

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 DESENZANO DEL GARDA

PROVINCIA DI BRESCIA
Regione Lombardia

NUOVO PIANO ATTUATIVO P. L. MOIE - AUTR 4, IN VIA VENEZIA

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: *Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti*

Data:

14 Settembre 2020

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 Rete Idrografica locale	9
2.5 Piano di Gestione Rischio Alluvioni	11
3. INDAGINI GEOGNOSTICHE	13
3.1 Prove penetrometriche statiche (CPT)	13
3.2 Prospezioni sismiche e modello sismostratigrafico	15
4. SISMICITÀ DELL'AREA E AZIONE SISMICA	23
4.1 Inquadramento sismotettonico	23
4.2 Sismicità locale	24
4.3 Normativa sismica vigente	25
4.4 Azione sismica di progetto	25
5. FATTIBILITÀ GEOLOGICA E VINCOLI DELL'AREA DI PROGETTO	35
B. RELAZIONE GEOTECNICA R2	38
6. MODELLO GEOTECNICO – VALORI CARATTERISTICI	38
7. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DELLE FONDAZIONI	39
7.1 Elementi per le Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)	40
7.2 Elementi per le Verifiche agli Stati Limite d'Esercizio (SLE)	41
8. SPECIFICHE DI PROGETTO E PRESCRIZIONI REALIZZATIVE	42
8.1 Esecuzione degli scavi in condizioni di sicurezza	43
8.2 Considerazioni sulle Verifiche agli Stati Limite	44
9. CONCLUSIONI	45

1. PREMESSA

Su incarico conferito dai Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti e a seguito dei colloqui intercorsi con l'Arch. Roberta Orio, è stato eseguito uno studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del Nuovo Piano Attuativo P. L. Moie - AUTR 4, in Via Venezia, nel Comune di Desenzano del Garda (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 rilevi 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 Desenzano del Garda (Dott. Geol. G. Crestana et. al. – Agosto 2004) e dell'*Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica* del P.G.T. (Agosto 2011 - Rev. Giugno 2012 - Gennaio 2016), 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 Desenzano del Garda (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_{seq} e della categoria di sottosuolo di sito, sono stati presi in considerazione i dati provenienti da una prospezione sismica multicanale con acquisizione ed elaborazione dei dati mediante metodologia MASW e misura di microtremiti sismici ambientali mediante tecnica HVSR, eseguite in un lotto limitrofo a quello oggetto di intervento (Crestana S.r.l.s. – Marzo 2019).

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'interesse, dei siti precedentemente indagati e dei pozzi con stratigrafia
- ✓ TAV. 2 – Planimetria di progetto con ubicazione dei punti d'indagine
- ✓ Diagrammi Prove Penetrometriche Statiche CPT
- ✓ 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; DGR 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° 569-571-573-574-575-576-580 del *Foglio 38*, è ubicata in Via Venezia, 200 m a Nord rispetto alla linea ferroviaria Brescia-Verona e circa 1000 m a Sud della sponda meridionale del Lago di Garda, nella porzione centrale del territorio comunale di Desenzano del Garda (**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 E6a3 e possiede, nel punto mediano, le seguenti coordinate geografiche (Gauss-Boaga): 5034203,98 latitudine N – 1622858,11 longitudine E.



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

L'area di progetto si colloca in un ambito a morfologia subpianeggiante posta all'interno dell'apparato morenico del Garda ed in particolare a Sud della fascia perilacustre meridionale del Lago di Garda.

Dal punto di vista geologico, il territorio di Desenzano del Garda si colloca entro il Basso Garda Bresciano, nell'ambito dell'anfiteatro morenico del Garda, caratterizzato da un

complesso ambiente deposizionale di origine glaciale formatosi a seguito del verificarsi di fasi glaciali e interglaciali susseguite in epoca Quaternaria. Nonostante da parte di diversi autori non esista uniformità di classificazione delle cerchie moreniche con le singole glaciazioni, le cerchie più interne sono ricondotte alla fase glaciale di età *Würmiana* mentre quelle più esterne sono attribuite alla fase di età *Rissiana*.

I depositi glaciali, che costituiscono le colline moreniche sono caratterizzati da materiali eterogenei a deposizione caotica (ghiaie, sabbie e ciottoli, limi e argille), a supporto di matrice, nei quali sono presenti, frequentemente, trovanti di grosse dimensioni tipici dell'ambiente deposizionale glaciale.

Durante le fasi interglaciali, il ghiacciaio, dopo aver deposto la cerchia morenica costituita dai rilievi di Desenzano d/G, ha abbandonato la vasta piana ondulata compresa tra questi rilievi ed il lago. Tale superficie subpianeggiante è quindi costituita dalla morena di fondo, formata da depositi limoso-argillosi consistenti, contenenti ciottoli poligenici da arrotondati a subarrotondati. Localmente possono essere presenti depositi argillosi glaciolacustri, legati alla presenza, nella zona di ritiro del ghiacciaio, di laghetti intermorenici, raccolti in avvallamenti prodotti dalla fusione di ghiaccio sepolto e in solchi formati dalle acque di disgelo.

Durante le fasi interglaciali i fenomeni di scioglimento delle masse glaciali originavano torrenti fluvioglaciali che smantellavano i cordoni morenici già formati e deponevano il materiale nelle depressioni rimaste entro le diverse cerchie, formando delle valli di dimensioni variabili e spessore in graduale aumento verso le aree depocentrali.

I depositi fluvioglaciali sono generalmente costituiti da ghiaie e sabbie eterogenee, spesso a deposizione stratificata o gradata, con frazione fine limosa e/o argillosa variabile, intercalati da lenti e/o livelli prevalentemente sabbioso-limosi o limoso-argillosi.

Quando l'energia del trasporto delle acque di scioglimento glaciale subiva sensibili diminuzioni, si verificava la deposizione di depositi glaciolacustri di depressione intermorenica. Essi sono costituiti generalmente da materiale prevalentemente fine sabbioso e sabbioso-limoso, con in subordine frazione ghiaiosa, con disposizione stratificata o gradata. Nelle aree di basso topografico relativo, sono presenti depositi fini e/o torbosi legati alla presenza di specchi lacustri intermorenici, tuttora presenti o bonificati in tempi relativamente recenti. Lungo la linea di costa del lago possono essere presenti depositi lacustri, per lo più discontinui, frequentemente interdigitati con i depositi di contatto glaciale e della morena di fondo; essi sono per lo più presenti lungo una fascia circa coincidente con i materiali di riporto accumulati a ridosso della linea di costa. I depositi lacustri sono costituiti prevalentemente da limi sabbioso-argillosi ed argilloso-sabbiosi con ghiaia da fine a media e possiedono uno spessore in ogni caso limitato.

L'area oggetto d'indagine è inserita in un ambito riferibile ai **depositi di morena di fondo (Fig. 2)**. La successione stratigrafica delle unità presenti nell'area in oggetto è rappresentata quindi prevalentemente da depositi limoso-argillosi, corrispondenti a morena fangosa di fondo e localmente ad argille glacio-lacustri. Questi materiali trasportati nella porzione inferiore del ghiacciaio e abbandonati dalla lingua glaciale durante l'ultima fase di ritiro contengono sovente ciottoli poligenici da arrotondati a subarrotondati di dimensioni variabili. Talora, in superficie e fino a profondità di 5/8 m dal p.c., si rinvenivano livelli ghiaioso-sabbioso-limosi. Le argille glacio-lacustri superficiali e intercalate a più profondità nella sequenza glaciale, non sono sempre distinguibili arealmente dai depositi glaciali della morena di fondo. La genesi di queste argille glacio-lacustri, legata alla formazione nella zona di ritiro del ghiacciaio di laghetti intermorenici, fa sì che esse siano variamente distribuite e

contenute in zone di dimensioni variabili, anche molto limitate, all'interno della morena di fondo. I suoli che si rinvergono sono sottili o moderatamente profondi, con un drenaggio da lento a molto lento a causa delle tessiture prevalentemente limoso-argillose degli orizzonti sottostanti.

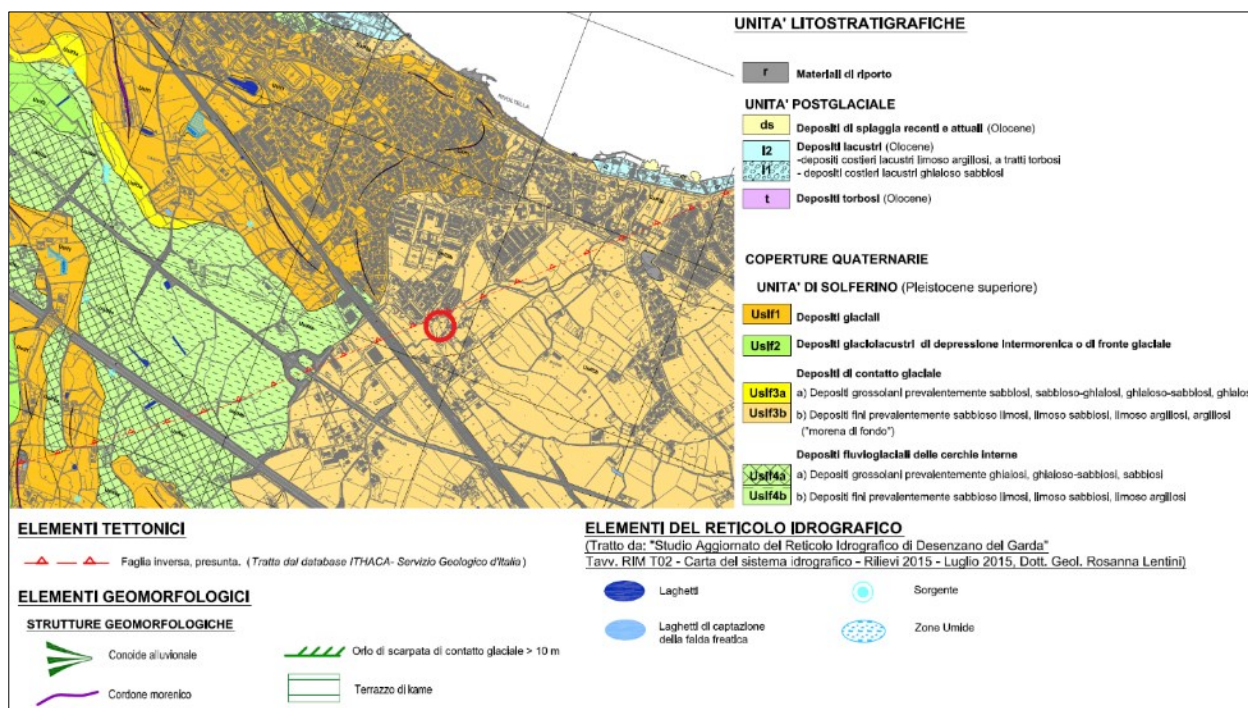


Fig. 2 - Stralcio della "Carta Geologica e Strutturale con elementi Geomorfologici e del sistema idrografico" (Tav. SG T01), allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale, con ubicazione dell'area d'interesse.

2.2 Assetto Geomorfologico

L'assetto geomorfologico del settore meridionale gardesano è caratterizzato dalla presenza di cerchie moreniche concentriche rispetto al lago, talvolta discontinue, a morfologia piuttosto ondulata.

Il territorio di Desenzano del Garda nello specifico è caratterizzato da una topografia estremamente variabile, esso può presentare pendii fortemente inclinati e scoscesi, legati ai rilievi morenici, e aree con pendenza più moderata, che fanno da raccordo con gli avvallamenti e le piane intermoreniche e le zone perilacustri. Le aree a morfologia infossata corrispondono ad antiche conche lacustri, ancora oggi influenzate da locali fenomeni di ristagno idrico nelle parti più depresse del paesaggio. Il modellamento dei cordoni morenici, infatti, avvenuto ad opera degli scaricatori fluvio-glaciali, ha prodotto piane e valli intermoreniche talora piuttosto articolate. La continuità delle cerchie collinari è dunque sovente interrotta da piane intermoreniche caratterizzate da ondulazioni topografiche, legate in origine allo scorrimento canalizzato delle acque di scioglimento glaciale e successivamente allo sviluppo di alcuni corsi d'acqua olocenici. Il transito verso le condizioni climatiche attuali ha infatti sostituito i fenomeni legati alla dinamica glaciale con i fenomeni geomorfici dovuti all'idrografia superficiale ed alla gravità, apportando ulteriori modifiche al paesaggio. In tempi recenti, l'azione antropica di modifica della topografia, essenzialmente legata alle pratiche agricole ed edificatorie, ha portato il territorio all'attuale configurazione.

L'andamento morfologico locale è legato ad un ambiente deposizionale di materiale fine glacio-lacustre e risulta nel complesso pianeggiante. Esso può essere stato localmente modificato mediante interventi antropici che hanno condizionano il paesaggio del sito d'interesse. A tal proposito possono essere presenti materiali rimaneggiati, in relazione ad interventi di regolarizzazione della topografia e in prossimità delle opere di edificazione già avvenute.

Nel complesso l'area in esame risulta stabile e, alla data dei rilievi, non è interessata da alcun fenomeno geomorfico in atto o di dissesto potenziale, come confermato dalla "Carta del dissesto con legenda uniformata PAI" (Tav. SG T13) allegata allo Studio Geologico del PGT comunale di Desenzano d/G.

2.3 Caratteri Idrogeologici locali

L'assetto idrogeologico del territorio di Desenzano del Garda 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 di lenti a granulometria più grossolana, presenti superficialmente nei depositi glaciali.

La falda superficiale, caratteristica dell'area oggetto di indagine, posta a pochi metri di profondità dal piano campagna, è di tipo freatico superficiale, delimitata alla base dai depositi morenici impermeabili o semimpermeabili, spesso ricchi di frazione argilloso-limosa. Essa è alimentata essenzialmente dall'infiltrazione diretta delle acque meteoriche ed è in stretta connessione con le acque lacustri.

In profondità sono presenti falde confinate o semiconfinite contenute negli acquiferi ghiaioso-sabbiosi o ghiaioso-conglomeratici compresi tra intervalli prevalentemente argillosi della sequenza glaciale. Nel territorio in esame le falde medie e profonde sono contenute al di sotto di un livello argilloso-limoso, a partire da circa 40 m di profondità dal p.c., con un buon grado di artesianesimo. Esse risultano avere un'alimentazione di tipo distale, non direttamente collegata alle precipitazioni meteoriche.

L'area di progetto è interessata da acquiferi superficiali freatici o sospesi, a scarsa profondità dal p.c. (-0,8/-1,5 m dal p.c.) circolanti nei depositi più grossolani delimitati alla base dai depositi a minore permeabilità.

Il grado di Vulnerabilità dell'acquifero delle acque sotterranee, così come indicato all'interno della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del P.G.T. del Comune di Desenzano del Garda ("Carta della Vulnerabilità delle acque sotterranee (prima falda)" - Gennaio 2016), risulta mediamente alto, in funzione soprattutto della bassa soggiacenza della falda (**Fig. 3**).

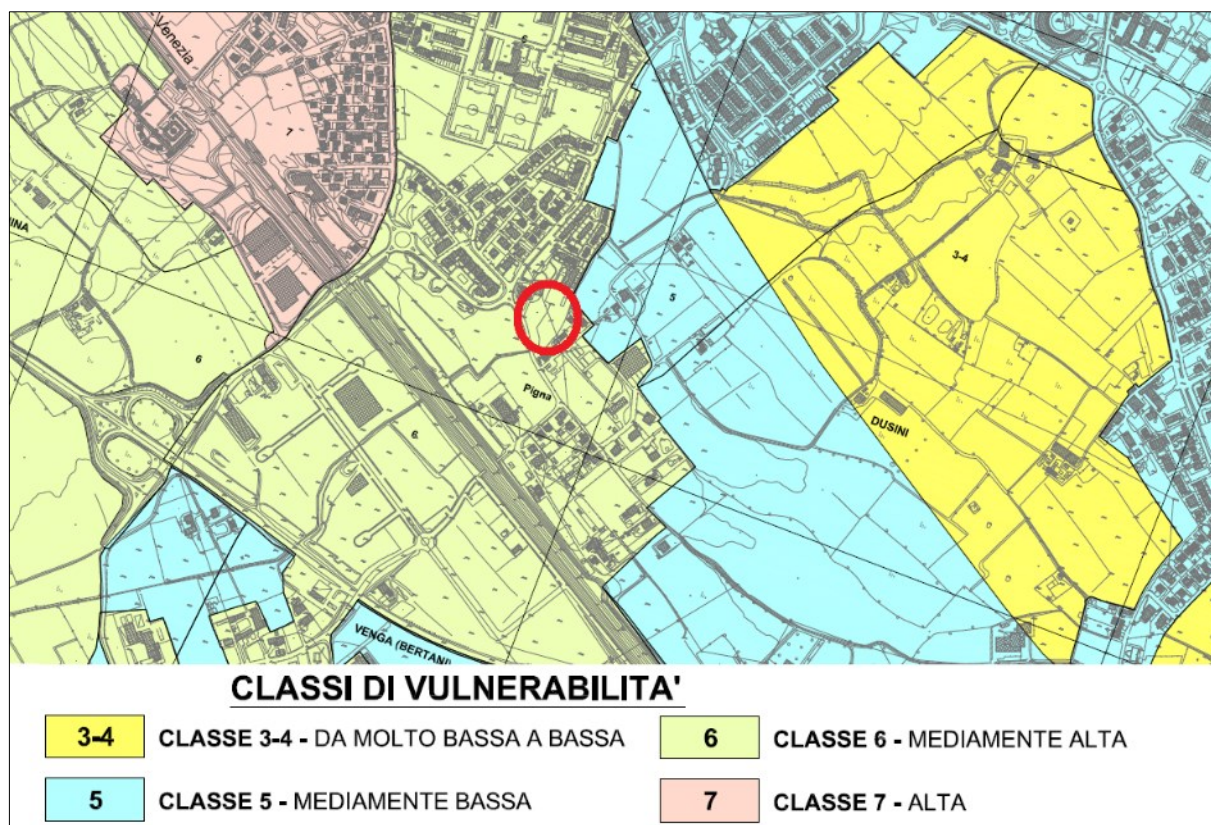


Fig. 3 - Stralcio della "Carta della Vulnerabilità delle acque sotterranee (prima falda)" (Tav. SG T05), allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale, con ubicazione dell'area d'interesse.

2.4 Rete Idrografica locale

Nel territorio comunale di Desenzano del Garda il corpo idrico di rilevante importanza è rappresentato dal Lago di Garda, maggiore specchio lacustre italiano, formatosi nell'era neozoica all'interno della depressione creata dai ghiacciai alpini quaternari provenienti dalla Valle dell'Adige e del Chiese impostata in una depressione tettonica connessa al solco strutturale gardesano preesistente (miocenico).

Il bacino Idrografico superficiale che alimenta il Lago di Garda è di circa 2.290 Km². Il lago si estende su una superficie di 368 Km² ed occupa un sesto dell'intera area di bacino. Esso è alimentato dalle acque del fiume Sarca e da apporti che provengono dallo spartiacque bresciano, dall'anfiteatro morenico a sud e da numerosi piccoli torrenti che scendono dal versante occidentale del monte Baldo, in territorio veneto.

La quota del pelo libero dell'acqua del lago oscilla intorno ai 64 m sul livello del mare e per la precisione, lo zero idrometrico è definito ufficialmente alla quota di 64,027 m s.l.m. e viene misurato a Peschiera del Garda. Il livello del Garda è soggetto ad oscillazioni naturali e dipende dagli afflussi meteorici, dalle portate degli immissari, dei quali il maggiore è il fiume Sarca, e localmente viene influenzato da fenomeni particolari, come le sesse. Il livello comunque è artificialmente regolato, tramite la regimazione dei deflussi dell'emissario fiume Mincio, affluente di sinistra del fiume Po. L'opera di sbarramento di Salionze sul fiume Mincio è in grado di fare defluire portate sino a 200 metri cubi per secondo. Secondariamente, il livello del Garda è regolato tramite la modulazione degli afflussi, che avviene soprattutto operando negli invasi idroelettrici del bacino dell'immissario Sarca, in Trentino.

In periodi recentissimi si segnalano abbassamenti importanti del livello del lago a partire da agosto 2015. Tali abbassamenti possono agire sulla profondità di rinvenimento dei livelli acquiferi più superficiali soprattutto in aree prossime alla linea di costa. Più in generale l'andamento del livello del lago risulta strettamente connesso ai fenomeni precipitosi.

Dall'analisi della cartografia del Reticolo Idrico Comunale (Tav. 3/B allegata allo Studio Geologico Comunale - Luglio 2015)", si evidenzia come l'area di progetto, in corrispondenza del confine Orientale, sia lambita da un tratto di corso d'acqua, Rio Venga, afferente al reticolo idrico minore (Fig. 4).

Per tale elemento del reticolo idrografico, nello Studio Geologico di supporto al P.G.T. comunale, è istituita una fascia di rispetto di larghezza di 10 m da ciascuna sponda, all'interno della quale alcune attività ed opere sono vietate e/o soggette ad autorizzazione.

Secondo l'elaborato normativo dello Studio del reticolo Idrografico di Desenzano del Garda (Luglio 2015) l'istituzione della fascia di alto grado di tutela serve a "garantire l'accessibilità dell'alveo ai fini della sua manutenzione, fruizione e riqualificazione ambientale" e in essa, tra le altre, sono vietate opere di edificazione.

Si prescrive quindi che qualsiasi opera edificatoria di progetto non dovrà interferire con tale asta del reticolo idrografico, né tanto meno rientrare entro la fascia di rispetto di larghezza pari a 10 m dalla sponda in destra idrografica, per essa istituita.

Dall'analisi della cartografia del Reticolo Idrico Comunale (Fig. 4), si evidenzia inoltre un'area, in direzione SW ed in sinistra idrografica del Rio-Venga, e quindi esterna al lotto di proprietà, cartografata come area esondabile.

A conferma di quanto indicato, si specifica che all'interno del lotto di proprietà oggetto d'intervento non si segnalano fenomeni di esondazione e/o allagamento, che invece riguardano solo il lotto limitrofo, in sponda sinistra, a causa di un carente stato di manutenzione del corso d'acqua stesso, di competenza comunale.

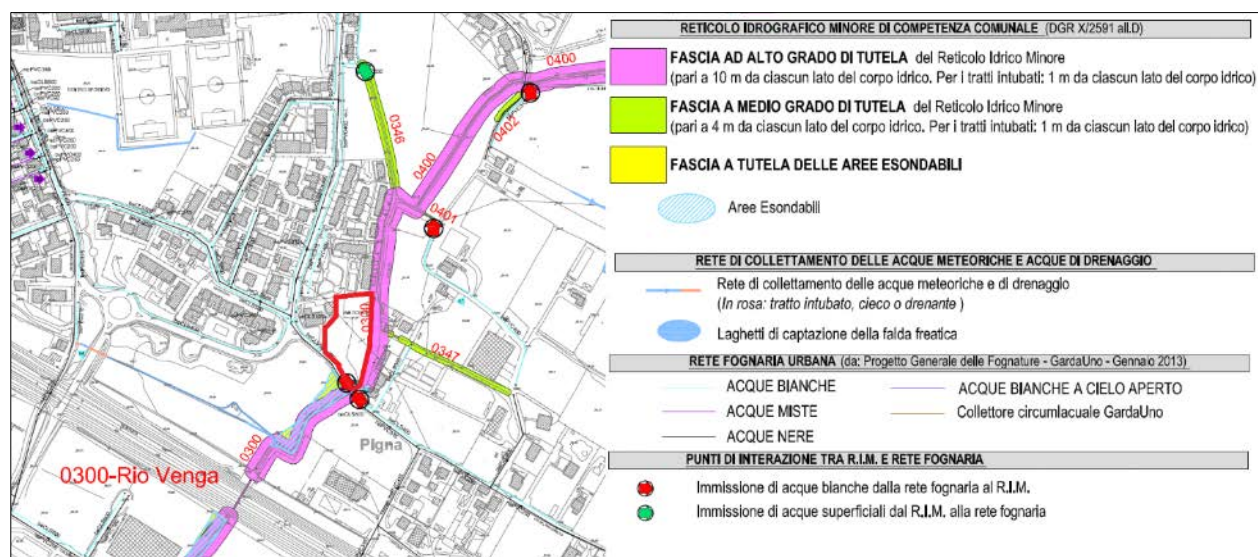


Fig. 4 - Stralcio della "Carta del reticolo idrico con indicazione delle fasce di tutela" (Tav. 3/C), allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale, con ubicazione dell'area d'interesse.

2.5 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.

I dati in termini di pericolosità e di rischio da alluvione, in attuazione a quanto disposto dal D.Lgs. 49/2010 e dai successivi indirizzi del Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare, come previsti nell'ultimo Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Po (**Fig. 5**), evidenziano l'assenza di limitazioni derivanti da quanto previsto dalla D.G.R. X/6738 del 19/06/2017 vigente in materia (nessun scenario di pericolosità e rischio).

Tuttavia, si segnala comunque che, immediatamente a SW dell'area di progetto e dalla parte opposta di Via Venezia, si evidenzia un settore, comunque esterno al lotto di progetto, che rientra in una classe di pericolosità idrogeologica RSCM (Reticolo Secondario Collinare o Montano) con scenario raro e Classe di Rischio moderato R1, connesso a fenomeni di esondabilità in sinistra idrografica, del tratto di corso d'acqua del Rio Venga. Secondo la D.G.R. X/6738 del 19/06/2017 nelle aree esondabili per alluvione rara vigono norme coerenti con quelle previste rispettivamente per la fascia C nelle N.d.A. del PAI.

Poiché tale norma prevede di fatto un rimando agli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica per *“regolamentare le attività consentite, i limiti ed i divieti”* si ritiene che, con specifico riferimento alle norme già vigenti in territorio di Desenzano d/G, si possano applicare quelle riferite alla *Classe di fattibilità 3d – Area storicamente soggetta ad allagamenti per tracimazione lacustre*.

In merito si specifica ancora una volta che tale settore, per il quale si prevedono fenomeni di esondabilità del Rio Venga e di conseguente alluvionamento, corrisponde ad un'area del lotto limitrofo a quello di interesse, risultando del tutto estraneo ad esso.

Per il lotto di progetto quindi, se si esclude la fascia di alto grado di tutela istituita per il tratto del Rio Venga, sono consentite le opere di edificazione previste. Esternamente alla fascia di rispetto del R.I.M., eventuali nuovi ingombri progettuali non rappresenteranno in alcun modo un elemento di rischio idrogeologico e non interferiranno con alcuna opera di arginatura, di difesa o di regimazione del suddetto corso d'acqua. Per l'intero lotto d'intervento non si segnala la presenza di fenomeni di pericolosità idraulica passati o recenti, connessi alle suddette Fasce e per esse non è prevista alcuna limitazione all'interno del P.G.T. comunale, se non quella relativa alla fascia di rispetto del corso d'acqua già riportata nel paragrafo 2.4 della presente relazione. Inoltre gli interventi di progetto, non andranno a

modificare il deflusso e/o l'infiltrazione delle acque di esondazione, e quindi l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.

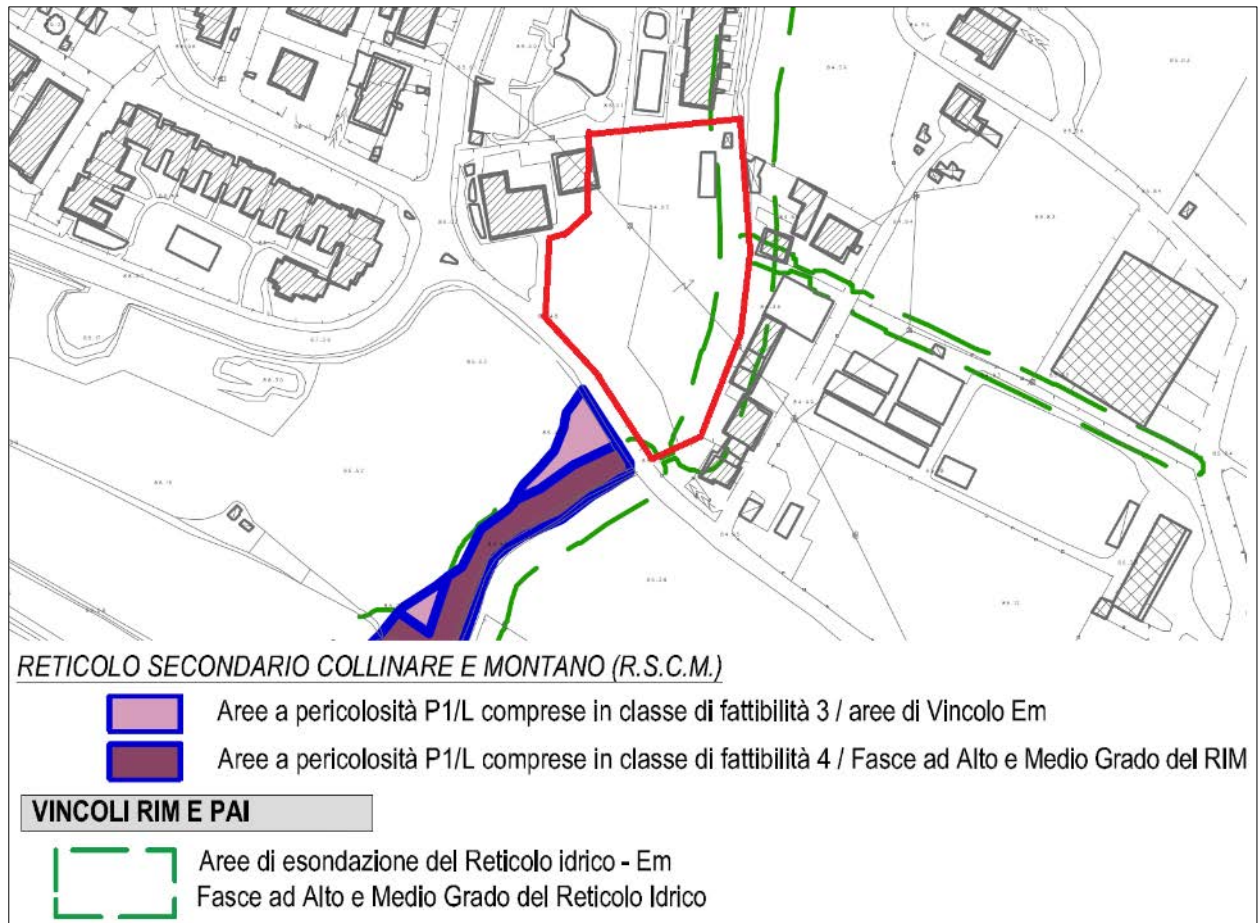


Fig. 5 - Stralcio della "Carta di confronto tra le aree di P.G.R.A. e le Classi di Fattibilità Geologica vigenti – Agosto 2018", allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale, con ubicazione dell'area d'interesse.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

A supporto della presente relazione tecnica, in data 01 Settembre 2020 la ditta *Crestana S.r.l.s.* ha eseguito un'indagine geognostica condotta mediante prove penetrometriche statiche CPT in corrispondenza dell'ingombro dell'area di progetto.

Inoltre, sono stati considerati i dati derivanti da n° 1 prospezione sismica MASW+HVSr, eseguita dalla ditta *Crestana S.r.l.s.* (Marzo 2019) in un lotto limitrofo, posto a circa 130 m in direzione Sud dall'area di progetto, in un contesto geologico omologo a quello oggetto di studio e nel medesimo scenario di Pericolosità Sismica Locale.

Entrambe le indagini hanno permesso di raggiungere i seguenti obiettivi:

- ✓ Caratterizzazione geotecnica e stratigrafica 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 **n° 6 Prove penetrometriche statiche (CPT)** per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione (par. 3.1).

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.

Ad integrazione dei suddetti dati, sono stati utilizzati i dati derivanti dalla prospezione sismica realizzata mediante n° 1 stendimento di sismica multicanale con acquisizione ed elaborazione delle onde di superficie (MASW+HVSr) eseguita in un lotto limitrofo dalla ditta *Crestana S.r.l.s.* (Marzo 2019).

Nell'ubicazione dei punti d'indagine (Tav. 2 in allegato) si è tenuto conto della logistica dei luoghi, e dell'ingombro delle strutture di progetto, con l'intento di caratterizzare omogeneamente l'area d'interesse fondazionale. I dati derivanti dalle prove in situ riassunte nei diagrammi in allegato, sono riferiti al piano campagna generale presente alla data delle indagini (p.c.).

3.1 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. Essa è stata eseguita mediante macchina penetrometrica cingolata *Pagani mod. TG 63/200*.

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 cm² 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 cm/s $\pm$ 0,5 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 cm², 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

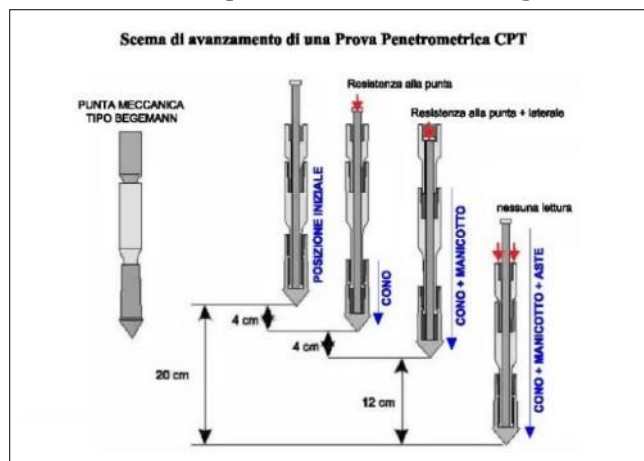


Fig. 6 - Modalità di prova CPT e avanzamento punta Begemann.

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**.

Interpretazione dei dati

Le prove penetrometriche sono state spinte ad una profondità massima di -16,0 m dal p.c. (P1); 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/consistenza dei terreni attraversati sono di seguito riassunti:

MODELLO GEOLOGICO LOCALE

	Unità geotecnica	Caratteristiche litologiche	q_c (kg/cm^2)	Denominazione AGI
STRATO 1	Unità S	Terreno vegetale superficiale sabbioso-limoso	5-10	Scarsamente addensato
da 0,0 a -0,8/-1,0 m				
STRATO 2	Unità MF A	Depositi della morena di fondo sabbioso-limosi debolmente ghiaiosi	35->100	Moderatamente addensato
da -0,8/-1,0 m a -5,0/-5,6 m				
STRATO 3	Unità MF B	Depositi della morena di fondo costituiti prevalentemente da limi argillosi	6-9	Scarsamente consistente
da -5,0/-5,6 m a -8,8/-9,8 m				
STRATO 4	Unità MF C	Depositi della morena di fondo costituiti da limi-sabbioso-argillosi	11-13	Da scarsamente a moderatamente consistente
da -8,8/-9,8 m a -11,2/-12,2 m				
STRATO 5	Unità MF D	Depositi della morena di fondo costituiti prevalentemente da limi argillosi	7-9	Scarsamente consistente
Oltre -11,2/ -12,2 m dal p.c.				

Si segnala che, durante l'avanzamento delle prove sono state riscontrate aste umide a partire da circa -1,0/-2,0 m di profondità dal p.c.; quindi, per la misura di un eventuale livello di falda, sono stati inseriti nei fori di prova tubi piezometrici microfessurati in PVC del diametro di ½". Le misure effettuate al termine dell'indagine geognostica, sono state riassunte nella seguente tabella:

Punto di misura	Piezometro microfessurato	Falda (m dal p.c.)
P1	fino a -3,00 m	-0,98 m
P2	fino a -3,00 m	-1,45 m
P3	fino a -3,00 m	-1,37 m
P4	fino a -3,00 m	-1,46 m
P5	fino a -3,00 m	-0,84 m
P6	fino a -3,00 m	-1,52 m

Quanto riscontrato risulta compatibile con l'assetto idrogeologico dell'area, caratterizzato dalla presenza di acquiferi superficiali circolanti in lenti a maggiore permeabilità, più francamente sabbioso-limose, entro gli strati più superficiali.

Si segnala quindi che fenomeni di circolazione d'acqua interferiranno con gli scavi per la preparazione dei piani di posa delle fondazioni delle strutture interrato previste. Si segnala inoltre che fenomeni di umidità potranno comparire anche a profondità inferiori rispetto a quelle rilevate, soprattutto in condizione di elevata alimentazione delle falde, a causa del susseguirsi di periodi caratterizzati da piovosità intensa e prolungata.

3.2 Prospezioni sismiche e modello sismostratigrafico

Per la verifica del comportamento sismico dei terreni di fondazione sono stati reperiti i dati derivanti dalle indagini eseguite dalla *Crestana S.r.l.s.* (Marzo 2019) in un'area posta a circa 130 m in direzione Sud rispetto al sito di progetto, entro il medesimo contesto geologico e nel medesimo scenario di Pericolosità Sismica Locale, per la determinazione delle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (onde S) 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 Vs** in profondità ed eseguire la valutazione del parametro **Vs_{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.

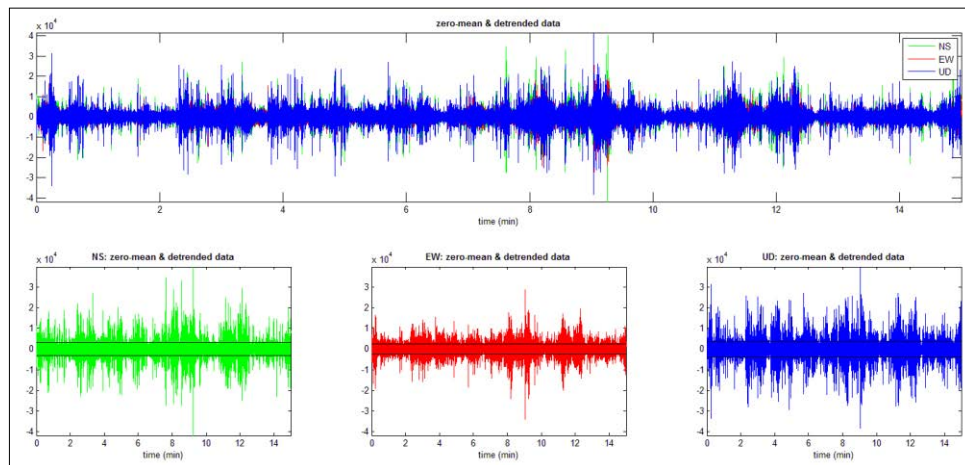


Fig. 7 - Visualizzazione dei dati originali prima della rimozione di eventi transienti.

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.

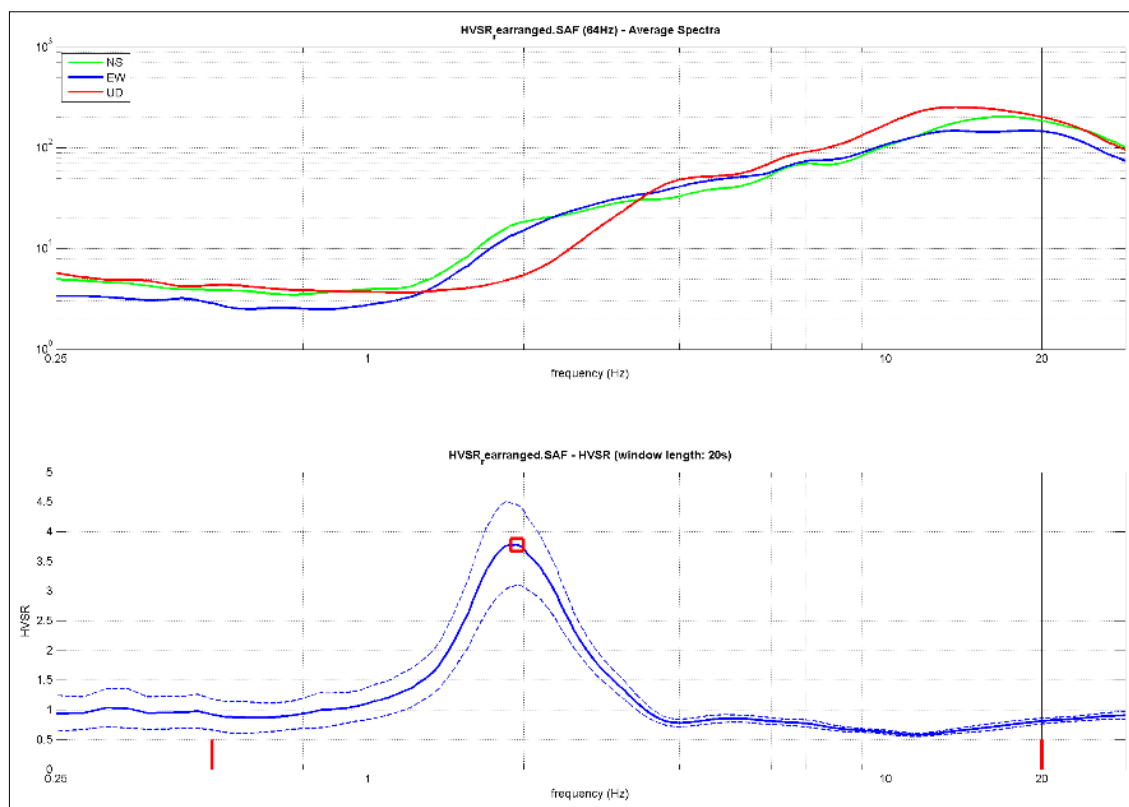


Fig. 8 - HVSR e spettro medio di ampiezza del sito indagato.

La curva HVSR riportata, indica un picco principale a circa 1,4 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. $[F_0 > 10 / L_w]$: $1.939 > 0.5$ (OK)
 - # 2. $[NC > 200]$: $2056 > 200$ (OK)
 - # 3. $[F_0 > 0,5 \text{ Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)
-

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

- # 1. [Esiste f_- nel range $[F_0 / 4, F_0]$ | $AH / V(F_-) < A_0 / 2$]: sì, a 0,5Hz frequenza (OK)
- # 2. [Esiste f_+ nell'intervallo $[F_0, 4F_0]$ | $AH / V(f_+) < A_0 / 2$]: sì, a 2.8Hz frequenza (OK)
- # 3. $[A_0 > 2]$: $3.8 > 2$ (OK)
- # 4. $[F_{\text{peak}} [Ah / v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$: (OK)
- # 5. $[\sigma_A(f) < \epsilon(F_0)]$: $0,217 > 0,194$ (NO)
- # 6. $[\sigma_A(F_0) < \theta(F_0)]$: $0,679 < 1,78$ (OK)

Descrizione dei risultati

Il picco a 1,9 Hz con ampiezza pari 3,8 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 1,9 Hz.

Il picco di risonanza del sito indagato è ritenuto di origine stratigrafica ed è presumibilmente legato ad un contrasto di impedenza sismica, presente a partire da 40-45 m circa di profondità dal p.c., tra la potente sequenza morenica di fondo, prevalentemente argilloso-limosa, e i sottostanti orizzonti stratigrafici ghiaioso-argillosi più addensati. La presenza di quest'ultimi orizzonti è evidenziata dalle stratigrafie di alcuni pozzi terebrati in aree vicine ed in contesti omologhi a quello oggetto di studio (vedi stratigrafia Pozzo 9).

Alla luce dei risultati ottenuti si è ritenuto quindi opportuno utilizzare il picco individuato, tramite modellazione diretta del suo relativo tratto di curva, nell'analisi congiunta MASW+HVSR, per trarre informazioni utili in termini di Vs, a profondità a cui la sola indagine MASW non può evidentemente arrivare e per ottenere un solo modello di velocità maggiormente vincolato e preciso.

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 di onde di Rayleigh, onde 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 è stata registrata, per motivi operativi, solamente la componente verticale 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 (ad esempio la velocità delle onde di taglio V_s e lo spessore degli strati). La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) infatti è correlabile alla V_s , essendo pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio.

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

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

1. La percentuale di energia convertita in onde Rayleigh o di Love è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).
2. La propagazione e dispersione delle onde di Rayleigh o di Love si verifica senza problemi anche in caso di inversioni di velocità. Rispetto alla sismica a rifrazione, infatti, il metodo MASW non presenta problemi legati alla presenza di strati soffici compresi tra strati più rigidi.
3. La propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito (categoria di suolo in base al Testo Unico).

Acquisizione dei dati

L'ubicazione e la lunghezza dello stendimento sono state scelte in funzione della logistica dei luoghi e dell'ingombro degli edifici esistenti. L'allineamento sismico per l'acquisizione delle onde di Rayleigh ha previsto una distanza tra i geofoni pari a 1,0 m ed una serie di scoppi esterni e coniugati rispetto all'ultimo geofono con offset variabili (1-3-5-7-10-15 m) a diversa intensità di energizzazione. 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. 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*) a frequenza di 4,5 Hz e tripodi in alluminio, 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. 9**).

Particolare attenzione nell'interpretazione delle curve di dispersione è stata 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, come in questo caso, può generarsi una curva di dispersione apparente, che può risultare fuorviante in fase di interpretazione.

Al fine di individuare i modi correlabili alla reale successione stratigrafica è stato scelto di eseguire ed analizzare più scoppi sismici ad Offset minimi variabili. Tutte le curve di dispersione sono state quindi visionate prima di procedere al processing del dataset prescelto. I modi superiori, se correttamente riconosciuti, come in questo caso, concorrono ad elaborare un modello maggiormente vincolato e preciso.

Procedure di modellazione diretta e analisi congiunta Rayleigh+HVS

Analizzato il sismogramma e il rispettivo spettro di velocità si è proceduto alla ricostruzione della distribuzione verticale delle V_s . Partendo dalla curva di dispersione delle onde di Rayleigh è stato ricostruito il modello che è responsabile di quella curva, effettuando quindi un'inversione, vale a dire che si è ricavato il modello di sottosuolo che ha determinato il dato di campagna.

Lo spettro di velocità di fase è stato interpretato identificando le curve modali, mediante modellazione diretta, studiando l'andamento dei vari modi in funzione del modello atteso (**Fig. 9**). Questo è stato iterativamente modificato fino ad ottenere una buona sovrapposizione degli andamenti delle curve di dispersione sui vari modi riconosciuti.

Oltre al classico metodo legato all'identificazione delle curve modali, è stata eseguita parallelamente una verifica del modello di velocità attraverso l'approccio FVS (*Full Velocity Spectrum*). Questo metodo si basa sulla generazione di sismogrammi sintetici e considera l'intero spettro di velocità e non le curve di dispersione scelte dall'operatore. I due metodi hanno rappresentato un valido elemento di interpretazione dello spettro di velocità ottenuto per il sismogramma prescelto, permettendo di ottenere un modello di velocità maggiormente vincolato.

Inoltre, per l'interpretazione dello spettro di velocità nella sua parte a media frequenza (<25 Hz), quindi in corrispondenza delle porzioni superficiali del modello geofisico, è stata considerata anche la curva HV ottenuta dall'indagine sismica HVS (**Fig. 9**). 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.

Si riporta inoltre la stratigrafia schematica del modello medio fino a -80,0 m dal p.c., ottenuto mediante analisi MASW in modo congiunto con la modellazione diretta della curva HVSR, utilizzato per il calcolo del parametro $V_{s,eq}$ (Fig. 9).

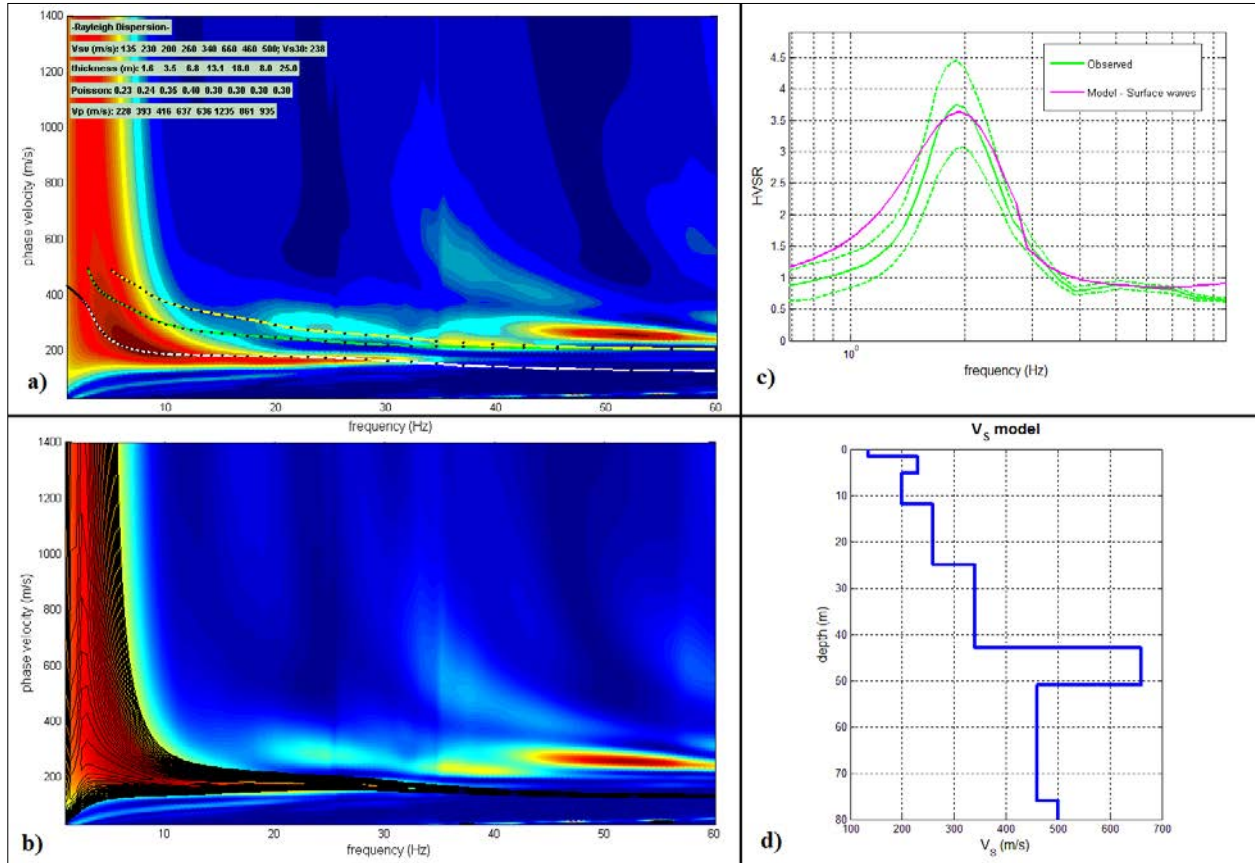


Fig. 9 - A sinistra: Spettro di velocità di fase delle onde di Rayleigh (a) Spettro di velocità con modellazione diretta mediante approccio FVS (b). A destra: confronto tra curva HV sperimentale (verde) e HV teorico modellata (viola), ottenuto per lo stesso modello di velocità considerato durante l'analisi MASW (c) Profilo sismostratigrafico ottenuto fino a -80 m dal p.c.(d).

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 congiunta con la modellazione diretta della curva HVSR sperimentale.

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 Brescia –Sirmione (BS)						
Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)	Profondità da p.c. (m)	Stima densità (g/cm³)	Modulo di Poisson	Modulo di Taglio (MPa)
1	135	1,6	-1,6	1,70	0,23	31
2	230	3,5	-5,1	1,83	0,24	97
3	200	6,8	-11,9	1,84	0,35	74
4	260	13,1	-25,0	1,94	0,40	131
5	340	18,0	-43,0	1,94	0,30	225
6	660	8,0	-51,0	2,11	0,30	917
7	460	25,0	-76,0	2,02	0,30	427
8	500	4,0	-80,0	2,04	0,30	509

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} (m/s)	Profondità del bedrock sismico	Categoria di sottosuolo	Stimata sulla base del valore di Vseq calcolato mediante l'espressione 3.2.1 del D.M. 17/01/2018 $V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$ Categoria di sottosuolo assegnata in base a quanto indicato nella Tabella 3.2 II
Calcolo eseguito a partire dal p.c.	238	Oltre 30 m dal p.c.	C	

4. SISMICITÀ DELL'AREA E AZIONE SISMICA

4.1 Inquadramento sismotettonico

La regione benacense è collocata nel quadro tettonico della formazione delle Alpi, legato ai movimenti della placca euroasiatica e di quella africana, che con la loro collisione produssero l'innalzamento della catena alpina, con formazione della struttura a coltri di ricoprimento. Quest'ultima si interrompe a sud della Linea Insubrica, la quale costituisce il confine tra le Alpi e le Alpi Meridionali che comprendono la regione del Lago di Garda. Il tratto interessato, della Linea Insubrica, alla quale è imputata la formazione dei più importanti elementi strutturali dell'area gardesana, è quella denominata Linea delle Giudicarie. Questa è caratterizzata da strutture aventi direzione NNE-SSW, tra le quali, l'elemento più noto, è la doppia piega anticlinale e sinclinale del monte Baldo, situato lungo la sponda est del lago. Il sistema giudicariense è caratterizzato da sovrascorrimenti con presenza di faglie trasversali, che determinano un assetto strutturale irregolare (**Fig. 10**).

In particolare, gli affioramenti del substrato roccioso nel Medio e Basso Garda sono da mettere in relazione ad un pronunciato sistema di *thrust*. Tra gli affioramenti delle formazioni paleogeniche, collegate a questo sistema strutturale, rientrano quelle affioranti nella parte settentrionale della penisola di Sirmione. Tale sistema tettonico è correlabile principalmente a fasi compressive neogeniche, ma l'attività tettonica persiste anche durante il Plio-Pleistocene e l'Olocene, così come documentato dalla sismicità storica e recente dell'area gardesana.

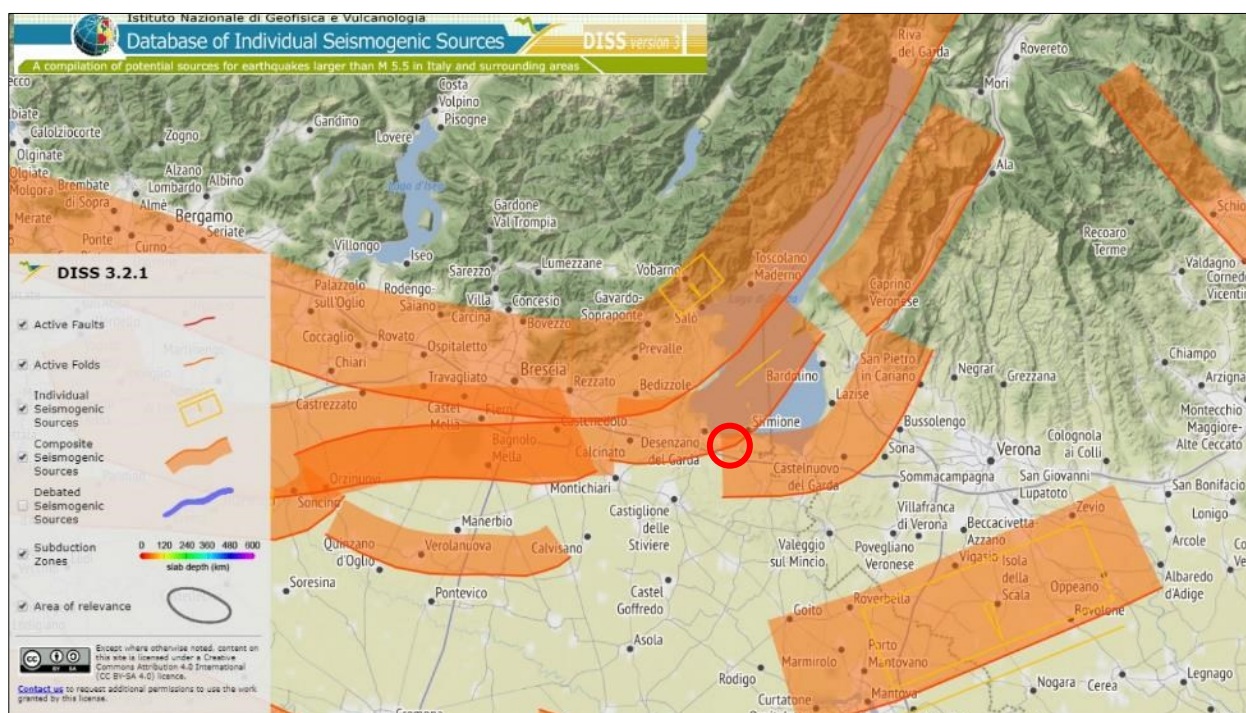


Fig. 10 - Stralcio del Database cartografico delle sorgenti sismogenetiche della regione prealpina e pedemontana gardesana (fonte – DISS.3 by INGV), con ubicazione dell'area di interesse.

4.2 Sismicità locale

L'attività sismica storica nel basso Garda e più ingenerale nel bresciano 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, nella porzione del basso Garda, 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.

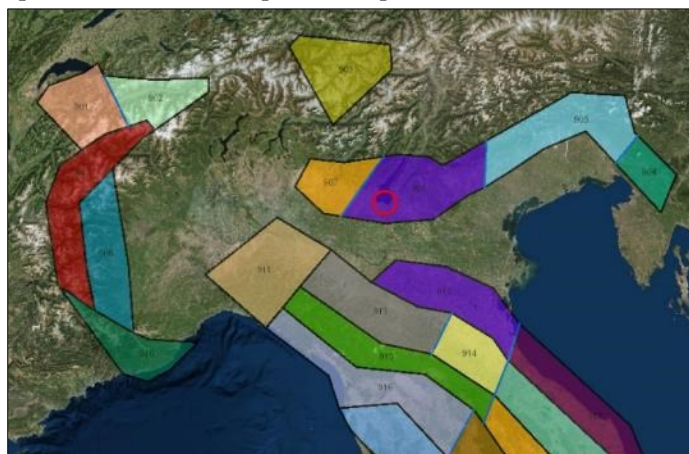
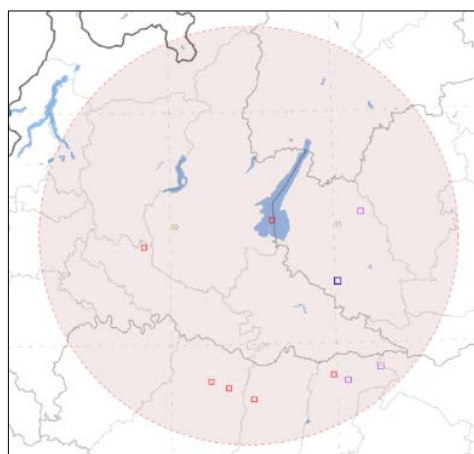


Fig. 11 - Schema Zonazione Sismogenetica ZS9
(tratta dal Geoportale del Ministero dell'Ambiente).

Gli eventi sismici storici sono consultabili nel Catalogo Parametrico dei Terremoti (C.P.T.I.15 – progetto INGV-T3 anno 2016) e sono assegnati mediante l'individuazione della "Zonazione sismogenetica ZS9 (**Fig. 11**) – 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 nella zona sorgente 906. 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 Desenzano del Garda**:

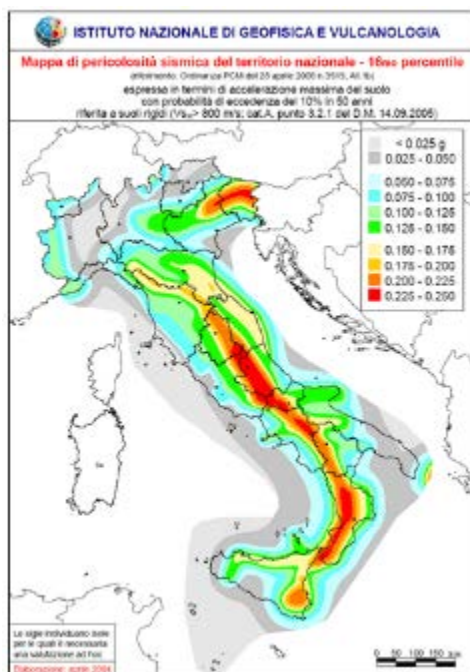


Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDF	Io	Mw
1117	01	03	15	15		Veronese	55	9	6.52
1222	12	25	12	30		Bresciano-Veronese	18	7-8	5.68
1438	06	11	02			Parmense	4	8	5.56
1802	05	12	09	30		Valle dell'Oglio	94	8	5.60
1832	03	13	03	30		Reggiano	97	7-8	5.51
1891	06	07	01	06	14	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
1971	07	15	01	33	23	Parmense	228	8	5.51
2012	05	20	02	03	50	Pianura emiliana	53	7	6.09
2012	05	29	07	00	02	Pianura emiliana	87	7-8	5.90
2012	05	29	10	55	56	Pianura emiliana			5.50

Fig. 12 - 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 – progetto INGV-T3 anno 2016).

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. 13**). 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. 13 - 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 **Desenzano del Garda** risulta interessato da una fascia con accelerazione sismica **a_g compresa tra 0,150 g e 0,175g** (con probabilità di superamento del 10% in 50 anni) riferibile quindi a una **Zona sismica 2**. La D.G.R. 11 Luglio 2014 – n. X/2129 che ha aggiornato le zone sismiche in Regione Lombardia, ha lasciato tutto il territorio di Desenzano del Garda in Zona sismica 2, indicando un valore di a_{gmax} pari a 0,161 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 in un lotto adiacente a quello di progetto, è stato calcolato un valore di V_{Seq} pari a 238 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 Piano di Governo del Territorio" di Desenzano del Garda (Tav. SG T07), entro lo scenario di pericolosità sismica **Z4c** "Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)" (**Fig. 14**).

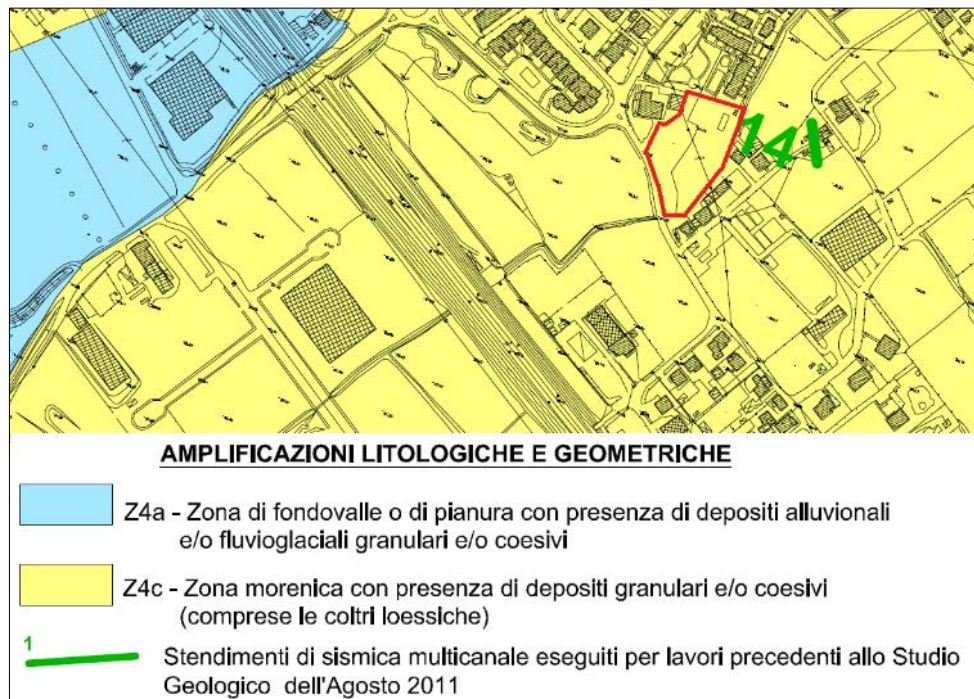


Fig. 14 - Stralcio della "Carta della pericolosità Sismica Locale" (Tav. SG T07) allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale, con ubicazione dell'area d'interesse.

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. 8/7374/2008). Si ritiene che la D.G.R. 9/2616/2011, di aggiornamento alla D.G.R. 8/7374/2008 non comporti modifiche alle procedure sopradescritte e che pertanto i relativi risultati possano essere considerati validi. Secondo l'approfondimento di II livello citato, il lotto di progetto ricadrebbe in un'area con terreni di Cat. di sottosuolo "C" in cui sono segnalati, per edifici con periodo T compreso tra 0,5 e 1,5 s, valori di Fa di sito compatibili con il valore di Fa di soglia previsto per la categoria di sottosuolo considerata e che pertanto i parametri sismici della normativa sismica vigente sono sufficienti a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica. Al contrario per edifici con periodo compreso tra 0,1 s e 0,5 s, vengono segnalati valori di Fa di sito superiori ai valori di Fa di soglia comunale. Sarà quindi necessario assumere in progetto in mancanza di uno studio di III Livello di approfondimento la Categoria di Sottosuolo superiore, e cioè la Cat. "D" (**FAC > FAS**).

Considerato 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.

In accordo con la procedura di approfondimento sismico prevista nell'All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011, esplicitata in ultimo nell'allegato APP 5 del Modulo di Asseverazione n° 9 della D.G.R. 5001/2016, è **stato verificato, in base alle caratteristiche geologiche dell'area oggetto di studio e del profilo sismostratigrafico ottenuto, l'inapplicabilità del I Grado di approfondimento (2° Livello – calcolo di Fa semplificato mediante l'utilizzo delle Schede litologiche e degli abachi regionali, secondo l'App5 allegato al Modulo 9 DGR 5001/2016)**.

Per il tipo di profilo sismostratigrafico di Vs infatti, risultano applicabili solo gli abachi relativi alla Scheda litologica Sabbiosa, ritenuta inadatta a rappresentare la successione stratigrafica in esame (prettamente argillosa) in termini di modalità propagatorie e di smorzamento del sisma atteso.

Sono state quindi seguite le procedure previste dalle direttive della Regione Lombardia in merito alla stima dei fattori di amplificazione litologica, contenute nel **II Grado di approfondimento sismico** (App. 5 allegato al Modulo 9 di asseverazione della relazione geologica introdotto dalla D.G.R. 5001/2016). Sono stati innanzitutto importati mediante idoneo Software di calcolo per la realizzazione delle analisi di risposta sismica locale 1D (*SRATA - Kottke & Rathje 2008*), i cinque accelerogrammi riferiti al bedrock, estratti dal database della Regione Lombardia facenti riferimento al territorio comunale di Sirmione (fascia 8). Di seguito, in ordine, la procedura di calcolo ha previsto le seguenti analisi numeriche:

- a) calcolo degli spettri di risposta elastici di accelerazione e velocità al bedrock,
- b) curve di decadimento delle in funzione delle principali litologie considerate,
- c) immissione del profilo sismostratigrafico di Vs e delle caratteristiche geotecniche della successione stratigrafica del sito in esame,
- d) calcolo della funzione di trasferimento,
- e) stesura dei relativi spettri di Fourier e dei moti propagatori in superficie,
- f) calcolo dello spettro di risposta di sito in superficie da cui ricavare Fa (FAC).

Sulla scorta dei dati geotecnici e geofisici reperiti per il presente lavoro, a ciascuna tipologia litologica (identificata con un n° soil type) sono stati assegnati il peso di volume espresso in kN/m^3 e le curve di decadimento estrapolate dal database messo a disposizione dalla Regione Lombardia per terreni tipo Ghiaie, Limi Argillosi e Limi Sabbiosi (**Fig. 15**). Per terreni tipo argillosi è stato scelto di utilizzare la curva di decadimento proposta da Idriss (1990). Si ritiene che le curve così ottenute sono del tutto correlabili allo scenario geologico dell'area oggetto di studio.

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	3	145.00
2	2.50	2.40	2	225.00
3	4.90	2.00	5	215.00
4	6.90	11.20	5	205.00
5	18.10	21.00	2	285.00
6	39.10	16.00	6	460.00
7	55.10	16.90	6	565.00
8	72.00	43.00	6	630.00
9	115.00	Half-Space	Bedrock	810.00

Fig. 15 - Modello geofisico e geotecnico del sottosuolo.

Gli spettri di risposta elastici delle accelerazioni e delle velocità in superficie e al bedrock (**Fig. 16**) sono stati calcolati mediando gli spettri di risposta dei cinque accelerogrammi di input, filtrati attraverso la funzione di trasferimento del terreno, adottando un'analisi lineare equivalente mediante codice di calcolo tipo Shake. Per l'individuazione dei parametri dello spettro elastico delle accelerazioni di Normativa adattato, si è fatto riferimento allo spettro elastico medio, utilizzando il criterio suggerito negli ICMS della Protezione Civile (2008), per i due periodi di vibrazione previsti dalla normativa regionale lombarda (0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s).

La procedura ha previsto quindi il calcolo del valore del fattore di amplificazione di sito (denominato FAC, in ultimo dalla D.G.R. 5001/2016), approssimato alla prima cifra decimale, per la valutazione del grado di protezione raggiunto al sito, dall'applicazione della normativa sismica regionale vigente.

Nello specifico è stato determinato lo spettro di pseudo-velocità di input (SV_i) a partire da quello di accelerazione (SA_i) per i due intervalli di periodo previsti dalla normativa regionale (0,1-0,5 s e 0,5-1,5s), utilizzando la seguente formula:

$$SV_i(T) = SA_i(T) * \frac{T}{2\pi}$$

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici (ovvero in pseudo-velocità), in quanto il confronto del valore di FA è eseguito con un parametro di analogo significato calcolato per il Comune di Sirmione dalla Regione Lombardia, per le rispettive categorie di sottosuolo e per i due intervalli di periodo considerati. Dagli spettri di risposta in pseudo-velocità è stata calcolata l'intensità spettrale (Housner, 1965), scegliendo come intervalli di integrazione i due intervalli di periodo di vibrazione indicati dai criteri regionali (allegato 5 DGR 2616/2011), ovvero 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

$$SI_{0.1-0.5}(PSV) = \int_{0.1}^{0.5} PSV(T, \xi) dT \quad SI_{0.5-1.5}(PSV) = \int_{0.5}^{1.5} PSV(T, \xi) dT$$

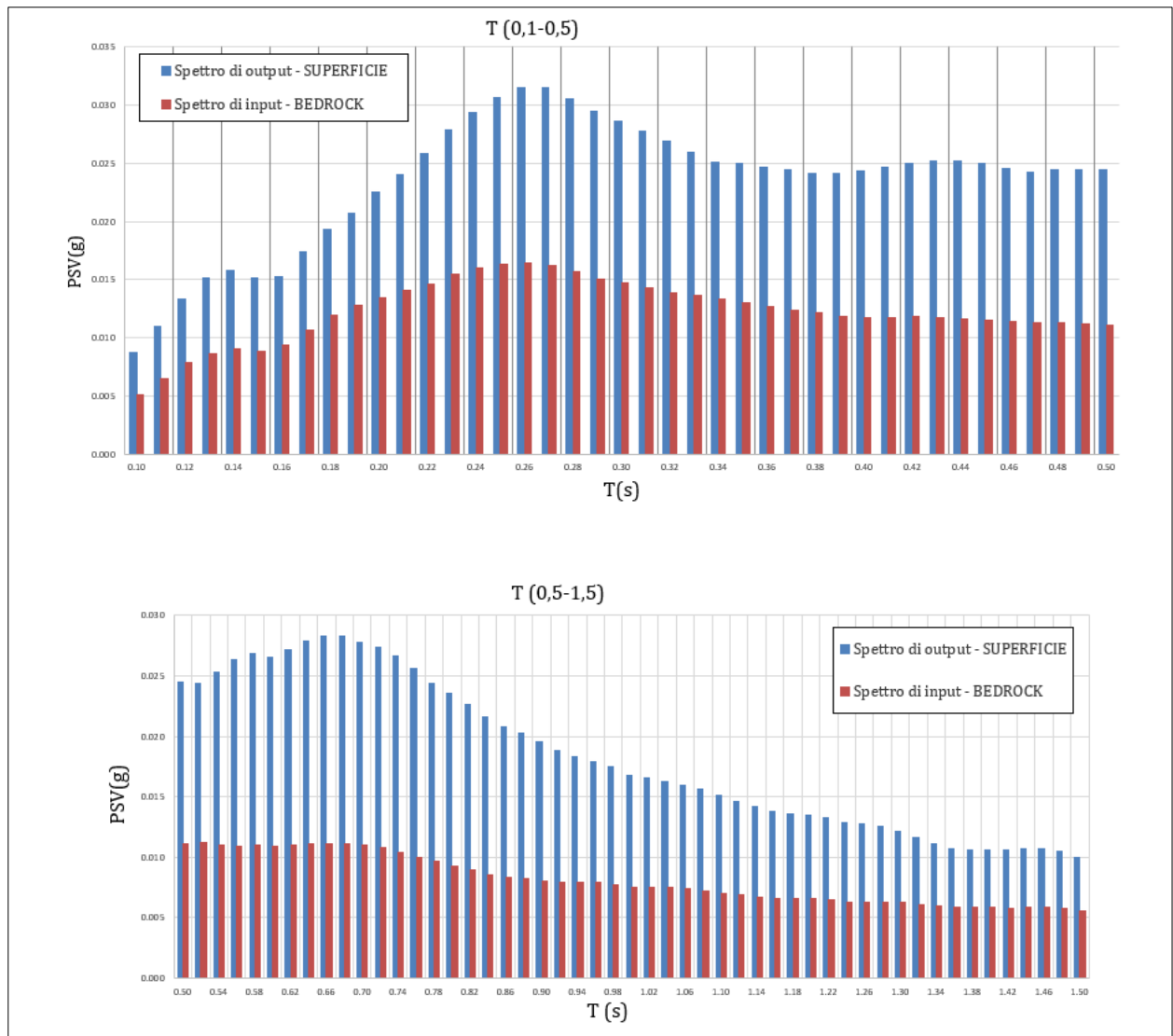


Fig. 16 - Porzioni dello spettro di risposta elastico delle accelerazioni in superficie e al bedrock, ottenuto per il sito in esame, per periodi 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici (ovvero in pseudo-velocità), in quanto il confronto del valore di FA è eseguito con un parametro di analogo significato calcolato per il Comune di Sirmione dalla Regione Lombardia, per le rispettive categorie di sottosuolo e per i due intervalli di periodo considerati. Dagli spettri di risposta in pseudo-velocità è stata calcolata l'intensità spettrale (Housner, 1965), scegliendo come intervalli di integrazione i due intervalli di periodo di vibrazione indicati dai criteri regionali (allegato 5 DGR 2616/2011), ovvero 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

$$SI_{0,1-0,5}(PSV) = \int_{0,1}^{0,5} PSV(T, \xi) dT \quad SI_{0,5-1,5}(PSV) = \int_{0,5}^{1,5} PSV(T, \xi) dT$$

I fattori di amplificazione sono definiti come rapporto tra l'intensità spettrale riferita alla superficie (Output) e quella riferita al bedrock sismico (Input), ovvero calcolate sugli spettri di risposta in pseudo-velocità riferiti alla superficie e al bedrock sismico.

$$Fa_{0.1-0.5} = \frac{Sl_{0.1-0.5}(output)}{Sl_{0.1-0.5}(input)} Fa_{0.5-1.5} = \frac{Sl_{0.5-1.5}(output)}{Sl_{0.5-1.5}(input)}$$

I risultati ottenuti, per il calcolo del fattore di amplificazione F_a , hanno verificato che, sia per edifici con periodo T compreso tra 0,5 e 1,5 s (**FAC=2,3 ≤ FAS=2,4**), che per edifici con periodo compreso tra 0,1 s e 0,5 (**FAC=1,9 ≤ FAS=1,8+0,1**), si ottengono valori di F_a di sito compatibili con i valori di F_a di soglia previsti per la **categoria di sottosuolo "C"** (definita per il sito d'interesse) e che pertanto i parametri sismici della normativa sismica vigente sono sufficienti a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica ($FAC \leq FAS$).

Si specifica che gli spettri di risposta sismica di sito utilizzati per il calcolo di FAC , sono stati generati partendo dagli accelerogrammi regionali non riferiti ad alcun tipo di edificio (e relativo T_R) e non devono assolutamente essere utilizzati come spettri per la progettazione delle strutture di progetto. Gli spettri utili da utilizzare sono quindi quelli ottenuti con la procedura semplificata prevista dal D.M. 17/01/2018 per i parametri sismici di riferimento di seguito discussi e riferiti alla **Cat. di sottosuolo "C"**.

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 nel complesso 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: 10,570787 – Latitudine: 45,450385**), 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	0,042	2,543	0,232
SLD	50	0,056	2,483	0,248
SLV	475	0,159	2,438	0,276
SLC	975	0,205	2,484	0,277

Si allegano inoltre gli spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL e i diagrammi con la variabilità dei valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* in funzione del periodo di ritorno T_R associati a ciascun SL (**Fig. 17**).

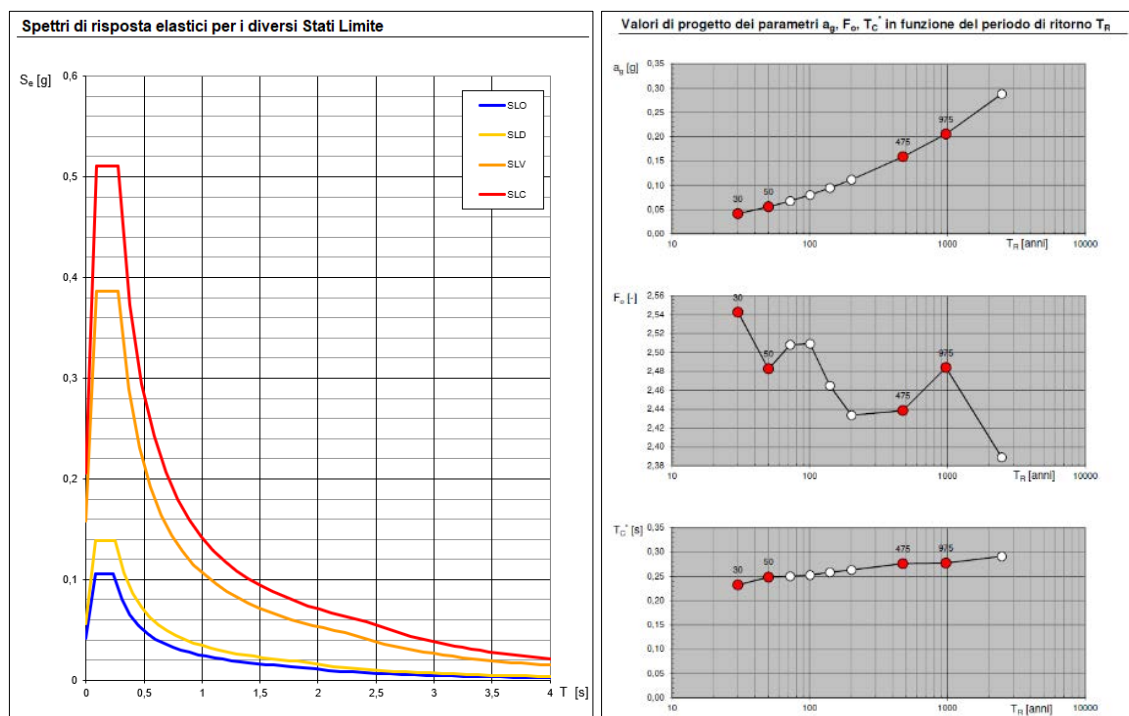


Fig. 17 - Spettri di risposta elastici e diagrammi di variabilità di a_g , F_0 e T_c^* .

■ Amplificazione Stratigrafica (S_s)

L'influenza del profilo sismostratigrafico sulla risposta sismica locale è stata valutata 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 F_0 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	1,468
	C_c	1,663		C_c	1,606

■ **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	0,159
S_s	1,468
S_t	1,0

Il valore complessivo di accelerazione sismica orizzontale è risultato essere pari a 0,233 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 geognostiche in sito sono stati rilevati fenomeni acquiferi superficiali a partire da circa -0,8/-1,5 m dal p.c. esistente, circolanti all'interno dei depositi superficiali ricchi di frazione sabbiosa (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, oltre il primo strato superficiale scarsamente addensato, in accordo con il modello geologico del sito, sono presenti depositi prevalentemente sabbiosi limosi, a cui seguono i depositi costituiti prevalentemente da limi argillosi; sulla base delle informazioni in possesso, non si può escludere che le granulometrie siano esterne alle curve normative di *Figura 7.11.1(a) e 7.11.1(b)* del D.M. 17/01/2018 (non verificato).

Ai sensi del D.M. 17/01/2018, si ritiene quindi a favore di cautela, soprattutto in assenza di specifiche analisi granulometriche, di procedere alla verifica alla liquefazione secondo metodi di II Livello.

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

È stato quindi eseguito tramite il software *ProgramGeo (Liquef)* il calcolo per la valutazione del potenziale di liquefazione condotto mediante il metodo semplificato di *Boulanger e Idriss (2014)*. I metodi semplificati si basano sul calcolo della resistenza del deposito alla liquefazione valutata con un coefficiente di sicurezza (F_s), calcolato mediante il 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 a liquefazione, se il coefficiente di sicurezza F_s è minore di 1 (di 1,25 secondo l'Eurocodice 8). La grandezza CSR, che dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto), è stata calcolata mediante il metodo *Boulanger e Idriss (2014)*.

La resistenza al taglio mobilitata (CRR), funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento/consistenza, è stata calcolata con il metodo da prove penetrometriche dinamiche – *Boulanger e Idriss (2014)*, utilizzando le prove penetrometriche statiche CPT eseguita all'interno del lotto di progetto.

Per l'applicazione del metodo prescelto quindi, sulla scorta dei risultati delle indagini geotecniche e del modello geologico proposto, sono stati utilizzati i valori numerici derivanti dai parametri di ciascuno strato riguardo q_c , f_s , γ , per ogni intervallo di lettura eseguito di spessore pari a 0,20 m. Inoltre, il metodo scelto richiede la conoscenza di alcuni parametri simili quali l'accelerazione sismica massima (a_g) e la magnitudo di riferimento ($M=5,00$ metodo della disaggregazione ottenuto dal portale INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

Nel metodo di calcolo la falda idrica superficiale è stata considerata a partire da -1,0 m di profondità dal p.c., misurata entro i piezometri installati entro i fori di prova.

Per l'applicazione del metodo prescelto quindi, sulla scorta dei risultati delle indagini geotecniche e del modello geologico proposto, (esteso con buon senso fino a 15 m, per omogeneità dello Strato 5), sono stati utilizzati parametri derivati da una stima ragionata e molto cautelativa dei valori numerici (**Fig. 19**).

Si specifica inoltre che per ogni unità geotecnica è stato eseguito il calcolo dell'Indice di Comportamento del Terreno I_c (per la determinazione della rispettiva litologia prevalente - **Fig. 18** - e per la correzione per la presenza di materiale fine) per il calcolo del valore q_{c1N} (resistenza determinata in prove penetrometriche statiche CPT normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa), utile a sua volta al calcolo della resistenza al taglio mobilitabile 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. 18 - Classificazione granulometrica in funzione dell'Indice di comportamento dei terreni.

Dall'analisi dei risultati ottenuti dall'applicazione dei metodi di calcolo adottati, non si riscontra, per lo strato suscettibile a liquefazione, ovvero l'Unità *MF A – Strato 2* del modello geologico-geotecnico, un coefficiente di sicurezza alla liquefazione F_s sempre superiore al Fattore di Sicurezza considerato cautelativamente pari a 1,25.

Di conseguenza l'indice di liquefazione all'interno del sito di progetto risulta pari a zero, ovvero molto basso.

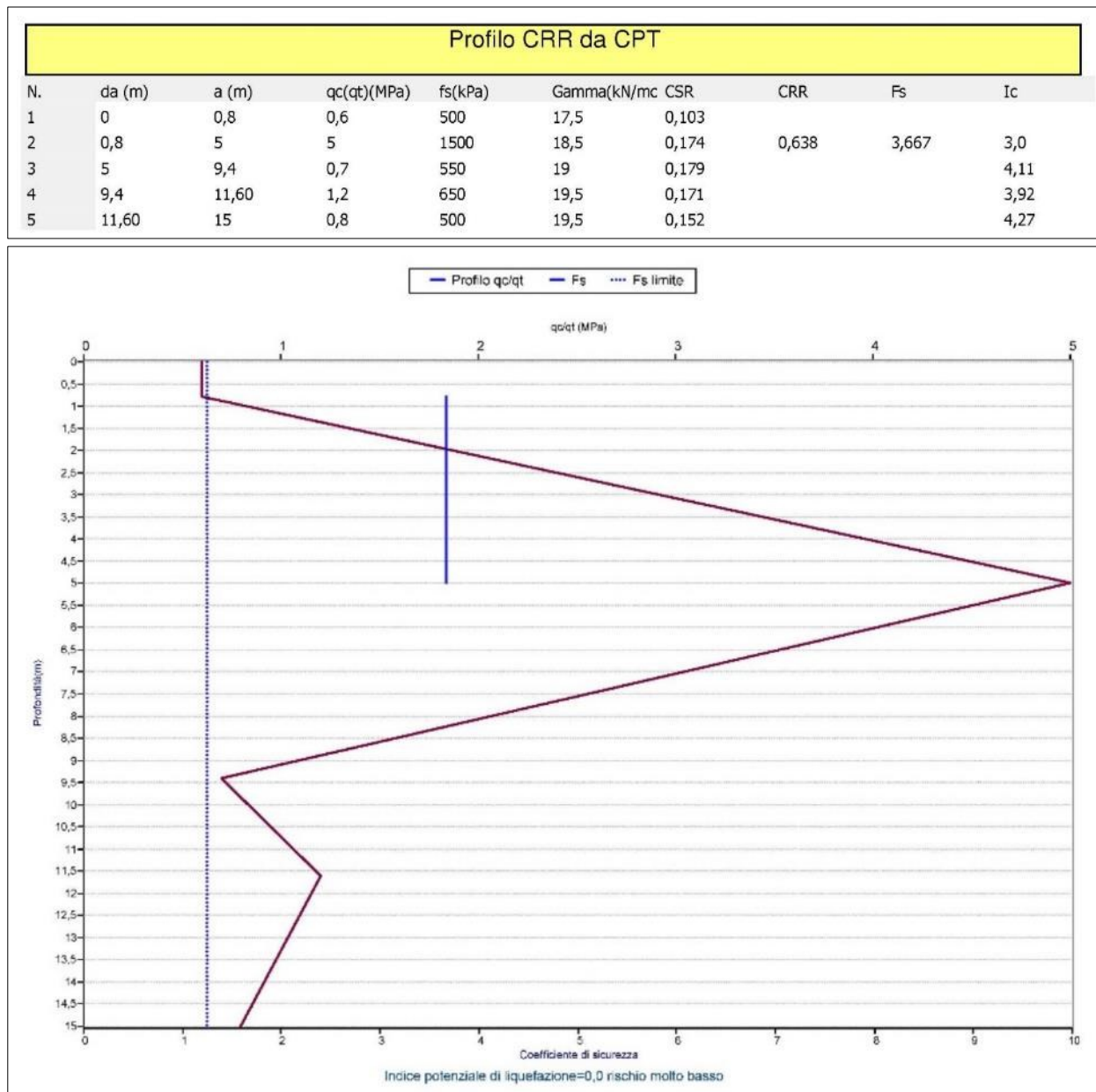


Fig. 19 - Risultati analitici dell'applicazione del metodo semplificato Boulanger e Idriss (2014) per il calcolo del fattore di sicurezza F_s .

5. FATTIBILITÀ GEOLOGICA E VINCOLI DELL'AREA DI PROGETTO

Dall'analisi della cartografia allegata allo *Studio Geologico redatto per l'Aggiornamento della "Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio"* di Desenzano del Garda (Agosto 2011 - Rev. 01 Gennaio 2016), è stato verificato che il sito di progetto ricade nella **Classe di Fattibilità 2, con modeste limitazioni d'uso (Fig. 20)**.

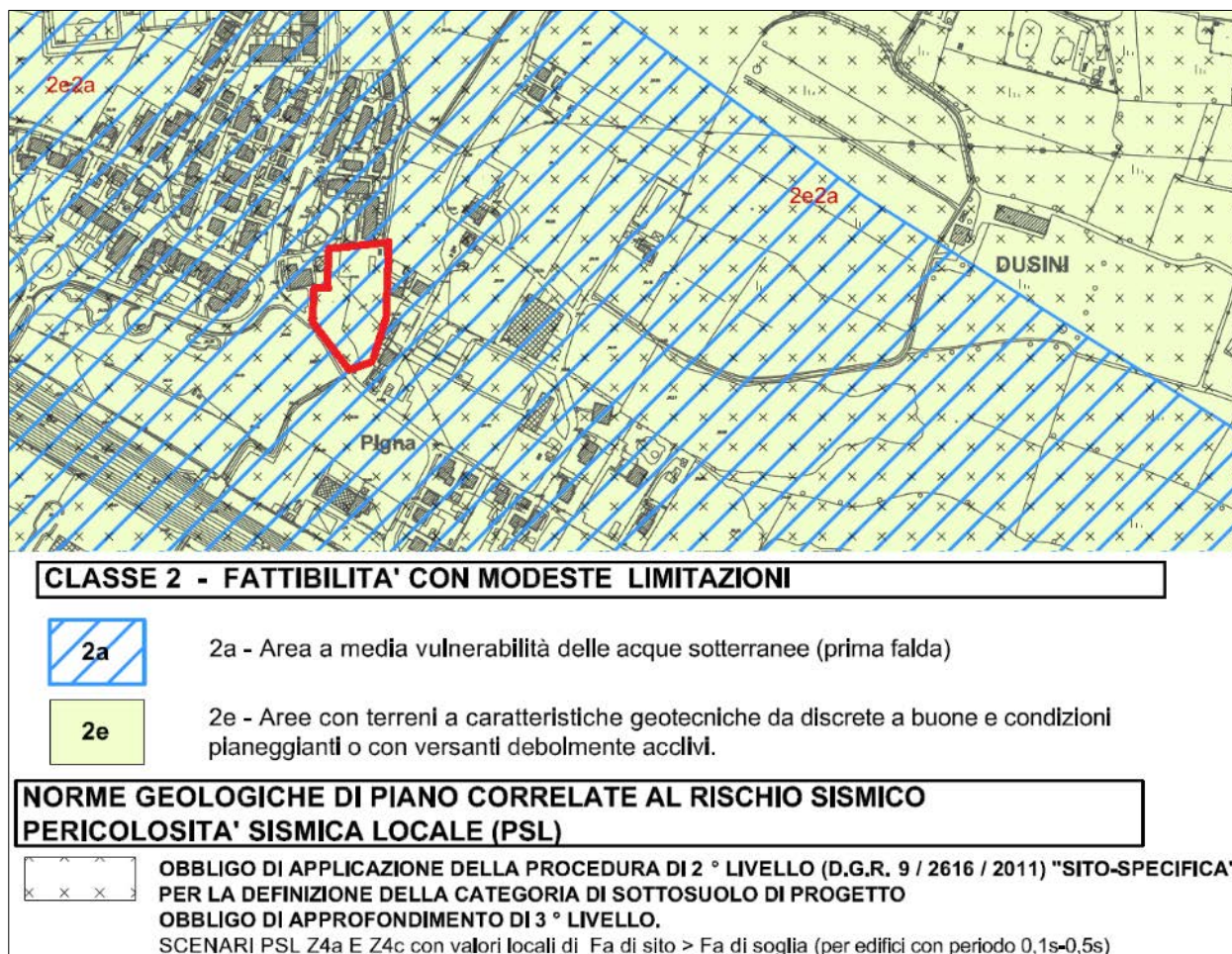


Fig. 20 - Stralcio della "Carta della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano" (Tav. SG T12c), allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale vigente, con ubicazione dell'area d'interesse.

Per tale classe 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 2a** (Area a media vulnerabilità delle acque sotterranee, prima falda)

Per questa sottoclasse sono consentite tutte le tipologie di opere di progetto proposte; 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 prove penetrometriche, realizzate all'interno del lotto progettuale, hanno rilevato la presenza di falde acquifere superficiali a partire da circa -0,8/-1,5 m dal piano campagna. Non si esclude inoltre, che fenomeni di circolazione d'acqua potrebbero comparire 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 con conseguente innalzamento del livello del lago.

Si ritiene in merito che, gli interventi di progetto, siano compatibili con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee, non introducendo alcun impatto sulle acque di falda, essendo già presenti nel lotto d'interesse naturali deflussi per spaglio superficiale delle acque meteoriche e idonee reti fognarie di smaltimento reflui.

Per la vulnerabilità delle acque della falda freatica superficiale, inoltre è garantito che gli interventi di progetto e le attività svolte, sono legate al normale uso residenziale dei luoghi e non saranno potenzialmente idroinquinanti. La salvaguardia delle risorse idriche sotterranee (classe 2a), dovrà comunque essere garantita operando in cantiere mediante procedure non potenzialmente idroinquinanti e adoperando idonei materiali e tecniche costruttive per l'isolamento delle strutture di fondazione e delle strutture in elevazione verso il piano campagna.

✓ **CLASSE 2e** (*Aree con terreni a caratteristiche geotecniche da discrete a buone e condizioni pianeggianti o con versanti debolmente acclivi*)

Per questa sottoclasse sono previste le tipologie di opere di progetto proposte 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, accertando lo spessore delle coperture superficiali e i parametri caratteristici dei terreni indagati. 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 subpianeggiante ed escludendo fenomeni geomorfici in atto e/o potenziali.

Per l'area d'interesse è stato redatto un modello geotecnico utile al fine di procedere alla definizione delle profondità di posa e al dimensionamento delle strutture di fondazione degli edifici progettuali. Risulta quindi consentita l'edificazione dell'area di indagine e in ogni caso dovrà essere comunque subordinata alla predisposizione di una relazione geologica, redatta attualmente ai sensi del D.M. 17/01/2018, rappresentata dal presente elaborato tecnico.

Inoltre, in relazione alla Pericolosità Sismica di Sito, nella carta di fattibilità sono segnalati "*possibili fenomeni di amplificazione sismica correlati ad effetti litologici*". Per tale previsione è stata definita la Categoria di Sottosuolo ai sensi del D.M. 17/01/18 ed è stata eseguita la verifica del Fattore di amplificazione seguendo la procedura di 2° livello sito-specifica (D.G.R. n. 9/2616/2011), in ottemperanza a quanto esplicitato in ultimo nell'allegato APP 5 (II Grado) del Modulo di Asseverazione n° 9 della D.G.R. 5001/2016.

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 gli scenari di fattibilità generale previsti per l'area oggetto di studio.

Si specifica che le attività di cantiere dovranno essere svolte nel rispetto delle norme vigenti in termini di sicurezza sui luoghi di lavoro, garantendo l'assenza di attività potenzialmente idroinquinanti; inoltre si ritiene che il normale uso residenziale dei luoghi non potrà incidere sulle dinamiche di vulnerabilità della falda superficiale.

Nelle sottoclassi individuate risultano consentite tutte le tipologie di intervento. Secondo i regolamenti di Piano, la loro realizzazione è subordinata comunque alla predisposizione di una relazione geologica e geotecnica, da eseguire attualmente ai sensi del D.M. 17/01/2018, così come ampiamente trattato nel presente elaborato.

Nell'area in esame, non si segnalano, per le classi di Fattibilità Geologica previste e per le corrispondenti limitazioni, situazioni e fenomeni in atto in grado di modificare le caratteristiche idrogeologiche, idrografiche e geomorfologiche dell'area. Inoltre, si ritiene che gli interventi di progetto non risultino in grado di indurre situazioni di dissesto o modificare il valore morfologico-paesaggistico del territorio.

Nello stesso Studio Geologico comunale, come ampiamente descritto nei paragrafi 2.4 e 2.5 si evidenzia come l'area di progetto, in corrispondenza del confine Orientale, sia lambita da un tratto di corso d'acqua, Rio Venga, afferente al reticolo idrico minore, per la quale sono istituite **Normative di vincolo** (*Carta dei vincoli – Tav. SG T10*) (**Fig. 21**). Per tale elemento del reticolo idrografico, è istituita una fascia di rispetto di larghezza di 10 m da ciascuna sponda, all'interno della quale alcune attività ed opere sono vietate e/o soggette ad autorizzazione. Si prescrive quindi che qualsiasi opera edificatoria di progetto non dovrà interferire con tale asta del reticolo idrografico, né tanto meno rientrare entro la fascia di rispetto di larghezza pari a 10 m dalla sponda in destra idrografica, per essa istituita.

Infine, secondo quanto previsto dalla “*Carta di Perimetrazione delle aree in dissesto con legenda uniformata PAI*” (*Tav. SG T03 dell'Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del P.G.T. – Agg. Gennaio 2016*) è stata inoltre esclusa la presenza di fenomeni franosi o possibili esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio.

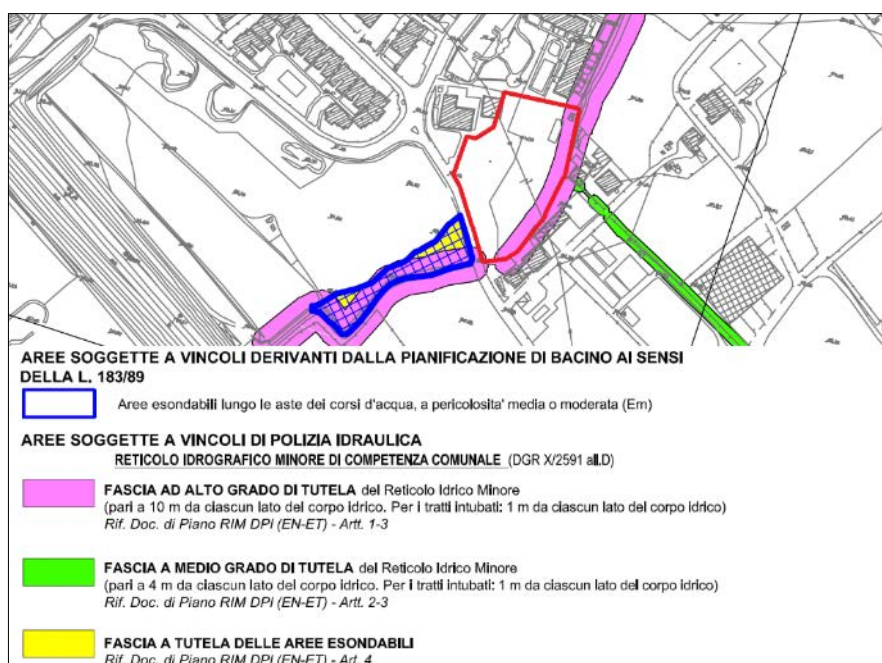


Fig. 21 - Stralcio della “*Carta dei Vincoli Geologici*” (*Tav. SG T10*), allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale vigente, con ubicazione dell'area d'interesse.

B. RELAZIONE GEOTECNICA R2

6. MODELLO GEOTECNICO – VALORI CARATTERISTICI

Sulla scorta dei dati geognostici ricavati dalle indagini in sito (Prove Penetrometriche Statiche CPT e prospezione sismica MASW) 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 di esecuzione delle indagini (p.c.).

- ✓ Terreno Superficiale S (Strato 1): Terreno vegetale superficiale e/o rimaneggiato sabbioso-limoso, scarsamente addensato.
- ✓ Unità Geotecnica MF A (Strato 2): Depositi della morena di fondo sabbioso limosi debolmente ghiaiosi, nel complesso moderatamente addensati.
- ✓ Unità Geotecnica MF B (Strato 3): Depositi della morena di fondo, prevalentemente limoso-argillosi, nel complesso scarsamente consistenti.
- ✓ Unità Geotecnica MF C (Strato 4): Depositi della morena di fondo limoso-sabbiosi-argillosi, da scarsamente a moderatamente consistenti.
- ✓ Unità Geotecnica MF D (Strato 5): Depositi afferenti all'Unità della morena di fondo costituiti quasi esclusivamente da limi argillosi, scarsamente consistenti. Dalle informazioni sismostratigrafiche tali depositi hanno continuità fino ad una profondità di almeno -40 m dal p.c., oltre la quale è possibile ipotizzare la presenza di depositi ghiaiosi molto addensati.

PARAMETRI GEOTECNICI

	γ_{nat} (t/m ³)	γ' (t/m ³)	Cu (kg/cm ²)	ϕ	Dr %	E _y (kg/cm ²)	E _d (kg/cm ²)	Denominazione AGI
STRATO 1								
da 0,0 a -0,8/-1,0 m	1,75	--	--	27°	30	15-20	--	Scarsamente addensato
STRATO 2								
da -0,8/-1,0 m a -5,0/-5,6 m	1,85	1,00	--	33°	75	130-200	--	Moderatamente addensato
STRATO 3								
da -5,0/-5,6 m a -8,8/-9,8 m	1,90	0,95	0,40	--	--	--	30-35	Scarsamente consistente
STRATO 4								
da -8,8/-9,8 m a -11,2/-12,2 m	1,95	1,00	0,55	--	--	--	45-50	Da scarsamente a moderatamente consistente
STRATO 5								
Oltre -11,2/ -12,2 m dal p.c.	1,95	1,00	0,40	--	--	--	30-35	Scarsamente consistente

γ_{nat} = Peso unitario del terreno, γ' = Peso di volume immerso, C_u = Resistenza non drenata,
 ϕ = Angolo di resistenza al taglio, D_r = Densità relativa Skempton,
 E_y = modulo di Young per terreni granulari, E_{ed} = modulo edometrico per terreni coesivi.

Alla luce di tali ipotesi, evidenziate dai risultati della prova penetrometrica eseguita 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 dei piani di posa delle nuove fondazioni, è stata ipotizzata una profondità di scavo massima pari a circa -3,5 m, per gli edifici progettuali, comprese di fondazione (0,5 m).

In fase di preparazione del piano di appoggio delle fondazioni sarà opportuno verificare che il fondo sia omogeneamente caratterizzato dai depositi delle unità geotecniche previste ed in assenza di materiali di riporto.

Considerando la natura dei depositi presenti, si ipotizza, per la realizzazione delle nuove fondazioni, l'utilizzo di **strutture di tipo a platea**, opportunamente dimensionate, ed inerenti agli edifici progettuali. Si specifica che in questa fase preliminare, è stato scelto di modellare una platea con dimensioni pari a 20x45m, coincidente a circa metà della superficie equivalente dell'interrato di progetto.

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

Pertanto, nei calcoli degli stati limite si è tenuto conto di un piano di posa entro l'Unità *MF A - Strato 2* a buone caratteristiche geotecniche, in modo tale da fornire ai *Tecnici della Committenza* uno scenario quanto più realistico e completo possibile, considerando il contributo dei sottostanti *Strati 3, 4 e 5* a caratteristiche geotecniche più scadenti:

Platea di fondazione Scavo -3,5 m	
dimensioni B (m)	altezza Df (m)
20,0x45,0	0,50

	Parametri geotecnici		
	γ_{nat} (t/m ³)	C_u (kg/cm ²)	ϕ
Strato 1	1,75	--	27°
Strato 2	1,85	--	33°
Strato 3	1,90	0,40	--
Strato 4	1,95	0,55	--
Strato 5	1,95	0,40	--

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)**, in condizioni drenate:

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

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 di fondazione Scavo -3,5 m	
dimensioni (m)	Q_{lim M1} (kg/cm ²)
20,0x45,0	2,82

Per le verifiche agli stati limite ultimi 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 Rd** 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 di fondazione Scavo -3,5 m	
dimensioni (m)	R_d (A1+M1+R3) (kg/cm ²)
20,0x45,0	1,28

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 di fondazione Scavo -3,5 m	
dimensioni (m)	R_d (kg/cm ²)
20,0x45,0	1,16

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 (*Strato 2*), utilizzando la seguente relazione:

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

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 di fondazione Scavo -3,5 m		
dimensioni (m)	P_{SLE} (kg/cm ²)	S (mm)
20,0x45,0	0,50	21
	0,60	53
	0,70	85

in cui:

P_{SLE} = pressione di esercizio sulla fondazione

S = cedimento totale

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

In nessun caso i valori stimati (sia per le resistenze che per i cedimenti) potranno essere utilizzati per fondazioni poggianti direttamente 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 nuova costruzione di edifici residenziali nel Nuovo Piano Attuativo P.L. Moie – AUTR 4, in Via Venezia, nel Comune di Desenzano del Garda (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.

Per la definizione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione interessati dal progetto, nel mese di Settembre 2020 è stata condotta nell'area in esame, un'indagine geognostica consistita nell'esecuzione di n°6 prove penetrometriche statiche CPT. Inoltre, sono stati presi in considerazione i dati derivanti da una prospezione sismica MASW+HVSr eseguita in un lotto limitrofo, posto a circa 130 m in direzione Sud dall'area di progetto, in un contesto geologico omologo a quello oggetto di studio e nel medesimo scenario di Pericolosità Sismica Locale.

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 0,8/1,0 m correlabile ad uno strato superficiale vegetale e/o rimaneggiato, di natura sabbioso-limosa (*Unità S - Strato 1*), scarsamente addensato. Da -0,8 a -1,0 m a -5,0/-5,6 m dal p.c. si rinvenivano depositi della morena di fondo, moderatamente addensati (*Unità MF A - Strato 2*), costituiti da sabbie limose debolmente ghiaiose. Oltre -5,0/-5,6 m si rinvenivano depositi fini della morena di fondo, nel complesso scarsamente consistenti (*Unità MF B-Strato 3, MF C-Strato 4 e MF D-Strato 5*), costituiti prevalentemente da limi argillosi.
- b. Se si considera una quota di posa delle nuove strutture di fondazione, ipotizzata a partire da circa -3,5 m dal p.c. presente alla data delle indagini, si prevede dunque un appoggio entro l'*Unità MF A (Strato 2)* a buone caratteristiche geotecniche.
- c. In nessun caso le strutture di fondazione potranno poggiare su coltri vegetali o su livelli o lenti di materiali a caratteristiche geotecniche particolarmente scadenti (eventualmente non rilevati con le indagini eseguite in sito), o in presenza di terreno rimaneggiato dalle operazioni di scavo.
- d. A fine scavo di preparazione per la posa delle fondazioni, in caso di presenza di terreni a scadenti caratteristiche geotecniche a profondità superiori a quelle considerate, si prescrive un approfondimento del piano di posa delle fondazioni mediante operazioni di bonifica geotecnica con rimozione di un idoneo strato di terreno, a cui far seguire il getto di magrone o, secondo scelte del progettista, la posa di uno strato di materiale grossolano idoneamente realizzato e vibrocompattato, per raggiungere la quota d'imposta di progetto prevista.
- e. Si segnala che nel presente elaborato è stata indicata la presenza di una falda superficiale a partire da circa -0,8/-1,5 m di profondità dal p.c.. Quanto riscontrato risulta compatibile con l'assetto idrogeologico dell'area, caratterizzato dalla presenza di acquiferi superficiali, circolanti in lenti a media e bassa permeabilità ricchi di frazione sabbioso-ghiaiosa, sostenuti alla base dai depositi impermeabili afferenti alla Morena di fondo.

- f. In riferimento alla scelta di realizzare edifici con piani interrati, si prevedono interferenze con tali livelli acquiferi superficiali rinvenuti. Si prescrivono pertanto adeguate impermeabilizzazioni con guaine e giunti impermeabili da apporre alla base delle fondazioni, delle pavimentazioni interrate e delle porzioni dei muri in elevazione al piano di calpestio, in modo da contrastare efficacemente le probabili infiltrazioni di acqua. Per tale motivo, per le strutture interrate, è consigliato inoltre il confinamento del reinterro e del calcestruzzo con opportuni materiali di natura bentonitica, i quali consentono il generarsi di un gel coloso e consistente che aderendo alla struttura la rende perfettamente impermeabile. Il rivestimento con queste membrane impermeabili dovrà essere realizzato avendo la precauzione di inserire un raccordo doppio di giunzione di materiale impermeabile, avente funzione di diaframma, tra piano verticale ed orizzontale, da posizionare sulla superficie orizzontale. Il Progettista potrà utilizzare tecnologie e modalità operative differenti, purché in grado di garantire un'ideale impermeabilizzazione delle strutture di progetto.

8.1 Esecuzione degli scavi in condizioni di sicurezza

Al fine di garantire l'esecuzione degli interventi di scavo nel rispetto delle condizioni di stabilità dei fronti, si dovrà operare con cautela mantenendo altezze ed inclinazioni rapportabili con le caratteristiche geotecniche dei terreni esistenti e idonee modalità realizzative, soprattutto se in presenza di fenomeni di circolazione d'acqua superficiale.

Per tutti gli sbancamenti si raccomanda di non abbandonare i fronti di scavo aperti per periodi di tempo prolungati. A seguito di piogge intense tali fronti possono essere soggetti a fenomeni di dilavamento con conseguenti crolli delle pareti di scavo. In caso di pioggia i fronti di scavo dovranno essere protetti dal dilavamento superficiale mediante teloni impermeabili.

Durante le opere di realizzazione delle nuove strutture si raccomanda inoltre di porre estrema attenzione ai fabbricati esistenti in adiacenza alle future opere di progetto. Si rimanda in merito ogni considerazione ai Tecnici Strutturisti incaricati. Pertanto, per la messa in sicurezza dei fronti di scavo si prescrive quanto segue:

- ✓ Per quanto riguarda tutti i lati del perimetro di scavo, gli sbancamenti previsti per la realizzazione del piano interrato comporteranno un approfondimento rispetto al ripiano campagna esistente alla data delle indagini di circa -3,5 m; in merito si specifica che, data la presenza di livelli acquiferi superficiali con portate modeste e continue nel tempo, verificate su tutta l'area di progetto, non sarà possibile garantire fronti di scavo con inclinazione rapportabili con le caratteristiche geotecniche dei terreni (40°-50° prescritti dal piano orizzontale). Pertanto, si prescrive la realizzazione di opere di sostegno dei fronti di scavo per garantire la stabilità dei luoghi e delle aree di cantiere.
- ✓ In merito, viste le caratteristiche geologiche e idrogeologiche dell'area di progetto, si sconsiglia vivamente l'esecuzione di opere di sostegno quali *berlinesi di micropali*. Inoltre, data la presenza di depositi grossolani entro -5,0/-5,6 m dal p.c. si esclude la possibilità di realizzare opere di sostegno dei fronti di scavo quali *palancole provvisoriali/a perdere*.
- ✓ Si dovrà pertanto prevedere l'esecuzione di Diaframmi/Paratie opportunamente armate/tirantate in testa, e correttamente intestate almeno *nell'Unità Geotecnica MFA e MF B*, utili al sostegno delle pareti di scavo con conseguente impermeabilizzazione; tali

opere potranno costituire un eventuale muro di sostegno permanente a scavo terminato, da spinottare alle strutture di fondazione previste.

- ✓ In alternativa si consiglia l'esecuzione di opere di sostegno mediante Jet Grouting, in cui il miglioramento e consolidamento del terreno con conseguente impermeabilizzazione, avviene mediante realizzazione di elementi colonnari di dimensioni variabili a seconda delle caratteristiche dei terreni e delle modalità di iniezione progettate.
- ✓ Si rimanda al Progettista incaricato, la scelta definitiva delle opere di sostegno da realizzare, nonché delle specifiche modalità realizzative. In alternativa potranno essere previsti altri sistemi di sostegno provvisorio dei fronti di scavo, purché compatibili con lo scenario di cantiere previsto e condivisi con la Direzione Lavori ed il sottoscritto.
- ✓ Per tutti gli sbancamenti si raccomanda, infine, di non abbandonare i fronti di scavo aperti per periodi di tempo prolungati. A seguito di piogge intense tali fronti possono essere soggetti a fenomeni di dilavamento con conseguenti crolli delle pareti di scavo. In caso di pioggia i fronti di scavo dovranno essere protetti dal dilavamento superficiale mediante teloni impermeabili. Le procedure da adottare dovranno prevedere tutte le precauzioni contenute nella normativa vigente in merito alla sicurezza sui luoghi di lavoro, in caso di esecuzione di scavi con altezza superiore a 1,5 m (D.Lgs. n° 81/08).

8.2 Considerazioni sulle Verifiche agli Stati Limite

Alla luce delle verifiche agli Stati Limite effettuate, rimane a carico e a discrezione dei *Tecnici Strutturisti* incaricati, la possibilità, qualora le pressioni di esercizio sulle nuove fondazioni risultassero maggiori di 0,5 kg/cm², di realizzare *fondazioni profonde mediante micropali trivellati*. La progettazione ed il dimensionamento di tali pali “sospesi”, essendo presenti a partire da circa -5,0/-5,6 m dal p.c. terreni prevalentemente limoso-argillosi, dovranno essere attentamente valutate dalla ditta esecutrice e/o da un *Ingegnere geotecnico* abilitato.

Sulla base delle risultanze delle indagini geognostiche eseguite presso l'area di studio, si ritiene opportuno valutare la possibilità di realizzare nuove strutture di progetto prive di piani interrati, con posa di fondazioni superficiali (circa -1,0 m dal p.c.) di tipo nastriforme intestate entro l'*Unità MFA – Strato 2* a buone caratteristiche geotecniche. In questo caso si prevedono cedimenti ammissibili fino a carichi di esercizio pari a circa 1,0/1,2 kg/cm².

Si rimane disponibili per una eventuale revisione dei calcoli eseguiti ed un confronto riguardo la tipologia e profondità di posa delle nuove fondazioni, le Verifiche agli Stati Limite e per quanto concerne la valutazione dei cedimenti attesi.

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 Desenzano del Garda (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 e delle tipologie strutturali previste.
- ✓ Dall’analisi della cartografia allegata alle Norme di piano comunale, nell’area in esame, non si segnalano, per la classe di **Fattibilità Geologica 2** e per le corrispondenti limitazioni previste, fenomeni geomorfici in atto o potenziali, in grado di indurre innesco di eventi franosi. 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 segnalano **Normative di vincolo** correlate al Rio Venga afferente al R.I.M. di competenza comunale. Si prescrive quindi che qualsiasi opera edificatoria di progetto non dovrà interferire con tale asta del reticolo idrografico, né tanto meno rientrare entro la fascia di rispetto di larghezza pari a 10 m dalla sponda in sinistra idrografica, per essa istituita.
- ✓ 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 Desenzano del Garda entro lo scenario di **pericolosità sismica Z4c** “*Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)*”.
- ✓ Per lo scenario di pericolosità Z4c è stata eseguita un’analisi sito-specifica (II 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 inferiori ai valori di F_a di soglia previsti per la **categoria di sottosuolo “C”** (definita per il sito d’interesse) e che pertanto i parametri sismici della normativa sismica vigente sono sufficienti a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica (**$FAC \leq FAS$**).
- ✓ 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**.

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 un Nuovo Piano di Lottizzazione, 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 “*richiesta di autorizzazione sismica del progetto*” (zona sismica 2), 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.

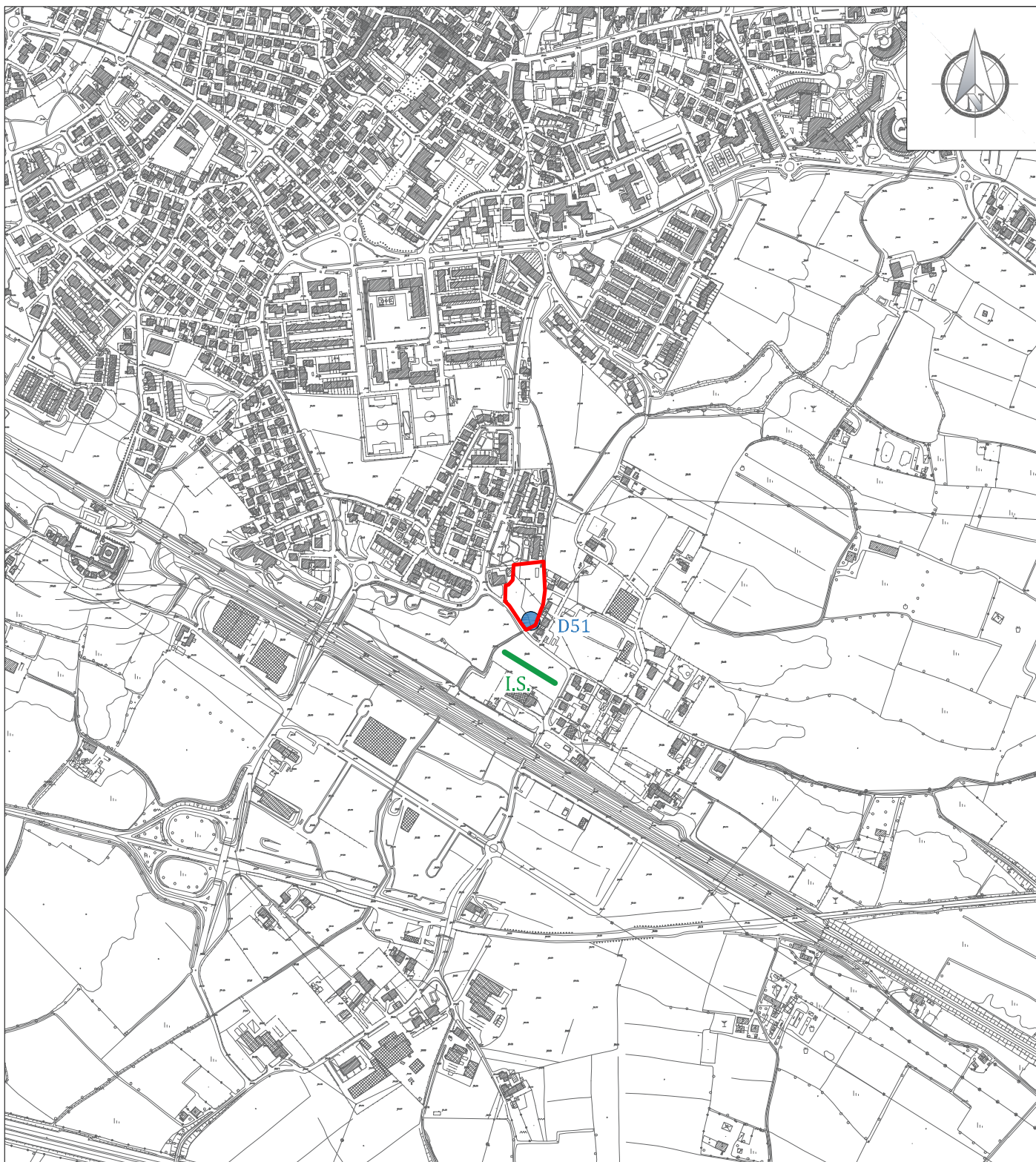
Desenzano del Garda, 14 Settembre 2020

Dott. Geol. Niccolò Crestana



COROGRAFIA CON UBICAZIONE DELL'AREA D'INTERESSE, DEI SITI PRECEDENTEMENTE INDAGATI
E DEI POZZI CON STRATIGRAFIA IN ALLEGATO
SCALA 1:10.000

Tav. 1



LEGENDA



Area in esame



I.S.

Indagine sismica MASW+HVSr
precedentemente eseguita
(Crestana S.r.l.s. - Marzo 2019)

D51



Pozzo con stratigrafia
in allegato

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

Tav. 2



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

CPT

1

Riferimento **Desenzano del Garda**

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Data eseg. **01/09/2020**

Pagina **1**

Elaborato

Falda **-0,98 m**

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	10,0	18,0		10,00	0,53	19	5,3
0,40	0,0	0,0		0,00	0,33	0		15,40	12,0	20,0		12,00	0,53	23	4,4
0,60	9,0	14,0		9,00	0,60	15	6,7	15,60	11,0	19,0		11,00	0,60	18	5,5
0,80	10,0	19,0		10,00	0,73	14	7,3	15,80	13,0	22,0		13,00	0,53	25	4,1
1,00	49,0	60,0		49,00	1,40	35	2,9	16,00	14,0	22,0		14,00			
1,20	62,0	83,0		62,00	2,00	31	3,2								
1,40	75,0	105,0		75,00	3,67	20	4,9								
1,60	83,0	138,0		83,00	1,87	44	2,3								
1,80	31,0	59,0		31,00	1,73	18	5,6								
2,00	20,0	46,0		20,00	2,47	8	12,4								
2,20	131,0	168,0		131,00	2,67	49	2,0								
2,40	170,0	210,0		170,00	3,40	50	2,0								
2,60	185,0	236,0		185,00	2,47	75	1,3								
2,80	151,0	188,0		151,00	2,87	53	1,9								
3,00	87,0	130,0		87,00	1,13	77	1,3								
3,20	18,0	35,0		18,00	1,07	17	5,9								
3,40	20,0	36,0		20,00	0,73	27	3,7								
3,60	18,0	29,0		18,00	1,00	18	5,6								
3,80	25,0	40,0		25,00	1,33	19	5,3								
4,00	25,0	45,0		25,00	0,67	37	2,7								
4,20	14,0	24,0		14,00	0,93	15	6,6								
4,40	24,0	38,0		24,00	0,47	51	2,0								
4,60	16,0	23,0		16,00	1,13	14	7,1								
4,80	15,0	32,0		15,00	0,60	25	4,0								
5,00	10,0	19,0		10,00	0,67	15	6,7								
5,20	6,0	16,0		6,00	1,07	6	17,8								
5,40	36,0	52,0		36,00	0,80	45	2,2								
5,60	8,0	20,0		8,00	0,47	17	5,9								
5,80	14,0	21,0		14,00	0,53	26	3,8								
6,00	8,0	16,0		8,00	0,47	17	5,9								
6,20	10,0	17,0		10,00	0,47	21	4,7								
6,40	15,0	22,0		15,00	0,40	38	2,7								
6,60	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0								
6,80	6,0	12,0		6,00	0,47	13	7,8								
7,00	7,0	14,0		7,00	0,80	9	11,4								
7,20	12,0	24,0		12,00	0,73	16	6,1								
7,40	8,0	19,0		8,00	0,60	13	7,5								
7,60	10,0	19,0		10,00	0,53	19	5,3								
7,80	11,0	19,0		11,00	0,47	23	4,3								
8,00	9,0	16,0		9,00	0,80	11	8,9								
8,20	77,0	89,0		77,00	0,47	164	0,6								
8,40	23,0	30,0		23,00	0,67	34	2,9								
8,60	9,0	19,0		9,00	0,53	17	5,9								
8,80	8,0	16,0		8,00	0,47	17	5,9								
9,00	13,0	20,0		13,00	0,47	28	3,6								
9,20	16,0	23,0		16,00	0,53	30	3,3								
9,40	16,0	24,0		16,00	0,40	40	2,5								
9,60	9,0	15,0		9,00	1,40	6	15,6								
9,80	30,0	51,0		30,00	0,87	34	2,9								
10,00	13,0	26,0		13,00	1,07	12	8,2								
10,20	36,0	52,0		36,00	1,67	22	4,6								
10,40	19,0	44,0		19,00	1,27	15	6,7								
10,60	53,0	72,0		53,00	1,13	47	2,1								
10,80	14,0	31,0		14,00	1,00	14	7,1								
11,00	12,0	27,0		12,00	0,47	26	3,9								
11,20	10,0	17,0		10,00	0,47	21	4,7								
11,40	9,0	16,0		9,00	0,53	17	5,9								
11,60	11,0	19,0		11,00	0,53	21	4,8								
11,80	8,0	16,0		8,00	0,60	13	7,5								
12,00	8,0	17,0		8,00	0,47	17	5,9								
12,20	9,0	16,0		9,00	0,53	17	5,9								
12,40	10,0	18,0		10,00	0,40	25	4,0								
12,60	10,0	16,0		10,00	0,40	25	4,0								
12,80	9,0	15,0		9,00	0,47	19	5,2								
13,00	7,0	14,0		7,00	0,33	21	4,7								
13,20	9,0	14,0		9,00	0,40	23	4,4								
13,40	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0								
13,60	8,0	14,0		8,00	0,47	17	5,9								
13,80	8,0	15,0		8,00	0,47	17	5,9								
14,00	9,0	16,0		9,00	0,47	19	5,2								
14,20	9,0	16,0		9,00	0,33	27	3,7								
14,40	12,0	17,0		12,00	0,40	30	3,3								
14,60	9,0	15,0		9,00	0,40	23	4,4								
14,80	10,0	16,0		10,00	0,47	21	4,7								
15,00	10,0	17,0		10,00	0,53	19	5,3								

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: **Desenzano del Garda**

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Scala: **1:80**

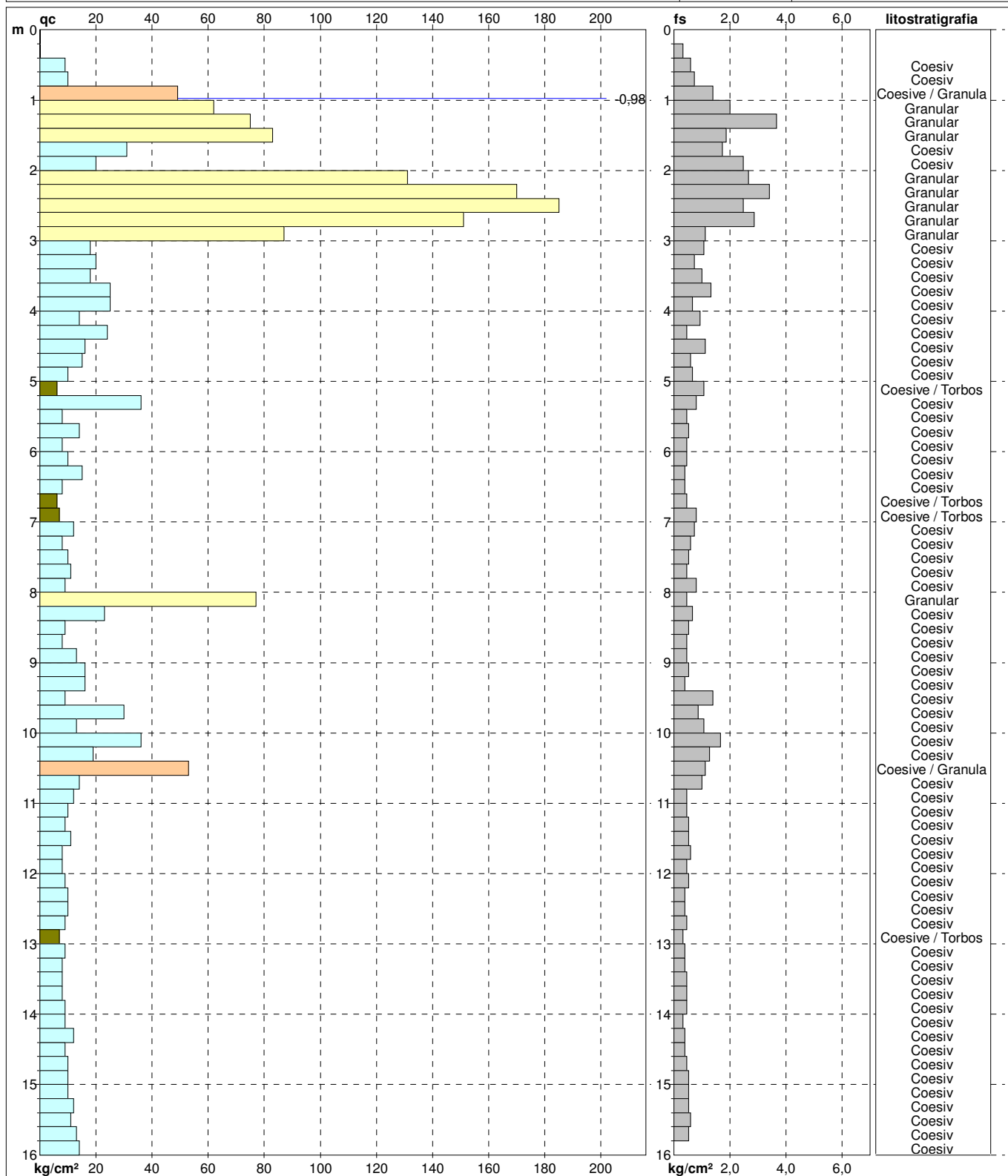
Pagina **1**

Elaborato

Data exec. **01/09/2020**

Quota inizio:

Falda **-0,98 m**



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: **Desenzano del Garda**

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

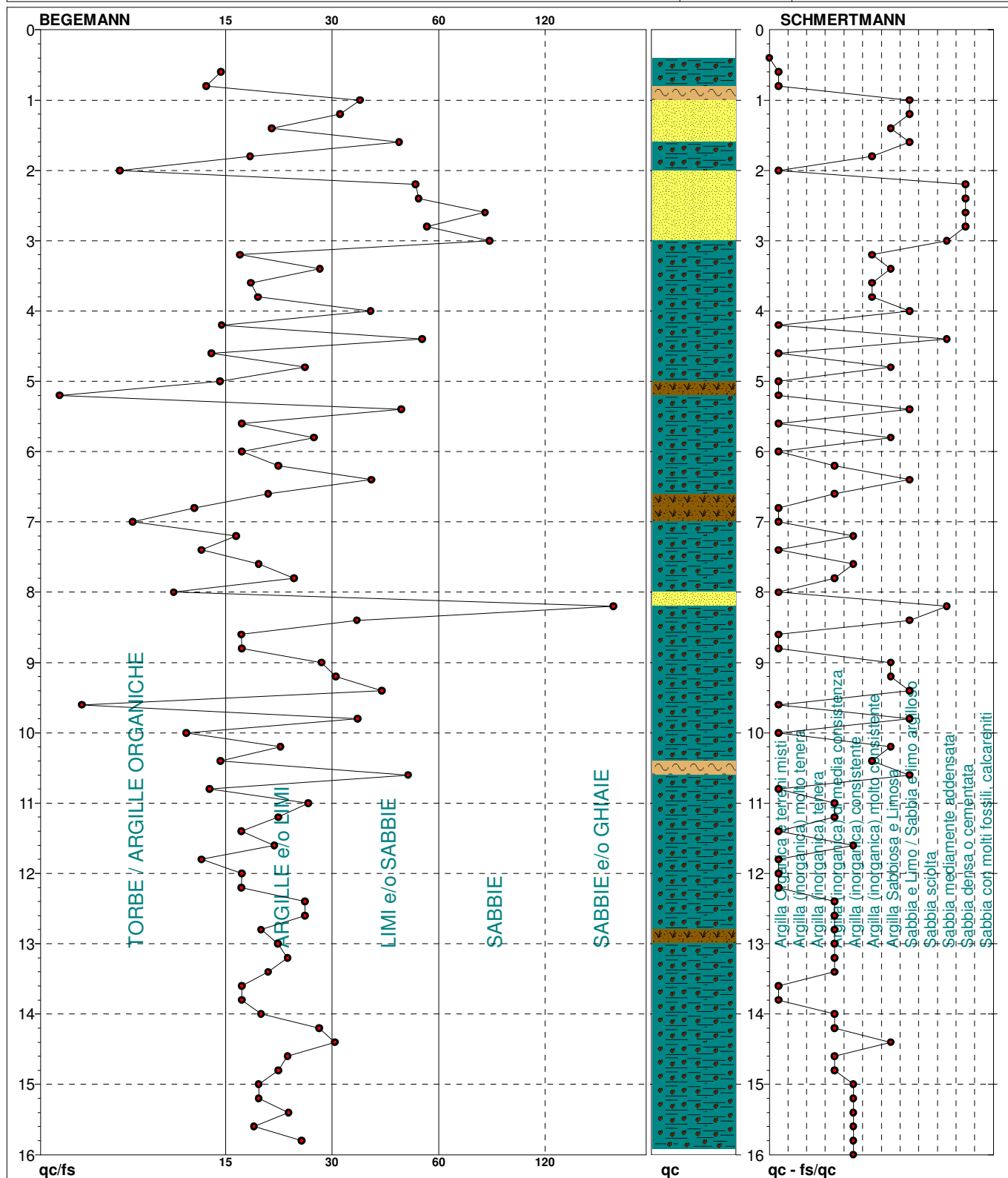
Scala: **1:80**

Pagina **1**

Elaborato

Data exec. **01/09/2020**

Falda **-0,98 m**



TORBE / ARGILLE ORGANICHE	21,25%	Argilla Organica e terreni misti	30,00%	Argilla Sabbiosa e Limosa	10,00%
ARGILLE e/o LIMI	55,00%	Argilla (inorganica) di media consistenza	18,75%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	12,50%
LIMI e/o SABBIE	18,75%	Argilla (inorganica) consistente	10,00%	Sabbia mediamente addensata	3,75%
SABBIE	2,50%	Argilla (inorganica) molto consistente	6,25%	Sabbia densa o cementata	5,00%
SABBIE e/o GHIAIE	1,25%				

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT

1

Riferimento Desenzano del Garda

Committente Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti

Cantiere

Località Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)

U.M.: kg/cm²

Data eseg. 01/09/2020

Pagina 1

Elaborato

Falda -0,98 m

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE													
H m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m ³	σ'_{vo} U.M.	Vs m/s	Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	FL1	FL2		
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0,60	9,00	15,00	2	1,88	0,11	--	0,45	35,9	76,5	114,8	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0,80	10,00	13,70	2	1,90	0,15	--	0,50	28,4	85,0	127,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,00	49,00	35,00	3	0,92	0,17	--	--	--	--	--	--	91	41	38	35	33	42	31	81,7	122,5	147,0	--	--		
1,20	62,00	31,00	3	0,94	0,19	--	--	--	--	--	--	97	42	39	36	34	42	32	103,3	155,0	186,0	--	--		
1,40	75,00	20,44	4	1,03	0,21	--	2,50	99,9	425,0	637,5	225,0	100	42	39	36	34	43	32	125,0	187,5	225,0	--	--		
1,60	83,00	44,39	3	0,97	0,23	--	--	--	--	--	--	100	42	39	36	34	43	33	138,3	207,5	249,0	--	--		
1,80	31,00	17,92	4	0,97	0,25	--	1,03	37,8	175,7	263,5	93,0	66	37	34	31	29	38	29	51,7	77,5	93,0	--	--		
2,00	20,00	8,10	4	0,93	0,26	--	0,80	25,1	136,0	204,0	60,0	49	35	31	28	26	35	27	33,3	50,0	60,0	--	--		
2,20	131,00	49,06	3	1,05	0,29	--	--	--	--	--	--	100	42	40	38	35	44	35	218,3	327,5	393,0	--	--		
2,40	170,00	50,00	3	1,11	0,31	--	--	--	--	--	--	100	42	41	39	36	44	37	283,3	425,0	510,0	--	--		
2,60	185,00	74,90	3	1,13	0,33	--	--	--	--	--	--	100	42	41	39	36	44	37	308,3	462,5	555,0	--	--		
2,80	151,00	52,61	3	1,08	0,35	--	--	--	--	--	--	100	42	40	37	35	43	36	251,7	377,5	453,0	--	--		
3,00	87,00	76,99	3	0,98	0,37	--	--	--	--	--	--	91	41	37	34	32	41	33	145,0	217,5	261,0	--	--		
3,20	18,00	16,82	2	0,98	0,39	--	0,75	14,2	127,5	191,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
3,40	20,00	27,40	4	0,93	0,41	--	0,80	14,5	136,0	204,0	60,0	38	33	29	26	24	33	27	33,3	50,0	60,0	--	--		
3,60	18,00	18,00	2	0,98	0,43	--	0,75	12,6	127,5	191,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
3,80	25,00	18,80	4	0,94	0,45	--	0,91	15,2	154,5	231,8	75,0	44	34	30	27	25	34	28	41,7	62,5	75,0	--	--		
4,00	25,00	37,31	3	0,86	0,46	--	--	--	--	--	--	43	34	30	27	25	34	28	41,7	62,5	75,0	--	--		
4,20	14,00	15,05	2	0,94	0,48	--	0,64	8,8	114,6	171,9	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
4,40	24,00	51,06	3	0,86	0,50	--	--	--	--	--	--	40	34	29	26	24	33	28	40,0	60,0	72,0	--	--		
4,60	16,00	14,16	2	0,96	0,52	--	0,70	9,0	123,4	185,1	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
4,80	15,00	25,00	2	0,95	0,54	--	0,67	8,2	128,7	193,1	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5,00	10,00	14,93	2	0,90	0,56	--	0,50	5,5	151,1	226,6	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5,20	6,00	5,61	1	0,46	0,57	--	0,30	2,8	31,2	46,8	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5,40	36,00	45,00	3	0,89	0,58	--	--	--	--	--	--	50	35	30	27	26	34	30	60,0	90,0	108,0	--	--		
5,60	8,00	17,02	2	0,86	0,60	--	0,40	3,8	169,5	254,2	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5,80	14,00	26,42	2	0,94	0,62	--	0,64	6,5	160,0	239,9	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
6,00	8,00	17,02	2	0,86	0,64	--	0,40	3,5	179,7	269,6	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
6,20	10,00	21,28	2	0,90	0,66	--	0,50	4,5	182,8	274,2	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
6,40	15,00	37,50	4	0,89	0,67	--	0,67	6,2	176,3	264,5	49,5	16	30	25	22	21	29	27	25,0	37,5	45,0	--	--		
6,60	8,00	20,00	2	0,86	0,69	--	0,40	3,2	191,6	287,4	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
6,80	6,00	12,77	1	0,46	0,70	--	0,30	2,2	35,1	52,7	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7,00	7,00	8,75	1	0,46	0,71	--	0,35	2,6	38,2	57,3	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7,20	12,00	16,44	2	0,92	0,73	--	0,57	4,6	202,4	303,6	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7,40	8,00	13,33	2	0,86	0,74	--	0,40	2,9	200,8	301,3	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7,60	10,00	18,87	2	0,90	0,76	--	0,50	3,7	215,1	322,7	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7,80	11,00	23,40	2	0,91	0,78	--	0,54	3,9	218,6	327,9	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
8,00	9,00	11,25	2	0,88	0,80	--	0,45	3,1	219,6	329,3	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
8,20	77,00	163,83	3	0,96	0,82	--	--	--	--	--	--	68	38	32	29	28	37	33	128,3	192,5	231,0	--	--		
8,40	23,00	34,33	3	0,86	0,83	--	--	--	--	--	--	26	32	26	23	22	30	28	38,3	57,5	69,0	--	--		
8,60	9,00	16,98	2	0,88	0,85	--	0,45	2,8	228,1	342,1	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
8,80	8,00	17,02	2	0,86	0,87	--	0,40	2,4	215,1	322,7	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
9,00	13,00	27,66	2	0,93	0,89	--	0,60	3,9	249,3	373,9	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
9,20	16,00	30,19	4	0,90	0,91	--	0,70	4,5	252,6	379,0	51,8	11	30	24	21	20	27	27	26,7	40,0	48,0	--	--		
9,40	16,00	40,00	4	0,90	0,92	--	0,70	4,4	257,9	386,9	51,8	11	30	24	21	19	27	27	26,7	40,0	48,0	--	--		
9,60	9,00	6,43	3	0,88	0,94	--	0,45	2,5	238,7	358,0	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
9,80	30,00	34,48	3	0,88	0,96	--	--	--	--	--	--	32	32	27	24	22	30	29	50,0	75,0	90,0	--	--		
10,00	13,00	12,15	2	0,93	0,98	--	0,60	3,4	275,3	412,9	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
10,20	36,00	21,56	4	0,99	1,00	--	1,20	7,9	240,2	360,3	108,0	37	33	28	24	23	31	30	60,0	90,0	108,0	--	--		
10,40	19,00	14,96	2	0,99	1,02	--	0,78	4,5	283,8	425,7	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
10,60	53,00	46,90	3	0,92	1,04	--	--	--	--	--	--	49	35	29	26	25	33	31	88,3	132,5	159,0	--	--		
10,80	14,00	14,00	2	0,94	1,05	--	0,64	3,3	295,7	443,5	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
11,00	12,00	25,53	2	0,92	1,07	--	0,57	2,9	288,3	432,4	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
11,20	10,00	21,28	2	0,90	1,09	--	0,50	2,4	269,3	403,9	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
11,40	9,00	16,98	2	0,88	1,11	--	0,45	2,0	251,2	376,7	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
11,60	11,00	20,75	2	0,91	1,13	--	0,54	2,5	285,0	427,4	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
11,80	8,00	13,33	2	0,86	1,14	--	0,40	1,7	230,1	345,2	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
12,00	8,00	17,02	2	0,86	1,16	--	0,40	1,7	230,7	346,0	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
12,20	9,00	16,98	2	0,88	1,18	--	0,45	1,9	254,7	382,0	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
12,40	10,00	25,00	2	0,90	1,20	--	0,50	2,1	277,0	415,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
12,60	10,00	25,00	2	0,90	1,21	--	0,50	2,1	278,1	417,1	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
12,80	9,00	19,15	2	0,88	1,23	--	0,45																		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

2

Riferimento **Desenzano del Garda**

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Data esec. **01/09/2020**

Pagina **1**
Elaborato

Falda **-1,45 m**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00										
0,40	0,0	0,0		0,00	0,40	0									
0,60	14,0	20,0		14,00	0,53	26	3,8								
0,80	12,0	20,0		12,00	0,80	15	6,7								
1,00	23,0	35,0		23,00	1,00	23	4,3								
1,20	19,0	34,0		19,00	1,00	19	5,3								
1,40	16,0	31,0		16,00	0,40	40	2,5								
1,60	30,0	36,0		30,00	0,60	50	2,0								
1,80	46,0	55,0		46,00	0,47	98	1,0								
2,00	41,0	48,0		41,00	0,87	47	2,1								
2,20	110,0	123,0		110,00	3,67	30	3,3								
2,40	54,0	109,0		54,00	1,13	48	2,1								
2,60	76,0	93,0		76,00	10,07	8	13,3								
2,80	89,0	240,0		89,00	4,20	21	4,7								
3,00	273,0	336,0		273,00	2,13	128	0,8								
3,20	55,0	87,0		55,00	6,07	9	11,0								
3,40	228,0	319,0		228,00	4,40	52	1,9								
3,60	234,0	300,0		234,00	3,47	67	1,5								
3,80	51,0	103,0		51,00	1,67	31	3,3								
4,00	160,0	185,0		160,00	5,67	28	3,5								
4,20	238,0	323,0		238,00	5,40	44	2,3								
4,40	311,0	392,0		311,00	7,80	40	2,5								
4,60	333,0	450,0		333,00	5,27	63	1,6								
4,80	366,0	445,0		366,00	10,47	35	2,9								
5,00	339,0	496,0		339,00	8,40	40	2,5								
5,20	357,0	483,0		357,00	2,53	141	0,7								

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: **Desenzano del Garda**

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

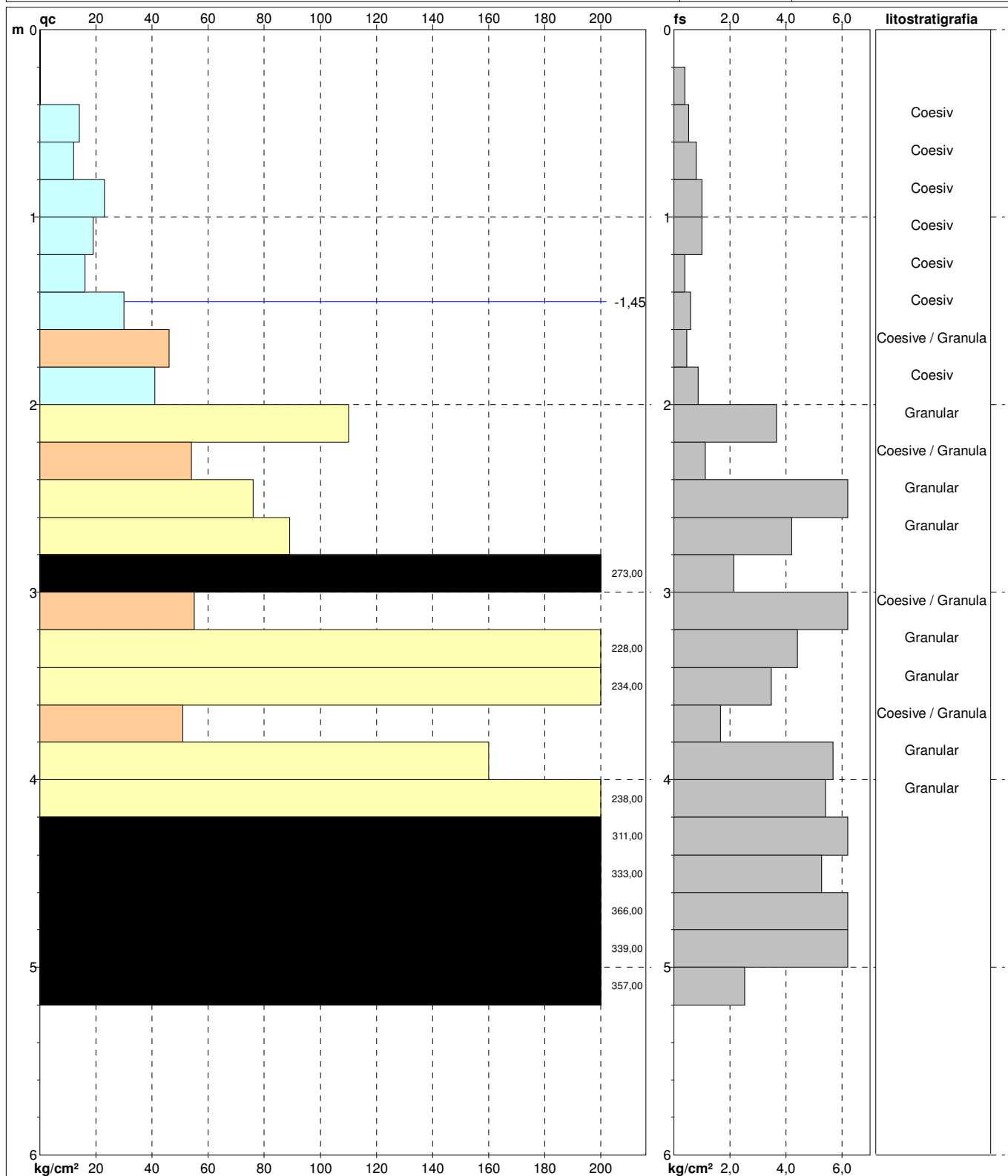
Scala: **1:30**

Pagina **1**

Elaborato

Data exec. **01/09/2020**

Quota inizio:
Falda **-1,45 m**



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

2

Riferimento: **Desenzano del Garda**

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

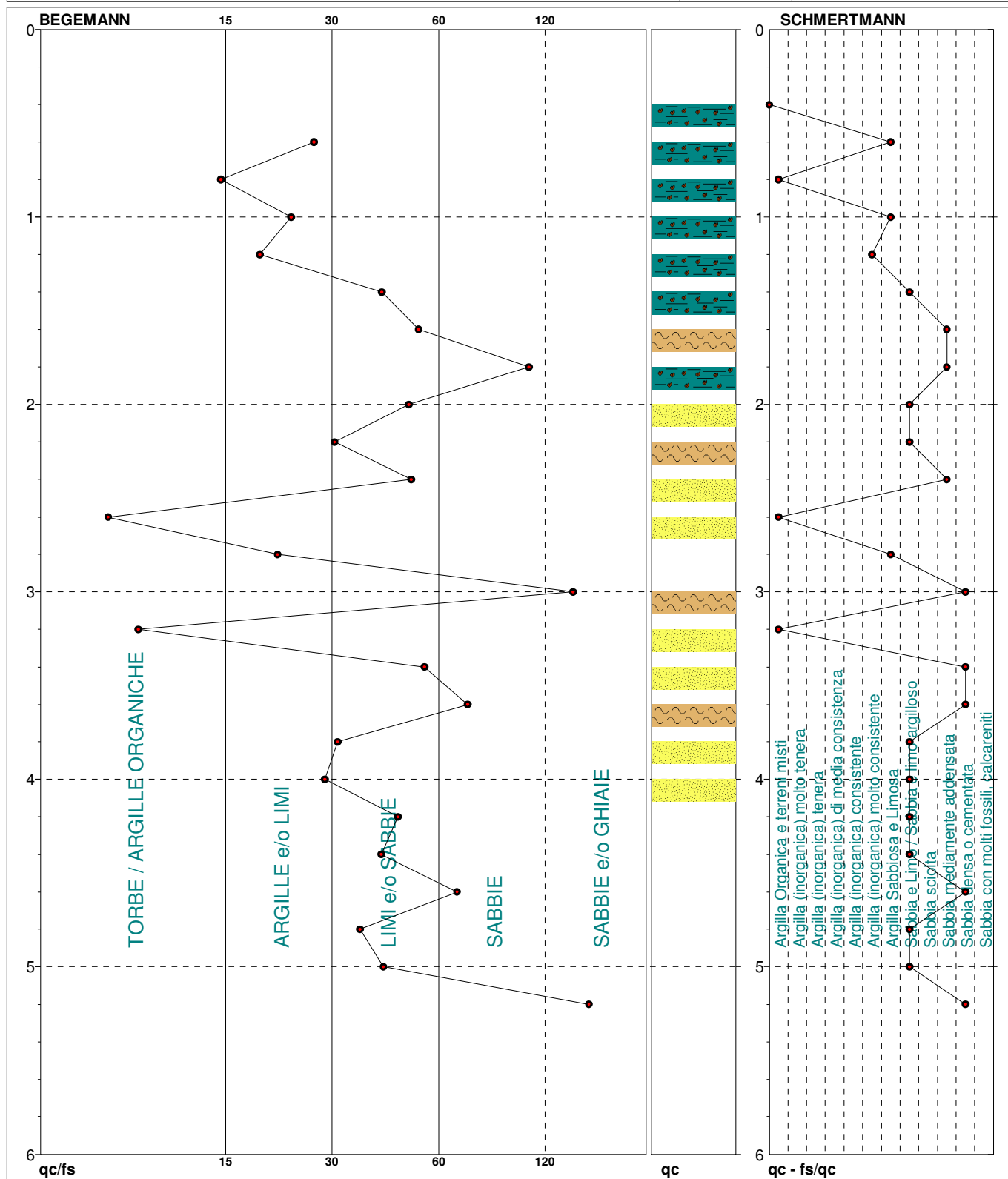
Scala: **1:30**

Pagina **1**

Elaborato

Data exec. **01/09/2020**

Falda **-1,45 m**



TORBE / ARGILLE ORGANICHE	5 punti, 18,52%	Argilla Organica e terreni misti	3 punti, 11,11%	Argilla Sabbiosa e Limosa	3 punti, 11,11%
ARGILLE e/o LIMI	6 punti, 22,22%	Argilla (inorganica) molto consistente	1 punto, 3,70%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	9 punti, 33,33%
LIMI e/o SABBIE	10 punti, 37,04%			Sabbia mediamente addensata	3 punti, 11,11%
SABBIE	3 punti, 11,11%			Sabbia densa o cementata	5 punti, 18,52%
SABBIE e/o GHIAIE	2 punti, 7,41%				

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA **PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT

2

Riferimento **Desenzano del Garda**

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Data exec. **01/09/2020**

Pagina
Elaborato **1**

Falda **-1,45 m**

H m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m ³	σ'_{vo} U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
							Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
U.M.	U.M.	U.M.					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	14,00	26,42	2	1,94	0,11	--	0,64	54,6	108,2	162,3	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	12,00	15,00	2	1,92	0,15	--	0,57	33,1	97,1	145,7	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	23,00	23,00	4	1,94	0,19	--	0,87	42,0	147,5	221,3	69,0	62	37	34	31	29	38	28	38,3	57,5	69,0	--	--
1,20	19,00	19,00	2	1,99	0,23	--	0,78	28,7	131,8	197,8	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	16,00	40,00	4	1,90	0,27	--	0,70	20,7	118,3	177,4	51,8	41	34	30	27	25	34	27	26,7	40,0	48,0	--	--
1,60	30,00	50,00	3	0,88	0,29	--	--	--	--	--	--	61	37	33	30	28	37	29	50,0	75,0	90,0	--	--
1,80	46,00	97,87	3	0,91	0,30	--	--	--	--	--	--	74	38	35	32	30	39	31	76,7	115,0	138,0	--	--
2,00	41,00	47,13	3	0,90	0,32	--	--	--	--	--	--	69	38	34	31	29	38	30	68,3	102,5	123,0	--	--
2,20	110,00	29,97	4	1,06	0,34	--	3,67	99,9	623,3	935,0	330,0	100	42	38	36	33	42	34	183,3	275,0	330,0	--	--
2,40	54,00	47,79	3	0,92	0,36	--	--	--	--	--	--	76	39	35	32	30	39	31	90,0	135,0	162,0	--	--
2,60	76,00	7,55	4	1,03	0,38	--	2,53	66,9	430,7	646,0	228,0	86	40	36	33	31	40	33	126,7	190,0	228,0	--	--
2,80	89,00	21,19	4	1,04	0,40	--	2,97	76,2	504,3	756,5	267,0	90	41	37	34	32	41	33	148,3	222,5	267,0	--	--
3,00	273,00	128,17	3	1,15	0,43	--	--	--	--	--	--	100	42	42	39	37	45	40	455,0	682,5	819,0	--	--
3,20	55,00	9,06	4	1,01	0,45	--	1,83	36,8	311,7	467,5	165,0	71	38	34	31	29	38	31	91,7	137,5	165,0	--	--
3,40	228,00	51,82	3	1,15	0,47	--	--	--	--	--	--	100	42	40	38	35	44	39	380,0	570,0	684,0	--	--
3,60	234,00	67,44	3	1,15	0,49	--	--	--	--	--	--	100	42	40	38	35	44	39	390,0	585,0	702,0	--	--
3,80	51,00	30,54	3	0,92	0,51	--	--	--	--	--	--	65	37	33	30	28	37	31	85,0	127,5	153,0	--	--
4,00	160,00	28,22	4	1,10	0,53	--	5,33	99,9	906,7	1360,0	480,0	100	42	38	35	33	42	36	266,7	400,0	480,0	--	--
4,20	238,00	44,07	3	1,15	0,56	--	--	--	--	--	--	100	42	40	37	35	43	39	396,7	595,0	714,0	--	--
4,40	311,00	39,87	3	1,15	0,58	--	--	--	--	--	--	100	42	41	38	36	44	40	518,3	777,5	933,0	--	--
4,60	333,00	63,19	3	1,15	0,60	--	--	--	--	--	--	100	42	41	39	36	44	40	555,0	832,5	999,0	--	--
4,80	366,00	34,96	3	1,15	0,62	--	--	--	--	--	--	100	42	41	39	36	45	40	610,0	915,0	1098,0	--	--
5,00	339,00	40,36	3	1,15	0,65	--	--	--	--	--	--	100	42	41	38	36	44	40	565,0	847,5	1017,0	--	--
5,20	357,00	141,11	3	1,15	0,67	--	--	--	--	--	--	100	42	41	38	36	44	40	595,0	892,5	1071,0	--	--

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

3

Riferimento **Desenzano del Garda**

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Data esec. **01/09/2020**

Pagina **1**
Elaborato

Falda **-1,37 m**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00										
0,40	0,0	0,0		0,00	0,53	0									
0,60	13,0	21,0		13,00	0,73	18	5,6								
0,80	10,0	21,0		10,00	0,73	14	7,3								
1,00	13,0	24,0		13,00	1,53	8	11,8								
1,20	42,0	65,0		42,00	1,60	26	3,8								
1,40	64,0	88,0		64,00	2,13	30	3,3								
1,60	75,0	107,0		75,00	2,40	31	3,2								
1,80	69,0	105,0		69,00	2,87	24	4,2								
2,00	58,0	101,0		58,00	1,13	51	1,9								
2,20	105,0	122,0		105,00	2,20	48	2,1								
2,40	82,0	115,0		82,00	1,40	59	1,7								
2,60	61,0	82,0		61,00	1,80	34	3,0								
2,80	49,0	76,0		49,00	0,87	56	1,8								
3,00	32,0	45,0		32,00	1,67	19	5,2								
3,20	48,0	73,0		48,00	2,20	22	4,6								
3,40	168,0	201,0		168,00	1,80	93	1,1								
3,60	77,0	104,0		77,00	2,87	27	3,7								
3,80	108,0	151,0		108,00	1,73	62	1,6								
4,00	15,0	41,0		15,00	0,87	17	5,8								
4,20	8,0	21,0		8,00	0,73	11	9,1								
4,40	5,0	16,0		5,00	2,00	3	40,0								
4,60	189,0	219,0		189,00	4,93	38	2,6								
4,80	222,0	296,0		222,00	5,93	37	2,7								
5,00	229,0	318,0		229,00	4,53	51	2,0								
5,20	235,0	303,0		235,00	4,33	54	1,8								
5,40	239,0	304,0		239,00	2,73	88	1,1								
5,60	152,0	193,0		152,00	1,27	120	0,8								
5,80	11,0	30,0		11,00	1,00	11	9,1								
6,00	5,0	20,0		5,00	0,33	15	6,6								
6,20	5,0	10,0		5,00	0,40	13	8,0								
6,40	7,0	13,0		7,00	0,53	13	7,6								
6,60	8,0	16,0		8,00	0,53	15	6,6								
6,80	7,0	15,0		7,00	0,53	13	7,6								
7,00	5,0	13,0		5,00	0,27	19	5,4								
7,20	7,0	11,0		7,00	0,33	21	4,7								
7,40	6,0	11,0		6,00	0,33	18	5,5								
7,60	6,0	11,0		6,00	0,40	15	6,7								
7,80	6,0	12,0		6,00	0,53	11	8,8								
8,00	5,0	13,0		5,00	0,60	8	12,0								
8,20	7,0	16,0		7,00	0,40	18	5,7								
8,40	6,0	12,0		6,00	0,27	22	4,5								
8,60	8,0	12,0		8,00	0,33	24	4,1								
8,80	5,0	10,0		5,00	0,40	13	8,0								
9,00	6,0	12,0		6,00	0,40	15	6,7								
9,20	6,0	12,0		6,00	0,53	11	8,8								
9,40	10,0	18,0		10,00	0,40	25	4,0								
9,60	6,0	12,0		6,00	0,40	15	6,7								
9,80	7,0	13,0		7,00	0,67	10	9,6								
10,00	10,0	20,0		10,00	0,93	11	9,3								
10,20	9,0	23,0		9,00	0,40	23	4,4								
10,40	12,0	18,0		12,00	0,47	26	3,9								
10,60	12,0	19,0		12,00	1,00	12	8,3								
10,80	11,0	26,0		11,00	0,53	21	4,8								
11,00	9,0	17,0		9,00	1,47	6	16,3								
11,20	32,0	54,0		32,00	0,60	53	1,9								
11,40	9,0	18,0		9,00	1,27	7	14,1								
11,60	12,0	31,0		12,00	2,93	4	24,4								
11,80	34,0	78,0		34,00	2,40	14	7,1								
12,00	33,0	69,0		33,00	2,27	15	6,9								
12,20	16,0	50,0		16,00	0,73	22	4,6								
12,40	8,0	19,0		8,00	0,60	13	7,5								
12,60	8,0	17,0		8,00	0,47	17	5,9								
12,80	9,0	16,0		9,00	0,40	23	4,4								
13,00	10,0	16,0		10,00	0,40	25	4,0								
13,20	7,0	13,0		7,00	0,33	21	4,7								
13,40	7,0	12,0		7,00	0,33	21	4,7								
13,60	6,0	11,0		6,00	0,40	15	6,7								
13,80	6,0	12,0		6,00	0,47	13	7,8								
14,00	6,0	13,0		6,00	0,47	13	7,8								
14,20	7,0	14,0		7,00	0,60	12	8,6								
14,40	9,0	18,0		9,00	0,67	13	7,4								
14,60	9,0	19,0		9,00	0,73	12	8,1								
14,80	15,0	26,0		15,00											

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

3

Riferimento: **Desenzano del Garda**

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Scala: **1:75**

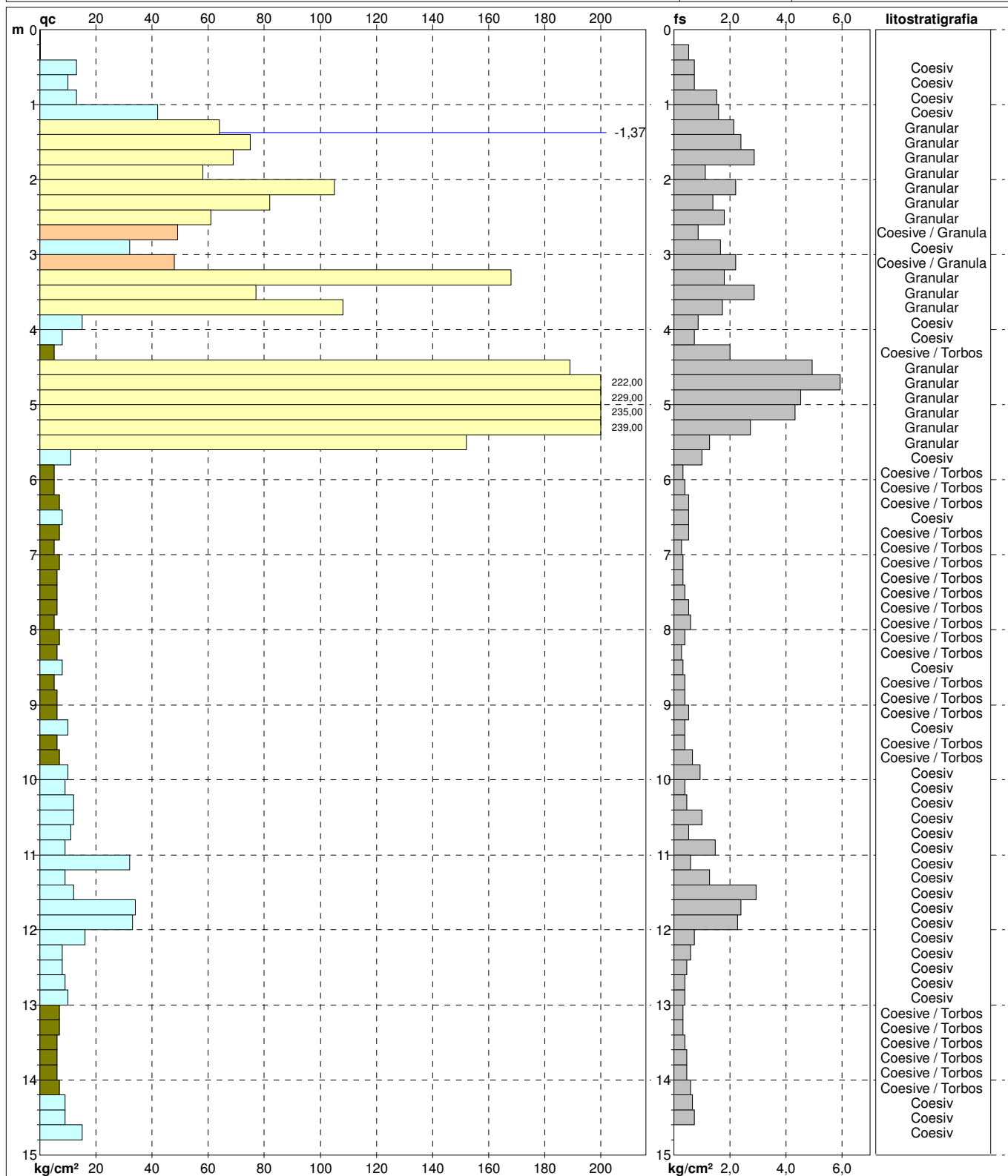
Pagina **1**

Elaborato

Data esec. **01/09/2020**

Quota inizio:

Falda **-1,37 m**



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

3

Riferimento: **Desenzano del Garda**

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

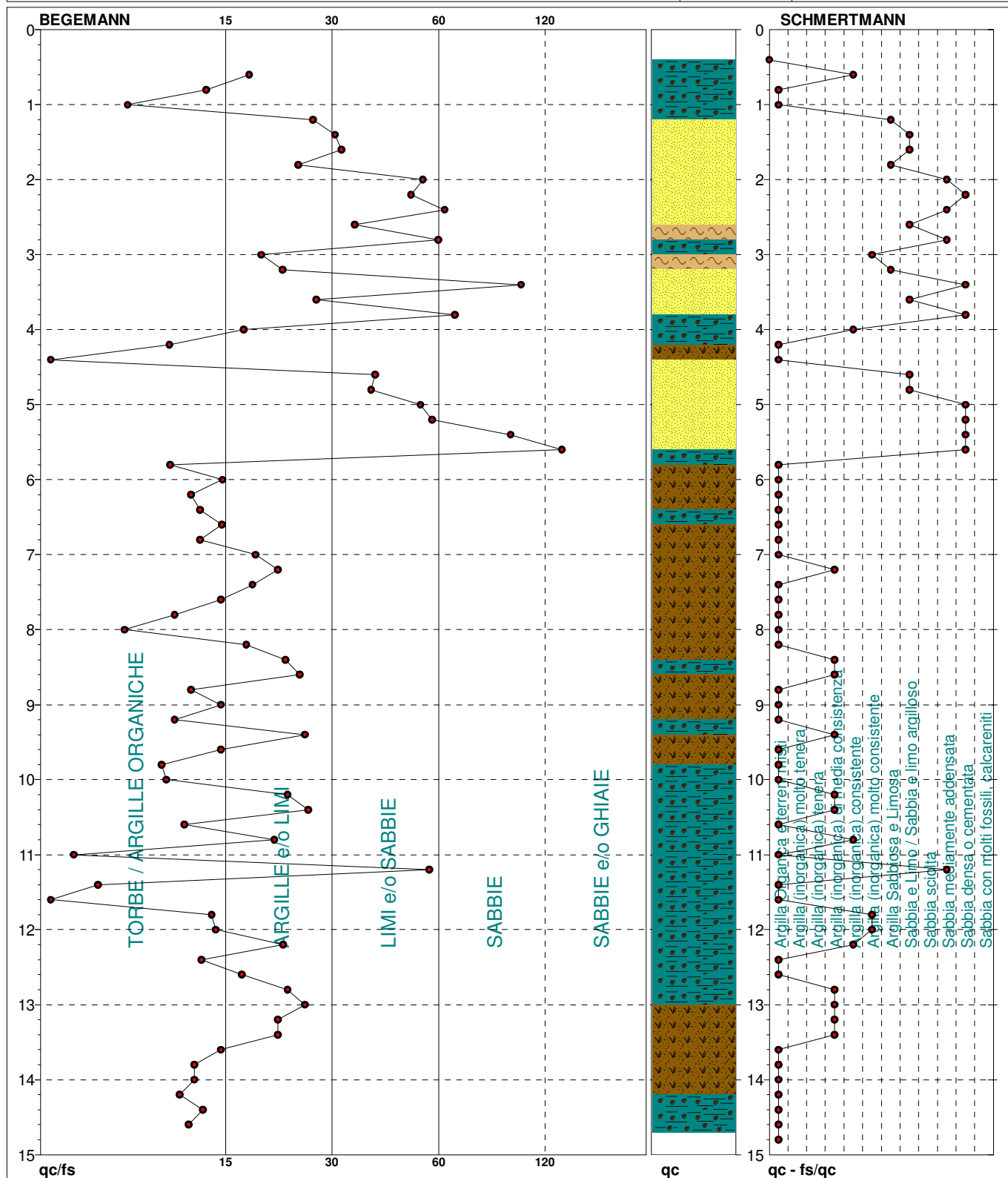
Scala: **1:75**

Pagina **1**

Elaborato

Data exec. **01/09/2020**

Falda **-1,37 m**



TORBE / ARGILLE ORGANICHE	34 punti, 43,24%	Argilla Organica e terreni misti	34 punti, 45,95%	Argilla Sabbiosa e Limosa	3 punti, 4,05%
ARGILLE e/o LIMI	25 punti, 33,78%	Argilla (inorganica) di media consistenza	10 punti, 13,51%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	6 punti, 8,11%
LIMI e/o SABBIE	12 punti, 16,22%	Argilla (inorganica) consistente	4 punti, 5,41%	Sabbia mediamente addensata	4 punti, 5,41%
SABBIE	4 punti, 5,41%	Argilla (inorganica) molto consistente	3 punti, 4,05%	Sabbia densa o cementata	7 punti, 9,46%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT

3

Riferimento Desenzano del Garda

Committente Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti

Cantiere

Località Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)

U.M.: kg/cm²

Data exec. 01/09/2020

Pagina 1

Elaborato

Falda -1,37 m

H m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'vo U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE												FL1	FL2
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.				
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	13,00	17,81	2	1,93	0,11	--	0,60	51,3	102,8	154,2	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	10,00	13,70	2	1,90	0,15	--	0,50	28,1	85,0	127,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	13,00	8,50	2	1,93	0,19	--	0,60	26,8	102,8	154,2	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	42,00	26,25	4	2,00	0,23	--	1,40	60,3	238,0	357,0	126,0	78	39	36	33	31	40	30	70,0	105,0	126,0	--	--	--	
1,40	64,00	30,05	3	0,94	0,25	--	--	--	--	--	--	91	41	37	35	32	41	32	106,7	160,0	192,0	--	--	--	
1,60	75,00	31,25	3	0,96	0,27	--	--	--	--	--	--	94	41	38	35	33	42	32	125,0	187,5	225,0	--	--	--	
1,80	69,00	24,04	4	1,02	0,29	--	2,30	84,4	391,0	586,5	207,0	90	41	37	34	32	41	32	115,0	172,5	207,0	--	--	--	
2,00	58,00	51,33	3	0,93	0,31	--	--	--	--	--	--	82	39	36	33	31	40	31	96,7	145,0	174,0	--	--	--	
2,20	105,00	47,73	3	1,01	0,33	--	--	--	--	--	--	100	42	38	36	33	42	34	175,0	262,5	315,0	--	--	--	
2,40	82,00	58,57	3	0,97	0,35	--	--	--	--	--	--	91	41	37	34	32	41	33	136,7	205,0	246,0	--	--	--	
2,60	61,00	33,89	3	0,94	0,36	--	--	--	--	--	--	80	39	35	32	30	39	32	101,7	152,5	183,0	--	--	--	
2,80	49,00	56,32	3	0,92	0,38	--	--	--	--	--	--	71	38	34	31	29	38	31	81,7	122,5	147,0	--	--	--	
3,00	32,00	19,16	4	0,97	0,40	--	1,07	21,2	181,3	272,0	96,0	55	36	32	29	27	36	29	53,3	80,0	96,0	--	--	--	
3,20	48,00	21,82	4	1,01	0,42	--	1,60	33,2	272,0	408,0	144,0	68	37	33	30	28	38	31	80,0	120,0	144,0	--	--	--	
3,40	168,00	93,33	3	1,10	0,44	--	--	--	--	--	--	100	42	39	37	34	43	37	280,0	420,0	504,0	--	--	--	
3,60	77,00	26,83	4	1,03	0,47	--	2,57	53,1	436,3	654,5	231,0	82	39	35	32	30	39	33	128,3	192,5	231,0	--	--	--	
3,80	108,00	62,43	3	1,01	0,49	--	--	--	--	--	--	92	41	37	34	32	41	34	180,0	270,0	324,0	--	--	--	
4,00	15,00	17,24	2	0,95	0,50	--	0,67	8,9	119,5	179,2	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,20	8,00	10,96	2	0,86	0,52	--	0,40	4,5	145,4	218,1	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,40	5,00	2,50	1	0,46	0,53	--	0,25	2,5	28,1	42,1	7,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,60	189,00	38,34	3	1,13	0,55	--	--	--	--	--	--	100	42	39	36	34	42	37	315,0	472,5	567,0	--	--	--	
4,80	222,00	37,44	3	1,15	0,58	--	--	--	--	--	--	100	42	39	37	34	43	38	370,0	555,0	666,0	--	--	--	
5,00	229,00	50,55	3	1,15	0,60	--	--	--	--	--	--	100	42	39	37	34	43	39	381,7	572,5	687,0	--	--	--	
5,20	235,00	54,27	3	1,15	0,62	--	--	--	--	--	--	100	42	39	37	34	43	39	391,7	587,5	705,0	--	--	--	
5,40	239,00	87,55	3	1,15	0,65	--	--	--	--	--	--	100	42	39	37	34	43	39	398,3	597,5	717,0	--	--	--	
5,60	152,00	119,69	3	1,08	0,67	--	--	--	--	--	--	96	41	37	34	32	41	36	253,3	380,0	456,0	--	--	--	
5,80	11,00	11,00	2	0,91	0,69	--	0,54	4,6	190,7	286,1	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,00	5,00	15,15	2	0,80	0,70	--	0,25	1,7	143,4	215,0	25,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,20	5,00	12,50	1	0,46	0,71	--	0,25	1,7	31,0	46,5	7,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,40	7,00	13,21	1	0,46	0,72	--	0,35	2,6	38,6	57,9	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,60	8,00	15,09	2	0,86	0,74	--	0,40	2,9	199,7	299,5	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,80	7,00	13,21	1	0,46	0,75	--	0,35	2,4	39,4	59,0	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,00	5,00	18,52	2	0,80	0,76	--	0,25	1,6	145,2	217,8	25,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,20	7,00	21,21	2	0,84	0,78	--	0,35	2,3	189,8	284,6	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,40	6,00	18,18	2	0,82	0,80	--	0,30	1,9	170,2	255,3	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,60	6,00	15,00	1	0,46	0,80	--	0,30	1,8	36,7	55,1	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,80	6,00	11,32	1	0,46	0,81	--	0,30	1,8	36,8	55,2	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,00	5,00	8,33	1	0,46	0,82	--	0,25	1,4	31,8	47,6	7,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,20	7,00	17,50	2	0,84	0,84	--	0,35	2,1	194,0	291,0	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,40	6,00	22,22	2	0,82	0,86	--	0,30	1,7	172,5	258,8	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,60	8,00	24,24	2	0,86	0,87	--	0,40	2,4	215,5	323,2	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,80	5,00	12,50	1	0,46	0,88	--	0,25	1,3	32,0	48,0	7,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,00	6,00	15,00	1	0,46	0,89	--	0,30	1,6	37,5	56,3	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,20	6,00	11,32	1	0,46	0,90	--	0,30	1,6	37,6	56,4	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,40	10,00	25,00	2	0,90	0,92	--	0,50	2,9	249,2	373,9	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,60	6,00	15,00	1	0,46	0,93	--	0,30	1,5	37,8	56,7	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,80	7,00	10,45	1	0,46	0,94	--	0,35	1,8	42,8	64,2	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,00	10,00	10,75	2	0,90	0,96	--	0,50	2,8	254,6	381,8	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,20	9,00	22,50	2	0,88	0,97	--	0,45	2,4	241,6	362,4	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,40	12,00	25,53	2	0,92	0,99	--	0,57	3,2	274,7	412,0	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,60	12,00	12,00	2	0,92	1,01	--	0,57	3,1	278,1	417,1	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,80	11,00	20,75	2	0,91	1,03	--	0,54	2,8	273,6	410,3	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11,00	9,00	6,12	2	0,88	1,05	--	0,45	2,2	247,2	370,9	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11,20	32,00	53,33	3	0,88	1,06	--	--	--	--	--	--	31	32	27	24	22	30	29	53,3	80,0	96,0	--	--	--	
11,40	9,00	7,09	2	0,88	1,08	--	0,45	2,1	249,5	374,3	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11,60	12,00	4,10	2	0,92	1,10	--	0,57	2,8	291,9	437,9	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11,80	34,00	14,17	4	0,98	1,12	--	1,13	6,4	290,1	435,2	102,0	32	33	27	24	22	30	29	56,7	85,0	102,0	--	--	--	
12,00	33,00	14,54	4	0,97	1,14	--	1,10	6,0	300,9	451,4	99,0	31	32	27	23	22	30	29	55,0	82,5	99,0	--	--	--	
12,20	16,00	21,92	2	0,96	1,16	--	0,70	3,3	324,2	486,3	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
12,40	8,00	13,33	2	0,86	1,17	--	0,40	1,6	231,1	346,7	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
12,60	8,00	17,02	2	0,86	1,19	--	0,40	1,6	231,6	347,4	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--</					

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

4

Riferim Desenzano del Garda

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Data eseg. **01/09/2020**

Pagina
Elaborato

Falda **-1,46 m**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00										
0,40	0,0	0,0		0,00	0,47	0									
0,60	9,0	16,0		9,00	0,53	17	5,9								
0,80	7,0	15,0		7,00	2,27	3	32,4								
1,00	29,0	63,0		29,00	1,47	20	5,1								
1,20	16,0	38,0		16,00	0,93	17	5,8								
1,40	66,0	80,0		66,00	1,40	47	2,1								
1,60	61,0	82,0		61,00	0,80	76	1,3								
1,80	76,0	88,0		76,00	0,93	82	1,2								
2,00	84,0	98,0		84,00	2,07	41	2,5								
2,20	120,0	151,0		120,00	3,33	36	2,8								
2,40	174,0	224,0		174,00	3,60	48	2,1								
2,60	225,0	279,0		225,00	3,27	69	1,5								
2,80	182,0	231,0		182,00	1,87	97	1,0								
3,00	76,0	104,0		76,00	1,40	54	1,8								
3,20	9,0	30,0		9,00	2,00	5	22,2								
3,40	101,0	131,0		101,00	0,93	109	0,9								
3,60	81,0	95,0		81,00	2,33	35	2,9								
3,80	18,0	53,0		18,00	2,07	9	11,5								
4,00	198,0	229,0		198,00	5,20	38	2,6								
4,20	225,0	303,0		225,00	4,20	54	1,9								
4,40	260,0	323,0		260,00	4,67	56	1,8								
4,60	236,0	306,0		236,00	3,40	69	1,4								
4,80	191,0	242,0		191,00	3,87	49	2,0								
5,00	40,0	98,0		40,00	1,07	37	2,7								
5,20	9,0	25,0		9,00	0,33	27	3,7								
5,40	7,0	12,0		7,00	0,47	15	6,7								
5,60	10,0	17,0		10,00	0,67	15	6,7								
5,80	10,0	20,0		10,00	0,27	37	2,7								
6,00	16,0	20,0		16,00	0,33	48	2,1								
6,20	17,0	22,0		17,00	0,80	21	4,7								
6,40	17,0	29,0		17,00	0,40	43	2,4								
6,60	16,0	22,0		16,00	0,60	27	3,8								
6,80	32,0	41,0		32,00	0,67	48	2,1								
7,00	7,0	17,0		7,00	0,53	13	7,6								
7,20	8,0	16,0		8,00	0,47	17	5,9								
7,40	12,0	19,0		12,00	0,73	16	6,1								
7,60	10,0	21,0		10,00	1,20	8	12,0								
7,80	10,0	28,0		10,00	0,87	11	8,7								
8,00	6,0	19,0		6,00	0,47	13	7,8								
8,20	13,0	20,0		13,00	0,47	28	3,6								
8,40	7,0	14,0		7,00	0,27	26	3,9								
8,60	9,0	13,0		9,00	0,47	19	5,2								
8,80	7,0	14,0		7,00	0,53	13	7,6								
9,00	8,0	16,0		8,00	0,47	17	5,9								
9,20	8,0	15,0		8,00	0,67	12	8,4								
9,40	10,0	20,0		10,00	0,47	21	4,7								
9,60	9,0	16,0		9,00	0,67	13	7,4								
9,80	12,0	22,0		12,00	0,80	15	6,7								
10,00	10,0	22,0		10,00	1,27	8	12,7								
10,20	12,0	31,0		12,00	0,93	13	7,8								
10,40	20,0	34,0		20,00	1,27	16	6,4								
10,60	8,0	27,0		8,00	0,33	24	4,1								
10,80	8,0	13,0		8,00	0,40	20	5,0								
11,00	17,0	23,0		17,00	0,53	32	3,1								
11,20	8,0	16,0		8,00	1,00	8	12,5								
11,40	35,0	50,0		35,00	1,33	26	3,8								
11,60	19,0	39,0		19,00	0,67	28	3,5								
11,80	19,0	29,0		19,00											

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: **Desenzano del Garda**

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Scala: **1:60**

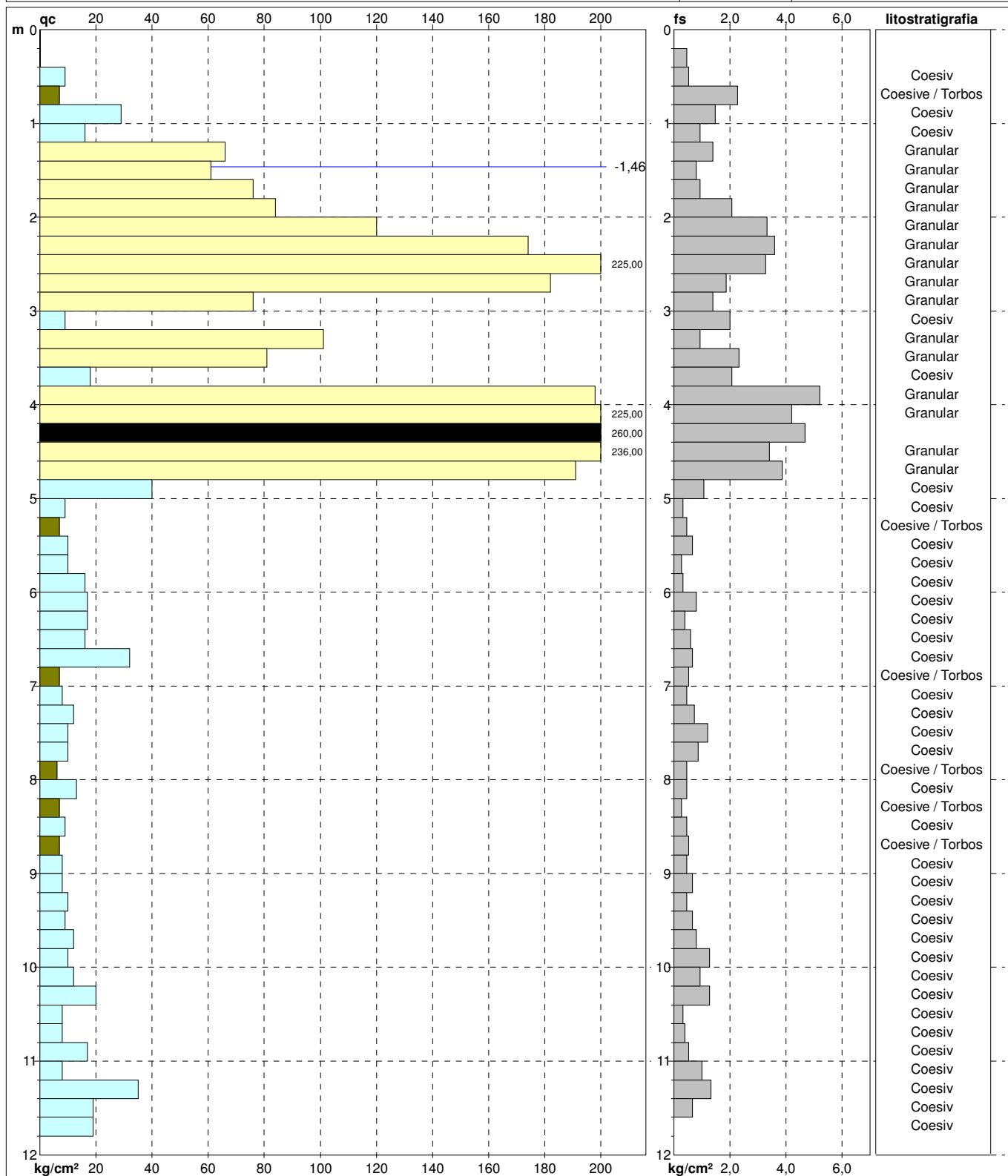
Pagina **1**

Elaborato

Data exec. **01/09/2020**

Quota inizio:

Falda **-1,46 m**



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

4

Riferimento: **Desenzano del Garda**

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

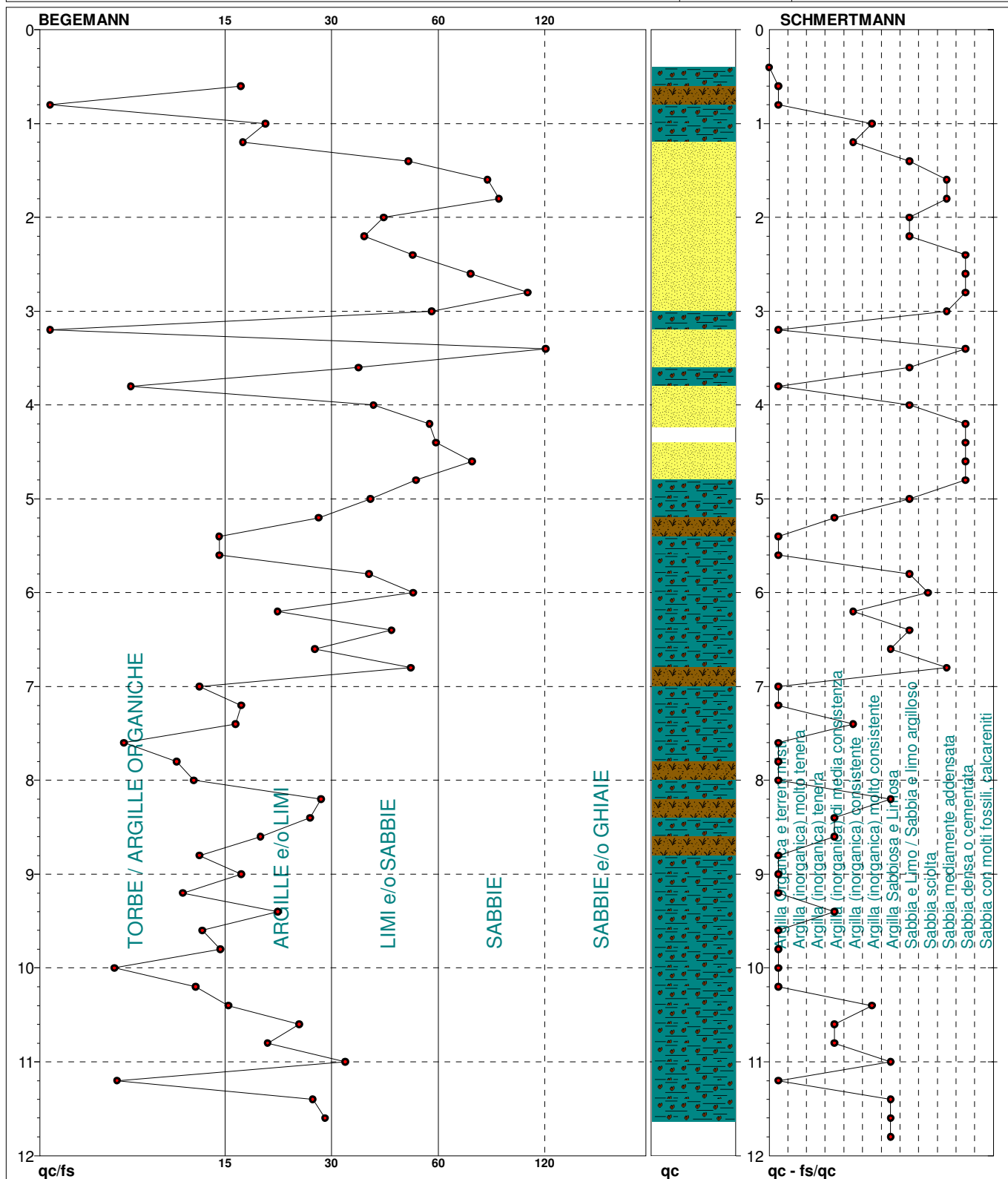
Scala: **1:60**

Pagina **1**

Elaborato

Data exec. **01/09/2020**

Falda **-1,46 m**



TORBE / ARGILLE ORGANICHE	18 punti, 30,51%	Argilla Organica e terreni misti	19 punti, 32,20%	Argilla Sabbiosa e Limosa	5 punti, 8,47%
ARGILLE e/o LIMI	18 punti, 30,51%	Argilla (inorganica) di media consistenza	6 punti, 10,17%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	8 punti, 13,56%
LIMI e/o SABBIE	16 punti, 27,12%	Argilla (inorganica) consistente	3 punti, 5,08%	Sabbia sciolta	1 punto, 1,69%
SABBIE	6 punti, 10,17%	Argilla (inorganica) molto consistente	2 punti, 3,39%	Sabbia mediamente addensata	4 punti, 6,78%
				Sabbia densa o cementata	8 punti, 13,56%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT

4

Riferimento **Desenzano del Garda**

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Data exec. **01/09/2020**

Pagina
Elaborato **1**

Falda **-1,46 m**

						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	9,00	16,98	2	1,88	0,11	--	0,45	35,9	76,5	114,8	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	7,00	3,08	1	1,46	0,14	--	0,35	19,6	14,0	21,0	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	29,00	19,73	4	1,96	0,18	--	0,98	52,4	167,1	250,7	87,0	71	38	35	32	30	39	29	48,3	72,5	87,0	--	--
1,20	16,00	17,20	2	1,96	0,22	--	0,70	26,6	118,3	177,4	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	66,00	47,14	3	1,94	0,26	--	--	--	--	--	--	91	41	37	35	32	41	32	110,0	165,0	198,0	--	--
1,60	61,00	76,25	3	0,94	0,28	--	--	--	--	--	--	86	40	37	34	32	41	32	101,7	152,5	183,0	--	--
1,80	76,00	81,72	3	0,96	0,30	--	--	--	--	--	--	92	41	37	35	32	41	33	126,7	190,0	228,0	--	--
2,00	84,00	40,58	3	0,97	0,32	--	--	--	--	--	--	94	41	37	35	32	41	33	140,0	210,0	252,0	--	--
2,20	120,00	36,04	3	1,03	0,34	--	--	--	--	--	--	100	42	39	36	34	43	35	200,0	300,0	360,0	--	--
2,40	174,00	48,33	3	1,11	0,36	--	--	--	--	--	--	100	42	40	38	35	44	37	290,0	435,0	522,0	--	--
2,60	225,00	68,81	3	1,15	0,38	--	--	--	--	--	--	100	42	41	39	36	45	39	375,0	562,5	675,0	--	--
2,80	182,00	97,33	3	1,12	0,40	--	--	--	--	--	--	100	42	40	38	35	43	37	303,3	455,0	546,0	--	--
3,00	76,00	54,29	3	0,96	0,42	--	--	--	--	--	--	84	40	36	33	31	40	33	126,7	190,0	228,0	--	--
3,20	9,00	4,50	2	0,88	0,44	--	0,45	6,4	113,9	170,8	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	101,00	108,60	3	1,00	0,46	--	--	--	--	--	--	91	41	37	34	32	40	34	168,3	252,5	303,0	--	--
3,60	81,00	34,76	3	0,97	0,48	--	--	--	--	--	--	83	40	35	32	30	39	33	135,0	202,5	243,0	--	--
3,80	18,00	8,70	2	0,98	0,50	--	0,75	10,4	127,5	191,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	198,00	38,08	3	1,15	0,52	--	--	--	--	--	--	100	42	39	37	34	43	38	330,0	495,0	594,0	--	--
4,20	225,00	53,57	3	1,15	0,55	--	--	--	--	--	--	100	42	40	37	35	43	39	375,0	562,5	675,0	--	--
4,40	260,00	55,67	3	1,15	0,57	--	--	--	--	--	--	100	42	40	38	35	44	40	433,3	650,0	780,0	--	--
4,60	236,00	69,41	3	1,15	0,59	--	--	--	--	--	--	100	42	40	37	34	43	39	393,3	590,0	708,0	--	--
4,80	191,00	49,35	3	1,14	0,61	--	--	--	--	--	--	100	42	38	36	33	42	37	318,3	477,5	573,0	--	--
5,00	40,00	37,38	3	0,90	0,63	--	--	--	--	--	--	52	35	30	27	26	34	30	66,7	100,0	120,0	--	--
5,20	9,00	27,27	2	0,88	0,65	--	0,45	4,0	181,6	272,4	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	7,00	14,89	1	0,46	0,66	--	0,35	2,8	36,3	54,5	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	10,00	14,93	2	0,90	0,68	--	0,50	4,3	189,1	283,6	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	10,00	37,04	4	0,86	0,69	--	0,50	4,2	193,9	290,8	40,0	2	28	23	20	19	26	26	16,7	25,0	30,0	--	--
6,00	16,00	48,48	4	0,90	0,71	--	0,70	6,1	187,6	281,4	51,8	17	30	25	22	21	29	27	26,7	40,0	48,0	--	--
6,20	17,00	21,25	2	0,97	0,73	--	0,72	6,2	191,8	287,6	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	17,00	42,50	4	0,91	0,75	--	0,72	6,0	198,4	297,6	54,1	18	31	25	22	21	29	27	28,3	42,5	51,0	--	--
6,60	16,00	26,67	2	0,96	0,77	--	0,70	5,5	208,0	312,1	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	32,00	47,76	3	0,88	0,79	--	--	--	--	--	--	39	33	28	25	24	32	29	53,3	80,0	96,0	--	--
7,00	7,00	13,21	1	0,46	0,80	--	0,35	2,2	40,6	60,9	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	8,00	17,02	2	0,86	0,81	--	0,40	2,6	209,6	314,5	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	12,00	16,44	2	0,92	0,83	--	0,57	3,9	232,9	349,3	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	10,00	8,33	2	0,90	0,85	--	0,50	3,2	236,8	355,2	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	10,00	11,49	2	0,90	0,87	--	0,50	3,2	240,4	360,6	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	6,00	12,77	1	0,46	0,88	--	0,30	1,6	37,4	56,1	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	13,00	27,66	2	0,93	0,90	--	0,60	3,8	251,7	377,6	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	7,00	25,93	2	0,84	0,91	--	0,35	1,9	197,9	296,8	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	9,00	19,15	2	0,88	0,93	--	0,45	2,5	237,4	356,2	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	7,00	13,21	1	0,46	0,94	--	0,35	1,8	42,8	64,3	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	8,00	17,02	2	0,86	0,96	--	0,40	2,1	221,5	332,3	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	8,00	11,94	2	0,86	0,97	--	0,40	2,1	222,6	333,8	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	10,00	21,28	2	0,90	0,99	--	0,50	2,7	259,2	388,8	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	9,00	13,43	2	0,88	1,01	--	0,45	2,3	244,6	366,9	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	12,00	15,00	2	0,92	1,03	--	0,57	3,0	281,2	421,7	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	10,00	7,87	2	0,90	1,05	--	0,50	2,5	265,1	397,6	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	12,00	12,90	2	0,92	1,06	--	0,57	2,9	286,9	430,4	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,40	20,00	15,75	4	0,93	1,08	--	0,80	4,3	302,2	453,3	60,0	15	30	24	21	20	28	27	33,3	50,0	60,0	--	--
10,60	8,00	24,24	2	0,86	1,10	--	0,40	1,8	228,5	342,8	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,80	8,00	20,00	2	0,86	1,12	--	0,40	1,7	229,2	343,8	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	17,00	32,08	4	0,91	1,13	--	0,72	3,6	320,3	480,4	54,1	8	29	23	20	19	26	27	28,3	42,5	51,0	--	--
11,20	8,00	8,00	2	0,86	1,15	--	0,40	1,7	230,4	345,6	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,40	35,00	26,32	4	0,98	1,17	--	1,17	6,2	306,1	459,1	105,0	32	32	27	23	22	30	29	58,3	87,5	105,0	--	--
11,60	19,00	28,36	2	0,99	1,19	--	0,78	3,7	336,3	504,4	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,80	19,00	--	3	0,85	1,21	--	--	--	--	--	--	10	29	23	20	19	27	27	31,7	47,5	57,0	--	--

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

5

Riferimento **Desenzano del Garda**

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Data esec. **01/09/2020**

Pagina **1**
Elaborato

Falda **-0,84 m**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00										
0,40	0,0	0,0		0,00	0,33	0									
0,60	10,0	15,0		10,00	0,40	25	4,0								
0,80	18,0	24,0		18,00	1,20	15	6,7								
1,00	44,0	62,0		44,00	1,60	28	3,6								
1,20	66,0	90,0		66,00	0,73	90	1,1								
1,40	37,0	48,0		37,00	2,80	13	7,6								
1,60	60,0	102,0		60,00	1,73	35	2,9								
1,80	112,0	138,0		112,00	1,87	60	1,7								
2,00	214,0	242,0		214,00	3,93	54	1,8								
2,20	159,0	218,0		159,00	5,53	29	3,5								
2,40	126,0	209,0		126,00	3,60	35	2,9								
2,60	184,0	238,0		184,00	4,00	46	2,2								
2,80	183,0	243,0		183,00	3,40	54	1,9								
3,00	58,0	109,0		58,00	1,47	39	2,5								
3,20	111,0	133,0		111,00	0,67	166	0,6								
3,40	10,0	20,0		10,00	3,07	3	30,7								
3,60	192,0	238,0		192,00	4,20	46	2,2								
3,80	231,0	294,0		231,00	5,00	46	2,2								
4,00	224,0	299,0		224,00	4,47	50	2,0								
4,20	185,0	252,0		185,00	3,93	47	2,1								
4,40	158,0	217,0		158,00	3,47	46	2,2								

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

5

Riferimento: **Desenzano del Garda**

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Scala: **1:25**

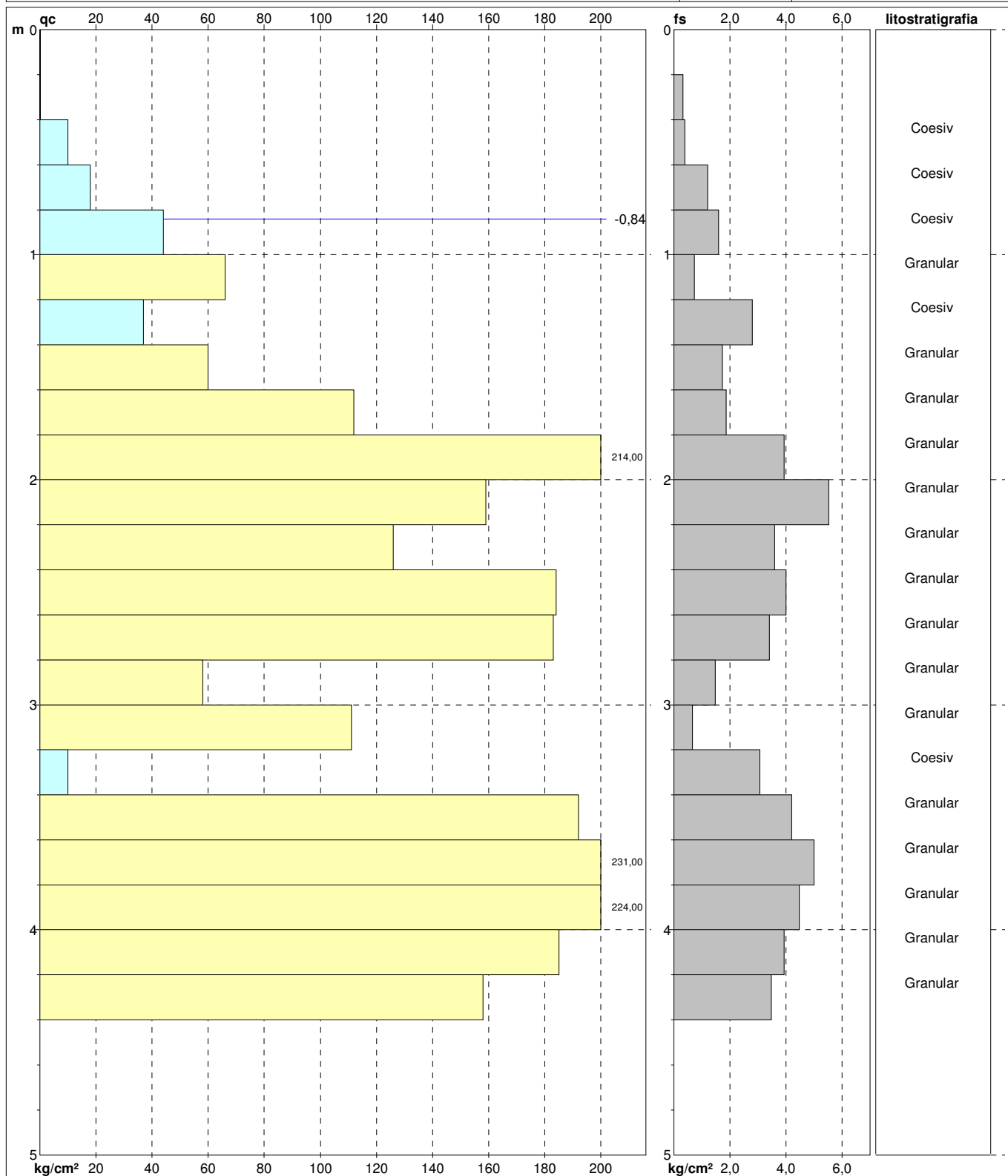
Pagina **1**

Elaborato

Data esec. **01/09/2020**

Quota inizio:

Falda **-0,84 m**



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

5

Riferimento: **Desenzano del Garda**

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

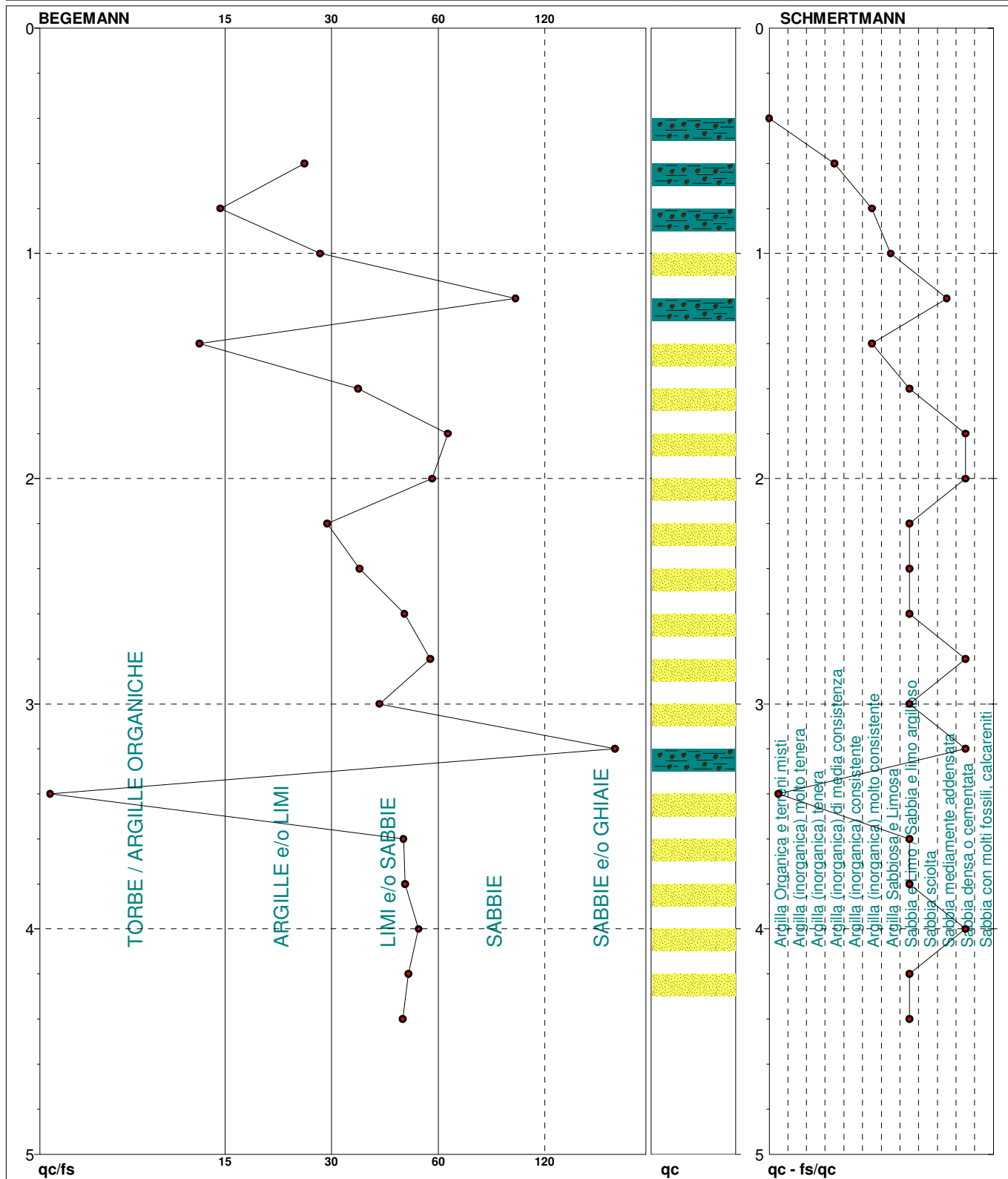
Scala: **1:25**

Pagina **1**

Elaborato

Data exec. **01/09/2020**

Falda **-0,84 m**



TORBE / ARGILLE ORGANICHE	5 punti, 21,74%	Argilla Organica e terreni misti	1 punti, 4,35%	Argilla Sabbiosa e Limosa	1 punti, 4,35%
ARGILLE e/o LIMI	3 punti, 13,04%	Argilla (inorganica) di media consistenza	1 punti, 4,35%	Sabbia e Limi / Sabbia e limo argilloso	9 punti, 39,13%
LIMI e/o SABBIE	12 punti, 52,17%	Argilla (inorganica) molto consistente	2 punti, 8,70%	Sabbia mediamente addensata	1 punti, 4,35%
SABBIE	1 punti, 4,35%			Sabbia densa o cementata	5 punti, 21,74%
SABBIE e/o GHIAIE	1 punti, 4,35%				

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA **PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT

5

Riferim**Desenzano del Garda**

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Data eseg. **01/09/2020**

Pagina
Elaborato **1**

Falda **-0,84 m**

H m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	FL1	FL2
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	10,00	25,00	2	1,90	0,11	--	0,50	40,7	85,0	127,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	18,00	15,00	2	1,98	0,15	--	0,75	46,3	127,5	191,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	44,00	27,50	4	1,00	0,17	--	1,47	91,7	249,3	374,0	132,0	87	40	37	35	32	41	31	73,3	110,0	132,0	--	--
1,20	66,00	90,41	3	0,94	0,19	--	--	--	--	--	--	98	42	39	36	34	42	32	110,0	165,0	198,0	--	--
1,40	37,00	13,21	4	0,99	0,21	--	1,23	57,3	209,7	314,5	111,0	76	39	35	33	31	40	30	61,7	92,5	111,0	--	--
1,60	60,00	34,68	3	0,93	0,23	--	--	--	--	--	--	90	41	37	35	32	41	32	100,0	150,0	180,0	--	--
1,80	112,00	59,89	3	1,02	0,25	--	--	--	--	--	--	100	42	40	38	35	43	34	186,7	280,0	336,0	--	--
2,00	214,00	54,45	3	1,15	0,27	--	--	--	--	--	--	100	42	43	40	38	45	38	356,7	535,0	642,0	--	--
2,20	159,00	28,75	4	1,09	0,29	--	5,30	99,9	901,0	1351,5	477,0	100	42	41	39	36	44	36	265,0	397,5	477,0	--	--
2,40	126,00	35,00	3	1,04	0,32	--	--	--	--	--	--	100	42	40	37	34	43	35	210,0	315,0	378,0	--	--
2,60	184,00	46,00	3	1,13	0,34	--	--	--	--	--	--	100	42	41	39	36	44	37	306,7	460,0	552,0	--	--
2,80	183,00	53,82	3	1,12	0,36	--	--	--	--	--	--	100	42	41	38	36	44	37	305,0	457,5	549,0	--	--
3,00	58,00	39,46	3	0,93	0,38	--	--	--	--	--	--	77	39	35	32	30	39	31	96,7	145,0	174,0	--	--
3,20	111,00	165,67	3	1,02	0,40	--	--	--	--	--	--	98	42	38	35	33	41	34	185,0	277,5	333,0	--	--
3,40	10,00	3,26	2	0,90	0,42	--	0,50	7,9	100,6	150,9	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	192,00	45,71	3	1,14	0,44	--	--	--	--	--	--	100	42	40	37	35	43	37	320,0	480,0	576,0	--	--
3,80	231,00	46,20	3	1,15	0,46	--	--	--	--	--	--	100	42	41	38	35	44	39	385,0	577,5	693,0	--	--
4,00	224,00	50,11	3	1,15	0,49	--	--	--	--	--	--	100	42	40	38	35	44	38	373,3	560,0	672,0	--	--
4,20	185,00	47,07	3	1,13	0,51	--	--	--	--	--	--	100	42	39	36	34	43	37	308,3	462,5	555,0	--	--
4,40	158,00	45,53	3	1,09	0,53	--	--	--	--	--	--	100	42	38	35	33	42	36	263,3	395,0	474,0	--	--

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

6

Riferimento **Desenzano del Garda**

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Data esec. **01/09/2020**

Pagina **1**
Elaborato

Falda **-1,52 m**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00										
0,40	0,0	0,0		0,00	2,53	0									
0,60	39,0	77,0		39,00	1,20	33	3,1								
0,80	45,0	63,0		45,00	1,73	26	3,8								
1,00	35,0	61,0		35,00	2,53	14	7,2								
1,20	43,0	81,0		43,00	1,40	31	3,3								
1,40	51,0	72,0		51,00	1,53	33	3,0								
1,60	17,0	40,0		17,00	1,20	14	7,1								
1,80	20,0	38,0		20,00	0,73	27	3,7								
2,00	64,0	75,0		64,00	0,93	69	1,5								
2,20	71,0	85,0		71,00	1,20	59	1,7								
2,40	110,0	128,0		110,00	1,73	64	1,6								
2,60	164,0	190,0		164,00	4,13	40	2,5								
2,80	163,0	225,0		163,00	4,20	39	2,6								
3,00	167,0	230,0		167,00	1,80	93	1,1								
3,20	142,0	169,0		142,00	4,80	30	3,4								
3,40	159,0	231,0		159,00	2,27	70	1,4								
3,60	16,0	50,0		16,00	1,27	13	7,9								
3,80	8,0	27,0		8,00	1,27	6	15,9								
4,00	203,0	222,0		203,00	3,47	59	1,7								
4,20	233,0	285,0		233,00	4,47	52	1,9								
4,40	212,0	279,0		212,00	5,07	42	2,4								
4,60	163,0	239,0		163,00	3,20	51	2,0								
4,80	157,0	205,0		157,00	2,53	62	1,6								
5,00	80,0	118,0		80,00	1,40	57	1,8								
5,20	12,0	33,0		12,00	0,40	30	3,3								
5,40	6,0	12,0		6,00	0,33	18	5,5								
5,60	5,0	10,0		5,00	0,27	19	5,4								
5,80	6,0	10,0		6,00	0,27	22	4,5								
6,00	6,0	10,0		6,00	0,40	15	6,7								
6,20	8,0	14,0		8,00	0,73	11	9,1								
6,40	11,0	22,0		11,00	0,47	23	4,3								
6,60	13,0	20,0		13,00	0,40	33	3,1								
6,80	6,0	12,0		6,00	0,33	18	5,5								
7,00	6,0	11,0		6,00	0,93	6	15,5								
7,20	6,0	20,0		6,00	0,40	15	6,7								
7,40	6,0	12,0		6,00	0,33	18	5,5								
7,60	6,0	11,0		6,00	0,60	10	10,0								
7,80	10,0	19,0		10,00	0,40	25	4,0								
8,00	7,0	13,0		7,00	0,40	18	5,7								
8,20	9,0	15,0		9,00	0,40	23	4,4								
8,40	9,0	15,0		9,00	0,47	19	5,2								
8,60	8,0	15,0		8,00	0,60	13	7,5								
8,80	11,0	20,0		11,00	0,53	21	4,8								
9,00	9,0	17,0		9,00	0,87	10	9,7								
9,20	23,0	36,0		23,00	0,87	26	3,8								
9,40	10,0	23,0		10,00	2,27	4	22,7								
9,60	85,0	119,0		85,00	2,73	31	3,2								
9,80	180,0	221,0		180,00	2,33	77	1,3								
10,00	17,0	52,0		17,00	4,13	4	24,3								
10,20	121,0	183,0		121,00	2,20	55	1,8								
10,40	200,0	233,0		200,00	3,67	54	1,8								
10,60	125,0	180,0		125,00	5,27	24	4,2								
10,80	171,0	250,0		171,00	2,80	61	1,6								
11,00	131,0	173,0		131,00	3,13	42	2,4								
11,20	47,0	94,0		47,00	1,40	34	3,0								
11,40	21,0	42,0		21,00	1,00	21	4,8								
11,60	10,0	25,0		10,00	1,67	6	16,7								
11,80	32,0	57,0		32,00											

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

6

Riferimento: **Desenzano del Garda**

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

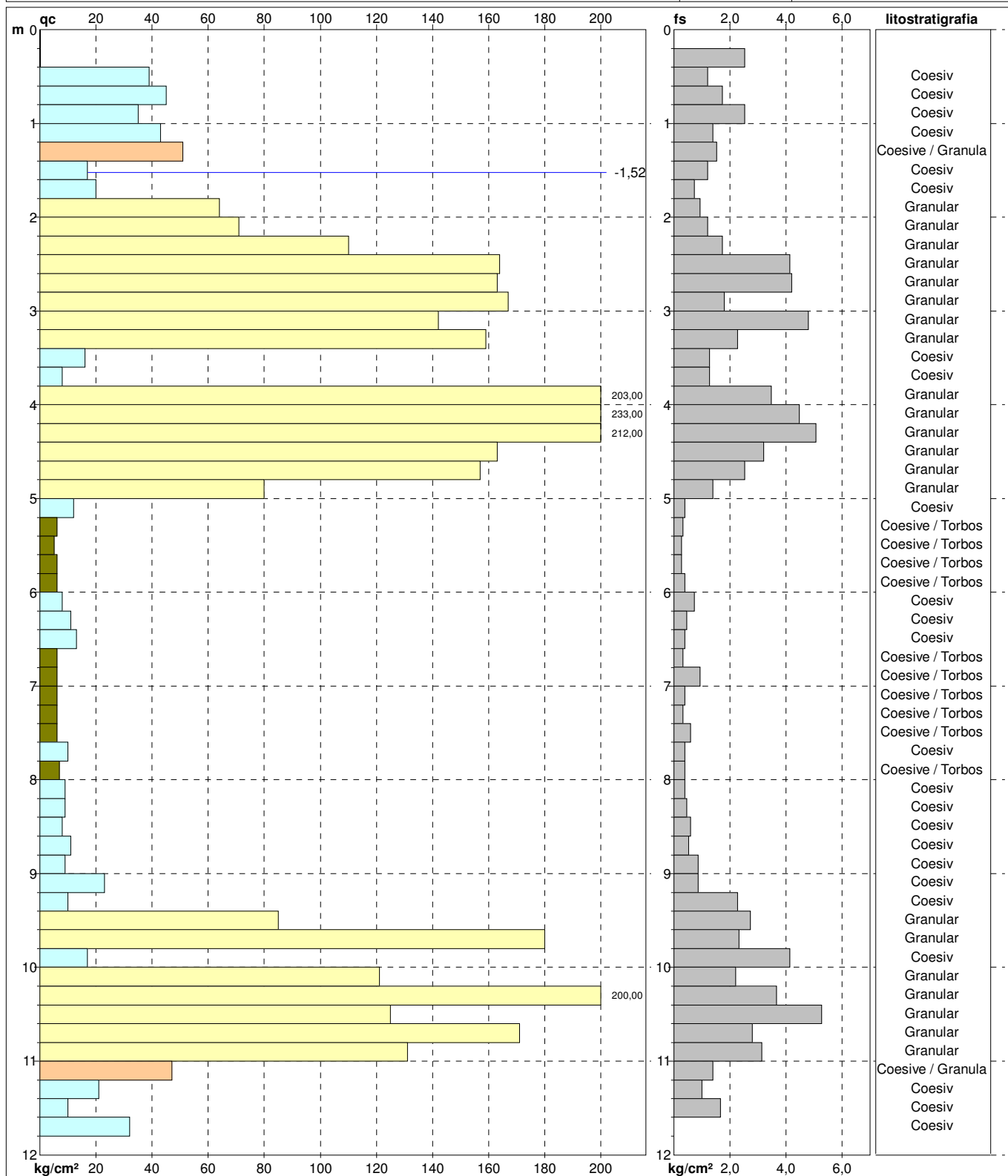
Scala: **1:60**

Pagina **1**

Elaborato

Data esec. **01/09/2020**

Quota inizio:
Falda **-1,52 m**



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

6

Riferimento: **Desenzano del Garda**

Committente **Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti**

Cantiere

Località **Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

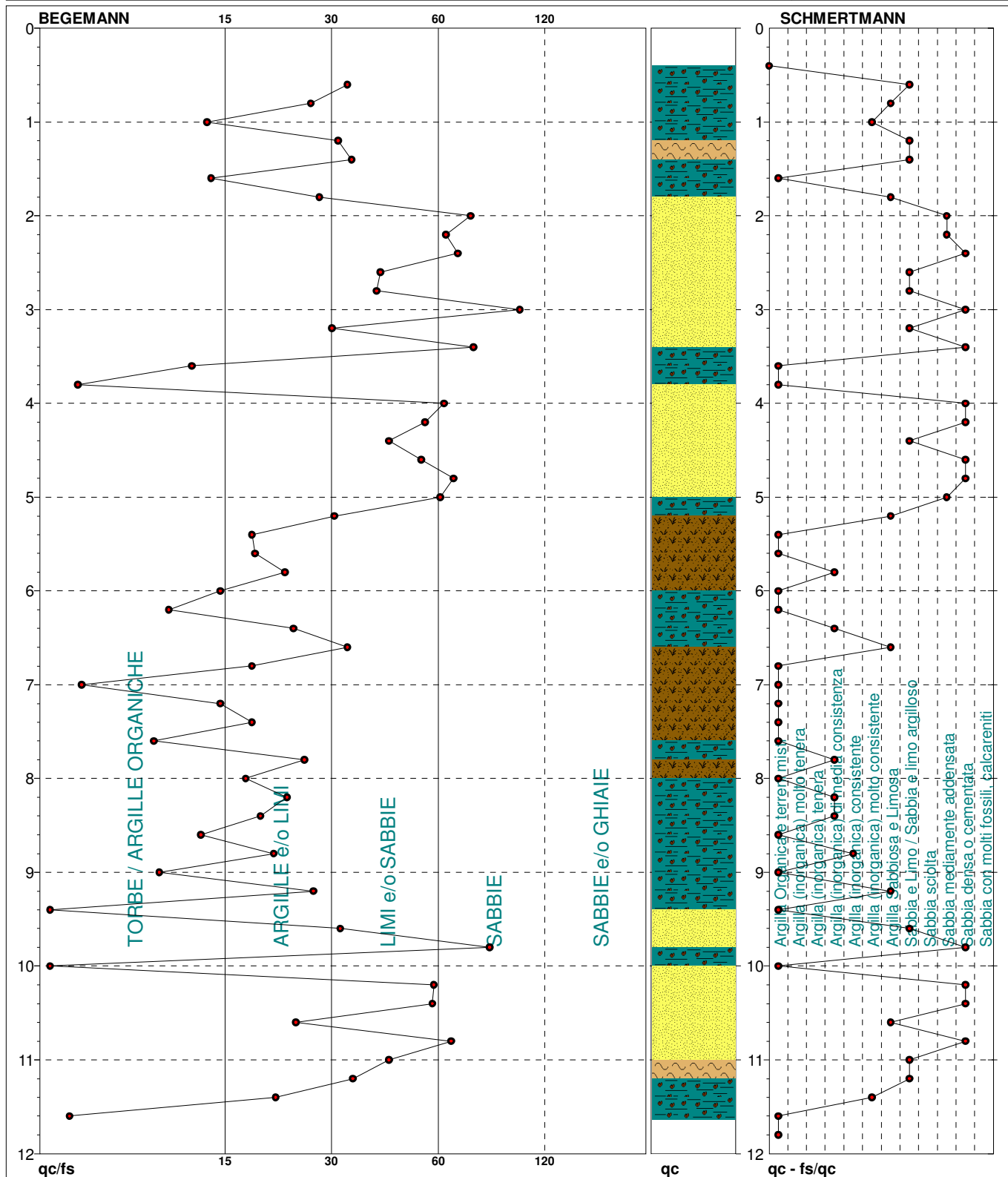
Scala: **1:60**

Pagina **1**

Elaborato

Data exec. **01/09/2020**

Falda **-1,52 m**



TORBE / ARGILLE ORGANICHE	18 punti, 27,12%	Argilla Organica e terreni misti	18 punti, 30,51%	Argilla Sabbiosa e Limosa	6 punti, 10,17%
ARGILLE e/o LIMI	18 punti, 30,51%	Argilla (inorganica) di media consistenza	5 punti, 8,47%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	10 punti, 16,95%
LIMI e/o SABBIE	17 punti, 28,81%	Argilla (inorganica) consistente	1 punto, 1,69%	Sabbia mediamente addensata	3 punti, 5,08%
SABBIE	7 punti, 11,86%	Argilla (inorganica) molto consistente	2 punti, 3,39%	Sabbia densa o cementata	11 punti, 18,64%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT

6

Riferimento Desenzano del Garda

Committente Sigg. Luigi Spiller e Clara Agosti

Cantiere

Località Via Venezia - Desenzano del Garda (BS)

U.M.: kg/cm²

Data exec. 01/09/2020

Pagina 1
Elaborato

Falda -1,52 m

						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	39,00	32,50	3	1,90	0,11	--	--	--	--	--	--	93	41	39	36	34	42	30	65,0	97,5	117,0	--	--		
0,80	45,00	26,01	4	2,00	0,15	--	1,50	99,9	255,0	382,5	135,0	91	41	38	35	33	42	31	75,0	112,5	135,0	--	--		
1,00	35,00	13,83	4	1,98	0,19	--	1,17	60,1	198,3	297,5	105,0	76	39	36	33	31	40	29	58,3	87,5	105,0	--	--		
1,20	43,00	30,71	3	1,91	0,23	--	--	--	--	--	--	79	39	36	33	31	40	30	71,7	107,5	129,0	--	--		
1,40	51,00	33,33	3	1,92	0,27	--	--	--	--	--	--	81	39	36	33	31	40	31	85,0	127,5	153,0	--	--		
1,60	17,00	14,17	2	0,97	0,29	--	0,72	19,9	123,0	184,5	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
1,80	20,00	27,40	4	0,93	0,31	--	0,80	20,9	136,0	204,0	60,0	46	34	31	28	26	35	27	33,3	50,0	60,0	--	--		
2,00	64,00	68,82	3	0,94	0,32	--	--	--	--	--	--	84	40	36	33	31	40	32	106,7	160,0	192,0	--	--		
2,20	71,00	59,17	3	0,95	0,34	--	--	--	--	--	--	86	40	36	34	31	40	32	118,3	177,5	213,0	--	--		
2,40	110,00	63,58	3	1,02	0,36	--	--	--	--	--	--	100	42	38	35	33	42	34	183,3	275,0	330,0	--	--		
2,60	164,00	39,71	3	1,10	0,39	--	--	--	--	--	--	100	42	40	37	35	43	37	273,3	410,0	492,0	--	--		
2,80	163,00	38,81	3	1,09	0,41	--	--	--	--	--	--	100	42	40	37	34	43	36	271,7	407,5	489,0	--	--		
3,00	167,00	92,78	3	1,10	0,43	--	--	--	--	--	--	100	42	39	37	34	43	37	278,3	417,5	501,0	--	--		
3,20	142,00	29,58	4	1,08	0,45	--	4,73	99,9	804,7	1207,0	426,0	100	42	38	36	33	42	36	236,7	355,0	426,0	--	--		
3,40	159,00	70,04	3	1,09	0,47	--	--	--	--	--	--	100	42	39	36	34	42	36	265,0	397,5	477,0	--	--		
3,60	16,00	12,60	2	0,96	0,49	--	0,70	9,7	119,1	178,7	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
3,80	8,00	6,30	2	0,86	0,51	--	0,40	4,6	141,9	212,8	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
4,00	203,00	58,50	3	1,15	0,53	--	--	--	--	--	--	100	42	39	37	34	43	38	338,3	507,5	609,0	--	--		
4,20	233,00	52,13	3	1,15	0,56	--	--	--	--	--	--	100	42	40	37	35	43	39	388,3	582,5	699,0	--	--		
4,40	212,00	41,81	3	1,15	0,58	--	--	--	--	--	--	100	42	39	36	34	43	38	353,3	530,0	636,0	--	--		
4,60	163,00	50,94	3	1,09	0,60	--	--	--	--	--	--	100	42	38	35	33	41	36	271,7	407,5	489,0	--	--		
4,80	157,00	62,06	3	1,09	0,62	--	--	--	--	--	--	99	42	37	35	32	41	36	261,7	392,5	471,0	--	--		
5,00	80,00	57,14	3	0,97	0,64	--	--	--	--	--	--	75	39	34	31	29	38	33	133,3	200,0	240,0	--	--		
5,20	12,00	30,00	4	0,88	0,66	--	0,57	5,3	180,4	270,6	44,6	9	29	24	21	20	27	26	20,0	30,0	36,0	--	--		
5,40	6,00	18,18	2	0,82	0,68	--	0,30	2,3	163,3	244,9	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5,60	5,00	18,52	2	0,80	0,69	--	0,25	1,8	143,0	214,5	25,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5,80	6,00	22,22	2	0,82	0,71	--	0,30	2,1	165,6	248,3	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
6,00	6,00	15,00	1	0,46	0,72	--	0,30	2,1	35,5	53,2	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
6,20	8,00	10,96	2	0,86	0,73	--	0,40	2,9	199,3	298,9	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
6,40	11,00	23,40	2	0,91	0,75	--	0,54	4,1	210,1	315,1	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
6,60	13,00	32,50	4	0,88	0,77	--	0,60	4,6	214,3	321,5	46,5	8	29	24	20	19	27	26	21,7	32,5	39,0	--	--		
6,80	6,00	18,18	2	0,82	0,79	--	0,30	1,9	169,8	254,7	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7,00	6,00	6,45	1	0,46	0,80	--	0,30	1,9	36,6	54,9	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7,20	6,00	15,00	1	0,46	0,80	--	0,30	1,8	36,7	55,1	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7,40	6,00	18,18	2	0,82	0,82	--	0,30	1,8	171,3	256,9	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7,60	6,00	10,00	1	0,46	0,83	--	0,30	1,8	37,0	55,5	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7,80	10,00	25,00	2	0,90	0,85	--	0,50	3,2	236,6	354,9	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
8,00	7,00	17,50	2	0,84	0,87	--	0,35	2,0	195,5	293,3	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
8,20	9,00	22,50	2	0,88	0,88	--	0,45	2,7	232,1	348,2	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
8,40	9,00	19,15	2	0,88	0,90	--	0,45	2,6	234,3	351,4	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
8,60	8,00	13,33	2	0,86	0,92	--	0,40	2,2	219,0	328,4	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
8,80	11,00	20,75	2	0,91	0,94	--	0,54	3,1	258,9	388,4	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
9,00	9,00	10,34	2	0,88	0,95	--	0,45	2,5	239,8	359,7	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
9,20	23,00	26,44	4	0,94	0,97	--	0,87	5,4	264,0	396,0	69,0	22	31	25	22	21	29	28	38,3	57,5	69,0	--	--		
9,40	10,00	4,41	2	0,90	0,99	--	0,50	2,7	259,1	388,6	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
9,60	85,00	31,14	3	0,98	1,01	--	--	--	--	--	--	66	37	32	29	27	36	33	141,7	212,5	255,0	--	--		
9,80	180,00	77,25	3	1,12	1,03	--	--	--	--	--	--	91	41	35	33	30	40	37	300,0	450,0	540,0	--	--		
10,00	17,00	4,12	2	0,97	1,05	--	0,72	3,9	294,4	441,6	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
10,20	121,00	55,00	3	1,03	1,07	--	--	--	--	--	--	77	39	33	30	28	38	35	201,7	302,5	363,0	--	--		
10,40	200,00	54,50	3	1,15	1,10	--	--	--	--	--	--	94	41	36	33	31	40	38	333,3	500,0	600,0	--	--		
10,60	125,00	23,72	4	1,07	1,12	--	4,17	32,6	708,3	1062,5	375,0	77	39	33	30	28	38	35	208,3	312,5	375,0	--	--		
10,80	171,00	61,07	3	1,11	1,14	--	--	--	--	--	--	87	40	35	32	30	39	37	285,0	427,5	513,0	--	--		
11,00	131,00	41,85	3	1,05	1,16	--	--	--	--	--	--	78	39	33	30	28	38	35	218,3	327,5	393,0	--	--		
11,20	47,00	33,57	3	0,91	1,18	--	--	--	--	--	--	42	34	28	25	23	32	31	78,3	117,5	141,0	--	--		
11,40	21,00	21,00	4	0,93	1,20	--	0,82	3,9	334,9	502,4	63,0	14	30	24	21	20	27	27	35,0	52,5	63,0	--	--		
11,60	10,00	5,99	2	0,90	1,21	--	0,50	2,1	278,1	417,1	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
11,80	32,00	--	3	0,88	1,23	--	--	--	--	--	--	28	32	26	23	21	29	29	53,3	80,0	96,0	--	--		

ALLEGATO FOTOGRAFICO



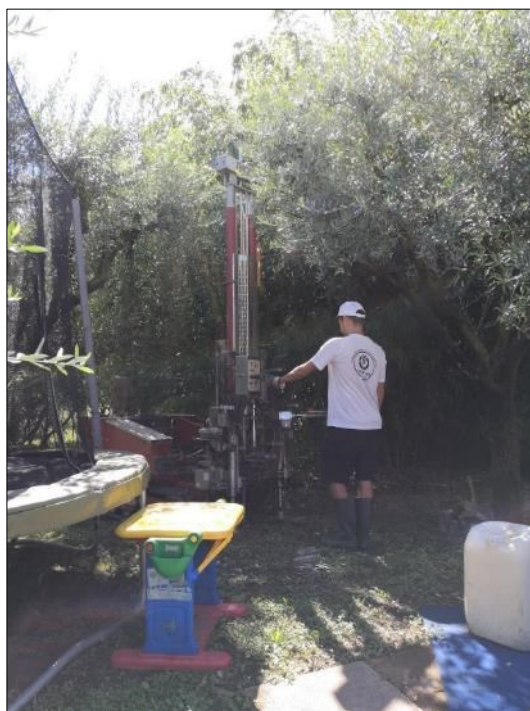
Esecuzione Prova Penetrometrica P1



Esecuzione Prova Penetrometrica P2



Esecuzione Prova Penetrometrica P3



Esecuzione Prova Penetrometrica P4



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
www.crestanasrls.com



Esecuzione Prova Penetrometrica P5



Esecuzione Prova Penetrometrica P6

