



## NUOVA PALESTRA-SCUOLA G. RODARI COMUNE DI OLGINATE

### PROGETTISTI

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA  
COORDINAMENTO GENERALE  
COORDINAMENTO SICUREZZA

ARCHICOMO ENGINEERING SRL  
VIA GIUSEPPE GRILLONI 9 - 22100 COMO (CO)

ARCH. GIANMARCO MARTORANA  
VIA STOPPA 32 - 22042 SAN FERMO DELLA BATTAGLIA (CO)

ING. DONATELLA NOVI  
VIA DELLA COOPERATIVA 12 - 22016 TREMEZZINA (CO)

PROGETTAZIONE IMPIANTI  
MECCANICI

P.I. LORENZO COLOMBO  
VIA ANTONIO NOLFI 1 - 22100 COMO (CO)

PROGETTAZIONE STRUTTURALE  
ASPETTI GEOTECNICI

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

ING. GEOL. MATTEO BENZI  
VIA TURATI 27 - 2068 PESCHIERA B. (MI)

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

PROGETTAZIONE IMPIANTI  
ELETTRICI E SPECIALI

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

PROGETTAZIONE ACUSTICA

ING. DAVIDE LODI RIZZINI  
VIA CANTURINA, 321 - 22100 COMO (CO)

### COMMITTENTE

COMUNE DI OLGINATE  
P.ZZA VOLONTARI DEL SANGUE 1  
23854 OLGINATE (LC)



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Comune di  
Olginate  
(Lecco)

### INTERVENTO

INTERVENTO DI REALIZZAZIONE NUOVA PALESTRA SCUOLA PRIMARIA "G.RODARI"  
VIA CAMPAGNOLA - 23854 OLGINATE (LC) - CUP: E91B22001200006 - INTERVENTO 4 PNRR (ART.4 DM 2 /12/ 21)

## PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO ( DPR 207/2010)

TITOLO:

Relazione Geologica

NOME DEL FILE:

AC\_OLG-P\_ESE\_GEO\_00\_COP.DWG

SCALA:

-

DATA:

GIUGNO 2023

**GEO**

**COMUNE DI OLGINATE**  
PROVINCIA DI LECCO  
REGIONE LOMBARDIA

NUOVA PALESTRA SCOLASTICA

RELAZIONE GEOLOGICA R1 R3

Committenza: Amministrazione Comunale

Borgomanero, Novembre 2022



Dott. Geol. Alberto Rech



## SOMMARIO

1.	PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO _____	2
2.	FATTIBILITA' GEOLOGICA E NORMATIVA RIFERIMENTO _____	3
3.	CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI _____	5
4.	CARATTERI IDROGEOLOGICI E IDROLOGICI _____	7
5.	CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE _____	8
5.1	Risultati ottenuti _____	8
6.	MODELLO GEOLOGICO DEL TERRENO _____	10
7.	INDAGINE SISMICA CON IL METODO MASW _____	12
7.1	Generalità sulle onde sismiche _____	12
7.2	Il metodo MASW _____	14
8.	MODELLO SISMICO DEL TERRENO _____	18
9.	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E PARAMETRAZIONE DEL SITO _____	20
10.	SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE _____	23
11.	MATRICE DI RISCHIO E DI PERICOLOSITA' _____	25
12.	CONCLUSIONI _____	26

Si allegano inoltre:

- Corografia;
- Carta di fattibilità (stralcio PGT vigente).
- Carta geologica (stralcio PGT vigente);
- Carta geomorfologica (stralcio PGT vigente).
- Planimetria con ubicazione indagini;
- Grafici delle prove penetrometriche dinamiche;
- Grafici della prova sismica MASW.

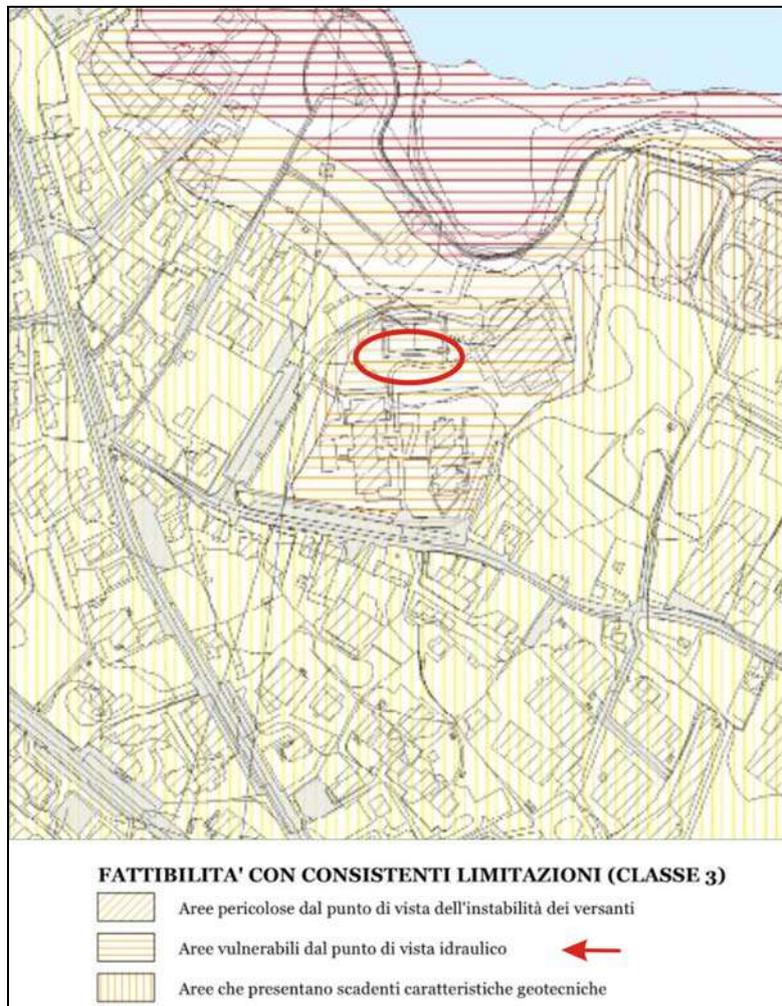
## *1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO*

Nell'ambito della realizzazione della nuova palestra, lo scrivente è stato incaricato di procedere alla stesura della Relazione Geologica (R1 ed R3); nel presente elaborato, che rappresenta la sintesi esplicativa delle attività svolte, saranno esaminate le caratteristiche del sito in oggetto; la modellazione geologica e sismica del terreno sarà definita sulla base della campagna di indagini geognostiche eseguite.

L'area di studio è ubicata in Comune di Olginate, in Via Campagnola.

## 2. FATTIBILITA' GEOLOGICA E NORMATIVA RIFERIMENTO

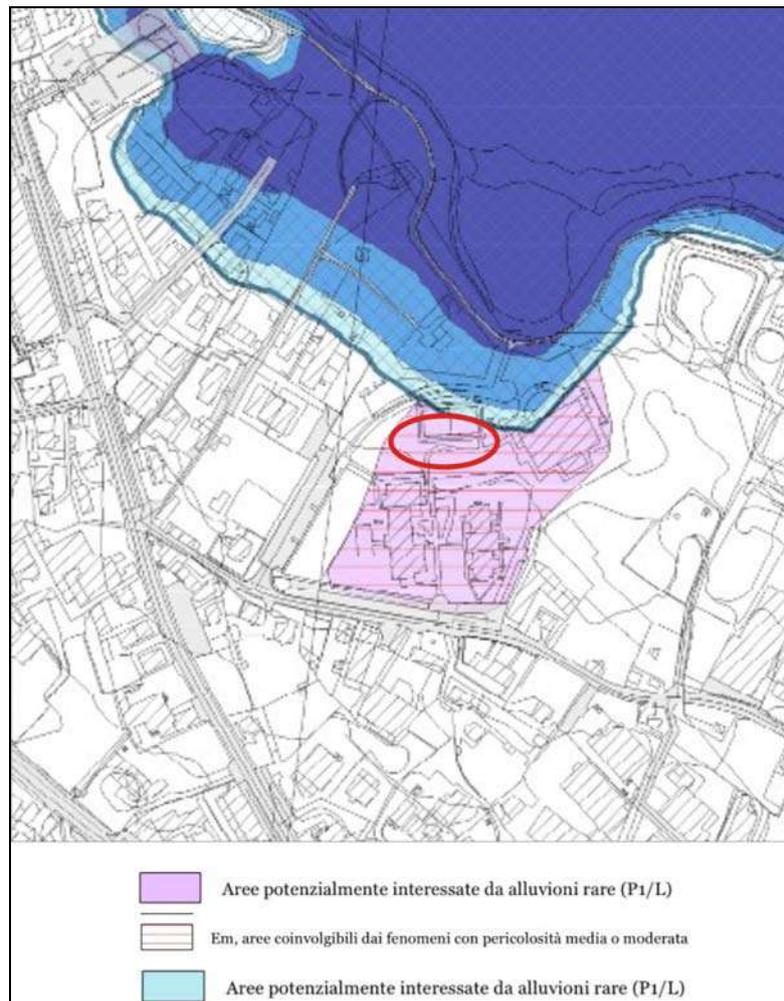
L'area di studio, per quel che concerne invece la fattibilità geologica, risulta ascritta alla classe 3, secondo quanto riportato nella “Carta di fattibilità geologica” del vigente Piano Governo del Territorio (di cui si allega uno stralcio di seguito). A tale classe corrisponde una “*fattibilità con consistenti limitazioni*” e comprende “*aree vulnerabili dal punto di vista idraulico*”.



Nel dettaglio si tratta di “*Aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità media o moderata, per esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d’acqua – Em PAI*”; sono ammesse tutte le tipologie di opere edificatorie ed infrastrutturali, subordinate alla realizzazione di interventi di mitigazione del rischio finalizzati a garantire un franco minimo di sicurezza. In tali aree i nuovi edifici dovranno essere progettati in modo che tutti gli impianti tecnologici non possano subire danni in caso di allagamento”.

La Carta di Sintesi, che si riporta negli allegati, ascrive il sito di studio ad “*aree potenzialmente interessate da alluvioni rare, relativamente al reticolo idrografico secondario*” e “*originariamente ribassate (paleoalveo) oggetto di riempimento con terreni di riporto*”.

Di seguito si riporta uno stralcio della cartografia PAI e PGRA, da cui si evince quanto sopra descritto:



Facendo riferimento a quanto contenuto nelle Norme Tecniche di Attuazione del vigente strumento urbanistico, si è svolta una campagna di indagini geognostiche atta a determinare:

- il modello geologico e stratigrafico di dettaglio del sito, con la caratterizzazione del terreno su cui insiste la struttura scolastica;
- il modello sismico del terreno;
- l'assetto idrogeologico con particolare riguardo alla permeabilità e alla soggiacenza della falda.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza a :

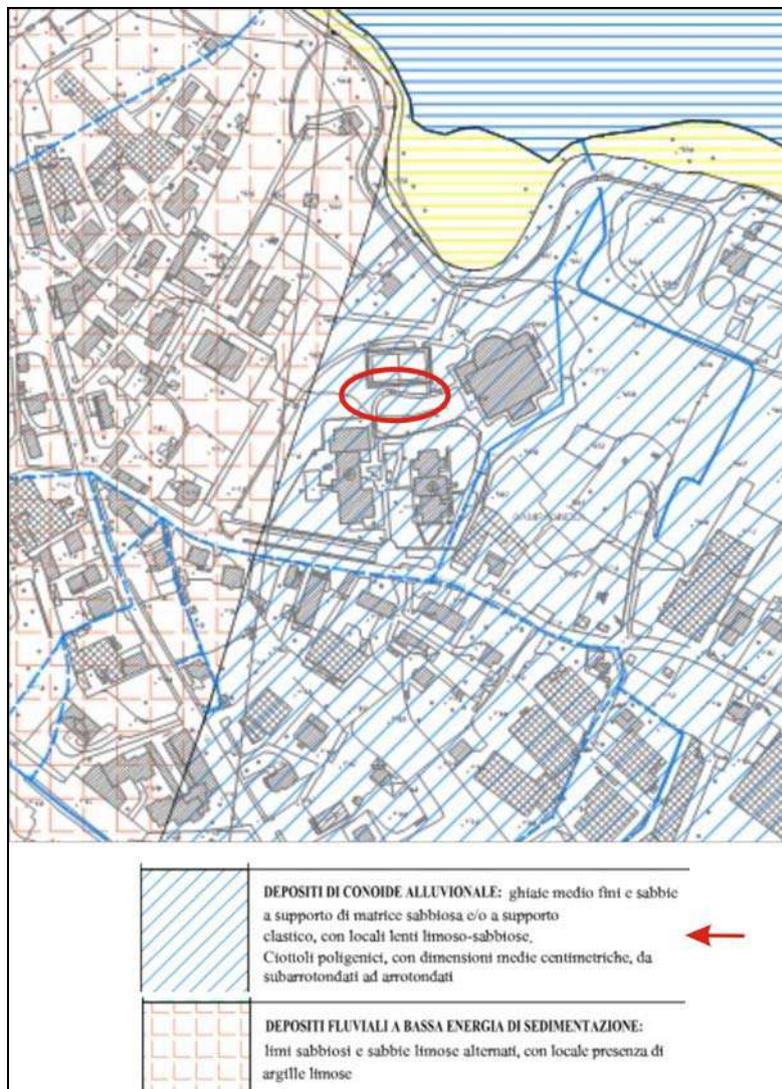
- Decreto Ministeriale 17.01.2018 “*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*”.
- D.G.R. 28.05.08 n .8/7374 e D.G.R. 22.12.05 n.8/1566 “*Definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio*”.
- DGR IX/2616/2011 “*Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica dei PGT...*”.

### 3. 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.

Il territorio di Olginate è situato nella fascia collinare “subalpina”, estrema propaggine meridionale delle Prealpi lombarde. Esso confina a nord con il comune di Garlate, ad ovest con il comune di Galbiate, a sud-ovest e a sud con i comuni di Valgrehentino, Airuno e Brivio. Il territorio è naturalmente delimitato ad est dal Lago di Olginate e dal corso del fiume Adda.

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:



Unità Postglaciale (Pleistocene superiore - Olocene), costituita da:

- *Depositi fluviali e di esondazione*, depositi di conoide e di versante privi di alterazione superficiale con suoli assenti o poco sviluppati. Colore della matrice 10YR (giallo-brunastro) delle Munsell Soil Charts. In particolare:
  - *Depositi di conoide alluvionale*: ghiaie medio fini e sabbie a supporto di matrice sabbiosa e/o a supporto clastico, con locali lenti limoso-sabbiose; ciottoli poligenici, con dimensioni medie centimetriche, da subarrotondati ad arrotondati;
  - *Depositi alluvionali*: sabbie e ghiaie a supporto di matrice sabbiosa o a supporto di clasti, alternate a sabbie e limi sabbiosi nelle zone distali; - depositi del paleoalveo del Lavello: depositi ghiaiosi di riempimento del paleoalveo del F. Adda in località Lavello;
  - *Depositi fluvio-lacustri*: limi con sabbia e limi argillosi alternati a sabbie fini limose;
  - Depositi fluviali a bassa energia di sedimentazione: limi sabbiosi e sabbie limose alternati, con locale presenza di argille limose;
  - *Depositi eluvio-colluviali* ricoprenti il substrato roccioso (affiorante o subaffiorante): ghiaie e sabbie con clasti arenacei e calcarei, di forma generalmente appiattita, da angolari a subarrotondati in matrice limoso-sabbiosa.

Alloformazione di Cantù (Pleistocene sup.) costituita da:

- *Depositi glaciali e di contatto glaciale* con profilo di alterazione poco evoluto (da 0 a 1.5 m) e colore della matrice 2.5/10YR (giallastro e giallo-brunastro), generalmente costituiti da diamicton massivi a supporto di matrice sabbioso-limosa localmente a supporto clastico. I clasti sono poligenici ed eterometrici, da subarrotondati ad arrotondati. I depositi si presentano da normalmente consolidati a sovra consolidati.

Il settore nord-orientale e sud-orientale del territorio, cui il sito appartiene, è invece caratterizzato dalla presenza delle conoidi alluvionali dei Torrenti Aspide e Greghentino in corrispondenza delle quali si sviluppa il nucleo urbano di Olginate e ai cui lati si estendono aree pianeggianti e subpianeggianti.

*L'area di intervento si imposta sui depositi di conoide alluvionale; si segnala però come la pozione di intervento, così come indicato in cartografia, è stata in passato oggetto di "riporti" per attività di riquotatura e bonifica.*

*Il sito è morfologicamente pianeggiante.*

#### *4. CARATTERI IDROGEOLOGICI E IDROLOGICI*

Anche per la redazione dei caratteri generali dell'acquifero, si farà riferimento ai contenuti del vigente PRG. Dal punto di vista idrologico si segnala la presenza di un rio di piccole dimensioni, che scorre nelle vicinanze del sito e che confluisce nel Fiume Adda.

L'indagine geosgnostica ha rilevato la presenza della falda a -1,8 m dal piano campagna; per effettuare tale misura è stato inserito, in foro di prova penetrometrica, in tubo piezometro al fine di rendere più precisa la misura. Tale valore riflette però un periodo di anomala e prolungata siccità e, in condizioni normali, potrebbe essere più vicino al piano campagna.

## 5. CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di determinare con il modello geologico del terreno, lo scrivente ha eseguito una campagna di indagini geognostiche mediante l'esecuzione di tre prove penetrometriche dinamiche, spinte alla massima profondità – 16,2 m dal piano campagna. Lo strumento utilizzato è stato il penetrometro DPSH, cingolato e motorizzato (foto sotto, con i 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'infissione 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; il posizionamento è stato influenzato dalla presenza di sottoservizi esistenti e dalla non possibilità di accesso dagli ingressi esistenti (in quanto di piccole dimensioni).

### 5.1 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 0,4 m da p.c.: materiali rimaneggiati;
- da 0,4 a 1,0 m da p.c.: materiali poco resistenti;
- da 1,0 a 4,8 m da p.c.: materiali non resistenti;
- da 4,8 a 5,8 m da p.c.: materiali mediamente resistenti;

- da 5,8 a 6,6 m da p.c.: materiali poco resistenti;
- da 6,6 a 7 m da p.c.: materiali non resistenti;
- da 7 a 8,6 m da p.c.: materiali poco resistenti;
- da 8,6 a 10 m da p.c.: materiali non resistenti.

PROVA 2

- da 0 a 0,6 m da p.c.: materiali rimaneggiati superficiali;
- da 0,6 a 1,0 m da p.c.: materiali mediamente resistenti;
- da 1,0 a 4,8 m da p.c.: materiali non resistenti;
- da 4,8 a 9,8 m da p.c. materiali poco resistenti.

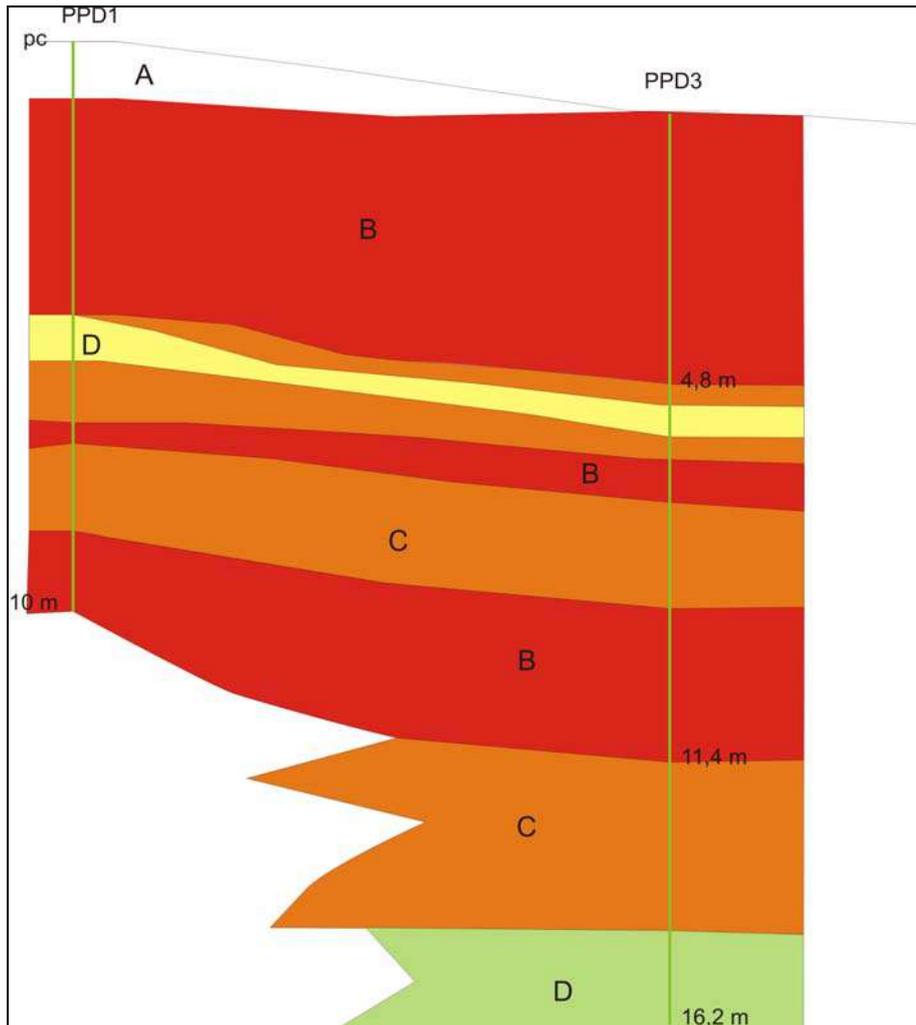
PROVA 3

- da 0 a 4,8 m da p.c.: materiali non resistenti;
- da 4,8 a 5,6 m da p.c.: materiali poco resistenti;
- da 5,6 a 6,2 m da p.c.: materiali mediamente resistenti;
- da 6,2 a 6,8 m da p.c.: materiali poco resistenti;
- da 6,8 a 7,2 m da p.c.: materiali non resistenti;
- da 7,2 a 8,8 m da p.c.: materiali poco resistenti;
- da 8,8 a 11,4 m da p.c.: materiali non resistenti;
- da 11,4 a 14,4 m da p.c. materiali poco resistenti;
- da 14,4 a 16,2 m da p.c.: materiali resistenti.

## 6. MODELLO GEOLOGICO DEL TERRENO

Dai dati riassunti nel precedente capitolo è possibile procedere alla ricostruzione del modello geologico e stratigrafico del terreno. Si sottolinea come i dati risentono delle variabilità spaziali proprie e “naturali” dei depositi che caratterizzano il sito in oggetto, pur mostrandosi sostanzialmente concordanti.

L'immagine seguente rappresenta una correlazione stratigrafica tra le verticali n° 1 e 3, ottenuta dalle risultanze delle indagini e che evidenzia la composizione del terreno.



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

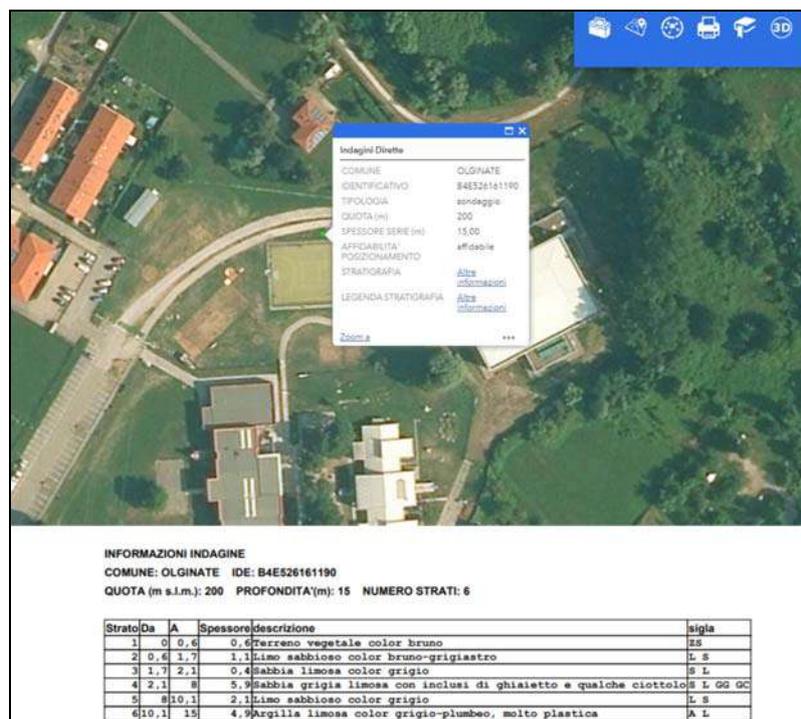
- Unità A (*materiali rimaneggiati superficiali*): si tratta dello strato superficiale del terreno, di spessore variabile tra 0,4÷0,6 m, composto da materiali eterogenei presenti nelle porzioni a maggiore quota topografica;
- Unità B (*depositi non resistenti*): materiali a granulometria fine, sciolti e facilmente penetrabili. Caratterizzano uno spessore variabile tra 3,8 e 4,8 m; in profondità, tali materiali si configurano dapprima come sottili lenti intercalate e successivamente come strati di spessore variabile tra 1,4 e

2,6 m.

- Unità C (*depositi poco resistenti*): depositi più addensati rispetto ai precedenti, composti da granulometria fine. Caratterizzano ampi spessori del terreno, in tutte le verticali di prova eseguite.
- Unità D (*depositi mediamente resistenti*): si tratta di intercalazioni di spessore compreso tra 0,6 e 1 m, che si rilevano puntualmente e a media profondità. Sono costituite da materiali sabbiosi, mediamente addensati.
- Unità E (*depositi resistenti*): si rilevano esclusivamente in profondità e a partire da 14,6 m dal piano campagna.

Ulteriori considerazioni si possono effettuare considerando in un contesto più ampio anche i dati bibliografici esistenti e in particolare:

- un sondaggio eseguito in prossimità del sito (a lato del campo da calcetto esistente) e lunghezza pari a 15 m, evidenzia una stratigrafia composta da materiali a granulometria fine; si tratta di alternanze di sabbie limose e limi sabbiosi fino a circa 10 m dal piano campagna, seguiti da argille limose plastiche;



- l'analisi delle indagini pregresse, svolte nell'anno 2009 dallo "Studio Ghezzi" a supporto dell'ampliamento dell'edificio scolastico adiacente, rilevano una sostanziale congruenza nei dati geognostici.
- a livello di PGT, l'area in questione è indicata come caratterizzata da "materiali di riporto" per interventi passati di riquotatura e bonifica.

## 7. 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, che sono le più pericolose nei confronti dei manufatti. Per lo studio delle  $V_s$  nel presente lavoro si è adottato il metodo MASW (acronimo di *Multichannel Analysis Surface Waves*), come si evince dalla foto a lato.



### 7.1 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;
- $\mu$  è il modulo di rigidità;
- $\rho$  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:

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

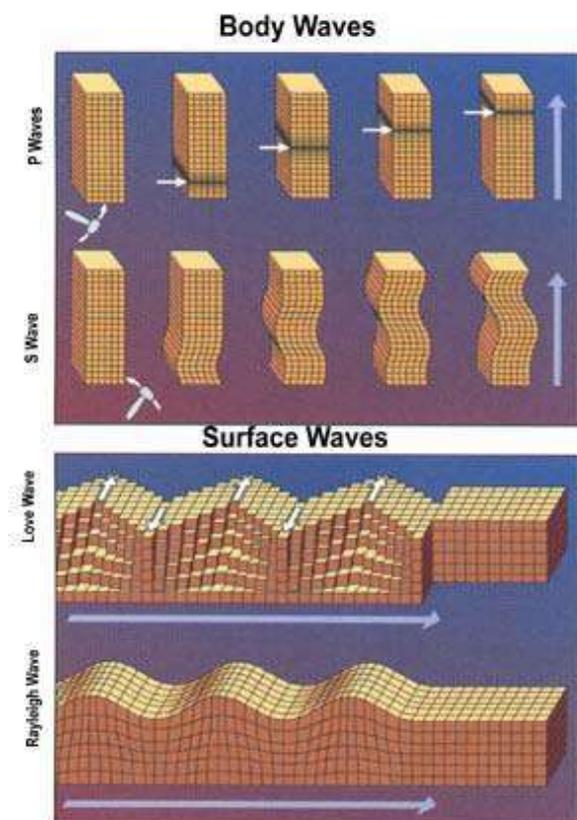
con:

- $\mu$  che rappresenta il modulo di taglio del materiale;
- $\rho$  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.

## 7.2 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 registrarlo 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:

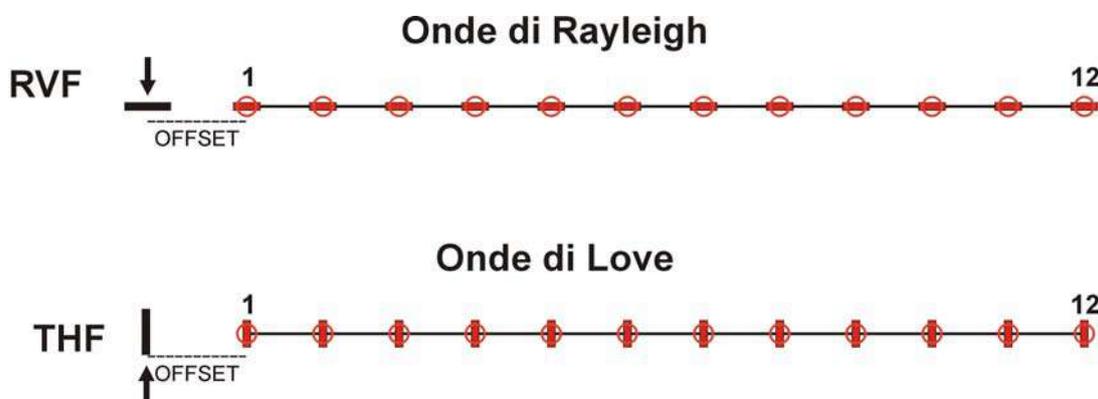
- geologo-geofisico responsabile dell'unità operativa;
- tecnico operatore.

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 Reyleigh, 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.

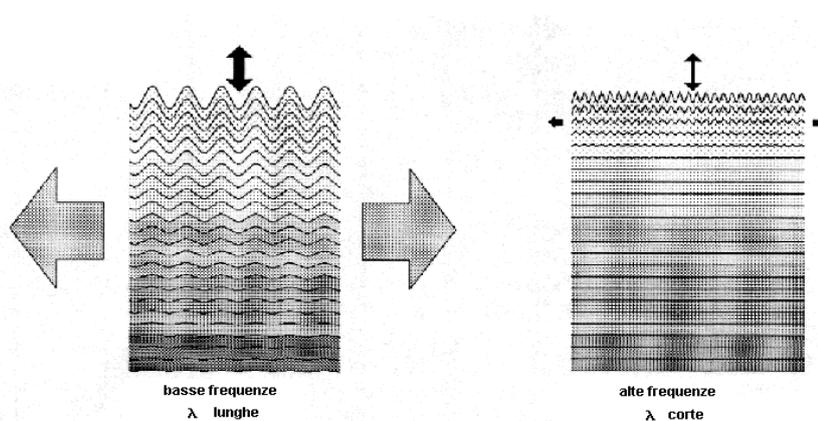
La scelta dei parametri di elaborazione, così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel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



## 8. MODELLO SISMICO DEL TERRENO

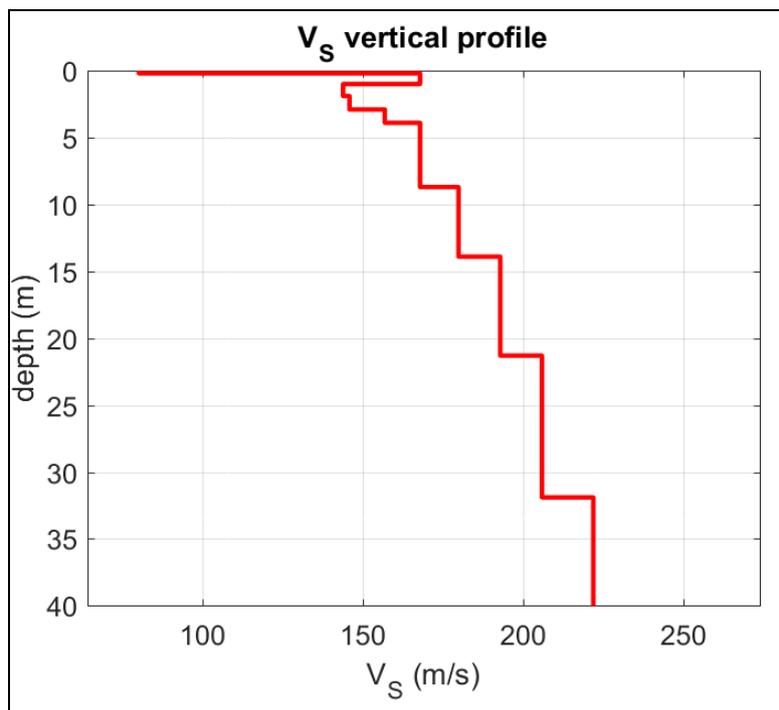
La strumentazione utilizzata per l'indagine sismica è stata la seguente:

- 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 55 m; la linea sismica si è ubicata in corrispondenza planimetrica all'opera in progetto.

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 onde di rayleigh e di Love. 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.



Di ogni frequenza presente nell'onda viene valutata la velocità e quindi viene ricavata la curva di dispersione (velocità-frequenza). Una procedura iterativa, per mezzo del software WinMasw, consente di ricavare il modello di velocità delle onde S del terreno.

La  $V_{s,eq}$  viene definita dalla formula:

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

$h_i$  = 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 **182 m/s** a piano campagna.

Osservando i grafici allegati, dal punto di vista sismico il terreno è caratterizzato da velocità modeste e piuttosto omogenee per i primi 30 m di terreno.

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
A	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.
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
C	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
D	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.
E	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 "C" (*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*).

## 9. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E PARAMETRAZIONE DEL SITO

Il Comune di Olginate appartiene alla classe sismica “III” rispetto alla nuova zonizzazione sismica lombarda.

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi che devono essere considerati nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area.

Si ricorda come gli effetti di amplificazione litologica si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

Al fine di verificare la pericolosità sismica di base, si è fatto riferimento al databade dell'INGV; 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 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  $P_{V_R}$  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 nelle tabelle sotto riportate.

Per quanto concerne la categoria di sottosuolo, in base ai risultati della prova MASW eseguita, si farà riferimento alla categoria “C”.

In base alle esistenti condizioni morfologiche si è fatto riferimento alla categoria T1 “*aree subpianeggianti e pendii con  $i < 15^\circ$* ”.

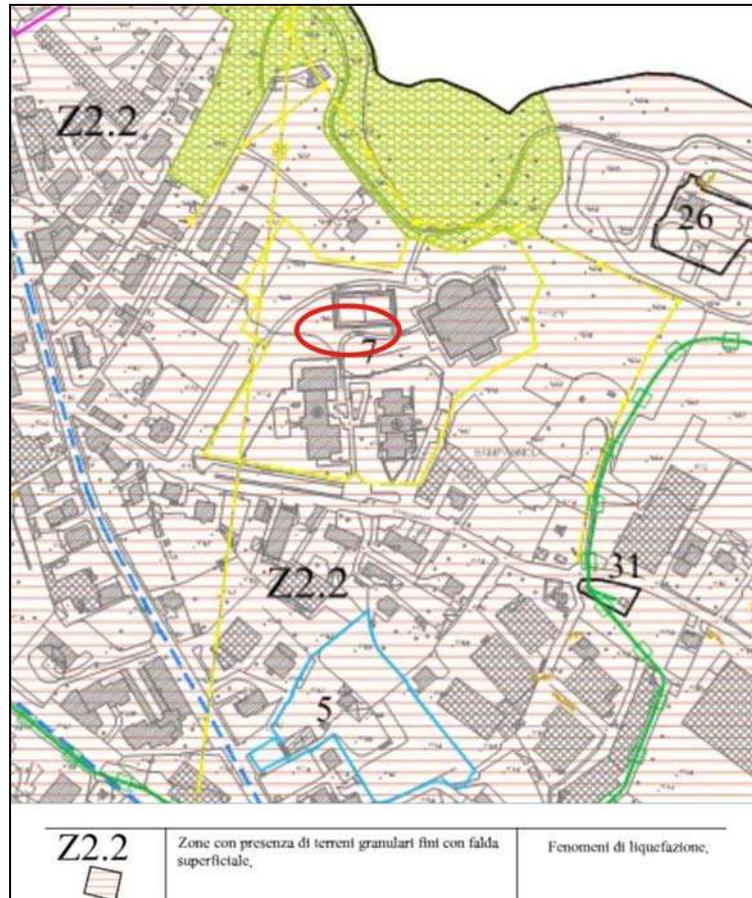
Nella seguente tabella si riassumono i valori di Amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ), Coeff. funzione della categoria suolo ( $C_c$ ), Amplificazione topografica ( $S_t$ ), Accelerazione massima attesa al sito ( $A_{max}$ ), Coefficiente sismico orizzontale ( $K_h$ ), Coefficiente sismico verticale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

#### Stato limite Ultimo (SLV)

-	Ss	Cc	St	$A_{max}$	Kh	Kv	beta
FONDAZIONI- STABILITA' PENDIO	1,50	1,57	1,00	1,291	0,026	0,013	0,200

## 10. SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

Il sito in esame, come evidenziato nella cartografia specialistica del vigente Piano di Governo del Territorio ndi cui si riporta uno stralcio, appartiene alle categoria "Z2.2" di amplificazione sismica, i cui potenziali effetti risultano legati a "liquefazione" per presenza di "terreni fini granulari con falda".



Sulla base dei dati a disposizione è stato valutato il potenziale di liquefazione dei materiali esistenti, considerando a favore di sicurezza la stratigrafia maggiormente conservativa relativa alla verticale di prova numero due.

### VERIFICA A LIQUEFAZIONE - Metodo del C.N.R. - GNDT Da Seed e Idriss

Svo: Pressione totale di confinamento; S'vo: Pressione efficace di confinamento; T: Tensione tangenziale ciclica; R: Resistenza terreno alla liquefazione; Fs: Coefficiente di sicurezza

1	4.80	3.00	4.297	80.099	47.736	0.146	0.086	0.59	Livello liquefacibile
2	9.80	6.00	6.357	170.097	88.701	0.153	0.105	0.69	Livello liquefacibile

I calcoli evidenziano come, trattandosi di materiali sotto falda e di tipo non coesivo, risultano "liquefacibili" in caso di evento sismico. Alla luce di tali evidenze le verifiche geotecniche e strutturali, e in particolar modo dei cedimenti indotti del terreno, andranno svolte tenendo conto

della “liquefacibilità” dei materiali esistenti, al fine di preservare l’integrità e la fruibilità della struttura anche al verificarsi delle condizioni sismiche.

Per tale motivo, progettualmente sarà necessario prevedere “opere di sistemazione e mitigazione” di tale rischio.

## 11. 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).

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

Per l'intervento in esame, la pericolosità risulta MEDIO-BASSA per gli aspetti idrologici e geologici (quest'ultimo inteso come caratteristiche stratigrafiche del terreno).

## 12. CONCLUSIONI

A conclusione del presente lavoro si evidenzia quanto segue:

- l'area in oggetto ascritta alla classe "3" di fattibilità geologica; l'intervento è ritenuto ammissibile, ottemperando a quanto previsto dalle NTA del vigente strumento urbanistico;
- dal punto di vista geologico l'area si imposta su depositi di conoide alluvionali; la cartografia indica però come la porzione di studio è stata oggetto di riquotature negli anni 60;
- geomorfologicamente il sito è subpianeggiante; il sopralluogo effettuato non ha evidenziato instabilità e/o fenomeni di dissesto in atto;
- dal punto di vista idrogeologico la falda è presente a ridotta profondità dal piano campagna, e in fase di indagine si è rilevata a -1,8 m dalla quota inizio delle prove;
- idrologicamente il sito ricade in una porzione di territorio "*potenzialmente soggetta da alluvioni rare*";
- per conoscere nel dettaglio le caratteristiche geologiche e stratigrafiche del terreno, è stata effettuata un'indagine geognostica mediante la realizzazione di tre prove penetrometriche dinamiche, spinte alla massima profondità di 16,2 m dal piano campagna;
- il modello geologico del terreno, ricavato dai dati ottenuti, mostra la presenza di materiali a granulometria fine e facilmente penetrabili e con resistenza generalmente scarsa (da sciolti a poco addensati), fino a circa 15 m dal piano campagna; solo a partire da tale quota, la resistenza dei depositi aumenta in modo significativo;
- l'area in oggetto ricade nella classe "Z2" di amplificazione sismica, legata quindi alla presenza di materiali soggetti a liquefazione e cedimento. Nel caso di studio, trattandosi di materiali sciolti, sotto falda e a comportamento non coesivo, risultano "liquefacibili" in caso di evento sismico; dal punto di vista progettuale si dovranno quindi necessariamente adottare misure "di mitigazione" di tale rischio (anche in relazione ai cedimenti indotti), al fine di garantire l'integrità e la fruibilità della struttura anche in caso di evento sismico;
- l'indagine MASW eseguita in sito ha permesso di misurare un valore di  $V_{seq}$  pari a 182 m/s a piano campagna; di conseguenza si è potuto classificare il terreno alla categoria sismica "C", equivalente a "*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*";
- le pericolosità sismica del sito risulta molto bassa;
- i materiali da scavo andranno gestiti in ottemperanza al DPR 120/2017.

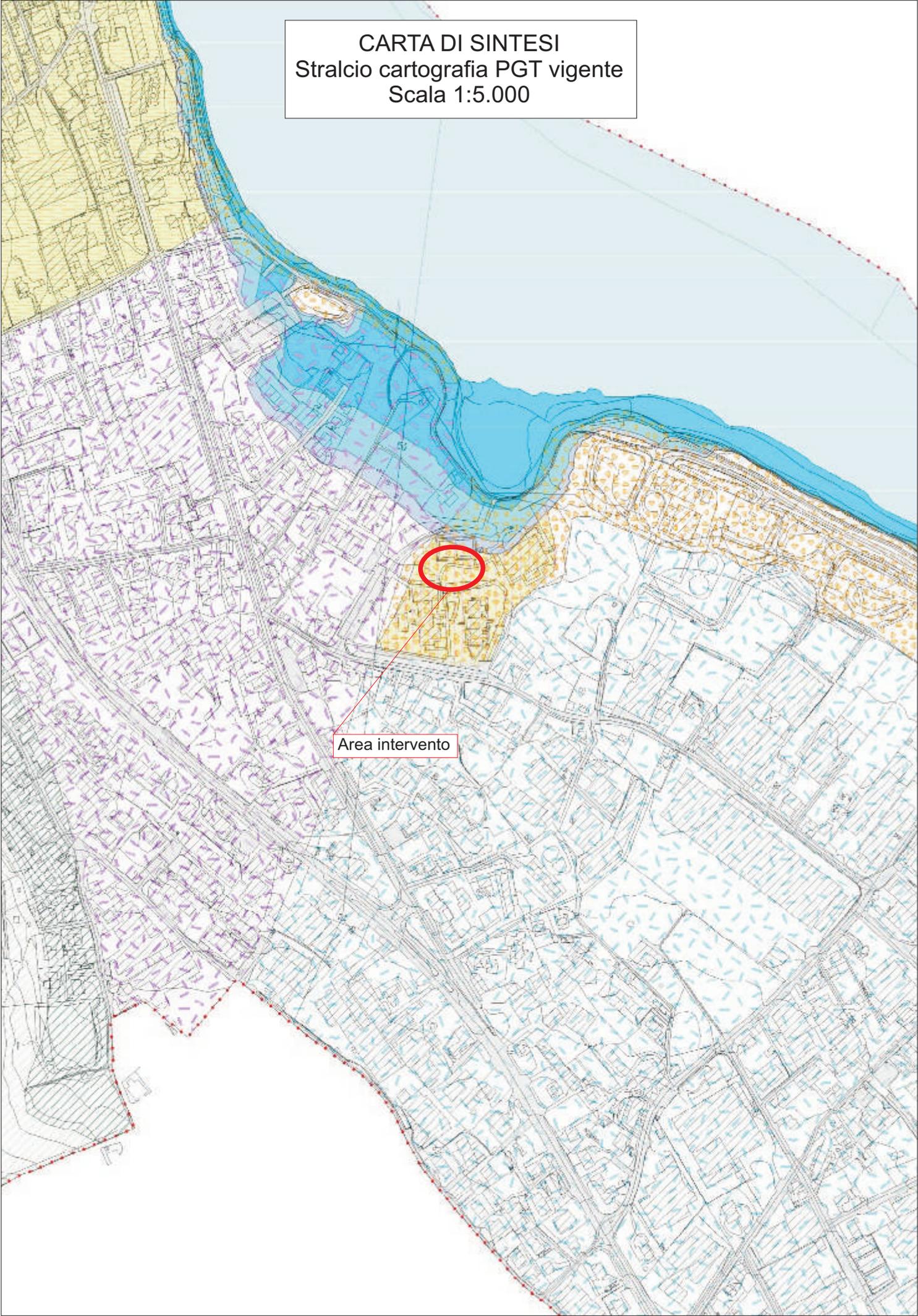
# ALLEGATI

COROGRAFIA  
Vista satellite

Area di studio



CARTA DI SINTESI  
Stralcio cartografia PGT vigente  
Scala 1:5.000



Area intervento

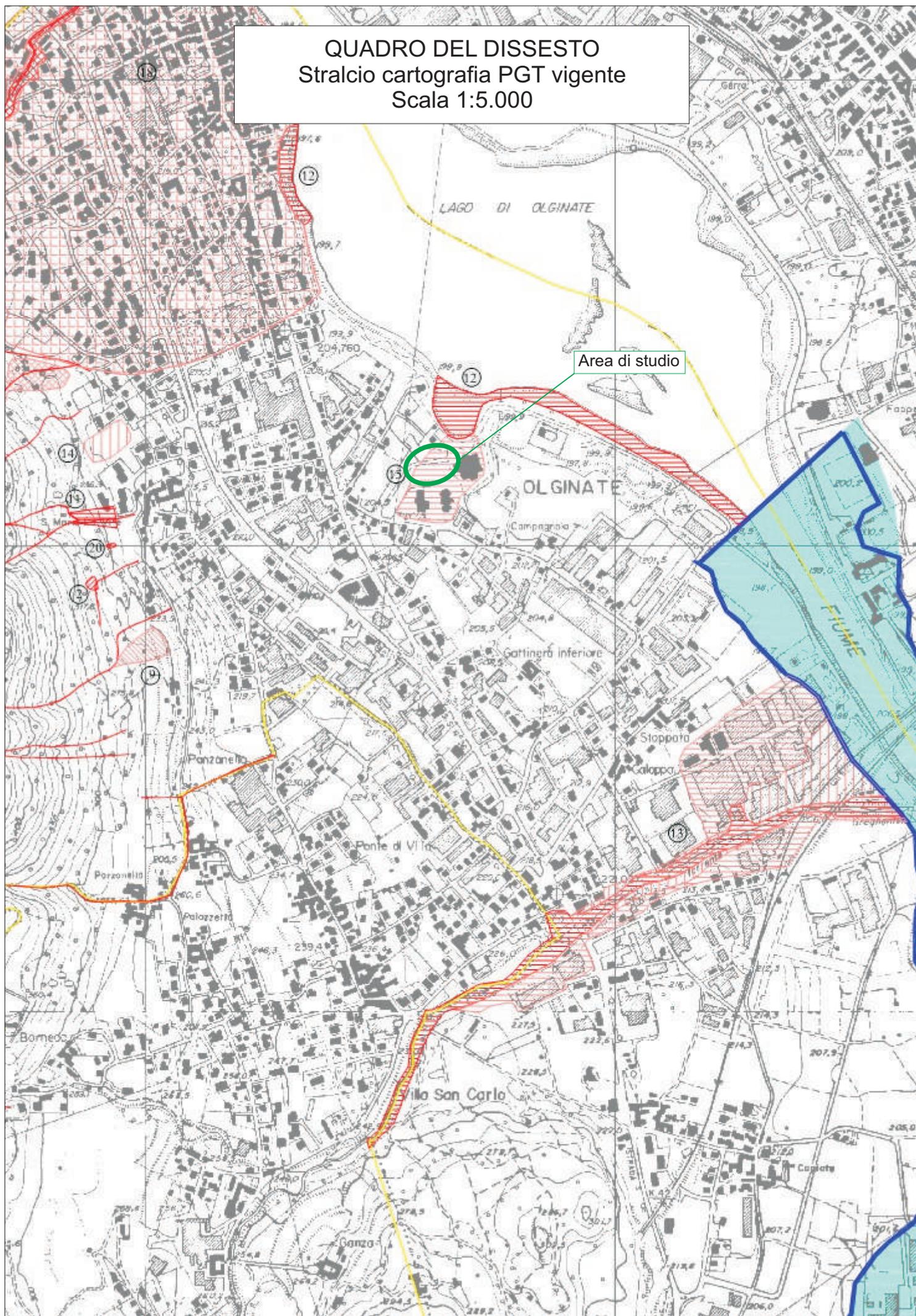
## AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

-  Aree comprese in fascia fluviale A del PAI
-  Aree comprese in fascia fluviale B del PAI
-  Aree comprese in fascia fluviale C del PAI
-  Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti, relativamente al Reticolo Principale di pianura e fondovalle
-  Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti, relativamente al Reticolo Principale di pianura e fondovalle
-  Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare, relativamente al Reticolo Principale di pianura e fondovalle
-  Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti, relativamente al Reticolo Secondario Collinare e Montano
-  Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti, relativamente al Reticolo Secondario Collinare e Montano
-  Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare, relativamente al Reticolo Secondario Collinare e Montano
-  Aree soggette ad esondazioni lacuali per piena frequente
-  Aree soggette ad esondazioni lacuali per piena poco frequente e rara
-  Aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi non protette da opere di difesa e di sistemazione a monte
-  Aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi parzialmente protette da opere di difesa e di sistemazione a monte
-  Aree di conoidi non recentemente riattivatisi o completamente protette da opere di difesa
-  Aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata, per esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua,
-  Aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità elevata, per esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua,
-  Aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità media o moderata, per esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua,

## AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

-  Aree originariamente ribassate (paleoalveo) oggetto di riempimento con terreni di riporto
-  Aree subpianeggianti debolmente progradanti a lago tradizionalmente urbanizzate, costituite da depositi di conoide con caratteristiche geotecniche variabili
-  Aree pianeggianti tradizionalmente urbanizzate costituite da depositi fluvioglaciali prevalentemente fini
-  Aree a morfologia subpianeggiante costituite da terreni fini limoso argillosi con difficoltà di smaltimento delle acque meteoriche

QUADRO DEL DISSESTO  
Stralcio cartografia PGT vigente  
Scala 1:5.000

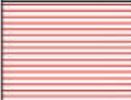


# LEGENDA

## DELIMITAZIONE DELLE AREE IN DISSESTO

NUMERO FUNGHIENO OSSERVATO	TIPOLOGIA DI PROCESSO E STATO DI ATTIVITÀ	CLASSIFICAZIONE PAI	CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA	OPERA EDIFICATORIA AMMISSIBILE	
<b>FRANE</b>					
	①	Scarpate in roccia soggette a distacco di blocchi	Fa	4di	Art. 9 delle NdA del PAI comma 2
	②	Frana di scivolamento superficiale innescata dall'erosione al piede della sponda ad opera delle acque superficiali	Fa	4di	
	①⑨ ②⑩ ②⑪	Frana di scivolamento superficiale della copertura glaciale e di versante innescata dalla saturazione del materiale	Fa	4di	
	③ ⑦	Aree interessate da scivolamenti della copertura glaciale e di versante ricoprenti il sottostante substrato roccioso arenaceo	Fq	4di	Art. 9 delle NdA del PAI comma 3
	④ ⑩	Crollo in massa interessante il substrato roccioso verificatosi in corrispondenza di linee di debolezza strutturale	Fq	4di	
	⑤	Frana di scivolamento superficiale	Fq	4di	
	⑥	Colate di fango innescatesi a seguito della saturazione del materiale principalmente in corrispondenza delle opere di regimazione delle acque lungo la sede stradale	Fq	4di	
	⑧	Area interessata da fenomeni di creep superficiale, con possibile evoluzione in scivolamento superficiale	Fq	4di	
	⑨	Debris flow verificatosi durante gli eventi alluvionali del 1976-77, con accumulo di materiale grossolano lungo i versanti sovrastanti il centro abitato	Fq	4di	
	•	Aree di frana quiescente non perimetrate	Fq	4rf	

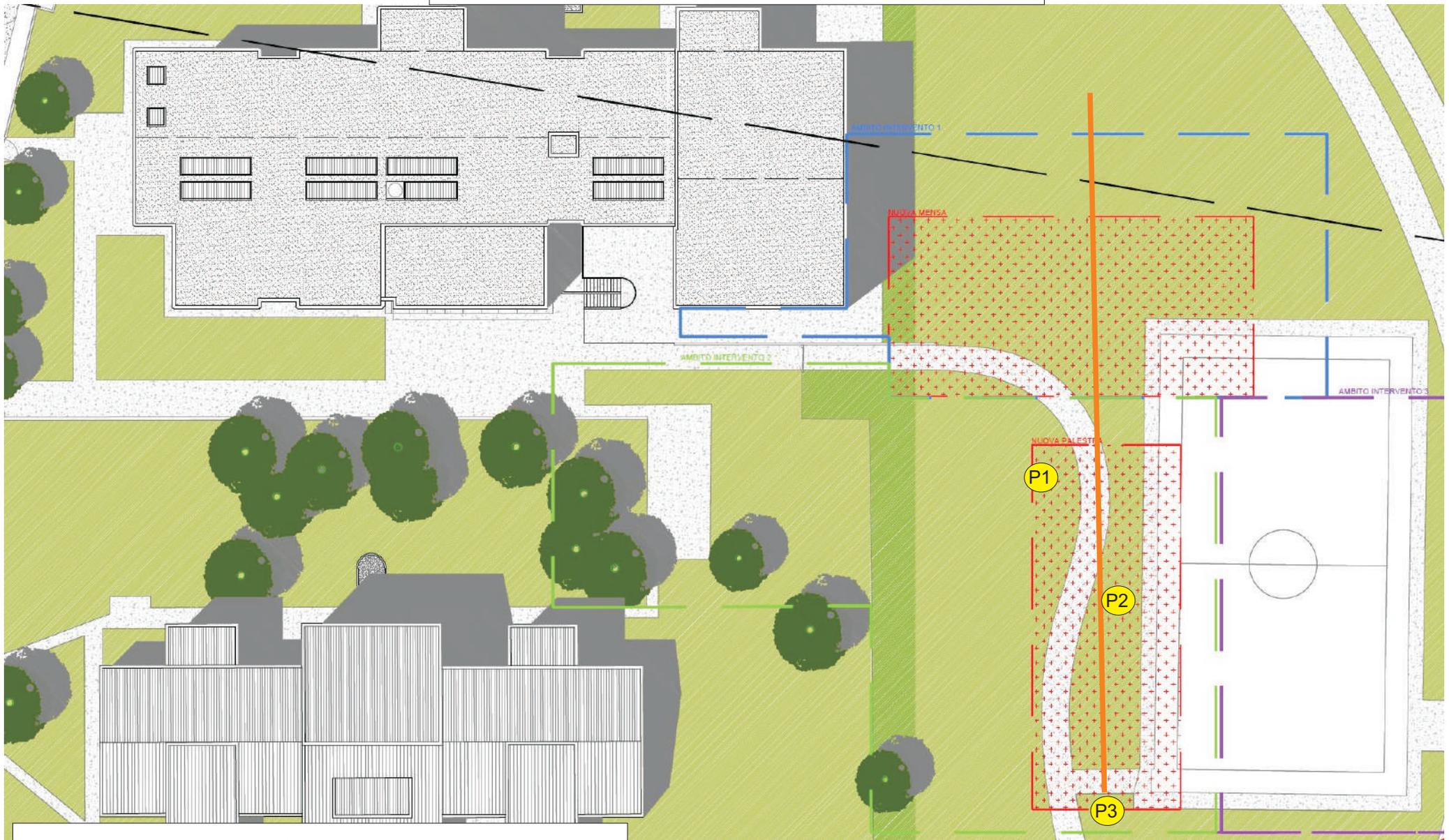
## ESONDAZIONI E DISSESTI MORFOLOGICI DI CARATTERE TORRENTIZIO

		Alvei da mediamente a profondamente incisi entro il substrato roccioso e/o nei depositi di copertura, potenzialmente interessati da trasporto solido	Ee	4rf	D.G.R. n. 7/7868/02 e Art. 9 delle NdA del PAI comma 5
	⑪	Alveo potenzialmente soggetto ad esondazione ed accumulo del materiale trasportato in alveo derivante dai dissesti presenti lungo il versante	Ee	4rf	
	⑫	Piana alluvionale del F. Adda interessata da fenomeni di esondazione	Ee	4lc	Art. 9 delle NdA del PAI comma 5
	⑬	Piana alluvionale del T. Greghentino interessata da fenomeni di esondazione	Ee	4rf	D.G.R. n. 7/7868/02 e Art. 9 delle NdA del PAI comma 5
	⑭	Aree soggette ad allagamento per accumulo delle acque di scolo	Eb	4di	Art. 9 delle NdA del PAI comma 6
	⑬	Piana alluvionale del T. Greghentino parzialmente protetta da fenomeni di esondazione per la presenza di opere di difesa idraulica	Eb	4tg	
	⑮	Area soggetta ad allagamento per accumulo delle acque di scolo, bonificata alla fine degli anni '60 tramite innalzamento del piano campagna	Em	3b	Art. 9 delle NdA del PAI comma 6bis
	⑬	Piana alluvionale del T. Greghentino protetta da opere di difesa idraulica e dal naturale assetto morfologico	Em	3tg	

## TRASPORTO DI MASSA SUI CONOIDI

	⑯	Area di conoide attivo non protetto	Ca	4di	Art. 9 delle NdA del PAI comma 7
	⑰	Area di conoide attivo parzialmente protetto	Cp	4di	Art. 9 delle NdA del PAI comma 8
	⑱	Area di conoide non recentemente attivatosi	Cn	2co - 2fl	Art. 9 delle NdA del PAI comma 9

# UBICAZIONE INDAGINE GEOGNOSTICA IN SITO



## LEGENDA

P1

Prova penetr. dinamica  
con relativa numerazione.



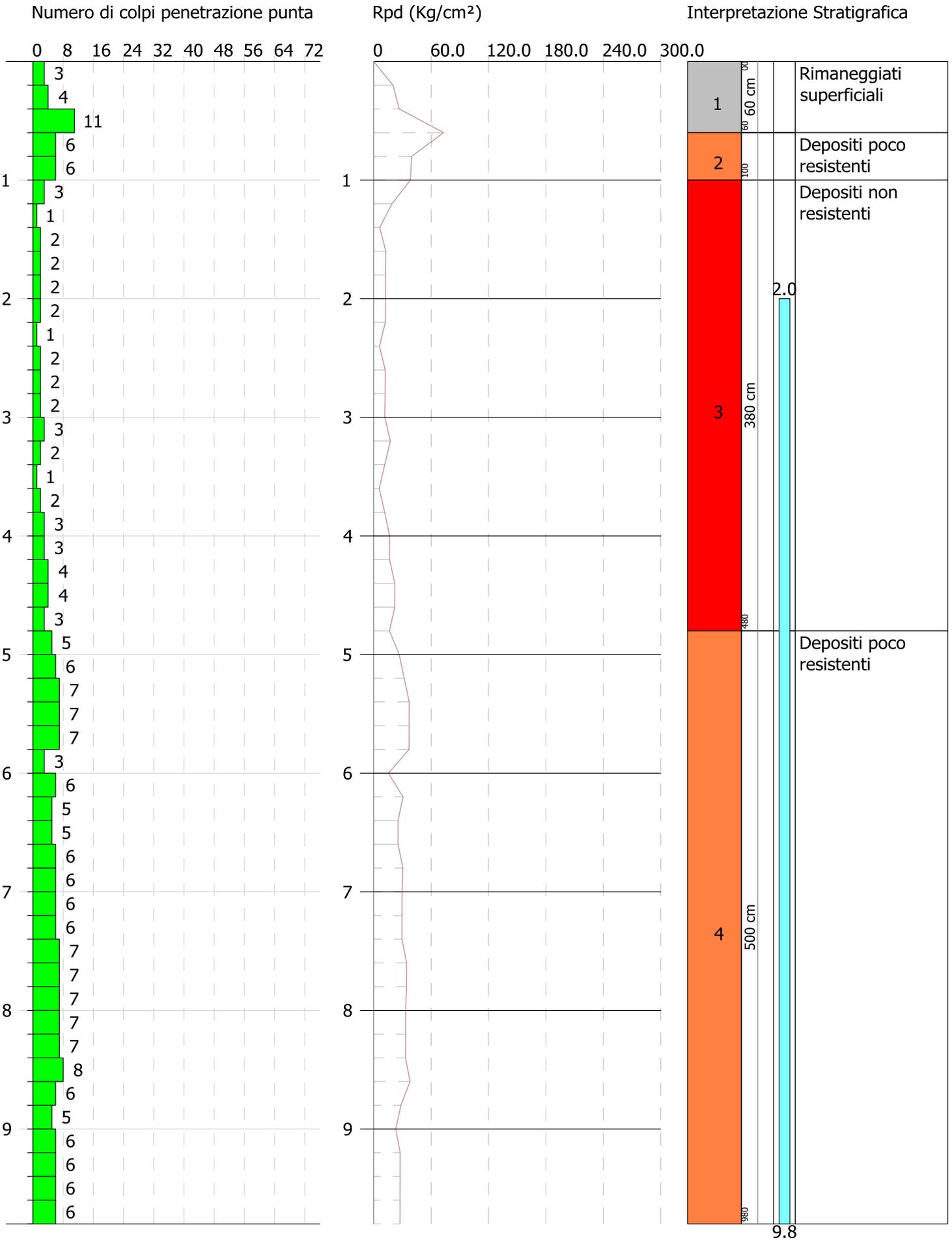
Stendimento MASW



Committente: Comune di Olginate  
 Descrizione: Nuova mensa scolastica  
 Località: Olginate (Via Campagnola)

06-10-2022

Scala 1:45





# MASW - ALLEGATO TECNICO 01

### 1. input first component (...)

dataset: nvfdx5mo6#11-CLEAN.sgy  
 sampling: 1ms [1000Hz] - 2048 samples  
 minimum offset: 6 m  
 geophone spacing: 5 m

flip data | cut | spectrogr... | zero/flip

**select data**  
 activate  
 select 60  
 cancel save  
 mode separ...

flip polarity  
 RVE: h... v

save spectr...  
 upload spec...  
 input curve

picking  
 auto... sele...  
 save cancel

### OK.mod

phase velocity (m/s)

frequency (Hz)

### 2. input second comp...

dataset: thfdx5mo6#11-CLEAN.sgy  
 sampling: 1ms [1000Hz] - 2048 samples  
 minimum offset: 6 m  
 geophone spacing: 5 m

flip data | cut | spectrogr... | zero/flip

**select data**  
 activate  
 select save  
 cancel  
 mode separ...

flip polarity  
 THF: L... v

save spectr...  
 upload spec...  
 input curve

picking  
 select mode  
 save cancel

### OK.mod

phase velocity (m/s)

frequency (Hz)

### modell

general settings

Ref  
 H/V (body w...  
 H/V (surface...  
 Refra... 0.2

Vsv (m/s)	Qs	Anis (%)	Poisso	thk (m)
80	10	0	0.4	0.2
168	16	0	0.35	0.8
144	24	0	0.35	0.9
146	28	0	0.35	1
157	25	0	0.35	1
168	36	0	0.35	4.8
180	44	0	0.35	5.2
193	66	0	0.35	7.4
208	150	0	0.35	10.8
222	313	0	0.35	0
0	0	0	0.15	

Rayleigh 1  
 Love 2

phase velocity v

refra... comp...  
 angl...  effective (pa...

model  
 save show M... upload

**synthetics (FVS)**

sho...  
 just overlap (...  
 show...  
 RPM offset-f...  
 synthe...

some basic (cleaning) tools

2.04: time length to sh cut decim filter

Site Respo...

phase velocity ...  
 group velocity ...

RPM and RVSR  
 Rayleigh-wave ...

RPM  
 12 trace  
 22 freq  
 Video R...

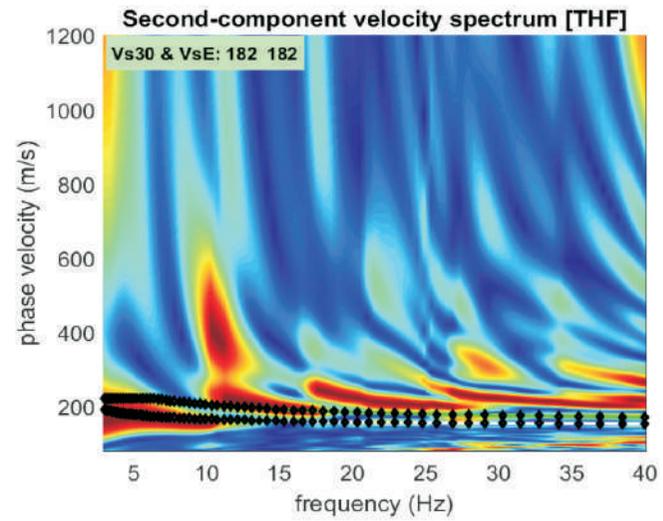
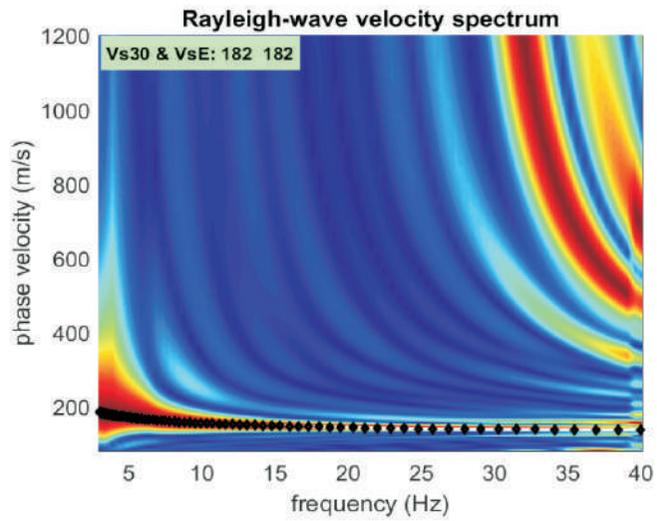
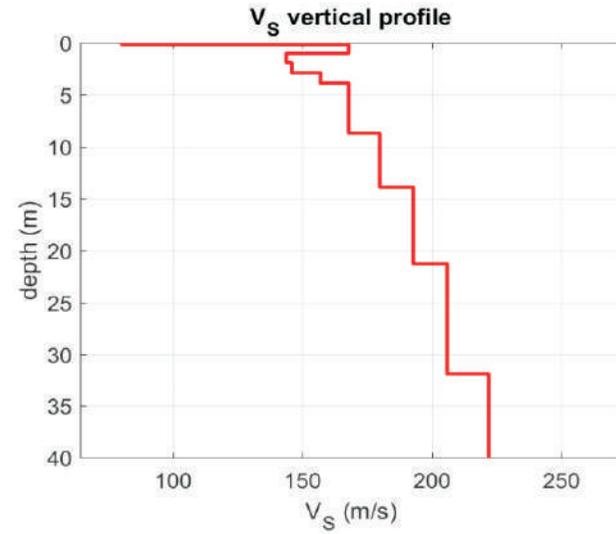
[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

reporting

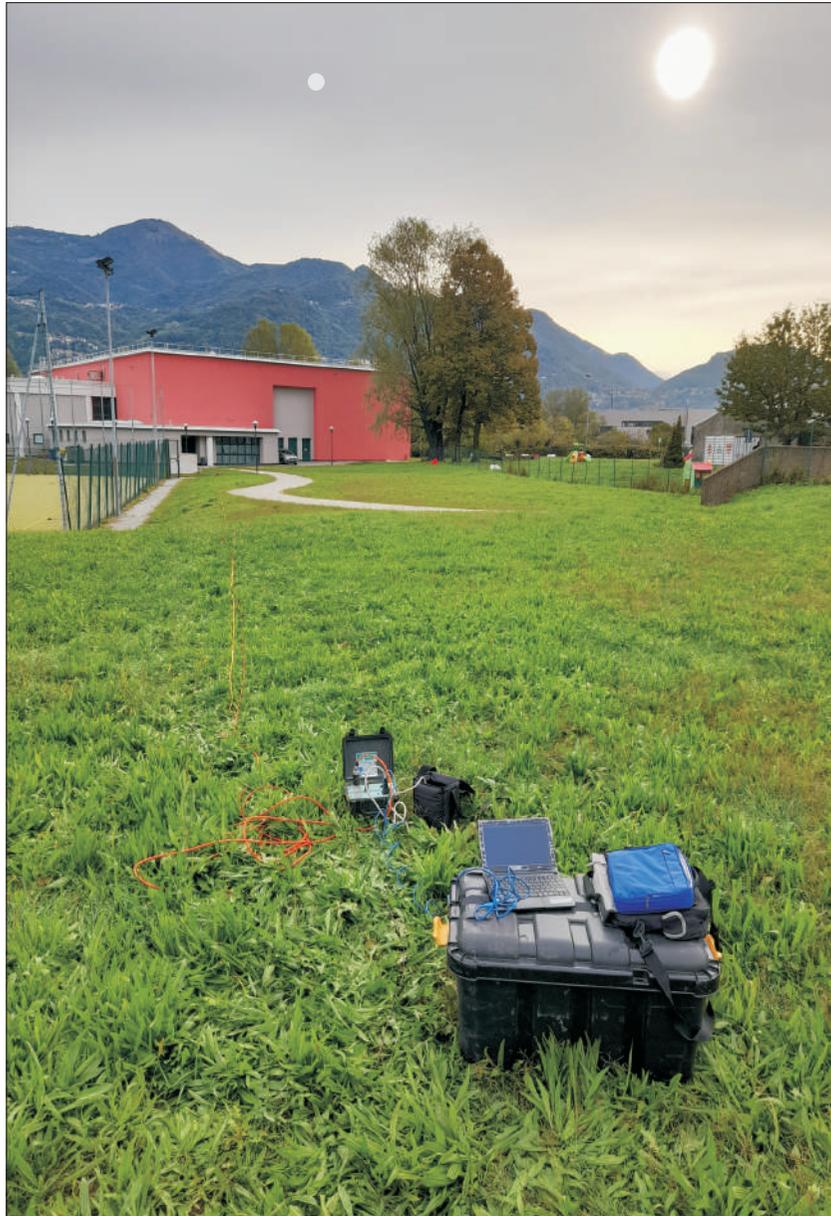
report ... 40 max  
 report ...  
 dispersion inv...  
 dispersion + R...

# MASW - ALLEGATO TECNICO 02

[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)



## MASW - ALLEGATO TECNICO 03



Vista dello stendimento MASW.



Particolare del geofono utilizzato.