

COMUNE di LIMANA

Provincia di Belluno

RELAZIONE GEOLOGICO GEOTECNICA e CARATTERIZZAZIONE SISMICA del sito

inerente

**il progetto di "REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA MENSA A
SERVIZIO DELLA SCUOLA PRIMARIA "G. CIBIEN"**

CUP: B85E22000030006 - CIG: Z0938B06FF

Fo. 49 Mapp. 827, Belluno

Pedavena, 20 Dicembre 2022

CONTENUTO

1. Premessa;
2. Geomorfologia e caratteristiche geologiche dell'area;
3. Indagini Geosismiche
4. Stratigrafia e caratteristiche meccaniche dei terreni;
5. Caratterizzazione sismica e calcolo Vs30;
6. Conclusioni

Allegati :

- Documentazione fotografica.

1. Premessa

Si è elaborata la PRESENTE RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA e GEOSISMICA sulla base della vigente normativa, relative alle terre ed agli aspetti sismici del sottosuolo come previsto delle nuove norme tecniche per le costruzioni NTC2018, per il progetto di REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA MENSA A SERVIZIO DELLA SCUOLA PRIMARIA “G. CIBIEN”.

L'allegata corografia ne evidenzia in dettaglio la posizione nel contesto morfologico dell'area.

Lo studio dell'area è stato sviluppato da un punto di vista geologico geotecnico e sismico per fornire i principali parametri geotecnici necessari alla progettazione.

si sono analizzati i seguenti punti:

- rilievo geologico e geomorfologico dell'area;
- valutazione delle condizioni di stabilità del sito e dell'intorno da un punto di vista geologico e geomorfologico;
- esecuzione di un profilo sismico, con tecnica attiva tipo MASW ((Multichannel Analysis of Surface Waves) con cui ricavare la categoria sismica dei terreni dell'area mediante l'analisi del valore medio di propagazione delle onde di taglio Vs30 richiesto dalla normativa sismica per la classificazione sismica del sito (NTC2018);
- esecuzione di un profilo sismico a rifrazione con onde di compressione P, dalle cui velocità di propagazione, si è potuto verificare la morfologia e lo spessore dei sismostrati e ricavare i principali caratteri geotecnici dei terreni dell'area.

2. Geomorfologia e caratteristiche Geologiche dell'area

L'area di studio si trova nel comune di Limana prossima al complesso palimana dove sono già state costruite le scuole elementari e la biblioteca.

Il progetto prevede la costruzione di una struttura di mensa ad uso degli studenti della scuola adiacente.

L'area si sviluppa nel pianoro in sinistra idrografica che raccorda il versante delle

Prealpi Bellunesi ad est, con l'area di fondovalle ad ovest, dove scorre il torrente Piave e in cui confluisce il torrente Cicogna che scorre poco più a nord del capoluogo, e presenta una quota di circa 360 m s.l.m, secondo quanto riportato dalla C.T.R. a 1:5.000 (Fig.2).

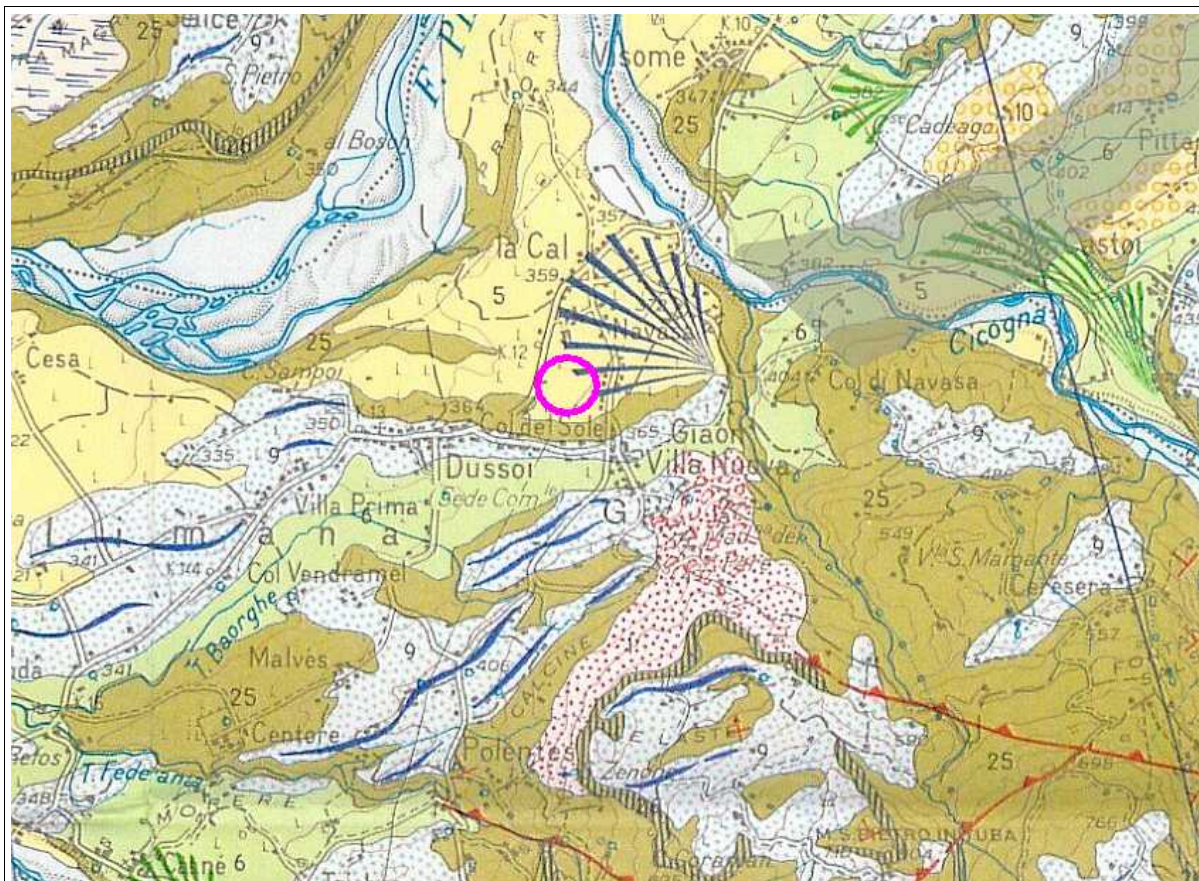


Fig.1 Estratto dalla Carta geologica 1:50000 Foglio Belluno, in evidenza l'area di intervento

	Depositi fluviali post glaciali per lo più terrazzati e relativi con. Depositi lacustri ricoperti da depositi fluviali. OLOCENE		FLYSH di BELLUNO: Altezze di biocalcareni e arenarie gradate grigio azzurre, ocracee per alterazione e prevalenti marne grigie ricche di foraminiferi. EOCENE p.p.
	Depositi fluviali e fluvioglaciali cataglaciali dell'ultima espansione glaciale, localmente cementati con indicazione dei principali con. PLEISTOCENE SUPERIORE		MARNA della VENE D'ORO e SCAGLIA CINEREA: Marne argillose fogliettate rosse e grigio verdastre. Marne e marne argillose cinerine passanti inferiormente a calcari marnosi grigi fittamente stratificati. EOCENE Inf. p.p. - PALEOCENE p.p.



Questi terreni in superficie sono allo stato sciolto, legati all'influenza degli apparati radicali e del mondo biologico collegato; sono terre poco coesive a consistenza media in profondità.

Inferiormente questi orizzonti prevalentemente ghiaioso sabbiosi con matrice limosa appaiono addensati, con buone caratteristiche di velocità sismica.

Segue il substrato roccioso del FLYSH di Belluno: Alternanze di biocalcareni e arenarie gradate grigio azzurre, ocracee per alterazione e prevalenti marne grigie (Fig.1).

Il substrato roccioso flyshoide sulla base delle prove sismiche effettuate e dei dati geognostici acquisiti durante la costruzione delle altre strutture dell'area appare ad una profondità di circa 11 m da p.c., con buone velocità di propagazione delle onde di taglio che lo caratterizzano allo stato compatto, esso costituisce anche il limite impermeabile su cui sono sviluppati i corsi d'acqua che scendono dal versante.

3. Indagini Geosismiche

Per accertare lo spessore e l'omogeneità delle terreni di copertura e le caratteristiche meccaniche e la profondità del substrato roccioso nelle due aree di progetto si è ricorsi a due profili sismici.

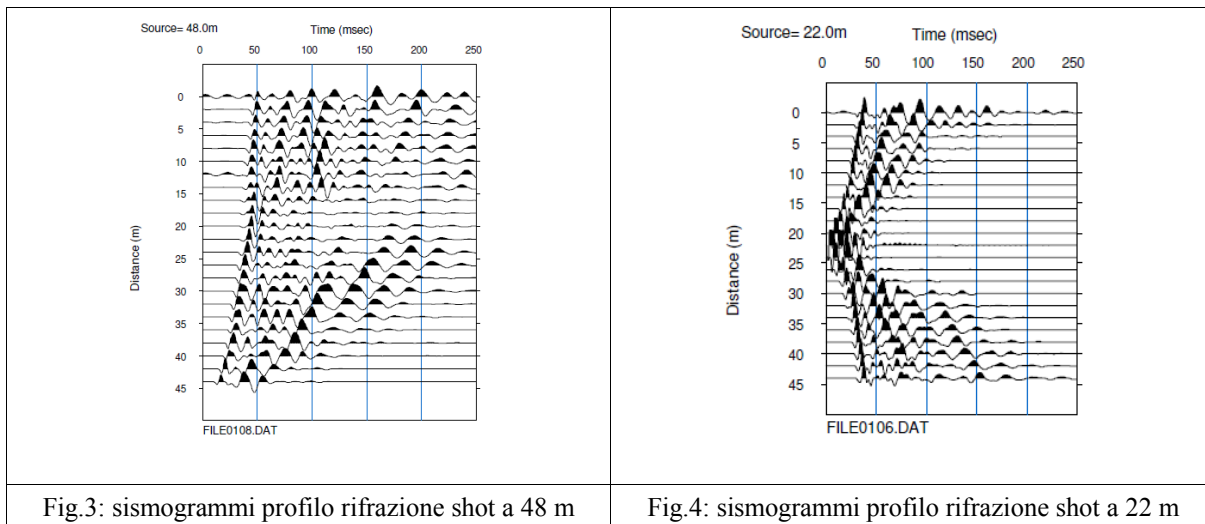
Un profilo sismico a rifrazione con onde di compressione P ed un profilo sismico di tipo MASW con onde di superficie per definire la categoria sismica dei terreni dell'area come richiesto dalla normativa tecnica (NTC2018).

La sismica a rifrazione permette in modo veloce ed accurato di evidenziare aree disomogenee e/o fratturate, di distinguere bene lo spessore della copertura detritico terrosa e le caratteristiche geomeccaniche del substrato roccioso sulla base della velocità di propagazione delle onde sismiche.

I due profili sismici sono stati acquisiti sulla base di profili con 24 geofoni verticali equi distanziati di 2.0 m.

Per l'energizzazione del terreno si è fatto ricorso ad una apposita mazza di 5 Kg e di 5 punti di shot per il profilo a rifrazione, mentre per il profilo MASW si è ricorsi a battute a 2.0, 4.0, 6.0 ed 8.0 m offset dal primo ed ultimo geofono.

I due profili sismici son stati acquisiti nella stessa posizione, ma con energizzazioni diverse, onde P per il profilo a rifrazione e onde di superficie (onde di Rayleigh) per il profilo MASW.



Dall'analisi dei primi arrivi (onde P) sugli oscillogrammi (es Fig.3-4) acquisiti dal profilo sismico a rifrazione si è ricavato il diagramma delle dromocrone (Fig.5) delle onde di compressione P, ovvero il diagramma tempo-distanza di propagazione dell'onda sismica, da cui si è calcolata la profondità e velocità dei vari rifrattori sismici che caratterizzano la sismo stratigrafia dell'area (Fig.6).

Sulla base di questi dati si è potuto quindi ricostruire la morfologia e lo spessore della copertura detritico terrosa e caratterizzare, sulla base delle velocità sismiche, da un punto di vista geotecnico, i terreni di copertura ed il substrato roccioso.

Dall'analisi delle sezioni elaborate si riconosce che complessivamente i terreni del sottosuolo sono rappresentati da tre terreni distinti da diverse velocità di trasmissione delle onde di compressione P.

La prima parte detritico terrosa colluviale superficiale presenta una bassa velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione V_p di 0.48 Km/s con uno spessore abbastanza omogeneo di 4 m.

Queste velocità delle onde P caratterizzano una copertura detritica allo stato sciolto.

Segue il secondo rifratore con velocità sismiche di 1.78 Km/s, che si mantengono mediamente costanti sulla lunghezza del profilo sismico.

Queste velocità sismiche sono da correlarsi ai depositi morenici e fluvio-glaciali costituiti da ghiaie sabbiose ben addensate con abbondante matrice limosa.

Il profilo sismico a rifrazione non ha permesso di identificare ulteriori rifrattori più

profondi.

Il profilo sismico MASW acquisito con onde di superficie (Rayleigh) tuttavia ha permesso di estendere l'indagine nel sottosuolo ben oltre i 30 m richiesti dalla normativa, avendo dati fino alla profondità di circa 50 m da p.c.

L'elaborazione del profilo MASW evidenzia una ulteriore interfaccia a circa -11 m di profondità ed una successiva, con un salto velocitario più deciso, alla profondità di -18 m da p.c.

Sulla base dei dati stratigrafici dell'area si ritiene che il primo (-11 m) sia da attribuire alla parte più degradata ed alterata del substrato flyshoide (cappellaccio di alterazione), mentre il secondo (-18 m) è dovuto al passaggio al substrato della formazione del Flysh competente alla profondità.

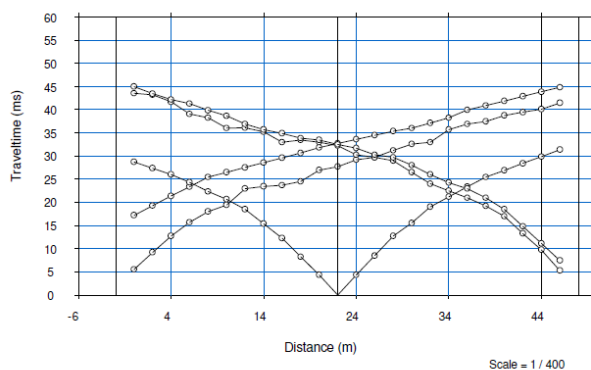


Fig.5 profilo sismico a rifrazione PS-1 dromocrone

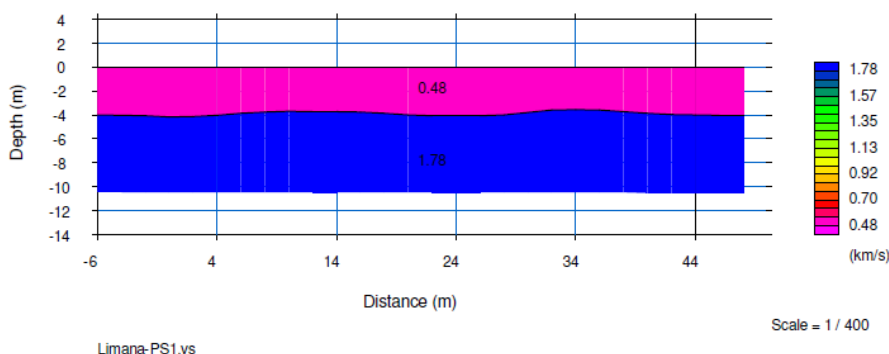


Fig.6 profilo sismico a rifrazione PS-1, sismostrati

4. Stratigrafia e Caratteristiche Meccaniche dei Terreni

Dall'elaborazione dei profili di sismica a rifrazione e MASW si è potuto dedurre che complessivamente i terreni del sottosuolo sono rappresentati da quattro terreni distinti dalle diverse velocità di trasmissione delle onde di compressione P e di taglio S.

In base ai risultati delle prove effettuate nel sito si possono differenziare i seguenti terreni:

1° terreno (0-4m): la copertura della parte più alta del sottosuolo è data da terreni detritico colluviali e detritico ghiaiosi con una matrice argillosa limosa bruna, con uno spessore di circa 4 m.

Lo si può caratterizzare con i seguenti parametri:

Velocità delle onde di compressione $V_p = 0.45-0.48$ Km/s

Velocità delle onde di taglio $S_h = 0.22-0.23$ Km/s,

Peso di volume naturale di $\gamma = 1.7$ ton/mc,

Sulla base delle correlazioni fornite da vari autori (Ohsaki et Iwasaki (1973), Ohta et Goto (1978) ed altri) tra velocità delle onde di taglio V_s e prove SPT può essere valutato un valore compreso di $NSPT = 13-15$ e quindi un angolo d'attrito interno di questi terreni in termini di pressioni effettive di $\emptyset = 30^\circ-31^\circ$, di cui i termini minori per la parte più superficiale.

2° terreno (4-11m): depositi morenici e fluvio-glaciali costituiti da ghiaie sabbiose addensate, talora con abbondante matrice limosa.

Velocità delle onde di compressione $V_p = 1.78$ Km/s

la velocità onde di taglio $S_h = 0.30-0.35$ Km/s,

Peso di volume naturale di $\gamma = 2.0$ ton/mc,

Sulla base delle correlazioni fornite da vari autori (Ohsaki et Iwasaki (1973), Ohta et Goto (1978) ed altri) tra velocità delle onde di taglio V_s e prove SPT, la parte più alta del substrato roccioso marnoso, interessata da alterazione e fratturazione, può essere attribuito un valore di $NSPT = 34-36$ e quindi un angolo d'attrito interno di questi terreni pari a circa $\emptyset = 35^\circ-37^\circ$.

3° terreno (11-18m): rappresenta la parte superficiale del substrato marnoso flyshoide:

la velocità media onde di taglio $Sh = 0.52 \text{ Km/s}$,

Peso di volume naturale di $\gamma = 2.1 \text{ ton/mc}$,

Sulla base delle correlazioni fornite da vari autori (Ohsaki et Iwasaki (1973), Ohta et Goto (1978) ed altri) tra velocità delle onde di taglio V_s e prove SPT, la parte più alta del substrato roccioso marnoso, raggiunge già valori $NSPT > 50$, tipici del substrato;

4° terreno ($>18\text{m}$): rappresenta la parte profonda e compatta del substrato marnoso flyshoide:

la velocità media onde di taglio parte superficiale (0-3 m) $Sh = 0.8 \text{ Km/s}$,

Peso di volume naturale di $\gamma = 2.2 \text{ ton/mc}$,

Il substrato marnoso, trattandosi di una formazione estesa, con caratteristiche di impermeabilità, costituisce anche la base di appoggio della prima falda acquifera.

La struttura di progetto verrà pertanto impostata all'interno del primo strato sismico, costituita da terreni detritico colluviali e detritico ghiaiosi con una matrice argillosa limosa bruna.

Per valutare la capacità portante ultima ed ammissibile si è ipotizzata una fondazione larga 1 m x 5 m di lunghezza, impostata a 0.5 m di profondità (cautelativo) e quindi impostata nella parte alta del primo terreno.

Sulla base della formula di Brinch-Hansen sulla capacità portante ed i seguenti parametri si ha:

BRINCH HANSEN VER.2.0/PORTANZA DELLE FONDAZIONI DIRETTE

Si calcola il carico limite del terreno sottostante la fondazione superficiale posta a profondità H , con la formulazione di Brinch Hansen.

Come noto si individua un meccanismo di rottura nel piano verticale che contiene il lato minore della fondazione, trascurando prudenzialmente l'attrito tra fondazione e terreno.

DESCRIZIONE: LIMANA MENSA

DATI GENERALI:

L [m] = 5 Lunghezza della fondazione
B [m] = 1 Larghezza della fondazione
H [m] = 0.5 Altezza di rinterro dal piano di fondazione
 ϕ' [gradi] = 31 Angolo attrito del terreno di fondazione
 c' [daN/cm²] = 0 Coesione drenata del terreno di fondazione
W [daN/m³] = 1700 Peso specifico del terreno di fondazione
G [daN/m³] = 700 Peso specifico del terreno di fondazione immerso
G1 [daN/m³] = 1700 Peso specifico del terreno di rinterro
La fondazione non e' interessata da falda acquifera

Con i dati di cui sopra si calcolano i coefficienti di portanza e quelli correttivi:

$z1 = \tan(\phi')$ 0.6248697
 $z2 = e^{[3,14 \cdot \tan(\phi)]}$ 7.113766
 $z3 = \tan(3,14/4 + \phi'/2)$ 3.248485
 $n1 = 1.5 \cdot z1 (z2 \cdot z3 - 1)$ 20.72283
 $n2 = z2 \cdot z3$ 23.10896
 $n3 = (1/z1) \cdot (z2 \cdot z3 - 1)$ 35.38171
 $s1 = 1 - 0.4 B/L$ 0.92
 $s2 = 1 + (B/L)/z1$ 1.124974
 $s3 = 1 + (n2 \cdot B)/(n3 \cdot L)$ 1.130627
 $d2 = 1 + 2 \cdot z1 (1 - \sin(\phi'))^2 (H/B)$ 1.165697
 $d3 = 1 + 0.4 \cdot H/B$ 1.24

Risultano i seguenti fattori di portanza:

$NY = n1$ 20.72283
 $Nq = n2 \cdot s2 \cdot d2$ 30.30461
 $Nc = n3 \cdot s3$ 40.00351

Risultano i seguenti contributi di portanza:

$q1 = (1/2)G \cdot B \cdot NY \cdot s1$ (contributo attrito) 6672
 $q2 = G1 \cdot H \cdot Nq$ (contributo rinterro) 30910
 $q3 = c' \cdot Nc \cdot d3$ (contributo coesione) 0

CARICO ROTTURA: qR [daN/cm²] 37582

$qR = 1.25$ daN/cm²

5. Caratterizzazione Sismica dell'area e calcolo parametro Vs30

Sulla base dei risultati del profilo sismico con onde di taglio Sh si è potuto fare la caratterizzazione sismica dei terreni e l'individuazione del parametro Vs30, come previsto delle nuove norme tecniche per le costruzioni NTC2018.

La classificazione dei suoli avviene come previsto dalla normativa sulla base del parametro Vs₃₀, questo rappresenta la velocità media di propagazione delle onde di taglio S entro i 30 m di profondità per un “*volume significativo*”¹, ed è calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \left(\frac{H_i}{V_i} \right)}$$

Dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo, per N strati presenti nei 30 m superiori.

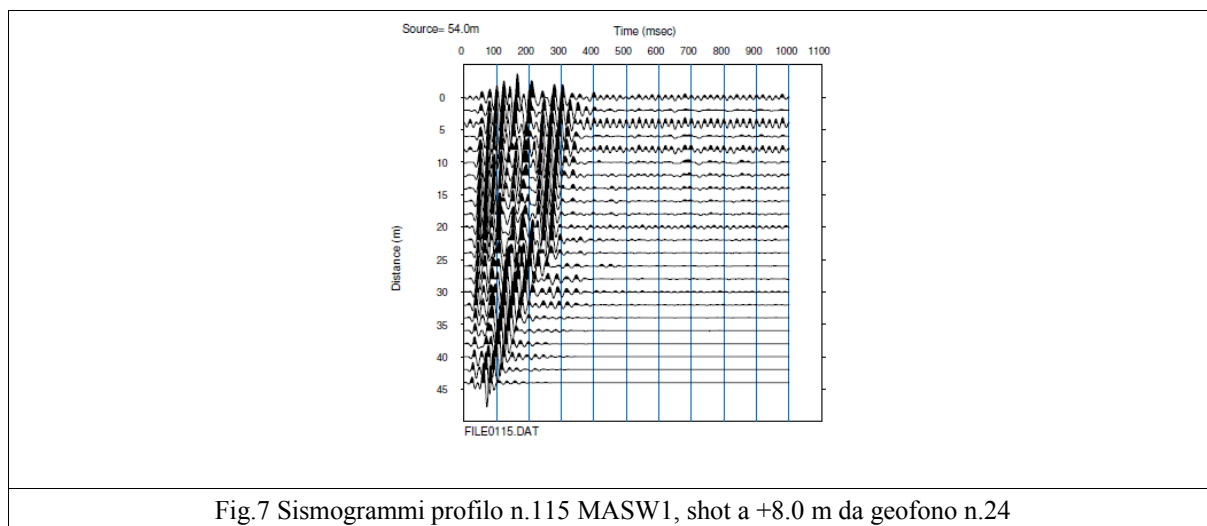


Fig.7 Sismogrammi profilo n.115 MASW1, shot a +8.0 m da geofono n.24

¹ I “Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso.” DM 14-01-2008

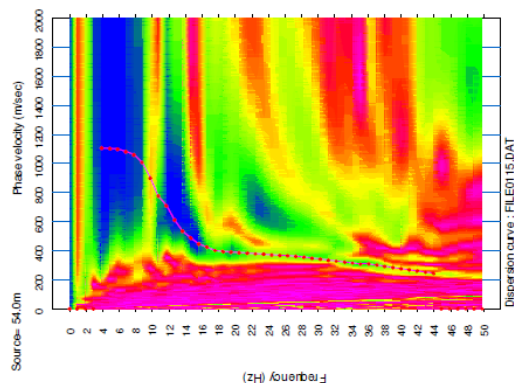


Fig.8: MASW1 Curva di dispersione

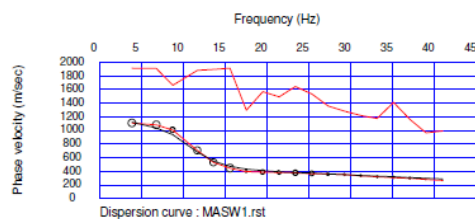


Fig.9: Curva di dispersione elaborata con best fitting

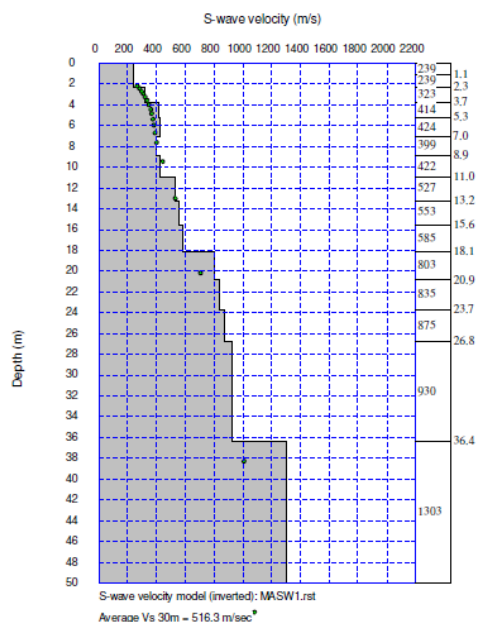


Fig.11 Modello calcolato delle velocità di propagazione delle onde S e valore medio Vs30

I dati ottenuti permettono di classificare i terreni investigati in base alla velocità delle onde sismiche S misurate.

L'analisi dei dati dei profili sismici ha evidenziato velocità delle onde di taglio di valore medio, il cui valore calcolato come media sui primi trenta metri è:

$$\text{MASW1 } V_{S30} = 516 \text{ m/sec}$$

Le presenti NTC2018 nel *Cap.3.2 AZIONE SISMICA*, par. 3.2.2 *Categorie di suolo e Condizioni topografiche*, classificano queste velocità come:

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

In conclusione le aree esaminate mostrano delle velocità di propagazione delle onde sismiche V_s , valutate come media fino alla profondità di 30 m, rientranti nella **CATEGORIA SISMICA B**.

- **Condizioni Topografiche**

L'area non mostrando condizioni topografiche significative rientra in categoria T1, ovvero "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$."

6. Conclusioni

Le indagini eseguite nei due siti di progetto hanno permesso di differenziare i terreni ed i loro spessori presenti nell'area sulla base delle velocità sismiche.

Si individua superficialmente uno strato, mediamente omogeneo, di terreni detritico colluviali e detritico ghiaiosi con una matrice argillosa limosa bruna, allo stato sciolto, con uno spessore di circa 4.0 m.

Segue uno strato fino alla profondità di circa -11m di depositi morenici e fluvio-glaciali costituiti da ghiaie sabbiose addensate in matrice limosa, talora abbondante.

Sottostante si sviluppa il substrato flyshide, che nella parte più alta presenta alterazione e fratturazione (cappellaccio di alterazione), ed inferiormente assume caratteristiche di buona

compattezza; esso costituisce anche il limite impermeabile delle acque che drenano da monte.

I profili sismici di tipo Rifrazione e MASW eseguiti, hanno permesso di definire la categoria sismica dei terreni appartenenti alle due aree di progetto, come richiesto dalle norme tecniche NTC2018.

L'area mostra valori di velocità media di propagazione delle onde Vs, calcolata come media su di uno spessore di 30 m da p.c. , di 516 m/s.

Le norme NTC2018 classificano queste velocità come rientranti nella **CATEGORIA SISMICA B**.

Si è valutata la capacità portante dei terreni superficiali detritico colluviali e detritico ghiaiosi, che risultano allo stato sciolto.

Non si riscontrano, nell'area di progetto, significative morfologie gravitative in atto ed antiche, né fattori avversi alle opere in progetto.

Pedavena 20/12/2022

Dott. Geol. Sergio Bartolomei


Sergio Bartolomei

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

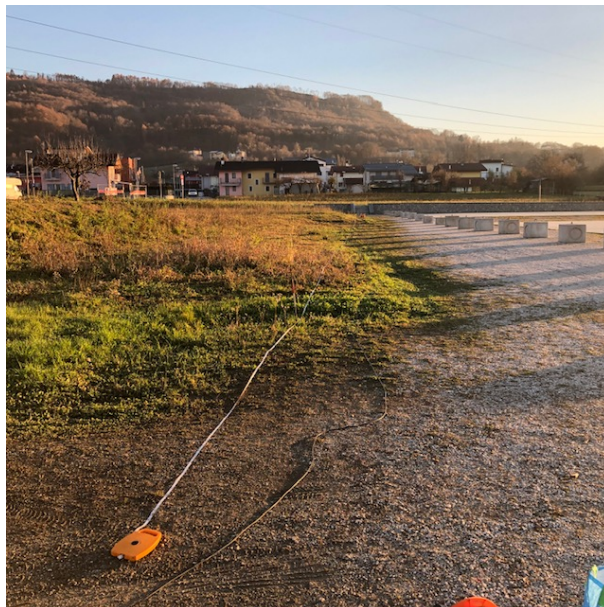


Foto 1: profilo sismico, vista verso Nord



Foto 2: profilo sismico, vista verso Sud