

Darfo Immobiliare S.r.l.

**PROGRAMMA INTEGRATO DI INTERVENTO (P.I.I.)
in variante al P.G.T. ai sensi della Legge Regionale n. 12/2005 s.m.i.
COMPENDIO VIA S. FERMO - COMUNE DI COSTA VOLPINO (BG)**

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

D.g.r. n. IX/2616 del 30/11/2011 – D.M. 17/01/2018 e s.m.i.



Settembre 2019



**Consulenza Geologica,
Geotecnica ed Idrogeologica**

Dott. Filippo Pezzotti Geologo

Ordine Geologi Lombardia n. 1264

Via Brodolini n. 1 - 25043 Breno (BS)
Pec: pezzotti75@epap.sicurezza postale.it

Tel. 3284146050 e-mail: pezzotti75@yahoo.it
C.F. PZZFPP75L08B149P P.IVA 02468800988

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. UBICAZIONE.....	4
3. INQUADRAMENTO IDROGEOMORFOLOGICO	4
3.1 Assetto geologico - strutturale	4
3.2 Assetto geologico - geomorfologico	5
3.3 Inquadramento geolitologico e litostratigrafico	6
3.4 Idrogeologia.....	8
4. IDROGRAFIA E PERICOLOSITÀ IDRAULICA.....	10
5. SISMICITÀ STORICA E PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	11
6. FATTIBILITÀ GEOLOGICA.....	15
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE-GEOTECNICHE	15
7.1 Modello geologico-geotecnico.....	17
7.2 Rilievi freatimetrici.....	18
8. AZIONE SISMICA DI PROGETTO	18
8.1 Indagini sismiche	20
8.2 Analisi sismica di secondo livello.....	24
8.3 Parametri sismici sito-specifici	26
9. VERIFICHE GEOTECNICHE.....	27
10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	30
10.1 Operazioni di scavo	30
10.2 Sedime di imposta ed opere di fondazione	31
10.3 Aspetti sismici.....	32
10.4 Problematiche idrogeomorfologiche.....	32
10.5 Conclusioni	33

ALLEGATI:

TAVOLA 1	COROGRAFIA (Scala 1:10.000)
TAVOLA 2	CARTA GEOLOGICA (Scala 1:5.000)
TAVOLA 3	UBICAZIONE DELLE INDAGINI (Scala 1:1.000)
ALLEGATO 1	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
ALLEGATO 2	INDAGINE SISMICA MASW

1. PREMESSA

La presente relazione geologica e geotecnica è stata redatta a supporto del Programma Integrato di Intervento, in variante al PGT, ai sensi della Legge Regionale n. 12/2005 s.m.i., Compendio San Fermo, ubicato in Comune di Costa Volpino (BG).

Le indagini svolte dallo scrivente sono state intraprese allo scopo di analizzare l'assetto geolitologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area di intervento, ricostruire il modello geologico-geotecnico e sismico del sottosuolo e valutare la fattibilità geologica delle opere in progetto.

Gli studi propedeutici alla predisposizione del presente elaborato sono stati effettuati in ottemperanza a quanto prescritto dal D.M. 17/01/18 *Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni*, che rappresenta la più recente applicazione normativa della Legge n. 64 del 1974 e dei successivi D.M. applicativi, con particolare riferimento al D.M. 14/01/08 e, inoltre, in conformità a quanto previsto dalla D.g.r. n. IX/2616 del 30 novembre 2011 e dalla D.g.r. n. X/5001 del 30 marzo 2016 (comprese le asseverazioni di cui ai moduli 9 e 10).

Il percorso conoscitivo delle caratteristiche idrogeomorfologiche, litotecniche e sismiche del sito si è svolto secondo le seguenti fasi di studio:

- a) esame dei dati geologici ed idrogeologici pregressi della zona ottenuti attraverso ricerche di carattere bibliografico;
- b) rilevamenti in posto per la determinazione delle caratteristiche morfologiche, litostratigrafiche ed idrogeologiche dell'area e di un suo adeguato intorno;
- c) esecuzione di tre prove penetrometriche dinamiche (DPSH), per la ricostruzione del modello geologico-geotecnico del sottosuolo;
- d) analisi della sismicità storica dell'area vasta;
- e) esecuzione di un'indagine geofisica MASW per la caratterizzazione sismica del substrato;
- f) esecuzione dell'analisi sismica di secondo livello (per amplificazione di tipo stratigrafico) con la definizione della categoria di sottosuolo e dei parametri sismici sito-specifici;
- g) verifiche geotecniche;
- h) analisi della fattibilità degli interventi prospettati in relazione al locale assetto idrogeomorfologico, litostratigrafico e sismico con individuazione delle eventuali problematiche e delle possibili soluzioni.

La presente relazione è corredata dai seguenti elaborati:

TAVOLA 1	COROGRAFIA (Scala 1:10.000)
TAVOLA 2	CARTA GEOLOGICA (Scala 1:5.000)
TAVOLA 3	UBICAZIONE DELLE INDAGINI (Scala 1:1.000)
ALLEGATO 1	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
ALLEGATO 2	INDAGINE SISMICA MASW

2. UBICAZIONE

L'area oggetto del presente studio è ubicata in corrispondenza del fondovalle della bassa Valle Camonica, in Comune di Costa Volpino (BS), in fregio alla Via San Fermo.

Il terreno ed il fabbricato che verranno direttamente interessati dall'attuazione degli interventi prospettati si collocano in un contesto morfologicamente pianeggiante (densamente urbanizzato) ad una quota di circa 191 m s.l.m. (si veda la Tavola 1, allegata alla presente).

I luoghi descritti nel corso del presente elaborato sono rappresentati cartograficamente nelle sezioni n. D4a4 "Costa Volpino" e n. D4a5 "Pisogne" della Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia alla scala 1:10.000.

3. INQUADRAMENTO IDROGEOMORFOLOGICO

Nel presente capitolo vengono illustrati i tratti salienti dell'ambito territoriale all'interno del quale ricade l'area di intervento per quello che concerne gli aspetti geologici, litostratigrafici, geomorfologici, idrogeologici ed idrografici.

3.1 Assetto geologico - strutturale

Dal punto di vista geologico-strutturale l'area in esame, cartografata al Foglio 078 "Breno" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, ricade all'interno del dominio tettonico delle Alpi Calcaree Meridionali, o Sudalpino, che costituisce uno degli elementi strutturali maggiori della catena alpina.

Esso rappresenta un settore del margine continentale africano che, a seguito degli eventi collisionali connessi alle spinte orogenetiche di età alpina, è stato riorganizzato in una serie di unità stratigrafico-tettoniche sovrapposte, con vergenza meridionale, lungo superfici di sovrascorrimento immergenti a nord. Tali unità si differenziano in funzione del contesto paleogeografico di provenienza e riflettono l'evoluzione geodinamica di questa porzione della catena alpina.

I rapporti spaziali tra le diverse unità stratigrafico-tettoniche e tra le formazioni che le costituiscono sono complicati da eventi deformativi minori, sia di tipo duttile sia fragile, spesso di valenza locale, che si manifestano ad una scala piuttosto variabile.

Più in dettaglio il sito di specifico interesse si colloca all'interno dell'Arco Orobico (si veda la Figura 1) ed è compreso tra la Linea Insubrica, a nord, ed il fronte sepolto del sistema di thrust connessi all'Arco delle Giudicarie, a sud.

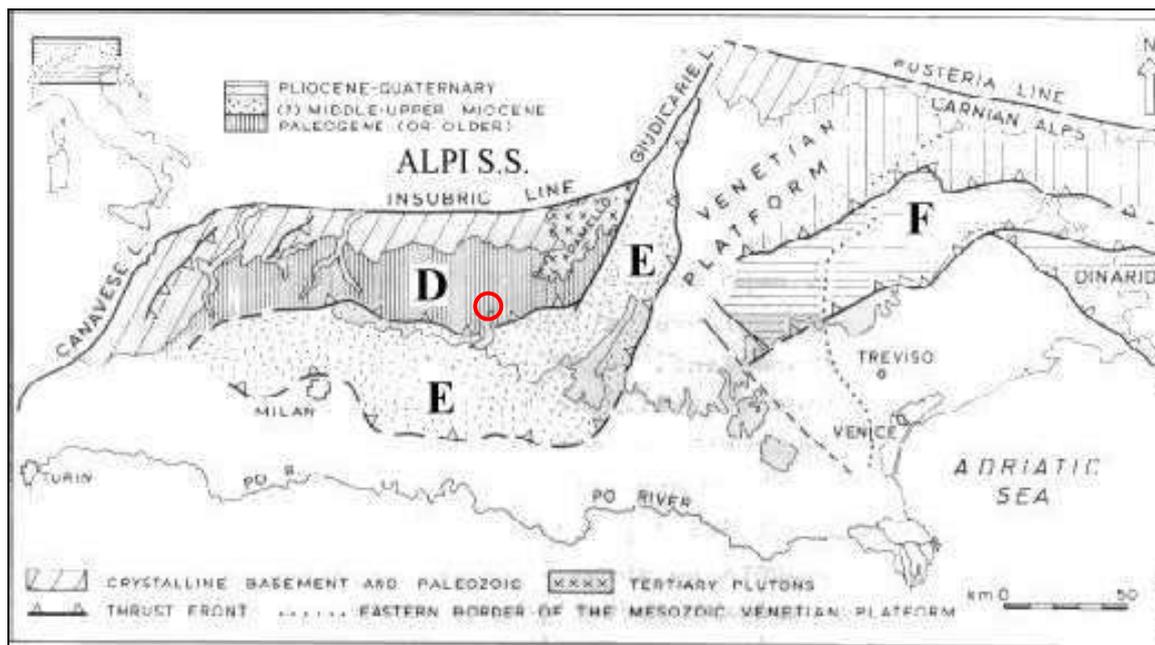


Figura 1 Schema dei principali fronti compressivi del Sudalpino: **D** Arco Orobico, **E** Arco delle Giudicarie - Val Trompia, **F** Arco del Friuli - Giulia. Il cerchio rosso individua l'area investigata.

3.2 Assetto geologico - geomorfologico

L'area investigata si colloca in corrispondenza della piana alluvionale della bassa Valle Camonica, che denota i lineamenti tipici di una valle di sovraescavazione glaciale quali il profilo trasversale ad "U", le valli laterali sospese, i laghetti di circo, ecc. (si veda la Figura 2).

Relativamente al tratto di specifico interesse, i fianchi del solco vallivo presentano un certo grado di asimmetria dovuto principalmente alle differenti caratteristiche litologico-strutturali dell'impalcatura rocciosa dei versanti, che hanno esaltato gli effetti dell'erosione differenziale.

Infatti, lungo l'acclive versante orografico destro affiorano, con giacitura a reggipoggio, le potenti successioni carbonatico-dolomitiche di età triassica che costituiscono, tra l'altro, le scoscese pareti del gruppo Molte Alto - Monte Pora.

Al contrario il versante orografico sinistro, solcato da profonde incisioni vallive che denotano un notevole sviluppo in senso longitudinale, è dominato dalle formazioni permiane (Collio e Verrucano Lombardo) e dal Basamento cristallino (qui rappresentato dal Gruppo dei Micascisti del Monte Maniva).

Il fondovalle presenta una morfologia pianeggiante e risulta delimitato da scarpate di origine fluviale che fungono da raccordo con l'alveo attivo del fiume Oglio. In corrispondenza della confluenza delle valli laterali si sono impostati numerosi conoidi alluvionali che, anche grazie al fenomeno della coalescenza, possono formare degli apparanti di dimensioni rilevanti.

Gli elementi geomorfologici principali del sito di specifico interesse sono rappresentati dalle scarpate erosive del fiume Oglio, che sono state modificate, negli anni, a seguito degli interventi di urbanizzazione e di messa in sicurezza.

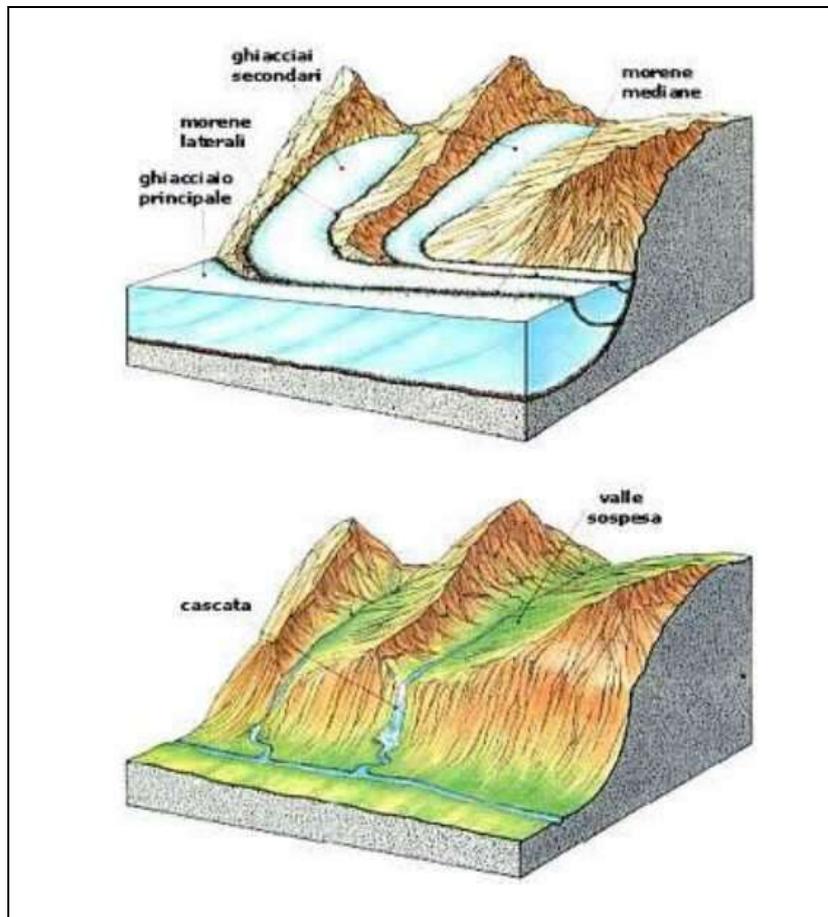


Figura 2 Schema generale degli elementi morfologici caratteristici di una valle di origine glaciale. L'immagine superiore mostra le condizioni della valle in presenza del ghiacciaio, mentre quella inferiore illustra la conformazione della medesima valle dopo il ritiro delle lingue glaciali.

3.3 Inquadramento geolitologico e litostratigrafico

Lungo il tratto inferiore della Valle Camonica il substrato roccioso è costituito dalle unità della copertura sedimentaria sudalpina, rappresentate da formazioni di età permiana e triassica, disposte nel complesso con immersione rivolta verso nord-ovest ed inclinazione dell'ordine di 40°. La serie è interessata da numerose faglie e fratture, soprattutto subverticali, disposte con direzione parallela e normale all'asse della valle.

Al piede del versante orografico sinistro del solco vallivo camuno si trovano le unità permiane, con le rocce vulcaniche tipiche della formazione di Collio, costituite principalmente da tufi a tessitura porfirica, e le arenarie ed i conglomerati della formazione del Verrucano Lombardo.

Alla base del versante orografico destro affiorano, invece, le unità triassiche a partire dai calcari e dai calcari marnosi del Calcare di Angolo. In corrispondenza del fondovalle, ricoperti da una coltre di depositi superficiali, salvo accidenti tettonici, si trovano probabilmente i termini intermedi rappresentati dalle formazioni triassiche del Servino e della Carniola di Bovegno, così come schematicamente rappresentato nella Figura 3.

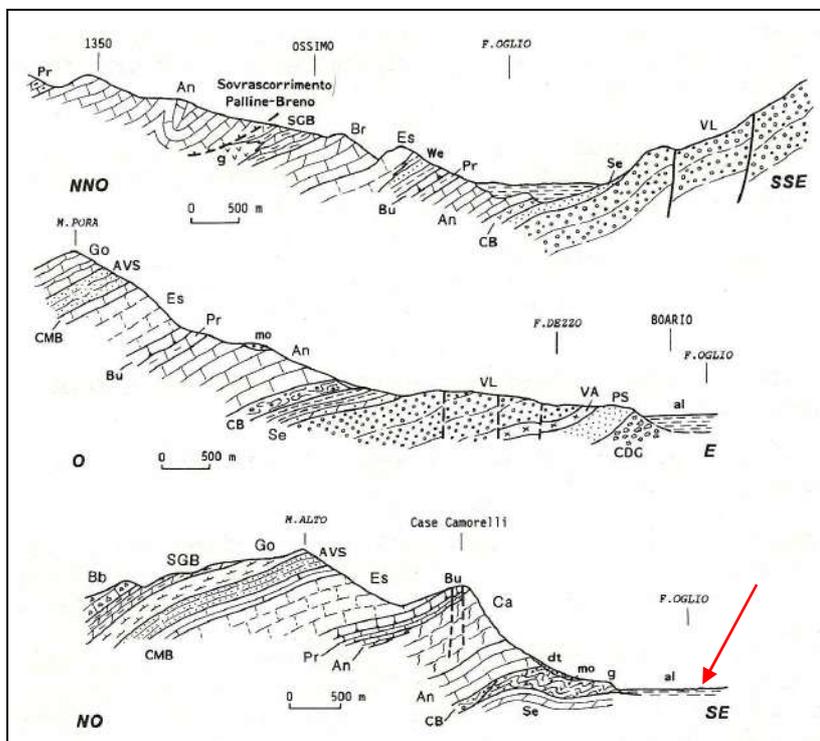


Figura 3 sezioni geologiche trasversali della Valle Camonica inferiore. Le sigle delle unità formazionali sono le seguenti: An = Calcare di Angolo, Pr = Calcare di Prezzo, Bu = Formazione di Buchenstein, Es = Calcare di Esino, We = Formazione di Wengen, AVS = Arenarie di Val Sabbia, Go = Formazione di Gorno; Br = Formazione di Breno, SGB = Formazione di San Giovanni Bianco, Bb = breccie basali di Dolomia Principale (tratto da Guide geologiche regionali, Alpi e Prealpi lombarde – Società geologica Italiana, 1991 – AA.VV.). La freccia individua l'area investigata.

Il fondovalle, nella sua parte superficiale, è occupato principalmente dai depositi alluvionali del fiume Oglio ai quali si associano, lateralmente, i depositi dei conoidi alluvionali dei corsi d'acqua provenienti dai fianchi della valle, le falde di detrito di versante poste alla base delle pareti rocciose o i lembi di depositi lasciati, sui versanti, dalle lingue glaciali.

In senso longitudinale all'asse vallivo i suddetti depositi alluvionali presentano intercalazioni, a partire dalla zona del lago, di sedimenti di origine lacustre. Questi ultimi sono generalmente costituiti da limi, argille e torbe molto compressibili e dotati di scadenti proprietà geomeccaniche.

La profondità del substrato roccioso, nel tratto in esame, è verosimilmente dell'ordine di 80÷100 metri e la sequenza stratigrafica è rappresentata da depositi

alluvionali costituiti, in prevalenza, da livelli a granulometria ghiaiosa e sabbiosa ai quali si intercalano, localmente, livelli da esondazione a granulometria limosa e limoso-sabbiosa o, meno frequentemente, livelli da ristagno d'acqua a granulometria limoso-argilloso o argilloso-limosa, talora ricchi in materia organica (torbe).

In profondità i depositi alluvionali potrebbero trovarsi a diretto contatto con il substrato roccioso, ma potrebbero anche sovrapporsi a depositi di età più antica, principalmente di origine glaciale.

Più in dettaglio il sottosuolo dell'area oggetto del presente studio è composto da depositi alluvionali ascrivibili al Pleistocene superiore - Olocene (si veda la Tavola 2, allegata alla presente).

In prossimità del piano di campagna prevalgono le frazioni granulometriche più fini ed è presente (in condizioni naturali) un orizzonte, avente uno spessore massimo di circa 1,40 m, alterato e contraddistinto da un basso grado di addensamento (terreno vegetale).

Al di sotto del summenzionato orizzonte è stato rinvenuto uno strato di sabbie ghiaiose, che si estende sino a circa 3 m di profondità, poggiante su litologie limoso-argillose, talora torbose, molto compressibili e contraddistinte da un basso grado di addensamento e da un comportamento reologico prevalentemente di tipo coesivo.

3.4 Idrogeologia

L'assetto idrogeologico di questo settore della Valle Camonica è caratterizzato da una circolazione idrica sotterranea che si sviluppa sia lungo i fianchi vallivi, sia nei depositi fluvio-glaciali ed alluvionali di fondovalle.

All'interno delle formazioni carbonatiche la circolazione idrica sotterranea avviene principalmente per porosità secondaria, che si genera a seguito della fratturazione della roccia (per disgregazione meccanica o, più frequentemente, per stress tettonici) o per dissoluzione chimica, tramite la formazione di circuiti di tipo carsico.

In corrispondenza delle successioni terrigene e silicoclastiche i circuiti idrici sotterranei si impostano lungo vie preferenziali localizzate in coincidenza di superfici di discontinuità connesse, principalmente, alla presenza di giunti di stratificazione e/o superfici tettoniche.

Anche i materiali incoerenti di copertura (depositi di conoide alluvionale, depositi di versante, depositi glaciali, depositi fluvio-glaciali ecc.) possono essere sede di circolazione idrica sotterranea che si sviluppa in modo direttamente proporzionale alla porosità primaria.

A fondovalle la dinamica delle acque sotterranee presenti nei depositi fluviali e fluvio-glaciali, discretamente permeabili, è strettamente connessa alle fluttuazioni delle acque di alveo e di subalveo del fiume Oglio, che costituisce il principale elemento

drenante della zona, ed è condizionata anche dalle oscillazioni del livello del lago di Iseo.

Il materasso alluvionale di fondovalle ha uno spessore sicuramente superiore al centinaio di metri e la sequenza stratigrafica è rappresentata principalmente da depositi alluvionali costituiti da livelli a granulometria ghiaiosa e sabbiosa ai quali si intercalano, localmente, livelli da esondazione a granulometria limosa e limoso-sabbiosa o, meno frequentemente, livelli da ristagno d'acqua a granulometria limoso-argillosa.

La notevole variabilità verticale e laterale delle caratteristiche di permeabilità e di trasmissività del materasso alluvionale che contraddistingue il substrato, connessa alle differenti litologie presenti (le quali rappresentano il risultato dei diversi ambienti deposizionali che si sono succeduti nel tempo), ha permesso la formazione di un acquifero multistrato costituito da una serie di falde sovrapposte, talora in pressione (falde confinate o artesiane).

Le falde in pressione sono localizzate in corrispondenza degli orizzonti sabbioso-ghiaiosi, ovvero quelli più permeabili, racchiusi tra livelli impermeabili a dominante argillosa e/o limosa. Lo spessore, la bassa permeabilità e l'estensione degli orizzonti argillosi che confinano queste falde sono elementi che limitano, di fatto, le possibilità di scambi tra l'acquifero superficiale e quelli profondi, che risultano pertanto protetti nei confronti delle potenziali contaminazioni provenienti dalla superficie.

La falda più superficiale, non confinata e sospesa rispetto a quella principale (più profonda), viene alimentata per percolazione dagli orizzonti più prossimi al piano di campagna e, nel caso in esame, le oscillazioni del livello piezometrico risultano strettamente correlate alle acque di sub-alveo dei principali corsi d'acqua (sia naturali sia artificiali) presenti in zona.

Non si esclude, inoltre, la presenza di falde sospese, collegate ai livelli a granulometria fine presenti negli orizzonti superficiali e che traggono alimentazione sia dalle acque di infiltrazione diretta, provenienti dalla superficie, sia dalle acque sottosuperficiali e profonde provenienti dal versante.

Il livello piezometrico è caratterizzato da variazioni annue che risentono anche del ciclo irriguo, evidenziando una ricarica che inizia ad aprile, con picchi massimi estivi (da giugno ad agosto), a cui fa seguito una diminuzione della piezometria sino ai minimi tardo invernali (febbraio-marzo).

È importante precisare che la suddetta falda è soggetta a marcate oscillazioni stagionali del livello piezometrico e nei momenti di massima ricarica può raggiungere bassi valori di soggiacenza.

A causa del repentino franamento dei fori delle prove penetrometriche, durante lo svolgimento delle indagini di campagna non è stato possibile individuare il tetto della prima falda, che dovrebbe collocarsi (al momento dei rilievi, ovvero a settembre 2019) a profondità superiori a 2 m dal piano di campagna.

4. IDROGRAFIA E PERICOLOSITÀ IDRAULICA

L'elemento principale del reticolo idrico superficiale è rappresentato dal fiume Oglio, ubicato circa 150 m ad ovest dell'area investigata, il quale costituisce il naturale recapito dei corsi d'acqua secondari che solcano i versanti della Valle Camonica.

Per quanto concerne le problematiche connesse alla pericolosità idraulica il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), in funzione delle delimitazioni operate dalla Regione Lombardia nell'ambito della Direttiva Alluvioni, l'area di intervento (si veda la Figura 4) è compresa all'interno di un'area di pericolosità poco frequenti (M), pericolosità P2 (tempo di ritorno 200 anni) inerente al reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP – fiume Oglio).



Figura 4 Stralcio della cartografia ufficiale del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) tratta dal Geoportale della Regione Lombardia (SIT). La linea rossa mostra il perimetro del sito investigato che ricade in un'area di pericolosità poco frequenti (M – pericolosità P2) inerente al reticolo principale (RP), corrispondente alla fascia B del PAI.

Ai sensi della variante alle NdA del PAI, adottata con Deliberazione n. 5 del 17/12/2015 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, per tali aree valgono le disposizioni di cui al Titolo V, art. 58, comma 2, lettera 5, ovvero alle aree interessate da pericolosità poco frequenti (aree P2) si applicano le limitazioni e le prescrizioni previste per la Fascia B (art. 29 delle NdA del PAI vigente).

Riferendosi alla succitata normativa gli interventi in progetto non potrebbero essere realizzati, ma il Comune di Costa Volpino (BG) ha commissionato ed adottato (Delibera n. 71 del 08/11/2018) uno studio idraulico di dettaglio redatto dal Dott. Geol. Sergio Ghilardi (agosto 2018) dal titolo: “*Relazione di compatibilità idraulica entro i territori compresi tra il limite B di progetto e il limite di fascia C in attuazione delle disposizioni regionali approvate con d.g.r. n. X/6738 del 19/06/2017*”.

L'estensore di tale studio, la cui regolarità tecnica è stata accertata dal funzionario preposto del Comune di Costa Volpino (proposta di deliberazione n. 72 del 04/10/2018 – Delibera n. 71 del 08/11/2018), afferma che: *“A seguito della realizzazione del rinforzo dell'argine, e alla luce delle considerazioni di cui sopra, per la piena con tempo di ritorno 200 anni non sussistono più condizioni di pericolosità. In questo modo le aree comprese tra il limite B di progetto e un limite di fascia C potranno essere normate considerando quanto previsto dall'art. 31 delle NTA del PAF”.*

In base alla mappatura per la ridefinizione delle classi di pericolosità contenuta nel succitato studio (si veda la Figura 5), il sito investigato si colloca in classe di pericolosità H2, che corrisponde alla classe di fattibilità 3, sottoclasse R3a del PGT comunale (classe di fattibilità 3i).



Figura 5 Stralcio della mappa delle classi di pericolosità dello studio di compatibilità idraulica (Dott. Geol. Sergio Ghilardi, agosto 2018). Il cerchio rosso individua l'area di specifico interesse, compresa nella classe H2.

5. SISMICITÀ STORICA E PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Nella carta delle Massime intensità macrosismiche osservate nei Comuni della Regione Lombardia, predisposta sulla base dei dati contenuti nella banca dati macrosismici del GNDT e di quelli contenuti nel Catalogo dei forti terremoti in Italia di ING/SGA, per il sito in esame (si veda la Figura 6) sono indicati terremoti di intensità non superiore al sesto grado della scala MCS (Mercalli, Cancani, Sieberg).

In base alla classificazione sismica dell'intero territorio nazionale (O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/03 e D.M. 21/10/03) ed ai sensi della D.g.r. n. X/2129 del 11 luglio 2014,

entrata in vigore con l'approvazione della D.g.r. n. X/5001 del 30/03/2016, il Comune di Costa Volpino (BG) è stato inserito nella zona 3 (si veda la Figura 7).

In funzione di quanto riportato nella Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (tratto da Gruppo di Lavoro MPS 2004), per il sito di intervento sono indicati valori di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi, compresi tra 0,100 g e 0,125 g (si veda la Figura 8).

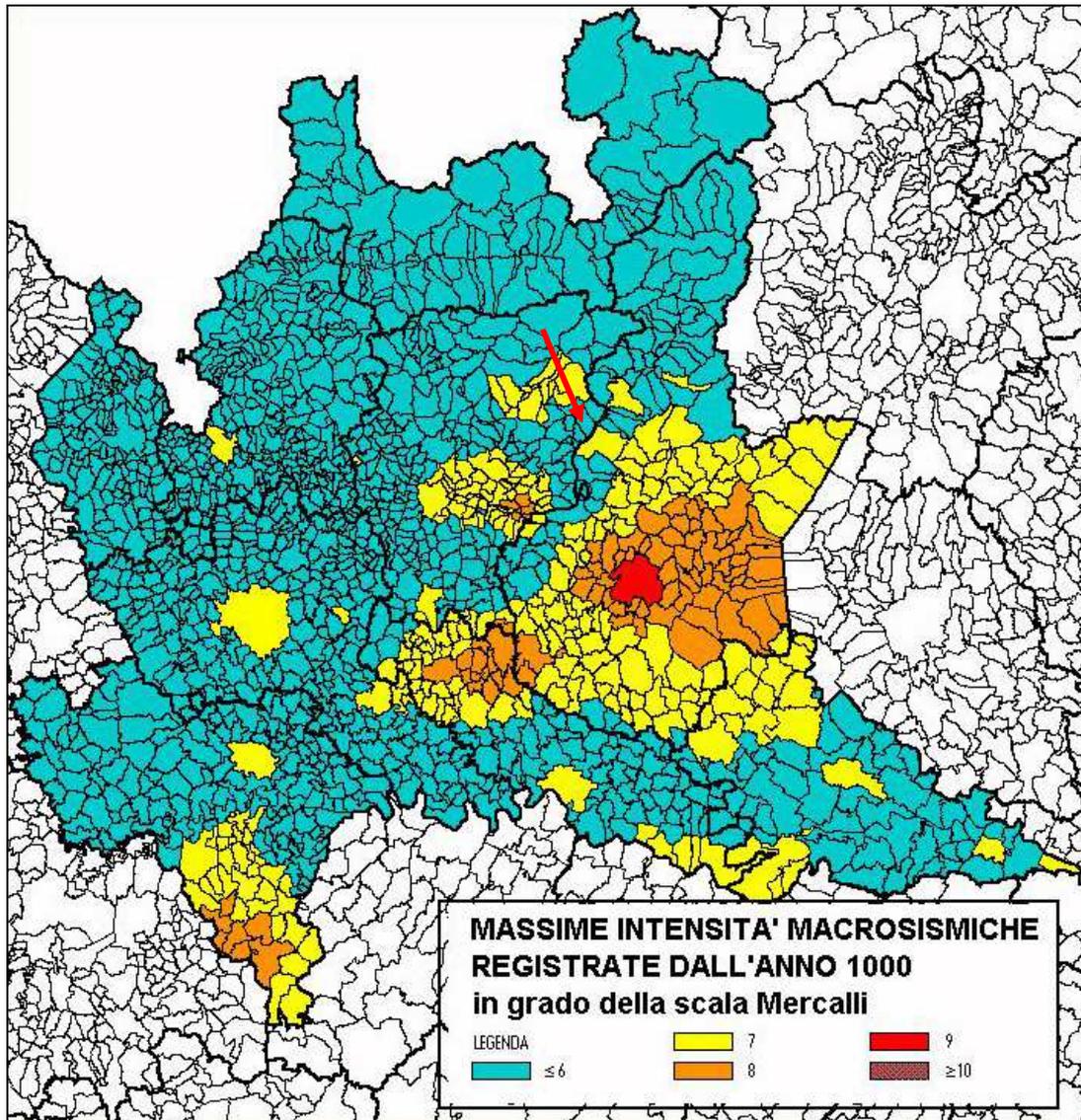


Figura 6 Carta delle Massime intensità macrosismiche osservate nei Comuni della Regione Lombardia (Molin, Stucchi, Valensise). La freccia indica l'ubicazione dell'area indagata.

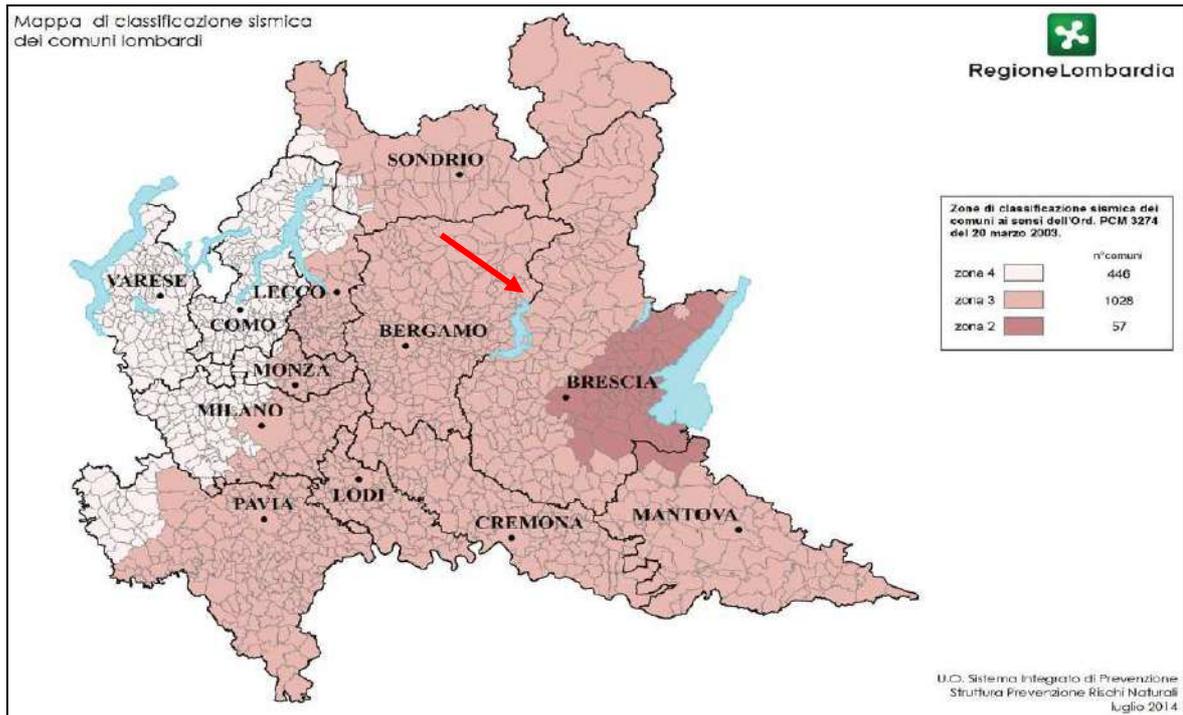


Figura 7 Riclassificazione sismica dei comuni della Regione Lombardia ai sensi della D.g.r. n. X/2129 del 11 luglio 2014. La freccia indica l'ubicazione dell'area indagata.

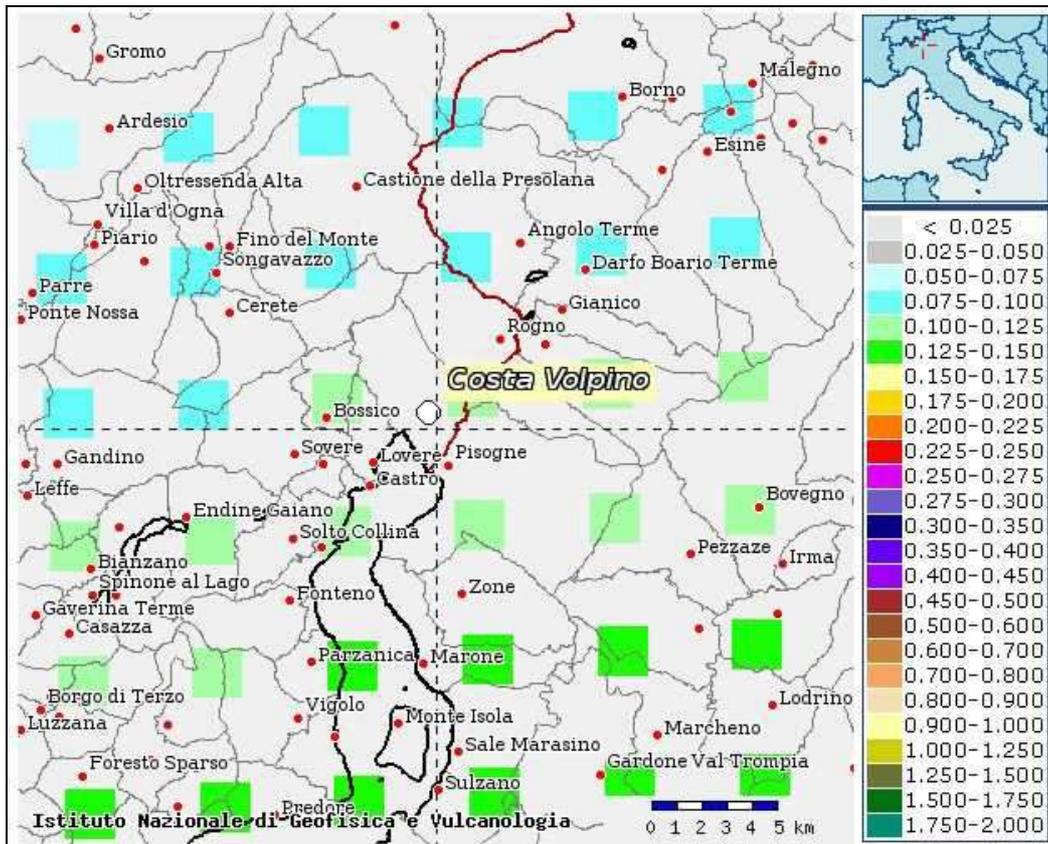


Figura 8 Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale. L'incrocio delle linee tratteggiate indica l'ubicazione dell'area indagata.

Dall'analisi del Database Macrosismico Italiano (M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi [a cura di], 2015 - DBMI15, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15>. DOI: 10.6092/INGV.IT-DBMI15), aggiornato al 2015, si evince come l'area investigata (zona di Pisogne) sia stata interessata, a partire dall'anno 1891, da quindici eventi sismici significativi.

I valori di intensità epicentrale (I_0) relativi ai suddetti fenomeni tellurici sono stati ragguagliati alla distanza dall'epicentro in modo tale da ottenere i valori di intensità sismica riportati nel grafico di Figura 9, che raggruppa gli eventi verificatisi nel corso degli anni.

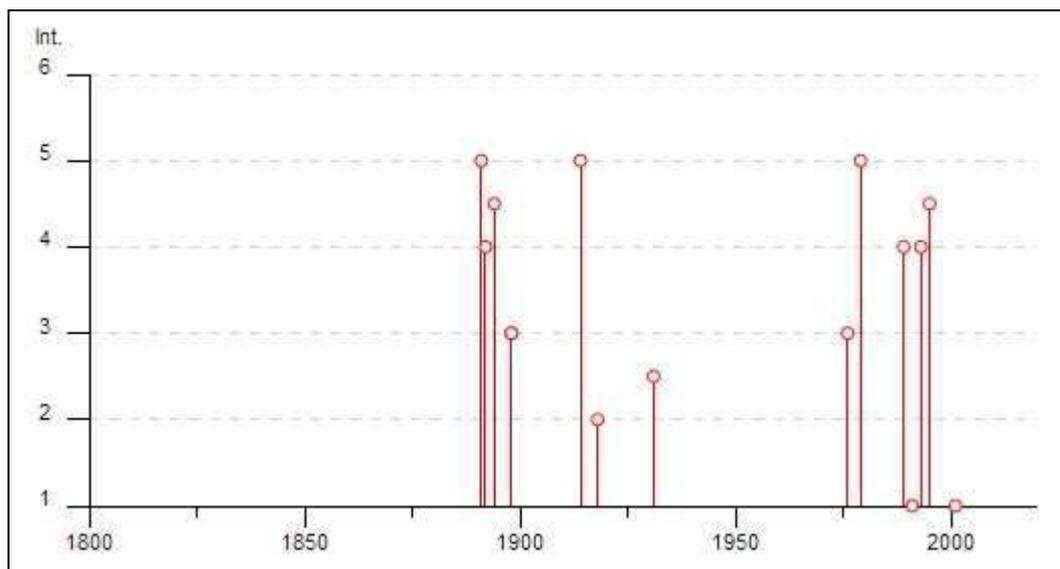


Figura 9 Il grafico mostra una sintesi degli eventi tellurici verificatisi in tempi storici e l'intensità che hanno sviluppato in corrispondenza del sito investigato.

Per quanto concerne il fenomeno dell'amplificazione sismica, nella carta della pericolosità sismica locale del vigente PGT comunale (Tavola 07 - Settore Nord, Dott. Geol. D. Marsetti, 2017) per il sito di intervento è stato individuato lo scenario Z4a, che corrisponde ad una *zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi*.

In tale scenario gli effetti attesi consistono in amplificazioni di tipo stratigrafico e, in osservanza della vigente normativa in materia, in questa sede è stata svolta l'analisi sismica di secondo livello utilizzando i dati ricavati dalle indagini geofisiche svolte in loco.

L'analisi sismica di primo livello condotta dal Dott. Geol. D. Marsetti (2017) in sede di predisposizione dello studio geologico redatto a supporto del vigente PGT comunale, ha escluso la possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione (così come evidenziato nella carta della pericolosità sismica locale, che non riporta lo scenario Z2), pertanto la verifica alla liquefazione può essere omessa.

6. FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Nella carta di fattibilità allegata allo studio geologico del vigente PGT comunale (si veda la Tavola 20 Rev. 07, Dott. Geol. Marsetti, febbraio 2017) l'ambito di specifico interesse (si veda la Figura 10) è compreso nella classe di fattibilità 3i, ovvero in un'area con consistenti limitazioni alla modificazione della destinazione d'uso dei terreni.

La sottoclasse “i” individua le aree comprese nel territorio delimitato come limite di progetto tra la fascia B e la fascia C (zona R3a), che corrisponde alla classe di pericolosità H2 dello studio di compatibilità idraulica (Dott. Geol. Sergio Ghilardi, agosto 2018).

Pertanto dovranno essere rispettate le prescrizioni di cui al punto 24.3 – Sottoclasse 3i delle Norme Tecniche di Attuazione contenute nella relazione (da pagina 177 a 180) della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale (RG/10440/12-rev03, Dott. Geol. Marsetti, maggio 2016).

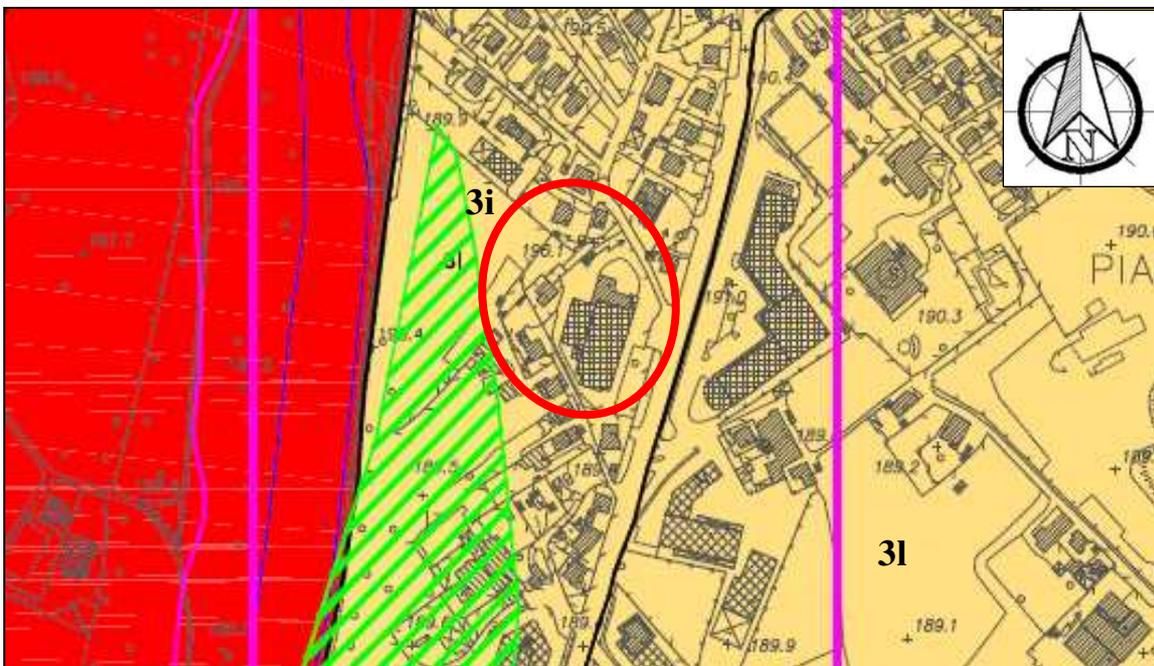


Figura 10 Stralcio della carta di fattibilità geologica del vigente PGT comunale. L'ovale rosso mostra l'ubicazione dell'area investigata che ricade in classe di fattibilità 3 (campita con il colore arancione) – sottoclasse 3i.

7. INDAGINI GEOGNOSTICHE-GEOTECNICHE

Allo scopo di ricostruire la strutturazione litostratigrafica dei primi metri del sottosuolo e di definire il modello geologico-geotecnico dei terreni presenti nell'area di interesse, sono state condotte tre prove penetrometriche dinamiche continue superpesanti tipo DPSH (Dynamic Probing Super Heavy).

Le suddette prove (per l'ubicazione dei punti di indagine si veda la Tavola 3, allegata alla presente relazione) sono state svolte tramite l'impiego un penetrometro dinamico-statico Pagani modello "TG 63-100" avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- Massa battente	63,50 kg
- Altezza caduta	75,00 cm
- Lunghezza aste	1,00 m
- Area di punta	20,43 cm ²
- Angolo di apertura punta conica	60°
- Diametro punta conica	51,00 mm

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica e la relativa batteria di aste misurando il numero di colpi necessari per avanzare di 0,20 m. Durante l'esecuzione della prova un operatore provvede alla registrazione del numero di colpi (N) relativi ad ogni intervallo di indagine.

L'energia necessaria alla perforazione è fornita dalla caduta del maglio (del peso di 63,50 kg) che avviene attraverso appositi meccanismi oleodinamici. Le prove continuano sino al raggiungimento della profondità desiderata oppure sino al conseguimento del rifiuto.

Poiché la prova penetrometrica dinamica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{SPT} ottenuto con la suddetta prova standard.

Di conseguenza il numero di colpi (N) registrati nel corso delle prove DPSH condotte dallo scrivente è stato correlato al numero di colpi di una prova penetrometrica dinamica standard (N_{SPT}), mediante la seguente relazione:

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

dove:

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

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{SPT} è quella riferita alla prova SPT; l'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

dove:

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

Nel caso in esame il coefficiente di correlazione β_t assume un valore pari a 1,489.

L'analisi, l'interpretazione e la visualizzazione grafica dei dati raccolti durante l'esecuzione di ogni prova consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo investigato definendo, con sufficiente precisione, lo spessore degli orizzonti attraversati, la presenza e la soggiacenza di eventuali falde idriche e, soprattutto, le proprietà geomeccaniche dei terreni attraversati.

Le elaborazioni sono state svolte con il programma di calcolo a Dynamic Probing della GeoStru Software ed allo scopo di individuare i parametri geotecnici caratteristici (per valore caratteristico si intende quel valore al quale è associata una prefissata probabilità di non superamento del 5% - fattile 5%) da utilizzare nelle verifiche geotecniche, così come prescritto dalle NTC 2018, si è fatto riferimento al valore di $N_{SPT,k}$ (dove "k" sta per "Caratteristico"), calcolato con la seguente formula (distribuzione normale R.C.):

$$N_{SPT,k} = N_{SPT,medio} - 1,645 (\sigma N_{SPT}) / \sqrt{n}$$

dove " σN_{SPT} " rappresenta la deviazione standard di N_{SPT} e "n" il numero di campioni.

7.1 Modello geologico-geotecnico

I dati penetrometrici registrati lungo la verticale delle prove, che hanno raggiunto una profondità massima di circa 10,20 m dal piano di campagna, mostrano la presenza di un orizzonte superficiale (strato n. 1), avente uno spessore massimo di circa 1,40 m, alterato e contraddistinto da un basso grado di addensamento (terreno vegetale).

Al di sotto del summenzionato orizzonte è stato intercettato uno strato di sabbie ghiaiose (strato n. 2) ben addensate, che si estende sino a circa 3 m di profondità, poggiate su litologie limoso-argillose, talora torbose (strato n. 3), molto compressibili e contraddistinte da un basso grado di addensamento e da un comportamento reologico prevalentemente di tipo coesivo, che raggiungono i cinque metri di profondità.

Procedendo oltre lungo la verticale delle prove sono stati attraversati due strati di natura verosimilmente sabbiosa (strato n. 4) e sabbioso-limosa (strato n. 5), che denotano proprietà geomeccaniche variabili da buone a discrete.

Nelle tabelle sottostanti viene mostrata una sintesi dei parametri geotecnici caratteristici degli strati che costituiscono il sottosuolo del sito investigato, la quale fornisce il modello geologico-geotecnico di riferimento per la progettazione, mentre nell'Allegato 1 sono riportati i tabulati completi, la documentazione fotografica ed i grafici numero di colpi-profondità.

Lo strato n. 1 presenta un comportamento reologico misto, coesivo/incoerente, mentre lo strato n. 3 dovrebbe essere composto da litologie a comportamento reologico prevalentemente di tipo coesivo.

Per questi due strati (n. 1 e n. 3) sono stati riportati i valori sia della coesione non drenata, sia dell'angolo di attrito. Tuttavia si consiglia di svolgere le verifiche geotecniche in condizioni non drenate: operando in questo modo sarà possibile tenere in debita considerazione il calo prestazionale teorico del sedime di imposta che si potrebbe verificare in concomitanza di un evento tellurico

Strato	Profondità (m)	Nspt	Peso unità di volume (t/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione efficace (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)
1	0,00-1,40	2,14	1,57	24,61	--	0,21
2	1,40-3,20	13,93	2,05	31,91	--	--
3	3,20-5,00	1,49	1,52	23,42	--	--
4	5,00-6,20	10,87	1,99	31,04	--	0,15
5	6,40-10,20	6,36	1,83	29,78	--	--

Strato	Profondità (m)	Nspt	Modulo Edometrico (kg/cm ²)	Modulo Elastico (kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (kg/cm ²)
1	0,00-1,40	2,14	15,19	17,12	0,35	132,89
2	1,40-3,20	13,93	98,90	111,44	0,33	773,09
3	3,20-5,00	1,49	10,58	11,92	0,35	94,56
4	5,00-6,20	10,87	77,18	86,96	0,33	612,31
5	6,40-10,20	6,36	45,16	50,88	0,34	369,97

7.2 Rilievi freaticometrici

A causa del repentino franamento delle pareti, dovuto alla presenza di ghiaie, i fori di sondaggio sono stati temporaneamente attrezzati a micro-piezometri solo sino a circa 2 m di profondità e non è stato possibile intercettare la superficie piezometrica della prima falda.

8. AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Nel presente capitolo vengono descritti i parametri necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto e le indagini geofisiche utilizzate per la caratterizzazione sismica di dettaglio del sottosuolo. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di diretto interesse.

Quest'ultima costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche ed è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa (ag) in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di

eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla *pericolosità sismica* del sito.

Nelle N.T.C. 17/01/2018 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale (necessari per la determinazione delle azioni sismiche):

- ag** accelerazione orizzontale massima al sito;
- Fo** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- Tc*** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

I parametri necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto sono:

- **Tipo di costruzione e vita nominale**; la vita nominale (V_N) di un determinato tipo di costruzione è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I delle N.T.C. 17/01/2018 e deve essere precisata nei documenti di progetto.
- **Classe d'uso**; in presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in quattro classi d'uso:
 - **Classe I**: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
 - **Classe II**: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe

- d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- **Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
 - **Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.
- **Coefficiente d'uso;** Il valore del coefficiente d'uso (C_U) è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella Tab. 2.4.II delle N.T.C. 17/01/2018.
 - **Periodo di riferimento per l'azione sismica;** le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento (V_R) espresso in anni che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U secondo la relazione: $V_R = V_N \cdot C_U$. Nel caso che V_R assuma un valore ≤ 35 , si pone comunque pari a 35.
 - **Probabilità di superamento nel periodo di riferimento;** le probabilità di superamento nel periodo di riferimento (P_{VR}), cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella Tab. 3.2.I delle N.T.C. 17/01/2018.
 - **Categoria di suolo;** ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II delle N.T.C. 17/01/2018).
 - **Condizioni topografiche;** per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata nella Tab. 3.2.III delle N.T.C. 17/01/2018.
 - **Accelerazione massima attesa al sito;** l'accelerazione massima attesa al sito (a_{max}) si ricava dalla seguente relazione: $a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$.
 S_S è il coefficiente di amplificazione stratigrafica (indicato nella Tab. 3.2.IV delle N.T.C. 17/01/2018) relativo a ciascuna classe di sottosuolo, S_T è il coefficiente di amplificazione topografica (riportato nella Tab. 3.2.V delle N.T.C. 17/01/2018) espresso in funzione delle caratteristiche topografiche del sito, e a_g è l'accelerazione orizzontale massima al sito.
 - **Coefficiente sismico di accelerazione orizzontale;** tale coefficiente (K_h) si ricava dalla seguente relazione: $K_h = \beta_S \cdot a_{max} / g$.
 - **Coefficiente sismico di accelerazione verticale;** tale coefficiente (K_v) si ricava dalla seguente relazione: $K_v = K_h / 2$.
 - **Periodo di ritorno;** il periodo di ritorno (T_R) si determina dalla seguente relazione: $T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$.

8.1 Indagini sismiche

Le indagini sismiche svolte in questa sede sono state rivolte alla ricostruzione del profilo dell'andamento delle onde di taglio (S) in profondità ed alla definizione della corrispondente categoria di sottosuolo.

Tale classificazione si basa sulle condizioni stratigrafiche del substrato e sul valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_{seq} (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

- h_i spessore dell'i-esimo strato;
- V_{s,i} velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Nella fattispecie è stata impiegata la tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), che è ascrivibile alla categoria delle indagini sismiche di tipo attivo e che prevede che il segnale sismico sia generato da una sorgente energizzante artificiale, ovvero un maglio che batte su di un'apposita piastra.

Le indagini MASW sono state eseguite impiegando un sismografo tipo DoReMi multicanale (SARA electronic instruments), con una frequenza di campionamento di 1.000 Hz, acquisendo la componente verticale delle onde di Rayleigh (ZVF).

Tale scelta è giustificata dal fatto che la porzione che predomina nelle onde superficiali è costituita dalle onde di Rayleigh, la cui velocità è correlata alla rigidità ed ai parametri elastici dei suoli attraversati.

È importante precisare che nei mezzi stratificati le onde di Rayleigh sono dispersive, pertanto le alte frequenze, che hanno lunghezze d'onda corte, si propagano prevalentemente negli strati più superficiali del terreno, mentre le onde con lunghezze maggiori tendono a coinvolgere gli strati più profondi (si veda la Figura 11).

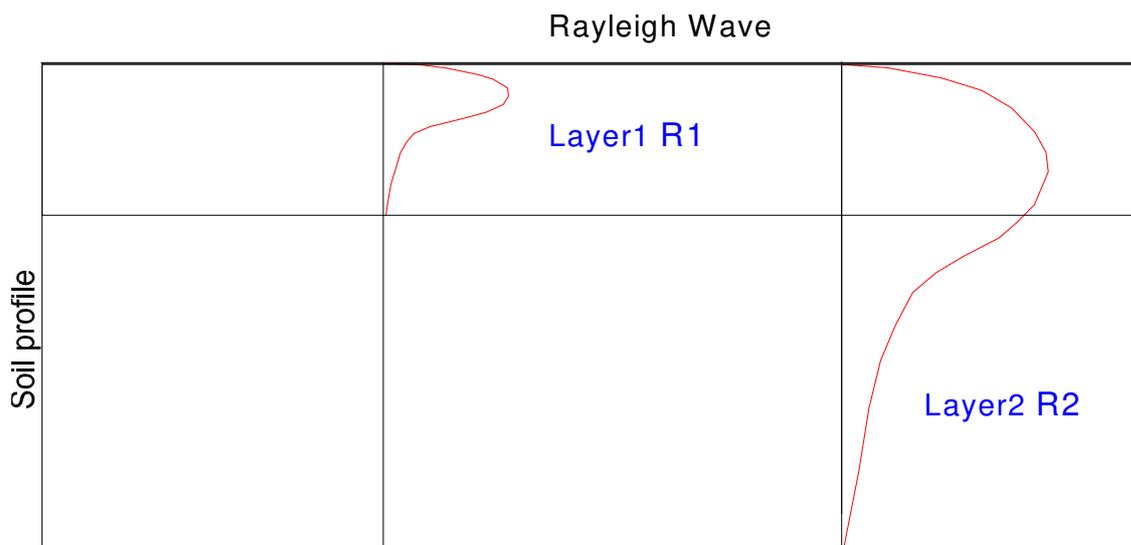


Figura 11 Schema della propagazione delle onde di Rayleigh nel terreno stratificato

Al summenzionato sismografo è stata collegata una catena di 16 sensori verticali (geofoni) da 4,5 Hz posti a distanza reciproca di 2,50 m per una lunghezza complessiva pari a 45 m (compreso il trigger). L'ubicazione dello stendimento è visualizzata nella Tavola 3 (allegata alla presente).

I dati acquisiti sono consistiti nella registrazione dei treni d'onda (prodotti, tramite mazzetta, all'estremità dello stendimento) dall'istante di energizzazione (+/- 1 μ s) sino ad un tempo massimo di 2.000 msec (si veda la Figura 12).

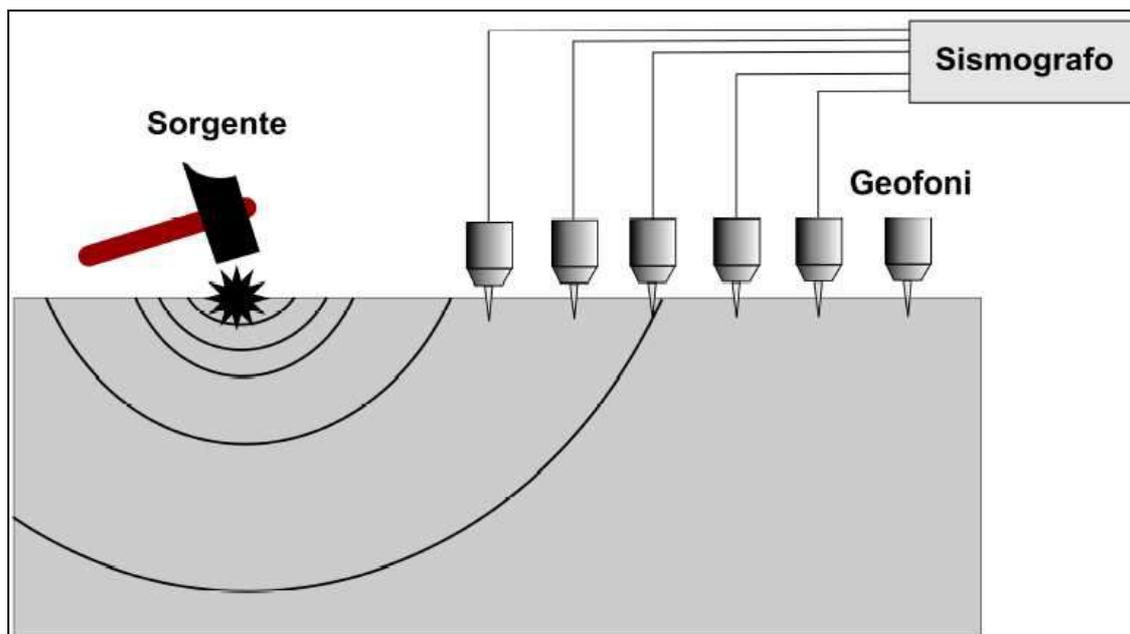


Figura 12 Schema della disposizione dei sensori e della trasmissione dell'impulso

L'interpretazione dei dati è stata condotta con il software Easy MASW 2015 (della GeoStru Software) e nell'Allegato 2 sono riportati il sismogramma ed i grafici relativi all'indagine svolta.

Tramite l'impiego del software (e sulla base delle informazioni stratigrafiche disponibili) è stata effettuata l'inversione della curva di dispersione sino ad ottenere il diagramma dell'andamento delle onde S nel sottosuolo (si vedano la Figura 13 e l'Allegato 2).

In funzione dei risultati delle indagini sismiche disponibili il sottosuolo dell'area investigata presenta un valore della velocità equivalente V_{Seq} (che in questo caso coincide con la V_{S30}) pari a **352,64 m/s** e, quindi, appartiene alla **categoria C**, che comprende (Tabella 3.2.II delle NTC 2018): *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*.

Si precisa che la categoria di sottosuolo da utilizzare nelle verifiche geotecniche dovrà essere definita in funzione dei risultati dell'analisi sismica di secondo livello, illustrata nel paragrafo successivo.

Il **periodo proprio di sito (T)**, ricavato dalla relazione matematica riportata a seguire, è pari a **0,343 s**, mentre la **frequenza di risonanza di sito (F)**, che è l'inverso del periodo, presenta un valore pari a **2,915 Hz**.

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

con:

- T = periodo proprio del sito
 V_{s_i} = velocità delle onde S dello strato i-esimo
 h_i = spessore dello strato i-esimo

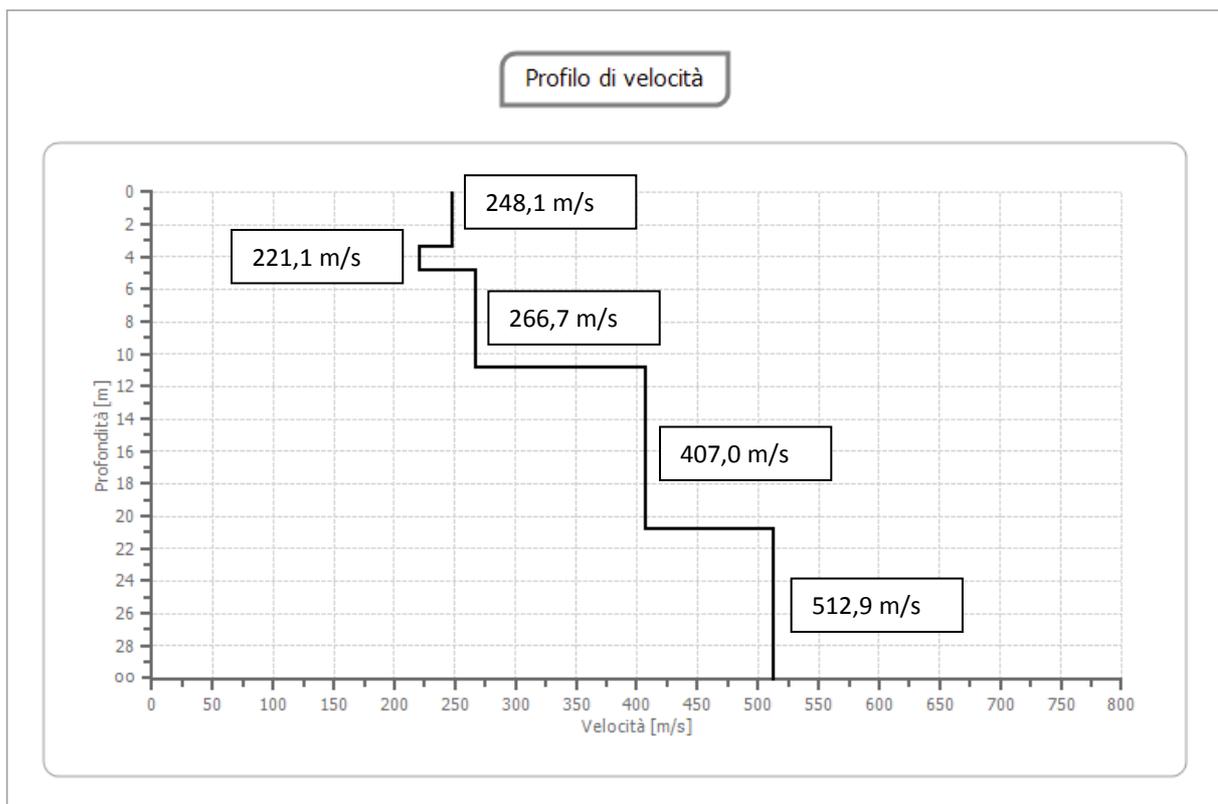


Figura 13 Andamento delle onde S nel sottosuolo ottenuto dall'indagine MASW.

8.2 Analisi sismica di secondo livello

In relazione al locale assetto geologico, litostratigrafico e geomorfologico, per il sito di intervento può essere individuato lo scenario Z4a, che corrisponde ad una zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi.

Dato che in tale scenario gli effetti attesi consistono in amplificazioni di tipo litologico, ai sensi della normativa regionale entrata in vigore con l'approvazione della D.g.r. n. X/5001 del 30/03/2016 è necessario procedere all'esecuzione dell'analisi sismica di secondo livello. Pertanto in questa sede è stata svolta la verifica di dettaglio dei fattori di amplificazione litologica.

Il fattore di amplificazione (F_a) è stato calcolato per due intervalli di periodo scelti, dal legislatore, in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più frequenti sul territorio regionale. In particolare l'intervallo tra $0,1 \div 0,5$ s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari, piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra $0,5 \div 1,5$ s concerne strutture più alte e flessibili.

I fattori di amplificazione relativi al sottosuolo dell'area di intervento, calcolati in funzione dei dati ricavati dalle indagini sismiche, sono stati confrontati con i valori soglia previsti dalla vigente normativa per il Comune di Costa Volpino (BG), ai sensi della D.g.r. n. 8/7374 del 28/05/2008 e della D.g.r. n. IX/2616 del 30/11/11.

Nella fattispecie è stata utilizzata la scheda denominata “**Litologia sabbiosa**” (riportata in Figura 14), la cui validità è stata verificata attraverso il confronto tra l'andamento delle V_s proposto dalla Regione e quello mostrato dal profilo geofisico relativo al sito investigato, con un **periodo T** pari a **0,343 s** e facendo riferimento alla **curva 2**.

Considerando un suolo di tipo C, che rappresenta la categoria di sottosuolo del sito in esame ottenuta dalle indagini sismiche, le verifiche in questione hanno fornito i risultati esposti nella tabella sottostante (si veda anche la specifica scheda inserita al termine del paragrafo).

Intervallo periodo	Valori soglia suoli C	Fattori di amplificazione calcolati	Risultato
0,1÷0,5 s	1,80	1,69	Verificato
0,5÷1,5 s	2,40	1,52	Verificato

Fattori di amplificazione

Dato che i fattori di amplificazione calcolati sono inferiori ai valori soglia di legge, la verifica di secondo livello risulta soddisfatta per entrambi gli intervalli di periodo. Ne consegue che in fase di progettazione bisognerà fare riferimento alla **categoria di sottosuolo C** ed utilizzare i parametri sito-specifici indicati nel paragrafo seguente.

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

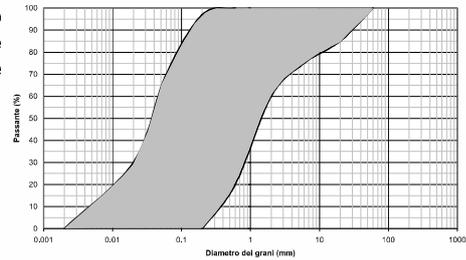
GRANULOMETRIA:

Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

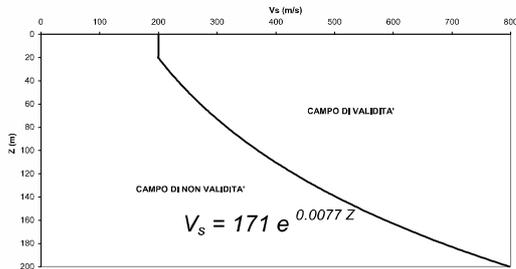
NOTE:

- Comportamento granulare
- Struttura granulo-sostenuta
- Clasti con $D_{max} > 20$ cm inferiori al 15%
- Frazione ghiaiosa inferiore al 25%
- Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



ANDAMENTO DELLE Vs CON LA PROFONDITA' LITOLOGIA SABBIOSA

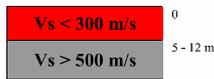


Profondità primo strato (m)

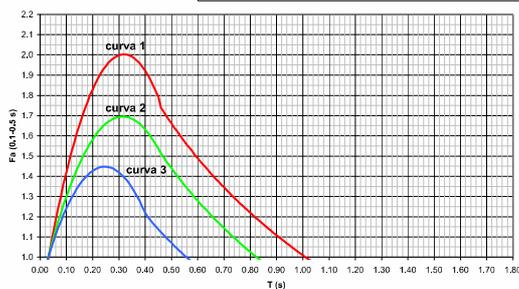
	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180	
200		2	1-2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
250		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
300		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
350		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
400		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
450		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
500		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
600		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
700		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

ove la sigla NA indica $Fa = 1$

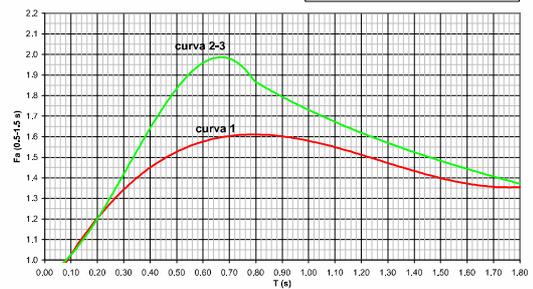
il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1
CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media Vs minore o uguale a 300 m/s poggiate su strato con velocità maggiore di 500 m/s



Correlazione T - Fa 0.1-0.5 s



Correlazione T - Fa (0.5-1.5 s)



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0,03 \leq T \leq 0,50$ $Fa_{0,1-0,5} = -12,21 T^2 + 7,79 T + 0,76$	$0,50 < T \leq 1,00$ $Fa_{0,1-0,5} = 1,01 - 0,94 \ln T$	$T > 1,00$ $Fa_{0,1-0,5} = 1,00$
2	$0,03 \leq T \leq 0,45$ $Fa_{0,1-0,5} = -8,65 T^2 + 5,44 T + 0,84$	$0,45 < T \leq 0,80$ $Fa_{0,1-0,5} = 0,83 - 0,88 \ln T$	$T > 0,80$ $Fa_{0,1-0,5} = 1,00$
3	$0,03 \leq T \leq 0,40$ $Fa_{0,1-0,5} = -9,68 T^2 + 4,77 T + 0,86$	$0,50 < T \leq 0,55$ $Fa_{0,1-0,5} = 0,62 - 0,65 \ln T$	$T > 0,55$ $Fa_{0,1-0,5} = 1,00$

Curva	
1	$0,08 \leq T \leq 1,80$ $Fa_{0,5-1,5} = 0,57 T^3 - 2,18 T^2 + 2,38 T + 0,81$
2	$0,08 \leq T < 0,80$ $Fa_{0,5-1,5} = -6,11 T^3 + 5,79 T^2 + 0,44 T + 0,93$
3	$0,80 \leq T \leq 1,80$ $Fa_{0,5-1,5} = 1,73 - 0,61 \ln T$

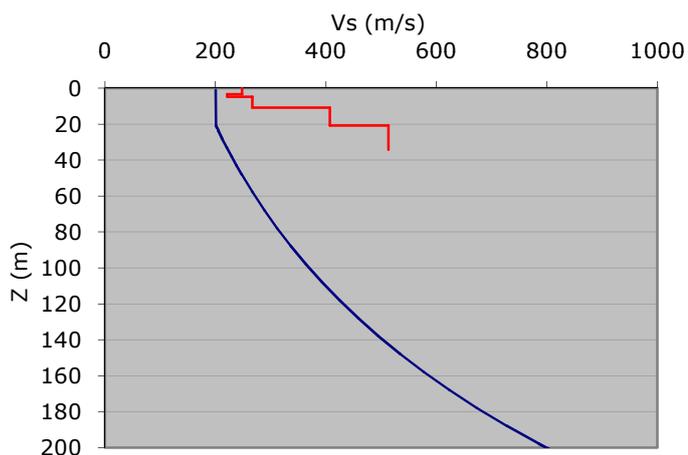
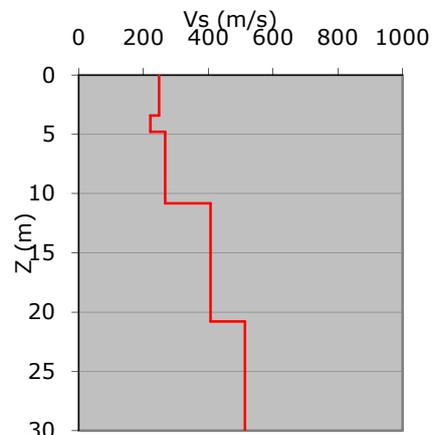
Figura 14 Effetti litologici – Scheda litologia sabbiosa.

AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA - DETERMINAZIONE DEL Fa

D.G.R. n. IX/2616 del 30/11/11 - Allegato 5

PROFILO GEOFISICO COSTA VOLPINO (BG) - VIA SAN FERMO

STRATO	h	Z	Vs	Vs*Hi
1	3,42	3,42	248,1	849
2	1,39	4,81	221,1	307
3	6,02	10,83	266,7	1606
4	9,96	20,79	407,0	4054
5	13,58	34,37	512,9	6965



SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

PERIODO (T)

0,343



SCHEDA

sabbiosa

CURVA

2



Fa (0,1-0,5 S)

1,69

Fa (0,5-1,5 S)

1,52

VALORI SOGLIA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE Fa: COMUNE DI COSTA VOLPINO (BG)

Periodo	Tipo di suolo			
	B	C	D	E
0.1 - 0.5	1,4	1,8	2,2	2,0
0.5 - 1.5	1,7	2,4	4,2	3,1

Fa (0,1-0,5 S)	1,80	$>$	1,69	VERIFICATO
SUOLO C				
Fa (0,5-1,5 S)	2,40	$>$	1,52	VERIFICATO
SUOLO C				

8.3 Parametri sismici sito-specifici

Di seguito sono riportati i parametri sismici specifici per il sito di intervento e relativi agli stati limite considerati, così come richiesto dalla vigente normativa in materia (D.M. 17/01/2018), mentre nella Figura 15 è visualizzata la maglia di riferimento dei valori dello spettro di risposta elastico.

In base ai dati raccolti il substrato è riconducibile alla categoria C, la categoria topografica è T1 (Tabella 3.2.III delle NTC 2018) e le opere in progetto ricadono in classe d'uso 2.

- **Sito in esame**

latitudine: 45,824499 (coordinate ED50)
 longitudine: 10,107808 (coordinate ED50)
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

- **Siti di riferimento**

Sito 1 ID: 10719 Lat: 45,8362 Lon: 10,0505 Distanza: 4628,907
 Sito 2 ID: 10720 Lat: 45,8382 Lon: 10,1221 Distanza: 1879,307
 Sito 3 ID: 10942 Lat: 45,7882 Lon: 10,1249 Distanza: 4245,054
 Sito 4 ID: 10941 Lat: 45,7862 Lon: 10,0534 Distanza: 5994,127

- **Parametri sismici**

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 50 anni
 Coefficiente cu: 1,0

	<i>Unità di misura</i>	Operatività (SLO)	Danno (SLD)	Salvaguardia della vita (SLV)	Prevenzione dal collasso (SLC)
Probabilità di superamento:	%	81	63	10	5
Tr:	[anni]	30	50	475	975
ag:	g	0,033	0,042	0,108	0,138
Fo:		2,460	2,484	2,462	2,484
Tc*:	[s]	0,201	0,219	0,279	0,289

Coefficienti Sismici				
	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss:	1,50	1,50	1,50	1,49
Cc:	1,78	1,73	1,60	1,58
St:	1,00	1,00	1,00	1,00
Kh:	0,010	0,013	0,039	0,050
Kv:	0,005	0,006	0,019	0,025
Amax:	0,491	0,619	1,583	2,023
Beta:	0,200	0,200	0,240	0,240

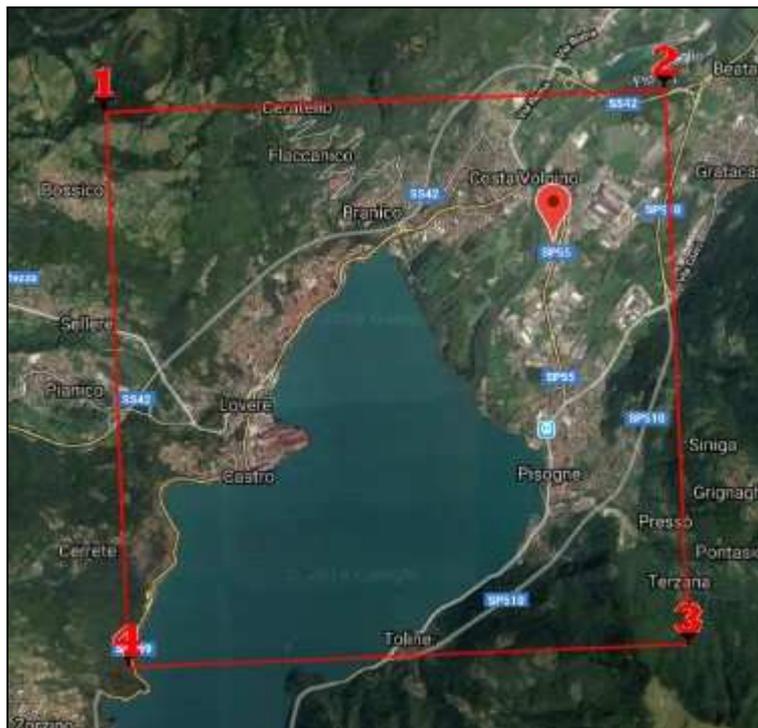


Figura 15 Vertici della maglia riferimento dei valori dello spettro di risposta elastico.

L'accelerazione sismica massima comunale (A_{gMax}) ai sensi della D.g.r. n. X/2129 del 11 luglio 2014 (O.P.C.M. 3519/06) è pari a 0,111133 ($A_{g/g}$), mentre l'accelerazione massima PGA (Peak Ground Acceleration), calcolata in relazione ai parametri sito specifici, è pari a 0,166699 ($A_{g/g}$).

9. VERIFICHE GEOTECNICHE

In questa sede si è provveduto a verificare che i carichi al piede che graveranno sulle strutture fondazionali delle opere di cui in epigrafe, considerati allo stato limite ultimo (SLU), siano inferiori alla resistenza di progetto fornita dal terreno.

Si ricorda che la verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) è espressa dalla seguente equazione formale (Paragrafo 2.3 delle NTC 2018):

$$R_d \geq E_d$$

dove:

- R_d** capacità (resistenza) di progetto del sedime di imposta delle fondazioni;
- E_d** valore di progetto delle azioni e dei valori nominali delle grandezze geometriche della struttura interessata.

Le elaborazioni matematiche hanno interessato i fabbricati di futura costruzione e sono state svolte ipotizzando l'impiego di una fondazione continua di tipo nastriforme (trave rovescia) avente lato (B) di larghezza pari a 0,80 m e considerando una profondità

di posa pari a 1,40 m, ovvero tale da permettere di ammorsare le opere di appoggio in corrispondenza delle sabbie-ghiaiose che compongono lo strato n. 2 del modello geologico-geotecnico descritto nel Paragrafo 7.1.

In relazione alla natura litologica dei terreni presenti in loco si è deciso di svolgere i calcoli in condizioni drenate, in modo tale da poter quantificare il calo prestazionale teorico del sedime di imposta che si dovrebbe verificare in concomitanza di un eventuale episodio tellurico.

Le verifiche geotecniche, in osservanza a quanto prescritto dalla vigente normativa in materia (D.M. 17/01/2018), sono state effettuate allo stato limite ultimo, sia in condizioni statiche sia in condizioni dinamiche, utilizzando l'Approccio 2 GEO (A1+M1+R3). I coefficienti parziali (amplificazione dei carichi A, riduzione dei parametri geotecnici M e riduzione delle resistenze R) assunto, nelle differenti combinazioni, i valori riportati nelle tabelle a seguire (tratte dalle NTC 2018).

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

La valutazione della resistenza fornita dal sedime di imposta delle opere fondazionali è stata condotta utilizzando il programma di elaborazioni geotecniche messo a punto dalla Società Geostru denominato Loadcap. In particolare è stato impiegato il metodo di Brinch-Hansen (EC7 – EC8) secondo il quale il valore della pressione limite a rottura (q_{lim}) viene calcolato con la seguente formula:

$$q_{lim} = c N_c s_c d_c i_c b_c g_c + \gamma D N_q s_q d_q i_q b_q g_q + 1/2 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma$$

dove:

q_{lim}	=	pressione limite a rottura;
c	=	coesione;
γ	=	peso di volume;
B	=	lato della fondazione;
D	=	profondità del piano di posa;
N_c, N_q, N_γ	=	fattori di capacità portante (espressi in funzione di ϕ = angolo di attrito interno);
s_c, s_q, s_γ	=	fattori di forma della fondazione;
d_c, d_q, d_γ	=	fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa;
i_c, i_q, i_γ	=	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico;
b_c, b_q, b_γ	=	fattori correttivi relativi all'inclinazione della base della fondazione;
g_c, g_q, g_γ	=	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna.

In funzione della tipologia e delle dimensioni delle nuove strutture edilizie in progetto è stato ipotizzato un carico unitario massimo allo stato limite ultimo (SLU) pari a $1,50 \text{ kg/cm}^2$, che è stato verificato considerando le due differenti condizioni sismiche previste dalla vigente normativa: condizioni statiche (assenza di sisma) e condizioni dinamiche (presenza di sisma).

La tabella riportata a seguire illustra i risultati delle elaborazioni matematiche svolte dallo scrivente, che mostrano come la resistenza di progetto fornita dal sedime di imposta (calcolata utilizzando i parametri geotecnici caratteristici di cui allo strato n. 2 del modello geologico-geotecnico riportato nel Paragrafo 7.1) sia maggiore dei carichi unitari al piede ipotizzati che, pertanto, risultano verificati.

Lato nastro (B)	Profondità di posa (D)	Carico limite allo SLU	
		Assenza di sisma	Presenza di sisma
0,80 m	1,40 m	> $1,50 \text{ kg/cm}^2$ verificato	> $1,50 \text{ kg/cm}^2$ verificato

Risultati delle verifiche geotecniche allo SLU

I valori della resistenza di progetto indicati nella tabella rappresentano il risultato di un'elaborazione teorica e devono quindi essere messi in relazione alle reali caratteristiche delle fondazioni ed al comportamento reologico assunto dal sedime di imposta, ovvero all'entità dei cedimenti che si produrranno a seguito dell'applicazione dei carichi di esercizio.

In sede di progettazione geotecnica il progettista dovrà svolgere specifiche verifiche relative alle reali dimensioni, alla profondità di posa ed alle modalità realizzative delle fondazioni che verranno concretamente realizzate, verificando che i carichi di esercizio, anche se inferiori al valore della resistenza fornita dal terreno, non comportino l'insorgere di fenomeni di cedimento assoluto troppo elevati (e/o una distribuzione differenziale degli stessi).

Sulla base delle analisi condotte dallo scrivente si ritiene che l'applicazione di un carico unitario massimo, allo stato limite di esercizio (SLE), pari a $0,76 \text{ kg/cm}^2$ sia in grado di contenere i fenomeni di cedimento entro valori inferiori a 25 mm (limite massimo comunemente indicato dagli Autori oltre il quale il cedimento non è più ammissibile).

10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione geologica e geotecnica è stata redatta a supporto del Programma Integrato di Intervento, in variante al PGT, ai sensi della Legge Regionale n. 12/2005 s.m.i., Compendio San Fermo, ubicato in Comune di Costa Volpino (BG).

Le indagini svolte dallo scrivente sono state intraprese allo scopo di analizzare l'assetto geolitologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area di intervento, ricostruire il modello geologico-geotecnico e sismico del sottosuolo e valutare la fattibilità geologica delle opere in progetto.

Nei paragrafi successivi vengono analizzate le principali problematiche che potrebbero interessare le suddette opere, individuando gli accorgimenti tecnici e gli interventi di salvaguardia idrogeologica che dovranno essere adottati per garantire la stabilità e la fruibilità, nel tempo, delle strutture che si intendono realizzare.

10.1 Operazioni di scavo

Le movimentazioni di terra dovranno essere condotte in modo tale da garantire degli adeguati margini di sicurezza alle maestranze impiegate nel futuro cantiere ed i materiali di risulta degli scavi dovranno essere gestiti secondo le norme vigenti in merito alle terre e rocce da scavo.

A fine giornata le scarpate dovranno essere protette tramite il posizionamento di idonee strutture di sostegno temporaneo (in grado di sostenere la spinta delle terre ed i sovraccarichi delle strutture circostanti).

In concomitanza con l'apertura degli scavi bisognerà verificare che i terreni che rappresenteranno il sedime di imposta delle opere di fondazione siano costituiti, sino alla profondità interessata dalle sollecitazioni indotte dalle opere di appoggio, da litologie idonee a sopportare le azioni trasmesse dai futuri manufatti.

Qualora in fase di scavo dovessero essere individuati, in corrispondenza del piano di posa delle opere di appoggio, materiali contraddistinti da scadenti proprietà geomeccaniche (limi plastici, argille rigonfianti, torbe, terreni di riporto, terreno vegetale, ecc.), si provvederà all'esecuzione di un intervento di bonifica geotecnica che consisterà nella rimozione dei suddetti materiali e nella loro sostituzione con un congruo orizzonte di ghiaia adeguatamente rullata e compattata.

Questa operazione dovrà essere attuata anche se i materiali in questione interessassero solo una porzione del piano di imposta, che dovrà essere il più uniforme possibile (per impedire che si verifichino assestamenti di tipo differenziale).

Il fondo delle fosse di fondazione dovrà essere circa orizzontale e le eventuali acque di falda e/o stagnanti dovranno essere allontanate dallo scavo (che dovrà essere mantenuto asciutto).

10.2 Sedime di imposta ed opere di fondazione

I dati penetrometrici relativi alle indagini geognostiche e geotecniche svolte dallo scrivente mostrano la presenza, partendo dalla superficie, di un primo strato composto da terreni caratterizzati da scadenti proprietà geomeccaniche.

Il secondo strato è invece costituito da sabbie-ghiaiose e le opere di fondazione dei fabbricati in progetto dovranno essere attestate esclusivamente in queste litologie.

Allo stato attuale le strutture di appoggio dell'immobile esistente sono in equilibrio geotecnico con il sedime di imposta e tale situazione dovrà essere preservata applicando carichi compatibili con la tipologia delle fondazioni presenti in loco e con le caratteristiche del sedime di imposta.

Per quanto concerne le nuove opere di fondazione, alla luce dei dati geotecnici e sismici forniti nella presente relazione, e fatti salvi i controlli da svolgere in fase di scavo, il progettista dovrà verificare che le azioni definitive siano inferiori alla resistenza di progetto fornita dal sedime di imposta e che non comportino l'insorgere di fenomeni di cedimento assoluto troppo elevati (o una distribuzione differenziale degli stessi) ricorrendo, se necessario, all'adozione di opportuni accorgimenti tecnici.

Si precisa che i manufatti di futura realizzazione dovranno essere progettati nel rispetto della vigente normativa sismica, sia nazionale sia regionale (così come indicato nel Capitolo 4), utilizzando i parametri sismici sito-specifici riportati nel Paragrafo 8.3 della presente.

In ogni caso le fondazioni dovranno essere sagomate e dimensionate in modo tale da poter soddisfare i necessari requisiti di sicurezza in merito alla resistenza di progetto, al cedimento verticale, allo scorrimento ed al ribaltamento.

Allo scopo di favorire una più omogenea e razionale ripartizione delle azioni di progetto che verranno trasmesse al terreno, dovrà essere predisposto, al di sotto del piano di imposta delle opere di appoggio, uno strato di sottofondazione costituito da un

orizzonte di magrone. Quest'ultimo, leggermente sporgente rispetto all'impronta della fondazione, dovrà avere uno spessore di almeno 0,20 m.

10.3 Aspetti sismici

Come indicato in precedenza l'area di intervento, ai sensi della D.g.r. n. X/2129 del 11 luglio 2014, entrata in vigore con l'approvazione della D.g.r. n. X/5001 del 30/03/2016, è compresa nella zona 3.

In base ai risultati delle indagini sismiche disponibili (V_{Seq} 352,64 m/s e periodo proprio di sito 0,343 s) ed in funzione dei riscontri positivi ottenuti dall'analisi sismica di secondo livello, in fase di progettazione bisognerà fare riferimento alla categoria di sottosuolo C (Tabella 3.2.II delle NTC 2018), mentre la categoria topografica è la T1 (Tabella 3.2.III delle NTC 2018).

Nel Paragrafo 8.3 sono riportati i parametri sismici sito-specifici relativi alle condizioni litostratigrafiche e geomorfologiche ed alla tipologia delle opere in progetto.

10.4 Problematiche idrogeomorfologiche

Dal punto di vista idrogeomorfologico, così come illustrato nei precedenti capitoli ed in accordo con quanto riportato nello studio geologico redatto a supporto del vigente PGT comunale e nel PGRA, i principali elementi di criticità sono rappresentati dalla potenziale inondabilità dell'area e dalla possibile interferenza con le acque che circolano nel sottosuolo.

Allo scopo di mitigare il rischio idraulico dovranno essere rispettate le prescrizioni di cui al punto 24.3 (Sottoclasse 3i) delle Norme Tecniche di Attuazione contenute nella relazione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale (RG/10440/12-rev03, Dott. Geol. Marsetti, maggio 2016).

Per ciò che attiene alle limitazioni dovute alla presenza ed alla circolazione delle acque sotterranee si ritiene necessario provvedere alla predisposizione di adeguate ed efficaci opere di salvaguardia idrogeologica.

Lo scopo di tali interventi è quello di evitare che le acque meteoriche (percolando nel sottosuolo) e quelle sotterranee si infiltrino all'interno delle strutture in progetto compromettendone la stabilità, l'integrità e la fruibilità, oppure che si verifichino fenomeni di impregnazione idrica dei terreni di fondazione. I suddetti fenomeni possono causare danni anche considerevoli ai manufatti sino a comprometterne, nei casi più estremi, l'equilibrio statico.

Pertanto le strutture fondazionali (così come la porzione ipogea dei manufatti in progetto) dovranno essere impermeabilizzate e progettate per resistere al prolungato contatto con le acque sotterranee ed all'eventuale aggressione chimica delle stesse, che potrebbe innescare processi di corrosione del calcestruzzo e delle armature metalliche.

Tutte le opere (esistenti e di futura costruzione) dovranno essere dotate di una puntuale ed efficiente rete di raccolta delle acque meteoriche, oltre che di quelle bianche, grigie e nere, che dovranno essere convogliate entro idonei recapiti evitando dispersioni incontrollate nel sottosuolo o lungo il perimetro dei fabbricati.

Tale dispersione potrebbe, a lungo andare, comportare un'alterazione delle proprietà geotecniche del sedime di imposta delle fondazioni con ripercussioni negative sulla stabilità dei manufatti esistenti e di quelli in progetto.

10.5 Conclusioni

In conclusione si ritiene che gli interventi in progetto siano compatibili con il locale contesto geologico-geomorfologico ed idrogeologico e che la loro messa in opera, se effettuata a regola d'arte, non comporterà variazioni significative dell'assetto attuale della zona.

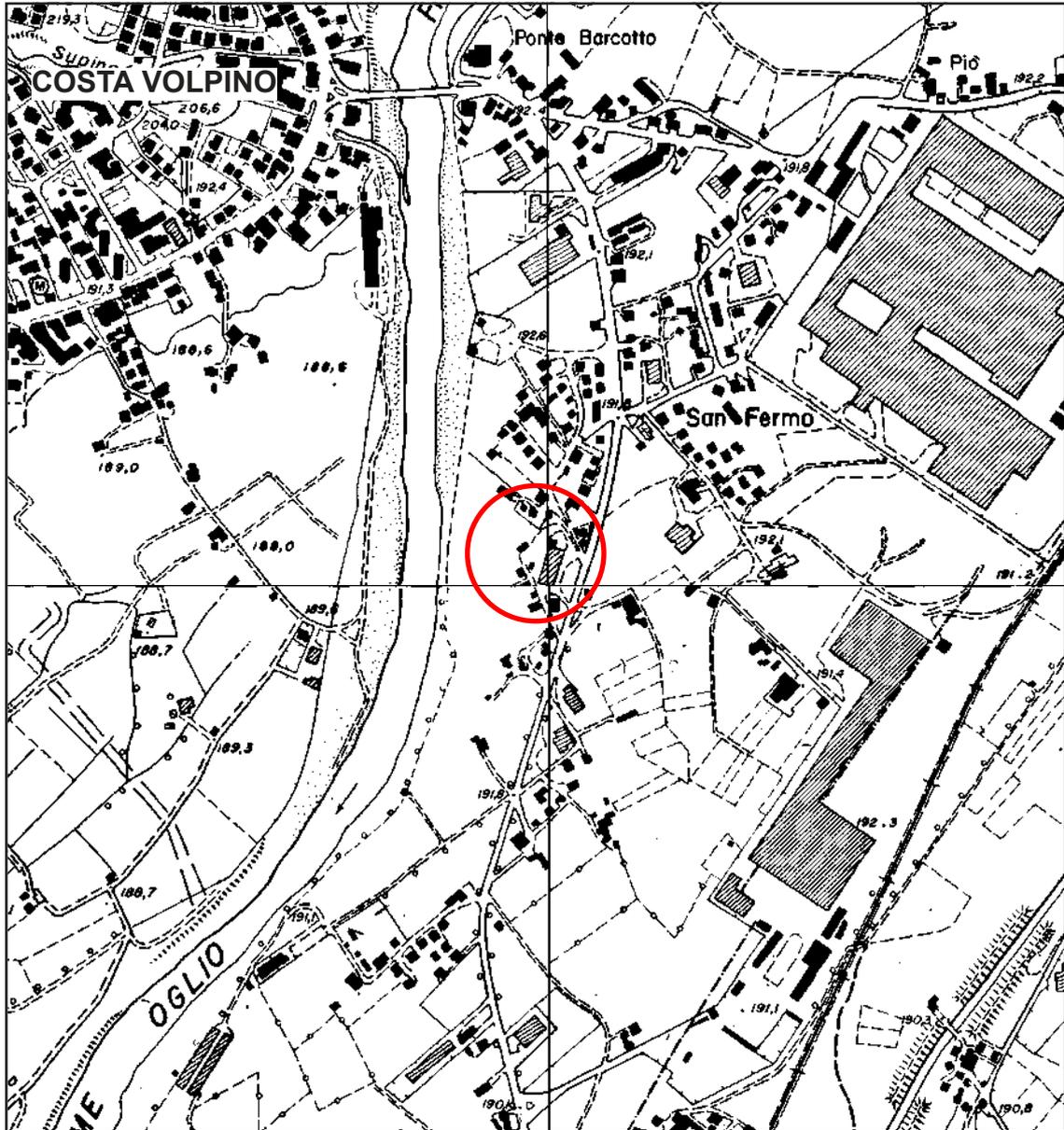
Quindi, ferme restando le prescrizioni contenute nel vigente PGT comunale (anche se non citate e/o menzionate nel presente elaborato) e fatte salve le limitazioni imposte dalla normativa sovraordinata, si esprime parere favorevole in merito alla fattibilità geologica delle opere di cui in epigrafe, purché vengano scrupolosamente rispettate le indicazioni esposte nel corso del presente elaborato.

Breno, settembre 2019



Dott. Filippo Pezzotti Geologo

Ordine Geologi Lombardia n. 1264



Stralcio della C. T. R. della Regione Lombardia - Sezioni n. D4a4 e n. D4a5



Ubicazione dell'area di intervento.



**PIANO INTEGRATO D'INTERVENTO (P.I.I.) - COMPENDIO VIA S. FERMO
COMUNE DI COSTA VOLPINO (BG)**

TAVOLA 1

SCALA 1:10.000

COROGRAFIA



**Consulenza Geologica,
Geotecnica ed Idrogeologica**

Dott. Filippo Pezzotti Geologo
Ordine Geologi Lombardia n. 1264

Committente: Darfo Immobiliare S.r.l.

LEGENDA



Ubicazione dell'area di intervento.



Depositi di conoide alluvionale (Olocene), si tratta di depositi alluvionali che abbracciano un'ampia gamma di classi granulometriche (scala Wentworth), tra le quali prevalgono ghiaie e sabbie, con ciottoli spigolosi, blocchi e trovanti di natura prevalentemente calcarea.



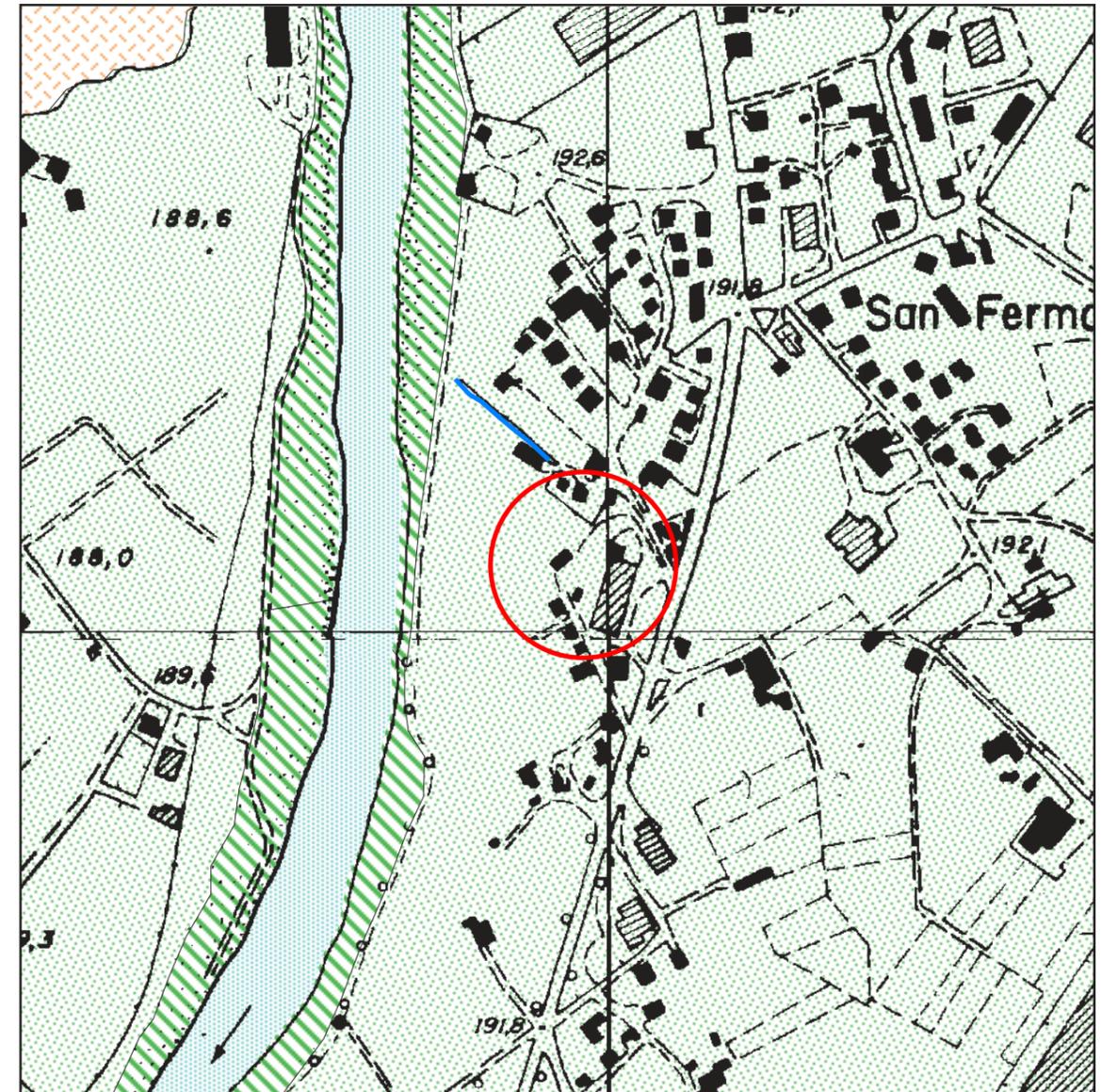
a Alluvioni recenti ed attuali (**a**) del Fiume Oglio (Pleistocene superiore - Olocene), si tratta di depositi alluvionali eterogenei ed eterometrici, nei quali prevalgono le classi granulometriche medio fini (sabbie, sabbie-limose e limi). Spesso i depositi limosi sono organizzati in livelli omogenei di spessore metrico, ma con continuità laterale in genere poco sviluppata.



Alveo attivo del Fiume Oglio.



Canale irriguo.



Base Cartografica:

Stralcio della Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia

Sezioni:

- n. D4a4 "Costa Volpino"
- n. D4a5 "Pisogne"

**PIANO INTEGRATO D'INTERVENTO (P.I.I.) - COMPENDIO VIA S. FERMO
COMUNE DI COSTA VOLPINO (BG)**

TAVOLA 2

CARTA GEOLOGICA

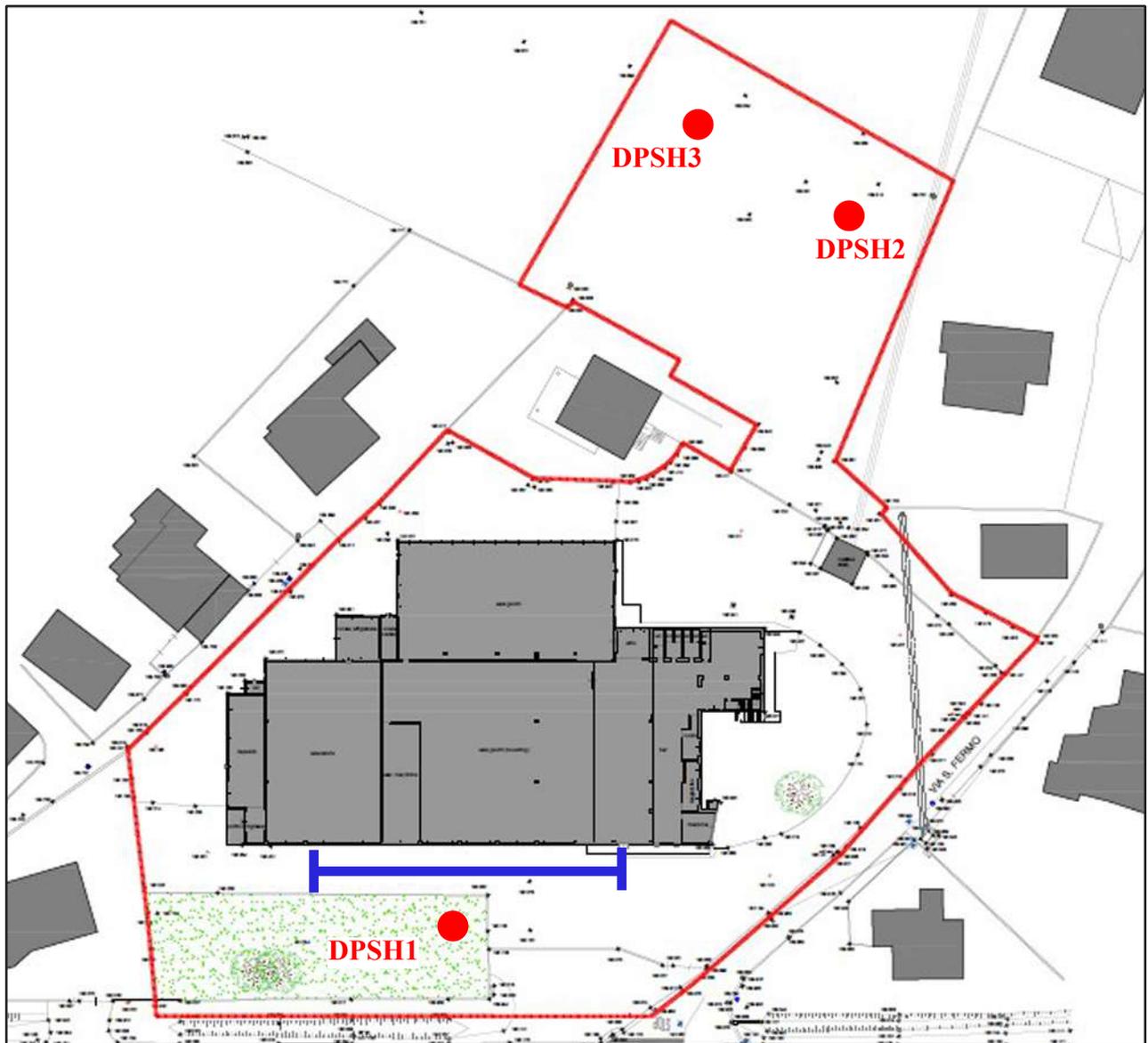
SCALA 1:5.000



**Consulenza Geologica,
Geotecnica ed Idrogeologica**

Dott. Filippo Pezzotti Geologo
Ordine Geologi Lombardia n. 1264

Committente: Darfo Immobiliare S.r.l.



- 
DPSH1 Prova penetrometrica dinamica (DPSH) e relativo codice identificativo.
- 
 Stendimento sismico MASW.



**PIANO INTEGRATO D'INTERVENTO (P.I.I.) - COMPENDIO VIA S. FERMO
COMUNE DI COSTA VOLPINO (BG)**

TAVOLA 3	UBICAZIONE DELLE INDAGINI
SCALA 1:1.000	



**Consulenza Geologica,
Geotecnica ed Idrogeologica**

Dott. Filippo Pezzotti Geologo
Ordine Geologi Lombardia n. 1264

Committente: Darfo Immobiliare S.r.l.

ALLEGATO 1

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente: Darfo Immobiliare s.r.l.
Cantiere: Via San Fermo
Località: Costa Volpino (BG)

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

PENETROMETRO DPSH TG 63-100 PAGANI



Caratteristiche Tecniche-Strumentali prove penetrometriche dinamiche:

Rif. Norme	DIN4094
Diametro punta conica	51,00 mm
Angolo di apertura punta	60°
Area di base punta	20,43 cm ²
Avanzamento punta	0,20 m
Peso massa battente	63,5 kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Passo letture	20 cm
Lunghezza aste	1,00 m
Coefficiente di correlazione	1,489

PROVA DPSH1

Prova eseguita in data 12/09/2019
 Profondità prova 10,20 m
 Falda non rilevata (foro franato)
 Tipo elaborazione Nr. Colpi distribuzione normale R.C.

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (kg/cm ²)	Res. dinamica (kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,31	9,72
0,40	3	0,851	24,80	29,15
0,60	4	0,847	32,92	38,87
0,80	3	0,843	24,59	29,15
1,00	1	0,840	7,55	8,99
1,20	1	0,836	7,52	8,99
1,40	2	0,833	14,97	17,98
1,60	8	0,830	59,66	71,92
1,80	7	0,826	52,00	62,93
2,00	12	0,823	82,61	100,36
2,20	10	0,820	68,59	83,63
2,40	8	0,817	54,67	66,91
2,60	13	0,764	83,09	108,72
2,80	23	0,711	136,85	192,36
3,00	27	0,709	149,60	211,10
3,20	18	0,756	106,39	140,73
3,40	19	0,753	111,92	148,55
3,60	1	0,801	6,26	7,82
3,80	2	0,798	12,48	15,64
4,00	3	0,796	17,53	22,02
4,20	2	0,794	11,65	14,68
4,40	4	0,791	23,24	29,36
4,60	1	0,789	5,79	7,34
4,80	2	0,787	11,56	14,68
5,00	8	0,785	43,44	55,34
5,20	12	0,783	64,99	83,01
5,40	6	0,781	32,42	41,50
5,60	6	0,779	32,34	41,50
5,80	8	0,777	43,01	55,34
6,00	8	0,775	40,57	52,32
6,20	12	0,774	60,72	78,48
6,40	8	0,772	40,39	52,32
6,60	6	0,770	30,23	39,24
6,80	4	0,769	20,11	26,16
7,00	4	0,767	19,03	24,81
7,20	3	0,766	14,25	18,61
7,40	4	0,764	18,96	24,81
7,60	8	0,763	37,84	49,62
7,80	5	0,761	23,61	31,01
8,00	5	0,760	22,41	29,49
8,20	6	0,759	26,84	35,38
8,40	5	0,757	22,33	29,49
8,60	2	0,756	8,92	11,79
8,80	5	0,755	22,25	29,49
9,00	8	0,753	33,88	44,97
9,20	4	0,752	16,91	22,48
9,40	4	0,751	16,89	22,48
9,60	8	0,750	33,72	44,97
9,80	7	0,749	29,46	39,35
10,00	5	0,748	20,07	26,85
10,20	5	0,747	20,04	26,85

PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSHI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (kg/cm ²)
1	2,17	0,00-1,40	Terzaghi-Peck	0,22
2	16,68	1,40-3,40	Terzaghi-Peck	--
3	2,30	3,40-4,80	Terzaghi-Peck	0,23
4	10,87	4,80-6,40	Terzaghi-Peck	--
5	6,83	6,40-10,20	Terzaghi-Peck	--

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
1	2,17	0,00-1,40	Skempton (1986)	12,89
2	16,68	1,40-3,40	Skempton (1986)	45,96
3	2,30	3,40-4,80	Skempton (1986)	13,27
4	10,87	4,80-6,40	Skempton (1986)	34,88
5	6,83	6,40-10,20	Skempton (1986)	25,55

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
1	2,17	0,00-1,40	Sowers (1961)	24,61
2	16,68	1,40-3,40	Sowers (1961)	32,67
3	2,30	3,40-4,80	Sowers (1961)	24,64
4	10,87	4,80-6,40	Sowers (1961)	31,04
5	6,83	6,40-10,20	Sowers (1961)	29,91

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo di Young (kg/cm ²)
1	2,17	0,00-1,40	Schmertmann (1978)	17,36
2	16,68	1,40-3,40	Schmertmann (1978)	133,44
3	2,30	3,40-4,80	Schmertmann (1978)	18,40
4	10,87	4,80-6,40	Schmertmann (1978)	86,96
5	6,83	6,40-10,20	Schmertmann (1978)	54,64

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (kg/cm ²)
1	2,17	0,00-1,40	Farrent 1963	15,41
2	16,68	1,40-3,40	Farrent 1963	118,43
3	2,30	3,40-4,80	Farrent 1963	16,33
4	10,87	4,80-6,40	Farrent 1963	77,18
5	6,83	6,40-10,20	Farrent 1963	48,49

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
1	2,17	0,00-1,40	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
2	16,68	1,40-3,40	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
3	2,30	3,40-4,80	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
4	10,87	4,80-6,40	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
5	6,83	6,40-10,20	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
1	2,17	0,00-1,40	Meyerhof 1951	1,51
2	16,68	1,40-3,40	Meyerhof 1951	1,92
3	2,30	3,40-4,80	Meyerhof 1951	1,52
4	10,87	4,80-6,40	Meyerhof 1951	1,76
5	6,83	6,40-10,20	Meyerhof 1951	1,71

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Poisson
1	2,17	0,00-1,40	(A.G.I.)	0,35
2	16,68	1,40-3,40	(A.G.I.)	0,32
3	2,30	3,40-4,80	(A.G.I.)	0,35
4	10,87	4,80-6,40	(A.G.I.)	0,33
5	6,83	6,40-10,20	(A.G.I.)	0,34

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	G (kg/cm ²)
1	2,17	0,00-1,40	Ohsaki	134,64
2	16,68	1,40-3,40	Ohsaki	915,75
3	2,30	3,40-4,80	Ohsaki	142,21
4	10,87	4,80-6,40	Ohsaki	612,31
5	6,83	6,40-10,20	Ohsaki	395,61

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	K_0
1	2,17	0,00-1,40	Navfac 1971-1982	0,31
2	16,68	1,40-3,40	Navfac 1971-1982	3,45
3	2,30	3,40-4,80	Navfac 1971-1982	0,34
4	10,87	4,80-6,40	Navfac 1971-1982	2,29
5	6,83	6,40-10,20	Navfac 1971-1982	1,41

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVA DPSH1

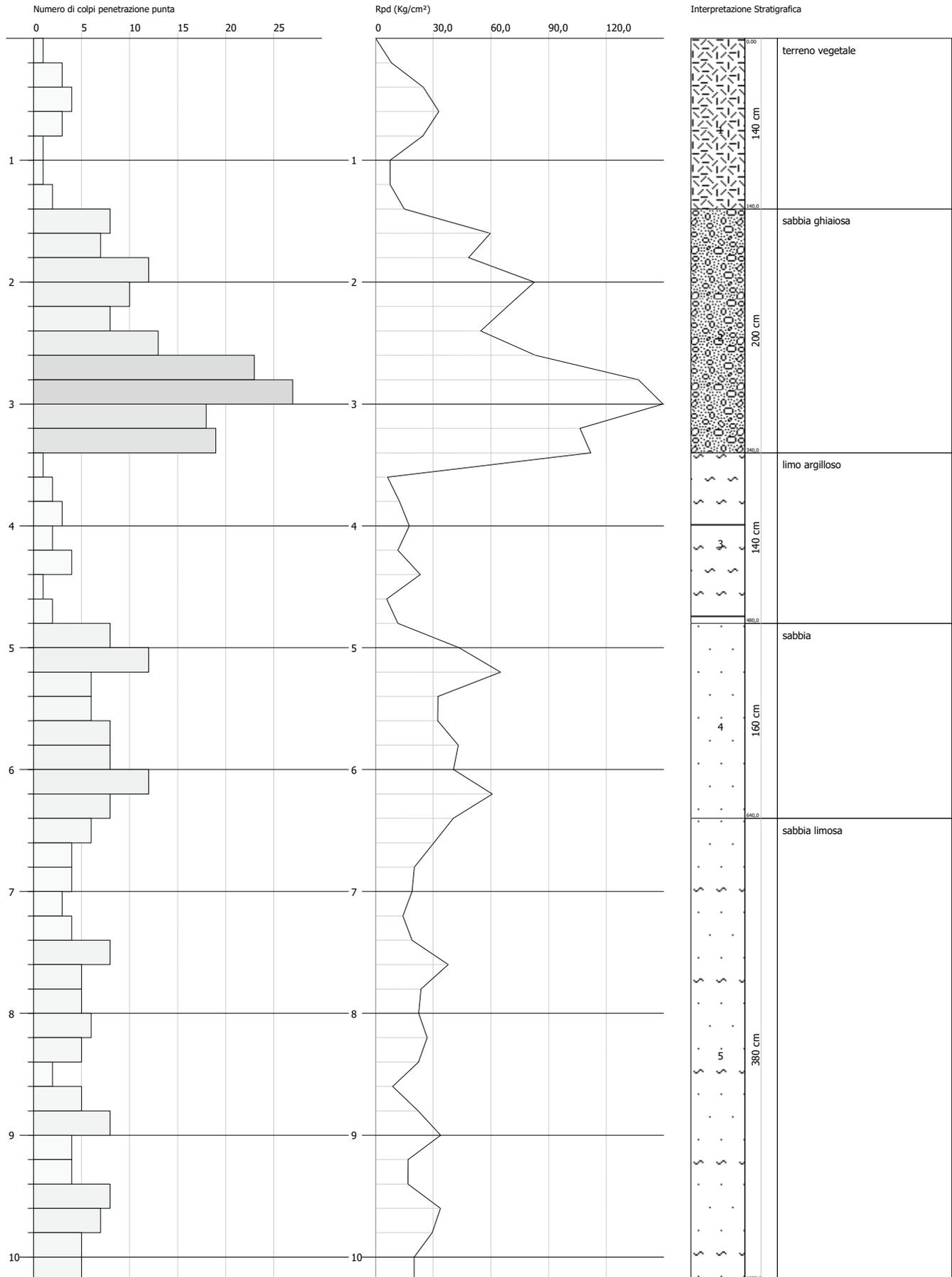


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH1 Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Darfo Immobiliare s.r.l.
 Descrizione: Via San Fermo
 Località: Costa Volpino (BG)

Data: 12/09/2019

Scala 1:44



PROVA DPSH2

Prova eseguita in data 12/09/2019
 Profondità prova 10,20 m
 Falda non rilevata (foro franato)
 Tipo elaborazione Nr. Colpi distribuzione normale R.C.

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (kg/cm ²)	Res. dinamica (kg/cm ²)
0,20	2	0,855	16,61	19,44
0,40	1	0,851	8,27	9,72
0,60	2	0,847	16,46	19,44
0,80	3	0,843	24,59	29,15
1,00	10	0,840	75,49	89,90
1,20	9	0,836	67,66	80,91
1,40	8	0,833	59,90	71,92
1,60	12	0,830	89,49	107,88
1,80	11	0,826	81,71	98,89
2,00	9	0,823	61,96	75,27
2,20	7	0,820	48,01	58,54
2,40	8	0,817	54,67	66,91
2,60	9	0,814	61,29	75,27
2,80	15	0,761	95,52	125,45
3,00	19	0,759	112,70	148,55
3,20	13	0,756	76,84	101,64
3,40	2	0,803	12,56	15,64
3,60	1	0,801	6,26	7,82
3,80	2	0,798	12,48	15,64
4,00	1	0,796	5,84	7,34
4,20	1	0,794	5,83	7,34
4,40	1	0,791	5,81	7,34
4,60	1	0,789	5,79	7,34
4,80	1	0,787	5,78	7,34
5,00	1	0,785	5,43	6,92
5,20	6	0,783	32,50	41,50
5,40	9	0,781	48,62	62,25
5,60	13	0,729	65,57	89,92
5,80	15	0,727	75,46	103,76
6,00	15	0,725	71,17	98,10
6,20	8	0,774	40,48	52,32
6,40	4	0,772	20,20	26,16
6,60	4	0,770	20,15	26,16
6,80	4	0,769	20,11	26,16
7,00	5	0,767	23,79	31,01
7,20	8	0,766	37,99	49,62
7,40	3	0,764	14,22	18,61
7,60	4	0,763	18,92	24,81
7,80	5	0,761	23,61	31,01
8,00	2	0,760	8,96	11,79
8,20	4	0,759	17,89	23,59
8,40	5	0,757	22,33	29,49
8,60	5	0,756	22,29	29,49
8,80	8	0,755	35,61	47,18
9,00	5	0,753	21,18	28,11
9,20	4	0,752	16,91	22,48
9,40	6	0,751	25,33	33,73
9,60	4	0,750	16,86	22,48
9,80	5	0,749	21,05	28,11
10,00	4	0,748	16,06	21,48
10,20	6	0,747	24,05	32,22

PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH2

Coesione non drenata

Strato n.	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (kg/cm ²)
1	2,14	0,00-0,80	Terzaghi-Peck	0,21
2	13,93	0,80-3,20	Terzaghi-Peck	--
3	1,49	3,20-5,00	Terzaghi-Peck	0,15
4	12,99	5,00-6,20	Terzaghi-Peck	--
5	6,36	6,20-10,20	Terzaghi-Peck	--

Densità relativa

Strato n.	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
1	2,14	0,00-0,80	Skempton (1986)	12,80
2	13,93	0,80-3,20	Skempton (1986)	41,03
3	1,49	3,20-5,00	Skempton (1986)	10,86
4	12,99	5,00-6,20	Skempton (1986)	39,22
5	6,36	6,20-10,20	Skempton (1986)	24,37

Angolo di resistenza al taglio

Strato n.	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
1	2,14	0,00-0,80	Sowers (1961)	24,61
2	13,93	0,80-3,20	Sowers (1961)	31,91
3	1,49	3,20-5,00	Sowers (1961)	23,42
4	12,99	5,00-6,20	Sowers (1961)	31,64
5	6,36	6,20-10,20	Sowers (1961)	29,78

Modulo di Young

Strato n.	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo di Young (kg/cm ²)
1	2,14	0,00-0,80	Schmertmann (1978)	17,12
2	13,93	0,80-3,20	Schmertmann (1978)	111,44
3	1,49	3,20-5,00	Schmertmann (1978)	11,92
4	12,99	5,00-6,20	Schmertmann (1978)	103,92
5	6,36	6,20-10,20	Schmertmann (1978)	50,88

Modulo Edometrico

Strato n.	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (kg/cm ²)
1	2,14	0,00-0,80	Farrent 1963	15,19
2	13,93	0,80-3,20	Farrent 1963	98,90
3	1,49	3,20-5,00	Farrent 1963	10,58
4	12,99	5,00-6,20	Farrent 1963	92,23
5	6,36	6,20-10,20	Farrent 1963	45,16

Classificazione AGI

Strato n.	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
1	2,14	0,00-0,80	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
2	13,93	0,80-3,20	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
3	1,49	3,20-5,00	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
4	12,99	5,00-6,20	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
5	6,36	6,20-10,20	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

Strato n.	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
1	2,14	0,00-0,80	Meyerhof 1951	1,51
2	13,93	0,80-3,20	Meyerhof 1951	1,85
3	1,49	3,20-5,00	Meyerhof 1951	1,48
4	12,99	5,00-6,20	Meyerhof 1951	1,82
5	6,36	6,20-10,20	Meyerhof 1951	1,71

Modulo di Poisson

Strato n.	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Poisson
1	2,14	0,00-0,80	(A.G.I.)	0,35
2	13,93	0,80-3,20	(A.G.I.)	0,33
3	1,49	3,20-5,00	(A.G.I.)	0,35
4	12,99	5,00-6,20	(A.G.I.)	0,33
5	6,36	6,20-10,20	(A.G.I.)	0,34

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Strato n.	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	G (kg/cm ²)
1	2,14	0,00-0,80	Ohsaki	132,89
2	13,93	0,80-3,20	Ohsaki	773,09
3	1,49	3,20-5,00	Ohsaki	94,56
4	12,99	5,00-6,20	Ohsaki	723,95
5	6,36	6,20-10,20	Ohsaki	369,97

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \text{SigmaH}/P_0$

Strato n.	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	K0
1	2,14	0,00-0,80	Navfac 1971-1982	0,30
2	13,93	0,80-3,20	Navfac 1971-1982	2,91
3	1,49	3,20-5,00	Navfac 1971-1982	0,14
4	12,99	5,00-6,20	Navfac 1971-1982	2,72
5	6,36	6,20-10,20	Navfac 1971-1982	1,30

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVA DPSH2

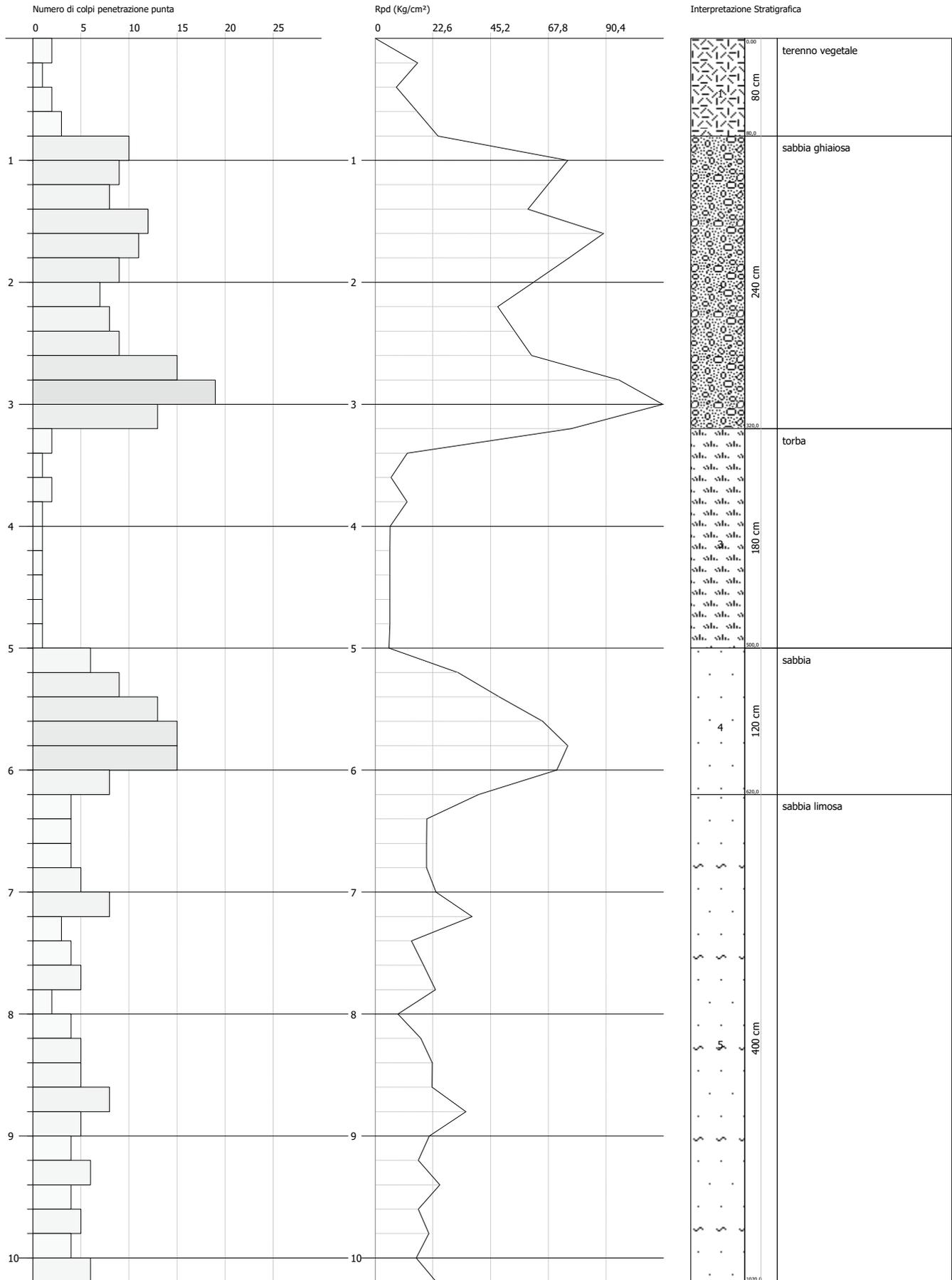


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH2 Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Darfo Immobiliare s.r.l.
 Descrizione: Via San Fermo
 Località: Costa Volpino (BG)

Data: 12/09/2019

Scala 1:44



PROVA DPSH3

Prova eseguita in data 12/09/2019
 Profondità prova 10,20 m
 Falda non rilevata (foro franato)
 Tipo elaborazione Nr. Colpi distribuzione normale R.C.

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (kg/cm ²)	Res. dinamica (kg/cm ²)
0,20	2	0,855	16,61	19,44
0,40	2	0,851	16,54	19,44
0,60	2	0,847	16,46	19,44
0,80	4	0,843	32,78	38,87
1,00	3	0,840	22,65	26,97
1,20	2	0,836	15,04	17,98
1,40	3	0,833	22,46	26,97
1,60	12	0,830	89,49	107,88
1,80	18	0,776	125,62	161,82
2,00	19	0,773	122,86	158,90
2,20	15	0,770	96,61	125,45
2,40	10	0,817	68,34	83,63
2,60	9	0,814	61,29	75,27
2,80	5	0,811	33,93	41,82
3,00	3	0,809	18,97	23,46
3,20	1	0,806	6,30	7,82
3,40	2	0,803	12,56	15,64
3,60	1	0,801	6,26	7,82
3,80	2	0,798	12,48	15,64
4,00	4	0,796	23,37	29,36
4,20	3	0,794	17,48	22,02
4,40	2	0,791	11,62	14,68
4,60	1	0,789	5,79	7,34
4,80	5	0,787	28,89	36,70
5,00	9	0,785	48,87	62,25
5,20	9	0,783	48,75	62,25
5,40	9	0,781	48,62	62,25
5,60	12	0,779	64,67	83,01
5,80	10	0,777	53,77	69,17
6,00	9	0,775	45,65	58,86
6,20	12	0,774	60,72	78,48
6,40	4	0,772	20,20	26,16
6,60	6	0,770	30,23	39,24
6,80	6	0,769	30,17	39,24
7,00	5	0,767	23,79	31,01
7,20	3	0,766	14,25	18,61
7,40	6	0,764	28,44	37,21
7,60	6	0,763	28,38	37,21
7,80	3	0,761	14,16	18,61
8,00	6	0,760	26,89	35,38
8,20	8	0,759	35,79	47,18
8,40	5	0,757	22,33	29,49
8,60	4	0,756	17,83	23,59
8,80	4	0,755	17,80	23,59
9,00	6	0,753	25,41	33,73
9,20	6	0,752	25,37	33,73
9,40	3	0,751	12,67	16,86
9,60	4	0,750	16,86	22,48
9,80	5	0,749	21,05	28,11
10,00	4	0,748	16,06	21,48
10,20	4	0,747	16,04	21,48

PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH3

Coesione non drenata

Strato n.	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (kg/cm ²)
1	3,19	0,00-1,40	Terzaghi-Peck	0,32
2	16,97	1,40-2,60	Terzaghi-Peck	--
3	2,60	2,60-4,60	Terzaghi-Peck	0,26
4	12,3	4,60-6,20	Terzaghi-Peck	--
5	6,65	6,20-10,20	Terzaghi-Peck	--

Densità relativa

Strato n.	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
1	3,19	0,00-1,40	Skempton (1986)	15,85
2	16,97	1,40-2,60	Skempton (1986)	46,45
3	2,60	2,60-4,60	Skempton (1986)	14,15
4	12,3	4,60-6,20	Skempton (1986)	37,85
5	6,65	6,20-10,20	Skempton (1986)	25,11

Angolo di resistenza al taglio

Strato n.	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
1	3,19	0,00-1,40	Sowers (1961)	26,89
2	16,97	1,40-2,60	Sowers (1961)	32,75
3	2,60	2,60-4,60	Sowers (1961)	24,73
4	12,3	4,60-6,20	Sowers (1961)	31,44
5	6,65	6,20-10,20	Sowers (1961)	29,86

Modulo di Young

Strato n.	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo di Young (kg/cm ²)
1	3,19	0,00-1,40	Schmertmann (1978)	25,52
2	16,97	1,40-2,60	Schmertmann (1978)	135,76
3	2,60	2,60-4,60	Schmertmann (1978)	20,80
4	12,3	4,60-6,20	Schmertmann (1978)	98,40
5	6,65	6,20-10,20	Schmertmann (1978)	53,20

Modulo Edometrico

Strato n.	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (kg/cm ²)
1	3,19	0,00-1,40	Farrent 1963	22,65
2	16,97	1,40-2,60	Farrent 1963	120,49
3	2,60	2,60-4,60	Farrent 1963	18,46
4	12,3	4,60-6,20	Farrent 1963	87,33
5	6,65	6,20-10,20	Farrent 1963	47,22

Classificazione AGI

Strato n.	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
1	3,19	0,00-1,40	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
2	16,97	1,40-2,60	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
3	2,60	2,60-4,60	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
4	12,3	4,60-6,20	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
5	6,65	6,20-10,20	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

Strato n.	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
1	3,19	0,00-1,40	Meyerhof 1951	1,66
2	16,97	1,40-2,60	Meyerhof 1951	1,93
3	2,60	2,60-4,60	Meyerhof 1951	1,53
4	12,3	4,60-6,20	Meyerhof 1951	1,81
5	6,65	6,20-10,20	Meyerhof 1951	1,71

Modulo di Poisson

Strato n.	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Poisson
1	3,19	0,00-1,40	(A.G.I.)	0,35
2	16,97	1,40-2,60	(A.G.I.)	0,32
3	2,60	2,60-4,60	(A.G.I.)	0,35
4	12,3	4,60-6,20	(A.G.I.)	0,33
5	6,65	6,20-10,20	(A.G.I.)	0,34

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Strato n.	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	G (kg/cm ²)
1	3,19	0,00-1,40	Ohsaki	193,41
2	16,97	1,40-2,60	Ohsaki	930,71
3	2,60	2,60-4,60	Ohsaki	159,58
4	12,3	4,60-6,20	Ohsaki	687,74
5	6,65	6,20-10,20	Ohsaki	385,80

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

Strato n.	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	K_0
1	3,19	0,00-1,40	Navfac 1971-1982	0,56
2	16,97	1,40-2,60	Navfac 1971-1982	3,50
3	2,60	2,60-4,60	Navfac 1971-1982	0,42
4	12,3	4,60-6,20	Navfac 1971-1982	2,58
5	6,65	6,20-10,20	Navfac 1971-1982	1,37

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVA DPSH3

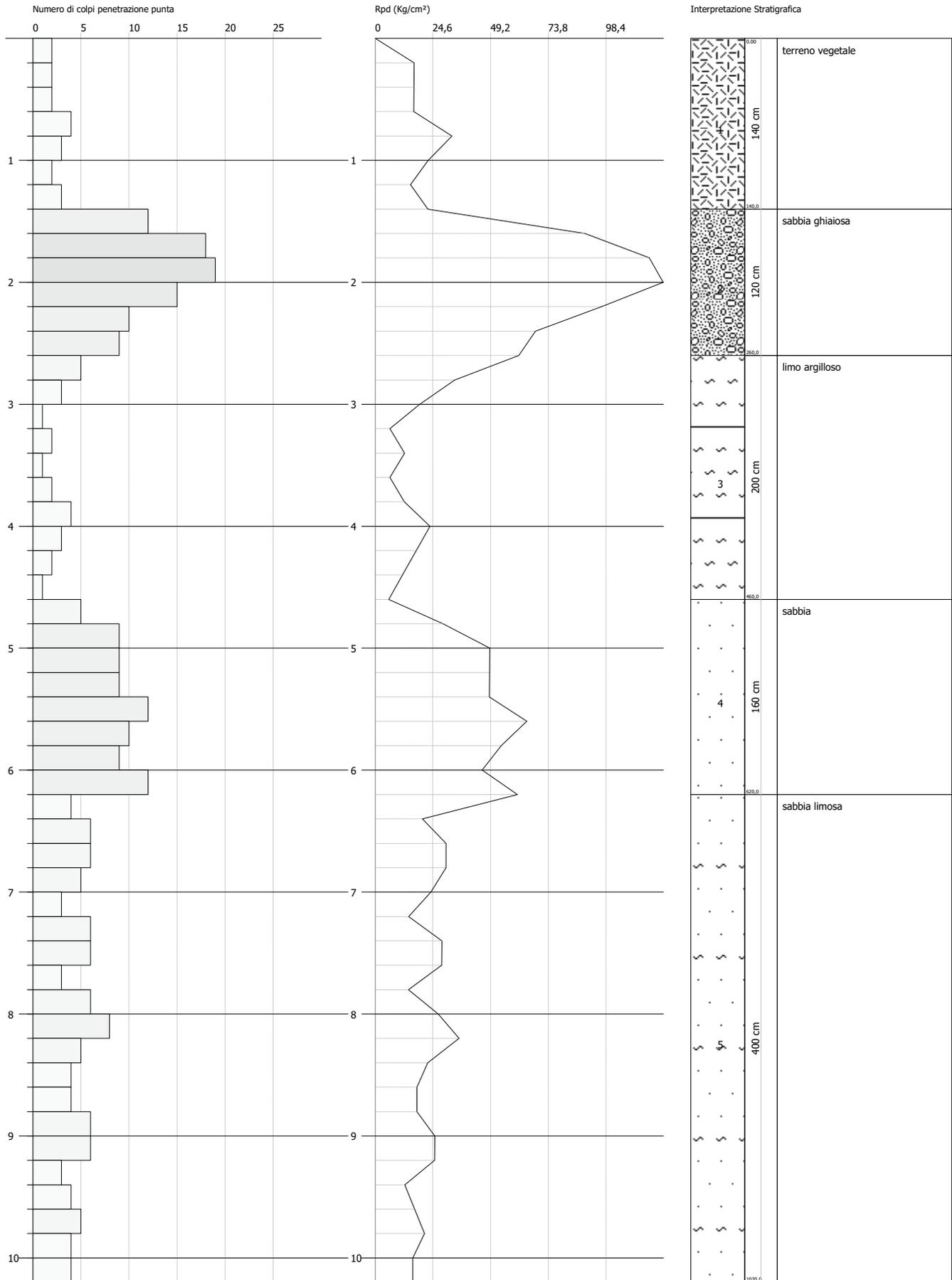


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH3 Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Darfo Immobiliare s.r.l.
 Descrizione: Via San Fermo
 Località: Costa Volpino (BG)

Data: 12/09/2019

Scala 1:44



ALLEGATO 1

INDAGINE SISMICA MASW

Committente	Darfo Immobiliare s.r.l.
Cantiere	Via San Fermo
Località	Costa Volpino (BG)
Data	12/09/2019

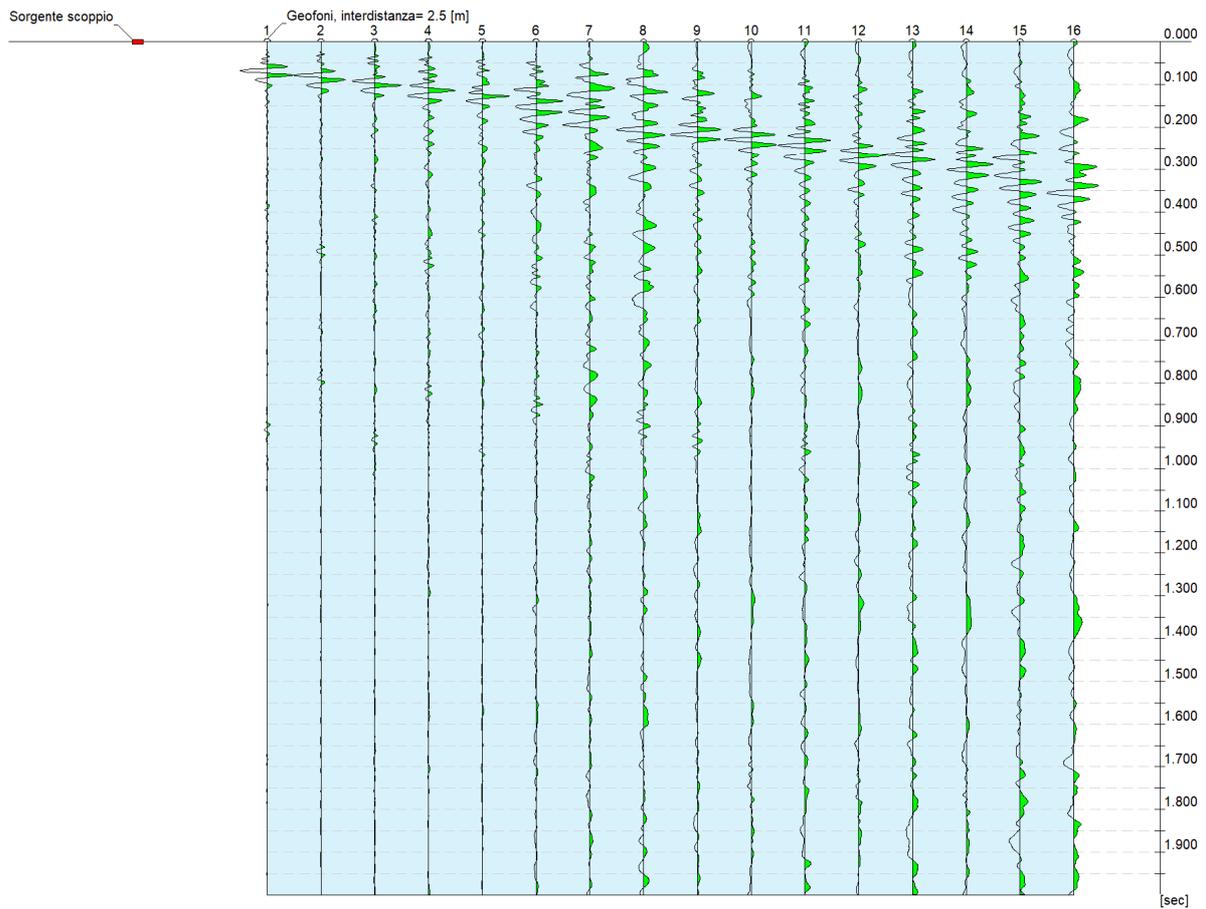


- Sismografo tipo “DoReMi” multicanale (SARA electronic instruments)
- Frequenza di campionamento 1000 Hz
- Sensori verticali (geofoni) da 4.5 Hz

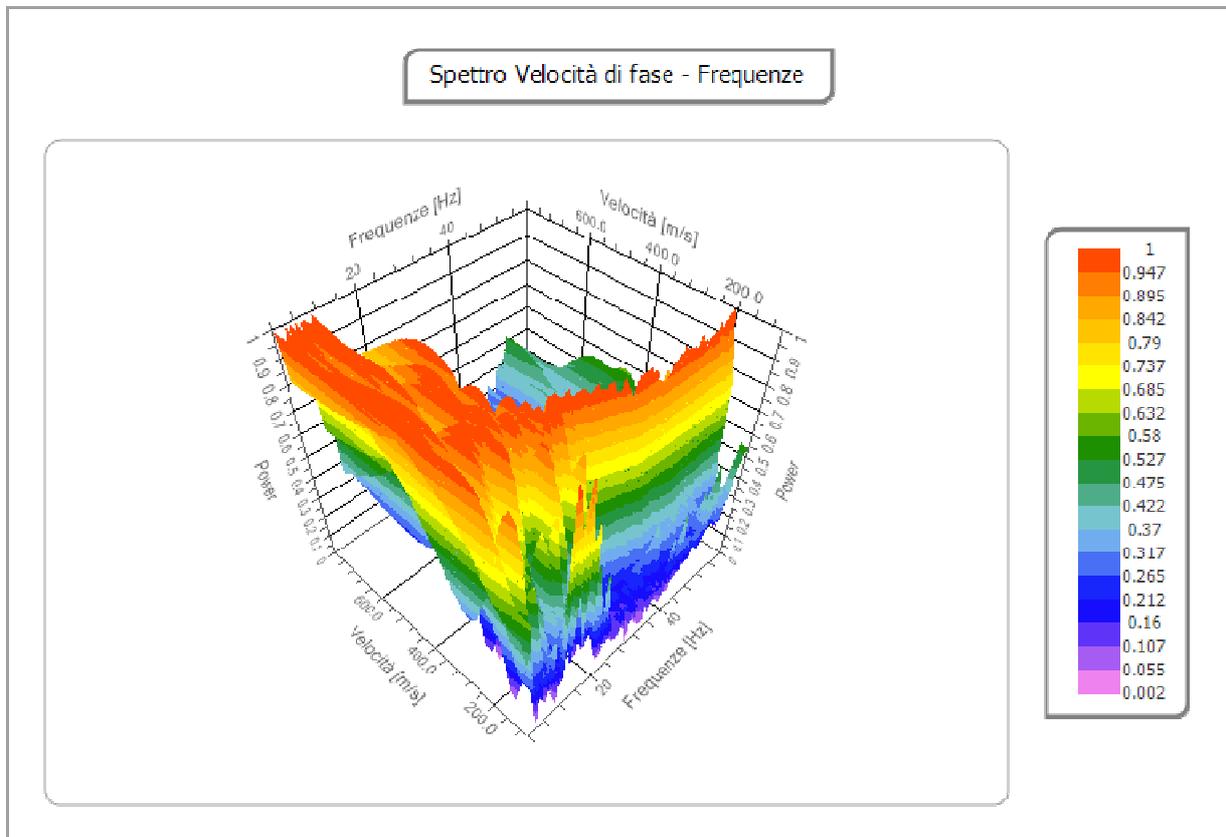
SISMOGRAMMA

- Numero tracce 16
- Durata acquisizione 2000 msec
- Interdistanza geofonica 2.50 m
- Periodo di campionamento 1 msec

Committente: Darfo Immobiliare s.r.l.
Cantiere: Via San Fermo
Località: Costa Volpino (BG)
Data: 12/09/2019

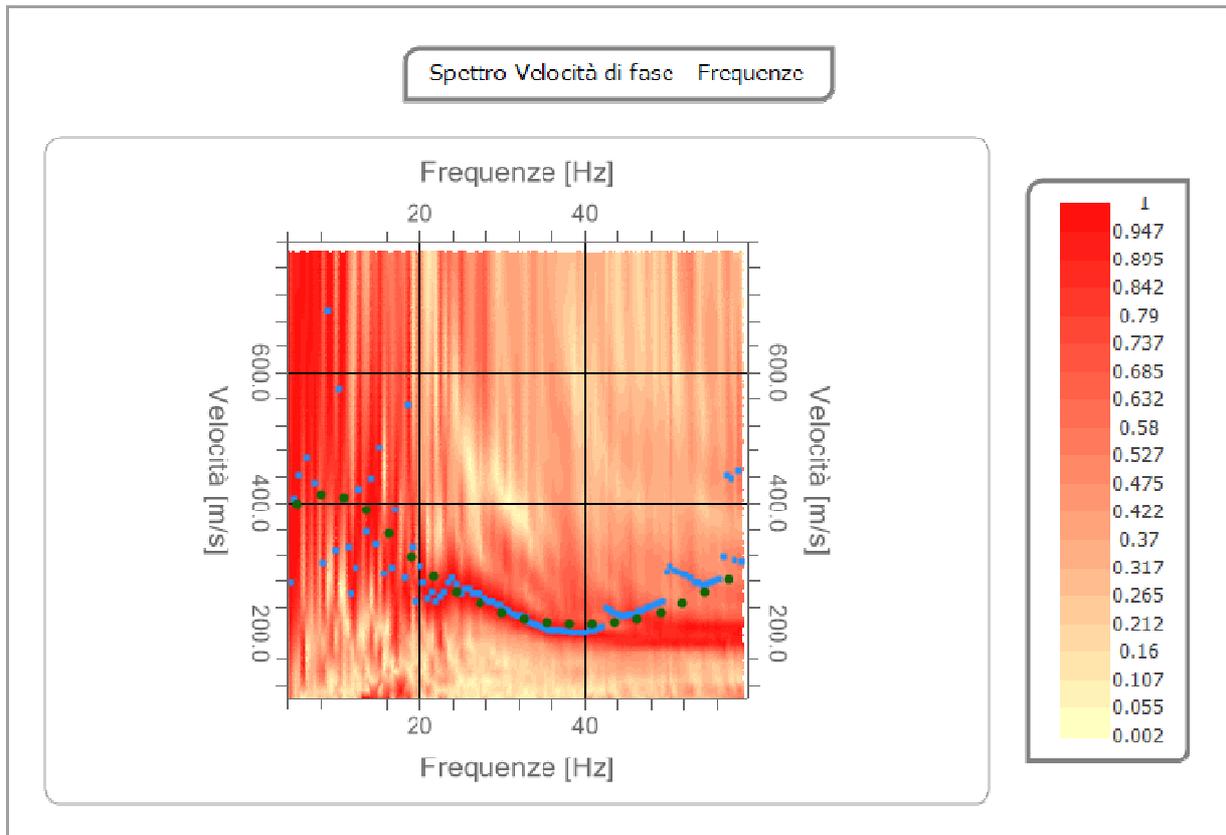


ANALISI SPETTRALE



- Frequenza minima di elaborazione 4 Hz
- Frequenza massima di elaborazione 60 Hz
- Velocità minima di elaborazione 100 m/sec
- Velocità massima di elaborazione 800 m/sec
- Intervallo velocità 1 m/sec

CURVA DI DISPERSIONE



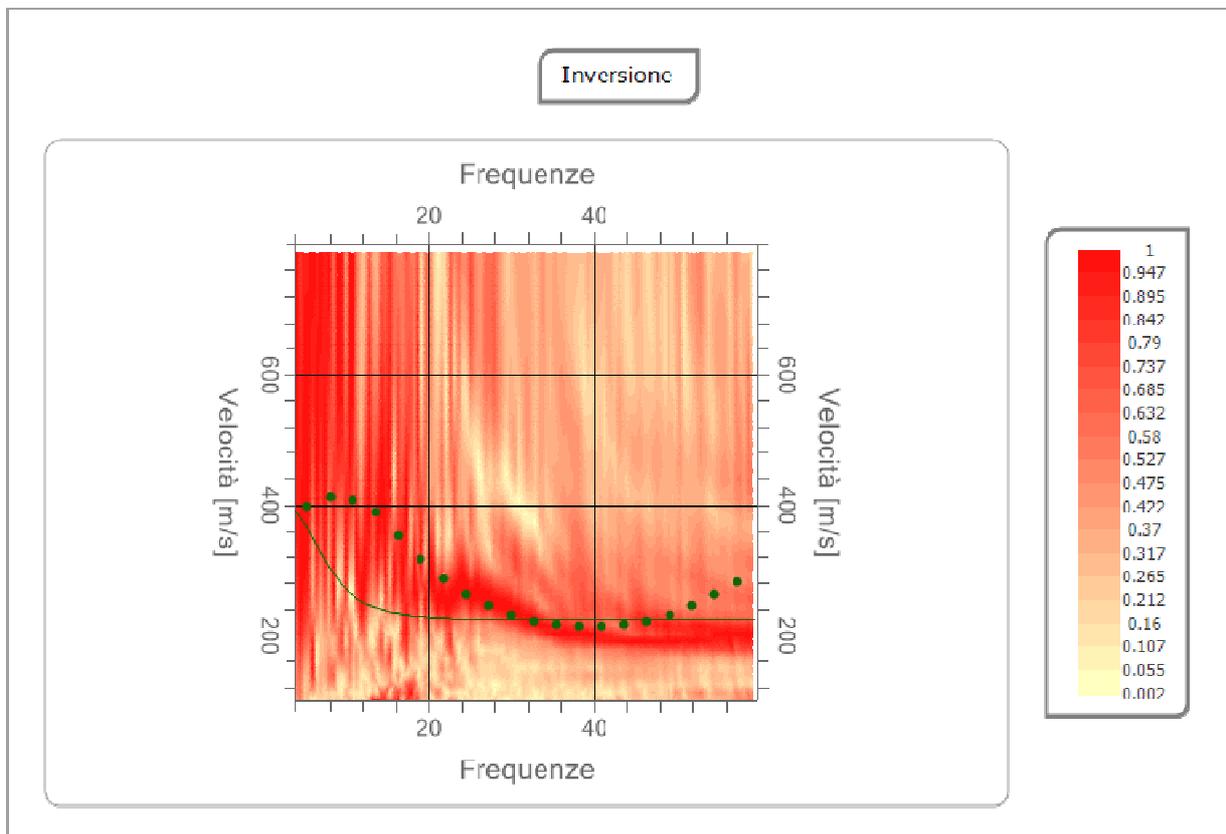
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	5.4	398.3	0
2	8.1	413.1	0
3	10.9	408.2	0
4	13.6	388.7	0
5	16.3	352.5	0
6	19.1	317.2	0
7	21.8	286.9	0
8	24.5	262.8	0
9	27.3	244.7	0
10	30.0	231.7	0
11	32.7	222.6	0
12	35.5	216.7	0
13	38.2	213.7	0
14	40.9	213.9	0
15	43.7	216.5	0
16	46.4	222.2	0
17	49.1	231.6	0
18	51.9	245.1	0
19	54.6	262.1	0
20	57.4	280.9	0

INVERSIONE

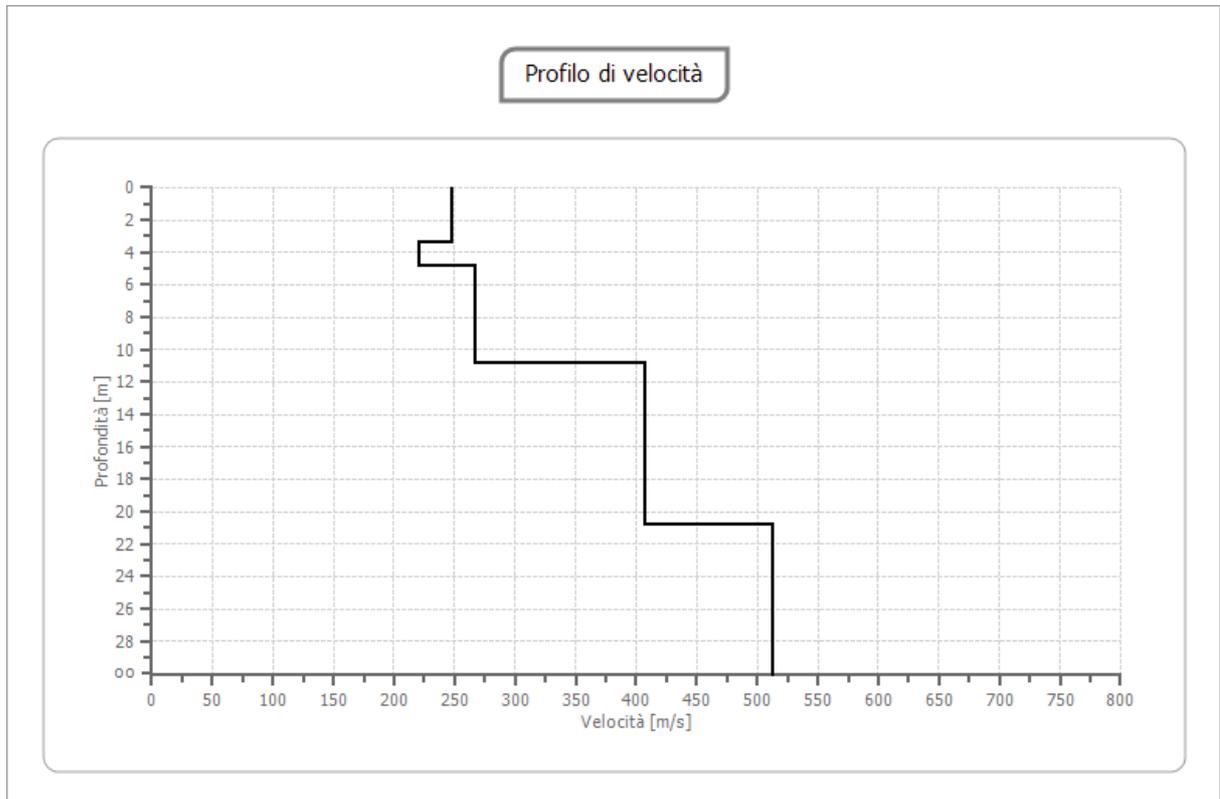
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	3.42	3.42	405.1	248.1
2	4.81	1.39	361.0	221.1
3	10.83	6.02	435.5	266.7
4	20.79	9.96	664.6	407.0
5	34.37	13.58	837.6	512.9

Percentuale di errore 2.341 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.106



RISULTATI



- **VSeq** **352.64 m/s**
- **Categoria di sottosuolo** **C** (Tabella 3.2.II delle NTC 2018)
- **Suolo di tipo C** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.