



consulenze ambientali®

**PROGETTO NUOVE VASCHE
INTERRATE PER ACQUE
METEORICHE, INDUSTRIALI E
ANTINCENDIO E PLATEA CABINA
METANO, STABILIMENTO DI
NEMBRO (BG)**

**RELAZIONE GEOLOGICA,
GEOTECNICA E SISMICA**

Riferimento: D.M. 14.01.2008 Norme tecniche per le
costruzioni, DGR n. 2616/11

F.lli GANDOSSÌ

ACCIAIERIE ELETTRICHE SPA

Comune di Nembro (BG)

Emissione del: 27 Giugno 2017

File: 0975A17 GANDOSSÌ relazione geologica, geotecnica e sismica.doc

consulenze ambientali s.p.a.

24020 Scanzorosciate (BG) - Via A. Moro, 1 - Tel 035/6594411 - Fax.035/6594450

Filiale: 20017 Rho (MI) - Via Beatrice d'Este, 16

info@consamb.it - www.consamb.it

Codice fiscale e Partita IVA: 01703480168



Redatta da:

Dott. Stefano Fassini

Consulenze Ambientali spa

Handwritten signature of Stefano Fassini in black ink.

Verificata da:

Dott. Giuseppe Orsini

Consulenze Ambientali spa

Handwritten signature of Giuseppe Orsini in black ink.

Approvata da:

F.lli GANDOSSI ACCIAIERIE ELETTRICHE S.p.A.

SOMMARIO

1.	DATI IDENTIFICATIVI DELLA SOCIETÀ	4
2.	PREMESSA	5
2.1	Vincolistica geologica – idrogeologica	7
3.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	8
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	10
5.	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	11
5.1	Caratteristiche geologiche di dettaglio	12
6.	DESCRIZIONE DELL'AREA E DEL PROGETTO	14
7.	INDAGINI GEOLOGICHE – GEOTECNICHE	17
7.1	Prove penetrometriche	18
7.2	Indagine geofisica MASW	21
7.2.1	Metodologia M.A.S.W.	22
7.2.2	Strumentazione	24
7.2.3	Risultati dell'Indagine	24
8.	MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO	27
9.	CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE	28
10.	COMPONENTE GEOTECNICA DEL PROGETTO	29
10.1	Valutazione della portanza	29
10.1.1	Condizioni statiche	29
10.1.2	Condizioni dinamiche	31
10.2	Valutazione dei cedimenti	33
11.	COMPONENTE SISMICA	34
12.	ANALISI DEL RISCHIO SISMICO	35
12.1	Analisi sismica di primo livello	37
12.2	Analisi sismica di secondo livello	38
12.3	Individuazione della scheda di valutazione	39
12.4	Calcolo del periodo proprio del sito	41
12.5	Calcolo del fattore di amplificazione	42
12.6	Confronto con i valori regionali	42

1. Dati identificativi della società

Ragione Sociale: F.Ili Gandossi Acciaierie Elettriche S.p.A.

Sede Legale:	Via Roma n.23 24027 Nembro (BG)
Sede Stabilimento:	Via Roma n.23 24027 Nembro (BG)
Legale Rappresentante:	Gandossi Arno
Responsabile tecnico	Gandossi Michele
Settore di appartenenza	Industria
Telefono	035.4127003
Fax	035.523557

2. Premessa

La presente relazione viene redatta su incarico della società F.Ili Gandossi Acciaierie elettriche s.p.a. ed è finalizzata alla valutazione delle caratteristiche geologiche, geotecniche dell'area, presso lo stabilimento di Nembro Via Roma, 23, oggetto di realizzazione delle nuove vasche meteoriche, industriali ed antincendio e della platea per la cabina metano.

Lo studio è stato condotto sulla scorta dei seguenti dati:

- Informazioni geologiche ed idrogeologiche di bibliografia;
- Indagini geologiche di tipo diretto;

Il presente studio è stato predisposto sulla scorta dei dati direttamente rilevati.

La presente relazione, per quanto concerne le indagini e i criteri progettuali, è redatta ai sensi delle seguenti norme:

- Decreto Ministeriale 11.03.1988,
- OPCM 3274/03.
- D.M. 14.01.2008 Norme tecniche per le costruzioni
- DGR n. 2616/11

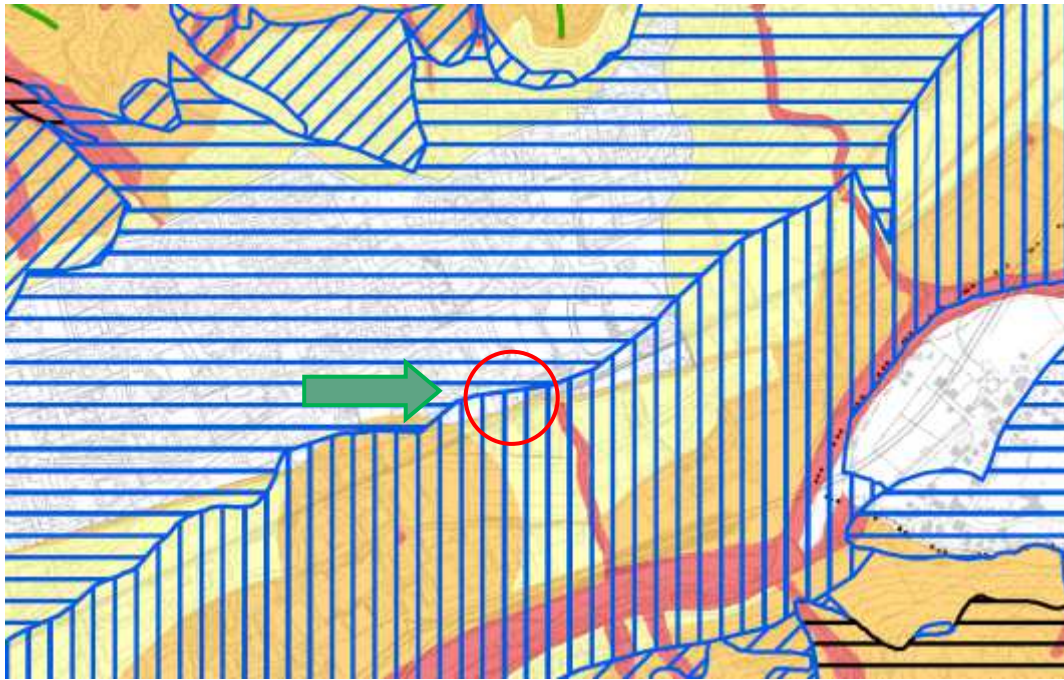
Dallo studio della Componente Geologica e Idrogeologica del Piano Regolatore comunale, redatto dallo Studio GEA ed integrato per la componente sismica dal Dott. Nozza e Dott.ssa Pecci nel 2009, risulta che l'area in esame è collocata in classe 1 *“Fattibilità senza particolari limitazioni”*.

Di seguito si riportano le specifiche indicate nelle note:

In questa classe ricadono le aree per le quali gli studi non hanno individuato specifiche controindicazioni di carattere geologico e urbanistico o alla modifica di destinazione d'uso delle parcelle.

La classe I infatti comprende aree generalmente pianeggianti o subpianeggianti con buone caratteristiche geotecniche dei terreni e non interessate da fenomeni di dissesto idrogeologico.

La presenza della falda idrica è inoltre tale da non interferire con il suolo o con gli strati più superficiali del sottosuolo.



Legenda

Scenari di pericolosità sismica locale

	Z1a	Da assoggettare a procedura di III° livello in fase progettuale
	Z1b	
	Z1c	
<hr/>		
	Z3a	Da assoggettare a procedura di II° livello quando di interesse edificatorio
	Z3b	
	Z4a	
	Z4b	
	Z4d	

Classi di fattibilità geologica

	Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni
	Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni
	Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni
	Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

Fig. 1 Estratto Carta di Fattibilità dello studio geologico

2.1 Vincolistica geologica – idrogeologica

Di seguito si riporta un estratto della Carta dei Vincoli della Componente geologica del PGT. L'area in esame risulta essere posta in vicinanza dalla fascia di rispetto (RD 523/1904) della Roggia Serio e del Torrente Lonzo.



Fig. 2 Estratto Carta dei Vincoli

3. Inquadramento territoriale

L'insediamento F.Ili Gandossi Acciaierie Elettriche SPA è ubicato nel territorio comunale di Nembro (BG), in un contesto di tipo misto, caratterizzato dalla presenza di edifici industriali, commerciali e residenziali.

Lo stabilimento si trova a sud del nucleo storico abitativo, inserito in un'area industriale (classificata come tessuto consolidato produttivo) a ridosso di aree residenziali (a ovest e a nord).

Di seguito si riportano le coordinate Gauss Boaga.

Coordinata x	1558971,457
Coordinata y	5065687,349
Quota m slm	316.3

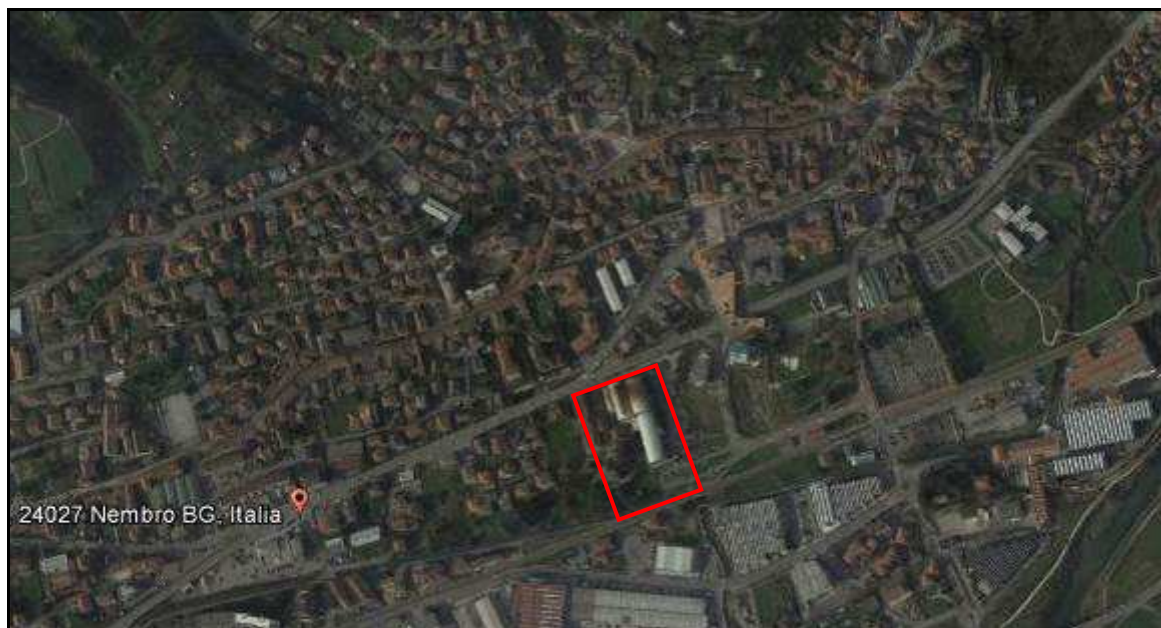


Fig. 3 Inquadramento territoriale

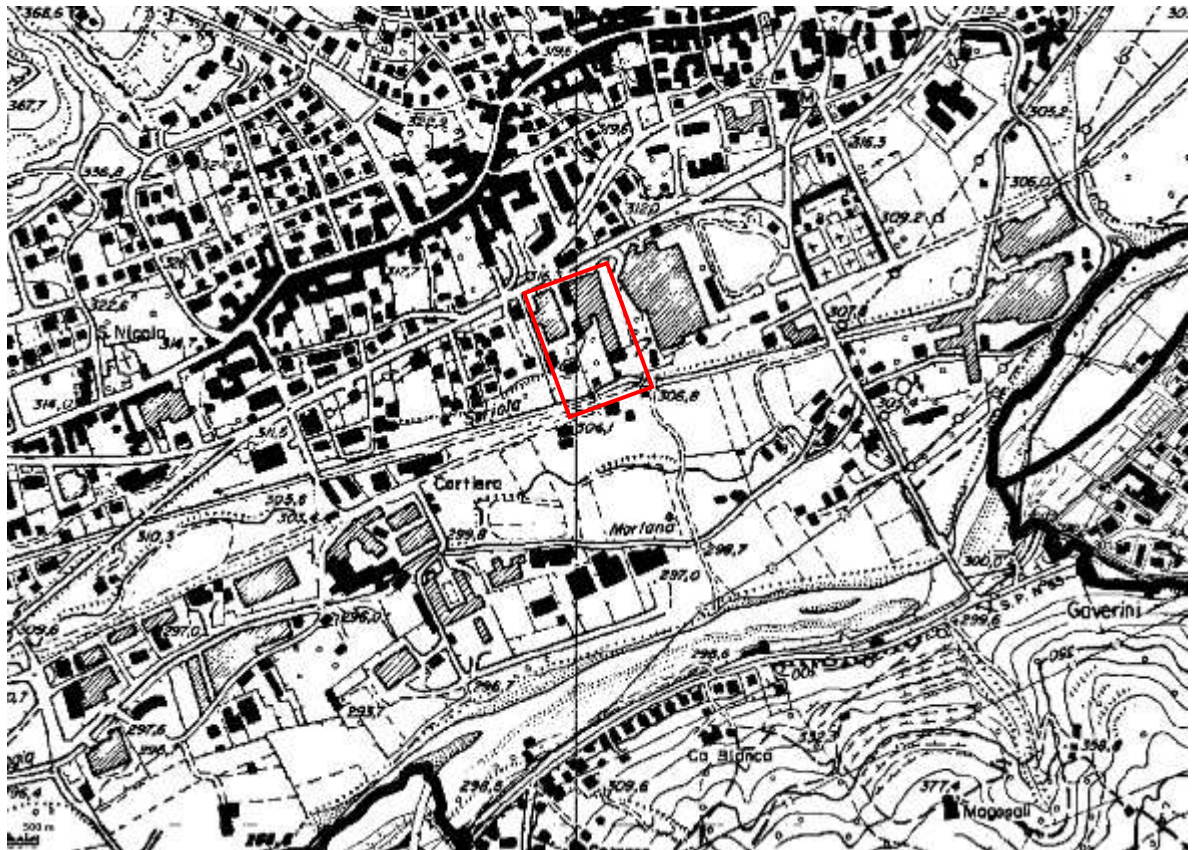


Fig. 4 Estratto CTR

4. Inquadramento Geologico

Sotto il profilo geologico l'area in esame si colloca in corrispondenza del fondo valle interessato dalla presenza dei depositi fluvioglaciali afferenti al Complesso di Piario

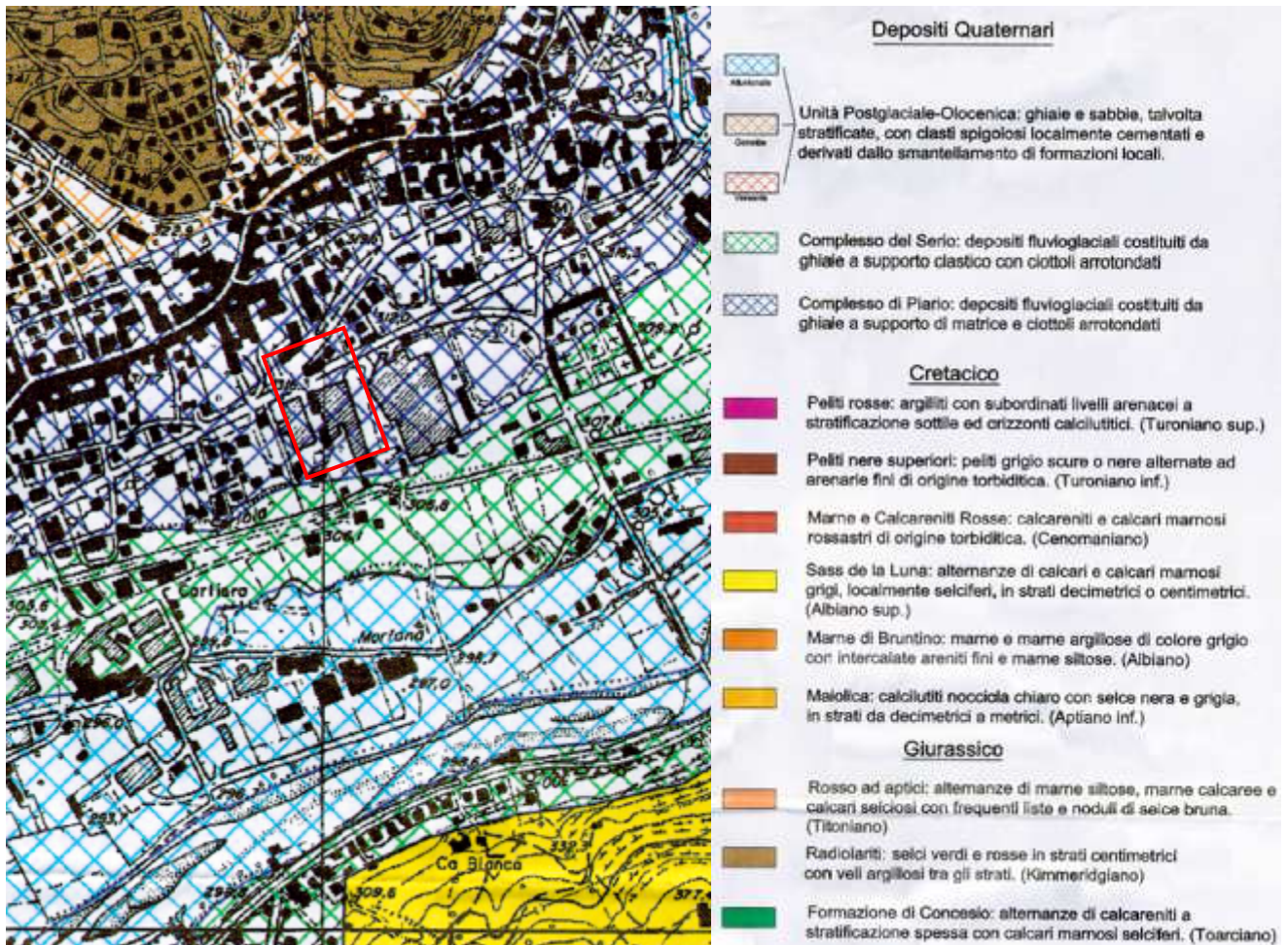


Fig. 5 Estratto Carta Geologica

I depositi sono costituiti da conglomerati, con ciottoli ben arrotondati aventi dimensione fino a 30 cm, impostatesi in ambiente alluvionale.

Si rileva la presenza di matrice arenacea, supporto prevalentemente clastico con cementazione buona.

Nella porzione alta si rileva la presenza di livelli a ciottoli e a blocchi fino a metri con sabbie stratificate e laminate a bassa cementazione.

5. Inquadramento idrogeologico

L'area in esame si colloca in corrispondenza di depositi identificati come "Depositi superficiali aventi elevata permeabilità".

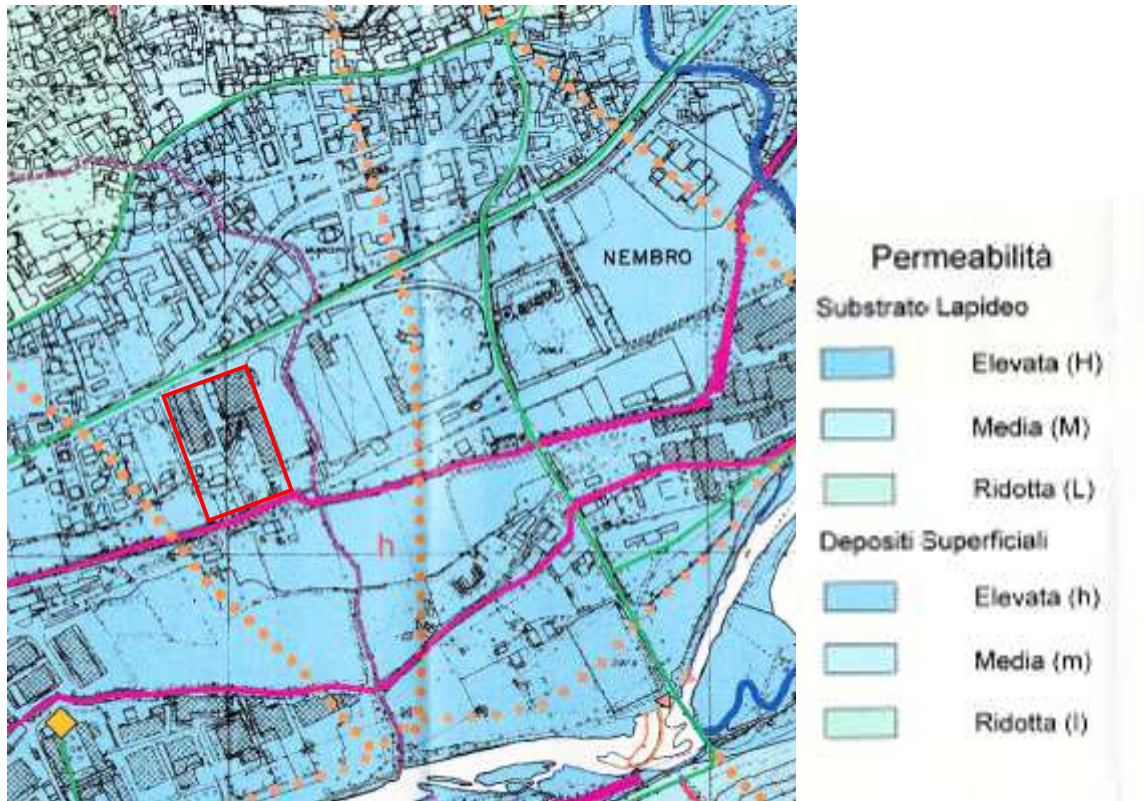
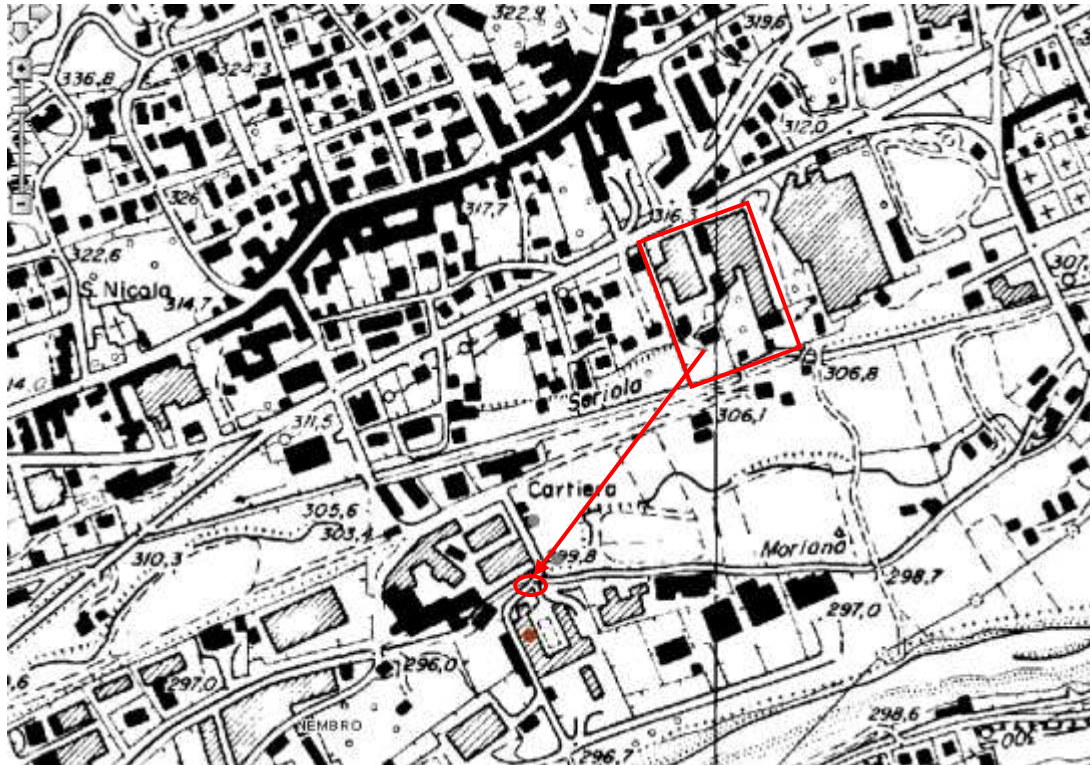


Fig. 6 Estratto Carta Idrogeologica

Di seguito si riporta la stratigrafia del pozzo privato della ditta Polini Motori di Alzano Lombardo, ubicato circa 250 m a sud ovest dell'area in esame.

La stratigrafia evidenzia la presenza, al di sotto di un livello coesivo superficiale, di terreni grossolani, anche conglomeratici, in matrice argillosa.

La stratigrafia del pozzo non risulta del tutto concorde con quanto riportato nella cartografia comunale.



N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		150	Argilla
2	150	690	Ghiaia - Argilla - Grossi ciottoli
3	840	260	Ghiaia - Argilla - Ciottoli grossi
4	1100	70	Ghiaia pura
5	1170	230	Ghiaia - Argilla e tracce di conglomerato con ciottoli
6	1400	430	Ghiaia - Sabbia e grossi ciottoli
7	1830	160	Ghiaia - Sabbia
8	1990	310	Conglomerato spugnoso
9	2300	165	Argilla gialla
10	2465	335	Argilla cenere con conchiglie

Fig. 7 Ubicazione e stratigrafia del pozzo Polini motori

5.1 Caratteristiche geologiche di dettaglio

Presso la proprietà è stata reperita la documentazione fotografica inerente alcuni scavi che sono stati eseguiti in stabilimento nel corso di attività di manutenzione/controllo.

Di questi si riporta di seguito la fotografia di uno scavo realizzato nella fascia sud, verso la roggia Serio, che, pur non raggiungendo profondità significative, fornisce utili indicazioni della stratigrafia locale.

Lo stesso evidenzia in particolare la presenza di un livello superficiale granulare di riporto, dello spessore di circa 1/1.5 m, sovrastante terreni limosi con ciottoli.

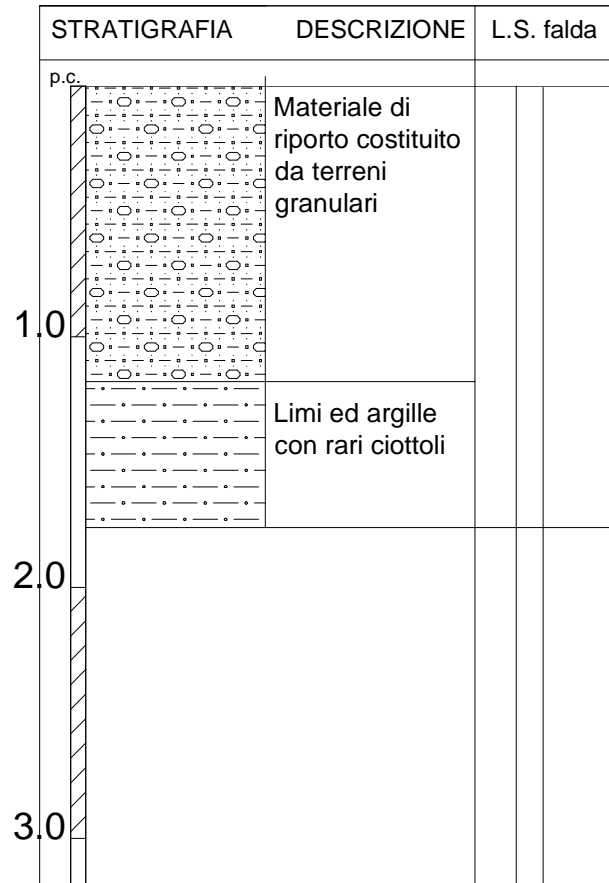


Fig. 8 Stratigrafia locale



Fig. 9 Scavo eseguito

6. Descrizione dell'area e del progetto

In progetto è prevista la realizzazione di vasche interrato e dalla realizzazione della platea per la cabina metano.

Le vasche saranno composte da una porzione, adibita all'accumulo delle acque meteoriche, avente profondità di 3.6 m dal p.c., e da una seconda porzione adibita ad antincendio, posta ad est, avente piano di posa a 5.8 m dal p.c.. La cabina metano sarà realizzata a sud dell'edificio residenziale esistente su una platea di fondazione avente piano di posa a -1.0 m dal p.c..

L'area di progetto è ubicata nella fascia sud dello stabilimento , in prossimità con il confine con la roggia Serio.

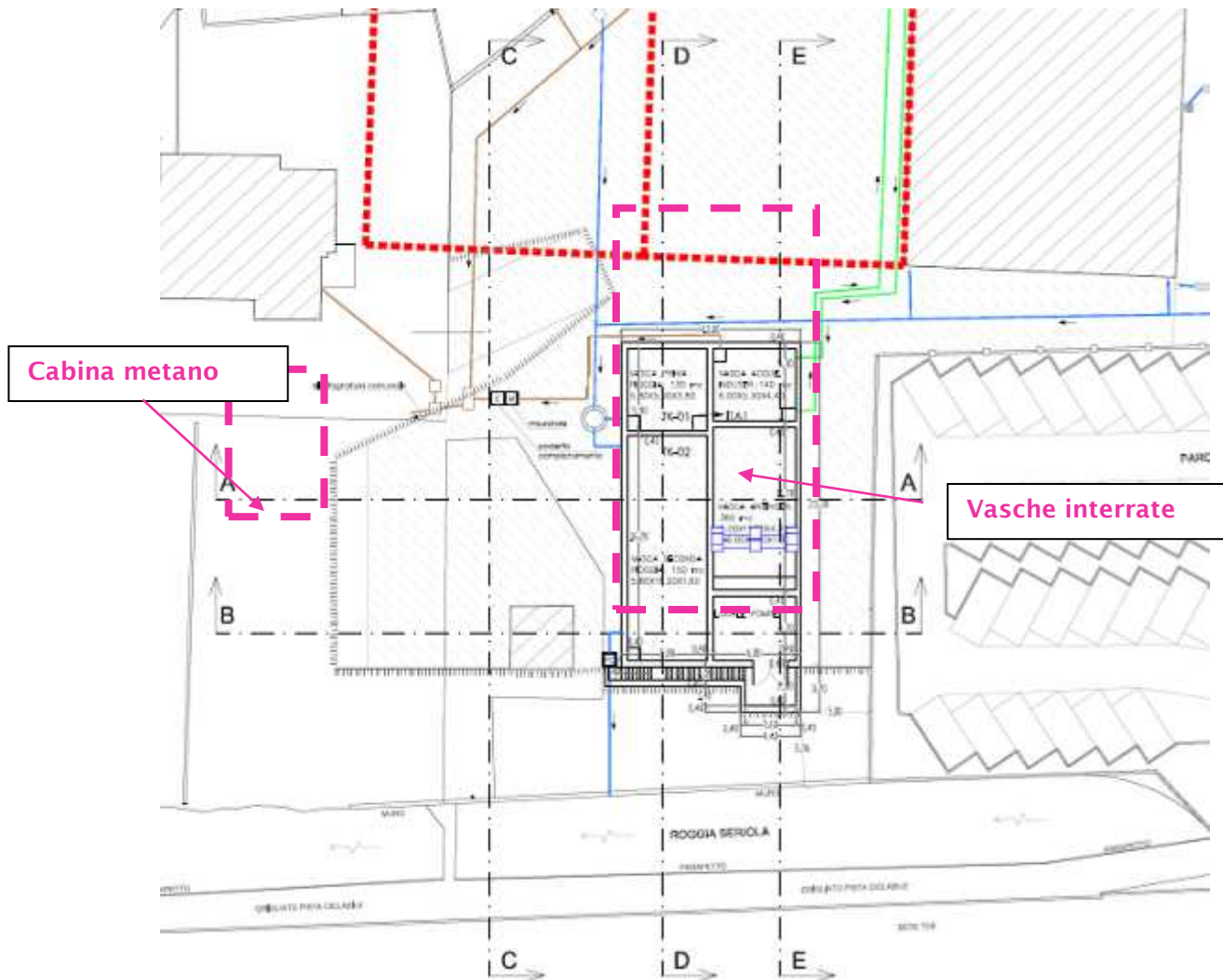


Fig. 10 Progetto

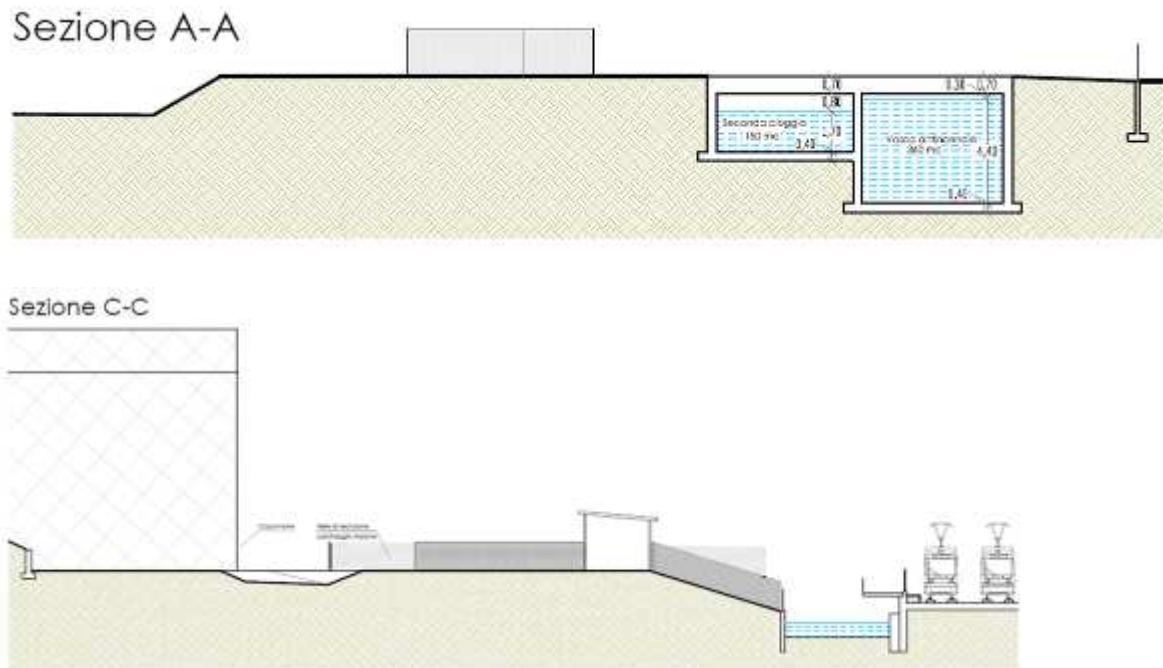


Fig. 10 Sezioni del progetto

Le aree sono attualmente adibite a verde, non risulta la presenza di sotto servizi.



Fig. 11 Area realizzazione vasche



Fig. 12 Area cabina metano

7. Indagini geologiche – geotecniche

Al fine di valutare le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche della zona in esame sono state eseguite alcune indagini geotecniche.

Le indagini eseguite sono le seguenti:

- n.3 prove penetrometriche SCPT
- n.1 Stendimento MASW

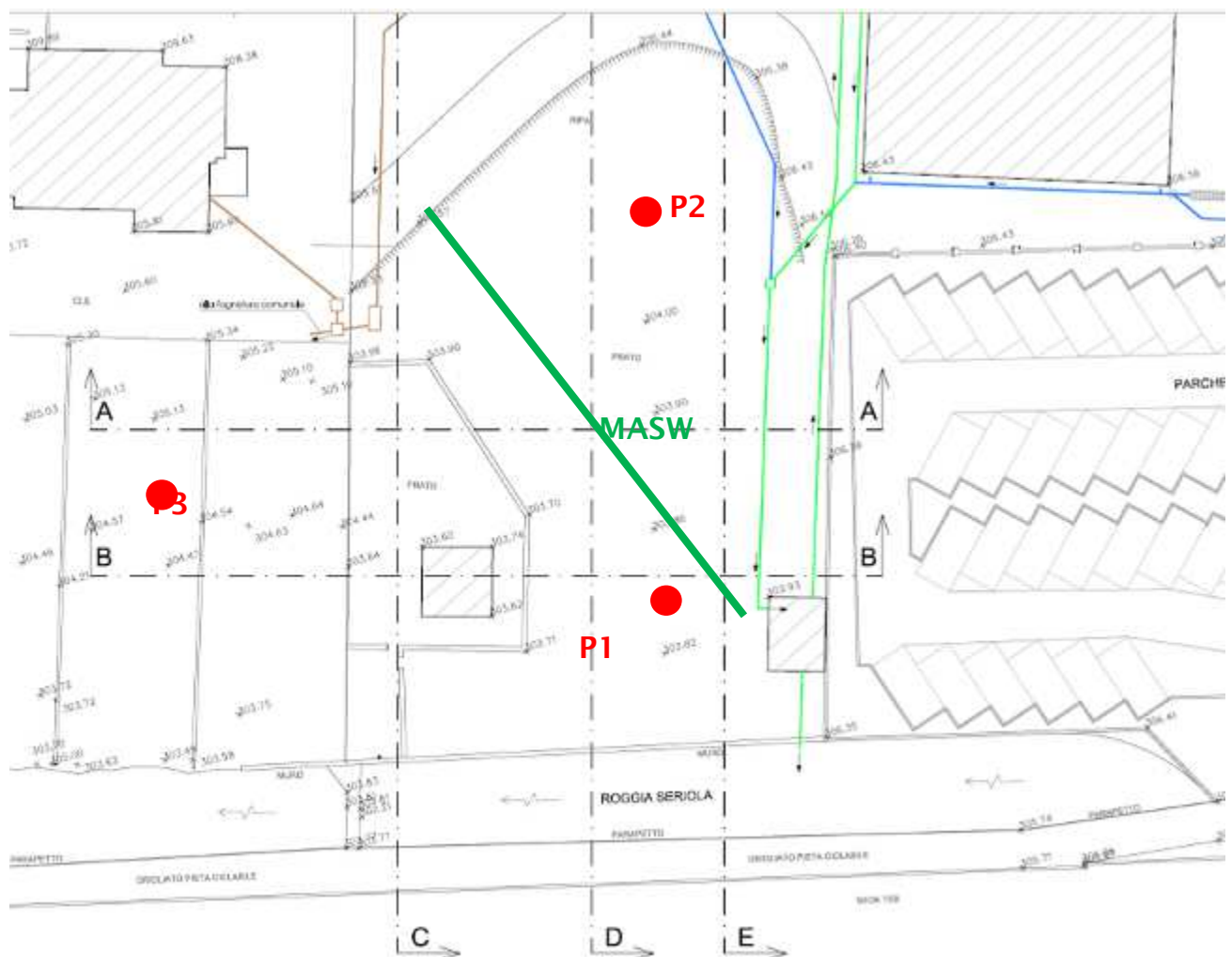


Fig. 13 Ubicazione delle indagini svolte

7.1 Prove penetrometriche

Ubicazione delle prove

I dati di seguito elaborati sono stati ricavati da una campagna di N.3 prove SCPT.



Fig.14 Prova penetrometrica P1

Modalità di esecuzione della prova

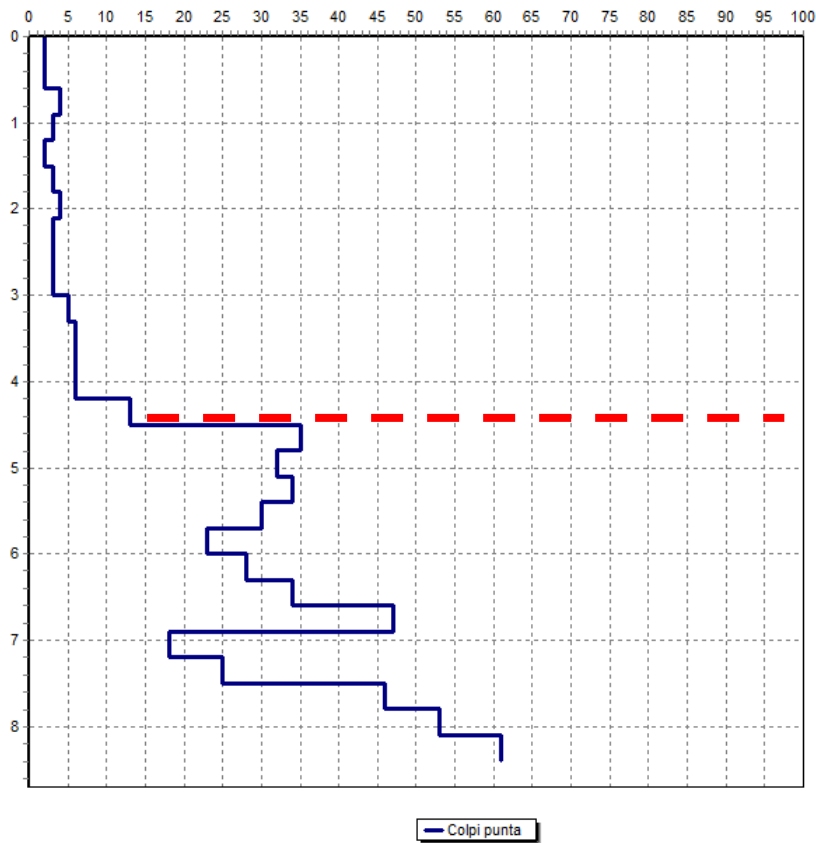
La prova consiste nell'infiggere un'asta, di dimensioni e geometria standard, nel terreno tramite battitura di un maglio (peso 73 kg) in caduta da un'altezza standard e contare il numero di colpi necessari per l'infissione di ogni trenta centimetri di asta. La prova viene considerata conclusa quando si superano i 50 colpi per arrivare al riferimento successivo (trenta cm). Questa situazione può essere ricondotta alla presenza di un livello di terreno ad elevata resistenza ma può anche essere imputabile alla presenza di un singolo ciottolo o blocco che impedisce l'avanzamento.

Interpretazione delle prove

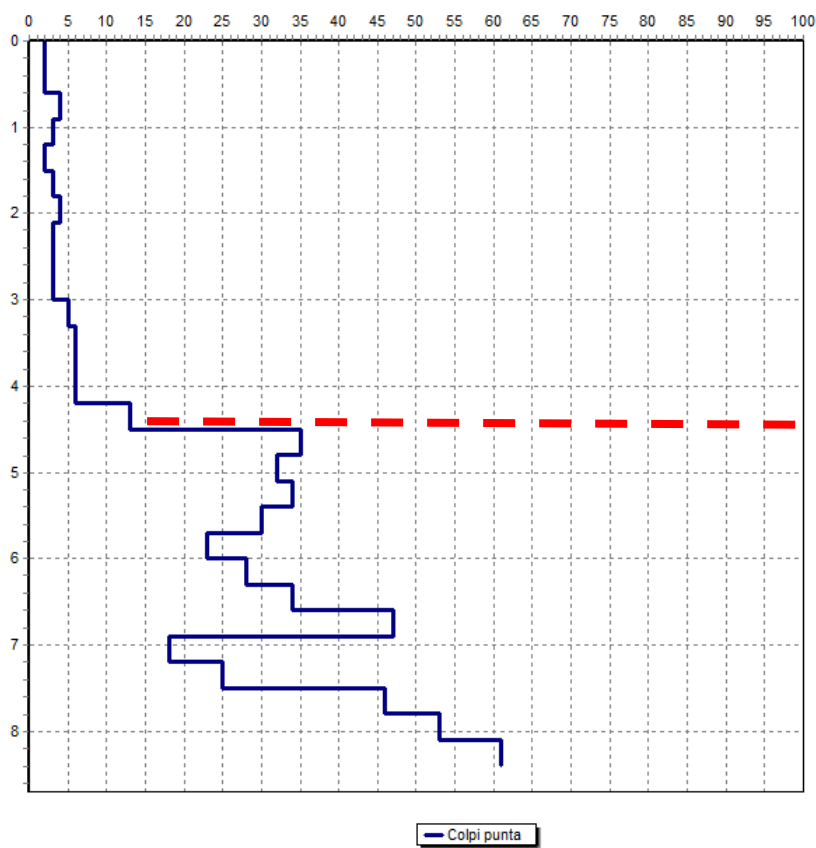
Le prove P1 e P2 presentano esiti sovrapponibili dati dalla presenza di un livello a bassa consistenza esteso fino a circa -4.3 m dal p.c. sovrapposto a terreni ad elevata consistenza. La prova P3 evidenzia esiti analoghi ma essendo sopraelevata di circa 1.5 m circa il passaggio all'unità sottostante, ad elevata consistenza, è posto alla profondità di 6.9 m.



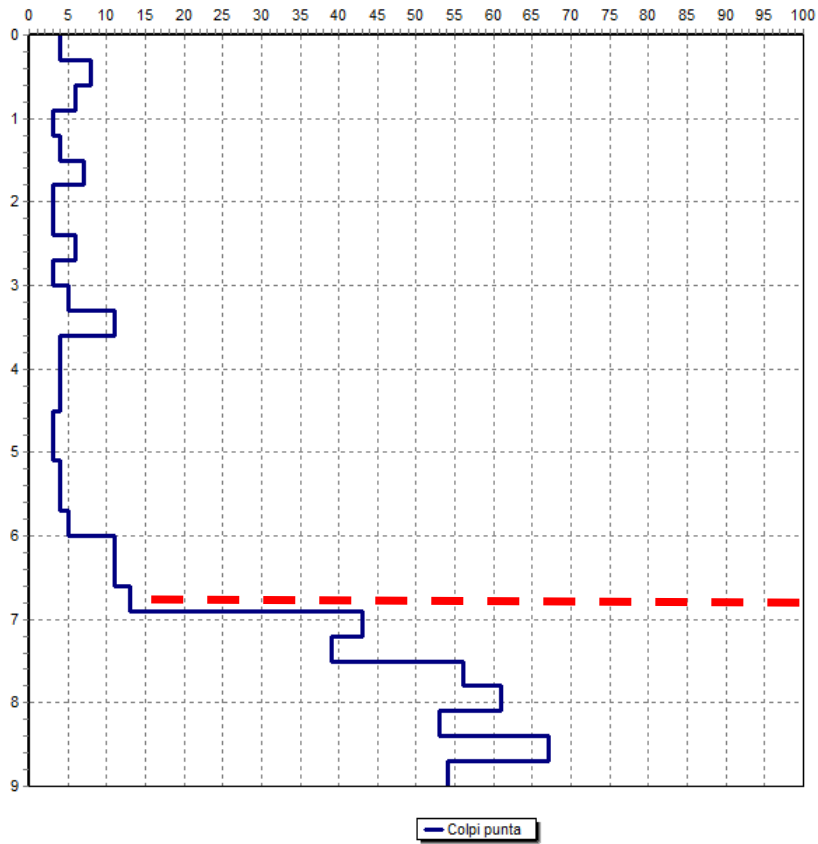
Prova 1



Prova 2



Prova 3



7.2 Indagine geofisica MASW

Come previsto dalle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14.01.32008) è stato realizzato uno stendimento Masw per la determinazione delle Vs30, parametro necessario per la definizione della categoria del suolo di fondazione.

Lo stendimento è stato eseguito lungo il margine ovest del giardino, lo sviluppo longitudinale è di 30 m di lunghezza.



Fig.15 Stendimento Masw

7.2.1 Metodologia M.A.S.W.

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

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

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

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

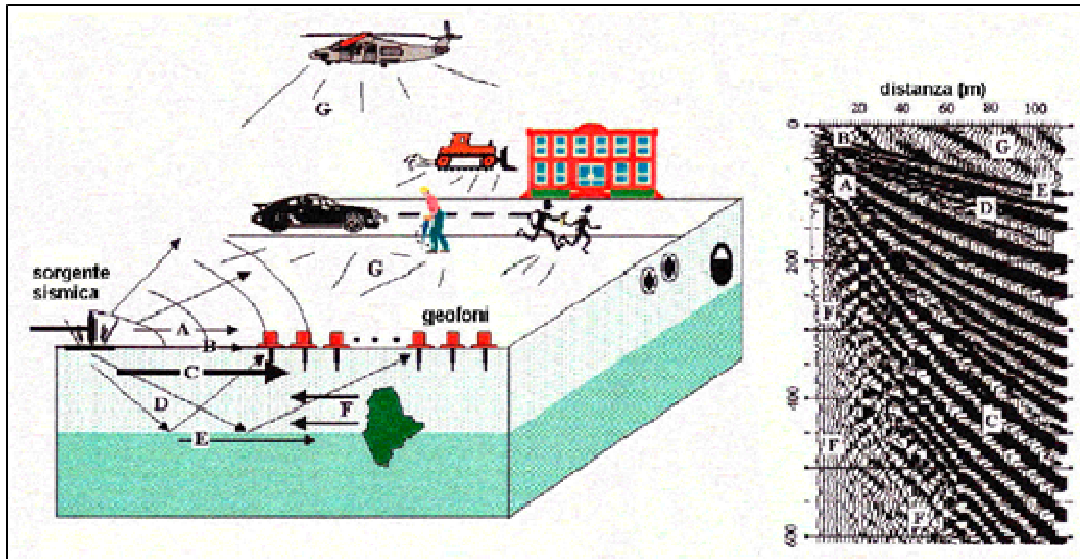
Per ottenere un profilo V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

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

Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale V_s dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

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

L'illustrazione di seguito riportata 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.



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

7.2.2 Strumentazione

La strumentazione utilizzata è costituita da :

- Un sismografo PASI 16SG 24 canali;
- 24 geofoni a 4.5 Hz;
- Una mazza da 8 Kg

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

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

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

Nel caso specifico i geofoni sono stati ubicati con spaziatura di 2 m mentre l'energizzazione (con mazza battente) è stata ubicata a 4 metri dal primo geofono.

7.2.3 Risultati dell'Indagine

Di seguito si riporta il report riassuntivo dei risultati dell'indagine geosismica M.A.S.W.

Lo stesso mostra la curva di dispersione, lo spettro f-k, il sismogramma ed il profilo delle velocità delle onde vs30 il cui valore è stato calcolato utilizzando la formula

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

Dove h_i e v_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i -esimo, per un totale di n strati presenti nei 30 m sottostanti le fondazioni dell'edificio in progetto, in questo caso da una quota di circa -3.0 m metri dall'attuale p.c.

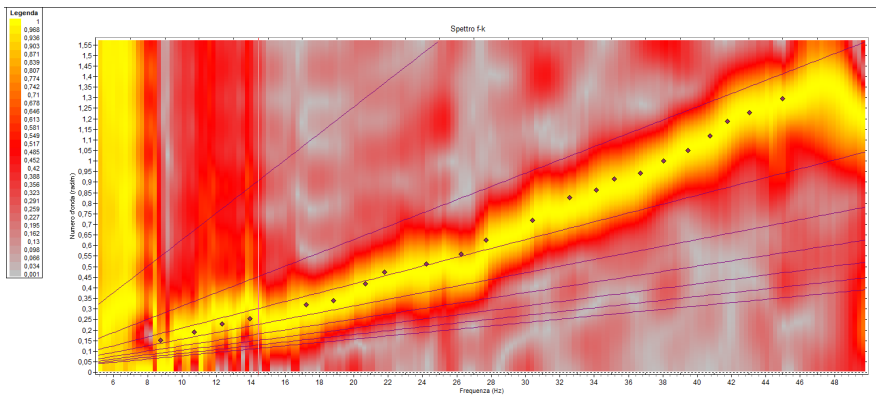
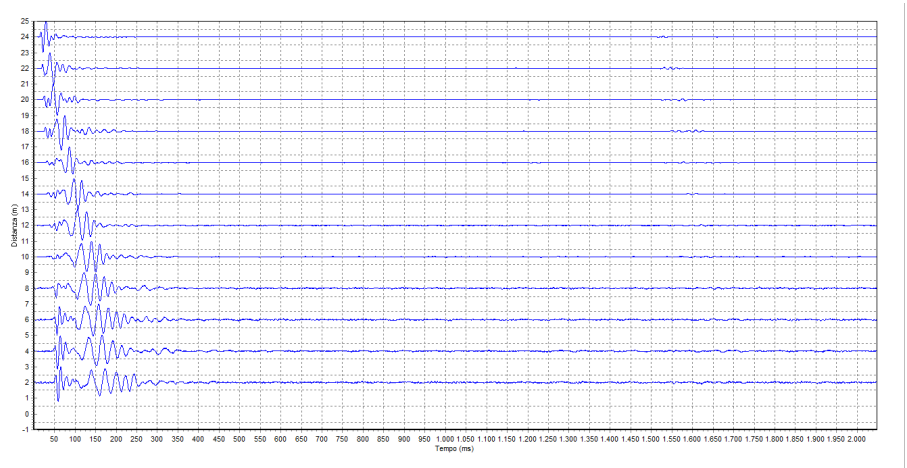
L'interpretazione è quindi stata effettuata considerando l'intervallo da -4.0 m a -34.0 m dal piano campagna.

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva della prova Masw .

Interpretazione Prove MASW

Da (m)	Vs m/s
3,06	246,0
4,08	276,0
6,8	312,0
9,86	350,0
17,34	392,0
34,0	416,0

Gli esiti della prova evidenziano valori di Vs= 390.2 m/s riconducibili alla categoria B del suolo di fondazione.



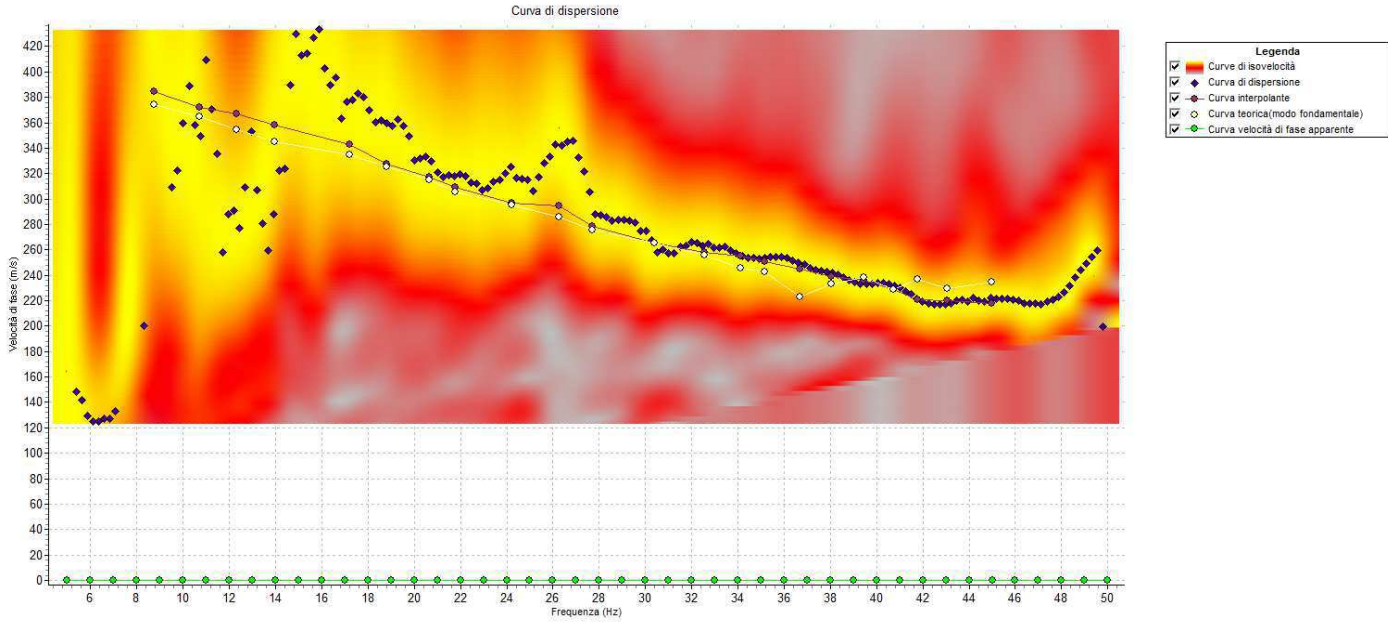


Fig. 16 Esiti stendimento Masw

8. Modello geotecnico del sottosuolo

Di seguito si riporta il modello geotecnico del sottosuolo.

Dalle prove effettuate emerge la presenza di un'unità superficiale, costituita da terreno granulare a basso grado di addensamento, sovrastante terreni ghiaiosi ad elevato grado di addensamento.

La profondità di passaggio tra le due unità è posta a 6.9 m presso la cabina metano ed a 4.3 m presso le vasche.

Di seguito si riporta la schematizzazione delle unità geotecniche presenti:

Tabella riassuntiva dei parametri caratteristici fisici e meccanici delle unità individuate			
	Unità 1	Unità 2	Unità 2
Unità litologiche	Coltivo	Ghiaie e sabbie	Ghiaie e sabbie
Profondità	da 0 a -3.0 m	Da 3.0 a 4.5 m	Oltre 4.5
Peso di volume naturale (γ_n)	1.7 / 1.8 g/cm ³	1.8 / 1.9 g/cm ³	1.8 / 1.9 g/cm ³
Angolo di resistenza al taglio (ϕ)	23 (°)	26 (°)	35 (°)
Coesione (cu) kg/cm ²	0	0	0
Densità relativa Dr(%)	30	35	65

*riferita al piano strada superiore

- *Peso di Volume naturale:* è stata utilizzata la correlazione di Mayerhof confrontata con i valori proposti in letteratura per i terreni di analoga natura stratigrafica e origine.
- *Densità relativa (Dr):* per la stima della Densità Relativa è stata utilizzata la correlazione fornita da Gibbs e Holtz, ottenuto mediante la relazione tra la resistenza alla penetrazione e la pressione verticale efficace.
- *Angolo di attrito (ϕ):* i dati sono stati elaborati utilizzando il metodo Road Bridge Specification $\phi = \sqrt{15 \text{ NSPT}} + 15$

9. Categoria del suolo di fondazione

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

In assenza di specifiche analisi si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, identificate sulla scorta dei dati della velocità media delle onde sismiche di taglio VS ovvero sul numero medio di colpi NSPT ottenuti delle prove penetrometriche dinamiche

CATEGORIE DEL SUOLO DI FONDAZIONE	
A	A - <i>Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi</i> caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
B	B - <i>Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti</i> , con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica media NSPT > 50, o coesione non drenata media $c_u > 250$ kPa).
C	C - <i>Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza</i> , con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa).
D	D - <i>Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti</i> , caratterizzati da valori di Vs30 < 180 m/s ($NSPT < 15$, $c_u < 70$ kPa).
E	E - <i>Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali</i> , con valori di Vs30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con Vs30 > 800 m/s.

CATEGORIE AGGIUNTIVE DI SOTTOSUOLO	
A	S1 - Terreni che includono uno strato di almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua, con $10 < c_u < 20$ kPa e caratterizzati da valori di Vs30 < 100 m/s.
B	S2 - Terreni soggetti a liquefazione, argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Per la valutazione della categoria del suolo di fondazione è stata eseguita una MASW da cui emerge che il suolo di fondazione rientra nella categoria B.

10. Componente geotecnica del progetto

L'area in esame non risulta interessata da processi di dinamica geomorfologica o evidenze di dissesto.

In progetto è prevista la realizzazione di una vasca interrata, posta su due livelli di profondità, e di una platea per la cabina elettrica.

Non si prevedono carichi elevati e/o concentrati sulle fondazioni.

Il sottosuolo è costituito da depositi di tipo fluvioglaciale aventi mediocri caratteristiche superficialmente, fino a -3.6 m dal p.c., e buone caratteristiche in profondità.

Considerata la prossimità della roggia Serio non si esclude che nel corso della realizzazione delle vasche, ed in particolare per la porzione avente fondazioni posate a 5.8 m dal p.c. vi possano essere trafile di acque della roggia.

Le verifiche della portanza dei terreni sono state condotte in condizioni statiche e dinamiche considerando lo stato limite come previsto nella NTC 2008.

10.1 Valutazione della portanza

La valutazione degli stati limite è stata condotta utilizzando il software QSB2 della Program-Geo.

10.1.1 Condizioni statiche

Sulla scorta delle informazioni acquisite si è proceduto alla determinazione della portanza nelle due aree di progetto.

Di seguito si riportano le configurazioni considerate:

Area	Fondazione	Quota m dal p.c.	Larghezza
Cabina metano	Platea	-1.0 m	6 m
Vasca seconda pioggia	Platea	-3.6 m	6 m x 16 m
Vasca antincendio	Platea	-5.8 m	7 m x 16 m

Per le fondazioni previste è stata considerata una profondità di incastro di 0.3 m.

Il calcolo è stato sviluppato utilizzando l'Approccio 2 (A1+M1+R3), dove A1+M1+R3 sono coefficienti parziali, i primi due pari all'unità l'ultimo, da applicare alle resistenze, pari a 2.3.

La valutazione degli stati limite è stata condotta in condizioni statiche e dinamiche. Il calcolo viene eseguito in condizioni a breve termine, considerando (nelle condizioni statiche) il carico assiale e il momento agente sulla base d'appoggio nullo. Il Peso di volume del terreno è stato valutato pari a $\gamma = 1800 \text{ g/cm}^3$.

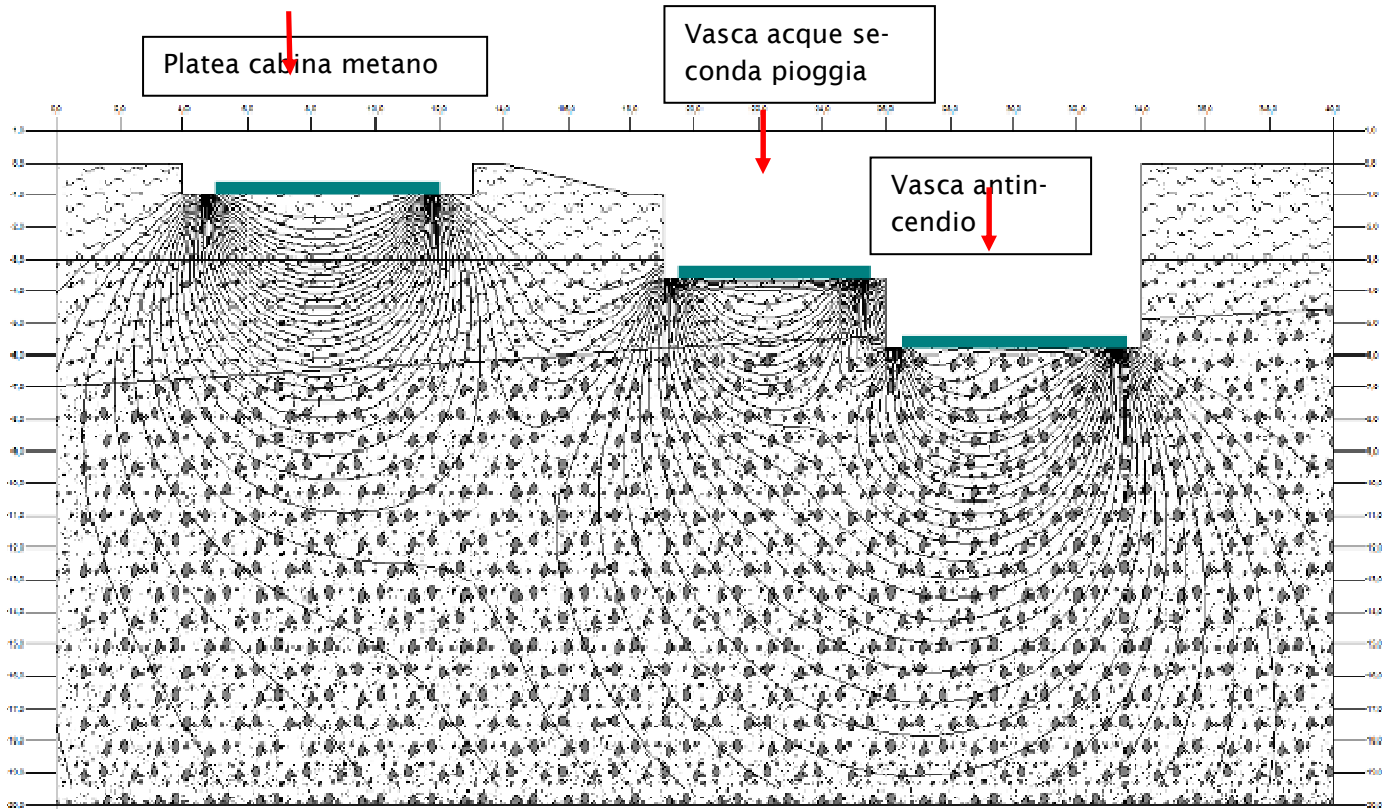


Fig. 17 Modello geotecnico del sottosuolo

Come modello di calcolo è stata utilizzata la formula di Brich Hansen modificato:

$$Q_{amm} = (c N_c + D G N_q + 0,5 \cdot B N_g) / 3 + s_{vn}$$

Q_{lim} = carico limite, espresso in Kg/cm²;

c = coesione del terreno di fondazione, espressa in Kg/cm²;

D = distanza minima tra il piano di fondazione e la superficie delle pavimentazioni oppure del giardino, espressa in cm;

γ = peso di volume del terreno, espresso in g/cm³ ;

B = larghezza della fondazione, espressa in cm;

N_c, N_q, N_g = fattori di capacità portante calcolati in funzione dell'angolo di resistenza al taglio del terreno.

s_{vn} = stato tensionale alla profondità di posa delle fondazioni

SLU Platea di fondazione condizioni statiche			
Area	Fondazione	Quota m dal p.c.	Portanza
Cabina metano	Platea	-1.0 m	1.1 kg/cm ²
Vasca seconda pioggia	Platea	-3.6 m	10.6 kg/cm ²
Vasca antincendio	Platea	-5.8 m	>15 kg/cm ²

10.1.2 Condizioni dinamiche

Per la verifica in condizioni dinamiche sono stati utilizzati i dati di pericolosità sismica locale desunti con il software ACCA.



EdiLus-MS
Mappe Sismiche

EdiLus-MS è il software ACCA per individuare la pericolosità sismica di tutte le località italiane direttamente dalla mappa. Scrivi l'indirizzo e/o sposta il segnalino sul sito che ti interessa e ottieni dinamicamente tutti i parametri di pericolosità sismica.

Indirizzo: "Comune Resone, 13.042045 11.91417"

Nome: Cerca

Latitudine (WGS84): 45.74100408 Longitudine (WGS84): 11.758551485

Latitudine (ED50): 45.7427034 Longitudine (ED50): 11.759025

Altitudine (m): 317

Classe dell'edificio: (Il costruttore il cui uso prevede normali affollamenti)

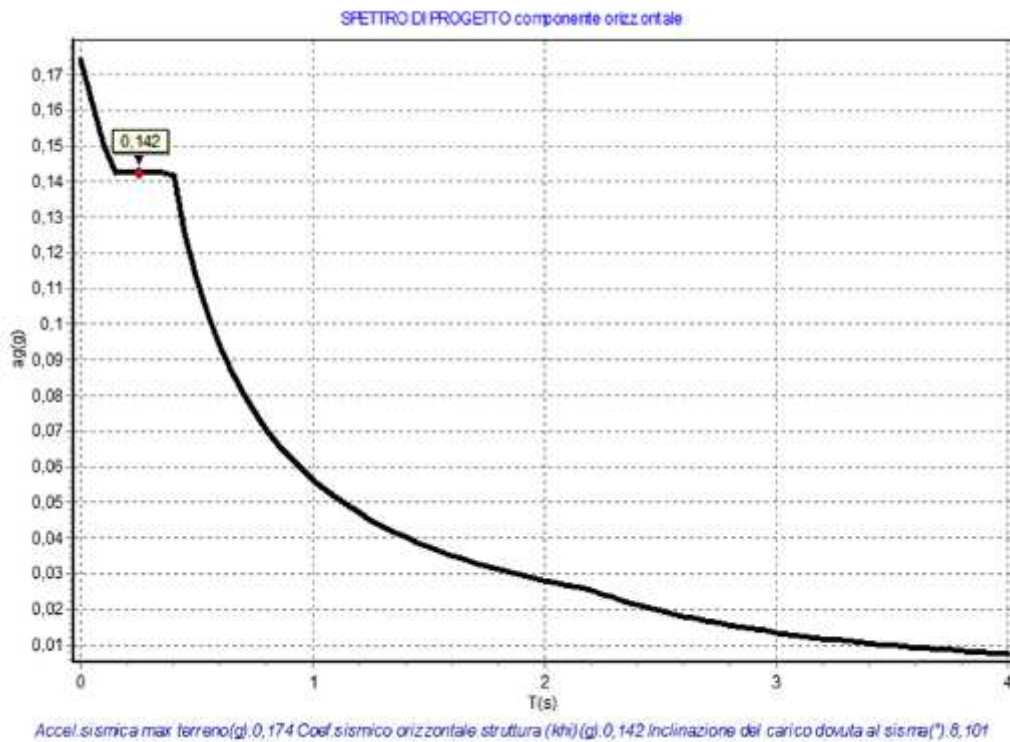
Vita normale strutturata: 50

Periodo di Rilascio per l'azione sismica: 50

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T ₁ (anni)	A/g	F _a	T _c
Operatività	30	0.021	2.439	0.194
Danno	50	0.040	2.479	0.216
Schivagibile vita	475	0.111	2.424	0.270
Previsione Collasso	975	0.345	2.454	0.280

ACCA
Tel. 002769506 - Fax 0027600235

Accelerazione sismica orizzontale	0.145 g
Categoria topografica	T1
Categoria di suolo	B
Fattore di amplificazione spettrale	2.454
Periodo di inizio Velocità costante T _c (s)*	0.280



La valutazione degli effetti cinematici sulla fondazione è stata condotta utilizzando la formula di Paolucci e Pecker con l'introduzione del k_{hk} , coefficiente sismico orizzontale riferito al piano di posa delle fondazioni.

k_{hk}	0.042
Inclinazione del carico dovuto al sisma	8.1°

Di seguito si riporta la tabella di sintesi con indicati i valori dello stato limite ultimo in condizioni sismiche.

SLU Platea di fondazione condizioni dinamiche			
Area	Fondazione	Quota m dal p.c.	Portanza
Cabina metano	Platea	-1.0 m	0.95 kg/cm ²
Vasca seconda pioggia	Platea	-3.6 m	9.3 kg/cm ²
Vasca antincendio	Platea	-5.8 m	>15 kg/cm ²

10.2 Valutazione dei cedimenti

La valutazione dei cedimenti indotti dai carichi applicati è stata eseguita METODO DI Schmertmann(1970), basato sui risultati di prove penetrometriche dinamiche SPT.

$$Stot = C1 \times C2 \times Q \times DH \times \text{sommatoria}(Iz/E);$$

in cui:

Q=carico netto applicato sulla fondazione;

C1=fattore correttivo per tener conto dell'approfondimento della fondazione: (99)

C1 = 1 - 0.5 x (P/Q); dove P=Pressione efficace al piano di posa della fondazione;

C2=fattore correttivo per tener conto del cedimento secondario: (100) C2 = 1 + 0.21 x Log (T/0.1);

dove: T=tempo di calcolo del cedimento in anni;

DH=spessore dello strato;

E= modulo di deformazione dello strato; i valori di E consigliati da Schmertmann sono i seguenti (101):

E=2 x Rp (sabbie fini e limo);

E=3.5 x Rp (sabbie medie);

E=5 x Rp (sabbia grossolana);

E=6 x Rp (sabbia e ghiaia); con Rp=resistenza alla punta media dello strato;

Iz= fattore d'influenza per tener conto della diffusione del carico netto applicato sulla fondazione nel terreno; ha una distribuzione di tipo triangolare che dipende dalla geometria della fondazione: fondazioni quadrate: Iz=0.1 per z=0 - Iz=0.5 per z=B/2 - Iz=0 per z=2xB;

Sono stati considerati, per le diverse tipologie di fondazione, dei carichi differenti in modo tale da valutare i cedimenti indotti in diverse condizioni di carico.

Di seguito si riportano gli esiti.

Cedimenti delle fondazioni		
Area	Cedimento complessivo mm	Carico di progetto
Cabina metano	18 mm	0.5 kg/cm ²
	24 mm	0.7 kg/cm ²
Vasca seconda pioggia	14 mm	0.7 kg/cm ²
	21 mm	1.0 kg/cm ²
Vasca antincendio	12 mm	0.8 kg/cm ²
	23 mm	1.5 kg/cm ²

La condizioni maggiormente critica è rappresentata dalla fondazione della cabina metano posata sull'unità geotecnica avente le peggiori caratteristiche.



11. Componente sismica

12. Analisi del rischio sismico

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di un'area possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale.

Le caratteristiche della zona possono in sostanza generare due tipologie di effetti

- Amplificazione sismica locale: riguardano le modifiche di ampiezza, durata, e frequenza di un evento sismico durante l'attraversamento delle onde sismiche degli strati di terreno sovrastanti il substrato. Tali amplificazioni possono essere legate alla topografia della zona, morfologie articolate ed irregolari, ed alle caratteristiche litologiche del sito, morfologie sepolte, corpi lenticolari etc.
- Effetti di instabilità: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese per esempio versanti instabili, pareti con caduta massi etc.

Con l'OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" è stata formulata una nuova classificazione sismica del territorio nazionale articolata in n.4 zone di pericolosità decrescente.

Il territorio di Nembro è stato inserito in **ZONA 3** di cui si forniscono le caratteristiche:

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

Di seguito si riportano i valori dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali e verticale in funzione della categoria del suolo di fondazione.

COMPONENTE ORIZZONTALE				
Categoria di suolo	S	T _B	T _C	T _D
A	1.00	0.15	0.40	2.00
B-C-E-	1.25	0.15	0.50	2.00
D	1.35	0.20	0.80	2.00

COMPONENTE VERTICALE				
Categoria di suolo	S	T _B	T _C	T _D
A-B-C-E	1.00	0.05	0.15	1.00

L'area in esame non è caratterizzata da morfologie particolari o irregolarità topografiche tali da indurre amplificazioni sismiche, tuttavia particolare attenzione deve essere rivolta alla verifica del possibile innesco della liquefazione del terreno.

Tale fenomeno consiste nella diminuzione della resistenza del terreno a seguito del raggiungimento delle condizioni di fluidità, la perdita totale di resistenza viene raggiunta quando la pressione dell'acqua interstiziale eguaglia la pressione di confinamento.

Di seguito si riporta la verifica del possibile innesco del fenomeno. I calcoli vengono sviluppati considerando una soggiacenza di -14 m dal p.c. (desunta dai pozzi limitrofi), utilizzando il metodo di Seed & al. (1985) secondo cui la resistenza alla liquefazione può essere stimata con la seguente formula: $R = Na/90$

con: $Na = N_{spr} \left(\frac{1.7}{\sigma_v + 0.7} \right) + N_1$

σ_v (kg/cmq) = pressione verticale efficace;

N_1 = 0 se d_{50} (mm) > 0.25, 7.5 se d_{50} (mm) ≤ 0.25.

Viene considerato non liquefacibile un deposito in cui sia $F_s > 1.3$.

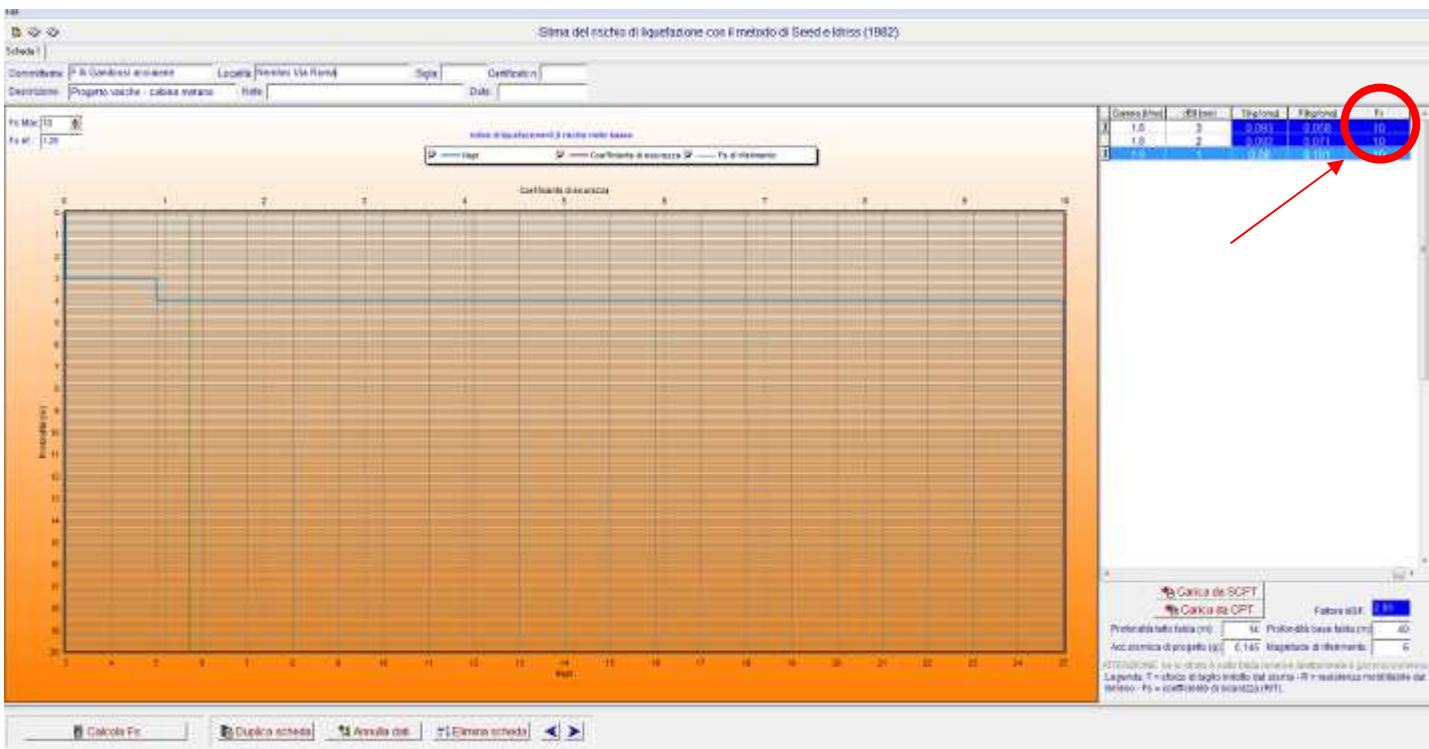


Fig. 18 Verifica liquefazione dei terreni

Le unità presenti evidenziano valori superiori alle soglie di rischio.

12.1 Analisi sismica di primo livello

Nella carta della Pericolosità sismica locale (PSL), di seguito riportata, la zona in esame è posta in corrispondenza dello scenario Z4b “Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre”; soggetto ad amplificazioni litologiche e geometriche.



Legenda

Scenari di pericolosità sismica locale



Da assoggettare a procedura di III° livello in fase progettuale



Da assoggettare a procedura di II° livello quando di interesse edificatorio



Classi di fattibilità geologica



Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni



Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni



Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni



Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

Fig. 19 Estratto carta delle PSL

In corrispondenza dell'area in esame è stata eseguita una prova MASW per la valutazione delle Vs30 e la determinazione della categoria del suolo di fondazione.

12.2 Analisi sismica di secondo livello

L'analisi sismica viene condotta secondo le specifiche fornite dall'All.5 D.G.R. N. IX/2616/2011 della Regione Lombardia.

La procedura dell'analisi sismica di 2° livello consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (F_a).

Gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di F_a .

Il valore di F_a si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1–0.5 s e 0.5–1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di F_a sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1–0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5–1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di F_a per entrambi gli intervalli di periodo considerati.

La procedura richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s; la conoscenza degli spessori e delle Vs può essere ottenuta utilizzando qualsiasi metodo di indagine diretto ed indiretto, in grado di fornire un modello geologico e geofisico del sottosuolo attendibile in relazione alla situazione geologica del sito e il più dettagliato possibile nella parte più superficiale per una corretta individuazione dello strato superficiale; in mancanza del raggiungimento del bedrock ($V_s \geq 800$ m/s) con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico – geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova SPT, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento.



All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocità V_s dello strato superficiale, utilizzando la matrice della scheda di valutazione, la curva più appropriata (indicata con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1–0.5 s e nell'intervallo 0.5–1.5 s, in base al valore del periodo proprio del sito T.

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

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

ove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i-esimo del modello.

Il valore di F_a determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale e dovrà essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di F_a ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1–0.5 s e 0.5–1.5 s.

Per ciò che attiene ai dati di input si è fatto riferimento ai dati acquisiti nel corso dell'esecuzione dell'indagine geotecnica e di seguito riassunti.

12.3 Individuazione della scheda di valutazione

Come previsto dalle linee guida regionale si è proceduto a confrontare curve di propagazione delle onde di taglio con le curve di riferimento attualmente disponibili.

Di seguito si riporta la sovrapposizione tra le curve fornite dalla normativa e quanto ottenuto dalla Masw.

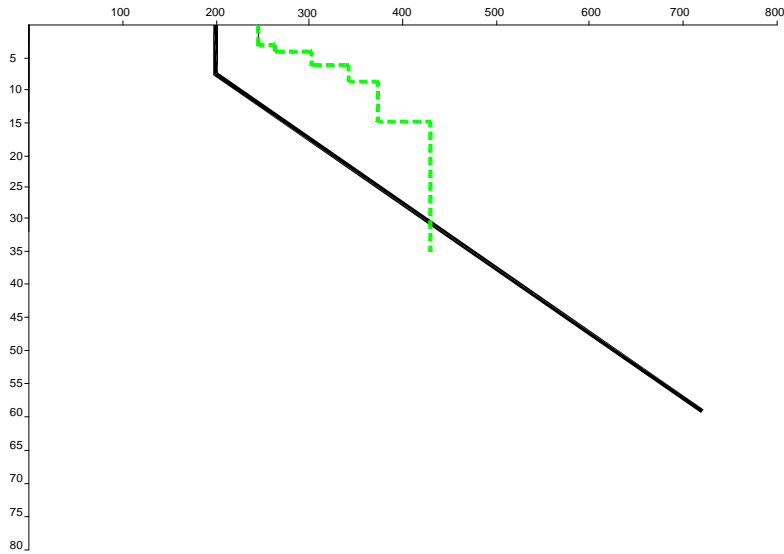


Fig. 20 Sovrapposizione curve di riferimento con Masw

Dal confronto tra le curve regionali e l'andamento rilevato risulta che la scheda maggiormente rispondente sia: **SCHEDA LITOLOGICA LIMOSO SABBIOSA TIPO 2.**

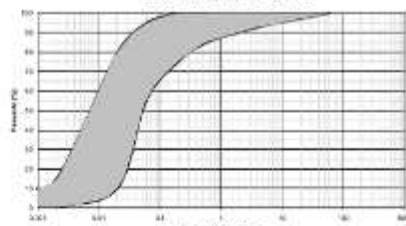
EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 2

PARAMETRI INDICATIVI

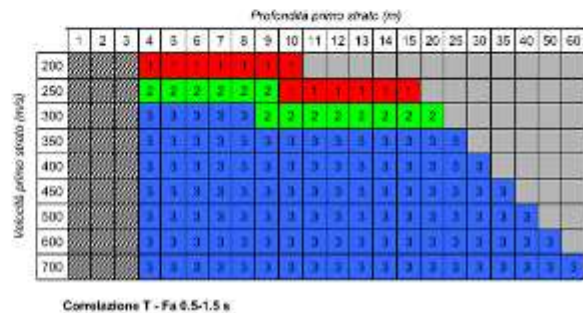
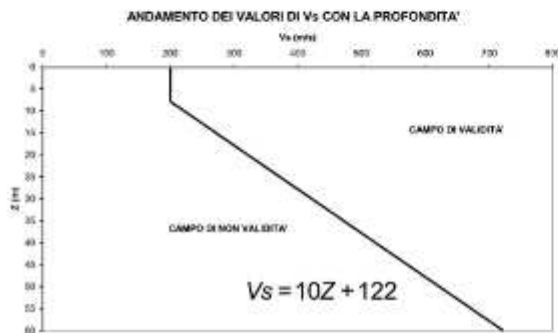
GRANULOMETRIA:
Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi

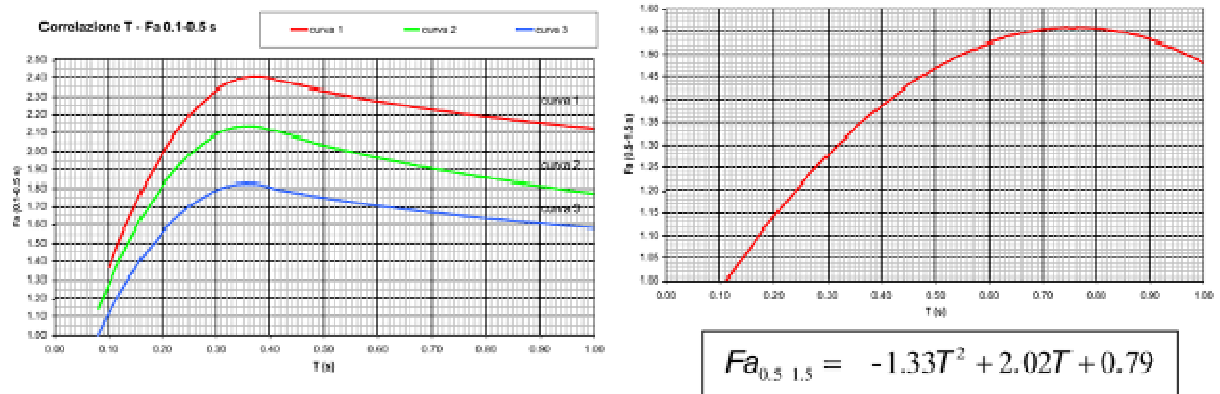
NOTE:
Comportamento coesivo
Frazione limosa ad un massimo del 95%
Presenza di clasti immersi con $D_{max} < 2-3$ cm
Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%
Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%
Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%
A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



PARAMETRO	UNITA'	INTERVALLO
Peso di volume naturale	$\gamma_{sk}(kN/m^3)$	18.5-19.5
Peso specifico particella solida	$\gamma_s(kN/m^3)$	26.0-27.0
Contenuto d'acqua naturale	w (%)	25-35
Limite di liquidità	w _L (%)	35-38
Limite di plasticità	w _p (%)	15-20
Indice di plasticità	I _p (%)	5-15
Indice dei vuoti	e	0.60-0.7
Grado di saturazione	S _v (%)	90-100
Coefficiente di spinta al posto	K_0	0.4-0.5
Indice di compressione	C _c	0.10-0.20
Indice di rigonfiamento	C _s	0.20-0.65
Coefficiente di compressibilità secondaria	C _α	0.005-0.008
Indice di resistenza	U ₉₅	0.50





Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

Fig. 21 Scheda litologia limoso sabbiosa tipo 2

12.4 Calcolo del periodo proprio del sito

Per il calcolo del periodo proprio di sito T, necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione, occorre considerare la stratigrafia di velocità di propagazione delle onde di taglio VS fino alla profondità a cui si raggiunge un valore pari a o superiore a 800 m/s.

Nel caso in esame, le indagini condotte non hanno consentito l'individuazione della profondità del bedrock sismico pertanto si è reso necessario eseguire una estrapolazione del dato.

La Masw realizzata rileva, alla quota di -34 m dal p.c., la velocità della Vs pari a 414 m/s.

Per l'individuazione del bedrock sismico, oltre al contesto geologico locale, sono state consultate le stratigrafie dei pozzi limitrofi, collocando il bedrock sismico alla quota di 65 m dal p.c..

Per il calcolo del periodo proprio si è fatto riferimento alla seguente relazione:

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

risulta che il periodo proprio del sito è pari a: **T= 0.55s.**

12.5 Calcolo del fattore di amplificazione

Per il calcolo fattore di amplificazione litologico locale è necessario dapprima individuare lo spessore e la velocità di propagazione delle onde di taglio dello strato superficiale, definito come il primo strato a partire dalla superficie avente spessore minimo di 4 m.

La velocità per i primi 4 m risulta pari a 250 m/s.

La curva da utilizzare per il calcolo della Fa è pertanto la curva 2.

Utilizzando le relazioni fornite risultano i seguenti valori di amplificazione:

fattore di amplificazione	T 0.1 - 0.5 s	T 0.5 - 1.5 s
Fa	1.91	1.5

Si specifica che i criteri regionali prevedono di considerare una variabilità di +0.1 per tenere conto della variabilità del valore di Fa calcolato.

12.6 Confronto con i valori regionali

Di seguito si riporta il raffronto tra i valori calcolati (ottenuti dai dati acquisiti in campo) ed i valori forniti dalla Regione Lombardia per il Comune di Nembro (BG).

fattore di amplificazione	T 0.1 - 0.5 s	T 0.5 - 1.5 s
Fa calcolato	1.9	1.4
Fa Regione Lombardia per Nembro Categoria B suolo fondazione	1.5	1.7

Per le strutture con periodo T 0.1 - 0.5 s il fattore di amplificazione calcolato risulta maggior del dato regionale mentre per le strutture con periodo T 0.5 - 1.5 s il dato risulta corretto.

Per la progettazione di edifici con periodo T 0.1 - 0.5 s si dovrà fare riferimento allo spettro previsto per la categoria del suolo di fondazione C, il cui valore risulta superiore a quello calcolato.

fattore di amplificazione	T 0.1 - 0.5 s
Fa calcolato	1.9
Fa Regione Lombardia per Nembro Categoria C suolo fondazione	1.9