

Committente



COMUNE DI
COMO

SETTORE 11 - SERVIZI TECNICI CIMITERIALI -
MANUTENZIONE PALAZZO CERNEZZI - LOGISTICA -
PREVENZIONE E PROTEZIONE AZIENDALE



Certificato ISO 9001:2008 n° 14687

Via G. Gozzano n. 6
20831 Seregno (MB)
Tel. 0362.221543
0362.246248
Fax 0362.247012
email: studio@mpiassociati.it
www.mpiassociati.it

COMMESSA
AAARCHIVIO21\C121-21

F.TO

ELABORATO

FILE

SCALA

DOCPEGE13

PROGETTO IN UNICA FASE (PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA - PROGETTO DEFINITIVO - PROGETTO ESECUTIVO)

DENOMINAZIONE PROGETTO

**CIMITERO DI MONTE OLIMPINO - COLOMBARI OVEST:
RIFACIMENTO/ADEGUAMENTO PARAPETTI, RIFACIMENTO DI UNA SCALA,
INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO STATICO/STRUTTURALE DI PILASTRI E
STRUTTURE ORIZZONTALI, RIFACIMENTO DELLA RETE LOCALE DI SMALTIMENTO
DELLE ACQUE METEORICHE, OPERE VARIE> - CUP: J18C20000110004**

DENOMINAZIONE ELABORATO

Allegato N - Relazione Geotecnica

2	DICEMBRE 2022	REVISIONE 02
1	LUGLIO 2022	REVISIONE 01
0	MAGGIO 2022	EMISSIONE DEF/ESE
REV	DATA	DESCRIZIONE

DATA	STESURA	VERIFICATO	APPROVATO
DICEMBRE 2022	V.M. - A.A.	A. MAURI	A. MAURI
I PROGETTISTI			
ING. Agostino MAURI	ING. Luca Maria MAGNAGHI	ARCH. Matteo Maria MAGNAGHI	GEOL. Fabio FUSINA



1.	PREMESSA.....	2
2.	RIFERIMENTI.....	2
3.	METODOLOGIA DI ESECUZIONE DELLE INDAGINI.....	3
4.	SOGGIACENZA DELLA FALDA.....	7
5.	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO – TECNICA DEI TERRENI.....	7
6.	PROGETTO	10
7.	CALCOLO DELLA RESISTENZA DI PROGETTO - PALI	10
8.	APPROFONDIMENTO SISMICO DI PRIMO LIVELLO	13
9.	ALLEGATI	17

1. PREMESSA

Il *Comune di Como* ci ha affidato l'incarico per l'esecuzione di un'indagine geognostica in supporto all'intervento di ristrutturazione del cimitero comunale di Monte Olimpino, in via Maderno.

A tale scopo, in data 4 febbraio 2022, abbiamo eseguito le seguenti indagini:

- n. 2 prove penetrometriche dinamiche continue SCPT;
- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo;
- n. 1 prova sismica MASW.

L'interpretazione delle indagini, in ottemperanza a quanto previsto dalla normativa del D.M. 17/01/2018, è stata finalizzata principalmente alla definizione delle caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e sismiche dei terreni.

L'obiettivo è stato quello di fornire ai progettisti tutti i valori necessari affinché venga da essi verificata la relazione $R_d > E_d$, come indicato nelle NTC 2018 paragrafo 2.3.

Fanno parte della presente relazione tecnica i seguenti allegati:

- ubicazione delle indagini;
- stralcio della carta di pericolosità sismica locale;
- grafici delle prove penetrometriche;
- stratigrafie e documentazione fotografica dei sondaggi;
- elaborato grafico della prova sismica.

2. RIFERIMENTI

Normative

- P.G.T. comunale;
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 17 Gennaio 2018;
- Circolare esplicativa delle NTC 2018.

Riferimenti bibliografici

- Skempton A.W. (1986). “*Standard Penetration Test Procedures*” Géotechnique 36, n°2.
- Cestelli Guidi C. (1980). “*Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni*”. Settima Edizione, Hoepli. Vol. 2, pp. 144-188.

- Cestari F. (1990). *“Prove Geotecniche in Sito”*. Geo-Graph. Pp. 207-284.
- R. Lancellotta (1993). *“Geotecnica”*. Zanichelli.

3. METODOLOGIA DI ESECUZIONE DELLE INDAGINI

Metodologia di esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche continue (SCPT)

La prova penetrometrica standard (Standard Cone Penetration Test) consiste nel misurare il numero di colpi necessario ad infiggere per 30 cm nel terreno una punta conica collegata alla superficie da una batteria di aste.

Le misure vengono fatte senza soluzione di continuità a partire da piano campagna: ogni 30 cm di profondità si rileva perciò un valore del numero di colpi necessario all'infissione.

Caratteristiche tecniche:

- altezza di caduta della mazza: 75 cm;
- peso della mazza: 73 kg;
- punta conica: conicità 60°, $\phi = 51$ mm;
- aste: $\phi = 34$ mm.

Il risultato viene dato in forma di grafico, con una linea rappresentante la resistenza che il terreno ha opposto alla penetrazione alla punta (RP).



Esecuzione delle prove penetrometriche.

Metodologia di esecuzione della prova sismica MASW

Lo scopo dell'indagine è stato quello di ottenere la stratigrafia di velocità delle onde trasversali V_s , da cui ricavare V_{sEq} .

Le caratteristiche della prova sono:

Stendimento geofonico (m)	Energizzazioni (n.)	Geofoni (n.)
46	8	24



Esecuzione della prova sismica MASW.

Analisi multicanale delle onde superficiali

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali. L'intero processo comprende tre passi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente, come è stato nel nostro caso.

In allegato sono riportati i risultati della prova MASW. Nel riquadro principale dell'elaborato si osserva la stratigrafia delle Vs ricavata dalla prova, nonché le curve di dispersione misurate e calcolate. A destra è visibile il sismogramma mentre in basso è riportato il valore del parametro **VsEq.** calcolato pari a **322 m/s**.

Metodologia di esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi sono stati eseguiti con una sonda idraulica cingolata.

Ciascuna perforazione è stata eseguita a rotazione, a carotaggio continuo, con l'impiego di carotiere semplice con $\Phi_{int} = 101 \text{ mm}$.

Caratteristiche tecniche dell'attrezzatura da perforazione:

- Carotiere:
 - diametro nominale $\Phi = 101 \text{ mm}$;
 - lunghezza utile $l = 300 \text{ cm}$;
- Aste di perforazione con filettatura tronco conica:
 - diametro nominale $\Phi = 60 \div 76 \text{ mm}$.

Entrambi i sondaggi sono stati eseguiti a partire dal piano strada.

Le carote di terreno sono state catalogate in apposite cassette per il riconoscimento litologico da parte del professionista geologo.



Esecuzione dei sondaggi.

4. SOGGIACENZA DELLA FALDA

In questo territorio la profondità della falda freatica è fortemente influenzata dalla topografia, visto che la zona del cimitero è rilevata rispetto alla quota del lago.

La falda freatica in questa zona è a quote prossime a – 10 metri dal piano strada.

5. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO – TECNICA DEI TERRENI

I sondaggi hanno rilevato le seguenti stratigrafie, caratterizzate da terreno riportato:

sondaggio S1

- da 0,00 m a – 2,20 m → terreno di riporto costituito da sabbia limosa con frammenti di laterizi;
- da – 2,20 m a – 2,70 m → terreno di riporto costituito da sabbia con frammenti di laterizi;
- da – 2,70 m a – 3,00 m → terreno di riporto costituito da limo con laterizi;

- da – 3,00 m a – 3,20 m → terreno di riporto costituito da ghiaia sabbiosa con ciottoli e rari frammenti di macerie.

sondaggio S2

- da 0,00 m a – 3,00 m → terreno di riporto costituito da limo sabbioso con frammenti di laterizi;
- da – 3,00 m a – 4,00 m → terreno di riporto costituito da limo con rari frammenti di laterizi;
- da – 4,00 m a – 4,50 m → terreno di riporto costituito da materiale organico (carbone e torba) di colore nero.

Le prove penetrometriche hanno rilevato un andamento geo-meccanico uniforme, caratterizzato da una sola unità geotecnica lungo entrambe le verticali di indagine.

Trattasi di terreno eterogeneo, con scarso grado di addensamento.

I parametri geotecnici indicati nel seguito sono stati ottenuti indirettamente, mediante correlazioni empiriche, a partire dai risultati delle prove penetrometriche.

I valori adottati come rappresentativi delle caratteristiche geotecniche dei terreni investigati sono quelli consigliati da diversi Autori (Peck, Hanson e Thornburn, 1953; K. Terzaghi e R.B. Peck, 1976; G. Sanglerat, 1979; J.E. Bowles, 1982) e sono stati definiti in modo moderatamente cautelativo.

I valori delle resistenze all'avanzamento delle prove penetrometriche dinamiche sono stati correlati ai valori di N_{SPT} , utilizzati per la valutazione dei parametri di resistenza e deformabilità, mediante la seguente relazione:

$$N_{spt} = 1,5 \times N_{scpt}$$

I valori di resistenza alla penetrazione dinamica ricavati dalle prove in sito sono stati normalizzati in funzione della profondità, del tipo di attrezzatura utilizzata e dalle caratteristiche granulometriche generali dei terreni, secondo la seguente equazione:

$$N'(60) = N_{SPT} \times 1.08 \times Cr \times Cd \times Cn$$

dove: **N'(60)** = valore di resistenza normalizzato

Cr = fattore di correzione funzione della profondità

Cd = fattore di correzione funzione del diametro del foro

Cn = fattore di correzione funzione della granulometria del terreno

1.08 = valore di correzione funzione delle caratteristiche di restituzione dell'energia sviluppata dall'attrezzatura

La stima del valore della densità relativa (D_r) è stata eseguita secondo le equazioni proposte da Skempton (1986):

$$D_r \cong \sqrt{N_{60}/60}$$

La valutazione del valore dell'angolo d'attrito mobilizzabile, in termini di sforzi efficaci, è stata effettuata sulla base delle correlazioni proposte da Shmertmann, 1977.

Ne risulta il seguente modello geotecnico:

- Da piano strada a – 12,00 m

$$N_{SPT} = 6-7$$

$$\Phi = 27^\circ$$

$$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$D_r = 22 \%$$

$$c', c_u = 0 \text{ kN/m}^2$$

N.B.: N_{SPT} = numero colpi/30 cm;

Φ = angolo di attrito del materiale;

γ = peso di volume;

D_r = densità relativa;

c', c_u = coesione efficace, coesione non drenata.

Modulo Elastico

BURLAND & BURBIDGE (1985): questa correlazione è valida per tutti i tipi di suolo ed il modulo si ricava in funzione di N_{spt}

$$\text{Per } N_{spt} = 4 \Rightarrow E = (1,6 \div 2,4) \cdot N_{spt}$$

$$\text{Per } N_{spt} = 10 \Rightarrow E = (2,2 \div 3,4) \cdot N_{spt}$$

$$\text{Per } N_{spt} = 30 \Rightarrow E = (3,7 \div 5,6) \cdot N_{spt}$$

$$\text{Per } N_{spt} = 60 \Rightarrow E = (4,6 \div 7,0) \cdot N_{spt}$$

Valori indicativi del modulo elastico, in Kg/cm²

Terreno	Valore massimo di E	Valore minimo di E
Argilla molto molle	153	20,4
Argilla molle	255	51
Argilla media	510	153
Argilla dura	1020	510
Argilla sabbiosa	2550	255
Loess	612	153
Sabbia limosa	204	51
Sabbia sciolta	255	102
Sabbia compatta	816	510
Argilloscisto	51000	1530
Limo	204	20,4
Sabbia e ghiaia sciolta	1530	510
Sabbia e ghiaia compatte	2040	1020

Quindi, per le unità individuata si ottiene circa 17 Mpa = 173 kg/cm².

6. PROGETTO

Sulla base delle indicazioni forniteci dai progettisti, riportiamo le caratteristiche principali dell'intervento edilizio.

Il progetto prevede la ristrutturazione del cimitero ed in particolare il consolidamento dei colombari al piano seminterrato lungo il fronte ovest, in corrispondenza delle nostre indagini geotecniche (vedi ubicazione in allegato).

Per il calcolo della resistenza del terreno (capitolo 7), consideriamo la seguente tipologia fondazionale:

- Fondazioni di tipo "a micropali trivellati";
- I micropali avranno una lunghezza utile di almeno 8,00 metri dal piano seminterrato, ossia da circa – 2 metri dal piano strada;
- Diametro reso dei micropali = 200 mm.

7. CALCOLO DELLA RESISTENZA DI PROGETTO - PALI

Le verifiche devono essere effettuate nei confronti dei seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e SLU di tipo strutturale (STR), accertando che la condizione $E_d \leq R_d$, dove E_d è il valore di progetto dell'azione e R_d è il valore di progetto di della resistenza del sistema geotecnico.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Si è scelto di utilizzare l'approccio 2, dove è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

Approccio 2: (azioni A1 + materiali M1 + resistenze R3)

Occorre tener conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II delle NTC 2018 per le azioni e i parametri geotecnici:

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_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

Per un palo trivellato, il valore di progetto R_d della resistenza si ottiene a partire dal

valore caratteristico R_k applicando i coefficienti parziali γ_R della Tab. 6.4.II. (6.4.3.1.1 NTC 2018).

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Per il calcolo della resistenza di progetto di ciascun palo è stata utilizzata la teoria di Berezantzev.

Di seguito riportiamo il prospetto analitico del calcolo effettuato, in cui si evince che la resistenza in compressione massima di ciascun micropalo allo SLU è di circa 8709 daN, pari a circa 9,78 tonnellate.

PORTANZA PER CARICHI VERTICALI DEI PALI TRIVELLATI
(Teoria di Berezantzev)

Riferimento: **Pali Fondaz. L = 8m d = 0,2m**

Lunghezza palo	m	8,00
Diametro palo	m	0,20
Peso del palo: Pg=	daN	628

STRATIGRAFIA:

	tipologia:	denominazione
strato 1	incoerente sciolto	terreno di riporto eterogeneo
strato 2	incoerente denso	0
strato 3	incoerente sciolto	0
strato 4	incoerente denso	0
strato 5		0

pressione verticale terreno qz alla quota di testa del palo	daN/m ²	3.400
---	--------------------	--------------

PORTANZA LATERALE: PL = AI * (so + k*mu*qz)

		strato 1	strato 2	strato 3	strato 4	strato 5
lunghezza	m	8	0	0	0	0
densità	daN/m ³	1700	0	0	0	0
Angolo Attrito	(°)	27,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coesione	daN/cm ²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
s _o	daN/cm ²	0,000	0,000	0,000	0,000	
k		0,500	0,400	0,500	0,400	
μ		0,509	0,000	0,000	0,000	
q _z	daN/m ²	10200	17000	17000	17000	
Portanza laterale	daN	13.042	0	0	0	
PORTANZA LATERALE LIMITE: PL					13.042daN	
PORTANZA LATERALE: PLc = PL / (1,15*1,6)					7.088daN	

PORTANZA ALLA PUNTA: PP = Ap * (Nc*C+Nq*qz) (Teoria di Berezantzev)

Strato 1	terreno di riporto eterogeneo	
densità	daN/m ³	1700
Ang. Attrito	(°)	27,0
Coesione	daN/cm ²	0
Nq		9,1
Nc		15,9
q _z	daN/m ²	17000
PORTANZA ALLA PUNTA LIMITE: PP		4.858daN
PORTANZA ALLA PUNTA: PPc = PP / (1,35*1,6)		2.249daN

PORTANZA TOTALE TERRENO IN COMPRES.: Ptot = PLc+ PPc	9.337daN
---	-----------------

CARICO MAX IN COMPRES. SUL PALO: Pc,comp = Ptot - Pg	8.709daN
CARICO MAX IN TRAZIONE SUL PALO: Pc,traz = Pg + PL/(1,25*1,6)	7.149daN

8. APPROFONDIMENTO SISMICO DI PRIMO LIVELLO

Nella relazione geologica (R1+R3) da noi redatta al fine di verificare la fattibilità geologica dell'intervento in oggetto, abbiamo svolto la caratterizzazione sismica del sito, che qui riportiamo nei suoi dati più significativi.

Pericolosità sismica locale:

Secondo la classificazione sismica vigente (Delibera Giunta regionale 11 luglio 2014 - n. X/2129), il comune di Como risulta inserito in zona sismica 4.

Per l'area di intervento, nella "Carta di pericolosità sismica locale" allegata al P.G.T. comunale, viene individuato lo scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4c.

Per la valutazione numerica degli effetti di amplificazione sismica sito-specifica la procedura di cui al punto 1.4.4 dell'Allegato B alla D.G.R. 30 novembre 2011 n. IX/2616 "Sintesi delle procedure", prevede l'applicazione di tre livelli di approfondimento sismico con grado di dettaglio crescente in funzione della zona sismica di appartenenza, come illustrato nella tabella seguente:

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Si specifica che l'elenco degli edifici ed opere strategici e/o rilevanti a fini sismici per la Lombardia è stato aggiornato con d.d.u.o. 22 maggio 2019 - n. 7237, recante "Aggiornamento del d.d.u.o. 21 novembre 2013 n. 19904 - Approvazione elenco delle tipologie degli edifici ed opere infrastrutturali di interesse strategico e di quelli che possono assumere rilevanza per le conseguenze di un eventuale collasso in attuazione della D.G.R. n. 19964 del 7 novembre 2003".

Nel caso specifico è richiesto esclusivamente l'approfondimento sismico di 1° livello.

Parametri sismici:

Sito in esame

latitudine: 45,82771
longitudine: 9,046524
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 10704	Lat: 45,8011	Lon: 8,9776	Distanza: 6107,662
Sito 2 ID: 10705	Lat: 45,8037	Lon: 9,0490	Distanza: 2675,798
Sito 3 ID: 10483	Lat: 45,8536	Lon: 9,0453	Distanza: 2884,775
Sito 4 ID: 10482	Lat: 45,8510	Lon: 8,9737	Distanza: 6207,197

I parametri delle azioni sismiche di progetto proprie del sito sono i seguenti:

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.147	2.59	0.156
S.L.D.	50.0	0.186	2.568	0.165
S.L.V.	475.0	0.392	2.639	0.281
S.L.C.	975.0	0.471	2.666	0.303

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.2205	0.2	0.0045	0.0022
S.L.D.	0.279	0.2	0.0057	0.0028
S.L.V.	0.588	0.2	0.012	0.006
S.L.C.	0.7065	0.2	0.0144	0.0072

- vita nominale dell'intervento V_n (2.4.1 - NTC2018) maggiore di 50 anni;
- classe d'uso "II" (2.4.2 – NTC2018);
- vita di riferimento V_r per le azioni sismiche è pari a $V_n \times C_u$ (coefficiente d'uso = 1 per classe d'uso II) = 50 anni;
- come condizione topografica al contorno, dovrà essere considerata la categoria T1, propria dei terreni pianeggianti, sub-pianeggianti
- la prova sismica MASW ha fornito il risultato **$V_{sEq} = 322 \text{ m/s}$** ; pertanto, il terreno

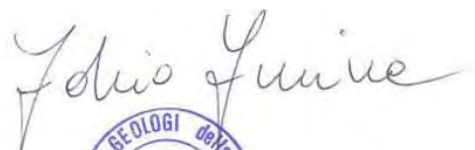
presenta caratteristiche conformi alla **categoria sismica di sottosuolo C** (tab. 3.2.II del D.M. 17.01.2018).

Verifica alla liquefazione:

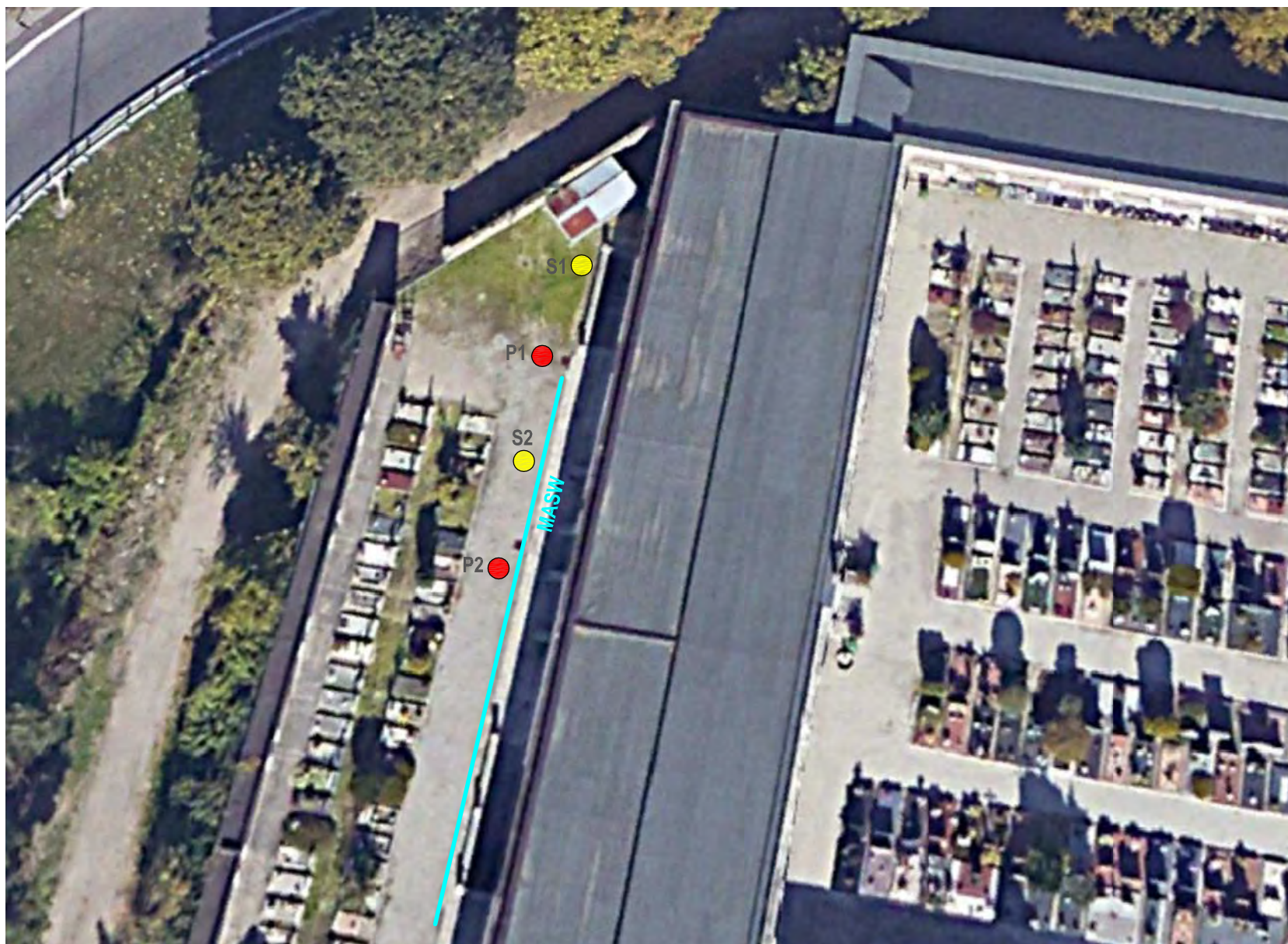
Nel caso in esame, i terreni di fondazione non sono da ritenersi suscettibili a fenomeni di liquefazione in quanto è verificata la condizione 1) di cui al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018, ossia " $a_{\max} < 0.1 \text{ g}$ ":

Stato Limite	$a_g/g[-]$	$a_{\max}$
Operatività	0.0147	0.02205 g
Danno	0.0186	0.0279 g
Salvaguardia Vita	0.0392	0.0588 g
Prevenzione Collasso	0.0471	0,07065 g

Dott. Geol. Fabio Fusina



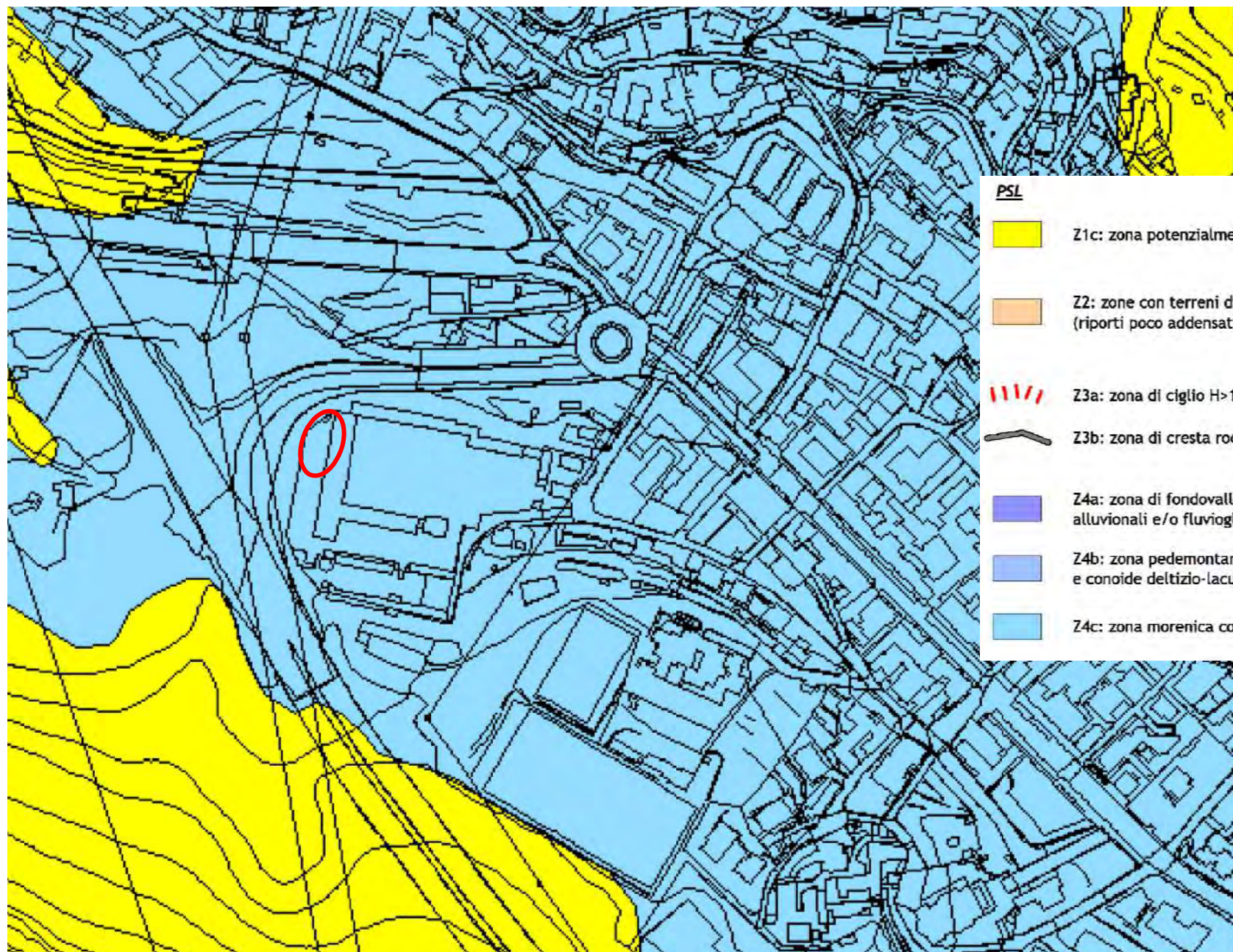

9. ALLEGATI



- PROVE PENETROMETRICHE
- SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO
- / STENDIMENTO SISMICO



FUSINA S.R.L. Via Bocconi, 6 - 20900 Monza Tel. 039/2028619 - Fax 039/2230311 - Cell. 348/7213807 E-mail info@fusinastjt.it
COMMITTENTE: COMUNE DI COMO
CANTIERE: COMO, VIA MADERNO
TITOLO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI
DATA: FEBBRAIO 2022



AREA DI
INTERVENTO



PSL

-  Z1c: zona potenzialmente franosa o esposta a rischio frana
-  Z2: zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)
-  Z3a: zona di ciglio H>10 m (scarpata)
-  Z3b: zona di cresta rocciosa
-  Z4a: zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi
-  Z4b: zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre
-  Z4c: zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi

FUSINA S.R.L. Via Boccioni, 6 - 20900 Monza Tel. 039/2028619 - Fax 039/2230311 - Cell. 348/7213807 E-mail info@fusinasrl.it
COMMITTENTE: COMUNE DI COMO
CANTIERE: COMO, VIA MADERNO
TITOLO: STRALCIO DELLA CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE
DATA: FEBBRAIO 2022

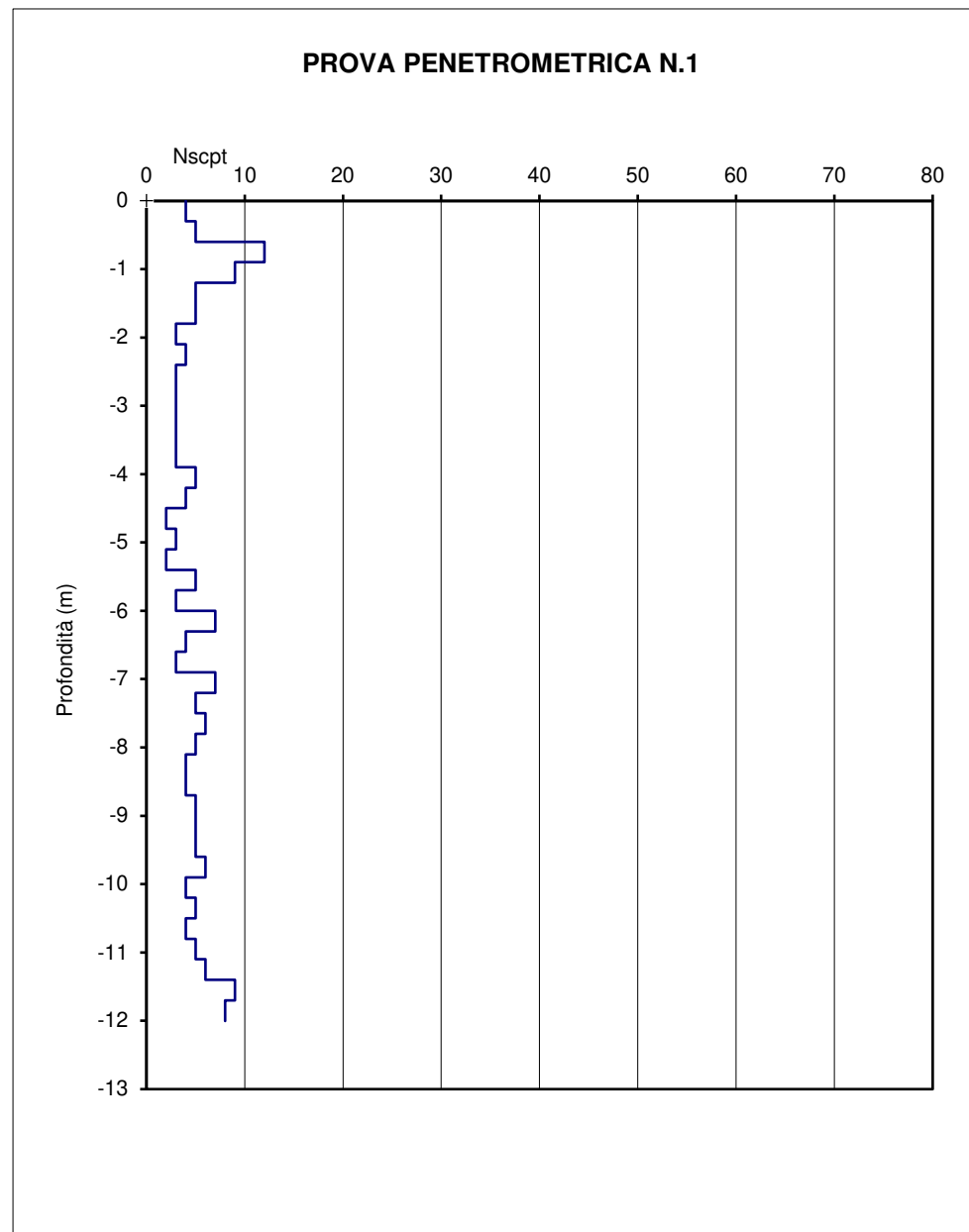
COMMITTENTE: COMUNE DI COMO
CANTIERE DI COMO, VIA MADERNO (CIMITERO COMUNALE)

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE : 04/02/2022

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	4	
	5	
	12	
	9	
-1,5	5	
	5	
	3	
	4	
	3	
-3	3	
	3	
	3	
	3	
	5	
-4,5	4	
	2	
	3	
	2	
	5	
-6	3	
	7	
	4	
	3	
	7	
-7,5	5	

Profondità	RP	RL
	6	
	5	
	4	
	4	
-9	5	
	5	
	5	
	6	
	4	
-10,5	5	
	4	
	5	
	6	
	9	
-12	8	
-13,5		
-15		



FUSINA S.R.L.

Via Boccioni, 6 - 20052 Monza
tel. 039/2028619

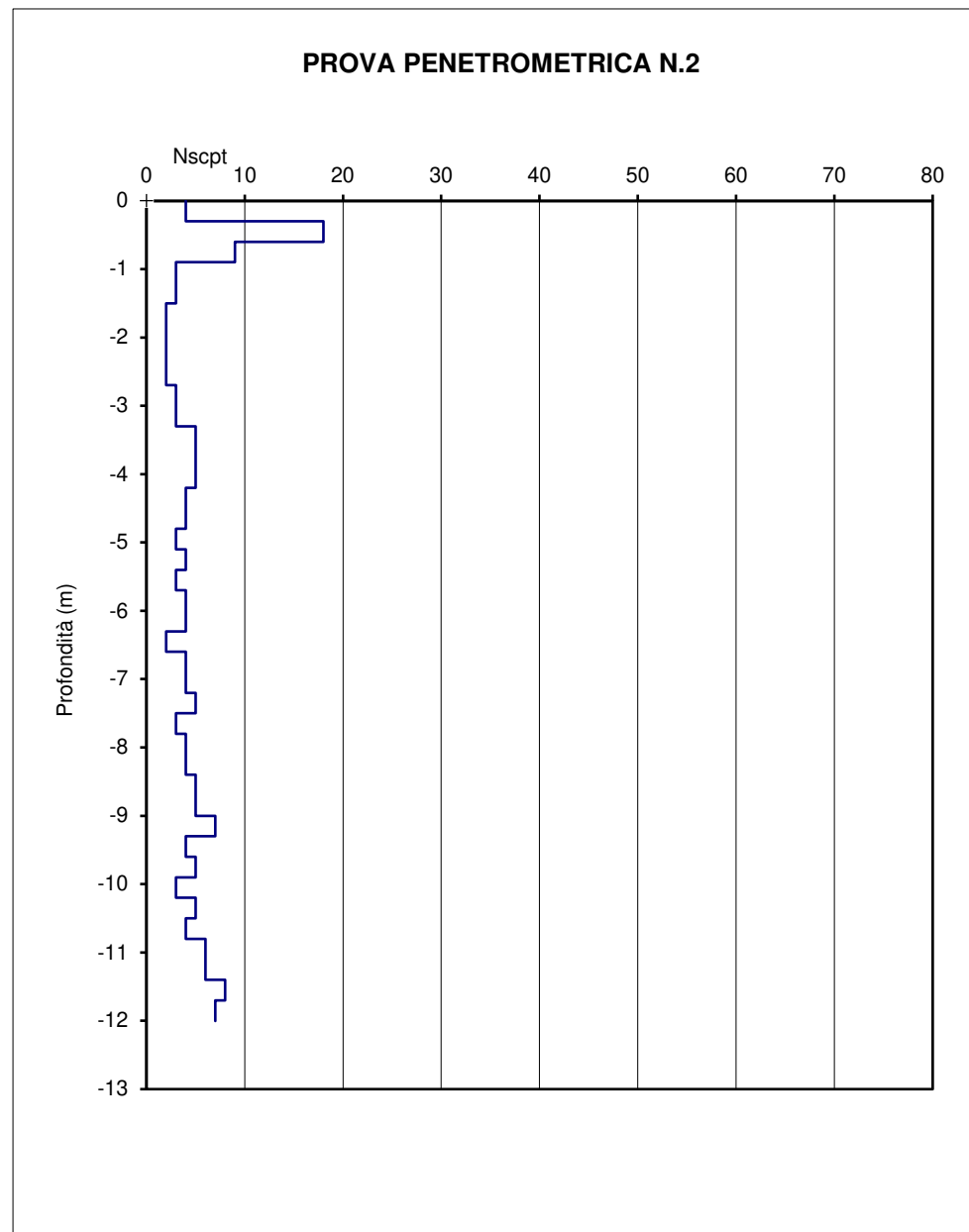
COMMITTENTE: COMUNE DI COMO
CANTIERE DI COMO, VIA MADERNO (CIMITERO COMUNALE)

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE : 04/02/2022

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	4	
	18	
	9	
	3	
-1,5	3	
	2	
	2	
	2	
	2	
-3	3	
	3	
	5	
	5	
	5	
-4,5	4	
	4	
	3	
	4	
	3	
-6	4	
	4	
	2	
	4	
	4	
-7,5	5	

Profondità	RP	RL
	3	
	4	
	4	
	5	
-9	5	
	7	
	4	
	5	
	3	
-10,5	5	
	4	
	6	
	6	
	8	
-12	7	
-13,5		
-15		



FUSINA S.R.L.

Via Boccioni, 6 - 20052 Monza
tel. 039/2028619

STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO S1 E FOTO DELLA CASSETTA CATALOGATRICE

COMMITTENTE :				COMUNE DI COMO		SONDAGGIO N° :		S1					
LOCALITA' :				COMO, CIMITERO MONTE OLIMPINO		TIPO SONDA:		SONDA IDRAULICA					
IMPRESA ESECUTRICE :				FUSINA SRL		PERFORAZ. :							
DATA :				febbraio-22		QUOTA p. c. :		PIANO STRADA					
	ml.	ml.	ø				ml.			kg/cmq	kg/cmq		
	Profondità	Spessore	Carotiere	Rivestimento	Litologia	Descrizione litologica	% carotaggio	rqd	livello falda	Campione	S.P.T.	Pocket p.	Vanetest
0,25													
0,50													
0,75													
1,00													
1,25													
1,50		2,20				TERRENO DI RIPORTO COSTITUITO DA SABBIA LIMOSA CON FRAMMENTI DI LATERIZI							
1,75													
2,00													
2,25	2,20												
2,50		0,50				TERRENO DI RIPORTO COSITUITO DA SABBIA CON FRAMMENTI DI LATERIZI							
2,75	2,70		0 1										
3,00	3,00	0,30				TERRENO DI RIPORTO COSTITUITO DA LIMO CON LATERIZI							
3,25	3,20	0,20				TERRENO DI RIPORTO COSITUITO DA GHIAIA SABBIOSA CON CIOTTOLI E RARI FRAMMENTI DI MACERIE							
3,50			0 1 0 1										

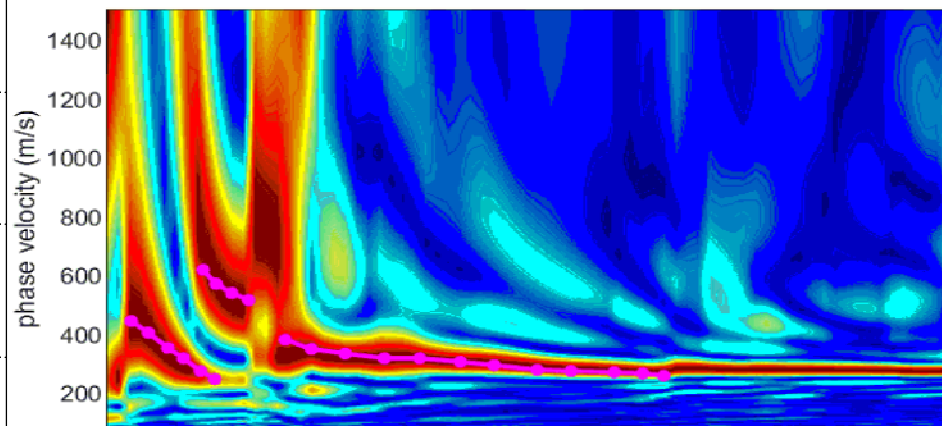


STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO S2 E FOTO DELLA CASSETTA CATALOGATRICE

COMMITTENTE :		COMUNE DI COMO		SONDAGGIO N° :		S2	
LOCALITA' :		COMO, CIMITERO MONTE OLIMPINO		TIPO SONDA:		SONDA IDRAULICA	
IMPRESA ESECUTRICE :		FUSINA SRL		PERFORAZ. :			
DATA :		febbraio-22		QUOTA p. c. :		PIANO STRADA	

Profondità	Spessore	Carotiere	Rivestimento	Litologia	Descrizione litologica	% carotaggio	rqd	livello falda	Campione	S.P.T.	Pocket p.	Vanecst
0,25												
0,50												
0,75												
1,00												
1,25												
1,50												
1,75	3,00				TERRENO DI RIPORTO COSTITUITO DA LIMO SABBIOSO CON FRAMMENTI DI LATERIZI							
2,00												
2,25												
2,50												
2,75												
3,00	3,00											
3,25												
3,50												
3,75	1,00				TERRENO DI RIPORTO COSITUITO DA LIMO CON RARI FRAMMENTI DI LATERIZI							
4,00	4,00											
4,25												
4,50	0,50				TERRENO DI RIPORTO COSTITUITO DA MATERIALE ORGANICO (CARBONE E TORBA) DI COLORE NERO							





LEGENDA

+ Curva di dispersione misurata

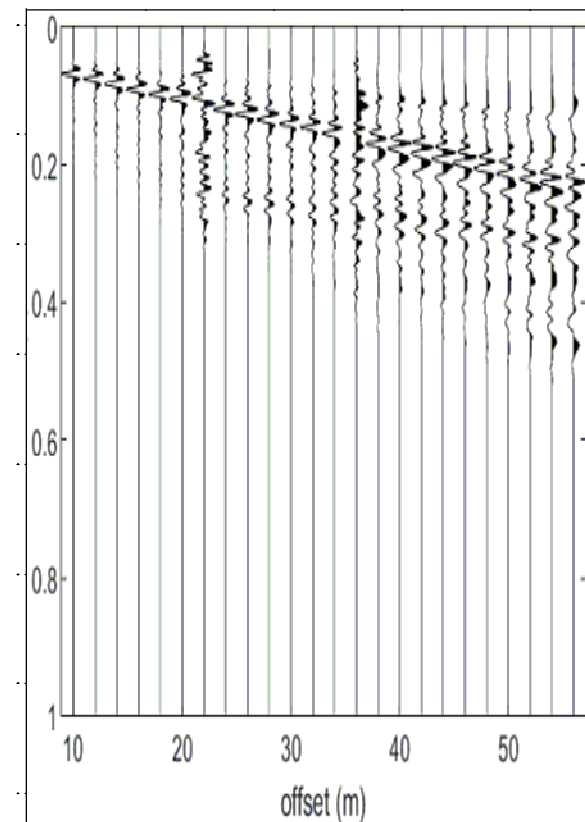
— Curva di dispersione calcolata

— Velocità sismica delle onde S

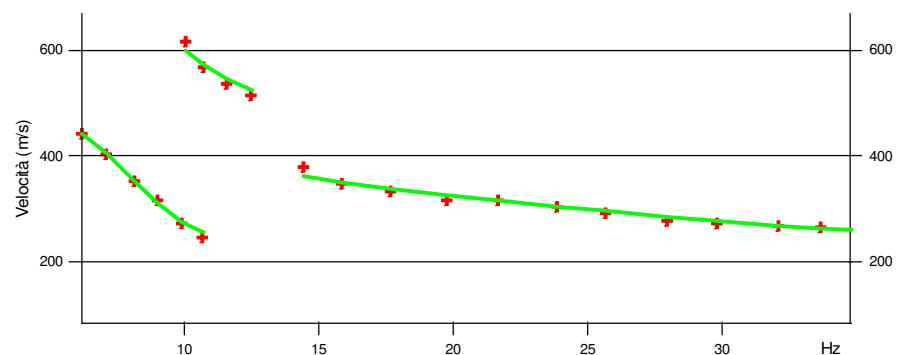
— Modulo di taglio (Mpasca)

VsX

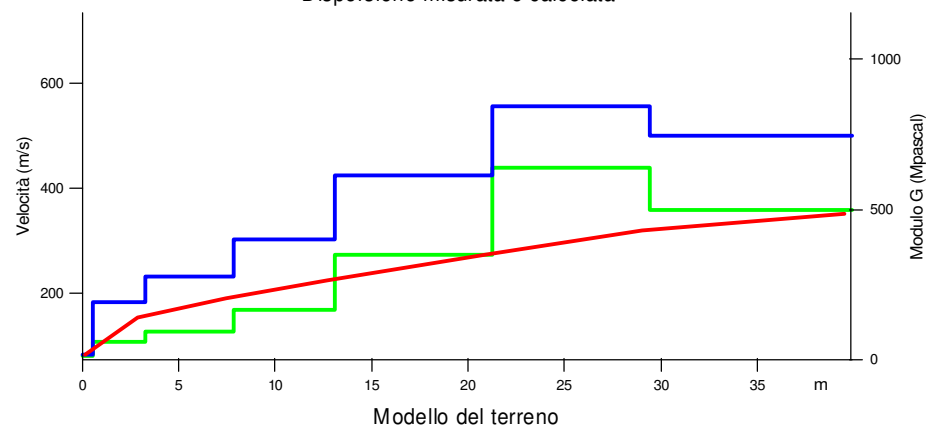
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula $D=1.5 + V_s/1000$



Sismogramma



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.5	84	.0063	84	11
.5	3.3	184	.0151	154	57
3.3	7.8	232	.0195	192	94
7.8	13.1	304	.0173	225	167
13.1	21.3	426	.0192	275	350
21.3	29.4	557	.0146	320	638
29.4	39.9	500	.0209	353	500

VALORE CALCOLATO VS Eq. = 322 m/s

PROVA SISMICA VS30

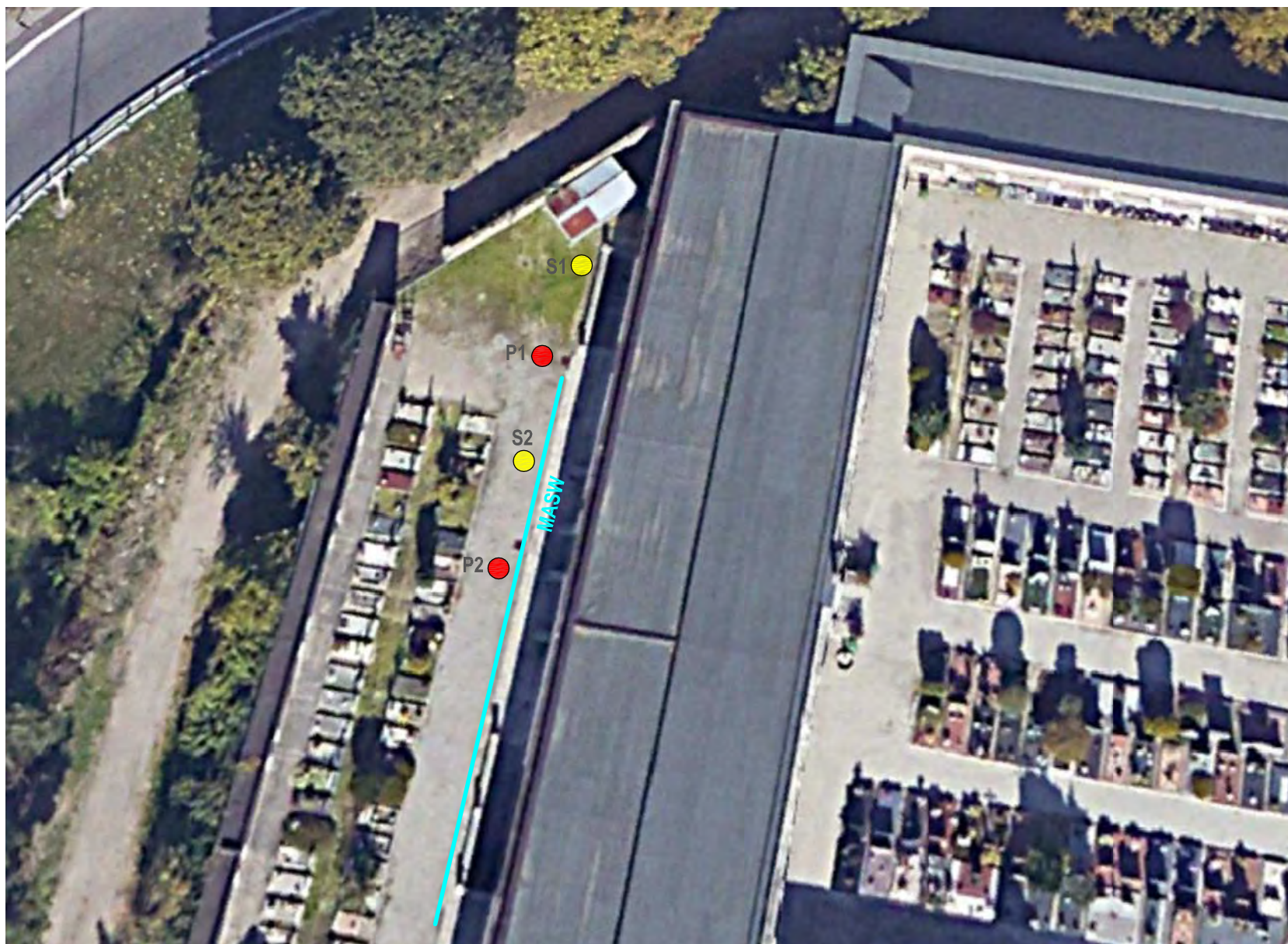
Como, cimitero di Monte Olimpino

Fusina s.r.l.

Metodologia MASW

VELOCITA' DELLE ONDE S

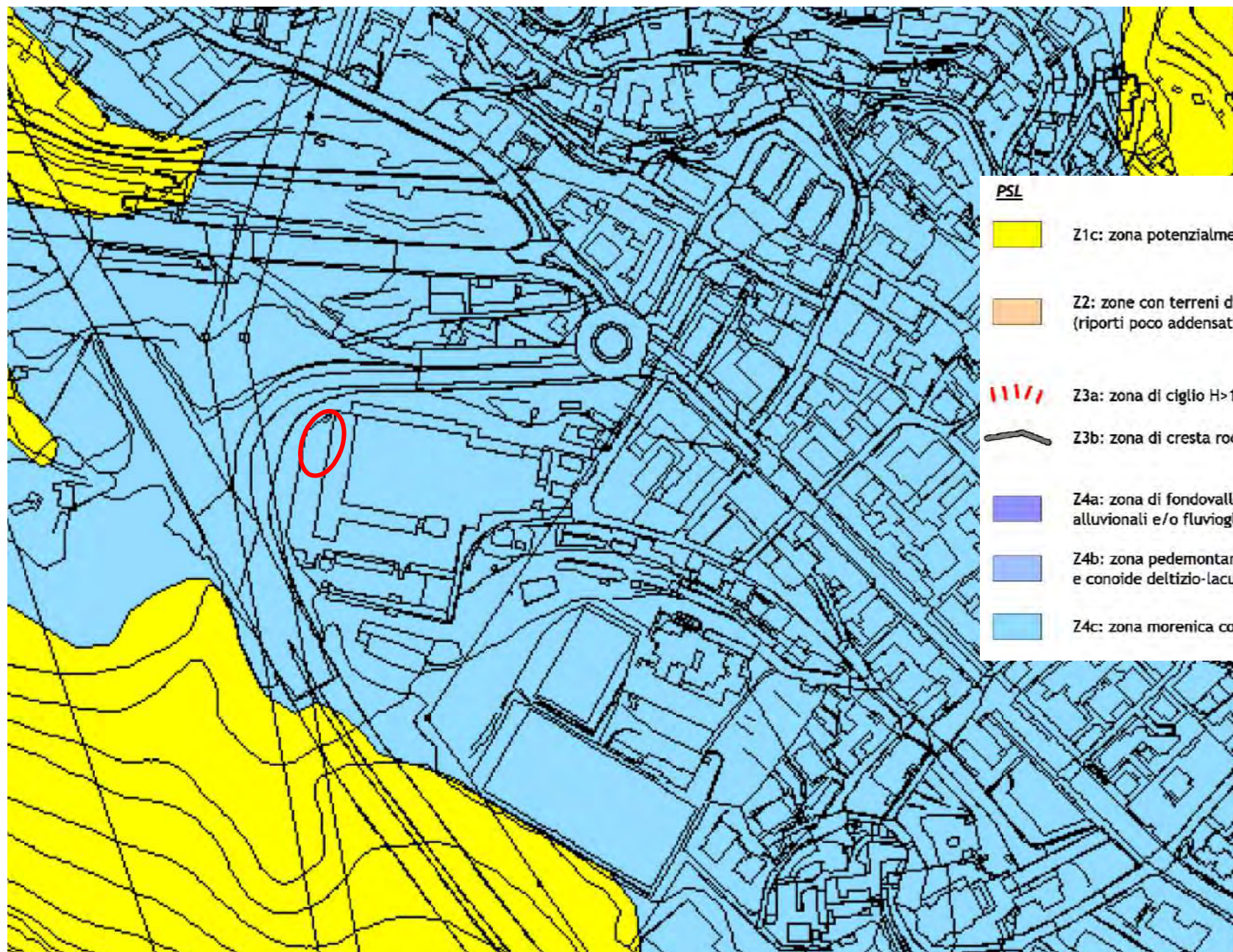
Febbraio 2022



- PROVE PENETROMETRICHE
- SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO
- STENDIMENTO SISMICO



FUSINA S.R.L. Via Bocconi, 6 - 20900 Monza Tel. 039/2028619 - Fax 039/2230311 - Cell. 348/7213807 E-mail info@fusinait.it
COMMITTENTE: COMUNE DI COMO
CANTIERE: COMO, VIA MADERNO
TITOLO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI
DATA: FEBBRAIO 2022



AREA DI
INTERVENTO



PSL

-  Z1c: zona potenzialmente franosa o esposta a rischio frana
-  Z2: zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)
-  Z3a: zona di ciglio H>10 m (scarpata)
-  Z3b: zona di cresta rocciosa
-  Z4a: zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi
-  Z4b: zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre
-  Z4c: zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi

FUSINA S.R.L. Via Boccioni, 6 - 20900 Monza Tel. 039/2028619 - Fax 039/2230311 - Cell. 348/7213807 E-mail info@fusinasrl.it
COMMITTENTE: COMUNE DI COMO
CANTIERE: COMO, VIA MADERNO
TITOLO: STRALCIO DELLA CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE
DATA: FEBBRAIO 2022

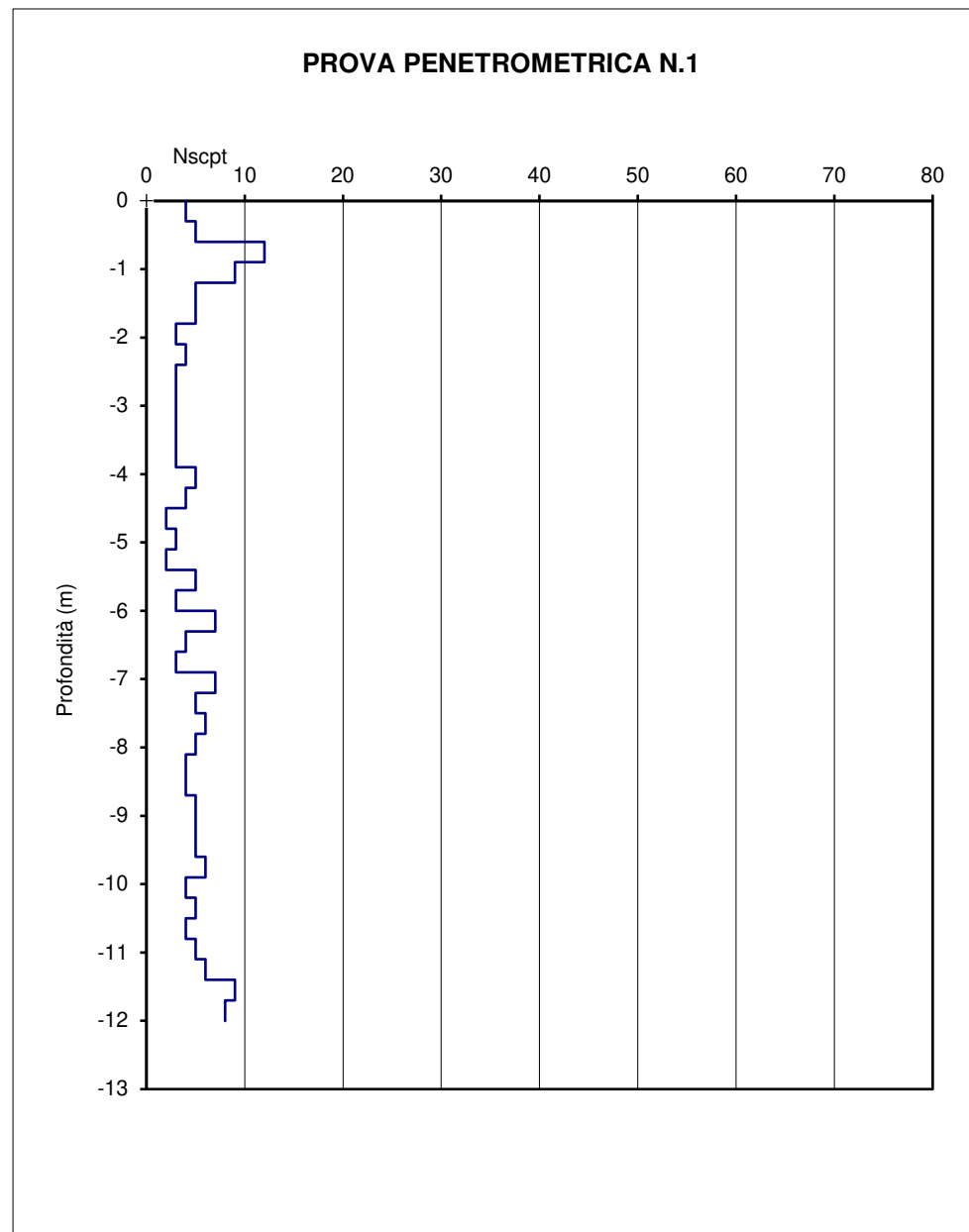
COMMITTENTE: COMUNE DI COMO
CANTIERE DI COMO, VIA MADERNO (CIMITERO COMUNALE)

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE : 04/02/2022

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	4	
	5	
	12	
	9	
-1,5	5	
	5	
	3	
	4	
	3	
-3	3	
	3	
	3	
	3	
	5	
-4,5	4	
	2	
	3	
	2	
	5	
-6	3	
	7	
	4	
	3	
	7	
-7,5	5	

Profondità	RP	RL
	6	
	5	
	4	
	4	
-9	5	
	5	
	5	
	6	
	4	
-10,5	5	
	4	
	5	
	6	
	9	
-12	8	
-13,5		
-15		



FUSINA S.R.L.

Via Boccioni, 6 - 20052 Monza
tel. 039/2028619

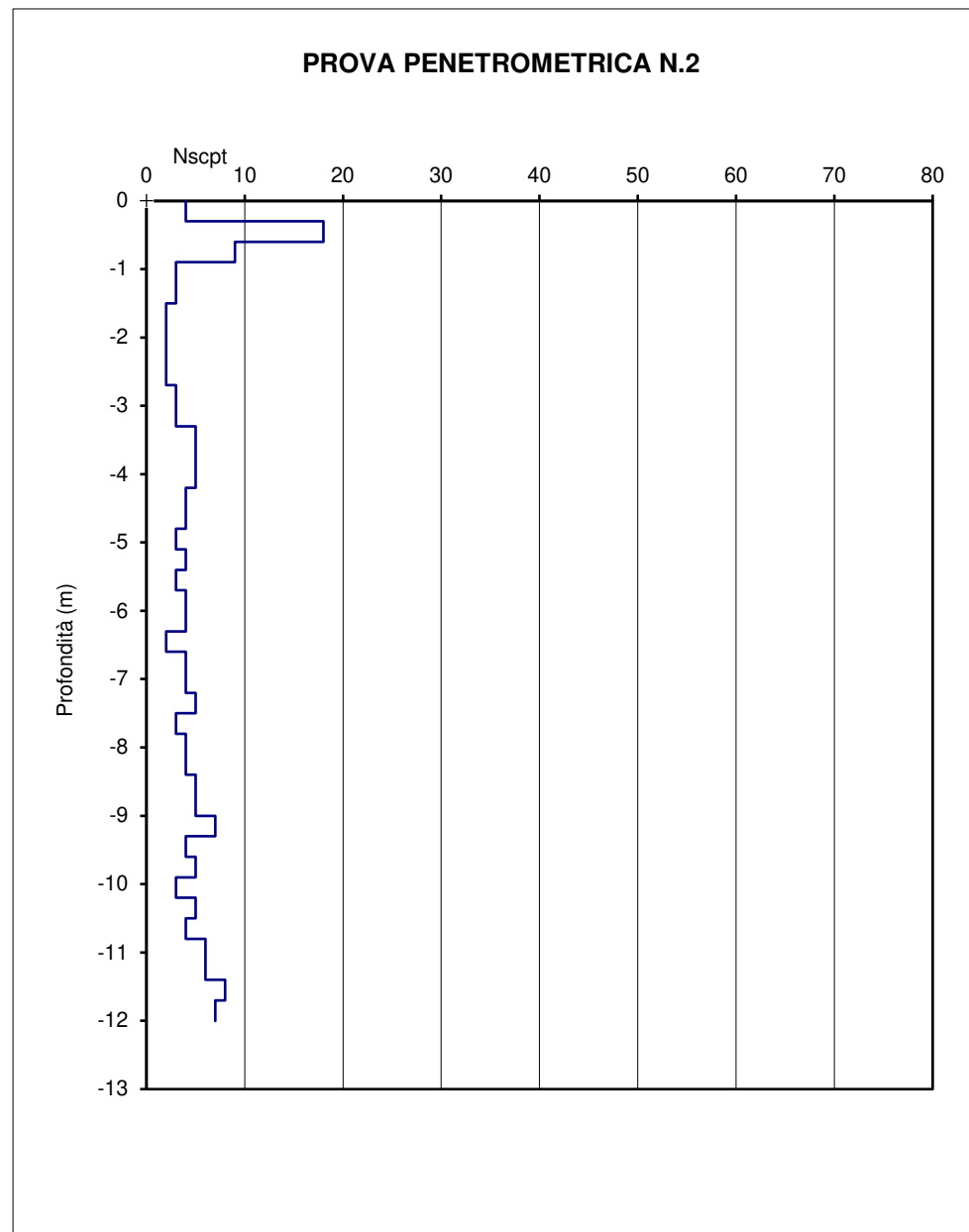
COMMITTENTE: COMUNE DI COMO
CANTIERE DI COMO, VIA MADERNO (CIMITERO COMUNALE)

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE : 04/02/2022

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	4	
	18	
	9	
	3	
-1,5	3	
	2	
	2	
	2	
	2	
-3	3	
	3	
	5	
	5	
	5	
-4,5	4	
	4	
	3	
	4	
	3	
-6	4	
	4	
	2	
	4	
	4	
-7,5	5	

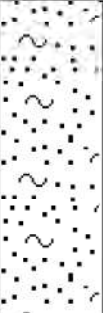
Profondità	RP	RL
	3	
	4	
	4	
	5	
-9	5	
	7	
	4	
	5	
	3	
-10,5	5	
	4	
	6	
	6	
	8	
-12	7	
-13,5		
-15		



FUSINA S.R.L.

Via Boccioni, 6 - 20052 Monza
tel. 039/2028619

STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO S1 E FOTO DELLA CASSETTA CATALOGATRICE

COMMITTENTE :				COMUNE DI COMO		SONDAGGIO N° :		S1				
LOCALITA' :				COMO, CIMITERO MONTE OLIMPINO		TIPO SONDA:		SONDA IDRAULICA				
IMPRESA ESECUTRICE :				FUSINA SRL		PERFORAZ. :						
DATA :				febbraio-22		QUOTA p. c. :		PIANO STRADA				
ml.	ml.	ø					ml.			kg/cmq	kg/cmq	
Profondità	Spessore	Carotiere	Rivestimento	Litologia	Descrizione litologica	% carotaggio	rqd	livello falda	Campione	S.P.T.	Pocket p.	Vanetest
0,25					TERRENO DI RIPOSTO COSTITUITO DA SABBIA LIMOSA CON FRAMMENTI DI LATERIZI							
0,50												
0,75												
1,00												
1,25												
1,50	2,20											
1,75												
2,00												
2,25	2,20				TERRENO DI RIPOSTO COSITUITO DA SABBIA CON FRAMMENTI DI LATERIZI							
2,50		0,50										
2,75	2,70											
3,00	3,00	0,30			TERRENO DI RIPOSTO COSTITUITO DA LIMO CON LATERIZI							
3,25	3,20	0,20										
3,50					TERRENO DI RIPOSTO COSITUITO DA GHIAIA SABBIOSA CON CIOTTOLI E RARI FRAMMENTI DI MACERIE							

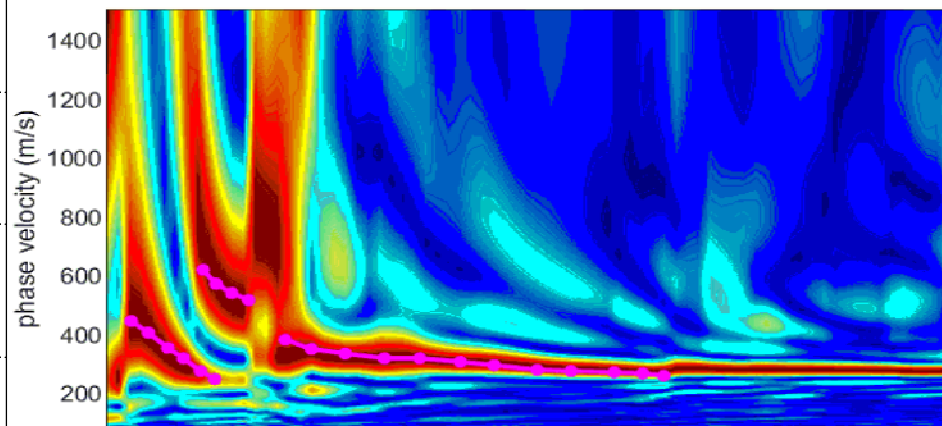


STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO S2 E FOTO DELLA CASSETTA CATALOGATRICE

COMMITTENTE :		COMUNE DI COMO		SONDAGGIO N° :		S2	
LOCALITA' :		COMO, CIMITERO MONTE OLIMPINO		TIPO SONDA:		SONDA IDRAULICA	
IMPRESA ESECUTRICE :		FUSINA SRL		PERFORAZ. :			
DATA :		febbraio-22		QUOTA p. c. :		PIANO STRADA	

Profondità	Spessore	Carotiere	Rivestimento	Litologia	Descrizione litologica	% carotaggio	rqd	livello falda	Campione	S.P.T.	Pocket p.	Vanecst
ml.	ml.	Ø						ml.			kg/cm ²	kg/cm ²
0,25												
0,50												
0,75												
1,00												
1,25												
1,50												
1,75	3,00				TERRENO DI RIPORTO COSTITUITO DA LIMO SABBIOSO CON FRAMMENTI DI LATERIZI							
2,00												
2,25												
2,50												
2,75												
3,00	3,00											
3,25												
3,50					TERRENO DI RIPORTO COSITUITO DA LIMO CON RARI FRAMMENTI DI LATERIZI							
3,75	1,00											
4,00	4,00											
4,25												
4,50	0,50				TERRENO DI RIPORTO COSTITUITO DA MATERIALE ORGANICO (CARBONE E TORBA) DI COLORE NERO							





LEGENDA

+ Curva di dispersione misurata

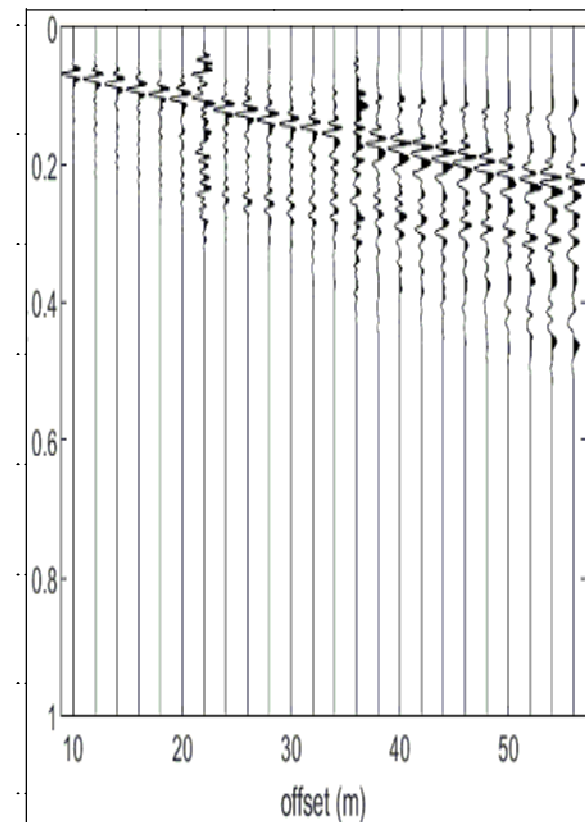
— Curva di dispersione calcolata

— Velocità sismica delle onde S

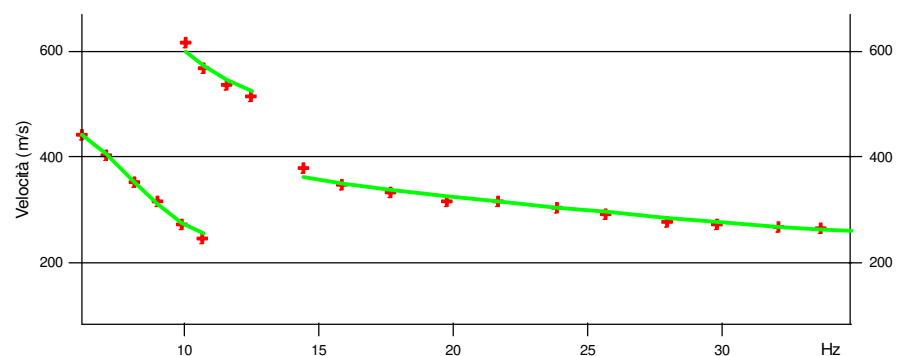
— Modulo di taglio (Mpasca)

VsX

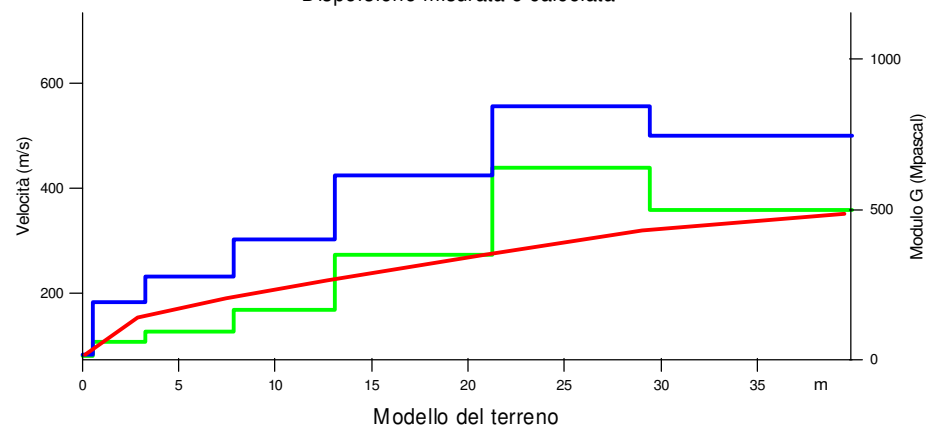
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula $D=1.5 + V_s/1000$



Sismogramma



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.5	84	.0063	84	11
.5	3.3	184	.0151	154	57
3.3	7.8	232	.0195	192	94
7.8	13.1	304	.0173	225	167
13.1	21.3	426	.0192	275	350
21.3	29.4	557	.0146	320	638
29.4	39.9	500	.0209	353	500

VALORE CALCOLATO VS Eq. = 322 m/s

PROVA SISMICA VS30

Como, cimitero di Monte Olimpino

Fusina s.r.l.

Metodologia MASW

VELOCITA' DELLE ONDE S

Febbraio 2022