



COMUNE DI SEGUSINO

PROVINCIA DI TREVISO

**MIGLIORAMENTO SISMICO
DELLA SCUOLA ELEMENTARE
"A. CANOVA" DI SEGUSINO**

1° STRALCIO

PROGETTO ESECUTIVO

Allegato		Relazione geotecnica						
B								
Sigla 107_EleSEG		file All. B	data 06.02.2019		redatto NGR		verificato GNZ	
REV	DATA	DESCRIZIONE						
Ing. Ugo GANZ STUDIO DI INGEGNERIA					PIEVE DI SOLIGO - Via G. Schiratti n. 49/1 tel. 0438-841998 fax 0438-837343 e-mail info@studioganz.com			

1. PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Segusino ha affidato al sottoscritto ing. Ugo GANZ l'incarico di predisporre il progetto esecutivo del primo stralcio delle strutture dei lavori di "MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "A.CANOVA" DI SEGUSINO" in conformità all'Ordinanza P.C.M. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i. e delle N.T.C. di cui al D.M. 17.01.2018.

Si riporta in allegato la relazione geologica a firma del Dott. Geologo Giuseppe NEGRI effettuata nel 2009 in occasione dell'ampliamento ad uso mensa e palestra.

2. CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Note geomorfologiche

Il terreno su cui insiste il complesso è situato in prossimità del centro di Segusino.

La sede scolastica si trova inserita all'interno della scarpata che segna il limite del terrazzo quaternario di Riva Secca sulla sinistra idrografica del Piave. Esso si configura come una importante scarpata parzialmente alterata dall'intervento antropico per la viabilità e per il sedime del complesso scolastico in oggetto. Si tratta di un terreno all'interno di una vale longitudinale che separa le colline del Trevigiano Orientale dai rilievi prealpini della dorsale Visentin-Pianezze. L'assetto morfologico è impostato sulla presenza di un fondovalle pianeggiante formato da un unico piano interrotto solo dall'incisione fluviale a Sud del torrente S. Pietro e dalle falde pedemontane a Nord. La pendenza del piano campagna presenta un modesto gradiente verso est.

Geologia dell'area

Il litotipo affiorante in tutta la zona interessata si è formato da depositi fluvioglaciali del Piave quando, in occasione del disgelo Wurmiano, era disponibile una notevole portata solida e liquida.

Si tratta pertanto di una facies grossolana classificabile come ghiaia e sabbia sciolta, gli elementi hanno un elevato indice di arrotondamento e sono disposti in strutture sedimentologiche di classazione e di stratificazione incrociata.

Una caratteristica di questo livello è la presenza di facies conglomeratiche per la presenza di livelli cementati da CaCO_3 che si possono incontrare a partire da modesta profondità.

Carta dei Suoli

La carta dei suoli della Provincia di Treviso classifica la zona come di passaggio fra l'unità cartografica CRV2 e quella CRP1.

DISTRETTO	SOVRAUNITÀ	UNITÀ DI PAESAGGIO	UNITÀ CARTO GRAFICA	DESCRIZIONE UNITÀ DI PAESAGGIO	SUOLI UC	USDA	WRB	DESCRIZIONE UC
C	C2	C2.2	CRV2	C2.2 - Porzioni medio-apicali dei conoidi, con pendenze comprese tra 5 e 15%, costituiti da ghiaie e sabbie.	suoli Cervano, franchi, ghiaiosi, a pendenza compresa tra 5 e 15%	USDA 2006: Fluventic Eutrucept s loamy-skeletal, mixed, mesic	WRB 2006: Fluvic Cambisols (Calcaric, Skeletic)	Suoli a profilo Ap-Bw-C(B), moderatamente profondi, tessitura da media in superficie a moderatamente grossolana in profondità, con scheletro da frequente in superficie ad abbondante in profondità, fortemente calcarei, estremamente calcarei nel substrato, drenaggio buono, permeabilità moderatamente alta, falda assente.
C	C1	C1.2	CRP1	C1.2 - Porzioni medio-apicali dei conoidi con pendenze comprese tra 2 e 10%, costituiti da ghiaie e sabbie.	suoli Crespano, franchi, ghiaiosi, a pendenza compresa tra 2 e 10%	USDA 2006: Rendolic Eutrucept s loamy-skeletal, mixed, mesic	WRB 2006: Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletal)	Suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura media, moderatamente grossolana in profondità, con scheletro da frequente in superficie a molto abbondante in profondità, da molto calcarei in superficie a estremamente calcarei in profondità, drenaggio buono, permeabilità moderatamente alta, falda assente.

Tab. 1: Caratteristica dei suoli

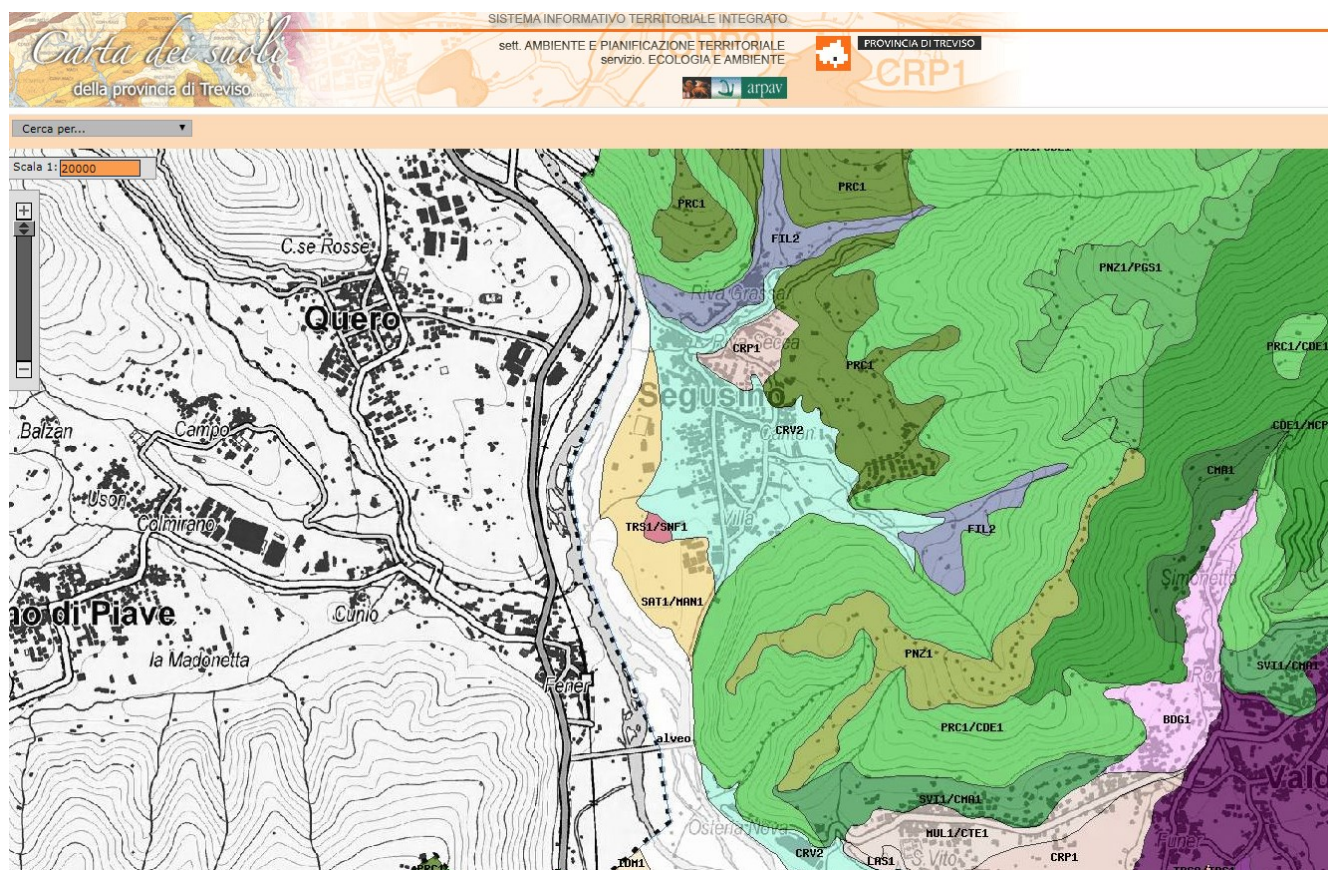


Fig. 1: Estratto carta dei suoli della Provincia di Treviso

Analisi sismica

La prospezione sismica realizzata in occasione dell'ampliamento del 2009 ed effettuata analizzando le modalità di propagazione delle onde di superficie con le tecniche MASW attiva e passiva, ha evidenziato un generale incremento della velocità delle onde di taglio (V_s) con l'aumentare della profondità, salvo una modesta inversione di velocità, limitata sia come spessore sia come variazione del valore di velocità. I risultati conseguiti in modalità attiva sono in buon accordo con quelli ricavati in modalità passiva.

Il profilo attivo evidenzia come, fino alla profondità di 6 m dal p.c., la V_s sia uguale o inferiore a 300 m/s e quindi rappresentativa di terreni poco addensati. Tra -6 m e -15 m la V_s si mantiene su valori prossimi a 400 m/s ed infine a profondità comprese tra 15 (secondo il profilo attivo) e 16,5 m (profilo passivo) si verifica un incremento più significativo della velocità che si attesta tra 540 e 580 m/s. Tale incremento potrebbe essere legato ad un ulteriore addensamento dei materiali o ad una variazione di facies.

Il profilo sismico a rifrazione, ha individuato tre livelli dei quali i primi due si caratterizzano per avere V_p inferiore a 1000 m/s e quindi sono correlabili a terreni da poco a mediamente addensati; il terzo orizzonte, possiede velocità delle onde P compresa tra 1000 e 1600 m/s ed è stato rilevato solo in corrispondenza del settore finale del profilo sismico.

Il modello indica la presenza dei seguenti livelli distinti per composizione e facies sedimentaria:

1 - Terreno rimaneggiato: di composizione sabbio limosa con scheletro alterato e decalcificato, presenta segni di manomissione soprattutto nella zona prossima all'edificio esistente (possibile zona di riporto per la formazione del piazzale).

2 - Livello superiore: livello di sabbie limose e ghiaie con ciottoli diffusi. Complessivamente abbondante la frazione sabbiosa che tende a diminuire con la profondità.

3 - Livello inferiore: formato da materiali ghiaiosi e sabbiosi, la frazione fine diminuisce con la profondità e contemporaneamente aumentano i ciottoli. Il livello è descrivibile come alluvioni del Piave.

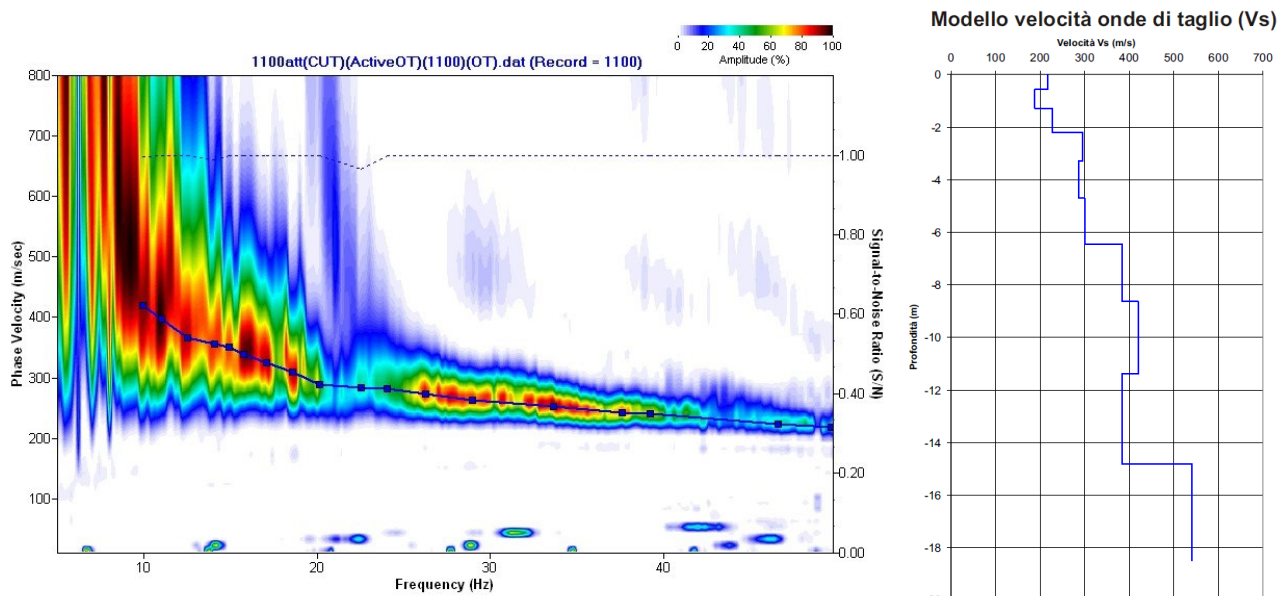


Fig. 2: Analisi con tecnica MASW del primo profilo

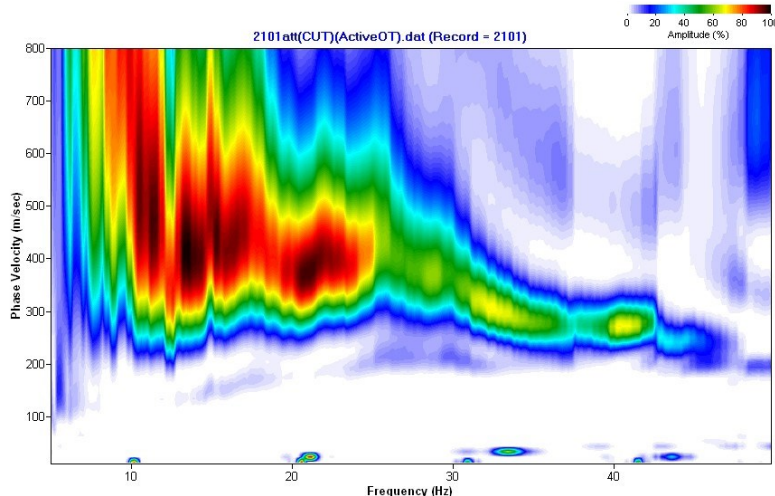


Fig. 3: Analisi con tecnica MASW del secondo profilo

L'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003 e le Norme tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.1.2018 prevedono l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, mediante cinque (A- B- C- D- E) tipologie di suoli oltre a due speciali S1 ed S2, da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno $V_{s,30}$.

In osservanza a quanto previsto dalle N.T.C. il suolo di fondazione risulta appartenere alla classe:

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

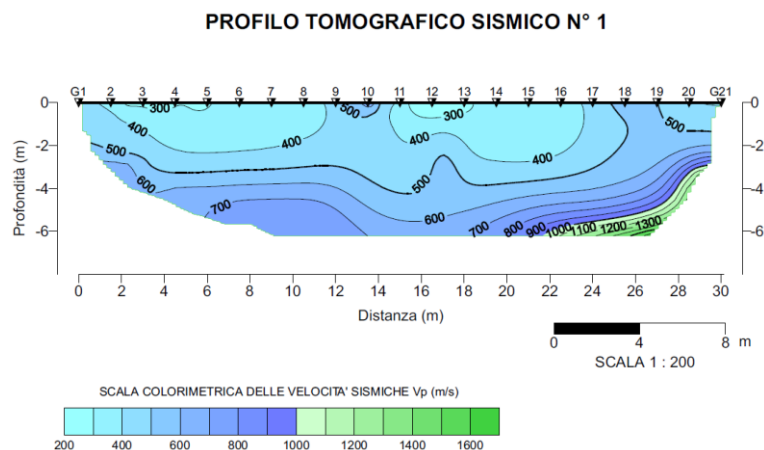


Fig. 4: Profilo tomografico sismico

Capacità portante

La Relazione Geologica a firma del geol. Giuseppe NEGRI, a cui si rinvia, stima un carico unitario ammissibile Q_a dell'ordine di $1,344 \text{ kg/cm}^2$.

Applicando il coefficiente di sicurezza pari a 2,3 al carico unitario limite in presenza di sisma pari a $4,03 \text{ kg/cm}^2$ riportato nella relazione geologica per la combinazione dell'APPROCCIO 2 (A1+M1+R3) del punto 6.4.2.1 delle nuove Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008, si ha:

APPROCCIO 2 COMB. (A1+M1+R3) carico limite di progetto $Q_{lim,R2} = 1,75 \text{ daN/cm}^2$

E' stata successivamente condotta un'ulteriore campagna di sondaggi per valutare l'aumento di capacità portante dovuta alla realizzazione di opere di rinforzo fondazionale con micropali sui prospetti sud-est, sud- ovest e nord-ovest.

3. CLASSIFICAZIONE SISMICA

La zona di Segusino è classificata con **grado sismico 2**.

Fig. 5: Zonazione sismica dell'Italia

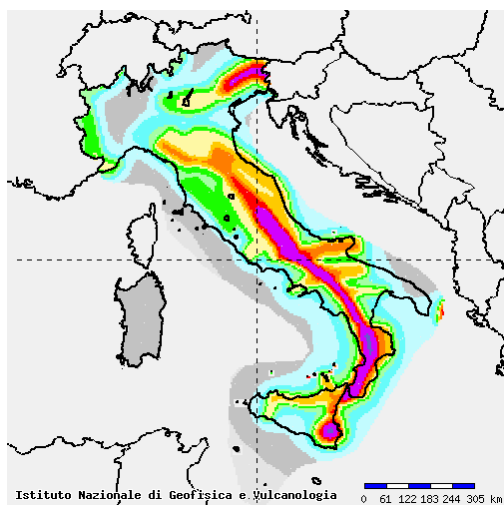
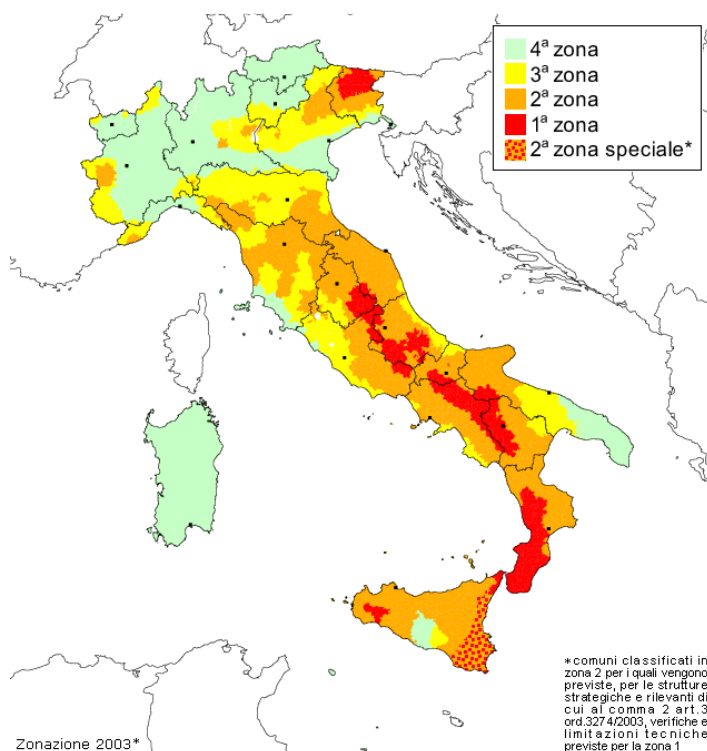


Fig. 6: Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale secondo l'OPCM del 28 aprile 2006 n.3519



La microzonizzazione sismica ai sensi dell'OPCM 3519 del 28.04.2006 permette di ottenere, interpolando i dati forniti dalla mappa di riferimento nazionale presente nel sito dell'INGV, un valore dell'accelerazione pari a $0,25g$.

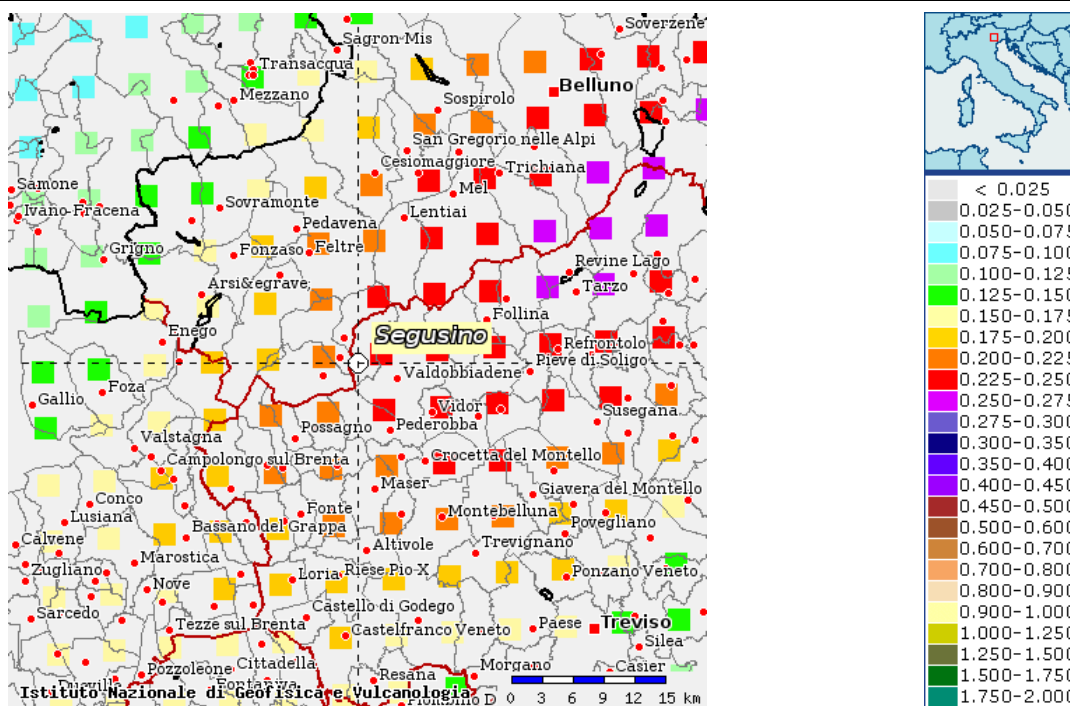


Fig. 7: Mappe di pericolosità sismica locale (lat. 45,92 – long. 11,95) espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni per SLV

L'individuazione della pericolosità sismica secondo gli allegati A e B delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018 permette di ottenere i seguenti dati per un edificio di classe III:

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

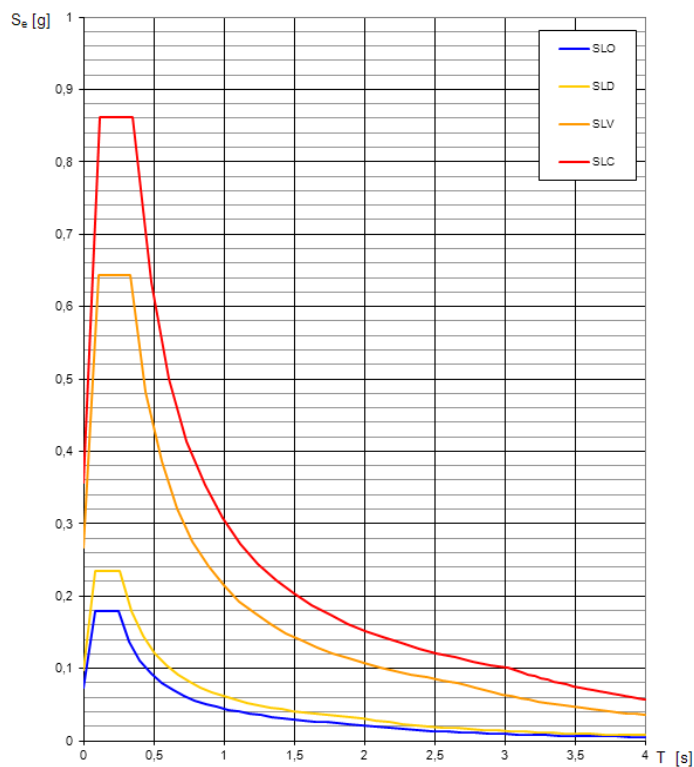


Fig. 8: Spettri di risposta elastici

Con riferimento alla stessa, per il Comune di Segusino valori caratteristici degli spettri sono i seguenti:

CLASSE III							
Stato limite	T_R [s]	a_g	F_0 [-]	T_c^* [s]	C_c	S_s	$Pga (a_g/g \cdot S)$
SLO	45	0.072	2.47	0.25	1.50	1.67	0.130
SLD	75	0.096	2.42	0.26	1.50	1.64	0.173
SLV	712	0.266	2.41	0.33	1.32	1.51	0.420
SLC	1462	0.355	2.41	0.35	1.19	1.48	0.505

Tab. 2: Valori caratteristici dello spettro dell'area



Fig. 9: Parametri sismici

Segusino, li 6 febbraio 2019

Dott. Ing. Ugo GANZ



Provincia di TREVISO

Comune di SEGUSINO

Progetto :LAVORI DI ADEGUAMENTO ALLE NORME DI
SICUREZZA DELLA SCUOLA ELEMENTARE " A. CANOVA "

Ditta : AMMINISTRAZIONE COMUNALE

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA
SUI TERRENI DI FONDAZIONE AI SENSI
DEL D.M. 11/3/88**

Marzo 2009

Il geologo

OGGETTO DELLA RELAZIONE

Il progetto prevede l'ampliamento della scuola elementare e conseguentemente lavori di messa in sicurezza della stessa.

Per le caratteristiche geologiche dell'area è stata eseguita una campagna di misure geofisiche in posto volte alla definizione del quadro elastico di dettaglio del sito

L'indagine geofisica è stata richiesta allo scopo di ricostruire il modello di distribuzione della velocità sia delle onde longitudinali (onde $-P''$) sia delle onde di taglio (onde $-S''$) nel sottosuolo e quindi valutare lo stato di addensamento dei materiali presenti e, se possibile, fornire una correlazione, tra questo parametro fisico e la litologia presente.

L'area investigata si trova in prossimità del centro abitato comunale, ed è situata in corrispondenza di un ripiano che si apre lungo un versante. Nella zona in oggetto è previsto l'ampliamento della scuola elementare.

Le prospezioni geofisiche, eseguite sul terreno il giorno 21 marzo 2009, si sono articolate in due stendimenti sismici, orientati secondo direzioni circa ortogonali.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

La sede scolastica si trova inserita all'interno della scarpata che segna il limite del terrazzo quaternario di Riva Secca sulla sinistra idrografica del Piave. Esso si configura come una importante scarpata parzialmente alterata dall'intervento antropico per la viabilità e per il sedime del complesso scolastico in oggetto.

I dati relativi all'argomento in oggetto sono stati desunti dalle seguenti fonti: bibliografia a disposizione; rilievo di scavi artificiali; sondaggi geognostici e geofisici eseguiti per conto di Ditte private nelle immediate vicinanze.

Il litotipo affiorante in tutta la zona interessata si è formato da depositi fluvioglaciali del Piave quando, in occasione del disgelo Wurmiano, era disponibile una notevole portata solida e liquida.

Si tratta pertanto di una facies grossolana classificabile come ghiaia e sabbia sciolta, gli elementi hanno un'elevato indice di arrotondamento, e sono disposti in strutture sedimentologiche di classazione e di stratificazione incrociata.

Una caratteristica di questo livello è la presenza di facies conglomeratiche per la presenza di livelli cementati da $CaCO_3$ che si possono incontrare a partire da modesta profondità.

ANALISI DELLE ONDE DI SUPERFICIE CON TECNICA ATTIVA —MASW—

GENERALITA' SULLE ONDE DI SUPERFICIE E LA TECNICA ATTIVA

Le onde in grado di propagarsi nei pressi di una superficie libera sono conosciute come onde superficiali. Tra queste, le onde di Rayleigh, si producono alla superficie libera di un mezzo dalla combinazione delle onde longitudinali e trasversali. Possono essere trasmesse sulla superficie di un semispazio uniforme o in un mezzo in cui la velocità cambia con la profondità.

Le onde superficiali si caratterizzano per una proprietà denominata —dispersione”, cioè ogni componente in frequenza (e quindi lunghezza d'onda) possiede diversa velocità (chiamata velocità di fase). Lo studio della dispersione delle onde superficiali costituisce uno dei metodi utilizzati per la determinazione della velocità delle onde di taglio (V_s). La velocità di propagazione delle onde Rayleigh varia tra $0,9 V_s$ e $0,95 V_s$.

Con le registrazioni effettuate secondo la tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) metodo investigativo sviluppato soprattutto da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park, Miller e Xia, 1999) è possibile distinguere ed evidenziare, all'interno del sismogramma di registrazione, le onde di Rayleigh, le quali normalmente sono caratterizzate da un'elevata ampiezza del segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente di energia si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale denominata —Overtone analysis” produce un grafico velocità di fase e frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie, da cui ricavare la curva di dispersione.

Il profilo verticale delle V_s può essere ricavato per inversione 1D, partendo dalla curva di dispersione, cioè il profilo delle velocità delle onde Rayleigh, V_{fase} $\propto$ frequenza, può essere convertito nel profilo V_s - profondità. Si ricava così, in corrispondenza del centro dello stendimento, un profilo verticale medio delle V_s relative al volume di sottosuolo sotteso dallo stendimento realizzato in superficie.

La tecnica operativa consiste nello stendere sul terreno un profilo lineare di geofoni (array) a bassa frequenza (preferibilmente 4,5 Hz), egualmente spazati; quindi si effettuano una o più energizzazioni mediante massa battente a diverse distanze dal primo geofono (source offset). Per ogni punto di energizzazione viene registrato il corrispondente sismogramma, che viene poi importato nel software di elaborazione.

La prospezione eseguita mediante analisi delle onde di superficie offre alcuni vantaggi rispetto alle tecniche classiche di sismica a rifrazione, tra i quali si segnala la relativa facilità di lettura del segnale anche in aree antropizzate e quindi caratterizzate da elevato rumore di fondo e la possibilità di evidenziare la presenza di inversioni di velocità nel sottosuolo. Le limitazioni sono date dalla profondità di indagine, che spesso è inferiore rispetto a quella raggiungibile con la tecnica passiva e dall'elevata sensibilità a variazioni laterali di litologia. La conoscenza della V_s è utile quando sia necessario valutare la variabilità geotecnica dei materiali presenti nel sottosuolo, in quanto consente di rilevarne le proprietà fisiche, poiché i valori di V_s sono proporzionali al grado di compattezza dei mezzi percorsi e, a differenza delle onde P (onde longitudinali) non sono influenzati dalle condizioni di saturazione dei sedimenti.

OPERAZIONI DI CAMPAGNA

I profili sismici sono stati ubicati nel piazzale antistante l'edificio scolastico che rappresenta l'unico spazio disponibile per l'indagine; le dimensioni del piazzale hanno peraltro condizionato la geometria degli stendimenti che si sono sviluppati su una lunghezza massima di 30 m. I parametri relativi ai profili sono riassunti nella tabella seguente.

Per l'acquisizione degli impulsi sismici è stato usato un sismografo digitale a 24 tracce, modello "Geode", della Ditta EG & G GEOMETRICS e 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz. Il tempo di registrazione è stato fissato, per ogni registrazione, pari a 2 secondi, con intervallo di campionamento pari 0,5 ms. Come sorgente di energia sismica è stata utilizzata una massa battente da 8 Kg.

La registrazione dei dati è avvenuta su disco magnetico al computer portatile

	Direzione	Lunghezza (m)	Passo intergeofonico (m)
Profilo 1	E - O	30	1,5
Profilo 2	N 30 E	23	1

ELABORAZIONE DATI

L'elaborazione dei dati sismici è stata effettuata utilizzando il programma SURFSEIS, vers 2.0, prodotto e fornito dal Kansas Geological Survey (USA).

In sintesi, l'elaborazione si articola nei seguenti passaggi principali:

- 1) Generazione dal file di registrazione di un file compatibile con il formato utilizzato dal software
e contenente le caratteristiche geometriche del profilo;
- 2) analisi del segnale mediante la tecnica —overtone analysis”;
- 3) costruzione della curva di dispersione (velocità di fase in funzione della frequenza);
- 4) inversione della curva di dispersione e generazione del modello di velocità delle Vs.

Il risultato finale di tali elaborazioni consiste in un diagramma nel quale è riportato l'andamento della velocità delle onde di taglio in rapporto alla profondità. Nelle figure riportate nel testo sono illustrate le overtone analysis, con la traccia della curva di dispersione e il modello della Vs ricavato dall'inversione.

ANALISI DELLE ONDE DI SUPERFICIE CON TECNICA PASSIVA

GENERALITA' SULLA TECNICA PASSIVA

La tecnica passiva si basa ugualmente sull'analisi della modalità di propagazione nel sottosuolo delle onde di superficie, ma differisce da quella attiva perché invece di generare il segnale sismico mediante una sorgente artificiale, viene registrato il rumore sismico esistente nel sottosuolo (“microtremori”), originato sia da cause naturali (vento, ecc.) sia da cause di origine antropica (traffico, vibrazioni prodotte da macchinari di vario genere ecc.). Questa caratteristica rappresenta uno dei principali vantaggi del metodo passivo, che consente di operare anche in ambiente urbano, proprio perché il rumore stesso rappresenta una fonte di segnale utile, mentre per gli altri metodi sismici rappresenta una fonte di disturbo.

Rispetto alla tecnica attiva, quella passiva consente, di solito, di raggiungere una maggiore profondità di indagine, in virtù delle frequenze più basse (lunghezze d'onda maggiori) che è possibile registrare e analizzare. La tecnica passiva può, talvolta, avere limitato potere risolutivo nei primi metri di profondità e, per tale motivo, è utile abbinarla a quella attiva che invece offre notevole precisione nella parte più superficiale del sottosuolo.

In generale, con il metodo passivo non essendo nota la direzione di provenienza del rumore sismico, la misura della velocità delle onde di superficie può essere affetta da una certa imprecisione nel caso di misure con dispositivi rettilinei. Per tale motivo, se possibile, si effettuano profili rettilinei orientati con direzioni diverse o si usano dispositivi di misura che si sviluppano su più direzioni (dispositivi 2D). Nel corso di questa indagine sono stati utilizzati dispositivi rettilinei orientati con due direzioni diverse. Come per la tecnica attiva, il profilo delle Vs che si ricava, va riferito al centro del dispositivo ed è rappresentativo del volume di sottosuolo interessato dal profilo stesso.

Le fasi operative consistono nel disporre sul terreno i geofoni secondo lo schema prestabilito e quindi effettuare, per ogni profilo, più registrazioni del rumore ambientale (20 nella presente indagine), al fine di incrementare l'efficacia del segnale. Il tempo di acquisizione è mantenuto pari a 30 secondi per ogni record ed i canali di ricezione sono mantenuti tutti aperti, senza cioè l'utilizzo di alcun filtro da parte del sismografo.

L'elaborazione dei dati è stata effettuata utilizzando il software SEISIMAGER vers. 2.07. La procedura elaborativa è molto simile a quella descritta per la tecnica attiva, ad eccezione della prima fase che prevede, dopo la trasformazione dei sismogrammi nel formato adeguato, la somma (stacking) delle varie registrazioni effettuate.

OPERAZIONI DI CAMPAGNA

Come accennato nel capitolo precedente, per ottimizzare le analisi, in particolare quelle eseguite con tecnica passiva, sono stati eseguiti profili con direzioni diverse. I profili lineari passivi coincidono con quelli attivi sia come direzione, sia come caratteristiche geometriche, per cui si può fare riferimento alla Tabella riportata nel paragrafo 2.2.

Per l'acquisizione degli impulsi sismici è stato usato il sismografo "Geode" e 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz. Il trigger è in questo caso manuale e viene azionato direttamente dal sismografo, via software. Per ogni profilo lineare sono state effettuate 20 acquisizioni, ognuna con un tempo di registrazione pari a 30 s e con intervallo di campionamento pari a 2 ms.

RISULTATI OTTENUTI CON L'ANALISI DELLE ONDE DI SUPERFICIE

Nelle Figure seguenti sono riportati gli spettri conseguiti sia in modalità attiva, sia passiva. Da questi spettri sono state generate le curve di dispersione, l'inversione delle quali ha consentito di ricavare i modelli di Vs riportati sotto ogni singolo spettro.

Di seguito si riporta il commento ai risultati ottenuti. Le profondità dei vari livelli sismostratigrafici sono sempre riferite al piano campagna attuale.

PROFILO N° 1 MASW

Le analisi spettrali ottenute in modalità attiva hanno permesso di effettuare il "picking", per ricavare la curva dispersione, in un intervallo di frequenze compreso tra 10 e 50 Hz. Nella Figura 2 sono indicati l' "Overtone analysis" ed il modello di velocità delle onde di taglio relativi al profilo MASW attivo N° 1. Suddividendo il sottosuolo in intervalli di velocità principali, il diagramma della Vs è così sintetizzabile:

1° intervallo	da 0 a -2,2 m	Vs = 180 ÷ 220 m/s
2° intervallo	da -2,2 a -6,5 m	Vs = 220 ÷ 300 m/s
3° intervallo	da -6,5 a -14,8 m	Vs = 300 ÷ 420 m/s
4° intervallo	da -14,8 a -18 m	Vs = 540 m/s

PROFILO N° 1 PASSIVO

Le analisi spettrali relative alla modalità passiva, hanno consentito di fare il picking tra le frequenze di 8,2 e 30 Hz circa.

Nella Figura 3 sono indicati l'analisi spettrale, la curva di dispersione ed il modello di velocità delle onde di taglio relativi al profilo passivo N° 1. L'andamento della velocità nel diagramma è così sintetizzabile:

1° intervallo	da 0 a $\pm 4,2$ m	$V_s = 215 \pm 270$ m/s
2° intervallo	da $\pm 4,2$ a $-8,3$ m	$V_s = 340 \pm 370$ m/s
3° intervallo	da $-8,3$ a $\pm 16,7$ m	$V_s = 430 \pm 460$ m/s
4° intervallo	da $\pm 16,7$ a $-20,5$ m	$V_s = 580$ m/s

PROFILO N° 2 ATTIVO E PASSIVO

Nelle Figura 4 sono riportati gli spettri ottenuti con il profilo n° 2 sia in modalità attiva sia in modalità passiva. Come si vede entrambi gli spettri sono simili a quelli ottenuti con il profilo n° 1 ma sono meno definiti, per cui l'interpretazione è più incerta: tale situazione può essere causata sia dalla minore lunghezza di questo profilo, sia dalla maggiore eterogeneità della composizione del sottosuolo sia da un diverso orientamento dello stendimento rispetto al rumore di fondo. Nella Figura non sono riportati i diagrammi relativi all'andamento della V_s in quanto meno precisi di quelli ottenuti per il profilo n° 1.

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

GENERALITA' SUL METODO SISMICO A RIFRAZIONE

Il metodo sismico a rifrazione ha la sua origine e fondamento nelle leggi che governano la propagazione delle onde elastiche nei terreni e nelle rocce, la quale è funzione delle costanti elastiche e della densità propria delle rocce attraversate.

Le onde elastiche, o sismiche, si generano dal moto vibratorio delle particelle di un corpo, che si innesca quando questo viene sollecitato da uno sforzo impulsivo. Una volta generate, le onde elastiche si propagano in tutte le direzioni interessando tutta la massa del corpo. La tecnica di prospezione sismica a rifrazione prevede la misura dei tempi di propagazione delle onde di compressione e/o di taglio, tra il punto di energizzazione in superficie e vari punti di ricezione (geofoni), disposti sulla superficie topografica. Nell'ambito della presente indagine, sono state prese in considerazione le onde di compressione (chiamate anche onde longitudinali o onde "P"), le quali si propagano nella medesima direzione di vibrazione delle particelle.

Nel metodo sismico a rifrazione vengono analizzati i tempi di propagazione delle onde elastiche che, generate al suolo, si rifrangono su superfici di discontinuità.

Perchè avvenga il fenomeno della birifrazione e quindi possa essere applicata questa metodologia, le velocità dei terreni investigati devono essere crescenti con la profondità.

E' necessario anche ricordare che non sempre una discontinuità individuata con metodologie sismiche coincide con una discontinuità litologica, in quanto la velocità di propagazione delle onde sismiche può cambiare nell'ambito di uno stesso litotipo a causa di variazioni dello stato di addensamento, fratturazione, cementazione, porosità, grado di imbibizione ecc..

Per l'elaborazione dei dati sismici è stata applicata la tecnica tomografica che consente una dettagliata esplorazione del modello di distribuzione delle velocità sismiche nel mezzo indagato: il sottosuolo sottostante la linea sismica viene infatti scomposto in celle di dimensioni metriche, ognuna delle quali viene interessata dal percorso di più raggi sismici

Con la tecnica tomografica si ottiene una sezione nella quale è rappresentata la distribuzione delle velocità nel sottosuolo in funzione della profondità, secondo un gradiente che tiene conto delle limitazioni imposte da una velocità minima prossima a quella del suono (330 m/s) e da una velocità massima determinata dalle caratteristiche fisico-meccaniche delle rocce presenti nel sottosuolo.

Il risultato che si consegue, è rappresentato da una sezione nella quale le variazioni verticali e laterali della velocità sismica sono da imputare a variazioni delle caratteristiche elastiche, entro uno stesso livello stratigrafico, o tra livelli stratigrafici diversi.

OPERAZIONI DI CAMPAGNA

Lo stendimento a rifrazione coincide con l'omonimo profilo MASW e, di fatto, coincide con la massima dimensione del piazzale lungo la quale stendere i cavi. I dati relativi alle caratteristiche principali di questo profilo sono riassunti nella tabella seguente.

	Lunghezza (m)	Passo intergeofonico (m)	N° punti di energizzazione
Profilo N. 1	30	1,5	5

I punti di energizzazione sono stati posizionati alle estremità e all'interno dello stendimento, così da ottenere il dettaglio ed il numero di informazioni richiesto dalla tecnica tomografica. Infatti, le modalità di acquisizione sul terreno nei rilievi tomografici sono simili a quelle utilizzate per la sismica classica, ad eccezione del numero di registrazioni effettuate, che nella tomografia deve essere maggiore, per ottenere la condizione che le celle nelle quali viene discretizzato il sottosuolo, siano attraversate dai raggi sismici e non restino zone scoperte.

Per l'acquisizione degli impulsi sismici è stato usato il sismografo —Geode" e 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz. Come sorgente di energia sismica è stata utilizzata una massa battente da 8 Kg. La registrazione dei dati è avvenuta su disco magnetico, attraverso personal computer portatile.

ELABORAZIONE DATI

La prima fase interpretativa è consistita nella determinazione del tempo di primo arrivo dell'onda sismica di compressione (onda P), su ciascuna traccia dei vari sismogrammi acquisiti in campagna. Tale operazione è stata eseguita utilizzando il programma —Pickwin". Ottenuti i tempi di primo arrivo, si è passati alla costruzione della —Dromocrona", cioè diagramma tempo $\propto$ distanza, che rappresenta il documento di sintesi della prospezione eseguita.

La fase successiva prevede l'inserimento delle coordinate dei geofoni, dei punti di battuta ed i tempi di primo arrivo in un foglio elettronico, al fine di consentirne la gestione dal programma interpretativo, basato sulla tecnica tomografica. Quest'ultima elaborazione è stata effettuata utilizzando il programma SeisOpt 2D, vers. 5.0, fornito dalla Ditta Optim L.L.C. (Reno, Nevada, USA).

In sintesi, questo programma inizia l'elaborazione ipotizzando l'esistenza di gradienti di velocità tra le varie celle nelle quali viene scomposto il sottosuolo. Le dimensioni delle celle dipendono dalla geometria dello stendimento e, normalmente, variano tra il 20% e il 50% del passo tra i geofoni. Attraverso l'esecuzione di numerose iterazioni, il programma ricerca la condizione per la quale il modello sismostratigrafico teorico (cui corrisponde una dromocrona teorica) si avvicina maggiormente a quello reale (che ha fornito la dromocrona sperimentale).

Quando viene raggiunto lo scarto minimo tra le due dromocrone, l'elaborazione si arresta, fornendo un possibile modello sismostratigrafico. In fase di impostazione, l'interprete può variare le dimensioni delle celle ed il numero di celle lungo la dimensione —z" (profondità), fino ad ottenere un modello che possieda sia uno scarto minimo, sia una congruenza dal punto di vista geologico.

Il file finale prodotto dal software interpretativo è quindi inserito in un programma di contour, che produce il profilo riportato nella Figura 5, il quale è rappresentativo della distribuzione della velocità nel sottosuolo, evidenziata sia da isolinee di velocità sismica, sia da una scala colorimetrica.

L'equidistanza tra le isolinee è stata mantenuta pari a 100 m/s. Come si vede nelle sezioni, con questa tecnica non vengono individuate delle superfici nette di separazione (rifrattori) tra i diversi sismostrati presenti, ma si ricostruisce l'andamento della velocità sismica in modo continuo, secondo gradienti. Il riconoscimento dei diversi sismostrati viene perciò fatto sia in base alle variazioni del gradiente stesso, sia per confronto con eventuali dati di taratura. In generale, un rapido aumento del gradiente velocità è indicativo del contatto tra livelli caratterizzati da proprietà elastiche diverse.

MEZZI DIFFERENZIATI DAL PUNTO DI VISTA SISMICO

Nell'area in esame, è possibile ipotizzare le seguenti correlazioni tra velocità sismiche e litologia.

Le correlazioni riportate nella Tabella, tra le velocità sismiche e le diverse tipologie derivano da considerazioni di carattere geofisico, basate sull'esame dell'andamento del gradiente velocità nelle sezioni tomografiche e da quanto osservabile sul terreno.

Una più sicura correlazione con i litotipi presenti richiederebbe la disponibilità di sondaggi geognostici a carotaggio, in corrispondenza dei quali —tarare" l'interpretazione geofisica; infatti, in assenza di dati geologici osservati direttamente, risulta difficile stabilire delle correlazioni tra il parametro geofisico e la litologia, poiché litotipi diversi possono avere velocità sismiche simili.

RISULTATI OTTENUTI CON LA PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

Di seguito si descrivono gli aspetti principali desumibili dalla sezione sismica riportata nella Figura 5. Va rilevato che la limitata lunghezza dello stendimento, determinata dall'assetto dell'area, ha consentito di esplorare il sottosuolo fino alla profondità di 6 m dal p.c..

- Il primo orizzonte è caratterizzato da velocità comprese tra 250 e 500 m/s ed è correlabile con terreni poco addensati. Lo spessore varia tra 3 e 4 m ad eccezione del tratto compreso tra i geofoni G18 e G21 dove tende a ridursi a valori di 1 o 1,5 m.
- Il secondo orizzonte, si caratterizza per avere velocità $500 < V_p < 1000$ m/s: è correlabile con materiali più addensati rispetto i terreni soprastanti. Nel settore compreso tra i geofoni G1 e G15 non è possibile determinare lo spessore di questi sismostrati, avendo misurato velocità massime pari a 750 m/s. Nella zona finale del profilo (G15 o G21) lo spessore è dell'ordine di 2 m.
- Il terzo orizzonte include sismostrati con velocità comprese tra 1000 e 1600 m/s, valori per i quali risulta difficile stabilire delle correlazioni. Infatti questo intervallo di velocità potrebbe essere rappresentativo sia di un maggiore addensamento dei materiali, sia della presenza di fenomeni di cementazione degli stessi, sia di una variazione di facies. Questi sismostrati sono stati rilevati solo nel settore finale del profilo.

Tipologia	Velocità onde P (m/s)
Depositi poco addensati	250 - 500
Depositi da poco a mediamente addensati	500 - 1000
Depositi addensati e/o parzialmente cementati	1000 - 1600

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La prospezione geofisica eseguita nella zona di ampliamento della scuola elementare di Segusino, ha consentito di ricostruire la struttura sismostratigrafica del sottosuolo, sia relativamente alle onde P , sia alle onde di taglio S :

La prospezione sismica effettuata analizzando le modalità di propagazione delle onde di superficie con le tecniche $MASW$ attiva e passiva, ha evidenziato un generale incremento della velocità delle onde di taglio (V_s) con l'aumentare della profondità, salvo una modesta inversione di velocità, limitata sia come spessore sia come variazione del valore di velocità. Dai diagrammi allegati, si deduce che nella fascia di sovrapposizione, i risultati conseguiti in modalità attiva sono in buon accordo con quelli ricavati in modalità passiva.

Il profilo attivo evidenzia come, fino alla profondità di 6 m dal p.c., la V_s sia uguale o inferiore a 300 m/s e quindi rappresentativa di terreni poco addensati. Tra -6 m e -15 m la V_s si mantiene su valori prossimi a 400 m/s ed infine a profondità comprese tra 15 (secondo il profilo attivo) e 16,5 m (profilo passivo) si verifica un incremento più significativo della velocità che si attesta tra 540 e 580 m/s. Tale incremento potrebbe essere legato ad un ulteriore addensamento dei materiali o ad una variazione di facies.

Il profilo sismico a rifrazione, ha individuato tre livelli dei quali i primi due si caratterizzano per avere V_p inferiore a 1000 m/s e quindi sono correlabili a terreni da poco a mediamente addensati; il terzo orizzonte, possiede velocità delle onde P compresa tra 1000 e 1600 m/s ed è stato rilevato solo in corrispondenza del settore finale del profilo sismico.

Come già accennato, le correlazioni descritte in precedenza sono state fatte basandosi solo sui caratteri geofisici del sottosuolo, non esistendo dati geognostici di taratura. Volendo acquisire delle informazioni più sicure sulla struttura e composizione dei terreni e litoipi presenti, anche al fine di --tarare-- con maggiore precisione le correlazioni geofisiche, sarebbe necessario effettuare dei sondaggi geognostici a carotaggio continuo.



VALUTAZIONI GEOTECNICHE

La geologia dell'area è nota nei suoi caratteri generali dalla bibliografia e da studi di dettaglio eseguiti in per questo progetto. Il modello riconosciuto, verificato e ora perfettamente attendibile indica la presenza dei seguenti livelli distinti per composizione e facies sedimentaria .

Terreno rimaneggiato : di composizione sabbio limosa con scheletro alterato e decalcificato; presenta segni di manomissione soprattutto nella zona prossima all'edificio esistente- possibili zone di riporto per la formazione del piazzale .

Livello superiore : livello di sabbie limose e ghiaie con ciottoli diffusi. Complessivamente abbondante la frazione sabbiosa che tende a diminuire con la profondità.

livello inferiore : formato da materiali ghiaiosi e sabbiosi , la frazione fine diminuisce con la profondità , contemporaneamente aumentano i ciottoli. Il livello è descrivibile come alluvioni del Piave

costituzione del terreno di fondazione

Come si evince dai profili stratigrafici, la successione stratigrafica, valida per la porzione di superficie del progetto in esame è la seguente:

- primo strato da 0.0 m a 1.5/2.0 m

terreno agrario limo sabbioso con scheletro , terreno soffice e compressibile non idoneo quale terreno di fondazione

- secondo strato da 0.5/0.8 a 2.5 m d'ora in avanti denominato livello A

sabbie e ghiaie con abbondante matrice fine anche dilavata dall'alto , terreno mediamente compressibile idoneo a fondazioni non pesanti ,fa eccezione l'area della trincea n. 1 per la presenza di terreno rimaneggiato fino alla profondità di 2.8/3.0 m. dal p. c. con la necessità di approfondire le strutture di fondazione fino al sottostante livello sabbio ghiaioso .

- segue alluvioni compatte sabbio ghiaiose sature d'ora in avanti denominato livello B

Calcolo del coefficiente di fondazione

Il parametro ε , coefficiente di fondazione, ha lo scopo di introdurre gli eventuali effetti di amplificazione sismica dovuti alle caratteristiche litostratigrafiche del terreno di copertura. Per una scelta oggettiva del valore di ε da adottare può essere utile il criterio di Carrara e Rapolla (1987), che propongono di legare la variazione di ε al parametro impedenza sismica (o rigidità sismica) del terreno di fondazione (inteso come spessore del pacco di strati di terreno compresi entro la profondità dove viene risentito il sovraccarico). Fondamentale in questo metodo è la definizione della grandezza impedenza sismica (o rigidità sismica), data dal prodotto:

$$R(t / mqs) = \gamma Vs$$

con

γ (t/mc) = peso di volume del materiale;

V_s (m/s) = velocità delle onde S nel materiale.

Nel caso in esame il terreno di fondazione può essere ritenuto omogeneo ed isotropo

$$R(t / mqs) = \gamma V_s = 1.8 * 350 = 630$$

Il coefficiente di fondazione in funzione dell'impedenza sismica R si ottiene come segue: $\varepsilon = 1.81 - 0.11 \ln(R)$; dal calcolo risulta

$$R = 630 \text{ quindi } \varepsilon = 1.81 - 0.11 \ln 630 = 1.10$$

Con riferimento a quanto disposto dal D.M. 16/01/96 " Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica " che alla lettera C.6.1.1. recita : " si assume di regola ε uguale a 1. In presenza di stratigrafie caratterizzate da depositi alluvionali di spessore variabile tra 5 e 20 m. ,sovrastanti terreni coesivi o litoidi di caratteristiche meccaniche significativamente superiori si assumerà per il coefficiente ε il valore di 1.30 ."

Considerando che lo spessore complessivo dei depositi sciolti colluviali e alluvionali è superiore ai 5 m. e che comunque si ha un brusco aumento di compattezza a modesta profondità (contatto alluvioni/substrato) per il caso in esame l'applicazione della norma porterebbe a 1.30

Si consiglia questo valore anche per la presenza della scarpata la cui influenza sismica deve essere opportunamente valutata in termini di puntuali incrementi di rischio .

Modello geotecnico

Le prove di laboratorio eseguite sui campioni in trincee nello stesso litotipo ed in prossimità dell'area in oggetto permettono di assumere per tutti gli strati di terreno un unico peso dell'unità di volume pari a: $\gamma = 16.68 \text{ kN/m}^3 = 1700 \text{ kg/m}^3$

Per analogia con lotti contigui e prove puntuali viene estrapolato il seguente quadro geotecnico

Livello A

Litologia	stato idraulico	coesione	angolo di attrito
Sabbie e ghiaie con ciottoli	non saturo	0.00 Kg/cmq	media 25/28

Il **livello B**) presenta caratteristiche geotecniche migliori

Per la valutazione della variazione quantitativa in funzione della sismicità di ϕ , si può fare riferimento alle proposte di Sano. Questo modello propone una relazione che lega la diminuzione di Φ all'intensità della sollecitazione sismica:

$$\Phi (^\circ) = \Phi - \arctang (C / 1.4142);$$

con C = coefficiente d'intensità sismica ricavabile secondo l'Eurocodice8,= 0.5apicco,

nel caso in esame $S = 6$; apicco = 0.15

Si ottiene quindi : $C=0.5 \cdot 0.15=0.075$; $\Phi(^{\circ})=\Phi-\arctang (0.075/1.4142) = 30-3= 27$

CARATTERISTICHE DELLA FONDAZIONE

Profondità piano di posa - [D]	2,00		metri
Eccentricità - [e]	0,00		centimetri
Inclinazione piano di posa - [a]	0,00	radianti	0,00 gradi

GEOMETRIA

Lato e/o raggio [La]	2,00	metri
RAPPORTO - [La/Lu]	1,00	metri
LARGHEZZA RIDOTTA PER ECCENTRICITA' - [B']	2,00	metri

CARATTERISTICHE DEL SITO

Grado di sismicità - [S]	9,00		D.M. 7/3/81
Coefficiente intensità sismica - [C]	0,07		D.M. 7/3/81
Inclinazione piano campagna - [b]	1,05	radianti	60,00 gradi

STIMA PRESSIONE DI ESERCIZIO (metodo: Terzaghi-Vesic-Brinch-Hansen)

FATTORI ADIMENSIONALI DI PORTANZA

Fattori di capacità portante funzione dall'angolo di attrito	Ng	Nc	Nq
	14,28	23,74	13,06
Fattori di forma della fondazione	Sg	Sc	Sq
	0,60	1,55	1,51
Fattori correttivi inclinazione piano di posa	bg	bc	bq
	1,00	1,00	1,00
Fattori correttivi inclinazione piano campagna	gg	gc	gq
	0,55	0,51	0,55
Fattori correttivi inclinazione del carico (sismicità)	ig	ic	iq
	0,80	0,86	0,86

[Indice di rigidità] - Ir = 141,36

CARICO UNITARIO LIMITE IN ASSENZA DI SISMA	$Ql=Ao+Bo+Co$	$Ao=g1xDxNq \times Sq \times b \times q \times gq$	38,99
---	---------------	--	-------

$$Bo=c' \times Nc \times Sc \times bc \times gc \quad 0,00$$

$$Co=g2 \times Ng \times Sg \times bg \times gg \times La' / 2 \quad 8,48$$

$$Ql = \quad t/mq. \quad 47,47$$

$$Ql = \quad Kg/cmq. \quad 4,75$$

CARICO UNITARIO LIMITE IN PRESENZA DI SISMA	$Qls=(Aoxiq)+(Boxic)+(Coxig)$	t/mq.	40,32
--	-------------------------------	-------	-------

$$Qls = \quad Kg/cmq. \quad 4,03$$

COEFFICIENTE DI SICUREZZA

$$Cs = \quad \mathbf{3,00}$$

**CARICO UNITARIO
AMMISSIBILE**

$$Qa = \quad Kg/cmq. \quad \mathbf{1,34}$$

4

conclusioni

Il progetto prevede la ristrutturazione di un edificio posto al limite del terrazzo alluvionale . la situazione morfologica appare delicata per un pendio costituito da affioramenti di ghiaie cementate.

Si consiglia di evitare importanti incrementi di carico in prossimità dell'unghia del pendio e di utilizzare fondazioni profonde, per sovraccarichi nella frazione sommitale dell'unghia del versante.

Deve essere inoltre verificata e confermata la compattezza e l'assoluta mancanza di manomissioni del terreno di fondazione.

Il Direttore dei Lavori, come previsto dal D.M. 11/03/1988 lett.B.2."dovrà controllare la validità delle ipotesi di progetto durante la costruzione, considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure e osservazioni nel corso dei lavori per adeguare ,eventualmente, l'opera alle situazioni riscontrate."

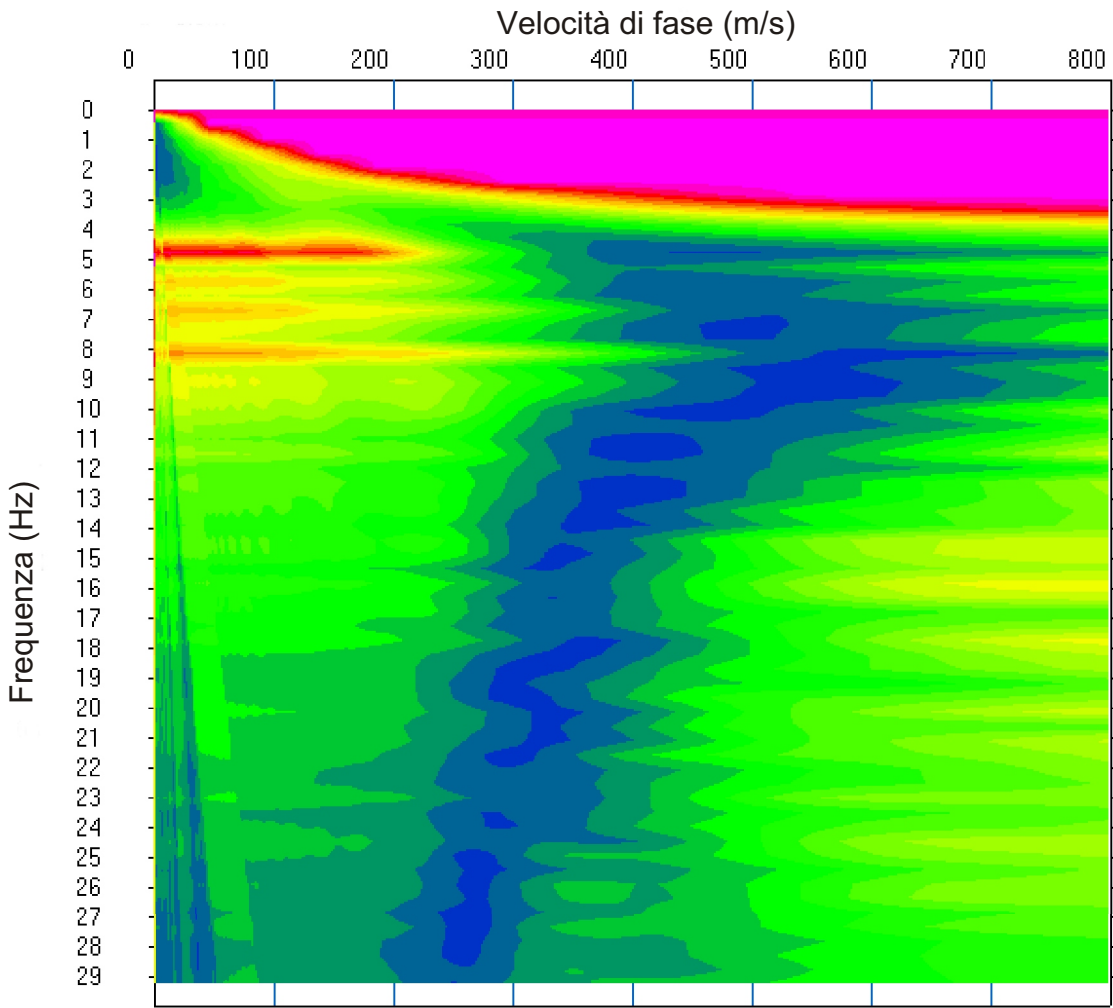
Pieve di Soligo marzo 2009

il geologo

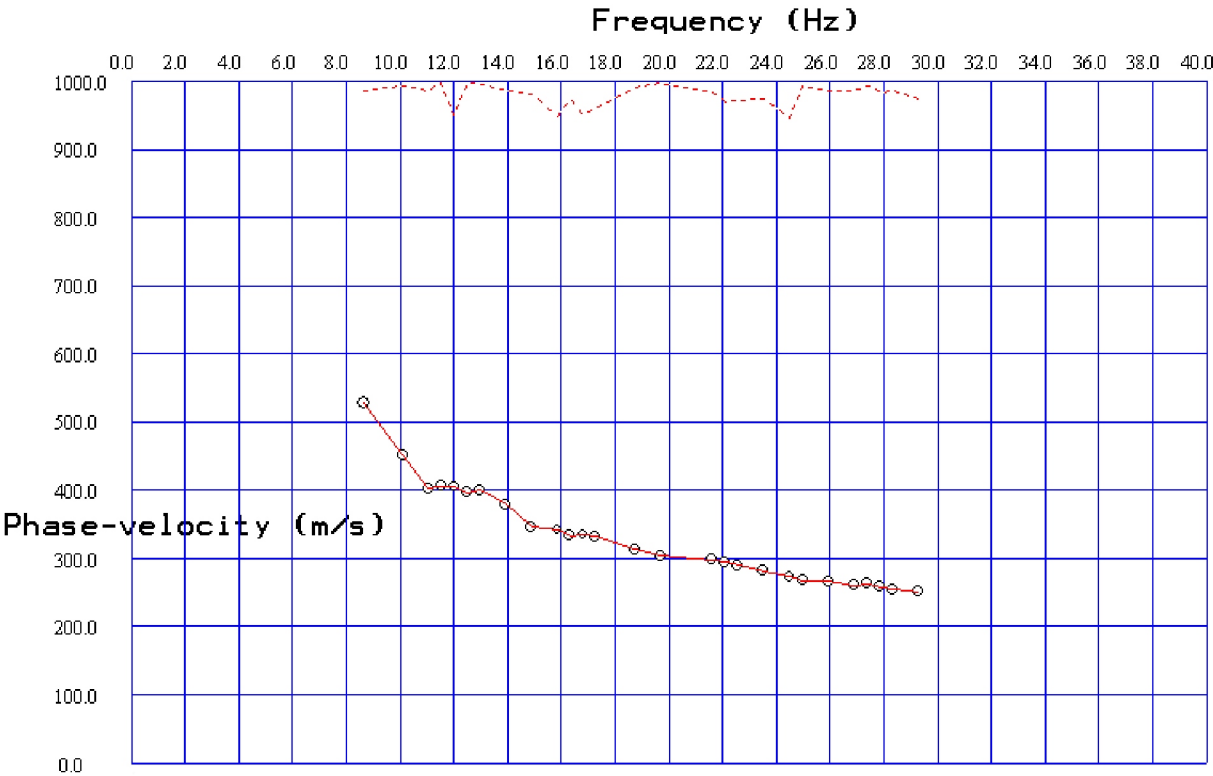


PROFILO N° 1
TECNICA PASSIVA (MICROTREMORI)

Località : Segusino (TV)
Data esecuzione : 21.03.2009



Analisi spettrale



Curva di dispersione

Modello velocità onde di taglio (Vs)

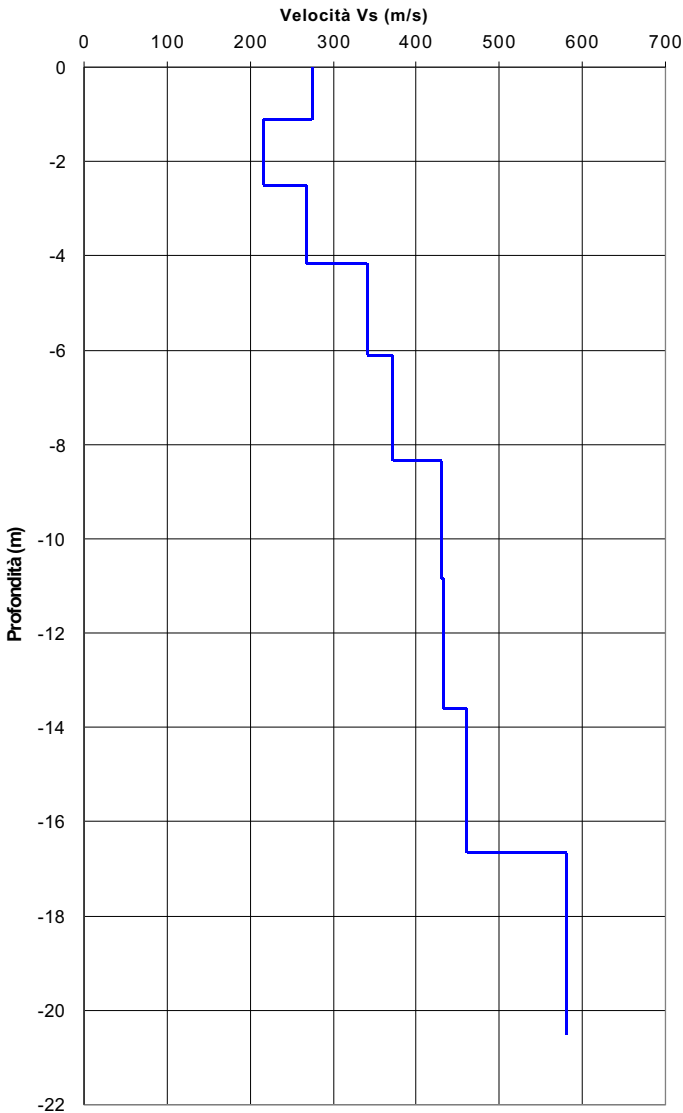
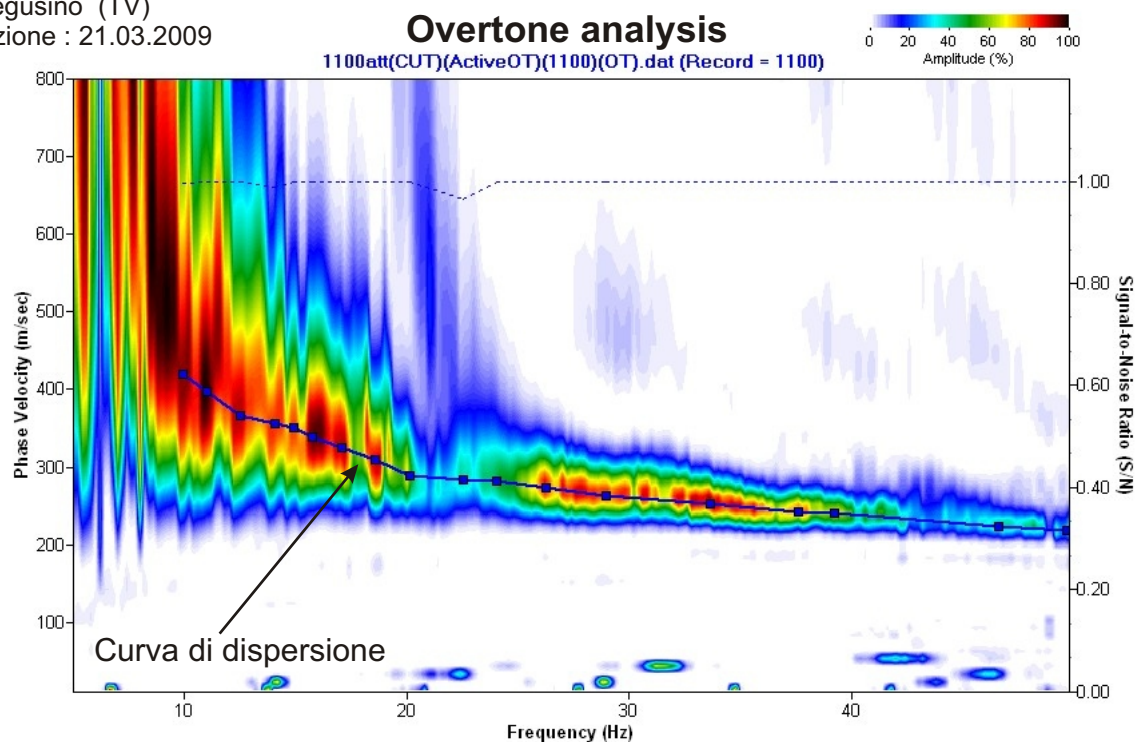


Figura 3

PROFILO N° 1

TECNICA MASW ATTIVA

Località : Segusino (TV)
Data esecuzione : 21.03.2009



Modello velocità onde di taglio (Vs)

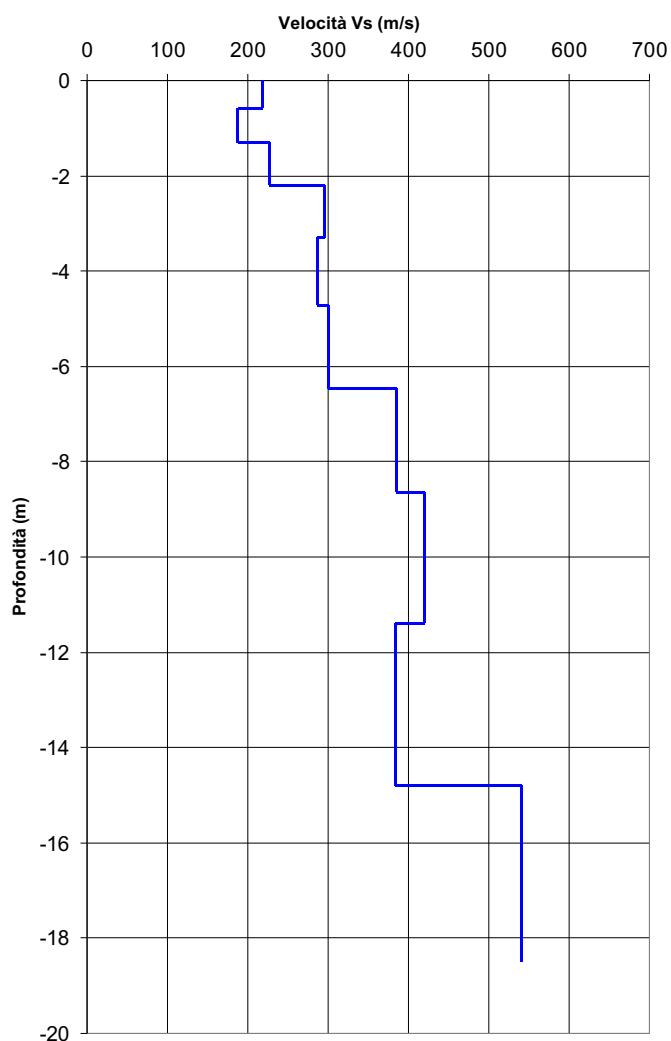
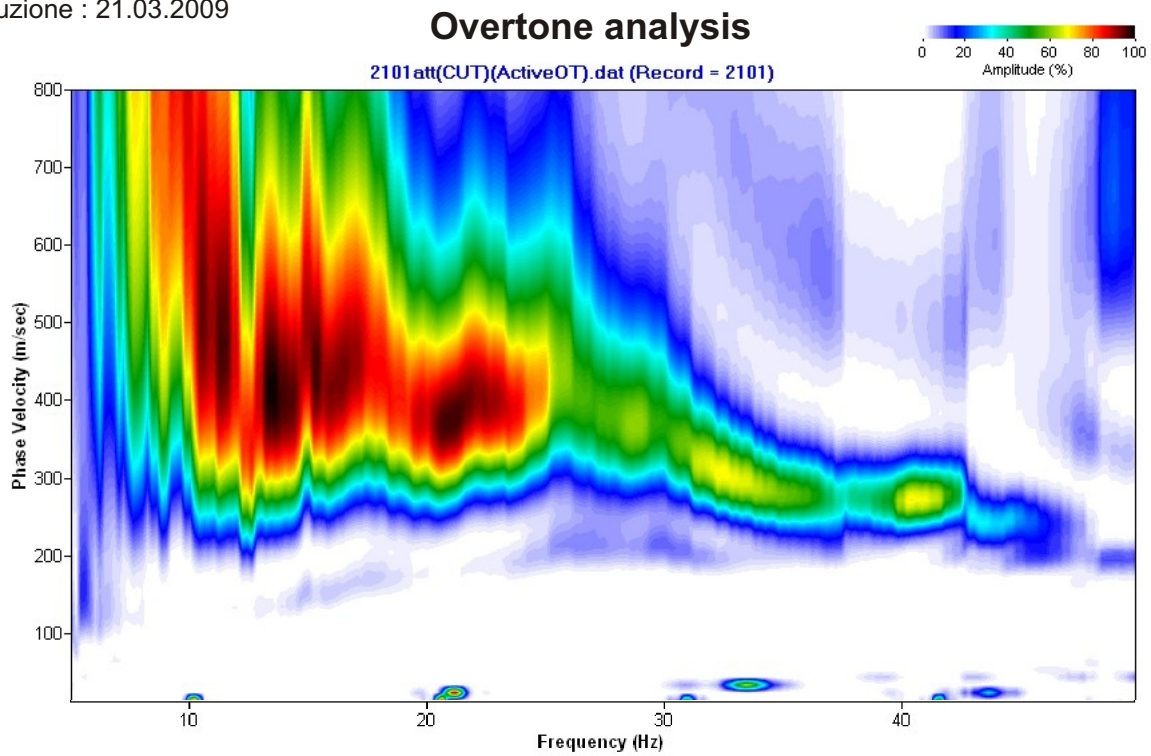


Figura 2

PROFILO N° 2

TECNICA MASW ATTIVA

Località : Segusino (TV)
Data esecuzione : 21.03.2009



TECNICA PASSIVA (MICROTREMORI)

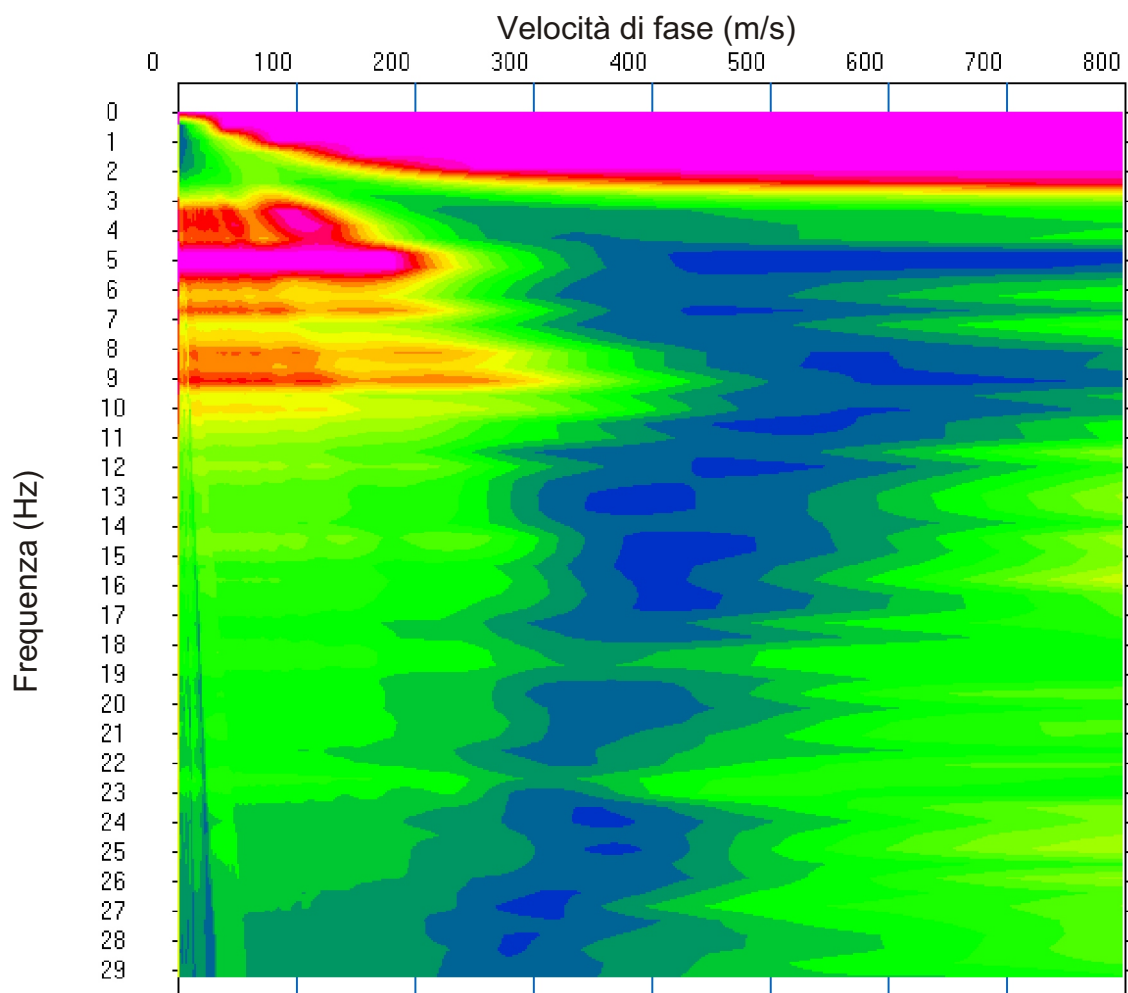
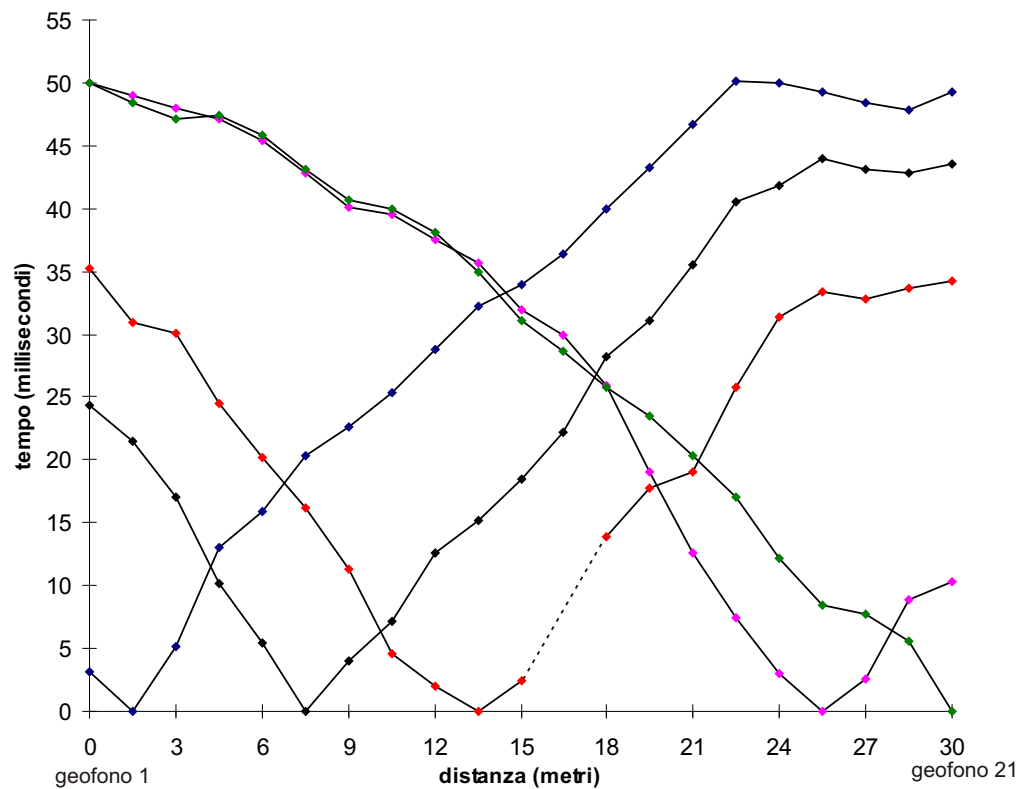


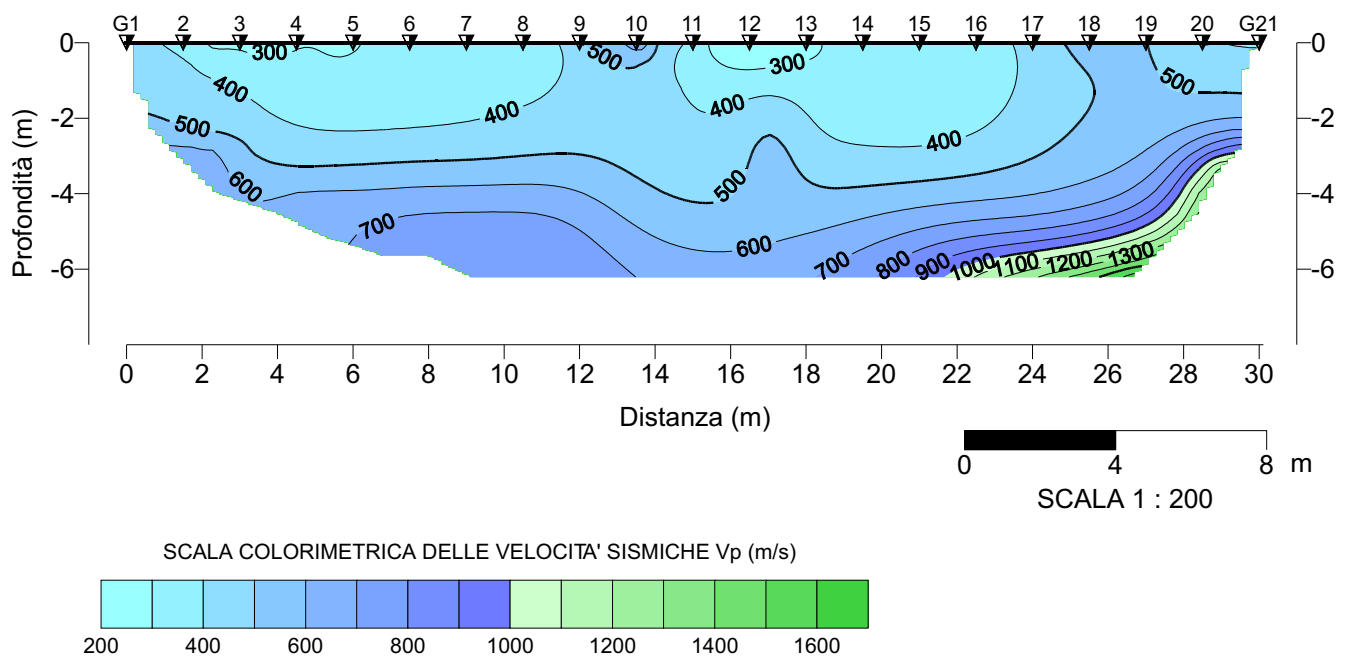
Figura 4

Dromocrona Profilo Sismico a rifrazione N° 1

Località : Segusino (TV)



PROFILO TOMOGRAFICO SISMICO N° 1



Studio Tecnico di Geologia
Dott. Negri Giuseppe via Capodivilla 10 31053 Pieve di Soligo
Tel 0.438 /82910 e-mail negri.geologo @gmail.com

Provincia di TREVISO

Comune di SEGUSINO

RELAZIONE GEOLOGICA E INQUADRAMENTO SISMICO

ai sensi D.M. 11/03/1988, D.M. 14/01/2008 e D.M. 17/01/2018

PROGETTO DI ADEGUAMENTO SISMICO

Committente : COMUNE DI SEGUSINO

Area : SCUOLA ELEMENTARE A CANOVA

Gennaio 2019

il geologo



OGGETTO DELLA RELAZIONE

Nell'ambito del progetto di miglioramento sismico della scuola A Canova di Segusino, è stato condotto il presente studio geologico e geotecnico in ottemperanza al D.M. 17/01/2018 e finalizzato:

I. alla ricostruzione dell'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico dell'area di interesse progettuale;

II. all'individuazione delle possibili problematiche di carattere geologico e geotecnico connesse all'esecuzione dell'intervento;

III. alla ricostruzione del modello geologico e geotecnico dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area.

Lo studio è stato condotto sulla base di un'attenta raccolta bibliografica, dell'esperienza maturata dallo scrivente in numerosi lavori svolti nello stesso contesto geologico, nonché alla luce di una mirata campagna di indagini eseguita all'interno del lotto di interesse progettuale con l'esecuzione di sondaggi geognostici spinti al rilievo del materiale roccioso in posto.

La normativa ultima di riferimento è:

DELIBERA DELLA GIUNTA REGIONALE DEL VENETO 22.01.2008 N°71 Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" – Direttive per l'applicazione. Adozione del provvedimento n°96/CR del 7 agosto 2006. D.M. 14.01.2008 Nuove norme tecniche per le costruzioni. CIRC. MIN. 02.02.2009 N°617 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

La verifica delle caratteristiche geologiche dell'area è stata eseguita attraverso le seguenti fasi :

- 1)Esecuzione di trincee geognostiche per la verifica del litotipo presente al piano di posa delle fondazioni
- 2)Esecuzione di sondaggi geognostici profondi per prove SPT per l'esame della geologia profonda e delle caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto di indagine si trova in posizione mediana nella scarpata che segna il limite del terrazzo quaternario di Riva Secca sulla sinistra idrografica del Piave; si tratta di una importante scarpata parzialmente alterata dall'intervento antropico per la viabilità e per il sedime del complesso scolastico in oggetto.

Il litotipo dominante e peculiare in tutta la zona interessata si è formato da depositi fluvioglaciali del Piave quando, in occasione del disgelo Wurmiano, era disponibile una notevole portata solida e liquida. Si tratta pertanto di una facies grossolana classificabile come ghiaia e sabbia sciolta, gli elementi hanno un'elevato indice di arrotondamento, e sono disposti in strutture sedimentologiche di classazione e di stratificazione incrociata.

Una caratteristica di questo livello è la presenza di facies conglomeratiche per la presenza di livelli cementati da CaCO_3 che si possono incontrare a partire da modesta profondità.

Su questo livello si trova una copertura di terreno detritico parte naturale e parte di origine antropica di vario spessore e consistenza come risulta dalle prove eseguite.

Fase 1) esecuzione di trincee geognostiche di sottofondazione

Sono state eseguite n2 trincee geognostiche, una nella facciata Sud e una nella facciata Nord, facciata che presenta importanti segni di cedimento strutturale.

Queste trincee sono state eseguite per la verifica diretta della natura e consistenza del piano fondazionale.

Nella trincea a Sud è stata rilevata una copertura di terreno di riporto dello spessore di 2.20/2.50, dal piano piazzale e quindi un terreno naturale in posto.

Il piano di sedime corrisponde all'inizio del terreno naturale

Nella trincea a Nord, lato scarpata, è stato rilevato una importante coltre di terreno di riporto, dallo scavo eseguito, con difficoltà vista la scarpata, non risulta che il piano di sedime sia su terreno naturale

Fase 2) sondaggi geognostici

Nell'area di intervento sono stati eseguiti n. 2 sondaggi geognostici con carotatrice spinti fino alla profondità di 15 m. , comunque ben dentro le ghiaie in posto come riportato in planimetria a seguire :

L'esame delle carote recuperate dai sondaggi ha permesso l'identificazione di intervalli della successione stratigrafica macroscopicamente omogenei (strati), costituiti cioè o da un tipo di terreno predominante o da alternanze più o meno regolari di terreni differenti. Ciascuna cassetta è stata fotografata per documentare le caratteristiche dei terreni attraversati. Definita la successione degli strati è stata redatta la descrizione geotecnica in accordo con le specifiche tecniche e le Raccomandazioni AGI (1977).

Durante le perforazioni sono state eseguite prove SPT in foro di sondaggio con intervallo di esecuzione di 1,5 m di profondità una dall'altra, le analisi si sono concentrate soprattutto sui livelli sabbio ghiaiosi in posto.

L'attrezzatura impiegata, in accordo alle Raccomandazioni AGI, è costituita da un maglio del peso di 63,5 kg, predisposto per la caduta da un'altezza di 0,76 m. Le aste di collegamento del maglio al campionatore terminale hanno un peso proprio pari a 7,2 kg/m.

L'esecuzione della prova è avvenuta secondo le seguenti modalità:

- perforazione a carotaggio;
- estrazione della batteria di perforazione;
- stabilizzazione delle pareti del foro con tubi di rivestimento metallico, con

arresto

della corona ad una quota superiore di circa 10 cm rispetto a quella prevista, di

inizio prova;

- discesa nel foro della batteria di aste con annesso campionatore
- controllo della quota di arresto della batteria di prova;
- identificazione di 3 tratti contigui, di 15 cm ciascuno, lungo la porzione di

batteria

sporgente in superficie;

- collegamento del dispositivo di percussione (maglio) alla batteria di prova;

- inizio della prova: il campionatore viene infisso nel terreno per mezzo di colpi impressi con la massa battente, ad un ritmo di percussione prossimo a 25 colpi al minuto.

I colpi vengono contati in successione, avendo cura di separare il numero di colpi necessari per l'avanzamento del campionatore per i tre tratti consecutivi di 15 cm (45 cm complessivi). Il superamento dei 50 colpi in uno dei tratti di prova determina il rifiuto della prova stessa da parte del terreno indagato.

I risultati sono :

sondaggio n.1

da 0.00 fino a 2.20/2.50 terreno di riporto fine con terreno agrario sciolto

da 2.20/2.50 fino a 12.0 sabbie e ghiaie fini ad elementi spigolosi con tracce di cementazione post sedimentaria

segue fino 15.00 sabbie e ghiaie sciolte

sondaggio n.2

da 0.00 fino a 4.50 ca terreno di riporto fine con terreno agrario sciolto

da 4.50 fino a 12.0 sabbie e ghiaie fini ad elementi spigolosi con tracce di cementazione post sedimentaria

segue fino 15.00 sabbie e ghiaie sciolte

I parametri ricavati per ogni sondaggio sono riassunti in questo schema

indagini caratterizzazione e modellazione geotecnica

Dall'esame della geologia dell'area risulta che al piano di sedime il terreno è formato da due livelli da questo punto indicati rispettivamente come livello R e livello A) e livello B)

La situazione stratigrafica risulta quindi la seguente, da questo punto i livelli verranno indicati come segue

Livello R

livello di terreno di riporto per uno spessore di compreso tra 0.00 e 4.50m. questo livello viene riconosciuto per la presenza di materiali alloctoni , facies fine e terreno agrario.

Livello A)

Segue un livello di sabbie e ghiaie anche con ciottoli con alti valori di SPT come media strato a 5 m.

Livello B)

Strato con livelli di materiale fine , anche limoso in alternanza a livelli più compatti , valori di SPT molto variabili che aumentano in profondità

In estrema sintesi , per una prima valutazione geotecnica si possono considerare i seguenti valori dell'angolo d'attrito

Valori di riferimento per singolo strato individuato considerando il valore minimo rilevati

Livello	R	A	B
NSPT		50	min 18 su S1 Medio 40

Diametro delle aste (mm)		50 ☐	66 x
Diametro del rivestimento (mm) 127		Assente ☐	

[*]Indicare il tipo di punta: A = punta aperta; C = punta conica

nr. S1	Profondità (m)	A[*]	C[*]	15 / (R)	30 / (R)	45 / (R)	NOTE:
1	1.50		x	11	14	22	
2	3.00		x	12	15	14	
3	4.50		X	18	20	25	
4	6.00		x	25	37	50/cm13	
5	7.60		x	29	30	31	
6	9.00		x	14	13	12	
7	10.50		x	11	10	8	
8	12.00		X	15	21	23	
9	13.50		X	22	24	25	
10	15.00		X	232	26	24	
S2							
1	1.50		x	13	16	18	
2	3.00		x	18	15	19	
3	4.50		x	20	23	27	
4	6.00		x	10	14	17	
5	7.50		x	19	21	25	
6	9.00		x	23	27	31	
7	10.50		x	20	24	28	
8	12.00		x	18	21	26	
9	13.50		x	23	27	32	
10	15.00		x	31	36	50/cm8	

RISULTATI OTTENUTI CON LA PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

Va rilevato che la limitata lunghezza dello stendimento, determinata dall'assetto dell'area, ha consentito di esplorare il sottosuolo fino alla profondità di 6 m dal p.c..

- Il primo orizzonte è caratterizzato da velocità comprese tra 250 e 500 m/s ed è correlabile con terreni poco addensati. Lo spessore varia tra 3 e 4 m ad eccezione del tratto compreso tra i geofoni G18 e G21 dove tende a ridursi a valori di 1 ÷ 1,5 m.

- Il secondo orizzonte, si caratterizza per avere velocità $500 < V_p < 1000$ m/s: è correlabile con materiali più addensati rispetto i terreni soprastanti. Nel settore compreso tra i geofoni G1 e G15 non è possibile determinare lo spessore di questi sismostrati, avendo misurato velocità massime pari a 750 m/s. Nella zona finale del profilo (G15 ÷ G21) lo spessore è dell'ordine di 2 m.

- Il terzo orizzonte include sismostrati con velocità comprese tra 1000 e 1600 m/s, valori per i quali risulta difficile stabilire delle correlazioni. Infatti questo intervallo di velocità potrebbe essere rappresentativo sia di un maggiore addensamento dei materiali, sia della presenza di fenomeni di cementazione degli stessi, sia di una variazione di facies. Questi sismostrati sono stati rilevati solo nel settore finale del profilo.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'esecuzione dei sondaggi geognostici ha sostanzialmente confermato l'indagine geofisica eseguita e l'unione delle due metodologie di indagine ha permesso un efficiente ricostruzione del sottosuolo

Sia i sondaggi sismiche che meccanici hanno evidenziato un compattezza che, in linea generale tende ad aumentare con la profondità

Il profilo attivo evidenzia come, fino alla profondità di 6 m dal p.c., la V_s sia uguale o inferiore a 300 m/s e quindi rappresentativa di terreni poco addensati. Tra -6 m e -15 m la V_s si mantiene su valori prossimi a 400 m/s

ed infine a profondità comprese tra 15 (secondo il profilo attivo) e 16,5 m (profilo passivo) si verifica un incremento più significativo della velocità che si attesta tra 540 e 580 m/s. Tale incremento potrebbe essere legato ad un ulteriore addensamento dei materiali o ad una variazione di facies.

Il profilo sismico a rifrazione, ha individuato tre livelli dei quali i primi due si caratterizzano per avere V_p inferiore a 1000 m/s e quindi sono correlabili a terreni da poco a mediamente addensati; il terzo orizzonte, possiede velocità delle onde P compresa tra 1000 e 1600 m/s ed è stato rilevato solo in corrispondenza del settore finale del profilo sismico.

sondaggio n.1

da 0.00 fino a 2.20/2.50 terreno di riporto fine con terreno agrario sciolto
da 2.20/2.50 fino a 12.0 sabbie e ghiaie fini ad elementi spigolosi con tracce di cementazione post sedimentaria
segue fino 15.00 sabbie e ghiaie sciolte

sondaggio n.2

da 0.00 fino a 4.50 ca terreno di riporto fine con terreno agrario sciolto
da 4.50 fino a 12.0 sabbie e ghiaie fini ad elementi spigolosi con tracce di cementazione post sedimentaria
segue fino 15.00 sabbie e ghiaie sciolte

Va rilevato che la limitata lunghezza dello stendimento, determinata dall'assetto dell'area, ha consentito di esplorare il sottosuolo fino alla profondità di 6 m dal p.c..

- Il primo orizzonte è caratterizzato da velocità comprese tra 250 e 500 m/s ed è correlabile con terreni poco addensati. Lo spessore varia tra 3 e 4 m ad eccezione del tratto compreso tra i geofoni G18 e G21 dove tende a ridursi a valori di 1 o 1,5 m.

- Il secondo orizzonte, si caratterizza per avere velocità $500 < V_p < 1000$ m/s: è correlabile con materiali più addensati rispetto i terreni soprastanti. Nel settore compreso tra i geofoni G1 e G15 non è

possibile determinare lo spessore di questi sismostrati, avendo misurato velocità massime pari a 750 m/s. Nella zona finale del profilo (G15 e G21) lo spessore è dell'ordine di 2 m.

- Il terzo orizzonte include sismostrati con velocità comprese tra 1000 e 1600 m/s, valori per i quali risulta difficile stabilire delle correlazioni. Infatti questo intervallo di velocità potrebbe essere rappresentativo sia di un maggiore addensamento dei materiali, sia della presenza di fenomeni di cementazione degli stessi, sia di una variazione di facies. Questi sismostrati sono stati rilevati solo nel settore finale del profilo.

PROFILO N° 1 PASSIVO

Le analisi spettrali relative alla modalità passiva, hanno consentito di fare il picking tra le frequenze di 8,2 e 30 Hz circa.

Nella Figura 3 sono indicati l'analisi spettrale, la curva di dispersione ed il modello di velocità delle onde di taglio relativi al profilo passivo N° 1. L'andamento della velocità nel diagramma è così sintetizzabile:

1° intervallo	da 0 a 4,2 m	$V_s = 215 \text{ e } 270 \text{ m/s}$
2° intervallo	da 4,2 a -8,3 m	$V_s = 340 \text{ e } 370 \text{ m/s}$
3° intervallo	da -8,3 a 16,7 m	$V_s = 430 \text{ e } 460 \text{ m/s}$
4° intervallo	da 16,7 a -20,5	$V_s = 580 \text{ m/s}$

PROFILO N° 1 MASW

Le analisi spettrali ottenute in modalità attiva hanno permesso di effettuare il "picking", per ricavare la curva dispersione, in un intervallo di frequenze compreso tra 10 e 50 Hz. Nella Figura 2 sono indicati l' "Overtone analysis" ed il modello di velocità delle onde di taglio relativi al profilo MASW attivo N° 1. Suddividendo il sottosuolo in intervalli di velocità principali, il diagramma della V_s è così sintetizzabile:

- 1° intervallo da 0 a -2,2 m
- 2° intervallo da -2,2 a -6,5 m
- 3° intervallo da -6,5 a -14,8 m
- 4° intervallo da -14,8 a -18 m

$$V_s = 180 \text{ } \text{à} \text{ } 220 \text{ m/s}$$

$$V_s = 220 \text{ } \text{à} \text{ } 300 \text{ m/s}$$

$$V_s = 300 \text{ } \text{à} \text{ } 420 \text{ m/s}$$

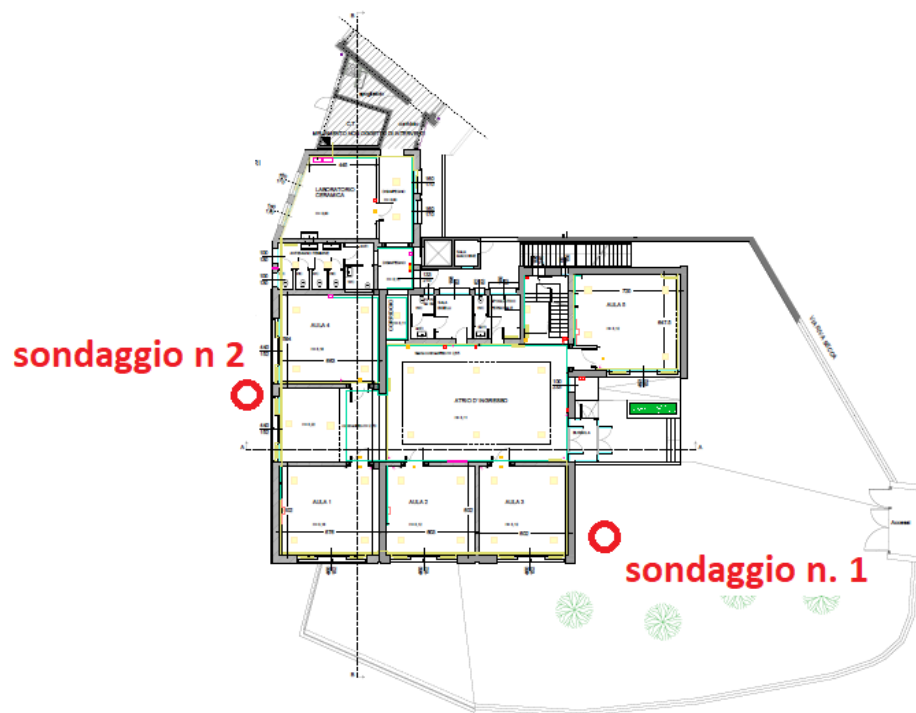
$$V_s = 540 \text{ m/s}$$



SONDAGGIO N. 1



SONDAGGIO 2



Pieve di soligo gennaio 2019

il geologo

