

**DOTT. PIETRO ALBORGHETTI –GEOLOGO**

*Consulenze geologiche, geotecniche, idrogeologiche ed ambientali*

---

Richiedente

**Wall spa**

---

**PIANO ATTUATIVO N. 1**  
**S.S. n. 36 del Lago di Como e del Passo dello Spluga**  
**Comune di Costa Masnaga**  
Provincia di LECCO

---

# RELAZIONE GEOLOGICA

Dott. Pietro Alborghetti  
-geologo-

Lecco, luglio 2018



---

**Studio Tecnico** Via Cairoli, 59 - 23900 LECCO – Tel./Fax 0341 – 369145 Cell. 348 7054778

**E-mail:** [pietroalbo@virgilio.it](mailto:pietroalbo@virgilio.it)

**P. I.V.A.:** 02240000139

## PREMESSA

Su incarico del tecnico progettista e per conto della società Wall spa, è stata redatta la presente *relazione geologica* di supporto al progetto del *Piano Attuativo n. 1- S.S. n. 36 del Lago di Como e del Passo dello Spluga*, secondo quanto previsto dalle norme tecniche del Pgt di Costa Masnaga.

In particolare il presente elaborato, costituisce l'aggiornamento secondo l'attuale normativa (D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e delle Ntc 2018) della relazione geologica già redatta dallo scrivente in data luglio 2014.

Il presente elaborato contiene le seguenti verifiche:

- caratterizzazione geomorfologica, geologica ed idrogeologica del l'area di progetto e di un suo intorno significativo
- caratterizzazione sismica e verifica di Il livello degli ambiti progettuali
- definizione delle litozone geotecniche
- verifica della fattibilità dal punto di vista geologico degli interventi in progetto

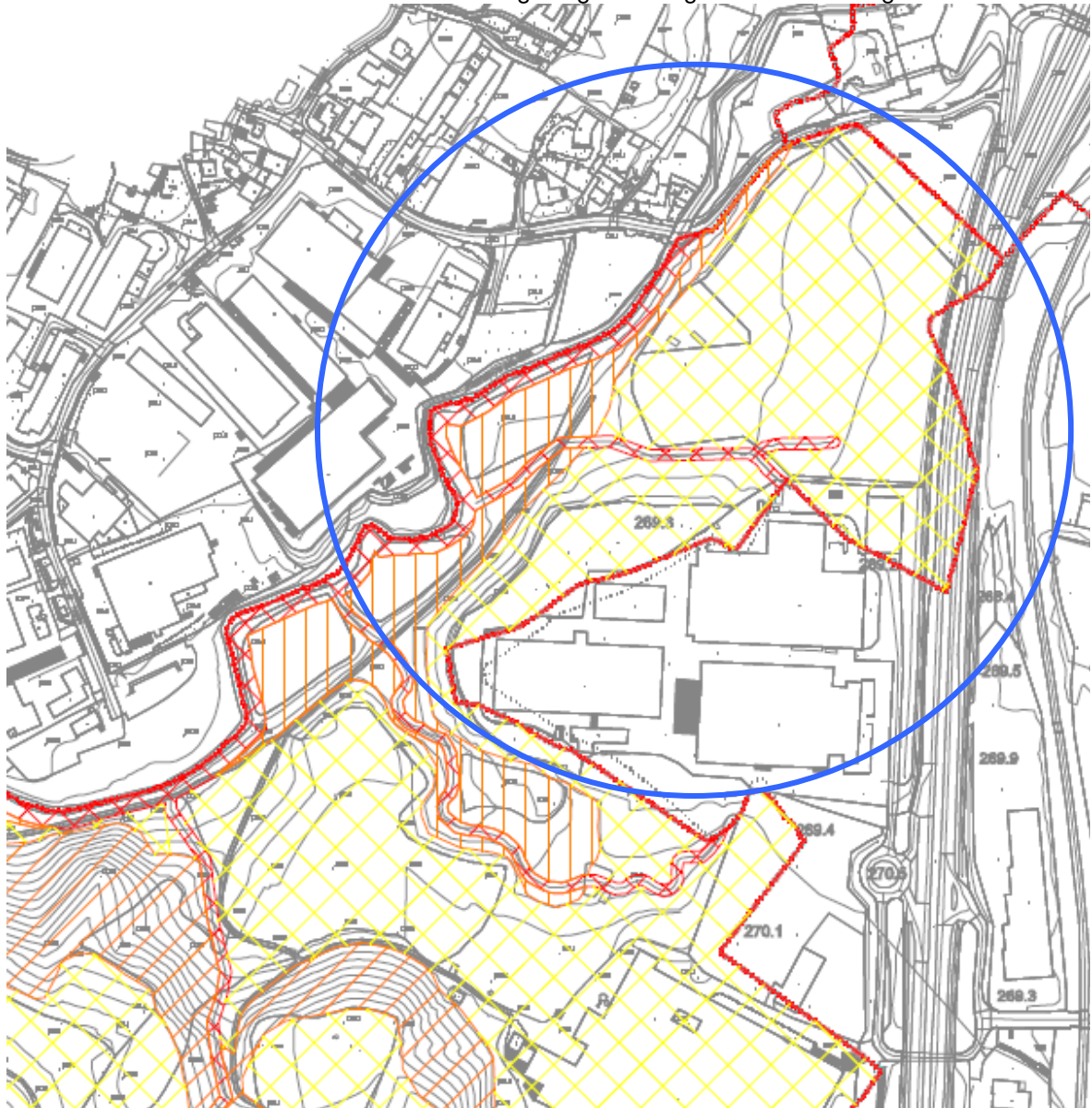
Il lavoro è stato effettuato sviluppando i seguenti punti:

- ⇒ verifiche geologiche e geomorfologiche dell'area e di in un intorno significativo
- ⇒ analisi bibliografica relativa alla zona, con particolare riferimento allo Studio Geologico allegato al Pgt di Costa Masnaga
- ⇒ esecuzione di n. 10 *Prove Penetrometriche Dinamiche SCPT*
- ⇒ posa di n. 3 tubi piezometrici
- ⇒ esecuzione di n. 3 tomografie sismiche Vibralog in sito
- ⇒ elaborazione dei dati.

Si precisa che per il dimensionamento dei manufatti di fondazione e per quanto concerne gli aspetti prettamente geotecnici, dovrà essere redatta apposita relazione geotecnica ai sensi delle Ntc 2018 sulla base di ulteriori indagini specifiche in relazione alla progettazione architettonico-strutturale degli edifici.

## CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA

L'ambito di P.A. ricade in classe 2a di fattibilità geologica del Pgt di Costa Masnaga.



### Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni



**Sottoclasse 2a** - Aree caratterizzate da superfici sub-pianeggianti o a debole acclività, con caratteristiche geotecniche buone o medie salvo condizioni locali sfavorevoli a causa della presenza in superficie di orizzonti limoso-argillosi con stato di addensamento da sciolto a mediamente consistente.



**Sottoclasse 3b** - Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e/o del primo acquifero



**Sottoclasse 4a** - Fascia di rispetto principale del reticolo idrografico (Fascia A del PAI, fascia principale reticolo idrico principale e minore e aree allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali)

## **INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO**

L'area in oggetto è sita in comune di Costa Masnaga, nella zona nord dell'abitato.

Dal punto di vista geomorfologico la zona è caratterizzata da pianori che rappresentano antichi terrazzi fluvioglaciali solcati da incisi vallivi di epoca post glaciale. Si tratta di modesti avvallamenti che solcano le aree subpianeggianti presenti in loco ed alimentano il principale corso d'acqua presente a nord ovest dell'area, denominato Torrente Bevera.

In particolare l'area progettuale si colloca in corrispondenza di pianori attualmente coltivati, ove l'analisi geologica desunta dallo Studio Geologico allegato al Pgt di Costa Masnaga, individua le seguenti unità.

### Colpesso sedimentario Post Glaciale

*Depositi alluvionali recenti ed attuali: sono costituiti da materiali grossolani in matrice prevalentemente sabbiosa con grado di cementazione pressoché nullo e clasti a sfericità ed arrotondamento elevato (Olocene-recente)*

### Depositi di origine glaciale:

*Depositi morenici wurmiani: ghiaie ciottoli e limi con tessitura caotica, spesso inglobanti blocchi di nauta sedimentaria e cristallina, con arrotondamento medio e sfericità nulla (Wurm)*

A ridosso dei rilievi collinari si rilevano blocchi di dimensioni variabili da decimetriche sino a metriche di origine cristallina, noti in letteratura come *massi erratici*, legati anch'essi a deposizioni di origine glaciale.

Il substrato roccioso è costituito dalla Formazione delle Arenarie di Sarnico e dalla Scaglia Cinerea.

Si tratta di litotipi arenacei e marnosi di età terziaria. In loco sono stati rilevati affioramenti a lato della superstrada Lecco Milano, sia sul rilievo collinare presente che nelle aree di ex cantieri ad essa adiacenti.

Per quanto riguarda l'idrografia superficiale, si evidenzia la presenza di modesti corsi d'acqua che s'immettono nel Torrente Bevera, classificato come Reticolo Principale nell'elenco dei corsi d'acqua di cui all' allegato A della D.G.R n. 7/13950 del 1 agosto 2003.

Dal punto di vista idrogeologico, dalla consultazione della bibliografia e dalle verifiche eseguite si evidenzia che i depositi superficiali presentano permeabilità *bassa*; la valutazione sulla base di valori di letteratura geologica, porta ad attribuire valori di K (coeff. di permeabilità) compresi tra  $10^{-4}$  -  $10^{-6}$  cm/sec.

Il substrato roccioso di natura arenaceo-marnosa presenta anch'esso permeabilità *bassa*, con valore di K (coeff. di permeabilità)  $< - 10^{-6}$  cm/sec.

I dati idrogeologici contenuti nello studio geologico generale evidenziano che la profondità della falda acquifera da cui captano i pozzi comunali è pari a circa 30 m, con una quota isopiezometrica compresa tra 235 e 240 m s.l.m. la direzione di flusso di falda è da Est verso Ovest.

La bassa permeabilità dei depositi superficiali del sottosuolo e del sottostante substrato possono isolare falde sospese. Tali falde presentano in genere regime temporaneo, legato al verificarsi di significativi eventi meteorici. Nel capitolo seguente si riportano i dati relativi alle misure effettuate nei piezometri ubicati in loco.

L'area in oggetto, dall'esame della carta dei vincoli dello studio geologico per il Pgt di Costa Masnaga, si trova esterna rispetto alla zona di rispetto dei pozzi idropotabili comunali.

Di seguito si riporta lo stralcio della carta geologica allegata al Pgt di Costa Masnaga.



ESTRATTO DELLA "CARTA DI GEOLOGICA" RELATIVA ALLO STUDIO GEOLOGICO  
ALLEGATO AL PGT DI COSTA MASNAGA



**Complesso sedimentario post-glaciale**



Depositi alluvionali recenti ed attuali - materiali grossolani in matrice prevalentemente sabbiosa, con grado di cementazione pressochè nullo e clasti a sfericità ed arrotondamento elevato (OLOCENE recente).

**Depositi di origine glaciale**



Depositi morenici würmiani: - ghiaie ciottoli e limi con tessitura caotica, spesso inglobati in blocchi di natura sia sedimentaria che cristallina, con arrotondamento medio e sfericità pressochè nulla. (WÜRM)



Arenaria di Sarnico: - calcari ed arenarie alternati a strati di argilla, rappresentativi delle condizioni di deposito su fondali marini abissali. (TURONIANO-SANTONIANO)

## **CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE DEI TERRENI**

Al fine di verificare le caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo dell'area di progetto sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche SCPT con penetrometro pesante Pagani. Le prove sono state eseguite dallo scrivente nella medesima area progettuale nel 2008 per altro progetto (progetto Outlet.- anno 2008).

Le stesse sono state suddivise all'interno dell'intero ambito progettuale, come documentato dalla planimetria di seguito riportata.

Le prove eseguite hanno evidenziato una buona omogeneità sia verticale che laterale dei terreni. Infatti è stato individuato un primo livello superficiale costituito da depositi sciolti a bassa grado di addensamento ed un sottostante substrato compatto e/o addensato ove è stato rilevato il rifiuto alla penetrazione delle aste di prova.

Dalle verifiche dirette eseguite nei cantieri prospicienti la superstrada, a fondo scavo, si rileva la presenza di substrato roccioso costituito da marne; pertanto pare molto probabile che il rifiuto rilevato dalle prove sia determinato dalla presenza di tale substrato roccioso. Non è comunque da escludere si tratti di un deposito morenico di fondo sovraconsolidato. Tra i depositi sciolti ed il substrato è presente uno strato di alterazione di spessore variabile tra 0.5 e 1.2 m circa.

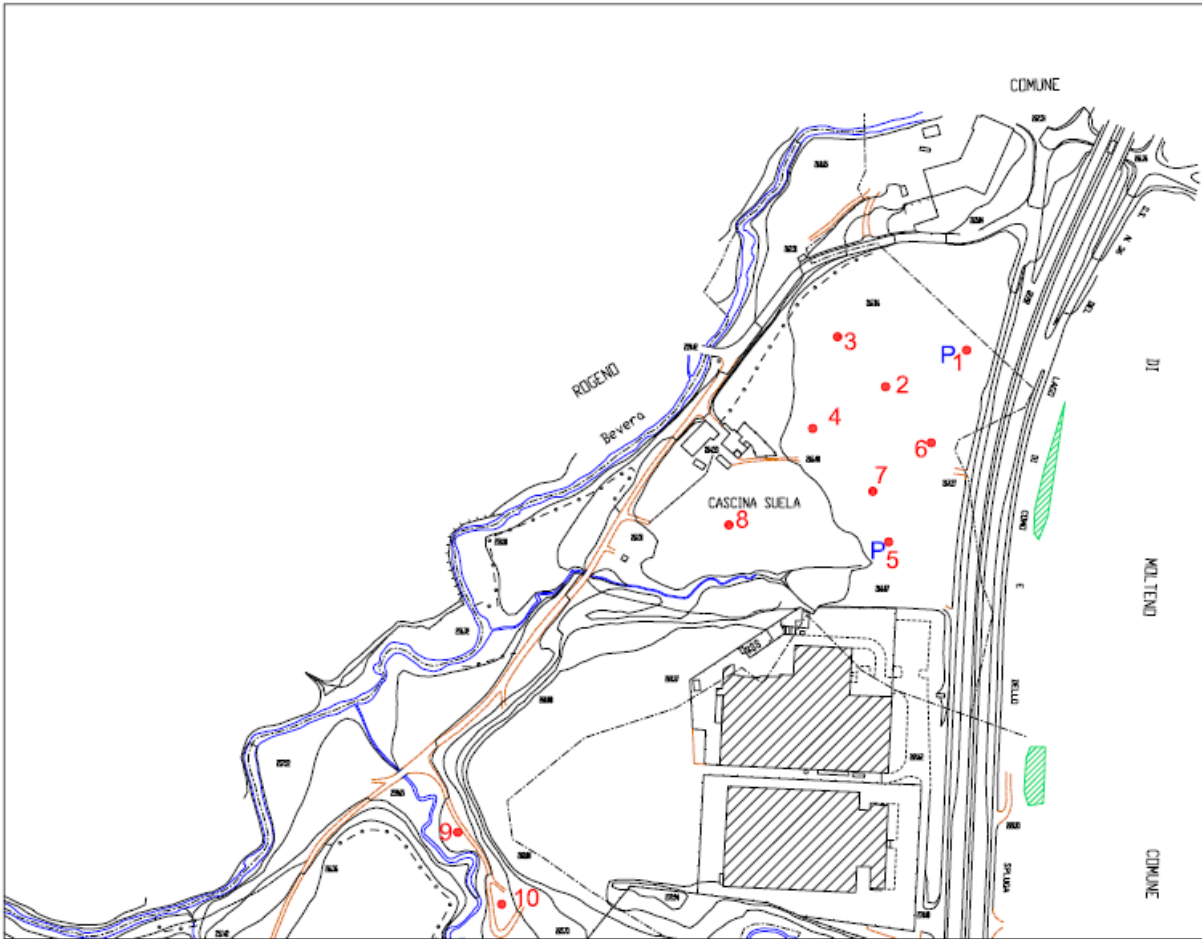
Di seguito si riporta la profondità raggiunta per ciascuna prova, sino al riscontro di rifiuto.

I grafici relativi alle prove sono riportati a fine testo.

Prova n. 1 : - 2,7 m  
Prova n. 2 : - 4,5 m  
Prova n. 3 : - 4,5 m  
Prova n. 4 : - 3,0 m  
Prova n. 5 : - 3,3 m  
Prova n. 6 : - 4,8 m  
Prova n. 7 : - 3,9 m  
Prova n. 8 : - 4,2 m  
Prova n. 9 : - 3,6 m  
Prova n. 10 : - 3,0 m

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

- n Prove penetrometriche dinamiche
- P Tubi piezometrici
- Torrenti e Rogge
- ▨ Substrato roccioso affiorante





PLANIMETRIA PIANO ATTUATIVO CON UBICAZIONE INDAGINI SISMICHE

- Tomografia sismica Vibralog



## **INQUADRAMENTO SISMICO**

Regione Lombardia, con D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129, ha provveduto all'aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni. Tale provvedimento è stato emanato in attuazione

della Legge 112/1998, della legge regionale 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d), del D.P.R. 380/2001 e di specifiche O.P.C.M., tra cui la n. 3274/2003, recepita dalla D.G.R. 7 novembre 2003, n. 14964.

Sulla base di tale riclassificazione, il comune di Costa Masnaga ricade in zona sismica 3.

### **Campagna sismica passiva**

Al fine di definire la velocità delle onde Vs per determinare la categoria di suolo sismico, è stata effettuata una campagna di sismica passiva mediante n. 3 indagini M.A.E. Vibralog, distribuiti nei vari comparti progettuali del Piano Attuativo. In particolare la tomografia 1 si riferisce al Lotto A individuato in planimetria, la n. 2 al Lotto B e la n. 3 ai Lotti C e D.

Essa è una tipologia d'indagine non distruttiva, che in queste situazioni litostratigrafiche da buoni risultati e permette di individuare il valore di Vs30 richiesto dalla normativa recente.

La stazione di misura di sismica passiva premette di ottenere indicazioni puntuali sulla stratigrafia sismica sotto il punto di misura, dato utile per ricostruire la stratigrafia geologica, oltre che di individuare la categoria del sottosuolo secondo quanto richiesto dalla normativa recente, relativamente alla pericolosità sismica di base del sito di costruzione, secondo la tabella di seguito riportata.

Le tecniche di sismica passiva a stazione singola forniscono:

- a) le frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo,
- b) indicazioni puntuali sulla stratigrafia sismica sotto il punto di misura,
- c) tramite opportuna inversione, l'andamento della velocità delle onde di taglio (Vs, parametro a cui è legata la rigidità del terreno) nel sottosuolo.

Per la registrazione del rumore sismico si è usato uno specifico strumento registratore M.A.E. Vibralog che per 30 minuti ha monitorato i microtremiti sismici in seguito elaborati mediante un software dedicato.

La sismica passiva si basa sull'analisi di registrazioni di perturbazioni elastiche naturali.

Il rumore sismico è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde prodotte dall'interferenza costruttiva delle onde P ed S negli strati superficiali. Il rumore sismico viene prodotto principalmente dal vento e dalle onde del mare. Anche le industrie e il traffico veicolare producono localmente rumore sismico ma, in genere, solo a frequenze relativamente alte, superiori ad alcuni Hz, che vengono attenuate piuttosto rapidamente.

Tutte le misure di microtremiti ambientale, della durata di 30 minuti ciascuna, vengono effettuate con un tomografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Il sito verrà classificato sulla base del valore di VS30 come riportato nella seguente tabella.

<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreno a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi fra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_{u,30} > 250$ KPa nei terreni a grana fine)
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u,30} < 250$ KPa nei terreni a grana fina)
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $C_{u,30} < 70$ KPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con <math>V_s &gt; 800</math> m/s).</i>



**RISULTATI TROMOGRAFIA 1**



- tromografia vibralog 1-

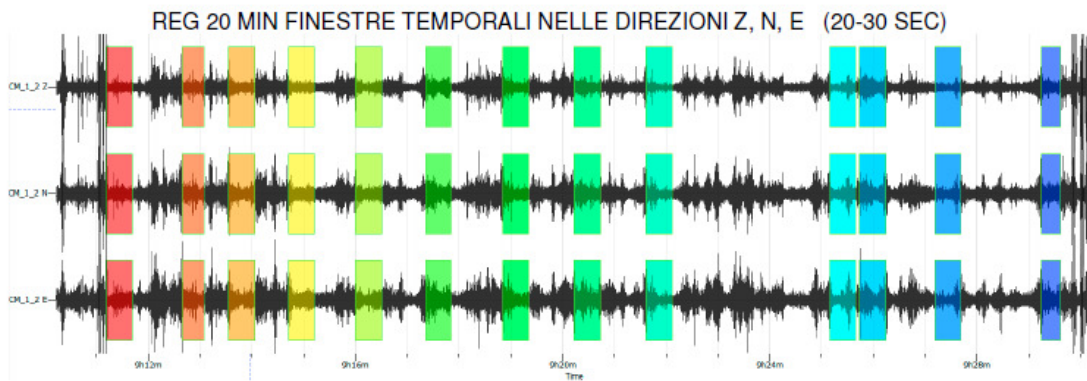




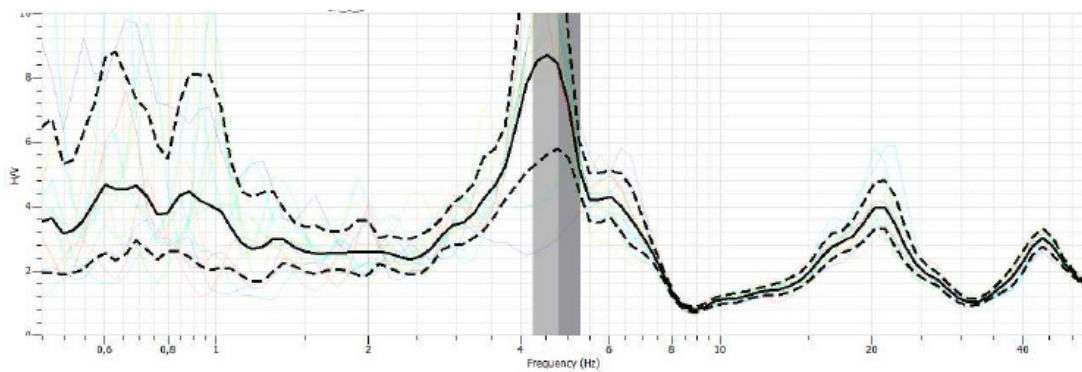
**COSTA MASNAGA 1 23-07-2018**

Channel labels: UP DOWN; EAST WEST; NORTH SOUTH;

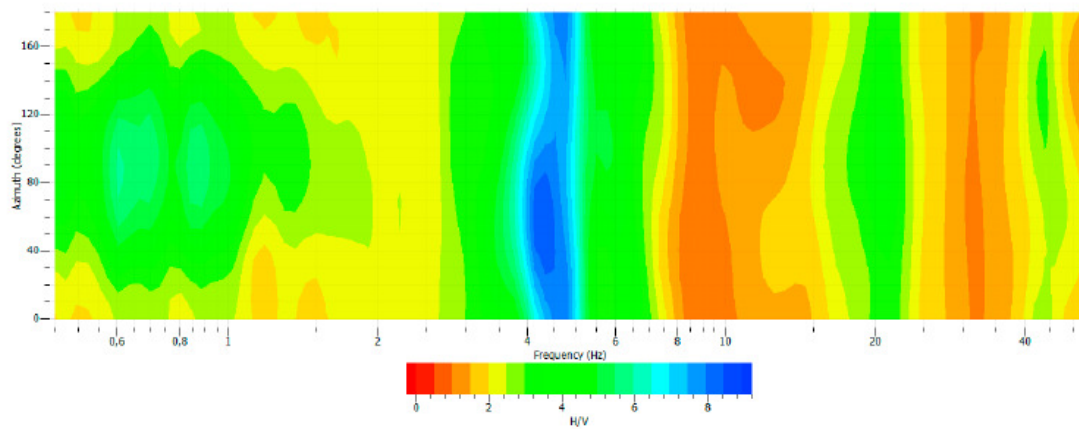
Trace length: 0h20'00".  
Sampling frequency: 250 Hz  
Window size: 20-30 s  
Smoothing window: Konno & Ohmachi  
Smoothing: 40%



HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO Direzionalità selezionata: media su 360°

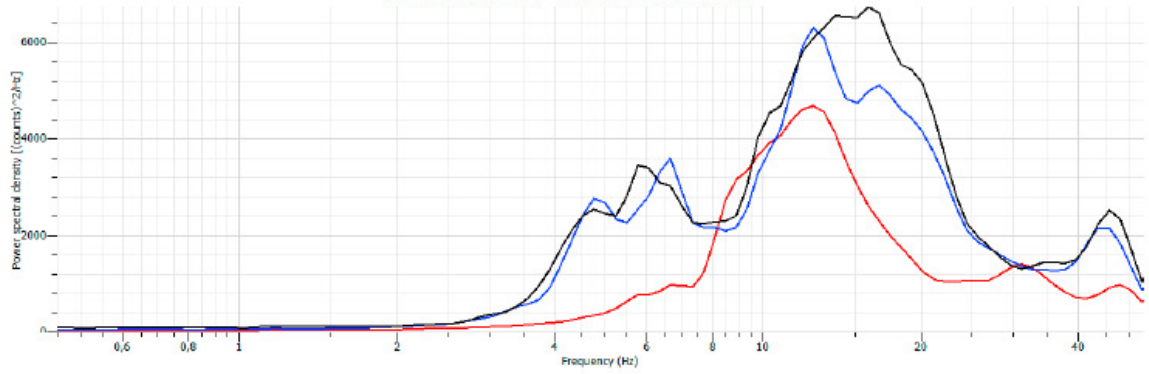


DIRECTIONAL H/V

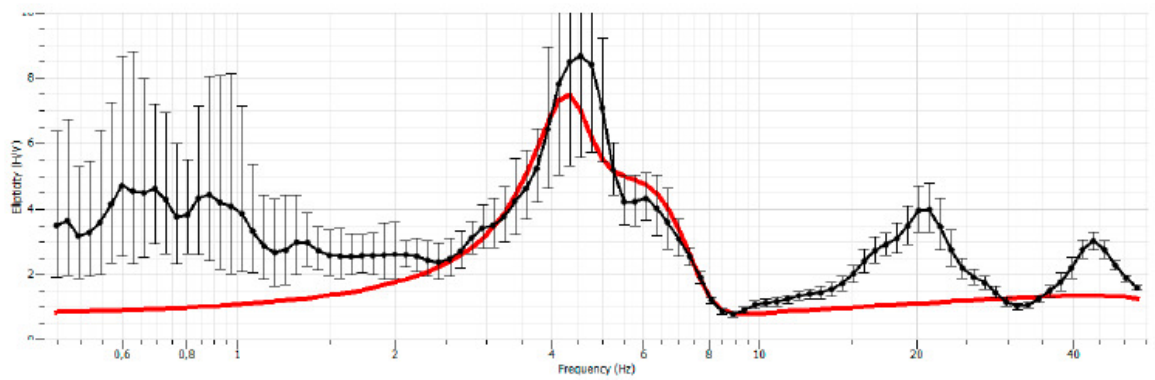




SINGLE COMPONENT SPECTRA

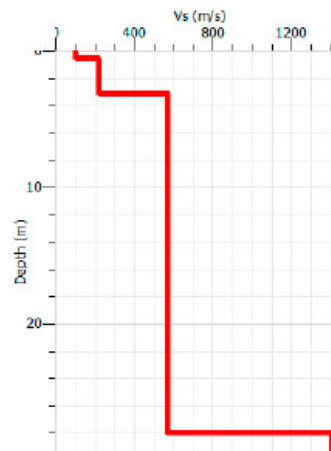


EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V



Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0	8,5	190
8,5	13,7	395
13,7	50,0	675
50,0		1400

(rif. -0.0 m da p.c.) Vs (0.0-30 m) = 366 m/s **CATEGORIA SUOLO: B**  
 (rif. -2.0 m da p.c.) Vs (2.0-32 m) = 403 m/s **CATEGORIA SUOLO: B**





**RISULTATI TROMOGRAFIA 2**



- tromografia vibralog 2-





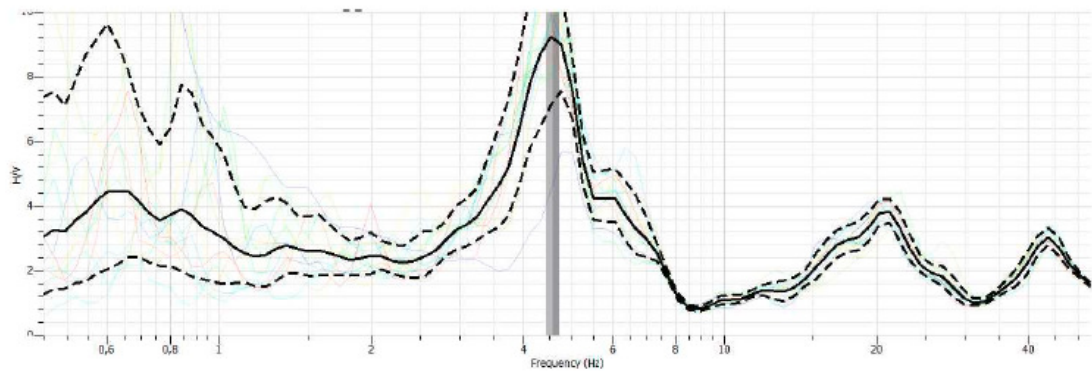
**COSTA MASNAGA 2 23-07-2018**

Channel labels: UP DOWN; EAST WEST; NORTH SOUTH;

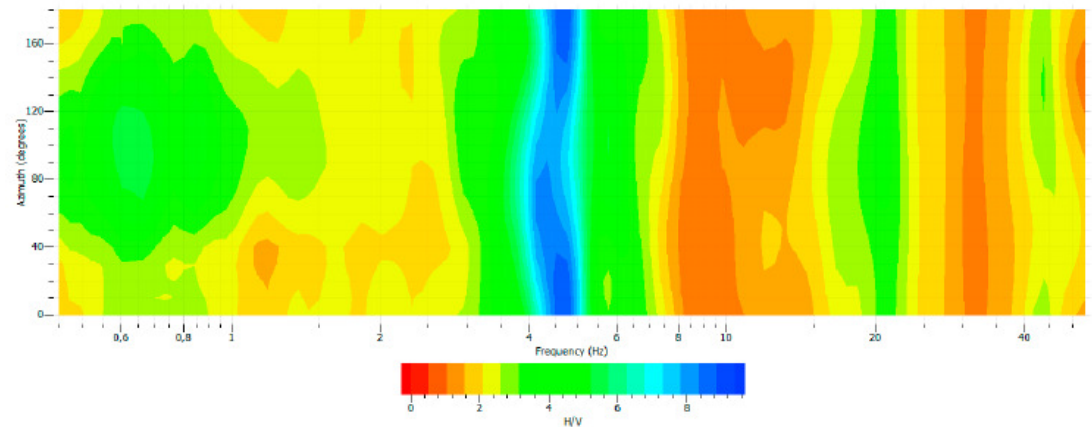
Trace length: 0h20'00".  
Sampling frequency: 250 Hz  
Window size: 20-30 s  
Smoothing window: Konno & Ohmachi  
Smoothing: 40%



HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO Direzionalità selezionata: media su 360°

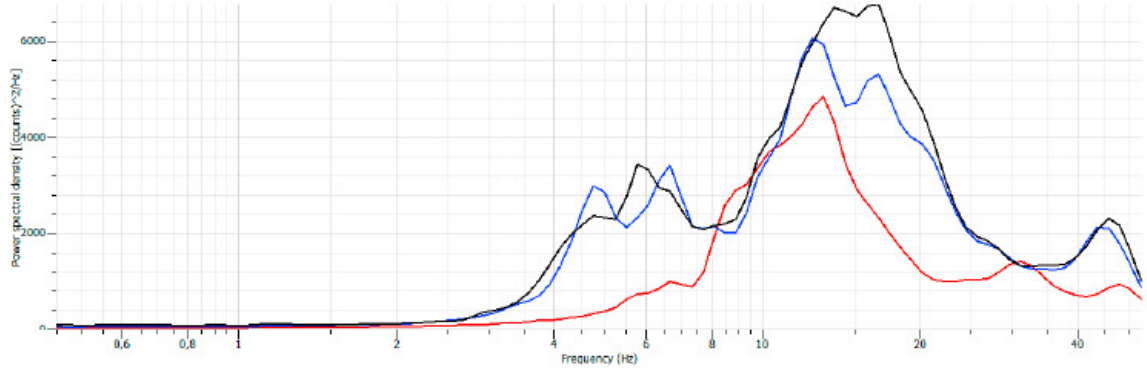


DIRECTIONAL H/V

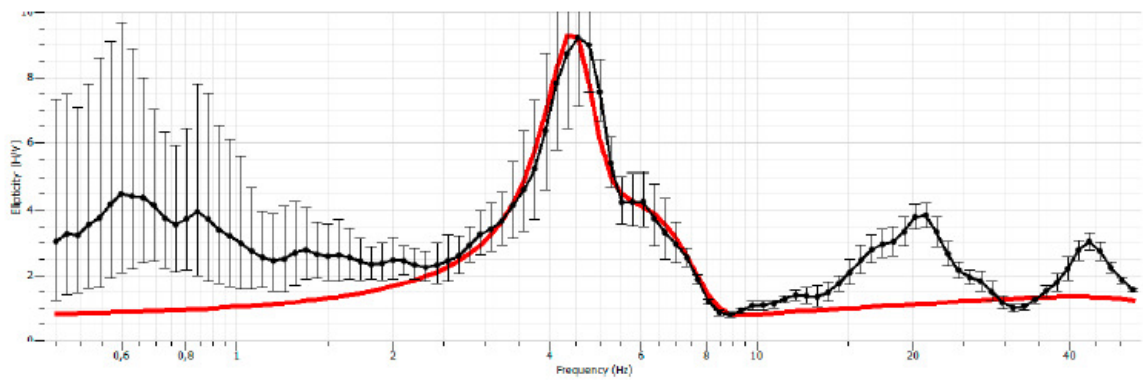




SINGLE COMPONENT SPECTRA

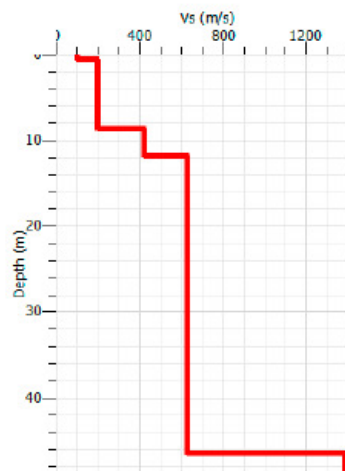


EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V



Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0	8,5	190
8,5	12,15	425
12,15	46,5	630
46,5		1390

(rif. -0.0 m da p.c.) Vs (0.0-30.0 m) = 367 m/s *CATEGORIA SUOLO: B*  
 (rif. -2.0 m da p.c.) Vs (2.0-32.0 m) = 404 m/s *CATEGORIA SUOLO: B*



**RISULTATI TROMOGRAFIA 3**



- tromografia vibralog 3-







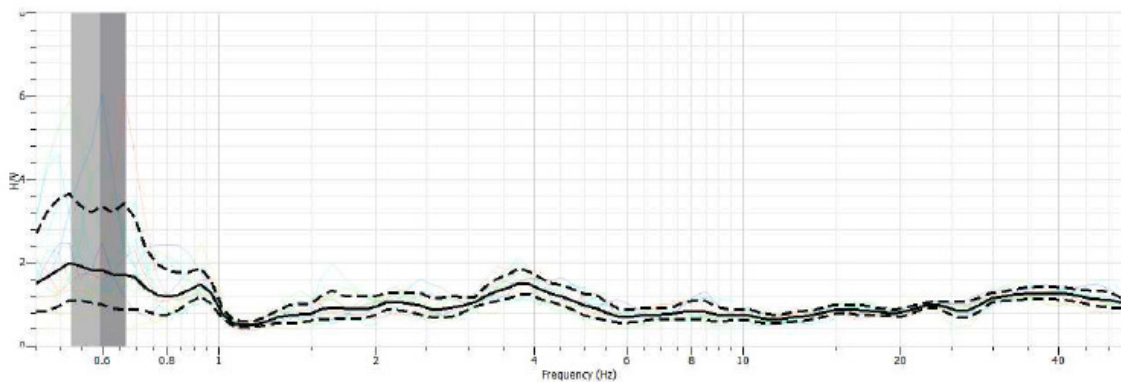
**COSTA MASNAGA 3 23-07-2018**

Channel labels: UP DOWN; EAST WEST; NORTH SOUTH;

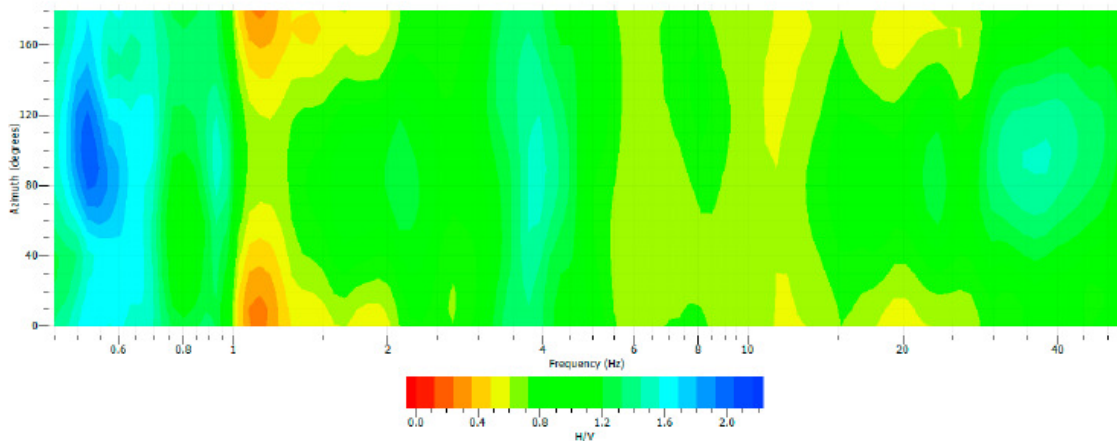
Trace length: 0h20'00".  
Sampling frequency: 250 Hz  
Window size: 20-30 s  
Smoothing window: Konno & Ohmachi  
Smoothing: 40%

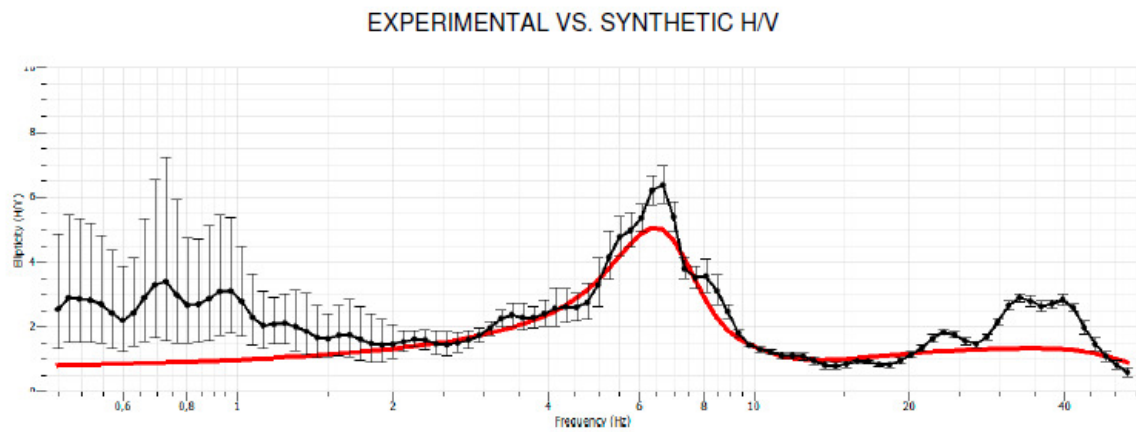
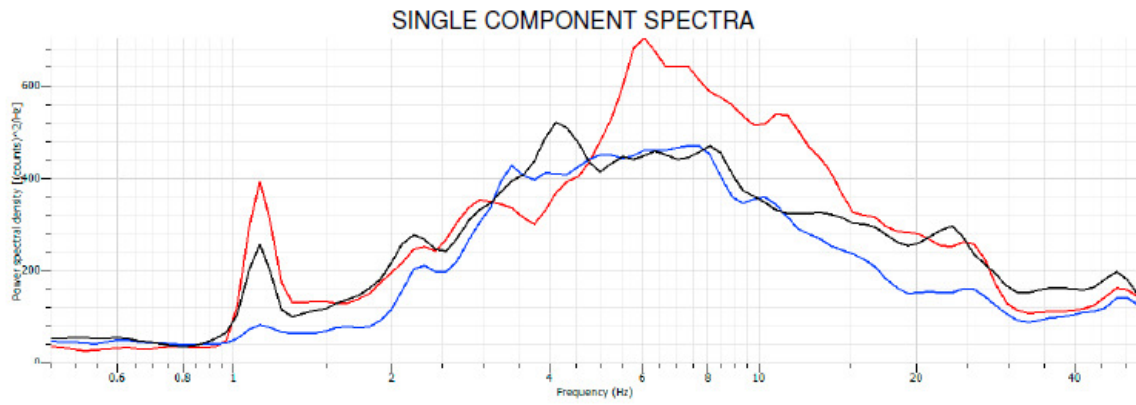


HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO Direzionalità selezionata: media su 360°



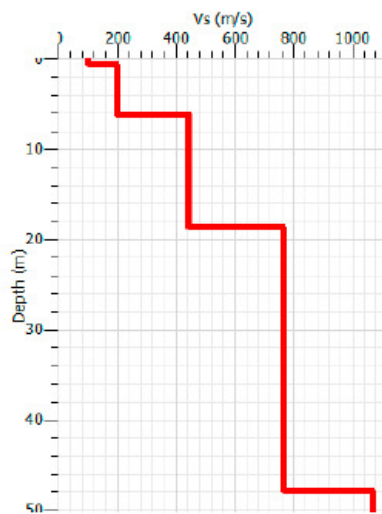
DIRECTIONAL H/V





Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0	6,5	195
6,5	18,3	440
18,3	48,0	770
48,0		1070

(rif. -0.0 m da p.c.) Vs (0.0-30.0m) = 398 m/s **CATEGORIA SUOLO: B**  
 (rif. -2.0 m da p.c.) Vs (2.0-32.0 m) = 443 m/s **CATEGORIA SUOLO: B**



Dalla verifiche eseguite è emersa per ciascun ambito categoria di suolo sismico tipo **B**

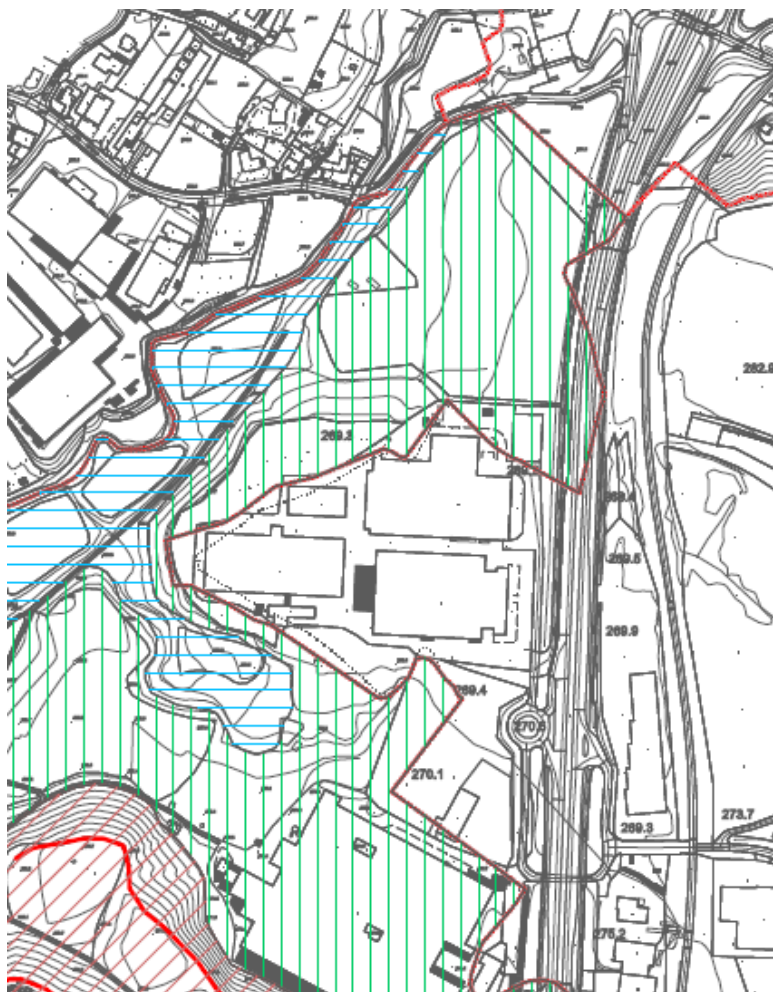




## ANALISI SISMICA DI II° LIVELLO

Dall'esame della cartografia geologica alleata al Pgt si evince che l'area ricade in zona Z4A, ove è richiesta la verifica di II livello per possibili fenomeni di amplificazione litologica.

Per quanto riguarda la sovrapposizione con la zona Z2- terreni di fondazione particolarmente scadenti, si rimanda alle specifiche verifiche dei cedimenti che dovranno essere eseguite in fase di predisposizione dei calcoli strutturali e quindi della relazione geotecnica. Relativamente alla verifica alla liquefacibilità si rimanda alla specifica verifica riportata alle pag. 14-15 della presente relazione.

**Stralcio Carta di pericolosità sismica allegata al Pgt**



	<b>Z4a</b>	<b>Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi</b>
	<b>Z4a-Z2</b>	<b>Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi - Zone con terreni particolarmente scadenti e/o con depositi granulari fini saturi</b>

Per tutti gli ambiti di Piano Attuativo sono state identificate le categorie B di suolo sismico (determinate mediante tomografia Vibralog). I valori di *Fa soglia* risultano:

$$Fa (0.1-0.5 s) = 1.4 \quad Fa (0.5-1.5 s) = 1.7$$

Tali soglie rappresentano i valori oltre ai quali lo spettro proposto dalla normativa nazionale risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione sismica presente nel sito.

Per la definizione degli effetti litologici si è considerata la scheda granulometrica definita "sabbiosa", la cui curva risulta congruente all'andamento delle Vs in profondità, come da figura di seguito riportata:

La metodologia utilizzata per le verifiche è quella proposta dalla Regione Lombardia contenuta nella d.g.r.28 maggio 2008 n.8/7374; per motivi di sintesi si omette la procedura ma si riportano solo i risultati e la scheda litologica.

### **Area PA tomografia 1**

<b>SCHEDA LITOLOGICA UTILIZZATA</b>	LITOLOGIA sabbiosa
<b>PERIODO PROPRIO DEL SITO (T)</b>	T= 0,33
<b>SPESSORE PRIMO STRATO SUPERFICIALE ADOTTATO</b>	4 m
<b>VELOCITA' PRIMO STRATO SUPERFICIALE <math>(h_1 V_{s1} + H_2 V_{s2}) / h_1 + H_2</math></b>	190 m/s
<b>CURVA ADOTTATA NELLE TABELLE <math>Fa (0.1-0.5 s) - T(s)</math></b>	verde
<b>CURVA ADOTTATA NELLE TABELLE <math>Fa (0.5-1.5 s) - T(s)</math></b>	verde
<b>CATEGORIA DI SUOLO</b>	B
<b>SOGLIA COMUNALE DI <math>Fa (0.1-0.5 s)</math></b>	1,4
<b>SOGLIA COMUNALE DI <math>Fa (0.5-1.5 s)</math></b>	1,7
<b>VALORE DI <math>Fa (0.1-0.5 s)</math> SITO IN OGGETTO</b>	1,69
<b>VALORE DI <math>Fa (0.5-1.5 s)</math> SITO IN OGGETTO</b>	1,47

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è stato calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs uguale o superiore a 800 m/s utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

Sulla base delle verifiche eseguite il fattore di amplificazione sismica individuato per il periodo di riferimento (0.1-0.5 s) si presenta superiore alla soglia comunale, pertanto l'utilizzo dello spettro proposto dalla normativa nazionale risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione sismica presente nel sito.

Si dovrà adottare la categoria di suolo sismico inferiore, ossia **C**, in quanto con valori soglia di Fa pari a 1,8 e 2,4, oppure procedere a verifica di III livello.

### **Area PA tomografia 2**

<b>SCHEDA LITOLOGICA UTILIZZATA</b>	LITOLOGIA sabbiosa
<b>PERIODO PROPRIO DEL SITO (T)</b>	T= 0,32
<b>SPESSORE PRIMO STRATO SUPERFICIALE ADOTTATO</b>	4 m
<b>VELOCITA' PRIMO STRATO SUPERFICIALE (h<sub>1</sub> Vs<sub>1</sub> + H<sub>2</sub> Vs<sub>2</sub>) / h<sub>1</sub>+H<sub>2</sub></b>	190 m/s
<b>CURVA ADOTTATA NELLE TABELLE Fa (0.1-0.5 s) – T(s)</b>	verde
<b>CURVA ADOTTATA NELLE TABELLE Fa (0.5-1.5 s) – T(s)</b>	verde
<b>CATEGORIA DI SUOLO</b>	B
<b>SOGLIA COMUNALE DI Fa (0.1-0.5 s)</b>	1,4
<b>SOGLIA COMUNALE DI Fa (0.5-1.5 s)</b>	1,7
<b>VALORE DI Fa (0.1-0.5 s) SITO IN OGGETTO</b>	1,7
<b>VALORE DI Fa (0.5-1.5 s) SITO IN OGGETTO</b>	1,45

Sulla base delle verifiche eseguite il fattore di amplificazione sismica individuato per il periodo di riferimento (0.1-0.5 s) si presenta superiore alla soglia comunale, pertanto l'utilizzo dello spettro proposto dalla normativa nazionale risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione sismica presente nel sito.

Si dovrà adottare la categoria di suolo sismico inferiore, ossia **C**, in quanto con valori soglia di Fa pari a 1,8 e 2,4, oppure procedere a verifica di III livello.

### **Area PA tomografia 3**

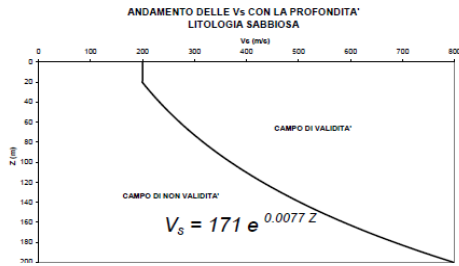
<b>SCHEDA LITOLOGICA UTILIZZATA</b>	LITOLOGIA sabbiosa
<b>PERIODO PROPRIO DEL SITO (T)</b>	T= 0,29
<b>SPESSORE PRIMO STRATO SUPERFICIALE ADOTTATO</b>	4 m
<b>VELOCITA' PRIMO STRATO SUPERFICIALE (<math>h_1 V_{s1} + H_2 V_{s2}</math>) / <math>h_1+H_2</math></b>	195 m/s
<b>CURVA ADOTTATA NELLE TABELLE Fa (0.1-0.5 s) – T(s)</b>	verde
<b>CURVA ADOTTATA NELLE TABELLE Fa (0.5-1.5 s) – T(s)</b>	verde
<b>CATEGORIA DI SUOLO</b>	B
<b>SOGLIA COMUNALE DI Fa (0.1-0.5 s)</b>	1,4
<b>SOGLIA COMUNALE DI Fa (0.5-1.5 s)</b>	1,7
<b>VALORE DI Fa (0.1-0.5 s) SITO IN OGGETTO</b>	1,68
<b>VALORE DI Fa (0.5-1.5 s) SITO IN OGGETTO</b>	1,38

Sulla base delle verifiche eseguite il fattore di amplificazione sismica individuato per il periodo di riferimento (0.1-0.5 s) si presenta superiore alla soglia comunale, pertanto l'utilizzo dello spettro proposto dalla normativa nazionale risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione sismica presente nel sito.

Si dovrà adottare la categoria di suolo sismico inferiore, ossia **C**, in quanto con valori soglia di Fa pari a 1,8 e 2,4, oppure procedere a verifica di III livello.

Dalle verifiche di secondo livello eseguite, per tutti gli ambiti di Piano Attuativo dovrà essere adottata una categoria di suolo sismico **C**.

## SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

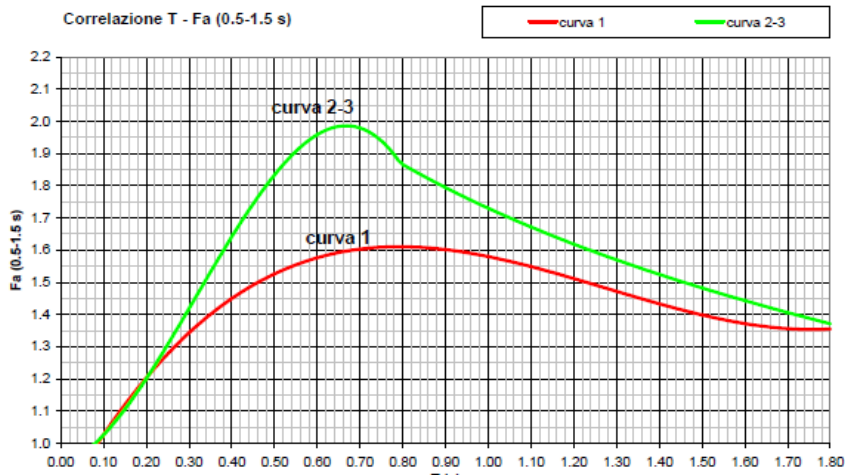
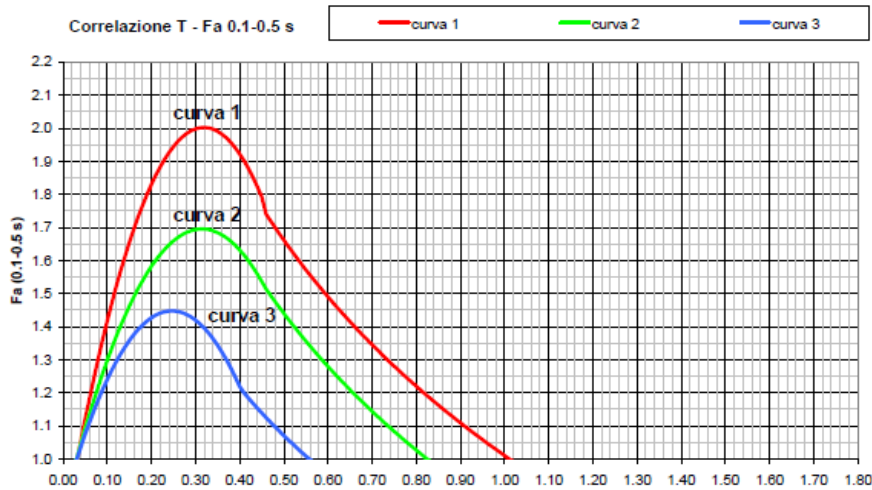


Velocità primo strato (m/s)	Profondità primo strato (m)																					
	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180
200	2	1-2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
250	2	1-2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
300	2	1-2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
350	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
400	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
450	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
500	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
600	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
700	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

ove  
la sigla NA indica  $F_a = 1$

il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1  
**CONDIZIONE:** strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media  $V_s$  minore o uguale a 300 m/s  
poggiate su strato con velocità maggiore di 500 m/s

$V_s < 300$ m/s	0
$V_s > 500$ m/s	5 - 12 m



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $Fa_{0.1-0.5} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 < T \leq 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -9.88 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 < T \leq 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$

Curva	
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 0.57 T^3 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$
2	$0.08 \leq T < 0.80$ $Fa_{0.5-1.5} = -8.11 T^2 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$
3	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$

Relazione geologica

## MODELLO GEOLOGICO E PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

L'analisi dei dati ottenuti dalle prove penetrometriche ha consentito di definire il modello geologico del sito e di determinare le *grandezze geotecniche indice* caratteristiche dei terreni investigati quali:

- *coesione*
- *peso di volume*
- *angolo di attrito.*

Di seguito si riportano i valori dei parametri geotecnici medi per ciascuna Litozona individuata.

### LITOZONA A (spessore variabile da 3 a 5 m )

*Limi sabbioso argillosi poco consistenti*

- ⇒ Coesione  $c'$  pari a **0.1-0.2 Kg/cmq**
- ⇒ peso di volume " $\gamma_t$ " compreso tra **1.6 ÷ 1.7 T/m<sup>3</sup>**.
- ⇒ Angolo d'attrito " $\Phi$ " compreso tra **26-28°**.

### LITOZONA B (spessore elevato)

*Arenarie ed argilliti marnose*

- ⇒ Coesione  $c'$  pari a **0.5-0.7 Kg/cmq**
- ⇒ peso di volume " $\gamma_t$ " compreso tra **1.9 ÷ 2.0 T/m<sup>3</sup>**.
- ⇒ Angolo d'attrito " $\Phi$ " compreso tra **32-34°**.

La natura reale del substrato (Litozona B) potrà essere verificata a seguito dell'esecuzione di alcuni carotaggi, che si ritengono necessari e quindi previsti nella fase geotecnica progettuale relativa al dimensionamento delle strutture di fondazione, che prevede la determinazione della capacità portante ammissibile dei terreni e la valutazione dei cedimenti.

Per quanto riguarda i dati idrogeologici, sono stati posizionati n. 2 tubi piezometrici all'interno di alcuni fori di prova, ubicati come visibile nella planimetria precedentemente riportata.

I dati acquisiti dalla verifiche sono stati i seguenti:

- durante l'esecuzione delle prove, in un periodo asciutto, non è stata rilevata la presenza di acqua sino a fondo prove
- a seguito di alcuni giorni di pioggia è stata riscontrata la presenza di terreni superficiali saturi o semisaturi ed il ristagno al contatto depositi superficiali-substrato.

Le misure eseguite dopo alcuni giorni di pioggia, hanno rilevato quanto segue:

- piezometro P 1: acqua a -2.5 m dal p.c.
- piezometro P 5: acqua a - 1,1 m dal p.c.



Per quanto concerne i dati piezometrici sopra riportati, si specifica che le acque rilevate sono dovute alla formazione di falde superficiali causate sia dall'impermeabilità del substrato che dalla bassa permeabilità dei depositi superficiali. Si tratta di fenomeni che presentano caratteristiche di temporaneità, legati al verificarsi di eventi meteorici significativi.

Date le caratteristiche idrogeologiche dei depositi presenti e del substrato si sconsiglia la realizzazione di pozzi perdenti per la dispersione delle acque meteoriche in quanto la permeabilità dei terreni è estremamente bassa e la formazione di falde sospese non ne permetterebbe lo smaltimento.

Per quanto concerne gli scavi di sbancamento, ai fine della sicurezza e stabilità si consiglia di realizzare scarpate con inclinazione massima di 60° (stabilità nel breve termine).

## **VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI**

Ai sensi della Legge 64/74, del D.M. 19/6/1984 e dell'attuale D.M. 14/01/2008, in aree classificate sismiche deve essere valutata la possibilità che insorgano fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione in seguito alle vibrazioni prodotte dalle scosse telluriche. .

Secondo la normativa vigente (Ntc 2018) la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

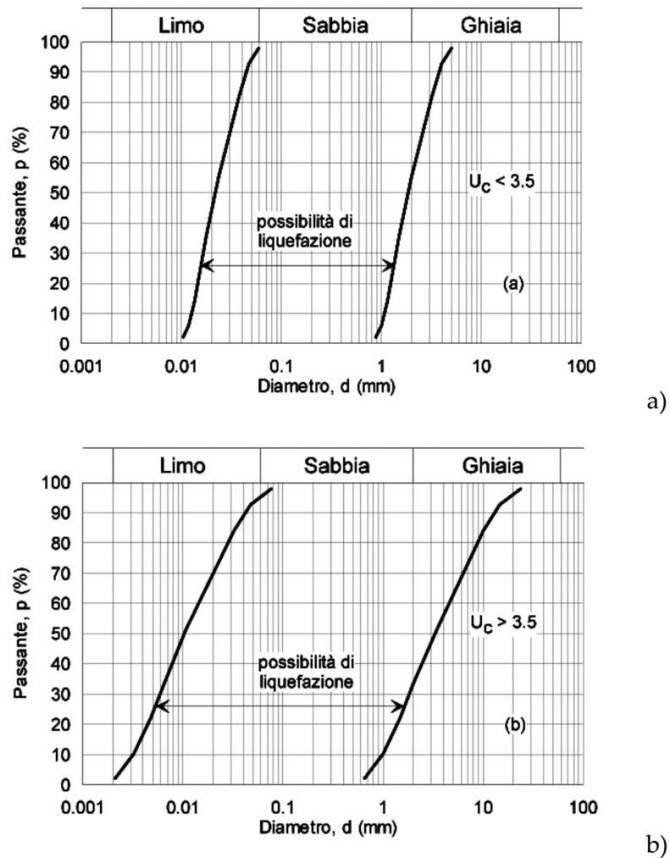


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Relativamente al punto 1), nel caso specifico l'accelerazione massima attesa al piano campagna (campo libero) risulta pari a : 0,051 g (parametro accelerazione  $a_g$ , agli SLV)  $\times$  1,5 (amplificazione stratigrafica)  $\times$  1 (amplificazione topografica) = 0,0765 g. Il valore è inferiore a 0.1g (g max.), pertanto la verifica non risulta necessaria.

## CONCLUSIONI

Sulla base delle verifiche eseguite si riassume e conclude quanto segue:

- l'ambito di progetto ricade in *classe 2 di fattibilità geologica*, ove non si riscontrano particolari problematiche geologiche ed idrogeologiche
- i terreni in oggetto non mostrano evidenze di instabilità e di dissesto ed i luoghi risultano attualmente stabili
- dal punto di vista geologico i terreni di progetto sono caratterizzati da un orizzonte superficiale, di spessore medio variabile tra 2.5 e 4.0 m, costituiti da terreni limoso-sabbiosi poco addensati e da substrato costituito da marne o da depositi morenici di fondo sovraconsolidati (da verificare in fase di progetto esecutivo delle strutture)
- dal punto di vista idrogeologico sia i terreni superficiali che il sottostante substrato presentano permeabilità limitata; pertanto a seguito di piogge significative si verifica il ristagno di acque sia per la saturazione dei depositi che per la presenza di un substrato impermeabile a bassa profondità. Pertanto non si ritiene idonea la realizzazione di pozzi perdenti per lo smaltimento delle acque meteoriche provenienti da superfici impermeabili.
- Le verifiche sismiche ed analisi di secondo livello effettuate hanno individuato una categoria C di suolo sismico.

Sulla base di quanto verificato si conclude che l'intervento in progetto risulta compatibile con le condizioni geologiche ed idrogeologiche dei luoghi e con la classe 2 di fattibilità geologica del pgt di Costa Masnaga.

Dott. Geol. Pietro Alborghetti

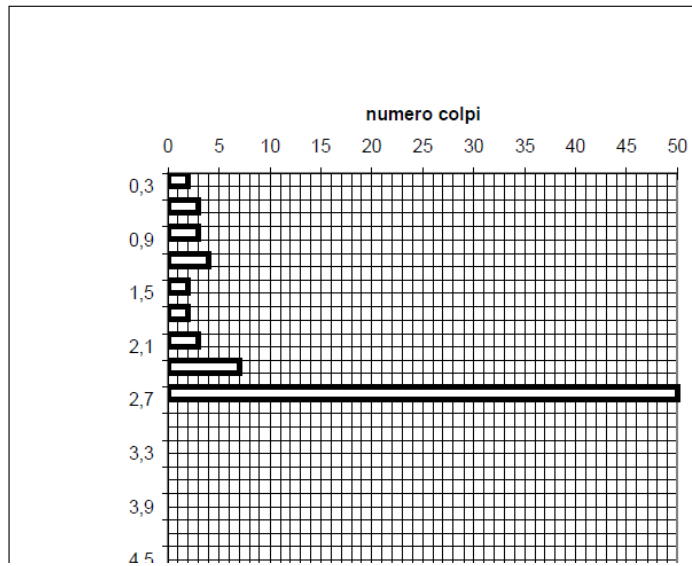
Lecco, luglio 2018



**GRAFICI PROVE PENETROMETRICHE**

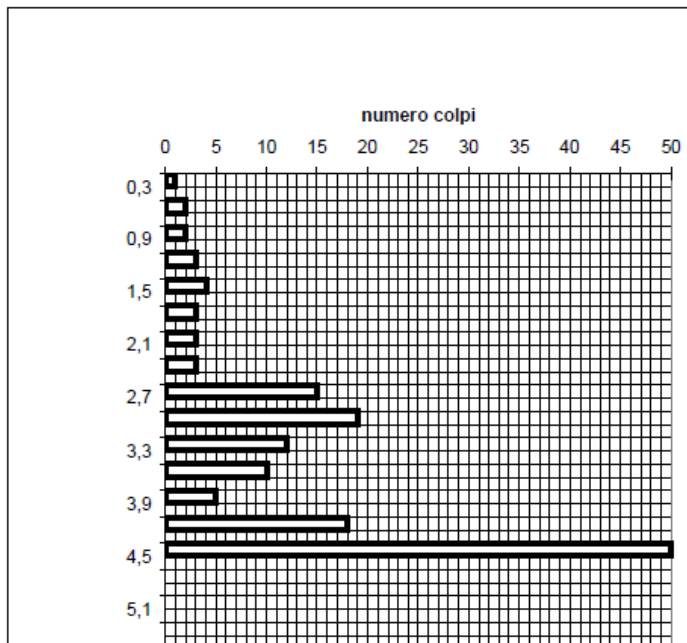
**Data: 13/05/2008**  
**Prova Penetrometrica SCPT n°1**

Profondità	n. colpi punta	n. colpi rivestimento
0,3	2	*
0,6	3	*
0,9	3	*
1,2	4	*
1,5	2	*
1,8	2	*
2,1	3	*
2,4	7	*
2,7	50	*
3	*	*
3,3	*	*
3,6	*	*
3,9	*	*
4,2	*	*
4,5	*	*
4,8	*	*
5,1	*	*



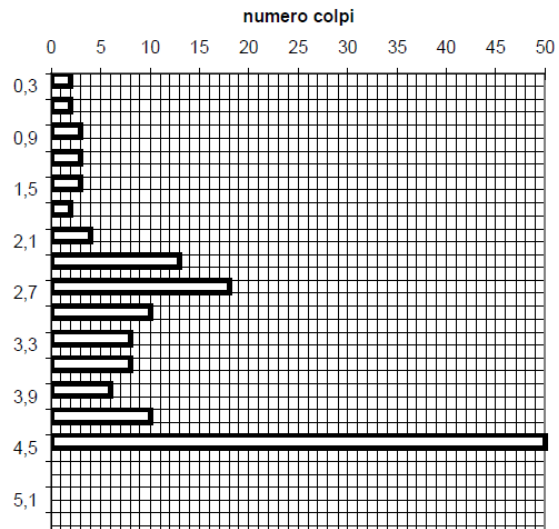
**Data: 13/05/2008**  
**Prova Penetrometrica SCPT n°2**

Profondità	n. colpi punta	n. colpi rivestimento
0,3	1	*
0,6	2	*
0,9	2	*
1,2	3	*
1,5	4	*
1,8	3	*
2,1	3	*
2,4	3	*
2,7	15	*
3	19	*
3,3	12	*
3,6	10	*
3,9	5	*
4,2	18	*
4,5	50	*
4,8	*	*
5,1	*	*
5,4	*	*
5,7	*	*
6	*	*



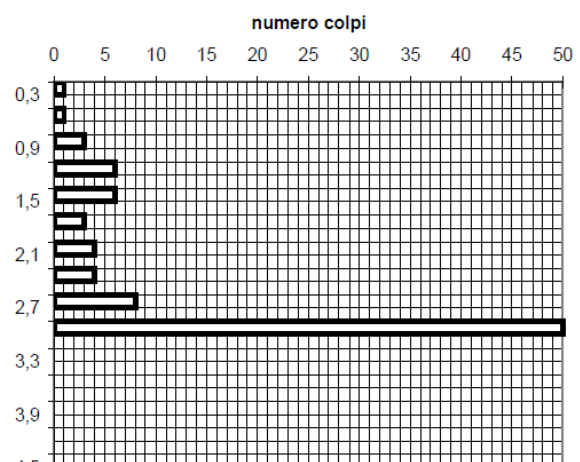
Data: 13/05/2008  
Prova Penetrometrica SCPT n°3

Profondità	n. colpi punta	n. colpi rivestimento
0,3	2	*
0,6	2	*
0,9	3	*
1,2	3	*
1,5	3	*
1,8	2	*
2,1	4	*
2,4	13	*
2,7	18	*
3	10	*
3,3	8	*
3,6	8	*
3,9	6	*
4,2	10	*
4,5	50	*
4,8	*	*
5,1	*	*
5,4	*	*
5,7	*	*
6	*	*



Data: 13/05/2008  
Prova Penetrometrica SCPT n°4

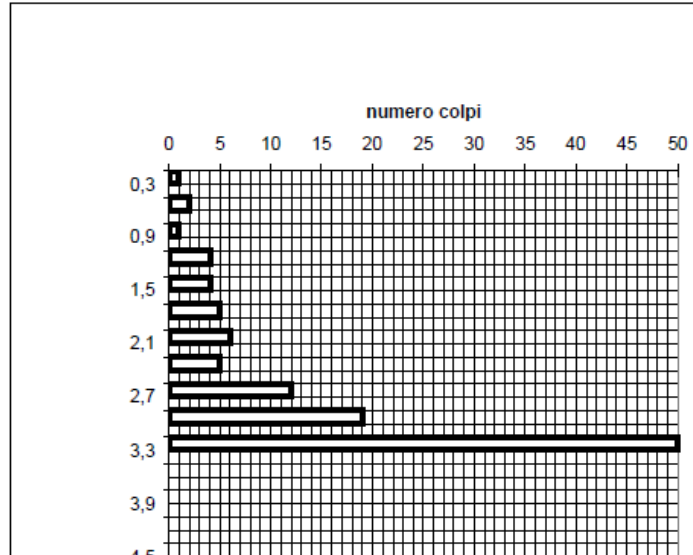
Profondità	n. colpi punta	n. colpi rivestimento
0,3	1	*
0,6	1	*
0,9	3	*
1,2	6	*
1,5	6	*
1,8	3	*
2,1	4	*
2,4	4	*
2,7	8	*
3	50	*
3,3	*	*
3,6	*	*
3,9	*	*
4,2	*	*
4,5	*	*
4,8	*	*
5,1	*	*



Data: 13/05/2008

**Prova Penetrometrica SCPT n°5**

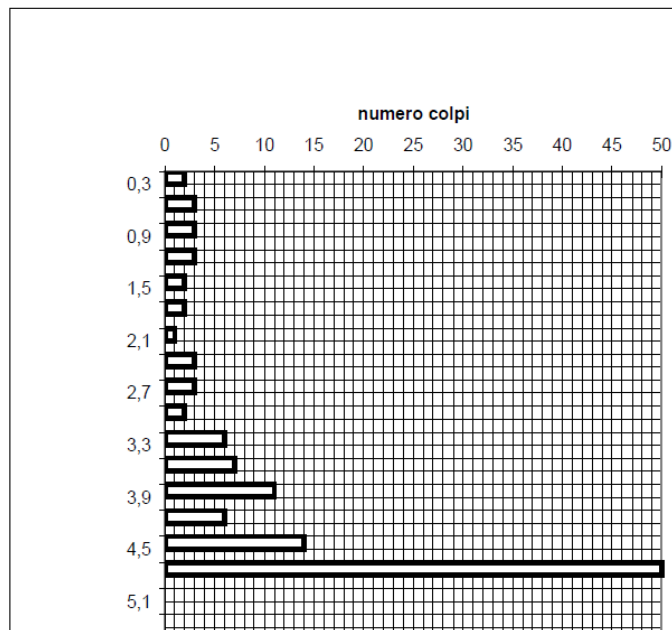
Profondità	n. colpi punta	n. colpi rivestimento
0,3	1	*
0,6	2	*
0,9	1	*
1,2	4	*
1,5	4	*
1,8	5	*
2,1	6	*
2,4	5	*
2,7	12	*
3	19	*
3,3	50	*
3,6	*	*
3,9	*	*
4,2	*	*
4,5	*	*
4,8	*	*
5,1	*	*



Data: 13/05/2008

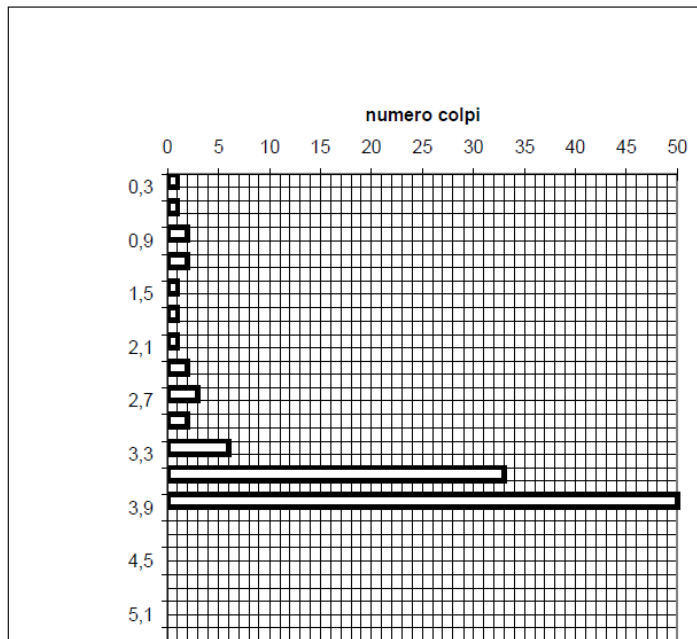
**Prova Penetrometrica SCPT n°6**

Profondità	n. colpi punta	n. colpi rivestimento
0,3	2	*
0,6	3	*
0,9	3	*
1,2	3	*
1,5	2	*
1,8	2	*
2,1	1	*
2,4	3	*
2,7	3	*
3	2	*
3,3	6	*
3,6	7	*
3,9	11	*
4,2	6	*
4,5	14	*
4,8	50	*
5,1	*	*
5,4	*	*
5,7	*	*
6	*	*



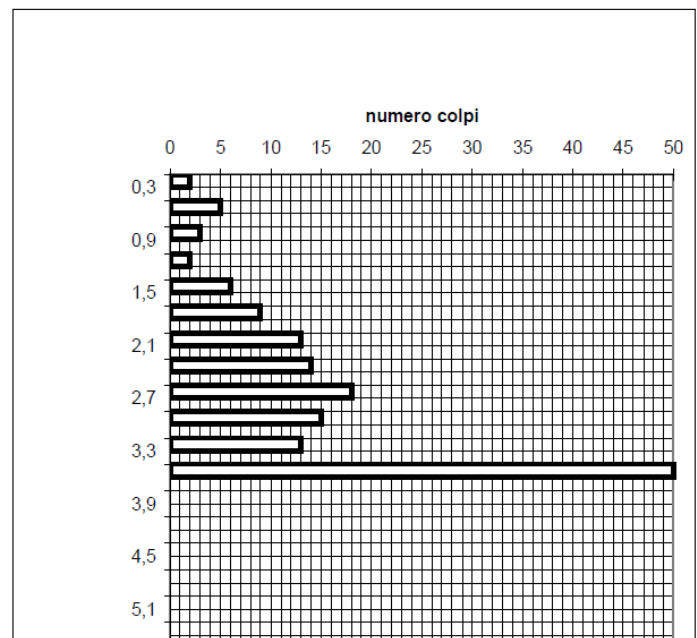
Data: 13/05/2008  
Prova Penetrometrica SCPT n°7

Profondità	n. colpi punta	n. colpi rivestimento
0,3	1	*
0,6	1	*
0,9	2	*
1,2	2	*
1,5	1	*
1,8	1	*
2,1	1	*
2,4	2	*
2,7	3	*
3	2	*
3,3	6	*
3,6	33	*
3,9	50	*
4,2	*	*
4,5	*	*
4,8	*	*
5,1	*	*
5,4	*	*
5,7	*	*
6	*	*



Data: 13/05/2008  
Prova Penetrometrica SCPT n°8

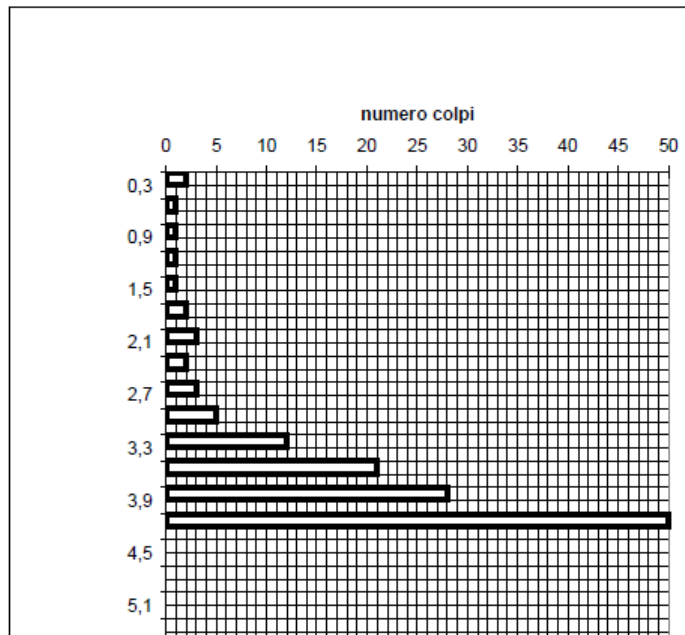
Profondità	n. colpi punta	n. colpi rivestimento
0,3	2	*
0,6	5	*
0,9	3	*
1,2	2	*
1,5	6	*
1,8	9	*
2,1	13	*
2,4	14	*
2,7	18	*
3	15	*
3,3	13	*
3,6	50	*
3,9	*	*
4,2	*	*
4,5	*	*
4,8	*	*
5,1	*	*
5,4	*	*
5,7	*	*
6	*	*





Data: 13/05/2008  
Prova Penetrometrica SCPT n°9

Profondità	n. colpi punta	n. colpi rivestimento
0,3	2	*
0,6	1	*
0,9	1	*
1,2	1	*
1,5	1	*
1,8	2	*
2,1	3	*
2,4	2	*
2,7	3	*
3	5	*
3,3	12	*
3,6	21	*
3,9	28	*
4,2	50	*
4,5	*	*
4,8	*	*
5,1	*	*
5,4	*	*
5,7	*	*
6	*	*



Data: 13/05/2008  
Prova Penetrometrica SCPT n°10

Profondità	n. colpi punta	n. colpi rivestimento
0,3	3	*
0,6	3	*
0,9	1	*
1,2	2	*
1,5	2	*
1,8	8	*
2,1	6	*
2,4	7	*
2,7	13	*
3	50	*
3,3	*	*
3,6	*	*
3,9	*	*
4,2	*	*
4,5	*	*
4,8	*	*
5,1	*	*
5,4	*	*
5,7	*	*
6	*	*

