



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU

Finanziamento dell'Unione europea - NextGenerationEU. Intervento finanziato con l'avviso n 48038 del 02/12/2021 del PNRR Missione 4: Istruzione e Ricerca Componente 1 - Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione:dagli asili nido alla università Intervento 1.2 "Piano di estensione del tempo pieno e mense".

*I punti di vista e le opinioni espresse sono tuttavia solo quelli degli autori e non riflettono necessariamente quelli dell'Unione europea e della Commissione europea. Né l'Unione europea né la Commissione europea possono essere ritenute responsabili per essi.*



COMMITTENTE

## COMUNE DI ORNAGO Provincia di Monza e Brianza

DESCRIZIONE

COSTRUZIONE DELLA NUOVA MENSA SCOLASTICA  
PER L'ISTITUTO COMPRENSIVO "ALESSANDRO MANZONI" DI ORNAGO E BURAGO - SEDE DI  
ORNAGO - PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA - MISSIONE 4: ISTRUZIONE E  
RICERCA - Componente 1 - Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili  
nido alle Università - Investimento 1.2: " Piano di estensione del tempo pieno e mense"

### Progetto Esecutivo

DATA Maggio 2025	TAV. N. GEO_R.01	CONTENUTO TAVOLA Relazione Geologica
SCALA 1:100		

RISERVATO AGLI UFFICI

IL COMMITTENTE

Comune di Ornago (MB)

INCARICATI DELLA PROGETTAZIONE ESECUTIVA/CSP

Capogruppo mandataria

**KBM ENGINEERING S.R.L.**

Società di Ingegneria

Direttore tecnico dott. Ing. Gianfranco Autorino

Ordine Ingegneri di Napoli N° 15756



Mandataria

**Ing. Giuseppe Angri**

Via Aldo Moro, 13

**80035 Nola (NA)**

PEC: [direzione@pec.studioangri.it](mailto:direzione@pec.studioangri.it)

Ordine Ingegneri di Napoli N° 15587



Mandataria

**Ing. Luigi Corcione**

Via Castellammare, 92

**80035 Nola (NA)**

PEC: [luigi.corcione@ingpec.eu](mailto:luigi.corcione@ingpec.eu)

Ordine Ingegneri di Napoli N° 21312



Mandataria

**Ing. Domenico Cassese**

Via Masseria Mautone, 89

**80034 Marigliano (NA)**

PEC: [domenico.cassese@ingpec.eu](mailto:domenico.cassese@ingpec.eu)

Ordine Ingegneri Napoli N° 22459



Direzione Lavori

**MERONI INGEGNERIA INTEGRATA S.R.L.**

Via IV Novembre, 91

**23891 Barzanò (LC)**

PEC: [meroni.srl@pec.it](mailto:meroni.srl@pec.it)



Impresa esecutrice

**DEPAC**

Società Cooperativa Sociale ARL

Via Ciro Menotti, 19

**20090 Arcore (MB)**

pec: [depac@legalmail.it](mailto:depac@legalmail.it)

CUP: B85E24000360006



## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. PRINCIPALI DISPOSIZIONI NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....</b>	<b>5</b>
3.1 Sintesi progettuale.....	5
3.2 Tipo di costruzione e vita nominale ( $V_N$ ) .....	5
3.3 Azioni sismiche e classi d'uso ( $C_U$ ) .....	6
3.4 Periodo di riferimento per l'azione sismica ( $V_R$ ) .....	7
<b>4. INQUADRAMENTI TERRITORIALI .....</b>	<b>8</b>
4.1 Inquadramento geografico .....	8
4.2 Inquadramento geomorfologico.....	8
4.3 Inquadramento geolitologico .....	11
4.4 Inquadramento idrogeologico e idrografico .....	12
<b>5. VINCOLI E DISPOSIZIONI DEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE ...</b>	<b>14</b>
5.1 Compatibilità con lo studio geologico comunale .....	14
5.2 Compatibilità con gli strumenti della pianificazione sovraordinata .....	17
<b>6. INDAGINE GEOGNOSTICA .....</b>	<b>18</b>
6.1 Premessa .....	18
6.2 Prove penetrometriche dinamiche.....	19
6.3 Dati bibliografici .....	24
6.4 Indagini geoelettriche .....	37
<b>7. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA .....</b>	<b>40</b>
7.1 Modello geologico di riferimento .....	40
<b>8. MODELLAZIONE SISMO-STRATIGRAFICA E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO.....</b>	<b>42</b>
8.1 Generalità .....	42
8.2 Indagine geofisica .....	43
8.3 Analisi di risposta sismica locale .....	51
<b>9. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SOTTOSUOLO .....</b>	<b>58</b>
<b>10. PRESCRIZIONI TECNICO-COSTRUTTIVE .....</b>	<b>60</b>
<b>11. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....</b>	<b>63</b>



## 1. PREMESSA

La presente relazione geologico-geotecnica e sismica è stata commissionata dall'Amministrazione Comunale di Ornago (MB) a supporto del progetto di costruzione della una nuova mensa scolastica per la sede di Ornago dell'Istituto Comprensivo "Alessandro Manzoni" di Ornago e Burago.

La relazione si prefigge l'obiettivo di valutare la compatibilità dell'intervento di progetto in relazione all'assetto geologico, geomorfologico e idrogeologico, nonché definire il modello geologico e geotecnico del sito.

Si precisa che il Comune di Ornago, secondo la D.G.R. lombarda dell'11 luglio 2014 n. X/2129, è classificato nella zona sismica 3.

Inoltre, si specifica che la presente relazione si pone in aderenza alle disposizioni normative di cui alle NTA dello studio geologico comunale, al cap. 4, Parte I, Allegato B della D.G.R. lombarda n. IX/2616 del 30/11/2011 e alle N.T.C. 2018, ad eccezione del capitolo "6.2.4. Verifiche della sicurezza e delle prestazioni".

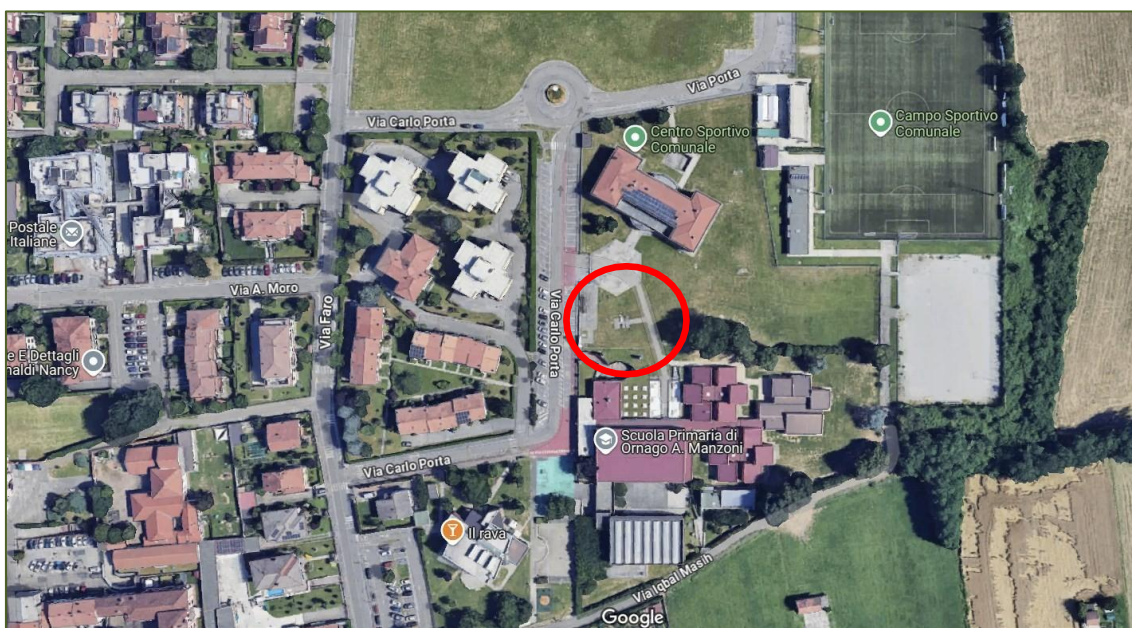


Figura 1 – Foto aerea dell'area di interesse con indicata l'area di interesse  
(da Google Maps)



## **2. PRINCIPALI DISPOSIZIONI NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

### ***DECRETO MINISTERIALE 17.01.2018***

Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni e Circolare Esplicativa 2019

### ***UNI ENV 1997-1(2002): Eurocodice 7***

“Progettazione Geotecnica”

### ***UNI ENV 1998-5(2001): Eurocodice 8***

“Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”

### ***ORDINANZE***

Autorità di Bacino del Fiume Po e Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)

### ***NORMATIVA REGIONALE***

- D.G.R. 30.XI.2011 n. IX/2616 – Aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12, approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374”;
- Legge Regionale 12 ottobre 2015 n. 33 – Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche;
- D.G.R. 30.III.2016 n. X/5001 – Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l’esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica.
- D.G.R. 19.VI.2017 - n. X/6738 – Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (P.G.R.A.) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l’assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell’autorità di bacino del Fiume Po

### ***STUDIO GEOLOGICO COMUNALE E RELATIVE NTA***

Geoinvest Srl, dicembre 2014





### 3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

#### 3.1 Sintesi progettuale

In sintesi, il progetto prevede la realizzazione di una nuova mensa per la Scuola Primaria e alla Scuola Secondaria di Primo Grado, in quanto la mensa scolastica all'interno dell'edificio della Primaria non è sufficiente a servire tutti gli alunni. La nuova mensa sarà posizionata in corrispondenza dell'accesso carrabile esistente e avrà una superficie complessiva di 1.000 mq circa, comprensivi di refettorio, servizi igienici, locali accessori e tecnici. Per la descrizione esaustiva si rimanda al progetto

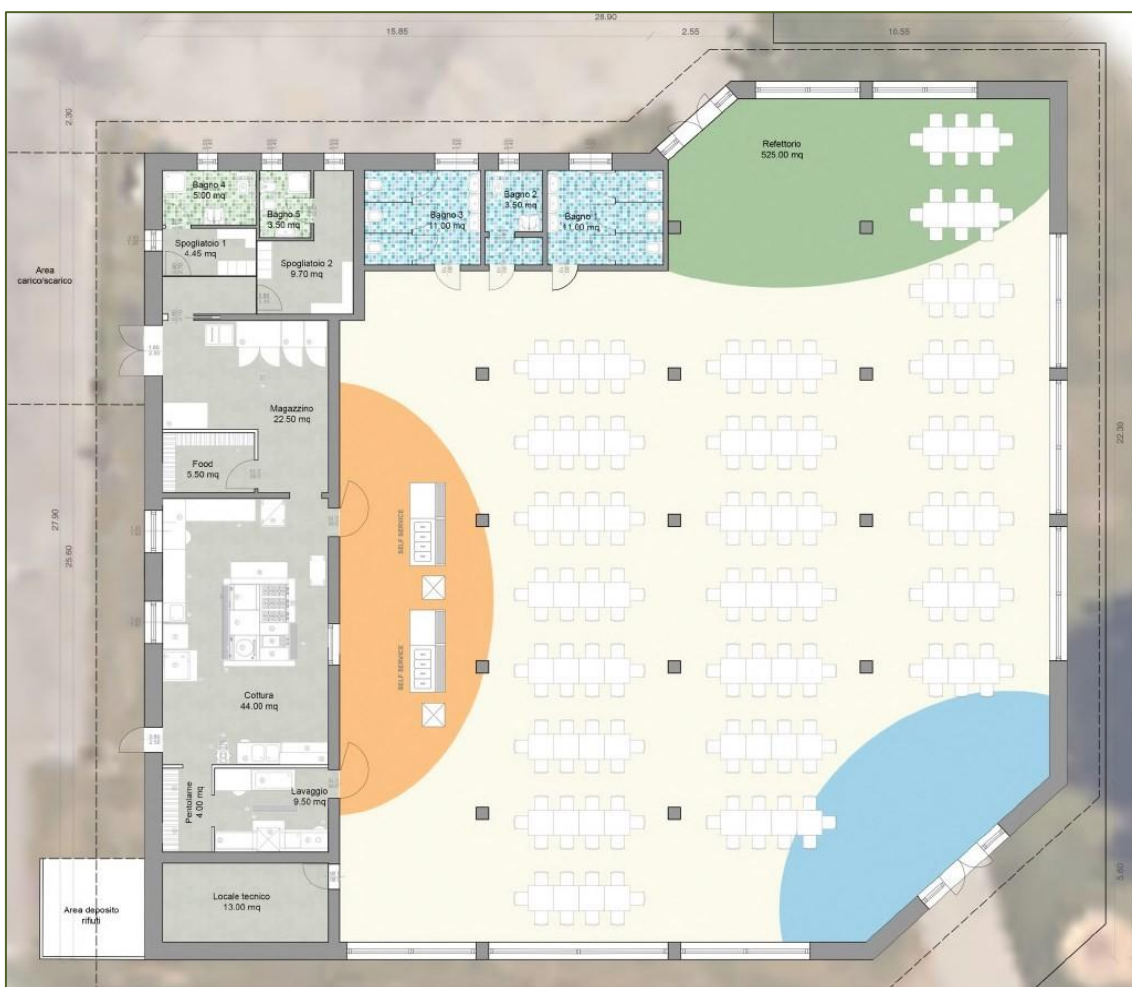


Figura 2 – Pianta di progetto

#### 3.2 Tipo di costruzione e vita nominale ( $V_N$ )

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.



**Categoria 3 → Vita Nominale = 100 anni**

**3.3 Azioni sismiche e classi d'uso (C<sub>U</sub>)**

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in 4 Classi d'Uso (corrispondenti alle Classi di Importanza delle EC8), così definite:

*Classe I:* costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

*Classe II:* costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche o sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in *Classe d'uso III* o in *Classe d'uso IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni d'emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento), gli uffici e i negozi.

*Classe III:* costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in *Classe d'uso IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

*Classe IV:* costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche rilevanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A e B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.



### 3.4 Periodo di riferimento per l'azione sismica ( $V_R$ )

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento ( $V_R$ ).

Il periodo di riferimento si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \times C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come da tabella seguente:

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

#### Check List

- Tipo di costruzione: 2 (livelli di prestazioni ordinari)
- Vita nominale ( $V_N$ ): 100 anni
- Classi d'uso in presenza di azioni sismiche ( $C_U$ ): IV (normali affollamenti)
- Coefficiente  $C_U$ : 2,0
- Periodo di riferimento per l'azione sismica:  $V_R = V_N \times C_U = 100 \times 2,0 = \underline{\underline{200 \text{ anni}}}$



#### 4. INQUADRAMENTI TERRITORIALI

##### 4.1 Inquadramento geografico

L'area in esame è posta nel territorio comunale di Ornago, in particolare lungo Via Carlo Porta, all'estremità orientale del centro abitato, nei pressi del centro sportivo comunale; ci si colloca, ad ampia scala, nella media pianura milanese, in contesto pianeggiante semi-urbanizzato. La quota altimetrica di riferimento è pari a 192 m s.l.m. circa.

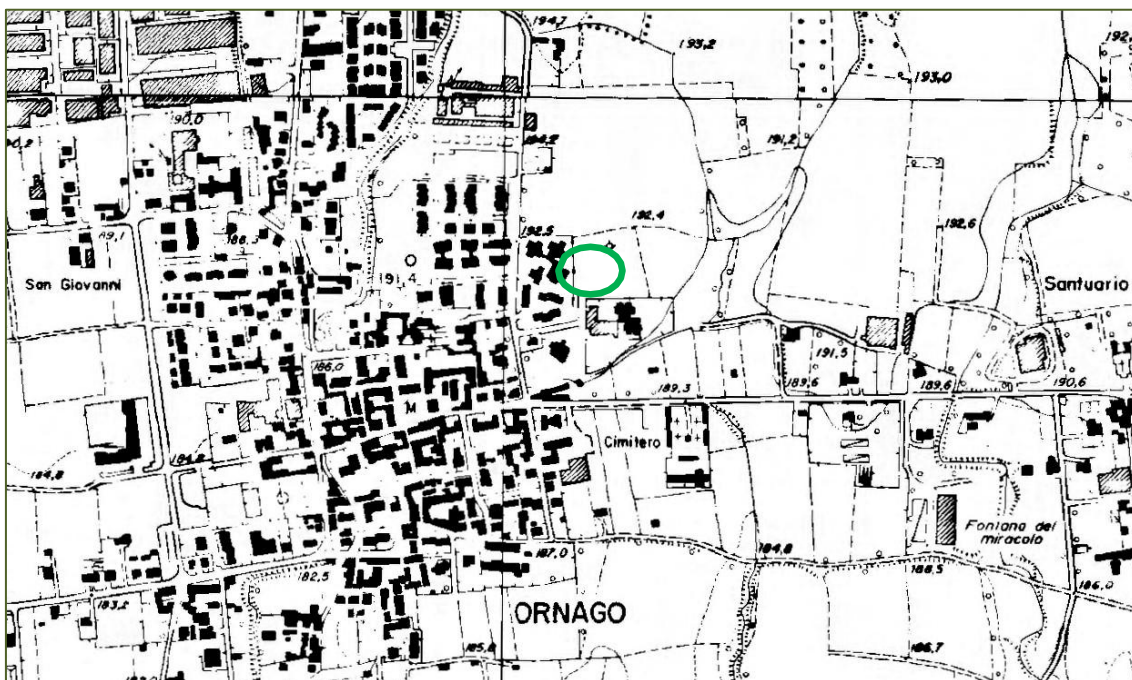


Figura 3 – Stralcio della Carta Tecnica Regionale con indicata l'area di intervento

##### 4.2 Inquadramento geomorfologico

L'area oggetto di intervento si colloca in zona pianeggiante con leggera pendenza verso S, interrotta, localmente, da orli di terrazzi fluvio-glaciali che interessano il settore.

Il contesto geomorfologico è dominato primariamente da processi morfogenetici legati alla dinamica delle acque superficiali (fluvio-glaciali e fluviali), connessi all'azione antica e recente dei corsi d'acqua (anche in relazione ai bacini glaciali quaternari), sia in termini di erosione sia di sedimentazione, ed a tutte le forme legate al ruscellamento superficiale; marcata è anche l'azione antropica, riferibile all'urbanizzazione che ha interessato negli ultimi 30 anni porzioni sempre più vaste di territorio rurale. Ai suddetti processi si sovrappone la geologia in senso stretto, ovvero la litologia (natura e competenza dei terreni e delle rocce) e la tettonica (lineamenti strutturali).





Ad ogni modo, il sito d'intervento non presenta segnali di dissesto né elementi idrografici direttamente interferenti.

Si pone tuttavia l'attenzione sul fenomeno degli "occhi pollini", che interessa vasti territori pianeggianti della Monza-Brianza: si tratta sono cavità sotterranee, di forma e dimensione variabile, che in caso di collasso possono portare a sprofondamenti improvvisi del terreno.

#### **4.2.1 Fenomeno degli "occhi pollini"**

Il fenomeno è stato documentato nel Geoportale della Regione Lombardia, all'interno dello strato informativo "*Grado di suscettività -PTCP vigente*" (12/2013), che suddivide il territorio di Monza-Brianza in aree omogenee per grado di suscettività, ovvero probabilità di insorgenza del fenomeno.

L'area d'interesse è collocata in zona ad alto grado di suscettività, per il quale Regione Lombardia fornisce le seguenti linee guida di indagine e prevenzione del rischio:

##### *OBIETTIVI DI INDAGINE*

- *determinare la presenza di "occhi pollini" o della loro possibile formazione al fine di limitare i possibili danni o interferenze con l'attività umana e la possibile veicolazione di sostanze inquinanti nel sottosuolo;*
- *suggerite misure efficaci e concretamente realizzabili, onde evitare aggravii di tempi e costi durante la realizzazione delle infrastrutture*

##### *CONSIDERAZIONI GENERALI PER LE CAMPAGNE DI INDAGINE*

- *occhi pollini di dimensioni molto ridotte possono ingrandirsi successivamente alla realizzazione di un intervento;*
- *le cavità possono essere parzialmente o totalmente riempite di materiale di crollo e/o sedimenti derivanti dalla circolazione idrica sotterranea, rendendo più difficile la ricerca della loro presenza.*

##### *METODI DI INDAGINE*

- *Prove penetrometriche: benché siano uno tra i metodi più usati per la caratterizzazione geotecnica dei terreni, non sono indagini indicate per determinare*



*RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA*

*la presenza di "occhi pollini". Esse non consentono di definire con sufficiente precisione la presenza e lo sviluppo del reticolo di cavità all'interno del terreno dato che la maglia con cui vengono normalmente eseguite non può fornire la distribuzione areale delle cavità stesse, né risulta economicamente conveniente eseguire prove penetrometriche in numero sufficiente a questo scopo.*

- Indagini geofisiche: sono quelle che meglio possono essere utilizzate per l'individuazione e mappatura di vuoti nel sottosuolo; il georadar e la tomografia elettrica 2D e 3D sono tra quelle che meglio si adattano allo scopo.*
- Il georadar, ha il vantaggio di essere di facile e veloce impiego e di avere costi contenuti, di contro presenta limiti di impiego in terreni ricchi di argilla quali quelli in cui tipicamente si formano gli occhi pollini. Infatti la capacità di penetrazione del georadar in questi terreni è molto limitata, mentre gli occhi pollini si formano spesso in profondità. A tal proposito può essere adottata la tecnica georadar a fondo scavo in modo da aumentare la profondità di investigazione.*
- La tomografia elettrica: consente una maggiore penetrazione in profondità e risoluzione sebbene l'esecuzione di questo tipo di indagine sia più onerosa.*
- Limiti di impiego: le indagini geofisiche hanno lo svantaggio di avere una risoluzione minima che può essere superiore al diametro delle condotte. Inoltre, nel caso in cui gli "occhi pollini" fossero riempiti totalmente di sedimenti che hanno caratteristiche simili a quello in cui l'occhio pollino si forma, la cavità potrebbe non essere riconosciuta in quanto non ci sono grandi differenze di resistività tra la litologia ospitante l'occhio pollino e il riempimento.*

**PREVENZIONE E GESTIONE**

*La circolazione di acqua nel sottosuolo è uno dei fattori fondamentali nella formazione degli occhi pollini. Nelle aree in cui risulta esserci una probabilità alta e molto alta al fenomeno degli occhi pollini deve essere prestata la massima attenzione nello smaltimento delle acque nel terreno. In queste zone deve essere evitato l'uso dei pozzi perdenti in quanto l'immissione di acqua a seguito di precipitazioni può innescare il fenomeno e/o contribuire in modo sostanziale alla sua accentuazione, aumentando quindi la probabilità di avere danni alle opere.*



*È da evitare di usare gli "occhi pollini" come pozzi perdenti naturali in cui convogliare le acque di scarico. Infatti gli "occhi pollini" si ingrandiscono a ogni nuova venuta d'acqua e quindi questa tecnica porterebbe ad una evoluzione molto rapida delle cavità con seri pericoli per le opere.*

#### **4.3 Inquadramento geolitologico**

L'area di studio è caratterizzata dalla presenza di depositi superficiali quaternari.

Nella fattispecie, i terreni presenti al di sotto della coltre di riporto ricadono nella formazione nota come Unità del Pianalto, di età pleistocenica.

Si tratta di depositi fluvioglaciali, sovrastati dalla coltre di copertura loessica fino a 1,80 m. Sono costituiti da ghiaie a supporto prevalentemente elastico, con matrice limoso-sabbiosa, coperti da una coltre loessica di limi, limi sabbiosi e limi argillosi. Costituiscono piani terrazzati che rappresentano delle vere e proprie "isole" sopraelevate rispetto ai depositi fluvioglaciali recenti. Questi depositi sono separati dai limitrofi da piccole scarpate morfologiche.

Dal punto di vista strutturale, non si segnalano lineamenti tettonici direttamente interferenti con le opere di progetto.

Si propone di seguito lo stralcio della Carta Geologica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Ornago, con indicata la descrizione litologica sintetica delle unità riscontrate.



COSTRUZIONE DELLA NUOVA MENSA SCOLASTICA PER L'ISTITUTO  
COMPENSIVO "ALESSANDRO MANZONI" DI ORNAGO E BURAGO - SEDE  
DI ORNAGO (MB) - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA

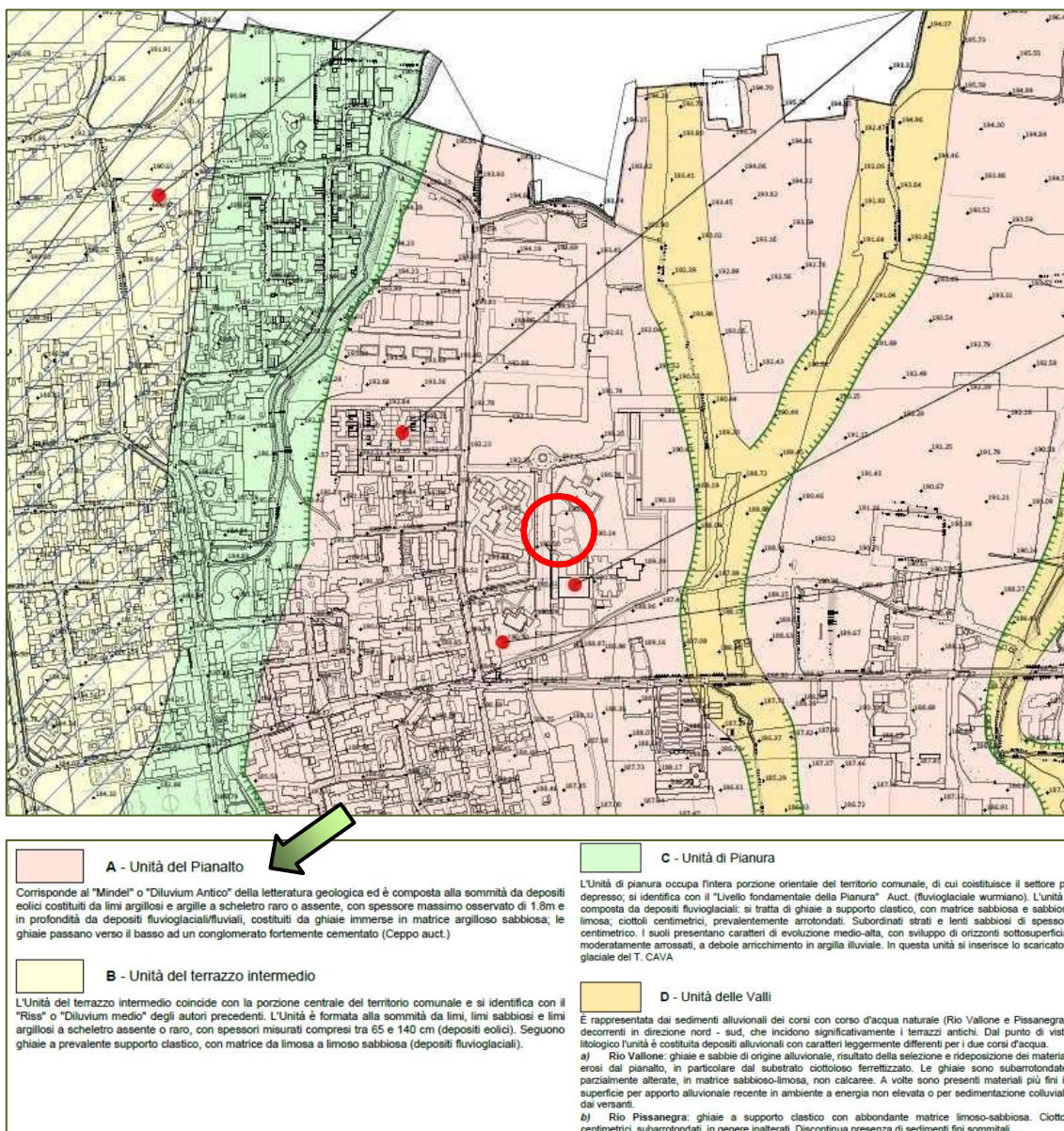


Figura 4 – Stralcio della Carta Geologica (All. 1 Componente Geologica PGT). In rosso la zona d'intervento

#### 4.4 Inquadramento idrogeologico e idrografico

Dal punto di vista idrografico l'area di intervento non è interessata dal passaggio di alcun elemento direttamente interferente con le opere di progetto. È da sottolineare tuttavia la presenza del Torrente Pissanegra, circa 150 m a W dal sito, e del Torrente Cava, a circa 200 m a E, appartenenti al Reticolo Idrico Minore. Tali corsi d'acqua, quasi totalmente regimati o tombinati artificialmente, non rappresentano elementi di disturbo con l'opera.





*RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA*

Come si deduce dalla lettura della relazione illustrativa di supporto allo studio geologico comunale, l'assetto idrogeologico dell'area è dominato dalla presenza dell'acquifero superficiale della pianura padana e da una circolazione idrica superficiale generalmente diffusa, controllata dalla morfologia locale e marcata da eventuali regimazioni artificiali. In particolare la consultazione della documentazione bibliografica disponibile indica che la falda freatica, in corrispondenza dell'area di studio, presenta isopiezometriche comprese tra 156 m e 158 m s.l.m. Pertanto la soggiacenza della falda freatica è pari a circa 32 - 34 m dal pc, con oscillazioni stagionali quantificabili in pochi metri, quindi ben lontana dalla quota di imposta delle fondazioni in uso per il progetto in corso.

La granulometria superficiale prevalentemente fine dell'orizzonte loessico, induce a ritenere probabili fenomeni di ristagno idrico, così come l'insorgenza di falde sospese. Tale osservazione è avvalorata dalla Carta Idrogeologica del vigente studio geologico, che colloca l'area di studio tra i "Settori con presenze di acque a debole profondità", così come dalle osservazioni eseguite al piano interrato del limitrofo edificio scolastico, che risulta spesso allagato.

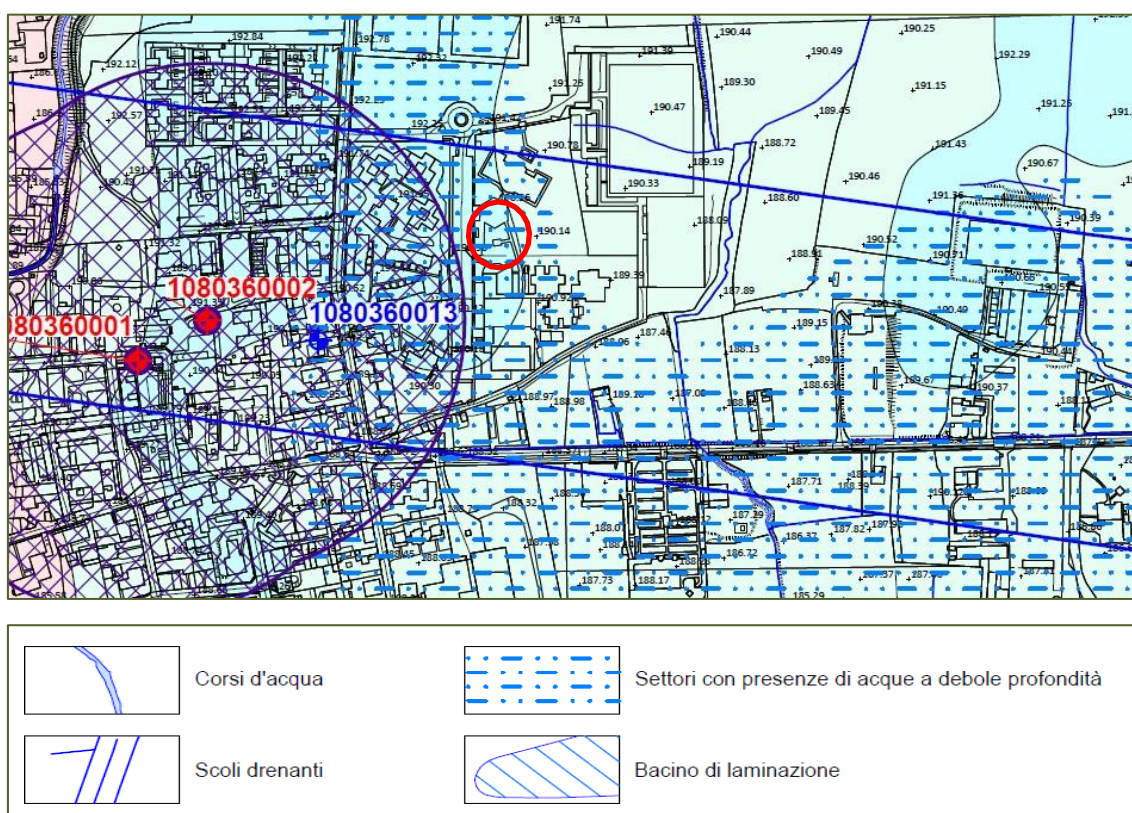


Figura 5 – Stralcio della carta idrogeologica dello studio geologico comunale  
(Geoinvest Srl, 2014)





## 5. VINCOLI E DISPOSIZIONI DEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE

### 5.1 Compatibilità con lo studio geologico comunale

Ai fini di verificare la compatibilità geologica dell'opera con il territorio, nonché l'eventuale presenza di vincoli o limitazioni, sono stati consultati gli elaborati dello studio geologico comunale disponibili, ed in particolare:

- Carta dei Vincoli (che riporta anche gli elementi della Carta del Dissesto P.A.I.)
- Carta di Sintesi
- Carta di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano
- Norme Geologiche di Piano

Per quanto concerne la Carta dei Vincoli dello strumento geologico comunale vigente (Geoinvest Srl, ottobre 2014), non si evidenzia alcun vincolo presente. Immediatamente a W, oltre la Via C. porta, è invece presente la fascia di rispetto di un pozzo idropotabile; tuttavia è esterna al sito di progetto

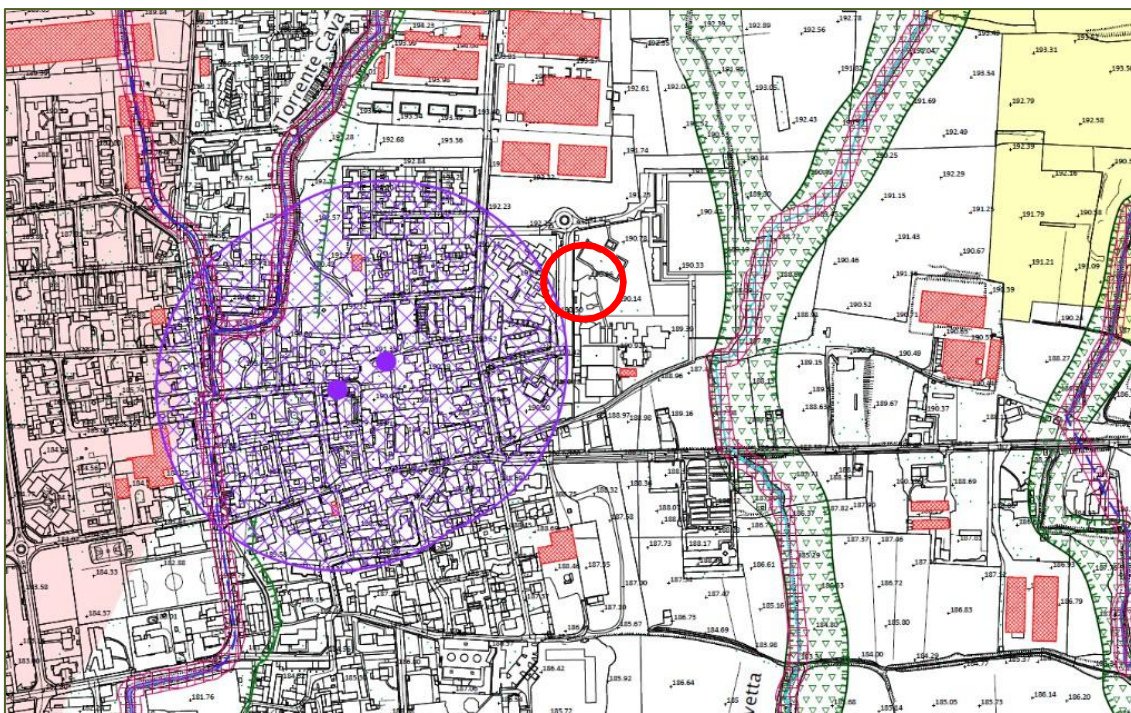


Figura 6 – Stralcio della Carta dei Vincoli dello studio geologico comunale  
Indicata in rosso l'area di intervento

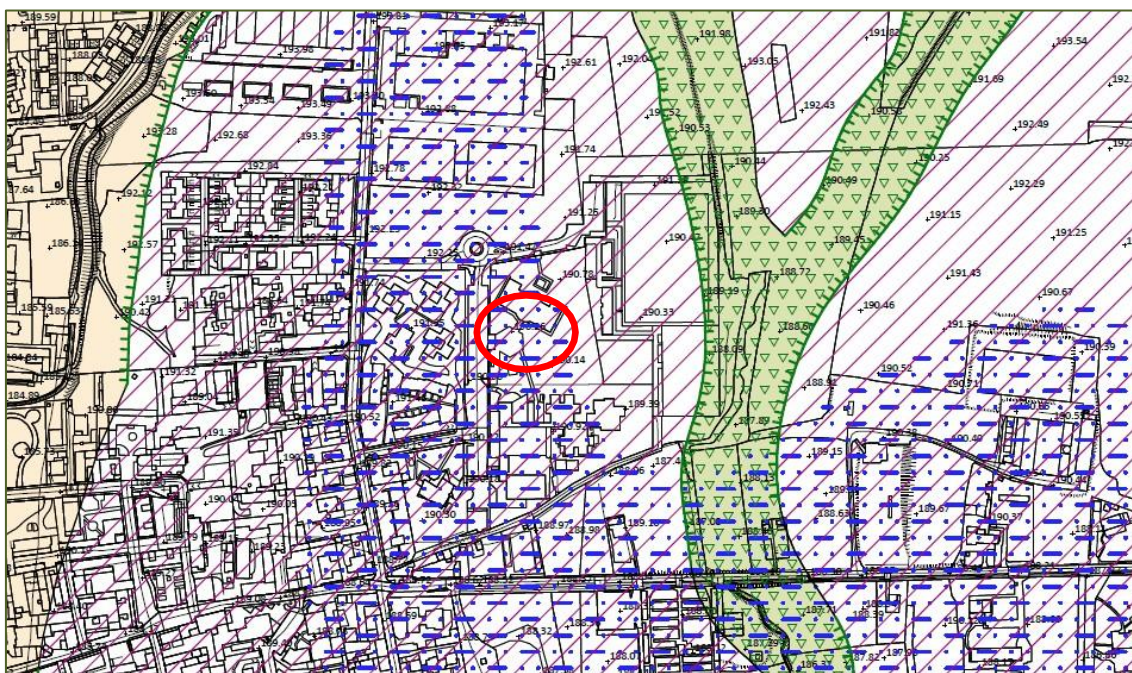


COSTRUZIONE DELLA NUOVA MENSA SCOLASTICA PER L'ISTITUTO  
COMPENSIVO "ALESSANDRO MANZONI" DI ORNAGO E BURAGO - SEDE  
DI ORNAGO (MB) - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

*RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA*

La Carta di Sintesi suddivide il territorio comunale in base a diversi ambiti di criticità geologica. L'area fa parte di un settore con limi/argille superficiali con spessori dell'ordine di 2-4 metri e con caratteristiche geotecniche molto variabili.

Come scritto in precedenza il sito è inserito anche in un settore interessato da acque di ritenzione presenti nei livelli ferrettizzati superficiali.



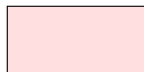
**Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche**



Settori con moderata capacità portante e ridotto grado di copertura.



Settori con limi/argille superficiali con spessori dell'ordine di 2-4 metri e con caratteristiche geotecniche molto variabili



Settori con maggiore diffusione relativa di "occhi pollini"



Settore interessato da acque di ritenzione presenti nei livelli ferrettizzati superficiali

Figura 7 – Stralcio della Carta di Sintesi dello studio geologico comunale  
Indicata in rosso l'area di intervento



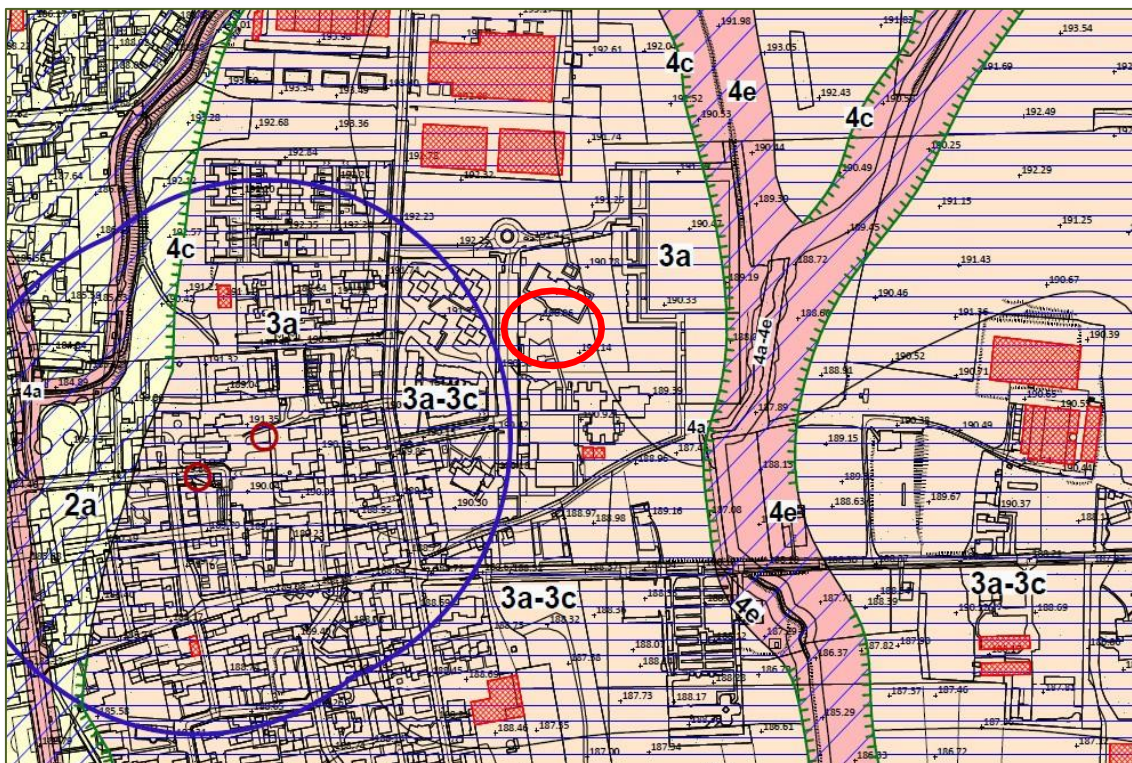


COSTRUZIONE DELLA NUOVA MENSA SCOLASTICA PER L'ISTITUTO  
COMPENSIVO "ALESSANDRO MANZONI" DI ORNAGO E BURAGO - SEDE  
DI ORNAGO (MB) - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

*RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA*

La Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano discende direttamente dalla Carta di Sintesi.

L'area è ricompresa entro la classe 3: "*Fattibilità con consistenti limitazioni*".



**Classe 3 (arancione) - Fattibilità con consistenti limitazioni**



La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

- 3a** - Settori con ridotta capacità portante (terreni limo-argillosi nei primi 2-4 metri)
- 3b** - Settori con presenza elevata di occhi pollini
- 3c** - Settori con acqua di ritenzione nei livelli ferrettizzati
- 3d** - Aree scavate e parzialmente riempite

Figura 8 – Stralcio della Carta della Fattibilità delle Azioni di Piano dello studio geologico comunale. Indicata in rosso l'area di intervento

Le problematiche riscontrate sono riferibili alle sottoclassi di fattibilità 3a "*Settori con ridotta capacità portante (terreni limo-argillosi nei primi 2-4 metri)*" e 3c "*Settori con acqua di ritenzione nei livelli ferrettizzati*".



## **5.2 Compatibilità con gli strumenti della pianificazione sovraordinata**

Oltre che con gli strumenti pianificatori di livello comunale, è necessario verificare la compatibilità degli interventi con alcuni strumenti della pianificazione sovracomunale di interesse geologico, ed in particolare:

- il Quadro del Dissesto P.A.I. aggiornato;
- le Fasce Fluviali del P.A.I. (non presenti in questo caso);
- la Direttiva Alluvioni (o Piano di Gestione del Rischio Alluvioni).

Dalla disamina eseguita emerge che il sito d'intervento non interferisce con perimetrazioni P.A.I. (dissesti e fasce fluviali), né del P.G.R.A..



## 6. INDAGINE GEOGNOSTICA

### 6.1 Premessa

Al fine di procedere con la definizione del modello geologico e geotecnico del sottosuolo interessato dall'intervento, oltre alla documentazione bibliografica disponibile, sono state utilizzate le risultanze dell'indagine geognostica appositamente predisposta. In particolare, sono stati eseguiti:

- n. 5 prove penetrometriche dinamiche eseguite mediante mezzo superpesante DPSH;
- n. 2 indagini geoelettriche,
- prospezione sismica multicanale a onde di superficie (MASW, ReMi),
- sismica passiva a stazione singola con tecnica H/V.

La posizione indicativa delle prove penetrometriche è visibile nell'immagine proposta a seguire. Per la posizione delle indagini sismiche si veda il capitolo relativo.



Figura 9 – Ubicazione delle prove penetrometriche dinamiche in relazione all'opera di progetto

Le indagini hanno consentito di:

- ricostruire la stratigrafia dei terreni attraversati;





- attribuire a ciascun livello di terreno riconosciuto i principali parametri geotecnici, calibrati sulla base dello specifico contesto litotecnico e sulla scorta dell'interpretazione stratigrafico - geotecnica dei dati forniti dalle prove in sito (valori medi di  $N_{SPT}$ ).

## 6.2 Prove penetrometriche dinamiche

Le prove penetrometriche sono state eseguite secondo gli standard previsti dalle raccomandazioni A.G.I. e secondo la normativa internazionale I.S.S.M.F.E. del 1977, con l'utilizzo di penetrometro superpesante avente le caratteristiche tecniche indicate a seguire:

Peso massa battente	73 kg
Volata	0,75 m
Diametro punta conica	51 mm
Area base punta conica	20,43 cm <sup>2</sup>
Angolo apertura punta conica	60°
Lunghezza delle aste	0,90 m
Peso aste per metro	6,31 kg
Profondità giunzione 1° metro	0,30 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero di colpi punta	N = N(30)
Rivestimento	No
Energia specifica per colpo	8,93 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Coefficiente di correlazione <math>N_{SPT}</math></b>	<b>1,134</b>

Tabella 1 – Caratteristiche del penetrometro utilizzato

Le prove penetrometriche hanno raggiunto le seguenti profondità:

PROVA PENETROMETRICA	PROFONDITÀ RAGGIUNTA DAL P.C.
P1	3,90 m
P2	9,90 m
P3	9,90 m
P4	9,90 m
P5	9,90 m

Tabella 2 – Profondità raggiunte dalle prove penetrometriche



Durante l'esecuzione delle penetrometrie non è stata riscontrata la presenza di acqua.

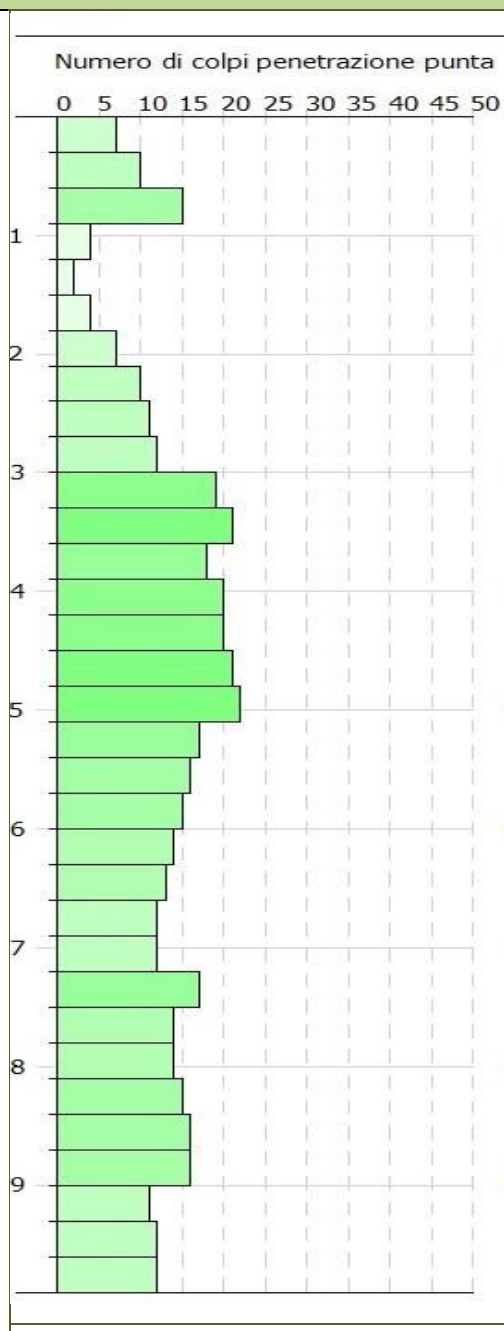
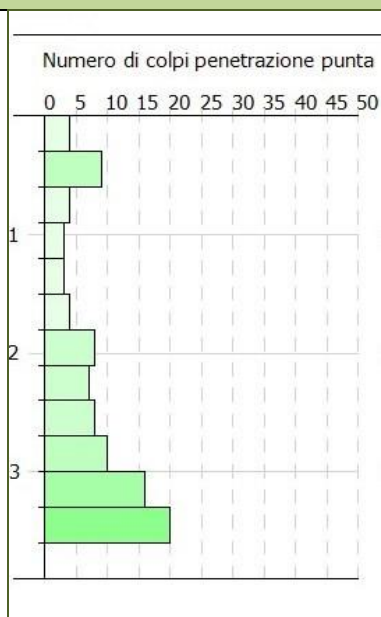
Le prove penetrometriche, la cui posizione è stata fortemente condizionata dalla presenza di sottoservizi, sono state arrestate alla profondità di circa 10 m da p.c., poiché si è ritenuto di avere indagato una sufficiente profondità in relazione alle opere di progetto.



Figure 10 – Esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche

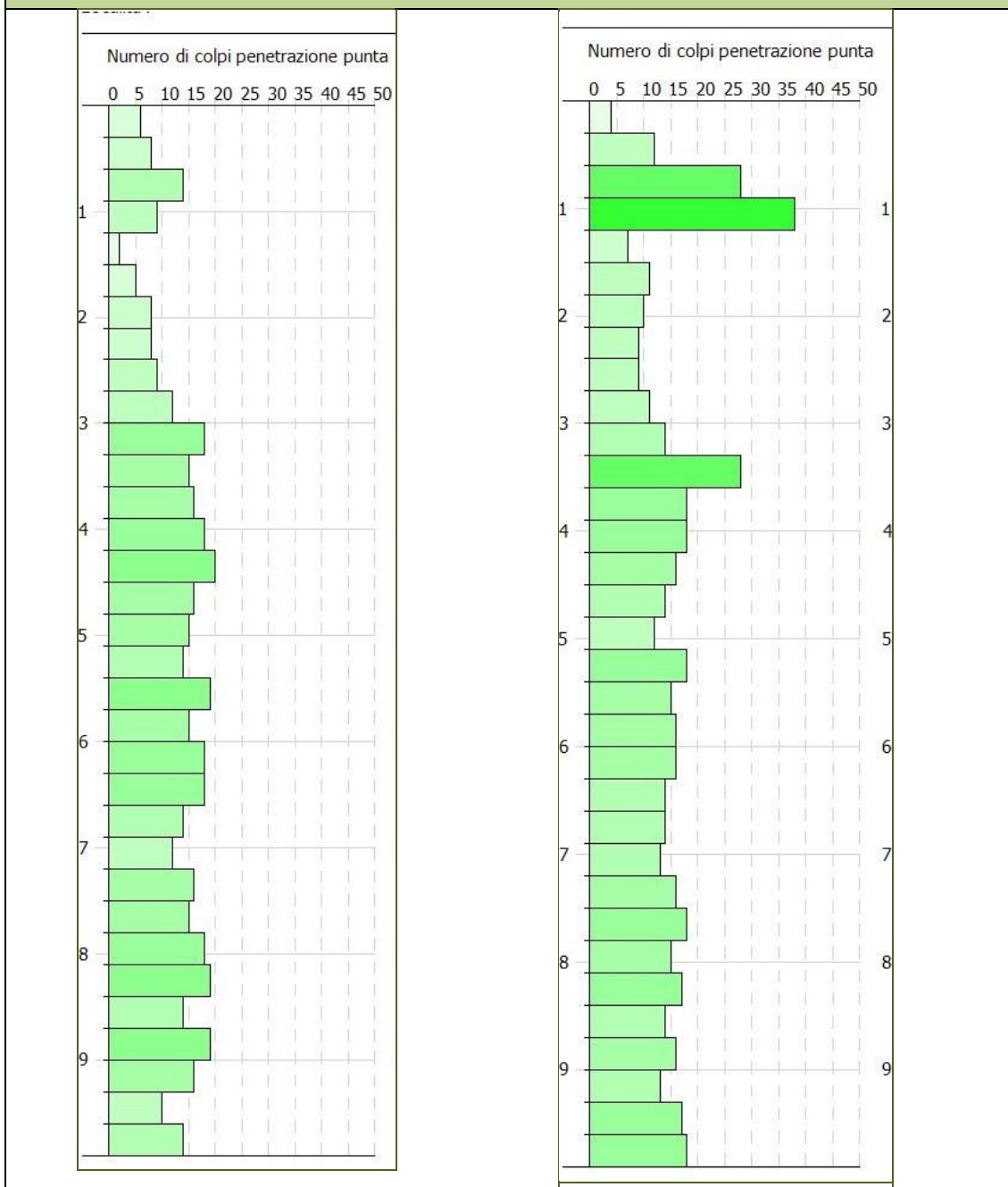


### PROVA P1 e P2





**PROVA P3 e P4**





### PROVA P5

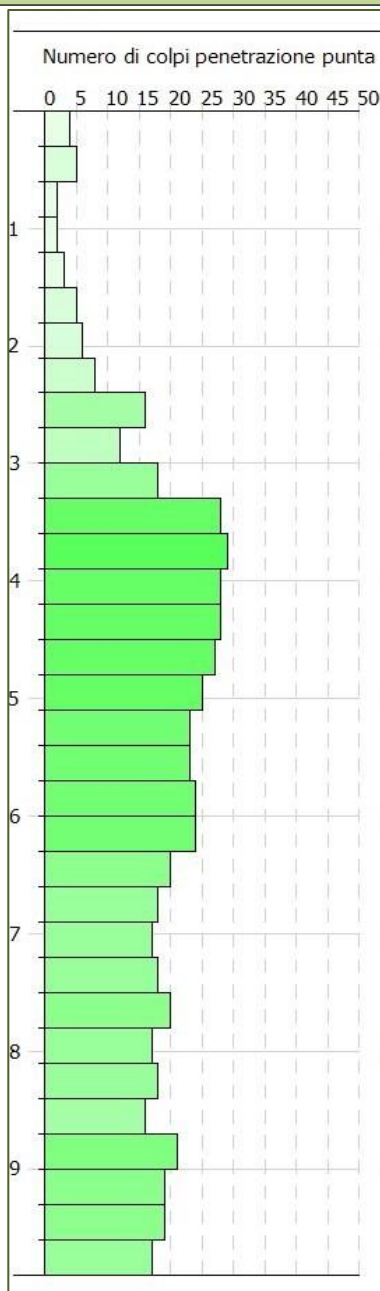


Figure 11 – Risultati delle prove penetrometriche dinamiche

Le prove penetrometriche eseguite, appaiono ben correlabili tra loro, pur con qualche prevedibile eterogeneità laterale e verticale.

In sintesi la possibile interpretazione dei tabulati derivanti dalle penetrometrie evidenzia la presenza di una coltre di materiale rimaneggiato/riporto di spessore circa metrico (R),





a cui segue la coltre di copertura leossica (B), che si estende sino a circa 1,5-2 m di profondità. A seguire si rinvencono depositi costituiti da ghiaie a supporto clastico, in matrice limo-argillosa (C + D), ad addensamento crescente.

Si segnala inoltre che la penetrometria P1si è arrestata a circa 4 m dal p.c., causa il probabile rinvenimento di un ciottolo o masso che ne ha impedito l'avanzamento. Si evidenzia altresì che nella prova penetrometrica n. 4 non è stata rinvenuta la copertura loessica (orizzonte B); tale condizione potrebbe indicare che, in quel punto, vi è stato un rimaneggiamento del terreno che si è spinto a maggiore profondità, rispetto a quella delle altre penetrometrie.

### 6.3 Dati bibliografici

Ai fini della ricostruzione della ricostruzione stratigrafica dell'area in esame è utile prendere in considerazione i dati raccolti nella relazione geologico-tecnica (dott. Geol. Suardi, 09/20) a supporto dell'ampliamento e riqualificazione del micronido comunale. L'area si pone a circa 100 m a S del sito in esame, nel medesimo contesto geomorfologico; pertanto l'indagine geognostica è correlabile.



Figura 12 – Foto aerea dell'area di interesse: in giallo è indicato il sito in esame, in rosso è indicata la posizione del micronido comunale.



### 6.3.1 Prove penetrometriche standard (Geol. Suardi, 09/2020)

Nell'ambito del progetto di miglioramento dell'asilo sono state effettuate 6 prove penetrometriche dinamiche standard, di cui le prove P3 e P4 sono risultate rappresentative. Se ne propongono a seguire i tabulati.

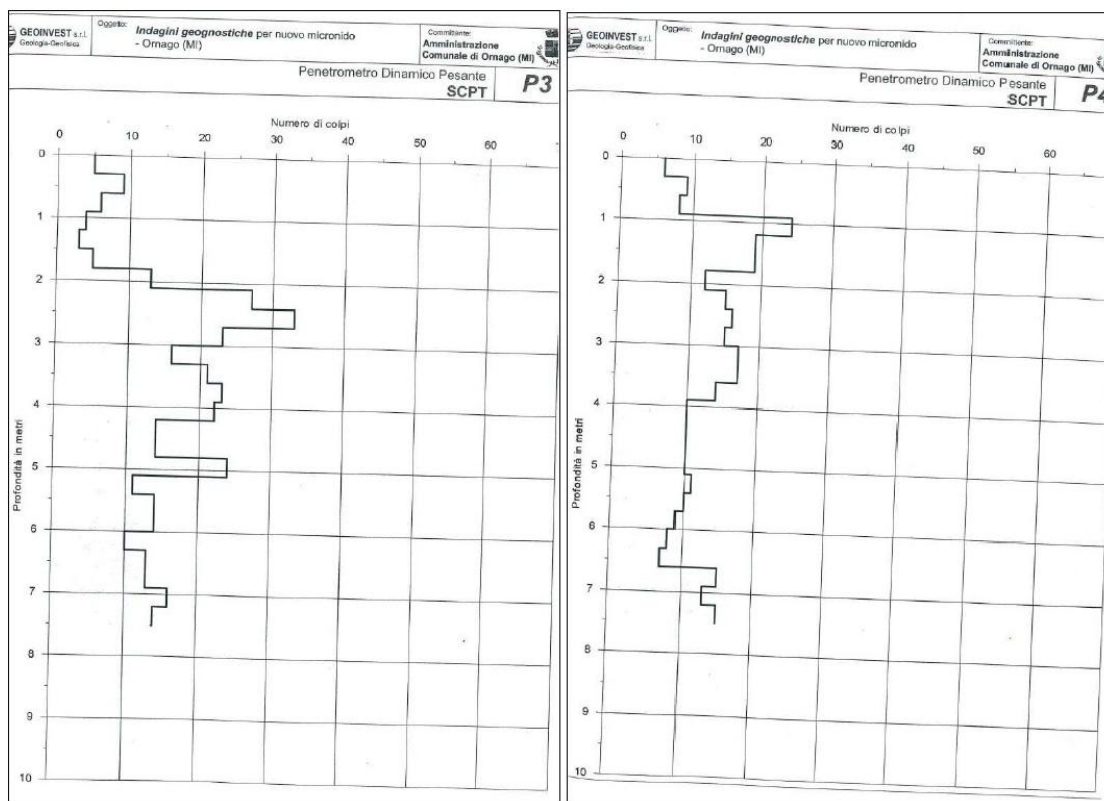


Figure 13 - Tabulati delle prove penetrometriche dinamiche P3 e P4 eseguite per l'opera di miglioramento del micronido comunale (Geol. Suardi, 09/2020)

### 6.3.2 Indagine sismica HVSR (Geol. Suardi, 09/2020)

L'indagine sismica passiva HVSR condusse alla seguente modellazione.

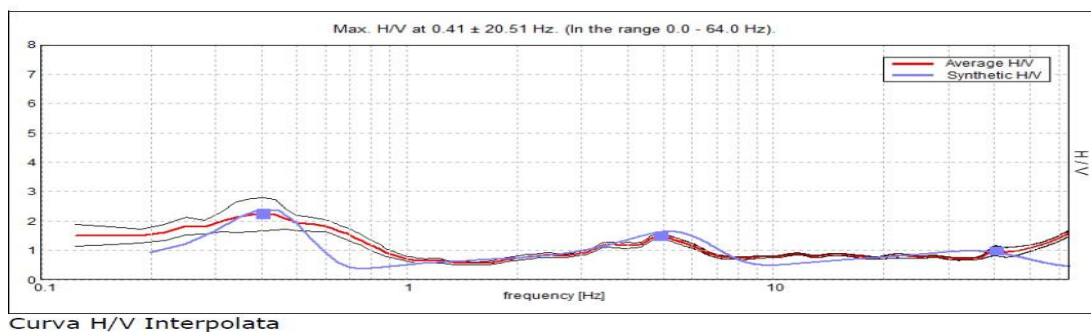
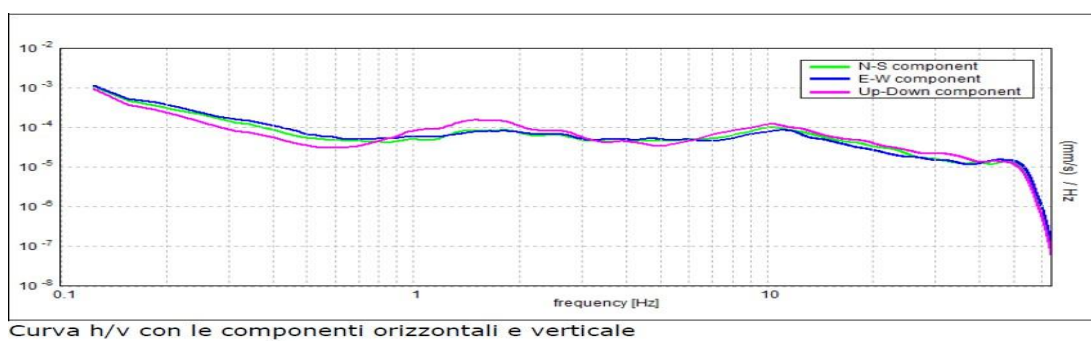
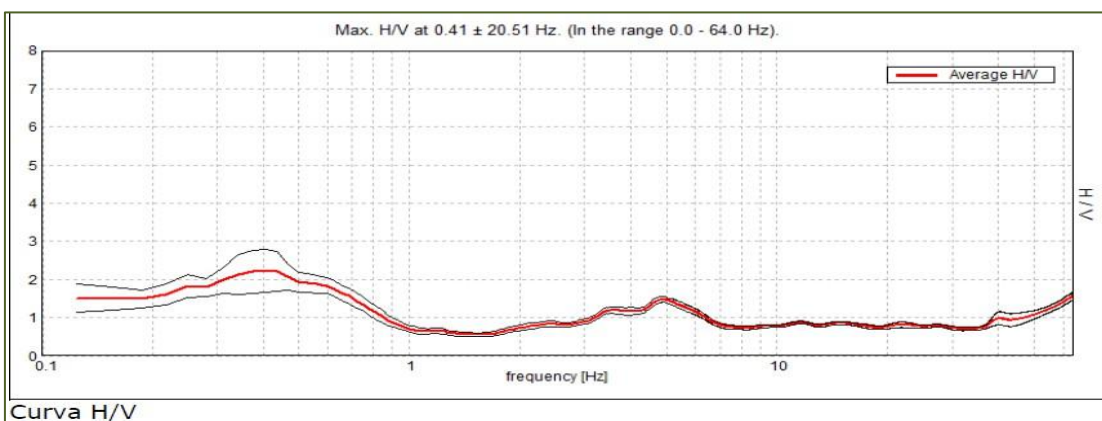
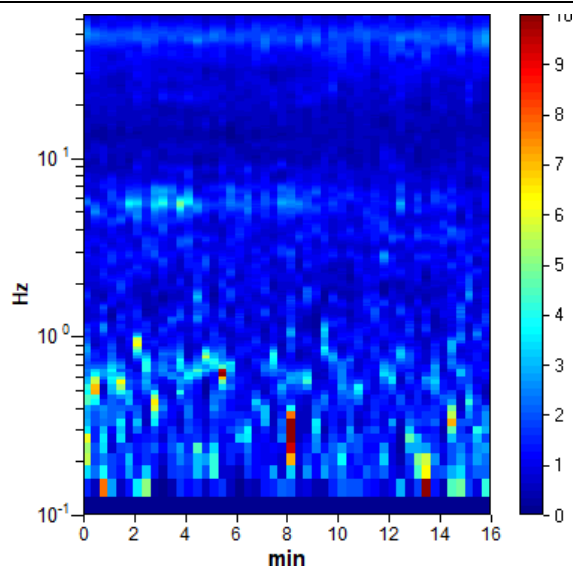
<b>Frequenza di campionamento</b>	128 Hz	<b>Condizioni meteorologiche</b>	Sereno
<b>Data registrazione</b>	23/06/2020	<b>Lunghezza finestre</b>	20 s
<b>Terreno di misura</b>	Terra	<b>Tipo di lisciamento</b>	Triangular window
<b>Accoppiamento suolo strumento</b>	Piedini lunghi	<b>Lisciamento</b>	10 %
<b>Orientamento dello</b>	Nord	<b>Durata della</b>	16' 00"

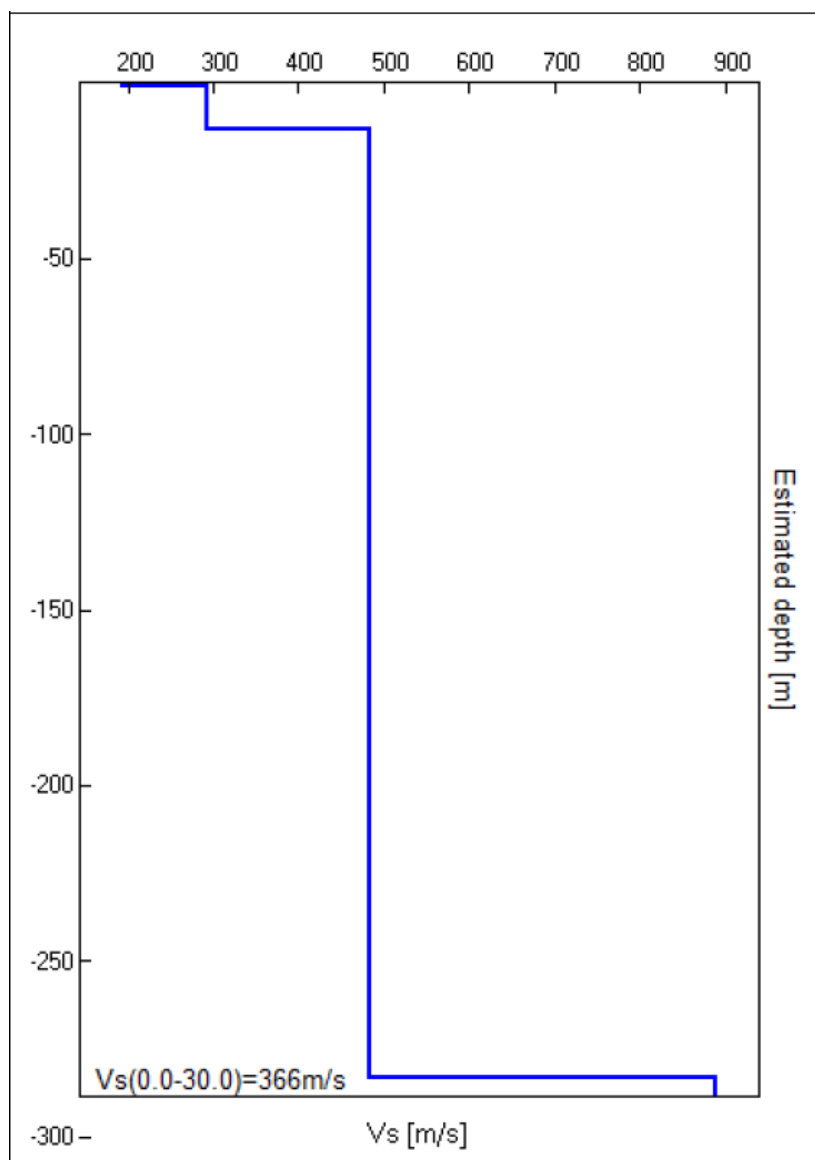
Di seguito i grafici H/V con interpolazione della curva in base al vincolo stratigrafico e la curva H/V con le varie componenti orizzontali e verticale:



COSTRUZIONE DELLA NUOVA MENSA SCOLASTICA PER L'ISTITUTO  
COMPENSIVO "ALESSANDRO MANZONI" DI ORNAGO E BURAGO - SEDE  
DI ORNAGO (MB) - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA





Curva Vs 30

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
1.2	1.20	194
13.20	12.00	292
283.20	270.00	484
∞	∞	889

Andamento valori di Vs30 con la profondità





La misura effettuata fornì un valore di Vs30 paio a 366 m/s che permise di attribuire il suolo alla categoria sismica B. Il valore ottenuto risultò allineato ai valori di indagini Re.Mi eseguite nelle vicinanze e nello stesso ambito geologico stratigrafico e riportate nel PGT. Nel caso in esame lo spettro H/V consentì di individuare le frequenze di risonanza del terreno: 0.4 Hz, 4.9 Hz e 40 Hz.

### **6.3.3 Prova di permeabilità in pozzetto (Geol. Suardi, 09/2020)**

L'esecuzione della prova, eseguita all'interno di un pozzetto a base quadrata di lato pari a 40 cm, permise di ottenere un valore di permeabilità media K pari a:  $4.3 \times 10^{-5}$  m/s, equivalente alla permeabilità di un terreno sabbioso limoso.  
della permeabilità è espresso quindi in metri/secondo.

### **6.3.4 Prove penetrometriche standard (Geoplanet, 10/2021)**

Risulta opportuno prendere in considerazione i dati relativi ai dati geognostici raccolti dalla Geoplanet nell'ottobre 2021 per la redazione del nuovo piano cimiteriale del comune di Ornago. Tali dati provengono a loro volta da prove penetrometriche dinamiche effettuate nel 2015 dalla Geoinvest per l'opera di ampliamento del cimitero, posto a circa 200 m a SW del sito in esame.

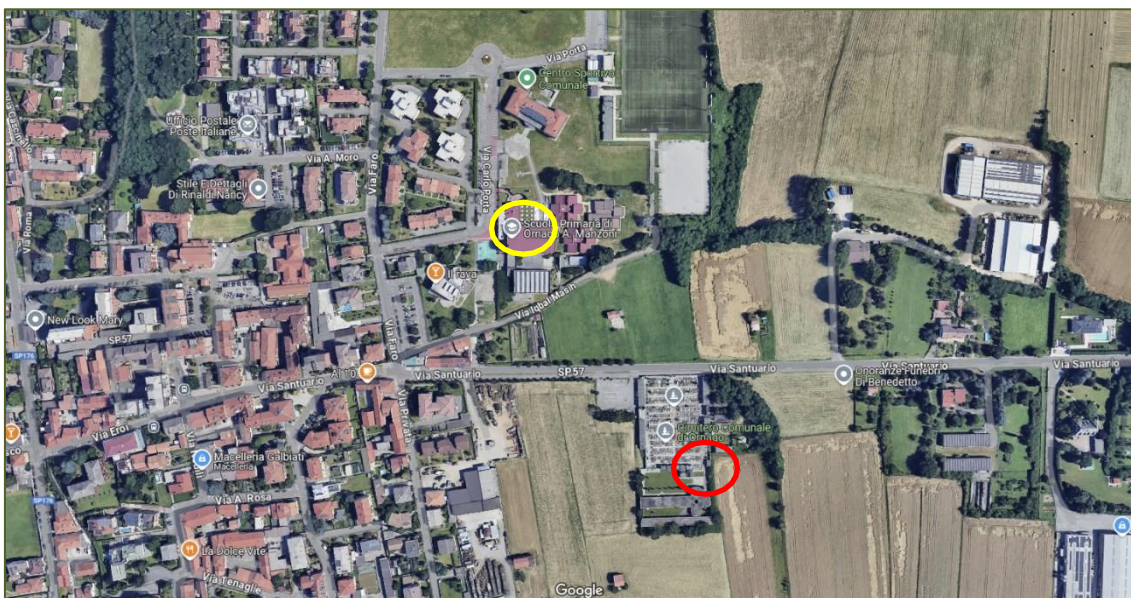


Figure 14 – Foto aerea dell'area di interesse: in giallo è indicato il sito in esame, in rosso la posizione delle prove effettuate (Geoinvest nel 2015)



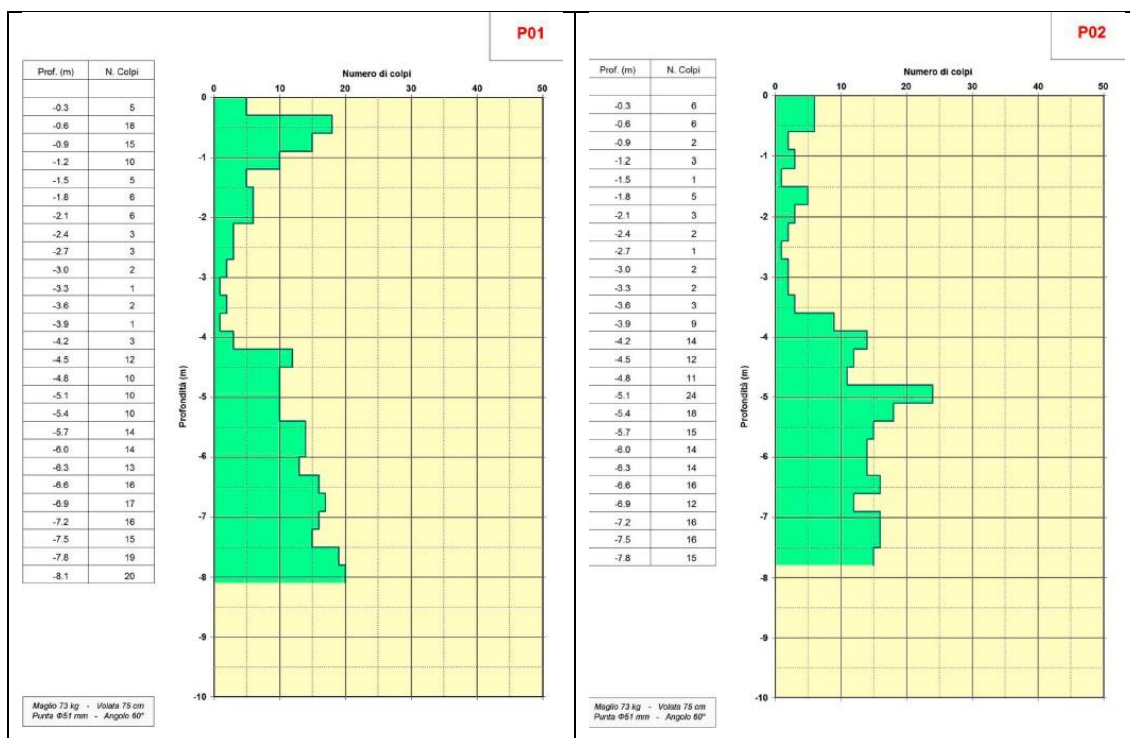


**COSTRUZIONE DELLA NUOVA MENSA SCOLASTICA PER L'ISTITUTO  
COMPENSIVO "ALESSANDRO MANZONI" DI ORNAGO E BURAGO - SEDE  
DI ORNAGO (MB) - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA**

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA**

Di seguito si illustrano le caratteristiche tecniche della prova effettuata e i tabulati delle indagini.

<b>DPSH</b>		
<b>MAGLIO</b>	Massa M (Kg)	63.5
	Altezza di caduta H (mm)	750
<b>CONO</b>	Angolo di apertura (°)	90
	Area di base A (cm <sup>2</sup> )	20
	Diametro di base D (mm)	50.5
	Altezza cilindro di base cono (mm)	50.5
	Rastremazione (parte alta) (°)	11
	Altezza parte conica (mm)	25.3
<b>ASTE</b>	Massa minima (Kg/m)	6
	Diametro esterno massimo (mm)	32
<b>PENETRAZIONE</b>	Lunghezza aste (mm)	1000
	Numero di colpi penetrazione	N <sub>20</sub>
	Campo di valori standard	5 ± 100
Lavoro specifico per colpo M*g*H/A (Kj/m <sup>2</sup> )		234





COSTRUZIONE DELLA NUOVA MENSA SCOLASTICA PER L'ISTITUTO  
COMPENSIVO "ALESSANDRO MANZONI" DI ORNAGO E BURAGO - SEDE  
DI ORNAGO (MB) - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA

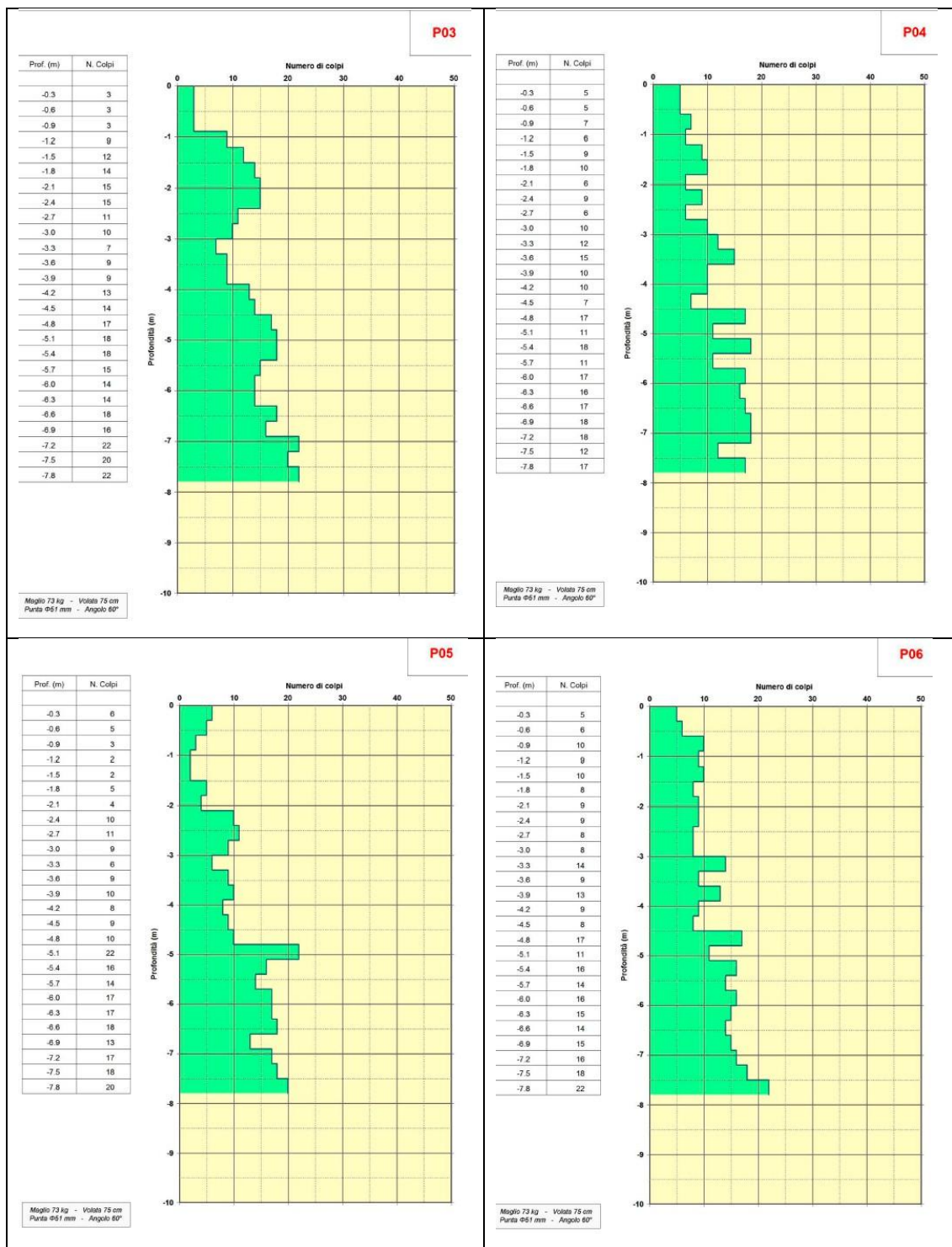


Figure 15 - Specifiche tecniche e tabulati delle prove penetrometriche dinamiche (Geoinvest, 2015)

Vale la pena si evidenziare che è stata rinvenuta una falda sopsesa alla profondità di 4,7 m da p.c..



### **6.3.5 Dati geognostici dalla Banca Dati del Sottosuolo**

Nelle vicinanze del sito in esame sono presenti, inoltre, tre siti in cui sono state eseguite indagini geognostiche disponibili nella Banca Dati del Sottosuolo della Regione Lombardia. Si tratta di prove penetrometriche dinamiche standard poste a circa 50 m e 100 m a S, e una terza posta a 150 m circa a NW dal sito in esame. Di seguito vengono proposte la posizione e i tabulati delle prove.



Figure 16 – Foto aerea dell'area di interesse: in giallo è indicato il sito in esame, in nero la posizione delle prove presenti nella Banca Dati del Sottosuolo

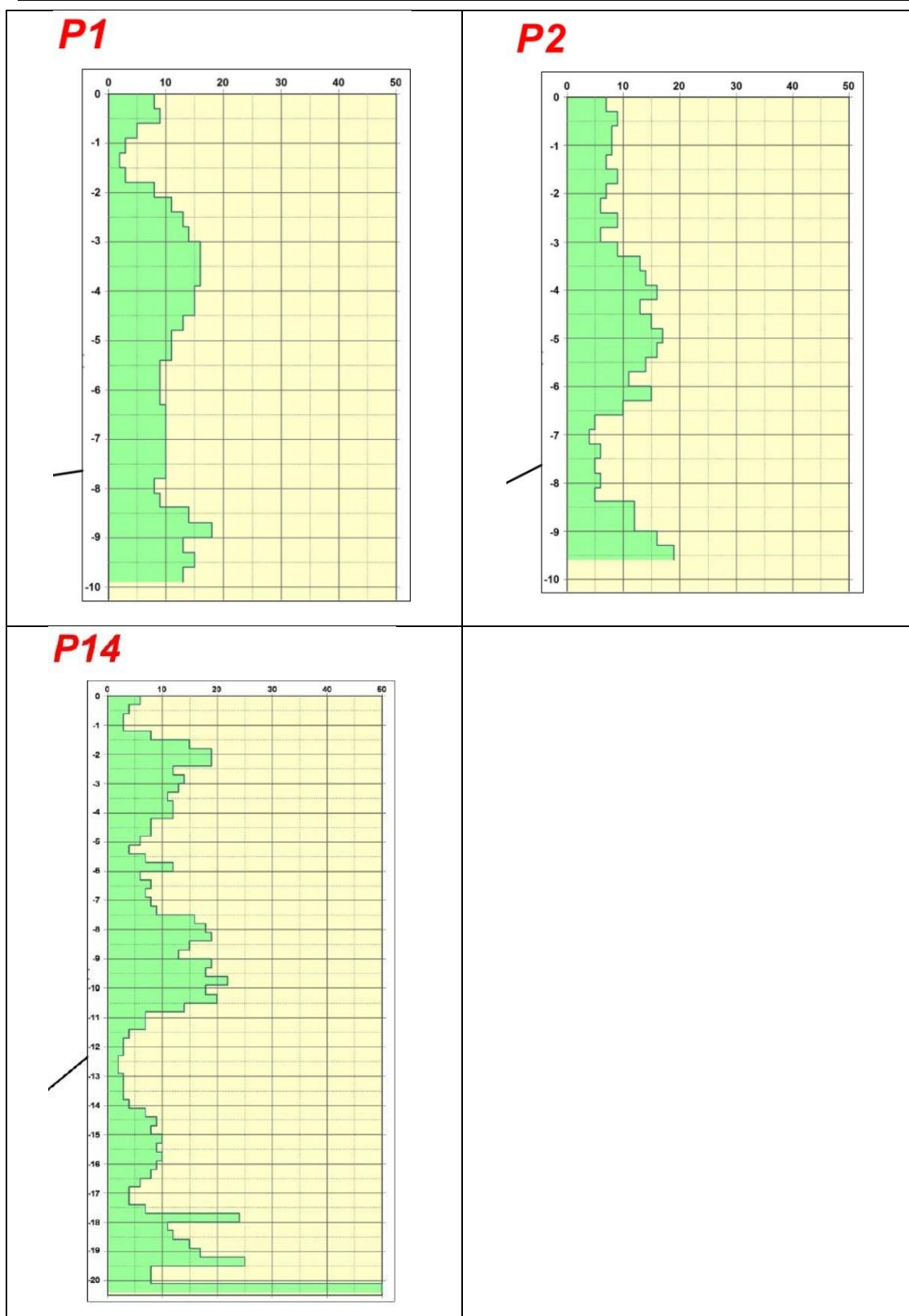


Figure 17 – Tabulati delle prove penetrometriche della Banca Dati del Sottosuolo





### 6.3.6 Pozzi idropotabili e irrigui da studio geologico comunale

Figure 18 – Foto aerea dell’area di interesse: in giallo è indicato il sito in esame, in nero la posizione delle stratigrafie esistenti

Le stratigrafie, anche se datate, indicano una soggiacenza della falda freatica, compresa tra 27 e 30 m.



## S1 – PIAZZA DELLA CHIESA

BACINO:F.Adda	P.zza Chiesa	N. 2
ORNAGO	C.A.P.	
0.00	argilla e silt color rosso con elementi di ghiaia	Lat.N=45°35'127"
5.00	ghiaia inglobata in matrice argilloso-sabbiosa rossastra	Long.O=3°1'52"
11.50		qt.m= 193
18.50	conglomerato fessurato con lenticelle argillose	data= 31/7/75
20.00	ciottoli grossi e blocchi	
28.00	ghiaia, sabbia argillosa con ciottoli grossi	
	ciottoli, ghiaia con poca sabbia e qualche blocco	Fenestrati: 45.00/49.50
51.00		57.00/73.00
54.50	sabbia fine argillosa	
57.00	conglomerato fessurato	
	ghiaia e sabbia grossa	
69.00		
76.00	conglomerato compatto	
		ls.= 30.10 ld.= 40.65 l/sec= 47.00 l/sec/m= 4.45

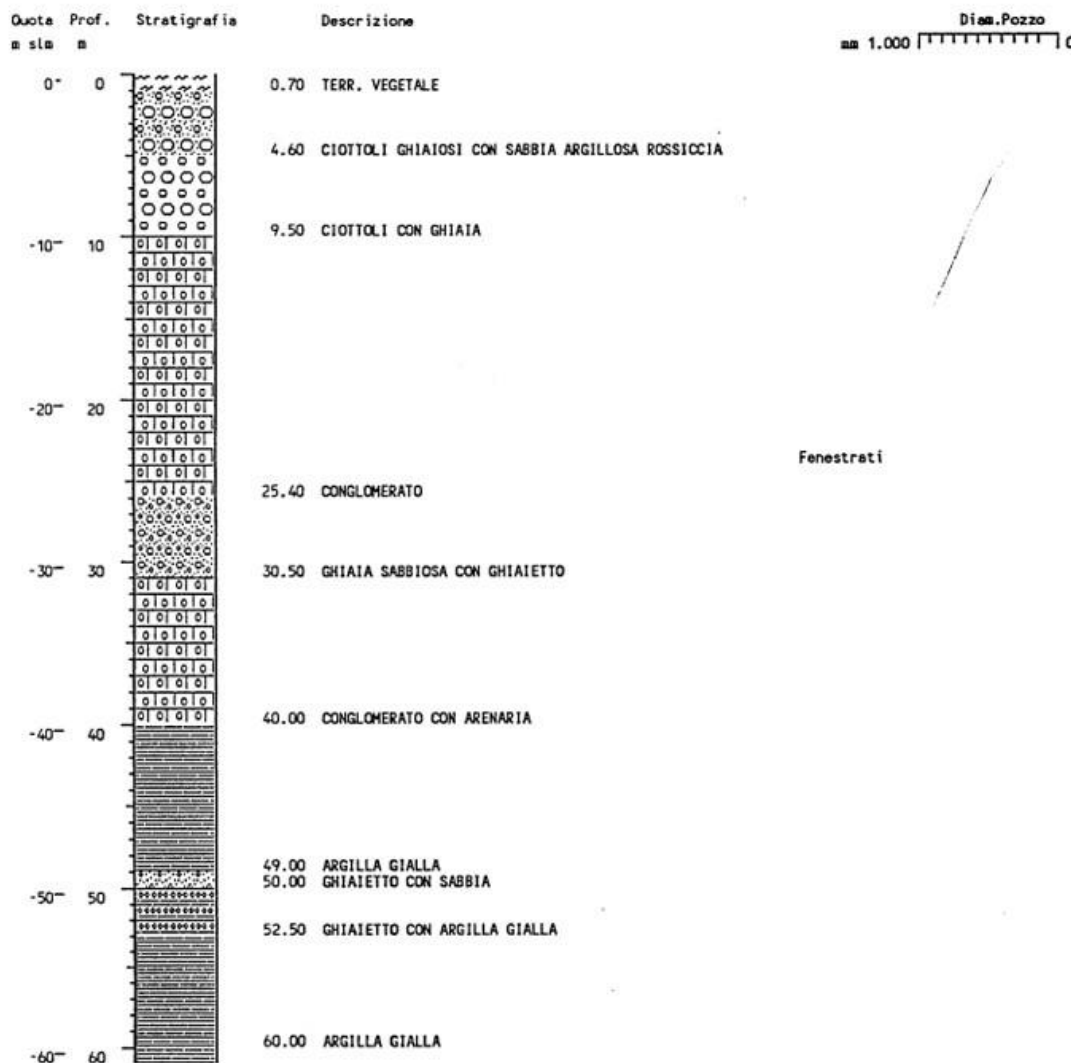


COSTRUZIONE DELLA NUOVA MENSA SCOLASTICA PER L'ISTITUTO  
COMPENSIVO "ALESSANDRO MANZONI" DI ORNAGO E BURAGO - SEDE  
DI ORNAGO (MB) - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA

S2 – PIAZZA DELLA CHIESA

C.N.R. - Centro di Studio per la Stratigrafia e Petrografia delle Alpi Centrali - Dipartimento di Scienze della Terra - Milano  
Provincia : MILANO Comune : ORNAGO Pozzo : 0003 Codice : 015-161-0003  
Via / Località : PIAZZA CHIESA Long.: 0.00 Lat. : 0.00  
Pozzo Pubblico Proprietario : CAP Utente : CAP  
Perforatore : COSTA Anno : 1991 (Pagina 1 di 4)







### S3 – AZIENDA AGRICOLA STUCCHI

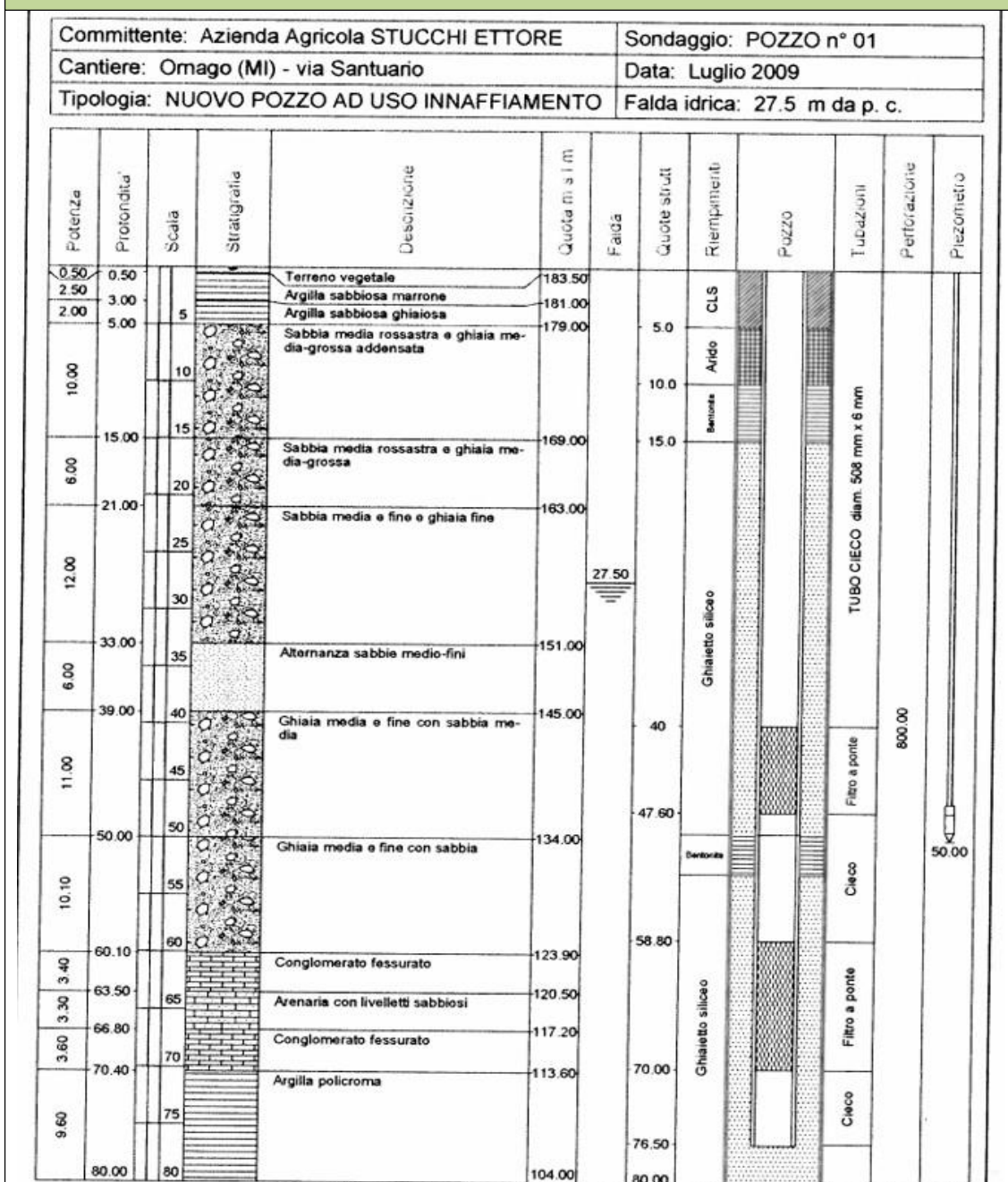


Figure 19 – Stratigrafie di pozzo raccolte nell’ambito della relazione geologica del Piano di Governo del Territorio (Geoinvest, 2014).

Le stratigrafie proposte sono concordi con gli esiti della campagna di indagine geognostica proposta: sotto una coltre prevalentemente fine, di spessore compreso tra 2 e 5 m, seguono depositi grossolani costituiti da ghiaie con lenti sabbiose localmente cementate.





## 6.4 Indagini geoelettriche

Nel corso della presente campagna di indagine geognostica sono state acquisite n. 2 indagini geoelettriche, la cui ubicazione è stata fortemente condizionata dalla presenza dei sottoservizi.

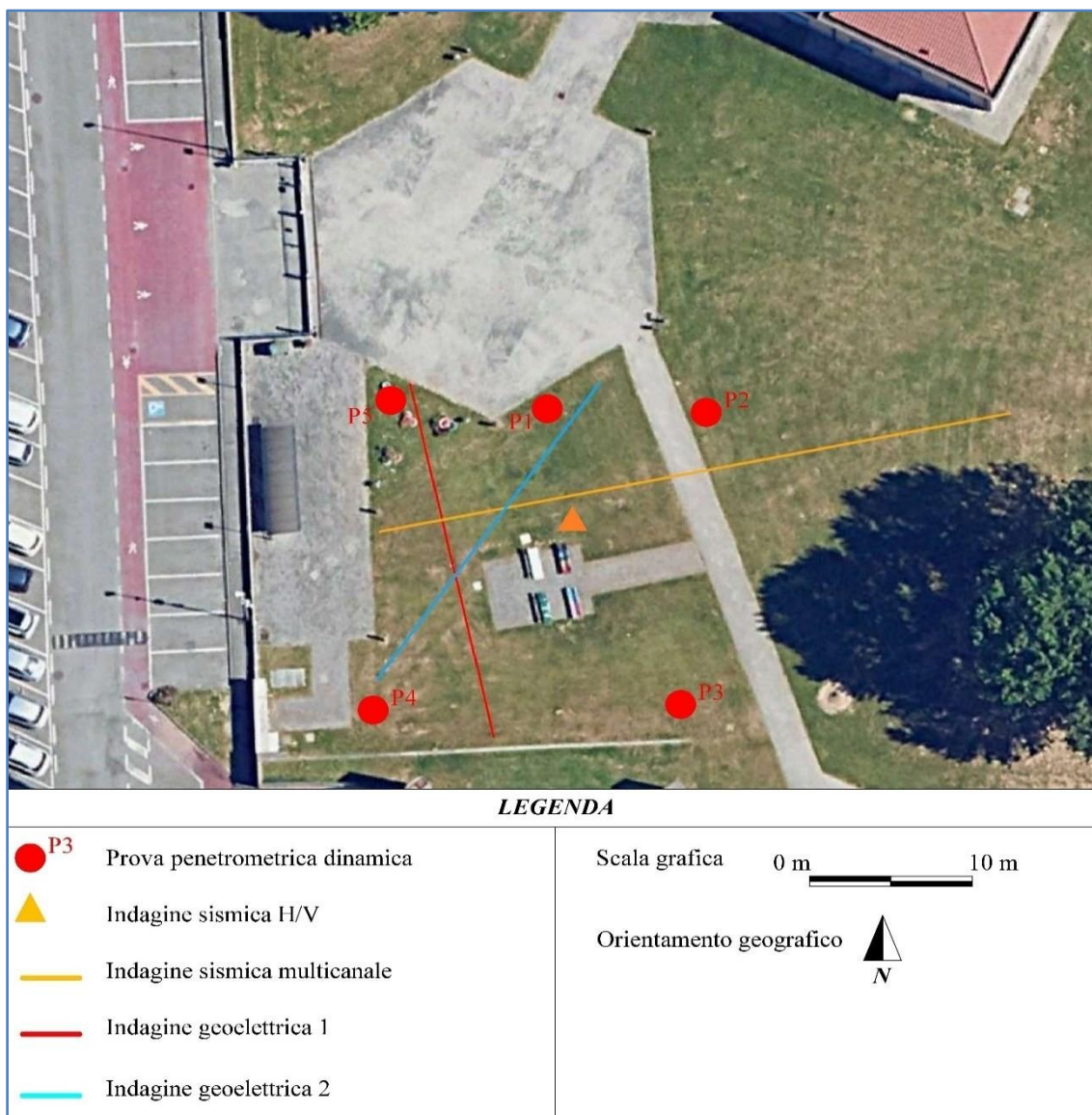


Figure 20 – Ubicazione indagini geoelettriche

### 6.4.1 Descrizione delle tecniche geofisiche

L'indagine si fonda sull'applicazione di conoscenze e di leggi scientifiche riconosciute ma anche su calcoli e valutazioni professionali circa fenomeni suscettibili di interpretazione, pertanto non può sostituire integralmente l'esplorazione diretta.



#### 6.4.2 Stendimento 1 e 2

##### Parametri di acquisizione

<i>Numero elettrodi [-]</i>	24
<i>Interdistanza tra gli elettrodi [m]</i>	1
<i>Lunghezza della sezione [m]</i>	23
<i>Condizioni del terreno [-]</i>	Umido, rimaneggiato
<i>Array di acquisizione [-]</i>	Schlumberger



Figura 21 – Ubicazione indagini geoelettriche

#### 6.4.3 Risultati ottenuti

Le sezioni mostrano un livello superficiale (tonalità dal giallo al rosso e resistività 180 - 300 ohm · m) di spessore variabile, ma contenuto entro 1,5-2 m circa, associabile al profilo superficiale rimaneggiato ed alterato, che contiene, verosimilmente anche l'orizzonte ferrettizzato). Tale profilo si riscontra anche nelle penetrometrie.

A seguire, si riscontra un evidente passaggio di resistività, che introduce l'orizzonte geoelettrico sottostante, probabile transizione ai depositi fluvioglaciali pleistocenici, che caratterizzano l'intera porzione inferiore delle sezioni tomografiche (tonalità dal blu al verde e resistività 20 - 120 ohm · m). In relazione alle resistività misurate si ritiene che la frazione fine limo-argillosa sia ben presente.

Si sottolinea inoltre che all'incrocio delle due sezioni elettriche si riscontra la presenza di un corpo con profilo cuneiforme, più resistivo ed isolato (tonalità dal giallo al rosso e



*RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA*

resistività 130 - 300 ohm · m), a partire dalla profondità di circa 2 m da p.c. e larghezza, all'intersezione delle sezioni sismiche, di circa 1 m. Purtroppo in questa posizione non vi sono riscontri penetrometrici. In relazione alla ricostruzione del contesto geolitologico già sviluppata (Vedasi § 4.3 *Inquadramento geolitologico*), i valori di resistività riscontrati lasciano ipotizzare che questa variazione sia riconducibile alla presenza di un occhio pollino, probabilmente parzialmente riempito da materiale fine; tuttavia non si può nemmeno escludere che l'anomalia riscontrata sia riconducibile alla presenza di un sottoservizio profondo.

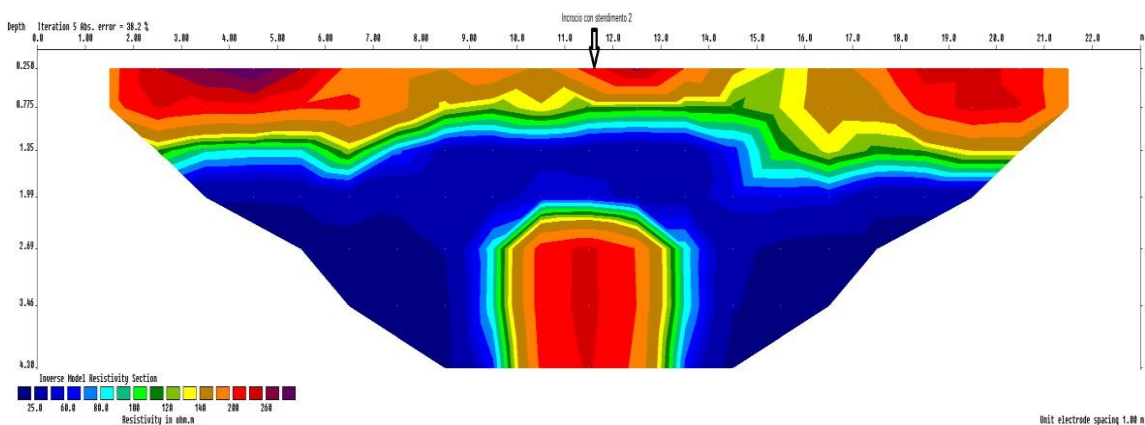


Figura 22 - Sezione tomografica 1

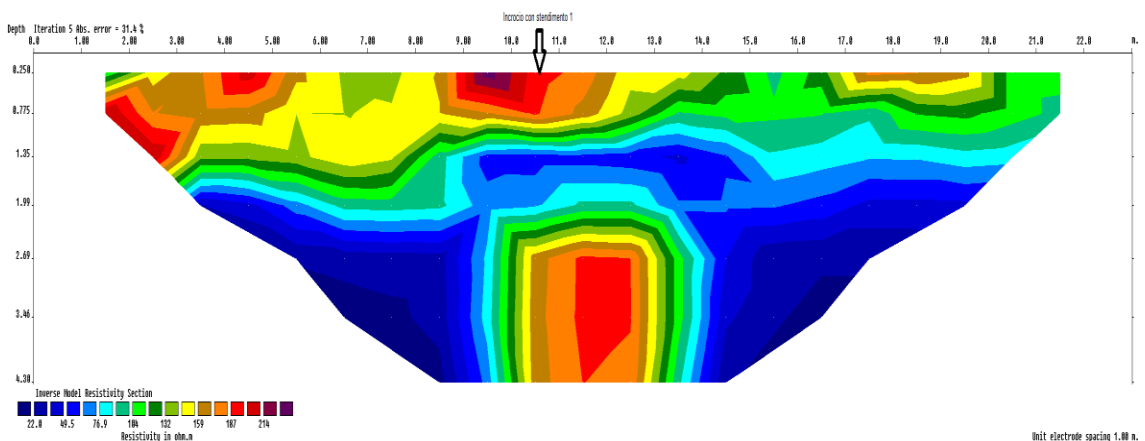


Figura 23 - Sezione tomografica 2



## **7. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA**

Sulla scorta della campagna di indagine geognostica appositamente predisposta, dalle informazioni desunte dalla consultazione della documentazione tecnica disponibile è possibile procedere alla caratterizzazione e modellazione geologica (§ 6.2.1 delle *N.T.C. 2018*), dell'ambito significativo, in relazione al tipo di opera ed al contesto geologico in cui l'opera stessa si colloca.

### **7.1 Modello geologico di riferimento**

L'area di progetto è posta in zona pianeggiante urbanizzata. Il contesto geomorfologico è dominato primariamente da processi legati alla dinamica delle acque superficiali. Non sono segnalati processi destabilizzanti in atto o quiescenti direttamente interferenti, né problematiche riconducibili all'esondazione fluviale e torrentizia.

I caratteri litologici salienti sono riconducibili alla presenza del Supersintema di Besnate – Unità di Pianalto. Infatti, al di sotto del materiale di riporto/rimaneggiato (R) e dei depositi ferrettizzati (A), si riscontra la presenza dei depositi fluvioglaciali pleistocenici (C + D).

Dal punto di vista strutturale non sussistono elementi (faglie, sovrascorrimenti, pieghe) direttamente interferenti con le opere di progetto.

La consultazione della documentazione bibliografica indica che la soggiacenza della falda freatica, in corrispondenza dell'area di studio, è pari a circa 32 - 34 m dal pc, con oscillazioni stagionali quantificabili in pochi metri. Pertanto la falda freatica è ben lontana dalla quota di imposta delle fondazioni della struttura di progetto, che non prevede piani interrati.

La granulometria superficiale prevalentemente fine dell'orizzonte loessico, induce a ritenere probabili fenomeni di ristagno idrico, così come l'insorgenza di falde sospese. Tale osservazione è avvalorata dalla Carta Idrogeologica del PGT vigente, che colloca l'area di studio tra i "*Settori con presenze di acque a debole profondità*", così come dalle osservazioni eseguite al piano interrato del limitrofo edificio scolastico, che risulta spesso I caratteri stratigrafici locali, schematizzati nella tabella proposta a seguire, appaiono ben definibili pur con qualche prevedibile eterogeneità laterale e verticale.





COSTRUZIONE DELLA NUOVA MENSA SCOLASTICA PER L'ISTITUTO  
COMPENSIVO "ALESSANDRO MANZONI" DI ORNAGO E BURAGO -SEDE  
DI ORNAGO (MB) - *PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA*

*RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA*

ORIZZONTE STRATIGRAFICO	PROFONDITÀ (m)	LITOLOGIA
<b>R</b>	Da 0 a 0,90 / 1,20 circa	Materiale rimaneggiato/riportato
<b>A</b>	Da 0,90 a 1,50 / 1,80 circa	Coltre di alterazione limoso-argillosa (ferretto)
<b>B</b>	Da 1,50 / 1,80 a 3,00 circa	Depositi fluvioglaciali pleistocenici
<b>C</b>	Da 3,00 a 9,90 circa	Depositi fluvioglaciali pleistocenici

Tabella 3 – Caratteri stratigrafici



## 8. MODELLAZIONE SISMO-STRATIGRAFICA E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO

### 8.1 Generalità

L'O.P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 ha classificato l'intero territorio nazionale dal punto di vista sismico.

In seguito a delibera della Giunta regionale (10 ottobre 2014 – n. X/2129) è entrata in vigore la nuova classificazione sismica del territorio, la quale ha attribuito al comune di Ornago la zona sismica 3.

zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ $a_g/g$ ]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ $a_g/g$ ]
1	$> 0.25$	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	$< 0.05$	0.05

Tabella 4 – Accelerazioni orizzontali in funzione della zona sismica

Con la pubblicazione del D.M. 14 gennaio 2008 si definiscono i criteri definitivi per la classificazione sismica del territorio nazionale in recepimento del Voto n. 36 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del 27 luglio 2007 (“Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale”); tali criteri prevedono la valutazione dell'azione sismica non più legata ad una zonazione sismica (“criterio zona dipendente”), ma definita puntualmente al variare del sito e del periodo di ritorno considerati, in termini sia di accelerazione del suolo  $a_g$  sia di forma dello spettro di risposta (“criterio sito dipendente”).

L'Allegato A al D.M. 14 gennaio 2008 prevede che l'azione sismica venga valutata in fase di progettazione a partire da una “pericolosità sismica di base” in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.



*RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA*

La suesposta metodologia viene confermata anche nelle N.T.C. 2018, laddove la pericolosità sismica di un determinato sito deve essere descritta con sufficiente dettaglio sia in termini geografici che temporali, fornendo, di conseguenza i risultati:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ( $F_0$  – valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,  $TC^*$  – periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale);
- in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento (reticolo di riferimento) i cui nodi non siano distanti più di 10 km;
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno  $TR$  ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni.

L'azione sismica così individuata deve essere variata in funzione delle modifiche apportate dalle condizioni sito-specifiche (caratteristiche litologiche e morfologiche); le variazioni apportate caratterizzano la risposta sismica locale.

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $TC^*$  sono consultabili sul sito: <http://esse1.mi.ingv.it/>.

## 8.2 Indagine geofisica

Di seguito si propongono gli esiti della prospezione sismica multicanale a onde di superficie (MASW) e sismica passiva a stazione singola (tecnica H/V), appositamente predisposte. Per l'ubicazione delle indagini si rimanda alla recedente figura 19.

### 8.2.1 Indagine MASW

#### Parametri di acquisizione

<i>Numero geofoni</i>	<i>Spaziatura a geofoni [m]</i>	<i>Lunghezza stendimento [m]</i>	<i>Geofono trigger</i>	<i>Offset [m]</i>	<i>Durata registrazione [s]</i>	<i>Frequenza di campionamento [Hz]</i>
16	2	30	1	10	4	512



Figura 24 - Esecuzione dell'indagine

Acquisizione ed elaborazione

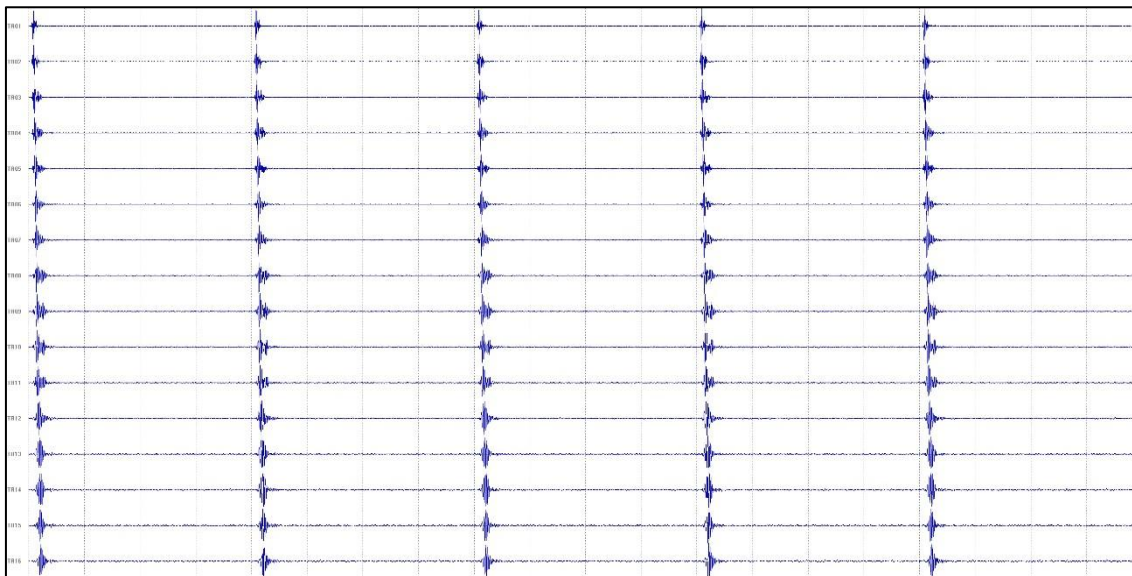


Figura 25 - Sismogramma acquisito



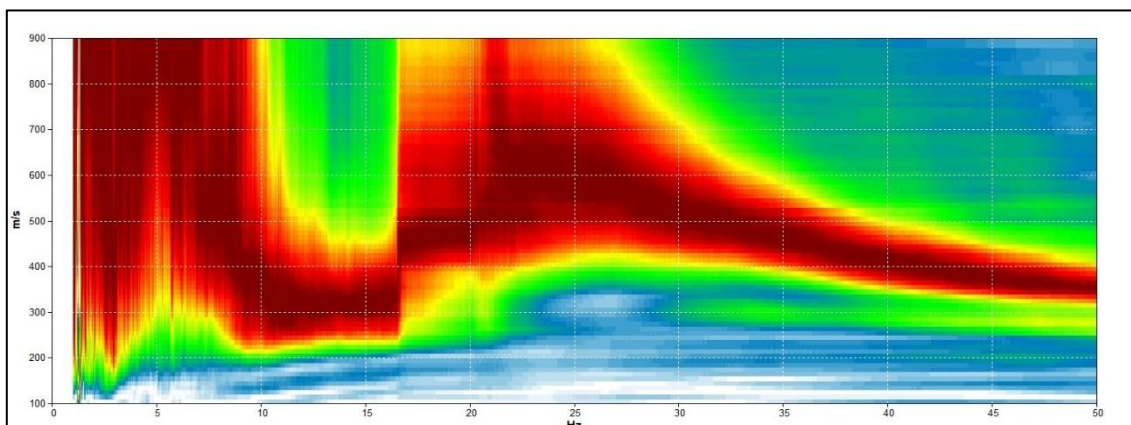


Figura 26 - Spettro delle velocità di fase

### 8.2.2 Tecnica H/V

#### Cenni metodologici

La tecnica H/V, appartenente alla sismica passiva, nasce da studi condotti in Giappone attorno al 1950 ed è basata sullo studio dei rapporti di ampiezza che, nelle diverse frequenze di vibrazione (rapporti spettrali), esistono fra il rumore sismico misurato sul piano orizzontale (H) e quello misurato lungo la componente verticale (V). L'idea che sta alla base della procedura è quella secondo cui il rapporto H/V consente di eliminare il ruolo della sorgente isolando gli effetti delle modalità di propagazione delle onde sismiche. In particolare, si osserva che l'andamento dei rapporti spettrali in funzione della frequenza di vibrazione (funzione H/V) mostra dei massimi in corrispondenza delle frequenze di risonanza per le onde S generate da forti variazioni di velocità.

Il significato teorico del rapporto spettrale H/V è abbastanza immediato nel caso in cui si consideri un mezzo semplice formato da due soli strati: il bedrock ed uno strato superficiale più soffice. Si precisa che per bedrock si intende qualunque strato con velocità nettamente maggiore di quello sovrastante, in grado di determinare un picco di risonanza; tale strato non deve necessariamente essere una roccia ma, soprattutto in ambiti di pianura, può essere una sabbia o una ghiaia. Le frequenze di risonanza, in questo sistema, sono pertanto date da:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$



dove  $V_s$  indica la velocità delle onde di taglio nel mezzo e  $H$  lo spessore dello strato che risona alla frequenza  $f_r$ . Tali frequenze, associabili ai picchi del rapporto  $H/V$ , possono essere quindi eccitate dal rumore di fondo e diventare visibili nello spettro del rumore sismico misurato in superficie.

#### Frequenze di vibrazione e doppia risonanza

Un sisma è composto da onde di frequenza differente, che subiscono amplificazioni differenti. La frequenza a cui corrisponde la massima amplificazione viene detta frequenza naturale di vibrazione del terreno. I danni maggiori si hanno in quelle strutture la cui frequenza naturale di vibrazione è prossima alla frequenza naturale di vibrazione del terreno. In questi casi si verifica il fenomeno della doppia risonanza. Le ampiezze di oscillazione del terreno e dell'edificio si combinano, amplificando in maniera disastrosa le sollecitazioni sulla struttura.

Il fenomeno della doppia risonanza consente di spiegare il danneggiamento selettivo che si osserva quasi sempre nelle aree colpite da un sisma. Variando le condizioni geologiche locali, varia la frequenza naturale del terreno. Edifici con simile frequenza naturale possono subire livelli di danno molto differenti fra loro, perché posti in siti dove cambia la situazione geologica.

Grazie all'impiego della tecnica  $H/V$  è possibile determinare la frequenza naturale del terreno, fornendo una informazione fondamentale per la progettazione di nuovi edifici o per la verifica di quelli esistenti.

La frequenza naturale degli edifici si determina attraverso formule empiriche, come quelle proposte nelle NTC08, oppure eseguendo misure dirette con strumentazione sensibile posta all'interno dell'edificio.

#### Acquisizione dati

Per l'esecuzione dell'indagine sismica secondo la tecnica  $H/V$  in oggetto si è utilizzato il tromometro digitale Tromino 3G prodotto dalla Moho s.r.l., dotato di tre canali velocimetrici ad alta risoluzione per l'acquisizione del microtremore sismico ambientale,



*RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA*

due livelli di amplificazione (saturazione  $\pm 1.2$  mm/s in banda) e frequenze di campionamento 128, 256, 512, 1024 Hz su tutti i canali.

Le misure vengono eseguite posizionando lo strumento al suolo, avendo cura della sua messa in bolla, e successivamente registrando per alcuni minuti.

Elaborazione ed interpretazione dei risultati

Per quanto riguarda, infine, l'elaborazione delle misure è stato impiegato il software Grilla prodotto da Moho s.r.l., eseguendo su ciascuna tromografia le seguenti operazioni.

- **Analisi della traccia.** La pulizia della traccia è preliminare a qualsiasi tipo di modellazione. La rimozione dei disturbi è di fondamentale importanza anche per l'analisi delle curve H/V. Tali curve devono essere statisticamente significative, ossia essere caratterizzate da una deviazione in ampiezza e in frequenza ridotta. Quando questa caratteristica non sia presente sin dall'inizio, essa va ricercata tramite una pulizia del tracciato.
- **Modellazione.** L'osservazione simultanea delle curve H/V e degli spettri delle singole componenti permette di distinguere i picchi di origine stratigrafica da quelli di natura antropica. Un picco di origine naturale individuato sulla curva H/V coincide, sugli spettri delle singole componenti, ad un minimo locale della componente spettrale verticale.

Informazioni generali

<i>Frequenza di campionamento</i>	128 Hz	<i>Condizioni meteorologiche</i>	Sereno
<i>Data registrazione</i>	13/12/2024	<i>Lunghezza finestre</i>	20 s
<i>Terreno di misura</i>	Suolo	<i>Tipo di lisciamiento</i>	Triangular window
<i>Accoppiamento suolo strumento</i>	Piedini lunghi	<i>Lisciamiento</i>	10 %
<i>Orientamento dello strumento</i>	Nord	<i>Durata della registrazione</i>	10' 00"
<i>Vincolo stratigrafico</i>	Prove penetrometriche, sismica multicanale, geoelettrica		



Figura 27 - Esecuzione dell'indagine H/V

#### Analisi della traccia

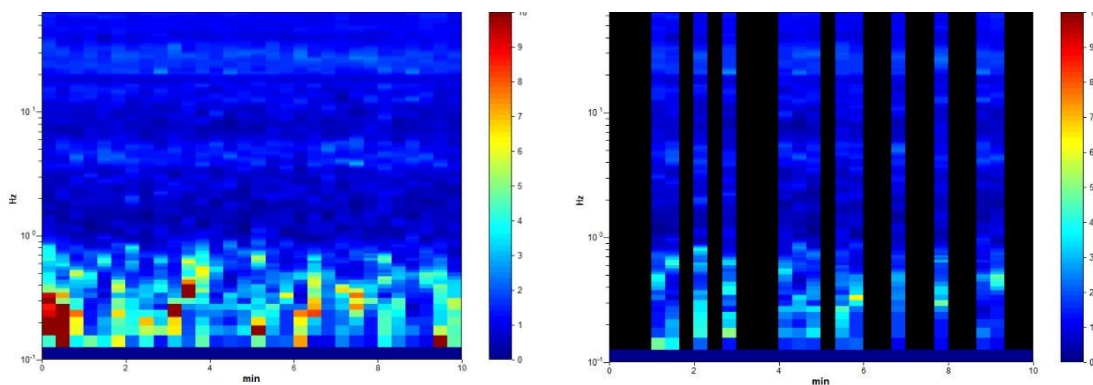
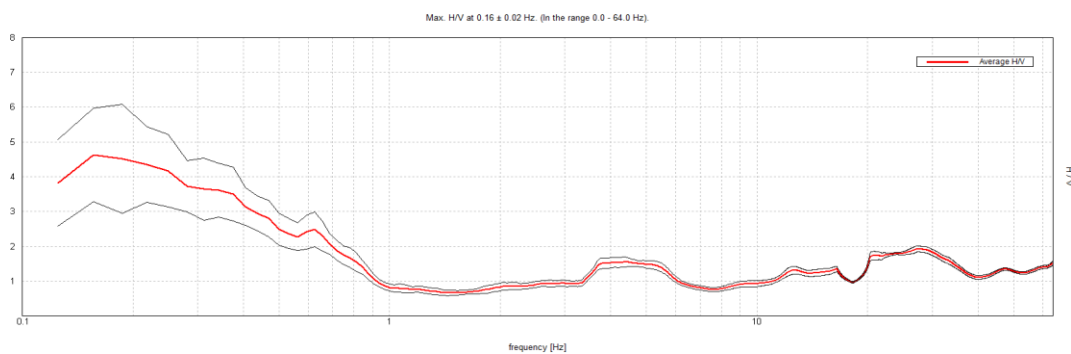


Figura 28 - Serie temporale H/V durante la misura e in seguito alla rimozione dei disturbi.





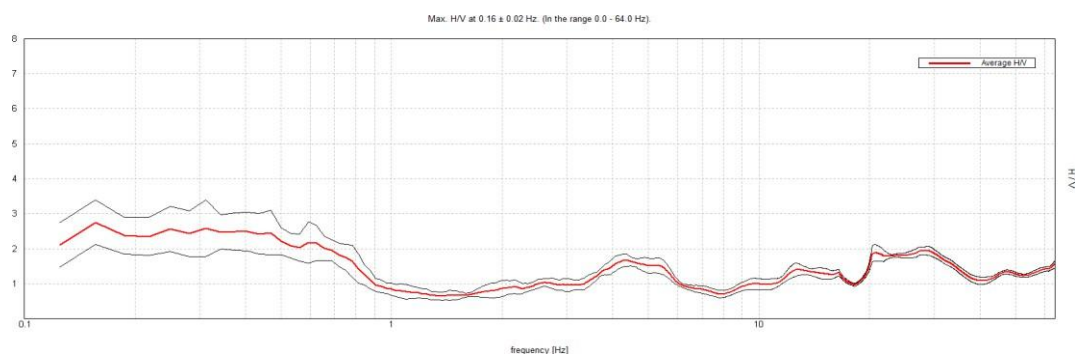


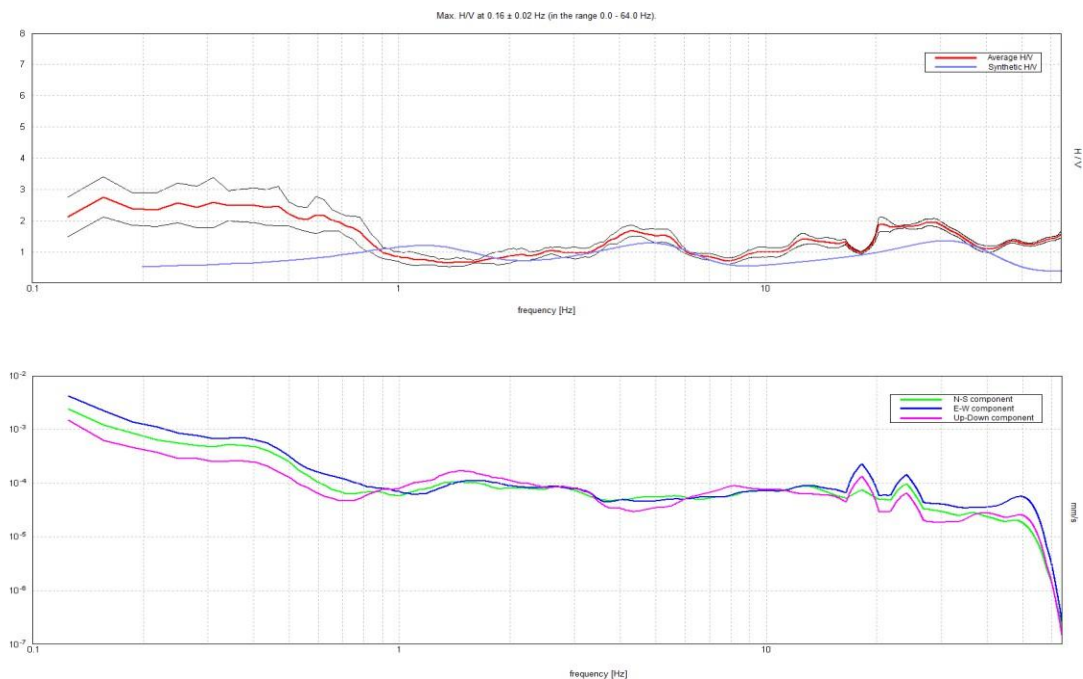
Figura 29 - Curve H/V e deviazione standard prima e dopo la rimozione dei disturbi.

### Risultati ottenuti

Gli spettri H/V hanno consentito di individuare frequenze di risonanza, pari a: 9,7 Hz, 5,3 Hz, 4,2 Hz, 1,2 Hz, 0,7 Hz. Per un maggior dettaglio si rimanda alla figura seguente.

Sulla base dei valori di  $V_s$  ottenuti è stata determinata una  $V_{seq}$  pari a 396 m/s.

Il profilo sismo stratigrafico verticale ricavato dall'interpretazione congiunta delle indagini eseguite si caratterizza per la presenza di un primo livello soffice ( $V_s \approx 200$  m/s) con spessore di circa 1,5 m, al quale seguono livelli più rigidi ( $V_s \approx 350$  m/s) fino a circa 17 m di profondità. Dopo un ulteriore aumento della  $V_s$  viene raggiunto il bedrock sismico (810 m/s) ad oltre 100 m da p.c..



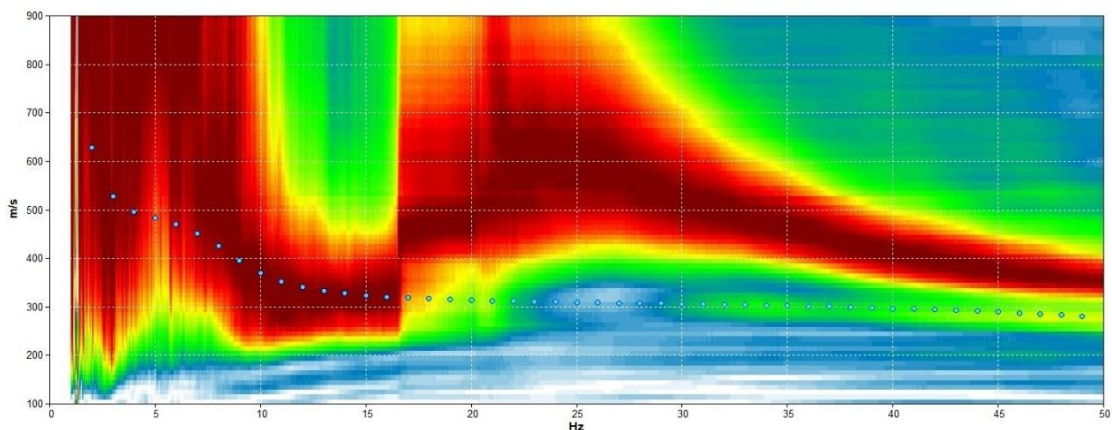
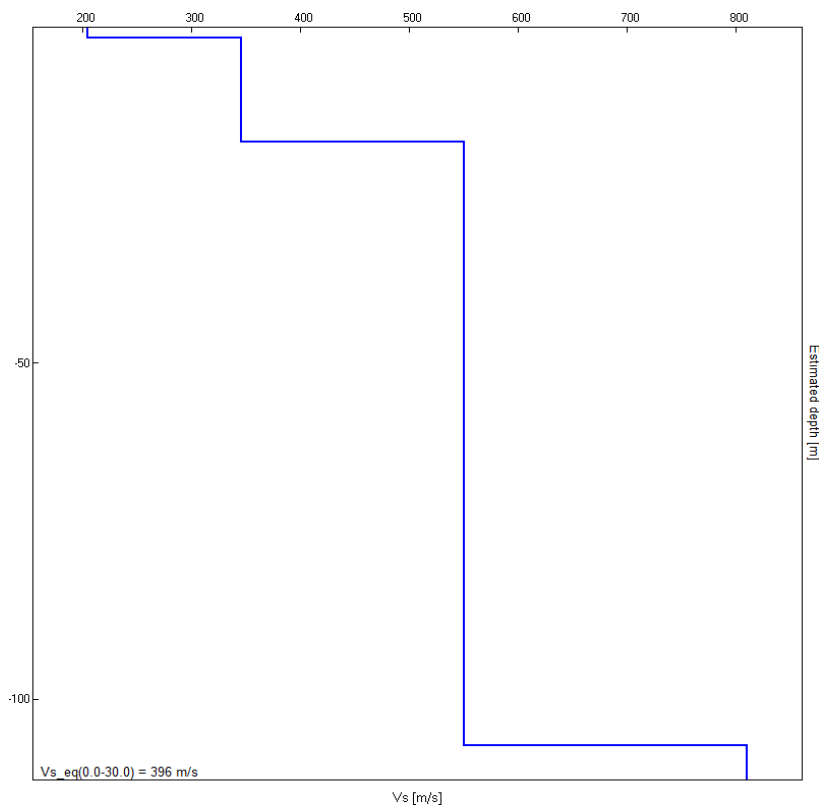


Figura 30 - Interpretazione congiunta delle curve di inversione e H/V. Dall'alto in basso: curva H/V nella prima immagine; spettri delle singole componenti nella seconda immagine, spettro di velocità di fase con modellazione (puntini azzurri) nella terza.



<i>Profondità alla base dello strato [m]</i>	<i>Spessore [m]</i>	<i>Vs [m/s]</i>
1,5	1,5	205
17	15,5	346
107	90	550
∞	∞	810

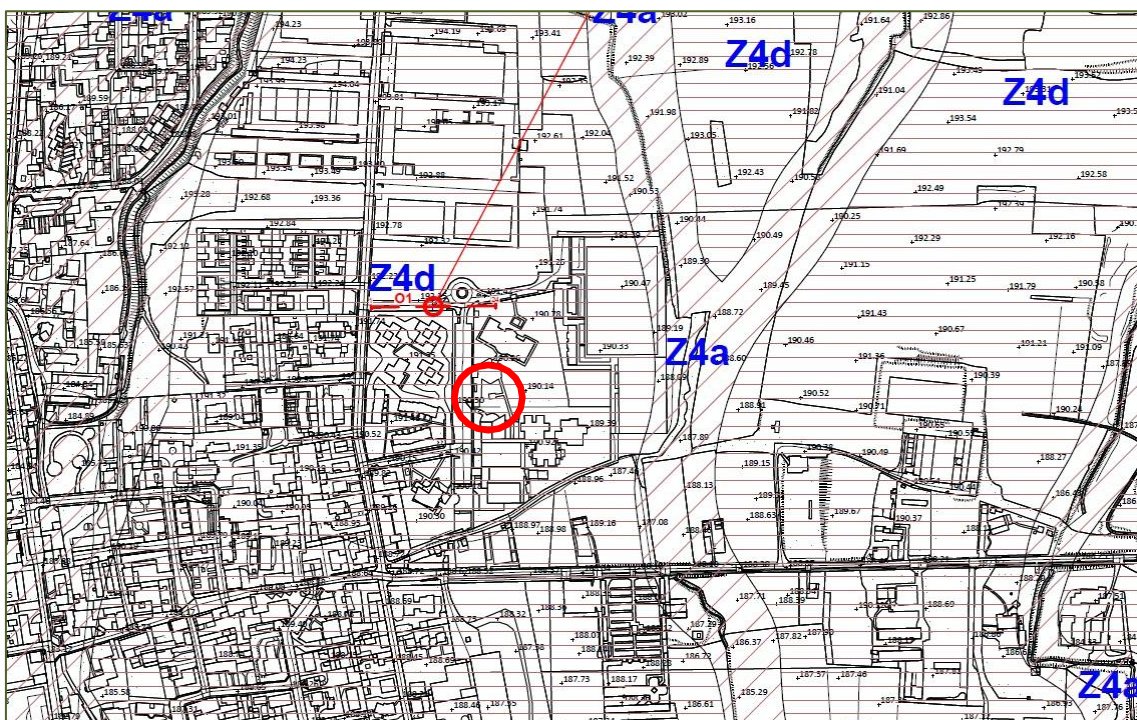


### 8.3 Analisi di risposta sismica locale

#### 8.3.1 Carta della Pericolosità Sismica Locale

Secondo la Carta della Pericolosità Sismica Locale dello studio geologico, l'area di intervento è compresa nella seguente zona:

- *Z4d –Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale.* Per tale scenario gli effetti attesi sono amplificazioni litologiche e geometriche.





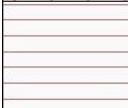
	Sigla	SCENARIO PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	EFFETTI	CLASSE DI PERICOLOSITÀ SISMICA
	<b>Z2</b>	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni	H2 - livello di approfondimento 3°
	<b>Z4a</b>	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche	H2 - livello di approfondimento 2°
	<b>Z4d</b>	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale		

Figure 31 – Stralcio della Carta della Pericolosità Sismica Locale dello studio geologico comunale. Indicata in rosso l'area di intervento





### 8.3.2 Approfondimento relativo agli aspetti sismici – Amplificazione

Visto che l'area di intervento è compresa nelle aree classificate come *Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale*, è necessario eseguire l'analisi di 2° livello sull'effetto di amplificazione litologica.

	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 Z1e 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.

Figura 32 – DGR 2616/2011, sintesi delle procedure

La valutazione eseguita secondo i criteri regionali ha fornito i seguenti risultati:

- scheda litologica: sabbiosa;
- curva (profondità -  $V_s$  strato superficiale): n. 2;
- periodo proprio del sito  $T = 0,83$  s;
- $F_a(0,1 - 0,5) = 0,99$ .

$V_{Seq}$	Intervallo	Valori Soglia			
		B	C	D	E
396 m/s (categoria B)	0,1 - 0,5	1,4	1,8	2,2	2,0
	0,5 - 1,5	1,7	2,4	4,2	3,1

I fattori di amplificazione ottenuti, considerando una variabilità di + 0,1 che tiene in conto l'incertezza di tali risultati, sono inferiori al valore soglia. Pertanto la normativa è sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica. Ne consegue che è possibile utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo derivante dalla campagna geofisica, che nel caso in esame corrisponde alla B.





### 8.3.3 Amplificazione stratigrafica

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi o, in alternativa, con un approccio semplificato, nel quale la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio:  $V_{seq}$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo. Per depositi con profondità  $H$  del substrato ( $V_s \geq 800$  m/s) superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{seq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ . Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie riportate di seguito, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina 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 e 180 m/s.
E	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.

Figura 33 – Categoria di suolo riscontrata con l'indagine geofisica

### 8.3.4 Amplificazione topografica

Per la progettazione o la verifica di opere e sistemi geotecnici realizzati su versanti e per l'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii, la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata mediante analisi di risposta sismica locale o utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica  $ST$ . Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a  $15^\circ$ . Per condizioni topografiche



complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, mentre per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a $30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$	1,4

Figura 34 – Categoria topografica e relativo valore di  $S_T$

Ad ogni categoria topografica è associato un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$ , in funzione della categoria stessa e dell'ubicazione del sito di studio. L'area di progetto si trova in un sito pianeggiante. Dunque in questo caso è opportuno considerare la categoria topografica T1. A tale categoria si può associare un fattore  $S_T$  pari a 1,0.

### 8.3.5 Parametri sismici sito-specifici

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (2018) prevedono l'assegnazione dei valori necessari per la determinazione delle azioni sismiche in ogni sito considerato, in particolare:

- $a_g$  = accelerazione massima orizzontale del sito;
- $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in acc. orizzontale;
- $T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in acc. orizzontale.





Classe Edificio

IV. Funzioni pubbliche o strategiche importanti...



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 2

Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>o</sub>	Tc* [s]
Operatività (SLO)	60	0.033	2.525	0.212
Danno (SLD)	101	0.041	2.542	0.231
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.098	2.514	0.288
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.126	2.508	0.295
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

**DOTT. GEOL. ALESSANDRO CHIODELLI**  
via Garibaldi, 4 - 24030 Mozzo (Bg)  
e mail: [alessandrochiodelli1973@gmail.com](mailto:alessandrochiodelli1973@gmail.com) - Cell. 338.9041561



### 8.3.6 Inerzia del terreno ( $k_h$ , $k_v$ ) sito-specifica

Considerato che la categoria sismica di suolo è la B e che il coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  è uguale a 1,0, applicando le formule delle N.T.C. 2018, si trova:

**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
CC Coeff. funz categoria	1,50	1,47	1,41	1,40
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_h$	0.008	0.010	0.024	0.036
$k_v$	0.004	0.005	0.012	0.018
Amax [m/s²]	0.391	0.482	1.154	1.488
Beta	0.200	0.200	0.200	0.240

Figura 37 – Coefficienti sismici ([www.geostru.it](http://www.geostru.it)) per stabilità di pendii e fondazioni

### 8.3.7 Verifica a liquefazione

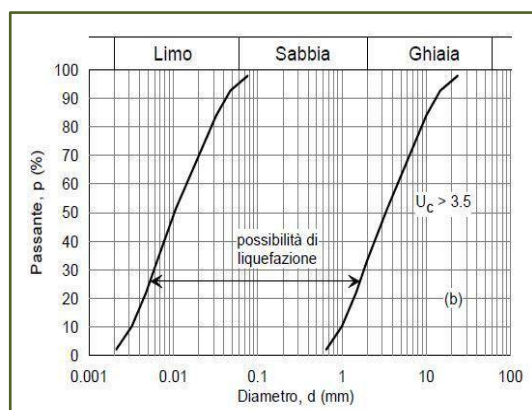
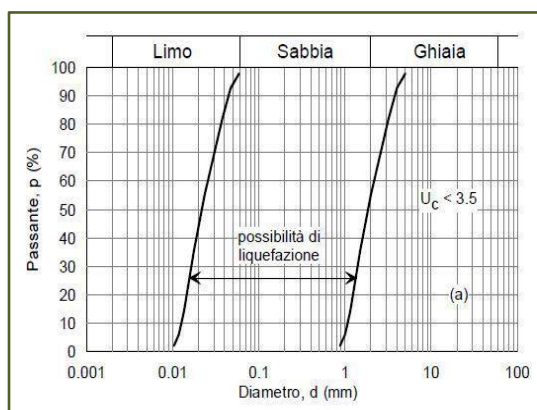
Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a





strati di terreno non suscettibili di liquefazione. La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{cIN} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{cIN}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura successiva, con riferimento al valore del coefficiente di uniformità  $U_c$ .



Nel caso in esame, considerato che:

1. la profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali
2. dalla documentazione bibliografica disponibile si evince che i depositi in esame non rientrano nel range granulometrica previsto dalla normativa

si ritiene che non vi sono le condizioni idrogeologiche affinché si verifichi la liquefazione dei depositi.



## 9. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SOTTOSUOLO

A partire dagli esiti ottenuti dall'indagine geognostica eseguita in sito e sulla base della modellazione geologica e sismo-stratigrafica indicata nei capitoli recedenti, è possibile procedere alla caratterizzazione e modellazione geotecnica (§ 6.2.2 delle *NTC 2018*) del volume di terreno significativo. A seguire si propongono i principali parametri geotecnici medi e caratteristici dei livelli litotecnici riconosciuti.

### PRINCIPALI PARAMETRI GEOTECNICI MEDI *RANGE DI VARIABILITÀ*

ORIZZONTE LITOTECNICO	PESO SPECIFICO NATURALE t/m <sup>3</sup>	PESO SPECIFICO SATURO t/m <sup>3</sup>	ANGOLO D'ATTRITO (°)	COESIONE NON DRENATA (kg/cm <sup>2</sup> )	MODULO EDOMETRICO / ELASTICO (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>R</b>	1,80 – 2,00	1,90 – 2,00	18 - 20	/	50,00-70,00 (elastico)
<b>A</b>	1,80 – 1,90	1,90 – 2,00	/	0,40 – 0,50	60,00-80,00 (edometrico)
<b>B</b>	1,90 – 2,00	2,00 – 2,10	30 - 32	/	100,00-120,00 (elastico)
<b>C</b>	1,90 – 2,00	2,00 – 2,10	33 - 35	/	200,00-220,00 (elastico)

Tabella 5 – Valori MEDI dei parametri geotecnici

Dai valori medi è poi possibile pervenire alla definizione dei valori caratteristici, calibrati anche in base alle condizioni specifiche del sito, a valori di letteratura ed all'esperienza dello scrivente.



PRINCIPALI PARAMETRI GEOTECNICI **CARATTERISTICI** SITO-SPECIFICI

ORIZZONTE LITOTECNICO	PESO SPECIFICO NATURALE t/m <sup>3</sup>	PESO SPECIFICO SATURO t/m <sup>3</sup>	ANGOLO D'ATTRITO (°)	COESIONE NON DRENATA (kg/cm <sup>2</sup> )	MODULO EDOMETRICO / ELASTICO (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>R</b>	1,70	1,80	17	/	40,00 (elastico)
<b>A</b>	1,70	1,80	/	0,30	50,00 (edometrico)
<b>B</b>	1,80	1,90	29	/	90,00 (elastico)
<b>C</b>	1,80	1,90	32	/	190,00 (elastico)

Tabella 6 – Valori CARATTERISTICI dei parametri geotecnici

Si rammenta che relativamente alla determinazione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici, secondo quanto stabilito dalle istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (CSLP) riguardanti le NTC, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (es. fondazioni superficiali e frane); nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno (es. terreno alla base di un palo e verifica a scorrimento di un muro) appare giustificato l'utilizzo dei valori caratteristici prossimi ai valori minimi.

Si precisa altresì che i valori caratteristici dei parametri geotecnici indicati sono da intendersi come una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro per ogni stato limite considerato (criterio prudenziale); tuttavia, pur potendo ragionevolmente essere estesi all'intero sito di progetto, occorre precisare che significative variazioni litologiche verticali o laterali impreviste dei terreni potrebbero alterarli in modo anche significativo.



## **10. PRESCRIZIONI TECNICO-COSTRUTTIVE**

Come più volte illustrato la ricostruzione litotecnica interpretata, basata sull'indagine geognostica predisposta e su fonti bibliografiche, mostra la presenza di materiali di riporto e/o rimaneggiati (R) di spessore indicativamente metrico.

In relazione al fatto che l'opera di progetto è priva di interrato, seppur monopiano, si ritiene che fondare sui materiali di riporto/rimaneggiati, eterogenei, sia sconsigliabile; pertanto si consiglia di provvedere all'asportazione completa e di adottare un sistema fondazionale in grado di distribuire i carichi (platea).

Prima della posa delle fondazioni si prescrive altresì di disporre adeguato strato di magrone di sottofondazione, mediante getto di conglomerato cementizio in cui annegare la rete elettrosaldata.

Al di sotto del materiale antropico si riscontrano i depositi naturali loessici (A) (ferretto), che si estendono sino a circa 1,5-2 m di profondità da p.c. In relazione al fatto che si presume che sia proprio questo orizzonte quello di posa del sistema fondazionale, e che detti terreni sono dotati di caratteristiche geotecniche mediocri, si suggerisce di predisporre adeguati interventi di miglioramento meccanico.

In particolare, dopo lo scavo di sbancamento, si procederà al riempimento con materiale inerte naturale granulare, per strati successivi dello spessore di 20-30 cm, a cui seguiranno ripetuti passaggi con rulli compattatori (vibrocompattazione), sino all'ottenimento di un addensamento uniforme all'interno dello strato. L'esito dell'intervento sarà determinato con l'esecuzione di prove di compattazione standard in campo (valori di costipazione non inferiori al 95% dello Standard Proctor).

A seguito dell'intervento sarà possibile determinare i parametri geotecnici del sottofondo, necessari per la corretta implementazione delle verifiche della sicurezza e delle prestazioni, ai sensi del § 6.2.4 delle NTC2018 e dare riscontro alla stima dei cedimenti attesi in relazione alla struttura di progetto.

Le macchine di costipamento, la loro regolazione (velocità, peso, frequenza di vibrazione, ecc.) ed il numero di passaggi sono variabili in funzione della tipologia di materiale utilizzato per la ripiena. La compattazione deve assicurare sempre un addensamento uniforme all'interno dello strato.

In alternativa alle operazioni anzidette si consiglia di valutare la possibilità di trasferire i





carichi di progetto ai terreni sottostanti (orizzonte B), dotati di discrete caratteristiche geotecniche.

Poiché gli stendimenti geoelettrici hanno riscontrato, all'intersezione, la presenza di un corpo con profilo cuneiforme, più resistivo ed isolato (tonalità dal giallo al rosso e resistività 130 - 300 ohm · m), riconducibile alla presenza di un possibile occhio pollino, oppure ad un sottoservizio profondo, si suggerisce di procedere con adeguati accertamenti di terreno (scavi, penetrometrie aggiuntive, planimetrie sottoservizi aggiornate, ecc.), finalizzati alla definizione dell'anomalia.

Poiché la stratigrafia prospettata è stata ottenuta per via indiretta, su un esiguo numero di punti di indagine e su due tomografie elettriche, in relazione allo sviluppo del progetto, durante l'esecuzione degli scavi dovrà essere verificata puntualmente e, in caso di difformità rispetto a quanto prospettato, si dovrà prontamente darne riscontro alla DL e allo scrivente.

Si suggerisce inoltre di sospendere i lavori di scavo in condizioni meteorologiche avverse, di non lasciare esposte le pareti di scavo all'azione degli agenti meteorici (posa di teli impermeabili) e di mantenere carichi accidentali (camion, gru, attrezzature, stoccaggio di materiali) lontano dai cigli.

Come anticipato la falda freatica è ben lontana dalla quota di imposta delle fondazioni della struttura di progetto, pertanto non si ritiene vi siano interferenze di sorta; tuttavia, in relazione al fatto che al di sotto del materiale di riporto/rimaneggiato vi è la presenza dell'orizzonte loessico, la granulometria prevalentemente fine del deposito induce a ritenere probabili fenomeni di ristagno idrico, così come l'insorgenza di falde sospese. Evidenze di ciò si constatano sia nella Carta Idrogeologica del vigente studio geologico, che colloca l'area di studio tra i "*Settori con presenze di acque a debole profondità*", così come, direttamente, dalle osservazioni eseguite al piano interrato del limitrofo edificio scolastico, che risulta spesso allagato.

Conseguentemente, al fine di evitare allagamenti, il progetto prevede di realizzare rispettivamente la pavimentazione esterna a + 5 cm e quella interna a + 7 cm dall'attuale piano campagna.

Inoltre dovranno essere previsti sistemi di raccolta e allentamento delle acque, posti al bordo della platea, costituiti da tubi microfessurati avvolti in calza di geotessile (tessuto



COSTRUZIONE DELLA NUOVA MENSA SCOLASTICA PER L'ISTITUTO  
COMPENSIVO "ALESSANDRO MANZONI" DI ORNAGO E BURAGO -SEDE  
DI ORNAGO (MB) - *PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA*

*RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA*

---

non tessuto di polipropilene a filo continuo), opportunamente collettati alla vasca di laminazione.



## 11. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione geologico-geotecnica e sismica è stata commissionata dall'Amministrazione Comunale di Ornago (MB) a supporto del progetto di costruzione della una nuova mensa scolastica per la sede di Ornago dell'Istituto Comprensivo "Alessandro Manzoni" di Ornago e Burago.

Per ogni considerazione di carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico, vincolistico, geotecnico e sismico, si vedano i rispettivi capitoli.

Durante l'esecuzione degli scavi e la realizzazione delle opere, il Progettista e l'Impresa esecutrice dovranno comunque verificare la corrispondenza tra la stratigrafia dei terreni riscontrata e quella prospettata nella relazione geologica; in presenza di difformità si dovrà tempestivamente avvisare lo scrivente.

Si rammenta che l'indagine eseguita è indiretta e che consente la caratterizzazione geologica e geotecnica del sottosuolo limitatamente alle verticali investigate; pertanto si rimane a disposizione per eventuali ulteriori approfondimenti d'indagine.

In base ai risultati dei rilievi e degli approfondimenti effettuati si ritiene che, fatte salve le considerazioni e prescrizioni contenute nella presente relazione, non vi siano elementi geologici ostativi alla realizzazione delle opere di progetto.

*Mozzo, Gennaio 2025*

Dott. Geol. Alessandro Chiodelli

