

M.D. spa

Zona ASI - Capannone 18 – Gricignano di Aversa (CE)

**Realizzazione nuovo edificio commerciale,
sito in Via Manzoni**

Comune di Sesto Calende

Provincia di Varese

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

IL GEOLOGO

Giambattista VEZZOLLA



Giambattista VEZZOLLA - Geologo - Via Bottini, 27 17015 Celle Ligure (SV) tel. e fax. 019 480009 email: geologo.vezzolla@gmail.com Iscrizione Ordine Regionale dei Geologi della Liguria n. 273 P. IVA 01575110091	Revisione	Data
	00	Gennaio 2025

INDICE

1. PREMESSE.....	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI E PIANIFICATORI	2
3. GEOLOGIA GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA.....	2
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	5
5. CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	7
6. PARAMETRI SISMICI.....	10
7. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	10
8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	11
9. VERIFICA GEOTECNICA FONDAZIONI	12
10. ANALISI DEI CEDIMENTI	14
11. VERIFICA DI STABILITA'	15
12. CONCLUSIONI	16

ALLEGATI

1. Stralcio planimetrico con ubicazione delle indagini e diagrammi delle prove penetrometriche, scala 1:500;
2. Elaborati prove penetrometriche;
3. Elaborati sismica MASW;
4. Profilo geologico e geotecnico interpretativo, sez. A-A, scala 1:200;
5. Verifica di stabilità del fronte di scavo, scala 1:100;
6. Report SSAP

1. PREMESSE

LA Soc. MD spa ha incaricato lo scrivente di effettuare il presente studio geologico (R1 -R3) e geotecnico (R2) a supporto della progettazione relativa al costruendo edificio commerciale, sito in Via Manzoni, nel Comune di Sesto Calende (VA).

Il sito d'intervento stato oggetto di una campagna di indagini geognostiche (gennaio 2025), per la quale sono state eseguite 3 prove penetrometriche dinamiche continue (DPSH 1-3) ed n. 1 indagine sismica tipo MASW, le cui risultanze sono visibili in allegato 2 e 3 alla presente.

Lo scopo dello studio è quello di inquadrare il contesto geologico, idrogeologico, geomorfologico e sismico in cui è inserita l'opera in progetto e, mediante la realizzazione di una specifica indagine sui terreni costituenti il sottosuolo, fornire una prima caratterizzazione degli stessi giungendo alla definizione del modello geologico e geotecnico del sito.

La seconda parte della relazione, in ottemperanza alle N.T.C. 2018, viene redatta con lo scopo di eseguire le verifiche fondazionali agli stati limite (S.L.U. e S.L.E.) tramite l'utilizzo dei parametri geotecnici ricavati dalla campagna di indagini geognostiche.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI E PIANIFICATORI

Il presente lavoro è stato svolto in osservanza a quanto previsto dal D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e dal D.M. 17-01-2018 *"Norme tecniche per le costruzioni"* e relative circolari esplicative.

In merito allo strumento urbanistico comunale di riferimento, si è fatto riferimento al Piano di Governo del Territorio del Comune di Sesto Calende, in particolare alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica oggi in vigore (*Congeo - Studio Associato di Geologia Applicata - febbraio 2014*).

Il PGT assegna per l'area in esame la Classe di Fattibilità geologica **2 "Fattibilità con modeste limitazioni"**.

3. GEOLOGIA GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA

3.1 Inquadramento Geografico, Geologico e Geomorfologico

Il sito in esame è posto in un'area urbanizzata nel settore centrale del Comune di Sesto Calende (VA).



Fig. 1: Identificazione area in esame.

Ad oggi l'area di interesse si presenta rialzata rispetto alla strada di grande scorrimento che la delimita sul lato sud (S.S. 33), con quota topografica sommitale pari a + 220 m s.l.m., parzialmente occupata da fabbricati che dovranno essere demoliti e, per la restante parte, adibita a parco.

Dal punto di vista geologico, verso la fine del Pleistocene inferiore nell'area attualmente occupata dalla pianura si determinò la modifica delle condizioni di sedimentazione a causa del sollevamento dell'area alpina; si passò quindi da una facies prevalentemente marina con depositi costituiti da limi ed argille e solo marginalmente da sabbie e ghiaie, a depositi di facies transizionale con sedimenti di tipo deltizio lagunare formati da depositi a granulometria da fine a grossolana.

Con l'avvento delle glaciazioni (Quaternario continentale) si assiste alla formazione di notevoli quantità di materiali sciolti, o poco cementati, quali ciottoli, ghiaie, sabbie limi e conglomerati.

Nell'ultima epoca, l'Olocene, si assiste al rimaneggiamento dei precedenti sedimenti glaciali e alla definitiva e continua formazione della pianura.

In particolare l'area in studio è caratterizzata in superficie da terreni di origine fluvioglaciale di età quaternaria, costituiti da ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa o sabbioso limosa e localmente sabbie limose con clasti residuali (depositi fluvioglaciali).

3.2 Inquadramento Idrogeologico e Idrografico

Dal punto di vista idrogeologico si fa riferimento alla Carta idrogeologica (Studio geologico PGT) di cui viene presentato nella figura seguente un estratto con indicazione del sito in studio.

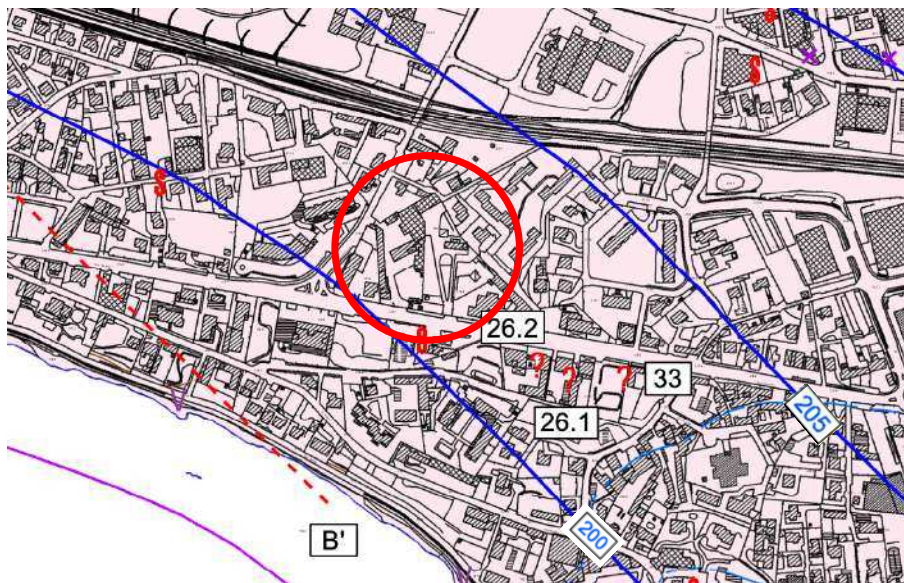


Fig. 2: Stralcio Carta idrogeologica Tav.2b (Componente geologica del PGT Comunale)

Dalla carta si rileva la presenza di una falda freatica piuttosto profonda, la quale, per l'area in studio è collocata ad una quota assoluta di circa +201 m sul livello del mare, da cui ne deriva una soggiacenza pari a 19 m da piano campagna; tale valore permette di **escluderne** interferenze con l'opera a progetto.

Per quanto concerne l'idrografia di superficie in tutto il territorio risulta fortemente antropizzata e canalizzata e sono assenti elementi idrografici di rilievo nell'area strettamente di interesse.

3.3 Confronto con la cartografia geologica del P.G.T. del Comune di Sesto Calende (VA)

Secondo la "Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano con Pericolosità sismica locale" (Tavola 8bm1 del P.G.T.), visibile nel seguito, l'area in esame appartiene alla **Classe di fattibilità geologica**

2B ovvero: “Aree di fattibilità con modeste limitazioni”, dovute all’elevata vulnerabilità della falda freatica.

Inoltre, nella stessa carta, si evidenzia che l’area in esame appartiene alla **Zona di pericolosità Z4a** ovvero: “Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi.”

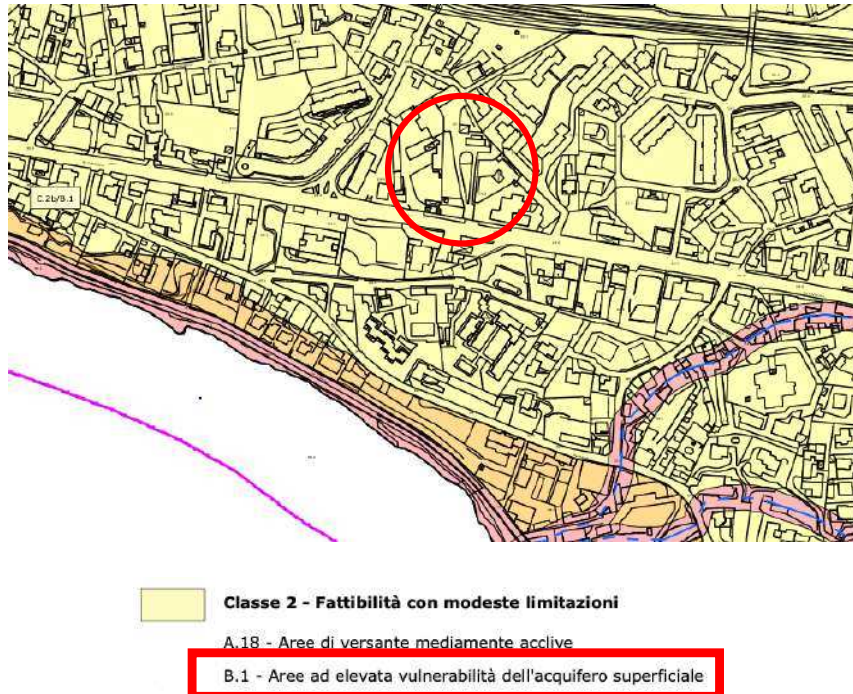


Fig. 3: Stralcio Carta della Fattibilità Tav.8bm1 (Componente geologica del PGT Comunale)

La zona d’intervento non è soggetta a rischio idraulico come evidenziato nelle mappe delle aree inondabili, definite nel Piano di Gestione Alluvioni (PGRA) attualmente in vigore di cui si riporta un estratto nella figura seguente.



Fig. 4: Stralcio Carta aree esondabili PGRA (Geoportale Regione Lombardia)

Nel complesso l'area in studio non presenta problematiche o vincoli di natura geologica, geomorfologica e idrogeologica ostativi nei confronti della realizzazione del progetto in esame.

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

4.1 Prove penetrometriche dinamiche

Ai fini della caratterizzazione stratigrafica e la parametrizzazione geotecnica dei terreni costituenti il substrato del fabbricato in progetto è stata effettuata una campagna geognostica costituita da n. 3 prove penetrometriche dinamiche continue pesanti (DPSH 1-2-3).

L'ubicazione dei punti d'indagine è riportata nella planimetria in Allegato n. 1.

L'indagine è stata eseguita con penetrometro dinamico tipo TG 63/200 PAGANI.

La prova consiste nell'infissione lungo la direzione del filo a piombo di una punta conica metallica, posta all'estremità di un'asta d'acciaio, in seguito alla discesa di un maglio di peso pari a 63,5 Kg direttamente sulla testa di battuta da un'altezza di caduta di 75 cm.

Viene registrato il numero di colpi necessari per l'infissione di 20 cm delle aste nel terreno (NSCPT) in modo continuo, fino alla profondità di fine prova, fornendo delle indicazioni sui parametri geotecnici in funzione della resistenza che il terreno stesso offre alla penetrazione.

Questa metodologia permette di caratterizzare il grado di addensamento / consistenza dei terreni attraversati, consentendo così una prima ricostruzione speditiva dell'assetto stratigrafico e geotecnico del sottosuolo.

In allegato n. 2 alla presente è visibile il fascicolo delle prove penetrometriche e le loro risultanze, sulla base delle quali è stata dedotta la seguente stratigrafia di riferimento generale:

Orizzonte	Profondità (min. e max.) (m da p.c. attuale)	Natura
A	0,0 - 2,1/3,4	Sabbie limose poco consistenti ($N_{spt} = 2 \div 10$)
B	2,10 - 3,8	Sabbie con elementi ghiaiosi e matrice limosa, mediamente consistente (presente solo in DPHS 3) ($N_{spt} = 12 \div 16$)
C	3,4 - 3,8 /fondo foro (rifiuto)	Ghiaie e ciottoli con sabbia ($N_{spt} = 21 \div R$)

All'interno dell'orizzonte "C" si è avuto il rifiuto strumentale di tutte le 3 prove penetrometriche. Nel corso delle prove non è stata registrata la presenza di acqua di falda.

4.2 Prova sismica MASW

Si tratta di un metodo d'indagine non invasivo che determina un profilo verticale di velocità delle onde di taglio utilizzando le onde di Rayleigh registrate con geofoni posti in superficie.

Le onde di Rayleigh, in un mezzo stratificato, sono dispersive cioè le componenti del segnale a frequenza differente si propagano a diversa velocità in funzione delle caratteristiche del mezzo attraversato.

Componenti ad alta frequenza (breve lunghezza d'onda), più lente, permettono d'investigare gli strati più superficiali mentre quelle a bassa frequenza (lunghezza d'onda maggiore), generalmente con velocità di propagazione maggiore, forniscono informazioni sugli strati più profondi.

In quest'indagine la tecnica è consistita nell'acquisizione del dato mediante l'impiego di un acquisitore multi-canale, nell'analisi della dispersione delle onde superficiali e infine nel processo d'inversione per la determinazione del profilo di velocità a partire dalla curva di dispersione sperimentale.

La prospezione è consistita in un allineamento sismico di superficie aventi le seguenti caratteristiche:

- lunghezza: 398 m;
- spazio intergeofonico: 3 m;
- 12 geofoni con frequenza propria di 4.5 Hz.

La prova è stata effettuata utilizzando un sismografo Dolang DBS280 della “Dolang Geophysical” con energizzazione a massa battente dal peso di 10 kg in alufer.

In allegato 3 alla presente si riportano le schede tecniche prodotte dal software di utilizzo che contengono i risultati dell'indagine, da cui si ricava che il V_{Seq} finale ottenuto, pari a **362 m/s**, colloca i terreni indagati nella tabella ministeriale, nella **categoria B**.

4.3 Analisi sismica 2° livello

Effetti litologici

L'assetto litologico dell'area è stato ricostruito facendo riferimento ai risultati delle prove eseguite in sito; in particolare, per la caratterizzazione dei terreni dal punto di vista sismico e quindi per la stima dei valori di V_s , necessari per calcolare il periodo proprio del sito T , si è fatto riferimento ai risultati dell'indagine MASW.

L'individuazione e la conseguente caratterizzazione dei sismostrati, in termini di spessore e valori di V_s , è funzionale alla determinazione del periodo proprio T da utilizzare per la stima del Fattore di amplificazione F_a mediante le schede di riferimento e le indicazioni contenute nell'allegato 5 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12 e ss.mm.ii.

I valori di F_a fissati dalla normativa vigente si riferiscono agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s, valido per strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide (D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374 e ss. mm. ii.); per il Comune di Sesto Calende la normativa regionale indica quanto segue:

Comune	Classe di suolo / F_a soglia			
	B	C	D	E
Sesto Calende	1,4	1,9	2,2	2,0

Periodo proprio del terreno e stima di F_a .

Come illustrato paragrafo precedente, la prova MASW realizzata nell'area d'intervento genera un profilo di velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità; adottando la procedura semplificata della Regione Lombardia, basata sul profilo delle V_s è stato possibile determinare il periodo di vibrazione propria del terreno T , necessario per la stima del valore di F_a .

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

Una volta determinato il periodo T è possibile scegliere la curva litologica di riferimento per procedere con la stima di F_a ; nel caso specifico, tenuto conto del profilo V_s estrapolato fino al bedrock sismico è opportuno scegliere la curva “sabbiosa”.

Il calcolo è stato effettuato escludendo i sismostrati superficiali (1, 2), fino alla profondità di circa 5 m, quota alla quale saranno attestate le fondazioni del fabbricato in progetto.

Lo spessore dello strato superficiale considerato per il calcolo del fattore di amplificazione è pari a circa 30.0 m con V_s variabile tra 290 m/s (sismostrato 3) e 450 m/s (sismostrato 4).

Sulla base dei dati sopra indicati è stata scelta la curva 3 – tratto polinomiale (blu).

Fa calcolato (1.42) = Fa soglia (1.4+0.1)

Secondo quanto previsto nell'Allegato 5 alla D.G.R. n. IX/2616 del 30/11/2011, i valori soglia da utilizzare per il confronto con i valori di Fa sito calcolati vanno considerati con una variabilità +0.1.

Nel caso in esame, il valore di Fa calcolato nella zona passibile di amplificazione sismica locale è inferiore al valore di soglia fissato, pertanto lo spettro di sito previsto per la categoria di sottosuolo B è sufficiente, in termini energetici, a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito.

In fase progettuale è possibile utilizzare lo spettro previsto per la categoria di **sottosuolo B**.

5. CLASSIFICAZIONE SISMICA

5.1 Criteri generali e Normativa Regionale

Le azioni sismiche attese in un certo sito si prevedono, su base probabilistica, tramite la *pericolosità sismica* che è funzione delle caratteristiche di sismicità regionali e del potenziale sismogenetico delle sorgenti sismiche; la valutazione della pericolosità sismica porta poi alla valutazione del rischio sismico di un sito in termini di danni attesi a cose e persone come prodotto degli effetti di un evento sismico.

La pericolosità sismica valutata all'interno di un sito deve essere stimata come "accelerazione orizzontale" massima al suolo in un dato periodo di tempo, definendo i requisiti progettuali antisismici per le nuove costruzioni nel sito stesso.

Con la presente vengono analizzate le condizioni di rischio sismico dell'area d'intervento, ai fini di un'adeguata verifica strutturale.

Il quadro sismo tettonico locale e le analisi eseguite dal Servizio Sismico Nazionale individuano, per il territorio comunale, un basso grado di rischio sismico.

La Regione Lombardia con D.G.R. 11 luglio 2014 n. X/2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia" (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d), pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione in data 16 luglio 2014 ha provveduto alla nuova classificazione sismica dei comuni della Regione Lombardia così come previsto dall'ordinanza O.P.C.M. 3519/06 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

Inoltre, la Regione Lombardia con D.G.R. 8 ottobre 2015 - n. XI4144 - *Ulteriore differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 11 luglio 2014, n. 2129 «Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, comma 108, lett. d) – ha ulteriormente deliberato di differire al 10 aprile 2016 il termine dell'entrata in vigore della D.G.R. 21 luglio 2014, n.2129.*

Secondo la nuova classificazione il Comune di Sesto Calende (VA) si trova in **zona 3**, caratterizzata da A_{gmax} pari a **0.0546548** m/s².

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, secondo il D.M. 17-01-2018 si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa A_g 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, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} (come definite di seguito), nel periodo di riferimento V_R (come definito di seguito).

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le forme spettrali di interesse 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:

- A_g accelerazione orizzontale massima al sito (m/s^2);
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (s).

5.2 Definizione della vita nominale di un'opera

La vita nominale di un'opera strutturale V_N 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.

Per l'opera in oggetto la vita nominale si assume $V_N = 50$ anni.

5.3 Definizione della classe d'uso di riferimento per l'opera

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso (Classi I – IV).

Per l'opera in oggetto la classe d'uso di riferimento è la **Classe II** di cui si riporta la definizione:

Classe II: “Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali.....”

5.4 Definizione del periodo di riferimento per l'opera

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \times C_U$$

Per la classe d'uso considerata (Classe II) il valore del coefficiente d'uso C_U è pari a 1; per il caso in esame ne consegue che:

$$V_R = 50 \text{ anni}$$

5.5 Stati limite e relative probabilità di superamento

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 rigidità 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 rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità 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.

5.6 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

Le Categorie di sottosuolo sono definite secondo la Tab. 3.2.II delle NTC 2018:

Categoria di sottosuolo	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio > 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente 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 100 m/s e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m</i>

Per il terreno in esame, lo studio sismico eseguito evidenzia come la categoria di suolo sia assimilabile al Tipo B; l'analisi di II livello eseguita ha evidenziato che $FAC < FAS$ confermando la possibilità di utilizzo del suolo di Tipo **B**.

Per condizioni topografiche superficiali semplici, come nel caso in esame, si possono adottare le categorie topografiche da tabella (T1-4), le quali si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate.

Per il caso in esame la categoria di riferimento è la **T1**, per la quale, in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T , definito in funzione dell'ubicazione dell'opera e dell'intervento.

Per il caso in esame il coefficiente topografico $S_T = 1$.

Sulla base delle disposizioni previste nelle NTC 2018, si definiscono quindi, per il sito d'intervento, i seguenti parametri sismici:

Zona sismica: **4**
Classe d'uso: **II**

Categoria sottosuolo: **B**
Categoria topografica: **T1**

6. PARAMETRI SISMICI

Sulla base dei dati tipici del sito in esame, citati nei precedenti paragrafi, utilizzando un apposito software on line (GEOSTRU), sono stati calcolati i coefficienti sismici, esposti e sintetizzati nelle seguenti schede.



Stati limite

Classe Edificio

Il. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	s_g [g]	F_0	T_c [s]
Operatività (SLO)	30	0.014	2.587	0.168
Danno (SLD)	50	0.018	2.549	0.168
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.038	2.628	0.279
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.045	2.672	0.303
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: B

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
OC Coeff. funz categoria	1,59	1,57	1,42	1,40
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.no massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.003	0.004	0.009	0.011
	0.002	0.002	0.005	0.005
	0.168	0.211	0.444	0.533
	0.200	0.200	0.200	0.200

7. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

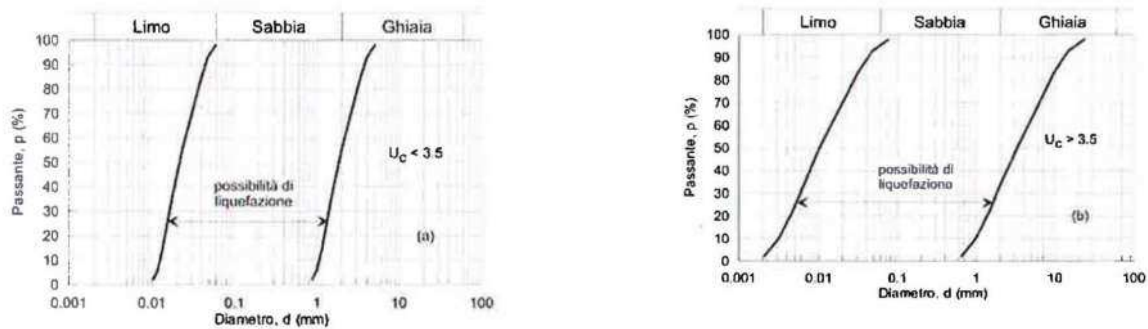
Ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003, in aree classificate sismiche deve essere valutata la possibilità che insorgano fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione in seguito alle vibrazioni prodotte dalle scosse telluriche.

I fenomeni di liquefazione possono verificarsi in particolari condizioni, come quelle indotte da un sisma di Magnitudo superiore a 5, in terreni a granulometria fine (sabbioso-limosi), allo stato sciolto o poco addensato, in falda oppure interessati dalle oscillazioni della falda stessa.

Secondo il D.M. 17/01/2018 (articolo 7.11.3.4.2 "Esclusione della verifica a liquefazione) è possibile non effettuare la verifica alla liquefazione quando si manifesta almeno una delle seguenti condizioni:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;

3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura seguente nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $u_c \gg 3,5$.



La situazione idrogeologica riscontrata, che vede la falda freatica posizionata ad una profondità > 15 m dal p.c. **esclude** la possibilità di liquefazione.

8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Sulla base del modello geologico stratigrafico descritto in precedenza è stato possibile definire il modello geologico dei terreni interessati dall'intervento in esame.

Per chiarezza il modello elaborato è stato rappresentato tramite una sezione geologica e geotecnica interpretativa (Allegato n. 4) in modo da consentire una visione immediata delle sue caratteristiche.

Per la valutazione dei parametri geotecnici sono state utilizzate le più note e diffuse correlazioni, basate sui dati SPT normalizzati e confrontate con la successione litostratigrafica in esame (cfr. Allegato 2); ove possibile si sono utilizzati diversi approcci, confrontandone criticamente i risultati. Relativamente alla permeabilità dei terreni, pur essendo l'area classificata a permeabilità ELEVATA nel PGT, si è considerato un valore cautelativo del coeff. di permeabilità $k = 1 \times 10^{-4}$ m/s.

Nella sezione geologica in allegato l'intervento in progetto è schematizzato, non essendo ancora a disposizione tavole architettoniche complete.

L'area in esame è caratterizzata dalla presenza di quattro unità litotecniche i cui parametri geotecnici presentano i seguenti valori **medi**:

Orizzonte "A": deposito superficiale costituito da materiale limoso sabbioso, con grado di addensamento medio basso, di spessore medio pari a 3,8 m, non interessato dalle fondazioni in progetto:

- peso di volume naturale: $\gamma_n = 18 \text{ kN/m}^3$
- angolo di attrito efficace in condizioni drenate: $\phi = 28^\circ$
- coesione (residua): $c' = 3 \text{ kPa}$

Orizzonte "B": deposito intermedio a composizione sabbiosa con ghiaie e subordinata matrice limosa, a comportamento esclusivamente granulare, con grado di addensamento medio, intercettato solamente nella prova DPSH 3:

- peso di volume naturale: $\gamma_n = 19 \text{ kN/m}^3$
- angolo di attrito efficace: $\phi = 33^\circ$
- coesione: $c' = 0$
- coeff. di permeabilità: $k = 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

Orizzonte "C": deposito profondo a composizione ghiaiosa con sabbie e subordinata matrice limosa, a comportamento esclusivamente granulare, con grado di addensamento alto, interessato dalle fondazioni del fabbricato.

- peso di volume naturale: $\gamma_n = 19 \text{ kN/m}^3$
- angolo di attrito efficace: $\phi = 38^\circ$
- coesione: $c' = 0$
- coeff. di permeabilità: $k = 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

9. VERIFICA GEOTECNICA FONDAZIONI

Per quanto descritto nel capitolo precedente, il modello geotecnico messo in opera è schematizzabile come segue:

- Orizzonte superficiale ("A"): terreno rimaneggiato, di spessore massimo pari a 3,8 m, non interessato dalle fondazioni in progetto;
- Orizzonte intermedio ("B"): deposito intermedio a composizione sabbiosa prevalente, sino a profondità di circa 3 m, solo localmente presente;
- Orizzonte profondo ("C"); deposito a composizione ghiaiosa con ghiaie, addensato da adottarsi come orizzonte fondazionale;
- Assenza di falda freatica al piano delle fondazioni;
- Area pianeggiante.

Inoltre, con riferimento alla normativa antisismica gli interventi a progetto ricadono in:

Zona sismica: 4	Categoria sottosuolo: B
Classe d'uso: II	Categoria topografica: T1

Come noto, la misura del grado di sicurezza ai sensi della N.T.C. 2018 si ottiene con il "Metodo semiprobabilistico dei coefficienti parziali" tramite l'equazione:

$$R_d \geq E_d \quad \text{con:}$$

- R_d valore di progetto della resistenza del terreno;
- E_d valore di progetto dell'azione o degli effetti dell'azione nelle varie combinazioni di carico che non devono superare i valori di R_d in un intervallo di tempo rapportato alla vita di riferimento dell'opera progettata.

Per la definizione del grado di sicurezza di una struttura, le N.T.C. 2018 prevedono un approccio di tipo semiprobabilistico (livello 1) adottando il concetto di stato limite che necessita dei valori caratteristici dei parametri geotecnici ai quali è associata una probabilità di non superamento del 5% che il valore reale adottato sia inferiore a quello caratteristico.

Nella tabella seguente sono stati riportati i parametri geotecnici **caratteristici** (X_k) dell'orizzonte "C", unico ad essere interessato dalle fondazioni in progetto, secondo la definizione del Nuovo Testo Unico delle Costruzioni (D.M. 14/01/2008 e aggiornamento di cui D.M. 17/01/2018). I valori dei parametri sono desunti dall'analisi statistica dei risultati delle prove effettuate, unitamente a considerazioni sulla tipologia dei terreni da analisi della letteratura e da esperienza pregressa: il valore proposto rappresenta una stima cautelativa che tiene conto del numero di dati a disposizione, della loro dispersione e della variabilità del sottosuolo.

Orizzonte	Tipologia	Peso di volume (kN/m ³)	Φ_k (°)	Coesione (kPa)
"C"	Ghiaie e sabbie	19	35	0

Per il calcolo della capacità portante si è adottato il metodo di Brinch-Hansen (1970) utilizzando, come richiesto per le verifiche agli stati limite, i parametri geotecnici caratteristici sopra dedotti con approccio probabilistico.

$$Q_{ult} = 0.5 * \gamma * B * N_\gamma * s_\gamma * d_\gamma + q' * N_q * s_q * d_q$$

N_γ, N_q = fattori di capacità portante (dipendenti dal valore dell'angolo di attrito)

s_γ, s_q = fattori di forma

d_γ, d_q = fattori di profondità

In mancanza del progetto delle strutture, si sono eseguite le verifiche fondazionali, considerando il caso di plinti quadri di diverse dimensioni:

Verifica allo SLU – Approccio 2 – Combinazione 1 (A1+M1+R3)

Le assunzioni fatte sono le seguenti:

Plinti quadri:

- fondazione del tipo a plinto quadro, con larghezza pari a 3,8 m ,4,0 m e 4,2 m;
- altezza del plinto pari a 1 m;
- piano di posa a circa 1,7 m di profondità al di sotto del piano finito di progetto, sull'orizzonte "C";
- assenza di falda freatica a livello della fondazione;
- incastro indicativo nel terreno di circa 1 m;

In questo caso i coefficienti parziali M1 per le grandezze geotecniche sono tutti pari a 1 e, quindi, i valori di progetto sono pari a quelli caratteristici.

Sostituendo nella formula sopraesposta, considerando fondazione su tratto piano e trascurando il contributo dovuto alla coesione, si ottengono dei valori cui è necessario applicare un coefficiente parziale R3 (pari a 2.3), come riportato nella tabella 6.4.1 delle NTC 2018.

La tabella seguente riassume le risultanze emerse dalle verifiche eseguite.

Tipologia fondazione	Dimensioni (m)	Profondità fondazione da p.c. (m)	Q_{lim} (kPa)	Rd (kPa)
Plinto quadro	B = 3,8	1,70	1933	840
Plinto quadro	B = 4,0	1,70	1965	854
Plinto quadro	B = 4,2	1,70	1998	869

Come si evince dalle risultanze contenute nella tabella i valori di resistenza del terreno risultano elevati; il fattore determinante per il corretto dimensionamento fondazionale sarà, pertanto, legato ai cedimenti conseguenti ai carichi indotti che dovranno essere compatibili con la struttura in progetto.

10. ANALISI DEI CEDIMENTI

Per effetto delle azioni trasmesse in fondazione, i terreni subiscono deformazioni che provocano spostamenti del piano di posa.

Nel dimensionamento delle fondazioni è necessario tener conto non solo della resistenza al taglio dei terreni, ma anche dei cedimenti indotti dal carico applicato, i quali dovranno essere inferiori ad un valore critico che, se superato, potrebbe generare inconvenienti nella struttura.

Per il calcolo dei cedimenti dei terreni di fondazione si è utilizzata la relazione di Burland e Burbridge.

$$S = f_s * f_h * f_t * [\sigma_{v0} * B^{0.7} * I_d/3 + (q' - \sigma_{v0}) * I_c] \quad \text{dove}$$

f_s f_h f_t sono fattori correttivi che tengono conto rispettivamente della forma, dello spessore dello strato compressibile e della componente viscosa dei cedimenti;

B è la larghezza delle fondazioni (m)

I_c è l'indice di compressibilità (adimensionale)

q' è la pressione efficace, lo Rd (kPa)

σ_{v0} la tensione verticale efficace agente alla quota d'imposta delle fondazioni (kPa)

Si sono eseguite le verifiche agli SLE utilizzando valori di E_d usuali per questa tipologia di fabbricato:

Verifica allo SLE (PLINTI QUADRI)

Tipologia fondazione	Dimensioni (m)	Profondità piano di posa (m)	Q applicata (kPa)	S_{tot} (mm)
Plinto quadro	3,8	1,7	130	7,80
			150	9,24
			170	10,68
			190	12,11
			210	13,55
Plinto quadro	4,0	1,7	130	8,10
			150	9,58
			170	11,10
			190	12,56
			210	14,00
Plinto quadro	4,2	1,7	130	8,37
			150	9,91
			170	11,45
			190	13,00
			210	14,54

Qualora i carichi di esercizio risultino maggiori di quelli considerati nelle verifiche agli SLE occorrerà ricalcolare i cedimenti indotti.

11. VERIFICA DI STABILITA'

10.1 Generalità

Ai fini della realizzazione del progetto è previsto uno sbancamento della parte sommitale del sito di oltre 3 m di altezza, pertanto lungo la sezione geologica interpretativa AA è stata eseguita la verifica del fronte di scavo che si dovrà realizzare durante la fase di cantiere:

- fronte di scavo avente un'inclinazione massima di 55° rispetto all'orizzontale (in verde sulla sezione geologica e geotecnica in allegato 4 alla presente).

Le verifiche sono state realizzate considerando i parametri geotecnici medi ed il contributo dovuto all'effetto sismico (SLV).

Il grado di stabilità di un pendio, in condizioni statiche o dinamiche (per azioni sismiche), nei confronti di movimenti gravitativi, viene valutato attraverso la determinazione del cosiddetto "Fattore o Coefficiente di sicurezza", indicato con il simbolo F_s .

I metodi di calcolo di F_s impiegati si basano sulle tecniche di verifica dette *Limit Equilibrium Method* (abbreviato in *LEM*) (Duncan 1996, Krahn 2003).

Nei metodi LEM il calcolo di F_s viene effettuato su una specifica superficie di scivolamento definita entro un pendio; dato che le porzioni potenzialmente instabili sono definibili in uno spazio 3D il calcolo viene sviluppato sopra una striscia di lunghezza unitaria, quindi bi-dimensionale (2D) della superficie di potenziale scivolamento.

La stabilità globale del versante in condizioni sismiche viene valutata mediante metodo pseudostatico, dove l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente proporzionale al peso di volume di terreno (W) potenzialmente instabile.

Nei metodi pseudostatici la condizione di stato limite SLU viene riferita al cinemismo di collasso critico con le componenti orizzontali e verticali sismiche così ricavate:

$$F_v = K_v \times W$$

$$F_h = K_h \times W$$

con K_v e K_h i coefficienti sismici risultanti, visibili in allegato al testo, funzione sia dell'accelerazione massima attesa al sito che del coefficiente di riduzione β_s .

Nella verifica occorre tener conto anche dell'azione sismica verticale che va ad incrementare il peso dei singoli conci secondo l'espressione:

$$W_{is} = W_i (1 + K_v)$$

L'analisi di stabilità viene condotta in termini di tensioni efficaci, alle condizioni di Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2) con coefficiente di sicurezza richiesto R2 pari a 1.1 come previsto dalla Normativa N.T.C. 2018.

L'elaborazione è stata condotta utilizzando il software SSAP 6.0 (2024), sviluppato dal Dott. Lorenzo Borselli (Geologo), operando con metodo di Morgenstern & Price (1965).

Tale programma permette la possibilità di combinare in uno stesso pendio strati, o lenti, caratterizzati sia come terreni sciolti, sia come ammassi rocciosi fratturati; in questo caso viene utilizzato il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

8.2 Parametri di verifica

Le verifiche sono state eseguite sul modello geologico e geotecnico, rappresentato nel profilo interpretativo AA, con l'adozione dei parametri geotecnici medi sopradescritti relativamente ai terreni sciolti interessati (orizzonti "A" e "C").

Come si può osservare nei grafici allegati, sono state esaminate 5000 potenziali curve di scivolamento, tutte comprese tra le ascisse di inizio generazione e quelle di termine generazione; sono graficate le 10 superfici con F_s minore, con particolare evidenza di quella a F_s minimo.

La verifica di stabilità eseguita ha evidenziato un coefficiente di sicurezza minimo pari a $F_s = 1,135$ superiore al minimo di 1.1 previsto dalla normativa e, quindi, è da ritenersi soddisfatta.

12. CONCLUSIONI

Da tutto quanto sopraesposto è stato possibile definire la stratigrafia ed il comportamento del sottosuolo presente in corrispondenza del nuovo fabbricato in progetto, sulla base delle prove penetrometriche e l'indagine sismica, eseguite nella campagna di indagini geognostica (gennaio 2025).

E' stata riconosciuta la seguente successione di orizzonti:

- **Orizzonte A:** dal piano campagna fino ad una profondità massima di circa 3,8 m il materiale attraversato risulta completamente sciolto e corrisponde ai terreni rimaneggiati;
- **Orizzonte B:** posto al di sotto l'orizzonte A, rinvenuto localmente, solamente nella prova DPSH 3, presenta uno stato di addensamento medio, ad elevata permeabilità;
- **Orizzonte C:** si estende in modo omogeneo fino a fondo prova (rifiuto strumentale) con uno stato di addensamento elevato. Si tratta di terreni di natura esclusivamente granulare, molto addensati, ad elevata permeabilità, idonei alla dispersione delle acque meteoriche.

Dal punto di vista della circolazione idrica sotterranea è presente una falda sotterranea alla profondità di circa 19 m da p.c. che **non interferisce** con le fondazioni in progetto.

Sotto il profilo sismico sono stati determinati i parametri di maggior rilievo: V_{Seq} , Zona sismica, Categoria di sottosuolo e Condizioni topografiche, rimandando per questi ai singoli paragrafi.

Dal punto di vista fondazionale, visto lo sbancamento necessario per arrivare ad impostare il piano di progetto finito, si è evidenziato come l'orizzonte "C" verrà naturalmente intercettato dagli scavi e adottato come piano di posa delle stesse.

Tenuto conto di ciò si sono eseguite le verifiche agli SLU per plinti quadri di dimensioni variabili tra 3,8 m ,4,0 m e 4,2 m

In tutti i casi sono stati individuati i valori di capacità portante allo stato limite ultimo e i cedimenti indotti da carichi crescenti.

Qualora emergano carichi di progetto maggiori rispetto a quello ipotizzato, occorrerà rivedere la verifica agli SLE.

In fase esecutiva, nella realizzazione dello sbancamento necessario per giungere al piano di progetto occorrerà procedere avendo cura di realizzare un fronte di scavo secondo la geometria evidenziata in sezione AA (angolo max di 55° rispetto all'orizzontale) e sua copertura con teli impermeabili sino al completamento delle opere.

Al termine dell'incarico affidato, sulla scorta di tutto quanto sopra esposto si certifica la fattibilità geologica dell'opera in oggetto.

Celle Ligure, 23 gennaio 2025

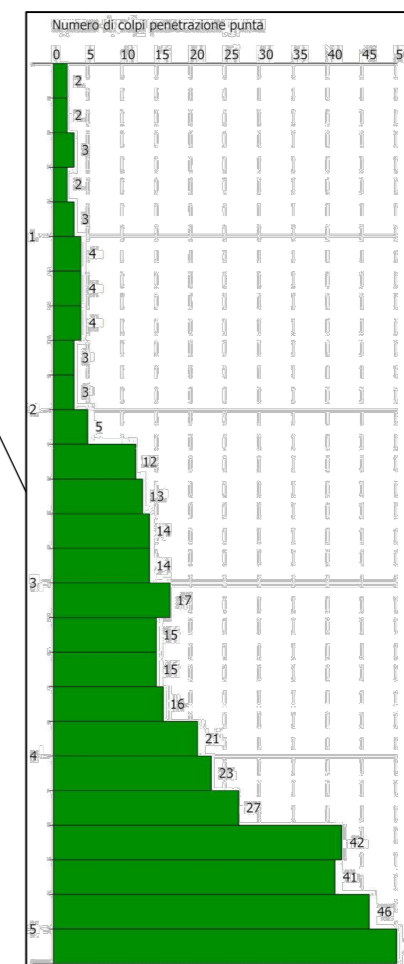
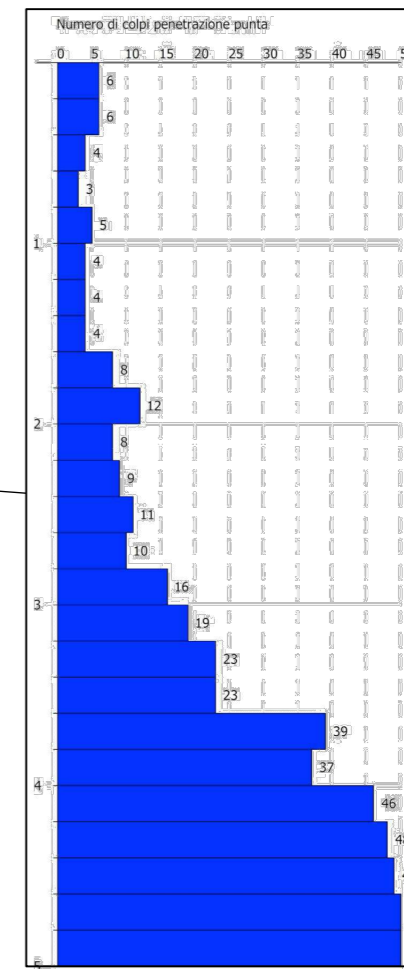
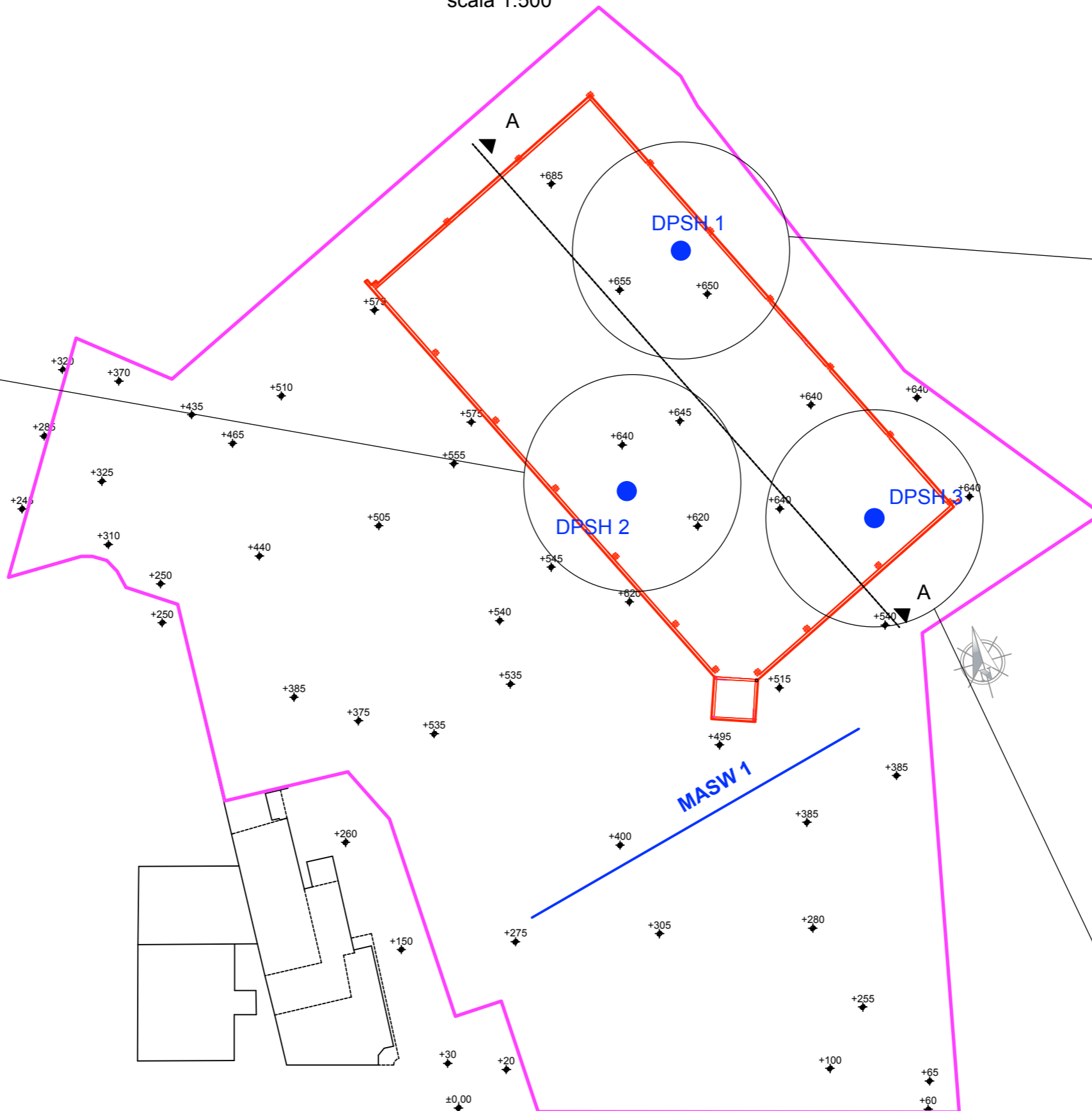
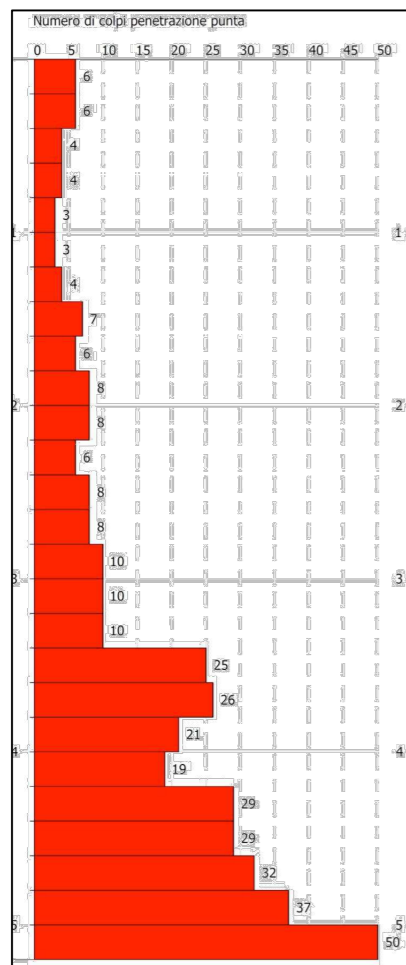
IL GEOLOGO
Giambattista Vezzolla



ALLEGATI AL TESTO

STRALCIO PLANIMETRICO CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE

scala 1:500



LEGENDA

MASW Stendimento sismico MASW

DPSH1 Prove penetrometriche dinamiche pesanti

A — A Traccia di sezione

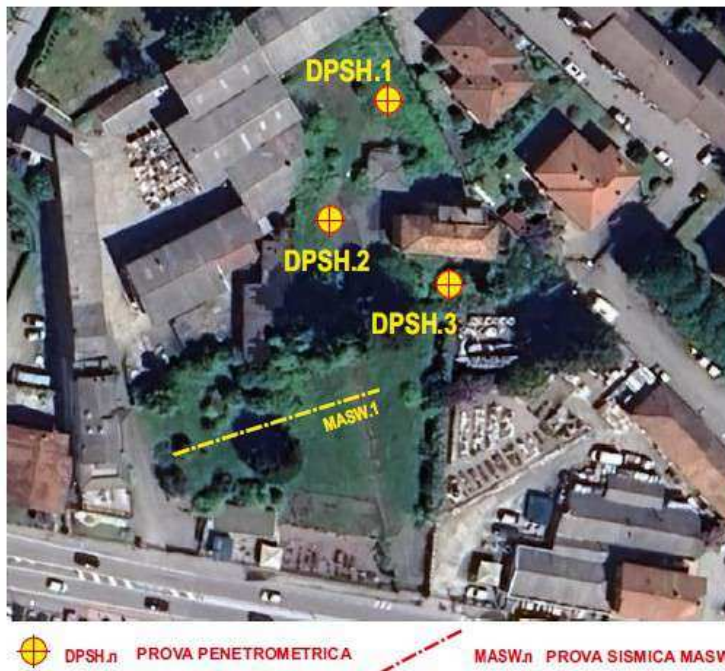
Fabbricato in progetto

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente:
Descrizione:
Località: VIA MANZONI - SESTO CALENDE

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °



PROVA ...DPSH.1



Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 08-01-2025

Profondità prova 5.00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	6	0.855	53.88	63.04	5.39	6.30
0.40	6	0.851	53.64	63.04	5.36	6.30
0.60	4	0.847	32.67	38.57	3.27	3.86
0.80	3	0.843	24.40	28.93	2.44	2.89
1.00	5	0.840	40.49	48.22	4.05	4.82
1.20	4	0.836	32.26	38.57	3.23	3.86
1.40	4	0.833	32.13	38.57	3.21	3.86
1.60	4	0.830	29.57	35.64	2.96	3.56
1.80	8	0.826	58.91	71.29	5.89	7.13
2.00	12	0.823	88.02	106.93	8.80	10.69
2.20	8	0.820	58.46	71.29	5.85	7.13

2.40	9	0.817	65.53	80.20	6.55	8.02
2.60	11	0.814	74.18	91.10	7.42	9.11
2.80	10	0.811	67.20	82.82	6.72	8.28
3.00	16	0.759	100.53	132.51	10.05	13.25
3.20	19	0.756	118.96	157.35	11.90	15.74
3.40	23	0.703	133.98	190.48	13.40	19.05
3.60	23	0.701	124.70	177.92	12.47	17.79
3.80	39	0.598	180.53	301.69	18.05	30.17
4.00	37	0.646	184.90	286.21	18.49	28.62
4.20	46	0.594	211.26	355.83	21.13	35.58
4.40	48	0.591	219.60	371.30	21.96	37.13
4.60	49	0.589	209.53	355.59	20.95	35.56
4.80	50	0.587	213.03	362.85	21.30	36.28
5.00	50	0.585	212.27	362.85	21.23	36.28

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH.1

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Strato	6.37	0.00-1.60	6.37	Gibbs & Holtz (1957)	28.99
Strato (2) Strato	20.43	1.60-3.60	20.43	Gibbs & Holtz (1957)	47.86
Strato (3) Strato	66.99	3.60-5.00	66.99	Gibbs & Holtz (1957)	72.55

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	6.37	0.00-1.60	6.37	Owasaki & Iwasaki	26.29
Strato (2) Strato	20.43	1.60-3.60	20.43	Owasaki & Iwasaki	35.21
Strato (3) Strato	66.99	3.60-5.00	66.99	Owasaki & Iwasaki	51.6

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	6.37	0.00-1.60	6.37	Bowles (1982)	---
Strato (2) Strato	20.43	1.60-3.60	20.43	Bowles (1982)	317.16
Strato (3) Strato	66.99	3.60-5.00	66.99	Bowles (1982)	875.88

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	6.37	0.00-1.60	6.37	Begemann (1974)	---
Strato (2) Strato	20.43	1.60-3.60	20.43	Begemann (1974)	278.91
Strato (3) Strato	66.99	3.60-5.00	66.99	Begemann (1974)	702.61

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	6.37	0.00-1.60	6.37	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Strato	20.43	1.60-3.60	20.43	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) Strato	66.99	3.60-5.00	66.99	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

PROVA ...DPSH.2



Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 08-01-2025

Profondità prova 5.20 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	6	0.855	53.88	63.04	5.39	6.30
0.40	6	0.851	53.64	63.04	5.36	6.30
0.60	4	0.847	32.67	38.57	3.27	3.86
0.80	4	0.843	32.53	38.57	3.25	3.86
1.00	3	0.840	24.29	28.93	2.43	2.89
1.20	3	0.836	24.19	28.93	2.42	2.89
1.40	4	0.833	32.13	38.57	3.21	3.86
1.60	7	0.830	51.74	62.38	5.17	6.24
1.80	6	0.826	44.18	53.47	4.42	5.35
2.00	8	0.823	58.68	71.29	5.87	7.13
2.20	8	0.820	58.46	71.29	5.85	7.13
2.40	6	0.817	43.69	53.47	4.37	5.35
2.60	8	0.814	53.95	66.25	5.39	6.63
2.80	8	0.811	53.76	66.25	5.38	6.63
3.00	10	0.809	66.97	82.82	6.70	8.28
3.20	10	0.806	66.75	82.82	6.68	8.28
3.40	10	0.803	66.54	82.82	6.65	8.28
3.60	25	0.701	135.54	193.39	13.55	19.34
3.80	26	0.698	140.47	201.12	14.05	20.11
4.00	21	0.696	113.07	162.45	11.31	16.24
4.20	19	0.744	109.30	146.97	10.93	14.70
4.40	29	0.691	155.11	224.33	15.51	22.43
4.60	29	0.689	145.05	210.45	14.51	21.05
4.80	32	0.637	147.95	232.22	14.79	23.22
5.00	37	0.635	170.51	268.51	17.05	26.85
5.20	50	0.583	211.54	362.85	21.15	36.28

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH.2

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Strato	9.60	0.00-3.40	9.60	Gibbs & Holtz (1957)	34.07
Strato (2) Strato	40.06	3.40-5.00	40.06	Gibbs & Holtz (1957)	59.28
Strato (3) Strato	73.50	5.00-5.20	73.50	Gibbs & Holtz (1957)	72.77

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	9.60	0.00-3.40	9.60	Owasaki & Iwasaki	28.86
Strato (2) Strato	40.06	3.40-5.00	40.06	Owasaki & Iwasaki	43.31
Strato (3) Strato	73.50	5.00-5.20	73.50	Owasaki & Iwasaki	53.34

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	9.60	0.00-3.40	9.60	Bowles (1982)	---
Strato (2) Strato	40.06	3.40-5.00	40.06	Bowles (1982)	552.72
Strato (3) Strato	73.50	5.00-5.20	73.50	Bowles (1982)	954.00

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	9.60	0.00-3.40	9.60	Begemann (1974)	180.36
Strato (2) Strato	40.06	3.40-5.00	40.06	Begemann (1974)	457.55
Strato (3) Strato	73.50	5.00-5.20	73.50	Begemann (1974)	761.85

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	9.60	0.00-3.40	9.60	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Strato	40.06	3.40-5.00	40.06	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (3) Strato	73.50	5.00-5.20	73.50	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

PROVA ... DPSH.3



Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 08-01-2025

Profondità prova 5.20 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	2	0.855	17.96	21.01	1.80	2.10
0.40	2	0.851	17.88	21.01	1.79	2.10
0.60	3	0.847	24.50	28.93	2.45	2.89
0.80	2	0.843	16.27	19.29	1.63	1.93
1.00	3	0.840	24.29	28.93	2.43	2.89
1.20	4	0.836	32.26	38.57	3.23	3.86
1.40	4	0.833	32.13	38.57	3.21	3.86
1.60	4	0.830	29.57	35.64	2.96	3.56
1.80	3	0.826	22.09	26.73	2.21	2.67
2.00	3	0.823	22.01	26.73	2.20	2.67
2.20	5	0.820	36.54	44.55	3.65	4.46
2.40	12	0.817	87.38	106.93	8.74	10.69
2.60	13	0.764	82.28	107.66	8.23	10.77

2.80	14	0.761	88.28	115.94	8.83	11.59
3.00	14	0.759	87.96	115.94	8.80	11.59
3.20	17	0.756	106.44	140.79	10.64	14.08
3.40	15	0.753	93.59	124.23	9.36	12.42
3.60	15	0.751	87.13	116.03	8.71	11.60
3.80	16	0.748	92.63	123.77	9.26	12.38
4.00	21	0.696	113.07	162.45	11.31	16.24
4.20	23	0.694	123.42	177.92	12.34	17.79
4.40	27	0.691	144.41	208.86	14.44	20.89
4.60	42	0.589	179.59	304.79	17.96	30.48
4.80	41	0.587	174.68	297.53	17.47	29.75
5.00	46	0.585	195.29	333.82	19.53	33.38
5.20	50	0.583	211.54	362.85	21.15	36.28

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH.3

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Strato	4.67	0.00-2.20	4.67	Gibbs & Holtz (1957)	22.32
Strato (2) Strato	21.32	2.20-3.80	21.32	Gibbs & Holtz (1957)	48.13
Strato (3) Strato	52.49	3.80-5.20	52.49	Gibbs & Holtz (1957)	65.68

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	4.67	0.00-2.20	4.67	Owasaki & Iwasaki	24.66
Strato (2) Strato	21.32	2.20-3.80	21.32	Owasaki & Iwasaki	35.65
Strato (3) Strato	52.49	3.80-5.20	52.49	Owasaki & Iwasaki	47.4

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	4.67	0.00-2.20	4.67	Bowles (1982)	---
Strato (2) Strato	21.32	2.20-3.80	21.32	Bowles (1982)	327.84
Strato (3) Strato	52.49	3.80-5.20	52.49	Bowles (1982)	701.88

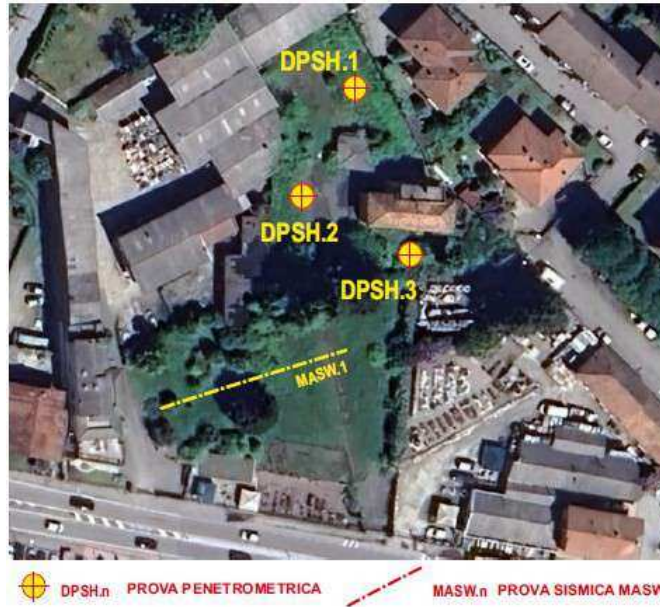
Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	4.67	0.00-2.20	4.67	Begemann (1974)	---
Strato (2) Strato	21.32	2.20-3.80	21.32	Begemann (1974)	287.01
Strato (3) Strato	52.49	3.80-5.20	52.49	Begemann (1974)	570.66

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	4.67	0.00-2.20	4.67	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Strato	21.32	2.20-3.80	21.32	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) Strato	52.49	3.80-5.20	52.49	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Risultati delle analisi MASW



Sito: VIA MANZONI – SESTO CALENDE
Data: GENNAIO 2025

Redatto da MASW
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori..... 12
Distanza tra i sensori:.....3m
Numero di campioni temporali2048
Passo temporale di acquisizione 1.024ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 2096.13ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

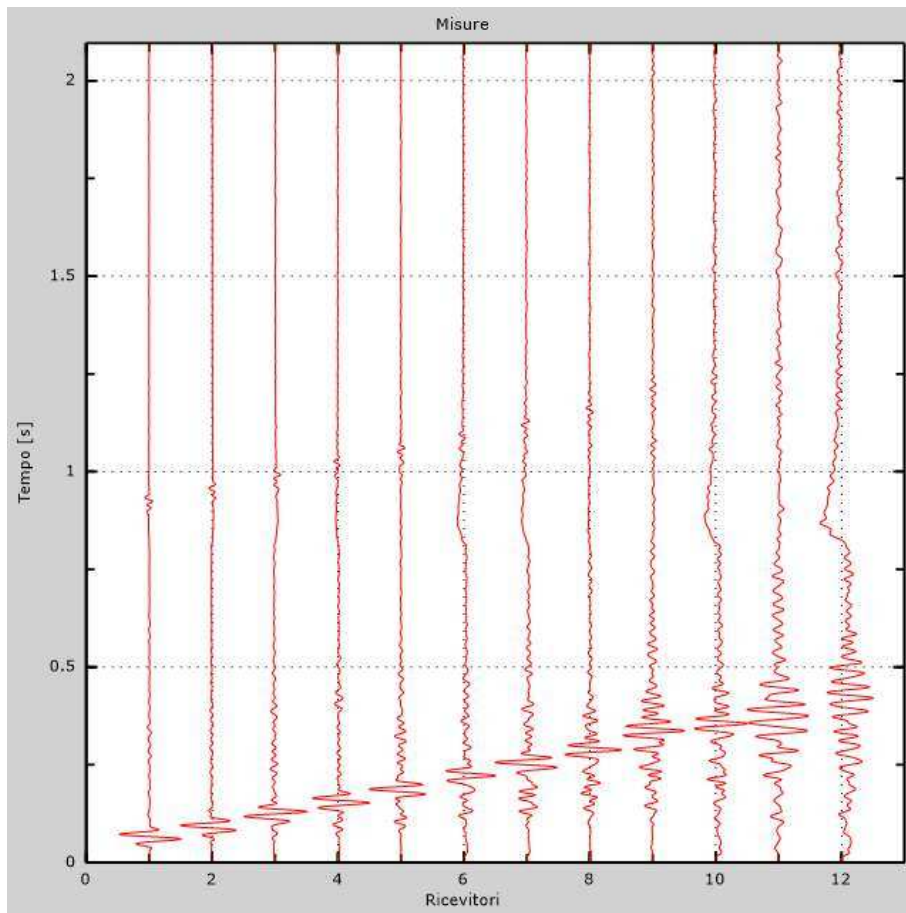


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 30Hz
Frequenza iniziale..... 10Hz

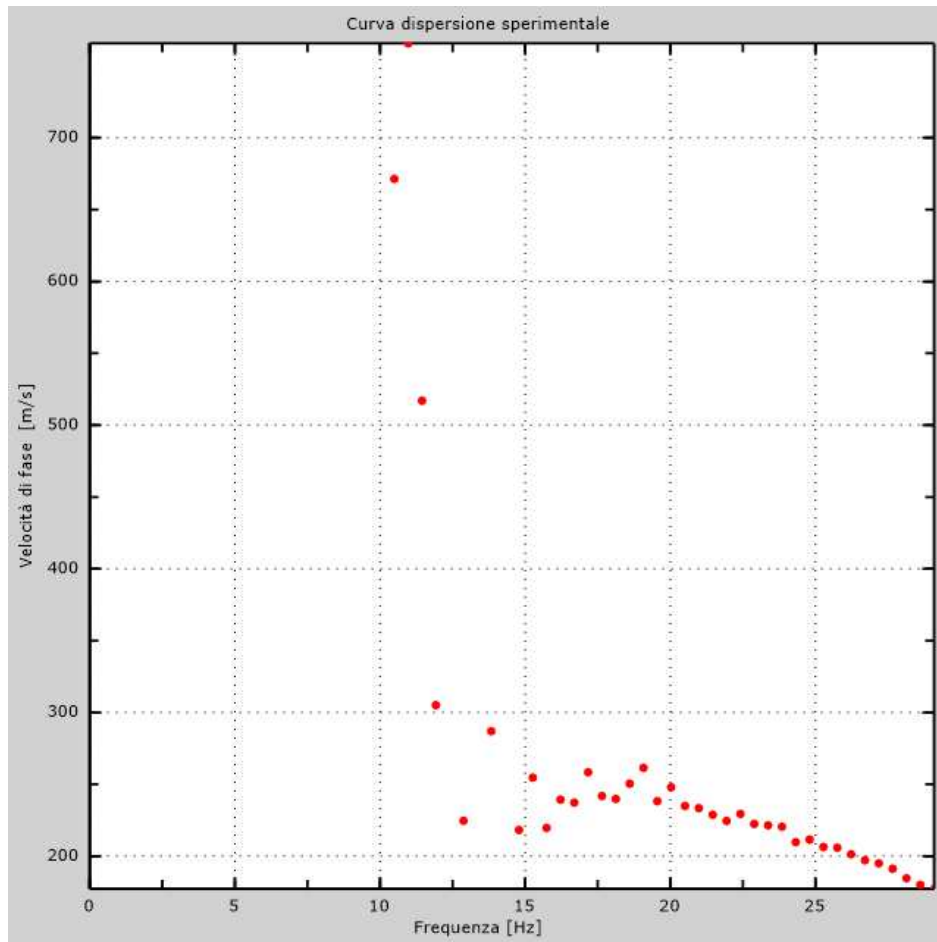


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
14.1414	272.697	213.245	332.15
16.88	245.816	221.234	270.398
18.9781	259.376	233.439	285.314
21.0762	232.597	209.337	255.857
23.1743	221.924	199.732	244.117
25.2724	206.481	185.833	227.129
27.3705	193.592	174.233	212.951
28.4195	181.93	163.737	200.123

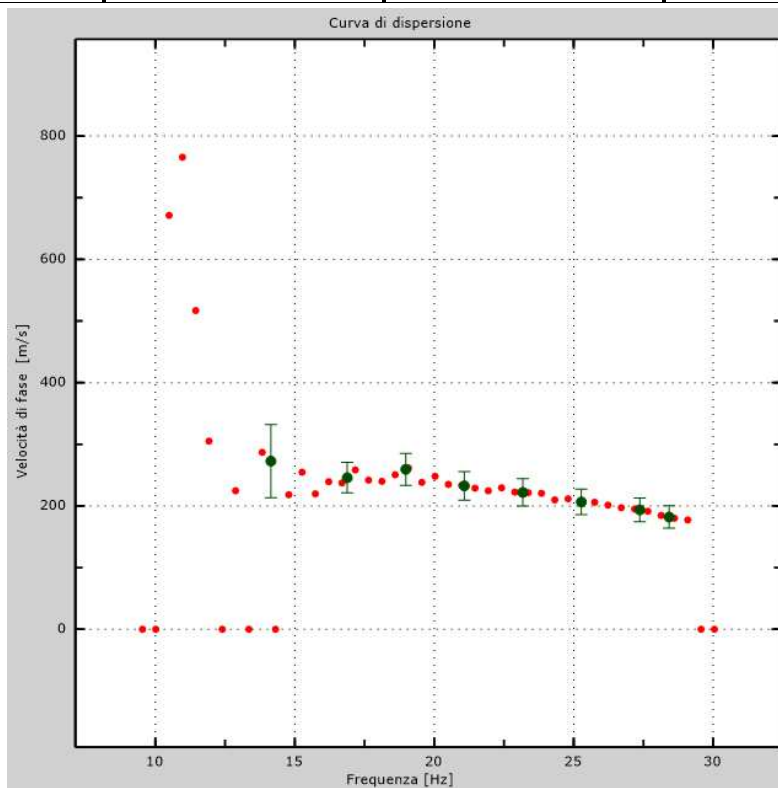


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio)	4
Spaziatura ricevitori	3m
Numero ricevitori.....	12
Numero modi	1

Strato 1

h [m].....	2
z [m].....	-2
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.35
Vs fin.[m/s]	200

Strato 2

h [m].....	3
z [m].....	-5
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.35
Vs fin.[m/s]	220

Strato 3

h [m].....	3
z [m].....	-8
Densità [kg/m ³].....	2000
Poisson	0.35
Vs fin.[m/s]	290

Strato 4

h [m].....	0
z [m].....	-∞
Densità [kg/m ³].....	2200
Poisson	0.35
Vs fin.[m/s]	450

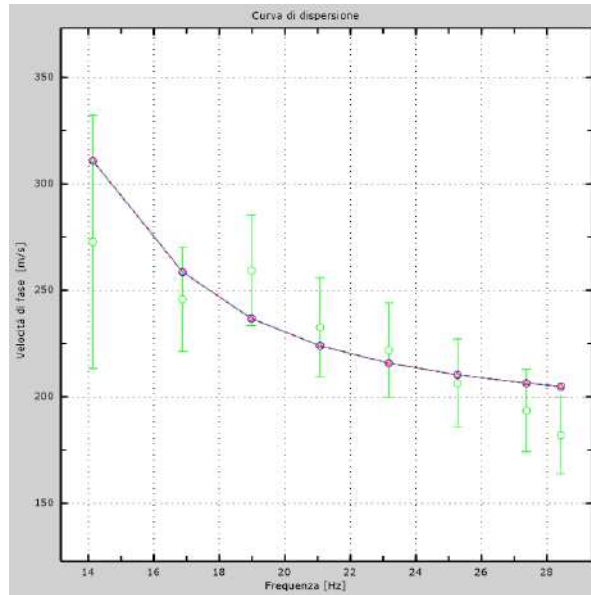


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

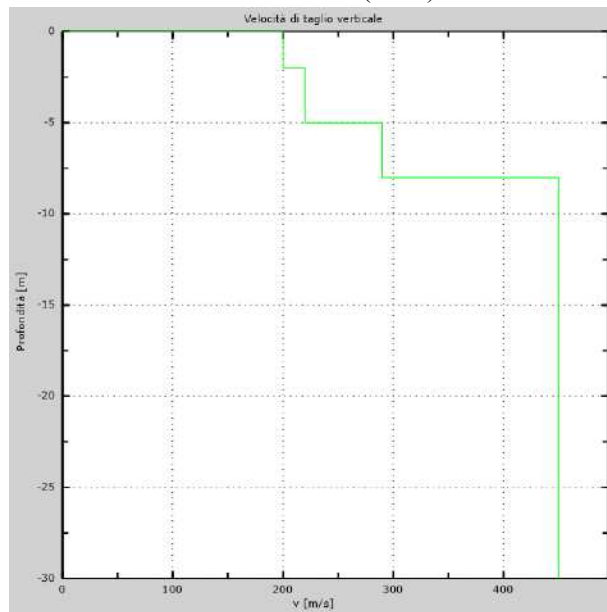


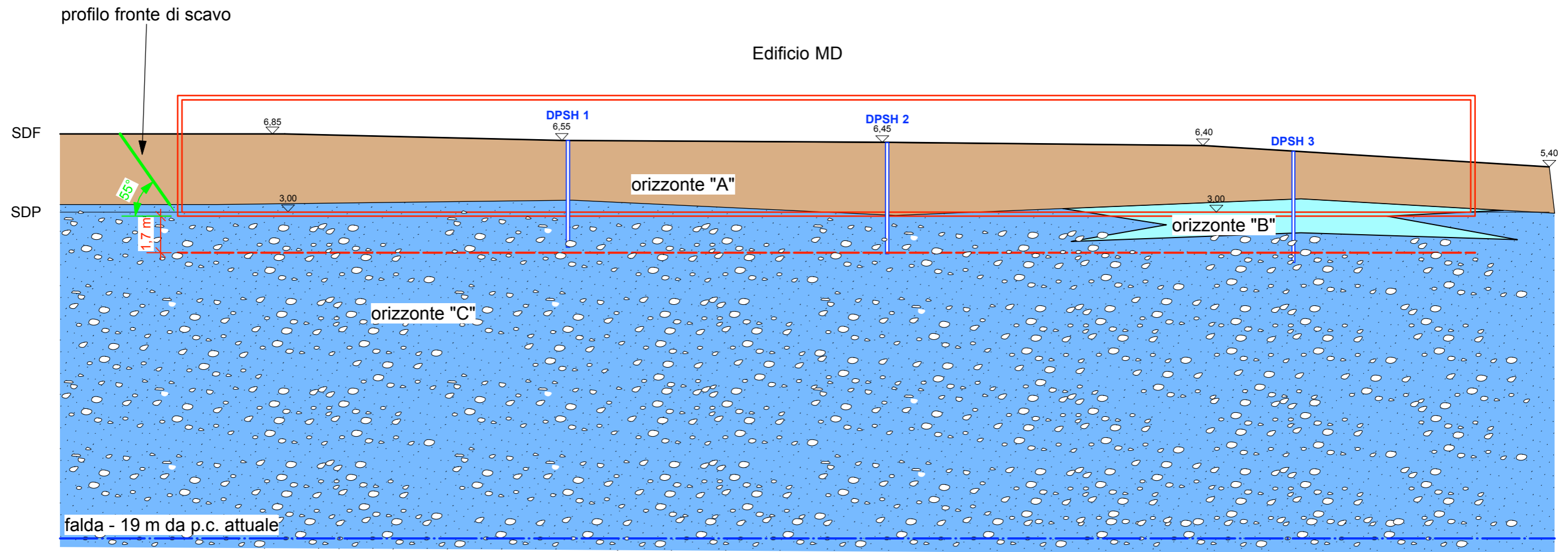
Figura 5: Profilo Vs numerico

5 - Risultati finali


Piano di riferimento $z=0$ [m].....	0
$V_{sEquivalente}/V_{s30}$ [m/s].....	362
La normativa applicata è il DM 17 gennaio 2018	
Tipo di suolo	B

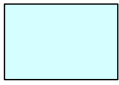
Profilo geologico e geotecnico interpretativo sez. A-A

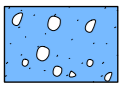
scala 1:200




LEGENDA


 Orizzonte A (granulare / coesivo):
limo sabbioso passante a sabbia limosa.
 $2 < N_{spt} < 10$


 Orizzonte B : (granulare medio)
sabbia con ghiaia.
 $12 < N_{spt} < 16$

 Orizzonte C (granulare grossolano): prevalenza di
ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa.
 $21 < N_{spt} < 50$

INDAGINI GEOGNOSTICHE

 PPD1
Prova penetrometrica
dinamica pesante

 piano di posa fondazioni
(- 1,7 m da p.f.p.)

 6,85
quote relative da rilievo
strumentale (m)

	Parametri geotecnici "medi"	Parametri geotecnici "medi"	Parametri geotecnici "medi"
Orizzonte "A":	$\gamma = 18 \text{ kN}$ $\phi = 28^\circ$ $c' \text{ (residua)} = 3 \text{ kPa}$	Orizzonte "B": $\gamma = 19 \text{ kN}$ $\phi = 33^\circ$ $c' = 0$	Orizzonte "C": $\gamma = 19 \text{ kN}$ $\phi = 38^\circ$ $c' = 0$

SSAP 6.0 (2024) - Slope Stability Analysis Program

Data : 20/01/2025

scala 1:100

Localita': Via Manzoni - Comune di Sesto Calende (VA)

Descrizione: stabilit  fronte di scavo

[x] = orizzonte

Modello di calcolo : Morgenstern & Price (1965)

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

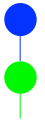
Campione Superfici - N.: 5000

Lunghezza media segmenti (m) : 0.2

Range X inizio generazione : 0.1 - 2.6

Range X termine generazione : 2,6 - 4,9

Livello Y minimo considerato : 0.0



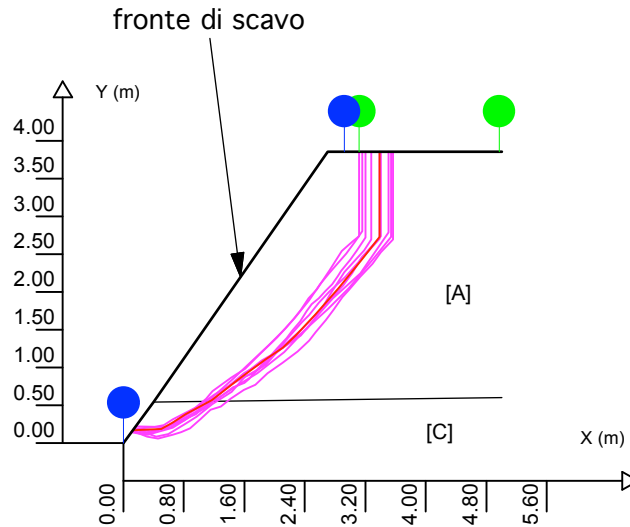
DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.135 (> 1,1)

Range Fs : 1.135 - 1.155

Differenza % Range Fs : 1.79

Coefficiente Sismico orizzontale (SLV) - Kh: 0.012



orizzonte	phi (°)	C' (kPa)	Cu (kPa)	Gamm (kN/m3)	Gamm Sat (kN/m3)
"A"	28	3	0	18	20
orizzonte	phi (°)	C' (kPa)	Cu (kPa)	Gamm (kN/m3)	Gamm Sat (kN/m3)
"C"	38	0	0	19	21

Report Generale Risultati di Verifica di stabilita'

SSAP 6.0 - Slope Stability Analysis Program (1991,2024)

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 21 Maggio 2024

File report: C:\SSAP2011\pendii\sestocalende\fronte.txt

Data: 20/1/2025

Località: Via Manzoni, Comune di Sesto Calende (VA)

Descrizione: verifica di stabilità fronte di scavo

Modello pendio: fronte.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

___ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X,Y (in m) ___

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
0.40	0.54	0.40	0.54	-	-	-	-
2.70	3.85	5.00	0.60	-	-	-	-
5.00	3.85	-	-	-	-	-	-

-- ASSENZA DI FALDA --

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

Gamm_sat	STR_IDX	fi` sgci	C` GSI	Cu mi	D	Gamm
20.00	STRATO 1	28.00	3.00	0.00	0.00	18.00
21.00	STRATO 2	38.00	0.00	0.00	0.00	19.00
21.00	2.781	0.00	0.00	0.00	0.00	

LEGENDA: fi` _____ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C` _____ Coesione efficace (in Kpa)

Cu _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)

Gamm_sat _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)

STR_IDX _____ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF

SEARCH) (adimensionale)

NOTA BENE:

FATTORI DI RIDUZIONE NTC2018/EC-7: gammaPHI=1.25,
gammaC=1.25 e gammaCu=1.4 - DISATTIVATI

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

MOTORE DI RICERCA: RANDOM SEARCH - Siegel (1981)

FILTRAGGIO SUPERFICI: ATTIVATO

COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00

LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)*: 0.2 (+/-) 50%

INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 0.10 2.60

LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00

INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 2.60 4.90

TOTALE SUPERFICI GENERATE: 5000

*NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene considerata
nel caso di uso del motore di ricerca NEW RANOM SEARCH

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)

METODO DI ESPLORAZIONE CAMPO VALORI (λ_0, F_{s0}) ADOTTATO : A (rapido)
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO K_h : 0.0120
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO K_v (assunto Positivo): 0.0060
 COEFFICIENTE $c=K_v/K_h$ UTILIZZATO : 0.5000
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

 ----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

 # DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICIE GENERATE CON MINOR F_s #

X(m)	Y(m)	#Superficie N.1 - #FS_minimo	#Fattore di sicurezza(FS)=
		1.1353	#Lambda= 0.9612
0.124	0.167		
0.503	0.190		
0.652	0.276		
0.819	0.379		
1.165	0.570		
1.517	0.838		
1.868	1.103		
2.106	1.266		
2.274	1.428		
2.532	1.699		
2.846	2.048		
3.146	2.413		
3.390	2.732		
3.390	3.850		

X(m)	Y(m)	#Superficie N. 2	#Fattore di sicurezza(FS)=
1.1419		#Lambda= 0.9890	
0.105	0.142		
0.288	0.115		
0.435	0.163		
0.601	0.236		
0.780	0.356		
0.980	0.488		
1.197	0.637		
1.433	0.781		
1.620	0.885		
1.879	1.037		
2.074	1.254		
2.363	1.510		
2.632	1.797		
2.729	1.954		
2.924	2.259		
3.092	2.445		
3.187	2.552		
3.280	2.695		
3.280	3.850		

X(m)	Y(m)	#Superficie N. 3	#Fattore di sicurezza(FS)=
1.1439		#Lambda= 1.0043	
0.145	0.196		

0.434	0.087
0.591	0.119
0.805	0.248
0.963	0.350
1.180	0.515
1.431	0.678
1.607	0.882
1.739	0.929
1.934	1.099
2.035	1.223
2.151	1.362
2.363	1.606
2.451	1.698
2.579	1.858
2.721	1.996
2.926	2.196
3.146	2.439
3.234	2.537
3.391	2.703
3.391	3.850

	X(m)	Y(m)	#Superficie N. 4 #Fattore di sicurezza(FS)=
1.1450	#Lambda= 1.0582		
	0.123	0.166	
	0.320	0.110	
	0.654	0.206	
	0.816	0.305	
	0.945	0.401	
	1.077	0.518	
	1.224	0.651	
	1.455	0.859	
	1.627	1.014	
	1.770	1.152	
	1.919	1.295	
	2.138	1.517	
	2.249	1.648	
	2.342	1.764	
	2.451	1.917	
	2.557	2.036	
	2.722	2.292	
	2.889	2.541	
	3.033	2.672	
	3.117	2.736	
	3.117	3.850	

	X(m)	Y(m)	#Superficie N. 5 #Fattore di sicurezza(FS)=
1.1521	#Lambda= 0.9221		
	0.167	0.225	
	0.554	0.209	
	0.706	0.273	
	1.047	0.469	
	1.310	0.637	
	1.577	0.806	
	1.766	0.926	
	2.123	1.203	
	2.427	1.524	
	2.702	1.774	
	2.978	2.055	
	3.281	2.412	
	3.542	2.724	

3.542 3.850

	X(m)	Y(m)	#Superficie N. 6	#Fattore di sicurezza(FS)=
1.1528	#Lambda= 0.9964			
	0.142	0.192		
	0.318	0.133		
	0.434	0.167		
	0.611	0.207		
	0.799	0.297		
	0.972	0.405		
	1.091	0.470		
	1.171	0.546		
	1.281	0.615		
	1.446	0.739		
	1.601	0.799		
	1.659	0.850		
	1.707	0.911		
	1.780	0.981		
	1.923	1.124		
	2.032	1.259		
	2.157	1.392		
	2.237	1.494		
	2.339	1.614		
	2.425	1.748		
	2.493	1.836		
	2.581	1.911		
	2.666	2.004		
	2.758	2.102		
	2.836	2.208		
	2.883	2.275		
	2.998	2.419		
	3.080	2.541		
	3.147	2.642		
	3.203	2.718		
	3.203	3.850		

	X(m)	Y(m)	#Superficie N. 7	#Fattore di sicurezza(FS)=
1.1544	#Lambda= 1.0522			
	0.137	0.185		
	0.407	0.213		
	0.530	0.241		
	0.648	0.312		
	0.949	0.468		
	1.091	0.589		
	1.174	0.692		
	1.418	0.864		
	1.608	0.988		
	1.815	1.190		
	2.031	1.403		
	2.270	1.661		
	2.457	1.892		
	2.596	2.104		
	2.717	2.243		
	2.950	2.512		
	3.067	2.667		
	3.155	2.806		
	3.155	3.850		

	X(m)	Y(m)	#Superficie N. 8	#Fattore di sicurezza(FS)=
1.1554	#Lambda= 0.9651			
	0.147	0.199		
	0.373	0.157		
	0.577	0.212		
	0.826	0.370		
	1.183	0.589		
	1.468	0.807		
	1.833	1.094		
	2.009	1.198		
	2.183	1.312		
	2.346	1.427		
	2.559	1.681		
	2.766	1.915		
	3.132	2.246		
	3.416	2.653		
	3.503	2.785		
	3.503	3.850		

	X(m)	Y(m)	#Superficie N. 9	#Fattore di sicurezza(FS)=
1.1554	#Lambda= 0.9541			
	0.138	0.187		
	0.295	0.135		
	0.584	0.223		
	0.955	0.385		
	1.258	0.645		
	1.590	0.925		
	1.918	1.124		
	2.216	1.349		
	2.434	1.516		
	2.683	1.844		
	2.902	2.084		
	3.021	2.247		
	3.151	2.460		
	3.404	2.735		
	3.404	3.850		

	X(m)	Y(m)	#Superficie N.10	#Fattore di sicurezza(FS)=
1.1559	#Lambda= 0.9032			
	0.122	0.165		
	0.311	0.090		
	0.460	0.061		
	0.654	0.109		
	0.760	0.147		
	0.880	0.196		
	1.025	0.322		
	1.155	0.439		
	1.285	0.482		
	1.415	0.583		
	1.588	0.701		
	1.746	0.774		
	1.904	0.927		
	2.100	1.064		
	2.301	1.215		
	2.452	1.355		
	2.540	1.464		
	2.673	1.626		
	2.780	1.760		
	2.900	1.929		
	2.981	2.027		

3.130	2.206
3.290	2.369
3.402	2.527
3.561	2.698
3.561	3.850

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICIE GENERATE CON MINOR Fs *
 # Analisi Deficit in riferimento a FS (progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.135	55.5	48.9	-3.2	Deficit
2	1.142	53.8	47.1	-2.7	Deficit
3	1.144	56.5	49.4	-2.8	Deficit
4	1.145	48.2	42.1	-2.3	Deficit
5	1.152	60.2	52.3	-2.5	Deficit
6	1.153	52.8	45.8	-2.2	Deficit
7	1.154	48.1	41.7	-1.9	Deficit
8	1.155	58.3	50.5	-2.3	Deficit
9	1.155	56.8	49.1	-2.2	Deficit
10	1.156	65.2	56.4	-2.5	Deficit

Esito analisi: DEFICIT di RESISTENZA!

Valore massimo di DEFICIT di RESISTENZA(kN/m): -3.2

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento
 FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata, ovvero in kN/m

 TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

phi'	X	dx	alpha	W	ru	U
(∞)	(m)	(m)	(∞)	(kN/m)	(-)	(kPa)
	(c', Cu)					
	(kPa)					
38.00	0.124	0.082	3.38	0.08	0.00	0.00
38.00	0.205	0.082	3.38	0.25	0.00	0.00
38.00	0.287	0.082	3.38	0.41	0.00	0.00
38.00	0.369	0.031	3.38	0.20	0.00	0.00
38.00	0.400	0.082	3.38	0.64	0.00	0.00
38.00	0.482	0.021	3.38	0.19	0.00	0.00
38.00	0.503	0.082	30.23	0.82	0.00	0.00
38.00	0.584	0.067	30.23	0.75	0.00	0.00
38.00	0.652	0.082	31.42	0.99	0.00	0.00
38.00	0.00					

	0.733	0.082	31.42	1.09	0.00	0.00
38.00	0.00					
	0.815	0.004	31.42	0.06	0.00	0.00
38.00	0.00					
	0.819	0.082	28.97	1.20	0.00	0.00
38.00	0.00					
	0.901	0.082	28.97	1.30	0.00	0.00
38.00	0.00					
	0.982	0.082	28.97	1.40	0.00	0.00
38.00	0.00					
	1.064	0.064	28.97	1.16	0.00	0.00
38.00	0.00					
	1.128	0.038	28.97	0.72	0.00	0.00
28.00	7.00					
	1.165	0.082	37.27	1.62	0.00	0.00
28.00	7.00					
	1.247	0.082	37.27	1.71	0.00	0.00
28.00	7.00					
	1.329	0.082	37.27	1.79	0.00	0.00
28.00	7.00					
	1.410	0.082	37.27	1.87	0.00	0.00
28.00	7.00					
	1.492	0.025	37.27	0.59	0.00	0.00
28.00	7.00					
	1.517	0.082	37.01	1.98	0.00	0.00
28.00	7.00					
	1.599	0.082	37.01	2.06	0.00	0.00
28.00	7.00					
	1.680	0.082	37.01	2.14	0.00	0.00
28.00	7.00					
	1.762	0.082	37.01	2.23	0.00	0.00
28.00	7.00					
	1.844	0.024	37.01	0.68	0.00	0.00
28.00	7.00					
	1.868	0.082	34.42	2.34	0.00	0.00
28.00	7.00					
	1.950	0.082	34.42	2.43	0.00	0.00
28.00	7.00					
	2.031	0.075	34.42	2.31	0.00	0.00
28.00	7.00					
	2.106	0.082	44.16	2.59	0.00	0.00
28.00	7.00					
	2.188	0.082	44.16	2.64	0.00	0.00
28.00	7.00					
	2.270	0.004	44.16	0.13	0.00	0.00
28.00	7.00					
	2.274	0.082	46.30	2.70	0.00	0.00
28.00	7.00					
	2.355	0.082	46.30	2.74	0.00	0.00
28.00	7.00					
	2.437	0.082	46.30	2.79	0.00	0.00
28.00	7.00					
	2.518	0.013	46.30	0.46	0.00	0.00
28.00	7.00					
	2.532	0.082	48.05	2.84	0.00	0.00
28.00	7.00					
	2.613	0.082	48.05	2.88	0.00	0.00
28.00	7.00					
	2.695	0.005	48.05	0.17	0.00	0.00
28.00	7.00					

28.00	2.700	7.00	0.082	48.05	2.84	0.00	0.00
28.00	2.782	7.00	0.064	48.05	2.14	0.00	0.00
28.00	2.846	7.00	0.082	50.58	2.59	0.00	0.00
28.00	2.928	7.00	0.082	50.58	2.44	0.00	0.00
28.00	3.009	7.00	0.082	50.58	2.30	0.00	0.00
28.00	3.091	7.00	0.055	50.58	1.45	0.00	0.00
28.00	3.146	7.00	0.082	52.51	2.05	0.00	0.00
28.00	3.227	7.00	0.082	52.51	1.89	0.00	0.00
28.00	3.309	7.00	0.082	52.51	1.73	0.00	0.00

 LEGENDA SIMBOLI
 X(m) : Ascissa sinistra concio
 dx(m) : Larghezza concio
 alpha(∞) : Angolo pendenza base concio
 W(kN/m) : Forza peso concio
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio
 phi'(∞) : Angolo di attrito efficace base concio
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

T(x)	X (m)	ht E' (m) (kN)	yt rho(x) (m) (--)	yt' FS_qFEM (--) (--)	E(x) FS_p-qPATH (kN/m) (--)
0.0000000000E+000	0.124	0.000	0.167	0.530	0.0000000000E+000
1.0329228368E-003	0.205	0.035	0.207	0.038	18.690 4.694
6.3034381595E-002	0.287	3.4418073789E+000	0.254	0.530	1.0738262938E-001 4.694
2.1282846274E-001	0.369	0.077	0.296	0.544	5.6196237145E-001 2.967
2.6026650585E-001	0.400	5.2271894415E+000	0.308	0.105	8.246 2.967
4.3820035298E-001	0.482	0.114	0.348	0.479	9.6085391675E-001 2.287
4.9135505539E-001	0.503	3.7725584060E+000	0.417	0.174	5.242 2.287
7.3913693748E-001	0.584	0.124	0.417	0.465	1.0653836247E+000 2.119
		3.4069120629E+000	0.417	0.204	4.493 2.119
		0.160	0.417	0.509	1.3564069417E+000 1.754
		2.9974756869E+000	0.417	0.279	3.085 1.754
		0.170	0.417	0.673	1.4165325939E+000 1.690
		2.7488781916E+000	0.417	0.284	2.902 1.690
		0.180	0.417	0.839	1.6087008949E+000 1.454
		2.1470680986E+000	0.417	0.295	2.289 1.454

0.652	0.208	0.485	0.982	1.7414654952E+000	
1.0044878952E+000	1.5635100681E+000		0.304	1.845	1.253
0.733	0.237	0.564	0.853	1.8280813321E+000	
1.2805857567E+000	9.3748012869E-001		0.314	1.526	1.080
0.815	0.248	0.624	0.737	1.8945329096E+000	
1.4677943859E+000	7.7248354132E-001		0.316	1.402	0.995
0.819	0.248	0.627	0.780	1.8978625257E+000	
1.4763478134E+000	7.9204810796E-001		0.316	1.396	0.992
0.901	0.267	0.691	0.868	1.9960767440E+000	
1.6644137603E+000	1.5199123983E+000		0.312	1.336	0.946
0.982	0.300	0.769	0.969	2.1460267841E+000	
1.8902522668E+000	2.0161331191E+000		0.307	1.300	0.977
1.064	0.335	0.849	0.877	2.3252616240E+000	
2.1226386457E+000	1.9873650735E+000		0.303	1.280	1.061
1.128	0.346	0.896	0.711	2.4412652998E+000	
2.2494350459E+000	1.8061684217E+000		0.302	1.274	1.155
1.165	0.351	0.921	0.795	2.5090685426E+000	
2.3161819250E+000	1.8757634292E+000		0.302	1.270	1.189
1.247	0.358	0.991	1.015	2.6764905353E+000	
2.4886406316E+000	2.2547909729E+000		0.305	1.249	1.230
1.329	0.392	1.087	1.152	2.8772203718E+000	
2.7061146481E+000	2.2671258060E+000		0.311	1.209	1.222
1.410	0.422	1.179	0.998	3.0466563389E+000	
2.8937090175E+000	1.7433915600E+000		0.316	1.169	1.188
1.492	0.431	1.250	0.809	3.1618732728E+000	
3.0138123087E+000	1.0604407436E+000		0.317	1.144	1.168
1.517	0.427	1.265	0.808	3.1858641897E+000	
3.0364488408E+000	1.0197610275E+000		0.317	1.140	1.165
1.599	0.437	1.336	1.010	3.2870000451E+000	
3.1352212448E+000	1.3179447085E+000		0.316	1.124	1.149
1.680	0.469	1.430	1.150	3.4010520989E+000	
3.2555456523E+000	1.3449312652E+000		0.314	1.108	1.129
1.762	0.501	1.524	1.001	3.5065941943E+000	
3.3701501049E+000	1.1277980978E+000		0.311	1.096	1.111
1.844	0.509	1.594	0.810	3.5851937500E+000	
3.4489278601E+000	8.6979693645E-001		0.308	1.088	1.099
1.868	0.507	1.610	0.805	3.6057862401E+000	
3.4658771290E+000	9.2021125314E-001		0.307	1.087	1.097
1.950	0.521	1.679	0.911	3.7022389635E+000	
3.5315653888E+000	1.0747913681E+000		0.302	1.074	1.087
2.031	0.544	1.759	1.147	3.7812731979E+000	
3.5726950557E+000	4.1743278260E-001		0.294	1.053	1.077
2.106	0.593	1.859	1.187	3.7746203933E+000	
3.5473273489E+000	-7.3338322774E-001		0.282	1.022	1.066
2.188	0.599	1.945	0.995	3.6574800804E+000	
3.4549182824E+000	-1.7419830719E+000		0.269	0.999	1.060
2.270	0.597	2.021	0.934	3.4901974636E+000	
3.3218704414E+000	-1.9558542248E+000		0.256	0.986	1.056
2.274	0.596	2.025	1.152	3.4826412835E+000	
3.3156907648E+000	-2.0087128391E+000		0.256	0.986	1.056
2.355	0.606	2.120	1.180	3.2200629159E+000	
3.0714701321E+000	-3.3442597129E+000		0.233	0.980	1.054
2.437	0.618	2.217	1.294	2.9366060433E+000	
2.7894339030E+000	-3.9460843785E+000		0.210	0.978	1.052
2.518	0.647	2.331	1.315	2.5757645310E+000	
2.4351199066E+000	-3.0525601245E+000		0.182	0.978	1.053
2.532	0.644	2.342	1.027	2.5380576100E+000	
2.4002599282E+000	-2.9861542331E+000		0.179	0.978	1.053
2.613	0.639	2.429	1.010	2.2158458266E+000	
2.1136115329E+000	-3.9526850407E+000		0.159	0.982	1.056

2.695	0.627	2.507	0.953	1.8926814996E+000	
1.8346392014E+000	-3.7480985452E+000		0.141	0.988	1.063
2.700	0.625	2.511	0.888	1.8743347434E+000	
1.8185172471E+000	-3.7586727519E+000		0.140	0.989	1.063
2.782	0.607	2.584	0.815	1.5359584967E+000	
1.5133224132E+000	-3.7685886812E+000		0.120	1.001	1.076
2.846	0.582	2.630	0.851	1.3124703305E+000	
1.2933026694E+000	-3.8037492904E+000		0.103	1.016	1.091
2.928	0.561	2.708	0.916	9.6758323356E-001	
9.1712996311E-001	-3.7629918352E+000		0.073	1.049	1.124
3.009	0.533	2.780	0.855	6.9806644823E-001	
6.0235180879E-001	-2.9886937566E+000		0.054	1.088	1.163
3.091	0.502	2.848	0.769	4.7960315620E-001	
3.4777575260E-001	-2.1972988329E+000		0.043	1.130	1.204
3.146	0.472	2.884	0.746	3.7712595805E-001	
2.4269575167E-001	-1.9525629362E+000		0.041	1.158	1.232
3.227	0.430	2.949	0.889	2.0852085797E-001	
8.2067826225E-002	-2.2398769516E+000		0.038	1.239	1.311
3.309	0.404	3.029	0.889	1.1409221208E-002	
1.0974628955E-004	-1.2771115365E+000		0.038	1.239	1.844

 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio
 yt(m) : coordinata Y linea di thrust
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di thrust
 E(x) (kN/m) : Forza Normale interconcio
 T(x) (kN/m) : Forza Tangenziale interconcio
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio
 Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale
 interconcio ZhU et al.(2003)
 FS_qFEM(x) (-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by
 qFEM
 FS_p-qPATH(x) (-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by
 p-qPATH Procedure

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON
 MINOR FS

X	dx	dl	alpha	TauStress	TauF
TauStrength	TauS				
(m)	(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)
0.124	0.082	0.082	3.381	0.071	0.006
0.793	0.065				
0.205	0.082	0.082	3.381	0.214	0.018
2.891	0.236				
0.287	0.082	0.082	3.381	0.357	0.029
5.224	0.427				
0.369	0.031	0.031	3.381	0.455	0.014
6.082	0.190				
0.400	0.082	0.082	3.381	0.555	0.045
7.645	0.625				

8.884	0.482	0.021	0.021	3.381	0.645	0.014
	0.188					
	0.503	0.082	0.094	30.232	4.434	0.419
6.054	0.572					
	0.584	0.067	0.078	30.232	4.927	0.383
6.780	0.527					
	0.652	0.082	0.096	31.425	5.528	0.529
7.097	0.679					
	0.733	0.082	0.096	31.425	6.061	0.580
7.692	0.736					
	0.815	0.004	0.005	31.425	6.342	0.032
8.021	0.041					
	0.819	0.082	0.093	28.974	6.340	0.592
8.967	0.837					
	0.901	0.082	0.093	28.974	6.887	0.643
9.772	0.912					
	0.982	0.082	0.093	28.974	7.435	0.694
10.532	0.983					
	1.064	0.064	0.073	28.974	7.922	0.575
11.101	0.806					
	1.128	0.038	0.043	28.974	8.266	0.357
14.586	0.630					
	1.165	0.082	0.103	37.268	9.739	0.999
13.194	1.353					
	1.247	0.082	0.103	37.268	10.230	1.049
13.413	1.376					
	1.329	0.082	0.103	37.268	10.721	1.100
13.824	1.418					
	1.410	0.082	0.103	37.268	11.211	1.150
14.333	1.470					
	1.492	0.025	0.032	37.268	11.532	0.365
14.672	0.465					
	1.517	0.082	0.102	37.013	11.828	1.209
14.887	1.522					
	1.599	0.082	0.102	37.013	12.323	1.260
15.173	1.551					
	1.680	0.082	0.102	37.013	12.817	1.310
15.527	1.588					
	1.762	0.082	0.102	37.013	13.312	1.361
15.958	1.632					
	1.844	0.024	0.031	37.013	13.634	0.418
16.236	0.497					
	1.868	0.082	0.099	34.418	13.582	1.344
17.138	1.696					
	1.950	0.082	0.099	34.418	14.111	1.396
17.589	1.741					
	2.031	0.075	0.091	34.418	14.618	1.330
18.114	1.647					
	2.106	0.082	0.114	44.160	16.023	1.823
15.898	1.809					
	2.188	0.082	0.114	44.160	16.373	1.863
16.231	1.847					
	2.270	0.004	0.005	44.160	16.557	0.089
16.319	0.088					
	2.274	0.082	0.118	46.299	16.687	1.972
16.215	1.916					
	2.355	0.082	0.118	46.299	16.981	2.006
16.506	1.950					
	2.437	0.082	0.118	46.299	17.274	2.041
16.929	2.000					

	2.518	0.013	0.019	46.299	17.444	0.336
16.473	0.318					
	2.532	0.082	0.122	48.054	17.497	2.137
16.309	1.992					
	2.613	0.082	0.122	48.054	17.739	2.167
16.391	2.002					
	2.695	0.005	0.007	48.054	17.868	0.131
16.407	0.121					
	2.700	0.082	0.122	48.054	17.462	2.133
16.367	1.999					
	2.782	0.064	0.096	48.054	16.722	1.610
15.917	1.533					
	2.846	0.082	0.129	50.582	15.718	2.021
15.281	1.965					
	2.928	0.082	0.129	50.582	14.827	1.906
14.644	1.883					
	3.009	0.082	0.129	50.582	13.936	1.792
14.011	1.801					
	3.091	0.055	0.086	50.582	13.193	1.134
13.285	1.142					
	3.146	0.082	0.134	52.508	12.217	1.639
12.552	1.684					
	3.227	0.082	0.134	52.508	11.277	1.513
11.839	1.588					
	3.309	0.082	0.134	52.508	10.338	1.387
11.113	1.491					

 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
 dx(m) : Larghezza concio
 dl(m) : lunghezza base concio
 alpha(∞) : Angolo pendenza base concio
 TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio
 TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio
 TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio
 TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

