



P.N.R.R. – M4 C1 I 1.1 - LAVORI DI REALIZZAZIONE
NUOVO ASILO NIDO VIA PILATELLO



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero dell'Istruzione
e del Merito

PROGETTISTI

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA
COORDINAMENTO GENERALE
COORDINAMENTO SICUREZZA

ARCHICOMO ENGINEERING SRL
VIA GIACOMO LEOPARDI 35 - 22070 GRANDATE (CO)

ARCH. GIANMARCO MARTORANA
ING. DONATELLA NOVI

PROGETTAZIONE STRUTTURALE

ING. MONICA VANZAN
VIA I MAGGIO 38 - 22036 ERBA (CO)

ASPETTI GEOTECNICI

PROGETTAZIONE IMPIANTI
ELETTRICI E SPECIALI

PROGETTAZIONE IMPIANTI
MECCANICI

DOTT. ALBERTO RECH
VIA COLOMBARO 18 - 28021 BORGMANERO (NO)

ING. DAMIANO LURATI
VIA VARESINA 3 - 22079 VILLA GUARDIA (CO)

PI FABIO GALFRASCOLI
FG PROJECT STUDIO
VIA BOTTICELLI 2 - 21012 CASSANO MAGNAGO (VA)

COMMITTENTE

COMUNE DI JERAGO CON ORAGO
VIA INDIPENDENZA N.17
21040 JERAGO CON ORAGO (VARESE)



INTERVENTO

P.N.R.R. – M4 C1 I 1.1 - LAVORI DI RICONVERSIONE CON DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DI NUOVO
ASILO NIDO - VIA PILATELLO - 21040 JERAGO CON ORAGO (VA) - CUP: C95E24000070005

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA
(Art. 41 c. 6 del D.Lgs. n. 36/2023)

TITOLO:

RELAZIONE GEOLOGICA

NOME DEL FILE:

AC_JRG-AN_PFTE_GEO_00.DWG

SCALA:

-

DATA:

LUGLIO 2024

GEO

COMUNE DI JERAGO CON ORAGO
PROVINCIA DI VARESE
REGIONE LOMBARDIA

REALIZZAZIONE NUOVO ASILO NIDO

RELAZIONE GEOLOGICA R1 R3

Committenza: Amministrazione comunale

Borgomanero, Luglio 2024



Dott. Geol. Alberto Rech



SOMMARIO

1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO	2
2. COROGRAFIA	3
3. FATTIBILITA' GEOLOGICA E NORMATIVA RIFERIMENTO	4
4. CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI	6
5. CARATTERI IDROGEOLOGICI E IDROLOGICI	9
6. INDAGINE GEOGNOSTICA	10
6.1 Risultati ottenuti	10
7. MODELLO GEOLOGICO DEL TERRENO	12
8. INDAGINE SISMICA CON IL METODO MASW	14
8.1 Generalità sulle onde sismiche	14
8.2 Il metodo MASW	16
9. MODELLO SISMICO DEL TERRENO	20
10. ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO	22
11. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E PARAMETRAZIONE DEL SITO	24
12. SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE	26
13. MATRICE DI RISCHIO E DI PERICOLOSITA'	27
14. TERRE E ROCCE DA SCAVO	28
15. CONCLUSIONI	29

Si allegano inoltre:

- Carta geologica (stralcio PGT vigente);
- Planimetria indagine geognostica;
- Grafici delle prove penetrometriche dinamiche.
- Grafici della prova MASW.

1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

La committenza intende procedere alla realizzazione di un nuovo asilo nido.

Lo scrivente è stato incaricato di procedere alla stesura della Relazione Geologica (R1 ed R3) di supporto al progetto. Nel presente elaborato sarà esaminata la compatibilità del progetto con lo “status” dell’area e la normativa vigente; il modello geologico e sismico del terreno sarà definito sulla base delle risultanze delle prove in sito.

2. COROGRAFIA

L'area di intervento è ubicata in Comune di Jerago con Orago, in Via Pilatello. L'immagine seguente, costituita da uno stralcio della cartografia google hearth, evidenzia il sito in oggetto (indicato con ellisse di colore rosso).



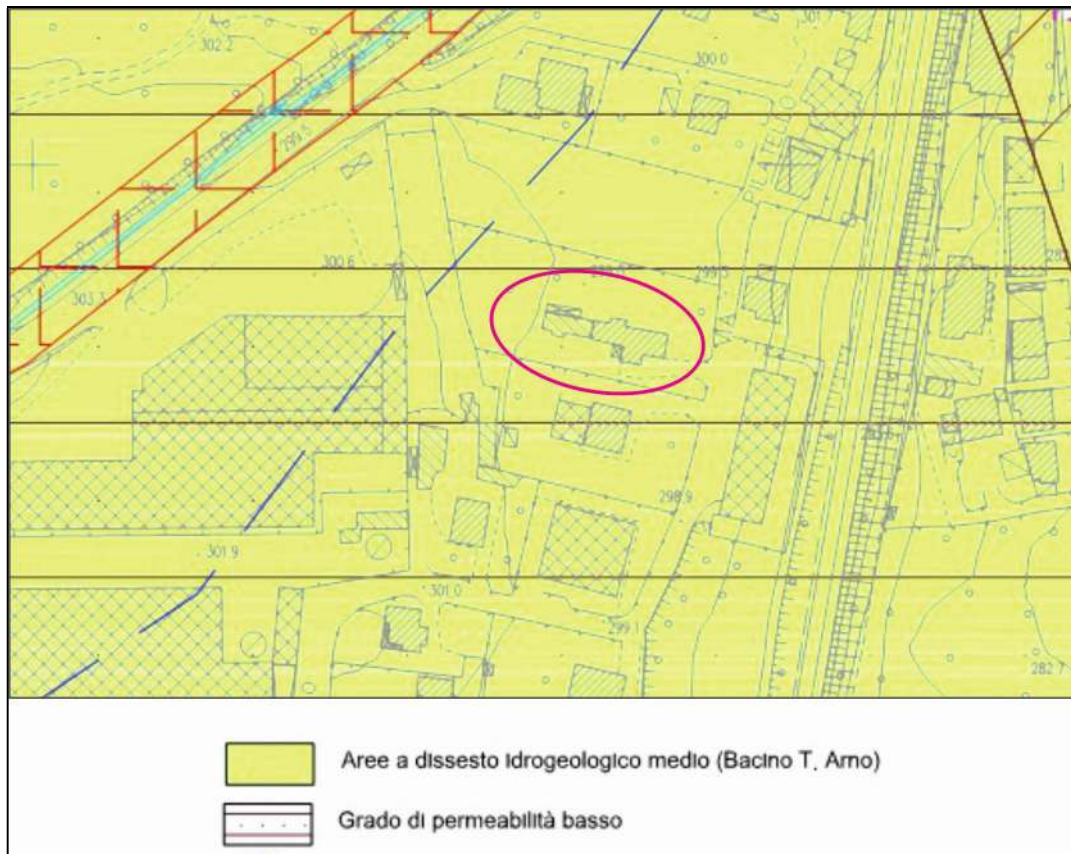
3. FATTIBILITA' GEOLOGICA E NORMATIVA RIFERIMENTO

L'area di intervento è ascritta alla classe 3A di fattibilità, a cui vengono attribuite “*consistenti limitazioni*”; in particolare, secondo il vigente strumento urbanistico, vi appartengono “*Questa classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica di destinazione d'uso dei terreni per l'entità e la natura dei rischi individuati nell'area o nell'immediato intorno. L'utilizzo di queste zone sarà pertanto subordinato alla maggiore conoscenza idraulica, idrogeologica e geotecnica mediante studi specifici*”. In particolare, alla sottoclasse 3A “*viene ascritta la porzione orientale del territorio comunale, con specifico riferimento al Bacino Idrografico del T. Arno, caratterizzata da condizioni di dissesto idrogeologico e idraulico medio*”. Di seguito si allega uno stralcio della carta di fattibilità del vigente PGT, con indicata l'area di intervento.



Facendo riferimento a quanto contenuto nelle Norme Tecniche di Attuazione del vigente strumento urbanistico, si è svolta una campagna di indagini geognostiche atte a definire le caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche, geotecniche del sito di studio.

La Carta di Sintesi del vigente PGT, non riporta per il sito di studio alcun elemento di carattere geomorfologico e/o idrogeologico che possa limitare la realizzazione dell'intervento in progetto; in questa cartografia, l'areale di studio ricade in “*aree a dissesto idrogeologico medio (bacino T. Arno) e grado di permeabilità basso*”. Di seguito, si riporta uno stralcio della cartografia pubblicata.



Il presente elaborato è redatto in ottemperanza a :

- Decreto Ministeriale 17.01.2018 “*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*”.
- DGR IX/2616/2011 “*Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica dei PGT...*”.

4. CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

Per la stesura della parte geologica si è fatto riferimento alla cartografia geologica ufficiale (C.G.I. in scala 1:100.000”) e a quanto riportato nella parte geologica del vigente PGT redatta dal geologo incaricato.

La struttura geologica della regione appare generalmente caratterizzata dalla presenza dei depositi quaternari di origine continentale sostanzialmente legati all'attività glaciale, fluvioglaciale e fluviale. Al di sotto dei depositi e dei depositi fluvioglaciali più antichi si riscontra la presenza del substrato roccioso oligocenico di ambiente sedimentario marino.

Più nel dettaglio, facendo riferimento alla cartografia del vigente PGT di cui si allega uno stralcio, in un intorno significativo dell'area in esame si possono riconoscere le seguenti unità litostratigrafiche:

- *Ceppo*: è un conglomerato di origine fluviale, costituito da ghiaie a prevalente supporto clastico, con matrice arenaceo-sabbiosa grossolana; ciottoli arrotondati, da centimetrici a decimetrici, a calcari prevalenti. Il conglomerato è organizzato in banchi metrici suborizzontali, spesso mal definiti, o, più raramente, in set a grossolana stratificazione incrociata. La cementazione carbonatica è irregolare, da molto forte a debole/assente.

- *Depositi fluviali, fluvioglaciali e lacustri (Mindel)*: formano il terrazzo sul quale si ubicano i Comuni di Cassano Magnago e Oggiona S. Stefano, ad Est del territorio comunale di Jerago con Orago. I depositi fluvioglaciali ferrettizzati rappresentano il lembo del deposito terrazzato, altimetricamente più elevato, legato alla deposizione fluvioglaciale più antica (Mindel). Tale deposito è costituito prevalentemente da materiali argillosi con ghiaia e ciottoli molto alterati nella porzione sommitale, mediamente alterati in quella intermedia fino a del tutto o quasi inalterati in profondità. L'alterazione in "Ferretto", una sostanza argillosa di tipo caolino di colore variabile dal giallo chiaro al rosso mattone, è dovuta a processi di ossidazione, decalcificazione e argillificazione dei clasti. nel deposito. Il "Ferretto" ha con spessori che possono raggiungere 10-15 m

- *Depositi morenici (Riss)*: Sono depositi di origine glaciale determinati dall'avanzata del ghiacciaio del Verbano in epoca rissiana. Il dosso morenico di Jerago, esteso verso Nord ben oltre i confini comunali, appare come una morena frontale impostatasi a ridosso del rilievo roccioso della Gonfolite. I materiali che lo compongono sono granulometricamente eterogenei, essendo costituiti da ghiaie e ciottoli fino a massi inglobati in abbondante matrice argilloso-limosa. I processi di lisciaviaggio, ossidazione e argillificazione dei ciottoli comportano talora la loro completa disgregazione fino alla formazione di globuli sabbioso-ghiaiosi. Si intercalano locali lenti più omogenee ad argilla o sabbia prevalenti.

Tale formazione affiora nel settore centrale del territorio comunale

- *Depositi morenici (wurm)*: sono depositi caratterizzati da ampia classazione granulometrica per lo più costituiti da ghiaie fino a blocchi in matrice argilloso-limosa. Si intercalano localmente orizzonti

più argillosi o più ghiaioso-sabbiosi. Soprattutto nei primi metri di deposito, i clasti sono molto alterati e talora completamente disgregati in masse sabbioso-ghiaiose. Tale formazione affiora nella porzione occidentale del territorio comunale.

- *Depositi fluvioglaciali, fluviali (wurm)*: sono formate da materiali di origine alluvionale recente ed occupano mediamente i settori maggiormente rilevati rispetto al fondovalle. I materiali che le compongono sono principalmente costituiti da ghiaie, ghiaie con ciottoli limose, limo sabbioso con ciottoli. Si intercalano lenti argillose. I clasti da subarrotondati ad arrotondati sono di varia natura litologica.

- *Alluvioni attuali e recenti*: rappresentano i depositi attuali e recenti dovuti all'azione deposizionale dei corsi d'acqua e si localizzano nei fondovalle. La dinamica fluviale legata al Torrente Arno in territorio di Cavaria dà luogo ad un esteso ambito con orientazione Nord-Sud occupato da depositi di origine alluvionale a prevalente granulometria sabbiosa e sabbioso-limosa con ghiaia ed intercalazioni argillose.

Morfologicamente l'area di studio insiste sulla porzione centro-occidentale, che rappresenta la propaggine dell'esteso crinale morenico, è delimitata verso oriente da un orlo di scarpata morfologico a pendenza rilevante (circa 15.0%). L'ambito è tipicamente collinare con dossi alternati a vallecicole per lo più orientati con asse Nord-Sud. Su alcuni di questi dossi si osservano solchi di erosione concentrata legati all'azione erosiva delle acque superficiali che si incanalano in vallecicole parallele alla linea di massima pendenza.

L'immagine seguente ritrae il sito di intervento.



La consultazione della cartografia esistente esclude la presenza di fenomeni di instabilità e/o dissesto sull'area di intervento e nel suo immediato intorno; tale fatto concorda con quanto

evidenziato dal sopralluogo effettuato, che testimonia la sostanziale stabilità geomorfologica del sito.

L'area di intervento si imposta sui depositi morenici (Riss), eterogenei e costituiti da locali lenti argillosi e ghiaie in abbondante matrice limoso-argillosa. Il sito è morfologicamente pianeggiante e si inserisce in un contesto urbanizzato.

5. CARATTERI IDROGEOLOGICI E IDROLOGICI

Anche per la redazione dei caratteri generali dell'acquifero, si farà riferimento ai contenuti del vigente PGT.

Dal punto di vista idrologico non sussistono problematiche connesse con elementi dell'idrografia superficiale; il sito di intervento risulta inoltre esterno a fasce fluviali e di esondazione.

Le caratteristiche idrogeologiche dei materiali glaciali, su cui il sito insiste, presentano una circolazione idrica sotterranea che avviene soltanto nei pochi livelli permeabili. Tali livelli sono rappresentati da lenti con scarsa continuità laterale e spessore variabile la cui distribuzione all'interno del corpo morenico è disuniforme. La circolazione idrica risulta quindi irregolare, suddivisa in più livelli, di cui non sono note le modalità di alimentazione e le reciproche interconnessioni: il corpo acquifero così caratterizzato viene definito acquifero multistrato.

Si tratta quindi di modeste e discontinue falde sospese, poco produttive, che si instaurano nei depositi glaciali superficiali, spesso costituiti da alternanze di strati a granulometria molto differente fra loro.

In linea generale, facendo riferimento alla cartografia esistente, il senso di flusso sotterraneo è all'incirca NNO-SSE. Si ricorda che la cartografia esistente, non presenta per l'areale di intervento un pannello rappresentativo delle linee di quota dell'acquifero.

L'indagine eseguita in sito conferma la presenza di una circolazione idrica nel terreno di studio; in entrambe le verticali di prova, la presenza della falda si è registrata a - 5,8 m circa dal piano campagna. Anche a quote più superficiali, a partire da circa 2,0 m di profondità, si segnala la presenza di orizzonti "saturi" non continui, testimoniati dalle evidenze sulle aste utilizzate.

La permabilità del terreno, misurata direttamente attraverso prova di permeabilità eseguita a - 2,5 m dal piano campagna, risulta "molto scarsa"; il valore misurato è pari a $2,05 \times 10^{-7}$ m/s, che conferma la presenza di materiali a granulometria limoso argillosa.

6. INDAGINE GEOGNOSTICA

Al fine di determinare con adeguata precisione il modello stratigrafico del terreno, lo scrivente ha eseguito tre prove penetrometriche dinamiche che hanno raggiunto la profondità massima di – 9,4 m dal piano campagna e il limite del rifiuto strumentale in tutti i casi. Lo strumento utilizzato è stato il penetrometro DPSH cingolato e motorizzato (foto sotto, con relativi posizionamenti).



La prova consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta d'acciaio, prolungabile con l'aggiunta di aste successive; l'infrissione avviene per battitura, facendo cadere da un'altezza costante un maglio di dato peso. Si contano i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza stabilita (in questo caso, 20 cm); la resistenza del terreno è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e, diretta, del numero di colpi (N_{DP}) per una data penetrazione.

Per l'ubicazione planimetrica si potrà fare riferimento all'apposito allegato grafico.

6.1 RISULTATI OTTENUTI

Si riassumono i risultati ottenuti dalle prove eseguite, utili a definire il modello geologico. Essendo una correlazione indiretta, la natura granulometrica è desunta in base al numero di colpi e in funzione del contesto geologico-stratigrafico generale. I grafici completi si allegano al termine del presente elaborato:

PROVA 1

- da 0 a 2,8 m da p.c.: depositi non resistenti;
- da 2,8 a 4,2 m da p.c.: depositi poco resistenti;
- da 4,2 a 6,2 m da p.c.: depositi mediamente resistenti;
- da 6,2 a 7,0 m da p.c.: depositi poco resistenti;
- da 7,0 a 9,2 m da p.c.: depositi mediamente resistenti;

- da 9,2 a 9,4 m da p.c.: rifiuto

PROVA 2

- da 0 a 2,6 m da p.c.: depositi non resistenti;
- da 2,8 a 4,4 m da p.c.: depositi poco resistenti;
- da 4,4 a 6,0 m da p.c.: depositi mediamente resistenti;
- da 6,0 a 7,4 m da p.c.: depositi poco resistenti;
- da 7,4 a 8,0 m da p.c.: depositi mediamente resistenti;
- da 8,0 a 8,2 m da p.c.: rifiuto.

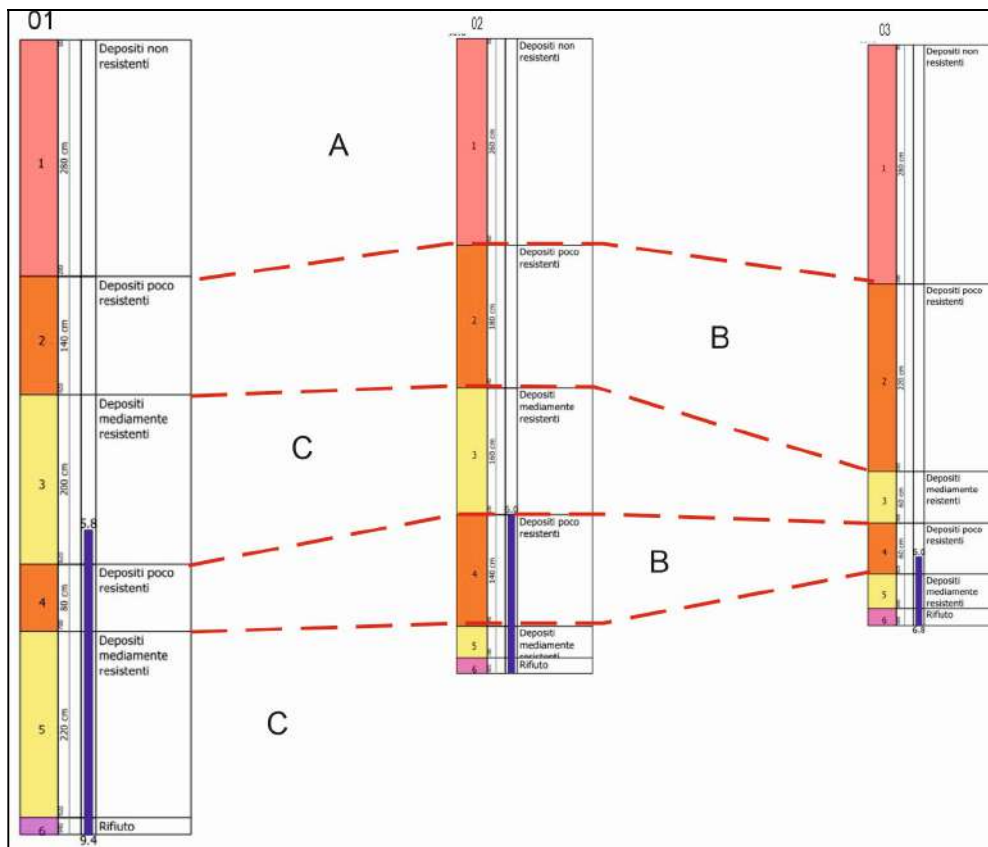
PROVA 3

- da 0 a 2,8 m da p.c.: depositi non resistenti;
- da 2,8 a 5,0 m da p.c.: depositi poco resistenti;
- da 5,0 a 5,6 m da p.c.: depositi mediamente resistenti;
- da 5,6 a 6,2 m da p.c.: depositi poco resistenti;
- da 6,2 a 6,6 m da p.c.: depositi mediamente resistenti;
- da 6,6 a 6,8 m da p.c.: rifiuto.

7. MODELLO GEOLOGICO DEL TERRENO

Dai dati riassunti nel precedente capitolo è possibile procedere alla ricostruzione del modello geologico e stratigrafico del terreno; si precisa come i dati ottenuti risultano sostanzialmente concordanti fra loro, fatta salva una naturale “eterogeneità” nello spessore degli orizzonti definiti.

L’analisi delle verticali evidenzia la presenza di materiali non resistenti (unità A) fino a circa 2,8 m da p.c., seguiti da depositi poco resistenti (unità B) per uno spessore variabile tra 1,4 e 2,2 m, che ricoprono materiali mediamente resistenti (unità C) fino al termine delle prove intercalati da materiali poco resistenti (unità B) per spessore variabili tra 0,6 e 1,6 m. Il rifiuto strumentale è legato alla presenza di ciottoli e blocchi inglobati (tipici della genesi glaciale) non penetrabili. Di seguito si propone una correlazione tra le stratigrafie interpretate dalle prove, che consente di vedere graficamente la disposizione delle unità riconosciute.



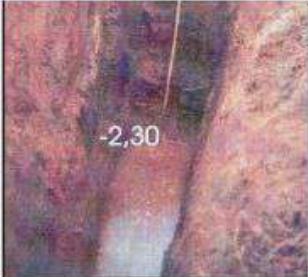

Il modello geologico del terreno è quindi formato da tre differenti unità geologico-stratigrafiche, così descritte:

- **Unità A (materiali non resistenti):** materiali sciolti, facilmente penetrabili, di spessore variabile tra 2,6 e 2,8 m. Si tratta di materiali a granulometria fine, limoso-argillosa a comportamento plastico, riconosciuti dalle tracce lasciate sulle aste di prova;
- **Unità B (materiali poco resistenti):** depositi a granulometria sabbioso limosa, poco addensati; si tratta di uno strato di transizione, di spessore variabile tra 1,4 e 2,2, presente in profondità con

intercalazioni di spessore massimo pari a 1,6 m.

- **Unità C (materiali mediamente resistenti):** materiali formati da sabbie e ghiaie in matrice limosa, mediamente addensate.

Fermo restando quanto sopra descritto, è parso opportuno consultare una pregressa attività di indagine, disponibile sul vigente PGT; si tratta di uno scavo esplorativo eseguito sulla medesima tipologia geologica di depositi. Si tratta di uno scavo esplorativo, di cui si riporta la scheda descrittiva, che evidenzia la presenza di depositi limoso argillosi fino a circa 2,5 m e la presenza di venute d'acqua.

STRATIGRAFIA		
	da p.c. a 2,00 m	Limo argilloso sabbioso debolmente ghiaioso ricco in sostanza organica, talora indecomposta. Coesivo. Colore marrone scuro. Umido. COLTIVO.
	da 2,00 m a 2,50 m	Argilla coesiva, plastica. Colore giallo-ocra. Saturata con venute d'acqua. Il livello freatico si stabilizza a -2,30 m da p.c.
CARATTERISTICHE DEL SUBSTRATO		UBICAZIONE E CARATTERI GEOLITOLOGICI DELL'AREA DI SCAVO
CLASSIFICAZIONE ASTM e AASHO-UNI 10008		 <div> LEGENDA Ubicazione delle opere e caratteristiche identificative Manto di Werra, Ghiaie Manto di Werra Manto di Werra, Ghiaie Manto di Werra, Ghiaie Manto di Werra, Ghiaie </div>
da 2,00 m a 2,50 m	Classificazione ASTM:	
	Ritiro e rigonfiamento:	
	Permeabilità:	
	Consistenza/addensamento:	
	Qualità portante del terreno di sottofondo in assenza di gelo:	
	Azione del gelo sulla qualità portante del terreno di fondazione:	
	CL	
	ELEVATO	
	SCARSA	
	MODERATA	
	DA MEDIOCRE A SCADENTE	
	MEDIO-ELEVATA	

E' possibile quindi affermare come i dati sito specifici risultano concordanti anche con un intorno significativo dell'area di intervento.

8. INDAGINE SISMICA CON IL METODO MASW

L'indagine eseguita viene sviluppata allo scopo di *definire del parametro sismico $V_{s,eq}$ medio negli strati superficiali di terreno (primi 30 m)*, al fine di determinare la tipologia di sottuolo. Al valore della *Velocità delle Onde Trasversali (V_s)* corrisponde la propensione dei terreni ad esaltare/contenere (effetto di sito) le sollecitazioni provocate dalle onde sismiche superficiali. Per lo studio delle V_s nel presente lavoro si è adottato il metodo MASW (acronimo di *Multichannel Analysis Surface Waves*). La foto a lato ritrae lo stendimento eseguito.



8.1 GENERALITÀ SULLE ONDE SISMICHE

La prospezione sismica consiste in una serie di misure, condotte in superficie, sulla variazione nello spazio della proprietà fisica dei terreni denominata "elasticità".

Tale metodo non sfrutta campi di forze naturali ma richiede l'immissione artificiale nel terreno di una certa quantità di energia, la cui intensità, così come la distanza fra sorgente di energia e apparecchi di misura, può essere regolata al fine di rispondere al meglio ai quesiti posti dall'indagine.

Tale energia genera nel terreno delle onde sismiche che si dividono in due grandi categorie:

- onde di corpo (o di volume): onde P (Primarie) e onde S (Secondarie)
- onde superficiali (onde di Rayleigh e onde di Love)

Tra le onde generate, per più di due terzi vengono trasmesse 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*.

Le **Onde P** sono delle onde di corpo di compressione (o longitudinali) e corrispondono a compressioni e rarefazioni del mezzo in cui viaggiano: al loro passaggio le particelle di terreno infatti oscillano in avanti e indietro nella stessa direzione di propagazione dell'onda.

Sono le onde più veloci generate da un sisma, quindi sono le prime avvertite, da cui il nome di **Onda P (Primaria)**.

La velocità dell'onda può essere ricavata dall'equazione:

$$V_p = \sqrt{\frac{k + \frac{4}{3}\mu}{\rho}}$$

con :

- k che rappresenta il modulo di incompressibilità;
- μ è il modulo di rigidità;
- ρ la densità del materiale attraversato dall'onda.

Le **Onde S** sono onde di corpo che oscillano perpendicolarmente rispetto alla direzione di propagazione. Possono essere immaginate come le onde che si propagano su una corda che viene fatta oscillare. Un'importante caratteristica di queste onde è che non possono propagarsi in mezzi fluidi:

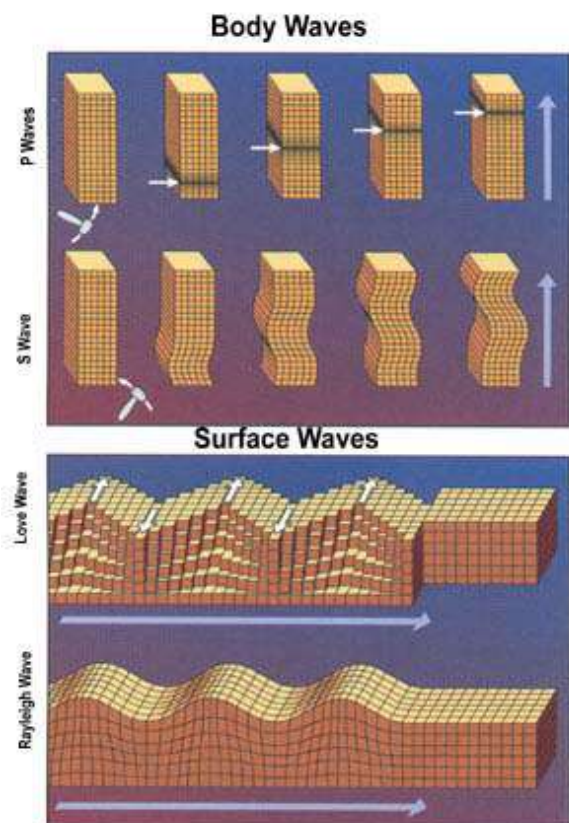
$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

con:

- μ che rappresenta il modulo di taglio del materiale;
- ρ la densità.

Dal confronto delle due relazioni sopra citate, è possibile osservare come la velocità delle onde S è necessariamente inferiore alla velocità delle onde P (in quanto manca il termine K) e raggiungono una velocità che si aggira solitamente intorno al 60-70% della velocità delle onde P. Per questo motivo giungono sempre dopo le Onde P (da cui onde S come Secondarie).

Le **onde superficiali** (o **onde di superficie**) vengono a crearsi a causa dell'intersezione delle onde di corpo con la superficie. Queste onde vengono trasmesse lungo la superficie e decadono esponenzialmente con la profondità (è questo il motivo per cui si dicono superficiali). Queste onde vengono generate facilmente nelle situazioni in cui la sorgente sismica è poco profonda. È da sottolineare che in caso di terremoto, dalla sorgente sismica vengono generate solo Onde P e Onde S, in quanto queste sono le *onde di corpo*, cioè le onde che si propagano all'interno della terra mentre non vengono generate direttamente le onde



superficiali.

La velocità delle onde di superficie è inferiore alla velocità delle onde di corpo, per cui il loro arrivo è successivo all'arrivo delle Onde P ed S, al contrario l'ampiezza di queste onde è notevolmente maggiore di quella delle onde di corpo.

Le *Onde di Rayleigh* vengono generate quando un'onda S, che incide sulla superficie libera, viene in parte riflessa, determinando un'ulteriore onda che si propaga sulla superficie stessa.

Queste onde esistono sia in semispazi omogenei (in questo caso la sua velocità è circa 0,92 volte la velocità delle onde S) che disomogenei (in cui risulta essere un'onda dispersa, cioè la sua velocità dipende dalla frequenza). Per meglio visualizzarle possono essere immaginate come molto simili a quelle che si creano gettando un sasso nello stagno, provocando quindi uno scuotimento o un sussulto del terreno. Il loro moto è vincolato in uno spazio verticale contenente la direzione di propagazione dell'onda.

Le *Onde di Love* sono anch'esse generate dalla riflessione delle Onde S sulla superficie libera del terreno, ma vengono generate solo nei mezzi in cui la velocità delle Onde S aumenta con la profondità (quindi siamo in presenza di un mezzo disomogeneo) e quindi sono sempre *onde disperse*. Le Onde di Love fanno vibrare il terreno sul piano orizzontale lungo la direzione ortogonale rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

La velocità delle onde di Love è maggiore di quella delle onde S negli strati più superficiali della crosta, ma minore della stessa negli strati più bassi.

Nella figura sotto riportata, è illustrato il movimento dei diversi tipi di onde di corpo e di superficie.

8.2 IL METODO MASW

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 di Rayleigh e di Love, è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

L'intero processo comprende tre passi successivi:

1. l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll),
2. la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza)
3. l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

- *Modalità di esecuzione, strumentazione e squadra*

Per ottenere un profilo V_s è necessario produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarli minimizzando il rumore.

La base sismica è costituita da uno stendimento formato da un cavo multipolare cui sono collegati 12 geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz), tali geofoni vengono infissi nel terreno con un intervallo variabile tra 2 e 5 metri.

Attraverso tali geofoni (ricevitori) vengono rilevati gli impulsi sismici generati artificialmente da una sorgente di energia (mazza, fucile sismico, ecc.); gli impulsi sismici vengono poi trasformati in impulsi elettrici dal sismografo registratore che ha la possibilità di ampliarli e decodificarli.

Il punto di energizzazione “P” è ubicato all'estremità dello stendimento, ad una distanza (offset) variabile dall'ultimo geofono; il tempo “zero”, corrispondente all'attimo dell'energizzazione, viene inviato al sismografo registratore da un geofono starter, collegato via cavo.

Per ogni punto di energizzazione è stata effettuata una registrazione dei tempi di arrivo ai geofoni degli impulsi generati per una finestra di ricezione di 1000 millisecondi (1,0 sec) sufficiente a captare tutti gli arrivi d'onda e le relative attenuazioni.

La squadra geofisica è stata composta da:

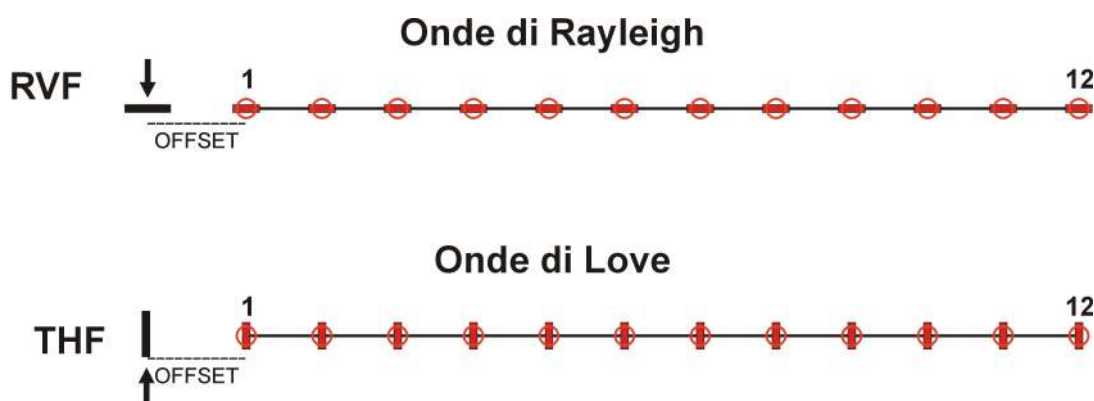
- geologo-geofisico responsabile dell'unità operativa;
- tecnico operatore.

Per una completezza di dati che consenta una migliore modellizzazione del sottosuolo, vengono effettuate molteplici acquisizioni per l'ottenimento sia delle onde di Rayleigh sia di quelle di Love.

Come illustrato negli schemi sottostanti, per la registrazione delle diverse tipologie di onde si ha una diversa direzione di energizzazione ed un diverso posizionamento dei geofoni.

Onde di Rayleigh: l'energizzazione avviene perpendicolarmente alla superficie del terreno e l'asse dei geofoni viene disposto parallelamente all'asse dello stendimento.

Onde di Love: l'energizzazione avviene parallelamente alla superficie del terreno (colpendo la piastra ortogonalmente all'asse dello stendimento) e l'asse dei geofoni viene disposto perpendicolarmente all'asse dello stendimento.



- Elaborazione dei dati

Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

Per le analisi dei dati acquisiti si è utilizzato il software winMASW 4.1.1 academy, prodotto dalla Società Eliosoft.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento.

Per ottenere il profilo verticale V_s dalla curva di dispersione è necessario conoscere i valori approssimati del rapporto di Poisson e della densità; tali valori vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali (stratigrafie di pozzi limitrofi).

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

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale: le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni), mentre 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.

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 a 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.

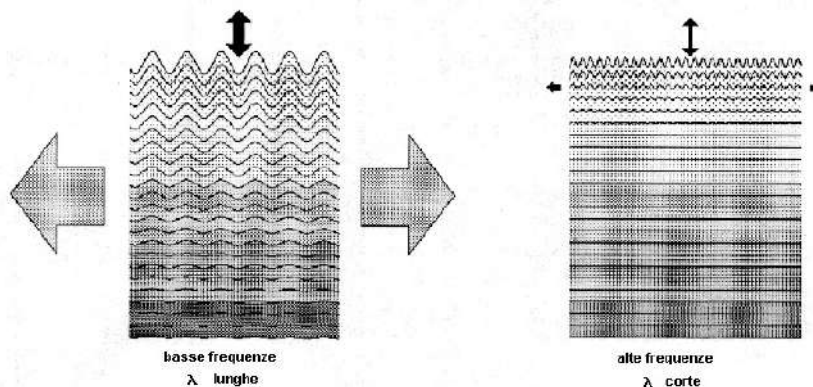
La scelta dei parametri di elaborazione, così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel 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. È 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 la metodologia MASW permette la miglior registrazione e

separazione ad ampia banda ed elevati rapporti Segnale/Disturbo (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 massa 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). 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.

L'illustrazione sottostante 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.



9. MODELLO SISMICO DEL TERRENO

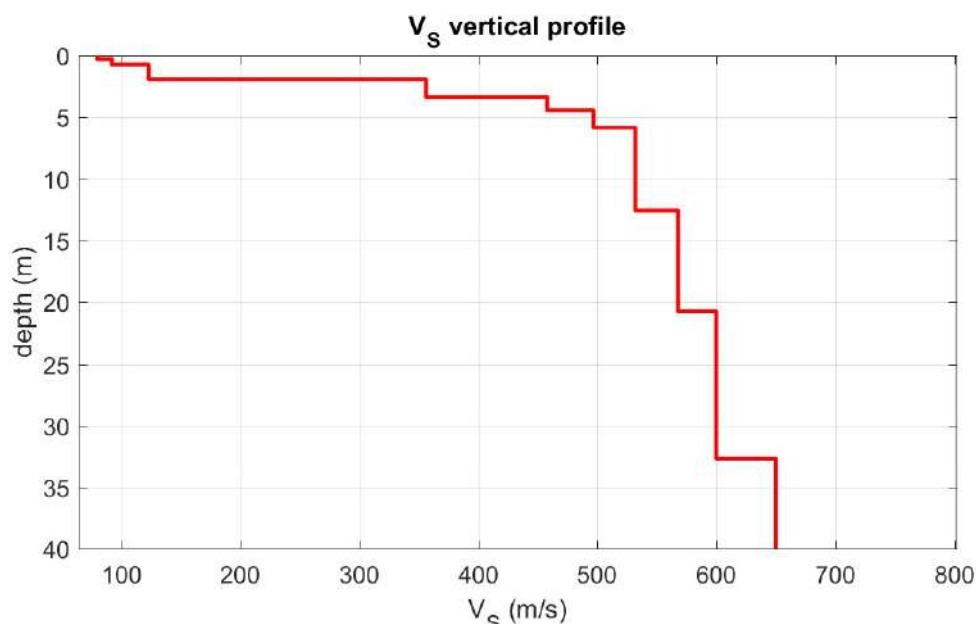
La strumentazione utilizzata per l'indagine sismica è stata la seguente:

- sismografo PASI 16S24U 24 canali;
- notebook per la registrazione dei dati;
- geofoni PASI ad asse orizzontale da 4,5 Hz;
- cavi sismici multipolari con 24 prese intervallate di 5 metri, con cavi di collegamento;
- massa battente;
- geofono starter, munito di "switch" per l'invio via cavo del "time break" al sismografo.

L'indagine è stata realizzata mediante uno stendimento di 12 geofoni, per una lunghezza complessiva di 33 m; la linea sismica si è ubicata nelle immediate adiacenze dell'edificio esistente e oggetto di futura demolizione.

Le acquisizioni, sia di tipo RVF che di tipo ZHF, sono state effettuate con offset pari a 6 m ed energizzazione manuale mediante l'utilizzo di una massa battente di peso pari a 8 kg.

Per la definizione del modello del terreno si è proceduto all'analisi congiunta delle sole onde di rayleigh, in quanto quelle di Love sono risultate molto disturbate e non utilizzabili. Negli elaborati grafici allegati a fine elaborato si riportano le curve di dispersione e l'andamento delle velocità, mentre dall'immagine di seguito si evince il modello sismico del terreno.



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

h_i = spessore dello strato individuato con specifica velocità V_s .

V_i = velocità V_s dello strato h_i .

H = profondità del substrato, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s, pari a 30 m.

E' stato determinato un valore di V_{seq} pari a **429 m/s** a piano campagna.

Osservando i grafici allegati, dal punto di vista sismico il terreno è caratterizzato da velocità modeste fino a circa 2 m di profondità, che aumentano significativamente da tale quota e si mantengono elevate e piuttosto costanti a partire da circa 6 m da piano campagna.

Il Decreto Ministeriale 17/01/2018 definisce cinque diverse categorie di sottosuolo, in funzione del valore di $V_{s,eq}$, che sono descritte di seguito:

CAT.	DESCRIZIONE
<i>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 dalle 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 graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 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 graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 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 graduale 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 e riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m

A seguito dell'indagine eseguita è possibile attribuire il terreno alla categoria dei suoli di fondazione di tipo "B" (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/s*).

10. ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO

Facendo riferimento alla Carta delle pericolosità sismica locale del vigente PGT, l'area in esame ricade all'interno dell'area "Z4C Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi".

La D.G.R. n. IX/2616 del 30/11/2011 prevede che nei comuni ascritti alla zona sismica 4, per le opere e gli edifici strategici e rilevanti, così come definiti nel D.D.U.O. 21/11/2003 n. 19904, categoria a cui appartiene anche l'opera in progetto, sia necessario lo svolgimento del secondo livello di approfondimento.

La procedura per l'analisi di 2° livello è descritta nella D.G.R. n. IX/2616 del 30/11/2011 e consiste *"in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa)".*

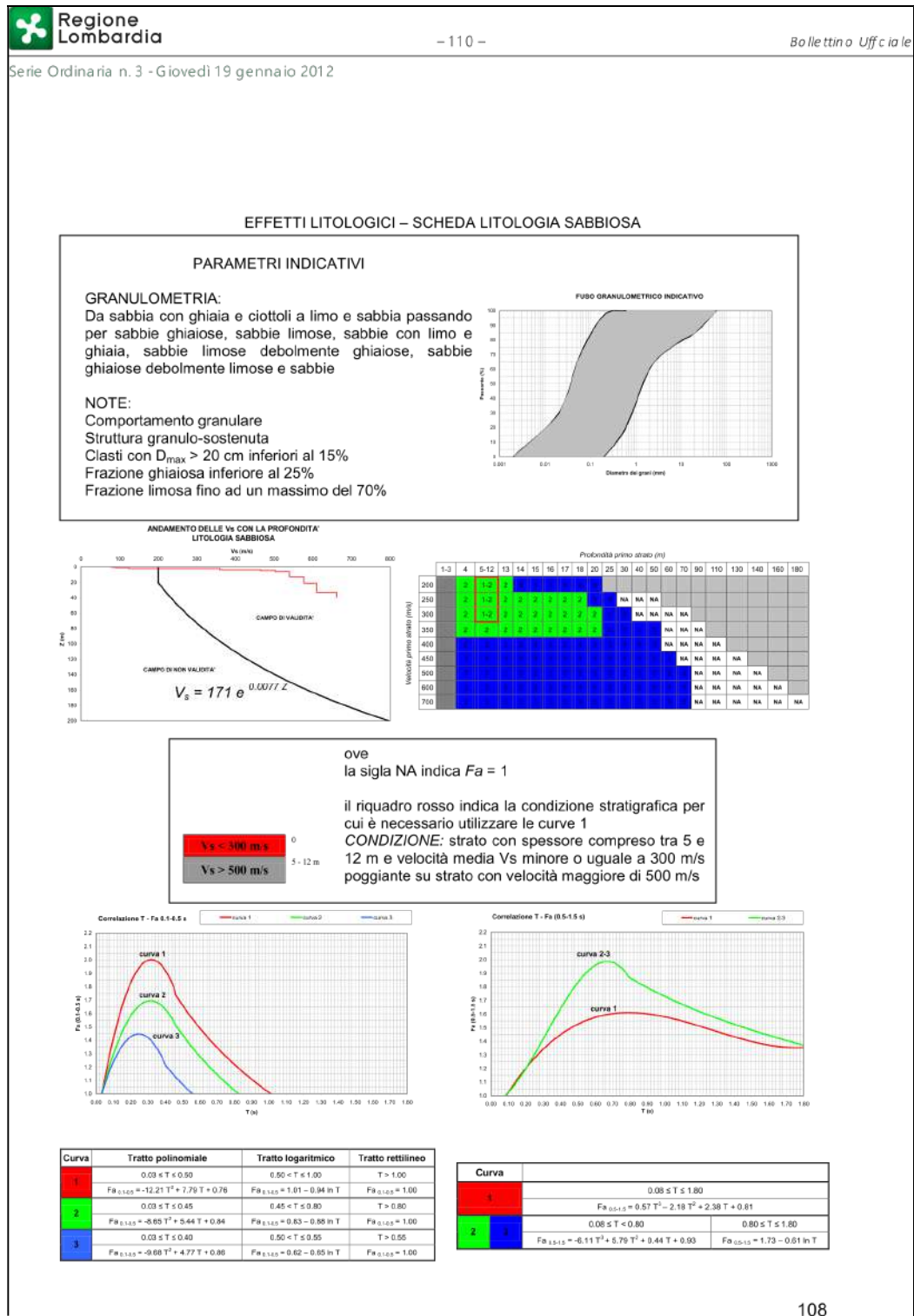
Il Fattore di Amplificazione è calcolato a partire dalle schede di riferimento, pubblicate nella sopra citata legge e basate sulla litologia prevalente del sito. Una volta scelta quella più adatta, essa va verificata utilizzando profilo di andamento delle Vs ottenuto con l'indagine MASW sito specifica. Nel caso in esame si è scelta la scheda per le litologie prevalentemente sabbiose, di seguito riportata, risultata valida dopo il confronto con il profilo delle Vs.

Si è quindi proceduto al calcolo della Vs dello strato equivalente, scegliendo la curva tipologica della litologia "sabbiosa"; in relazione alle risultanze dell'analisi, si è scelto di fare riferimento alla curva 2.

L'indagine sismica effettuata non ha permesso di individuare il bedrock sismico, per tale motivo e a favore di sicurezza non è stato calcolato il valore T ma si è fatto riferimento ai valori massimi della curva scelta. Per la scheda litologica scelta, i valori massimi della curva 2 nell'intervallo 0.1-0.5 s e nell'intervallo 0.5-1.5 s sono rispettivamente pari a 1,7 e 2. Poiché questi valori sono superiori ai livelli di Fa di soglia dei rispettivi intervalli previsti per un sottosuolo di categoria B nel comune di Jerago con Orago si farà riferimento allo spettro per la categoria sismica C i cui valori di soglia sono inferiori ai valori massimi della curva 2.

Intervallo	Fa sito specifico	Fa soglia comunale (Cat. B)	Fa soglia comunale (Cat. C)
0,1-0,5 s	1,7	1,4	1,8
0,5-1,5 s	2,0	1,7	2,4

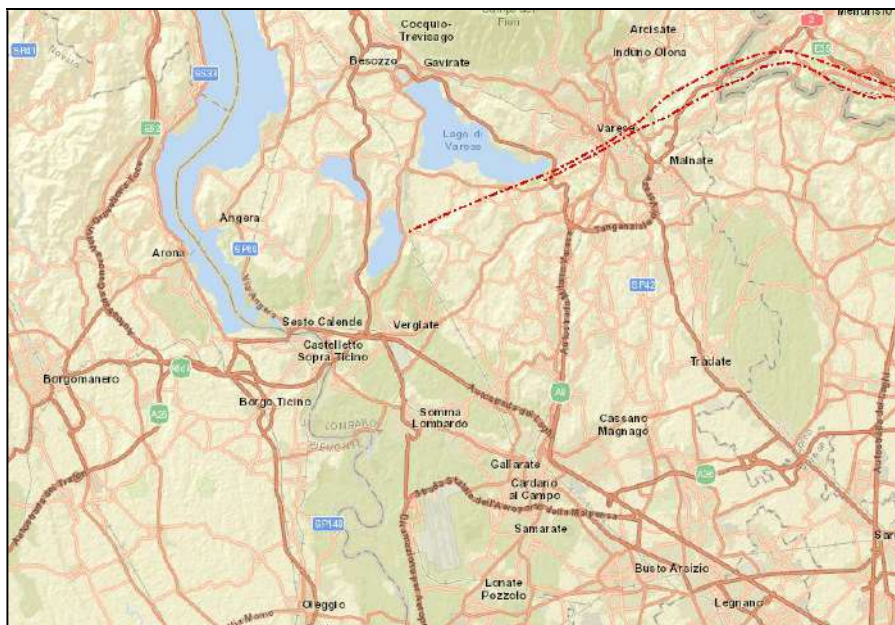
I valori F_a ottenuti sono inferiori ai F_a di soglia previsti per entrambi gli intervalli per la categoria di sottosuolo C. Si dovrà dunque far riferimento alla categoria di sottosuolo C, diversamente da quanto evidenziato con l'indagine MASW eseguita in sito.



11. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E PARAMETRAZIONE DEL SITO

Il Comune di Jerago con Orago appartiene alla classe sismica “IV” rispetto alla nuova zonizzazione sismica dei comuni italiani; il rischio è definito come “molto basso”.

Al fine di verificare la pericolosità sismica di base, si è fatto riferimento al database dell'INGV. Lo stralcio della cartografia (progetto ITHACA) riportato di seguito evidenzia come il sito di studio non è caratterizzato da strutture sismiche attive o “capaci”.



Per la definizione dei parametri sismici si è proceduto ad individuare la posizione dell'area al fine della definizione degli spettri di risposta relativi alla stessa: attraverso queste elaborazioni verranno definiti gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti, orizzontali e verticali, delle azioni sismiche di progetto per il sito specifico.

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC18, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame.

Nel caso in esame e in accordo con il tecnico progettista si è fatto riferimento alla “*classe d'uso III - Costruzioni con affollamento significativo...*”. La vita nominale è stata considerata pari a 100 anni. Si ricorda che per Vita Nominale s'intende la “*durata alla quale deve farsi espresso riferimento in sede progettuale, con riferimento alla durabilità delle costruzioni, nel dimensionare le strutture e i*

particolari costruttivi, nella scelta dei materiali delle varie applicazioni e delle misure protettive per garantire il mantenimento della resistenza e della funzionalità”.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U . Tale parametro riveste notevole importanza in quanto è utilizzato per valutare, fissata la probabilità di superamento P_{VR} corrispondente allo stato limite considerato, il tempo di ritorno (T_R) dell'azione sismica cui fare riferimento per la verifica.

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

dove Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito al variare della classe d'uso, secondo quanto riportato nella sottostante tabella.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Nel nostro caso avremo:

$$V_R = 100 \cdot 1,5 = 150 \text{ anni}$$

I dati ottenuti sono riassunti nella tabella sotto riportata; si farà riferimento alla categoria “C” di sottosuolo (definita con analisi sismica di secondo livello, abbassandosi rispetto a quella definita con prova MASW), mentre in base alle esistenti condizioni morfologiche si è fatto riferimento alla categoria “T1”.

Nella seguente tabella si riassumono i valori di Amplificazione stratigrafica (S_s), Coeff. funzione della categoria suolo (C_c), Amplificazione topografica (S_t), Accelerazione massima attesa al sito (A_{max}), Coefficiente sismico orizzontale (K_h), Coefficiente sismico verticale (K_v) e Coefficiente riduzione “beta”.

Stato limite Ultimo (SLV)

-	S_s	C_c	S_t	A_{max}	K_h	K_v	beta
FONDAZIONI-STABILITA' PENDIO	1,50	1,54	1,00	0,729	0,015	0,007	0,200

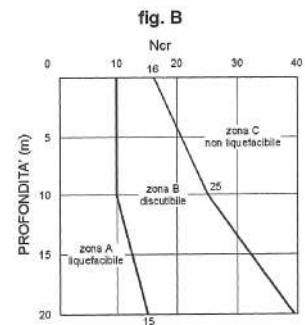
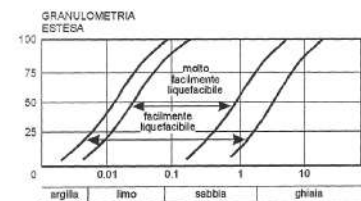
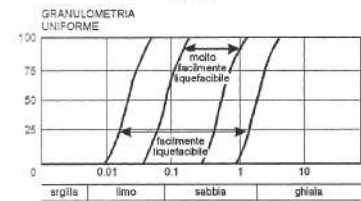
Dal punto di vista della suscettibilità sismica e secondo la cartografia del vigente PGT, l'areale di intervento ricade all'interno della classe “Z4b” equivalente ad “*amplificazioni litologiche e geometriche legate a depositi morenici granulari e/o coesivi*”.

12. SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

La normativa vigente, prevede che sia verificata la suscettibilità alla liquefazione del terreno; tale verifica può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque condizioni e in particolare:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni free-field minori di 0.1g;
2. accelerazioni massime al piano campagna inferiori a 0.15g e terreni con le caratteristiche riportate nell'Allegato 4 al punto 2.3 dell'OPCM 3274;
3. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura a fianco;
4. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m per edifici con fondazioni superficiali.

Considerando la condizione posta al sopra citato punto 1 risulta che il valore di A_{max} è inferiore al valore di riferimento; essendo verificata almeno una condizione la verifica della suscettibilità alla liquefazione può essere omessa.



13. MATRICE DI RISCHIO E DI PERICOLOSITA'

Al fine di sintetizzare gli aspetti esaminati nei precedenti capitoli, viene proposta una tabella che riporta una combinazione tra la pericolosità (probabilità che un certo evento accada in un dato periodo di tempo) e la possibilità che si verifichi un danno alla struttura in progetto.

I colori indicano le diverse combinazioni che possono presentarsi, variando da un “rischio” contenuto e accettabile (colore verde) a un rischio molto elevato e non accettabile (colore rosso), a seconda del fattore considerato. Nel caso in esame si è fatto riferimento ad aspetti sismici (S), idrogeologici (I), geomorfologici (GM), geologici (G), geotecnici (GT).

	PERICOLOSITA'			
	ALTA	MEDIO ALTA	MEDIO BASSA	BASSA/MOLTO BASSA
DANNO MOLTO GRAVE				
DANNO GRAVE				
DANNO MEDIO/BASSO			GT	
DANNO NON ESISTENTE/ LEGGERO				S - G - I - GM

Per l'intervento in esame, la pericolosità risulta molto bassa e medio bassa per gli aspetti analizzati.

14. TERRE E ROCCE DA SCAVO

La gestione delle terre da scavo andrà quindi effettuata secondo la nuova normativa vigente, rappresentata dal DPR n° 120 del 13 giugno 2017 *“Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell’articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014 n° 133, convertito con modificazioni dalla legge 11 novembre 2014 n° 164”*.

Il progetto in esame rientra quindi nella casistica delle *“terre e rocce da scavo prodotte da cantieri di piccole dimensioni”*, chiaramente escluso da procedure di VIA e/o AIA; si ricorda che per cantieri di piccole dimensioni sono da intendere quelli in cui le trs prodotte sono inferiori a 6.000 mc.

Si ricorda che in attuazione dell’articolo 184-bis del Decreto Legislativo 152/2006, le terre e rocce da scavo che soddisfano la definizione di sottoprodotto (e non sono quindi da considerarsi rifiuti) devono possedere diversi requisiti.

Il capo III del DPR n° 120, all’ art. 20 evidenzia gli ambiti di applicazione. “Con riferimento ai requisiti ambientali di cui all’art.4, si applicano se il produttore dimostra, qualora siano destinate a rimodellamenti, recuperi, ripristini, riempimenti ambientali o altri utilizzi del suolo, che non siano superati i valori di CSC di cui alle colonne A e B – tabella 1 – Allegato 5 – Titolo V della parte IV del Decreto Legislativo 152/2006, con riferimento alle caratteristiche delle matrici ambientali e alla destinazione d’uso urbanistica del sito di destinazione e che le terre e rocce da scavo non costituiscono fonte diretta o indiretta di contaminazione fatti salvi i valori di fondo naturale”.

Relativamente al caso di studio, gli scenari possibili risultano tre:

- Riutilizzo sul medesimo sito di produzione: le terre da scavo non sono trasportate esternamente al cantiere, ma impiegate nello stesso sito. In questo caso è comunque necessario dimostrare la “non contaminazione dei materiali” (ai sensi dell’art. 4 del DPR), in caso di controllo.
- Utilizzo esterno al sito di produzione: necessaria la compilazione della modulistica prevista, da spedire ad ARPA territorialmente competente almeno 15 gg prima dell’inizio degli scavi. Necessaria la verifica di “non contaminazione” dei materiali e, al termine dei lavori, la trasmissione della modulistica “di avvenuto utilizzo” ad ARPA e al Comune/i interessati.
- Trasporto e smaltimento presso impianto autorizzato (sempre previa caratterizzazione ambientale).

15. CONCLUSIONI

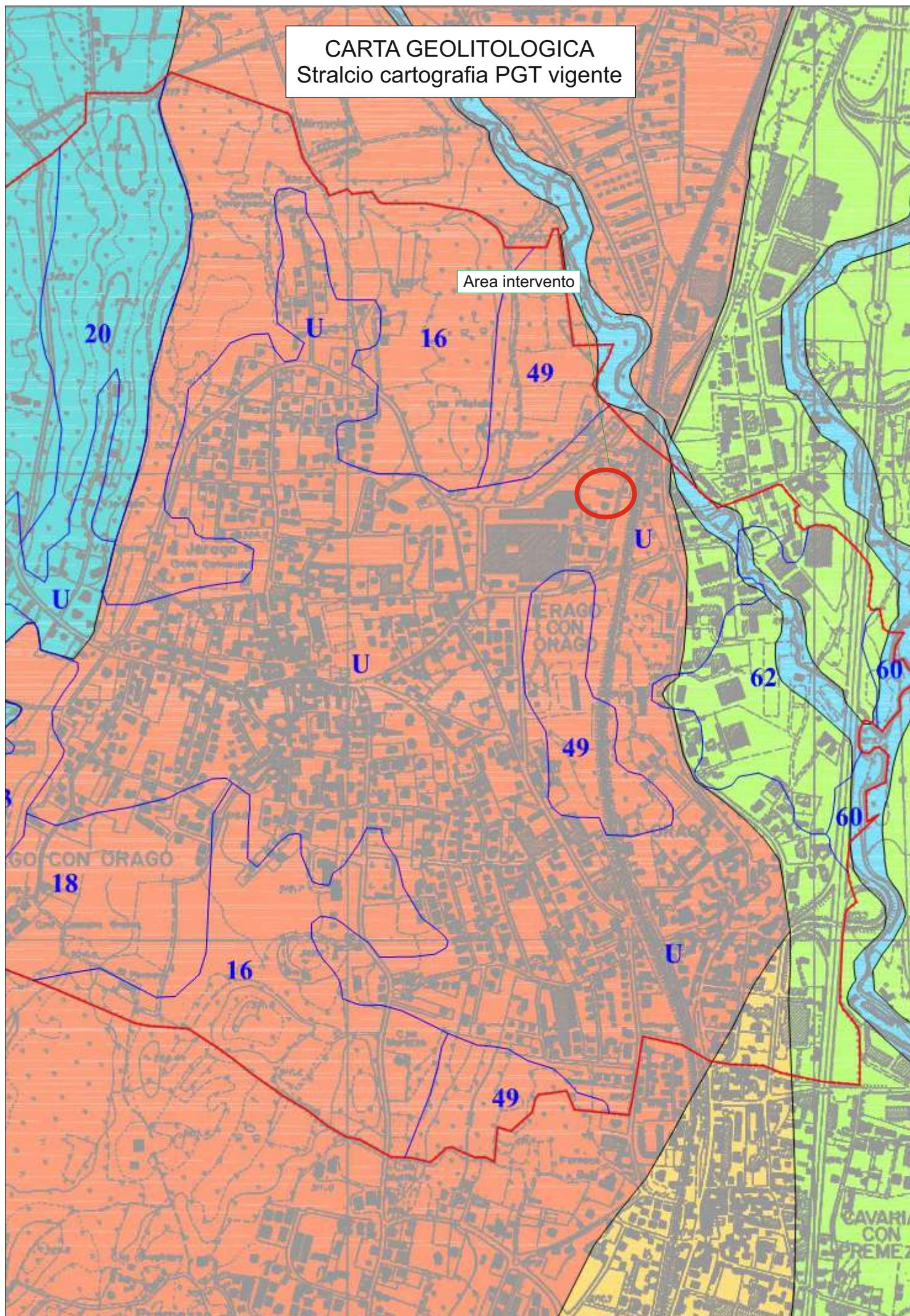
A conclusione del presente lavoro si evidenzia quanto segue:

- l'area in oggetto ascritta alla classe "3A" di fattibilità geologica, caratterizzata da *"consistenti limitazioni"*; l'intervento in progetto è da ritenere quindi compatibile con la vigente normativa;
- dal punto di vista geologico l'area si imposta sui depositi glaciali quaternari;
- geomorfologicamente il sito è pianeggiante; il sopralluogo effettuato non ha evidenziato instabilità e/o fenomeni di dissesto, in accordo con la cartografia pubblicata;
- la carta di sintesi del vigente PGT non pone limitazioni di carattere geologico/geomorfologico al sito di intervento; il sito ricade in *"aree a dissesto idrogeologico medio (bacino T. Arno) e grado di permeabilità basso"*;
- dal punto di vista idrogeologico si segnala la presenza di modeste e discontinue venute d'acqua nei materiali a granulometria fine, anche a ridotta profondità dal piano campagna e individuate a circa - 3 m da p.c. durante le indagini eseguite. La falda si è invece rilevata a partire da - 5,8 m circa dal piano campagna;
- la permeabilità del terreno, misurata direttamente in sito alla profondità di - 2,5 m dal piano campagna, è pari a $1,38 \times 10^{-7}$ m/s ; la stessa è definibile come "molto scarsa";
- non si rilevano elementi dell'idrografia superficiale nelle vicinanze dell'area di studio;
- per conoscere nel dettaglio le caratteristiche stratigrafiche del terreno, si è eseguita una indagine geognostica mediante la realizzazione di tre prove penetrometriche dinamiche, che hanno sempre raggiunto il limite del rifiuto strumentale e la massima profondità di -9,4 m dal piano campagna;
- il modello geologico del terreno ricavato dai dati ottenuti è rappresentato da materiali non resistenti (unità A) fino a circa 2,8 m da p.c., seguiti da depositi poco resistenti (unità B) per uno spessore variabile tra 1,4 e 2,2 m, che ricoprono materiali mediamente resistenti (unità C) fino al termine delle prove intercalati da materiali poco resistenti (unità B) per spessore variabili tra 0,6 e 1,6 m. Il rifiuto strumentale è legato alla presenza di ciottoli e blocchi non penetrabili;
- tali dati concordano con dati pregressi provenienti da attività di indagine a livello di PGT comunale, riferiti ad ambiti adiacenti e alle medesime condizioni geologiche;
- l'area in oggetto ricade nella classe "Z4b" di amplificazione sismica, legata quindi ad aspetti litologici e geometrici del terreno (presenza di materiali glaciali granulari e/o coesivi);
- la prova MASW eseguita in sito ha permesso di classificare il terreno alla categoria sismica "B", equivalente a *"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 graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s.* Il valore di V_{seq} misurato è pari a 441 m/s a piano campagna;

- l'analisi sismica di secondo livello, impone invece per le verifiche strutturali e geotecniche, l'utilizzo di una categoria di suolo di tipo "C";
- la pericolosità sismica del sito risulta molto bassa, dal momento che il Comune di Jerago con Orago è ascritto alla classe sismica IV;
- è omessa la verifica a liquefazione;
- i materiali da scavo andranno gestiti in ottemperanza al DPR 120/2017.

ALLEGATI

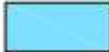





CARTA GEOLITOLOGICA
Stralcio cartografia PGT vigente



LEGENDA

 Limite comunale

ELEMENTI GEOLITOLOGICI

Attuale		Alluvium Attuale. Blocchi, ghiaie e sabbie non alterate.
Pleistocene Superiore		Fluvioglaciale e fluviale Wurm. Ghiaie e sabbie.
		Morenico Wurm. Ghiaie, blocchi e limi.
Pleistocene Medio		Fluviale e lacustre Riss. Ghiaie sabbie e argille ferrettizzate.
		Morenico Riss. Ghiaie, blocchi e limi ferrettizzati.
Pleistocene Inferiore		Fluvioglaciale, fluviale, lacustre Mindel. Ghiaie, argille e limi fortemente ferrettizzati.

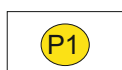
ELEMENTI GEOPEDOLOGICI

 Unità geopedologica e relativa numerazione identificativa

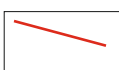
UBICAZIONE INDAGINE GEOGNOSTICA IN SITO



LEGENDA



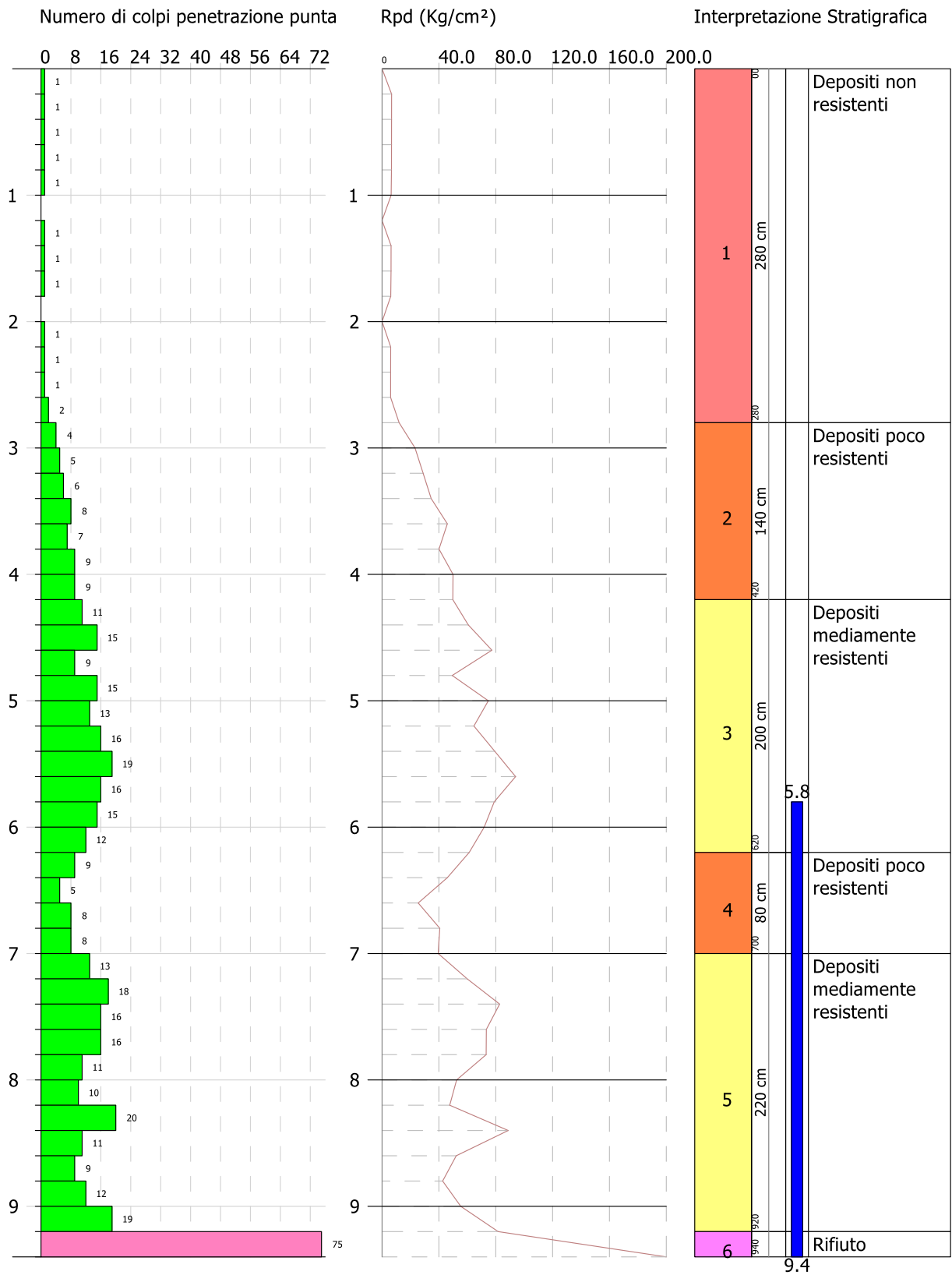
Prova penetr. dinamica
con relativa numerazione.

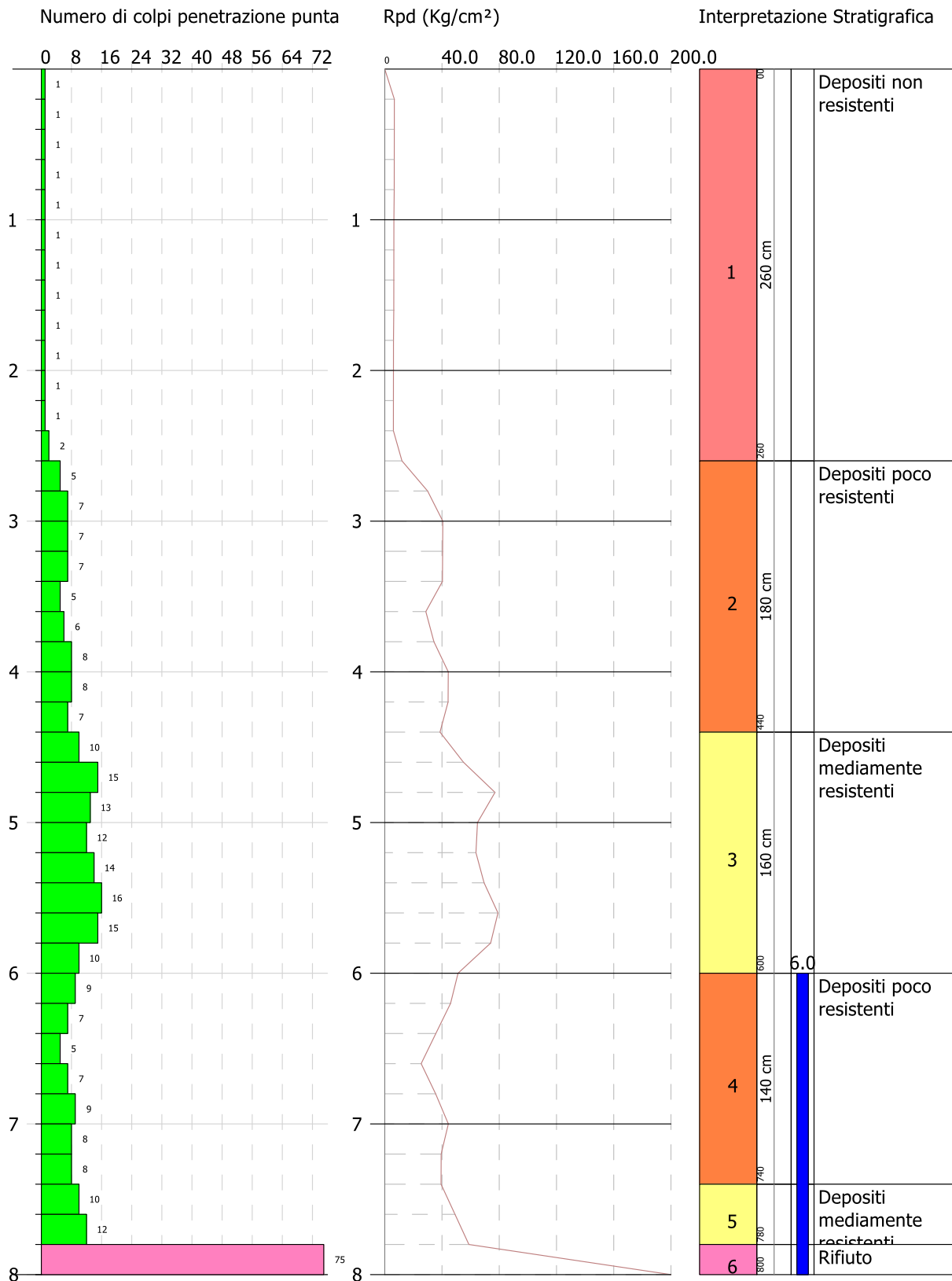


Linea MASW



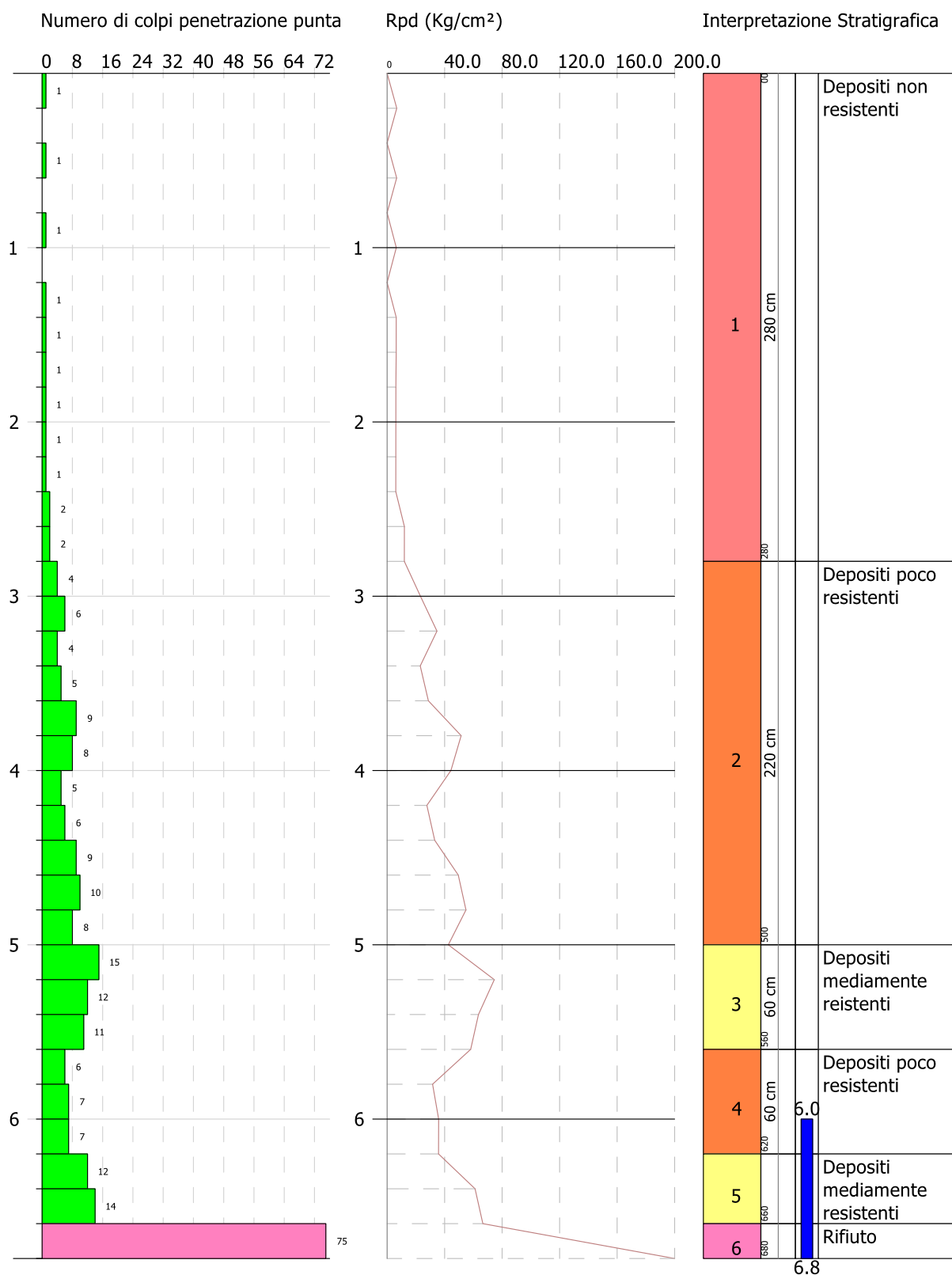
Prova permeabilità



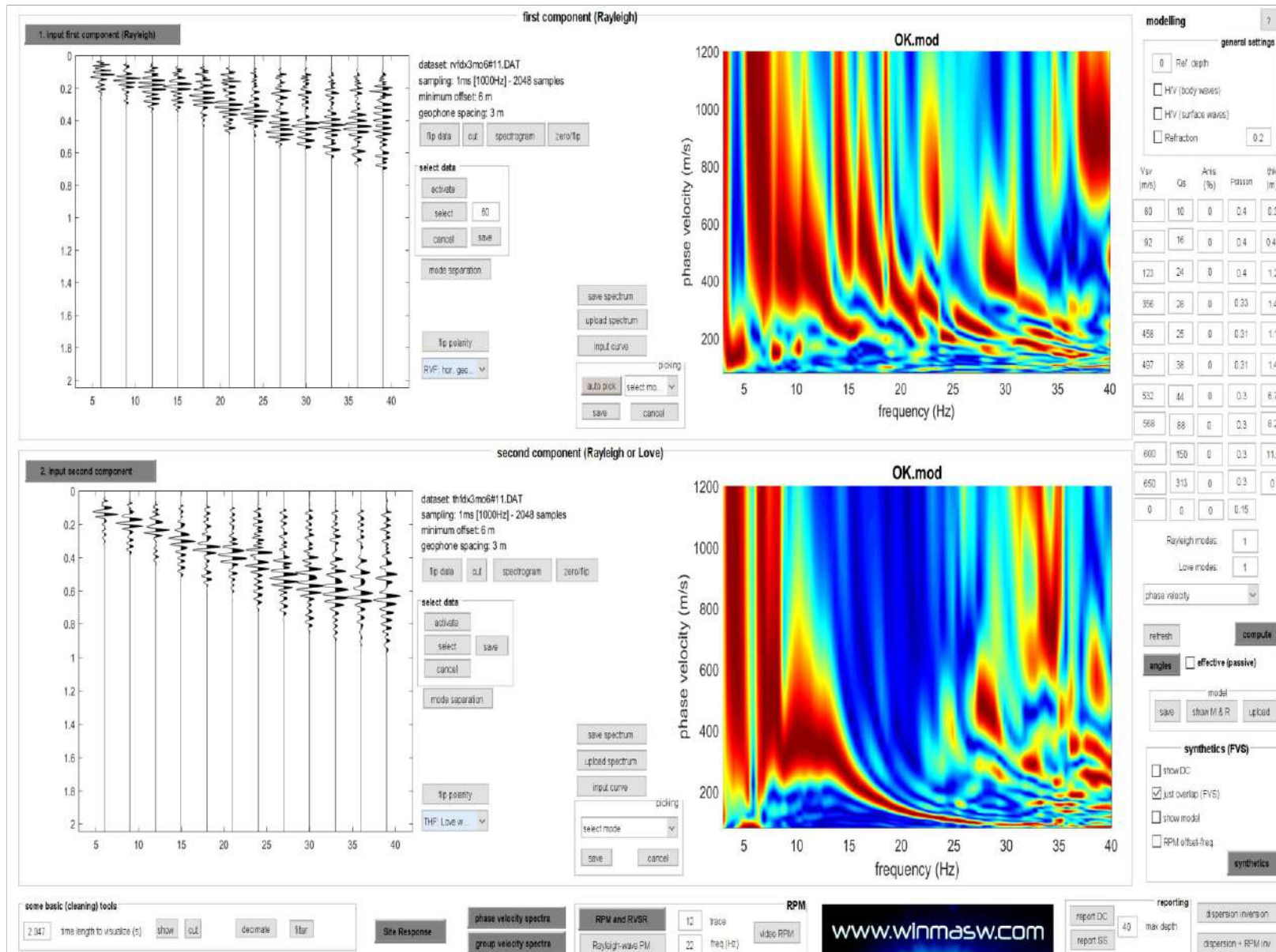


12/07/2024

Scala 1:33



MASW - ALLEGATO TECNICO 01



MASW - ALLEGATO TECNICO 02

www.winmasw.com

