



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Cuneo



COMUNE DI SALUZZO

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI SALUZZO

Piano straordinario per la messa in sicurezza degli edifici scolastici - Progettazione
interventi presso la Scuola Media Rosa Bianca - Interventi di miglioramento
sismico sui fabbricati "Einaudi-Bersezio"

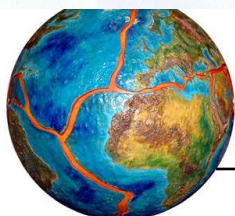
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

D.M. 14/01/2008

Il tecnico incaricato:



Il richiedente:



Studio Geologico Lombardo Dott. Francesco

Via Meniella, 13 - 12030 – Sanfront (CN)

Tel. 335-8308289 – Mail: franzgeol@gmail.com

C.F. LMBFNC79A26H727A - P. I.V.A. 03212350049

1 INTRODUZIONE

A seguito dell’incarico conferitomi dal Comune di Saluzzo (Determinazione Dirigenziale numero del registro generale 1318, numero particolare per settore 467), viene redatta la presente relazione, in merito agli interventi di miglioramento sismico sui fabbricati “Einaudi e Bersezio”, al fine di fornire una caratterizzazione geotecnica dei terreni costituenti il sottosuolo in corrispondenza della struttura della Scuola Media Rosa Bianca, ubicata nel territorio comunale di Saluzzo.

Sulla base del sopralluogo effettuato e delle litologie riscontrate in loco, verranno forniti dei valori indicativi dei principali parametri geomeccanici dei terreni. Per la determinazione dei principali parametri geotecnici e dei terreni caratterizzanti il sottosuolo nell’area esaminata sono stati realizzati n. 2 pozzetti esplorativi di profondità massima pari a 2,5 m, si è fatto riferimento a due prove penetrometriche dinamiche realizzate nelle immediate vicinanze del sito per il PRGC di Saluzzo oltrechè alla relazione geologico-tecnica, è stata realizzata una prospezione sismica passiva con il metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) ed un’indagine geofisica di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Lo studio è stato redatto ai sensi del D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) ed alla Circolare 617 del 02/02/2009.



2 INQUADRAMENTO GENERALE

Il sito dove si intendono realizzare gli interventi di miglioramento sismico, è situato ad una quota di circa 349 m s.l.m. nel territorio comunale di Saluzzo, più precisamente nella porzione orientale del centro abitato (si veda a tal proposito l’estratto di CTR riportato in allegato), in Via C. Segre ove è presente la sede centrale della Scuola Media “Rosa Bianca”. L’area è rappresentata, alla scala 1:10.000, nella Carta Tecnica Regionale Tavola 191, Sezione 140. L’immagine aerea di seguito riportata chiarisce meglio la localizzazione dell’area d’intervento.



3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Dal punto di vista geologico regionale la porzione di territorio oggetto del presente lavoro è localizzata nel settore centro-meridionale del “Massiccio Cristallino interno del Dora-Maira” (il più meridionale fra i massicci cristallini interni appartenenti al sistema tettonico della Zona Pennidica). In particolare, gli affioramenti del substrato cristallino risultano essere localizzati nei settori di versante collinare circostanti all’area oggetto di studio e sono prevalentemente costituiti da gneiss, micascisti gneissici e miscascisti muscovitici.



Estratto Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000
Foglio 78-79 Argentera-Dronero



In corrispondenza del sito in esame il substrato roccioso non affiora, in quanto risulta essere coperto dai depositi quaternari generalmente grossolani di origine fluvio-torrentizia, costituiti da alluvioni sabbioso-ghiaiose-ciottolose. Più nel dettaglio, facendo riferimento a quanto riportato nella “*Carta della caratterizzazione litotecnica dei terreni – Elaborato GB08a/Tavola a*” alla scala 1:10.000 allegata al PRG del Comune di Saluzzo, i depositi sono costituiti da ghiaie sabbiose con ciottoli, con passate limoso-argillose e intercalazioni di corpi lenticolari sabbiosi; presentano generalmente una copertura pressochè continua di limi sabbioso-argillosi di spessore variabile tra gli 1 m ed i 2,5 m. Sono caratterizzati da una struttura stratificata, sono terreni granulari sciolti addensati. Lo spessore complessivo risulta essere superiori ai 30 m.



4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 INDAGINI ESEGUITE IN SITO E LOCALIZZAZIONE

Ai fini di un maggior approfondimento delle indagini e per meglio permettere la caratterizzazione dei terreni caratterizzanti il sottosuolo in corrispondenza dei fabbricati sui quali sono previsti gli interventi di miglioramento sismico, in sede di sopralluogo è stato possibile definire le litologie presenti nei primi metri di sottosuolo. In particolare sono stati realizzati n. 2 pozzetti esplorativi, con profondità pari a 2,5 m; l'approfondimento oltre tale quota è stato reso difficoltoso dall'abbondante presenza di ciottoli e dal complessivo buon grado di addensamento del deposito. Successivamente è stata realizzata un'indagine sismica con metodologia MASW in corrispondenza dell'area d'intervento (vedi CTR allegata), al fine di ottenere informazioni circa la velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio riferite ai primi 30 m di sottosuolo (utili per la valutazione dell'effetto della risposta sismica locale - parametro V_{s30}) e un'indagine HVSr per la misura del rumore sismico ambientale.

Qui di seguito, si riporta un'immagine aerea con la relativa localizzazione dei pozzetti esplorativi realizzati (P1 e P2) e dell'indagine geofisica (MASW – stendimento realizzato indicato con la linea rossa).



4.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE: POZZETTI ESPLORATIVI

Al fine di individuare le litologie caratterizzanti il sottosuolo in corrispondenza dell'area oggetto d'intervento e di stimare in linea di massima le caratteristiche geotecniche dei terreni medesimi, sono stati realizzati due pozzetti esplorativi aventi le profondità indicate in precedenza.

Di seguito vengono riportate alcune immagini rappresentative relative agli scavi realizzati, che meglio chiariscono le litologie presenti nei primi metri di sottosuolo.

POZZETTO ESPLORATIVO N. 1



POZZETTO ESPLORATIVO N. 2



Sulla base di quanto riscontrato in sede di realizzazione dei pozzetti esplorativi, è stato pertanto possibile definire gli orizzonti litologici presenti nel sottosuolo e più nel dettaglio:

- **Terreno vegetale.** Spessori variabili, dell'ordine di alcuni decimetri (0,2-0,4 m). Tali terreni sono caratterizzati dalla presenza di sabbie/sabbie limose con ghiaia fine o talora con frammenti litici di dimensioni da subcentimetriche a centimetriche.



- **Terreni di riporto.** Tali terreni sono presenti immediatamente al di sotto dello strato vegetale. Sono costituiti, come visibile dalle immagini precedentemente riportate, da ciottoli da subarrotondati a subangolosi, di dimensioni da centimetriche fino talora a decimetriche immersi in una matrice da sabbiosa a sabbiosa-ghiaiosa fine, debolmente limosa, di colore marroncino-bruno, con presenza di frammenti laterizi all'interno;
- **Depositi alluvionali.** Questi depositi sono presenti a partire dal fondo dello scavo realizzato (profondità superiori ai 2 m). Sono costituiti da materiali simili a quelli soprastanti di riporto ovvero ciottoli da subarrotondati a subangolosi, di dimensioni da centimetriche fino talora a decimetriche immersi in una matrice da sabbiosa a sabbiosa ghiaiosa, debolmente limosa, di colore marroncino-bruno; presentano un buon grado di addensamento, denotato anche dalla difficoltà dell'escavatore a proseguire nello scavo a profondità maggiori a quella raggiunta.

Per quanto riguarda le prove penetrometriche realizzate a breve distanza (PP5 e PP6, si veda a tal proposito gli istogrammi riportati in allegato), queste hanno messo in evidenza la presenza di una coltre superficiale di terreno vegetale, costituita prevalentemente da materiali fini limoso-argillosi (potenza di circa 0,5-1 m), seguiti al di sotto da depositi più grossolani ghiaiosi-sabbiosi-ciottolosi in matrice fine, all'interno dei quali sono presenti intercalazioni di livelli sabbioso-limoso-argillosi. Gli istogrammi riportati in allegato, relativi alle prove penetrometriche dinamiche, mettono in evidenza le variazioni del numero di colpi ogni 20 cm con la profondità. Si nota, a tal proposito, come lo strato di copertura vegetale superficiale (0,5-1 m) sia caratterizzato da una elevata compressibilità, quindi dotato di scarsi requisiti geotecnici, mentre, i depositi sabbioso-ghiaiosi-ciottolosi sottostanti, presentano caratteristiche di portanza decisamente migliori che aumentano notevolmente con la profondità (prove interrotte per rifiuto alla profondità di 6 m la PP5 e a 3 m la PP6).

I dati necessari alla valutazione dei parametri meccanici dei terreni superficiali sono stati desunti da indagini visive e dall'esperienza maturata in interventi eseguiti in contesti del tutto analoghi a quello esaminato in aree



adiacenti, oltrechè dai dati riscontrati nella relazione geologico-tecnica allegata al PRG di Saluzzo e dai dati di letteratura specifica.

Qui di seguito verranno pertanto forniti dei valori indicativi dei principali parametri utili, relativi ai depositi riscontrati in sito.

TERRENO DI RIPORTO (VALORI PURAMENTE INDICATIVI):

- $\gamma = 1800-1900 \text{ kg/m}^3$
- $\varphi' = 30^\circ-35^\circ$
- $c = 0$

DEPOSITI ALLUVIONALI GROSSOLANI

- $\gamma = 1800-2000 \text{ kg/m}^3$
- $\varphi' = 35^\circ-38^\circ$
- $c = 0$

4.3 INDAGINE GEOFISICA: PROVA MASW

In data 6 novembre 2013, è stata eseguita un'indagine geofisica mediante una prova MASW da parte dello scrivente (elaborazione ed interpretazione dati eseguita da parte della EEG S.r.l.), per la determinazione del valore V_{s30} .

Lo scopo dell'indagine è quello di ottenere la stratigrafia di velocità delle onde trasversali V_s da cui ricavare il parametro V_{s30} . L'indagine è consistita in n. 1 stendimento geofisico, caratterizzato da 24 geofoni disposti con passo di 2 m, ai cui estremi sono stati realizzati degli scoppi.

Nome	Stendimento Geofisico	Energizzazione	Geofoni
Scuola Rosa Bianca	46 m	2	24

4.3.1 Analisi multicanale delle onde superficiali

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità



di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.



L'intero processo comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo

verticale delle V_s .

Per ottenere un profilo V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Dei valori approssimati per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale V_s dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando



misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Reyleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

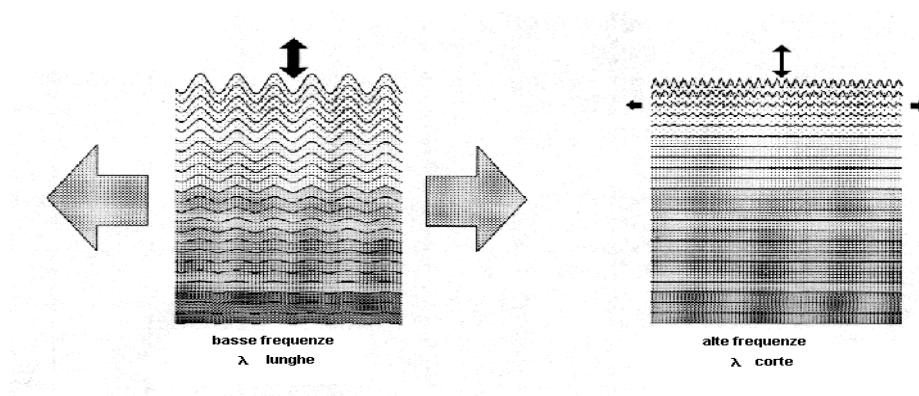
La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma,



una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x ; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione. E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo V_s di inversione.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).



L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le



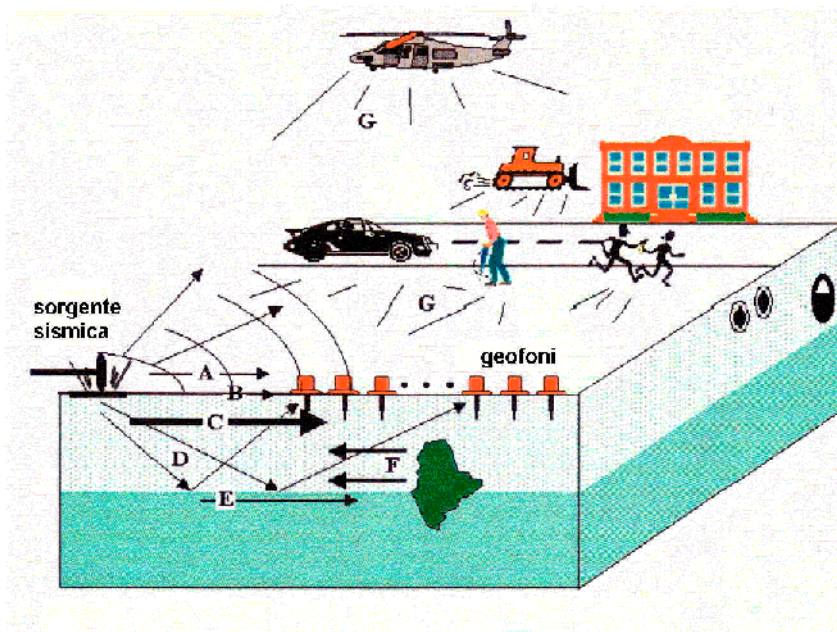
componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

La strumentazione utilizzata è costituita da :

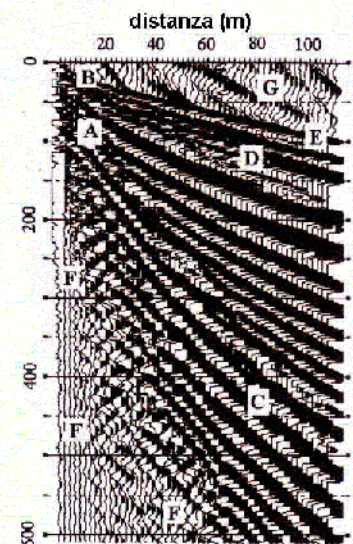
- un sismografo EEG BR24 24 canali
- 24 geofoni a 4.5Hz
- fucile sismico o una mazza da 6 Kg

VANTAGGI DELLA REGISTRAZIONE MULTICANALE

Acquisizione multicanale



Sismogramma multicanale

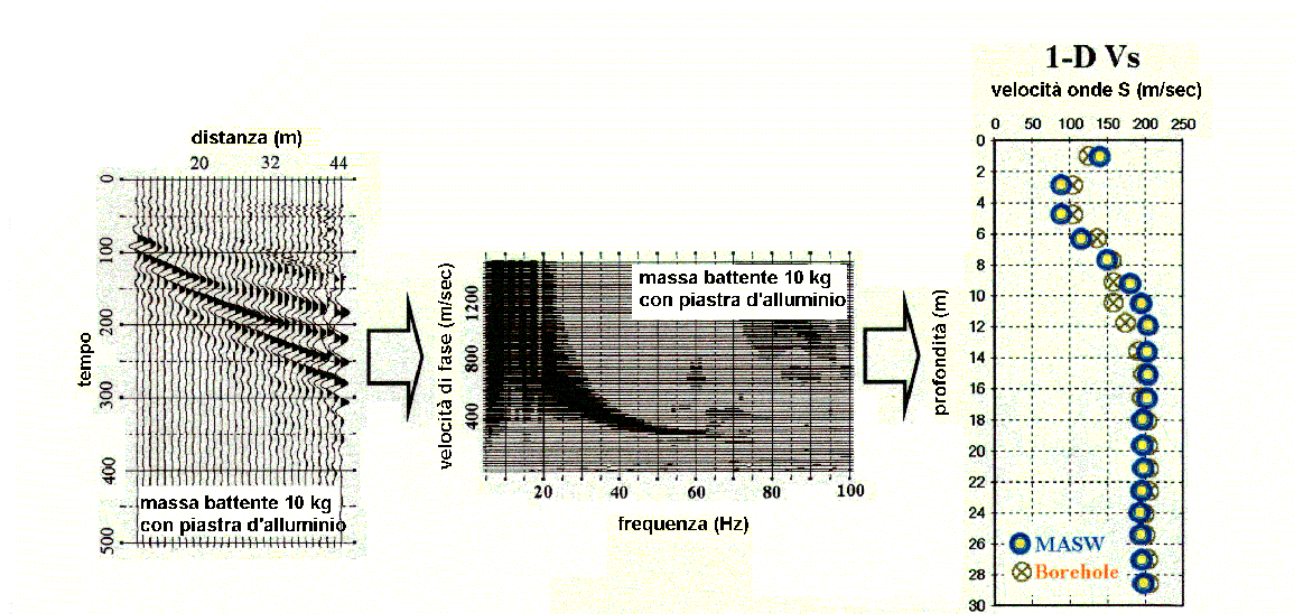


A: onde in aria	E: onde rifratte
B: onde dirette	F: onde riverberate
C: onde di superficie	G: rumore ambientale
D: onde riflesse	



Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.

DESCRIZIONE GENERALE DELLA PROCEDURA MASW



La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 1- acquisizione dei dati di campo;
- 2- estrazione della curva di dispersione;
- 3- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s (profilo 1-D) che descrive la variazione di V_s con la profondità



4.3.2 Risultati indagine MASW

In allegato si riportano i risultati della prova MASW realizzata. Facendo riferimento alla scheda allegata, nel riquadro in alto a sinistra è riportata l'immagine di dispersione dell'energia sismica. Al di sotto è riportata l'estrazione della curva di dispersione eseguita sull'immagine precedente.

Ancora sotto sono riportati i grafici relativi al modello del terreno, sia sotto forma di stratificazione V_s (spezzata di colore blu) che di Modulo di Taglio (spezzata verde). Per il calcolo del modulo di taglio è stata usata una formula approssimata per la valutazione della densità, non nota. La formula utilizzata è la seguente:

$$\text{Densità} = 1,5 + V_s/1000$$

Poiché il valore del modulo di taglio G in MegaPascal si ottiene dalla formula

$$G = V_s \times V_s \times \text{Densità} / 10^3$$

è facile ricalcolare il modulo G esatto quando si disponesse di valori più precisi di densità.

Con una curva di colore rosso è stato tracciato il valore di V_s progressiva.

Dalla curva si può quindi ricavare il valore di V_{s10} , V_{s20} e così via, e quindi anche il valore di V_{s30} , quest'ultimo ovviamente alla profondità 30.

A destra è visibile il sismogramma mentre in basso è riportato il valore del parametro V_{s30} calcolato utilizzando la stratigrafia V_s e la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i – esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.



Il sito verrà classificato sulla base del valore di V_{S30} come riportato nella seguente tabella:

Grado	Classe	Velocità sismica (m/s)
Molto buono	A	$V_{S30} > 800$
Buono	B	$360 < V_{S30} < 800$
Discreto	C	$180 < V_{S30} < 360$
Sufficiente	D	$V_{S30} < 180$
Insufficiente	E	Strati sup. all. (5 – 20 m) tipo C e D soprastanti substrato tipo A
Molto scadente	S1	$V_{S30} < 100$
Pessimo	S2	$V_{S30} < 50$

La stratigrafia V_s riportata nelle tavole allegate è quella utilizzata per il calcolo del V_{S30} ed è sismicamente equivalente e ragionevolmente prossima alla stratigrafia reale ma probabilmente non esattamente coincidente.

L'indagine realizzata ha permesso di individuare pertanto la categoria di sottosuolo sulla base del parametro V_{S30} ottenuto pari a **503 m/s**; tale tipologia di terreno, facendo riferimento al paragrafo 3.2.2. delle NTC 2008, ricade all'interno della categoria di **sottosuolo B**:

“depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s...”.



4.4 PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA: HVSR

La metodologia sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) misura il rumore sismico ambientale che è presente ovunque sulla superficie terrestre, ed è prodotto dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, microterremoti, vento) e dall'attività antropica.

Il rumore sismico ambientale viene anche chiamato *microtremore* in quanto costituito da oscillazioni di piccolissima ampiezza se confrontate con quelle associate ai terremoti.

La denominazione di sismica passiva dipende dal fatto che il rumore non viene generato *artificialmente*, come nelle energizzazione della sismica attiva, ma è presente naturalmente.

In qualsiasi luogo pianeggiante sono sempre presenti delle vibrazioni associate alle onde oceaniche con dei picchi a 0,14 e 0,07 Hz. A questo comportamento spettrale di “fondo”, sempre presente in varia forma e soggetto a scarsissima attenuazione, si sovrappongono le sorgenti locali dovute alle attività antropiche (traffico, macchinari ecc.) e naturali. L'effetto di queste sorgenti locali è soggetto ad attenuazioni quanto maggiori all'aumentare della frequenza e dovute all'assorbimento anelastico associato all'attrito interno delle rocce e dei terreni.

La metodologia HVSR è stata introdotta da Nakamura (1989) per la determinazione delle frequenze di risonanza dei terreni e la stima dell'amplificazione sismica locale, elementi di grande utilità per l'ingegneria sismica.

La frequenza fondamentale di risonanza (F) dello strato di terreno n è data dalla formula:

$$F_n = V_s / 4 h$$

in cui V_s è la velocità media delle onde S nello strato N ed h è lo spessore.

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati. Viceversa, nota la stratigrafia è teoricamente possibile fornire una valutazione approssimativa della velocità delle onde S nei singoli strati.



Sismografo EEG con geofono triassiale in fase di acquisizione



I risultati (grafici) visibili in allegato, sono stati ottenuti mediante impiego di un geofono triassiale EEG ed elaborati con software EEG:

- il segnale dei velocimetri (3) è acquisito in sito per un tempo t , e digitalizzato a 16 bit con due linee di preamplificatori .

Per ciascuna delle 3 componenti del moto, il software esegue le seguenti elaborazioni:

- divide il tracciato acquisito in finestre di lunghezza L (in questo lavoro generalmente 26 s);
- elimina il trend da ciascuna finestra;
- fa il “pad” di ciascuna finestra con degli zero;
- calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
- calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
- liscia lo spettro di ogni finestra secondo opportuno smoothing;
- calcola il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.

La funzione HVSR finale è data dalle media degli HVSR di ciascuna finestra.



5 INQUADRAMENTO SISMICO

5.1 DETERMINAZIONE DELLE AZIONI SISMICHE

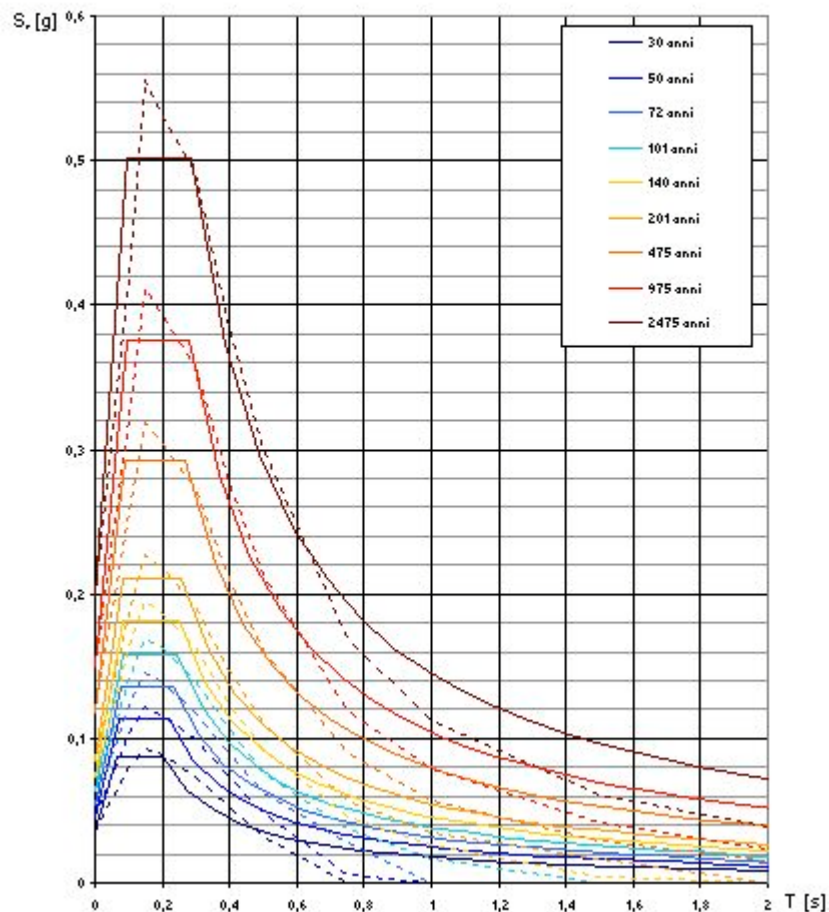
L'area di intervento, come l'intero territorio comunale di Saluzzo, secondo la normativa vigente (classificazione sismica entrata in vigore a seguito dell'approvazione della D.G.R. n. 4-3084 del 12/12/2011 – B.U.R.P. n. 50 del 15/12/2011), riguardante la classificazione sismica dei comuni piemontesi (D.G.R. 11-13058 del 19/01/2010), è compreso all'interno della **Zona 3**.

Per la determinazione delle azioni sismiche, è stato utilizzato il foglio di calcolo reso disponibile dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (sito internet www.cslp.it – Spettri di risposta ver. 1.0.3.). Per la definizione degli spettri di risposta relativi ad uno stato limite viene effettuata in tre fasi: individuazione della pericolosità del sito (mediante l'immissione delle coordinate del sito), scelta della strategia di progettazione e determinazione dell'azione di progetto.

Nella prima fase è possibile ricavare lo spettro di risposta elastico per i periodi di ritorno T_R di riferimento e vengono definiti i valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento.



Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



Per quanto riguarda invece la seconda fase, viene definita la strategia di progettazione, in particolare vengono attribuiti i valori di vita nominale e la classe d'uso dell'opera strutturale (punti 2.4.1 e 2.4.2 delle NTC); da tali valori è possibile ottenere il periodo di riferimento per l'azione sismica (punto 2.4.3 delle NTC).

Nel caso specifico sono stati adottati i seguenti parametri:

$V_N = 50$ anni (opere ordinarie)

$C_U = 1,5$ coefficiente relativo alla classe d'uso III (Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso).



$V_R = 75$ anni, dato dal prodotto di $V_N \cdot C_U$

Dopo aver inserito i parametri suddetti, è possibile ricavare gli spettri di risposta elastici per i diversi stati limite. Nella tabella successiva, vengono riportati i valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno associati a ciascuno stato limite.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	45	0,044	2,466	0,216
SLD	75	0,056	2,483	0,234
SLV	712	0,135	2,496	0,274
SLC	1462	0,169	2,516	0,282

5.2 VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' A LIQUEFAZIONE

Il D.M. 14 gennaio 2008 prevede, al punto 7.11.4.3.2, che la verifica della suscettibilità a liquefazione di un deposito possa essere omessa qualora si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5
- Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0,1g
- Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali
- Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (CPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa
- Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella seguente Figura 1 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità



$U_C < 3,5$ e nella Figura 2 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_C > 3,5$

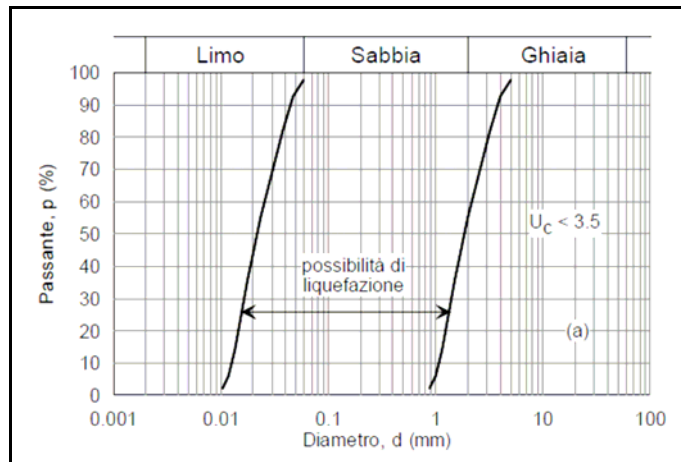


FIGURA 1

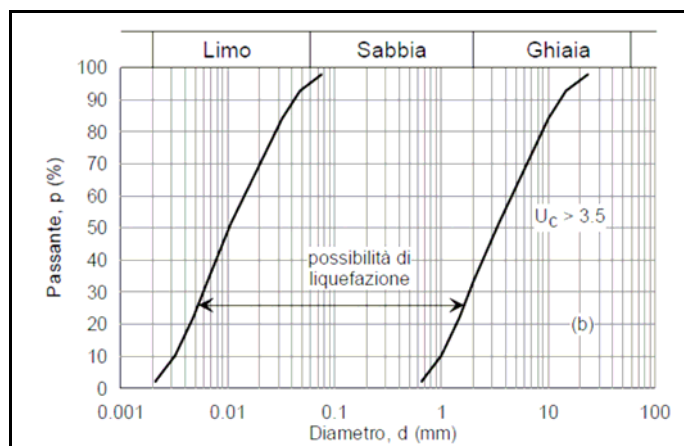


FIGURA 2

Applicazione del metodo al caso specifico

Per ciò che concerne la possibilità di liquefazione dei terreni nell'area analizzata, questa può essere ragionevolmente omessa, in considerazione della tipologia di depositi caratterizzanti il sottosuolo nel settore indagato. In effetti, sulla base dei dati litostratigrafici analizzati, i terreni sono costituiti da depositi prevalentemente grossolani (ghiaie sabbiose con ciottoli) con presenza di passate limoso-argillose e intercalazioni di corpi lenticolari sabbiosi (depositi di origine alluvionale), mentre non si riscontra la presenza di livelli sabbiosi omogenei e/o con estensioni areali rilevanti. Per quanto riguarda la falda idrica superficiale, si precisa inoltre che questa è posta a profondità superiori ai 15 m (sono presenti soltanto modesti livelli con falde sospese).



6 CONCLUSIONI

Il presente studio, sulla base delle indagini eseguite in loco e della documentazione reperita, ha permesso di risalire ai principali parametri geotecnici dei terreni caratterizzanti il sottosuolo in corrispondenza dell'area sulla quale è previsto l'intervento di miglioramento sismico sui fabbricati della Scuola Media Rosa Bianca, nel territorio comunale di Saluzzo.

Nel rispetto delle note tecniche espresse nella presente relazione, durante le indagini è emerso che non sussistono particolari problematiche dal punto di vista geotecnico, per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione (per maggiori dettagli in merito ai principali parametri dei terreni si faccia riferimento all'apposito paragrafo). Sulla base dei pozzetti esplorativi realizzati, è stato possibile intuire come le litologie caratterizzanti i primi metri di sottosuolo siano costituite nei primi 2 m circa da terreni di riporto (terreno vegetale nei primi 0,2-0,4 m e al di sotto da ciottoli da subarrotondati a subangolosi, di dimensioni da centimetriche fino talora a decimetriche immersi in una matrice da sabbiosa a sabbiosa-ghiaiosa fine, debolmente limosa, di colore marroncino-bruno, con presenza di frammenti laterizi all'interno), mentre a profondità superiori si riscontra la presenza di depositi alluvionali con caratteristiche del tutto simili ai precedenti ma con grado di addensamento maggiore (sono costituiti da ciottoli da subarrotondati a subangolosi, di dimensioni da centimetriche fino talora a decimetriche immersi in una matrice da sabbiosa a sabbiosa ghiaiosa, debolmente limosa, di colore marroncino-bruno).

Sulla base dell'assetto geologico locale e dei dati relativi all'indagine geofisica realizzata in sito (indagine MASW) è stata attribuita ai terreni la **categoria B di sottosuolo** secondo quanto disposto dal D.M. 14 gennaio 2008 (paragrafo 3.2.2 delle Norme tecniche per le costruzioni) e **classe di amplificazione topografica T1**.

IL TECNICO

Dott. Geol. Francesco Lombardo
Ordine Regionale Geologi Piemonte
n° 735



INDICE

1	INTRODUZIONE	1
2	INQUADRAMENTO GENERALE	2
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	2
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	4
4.1	INDAGINI ESEGUITE IN SITO E LOCALIZZAZIONE	4
4.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE: POZZETTI ESPLORATIVI	5
4.3	INDAGINE GEOFISICA: PROVA MASW	8
4.4	PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA: HVSr	16
5	INQUADRAMENTO SISMICO	18
5.1	DETERMINAZIONE DELLE AZIONI SISMICHE	18
5.2	VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' A LIQUEFAZIONE	20
6	CONCLUSIONI	22

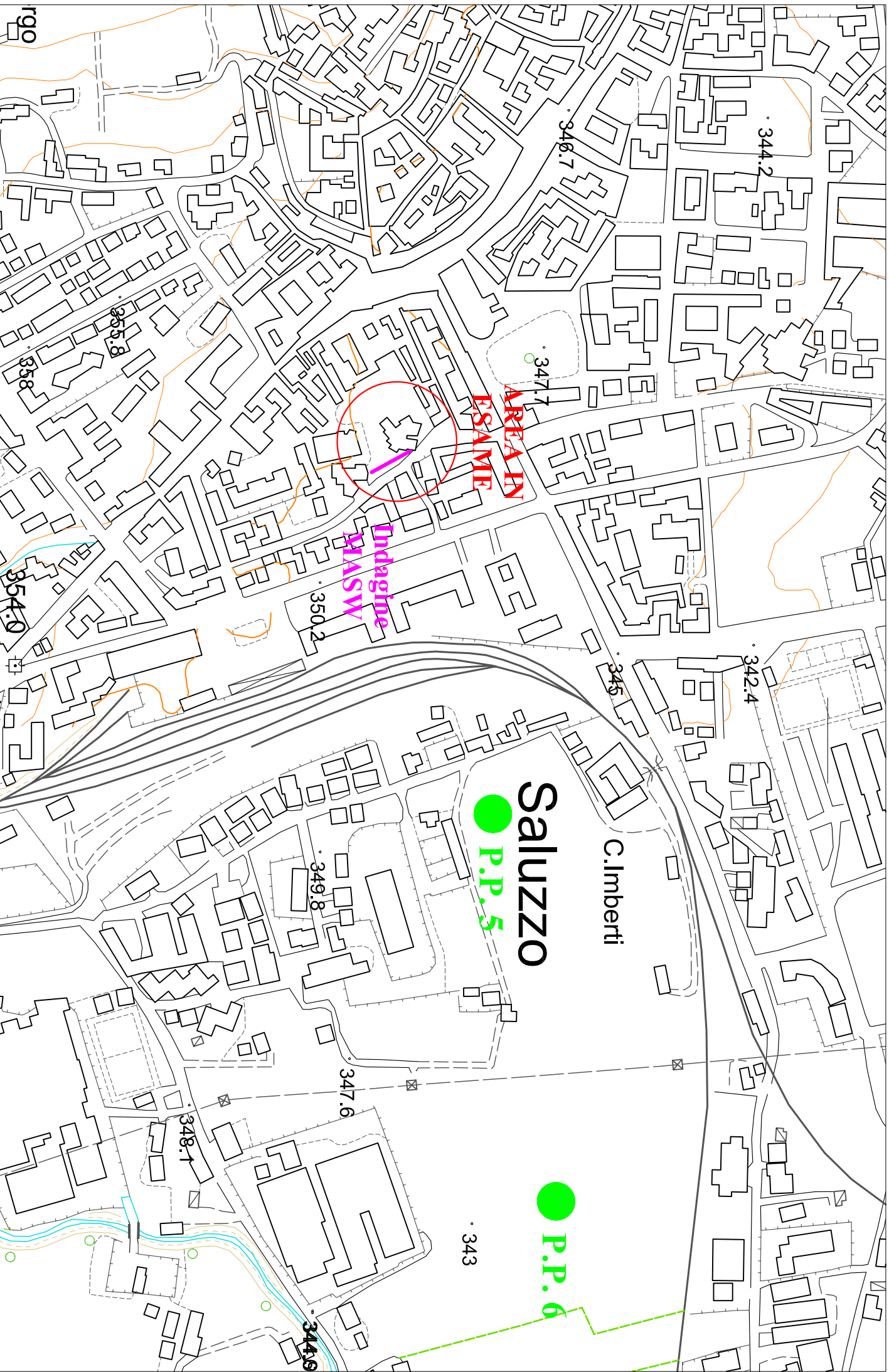


ALLEGATO 1

CTR alla scala 1:5.000 – Ubicazione dell’area oggetto
d’intervento, delle prove penetrometriche reperite e
dell’indagine geofisica realizzata



**CTR ALLA SCALA 1:5.000 - LOCALIZZAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO, DELLE PROVE
PENETROMETRICHE REPERITE E DELL'INDAGINE GEOFISICA REALIZZATA**



ALLEGATO 2

Istogrammi relativi alle prove penetrometriche reperite
PP5 e PP6



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TIPO DPSH (ISSMFE)

MAGLIO 63,5 Kg : CADUTA 0,75 m : ANGOLO AP. PUNTA 90°
 DIAMETRO PUNTA 50,5 mm : LAVORO SPECIFICO PER COLPO 234 kJ/mq

N° 5

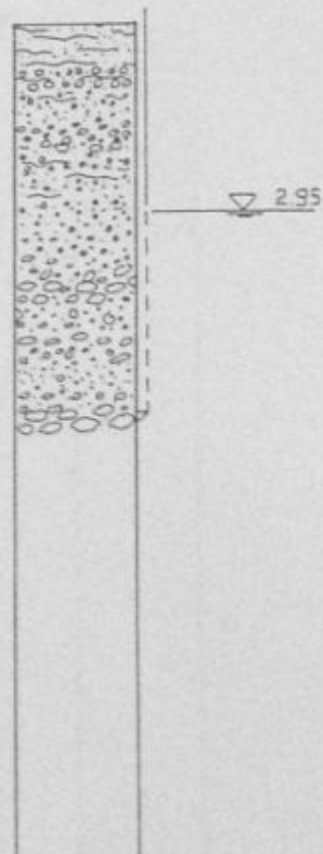
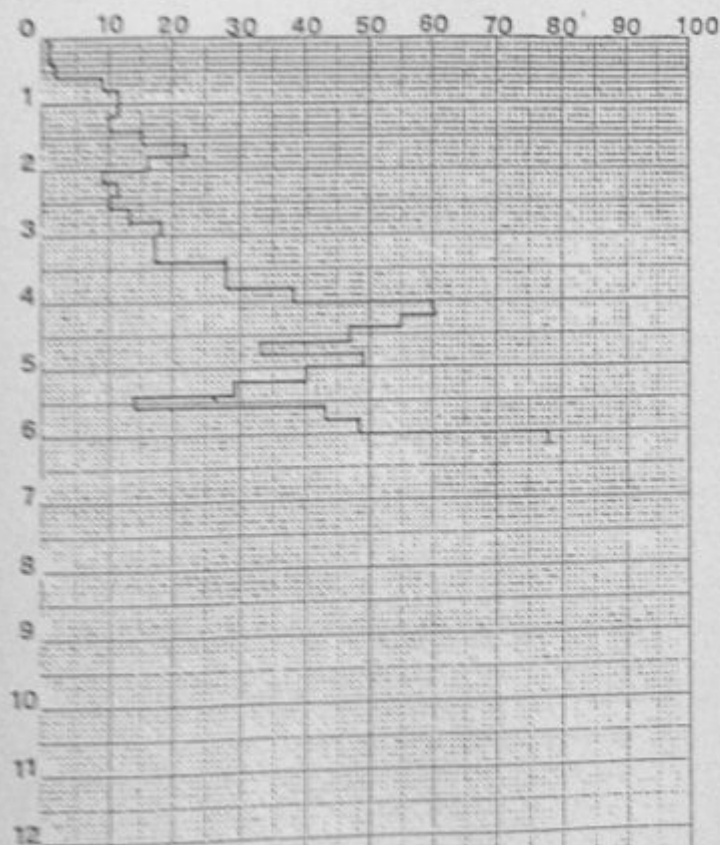
LOCALITA' INTERSEZIONE CCN STRADA PROVINCIALE DI CERVIGNASCO

QUOTA m s.l.m. 325,4

NOTE : ATTR. CON PIEZOMETRO

N 20 (N° COLPI OGNI 20 cm)
 Z(m)

Terreni Falda



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TIPO DPSH (ISSMFE)

MAGLIO 63,5 Kg ; CADUTA 0,75 m ; ANGOLO AP. PUNTA 90°
 DIAMETRO PUNTA 50,5 mm ; LAVORO SPECIFICO PER COLPO 234 kJ/mq

N° 6

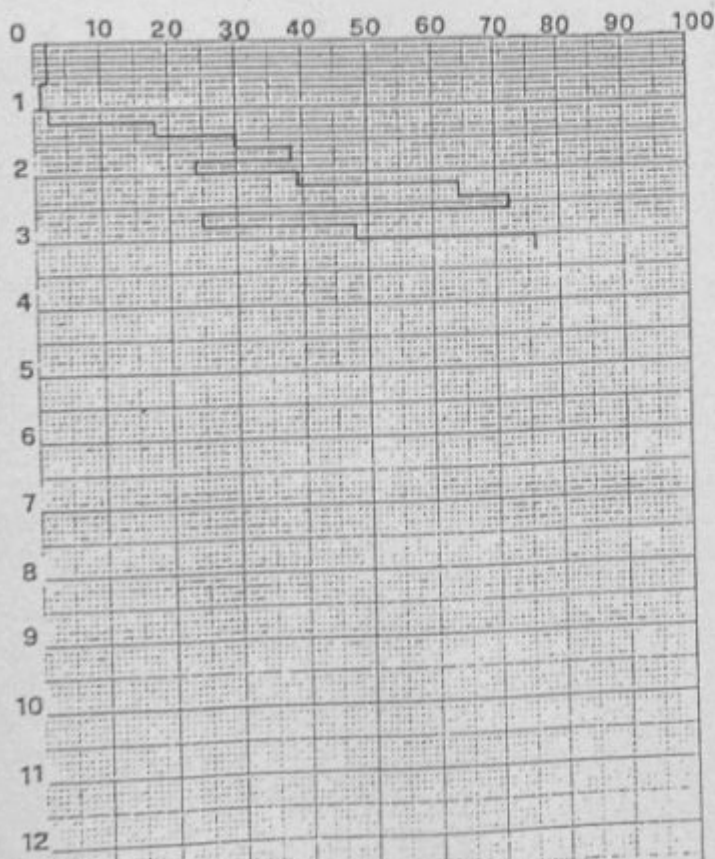
LOCALITA' INTERSEZIONE CON STRADA PROV. DI VILLAFALLETTO

QUOTA m s.l.m. 358,1

NOTE :

N 20 (N° COLPI OGNI 20 cm)
 Z(m)

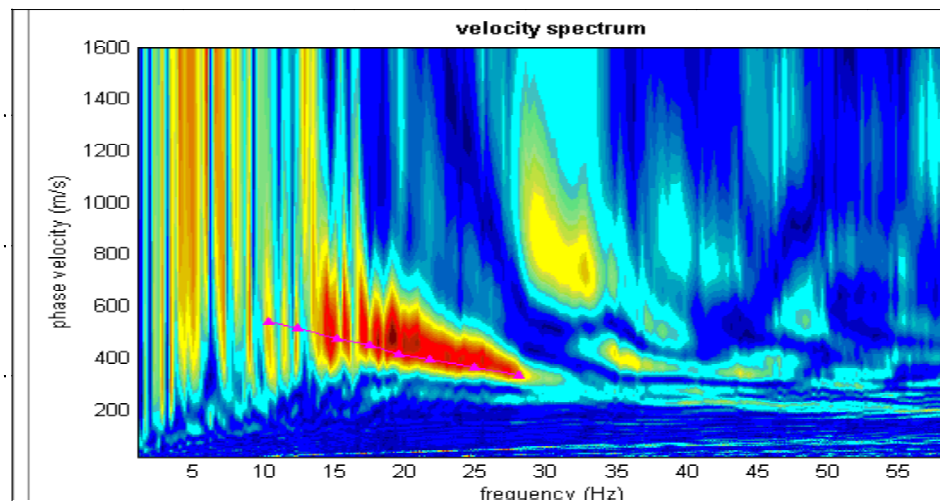
Terreni Falda



ALLEGATO 3

Risultati dell'indagine MASW realizzata in sito

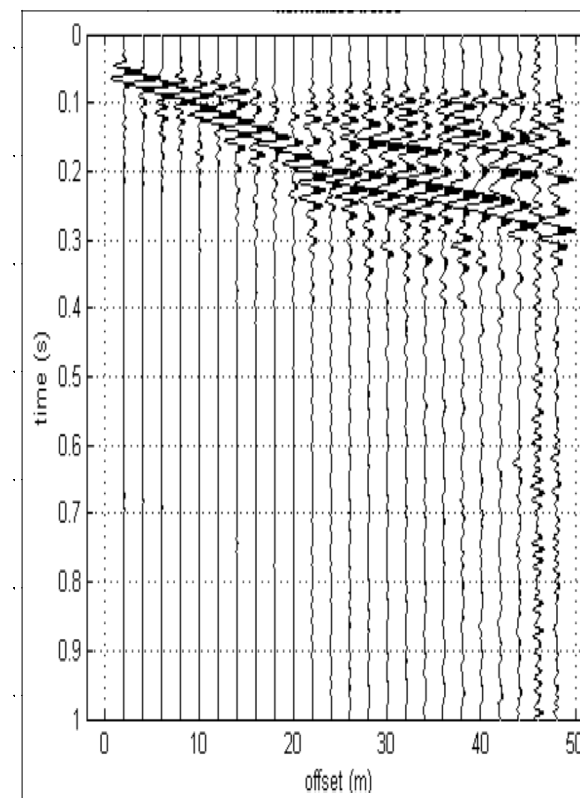




LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpascal)
- VsX

Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula $D = 1.5 + V_s/1000$



Sismogramma

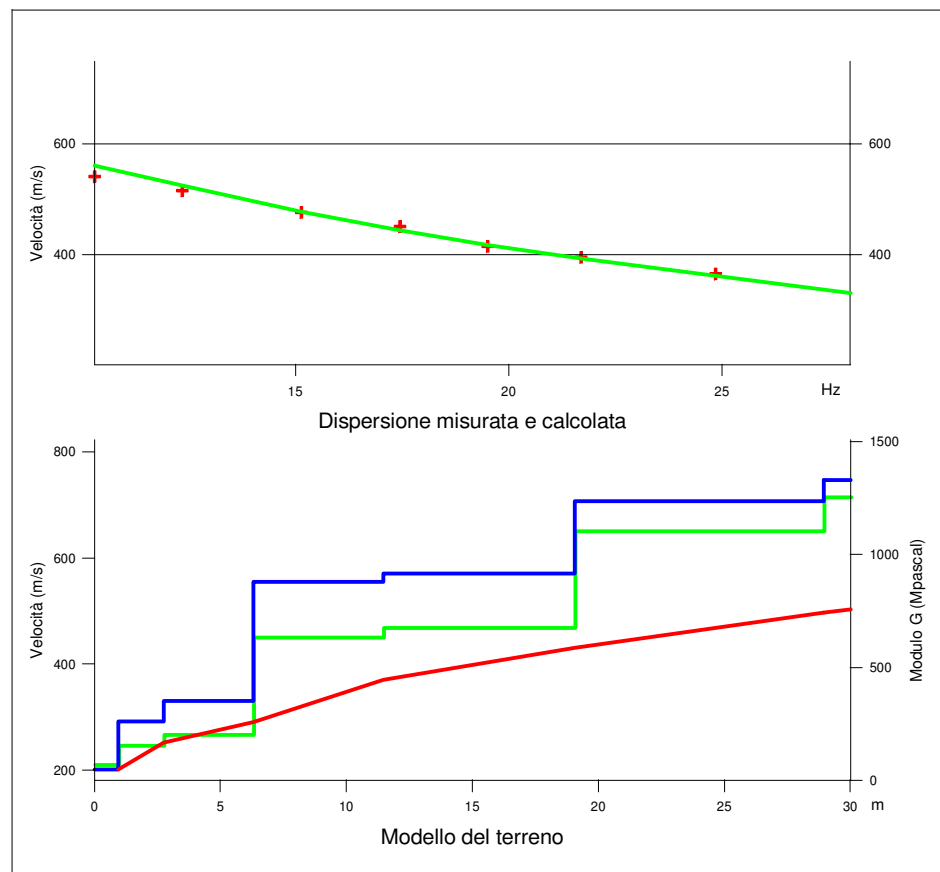


TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.9	201	.0047	201	69
.9	2.8	292	.0062	252	152
2.8	6.3	331	.0107	291	201
6.3	11.5	555	.0093	370	633
11.5	19.1	571	.0133	431	675
19.1	28.9	707	.014	497	1103
28.9	30	747	.0014	503	1254

VALORE CALCOLATO VS30 = 503 m/s

PROVA SISMICA VS30

Studio Geologico Lombardo Dott. Francesco

Comune di Saluzzo

Metodologia MASW

VELOCITA' DELLE ONDE S

All. 2/a

Novembre 2013

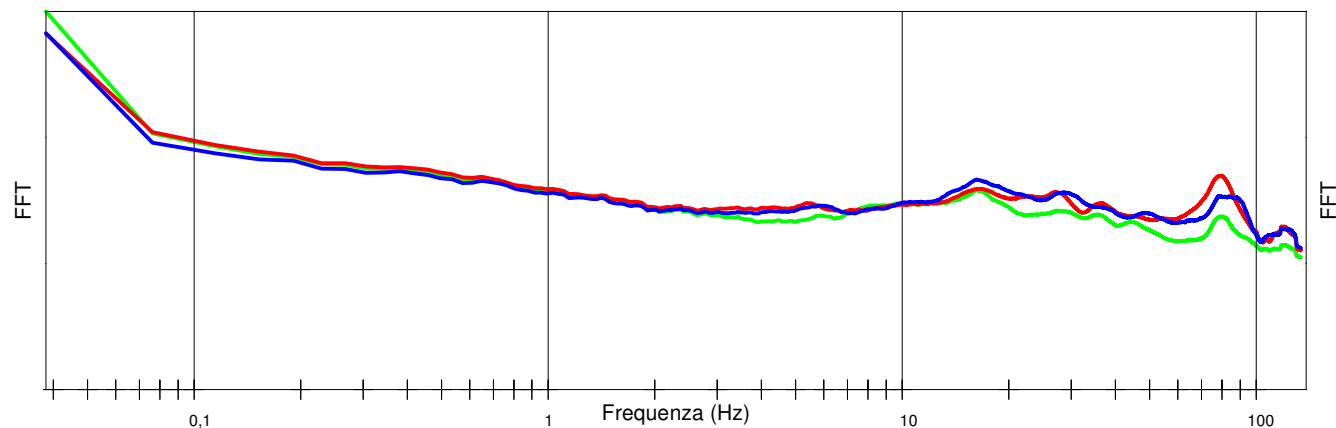
EEG
GEOFISICA
ELABORAZIONE DATI

ALLEGATO 4

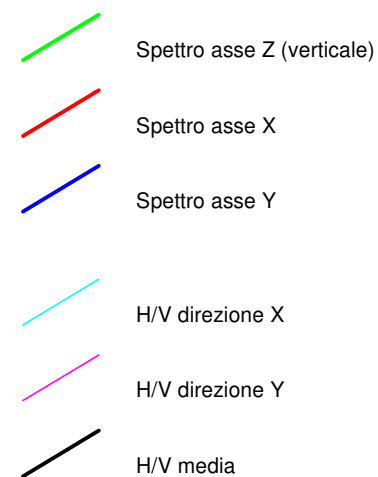
Risultati grafici relativi all'acquisizione HVSR



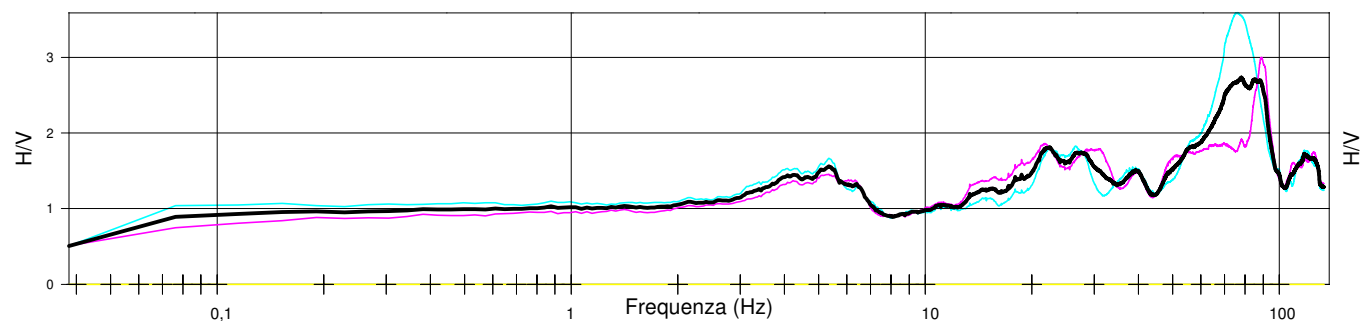
COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



LEGENDA



RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE

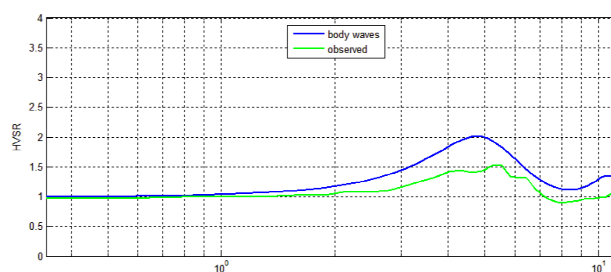
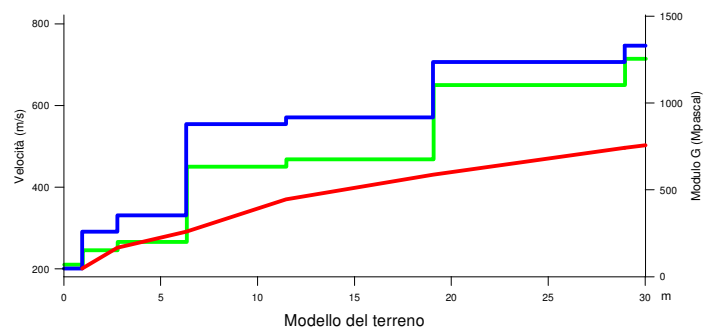


Durata della registrazione 20' 32.1"

Campionamento 10 KHz

Finestra di campionamento 26,2 s

Debole Picco alla frequenza: 5 Hz



PROVA H/V

Studio Geologico Lombardo Dott. Francesco

Comune di Saluzzo

Metodo Nakamura

**SPETTRI DI FREQUENZA
PROVA G10318**

All. 2/b

Novembre 2013

EEG
GEOFISICA
ELABORAZIONE DATI