



Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

Finanziato con PNRR MISSIONE 4
componente 1
investimento 1.2

riccardo arzaroli architetto
viale Derna n. 45 25048 Edolo (BS)
Ordine Architetti Brescia n. 2082

luogo

via A. Morino
25048 Edolo (BS)

titolo

Realizzazione mensa per la scuola secondaria
di primo grado di Edolo (BS)
CUP G28H24000930006
Finanziato dall'Unione Europea - NextGenerationEU

committente

Comune di Edolo
Largo Mazzini n. 1
25048 Edolo (BS)

scala

varie

data

13.12.2024

documento

relazione
geologica

all. M

Mario Sterli – Geologo

Via Campostrè n° 15 Edolo (BS) – Tel. 3358036219 – e-mail: mariosterli.geo@gmail.com

REALIZZAZIONE MENSA PER LA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO DI EDOLO (BS)

CUP G28H24000930006

Foglio 93, mappale 170

INDAGINE GEOLOGICA



EDOLO, NOVEMBRE 2024

PROFESSIONISTA INCARICATO
GEOL. MARIO STERLI



SOMMARIO

1	PREMESSA.....	2
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	5
4	ASPETTI GEOLOGICI DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO	7
4.1	CARTA DEI VINCOLI.....	7
4.2	FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO	8
4.3	SCENARIO DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE.....	9
5	PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA).....	11
6	ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DI DETTAGLIO	12
7	APPROFONDIMENTI INERENTI ALLA VULNERABILITÀ GEOLOGICA.....	15
8	ANALISI DEL PROGETTO.....	16
9	INDAGINI GEOGNOSTICHE	18
9.1	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE.....	18
10	INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI	21
10.1	STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI.....	23
11	IL MODELLO GEOLOGICO INTERPRETATIVO.....	25
11.1	ASPETTI GEOTECNICI E IDROGEOLOGICI	25
12	ASPETTI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	27
12.1	LA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	27
12.2	RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	28
12.2.1	Condizioni topografiche	28
12.2.2	Categoria di suolo	29
12.3	PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE – LIVELLO 2.....	30
12.3.1	Il fattore di amplificazione di soglia definito da Regione Lombardia.....	30
12.3.2	Calcolo di Fa locale	31
12.3.3	Confronto con il valore di Fa di soglia	32
12.4	AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA.....	33
12.5	VALUTAZIONE DEI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE	33
13	CONCLUSIONI	35

1 PREMESSA

La presente relazione geologica, redatta su incarico del Comune di Edolo con sede in Largo Mazzini, 1 a Edolo (BS), prende in esame gli aspetti geologici, geotecnici, idrogeologici e sismici inerenti al progetto "REALIZZAZIONE MENSA PER LA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO DI EDOLO (BS) - CUP G28H24000930006" da realizzare al margine EST dell'Istituto comprensivo di Edolo nell'area identificata catastalmente nel mappale 170 del Foglio 93 delle N.T.C. del Comune di Edolo (Brescia).

Il progetto è illustrato nella documentazione redatta da Studio Riccardo Arzaroli Architetto con sede in Viale Derna n. 45 a Edolo (BS).

L'indagine ha lo scopo di definire i caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici di base richiesti dalla normativa e stimare i parametri geotecnici dei terreni d'intervento.

L'indagine si è articolata nelle seguenti fasi:

- Sopralluogo dell'area oggetto d'indagine;
- Inquadramento geologico generale derivante dall'analisi delle informazioni bibliografiche disponibili;
- Predisposizione modello geologico tecnico;
- Classificazione sismica dell'area (per la caratterizzazione sismica dei siti si fa riferimento ad un'indagine geofisica tipo MASW eseguita all'interno del plesso scolastico);
- Realizzazione di 2 prove penetrometriche dinamiche DPHS.

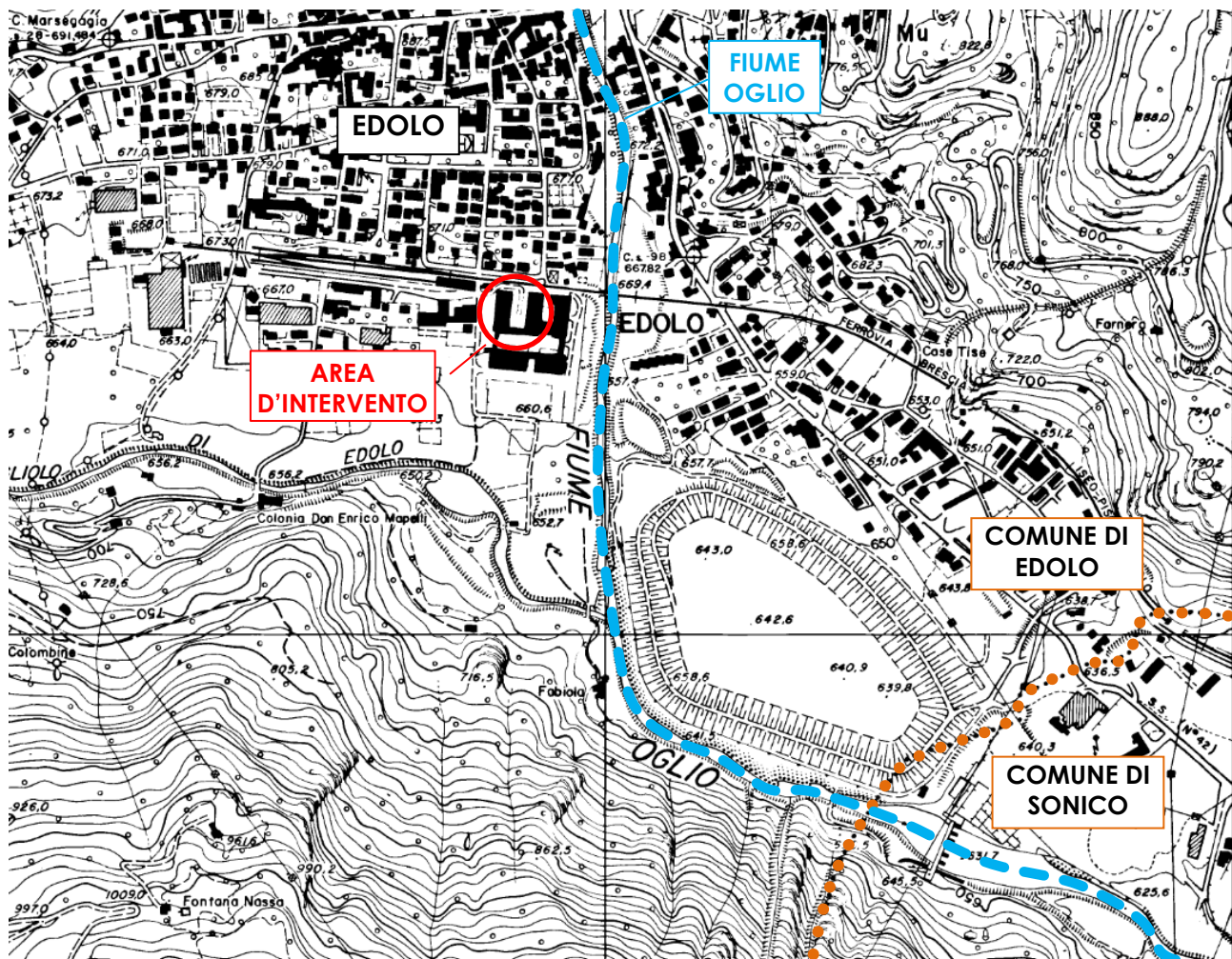
L'indagine è stata condotta in accordo a:

- *Norme Tecniche per le Costruzioni* - D.M. del 17.01.2018 del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti, il Ministro dell'Interno ed il Capo del Dipartimento della Protezione Civile;
- *Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio secondo i criteri della D.G.R. 22 dicembre 2005 - n° 8/1566 (Piano di Governo del Territorio-Studio Geologico)*
- *Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio* - Delibera di giunta regionale 30 novembre 2011 - n. IX/2616.
- *Studio geologico a supporto della componente urbanistica del Comune di EDOLO* redatto nel 2009 in adeguamento ai criteri attuativi della L.R. 12/05 riportati nella DGR n. 8/1566 del 22/12/2015 e s.m.i (ultimo aggiornamento anno 2022).

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame è situata nella porzione SUD dell'abitato di Edolo all'interno della proprietà dell'Istituto comprensivo di Edolo, nelle aree poco acclivi poste a ridosso lato EST dell'immobile di proprietà; le quote sono comprese tra 666 e 669 m s.l.m.. Il sito è ubicato in un ambito urbano fortemente antropizzato, posto in destro idrografico al Fiume Oglio poco a NORD della confluenza con il Torrente Ogliolo di Corteno (la confluenza tra i due corsi d'acqua è posta ad una quota di circa 645 m s.l.m.).

Nella Cartografia Tecnica Regionale (CTR) la zona è localizzata nel Foglio D3 alla scala 1:50.000 e nelle Sezioni D3c2 alla scala 1:10.000.



L'area oggetto d'intervento è identificata catastalmente al N.C.T.R. di Edolo con il mappale n. 170 del foglio n. 93.

Di seguito un estratto dell'Ortofoto Aerea 2021 (dal Geoportale della Provincia di Brescia)



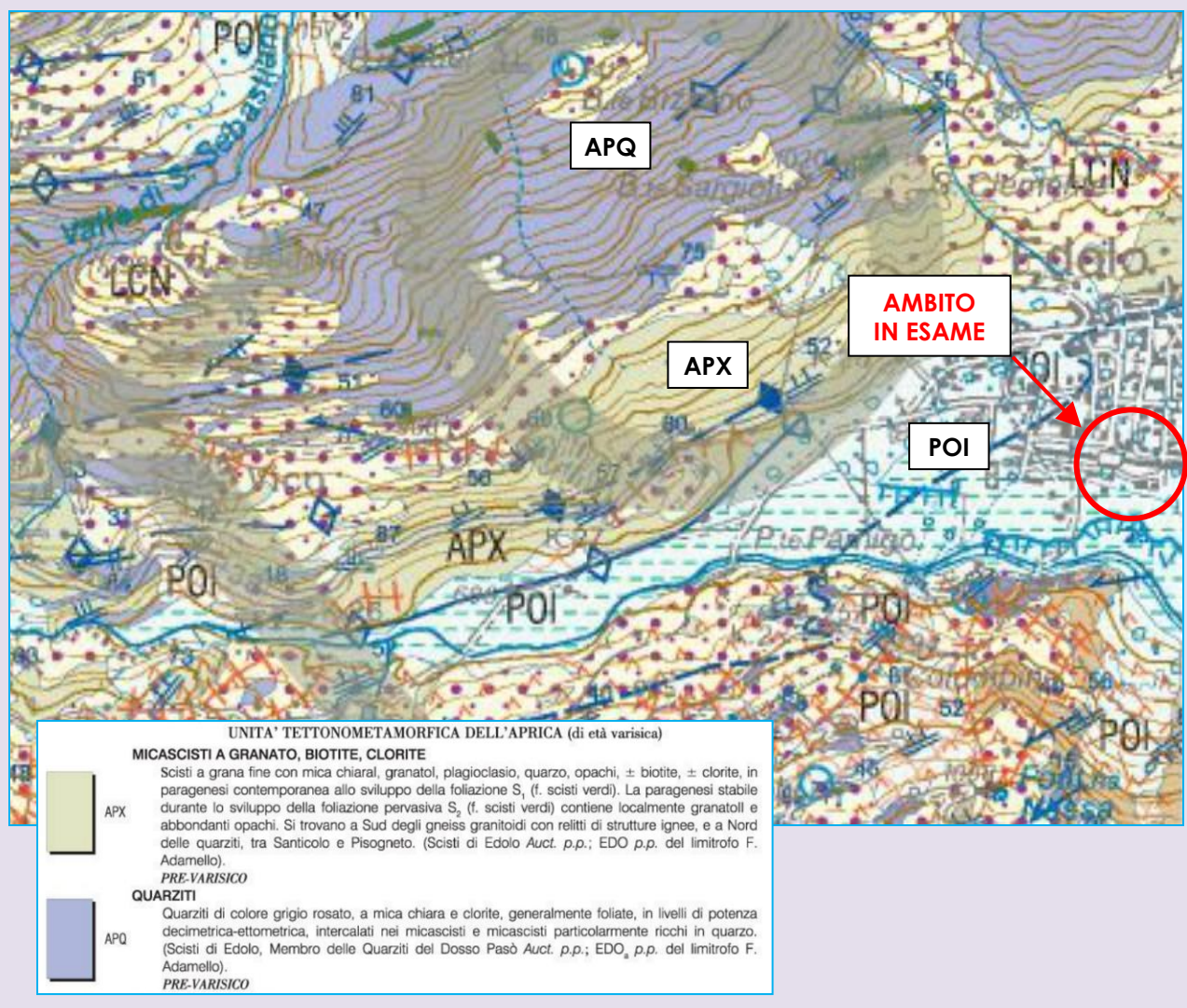
3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

In accordo alla CARTA GEOLOGICA D'ITALIA alla scala 1:50.000 (Foglio 057 – MALONNO) nel territorio di Edolo sono presenti rocce appartenenti al Basamento metamorfico che costituiscono il settore estremo delle Orobie Orientali appartenenti all'UNITÀ TETTONOMETAMORFA DELL'APRICA (Dominio Strutturale delle Alpi Meridionali).

Nello specifico si tratta di litologie costituite da **MICASCISTI A GRANATO, BIOTITE, CLORITE (APX)** "scisti a grana fina con mica chiara, granato, plagioclasio, quarzo, opachi in paragenesi contemporanea allo sviluppo della foliazione S₁" e da **QUARZITI (APQ)** "quarziti di colore grigio rosato, a mica chiara e clorite, generalmente foliate, in livelli di potenza decimetrica-ettometrica intercalati nei micascisti".

Il substrato affiora diffusamente lungo l'intero versante a nord dell'abitato di Edolo.

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (FOGLIO 57 - MALONNO)



Nel fondovalle il substrato roccioso è ricoperto da una potente coltre detritica costituita dai depositi di conoide alluvionale legati alle passate attività deposizionali del Fiume Oglio per effetto

della brusca diminuzione della pendenza del corso d'acqua presente in prossimità dell'abitato di Edolo.

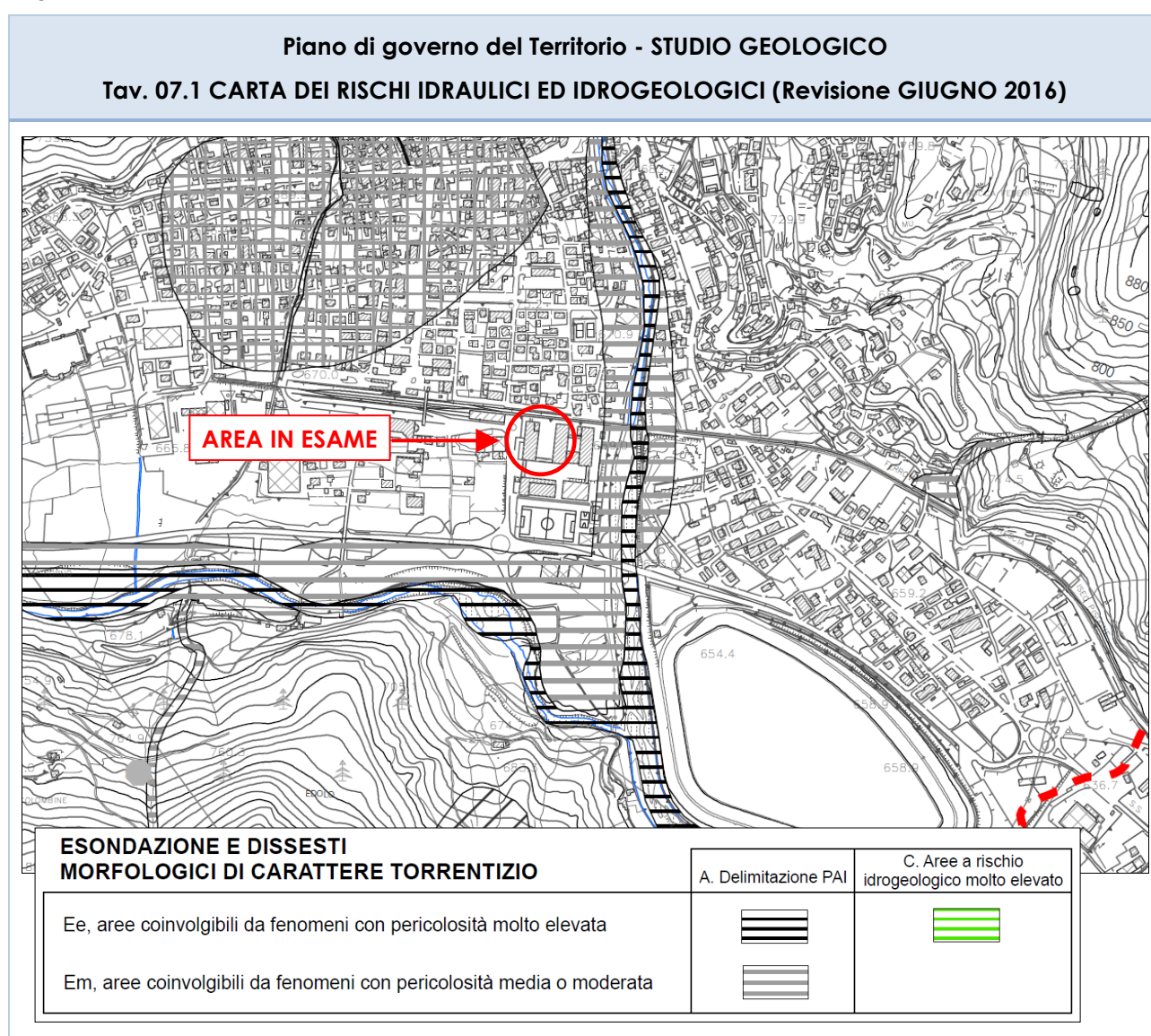
I depositi di conoide fanno parte del SINTEMA DEL PO (indicati in cartografia con la sigla POI) e sono costituiti in prevalenza da ghiaia e ciottoli immersi in una matrice sabbiosa-limosa. Localmente non si esclude la presenza d'orizzonti a granulometria fine prevalente da collegare a fasi d'esondazione con bassa energia di trasporto.

4 ASPETTI GEOLOGICI DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Il Comune di Edolo è dotato di studio geologico a supporto del Piano di Governo del Territorio: lo studio è stato aggiornato nel 2022 in accordo ai criteri attuativi della L.R. 12/05 e della D.G.R. 11 luglio 2014 - n° X/2129 ed è comprensivo della documentazione cartografica che illustra le criticità geologiche ed i vincoli presenti sul territorio comunale, quali la Carta dei dissesti con legenda PAI, la Carta di Fattibilità geologica per le azioni di piano, la Carta della pericolosità sismica locale.

4.1 CARTA DEI VINCOLI

Le aree in dissesto inserite nella cartografia PAI – Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Po sono illustrate nella Tav. 07.1 - CARTA DEI DISSESTO PAI EDOLO OVEST. Nel seguente estratto è indicata la posizione dell'area d'intervento.

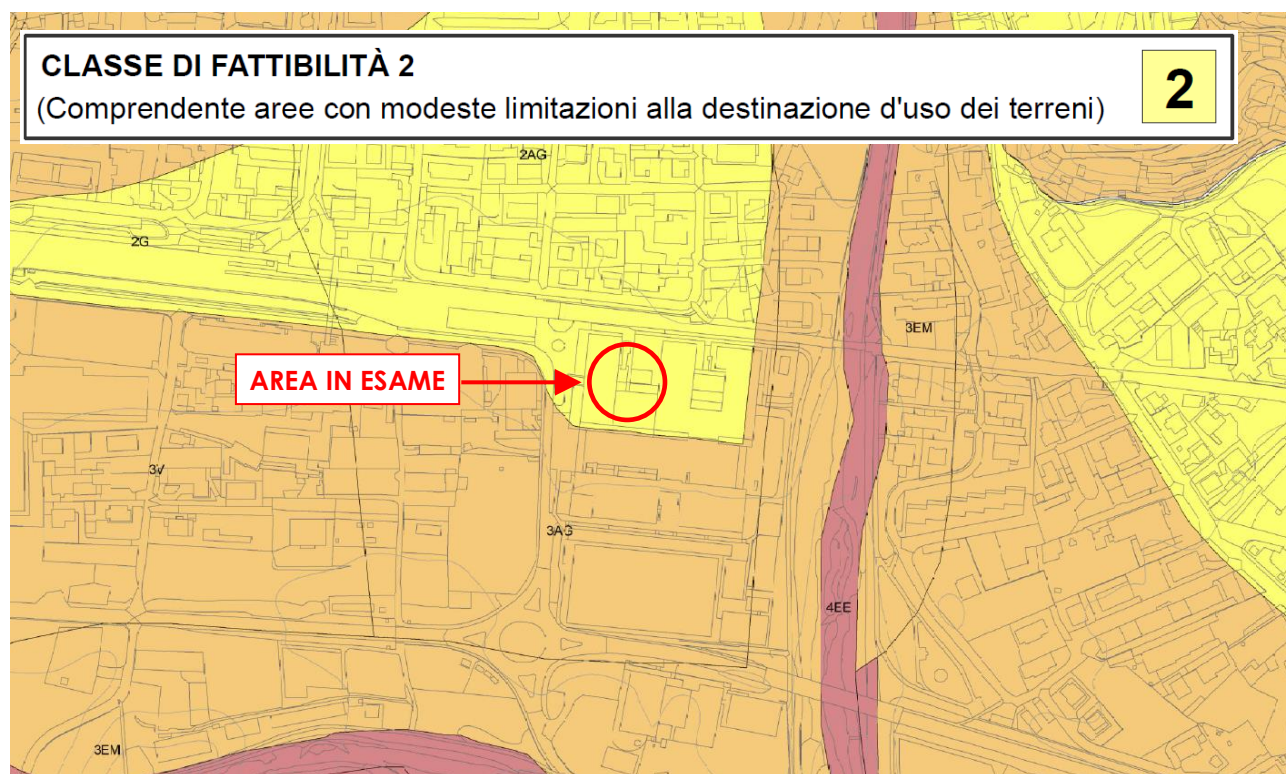


Le aree interessate dalle opere risultano **ESTERNE** agli ambiti di perimetrazione PAI.

4.2 FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO

La TAV. 06.C della componente geologica del PGT è costituita dalla Carta della FATTIBILITÀ GEOLOGICA EDOLO CENTRO EST alla scala 1:2.000: della detta tavola si riporta di seguito un estratto, sul quale è evidenziata l'area d'intervento.

Piano di governo del Territorio - STUDIO GEOLOGICO
Tav. 06.C CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA (Revisione 2022)



L'area d'intervento ricade in aree indicate in **CLASSE 2 ag** - Fattibilità con modeste limitazioni alla destinazione d'uso dei terreni. Per tali aree le NTA geologiche riportano:

CLASSE 2 - FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI (sottoclassi ag)

In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate puntuali o ridotte condizioni limitative alla destinazione d'uso dei terreni, per superare le quali si rende necessario realizzare approfondimenti di carattere geologico - tecnico o idrogeologico, finalizzati alla realizzazione di eventuali opere di bonifica.

Per l'uso di tali aree, si dovrà tenere in particolare considerazione quanto contenuto nel D.M. 11/03/1988 e relative norme tecniche di attuazione (norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione).

SOTTOCLASSE a: fenomeni di esondazione dei corsi d'acqua con prevalente portata liquida.

SOTTOCLASSE g: problematiche geotecniche ed idrogeologiche, terreni scadenti, insufficiente regimazione delle acque superficiali e fenomeni di ristagno idrico.

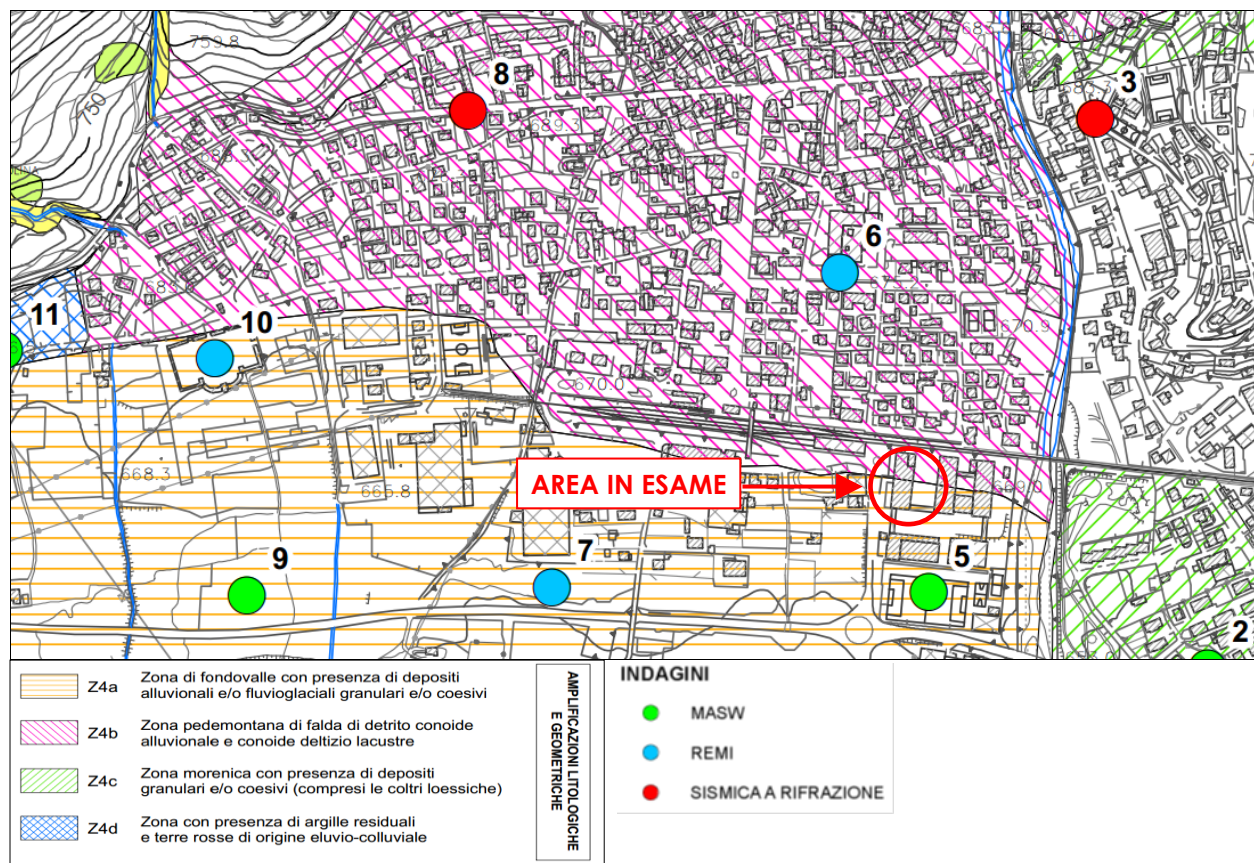
4.3 SCENARIO DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

L'azione sismica sulle costruzioni introdotta dalle NTC è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base" in condizioni ideali di sito di riferimento rigido (detto di categoria "A" nelle NTC/2018) con superficie topografica orizzontale. Questa pericolosità sismica di base, che si esprime in termini di valore di accelerazione orizzontale massima a_g , può subire degli incrementi in funzione delle condizioni geologico-stratigrafiche e topografiche specifiche del sito, ottenendo così la pericolosità locale specifica del sito. Le norme NTC/2018 infatti, al paragrafo 3.2.2, stabiliscono che partendo dalla pericolosità sismica di base è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale allo scopo di definire l'azione sismica di progetto. Le norme consentono di utilizzare un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di riferimento del sottosuolo di fondazione (A, B, C, D, E).

Nello Studio Geologico a supporto del PGT è stata redatta la Carta di Pericolosità Sismica Locale (Tavola 05.1) dalla quale si evince che l'intervento ricade in uno scenario di pericolosità sismica locale dove sono possibili amplificazioni sismiche per effetti litologici e geometrici **Z4a - "Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi"**. Si tratta cioè di un settore potenzialmente soggetto ad amplificazione sismica a causa della litologia del terreno presente che può quindi modificare la pericolosità sismica di base.

Piano di governo del Territorio - STUDIO GEOLOGICO

Tav. 05.1 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE EDOLO OVEST (Revisione Maggio 2016)



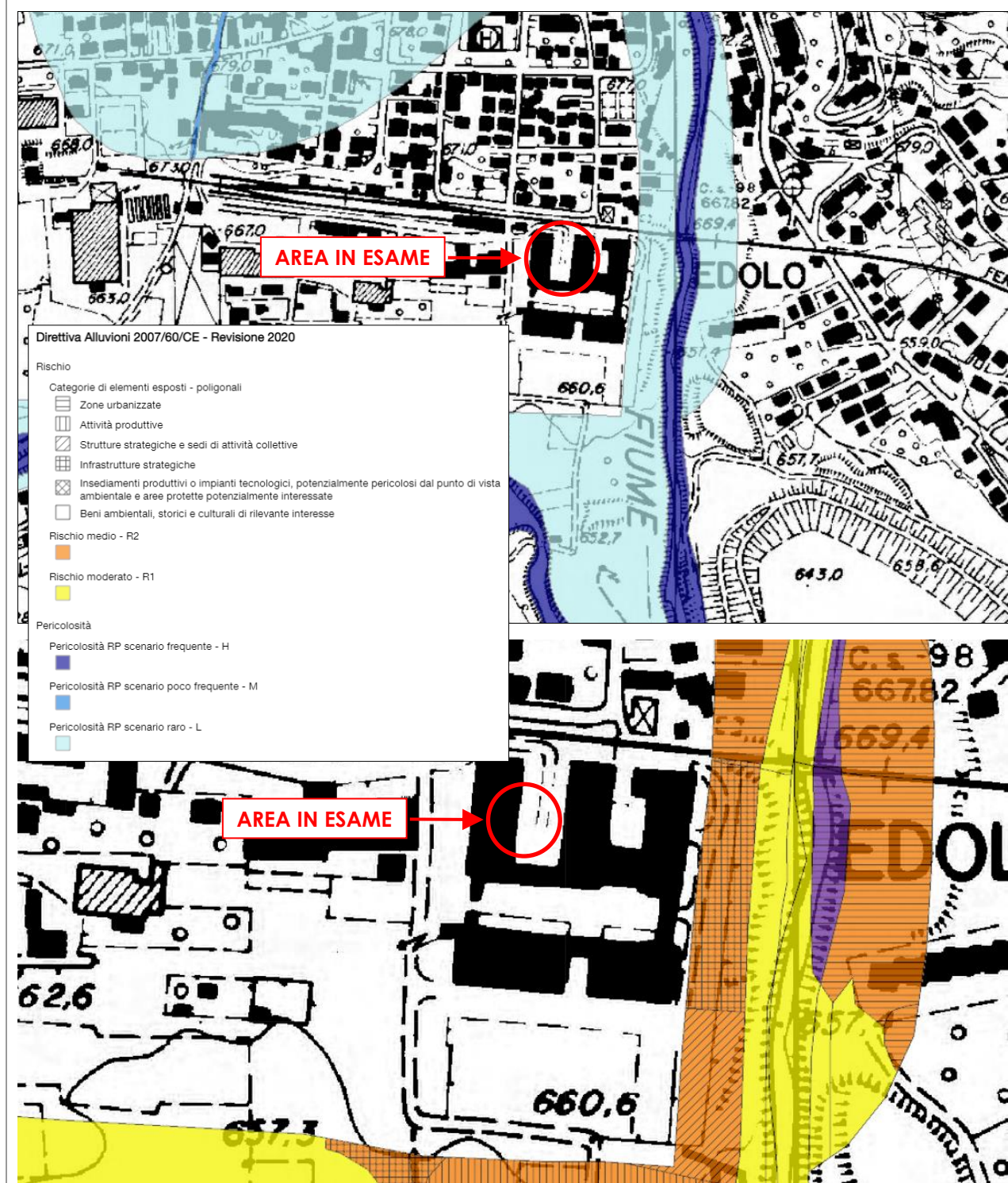
Per le aree Z4a la normativa richiede l'applicazione dell'analisi di secondo livello, sviluppata nei paragrafi successivi.

Poiché gli interventi in esame prevedono la realizzazione di opere in c.a. è necessario applicare i contenuti delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC/2018) che impongono i criteri per la progettazione anche in presenza dell'azione sismica, utilizzando diversi valori di accelerazione sismica in funzione dell'ubicazione del sito in esame e applicando il Metodo degli Stati Limite.

5 PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)

Per quanto riguarda il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), l'area risulta ESTERNA agli ambiti di perimetrazione della pericolosità dal reticolo secondario collinare montano.

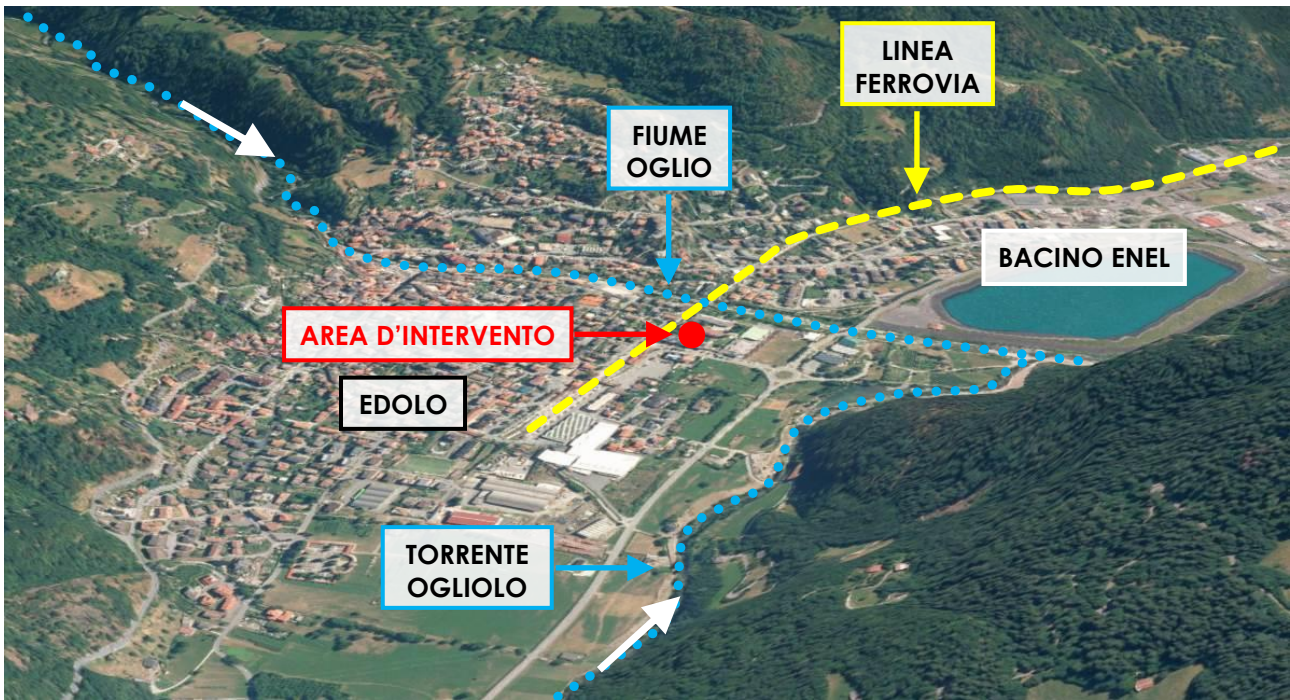
DIRETTIVA ALLUVIONI 2007/60/CE - Revisione 2022



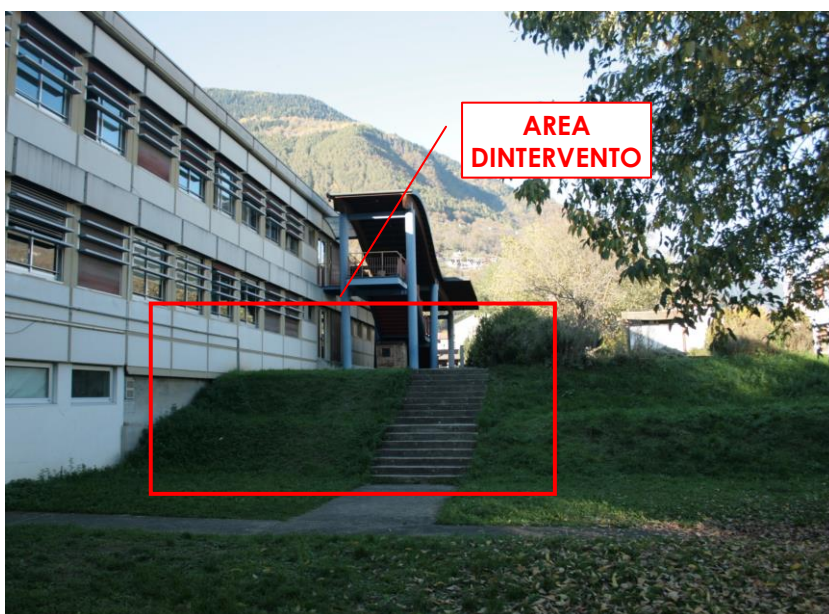
6 ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DI DETTAGLIO

Il comune di Edolo è situato in Alta Valle Camonica in corrispondenza della confluenza tra il Torrente Ogliolo di Corteno (che scorre in direzione ovest – est lungo il fondovalle che mette in comunicazione la Valle Camonica e la Valtellina) ed il Fiume Oglio.

L'abitato sorge sul vasto conoide generato dal Fiume Oglio allo sbocco nella conca di Edolo; da un punto di vista morfologico le aree di conoide in esame definiscono una superficie con pendenza media di 4° - 5°.



L'area dove si colloca l'Istituto IC Edolo è delimitata lungo il lato NORD dalla Linea ferroviaria Brescia – Edolo e lungo il lato EST dall'argine idrografico destro del Fiume Oglio.



L'intervento in progetto prevede la realizzazione di un nuovo edificio con sviluppo su unico pian fuori terra da adibire a locale mensa di servizi all'Istituto comprensivo IC Edolo esistente.

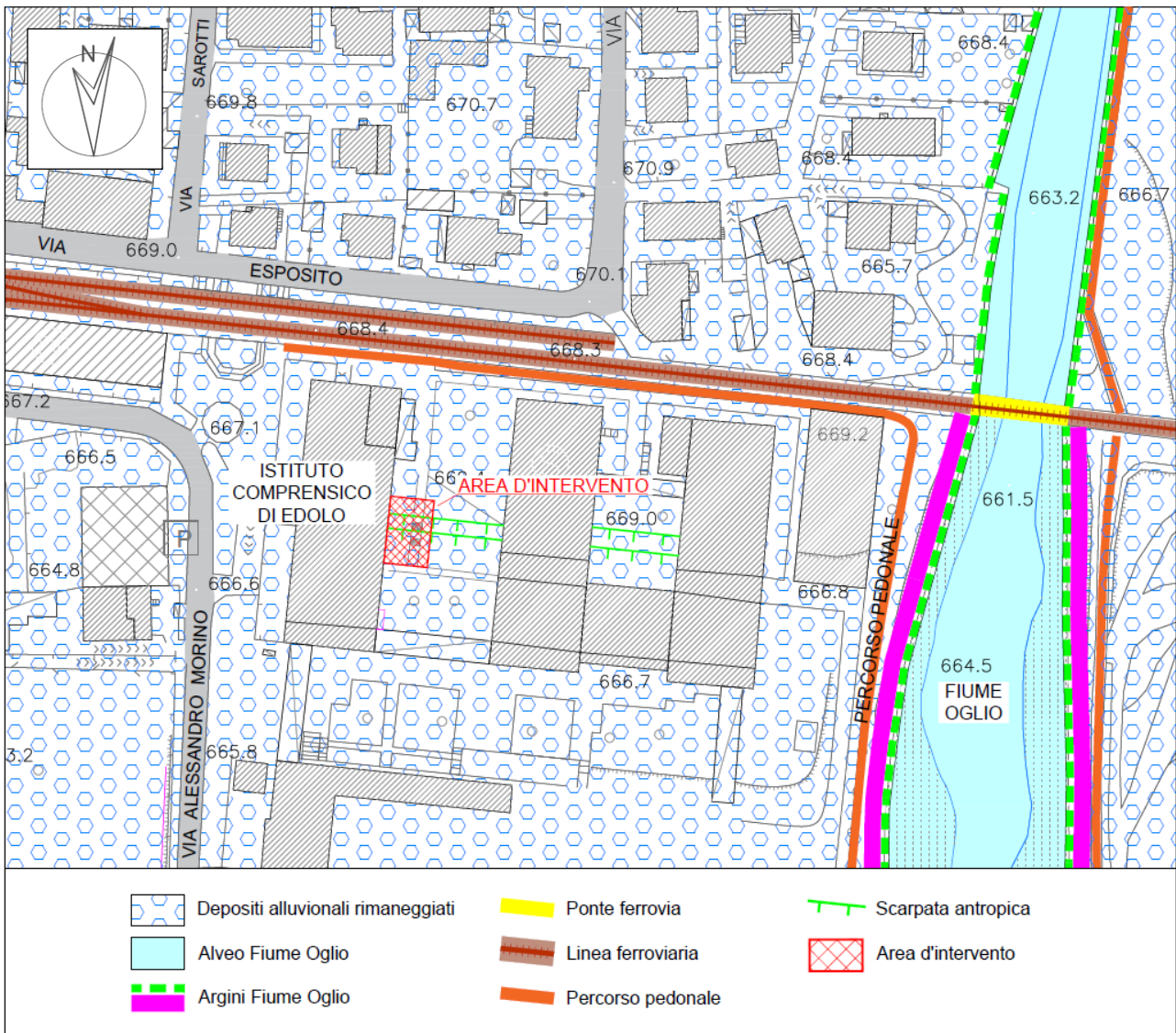
Il fabbricato verrà realizzato in adiacenza alla parete EST dell'istituto IC Edolo in prossimità di una scarpa antropica di raccordo dove si sviluppa una scalinata in cemento.



Il Fiume Oglio si sviluppa ad EST rispetto l'area d'intervento ad una distanza di circa 100 metri.

Nel settore il Fiume Oglio presenta un alveo completamente regimato lungo entrambe le sponde con muro in calcestruzzo basale e scogliera superiore, una larghezza basale di circa 28 metri, una larghezza sommitale di circa 40 metri ed un'altezza di circa 5 metri.

Gli elementi geomorfologici di dettaglio sono descritti nella successiva immagine redatta sulla base del volo aereofotogrammetrico comunale alla scala 1:2000.



La nuova mensa verrà realizzata lungo la scarpata di raccordo (origine antropica) presente lateralmente all'edificio esistente; lungo la scarpata si sviluppa una scalinata in calcestruzzo della larghezza di circa 2,5 metri che collega il cortile esterno all'istituto scolastico con le entrate poste sul retro al livello del percorso pedonale presente parallelamente alla Linea Ferroviaria.

Le aree sono occupate dai depositi di conoide in gran parte rimodellati successivamente alla realizzazione della scuola, essi sono costituiti da ciottoli e ghiaia immersi in una matrice sabbiosa limosa a cui è possibile associare buone caratteristiche geotecniche. Localmente possono essere presenti lenti a maggior contenuto di frazione sabbiosa legate alla dinamica evolutiva del corso d'acqua e alle varie fasi di esondazione che si sono succedute in occasione di eventi di piena.

La scarpata dove si sviluppa la scalinata è costituita in gran parte da materiale di riporto (come confermato dalle indagini geognostiche effettuate in loco) costituito in prevalenza da terreni medio fini poco addensati.

.

7 APPROFONDIMENTI INERENTI ALLA VULNERABILITÀ GEOLOGICA

L'area in esame ricade nella classe di fattibilità 2ag per la quale nello Studio geologico vengono previste modeste limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, connesse alla possibile presenza di terreni superficiali con caratteristiche tecniche scadenti e da bassa soggiacenza delle acque di falda

In merito alla possibile presenza di terreni superficiali con caratteristiche tecniche scadenti si rileva come l'area in esame si colloca all'interno dei depositi di conoide alluvionale rimaneggiati del Fiume Oglio; in riferimento ai dati dell'indagine geognostica eseguita (prove penetrometriche dinamiche) si riscontra come in prossimità del piano d'imposta delle fondazione della nuova struttura sono presenti terreni caratterizzati da buoni parametri geotecnici, la scarpata antropica è invece impostata in terreni di riporto medio fini sciolti a minore consistenza rispetto ai livelli sottostanti.

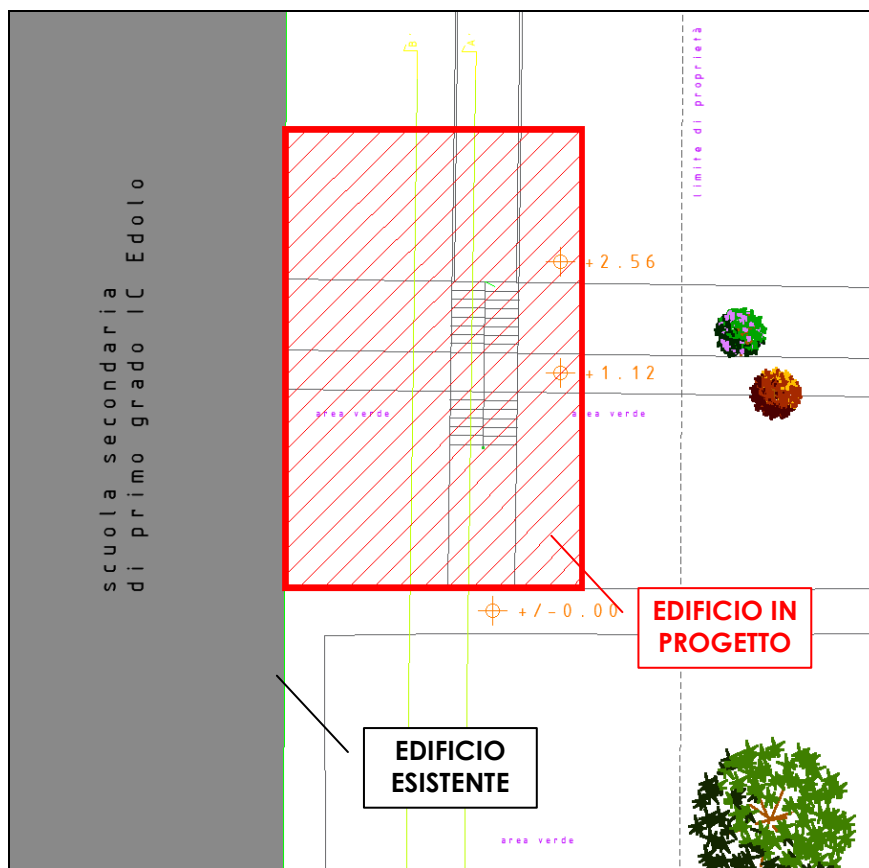
In merito alla bassa soggiacenza delle acque di falda, le indagini eseguite non ne hanno rilevato la presenza sino alle profondità indagate.

Gli interventi in progetto sono per tanto compatibili con il quadro geologico, i calcoli e le strutture dovranno essere dimensionate con riferimento ai parametri geotecnici descritti dei prossimi paragrafi.

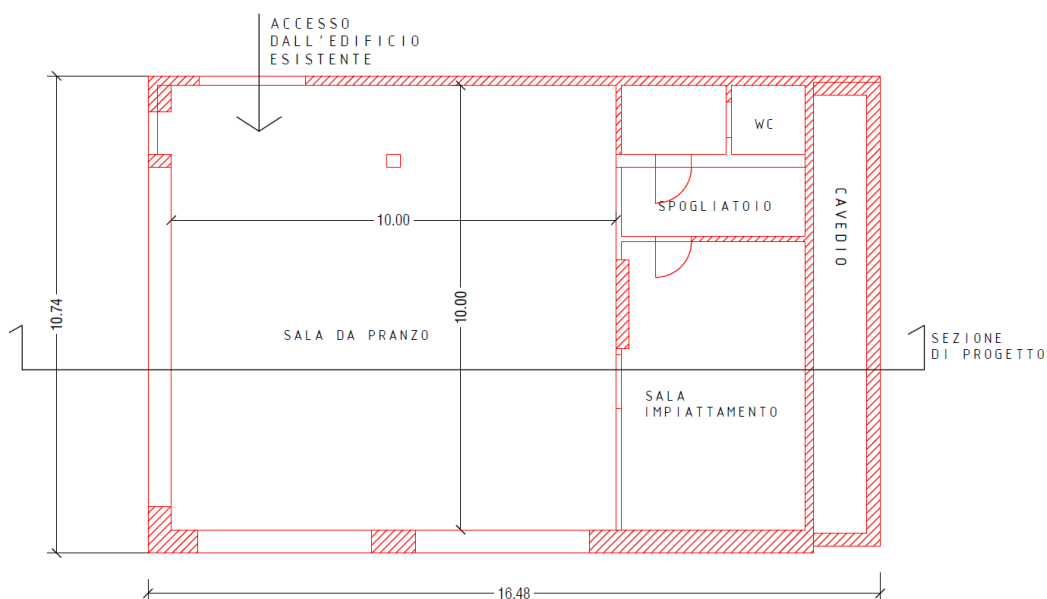
8 ANALISI DEL PROGETTO

Il progetto in esame prevede la realizzazione di una nuova mensa a servizio della scuola secondaria di primo grado di Edolo; la nuova struttura presenta una dimensione di circa 175 m² ed una forma rettangolare (10.7 m * 16.5 m) con lato maggiore disposto parallelamente all'edificio esistente, con unico piano fuori terra.

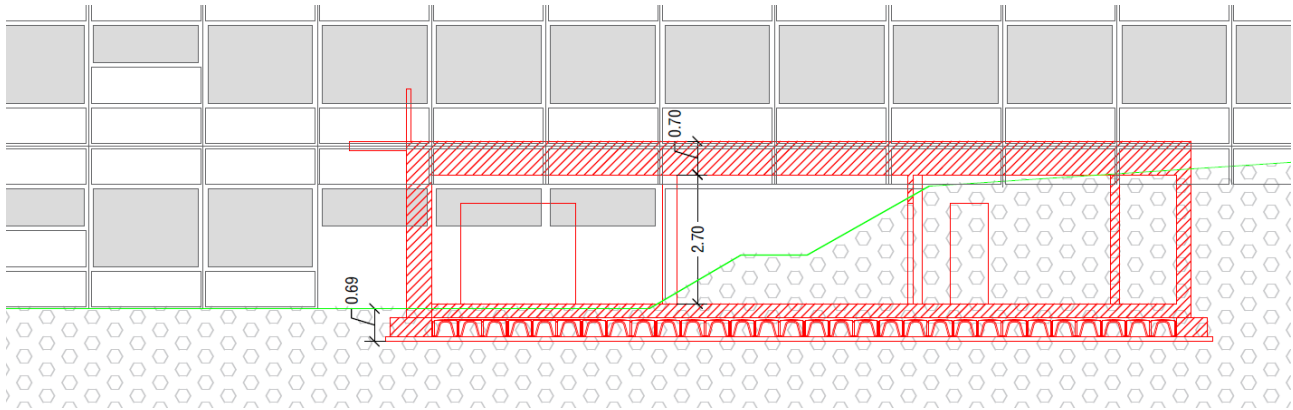
PLANIMETRIA GENERALE



PLANIMETRIA DI PROGETTO



SEZIONI DI PROGETTO



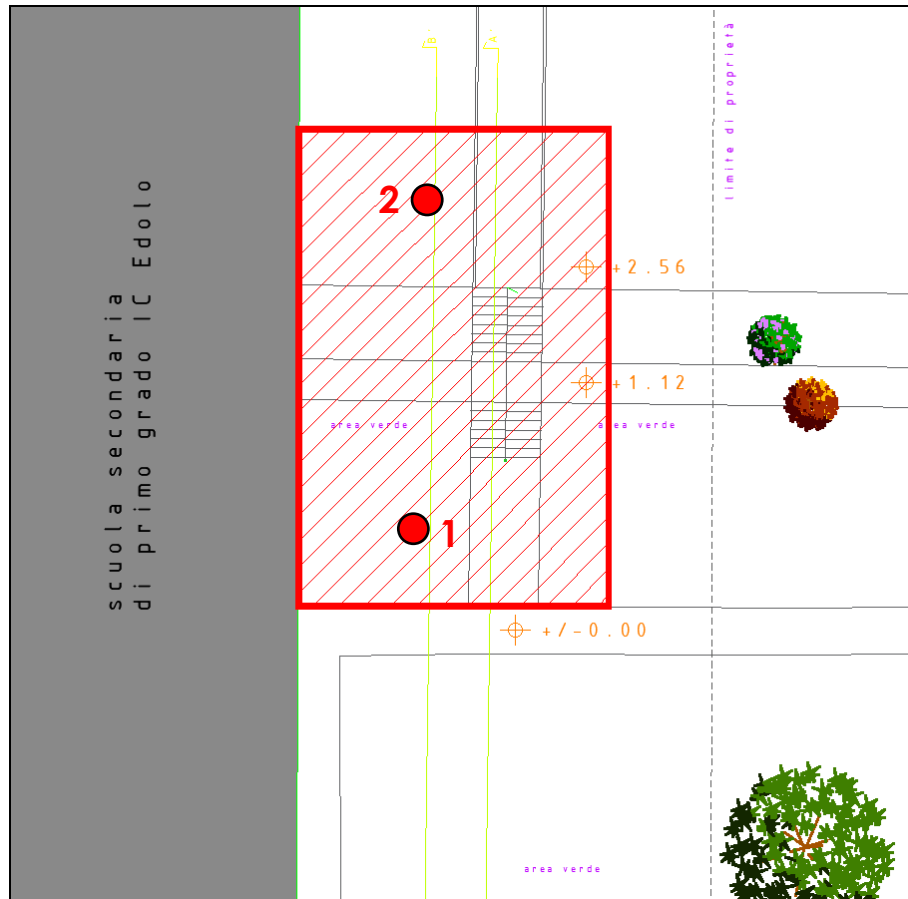
Per la definizione del piano di posa della fondazione è prevista la realizzazione di scavi con altezza di poco inferiore ad un metro nel settore SUD (porzione pianeggiante) e di circa 4 metri nel settore NORD dove è presente la scarpata.

9 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Allo scopo di ricostruire il quadro stratigrafico, geologico tecnico e sismico di dettaglio delle aree d'intervento, il 12 Novembre 2024 è stata eseguita una campagna di indagine geognostica comprensiva di:

- N. 2 Prove penetrometriche dinamiche tipo SCPT (PP)

L'ubicazione delle indagini è illustrata nell'immagine successiva.



9.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Le prove penetrometriche dinamiche tipo SCPT sono state condotte con un penetrometro (DPSH) modello TG 63 – 100 EML.C, prodotto dalla società Pagani, dotato di attrezzatura standard; questa prevede l'utilizzo di aste del diametro di 34 mm dotate di una punta conica del diametro di 51 mm e conicità di 60°, rivestimento con diametro di 48 mm, maglio di 63.50 Kg di peso e caduta libera del maglio per 75 cm. La prova consiste nel rilevare il numero di colpi necessario per ottenere un avanzamento della punta di 20 cm all'interno del terreno. Le prove sono state spinte fino a profondità massime di 6,4 metri dal piano campagna; i risultati, illustrati di seguito, consistono in grafici nei quali sono rappresentate la resistenza penetrometrica alla punta ($N = n_{\text{colpi}}/20 \text{ cm}$ avanzamento della punta). L'analisi dei grafici delle prove penetrometriche consente di valutare i parametri geotecnici dei livelli di terreno attraversati.

PROGETTO: Realizzazione mensa per la scuola secondaria di primo grado di EDOLO (BS)

COMUNE: Edolo (BS)

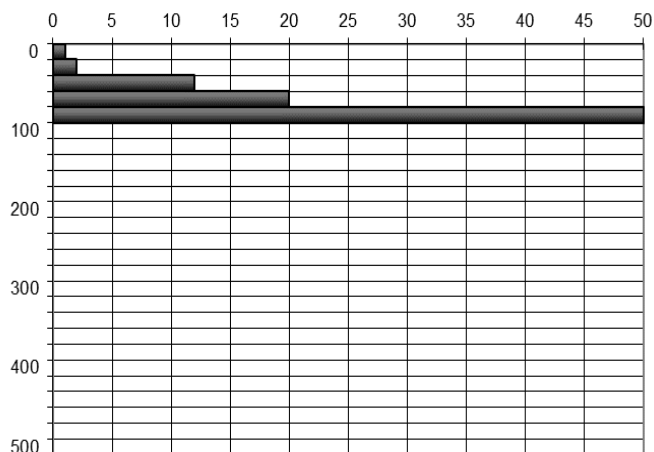
RESPONSABILE: Dott. Geol. Mario Sterli

Data: 12/11/2024

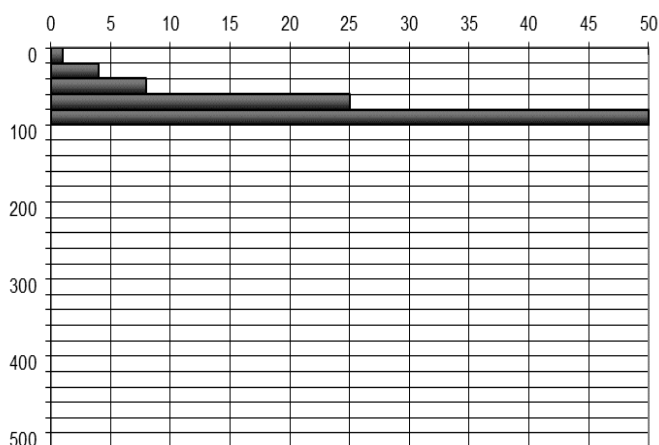
Prova penetrometrica dinamica n° 1a - 1b

Strumento utilizzato: DPSH TG 63-200 PAGANI

PROVA 1°



PROVA 1b



Nel primo punto, posto alla base della scalinata esistente, la prova è stata eseguita due volte, in entrambi i casi l'indagine ha registrato rifiuto ad una profondità di 1 metro. Il settore presenta in superficie uno strato di 40/60 centimetri caratterizzato da una resistenza alla penetrazione della punta bassa con valori bassi 1-2 colpi/20 cm (coltre superficiale costituita da terreni a granulometria medio-fine prevalente, poco addensati). Al di sotto la resistenza subisce un incremento repentino sino a rifiuto. Quest'ultimo orizzonte intercettato rappresenta con buona probabilità i depositi alluvionali grossolani del Fiume Oglio in posto.

PROGETTO: Realizzazione mensa per la scuola secondaria di primo grado di EDOLO (BS)

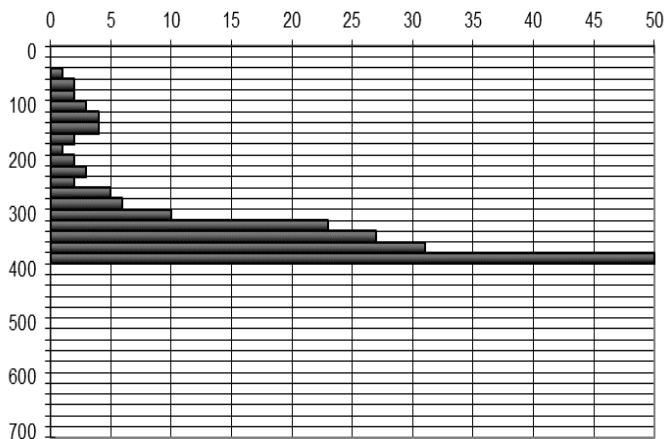
COMUNE: Edolo (BS)

RESPONSABILE: Dott. Geol. Mario Sterli

Data: 12/11/2024

Prova penetrometrica dinamica n° 2

Strumento utilizzato: DPSH TG 63-200 PAGANI



Nel secondo punto, posto nel settore superiore della scalinata esistente, la prova è stata spinta fino ad una profondità di circa 4 metri. La resistenza alla penetrazione della punta si mantieni su valori bassi (2-5 colpi/20 cm) sino ad una profondità di 2.8 metri, tale livello è costituito dai terreni di riporto presenti in prossimità della scarpata antropica esistente (terreni a granulometria medio fine poco addensati). Al di sotto, sino a profondità di 3.8 metri, la resistenza subisce un incremento repentino con valori medi pari a 20/30 colpi/20 cm sino a raggiungere rifiuto. Quest'ultimo orizzonte intercettato rappresenta con buona probabilità i depositi alluvionali grossolani del Fiume Oglio in posto.

10 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Le prove penetrometriche hanno permesso la caratterizzazione dei terreni presenti fino ad una profondità massima di circa 4 metri.

I dati raccolti dalle prove, sono stati elaborati e correlati fra loro, allo scopo di ricostruire il quadro stratigrafico dei terreni di fondazione in esame. Le indagini penetrometriche permettono infatti di individuare i vari orizzonti che caratterizzano il sottosuolo, tramite correlazioni con la prova di riferimento SPT comunemente adottata, è possibile stimare i parametri geotecnici.

Per l'interpretazione delle prove sono stati innanzitutto identificati degli orizzonti contraddistinti da valori simili della resistenza alla punta: a questi orizzonti sono stati assegnati i valori corrispondenti alla media dei valori inferiori registrati nelle diverse prove, operando in questo modo a favore della sicurezza. Successivamente i valori della resistenza alla punta sono stati trasformati da valori NSCPT in valori NSPT.

Le correlazioni tra SPT-SCPT, che generalmente è il rapporto fra il numero dei colpi misurato con i due strumenti (N_{spt}/N_{scpt}) tende a 1 per granulometrie grossolane, mentre tende a crescere per granulometrie più fini, esistono le seguenti correlazioni proposte in letteratura:

Correlazione			Litologia
NSPT	= 1	x NSCPT	Ghiaie e ghiaie sabbiose
NSPT	= 1.25	x NSCPT	Sabbie e ghiaie con fine plastico
NSPT	= 1.5	x NSCPT	Sabbie con molto fine
NSPT	= 2	x NSCPT	Limi
NSPT	= 2.5	x NSCPT	Argille limose/sabbiose
NSPT	= 3	x NSCPT	Argille

Tabella correlazione N_{spt} e N_{scpt}

In ogni caso si tratta di correlazioni empiriche che vanno utilizzate con cautela. In particolare, per quanto riguarda la correzione in funzione della litologia, questa andrà calibrata sulla base delle caratteristiche litologiche locali.

Viste le caratteristiche granulometriche dei terreni in esame, per le prove SCPT per poter utilizzare i dati ottenuti è necessario effettuare la conversione NSCPT – NSPT mediante la seguente relazione:

$$NSPT = 1.47 \times NSCPT$$

I valori di N_{SPT} ottenuti sono successivamente corretti mediante l'applicazione di coefficienti che tengono conto di:

1. PRESENZA DI FALDA. Se la prova viene eseguita in sabbie fini e limose sotto falda e se il valore di $N_{SPT} > 15$, si applica secondo la seguente equazione:

$$N' = 15 + \frac{N - 15}{2}$$

dove N = numero di colpi misurato nella prova.

2. ATTREZZATURE E MODALITA' DI PROVA. I valori di N_{SPT} sono suscettibili delle modalità e delle attrezzature di prova: ai fini della normalizzazione dei risultati i valori rilevati (N) sono moltiplicati per fattori correttivi secondo la seguente relazione:

$$N_{60} = N * C_E * C_B * C_S * C_R$$

dove:

N_{60} = valore di N corretto per l'efficienza del sistema di battuta del 60%

C_E = correzione per il rapporto di energia ($ER/60\%$).

C_B = correzione per il diametro del foro. Tale coefficiente, in accordo ai contenuti della tabella 2.1. riportata in PROVE GEOTECNICHE IN SITU, A. Bruschi (2010) ed al diametro di prova risulta pari a 1.0

C_S = Correzione per il metodo di campionamento. Essendo le prove eseguite con punta chiusa in accordo ai contenuti della tabella 2.2. riportata in PROVE GEOTECNICHE IN SITU, A. Bruschi (2010) risulta pari a 1.0

C_R = correzione per la lunghezza delle aste. I valori di N misurati sono stati corretti in funzione della profondità di indagine secondo i contenuti della tabella 2.2. riportata in PROVE GEOTECNICHE IN SITU, A. Bruschi (2010) di seguito riportata:

Lunghezze delle aste sotto la testa di battuta (m)	C_R
3-4	0.75
4-6	0.85
6-10	0.95
>10	1.00

3. NORMALIZZAZIONE ALLA PRESSIONE LITOSTATICA. Il valore di N_{60} viene normalizzato per la pressione litostatica efficace secondo il metodo proposto da Liao & Whitman, esprimendo la tensione litostatica efficace σ'_v in kPa secondo la seguente equazione:

$$N^1_{(60)} = C_N * N_{60}$$

dove:

$$C_N = \sqrt{\frac{98.1}{\sigma'_v}}$$

Per la determinazione del peso di volume (γ) – successivamente utilizzato per il calcolo di σ'_v - è stato utilizzato il metodo proposto da Bruschi, che è ritenuto valido nell'intervallo 1-20 colpi/piede:

$$\gamma = (0,0011 N_{60}^3 - 0,0528 N_{60}^2 + 0,9464 N_{60} + 12,855)$$

Al fine di valutare l'angolo di attrito efficace (ϕ') degli orizzonti attraversati mediante i valori delle resistenze alla penetrazione (N_{SPT}) sono stati adottate le seguenti correlazioni:

1. Schmertmann (1975)

La correlazione proposta da Schmertmann si esprime come:

$\phi' = \tan^{-1} \left(\frac{N_{60}}{12.2 + 20.3 \frac{\sigma'_v}{98.1}} \right)^{0.34}$ nella quale:	ϕ' = angolo d'attrito efficace (°) N_{60} = valore di N_{SPT} corretto per un efficienza del 73% (-) σ'_v = sforzo efficace (kPa)
--	---

2. Hatanaka & Uchida (1996)

La correlazione proposta da Hatanaka & Uchida si esprime come:

$\phi' = 20 + \sqrt{15.4 * N_{1(60)}}$ nella quale:	ϕ' = angolo d'attrito efficace (°) $N_{1(60)}$ = valore di N_{60} normalizzato per la pressione litostatica (-)
---	---

3. Woff (1989)

La correlazione proposta da Wolff si esprime come:

$$\phi' = 27,1 + 0,3N_{1(60)} - 0,00054 N_{1(60)}$$

10.1 STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

L'analisi dei grafici delle prove penetrometriche consente di valutare dunque il quadro stratigrafico e di fornire in maniera quali-quantitativa i parametri geotecnici dei livelli di terreno attraversati.

ANALISI E INTERPRETAZIONE DATI PROVA 1a/1b

I risultati dell'applicazione delle correzioni ai singoli strati in precedenza riconosciuti sono riportati nella seguente tabella, i parametri di resistenza del terreno stimati sono i seguenti:

UNITÀ GEOTECNICHE						
n.	Tipo di terreno	Spessore	N_{SPT} Medio	Peso unità di volume γ'	Angolo di resistenza al taglio ϕ^k	Coesione non drenata c'
		(m)		(kN/m ³)	(°)	(kN/m ²)
A	Sabbia con limo sciolta	0,4	3,5	15,5	26 - 27	0,0
B	Blocchi ciottoli e ghiaia con sabbia e limo	0,6	25,0	20,0	33 - 34	0,0

ANALISI E INTERPRETAZIONE DATI PROVA 2

I risultati dell'applicazione delle correzioni ai singoli strati in precedenza riconosciuti sono riportati nella seguente tabella, i parametri di resistenza del terreno stimati sono i seguenti:

UNITÀ GEOTECNICHE						
n.	Tipo di terreno	Spessore	N _{SPT} Medio	Peso unità di volume γ'	Angolo di resistenza al taglio ϕ^k	Coesione non drenata c'
		(m)		(kN/m ³)	(°)	(kN/m ²)
A	Sabbia con limo sciolta	2,8	4,0	15,5	26 - 27	0,0
B	Blocchi ciottoli e ghiaia con sabbia e limo	1,0	35,0	20,0	33 - 34	0,0

Vista la natura dei depositi insistenti nell'area, non si esclude la presenza di livelli lenticolari discontinui sia in profondità che lateralmente, che possono portare a delle locali variazioni stratigrafiche. Sarà cura del progettista geotecnico/strutturista, definire i parametri di resistenza caratteristici in relazione alle caratteristiche geometriche e al contorno delle opere di fondazione.

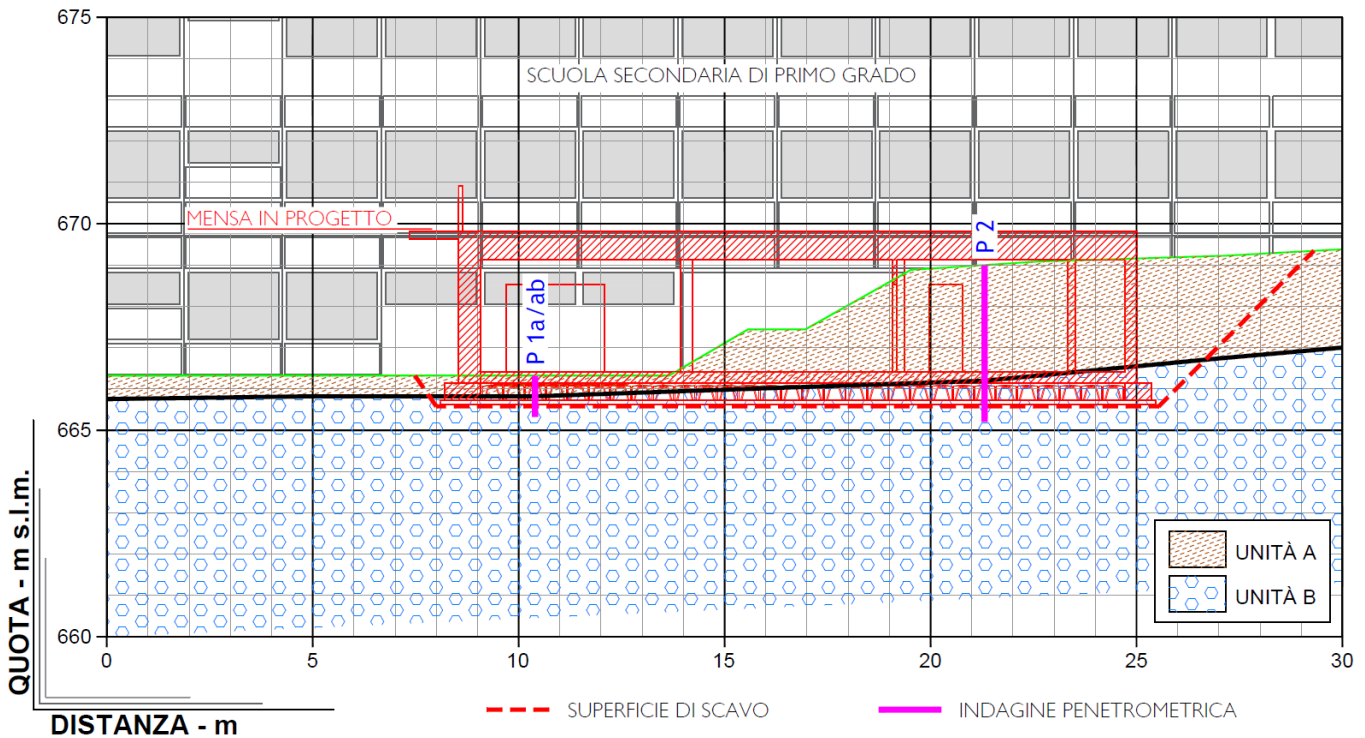
Questi valori possono mostrare dei limiti e delle incertezze e per tanto vengono fatte le seguenti precisazioni:

- ✓ il limite tecnico delle indagini penetrometriche sta nel fatto che non si prende diretta visione dei terreni e della stratigrafia, i dati relativi alla resistenza alla penetrazione vengono elaborati con formule da letteratura. La prova penetrometrica costituisce una prova indiretta che ha il limite di definire le caratteristiche del terreno puntualmente: tali caratteristiche possono anche cambiare nell'intorno delle prove eseguite.
- ✓ le prove penetrometriche eseguite hanno raggiunto una profondità di circa 5.0 metri da p.c. e di conseguenza anche i parametri di resistenza stimati sono stati interpretati fino a quella profondità;

In fase esecutiva, durante la realizzazione degli scavi, si potrà effettivamente avere un riscontro diretto rispetto a quanto ipotizzato in questa fase di indagine, come anche previsto dal metodo osservazionale proposto dalle NTC (Norme Tecniche per la Costruzione) 2018.

1.1 IL MODELLO GEOLOGICO INTERPRETATIVO

Per la ricostruzione del quadro stratigrafico dell'ambito in esame, valutato l'importanza e le dimensioni dell'intervento, ci si è avvalsi dei dati ricavati dall'indagine geognostica realizzata direttamente nelle aree d'intervento (prove penetrometriche dinamiche), e di considerazioni di tipo geologico geomorfologico. Nella sezione è stato inserito schematicamente l'intervento come desunto dagli elaborati di progetto.



Come in precedenza illustrato, il settore di abitato in esame si trova nell'ambito della conoide alluvionale legata alle passate attività deposizionali del Fiume Oglio per effetto della brusca diminuzione della pendenza del corso d'acqua presente in prossimità dell'abitato di Edolo. I depositi di conoide sono costituiti in prevalenza da ghiaia e ciottoli con possibili blocchi immersi in una matrice sabbiosa-limoso. Localmente non si esclude la presenza d'orizzonti a granulometria fine prevalente da collegare a fasi d'esondazione con bassa energia di trasporto.

1.1.1 ASPETTI GEOTECNICI E IDROGEOLOGICI

Alla luce del quadro stratigrafico sopra illustrato, sulla base delle interpretazioni relative alle due prove penetrometriche riportate nel capitolo precedente, si riportano di seguito alcune valutazioni dei parametri geotecnici degli orizzonti in esame. Restando a favore della sicurezza, è possibile attribuire i seguenti parametri geotecnici, espressi in termini di angolo d'attrito (ϕ) coesione (c) e peso specifico (γ):

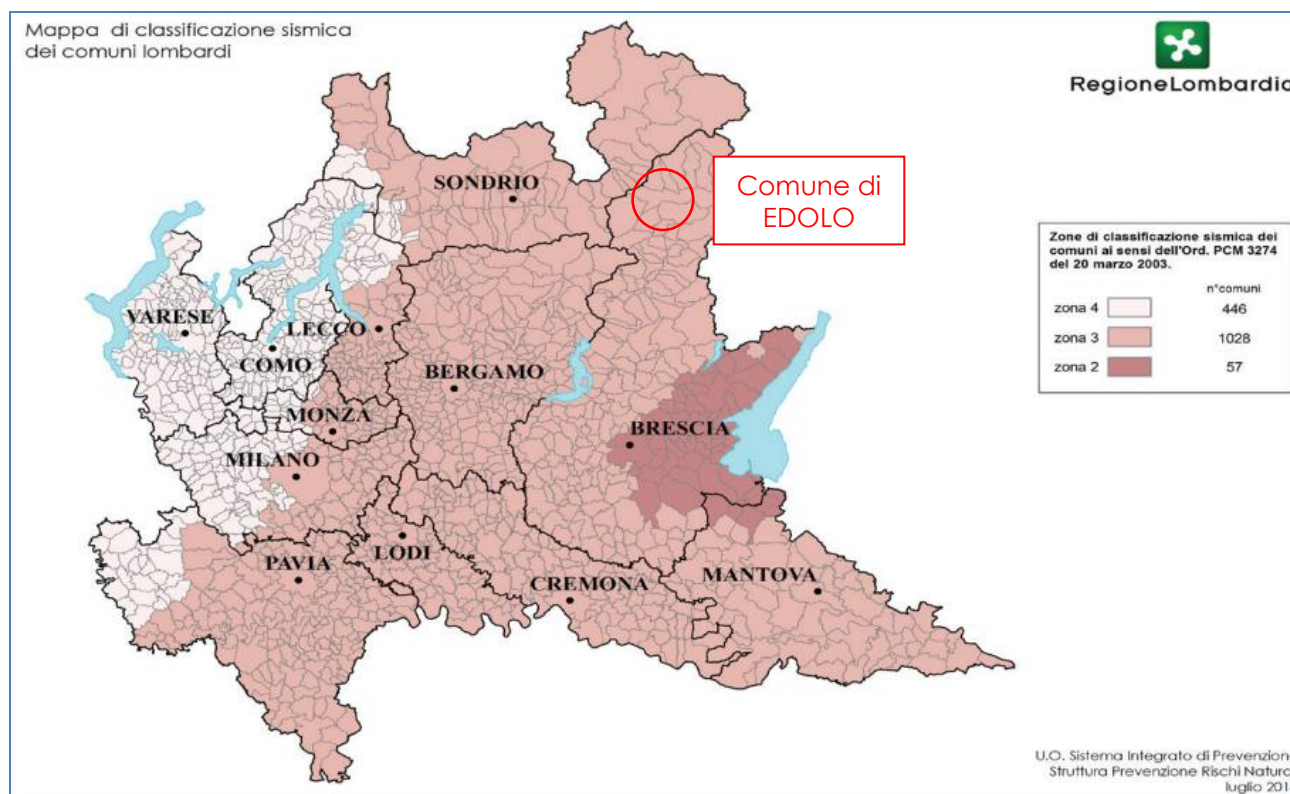
UNITÀ	Angolo d'attrito (°)	Coesione (kN/m ²)	Peso specifico (kN/m ³)	Spessore (m)
A - Sabbia con limo sciolta	26 – 27	0,0	15,5	0,5 – 3,0
B - Blocchi ciottoli e ghiaia con sabbia e limo	33 - 34	0,0	20,0	-

Le fondazioni del nuovo edificio saranno impostate all'interno dell'unità B. I calcoli geotecnici per il dimensionamento delle fondazioni verranno eseguiti dall'ingegnere strutturista così come le verifiche agli SLE e SLU in condizioni statiche e dinamiche.

In relazione al quadro geologico e geomorfologico descritto precedentemente non si esclude la presenza di una falda freatica all'interno dei depositi di conoide correlata al livello idrico del Fiume Oglio (localmente il letto del Fiume si trova 4/5 metri più basso rispetto al piano d'imposta delle fondazioni della nuova struttura)

12 ASPETTI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

Come indicato nella D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129 - Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r.1/2000, art. 3, c. 108, lett. d), il Comune di EDOLO ricade in ZONA SISMICA 3 e ad esso corrisponde un'accelerazione massima su substrato rigido (a_{gmax}) pari a 0.069257 g (con probabilità di superamento pari a 10% in 50 anni).



Con l'entrata in vigore del D.M. 17 gennaio 2018, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica, ed è funzione delle condizioni topografiche del sito e della categoria sismica di sottosuolo. Per la caratterizzazione sismica del sito si è fatto riferimento alla sezione 3.2 "Azione sismica" delle Norme Tecniche per le Costruzioni che prevede, a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, l'individuazione delle azioni sismiche di progetto.

Di seguito vengono riportati gli elementi di pericolosità sismica di base e locale, in accordo con la normativa di riferimento.

12.1 LA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base viene espressa mediante i seguenti parametri:

a_g – accelerazione sismica massima di sito;

F_0 – valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale;

T_c^* - periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale.

Per ogni sito, in funzione del periodo di riferimento (P_{VR}), i valori di tali parametri sono riportati nella normativa di riferimento ed espressi nei termini di probabilità di accadimento a cui viene fatto corrispondere un determinato Stato Limite.

Parametri sismici su sito di riferimento

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	a_g [m/s²]	F_0 [-]	T_c^* [sec]
S.L.O.	45	0.029	2.603	0.196
S.L.D.	75	0.035	2.640	0.216
S.L.V.	712	0.066	2.774	0.303
S.L.C.	1462	0.080	2.825	0.320

L'interventi in progetto (previsto all'interno di un Istituto Scolastico pubblico) rientra nella CLASSE III della classificazione d'uso delle costruzioni proposta dalla normativa, alla quale corrisponde un COEFFICIENTE D'USO (C_U) pari 1.5.

A tale tipologia di costruzione, in accordo con la tab. 2.4.I della Normativa di riferimento, è possibile attribuire un valore della VITA NOMINALE di $V_N = 50$ (anni).

Il periodo di riferimento per l'azione sismica (P_{VR}) si ricava moltiplicando il valore della vita nominale (V_N) per il coefficiente d'uso (C_U), per cui:

CLASSE D'USO	COEFFICIENTE D'USO (C_U)	VITA NOMINALE (V_N)	PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'AZIONE SISMICA (P_{VR})
Classe II	1.5	50 anni	75 anni

12.2 RISPOSTA SISMICA LOCALE

12.2.1 Condizioni topografiche

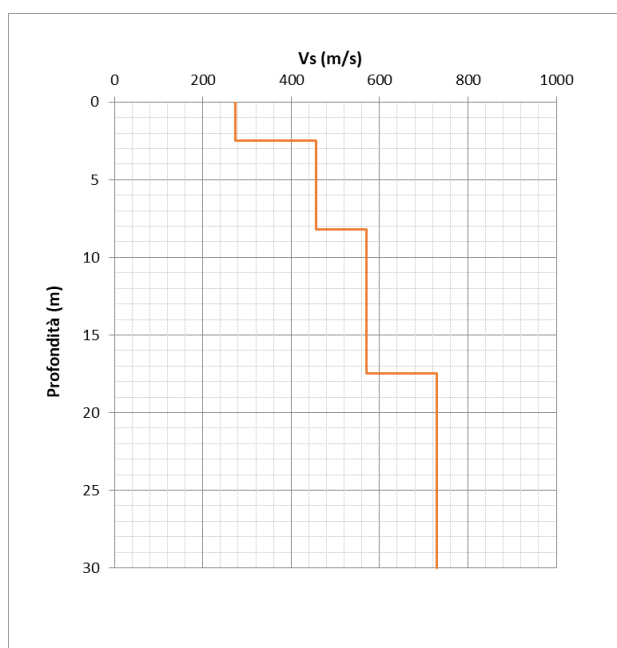
Per la valutazione del coefficiente di amplificazione topografica, in relazione ai contenuti della normativa ed ai significati del coefficiente, è stata considerata l'inclinazione dei siti sui quali è prevista la realizzazione degli interventi strutturali. In relazione a tali elementi morfologici per le aree in esame il valore massimo del coefficiente di amplificazione (S_T) è stato considerato pari a 1.0.

Cat.	Caratteristiche della superficie topografica	S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$.	1.0

12.2.2 Categoria di suolo

In accordo con i contenuti delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018 e del paragrafo C 3.2.2 delle "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018", valutata la tipologia di intervento in progetto e le condizioni geologiche dei siti, per la definizione della categoria di sottosuolo sismico ci si è avvalsi dei risultati di indagine sismica (n° 6) riportata all'interno dello studio geologico comunale eseguita nel settore sud dell'ospedale).

I risultati sono indicativi della presenza di una coltre d'alterazione superficiale con spessore di circa 2.5 metri costituita da ghiaie e sabbia con limo sciolti, al di sotto sino ad una profondità di circa 35 metri sono presenti depositi detritici riconducibili a depositi di conoide costituiti da blocchi e ciottoli immersi in ghiaie e sabbia mediamente addensati. A quote inferiori viene intercettato il substrato roccioso.



Il parametro V_{seq} rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S negli orizzonti superficiali sino al raggiungimento del substrato roccioso ($V_s > 800$ m/s) ed è calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{si}}}$$

con:

- h_i spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;

▪ H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s. (per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro VS_{30} , ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità).

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato (e per tanto il calcolo del parametro V_{seq}) è riferita al piano di imposta delle stesse.

Dall'applicazione della formula sopra indicata, il valore di V_{seq} risulta pari a 544.8 m/s, da cui (in accordo con le definizioni riportate in NTC18), è possibile attribuire alle aree un suolo sismico tipo b, descritti come di seguito:

Categoria di suolo	Descrizione
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi fra 360 e 800 m/s (ovvero NSPT >50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).</i>

L'idoneità della CATEGORIA DI SUOLO desunta dalle indagini e gli effetti di amplificazione sismica attesi sul sito di riferimento viene valutata mediante l'applicazione delle procedure riportate nella DGR n. 2616/2011, che prevede il confronto fra il fattore di amplificazione di soglia definito da RL con il valore del Fattore di amplificazione locale.

12.3 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE – LIVELLO 2

Vengono di seguito riportata l'analisi sismica di secondo livello, integrata con le informazioni geologiche note. Si sottolinea che per i Comuni ricadenti in zona sismica 3 l'analisi sismica di secondo livello deve essere applicata, negli scenari PSL Z3 e Z4 (nostro caso), nel caso di costruzione strategiche e rilevanti di cui al D.D.U.O. n. 19904 del 21 novembre 2003, ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

12.3.1 Il fattore di amplificazione di soglia definito da Regione Lombardia

Nella DGR n. 2616/2011, per ogni comune viene indicato il valore di soglia del fattore di amplificazione locale, inteso come il valore oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa (a parità di suolo sismico e periodo di oscillazione) risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di Fa con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di Fa ottenuto.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di Fa è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di Fa è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore

Per il comune di EDOLO, i valori soglia per periodi di oscillazione compresi fra 0,1 e 0,5 s (rappresentativo di fabbricati bassi, regolari e piuttosto rigidi, aventi altezza indicativamente inferiore a 5 piani) per ogni tipologia di suolo sismico risultano pari a:

Periodo di oscillazione (s)	0,1 - 0,5			
Categoria suolo di fondazione	SUOLO B	SUOLO C	SUOLO D	SUOLO E
Fa - Valori Soglia	1.4	1.8	2.1	1.9

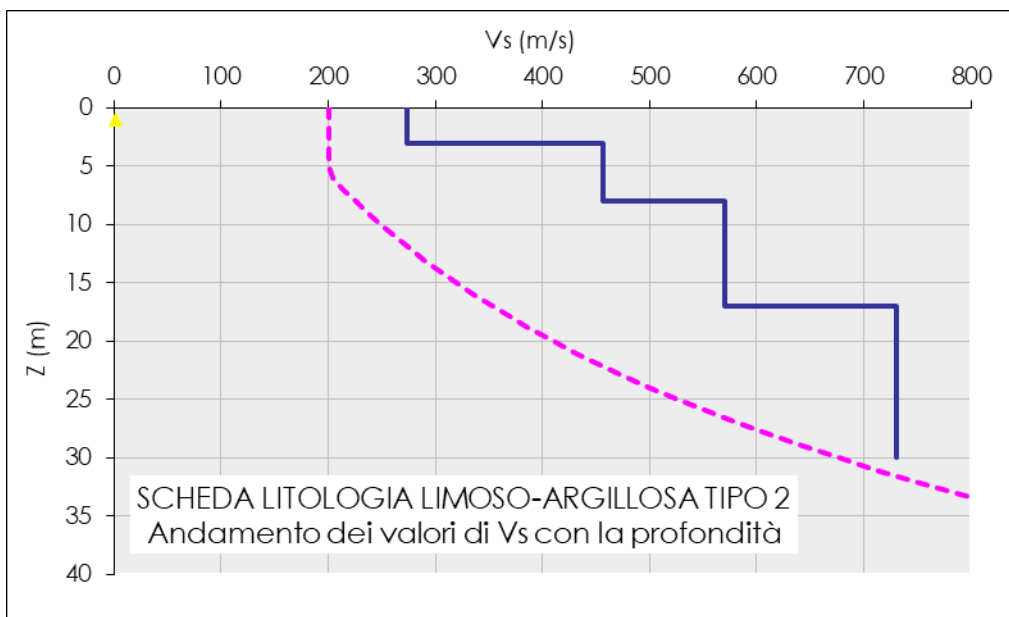
Al fine di valutare l'idoneità del fattore di amplificazione proposto per la modellazione sismica, la normativa prevede il confronto dei valori regionali dei fattori di amplificazione (Fa) con il valore di Fa locale calcolato sulla base del quadro stratigrafico.

12.3.2 Calcolo di Fa locale

Per il calcolo del Fattore di amplificazione Fa locale per effetti litologici è stata adottata la procedura proposta da Regione Lombardia che prevede le seguenti fasi:

FASE 1 - Scelta della scheda di riferimento.

In funzione della granulometria prevalente del sito e del gradiente di velocità Vs con la profondità la normativa riporta n. 6 schede di riferimento. La scelta della scheda di valutazione si basa sul confronto fra il profilo di velocità delle onde S ed i profili delle Vs delle schede disponibili nell'ambito della normativa.



L'indagine REMI si adatta bene alla "Scheda litologica LIMOSO-ARGILLOSA TIPO 2" valida per terreni costituiti da limi ghiaiosi - argillosi debolmente sabbiosi ad argille con limi passando per limi argillosi.

limi con sabbie argillose, limi e sabbie con argille, argille ghiaiose, argille ghiaiose debolmente limose ed argille con sabbie debolmente limose.

FASE 2 - Determinazione del periodo proprio del sito (T)

Il valore di T (periodo proprio del sito espresso in secondi) è calcolato considerando la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore delle velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s (non avendo un dato certo viene ipotizzata una profondità pari a 40 rispetto al piano di appoggio delle fondazioni con un graduale incremento delle velocità Vs) ed utilizzando la seguente relazione:

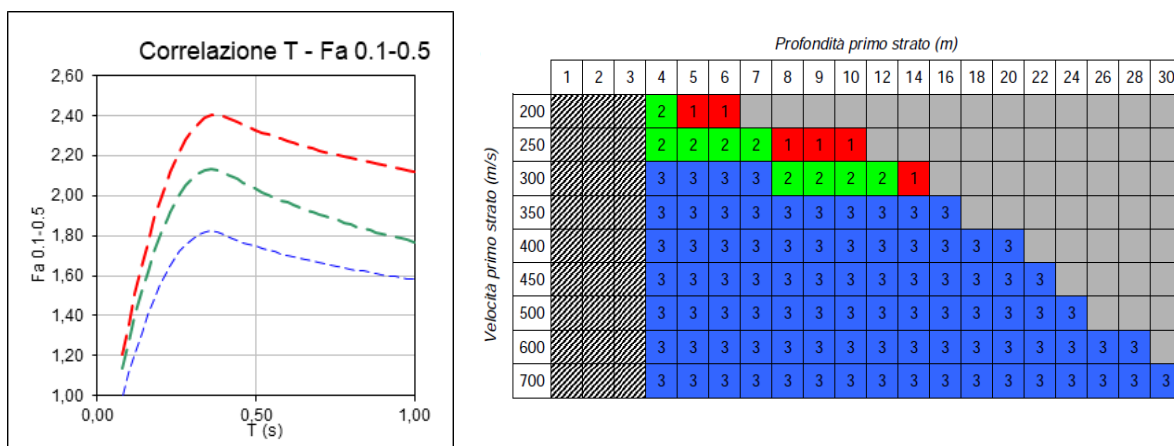
$$T(s) = \frac{4 \times \sum_{i=1,N} h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1,N} h_i \times V_{Si}}{\sum_{i=1,N} h_i} \right)} = 0.26 \text{ s}$$

Dove:

- h_i = spessore (m) dello strato i-esimo;
- V_{Si} = velocità (m/s) delle onde di taglio dello strato i-esimo;
- N = numero strati.

FASE 3 – Calcolo del valore di Fa

Attenendosi allo spessore dell'orizzonte d'impasta della fondazione rappresentato nel diagramma Vs-Z(m), viene individuata la curva di correlazione T - Fa rappresentativa fra le tre proposte ed illustrate nel seguente grafico.



Essendo l'orizzonte a profondità maggiore di 3 metri (dalla quota d'impasta delle fondazioni) caratterizzato da velocità delle onde sismiche V_s maggiore di 300 m/s, viene adottata come curva di riferimento la n. 3 (blu) proposta nel grafico per il periodo compreso fra 0,1 e 0,5 s, dalla quale si deduce un valore di Fa pari a 1.72 s.

12.3.3 Confronto con il valore di Fa di soglia

Il valore di Fa calcolato è pari a 1.72, essendo quest'ultimo maggiore al valore soglia relativo al sottosuolo di tipo B, in fase di progettazione dovrà essere utilizzato il sottosuolo sismico di tipo C per il quale il valore di Fa di soglia definito dalla normativa risulta pari a 1.80 (per esso la normativa sismica nazionale risulta sufficiente a tenere in considerazione gli specifici aspetti di amplificazione sismica per cause litologiche dei siti).

Per il dimensionamento sismico della struttura, si ritiene pertanto corretto adottare la tipologia C.

Categoria di suolo	Descrizione
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiore a 30 metri, 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.

12.4 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Per tale categoria di sottosuolo C, gli effetti di amplificazione stratigrafica indotti sono definiti dai rispettivi coefficienti S_s e C_c riportati nella tabella seguente.

Categoria di sottosuolo	S_s	C_c
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_o(\text{ag/g}) \leq 1.50$	$1.05 (T_c^*)^{-0.33}$

Per tale categoria di sottosuolo, nel sito in esame, gli effetti di amplificazione stratigrafica indotti sono definiti dai rispettivi coefficienti riportati nella tabella seguente.

	Stabilità dei pendii e fondazioni			
	SLO	SLD	SLV	SLC
S_s	1.50	1.50	1.50	1.50
C_c	1.80	1.74	1.56	1.53
S_t	1.00	1.00	1.00	1.00
k_h	0.009	0.010	0.020	0.024
k_v	0.004	0.005	0.010	0.012
A_{max}	0.430	0.513	0.975	1.174
β	0.20	0.20	0.20	0.20

12.5 VALUTAZIONE DEI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE

Ai sensi del paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018 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 0,1 g;
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 $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Valutato come nel sito in esame non sono presenti depositi di sabbie pulite, considerato inoltre come le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti risultano minori di 0,1 g la verifica a liquefazione può essere omessa.

13 CONCLUSIONI

L'indagine condotta è stata finalizzata alla valutazione degli aspetti geologici, geotecnici, idrogeologici e sismici inerenti al progetto "REALIZZAZIONE MENSA PER LA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO DI EDOLO (BS) - CUP G28H24000930006" da realizzare al margine EST dell'Istituto comprensivo di Edolo nell'area identificata catastalmente nel mappale 170 del Foglio 93 delle N.T.C. del Comune di Edolo (Brescia).

Il progetto è illustrato nella documentazione redatta da Studio Riccardo Arzaroli Architetto con sede in Viale Derna n. 45 a Edolo (BS).

L'indagine, in accordo con i contenuti delle NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (D.M. del 17 gennaio 2018 del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti, il Ministro dell'Interno e il Capo del Dipartimento della Protezione Civile), ha previsto l'analisi dei vincoli di natura geologica esistenti sulle aree e una prima valutazione degli elementi geologici limitanti mediante un rilievo diretto di terreno delle aree d'intervento e di un settore attiguo oltre all'esame del progetto ed alle possibili interferenze delle opere con il quadro geologico e l'assetto stratigrafico desunto dall'indagine.

Per la caratterizzazione sismica dei siti si è fatto riferimento ad un'indagine geofisica tipo MASW realizzata nei pressi del sito d'intervento, che ha permesso la valutazione dell'amplificazione sismica locale e l'esecuzione dell'analisi di secondo livello.

Per la caratterizzazione geotecnica dei siti è stata realizzata sono state realizzate 2 prove penetrometriche dinamiche tipo DPHS (eseguite con penetrometro DPSH TG 63-100 PAGANI).

Dall'esame della documentazione disponibile è emerso come le aree:

- nella **CARTA PAI** risultano **ESTERNE** agli ambiti di perimetrazione;
- Per quanto riguarda il **PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI** (PGRA), risultano **ESTERNE** agli ambiti di perimetrazione;
- nella **CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA** del PGT ricadono in **CLASSE 2** (aree con modeste limitazioni alla destinazione d'uso dei terreni), **SOTTOCLASSE a** – fenomeni di esondazione dei corsi d'acqua con prevalente portata liquida, **SOTTOCLASSE g** - problematiche geotecniche ed idrogeologiche, terreni scadenti, insufficiente regimazione delle acque superficiali e fenomeni di ristagno idrico.
- come definito dalla D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129 il comune di EDOLO si colloca in zona sismica 3. Nella carta della Pericolosità Sismica locale contenuta all'interno del PGT l'area è compresa nella classe **Z4a** "**ZONA DI FONDOVALLE CON PRESENZA DI DEPOSITI ALLUVIONALI E/O FLUVIOGLACIALI GRANULARI E/O COESIVI**".

L'area in esame ricade nella classe di fattibilità 2ag per la quale nello Studio geologico vengono previste modeste limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, connesse alla possibile

presenza di terreni superficiali con caratteristiche tecniche scadenti e da bassa soggiacenza delle acque di falda

In merito alla possibile presenza di terreni superficiali con caratteristiche tecniche scadenti si rileva come l'area in esame si colloca all'interno dei depositi di conoide alluvionale rimaneggiati del Fiume Oglio; in riferimento ai dati dell'indagine geognostica eseguita (prove penetrometriche dinamiche) si riscontra come in prossimità del piano d'imposta delle fondazione della nuova struttura sono presenti terreni caratterizzati da buoni parametri geotecnici, la scarpata antropica è invece impostata in terreni di riporto medio fini sciolti a minore consistenza rispetto ai livelli sottostanti.

Per quanto riguarda la soggiacenza della falda i depositi di conoide alluvionale sono sede di falda acquifera strettamente collegata al livello del Fiume Oglio il cui alveo si colloca circa 4/5 metri a quote inferiore rispetto alla quota d'imposta della nuova struttura.

DAL PUNTO DI VISTA STRETTAMENTE GEOLOGICO NON SUSSISTONO ELEMENTI LIMITANTI LA REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO IN ESAME.

Nel **PARAGRAFO 10** viene descritto il modello geologico tecnico interpretativo, a supporto del dimensionamento delle opere in progetto (le fondazioni saranno impostate nell'UNITÀ B).

Nel **PARAGRAFO 11** sono riportati gli approfondimenti sismici dell'area: nella fase di dimensionamento geotecnico dovrà essere considerato un **SUOLO SISMICO TIPO C**, e **CONDIZIONI TOPOGRAFICHE TIPO T1**.

Geol. Mario Sterli



Edolo, Novembre 2024