



REGIONE LAZIO

Provincia di Roma



Comune di Valmontone



Realizzazione di un nuovo edificio scolastico nel Comune di Valmontone



Relazione Geologica e di Modellazione Sismica ai sensi del Regolamento Regionale n. 26 del 26/10/2020

Dr. Geol. Roberto Bianchi

Gennaio

2022

LE AMMINISTRAZIONI

INDICE

UBICAZIONE DELL'AREA	3
INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	3
INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	5
INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	6
MODELLO GEOLOGICO TECNICO	7
SISMICITÀ	7
CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	8
LIVELLO DI RISCHIO SISMICO.....	10
CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA.....	11
ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)	12
PROCEDURA DI CALCOLO	12
CONCLUSIONI	48

ALLEGATI:

**INDAGINI E PROVE ESEGUITE SECONDO LE DISPOSIZIONI
DELL'ALLEGATO C AL REGOLAMENTO REGIONALE DEL 7/04/2021**

PREMESSA

La presente Relazione Geologica e di Modellazione Sismica, redatta su incarico del responsabile del Servizio Lavori Pubblici, con Determina n. 31 del 10 Gennaio 2022, affronta le problematiche connesse al progetto di “Realizzazione di un nuovo edificio scolastico nel Comune di Valmontone”.

A tal proposito è stato elaborato un Modello Geologico-Sismico capace di rappresentare l’effettivo andamento stratigrafico finalizzato alla conoscenza delle caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche, tettonico-stratigrafiche e sismiche dei litotipi in esame per la realizzazione di quanto in oggetto.

Il lavoro è stato redatto in ottemperanza al Regolamento Regionale 16 Aprile 2021 n. 7 che riguarda le “Modifiche al regolamento regionale 26 ottobre 2020, n. 26 (Regolamento Regionale per la semplificazione e l’aggiornamento delle procedure per l’esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico), in abrogazione del Regolamento Regionale n. 14 del 13 Luglio 2016”.

In base a tale regolamento e relativamente al lavoro in esame, sono state eseguite, le indagini geognostiche minime obbligatorie: n. 1 sondaggio a carotaggio continuo attrezzato per l’esecuzione di una indagini sismica tipo Down Hole, prelievo di campione analizzato in laboratorio, n. 2 indagini indirette tipo e MASW e n. 1 prova tipo HVSR le cui elaborazioni sono allegate al presente lavoro.

Quindi tenendo in considerazione gli obiettivi del progetto attraverso un rilevamento geomorfologico di dettaglio e attraverso le analisi territoriali suddette si è proceduto all’esecuzione delle seguenti fasi:

- ricerca materiale bibliografico;
- rilevamento geologico dell’area per poter definire in maniera dettagliata la natura dei litotipi nonché il loro stato di alterazione, fratturazione e degradabilità;
- lineamenti geomorfologici, per verificare eventuali processi idrogeologici di instabilità in atto o potenziali,
- lineamenti idrologici;
- lineamenti sismici;
- indagini geognostiche;
- Analisi di Risposta Sismica Locale.

UBICAZIONE DELL'AREA

L'area designata, per i lavori di "Realizzazione di un nuovo edificio scolastico nel Comune di Valmontone" si trova ai margini del centro abitato in area urbanizzata, Coord. WGS 84 Lat. 41.767175, Long. 12.926546, a circa 270m s.l.m. ed è caratterizzata da una topografia pianeggiante. I dettagli cartografici sono di seguito allegati:

- Stralcio Carta Tecnica Regionale;
- Stralcio Foglio Catastale;
- Stralcio Ortofoto con Ubicazione delle Indagini;
- Stralcio Carta Geologico Tecnica;
- Stralcio Carta Geologica;
- Carta Geologico Sismica;
- Sezione Geologica;
- Stralcio Carta Idrogeologica;
- Stralcio Carta delle Acclività;
- Stralcio Carta Rischio Frane ABLGV;
- Stralcio Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica;
- Repertorio Fotografico.

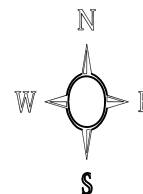
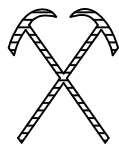
INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Quadro geologico generale

Il territorio comunale di Valmontone ricade interamente all'interno del distretto vulcanico dei Colli Albani che ha avuto diverse fasi di attività a partire da 600.000 fino 20.000 anni fa; in questo periodo sono state emesse coltri di depositi vulcanici estesi su una superficie di circa 1500 Km² (da poco a sud della Bassa Valle del Tevere sino alla Pianura Pontina).

Le attività eruttive si sono manifestate in più fasi e sono state intervallate da periodi di stasi: il vulcano esordisce con la Fase del Tuscolano-Artemisio che occupa quasi metà dell'intera vita del vulcano (da 600.000 a circa 300.000 anni fa) e ha dato luogo alla messa in posto di circa 200 Km³ di prodotti (circa il 70% del totale), durante quattro cicli che prendono il nome di I, II, III, e IV Colata Piroclastica del Tuscolano-Artemisio; L'attività è caratterizzata da eruzioni esplosive con messa in posto, principalmente, di ignimbriti, con effusioni laviche e depositi di ricaduta intercalati tra i principali eventi eruttivi.

A seguire, tra 300.000 e 200.000 anni fa, l'attività procede con la Fase dei Campi di Annibale (o delle Faete) caratterizzata da attività mista all'interno dell'area calderica del Tuscolano-Artemisio, che risulta sicuramente meno potente della prima, soprattutto se si considera la quantità totale di materiale eruttato (poco più di 2 Km³).

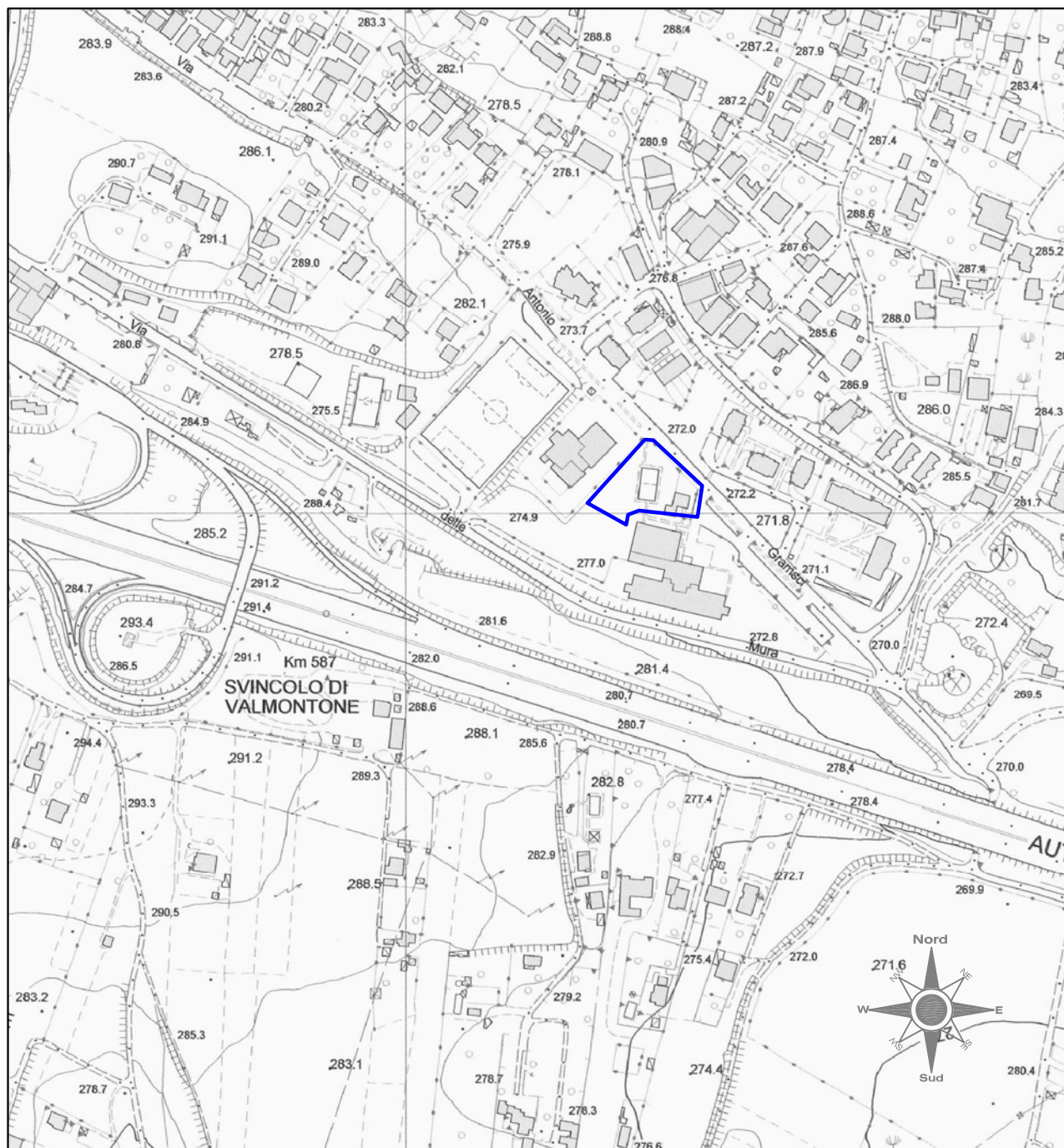


Stralcio Carta Tecnica Regionale

Comune: Valmontone

Località: Via A. Gramsci

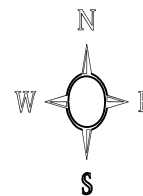
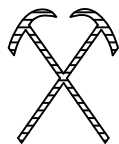
Foglio CTR n. 388043 Valmontone



Scala 1: 5.000



Area in esame



Stralcio Foglio Catastale

Comune: Valmontone

Località: Via A. Gramsci

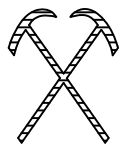
Foglio n. 22 mappale n. 1649



Scala 1: 1.000

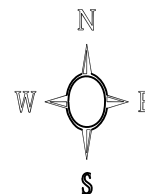


Area in esame



Stralcio Ortofoto

Ubicazione Indagini Geognostiche



Comune: Valmontone

Località: Via A. Gramsci

Foto Google Maps



Scala 1: 1.000



SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO



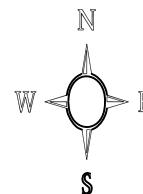
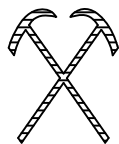
MASW



HVSr



Area in esame



Repertorio Fotografico

Comune: Valmontone

Località: Via A. Gramsci

0.00 - 5.00 m

Foto 7



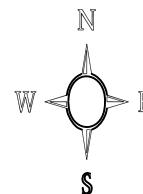
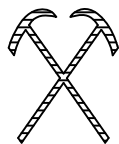
Indagine microsismica DOWN HOLE

5.00 - 10.00 m

Foto 8



Indagine microsismica HVSR



Repertorio Fotografico

Comune: Valmontone

Località: Via A. Gramsci

10.00 - 15.00 m

Foto 9



Vista dell'area verso Nord

15.00 - 20.00 m

Foto 10



Indagine microsismica MASW

L'attività del complesso vulcanico dei Colli Albani si conclude con una fase legata principalmente alle interazioni tra magma residuo e l'acqua (Attività Idromagmatica Finale): esplosioni caratterizzate da energie veramente notevoli, che provocano la formazione di tutta una serie di crateri eccentrici, più o meno allineati in direzione N-S, i più importanti dei quali sono quelli di Ariccia, Nemi ed Albano.

Le ultime datazioni disponibili indicano che i prodotti più recenti di questa fase sono rappresentati dai materiali eruttati dal cratere di Albano, e risalgono a circa 20.000 anni fa. I suddetti depositi vulcanici poggiano prevalentemente sulle successioni pelagiche argilloso-limose del Pliocene e del Pleistocene e localmente sui depositi continentali del Pleistocene stesso.

Da un punto di vista stratigrafico, l'area in esame risulta caratterizzata dalla presenza dei prodotti del vulcanismo dei Colli Albani costituiti da terreni con una marcata eterogeneità spaziale con grande complessità e variabilità litologica.

Nel dettaglio il territorio comunale è caratterizzato dalla continua e diffusa presenza di depositi vulcanici costituiti da lapilli di vario colore (lapilli policromi) distintamente stratificati con intercalazioni cineritiche spesso ricoperte dai paleosuoli costituiti dalla facies pedogenizzata dei lapilli varicolori, intercalate dal tufo litoide (tufo lionato).

Quadro geologico locale

Per le finalità stesse del lavoro, il rilevamento geologico è stato eseguito basandosi sul criterio delle distinzioni litologiche e le varie litologie riscontrate sono state correlate, singolarmente o in associazione, a specifici ambienti e/o meccanismi deposizionali, distinguendo così due unità litostratigrafiche di seguito elencate relativamente alle caratteristiche definite anche dalle prove di laboratorio eseguite ed allegate alla presente Relazione Geologica.

I) – Depositi Tufacei Terrosi

Piroclastiti terrose sciolte sabbioso limose;

Ambiente deposizionale: Continentale;

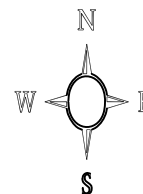
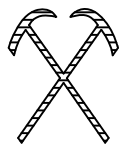
Età: Pleistocene;

Contenuto fossilifero: Assente;

Caratteristiche geotecniche: Sedimenti incoerenti con scarse proprietà fisiche e geomeccaniche, soggetti a scivolamento;

Caratteristiche idrogeologiche: bassa permeabilità, l'aumento della componente argillosa tende a limitare l'efficienza drenante;

Sismicità: terreni soggetti ad amplificazione sismica.

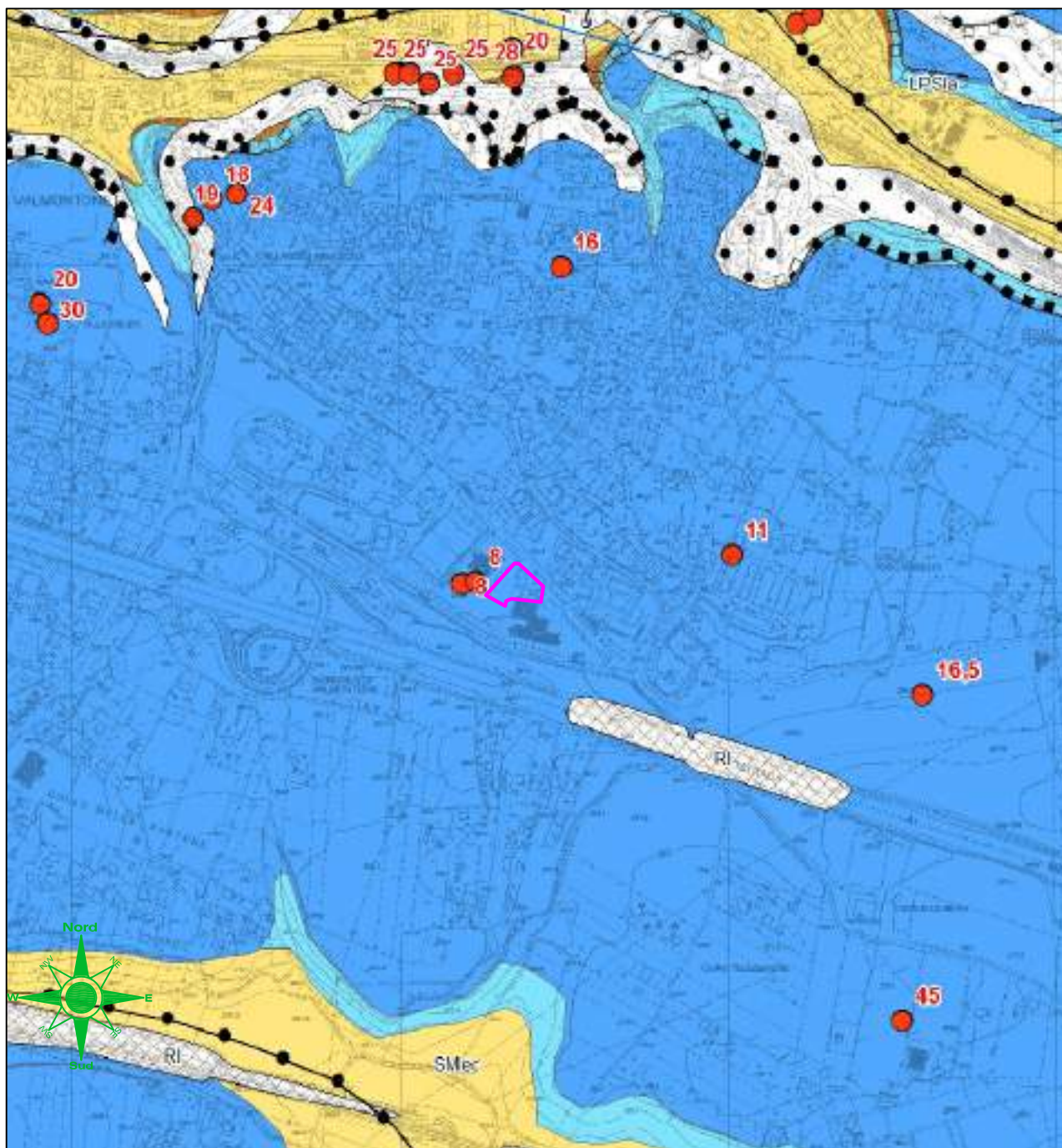


Stralcio Carta Geologico Tecnica

Comune: Valmontone

Località: Via A. Gramsci

Studio di Microzonazione Sismica Livello 1



Scala 1:10.000



Zone di Attenzione per instabilità



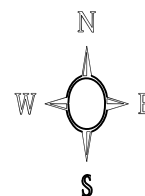
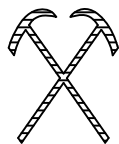
Depositi di sabbie limose tufacei e tufiti stratificate



Depositi di granulare cementato di tufi e tufiti stratificate



Area in esame

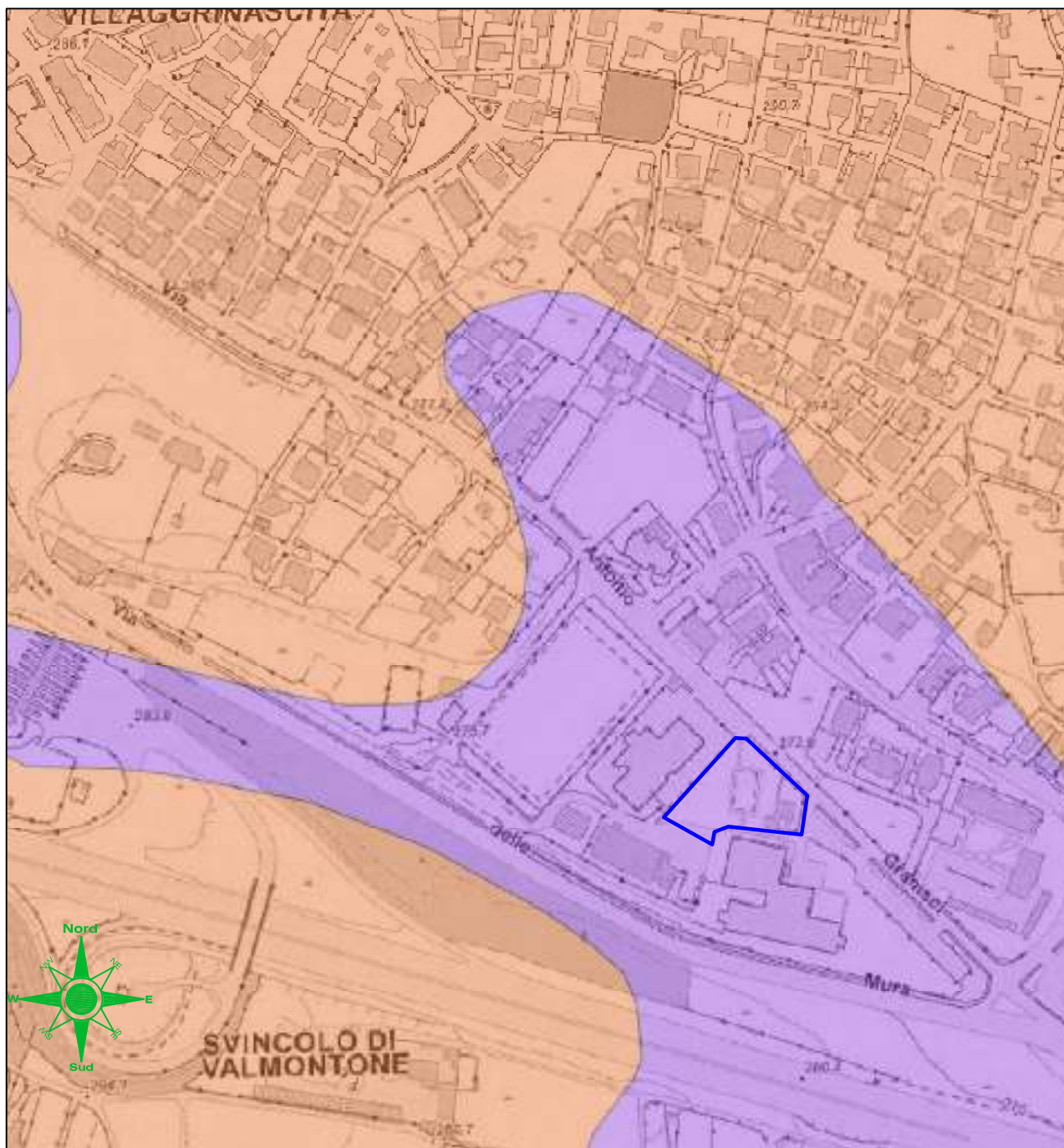


Stralcio Carta Geologica

Comune: Valmontone

Località: Via A. Gramsci

Shapes Files Regione Lazio



Scala 1:4.000



Depositi di scorie e lapilli



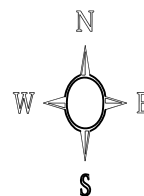
Depositi tufacei e tufiti stratificate



Area in esame



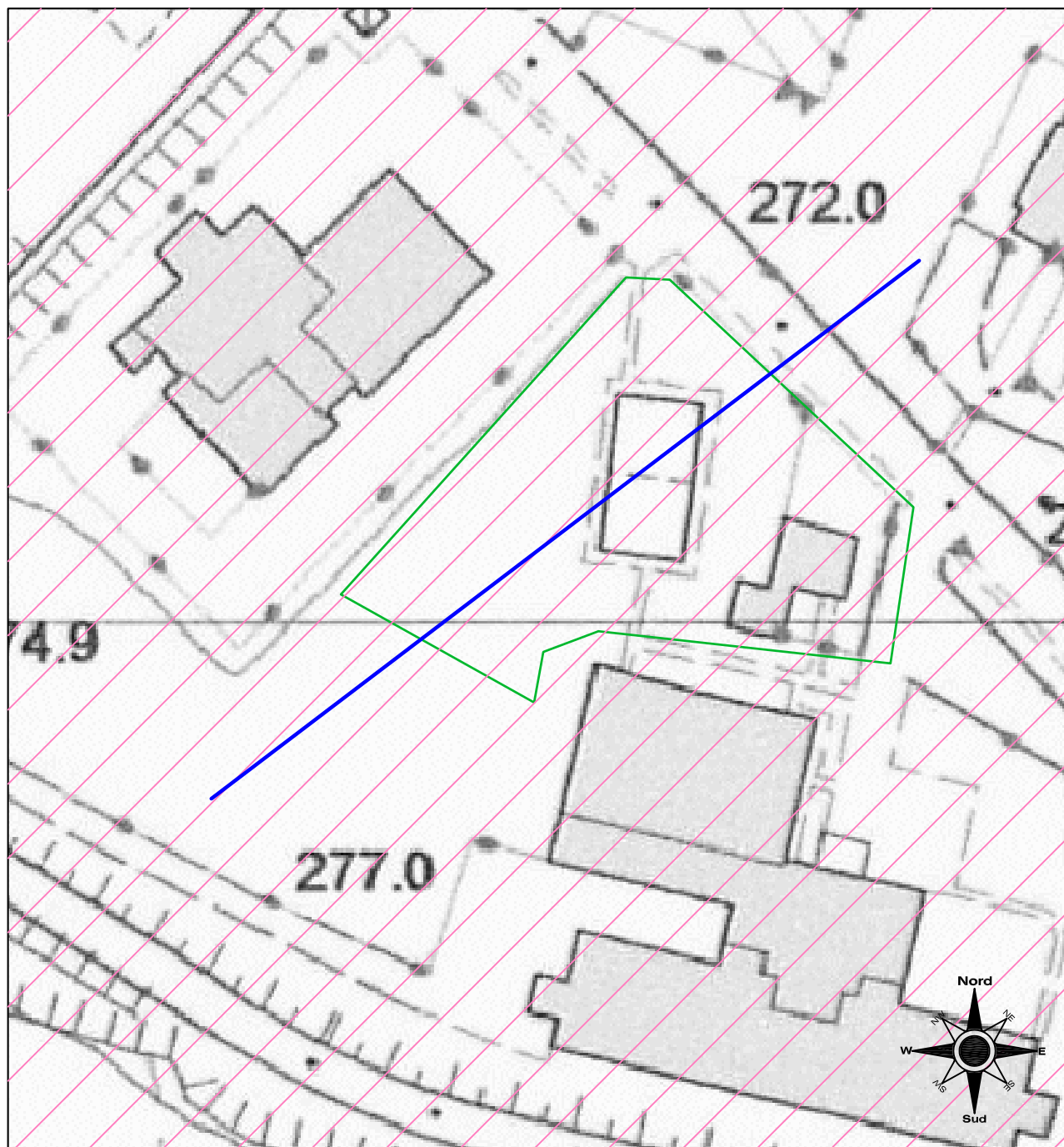
Carta Geologico Sismica





Comune: Valmontone

Località: Via A. Gramsci

C.T.R. n. 388043

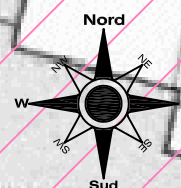


Scala 1: 1.000

-  Piroclastiti sabbioso limose
-  Sezione Geologico - Simica

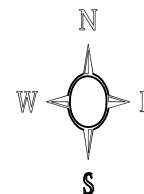


Area in esame



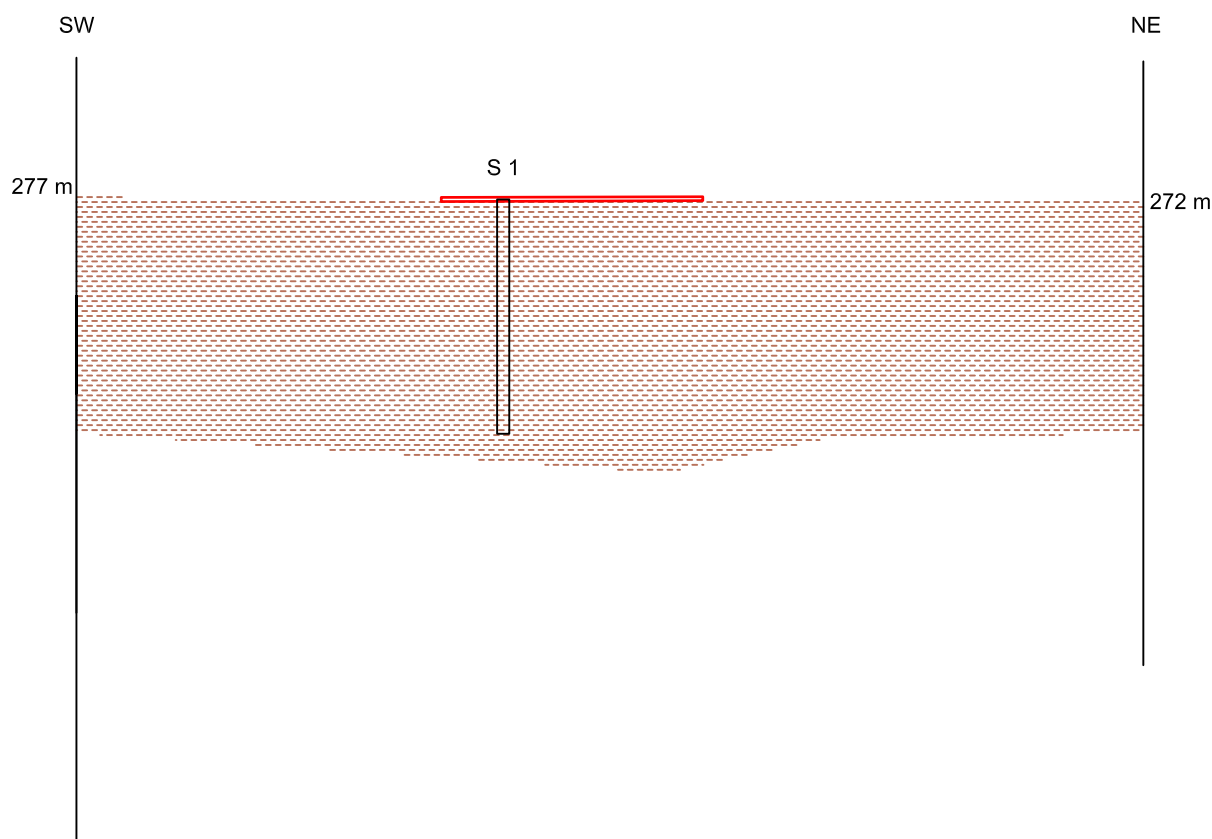


Sezione Geologico Sismica



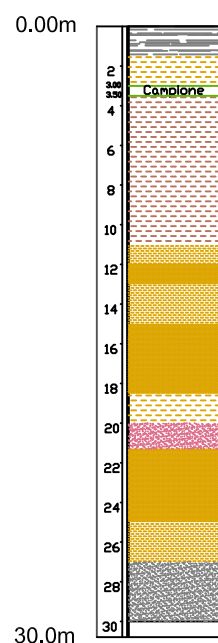
Comune: Valmontone

Località: Via A. Gramsci



 Piroclastiti marroni suscettibili di amplificazione sismica

 Fabbricato in esame



Scala 1: 1.000

Scala 1: 1.000

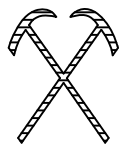
STRATIGRAFIA S. 1 LOCALITA' VIA GRAMSCI COMUNE VALMONTONE

Committente: Comune Valmontone	Profondità raggiunta 30.00m	Quota Ass. P.C. 275 m slm	Certificato n° 1	Pagina
Operatore Emiliano Abballe	Indagine Geognostica	Note:	Casse Catalog. n. 6	Inizio/Fine Esecuzione 10-01-2022_10-01-2022
Responsabile Dr. Roberto Bianchi	Sondaggio S1	Tipo Carotaggio Continuo	Tipo di Sonda FRASTE MITO 8	Coordinate Lat. 41.767175, Long. 12.926546

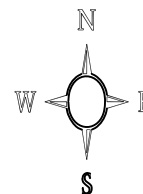
Scala (mt)	Litologia	Descrizione	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Piezometro
			0 20 40 60 80 100										

		Riporti									0.00		
2		Piroclastite limosa marroncina								n. 1			
3.00		Campione											
3.50													
4													
6		Piroclastite limosa argillosa marrone									5.00		
8										n. 2			
10											10.00		
12		Piroclastite da limosa a semilitoide marroncina											
14		Piroclastite litoide								n. 3			
16		Piroclastite semilitoide marroncina									15.00		
18		Piroclastite litoide											
20		Piroclastite limosa marroncina								n. 4			
22		Sabbie da grigie a rosse									20.00		
24		Piroclastite litoide da rossiccia a marrone								n. 5			
26		Piroclastite da limosa a semilitoide marroncina									25.00		
28		Sabbie grigie								n. 6			
30		Fine Sondaggio									30.00		

Responsabile Dr. Geologo Roberto Bianchi



Repertorio Fotografico



Comune: Valmontone

Località: Via A. Gramsci

Foto 1



Sondaggio n. 1

Coordinate

Lat. 41.767175

Long. 12.926546

0.00m → 5.00m

Cassetta n. 1

Foto 2



Sondaggio n. 1

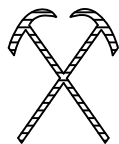
Coordinate

Lat. 41.767175

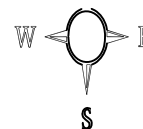
Long. 12.926546

5.00m → 10.00m

Cassetta n. 2



Repertorio Fotografico



Comune: Valmontone

Località: Via A. Gramsci

Foto 3



Sondaggio n. 1

Coordinate

Lat. 41.767175

Long. 12.926546

10.00m → 15.00m

Cassetta n. 3

Foto 4



Sondaggio n. 1

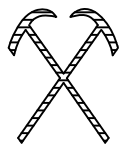
Coordinate

Lat. 41.767175

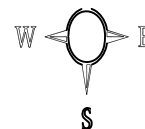
Long. 12.926546

15.00m → 20.00m

Cassetta n. 4



Repertorio Fotografico



Comune: Valmontone

Località: Via A. Gramsci

Foto 5



Sondaggio n. 1

Coordinate

Lat. 41.767175

Long. 12.926546

20.00m → 25.00m

Cassetta n. 5

Foto 6



Sondaggio n. 1

Coordinate

Lat. 41.767175

Long. 12.926546

25.00m → 30.00m

Cassetta n. 6

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.itAZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

COMMITTENTE: DOTT. GEOL. ANTONIO GERMANI

RIFERIMENTO: Scuola Padre Pio - Valmontone

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 3.00-3.50

MODULO RIASSUNTIVOCARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	28.9	%
Peso di volume	18.5	kN/m ³
Peso di volume secco	14.3	kN/m ³
Peso di volume saturo		kN/m ³
Peso specifico		
Indice dei vuoti		
Porosità		%
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	%
Sabbia	%
Limo	%
Argilla	%
D 10	mm
D 50	mm
D 60	mm
D 90	mm
Passante set. 10	%
Passante set. 42	%
Passante set. 200	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ_{Rim}	kPa
c_u	kPa	$c_{u\ Rim}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	4.8	kPa	ϕ' 27.8 °
c'_{Res}		kPa	ϕ'_{Res} °

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d °
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu} °
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu} °
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u °

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

Limo argilloso di colore marrone scuro. Presenza di minerali vulcanici e rare scorie millimetriche e centimetriche

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.itAZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00419	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/01/22	Inizio analisi: 21/01/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 09 del 14/01/22		Apertura campione: 21/01/22	Fine analisi: 22/01/22

COMMITTENTE: DOTT. GEOL. ANTONIO GERMANI
RIFERIMENTO: Scuola Padre Pio - Valmontone
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 3.00-3.50

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 28.9 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Limo argilloso di colore marrone scuro. Presenza di minerali vulcanici e rare scorie millimetriche e centimetriche

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.itAZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00420	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/01/22	Inizio analisi: 21/01/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 09 del 14/01/22		Apertura campione: 21/01/22	Fine analisi: 21/01/22

COMMITTENTE: DOTT. GEOL. ANTONIO GERMANI			
RIFERIMENTO: Scuola Padre Pio - Valmontone			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	3.00-3.50

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 18.5 kN/m³

Limo argilloso di colore marrone scuro. Presenza di minerali vulcanici e rare scorie millimetriche e centimetriche

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00421 Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 09 del 14/01/22
DATA DI EMISSIONE: 25/01/22
Inizio analisi: 21/01/22
Apertura campione: 21/01/22
Fine analisi: 24/01/22
COMMITTENTE: DOTT. GEOL. ANTONIO GERMANI
RIFERIMENTO: Scuola Padre Pio - Valmontone
SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C1
PROFONDITA': m 3.00-3.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	50.0	100.0	200.0
Umidità iniziale e umidità finale (%):	29.1 25.7	30.1 23.3	29.9 23.9
Peso di volume (kN/m³):	18.6	18.4	18.4
Tipo di prova: Consolidata - lenta		Velocità di deformazione: 0.008 mm / min	

DIAGRAMMA
Tensione
Deformazione orizzontale

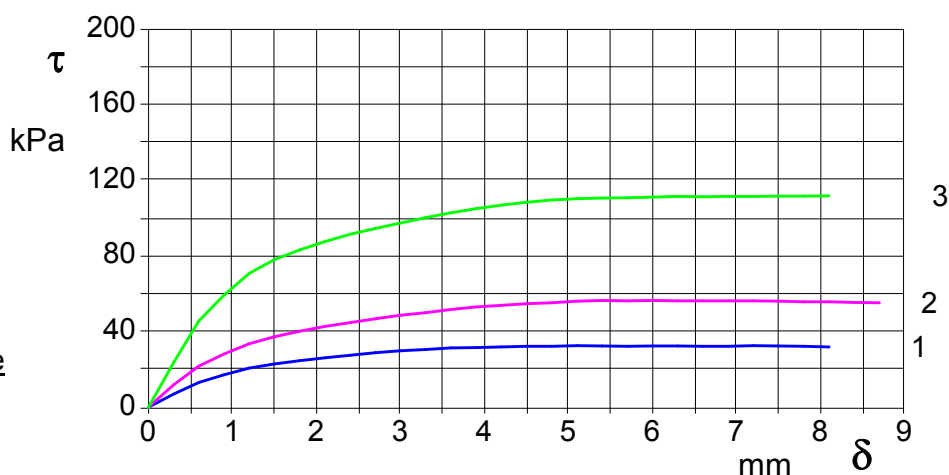
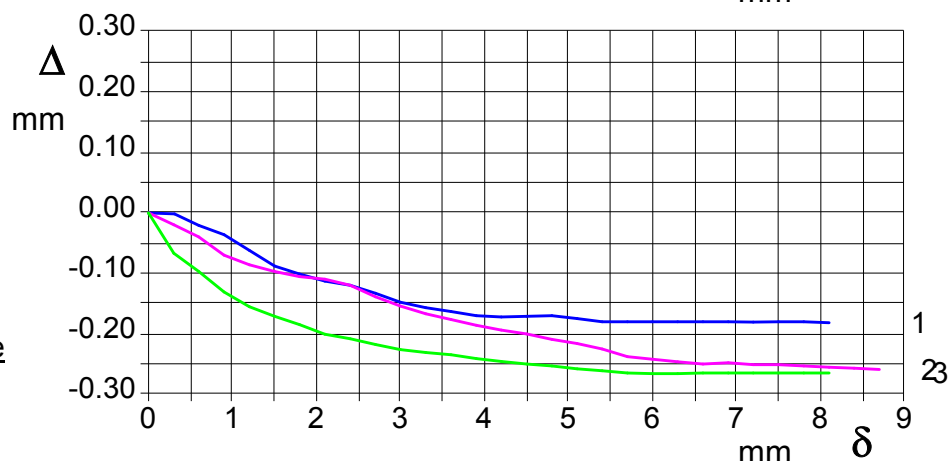


DIAGRAMMA
Deformazione verticale
Deformazione orizzontale



Limo argilloso di colore marrone scuro. Presenza di minerali vulcanici e rare scorie millimetriche e centimetriche

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00421	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 25/01/22	Inizio analisi: 21/01/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 09 del 14/01/22		Apertura campione: 21/01/22	Fine analisi: 24/01/22

COMMITTENTE: DOTT. GEOL. ANTONIO GERMANI				
RIFERIMENTO: Scuola Padre Pio - Valmontone				
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	3.00-3.50	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

[illegible]

ALLEGATO PROVA DI TAGLIO DIRETTO Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 09 del 14/01/22

DATA DI EMISSIONE: 25/01/22

Inizio analisi: 21/01/22

Apertura campione: 21/01/22

Fine analisi: 24/01/22

COMMITTENTE: DOTT. GEOL. ANTONIO GERMANI

RIFERIMENTO: Scuola Padre Pio - Valmontone

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 3.00-3.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	50	100	200
Tensione a rottura (kPa):	32	56	112
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	7.20	5.40	8.10
Deformazione verticale a rottura (mm):	-0.18	-0.23	-0.27
Umidità iniziale e umidità finale (%):	29.1 25.7	30.1 23.3	29.9 23.9
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18.6 19.1	18.4 18.8	18.4 19.3

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 4.8 kPa
Angolo di attrito interno: 27.8 °

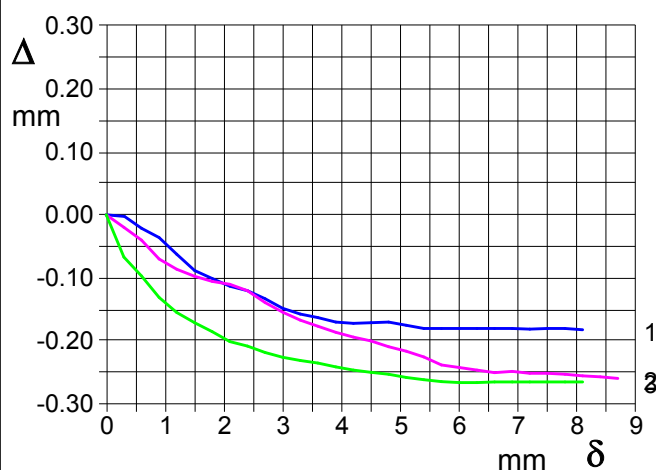
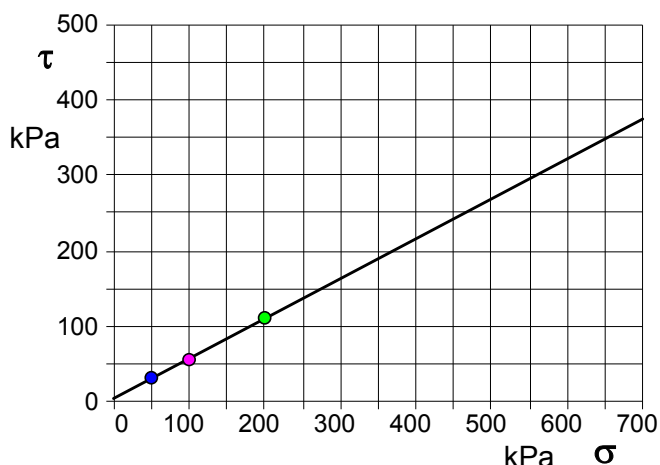
Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0.008 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

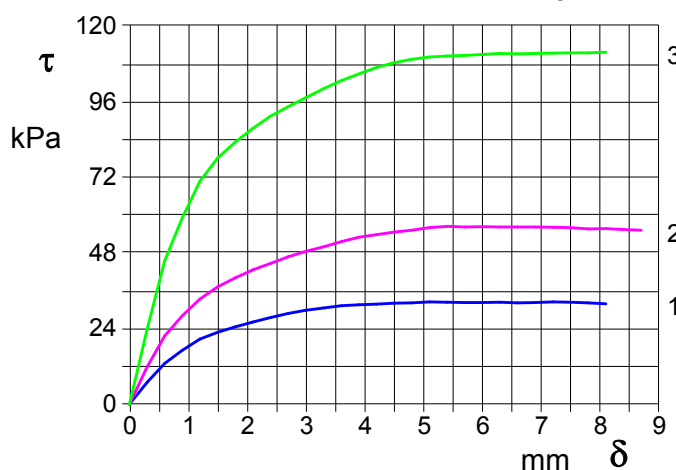


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Limo argilloso di colore marrone scuro. Presenza di minerali vulcanici e rare scorie millimetriche e centimetriche

II) – Tufi prevalentemente stratificati, litoidi e semi litoidi

Depositi piroclastici semi litoidi intervallati da strati più o meno consistenti;

Ambiente deposizionale: Continentale;

Età: Pleistocene;

Contenuto fossilifero: Assente;

Caratteristiche geotecniche: Sedimenti coerenti con buone proprietà fisiche e geomeccaniche;

Caratteristiche idrogeologiche: bassa permeabilità, l'aumento della componente argillosa tende a limitare l'efficienza drenante;

Sismicità: terreni soggetti ad amplificazione sismica.

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**Quadro geomorfologico generale**

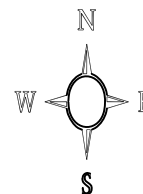
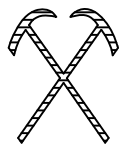
Dal punto di vista geomorfologico, l'assetto geomorfologico è fortemente condizionato dall'attività antropica. Le formazioni vulcaniche, caratterizzate dalla presenza dei depositi piroclastici e lavici che tendono ad assumere una giacitura sub orizzontale, hanno comunque dettato le linee principali dell'azione dell'uomo.

A scala comunale il paesaggio assume una disposizione tabulare all'interno del quale l'idrografia a pattern centrifugo ha inciso valli più o meno profonde. Si evidenziano dunque pianori molto allungati, separati da incisioni vallive sub parallele; i bordi dei pianori sono netti e le scarpate di raccordo con i fondo valle sono sovente molto ripidi o sub verticali che spesso possono dare origine a fenomeni di instabilità gravitative.

Quadro geomorfologico locale

Il sito oggetto di studio è ubicato su una delle principali arterie di collegamento tra il casello autostradale e l'Outlet di Valmontone, importante centro commerciale a scala regionale, per poi confluire sulla via Casilina. L'area è molto urbanizzata per cui l'antico paesaggio risulta totalmente rimaneggiato, con la presenza di edifici e manufatti che vanno a nascondere totalmente l'assetto geomorfologico originale.

Rispetto all'assetto geologico e geomorfologico, dalle indagini eseguite e dal rilevamento di dettaglio si evince che esiste uno strato di tre metri di terreno alterato e rimaneggiato per poi

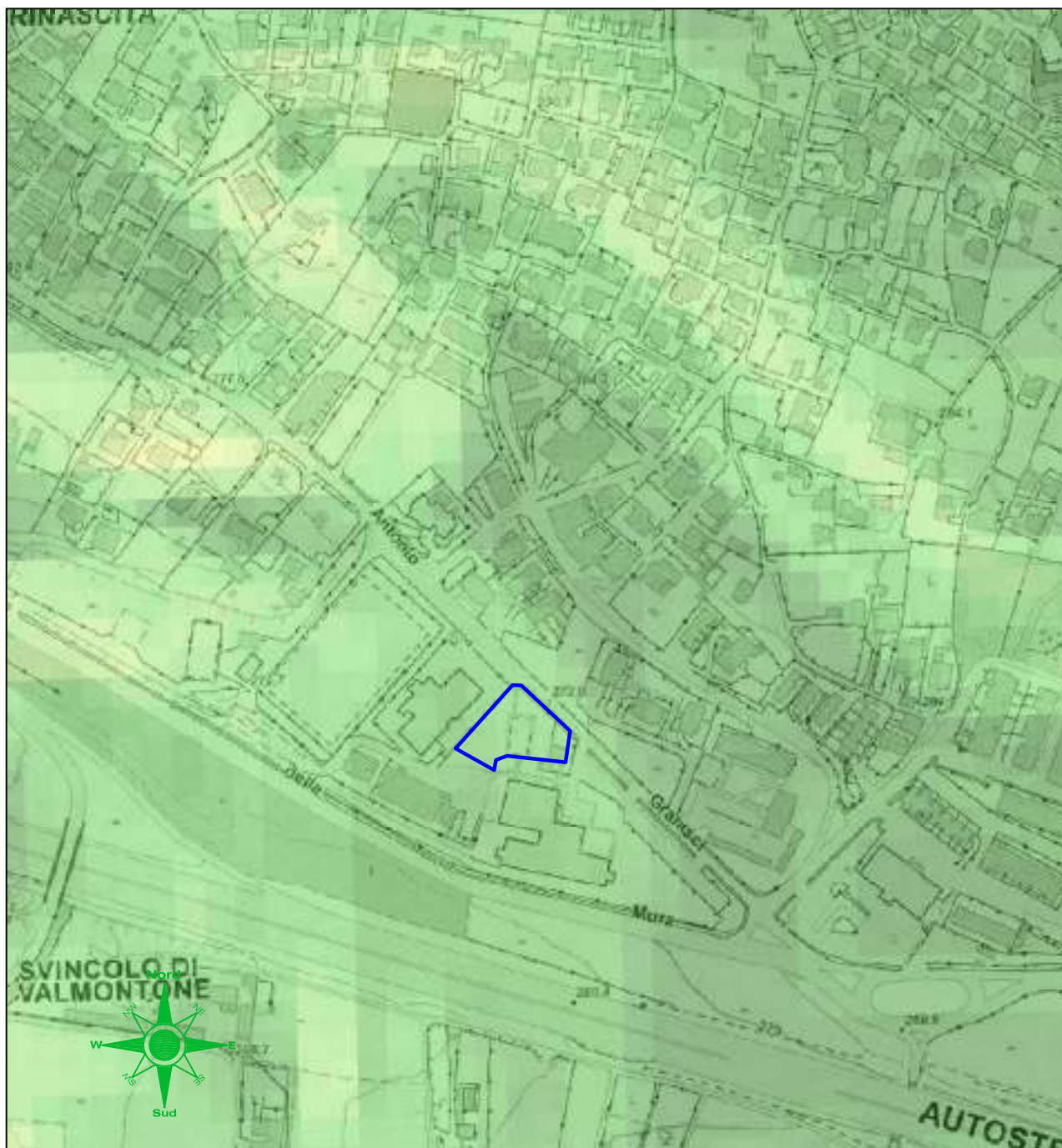


Stralcio Carta delle Acclività

Comune: Valmontone

Località: Via A. Gramsci

Shapes Files Regione Lazio



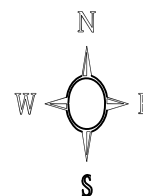
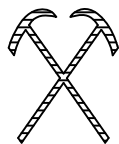
Classi di acclività dei versanti in gradi



Scala 1: 5.000



Area in esame



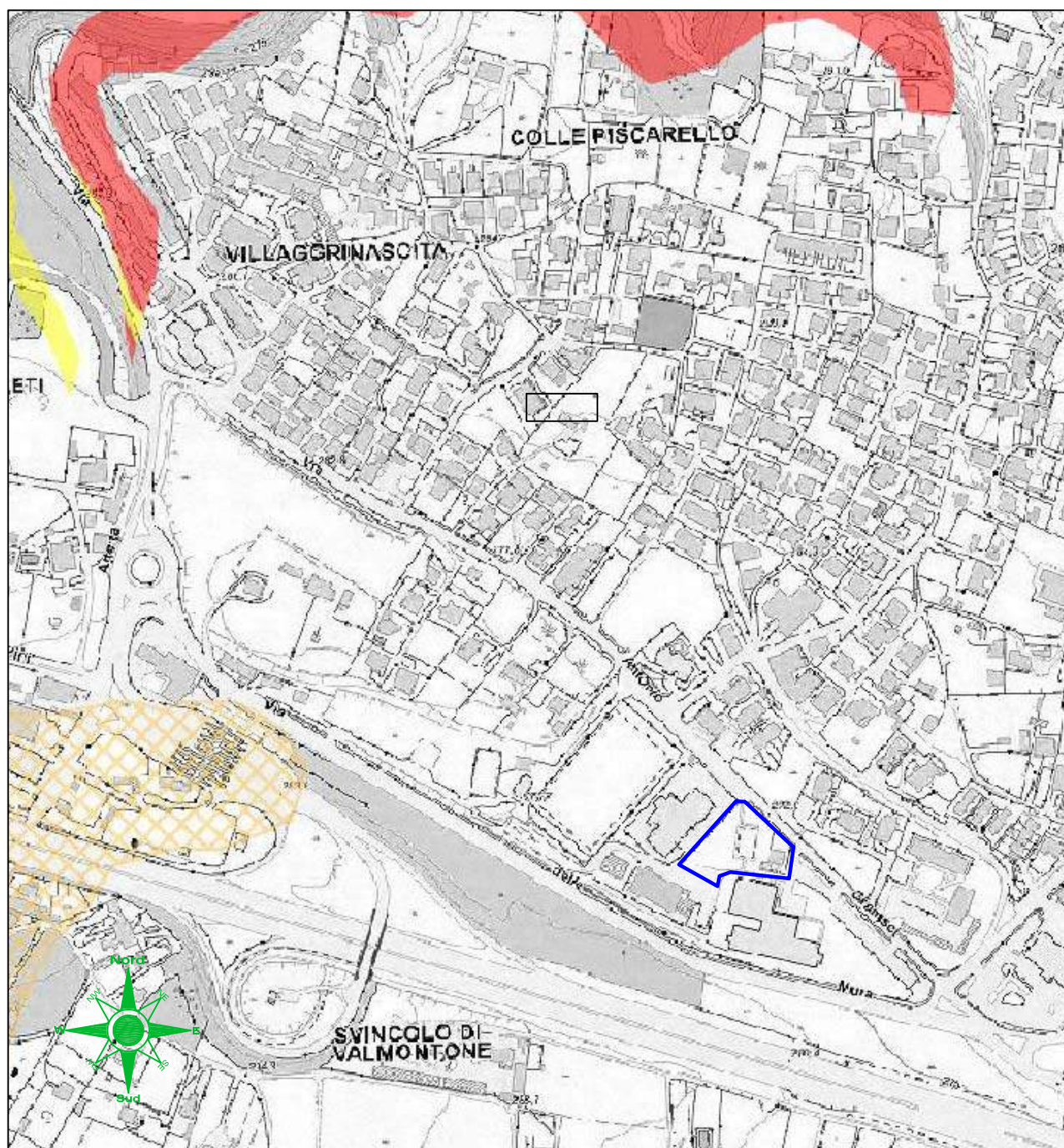
Stralcio Carta PAI Rischio Frana

Autorita' di Bacino Liri Gari Volturno

Comune: Valmontone

Località: Via A. Gramsci

Shapes Files Regione Lazio



Scala 1: 5.000



Area esente da rischio



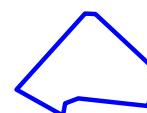
Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi (C1)



Area di alta attenzione A4



Area a rischio molto elevato R4



Area in esame

passare alla successione piroclastica con alternanza di tufi terrosi alternati a tufi litoidi. L'area è pianeggiante e non si rilevano dunque forme superficiali che possano far pensare a dissesti gravitativi in atto o potenziali. Anche il drenaggio superficiale risente dell'intervento dell'uomo e non esistono linee di deflusso naturali nell'area studiata, ma solo sistemi di raccolta che convogliano le acque negli impianti fognari. Si consiglia comunque di prestare particolarmente attenzione alle acque di dilavamento nell'intorno dell'area, con la realizzazione di idonei sistemi di raccolta della acque piovane.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Situazione idrogeologica generale

Il comune di Valmontone ricade in una struttura idrogeologica caratterizzata dal complesso a bassa permeabilità costituito dalle piroclastiti dell'Attività idromagmatica finale e sono costituiti da livelli piroclastici a carattere prevalentemente sabbioso lapillosi, terreni permeabili per permeabilità primaria e secondaria, con un'infiltrazione efficace ($100 < i.e. < 250 \text{ mm/a}$).

La zona di ricarica della circolazione sotterranea è rappresentata dalla vicina struttura vulcanica del Vulcano Laziale, il sistema acquifero di riferimento all'area in esame è quello d'importanza regionale contenuto nelle piroclastiti, il cui livello statico è posto ad una quota non interferente con le opere in progetto.

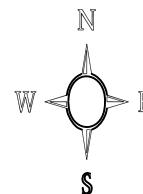
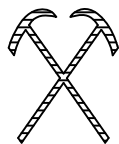
Le proprietà che interessano in modo particolare l'idrogeologia, perché ne condizionano quantitativamente l'assorbimento, sono: l'immagazzinamento, il movimento delle acque, la capacità di percolazione, la capacità d'assorbimento, la porosità, la permeabilità e quindi la trasmissività.

Situazione idrogeologica locale

Il complesso idrogeologico riconosciuto nell'area in esame è il:

Complesso delle Vulcaniti: (Area in esame) costituito da prodotti piroclastici di varia natura e da depositi effusivi, generalmente presentano una permeabilità medio bassa nelle sequenze limo-argillose e media nelle sequenze limo-sabbiose, i valori idrogeologici sono caratterizzati da un'infiltrazione efficace variabile nell'intervallo $100 < i.e. < 250 \text{ mm/a}$, mentre la permeabilità media, dei terreni presenti, è circa $k = 10^{-3}/10^{-4} \text{ cm/sec}$.

Né le sorgenti superficiali, non rilevate, né tantomeno quelle profonde possono essere influenzate dalle opere in progetto, si consiglia di prestare la massima attenzione durante i lavori, al fine di evitare qualsiasi tipo di ruscellamento ed erosione, ed inoltre di convogliare le acque di ruscellamento superficiali, prossime alle opere in realizzazione per evitare fenomeni di erosione concentrata che possano pregiudicare la funzionalità delle opere in progetto.

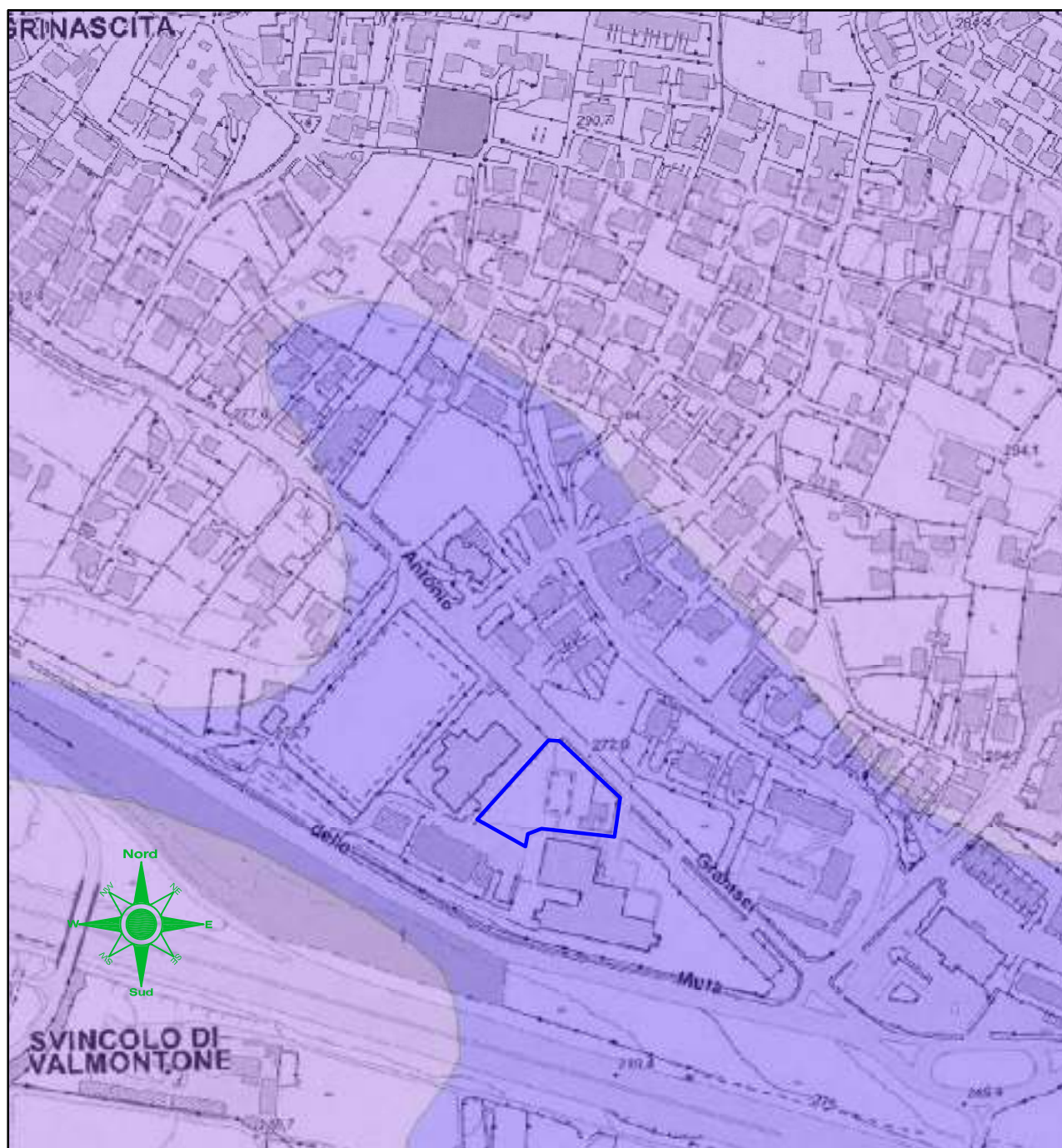


Carta Idrogeologica

Comune: Valmontone

Località: Via A. Gramsci

Shapes Files Regione Lazio



Scala 1: 4.000



Depositi di scorie e lapilli- Permeabilità bassa



Depositi tufacei e tufiti stratificate - Permeabilità bassa



Area in esame

MODELLO GEOLOGICO TECNICO

Il modello del sottosuolo relativo al territorio in esame del comune di Valmontone e più in dettaglio relativo all'area di interesse, risulta sufficientemente chiaro in funzione delle indagini condotte, sia di tipo diretto che indiretto.

Sono state riconosciute tre possibili associazioni di unità geologico-tecniche, una di copertura e due di substrato geologico. Di seguito viene riportata nel dettaglio la distinzione che è stata fatta su base geologico-tecnica, mentre sulla Carta Geologica è presente una descrizione sintetica degli stessi:

TERRENI DI COPERTURA

- Argille ghiaiose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla, poco addensate. Tali unità sono costituite prevalentemente da depositi eluvio-colluvili che hanno subito rimaneggiamento, dato l'elevato grado di urbanizzazione. Lo spessore di tali depositi rilevato con l'ausilio della colonna stratigrafica, è di circa 3 metri.

SUBSTRATO GEOLOGICO SUPERFICIALE

- Unità piroclastiche superficiali. Trattasi di piroclastiti sabbiose e limose di colore marroncino, poco consistenti, alternati a piroclastiti più consistenti per uno spessore di 7 metri.

SUBSTRATO GEOLOGICO PROFONDO

- Piroclastiti tufacee semilitoidi. Si tratta di un banco di tufi litoidi alternato a strati di tufiti sabbiose di colore ocra, fino a fondo foro.

Dal punto di vista geomorfologico, l'area risulta intensamente urbanizzata a tal punto che si riconoscono solo localmente i lineamenti morfologici originari. Data la conformazione geomorfologica pianeggiante, non sono presenti evidenze di dissesti gravitativi in atto o potenziali, il tutto confermato dall'assenza di vincoli imposti da parte dell'EX Autorità di bacino dei Fiumi Liri Garigliano e Volturno, ora Autorità di Distretto dell'Appennino Meridionale.

SISMICITÀ

La normativa nazionale (O.P.C.M. n. 3274/2003, D.M. 159/2005, O.P.C.M. n. 3519/2006), la D.G.R. n. 766 del 01.08.2003 - "Riclassificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'O.P.C.M. n. 3274/2003, nonché la D.G.R. n. 387 del 22/05/2009, ed infine le recenti nuove norme tecniche per le costruzioni con D.M. del 17/01/2018 hanno modificato il

Realizzazione nuovo edificio scolastico

quadro legislativo in materia sismica, tanto che l'intero territorio comunale di **Valmontone** è stato dichiarato sismico attribuendovi la sottozona sismica (2B).

Ai fini dell'applicazione delle norme suddette, il territorio nazionale è suddiviso in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria.

I valori convenzionali di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ed assumono i valori riportati nella Tabella seguente:

Tabella 1 Valori di a_g

Zona Sismica	Sottozona Sismica	Correlazione con a_g
1		$0.25 < a_g < 0.278$
2	A	$0.20 < a_g < 0.25$
2	B	$0.15 < a_g < 0.20$
3	A	$0.10 < a_g < 0.15$
3	B	(val. min.) $0.062 < a_g < 0.10$

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Le attuali norme tecniche per le costruzioni NTC2018, approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, richiedono che la categoria di sottosuolo sia stabilita sulla base del profilo V_s .

In particolare la classificazione del sottosuolo, nel caso di utilizzo dell'approccio semplificato, si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = H / \sum_{i=1}^N (h_i / V_{S,i})$$

con:

h_i : spessore dell' i -esimo strato (in m);

$V_{S,i}$: velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato (in m/s);

N : numero di strati;

H : profondità del substrato SISMICO (in m), definito come quella formazione, costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da **V_S non inferiore a 800 m/s**.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nel Capitolo al 3.2.2. delle NTC2018 e vengono definite come segue.

A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s

C Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

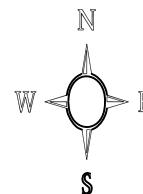
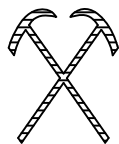
D Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

L'approccio semplificato viene superato quando, in base alla classe d'uso dell'opera da realizzare, è stata eseguita la Risposta Sismica Locale, analisi che restituisce uno spettro di risposta locale, tipico del sito esaminato. In questo caso, dunque, non sarà possibile utilizzare una delle categorie di sottosuolo indicate, ma sarà necessario utilizzare le risultanze della RSL, che verranno trattate nel dettaglio più avanti.

Infine, in merito alla Carta della Microzonazione Sismica di Primo Livello, elaborato realizzato di recente dall'amministrazione comunale e approvato dalla Regione Lazio, l'area in esame risulta "Zona Stabile Suscettibile di Amplificazioni Locali", come mostrato nel successivo stralcio cartografico, estratto dallo studio di Microzonazione Sismica comunale.





Stralcio Carta MOPS

Comune: Valmontone

Località: Via A. Gramsci

Carta delle Microzone in Prospettiva Sismica



Scala 1: 10.000



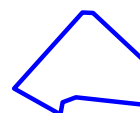
ZSA - Substrato geologico non rigido, granulare semilitoide



ZSA - Sabbie limose poco addensate, depositi fluviali



ZA fr_nd - Zone di attenzione per instabilità non definita



Area in esame

LIVELLO DI RISCHIO SISMICO

In riferimento all'individuazione del livello di rischio, il documento di riferimento è quello del Regolamento Regionale n.7 di aprile 2021, il quale apporta modifiche al precedente R.R. 26/2020. Il regolamento aiuta ad individuare il livello di rischio sismico a partire dal seguente schema:

Il livello di rischio individuato, considerando la zona sismica di appartenenza del Comune (2b) e la classe d'uso (III) è dunque il “**MEDIO**”, evidenziato con il contorno blu nella matrice di cui al Regolamento Regionale 07/04/2021.

PROGETTI	PERICOLOSITA'				
	Zona Sismica				
	1	2a	2b	3a	3b
classi d'uso I e II	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
classe d'uso III	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
classe d'uso IV	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA

Il livello di rischio calcolato (MEDIO) determina l'esecuzione di un certo numero di indagini minime di seguito riportate:

<p>Livello di Rischio Sismico MEDIO</p>	<p style="text-align: center;">TERRENI</p> <p>a) Almeno 1 Sondaggio Geognostico con Prove SPT in foro più 1 Prova Penetrometrica statica (CPT, CPTe, CPTU) , dinamica, (DPSH) o dilatometriche DMT, oppure, almeno 2 Prove Penetrometriche statiche (CPT, CPTe, CPTU) o dinamiche (DPSH), che consentano di definire le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni coesivi e granulari costituenti il volume significativo fondazionale.</p> <p>b) In sostituzione delle prove di cui alla lettera a), solo per le classi III e IV: almeno 1 Sondaggio Geognostico con Prove SPT in foro, più 1 Prova Penetrometrica statica (CPT, CPTe, CPTU), dinamica (DPSH) o dilatometriche DMT, che consentano di definire le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni coesivi e granulari costituenti il volume significativo fondazionale.</p> <p>c) Nel caso di esecuzione del Sondaggio Geognostico: prelievo di campioni quando la litologia consente un campionamento indisturbato o almeno significativo, del terreno fondazionale da sottoporre a Prove Geotecniche di laboratorio, certificate ai sensi dell'articolo 59 del DPR 380/2001 e successive modifiche, per la definizione delle caratteristiche fisico-meccaniche a/o dinamiche (Prova di Taglio Diretta, Prova Edometrica, Prova Triassiale, Prova di Taglio Ciclico, Colonna Risonante, ecc.).</p> <p>d) Almeno 2 Prove Sismiche in sito attive (MASW, SASW, MFT, FTAN, ecc.) o passive (REMI, SPAC, ESAC, f-k, MAAM, ecc.), possibilmente perpendicolari tra di loro per la definizione del profilo di velocità dell'onda S.</p> <p>e) Almeno 1 Acquisizione di Microtremore Sismico a stazione singola (HVSr), per la definizione della frequenza di risonanza del terreno.</p> <p>f) Almeno una prova sismica diretta in foro (DH, CH, SDMT) eseguita fino alla profondità pari al raggiungimento del bedrock sismico o comunque fino alla profondità di almeno 30 metri, in tutti i casi in cui dovrà essere eseguito uno studio di Risposta Sismica Locale (RSL) per le classi d'uso III e IV.</p> <p>g) Analisi della Risposta Sismica Locale, per tutte le classi d'uso III e IV come previsto dalla DGR 493/2019 e successive modifiche ed in tutti i casi in cui (es. inversioni di velocità, bruschi passaggi di rigidità, ecc.) il sottosuolo non è classificabile nelle categorie di cui alla Tabella 3.2.II delle NTC2018, eseguita tramite:</p> <ul style="list-style-type: none"> • codice di calcolo 1D unicamente per sottosuoli costituiti da strati orizzontali continui e superficie topografica piana; • codice di calcolo 2D da eseguire per sottosuoli non costituiti da strati orizzontali continui e superficie topografica non pianeggiante.
---	--

A tal proposito sono state realizzate le seguenti indagini:

1 Sondaggio geognostico attrezzato per l'esecuzione di una prova sismica Down Hole

1 Down Hole

1 Masw

1 HVSr

1 campione di laboratorio su S1

1 Risposta Sismica Locale

Nelle cartografie allegate è possibile osservare la distribuzione delle indagini condotte nell'intorno dell'area in esame, mentre in allegato è possibile visionare nel dettaglio i risultati delle indagini condotte.

ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)

In riferimento alla classe d'uso dell'opera in progetto e alla pericolosità sismica dell'area, è stata condotta un'analisi di Risposta Sismica Locale la cui procedura di calcolo ed i risultati finali vengono di seguito esposti.

Il modello sismo stratigrafico utilizzato è la sintesi delle informazioni derivanti in primis dalle risultanze della Down-Hole, che restituisce un profilo a sette sismostrati. Questi dati sono stati approfonditi in base alle risultanze delle indagini MASW, HVSR e soprattutto in base all'analisi diretta delle stratigrafie di sondaggio, riducendo i sismostrati a quattro con strato di impostazione di input impostato al quarto sismostrato.

PROCEDURA DI CALCOLO

La procedura di calcolo, adoperata da RSL di GEO STRU, per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione. Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
 - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
 - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
 - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;

Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;

3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile “trasferire” l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M-1}{10}$$

dove M rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da N strati orizzontali di cui l'N-esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come

ipotesi che ciascuno strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt $\left[\tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z,t)}{\partial z \partial t} \right]$, la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove: u rappresenta lo spostamento; t il tempo; ρ la densità; G il modulo di deformazione al taglio; η la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z,t) = U(z)e^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (3)$$

dove ω rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto $G^* = G + i\omega\eta$, ovvero il modulo di deformazione al taglio complesso. Questo può essere ulteriormente riscritto come

$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove ξ rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice * indica la natura complessa della variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z,t) = Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

Realizzazione nuovo edificio scolastico

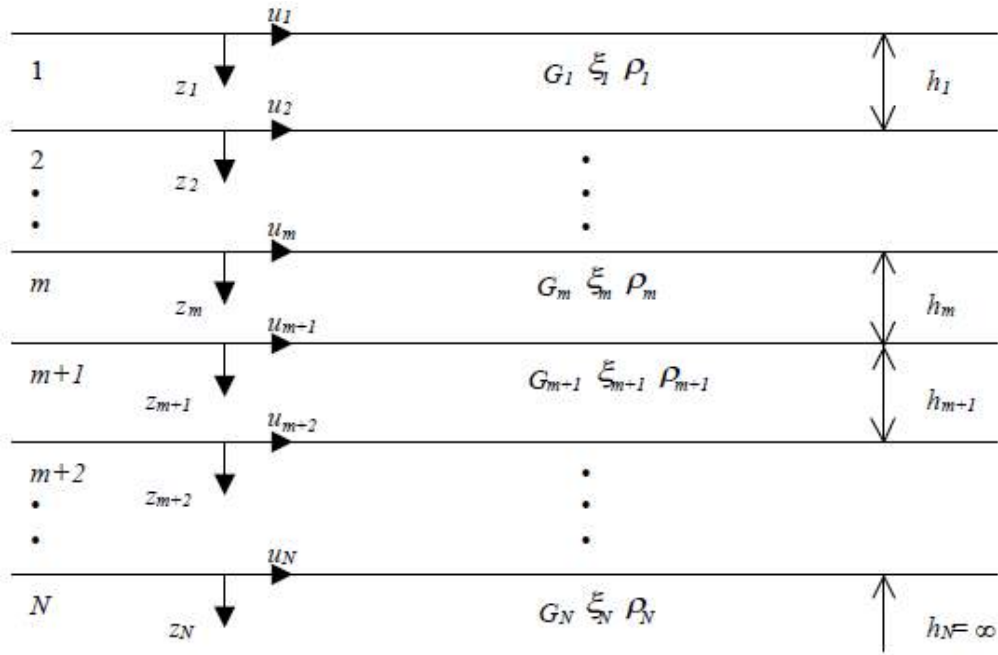


Figura 1: Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre k^* rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad (8)$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* \left[E e^{i(\omega t + k^* z)} + F e^{i(\omega t - k^* z)} \right] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato m di spessore h_m gli spostamenti, rispettivamente in sommità ($z = 0$) ed al fondo ($z = h_m$), sono:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = (E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m}) e^{i\omega t} \quad (11)$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell' m -esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* [E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

Realizzazione nuovo edificio scolastico

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

ovvero

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} (E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}) \quad (17)$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove α_m^* rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati m ed $m+1$, ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che $E_1 = F_1$.

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad m . La funzione di trasferimento A_{mn} che lega gli spostamenti in sommità degli strati m ed n è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

A_{mn} rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti m e n .

In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\dot{u}(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento A_{mn} può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati n ed m :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità z e al tempo t dalla relazione:

$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* (E e^{ik^* z} - F e^{-ik^* z}) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z, t) = G^* \gamma(z, t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura 2 in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

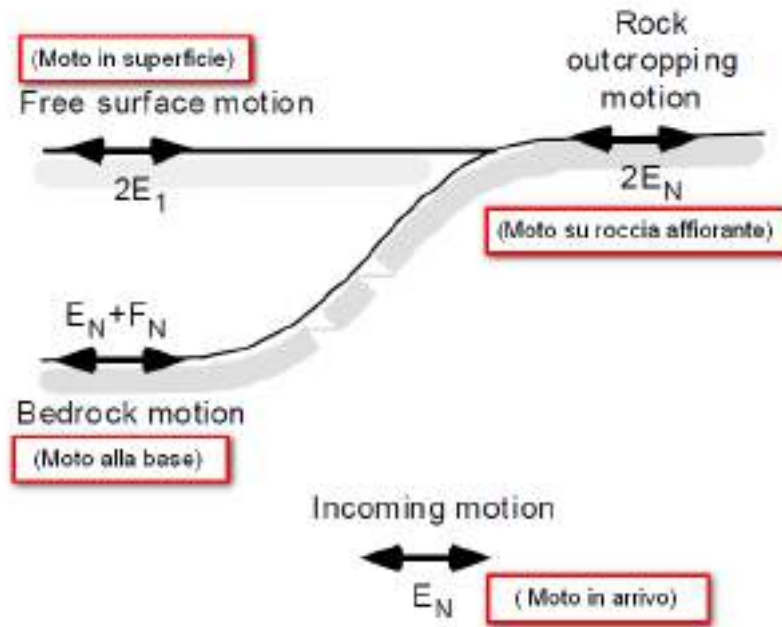


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad E_N ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a $E_N + F_N$. Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ($E_N = F_N$), il moto avrà ampiezza pari a $2E_N$. La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{NN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

A è non lineare poiché G è funzione di γ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di γ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo G così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per $G(\gamma)$ adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma'_m)^{m(\gamma, PI) - m_0} \quad (24)$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000102 + n(PI)}{\gamma} \right)^{0.492} \right] \right\} \quad (25)$$

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145 PI^{1.3}) \quad (26)$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

dove G_{max} è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

dove ρ è la densità del terreno e V_s la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di G per la prima iterazione.

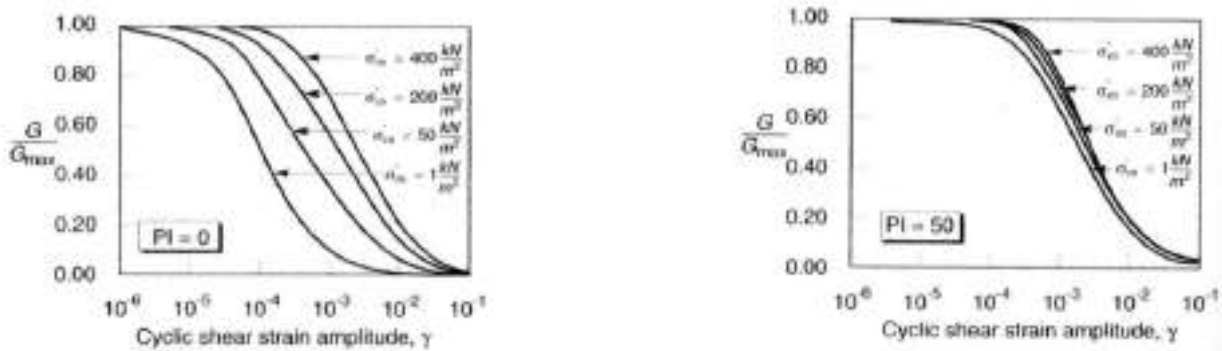


Figura 2: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso ξ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.3})}{2} \left[0.586 \left(\frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche ξ deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

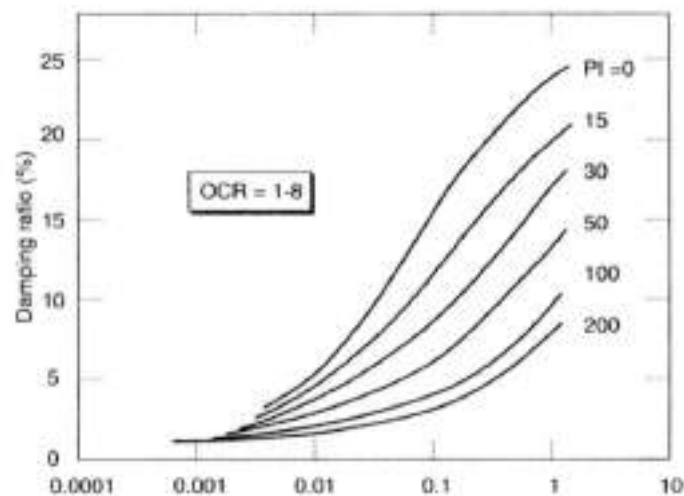


Figura 3: Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

ELABORAZIONE DOWN HOLE - RSL**Dati generali**

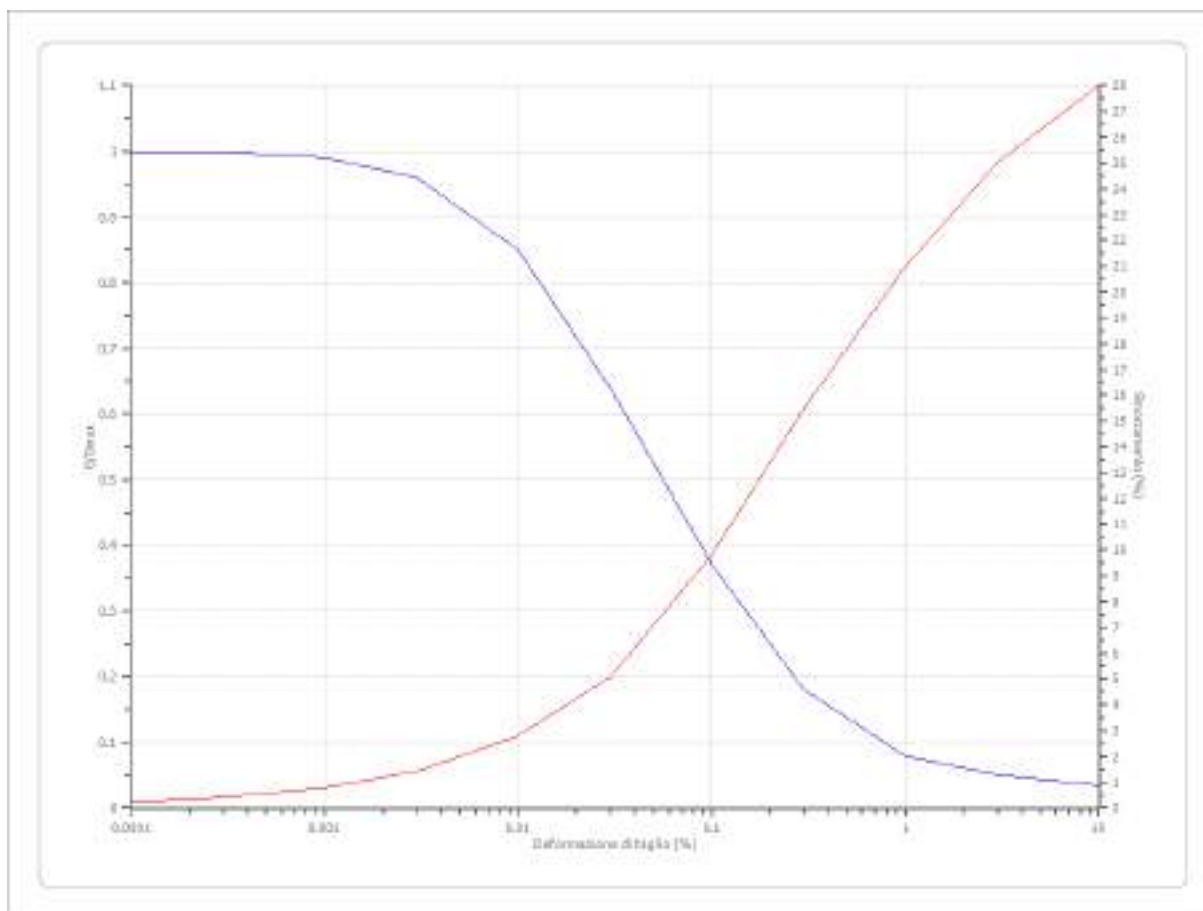
Committente	Comune di Valmontone
Cantiere	Realizzazione nuova Scuola Primaria
Responsabile della prova	Geol. Antonio Germani
Data della prova	14/01/2022
Via	Scuola Primaria Padre Pio
Latitudine	41.7671242[°]
Longitudine	12.9264956[°]

Terreni

Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	0.990	0.001	0.800
0.003	0.960	0.003	1.400
0.010	0.850	0.010	2.800
0.030	0.640	0.030	5.100
0.100	0.370	0.100	9.800
0.300	0.180	0.300	15.500
1.000	0.080	1.000	21.000
3.000	0.050	3.000	25.000
10.000	0.035	10.000	28.000

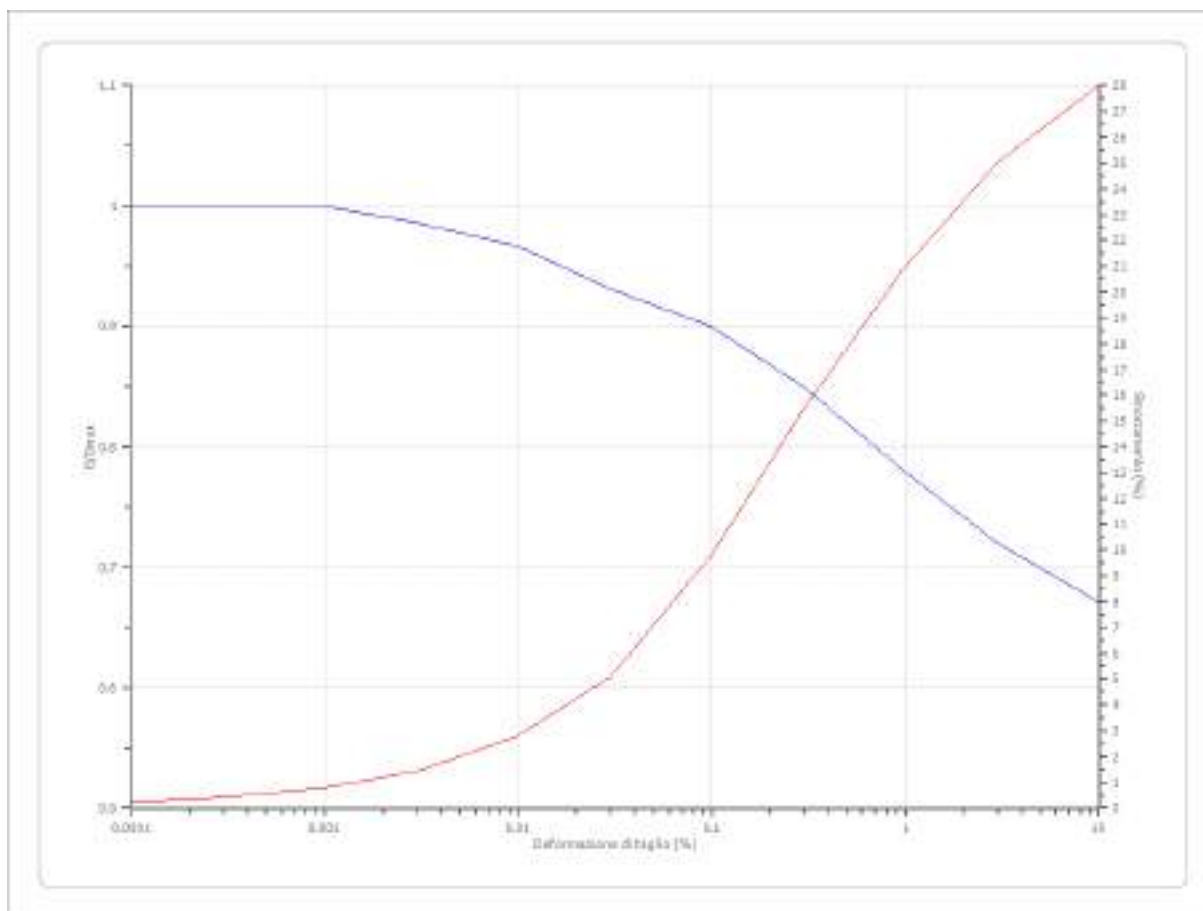
Realizzazione nuovo edificio scolastico



Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	1.000	0.001	0.800
0.003	0.986	0.003	1.400
0.010	0.966	0.010	2.800
0.030	0.931	0.030	5.100
0.100	0.900	0.100	9.800
0.300	0.850	0.300	15.500
1.000	0.779	1.000	21.000
3.000	0.720	3.000	25.000
10.000	0.671	10.000	28.000

Realizzazione nuovo edificio scolastico



Stratigrafia

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Numero sottostrati	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m ³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	Piroclastite limosa marroncina	--	3.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	0	42.31	--	17.5	154.0	26.3
2	Limo argilloso di colore marrone scuro	3.0	4.7	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	0	92.94	--	18.5	222.0	96.0
3	Piroclastite da limosa a	7.7	7.1	Idriss (1990)	0	465.65	--	19.5	484.0	208.7

Realizzazione nuovo edificio scolastico

	semilitoide marroncina			Sand (Seed and Idriss 1970)						
4	Piroclastite limoso- sabbiosa marrone talora litoide	oo	--	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	0	2715.02	--	20.0	1154.0	277.9

Strato rilevamento accelerogramma: 4 Affiorante

Profilo				Velocità onde di taglio		Tensione verticale	
	3.00 [m]	3.50 [m]	Piroclastite limosa marroncina	134.0 [m/s]		20.3 [kPa]	
	4.70 [m]	5.70 [m]	Limo argilloso di colore marrone scuro	222.8 [m/s]		96.0 [kPa]	
	7.10 [m]	14.80 [m]	Piroclastite da limosa a semilitoide marroncina	484.0 [m/s]		200.7 [kPa]	
		20.8	Piroclastite limoso-sabbiosa marrone talora litoide	1154.0 [m/s]		277.9 [kPa]	

INSTRUMENTS INFO

Model type: -

Sensor type: -

Site info

Place: Nuova Scuola Padre Pio

Address: Via A. Gramsci

Latitude: 41.767175

Longitude: 12.926546

Datum: WGS84

Elevation (m): 360

Weather: -

Note: -

ACQUISITION INFO

Date: 26/01/2022

Client: Comune di Valmontone

User: Geologo Antonio Germani

SPS: 10000

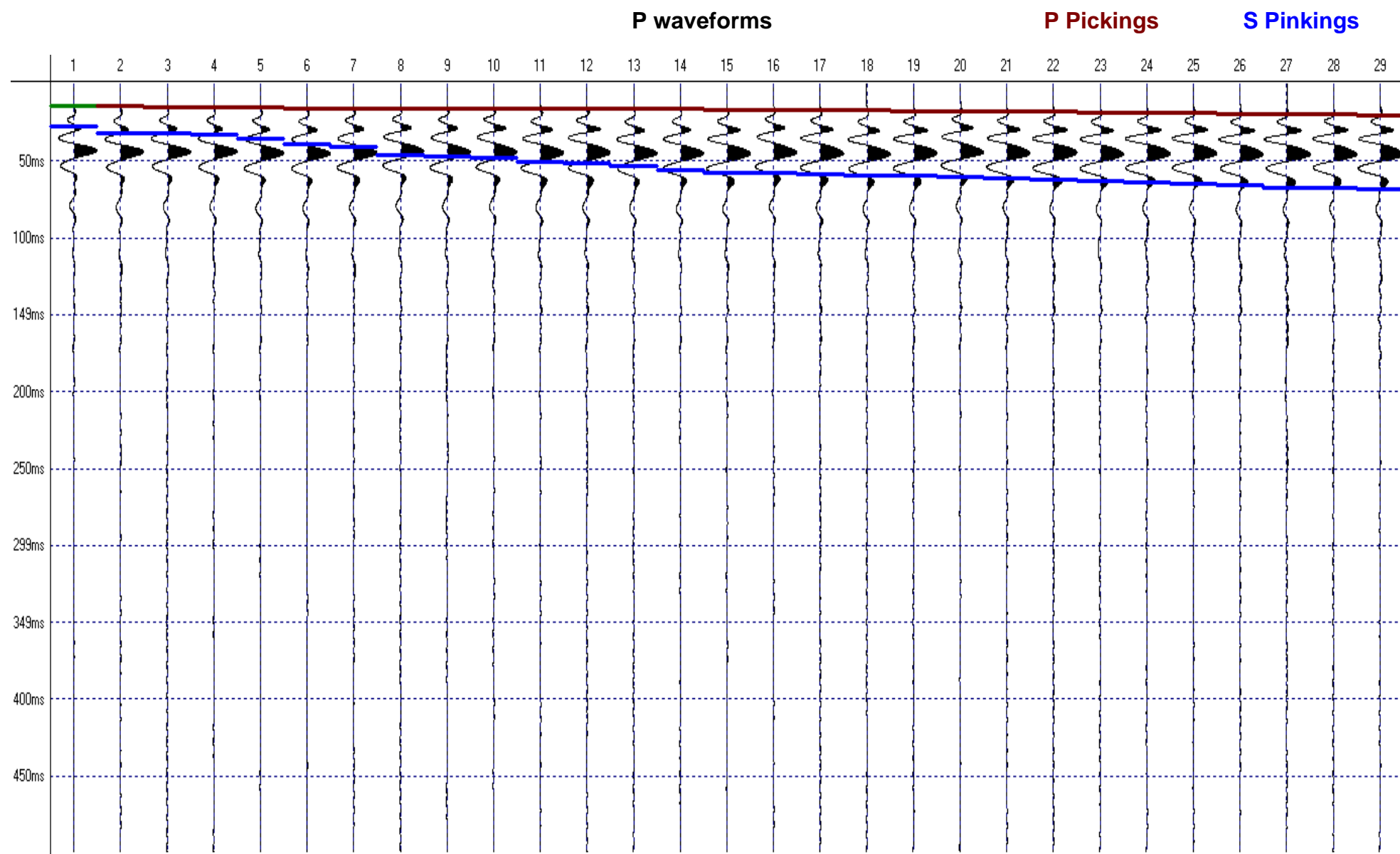
Samples number: 5000

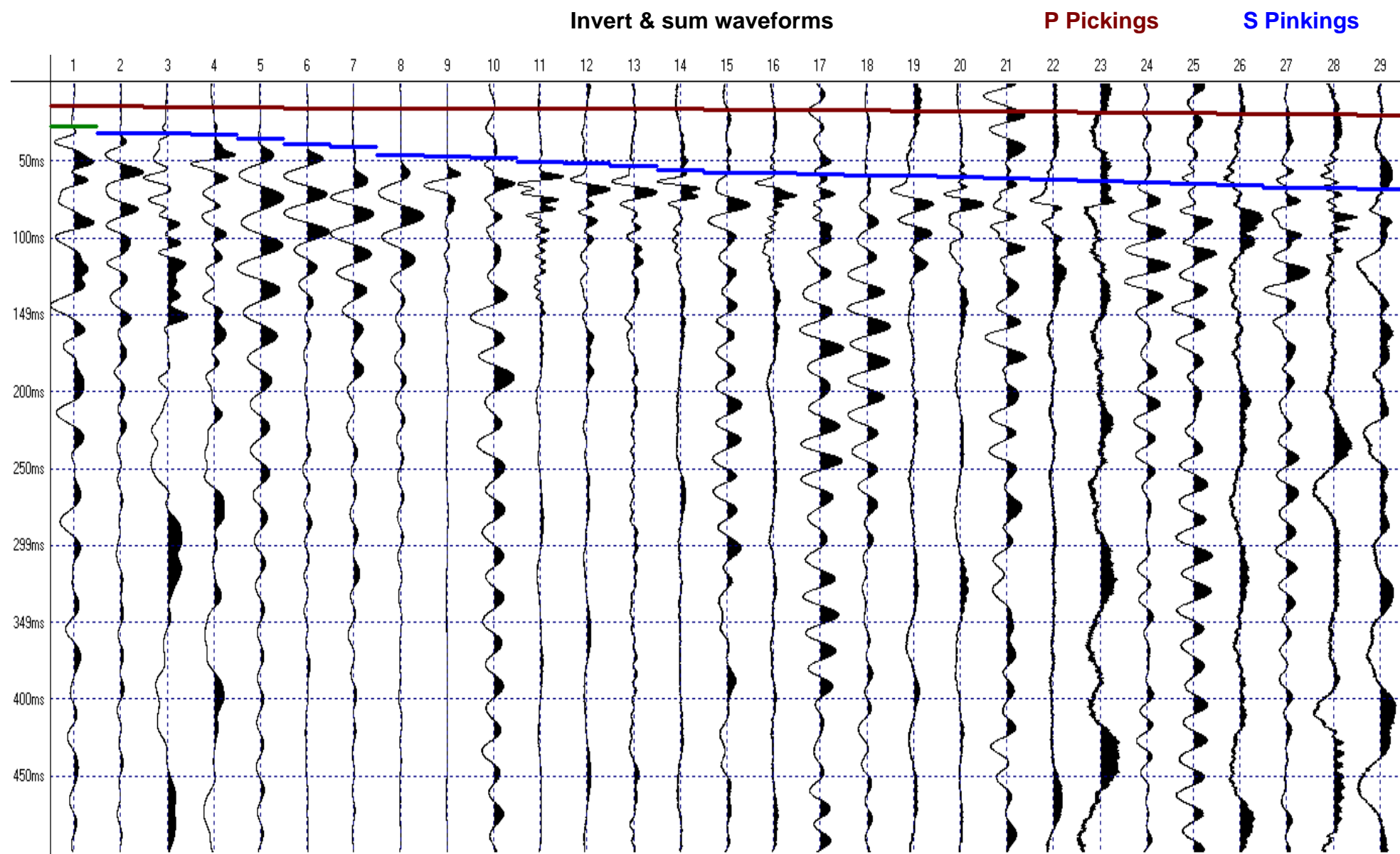
Length (s): 0,5

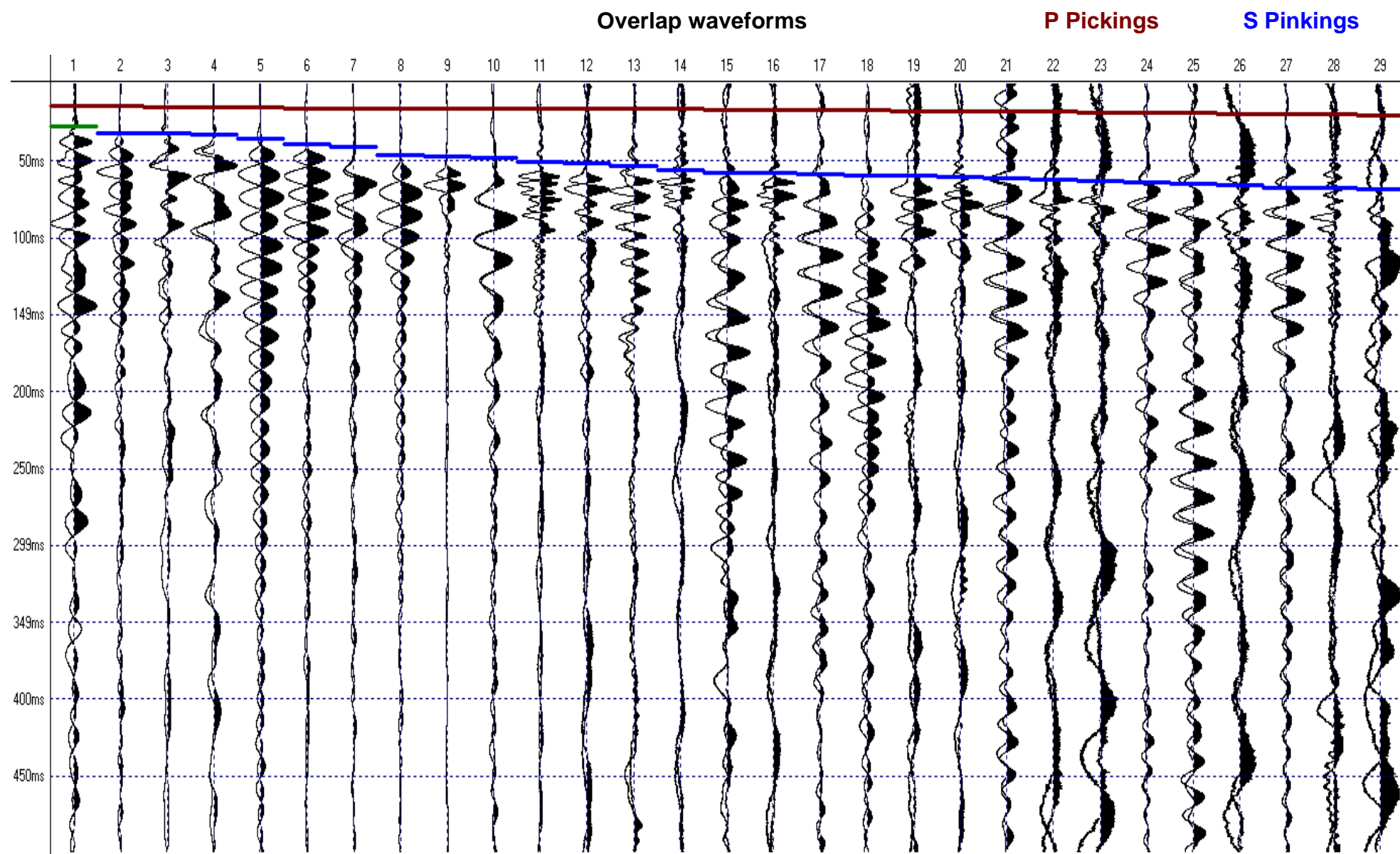
Depth (m): 29

P Shot distance (m): 4

S Shot distance (m): 4



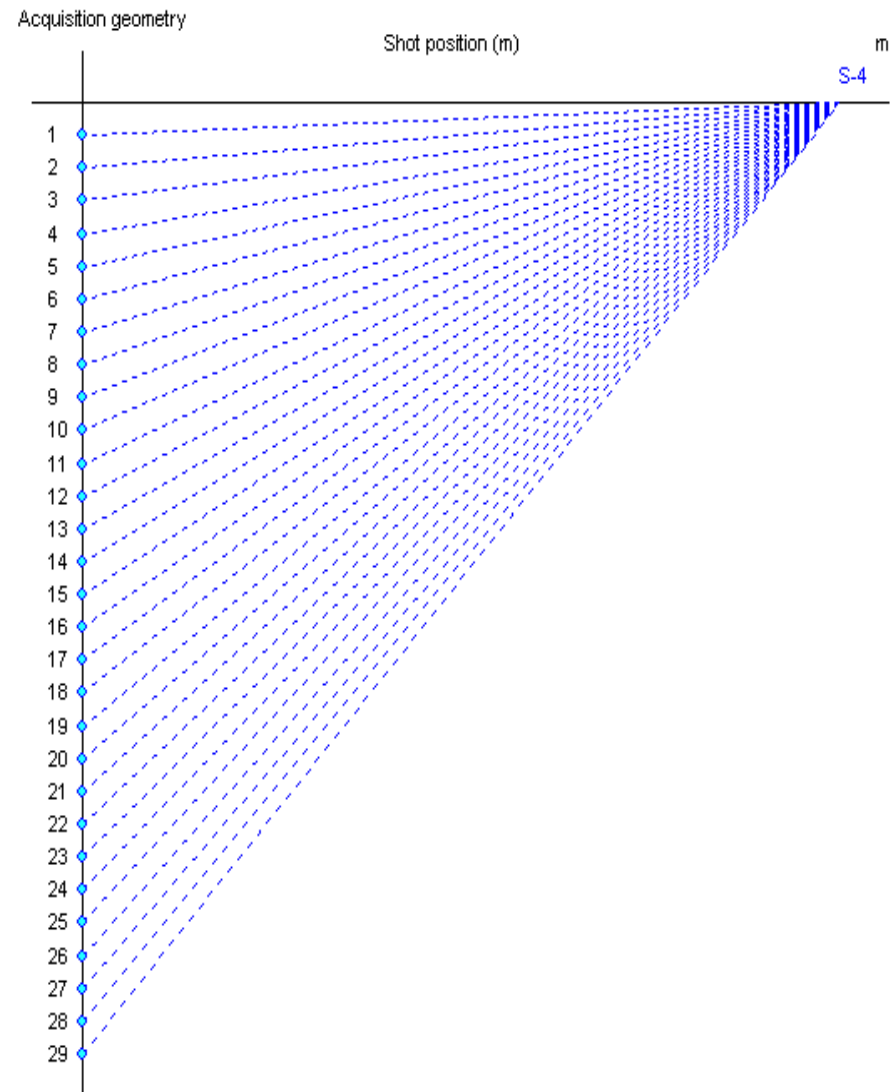
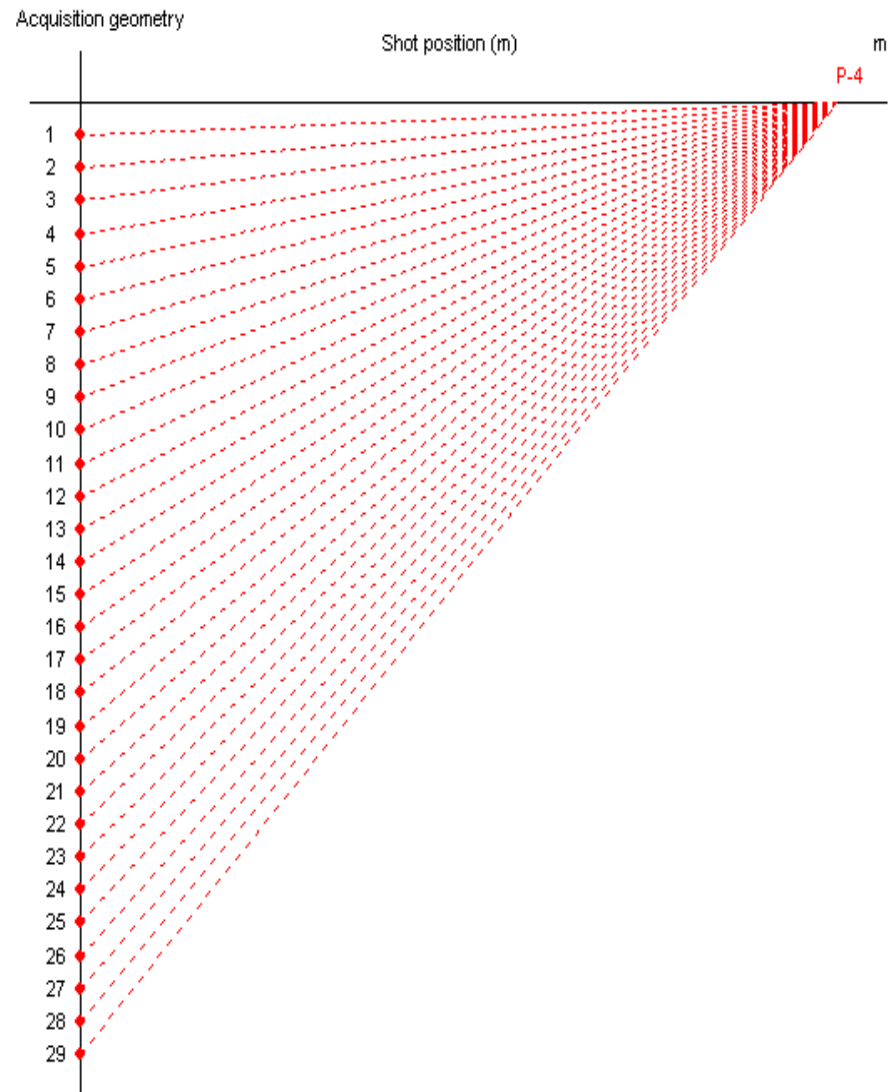




Acquisition geometry

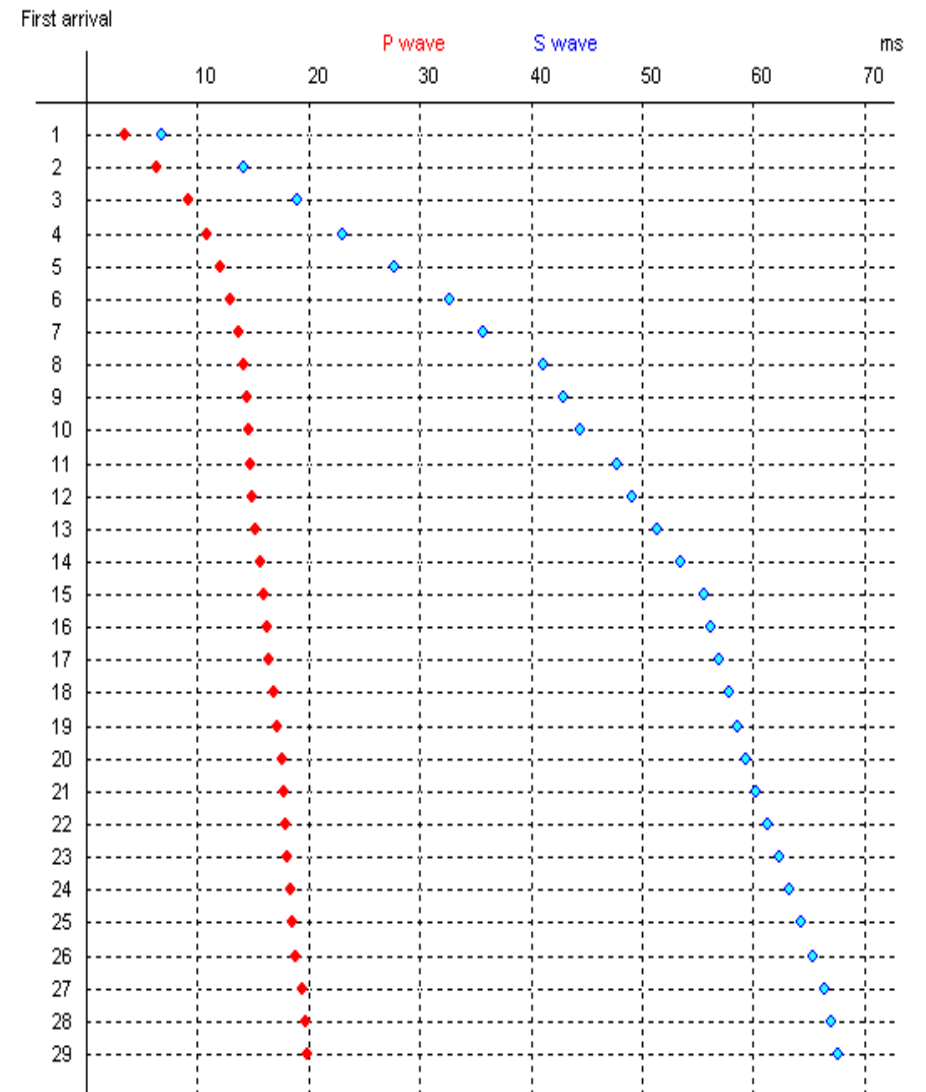
P = 4

S = 4

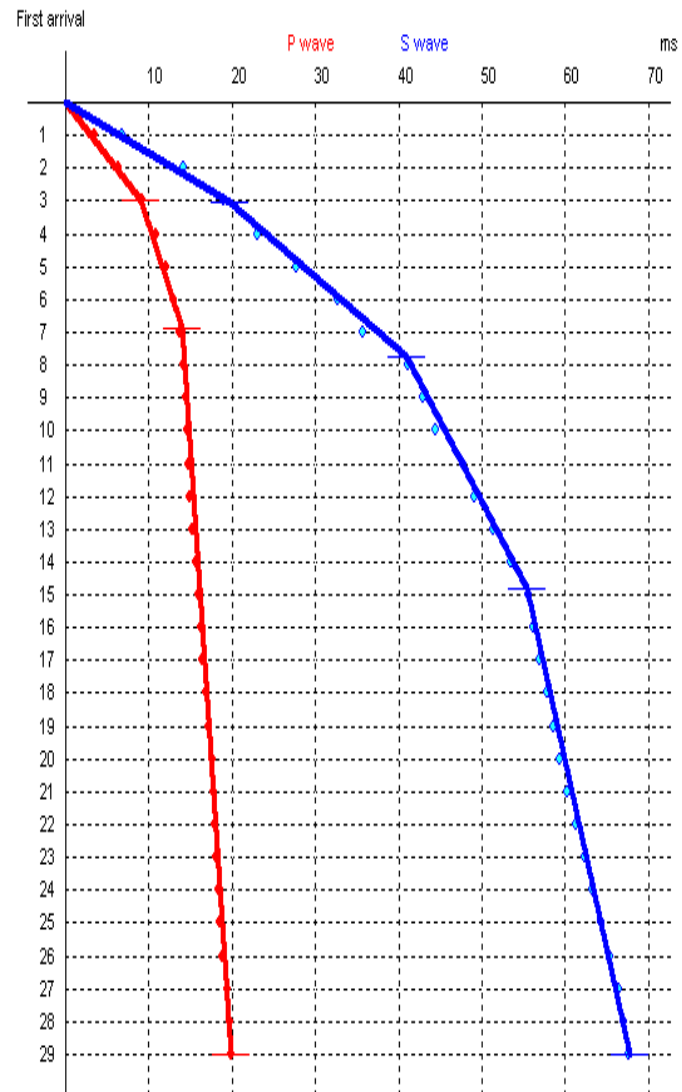


DATASET

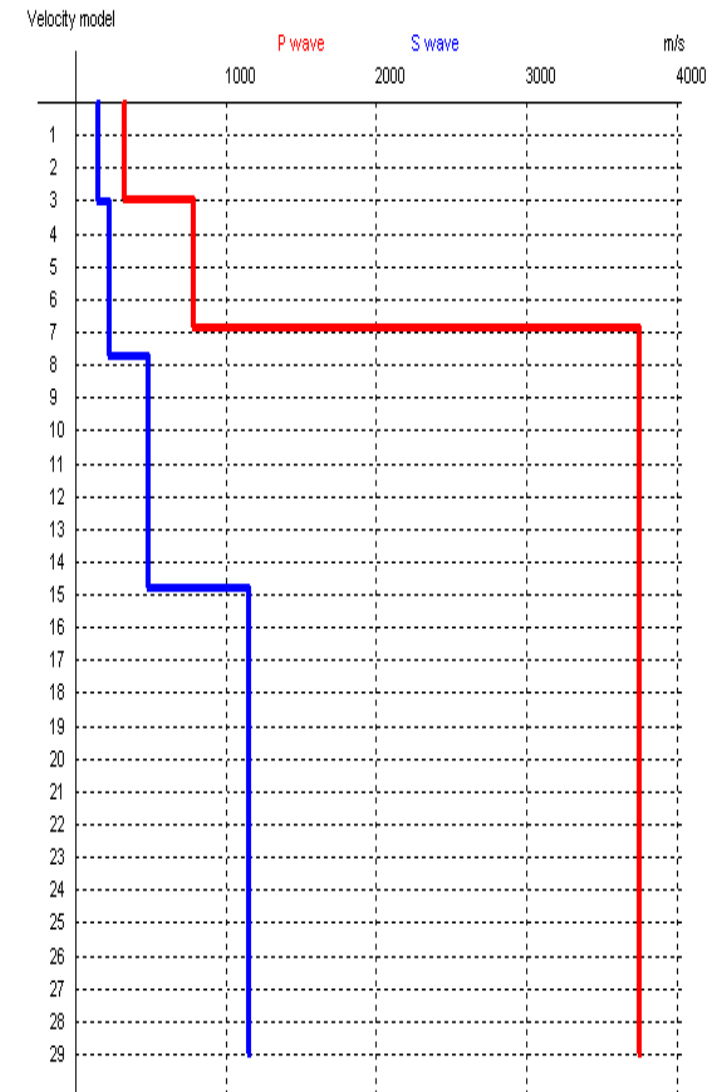
Depth	P (ms)	S (ms)	P _s (ms)	S _s (ms)
1	14.2	27.8	3.44	6.74
2	14.3	31.6	6.4	14.13
3	15.3	31.6	9.18	18.96
4	15.3	32.6	10.82	23.05
5	15.4	35.5	12.03	27.72
6	15.6	39.3	12.98	32.7
7	15.8	41.2	13.72	35.77
8	15.8	46	14.13	41.14
9	15.8	47	14.44	42.95
10	15.7	47.9	14.58	44.47
11	15.7	50.8	14.75	47.74
12	15.7	51.8	14.89	49.14
13	15.9	53.7	15.2	51.33
14	16.3	55.6	15.67	53.46
15	16.6	57.5	16.04	55.56
16	16.7	57.9	16.2	56.17
17	16.9	58.5	16.45	56.94
18	17.3	59.2	16.89	57.79
19	17.5	59.9	17.12	58.62
20	17.9	60.5	17.55	59.33
21	18.1	61.4	17.78	60.32
22	18.2	62.3	17.91	61.3
23	18.3	63.3	18.03	62.36
24	18.7	64.2	18.45	63.33
25	18.8	65.2	18.56	64.38
26	19.1	66.1	18.88	65.33
27	19.6	67.1	19.39	66.38
28	19.9	67.7	19.7	67.02
29	20.1	68.2	19.91	67.56



INTERCEPT METHOD

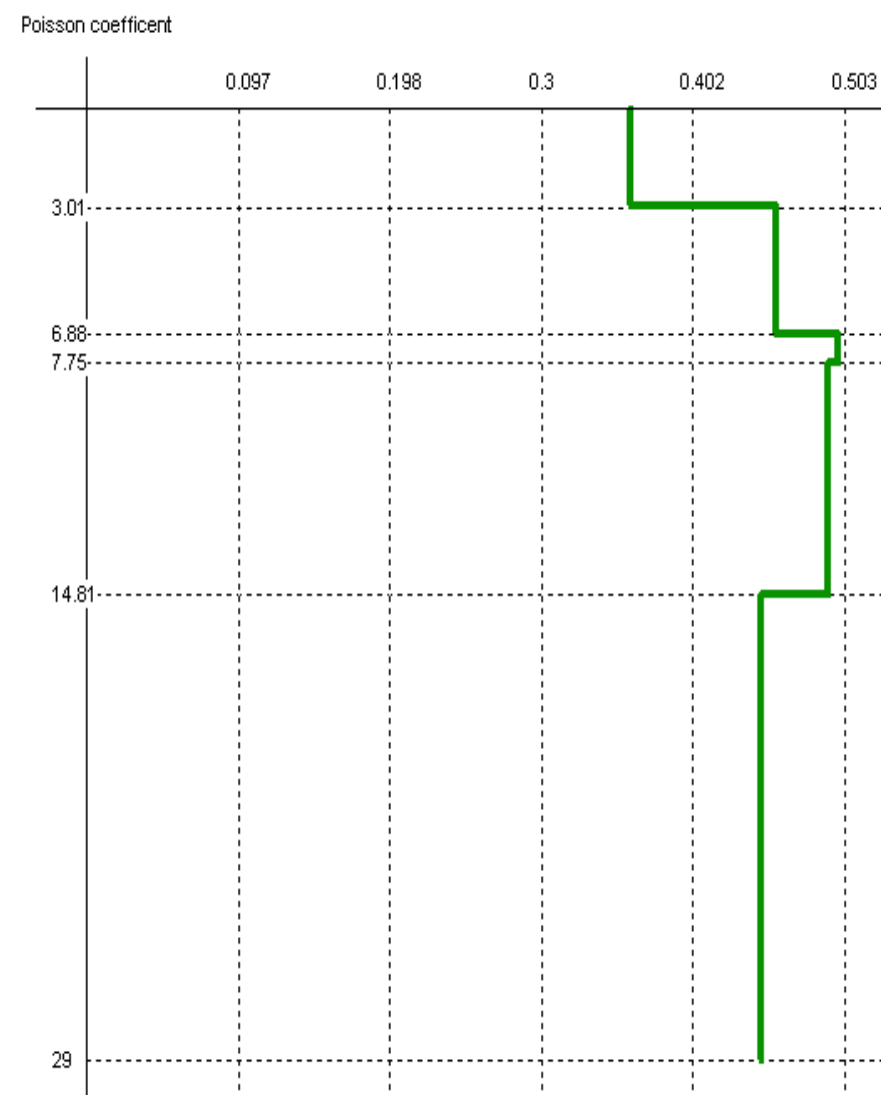


Depth (m)	Vp (m/s)	Depth (m)	Vs (m/s)
3	330	3	154
6.9	787	7.7	222
29	3748	14.8	484
		29	1154



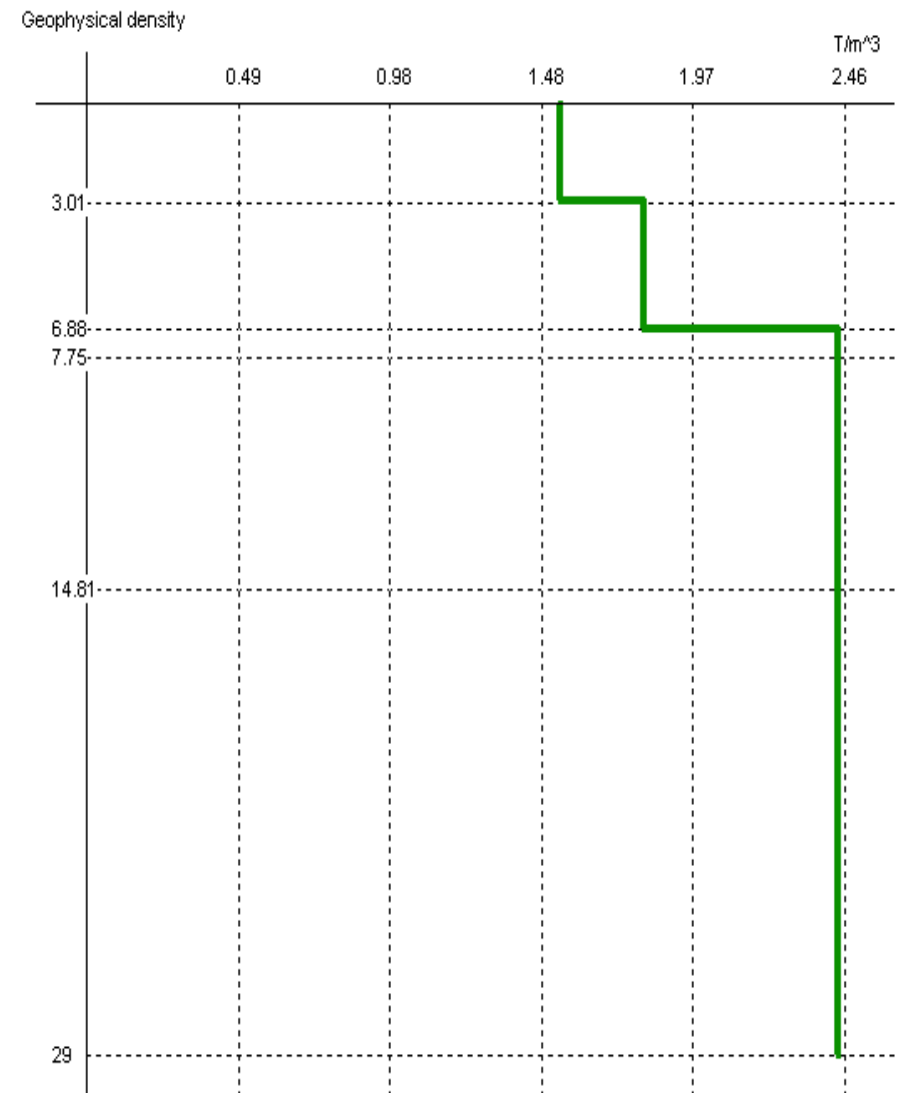
Intercept method Poisson

Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Poisson
0 ÷ 3	330	154	0.36
3 ÷ 6.9	787	222	0.457
6.9 ÷ 7.7	3748	222	0.498
7.7 ÷ 14.8	3748	484	0.492
14.8 ÷ 29	3748	1154	0.448



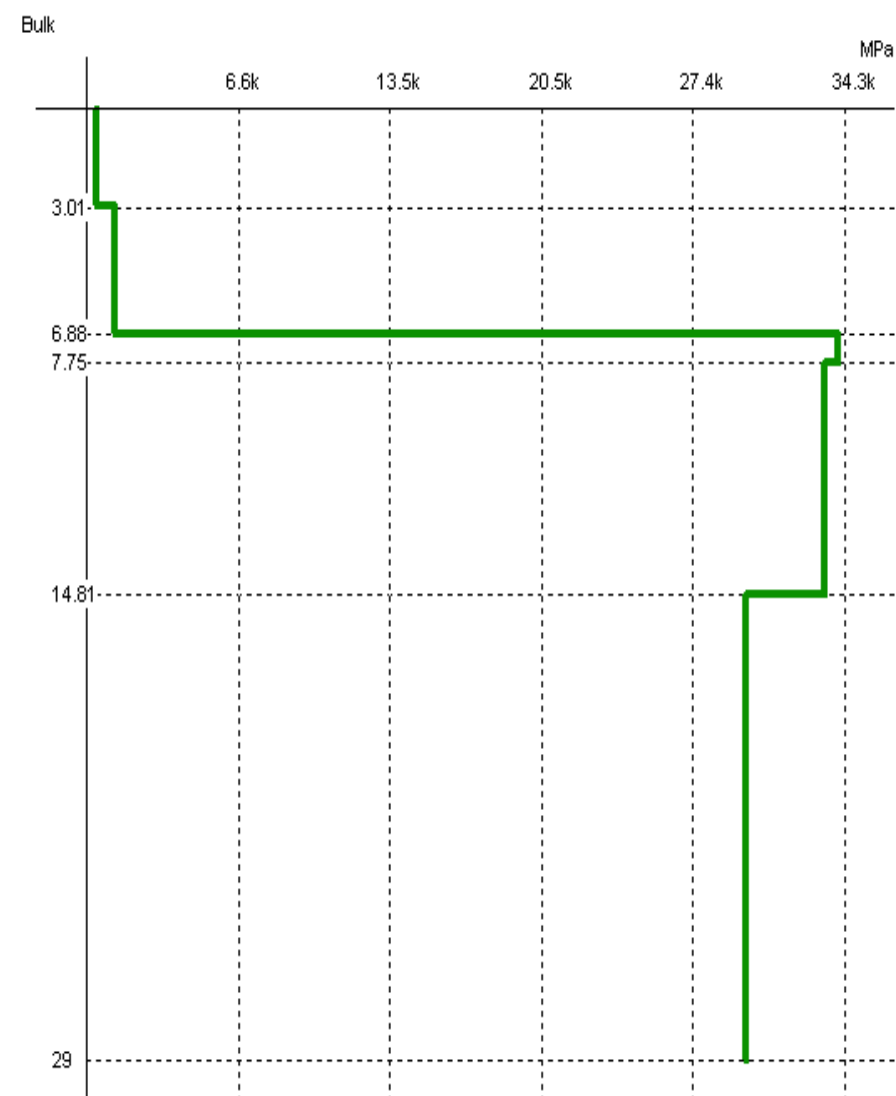
Intercept method Geophysical density

Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	G. density (T/m ³)
0 ÷ 3	330	154	1.53
3 ÷ 6.9	787	222	1.81
6.9 ÷ 7.7	3748	222	2.44
7.7 ÷ 14.8	3748	484	2.44
14.8 ÷ 29	3748	1154	2.44



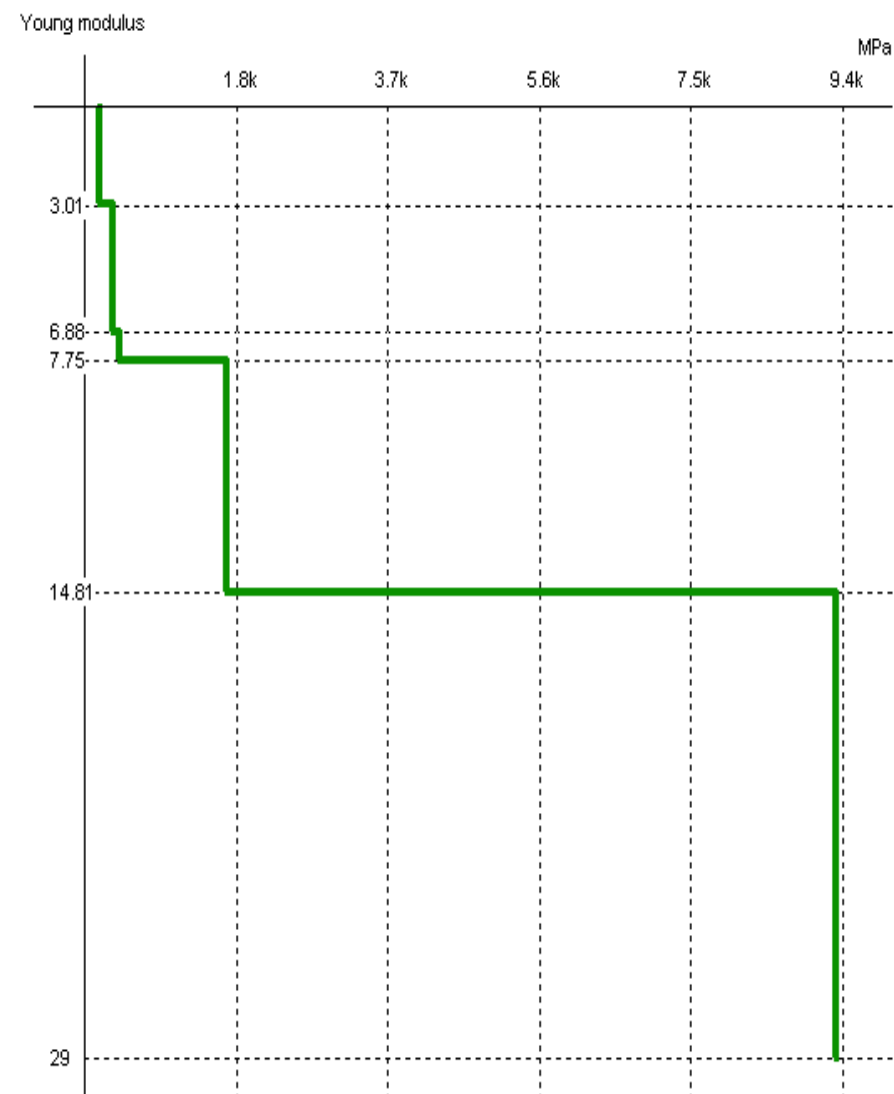
Intercept method Bulk

Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Bulk (MPa)
0 ÷ 3	330	154	118.11
3 ÷ 6.9	787	222	1.0k
6.9 ÷ 7.7	3748	222	34.0k
7.7 ÷ 14.8	3748	484	33.4k
14.8 ÷ 29	3748	1154	29.8k



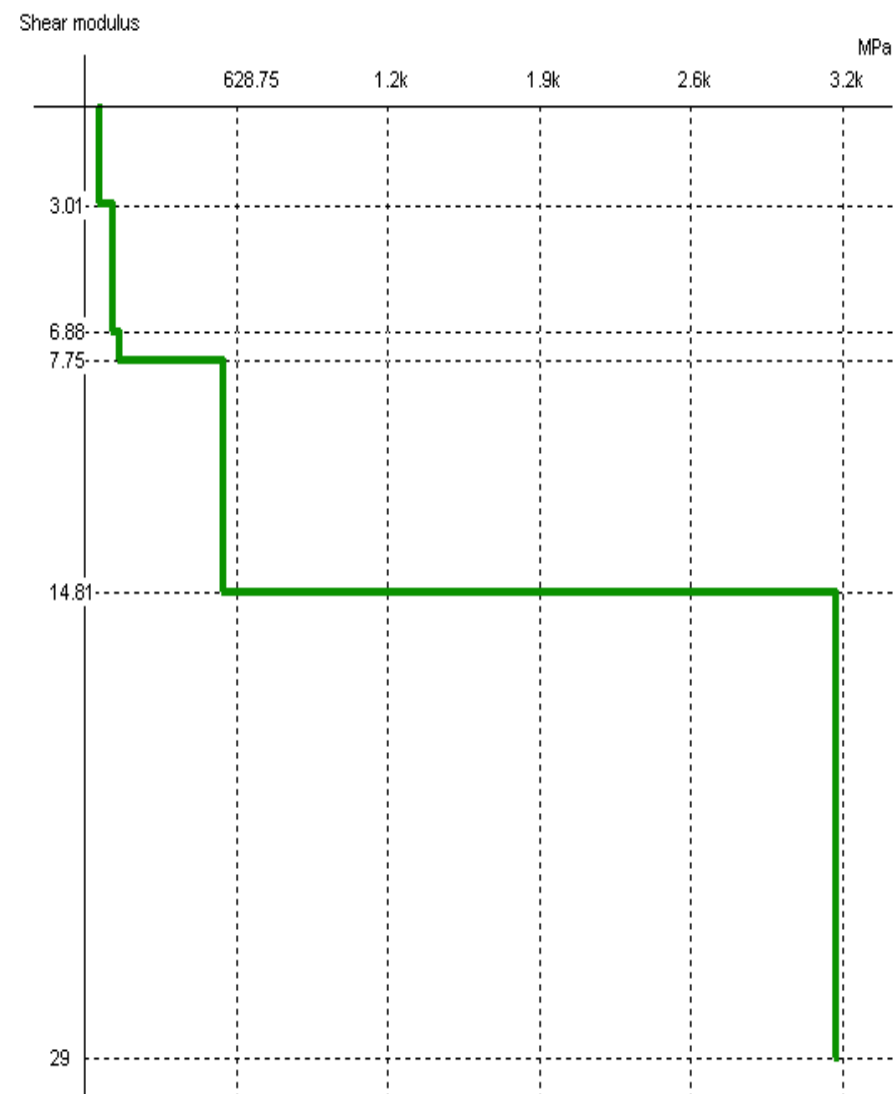
Intercept method Young

Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Young (MPa)
0 ÷ 3	330	154	99.13
3 ÷ 6.9	787	222	260.08
6.9 ÷ 7.7	3748	222	359.88
7.7 ÷ 14.8	3748	484	1.7k
14.8 ÷ 29	3748	1154	9.3k



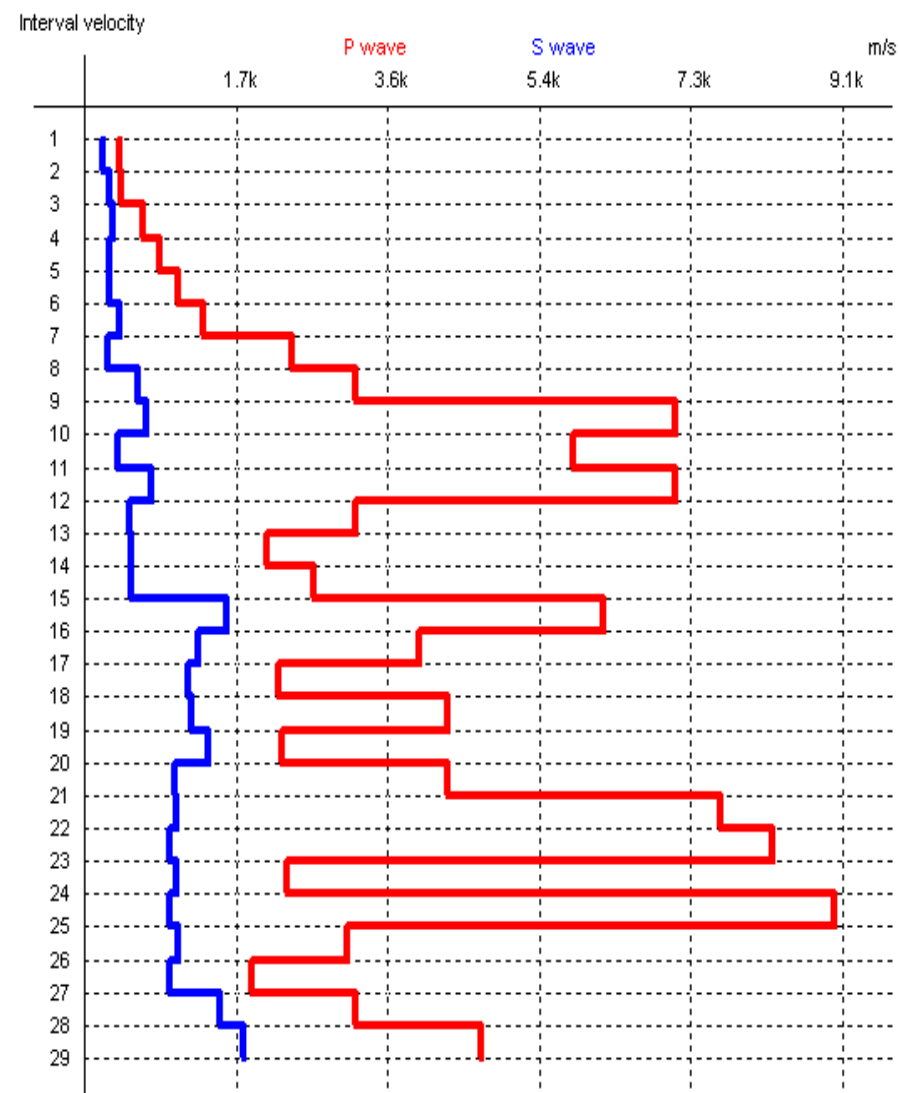
Intercept method Shear

Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Shear (MPa)
0 ÷ 3	330	154	36.44
3 ÷ 6.9	787	222	89.27
6.9 ÷ 7.7	3748	222	120.1
7.7 ÷ 14.8	3748	484	570.99
14.8 ÷ 29	3748	1154	3.2k



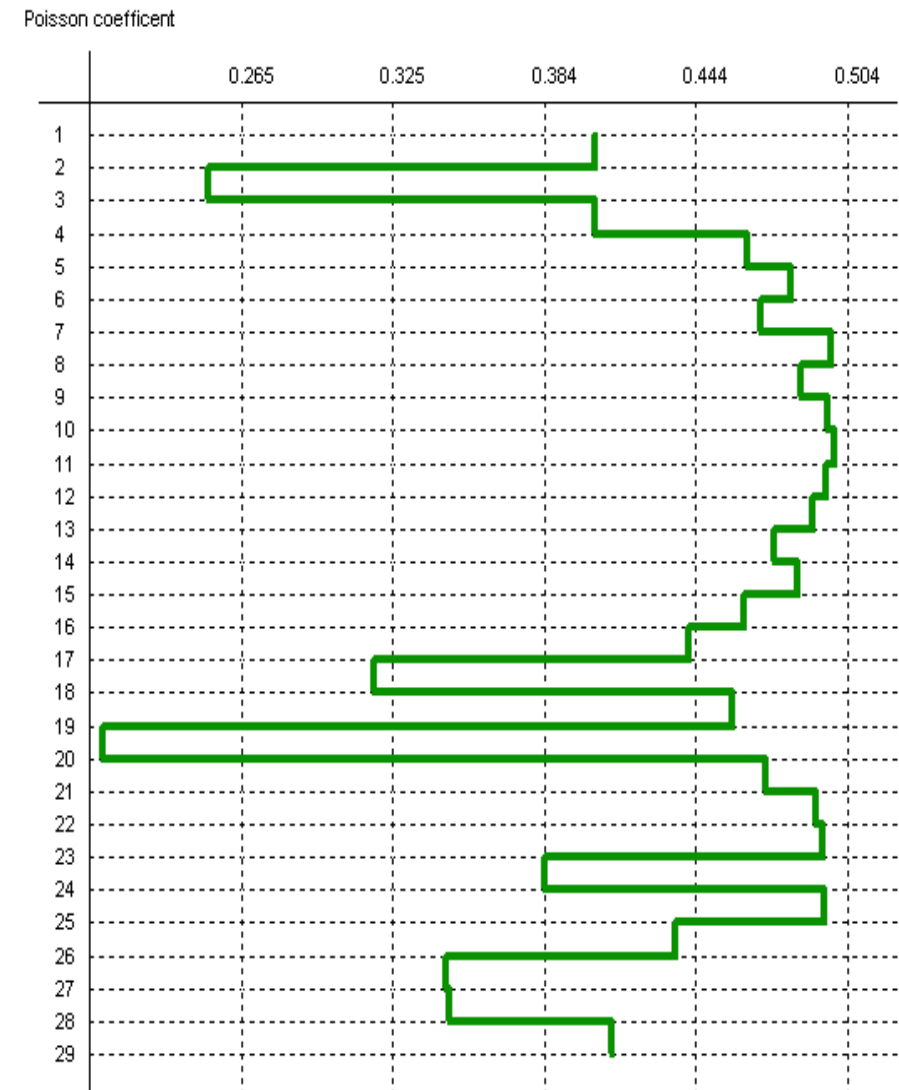
PSEUDO-INTERVAL METHOD

Depth (m)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	Poisson
1 ÷ 2	338	135	0.404
2 ÷ 3	360	207	0.252
3 ÷ 4	610	244	0.404
4 ÷ 5	826	214	0.464
5 ÷ 6	1053	201	0.481
6 ÷ 7	1351	326	0.469
7 ÷ 8	2439	186	0.497
8 ÷ 9	3226	552	0.485
9 ÷ 10	7142	658	0.496
10 ÷ 11	5882	306	0.499
11 ÷ 12	7142	714	0.495
12 ÷ 13	3226	457	0.49
13 ÷ 14	2128	469	0.474
14 ÷ 15	2703	476	0.484
15 ÷ 16	6250	1639	0.463
16 ÷ 17	4000	1299	0.441
17 ÷ 18	2273	1176	0.317
18 ÷ 19	4348	1205	0.458
19 ÷ 20	2326	1408	0.21
20 ÷ 21	4348	1010	0.471
21 ÷ 22	7692	1020	0.491
22 ÷ 23	8333	943	0.494
23 ÷ 24	2381	1031	0.385
24 ÷ 25	9090	952	0.494
25 ÷ 26	3125	1053	0.436
26 ÷ 27	1961	952	0.346
27 ÷ 28	3226	1562	0.347
28 ÷ 29	4762	1852	0.411



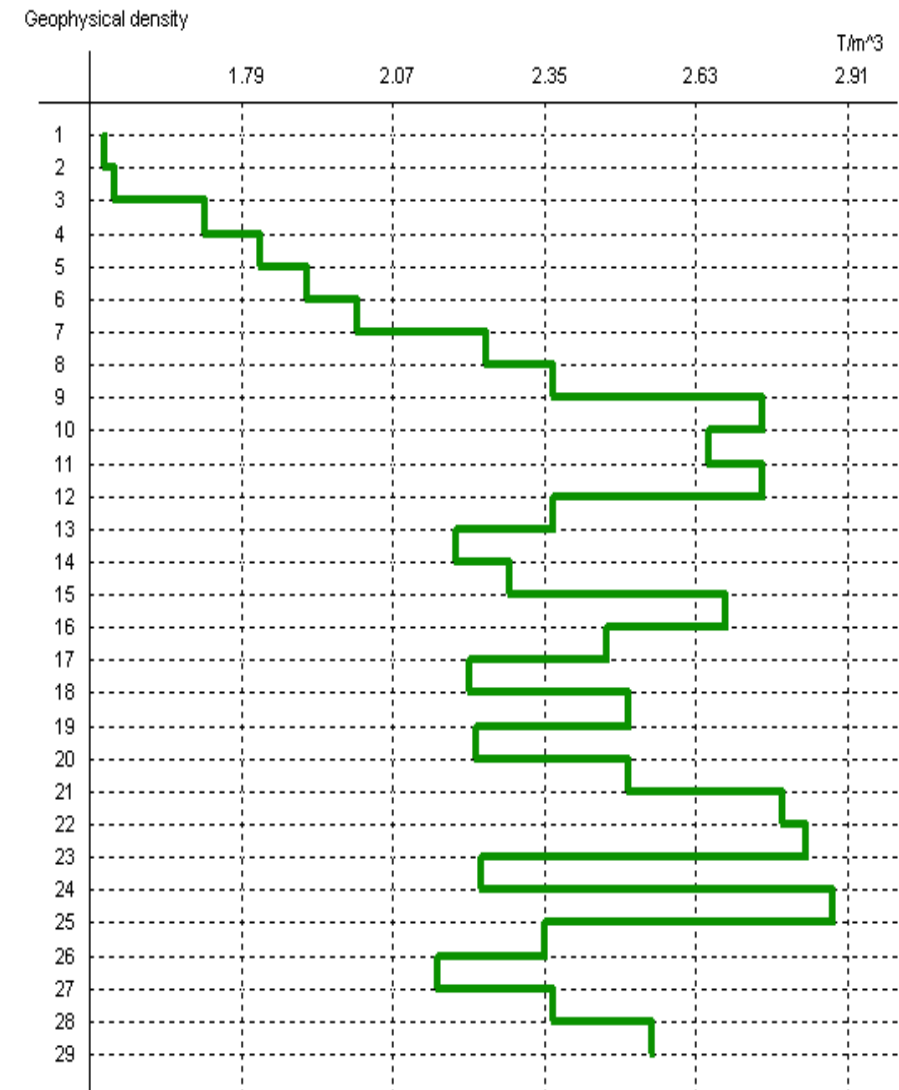
Pseudo-interval method Poisson

Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Poisson
1 ÷ 2	338	135	0.404
2 ÷ 3	360	207	0.252
3 ÷ 4	610	244	0.404
4 ÷ 5	826	214	0.464
5 ÷ 6	1053	201	0.481
6 ÷ 7	1351	326	0.469
7 ÷ 8	2439	186	0.497
8 ÷ 9	3226	552	0.485
9 ÷ 10	7142	658	0.496
10 ÷ 11	5882	306	0.499
11 ÷ 12	7142	714	0.495
12 ÷ 13	3226	457	0.49
13 ÷ 14	2128	469	0.474
14 ÷ 15	2703	476	0.484
15 ÷ 16	6250	1639	0.463
16 ÷ 17	4000	1299	0.441
17 ÷ 18	2273	1176	0.317
18 ÷ 19	4348	1205	0.458
19 ÷ 20	2326	1408	0.21
20 ÷ 21	4348	1010	0.471
21 ÷ 22	7692	1020	0.491
22 ÷ 23	8333	943	0.494
23 ÷ 24	2381	1031	0.385
24 ÷ 25	9090	952	0.494
25 ÷ 26	3125	1053	0.436
26 ÷ 27	1961	952	0.346
27 ÷ 28	3226	1562	0.347
28 ÷ 29	4762	1852	0.411



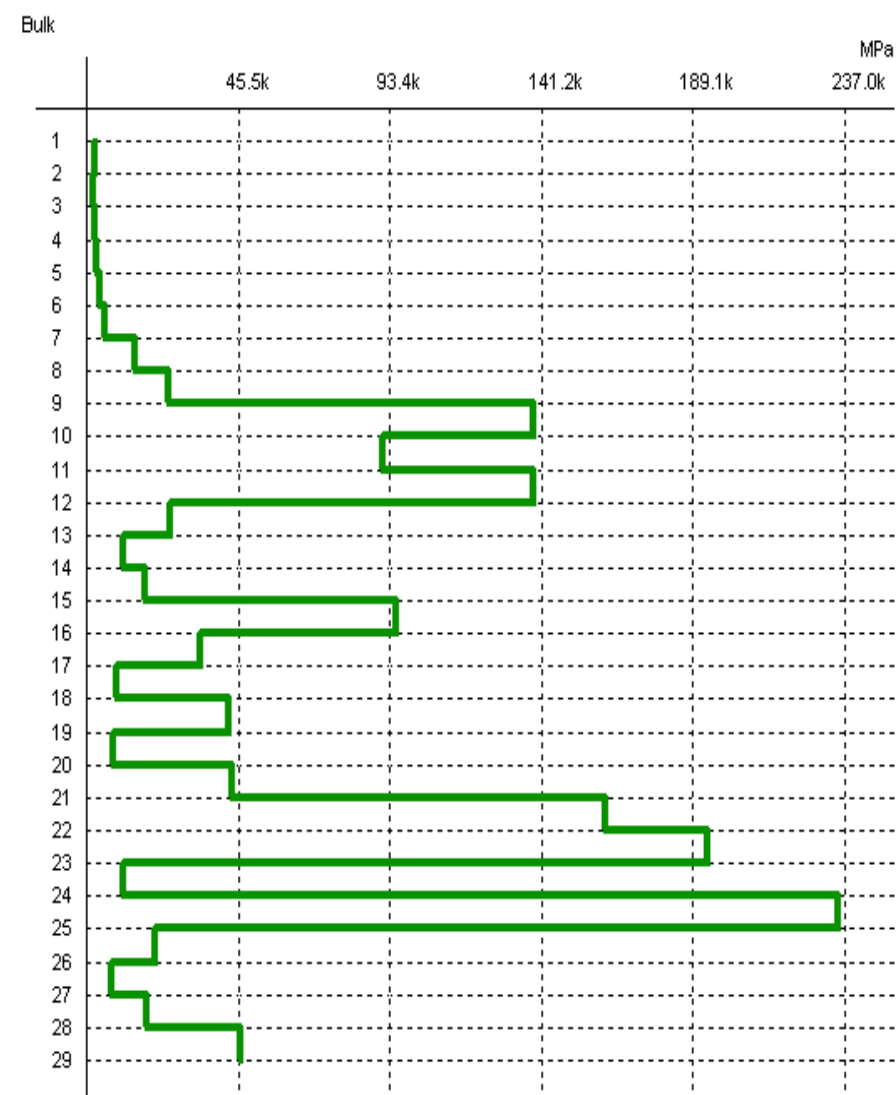
Pseudo-interval method Geophysical density

Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	G. density (T/m ³)
1 ÷ 2	338	135	1.54
2 ÷ 3	360	207	1.56
3 ÷ 4	610	244	1.72
4 ÷ 5	826	214	1.83
5 ÷ 6	1053	201	1.91
6 ÷ 7	1351	326	2.01
7 ÷ 8	2439	186	2.24
8 ÷ 9	3226	552	2.37
9 ÷ 10	7142	658	2.75
10 ÷ 11	5882	306	2.65
11 ÷ 12	7142	714	2.75
12 ÷ 13	3226	457	2.37
13 ÷ 14	2128	469	2.19
14 ÷ 15	2703	476	2.29
15 ÷ 16	6250	1639	2.68
16 ÷ 17	4000	1299	2.47
17 ÷ 18	2273	1176	2.21
18 ÷ 19	4348	1205	2.51
19 ÷ 20	2326	1408	2.22
20 ÷ 21	4348	1010	2.51
21 ÷ 22	7692	1020	2.79
22 ÷ 23	8333	943	2.83
23 ÷ 24	2381	1031	2.23
24 ÷ 25	9090	952	2.88
25 ÷ 26	3125	1053	2.35
26 ÷ 27	1961	952	2.15
27 ÷ 28	3226	1562	2.37
28 ÷ 29	4762	1852	2.55



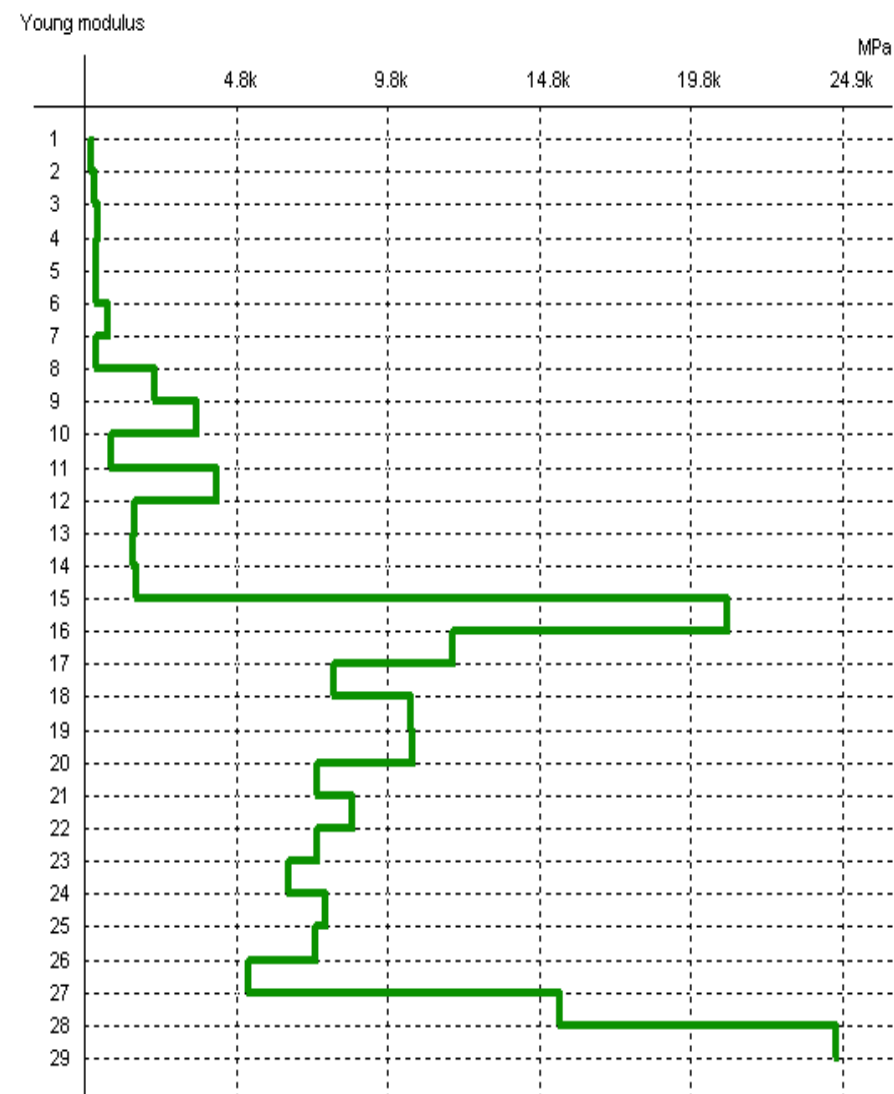
Pseudo-interval method Bulk

Depth (m)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	Bulk (MPa)
1 ÷ 2	338	135	138.33
2 ÷ 3	360	207	112.71
3 ÷ 4	610	244	503.81
4 ÷ 5	826	214	1.1k
5 ÷ 6	1053	201	2.0k
6 ÷ 7	1351	326	3.3k
7 ÷ 8	2439	186	13.2k
8 ÷ 9	3226	552	23.6k
9 ÷ 10	7142	658	138.8k
10 ÷ 11	5882	306	91.4k
11 ÷ 12	7142	714	138.5k
12 ÷ 13	3226	457	23.9k
13 ÷ 14	2128	469	9.2k
14 ÷ 15	2703	476	16.0k
15 ÷ 16	6250	1639	95.2k
16 ÷ 17	4000	1299	33.9k
17 ÷ 18	2273	1176	7.3k
18 ÷ 19	4348	1205	42.5k
19 ÷ 20	2326	1408	6.1k
20 ÷ 21	4348	1010	43.9k
21 ÷ 22	7692	1020	161.3k
22 ÷ 23	8333	943	193.4k
23 ÷ 24	2381	1031	9.5k
24 ÷ 25	9090	952	234.6k
25 ÷ 26	3125	1053	19.4k
26 ÷ 27	1961	952	5.6k
27 ÷ 28	3226	1562	16.9k
28 ÷ 29	4762	1852	46.1k



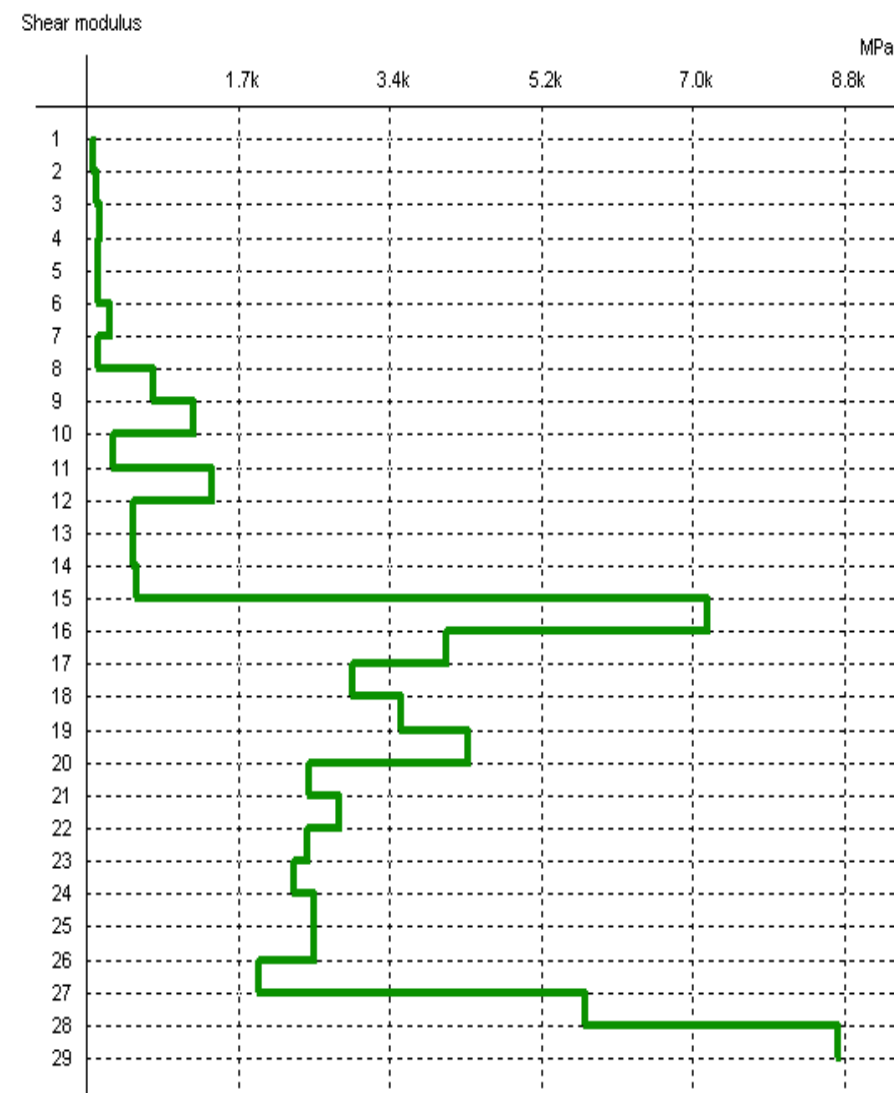
Pseudo-interval method Young

Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Young (MPa)
1 ÷ 2	338	135	79.3
2 ÷ 3	360	207	167.51
3 ÷ 4	610	244	289.58
4 ÷ 5	826	214	245.35
5 ÷ 6	1053	201	228.54
6 ÷ 7	1351	326	625.51
7 ÷ 8	2439	186	233.06
8 ÷ 9	3226	552	2.1k
9 ÷ 10	7142	658	3.5k
10 ÷ 11	5882	306	743.72
11 ÷ 12	7142	714	4.1k
12 ÷ 13	3226	457	1.4k
13 ÷ 14	2128	469	1.4k
14 ÷ 15	2703	476	1.5k
15 ÷ 16	6250	1639	21.1k
16 ÷ 17	4000	1299	11.9k
17 ÷ 18	2273	1176	8.0k
18 ÷ 19	4348	1205	10.6k
19 ÷ 20	2326	1408	10.6k
20 ÷ 21	4348	1010	7.5k
21 ÷ 22	7692	1020	8.6k
22 ÷ 23	8333	943	7.5k
23 ÷ 24	2381	1031	6.5k
24 ÷ 25	9090	952	7.8k
25 ÷ 26	3125	1053	7.4k
26 ÷ 27	1961	952	5.2k
27 ÷ 28	3226	1562	15.5k
28 ÷ 29	4762	1852	24.6k



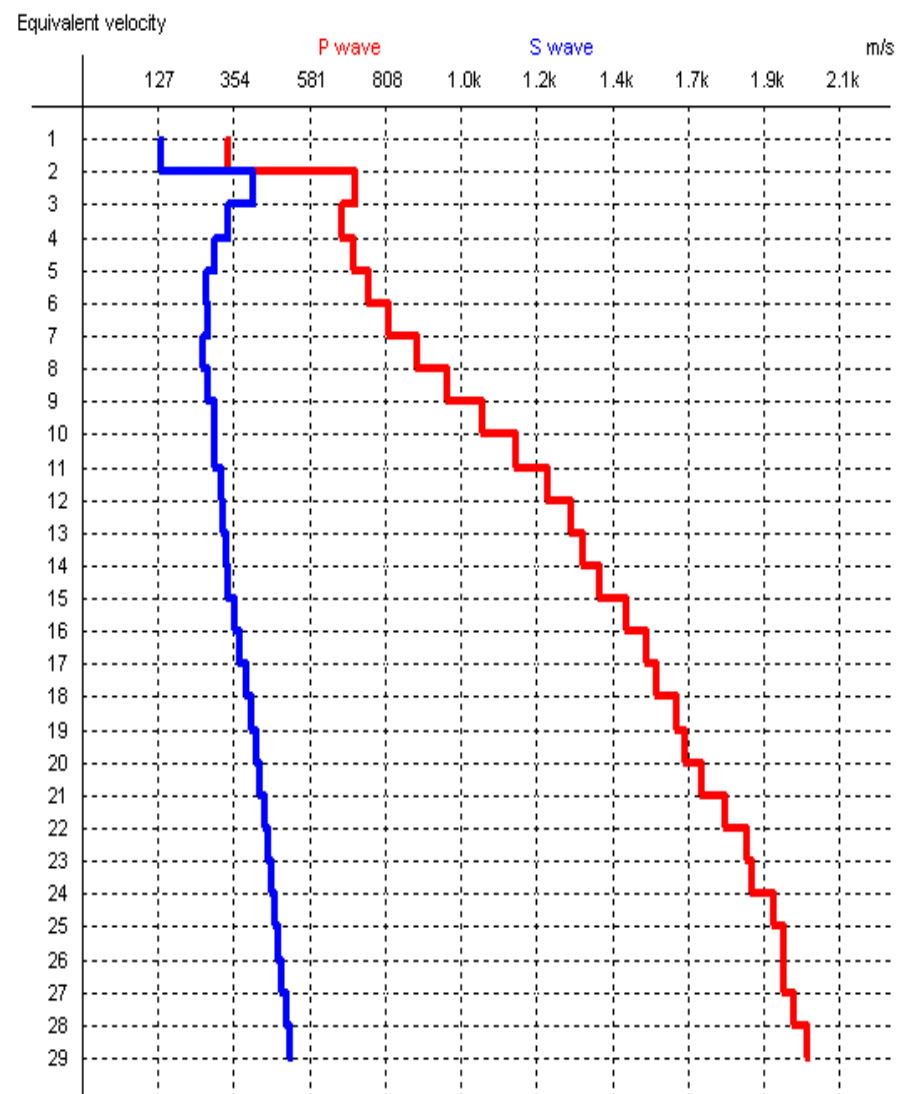
Pseudo-interval method Shear

Depth (m)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	Shear (MPa)
1 ÷ 2	338	135	28.23
2 ÷ 3	360	207	66.88
3 ÷ 4	610	244	103.11
4 ÷ 5	826	214	83.79
5 ÷ 6	1053	201	77.15
6 ÷ 7	1351	326	212.88
7 ÷ 8	2439	186	77.84
8 ÷ 9	3226	552	722.51
9 ÷ 10	7142	658	1.1k
10 ÷ 11	5882	306	248.13
11 ÷ 12	7142	714	1.4k
12 ÷ 13	3226	457	493.53
13 ÷ 14	2128	469	482.07
14 ÷ 15	2703	476	519
15 ÷ 16	6250	1639	7.2k
16 ÷ 17	4000	1299	4.1k
17 ÷ 18	2273	1176	3.0k
18 ÷ 19	4348	1205	3.6k
19 ÷ 20	2326	1408	4.4k
20 ÷ 21	4348	1010	2.5k
21 ÷ 22	7692	1020	2.9k
22 ÷ 23	8333	943	2.5k
23 ÷ 24	2381	1031	2.3k
24 ÷ 25	9090	952	2.6k
25 ÷ 26	3125	1053	2.6k
26 ÷ 27	1961	952	1.9k
27 ÷ 28	3226	1562	5.7k
28 ÷ 29	4762	1852	8.7k



EQUIVALENT VELOCITY

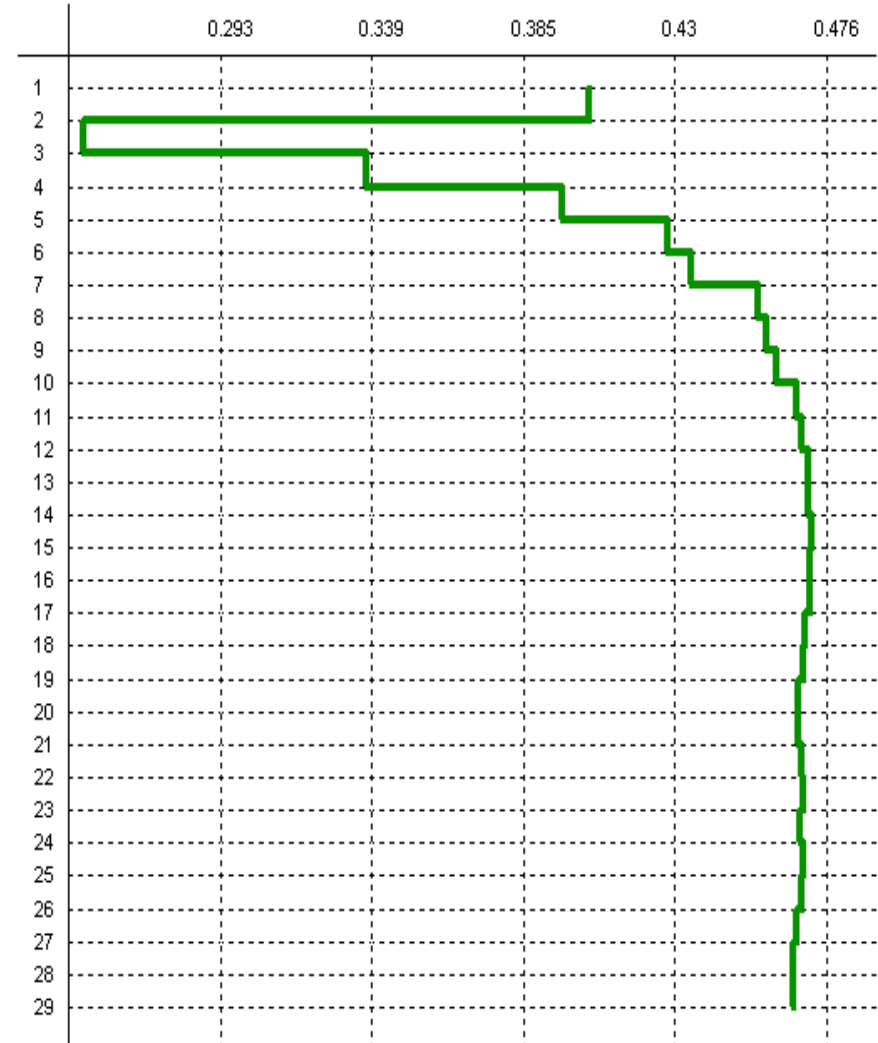
Depth (m)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	Shear (MPa)
1 ÷ 2	338	135	28.23
1 ÷ 3	719	414	305.18
1 ÷ 4	679	336	199.12
1 ÷ 5	710	294	153.83
1 ÷ 6	760	269	130.38
1 ÷ 7	820	277	140.26
1 ÷ 8	906	259	124.89
1 ÷ 9	995	278	145.86
1 ÷ 10	1100	297	169.79
1 ÷ 11	1198	298	173.59
1 ÷ 12	1296	314	196.49
1 ÷ 13	1364	323	209.14
1 ÷ 14	1402	331	220.76
1 ÷ 15	1452	338	232.27
1 ÷ 16	1531	357	261.55
1 ÷ 17	1592	374	289.13
1 ÷ 18	1621	389	314.88
1 ÷ 19	1679	405	342.26
1 ÷ 20	1704	420	370.49
1 ÷ 21	1757	433	395.42
1 ÷ 22	1824	445	421.01
1 ÷ 23	1892	456	445.02
1 ÷ 24	1909	467	468.21
1 ÷ 25	1974	478	491.84
1 ÷ 26	2003	488	515.51
1 ÷ 27	2002	498	535.31
1 ÷ 28	2030	510	564.91
1 ÷ 29	2073	524	597.66



Equivalent velocity Poisson

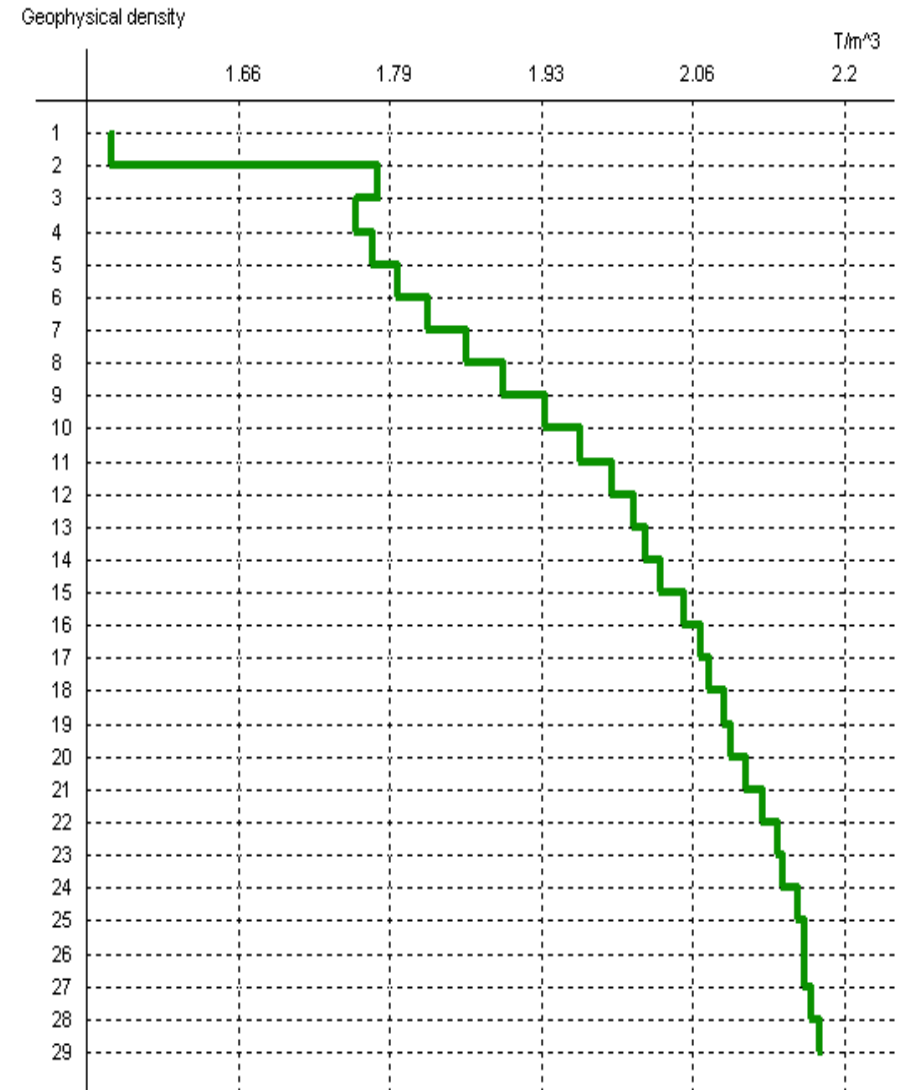
Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Poisson
1 ÷ 2	338	135	0.404
1 ÷ 3	719	414	0.252
1 ÷ 4	679	336	0.337
1 ÷ 5	710	294	0.396
1 ÷ 6	760	269	0.428
1 ÷ 7	820	277	0.435
1 ÷ 8	906	259	0.455
1 ÷ 9	995	278	0.458
1 ÷ 10	1100	297	0.461
1 ÷ 11	1198	298	0.467
1 ÷ 12	1296	314	0.469
1 ÷ 13	1364	323	0.47
1 ÷ 14	1402	331	0.471
1 ÷ 15	1452	338	0.471
1 ÷ 16	1531	357	0.471
1 ÷ 17	1592	374	0.471
1 ÷ 18	1621	389	0.469
1 ÷ 19	1679	405	0.469
1 ÷ 20	1704	420	0.468
1 ÷ 21	1757	433	0.468
1 ÷ 22	1824	445	0.468
1 ÷ 23	1892	456	0.469
1 ÷ 24	1909	467	0.468
1 ÷ 25	1974	478	0.469
1 ÷ 26	2003	488	0.468
1 ÷ 27	2002	498	0.467
1 ÷ 28	2030	510	0.466
1 ÷ 29	2073	524	0.466

Poisson coefficient



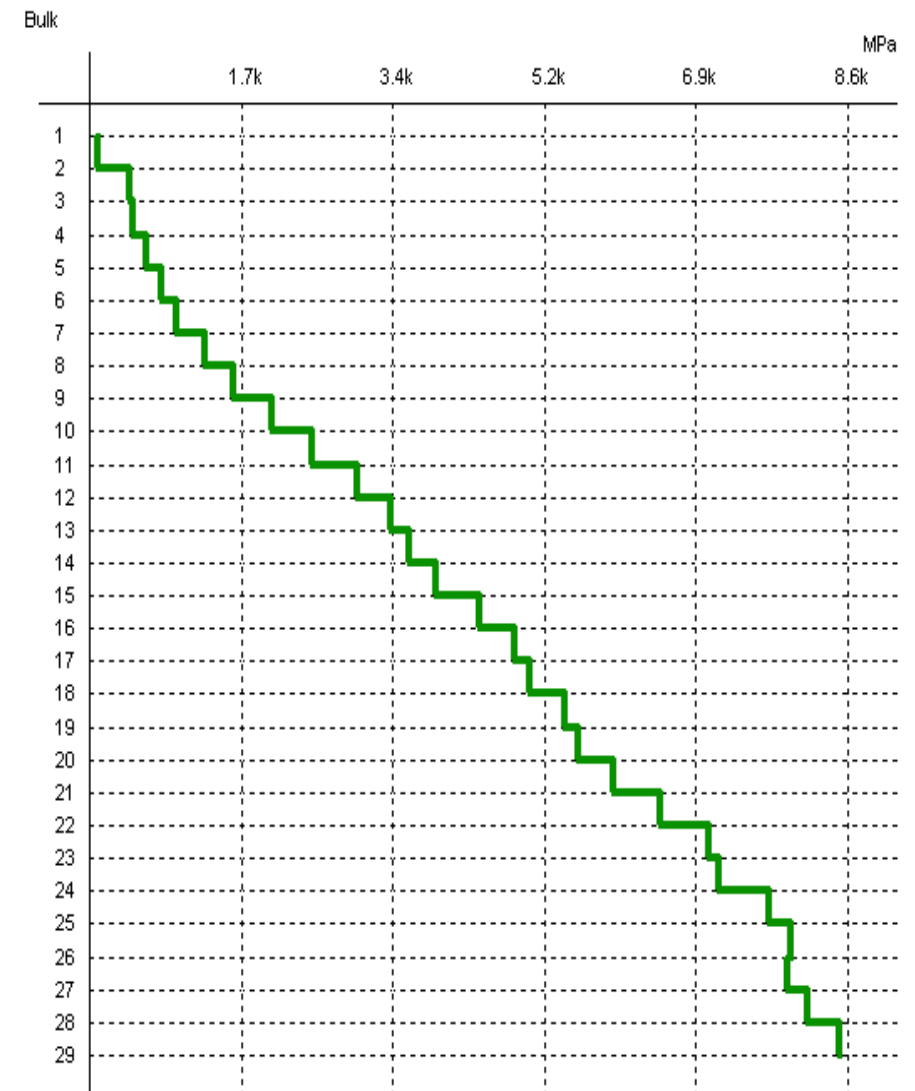
Equivalent velocity Geophysical density

Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	G. density (T/m ³)
1 ÷ 2	338	135	1.54
1 ÷ 3	719	414	1.78
1 ÷ 4	679	336	1.76
1 ÷ 5	710	294	1.78
1 ÷ 6	760	269	1.8
1 ÷ 7	820	277	1.82
1 ÷ 8	906	259	1.86
1 ÷ 9	995	278	1.89
1 ÷ 10	1100	297	1.93
1 ÷ 11	1198	298	1.96
1 ÷ 12	1296	314	1.99
1 ÷ 13	1364	323	2.01
1 ÷ 14	1402	331	2.02
1 ÷ 15	1452	338	2.03
1 ÷ 16	1531	357	2.05
1 ÷ 17	1592	374	2.07
1 ÷ 18	1621	389	2.08
1 ÷ 19	1679	405	2.09
1 ÷ 20	1704	420	2.1
1 ÷ 21	1757	433	2.11
1 ÷ 22	1824	445	2.12
1 ÷ 23	1892	456	2.14
1 ÷ 24	1909	467	2.14
1 ÷ 25	1974	478	2.16
1 ÷ 26	2003	488	2.16
1 ÷ 27	2002	498	2.16
1 ÷ 28	2030	510	2.17
1 ÷ 29	2073	524	2.18



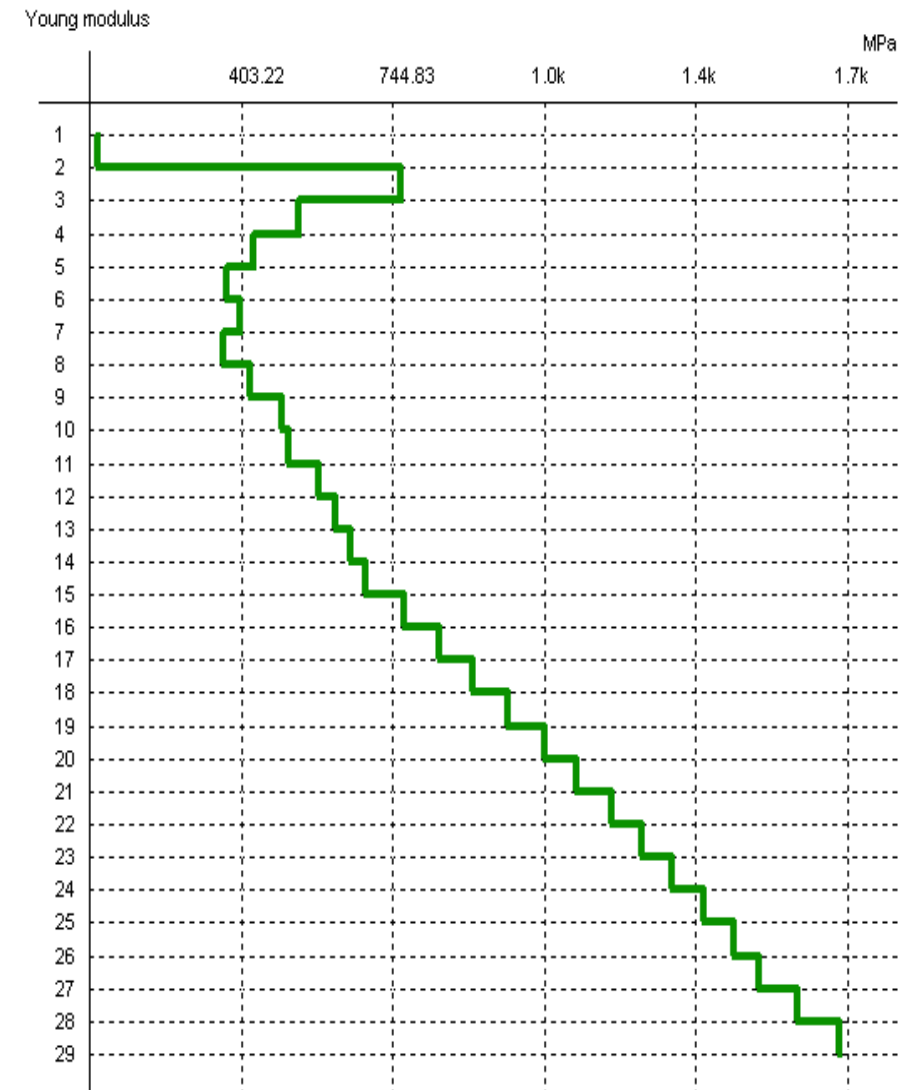
Equivalent velocity Bulk

Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Bulk (MPa)
1 ÷ 2	338	135	138.33
1 ÷ 3	719	414	514.31
1 ÷ 4	679	336	545.45
1 ÷ 5	710	294	691.22
1 ÷ 6	760	269	864.63
1 ÷ 7	820	277	1.0k
1 ÷ 8	906	259	1.3k
1 ÷ 9	995	278	1.6k
1 ÷ 10	1100	297	2.1k
1 ÷ 11	1198	298	2.5k
1 ÷ 12	1296	314	3.0k
1 ÷ 13	1364	323	3.4k
1 ÷ 14	1402	331	3.6k
1 ÷ 15	1452	338	3.9k
1 ÷ 16	1531	357	4.4k
1 ÷ 17	1592	374	4.8k
1 ÷ 18	1621	389	5.0k
1 ÷ 19	1679	405	5.4k
1 ÷ 20	1704	420	5.5k
1 ÷ 21	1757	433	5.9k
1 ÷ 22	1824	445	6.5k
1 ÷ 23	1892	456	7.0k
1 ÷ 24	1909	467	7.1k
1 ÷ 25	1974	478	7.7k
1 ÷ 26	2003	488	7.9k
1 ÷ 27	2002	498	7.9k
1 ÷ 28	2030	510	8.1k
1 ÷ 29	2073	524	8.5k



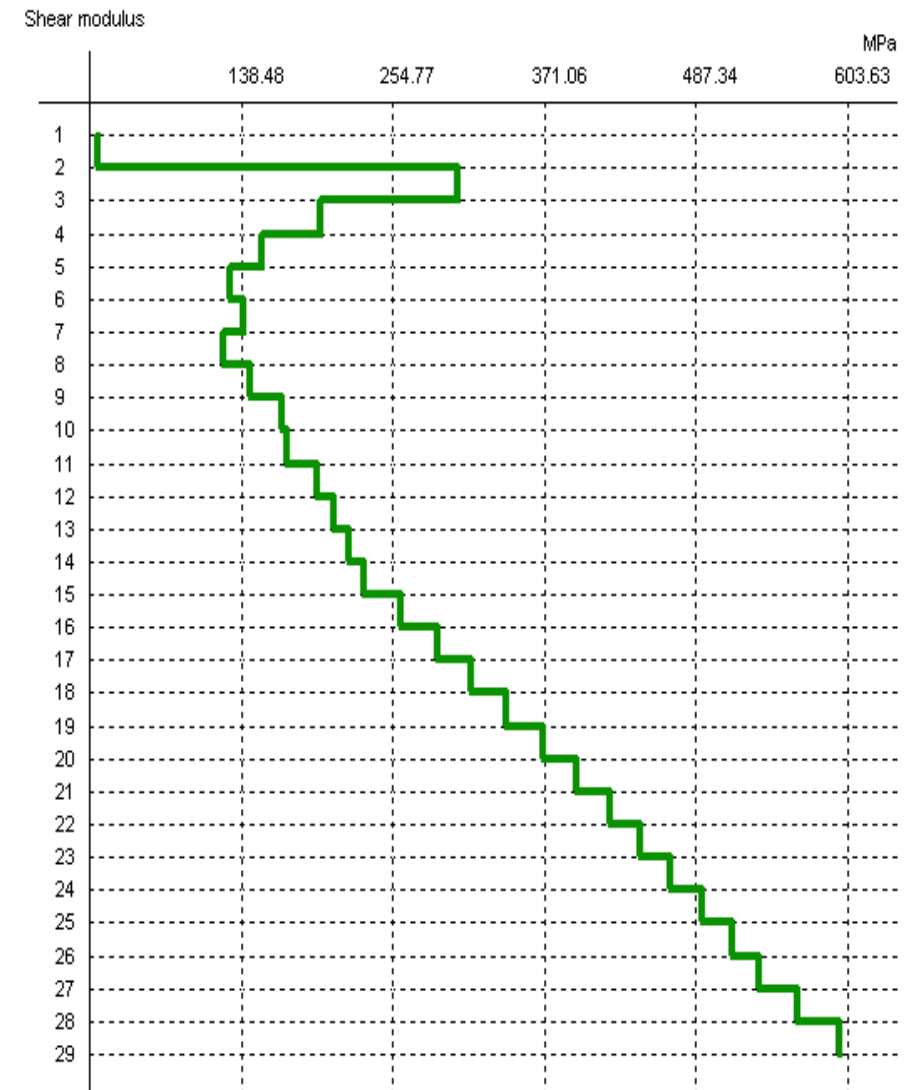
Equivalent velocity Young

Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Young (MPa)
1 ÷ 2	338	135	79.3
1 ÷ 3	719	414	764.36
1 ÷ 4	679	336	532.54
1 ÷ 5	710	294	429.62
1 ÷ 6	760	269	372.43
1 ÷ 7	820	277	402.67
1 ÷ 8	906	259	363.53
1 ÷ 9	995	278	425.28
1 ÷ 10	1100	297	496.05
1 ÷ 11	1198	298	509.34
1 ÷ 12	1296	314	577.2
1 ÷ 13	1364	323	615.03
1 ÷ 14	1402	331	649.28
1 ÷ 15	1452	338	683.5
1 ÷ 16	1531	357	769.61
1 ÷ 17	1592	374	850.52
1 ÷ 18	1621	389	925.33
1 ÷ 19	1679	405	1.0k
1 ÷ 20	1704	420	1.0k
1 ÷ 21	1757	433	1.1k
1 ÷ 22	1824	445	1.2k
1 ÷ 23	1892	456	1.3k
1 ÷ 24	1909	467	1.3k
1 ÷ 25	1974	478	1.4k
1 ÷ 26	2003	488	1.5k
1 ÷ 27	2002	498	1.5k
1 ÷ 28	2030	510	1.6k
1 ÷ 29	2073	524	1.7k



Equivalent velocity Shear

Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Shear (MPa)
1 ÷ 2	338	135	28.23
1 ÷ 3	719	414	305.18
1 ÷ 4	679	336	199.12
1 ÷ 5	710	294	153.83
1 ÷ 6	760	269	130.38
1 ÷ 7	820	277	140.26
1 ÷ 8	906	259	124.89
1 ÷ 9	995	278	145.86
1 ÷ 10	1100	297	169.79
1 ÷ 11	1198	298	173.59
1 ÷ 12	1296	314	196.49
1 ÷ 13	1364	323	209.14
1 ÷ 14	1402	331	220.76
1 ÷ 15	1452	338	232.27
1 ÷ 16	1531	357	261.55
1 ÷ 17	1592	374	289.13
1 ÷ 18	1621	389	314.88
1 ÷ 19	1679	405	342.26
1 ÷ 20	1704	420	370.49
1 ÷ 21	1757	433	395.42
1 ÷ 22	1824	445	421.01
1 ÷ 23	1892	456	445.02
1 ÷ 24	1909	467	468.21
1 ÷ 25	1974	478	491.84
1 ÷ 26	2003	488	515.51
1 ÷ 27	2002	498	535.31
1 ÷ 28	2030	510	564.91
1 ÷ 29	2073	524	597.66



RISPOSTA SISMICA LOCALE IN SLO**Fattori di amplificazione ICMS 2018**

Tai	0.330 [s]
Tvi	1.950 [s]
Tao	0.180 [s]
Tvo	0.200 [s]
Sami	1.425 [m/s ²]
Svmi	0.122 [m/s]
Samo	3.816 [m/s ²]
Svmo	0.138 [m/s]
Fa	2.678 [-]
Fv	1.135 [-]
TB	0.076 [s]
TC	0.227 [s]
TD	1.962 [s]
SA(0)	0.090 [g]
SA(TB)	0.389 [g]

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

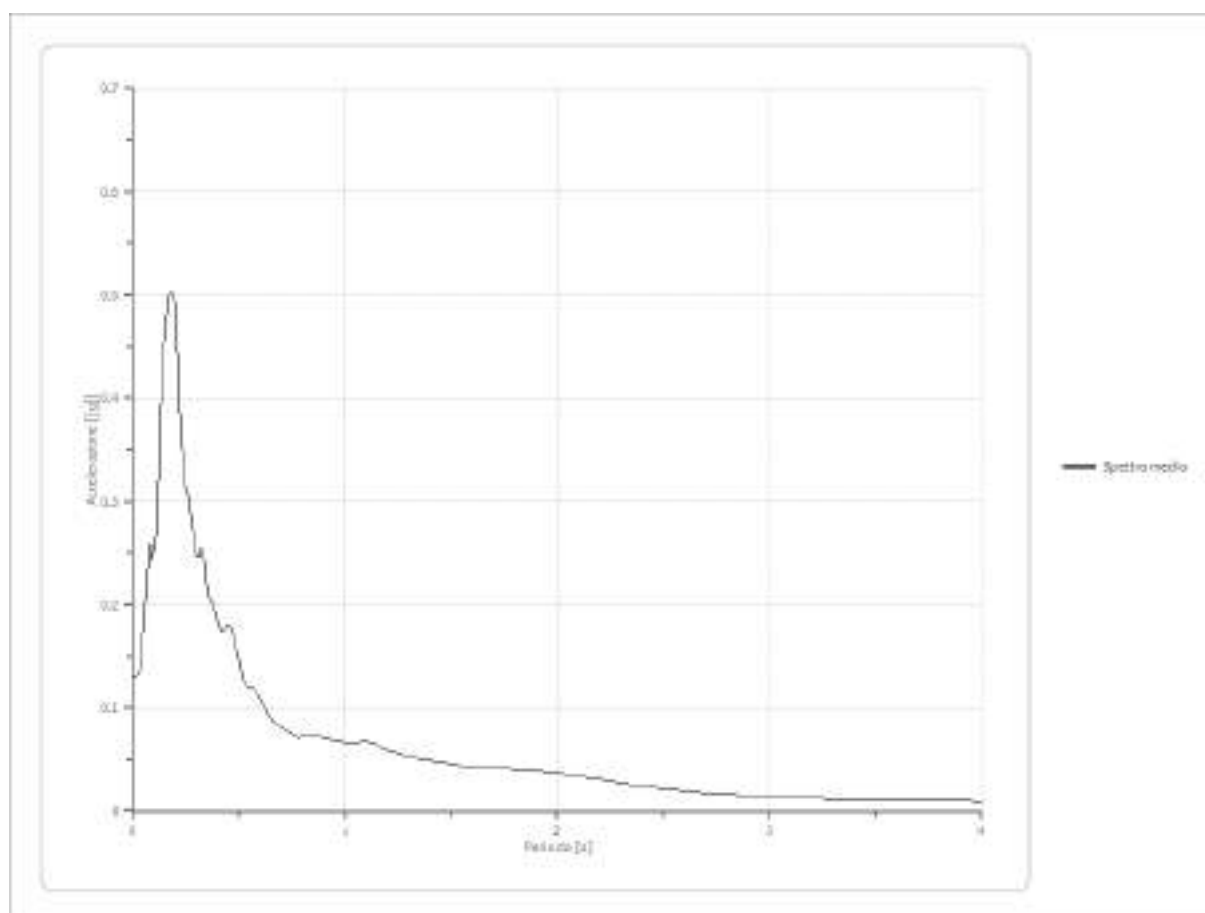
Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
-----------------------	---------------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------------------------	----

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]
0.00	0.1298	0.26	0.3060	0.52	0.1271	0.98	0.0673	2.25	0.0289
0.01	0.1298	0.27	0.2887	0.53	0.1222	1.00	0.0665	2.30	0.0271
0.02	0.1321	0.28	0.2740	0.54	0.1204	1.05	0.0669	2.35	0.0254
0.03	0.1357	0.29	0.2599	0.55	0.1202	1.10	0.0674	2.40	0.0243
0.04	0.1459	0.30	0.2465	0.56	0.1193	1.15	0.0646	2.50	0.0218
0.05	0.1826	0.31	0.2468	0.57	0.1182	1.20	0.0579	2.60	0.0191
0.06	0.2077	0.32	0.2546	0.58	0.1156	1.25	0.0559	2.70	0.0175
0.07	0.2370	0.33	0.2530	0.60	0.1080	1.30	0.0526	2.80	0.0160
0.08	0.2588	0.34	0.2371	0.62	0.1015	1.35	0.0502	2.90	0.0147
0.09	0.2424	0.35	0.2149	0.64	0.0931	1.40	0.0490	3.00	0.0140
0.10	0.2530	0.36	0.2061	0.66	0.0871	1.45	0.0474	3.10	0.0130
0.11	0.2675	0.37	0.2029	0.68	0.0838	1.50	0.0455	3.20	0.0121
0.12	0.3215	0.38	0.2013	0.70	0.0810	1.55	0.0432	3.30	0.0112
0.13	0.3915	0.39	0.1900	0.72	0.0775	1.60	0.0409	3.40	0.0111
0.14	0.4402	0.40	0.1845	0.74	0.0763	1.65	0.0411	3.50	0.0110
0.15	0.4609	0.41	0.1777	0.76	0.0731	1.70	0.0408	3.60	0.0109
0.16	0.4840	0.42	0.1728	0.78	0.0713	1.75	0.0409	3.70	0.0107

Realizzazione nuovo edificio scolastico

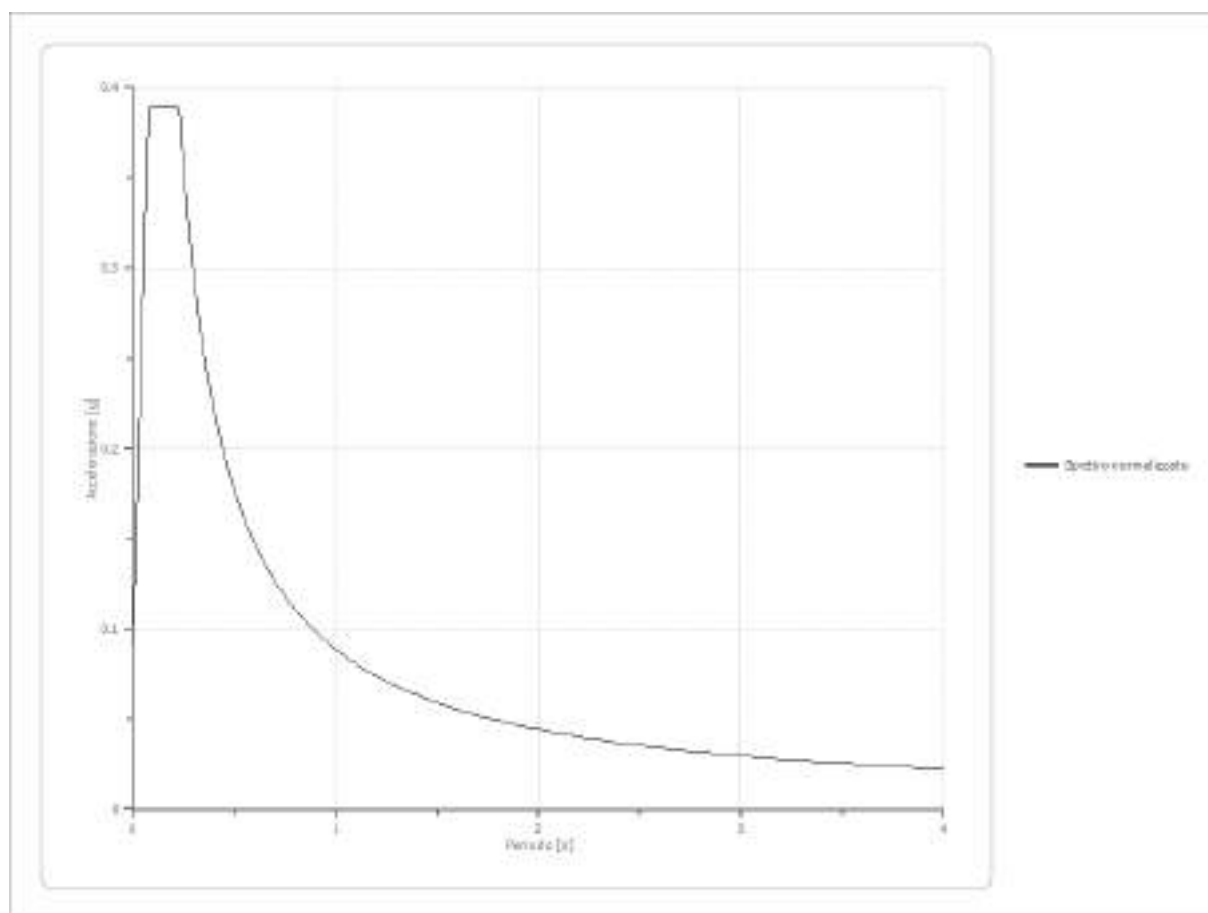
0.17	0.5008	0.43	0.1736	0.80	0.0719	1.80	0.0402	3.80	0.0104
0.18	0.5030	0.44	0.1784	0.82	0.0728	1.85	0.0393	3.90	0.0101
0.19	0.5023	0.45	0.1798	0.84	0.0726	1.90	0.0385	4.00	0.0096
0.20	0.4922	0.46	0.1773	0.86	0.0720	1.95	0.0377		
0.21	0.4365	0.47	0.1721	0.88	0.0719	2.00	0.0367		
0.22	0.3863	0.48	0.1632	0.90	0.0713	2.05	0.0356		
0.23	0.3527	0.49	0.1551	0.92	0.0701	2.10	0.0341		
0.24	0.3259	0.50	0.1452	0.94	0.0688	2.15	0.0324		
0.25	0.3122	0.51	0.1353	0.96	0.0682	2.20	0.0306		

**Spettro normalizzato di risposta elastico**

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.0904	0.26	0.3402	0.52	0.1701	0.98	0.0903	2.25	0.0393
0.01	0.1298	0.27	0.3276	0.53	0.1669	1.00	0.0885	2.30	0.0385
0.02	0.1692	0.28	0.3159	0.54	0.1638	1.05	0.0842	2.35	0.0376
0.03	0.2086	0.29	0.3050	0.55	0.1608	1.10	0.0804	2.40	0.0369
0.04	0.2480	0.30	0.2948	0.56	0.1579	1.15	0.0769	2.50	0.0354
0.05	0.2874	0.31	0.2853	0.57	0.1552	1.20	0.0737	2.60	0.0340
0.06	0.3268	0.32	0.2764	0.58	0.1525	1.25	0.0708	2.70	0.0328
0.07	0.3662	0.33	0.2680	0.60	0.1474	1.30	0.0680	2.80	0.0316
0.08	0.3890	0.34	0.2602	0.62	0.1427	1.35	0.0655	2.90	0.0305

Realizzazione nuovo edificio scolastico

0.09	0.3890	0.35	0.2527	0.64	0.1382	1.40	0.0632	3.00	0.0295
0.10	0.3890	0.36	0.2457	0.66	0.1340	1.45	0.0610	3.10	0.0285
0.11	0.3890	0.37	0.2391	0.68	0.1301	1.50	0.0590	3.20	0.0276
0.12	0.3890	0.38	0.2328	0.70	0.1264	1.55	0.0571	3.30	0.0268
0.13	0.3890	0.39	0.2268	0.72	0.1228	1.60	0.0553	3.40	0.0260
0.14	0.3890	0.40	0.2211	0.74	0.1195	1.65	0.0536	3.50	0.0253
0.15	0.3890	0.41	0.2157	0.76	0.1164	1.70	0.0520	3.60	0.0246
0.16	0.3890	0.42	0.2106	0.78	0.1134	1.75	0.0505	3.70	0.0239
0.17	0.3890	0.43	0.2057	0.80	0.1106	1.80	0.0491	3.80	0.0233
0.18	0.3890	0.44	0.2010	0.82	0.1079	1.85	0.0478	3.90	0.0227
0.19	0.3890	0.45	0.1966	0.84	0.1053	1.90	0.0466	4.00	0.0221
0.20	0.3890	0.46	0.1923	0.86	0.1029	1.95	0.0454		
0.21	0.3890	0.47	0.1882	0.88	0.1005	2.00	0.0442		
0.22	0.3890	0.48	0.1843	0.90	0.0983	2.05	0.0431		
0.23	0.3846	0.49	0.1805	0.92	0.0961	2.10	0.0421		
0.24	0.3685	0.50	0.1769	0.94	0.0941	2.15	0.0411		
0.25	0.3538	0.51	0.1734	0.96	0.0921	2.20	0.0402		

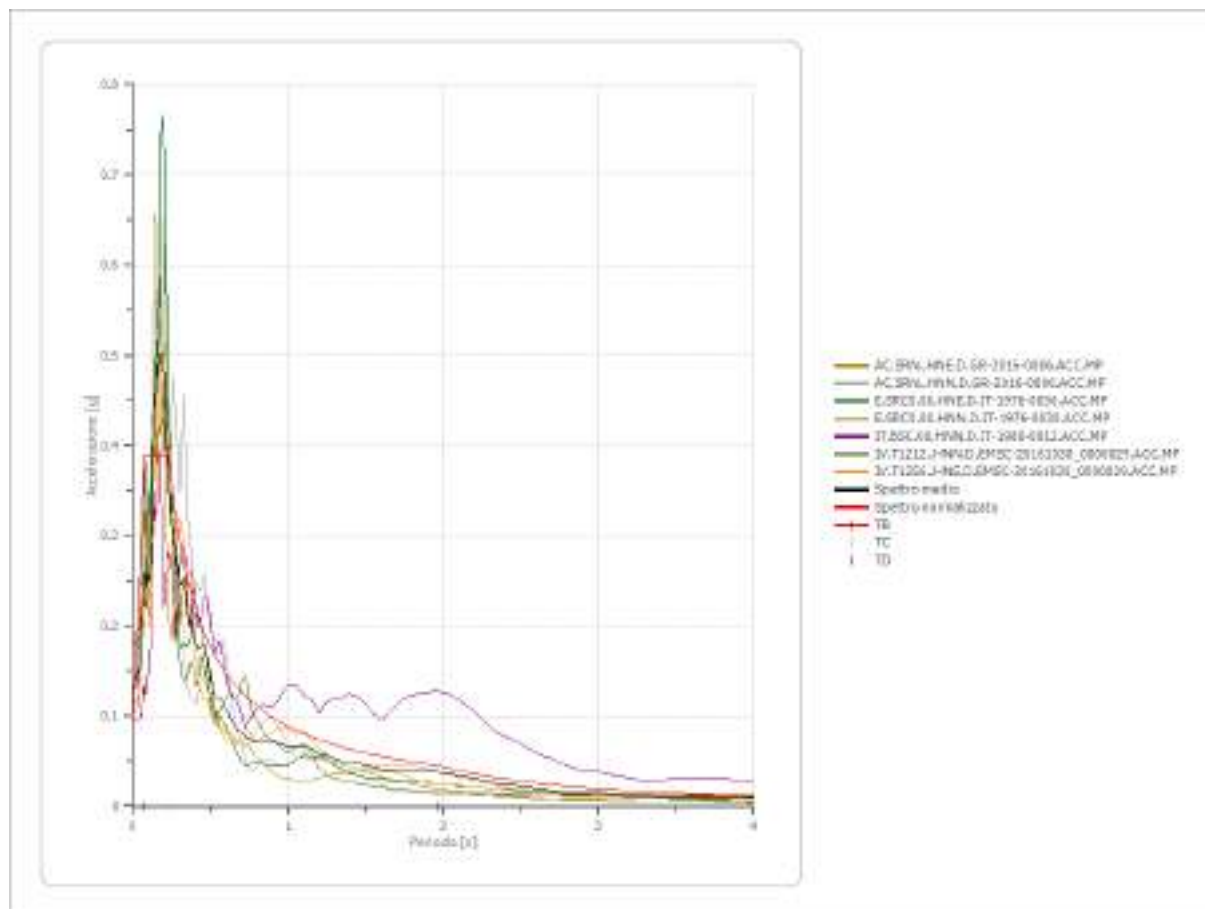


Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.090	4.302161	--	0.076	0.227	1.962	0.090	0.389	1.350

Realizzazione nuovo edificio scolastico

Confronto tra gli spettri

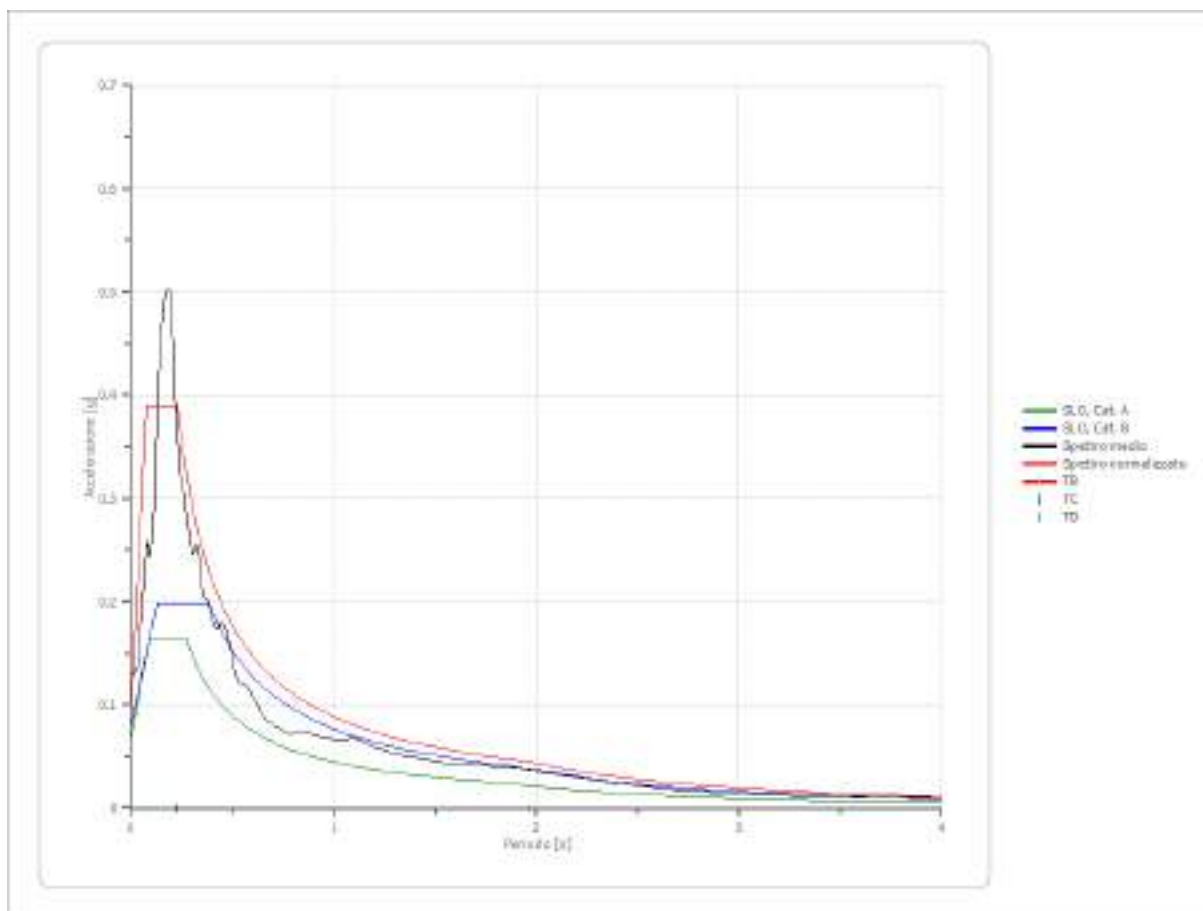


Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operativit à SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvagnar dia vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A	Operativit à SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvagnar dia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B
Tr [anni]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [g]	0.067	0.084	0.190	0.233	0.067	0.084	0.190	0.233
Fo	2.461	2.437	2.492	2.501	2.461	2.437	2.492	2.501
Tc* [s]	0.271	0.28	0.294	0.305	0.271	0.28	0.294	0.305
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.20	1.20	1.17
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.43	1.42	1.41	1.39
TB [s]	0.090	0.093	0.098	0.102	0.129	0.132	0.138	0.142
TC [s]	0.271	0.280	0.294	0.305	0.387	0.397	0.413	0.425
TD [s]	1.868	1.936	2.360	2.532	1.868	1.936	2.360	2.532
Se(0) [g]	0.067	0.084	0.190	0.233	0.080	0.101	0.228	0.272
Se(TB) [g]	0.165	0.205	0.474	0.583	0.198	0.246	0.568	0.680

Realizzazione nuovo edificio scolastico



Spettro verticale di progetto

Ag [g]	F0	Tc*	Fv	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.090	4.302	0.150	1.746	1.5	0.050	0.150	1.000	0.037	0.105

Realizzazione nuovo edificio scolastico

RISPOSTA SISMICA LOCALE IN SLD**Fattori di amplificazione ICMS 2018**

Tai	0.330 [s]
Tvi	1.950 [s]
Tao	0.190 [s]
Tvo	0.200 [s]
Sami	1.786 [m/s ²]
Svmi	0.153 [m/s]
Samo	4.724 [m/s ²]
Svmo	0.175 [m/s]
Fa	2.644 [-]
Fv	1.145 [-]
TB	0.077 [s]
TC	0.232 [s]
TD	2.058 [s]
SA(0)	0.114 [g]
SA(TB)	0.482 [g]

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

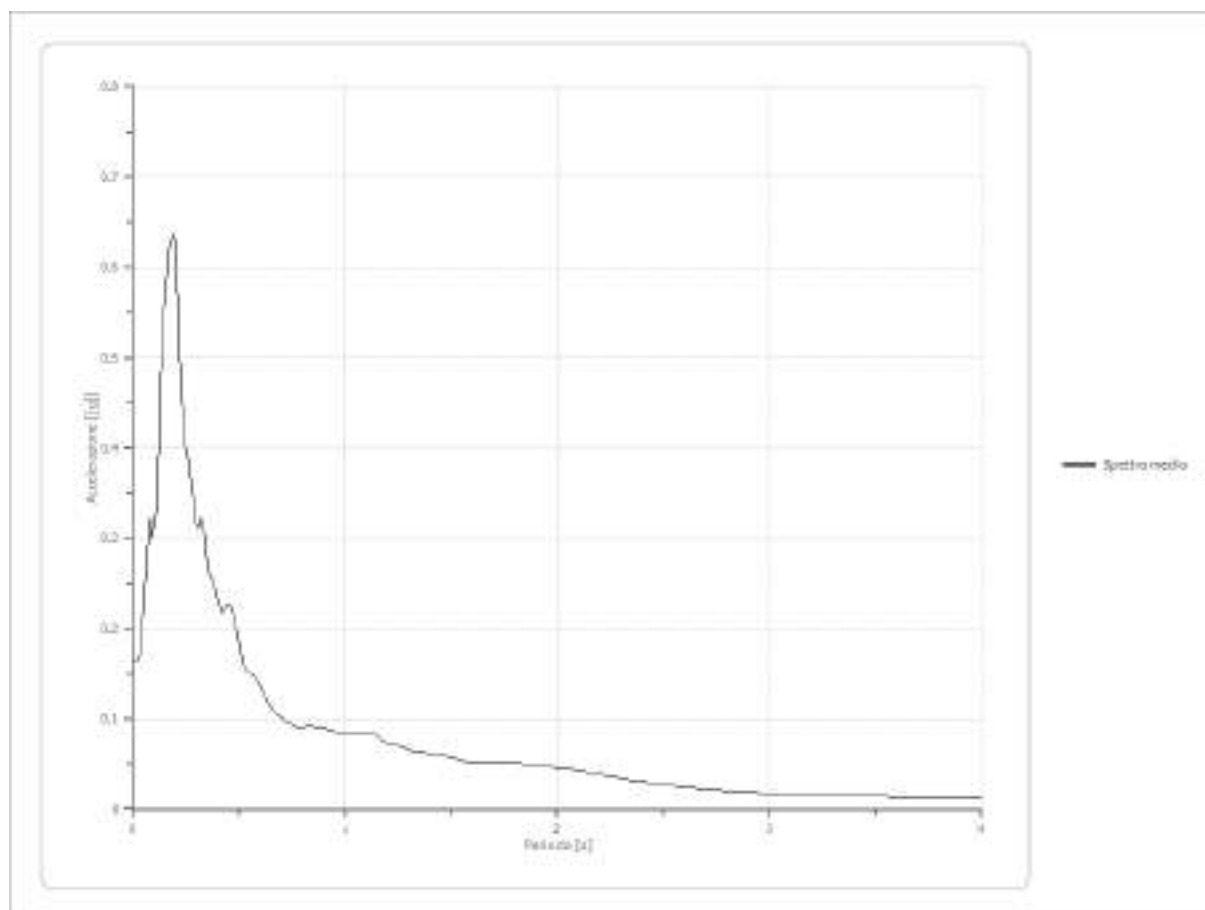
Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
-----------------------	---------------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------------------------	----

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]
0.00	0.1618	0.26	0.3879	0.52	0.1604	0.98	0.0844	2.25	0.0363
0.01	0.1618	0.27	0.3663	0.53	0.1542	1.00	0.0834	2.30	0.0340
0.02	0.1646	0.28	0.3477	0.54	0.1518	1.05	0.0840	2.35	0.0318
0.03	0.1690	0.29	0.3302	0.55	0.1510	1.10	0.0845	2.40	0.0305
0.04	0.1817	0.30	0.3127	0.56	0.1496	1.15	0.0810	2.50	0.0273
0.05	0.2263	0.31	0.3124	0.57	0.1483	1.20	0.0727	2.60	0.0240
0.06	0.2584	0.32	0.3218	0.58	0.1451	1.25	0.0701	2.70	0.0219
0.07	0.2944	0.33	0.3199	0.60	0.1355	1.30	0.0661	2.80	0.0200
0.08	0.3220	0.34	0.3000	0.62	0.1275	1.35	0.0630	2.90	0.0185
0.09	0.3000	0.35	0.2720	0.64	0.1170	1.40	0.0615	3.00	0.0176
0.10	0.3136	0.36	0.2610	0.66	0.1095	1.45	0.0594	3.10	0.0163
0.11	0.3292	0.37	0.2559	0.68	0.1054	1.50	0.0571	3.20	0.0151
0.12	0.3946	0.38	0.2535	0.70	0.1019	1.55	0.0541	3.30	0.0141
0.13	0.4817	0.39	0.2394	0.72	0.0974	1.60	0.0513	3.40	0.0139
0.14	0.5367	0.40	0.2328	0.74	0.0959	1.65	0.0516	3.50	0.0138
0.15	0.5645	0.41	0.2242	0.76	0.0918	1.70	0.0512	3.60	0.0136
0.16	0.5949	0.42	0.2180	0.78	0.0895	1.75	0.0513	3.70	0.0134
0.17	0.6218	0.43	0.2187	0.80	0.0902	1.80	0.0504	3.80	0.0131
0.18	0.6304	0.44	0.2248	0.82	0.0914	1.85	0.0493	3.90	0.0126

Realizzazione nuovo edificio scolastico

0.19	0.6376	0.45	0.2267	0.84	0.0911	1.90	0.0483	4.00	0.0120
0.20	0.6286	0.46	0.2234	0.86	0.0904	1.95	0.0473		
0.21	0.5607	0.47	0.2169	0.88	0.0901	2.00	0.0461		
0.22	0.4950	0.48	0.2057	0.90	0.0895	2.05	0.0446		
0.23	0.4499	0.49	0.1956	0.92	0.0880	2.10	0.0428		
0.24	0.4148	0.50	0.1832	0.94	0.0864	2.15	0.0407		
0.25	0.3970	0.51	0.1707	0.96	0.0855	2.20	0.0384		

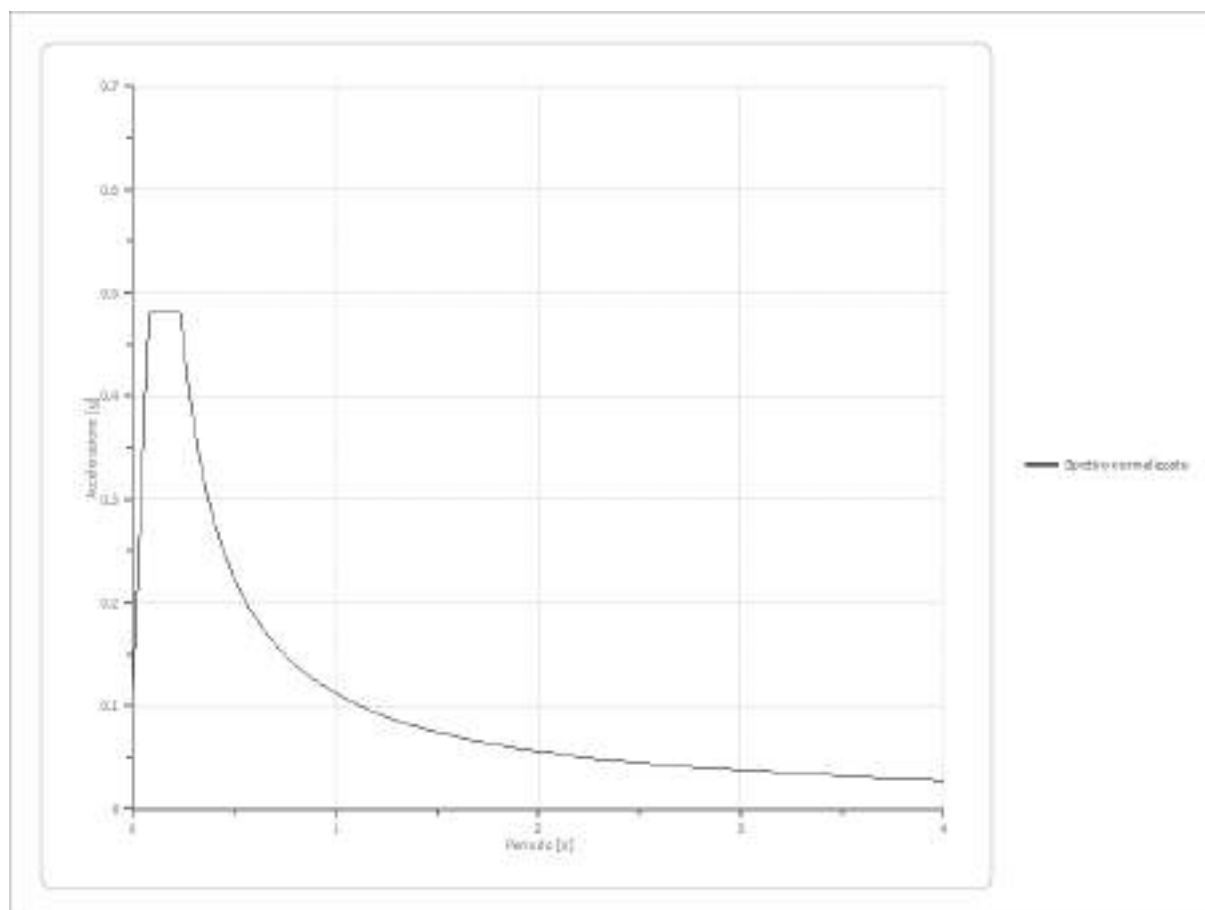


Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1144	0.26	0.4304	0.52	0.2152	0.98	0.1142	2.25	0.0497
0.01	0.1618	0.27	0.4145	0.53	0.2111	1.00	0.1119	2.30	0.0487
0.02	0.2092	0.28	0.3997	0.54	0.2072	1.05	0.1066	2.35	0.0476
0.03	0.2566	0.29	0.3859	0.55	0.2035	1.10	0.1017	2.40	0.0466
0.04	0.3040	0.30	0.3730	0.56	0.1998	1.15	0.0973	2.50	0.0448
0.05	0.3514	0.31	0.3610	0.57	0.1963	1.20	0.0933	2.60	0.0430
0.06	0.3987	0.32	0.3497	0.58	0.1929	1.25	0.0895	2.70	0.0414
0.07	0.4461	0.33	0.3391	0.60	0.1865	1.30	0.0861	2.80	0.0400
0.08	0.4815	0.34	0.3291	0.62	0.1805	1.35	0.0829	2.90	0.0386
0.09	0.4815	0.35	0.3197	0.64	0.1749	1.40	0.0799	3.00	0.0373
0.10	0.4815	0.36	0.3108	0.66	0.1696	1.45	0.0772	3.10	0.0361

Realizzazione nuovo edificio scolastico

0.11	0.4815	0.37	0.3024	0.68	0.1646	1.50	0.0746	3.20	0.0350
0.12	0.4815	0.38	0.2945	0.70	0.1599	1.55	0.0722	3.30	0.0339
0.13	0.4815	0.39	0.2869	0.72	0.1554	1.60	0.0699	3.40	0.0329
0.14	0.4815	0.40	0.2798	0.74	0.1512	1.65	0.0678	3.50	0.0320
0.15	0.4815	0.41	0.2729	0.76	0.1472	1.70	0.0658	3.60	0.0311
0.16	0.4815	0.42	0.2664	0.78	0.1435	1.75	0.0639	3.70	0.0302
0.17	0.4815	0.43	0.2602	0.80	0.1399	1.80	0.0622	3.80	0.0294
0.18	0.4815	0.44	0.2543	0.82	0.1365	1.85	0.0605	3.90	0.0287
0.19	0.4815	0.45	0.2487	0.84	0.1332	1.90	0.0589	4.00	0.0280
0.20	0.4815	0.46	0.2433	0.86	0.1301	1.95	0.0574		
0.21	0.4815	0.47	0.2381	0.88	0.1272	2.00	0.0560		
0.22	0.4815	0.48	0.2331	0.90	0.1243	2.05	0.0546		
0.23	0.4815	0.49	0.2284	0.92	0.1216	2.10	0.0533		
0.24	0.4663	0.50	0.2238	0.94	0.1190	2.15	0.0520		
0.25	0.4476	0.51	0.2194	0.96	0.1166	2.20	0.0509		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.114	4.208905	--	0.077	0.232	2.058	0.114	0.482	1.362

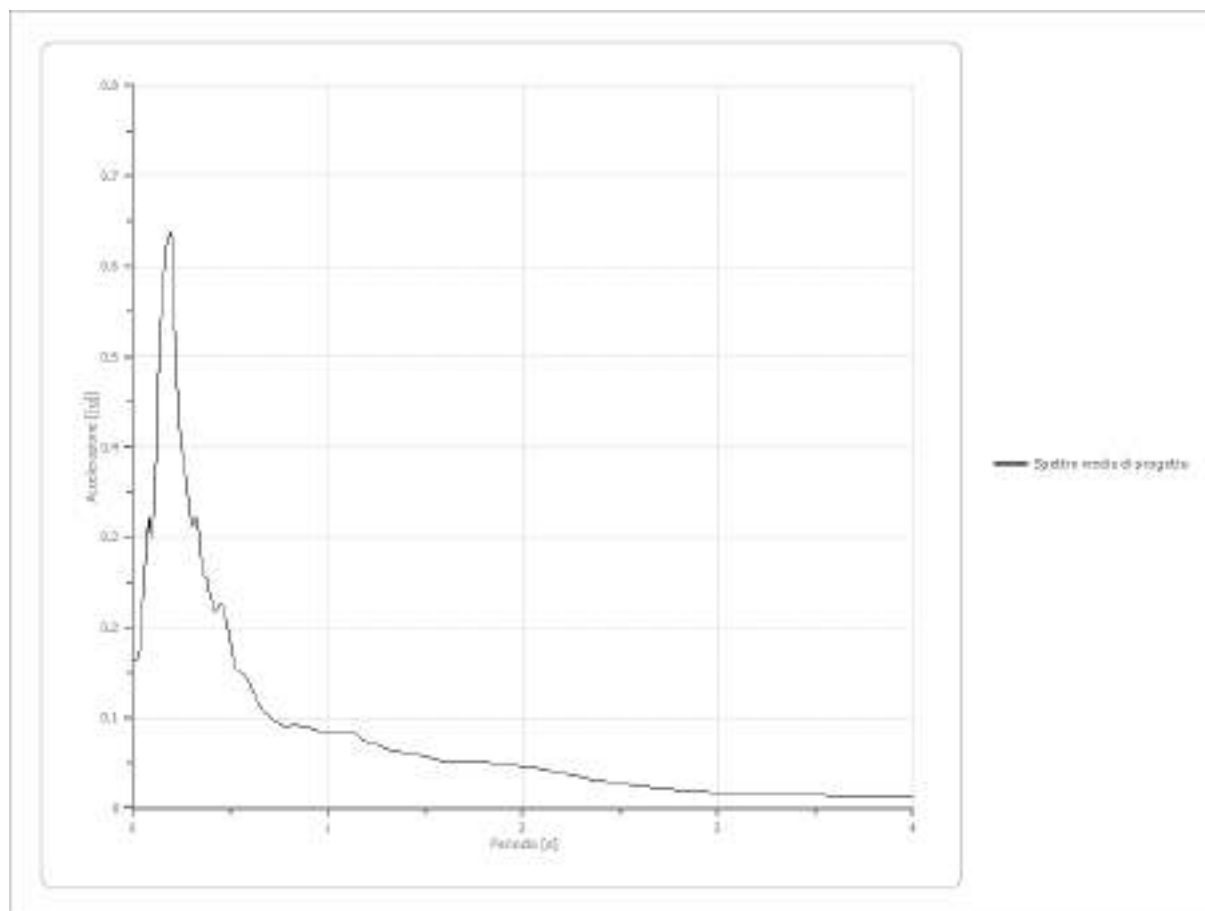
Realizzazione nuovo edificio scolastico

Spettro medio di progetto

Fattore di struttura: 1

Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]
0.00	0.1618	0.26	0.3879	0.52	0.1604	0.98	0.0844	2.25	0.0363
0.01	0.1618	0.27	0.3663	0.53	0.1542	1.00	0.0834	2.30	0.0340
0.02	0.1646	0.28	0.3477	0.54	0.1518	1.05	0.0840	2.35	0.0318
0.03	0.1690	0.29	0.3302	0.55	0.1510	1.10	0.0845	2.40	0.0305
0.04	0.1817	0.30	0.3127	0.56	0.1496	1.15	0.0810	2.50	0.0273
0.05	0.2263	0.31	0.3124	0.57	0.1483	1.20	0.0727	2.60	0.0240
0.06	0.2584	0.32	0.3218	0.58	0.1451	1.25	0.0701	2.70	0.0219
0.07	0.2944	0.33	0.3199	0.60	0.1355	1.30	0.0661	2.80	0.0200
0.08	0.3220	0.34	0.3000	0.62	0.1275	1.35	0.0630	2.90	0.0185
0.09	0.3000	0.35	0.2720	0.64	0.1170	1.40	0.0615	3.00	0.0176
0.10	0.3136	0.36	0.2610	0.66	0.1095	1.45	0.0594	3.10	0.0163
0.11	0.3292	0.37	0.2559	0.68	0.1054	1.50	0.0571	3.20	0.0151
0.12	0.3946	0.38	0.2535	0.70	0.1019	1.55	0.0541	3.30	0.0141
0.13	0.4817	0.39	0.2394	0.72	0.0974	1.60	0.0513	3.40	0.0139
0.14	0.5367	0.40	0.2328	0.74	0.0959	1.65	0.0516	3.50	0.0138
0.15	0.5645	0.41	0.2242	0.76	0.0918	1.70	0.0512	3.60	0.0136
0.16	0.5949	0.42	0.2180	0.78	0.0895	1.75	0.0513	3.70	0.0134
0.17	0.6218	0.43	0.2187	0.80	0.0902	1.80	0.0504	3.80	0.0131
0.18	0.6304	0.44	0.2248	0.82	0.0914	1.85	0.0493	3.90	0.0126
0.19	0.6376	0.45	0.2267	0.84	0.0911	1.90	0.0483	4.00	0.0120
0.20	0.6286	0.46	0.2234	0.86	0.0904	1.95	0.0473		
0.21	0.5607	0.47	0.2169	0.88	0.0901	2.00	0.0461		
0.22	0.4950	0.48	0.2057	0.90	0.0895	2.05	0.0446		
0.23	0.4499	0.49	0.1956	0.92	0.0880	2.10	0.0428		
0.24	0.4148	0.50	0.1832	0.94	0.0864	2.15	0.0407		
0.25	0.3970	0.51	0.1707	0.96	0.0855	2.20	0.0384		

Realizzazione nuovo edificio scolastico

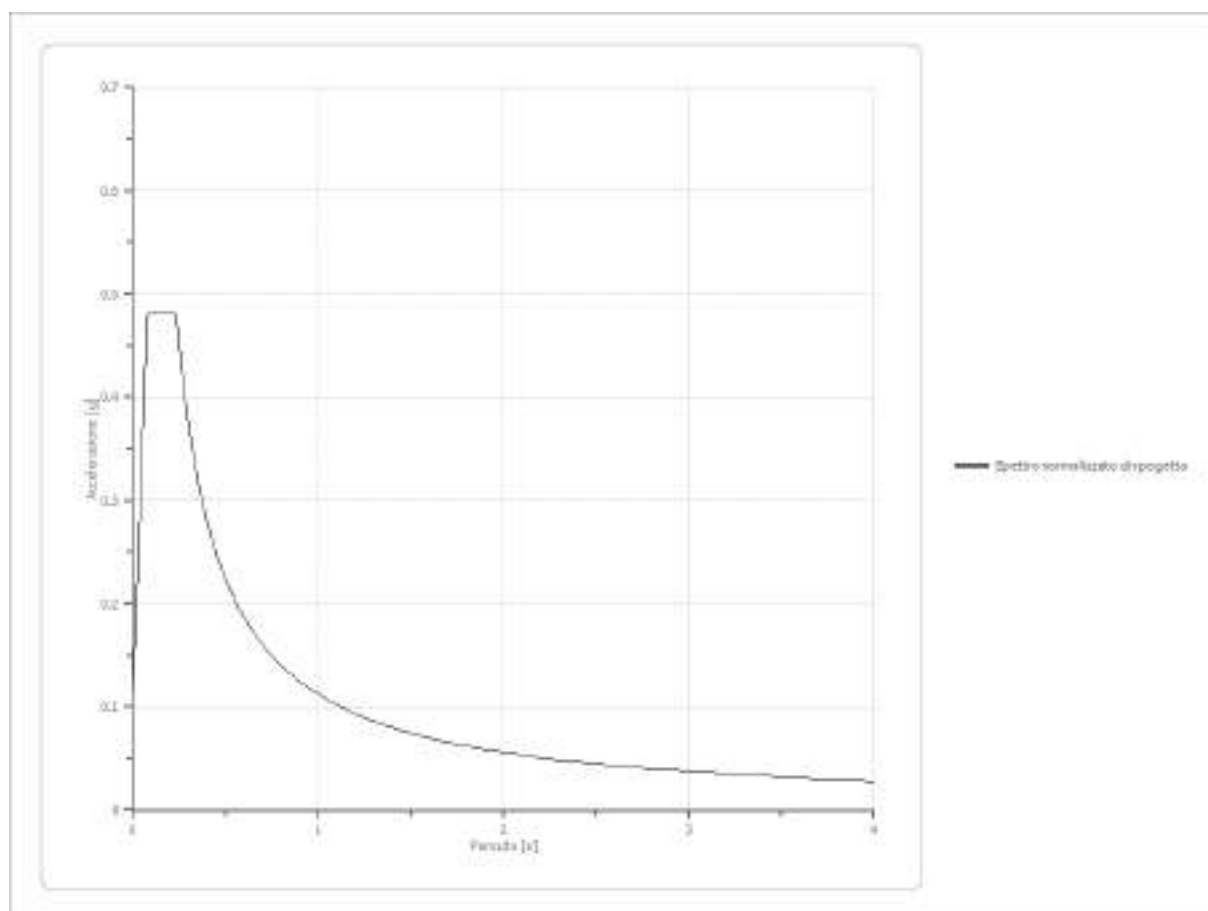
**Spettro normalizzato di progetto**

Fattore di struttura: 1

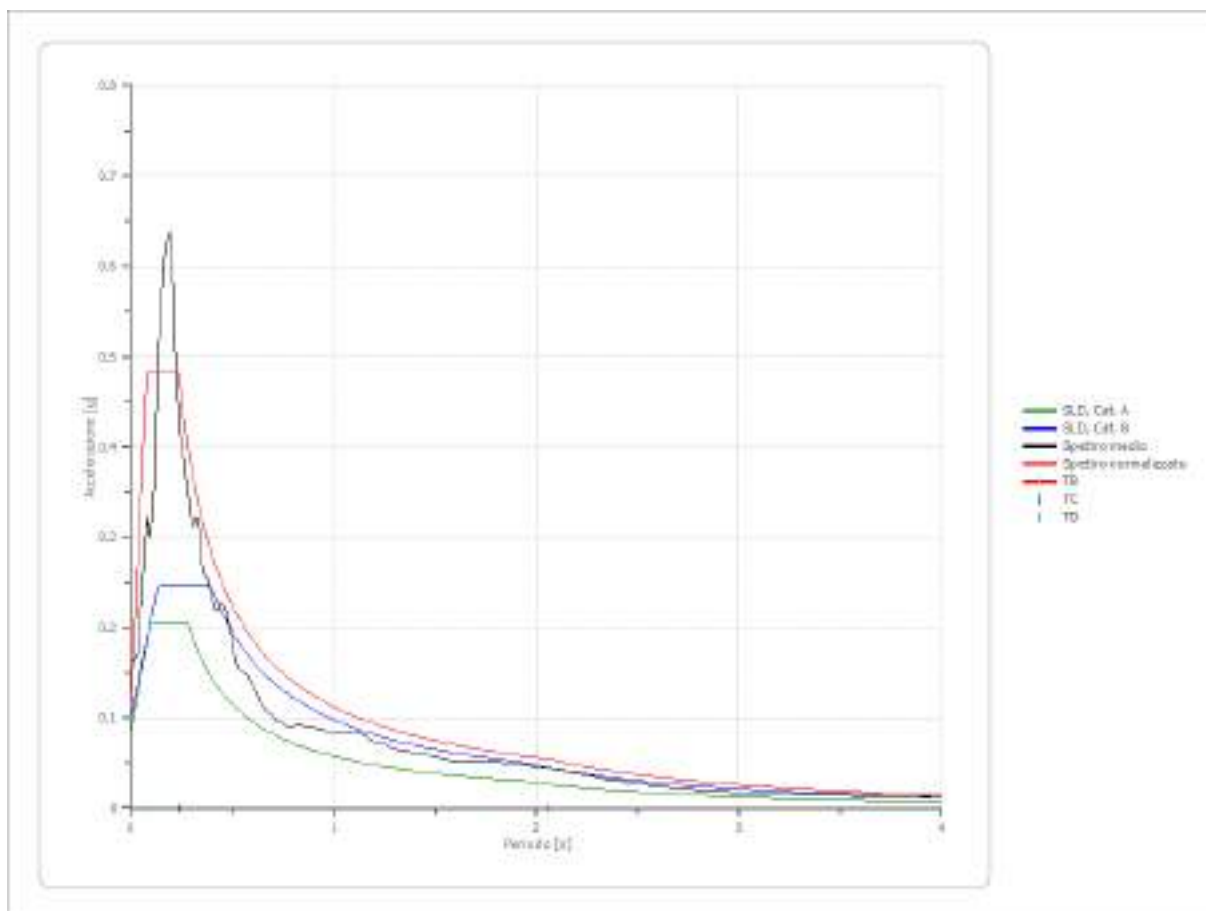
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1144	0.26	0.4304	0.52	0.2152	0.98	0.1142	2.25	0.0497
0.01	0.1618	0.27	0.4145	0.53	0.2111	1.00	0.1119	2.30	0.0487
0.02	0.2092	0.28	0.3997	0.54	0.2072	1.05	0.1066	2.35	0.0476
0.03	0.2566	0.29	0.3859	0.55	0.2035	1.10	0.1017	2.40	0.0466
0.04	0.3040	0.30	0.3730	0.56	0.1998	1.15	0.0973	2.50	0.0448
0.05	0.3514	0.31	0.3610	0.57	0.1963	1.20	0.0933	2.60	0.0430
0.06	0.3987	0.32	0.3497	0.58	0.1929	1.25	0.0895	2.70	0.0414
0.07	0.4461	0.33	0.3391	0.60	0.1865	1.30	0.0861	2.80	0.0400
0.08	0.4815	0.34	0.3291	0.62	0.1805	1.35	0.0829	2.90	0.0386
0.09	0.4815	0.35	0.3197	0.64	0.1749	1.40	0.0799	3.00	0.0373
0.10	0.4815	0.36	0.3108	0.66	0.1696	1.45	0.0772	3.10	0.0361
0.11	0.4815	0.37	0.3024	0.68	0.1646	1.50	0.0746	3.20	0.0350
0.12	0.4815	0.38	0.2945	0.70	0.1599	1.55	0.0722	3.30	0.0339
0.13	0.4815	0.39	0.2869	0.72	0.1554	1.60	0.0699	3.40	0.0329
0.14	0.4815	0.40	0.2798	0.74	0.1512	1.65	0.0678	3.50	0.0320
0.15	0.4815	0.41	0.2729	0.76	0.1472	1.70	0.0658	3.60	0.0311

Realizzazione nuovo edificio scolastico

0.16	0.4815	0.42	0.2664	0.78	0.1435	1.75	0.0639	3.70	0.0302
0.17	0.4815	0.43	0.2602	0.80	0.1399	1.80	0.0622	3.80	0.0294
0.18	0.4815	0.44	0.2543	0.82	0.1365	1.85	0.0605	3.90	0.0287
0.19	0.4815	0.45	0.2487	0.84	0.1332	1.90	0.0589	4.00	0.0280
0.20	0.4815	0.46	0.2433	0.86	0.1301	1.95	0.0574		
0.21	0.4815	0.47	0.2381	0.88	0.1272	2.00	0.0560		
0.22	0.4815	0.48	0.2331	0.90	0.1243	2.05	0.0546		
0.23	0.4815	0.49	0.2284	0.92	0.1216	2.10	0.0533		
0.24	0.4663	0.50	0.2238	0.94	0.1190	2.15	0.0520		
0.25	0.4476	0.51	0.2194	0.96	0.1166	2.20	0.0509		

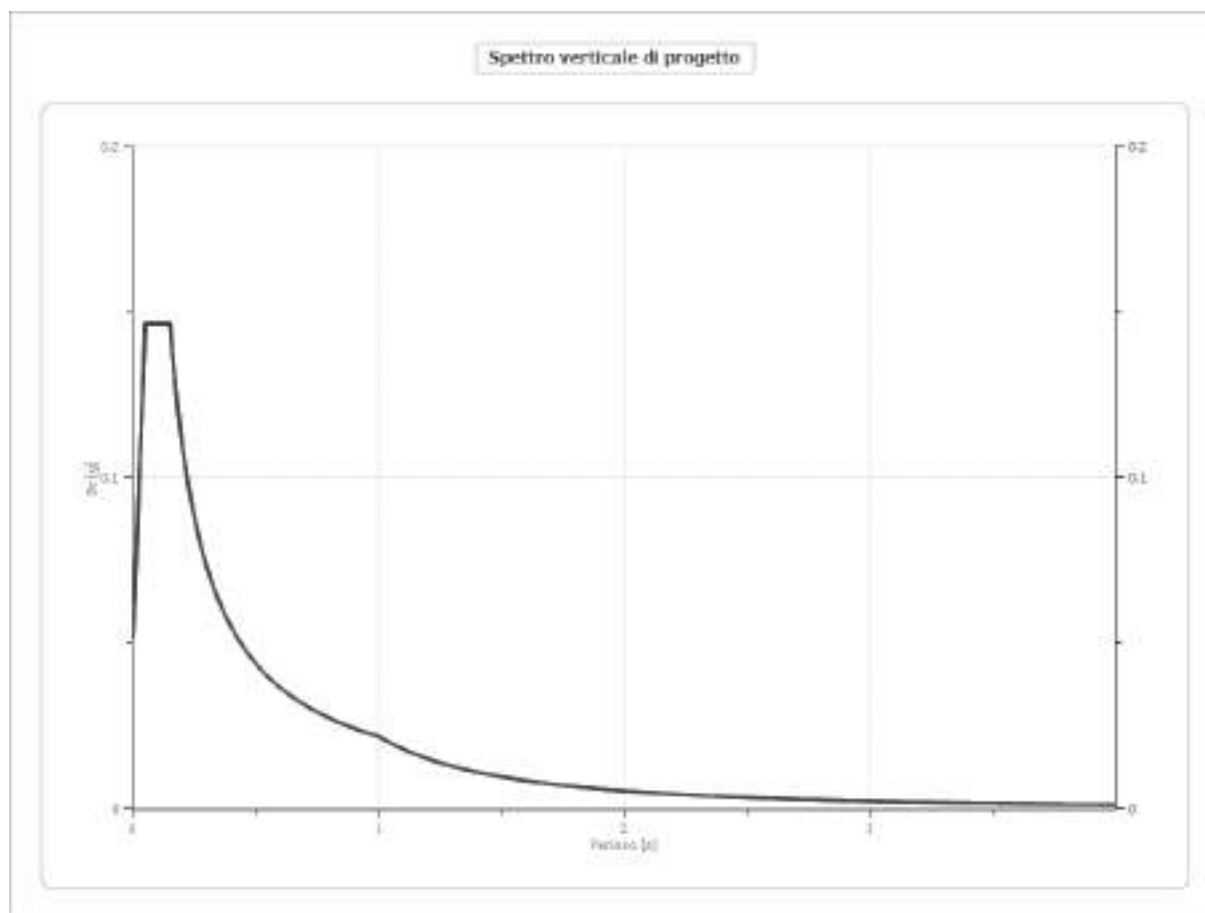


Realizzazione nuovo edificio scolastico

**Spettro verticale di progetto**

Ag [g]	F0	Tc*	Fv	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.114	4.209	0.150	1.922	1.5	0.050	0.150	1.000	0.052	0.147

Realizzazione nuovo edificio scolastico



Realizzazione nuovo edificio scolastico

RISPOSTA SISMICA LOCALE IN SLV**Fattori di amplificazione ICMS 2018**

Tai	0.330 [s]
Tvi	1.950 [s]
Tao	0.200 [s]
Tvo	0.200 [s]
Sami	4.040 [m/s ²]
Svmi	0.345 [m/s]
Samo	10.606 [m/s ²]
Svmo	0.410 [m/s]
Fa	2.625 [-]
Fv	1.189 [-]
TB	0.081 [s]
TC	0.243 [s]
TD	2.616 [s]
SA(0)	0.254 [g]
SA(TB)	1.081 [g]

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

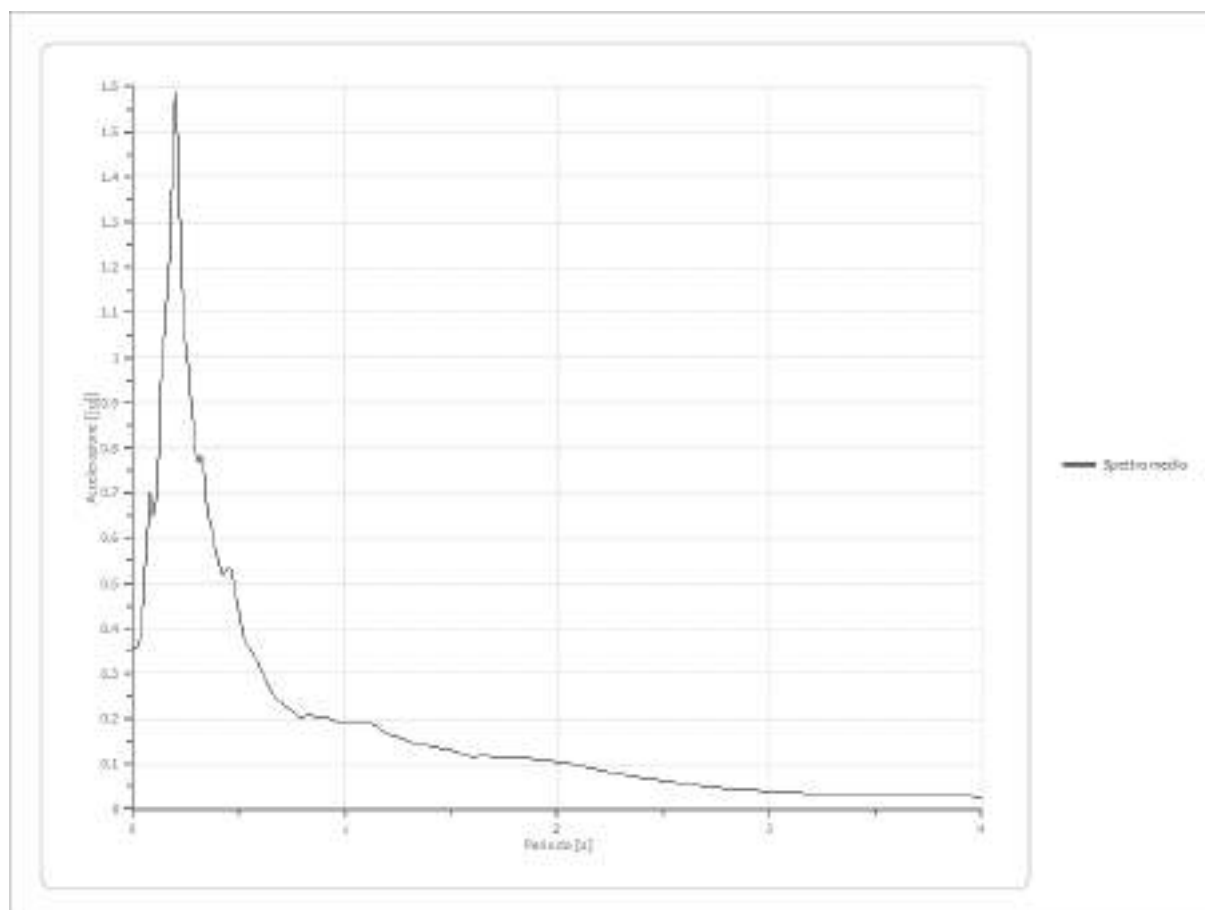
Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
-----------------------	---------------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------------------------	----

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]
0.00	0.3560	0.26	0.9819	0.52	0.3831	0.98	0.1913	2.25	0.0823
0.01	0.3560	0.27	0.9149	0.53	0.3681	1.00	0.1898	2.30	0.0772
0.02	0.3610	0.28	0.8678	0.54	0.3613	1.05	0.1920	2.35	0.0723
0.03	0.3718	0.29	0.8242	0.55	0.3555	1.10	0.1911	2.40	0.0693
0.04	0.3883	0.30	0.7757	0.56	0.3461	1.15	0.1841	2.50	0.0621
0.05	0.4710	0.31	0.7668	0.57	0.3416	1.20	0.1656	2.60	0.0546
0.06	0.5546	0.32	0.7838	0.58	0.3339	1.25	0.1595	2.70	0.0497
0.07	0.6289	0.33	0.7761	0.60	0.3113	1.30	0.1502	2.80	0.0455
0.08	0.7024	0.34	0.7304	0.62	0.2935	1.35	0.1437	2.90	0.0420
0.09	0.6504	0.35	0.6620	0.64	0.2703	1.40	0.1400	3.00	0.0400
0.10	0.6543	0.36	0.6377	0.66	0.2541	1.45	0.1343	3.10	0.0369
0.11	0.6864	0.37	0.6241	0.68	0.2446	1.50	0.1297	3.20	0.0343
0.12	0.7796	0.38	0.6047	0.70	0.2368	1.55	0.1225	3.30	0.0318
0.13	0.9462	0.39	0.5663	0.72	0.2257	1.60	0.1157	3.40	0.0314
0.14	1.0039	0.40	0.5555	0.74	0.2227	1.65	0.1168	3.50	0.0312
0.15	1.0600	0.41	0.5362	0.76	0.2119	1.70	0.1162	3.60	0.0309
0.16	1.1371	0.42	0.5201	0.78	0.2049	1.75	0.1162	3.70	0.0303
0.17	1.2089	0.43	0.5193	0.80	0.2055	1.80	0.1144	3.80	0.0296
0.18	1.3544	0.44	0.5298	0.82	0.2073	1.85	0.1116	3.90	0.0286

Realizzazione nuovo edificio scolastico

0.19	1.5201	0.45	0.5352	0.84	0.2070	1.90	0.1096	4.00	0.0273
0.20	1.5869	0.46	0.5278	0.86	0.2054	1.95	0.1075		
0.21	1.4823	0.47	0.5109	0.88	0.2048	2.00	0.1048		
0.22	1.3066	0.48	0.4842	0.90	0.2037	2.05	0.1013		
0.23	1.1569	0.49	0.4620	0.92	0.2009	2.10	0.0971		
0.24	1.0717	0.50	0.4343	0.94	0.1970	2.15	0.0924		
0.25	1.0179	0.51	0.4062	0.96	0.1944	2.20	0.0873		

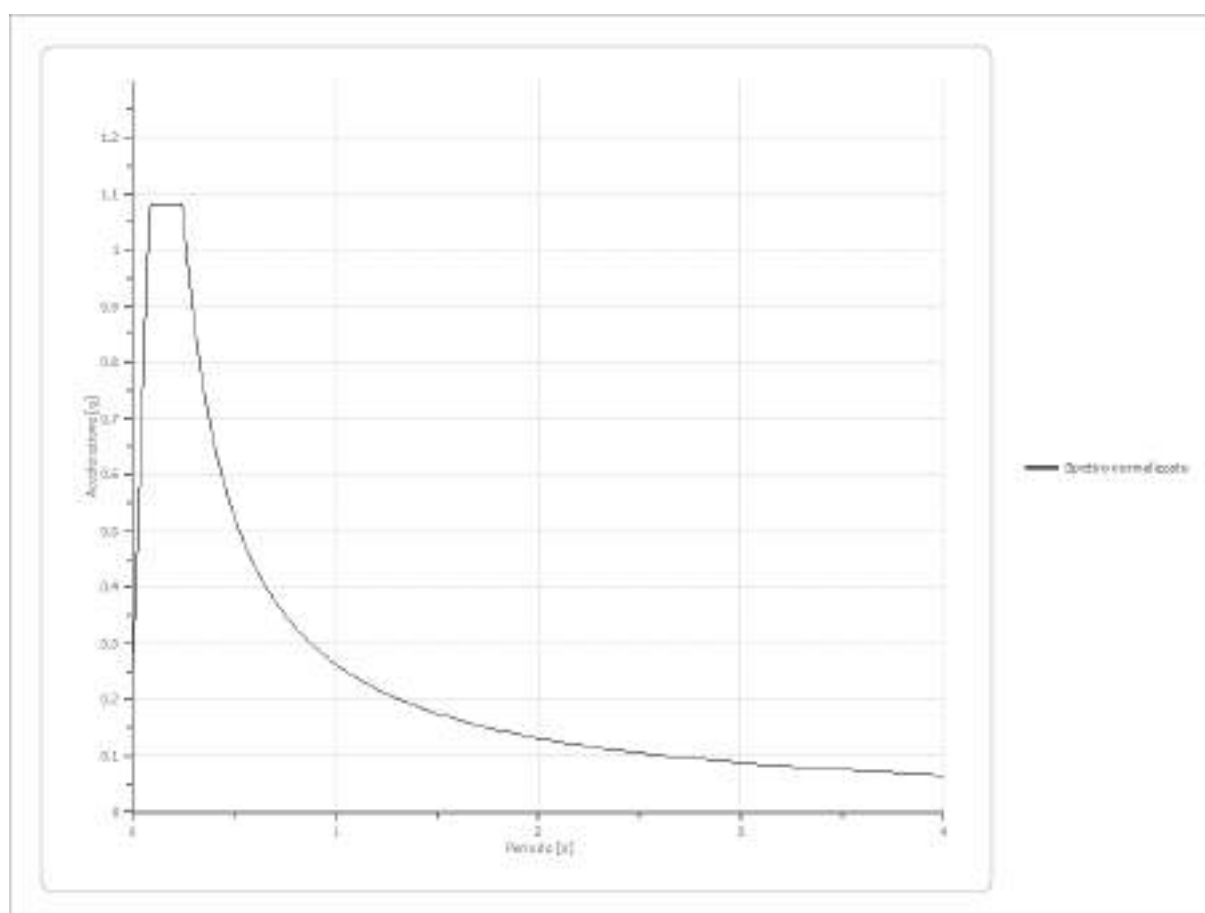


Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2539	0.26	1.0109	0.52	0.5054	0.98	0.2682	2.25	0.1168
0.01	0.3560	0.27	0.9734	0.53	0.4959	1.00	0.2628	2.30	0.1143
0.02	0.4581	0.28	0.9387	0.54	0.4867	1.05	0.2503	2.35	0.1118
0.03	0.5602	0.29	0.9063	0.55	0.4779	1.10	0.2389	2.40	0.1095
0.04	0.6622	0.30	0.8761	0.56	0.4693	1.15	0.2285	2.50	0.1051
0.05	0.7643	0.31	0.8478	0.57	0.4611	1.20	0.2190	2.60	0.1011
0.06	0.8664	0.32	0.8213	0.58	0.4532	1.25	0.2103	2.70	0.0973
0.07	0.9685	0.33	0.7964	0.60	0.4380	1.30	0.2022	2.80	0.0939
0.08	1.0706	0.34	0.7730	0.62	0.4239	1.35	0.1947	2.90	0.0906
0.09	1.0811	0.35	0.7509	0.64	0.4107	1.40	0.1877	3.00	0.0876
0.10	1.0811	0.36	0.7301	0.66	0.3982	1.45	0.1813	3.10	0.0848

Realizzazione nuovo edificio scolastico

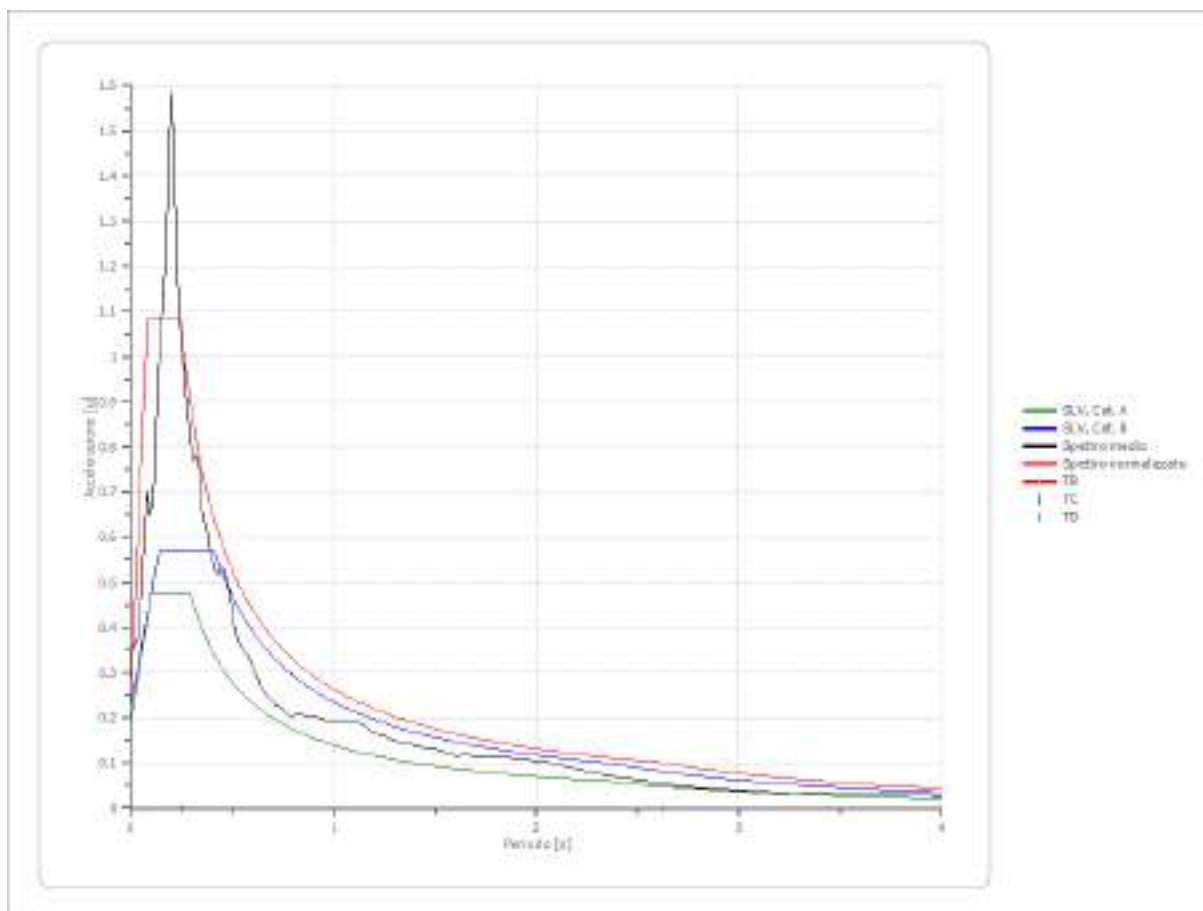
0.11	1.0811	0.37	0.7103	0.68	0.3865	1.50	0.1752	3.20	0.0821
0.12	1.0811	0.38	0.6917	0.70	0.3755	1.55	0.1696	3.30	0.0796
0.13	1.0811	0.39	0.6739	0.72	0.3650	1.60	0.1643	3.40	0.0773
0.14	1.0811	0.40	0.6571	0.74	0.3552	1.65	0.1593	3.50	0.0751
0.15	1.0811	0.41	0.6410	0.76	0.3458	1.70	0.1546	3.60	0.0730
0.16	1.0811	0.42	0.6258	0.78	0.3370	1.75	0.1502	3.70	0.0710
0.17	1.0811	0.43	0.6112	0.80	0.3285	1.80	0.1460	3.80	0.0692
0.18	1.0811	0.44	0.5973	0.82	0.3205	1.85	0.1421	3.90	0.0674
0.19	1.0811	0.45	0.5841	0.84	0.3129	1.90	0.1383	4.00	0.0657
0.20	1.0811	0.46	0.5714	0.86	0.3056	1.95	0.1348		
0.21	1.0811	0.47	0.5592	0.88	0.2987	2.00	0.1314		
0.22	1.0811	0.48	0.5476	0.90	0.2920	2.05	0.1282		
0.23	1.0811	0.49	0.5364	0.92	0.2857	2.10	0.1252		
0.24	1.0811	0.50	0.5257	0.94	0.2796	2.15	0.1222		
0.25	1.0513	0.51	0.5153	0.96	0.2738	2.20	0.1195		



Parametri spettro normalizzato

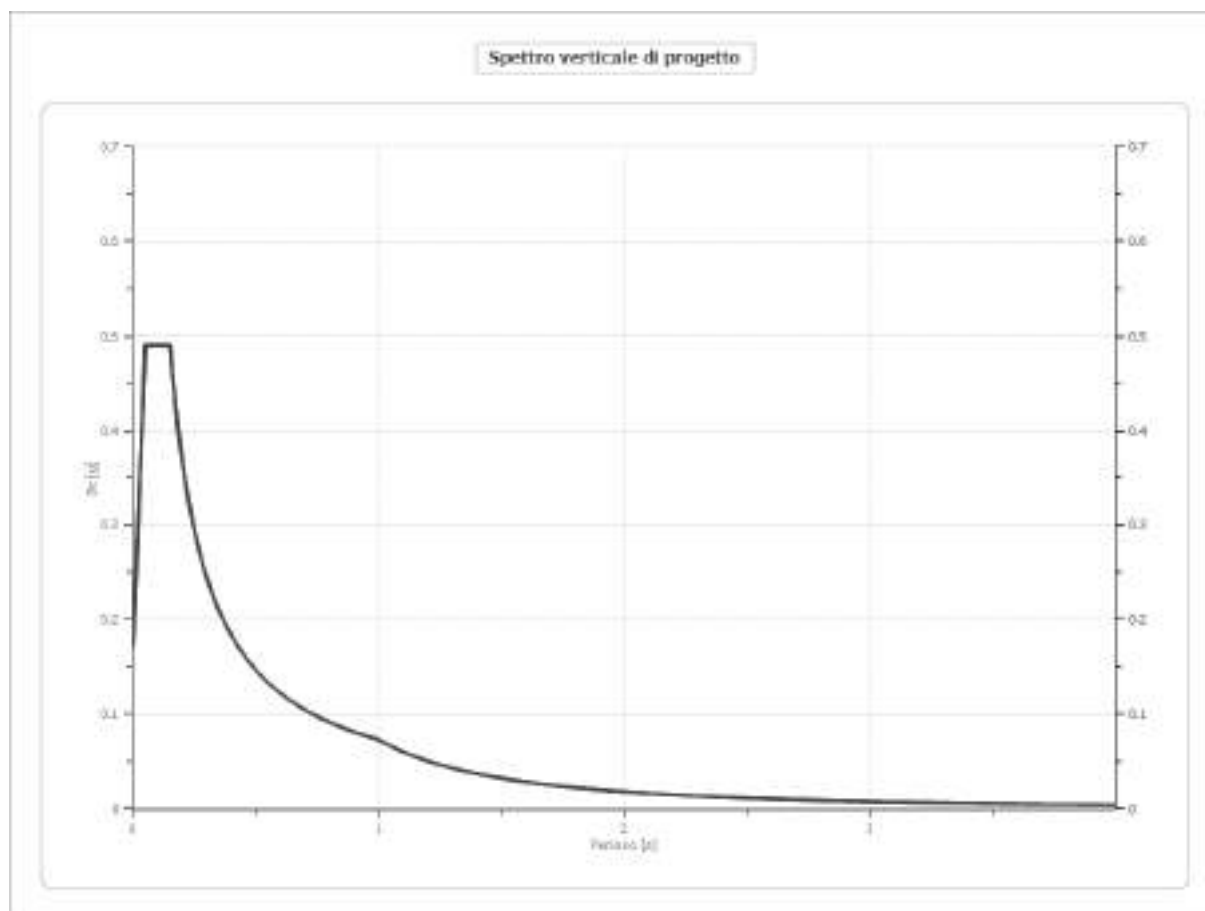
Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.254	4.258147	--	0.081	0.243	2.616	0.254	1.081	1.336

Realizzazione nuovo edificio scolastico

**Spettro verticale di progetto**

Ag [g]	F0	Tc*	Fv	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.254	4.258	0.150	2.897	1.5	0.050	0.150	1.000	0.173	0.490

Realizzazione nuovo edificio scolastico



Realizzazione nuovo edificio scolastico

RISPOSTA SISMICA LOCALE IN SLC**Fattori di amplificazione ICMS 2018**

Tai	0.330 [s]
Tvi	1.950 [s]
Tao	0.200 [s]
Tvo	0.210 [s]
Sami	4.891 [m/s ²]
Svmi	0.418 [m/s]
Samo	12.839 [m/s ²]
Svmo	0.518 [m/s]
Fa	2.625 [-]
Fv	1.239 [-]
TB	0.084 [s]
TC	0.253 [s]
TD	2.858 [s]
SA(0)	0.314 [g]
SA(TB)	1.309 [g]

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

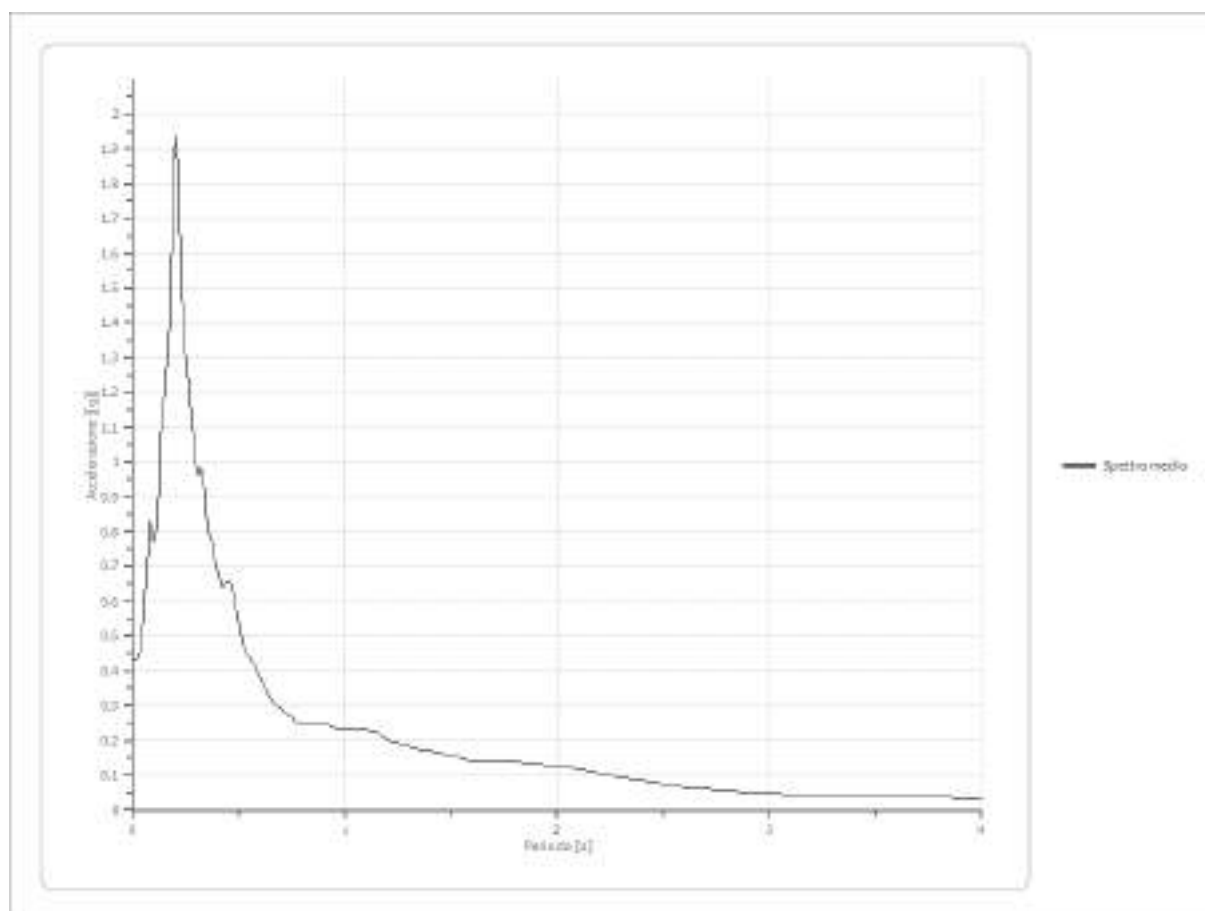
Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
-----------------------	---------------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------------------------	----

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]
0.00	0.4322	0.26	1.2357	0.52	0.4723	0.98	0.2322	2.25	0.0997
0.01	0.4323	0.27	1.1596	0.53	0.4542	1.00	0.2302	2.30	0.0935
0.02	0.4378	0.28	1.0947	0.54	0.4459	1.05	0.2338	2.35	0.0876
0.03	0.4499	0.29	1.0387	0.55	0.4386	1.10	0.2310	2.40	0.0840
0.04	0.4686	0.30	0.9759	0.56	0.4258	1.15	0.2230	2.50	0.0754
0.05	0.5602	0.31	0.9623	0.57	0.4190	1.20	0.2008	2.60	0.0661
0.06	0.6485	0.32	0.9809	0.58	0.4089	1.25	0.1934	2.70	0.0602
0.07	0.7326	0.33	0.9667	0.60	0.3797	1.30	0.1822	2.80	0.0552
0.08	0.8275	0.34	0.9103	0.62	0.3583	1.35	0.1743	2.90	0.0509
0.09	0.7775	0.35	0.8233	0.64	0.3302	1.40	0.1699	3.00	0.0485
0.10	0.7697	0.36	0.7928	0.66	0.3106	1.45	0.1628	3.10	0.0448
0.11	0.8043	0.37	0.7752	0.68	0.2990	1.50	0.1571	3.20	0.0415
0.12	0.9001	0.38	0.7529	0.70	0.2897	1.55	0.1485	3.30	0.0386
0.13	1.0848	0.39	0.6999	0.72	0.2760	1.60	0.1399	3.40	0.0380
0.14	1.1548	0.40	0.6874	0.74	0.2730	1.65	0.1415	3.50	0.0378
0.15	1.1971	0.41	0.6627	0.76	0.2590	1.70	0.1407	3.60	0.0375

Realizzazione nuovo edificio scolastico

0.16	1.2840	0.42	0.6433	0.78	0.2495	1.75	0.1407	3.70	0.0367
0.17	1.3841	0.43	0.6430	0.80	0.2503	1.80	0.1386	3.80	0.0359
0.18	1.5746	0.44	0.6516	0.82	0.2520	1.85	0.1352	3.90	0.0346
0.19	1.8164	0.45	0.6578	0.84	0.2511	1.90	0.1327	4.00	0.0330
0.20	1.9362	0.46	0.6494	0.86	0.2490	1.95	0.1303		
0.21	1.8580	0.47	0.6279	0.88	0.2486	2.00	0.1271		
0.22	1.6532	0.48	0.5941	0.90	0.2471	2.05	0.1228		
0.23	1.4724	0.49	0.5664	0.92	0.2439	2.10	0.1176		
0.24	1.3616	0.50	0.5335	0.94	0.2394	2.15	0.1119		
0.25	1.2919	0.51	0.4995	0.96	0.2360	2.20	0.1058		

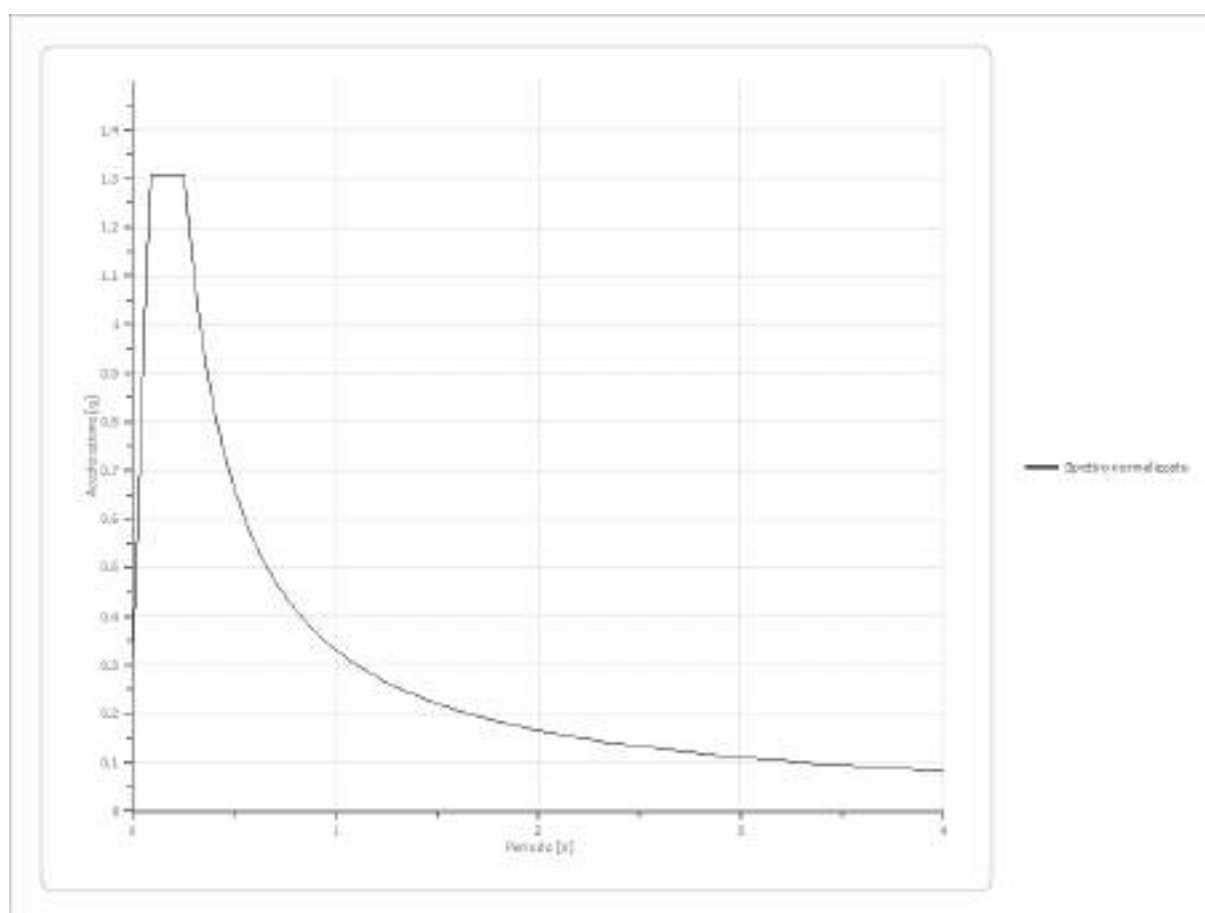


Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.3145	0.26	1.2750	0.52	0.6375	0.98	0.3383	2.25	0.1473
0.01	0.4323	0.27	1.2278	0.53	0.6255	1.00	0.3315	2.30	0.1441
0.02	0.5500	0.28	1.1840	0.54	0.6139	1.05	0.3157	2.35	0.1411
0.03	0.6678	0.29	1.1431	0.55	0.6027	1.10	0.3014	2.40	0.1381
0.04	0.7855	0.30	1.1050	0.56	0.5920	1.15	0.2883	2.50	0.1326
0.05	0.9033	0.31	1.0694	0.57	0.5816	1.20	0.2763	2.60	0.1275
0.06	1.0211	0.32	1.0360	0.58	0.5716	1.25	0.2652	2.70	0.1228
0.07	1.1388	0.33	1.0046	0.60	0.5525	1.30	0.2550	2.80	0.1184

Realizzazione nuovo edificio scolastico

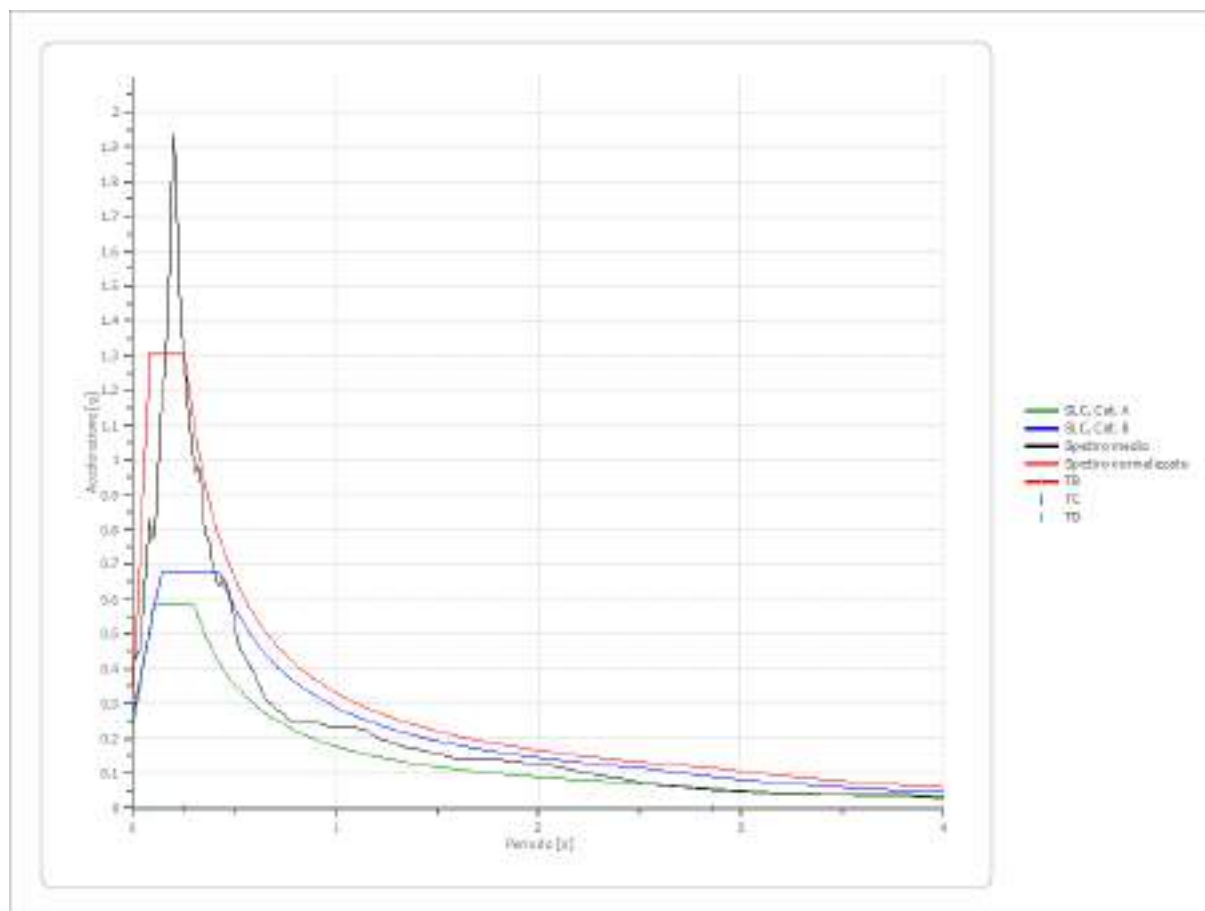
0.08	1.2566	0.34	0.9750	0.62	0.5347	1.35	0.2456	2.90	0.1143
0.09	1.3088	0.35	0.9472	0.64	0.5180	1.40	0.2368	3.00	0.1105
0.10	1.3088	0.36	0.9209	0.66	0.5023	1.45	0.2286	3.10	0.1069
0.11	1.3088	0.37	0.8960	0.68	0.4875	1.50	0.2210	3.20	0.1036
0.12	1.3088	0.38	0.8724	0.70	0.4736	1.55	0.2139	3.30	0.1005
0.13	1.3088	0.39	0.8500	0.72	0.4604	1.60	0.2072	3.40	0.0975
0.14	1.3088	0.40	0.8288	0.74	0.4480	1.65	0.2009	3.50	0.0947
0.15	1.3088	0.41	0.8086	0.76	0.4362	1.70	0.1950	3.60	0.0921
0.16	1.3088	0.42	0.7893	0.78	0.4250	1.75	0.1894	3.70	0.0896
0.17	1.3088	0.43	0.7710	0.80	0.4144	1.80	0.1842	3.80	0.0872
0.18	1.3088	0.44	0.7534	0.82	0.4043	1.85	0.1792	3.90	0.0850
0.19	1.3088	0.45	0.7367	0.84	0.3947	1.90	0.1745	4.00	0.0829
0.20	1.3088	0.46	0.7207	0.86	0.3855	1.95	0.1700		
0.21	1.3088	0.47	0.7053	0.88	0.3767	2.00	0.1658		
0.22	1.3088	0.48	0.6906	0.90	0.3683	2.05	0.1617		
0.23	1.3088	0.49	0.6766	0.92	0.3603	2.10	0.1579		
0.24	1.3088	0.50	0.6630	0.94	0.3527	2.15	0.1542		
0.25	1.3088	0.51	0.6500	0.96	0.3453	2.20	0.1507		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.314	4.16156	--	0.084	0.253	2.858	0.314	1.309	1.350

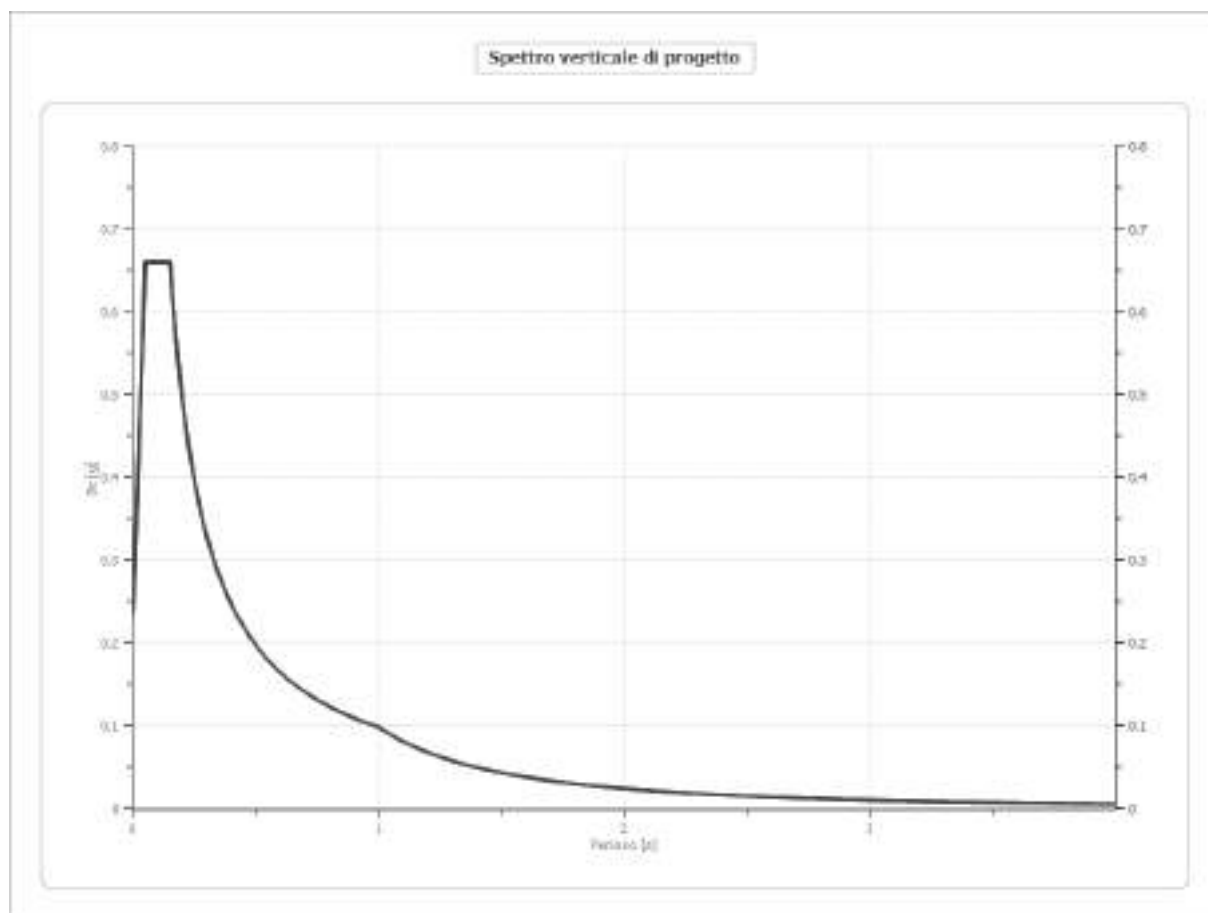
Realizzazione nuovo edificio scolastico



Spettro verticale di progetto

Ag [g]	F0	Tc*	Fv	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.314	4.162	0.150	3.151	1.5	0.050	0.150	1.000	0.238	0.661

Realizzazione nuovo edificio scolastico



CONCLUSIONI

Le presenti conclusioni alla Relazione Geologica e di Modellazione Sismica, redatta su incarico del responsabile del Servizio Lavori Pubblici del Comune di Valmontone, affrontano l'elaborazione del Modello Geologico-Sismico relativo al progetto di "Realizzazione di un nuovo edificio scolastico nel Comune di Valmontone".

Il Modello Geologico Sismico proposto rappresenta l'effettivo andamento stratigrafico e sismico dei terreni in esame ed è stato finalizzato alla conoscenza delle caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche, tettonico-stratigrafiche e sismiche dell'area oggetto di studio.

Il lavoro è stato redatto ai sensi del Regolamento Regionale 16 Aprile 2021 n. 7 che riguarda le "Modifiche al regolamento regionale 26 ottobre 2020, n. 26 (Regolamento Regionale per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico), in abrogazione del Regolamento Regionale n. 14 del 13 Luglio 2016".

Geograficamente l'area individuata per la realizzazione della Nuova Scuola Padre Pio è ubicata in un'area antropizzata lungo via Antonio Gramsci a sud est rispetto al Centro Storico di Valmontone.

L'area si presenta pianeggiante a quota di circa 275m. lo studio geomorfologico ha evidenziato che non sussistono problemi inerenti alla stabilità geomorfologica, non è stato evidenziato, limitatamente al sito interessato dalle opere in progetto, alcun fenomeno di frana in atto o potenziale.

L'idrografia superficiale è assente, non sono stati rilevati inoltre fenomeni di scorrimento di acque superficiali, vista l'urbanizzazione dell'area, dotata di sistemi di raccolta esistenti ed eventualmente anche da progettare, considerando comunque la bassa permeabilità dei terreni in esame, quindi la facile saturazione, la possibilità di scorrimento o la stagnazione visto che l'area si presenta sub pianeggiante.

Per quanto riguarda la falda, il piano di posa della fondazione in progetto, non potrà essere interessato dalle variazioni stagionali del contenuto naturale d'acqua essendo la falda di base a circa 20 metri in profondità dal piano campagna.

In base alle indagini condotte, in special modo alla stratigrafia di sondaggio, i terreni interessati dalle opere in progetto, sono caratterizzati in affioramento da depositi argilloso-limosi di colore rossastro per uno spessore di 3 metri circa, passanti a Piroclastiti e tufiti da poco consistenti a semilitoidi.

Correlando quindi i dati stratigrafici diretti con quelli derivanti dalle indagini sismiche, in special modo con la Down-Hole si è potuto ricostruire la seguente

sismostratigrafia dell'area: dal piano di campagna per uno spessore di 3.00 metri è presente uno strato di limo argilloso rossiccio poco consistente, fino a 7.10 metri è presente una piroclastite marroncina talora litoide, fino a 14.80 dove viene posto il substrato sismico, segue un'alternanza di tufi da semilitoidi a litoidi fino a 28m dove si trovano fino a fondoforo (30 metri) 2m di sabbie da rosse a grigie ininfluenti da punto di vista sismico.

Considerando le condizioni morfologiche, in applicazione del capitolo 3.2.2 delle NTC2018, poiché il terreno interessato dal progetto è ubicato in un'area pianeggiante, per le verifiche si considera la categoria topografica T1 ed un coefficiente di amplificazione topografica $ST = 1,00$.

L'elaborazione delle prove MASW ha consentito di trovare il profilo di velocità delle onde di taglio del sito che raggiungono il bedrock sismico a quote pari a circa 15 metri di profondità. Le indagini di tipo HVSR hanno restituito picchi di frequenza tra 7 e 10 Hz compatibili con il modello sismico ipotizzato.

Infine l'Analisi di Risposta Sismica Locale 1D, eseguita a valle dell'interpretazione della Down Hole, mediante l'utilizzo del software Geostru RSL III vers. 2022.21.5.988, consente di affermare che, anche se si procede alla normalizzazione dello spettro di risposta risultante dall'analisi RSL, per la progettazione "non può essere utilizzato l'approccio semplificato" con l'assegnazione di una delle Categorie di Sottosuolo standard, ma sarà obbligatorio utilizzare lo spettro di risposta risultato dallo Studio di Risposta Sismica Locale per i quattro stati limite di normativa (NTC2018) esposto nella presente Relazione Geologica e di Modellazione Sismica.

In riferimento a quanto sin ora esposto, ai sensi della normativa vigente dall'analisi e dalla comparazione degli elementi acquisiti, considerando le valutazioni geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche, sui terreni interessati dal fabbricato in progetto, non sono stati rilevati elementi che inducono ad ipotizzare condizioni di rischio per le opere in progetto.

Fiuggi, Gennaio 2022

Il Geologo

Dr. Roberto Bianchi

ALLEGATI:

**INDAGINI E PROVE ESEGUITE SECONDO LE
DISPOSIZIONI DELL'ALLEGATO C AL REGOLAMENTO
REGIONALE DEL 7/04/2021**

PROVA MASW 1

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P-Longitudinale:** onda profonda di compressione;
- **S-Trasversale:** onda profonda di taglio;
- **L-Love:** onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh:** onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (onde P, onde S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è

possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidezza.

Modi di vibrazione

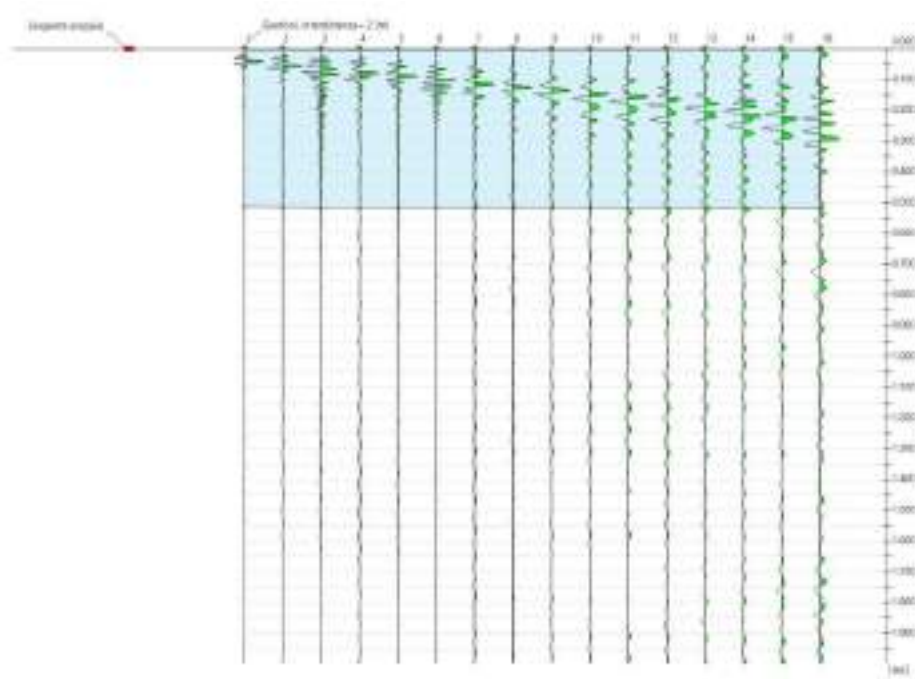
Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Tracce

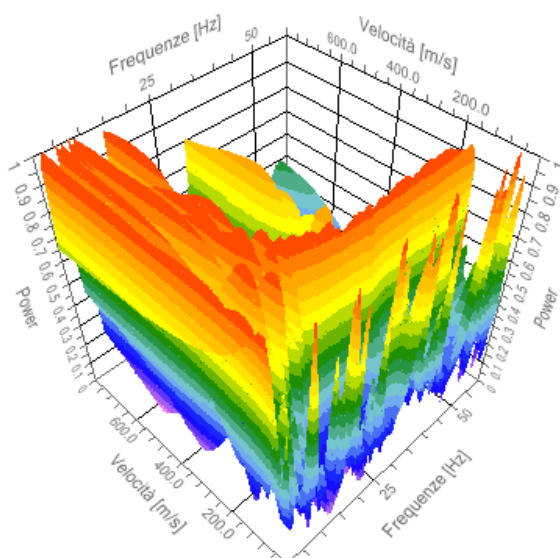
N. tracce	16
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

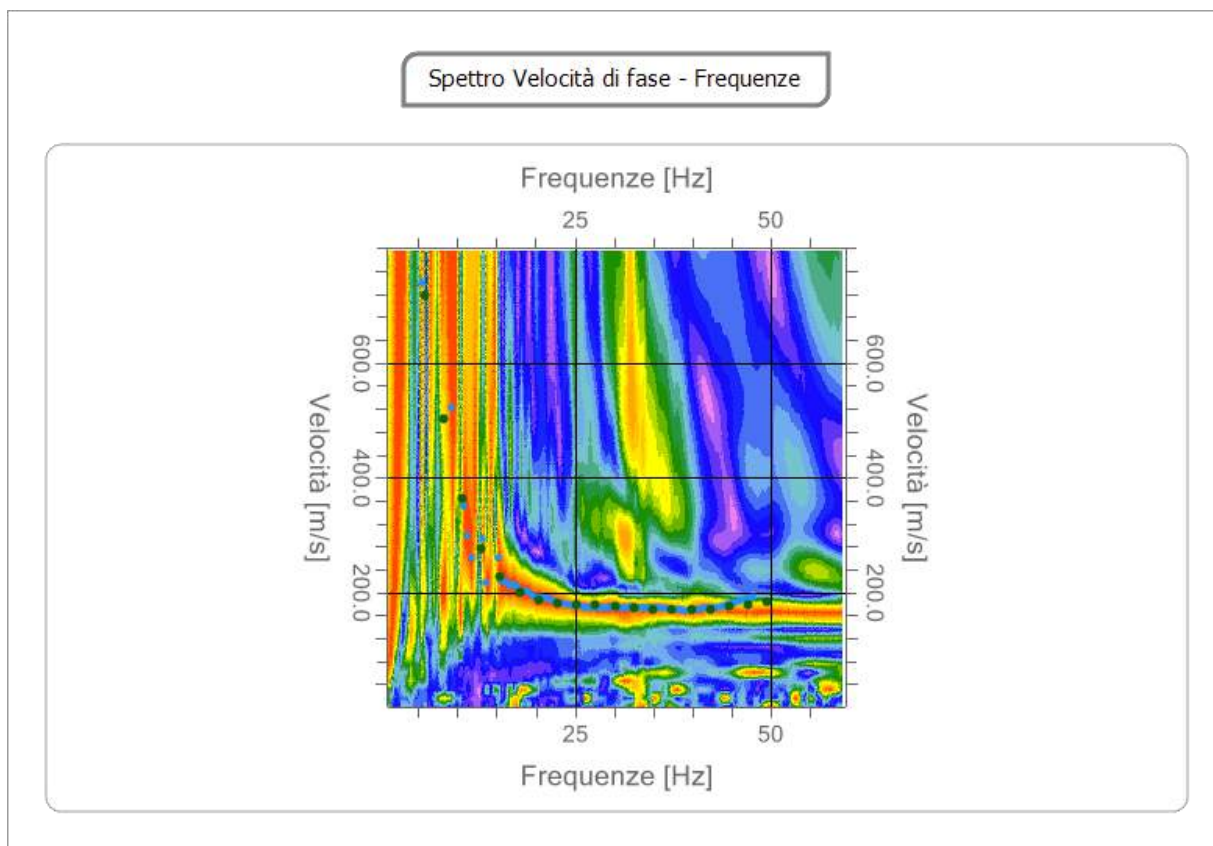
Spettro Velocità di fase - Frequenze



Realizzazione nuovo edificio scolastico

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	5.7	718.0	0
2	8.2	503.3	0
3	10.6	363.5	0
4	13.0	277.0	0
5	15.5	226.9	0
6	17.9	200.1	0
7	20.4	187.3	0
8	22.8	181.7	0
9	25.3	179.2	0
10	27.7	177.3	0
11	30.1	175.0	0
12	32.6	172.3	0
13	35.0	170.0	0
14	37.5	168.8	0
15	39.9	169.2	0
16	42.3	171.1	0
17	44.8	174.3	0
18	47.2	178.7	0
19	49.7	183.4	0



Inversione

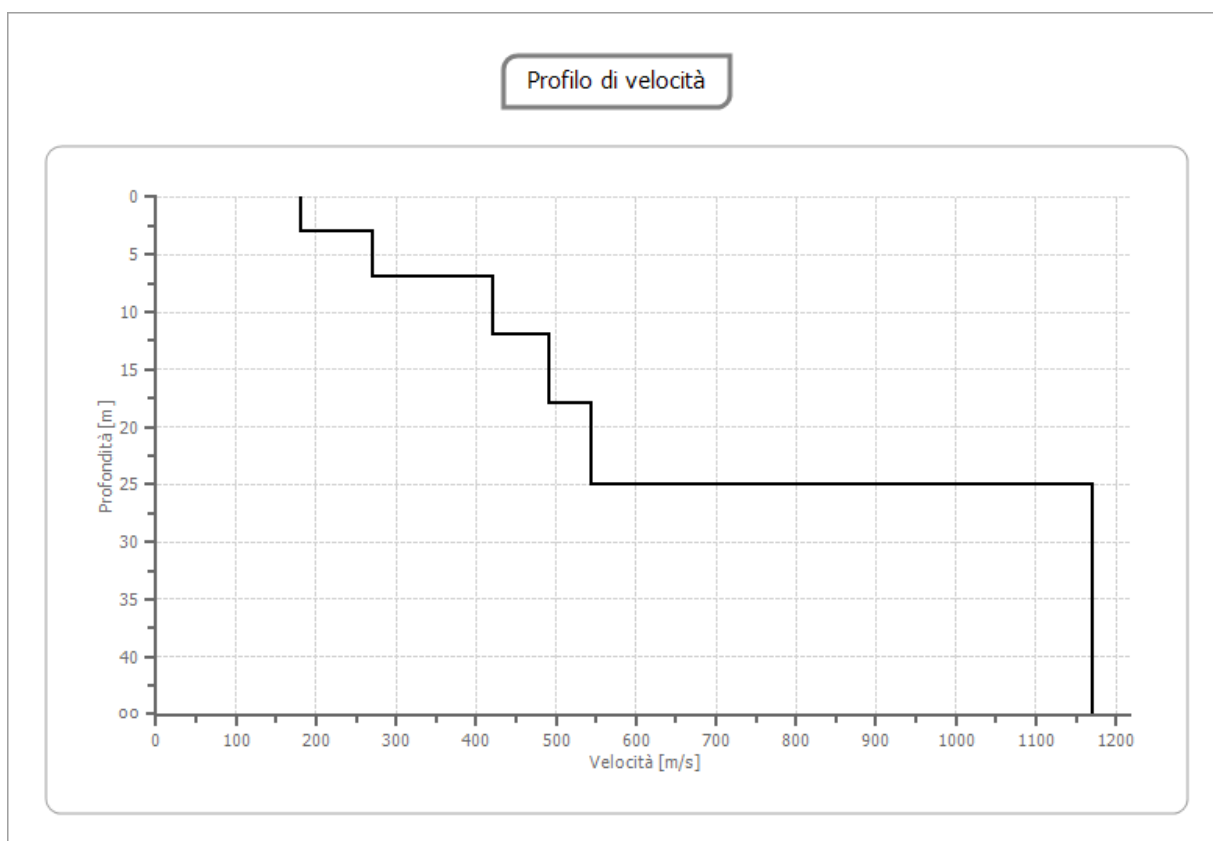
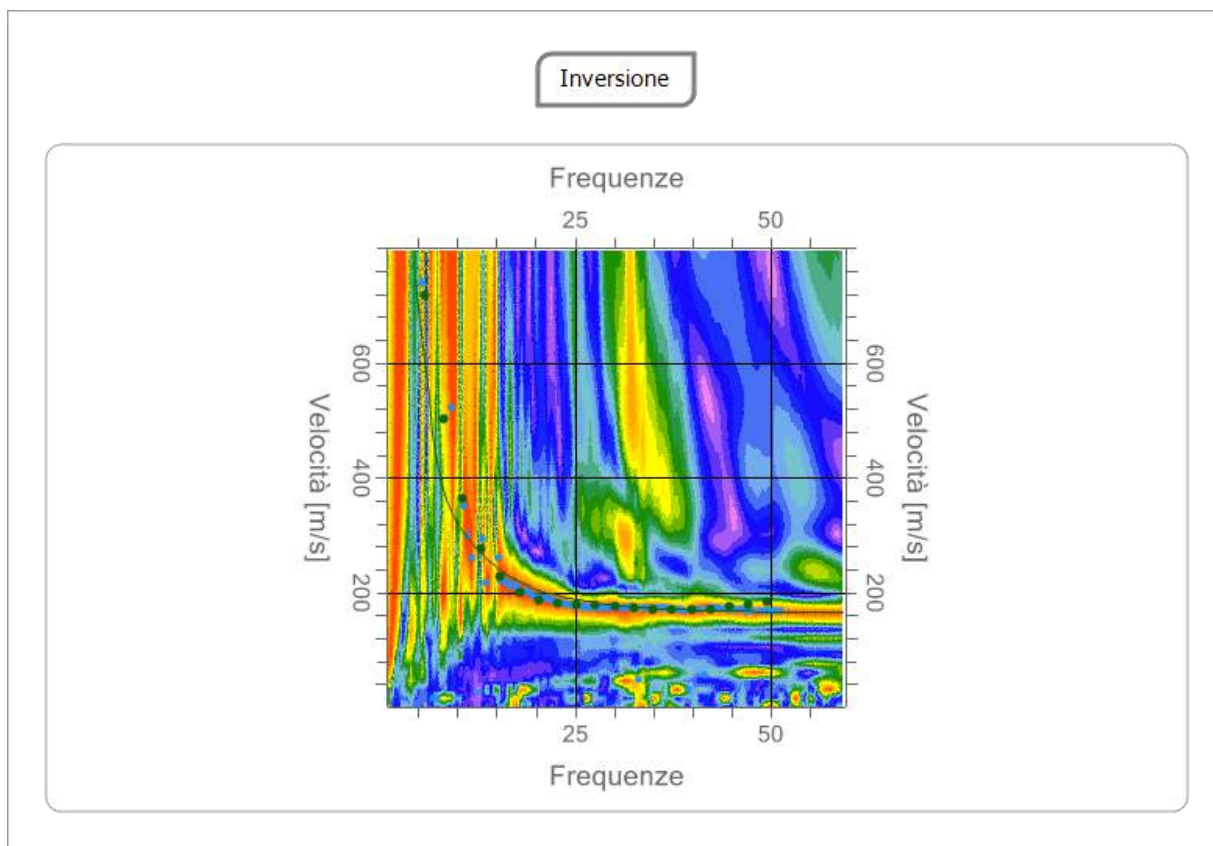
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.00	3.00	1800.0	0.20	No	294.1	180.1
2		7.00	4.00	1800.0	0.20	No	441.6	270.4
3		12.00	5.00	1800.0	0.20	No	687.4	420.9
4		18.00	6.00	1800.0	0.20	No	801.6	490.9
5		25.00	7.00	1800.0	0.20	No	888.3	544.0
6		oo	oo	1800.0	0.20	No	1911.5	1170.6

Percentuale di errore

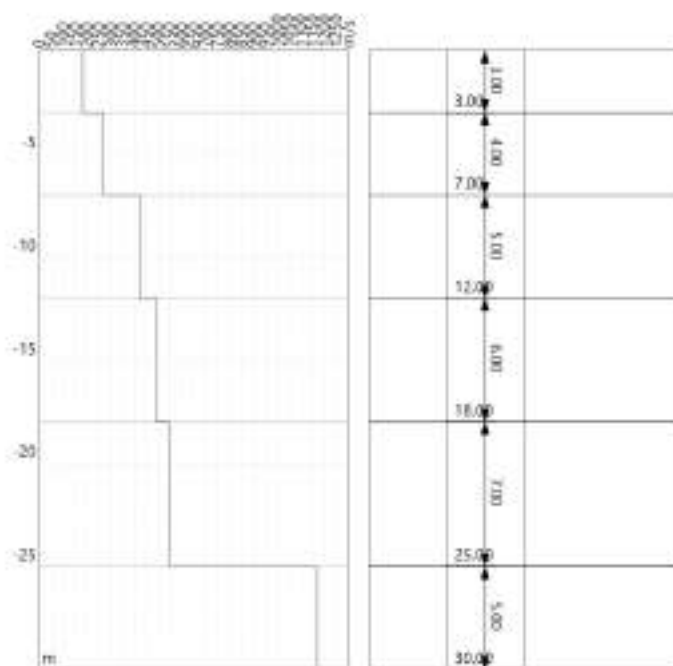
2.162 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.088



Realizzazione nuovo edificio scolastico



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=25.00 m)	365.40
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.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.00	3.00	180.08	294.07	1800.00	0.20	58.37	155.65	77.83	140.09	N/A	448.84
2	7.00	4.00	270.45	441.64	1800.00	0.20	131.66	351.08	175.54	315.98	N/A	3464.60
3	12.00	5.00	420.92	687.36	1800.00	0.20	318.91	850.43	425.21	765.38	N/A	N/A
4	18.00	6.00	490.89	801.62	1800.00	0.20	433.75	1156.67	578.33	1041.00	N/A	N/A
5	25.00	7.00	543.99	888.34	1800.00	0.20	532.67	1420.46	710.23	1278.41	N/A	N/A
6	oo	oo	1170.57	1911.53	1800.00	0.20	2466.42	6577.13	3288.56	5919.42	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

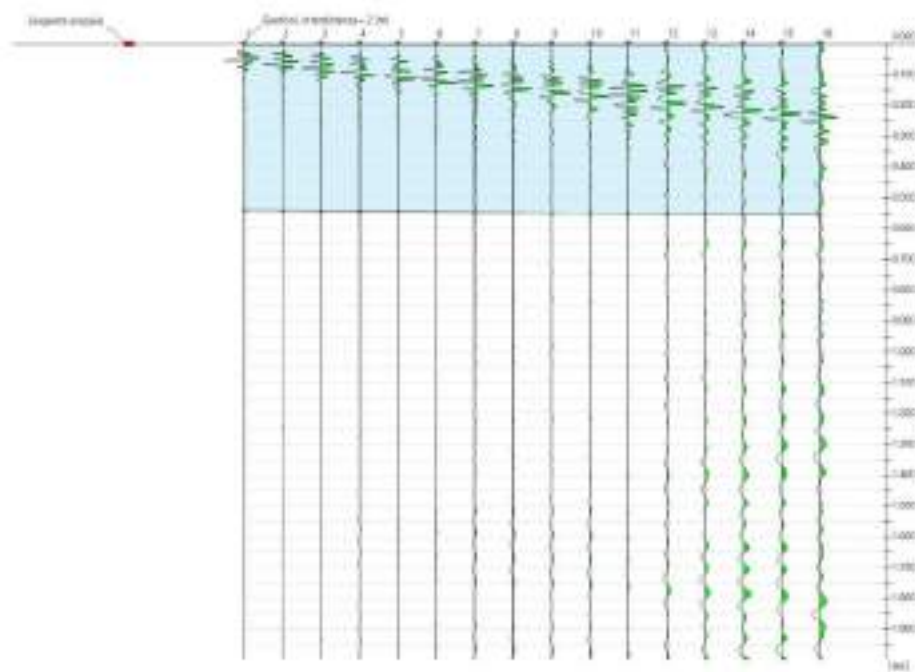
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

PROVA MASW 2

Tracce

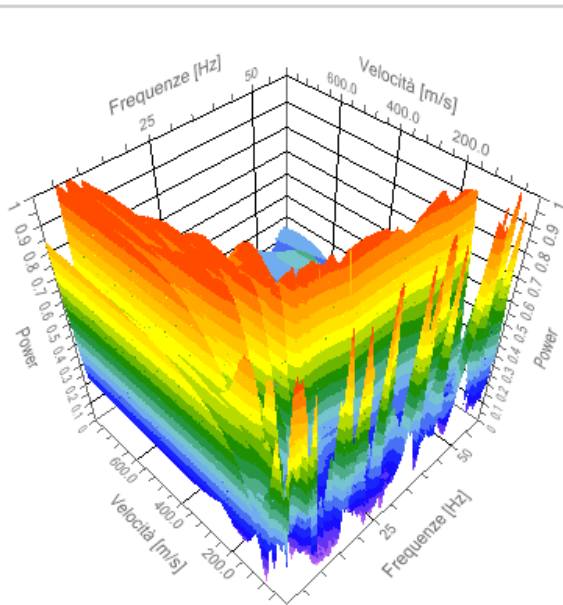
N. tracce	16
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

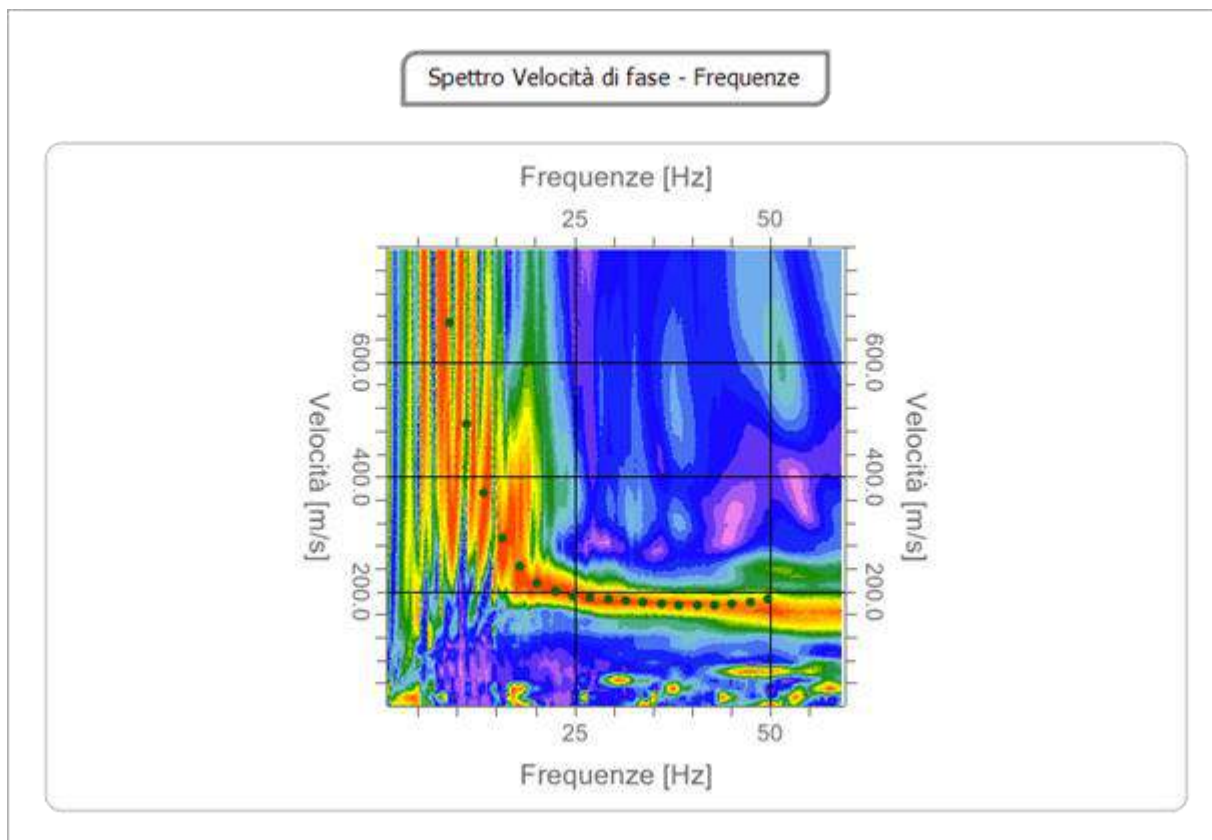
Spettro Velocità di fase - Frequenze



Realizzazione nuovo edificio scolastico

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	8.9	668.1	0
2	11.2	493.0	0
3	13.5	372.0	0
4	15.7	292.2	0
5	18.0	242.7	0
6	20.3	214.3	0
7	22.5	199.4	0
8	24.8	192.3	0
9	27.1	189.0	0
10	29.3	186.7	0
11	31.6	184.1	0
12	33.9	180.9	0
13	36.2	177.6	0
14	38.4	175.2	0
15	40.7	174.7	0
16	43.0	175.9	0
17	45.2	178.5	0
18	47.5	182.1	0
19	49.8	185.4	0



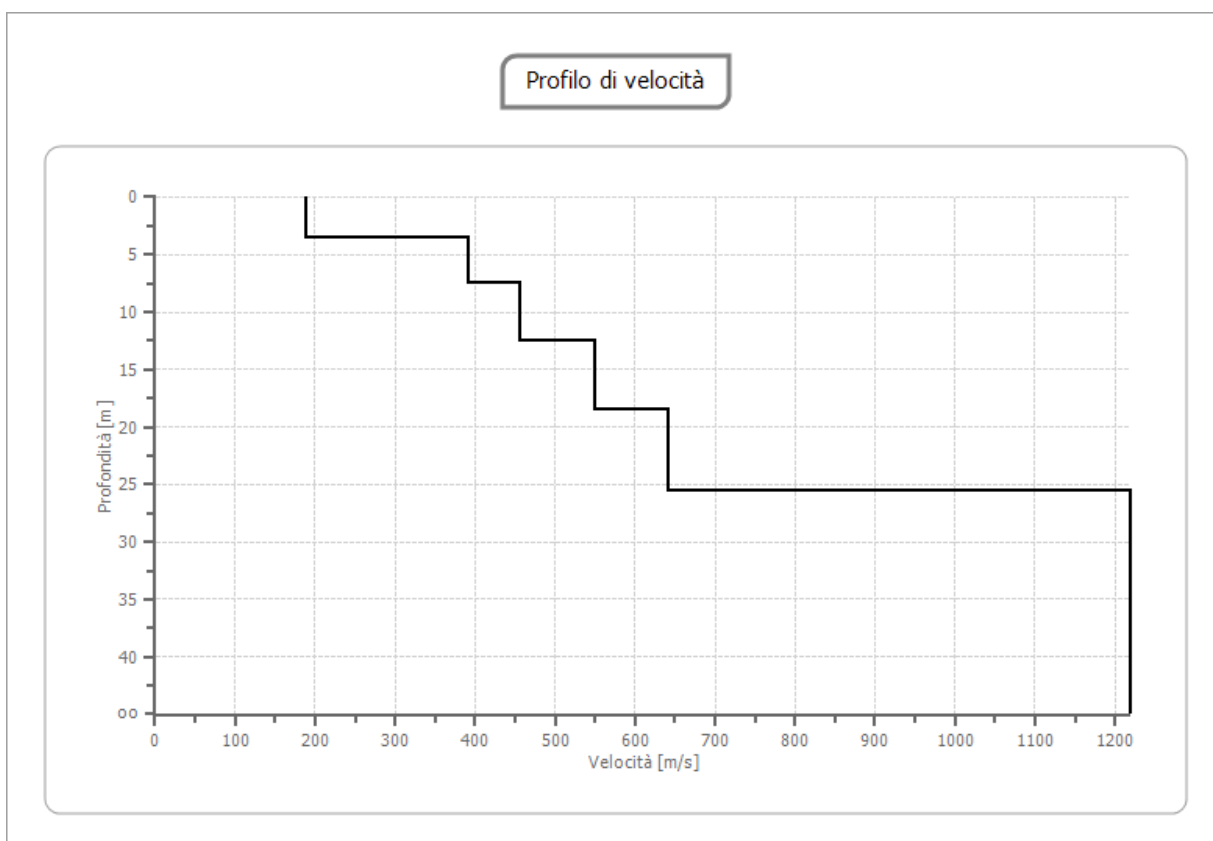
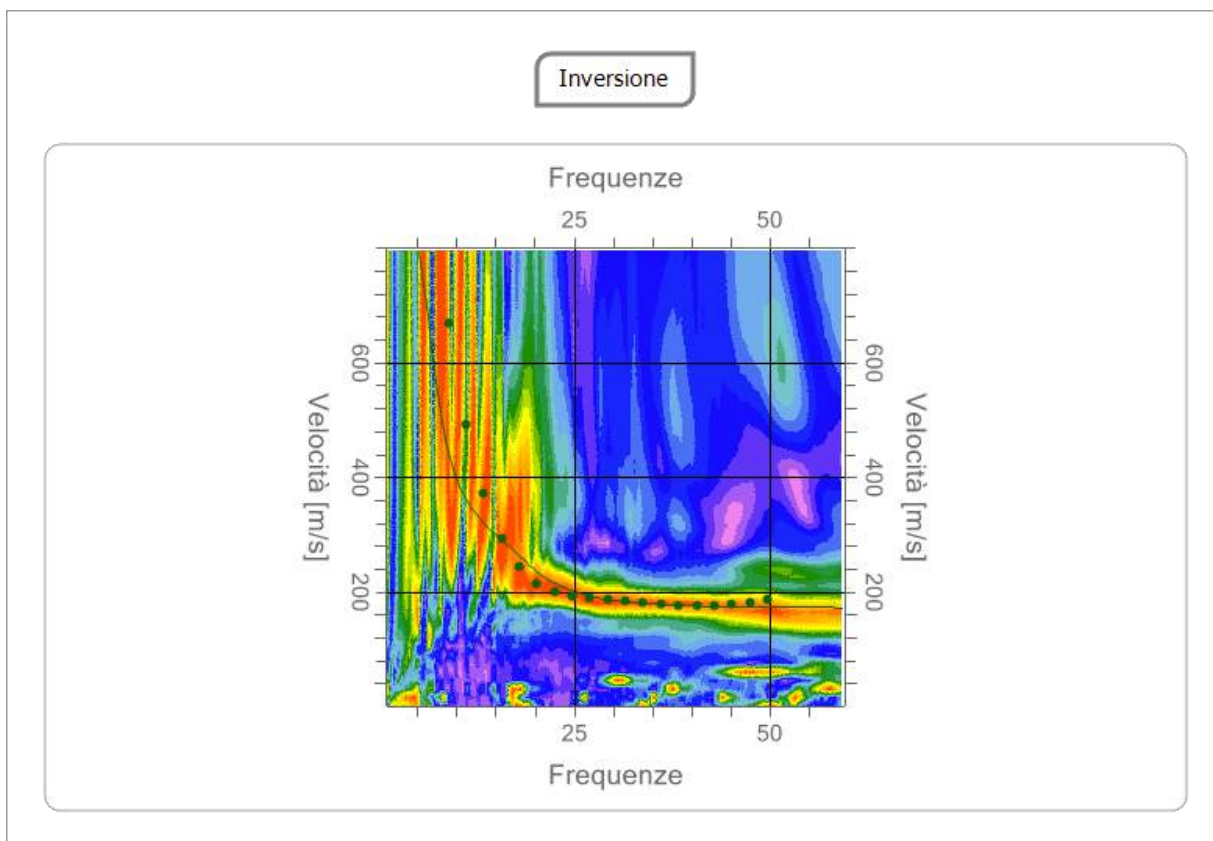
Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.50	3.50	1800.0	0.20	No	306.5	187.7
2		7.50	4.00	1800.0	0.20	No	639.3	391.5
3		12.50	5.00	1800.0	0.20	No	745.0	456.2
4		18.50	6.00	1800.0	0.20	No	897.8	549.8
5		25.50	7.00	1800.0	0.20	No	1045.8	640.4
6		oo	oo	1800.0	0.20	No	1992.6	1220.2

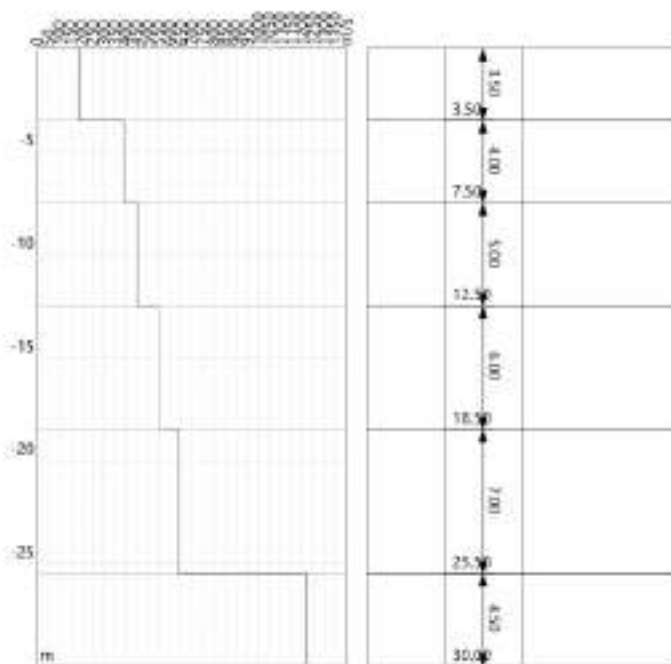
Percentuale di errore 4.710 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.110

Realizzazione nuovo edificio scolastico



Realizzazione nuovo edificio scolastico

**Risultati**

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=25.50 m)	413.50
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.

Realizzazione nuovo edificio scolastico

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.50	3.50	187.71	306.53	1800.00	0.20	63.42	169.13	84.57	152.22	N/A	552.96
2	7.50	4.00	391.51	639.34	1800.00	0.20	275.91	735.75	367.88	662.18	N/A	N/A
3	12.50	5.00	456.25	745.05	1800.00	0.20	374.69	999.17	499.59	899.26	N/A	N/A
4	18.50	6.00	549.81	897.84	1800.00	0.20	544.13	1451.01	725.50	1305.90	N/A	N/A
5	25.50	7.00	640.42	1045.81	1800.00	0.20	738.25	1968.68	984.34	1771.81	N/A	N/A
6	oo	oo	1220.19	1992.56	1800.00	0.20	2679.95	7146.54	3573.27	6431.89	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

PROVA HVSR 1

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo V_{seq} attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia.

Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing. Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

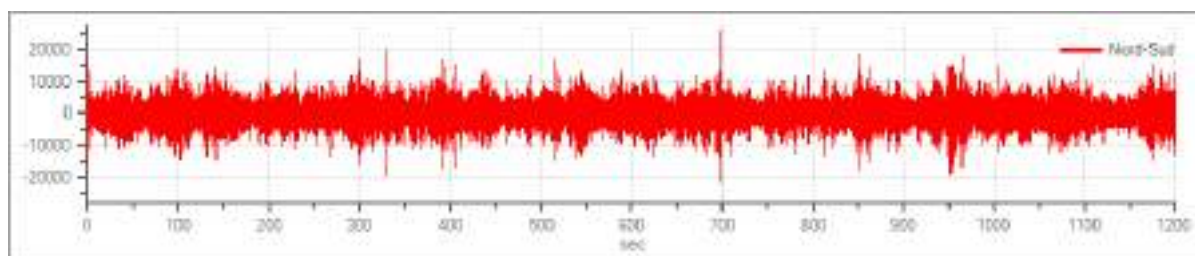
L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo V_{seq} .

Tracce in input

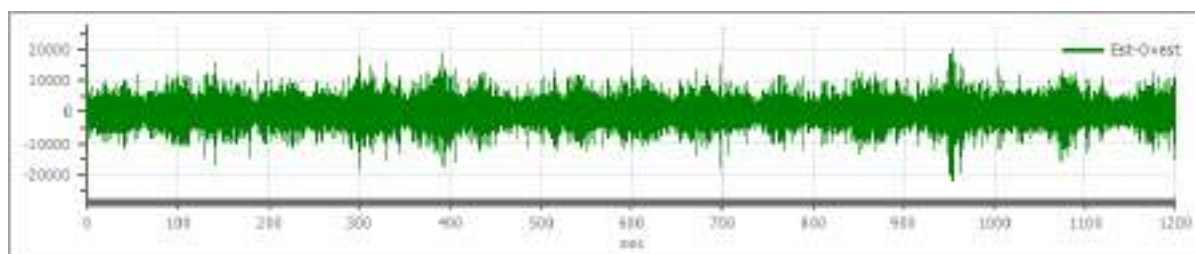
Dati riepilogativi:

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

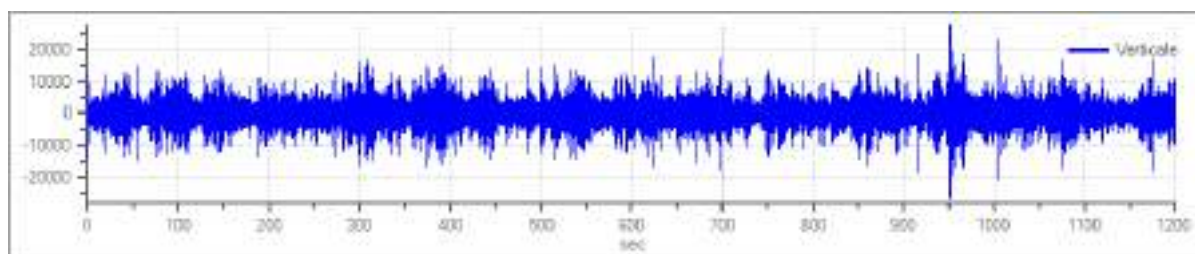
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 59
Numero finestre incluse nel calcolo: 59
Dimensione temporale finestre: 20.000 s
Tipo di liscio: Triangolare proporzionale
Percentuale di liscio: 10.00 %

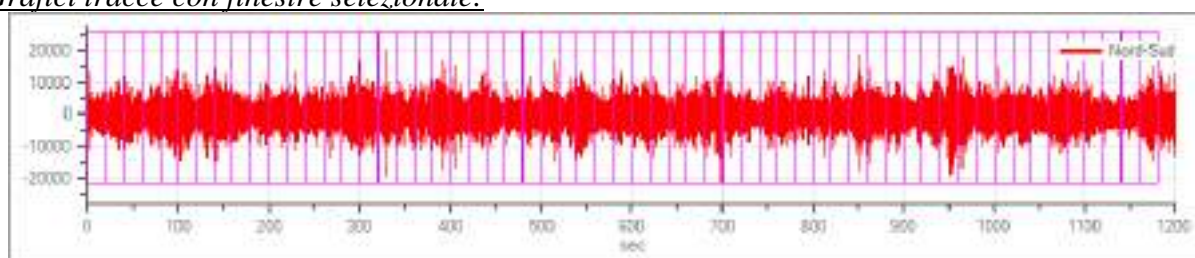
Realizzazione nuovo edificio scolastico

Tabella finestre:

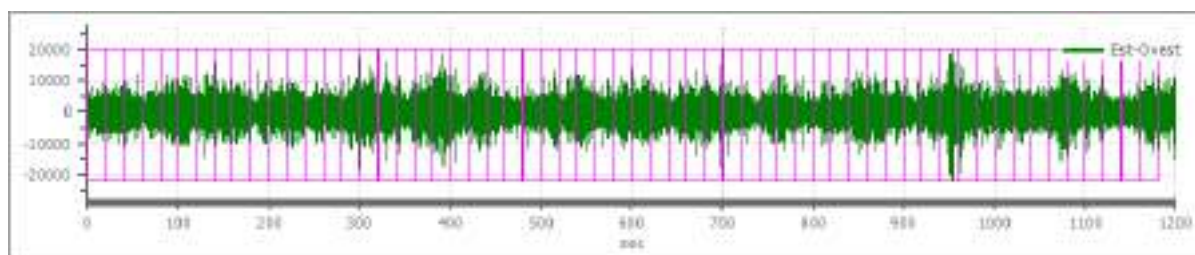
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa
5	80	100	Inclusa
6	100	120	Inclusa
7	120	140	Inclusa
8	140	160	Inclusa
9	160	180	Inclusa
10	180	200	Inclusa
11	200	220	Inclusa
12	220	240	Inclusa
13	240	260	Inclusa
14	260	280	Inclusa
15	280	300	Inclusa
16	300	320	Inclusa
17	320	340	Inclusa
18	340	360	Inclusa
19	360	380	Inclusa
20	380	400	Inclusa
21	400	420	Inclusa
22	420	440	Inclusa
23	440	460	Inclusa
24	460	480	Inclusa
25	480	500	Inclusa
26	500	520	Inclusa
27	520	540	Inclusa
28	540	560	Inclusa
29	560	580	Inclusa
30	580	600	Inclusa
31	600	620	Inclusa
32	620	640	Inclusa
33	640	660	Inclusa
34	660	680	Inclusa
35	680	700	Inclusa
36	700	720	Inclusa
37	720	740	Inclusa
38	740	760	Inclusa
39	760	780	Inclusa
40	780	800	Inclusa
41	800	820	Inclusa
42	820	840	Inclusa
43	840	860	Inclusa
44	860	880	Inclusa
45	880	900	Inclusa
46	900	920	Inclusa
47	920	940	Inclusa

Realizzazione nuovo edificio scolastico

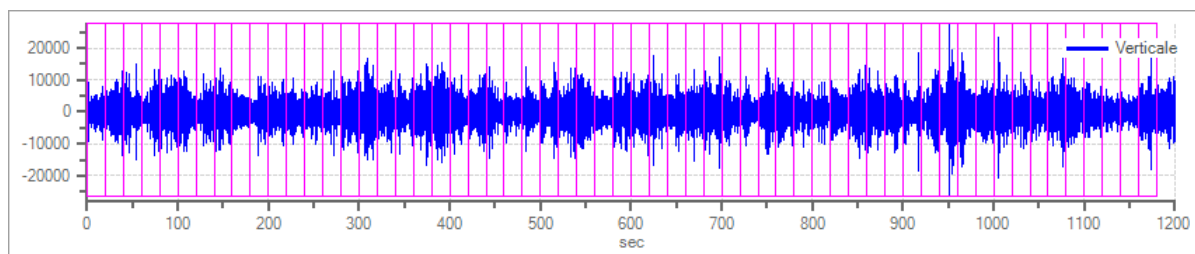
48	940	960	Inclusa
49	960	980	Inclusa
50	980	1000	Inclusa
51	1000	1020	Inclusa
52	1020	1040	Inclusa
53	1040	1060	Inclusa
54	1060	1080	Inclusa
55	1080	1100	Inclusa
56	1100	1120	Inclusa
57	1120	1140	Inclusa
58	1140	1160	Inclusa
59	1160	1180	Inclusa

Grafici tracce con finestre selezionate:

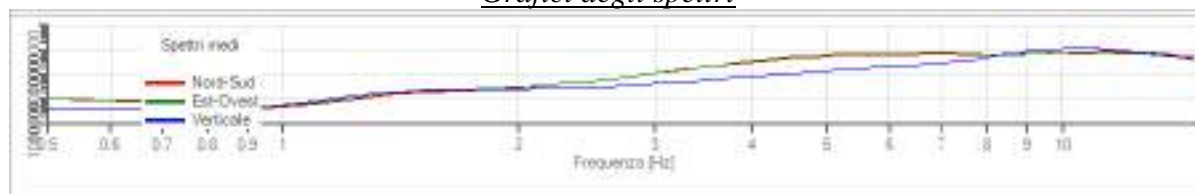
Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

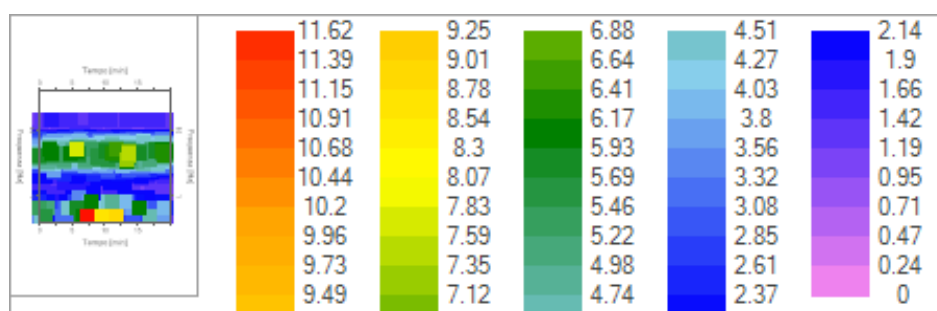


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

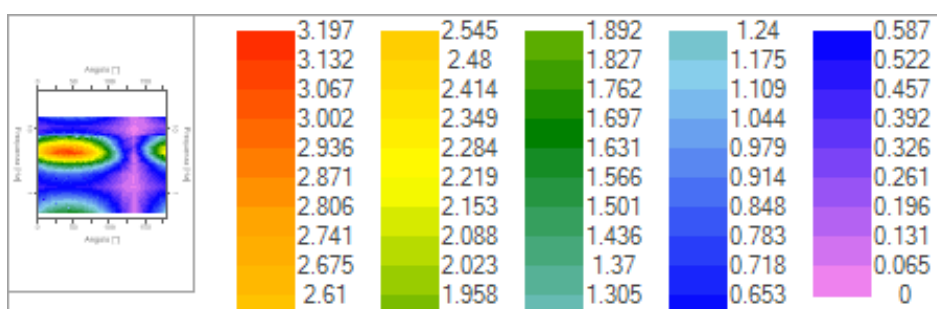
Grafici degli spettri

Spettri medi nelle tre direzioni

Realizzazione nuovo edificio scolastico



Mappa della stazionarietà degli spettri



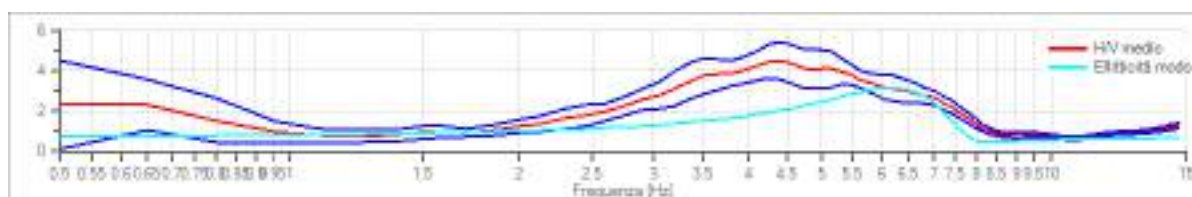
Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/VDati riepilogativi:

Frequenza massima: 15.00 Hz
 Frequenza minima: 0.50 Hz
 Passo frequenza: 0.15 Hz
 Tipo lisciamiento:: Triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamiento: 10.00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 4.40 Hz ± 0.21 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V

Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Realizzazione nuovo edificio scolastico

Verifiche SESAME:

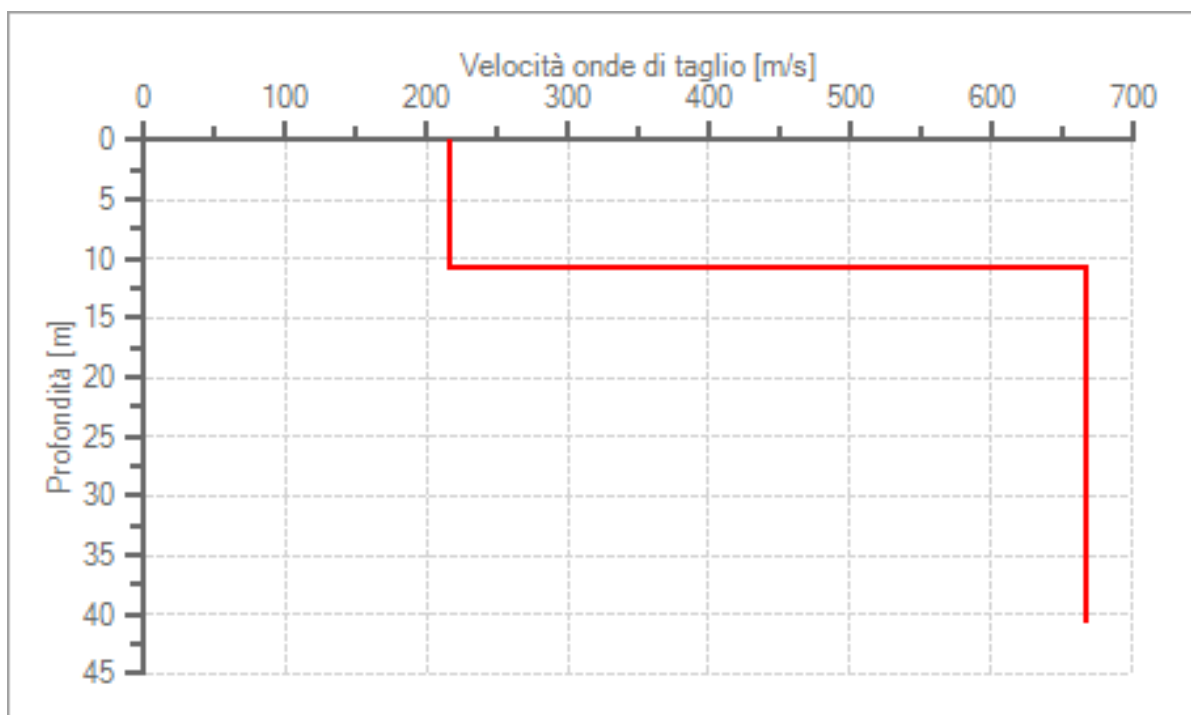
Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Modello stratigraficoDati riepilogativi:

Numero strati: 2
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 6.20 Hz
 Valore di disadattamento: 0.28
 Valore Vseq: 381.94 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	10.71	18	0.3	216
2	10.71	30	18	0.3	668



Profilo delle velocità delle onde di taglio.