

Comune di Castellarano

Provincia di Reggio Emilia

**RELAZIONE GEOLOGICA PER LA REALIZZAZIONE DI UN MURO DI
SOSTEGNO PRIVO DI RILEVANZA SISMICA**



Maggio 2021

Committenti: CO.EM SpA

Sito: Via Stradone Secchia 32-34 – 42014 Roteglia di Castellarano (RE)

Relazione Geologica

RELAZIONE GEOLOGICA comprendente:

- le indagini geognostiche eseguite, la definizione delle unità litotecniche, gli eventuali processi geomorfologici al fine della modellazione geologica di sito (DM 17/01/18);
- la Risposta sismica di sito (ai sensi del D. M. 17/01/2018 NTC);
- i parametri geotecnici basati sulle indagini eseguite, fornisce tutti i dati geotecnici necessari per il progetto e la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno interessato (DM 17/01/08).

Sommario

1. Introduzione	4
1.1 Premessa e ubicazione area di studio.....	4
1.2 Quadro normativo.....	5
1.3 Quadro conoscitivo microzonazione comunale.....	6
1.4 Caratteristiche generali dell'intervento.....	9
2. Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico	11
2.1 Inquadramento idrogeologico e caratteri geomorfologici	13
3. Indagini svolte e descrizione metodi	14
4. Modello geologico e geotecnico	17
5. Sismicità dell'area e azione sismica in base al D.M. 14/01/2008 e modello sismico di sito	18
5.1 Analisi di risposta sismica e azione sismica di superficie	20
6. Conclusioni	23

1. Introduzione

1.1 Premessa e ubicazione area di studio

La presente relazione è redatta ai sensi del D.M. 18/01/2018 e della Circolare 02/02/2009 n.617, L.R. 19-2008 “Norme per la Riduzione del Rischio Sismico”, su incarico della committente CO.EM SpA e in accordo con il tecnico progettista Giusti Ing. Giovanni. Nel mese di maggio 2021 è stato elaborato il presente studio finalizzato ad accettare le caratteristiche geotecniche e litologiche del sito che sarà interessato dalla costruzione di un muro di sostegno in un’area adibita a piazzale nello stabilimento ceramico posto in Via Stradone Secchia, 32 – 42014 Roteglia di Castellarano (RE).

In figura 1.1 è mostrata l’inquadramento a scala 1:25000 dell’area di studio. La quota del sito è di circa 190 m s.l.m. L’area di studio è rappresentata sulla carta topografica Regionale alla scala 1:25.000 nel quadrante 219 SO (fig.1.1) e dall’elemento 219094 – Scandiano in scala 1:5000.

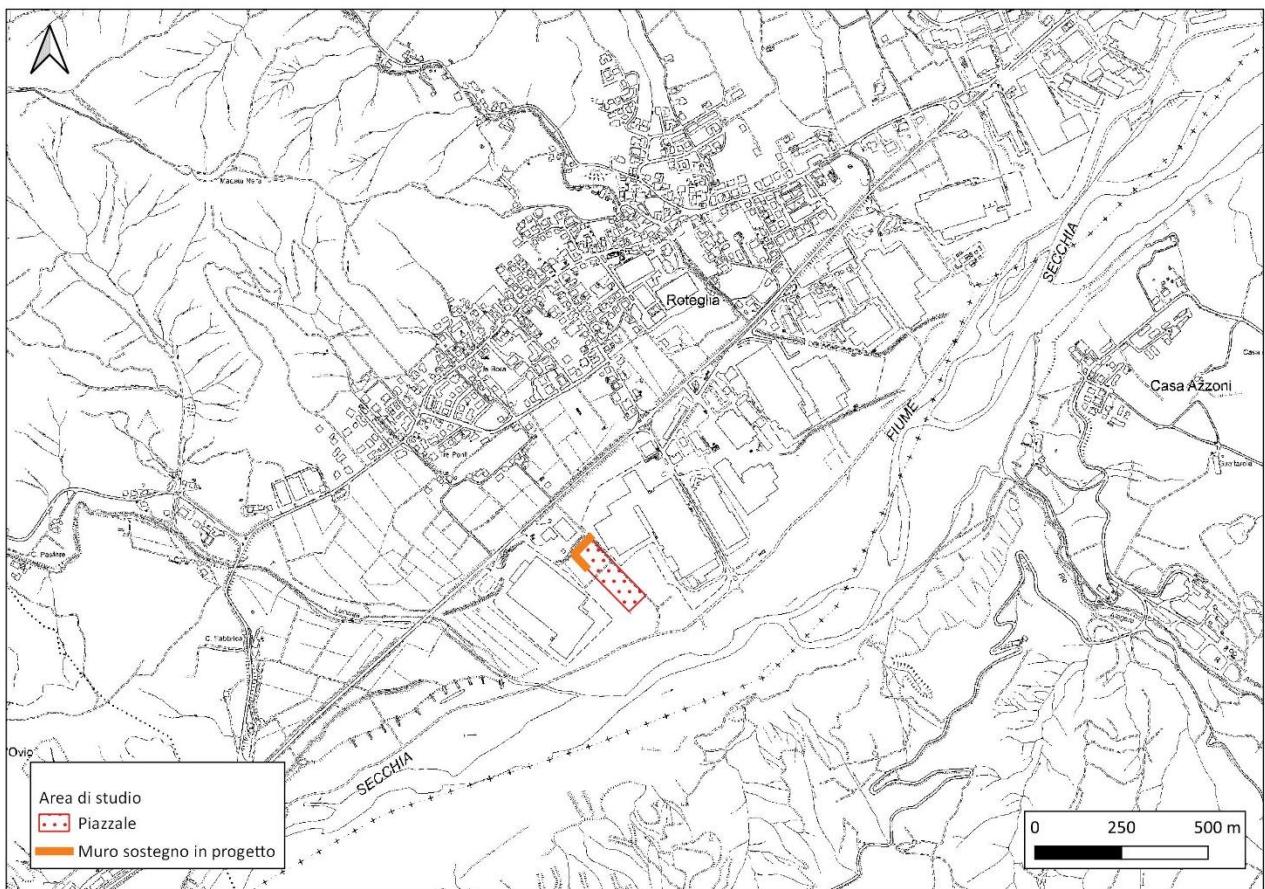


Fig.1.1 L’area di studio è individuata dal simbolo puntuale visibile in legenda

1.2 Quadro normativo

Per quanto concerne gli aspetti di tipo geologico – geotecnico, la presente relazione viene redatta ai sensi dei:

D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”;

D.M. LL. PP. 11/03/1988, n. 47 recante “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” e relative Istruzioni applicative con Circ. LL.PP. 24/09/1988 n° 30483;

O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e succ. modifiche del 2005, contenente “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per la costruzione in zona sismica”.

1.3 Quadro conoscitivo microzonazione comunale

Il territorio del Comune di Castellarano è stato mappato e suddiviso in aree in base alle caratteristiche geologiche e geotecniche all'interno dello studio di Microzonazione sismica redatta nel 2013 per la realizzazione del Piano Strutturale Comunale adottato.

In fig. 1.2 è visibile la Carte delle MOPS (microzone omogenee in prospettiva sismica) - L'area ricade nell'area denominata "Modelli geologici-Zone con substrato marino non rigido con coperture con spessore superiore a 3 m – Zona 9". La zona 9 è caratterizzata come segue riportato in tabella 1.1.

In fig. 1.3 è mostrata la carta delle frequenze naturali di risonanza del terreno. Le prove HVSR realizzate in prossimità del sito presentano una frequenza naturale pari a circa 3,9 Hz.

In figura 1.4 è mostrata l'equazione della risonanza e lo schema concettuale del sottosuolo secondo tale equazione. La frequenza di risonanza riscontrata nel sito di studio è dovuta al fatto che lo spessore della copertura con velocità non elevate (<600 m/s) ha un buono spessore (> 15 m) quindi il valore di frequenza di risonanza sarà di conseguenza non elevatissimo. Il valore di frequenza di risonanza del sito non è paragonabile ai valori della struttura in progetto.

Zona 9		
Spessore	Descrizione litologico-tessiturale	Note
5-10 m	Depositi prevalentemente ghiacciosi e ciottolosi a matrice sabbioso-limosa. La coltre superficiale pedogenizzata può raggiungere i 2 m di spessore e presenta tessitura limo-sabbiosa con inclusi ciottoli e ghiaie	Depositi fluviali del F. Secchia olocenici, terrazzati secondo più ordini
-	Substrato marino: unità argillitiche con inclusi (tessitura a blocchi in pietra)	

Tabella 1.1 – Definizione della zona 9 secondo microzonazione vigente.

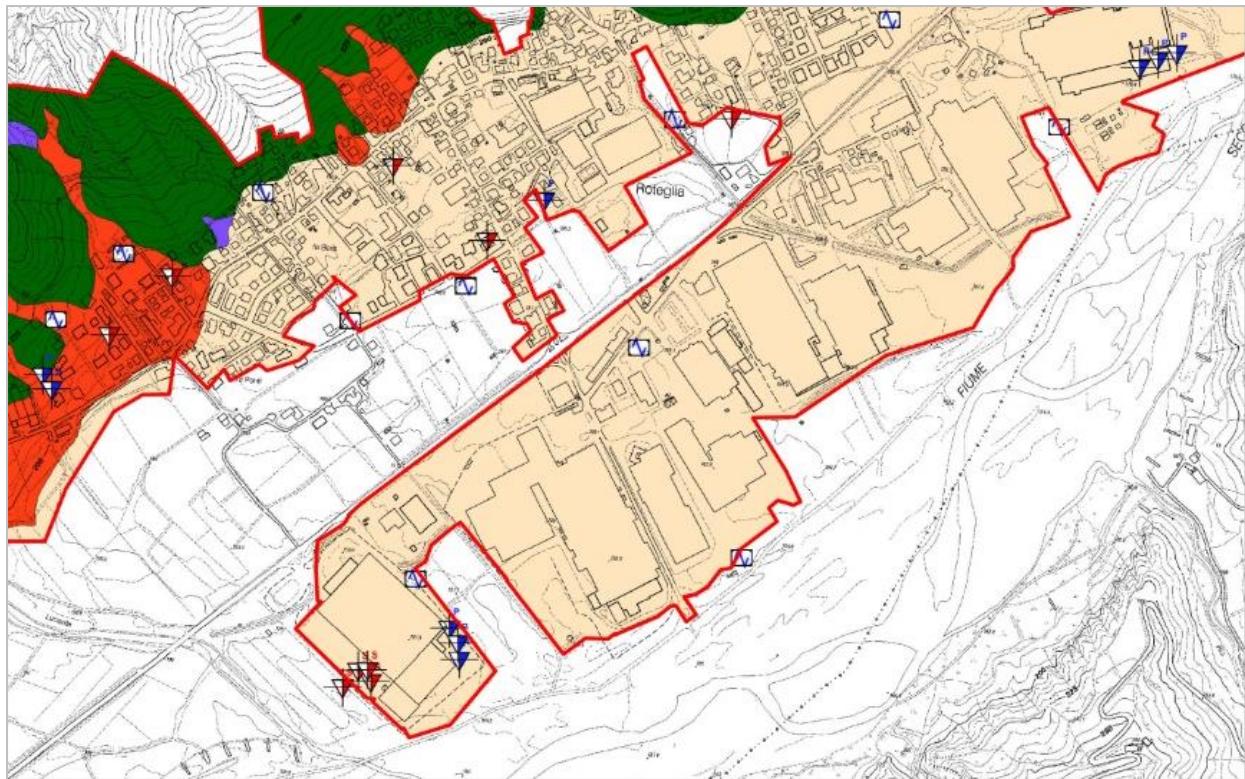


Fig. 1.2 - Carte delle MOPS (microzone omogenee in prospettiva sismica) L'area ricade nell'area denominata "Modelli geologici-Zone con substrato marino non rigido con coperture con spessore superiore a 3 m – Zona 9"

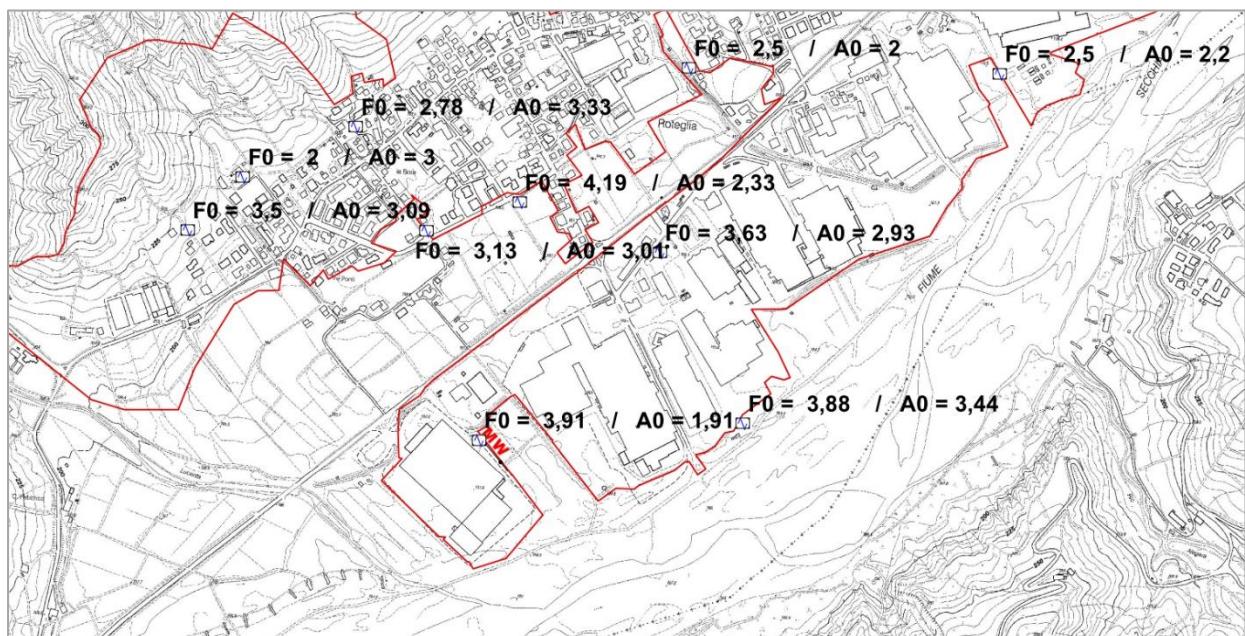


Fig. 1.3 – carta delle frequenze naturali di risonanza. L'area di studio è indicata con il simbolo circolare rosso. Il sito ricade vicino al punto contrassegnato con il valore 3,9 Hz.

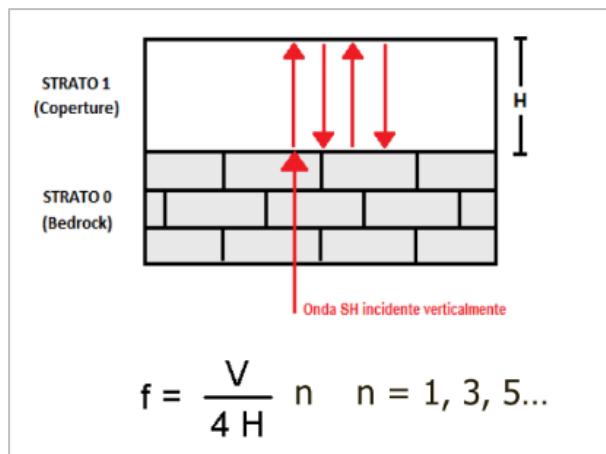


Fig. 1.4 – Equazione della risonanza, gli alti valori di frequenza di risonanza del sito trovati dalle indagini della microzonazione sismica sono dovuti al fatto che lo spessore della copertura con basse velocità è prossima al suolo quindi il valore di H risulta essere piccolo (compreso tra i 4 e i 6 metri) e il valore di frequenza di risonanza sarà di conseguenza alto.

1.4 Caratteristiche generali dell'intervento

L'intervento principale consiste nella costruzione di un muro di sostegno con altezza inferiore ai 2,5 m lungo il confine sudovest dell'area che sarà adibita a piazzale per stoccaggio prodotti finiti nello stabilimento ceramico della ditta COEM SpA. Il muro di sostegno lungo il confine sudovest avrà una lunghezza di circa 37.2 m e altezza di 1.65 m. Per quanto riguarda il confine lato nordovest il muro avrà lunghezza di 67 m e altezza di 2.25.

In figura 1.5 è riportata la cartografia CTR5000 dell'area di studio dove è riportata la localizzazione dell'area della nuova pressa ed essiccatore.

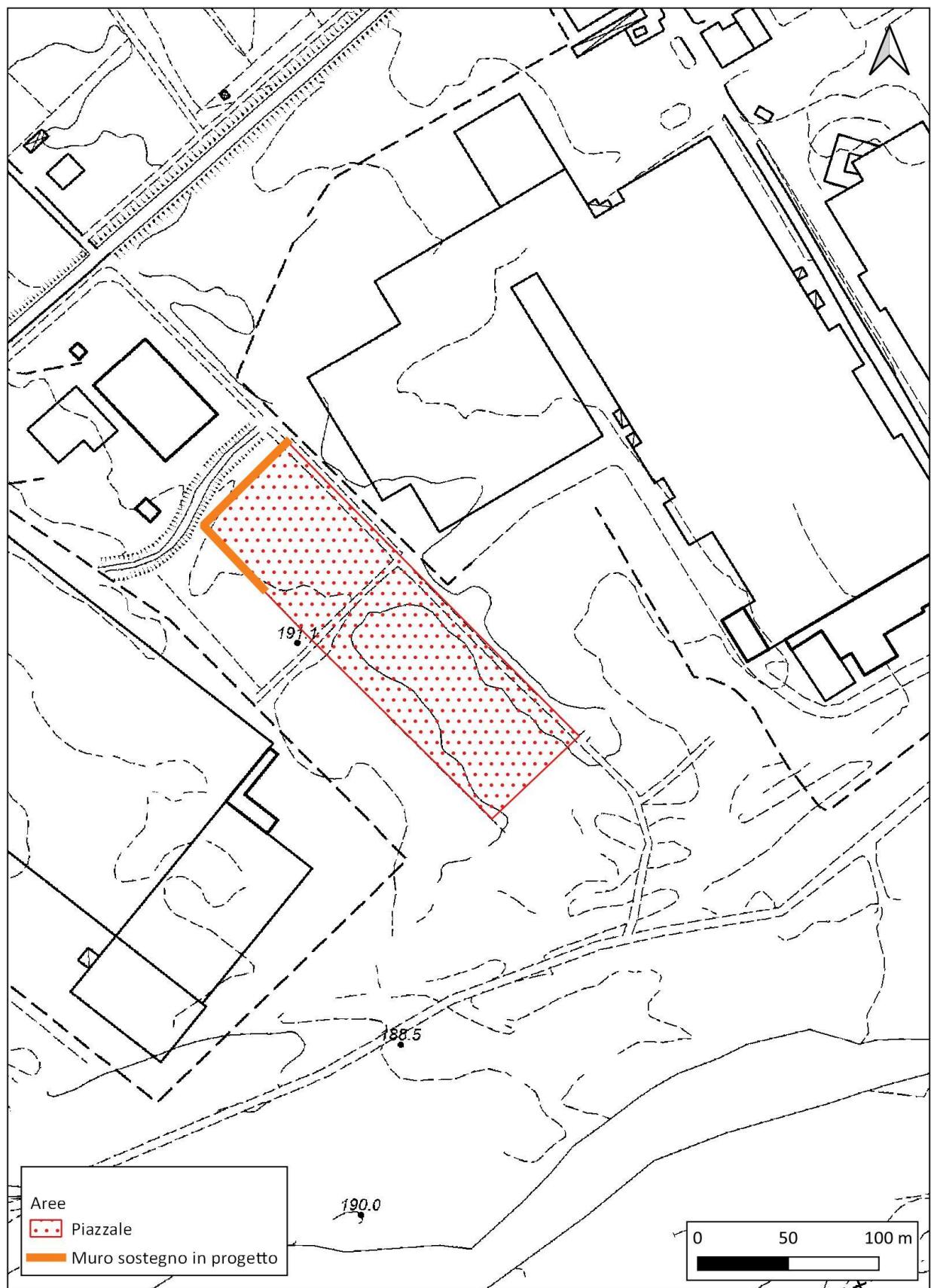


Fig. 1.5 – Cartografia di dettaglio (CTR5000) dell'area di studio.

2. Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico

L'area di studio ricade all'interno del pedeappennino settentrionale costituito depositi quaternari continentali che si trovano al tetto di unità quaternarie marine e unità tettoniche Liguri ed Epiliguri di età terziaria e cretacea con vergenza orientale. In dettaglio l'area di studio, ricadente nella fascia pedeappenninica, ed è costituita da unità geologiche di natura alluvionale e di età quaternaria recente. Di seguito sono descritte in sintesi le formazioni geologiche e le coperture quaternarie affioranti nell'intorno dell'area di studio (fig.2.1), tratte dalla sezione geologica "219090 – Roteglia", rilevata alla scala 1:10000.

La geologia dell'area nell'intorno dell'area di studio è visibile in fig.2.1. Il sito sorge in una zona di terrazzo alluvionale quaternario costituito da depositi ghiaioso-sabbiosi con potenza massima di dieci metri, tale unità è denominata nella cartografia geologica Unità di Modena (AES8a). L'unità è contraddistinta anche dalla presenza di un suolo poco alterato e di potenza massima di circa 100 cm. L'unità di Modena è composta nell'area di studio da un terrazzo fluviale costituito da ghiaia e sabbia per una potenza di alcune decine di metri circa.

Al di sotto dei depositi è presente la Formazione delle Argille Varicolori di Cassio (AVV). La Formazione del Cretacico superiore e ambiente marino è affiorante nelle prime colline a ovest dell'abitato di Roteglia. La Formazione AVV è formata da Argille e argilliti rosse, violacee, grigio scure e verdastre, fissili, con intercalazioni di strati sottili di arenarie fini e siltiti grigio scure, manganesifere e localmente cloritiche, di calcilutiti silicizzate grigio-verdine e di calcareniti e arenarie litiche e feldspatiche grossolane. Contatti per lo più tettonizzati con le formazioni sottostanti; potenza geometrica variabile da qualche decina a qualche centinaio di metri.



Fig.2.1 Inquadramento geologico dell'area di studio. Estratto dalla carta geologica sezione 219090.

2.1 Inquadramento idrogeologico e caratteri geomorfologici

L'area presenta peculiari caratteristiche idrogeologiche e l'unità di Modena si comporta come un acquifero con ottime caratteristiche di permeabilità, la falda ha una soggiacenza (profondità falda da piano campagna) intorno ai 6 metri da piano campagna ed in connessione idraulica dalle acque del Fiume Secchia che alimenta la falda. Tali ipotesi sono dovute alla conoscenza pregressa della zona.

L'Area di studio ricade morfologicamente in un'area di terrazzo fluviale rialzata di alcuni metri rispetto l'attuale letto del Fiume Secchia. Il terrazzo fluviale è di origine quaternaria recente ed è stato modellato dalle acque superficiali e dalle acque del Fiume Secchia. Gran parte dell'abitato di Roteglia insiste su questo terrazzo alluvionale molto esteso con una superficie di circa 3 km². Tale terrazzo si estende da Sudovest verso Nordest parallelamente all'attuale corso del Fiume Secchia ed è confinante a nordovest con l'inizio dell'area collinare di Roteglia e il Comune di Baiso e a Sudest con l'attuale alveo del Fiume Secchia, il quale è composto da un letto ghiaioso e con una larghezza dell'alveo di circa 330 metri. L'alveo del Secchia all'altezza di Roteglia presenta una sezione a canali intrecciati o anche detta di tipo "Braided" tipica dei corsi d'acqua nelle aree apicali delle conoidi alluvionali e nella zona dal medio appennino e zona collinare.

3. Indagini svolte e descrizione metodi

Viste le caratteristiche geologiche e di conseguenza geotecniche del sito sono state effettuate tre prove penetrometriche dinamiche (fig. 3.1), inoltre è stata realizzata una prova sismica a onde di superficie tipo MASW (PARK et al., 1999). Questa soluzione ha portato alla definizione dello spessore massimo di terreno superficiale di alterazione e alla misura del valore di $V_{S,eq}$. L'ubicazione delle indagini è riportata in fig.3.1. Le prove sono state fornite dalla committente e sono state realizzate vicino all'area di studio come mostrato in fig.3.1 per la realizzazione di un silos nel 2017 e la perizia e le prove furono realizzate dal Dott. Geol. Ildo Facchini.

Queste indagini permetteranno di valutare i parametri geotecnici per il calcolo delle fondazioni. Lo stendimento sismico di 48 m è stato eseguito all'interno del capannone come mostrato in figura 3.1.



Fig. 3.1 – dettaglio ubicazioni indagini. La linea arancione rappresenta lo stendimento masw realizzato per la misurazione della V_{s30} .

In Tab. 3.1 è riportata la tabella delle caratteristiche della prova DPSH (Dynamic Probing Super Heavy) e negli allegati 1,2 e 3 sono presenti i risultati completi delle prove.

Nelle figure 3.2, 3.3 e 3.4 sono mostrate i risultati delle tre prove penetrometriche realizzate.

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

Tab. 3.1 – Caratteristiche della Prova DPSH eseguita per il presente studio

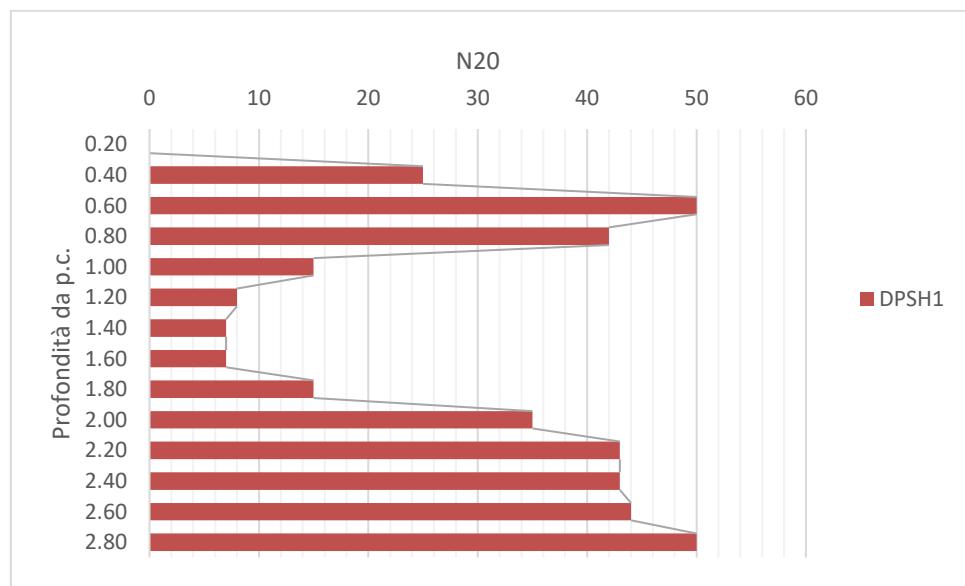


Fig.3.2 – Risultati della prova penetrometrica “DPSH1”. N20 Rappresenta il numero di colpi necessari per infiggere la punta per 20 cm.

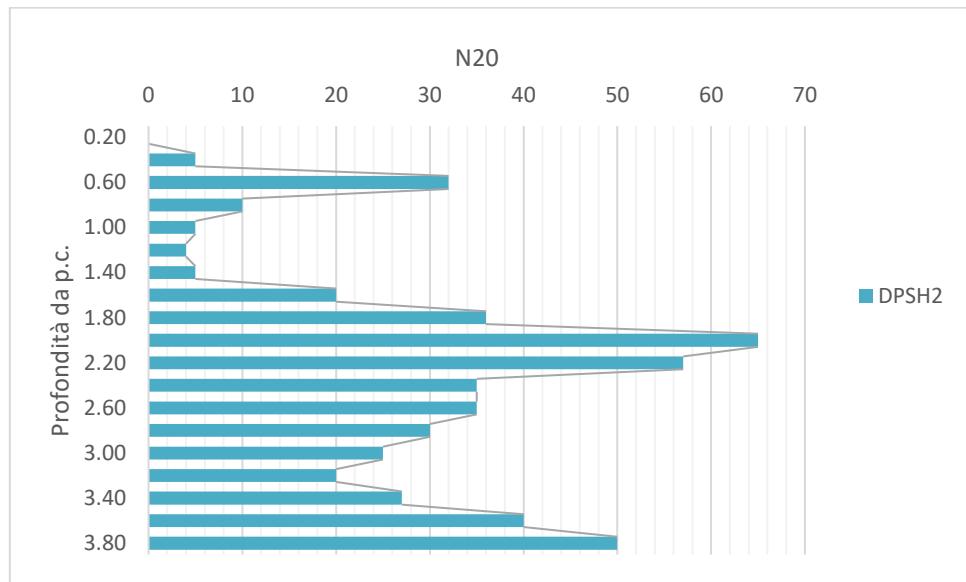


Fig.3.4 – Risultati della prova penetrometrica “DPSH2”. N20 Rappresenta il numero di colpi necessari per infiggere la punta per 20 cm.

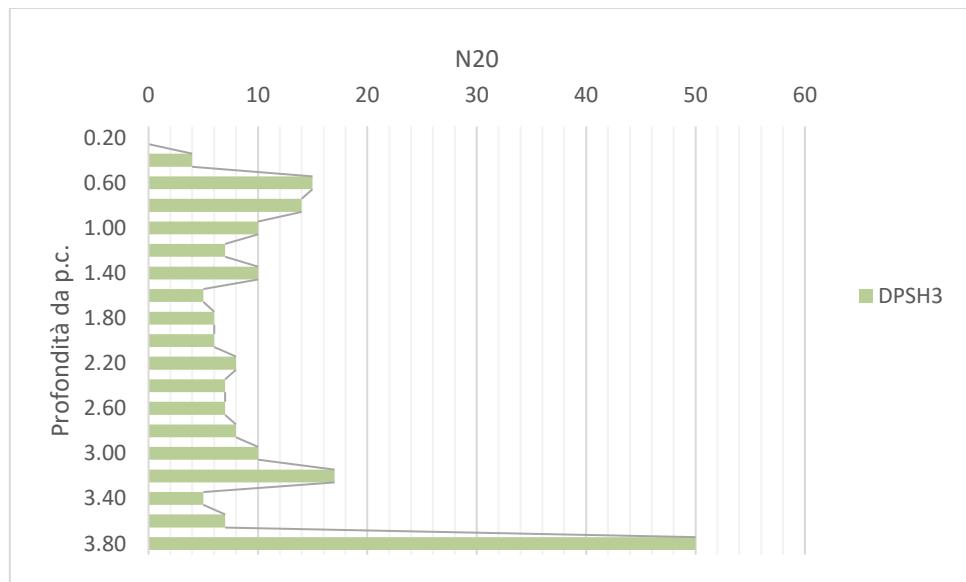


Fig.3.5 – Risultati della prova penetrometrica “DPSH3”. N20 Rappresenta il numero di colpi necessari per infiggere la punta per 20 cm.

4. Modello geologico e geotecnico

Le tre prove penetrometriche eseguite hanno raggiunto la profondità massima di circa -3,8 m da piano campagna. Oltre queste quota la prova è terminata vista l'elevata resistenza meccanica delle ghiaie presenti.

Prima di introdurre il modello geotecnico si vuole sottolineare che le elaborazioni delle prove sono state effettuate utilizzando le correlazioni di vari autori (*Peck 1953; Japan Road Association 1990*) con il fine di ottenere i parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate (a lungo termine) e non drenate per i due strati individuati.

Per quanto riguarda il modello geotecnico sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostatigrafica delle prove DPSH (allegato 1 e fig. capitolo 3), si riportano i valori caratteristici dei parametri di resistenza suddivisi per profondità come segue:

- da piano campagna a – 2 m: Terreno argilloso con ghiaia (riporto o terreno poco consolidato). Parametri geotecnici pari a: $\gamma' = 17 \text{ kN/m}^3$ $\Phi' = 24^\circ$ $c' = 0 \text{ kPa}$; Resistenza in Condizioni non drenate: $C_u = 50 \text{ kPa}$.
- da – 2 m a – 10 m: Ghiaia sabbiosa con ciottoli. Parametri geotecnici drenati: $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$ $\Phi' = 32^\circ$ $c' = 0 \text{ kPa}$;

Si esclude la problematica della liquefazione durante il sisma poiché la litologia non è soggetta a liquefazione, trattandosi di ghiaia con sabbia e non è presente una falda in pressione (% frazione fine > 15%).

Tutti i parametri di resistenza degli strati geotecnici sono stati calcolati secondo la distribuzione di probabilità e quindi sono tutti valori caratteristici come da normativa NTC 2018.

5. Sismicità dell'area e azione sismica in base al D.M. 14/01/2008 e modello sismico di sito

Sulla base dei contenuti del D.M. 17/01/2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa a_g in relazione ad un tempo di riferimento TR stimato di 475 anni (edificio in classe d’uso 2). Per l’area in oggetto, identificata dalle seguenti coordinate geografiche (ED50): Latitudine: 44.4772°, Longitudine: 10.6842°. tale parametro è risultato pari ad a_g attesa= 0.159 g, tale valore è riferito all’accelerazione al suolo rigido e tempo di ritorno di 475 anni. Il valore di accelerazione verrà successivamente moltiplicato per i coefficienti dovuti alla categoria di sottosuolo e topografica che verrà descritti nei prossimi capitoli.

Le indagini sono state effettuate tramite uno stendimento di 12 geofoni a distanza di 4 m l’uno dall’altro. L’energizzazione è stata effettuata tramite mazza da 5 kg a 5 m dal primo geofono. Come menzionato nel capitolo 3 le indagini utilizzate sono state fornite dalla committenza. Si evince che la profondità massima dell’indagine è pari a circa i 30 m di profondità.

L’elaborazione dati permette la ricostruzione del modello sismo-stratigrafico espresso in termini di velocità delle onde di taglio (V_s) visibile e 5.1. I risultati delle indagini di campagna sono riportati in fig. 5.1.

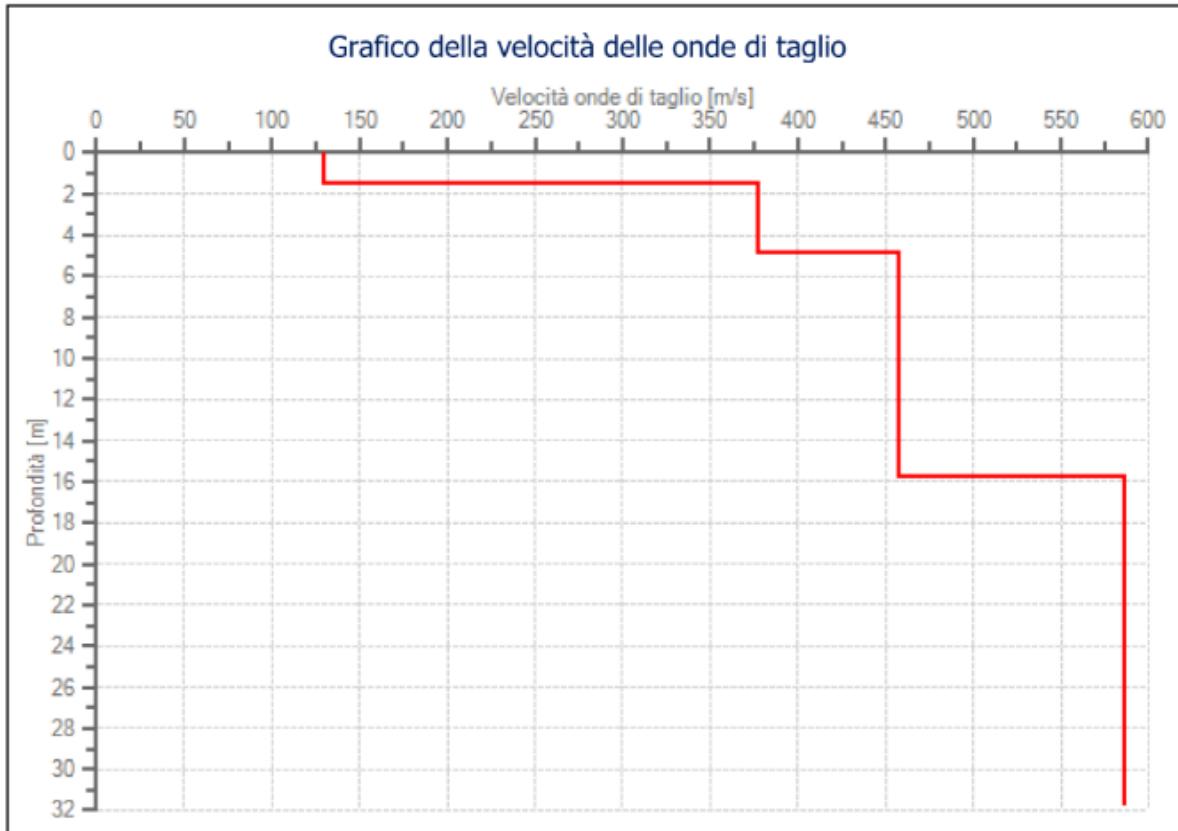


Fig. 5.1 – Andamento del profilo di Vs con la profondità.

La Vs equivalente ($V_{s,eq}$) ricavata è pari a $450 \text{ m/s} \pm 20\%$.

Quindi l'area di studio ricade nella categoria di sottosuolo B.

Grazie all'indagine MASW e al profilo delle onde S con la profondità si può ipotizzare che il terrazzo alluvionale ha uno spessore di circa 16 metri. Oltre tale profondità è presente la Formazione delle Argille Varicolori di Cassio, Formazione composta da argilliti fessurati.

5.1 Analisi di risposta sismica e azione sismica di superficie

Per l'analisi di risposta sismica locale riferita a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento indicate nelle NTC 18 (vedi tab. 5.1) si è eseguita una prospezione sismica di superficie tipo MASW, opportunamente tarata con i dati stratigrafici ricavati.

La caratterizzazione geofisica dei terreni, richiede come elemento indispensabile la conoscenza del profilo delle velocità delle onde di taglio Vs degli strati del terreno presenti nel sito di studio, fino

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

Categoria	Descrizione
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

alla profondità di almeno 30 metri dal piano campagna.

Tab.5.1 - Categorie di suolo da NTC 18.

L'accelerazione spettrale massima (Amax) è definita dalla relazione:

$$A_{\max} = S \times a_g$$

dove

a_g è l'accelerazione precedentemente individuata e riferita al *bedrock*,

mentre il coefficiente $S = S_s * S_t$. Esso comprende gli effetti delle amplificazioni stratigrafica (Ss) e topografica (St).

Si calcola inizialmente il fattore stratigrafico S_s caratteristico dell'area secondo il NTC 2008 D.M. 14/01/2008 da cui, essendo in classe C si avrà:

$$S_s = 1,00 < 1,70 - (0,60 * F_o * a_g/g) < 1,50 \quad (11.1)$$

F_o = Fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2; per il sito oggetto di studio tale valore, calcolato mediante l'utilizzo di apposito software, risulta pari a **2.457**;

a_g/g = accelerazione orizzontale del sito, con tempo di ritorno pari a 475 anni/accelerazione di gravità;

S_s = Coefficiente di amplificazione stratigrafica o fattore stratigrafico per il sito oggetto di studio, calcolato tramite relazione 11.1, risulta pari a **1.20**

Successivamente, sulla base delle condizioni topografiche del sito studiato, si ricava il fattore topografico S_t dalla seguente tabella:

Categoria topografica	Ubicazione opera/intervento	S _t
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$	1.4

Tab. 5.2 – Categorie topografiche secondo NTC2018.

Per l'area studiata, appartenente alla categoria topografica T2 (Tab. 5.2), si ottiene un fattore topografico S_t pari a 1.0.

In base a tali valori del fattore stratigrafico S_s e del fattore topografico S_t si ottiene l'accelerazione massima orizzontale di sito A_{max} :

$$A_{\max} = S \times a_g = 1.2 \times 0.159 \text{ g} = 0.191 \text{ g}$$

$$\text{dove } S = S_s * S_t = 1.2 * 1.0 = 1.2$$

Considerando un coefficiente di amplificazione topografica pari a T1 (superficie pianeggiante), una vita nominale pari a 50 anni ed una classe d'uso II, si riportano di seguito lo spettro elastico di risposta in base all'azione di progetto (fig. 5.2).

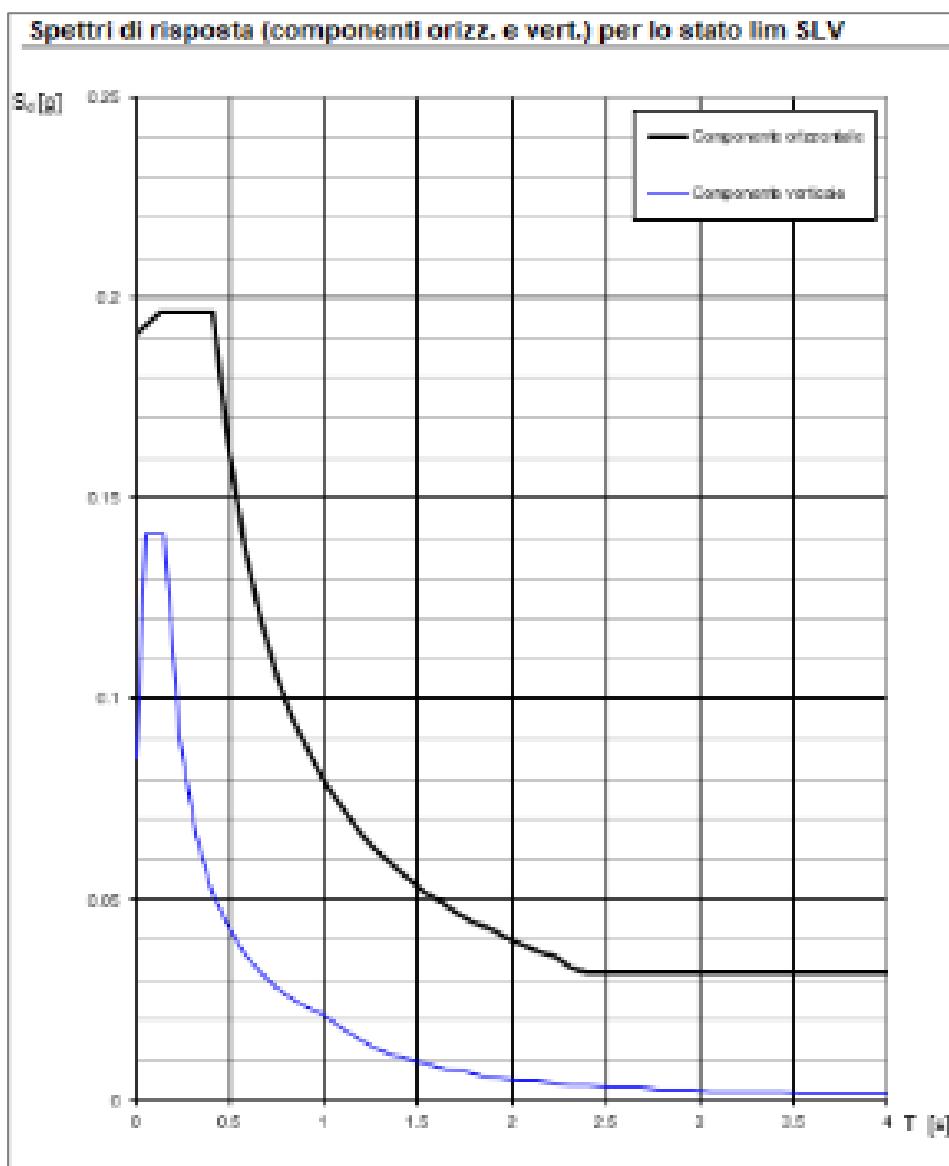


Fig. 5.2 – Spettro elastico di risposta e valori dello spettro.

6. Conclusioni

La presente relazione ha evidenziato le caratteristiche geologiche e geotecniche dell'area di studio e ha definito la categoria di suolo del sito. Le opere in progetto sono geologicamente e geotecnicamente compatibili con le caratteristiche del sito di studio individuate nella presente.

Il muro di sostegno in progetto è geologicamente e geotecnicamente compatibile con le condizioni del sito di studio. Le fondazioni del muro di sostegno saranno realizzate sull'orizzonte ghiaioso individuato a partire da circa due metri di profondità da piano campagna. Inoltre dovrà essere realizzato un setto drenante a tergo del muro per il drenaggio delle eventuali

La categoria del sottosuolo ritrovata con la tecnica a onde di superficie (MASW) è risultata pari alla categoria B visto che la $V_{s,eq}$ è risultata pari a 450 m/s.

Castellarano lì 31/05/2021

Geol. Riccardo Giusti
