

PROTOCOLLO:	COMUNE: COMUNE DI VILLA D'OGNA (BG)
	COMMITTENTE: COMUNE DI VILLA D'OGNA Largo Europa, 39 - 24020 - Villa d'Ogna (BG)
	DENOMINAZIONE: REALIZZAZIONE PERCORSO CICLOPEDONALE IN COMUNE DI VILLA D'OGNA IN CONTINUITA' CON LA RETE CICLABILE DELL'ALTA VALLE SERIANA - CUP: J21B22001080002



COMUNE DI VILLA D'OGNA



Comune di Villa d'Ogna Prot. n. 0000697 del 26-01-2024 arrivo Cat. 6 Cl. 5

FASE: ESECUTIVO	PROGETTO: ARCHITETTONICO
---------------------------	------------------------------------

ELABORATO: AR_ALL02A	OGGETTO: RELAZIONE GEOLOGICA
--------------------------------	--

FILE:
Relazione geologica.doc

CODICE PROGETTO: T1006/21	REDATTO: DT	CONTROLLATO: FC	APPROVATO: GV
---------------------------	-------------	-----------------	---------------

REVISIONE: Rev.00	DATA: GENNAIO 2024	DESCRIZIONE REVISIONE: EMISSIONE
-------------------	--------------------	----------------------------------

PROGETTISTA ARCHITETTONICO: tekn&co s.r.l. con Studio Carrara	
PROGETTISTA STRUTTURALE: tekn&co s.r.l. con Studio Carrara	
PROGETTISTA IMPIANTI MECCANICI:	

PROGETTISTA IMPIANTI ELETTRICI: tekn&co s.r.l. con Studio Carrara	PROGETTISTA ARCHITETTONICO: tekn&co s.r.l. con Studio Carrara
--	--

COORDINATORE IN FASE DI PROGETTAZIONE: tekn&co s.r.l. con Studio Carrara	 	
---	--	---

PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:	
--------------------------------------	---

MOD.7.2.1_REV.03 SOCIETA' CERTIFICATA ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015 - ISO 45001:2018

Questo documento non può essere copiato, riprodotto, diffuso o mostrato a terzi senza nostra autorizzazione scritta



COMUNE DI VILLA D'OGNA

Provincia di Bergamo

Committente: Amministrazione Comunale

INDAGINE GEOLOGICO - GEOTECNICA-SISMICA ED ANALISI DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO FINALIZZATA ALLA REALIZZAZIONE DEL PERCORSO CICLOPEDONALE IN COMUNE DI VILLA D'OGNA IN CONTINUITA' CON LA RETE CICLABILE DELL'ALTA VALLE SERIANA

TITOLO ELABORATO

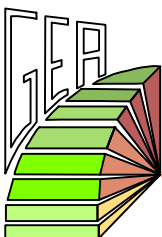
RELAZIONE GEOLOGICO - GEOTECNICA - SISMICA

0600607 del 26-01-2024 arrivo Cat. 6 Cl. 5
Comune di Villa d'Ogna Prot. n. 1.

N. PRATICA	TIPOLOGIA	FASE PROG.	SCALA	ELABORATO
23_124	PROG	DEFINITIVO	-	A

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE
0	Gennaio 2024	Prima emissione
1	-	-
2	-	-
3	-	-

PROGETTISTI



Studio G.E.A.
24020 RANICA (Bergamo)
Via Patta, 30/D
Telefono e Fax: 035.340112
E - Mail: gea@mediacom.it

Dott. Geol. SERGIO GHILARDI
iscritto all' O.R.G. della Lombardia n. 258



Dott. Ing. FRANCESCO GHILARDI
iscritto Ord. Ing. Prov. BG n. 3057



SOMMARIO

1	PREMESSA.....	3
2	DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI	4
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	7
4	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	9
	4.1 Disamina degli strumenti	9
	4.2 Considerazioni sulla fattibilità dell'opera	14
5	MODELLO GEOLOGICO DEL SITO	22
	5.1 Inquadramento geomorfologico	22
	5.2 Inquadramento geologico	27
	5.2.1 Assetto stratigrafico.....	27
	5.2.2 Descrizione delle Unità	28
	5.2.3 Assetto strutturale.....	28
	5.3 Inquadramento idrografico e idrogeologico	29
6	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	31
	6.1 Premessa	31
	6.2 Prove penetrometriche dinamiche	33
	6.2.1 Caratteristiche delle prove	33
	6.2.2 Profondità raggiunta dalle prove e livelli litotecnici determinati.....	37
	6.3 Indagini sismiche	38
	6.3.1 Cenni teorici	39
	6.3.2 Strumentazione utilizzata	41
	6.3.3 Indagini HVSR	43
	6.3.4 Analisi della traccia ed interpretazione	47
7	MODELLO GEOTECNICO DEL SITO	49
	7.1 Caratterizzazione stratigrafica	49
	7.2 Parametrizzazione geotecnica	51
	7.2.1 Premessa tecnica	51
	7.2.2 Correlazioni geotecniche.....	53
	7.2.3 Attribuzione dei parametri.....	58
8	RISPOSTA SISMICA E STABILITÀ DEL SITO	60
	8.1 Azione sismica	60
	8.1.1 Parametri sismici puntuali.....	61
	8.1.2 Stati limite e probabilità di superamento	62
	8.1.3 Categorie di sottosuolo	63
	8.1.4 Condizioni topografiche	66
	8.2 Risposta sismica locale – Componente sismica dei P.G.T. Comunali 67	
	8.2.1 Generalità e metodologie di analisi	67
	8.2.2 1° Livello – carta della PSL.....	70
	8.2.3 2° livello – Verifica del fattore di amplificazione Fa	72



8.3 Adeguatezza del sito di costruzione	74
8.4 Adeguatezza del terreno di fondazione.....	74
8.4.1 Liquefazione.....	74
8.4.2 Cedimenti sismici	74
9 INDICAZIONI TECNICHE.....	75
9.1 Consigli e prescrizioni di carattere generale.....	75
10 CONCLUSIONI.....	77
ELENCO ALLEGATI	79



1 PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Villa 'Ogna, con determinazione n. 438 del 09.11.2023, è stata redatta la presente relazione geologico – geotecnica e sismica in supporto alla realizzazione del percorso ciclopedonale in comune di Villa d'Ogna (BG) in continuità con la rete ciclabile dell'Alta Valle Seriana.

L'indagine, in particolare, si rende necessaria in aderenza alle disposizioni normative in capo a:

- **L.R. 11 marzo 2005 n. 12** e rispettivi criteri attuativi definiti con D.G.R. 22/12/05, n. 8/1566 *“Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12”* e s.m.i.
- **D.M. 14 gennaio 2008** *“Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”* (pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008 – Supplemento Ordinario n. 30) e s.m.i.
- **D.M. 17 gennaio 2018** *“Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni”* (Pubblicato sulla G.U. n. 8 del 20 febbraio 2018) e s.m.i.
- **Norme Geologiche di Piano del P.G.T.**
- **Direttiva Alluvioni.**



2 DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI

Il progetto vede la realizzazione di un nuovo tratto di pista ciclopedonale a raccordo con l'esistente a partire dal ponte di Villa d'Ogna, per una lunghezza complessiva di poco più di 900 m.

In particolare, la pista ciclopedonale in progetto si sviluppa su 6 tratti tipologici:

- Partendo dal ponte di Villa d'Ogna, il tratto 1.01 di lunghezza 197 m con tipologia A con sede a sbalzo sul canale esistente (tipologia A);
- Il tratto 1.02 di lunghezza 183 m sfrutterà il marciapiede esistente (Tipologia B);
- Il tratto 1.03, di lunghezza 124 m prevede la realizzazione di un muro di contenimento a monte del corso d'acqua esistente a tergo strada (tipologia C);
- Il tratto 1.04 sarà definito in sede promiscua lungo la viabilità esistente secondaria alla Sp49, per una lunghezza di 98 m (tipologia D)
- Il tratto 1.05 sarà realizzato seguendo la strada sterrata esistente in area prativa, al termine della strada di cui al tratto 1.04 (tipologia E);
- Il tratto 1.06 proseguirà a lato della strada provinciale, in continuità con il tratto 1.03, sfruttando i marciapiedi esistenti (tipologia D)

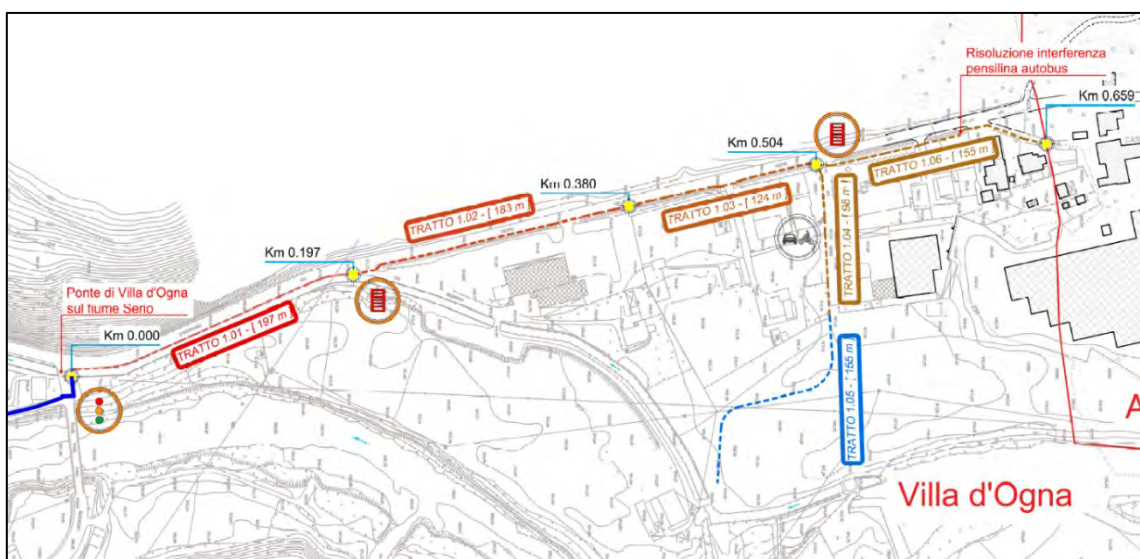



Figura 1 – Stralcio della planimetria di progetto



TRATTO 1.01




Tipologia A

Canale esistente

Nuova pista ciclopedonale a sbalzo

Nuovo muro di separazione strada/pista

S.P. 49



250

TRATTO 1.02



Tipologia B

Recinzione esistente

Nuova pista ciclopedonale in asfalto


Nuovo muro di separazione strada/pista con corrimano soprastante

S.P. 49



250

TRATTO 1.03



Tipologia C


Corso d'acqua esistente

Nuovo muro di contenimento pista con staccionata

Nuova pista ciclopedonale in asfalto


Nuovo muro di separazione strada/pista con corrimano soprastante

S.P. 49




250

TRATTO 1.04



Tipologia D

Tratto promiscuo con nuova segnaletica



250



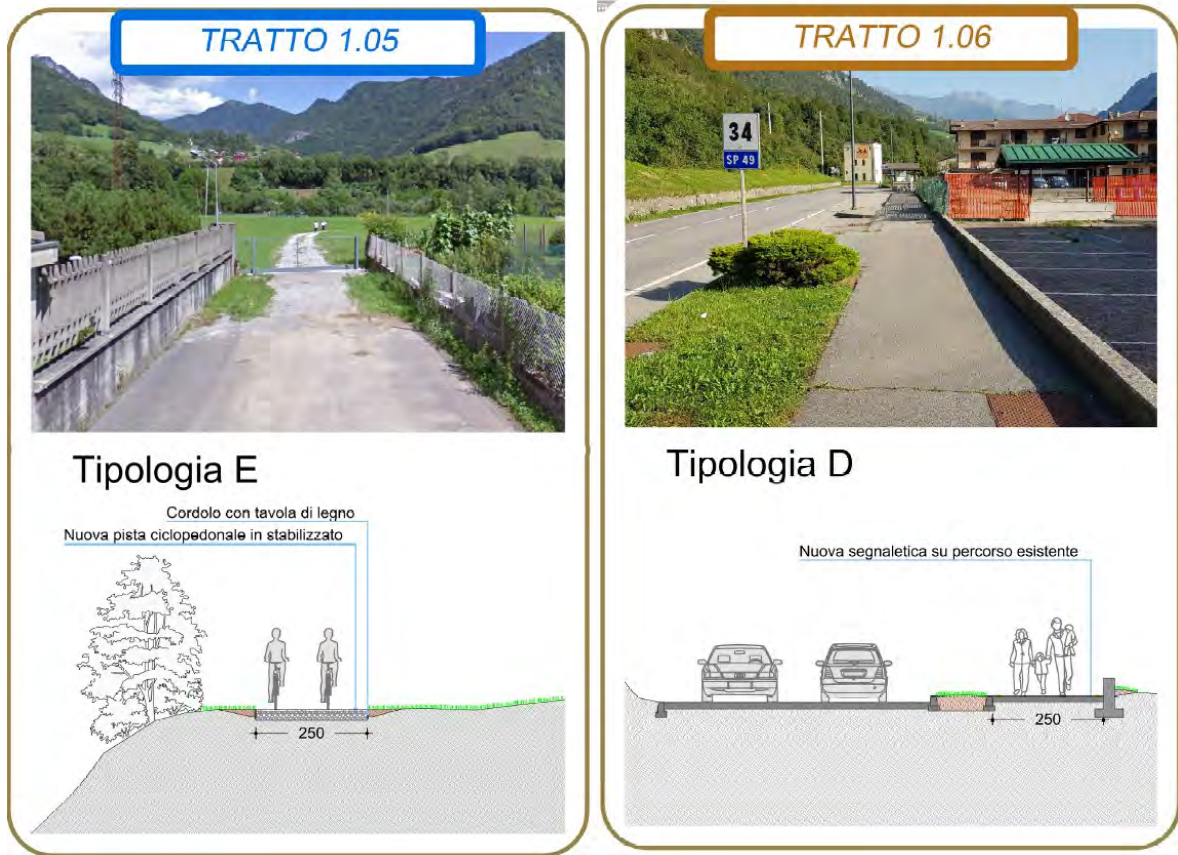


Figura 2 – Stralcio delle sezioni tipologiche di progetto

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di intervento è sita in comune di Villa d'Ogna, lungo la Sp49 della Val Seriana superiore nel tratto compreso tra il ponte di attraversamento del fiume Serio per l'accesso al centro abitato di Villa d'Ogna ed il confine comunale con Ardesio.

La quota di riferimento è pari a 515 m s.l.m. circa.

L'esatta ubicazione dell'area è visibile nello stralcio del database geo-topografico in figura.

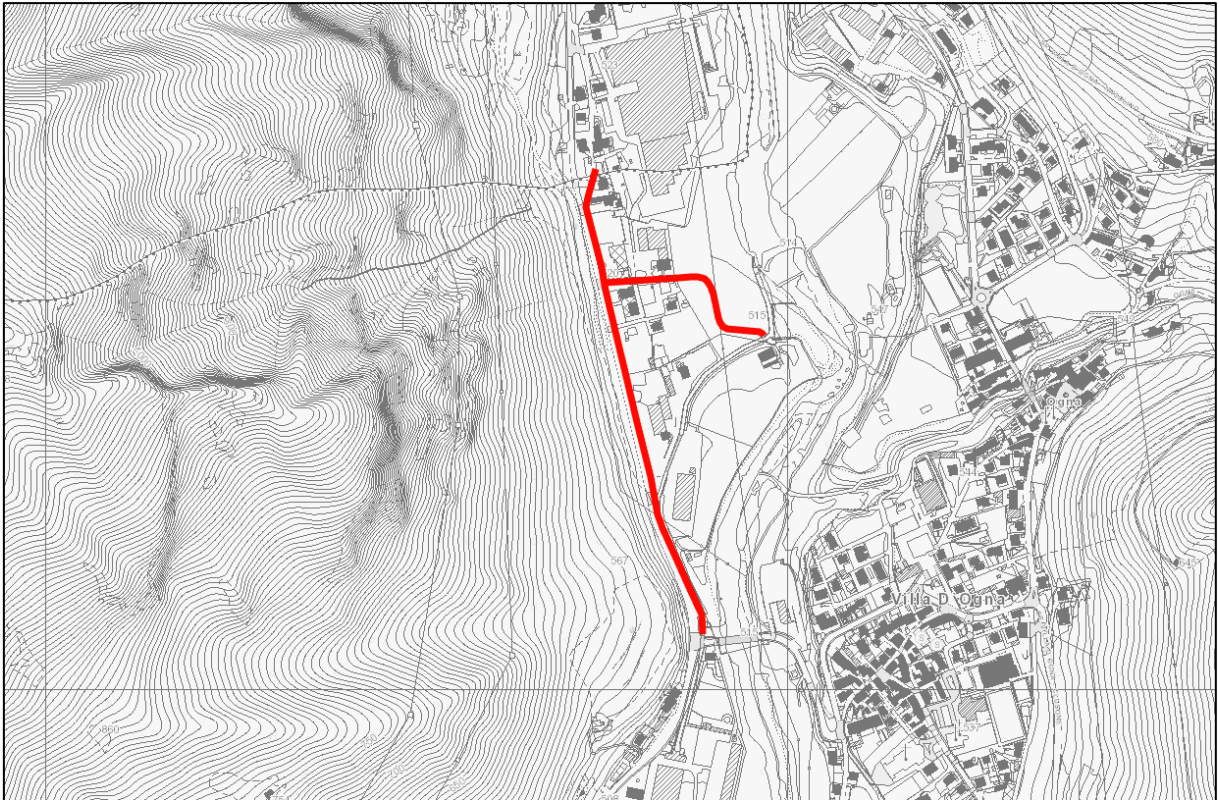


Figura 3 - Corografia dell'area di studio
Indicata in rosso l'area di intervento



Al fine di meglio inquadrare il sito, si propone l'ubicazione anche su Ortofoto AGEA (anno acquisizione 2021).



Figura 4 - Corografia dell'area di studio su base Ortofoto aerea AGEA 2021
Indicata in rosso l'area di intervento

4 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

4.1 Disamina degli strumenti

Al fine di individuare gli eventuali ambiti di criticità e/o gli eventuali vincoli geologici presenti nell'area di studio, sono stati considerati alcuni strumenti normativi di riferimento, nelle versioni disponibili al momento della redazione del presente documento. In particolare, in questo caso sono stati consultati:

- Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio comunale:
 - Carta dei dissesti PAI
 - vincoli geologici
 - sintesi degli ambiti geologici
 - fattibilità geologica delle azioni di piano
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

Nelle pagine seguenti si allegano gli stralci cartografici degli strumenti consultati, indicando gli ambiti di criticità o i vincoli con cui l'area eventualmente interferisce.

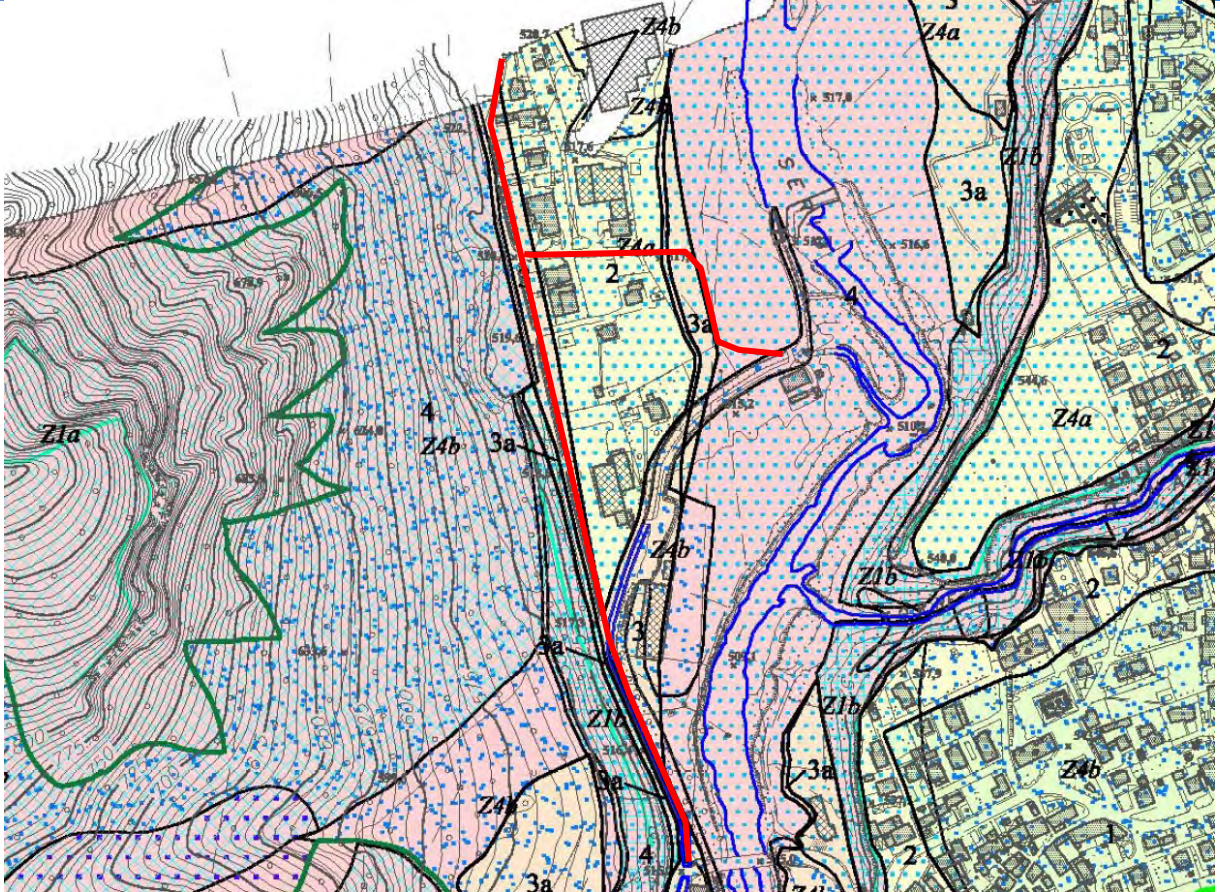


STRUMENTO	Carta dei Vincoli del P.G.T. comunale
AUTORE	Studio GeoTer Novembre 2009
AMBITI O VINCOLI RAPPRESENTATI NELLA TAVOLA DEL PGT	<ul style="list-style-type: none"> • Vincolo di polizia idraulica • Aree di salvaguardia sorgenti idropotabili • Fasce fluviali
VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI COMPLETAMENTE	Tratto 1.05 in ambito Eb
VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI MARGINALMENTE	Tratti 1.01, 1.02, 1.03 e 1.06 prossimi al limite aree PAI di Fg ed Fa
NOTE	-


<p>STRUMENTO</p>	<p>Carta di Sintesi del P.G.T. comunale</p>
<p>AUTORE</p>	<p>Studio GeoTer Novembre 2009</p>
<p>AMBITI O VINCOLI RAPPRESENTATI NELLA TAVOLA DEL PGT</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ambiti di criticità geologica e idraulica • Aree di modificazione antropica • Ambiti di verifica ambientale e/o bonifica
<p>VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI COMPLETAMENTE</p>	<p>Tratto 1.01 – ambito 6b – <i>canali derivatori, condotte forzate e traverse/sbarramenti</i> Tratti 1.02, 1.03, 1.04, 1.06 nessuna interferenza Tratto 1.05 – ambito 4c – <i>aree interessate da fenomeni di erosione e/o non idoneamente protette da opere di difesa</i></p>
<p>VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI MARGINALMENTE</p>	<p>-</p>

Comune di Villa D'Ogna Prot. n. 0000607 del 26-01-2024 arrivo Cat. 6 Cl. 5



STRUMENTO	Carta di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano del P.G.T. comunale
AUTORE	Studio GeoTer Novembre 2009
AMBITI O VINCOLI RAPPRESENTATI	<ul style="list-style-type: none"> • Classi di fattibilità geologica
	
VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI COMPLETAMENTE	Tratto 1.01 – classe 3 Tratto 1.02 – classe 3 Tratto 1.03 – classe 3 Tratto 1.04 – classe 2 e classe 3a Tratto 1.05 – classe 4 Tratto 1.06 – classe 2 e classe 3
VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI MARGINALMENTE	-



STRUMENTO	Piano di Gestione del Rischio Alluvioni
AUTORE	Studio GeoTer Novembre 2009
AMBITI O VINCOLI RAPPRESENTATI	<ul style="list-style-type: none"> • Classi di fattibilità geologica
	
VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI COMPLETAMENTE	Tratto 1.05 – pericolosità scenario poco frequente per il reticolo principale
VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI MARGINALMENTE	-



4.2 Considerazioni sulla fattibilità dell'opera

STRUMENTO	AMBITO	DESCRIZIONE
Dissesti del P.A.I.	-	Ambito Eb per il tratto di pista 1.05 Vicinanza, ma senza interferenza diretta, con gli ambiti Fq ed Fa nel tratto prossimo alla SP49.
P.G.R.A.	-	Nessuna interferenza
Vincoli geologici ed idrogeologici	-	Ambiti P.A.I. come sopra descritti
Sintesi	-	Tratto 1.01 – ambito 6b – <i>canali derivatori, condotte forzate e traverse/sbarramenti</i> Tratti 1.02, 1.03, 1.04, 1.06 nessuna interferenza Tratto 1.05 – ambito 4c – <i>aree interessate da fenomeni di erosione e/o non idoneamente protette da opere di difesa</i>
Fattibilità geologica	2, 3, 3a, 4	Classe 2, con modeste limitazioni: <i>tratto 1.06</i> Classe 3 – con consistenti limitazioni: <i>tratto 1.01, 1.02, 1.03, 1.06</i> Classe 3a - con consistenti limitazioni PAI: <i>tratto 1.04</i> Classe 4 – con gravi limitazioni: <i>tratto 1.05</i>
R.I.M.	-	Nessuna interferenza, parte del progetto ricadrà su canale esistente

Figura 5 – Sintesi degli ambiti e dei vincoli geologici ed idrogeologici

L'intervento ricade entro l'ambito territoriale di fondovalle seriano. Nel settore, l'opera interessa: una passaggio in sede pensile su canale esistente, un passaggio a bordo strada, in prossimità con ambiti di dissesto da monte, un passaggio in prossimità delle aree esondabili (PAI – PGRA) del fiume Serio.

Nella seguente tabella si sintetizzano, tratto per tratto, i riferimenti normativi tecnici riferiti alle prescrizioni di fattibilità geologica:



Tratto 1.01Classe 3 – fattibilità con gravi limitazioni

Premesso che anche in questi ambiti i fattori di pericolosità possono essere mitigati e superati, fino a ricondurre la situazione alla normalità; tuttavia, la tipologia e l'ampiezza dei fenomeni richiedono interventi di notevole consistenza, che debbono essere definiti mediante studi e progettazioni specifiche a livello di intero comparto.

Sono dunque necessari accurati approfondimenti di indagine geologica e/o idraulica, con conseguente progettazione e realizzazione di lavori dedicati alla difesa, al consolidamento, alla bonifica o al riordino idraulico e idrogeologico, ove necessario anche per l'esistente, e con eventuale attivazione di adeguati sistemi di monitoraggio. Tale specifica progettazione e la messa in sicurezza delle aree devono necessariamente precedere e conformare la realizzazione degli interventi edili, ferma restando l'applicazione delle norme di carattere geotecnico contenute nel Testo Unico sulle Costruzioni D.M. 14.01.2008;

- per le aree soggette a ristagni d'acqua è necessario eseguire approfondimenti di studio di carattere idrogeologico, al fine di progettare e realizzare adeguati sistemi di drenaggio, e di tipo geotecnico per la sicura progettazione delle strutture di fondazione, poiché è possibile che debbano essere adottate fondazioni speciali e accorgimenti progettuali per contrastare gli effetti di eventuali cedimenti;
- per le trasformazioni da effettuare nelle aree caratterizzate da lieve instabilità del pendio (smottamenti, decorticamenti, soliflusso, terrazzette da pascolo) e/o fenomeni di erosione superficiale dovranno prevedersi preventivi lavori di consolidamento, atti a migliorare la stabilità del pendio stesso, e opere di protezione dall'erosione, anche ricorrendo a tecniche di ingegneria naturalistica;
- per costruire nelle aree che presentano terreni di scadente qualità geotecnica (terreni a prevalente composizione argillosa/limosa e/o con scarso drenaggio) dovranno essere effettuati specifici studi geotecnici per definire la tipologia di fondazione da adottare;

È da rilevarsi anche l'interessamento del canale esistente, per cui non si esprime norma relativa, ma si rimanda alla necessità di recepire le dovute autorizzazioni necessarie da richiedere all'ente gestore.



Tratto 1.02Classe 3 – fattibilità con gravi limitazioni

Premesso che anche in questi ambiti i fattori di pericolosità possono essere mitigati e superati, fino a ricondurre la situazione alla normalità; tuttavia, la tipologia e l'ampiezza dei fenomeni richiedono interventi di notevole consistenza, che debbono essere definiti mediante studi e progettazioni specifiche a livello di intero comparto.

Sono dunque necessari accurati approfondimenti di indagine geologica e/o idraulica, con conseguente progettazione e realizzazione di lavori dedicati alla difesa, al consolidamento, alla bonifica o al riordino idraulico e idrogeologico, ove necessario anche per l'esistente, e con eventuale attivazione di adeguati sistemi di monitoraggio. Tale specifica progettazione e la messa in sicurezza delle aree devono necessariamente precedere e conformare la realizzazione degli interventi edili, ferma restando l'applicazione delle norme di carattere geotecnico contenute nel Testo Unico sulle Costruzioni D.M. 14.01.2008;

- per le aree soggette a ristagni d'acqua è necessario eseguire approfondimenti di studio di carattere idrogeologico, al fine di progettare e realizzare adeguati sistemi di drenaggio, e di tipo geotecnico per la sicura progettazione delle strutture di fondazione, poiché è possibile che debbano essere adottate fondazioni speciali e accorgimenti progettuali per contrastare gli effetti di eventuali cedimenti;
- per le trasformazioni da effettuare nelle aree caratterizzate da lieve instabilità del pendio (smottamenti, decorticamenti, soliflusso, terrazzette da pascolo) e/o fenomeni di erosione superficiale dovranno prevedersi preventivi lavori di consolidamento, atti a migliorare la stabilità del pendio stesso, e opere di protezione dall'erosione, anche ricorrendo a tecniche di ingegneria naturalistica;
- per costruire nelle aree che presentano terreni di scadente qualità geotecnica (terreni a prevalente composizione argillosa/limosa e/o con scarso drenaggio) dovranno essere effettuati specifici studi geotecnici per definire la tipologia di fondazione da adottare;



Tratto 1.03Classe 3 – fattibilità con gravi limitazioni

Premesso che anche in questi ambiti i fattori di pericolosità possono essere mitigati e superati, fino a ricondurre la situazione alla normalità; tuttavia, la tipologia e l'ampiezza dei fenomeni richiedono interventi di notevole consistenza, che debbono essere definiti mediante studi e progettazioni specifiche a livello di intero comparto.

Sono dunque necessari accurati approfondimenti di indagine geologica e/o idraulica, con conseguente progettazione e realizzazione di lavori dedicati alla difesa, al consolidamento, alla bonifica o al riordino idraulico e idrogeologico, ove necessario anche per l'esistente, e con eventuale attivazione di adeguati sistemi di monitoraggio. Tale specifica progettazione e la messa in sicurezza delle aree devono necessariamente precedere e conformare la realizzazione degli interventi edili, ferma restando l'applicazione delle norme di carattere geotecnico contenute nel Testo Unico sulle Costruzioni D.M. 14.01.2008;

- per le aree soggette a ristagni d'acqua è necessario eseguire approfondimenti di studio di carattere idrogeologico, al fine di progettare e realizzare adeguati sistemi di drenaggio, e di tipo geotecnico per la sicura progettazione delle strutture di fondazione, poiché è possibile che debbano essere adottate fondazioni speciali e accorgimenti progettuali per contrastare gli effetti di eventuali cedimenti;
- per le trasformazioni da effettuare nelle aree caratterizzate da lieve instabilità del pendio (smottamenti, decorticamenti, soliflusso, terrazzette da pascolo) e/o fenomeni di erosione superficiale dovranno prevedersi preventivi lavori di consolidamento, atti a migliorare la stabilità del pendio stesso, e opere di protezione dall'erosione, anche ricorrendo a tecniche di ingegneria naturalistica;
- per costruire nelle aree che presentano terreni di scadente qualità geotecnica (terreni a prevalente composizione argillosa/limosa e/o con scarso drenaggio) dovranno essere effettuati specifici studi geotecnici per definire la tipologia di fondazione da adottare;



Tratto 1.04Classe 3 e classe 3a – fattibilità con gravi limitazioni

Premesso che anche in questi ambiti i fattori di pericolosità possono essere mitigati e superati, fino a ricondurre la situazione alla normalità; tuttavia, la tipologia e l'ampiezza dei fenomeni richiedono interventi di notevole consistenza, che debbono essere definiti mediante studi e progettazioni specifiche a livello di intero comparto.

Sono dunque necessari accurati approfondimenti di indagine geologica e/o idraulica, con conseguente progettazione e realizzazione di lavori dedicati alla difesa, al consolidamento, alla bonifica o al riordino idraulico e idrogeologico, ove necessario anche per l'esistente, e con eventuale attivazione di adeguati sistemi di monitoraggio. Tale specifica progettazione e la messa in sicurezza delle aree devono necessariamente precedere e conformare la realizzazione degli interventi edili, ferma restando l'applicazione delle norme di carattere geotecnico contenute nel Testo Unico sulle Costruzioni D.M. 14.01.2008;

- per le aree soggette a ristagni d'acqua è necessario eseguire approfondimenti di studio di carattere idrogeologico, al fine di progettare e realizzare adeguati sistemi di drenaggio, e di tipo geotecnico per la sicura progettazione delle strutture di fondazione, poiché è possibile che debbano essere adottate fondazioni speciali e accorgimenti progettuali per contrastare gli effetti di eventuali cedimenti;
- per le trasformazioni da effettuare nelle aree caratterizzate da lieve instabilità del pendio (smottamenti, decorticamenti, soliflusso, terrazzette da pascolo) e/o fenomeni di erosione superficiale dovranno prevedersi preventivi lavori di consolidamento, atti a migliorare la stabilità del pendio stesso, e opere di protezione dall'erosione, anche ricorrendo a tecniche di ingegneria naturalistica;
- per costruire nelle aree che presentano terreni di scadente qualità geotecnica (terreni a prevalente composizione argillosa/limosa e/o con scarso drenaggio) dovranno essere effettuati specifici studi geotecnici per definire la tipologia di fondazione da adottare;
- *per le aree soggette a pericolosità elevata di esondazione (classe 3a - fasce "Eb" nel "Quadro del dissesto con legenda uniformata P.A.I.") si applicano le norme più restrittive indicate dall'articolo 9, comma 6 delle N.d.A. del P.A.I. (cfr. www.adbpo.it); sono ammesse la realizzazione di opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio;*



Tratto 1.05Classe 4 – fattibilità con gravi limitazioni

Per tutte le aree comprese in classe 4 di fattibilità geologica è da escludere nuova edificazione, ad eccezione di opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica e alla messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentiti esclusivamente lavori di demolizione senza ricostruzione oppure interventi per il recupero del patrimonio edilizio esistente, limitati a manutenzioni ordinarie e straordinarie, restauri conservativi e adeguamenti igienici, come definiti dall'articolo 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/05 senza incremento di superficie o volume e del carico insediativo. Sono consentite le opere necessarie per l'adeguamento di tali edifici alla normativa antisismica.

Nelle situazioni più gravi di pericolo è necessario prevedere il trasferimento dei nuclei abitativi o, se questo non fosse possibile, dovranno essere predisposti idonei piani di Protezione Civile, con l'attivazione di adeguati sistemi di monitoraggio che permettano di controllare l'evoluzione del fenomeno e di gestire l'allarme.

Nelle zone in classe 4 di fattibilità è consentita la realizzazione di infrastrutture e reti pubbliche e di interesse pubblico, qualora non altrimenti localizzabili; tali opere dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione sia della tipologia del quadro geologico in atto sia del grado di rischio connesso. Perciò alle istanze sottoposte all'approvazione del Comune, deve essere allegata una relazione geologica e/o geotecnica e/o idraulica che dimostri la compatibilità degli interventi proposti con la situazione di pericolosità geologica. Nelle aree di classe 4 di fattibilità è altresì consentita la realizzazione di lavori di bonifica, consolidamento e messa in sicurezza dei siti.



Tratto 1.06Classe 2 – fattibilità con modeste limitazioni

Per questi ambiti la situazione geologica ha una discreta incidenza sulle scelte progettuali e sulle costruzioni ovvero essa presenta un quadro leggermente problematico, ma l'applicazione di opportuni accorgimenti e/o l'introduzione di qualche eventuale limitazione d'uso possono consentirne un utilizzo normalmente soddisfacente. Le fasi di progettazione per queste aree richiedono di essere appoggiate da accertamenti geologici di fattibilità finalizzati al singolo progetto edilizio, oltre che dalle normali verifiche geotecniche ai sensi del D.M.

14 gennaio 2008. Per la trasformazione delle aree di “conoide protetta” che ricadono in questa classe di fattibilità (indicate con “Cn” nel “Quadro del dissesto con legenda uniformata P.A.I.”) sono da prevedere opere di difesa preventiva e sono da evitare aperture rivolte a monte della conoide e a livello o più basse del piano di campagna.

Nelle zone di rispetto dei pozzi (confine con Piario), delimitate ai sensi del D.lgs. 11.05.1999, n.152, integrato dal D.lgs. 18.08.2000, n.258, art. 21 commi 1, 3, 4 e 7 e con riferimento alla D.G.R. 10.04.2003, n. 7/12693, All.1, cap.2, è necessaria l'adozione di misure atte alla salvaguardia delle acque sotterranee ai sensi del D.G.R. 10.04.2003, n. 7/12693 e del D.P.R. 236/88 (e successive modifiche).

Classe 3 – fattibilità con gravi limitazioni

Premesso che anche in questi ambiti i fattori di pericolosità possono essere mitigati e superati, fino a ricondurre la situazione alla normalità; tuttavia, la tipologia e l'ampiezza dei fenomeni richiedono interventi di notevole consistenza, che debbono essere definiti mediante studi e progettazioni specifiche a livello di intero comparto.

Sono dunque necessari accurati approfondimenti di indagine geologica e/o idraulica, con conseguente progettazione e realizzazione di lavori dedicati alla difesa, al consolidamento, alla bonifica o al riordino idraulico e idrogeologico, ove necessario anche per l'esistente, e con eventuale attivazione di adeguati sistemi di monitoraggio. Tale specifica progettazione e la messa in sicurezza delle aree devono necessariamente precedere e conformare la realizzazione degli interventi edili, ferma restando l'applicazione delle norme di carattere geotecnico contenute nel Testo Unico sulle Costruzioni D.M. 14.01.2008;

- per le aree soggette a ristagni d'acqua è necessario eseguire approfondimenti di studio di carattere idrogeologico, al fine di progettare e realizzare adeguati sistemi di drenaggio, e di tipo geotecnico per la sicura progettazione delle strutture di fondazione, poiché è possibile che debbano essere adottate fondazioni speciali e accorgimenti progettuali per contrastare gli effetti di eventuali cedimenti;



	<ul style="list-style-type: none"> ▪ per le trasformazioni da effettuare nelle aree caratterizzate da lieve instabilità del pendio (smottamenti, decorticamenti, soliflusso, terrazzette da pascolo) e/o fenomeni di erosione superficiale dovranno prevedersi preventivi lavori di consolidamento, atti a migliorare la stabilità del pendio stesso, e opere di protezione dall'erosione, anche ricorrendo a tecniche di ingegneria naturalistica; ▪ per costruire nelle aree che presentano terreni di scadente qualità geotecnica (terreni a prevalente composizione argillosa/limosa e/o con scarso drenaggio) dovranno essere effettuati specifici studi geotecnici per definire la tipologia di fondazione da adottare;
--	---

Le opere in progetto rientrano nella casistica delle “opere lineari di pubblica utilità e non diversamente ubicabili” compatibili, dunque, con le prescrizioni alla fattibilità geologica, ed in particolar modo compatibili con la classe di fattibilità con gravi limitazioni. Di conseguenza, dal punto di vista geologico le opere risultano compatibili, avendo tuttavia da verificare puntualmente gli aspetti di natura geologica, idrogeologica ed idraulica.

Gli approfondimenti del caso sono stati eseguiti e sono descritti nella presente relazione, anche in virtù della tipologia di opera: studio geologico generale, rilevamenti e sopralluoghi di campagna, recupero di indagini geologiche eseguite in terreni prossimali al sito di progetto, esecuzione di nuove indagini geognostiche, valutazioni puntuali circa la sismicità del sito.



5 MODELLO GEOLOGICO DEL SITO

5.1 Inquadramento geomorfologico

L'ambito di progetto si pone nel contesto di fondovalle della val Seriana superiore, nella zona di deposizione dell'ampio conoide del torrente Ogna in sponda idrografica sinistra, uno dei tributari principali del fiume Serio nell'alta valle.

Si tratta dunque di un contesto prettamente fluvio-glaciale, caratterizzato dal riempimento della valle del Serio e dalle strutture terrazzate al suo interno, con cui si interdigitano le strutture deposizionali derivate dalle energie di versante e dagli impluvi secondari.

Facendo riferimento alla carta geomorfologica del PGT di Villa d'Ogna, emergono, in corrispondenza dell'area di intervento, i seguenti elementi:

- L'area di intervento si pone totalmente in sponda idrografica di destra del fiume Serio, in ambito non interessato dal conoide dell'Ogna, se non per la morfologia costretta del fiume Serio che compie la tipica doppia ansa di deviazione da conoide.
- Il contesto morfologico, dunque è quello legato alle deposizioni terrazzate di origine fluvio – glaciale antico (aree FA). Nell'ambito sono individuati i terrazzamenti (di II ordine) ed i percorsi paleo-fluviali;
- Evidente è anche l'azione antropomorfa, che definisce il canale di derivazione del fiume Serio (derivazione poco a monte rispetto l'area di intervento con reimmissione in alveo all'altezza del campo sportivo di Piario, poco più a valle), nell'intorno dell'area del canale sono evidenziate porzioni di riporto e scarica di materiale inerte (r)



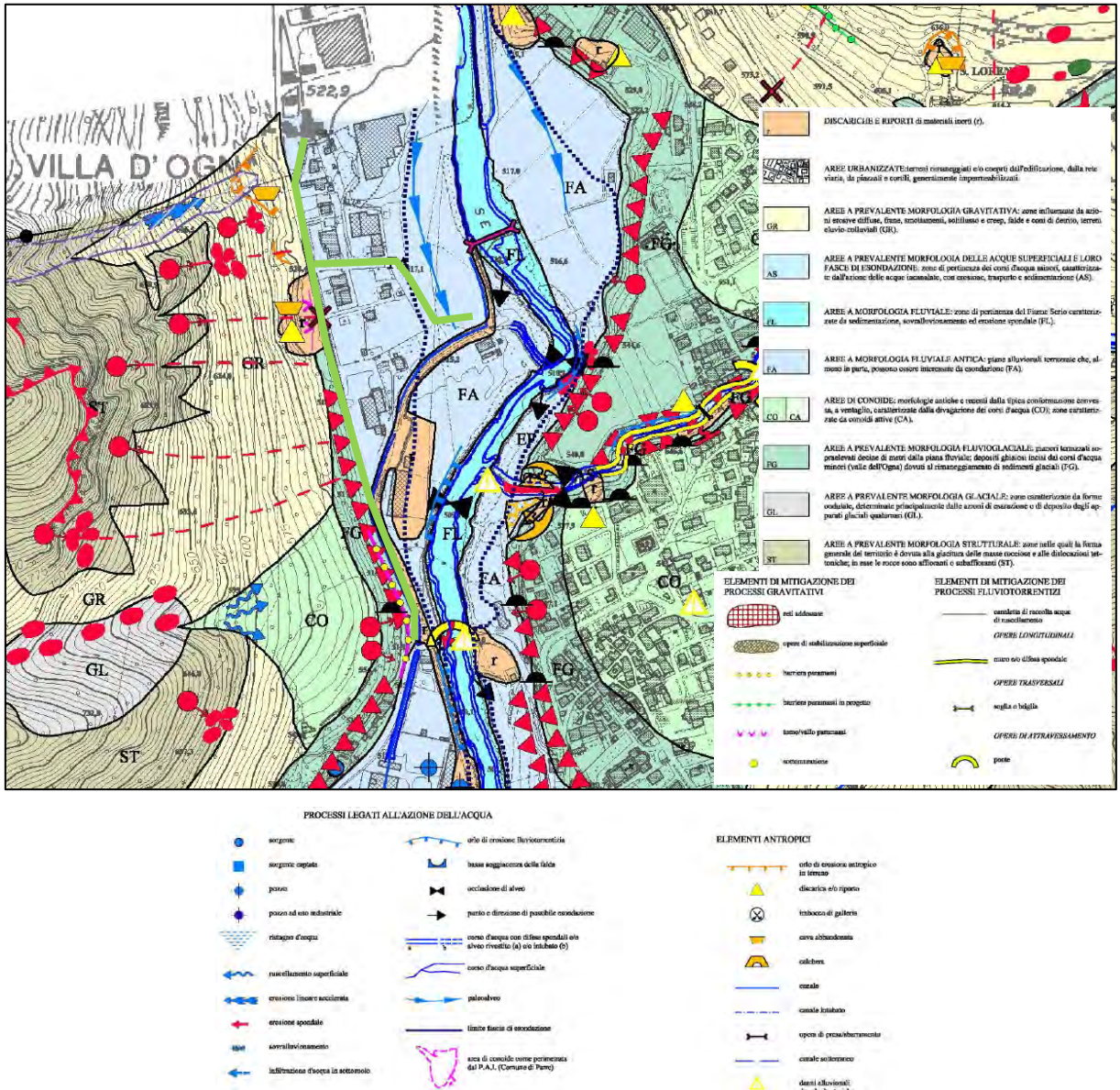


Figura 6 – Stralcio della Carta Geomorfologica del PGT di Villa d'Ogna (GeoTer, 2009), evidenziato in verde il tracciato di progetto

Rispetto alle opere in progetto non si rilevano elementi morfologici attivi, a meno dei possibili eventi di esondazione che possono interessare il tratto più prossimo al fiume Serio. Ciononostante, è doveroso evidenziare la presenza di alcune problematiche generalmente legate al versante che sottende la SP 49 ed il passaggio della futura pista.



In prima battuta, così come anche evidenziato dalla cartografia P.A.I. e dalla Carta Geomorfologica, al versante appartiene una generale pericolosità elevata per crollo e caduta di massi, accentuata, nel settore, dalla presenza di visibili pareti. La problematica coinvolge l'intero settore di versante. La caduta massi coinvolge in primo luogo la SP49, posta direttamente al di sotto del versante stesso, ed in maniera più ampia l'intera porzione di fondovalle, inclusa quindi anche l'opera in progetto. Alcune limitate opere di difesa, come ad esempio un vallo paramassi in terra posto a lato della strada provinciale, all'altezza di via Serio, tende a ridurre il rischio per lo specifico tratto di strada e per gli edifici esistenti, il vallo è individuato anche sulla carta geomorfologica.



Figura 7 – Versante caratterizzato da potenziale caduta massi posto a monte dell'area di intervento. La freccia indica il vallo paramassi esistente, mascherato dalla vegetazione

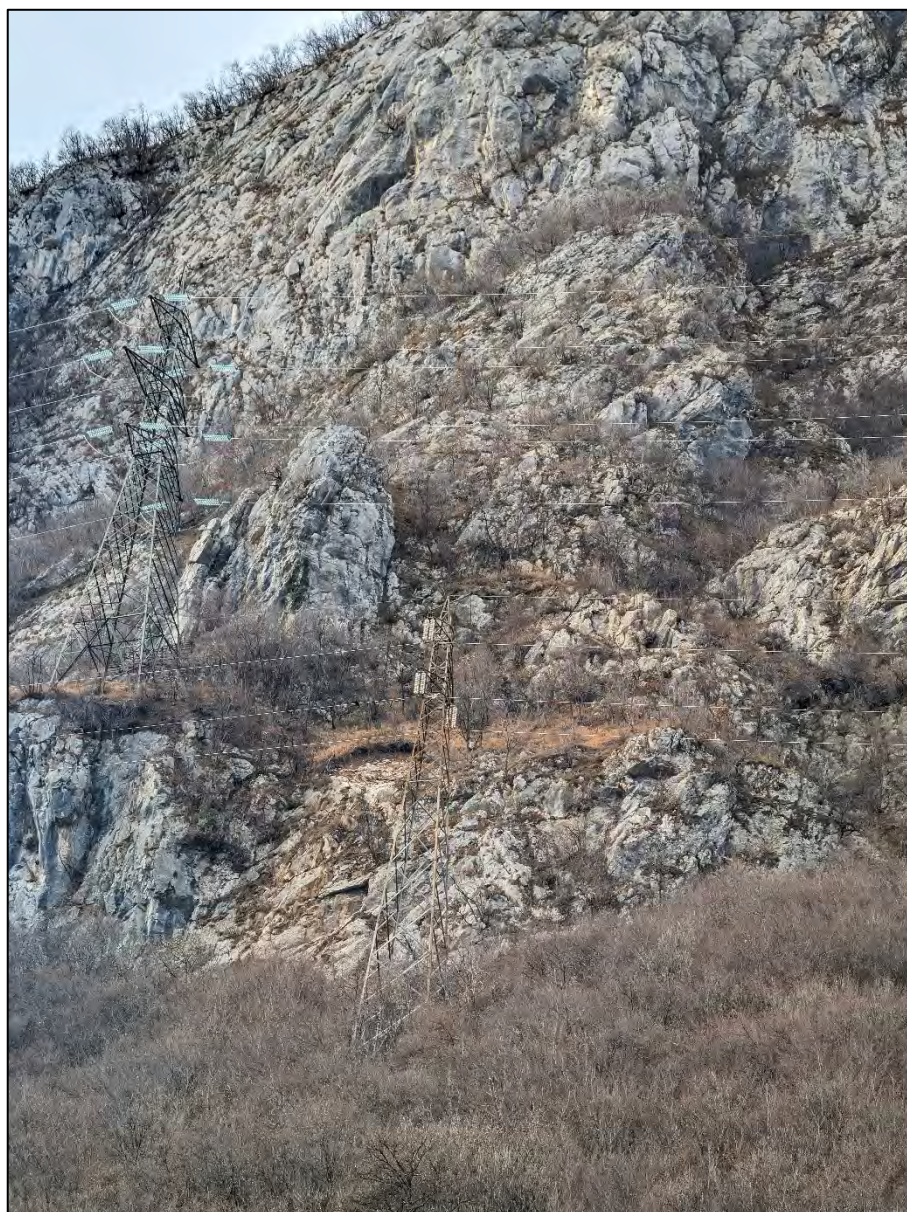


Figura 8 – Dettaglio pareti a monte della SP49 e della pista ciclopedonale di futura realizzazione

Sempre all'altezza del vallo paramassi esistente, ovverosia in località Gazza, è presente un'ampia area di cava ricolmata con materiali inerti (r). i contorni sono individuati sia sulla carta geomorfologica, sia visivamente sul terreno. In fase di sopralluogo in sito è stata tuttavia osservata la fessurazione della porzione di versante posta immediatamente a monte, indizio di una potenziale instabilità che può coinvolgere il versante, posto immediatamente a monte della strada ed insistente anche su un tratto di pista.



**Figura 9 – Individuazione delle fessurazioni nel versante osservabili
a monte dell'area di cava ricolmata**



5.2 Inquadramento geologico

5.2.1 Assetto stratigrafico

L'ambito di intervento si pone, come osservato, entro il contesto fluvio – glaciale di fondovalle seriano.

L'area viene inquadrata all'interno del foglio 077 "Clusone" della Carta Geologica d'Italia, edita da ISPRA nel 2012. La cartografia individua entro tutto il settore di fondovalle la presenza di depositi riferiti al Supersistema della Selva di Clusone (SU), nelle porzioni rialzate del terrazzo del Serio, ed al Sistema del Po (POI) nelle porzioni ribassate e di alveo attivo. In prossimità del ponte di Villa d'Ogna, inoltre, sono individuati depositi appartenenti al Conglomerato di Villa d'Ogna (VOG).

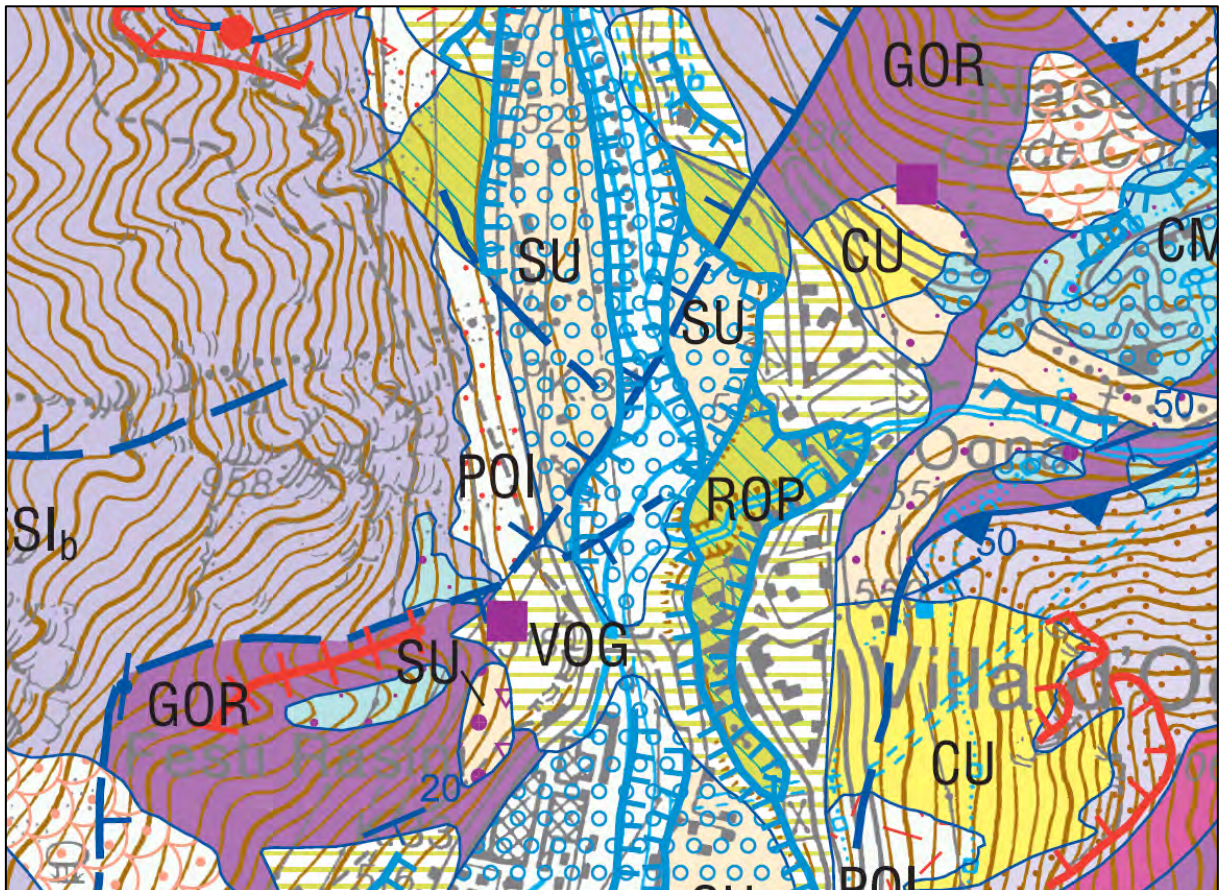



Figura 10 – Stralcio del foglio 077 "Clusone" della Carta Geologica d'Italia (SGI, 2012, edit. ISPRA)

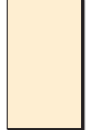

5.2.2 Descrizione delle Unità

Per la descrizione delle unità geologiche individuate si fa riferimento alla legenda cronostratigrafica del foglio 077 della Carta Geologica d'Italia.

	SINTEMA DEL PO
POI	Diamicton e ghiaie con clasti spigolosi (depositi di versante, di frana e di <i>debris-flow</i>); ghiaie e sabbie stratificate (depositi alluvionali); limi laminati, argille, torbe (depositi lacustri e di torbiera); diamicton massivi a blocchi (depositi glaciali). Superficie limite superiore caratterizzata da alterazione assente e morfologie ben conservate o ancora in evoluzione. PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE

BACINO DELL'ALTO SERIO

Unità degli assi vallivi

	SUPERSINTEMA DELLA SELVA DI CLUSONE
SU	Diamicton a supporto di matrice (<i>till</i> d'ablazione); diamicton massivi a supporto di matrice, clasti sagomati e striati (<i>till</i> d'alloggiamento); ghiaie a clasti arrotondati e sabbie (depositi alluvionali e di contatto glaciale). Profilo di alterazione poco evoluto, colore 10YR, nell'alta valle 7.5YR; morfologie ben conservate. PLEISTOCENE SUPERIORE
	CONGLOMERATO DI VILLA D'OGNA
VOG	Conglomerati e ghiaie con clasti ben selezionati, arrotondati, carbonatici con subordinati silicoclasti provenienti dall'alta valle; sabbie medie o grossolane (depositi alluvionali); diamictiti a blocchi spigolosi di alimentazione locale (depositi di versante). Cementazione buona in superficie, assente entro l'ammasso. PLEISTOCENE INFERIORE - MEDIO

5.2.3 Assetto strutturale

Dal punto di vista tettonico, non vi sono elementi strutturali tali da interferire direttamente con le opere di progetto.



5.3 Inquadramento idrografico e idrogeologico

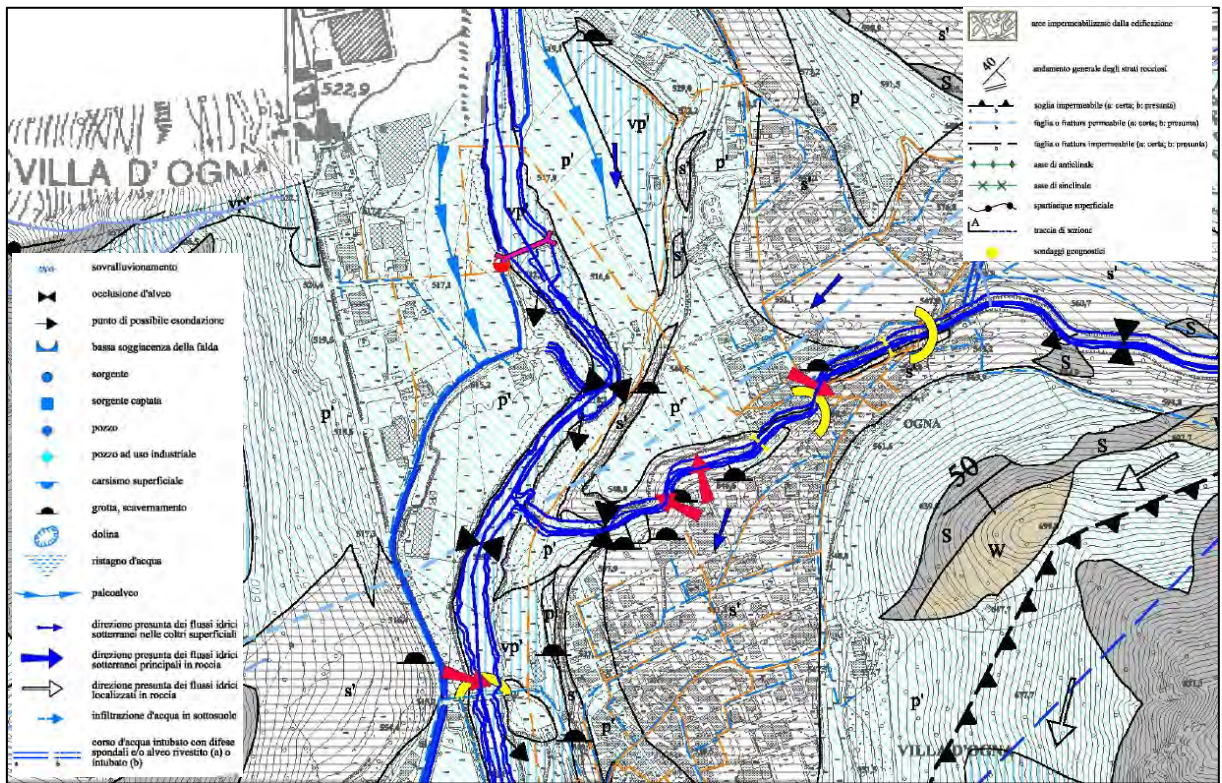
Dal punto di vista idraulico sono 3 gli elementi da tenere in considerazione nella progettualità dell'opera:


- Il passaggio nel tratto 1.01 al di sopra del canale esistente, in sede pensile. Si rimanda alla necessità di acquisire le dovute autorizzazioni per la realizzazione dell'opera, anche se non si rilevano problematiche dal punto di vista idraulico considerando che la portata del canale è controllata a monte;
- Il passaggio nel tratto 1.03 al di sopra del fosso esistente, per cui tuttavia si rilevano problematiche più "tecniche" legate alla corretta verifica del muro di contenimento, prevedendo la presenza non continua di acqua entro il fosso. Si sottolinea in ogni caso che il fosso non è rilevato come corpo idrico all'interno delle cartografie di Piano.
- La presenza del vincolo Eb interessante il tratto 1.05 in prossimità a fiume Serio. Considerando le opere in progetto (sistemazione a raso della pista già esistente) non si rilevano problematiche di carattere idraulico, non essendo previste opere che limitano e modificano il deflusso delle acque. Sarà ad ogni modo necessario, così come per ambiti equivalenti, prevedere adeguati interventi di Protezione Civile, inclusa la chiusura del tratto, in caso di eventi meteorici eccezionalmente intensi con previsioni di esondazione del Serio.


In generale, gli elementi di natura idraulica potenzialmente interessanti l'opera non ne limitano la fattibilità ma necessitano di soluzioni tecniche da valutarsi adeguatamente da parte dei Progettisti.


Dal punto di vista idrogeologica, nell'area si individua una permeabilità dei terreni definita "da bona a media" ($10^{-2} - 10^{-4}$ cm/s) come riportato nella carta idrogeologica del PGT Comunale.










- 

TERRENI E ROCCE CON PERMEABILITA' DA ELEVATA A BUONA ($k > 10^{-2}$ cm/sec): alluvioni ghiaiose del Serio e delle sue valli tributarie, detriti di falda incoerenti con significativa permeabilità primaria (vp'); rocce calcaree intensamente tettonizzate (VP).
- 

TERRENI E ROCCE CON PERMEABILITA' DA BUONA A MEDIA ($10^{-2} > k > 10^{-4}$ cm/sec): alluvioni ghiaioso-sabbiose, terreni fluvio-glaciali incoerenti, detriti di falda cementati o inerbiti, conoidi ghiaiose sabbiose attive (p'); calcari, calcari dolomitici e dolomie fratturati, in parte carsificati (P).
- 

TERRENI E ROCCE CON PERMEABILITA' DA MEDIA A SCARSA ($10^{-4} > k > 10^{-6}$ cm/sec): terreni cluviali e colluviali prevalentemente limoso-sabbiosi, riperti terrosi, terreni fluvio-glaciali cementati, depositi glaciali e conoidi sabbiose-limose antiche(s'); calcari, calcari massosi con strati a bassa inclinazione e/o poco fratturati (S).
- 

TERRENI E ROCCE IMPERMEABILI ($k < 10^{-6}$ cm/sec): terreni cluvio-colluviali limoso-argillosi (w); marmo e argilliti poco o nulla tettonizzati con strati debolmente inclinati (W).

- RETE ACQUEDOTTISTICA E FOGNARIA**
-  bacino acqua potabile
 -  bacino acqua ad uso industriale
 -  adduttore principale di acquedotto
 -  collettore principale della rete fognaria
 -  depuratore
 -  scaricatore della fognatura





- AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE (d. lgs. 258/2000)**
-  area di rispetto criterio geometrico
- VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA (d.g.r. 25 gennaio 2002, n. 7/7868)**
-  reticolo idrico minore (R.I.M.)
 -  reticolo idrico principale (R.I.P.)
 -  lago

Figura 11 – Stralcio della carta idrogeologica del PGT di Villa d'Ogna (GeoTer, 2009)

Comune di Villa d'Ogna Prot. n. 0000607 del 26-01-2024 arrivo Cat. 6 Cl. 5



6 INDAGINI GEOGNOSTICHE

6.1 Premessa

Per la caratterizzazione dei terreni oggetto di intervento, finalizzata a delineare l'assetto stratigrafico e le caratteristiche litotecniche dei terreni interessati dal progetto, sono state eseguite le seguenti indagini:

CODICI	TIPOLOGIA	NUMERO	CARATTERISTICHE
PSP	Prove penetrometriche dinamiche (DPSH)	3	Eseguite mediante penetrometro superpesante Pagani TG63-100
HV	Prova sismica passiva di tipo H/V	2	Eseguite mediante Tromino®

Figura 12 – Tabella riassuntiva delle indagini geognostiche eseguite nel sito di progetto

Le prove penetrometriche sono state eseguite, nella disponibilità delle aree di indagine appartenenti a privati, in prossimità della pista ciclopedonale laddove utile per il dimensionamento delle opere di maggiore entità.

Seguendo questa logica, la prova PSP1 è stata eseguita all'altezza del tratto 1.01 della pista in progetto, al fine di verificare i terreni nell'intorno del canale esistente.

Le prova PSP2 e PSP3 sono state eseguite in corrispondenza di un'area prativa privata all'altezza del tratto 1.03, al fine di definire i parametri geotecnici per il dimensionamento del muro di sostegno della pista. In parallelo alla prova PSP1 ed alle prova PSP2 e PSP3 sono state realizzate n. 2 indagini sismiche, rispettivamente HV1 ed HV2.





Figura 9 – Stralcio tavola 1 – Ubicazione indagini geognostiche

Comune di Villa D'Ogna Prot. n. 0000607 del 26-01-2024 arrivo Cat. 6 Cl. 5



6.2 Prove penetrometriche dinamiche

6.2.1 Caratteristiche delle prove

Le prove penetrometriche dinamiche (PSP1-PSP3) sono state eseguite mediante penetrometro mediante penetrometro superpesante statico Pagani TG63-100, con maglio del peso di 63,50 kg ed altezza di caduta pari a 75 cm.

I dati tecnici del penetrometro possono essere così riassunti:

Diametro delle aste	: 34 mm
Diametro dei rivestimenti	: 48 mm
Punta conica – diametro	: 50,8 mm
Conicità	: 90°
Peso del maglio	: 63,50 kg
Altezza di caduta (volata)	: 75 cm

Nei tabulati allegati sono riportati:

1. Le tabelle dei numeri di colpi necessari all'avanzamento della punta penetrometrica nel terreno.
2. I diagrammi indicanti il numero dei colpi necessari all'avanzamento della punta penetrometrica.

Per la trattazione teorica dei metodi di calcolo ed interpretazione delle prove penetrometriche si rimanda alla bibliografia specifica.



Di seguito si riportano alcune riprese fotografiche dell'esecuzione della prova.



Figura 13 – Prova PSP1



Figura 14 – Esecuzione prova PSP2



Comune di Villa D'Ogna Prot. n. 0000607 del 26-01-2024 arrivo Cat. 6 Cl. 5



Figura 15 – Esecuzione prova PSP3



6.2.2 Profondità raggiunta dalle prove e livelli litotecnici determinati

La profondità esatta raggiunta dalla prova penetrometrica dinamica è indicata nella seguente tabella:

N. PROVA	PROFONDITÀ RAGGIUNTA [m]	ASTE UMIDE [m]
PSP1	6.00	-
PSP2	7.40	-
PSP3	1.40	-

Figura 16 - Profondità raggiunta dalle prove penetrometriche dinamiche

Le tra prove possono essere suddivise in due gruppi tipologico – localizzativi:

- La prova PSP1 è di riferimento per il tratto di progetto 1.01 e non è correlabile con le altre due prove. La prova mostra un profilo caratterizzato da 3 livelli litotecnici: il primo, di spessore 1.00 m circa, poco consistente ($N_{SPT} 3$), il secondo, che parte da 1.00 m fino alla profondità di rifiuto, vede depositi mediamente addensati ($N_{SPT} 10$) mentre a partire dai 6.00 m si osserva l'orizzonte di rifiuto.
- Le prove PSP2 e PSP3, eseguite alla distanza di circa 30 m l'una dall'altra, mostrano un primo orizzonte poco consistente esteso ($N_{SPT} 3$) fino a 1.40 m di profondità. Al di sotto, si osserva un orizzonte disomogeneo (diamicton) caratterizzato da buon addensamento ($N_{SPT} 22$) fino a rifiuto. L'orizzonte di rifiuto per la prova non deve essere preso come assoluto in quanto la disomogeneità dell'orizzonte litotecnico genera profili di rifiuto a profondità differenti (come evidenziato dalla prova PSP3 per cui il rifiuto è avvenuto a circa 1.00 m a causa della presenza di un probabile masso sepolto).



6.3 Indagini sismiche

Per la caratterizzazione sismica del sito sono state eseguite n. 2 indagini mediante Tromino® con elaborazione HVSR in corrispondenza nelle aree di esecuzione delle prove penetrometriche.

In particolare, è stata eseguita n. 1 indagine di riferimento per il tratto 1.01 ed una per il tratto 1.03

L'obiettivo dell'indagine è quello di ricavare la stratigrafia sismica del sito, ovvero il profilo delle onde Vs (onde di superficie), al fine di definire correttamente la classe di sottosuolo sismica dell'ambito in accordo con le indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni, agg. 2018.

L'aggancio stratigrafico per la prova prove è stato valutato sulla base dei risultati dalle prove penetrometriche eseguite.



6.3.1 Cenni teorici

6.3.1.1 Indagine HVSR

La metodologia microtremori HVSR (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio) è una tecnica di analisi passiva non invasiva a stazione singola del rumore sismico ambientale presente attorno ad una determinata posizione sulla superficie del terreno. Essa consiste essenzialmente nel calcolare il rapporto fra le ampiezze degli spettri di Fourier delle componenti orizzontale e verticale di tale rumore e analizzare i picchi (o massimi di tale funzione).

La prova, comunemente nota con il termine H/V o HVSR (rapporto tra le componenti spettrali fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989).

L'indagine consiste nella misurazione, e nella successiva elaborazione, del microtremore ambientale nelle sue tre componenti spaziali (x, y e z opp. E-W, N-S e Up-Down) a varie frequenze.

La prova sismica passiva a stazione singola mette in luce le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica, in quanto il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione. Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (per l'appunto di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine (rumore ambientale). Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti.

Le vibrazioni ambientali sono costituite da piccole vibrazioni del terreno (spostamenti dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-3} cm, in un intervallo di frequenze molto al di sotto della soglia di percezione umana) che è possibile osservare sperimentalmente in qualunque punto della Terra.

Questo tipo di fenomeno è stato indagato sin dai primordi della sismologia strumentale ma negli ultimi anni c'è stata una progressiva crescita interesse dei



sismologi e degli ingegneri in vista delle sue potenziali applicazioni per la caratterizzazione dinamica del sottosuolo e delle strutture edilizie.

In un sistema costituito da uno strato tenero (es: coperture) sovrastante un semispazio rigido (es: bedrock), un'onda tenderà a rimanere intrappolata nello strato tenero per riflessioni multiple (alla superficie libera, nuovamente al bedrock e così via) e darà luogo a fenomeni di risonanza per lunghezze d'onda incidenti $\lambda = n \cdot 4 H$. Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla legge:

$$f_r = n \frac{V_s}{4H} \quad n = 1,3,5,\dots$$

- n = ordine del modo di vibrare;
- V_s = velocità delle onde di taglio dello strato che risuona;
- H = spessore dello strato.

Nel caso, più comune, in cui il sistema studiato sia a più strati, occorre determinare il valore di V_s tramite una media pesata delle velocità delle onde di taglio che caratterizzano gli strati presenti al di sotto della fondazione dell'edificio per tutta la profondità investigata; più precisamente:

$$\overline{V_s} = \sum_{i=1}^n \frac{V_{si} \cdot H_i}{H}$$

- H_i = spessore dello strato i -esimo;
- V_{si} = velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo;
- H = spessore totale del deposito investigato.



6.3.2 Strumentazione utilizzata

Per le indagini è stato utilizzato lo strumento Tromino BLU ® prodotto da Moho Science & Technology.



Figura 17 – Tromino Blu ® con cui sono state realizzate le misure in campo

Per l'indagine MASW è stato implementato il radio-trigger sempre prodotto da Moho Science & Technology, opportunamente accoppiato via segnale radio al Tromino®

Le caratteristiche tecniche dello strumento sono le seguenti:

Registratore digitale tutto in uno

10 x 7 x 13 cm, ~ 1 kg

16 Gb di memoria

batteria interna ricaricabile

2 set di piedini per accoppiamento al suolo

banda di lavoro tipica 0.1-500 Hz

- 3 canali velocimetrici per microtremore sismico ambientale e vibrazioni forti, 6 livelli di amplificazione (saturazione da ± 0.5 mm/s a ± 40 mm/s in banda)
- 3 canali accelerometrici (saturazione a ± 2 g) (l'output è il risultato di 4 accelerometri per ciascuno dei 3 assi)
- 1 canale analogico (es. trigger esterno)
- frequenze di campionamento 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096 Hz su tutti i canali
- modulo GPS integrato con antenna interna ed esterna



6.3.3 Indagini HVSR

HV1					
Dati generali					
Strumento	Tromino BLU	Formato	32 bit	Fondo scala	89 mV
Coordinate					
Posizione GPS	009°55.5931 E	45°54.4546 N	507 m s.l.m.		
Campionamento					
Inizio registrazione	Data	21/12/2023	Ora	10:01:35	
Fine registrazione	Data	21/12/2023	Ora	10:21:35	
Durata	0h 20' 00".		Frequenza	128 Hz	
Nome canali	NORTH-SOUTH; EAST-WEST; UP-DOWN				
					
Analisi					
Lunghezza finestre					10 s
Lisciamento	5%	Tipo di lisciamento		Triangular window	



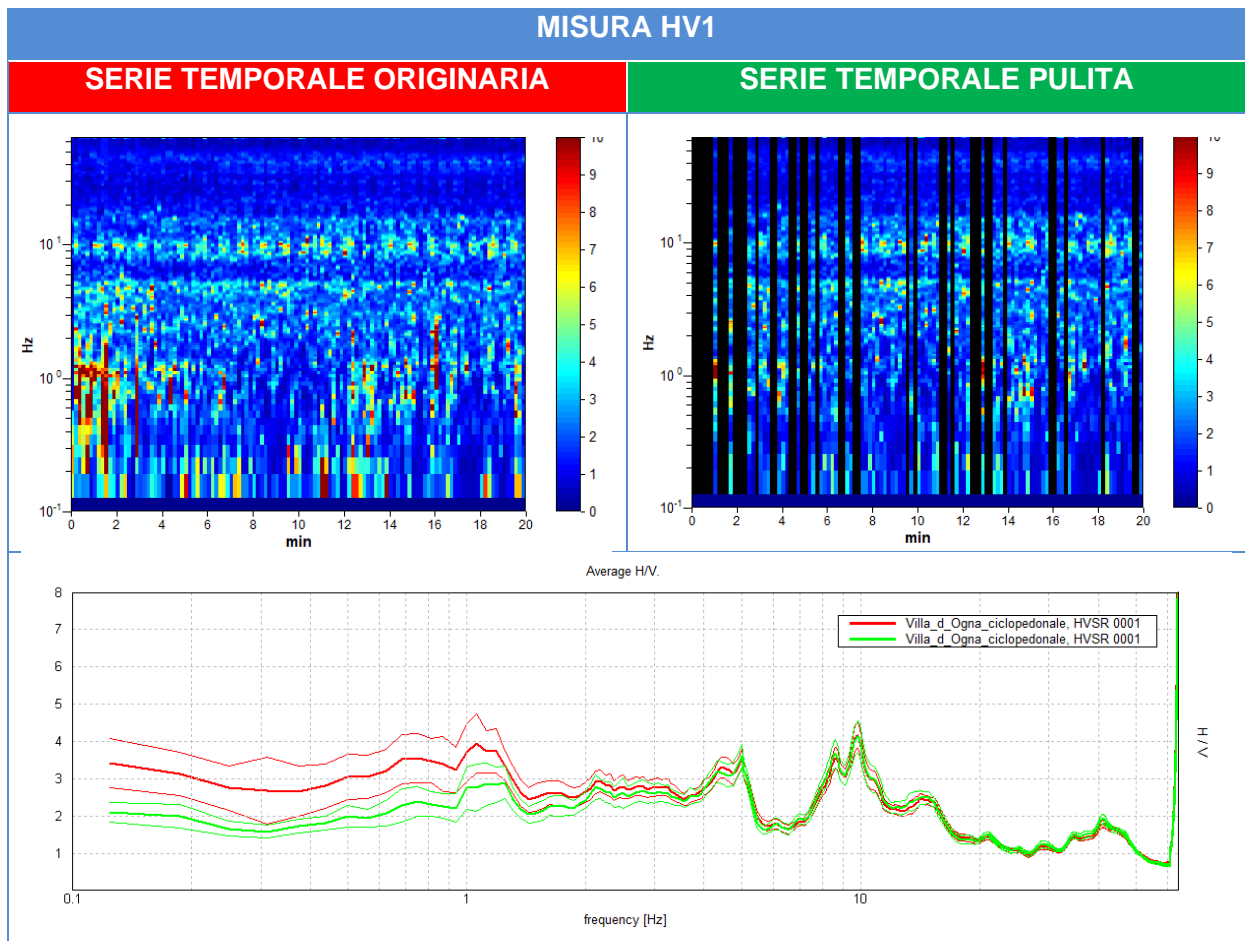
HV2					
Dati generali					
Strumento	Tromino BLU	Formato	32 bit	Fondo scala	89 mV
Coordinate					
Posizione GPS	009°55.5192 E	45°54.6120 N	519 m s.l.m.		
Campionamento					
Inizio registrazione	Data	21/12/2023	Ora	11:57:37	
Fine registrazione	Data	21/12/2023	Ora	12:11:37	
Durata	0h 14' 00".		Frequenza	128 Hz	
Nome canali	NORTH-SOUTH; EAST-WEST; UP-DOWN				
					
Analisi					
Lunghezza finestre					10 s
Lisciamento	5%	Tipo di lisciamento	Triangular window		

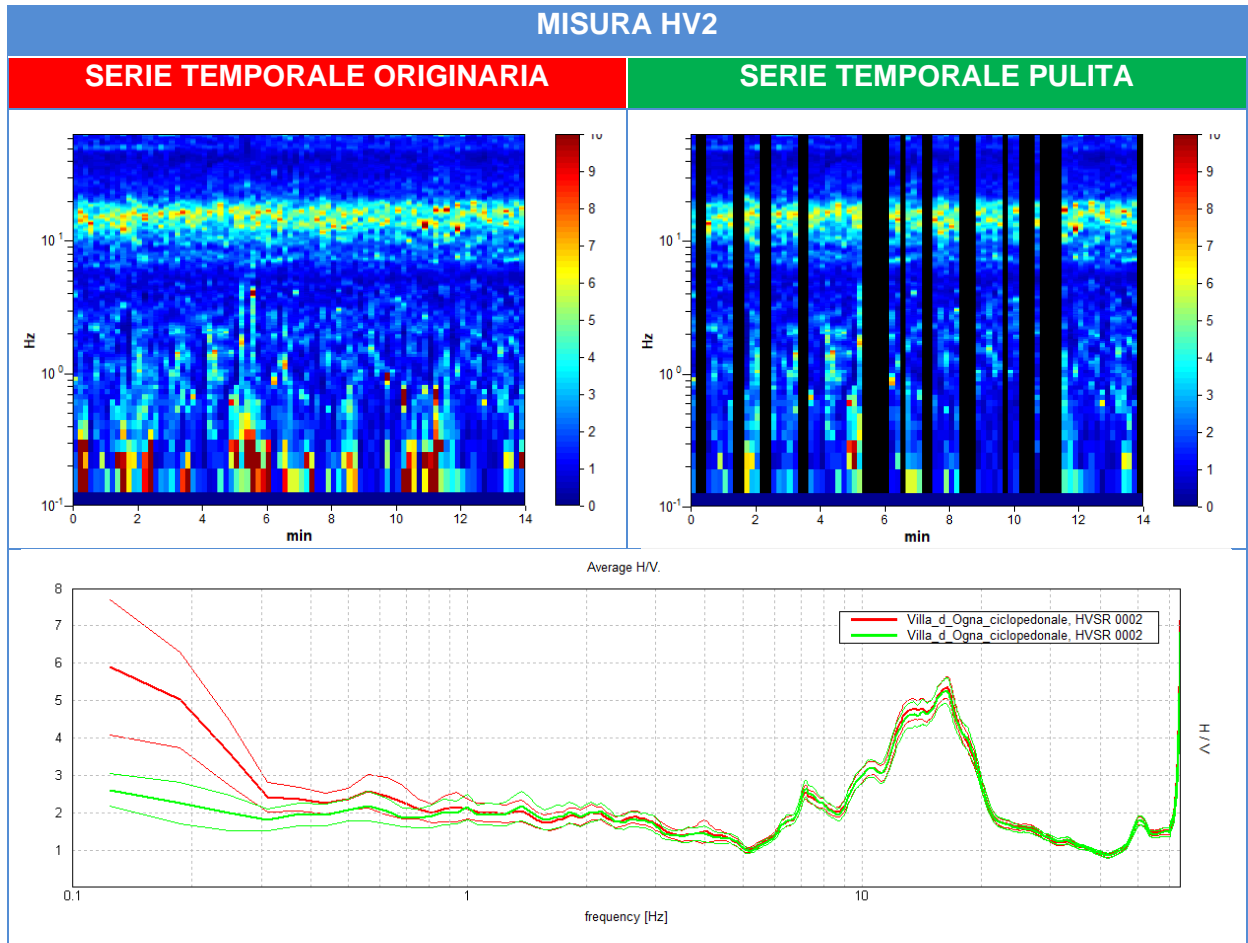


6.3.3.1 Pulizia della traccia sismica HVSR

Il “rumore” incoerente nel dominio del tempo è dovuto essenzialmente a transienti ed a rumore stazionario quasi bianco. Mentre tali appaiono differenti nel dominio dei tempi, sono tra loro simili nel dominio delle frequenze, dove appaiono entrambi come spettri piatti.

Ne consegue che la pulizia delle tracce viene effettuata in modo più efficace nel dominio delle frequenze, escludendo gli intervalli di registrazione che posseggono degli spettri alterati nella normale media delle letture circostanti.

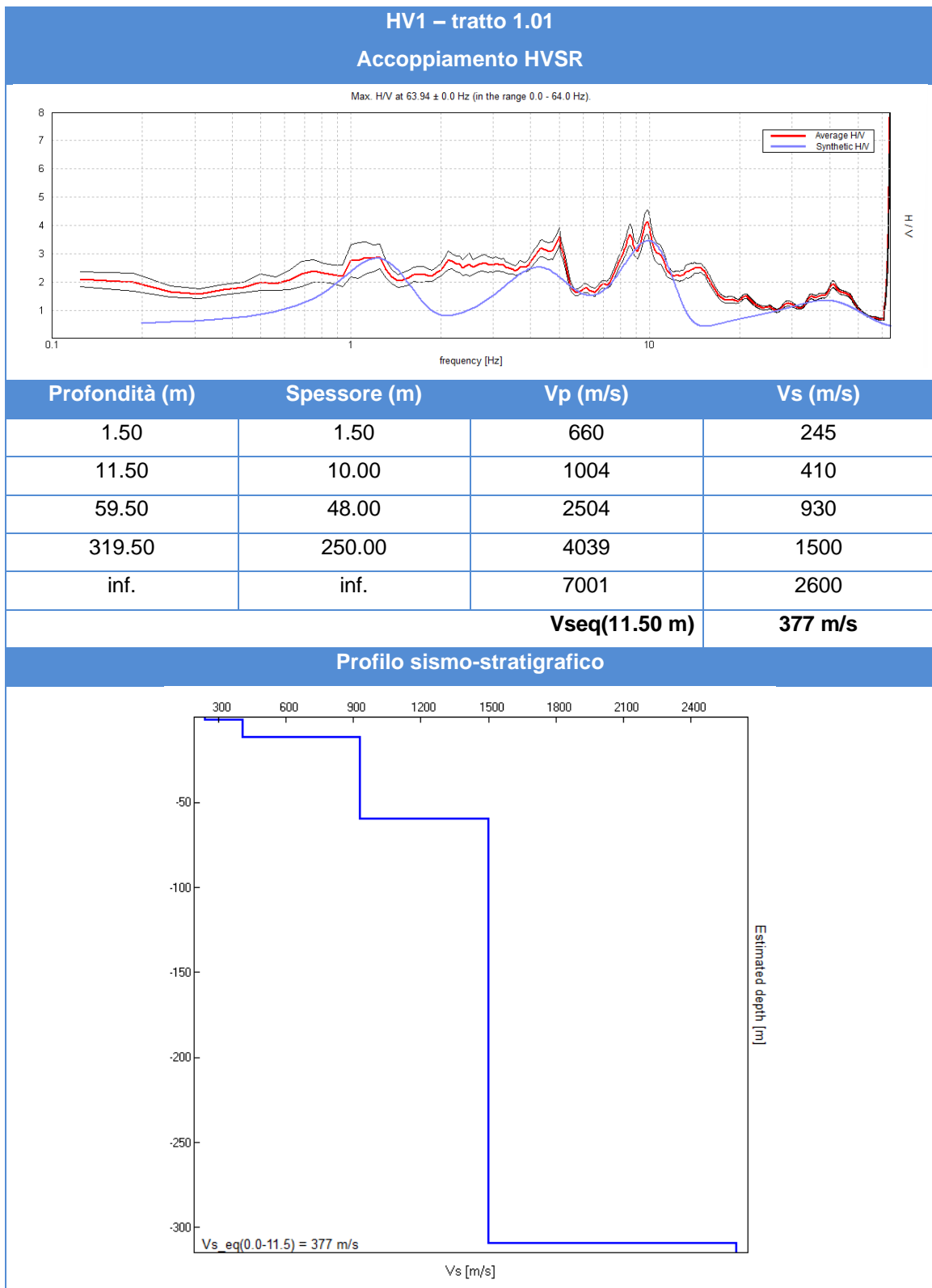


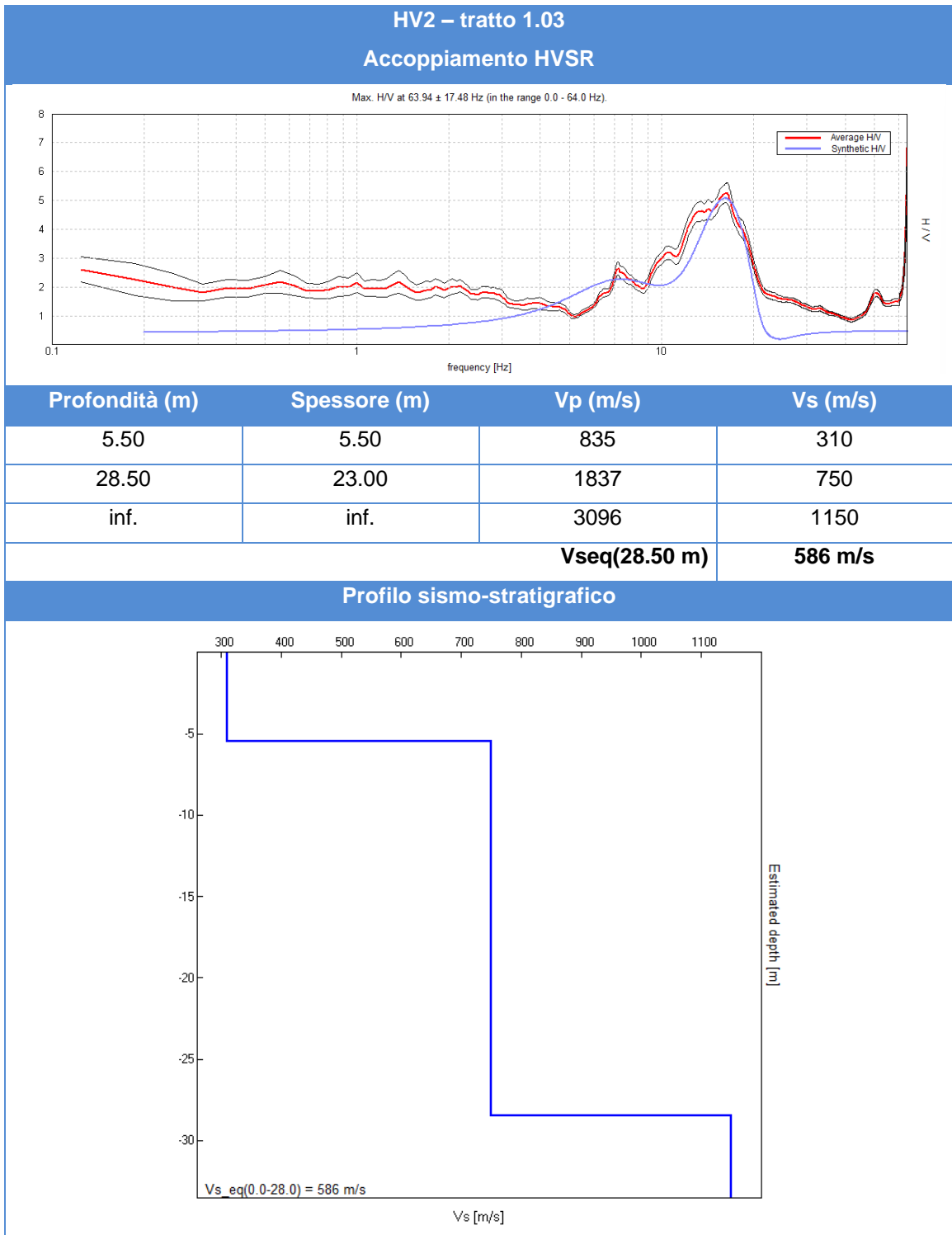


Comune di Villa D'Ogna Prot. n. 0000607 del 26-01-2024 arrivo Cat. 6 Cl. 5



6.3.4 Analisi della traccia ed interpretazione





7 MODELLO GEOTECNICO DEL SITO

7.1 Caratterizzazione stratigrafica

Dalle osservazioni di terreno effettuate, dai risultati delle indagini geognostiche eseguite, dalla consultazione della bibliografia disponibile e dall'esperienza maturata dallo scrivente in terreni prossimali al sito di intervento, è possibile delineare le seguenti stratigrafie medie:

TRATTO 1.01 – PROVA PSP1			
LIVELLO (N_{SPT})	PROFONDITÀ	LITOLOGIA	INTERPRETAZIONE
A (3)	Da 0.00 a 1.00 m	Livello poco consistente Argille limose	Orizzonte pedogenizzato e riporto
B1 (10)	Da 1.00 a 6.00 m	Livello mediamente Sabbie limose debolmente ghiaiose	Riporto di materiale inerte
C (R)	Oltre 6.00 m	Livello resistente Ghiaie e ciottoli	Depositi alluvionali grossolani

Figura 18 - Stratigrafia di riferimento per il tratto 1.01

Il primo livello A individua l'orizzonte superficiale di pedogenizzazione, rimaneggiato, ospitante anche il primo suolo organico.

Per l'interpretazione del livello B è necessario fare riferimento alla carta geomorfologica del PGT Comunale illustrata in precedenza che individua, a valle del capannone esistente, la presenza di materiale di riporto di inerti. Di conseguenza, viene associato al livello B un orizzonte poco consistente (ghiaie, sabbie, limi sciolti) di riporto. Come osservabile anche nell'intorno del canale sono individuati riporto di inerti, per cui l'associazione litologica si ritiene coerente.

Il livello C mostra l'orizzonte di rifiuto, definibile dai depositi fluvio – glaciali.



TRATTO 1.03 – PROVE PSP2 e PSP3			
LIVELLO (N_{SPT})	PROFONDITÀ	LITOLOGIA	INTERPRETAZIONE
A (3)	Da 0.00 a 1.40 m	Livello poco consistente Argille limose	Orizzonte pedogenizzato e riporto
B2 (22)	Oltre 1.40 m	Livello addensato Diamicton fluvio-glaciale	Depositi fluvioglaciali misti

Figura 19 – Stratigrafia di riferimento per il tratto 1.03

Il primo livello A è coerente con quanto osservato anche nella prova PSp1 e mostra l'orizzonte di pedogenizzazione e di suolo organico.

Il secondo livello B è definito da diamicton generico, misto, formato da ghiaie e ciottoli immerse entro una matrice limoso – sabbiosa. Si tratta di depositi fluvioglaciali di genesi mista.

In generale, per i rimanenti tratti di pista, non interessati da opere e manufatti di elevata significatività (tratti 1.02, 1.04, 1.05 e 1.06), può essere considerata di riferimento la stratigrafia del tratto 1.03.



7.2 Parametrizzazione geotecnica

7.2.1 Premessa tecnica

L'Eurocodice 7: "Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules", introduce il concetto dei valori caratteristici dei parametri geotecnici.

Il valore caratteristico, inteso come una stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite in considerazione, dovrà essere utilizzato in qualsiasi tipo di verifica geotecnica, che si tratti di SLU (stati limite ultimi ovvero potenziale presenza di una superficie di rottura) o di SLE (stati limite di esercizio ossia deformazioni di tipo elastico o di consolidazione a prescindere dallo stato di rottura).

L'EC7, al punto 2.4.5.2 2(P), definisce quanto segue:

"Il valore caratteristico di un parametro geotecnico sarà scelto come una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite"

I punti salienti della definizione sono i seguenti:

- ✓ Stima cautelativa: si tratta di una stima (il vocabolo prende in considerazione l'incertezza esistente in geotecnica dovuta alla notevole variabilità delle proprietà dei depositi nonché all'incertezza dovuta alle informazioni non complete generalmente a disposizione tramite prove in situ e di laboratorio), che deve essere a favore della sicurezza.
- ✓ Valore che influenza l'insorgere dello stato limite: il valore caratteristico è in funzione dello stato limite considerato, ad esempio la rottura del terreno al collasso verticale della fondazione. Se esaminiamo, invece della rottura al collasso verticale, la rottura allo slittamento, il valore del parametro geotecnico sarà generalmente diverso.

Definire il valore caratteristico significa pertanto scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite, ed adottarne un valore, o stima, a favore della sicurezza.



Si pone in evidenza che l'unica metodologia delineata dall'EC7 per la definizione dei valori caratteristici è di natura statistica, anche se questa non è resa obbligatoria per gli stati membri.

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato.

1. Una stima cautelativa del valore medio è una selezione del valore medio del limitato insieme dei valori del parametro geotecnico, con un livello di confidenza del 95%.
2. Dove l'analisi riguarda una rottura locale, una stima cautelativa del 'low value' è il 5° percentile.

Occorre considerare tra l'altro se esiste compensazione spaziale o strutturale valutando le fluttuazioni dei parametri.

In sintesi, all'interno di uno strato omogeneo e dello spessore di influenza dello stato limite considerato, valgono le seguenti regole:

- A. Se esiste compensazione spaziale (volume interessato dallo stato limite, o suo spessore in una dimensione, significativamente maggiore della lunghezza delle fluttuazioni nei parametri di resistenza del terreno), allora il valore caratteristico corrisponde al 5° percentile della media ed è generalmente non molto distante dalla media stessa.
- B. Se esiste compensazione strutturale (fondazioni sufficientemente rigide tali da distribuire le sollecitazioni omogeneamente sul terreno), allora il valore caratteristico è lo stesso del precedente caso A.
- C. Se non esiste compensazione strutturale, né compensazione spaziale, allora il valore caratteristico è il 5° percentile della distribuzione statistica del campione, ed è generalmente piuttosto distante dalla media.



7.2.2 Correlazioni geotecniche

Nel caso in oggetto, i dati disponibili derivano dalle prove penetrometriche dinamiche. I valori del numero dei colpi, è stato trasformato in N_{SPT} , secondo la procedura di seguito descritta.

7.2.2.1 Correlazione con N_{SPT} delle prove penetrometriche

Poiché la prova penetrometrica standard (S.P.T.) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{SPT} ottenuto con la suddetta prova; pertanto, si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{SPT} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{SPT} è quella riferita alla prova S.P.T.



L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui:

- M = peso massa battente;
 M' = peso aste;
 H = altezza di caduta;
 A = area base punta conica;
 δ = passo di avanzamento.

Si ricava quindi un coefficiente di correlazione N_{SPT} pari a:

Coeff. Corr. N_{SPT}
1.489 (DPSH)

7.2.2.2 Determinazione dei parametri geotecnici

Una volta eseguita tale trasformazione sono stati stimati i parametri geotecnici di riferimento per gli strati omogenei individuati.

Le correlazioni utilizzate per la stima dei principali parametri sono quelle più adatte al contesto litologico del sito tra le seguenti:



7.2.2.3 A - Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Correzione N_{SPT} in presenza di falda

$$N_{SPT} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{SPT} - 15).$$

N_{SPT} è il valore medio nello strato.

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- ✓ Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a profondità < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per profondità < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq).
- ✓ Shioi-Fukuni 1982 (Road Bridge Specification) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (condizioni ottimali per profondità di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- ✓ Shioi-Fukuni 1982 (Japanese National Railway) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- ✓ Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (condizioni ottimali per profondità > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.

Modulo di Young (E_y)

- ✓ Terzaghi, elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- ✓ Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- ✓ Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- ✓ D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- ✓ Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.



Peso di volume gamma (γ)

- ✓ Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo (γ_{sat})

- ✓ Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $\gamma = 2,65$ t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 ($N_{SPT} = 0$) a 1,99 ($N_{SPT} = 95$).

7.2.2.4 B - Correlazioni geotecniche terreni coesivi**Coesione non drenata (C_u)**

- ✓ Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- ✓ Terzaghi-Peck (1948). C_u min-max.
- ✓ Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago). Coesione non drenata C_u (Kg/cm²), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- ✓ Shioi-Fukuni 1982, valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.



Modulo edometrico-confinato (M_o)

- ✓ Stroud e Butler (1975), per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- ✓ Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali.
- ✓ Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).

Peso di volume gamma (γ)

- ✓ Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo (γ_{sat})

Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa $G=2,70$ (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ($N_{SPT} = 0$) a 0,545 ($N_{SPT} = 28$).



7.2.3 Atribuzione dei parametri

In prima battuta si è deciso di considerare il caso in cui esista la **compensazione spaziale e/o strutturale** per la definizione dei parametri geotecnici. Nel caso in cui le scelte progettuali definitive (dimensione e profondità di posa delle fondazioni ecc.), non permettano di considerare la compensazione spaziale e/o strutturale, i parametri di seguito elencati andranno rivalutati sulla scorta delle nuove condizioni.

Di seguito si riassumono i parametri determinati.

TRATTO 1.01 – prova PSP1							
Livello		Peso specifico naturale	Peso specifico saturo	Angolo d'attrito	Coesione drenata	Coesione non drenata	Modulo edometrico/ elastico
		kg/m ³	kg/m ³	°	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
COESIVO	A (3)	1600	1700	20-22	0.00-0.10	0.15-0.25	15-30 (Ed)
MISTO	B (10)	1900	2000	25-27	0.00-0.05	0.50-0.60	40-80 (Ed)
COERENTE	C (R)	2300	2400	33 – 35	0.00-0.05	n.c.	350-400 (EI)

Figura 20 – Litologie e principali parametri geotecnici caratteristici



TRATTI 1.02, 1.03, 1.04, 1.05, 1.06 – prove PSP2 e PSP3							
Livello		Peso specifico naturale	Peso specifico saturo	Angolo d'attrito	Coesione drenata	Coesione non drenata	Modulo edometrico/ elastico
		kg/m ³	kg/m ³	°	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
COESIVO	A (3)	1600	1700	20-22	0.00-0.10	0.15-0.25	15-30 (Ed)
MISTO	B (22)	2200	2300	28-30	0.00-0.05	n.c.	200-250 (EI)

I parametri geomeccanici assegnati ai livelli litotecnici riconosciuti sono stati ricavati dalle correlazioni geotecniche di letteratura applicate alle indagini geognostiche effettuate. I valori di ciascun parametro sono stati scelti tra le correlazioni più adatte allo specifico contesto geologico e geotecnico del sito, e parzialmente rivalutati secondo una stima ragionata e cautelativa.



8 RISPOSTA SISMICA E STABILITÀ DEL SITO

8.1 Azione sismica

La verifica dell'operatività di una struttura, o infrastruttura, necessita della definizione delle caratteristiche sismiche dell'area e delle possibili accelerazioni che le caratteristiche stratigrafiche e topografiche dell'area possono portare.

A partire dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni (DM 14 gennaio 2008) e nell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17 gennaio 2018) il fattore "sismicità" entra direttamente nelle verifiche di Stato Limite come Azione Sismica.

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 e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al par. 3.2.2 delle NTC2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_E(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} come definite nel par 3.2.1 delle NTC2018, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel par 2.4 delle NTC2018. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*_C valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



Per i valori di a_g , F_0 e T_c^* , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

8.1.1 Parametri sismici puntuali

Per la definizione dei parametri sismici a_g , F_0 e T_c^* si è tenuto conto della categoria d'uso II considerando che si tratta di un'opera pubblica, ma che svolge prevalentemente funzione di pista ciclopedonale e pertanto senza importanza di natura strategica, soprattutto considerandone la localizzazione.

Data la tipologia di opera, si è inoltre prevista una vita nominale >50 anni.

Di seguito si riportano i parametri puntuali riferiti all'edificio in progetto.

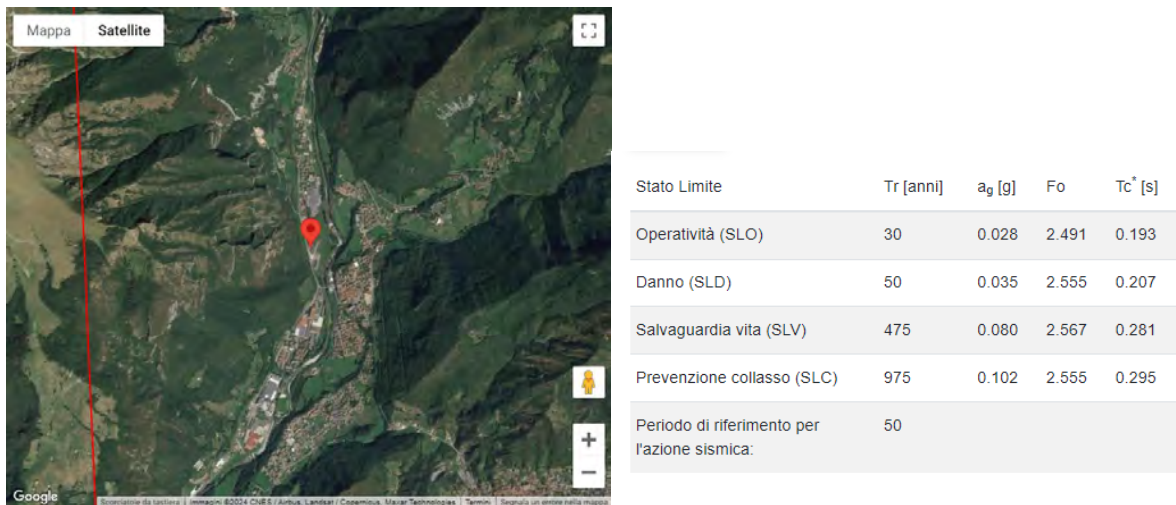


Figura 21 – Parametri sismici puntuali

Per lo stato limite di vita (SLV) si definiscono quindi i seguenti parametri sismici:

T_r	475 anni
A_g	0.080 [g]
F_0	2.567
T_c^*	0.281 [s]



8.1.2 Stati limite e probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati di esercizio (SLE) comprendono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi (SLU) comprendono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione



conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate di seguito.

Stati Limite PVR	PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Figura 22 – Tabella delle probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato

Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di P_{VR} forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R si ricava il periodo di ritorno T_R del sisma utilizzando la relazione:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = -C_U V_N / \ln(1 - P_{VR})$$

8.1.3 Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel par. 7.11.3 delle NTC2018. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella tabella che segue, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato



costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo.

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche 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.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

I parametri vengono così definiti:

h_i spessore dell'*i*-esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella della formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite di seguito:



Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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	Depositati 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	Depositati 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.

Figura 23 - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al par. 3.2.3 delle NTC2018.

Le indagini sismiche effettuate hanno consentito di definire il profilo sismostratigrafico per i due tratti interessati da opere di sostegno della pista. In particolare, per la prova HV1 si ottiene un valore di $V_{s,eq}$ pari a 377 m/s, mentre per la prova HV2 un valore pari a 586 m/s. Per ambedue le indagini si associa la classe di sottosuolo B



8.1.4 Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$
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 $i > 30^\circ$

Figura 24 - Categorie topografiche

Le già indicate categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

L'area di progetto si pone in un contesto di fondovalle. Pertanto, è possibile associare al sito la categoria topografica T1, per cui S_T pari a 1,0.



8.2 Risposta sismica locale – Componente sismica dei P.G.T. Comunali

8.2.1 Generalità e metodologie di analisi

Con l'entrata in vigore, il 23 ottobre 2005, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 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" (pubblicata sulla G.U. n. 105 del 08-05-2003 Supplemento ordinario n. 72), viene effettuata una suddivisione del territorio nazionale su base sismica e vengono fornite le prime normative tecniche per le costruzioni nelle zone sismiche. La Regione Lombardia ha preso atto della classificazione di tale Ordinanza mediante la d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003.

L'Ordinanza è peraltro entrata in vigore contestualmente al D.M. 14-09-2005 "Norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n. 222 del 23-09-2005 Supplemento ordinario n. 159.

Grazie alla nuova Ordinanza, si è passati dalla vecchia classificazione sismica del territorio nazionale (D.M. 5 marzo 1984) alla suddivisione nuova che, per la Lombardia, classifica 41 comuni in zona 2, 238 comuni in zona 3 e 1267 comuni in zona 4.

In tempi più recenti, la classificazione sismica del territorio lombardo è stata oggetto di una nuova revisione in base alla quale il territorio di Villa d'Ogna è stato riclassificato nella zona sismica 3.



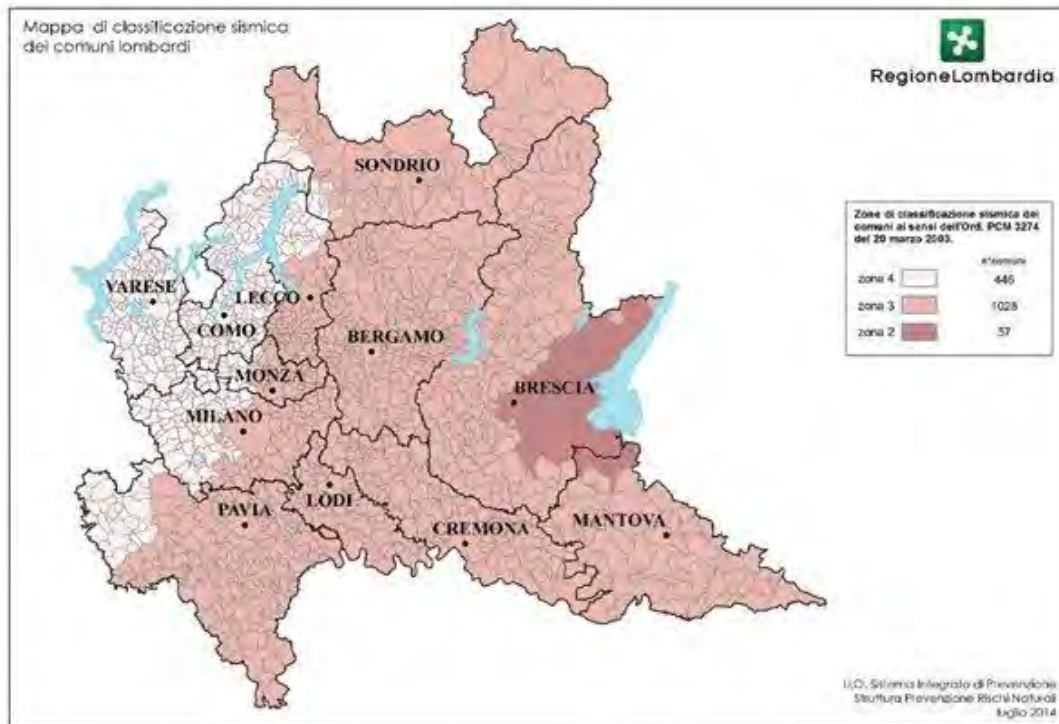


Figura 25 - Classificazione sismica secondo D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129

Al fine di sviluppare una metodologia di valutazione dell'amplificazione sismica locale in adempimento alle nuove normative nazionali, la Regione Lombardia ha predisposto uno studio pilota, elaborato dal Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Strutturale, basato sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate in aree campione del territorio regionale. Tale metodologia, esaustivamente descritta nell'Allegato 5 dei Criteri attuativi della L.R. 12/2005, prevede studi basati su **tre livelli di approfondimento crescente**.



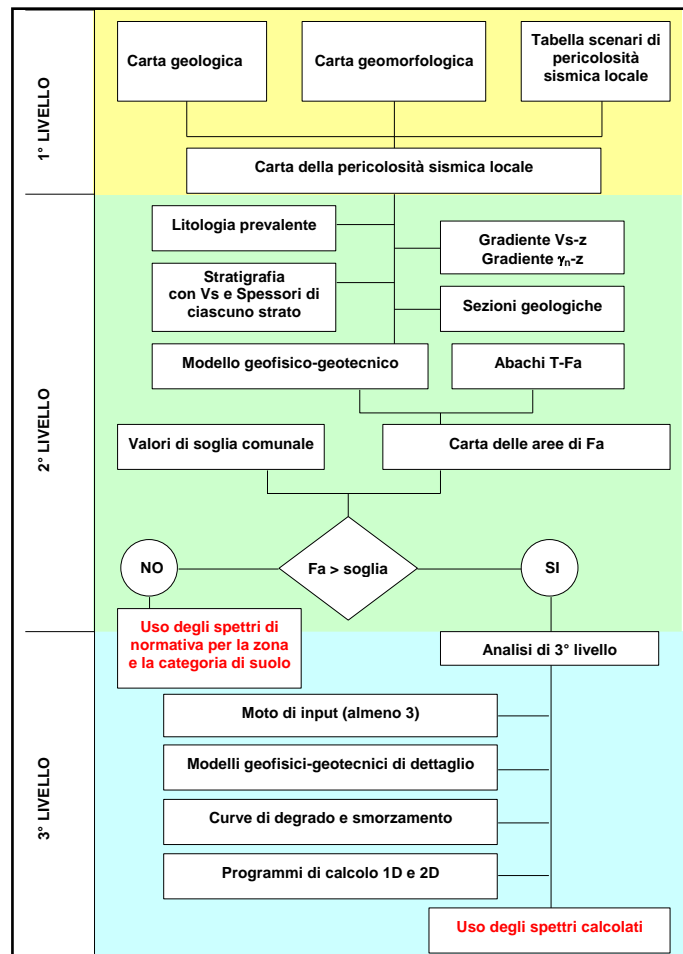


Figura 26 - Diagramma dei percorsi di definizione dei tre livelli di approfondimento sismico (Criteri attuativi L.R. 12/05 – Regione Lombardia)

Comune di Villa D'Ogna Prot. n. 0000607 del 26-01-2024 arrivo Cat. 6 Cl. 5



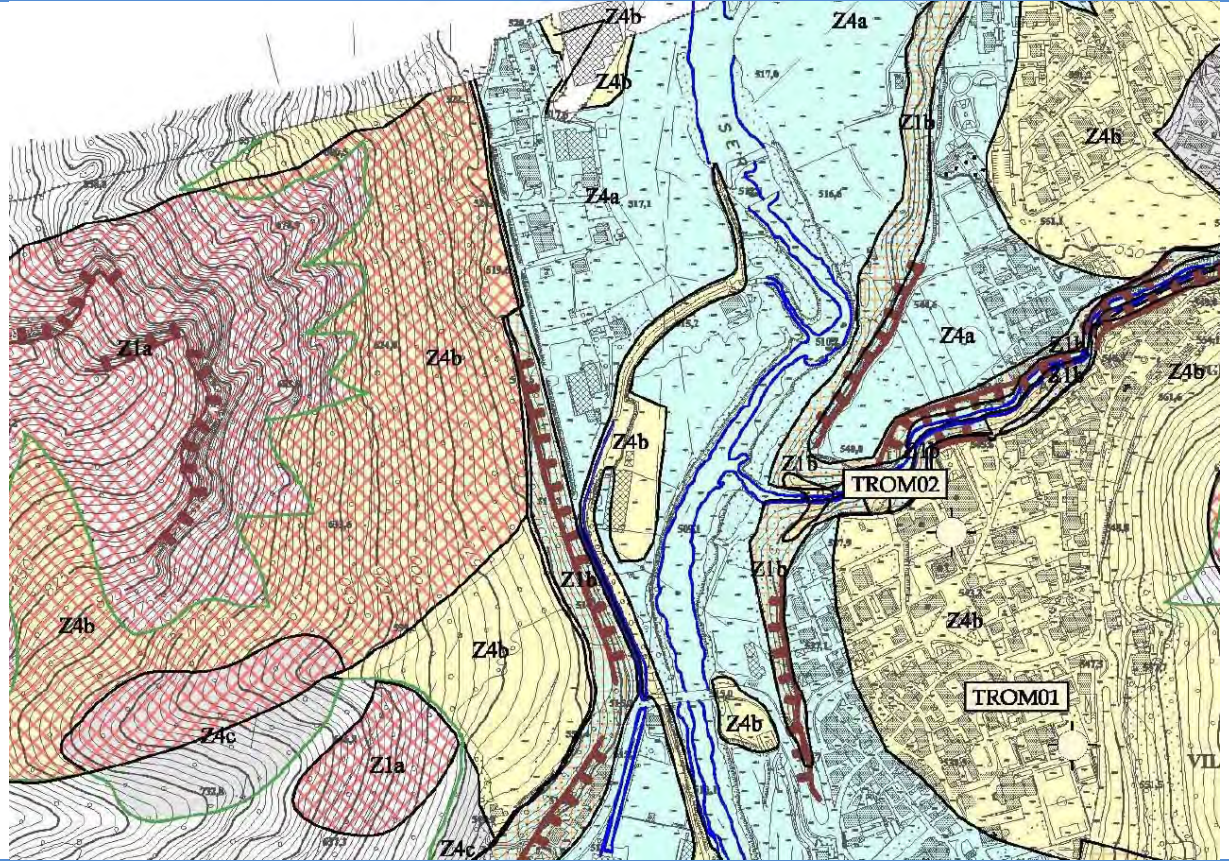
8.2.2 1° Livello – carta della PSL

Il **1° livello**, obbligatorio per tutti i comuni, consiste in una zonazione del territorio comunale in aree a diverso grado di pericolosità sismica locale, sulla base degli elementi geologici e geomorfologici presenti, nonché la redazione di una Carta della Pericolosità Sismica Locale contenente tali perimetrazioni.

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Figura 27 - Scenari di pericolosità sismica locale



STRUMENTO	Carta della Pericolosità Sismica Locale del P.G.T. comunale
AUTORE	Studio GeoTer Novembre 2009
AMBITI O VINCOLI RAPPRESENTATI	<ul style="list-style-type: none"> Ambiti di amplificazione sismica locale
	
VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI COMPLETAMENTE	Tratto 1.01 – scenario Z4b Tratti da 1.02 a 1.06 – scenario Z4a
VINCOLI O AMBITI INTERFERENTI MARGINALMENTE	-
NOTE	-



8.2.3 2° livello – Verifica del fattore di amplificazione Fa

La verifica del fattore di amplificazione segue l'analisi dell'amplificazione Litologica di cui al paragrafo 7.1.3 del presente elaborato.

Mediante il 2° livello di approfondimento si individuano quelle aree dove la normativa nazionale non è sufficiente a salvaguardare dagli effetti dell'amplificazione sismica locale, ovvero quelle zone dove il fattore di amplificazione Fa calcolato è superiore al valore Fa di soglia fornito per il comune dal Politecnico di Milano.

In queste aree bisogna procedere con gli approfondimenti di 3° livello, oppure usare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore. In base ai dati ricavati dalle indagini indirette vengono calcolati il valore delle $V_{s,eq}$ e il periodo proprio (T) per ogni colonna stratigrafica analizzata.

Il valore delle $V_{s,eq}$ viene calcolato utilizzando l'equazione di cui al paragrafo 9.1.3.

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.

Sempre in base ai dati ricavati dalle indagini indirette, viene associata ad ogni ambito di interesse la relativa scheda litologica di valutazione di riferimento, verificandone la validità in base all'andamento dei valori di V_s con la profondità.

È così possibile calcolare il valore di F_a per gli intervalli di periodi 0.1 – 0.5 s e 0.5 – 1.5 s, individuando così i valori soglia del fattore di amplificazione in funzione della



categoria di suolo e per i due intervalli di periodi.

Tali valori devono essere confrontati con il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia, che rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

Comune	intervallo [s]	B	C	D	E
Villa d'Ogna	0.1-0.5	1.4	1.9	2.2	2.0
	0.5-1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

Figura 28 – Tabella di sintesi delle soglie definite per il Comune di Villa d'Ogna (Fonte RL)

Con riferimento alla campagna di II livello svolta in seno alla redazione della componente geologica del PGT di Villa d'Ogna (GeoTer, 2009) considerata la classe d'uso dell'opera e le opere in progetto, si ritiene coerente l'attribuzione della classe di sottosuolo B emersa dalle indagini svolte.



8.3 Adeguatezza del sito di costruzione

L'area di intervento non ricade all'interno di ambiti di frana o dissesto che possono riattivarsi in caso di sisma. Inoltre, l'ambito non ricade in prossimità di zone tettonicamente interessanti o in presenza di faglie attive.

8.4 Adeguatezza del terreno di fondazione

I problemi riguardanti i terreni di fondazione in rapporto al fenomeno sismico sono la liquefazione e il cedimento; fenomeni che possono determinare pericolosità anche elevata per l'integrità della struttura e per la popolazione.

8.4.1 Liquefazione

Ai fini delle norme, il termine "liquefazione" denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

Deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sottofalda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa. Non sono presenti le condizioni litologiche (sabbie sciolte o sabbie limose) affinché si verifichi tale fenomeno.

8.4.2 Cedimenti sismici

Ai fini delle norme, il termine "cedimento sismico" denota un addensamento di sabbie sciolte in condizioni sia sature che sottosature. Non sono individuati i caratteri litologici necessari a tale fenomeno.



9 INDICAZIONI TECNICHE

9.1 *Consigli e prescrizioni di carattere generale*

Le fondazioni delle strutture di nuova realizzazione, in rifacimento o in ampliamento dovranno essere scelte e dimensionate dallo Strutturista incaricato, sotto la propria esclusiva competenza e responsabilità.

Nel dimensionamento delle opere di sostegno della pista ciclopedonale sarà necessario prendere in considerazione i risultati emersi dalle indagini geognostiche, sia per la verifica della tenuta della sponda di destra del canale, tratto 1.01, ove sarà ancorata la pista in sede pensile, sia per il corretto dimensionamento del muro di sostegno del tratto 1.03, sia in termini di capacità portante dei terreni sia in termini di ribaltamento dell'opera.

Gli eventuali sbancamenti dovranno essere eseguiti implementando tecniche tali da operare in sicurezza, soprattutto per scavi di altezza superiore a 2,00 m e tenendo conto della tipologia di terreno e delle sue caratteristiche geotecniche. Si consiglia di prestare attenzione nello scavo ai fianchi soprattutto al fine di mantenere la stabilità della vicina strada provinciale. Oltremodo, si consiglia di impermeabilizzare i fronti di scavo mediante teli impermeabili e di convogliare correttamente le acque di ruscellamento.

La scelta definitiva delle modalità di sbancamento, il dimensionamento delle strutture e di qualsiasi altro elemento di sostegno rimangono comunque di esclusiva competenza e responsabilità dello Strutturista incaricato e/o della Direzione Lavori e del responsabile della sicurezza. In tal senso, si raccomanda allo Strutturista di prendere atto dei parametri geomeccanici emersi della presente relazione.

In qualsiasi caso, i lavori dovranno procedere il più celermente possibile, e gli eventuali fronti di scavo dovranno essere protetti dagli agenti atmosferici mediante teloni impermeabili per tutto il tempo della loro esposizione.



Gli eventuali sbancamenti dovranno in generale essere eseguiti secondo quanto previsto anche dalle linee guida ISPESL per l'esecuzione in sicurezza delle attività di scavo - D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, ed attenendosi alle norme di cui al D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81 ("Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007 n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro") e s.m.i.

Eventuali acque di infiltrazione intercettate durante gli scavi dovranno essere prontamente raccolte e smaltite. Al fine di preservare le strutture fondazionali e di contenimento, sarà importante garantire un corretto smaltimento delle acque meteoriche e di ruscellamento subsuperficiale, sotto l'esclusiva competenza e responsabilità del Progettista incaricato.



10 CONCLUSIONI

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Villa 'Ogna, con determinazione n. 438 del 09.11.2023, è stata redatta la presente relazione geologico – geotecnica e sismica in supporto alla realizzazione del percorso ciclopedonale in comune di Villa d'Ogna (BG) in continuità con la rete ciclabile dell'Alta Valle Seriana.

La relazione si è resa necessaria per definire correttamente le tipologie e le caratteristiche geologiche dei terreni interessati dal progetto, in aderenza alle disposizioni previste in materia di indagini e costruzioni.

L'indagine si è articolata in sopralluoghi in sito finalizzati ad appurare la stratigrafia e le caratteristiche geotecniche dei terreni affioranti, l'eventuale presenza di dissesti e, più in generale, l'assetto geologico dell'area e di un suo ragionevole intorno. È stata eseguita una campagna di indagini geognostiche comprendente n. 3 prove penetrometriche dinamiche ed 2 indagini sismiche tipo HVSR. Il tutto è stato infine corredato da una ricerca bibliografica sulla cartografia disponibile.

Per quanto riguarda la caratterizzazione sismica di sito:

- Classe di sottosuolo sismico: **B**
- Classe topografica: **T1**
- Liquefazione: **No**

Per le indicazioni tecniche, si veda il Capitolo 9.

La presente relazione ha carattere unicamente geologico - geotecnico e non effettua alcuna considerazione sulla qualità ambientale e/o sulle caratteristiche chimiche dei terreni interessati dal progetto, né sui suoi aspetti paesaggistici.

Nel rispetto delle condizioni sopra riportate e contenute nella presente relazione, si ritiene che non vi siano controindicazioni di carattere geologico - geotecnico alla



realizzazione degli interventi in progetto, purché definiti progettualmente sulla scorta delle indagini eseguite e compatibili con la normativa, di Piano e Sovraordinata) riportata anche all'interno della presente relazione

Ranica, gennaio 2024

Dott. Geol. Sergio Ghilardi



Dott. Ing. Francesco Ghilardi



ELENCO ALLEGATI


- Tavola 1 – Ubicazione Indagini Geognostiche
- Sintesi numerica della prova penetrometrica dinamica
- Sintesi grafica della prova penetrometrica dinamica





LEGENDA

- Prova penetrometrica dinamica
- Indagine sismica HVSr
- Tracciato complessivo nuova pista ciclopedonale in progetto

 Studio G.E.A. 24020 RANICA (Bergamo) Via La Patta, 30/d Telefono e Fax: 035 / 340 112 E-Mail: gea@mediacom.it		Dott. Geol. SERGIO GHILARDI iscritto all' O.R.G. della Lombardia n. 258	Dott. Ing. FRANCESCO GHILARDI iscritto Ord. Ing. Prov. BG n. 3057
COMUNE DI:	VILLA D'OGNA (Bergamo)		
COMMITTENTE:	Amministrazione Comunale		
TITOLO:	UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE		
N. PRATICA: 23_124	SCALA:	Non in scala	
DATA: Gennaio 2024	Rev:	Prima emissione	
		TAVOLA: 1	

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Amministrazione Comunale
Descrizione: Nuova pista ciclopedonale
Localita': Villa d'Ogna – SP49

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	63.5	Kg
Altezza di caduta libera	0.75	m
Peso sistema di battuta	0.63	Kg
Diametro punta conica	51.00	mm
Area di base punta	20.43	cm ²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	6.31	Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0.40	m
Avanzamento punta	0.20	m
Numero colpi per punta	N(20)	
Coeff. Correlazione	1.47	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	90	°

PROVA PSP1

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 21/12/2023

Profondita' prova 6.00 mt

Falda non rilevata

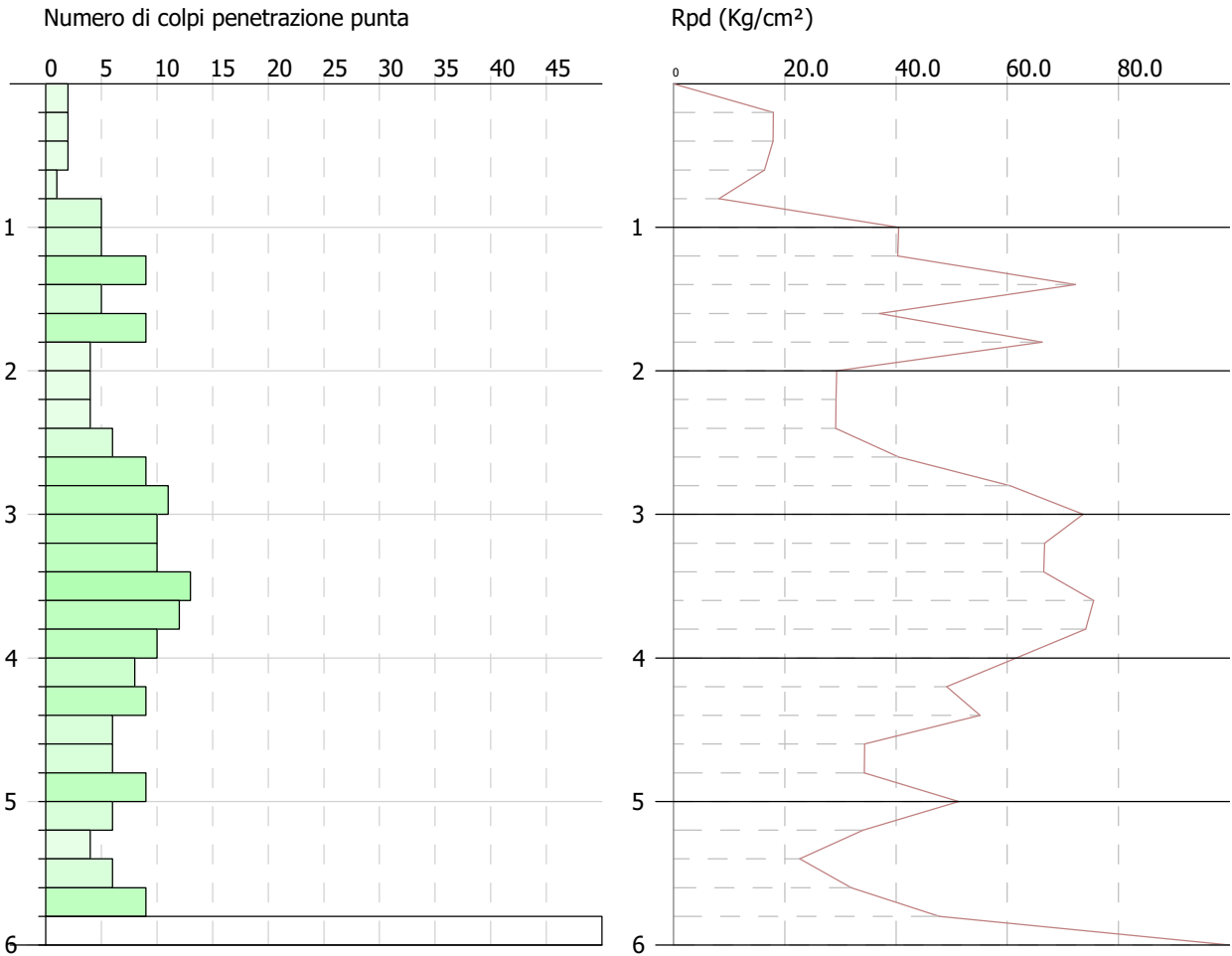
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	2	0.855	17.96	21.01	0.90	1.05
0.40	2	0.851	17.88	21.01	0.89	1.05
0.60	2	0.847	16.34	19.29	0.82	0.96
0.80	1	0.843	8.13	9.64	0.41	0.48
1.00	5	0.840	40.49	48.22	2.02	2.41
1.20	5	0.836	40.32	48.22	2.02	2.41
1.40	9	0.833	72.29	86.79	3.61	4.34
1.60	5	0.830	36.96	44.55	1.85	2.23
1.80	9	0.826	66.27	80.20	3.31	4.01
2.00	4	0.823	29.34	35.64	1.47	1.78
2.20	4	0.820	29.23	35.64	1.46	1.78
2.40	4	0.817	29.13	35.64	1.46	1.78
2.60	6	0.814	40.46	49.69	2.02	2.48
2.80	9	0.811	60.48	74.54	3.02	3.73
3.00	11	0.809	73.67	91.10	3.68	4.55
3.20	10	0.806	66.75	82.82	3.34	4.14
3.40	10	0.803	66.54	82.82	3.33	4.14
3.60	13	0.751	75.51	100.56	3.78	5.03
3.80	12	0.798	74.11	92.83	3.71	4.64
4.00	10	0.796	61.58	77.36	3.08	3.87
4.20	8	0.794	49.12	61.88	2.46	3.09
4.40	9	0.791	55.10	69.62	2.75	3.48
4.60	6	0.789	34.36	43.54	1.72	2.18
4.80	6	0.787	34.27	43.54	1.71	2.18
5.00	9	0.785	51.27	65.31	2.56	3.27
5.20	6	0.783	34.09	43.54	1.70	2.18
5.40	4	0.781	22.67	29.03	1.13	1.45
5.60	6	0.779	31.95	41.00	1.60	2.05
5.80	9	0.777	47.81	61.51	2.39	3.08
6.00	50	0.575	196.64	341.71	9.83	17.09

Committente:
Descrizione:
Localita':

21/12/2023

Scala 1:50



Comune di Villa D'Ogna Prot. n. 0000607 del 26-01-2024 arrivo Cat. 6 Cl. 5

SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

PROVA PSP2

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 21/12/2023

Profondita' prova 7.20 mt

Falda non rilevata

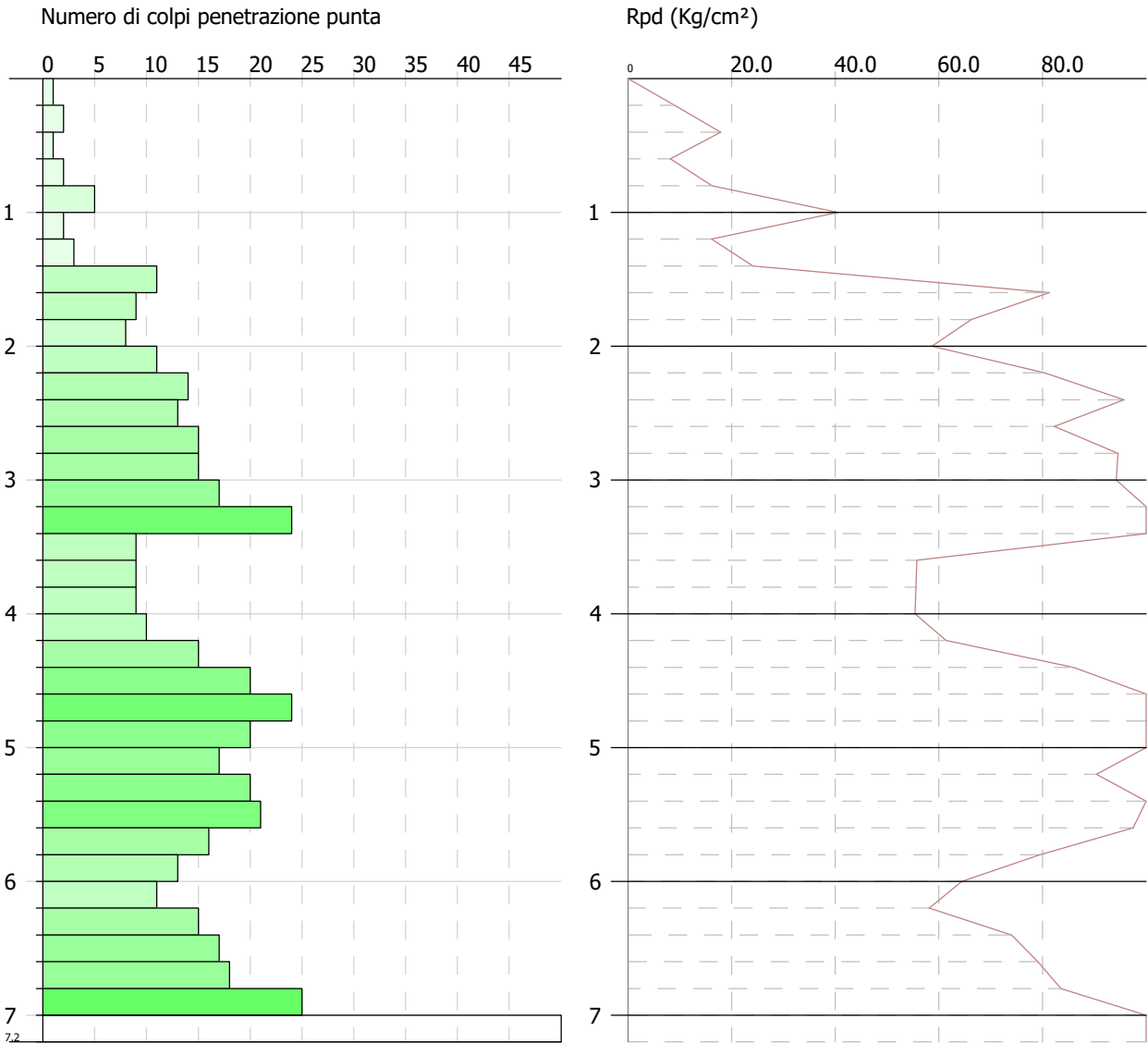
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	1	0.855	8.98	10.51	0.45	0.53
0.40	2	0.851	17.88	21.01	0.89	1.05
0.60	1	0.847	8.17	9.64	0.41	0.48
0.80	2	0.843	16.27	19.29	0.81	0.96
1.00	5	0.840	40.49	48.22	2.02	2.41
1.20	2	0.836	16.13	19.29	0.81	0.96
1.40	3	0.833	24.10	28.93	1.20	1.45
1.60	11	0.830	81.31	98.02	4.07	4.90
1.80	9	0.826	66.27	80.20	3.31	4.01
2.00	8	0.823	58.68	71.29	2.93	3.56
2.20	11	0.820	80.39	98.02	4.02	4.90
2.40	14	0.767	95.70	124.75	4.79	6.24
2.60	13	0.764	82.28	107.66	4.11	5.38
2.80	15	0.761	94.59	124.23	4.73	6.21
3.00	15	0.759	94.25	124.23	4.71	6.21
3.20	17	0.756	106.44	140.79	5.32	7.04
3.40	24	0.703	139.81	198.76	6.99	9.94
3.60	9	0.801	55.76	69.62	2.79	3.48
3.80	9	0.798	55.59	69.62	2.78	3.48
4.00	9	0.796	55.42	69.62	2.77	3.48
4.20	10	0.794	61.40	77.36	3.07	3.87
4.40	15	0.741	86.03	116.03	4.30	5.80
4.60	20	0.739	107.29	145.14	5.36	7.26
4.80	24	0.687	119.67	174.17	5.98	8.71
5.00	20	0.735	106.68	145.14	5.33	7.26
5.20	17	0.733	90.43	123.37	4.52	6.17
5.40	20	0.731	106.10	145.14	5.31	7.26
5.60	21	0.679	97.47	143.52	4.87	7.18
5.80	16	0.727	79.52	109.35	3.98	5.47
6.00	13	0.725	64.45	88.84	3.22	4.44
6.20	11	0.774	58.16	75.18	2.91	3.76
6.40	15	0.722	74.02	102.51	3.70	5.13
6.60	17	0.720	79.08	109.78	3.95	5.49
6.80	18	0.719	83.55	116.24	4.18	5.81
7.00	25	0.667	107.71	161.45	5.39	8.07
7.20	50	0.566	182.64	322.89	9.13	16.14

Committente:
Descrizione:
Localita':

21/12/2023

Scala 1:50



Comune di Villa D'Ogna Prot. n. 0000607 del 26-01-2024 arrivo Cat. 6 Cl. 5

SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

PROVA PSP3

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 21/12/2023

Profondita' prova 1.40 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	2	0.855	17.96	21.01	0.90	1.05
0.40	2	0.851	17.88	21.01	0.89	1.05
0.60	6	0.847	49.01	57.86	2.45	2.89
0.80	4	0.843	32.53	38.57	1.63	1.93
1.00	4	0.840	32.39	38.57	1.62	1.93
1.20	4	0.836	32.26	38.57	1.61	1.93
1.40	50	0.633	305.15	482.17	15.26	24.11

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PSP3
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente:
Descrizione:
Localita':

21/12/2023

Scala 1:50

