello [cm]
0	70	70
10	71	69
20	72	68
30	73	67
40	74	67
50	74	66
60	75	66
90	75	65
120	76	65
150	76	65
180	76	64
240	76	64
300	77	64
360	77	64
420	77	63
480	77	63
540	77	63
600	77	63
660	77	63
720	77	63
780	77	63

Fig. 8 - Schemi di calcolo del coefficiente di permeabilità (T1 in alto, T2 in basso).

Interpretazione dei risultati

In relazione alla formula riportata e ai risultati presentati in **Fig. 8**, si ottiene il seguente coefficiente di permeabilità (k) di sito:

SCAVO	PROFONDITÀ DEL TRATTO DI PROVA (m da p.c.)	LITOLOGIA	PERMEABILITÀ K
T1	Da -2,0	Ghiaia e sabbia limoso-argillosa	$2,55 \times 10^{-5}$ m/s
T2	Da -1,4	Sabbia limoso-argillosa con livelli torbosi	$3,31 \times 10^{-6}$ m/s

Sulla base dei dati raccolti dalle prove in situ, ai depositi superficiali presenti all'interno dell'area d'interesse, sono attribuiti valori di permeabilità medio-bassi con deboli capacità di drenaggio.

3.3 Prove penetrometriche statiche (CPT)

Metodologia ed attrezzatura di prova

La **prova penetrometrica statica CPT** (*Cone Penetration Test*) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica, di dimensioni e caratteristiche standard, infissa a velocità costante nel terreno, tramite un dispositivo di spinta che agisce alternativamente su una batteria di aste esterna e su una interna.

La punta meccanica, di tipo Begemann, possiede un angolo di apertura pari a 60° , un diametro di 35,7 mm e una superficie di 10 cm^2 e viene infissa nel terreno mediante un sistema idraulico di spinta da 20 ton ed una batteria di aste, ad una velocità costante di $2 \text{ cm/s} \pm 0,5 \text{ cm/s}$. Al di sopra della punta, si ha un manicotto scorrevole, con un diametro pari a 35,7 mm, una lunghezza di 133 mm ed una superficie di 150 cm^2 , sul quale viene misurata la resistenza di attrito laterale (f_s). Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico.

I valori acquisiti, ad intervalli regolari di 0,20 m, sono visualizzati su un display digitale e risultano essere alternativamente **LP** (lettura alla punta) e **LL** (lettura laterale). I valori di seguito calcolati **qc**, resistenza alla punta conica (Kg/cm^2), e **fs**, resistenza all'attrito laterale (manicotto) (Kg/cm^2), sono legati da correlazioni empiriche ad alcuni **parametri geotecnici caratteristici** del terreno e permettono dunque di valutare la successione stratigrafica del sottosuolo indagato, identificando la **natura degli strati attraversati**.

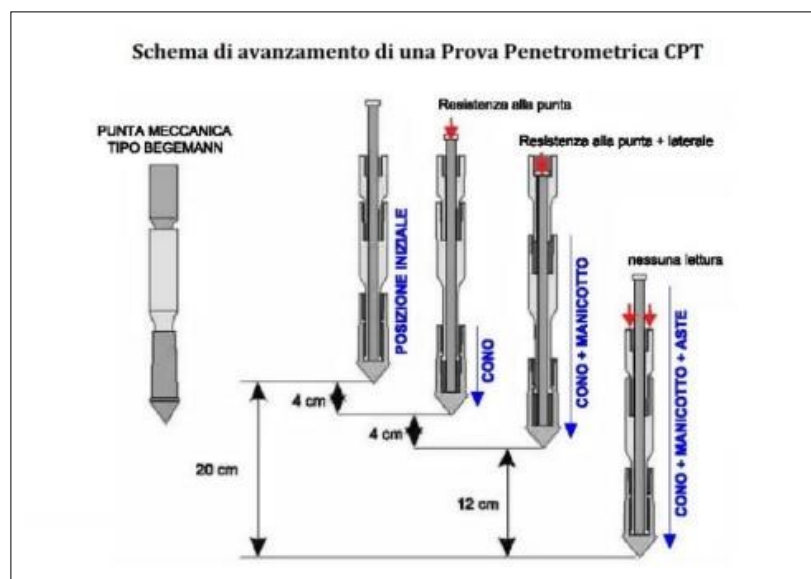


Fig. 9 - Modalità di prova CPT e avanzamento punta Begemann.

Interpretazione dei dati

Le prove penetrometriche sono state spinte ad una profondità massima di -16,0 m rispetto al p.c.; esse risultano sufficientemente rappresentative dei terreni indagati e correlabili con altre prove eseguite dal sottoscritto in aree limitrofe ed in contesti omologhi a quello di studio.

Le evidenze lito-stratigrafiche delle verticali d'indagine e il grado di addensamento dei terreni attraversati sono di seguito riassunti:

MODELLO GEOLOGICO LOCALE

	Unità geologica	Caratteristiche litologiche	q _c (kg/cm ²)	Denominazione AGI
STRATO 1	Unità S	Terreno vegetale/rimaneggiato prevalentemente limoso-sabbioso-torboso	21-29	Scarsamente addensato
da 0,0 a -0,6/-0,8 m				
STRATO 2	Unità A	Depositi di conoide alluvionale costituiti da ghiaie e sabbie in matrice limoso-argillosa	10-15	Scarsamente addensato
da -0,6/-0,8 m a -7,4/-9,8 m				
STRATO 3	Unità A	Depositi di conoide alluvionale costituiti da ghiaie e sabbie con ciottoli in matrice limoso-argillosa	29-32	Moderatamente addensato
Oltre -7,4/-9,8 M dal p.c.				

Si segnala che, durante l'avanzamento delle prove non sono state riscontrate aste umide, tuttavia, successivamente all'esecuzione delle prove penetrometriche, all'interno dei fori di prova, sono stati comunque inseriti tubi piezometrici in PVC del diametro di ½", per la misura di un eventuale livello di falda. Dalle misure effettuate, è stata rilevata la presenza di un acquifero superficiale a partire da circa -1,3/-2,6 m dal p.c..

Quanto riscontrato risulta compatibile con l'assetto idrogeologico dell'area, caratterizzato dalla presenza di acquiferi superficiali circolanti in lenti a maggiore permeabilità, sostenuti alla base da strati più francamente limoso-argillosi semi-impermeabili. Si segnala inoltre che fenomeni di umidità/livelli acquiferi, potranno comparire a profondità inferiori di quelle rilevate, soprattutto in condizione di elevata alimentazione delle falde, a causa del susseguirsi di periodi caratterizzati da piovosità intensa e prolungata.

3.4 Prospezioni sismiche e modello sismostratigrafico

Per la verifica del comportamento sismico dei terreni di fondazione sono state eseguite specifiche indagini per determinare la velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo. Le indagini in sito sono consistite nell'esecuzione di **n° 1 stendimento di sismica multicanale con acquisizione delle onde di superficie** con elaborazione dei dati secondo la **procedura MASW** ed analisi congiunta con i dati ottenuti mediante l'esecuzione di **n° 1 indagine sismica passiva con metodo HVSR**. Mediante tali metodologie è stato possibile ricostruire l'**andamento medio delle onde di taglio S** in profondità ed eseguire la valutazione del parametro **V_{s,eq}** di sito, al fine di classificare il terreno di fondazione secondo il **D.M. 17/01/2018**, misurando eventualmente il periodo proprio di vibrazione di sito.

ANALISI HVSR

Cenni sulla metodologia HVSR

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è basata sulla misura dei rapporti medi fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticale del rumore sismico ambientale. La prova a stazione singola, nota anche come prova Nakamura (1989), consiste nella valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti

orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti.

Il risultato di questa prova è una curva sperimentale, che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi, sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura. L'ampiezza di questi massimi è proporzionale (anche se non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente alla base della copertura. In particolare, in presenza di forti variazioni nel profilo di velocità delle onde *S* nel sottosuolo (legate per esempio alla transizione fra sedimenti soffici e basamento rigido), la funzione H/V mostra dei massimi marcati in corrispondenza della frequenza di risonanza *f_r* relativa a quella configurazione stratigrafica. Pertanto, questa prova ha lo scopo principale di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni.

Acquisizione dei dati

Nell'area d'indagine è stata eseguita, mediante tromometro a stazione singola, una misura di rumore sismico ambientale per un tempo di registrazione massimo di 15 minuti.

La strumentazione utilizzata si compone nello specifico di:

- un sistema di ricezione costituito da un tromometro CGE a 3 componenti geofoniche con frequenza propria di 2 Hz per acquisizioni del microtremore lungo la direzione verticale e le due direzioni orizzontali ortogonali.
- un sistema di acquisizione e memorizzazione costituito da un sismografo modulare in grado di registrare in modo digitale le forme d'onda generate (*Geode Geometrics Mod. 3-1000*); il sismografo A/D è in grado di campionare segnali tra 0.025 ms e 16 ms (campionamento eseguito a 4 ms). Il sistema di acquisizione è completato da un computer per l'analisi e la memorizzazione del segnale e appositi cavi di collegamento.

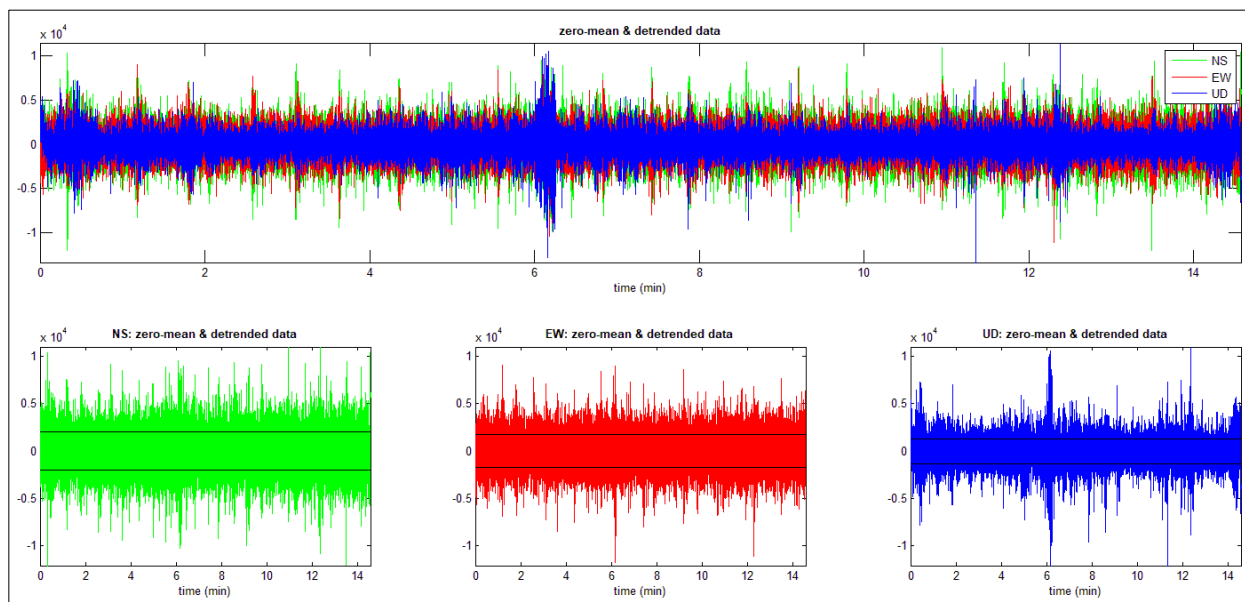


Fig. 10 - Visualizzazione dei dati originali prima della rimozione di eventi transienti.

Analisi ed elaborazione dei segnali acquisiti

I risultati delle analisi presentati in questo lavoro sono stati ottenuti con il software *winMASW* versione *Acd 7.2*, che permette di determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore, misurate sul piano orizzontale e verticale. A questo scopo, l'acquisizione del rumore ambientale è stata suddivisa in una serie di finestre temporali di uguale durata (finestre di 20 ms), per ciascuna delle quali è stato determinato lo spettro del moto. La determinazione della curva HVSR ha previsto in sintesi i seguenti steps:

- 1) Eliminazione manuale da parte dell'utente delle parti di segnale costituite dal disturbo arrecato da eventi non conformi al rumore ambientale (transienti). Questa operazione produce una diminuzione della lunghezza del segnale analizzato.
- 2) Definizione della lunghezza degli intervalli entro cui calcolare le curve HVSR (20 ms).
- 3) Calcolo delle trasformate di Fourier delle tre componenti x, y, z del moto.
- 4) Operazione di smoothing degli spettri di Fourier.
- 5) Somma delle due componenti orizzontali x e y.
- 6) Calcolo delle curve HVSR come rapporto spettrale tra la componente orizzontale H e la componente verticale V negli N intervalli temporali stazionari.
- 7) Calcolo della curva HVSR media tra le N curve HVSR.

I risultati ottenuti sono stati iterativamente verificati andando a valutare la direttività e la stabilità nel tempo della curva HVSR, durante le fasi di elaborazione della curva stessa.

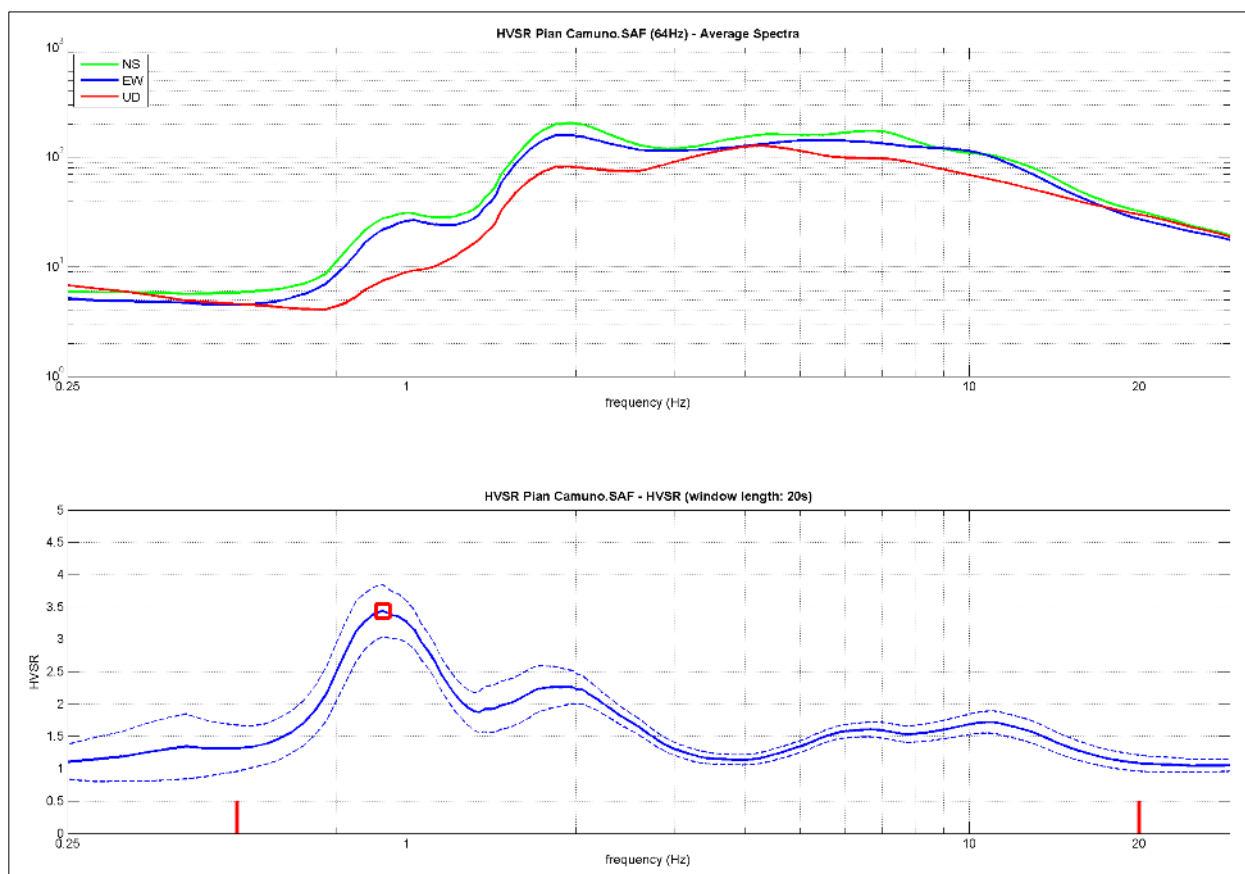


Fig. 11 - HVSR e spettro medio di ampiezza del sito indagato.

La curva HVSR riportata, indica un picco principale a circa 0,9 Hz; la sua validità viene verificata, mediante software *winMASW*, secondo i criteri di ammissibilità del progetto SESAME (che definiscono la robustezza statistica della curva HVSR e degli eventuali picchi presenti).

Criteria for a reliable H/V curve (Criteri per una curva affidabile)

- #1. $[f_0 > 10/L_w]$: $0.907 > 0.5$ (OK)
- #2. $[n_c > 200]$: $1524 > 200$ (OK)
- #3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

Criteria for a clear H/V peak (Criteri per un picco H/V chiaro)

- #1. $[\text{exists } f^- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2]$: yes, at frequency 0.5Hz (OK)
- #2. $[\text{exists } f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2]$: yes, at frequency 2.6Hz (OK)
- #3. $[A_0 > 2]$: $3.4 > 2$ (OK)
- #4. $[f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$: (OK)
- #5. $[\sigma_A < \epsilon(f_0)]$: $0.654 > 0.136$ (NO)
- #6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: $0.402 < 2$ (OK)

Descrizione dei risultati

Il picco a 0,9 Hz con ampiezza pari a 3,4 rispetta tutti i criteri SESAME per una curva affidabile; è inoltre rispettata la condizione che prevede la verifica di un minimo di 5 criteri su 6 per un picco chiaro. Il criterio #5 è spesso tra i più restrittivi; al di là della sua rigorosa formulazione, si è valutato il dato con buon senso e si è scelto di non andare a modificare i parametri di elaborazione affinché esso fosse verificato.

Dall'analisi della curva HVSR, eseguita tra 0,5 Hz e 20 Hz (frequenze di interesse ingegneristico) è quindi risultata una possibile frequenza principale di risonanza attorno a 0,9 Hz.

Considerato l'andamento delle tre componenti che costituiscono il segnale sismico registrato, il picco di risonanza del sito indagato è ritenuto di chiara origine stratigrafica, e legato ad un contrasto di impedenza sismica presente a circa 50-55 m di profondità dal p.c., presumibilmente tra i depositi della sequenza detritica/alluvionale ed i sottostanti depositi maggiormente addensati afferenti alla medesima unità deposizionale.

Il picco individuato dall'analisi H/V e il suo relativo tratto di curva sono stati quindi utilizzati, tramite modellazione diretta, nell'analisi congiunta MASW+HVSR, per trarre informazioni sismo-stratigrafiche utili da integrare all'elaborazione sismica MASW.

INDAGINE SISMICA MASW

Cenni sulla metodologia MASW

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

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

Il principio della tecnica MASW prevede che, poiché la dispersione delle onde di superficie dipende dalle caratteristiche del sottosuolo e dalle sue variazioni verticali, dalla determinazione delle curve di dispersione del segnale è possibile ricavare le caratteristiche fondamentali del mezzo quali ad esempio la velocità delle onde di taglio V_s e lo spessore degli strati. La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) infatti è correlabile alla V_s , essendo pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio. L'analisi del fenomeno della dispersione, che avviene attraverso la *curva di dispersione*, permette quindi di determinare le caratteristiche del sottosuolo. La curva di dispersione del *dataset* è ottenuta mediante il passaggio dal dominio *spazio-tempo* (sismogramma) al dominio *velocità di fase/frequenza* (spettro di velocità) effettuato mediante specifica operazione con software dedicato. Tenuto conto di quanto richiesto per l'applicazione della normativa relativa alla progettazione geotecnica, si ritiene che la metodologia di analisi MASW con *analisi congiunta delle onde di Rayleigh e di Love*, risulti idonea alla definizione dei dati richiesti.

Acquisizione dei dati

L'ubicazione e la lunghezza dello stendimento sono state scelte in funzione della logistica dei luoghi e dell'ingombro delle strutture di progetto. L'allineamento sismico per l'acquisizione delle onde di Rayleigh ha previsto una distanza tra i geofoni pari a 1,0 m ed una serie di scoppi esterni all'ultimo geofono con offset variabili (2-4-6-8-10-15 m) a diversa intensità di energizzazione. Per l'acquisizione delle onde di Love lo stendimento sismico ha previsto invece una distanza intergeofonica pari a 1,0 m ed una serie di scoppi esterni con offset di 4 m dall'ultimo geofono.

L'acquisizione della componente verticale delle onde di Rayleigh è avvenuta mediante registrazione della propagazione del segnale sismico generato da una sorgente ad impatto verticale (martellata), tramite uno stendimento sismico di 24 geofoni a componente verticale. L'acquisizione delle onde di Love è avvenuta mediante uno stendimento sismico di 24 geofoni a componente orizzontale posti trasversalmente all'allungamento dello stendimento, generando un'onda sismica di taglio mediante martellata orizzontale su piastra posta verticalmente nel terreno. La strumentazione utilizzata si compone nello specifico di:

- una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche direzionali e ricche di energia realizzata mediante la battuta verticale e orizzontale di una mazza battente di 10 kg su piastra;
- un sistema di ricezione costituito alternativamente da uno stendimento di 24 geofoni (onde di Rayleigh) a movimento verticale (*Geospace GS11D*) e da uno stendimento di 24 geofoni (onde di Love) a movimento orizzontale (Senshe con livello a bolla),

entrambi a frequenza di 4,5 Hz e puntali da 3", collegati mediante un cavo multielettrodo;

- un sistema di acquisizione e memorizzazione costituito da un sismografo modulare in grado di registrare in modo digitale le forme d'onda generate (*Geode Geometrics Mod. 3-1000*); il sismografo A/D è in grado di campionare segnali tra 0.025 ms e 16 ms. Il sistema di acquisizione è completato da dispositivo di *trigger*, computer per l'analisi e la memorizzazione del segnale e appositi cavi di collegamento.

Determinazione degli spettri di velocità ed individuazione delle curve di dispersione

La stima dell'andamento in profondità delle velocità V_s , mediante acquisizione sismica multicanale è ottenuta tramite l'analisi del segnale nel dominio frequenza/velocità di fase. Viene utilizzato lo spettro di velocità in quanto è il dominio dove è chiaramente più immediato e naturale comprendere le proprietà dispersive del mezzo attraversato, determinando con precisione la velocità di ciascuna componente del segnale registrato.

Dopo aver scelto quindi il sismogramma più idoneo, quello solitamente con il miglior rapporto *segnale/rumore*, si esegue una trasformata dal dominio *spazio/tempo* al dominio *frequenza/velocità* (**Fig. 12**). Particolare attenzione nell'interpretazione delle curve di dispersione è posta in considerazione del fatto che le vibrazioni indotte dalle onde di superficie sono correlabili a diversi *modi*, che possono sovrapporsi all'interno dello spettro di velocità. Se tale sovrapposizione avviene, può generarsi una curva di dispersione apparente, che può risultare fuorviante in fase di interpretazione.

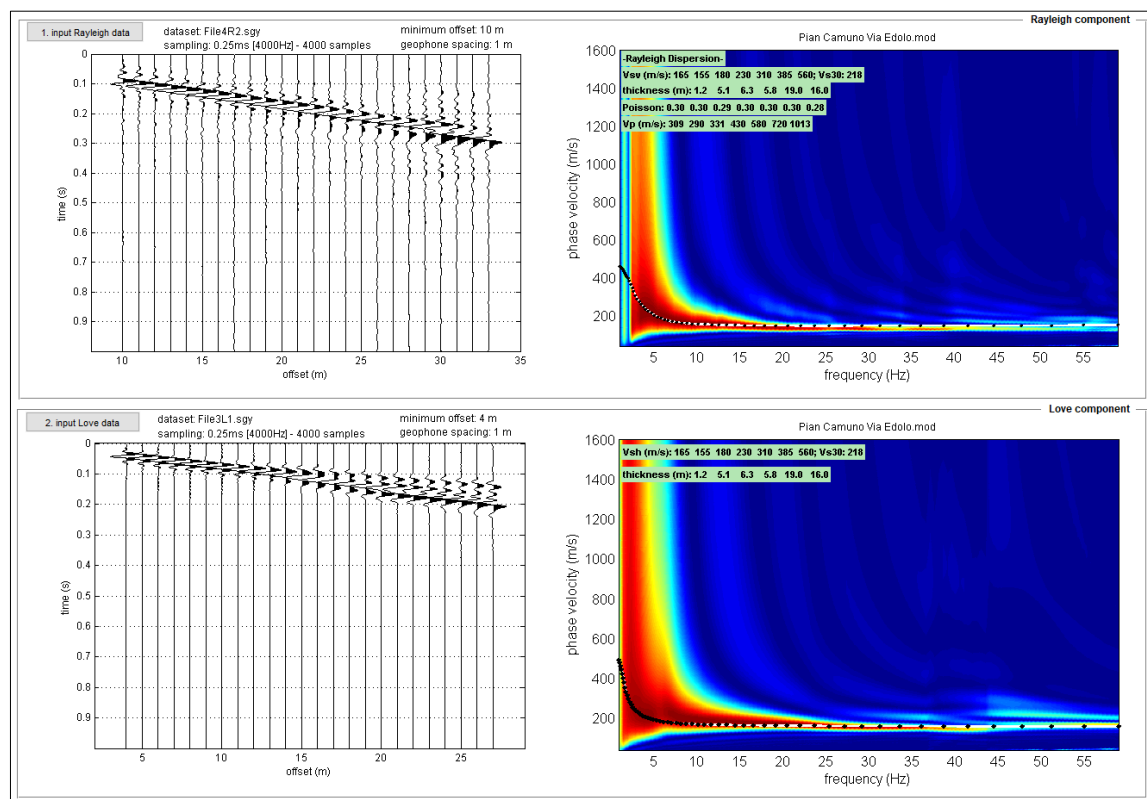


Fig. 12 - Sismogrammi acquisiti (sx) e risultati dell'analisi congiunta Rayleigh+Love (dx): modellazione diretta mediante individuazione del modo fondamentale e di porzioni dei modi superiori, che compongono lo spettro di velocità delle onde di Rayleigh (in alto) e congiuntamente quello delle onde di Love (in basso).

Al fine di individuare i modi corretti e correlabili alla reale successione stratigrafica è stato scelto di eseguire un'analisi congiunta delle onde di Rayleigh e delle onde Love. L'interpretazione dello spettro è consistita quindi nel confrontare le distribuzioni di energia tra i vari modi. Dato che la distribuzione dell'energia nelle due componenti Love e Rayleigh è risultata a tratti molto differente, l'analisi congiunta è risultata indispensabile al riconoscimento del reale andamento dei modi, conducendo all'elaborazione di un modello maggiormente vincolato e preciso.

Procedure di modellazione diretta e analisi congiunta Rayleigh+Love+HVSR

Analizzati i sismogrammi e i rispettivi spettri di velocità si è proceduto alla ricostruzione della distribuzione verticale delle Vs. Partendo dalle curve di dispersione delle onde di Rayleigh e di Love è stato ricostruito il modello che è responsabile di quelle curve, effettuando quindi un'inversione, vale a dire che si è ricavato il modello di sottosuolo che ha determinato il dato di campagna (*sismogramma*).

Gli spettri di velocità di fase sono stati interpretati identificando le curve modali, mediante modellazione diretta, studiando l'andamento dei vari modi in funzione del modello atteso. Questo è stato iterativamente modificato fino ad ottenere una buona sovrapposizione degli andamenti delle curve di dispersione sui vari modi riconosciuti, contemporaneamente in entrambi gli spettri (*Rayleigh+Love*), al fine di ottenere un solo modello di velocità (**Fig. 12**).

Inoltre, per l'interpretazione dello spettro di velocità nella sua parte a bassa frequenza (<10 Hz), è stata considerata la curva HV ottenuta dall'indagine sismica HVSR (**Fig. 13**). In particolare, è stata eseguita un'analisi congiunta tra lo spettro di dispersione ottenuto con indagine MASW e la curva H/V misurata, al fine di ottenere un solo modello di velocità.

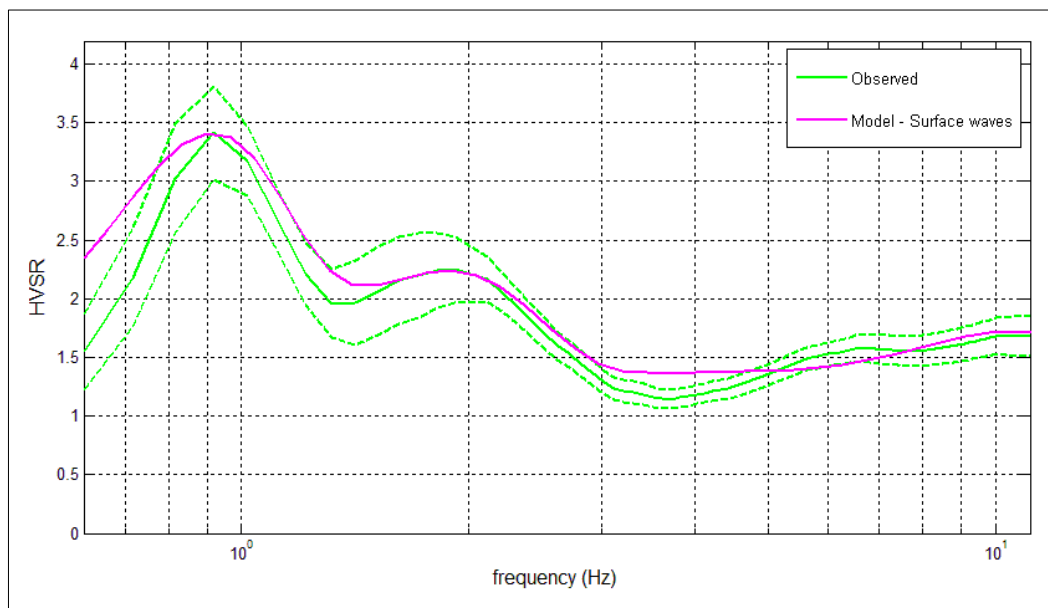


Fig. 13 - Confronto tra H/V sperimentale e teorico, ottenuto per lo stesso modello di velocità considerato nell'analisi MASW.

Modello sismostratigrafico

Nella seguente tabella sono riportati i valori delle velocità medie e gli spessori di ciascun sismostrato, in modo da definire un **modello geofisico medio**, ottenuto mediante analisi delle onde di superficie con metodologia MASW in onde di Rayleigh e di Love in modo congiunto con la modellazione diretta della curva HVSR.

Si riportano inoltre le stime dei valori della densità e del modulo di Poisson eseguite contestualmente all'elaborazione e mediante correlazioni di letteratura. Poiché la dispersione delle onde di superficie dipende essenzialmente dalla Vs e degli spessori degli strati, tali valori devono essere considerati solamente come stime largamente approssimative. Viene riportato, inoltre, il valore del modulo di taglio che tra i moduli elastici è l'unico che non dipende da Vp, ma solamente da Vs e densità e quindi la sua stima risulta più attendibile.

MODELLO GEOFISICO MEDIO - Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)						
Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)	Profondità da p.c. (m)	Stima densità (g/cm³)	Modulo di Poisson	Modulo di Taglio (MPa)
1	165	1,2	-1,2	1,77	0,30	48
2	155	5,1	-6,3	1,76	0,30	42
3	180	6,3	-12,6	1,79	0,29	58
4	230	5,8	-18,4	1,85	0,30	98
5	310	19,0	-37,4	1,92	0,30	185
6	385	16,0	-53,4	1,97	0,30	293
7	560	6,6	-60,0	2,06	0,28	645

Il valore del modulo dinamico di taglio, dipendente da Vs e densità si riferisce a condizioni di bassa deformazione. Per deformazioni superiori, i valori dovranno essere idoneamente corretti e utilizzati solo nei modi e nei casi appropriati.

D.M. 17/01/2018	V_{S,eq}	Profondità del bedrock sismico	Categoria di sottosuolo: C
A partire dal p.c.	218 m/s	Oltre 30 m dal p.c.	<p>Stimata sulla base del valore di V_{S,eq} calcolato mediante l'espressione 3.2.1 del D.M. 17/01/2018</p> $V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$ <p>Categoria di sottosuolo assegnata in base a quanto indicato nella Tabella 3.2 II</p>

Si riporta inoltre la stratigrafia schematica del modello medio ottenuto, mediante analisi MASW+HVSr, fino ad una profondità di -60,0 m dal p.c. (**Fig. 14**), utilizzata per il calcolo del parametro $V_{s,eq}$.

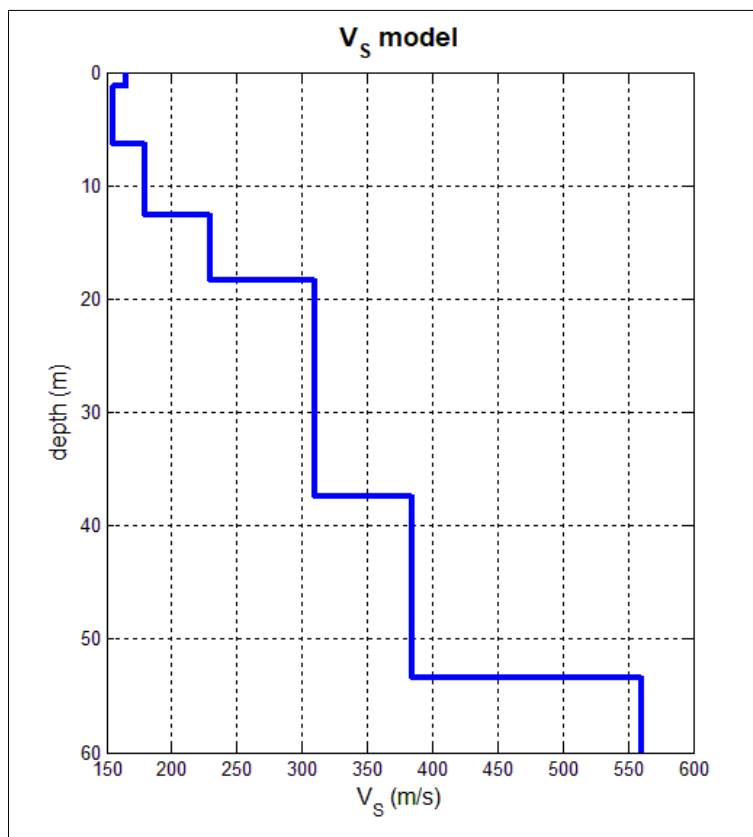


Fig. 14 - Profilo sismostratigrafico.

Tra il Pliocene Superiore e il Pleistocene Inferiore tutta la zona pedemontana è interessata da una situazione di aggradazione in ambiente continentale, con la deposizione dei principali corpi conglomeratici dell'area pedalpina. Lungo i rilievi prealpini si sviluppano movimenti franosi e rilasci di versante favoriti anche dalla neotettonica e dal rilassamento dei pendii dovuti alle diverse fasi di avanzata e ritiro dei ghiacciai, nonché all'incisione rapida delle valli in contesti tettonici a forte componente trasversale. Alla fine del Pleistocene Medio risultano attivi gli assi anticlinali che condizioneranno in seguito i rapporti geometrici tra le unità già esistenti ed i corpi geologici più recenti.

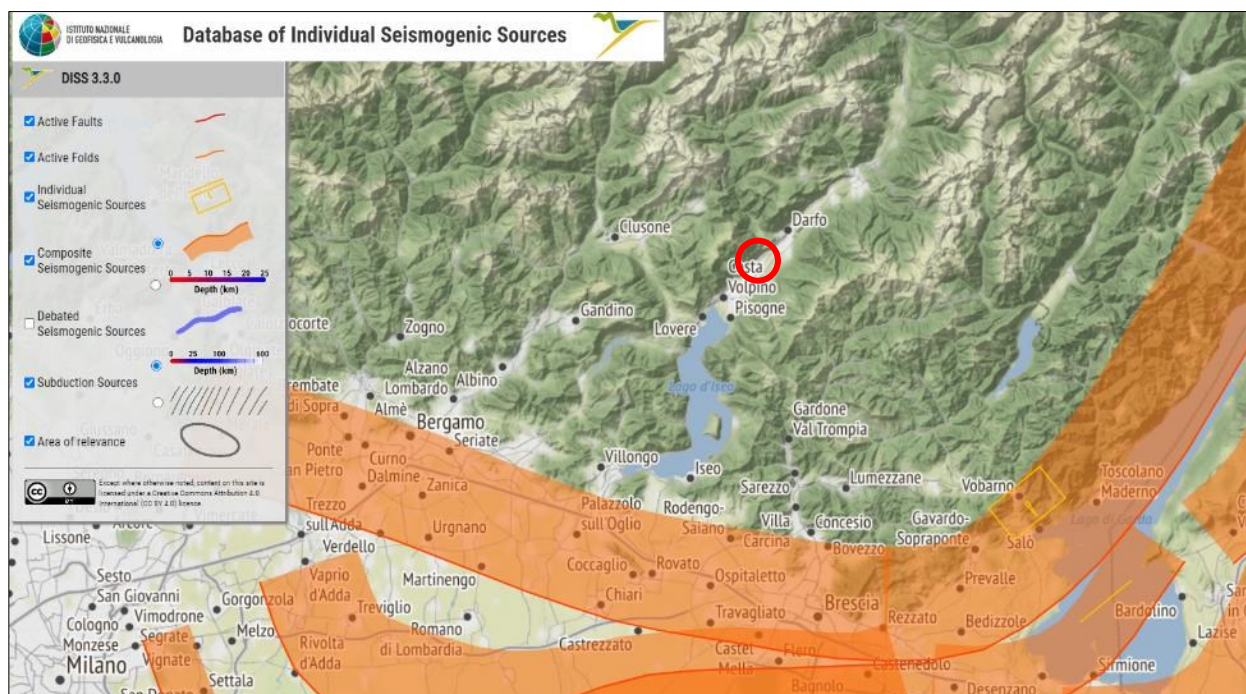


Fig. 15 - Stralcio del Database cartografico delle sorgenti sismogenetiche della regione prealpina e pedemontana gardesana (DISS versione 3.3.0 - INGV), con ubicazione dell'area di interesse.

4.2 Sismicità locale

L'attività sismica storica nella porzione settentrionale del Sebino rappresenta la naturale continuazione di quella pliocenica e quaternaria e risulta correlata alla collocazione, delle aree di studio, tra zone sismogenetiche riferibili, da una parte al fronte alpino e dall'altra al fronte appenninico, sepolti al di sotto della coltre fluvioglaciale-alluvionale della Pianura Padana. Storicamente, nell'area di studio, si risente di effetti macroscopici in funzione della relativa vicinanza alle aree epicentrali dei forti terremoti storici, che colpiscono le provincie di Brescia e Verona. Alcuni sismi recenti, con le massime intensità storiche, si sono risentiti, per la relativa vicinanza con l'area sismogenetica del Reggiano-Ferrarese-Parmense e dell'edificio appenninico sepolto al di sotto delle coltri quaternarie dei depositi di pianura.

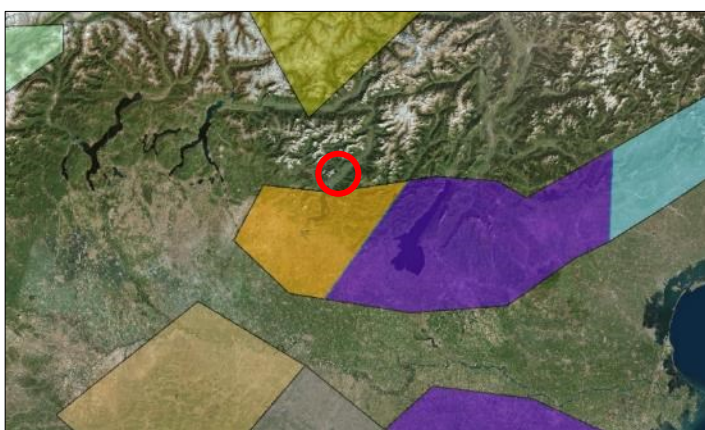
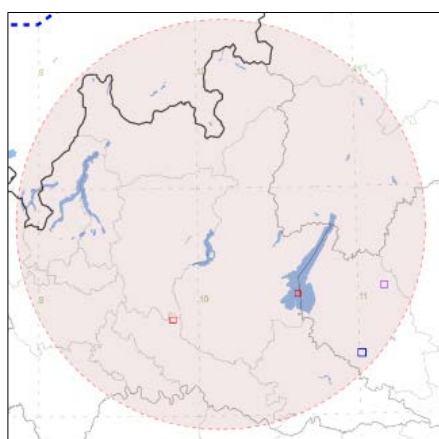


Fig. 16 - Schema Zonazione Sismogenetica ZS9
(tratta dal Geoportale del Ministero dell'Ambiente).

Gli eventi sismici storici sono consultabili nel Catalogo Parametrico dei Terremoti (C.P.T.I.15 versione 4.0 – progetto INGV - anno 2022) e sono assegnati mediante l'individuazione della "Zonazione sismogenetica ZS9 (**Fig. 16**) – App. 2 al Rapporto Conclusivo – Marzo 2004" a cura di C. Meletti e G. Valensise (Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica – O.P.C.M. 3274/2003 - INGV).

L'area in esame, secondo il modello sismotettonico riassunto nella *zonazione sismogenetica ZS9*, ricade immediatamente a Nord della zona sorgente 907. Per tale zona sorgente e per quelle limitrofe, si elencano i terremoti, con epicentro collocabile in un'area circolare di raggio pari a circa 100 km e centro in corrispondenza del **Comune di Pian Camuno**:

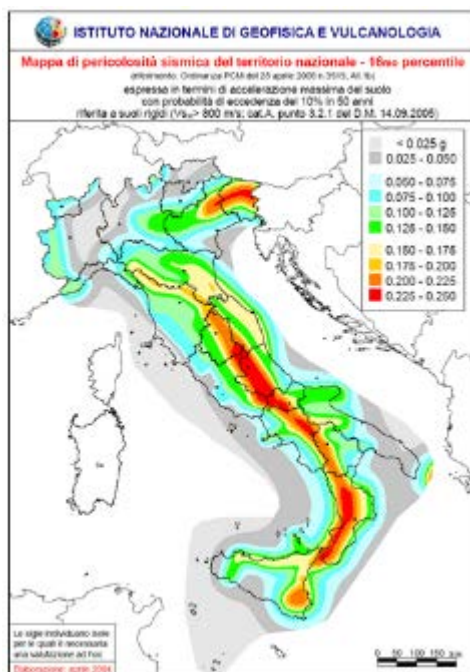


Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDF	Io	Mw
1117	01	03	15	15		Veronese	55	9	6.52
1222	12	25	12	30		Bresciano-Veronese	18	7-8	5.68
1802	05	12	09	30		Valle dell'Oglio	94	8	5.60
1891	06	07	01	06	14	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87

Fig. 17 - Catalogo multiparametrico dei terremoti italiani con magnitudo (M_w) > 5,5 verificatisi in un'area di raggio pari a 100 km dall'area d'indagine (C.P.T.I.15 versione 4.0 – progetto INGV - 2022).

4.3 Normativa sismica vigente

Con il Testo Unico (D.M. 14/01/08), entrato in vigore con la L.77/2009 di conversione del D.L. 39/2009 (Decreto “Abruzzo”), è divenuto vigente l’obbligo di eseguire la progettazione in prospettiva sismica in tutte le aree classificate in zona sismica. In particolare, con l’Allegato A sono state adottate definitivamente le stime di pericolosità sismica del progetto S1 già comprese nella citata Ordinanza 3519/2006 (**Fig. 18**). Accedendo



al link <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, si possono scaricare i dati di pericolosità sismica rappresentati dai valori di a_g per diverse frequenze annuali di superamento, relativamente ai 10751 punti di una griglia in cui è stato diviso il territorio nazionale. Per qualsiasi punto del territorio Italiano è quindi possibile calcolare i parametri di azione sismica grazie a formule di interpolazione definite nella Circolare esplicativa 617/09. Tali stime superano il concetto di classificazione a scala comunale sulla base di 4 zone sismiche. Il concetto di zona sismica comunale tuttavia mantiene una funzione prevalentemente amministrativa così come chiarito, dalla D.G.R. Lombardia 9/2616/2011 e come regolamentato dalle normative regionali in termini di nuova classificazione sismica (D.G.R. 11 Luglio 2014 – n. X/2129) e di normative di indirizzo per la vigilanza sulle costruzioni in zona sismica (L.R. 33/2015, e D.G.R. 5001/2016).

Fig. 18 - Mappa di pericolosità sismica secondo l'O.P.C.M. n. 3519 del 28/4/2006.

La redazione della “Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale” (espressa come accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) allegata all'O.P.C.M. n. 3519/2006 indica che il Comune di **Pian Camuno** risulta interessato da una fascia con accelerazione sismica **a_g compresa tra 0,100 g e 0,125g** (con probabilità di superamento del 10% in 50 anni) riferibile quindi a una **Zona sismica 3**. La D.G.R. 11 Luglio 2014 – n. X/2129 che ha aggiornato le zone sismiche in Regione Lombardia, ha lasciato il territorio di Pian Camuno in Zona sismica 3, indicando un valore di $a_{g,max}$ pari a 0,114 g.

4.4 Azione sismica di progetto

Per la valutazione dell’Azione Sismica sono stati utilizzati i metodi semplificati previsti dal D.M. 17/01/18. In questo paragrafo si affrontano quindi, per quanto di pertinenza del Geologo, le eventuali prescrizioni sismiche di pianificazione urbanistica e, considerando le apposite analisi sismiche e geomorfologiche, si forniscono la Cat. di Sottosuolo e la Cat. Topografica di sito, che potranno essere utilizzate per la stima dell’Azione Sismica e più in generale per la progettazione prevista. Mediante il foglio elettronico Excel “Spettri-NTC (ver. 1.0.3)” è stato possibile definire gli Spettri di Risposta Elastici ed i Parametri di Pericolosità Sismica utilizzabili per il sito di progetto sulla base dei risultati del progetto S1 – INGV. Per la definizione degli Spettri di Risposta Elastici di progetto, relativi ai vari Stati Limite, è

necessaria la conoscenza e la scelta di parametri progettuali di competenza dei Tecnici Progettisti dell'opera di progetto. È stata infine presa in esame la stabilità del sito nei confronti della liquefazione, come richiesto al paragrafo 7.11.3.4.2 del D.M. 17/01/2018.

■ **Categoria di Sottosuolo e Categoria Topografica**

Viene di seguito eseguita la classificazione dei terreni di fondazione secondo quanto previsto dalle norme tecniche allegate al D.M. 17/01/18 ed in particolare tenendo conto di quanto indicato nella *Tabella 3.2.II* (Categorie di sottosuolo), allegate al testo unico.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione 3.2.1 del D.M. 17/01/18:

$$V_{s,eq} = \frac{\Pi}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

Secondo il D.M. 17/01/18, quindi, e tenuto conto dei risultati dell'indagine sismica MASW eseguita all'interno del lotto di progetto, è stato calcolato un valore di $V_{s,eq}$ pari a 218 m/s e quindi il sito di progetto ricadrebbe in una "Categoria di Sottosuolo C".

Dal punto di vista della *Pericolosità Sismica Locale* l'area d'intervento è stata classificata, nella "Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del P.G.T." di Pian Camuno (Tav. 4 – Gennaio 2011), entro lo scenario di pericolosità sismica **Z4a** "Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi" (**Fig. 19**).

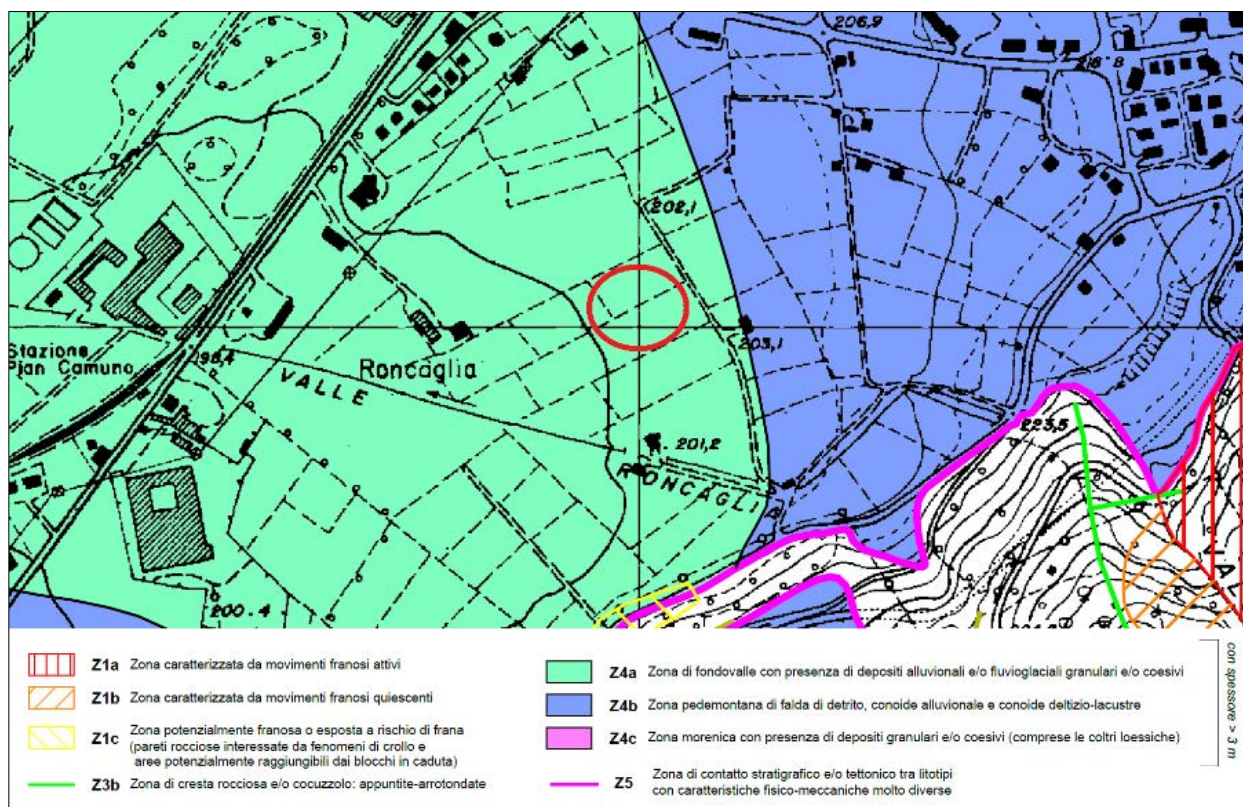


Fig. 19 - Stralcio della "Carta della pericolosità Sismica Locale" (Tav. 4 – Gennaio 2011) allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale, con ubicazione dell'area d'interesse.

Per tale scenario è stata eseguita, nello Studio Geologico Comunale, un'analisi sito-specifica per la Stima degli effetti litologici e del Fattore di Amplificazione di sito (2° Livello di approfondimento - All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011). Secondo l'approfondimento di II livello citato, il lotto di progetto ricadrebbe in un'area in cui sono segnalati, per edifici con periodo compreso tra 0,5 s e 1,5 s, un valore di Fa di sito inferiore al valore di Fa di soglia previsto per la categoria di sottosuolo "C" e pertanto i parametri sismici della normativa sismica vigente sono sufficienti a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica ($FAC < FAS$). Al contrario per edifici con periodo compreso tra 0,1 s e 0,5 s, sono segnalati valori di Fa di sito superiori al valore di Fa di soglia comunale ($FAC \geq FAS$).

Considerato tuttavia che per lo scenario di Pericolosità sismica individuato la normativa prevede possibili fenomeni di amplificazione litologica, e avendo a disposizione un profilo sismostratigrafico dell'area oggetto di studio, è **stato scelto di eseguire comunque un'analisi sito-specifica per la Stima degli effetti litologici e del Fattore di Amplificazione di sito (2° Livello di approfondimento - All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011)**, utilizzando il profilo sismico riportato nel par. 3.2 del presente studio.

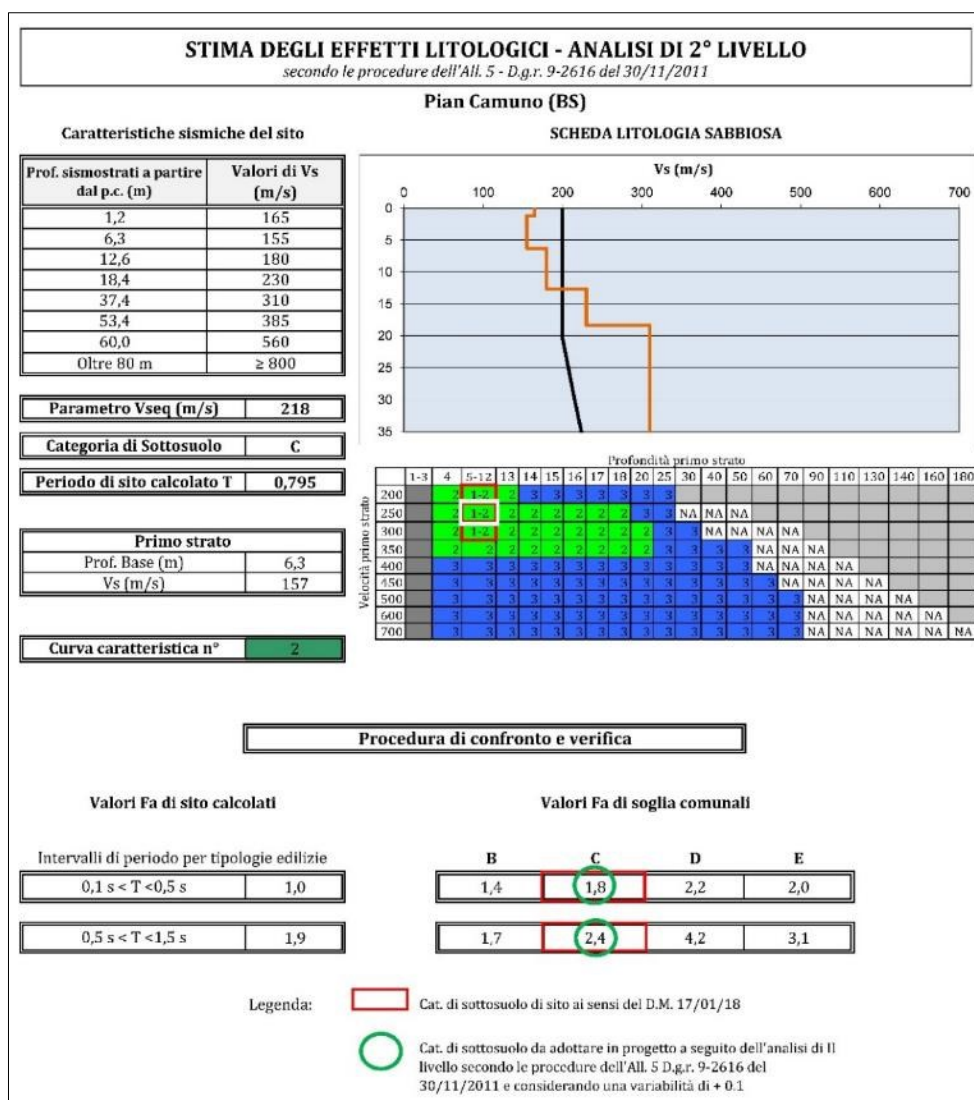


Fig. 20 - Stima degli effetti litologici - Analisi di 2° livello secondo le procedure previste dall'All. 5 - D.G.R. 9-2616 del 30/11/2011.

In accordo con la procedura, la successione stratigrafica di riferimento, cioè lo spessore e la velocità di ciascuno strato, come definiti nel modello geofisico medio e partendo cautelativamente dal p.c., sono stati riportati nelle “Schede di Stima degli Effetti Litologici”.

Rispettando i campi di validità e le caratteristiche granulometriche dei terreni presenti in sito è stata eseguita una verifica dei valori dei Fattori di amplificazione di sito (F_a) rispetto a quelli di “soglia comunale”, utilizzando la scheda relativa alla litologia “Sabbiosa” e facendo riferimento alla *curva caratteristica 2*, di cui si riporta l’esplicazione grafica ed analitica (**Fig. 20**).

I risultati ottenuti dall’applicazione del II Livello hanno verificato che sia per edifici con periodo T compreso tra 0,5 e 1,5 s, che per edifici con periodo T compreso tra 0,1 s e 0,5 si ottengono valori di F_a di sito inferiori con i valori di F_a di soglia previsti per la **categoria di sottosuolo “C”** (definita per il sito d’interesse). Pertanto, i parametri sismici della normativa sismica vigente sono sufficienti a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica ($F_{AC} \leq F_{AS}$).

Per quanto concerne le caratteristiche geomorfologiche facendo riferimento alla tabella 3.2.III del D.M. 17/01/2018 e analizzando la cartografia dell’area di studio a scale da 1:5.000 a 1:10.000, si ritiene che il sito di progetto sia inserito in un contesto caratterizzato da una morfologia subpianeggiante, con inclinazione media $< 15^\circ$. Si potrà dunque tenere conto di una **categoria topografica T1**, alla quale, secondo quanto riportato nella sopracitata *Tabella 3.2.III*, corrisponde un coefficiente topografico S_T pari a **1,0**.

■ **Pericolosità Sismica del Sito (parametri di riferimento)**

Attraverso il programma Spettri-NTC ver.1.0.3, partendo dall’identificazione geografica del punto mediano del sito di progetto (**Longitudine: 10,146191 – Latitudine: 45,840860**), sono stati stimati, per varie frequenze annuali di superamento, i valori dei parametri sismici normativi (a_g , F_0 e T_c^*) relativi alla Pericolosità Sismica.

Per l’analisi dell’azione sismica di progetto sono stati utilizzati i parametri di seguito riassunti. In funzione delle scelte progettuali adottate è stata considerata un’opera di **Classe d’Uso II** con vita utile 50 anni.

Categoria di sottosuolo	C			
Categoria Topografica	T1			
Fattore di amplificazione morfologica S_T	1,0			
Classe d’uso dell’edificio	II			
Vita Nominale della costruzione (in anni) - V_N	50			
Coefficiente d’uso della costruzione - C_U	1,0			
Periodo di Riferimento per la costruzione (in anni) T_R	SLO 30	SLD 50	SLV 475	SLC 975

Parametri di input per la determinazione dell’azione di progetto.

Vengono di seguito riportati i valori dei parametri sismici normativi (a_g , F_0 e T_c^*) relativi alla pericolosità sismica, calcolati secondo la strategia di progettazione ordinaria.

STATO LIMITE	T _R (anni)	a _g (g)	F ₀ (-)	T _c * (s)
SLO	30	0,033	2,468	0,200
SLD	50	0,041	2,503	0,216
SLV	475	0,104	2,468	0,280
SLC	975	0,134	2,480	0,290

■ **Amplificazione Stratigrafica (S_s)**

L'influenza del profilo sismostratigrafico sulla risposta sismica locale è stata valuta con riferimento alla categoria di sottosuolo. Per l'intervento di progetto e per le verifiche allo Stato Limite di Danno (SLD) ed allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), si riportano i seguenti valori di *coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_s)* e di *coefficiente in funzione della categoria di sottosuolo (C_c)*. Questi sono stati calcolati in funzione di F₀ e T_c* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite dalla *Tabella 3.2.IV* del D.M. 17/01/18.

Categoria di sottosuolo C					
SLD	S _s	1,500	SLV	S _s	1,500
	C _c	1,741		C _c	1,598

■ **Stabilità del sito nei confronti della liquefazione**

Il *fenomeno della liquefazione* è governato dalla generazione e dall'accumulo di eccessi di pressione interstiziale, in occasione di un terremoto, in sabbie e sabbie limose, sature e poco addensate. I dati sperimentali di letteratura mettono in evidenza che l'incremento della pressione interstiziale avviene in risposta alle sollecitazioni cicliche tangenziali a cui un elemento di volume di terreno è sottoposto in condizioni non drenate durante lo scuotimento sismico. Per tale elemento di volume, il valore finale della pressione interstiziale è funzione delle caratteristiche del moto sismico, cioè ampiezza, contenuto in frequenza e numero di cicli, ovvero durata. Per la determinazione del potenziale di liquefazione dei terreni di fondazione, sono state considerate le "*circostanze di esclusione*" dalla verifica alla liquefazione elencate al punto 7.11.3.4.2 del D.M. 17/01/2018. Secondo il suddetto punto, (articolo 7.11.3.4.2 "Esclusione della verifica a liquefazione") è possibile omettere la verifica alla liquefazione quando si manifesta, in ordine, almeno una delle seguenti condizioni:

Analisi delle condizioni per l'esclusione alla verifica a liquefazione:

comma 1. l'accelerazione massima attesa al piano campagna viene calcolata considerando i parametri riferiti allo Stato Limite Ultimo SLV, relativi alla categoria "C", mediante la seguente relazione: $a_{g \text{ max suolo}} = a_g \times S_s \times S_t$. Riepilogando i parametri utilizzati sono i seguenti:

a _g	0,104
S _s	1,500
S _t	1,0

Il valore complessivo di accelerazione sismica orizzontale è risultato essere pari a **0,156 g** e risulta quindi superiore a quello di esclusione indicato dal *comma 1 (non verificato)*.

comma 2. per l'area oggetto di indagine, a seguito dell'esecuzione delle indagini in sito, è stata riscontrata la presenza di una falda acquifera superficiale a partire da circa -1,30/-2,60 m dal p.c., contenuta in livelli maggiormente permeabili all'interno dei depositi di conoide alluvionale (non verificato).

comma 3. in base alle indagini svolte in sito e al modello geologico-stratigrafico proposto non sono stati rilevati depositi costituiti da sabbie pulite e quindi tale condizione non risulta direttamente applicabile.

comma 4. dal modello geologico-geotecnico redatto, è stata riscontrata, fino ad una profondità di -16,0 m dal p.c., la presenza di depositi costituiti da ghiaie e sabbie in matrice limoso-argillosa, con granulometria presumibilmente interna alle curve normative riportate in Fig. 7.11.1 allegate al D.M. 17/01/2018 - fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione (non verificato).

Ai sensi del D.M. 17/01/2018, e secondo il modello geologico-geotecnico determinato per il sito di progetto, si ritiene quindi di procedere alla verifica della stabilità nei confronti della liquefazione secondo metodi di III Livello.

Calcolo della suscettibilità alla liquefazione - Metodo Boulanger e Idriss (2014)

È stato quindi eseguito tramite il software *Liquef (ProgramGeo)* il calcolo per la valutazione del potenziale di liquefazione condotto mediante il metodo semplificato di *Boulanger e Idriss (2014)*. I metodi semplificati si basano in generale sul calcolo della resistenza del deposito alla liquefazione valutata con un coefficiente di sicurezza (F_s), ottenuto dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato (CRR) e lo sforzo di taglio massimo indotto dal sisma (CSR).

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

Un deposito è considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza risulta minore di 1,0.

Il valore di CRR è funzione delle caratteristiche meccaniche delle unità geotecniche identificate, e della loro storia tensionale, in questo caso ricavate dai risultati della prova penetrometrica statica CPT P1, eseguita nel lotto di progetto, spinta fino a -16,0 m dal p.c. e ritenuta rappresentativa dei terreni presenti in sito.

La grandezza CSR dipende invece dai parametri del sisma di progetto ovvero accelerazione sismica al suolo (**0,156 g**) e magnitudo di progetto (**$M=4,87$ calcolata mediante il metodo della disaggregazione**).

Si specifica che le verifiche sono state effettuate sulla prova penetrometrica P1, eseguita nell'area di studio, ed ipotizzando cautelativamente un livello di falda superficiale a partire da -1,90 m dal p.c. esistente.

Per l'applicazione del metodo prescelto quindi, sulla scorta dei risultati delle indagini geotecniche e del modello geologico proposto, sono stati utilizzati i parametri derivati, da una stima ragionata dei valori numerici corretti di ciascuna delle misure del parametro qc , ovvero per ogni intervallo di lettura eseguito di spessore pari a 0,20 m.

Pertanto, per ogni 0,20 m di prova è stato eseguito il calcolo dell'Indice di Comportamento del Terreno I_c , utile per la determinazione della rispettiva litologia prevalente (vedi **Fig. 21**) e per la correzione, data dalla presenza di materiale fine, del calcolo del valore q_{c1N} (resistenza determinata in prove penetrometriche statiche CPT normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa), utilizzata a sua volta per il calcolo della resistenza al taglio mobilitata in ciascuno strato (CRR).

I_c	Comportamento assimilabile litologicamente a
< 1,31	Sabbie ghiaiose e sabbie addensate
1,31 + 2,05	Sabbie da pulite a limose
2,06 + 2,60	Sabbie limose e/o limi sabbiosi
2,60 + 2,95	Limi argillosi e/o argille limose
2,95 + 3,60	Argille
> 3,60	Torbe, suoli organici

Fig. 21 - Classificazione granulometrica in funzione dell'Indice di comportamento dei terreni.

I risultati grafico-analitici riportati di seguito, individuano le classi litologiche riconosciute (**Fig. 22**) mediante la carta proposta dal Prof. Robertson (1990), in corrispondenza della verticale di prova P1.

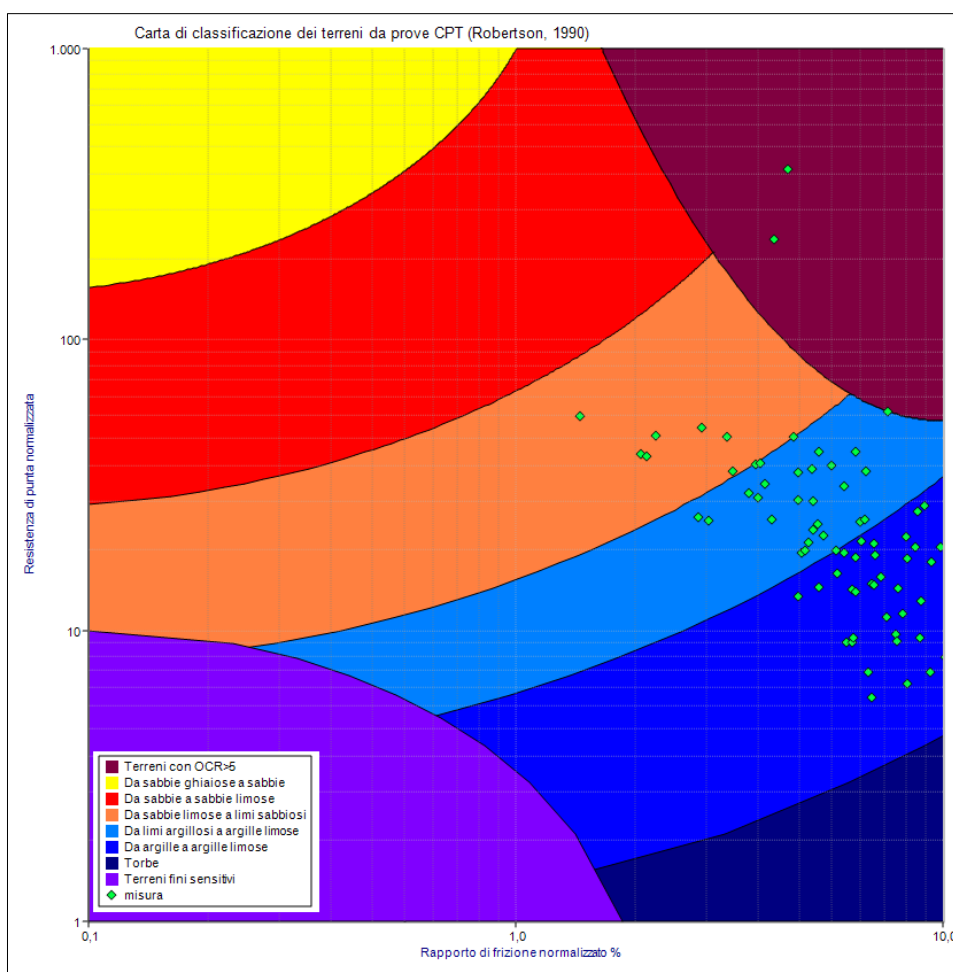


Fig. 22 - Carta di classificazione dei terreni da prove CPT (Robertson 1990), relativa alla Prova P1.

I terreni che costituiscono il sottosuolo indagato, pur risultando in percentuale maggiormente sabbioso-limosi, come evidenziato dalla distribuzione dei valori sulla carta di Robertson, mostrano in alcuni casi un valore dell'indice di comportamento (I_c) maggiore di 2,60. Dall'analisi dei risultati ottenuti dalle prove CPT (**Fig. 23**) si riscontra, per gli strati suscettibili a liquefazione (ovvero quelli comprendenti le letture del valore di q_c al di sotto del livello di falda e con litologia maggiormente sabbiosa, con un valore di $I_c < 2,60$) un coefficiente di sicurezza alla liquefazione F_s sempre superiore al Fattore di Sicurezza considerato (pari a 1,00).

N.	da (m)	a (m)	$q_c(q_t)$ (MPa)	f_s (kPa)	γ (kN/mc)	CSR	CRR	F_s	I_c
1	0	0,2	0	0	17,66	0,101			
2	0,2	0,4	0	130,47	19,4	0,101			
3	0,4	0,6	3,63	156,96	19,66	0,101			
4	0,6	0,8	2,94	117,72	19,26	0,101			
5	0,8	1	0,98	71,61	18,49	0,101			
6	1	1,2	0,59	110,85	19,17	0,101			
7	1,2	1,4	0,88	39,24	17,48	0,101			
8	1,4	1,6	1,18	58,86	18,18	0,1			
9	1,6	1,8	0,59	46,11	17,77	0,1			
10	1,8	2	0,98	85,35	18,78	0,103			
11	2	2,2	1,37	65,73	18,35	0,108	2,71		
12	2,2	2,4	1,47	78,48	18,64	0,112	2,73		
13	2,4	2,6	1,18	51,99	17,97	0,116	2,76		
14	2,6	2,8	0,98	46,11	17,77	0,12	2,86		
15	2,8	3	1,18	98,1	18,98	0,123			
16	3	3,2	2,16	65,73	18,35	0,126	0,168	1,337	2,54
17	3,2	3,4	2,26	98,1	18,98	0,129	2,64		
18	3,4	3,6	1,47	51,99	17,97	0,132	2,69		
19	3,6	3,8	2,16	130,47	19,4	0,134	2,74		
20	3,8	4	0,98	85,35	18,78	0,137			
21	4	4,2	1,08	58,86	18,18	0,139			
22	4,2	4,4	2,06	130,47	19,4	0,14	2,8		
23	4,4	4,6	1,47	39,24	17,48	0,142	2,68		
24	4,6	4,8	3,34	46,11	17,77	0,144	0,183	1,27	2,29
25	4,8	5	1,28	117,72	19,26	0,146			
26	5	5,2	1,96	65,73	18,35	0,147	2,67		
27	5,2	5,4	0,69	46,11	17,77	0,149			
28	5,4	5,6	0,49	26,49	16,78	0,15			
29	5,6	5,8	0,59	32,37	17,14	0,152			
30	5,8	6	0,78	51,99	17,97	0,153			
31	6	6,2	0,78	58,86	18,18	0,154			
32	6,2	6,4	0,59	39,24	17,48	0,155			
33	6,4	6,6	1,28	65,73	18,35	0,156			
34	6,6	6,8	1,08	85,35	18,78	0,157			
35	6,8	7	1,18	65,73	18,35	0,157			
36	7	7,2	1,28	78,48	18,64	0,158			
37	7,2	7,4	1,28	58,86	18,18	0,159			
38	7,4	7,6	1,67	71,61	18,49	0,159	2,9		
39	7,6	7,8	1,86	110,85	19,17	0,16			

*Relazione Geologica e Geotecnica a supporto del Piano di Lottizzazione P.A.R. 29,
in Via Battaglione Edolo, nel Comune di Pian Camuno (BS).*

40	7,8	8	1,28	51,99	17,97	0,16			
41	8	8,2	0,78	58,86	18,18	0,161			
42	8,2	8,4	2,35	58,86	18,18	0,161	2,65		
43	8,4	8,6	2,35	144,21	19,54	0,161	2,92		
44	8,6	8,8	1,86	117,72	19,26	0,161			
45	8,8	9	2,06	130,47	19,4	0,161			
46	9	9,2	1,28	124,59	19,34	0,161			
47	9,2	9,4	2,94	137,34	19,47	0,161	2,79		
48	9,4	9,6	1,57	85,35	18,78	0,161			
49	9,6	9,8	2,65	98,1	18,98	0,161	2,77		
50	9,8	10	2,16	110,85	19,17	0,161	2,95		
51	10	10,2	3,53	196,2	19,95	0,16	2,8		
52	10,2	10,4	1,18	58,86	18,18	0,16			
53	10,4	10,6	5,69	150,09	19,6	0,16	0,239	1,497	2,4
54	10,6	10,8	4,41	156,96	19,66	0,159	2,61		
55	10,8	11	4,71	91,23	18,87	0,159	0,19	1,196	2,38
56	11	11,2	4,51	156,96	19,66	0,158	2,61		
57	11,2	11,4	1,28	65,73	18,35	0,158			
58	11,4	11,6	1,18	98,1	18,98	0,157			
59	11,6	11,8	2,65	117,72	19,26	0,157	2,89		
60	11,8	12	2,55	110,85	19,17	0,156	2,9		
61	12	12,2	2,16	208,95	20,04	0,155			
62	12,2	12,4	4,71	144,21	19,54	0,154	0,19	1,237	2,53
63	12,4	12,6	2,94	222,69	20,12	0,153			
64	12,6	12,8	6,38	130,47	19,4	0,153	0,237	1,549	2,31
65	12,8	13	4,51	163,83	19,72	0,152	2,67		
66	13	13,2	2,65	150,09	19,6	0,151			
67	13,2	13,4	2,16	150,09	19,6	0,15			
68	13,4	13,6	5,89	110,85	19,17	0,149	0,209	1,401	2,33
69	13,6	13,8	3,24	156,96	19,66	0,148	2,89		
70	13,8	14	3,63	215,82	20,08	0,147	2,92		
71	14	14,2	2,35	144,21	19,54	0,146			
72	14,2	14,4	1,86	176,58	19,82	0,145			
73	14,4	14,6	3,73	176,58	19,82	0,143	2,85		
74	14,6	14,8	1,67	144,21	19,54	0,142			
75	14,8	15	3,24	255,06	20,29	0,141			
76	15	15,2	2,65	169,71	19,77	0,14			
77	15,2	15,4	1,77	91,23	18,87	0,139			
78	15,4	15,6	2,06	130,47	19,4	0,138			
79	15,6	15,8	1,67	150,09	19,6	0,137			
80	15,8	16	2,16	150,09	19,6	0,136			

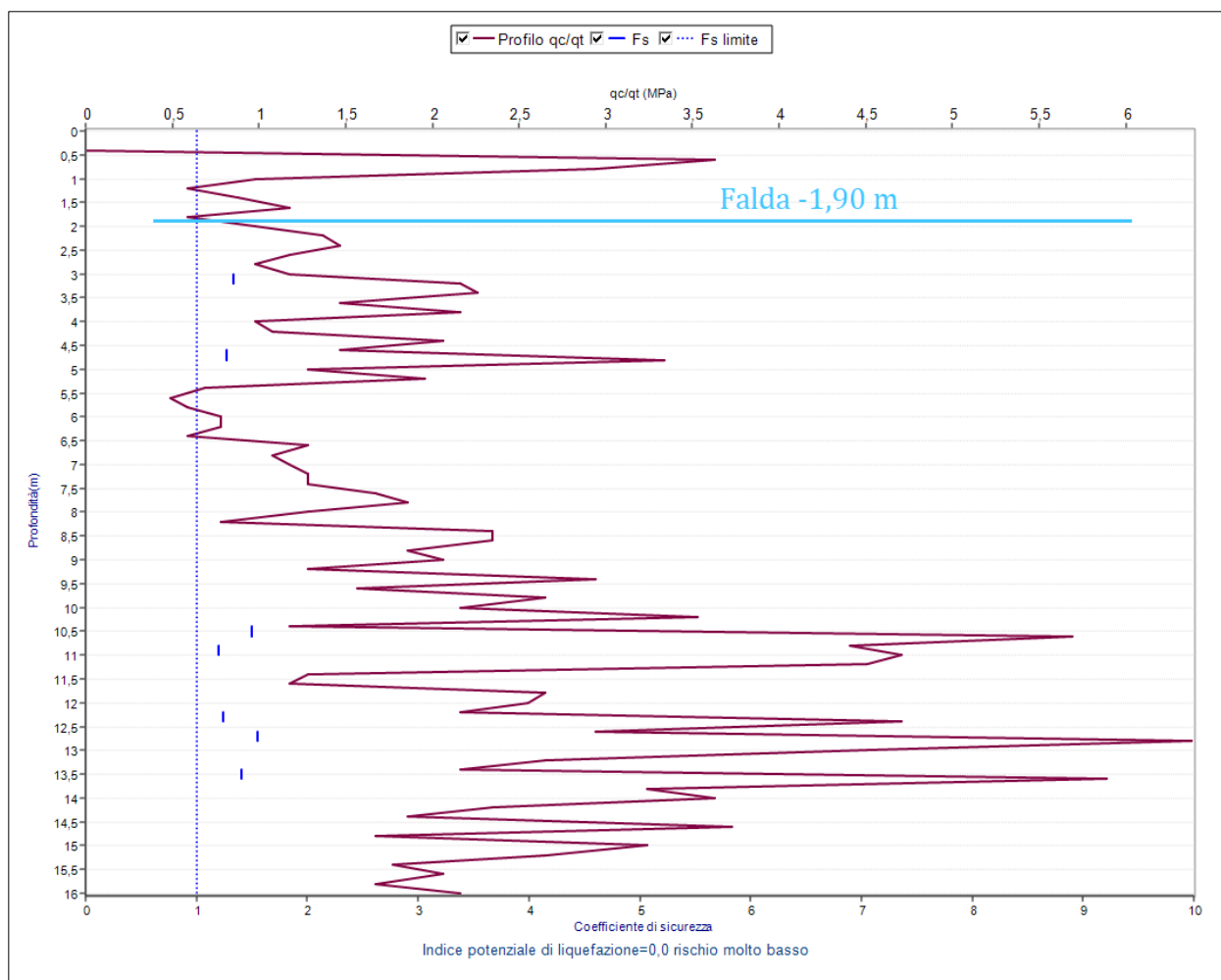


Fig. 23 - Risultati analitici dell'applicazione del metodo semplificato Boulanger e Idriss (2014) per il calcolo del fattore di sicurezza F_s (CPT-P1).

L'indice di liquefazione all'interno del sito di progetto, stimato secondo la relazione proposta da Somez (2003), il quale dipende dalla profondità d'indagine, dal numero degli strati e dai valori di F_s calcolati, risulta pari a 0,0, correlabile ad un rischio di liquefazione molto basso (Fig. 24). Per il sito di progetto quindi non si prevede l'innesco di fenomeni di liquefazione.

IL	Rischio di liquefazione
$IL=0$	Molto basso
$0 < IL \leq 2$	Basso
$2 < IL \leq 5$	Moderato
$5 < IL \leq 15$	Alto
$15 < IL$	Molto alto

Fig. 24 - Valutazione del Rischio liquefazione in funzione dell'Indice potenziale di Liquefazione (Somez, 2003).

5. FATTIBILITÀ GEOLOGICA E VINCOLI DELL'AREA DI PROGETTO

Dall'analisi della cartografia allegata alla “Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio - Tav. 7/C” di Pian Camuno (Novembre 2020), è stato verificato che il sito di progetto ricade nelle **Classi di Fattibilità 3 e 2, rispettivamente con consistenti e modeste limitazioni d'uso.**

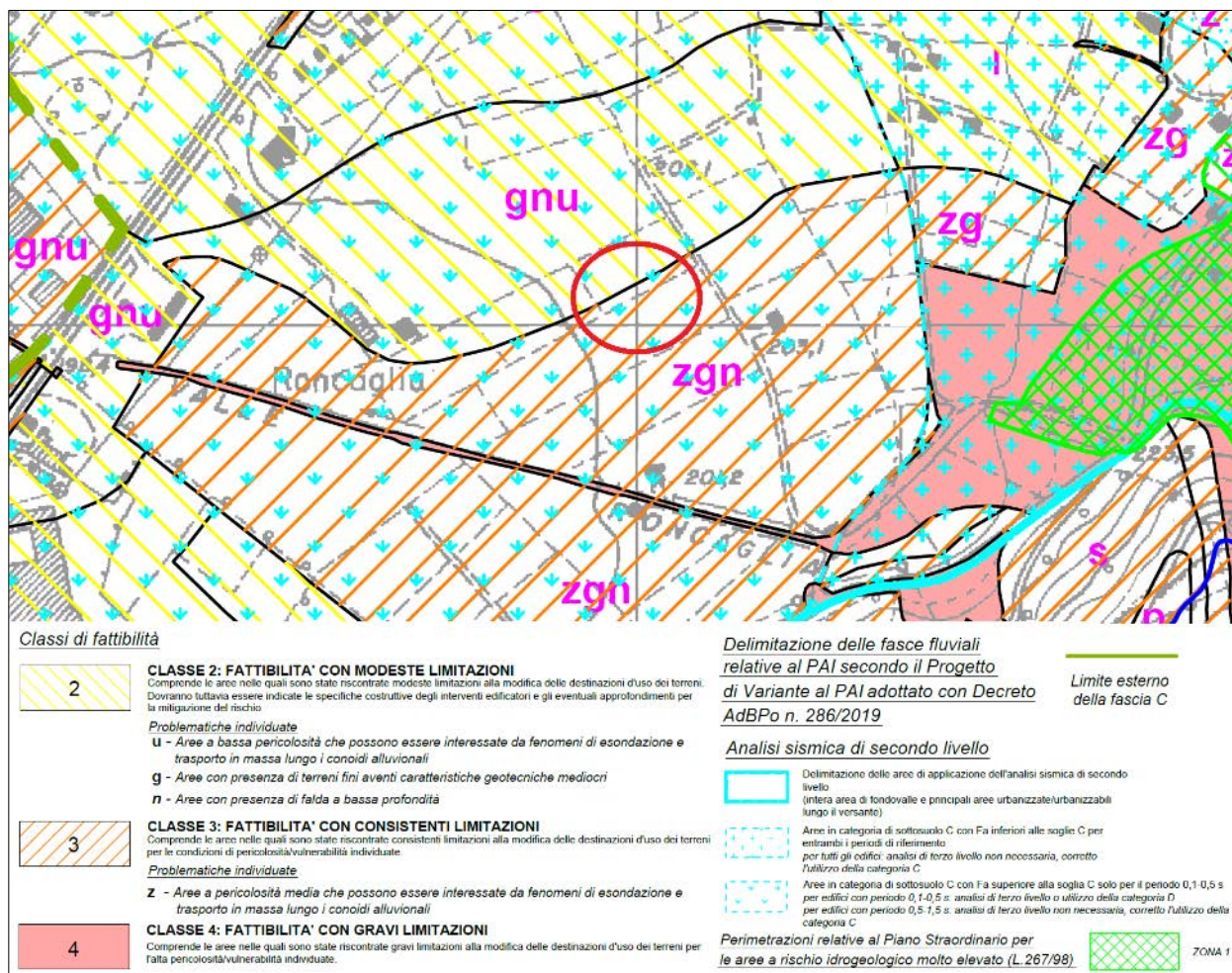


Fig. 25 - Stralcio della “Carta di Fattibilità delle azioni di piano” (Tav. 7c – Nov. 2020), allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale, con ubicazione dell'area d'interesse.

Per tali classi di Fattibilità Geologica, lo Studio Geologico allegato P.G.T. comunale prevede solo alcune limitazioni ed eventuali approfondimenti da effettuare in funzione delle specifiche costruttive degli interventi edificatori, in funzione delle sottoclassi individuate, di seguito enunciate:

- ✓ **CLASSE 3z** (Aree a pericolosità media che possono essere interessate da fenomeni di esondazione e trasporto in massa lungo i conoidi alluvionali)

Le aree appartenenti a questa sottoclasse sono caratterizzate da condizioni di pericolosità geomorfologica per potenziali fenomeni di esondazione e propagazione di eventuali colate detritico-fangose da parte dei corsi d'acqua presenti sul territorio in esame. Secondo quanto esposto all'interno delle “Norme Geologiche di piano”: “Le

condizioni di pericolosità potenziale riscontrate per queste aree in occasione degli eventi considerati nell'analisi morfologica non sono tali da escludere interventi di nuova edificazione”.

Si elencano di seguito le prescrizioni, e accorgimenti costruttivi da adottare durante la realizzazione degli interventi progettuali:

- Realizzazione delle superfici abitabili ad una quota superiore al piano campagna locale (pari ad almeno circa +1,3 m dal p.c.), conformando la superficie topografica adiacente agli edifici in modo da non consentire alle acque di esondazione o alle frazioni fluide delle colate provenienti da monte di raggiungere le superfici di utilizzo.
- Evitare la realizzazione di depressioni che possano determinare l'accumulo involontario delle acque di esondazione o di opere (sottopassi, muri di confine, rilevati) e costituire un ostacolo al deflusso delle acque.
- Eventuali locali interrati o semi-interrati, comunque non previsti tra le opere progettuali, dovranno essere realizzati in modo che non possano essere raggiunti ed allagati dalle acque di esondazione o dalle frazioni liquide delle colate, adottando accorgimenti costruttivi relativi alla disposizione dei locali e delle aperture.
- Adozione di materiali costruttivi, per la realizzazione delle opere progettuali (fondazioni, impianti elettrici, strutture ecc.) impermeabili, resistenti all'acqua e alle pressioni idrodinamiche.
- Disposizione delle opere e conformazione delle superfici esterne, in modo da mantenere la maggiore superficie libera possibile ed evitare l'accumulo ed il ristagno delle acque.
- Evitare modificazioni della superficie topografica locale che possano favorire l'accumulo ed il ristagno di acque di esondazione o che possano favorirne l'ingresso nell'area stessa. Dovrà quindi essere evitata la demolizione o l'eliminazione di elementi morfologici o di manufatti (muri di confine, terrazzamenti o rilevati artificiali) che costituiscono una barriera per le acque di esondazione. Questi elementi dovranno al contrario essere salvaguardati e mantenuti in efficienza.

Infine, oltre alle suddette prescrizioni, si specifica che è stato redatto dal sottoscritto uno *Studio di Invarianza Idraulica e Idrologica* secondo la normativa regionale vigente in materia, con lo scopo di immagazzinare e smaltire correttamente le acque meteoriche ricadenti all'interno del lotto d'interesse, relativamente alla realizzazione delle nuove superfici di trasformazione progettuali.

La realizzazione delle opere idrauliche prescritte nel suddetto studio, contribuiranno alla mitigazione di eventuali fenomeni di esondazione e di dissesto idrogeologico, nonché alla tutela dello scenario di rischio e pericolosità idrogeologica segnalata per l'area d'interesse, non aggravando il bilancio idrologico/idrogeologico di quest'ultima. È stata verificata inoltre la stabilità dell'area in oggetto; in merito è stato eseguito un rilievo geomorfologico di campo, valutando l'andamento della superficie topografica del sito come sub-pianeggiante, debolmente degradante in direzione Sud-Ovest (inclinazione <15°), escludendo fenomeni geomorfici in atto. Si specifica che alla data d'esecuzione delle indagini geognostiche, l'area di progetto risulta stabile e non presenta

fenomeni di instabilità in atto e/o potenziali. Infine, si ritiene che l'intervento di progetto non risulti in grado di modificare il valore morfologico-paesaggistico e naturalistico del territorio.

✓ **CLASSE 2u** (*Aree a bassa pericolosità che possono essere interessate da fenomeni di esondazione e trasporto in massa lungo i conoidi alluvionali*)

In questa sottoclasse si riconosce una limitazione alla modifica delle destinazioni d'uso correlata alla bassa pericolosità di fenomeni di esondazione e trasporto in massa; si rimanda pertanto alla sopracitata *Classe di Fattibilità 3z* che riguarda le medesime criticità in modo più approfondito e per le quali sono previste prescrizioni più restrittive.

✓ **CLASSE 2g** (*Aree con presenza di terreni fini aventi caratteristiche geotecniche mediocri*)

Per questa sottoclasse sono previste le tipologie di opere di progetto e per essa è stata valutata la compatibilità dell'intervento con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area, con particolare attenzione alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione ed allo spessore dei depositi a caratteristiche scadenti e/o dei materiali rimaneggiati/di riporto presenti in superficie.

In base al modello geotecnico di seguito proposto, nel presente elaborato, redatto in ottemperanza a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018, sono state indicate le unità litostratigrafiche idonee all'appoggio diretto delle strutture di fondazione dell'edificio in oggetto.

✓ **CLASSE 2n** (*Aree con presenza di falda a bassa profondità*)

Per questa sottoclasse sono consentite tutte le tipologie di intervento; la loro realizzazione è in ogni caso subordinata ad uno studio idrogeologico, rappresentato dal presente elaborato, che accerti la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee, valutando il possibile impatto sulle acque sotterranee, e che preveda, se necessario, l'adozione di accorgimenti in grado di tutelare la falda acquifera e di sistemi di controllo.

A tal proposito, le indagini geognostiche realizzate all'interno del lotto progettuale, hanno rilevato la presenza di falde acquifere superficiali a partire da circa -1,3/-2,6 m dal p.c.. Inoltre, si segnala che possibili livelli di acquiferi superficiali potrebbero essere rinvenuti anche a profondità inferiori di quelle rilevate, soprattutto in condizione di elevata alimentazione delle falde superficiali e al susseguirsi di stagioni caratterizzate da piovosità intensa e prolungata.

Per il sito di progetto sono state escluse interferenze tra le opere edificatorie, che peraltro non prevedono piani interrati, ed i livelli acquiferi rinvenuti.

In ogni caso, la salvaguardia delle risorse idriche sotterranee, dovrà essere garantita operando in cantiere mediante procedure non potenzialmente idroinquinanti e adoperando idonei materiali e tecniche costruttive per l'isolamento delle strutture di fondazione.

Si ritiene inoltre che, l'intervento di realizzazione delle opere progettuali, sia compatibile con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee, non introducendo alcun impatto sulle acque di falda, prevedendo la messa in opera delle idonee reti fognarie di smaltimento reflui e di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche.

Per queste sottoclassi sono consentite le opere di progetto previste; la loro realizzazione è subordinata alla predisposizione di una Relazione Geologica e Geotecnica, eseguita ai sensi del (D.M. 17/01/2018), rappresentata dal presente elaborato, che valuti la compatibilità dell'intervento con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area, con particolare attenzione alla stabilità dei versanti, alla regimazione delle acque superficiali ed in funzione degli eventuali interventi di messa in sicurezza del versante, accertando l'eventuale presenza di fenomeni di instabilità.

In definitiva nell'area in esame non si segnalano, per la Fattibilità Geologica assegnata e per le corrispondenti limitazioni previste, scelte progettuali e fenomeni in atto in grado di modificare le caratteristiche geologiche, idrogeologiche ed idrografiche dell'area.

Alla luce quindi del presente studio geologico e in base alla caratterizzazione geotecnica di seguito proposta, si specifica che gli interventi di progetto, se eseguiti secondo le modalità realizzative prescritte sono compatibili con lo scenario fattibilità generale previsto per l'area oggetto di studio.

Nello stesso Studio Geologico comunale si segnala la presenza, in corrispondenza dell'area d'interesse, di **Normative di vincolo** (Carta dei Vincoli – Tav. 9) correlate all'area di conoide PAI denominato "Cn": "Area di conoide non recentemente attivatori o completamente protetta" (**Fig. 26**), e considerata secondo il P.G.R.A. vigente (Dicembre 2020) come un'area esondabile con scenario raro L (P1) dell'ambito di Pericolosità RSCM.

Le prescrizioni relative a tali vincoli, sono state integrate alle normative di carattere geologico (Classe di Fattibilità **2u** e **3z**) e alla "Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano" precedentemente descritte, e alla quale si rimanda per una trattazione più approfondita.

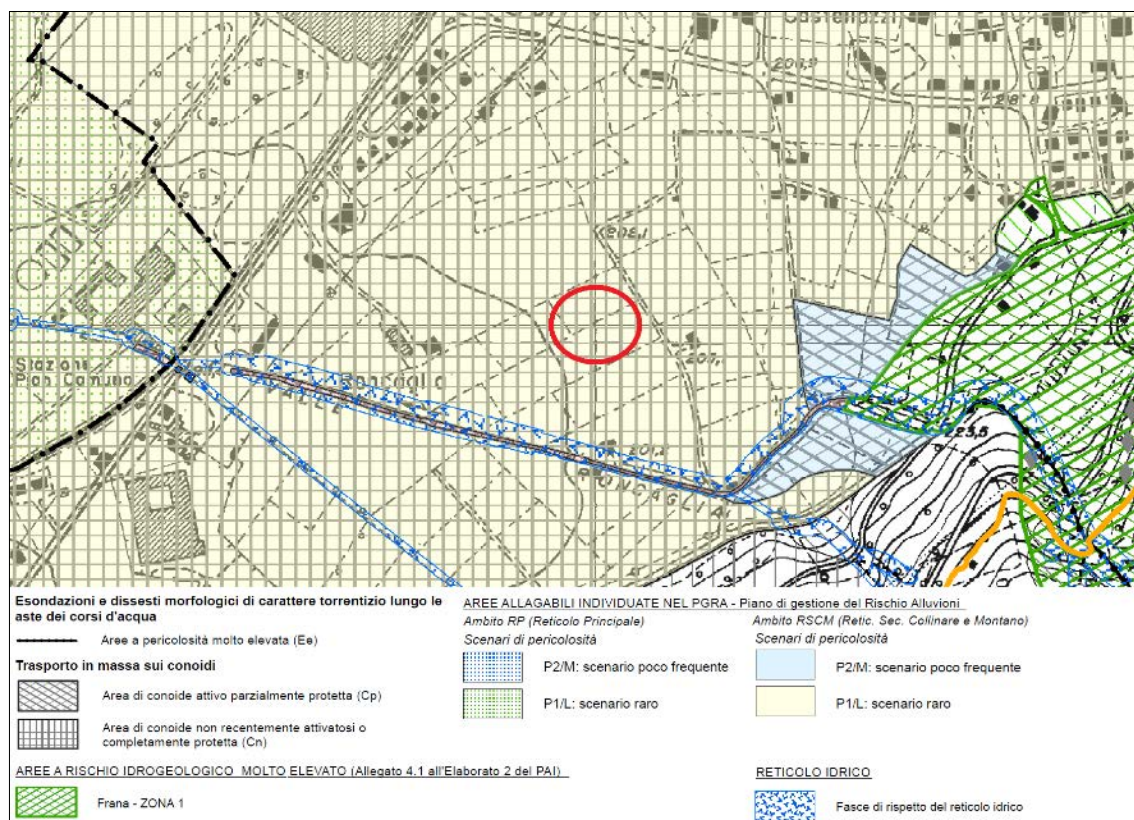


Fig. 26 - Stralcio della "Carta dei Vincoli" (Tav. 9 – Novembre 2020), allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale vigente, con ubicazione dell'area d'interesse.

B. RELAZIONE GEOTECNICA R2

6. MODELLO GEOTECNICO – VALORI CARATTERISTICI

Sulla scorta dei dati geognostici ricavati dalle indagini in sito eseguite (Prove Penetrometriche e prospezione sismica MASW+HVSr) e dall'elaborazione degli stessi, mediante formule di letteratura, sono stati individuati, da una stima ragionata e cautelativa, i valori caratteristici dei parametri geotecnici.

Viene di seguito schematizzata la successione stratigrafica delle unità geotecniche riconosciute, riportando i valori del modello geotecnico medio proposto, partendo dall'alto verso il basso e prendendo come quota di riferimento il piano campagna esistente alla data delle indagini (p.c.):

- ✓ Terreno Superficiale S (Strato 1): Terreno superficiale vegetale/rimaneggiato prevalentemente limoso-sabbioso-torbooso, scarsamente addensato.
- ✓ Unità Geotecnica A (Strato 2): Depositi di conoide alluvionale costituiti da ghiaie e sabbie sciolte, immersi in matrice limoso-argillosa, nel complesso scarsamente addensati.
- ✓ Unità Geotecnica B (Strato 3): Depositi alluvionali costituiti da ghiaie e sabbie con ciottoli in matrice limoso-argillosa, moderatamente addensati. Dai dati sismostratigrafici tale unità sembra possedere continuità fino a circa -30/-40 m dal p.c. oltre la quale si ipotizza la presenza di orizzonti maggiormente addensati correlabili alla medesima sequenza deposizionale.

PARAMETRI GEOTECNICI

Quota di riferimento p.c. generale	γ_{nat} (t/m ³)	ϕ	Dr %	E _y (kg/cm ²)	Denominazione AGI
STRATO 1	1,75	28°	25	30	Scarsamente addensato
da 0,0 a -0,6/-0,8 m					
STRATO 2	1,85	28°	40	35	Scarsamente addensato
da -0,6/-0,8 m a -7,4/-9,8 m					
STRATO 3	1,95	31°	50	50	Moderatamente addensato
Oltre -7,4/-9,8 m dal p.c.					

γ_{nat} = Peso unitario del terreno, C_u = Resistenza non drenata, ϕ = Angolo di resistenza al taglio, Dr = Densità relativa Skempton, E_y = modulo di Young per terreni granulari, E_d = modulo edometrico per terreni coesivi.

Alla luce del modello geotecnico redatto in base ai risultati delle prove penetrometriche nel sito di indagine, si ritiene di poter eseguire i calcoli geotecnici in condizioni drenate, trascurando cautelativamente la componente coesiva dei terreni di fondazione.

7. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DELLE FONDAZIONI

Il D.M. 17/01/2018 prevede che la valutazione della sicurezza del progetto sia intesa in termini di stati limite per tutte le situazioni di funzionamento ipotizzabili, così come riassunto al par 2.2.1 e 2.2.2, secondo l'approccio evidenziato al par. 6.4.2.1., definiti dalla diversa combinazione di coefficienti parziali. Il Progettista dovrà verificare che per ogni stato limite sia rispettata la condizione: $Ed \leq Rd$ (dove: Ed è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e Rd è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico).

Per la realizzazione del piano di posa della fondazione delle nuove strutture, si considera come quota d'imposta prevista +1,30 m dal p.c. (**Strato 0**), secondo la seguente stratigrafia tecnico-litologica a partire dal piano terra finito:

- **Strato 0: 1,30 m di misto stabilizzato** (da +1,3 a 0,0 m dal p.c.) costituito dalla frantumazione del misto roccioso o alluvionale, anche di seconda scelta, idoneamente miscelato con terreni a granulometria fine, per la formazione di riporto definibile "ghiaia e sabbia limoso-argillosa".
- **Strato 1:** fino a -0,6/-0,8 m dal p.c., costituito da terreni superficiali vegetali/rimaneggiati, costituiti da miscele di limi sabbiosi-torbosi con scadenti caratteristiche geotecniche.
- **Strato 2:** fino a -7,4/-9,8 m da p.c. costituito da depositi scarsamente addensati costituiti da ghiaie e sabbie sciolte, immersi in matrice limoso-argillosa.
- **Strato 3:** oltre -7,4/-9,8 m da p.c., costituito da depositi alluvionali costituiti da ghiaie e sabbie con ciottoli in matrice limoso-argillosa, nel complesso moderatamente addensati.

Nella scelta di questa ipotesi, affidata ai Tecnici progettisti, in fase di preparazione del piano di appoggio, si dovrà comunque verificare che il fondo di posa dello strato di magrone sia caratterizzato dai terreni prescritti a buone caratteristiche geotecniche. **Si consiglia infatti di stendere alla base della struttura di fondazione un idoneo spessore di materiale (almeno 1,30 m), costituito da misto granulare, idoneamente rullato o vibrocompattato.** Considerando la natura dei depositi presenti, e in accordo con quanto descritto nei capitoli precedenti, si considera per la realizzazione delle nuove fondazioni, l'utilizzo di **strutture a platea**.

Tenuto conto del significato puntuale delle indagini e della variabilità laterale che i terreni superficiali potrebbero presentare, si richiedono attente verifiche in fase di scavo e realizzazione delle opere di progetto.

Di seguito si riportano le specifiche geometrie ipotizzate e i parametri geotecnici caratteristici dei terreni di sottofondazione, considerando un piano di posa entro lo **Strato 0** prescritto, e considerando il contributo dei sottostanti *Strati 1, 2 e 3*, progressivamente da scadenti a discrete caratteristiche geotecniche:

Platea	
dimensioni (m)	altezza Df (m)
10,0 x 15,0	0,40

	Parametri Geotecnici	
	γ_{nat} (t/m ³)	ϕ
Strato 0	1,85	35°
<i>Strato 1</i>	1,75	28°
<i>Strato 2</i>	1,85	28°
<i>Strato 3</i>	1,95	31°

7.1 Elementi per le Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)

Il calcolo della pressione limite (Q_{lim}) è stato eseguito per carichi centrati ed in condizioni statiche e sismiche, utilizzando il criterio di **Brinch-Hansen (1970)**, considerando, cautelativamente, terreni di fondazione unicamente granulari ($\phi > 0^\circ$, $C_u = 0$), in condizioni drenate:

$$Q_{lim} = c \times N_c \times s_c \times d_c \times i_c \times b_c \times g_c + s_q \times y_1 \times D \times N_q \times d_q \times i_q \times b_q \times g_q + 0.5 \times y_2 \times B \times N_y \times s_y \times d_y \times i_y \times b_y \times g_y \text{ (per } \Phi > 0^\circ \text{)};$$

in cui:

N_c, N_q, N_y = fattori di capacità portante funzione di ϕ

s_c, s_q, s_y = fattori di forma della fondazione

d_c, d_q, d_y = fattori correttivi per l'approfondimento

i_c, i_q, i_y = fattori correttivi per carichi inclinati

g_c, g_q, g_y = fattori correttivi per fondazioni su pendio

b_c, b_q, b_y = fattori correttivi per l'inclinazione della base della fondazione

D = altezza della fondazione o del terreno di confinamento

B = lato minore della fondazione

Per le diverse geometrie delle fondazioni considerate, si ottengono i seguenti valori della Pressione limite, riassunti nella seguente tabella:

Platea	
dimensioni (m)	$Q_{lim M1}$ (kg/cm ²)
10,0 x 15,0	5,38

Per le verifiche agli stati limite ultimi (SLU) è stato utilizzato l'**APPROCCIO 2** con coefficienti parziali riferiti ad Azioni, Parametri Geotecnici e Resistenze con combinazione: A1+M1+R3. Sono state quindi valutate le **Resistenze R_d** applicando, ai valori stimati per i carichi limite, ulteriori coefficienti parziali di sicurezza (γ_R), in funzione della "combinazione" di calcolo utilizzata ($\gamma_R=2,3$). Si riassumono i valori ottenuti per la suddetta combinazione:

Platea	
dimensioni (m)	$R_d (A1+M1+R3)$ (kg/cm ²)
10,0 x 15,0	2,34

In condizioni sismiche, sono stati calcolati quindi i valori di resistenza del terreno di fondazione R_d considerando le eccentricità dei carichi dovute all'azione dei momenti agenti e alle azioni di taglio mediante il metodo proposto da Paolucci e Pecker.

Platea	
dimensioni (m)	R_d (kg/cm ²)
10,0 x 15,0	1,47

7.2 Elementi per le Verifiche agli Stati Limite d'Esercizio (SLE)

Il calcolo agli Stati Limite d'Esercizio è stato eseguito considerando i cedimenti di consolidazione immediati, utilizzando i valori di pressione di progetto di esercizio (P_{SLE}) ipotizzati in funzione delle opere di progetto.

Per le strutture di fondazione considerate e per la tipologia di terreni di fondazione esistenti, il calcolo dei cedimenti (S) è stato condotto utilizzando il metodo di **Schmertmann (1970)**, per terreni nel complesso prevalentemente granulari, utilizzando le seguenti relazioni:

$$S_{TOT} = C1 \times C2 \times Q \times DH \times \text{sommatoria}(Iz/E)$$

in cui:

Q = carico applicato alla fondazione

C1 = fattore correttivo approfondimento fondazione

C2 = fattore correttivo cedimento secondario

DH = spessore di ciascuno strato

E = modulo di deformazione dello strato

Iz = fattore di influenza del carico applicato alla fondazione

Platea		
P_{SLE} (kg/cm ²)	dimensioni (m)	S_{TOT} (mm)
0,30	10,0 x 15,0	16,5
0,40		25,2
0,50		34,0
0,60		42,7
0,70		51,5

in cui:

P_{SLE} = pressione di esercizio sulla fondazione

S_{TOT} = cedimento totale

Per i terreni di fondazione potranno essere utilizzati valori del **coefficiente di sottofondazione di Winkler (k_w) pari a 0,8 kg/cm³**.

Si rimanda a specifiche considerazioni dei *Tecnici Strutturisti* incaricati, per la valutazione della compatibilità del cedimento globale (e non differenziale) stimato, rispetto alla sovrastruttura di progetto.

In nessun caso i valori stimati (sia per le resistenze che per i cedimenti) potranno essere utilizzati per fondazioni poggianti su coltri vegetali o su livelli o lenti di materiali a caratteristiche geotecniche particolarmente scadenti o in presenza di terreno rimaneggiato dalle operazioni di scavo e/o di fenomeni di ristagno d'acqua al piano di posa.

8. SPECIFICHE DI PROGETTO E PRESCRIZIONI REALIZZATIVE

Gli interventi proposti dalla *Committenza* riguardano le opere di realizzazione di nuovi edifici residenziali, nell'ambito del Piano di Lottizzazione P.A.R. 29, in Via Battaglione Edolo, nel Comune di Pian Camuno (BS).

In fase esecutiva, le scelte progettuali ed i criteri realizzativi dovranno garantire la sicurezza e la stabilità dei luoghi, la verifica della pressione limite, delle resistenze e della pressione d'esercizio dei terreni di fondazione, nonché la compatibilità con l'assetto geomorfologico, idrogeologico ed idrografico del territorio.

In funzione del modello geologico e geotecnico redatto e dello stato dei luoghi, si riportano di seguito le principali prescrizioni da tenere in considerazione in fase esecutiva:

- a.** Dall'analisi delle verticali di prova, è stata constatata inizialmente la presenza, di un primo spessore pari a circa -0,6/-0,8 m correlabile ad uno strato vegetale superficiale/rimaneggiato (*Unità S - Strato 1*), scarsamente addensato. Da -0,6/-0,8 m a circa -7,4/-9,8 m, si rinvencono depositi di conoide alluvionale costituiti da ghiaie e sabbie sciolte, immersi in matrice limoso-argillosa, nel complesso scarsamente addensati (*Unità A - Strato 2*). Oltre -7,4/-9,8 m dal p.c. si rinvencono depositi alluvionali costituiti da ghiaie e sabbie con ciottoli in matrice limoso-argillosa, moderatamente addensati (*Unità B - Strato 3*).
- b.** Si segnala che, durante l'esecuzione delle indagini geotecniche, è stata rinvenuta una falda superficiale a partire da circa -1,3/-2,6 m di profondità dal p.c., localizzata in livelli superficiali a maggiore permeabilità. Pertanto in fase esecutiva, bisognerà tener conto che potrebbero presenti fenomeni di circolazione d'acqua a profondità anche inferiori di quelle rinvenute, soprattutto in condizione di elevata alimentazione delle falde superficiali, a causa del susseguirsi di periodi caratterizzati da piovosità intensa e prolungata.
- c.** Per la realizzazione dei piani di posa delle nuove fondazioni, si prescrive la formazione di un idoneo strato di sottofondazione che, oltre ad aumentare la pressione limite dei terreni di fondazione, garantirà la formazione finale di un piano di calpestio ad una quota posta ad almeno +1,30 m rispetto al p.c. esistente, così come prescritto dalle norme di Piano comunale.
- d.** Eventuali approfondimenti degli scavi per il piano di posa della fondazione, per eseguire operazioni di bonifica geotecnica con rimozione di un idoneo strato di terreno superficiale scadente, sono sconsigliati al fine di evitare di intercettare la falda acquifera superficiale.
- e.** Data la presenza di una falda acquifera prossima al piano campagna generale, si consiglia di installare comunque idonei sistemi di impermeabilizzazione delle strutture e, qualora lo si ritenesse opportuno, posare uno o un telo geotessuto (*tessuto non tessuto*) con funzione di separatore filtrante drenante e ripartitore dei carichi, in polipropilene o in poliestere 100%, alla base dello strato di sottofondazione granulare (*Strato 0*) prescritto. Si consiglia inoltre la posa perimetrale di sistemi di drenaggio, raccolta ed allontanamento delle acque di falda superficiali.
- f.** Nella scelta di questa ipotesi, affidata ai *Tecnici progettisti*, in fase di preparazione del piano di appoggio, si dovrà comunque verificare che il fondo non sia caratterizzato da terreni a caratteristiche geotecniche particolarmente scadenti o rimaneggiati dalle operazioni di scavo. Considerando la natura dei depositi presenti, in accordo con quanto

descritto nei capitoli precedenti e con i *Tecnici della Committenza*, si ipotizza, per la realizzazione delle nuove fondazioni l'utilizzo di **strutture a platea**.

- g.** Si rimanda in ogni caso al Progettista incaricato ogni valutazione inerente la tipologia delle fondazioni da utilizzare, soprattutto in funzione delle verifiche indicative agli Stati di Limite, Ultimi (SLU) e di Esercizio (SLE), riportate nel precedente capitolo. Si rimane altresì disponibili ad ulteriori calcoli e confronti diretti in merito alle Verifiche agli Stati Limite e per quanto concerne la valutazione dei cedimenti attesi.
- h.** Si raccomanda che in nessun caso le strutture di fondazione potranno poggiare direttamente sui livelli o lenti di materiali a caratteristiche geotecniche particolarmente scadenti (afferenti allo *Strato 1*) o in presenza di terreno rimaneggiato dalle operazioni di scavo e/o di fenomeni di ristagno d'acqua al piano di posa.
- i.** Lo strato di sottofondazione di misto stabilizzato (**Strato 0**) dovrà essere costituito dalla frantumazione del misto roccioso o alluvionale, anche di seconda scelta, idoneamente miscelato con terreni a granulometria fine, per la formazione di riporto definibile "ghiaia e sabbia limoso-argillosa". In ogni caso, in accordo con i *Tecnici Strutturisti* incaricati, bisognerà prevedere la posa del materiale, steso e compattato per strati omogenei dallo spessore di 15-20 cm mediante rulli vibranti o altre tecniche ritenute idonee, fino al raggiungimento del 95% del grado di compattazione.
- j.** La messa in opera di tale orizzonte di riporto, idoneamente realizzato, garantirebbe inizialmente (durante le fasi di rullatura per strati omogenei) una compattazione dei terreni superficiali (*Strato 1*, *Strato 2*) con scadenti caratteristiche geotecniche, agendo di fatto da precarico iniziale.
- k.** La sua corretta e accurata realizzazione risulta necessaria soprattutto per omogeneizzare quanto più possibile il piano di appoggio e il volume di terreno influenzato dalla nuova opera. Per la caratterizzazione granulometrica e fisica dei materiali sciolti impiegati per la realizzazione del sottofondo si prescrive l'utilizzo di ghiaia o breccia sabbiosa naturale, idoneamente selezionato e miscelato a formare un gruppo granulometrico omogeneo tipo A1-b della classificazione AASHO, richiamata dalle norme CNR-UNI 10006, ed eventualmente certificato dal fornitore.
- l.** Sarà cura della ditta esecutrice incaricata verificare, prima della posa dello strato di magrone, le proprietà di resistenza ed i relativi cedimenti previsti dello strato di sottofondazione, assicurandosi di aver reso quanto più omogeneo possibile il nuovo piano di appoggio.
- m.** Si consiglia di eseguire lo strato di magrone di sottofondazione e la realizzazione della fondazione stessa, alcune settimane dopo la conclusione della realizzazione dello strato di riporto prescritto. Si prevede infatti che infiltrazioni iniziali di eventuali acque, abbinate ad un passaggio continuo dei mezzi di cantiere (oltre le operazioni continue di rullatura con vibrocompattazione realizzate per strati omogenei), possa conferire allo strato di riporto il giusto grado di compattazione.
- n.** Per tutti gli sbancamenti per la formazione delle strutture di progetto e del piano di posa delle nuove fondazioni, si richiede che vengano rispettate le procedure e le precauzioni previste dalla normativa vigente in materia di sicurezza sui luoghi di lavoro (D. Lgs. n° 81/08) e per l'esecuzione degli scavi con altezza superiore a 1,5 m.

9. CONCLUSIONI

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del **D.M. 17/01/2018** e contempla i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica ivi prescritti, costituendo documento idoneo per il rilascio della concessione edilizia, sulla base del progetto ad esso allegato. Lo studio inoltre è stato condotto secondo le normative regionali vigenti e considerando la **D.G.R. 30 Novembre 2011 – n. IX/2616** “*Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio*” (art. 57 comma 1 della L.R. 11 Marzo 2005 n. 12) e secondo quanto previsto dal P.G.T. del comune di Pian Camuno (BS). Nel presente elaborato sono stati presi in considerazione i seguenti aspetti di carattere geologico e normativo:

- ✓ Sulla base del **modello geologico-geotecnico** definito, sono state individuate le unità geotecniche che costituiscono il sottosuolo di fondazione, fornendo le prescrizioni sulle procedure progettuali da adottare in merito agli interventi proposti, in funzione delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti entro l’ingombro di progetto previsto.
- ✓ Dall’analisi della cartografia allegata alle Norme di piano comunale, nell’area in esame, non si segnalano, per le classi di **Fattibilità Geologica 2 e 3**, e per le corrispondenti limitazioni previste, situazioni e fenomeni in atto in grado di modificare le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e idrografiche dell’area. Si ritiene che gli interventi di progetto, come configurati, non risultino in grado di indurre situazioni di pericolo a carattere geologico ed idrogeologico.
- ✓ Nell’area in esame, si segnala inoltre la presenza di **Normative di vincolo** correlate ad un’area di conoide PAI denominato “*Cn*”: “*Area di conoide non recentemente attivatori o completamente protetta*” e considerata secondo il P.G.R.A. vigente, come un’area esondabile con scenario raro L (P1) dell’ambito di Pericolosità RSCM. In merito si specifica che è stato redatto dal sottoscritto uno *Studio di Invarianza Idraulica e Idrologica* secondo la normativa regionale vigente in materia, con lo scopo di immagazzinare e smaltire correttamente le acque meteoriche ricadenti all’interno del lotto d’interesse, relativamente alla realizzazione delle nuove superfici di trasformazione progettuali. La realizzazione delle opere idrauliche prescritte nel suddetto studio, contribuiranno alla mitigazione di eventuali fenomeni di esondazione e di dissesto idrogeologico, nonché alla tutela dello scenario di rischio e pericolosità idrogeologica segnalata per l’area d’interesse, non aggravando il bilancio idrologico/idrogeologico di quest’ultima.
- ✓ Dal punto di vista della Pericolosità Sismica Locale l’area in esame è stata classificata, nella “Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del P.G.T.” di Pian Camuno entro lo scenario di **pericolosità sismica Z4a** “*Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi*”. Per tale scenario di pericolosità è stata eseguita un’analisi sito-specifica (I Grado di approfondimento – APP 5 secondo quanto indicato nella DGR 5001/2016) per la Stima del Fattore di Amplificazione di sito. I risultati ottenuti hanno verificato che sia per edifici con periodo T compreso tra 0,5 e 1,5 s che per edifici con periodo compreso tra 0,1 s e 0,5, si ottengono valori di F_a di sito compatibili con i valori di F_a di soglia previsti per la **categoria di sottosuolo “C”**, e che pertanto i parametri sismici della normativa sismica vigente sono sufficienti a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica (**FAC ≤ FAS**).

- ✓ È stato determinato il potenziale di liquefazione dei terreni di fondazione considerando prima le “circostanze di esclusione” dalla verifica alla liquefazione elencate al punto 7.11.3.4.2 del D.M. 17/01/2018, e in seguito applicando il II Grado di approfondimento mediante metodi semplificati (*Boulanger e Idriss - 2014*), ritenendo in ultima analisi i **terreni del sito d'interesse non soggetti a liquefazione**.
- ✓ Sono stati infine valutati diversi valori di **resistenze limite (R_d)**, ed è stata ipotizzata l'entità dei **cedimenti (S)** riferiti ad alcuni carichi di esercizio (P_{SLE}), considerando strutture di fondazione di tipo a platea, per le opere di progetto previste. Si rimanda al Progettista ogni valutazione inerente i calcoli relativi alle strutture di fondazione.

Considerando infine un certo grado di imprevedibilità intrinseco delle formazioni geologiche, si rimanda al progettista l'onere di verificare, in fase esecutiva, la rispondenza tra quanto previsto (mediante indagine per punti) e quanto effettivamente verrà riscontrato in fase realizzativa, adottando in caso idonee soluzioni progettuali.

Sulla base del quadro normativo fornito e delle caratteristiche geologico-geotecniche ed idrogeologiche dell'area in oggetto, gli interventi di realizzazione di nuovi edifici residenziali, se eseguiti secondo le indicazioni e le prescrizioni riportate nel presente studio, risultano compatibili con la destinazione d'uso prevista e con le Norme di Piano vigenti.

Il presente elaborato è conforme a quanto previsto dalle nuove normative regionali in materia di vigilanza sulle costruzioni in zone sismiche (**L.R. 33/2015, D.G.R. 5001/2016**) e aggiornamento della classificazione sismica regionale (**DGR 2129/2014**).

In merito alla procedura di “*deposito sismico del progetto*” (zona sismica 3), si allega la modulistica riportante i dati anagrafici del sottoscritto, il Modulo 9 di dichiarazione/asseverazione del Geologo e il Modulo 10 di dichiarazione/asseverazione dell'estensore della Relazione Geotecnica, firmati anche digitalmente per l'eventuale gestione informatica della pratica sui portali web dedicati.

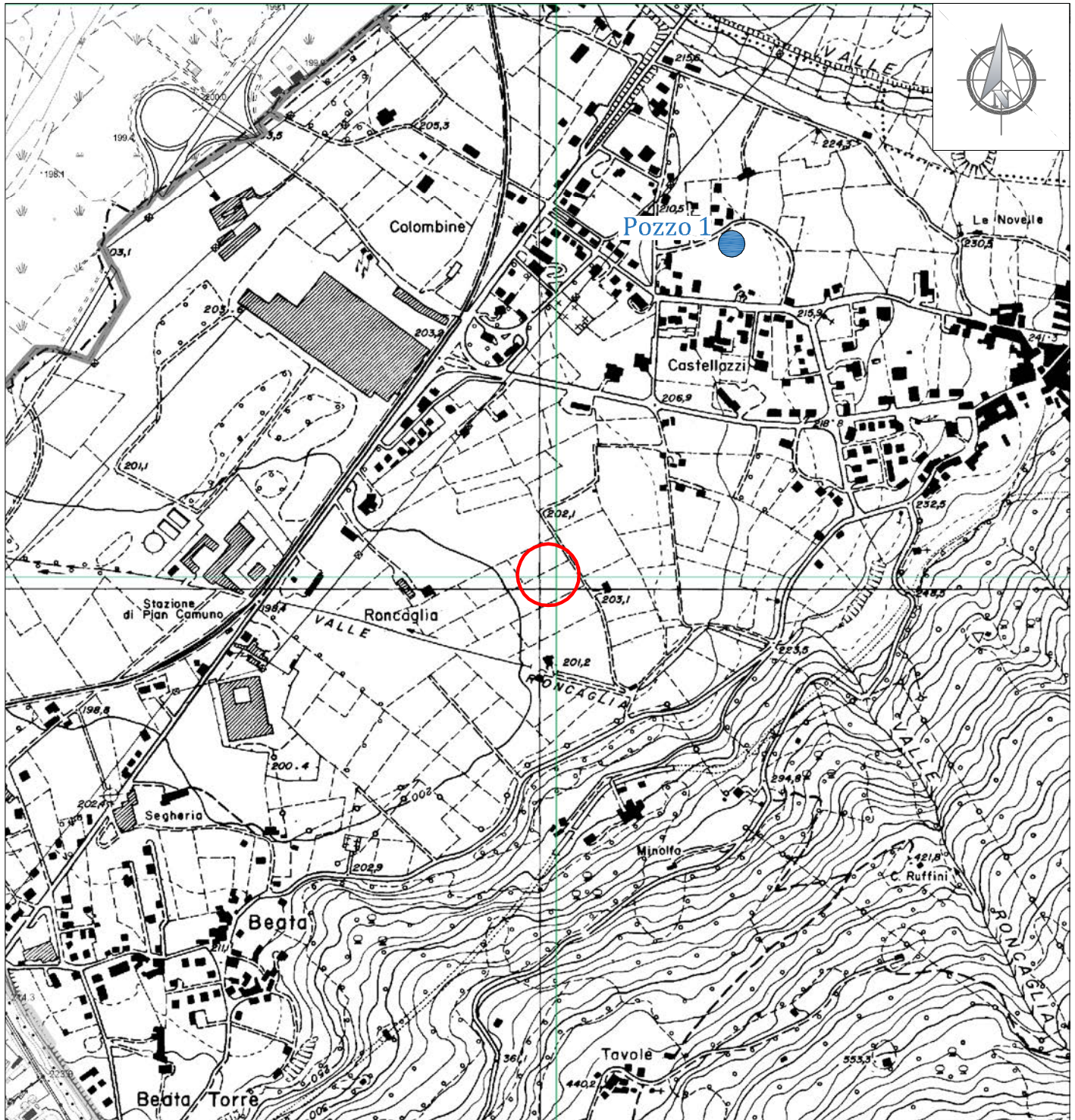
Desenzano del Garda, 21 Giugno 2022

Dott. Geol. Niccolò Crestana





COROGRAFIA CON UBICAZIONE DELL'AREA D'INDAGINE
E DEI POZZI CON STRATIGRAFIA
SCALA 1:10.000

Tav. 1



LEGENDA

 Area in esame

Pozzo 1  Pozzo con stratigrafia in allegato

PLANIMETRIA DI PROGETTO CON UBICAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE
 SCALA 1:500

Tav. 2



LEGENDA

P1



Prova penetrometrica statica CPT

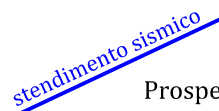
T1



Scavo esplorativo
 (*) con esecuzione prova di permeabilità
 a carico variabile



Ingombro edificio di
 progetto



Prospezione Sismica MASW

HVSr



Misura del microtremore sismico
 ambientale mediante tecnica HVSr

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT
1

Riferimento

Pian Camuno

Committente

Cantiere

 Località **Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)**

 U.M.: **kg/cm²**

 Data esec. **30/05/2022**

 Pagina **1**

Elaborato

 Falda **-1,90 m** da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00			15,20	27,0	66,0		27,00	1,73	16	6,4
0,40	0,0	0,0		0,00	1,33	0		15,40	18,0	44,0		18,00	0,93	19	5,2
0,60	37,0	57,0		37,00	1,60	23	4,3	15,60	21,0	35,0		21,00	1,33	16	6,3
0,80	30,0	54,0		30,00	1,20	25	4,0	15,80	17,0	37,0		17,00	1,53	11	9,0
1,00	10,0	28,0		10,00	0,73	14	7,3	16,00	22,0	45,0		22,00			
1,20	6,0	17,0		6,00	1,13	5	18,8								
1,40	9,0	26,0		9,00	0,40	23	4,4								
1,60	12,0	18,0		12,00	0,60	20	5,0								
1,80	6,0	15,0		6,00	0,47	13	7,8								
2,00	10,0	17,0		10,00	0,87	11	8,7								
2,20	14,0	27,0		14,00	0,67	21	4,8								
2,40	15,0	25,0		15,00	0,80	19	5,3								
2,60	12,0	24,0		12,00	0,53	23	4,4								
2,80	10,0	18,0		10,00	0,47	21	4,7								
3,00	12,0	19,0		12,00	1,00	12	8,3								
3,20	22,0	37,0		22,00	0,67	33	3,0								
3,40	23,0	33,0		23,00	1,00	23	4,3								
3,60	15,0	30,0		15,00	0,53	28	3,5								
3,80	22,0	30,0		22,00	1,33	17	6,0								
4,00	10,0	30,0		10,00	0,87	11	8,7								
4,20	11,0	24,0		11,00	0,60	18	5,5								
4,40	21,0	30,0		21,00	1,33	16	6,3								
4,60	15,0	35,0		15,00	0,40	38	2,7								
4,80	34,0	40,0		34,00	0,47	72	1,4								
5,00	13,0	20,0		13,00	1,20	11	9,2								
5,20	20,0	38,0		20,00	0,67	30	3,4								
5,40	7,0	17,0		7,00	0,47	15	6,7								
5,60	5,0	12,0		5,00	0,27	19	5,4								
5,80	6,0	10,0		6,00	0,33	18	5,5								
6,00	8,0	13,0		8,00	0,53	15	6,6								
6,20	8,0	16,0		8,00	0,60	13	7,5								
6,40	6,0	15,0		6,00	0,40	15	6,7								
6,60	13,0	19,0		13,00	0,67	19	5,2								
6,80	11,0	21,0		11,00	0,87	13	7,9								
7,00	12,0	25,0		12,00	0,67	18	5,6								
7,20	13,0	23,0		13,00	0,80	16	6,2								
7,40	13,0	25,0		13,00	0,60	22	4,6								
7,60	17,0	26,0		17,00	0,73	23	4,3								
7,80	19,0	30,0		19,00	1,13	17	5,9								
8,00	13,0	30,0		13,00	0,53	25	4,1								
8,20	8,0	16,0		8,00	0,60	13	7,5								
8,40	24,0	33,0		24,00	0,60	40	2,5								
8,60	24,0	33,0		24,00	1,47	16	6,1								
8,80	19,0	41,0		19,00	1,20	16	6,3								
9,00	21,0	39,0		21,00	1,33	16	6,3								
9,20	13,0	33,0		13,00	1,27	10	9,8								
9,40	30,0	49,0		30,00	1,40	21	4,7								
9,60	16,0	37,0		16,00	0,87	18	5,4								
9,80	27,0	40,0		27,00	1,00	27	3,7								
10,00	22,0	37,0		22,00	1,13	19	5,1								
10,20	36,0	53,0		36,00	2,00	18	5,6								
10,40	12,0	42,0		12,00	0,60	20	5,0								
10,60	58,0	67,0		58,00	1,53	38	2,6								
10,80	45,0	68,0		45,00	1,60	28	3,6								
11,00	48,0	72,0		48,00	0,93	52	1,9								
11,20	46,0	60,0		46,00	1,60	29	3,5								
11,40	13,0	37,0		13,00	0,67	19	5,2								
11,60	12,0	22,0		12,00	1,00	12	8,3								
11,80	27,0	42,0		27,00	1,20	23	4,4								
12,00	26,0	44,0		26,00	1,13	23	4,3								
12,20	22,0	39,0		22,00	2,13	10	9,7								
12,40	48,0	80,0		48,00	1,47	33	3,1								
12,60	30,0	52,0		30,00	2,27	13	7,6								
12,80	65,0	99,0		65,00	1,33	49	2,0								
13,00	46,0	66,0		46,00	1,67	28	3,6								
13,20	27,0	52,0		27,00	1,53	18	5,7								
13,40	22,0	45,0		22,00	1,53	14	7,0								
13,60	60,0	83,0		60,00	1,13	53	1,9								
13,80	33,0	50,0		33,00	1,60	21	4,8								
14,00	37,0	61,0		37,00	2,20	17	5,9								
14,20	24,0	57,0		24,00	1,47	16	6,1								
14,40	19,0	41,0		19,00	1,80	11	9,5								
14,60	38,0	65,0		38,00	1,80	21	4,7								
14,80	17,0	44,0		17,00	1,47	12	8,6								
15,00	33,0	55,0		33,00	2,60	13	7,9								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta

fs = resistenza laterale

0,20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT
1

Riferimento

Pian Camuno

Committente

Cantiere

 Località **Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)**

 U.M.: **kg/cm²**

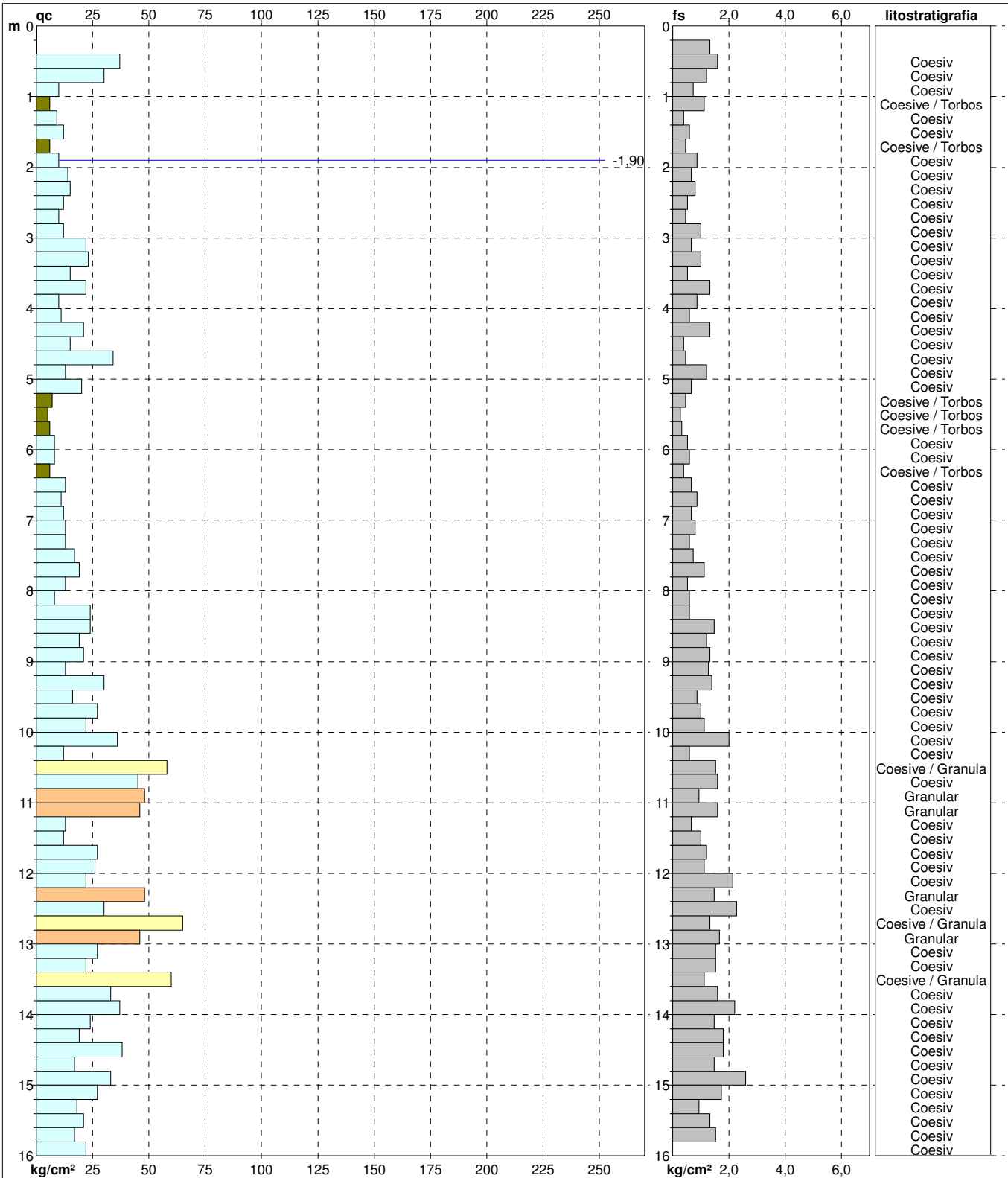
 Scala: **1:80**

 Pagina **1**

Elaborato

 Data esec. **30/05/2022**

Quota inizio:

 Falda **-1,90 m** da p.c.

 Litology: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**

 Penetrometro: **TG63-200Stat**

Responsabile:

Assistente:

 preforo **m**

 Corr.astine: **kg/ml**

Cod. tip:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT
1

Riferimento

Pian Camuno

Committente

Cantiere

 Località **Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)**

 U.M.: **kg/cm²**

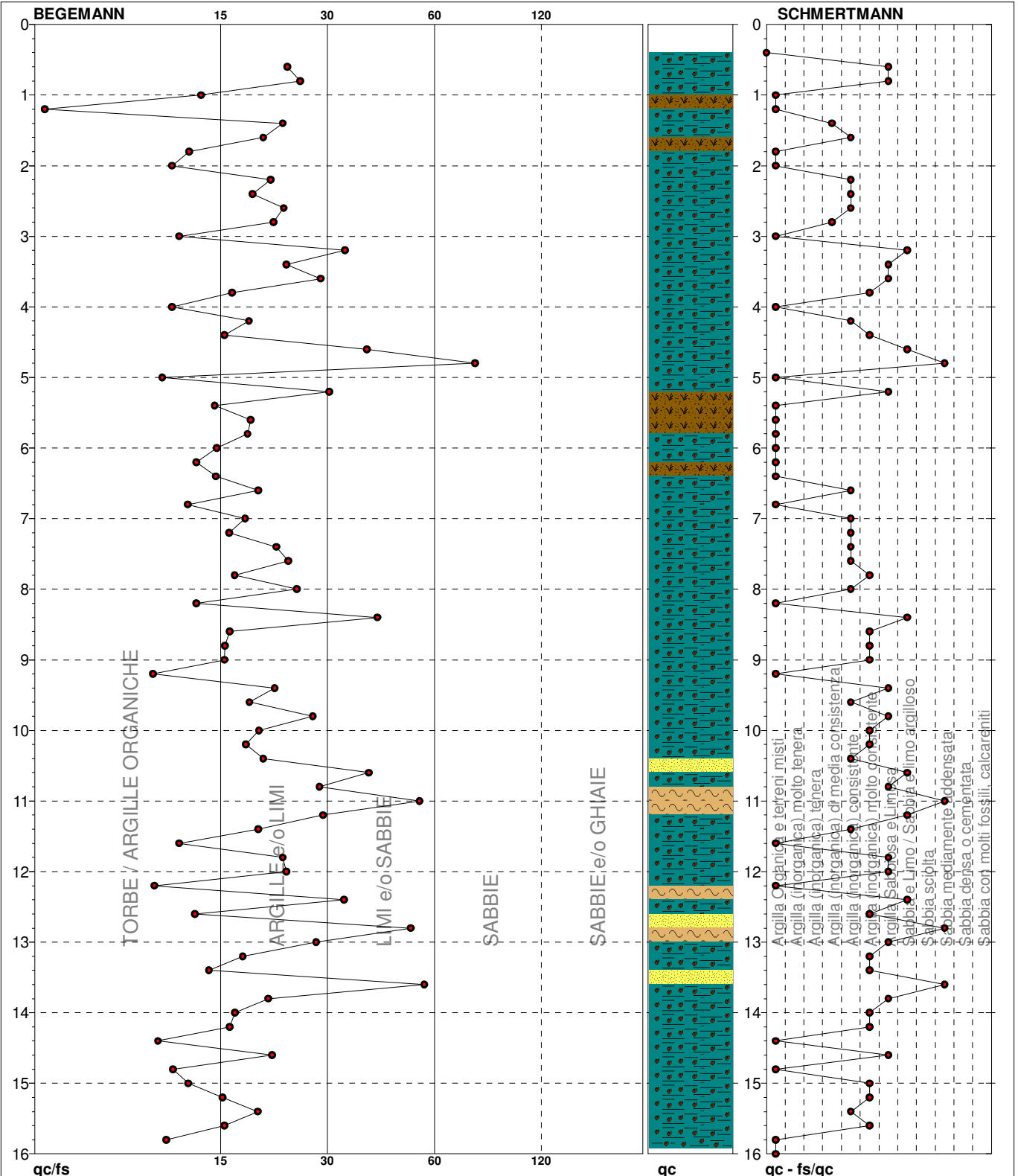
 Scala: **1:80**

 Pagina **1**

Elaborato

Data esec.

30/05/2022

 Falda **-1,90 m** da p.c.


TORBE / ARGILLE ORGANICHE 20 punti, 28,75%
 ARGILLE e/o LIMI 47 punti, 58,75%
 LIMI e/o SABBIE 8 punti, 10,00%
 SABBIE 1 punti, 1,25%

Argilla Organica e terreni misti
 Argilla (inorganica) di media consistenza
 Argilla (inorganica) consistente
 Argilla (inorganica) molto consistente

21 punti, 26,25%
 2 punti, 2,50%
 15 punti, 18,75%
 16 punti, 20,00%

Argilla Sabbiosa e Limosa
 Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso
 Sabbia mediamente addensata

13 punti, 16,25%
 6 punti, 7,50%
 4 punti, 5,00%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT**1**

Riferimento

Pian Camuno

Committente

Cantiere

Località

Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)

U.M.: kg/cm²

Data esec.

30/05/2022

Pagina

1

Elaborato

Falda -1,90 m da p.c.

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	37,00	23,13	4	1,99	0,11	--	1,23	99,9	209,7	314,5	111,0	91	41	38	36	33	42	30	61,7	92,5	111,0	--	--
0,80	30,00	25,00	4	1,96	0,15	--	1,00	65,6	170,0	255,0	90,0	76	39	36	33	31	40	29	50,0	75,0	90,0	--	--
1,00	10,00	13,70	2	1,90	0,19	--	0,50	20,9	85,0	127,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	6,00	5,31	1	1,46	0,22	--	0,30	9,2	12,5	18,7	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	9,00	22,50	2	1,88	0,26	--	0,45	12,6	76,5	114,8	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	12,00	20,00	2	1,92	0,30	--	0,57	14,3	97,1	145,7	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	6,00	12,77	1	1,46	0,33	--	0,30	5,7	17,3	25,9	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	10,00	11,49	2	0,90	0,34	--	0,50	10,0	85,0	127,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	14,00	20,90	2	0,94	0,36	--	0,64	12,7	108,2	162,3	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	15,00	18,75	2	0,95	0,38	--	0,67	12,6	113,3	170,0	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	12,00	22,64	2	0,92	0,40	--	0,57	9,8	97,4	146,1	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	10,00	21,28	2	0,90	0,42	--	0,50	7,9	100,7	151,1	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	12,00	12,00	2	0,92	0,44	--	0,57	8,8	103,3	154,9	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	22,00	32,84	3	0,86	0,45	--	--	--	--	--	--	39	33	29	26	24	33	28	36,7	55,0	66,0	--	--
3,40	23,00	23,00	4	0,94	0,47	--	0,87	13,5	147,5	221,3	69,0	40	34	29	26	24	33	28	38,3	57,5	69,0	--	--
3,60	15,00	28,30	2	0,95	0,49	--	0,67	9,2	116,8	175,2	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	22,00	16,54	4	0,93	0,51	--	0,85	11,8	143,8	215,8	66,0	36	33	28	25	24	32	28	36,7	55,0	66,0	--	--
4,00	10,00	11,49	2	0,90	0,53	--	0,50	5,9	140,5	210,8	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	11,00	18,33	2	0,91	0,55	--	0,54	6,1	143,3	215,0	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	21,00	15,79	4	0,93	0,56	--	0,82	10,1	140,0	210,0	63,0	32	33	28	25	23	31	27	35,0	52,5	63,0	--	--
4,60	15,00	37,50	4	0,89	0,58	--	0,67	7,4	142,9	214,4	49,5	20	31	26	23	21	29	27	25,0	37,5	45,0	--	--
4,80	34,00	72,34	3	0,89	0,60	--	--	--	--	--	--	47	35	30	27	25	34	29	56,7	85,0	102,0	--	--
5,00	13,00	10,83	2	0,93	0,62	--	0,60	6,1	162,8	244,2	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	20,00	29,85	4	0,93	0,64	--	0,80	8,3	151,6	227,3	60,0	28	32	27	24	22	31	27	33,3	50,0	60,0	--	--
5,40	7,00	14,89	1	0,46	0,65	--	0,35	2,9	35,7	53,6	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	5,00	18,52	2	0,80	0,66	--	0,25	1,9	141,8	212,7	25,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	6,00	18,18	2	0,82	0,68	--	0,30	2,3	163,5	245,3	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	8,00	15,09	2	0,86	0,70	--	0,40	3,1	192,7	289,0	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	8,00	13,33	2	0,86	0,71	--	0,40	3,0	195,8	293,7	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	6,00	15,00	1	0,46	0,72	--	0,30	2,1	35,6	53,3	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	13,00	19,40	2	0,93	0,74	--	0,60	4,9	205,2	307,8	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	11,00	12,64	2	0,91	0,76	--	0,54	4,1	211,8	317,8	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	12,00	17,91	2	0,92	0,78	--	0,57	4,3	217,1	325,7	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	13,00	16,25	2	0,93	0,80	--	0,60	4,5	222,1	333,2	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	13,00	21,67	2	0,93	0,81	--	0,60	4,3	227,5	341,2	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	17,00	23,29	2	0,97	0,83	--	0,72	5,3	228,2	342,3	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	19,00	16,81	2	0,99	0,85	--	0,78	5,6	230,7	346,0	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	13,00	24,53	2	0,93	0,87	--	0,60	4,0	243,8	365,7	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	8,00	13,33	2	0,86	0,89	--	0,40	2,3	216,8	325,3	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	24,00	40,00	3	0,86	0,91	--	--	--	--	--	--	25	32	26	23	21	30	28	40,0	60,0	72,0	--	--
8,60	24,00	16,33	4	0,94	0,93	--	0,89	6,0	245,4	368,1	72,0	25	31	26	23	21	29	28	40,0	60,0	72,0	--	--
8,80	19,00	15,83	2	0,99	0,95	--	0,78	4,9	261,6	392,5	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	21,00	15,79	4	0,93	0,96	--	0,82	5,2	264,7	397,1	63,0	19	31	25	22	21	28	27	35,0	52,5	63,0	--	--
9,20	13,00	10,24	2	0,93	0,98	--	0,60	3,4	276,5	414,7	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	30,00	21,43	4	0,96	1,00	--	1,00	6,3	261,5	392,3	90,0	31	32	27	23	22	30	29	50,0	75,0	90,0	--	--
9,60	16,00	18,39	2	0,96	1,02	--	0,70	3,9	286,6	429,9	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	27,00	27,00	4	0,95	1,04	--	0,95	5,6	280,8	421,1	81,0	26	32	26	23	21	29	28	45,0	67,5	81,0	--	--
10,00	22,00	19,47	4	0,93	1,06	--	0,85	4,7	294,1	441,1	66,0	19	31	25	22	20	28	28	36,7	55,0	66,0	--	--
10,20	36,00	18,00	4	0,99	1,08	--	1,20	7,2	268,2	402,2	108,0	35	33	27	24	23	31	30	60,0	90,0	108,0	--	--
10,40	12,00	20,00	2	0,92	1,10	--	0,57	2,8	291,6	437,5	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,60	58,00	37,91	3	0,93	1,12	--	--	--	--	--	--	51	35	29	26	25	33	31	96,7	145,0	174,0	--	--
10,80	45,00	28,13	4	1,00	1,14	--	1,50	8,9	269,0	403,6	135,0	41	34	28	25	23	32	31	75,0	112,5	135,0	--	--
11,00	48,00	51,61	3	0,91	1,15	--	--	--	--	--	--	43	34	28	25	24	32	31	80,0	120,0	144,0	--	--
11,20	46,00	28,75	4	1,01	1,17	--	1,53	8,8	278,1	417,1	138,0	41	34	28	25	23	32	31	76,7	115,0	138,0	--	--
11,40	13,00	19,40	2	0,93	1,19	--	0,60	2,7	312,7	469,0	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,60	12,00	12,00	2	0,92	1,21	--	0,57	2,5	304,5	456,8	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,80	27,00	22,50	4	0,95	1,23	--	0,95	4,5	342,9	514,3	81,0	22	31	25	22	21	29	28	45,0	67,5	81,0	--	--
12,00	26,00	23,01	4	0,95	1,25	--	0,93	4,3	348,8	523,1	78,0	20	31	25	22	20	28	28	43,3	65,0	78,0	--	--
12,20	22,00	10,33	4	0,93	1,27	--	0,85	3,8	357,1	535,6	66,0	14	30	24	21	19	27	28	36,7	55,0	66,0	--	--
12,40	48,00	32,65	3	0,91	1,29	--	--	--	--	--	--	41	34	28	25	23	31	31	80,0	120,0	144,0	--	--

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT
2

Riferimento

Pian Camuno

Committente

Cantiere

 Località **Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)**

 U.M.: **kg/cm²**

 Data esec. **30/05/2022**

 Pagina **1**

Elaborato

 Falda **-1,30 m** da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00										
0,40	0,0	0,0		0,00	0,80	0									
0,60	35,0	47,0		35,00	0,93	38	2,7								
0,80	15,0	29,0		15,00	0,87	17	5,8								
1,00	6,0	19,0		6,00	0,40	15	6,7								
1,20	9,0	15,0		9,00	0,33	27	3,7								
1,40	13,0	18,0		13,00	0,73	18	5,6								
1,60	27,0	38,0		27,00	1,33	20	4,9								
1,80	32,0	52,0		32,00	0,67	48	2,1								
2,00	40,0	50,0		40,00	1,00	40	2,5								
2,20	15,0	30,0		15,00	0,47	32	3,1								
2,40	13,0	20,0		13,00	0,73	18	5,6								
2,60	9,0	20,0		9,00	0,67	13	7,4								
2,80	10,0	20,0		10,00	0,53	19	5,3								
3,00	10,0	18,0		10,00	0,33	30	3,3								
3,20	7,0	12,0		7,00	0,53	13	7,6								
3,40	8,0	16,0		8,00	0,60	13	7,5								
3,60	11,0	20,0		11,00	0,27	41	2,5								
3,80	6,0	10,0		6,00	0,27	22	4,5								
4,00	7,0	11,0		7,00	0,33	21	4,7								
4,20	7,0	12,0		7,00	0,60	12	8,6								
4,40	11,0	20,0		11,00	0,47	23	4,3								
4,60	16,0	23,0		16,00	1,07	15	6,7								
4,80	17,0	33,0		17,00	0,33	52	1,9								
5,00	10,0	15,0		10,00	0,60	17	6,0								
5,20	6,0	15,0		6,00	0,47	13	7,8								
5,40	6,0	13,0		6,00	0,40	15	6,7								
5,60	8,0	14,0		8,00	0,93	9	11,6								
5,80	8,0	22,0		8,00	1,47	5	18,4								
6,00	10,0	32,0		10,00	0,60	17	6,0								
6,20	30,0	39,0		30,00	1,60	19	5,3								
6,40	16,0	40,0		16,00	1,07	15	6,7								
6,60	25,0	41,0		25,00	1,33	19	5,3								
6,80	36,0	56,0		36,00	1,87	19	5,2								
7,00	102,0	130,0		102,00	1,27	80	1,2								
7,20	25,0	44,0		25,00	1,07	23	4,3								
7,40	12,0	28,0		12,00	1,00	12	8,3								
7,60	18,0	33,0		18,00	0,93	19	5,2								
7,80	12,0	26,0		12,00	0,67	18	5,6								
8,00	8,0	18,0		8,00	0,33	24	4,1								
8,20	6,0	11,0		6,00	0,33	18	5,5								
8,40	5,0	10,0		5,00	0,40	13	8,0								
8,60	9,0	15,0		9,00	0,40	23	4,4								
8,80	7,0	13,0		7,00	0,73	10	10,4								
9,00	9,0	20,0		9,00	1,13	8	12,6								
9,20	13,0	30,0		13,00	0,60	22	4,6								
9,40	16,0	25,0		16,00	0,67	24	4,2								
9,60	18,0	28,0		18,00	0,93	19	5,2								
9,80	38,0	52,0		38,00	1,27	30	3,3								
10,00	12,0	31,0		12,00	1,27	9	10,6								
10,20	31,0	50,0		31,00	0,73	42	2,4								
10,40	34,0	45,0		34,00	1,00	34	2,9								
10,60	44,0	59,0		44,00	1,00	44	2,3								
10,80	52,0	67,0		52,00	1,27	41	2,4								
11,00	27,0	46,0		27,00	0,67	40	2,5								
11,20	20,0	30,0		20,00	0,93	22	4,7								
11,40	38,0	52,0		38,00	1,07	36	2,8								
11,60	24,0	40,0		24,00	0,53	45	2,2								
11,80	27,0	35,0		27,00	1,33	20	4,9								
12,00	21,0	41,0		21,00											

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta

fs = resistenza laterale

0,20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT
2

Riferimento

Pian Camuno

Committente

Cantiere

 Località **Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)**

 U.M.: **kg/cm²**

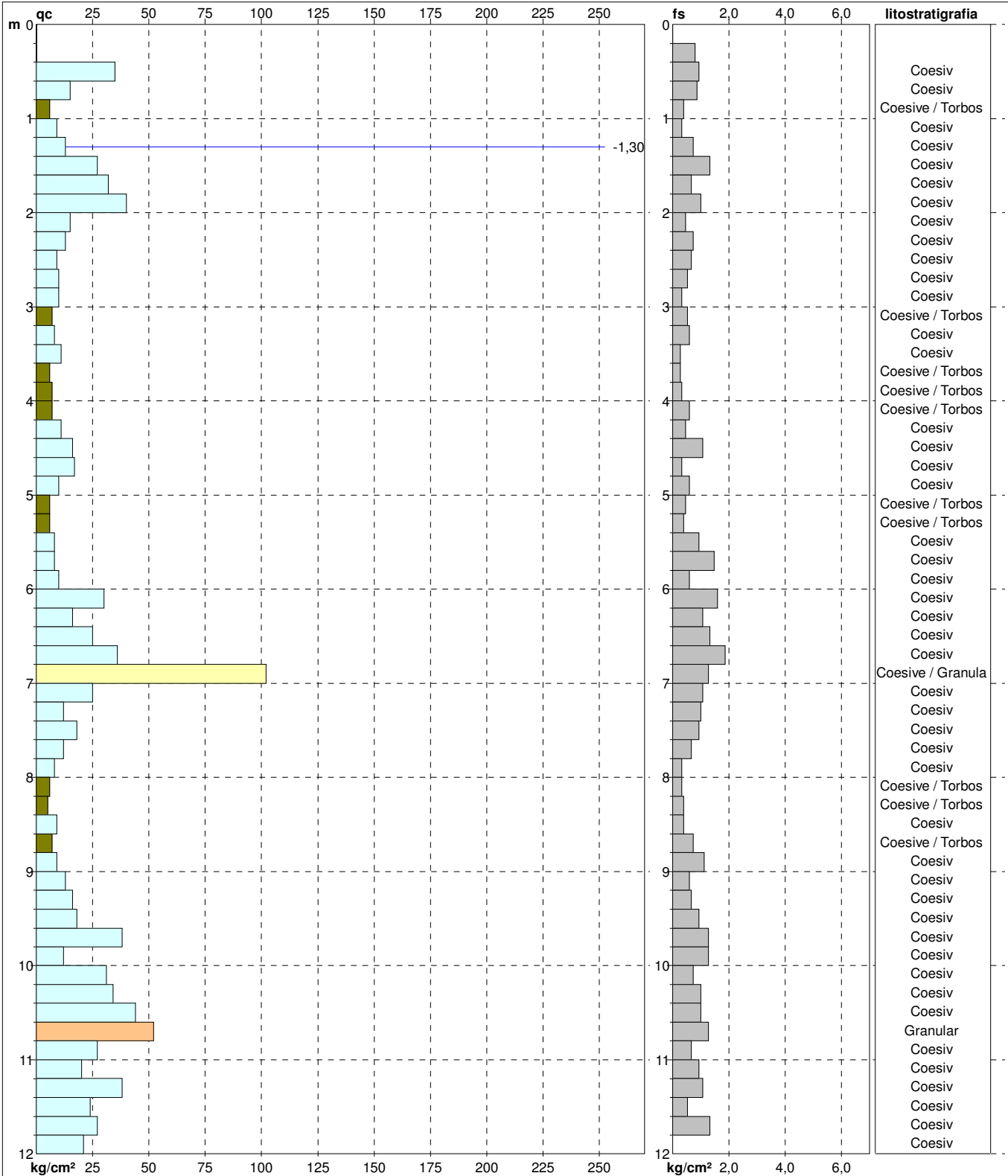
 Scala: **1:60**

 Pagina **1**

Elaborato

 Data esec. **30/05/2022**

Quota inizio:

 Falda **-1,30 m** da p.c.

 Litology: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**

 Penetro: **TG63-200Stat**

Responsabile:

Assistente:

pref. m

 Corr. astine: **kg/ml**

Cod. tip:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT
2

Riferimento

Pian Camuno

Committente

Cantiere

 Località **Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)**

 U.M.: **kg/cm²**

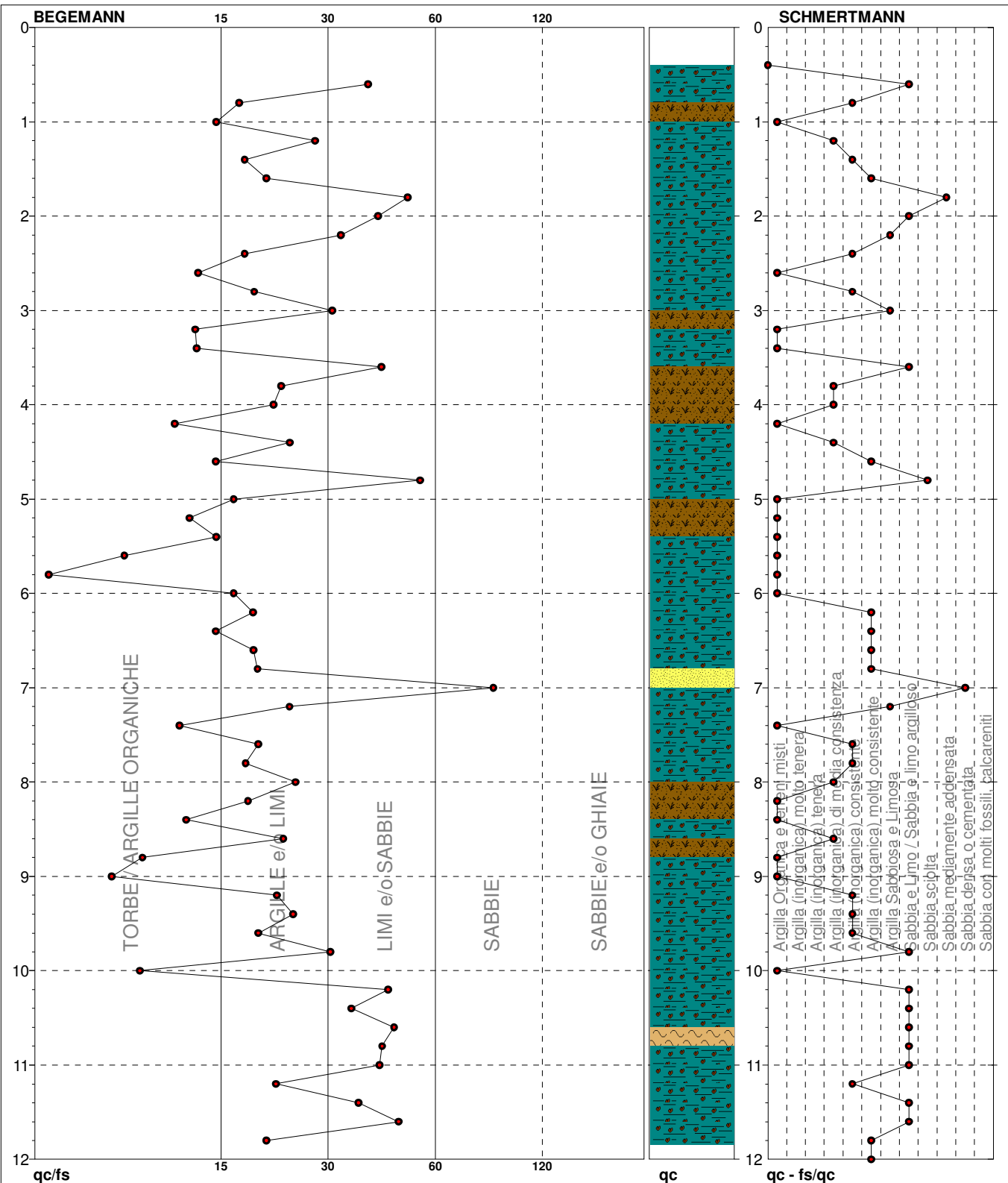
 Scala: **1:60**

 Pagina **1**

Elaborato

Data esec.

30/05/2022

 Falda **-1,30 m** da p.c.


TORBE / ARGILLE ORGANICHE	17 punti,	30,00%
ARGILLE e/o LIMI	26 punti,	43,33%
LIMI e/o SABBIE	14 punti,	23,33%
SABBIE	1 punti,	1,67%

Argilla Organica e terreni misti	17 punti,	28,33%
Argilla (inorganica) di media consistenza	6 punti,	10,00%
Argilla (inorganica) consistente	10 punti,	16,67%
Argilla (inorganica) molto consistente	7 punti,	11,67%

Argilla Sabbiosa e Limosa	3 punti,	5,00%
Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	11 punti,	18,33%
Sabbia sciolta	1 punti,	1,67%
Sabbia mediamente addensata	1 punti,	1,67%
Sabbia densa o cementata	1 punti,	1,67%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI**CPT****2**

Riferimento

Pian Camuno

Committente

Cantiere

Località

Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)U.M.: **kg/cm²**Data esec. **30/05/2022**Pagina **1**Elaborato **Falda -1,30 m da p.c.**

NATURA COESIVA							NATURA GRANULARE																
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'_{vo}	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m ³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	35,00	37,63	3	1,89	0,11	--	--	--	--	--	--	89	41	38	36	33	42	29	58,3	87,5	105,0	--	--
0,80	15,00	17,24	2	1,95	0,15	--	0,67	40,3	113,3	170,0	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	6,00	15,00	1	1,46	0,18	--	0,30	11,9	12,0	18,0	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	9,00	27,27	2	1,88	0,22	--	0,45	15,6	76,5	114,8	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	13,00	17,81	2	0,93	0,24	--	0,60	20,3	102,8	154,2	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	27,00	20,30	4	0,95	0,26	--	0,95	32,4	161,1	241,6	81,0	60	36	33	30	28	37	28	45,0	67,5	81,0	--	--
1,80	32,00	47,76	3	0,88	0,27	--	--	--	--	--	--	65	37	33	31	29	38	29	53,3	80,0	96,0	--	--
2,00	40,00	40,00	3	0,90	0,29	--	--	--	--	--	--	71	38	34	31	29	39	30	66,7	100,0	120,0	--	--
2,20	15,00	31,91	4	0,89	0,31	--	0,67	16,4	113,3	170,0	49,5	35	33	29	26	24	33	27	25,0	37,5	45,0	--	--
2,40	13,00	17,81	2	0,93	0,33	--	0,60	13,5	102,8	154,2	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	9,00	13,43	2	0,88	0,34	--	0,45	8,8	81,7	122,5	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	10,00	18,87	2	0,90	0,36	--	0,50	9,4	86,7	130,1	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	10,00	30,30	4	0,86	0,38	--	0,50	8,8	90,0	135,1	40,0	16	30	26	23	21	30	26	16,7	25,0	30,0	--	--
3,20	7,00	13,21	1	0,46	0,39	--	0,35	5,5	20,6	30,9	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	8,00	13,33	2	0,86	0,41	--	0,40	6,2	106,7	160,1	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	11,00	40,74	4	0,87	0,42	--	0,54	8,4	100,7	151,1	42,5	17	30	26	23	21	29	26	18,3	27,5	33,0	--	--
3,80	6,00	22,22	2	0,82	0,44	--	0,30	3,9	123,6	185,4	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	7,00	21,21	2	0,84	0,46	--	0,35	4,5	127,5	191,2	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	7,00	11,67	1	0,46	0,47	--	0,35	4,4	23,4	35,1	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	11,00	23,40	2	0,91	0,48	--	0,54	7,1	120,7	181,1	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	16,00	14,95	2	0,96	0,50	--	0,70	9,4	120,5	180,7	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	17,00	51,52	4	0,91	0,52	--	0,72	9,4	125,0	187,5	54,1	27	32	27	24	22	31	27	28,3	42,5	51,0	--	--
5,00	10,00	16,67	2	0,90	0,54	--	0,50	5,7	144,9	217,4	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	6,00	12,77	1	0,46	0,55	--	0,30	2,9	30,4	45,6	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	6,00	15,00	1	0,46	0,56	--	0,30	2,9	30,8	46,2	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	8,00	8,60	2	0,86	0,58	--	0,40	4,0	160,6	240,9	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	8,00	5,44	2	0,86	0,59	--	0,40	3,8	166,6	250,0	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	10,00	16,67	2	0,90	0,61	--	0,50	4,9	169,0	253,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	30,00	18,75	4	0,96	0,63	--	1,00	11,2	170,0	255,0	90,0	42	34	29	26	24	33	29	50,0	75,0	90,0	--	--
6,40	16,00	14,95	2	0,96	0,65	--	0,70	6,8	164,2	246,3	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	25,00	18,80	4	0,94	0,67	--	0,91	9,2	159,0	238,5	75,0	34	33	28	25	23	31	28	41,7	62,5	75,0	--	--
6,80	36,00	19,25	4	0,99	0,69	--	1,20	12,6	204,0	306,0	108,0	46	34	29	26	25	33	30	60,0	90,0	108,0	--	--
7,00	102,00	80,32	3	1,00	0,71	--	--	--	--	--	--	81	39	34	32	30	39	34	170,0	255,0	306,0	--	--
7,20	25,00	23,36	4	0,94	0,73	--	0,91	8,3	173,0	259,5	75,0	32	32	27	24	23	31	28	41,7	62,5	75,0	--	--
7,40	12,00	12,00	2	0,92	0,75	--	0,57	4,5	207,8	311,6	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	18,00	19,35	2	0,98	0,76	--	0,75	6,1	201,0	301,5	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	12,00	17,91	2	0,92	0,78	--	0,57	4,2	218,7	328,0	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	8,00	24,24	2	0,86	0,80	--	0,40	2,6	208,2	312,3	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	6,00	18,18	2	0,82	0,82	--	0,30	1,8	171,1	256,7	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	5,00	12,50	1	0,46	0,83	--	0,25	1,4	31,8	47,7	7,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	9,00	22,50	2	0,88	0,84	--	0,45	2,9	226,8	340,2	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	7,00	9,59	1	0,46	0,85	--	0,35	2,1	41,7	62,5	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	9,00	7,96	2	0,88	0,87	--	0,45	2,8	230,5	345,8	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	13,00	21,67	2	0,93	0,89	--	0,60	3,9	249,5	374,3	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	16,00	23,88	2	0,96	0,91	--	0,70	4,5	253,2	379,8	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	18,00	19,35	2	0,98	0,93	--	0,75	4,8	257,3	385,9	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	38,00	29,92	4	0,99	0,95	--	1,27	9,0	224,7	337,1	114,0	40	34	28	25	23	32	30	63,3	95,0	114,0	--	--
10,00	12,00	9,45	2	0,92	0,97	--	0,57	3,3	269,6	404,4	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	31,00	42,47	3	0,88	0,98	--	--	--	--	--	--	32	33	27	24	22	31	29	51,7	77,5	93,0	--	--
10,40	34,00	34,00	3	0,89	1,00	--	--	--	--	--	--	35	33	27	24	23	31	29	56,7	85,0	102,0	--	--
10,60	44,00	44,00	3	0,91	1,02	--	--	--	--	--	--	43	34	28	25	24	32	31	73,3	110,0	132,0	--	--
10,80	52,00	40,94	3	0,92	1,04	--	--	--	--	--	--	49	35	29	26	25	33	31	86,7	130,0	156,0	--	--
11,00	27,00	40,30	3	0,87	1,05	--	--	--	--	--	--	26	32	26	23	21	29	28	45,0	67,5	81,0	--	--
11,20	20,00	21,51	4	0,93	1,07	--	0,80	4,3	299,7	449,6	60,0	15	30	24	21	20	28	27	33,3	50,0	60,0	--	--
11,40	38,00	35,51	3	0,90	1,09	--	--	--	--	--	--	37	33	27	24	23	31	30	63,3	95,0	114,0	--	--
11,60	24,00	45,28	3	0,86	1,11	--	--	--	--	--	--	20	31	25	22	21	28	28	40,0	60,0	72,0	--	--
11,80	27,00	20,30	4	0,95	1,13	--	0,95	5,1	310,7	466,0	81,0	24	31	26	22	21	29	28	45,0	67,5	81,0	--	--
12,00	21,00	--	3	0,85	1,14	--	--	--	--	--	--	15	30	24	21	20	28	27	35,0	52,5	63,0	--	--

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT
3

Riferimento

Pian Camuno

Committente

Cantiere

 Località **Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)**

 U.M.: **kg/cm²**

 Data esec. **30/05/2022**

 Pagina **1**

Elaborato

 Falda **-1,60 m** da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00										
0,40	0,0	0,0		0,00	0,87	0									
0,60	28,0	41,0		28,00	0,80	35	2,9								
0,80	15,0	27,0		15,00	1,13	13	7,5								
1,00	6,0	23,0		6,00	0,53	11	8,8								
1,20	9,0	17,0		9,00	0,40	23	4,4								
1,40	7,0	13,0		7,00	0,67	10	9,6								
1,60	9,0	19,0		9,00	0,67	13	7,4								
1,80	13,0	23,0		13,00	0,47	28	3,6								
2,00	23,0	30,0		23,00	0,53	43	2,3								
2,20	20,0	28,0		20,00	1,07	19	5,4								
2,40	11,0	27,0		11,00	1,13	10	10,3								
2,60	19,0	36,0		19,00	0,87	22	4,6								
2,80	5,0	18,0		5,00	0,13	38	2,6								
3,00	3,0	5,0		3,00	0,13	23	4,3								
3,20	5,0	7,0		5,00	0,27	19	5,4								
3,40	4,0	8,0		4,00	0,33	12	8,3								
3,60	7,0	12,0		7,00	0,33	21	4,7								
3,80	12,0	17,0		12,00	0,73	16	6,1								
4,00	9,0	20,0		9,00	0,87	10	9,7								
4,20	10,0	23,0		10,00	0,60	17	6,0								
4,40	16,0	25,0		16,00	0,67	24	4,2								
4,60	13,0	23,0		13,00	0,67	19	5,2								
4,80	13,0	23,0		13,00	1,20	11	9,2								
5,00	14,0	32,0		14,00	0,60	23	4,3								
5,20	39,0	48,0		39,00	0,80	49	2,1								
5,40	8,0	20,0		8,00	0,53	15	6,6								
5,60	9,0	17,0		9,00	0,67	13	7,4								
5,80	5,0	15,0		5,00	0,53	9	10,6								
6,00	15,0	23,0		15,00	0,67	22	4,5								
6,20	8,0	18,0		8,00	0,40	20	5,0								
6,40	16,0	22,0		16,00	2,00	8	12,5								
6,60	25,0	55,0		25,00	1,40	18	5,6								
6,80	74,0	95,0		74,00	1,93	38	2,6								
7,00	107,0	136,0		107,00	1,13	95	1,1								
7,20	70,0	87,0		70,00	1,07	65	1,5								
7,40	30,0	46,0		30,00	1,07	28	3,6								
7,60	23,0	39,0		23,00	1,00	23	4,3								
7,80	19,0	34,0		19,00	1,07	18	5,6								
8,00	16,0	32,0		16,00	0,80	20	5,0								
8,20	20,0	32,0		20,00	1,00	20	5,0								
8,40	10,0	25,0		10,00	0,67	15	6,7								
8,60	7,0	17,0		7,00	0,73	10	10,4								
8,80	15,0	26,0		15,00	1,13	13	7,5								
9,00	9,0	26,0		9,00	0,33	27	3,7								
9,20	13,0	18,0		13,00	1,00	13	7,7								
9,40	13,0	28,0		13,00	0,53	25	4,1								
9,60	5,0	13,0		5,00	0,33	15	6,6								
9,80	6,0	11,0		6,00	2,20	3	36,7								
10,00	30,0	63,0		30,00	1,27	24	4,2								
10,20	35,0	54,0		35,00	1,13	31	3,2								
10,40	44,0	61,0		44,00	0,93	47	2,1								
10,60	16,0	30,0		16,00	0,80	20	5,0								
10,80	33,0	45,0		33,00	1,40	24	4,2								
11,00	18,0	39,0		18,00	1,33	14	7,4								
11,20	37,0	57,0		37,00	1,00	37	2,7								
11,40	40,0	55,0		40,00	1,20	33	3,0								
11,60	42,0	60,0		42,00	0,53	79	1,3								
11,80	33,0	41,0		33,00	1,27	26	3,8								
12,00	20,0	39,0		20,00											

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta

fs = resistenza laterale

0,20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

Pian Camuno

Falda -1,60 m da p.c.



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA **DIAGRAMMI LITOLOGIA**

CPT
3

Riferimento

Pian Camuno

Committente

Cantiere

Località **Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

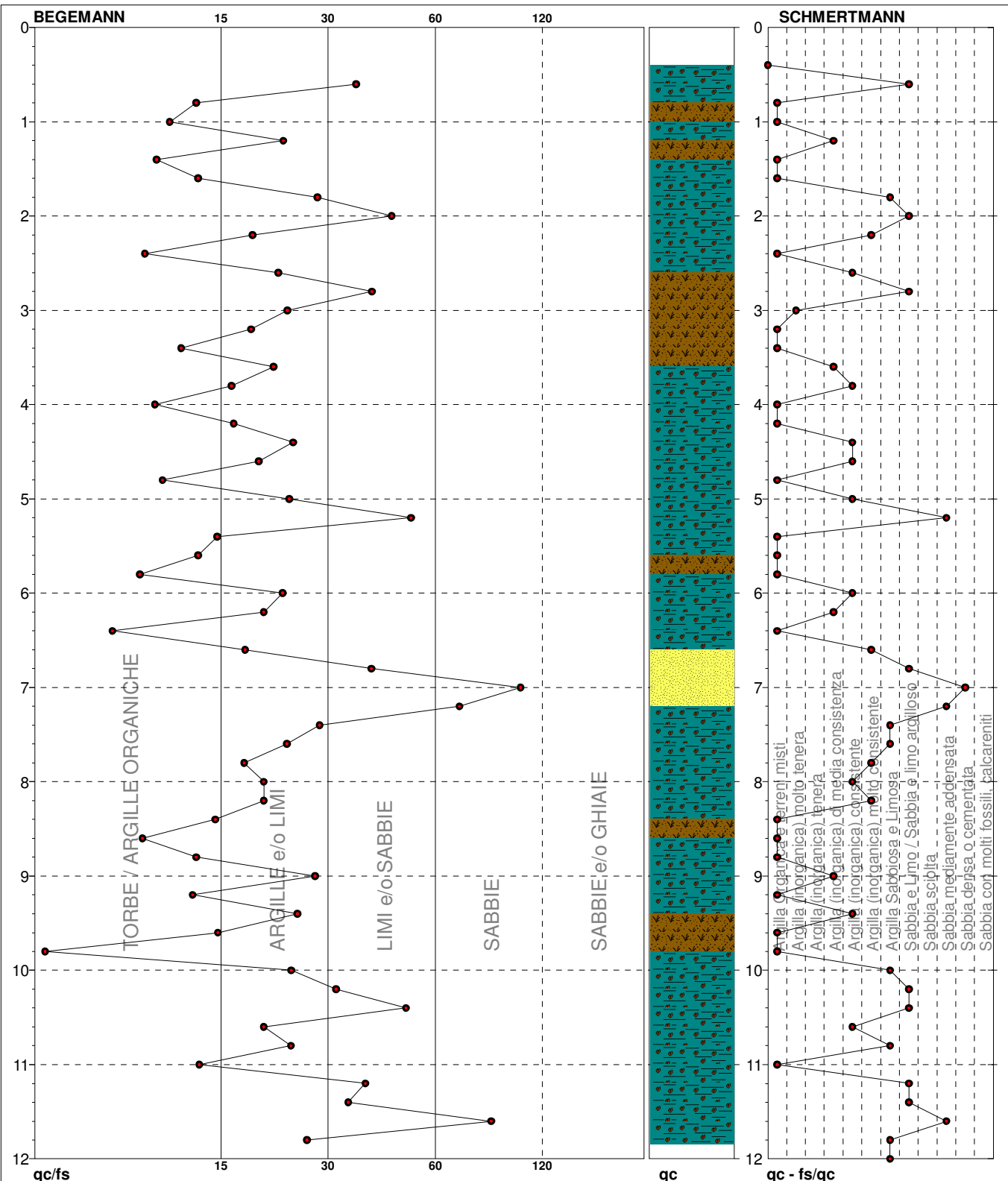
Scala: **1:60**

Pagina **1**

Elaborato

Data esec.

30/05/2022

Falda **-1,60 m** da p.c.


TORBE / ARGILLE ORGANICHE	18 punti, 31,67%	Argilla Organica e terreni misti	21 punti, 35,00%	Argilla Sabbiosa e Limosa	6 punti, 10,00%
ARGILLE e/o LIMI	28 punti, 46,67%	Argilla (inorganica) molto tenera	1 punti, 1,67%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	8 punti, 13,33%
LIMI e/o SABBIE	9 punti, 15,00%	Argilla (inorganica) di media consistenza	4 punti, 6,67%	Sabbia mediamente addensata	3 punti, 5,00%
SABBIE	3 punti, 5,00%	Argilla (inorganica) consistente	9 punti, 15,00%	Sabbia densa o cementata	1 punti, 1,67%
		Argilla (inorganica) molto consistente	4 punti, 6,67%		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT

3

Riferimento

Pian Camuno

Committente

Cantiere

Località **Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Data esec. **30/05/2022**

Pagina **1**

Elaborato **Falda -1,60 m da p.c.**

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'_{vo}	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	28,00	35,00	3	1,87	0,11	--	--	--	--	--	--	82	39	37	35	32	41	28	46,7	70,0	84,0	--	--
0,80	15,00	13,27	2	1,95	0,15	0,67	40,4	113,3	170,0	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	6,00	11,32	1	1,46	0,18	0,30	11,9	12,0	18,0	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	9,00	22,50	2	1,88	0,22	0,45	15,6	76,5	114,8	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	7,00	10,45	1	1,46	0,25	0,35	9,7	14,2	21,3	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	9,00	13,43	2	0,88	0,26	0,45	12,2	76,5	114,8	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	13,00	27,66	2	0,93	0,28	0,60	16,2	102,8	154,2	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	23,00	43,40	3	0,86	0,30	--	--	--	--	--	--	51	35	31	28	27	36	28	38,3	57,5	69,0	--	--
2,20	20,00	18,69	4	0,93	0,32	0,80	19,9	136,0	204,0	60,0	45	34	30	27	26	34	27	33,3	50,0	60,0	--	--	
2,40	11,00	9,73	2	0,91	0,34	0,54	11,3	91,2	136,8	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	19,00	21,84	2	0,99	0,36	0,78	16,6	131,8	197,8	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	5,00	38,46	4	0,81	0,37	0,25	3,8	104,8	157,2	25,0	--	28	23	19	18	26	25	8,3	12,5	15,0	--	--	
3,00	3,00	23,08	2	0,76	0,39	0,15	1,9	84,7	127,0	15,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	5,00	18,52	2	0,80	0,40	0,25	3,5	113,7	170,5	25,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	4,00	12,12	1	0,46	0,41	0,20	2,5	22,1	33,1	6,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	7,00	21,21	2	0,84	0,43	0,35	4,9	119,0	178,5	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	12,00	16,44	2	0,92	0,45	0,57	8,5	106,3	159,5	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	9,00	10,34	2	0,88	0,47	0,45	6,0	123,1	184,7	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	10,00	16,67	2	0,90	0,48	0,50	6,5	124,3	186,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	16,00	23,88	2	0,96	0,50	0,70	9,4	120,4	180,5	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	13,00	19,40	2	0,93	0,52	0,60	7,6	127,3	191,0	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	13,00	10,83	2	0,93	0,54	0,60	7,2	133,9	200,9	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	14,00	23,33	2	0,94	0,56	0,64	7,4	137,5	206,3	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	39,00	48,75	3	0,90	0,58	--	--	--	--	--	53	35	31	28	26	35	30	65,0	97,5	117,0	--	--	
5,40	8,00	15,09	2	0,86	0,59	0,40	3,8	167,1	250,7	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	9,00	13,43	2	0,88	0,61	0,45	4,3	170,8	256,2	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	5,00	9,43	1	0,46	0,62	0,25	2,0	29,9	44,9	7,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	15,00	22,39	2	0,95	0,64	0,67	6,6	163,9	245,9	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	8,00	20,00	2	0,86	0,66	0,40	3,4	184,5	276,8	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	16,00	8,00	2	0,96	0,68	0,70	6,5	174,2	261,4	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	25,00	17,86	4	0,94	0,70	0,91	8,8	164,6	247,0	75,0	33	33	28	24	23	31	28	41,7	62,5	75,0	--	--	
6,80	74,00	38,34	3	0,96	0,71	--	--	--	--	--	70	38	33	30	28	37	32	123,3	185,0	222,0	--	--	
7,00	107,00	94,69	3	1,01	0,73	--	--	--	--	--	82	39	35	32	30	39	34	178,3	267,5	321,0	--	--	
7,20	70,00	65,42	3	0,95	0,75	--	--	--	--	--	67	37	32	29	27	37	32	116,7	175,0	210,0	--	--	
7,40	30,00	28,04	4	0,96	0,77	1,00	8,7	183,1	274,6	90,0	37	33	28	25	23	32	29	50,0	75,0	90,0	--	--	
7,60	23,00	23,00	4	0,94	0,79	0,87	7,0	198,1	297,1	69,0	27	32	27	23	22	30	28	38,3	57,5	69,0	--	--	
7,80	19,00	17,76	2	0,99	0,81	0,78	5,9	215,4	323,1	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	16,00	20,00	2	0,96	0,83	0,70	5,0	228,9	343,4	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	20,00	20,00	4	0,93	0,85	0,80	5,8	226,6	339,8	60,0	21	31	25	22	21	29	27	33,3	50,0	60,0	--	--	
8,40	10,00	14,93	2	0,90	0,87	0,50	3,2	240,3	360,4	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	7,00	9,59	1	0,46	0,88	0,35	2,0	42,0	63,0	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	15,00	13,27	2	0,95	0,90	0,67	4,3	249,9	374,9	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	9,00	27,27	2	0,88	0,91	0,45	2,6	235,6	353,4	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	13,00	13,00	2	0,93	0,93	0,60	3,7	262,9	394,3	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	13,00	24,53	2	0,93	0,95	0,60	3,6	268,1	402,1	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	5,00	15,15	2	0,80	0,97	0,25	1,2	148,9	223,3	25,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	6,00	2,73	1	0,46	0,98	0,30	1,4	38,1	57,1	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	30,00	23,62	4	0,96	0,99	1,00	6,3	258,7	388,1	90,0	31	32	27	24	22	30	29	50,0	75,0	90,0	--	--	
10,20	35,00	30,97	3	0,89	1,01	--	--	--	--	--	36	33	27	24	23	31	29	58,3	87,5	105,0	--	--	
10,40	44,00	47,31	3	0,91	1,03	--	--	--	--	--	43	34	28	25	24	32	31	73,3	110,0	132,0	--	--	
10,60	16,00	20,00	2	0,96	1,05	0,70	3,8	295,8	443,7	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,80	33,00	23,57	4	0,97	1,07	1,10	6,5	275,3	413,0	99,0	32	33	27	24	22	30	29	55,0	82,5	99,0	--	--	
11,00	18,00	13,53	2	0,98	1,09	0,75	3,9	304,6	456,9	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,20	37,00	37,00	3	0,89	1,11	--	--	--	--	--	35	33	27	24	23	31	30	61,7	92,5	111,0	--	--	
11,40	40,00	33,33	3	0,90	1,12	--	--	--	--	--	38	33	28	24	23	31	30	66,7	100,0	120,0	--	--	
11,60	42,00	79,25	3	0,90	1,14	--	--	--	--	--	39	33	28	25	23	31	30	70,0	105,0	126,0	--	--	
11,80	33,00	25,98	4	0,97	1,16	1,10	5,9	309,6	464,3	99,0	30	32	26	23	22	30	29	55,0	82,5	99,0	--	--	
12,00	20,00	--	3	0,85	1,18	--	--	--	--	--	13	30	24	21	19	27	27	33,3	50,0	60,0	--	--	

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA **LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT
4

Riferimento

Pian Camuno

Committente

Cantiere

Località **Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Data esec. **30/05/2022**

Pagina **1**

Elaborato

Falda **-2,20 m** da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00										
0,40	0,0	0,0		0,00	0,67	0									
0,60	20,0	30,0		20,00	0,73	27	3,7								
0,80	34,0	45,0		34,00	1,07	32	3,1								
1,00	13,0	29,0		13,00	1,00	13	7,7								
1,20	10,0	25,0		10,00	0,93	11	9,3								
1,40	16,0	30,0		16,00	0,73	22	4,6								
1,60	26,0	37,0		26,00	0,80	33	3,1								
1,80	28,0	40,0		28,00	0,93	30	3,3								
2,00	26,0	40,0		26,00	0,87	30	3,3								
2,20	20,0	33,0		20,00	1,20	17	6,0								
2,40	31,0	49,0		31,00	0,93	33	3,0								
2,60	30,0	44,0		30,00	0,80	38	2,7								
2,80	15,0	27,0		15,00	1,40	11	9,3								
3,00	6,0	27,0		6,00	0,53	11	8,8								
3,20	4,0	12,0		4,00	0,27	15	6,8								
3,40	4,0	8,0		4,00	0,27	15	6,8								
3,60	4,0	8,0		4,00	0,67	6	16,8								
3,80	10,0	20,0		10,00	0,67	15	6,7								
4,00	10,0	20,0		10,00	0,53	19	5,3								
4,20	20,0	28,0		20,00	3,93	5	19,7								
4,40	72,0	131,0		72,00	3,53	20	4,9								
4,60	124,0	177,0		124,00	3,07	40	2,5								
4,80	66,0	112,0		66,00	1,87	35	2,8								
5,00	12,0	40,0		12,00	0,67	18	5,6								
5,20	12,0	22,0		12,00	0,67	18	5,6								
5,40	10,0	20,0		10,00	0,60	17	6,0								
5,60	9,0	18,0		9,00	1,07	8	11,9								
5,80	28,0	44,0		28,00	1,67	17	6,0								
6,00	20,0	45,0		20,00	0,67	30	3,4								
6,20	24,0	34,0		24,00	0,80	30	3,3								
6,40	23,0	35,0		23,00	1,00	23	4,3								
6,60	12,0	27,0		12,00	0,67	18	5,6								
6,80	17,0	27,0		17,00	0,80	21	4,7								
7,00	18,0	30,0		18,00	0,67	27	3,7								
7,20	27,0	37,0		27,00	1,47	18	5,4								
7,40	20,0	42,0		20,00	0,67	30	3,4								
7,60	16,0	26,0		16,00	0,73	22	4,6								
7,80	9,0	20,0		9,00	1,13	8	12,6								
8,00	11,0	28,0		11,00	0,60	18	5,5								
8,20	17,0	26,0		17,00	1,07	16	6,3								
8,40	27,0	43,0		27,00	1,07	25	4,0								
8,60	24,0	40,0		24,00	1,00	24	4,2								
8,80	13,0	28,0		13,00	0,67	19	5,2								
9,00	50,0	60,0		50,00	2,00	25	4,0								
9,20	18,0	48,0		18,00	1,20	15	6,7								
9,40	19,0	37,0		19,00	0,47	40	2,5								
9,60	23,0	30,0		23,00	0,73	32	3,2								
9,80	30,0	41,0		30,00	0,67	45	2,2								
10,00	34,0	44,0		34,00	0,87	39	2,6								
10,20	13,0	26,0		13,00	1,00	13	7,7								
10,40	43,0	58,0		43,00	1,13	38	2,6								
10,60	38,0	55,0		38,00	1,47	26	3,9								
10,80	16,0	38,0		16,00	0,93	17	5,8								
11,00	40,0	54,0		40,00	2,00	20	5,0								
11,20	30,0	60,0		30,00	2,07	14	6,9								
11,40	20,0	51,0		20,00	1,53	13	7,7								
11,60	45,0	68,0		45,00	1,73	26	3,8								
11,80	40,0	66,0		40,00	1,27	31	3,2								
12,00	39,0	58,0		39,00											

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta

fs = resistenza laterale

0,20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT
4

Riferimento

Pian Camuno

Committente

Cantiere

 Località **Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)**

 U.M.: **kg/cm²**

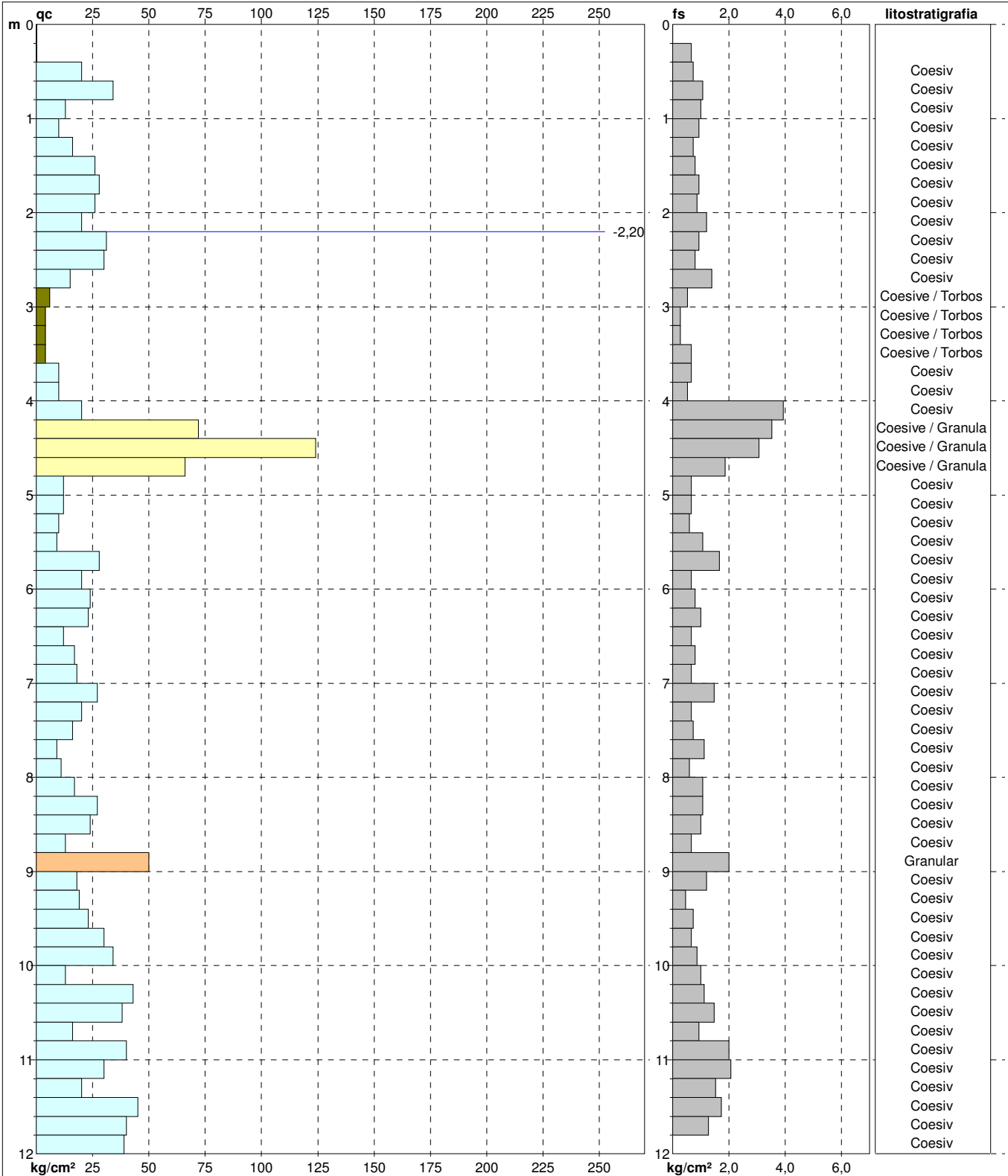
 Scala: **1:60**

 Pagina **1**

Elaborato

 Data esec. **30/05/2022**

Quota inizio:

 Falda **-2,20 m** da p.c.

 Litology: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**

 Penetro: **TG63-200Stat**

Responsabile:

Assistente:

pref. m

 Corr. astine: **kg/ml**

Cod. tip:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT
4

Riferimento

Pian Camuno

Committente

Cantiere

Località **Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)**

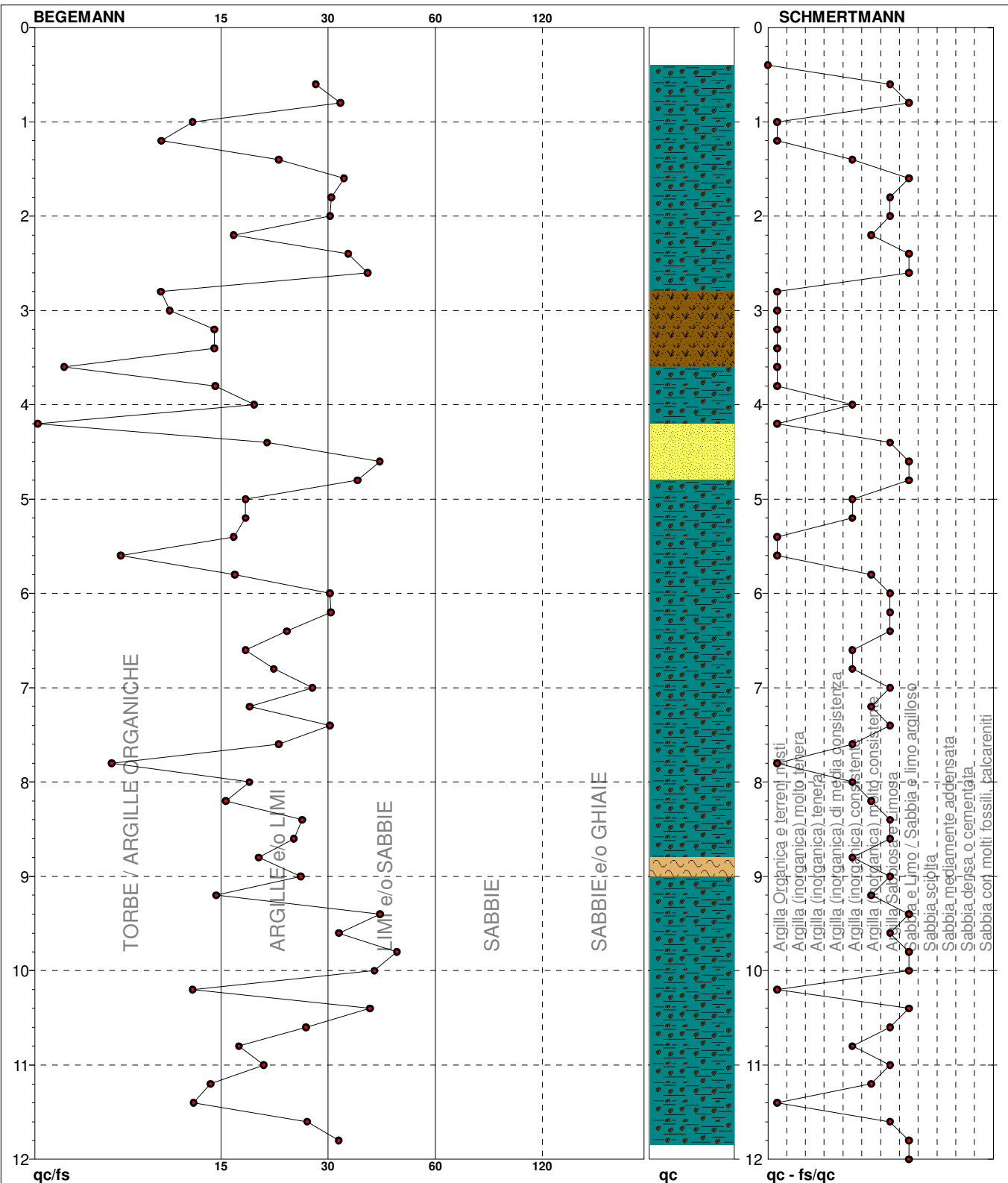
U.M.: **kg/cm²**

Scala: **1:60**

Pagina **1**

Elaborato

Data esec. **30/05/2022**

Falda **-2,20 m** da p.c.


TORBE / ARGILLE ORGANICHE 14 punti, 28,33%
ARGILLE e/o LIMI 29 punti, 48,33%
LIMI e/o SABBIE 13 punti, 21,67%

Argilla Organica e terreni misti
Argilla (inorganica) consistente
Argilla (inorganica) molto consistente

14 punti, 23,33%
10 punti, 16,67%
6 punti, 10,00%

Argilla Sabbiosa e Limosa
Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso

16 punti, 26,67%
11 punti, 18,33%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT**4**

Riferimento

Pian Camuno

Committente

Cantiere

Località **Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)**U.M.: **kg/cm²**

Data esec.

30/05/2022

Pagina

1

Elaborato

Falda -2,20 m da p.c.

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'_{vo}	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m ³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	20,00	27,40	4	1,93	0,11	--	0,80	72,9	136,0	204,0	60,0	70	38	35	33	31	40	27	33,3	50,0	60,0	--	--
0,80	34,00	31,78	3	1,89	0,15	--	--	--	--	--	--	81	39	37	34	32	41	29	56,7	85,0	102,0	--	--
1,00	13,00	13,00	2	1,93	0,19	--	0,60	26,9	102,8	154,2	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	10,00	10,75	2	1,90	0,23	--	0,50	16,9	85,0	127,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	16,00	21,92	2	1,96	0,27	--	0,70	20,9	118,3	177,4	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	26,00	32,50	3	1,87	0,30	--	--	--	--	--	--	55	36	32	29	27	36	28	43,3	65,0	78,0	--	--
1,80	28,00	30,11	3	1,87	0,34	--	--	--	--	--	--	55	36	32	29	27	36	28	46,7	70,0	84,0	--	--
2,00	26,00	29,89	4	1,95	0,38	--	0,93	19,2	157,9	236,8	78,0	49	35	31	28	26	35	28	43,3	65,0	78,0	--	--
2,20	20,00	16,67	4	0,93	0,40	--	0,80	15,0	136,0	204,0	60,0	39	33	29	26	25	33	27	33,3	50,0	60,0	--	--
2,40	31,00	33,33	3	0,88	0,42	--	--	--	--	--	--	53	35	31	28	26	35	29	51,7	77,5	93,0	--	--
2,60	30,00	37,50	3	0,88	0,43	--	--	--	--	--	--	51	35	31	28	26	35	29	50,0	75,0	90,0	--	--
2,80	15,00	10,71	2	0,95	0,45	--	0,67	10,2	113,3	170,0	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	6,00	11,32	1	0,46	0,46	--	0,30	3,7	24,3	36,5	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	4,00	14,81	1	0,46	0,47	--	0,20	2,2	23,5	35,3	6,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	4,00	14,81	1	0,46	0,48	--	0,20	2,1	23,7	35,5	6,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	4,00	5,97	1	0,46	0,49	--	0,20	2,1	23,8	35,8	6,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	10,00	14,93	2	0,90	0,51	--	0,50	6,2	133,0	199,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	10,00	18,87	2	0,90	0,52	--	0,50	5,9	139,6	209,4	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	20,00	5,09	4	0,93	0,54	--	0,80	10,2	136,0	204,0	60,0	32	32	28	25	23	31	27	33,3	50,0	60,0	--	--
4,40	72,00	20,40	4	1,03	0,56	--	2,40	38,4	408,0	612,0	216,0	75	38	34	31	29	38	32	120,0	180,0	216,0	--	--
4,60	124,00	40,39	3	1,04	0,58	--	--	--	--	--	--	92	41	36	34	31	40	35	206,7	310,0	372,0	--	--
4,80	66,00	35,29	3	0,94	0,60	--	--	--	--	--	--	70	38	33	30	28	37	32	110,0	165,0	198,0	--	--
5,00	12,00	17,91	2	0,92	0,62	--	0,57	5,6	167,4	251,1	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	12,00	17,91	2	0,92	0,64	--	0,57	5,4	173,9	260,9	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	10,00	16,67	2	0,90	0,66	--	0,50	4,5	183,7	275,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	9,00	8,41	2	0,88	0,68	--	0,45	3,8	190,5	285,7	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	28,00	16,77	4	0,96	0,70	--	0,97	9,5	166,7	250,0	84,0	37	33	28	25	23	32	28	46,7	70,0	84,0	--	--
6,00	20,00	29,85	4	0,93	0,71	--	0,80	7,2	176,8	265,2	60,0	25	31	26	23	22	30	27	33,3	50,0	60,0	--	--
6,20	24,00	30,00	4	0,94	0,73	--	0,89	8,0	175,8	263,7	72,0	31	32	27	24	23	31	28	40,0	60,0	72,0	--	--
6,40	23,00	23,00	4	0,94	0,75	--	0,87	7,5	183,7	275,5	69,0	28	32	27	24	22	30	28	38,3	57,5	69,0	--	--
6,60	12,00	17,91	2	0,92	0,77	--	0,57	4,3	214,9	322,3	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	17,00	21,25	2	0,97	0,79	--	0,72	5,6	212,5	318,7	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	18,00	26,87	2	0,98	0,81	--	0,75	5,7	216,9	325,4	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	27,00	18,37	4	0,95	0,83	--	0,95	7,4	203,2	304,7	81,0	32	32	27	24	22	31	28	45,0	67,5	81,0	--	--
7,40	20,00	29,85	4	0,93	0,85	--	0,80	5,9	225,5	338,3	60,0	21	31	25	22	21	29	27	33,3	50,0	60,0	--	--
7,60	16,00	21,92	2	0,96	0,87	--	0,70	4,8	240,1	360,2	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	9,00	7,96	2	0,88	0,88	--	0,45	2,7	232,1	348,2	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	11,00	18,33	2	0,91	0,90	--	0,54	3,3	251,9	377,8	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	17,00	15,89	2	0,97	0,92	--	0,72	4,6	256,1	384,2	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	27,00	25,23	4	0,95	0,94	--	0,95	6,3	244,1	366,2	81,0	29	32	26	23	22	30	28	45,0	67,5	81,0	--	--
8,60	24,00	24,00	4	0,94	0,96	--	0,89	5,7	257,1	385,7	72,0	24	31	26	23	21	29	28	40,0	60,0	72,0	--	--
8,80	13,00	19,40	2	0,93	0,98	--	0,60	3,4	275,0	412,5	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	50,00	25,00	4	1,01	1,00	--	1,67	11,9	283,3	425,0	150,0	48	35	29	26	25	33	31	83,3	125,0	150,0	--	--
9,20	18,00	15,00	2	0,98	1,02	--	0,75	4,3	283,9	425,9	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	19,00	40,43	4	0,92	1,03	--	0,78	4,4	288,9	433,4	58,1	14	30	24	21	20	28	27	31,7	47,5	57,0	--	--
9,60	23,00	31,51	3	0,86	1,05	--	--	--	--	--	--	20	31	25	22	21	28	28	38,3	57,5	69,0	--	--
9,80	30,00	44,78	3	0,88	1,07	--	--	--	--	--	--	29	32	26	23	22	30	29	50,0	75,0	90,0	--	--
10,00	34,00	39,08	3	0,89	1,09	--	--	--	--	--	--	33	33	27	24	22	30	29	56,7	85,0	102,0	--	--
10,20	13,00	13,00	2	0,93	1,11	--	0,60	3,0	300,6	450,9	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,40	43,00	38,05	3	0,91	1,12	--	--	--	--	--	--	40	34	28	25	23	32	30	71,7	107,5	129,0	--	--
10,60	38,00	25,85	4	0,99	1,14	--	1,27	7,1	285,0	427,6	114,0	35	33	27	24	23	31	30	63,3	95,0	114,0	--	--
10,80	16,00	17,20	2	0,96	1,16	--	0,70	3,3	325,5	488,2	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	40,00	20,00	4	1,00	1,18	--	1,33	7,3	292,5	438,7	120,0	36	33	27	24	23	31	30	66,7	100,0	120,0	--	--
11,20	30,00	14,49	4	0,96	1,20	--	1,00	5,0	331,9	497,9	90,0	26	32	26	23	21	29	29	50,0	75,0	90,0	--	--
11,40	20,00	13,07	4	0,93	1,22	--	0,80	3,7	344,5	516,7	60,0	12	30	24	20	19	27	27	33,3	50,0	60,0	--	--
11,60	45,00	26,01	4	1,00	1,24	--	1,50	8,0	298,3	447,5	135,0	39	33	28	24	23	31	31	75,0	112,5	135,0	--	--
11,80	40,00	31,50	3	0,90	1,26	--	--	--	--	--	--	35	33	27	24	22	31	30	66,7	100,0	120,0	--	--
12,00	39,00	--	3	0,90	1,28	--	--	--	--	--	--	34	33	27	24	22	30	30	65,0	97,5	117,0	--	--

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA **LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT
5

Riferimento

Pian Camuno

Committente

Cantiere

Località **Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Data eseg. **30/05/2022**

Pagina **1**

Elaborato **Falda -2,60 m da p.c.**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00										
0,40	0,0	0,0		0,00	0,60	0									
0,60	30,0	39,0		30,00	0,53	57	1,8								
0,80	28,0	36,0		28,00	1,33	21	4,8								
1,00	11,0	31,0		11,00	0,80	14	7,3								
1,20	18,0	30,0		18,00	0,73	25	4,1								
1,40	19,0	30,0		19,00	0,80	24	4,2								
1,60	17,0	29,0		17,00	0,67	25	3,9								
1,80	10,0	20,0		10,00	0,60	17	6,0								
2,00	16,0	25,0		16,00	0,53	30	3,3								
2,20	19,0	27,0		19,00	0,40	48	2,1								
2,40	10,0	16,0		10,00	0,67	15	6,7								
2,60	7,0	17,0		7,00	0,53	13	7,6								
2,80	15,0	23,0		15,00	0,47	32	3,1								
3,00	18,0	25,0		18,00	0,67	27	3,7								
3,20	11,0	21,0		11,00	0,67	16	6,1								
3,40	17,0	27,0		17,00	0,87	20	5,1								
3,60	13,0	26,0		13,00	1,13	12	8,7								
3,80	11,0	28,0		11,00	0,67	16	6,1								
4,00	10,0	20,0		10,00	0,40	25	4,0								
4,20	9,0	15,0		9,00	0,53	17	5,9								
4,40	12,0	20,0		12,00	1,67	7	13,9								
4,60	40,0	65,0		40,00	0,67	60	1,7								
4,80	43,0	53,0		43,00	0,80	54	1,9								
5,00	19,0	31,0		19,00	0,93	20	4,9								
5,20	9,0	23,0		9,00	0,73	12	8,1								
5,40	22,0	33,0		22,00	0,67	33	3,0								
5,60	9,0	19,0		9,00	0,67	13	7,4								
5,80	25,0	35,0		25,00	1,27	20	5,1								
6,00	10,0	29,0		10,00	0,80	13	8,0								
6,20	18,0	30,0		18,00	0,47	38	2,6								
6,40	16,0	23,0		16,00	0,47	34	2,9								
6,60	18,0	25,0		18,00	0,93	19	5,2								
6,80	20,0	34,0		20,00	0,60	33	3,0								
7,00	23,0	32,0		23,00	1,00	23	4,3								
7,20	34,0	49,0		34,00	0,80	43	2,4								
7,40	32,0	44,0		32,00	1,60	20	5,0								
7,60	46,0	70,0		46,00	2,13	22	4,6								
7,80	72,0	104,0		72,00	2,20	33	3,1								
8,00	72,0	105,0		72,00	2,13	34	3,0								
8,20	30,0	62,0		30,00	1,33	23	4,4								
8,40	37,0	57,0		37,00	1,13	33	3,1								
8,60	30,0	47,0		30,00	1,67	18	5,6								
8,80	28,0	53,0		28,00	1,60	18	5,7								
9,00	17,0	41,0		17,00	0,87	20	5,1								
9,20	38,0	51,0		38,00	1,13	34	3,0								
9,40	30,0	47,0		30,00	1,33	23	4,4								
9,60	16,0	36,0		16,00	0,60	27	3,8								
9,80	14,0	23,0		14,00	0,87	16	6,2								
10,00	32,0	45,0		32,00	1,00	32	3,1								
10,20	25,0	40,0		25,00	1,93	13	7,7								
10,40	18,0	47,0		18,00	1,40	13	7,8								
10,60	33,0	54,0		33,00	1,27	26	3,8								
10,80	23,0	42,0		23,00	1,67	14	7,3								
11,00	57,0	82,0		57,00	1,33	43	2,3								
11,20	55,0	75,0		55,00	1,53	36	2,8								
11,40	11,0	34,0		11,00	0,73	15	6,6								
11,60	24,0	35,0		24,00	0,80	30	3,3								
11,80	24,0	36,0		24,00	1,13	21	4,7								
12,00	23,0	40,0		23,00											

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta

fs = resistenza laterale

0,20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

Pian Camuno

Falda -2,60 m da p.c.



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT
5

Riferimento

Pian Camuno

Committente

Cantiere

Località **Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

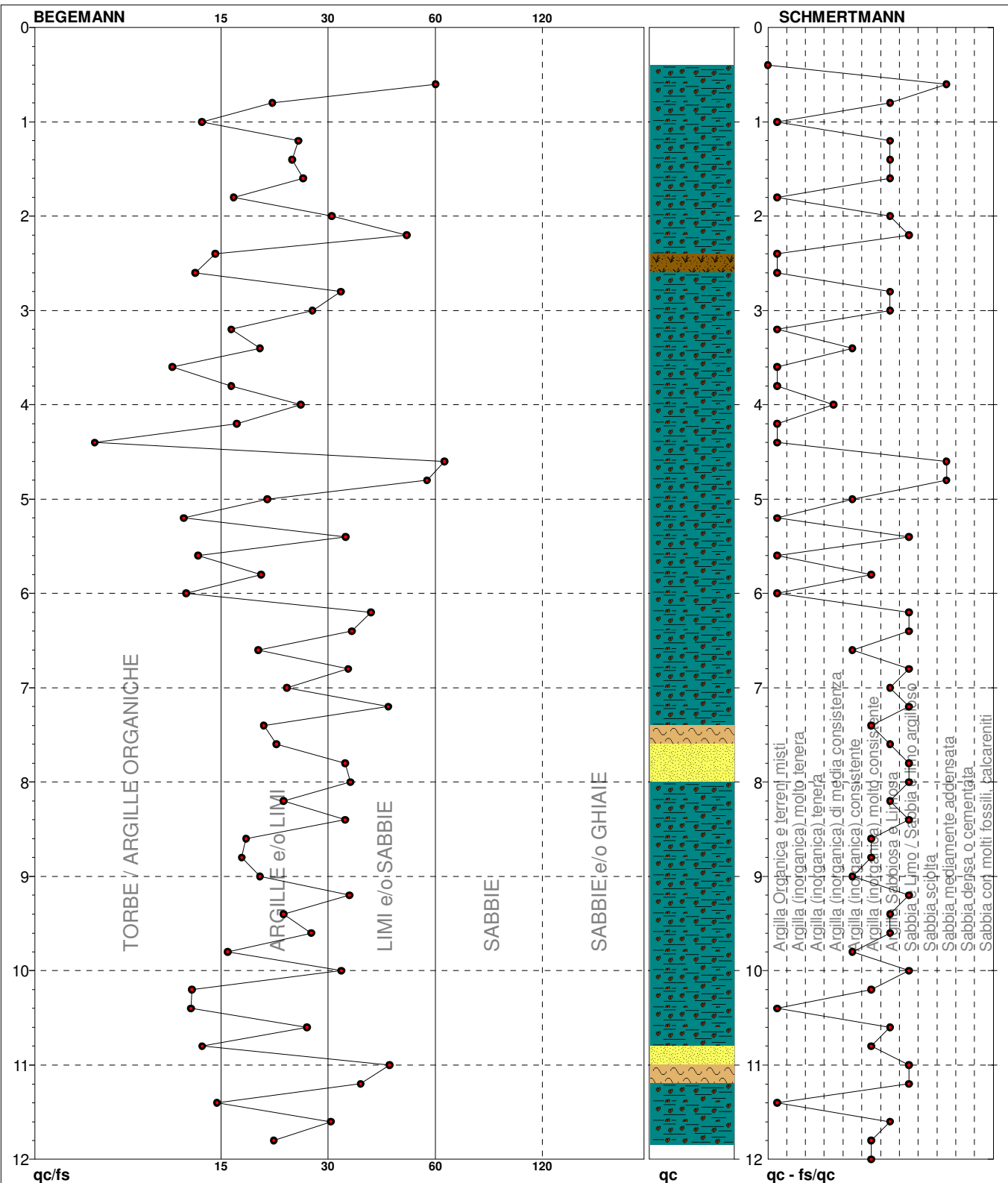
Scala: **1:60**

Pagina **1**

Elaborato

Data esec.

30/05/2022

Falda **-2,60 m** da p.c.


TORBE / ARGILLE ORGANICHE 14 punti, 21,67%
 ARGILLE e/o LIMII 28 punti, 46,67%
 LIMII e/o SABBIE 18 punti, 30,00%

Argilla Organica e terreni misti
 Argilla (inorganica) di media consistenza
 Argilla (inorganica) consistente
 Argilla (inorganica) molto consistente

14 punti, 23,33%
 1 punti, 1,67%
 5 punti, 8,33%
 7 punti, 11,67%

Argilla Sabbiosa e Limosa
 Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso
 Sabbia mediamente addensata

14 punti, 23,33%
 13 punti, 21,67%
 3 punti, 5,00%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI**CPT****5**

Riferimento

Pian Camuno

Committente

Cantiere

Località **Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)**U.M.: **kg/cm²**Data esec. **30/05/2022**Pagina **1**Elaborato **Falda -2,60 m da p.c.**

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'_{vo}	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m ³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	30,00	56,60	3	1,88	0,11	--	--	--	--	--	--	84	40	38	35	33	41	29	50,0	75,0	90,0	--	--
0,80	28,00	21,05	4	1,96	0,15	0,97	64,0	164,1	246,2	84,0	--	74	38	36	33	31	40	28	46,7	70,0	84,0	--	--
1,00	11,00	13,75	2	1,91	0,19	0,54	23,2	91,2	136,8	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	18,00	24,66	2	1,98	0,23	0,75	27,8	127,5	191,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	19,00	23,75	2	1,99	0,27	0,78	23,7	131,8	197,8	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	17,00	25,37	2	1,97	0,31	0,72	18,3	123,0	184,5	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	10,00	16,67	2	1,90	0,35	0,50	10,0	85,0	127,6	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	16,00	30,19	4	1,90	0,38	0,70	13,2	118,3	177,4	51,8	32	33	28	25	24	32	27	26,7	40,0	48,0	--	--	
2,20	19,00	47,50	4	1,92	0,42	0,78	13,4	131,8	197,8	58,1	36	33	29	26	24	33	27	31,7	47,5	57,0	--	--	
2,40	10,00	14,93	2	1,90	0,46	0,50	7,0	115,6	173,4	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	7,00	13,21	1	0,46	0,47	0,35	4,4	23,5	35,2	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	15,00	31,91	4	0,89	0,49	0,67	9,3	116,1	174,2	49,5	24	31	27	24	22	30	27	25,0	37,5	45,0	--	--	
3,00	18,00	26,87	2	0,98	0,51	0,75	10,3	127,5	191,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	11,00	16,42	2	0,91	0,52	0,54	6,5	135,6	203,5	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	17,00	19,54	2	0,97	0,54	0,72	9,0	129,0	193,5	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	13,00	11,50	2	0,93	0,56	0,60	6,9	142,3	213,4	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	11,00	16,42	2	0,91	0,58	0,54	5,7	156,2	234,3	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	10,00	25,00	2	0,90	0,60	0,50	5,0	165,3	247,9	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	9,00	16,98	2	0,88	0,62	0,45	4,2	172,2	258,4	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	12,00	7,19	2	0,92	0,64	0,57	5,5	172,1	258,1	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	40,00	59,70	3	0,90	0,65	--	--	--	--	--	--	51	35	30	27	25	34	30	66,7	100,0	120,0	--	--
4,80	43,00	53,75	3	0,91	0,67	--	--	--	--	--	--	53	35	30	27	26	34	30	71,7	107,5	129,0	--	--
5,00	19,00	20,43	2	0,99	0,69	0,78	7,3	171,2	256,8	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	9,00	12,33	2	0,88	0,71	0,45	3,6	200,0	300,0	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	22,00	32,84	3	0,86	0,73	--	--	--	--	--	--	28	32	27	24	22	30	28	36,7	55,0	66,0	--	--
5,60	9,00	13,43	2	0,88	0,74	0,45	3,4	208,6	312,8	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	25,00	19,69	4	0,94	0,76	0,91	7,8	184,1	276,2	75,0	31	32	27	24	23	31	28	41,7	62,5	75,0	--	--	
6,00	10,00	12,50	2	0,90	0,78	0,50	3,6	220,3	330,4	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	18,00	38,30	4	0,91	0,80	0,75	5,8	213,4	320,1	56,2	19	31	25	22	21	29	27	30,0	45,0	54,0	--	--	
6,40	16,00	34,04	4	0,90	0,82	0,70	5,1	224,3	336,5	51,8	14	30	25	21	20	28	27	26,7	40,0	48,0	--	--	
6,60	18,00	19,35	2	0,98	0,84	0,75	5,5	226,8	340,1	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	20,00	33,33	4	0,93	0,85	0,80	5,8	228,6	343,0	60,0	21	31	25	22	21	29	27	33,3	50,0	60,0	--	--	
7,00	23,00	23,00	4	0,94	0,87	0,87	6,2	228,4	342,6	69,0	25	31	26	23	21	30	28	38,3	57,5	69,0	--	--	
7,20	34,00	42,50	3	0,89	0,89	--	--	--	--	--	--	38	33	28	25	23	32	29	56,7	85,0	102,0	--	--
7,40	32,00	20,00	4	0,97	0,91	1,07	7,7	221,4	332,1	96,0	35	33	27	24	23	31	29	53,3	80,0	96,0	--	--	
7,60	46,00	21,60	4	1,01	0,93	1,53	11,7	260,7	391,0	138,0	47	35	29	26	24	33	31	76,7	115,0	138,0	--	--	
7,80	72,00	32,73	3	0,95	0,95	--	--	--	--	--	--	62	37	31	28	27	35	32	120,0	180,0	216,0	--	--
8,00	72,00	33,80	3	0,95	0,97	--	--	--	--	--	--	61	37	31	28	26	35	32	120,0	180,0	216,0	--	--
8,20	30,00	22,56	4	0,96	0,99	1,00	6,4	256,4	384,5	90,0	31	32	27	24	22	30	29	50,0	75,0	90,0	--	--	
8,40	37,00	32,74	3	0,89	1,01	--	--	--	--	--	--	38	33	28	25	23	31	30	61,7	92,5	111,0	--	--
8,60	30,00	17,96	4	0,96	1,02	1,00	6,1	270,0	405,0	90,0	30	32	27	23	22	30	29	50,0	75,0	90,0	--	--	
8,80	28,00	17,50	4	0,96	1,04	0,97	5,7	280,5	420,7	84,0	27	32	26	23	22	30	28	46,7	70,0	84,0	--	--	
9,00	17,00	19,54	2	0,97	1,06	0,72	3,9	298,6	447,9	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	38,00	33,63	3	0,90	1,08	--	--	--	--	--	--	37	33	27	24	23	31	30	63,3	95,0	114,0	--	--
9,40	30,00	22,56	4	0,96	1,10	1,00	5,6	297,3	446,0	90,0	28	32	26	23	22	30	29	50,0	75,0	90,0	--	--	
9,60	16,00	26,67	2	0,96	1,12	0,70	3,5	315,4	473,1	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	14,00	16,09	2	0,94	1,14	0,64	3,0	312,2	468,3	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	32,00	32,00	3	0,88	1,16	--	--	--	--	--	--	29	32	26	23	22	30	29	53,3	80,0	96,0	--	--
10,20	25,00	12,95	4	0,94	1,18	0,91	4,6	327,5	491,2	75,0	20	31	25	22	20	28	28	41,7	62,5	75,0	--	--	
10,40	18,00	12,86	2	0,98	1,19	0,75	3,5	336,9	505,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,60	33,00	25,98	4	0,97	1,21	1,10	5,5	328,3	492,4	99,0	29	32	26	23	22	30	29	55,0	82,5	99,0	--	--	
10,80	23,00	13,77	4	0,94	1,23	0,87	4,0	344,0	516,0	69,0	16	30	24	21	20	28	28	38,3	57,5	69,0	--	--	
11,00	57,00	42,86	3	0,93	1,25	--	--	--	--	--	--	47	35	29	26	24	33	31	95,0	142,5	171,0	--	--
11,20	55,00	35,95	3	0,93	1,27	--	--	--	--	--	--	46	34	28	25	24	32	31	91,7	137,5	165,0	--	--
11,40	11,00	15,07	2	0,91	1,29	0,54	2,1	297,5	446,3	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,60	24,00	30,00	4	0,94	1,31	0,89	3,9	367,0	550,4	72,0	16	30	24	21	20	28	28	40,0	60,0	72,0	--	--	
11,80	24,00	21,24	4	0,94	1,33	0,89	3,8	373,2	559,8	72,0	16	30	24	21	20	27	28	40,0	60,0	72,0	--	--	
12,00	23,00	--	3	0,86	1,34	--	--	--	--	--	--	14	30	24	21	19	27	28	38,3	57,5	69,0	--	--



CRESTANA S.r.l.s.
INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI
Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)
Cell: 347 9428449 - 349 2936733
mail: info@crestanasrls.com
web: www.crestanasrls.com
P.IVA e C.F. 03632850982

Località: Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)

DATA 30/05/2022

Committente: Sipac S.r.l.

SCAVO T1

Tecnico: Dott. Geol. N. Crestana

QUOTA INIZIO p.c.

Escavatore: Volvo ECR18E

Profondità m da p.c.	Stratigrafia	Campioni profondità da p.c.	DESCRIZIONE LITOLOGICA	VOC	Profondità m da p.c.	Prova di permeabilità a carico variabile
0,00			Terreno vegetale sabbioso limoso, asciutto, di colore marrone chiaro.			
0,60			Sabbia limoso-argillosa con livelli torbosi, asciutta, di colore marrone chiaro.			
1,60			Ghiaia e sabbia limoso-argillosa, umida, di colore grigio-azzurro.			
2,00					2,00	$K=2,55 \cdot 10^{-5}$ m/s
			Descrizione eseguita utilizzando il criterio granulometrico per le terre (AGI 1977), secondo cui il terreno viene denominato gerarchicamente con il nome della frazione con percentuale maggiore. Successivamente, la frazione gerarchicamente inferiore viene preceduta dal termine "con" se la percentuale è compresa tra il 25% e il 50%, dal suffisso "...oso" se la percentuale è compresa tra il 10% e il 25%, oppure dal suffisso "debolmente ...oso" se la percentuale è compresa tra il 5% e il 10%.			



CRESTANA S.r.l.s.
INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI
Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)
Cell: 347 9428449 - 349 2936733
mail: info@crestanasrls.com
web: www.crestanasrls.com
P.IVA e C.F. 03632850982

Località: Via Battaglione Edolo - Pian Camuno (BS)

DATA 30/05/2022

Committente: Sipac S.r.l.

SCAVO T2

Tecnico: Dott. Geol. N. Crestana

QUOTA INIZIO p.c.

Escavatore: Volvo ECR18E

Profondità m da p.c.	Stratigrafia	Campioni profondità da p.c.	DESCRIZIONE LITOLOGICA	VOC	Profondità m da p.c.	Prova di permeabilità a carico variabile
0,00			Terreno vegetale sabbioso limoso, asciutto, di colore marrone chiaro.			
0,60			Torba			
0,70			Sabbia limosa debolmente ghiaiosa, asciutta, di colore da grigio a marrone chiaro.			
1,40					1,40	$K=3,31 \cdot 10^{-6}$ m/s
			Descrizione eseguita utilizzando il criterio granulometrico per le terre (AGI 1977), secondo cui il terreno viene denominato gerarchicamente con il nome della frazione con percentuale maggiore. Successivamente, la frazione gerarchicamente inferiore viene preceduta dal termine "con" se la percentuale è compresa tra il 25% e il 50%, dal suffisso "...oso" se la percentuale è compresa tra il 10% e il 25%, oppure dal suffisso "debolmente ...oso" se la percentuale è compresa tra il 5% e il 10%.			

ALLEGATO FOTOGRAFICO



Stendimento sismico MASW



*Acquisizione del microtremore
sismico mediante tecnica HVSR*



*Acquisizione del segnale sismico
mediante Sismografo Geometrics
Mod. Geode 3-1000*



Esecuzione Prova Penetrometrica P1



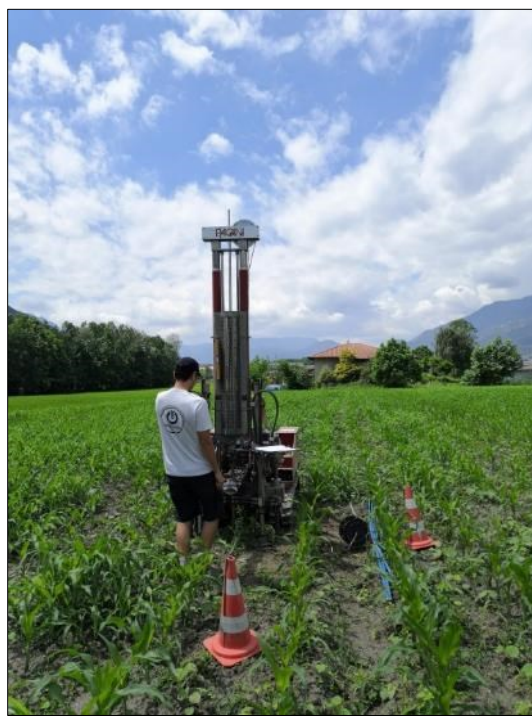
Esecuzione Prova Penetrometrica P2



Esecuzione Prova Penetrometrica P3



Esecuzione Prova Penetrometrica P4



Esecuzione Prova Penetrometrica P5



Postazione scavo esplorativo – T1






Scavo esplorativo – T1



Postazione scavo esplorativo – T2



Scavo esplorativo – T2

 ISPRA <small>Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale</small>	 Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale																																																																														
<p align="center">Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)</p>																																																																															
<p align="center">Dati generali</p> <p> Codice: 20115 Regione: LOMBARDIA Provincia: BRESCIA Comune: PIAN CAMUNO Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO IDROPOTABILE (ACQUEDOTTISTICO) Profondità (m): 80,00 Quota pc slm (m): 210,00 Anno realizzazione: 2002 Numero diametri: 2 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 85,000 Portata esercizio (l/s): 20,000 Numero falde: 0 Numero filtri: 3 Numero piezometrie: 8 Stratigrafia: SI Certificazione(*): SI Numero strati: 12 Longitudine WGS84 (dd): 10,150544 Latitudine WGS84 (dd): 45,846147 Longitudine WGS84 (dms): 10° 09' 01.96" E Latitudine WGS84 (dms): 45° 50' 46.13" N (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia </p>	<p align="center">Ubicazione indicativa dell'area d'indagine</p> 																																																																														
<p align="center">DIAMETRI PERFORAZIONE</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Progr</th> <th>Da profondità (m)</th> <th>A profondità (m)</th> <th>Lunghezza (m)</th> <th>Diametro (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,00</td> <td>40,00</td> <td>40,00</td> <td>1250</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>40,00</td> <td>80,00</td> <td>40,00</td> <td>1020</td> </tr> </tbody> </table>		Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	1	0,00	40,00	40,00	1250	2	40,00	80,00	40,00	1020																																																															
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)																																																																											
1	0,00	40,00	40,00	1250																																																																											
2	40,00	80,00	40,00	1020																																																																											
<p align="center">POSIZIONE FILTRI</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Progr</th> <th>Da profondità (m)</th> <th>A profondità (m)</th> <th>Lunghezza (m)</th> <th>Diametro (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>34,50</td> <td>46,50</td> <td>12,00</td> <td>609</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>52,50</td> <td>58,50</td> <td>6,00</td> <td>609</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>64,50</td> <td>76,50</td> <td>12,00</td> <td>609</td> </tr> </tbody> </table>		Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	1	34,50	46,50	12,00	609	2	52,50	58,50	6,00	609	3	64,50	76,50	12,00	609																																																										
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)																																																																											
1	34,50	46,50	12,00	609																																																																											
2	52,50	58,50	6,00	609																																																																											
3	64,50	76,50	12,00	609																																																																											
<p align="center">MISURE PIEZOMETRICHE</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Data rilevamento</th> <th>Livello statico (m)</th> <th>Livello dinamico (m)</th> <th>Abbassamento (m)</th> <th>Portata (l/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>feb/2002</td> <td>14,50</td> <td>14,60</td> <td>0,10</td> <td>20,000</td> </tr> <tr> <td>feb/2002</td> <td>14,50</td> <td>14,70</td> <td>0,20</td> <td>30,000</td> </tr> <tr> <td>feb/2002</td> <td>14,50</td> <td>14,80</td> <td>0,30</td> <td>40,000</td> </tr> <tr> <td>feb/2002</td> <td>14,50</td> <td>14,90</td> <td>0,40</td> <td>50,000</td> </tr> <tr> <td>feb/2002</td> <td>14,50</td> <td>15,00</td> <td>0,50</td> <td>60,000</td> </tr> <tr> <td>feb/2002</td> <td>14,50</td> <td>15,10</td> <td>0,60</td> <td>70,000</td> </tr> <tr> <td>feb/2002</td> <td>14,50</td> <td>15,20</td> <td>0,70</td> <td>80,000</td> </tr> <tr> <td>feb/2002</td> <td>14,50</td> <td>15,25</td> <td>0,75</td> <td>85,000</td> </tr> </tbody> </table>		Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)	feb/2002	14,50	14,60	0,10	20,000	feb/2002	14,50	14,70	0,20	30,000	feb/2002	14,50	14,80	0,30	40,000	feb/2002	14,50	14,90	0,40	50,000	feb/2002	14,50	15,00	0,50	60,000	feb/2002	14,50	15,10	0,60	70,000	feb/2002	14,50	15,20	0,70	80,000	feb/2002	14,50	15,25	0,75	85,000																																	
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)																																																																											
feb/2002	14,50	14,60	0,10	20,000																																																																											
feb/2002	14,50	14,70	0,20	30,000																																																																											
feb/2002	14,50	14,80	0,30	40,000																																																																											
feb/2002	14,50	14,90	0,40	50,000																																																																											
feb/2002	14,50	15,00	0,50	60,000																																																																											
feb/2002	14,50	15,10	0,60	70,000																																																																											
feb/2002	14,50	15,20	0,70	80,000																																																																											
feb/2002	14,50	15,25	0,75	85,000																																																																											
<p align="center">STRATIGRAFIA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Progr</th> <th>Da profondità (m)</th> <th>A profondità (m)</th> <th>Spessore (m)</th> <th>Età geologica</th> <th>Descrizione litologica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,00</td> <td>11,00</td> <td>11,00</td> <td></td> <td>CIOTTOLI E TROVANTI</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>11,00</td> <td>14,00</td> <td>3,00</td> <td></td> <td>ARGILLA SABBIOSA</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>14,00</td> <td>21,00</td> <td>7,00</td> <td></td> <td>SABBIA ARGILLOSA CON GHIAIETTO</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>21,00</td> <td>29,00</td> <td>8,00</td> <td></td> <td>ARGILLA SABBIOSA CON POCA GHIAIA</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>29,00</td> <td>35,00</td> <td>6,00</td> <td></td> <td>GHIAIA CON LENTI DI CONGLOMERATO</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>35,00</td> <td>38,50</td> <td>3,50</td> <td></td> <td>SABBIA CON GHIAIA E CIOTTOLI</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>38,50</td> <td>45,00</td> <td>6,50</td> <td></td> <td>SABBIA CON POCA GHIAIA</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>45,00</td> <td>61,00</td> <td>16,00</td> <td></td> <td>GHIAIA CON STRATI DI CONGLOMERATO</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>61,00</td> <td>67,00</td> <td>6,00</td> <td></td> <td>SABBIA CON GHIAIETTO</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>67,00</td> <td>74,50</td> <td>7,50</td> <td></td> <td>GHIAIA E CIOTTOLI</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>74,50</td> <td>76,50</td> <td>2,00</td> <td></td> <td>SABBIA CON GHIAIETTO</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>76,50</td> <td>80,00</td> <td>3,50</td> <td></td> <td>GHIAIA E CIOTTOLI</td> </tr> </tbody> </table>		Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica	1	0,00	11,00	11,00		CIOTTOLI E TROVANTI	2	11,00	14,00	3,00		ARGILLA SABBIOSA	3	14,00	21,00	7,00		SABBIA ARGILLOSA CON GHIAIETTO	4	21,00	29,00	8,00		ARGILLA SABBIOSA CON POCA GHIAIA	5	29,00	35,00	6,00		GHIAIA CON LENTI DI CONGLOMERATO	6	35,00	38,50	3,50		SABBIA CON GHIAIA E CIOTTOLI	7	38,50	45,00	6,50		SABBIA CON POCA GHIAIA	8	45,00	61,00	16,00		GHIAIA CON STRATI DI CONGLOMERATO	9	61,00	67,00	6,00		SABBIA CON GHIAIETTO	10	67,00	74,50	7,50		GHIAIA E CIOTTOLI	11	74,50	76,50	2,00		SABBIA CON GHIAIETTO	12	76,50	80,00	3,50		GHIAIA E CIOTTOLI
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica																																																																										
1	0,00	11,00	11,00		CIOTTOLI E TROVANTI																																																																										
2	11,00	14,00	3,00		ARGILLA SABBIOSA																																																																										
3	14,00	21,00	7,00		SABBIA ARGILLOSA CON GHIAIETTO																																																																										
4	21,00	29,00	8,00		ARGILLA SABBIOSA CON POCA GHIAIA																																																																										
5	29,00	35,00	6,00		GHIAIA CON LENTI DI CONGLOMERATO																																																																										
6	35,00	38,50	3,50		SABBIA CON GHIAIA E CIOTTOLI																																																																										
7	38,50	45,00	6,50		SABBIA CON POCA GHIAIA																																																																										
8	45,00	61,00	16,00		GHIAIA CON STRATI DI CONGLOMERATO																																																																										
9	61,00	67,00	6,00		SABBIA CON GHIAIETTO																																																																										
10	67,00	74,50	7,50		GHIAIA E CIOTTOLI																																																																										
11	74,50	76,50	2,00		SABBIA CON GHIAIETTO																																																																										
12	76,50	80,00	3,50		GHIAIA E CIOTTOLI																																																																										