

Regione Piemonte

Provincia del Verbano Cusio Ossola



Comune di Vignone

Intervento

Manutenzione Straordinaria Parcheggio Pubblico Con Messa In Sicurezza Del Versante Est – Piazzale Sandro Pertini

Committente

Comune di Vignone (VB)

Fase progettuale

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato

Relazione geologica, sismica e geotecnica

Il tecnico

Geologo CORETTA Massimiliano

Data

01 aprile 2019

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	INTRODUZIONE.....	3
2.1	Localizzazione	3
2.2	Descrizione dell'area allo stato di fatto e delle opere in progetto.....	4
3	ANALISI GEOLOGICA E VINCOLISTICA.....	6
3.1	Quadro normativo di riferimento	6
3.1.1	Vincolo idrogeologico	6
3.1.2	Analisi preliminare delle condizioni sismiche.....	7
3.1.3	Analisi delle classi di idoneità all'utilizzazione urbanistica.....	8
3.2	Inquadramento geologico e geomorfologico generale	9
3.3	Assetto geologico e geomorfologico di dettaglio	10
3.4	Inquadramento idrologico e idrogeologico	10
3.5	Valutazione della pericolosità geologica e forme di dissesto.....	11
4	RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA.....	12
4.1	Analisi sismica locale.....	12
4.1.1	Individuazione della categoria di suolo	12
4.1.2	Individuazione dei parametri sismici.....	12
4.2	Valutazione dei parametri geotecnici.....	16
4.2.1	Caratterizzazione geotecnica dei terreni.....	16
4.2.2	Valori caratteristici dei parametri geotecnici.....	17
5	ASPETTI ESECUTIVI E RACCOMANDAZIONI DI PROGETTO	18
5.1	Scavi	18
5.2	Opere di fondazione	19
5.3	Opere di contenimento.....	19
5.4	Gestione delle terre e rocce da scavo.....	20
6	CONCLUSIONI	21

1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta ai sensi e nel rispetto delle norme vigenti, ed in particolare ai sensi di:

- D.M. 14/01/2008 Nuove norme tecniche per le costruzioni e D.M. 18/01/2018 aggiornamento alla Nuove norme tecniche per le costruzioni;
- D.M. 11/03/1988 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- L.R. 45/89 e s.m.i. "Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici".
- Norme Tecnica di Attuazione dello strumento urbanistico vigente del comune di Vignone.

Per lo svolgimento dell'incarico e la redazione della relazione si è proceduto a:

- prendere visione degli elaborati di progetto;
- prendere visione degli elaborati di carattere geologico del P.R.G.C. vigente;
- effettuare un sopralluogo dell'area di intervento, compiere un rilievo geomorfologico e geologico di un intorno significativo rispetto all'area di intervento;
- eseguire una indagine sismica locale per la determinazione della categoria di suolo ai fini sismici.

L'elaborato è suddiviso nelle seguenti parti:

- Introduzione contenente la localizzazione e la descrizione dell'intervento.
- Analisi geologica e vincolistica in cui si analizza e sviluppa il regime normativo valuta la fattibilità dell'intervento in relazione alle componenti geologiche locali con le opere in progetto.
- Analisi sismica e geotecnica riportante le valutazioni circa la risposta sismica locale e gli approfondimenti degli elementi geotecnici posti in relazione con la tipologia degli interventi previsti in progetto.
- Aspetti esecutivi e raccomandazioni di progetto

L'elaborato contiene la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito che consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e di pericolosità del territorio in cui s'inserisce l'opera in progetto, la caratterizzazione sismica locale con la determinazione dei parametri sismici e la caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito volto alla definizione del modello geotecnico del sottosuolo necessario per la progettazione delle opere di fondazione e sostegno connesse con l'intervento in esame.

2 INTRODUZIONE

2.1 Localizzazione

La porzione di territorio interessata dall'intervento risulta essere compresa interamente nel territorio comunale di Vignone (VB), in particolare nel settore mediano del territorio comunale, immediatamente ad est del capoluogo, in corrispondenza della sede municipale, dove sarà realizzato l'ampliamento del parcheggio esistente in Piazzale Sandro Pertini.

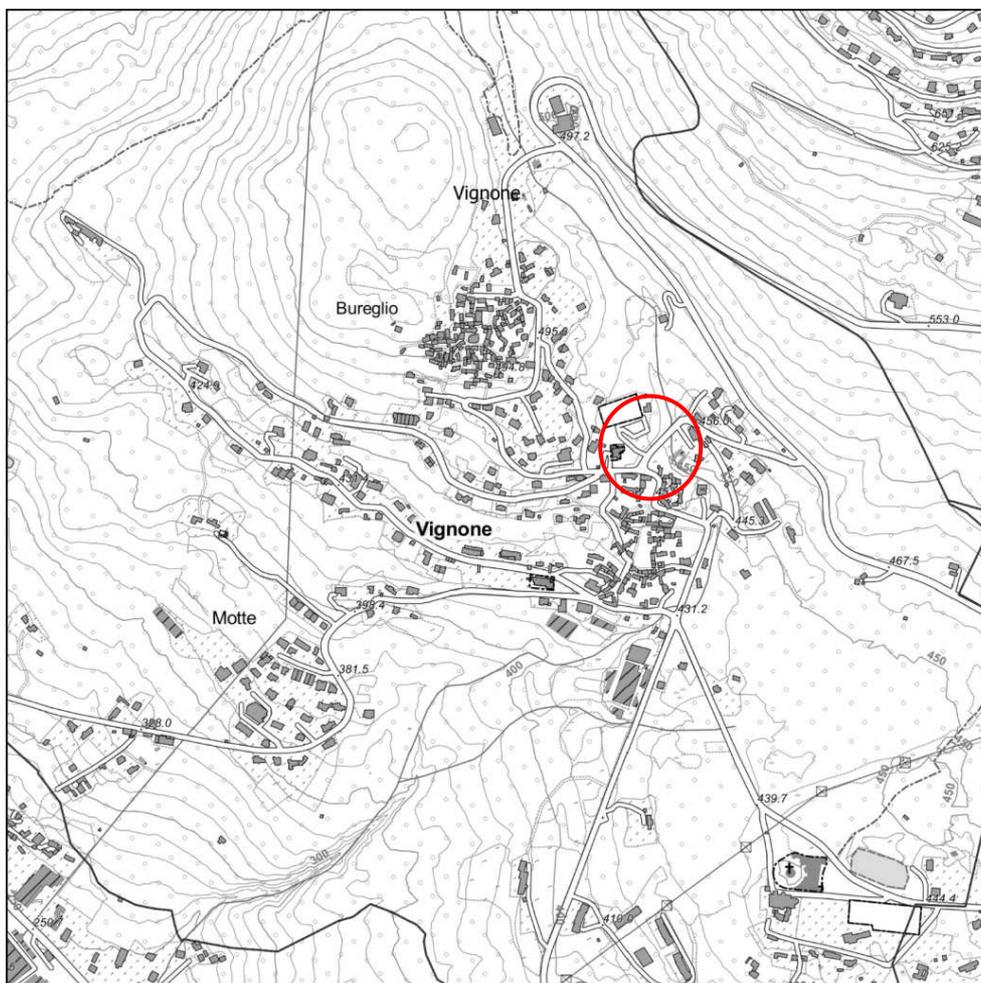
Cartograficamente è individuabile ai seguenti riferimenti cartografici, desunti dalla cartografia ufficiale della Regione Piemonte, database cartografico BDTRE:

Coordinate in sistema di riferimento UTM 32 - WGS84:

X: 466446.589

Y: 5089772.677

Quota altimetrica: 455,00 m s.l.m.



2.2 Descrizione dell'area allo stato di fatto e delle opere in progetto

L'intervento si sviluppa entro i mappali 514, 515 e 516 del foglio n. 5 del N.C.T. del comune di Vignone.

Allo stato di fatto il parcheggio esistente si sviluppa in corrispondenza dei mappali 514 e 515 (scarpata) e ha una capacità di circa 27 auto.

Il parcheggio, vista la morfologia dell'ara è stato ricavato mediante operazioni di riporto senza la presenza di opere di contenimento e di sostegno con scarpate che lo delimitano sia lungo il lato sud-sudest che lungo il lato est-nordest; la scarpata lungo il lato nord-nordest è caratterizzata nella parte più a valle da alcuni terrazzamenti antropici costituiti da muretti a secco di altezza limitata e termina in corrispondenza dell'alveo del Rio del Piaggio.

Di seguito si riporta una foto aerea tratta da google earth relativa la parcheggio esistente e alle aree limitrofe.

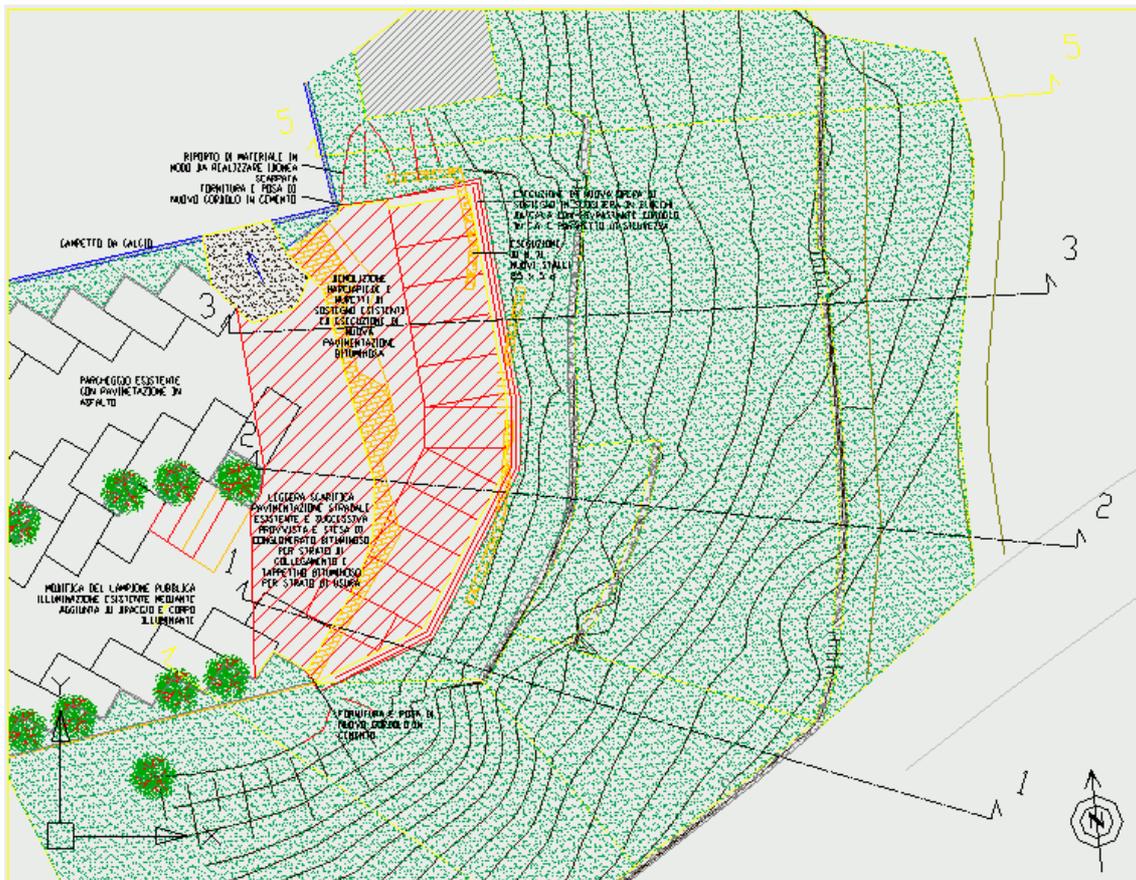


Vista aerea del parcheggio allo stato di fatto

Il progetto prevede l'ampliamento del parcheggio esistente ed il contestuale consolidamento della scarpata lungo il lato est-nordest mediante la realizzazione di un muro di contenimento in scogliera; l'opera avrà uno sviluppo lineare di circa 40 metri e altezze variabili da circa 50 cm fino ad un'altezza massima di 2.50 metri in corrispondenza della sezione 2 di progetto.

Gli interventi in progetto consentiranno così la stabilizzazione della scarpata e contestualmente saranno ricavati circa 11 nuovi posti auto aumentando la dotazione del parcheggio esistente fino ad un massimo di 37 stalli.

Di seguito si riporta un estratto degli elaborati di progetto allo scopo d'integrare la descrizione dell'intervento.



Estratto della planimetria di raffronto - non in scala

Gli aspetti di natura geologica e geotecnica da affrontare per la realizzazione di quanto in progetto riguardano, oltre alla definizione della categoria di suolo ai fini sismici, anche la valutazione dei parametri geotecnici per la valutazione delle fondazioni della nuova scogliera e per il dimensionamento dell'opera in relazione alle condizioni di carico e spinta a tergo delle nuove opere di contenimento.

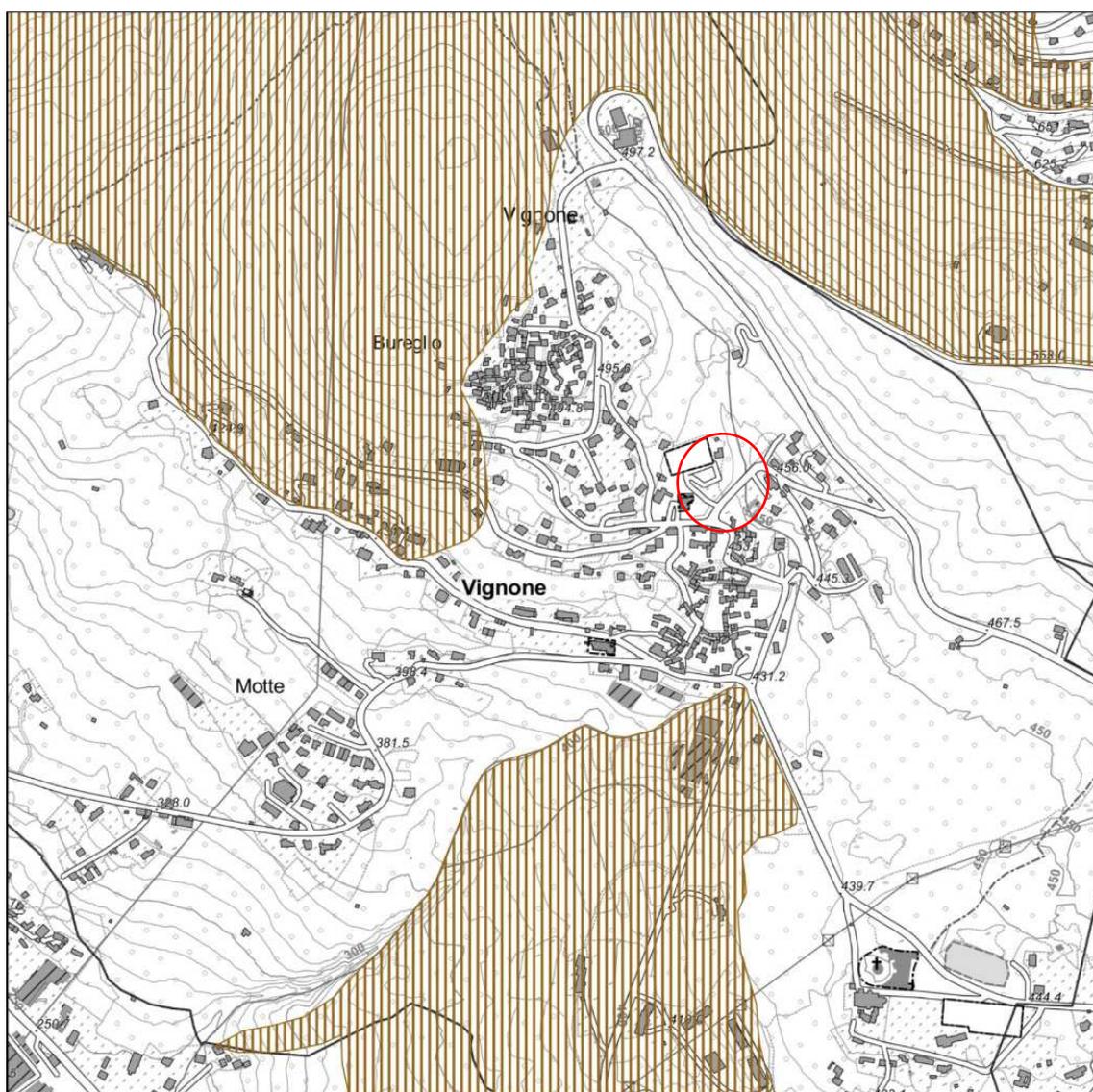
3 ANALISI GEOLOGICA E VINCOLISTICA

3.1 Quadro normativo di riferimento

3.1.1 Vincolo idrogeologico

La verifica, della presenza del vincolo per scopi idrogeologici, istituito con R.D. 3267/1923 e normato dalla L.R. 45/1989 e s.m.i., e quindi la predisposizione della richiesta di autorizzazione prevista, è stata condotta utilizzando le informazioni messe a disposizione dalla Regione Piemonte direttamente sul portale cartografico e gli elaborati di piano regolatore.

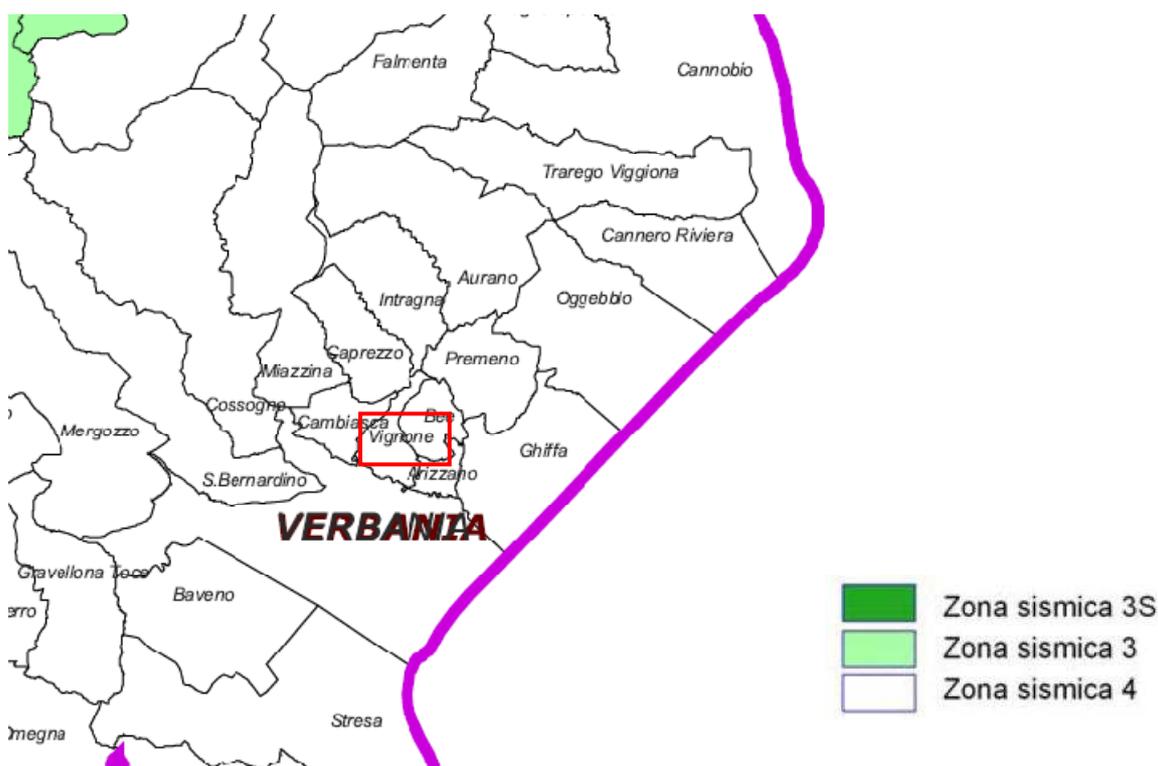
È stato dunque possibile prendere atto che l'area, e quindi gli interventi in progetto, non ricadono in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici, e risultano esclusi dal regime autorizzativo ai sensi del L.R. 45/1989 e s.m.i.



Estratto della mappa del vincolo idrogeologico in scala 1:10.000

3.1.2 Analisi preliminare delle condizioni sismiche

La classificazione sismica del territorio nazionale, contenuta nell'OPCM n. 3274/2003, ha portato alla suddivisione dello stesso in 4 zone sismiche, contraddistinte da un diverso valore del parametro a_g , definito come accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A ed espresso come frazione dell'accelerazione di gravità g ; in particolare il comune di Vignone è posto in zona 4. La DGR 19 gennaio 2010 n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006) e le successive DGR n. 17-2172 del 13 giugno 2011 e DGR n. 4-3084 del 12 dicembre 2011 della Regione Piemonte, confermano tale classificazione.



Stralcio della classificazione sismica dei comuni Piemontesi (D.G.R. 11-13058 del 19/01/2010)

Con l'entrata in vigore del D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento della Norme tecniche per le Costruzioni" (NTC2018) il metodo di calcolo da adottare è esclusivamente quello agli stati limite (§ 2.6 NTC – 2018). Applicando il calcolo agli stati limite la progettazione di nuove strutture dovrà essere condotta secondo i criteri previsti dall'OPCM 3274/2003 e s.m.i. che deriva dalla Normativa Europea EN 1998, Eurocodice 8, per la progettazione in zona sismica successivamente inseriti nel D.M. 17 gennaio 2018.

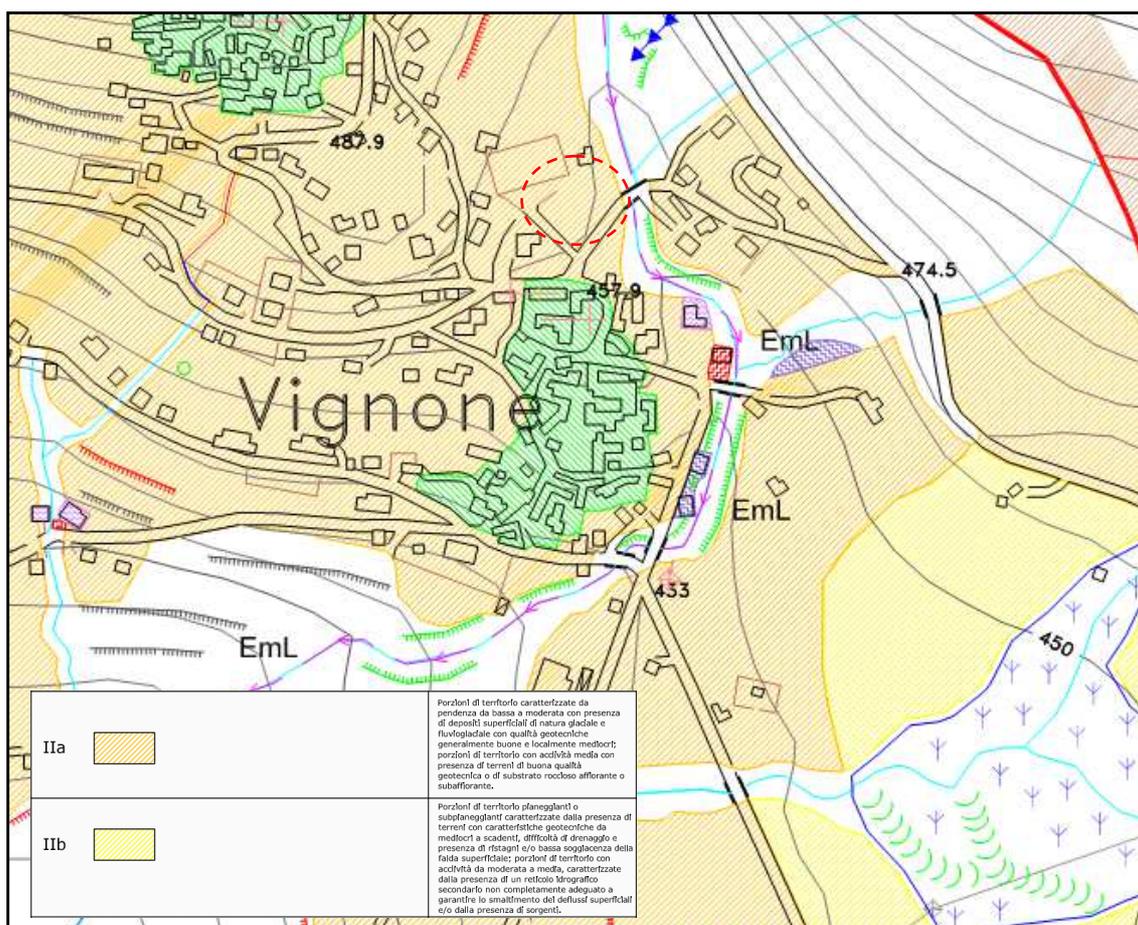
Nei capitoli successivi sarà pertanto sviluppata la Risposta Sismica Locale (RSL) in corrispondenza dell'area d'intervento.

3.1.3 Analisi delle classi di idoneità all'utilizzazione urbanistica

Il Comune di Vignone è dotato di PRGC corredato di analisi geologiche condotte dal Dott. Geol. Corrado Caselli; all'interno di tali analisi il territorio comunale è suddiviso, relativamente alle problematiche di tipo geologico, in classi di idoneità all'utilizzazione urbanistica così come previsto dalla Circ. P.G.R. n.7/LAP/96. L'area di intervento risulta compresa interamente all'interno della classe IIa.

La Classe II viene definita ai sensi della Circ. P.G.R. n.7/LAP come «Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione e il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di Norme di attuazione ispirate al D.M. 11 Marzo 1988 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto. Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionare la propensione all'edificabilità»

In tale classe sono state inserite: "porzioni di territorio inedificate ed edificate caratterizzate da più fattori di pericolosità e morfologica comunque di grado di pericolosità moderato e superabile con l'adozione di modesti interventi a livello del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante".



Estratto del P.R.G.C. vigente del comune di Vignone - elaborato GEO8 Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica - non in scala

3.2 Inquadramento geologico e geomorfologico generale

Dall'analisi degli elaborati del Piano Regolatore Vigente del comune di Vignone, in particolare attraverso Geo2 - Carta Geologica Strutturale, risulta che nell'area di intervento il basamento roccioso è costituito da rocce metamorfiche appartenenti alla Serie di Laghi, a sua volta appartenente all'Unità Strutturale nota come "Serie dei Laghi"; tale Unità che si estende dalla Valsesia sino alla valle del Ticino è, verso NW in contatto tettonico con l'Unità Strutturale "Ivrea Verbano", mentre, verso S e SE costituisce generalmente il basamento delle coperture sedimentarie Permo-mesozoiche Sudalpine.

Gli "Scisti dei Laghi" in generale sono costituiti da Micascisti e Paragneiss di prevalente natura pelitica, a due miche (muscovite più biotite) e granato, localmente sono retrocessi in facies scisti verdi; da Ortogneiss a orneblenda con plagioclasio, quarzo, biotite e k-feldspato subordinato; gneiss granitoidi a quarzo, k-feldspato, plagioclasio e biotite in grandi lamine.

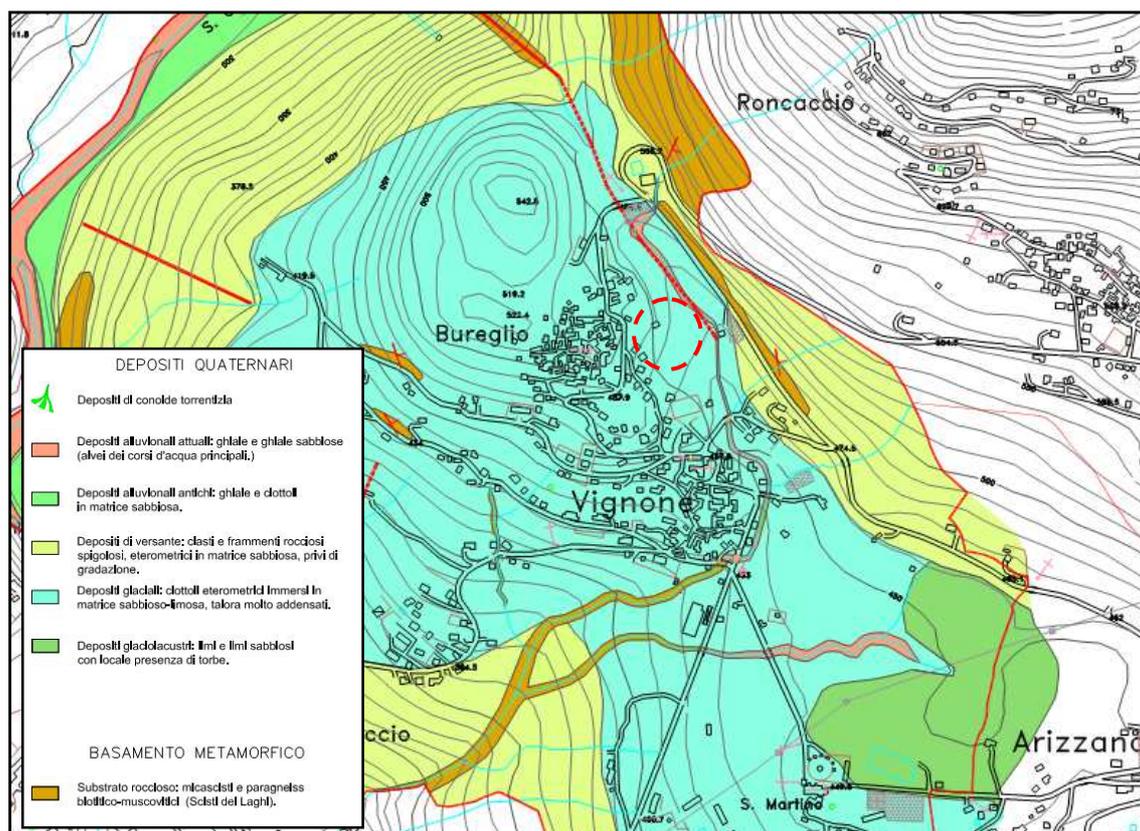
Il basamento non risulta essere direttamente affiorante, prevalendo di fatto le coperture quaternarie (in parte rimaneggiate antropicamente).

La copertura del substrato è costituita dalle successioni Quaternarie di origine glaciale e fluvioglaciale, che caratterizzano buona parte del territorio comunale nelle porzioni collinari meno acclivi; sono costituiti da ciottoli e blocchi di varie dimensioni immersi in una matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e, talvolta, argillosa, la struttura del deposito è in genere caotica e i clasti sono eterometrici e spigolosi, per quanto riguarda i depositi glaciali in s.s..

Nelle porzioni di versante sub-pianeggianti e lungo gli alvei attualmente abbandonati sono presenti depositi fluvioglaciali che rispetto ai depositi glaciali s.s. sono caratterizzati da una struttura a volte stratificata o a disposizione lenticolare, con una selezione di materiali secondo la granulometria, questi caratteri indicano che la deposizione è legata alle acque correnti.

Nello specifico il settore di intervento risulta essere caratterizzato anche da una significativa presenza di terreni e materiali di riporto antropici, messi in posto per la formazione del parcheggio esistente, realizzato negli anni '90.

Tuttavia, lo spessore di questi materiali risulta essere limitata e non superiore a XXX m dal piano campagna. Di fatto è possibile affermare che i muri di contenimento esistenti a valle del parcheggio siano impostati entro di depositi glaciali veri e propri.



Estratto della Carta Geologica del PRGC del comune di Vignone – non in scala

3.3 Assetto geologico e geomorfologico di dettaglio

Anche l'area di progetto presenta le caratteristiche descritte in precedenza; la breve scarpata di raccordo tra il parcheggio esistente e il rio del Piaggio è costituito da depositi sciolti di natura glaciale ricoperti da una coltre eluvio colluviale di spessore massimo di circa un metro.

Si osservano, a valle delle aree d'intervento, alcuni muri di contenimento in pietra a secco che sostengono limitati terrazzamenti di natura antropica precedentemente utilizzati a fini agricoli; la scarpata degrada poi con pendenze costanti verso il fondovalle del Rio del Piaggio.

3.4 Inquadramento idrologico e idrogeologico

Per quanto riguarda le acque sotterranee, si esclude, visto il contesto morfologico di versante, la presenza di una falda freatica vera e propria è invece possibile ipotizzare la presenza di una zona satura permanente alla base dei depositi sciolti, al contatto con il substrato roccioso; il suo livello piezometrico è strettamente connesso con l'andamento delle precipitazioni, essendo legato alle infiltrazioni delle acque attraverso i depositi superficiali; il flusso possiede presumibilmente all'incirca la stessa direzione del versante e pendenze simili.

E' possibile, inoltre, l'esistenza di percorsi preferenziali e di livelli saturi "sospesi" all'interno dei depositi stessi, qualora si riscontrasse la presenza di più sabbiosi alternati a livelli più limosi.

Dal punto di vista dell'idrografia superficiale la fascia di versante in cui si inserisce anche l'area in questione si colloca in una zona caratterizzata dalla presenza di una serie di colatori che, con andamento poco gerarchizzato scorrono lungo la linea di massima pendenza dei versanti drenando le acque derivanti da bacini idrografici di limitate dimensioni.

Tra i rii presenti nell'areale il corso d'acqua più prossimo all'area d'intervento è il rio del Piaggio che scorre al piede della scarpata oggetto d'intervento. Tale corso d'acqua risulta avere un regime torrentizio con un bacino imbrifero di limitata estensione con una dinamica modesta che si ritiene non possa interferire con le aree di progetto.

3.5 Valutazione della pericolosità geologica e forme di dissesto

Dai sopralluoghi effettuati nell'intorno significativo dell'area d'intervento non si è osservata la presenza di situazioni di dissesto in atto o potenziali legati alla dinamica gravitativa.

Per quanto riguarda la presenza di corsi d'acqua o linee di ruscellamento superficiale non si osserva la presenza di corsi d'acqua potenzialmente interferenti con le aree di progetto ed oggetto di intervento con modifica dello stato dei luoghi; in questa sede si esclude anche il vicino corso d'acqua (rio del Piaggio) presente alla base della scarpata, il quale date le sue dimensioni, la dinamica ridotta e le quote topografiche nettamente inferiori a quelle di progetto alle quale scorre, non si ritiene possa interferire con quanto previsto.

4 RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

4.1 Analisi sismica locale

4.1.1 Individuazione della categoria di suolo

È stata effettuata un'indagine sismica in corrispondenza dell'area di previsto intervento. Alla luce dei risultati ottenuti dall'indagine geologica del sito in esame e dell'indagine sismica locale (ALLEGATO 1) è possibile attribuire la categoria di suolo; con riferimento alla tabella di riferimento normativo ai terreni dell'area di intervento la categoria di suolo B.

Categoria	Descrizione del profilo stratigrafico
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 di 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 miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s 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 miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s 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 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 riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

4.1.2 Individuazione dei parametri sismici

In base delle caratteristiche del suolo riscontrate in situ, si possono determinare gli spettri di risposta sismici, calcolati mediante l'ausilio del software Geostru-PS. Per fornire una definizione degli spettri previsti è stata individuata la posizione precisa del sito (latitudine e longitudine riferite al sistema di riferimento WGS84):

- Latitudine 45.960744 / longitudine 8.567076

Al fine di scegliere univocamente gli spettri di progetto è necessario conoscere la vita nominale dell'opera e il coefficiente d'uso.

La vita nominale di un'opera strutturale (V_n) è intesa come il numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata; la vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata di seguito.

Valori minimi della Vita nominale VN di progetto per i diversi tipi di costruzioni		
Tipi di costruzione		Vita Nominale VN (in anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

La classe d'uso di una struttura è invece definita, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso della stessa, nel modo seguente:

Classe I:	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli
Classe II:	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III:	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV:	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale connessa ad essa. Il valore di a_{max} può essere ricavato dalla relazione $a_{max} = S_s \cdot a_g$ dove S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

Circa l'effetto dovuto alla topografia, il D.M., per configurazioni topografiche superficiali semplici adotta la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

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 . Il valore del coefficiente d'uso C_U , al variare della classe d'uso così come definita in precedenza, è indicato nella seguente tabella:

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	0.7	1	1.5	2

Pertanto, per un'opera quale quella prevista si ritiene che la vita nominale (V_N) sia ≥ 50 anni e la classe d'uso sia la II, pertanto il periodo di riferimento (espresso in anni) è:

$$V_R = V_N * C_U = 50 * 1 = 50 \text{ anni}$$

Per il sito in esame sono validi i seguenti parametri sismici A_g , F_0 e T_c^* in funzione dei tempi di ritorno e stati limite considerati:

Stato Limite	Probabilità di superamento [%]	Tr [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0.016	2.574	0.154
Danno (SLD)	63	50	0.020	2.549	0.174
Salvaguardia vita (SLV)	10	475	0.145	2.646	0.282
Prevenzione collasso (SLC)	5	975	0.054	2.728	0.303

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

A questo punto è pertanto possibile, in relazione alla tipologia di sottosuolo presente, alle considerazioni fatte ai paragrafi precedenti relative alla struttura in progetto, alla categoria di suolo (B) e quella topografica (T2), fornire i coefficienti sismici relativamente alle opere di sostegno con riferimento alle NTC 2018:

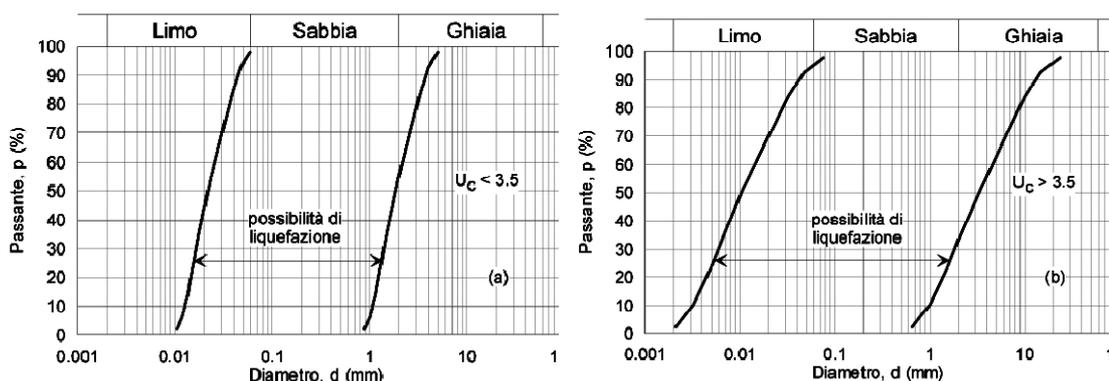
Stato Limite	S_s	C_c	St	Kh	Kv	A_{max} [m/s^2]	Beta
SLO	1.200	1.600	1.200	0.000	0.000	0.226	0.000
SLD	1.200	1.560	1.200	0.014	0.007	0.287	0.470
SLV	1.200	1.420	1.200	0.024	0.012	0.631	0.380
SLC	1.200	1.400	1.200	0.000	0.000	0.763	0.000

Infine, occorre valutare suscettibilità dei terreni di fondazione alla liquefazione, cioè una perdita di resistenza al taglio e/o di rigidità dovuta all'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico che possa produrre deformazioni permanenti significative, o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

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 figura (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in figura (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Nello specifico, il contesto geologico e morfologico unitamente alle prevedibili magnitudo massime per eventi sismici attesi in zona 4, consentono ragionevolmente di escludere, il rischio di liquefazione per i terreni di fondazione nel caso del sito di progetto; in ogni caso risulta che:

Stato Limite	S_s	S_t	a_g
SLV	1.200	1.000	0.045
$a_{max} = S_s * S_t * a_g$			0.054

4.2 Valutazione dei parametri geotecnici

4.2.1 Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Dalla documentazione progettuale e dalle osservazioni effettuate in sito si evidenzia che la realizzazione delle nuove strutture di sostegno interesserà i depositi glaciali precedentemente descritti.

Visto il contesto geologico e geomorfologico precedentemente descritto, è possibile indicare che le opere di fondazione dovranno essere impostate entro i depositi detritici escludendo le coperture agrarie e i depositi di riporto.

Sulla base delle osservazioni e delle esperienze fatte in situazioni analoghe, i parametri geotecnici dei terreni in questione che possono essere assunti in questa fase, da verificarsi poi puntualmente in fase esecutiva, sono i seguenti:

	Ghiaie e sabbie grossolane	Sabbie con ciottoli
Peso volume secco (t/m ³)	1.9-2.0	1.8-1.9
Densità relativa (%)	60-70	50-60
Coesione (kg/cm ²)	0.0	0.0
Angolo di attrito interno	35°-40°	30°-35°

Per quanto riguarda invece i terreni che costituiscono il terrapieno e saranno utilizzati come materiali di riempimento a tergo della nuova scogliera questi presenteranno caratteristiche geotecniche più scadenti in quanto rimaneggiati durante le operazioni di scavo e di ritombamento a seguito della realizzazione delle opere in progetto e possono essere riassunti nel modo seguente:

Peso volume asciutto (t/m ³)	1.85
Peso volume saturo (t/m ³)	2.15
Peso di volume immerso (t/m ³)	1.15
Coesione (kg/cm ²)	0.0
Angolo di attrito interno	31

4.2.2 Valori caratteristici dei parametri geotecnici

Nel caso in cui si intenderà procedere, per gli aspetti strutturali, secondo il metodo agli stati limite, le N.T.C. di cui al D.M. 14.01.2008 impongono che per la progettazione geotecnica le verifiche agli stati limite ultimi dovranno essere condotte utilizzando per i valori geotecnici dei terreni i cosiddetti valori caratteristici, derivati da una stima ragionata e cautelativa del valore che determina l'occorrenza di un particolare stato limite (cap. 6.2.2 N.T.C.), o ricavati statisticamente quale soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei risultati desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove (rif. EC7).

Nelle istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici sulle stesse N.T.C., viene al proposito riportato come nelle valutazioni che il geotecnico deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (es. fondazioni superficiali, pendii, fronti di scavo), con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti, mentre valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno (es.: fronti di scavo di modesta ampiezza, plinti e travi non collegati), con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità.

Nel merito, in mancanza di dati desunti da specifiche prove geotecniche da analizzare statisticamente, è ragionevole far riferimento alle citate istruzioni del CSLP, assumendo i valori medi dei ranges di parametri geotecnici precedentemente indicati.

Pertanto, nell'ipotesi di ritrovare depositi grossolani sabbioso-ghiaiosi valori caratteristici sono riportati nella tabella seguente:

Terreni	ϕ'	cu	n	γ	γ_a	γ_s	γ_i
Depositi glaciali sabbioso-ghiaiosi	33	0.0	28	2.65	1.85	2.20	1.20

Dove:

ϕ' : angolo di resistenza al taglio efficace (°)

γ_a : peso di volume del terreno asciutto (t/m^3)

c_u : coesione non drenata (kg/cm^2)

γ_s : peso di volume del terreno saturo (t/m^3)

n: porosità (%)

γ_i : peso di volume del terreno immerso (t/m^3)

γ : massa volumica (t/m^3)

5 ASPETTI ESECUTIVI E RACCOMANDAZIONI DI PROGETTO

5.1 Scavi

Gli scavi necessari per la realizzazione degli interventi previsti saranno finalizzati al raggiungimento del piano di posa delle fondazioni della nuova scogliera in progetto.

Tali sbancamenti sebbene di entità modesta dovranno in ogni caso essere effettuati con la creazione di pendenze di scavo adeguate, nel rispetto delle norme di sicurezza e per brevi periodi, limitando i movimenti di terreno allo stretto necessario e tenendo in preminente considerazione, in ogni fase e circostanza, la stabilità dei fronti di scavo, nonché la regimazione delle acque che potrebbero interessare gli scavi stessi a seguito di precipitazioni durante la loro esecuzione.

Qualora, a differenza di quanto previsto in questa fase, si rendesse necessaria l'esecuzione di scavi di maggior entità gli sbancamenti dovranno essere effettuati con la creazione di pendenze di scavo adeguate e per brevi periodi.

A tale proposito si precisa che nella maggior parte dei casi gli scavi in terreni glaciali, quali quelli presenti in sito, si autosostengono anche su pendenze vicine alla verticale in virtù dell'attrito tra i clasti più grossolani, ma è sufficiente la presenza di una lente sabbiosa o sabbioso-limosa più fine o, peggio ancora, di una venuta d'acqua anche effimera in periodo piovoso, per produrre smottamenti in fase di scavo, qualora questo non sia modellato su pendenze adeguate o preventivamente sostenuto e drenato.

La pendenza massima assumibile in termini di sicurezza è, in generale, uguale a quella dell'angolo di attrito interno dei terreni presenti; nei depositi di presunto ritrovamento si potrà, tuttavia, scavare a scarpa con pendenze anche di 55°÷60° dall'orizzontale, purché su altezze di scavo adeguate e per brevi periodi.

Qualora non fosse possibile assumere angoli di scarpa sufficientemente sicuri, in relazione alla presenza di terreni con scadenti caratteristiche geotecniche, si potrà prevedere uno scavo a campioni di ampiezza limitata, realizzando le opere di sostegno delle pareti in ogni scavo prima di eseguire lo scavo del campione successivo.

In fase esecutiva, pertanto, andranno adattate le metodologie di scavo e le caratteristiche geometriche degli scavi alle eventuali diverse situazioni riscontrate.

5.2 Opere di fondazione

Nell'ipotesi di ritrovare in corrispondenza del piano di posa delle fondazioni i depositi glaciali precedentemente descritti o, in corrispondenza della parte più profonda degli scavi, il substrato roccioso, è possibile affermare che sarà possibile ricorrere, per la realizzazione del manufatto in progetto a fondazioni di tipo diretto, ma assicurando terreni di appoggio per lo meno sabbioso-ghiaiosi, ben addensati, previa asportazione di eventuali coltri di alterazione superficiali, nonché di materiali riportati e/o rimaneggiati di scadenti qualità geotecniche.

Ciò premesso, il carico di rottura o capacità portante del terreno, è rappresentato dal carico massimo per cui il terreno stesso, sollecitato da una particolare geometria di fondazione, entra in una fase plastica nella quale il cedimento è accompagnato da una rottura del terreno per taglio; il carico di rottura non è una caratteristica intrinseca del terreno, ma è funzione delle sue caratteristiche meccaniche, della profondità del piano di fondazione, della forma e della dimensione della superficie di carico.

Una vera e propria verifica geotecnica delle fondazioni presupporrebbe la conoscenza delle azioni (carichi permanenti, carichi accidentali, azione sismica, ecc.), della effettiva geometria prevista per le fondazioni delle parti in ampliamento, dell'eccentricità degli stessi, nonché dell'eventuale inclinazioni dei carichi, oltre che, in particolare, del tipo di approccio prescelto dallo strutturista per il calcolo di Ed pertanto si rimanda alla fase esecutiva, una volta definite le opere strutturali, l'effettiva verifica geotecnica delle fondazioni.

Non si prevedono, infine, problematiche legate a cedimenti, né nel caso in cui le fondazioni siano impostate all'interno dei depositi di copertura, stante la natura non coesiva dei terreni medesimi che potranno determinare assestamenti del tutto contenuti e comunque per lo più di natura istantanea e che si esauriranno conseguentemente in corso d'opera né tantomeno qualora le fondazioni saranno impostate in roccia.

5.3 Opere di contenimento

La stabilità dei terreni a tergo dei nuovi manufatti verrà garantita dalla formazione dei manufatti stessi a patto che questi risultino adeguatamente dimensionati, sulla base dei dati geotecnici sopra riportati, nelle condizioni peggiori di carico e spinte.

Non si evidenziano, al proposito, particolari problematiche esecutive, tuttavia le opere di sostegno dovranno essere realizzate tenendo conto delle spinte esercitate dai terreni a tergo.

In tal senso, relativamente alle strutture di fondazione delle nuove opere di contenimento, si rimanda a quanto sopra indicato nell'apposito paragrafo delle fondazioni, ribadendo, anche in tal caso, la necessità di verificare sempre la possibilità di impostare le stesse entro il substrato roccioso sano ed inalterato, di buone qualità geotecniche o comunque, la natura grossolana dei terreni di fondazione nel caso di depositi sciolti.

Sulla base di tali indicazioni il progettista potrà procedere al definitivo dimensionamento ed alle opportune verifiche di stabilità delle nuove opere di sostegno.

Per consentire la dissipazione delle acque di filtrazione presenti nei terreni, sarà comunque necessario predisporre adeguate opere di intercettazione delle acque di infiltrazione, a tergo di tali manufatti, realizzando una intercapedine costituita da materiale di pezzatura grossolana tra il manufatto e il terreno che abbia funzione drenante e di filtro rispetto alle frazioni più fini del terreno retrostante, realizzando fori nei paramenti in elevazione per la dispersione dell'acqua proveniente da tergo.

5.4 Gestione delle terre e rocce da scavo

L'intervento prevede per la realizzazione delle strutture in progetto la realizzazione di scavi di sbancamento per la formazione del muro di sostegno.

Con riferimento al D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120, la normativa indica due principali casi:

- applicazione (come previsto dal Capo II della norma, dall'art. 8 all'art. 19) di una procedura simile a quella prevista dal Regolamento di cui al DM 161/2012 per i materiali da scavo derivanti da opere sottoposte a VIA o ad AIA con produzione maggiore di 6.000 m³, anche se il Piano di Utilizzo non richiede più una autorizzazione esplicita;
- applicazione di una procedura semplificata, simile a quella dell'ex art. 41bis, per tutti i cantieri inferiori a 6.000 m³ compresi quelli che riguardano opere sottoposte a VIA o ad AIA) e per i siti di grandi dimensioni non sottoposti a VIA o AIA.

Il cantiere in oggetto rientra tra quelli di piccole dimensioni (< 6.000 mc) per cui sono possibili tre scenari tra i quali il proponente può scegliere di gestire i materiali di risulta dagli scavi:

- smaltimento in discarica in qualità di rifiuti;
- reimpiego per rinterro diretto nel medesimo sito di escavazione ai sensi dell'art. 185 del D.lgs. 152/06;
- reimpiego come sottoprodotti ai sensi del D.P.R. 120/2017.

Per il cantiere in oggetto la proposta progettuale prevede che il materiale di risulta degli scavi venga riutilizzato in sito per il rimodellamento delle aree; con l'entrata in vigore del DPR 120 del 13/06/2017 ai fini dell'esclusione dall'ambito di applicazione della normativa sui rifiuti, le terre e rocce da scavo devono essere conformi ai requisiti di cui all'articolo 185, comma 1, lettera c) , del decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152 in particolare al fine di poter essere utilizzate nel sito di produzione, fermo restando quanto previsto dall'articolo 3, comma 2, del decreto-legge 25 gennaio 2012, n. 2, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 28, la non contaminazione deve essere verificata ai sensi dell'allegato 4 del DPR 120/2017.

6 CONCLUSIONI

Sulla base delle indagini condotte e sopra riassunte, in relazione alla realizzazione, così come in progetto, dell'intervento previsto, rispetto all'assetto idrogeomorfologico locale, è possibile fare le seguenti considerazioni:

Allo stato attuale, i terreni di previsto intervento appaiono stabili e privi di particolari evidenze di elementi di pericolosità geomorfologica e conseguente rischio per le opere in progetto legati a fenomeni dissestivi, sia di carattere gravitativo che connessi con le acque di scorrimento superficiale che dovuti alla dinamica dei corsi d'acqua presenti nell'areale.

Tuttavia, al fine di non determinare interferenze negative tra le opere in progetto e le condizioni di stabilità in atto, dovrà essere garantita la completa stabilità dell'insieme opera-terreno, sia durante i lavori che ad opere completate.

Si ritiene che l'intervento, così come previsto in progetto risulti compatibile con l'assetto idrogeomorfologico dell'area precedentemente descritto.

Dott. Geol.
Massimiliano Coretta

Verbania 01 aprile 2019

ALLEGATO 1
INDAGINE SISMICA LOCALE

Premessa

Ai sensi del D.M. 14/01/2008 (§ 3.2.2 NCT-08) e successivo D.M. 17/01/2018 (§ 3.2. NTC – 2018 e § 7.11.3. NTC – 2018) le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione, costituendo l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle stesse.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, quale è il caso in esame, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Nella definizione della RSL (§ 3.2.2. NTC – 2018), per quanto riguarda l'approccio semplificato, la classificazione del sottosuolo si effettua contestualmente in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della “generica” velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ (m/s) (in luogo della “precedente” $V_{s,30}$) definita dall'espressione:

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

dove H è ora la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s; per depositi, tuttavia, con profondità H del substrato superiore a 30 m, la $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$ ottenuto ponendo H = 30 m nell'espressione generale.

Viene eliminata, inoltre, la possibilità di ottenere la categoria di sottosuolo mediante $N_{SPT,30}$ o $c_{U,30}$ (con formule analoghe a quella della $V_{s,30}$); risulta, tuttavia, possibile ricavare con giustificata motivazione la V_s dei singoli strati i-esimi in maniera indiretta, tramite relazioni empiriche di letteratura di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

Per quanto riguarda le categorie di sottosuolo, vengono eliminate le categorie S1 ed S2, e parzialmente ridefinite le altre (B, C, D, E), inglobando in talune alcune configurazioni che rientravano in quelle eliminate, ridefinendone il dominio in termini di $V_{s,eq}$ e non più di $V_{s,30}$ o di $N_{SPT,30}$ o $c_{U,30}$.

La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata tramite metodi semplificati.

Nel caso in analisi si è proceduto alla stima delle $V_{s,eq}$, effettuando una indagine sismica passiva a stazione singola costituita da una misura di microtremore ambientale della durata complessiva di 16 minuti per mezzo di un tomografo digitale portatile progettata specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Indagine sismica passiva HVSR

L'individuazione della categoria di suolo di fondazione è possibile mediante metodi semplificati, quali ad esempio la sismica passiva con il metodo dei rapporti spettrali orizzontali e verticale HVSR [Langston 1979, Nakamura 1989].

Questa metodologia di analisi dei microtremori o del "rumore sismico ambientale", è utilizzata per stimare la risposta sismica di un sito in termini di frequenza fondamentale e amplificazione che sono grandezze dipendenti dalla struttura geologica e dalle proprietà geotecniche e geomeccaniche del suolo e del sottosuolo dell'area oggetto di intervento.

Il rumore sismico ambientale è l'insieme delle piccole vibrazioni sismiche presenti ovunque sulla superficie terrestre e generate da sorgenti naturali o antropiche. Tra gli esempi più significativi, si può pensare agli effetti delle perturbazioni atmosferiche sulle onde oceaniche ed alla loro propagazione sul continente come onde di superficie, al traffico veicolare e alle attività industriali, che producono onde superficiali di Rayleigh, e, in generale, all'attività dinamica terrestre.

Le onde sismiche che ne derivano sono tipicamente a bassa energia, con ampiezze dell'ordine di $10^{-4}/10^{-2}$ mm [Okada, 2003]. Inoltre, in base al contenuto in frequenza inferiore o superiore a 0,5 Hz, si parla rispettivamente di microsismica (primariamente di origine naturale) o microtremore (di origine generalmente antropica).

Il rumore sismico ambientale è una sorgente di eccitazione per la risonanza del sottosuolo e degli edifici, da cui la possibilità di estrarre da esso, mediante opportune tecniche di analisi, informazioni interessanti sui sistemi risonanti studiati.

Il rumore sismico può usarsi per lo studio della stratigrafia del terreno, sulla base dell'analisi degli spettri di potenza dei segnali e dei rapporti spettrali [Kanai e Tanaka, 1954; Lermo, 1993; Yamanaka et al., 1993]. In particolare, il metodo dei rapporti spettrali H/V è particolarmente interessante perché consente di ottenere informazioni affidabili utilizzando strumentazione di basso costo e facile impiego. Inoltre, può essere utilizzato per identificare le frequenze proprie di vibrazione di un edificio.

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di risonanza dovuta all'intrappolamento delle onde tra due superfici in cui si verifica una variazione di impedenza acustica, che può corrispondere ad un passaggio tra uno strato e l'altro, specificando che in sismica per strato si intende un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti, non sempre coincidenti con quelle litologiche, per un contrasto di impedenza, ossia il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo medesimo.

L'analisi dei dati ottenuti e riportati nell'allegato A, fornisce una stima attendibile della velocità delle onde di taglio nel sottosuolo nei primi 30 metri al di sotto delle fondazioni e pertanto, la categoria di suolo.

Descrizione dell'acquisizione delle registrazioni

La registrazione è stata effettuata in corrispondenza della superficie pianeggiante oggetto dell'intervento. Lo strumento è stato posto a diretto contatto con il terreno a seguito di una preliminare operazione di scotico della copertura ed ancorandolo al suolo utilizzando gli appositi piedini. È stato messo in bolla rispetto all'orizzontale, allineandolo con il nord magnetico e quindi si è proceduto alla registrazione per un tempo di 16 minuti.

Per l'acquisizione delle registrazioni, è stato utilizzato un tomografo digitale modello Tromino-Engy della ditta Micromed s.p.a..

La strumentazione acquisisce i modi di vibrazione del suolo nelle tre dimensioni spaziali, i quali vengono successivamente ricostruiti in una curva che esprime la differenza dei movimenti orizzontali rispetto ai movimenti verticali, espressa come amplificazione.

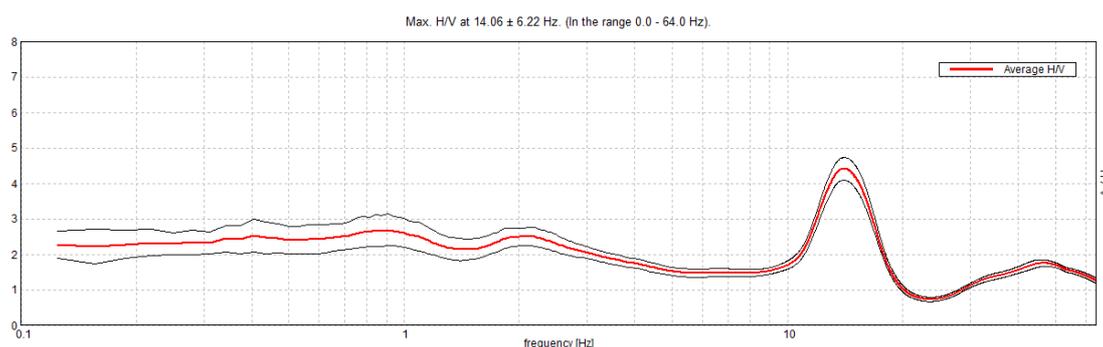
Le misure acquisite sono campionate in una finestra temporale (time window) sulla quale viene effettuata una trasformazione di Fourier (FFT) in modo tale da ottenere una rappresentazione grafica con asse x in Hert (Hz) ed in asse y un fattore di amplificazione delle misure orizzontali rispetto alle verticali.

Dalle registrazioni del rumore sismico ambientale, adeguatamente processate, sono state quindi ricavate la curva H/V. Le curve H/V sono state invertite creando una serie di modelli sintetici, fino a far corrispondere il più possibile il modello teorico (linea di colore blu, syntetich H/V) con la curva sperimentale (linea rossa, average H/V).

Occorre precisare che l'inversione delle curve H/V e la loro sovrapposizione è possibile ed univoca solo se la curva è agganciata ad una discontinuità sismica (vincolo) la cui profondità è nota.

Individuazione delle frequenze

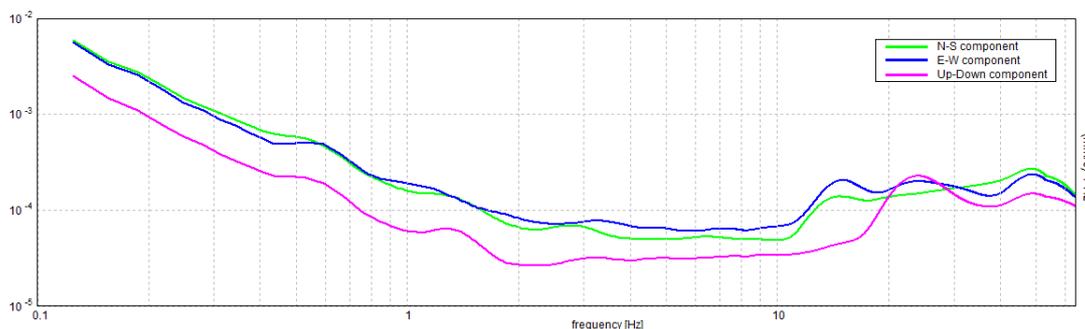
Analizzando il grafico del rapporto spettrale orizzontale su verticale, si riconosce una frequenza di picco a 14.06 Hz, corrispondente a circa 7.00 m, al di sotto del piano campagna (piano di posa dello strumento) del passaggio tra i terreni di copertura quaternari ed il substrato roccioso.



Dall'analisi delle registrazioni, ed in particolare dal grafico degli spettri delle singole componenti, non si evidenziano particolari inversioni delle componenti verticali (linea rosa) rispetto a quelle orizzontali (linea verde e blu) ma si osserva nell'intorno del picco di frequenza, la formazione di un "occhio" che evidenzia appunto la presenza di una significativa discontinuità sismica.

La qualità della registrazione risulta discreta, in particolare alle alte frequenze, risulta "disturbata" dalla presenza della strada provinciale. Il disturbo è evidente da fatto che la

componente verticale risulta essere parzialmente separata da quelle orizzontali in corrispondenza alle frequenze più elevate.



Concludendo, ad ogni picco osservato nel grafico corrisponde una frequenza fondamentale del sito.

Stima della $V_{s,eq}$

Le curve sperimentali vengono modellate tramite le equazioni del modello 1-D di sottosuolo nella formulazione Thomson.Haskell-dunkin [trattato in Ben-Menahem & Singh, 1981, Seismic waves and sources] con il codice di calcolo “Grilla” della Micromed spa.

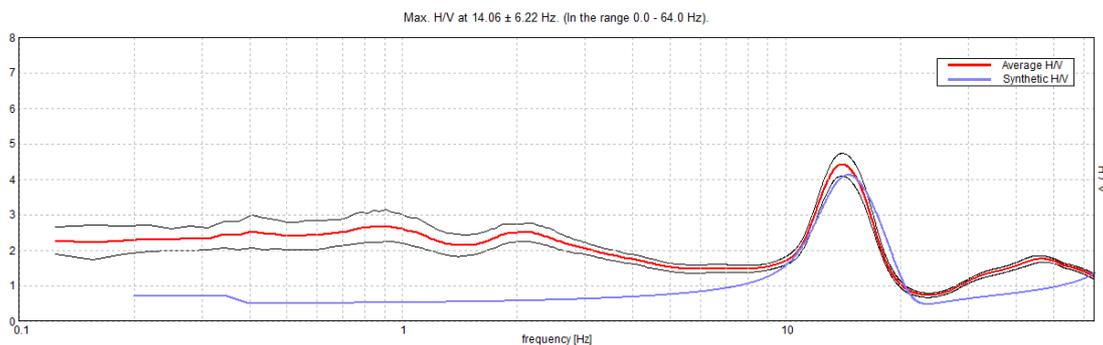
Il processo di calcolo è iterativo ed attraverso modifiche di profondità e di velocità, è possibile modellare la curva teorica in modo tale da far corrispondere la curva acquisita in campagna, ottenendo le velocità e gli spessori degli strati successivi.

Per poter effettuare questa operazione, si deve attribuire ad ogni “strato sismico” un peso di volume, ed un modulo di Poisson, anche attraverso una loro ragionevole stima di massima.

La valutazione delle $V_{s,eq}$ che ne deriva risulta sufficientemente attendibile e poco sensibile ad eventuali errori locali.

La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) del primo strato evidenziabile dallo strumento relativa alle onde S è pari a: $f = V_s / (4 h)$ dove h rappresenta la minima profondità di tale contrasto.

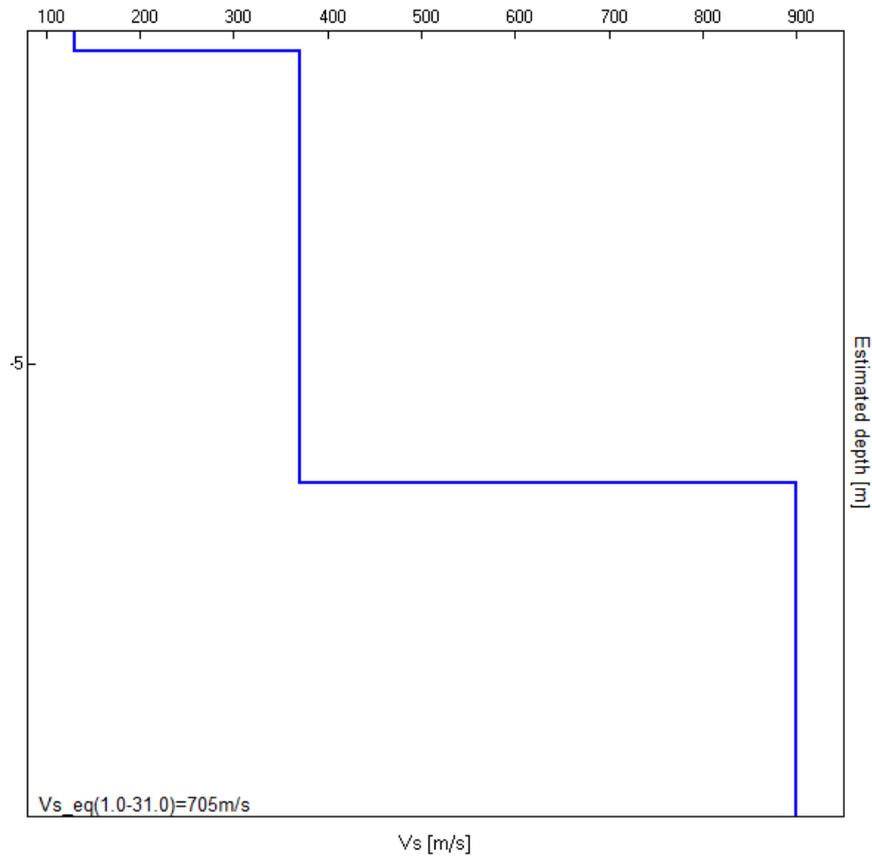
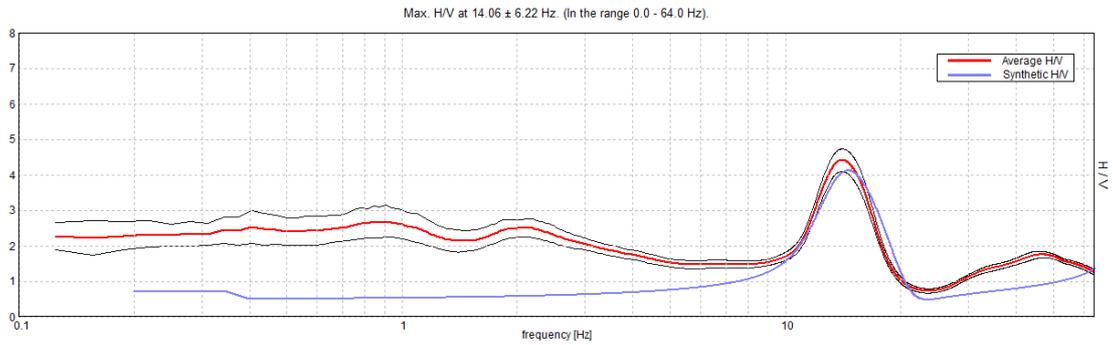
Di seguito si riporta il grafico H/V sperimentale confrontato con quello HV sintetico.



Di seguito si riportano in forma tabellare I suddivisione degli strati sismici riscontrati in sito e la relativa $V_{s,eq}$ coincidente in questo caso alle $V_{s,30}$.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.30	0.30	130	0.42
6.80	6.50	370	0.30
Inf.	Inf.	900	0.25

Vs_eq (1.0 – 32.00) = 705 m/s



Le velocità ricavate per i rispettivi strati sismici sono sufficientemente in accordo con i dati bibliografici riportati nella tabella seguente.

TIPO DI SUOLO	Vs min [m/s]	Vs media [m/s]	Vs max [m/s]
ROCCE MOLTO DURE rocce metamorfiche da molto a poco fratturate	1400	1620	---
ROCCE DURE graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti da mediamente a poco fratturati	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI E ROCCE DA TENERE A DURE rocce sedimentarie, ignee, tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia	375	540	700
ARGILLE COMPATTE E SUOLI SABBIOSI sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie e compatte e argille limose	200	290	375
TERRENI TENERI terreni di riempimento sottofalda, argille da tenere a molto tenere	100	150	200

Velocità caratteristiche delle onde S nei vari tipi di suolo (cfr. Borchrtdt, 1994)