



COMUNE DI RIVALTA

Valutazione capacità sismica e studio di prefattibilità degli interventi di consolidamento strutturale, miglioramento efficienza energetica e impianto termico

Scuola Elementare Europa Unità
Fraz. Tetti Francesi, Via Fossano 7

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Pinerolo, 4 giugno 2018



Dott. Geol. Dario Fontan
Via Marino, 9
10064 – Pinerolo (TO)
Cell.342-67-87-481
P.IVA 11438120013
CF: FNTDRA62C29L013M
mail: geolfontan@gmail.com
PEC: dario.fontan@epap.sicurezza postale.it



1. PREMESSA

La presente relazione geologica e sismica, redatta ai sensi del D.M. 17.01.2018, si riferisce al progetto di "Valutazione capacità sismica e studio di prefattibilità degli interventi di consolidamento strutturale, miglioramento efficienza energetica e impianto termico" della Scuola Elementare Europa Unita sita in comune di Rivalta come indicato dal cerchio rosso in figura 1.

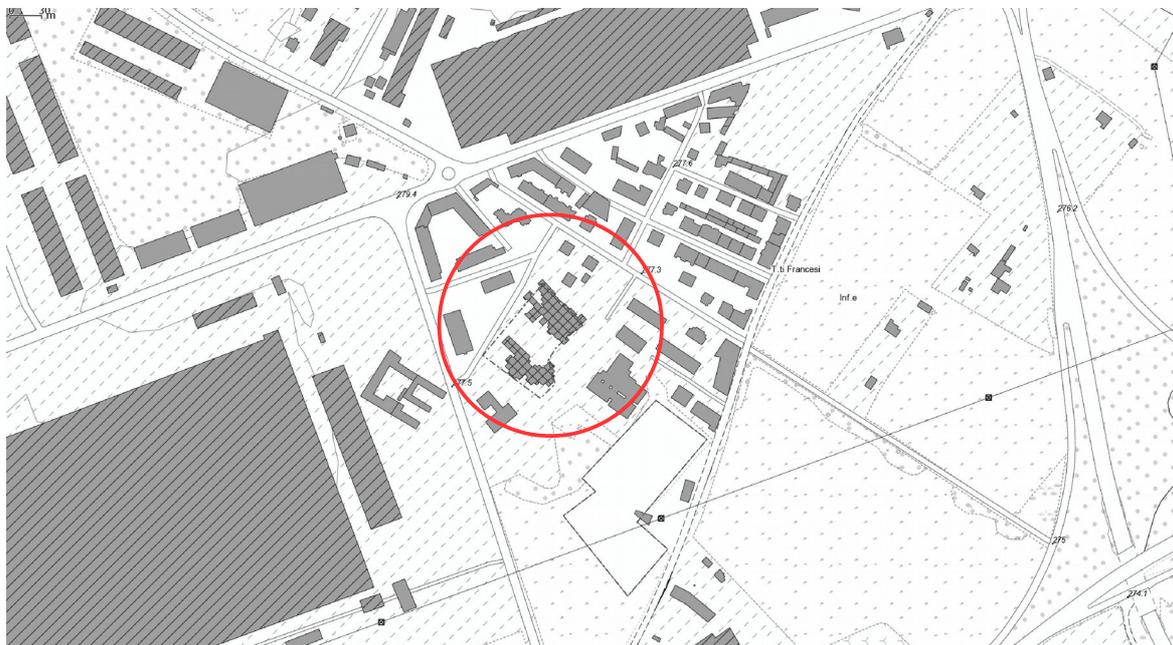


Figura 1 - Ubicazione dell'edificio scolastico.

2. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

Da quanto emerge dagli studi geologici allegati al PRGC vigente, il territorio comunale di Rivalta di Torino è posto al limite sud orientale dell'Anfiteatro Morenico di Rivoli Avigliana, in un tratto in cui quest'ultimo si raccorda alla pianura. Dal punto di vista geomorfologico si possono distinguere nettamente due zone:

- una collinare, situata a N W dall'abitato, avente una quota massima di 414 m s.l.m.;
- una pianeggiante, leggermente degradante sia verso il corso del T. Sangone, sia verso la pianura torinese, avente una quota media di circa 270 m s.l.m..

Come si osserva nella Figura 2, la zona collinare è costituita da rilievi di origine glaciale (corrispondenti ai Depositi Morenici Mindeliani del F.56 Torino della C.G.I.) che, a motivo della lunga esposizione agli atmosferici, presentano una morfologia particolarmente addolcita; ad essi si innesta, verso S E, una serie di ripiani alluvionali terrazzati, costituenti l'area di pianura (corrispondenti ai Depositi Fluvioglaciali e Fluviali Mindel Riss e ai Depositi Alluvionali Postwurmiani Olocenici del F.56 Torino, della C.G.I.).

Sulla base di sondaggi profondi realizzati a scopo di ricerca idrica con finalità idropotabile, è possibile ricostruire il modello del sottosuolo mediante n. 2 sezioni lito-stratigrafiche rappresentative, riportate in Figura 4. I materiali sciolti grossolani, ricollegabili ai depositi fluvioglaciali mindeliano-rissiani ed a quelli post-glaciali olocenici, sono caratterizzati da una potenza variabile tra 40 e 50 m. Più in profondità la successione prosegue con un'alternanza di

livelli ghiaioso sabbiosi e livelli limoso-argillosi di età Pliocene Sup. – Pleistocene Inf. (Villafranchiano Auct.).

Tali alternanze proseguono fino ad almeno 187 m da p.c., come evidenziato in particolare dalle stratigrafie dei pozzi dell'acquedotto comunale. Nessuna delle indagini geognostiche reperite nel territorio comunale ha mai incontrato il substrato roccioso, almeno fino alla suddetta profondità di 187 m (cf. stratigrafia del Pozzo Caudano). Da evidenziare che a sud del T. Sangone scompaiono o comunque diminuiscono i livelli conglomeratici ("ceppo"). (il paragrafo è stato tratto dalla relazione geologica tecnica allegata agli studi di micronazione sismica di primo livello MS1 del PRGC a firma del Prof. Geol. Giancarlo Bortolami).

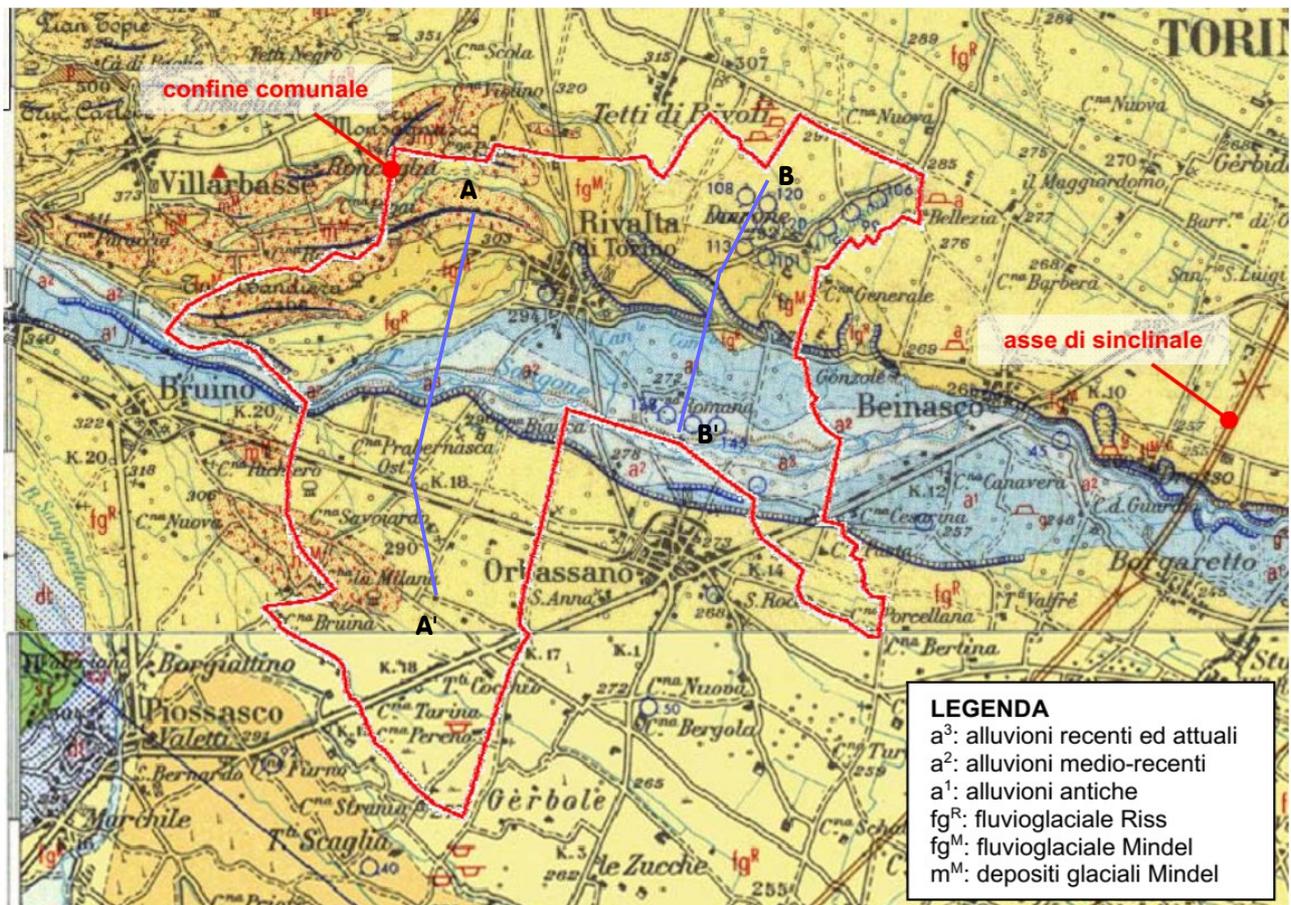


Figura 2 - Stralcio dei Fogli n. 56 (Torino) e n. 68 (Carmagnola) della Carta Geologica d'Italia (scala originaria 1:100.000) con le tracce indicative delle sezioni geologiche riportate nelle seguente figura.

Nel foglio Torino Ovest della Carta Geologica d'Italia alla scala 1/50000 n. 155 il settore di pianura di Rivalta ricade in due subsistemi appartenenti rispettivamente ai sistemi di Palazzolo (CSN) e di Bennale (BEN).

CSN_{3b} Subsistema di Ghiaia Grande (Olocene - Attuale). I depositi di questa unità costituiscono gli attuali fondovalle del T. Sangone. L'unità è costituita da depositi fluviali ghiaiosi a prevalente supporto di clasti, da depositi ghiaioso-sabbiosi con tessitura a supporto di matrice e da depositi sabbioso-siltosi con locali intercalazioni ghiaiose.

BEN_{2b} Subsistema di Cascine Vica (Pleistocene Medio). I sedimenti appartenenti a questo subsistema costituiscono estesi lembi caratterizzati da una superficie ondulata e suolo, con spessore di alterazione di alcuni metri, di colore rosso scuro e bruno rossastro. Sono costituiti da

sabbie ghiaiose e ghiaie eterometriche con clasti subarrotondati immersi in una matrice sabbioso-siltosa (depositi fluvioglaciali). La porzione sommitale è spesso costituita da una potente coltre di silt sabbiosi interpretati come antichi sedimenti di loess eolico intensamente pedogenizzati ed argillificati. La superficie di appoggio basale di questi sedimenti, di natura erosiva, si sviluppa prevalentemente nel substrato pre-pleiocenico e nei sedimenti in “facies villafranchiana”.



Figura 3 - Stralcio Carta Geologica d'Italia foglio 155 Torino Ovest (non in scala). Il sito d'interesse ricade presso il limite del foglio.

Secondo la Carta d'Italia, la scuola elementare Europa Unita ricade nel Subsistema di Cascine Vica (Pleistocene Medio) qui riconoscibile per terreni superficiali rossastri ed una lieve ondulazione del terreno.

3. ASSETTO IDROGEOLOGICO

L'assetto idrogeologico del sottosuolo del territorio comunale di Rivalta è visualizzato in Figura 4 ed è riconducibile a due complessi, uno superficiale denominato “Complesso I”, ed uno più profondo denominato “Complesso II”.

Il primo, costituito per lo più da depositi sciolti grossolani, è caratterizzato da un'elevata permeabilità e contiene una falda idrica a superficie libera.

Il Complesso II è invece costituito da un'alternanza di livelli ghiaioso-sabbiosi, contraddistinti da elevata permeabilità, e livelli limoso-argillosi che funzionano da setti impermeabili. I livelli permeabili sono sede di un importante sistema multifalde in pressione.

Sulla base di rilievi piezometrici del dicembre 1999 e dell'ottobre 2006 la piezometria della falda idrica superficiale presenta una direzione principale di deflusso è NW-SE, con gradiente idraulico medio di circa 1.4%.

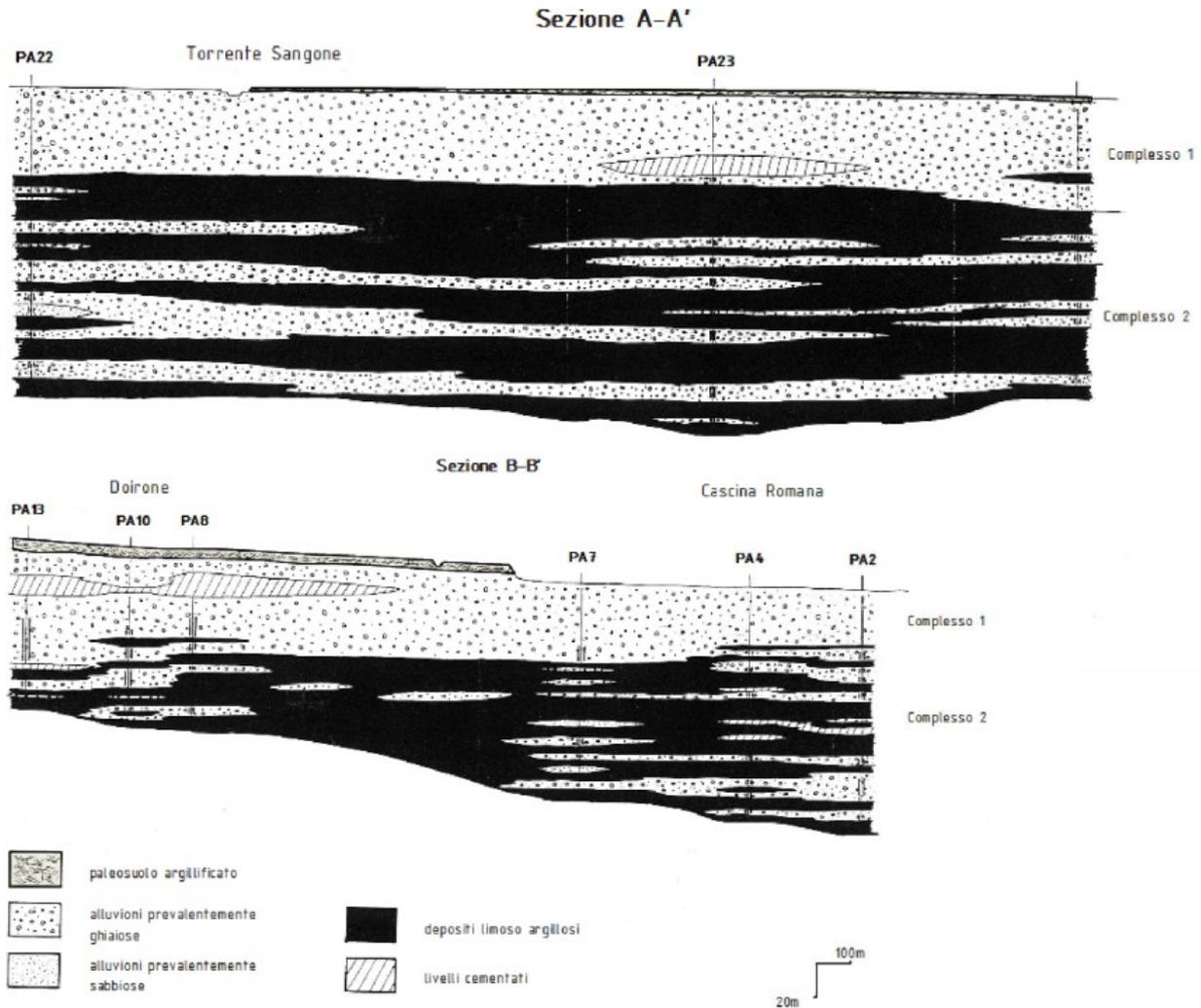


Figura 4 - Assetto idrogeologico schematico lungo le sezioni A e B

Il Complesso I è formato da depositi fluviali e fluvio-glaciali quaternari, praticamente indifferenziati per mancanza di riscontri attendibili che consentano una loro eventuale suddivisione in profondità, ed ha una potenza variabile tra 40 e 50 m. L'età complessiva è compresa tra l'Olocene e il Pleistocene medio. In superficie, un paleosuolo ben argillificato di colore rosso arancio e spessore ridotto risulta conservato e affiorante solo in destra Sangone, in corrispondenza al ripiano di età rissiana. Entro questi depositi fluviali e fluvio-glaciali sono compresi vari livelli conglomeratici, anche molto cementati, distribuiti in modo discontinuo a varie profondità. Il materasso alluvionale quaternario mostra una potenza variabile tra 30 m nell'area di Cascina Romana e 45-50 m più a Nord, nell'area di Doirone, dove la serie non è più indifferenziata, ma frazionata da varie intercalazioni conglomeratiche cementate, che possono confinare localmente la falda idrica, dandole caratteristiche di falda in pressione.

In ambedue le sezioni, al di sotto della sequenza quaternaria, è chiaramente evidenziabile il Complesso II, formato da alternanze di depositi limoso-argillosi, localmente torboso-lignitiferi, e

depositi ciottoloso-ghiaioso-sabbiosi ben permeabili; tale facies corrisponde al cosiddetto "Villafranchiano"; l'età complessiva è compresa tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore.

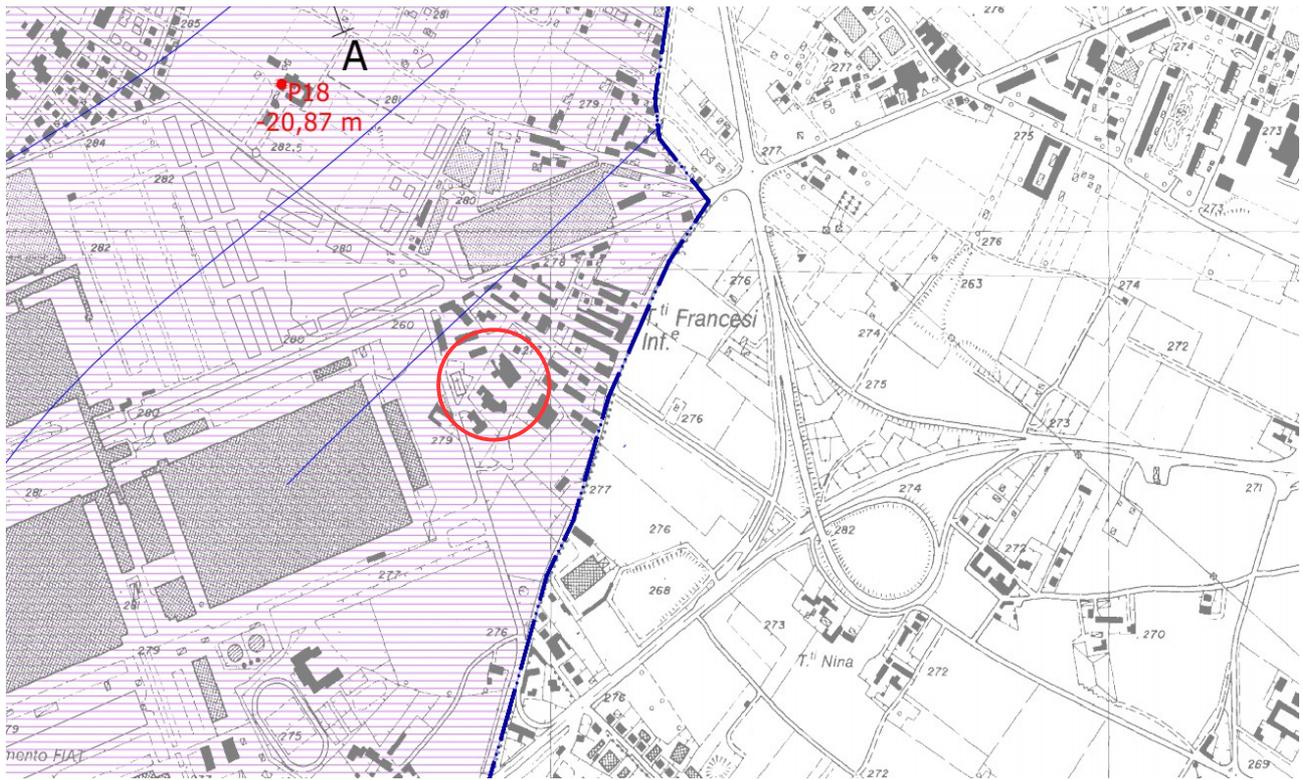


Figura 5 - Stralcio della carta idrogeologica del PRGC.

Sulla base degli studi idrogeologici del PRGC la soggiacenza della falda nel sito d'interesse si attesta a circa 17 m di profondità dal piano campagna.

4. MICROZONAZIONE SISMICA DI PRIMO LIVELLO

Lo studio di microzonazione sismica di primo livello effettuato ed allegato al PRGC riconosce la presenza, nelle zone di interesse, sulla base delle indagini reperite e del contesto geologico-geomorfologico una zona stabile suscettibili di amplificazione locali (Zona 1).

La stratigrafia schematica della Zona 1 è rappresentata da terreni di copertura che dall'alto verso il basso da sono in linea generale costituiti da (Figura 6):

- ◆ limi argillosi e limi sabbiosi poco consistenti (suolo/paleosuolo, loess). Lo spessore riscontrato nei sondaggi si aggira intorno ai 2.5 m;
- ◆ ghiaie e sabbie in matrice sabbioso-limoso, da consistenti a molto consistenti (depositi fluviali e fluvio-glaciali). Localmente possono riscontrarsi miscele di ciottoli, ghiaie, sabbie, limi e argille (depositi glaciali indifferenziati). Lo spessore riscontrato nei sondaggi raggiunge i 40-50 m.
- ◆ Seguono in profondità alternanze di livelli ghiaioso-sabbiosi e livelli limoso-argillosi, il cui spessore raggiunge almeno i 50 m.

ZONA 1



2.5 m Limi argillosi, limi sabbiosi (suolo/paleosuolo, loess)

>30.0 m Ghiaie-sabbiose e sabbie-ghiaiose in matrice limoso-sabbiosa (depositi fluviali e fluvio-glaciali) e/o miscela di ciottoli, ghiaie, sabbie, limi e argille (depositi glaciali)

Figura 6 - Colonna stratigrafica della zona 1 (fonte: PRGC).

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

La caratterizzazione sismica del sito è stata valutata mediante una prova MASW (*Multi-Channel Analysis of Surface Waves*) e una prova HVSr per la determinazione dell'effetto della risposta sismica locale, tramite il calcolo del parametro $V_s H$, ai sensi del D.M. 17/01/2018 e la misura della frequenza di risonanza.

Nella seguente figura sono ubicate le due indagini effettuate.

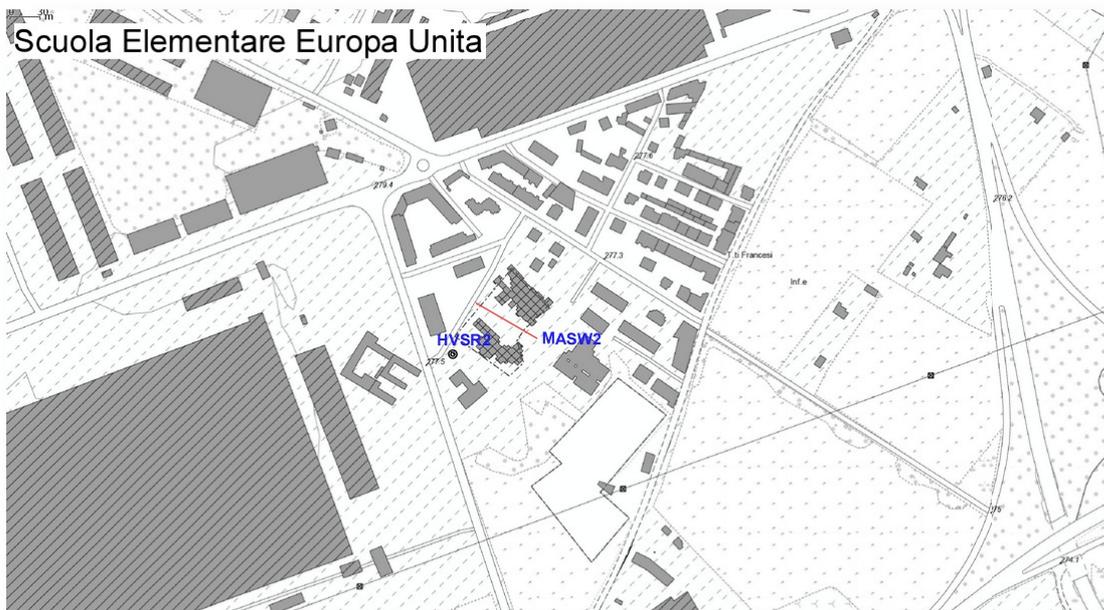


Figura 7 - Localizzazione delle indagini

5.1 Indagine MASW

Il metodo delle onde superficiali attive (MAWS) è un metodo di caratterizzazione sismica basato sull'analisi della dispersione geometrica delle onde superficiali di Rayleigh. La procedura consiste nella valutazione delle caratteristiche dispersive del sito a partire dall'acquisizione e il trattamento

dei dati sismici e nella loro successiva analisi per determinare le proprietà meccaniche del sottosuolo.

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche col metodo MASW è una curva apparente, derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione e che per i limiti indotti dal campionamento non necessariamente coincide con singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di elaborazione matematica che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto, ovvero la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (il codice di calcolo utilizzato è Geopsy).

5.1.1 Strumentazione utilizzata e modalità di acquisizione

La strumentazione base per l'esecuzione della prova MASW è costituita da una sorgente di vibrazioni, un sistema di trigger, una serie di ricevitori e un sistema di acquisizione dati per l'elaborazione dei segnali elettrici raccolti dal ricevitore:

- sorgente: massa battente in acciaio del peso di 3 kg con piastra di battuta
- sistema di acquisizione: sismografo GEA24 a 24 canali + trigger (AUX) - possibilità di serializzare 2 unità per un totale di 48 canali 24 bit reali, convertitore AD Sigma-Delta
- ricevitori: 12 geofoni verticali a 4,5 Hz disposti ogni 4 m

Per ogni punto di energizzazione sono stati generati almeno 9 impulsi sismici.

5.1.2 Risultati ottenuti

Le proprietà meccaniche del mezzo di propagazione determinano la velocità di propagazione delle onde sismiche. L'obiettivo principale della presente indagine MASW è la determinazione dei profili di velocità delle onde S con la profondità. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente tabella:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'uso dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

La figura 4 illustra lo spettro delle velocità di fase in funzione delle frequenze e la relativa curva di dispersione calcolata¹.



Figura 8 - Localizzazione della prova MASW.

L'indagine MASW rileva terreni con velocità relativamente basse per i primi 8 m (V_{s12} pari a 322 m/s, categoria "C") sovrapposti a terreni molto rigidi con $V_s > 800$ m/s interpretabili come depositi ciottolosi molto alterati e compatti ("cippo"). Sulla base di queste considerazioni, si suggerisce di adottare la categoria di sottosuolo "E", ossia terreni con caratteristiche e valori di velocità

¹ Energizzazione a 10m shot 2

equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

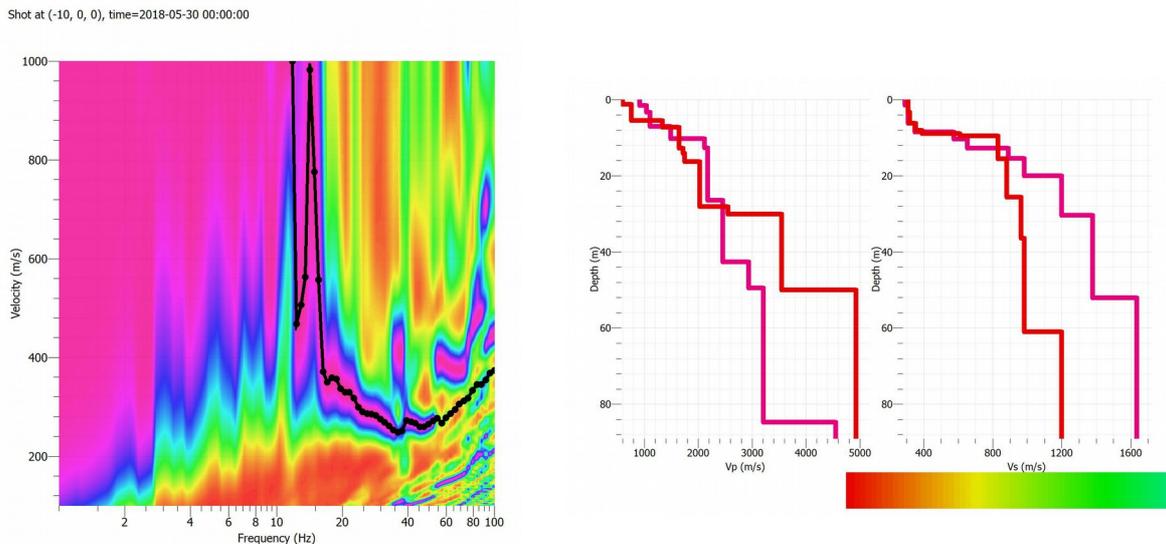


Figura 9 - Grafico di dispersione e modelli di terreno.

5.2 Risultati della prova HVSr

La strumentazione di acquisizione utilizzata per le indagini è un prospettore sismico PASI GEA24 a 3 canali completo di geofono 3D da superficie, che presenta le seguenti specifiche:

- ❑ trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza (2 Hz);
- ❑ amplificatori;
- ❑ digitalizzatore;
- ❑ frequenza di campionamento: 125 Hz;
- ❑ convertitore A/D (analogico digitale) a 24 bit;

Per la definizione della frequenza fondamentale del sito e per la costruzione della curva “frequenza Hz – rapporto H/V” è stato utilizzato il software Geopsy.

I dati sono riportati nelle schede a fine testo. Oltre a considerare il picco principale (indicato con f_0), individuato in modo automatico da Geopsy, in alcuni casi, si è tentato di trovare un significato geologico anche per i picchi secondari ($f_1, f_2...$). L’individuazione dei picchi secondari è talvolta molto soggettiva ed è funzione del modello geologico ipotizzato. In altri casi i picchi secondari non sono stati considerati in quanto molto probabilmente determinati da fattori antropici.

I picchi individuati possono essere correlati alla stratigrafia del sottosuolo dell’area applicando la formula:

$$Hz = \frac{\bar{V}_s}{4H}$$

dove

Hz = frequenza del picco (f_0)

H = spessore del limite tra terreni a diversa impedenza. Generalmente corrisponde al limite quaternario/basamento geologico (roccia)

Vs = velocità media delle onde S

Vincolando il picco di frequenza alla velocità media delle onde S ed assumendo almeno due sismostrati principali è possibile individuare, conoscendo Vs, la profondità H del substrato roccioso. In alternativa conoscendo H (da sondaggi e da altri metodi) è possibile ricavare il valore medio di Vs.

Tutti i calcoli sono stati eseguiti utilizzando la frequenza media. I risultati quindi sono valori medi affetti da errori che sono funzione della deviazione standard relativa al picco considerato.

Nello specifico l'analisi evidenzia un picco principale a $12,4 \text{ Hz} \pm 1,2$ con rapporto H/V medio pari a circa 1,5 (Figura 11).

L'omnidirezionalità del picco fondamentale è piuttosto buona, mentre quella relativa agli altri picchi è scarsa (Figura 11).

Applicando la precedente formula e considerando una profondità di 8 m derivata dall'indagine MASW si ottiene una velocità media di circa 396 m/s all'incirca simile con quella ottenuta dalla MASW.

Tale superficie posta a circa 8 m dal piano campagna potrebbe ragionevolmente corrispondere con il top dei depositi pleistocenici, qui ricoperti da depositi loessici alterati originariamente rappresentati da limi e sabbie fini.

Tale interpretazione riflette quella indicata nel PRGC come tipica della microzona omogenea in prospettiva sismica denominata "Zona 1" e differisce solamente in quanto lo spessore dei depositi loessici è di 8 m circa invece di 2,5 m.

Gli altri picchi possono essere dubitativamente interpretati come segue:

- ◆ 40 Hz: rumore di origine antropica (non completamente visualizzato in figura)
- ◆ 4,1 Hz: superficie a 25 m (top del complesso idrogeologico I?)
- ◆ 1,5 -2,5 Hz: superficie a circa 60-70 m (top del complesso idrogeologico II?)
- ◆ 0,8 Hz circa: superficie a circa 120-150 m (top del Villafranchiano?).



Figura 10 - Localizzazione della prova HVSR.

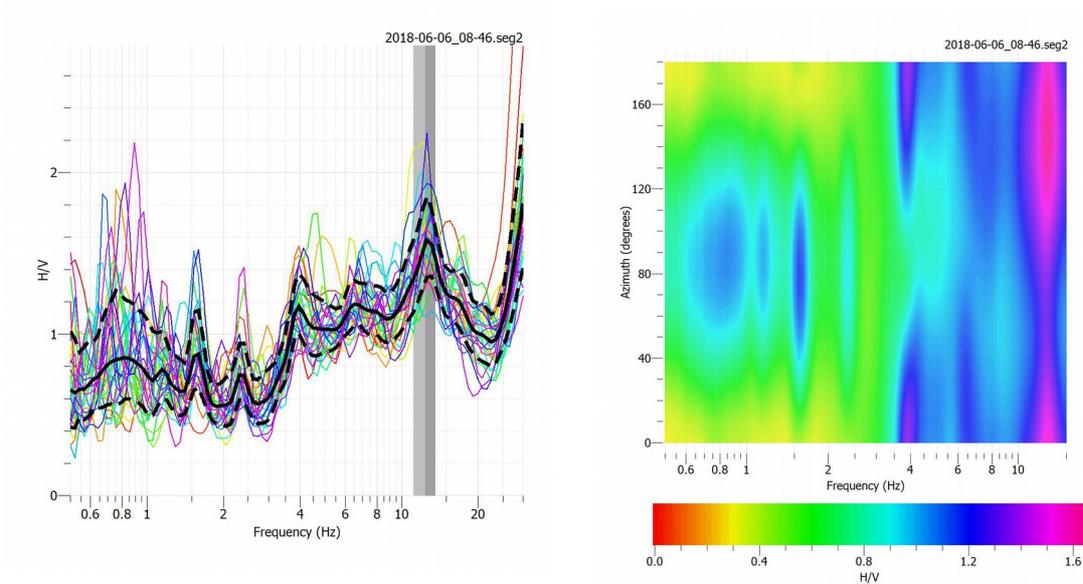


Figura 11 - Curva Frequenza - H/V ed omnidirezionalità

6. CONCLUSIONI

L'indagine MASW rileva terreni con velocità relativamente basse per i primi 8 m (V_{s12} pari a 322 m/s, categoria "C") sovrapposti a terreni molto rigidi con $V_s > 800$ m/s interpretabili come depositi ciottolosi molto alterati e compatti ("cippo"). Sulla base di queste considerazioni, si suggerisce in via cautelativa di adottare la categoria di sottosuolo "E", ossia terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

L'analisi HVSR evidenzia un picco principale a $12,4 \text{ Hz} \pm 1,2$ con rapporto H/V medio di circa 1,5.