



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



COMUNE DI TOANO
Corso Trieste n. 65, 42010 Toano (RE)

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR)
MISSIONE M2 – COMPONENTE C3 – INVESTIMENTO 1.1
Costruzione di nuove scuole mediante sostituzione di edifici

CUP F72C22000050006

IL RICHIEDENTE

IL PROGETTISTA

REV	DATA / DATE:	DESCRIZIONE / DESCRIPTION:

Progettazione Architettonica

cm2 Associati
Via Castel Morrone 2, 20129, Milano
T +39 02 29 00 30 54 | www.cm-2.it

Arch. Marco Luigi Oriani
Arch. Francesco Adorni

**Progettazione Architettonica
Coordinamento della Sicurezza**

Bernardi Massimo Geom.
Via Castel Morrone 2, 20129, Milano
T +39 02 29 00 30 54

IGeom. Bernardi Massimo

Progettazione Acustica

P2A DESIGN
Via Monte Nevoso, 16, 20131, Milano

Arch. Alessandro Pasini

Progettazione Strutturale

Ing. Lucio Iotti
Via Georges Bizet 3,
42123, Reggio Emilia
T +39 0522 301823

Ing. Lucio Iotti

COMMITTENTE / CLIENT:

Comune di Toano
Corso Trieste n. 65 Toano (RE)

PROGETTO / PROJECT:

Scuola Primaria "M. Tori" di Cerredolo
Comune di Toano (RE)

PROGETTISTA / DESIGNER:

Geol. Paolo Calicetti - Iscritto all'Ordine dei Geologi dell'Emilia-Romagna n°1369

OGGETTO / OBJECT:

Progetto Esecutivo

TITOLO / DESCRIPTION:

Relazione Geologica

e sulla modellazione sismica

DISEGNATO DA:
DRAWN BY:

CONTROLLATO DA:
CHECKED BY:

DATA/ DATE:
Luglio 2023

SCALA / SCALE:

DATA REV.:

FORMAT:

NOME FILE / FILE NAME:

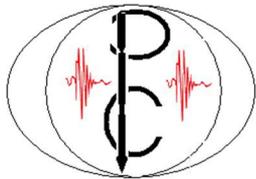
COMMESSA / JOB:

TAVOLA / DRAWING:

REV.:

A4

ST-6.1



STUDIO GEOLOGICO CALICETTI PAOLO

VIA LOMBARDIA 46, CASTELNUOVO RANGONE, 41051 (MO)

CLCPLA85H14G393Q

Telefono: 3476656452

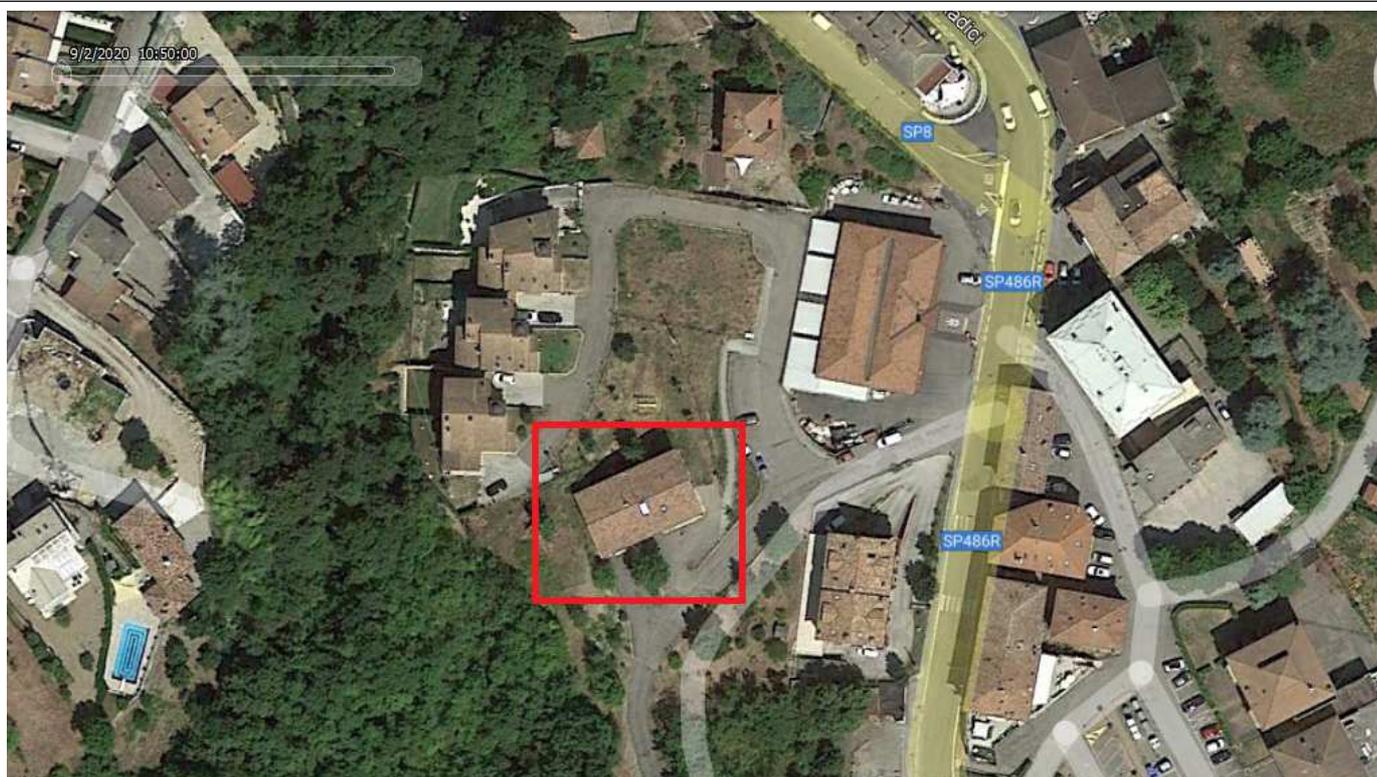
P.I 03533010363

E-mail: paolo.calicetti@gmail.com

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

OGGETTO: STUDIO DI FATTIBILITA' PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO POLO SCOLASTICO

LUOGO: Corso Volontari del sangue, Cerredolo Toano (RE).



Il tecnico: Calicetti Geol. Paolo



Paolo Calicetti

gennaio 2022

Sommario

Sommario	1
1. Introduzione	3
2. Inquadramento dell'area.....	3
2.1 Inquadramento geografico.....	3
2.2 Inquadramento geologico	5
2.3 Caratteri geomorfologici	8
3. Realizzazione del progetto	11
4. Indagini di cantiere	11
4.1 Prova penetrometrica dinamica	15
5. Modello geotecnico e litologico del terreno	16
6. Sismicità dell'area.....	17
6.2 Fenomeni di amplificazione sismica	21
7. Indagini geofisiche	23
8. Analisi della risposta sismica locale.....	24
8.1 Spettro di risposta per SLV	26
9. Vincolo idrogeologico	31
10. Conclusioni	32
Tavola 1- Elaborazione dei dati di campagna delle prove penetrometriche	34
Tavola 2- Elaborazione acquisizione HVSR	43
Tavola 3- Elaborazione acquisizione Masw	46

1. Introduzione

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza all' O.P.C.M. n. 3274/2003 e seguenti (classificazione sismica del territorio); decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", art. 186 Terre e Rocce da Scavo e successivo DPR 120/2017. D.M 17 gennaio 2018 NTC, pertanto il presente studio verrà suddiviso nelle seguenti sezioni: **relazione geologica** riguardante la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (par. 6.2.1 D.M 17/01/2018); **relazione geotecnica** basata sulle indagini geognostiche eseguite, fornisce la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno interessato (par. 6.2.1 D.M 17/01/2018; Relazione concernente la **“risposta sismica del sito”** (ai sensi del D.M 17/01/2018).

Nel mese di gennaio 2022 su incarico del tecnico comunale Geom. Erica Bondi è stato redatto il presente documento finalizzato a determinare i parametri geotecnici e sismici per le verifiche all'interazione opera-terreno riguardanti lo studio di fattibilità per la realizzazione di una nuova struttura ad uso di scuola a Cerredolo nel Comune di Toano (RE). Il modello così ricreato permetterà di definire le scelte progettuali migliori in funzione delle condizioni litologiche e morfologiche dell'area in oggetto, mettendo in evidenza le eventuali criticità geologiche e i relativi interventi di mitigazione.

2. Inquadramento dell'area

2.1 Inquadramento geografico

L'area oggetto d'indagine, vedi fig. 2.1.1 è situata in Corso Volontari del Sangue, una laterale a monte della SP 486 e si tratta di un sito attualmente occupato dalla sede dell'attuale polo scolastico in una posizione centrale rispetto all'abitato di Cerredolo e a nord est del Comune di Toano in provincia di Reggio Emilia, come consultabile nella seguente cartografia:

Elemento n° 218163 CERREDOLO alla scala 1:5.000 fig.2.1.2

Sezione n° 218160 SAN CASSIANO alla scala 1:10.000

Tavola n° 218 se CARPINETI in scala 1:25.000 fig. 2.1.3

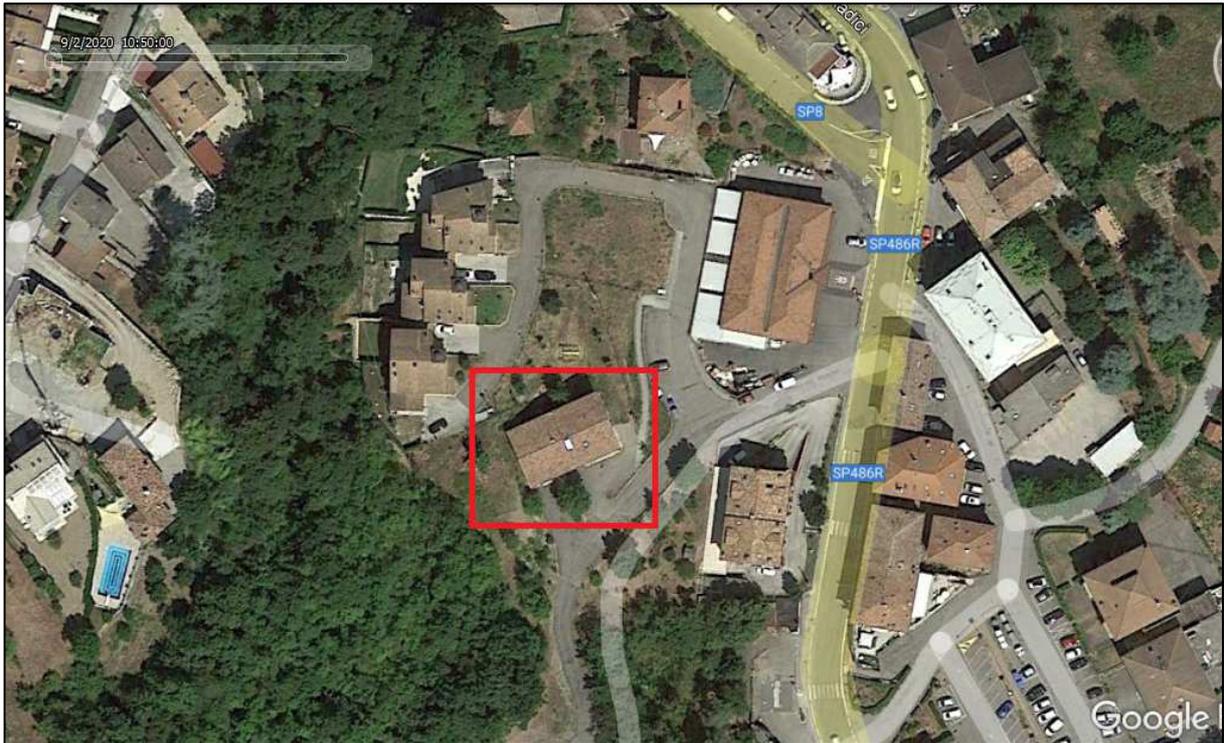


Fig. 2.1.1- Area oggetto d'indagine.

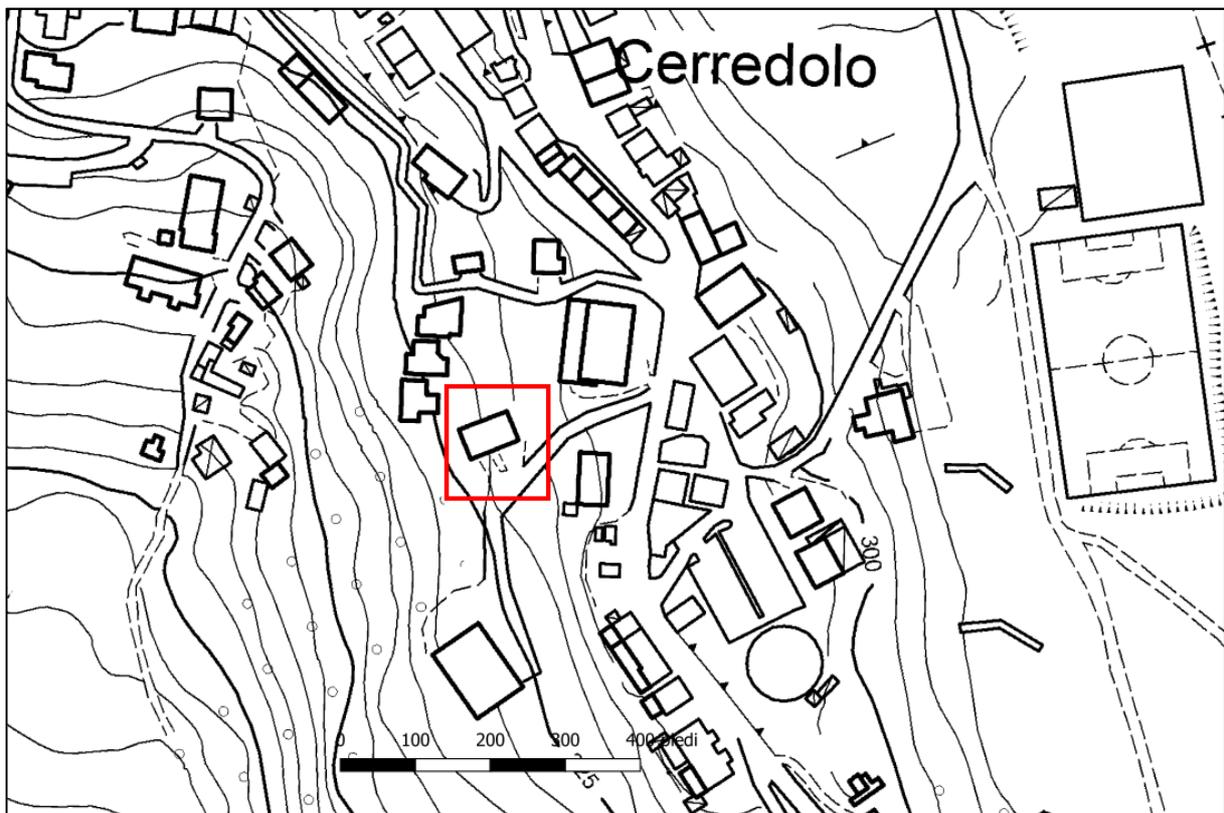


Fig. 2.1.2- Estratto in scala 1:2.500 da Elemento n° 218163 CERREDOLO alla scala 1:2.500.

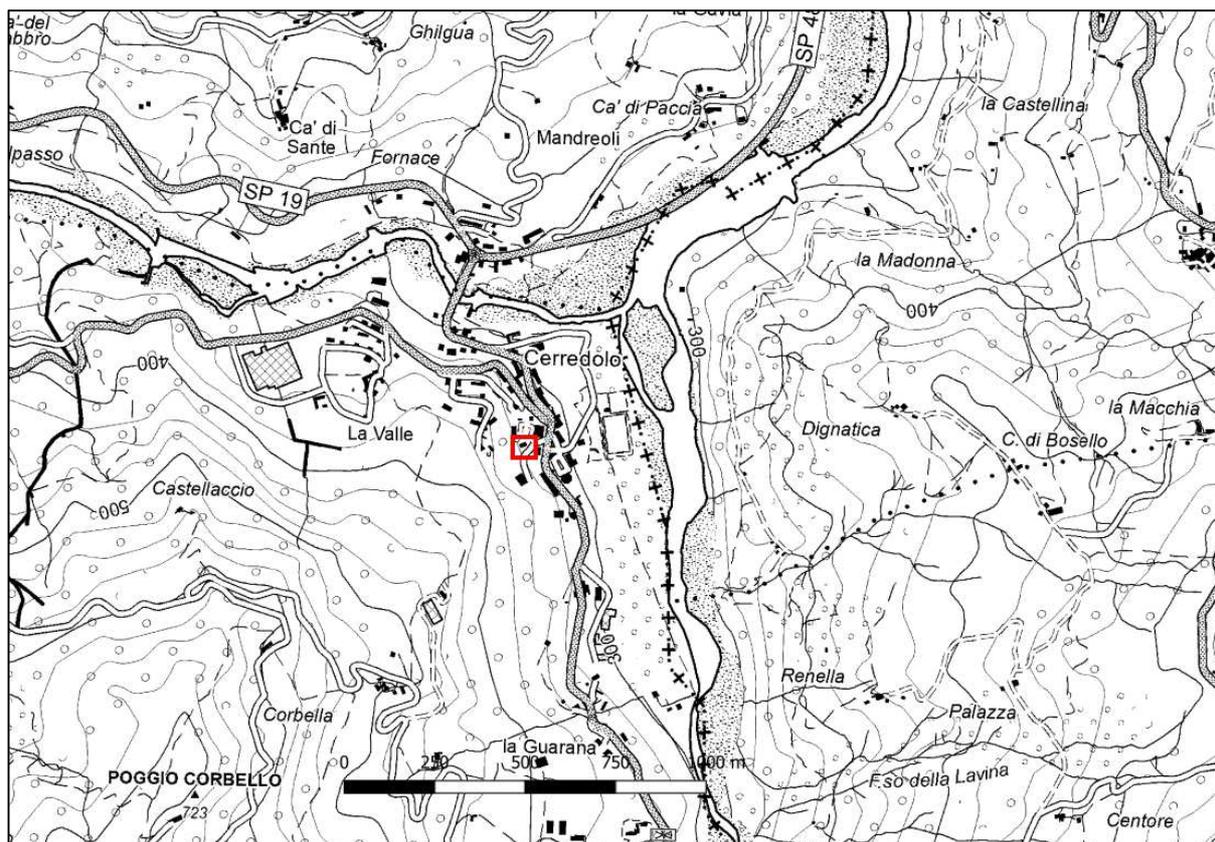


Fig. 2.1.3- Tavola n° 218 se CARPINETI in scala 1:25.000.

2.2 Inquadramento geologico

L'area di studio (vedi cap.1.2), ricade all'interno dell'appennino medio-settentrionale ed è situata a 325 m s.l.m.

L'appennino settentrionale, costituito da unità tettoniche con vergenza orientale, ovvero senso di movimento da Ovest ad Est è dominato da litologie argilloso-marnose che muta poi in formazioni calcareo-dolomitiche nelle zone centrali e meridionali che impartiscono forme più aspre e maestose. Il limite occidentale della catena è legato allo sprofondamento post-orogenico recente del mar Tirreno, mentre quello orientale è sepolto dai depositi plio-quadernari delle avanfosse, per questo il margine orografico della catena viene a trovarsi anche qualche decina di km arretrato rispetto quella geologica. L'appennino è una catena a falde polifasica, sviluppatasi in un arco di tempo che va dal cretaceo fino all'attuale, in seguito alla collisione tra due blocchi continentali con il piano di subduzione rivolto verso S-W, la zolla Europa e la microplacca Adriatica inizialmente connessa alla zolla Africana. Il processo di collisione tra queste due zolle continentali è stato preceduto chiusura del paleo-oceano ligure-piemontese. La catena deriva così dalla complessa deformazione dei sedimenti depositi nei differenti domini paleogeografici. Il dominio ligure corrisponde in larga misura all'area oceanica, il dominio epiligure si imposta a partire dall'Eocene medio sulle unità liguri già tettonizzate, il dominio subligure sviluppato sulla crosta assottigliata africana adiacente

alla zona oceanica e il dominio tosco –umbro appartenente alla zolla africana. Alla fine del processo deformativo, i sedimenti sono risultati traslati, sovrascorsi in modo complesso strutturati in unità ed elementi tettonici interessati da un trasporto significativo rispetto al loro originario dominio di sedimentazione, oppure in successioni stratigrafiche interessate da un minor grado di alloctonia; le principali unità e successioni affioranti nel territorio indagato sono le Unità Liguri, Unità Subliguri, Successione Epiligure, Falda Toscana. La progressiva deformazione e l'emersione della catena proseguono fino al Quaternario. Lungo il bordo appenninico padano i sedimenti plio-Quaternari risultano piegati in corrispondenza del "Lineamento Frontale Appenninico" che rappresenta il punto di raccordo fra la catena in sollevamento e quella sepolta.

Le Unità Liguri, subliguri e la successione epiligure comprendono tutte quelle unità alloctone costituite da successioni pelagiche deposte su crosta oceanica e di transizione del paleo-oceano ligure-piemontese tra il Giurassico e l'Eocene medio (liguri). L'insieme di queste unità è sovrascorso sulle unità toscane e umbro-marchigiano-romagnole da ovest verso est prevalentemente durante le fasi mioceniche. La successione epiligure si è deposta in discordanza sulle unità Liguri, Subliguri e Sestola-Vidiciatico durante la migrazione verso est terminata nel Pliocene inferiore. Lo spessore della coltre alloctona non è omogeneo ma risente dei sollevamenti dovuti all'attività delle strutture attive e recenti, in particolare di quelle profonde.

Di seguito è riportata la carta geologica del sito e sono descritte in sintesi le formazioni geologiche e le coperture quaternarie affioranti nell'intorno dell'area di studio.

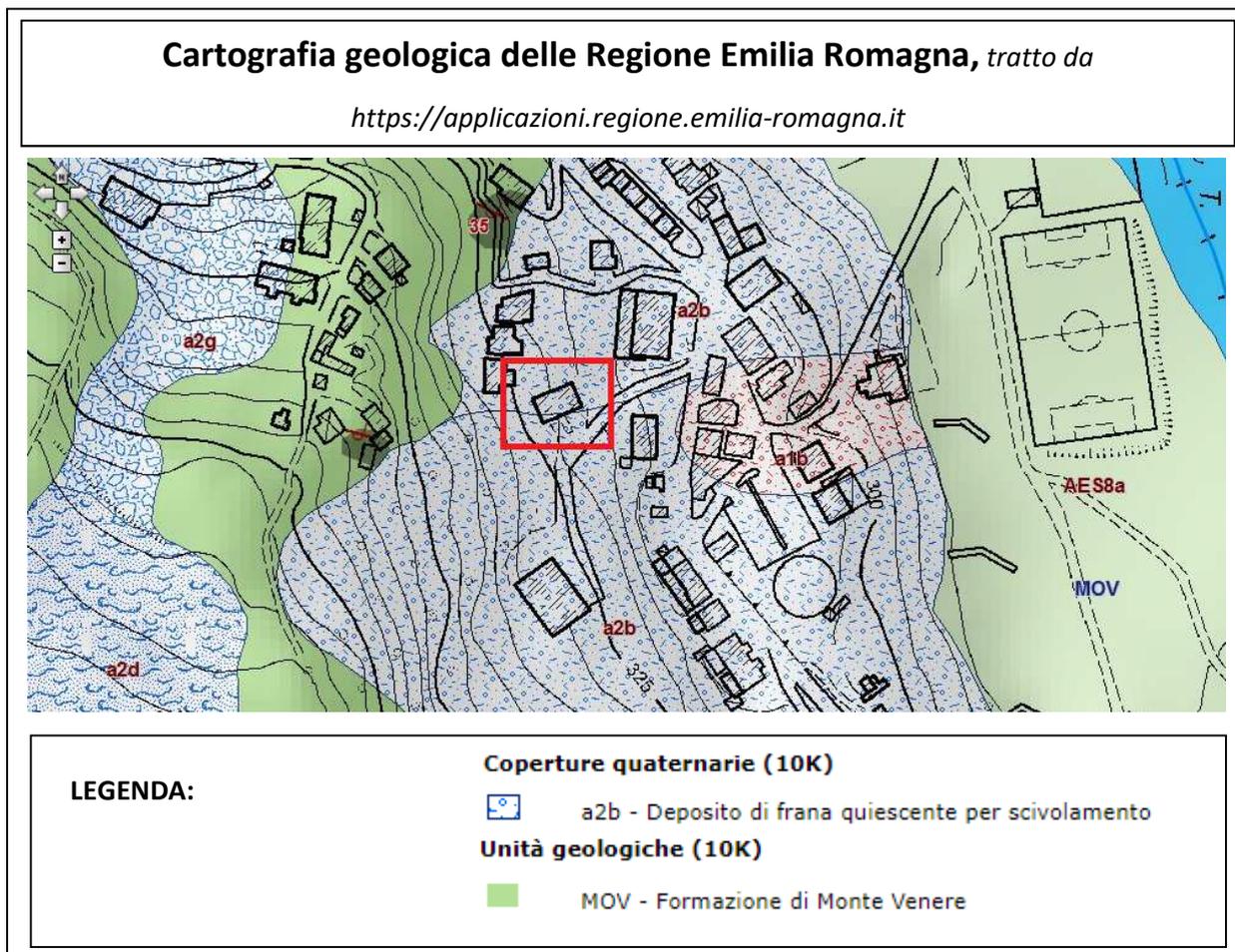


Fig. 2.2.1- Carta geologica R.E.R illustra la litologia presente nell'area oggetto d'indagine.

Depositi quaternari

a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento

Deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio.

Unità Liguri

MOV - Formazione di Monte Venere

Torbiditi arenaceo-marnose con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi, al tetto intervalli sottili o medi di argille scure o nerastre. Intercalazioni metriche di strati arenaceo-pelitici da sottili a spessi grigio brunastri, con rapporto A/P >1, a luoghi prevalenti sugli strati calcareomarnosi. Regolari intercalazioni di megatorbiditi calcareo-marnose in strati spessi fino a 15 m. Le areniti hanno composizione arcossica e possono avere cementazione scarsa, specie quelle a grana più grossolana. Paleocorrenti con provenienza dai quadranti meridionali. Contatto inferiore non preservato. Nella parte alta della formazione

è localmente presente la litofacies del Torrente Lucola (MOVa), costituita da torbiditi siltosomarnose in strati sottili. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza fino a 600 m.

2.3 Caratteri geomorfologici

L'area oggetto d'indagine si trova a mezza costa di un versante a nord est di Toano la cui pendenza media è > 15° con dislivello negativo in direzione EST.

Per quanto riguarda l'idrografia l'area si trova in prossimità della confluenza tra il Fiume Secchia ed il Torrente Dolo rispetto ai quali il sito si trova alla destra e sinistra idrografica. L'azione erosiva dei corsi d'acqua ha influenzato notevolmente la morfologia dell'intera area costituita da coperture prevalentemente pelitiche creando profonde valli e ripide scarpate.

Come riportato nella precedente cartografia geologica in fig. 2.2.1, la struttura in oggetto ricade sulla Formazione geologica di Monte Venere ed è classificata come frana quiescente, così come indicato anche nell'estratto della tavola di PTCP 2010 a seguito riportata fig. 2.3.1.

L'area è soggetta al vincolo idrogeologico.

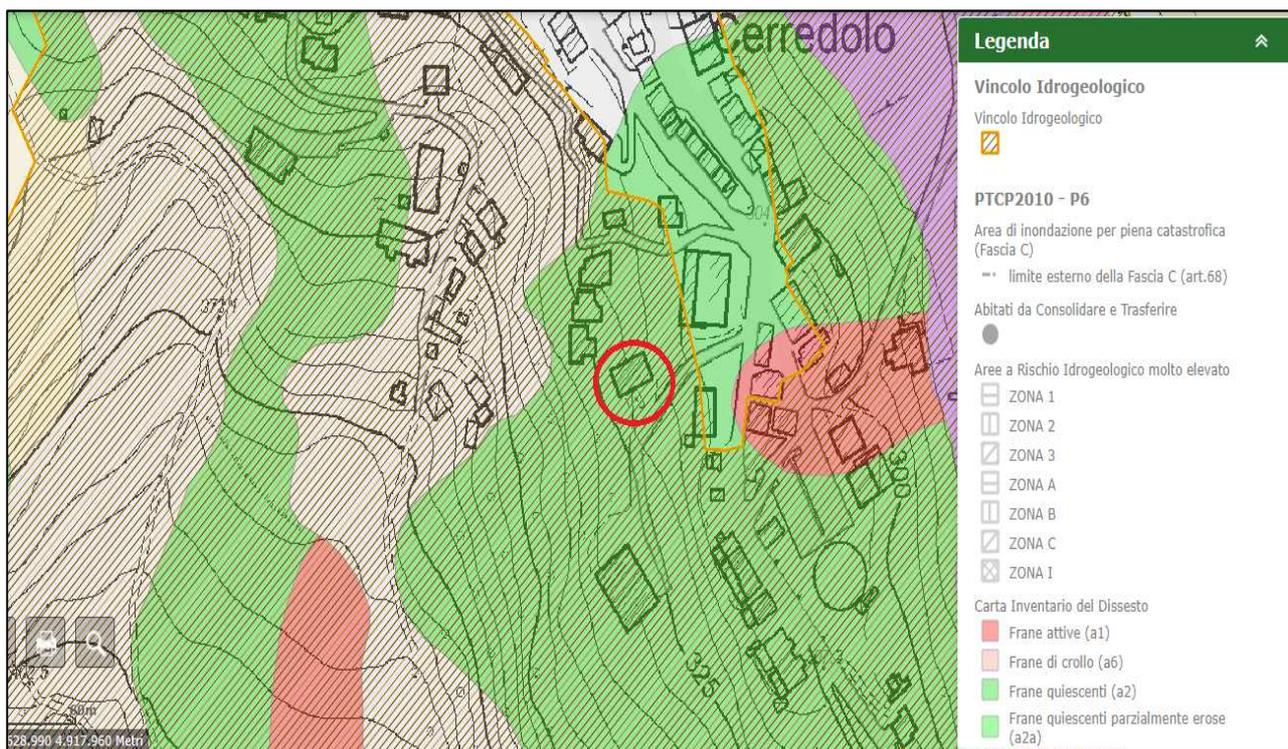


Fig. 2.3.1- La cartografia tratta dal PTCP 2010 illustra come l'area ricada in depositi di frana quiescente e sia soggetta a vincolo idrogeologico (tratteggiato).

A seguito si riportano gli episodi storici di riattivazione della frana quiescente in cui è ubicato il sito, tratti dall'archivio storico delle frane della Regione Emilia Romagna.

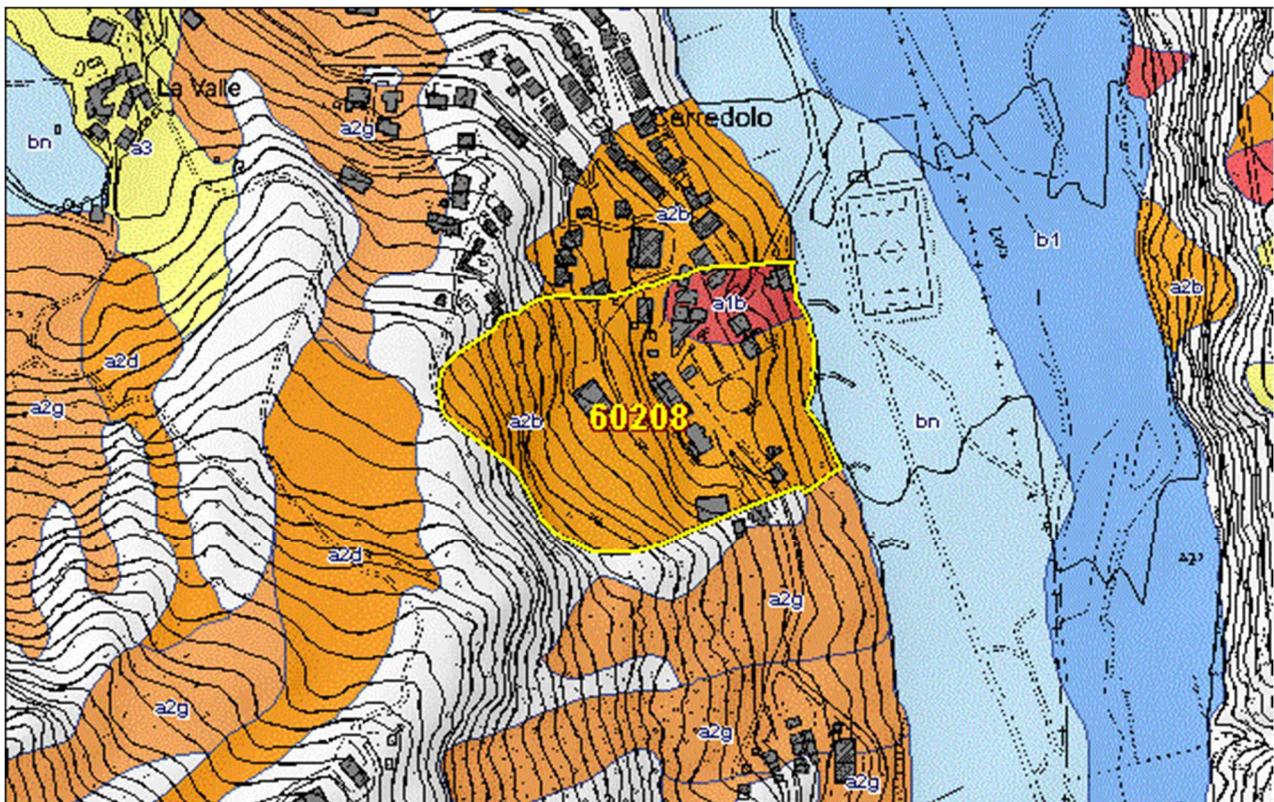
eventi di frana

Cerredolo

Inquadramento

- Superficie totale: **6.16 ettari**
- Comune di TOANO - Provincia di Reggio nell'Emilia

Localizzazione frana storica e Carta del dissesto



2. Evento del 1941

- Data: **18-2/02/1941** [breve periodo certo (1-7gg)]
- Descrizione:

Versante in sinistra idrografica del T. Dolo, alla confluenza con il F. Secchia. Attivazione di ampia frana di scivolamento nell'ambito degli affioranti dei "Flysch ad Elmintoidi Liguri". La zona di coronamento è situata sulla pendice di monte dell'abitato di Cerredolo, che viene interamente coinvolto e distrutto dal movimento franoso (con riferimento all' assetto attuale dalla Chiesa alla Piazza, e di alcuni edifici posti sullo sperone prospiciente la confluenza con il F. Secchia). Una rimobilizzazione del movimento causa

l'ampliamento dell'area coinvolta, e la distruzione pressochè completa dell' abitato. A tutto il 1954 la frana si presenta ancora attiva, con copiosa presenza di acqua nel sottosuolo, nonostante i lavori eseguiti lungo la sponda sinistra del Dolo ed ai piedi dell'abitato di Cerredolo, . L'area corrisponde ad una estesa frana quasi interamente quiescente, con un settore attivo che interessa parte dell'abitato. [Localizzazione: Verificata da documentazione tecnica]

- Dimensioni del fenomeno: **Frana sul versante del T. Dolo: L = 330 m circa, l = 350 m.**
- Cause innesco: **Precipitazioni dell' autunno 1940 - inverno 1941.**
- Danni e interventi: **Distruzione pressochè completa dell'abitato. Risultano crollati 20 edifici e altri 4 lesionati in modo grave. Sconvolgimento della viabilità locale e della Piazza del Mercato. Distruzione dell'acquedotto comunale. Interruzione di un tratto della Strada Statale n. 486. vari interventi: negli anni immediatamente successivi al 1941; negli anni 1952-1954**
- E' presente documentazione presso il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.

1. Evento del 1939

- Data: **maggio 1939** [precisione mensile]
- Descrizione:

Settore S dell' abitato attuale, denominato anche La Strada, posta lungo la strada provinciale Cerredolo - Toano, sulla sponda sinistra del T. Dolo. L'abitato sorge al piede dell' estremità del crinale spartiacque in corrispondenza della confluenza del T. Dolo con il F. Secchia. L' assetto dell'area, caratterizzato da numerose rotture di pendio delimitanti alcuni ripiani morfologici, evidenzia il ruolo svolto dai fenomeni gravitativi nel modellamento del versante. Il substrato, costituito dalle torbiditi calcareo-marnose della Formazione di Montevenere in giacitura rovesciata, è ricoperto da estesi depositi detritici e, sul fondovalle, da depositi alluvionali e terrazzati. Sulla base delle evidenze geomorfologiche è stato ipotizzato che la frana sia di tipo complesso con movimenti prevalenti per scorrimento rotazionale e traslativo (SCAI - Prov. di Reggio Emilia, scheda abitato n. 18). L'assetto del substrato ha svolto un ruolo determinante nell' innesco del dissesto (BERTOLINI, 1994). Le superfici di stratificazione, oltre a rappresentare potenziali superfici di rottura e scivolamento, fungono da vie preferenziali di drenaggio e infiltrazione delle acque superficiali. Una parte di esse risulta aperta in modo da costituire delle vie di libera circolazione delle acque che, alla base del versante (dislivello dalla sommità del rilievo circa 400 m), sono in grado di esercitare elevate pressioni interstiziali). L'importanza delle pressioni interstiziali è anche attestata dai racconti degli abitanti che ricordano forti e violente venute a giorno di acque dal sottosuolo durante la fase parossistica del

movimento. Frana quiescente, con al suo interno un'area limitata, posta in corrispondenza del campo sportivo, interessata da una frana attiva.

- Cause innesco: **Precipitazioni della primavera 1939.**

3. Realizzazione del progetto

Il progetto, ancora in fase di studio di fattibilità, consiste nella demolizione e ricostruzione della attuale struttura adibita a scuola.

4. Indagini di cantiere

Per la determinazione dei parametri geotecnici, geofisici e litologici del sito, sono state utilizzate quattro prove penetrometriche dinamiche DPSH con un penetrometro cingolato Pagani TG-63 200 KN (fig. 4.1, 4.2, 4.3, 4.4) un'indagine sismica di tipo passivo (fig. 4.1) e un'indagine sismica di tipo attivo (fig. 4.3), in particolare:

DPSH N°1: - 6,8 m; DPSH N°2: -2,2 m; DPSH N°3 - 3,6 m; DPSH N°4 -3,4 m;

N°1 Acquisizione HVSr.

N° 1 Prova sismica attiva ad onde di superficie masw.

Questa soluzione ha portato alla definizione litologica e geotecnica del terreno e quindi alla suddivisione in spessori in base alle loro caratteristiche litotecniche e al loro grado di addensamento e consistenza; è stata definita la frequenza fondamentale del sito e la velocità di propagazione delle onde superficiali di taglio V_s dalla quale viene desunta la sismostratigrafia, parametro che unito alle prove di tipo meccanico, contribuisce a dare informazioni sul grado d'addensamento litologico e sull'individuazione del bedrock sismico. L'ubicazione delle indagini meccaniche e dell'acquisizione sismica eseguita viene riportata in fig. 4.5. Le indagini utilizzate sono prossime all'area in cui sarà realizzato il progetto.

Nella tav.1 in allegato sono riportati i grafici e le tabelle riguardanti le prove penetrometriche eseguite, corredate dell'elaborazione geotecnica e litostratigrafica, mentre nelle tavole 2 e 3 viene riportata l'elaborazione sismica.



Fig. 4.1- DPSH n°1 e acquisizione HVSr



Fig. 4.2- DPSH n°2



Fig. 4.3- DPSH n°3



Fig. 4.4- DPSH n°4 e acquisizione masw



Fig. 4.5- Ubicazione delle indagini

4.1 Prova penetrometrica dinamica

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infingere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi) misurando il numero di colpi N necessari. Questo tipo di indagine è molto diffusa ed utilizzata data la sua semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione. La sua elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno. L'utilizzo dei dati ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona. L'ubicazione delle prove è stata riportata precedentemente in fig. 4.3. A seguito viene riportata la tabella con le caratteristiche dello strumento sopra citato.

Caratteristiche penetrometro	Dinamico super pesante DPSH
Peso Massa battente	63,5Kg
Altezza di caduta libera	0,75m
Peso sistema di battuta	8Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20cm ²
Lunghezza delle aste	1m
Peso aste a metro	6,3Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80m
Avanzamento punta	0,20m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	3,007
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90°

Tab. 4.1.1 Caratteristiche del penetrometro dinamico utilizzato.

5. Modello geotecnico e litologico del terreno

I risultati delle prove effettuate in campagna, com'è possibile osservare dalla tav. 1 in allegati, viene riassunta elaborando un modello litologico e geotecnico presentato nella tabella a seguire. Dai parametri geotecnici sono infatti stati suddivisi diversi "spessori" di caratteristiche omogenee. Non è stata individuata la falda all'interno dei fori effettuati.

<u>Profondità da P.C (m)</u>	<u>Descrizione materiale</u>	<u>Parametri</u>	
<u>STRATO 1</u> P.C- 0,8 m	Terreno vegetale e argille debolmente limose moderatamente consistenti.	<u>RD</u>	32,4 kg/cm ² ≈ 3177 kN/m ²
		<u>Cu</u>	0,47 kg/cm ² ≈ 46 kN/m ²
		<u>Cu_k</u>	0,25 kg/cm ² ≈ 24,1 kN/m ²
		<u>Ang. attrito</u>	24,6°
		<u>Ang. Attrito_k</u>	-
		<u>C'</u>	0,05 kg/cm ² ≈ 5 kN/m ²
		<u>NSPT</u>	4,8
		<u>ME</u>	59,7 Kg/cm ² ≈ 5854 kN/m ²
		<u>ME_k</u>	34,9 Kg/cm ² ≈ 3422 kN/m ²
		<u>Mod. young</u>	47,8 Kg/cm ² ≈ 4687 kN/m ²
		<u>γ_d</u>	17 kN/m ³ ≈ 1733 kg/m ³
		<u>γ_s</u>	19 kN/m ³ ≈ 1937 kg/m ³
		<u>Mod. Poisson</u>	0,33
		<u>Kh</u>	1 kg/cm ³
<u>Ko</u>	2 kg/cm ³		
<u>STRATO 2</u> 0,8-2,2 m da P.C	Limi argillosi consistenti	<u>RD</u>	80,6 kg/cm ² ≈ 7904 kN/m ²
		<u>Cu</u>	1,26 kg/cm ² ≈ 123,5 kN/m ²
		<u>Cu_k</u>	0,78 kg/cm ² ≈ 77,2 kN/m ²
		<u>Ang. attrito</u>	27,6°
		<u>Ang. Attrito_k</u>	23°
		<u>C'</u>	0,13 kg/cm ² ≈ 12 kN/m ²
		<u>NSPT</u>	13
		<u>ME</u>	132 Kg/cm ² ≈ 12944 kN/m ²
		<u>ME_k</u>	51,4 Kg/cm ² ≈ 5042 kN/m ²
		<u>Mod. young</u>	128 Kg/cm ² ≈ 12552 kN/m ²
		<u>γ_d</u>	20 kN/m ³ ≈ 2039 kg/m ³
		<u>γ_s</u>	22 kN/m ³ ≈ 2243 kg/m ³
		<u>Mod. Poisson</u>	0,30
		<u>Kh</u>	2,5 kg/cm ³
<u>Ko</u>	5 kg/cm ³		

<p><u>STRATO 3</u></p> <p>2,2- 6,8 m da P.C</p>	<p>Marne argillose e intercalazioni arenacee alterate estremamente consistenti</p>	<u>RD</u>	93,8 kg/cm ² ≈ 9198 kN/m ²
		<u>Cu</u>	1,8 kg/cm ² ≈ 176,5 kN/m ²
		<u>Cu_k</u>	0,97 kg/cm ² ≈ 95,2 kN/m ²
		<u>Ang. attrito</u>	30°
		<u>Ang. Attrito_k</u>	23°
		<u>C'</u>	0,18 kg/cm ² ≈ 17 kN/m ²
		<u>NSPT</u>	18,7
		<u>ME</u>	192 Kg/cm ² ≈ 18828 kN/m ²
		<u>ME_k</u>	57 Kg/cm ² ≈ 5590 kN/m ²
		<u>Mod. young</u>	186 Kg/cm ² ≈ 18240 kN/m ²
		<u>γ_d</u>	20 kN/m ³ ≈ 2039 kg/m ³
		<u>γ_s</u>	22 kN/m ³ ≈ 2243 kg/m ³
		<u>Mod. Poisson</u>	0,29
		<u>Kh</u>	5 kg/cm ³
<u>Ko</u>	9 kg/cm ³		
Legenda:	<p><i>γ_s, γ_d- Peso specifico saturo e drenato; RD- Resistenza dinamica; Cu, C'- coesione non drenata e drenata (Shertmann); Angolo d'attrito (De Mello); ME- Modulo edometrico, Kh coefficiente Winkler verticale, Ko coefficiente di Winkler orizzontale (Pozzati, Bowles); k indica il valore caratteristici del parametro dove è stato possibile calcolarlo.</i></p>		

Tab.5- Vengono riassunti i parametri geotecnici delle DPSH.

6. Sismicità dell'area

La sismicità di un territorio è strettamente legata al suo contesto tettonico strutturale, dunque alla presenza di strutture geologicamente "attive".

Per realizzare l'inquadramento sismotettonico della presente area sono stati utilizzati:

- CPTI15 – Catalogo Parametrico dei terremoti <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>,
- Carta sismotettonica dell'Emilia Romagna (scala 1:250.000, 2004) che riporta gli epicentri dei terremoti con Magnitudo $M > 4$, le strutture attive e quelle potenzialmente "sismogenetiche" della catena appenninica, del suo margine e quelle correlate alle strutture del sottosuolo padano – adriatico.
- Macrozonazione sismogenetica "ZS9" prodotta dall'INGV (2004) SORGENTI SIMMOGENETICHE.

I recenti studi sulla pericolosità sismica promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio nazionale denominata "ZS9", che prevede l'individuazione di 36 "zone-sorgente", i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata. Alla base di ogni stima di

pericolosità di un territorio vi è quindi la conoscenza della sua storia sismica e della geologia strutturale locale.

La fascia di territorio in cui ricade il Comune di Toano si inserisce in un vasto contesto geodinamico caratterizzato da una tettonica di tipo compressivo, conseguenza della convergenza tra la placca africana che si muove verso nord-est e la placca euro-asiatica. Gli studi sulla pericolosità sismica promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio nazionale denominata "ZS9" (Fig. 6), che prevede l'individuazione di 36 "zone-sorgente", i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc..

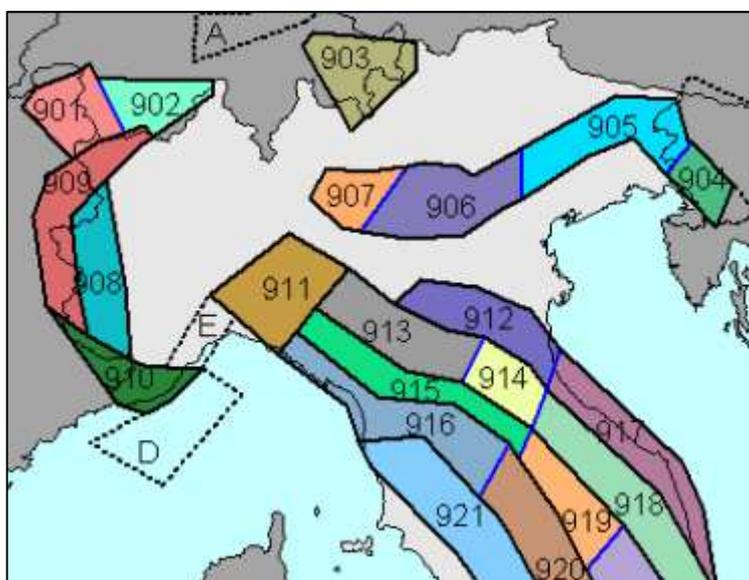
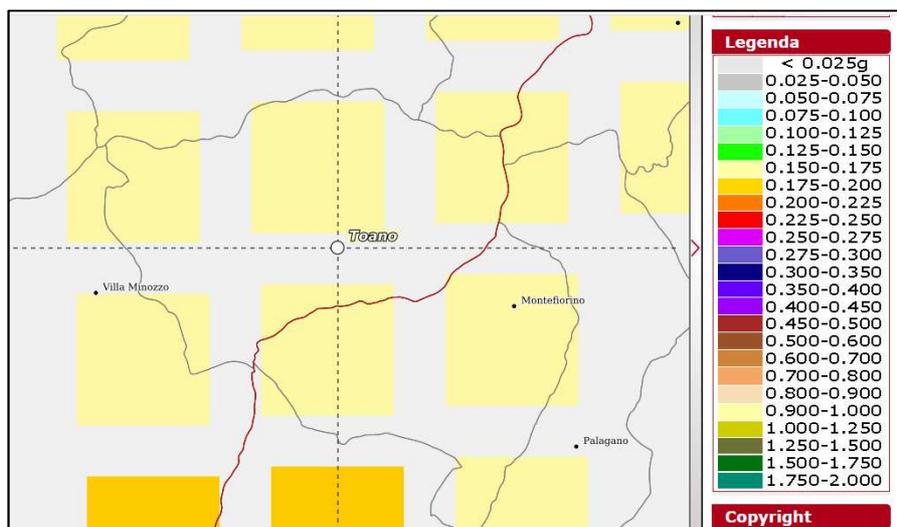


Fig.6.1- L'area ricade nella Zona 913 in riferimento alla macrozonazione ZS9.

Il territorio del Comune di Toano ricade nella zona sismogenetica "913", denominata "Appennino Emiliano". La ZSS 913 è caratterizzata da terremoti di magnitudo medio-bassa, originati da movimenti prevalentemente compressivi NW con meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo, che dissecano la continuità longitudinale delle strutture sepolte attive. Il maggior numero di terremoti che si verificano in questa zona, presenta il proprio ipocentro a profondità comprese tra 12 e 20 km e i valori di magnitudo massima previsti, sulla base dei meccanismi focali, sono pari a $M_w \max = 5,91$.

Dall'analisi della Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale elaborata dall'INGV nel 2004 (Fig. 6a) si può osservare che il territorio del Comune di Toano si colloca in un areale, in cui si possono registrare valori di accelerazione massima del suolo pari a $0.150 \div 0.175 \text{ g}$, con un tempo di ritorno (Tr) pari a circa 475

anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) in coerenza il DGR 2193 del 21 dicembre 2015, dove viene indicato per il Comune di Toano un valore di Aref (g) di 0,162.



Come riportato in fig. 6b estratta dal sito dell'INGV DISS 3.3 l'area si trova su una fonte di subduzione (ITSD002). L'Arco Appenninico Settentrionale rappresenta l'interfaccia tra la catena appenninica nella placca superiore e la litosfera di Adria nella placca inferiore.

ITSD002 mette in contatto le unità Umbria-Marchigiane Meso-Cenozoiche sull'avantipiano adriatico (Lavecchia et al., 2003, 2007); ITSD002, nella sua parte più orientale, rappresenta il livello di distacco comune tra le rampe di spinta attualmente attive nell'offshore adriatico e nella Pianura Padana. La distribuzione dei terremoti da intermedi a profondi, la posizione di Moho dalla funzione del ricevitore e l'anisotropia del mantello al di sotto dell'arco appenninico settentrionale concorrono a suggerire un complesso processo di delaminazione crostale e sprofondamento della litosfera continentale di Adria (Giacomuzzi et al., 2012; Chiarabba et al., 2014, 2015; Piana Agostinetti e Faccenna, 2018). Questo processo è lateralmente discontinuo con una brusca interruzione a sud del 43° parallelo, dove la sismicità strumentale da intermedia a profonda è praticamente assente e la litosfera di Adria appare piatta (Chiarabba et al., 2015). Le variazioni della sismicità e della struttura del mantello superiore indicano un cambiamento nei processi tettonici dal ritiro della delaminazione nell'Appennino centrale al sottoplaccamento crostale nell'Appennino settentrionale (Chiarabba et al., 2014). Da un punto di vista sismotettonico, la geometria dell'interfaccia rappresentata da ITSD002 è intesa a catturare sia i terremoti associati all'interfaccia stessa, sia i terremoti localizzati all'interno dello spessore crostale della placca inferiore sottostante, per i quali non è possibile definire il geometria di una faglia sismogena.

Sulla base dei dati sismologici e geofisici regionali, riteniamo che l'intervallo di profondità di 12-20 km su

questa Sorgente sia quello in cui si verifica la maggior parte del momento sismico di rilascio.

I terremoti storici e strumentali che possono essere associati all'attività dell'Arco Appennino Settentrionale sono: 14 settembre 2003 Appennino Bolognese (Mw 5.2), 23 dicembre 2008 Parmense (Mw 5.4), 24 aprile 1741 Fabrianese (Mw 6.2), 12 marzo 1873 Appennino Marchigiano (Mw 5,9) (Rovida et al., 2021). I campi macrosismici di questi terremoti sono caratterizzati da ampie aree di feltro, che suggeriscono ipocentri piuttosto profondi, indicando un potenziale rilascio sismico su strutture più profonde (Sbarra et al., 2019).

Altri eventi sismici, come la Lunigiana del 26 marzo 2008 (Mw 4.2) e l'Appennino parmense del 27 gennaio 2012 (Mw 5), mostrano una profondità strumentale (72 km) suggerendo una localizzazione all'interno della piastra inferiore. Un ulteriore evento, l'Appennino Settentrionale del 25 ottobre 1972 (Mw 4.9), mostra una profondità ipocentrale prevista (45 km), compatibile con una faglia intra-solaio (Sbarra et al., 2019).

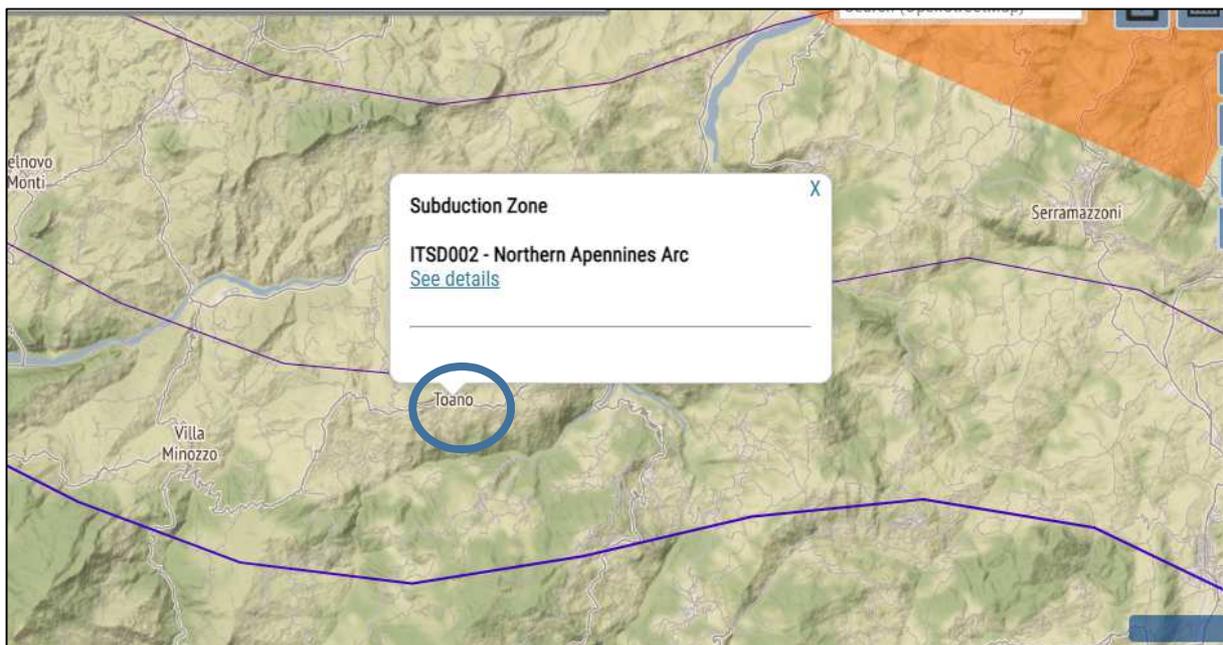


Fig.6b- L'area ricade su una sorgente sismogenica composta.

Storia sismica dell'area in esame

L'areale in cui ricade Toano presenta una sismicità propria di livello medio-basso, connessa all'attività del margine appenninico reggiano-modenese. Tale situazione è confermata dalla consultazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti (PTI11) e relativo database macrosismico (DBMI11).

A seguito si riporta il diagramma dei principali report sismici di Toano (in termini di intensità macrosismiche).

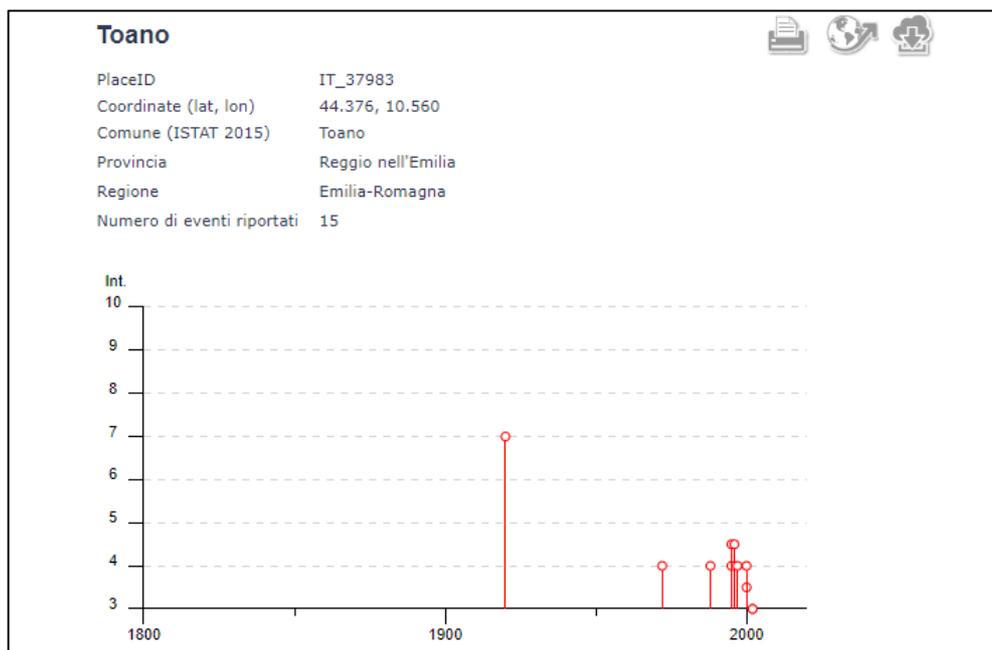


Fig.6b- Principali report sismici con I max 7.

In generale, le intensità macrosismiche al sito di maggior grado (tra cui 4 è il valore più ricorrente), sul territorio comunale, sono dovute a terremoti con epicentri localizzati in Garfagnana, nel Parmense e nel Pistoiese, registrati a partire dalla fine del XIX secolo ad oggi. Intensità al sito di grado < 4 sono dovute a terremoti con epicentri localizzati nel Frignano e, più in generale, nella fascia del crinale entro la quale ricade il territorio comunale stesso. Terremoti con epicentri geograficamente più lontani, rispetto al territorio comunale, non vanno oltre il limite regionale e si individuano nel Forlivese, nel Reggiano e nella Bassa Modenese.

6.2 Fenomeni di amplificazione sismica

A seguito si riportano gli estratti delle tavole degli approfondimenti sismici del Comune di Toano, Tav.le 9a e 9b 218 SE del PTCP 2010 dove si evince la necessità di un approfondimento di terzo livello con verifica di stabilità della scarpata per il calcolo della RSL.

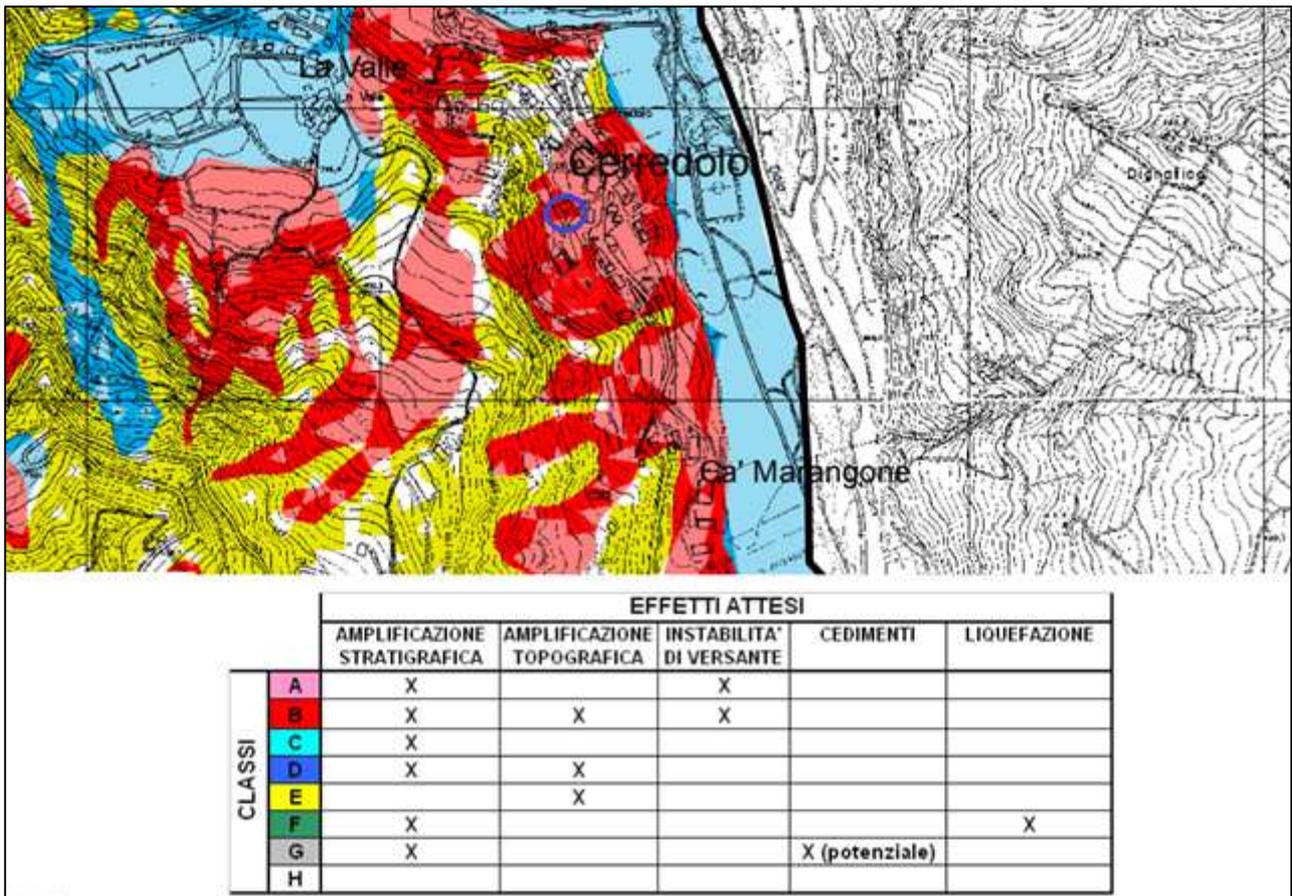


Fig. 6.1.1- Carta degli effetti attesi tratta dalla Tav. 9a del PTCP del Comune di Toano.

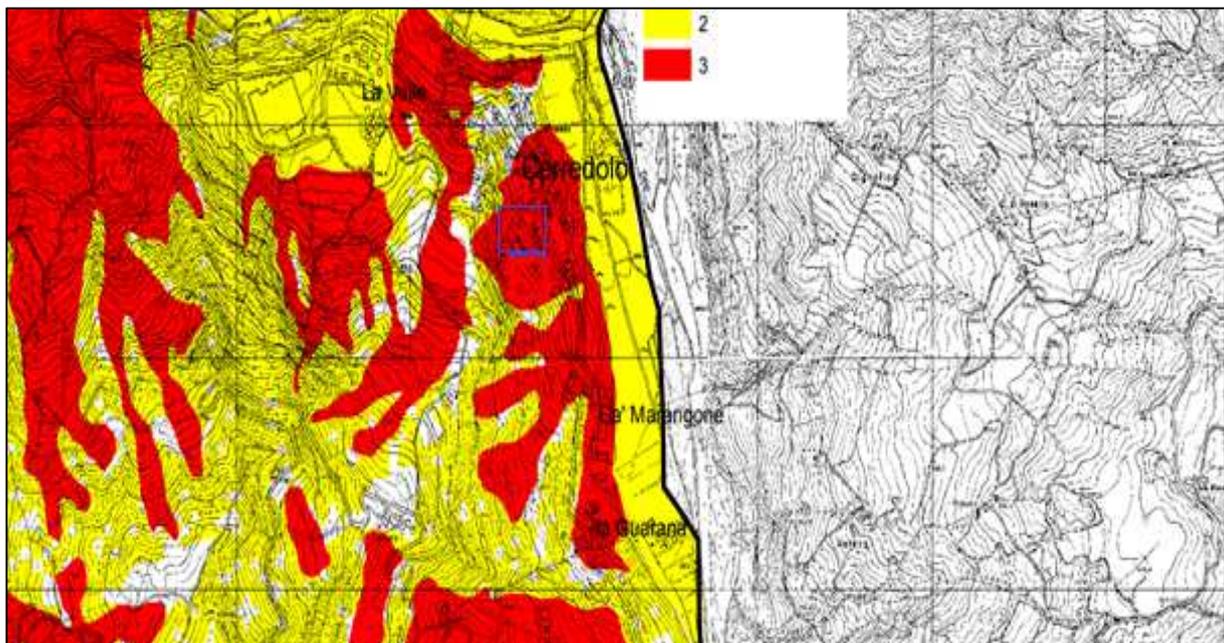


Fig. 6.1.2- Carta dei livelli di approfondimento sismico tratta dalla Tav. 9.b del PTCP del Comune di Toano.

7. Indagini geofisiche

Come già accennato nei paragrafi precedenti, per la caratterizzazione sismostratigrafica sono state eseguite due indagini sismiche, ovvero un'acquisizione passiva HVSR e un'indagine sismica Masw che, opportunamente tarata con le indagini dirette ha permesso di ottenere informazioni sulla velocità di propagazione delle onde di taglio nel terreno e risalire quindi alla categoria sismica del suolo.

7.1 Acquisizione HVSR

Il rilievo dei microtremori con il tomografo digitale "Tromino", vedi fig. 4.3 è stato eseguito in prossimità della struttura. Lo strumento utilizzato registra il rumore sismico ambientale presente nella superficie terrestre e generato da fenomeni atmosferici, dall'attività antropica e dall'attività dinamica terrestre.

I microtremori sono rappresentati da oscillazioni molto piccole (accelerazioni dell'ordine di 10-15 m/s²), che, attraversando strati con caratteristiche differenti (in termini di densità e velocità di propagazione delle onde), subiscono fenomeni di rifrazione, riflessione, attenuazione e altri.

Questi fenomeni sono tali per cui un'onda che viaggia all'interno di un mezzo e viene riflessa da una superficie di discontinuità interferisce con le onde incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime quando la lunghezza d'onda incidente è pari a 4 volte lo spessore h dello strato (condizione di risonanza):

Relativamente alle onde S:

$$f_s = V_r / 4 h_1$$

f_r rappresenta la frequenza fondamentale dello strato, ossia la frequenza cui corrispondono le maggiori accelerazioni sismiche. Utilizzando la formula sopra esposta si evince che conoscendo la profondità di una discontinuità (trovata nelle prove penetrometriche) e la frequenza fondamentale del terreno in superficie (fornita dal tomografo) è possibile risalire alla velocità delle onde S del terreno.

Una volta ricavato il valore di V_s , è possibile ricostruire la stratigrafia dell'area e l'andamento delle discontinuità, se presenti. La tecnica HVSR consiste nella valutazione dei rapporti spettrali tra le componenti orizzontali e verticali del moto ed è in grado di fornire in buona approssimazione il contenuto in frequenza del segnale dei microtremori.

In questo caso è stato rilevato un picco di Frequenza a 11,45 HZ

Vedi i dati riportati in allegati, tav. 2

7.2 Acquisizione Masw

Per misurare le velocità delle onde di taglio si possono eseguire prospezioni sismiche mediante stendimenti superficiali, utilizzando geofoni verticali da 4,5 Hz ed acquisendo attivamente i segnali delle onde rifratte alla superficie mediante una sorgente artificialmente provocata. Queste tecniche, di sismica attiva superficiale permettono di ricostruire il profilo verticale delle $V_{s_{eq}}$ con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde, rifratte alla superficie. Partendo dal sismogramma registrato mediante sorgente energizzante in asse con lo stendimento, viene eseguita un'analisi spettrale che ha consentito di elaborare un'immagine della distribuzione del segnale di velocità sismica in funzione delle diverse frequenze che lo compongono.

Come già accennato precedentemente è stato eseguito uno stendimento (vedi fig. 4.5), in una posizione centrale del sito, dov'è stato possibile effettuare uno stendimento di 48 m su un terreno sub pianeggiante. L'elaborazione dei dati permette la ricostruzione del modello sismo-stratigrafico espresso in termini di velocità delle onde di taglio (V_s). I risultati dell'indagine di campagna vengono riportati in tav. 3 negli allegati.

8. Analisi della risposta sismica locale

La RSL di terzo livello permette di determinare i seguenti parametri:

- accelerazione di picco orizzontale (PGA);
- intensità spettrale (spettro risposta in accelerazione);
- intensità spettrale (spettro risposta in velocità);

Per determinare lo spessore della coltre di copertura sono state eseguite una prova penetrometrica, un'indagine sismica del tipo HVSR e dati bibliografici e d'indagini d'archivio.

La risposta sismica locale e quindi l'accelerazione calcolata dal bedrock sismico alla superficie è stata calcolata in termini di SLV. Tra i diversi programmi di calcolo per eseguire modellazioni numeriche ai fini della valutazione della risposta sismica locale, è stato utilizzato il programma RSL della Geo-Stru

Utilizzando i dati forniti dallo studio di pericolosità fornito dal sito dell'INGV, in merito al progetto DPC INGV S1, sono stati determinati i valori medi di coppia Magnitudo e distanza epicentrale pari a 4,9 per la magnitudo e 9 km per la distanza del terremoto che può generare un valore di accelerazione massima orizzontale di picco (PGA) su un suolo di riferimento di tipo A, per $T=0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità (arefg - 10% di probabilità di superamento) pari a 0.162 g.

Secondo le indicazioni fornite dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani DMBI11, Si può assumere, quale evento sismico di riferimento, l'evento 12 marzo 1873 Appennino Marchigiano (Mw 5,9).

Per il calcolo di Risposta sismica locale al p.d.c. attuale si è inserito il profilo del terreno sino alla profondità del bedrock sismico.

L'elaborazione, svolta sui 7 terremoti di riferimento, ha fornito i risultati, in termini di spettro di risposta elastico in accelerazione massima orizzontale in superficie, per un valore di smorzamento critico pari al 5%.

La ricerca nella banca dati accelerometrica europea ha fornito alcune registrazioni di time-history, che comunque non sono risultate spettro compatibili con quello ottenuto dall'analisi di pericolosità. Si è ritenuto di procedere alla creazione di 7 accelerogrammi sintetici artificiali, utilizzando il software SEISM-HOME, messo a punto dalla Fondazione Eucentre (Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica, Via A. Ferrata, 1 – Pavia, Italy). Tali accelerogrammi possono essere usati direttamente per analisi di sistemi strutturali o geotecnici posti su terreno roccioso, o come input per analisi di risposta sismica locale in caso di terreno non roccioso (Rota M., Zuccolo E., Taverna L., Corigliano M., Lai C.G., Penna A. [2012] "Mesozonation of the Italian territory for the definition of real spectrum-compatible accelerograms", Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 10, No. 5, pp. 1357-1375). Tramite una procedura ottimizzata (Corigliano et al, 2012) è stato selezionato l'insieme migliore di accelerogrammi spettro-compatibili registrati su suolo di categoria A (roccioso) e disponibili nelle principali banche dati accelerometriche mondiali accreditate.

Tutti gli accelerogrammi sono stati scalati in modo che la loro accelerazione massima corrisponda al valore di $a_{refg} = 0,198 \text{ g}$ (PGA0). Tale valore di PGA0 deriva dai seguenti dati di ingresso per l'edificio e per il sisma di riferimento:

Classe d'uso edificio:	4;
Coefficiente d'uso (Cu)	2;
Vita nominale edificio (Vn):	50 anni;
Periodo di riferimento (Vr):	100 anni;
Stato limite:	Salvaguardia della vita (SLV);
Probabilità di superamento:	5%;
Tr:	949 [anni];
ag:	0,198 g [PGA0].
Coordinate:	44.401861, 10.618354;

8.1 Spettro di risposta per SLV

A partire dagli accelerogrammi prescelti si sono definiti gli spettri di risposta dell'oscillatore armonico tipo ad un grado di libertà, in funzione del periodo proprio della struttura e per uno smorzamento tipico del 5%. Lo spettro orizzontale di risposta medio, fornito in forma numerica nella tabella che segue, è di seguito confrontato con lo spettro orizzontale di risposta relativo alla categoria di sottosuolo C e B definibile attraverso un approccio semplificato (NTC_2018):

La forma grafica dello spettro in accelerazione nel sito di riferimento (RSL) è di seguito confrontato con lo spettro di risposta relativo alla categoria di sottosuolo C e B per lo stesso Stato Limite (SLV).

A seguito si riportano i calcoli effettuati con il programma Geo-stru:

Elaborazione

Numero di iterazioni 8
 Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5
 Tipo di modulo elastico Shake
 Massimo errore percentuale di convergenza 1.11 E01

Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.250 [s]
Tvi	0.620 [s]
Tao	0.250 [s]
Tvo	0.940 [s]
Sami	9.671 [m/s ²]
Svmi	0.514 [m/s]
Samo	10.170 [m/s ²]
Svmo	0.696 [m/s]
Fa	1.052 [-]
Fv	1.354 [-]
TB	0.143 [s]
TC	0.430 [s]
TD	3.159 [s]
SA(0)	3.823 [m/s ²]
SA(TB)	10.170 [m/s ²]

Stratigrafia

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Gmax [MPa]	Peso unità vol. [kN/m ³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	--	1.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	48.35	19.0	158.0	9.5
2	1.0	3.5	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	86.52	20.0	206.0	54.0
3	4.5	2.5	Seed et al. (1986) Gravel	412.84	20.0	450.0	114.0
4	7.0	14.0	Seed et al. (1986) Gravel	487.00	22.0	466.0	293.0
5	21.0	6.0	Seed et al. (1986) Gravel	637.10	22.0	533.0	513.0

6	27.0	21.0	Seed et al. (1986) Gravel	807.34	22.0	600.0	810.0
7	48.0	20.0	Seed et al. (1986) Gravel	1131.25	24.0	680.0	1281.0
8	68.0	20.0	Seed et al. (1986) Gravel	1198.78	24.0	700.0	1761.0
9	88.0	20.0	Seed et al. (1986) Gravel	1228.05	22.0	740.0	2221.0
10	oo	--	Smorzamento costante	1435.27	22.0	800.0	2441.0

Strato rilevamento accelerogramma:

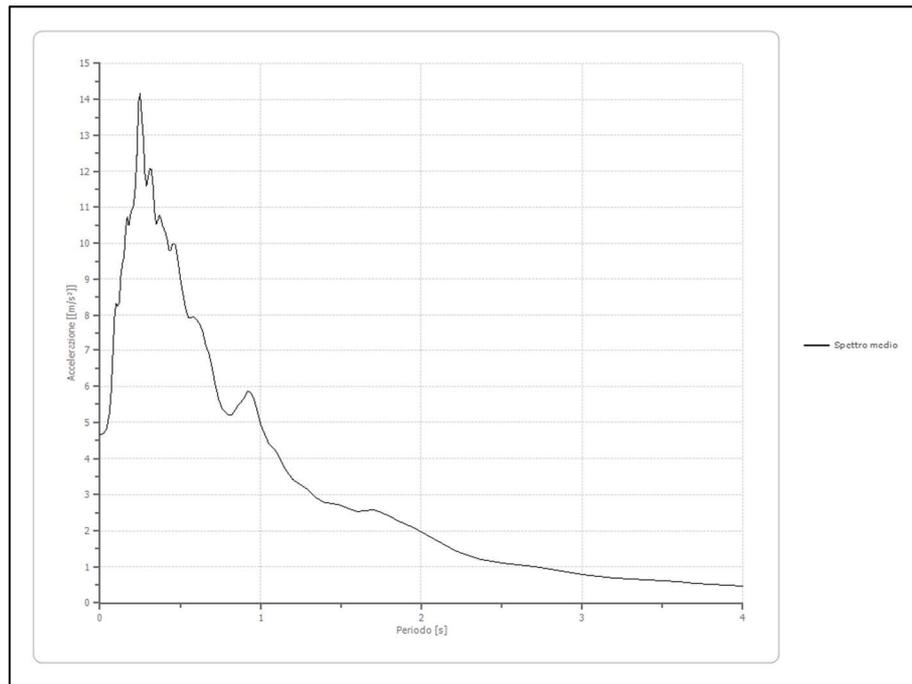
10 Affiorante

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.151	0.162	0.200	1.073
0.500	1.000	0.253	0.334	0.500	1.321
0.500	1.500	0.478	0.650	0.333	1.361

Spettro medio di risposta elastico

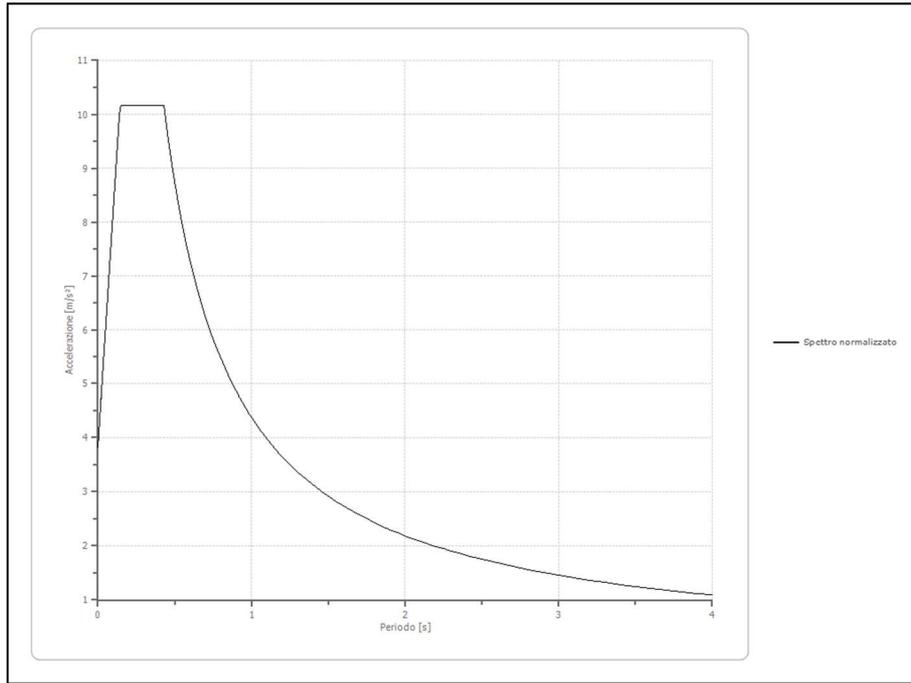
Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]								
0.00	4.6613	0.26	13.5392	0.52	8.5099	0.98	5.2972	2.25	1.3626
0.01	4.6614	0.27	12.9329	0.53	8.2576	1.00	4.9309	2.30	1.2909
0.02	4.6916	0.28	11.9315	0.54	8.0652	1.05	4.4258	2.35	1.2241
0.03	4.7272	0.29	11.5757	0.55	7.9398	1.10	4.1721	2.40	1.1727
0.04	4.7949	0.30	11.8601	0.56	7.9200	1.15	3.7238	2.50	1.1074
0.05	5.0364	0.31	12.0842	0.57	7.9400	1.20	3.4117	2.60	1.0558
0.06	5.2668	0.32	12.0636	0.58	7.9603	1.25	3.2598	2.70	1.0046
0.07	5.8361	0.33	11.6384	0.60	7.8867	1.30	3.1084	2.80	0.9408
0.08	6.8166	0.34	10.8720	0.62	7.7609	1.35	2.9075	2.90	0.8600
0.09	7.9061	0.35	10.5400	0.64	7.5255	1.40	2.7806	3.00	0.7891
0.10	8.3327	0.36	10.6372	0.66	7.1213	1.45	2.7507	3.10	0.7377
0.11	8.2390	0.37	10.7829	0.68	6.8839	1.50	2.6902	3.20	0.6951
0.12	8.3547	0.38	10.6743	0.70	6.4555	1.55	2.6026	3.30	0.6660
0.13	9.0942	0.39	10.4786	0.72	5.9806	1.60	2.5305	3.40	0.6359
0.14	9.4556	0.40	10.3899	0.74	5.6184	1.65	2.5651	3.50	0.6072
0.15	9.6338	0.41	10.2693	0.76	5.3778	1.70	2.5723	3.60	0.5780
0.16	10.3907	0.42	10.0541	0.78	5.2761	1.75	2.5035	3.70	0.5496
0.17	10.7271	0.43	9.7950	0.80	5.2140	1.80	2.3976	3.80	0.5220
0.18	10.4966	0.44	9.7901	0.82	5.2082	1.85	2.2759	3.90	0.4949
0.19	10.7972	0.45	9.9636	0.84	5.3386	1.90	2.1935	4.00	0.4690
0.20	10.9490	0.46	9.9923	0.86	5.4802	1.95	2.0783		
0.21	11.0578	0.47	9.9507	0.88	5.5835	2.00	1.9667		
0.22	11.5632	0.48	9.6812	0.90	5.7076	2.05	1.8447		
0.23	12.4577	0.49	9.3681	0.92	5.8565	2.10	1.7150		
0.24	13.9202	0.50	9.0385	0.94	5.8189	2.15	1.5848		
0.25	14.1616	0.51	8.7682	0.96	5.6164	2.20	1.4608		



Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]								
0.00	3.8232	0.26	10.1699	0.52	8.4054	0.98	4.4600	2.25	1.9426
0.01	4.2662	0.27	10.1699	0.53	8.2468	1.00	4.3708	2.30	1.9003
0.02	4.7092	0.28	10.1699	0.54	8.0941	1.05	4.1627	2.35	1.8599
0.03	5.1522	0.29	10.1699	0.55	7.9469	1.10	3.9735	2.40	1.8212
0.04	5.5953	0.30	10.1699	0.56	7.8050	1.15	3.8007	2.50	1.7483
0.05	6.0383	0.31	10.1699	0.57	7.6681	1.20	3.6423	2.60	1.6811
0.06	6.4813	0.32	10.1699	0.58	7.5359	1.25	3.4966	2.70	1.6188
0.07	6.9243	0.33	10.1699	0.60	7.2847	1.30	3.3622	2.80	1.5610
0.08	7.3673	0.34	10.1699	0.62	7.0497	1.35	3.2376	2.90	1.5072
0.09	7.8104	0.35	10.1699	0.64	6.8294	1.40	3.1220	3.00	1.4569
0.10	8.2534	0.36	10.1699	0.66	6.6224	1.45	3.0143	3.10	1.4099
0.11	8.6964	0.37	10.1699	0.68	6.4276	1.50	2.9139	3.20	1.3659
0.12	9.1394	0.38	10.1699	0.70	6.2440	1.55	2.8199	3.30	1.3245
0.13	9.5824	0.39	10.1699	0.72	6.0706	1.60	2.7318	3.40	1.2855
0.14	10.0255	0.40	10.1699	0.74	5.9065	1.65	2.6490	3.50	1.2488
0.15	10.1699	0.41	10.1699	0.76	5.7511	1.70	2.5711	3.60	1.2141
0.16	10.1699	0.42	10.1699	0.78	5.6036	1.75	2.4976	3.70	1.1813
0.17	10.1699	0.43	10.1647	0.80	5.4635	1.80	2.4282	3.80	1.1502
0.18	10.1699	0.44	9.9336	0.82	5.3302	1.85	2.3626	3.90	1.1207
0.19	10.1699	0.45	9.7129	0.84	5.2033	1.90	2.3004	4.00	1.0927
0.20	10.1699	0.46	9.5017	0.86	5.0823	1.95	2.2414		
0.21	10.1699	0.47	9.2996	0.88	4.9668	2.00	2.1854		
0.22	10.1699	0.48	9.1058	0.90	4.8564	2.05	2.1321		
0.23	10.1699	0.49	8.9200	0.92	4.7509	2.10	2.0813		
0.24	10.1699	0.50	8.7416	0.94	4.6498	2.15	2.0329		
0.25	10.1699	0.51	8.5702	0.96	4.5529	2.20	1.9867		

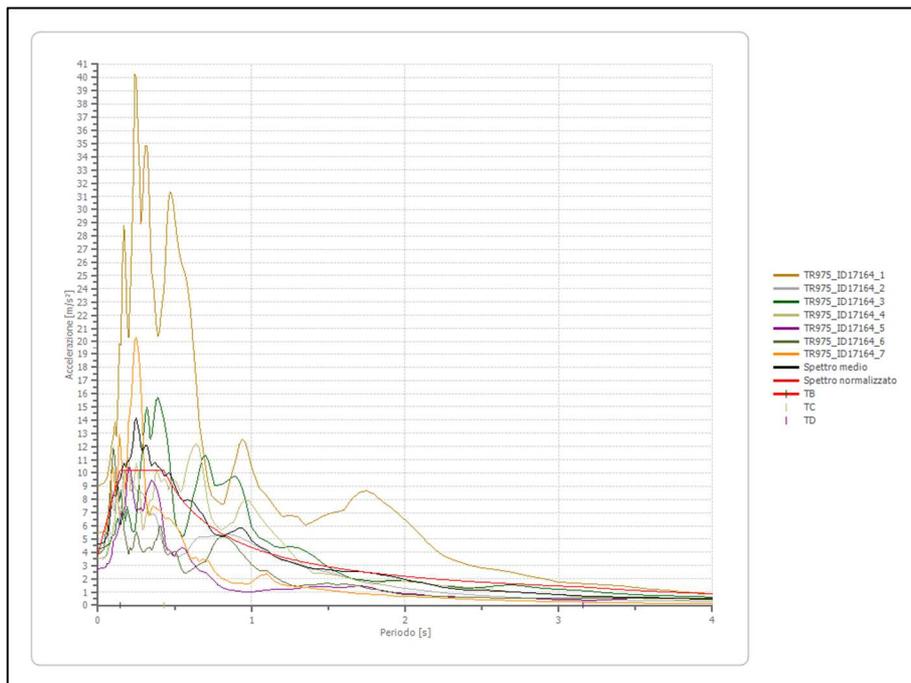
Ag/g: 0,390



Parametri spettro normalizzato

Ag [m/s ²]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s ²]	Se(TB) [m/s ²]	S
3.823	2.660056	--	0.143	0.430	3.159	3.823	10.170	1.969

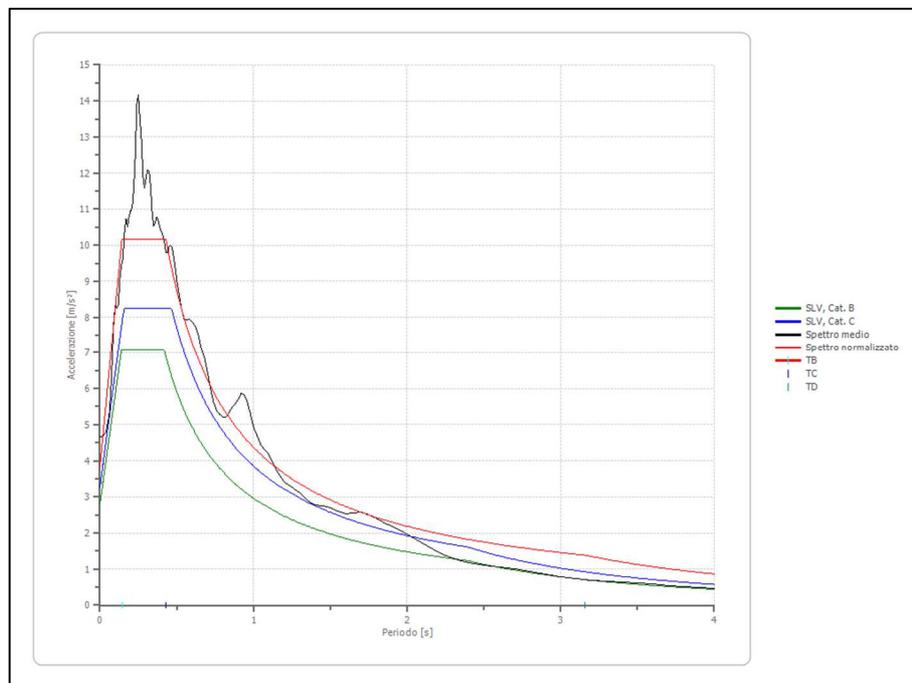
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguardia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C
Tr [anni]	60	101	949	1950	60	101	949	1950
ag [m/s ²]	0.726	0.893	1.942	2.384	0.726	0.893	1.942	2.384
Fo	2.495	2.487	2.526	2.562	2.495	2.487	2.526	2.562
Tc* [s]	0.265	0.275	0.299	0.31	0.265	0.275	0.299	0.31
Ss	1.20	1.20	1.20	1.15	1.50	1.50	1.40	1.33
St	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Cc	1.43	1.42	1.40	1.39	1.63	1.61	1.56	1.55
TB [s]	0.127	0.131	0.140	0.144	0.144	0.147	0.156	0.160
TC [s]	0.380	0.392	0.419	0.431	0.431	0.442	0.468	0.479
TD [s]	1.896	1.964	2.392	2.572	1.896	1.964	2.392	2.572
Se(0) [m/s ²]	1.045	1.286	2.796	3.293	1.307	1.607	3.262	3.795
Se(TB) [m/s ²]	2.608	3.198	7.064	8.436	3.260	3.998	8.241	9.722



Profilo a max

	0.0 [m]	1.0 [m]	4.5 [m]	7.0 [m]	21.0 [m]	27.0 [m]	48.0 [m]	68.0 [m]	88.0 [m]	108.0 [m]
TR975_ID1 7164_1 [m/s ²]	5.239	5.177	4.827	4.731	3.548	3.089	3.368	3.108	3.967	6.229
TR975_ID1 7164_2 [m/s ²]	3.566	3.514	3.073	2.968	2.628	2.672	2.410	2.517	2.189	4.081
TR975_ID1 7164_3 [m/s ²]	4.284	4.240	3.881	3.738	2.691	2.437	2.886	2.491	2.026	4.511
TR975_ID1 7164_4	3.562	3.518	3.284	3.181	2.567	2.481	1.811	1.876	2.107	3.437

[m/s ²]											
TR975_ID1 7164_5 [m/s ²]	2.778	2.759	2.533	2.406	1.382	1.351	1.291	1.279	1.482	1.933	
TR975_ID1 7164_6 [m/s ²]	3.917	3.692	2.482	2.513	1.971	1.957	1.672	1.671	1.840	3.652	
TR975_ID1 7164_7 [m/s ²]	5.471	5.388	4.486	3.990	1.978	2.430	2.927	2.147	3.046	4.940	
media [m/s ²]	4.117	4.041	3.510	3.361	2.395	2.345	2.338	2.156	2.380	4.112	
Dev. St. [m/s ²]	0.963	0.954	0.920	0.840	0.693	0.553	0.767	0.610	0.846	1.338	

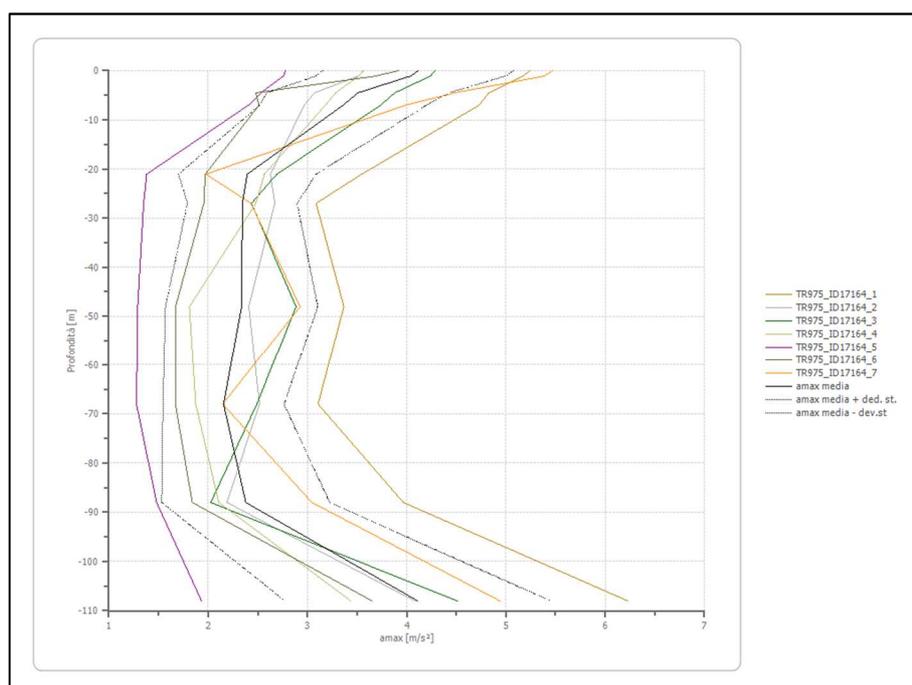


Fig. 8.3- Amax e Amedia dei vari accelerogrammi

9. Vincolo idrogeologico

Come indicato nel capitolo 2, l'area oggetto d'indagine è sogetta a vincolo idrogeologico, in riferimento alla seguente legislazione: Il R.D.L. 30 dicembre 1923, n. 3267; L.R. 3/1999, art. 150-3° comma. In particolare il R.D.L. 30 dicembre 1923 ed il successivo regolamento d'applicazione R.D.L. 16 maggio 1926, sottopongono a tutela le aree territoriali che per effetto di interventi quali, ad esempio, disboscamenti o movimenti di terreno "possono con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque". Si fa inoltre riferimento alla "Delibera della Giunta Regionale - N.ro 2000/1117 - del 11/07/2000" concernente le procedure amministrative e le norme tecniche relative alla gestione del vincolo idrogeologico.

Eventuali sbancamenti eseguiti per la realizzazione della struttura dovranno pertanto tenere in considerazione i risultati di verifica di stabilità della scarpata delle varie fasi operative ed una corretta regimazione delle acque superficiali e profonde affinché non venga compromessa la stabilità globale del pendio.

10. Conclusioni

Come indicato nel capitolo 1, l'intervento riguarda il progetto di fattibilità per la realizzazione di una nuova scuola a Cerredolo, nel Comune di Toano (RE).

Il presente elaborato ha come obiettivo quello di fornire i parametri geotecnici, litologici, sismici e le caratteristiche geologiche del terreno dell'area indagata a supporto di una corretta progettazione.

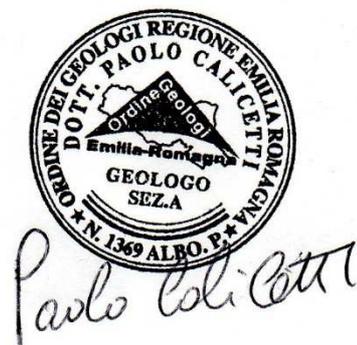
Così come indicato nel capitolo 4, per definire una sequenza stratigrafica e ottenere un modello del terreno con diversi spessori di caratteristiche geotecniche-litologiche proprie, sono state utilizzate indagini geognostiche limitrofe e dati di bibliografia. Dalle indagini sismiche è poi stato possibile definire la sismostratigrafia dalla quale è stata calcolata la Risposta Sismica Locale, vedi cap.li 7 e 8.

Per quanto riguarda la stratigrafia e la litologia dell'area, come indicato nel capitolo 5, dalle prove penetrometriche è stato possibile determinare uno spessore di 2,2 m di argille e limi mediamente consistenti al di sotto del quale è stato individuato uno spessore argillo marnoso alterato con intercalazioni arenacee molto consistente fino alla profondità di 6,8 m.

A seguito di quanto riportato si può quindi affermare che l'area sia idonea da un punto di vista geologico alla realizzazione del progetto proposto. Va però sottolineato che in sede di progettazione esecutiva andranno eseguite indagini più approfondite e ravvicinate per valutare in modo più dettagliato le caratteristiche geotecniche del terreno.

Montale, gennaio 2022

Paolo Geol. Calicetti



Allegati

Tavola 1- Elaborazione dei dati di campagna delle prove penetrometriche

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 22/01/2022
 Profondita' prova 6.80 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	2	0.855	17.96	21.01	0.90	1.05
0.40	3	0.851	26.82	31.52	1.34	1.58
0.60	4	0.847	32.67	38.57	1.63	1.93
0.80	4	0.843	32.53	38.57	1.63	1.93
1.00	10	0.840	80.98	96.43	4.05	4.82
1.20	10	0.836	80.64	96.43	4.03	4.82
1.40	8	0.833	64.25	77.15	3.21	3.86
1.60	7	0.830	51.74	62.38	2.59	3.12
1.80	8	0.826	58.91	71.29	2.95	3.56
2.00	8	0.823	58.68	71.29	2.93	3.56
2.20	10	0.820	73.08	89.11	3.65	4.46
2.40	12	0.817	87.38	106.93	4.37	5.35
2.60	15	0.764	94.94	124.23	4.75	6.21
2.80	15	0.761	94.59	124.23	4.73	6.21
3.00	13	0.759	81.68	107.66	4.08	5.38
3.20	6	0.806	40.05	49.69	2.00	2.48
3.40	12	0.803	79.84	99.38	3.99	4.97
3.60	13	0.751	75.51	100.56	3.78	5.03
3.80	12	0.798	74.11	92.83	3.71	4.64
4.00	10	0.796	61.58	77.36	3.08	3.87
4.20	11	0.794	67.54	85.09	3.38	4.25
4.40	12	0.791	73.47	92.83	3.67	4.64
4.60	10	0.789	57.27	72.57	2.86	3.63
4.80	10	0.787	57.12	72.57	2.86	3.63
5.00	11	0.785	62.67	79.83	3.13	3.99
5.20	10	0.783	56.82	72.57	2.84	3.63
5.40	9	0.781	51.01	65.31	2.55	3.27
5.60	9	0.779	47.92	61.51	2.40	3.08
5.80	8	0.777	42.50	54.67	2.12	2.73
6.00	9	0.775	47.70	61.51	2.38	3.08
6.20	13	0.724	64.30	88.84	3.21	4.44
6.40	7	0.772	36.93	47.84	1.85	2.39
6.60	15	0.720	69.78	96.87	3.49	4.84
6.80	50	0.569	183.64	322.89	9.18	16.14

TIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm ²)	Velocita' onde di taglio (m/s)	Densita' relativa (%)
Strato (1) argilla	0.00-0.80	4.78	Coesivo Incoerente	1.75	1.88	27.1	0.30	50.55	47.80	0.34	282.86	75.14	52.32

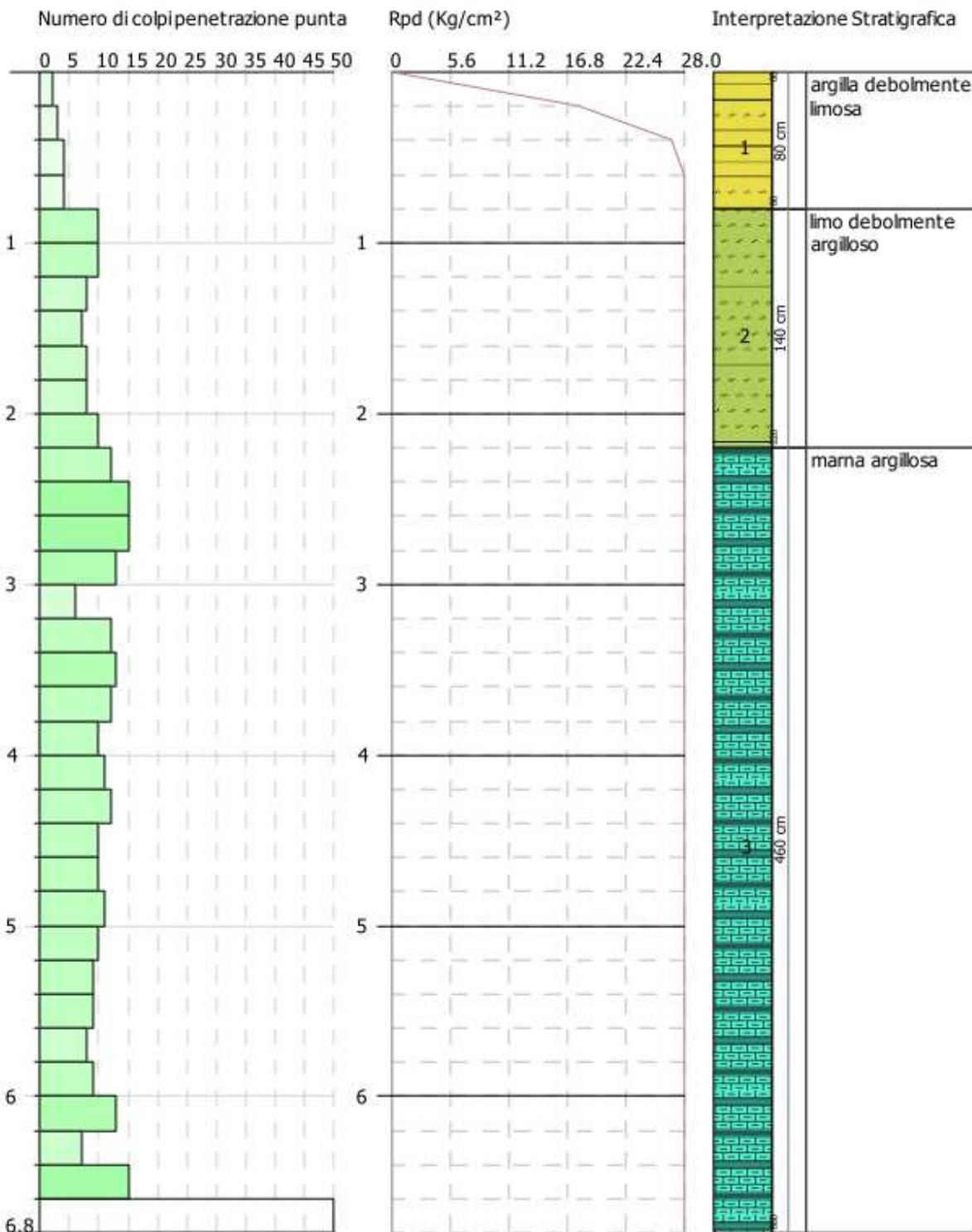
debolmente limosa													
Strato (2) limo debolmente argilloso	0.80-2.20	12.80	Coesivo Incoerente	2.03	2.23	27.1	0.86	132.34	128.00	0.33	713.99	114.99	75.81
Strato (3) marna argillosa	2.20-6.80	18.67	Coesivo Incoerente	2.09	2.30	27.1	1.26	192.22	186.70	0.32	1018.10	151.74	71.63

Tav.1.1- Elaborazione dei parametri della DPSH 1.

Committente: Comune Toano
 Descrizione: Studio Fattibilità Scuole
 Località: Cerredolo

22/01/2022

Scala 1:34



Tav. 1.2- Colonna stratigrafica DPSH 1.

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 22/01/2022
 Profondita' prova 2.20 mt
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	1	0.855	8.98	10.51	0.45	0.53
0.40	2	0.851	17.88	21.01	0.89	1.05
0.60	3	0.847	24.50	28.93	1.23	1.45
0.80	5	0.843	40.66	48.22	2.03	2.41
1.00	6	0.840	48.59	57.86	2.43	2.89
1.20	4	0.836	32.26	38.57	1.61	1.93
1.40	4	0.833	32.13	38.57	1.61	1.93
1.60	15	0.780	104.20	133.66	5.21	6.68
1.80	5	0.826	36.82	44.55	1.84	2.23
2.00	18	0.773	124.01	160.40	6.20	8.02
2.20	50	0.620	276.29	445.54	13.81	22.28

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm ²)	Velocita' onde di taglio (m/s)	Densita' relativa (%)
Strato (1) argilla debolmente limosa	0.00-0.60	2.94	Coesivo Incoerente	1.63	1.86	27.1	0.18	31.78	29.40	0.35	179.13	65.35	41.61
Strato (2) limo debolmente argilloso	0.60-1.60	10.00	Coesivo Incoerente	1.97	2.17	27.1	0.68	103.79	100.00	0.33	566.13	103.78	70.14
Strato (3) marna argillosa	1.60-2.20	35.77	Coesivo Incoerente	2.31	2.50	27.1	2.41	366.62	357.70	0.28	1875.95	143.77	100

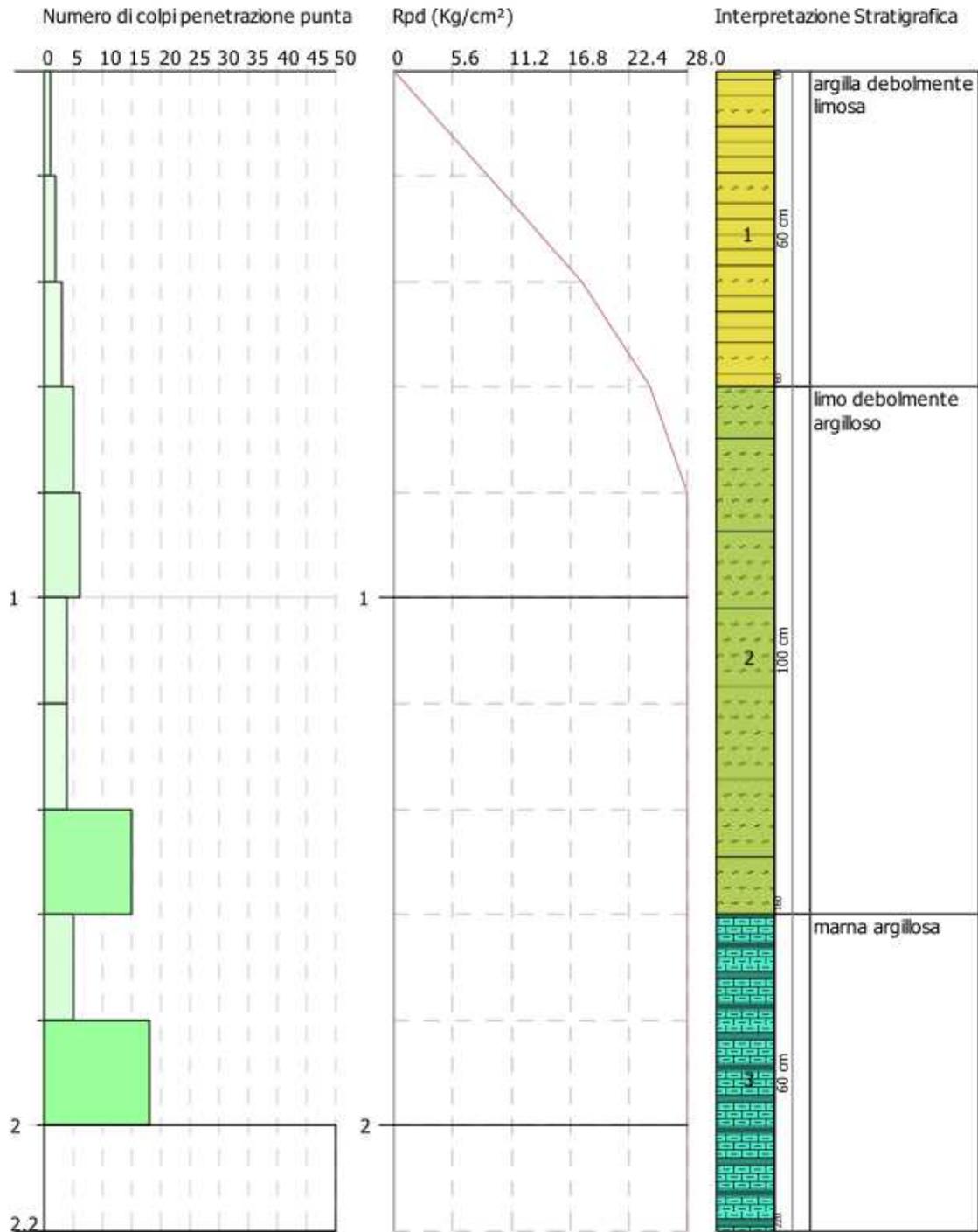
Tav.1.3- Elaborazione dei parametri della DPSH 2.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
 Strumento utilizzato... DPSHTG 63-200 PAGANI

Committente: Comune Toano
 Descrizione: Studio Fattibilità Scuole
 Località: Cerredolo

22/01/2022

Scala 1:11



Tav. 1.4- Colonna stratigrafica DPSH 2.

Studio di fattibilità per la realizzazione di un nuovo Polo Scolastico a Cerredolo di Toano (RE)

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 22/01/2022
 Profondita' prova 3.60 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	2	0.855	17.96	21.01	0.90	1.05
0.40	3	0.851	26.82	31.52	1.34	1.58
0.60	2	0.847	16.34	19.29	0.82	0.96
0.80	3	0.843	24.40	28.93	1.22	1.45
1.00	4	0.840	32.39	38.57	1.62	1.93
1.20	3	0.836	24.19	28.93	1.21	1.45
1.40	4	0.833	32.13	38.57	1.61	1.93
1.60	4	0.830	29.57	35.64	1.48	1.78
1.80	4	0.826	29.45	35.64	1.47	1.78
2.00	7	0.823	51.35	62.38	2.57	3.12
2.20	5	0.820	36.54	44.55	1.83	2.23
2.40	5	0.817	36.41	44.55	1.82	2.23
2.60	10	0.814	67.43	82.82	3.37	4.14
2.80	27	0.711	159.08	223.61	7.95	11.18
3.00	32	0.659	174.56	265.01	8.73	13.25
3.20	13	0.756	81.39	107.66	4.07	5.38
3.40	17	0.753	106.07	140.79	5.30	7.04
3.60	50	0.601	232.40	386.78	11.62	19.34

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm ²)	Velocita' onde di taglio (m/s)	Densita' relativa (%)
Strato (1) argilla debolmente limosa	0.00-0.80	3.68	Coesivo Incoerente	1.68	1.87	27.1	0.23	39.33	36.80	0.35	221.21	71.81	45.99
Strato (2) argilla limosa	0.80-2.40	6.62	Coesivo Incoerente	1.84	1.89	27.1	0.41	69.31	66.20	0.34	384.17	103.88	54.54
Strato (3) marna argillosa	2.40-3.60	36.50	Coesivo Incoerente	2.34	2.50	27.1	2.46	374.07	365.00	0.28	1911.92	157.57	100

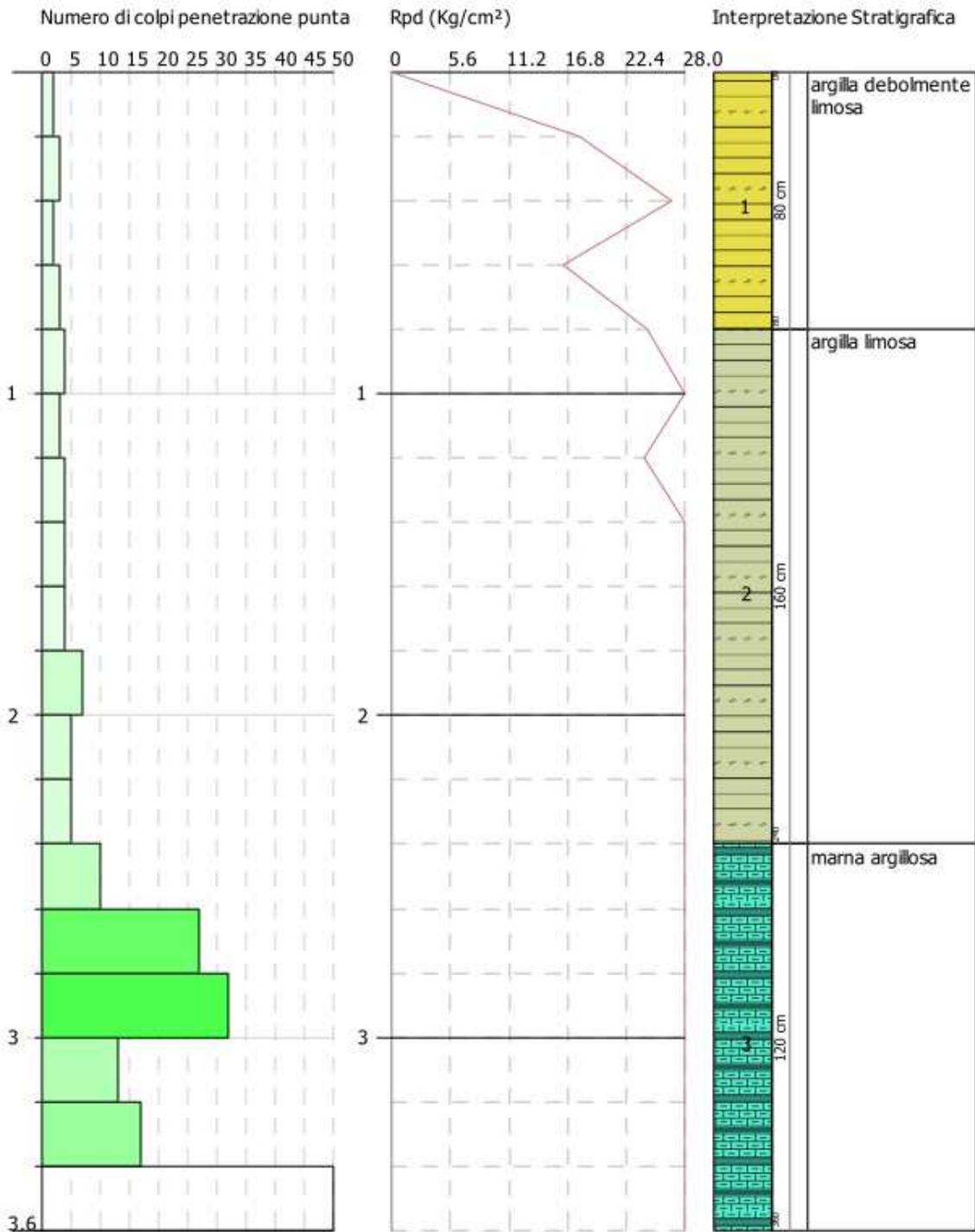
Tav.1.5- Elaborazione dei parametri della DPSH 3.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... DPSHTG 63-200 PAGANI

Committente: Comune Toano
Descrizione: Studio Fattibilità Scuole
Località: Cerredolo

22/01/2022

Scala 1:18



Tav. 1.6- Colonna stratigrafica DPSH 3.

Studio di fattibilità per la realizzazione di un nuovo Polo Scolastico a Cerredolo di Toano (RE)

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 22/01/2022
 Profondita' prova 3.40 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	2	0.855	17.96	21.01	0.90	1.05
0.40	2	0.851	17.88	21.01	0.89	1.05
0.60	4	0.847	32.67	38.57	1.63	1.93
0.80	4	0.843	32.53	38.57	1.63	1.93
1.00	4	0.840	32.39	38.57	1.62	1.93
1.20	15	0.786	113.73	144.65	5.69	7.23
1.40	12	0.833	96.38	115.72	4.82	5.79
1.60	7	0.830	51.74	62.38	2.59	3.12
1.80	5	0.826	36.82	44.55	1.84	2.23
2.00	5	0.823	36.68	44.55	1.83	2.23
2.20	8	0.820	58.46	71.29	2.92	3.56
2.40	5	0.817	36.41	44.55	1.82	2.23
2.60	5	0.814	33.72	41.41	1.69	2.07
2.80	5	0.811	33.60	41.41	1.68	2.07
3.00	7	0.809	46.88	57.97	2.34	2.90
3.20	20	0.756	125.22	165.63	6.26	8.28
3.40	50	0.603	249.86	414.08	12.49	20.70

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm ²)	Velocita' onde di taglio (m/s)	Densita' relativa (%)
Strato (1) argilla debolmente limosa	0.00-1.00	4.70	Coesivo Incoerente	1.74	1.88	27.1	0.29	49.73	47.00	0.34	278.41	78.22	51.32
Strato (2) limo debolmente argilloso	1.00-3.00	10.88	Coesivo Incoerente	1.99	2.19	27.1	0.73	112.76	108.80	0.33	612.84	118.18	66.87
Strato (3) marna argillosa	3.00-3.40	51.45	Coesivo Incoerente	2.50	2.50	27.1	3.47	526.55	514.50	0.25	2640.07	169.31	100

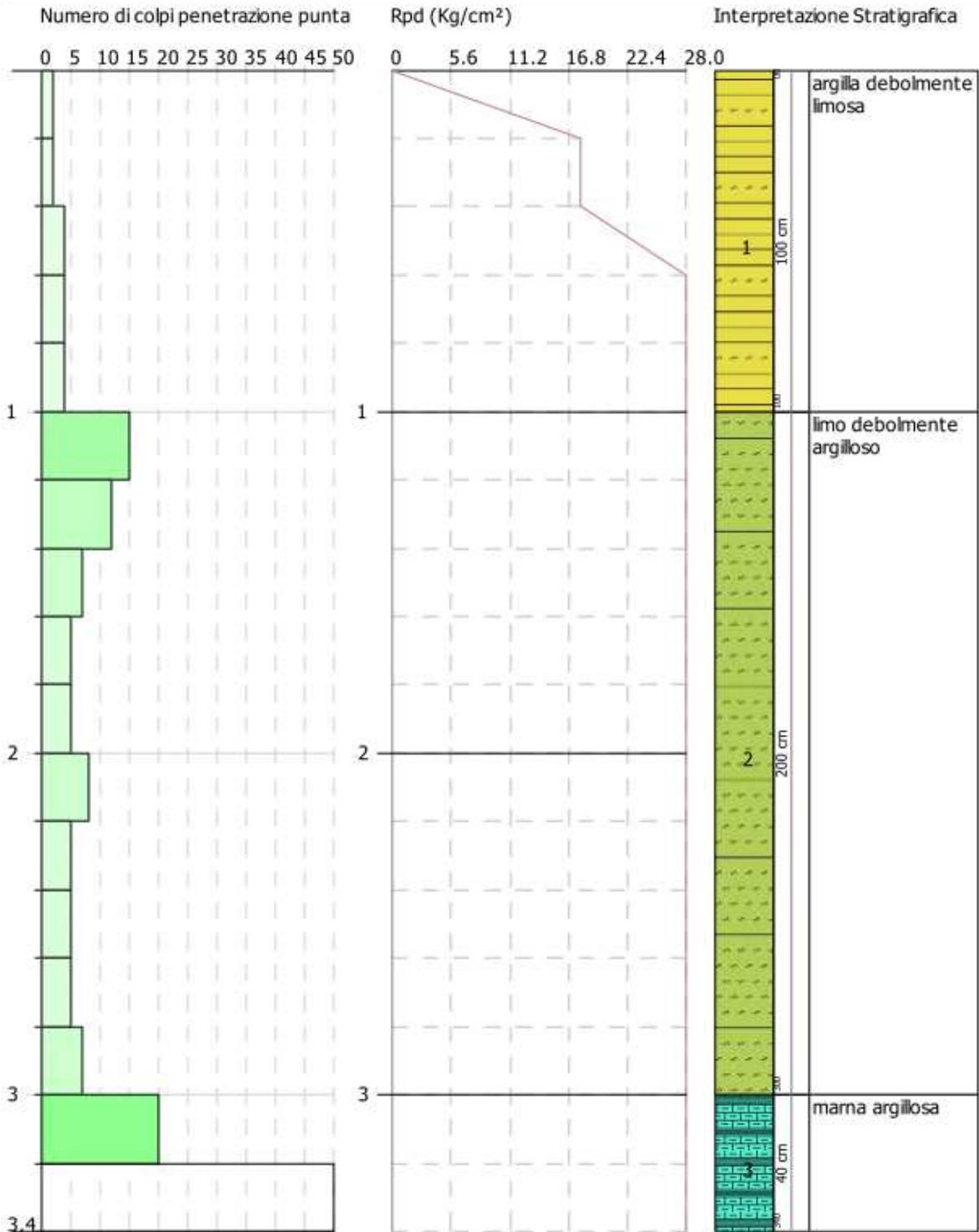
Tav.1.7- Elaborazione dei parametri della DPSH 4.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... DPSHTG 63-200 PAGANI

Committente: Comune Toano
Descrizione: Studio Fattibilità Scuole
Località: Cerredolo

22/01/2022

Scala 1:17



Tav. 1.8- Colonna stratigrafica DPSH 4.

Tavola 2- Elaborazione acquisizione HVSR

Dati generali

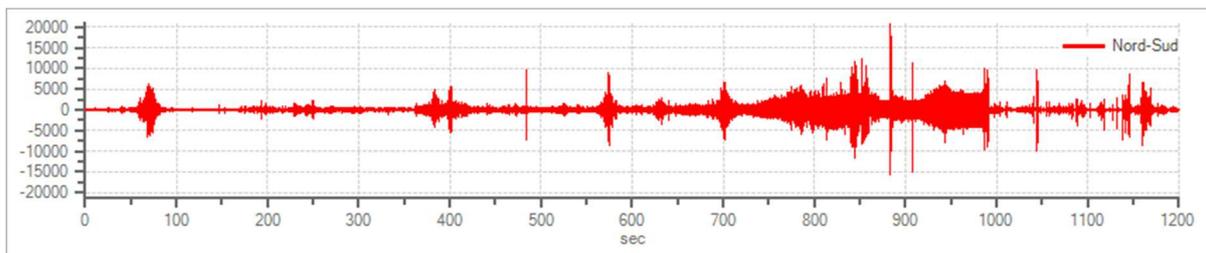
Località: Cerredolo, Toano (RE)- Fattibilità nuove Scuole
Responsabile: Geol. Calicetti Paolo
Data: 25/01/2022

Tracce in input

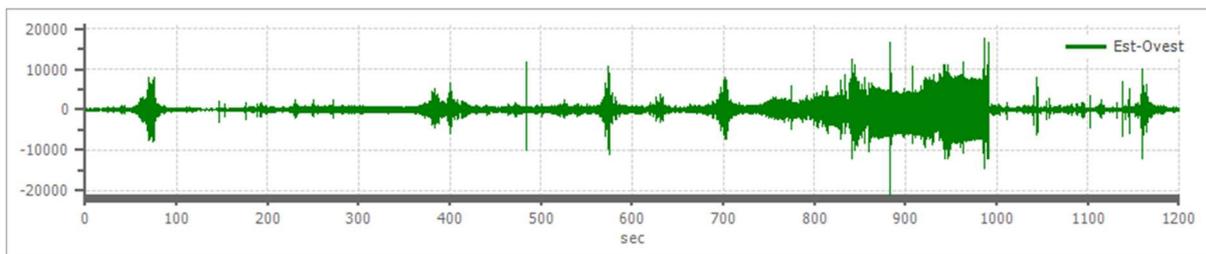
Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 1200 s
Frequenza di campionamento: 300.00 Hz
Numero campioni: 360000
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

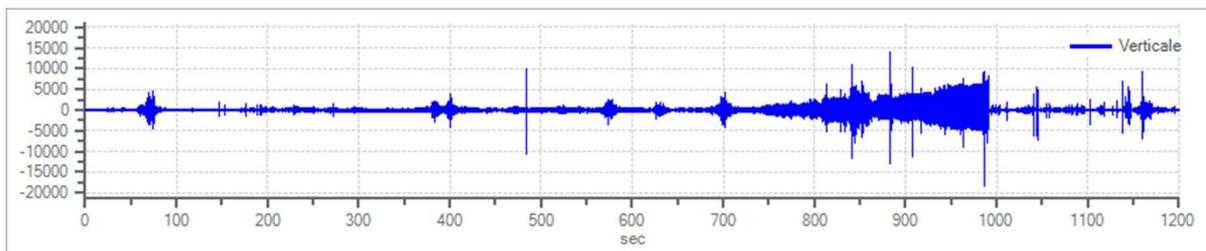
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



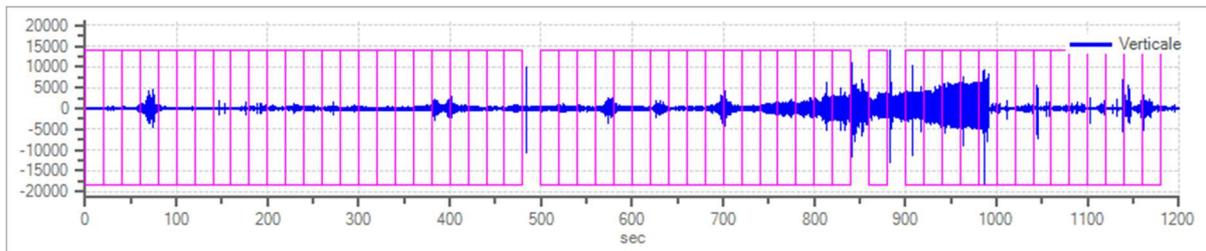
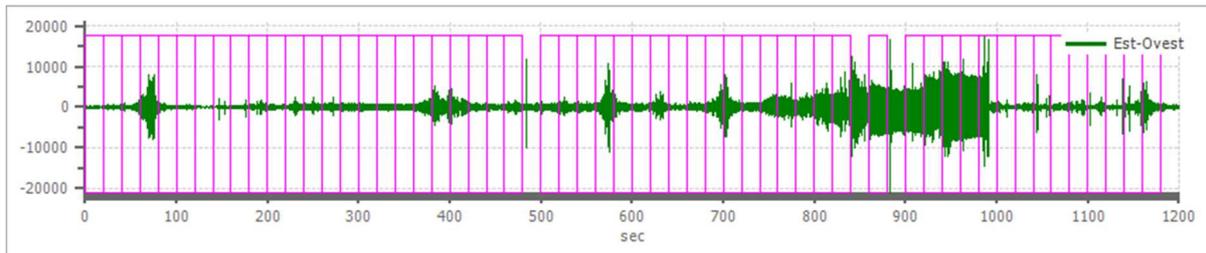
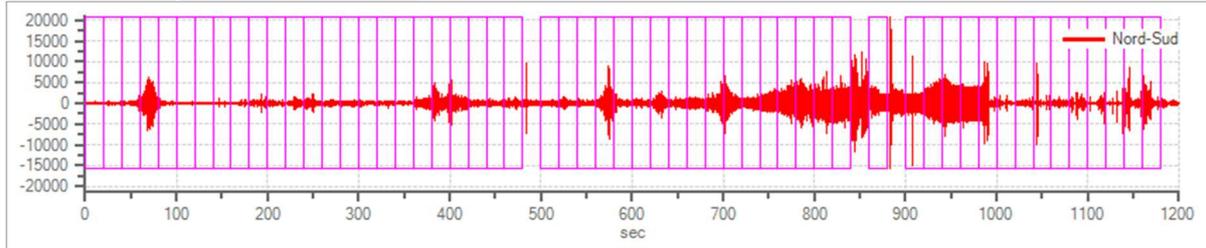
Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

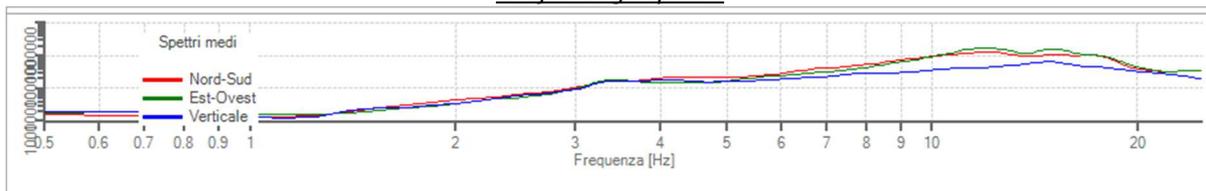
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 56
Numero finestre incluse nel calcolo: 56
Dimensione temporale finestre: 20.000 s
Tipo di lisciamento: Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamento: 10.00 %

Grafici tracce con finestre selezionate:



Grafici degli spettri



Rapporto spettrale H/V

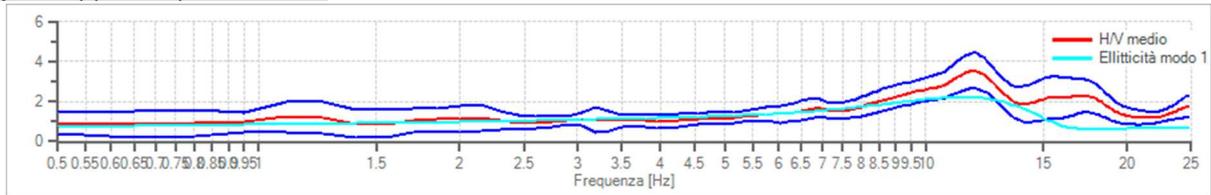
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 25.00 Hz
 Frequenza minima: 0.50 Hz
 Passo frequenze: 0.15 Hz
 Tipo lisciamento: Triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 11.75 Hz ±0.25 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

	Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$		Ok
$n_c(f_0) > 200$		Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$		Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$		Ok

Tutti e tre i criteri devono essere verificati per ritenere l'acquisizione valida

$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Almeno 5/6 dei criteri dovrebbero essere verificati per ritenere chiaro il picco

Modello stratigrafico

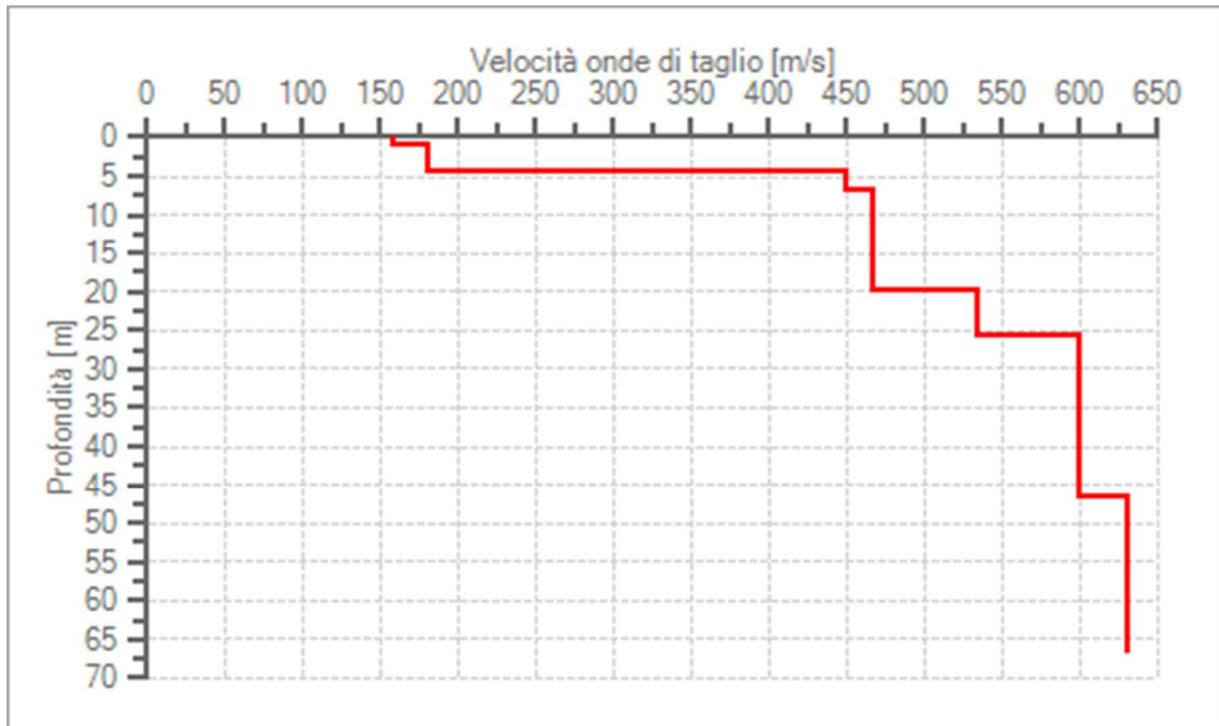
Dati riepilogativi:

Numero strati: 7
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 11.45 Hz
 Valore di disadattamento: -1.00
 Valore Vseq: 392.81 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità	Coeff. di Poisson	Velocità onde di
--------	----------------	--------------	----------------	-------------------	------------------

			di Vol. [kN/m ³]		taglio [m/s]
1	0	1	19	0.3	158
2	1	3.3	20	0.3	180
3	4.3	2.5	20	0.3	450
4	6.8	13	22	0.3	466
5	19.8	6	22	0.3	533
6	25.8	21	22	0.3	600
7	46.8	20	22	0.3	630



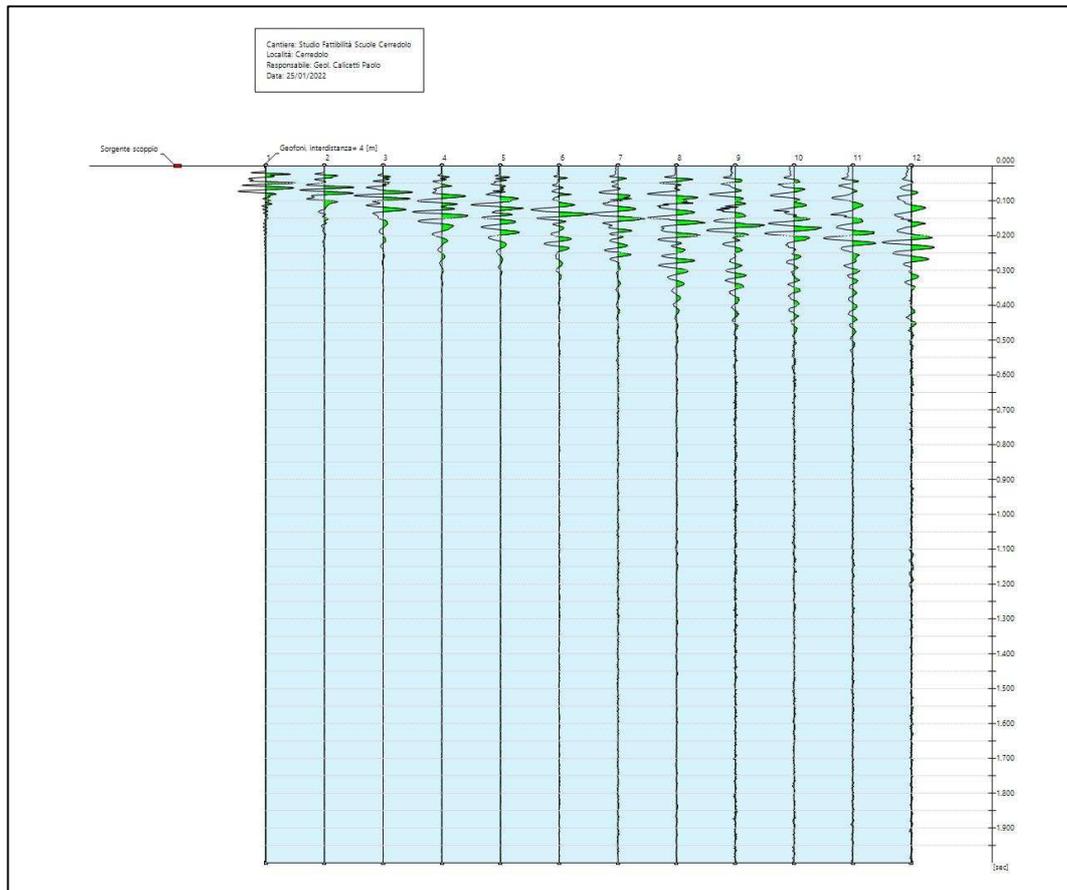
Profilo delle velocità delle onde di taglio.

Tavola 3- Elaborazione acquisizione Masw

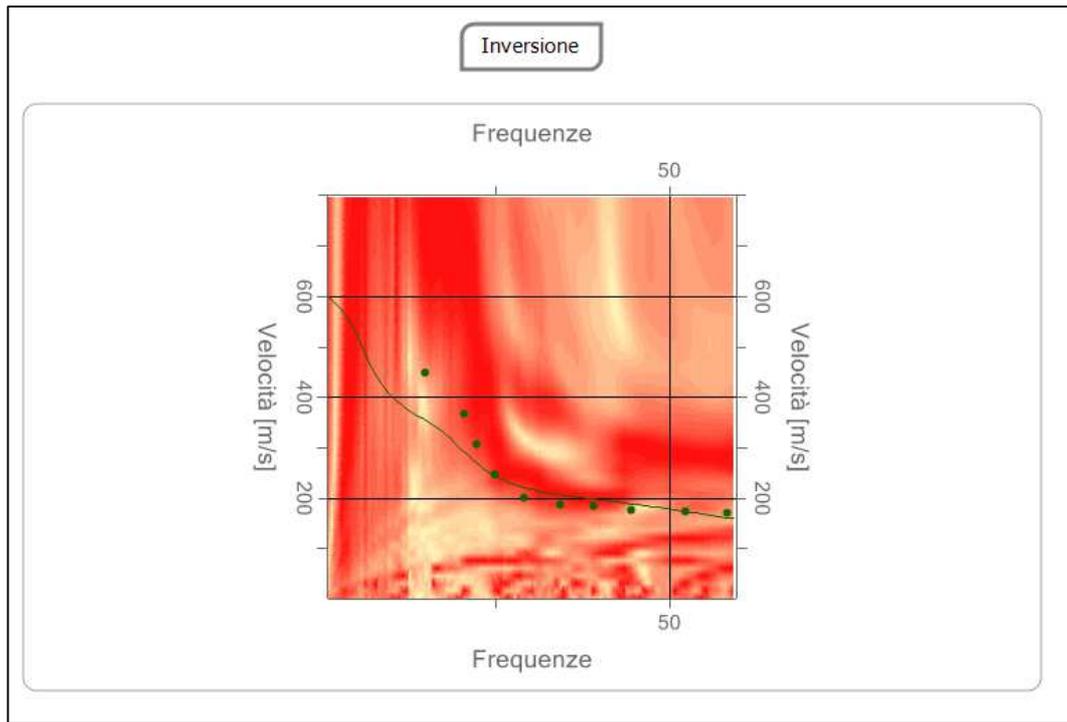
Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	4.0
Periodo di	1.00

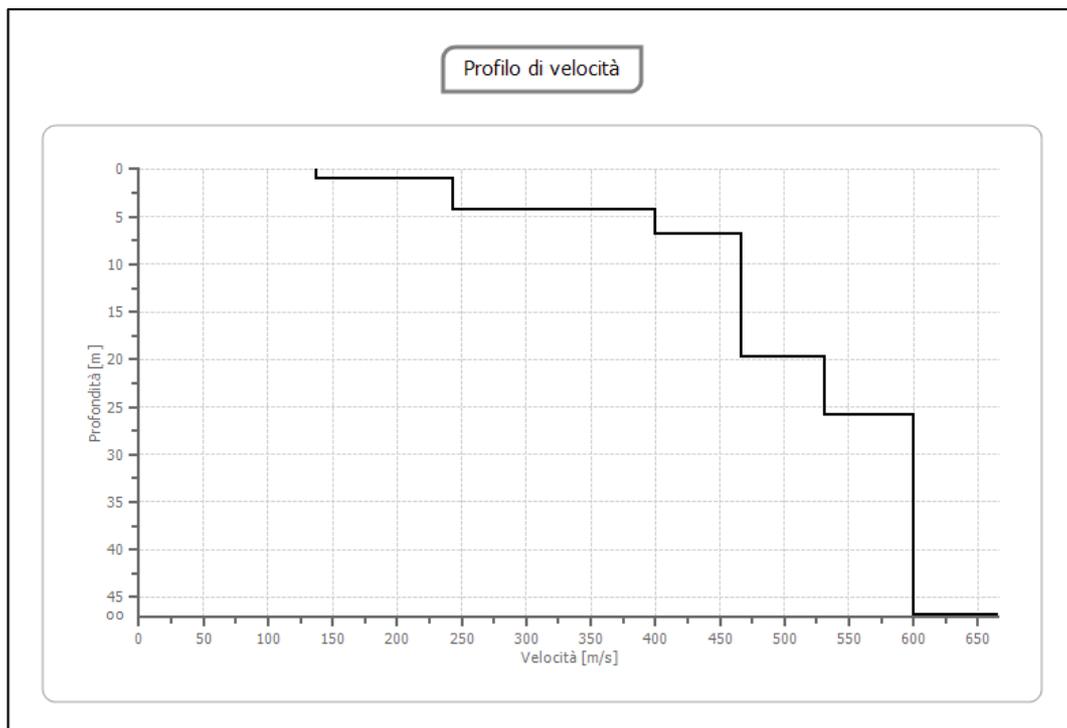
campionamento [msec]



Tav. 2.1- Acquisizione del segnale



Tav. 3.2- Inversione del segnale

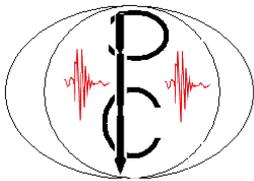


Tav. 2.2- Il grafico illustra le velocità del segnale alle varie profondità

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente e Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.00	1.00	1700.0	0.30	No	256.7	137.2
2	4.30	3.30	1800.0	0.30	No	454.5	242.9
3	6.80	2.50	2000.0	0.30	No	748.3	400.0
4	19.80	13.00	2000.0	0.30	No	873.1	466.7
5	25.80	6.00	2000.0	0.30	No	992.6	530.6
6	46.80	21.00	2000.0	0.30	Si	1122.5	600.0
7	∞	∞	2200.0	0.30	Si	1244.2	665.1

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	409.35
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo 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.



STUDIO GEOLOGICO CALICETTI PAOLO

VIA LOMBARDIA 46, CASTELNUOVO RANGONE, 41051 (MO)

CLCPLA85H14G393Q

Telefono: 3476656452

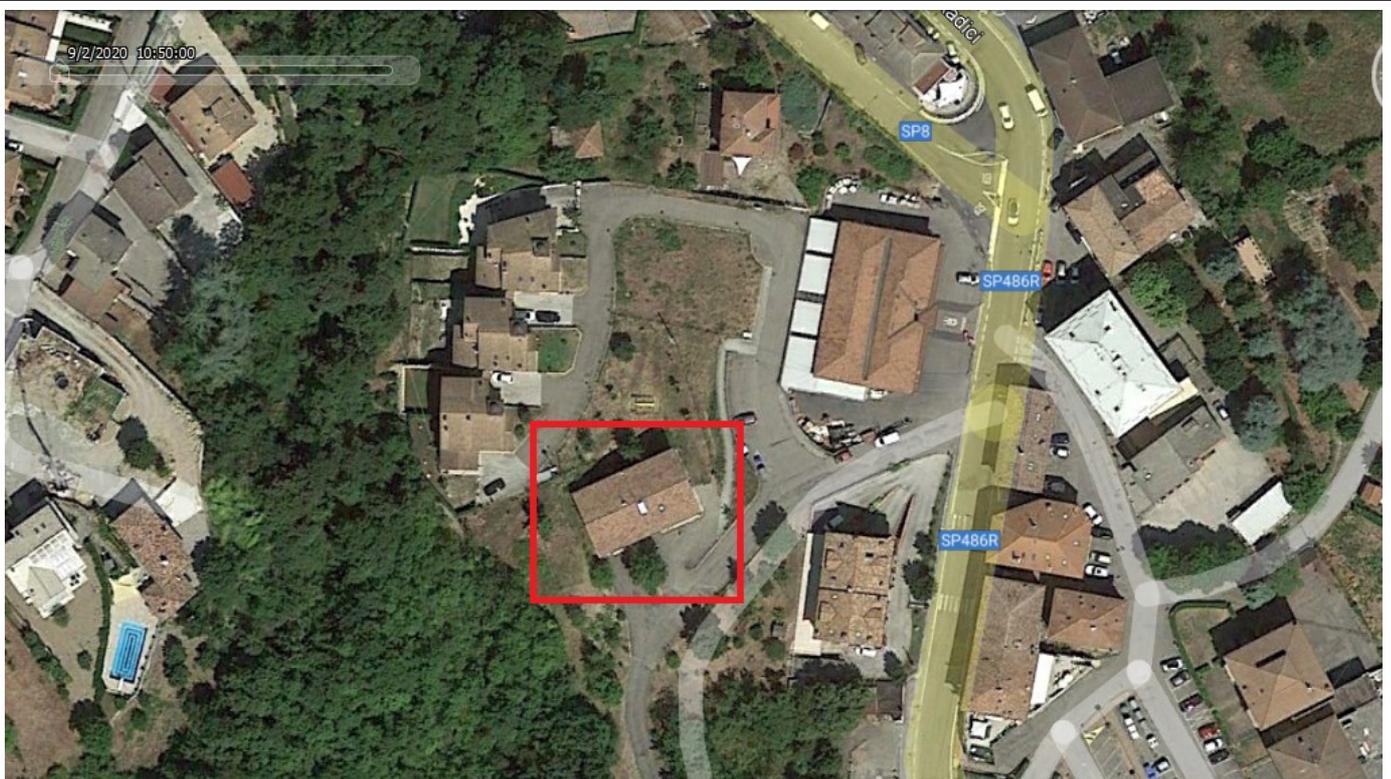
P.I 03533010363

E-mail: paolo.calicetti@gmail.com

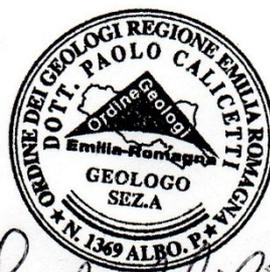
INTEGRAZIONE DELLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E
SISMICA

OGGETTO: LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO POLO SCOLASTICO

LUOGO: Corso Volontari del sangue, Cerredolo Toano (RE).



Il tecnico: Calicetti Geol. Paolo



Paolo Calicetti

aprile 2023

Sommario

Sommario	1
1. Introduzione	3
2. Analisi della risposta sismica locale	3
2.1 Spettro di risposta per SLV	4
2.2 Spettro di risposta per SLD	11
2.3 Spettro di risposta per SLO	18
3. Verifica di stabilità del versante	25

1. Introduzione

Il presente elaborato è da considerarsi parte integrante della relazione geologica svolta nel mese di gennaio 2022 su incarico del Comune di Toano finalizzato a determinare i parametri geotecnici e sismici per le verifiche all'interazione opera-terreno riguardanti la realizzazione di una nuova struttura scolastica a Cerredolo nel Comune di Toano (RE). Nei capitoli seguenti sono riportati la Risposta Sismica Locale e la verifica di stabilità della scarpata.

2. Analisi della risposta sismica locale

La RSL di terzo livello permette di determinare i seguenti parametri:

- accelerazione di picco orizzontale (PGA);
- intensità spettrale (spettro risposta in accelerazione);
- intensità spettrale (spettro risposta in velocità);

Per determinare lo spessore della coltre di copertura sono state eseguite le indagini penetrometriche, un'indagine sismica del tipo HVSR, un'indagine sismica tipo masw e dati bibliografici d'indagini d'archivio.

La risposta sismica locale e quindi l'accelerazione calcolata dal bedrock sismico alla superficie è stata calcolata in termini di SLV, SLD e SLO. Tra i diversi programmi di calcolo per eseguire modellazioni numeriche ai fini della valutazione della risposta sismica locale, è stato utilizzato il programma RSL della Geo-Stru

Secondo le indicazioni fornite dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani DMBI11, Si può assumere, quale evento sismico di riferimento, l'evento 12 marzo 1873 Appennino Marchigiano (Mw 5,9).

Per il calcolo di Risposta sismica locale al p.d.c. attuale si è inserito il profilo del terreno sino alla profondità del bedrock sismico.

L'elaborazione, svolta sui 7 terremoti di riferimento, ha fornito i risultati, in termini di spettro di risposta elastico in accelerazione massima orizzontale in superficie, per un valore di smorzamento critico pari al 5%.

La ricerca nella banca dati accelerometrica europea ha fornito alcune registrazioni di time-history, che comunque non sono risultate spettro compatibili con quello ottenuto dall'analisi di pericolosità. Si è ritenuto di procedere alla creazione di 7 accelerogrammi sintetici artificiali, utilizzando il software SEISM-HOME, messo a punto dalla Fondazione Eucentre (Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica, Via

A. Ferrata, 1 – Pavia, Italy). Tali accelerogrammi possono essere usati direttamente per analisi di sistemi strutturali o geotecnici posti su terreno roccioso, o come input per analisi di risposta sismica locale in caso di terreno non roccioso (Rota M., Zuccolo E., Taverna L., Corigliano M., Lai C.G., Penna A. [2012] “Mesozonation of the Italian territory for the definition of real spectrum-compatible accelerograms”, Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 10, No. 5, pp. 1357-1375). Tramite una procedura ottimizzata (Corigliano et al, 2012) è stato selezionato l’insieme migliore di accelerogrammi spettro-compatibili registrati su suolo di categoria A (roccioso) e disponibili nelle principali banche dati accelerometriche mondiali accreditate.

Tutti gli accelerogrammi sono stati scalati in modo che la loro accelerazione massima corrisponda al valore di arefg (PGA0) relativa ad ogni Stato limite.

2.1 Spettro di risposta per SLV

Classe d’uso edificio:	3;
Coefficiente d’uso (Cu)	1.5;
Vita nominale edificio (Vn):	50 anni;
Periodo di riferimento (Vr):	100 anni;
Stato limite:	Salvaguardia della vita (SLV);
Probabilità di superamento:	5%;
Tr:	712 [anni];
ag:	0,181 g [PGA0].
Coordinate:	44.403129,10.618338

A partire dagli accelerogrammi prescelti si sono definiti gli spettri di risposta dell’oscillatore armonico tipo ad un grado di libertà, in funzione del periodo proprio della struttura e per uno smorzamento tipico del 5%. Lo spettro orizzontale di risposta medio, fornito in forma numerica nella tabella che segue, è di seguito confrontato con lo spettro orizzontale di risposta relativo alla categoria di sottosuolo C e B definibile attraverso un approccio semplificato (NTC_2018):

La forma grafica dello spettro in accelerazione nel sito di riferimento (RSL) è di seguito confrontato con lo spettro di risposta relativo alla categoria di sottosuolo C e B per lo stesso Stato Limite (SLV).

A seguito si riportano i calcoli effettuati con il programma Geo-stru:

Elaborazione

Numero di iterazioni	8
Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima	0.5
Tipo di modulo elastico	Shake

Massimo errore percentuale di convergenza 2.92 E00

Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.250 [s]
Tvi	2.100 [s]
Tao	0.250 [s]
Tvo	0.780 [s]
Sami	4.218 [m/s ²]
Svmi	0.273 [m/s]
Samo	5.261 [m/s ²]
Svmo	0.325 [m/s]
Fa	1.247 [-]
Fv	1.192 [-]
TB	0.130 [s]
TC	0.389 [s]
TD	2.332 [s]
SA(0)	1.794 [m/s ²]
SA(TB)	5.261 [m/s ²]

Stratigrafia

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m ³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	--	3.5	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	86.52	--	20.0	206.0	35.0
2	3.5	2.5	Seed et al. (1986) Gravel	412.84	--	20.0	450.0	95.0
3	6.0	14.0	Seed et al. (1986) Gravel	487.00	--	22.0	466.0	274.0
4	20.0	6.0	Seed et al. (1986) Gravel	637.10	--	22.0	533.0	494.0
5	26.0	21.0	Seed et al. (1986) Gravel	807.34	--	22.0	600.0	791.0
6	47.0	20.0	Seed et al. (1986) Gravel	1131.25	--	24.0	680.0	1262.0
7	67.0	20.0	Seed et al. (1986) Gravel	1198.78	--	24.0	700.0	1742.0
8	87.0	20.0	Seed et al. (1986) Gravel	1228.05	--	22.0	740.0	2202.0
9	oo	--	Smorzamento costante	1435.27	--	22.0	800.0	2422.0

Strato rilevamento accelerogramma:

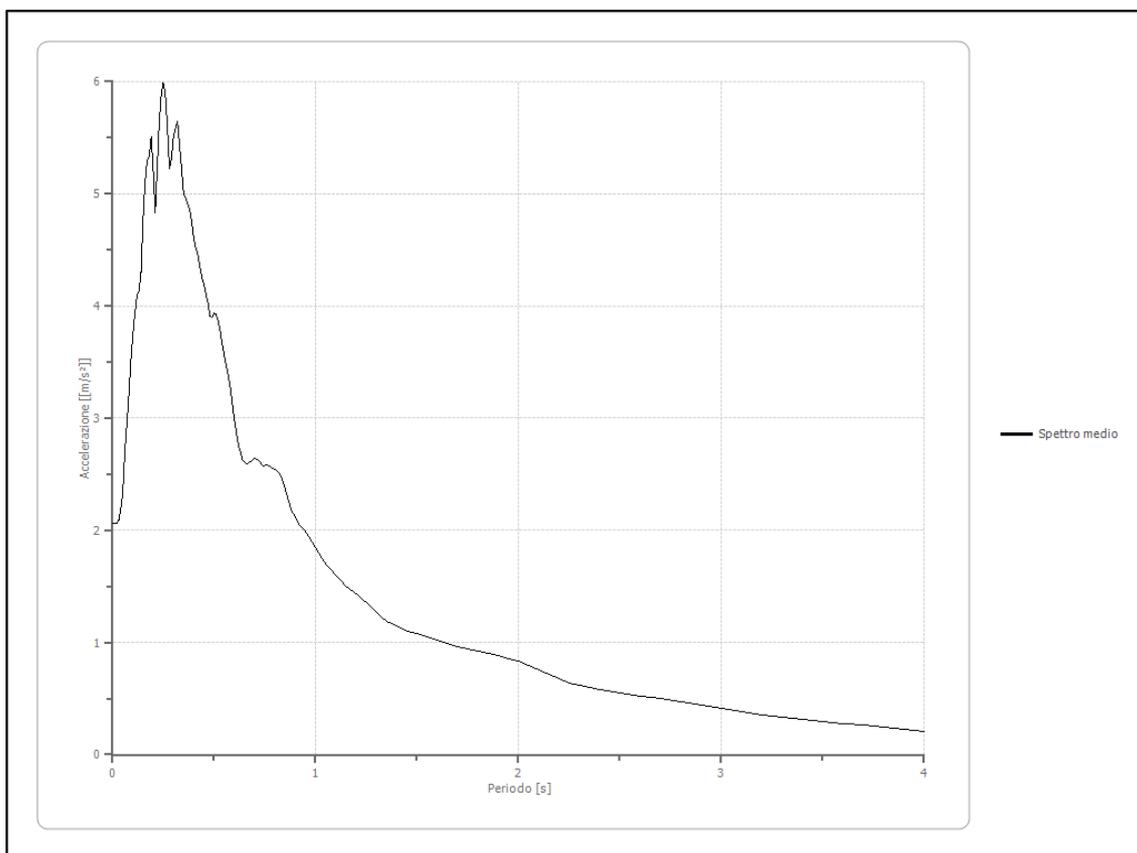
9 Affiorante

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minimo [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.069	0.088	0.200	1.266
0.500	1.000	0.118	0.162	0.500	1.371
1.000	1.500	0.114	0.152	0.667	1.334

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]								
0.00	2.0616	0.26	5.8789	0.52	3.8672	0.98	1.9074	2.25	0.6426
0.01	2.0617	0.27	5.5905	0.53	3.7825	1.00	1.8463	2.30	0.6155
0.02	2.0617	0.28	5.2285	0.54	3.6551	1.05	1.7002	2.35	0.5988
0.03	2.0920	0.29	5.3131	0.55	3.5634	1.10	1.6017	2.40	0.5803
0.04	2.1898	0.30	5.5134	0.56	3.4639	1.15	1.5014	2.50	0.5483
0.05	2.3385	0.31	5.5787	0.57	3.3770	1.20	1.4326	2.60	0.5214
0.06	2.6878	0.32	5.6460	0.58	3.2655	1.25	1.3587	2.70	0.4975
0.07	2.9418	0.33	5.4347	0.60	2.9829	1.30	1.2629	2.80	0.4688
0.08	3.2045	0.34	5.2149	0.62	2.7619	1.35	1.1875	2.90	0.4377
0.09	3.5208	0.35	5.0101	0.64	2.6360	1.40	1.1461	3.00	0.4107
0.10	3.7550	0.36	4.9570	0.66	2.5883	1.45	1.1039	3.10	0.3837
0.11	3.9419	0.37	4.9086	0.68	2.6119	1.50	1.0772	3.20	0.3575
0.12	4.0910	0.38	4.8535	0.70	2.6439	1.55	1.0505	3.30	0.3358
0.13	4.1361	0.39	4.7400	0.72	2.6230	1.60	1.0206	3.40	0.3157
0.14	4.2969	0.40	4.6079	0.74	2.5737	1.65	0.9894	3.50	0.2966
0.15	4.7679	0.41	4.5182	0.76	2.5850	1.70	0.9615	3.60	0.2769
0.16	5.1018	0.42	4.4559	0.78	2.5648	1.75	0.9454	3.70	0.2616
0.17	5.3011	0.43	4.3485	0.80	2.5442	1.80	0.9243	3.80	0.2451
0.18	5.3315	0.44	4.2507	0.82	2.5093	1.85	0.9007	3.90	0.2276
0.19	5.5062	0.45	4.1952	0.84	2.4393	1.90	0.8806	4.00	0.2107
0.20	5.2162	0.46	4.1002	0.86	2.3087	1.95	0.8559		
0.21	4.8349	0.47	4.0240	0.88	2.1834	2.00	0.8300		
0.22	5.2380	0.48	3.9062	0.90	2.1180	2.05	0.7969		
0.23	5.6438	0.49	3.8998	0.92	2.0530	2.10	0.7608		
0.24	5.8897	0.50	3.9386	0.94	2.0129	2.15	0.7201		
0.25	5.9908	0.51	3.9314	0.96	1.9676	2.20	0.6787		

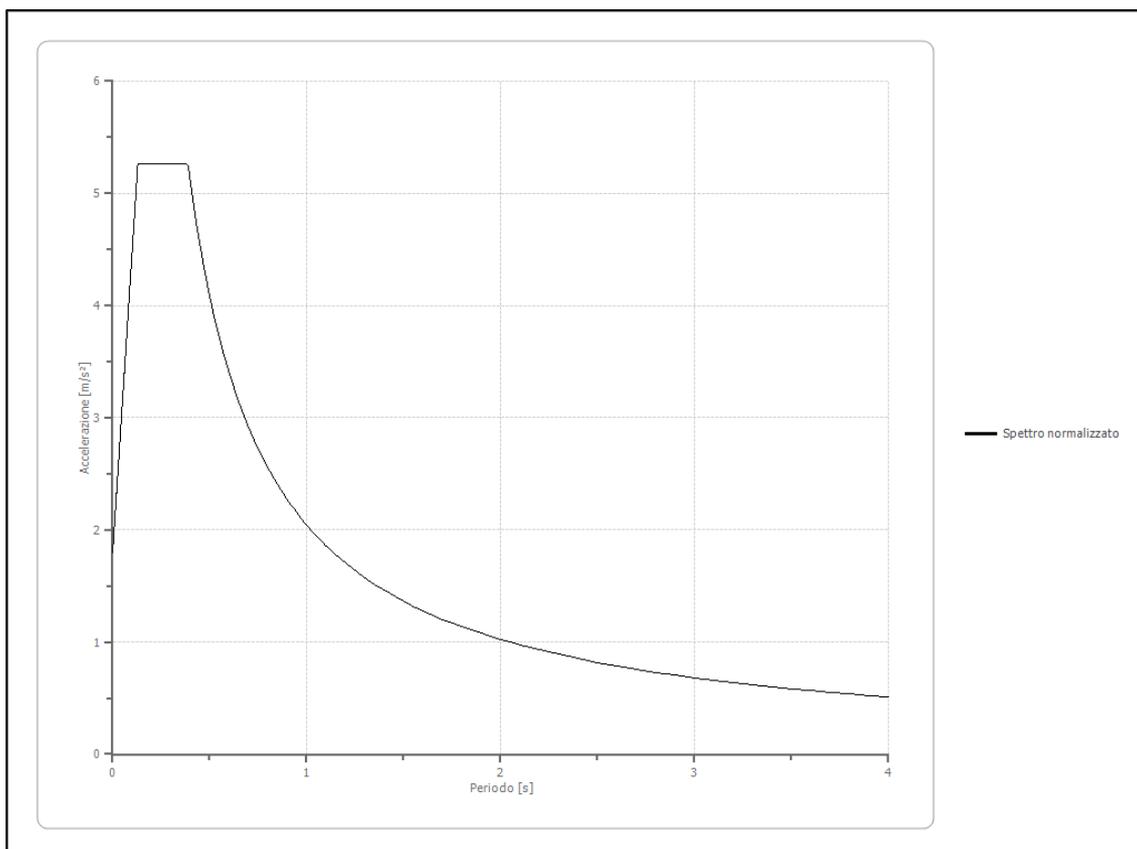


Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]								
0.00	1.7941	0.26	5.2607	0.52	3.9323	0.98	2.0865	2.25	0.9088
0.01	2.0617	0.27	5.2607	0.53	3.8581	1.00	2.0448	2.30	0.8890
0.02	2.3292	0.28	5.2607	0.54	3.7867	1.05	1.9474	2.35	0.8701
0.03	2.5968	0.29	5.2607	0.55	3.7178	1.10	1.8589	2.40	0.8520
0.04	2.8643	0.30	5.2607	0.56	3.6514	1.15	1.7781	2.50	0.8179
0.05	3.1319	0.31	5.2607	0.57	3.5874	1.20	1.7040	2.60	0.7865
0.06	3.3994	0.32	5.2607	0.58	3.5255	1.25	1.6358	2.70	0.7573
0.07	3.6670	0.33	5.2607	0.60	3.4080	1.30	1.5729	2.80	0.7303
0.08	3.9345	0.34	5.2607	0.62	3.2981	1.35	1.5147	2.90	0.7051
0.09	4.2021	0.35	5.2607	0.64	3.1950	1.40	1.4606	3.00	0.6816
0.10	4.4696	0.36	5.2607	0.66	3.0982	1.45	1.4102	3.10	0.6596
0.11	4.7372	0.37	5.2607	0.68	3.0071	1.50	1.3632	3.20	0.6390
0.12	5.0047	0.38	5.2607	0.70	2.9211	1.55	1.3192	3.30	0.6196
0.13	5.2607	0.39	5.2431	0.72	2.8400	1.60	1.2780	3.40	0.6014
0.14	5.2607	0.40	5.1120	0.74	2.7632	1.65	1.2393	3.50	0.5842
0.15	5.2607	0.41	4.9873	0.76	2.6905	1.70	1.2028	3.60	0.5680
0.16	5.2607	0.42	4.8686	0.78	2.6215	1.75	1.1685	3.70	0.5526
0.17	5.2607	0.43	4.7554	0.80	2.5560	1.80	1.1360	3.80	0.5381
0.18	5.2607	0.44	4.6473	0.82	2.4937	1.85	1.1053	3.90	0.5243
0.19	5.2607	0.45	4.5440	0.84	2.4343	1.90	1.0762	4.00	0.5112

0.20	5.2607	0.46	4.4452	0.86	2.3777	1.95	1.0486		
0.21	5.2607	0.47	4.3506	0.88	2.3236	2.00	1.0224		
0.22	5.2607	0.48	4.2600	0.90	2.2720	2.05	0.9975		
0.23	5.2607	0.49	4.1731	0.92	2.2226	2.10	0.9737		
0.24	5.2607	0.50	4.0896	0.94	2.1753	2.15	0.9511		
0.25	5.2607	0.51	4.0094	0.96	2.1300	2.20	0.9295		

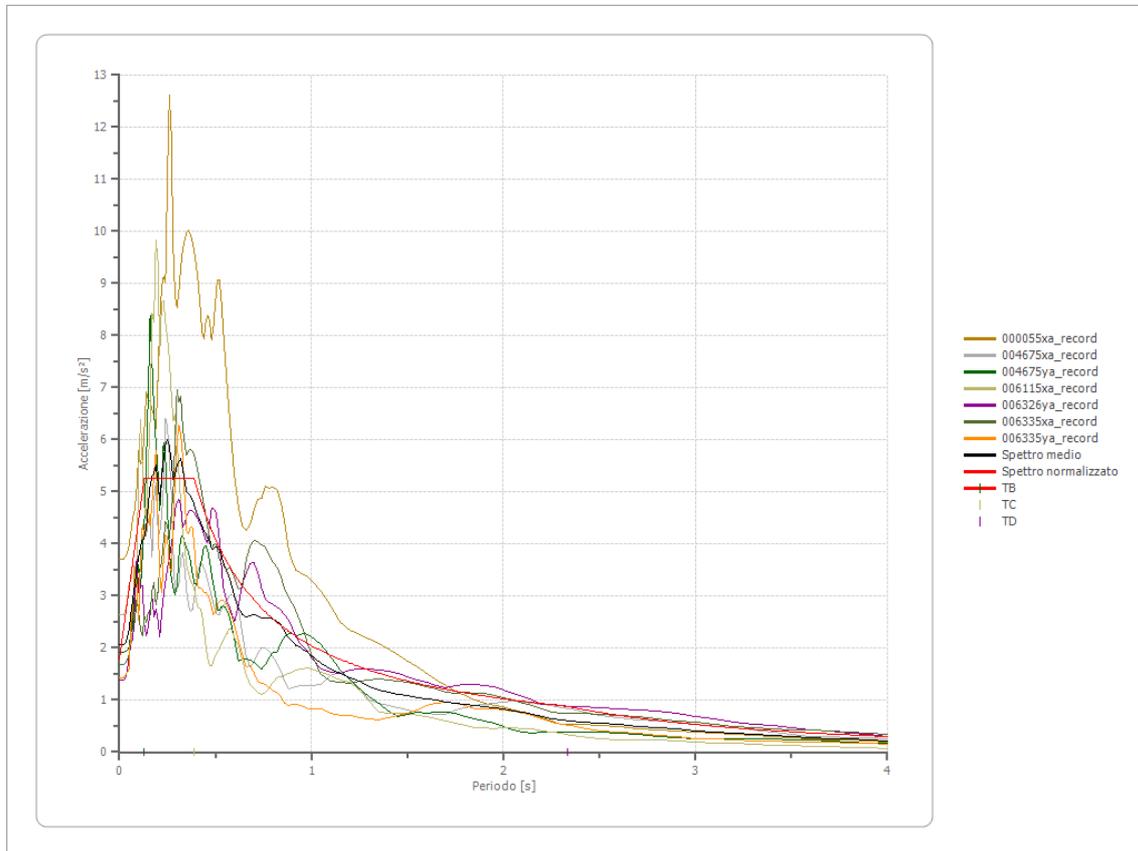
Ag/g: 0,182



Parametri spettro normalizzato

Ag [m/s ²]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s ²]	Se(TB) [m/s ²]	S
1.794	2.932145	--	0.130	0.389	2.332	1.794	5.261	1.010

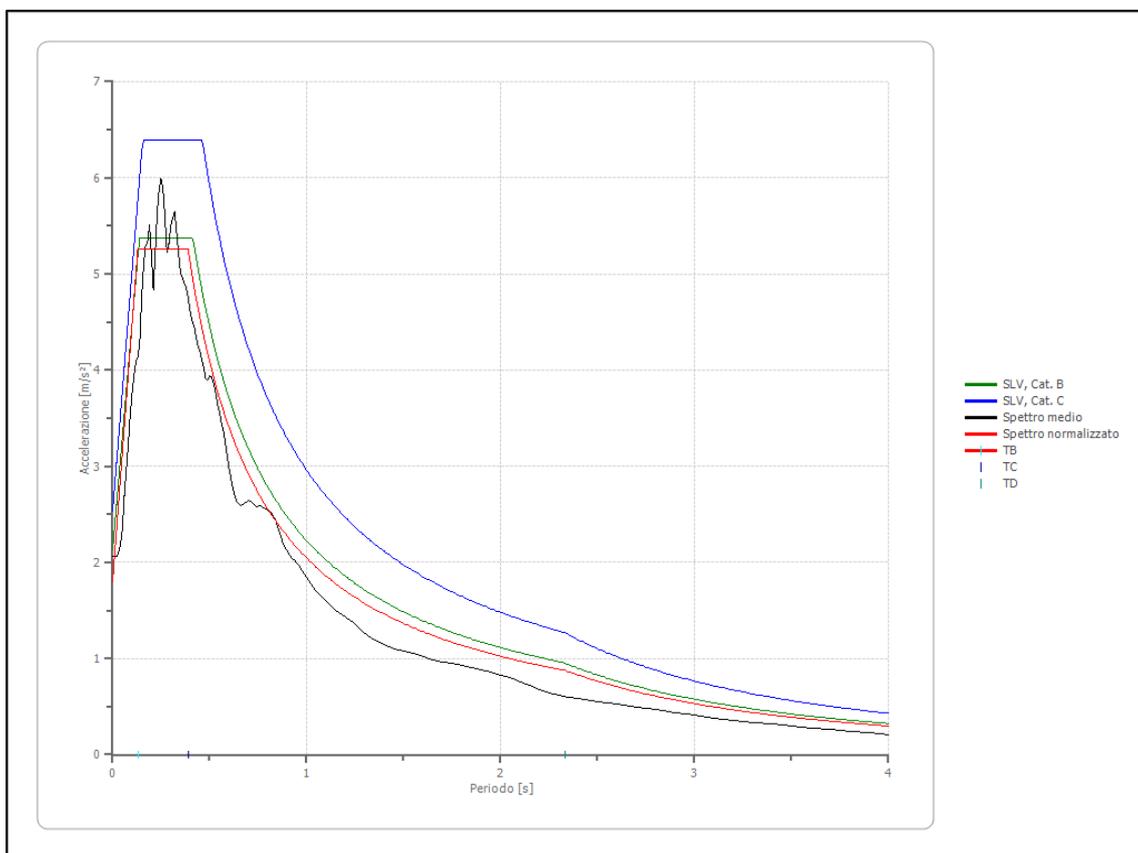
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

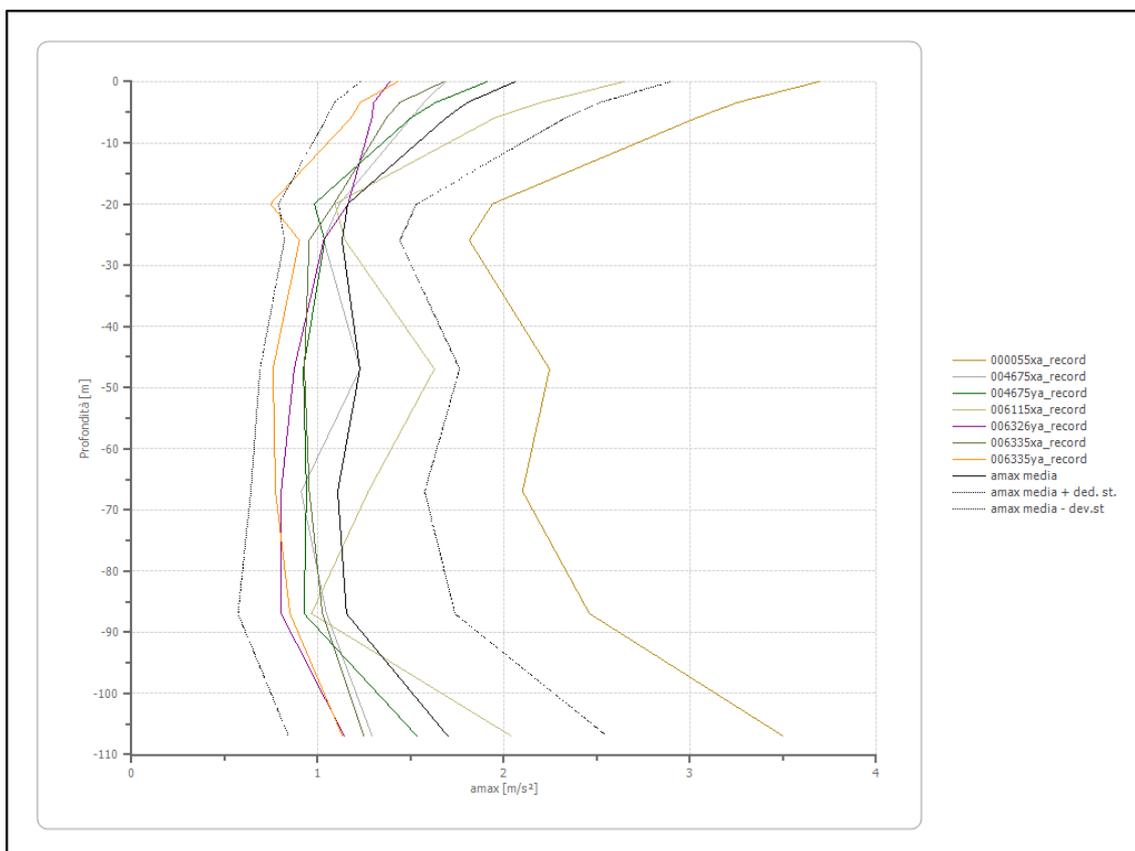
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività à SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguardia ia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B	Operatività à SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardia ia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [m/s ²]	0.647	0.795	1.776	2.197	0.647	0.795	1.776	2.197
Fo	2.489	2.501	2.522	2.547	2.489	2.501	2.522	2.547
Tc* [s]	0.259	0.269	0.295	0.305	0.259	0.269	0.295	0.305
Ss	1.20	1.20	1.20	1.17	1.50	1.50	1.43	1.36
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.44	1.43	1.40	1.39	1.64	1.62	1.57	1.55
TB [s]	0.124	0.128	0.138	0.142	0.142	0.145	0.154	0.158
TC [s]	0.373	0.385	0.414	0.425	0.425	0.436	0.463	0.474
TD [s]	1.864	1.924	2.324	2.496	1.864	1.924	2.324	2.496
Se(0) [m/s ²]	0.776	0.954	2.131	2.575	0.971	1.193	2.533	2.983
Se(TB) [m/s ²]	1.932	2.386	5.375	6.557	2.416	2.982	6.387	7.598



Profilo a max

	0.0 [m]	3.5 [m]	6.0 [m]	20.0 [m]	26.0 [m]	47.0 [m]	67.0 [m]	87.0 [m]	107.0 [m]
000055xa_re cord [m/s ²]	3.693	3.254	3.034	1.939	1.814	2.245	2.100	2.460	3.499
004675xa_re cord [m/s ²]	1.687	1.570	1.501	1.117	1.032	1.227	0.911	1.046	1.292
004675ya_re cord [m/s ²]	1.911	1.633	1.499	0.981	1.038	0.923	0.939	0.926	1.533
006115xa_re cord [m/s ²]	2.645	2.196	1.949	1.093	1.147	1.627	1.272	0.967	2.039
006326ya_re cord [m/s ²]	1.386	1.301	1.291	1.163	1.032	0.873	0.803	0.804	1.142
006335xa_re cord [m/s ²]	1.679	1.440	1.369	1.088	0.954	0.928	0.955	1.025	1.248
006335ya_re cord [m/s ²]	1.430	1.229	1.179	0.746	0.902	0.760	0.773	0.851	1.132
media [m/s ²]	2.062	1.803	1.689	1.161	1.131	1.226	1.108	1.154	1.698
Dev. St. [m/s ²]	0.833	0.714	0.641	0.370	0.311	0.536	0.467	0.582	0.855



2.2 Spettro di risposta per SLD

Classe d'uso edificio:	3;
Coefficiente d'uso (C_u)	1.5;
Vita nominale edificio (V_n):	50 anni;
Periodo di riferimento (V_r):	100 anni;
Stato limite:	Salvaguardia della vita (SLD);
Probabilità di superamento:	63%;
T_r :	75 [anni];
ag:	0,081 g [PGA0].
Coordinate:	44.403129,10.618338

A partire dagli accelerogrammi prescelti si sono definiti gli spettri di risposta dell'oscillatore armonico tipo ad un grado di libertà, in funzione del periodo proprio della struttura e per uno smorzamento tipico del 5%. Lo spettro orizzontale di risposta medio, fornito in forma numerica nella tabella che segue, è di seguito confrontato con lo spettro orizzontale di risposta relativo alla categoria di sottosuolo C e B definibile attraverso un approccio semplificato (NTC_2018):

La forma grafica dello spettro in accelerazione nel sito di riferimento (RSL) è di seguito confrontato con lo spettro di risposta relativo alla categoria di sottosuolo C e B per lo stesso Stato Limite (SLD).

A seguito si riportano i calcoli effettuati con il programma Geo-stru:

Elaborazione

Numero di iterazioni 8
 Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5
 Tipo di modulo elastico Shake
 Massimo errore percentuale di convergenza 1.15 E-01

Fattori di amplificazione ICMS 2018

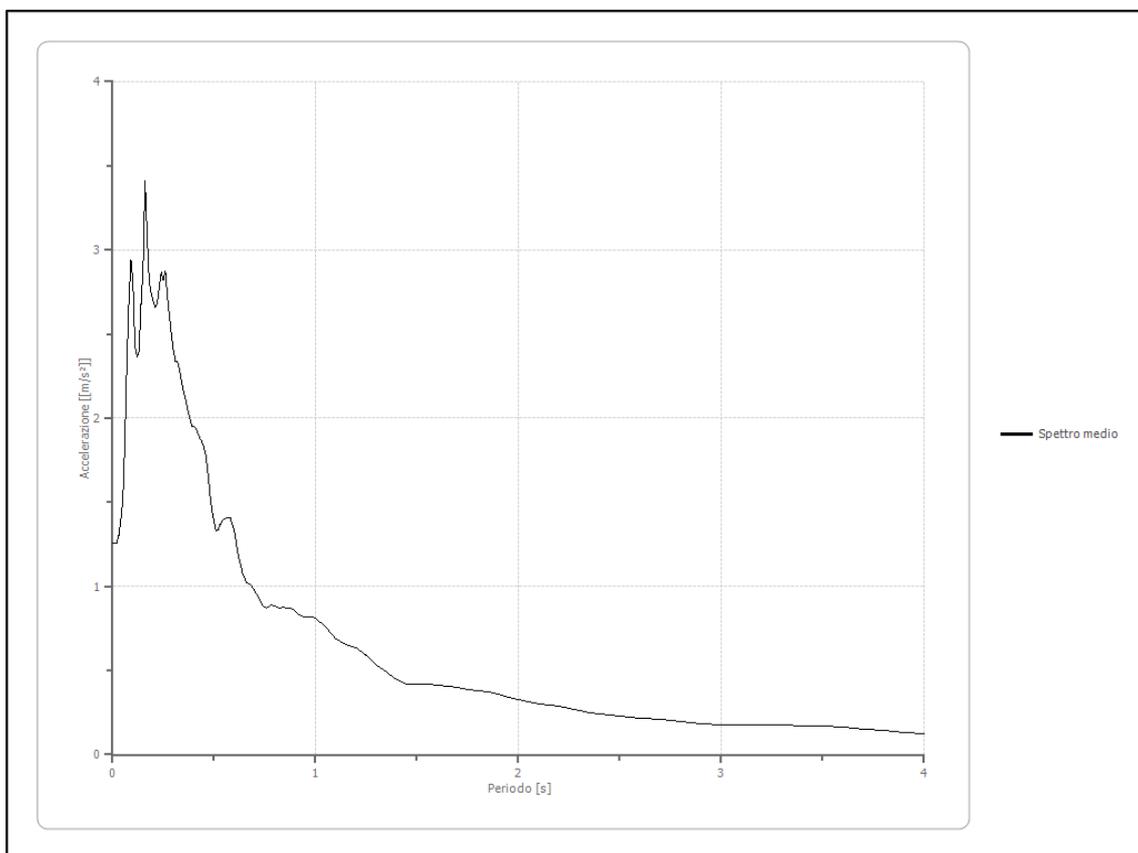
Tai	0.160 [s]
Tvi	1.050 [s]
Tao	0.160 [s]
Tvo	1.100 [s]
Sami	2.030 [m/s ²]
Svmi	0.107 [m/s]
Samo	2.759 [m/s ²]
Svmo	0.139 [m/s]
Fa	1.359 [-]
Fv	1.299 [-]
TB	0.105 [s]
TC	0.316 [s]
TD	2.048 [s]
SA(0)	1.100 [m/s ²]
SA(TB)	2.759 [m/s ²]

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.030	0.042	0.200	1.387
0.500	1.000	0.046	0.063	0.500	1.365
1.000	1.500	0.053	0.067	0.667	1.268

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]								
0.00	1.2569	0.26	2.8723	0.52	1.3368	0.98	0.8205	2.25	0.2754
0.01	1.2571	0.27	2.7188	0.53	1.3658	1.00	0.8129	2.30	0.2625
0.02	1.2570	0.28	2.6029	0.54	1.3880	1.05	0.7578	2.35	0.2516
0.03	1.3005	0.29	2.4937	0.55	1.4024	1.10	0.6846	2.40	0.2425
0.04	1.3975	0.30	2.4027	0.56	1.4069	1.15	0.6567	2.50	0.2266
0.05	1.5031	0.31	2.3363	0.57	1.4106	1.20	0.6347	2.60	0.2156
0.06	1.8463	0.32	2.3390	0.58	1.4050	1.25	0.5887	2.70	0.2084
0.07	2.3218	0.33	2.2868	0.60	1.3319	1.30	0.5305	2.80	0.1953
0.08	2.6868	0.34	2.2123	0.62	1.1797	1.35	0.4910	2.90	0.1821
0.09	2.9386	0.35	2.1563	0.64	1.0805	1.40	0.4469	3.00	0.1767
0.10	2.8101	0.36	2.1053	0.66	1.0214	1.45	0.4181	3.10	0.1754
0.11	2.4294	0.37	2.0494	0.68	1.0094	1.50	0.4193	3.20	0.1766
0.12	2.3621	0.38	2.0000	0.70	0.9775	1.55	0.4163	3.30	0.1768
0.13	2.3969	0.39	1.9533	0.72	0.9283	1.60	0.4145	3.40	0.1733
0.14	2.6796	0.40	1.9485	0.74	0.8854	1.65	0.4084	3.50	0.1681
0.15	2.8776	0.41	1.9370	0.76	0.8702	1.70	0.3991	3.60	0.1610
0.16	3.4085	0.42	1.9091	0.78	0.8874	1.75	0.3871	3.70	0.1532
0.17	3.0827	0.43	1.8763	0.80	0.8812	1.80	0.3787	3.80	0.1438
0.18	2.8146	0.44	1.8563	0.82	0.8694	1.85	0.3735	3.90	0.1326
0.19	2.7407	0.45	1.8271	0.84	0.8784	1.90	0.3616	4.00	0.1214
0.20	2.6991	0.46	1.7734	0.86	0.8717	1.95	0.3434		
0.21	2.6608	0.47	1.6718	0.88	0.8681	2.00	0.3263		
0.22	2.6835	0.48	1.5460	0.90	0.8517	2.05	0.3141		
0.23	2.7814	0.49	1.4481	0.92	0.8284	2.10	0.3041		
0.24	2.8658	0.50	1.3884	0.94	0.8215	2.15	0.2955		
0.25	2.8194	0.51	1.3274	0.96	0.8210	2.20	0.2868		

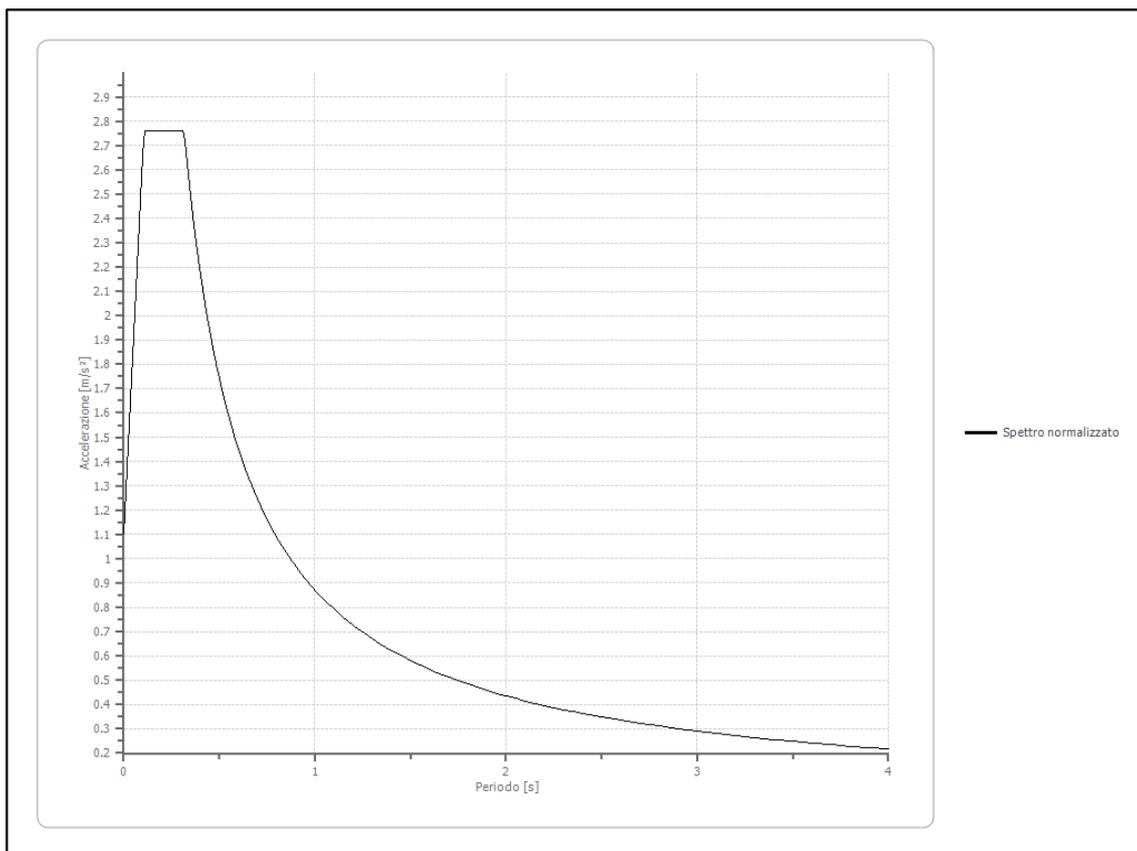


Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]								
0.00	1.0995	0.26	2.7588	0.52	1.6759	0.98	0.8893	2.25	0.3873
0.01	1.2571	0.27	2.7588	0.53	1.6443	1.00	0.8715	2.30	0.3789
0.02	1.4147	0.28	2.7588	0.54	1.6139	1.05	0.8300	2.35	0.3708
0.03	1.5723	0.29	2.7588	0.55	1.5845	1.10	0.7923	2.40	0.3631
0.04	1.7298	0.30	2.7588	0.56	1.5562	1.15	0.7578	2.50	0.3486
0.05	1.8874	0.31	2.7588	0.57	1.5289	1.20	0.7262	2.60	0.3352
0.06	2.0450	0.32	2.7234	0.58	1.5026	1.25	0.6972	2.70	0.3228
0.07	2.2026	0.33	2.6409	0.60	1.4525	1.30	0.6704	2.80	0.3112
0.08	2.3602	0.34	2.5632	0.62	1.4056	1.35	0.6455	2.90	0.3005
0.09	2.5178	0.35	2.4900	0.64	1.3617	1.40	0.6225	3.00	0.2905
0.10	2.6753	0.36	2.4208	0.66	1.3204	1.45	0.6010	3.10	0.2811
0.11	2.7588	0.37	2.3554	0.68	1.2816	1.50	0.5810	3.20	0.2723
0.12	2.7588	0.38	2.2934	0.70	1.2450	1.55	0.5622	3.30	0.2641
0.13	2.7588	0.39	2.2346	0.72	1.2104	1.60	0.5447	3.40	0.2563
0.14	2.7588	0.40	2.1787	0.74	1.1777	1.65	0.5282	3.50	0.2490
0.15	2.7588	0.41	2.1256	0.76	1.1467	1.70	0.5126	3.60	0.2421
0.16	2.7588	0.42	2.0750	0.78	1.1173	1.75	0.4980	3.70	0.2355
0.17	2.7588	0.43	2.0267	0.80	1.0894	1.80	0.4842	3.80	0.2293
0.18	2.7588	0.44	1.9806	0.82	1.0628	1.85	0.4711	3.90	0.2235
0.19	2.7588	0.45	1.9366	0.84	1.0375	1.90	0.4587	4.00	0.2179
0.20	2.7588	0.46	1.8945	0.86	1.0134	1.95	0.4469		

0.21	2.7588	0.47	1.8542	0.88	0.9903	2.00	0.4357		
0.22	2.7588	0.48	1.8156	0.90	0.9683	2.05	0.4251		
0.23	2.7588	0.49	1.7785	0.92	0.9473	2.10	0.4150		
0.24	2.7588	0.50	1.7430	0.94	0.9271	2.15	0.4053		
0.25	2.7588	0.51	1.7088	0.96	0.9078	2.20	0.3961		

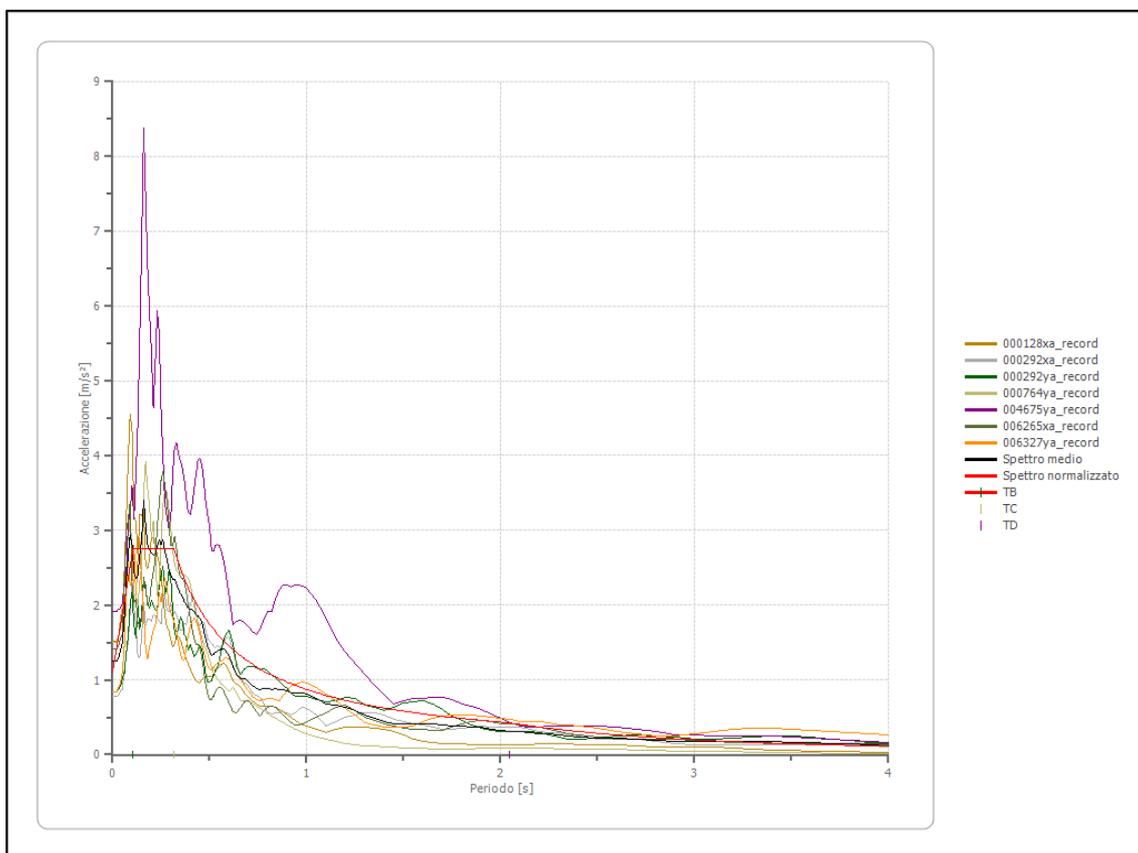
Ag/g: 0,112



Parametri spettro normalizzato

Ag [m/s ²]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s ²]	Se(TB) [m/s ²]	S
1.100	2.509136	--	0.105	0.316	2.048	1.100	2.759	1.383

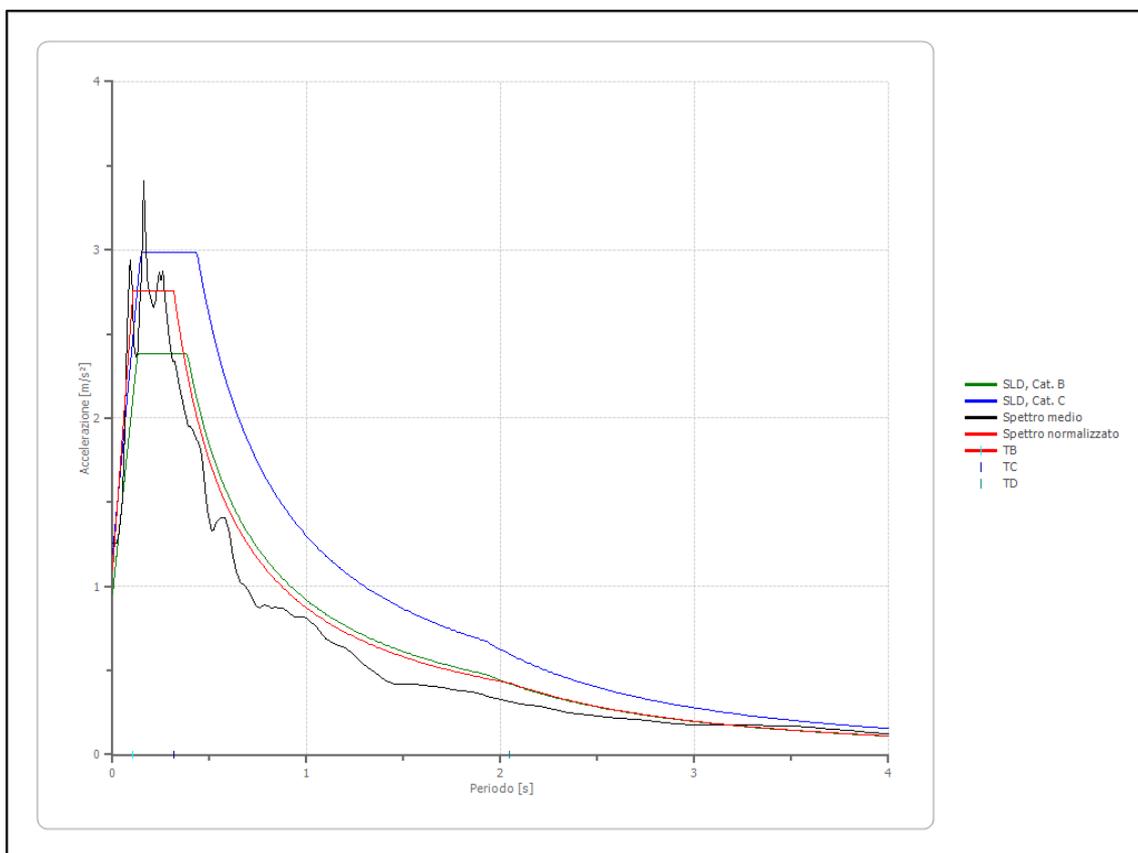
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

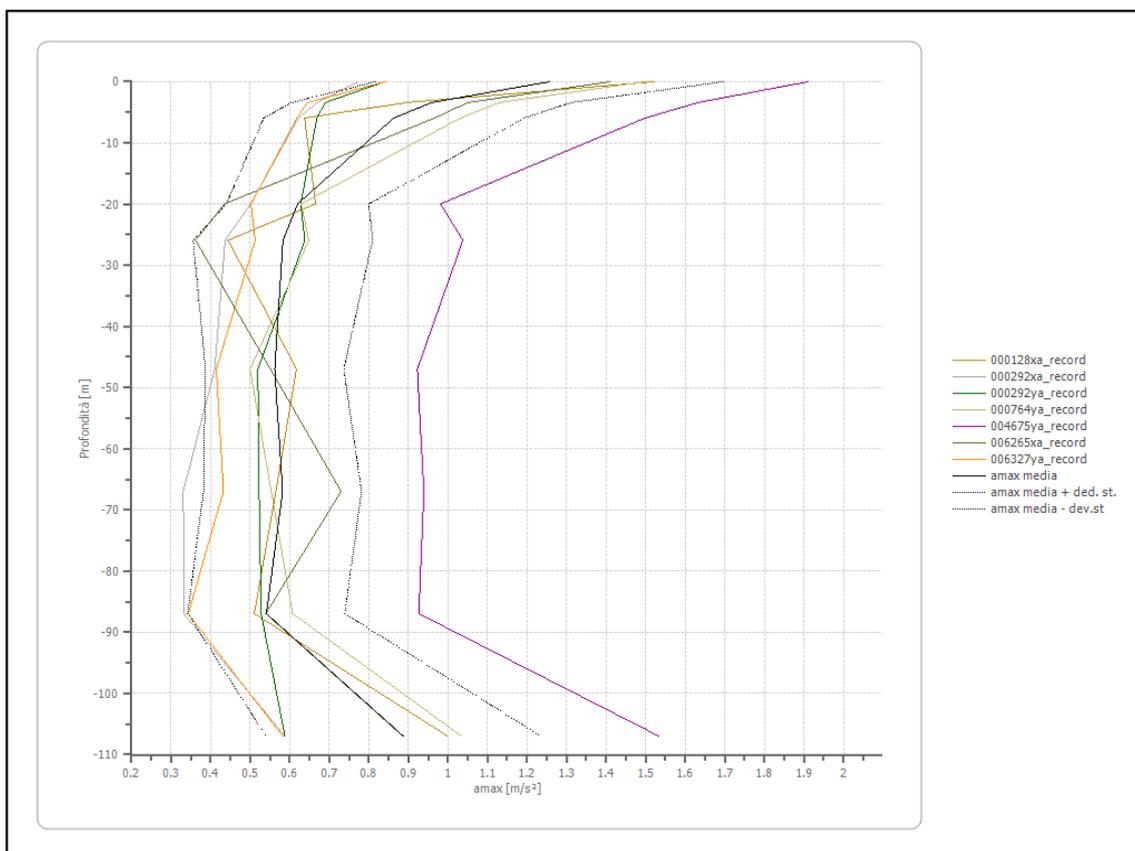
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività à SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguardia ia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B	Operatività à SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardia ia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [m/s ²]	0.647	0.795	1.776	2.197	0.647	0.795	1.776	2.197
Fo	2.489	2.501	2.522	2.547	2.489	2.501	2.522	2.547
Tc* [s]	0.259	0.269	0.295	0.305	0.259	0.269	0.295	0.305
Ss	1.20	1.20	1.20	1.17	1.50	1.50	1.43	1.36
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.44	1.43	1.40	1.39	1.64	1.62	1.57	1.55
TB [s]	0.124	0.128	0.138	0.142	0.142	0.145	0.154	0.158
TC [s]	0.373	0.385	0.414	0.425	0.425	0.436	0.463	0.474
TD [s]	1.864	1.924	2.324	2.496	1.864	1.924	2.324	2.496
Se(0) [m/s ²]	0.776	0.954	2.131	2.575	0.971	1.193	2.533	2.983
Se(TB) [m/s ²]	1.932	2.386	5.375	6.557	2.416	2.982	6.387	7.598



Profilo a max

	0.0 [m]	3.5 [m]	6.0 [m]	20.0 [m]	26.0 [m]	47.0 [m]	67.0 [m]	87.0 [m]	107.0 [m]
000128xa_re cord [m/s ²]	1.523	0.895	0.637	0.665	0.444	0.617	0.565	0.510	0.998
000292xa_re cord [m/s ²]	0.774	0.669	0.622	0.501	0.437	0.410	0.331	0.332	0.588
000292ya_re cord [m/s ²]	0.840	0.689	0.669	0.628	0.638	0.519	0.522	0.528	0.588
000764ya_re cord [m/s ²]	1.499	1.130	1.032	0.629	0.648	0.499	0.553	0.607	1.033
004675ya_re cord [m/s ²]	1.911	1.633	1.499	0.981	1.038	0.923	0.939	0.926	1.533
006265xa_re cord [m/s ²]	1.410	1.050	0.966	0.435	0.362	0.551	0.730	0.539	0.885
006327ya_re cord [m/s ²]	0.842	0.645	0.618	0.502	0.512	0.414	0.432	0.343	0.581
media [m/s ²]	1.257	0.959	0.863	0.620	0.583	0.562	0.582	0.541	0.887
Dev. St. [m/s ²]	0.440	0.354	0.329	0.180	0.227	0.175	0.200	0.199	0.347



2.3 Spettro di risposta per SLO

Classe d'uso edificio:	3;
Coefficiente d'uso (Cu)	1.5;
Vita nominale edificio (Vn):	50 anni;
Periodo di riferimento (Vr):	100 anni;
Stato limite:	Salvaguardia della vita (SLD);
Probabilità di superamento:	81%;
Tr:	45 [anni];
ag:	0,066 g [PGA0].
Coordinate:	44.403129,10.618338

A partire dagli accelerogrammi prescelti si sono definiti gli spettri di risposta dell'oscillatore armonico tipo ad un grado di libertà, in funzione del periodo proprio della struttura e per uno smorzamento tipico del 5%. Lo spettro orizzontale di risposta medio, fornito in forma numerica nella tabella che segue, è di seguito

confrontato con lo spettro orizzontale di risposta relativo alla categoria di sottosuolo C e B definibile attraverso un approccio semplificato (NTC_2018):

La forma grafica dello spettro in accelerazione nel sito di riferimento (RSL) è di seguito confrontato con lo spettro di risposta relativo alla categoria di sottosuolo C e B per lo stesso Stato Limite (SLO).

A seguito si riportano i calcoli effettuati con il programma Geo-stru:

Elaborazione

Numero di iterazioni 8
 Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5
 Tipo di modulo elastico Shake
 Massimo errore percentuale di convergenza 4.22 E-02

Fattori di amplificazione ICMS 2018

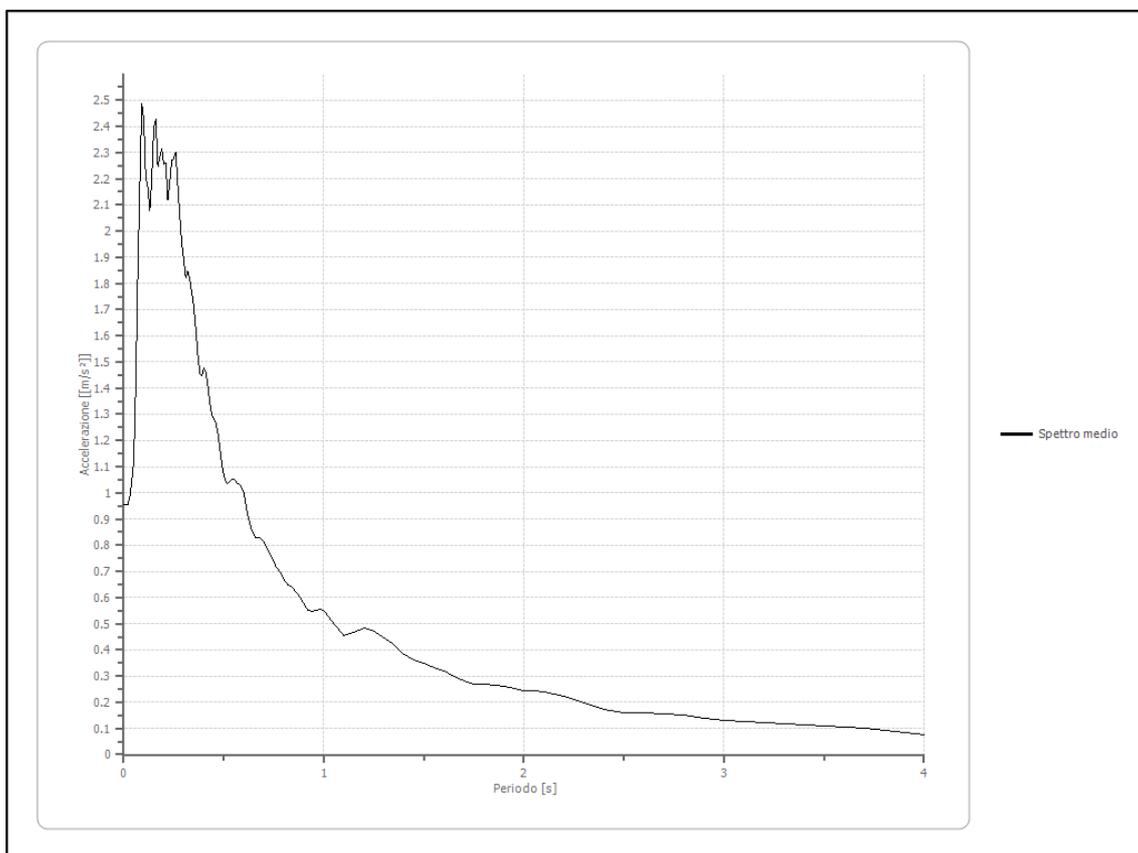
Tai	0.090 [s]
Tvi	2.200 [s]
Tao	0.090 [s]
Tvo	0.600 [s]
Sami	1.657 [m/s ²]
Svmi	0.078 [m/s]
Samo	1.990 [m/s ²]
Svmo	0.095 [m/s]
Fa	1.201 [-]
Fv	1.216 [-]
TB	0.100 [s]
TC	0.300 [s]
TD	1.942 [s]
SA(0)	0.838 [m/s ²]
SA(TB)	1.990 [m/s ²]

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.025	0.032	0.200	1.319
0.500	1.000	0.035	0.046	0.500	1.328
1.000	1.500	0.038	0.048	0.667	1.255

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]								
0.00	0.9532	0.26	2.3025	0.52	1.0354	0.98	0.5564	2.25	0.2085
0.01	0.9534	0.27	2.1767	0.53	1.0444	1.00	0.5526	2.30	0.1969
0.02	0.9532	0.28	2.0540	0.54	1.0523	1.05	0.4996	2.35	0.1845
0.03	0.9849	0.29	1.9540	0.55	1.0518	1.10	0.4555	2.40	0.1742
0.04	1.0415	0.30	1.8907	0.56	1.0425	1.15	0.4690	2.50	0.1607
0.05	1.1217	0.31	1.8197	0.57	1.0334	1.20	0.4846	2.60	0.1581
0.06	1.4134	0.32	1.8475	0.58	1.0289	1.25	0.4722	2.70	0.1574
0.07	1.8448	0.33	1.8124	0.60	1.0016	1.30	0.4453	2.80	0.1509
0.08	2.1646	0.34	1.7640	0.62	0.9146	1.35	0.4199	2.90	0.1408
0.09	2.4858	0.35	1.7109	0.64	0.8552	1.40	0.3846	3.00	0.1305
0.10	2.4267	0.36	1.6292	0.66	0.8276	1.45	0.3615	3.10	0.1250
0.11	2.2044	0.37	1.5289	0.68	0.8294	1.50	0.3478	3.20	0.1210
0.12	2.1656	0.38	1.4552	0.70	0.8120	1.55	0.3341	3.30	0.1173
0.13	2.0778	0.39	1.4461	0.72	0.7840	1.60	0.3211	3.40	0.1133
0.14	2.2045	0.40	1.4748	0.74	0.7524	1.65	0.2991	3.50	0.1100
0.15	2.3938	0.41	1.4614	0.76	0.7176	1.70	0.2803	3.60	0.1060
0.16	2.4281	0.42	1.4109	0.78	0.7003	1.75	0.2692	3.70	0.1008
0.17	2.2463	0.43	1.3450	0.80	0.6691	1.80	0.2673	3.80	0.0942
0.18	2.2835	0.44	1.2959	0.82	0.6470	1.85	0.2653	3.90	0.0857
0.19	2.3134	0.45	1.2811	0.84	0.6388	1.90	0.2590	4.00	0.0774
0.20	2.2542	0.46	1.2658	0.86	0.6222	1.95	0.2513		
0.21	2.2613	0.47	1.2270	0.88	0.6012	2.00	0.2457		
0.22	2.1199	0.48	1.1683	0.90	0.5764	2.05	0.2450		
0.23	2.1872	0.49	1.1080	0.92	0.5514	2.10	0.2416		
0.24	2.2738	0.50	1.0682	0.94	0.5482	2.15	0.2330		
0.25	2.2781	0.51	1.0427	0.96	0.5531	2.20	0.2210		

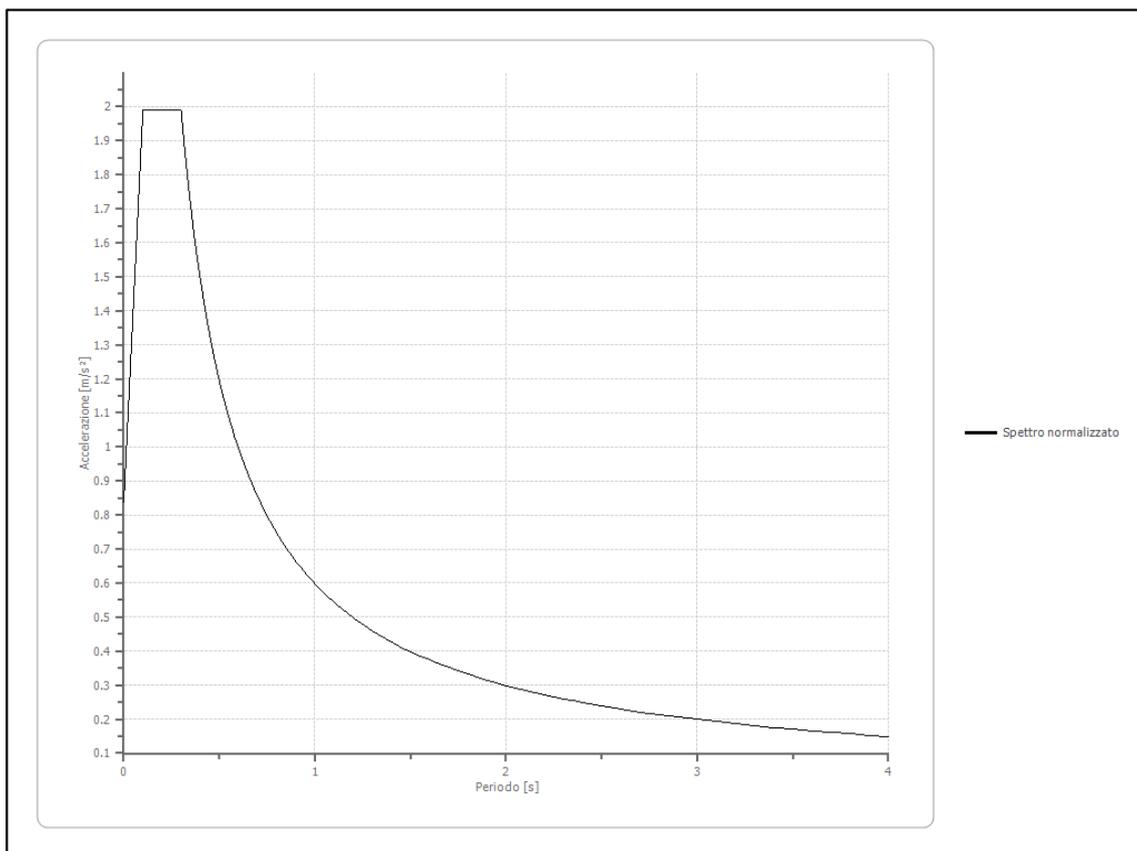


Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]								
0.00	0.8383	0.26	1.9901	0.52	1.1493	0.98	0.6098	2.25	0.2656
0.01	0.9534	0.27	1.9901	0.53	1.1276	1.00	0.5976	2.30	0.2598
0.02	1.0684	0.28	1.9901	0.54	1.1067	1.05	0.5692	2.35	0.2543
0.03	1.1835	0.29	1.9901	0.55	1.0866	1.10	0.5433	2.40	0.2490
0.04	1.2986	0.30	1.9901	0.56	1.0672	1.15	0.5197	2.50	0.2391
0.05	1.4136	0.31	1.9279	0.57	1.0485	1.20	0.4980	2.60	0.2299
0.06	1.5287	0.32	1.8676	0.58	1.0304	1.25	0.4781	2.70	0.2213
0.07	1.6438	0.33	1.8110	0.60	0.9961	1.30	0.4597	2.80	0.2134
0.08	1.7588	0.34	1.7577	0.62	0.9639	1.35	0.4427	2.90	0.2061
0.09	1.8739	0.35	1.7075	0.64	0.9338	1.40	0.4269	3.00	0.1992
0.10	1.9890	0.36	1.6601	0.66	0.9055	1.45	0.4122	3.10	0.1928
0.11	1.9901	0.37	1.6152	0.68	0.8789	1.50	0.3984	3.20	0.1868
0.12	1.9901	0.38	1.5727	0.70	0.8538	1.55	0.3856	3.30	0.1811
0.13	1.9901	0.39	1.5324	0.72	0.8300	1.60	0.3735	3.40	0.1758
0.14	1.9901	0.40	1.4941	0.74	0.8076	1.65	0.3622	3.50	0.1708
0.15	1.9901	0.41	1.4576	0.76	0.7864	1.70	0.3515	3.60	0.1660
0.16	1.9901	0.42	1.4229	0.78	0.7662	1.75	0.3415	3.70	0.1615
0.17	1.9901	0.43	1.3898	0.80	0.7470	1.80	0.3320	3.80	0.1573
0.18	1.9901	0.44	1.3583	0.82	0.7288	1.85	0.3230	3.90	0.1532
0.19	1.9901	0.45	1.3281	0.84	0.7115	1.90	0.3145	4.00	0.1494
0.20	1.9901	0.46	1.2992	0.86	0.6949	1.95	0.3065		

0.21	1.9901	0.47	1.2716	0.88	0.6791	2.00	0.2988		
0.22	1.9901	0.48	1.2451	0.90	0.6640	2.05	0.2915		
0.23	1.9901	0.49	1.2197	0.92	0.6496	2.10	0.2846		
0.24	1.9901	0.50	1.1953	0.94	0.6358	2.15	0.2780		
0.25	1.9901	0.51	1.1718	0.96	0.6225	2.20	0.2717		

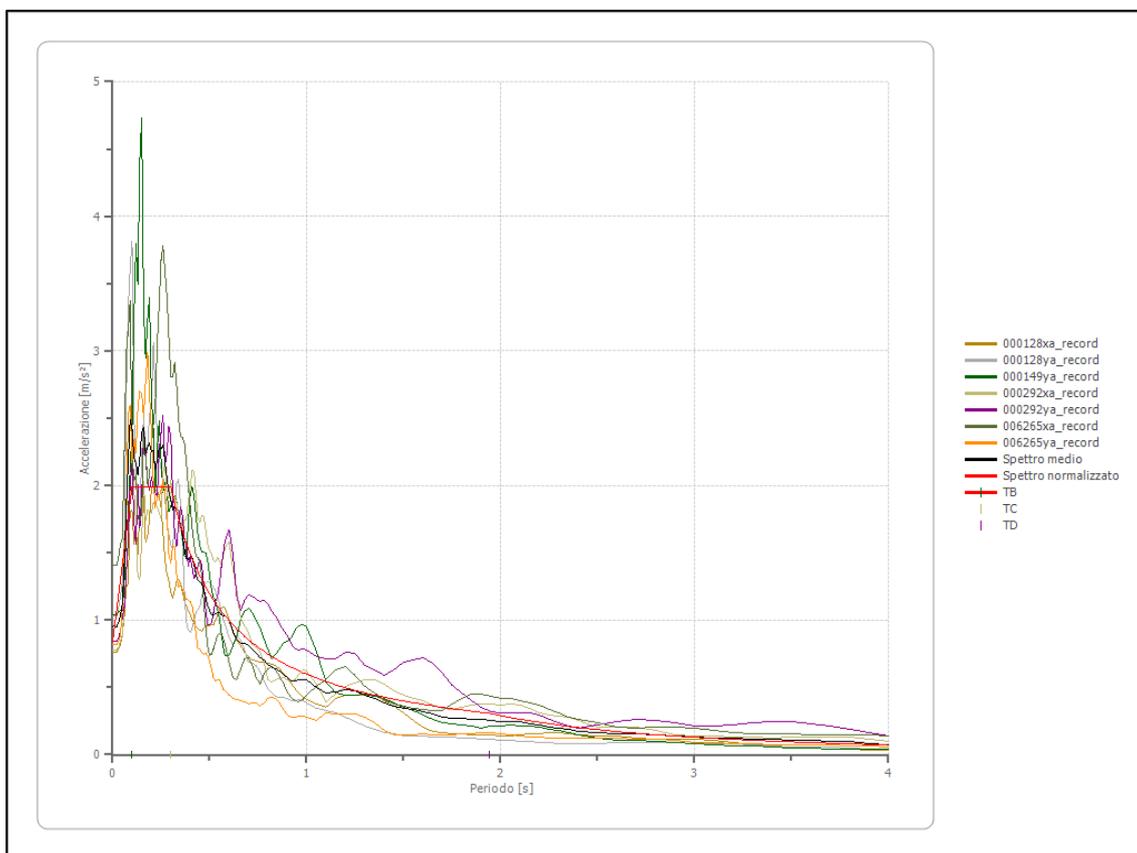
Ag/g: 0,084



Parametri spettro normalizzato

Ag [m/s ²]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s ²]	Se(TB) [m/s ²]	S
0.838	2.374006	--	0.100	0.300	1.942	0.838	1.990	1.296

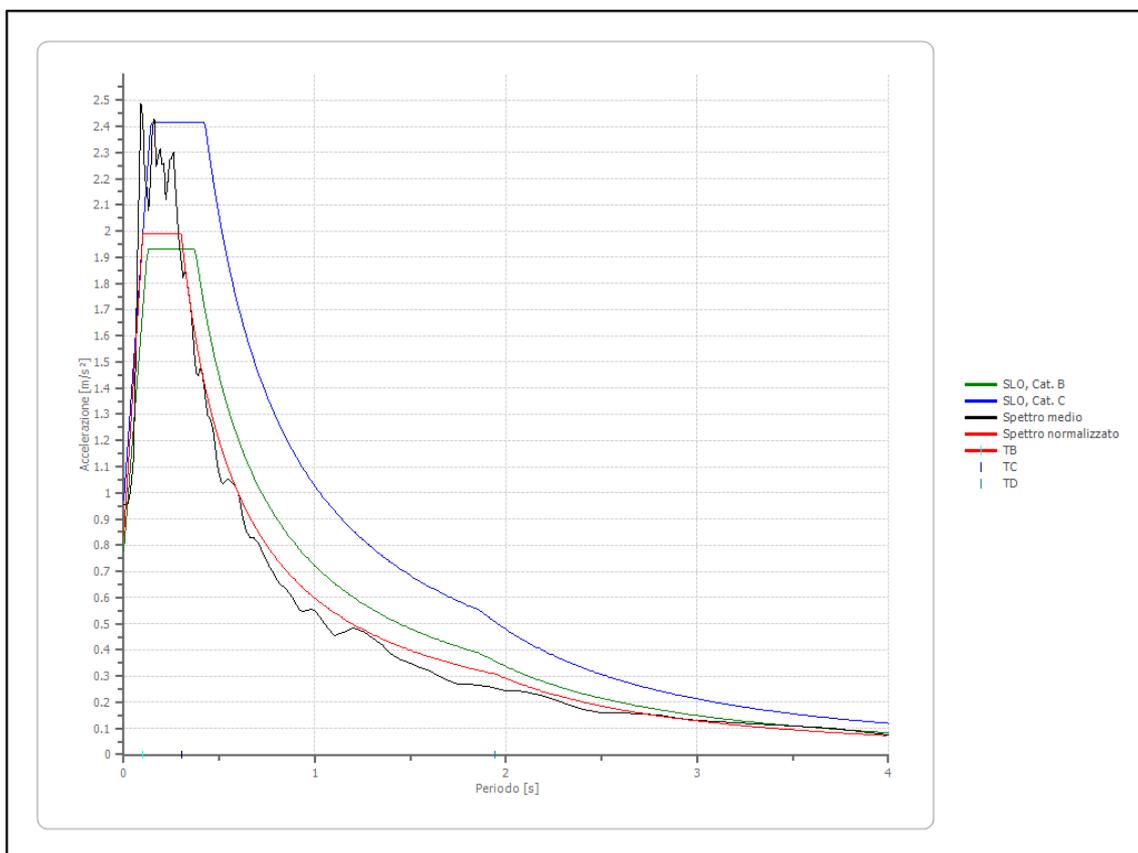
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

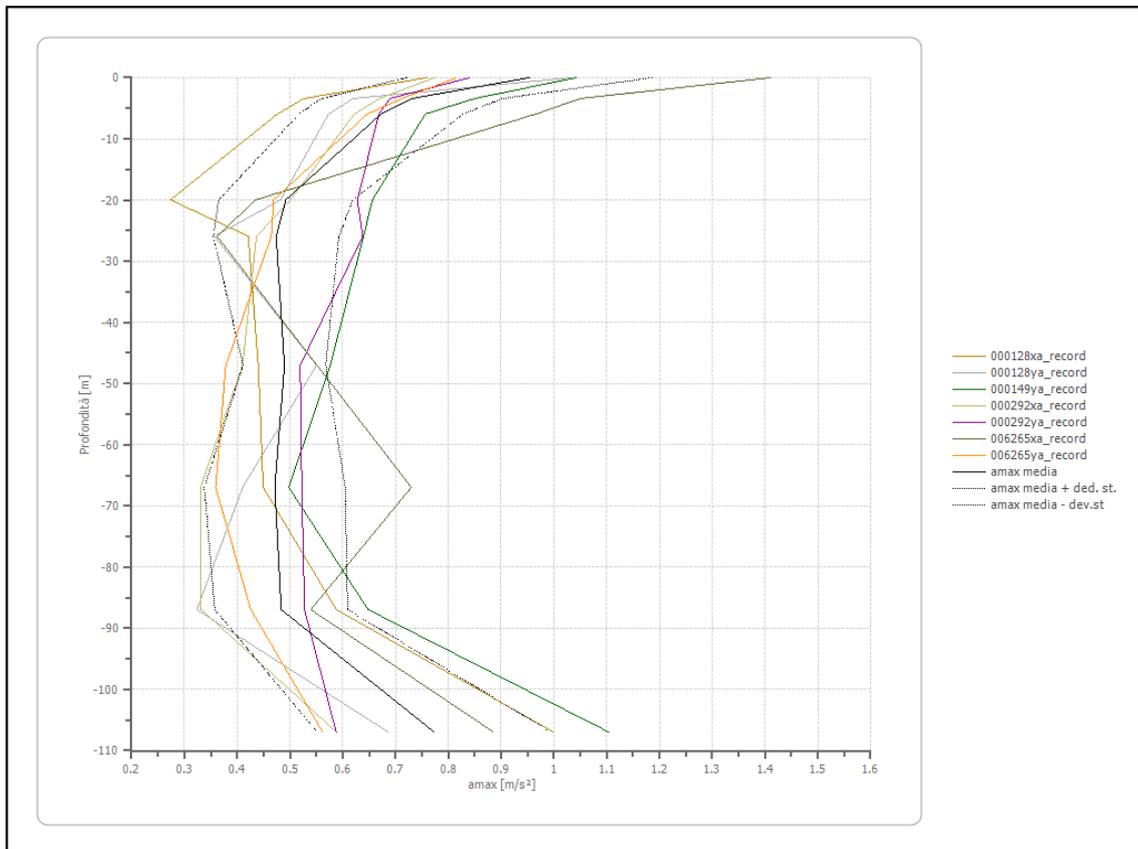
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività à SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguardia ia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B	Operatività à SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardia ia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [m/s ²]	0.647	0.795	1.776	2.197	0.647	0.795	1.776	2.197
Fo	2.489	2.501	2.522	2.547	2.489	2.501	2.522	2.547
Tc* [s]	0.259	0.269	0.295	0.305	0.259	0.269	0.295	0.305
Ss	1.20	1.20	1.20	1.17	1.50	1.50	1.43	1.36
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.44	1.43	1.40	1.39	1.64	1.62	1.57	1.55
TB [s]	0.124	0.128	0.138	0.142	0.142	0.145	0.154	0.158
TC [s]	0.373	0.385	0.414	0.425	0.425	0.436	0.463	0.474
TD [s]	1.864	1.924	2.324	2.496	1.864	1.924	2.324	2.496
Se(0) [m/s ²]	0.776	0.954	2.131	2.575	0.971	1.193	2.533	2.983
Se(TB) [m/s ²]	1.932	2.386	5.375	6.557	2.416	2.982	6.387	7.598



Profilo a max

	0.0 [m]	3.5 [m]	6.0 [m]	20.0 [m]	26.0 [m]	47.0 [m]	67.0 [m]	87.0 [m]	107.0 [m]
000128xa_re cord [m/s ²]	0.759	0.526	0.476	0.274	0.421	0.440	0.449	0.588	0.998
000128ya_re cord [m/s ²]	1.033	0.620	0.573	0.482	0.357	0.550	0.410	0.324	0.686
000149ya_re cord [m/s ²]	1.042	0.850	0.757	0.656	0.639	0.577	0.498	0.648	1.103
000292xa_re cord [m/s ²]	0.774	0.669	0.622	0.501	0.437	0.410	0.331	0.332	0.588
000292ya_re cord [m/s ²]	0.840	0.689	0.669	0.628	0.638	0.519	0.522	0.528	0.588
006265xa_re cord [m/s ²]	1.410	1.050	0.966	0.435	0.362	0.551	0.730	0.539	0.885
006265ya_re cord [m/s ²]	0.816	0.712	0.647	0.469	0.465	0.379	0.359	0.426	0.562
media [m/s ²]	0.953	0.731	0.673	0.492	0.474	0.489	0.471	0.483	0.773
Dev. St. [m/s ²]	0.233	0.171	0.155	0.127	0.119	0.079	0.133	0.126	0.221



3. Verifica di stabilità del versante

A seguito si riporta la verifica di stabilità del versante in condizioni dinamiche. Il profilo topografico è stato ricostruito da immagini satellitari, vedi fig. 3.1. In fig. 3.2 si riporta la sezione del versante inserendo la litostratigrafia con i relativi parametri geotecnici ottenuti dalle indagini geognostiche.

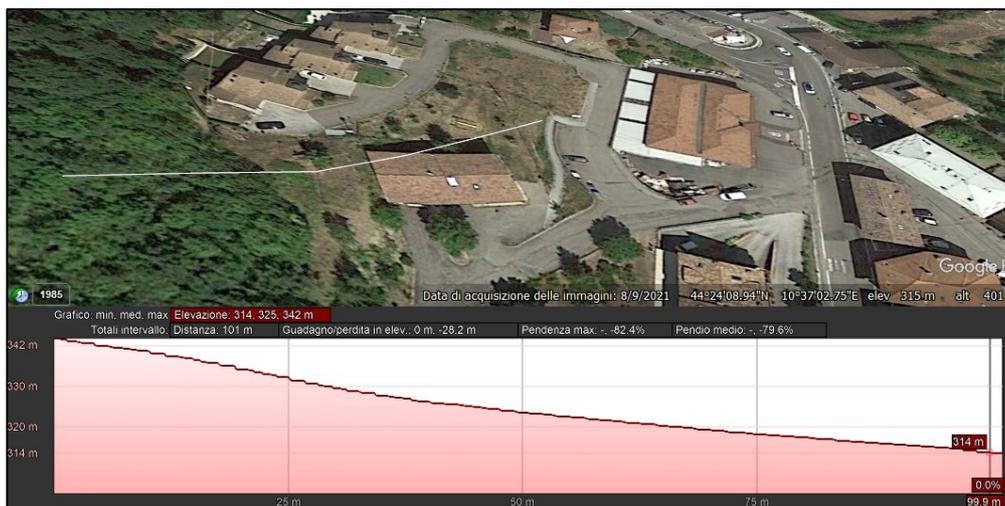


Fig. 3.1- Profilo topografico del versante

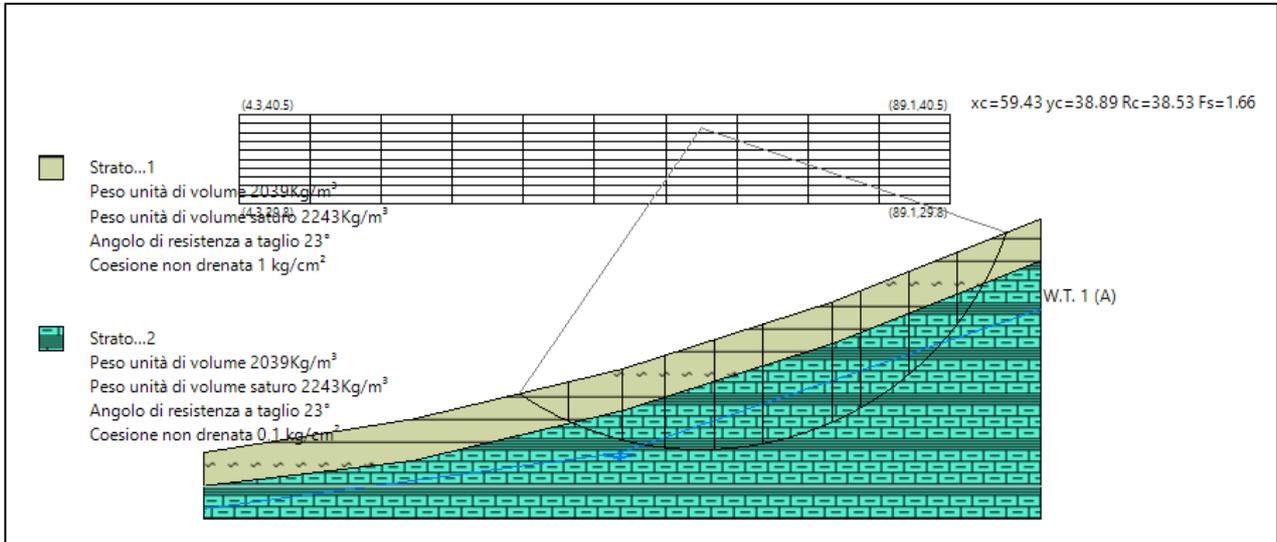


Fig. 3.2- Profilo topografico del versante

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	44.402465/10.617792 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	4.32 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	29.79 m
Ascissa vertice destro superiore xs	89.1 m
Ordinata vertice destro superiore ys	40.49 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	75.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	45.0	0.647	2.489	0.259
S.L.D.	75.0	0.794	2.501	0.269
S.L.V.	712.0	1.775	2.522	0.295
S.L.C.	1462.0	2.197	2.547	0.305

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.1646	0.2	0.0238	0.0119
S.L.D.	1.4292	0.2	0.0291	0.0146
S.L.V.	3.0376	0.24	0.0743	0.0372
S.L.C.	3.5792	0.28	0.1022	0.0511

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0743
 Coefficiente azione sismica verticale 0.0372

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	25.0	4.0
3	50.0	10.0
4	75.0	18.0
5	100.0	28.0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.17	-6.72
2	49.65	-0.04
3	99.99	17.17

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-4.0
2	25.0	-1.0
3	50.0	5.0
4	75.0	13.0
5	100.0	23.0

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coazione efficace	1.25
Coazione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coazione (kg/cm ²)	Coazione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso unità di volume saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0.8	1	23	2039	2243		
2	0.1	0,1	23	2039	2243		

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.66
Ascissa centro superficie	59.43 m
Ordinata centro superficie	38.89 m
Raggio superficie	38.53 m

$x_c = 59.427$ $y_c = 38.888$ $R_c = 38.535$ **Fs=1.661**

CONSIDERAZIONI FINALI

In merito all'analisi di stabilità del versante, va considerato che l'opera sarà eseguita quasi interamente sul sedime pianeggiante e attualmente occupato dalla struttura che verrà demolita con una leggera traslazione verso nord est e quindi distanziandosi ulteriormente dalla scarpata.

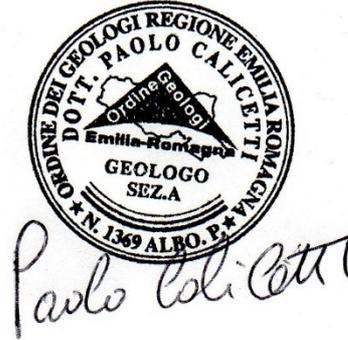
Questo significa che non verranno svolti sbancamenti significativi che possano compromettere la stabilità del versante che come verificato risulta essere caratterizzata da un Fattore di Sicurezza > 1,3 e quindi è considerato stabile. Poiché attualmente la struttura è realizzata su due livelli la scarpata che andrà a formarsi a seguito della demolizione della struttura, seppur di altezza contenuta (entro i 2 metri) dovrà essere sostenuta da un'opera di contenimento che ne garantirà la stabilità e contrasterà il dilavamento superficiale.

Per quanto riguarda la tipologia di manufatto, nel caso in cui venisse realizzato un muro di sostegno in cls si raccomanda la realizzazione di un drenaggio di raccolta delle acque ad interfaccia tra il muro ed il terreno.

Nel caso in cui venga realizzata una gabbionata si consiglia di realizzare una superficie di posa del primo ordine di gabbioni in cls in contropendenza.

Montale, aprile 2023

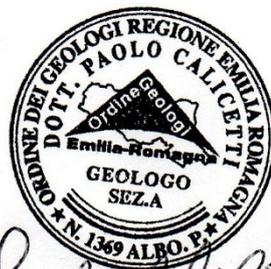
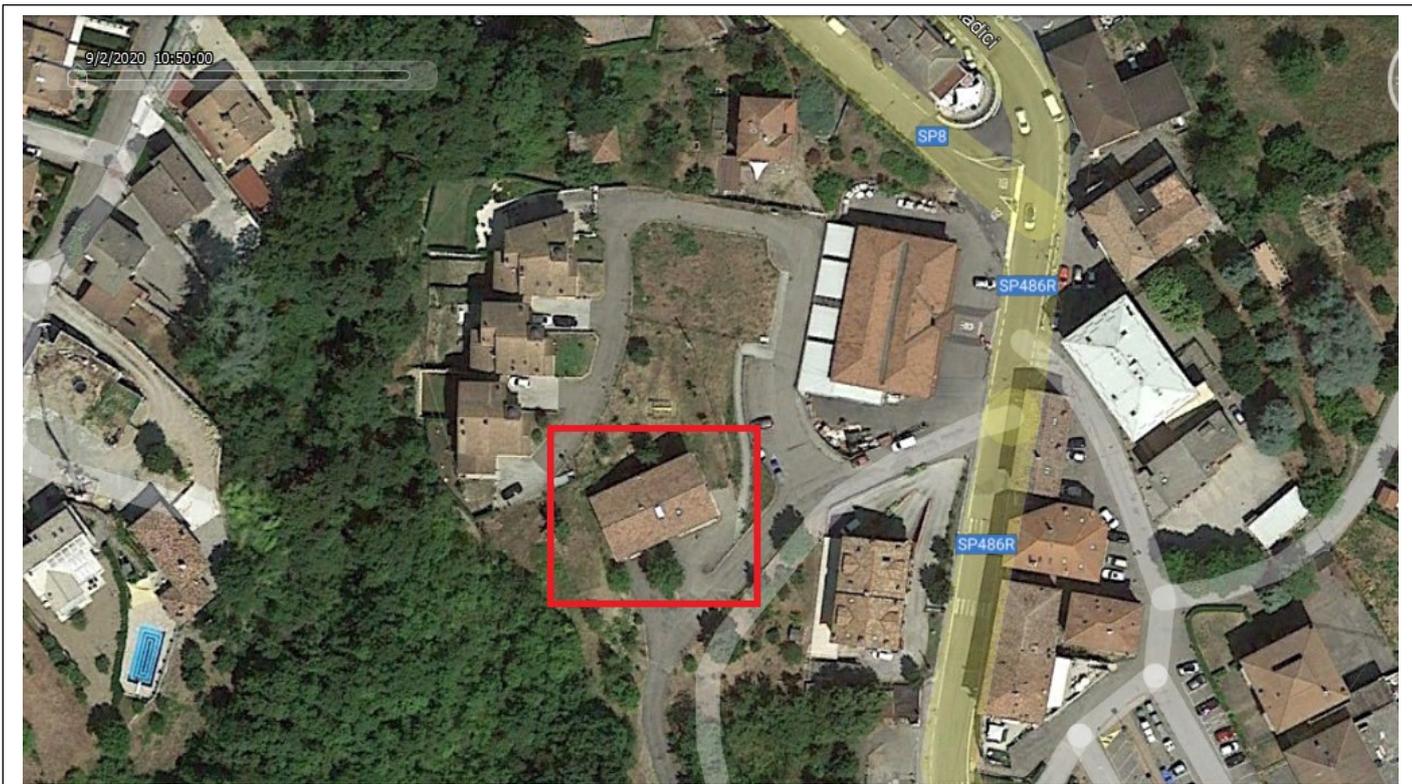
Paolo Geol. Calicetti



REALIZZAZIONE DI UN NUOVO POLO SCOLASTICO

Oggetto: APPENDICE DELLA RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E
SISMICA

LUOGO: Corso Volontari del sangue, Cerredolo Toano (RE)



Paolo Calicetti

PREMESSA

Il presente elaborato è da considerarsi parte integrante della relazione geologica redatta dallo scrivente nel gennaio 2022 per la realizzazione di una nuova scuola a Cerredolo, Comune di Toano (RE).

Come indicato dalla cartografia geologica allegata in fig. 1 l'intervento sarà realizzato in un'area soggetta a vincolo idrogeologico, in riferimento alla seguente legislazione: Il R.D.L. 30 dicembre 1923, n. 3267; L.R. 3/1999, art. 150-3 comma. In particolare il R.D.L. 30 dicembre 1923 ed il successivo regolamento d'applicazione R.D.L. 16 maggio 1926, sottopongono a tutela le aree territoriali che per effetto di interventi quali, ad esempio, disboscamenti o movimenti di terreno "possono con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque". Si fa inoltre riferimento alla "Delibera della Giunta Regionale - N.ro 2000/1117 - del 11/07/2000" concernente le procedure amministrative e le norme tecniche relative alla gestione del vincolo idrogeologico.

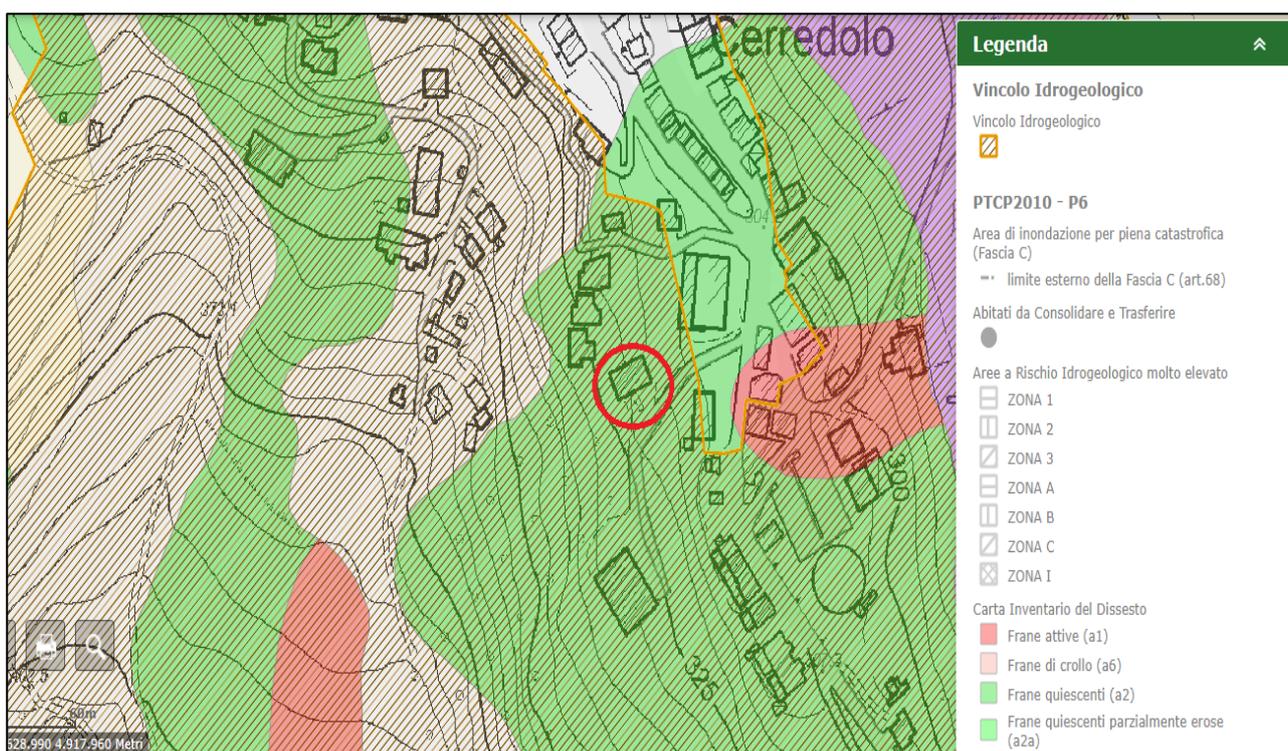


Fig. 1 Cartografia del vincolo idrogeologico e del PTCP



Fig. 1.1- Estratto della tavola e sezioni con demolizioni e ricostruzioni

2. VERIFICA DI STABILITA' DEL VERSANTE

A seguire si riporta la verifica di stabilità del versante utilizzando i parametri geotecnici riportati in cap. 5 della relazione geotecnica, in condizioni dinamiche e in condizioni pre e post realizzazione dell'opera.

La verifica è stata realizzata nel punto in cui verrà realizzato lo sbancamento maggiore in altezza.

2.1 Verifica della stabilità durante lo sbancamento

A seguito si riporta la verifica di stabilità della scarpata durante le fasi di sbancamento, ipotizzando quindi una scarpata verticale ed un fronte di altezza massima di 3,5 m.

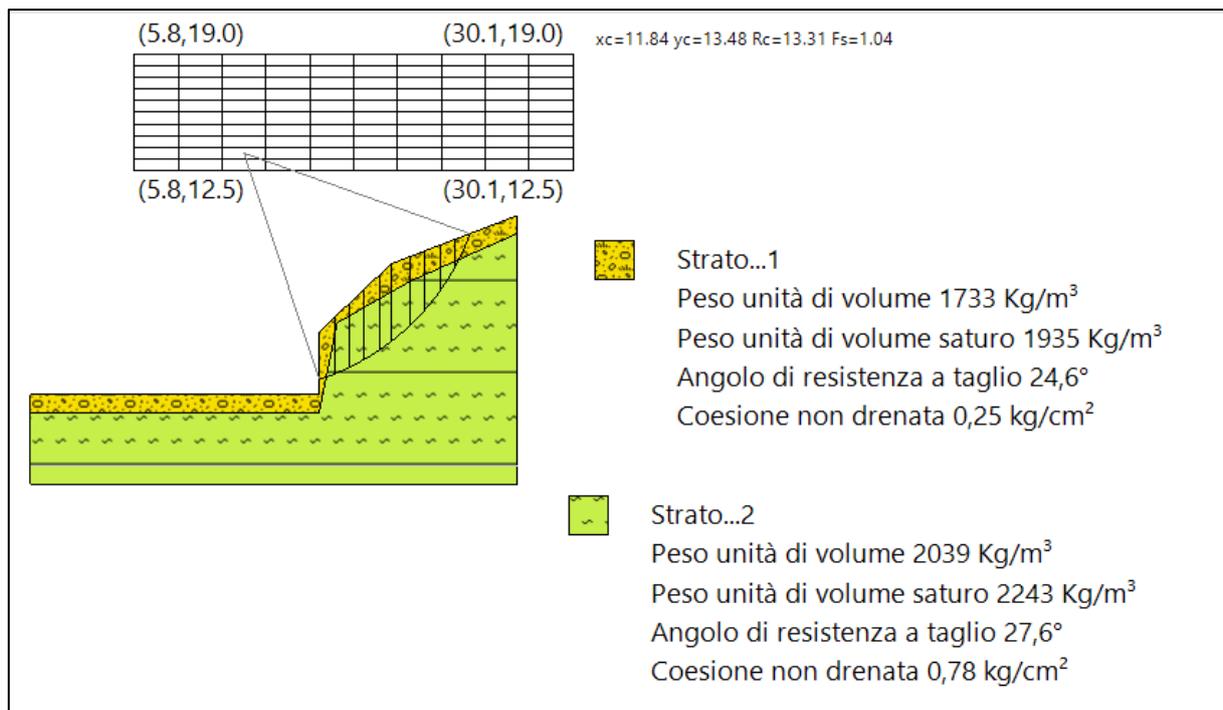


Fig. 2.2.1- Profilo della scarpata durante l'arretramento del fronte

Analisi di stabilità dei pendii con : FELLENIUS (1936)

Lat./Long.	44.402286/10.617063 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	5.77 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	12.5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	30.07 m
Ordinata vertice destro superiore ys	19.04 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0

Numero di celle lungo y 10.0

=====

Coefficienti sismici [N.T.C.]

=====

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.549	2.494	0.248
S.L.D.	50.0	0.677	2.487	0.262
S.L.V.	475.0	1.559	2.518	0.291
S.L.C.	975.0	1.961	2.526	0.299

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.9882	0.2	0.0202	0.0101
S.L.D.	1.2186	0.2	0.0249	0.0124
S.L.V.	2.731	0.24	0.0668	0.0334
S.L.C.	3.2872	0.24	0.0805	0.0402

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0668

Coefficiente azione sismica verticale 0.0334

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	16.0	0.0
3	16.0	3.5
4	20.0	7.3
5	27.0	10.0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-1.0
2	16.0	-1.0
3	17.0	4.0
4	21.0	6.3
5	27.0	9.0

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso unità di volume saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0,05	0,25	24,6	1733	1935		
2	0,13	0,78	27,6	2039	2243		

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.04
Ascissa centro superficie	11.84 m
Ordinata centro superficie	13.48 m
Raggio superficie	13.31 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$x_c = 11.844$ $y_c = 13.481$ $R_c = 13.31$ **Fs=1.041**

2.2 Verifica della stabilità dopo la realizzazione dell'opera di contenimento

A seguito si riporta la verifica di stabilità della scarpata dopo le fasi di sbancamento, ipotizzando quindi la realizzazione di un muro di contenimento della scarpata di altezza massima di 3,5 m.

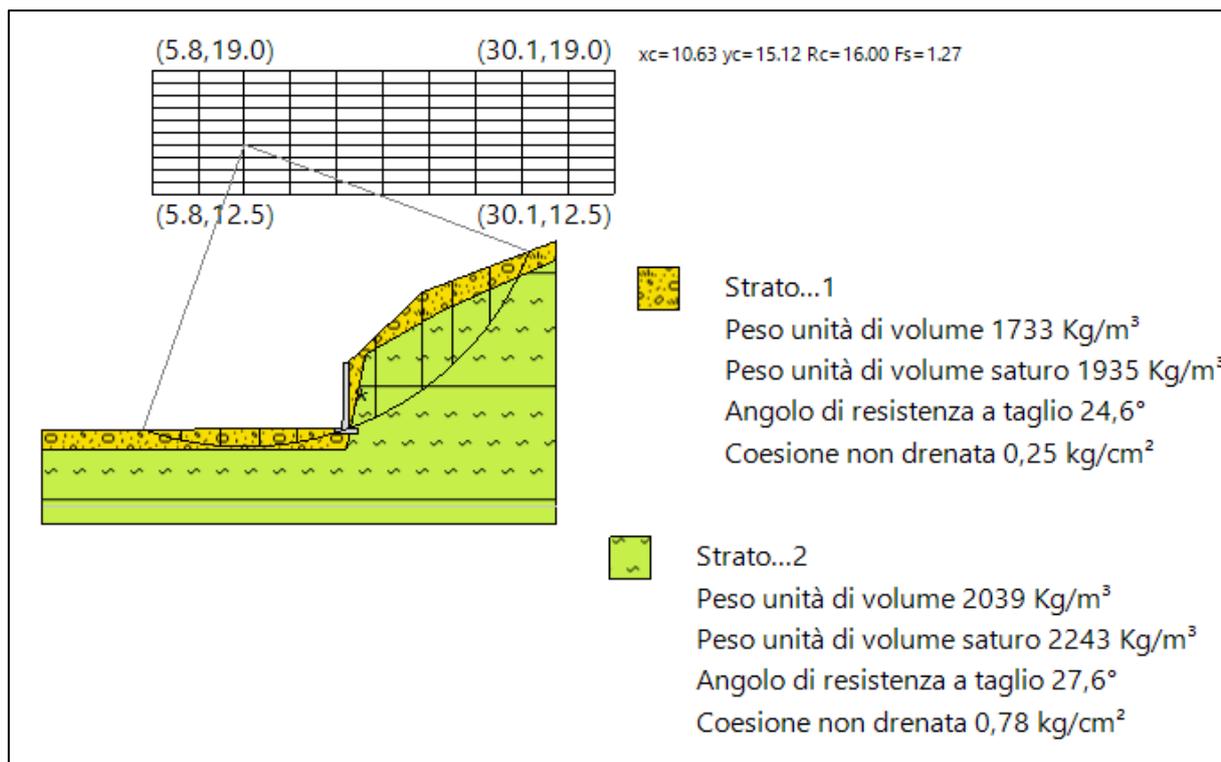


Fig. 2.2.2- Profilo della scarpata con opera di sostegno

Analisi di stabilità dei pendii con : FELLENIUS (1936)

Lat./Long.	44.402286/10.617063 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	5.77 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	12.5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	30.07 m
Ordinata vertice destro superiore ys	19.04 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali	
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II

Vita nominale: 50.0 [anni]
 Vita di riferimento: 50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.549	2.494	0.248
S.L.D.	50.0	0.677	2.487	0.262
S.L.V.	475.0	1.559	2.518	0.291
S.L.C.	975.0	1.961	2.526	0.299

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.9882	0.2	0.0202	0.0101
S.L.D.	1.2186	0.2	0.0249	0.0124
S.L.V.	2.731	0.24	0.0668	0.0334
S.L.C.	3.2872	0.24	0.0805	0.0402

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0668
 Coefficiente azione sismica verticale 0.0334

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	16.0	0.08
3	16.08	0.08
4	16.08	3.58
5	20.0	7.3
6	27.0	10.0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-1.0
2	16.0	-1.0
3	17.0	4.0
4	21.0	6.3
5	27.0	9.0

Coefficienti parziali azioni

=====
 Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0
 Favorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0
 =====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso unità di volume saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0,05	0,25	24,6	1733	1935		
2	0,13	0,78	27,6	2039	2243		

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (Kg/m ³)
1	16.08	0.08	0.4	0.5	3.5	0.2	0.3	2400

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.27
Ascissa centro superficie	10.63 m
Ordinata centro superficie	15.12 m
Raggio superficie	16.0 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$xc = 10.628 \quad yc = 15.116 \quad Rc = 16.004 \quad Fs=1.273$

3. CONSIDERAZIONI FINALI

La presente appendice, da considerarsi parte integrante dell'elaborato relativo allo studio di fattibilità della nuova scuola di Cerredolo nel Comune di Toano, redatto dallo scrivente nel mese di gennaio 2022, mette in evidenza che l'area in cui sarà realizzata l'opera ricade in zona soggetta a vincolo idrogeologico.

Il progetto consiste nella demolizione dell'attuale struttura che attualmente sorge in area pianeggiante, e la ricostruzione del nuovo edificio scolastico sul medesimo sedime. Poiché la pianta del nuovo edificio risulta

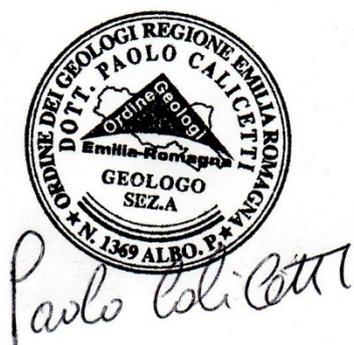
essere di una superficie maggiore, dal progetto esecutivo si evince la necessità di arretrare il fronte della scarpata a nord dell'attuale struttura. Si tratta di uno sbancamento graduale che raggiungerà l'altezza massima di 3,5 metri e di 8 metri lineari in prossimità del muro di contenimento della scarpata dell'area cortiliva a nord-ovest.

Il terreno è costituito da una copertura eterogeneo argillo limosa di c.a 1 metro e poi da alternanze di limi argillosi consistenti e marne arenacee (vedi relazione geologica).

Dalla verifica di stabilità della scarpata è possibile osservare come durante la fase dello sbancamento il Fattore di Sicurezza si poco superiore a 1 e pertanto è verificato l'equilibrio ma si consiglia di effettuare i lavori durante la stagione asciutta, coprire con teli il fronte di scavo durante le fasi di lavoro e realizzare nel più breve tempo possibile l'opera di contenimento che come osservabile in cap. 2.2 garantirebbe la stabilità globale della scarpata con un FS di 1,3.

Si può pertanto affermare che l'intervento non andrà a compromettere la stabilità globale del versante o a turbare il naturale regime delle acque e risulta essere compatibile con l'area ed il progetto in proposto.

giugno 2023



The image shows a circular professional stamp of a geologist. The text inside the stamp reads: "ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA ROMAGNA", "DOTT. PAOLO CALICETTI", "Emilia-Romagna", "GEOLOGO", "SEZA", and "N. 1369 ALBO. P.". Below the stamp, the name "Paolo Calicetti" is written in a cursive handwritten signature.