



**COMUNE DI PALU' DEL FERSINA
GAMOA' VA PALAI EN BERSNTOL**



REALIZZAZIONE DEL NUOVO CHIOSCO TURISTICO ED INTERVENTI VARI IN
LOC. FROTTEEN, NEL TERRITORIO COMUNALE DI PALÙ DEL FERSINA

RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E
MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO (CONTIENE LA RELAZIONE SULLA
MODELLAZIONE SISMICA)

febbraio 2024



STUDIO DI GEOLOGIA
dott. Paolo Passardi
Via Belvedere, 40 - 38050 TENNA (TN)
Email: passardi.paolo@gmail.com
C.F. PSSPLA61M28L378V P. IVA 01438490227

REALIZZAZIONE DEL NUOVO CHIOSCO TURISTICO ED INTERVENTI VARI IN LOC. FROTTEN, NEL TERRITORIO COMUNALE DI PALÙ DEL FERSINA

RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO (CONTIENE LA RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA)

1. FINALITA' DELLE INDAGINI

Su incarico e per conto dell'AMMINISTRAZIONE COMUNALE del **COMUNE DI PALU' DEL FERSINA** è stata predisposta la presente relazione geologica relativa ad un'area situata in loc. Frotten, nel territorio di Palù del Fersina, in Val dei Mocheni; scopo dell'indagine è stata la determinazione delle caratteristiche stratigrafiche e fisico-meccaniche del sottosuolo nell'area, al fine della **realizzazione di un nuovo chiosco turistico ed interventi vari di sistemazione di un'area**; si è verificata la stabilità del complesso opere-terreno nella nuova situazione geostatica che si verrà a creare a lavori ultimati.

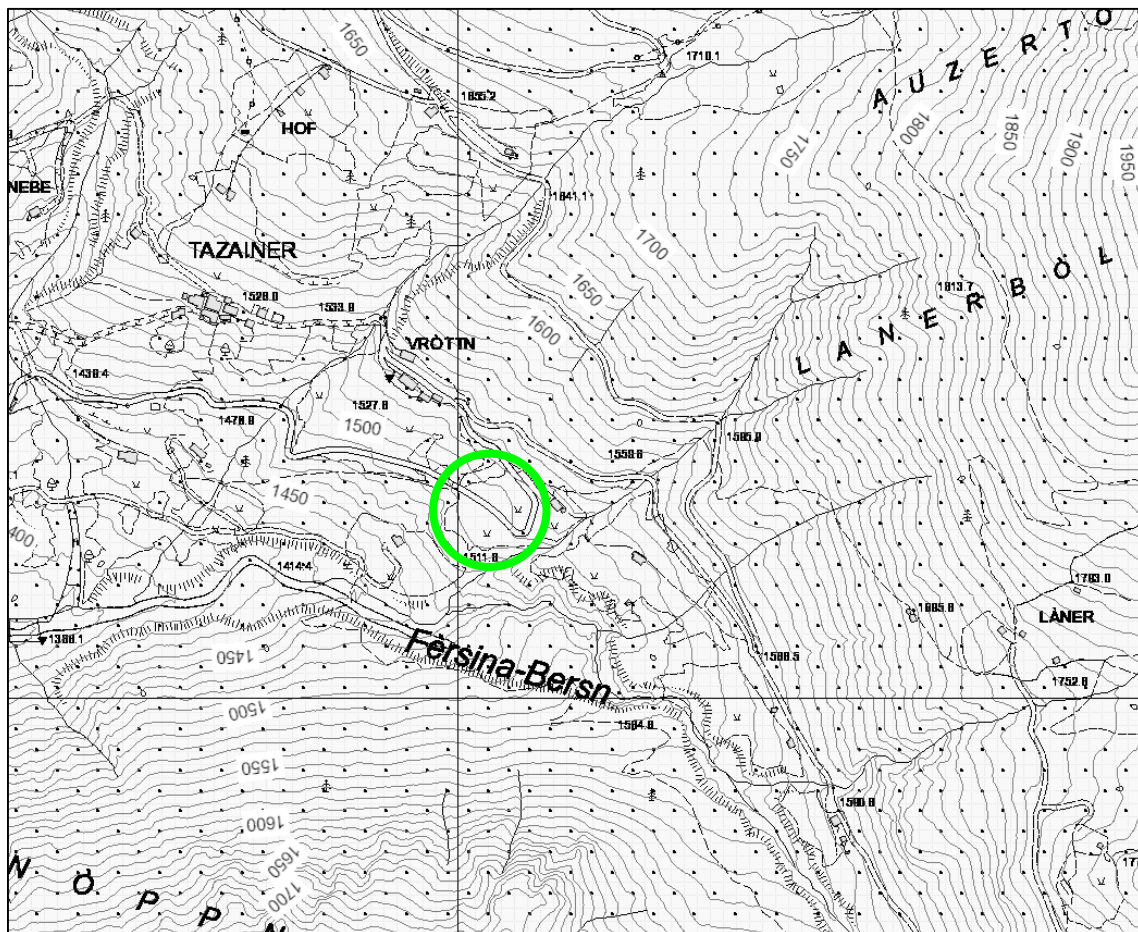
Il presente studio si avvale di dati di tipo stratigrafico e geotecnico rilevati nel corso di sopralluoghi effettuati, di una notevole mole di dati esistenti per l'esecuzione di studi nelle aree limitrofe; la zona è stata fatta inoltre oggetto di studi e rilievi geologici per la stesura dei piani urbanistici, che hanno condotto alla realizzazione di cartografie geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche e di una **carta di sintesi della pericolosità** oltre alla formulazione di precise norme tecniche alle quali ogni singolo progetto edificatorio e di intervento sul territorio si deve attenere; sulla base dei sopracitati rilievi e studi la zona risulta compresa in un'area classificata come: **"Area P1 – aree con penalità trascurabili o assenti"**.

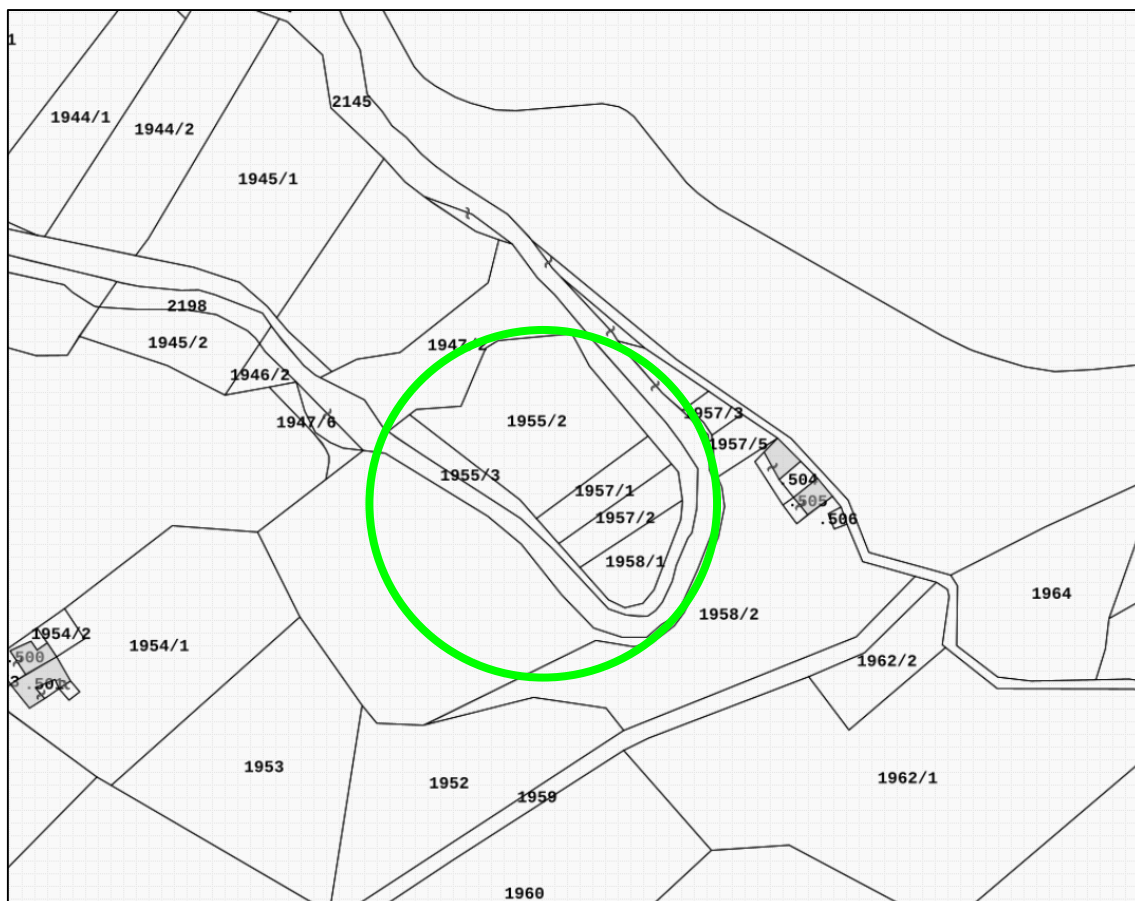
Il presente elaborato costituisce la relazione sulle indagini che, ai sensi di quanto previsto dal Decreto Ministeriale 17.01.2018 "Norme tecniche per le costruzioni", dovrà fare parte integrante del progetto al fine di giungere alle scelte e alle verifiche prescritte.

2. UBICAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area ove si localizza la zona che sarà oggetto dell'intervento (vedi corografie di seguito) è situata nel territorio comunale di Palù del Fersina, in località Frotten, sul versante sud-occidentale del Monte Slimber-Schlimbler, nella porzione più interna della Val dei Mocheni. In questo punto si trova una strada comunale che dal nucleo principale del paese, passando per l'insediamento di Batister, raggiunge la frazioni Vrotnn e Tazainer, e quindi le aree prative e boscate soprastanti. In questo punto inoltre, si ha un parcheggio di arroccamento da cui si può proseguire a piedi lungo sentieri montani verso la zona incontaminata del Lago di Erdemolo in pieno Lagorai.

La quota a cui si posiziona l'intervento corrisponde a 1530 m s.l.m. circa. Il nuovo chiosco turistico e gli interventi vari che interesseranno anche l'area del parcheggio verranno realizzati su **parte delle pp. ff. 1955/1, 1955/2, 1955/3, 1957/1, 1957/2, 1958/1 del C.C. di PALÙ DEL FERSINA- PALAI EN BERSNTOL**; dal punto di vista topografico la zona esaminata è situata nella carta topografica generale del territorio provinciale, edita dalla P.A.T., nella Tavola n. 061150 "Palù del Fersina".





Ubicazione dell'area oggetto dell'intervento

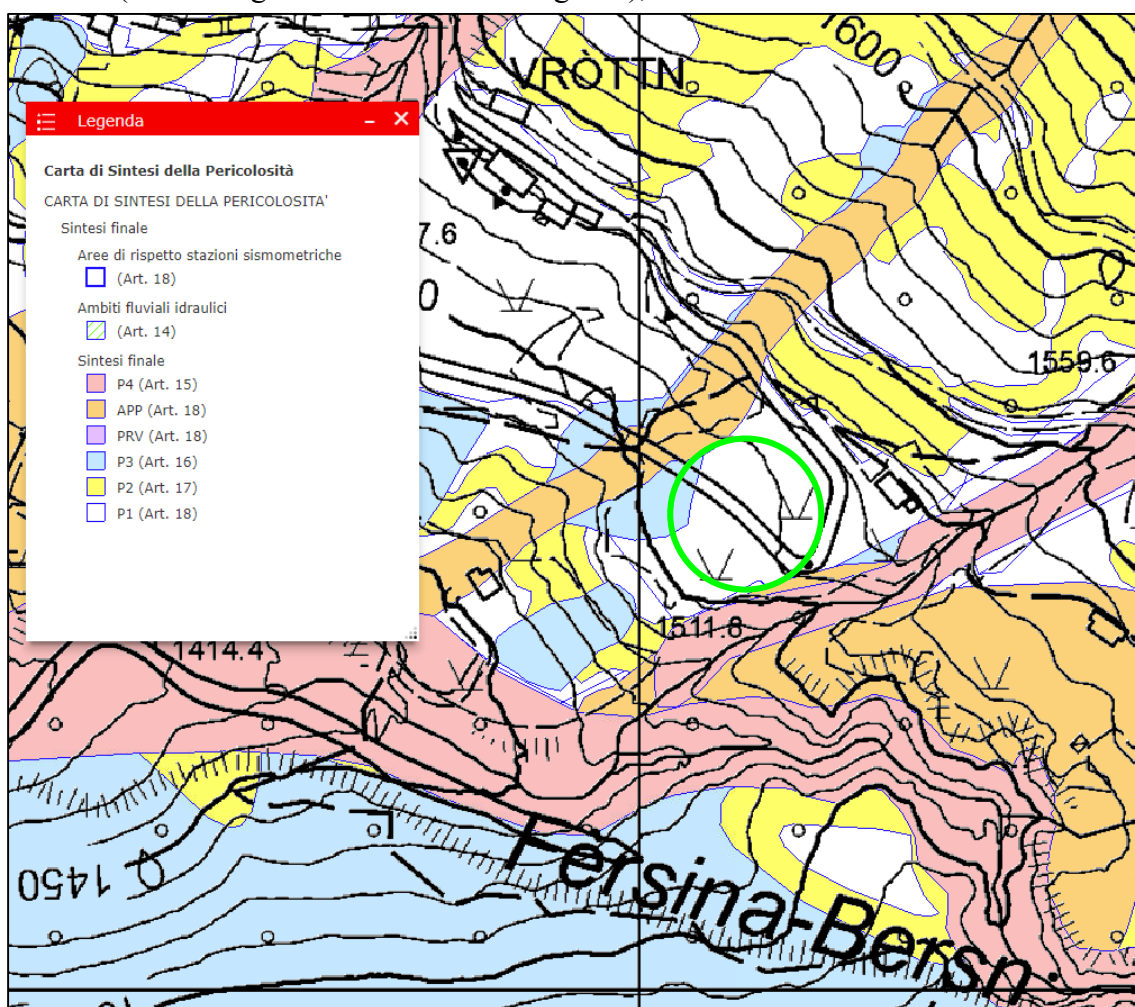


3. INQUADRAMENTO IN RAPPORTO AGLI STRUMENTI URBANISTICI

3.1 Carta di sintesi della pericolosità

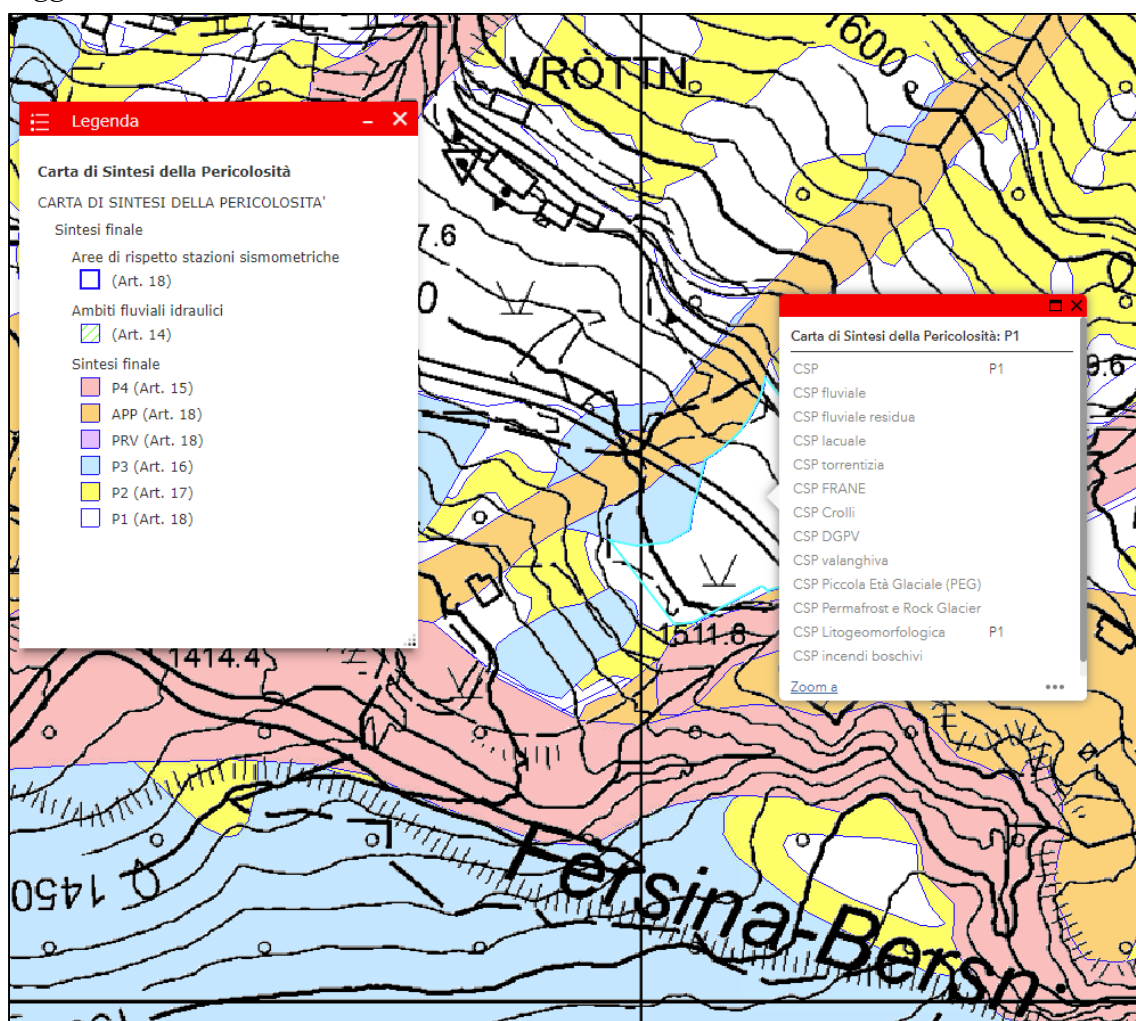
In riferimento al fatto che dal 02 ottobre 2020 è in vigore la Carta di Sintesi della Pericolosità di tutto il territorio provinciale, approvata dalla G.P. con delibera n. 1317 del 4/9/2020, è stato sviluppato il presente elaborato. Si sottolinea che *con l'entrata in vigore di questo strumento del Piano Urbanistico Provinciale cessano di applicarsi le disposizioni della Carta di Sintesi Geologica e le disposizioni in materia di uso del suolo del Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche (assetto idrogeologico PGUAP)*, si specifica quanto segue:

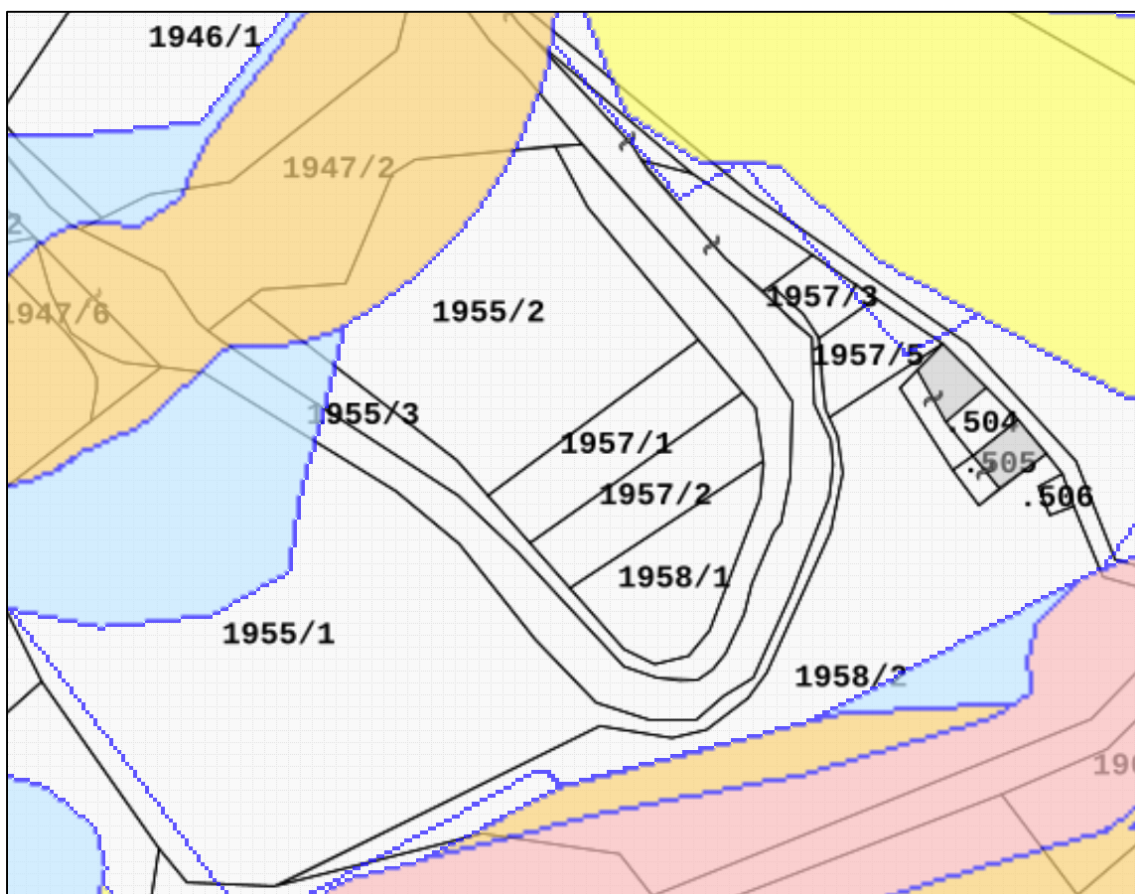
– l'area oggetto dell'intervento ricade, nella **CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'**, tra le aree classificate **P1- aree con penalità trascurabile o assente** (vedi di seguito estratti dalla cartografia);



– l'area classificata **P1- aree con penalità trascurabile o assente** risponde a quanto previsto dall'art. 18 del P.U.P., che recita: “1. Nella carta di sintesi della pericolosità prevista dall'articolo 14 sono opportunamente rappresentate anche le aree con altri tipi di penalità, tra cui in particolare quelle associate alla presenza di pericolosità residua, potenziale e trascurabile. 2. La Giunta provinciale, nell'ambito della carta di sintesi della pericolosità, individua le aree con altri tipi di penalità e stabilisce la relativa disciplina d'uso.”;

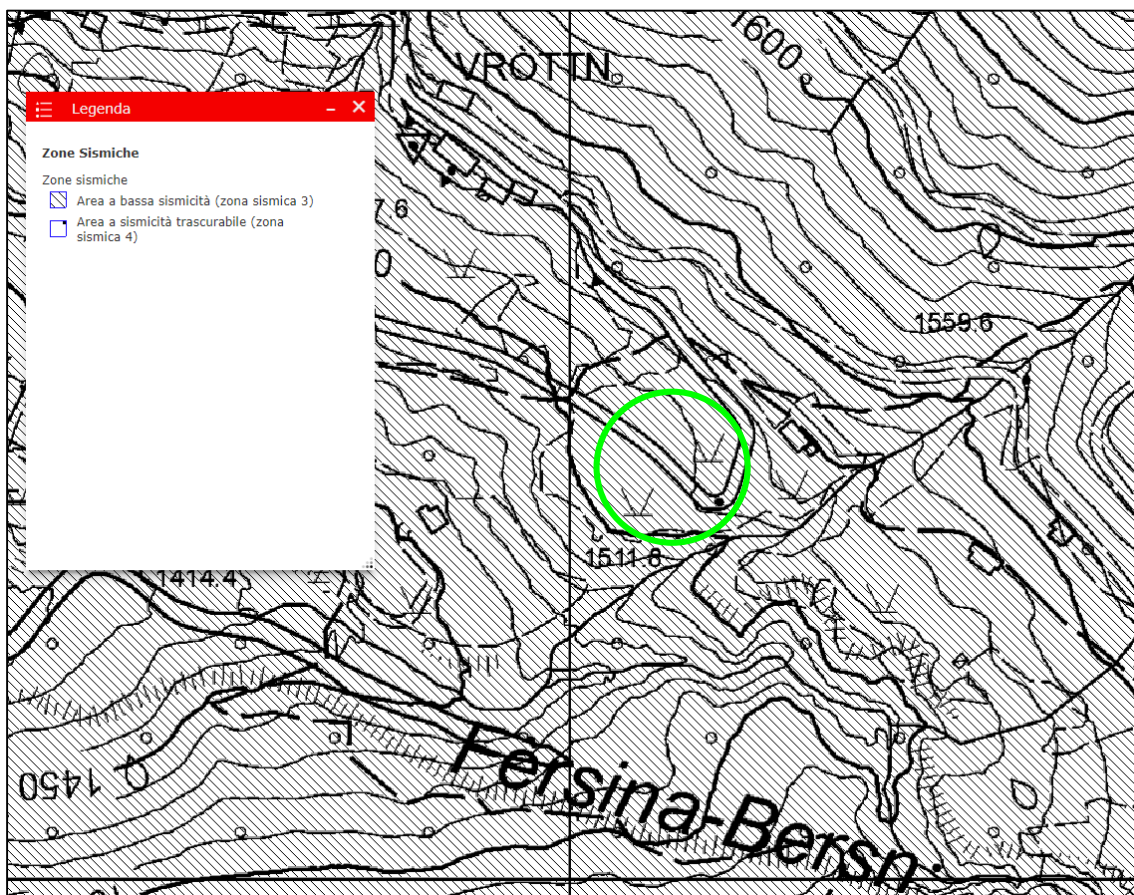
– nelle norme di attuazione All. C Delib. 1630 dd. 07/09/2018 “*Carta di sintesi della pericolosità - Indicazioni e precisazioni per l’applicazione delle disposizioni concernenti le aree con penalità elevate, medie o basse e le aree con altri tipi di penalità*” è definito: “*Aree con altri tipi di penalità - 1. Nella carta di sintesi della pericolosità prevista dall’articolo 14 sono opportunamente rappresentate anche le aree con altri tipi di penalità, tra cui in particolare quelle associate alla presenza di pericolosità residua, potenziale e trascurabile. E viene esplicitato: “Aree con penalità trascurabile o assente - Si fa riferimento, in generale, ad aree dove, anche in funzione del grado di studio, non sono state individuate condizioni favorevoli all’insorgere di eventi pericolosi. In tali aree, per gli interventi di trasformazioni urbanistica ed edilizia, **il tecnico incaricato deve valutare, in maniera commisurata alla importanza ed alla natura dell’intervento da effettuare e ai contenuti delle Carte della pericolosità, se quanto espresso dalla Carta di sintesi della pericolosità rappresenta documentazione sufficiente ad escludere la necessità di specifiche analisi finalizzate alla definizione di misure precauzionali da adottare soprattutto per gli interventi che ricadono in prossimità di aree con livello di penalità maggiore. Lo studio per questi interventi, è asseverato dal tecnico incaricato, secondo le modalità di cui al capitolo 3 del presente documento e allegato al progetto oggetto di comunicazione o titolo edilizio.**”;*





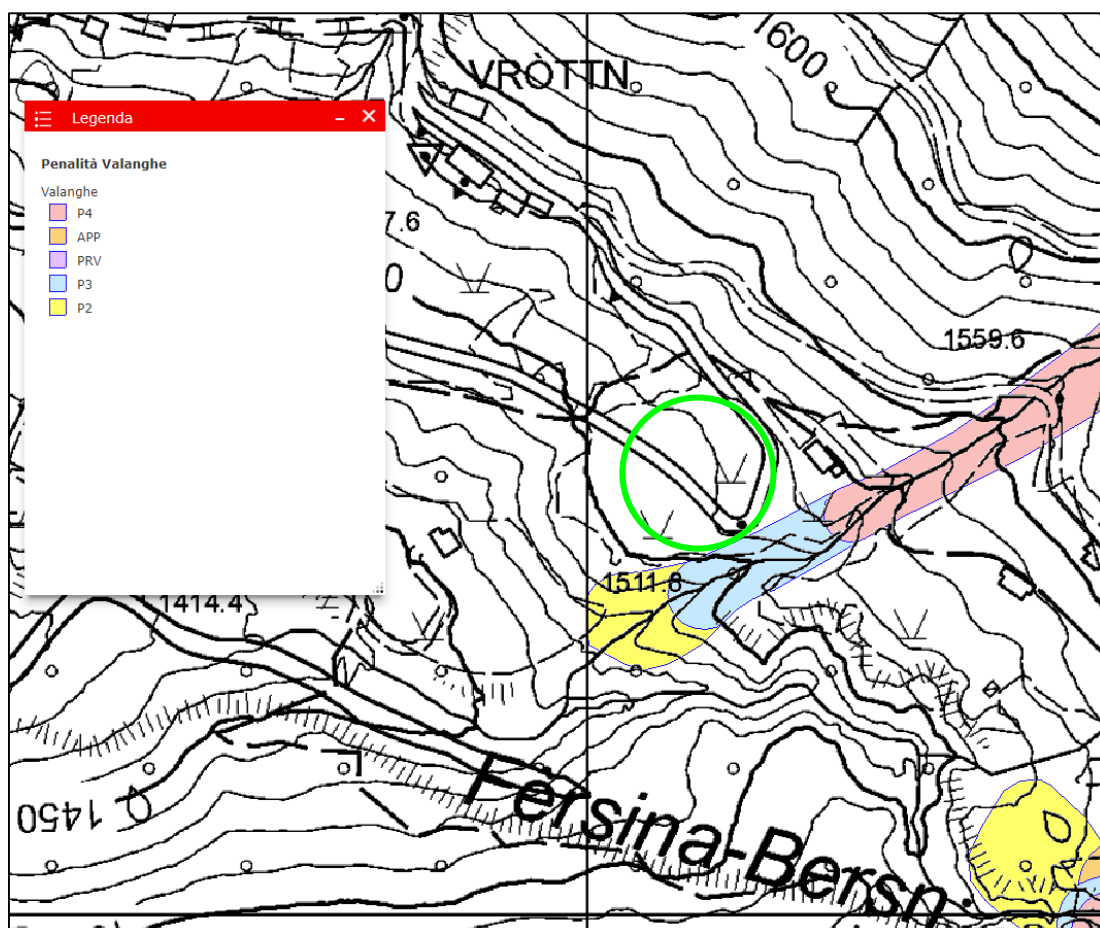
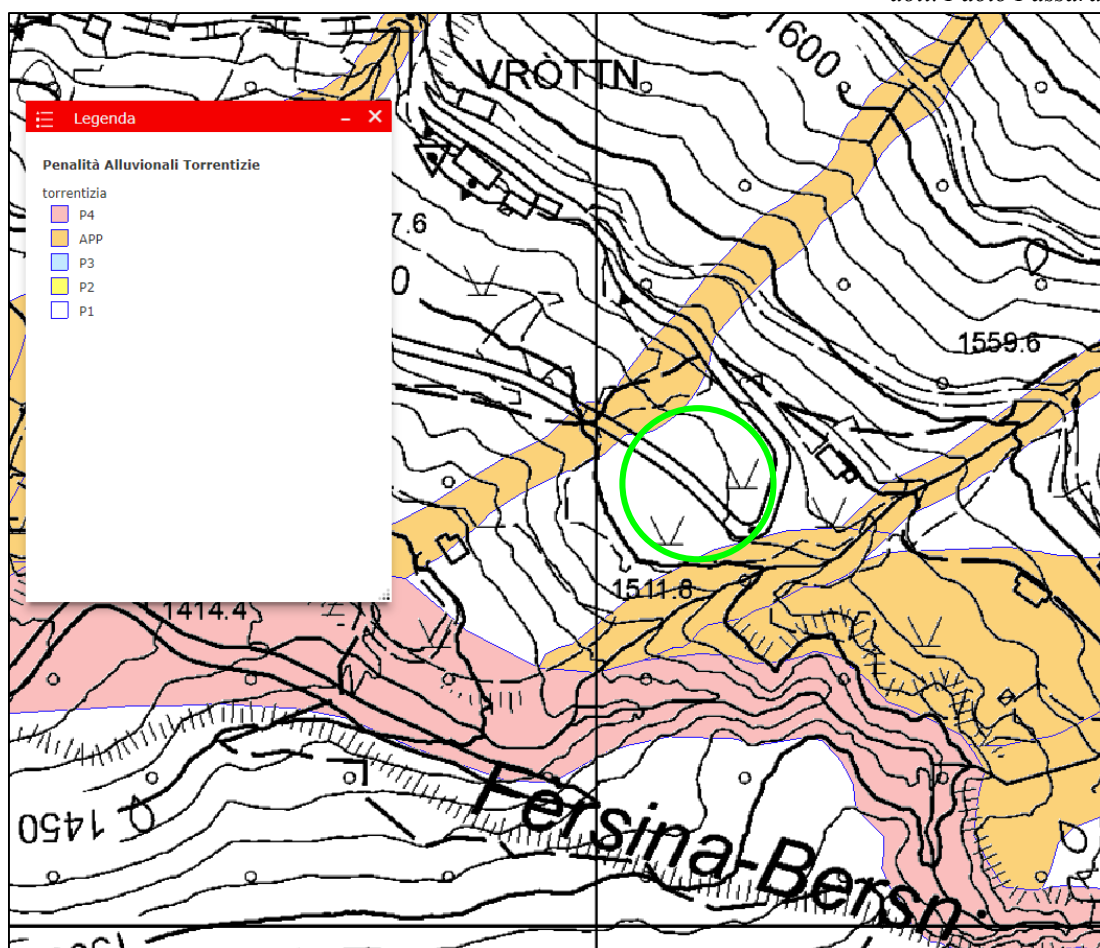
Per ciò che si riferisce alle zone interessate dalle opere, collocate in area classificata P1, quindi, in relazione a quanto sopra, si specifica che “... quanto espresso dalla Carta di Sintesi della Pericolosità rappresenta documentazione sufficiente ad escludere la necessità di specifiche analisi ...”.

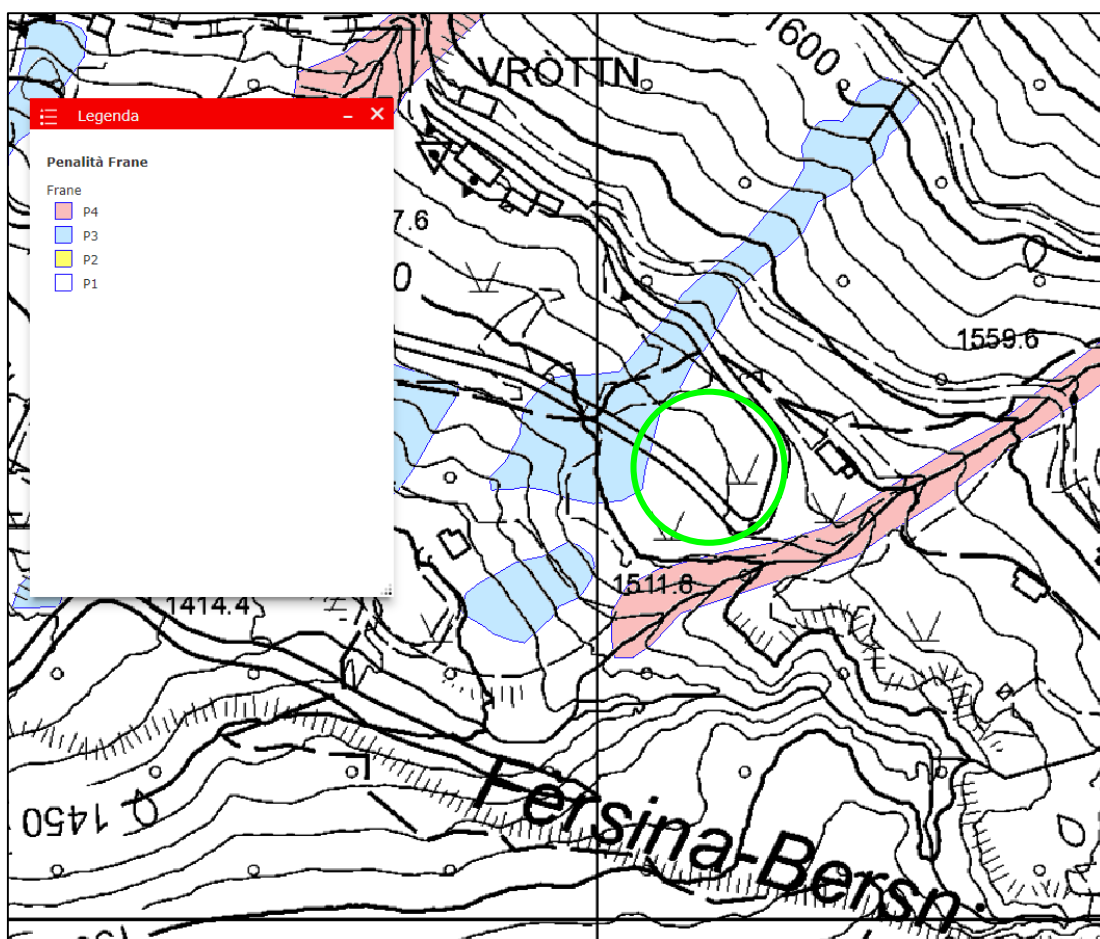
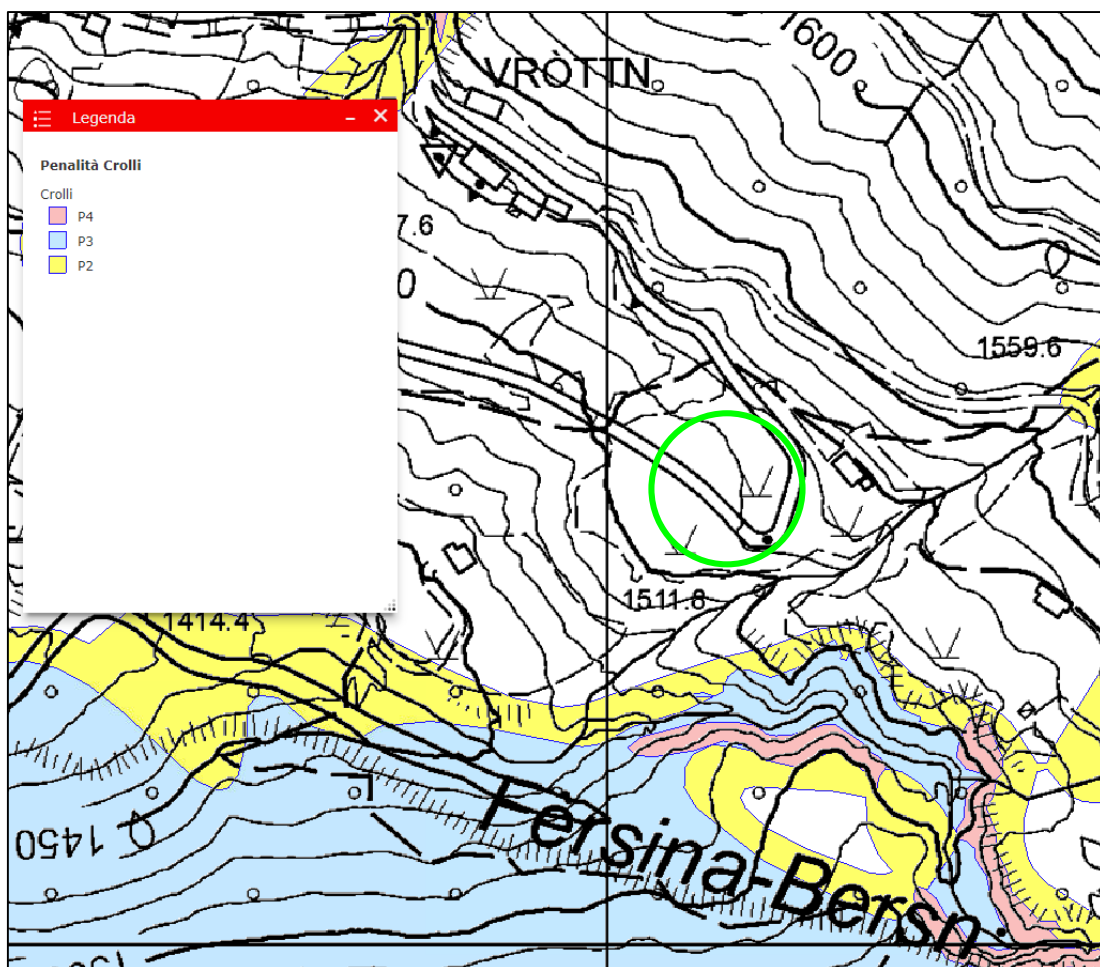
Pertanto **non si ravvisa la necessità di predisporre ulteriore documentazione** diversa dalle relazione geologica e relazione geotecnica, documenti che dovranno essere redatti in conformità alle NTC 2018.

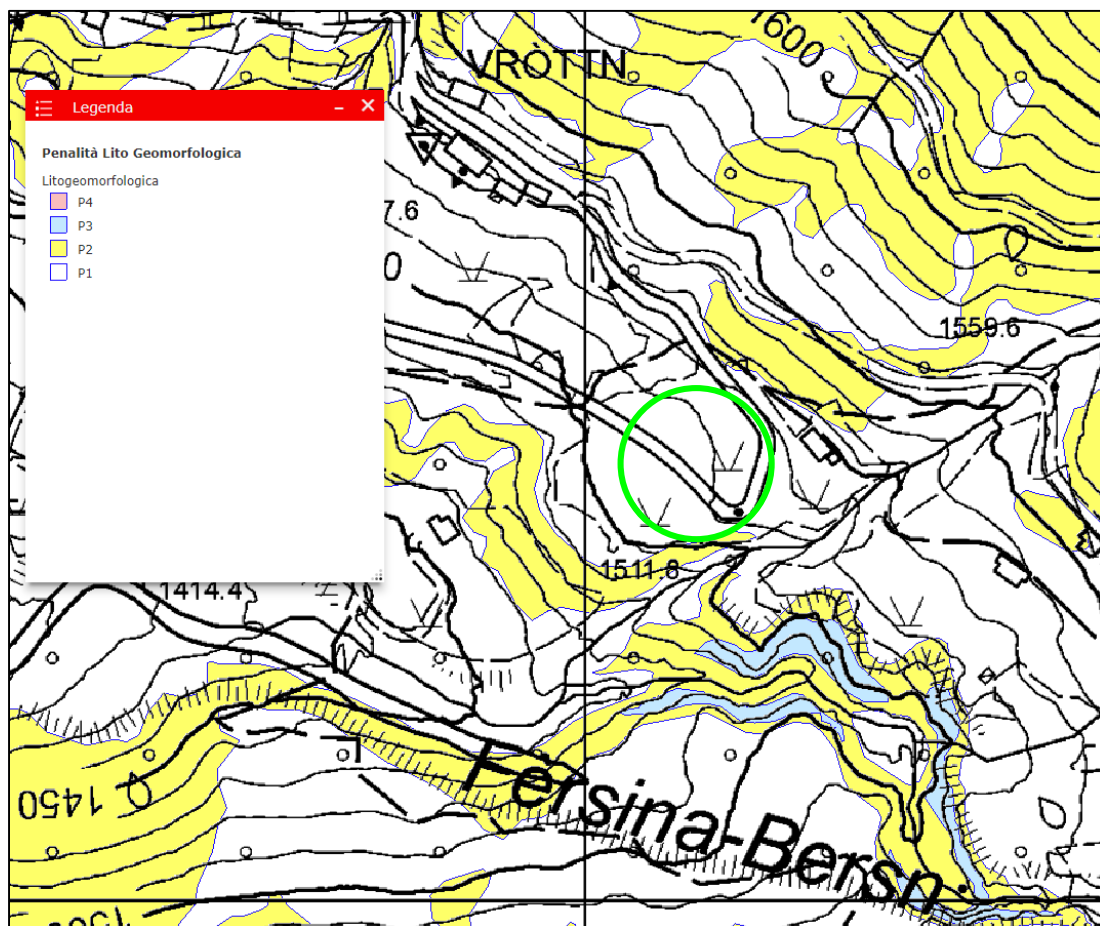


La zona in esame si trova inoltre, dal punto di vista sismico, in “Area a bassa penalità (zona sismica 3)”, come riportato nell’immagine soprastante.

Nelle pagine seguenti si riportano alcuni estratti dalla Carta di Sintesi della Pericolosità, utili per inquadrare la zona dal punto di vista dei fenomeni morfologici e, soprattutto, per **evidenziare come la zona oggetto dell’intervento non sia compresa nelle aree esposte agli stessi.**







3.2 Stima della pericolosità sismica

Con l'entrata in vigore del D.M. 17 gennaio 2018 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale sul suolo rigido ($V_{S30} > 800$ m/s) è definita mediante un approccio "sito-dipendente" e la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento riportato nella *tabella 1 dell'allegato B del D.M.*

Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

2.4. VITA NOMINALE DI PROGETTO, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO 2.4.1. VITA NOMINALE DI PROGETTO La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo. Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni <table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPI DI COSTRUZIONI</th><th>Valori minimi di V_N (anni)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 Costruzioni temporanee e provvisorie</td><td>10</td></tr> <tr> <td>2 Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari</td><td>50</td></tr> <tr> <td>3 Costruzioni con livelli di prestazioni elevati</td><td>100</td></tr> </tbody> </table> Non sono da considerarsi temporanee le costruzioni o parti di esse che possono essere smantellate con l'intento di essere riutilizzate. Per un'opera di nuova realizzazione la cui fase di costruzione sia prevista in sede di progetto di durata pari a P_N, la vita nominale relativa a tale fase di costruzione, ai fini della valutazione delle azioni sismiche, dovrà essere assunta non inferiore a P_N comunque non inferiore a 5 anni. Le verifiche sismiche di opere di tipo 1 o in fase di costruzione possono omettersi quando il progetto preveda che tale condizione permanga per meno di 2 anni.	TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di V_N (anni)	1 Costruzioni temporanee e provvisorie	10	2 Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50	3 Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100	Vita nominale: valore minimo = 100 anni.
TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di V_N (anni)								
1 Costruzioni temporanee e provvisorie	10								
2 Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50								
3 Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100								

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise nelle seguenti **classi d'uso**:

2.4.2. CLASSI D'USO

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

2.4.3. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad [2.4.1]$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Per le costruzioni a servizio di attività a rischio di incidente rilevante si adotteranno valori di C_U anche superiori a 2, in relazione alle conseguenze sull'ambiente e sulla pubblica incolumità determinate dal raggiungimento degli stati limite.

Classe d'uso:
classe II

Coeff. d'uso:
1,0

Ai fini della definizione sismica di progetto si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale con specifiche analisi. In mancanza di queste si può far riferimento ad un approccio semplificato sulla base di categorie di suolo riportate nella seguente tabella:

Categorie di sottosuolo

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.		Classificazione dei terreni secondo NTC 2018
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	
A	<i>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.</i>	
B	<i>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.</i>	
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>	
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>	
E	<i>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.</i>	

Al fine di valutare l'azione sismica di progetto è indispensabile una valutazione delle caratteristiche elastiche del terreno che possono essere ricavate con prove SPT (Standard Penetration Test) in un foro di sondaggio o con prospezioni sismiche che consentano una valutazione della velocità delle onde di taglio fino ad una profondità di 30 m al di sotto del piano di posa delle fondazioni; **al fine della definizione dell'azione sismica di progetto, si può considerare che l'area d'indagine rientri nella categoria "B", come risulta dall'indagine sismica appositamente eseguita (vedi allegato).**

Categoria topografica

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche		Categoria topografica
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	
Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.		

L'area d'intervento può presentare una pendenza superiore a 15° e pertanto il coefficiente di amplificazione topografica è 1.2.

Si riportano tabelle dei parametri di pericolosità sismica ed una tabella con i coefficienti sismici necessari per definire compiutamente gli spettri di risposta elastici in accelerazione delle componenti orizzontali riferite al sito in oggetto.

WGS84: Lat 46.130168 - Lng 11.369599

ED50: Lat 46.131065 - Lng 11.370620



Stati limite



Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...



Vita Nominale

100



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite

Tr [anni]

a_g [g]

F_o

T_c^* [s]

Operatività (SLO)

60

0.036

2.556

0.239

Danno (SLD)

101

0.043

2.531

0.280

Salvaguardia vita (SLV)

949

0.090

2.680

0.368

Prevenzione collasso (SLC)

1950

0.114

2.647

0.391

Periodo di riferimento per
l'azione sismica:

100

Coefficienti sismici



Tipo

Muri di sostegno NTC 2018



Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

1

us (m)

0.1



Cat. Sottosuolo

B



Cat. Topografica

T2

SLO

SLD

SLV

SLC

SS Amplificazione
stratigrafica

1,20

1,20

1,20

1,20

CC Coeff. funz categoria

1,46

1,42

1,34

1,33

ST Amplificazione
topografica

1,20

1,20

1,20

1,20

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]



0.6

Coefficienti

SLO

SLD

SLV

SLC

kh

0.000

0.029

0.049

0.000

kv

--

0.015

0.025

--

Amax [m/s²]

0.507

0.610

1.275

1.612

Beta

--

0.470

0.380

--

Coefficienti sismici

 Tipo Fronti di scavo e rilevati ▼

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) us (m)

1 0.1

 Cat. Sottosuolo B ▼

 Cat. Topografica T2 ▼

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,46	1,42	1,34	1,33
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]  0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.000	0.029	0.049	0.000
kv	--	0.015	0.025	--
Amax [m/s ²]	0.507	0.610	1.275	1.612
Beta	--	0.470	0.380	--

Coefficienti sismici

 Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni ▼

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) us (m)

1 0.1

 Cat. Sottosuolo B ▼

 Cat. Topografica T2 ▼

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,46	1,42	1,34	1,33
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]  0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.010	0.012	0.026	0.039
kv	0.005	0.006	0.013	0.020
Amax [m/s ²]	0.507	0.610	1.275	1.612
Beta	0.200	0.200	0.200	0.240

4. INQUADRAMENTO GENERALE GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO

L'inquadrimento geologico dell'area in esame presenta una situazione schematizzabile nel modo seguente:

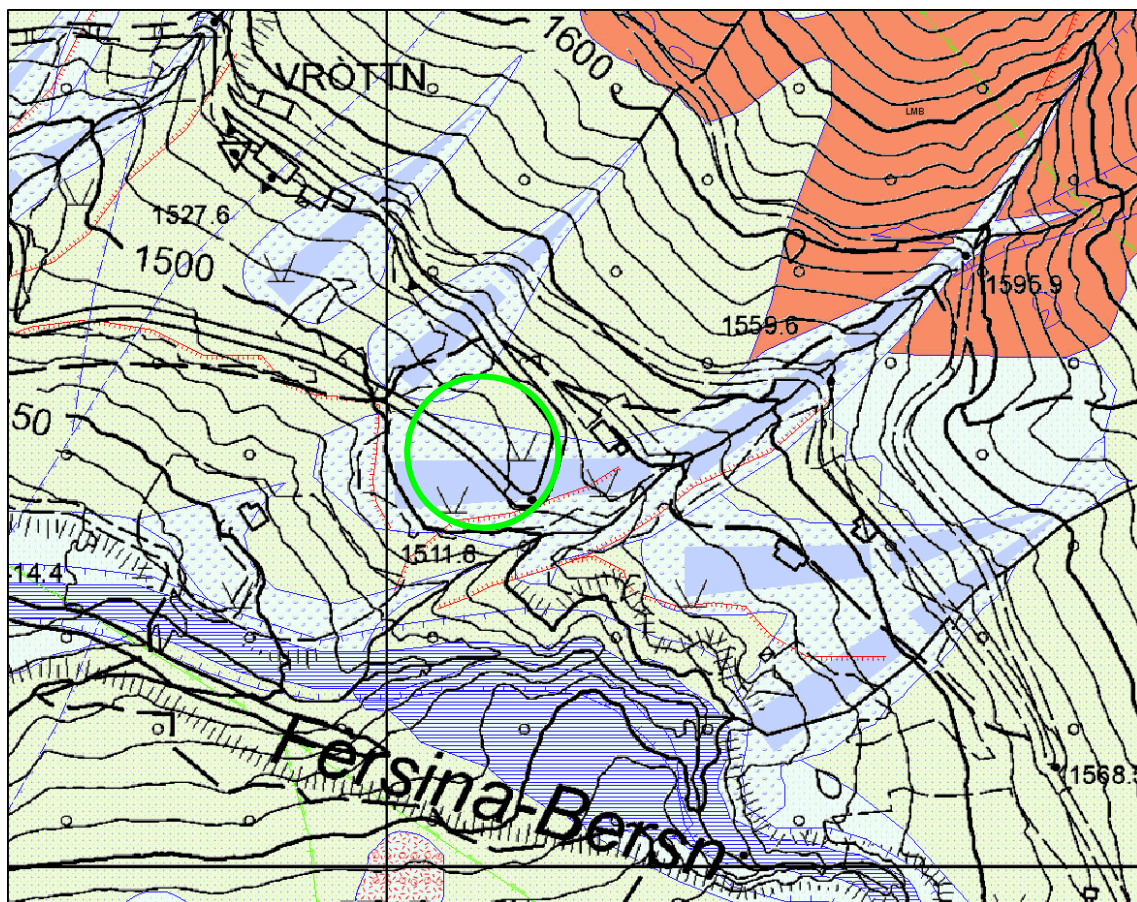
- 1) roccia in posto costituente il substrato litoide, che risulta affiorante in vari punti dei versanti che circondano il terrazzo, ma che spesso è celata da uno strato di copertura per lo più rappresentato da depositi morenici;
- 2) depositi quaternari con origine morenica, la cui estensione ed il cui spessore risultano localmente elevati;
- 3) depositi di conoide di deiezione: sono stati messi in posto prevalentemente da fenomeni valanghivi e di trasporto solido in massa, avendo origine in corrispondenza dei piccoli impluvi che segnano il versante a monte; in parte hanno interessato anche la zona in esame in tempi passati, prima che l'impluvio presente ad est escavasse una profonda incisione nella quale scorre attualmente;
- 4) depositi detritici e di frana.

Nella zona sono individuabili le seguenti formazioni:

– *depositi detritici e di frana*: sviluppati lungo l'intero versante montuoso, possono raggiungere spessore elevato in particolare al piede del versante stesso ove danno luogo a falde o cono detritici; costituiti da frammenti angolosi con dimensioni eterogenee

derivanti dal disfacimento delle rocce del substrato; si dispongono al piede di pareti e scarpate con elevata acclività e possono presentare blocchi con dimensioni considerevoli;
– *depositi di conoide di deiezione*: i materiali sono costituiti da ghiaie e sabbie di dimensioni eterogenee, con elementi talora ben arrotondati e disposizione leggermente gradata; essi derivano dall'abbandono del materiale trasportato dai piccoli impluvi che segnano il fianco montuoso nelle fasi di piena, allo sbocco nell'ampia vallata principale. In relazione alle caratteristiche della deposizione, che avviene anche per trasporto in massa, gli elementi possono risultare anche angolosi e non gradati; litologicamente appartengono alle formazioni vulcaniche che costituiscono la porzione a quota maggiore del versante. In considerazione delle modalità di deposizione del materiale (fasi di piena e di esondazione del torrente, e relative regressioni) possono essere rinvenibili all'interno del sedimento letti a granulometria fine, spesso disposti con forma lenticolare, determinati dai materiali minuti rilasciati dalle acque in fase di ritiro;

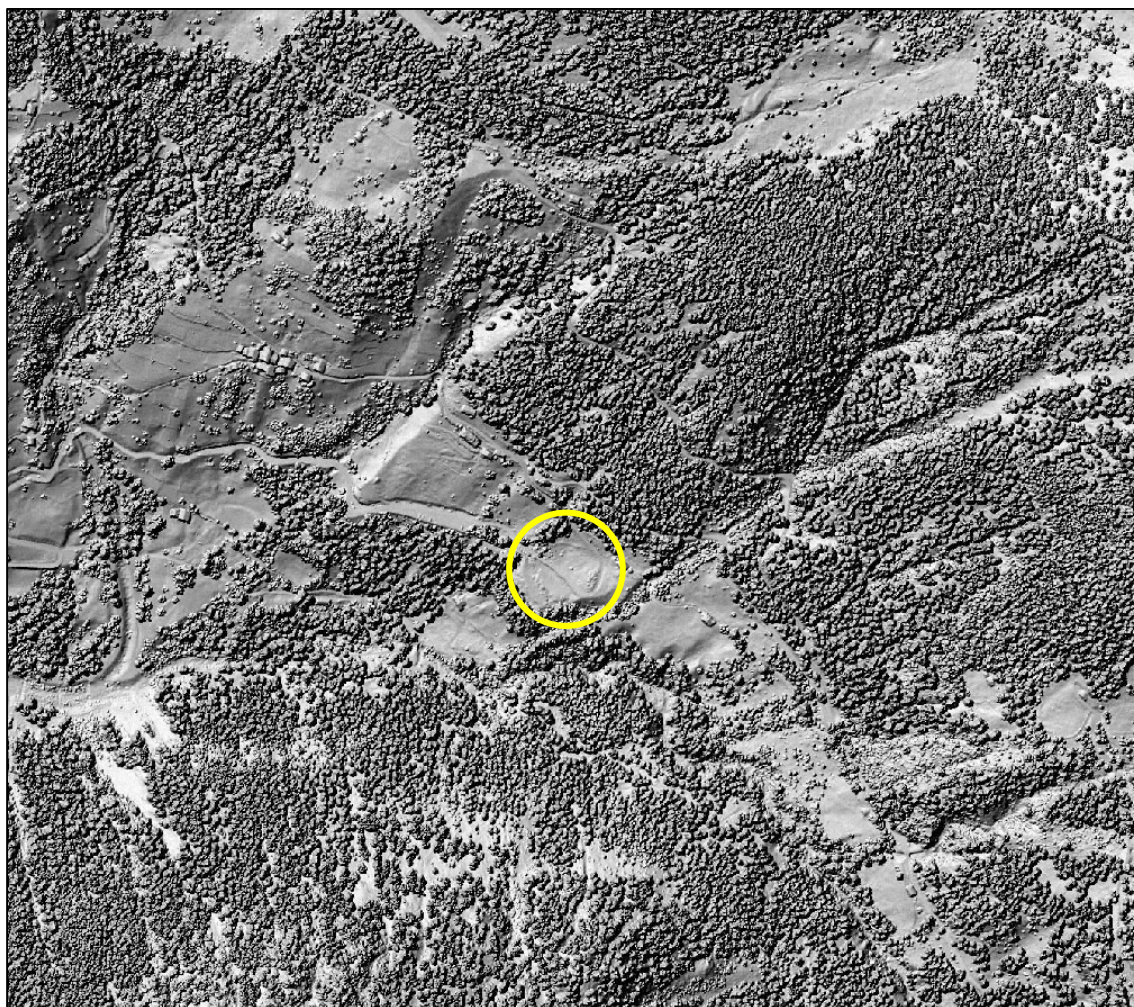
– *depositi morenici*: si rinvencono su ampie aree nella zona, a volte frammisti a detrito, e possono raggiungere spessori significativi. La granulometria è solitamente abbastanza eterogenea, riferibile a sabbie e ghiaie, con struttura talora caotica e con locali intercalazioni di sedimenti più fini. I ciottoli presenti nel deposito hanno forme da angolose a subarrotondate e natura litologica riferibile alle rocce presenti nel bacino e quindi granitiche, ma in ragione delle trasfluenze glaciali, sono rinvenibili abbondanti rocce scistose; nel punto in esame sono abbondanti i blocchi di grandi dimensioni, a volte superiore al metro, che punteggiano la superficie e si trovano anche ammassati in coltri superficiali;



– *substrato roccioso*: il substrato roccioso non è direttamente affiorante nel sito in cui verrà realizzato l'intervento in progetto e pertanto non è determinante ai fini della presente trattazione tecnica. Le rocce presenti su questo versante della valle del torrente Fersina sono riferibili alle formazioni riconducibili alla Piattaforma Porfirica Atesina. La formazione presente risulta (da Legenda descrittiva dalla Carta Geologica on line a cura del Servizio Geologico della PAT):

FORMAZIONE DI CEMBRA: LMB Lave andesitiche porfiriche intensamente idrotermalizzate di colore nero, grigio-verde e grigio violaceo, massicce. Ossatura con fenocristalli di plagioclasio e pirosseno, localmente quarzo e biotite, in una massa di fondo di piccoli cristalli di plagioclasio serati con frequenti strutture fluidali. Spessore: da 50 a 100 metri. Età: Permiano.

Si sottolinea che nella zona in cui si realizzerà il chiosco turistico, che si pone all'interno del tornante della strada comunale, **è possibile rinvenire (come verificato negli scavi per il prelievo dei campioni di terreno) materiale alloctono derivante dalla sistemazione, regolazione e ampliamento della sede stradale.**



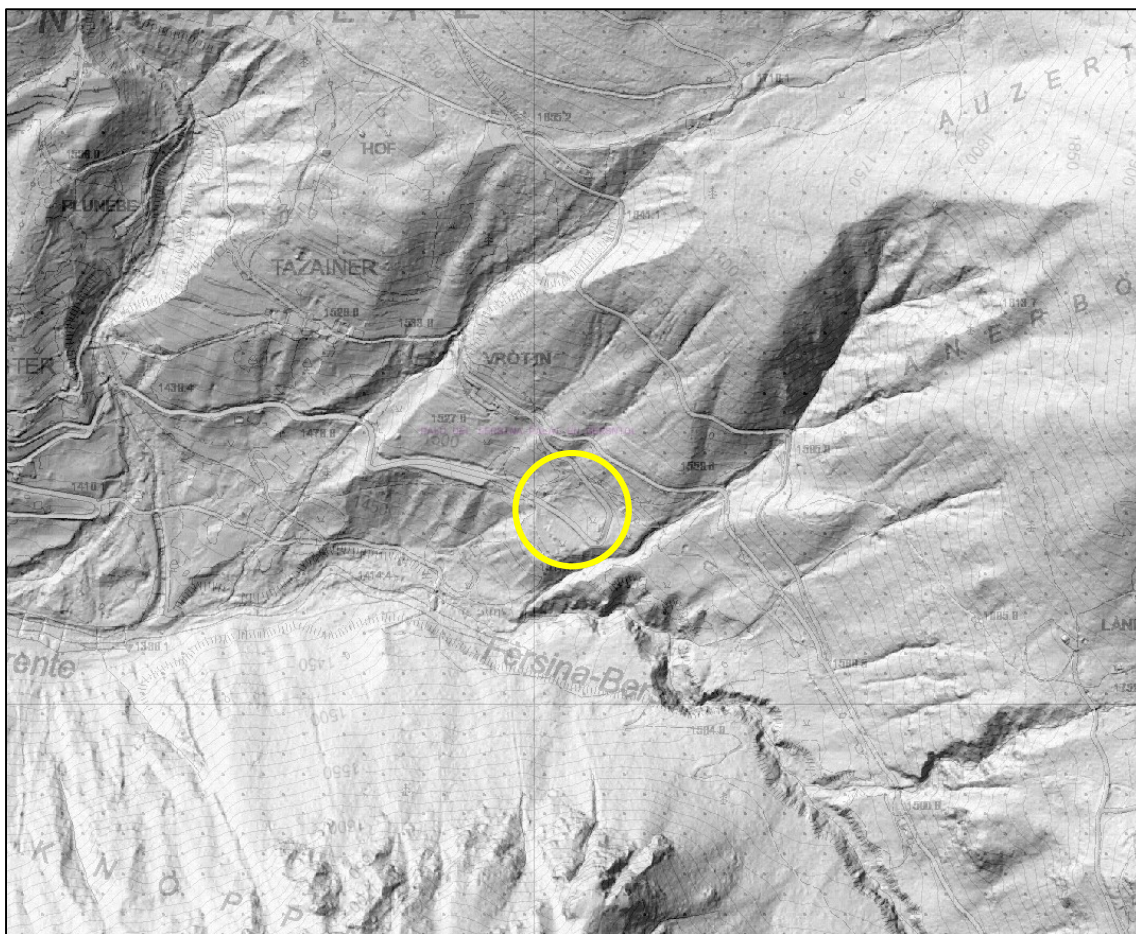
Dal punto di vista geomorfologico, il sito in esame si colloca sulla superficie di un ridotto terrazzo con origine glaciale, con abbondante copertura morenica, che si pone ai piedi del versante del Monte Slimber, tra la valle del torrente Fersina e l'incisione del Rio di Val

Tassaineri; esso è delimitato a sud-ovest ed a est da ripide scarpate che si affacciano sulle incisioni torrentizie. Il sito mostra una superficie scarsamente pendente e per questo è stato utilizzato per la messa in opera del tornante della strada comunale; a valle di quest'ultima è stata ricavata un ampio parcheggio con superficie suborizzontale, mentre all'interno del tornante si trova un'area prativa che digrada da nord-est verso sud-ovest. Nelle zone meno pendenti che si rinvengono al contorno si sono sviluppate frazioni edificate, che facevano capo alle costruzioni della fienagione, e sono ora in parte recuperate ad uso abitativo.

Il terrazzo fa parte dei ripiani originati inizialmente dall'erosione da parte delle masse glaciali nella zona di testata delle valli alpine minori, quindi coperti da uno strato di depositi morenici e, talora, fluvioglaciali di spessore variabile. Le incisioni che segnano il versante hanno determinato apporti di carattere valanghivo e trasporti in massa; **la progressiva escavazione delle vallecole attuali ha allontanato gli impluvi dal sito, fermo restando che una piccola linea di deflusso delimita l'area ad ovest, a distanza dai siti di intervento.**

La superficie non presenta tracce di instabilità in atto e non si riscontrano linee di deflusso o impluvi all'interno dell'area in esame, fermo restando quanto sopra.

Nelle zone ove si realizzeranno le opere previste non si rilevano fenomeni di evoluzione morfogenetica e/o di erosione in atto.





Sopra ed a destra: panoramiche del piazzale a valle della strada, che si estende su un'ampia zona subpianeggiante



A sinistra e sotto: panoramiche della porzione di piazzale ove si realizzerà la struttura destinata ad ospitare il locale informativo, l'officina/deposito e la cabina SET





Sopra: panoramica del piazzale visto dalla strada comunale soprastante.

A sinistra: zona di raccordo tra la strada e l'area prativa soprastante che ospiterà il chiosco



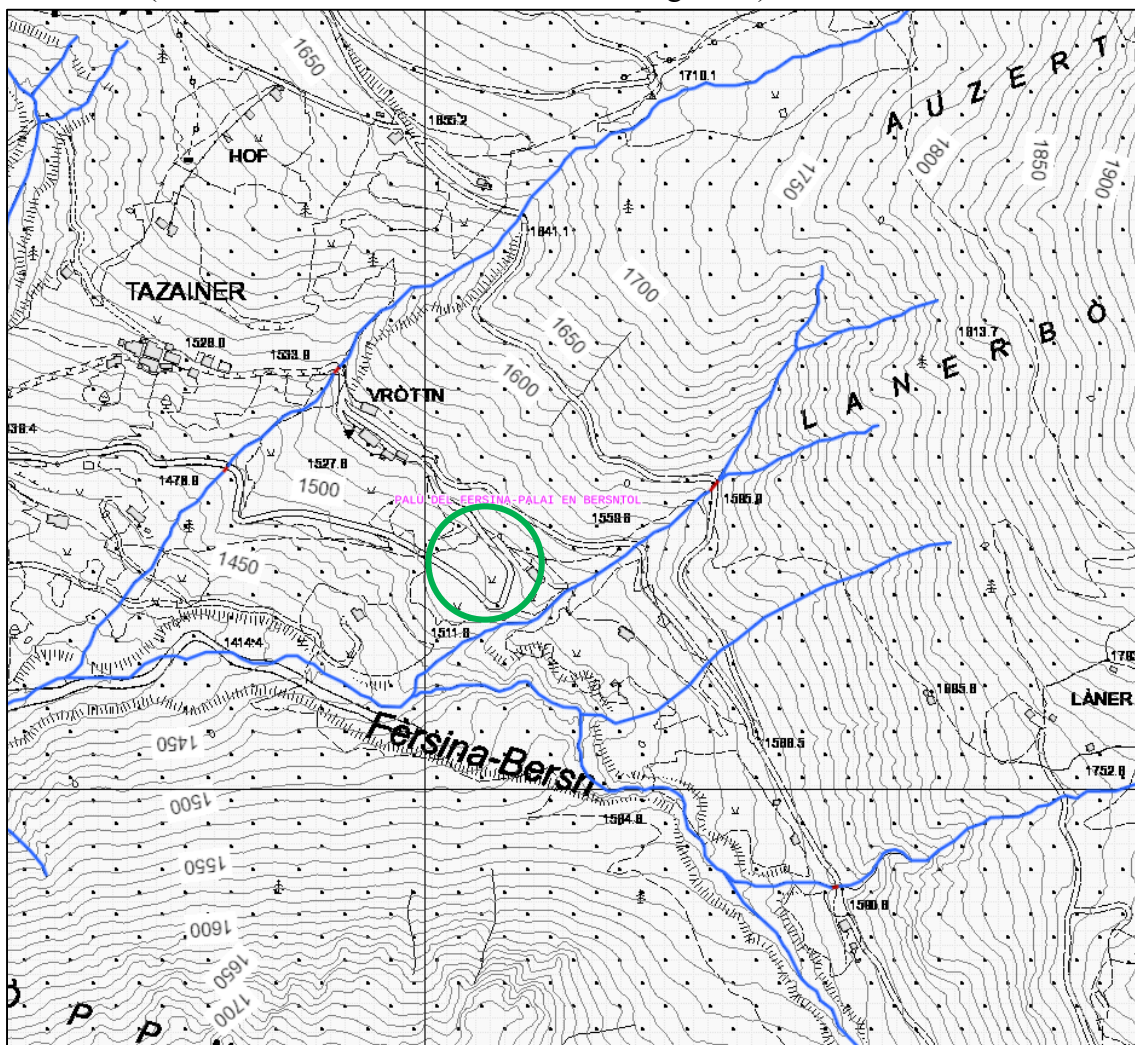
A sinistra e sotto: panoramiche della zona prativa ove si collocherà la struttura principale, all'interno del tornante della strada comunale



5. SITUAZIONE IDROLOGICA ED IDROGEOLOGICA

L'area in esame è delimitata ad ovest da una modesta linea di deflusso, che corre in una vallecola delimitata da grossi massi e verso il sito da un muretto a secco (vedi immagini di seguito); essa **supera la strada in corrispondenza di un piccolo tombone e si pone a distanza dalle zone di intervento.**

Il ben più importante impluvio del Rio Scandole (o Smiteltol) delimita l'area verso est, e corre in una ben delimitata vallecola la cui **incisione approfondita** chiude la scarpata sottostante il fianco orientale dell'area di parcheggio, comunque a distanza dal sito di intervento (vedi estratto dalla carta del reticolo idrografico).



Nell'immagine a sinistra ed in quelle successive l'alveo del piccolo impluvio presente ad ovest dell'area di intervento



Entro le profondità raggiunte nel corso dell'intervento edificatorio in oggetto non è presente una falda acquifera. Non si riscontrano lungo la superficie del terrazzo evidenze di filtrazioni o venute a giorno di acqua, sorgenti o sedimenti con forti contenuti di umidità. Sono prevedibili comunque lievi circolazioni idriche di carattere episodico al contatto tra la copertura ed il substrato roccioso, od all'interno della copertura stessa guidate da livelli più limosi nei periodi di intensa piovosità; negli stessi periodi si possono verificare inoltre infiltrazioni di acque di ruscellamento attraverso i riempimenti a tergo delle murature interrato con conseguenti fenomeni di ristagno.

Non si riscontrano lungo la superficie dell'area di intervento nelle immediate vicinanze evidenze di sorgenti di rilevante importanza; **l'area oggetto dell'intervento è esterna a zona di tutela assoluta, rispetto o protezione idrogeologica** (vedi estratto della Carta delle Risorse Idriche della PAT).

Carta delle Risorse Idriche

Altre Sorgenti del catasto



Aree di Salvaguardia

Tutela Assoluta

Sorgenti

Sorgenti Minerali

Acque Superficiali

Pozzi

Rispetto Idrogeologico

sorgenti

Acque Superficiali

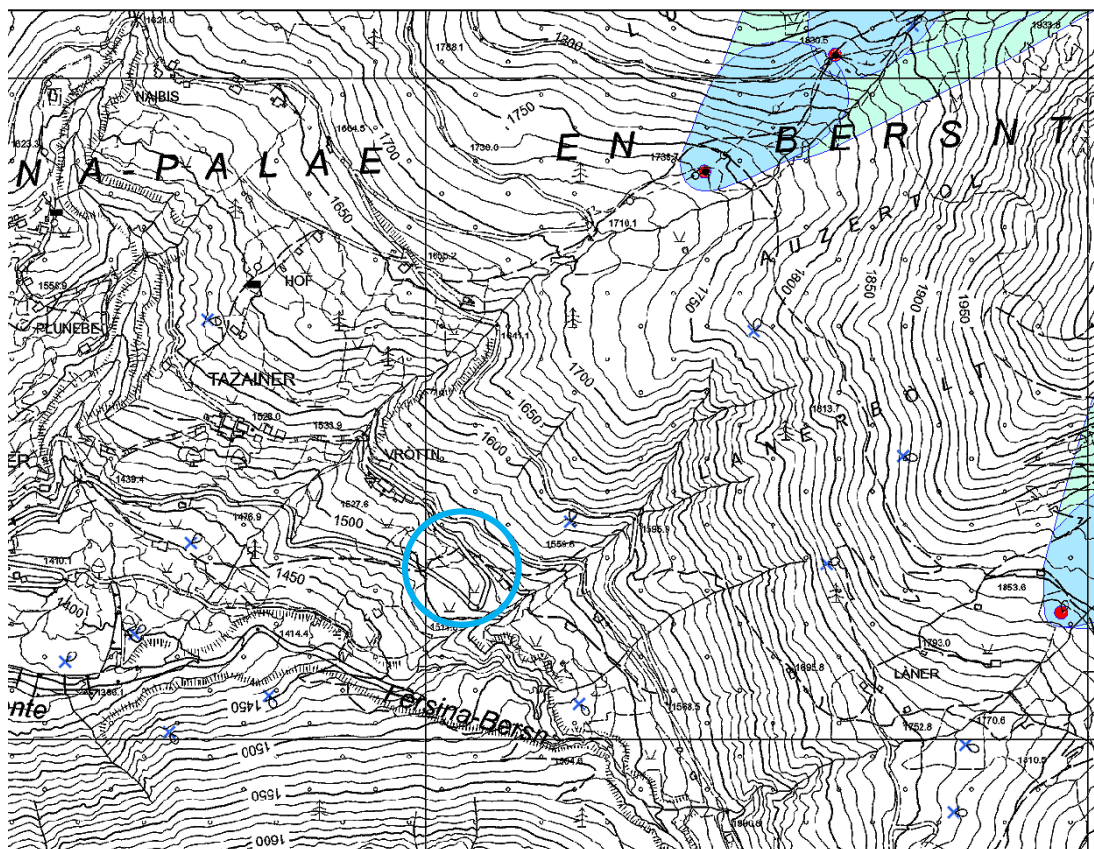
Pozzi

Protezione Idrogeologica

Sorgenti

Acque Superficiali

Pozzi



In ragione del tipo e dell'entità dell'intervento e delle opere ad esso relative non si ritiene che la realizzazione degli interventi previsti possa interferire in modo significativo con la situazione idrogeologica locale.

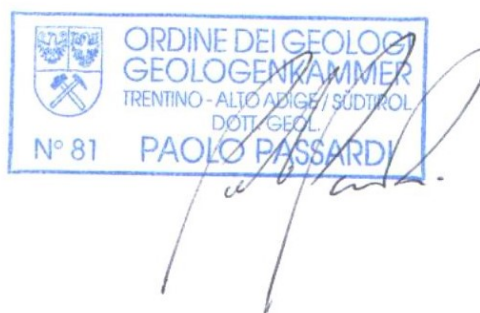
6. CONCLUSIONI

In base ai sopralluoghi, ai dati esistenti ed alle verifiche effettuate, è stato riconosciuto che l'area individuata (porzione delle pp. ff. 1955/1, 1955/2, 1955/3, 1957/1, 1957/2, 1958/1 del C.C. di PALÙ DEL FERSINA- PALAI EN BERSNTOL, in loc. Frotten) può essere considerata idonea dal punto di vista geologico alla realizzazione dell'intervento di realizzazione di un chiosco turistico ed altri interventi vari in progetto. Il presente elaborato è stato sviluppato riportando:

- nel capitolo 2 l'inquadramento topografico;
- nel paragrafo 3.1, la collocazione nella cartografia della CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'; la zona risulta compresa in un'area classificata come: “Area P1 – aree con penalità trascurabili o assenti”;
- nel paragrafo 3.2 la stima della pericolosità sismica in riferimento a quanto richiesto dal D.M. 17 gennaio 2018;
- nel capitolo 4 l'inquadramento geologico e geomorfologico;
- nel capitolo 5 la collocazione del sito nella Carta delle Risorse idriche della PAT; il sito di intervento è esterno ad aree di tutela, rispetto e protezione idrogeologica indicate nella Carta delle Risorse idriche della PAT.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 “Norme tecniche per le costruzioni” e soddisfa i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica per cui costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione ad edificare. In corso d'opera si dovrà controllare la corrispondenza tra il modello geologico di riferimento assunto in progetto e la situazione effettiva, differendo di conseguenza il modello geotecnico ed il progetto esecutivo, così come previsto dalla normativa di settore.

Tenna, febbraio 2024





**COMUNE DI PALU' DEL FERSINA
GAMOA' VA PALAI EN BERSNTOL**

REALIZZAZIONE DEL NUOVO CHIOSCO TURISTICO ED INTERVENTI VARI IN
LOC. FROTTEN, NEL TERRITORIO COMUNALE DI PALÙ DEL FERSINA

RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E
MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO (CONTIENE LE VERIFICHE
GEOTECNICHE DEL PROGETTO DEFINITIVO)

febbraio 2024



STUDIO DI GEOLOGIA
dott. Paolo Passardi
Via Belvedere, 40 - 38050 TENNA (TN)
Email: passardi.paolo@gmail.com
C.F. PSSPLA61M28L378V P. IVA 01438490227

1. SITUAZIONE STRATIGRAFICA E PARAMETRAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI COSTITUENTI IL SOTTOSUOLO

1.1. Situazione geologica

Per quanto si riferisce alla situazione geologica si rimanda alla sezione precedente.

1.2 Stratigrafia

La caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del sottosuolo dell'area in oggetto è stata elaborata sulla base delle osservazioni dirette eseguite in sito, ed **in particolare in corrispondenza di scavi effettuati in sito, anche per il prelievo di campioni di terreno** e sull'esistenza di dati significativi per indagini eseguite precedentemente.

Nel punto in cui saranno realizzate le opere in progetto **il volume significativo di terreno che verrà influenzato dall'opera comprende esclusivamente il terreno di copertura prevalentemente ghiaioso-sabbioso**; questo livello è interpretabile come un deposito morenico di copertura del terrazzo con frazioni detritiche derivanti da trasporto in massa. L'ossatura del terrazzo stesso è costituita dal substrato roccioso rappresentato dai termini effusivi (porfido); non si ritiene che esso possa essere intaccato durante le operazioni per la realizzazione dell'ampliamento, ma in ogni caso, in relazione alla **presenza abbondante di blocchi subarrotondati di grandi dimensioni nel terreno di copertura**, si dovrà tenere conto della presenza di tali elementi.





Valore dell'angolo d'attrito interno di formazioni clastiche: $\varphi = 36^\circ + \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4$

φ_1	COMPATTEZZA	SOFFICE MEDIA Densa	-6° 0 +6°
φ_2	FORMA DEI GRANI	ANGOLATI MEDIA ARROTONDATI MOLTO ARROTONDATI	+1° 0 -3° -5°
φ_3	TAGLIO DEI GRANI	SABBIA GHIAIA FINE GHIAIA GROSSA	0 +1° +2°
φ_4	GRANULOMETRIA	UNIFORME MEDIA DISPERSA	-3° 0 +3°

da cui si ricava un valore medio dell'angolo di attrito interno del materiale esistente in sito, **non considerando i blocchi di dimensioni maggiori**, pari a:

$$\varphi = 36^\circ - 1^\circ - 3^\circ + 0^\circ + 1^\circ = 33^\circ$$

I parametri geotecnici relativi al sedimento ghiaioso-sabbioso, esclusi naturalmente gli elementi litoidi di maggiori dimensioni, sono i seguenti:

Peso di volume	$\gamma = 1.80 - 1.85 \text{ kg/mc}$
Angolo di attrito interno	$\Phi = 32^\circ - 34^\circ$
Coesione	$c = 0.5 - 0.1 \text{ t/m}^2$

1.3 Indagine geognostica

A fronte dei dati già esistenti si è predisposta una campagna geognostica volta a confermare la natura del terreno di fondazione, le caratteristiche geotecniche dei sedimenti; la campagna geognostica a mezzo prospezioni geofisiche ha permesso di acquisire, senza interventi invasivi, importanti dati che sono stati opportunamente correlati con le informazioni stratigrafiche già esistenti; al fine di ricostruire l'assetto stratigrafico del sottosuolo, sono state condotte le seguenti indagini:

INDAGINE HVSR

INDAGINE MASW

Dalla relazione sulle indagini (report in allegato) si ricava:

... omissis...

L'informazione complessiva derivante dall'elaborazione dell'indagine geofisica e compendiando la stessa con i dati geologici disponibili, converge in un modello così riassumibile:

sito: HVSR 1 + MASW 1

Orizzonte	Spessore (m)	Vs (m/s)
1	2.8	215
2	7	470
3	>	600

La risultante VS 30 equivalente riferita al piano campagna è di 481 m/s.

L'orizzonte 1 viene riferito a terreno sciolto detensionato ma comunque di significativo addensamento (es. depositi di colata detritica o alterazione della morena). L'orizzonte 2 viene riferito ancora ad una copertura sciolta quaternaria ma molto addensata, quale può essere, ad esempio, una morena di fondo sovraconsolidata. L'orizzonte 3, che

rappresenta il substrato sismico, è verosimilmente riferibile alla roccia porfirica del substrato geologico permiano.

....

Ai sensi delle NTC 2018, pertanto, la categoria sismica del sito indagato risulta essere la "B".

...omissis...



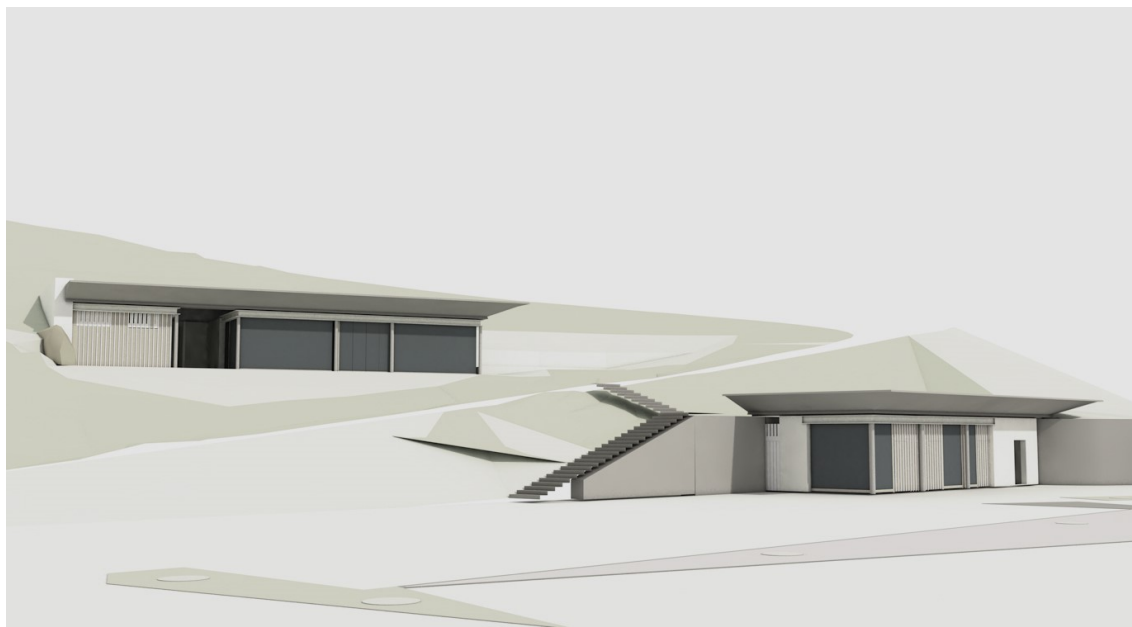
2. ANALISI DEL PROGETTO

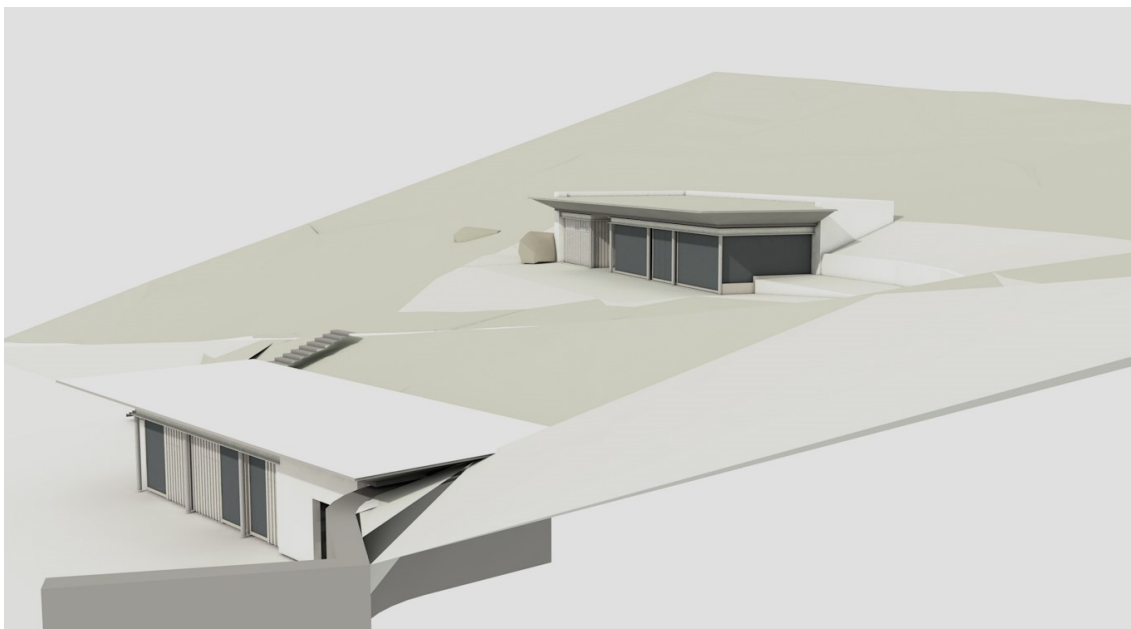
2.1 SCELTA DEL TIPO DI FONDAZIONE

Il progetto prevede la realizzazione ex novo di due volumi:

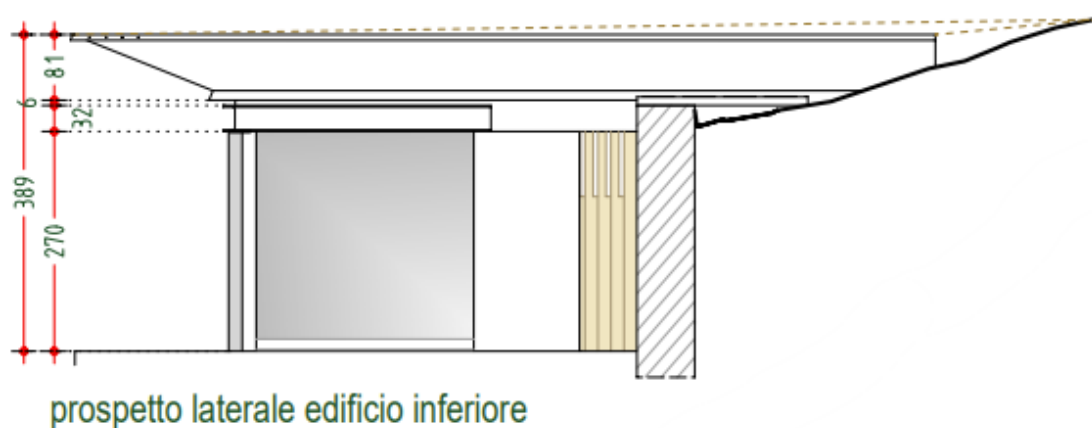


Estratti dalle tavole di progetto (non in scala)

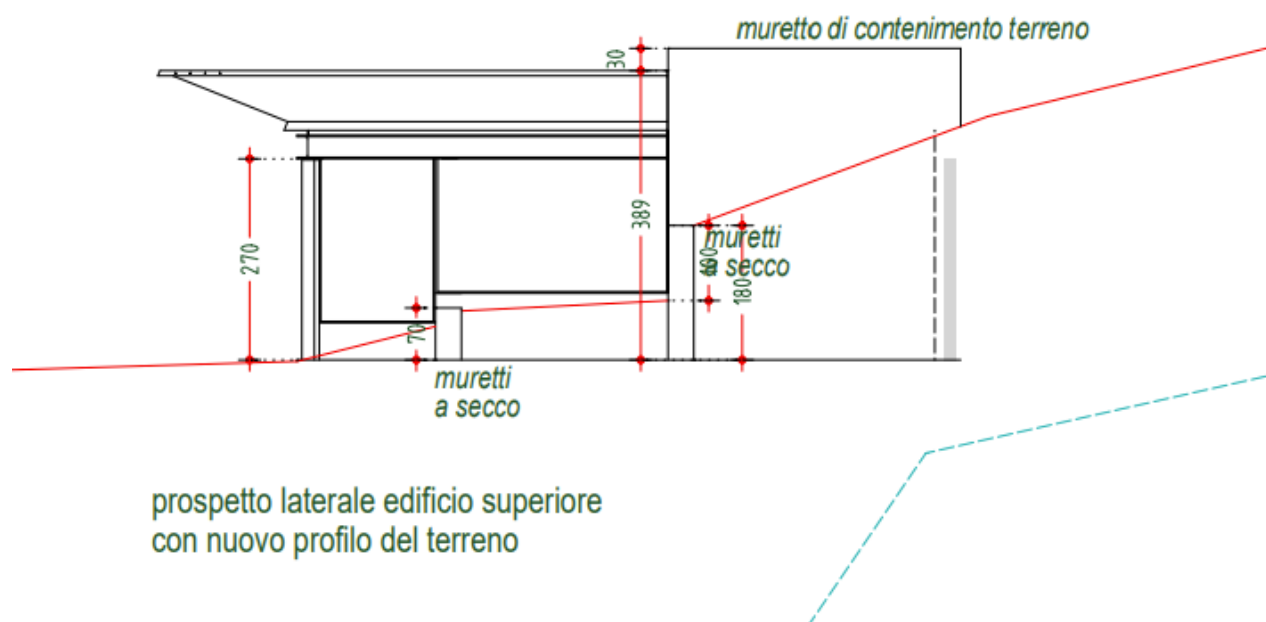




a) la struttura destinata a infopoint, officina e deposito e che accoglierà la cabina SET, **con dimensioni massime pari a 14.5 m * 4 m circa**, si disporrà sul piazzale sottostante la strada, a ridosso del muro di sostegno del rilevato di quest'ultima, che non sarà oggetto di alcun intervento nell'ambito delle opere previste; gli scavi, da eseguirsi sul piazzale asfaltato, si limiteranno alla realizzazione della base fondazionale (indicativamente circa 1 m di profondità da p.c.);



b) la struttura del chiosco turistico, **con dimensioni massime pari a 22 m * 9 m circa**, sarà collocata nell'area prativa che si pone all'interno del tornante sviluppato dalla strada comunale; in ragione della tipologia della struttura e dell'intento progettuale di incassare il manufatto, essa necessiterà di scavi con profondità pari a circa 3.5 m da p.c.



Le strutture fondazionali devono essere disposte nell'ambito del sedimento ghiaioso-sabbioso della porzione superficiale del deposito morenico-detritico; qualora si individuasse, nel punto ove è previsto il piano di posa delle fondazioni, un livello a granulometria ridotta, esso andrà asportato, sostituendolo con un livello di materiale drenante, in modo da ridurre lo spessore di sedimento che necessita di consolidazione e limitare i cedimenti; si dovrà prevedere la sostituzione del materiale naturale fino alla profondità di 0.6 – 0.8 m sotto il piano di posa delle fondazioni; il materiale dovrà essere deposto per strati di spessore ridotto ed opportunamente costipato.

NORMA UNI 11531-1 DEL 2014

Classificazione delle terre

Classificazione generale	Terre ghiaio-sabbiose Frazione passante al setaccio 0,063 mm ≤ 35%							Terre limo-argillose Frazione passante al setaccio 0,063 mm > 35%					Torbe e terre organiche palustri
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		A8
Sottogruppo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6	
Frazione passante al setaccio 2 mm 0.4 mm 0.063 mm	≤50 ≤30 ≤15	- ≤50 ≤25	- ≤50 ≤10	- ≤35	- ≤35	- ≤35	- ≤35	- ≤35	- ≤35	- ≤35	- ≤35	- ≤35	- ≤35
Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 mm LL (Limite liquido) IP (Indice di plasticità)	≤6	≤8	N.P.	≤40 ≤10	>40 ≤10	≤40 >10	>40 >10	≤40 ≤10	>40 ≤10	≤40 >10	>40 >10 IP ≤ LL-33	>40 >10 IP > LL-33	
Indice di gruppo	0		0	0	≤4			≤8	≤12	≤16	≤20		
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fina	Ghiaia o sabbia limosa o argillosa				Limi poco compressibili	Limi molto compressibili	Argille poco compressibili	Argille molto compressibili e mediamente plastiche	Argille molto compressibili e molto plastiche	Torbe di recente o remota formazione, debris organici
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono					Da mediocre a scadente							Da scartare
Azione del gelo sulle qualità portanti	Nessuna o lieve			Media				Molto elevata		Media	Elevata	Media	
Ritiro e rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve				Lieve o medio		Elevato	Elevato	Molto elevato	
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa						Scarsa o nulla			
N.P.	= non plastico; = Non necessario per la classificazione												

I materiali più idonei per la realizzazione dello strato inerte da porre sotto le fondazioni in sostituzione del naturale sono quelli appartenenti ai gruppi A-1, A-2-4, A-2-5 della tabella allegata (Tab. C.N.R. U.N.I. 11531-1), escludendo quindi totalmente terreni contenenti sostanze organiche, limi ed argille.

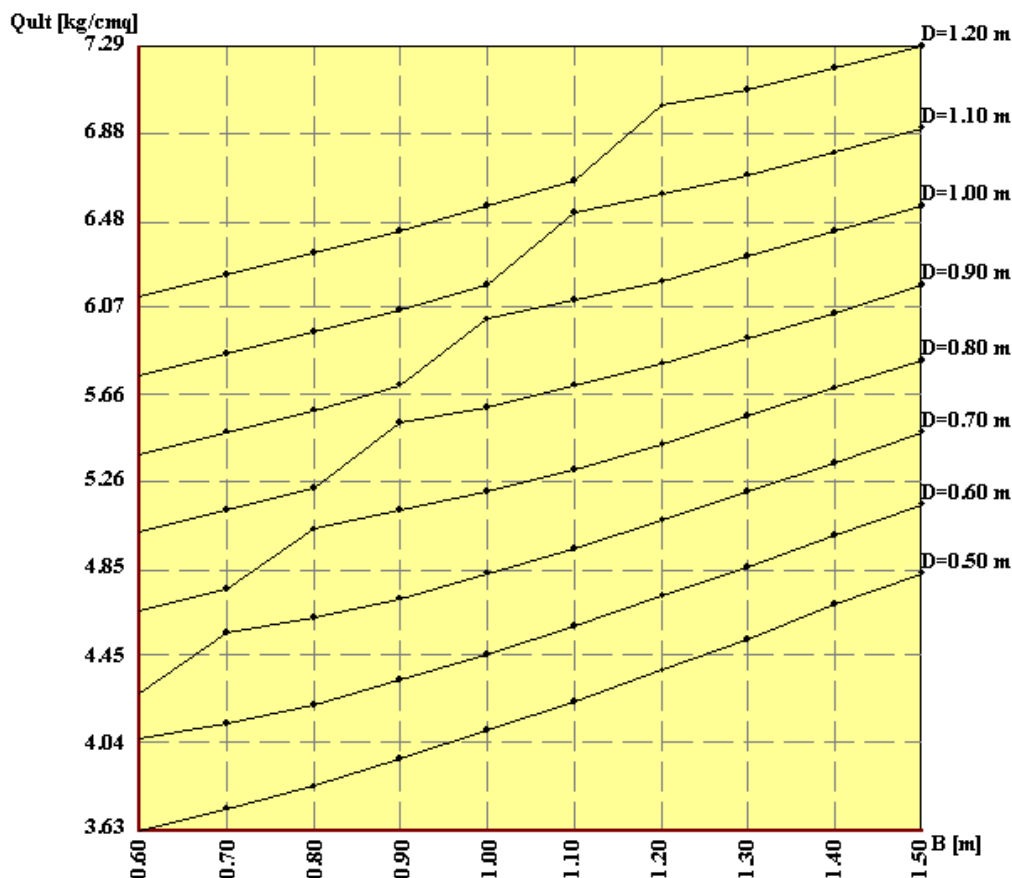
Il materiale dovrà essere deposto per strati di spessore ridotto ed opportunamente costipato. Al fine di evitare contaminazioni, punzonamenti e compenetrazioni tra il materiale inerte grossolano ed il sottostante terreno limoso, potrà risultare opportuno porre alla base ed alle pareti dello scavo **un foglio di geotessile sintetico di spessore adeguato**, che agisca separando il materiale soffice tramite l'azione cerchiante sul materiale inerte riportato, ottenendo tra l'altro una più uniforme distribuzione dei carichi; sul piano basale inoltre, si porrà in opera **una georete o geogriglia**, al fine di rafforzare l'azione legante del tessuto soprastante e garantire che le operazioni di sistemazione del materiale arido non provochino lesioni o sprofondamenti del tessuto stesso.

In ragione della tipologia e delle dimensioni del manufatto, nonchè della presenza nel sottosuolo di sedimenti sabbioso-ghiaiosi naturali o riportati, le fondazioni potranno essere costituite da strutture superficiali (fondazioni nastriformi continue, a platea o a plinto).

2.2 Determinazione del carico limite

Facendo riferimento al D.M. 17 gennaio 2018, dai calcoli effettuati, utilizzando i parametri geometrici e geotecnici sopra riportati, per fondazioni continue nastriformi di larghezza B incassate nel terreno per una profondità D si ricavano i valori della **capacità portante limite** riportati nel grafico, **con approccio A1 M1 R3**.

Diagramma Qult-B (D)



Le fondazioni dovranno essere realizzate nel materiale naturale, **dopo asportazione di eventuale terreno vegetale, agrario o di riporto depositato a sistemazione dell'area**, eliminazione dei blocchi maggiori presenti nel terreno e successivo livellamento.

2.3 Stabilità dei fronti di scavo

Il progetto prevede scavi per la messa in opera delle fondazioni, ed anche per la messa in opera di sottoservizi, ipotizzando una profondità massima indicativa di 3.5 m circa rispetto all'attuale piano campagna; **data la natura essenzialmente granulare ed in considerazione delle caratteristiche geotecniche del terreno costituente il sottosuolo dell'area, si esclude la realizzazione di profili di scavo verticali.**

Le verifiche di stabilità dei fronti dello scavo devono essere effettuate secondo quanto previsto dalle “Norme tecniche per le costruzioni” (D.M. 17.01.2018). La normativa prescrive che per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione $E_d \leq R_d$ dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, mentre R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico. La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A_1 e A_2), per i parametri geotecnici (M_1 e M_2) e per le resistenze (R_1 , R_2 e R_3).

Per la stabilità dei versanti le Norme indicano che le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1: Combinazione 2 ($A_2 + M_2 + R_2$).

Problema geotecnico

NTC 2018

Pendii naturali Cond. statiche
Cond. sismiche

Solo parametri caratteristici.
Con sisma F_h e F_v , k_{hk} , k_{vk} e β_s

	Categorie di costruzione	
	A	B, C, D, E
$0.2 < s/g \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < s/g \leq 0.2$	0.27	0.24
$s/g \leq 0.1$	0.20	0.20

-Fronti di scavo Cond. statiche
-Rilevati Cond. sismiche

$(A_2+M_2+R_2) \gamma_{R2} = 1.1$ Cond. statiche

Condizioni sismiche

$\beta_s = 0.38$ per SLV

$\beta_s = 0.47$ per SLD

$\gamma_{A2} = 1 \quad \gamma_{M2} = 1.0 \quad \gamma_{R2} = 1.2$

-Pendii artificiali

$(A_2+M_2+R_2) \gamma_{R2} = 1.1$ Cond. Statiche

Cond. Sismiche

$\beta_s = 0.38$ per SLV

$\beta_s = 0.47$ per SLD

$\gamma_{A2} = 1.0 \quad \gamma_{M2} = 1.0 \quad \gamma_{R2} = 1.1$

Fondazioni superficiali

$DA2 (A_1+M_1+R_3) \gamma_R = 2.3$; se 2.3
o 1.8 az. Inerz.; k_{hk} e β_s come pendii nat.

Fondazioni profonde

$DA2 (A_1+M_1+R_3)$; come fond. superf.

Caratteristica	Minore	Full infless.	Full flessibile	Full infless. conferma
Base	γ_b	0.8	0.8	0.8
Base	γ_b	1.1	1.1	1.1
Laterale in compressione	γ_l	1.1	1.1	1.1
Laterale in trazione	γ_t	1.1	1.1	1.1
Laterale in trazione	γ_{tl}	1.1	1.1	1.1

* Per applicazioni alla valutazione sismica delle opere di difesa di opere di difesa di progetto.

Miste

$(A_1+M_1+R_3) \gamma_{A1} \text{ e } \gamma_{M1} = 1.0 \quad \gamma_{R3} = 2.3$

Opere di sostegno

$DA2 (A_1+M_1+R_3)$ se in Cond. sismiche

$\beta_m = 0.38$ per SLV

$\beta_m = 0.47$ per SLD

DA 1 :- Combinazione 1: $(A_1+M_1+R_1)$

- Combinazione 2: $(A_2+M_2+R_1)$

con $R_1 = 1.0$

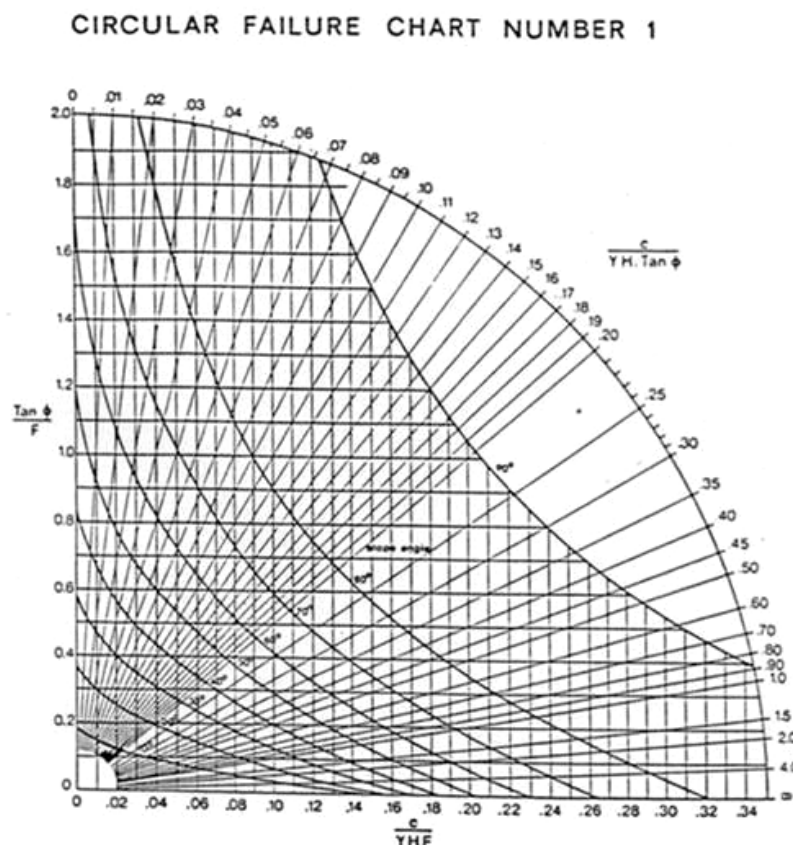
$\rightarrow$ con sisma $a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$

Paratie

Tabella riassuntiva (estratto da convegno del Consiglio Nazionale dei Geologi di Trento dd. 14/03/2019) riguardante le combinazioni di calcolo da adottarsi relativamente alla progettazione geotecnica secondo le NTC-18 (DM. 17/01/2018).

Per quanto riguarda il coefficiente parziale per le verifiche di sicurezza, relativamente alla stabilità generale, il D.M. richiede un $\gamma_R \geq 1.1$. In pratica con la nuova normativa **il coefficiente di sicurezza minimo previsto è pari a 1.1**, corrispondente a $F_s \geq 1.3$ della precedente normativa (D.M. 1988 – D.M. 1996). La normativa specifica al punto 2.4.1 che le verifiche sismiche **possono omettersi per le opere provvisorie o per le strutture in fase costruttiva** quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni; gli scavi previsti saranno realizzati per la collocazione dei muri di sostegno ed avranno quindi una durata limitata ed in relazione a ciò le verifiche di stabilità generale sono state effettuate non considerando l'azione sismica, ma solo i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno. In definitiva utilizzando:

- in favore della sicurezza parametri geotecnici bassi tra quelli indicati;
- i coefficienti parziali suddetti;
- un coefficiente di sicurezza $\gamma_R = 1.1$;
- una coesione efficace pari a $c' = c/1.25 = 0.5/1.25 = 0.4$ t/mq;
- gli abachi presenti in “Rock Slope Engineering” (HOEK & BRAY, 1981), ed in particolare il diagramma valido per fronti di scavo in assenza di falda acquifera (vedi schema);



- un fronte di scavo di altezza $H = 3.5$ m costituito dal materiale suddetto; e verificando l'intersezione tra l'ordinata $[(\tan 32^\circ/1.25)/1.1]$ e l'ascissa $[(c/1.25) / (\gamma * 3.5 * 1.1)]$, si ottiene un angolo limite dei profili di scavo pari a $\beta \leq 50^\circ$ sull'orizzontale.

Qualsiasi altro valore di β inferiore a quello ammissibile rientrerà entro le norme di sicurezza.

2.4 Ulteriori indicazioni per la realizzazione di eventuali scavi

L'area in cui si metterà in opera la struttura del chiosco è lontana da strutture antropiche. Il sito identificato per la realizzazione del manufatto che ospiterà l'INFOPOINT e la cabina SET si trova a distanza da altre costruzioni ma a distanza ridotta dal muro di sostegno del rilevato stradale soprastante; qualora gli scavi si spingessero in adiacenza o sotto fondazioni attuali, ***si raccomanda l'adozione di strutture di sottomurazione al fine di non destabilizzare le fondazioni esistenti***, prevedendo la realizzazione di opere di contenimento provvisionali e l'esecuzione dello scavo per settori ristretti, iniziando gli sbancamenti dagli spigoli esterni, procedendo verso l'interno per sezioni alternate, avendo cura di porre in opera la fondazione ed il muro definitivi immediatamente dopo l'esecuzione dello scavo, e di aspettare il consolidamento della porzione di muro eseguita prima dell'escavazione del tratto adiacente.

Le operazioni di scavo potrebbero avvenire in un'area con presenza di muri di confine e manufatti vari; la ristrettezza dell'area delle operazioni potrà richiedere l'utilizzo di angoli di scarpa differenti da quanto indicato; qualora non si volesse estendere troppo lo scavo, si raccomanda l'adozione di opere di contenimento provvisionali, quali sbadacchiature, ecc. e/o di realizzare gli scavi per settori, collocando in fase immediatamente successiva il relativo tratto di muro definitivo, prima di effettuare lo scavo del settore successivo.

Come sopra specificato, benchè non si incontri a questa profondità una falda acquifera, si potranno presentare delle sporadiche venute d'acqua al momento degli scavi guidate da livelli limosi all'interno del deposito morenico-detritico, ma in particolare al contatto tra livello di copertura sciolta e substrato roccioso; si raccomanda di iniziare i lavori in periodi favorevoli dal punto di vista meteorologico in modo da effettuare gli scavi in assenza di venute d'acqua; nei periodi sfavorevoli (inizio primavera, tardo autunno, periodi seguenti a prolungate precipitazioni, ecc.) gli apporti meteorici possono determinare infatti l'imbibizione del terreno superficiale ed il conseguente decadimento delle sue caratteristiche di resistenza.

In considerazione della **accertata presenza nel deposito costituente il sottosuolo di blocchi di grandi dimensioni**, si sottolinea l'**assoluta necessità di evitare di procedere alla loro rimozione e/o demolizione senza un'opportuna valutazione dei rapporti tra i massi stessi e tra questi e le strutture esistenti** (muri di confine, strada, rilevati): infatti potrebbe verificarsi che la base dei blocchi sia stabilizzata dal masso adiacente, o che parte dell'apparato fondazionale dei manufatti poggi direttamente su tali blocchi, per cui un intervento frettoloso o malfatto potrebbe determinare movimentazioni dei blocchi rocciosi o lesioni nelle murature od alle strutture soprastanti. Le operazioni di movimento terra dovranno essere compiute con la massima attenzione in prossimità di **eventuali massi di grandi dimensioni esistenti nel deposito** naturale, al fine di non destabilizzare l'attuale situazione di equilibrio, ed anche in caso di rimozione degli stessi, essa dovrà essere eseguita con estrema attenzione, poiché le strutture fondazionali potrebbero avere delle interrelazioni con i blocchi stessi.

Al fine di garantire comunque la stabilità del ciglio superiore dei fronti di scavo si consiglia di:

1. proteggere i fronti di scavo con teli di nylon in concomitanza di piogge intense e persistenti;

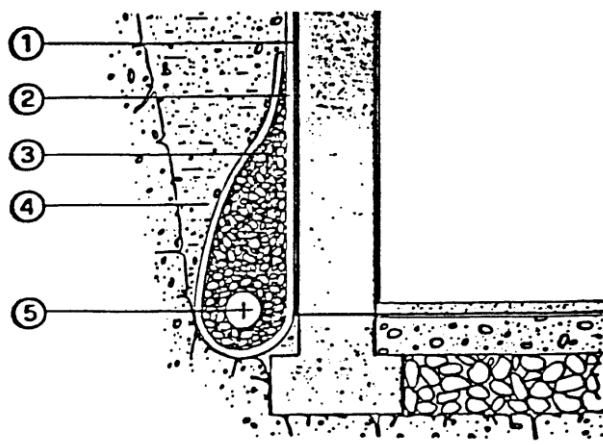
2. evitare il posizionamento di sovraccarichi in prossimità del ciglio di scavo ed il passaggio in adiacenza allo stesso di mezzi meccanici, prevedendo una fascia di interdizione, opportunamente delimitata;
3. evitare il transito e la sosta di mezzi nella zona adiacente alla zona degli scavi nel periodo richiesto dalla realizzazione degli stessi ed alla messa in opera dei muri definitivi che fungeranno da muri di contenimento, periodo che dovrà essere comunque limitato.

La stabilità degli eventuali scavi nelle condizioni illustrate nel presente capitolo si intende garantita a breve termine, cioè limitatamente al periodo necessario per la realizzazione delle opere di contenimento definitive.

3. OPERE DI DRENAGGIO

Entro le profondità che verranno interessate dagli scavi non è presente una falda acquifera; si possono prevedere comunque, in rapporto a situazioni meteorologiche che determinino una intensa piovosità, circolazioni di acque superficiali nella copertura e conseguenti infiltrazioni di acque di ruscellamento attraverso i riempimenti a tergo di eventuali porzioni di struttura o muri interrati, con possibili fenomeni di ristagno.

A tergo di eventuali porzioni di muro interrato, ed **in ogni caso sotto alla soletta basale della struttura**, sarà opportuno creare, per garantirne condizioni di assenza di umidità, un sistema drenante opportunamente dimensionato per raccogliere e smaltire tali acque. Tale dreno potrà essere realizzato con materiale granulare grossolano alloctono ed in parte con la porzione a granulometria più elevata del terreno esistente in sito.



1	Impermeabilizzazione
2	Tessuto non tessuto
3	Materiale granulare arido, drenante
4	Terreno di riempimento costipato
5	Tubo di drenaggio collegato alle reti di smaltimento delle acque di drenaggio e bianche

4. MODALITA' DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE NERE E BIANCHE

4.1 *Smaltimento delle acque nere*

Gli scarichi delle acque nere dovranno necessariamente essere convogliati nella apposita rete fognaria comunale esistente.

4.2 *Smaltimento delle acque bianche*

Il manufatto dell'INFOPOINT e cabina SET verrà realizzato sull'attuale piazzale asfaltato; la messa in opera del tetto verde determinerà quindi una riduzione delle acque

di ruscellamento; lo smaltimento delle stesse avverrà quindi negli attuali sistemi inerenti il piazzale.

Le acque bianche provenienti dalla copertura del nuovo chiosco potranno essere convogliate **in sistemi dispersori opportunamente dimensionati**.

Per una valutazione dei coefficienti di deflusso utili alla progettazione si è fatto riferimento alla tabella sottostante:

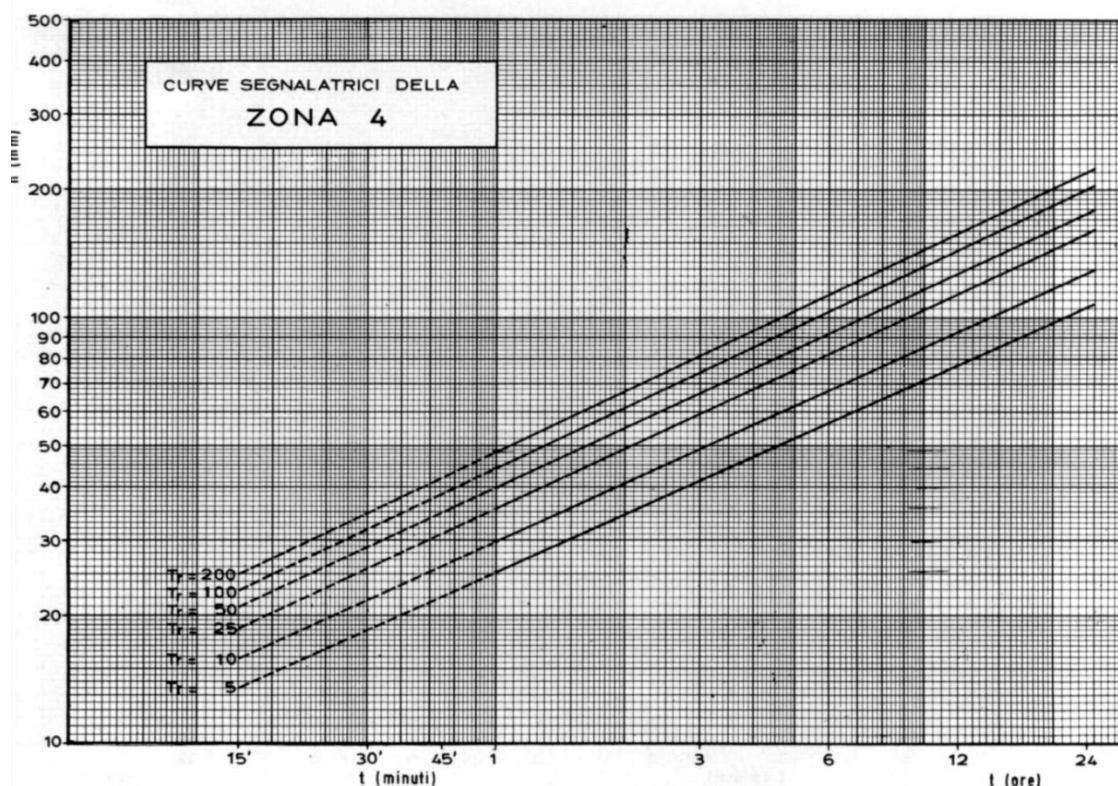
Valori di punta orari del coefficiente di deflusso consigliati da A.T.V.

CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE SCOLANTE	Coefficiente di deflusso $\psi_f = \psi_1$
— Tetti di metallo o di ardesia	0,95
— Tetti normali in tegole di laterizio e cartone catramato	0,90
— Tetti di cemento-amianto	0,5 - 0,70
— Lastricato d'asfalto e marciapiedi con manto impermeabile	0,85 - 0,90
— Lastricato in pietra o legno, con connesure sigillate	0,75 - 0,85
— Lastricato in pietre di grande taglio senza sigillatura dei giunti	0,5 - 0,7
— Massicciata in macadam all'acqua e lastricati in pietre di piccolo taglio	0,25 - 0,60
— Viali inghiaiaati	0,15 - 0,30
— Superfici non edificate, ferrovie	0,1 - 0,2
— Superfici di parchi e giardini	0 - 0,1

In relazione ad esempi precedenti, il coefficiente di deflusso del tetto verde può essere considerato pari a 50%.

4.3 Determinazione della portata idrica complessiva da smaltire

Per quanto si riferisce alla **dispersione nel sottosuolo delle acque di ruscellamento provenienti dalle superfici impermeabilizzate**, si è fatto riferimento alla pioggia critica della durata di 15 minuti con diversi tempi di ritorno (vedi grafico - da Determinazione delle zone omogenee per le piogge intense nel Trentino - DELLA LUCIA, FATTORELLI, PROVASI; 1976).



In base alle indicazioni progettuali, si possono valutare le portate da smaltire (esempio con tempo di ritorno pari a 25 anni):

Tipo di superficie	Area (mq)	Coefficiente di deflusso (C)	Portata al secondo (l/s)	Portata totale per il periodo critico (mc)
			$Q = \text{Area} * 0.0206 \text{ l/s} * C$	$Q_{\text{tot}} = Q \text{ al secondo} * 60s * 15'$
Copertura CHIOSCO (tetto verde)	240	0.50	2.47	2223≈2.3
Copertura INFOPOINT + SET (tetto verde)	160	0.50	1.65	1485≈1.5

In considerazione della presenza della falda a profondità consistente, si è ipotizzato che lo **smaltimento nel sottosuolo delle acque bianche, avvenga utilizzando o un pozzo perdente o una trincea disperdente che funga anche da vasca di laminazione** per accogliere le acque derivanti dalla precipitazione critica calcolata.

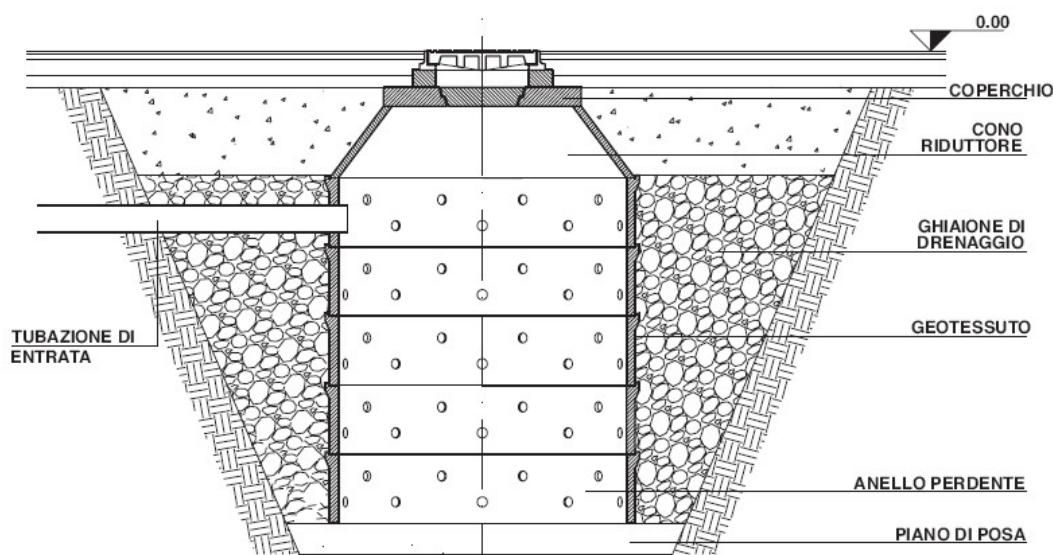
Per evitare intasamenti e riduzioni della permeabilità naturale del terreno nel tempo, sarà necessario infine realizzare, a monte del punto di dispersione, un pozzetto per la decantazione di eventuali particelle solide. Il pozzetto dovrà essere periodicamente ispezionato e svuotato.

4.4 Dispositivi perdenti

In caso di **rinvenimento di uno spessore elevato di materiale sciolto grossolano**, il dimensionamento del pozzetto a dispersione può essere fatto utilizzando la formula relativa alla prova di permeabilità a carico costante relativa a pozzetti circolari. Da essa si ricava la formula: $k = Q / d \times h_m \times \pi$ da cui $Q = k \times d \times h_m \times \pi$

ove

k = coefficiente di permeabilità (m/s)	h_m = altezza media dell'acqua nel pozzetto (m)
d = diametro del pozzetto cilindrico (m)	Q = portata assorbita a livello costante (mc/s)



Il coefficiente di permeabilità del terreno è stato stimato per confronto con sedimenti analoghi precedentemente studiati, ottenendo un valore minimo pari a: $5 * 10^{-4} \text{ m/sec} < k$.

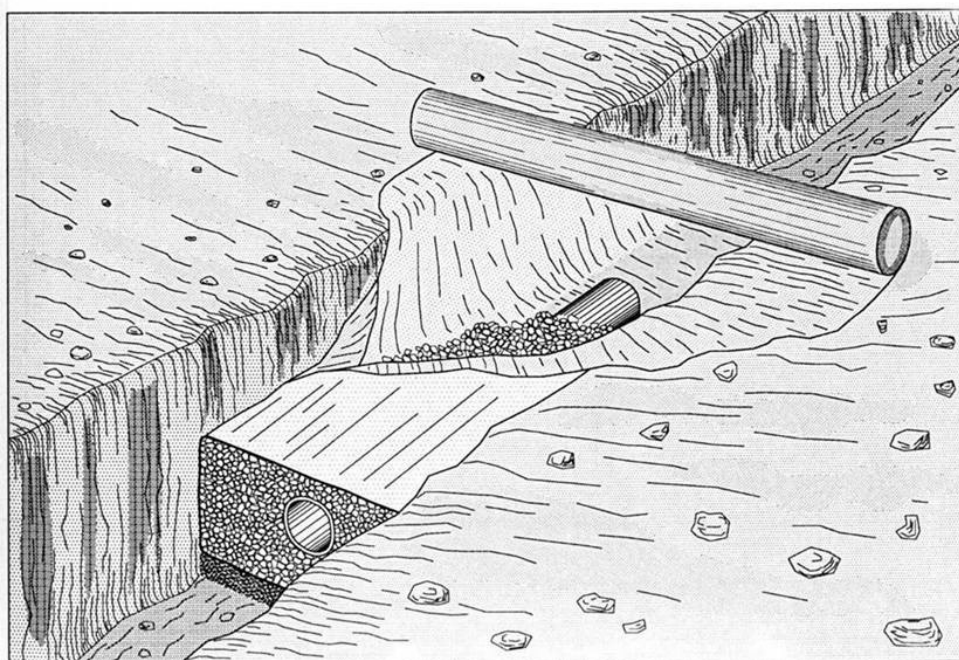
Il sistema a dispersione potrà essere costituito da **pozzi perdenti posti ad alcuni metri di distanza dalle fondazioni al fine di evitare che i moti di filtrazione dell'acqua possano influenzare negativamente i volumi di terreno interessati dalla diffusione dei sovraccarichi indotti dall'edificio.**

Per una valutazione indicativa unitaria, il sistema di dispersione adottato corrisponde ad un pozzo perdente, con vespaio circostante opportunamente disposto; esso può essere fatto corrispondere ad un tubo in calcestruzzo disposto verticalmente con $\varnothing = 1.0$ m, circondato da un riempimento di materiale granulare ghiaioso grossolano, drenante, dotato di elevata permeabilità, ove l'elemento posto in profondità sia finestrato per l'altezza di 2.0 m.

In base alla formula sopra riportata:

$$Q = 0.0005 \text{ (m/s)} * 1.0 \text{ (m)} * 2.0 \text{ (m)} * \pi = 0.00314 \text{ mc/s} = 3.14 \text{ l/s} > 2.47 \text{ l/s}$$

Si è considerato, in relazione alla possibilità di non rinvenire sedimenti favorevoli alla dispersione in profondità, la possibilità di utilizzo di un **sistema di smaltimento mediante trincea disperdente, la quale avrà anche funzione di vasca di laminazione** per accogliere le acque derivanti dalla precipitazione critica precedentemente calcolata. La fossa potrà essere, ad esempio, predisposta nel modo seguente: lo scavo, dimensionato di seguito, sarà colmato con **materiale ad alta permeabilità e porosità (ghiaia e sabbia), senza frazioni fini; tra il materiale drenante ed il terreno naturale sarà disposta una guaina in geotessile per prevenire intasamenti del dreno stesso.**



Stesa di un geotessuto e realizzazione di una trincea disperdente.

Nella parte superficiale delle fosse verrà disposto uno **strato di geotessile che impedisca l'ingresso nel dispersore di materiale fine** e quindi potrà essere ricoperto con terreno, onde realizzare, ad esempio, una superficie a verde. Risulta quindi ottimale la posizione prevista nell'area a prato.

Indicativamente quindi, considerando una porosità efficace pari a circa il 33%, per accogliere la quantità d'acqua relativa alla precipitazione critica calcolata in precedenza, si determina un volume di materiale ghiaioso arido da collocare nella trincea pari a:

$$V = Q_{\text{tot}} * 3 = 2.3 * 3 = 6.9 \text{ m}^3$$

Tenendo conto di una profondità utile ridotta ($H = 1.0 \text{ m}$), le dimensioni totali potranno essere:

B = 2 m	con	B = larghezza della trincea
L = 4 m		L = lunghezza della trincea
H = 1.0 m		H = altezza del battente d'acqua sul fondo

Si avrà un volume pari a:

$$V_{\text{fossa}}: 2 \text{ m} * 4 \text{ m} * 1.0 \text{ m} = 8 \text{ mc} > 6.9 \text{ mc}$$

Per evitare intasamenti e riduzioni della permeabilità naturale del terreno nel tempo, sarà necessario infine realizzare, a monte dei punti di dispersione, uno o più pozzetti per la decantazione delle particelle solide. I pozzetti dovranno essere periodicamente ispezionati e svuotati.

5. TERRE E ROCCE DA SCAVO

Le opere in progetto prevedono scavi significativi; si sottolinea che i materiali da essi derivanti sono sottoposti alla disciplina che regola l'utilizzo e la destinazione di terre e rocce da scavo [articoli 185 e 186 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale"]; qualora fosse necessario allontanare dalle aree di cantiere materiali derivanti dallo scavo o riportarne per la creazione di rilevati o drenaggi, ma anche in caso di riutilizzo in sito del materiale escavato, si rende necessario predisporre l'esecuzione di analisi chimiche sul materiale derivante dallo scavo e su quello di riporto alloctono.

Sulla Gazzetta Ufficiale n. 183 del 7 agosto 2017 è stato pubblicato il Decreto del Presidente della Repubblica (DPR n. 120 del 13 giugno 2017) relativo al Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, entrato in vigore il 22 agosto 2017; si rileva che per i cantieri di piccole dimensioni (volume scavo <6000 m³) ed i cantieri di grandi dimensioni (volume scavo >6000 m³) non soggetti a VIA o AIA è il "produttore" (*ndr. colui che produce le terre da scavo*) deve attestare la sussistenza dei requisiti per la gestione come sottoprodotti dei materiali scavati mediante la compilazione del Modulo Allegato 6 del DPR in oggetto e presentazione al Comune del luogo di produzione e all'Agenzia di protezione ambientale competente per territorio, almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori di scavo (art. 20-21-22).

Per quanto si riferisce alla gestione e smaltimento delle terre e rocce da scavo, ed ai relativi moduli di comunicazione, si dovrà fare riferimento alla normativa vigente.

6. ASPETTI AMBIENTALI

6.1 Premessa

L'intervento in progetto darà origine a materiale di scavo che sarà riutilizzato in sito; in relazione a ciò, è stato effettuato un campionamento di materiale dalla zona in cui avverranno gli scavi. Si sottolinea che il materiale presente nel sottosuolo, pur

notevolmente eterogeneo per dimensione, presenta la medesima natura di deposito alluvionale di conoide; i campioni raccolti sono quindi rappresentativi della porzione di sottosuolo naturale che sarà oggetto di scavo.

6.2 Cartografia dei siti in anagrafe ed oggetto di procedimenti di bonifica

La cartografia on line predisposta da APPA – PAT e riportata nel Sistema informativo ambientale, non identifica nell'area in esame siti in cui è stata verificata presenza di rifiuti (vedi estratto cartografico sottostante – anagrafe dei siti oggetto di bonifica).



Siti oggetto di procedimento di bonifica

Altri siti in anagrafe

-  Ex art 77 c.1 T.U.L.P.
-  Discariche SOIS bonificate
-  Fondo naturale

Siti oggetto di procedimento bonifica

-  Siti bonificati
-  Sito potenzialmente inquinato
-  Sito non contaminato
-  Siti inquinati

6.3 Prelievo

Il campionamento è stato eseguito, in corrispondenza dei pozzetti geognostici predisposti, il giorno **08 novembre 2023**; i campioni sono stati consegnati al laboratorio di analisi Teralab s.r.l.

Sono stati prelevati 2 campioni di sedimento naturale, anche se in parte rimaneggiato.

I certificati analitici sono riportati per esteso in allegato.

6.4 Risultati analitici

Il confronto dei risultati analitici (vedi copia allegata dei certificati di analisi), relativi ai campioni di terreno naturale, con le concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) per i terreni come indicate nel TITOLO V, ALLEGATO 5, TABELLA 1 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", e per le sostanze indicate nelle linee guida relative (Delibera Provinciale n. 2173 del 29 agosto 2008 e Delibera Provinciale n. 1227 del 22 maggio 2009)], **evidenzia superamenti per i valori previsti in colonna A (siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale) per i campioni 1 e 2**; si riscontrano superamenti in entrambi per l'elemento **ARSENICO** e solo nel campione 2 per l'elemento **PIOMBO**.

La concentrazione per arsenico e piombo è comunque paragonabile a valori del fondo naturale identificati in altre porzioni del territorio comunale di Palù del Fersina, ove è stato definito un fondo naturale relativo ad alcuni metalli; si deve sottolineare che le rocce presenti sui rilievi della Valsugana hanno un contenuto consistente di tali elementi; in relazione a ciò si può presumere che i superamenti evidenziati siano dovuti al fondo naturale in metalli presente nei terreni costituenti il sottosuolo. Il sito in esame si colloca all'interno della MACROAREA della Valsugana, nella quale è previsto il trasporto dello stesso presso un sito idoneo all'interno della macroarea della Valsugana ove i valori delle CSC risultino compatibili (Del. Giunta Provinciale n. 1666 d.d. 03 luglio 2009): *“Ne consegue, in accordo con il punto 4.4 b) delle linee guida approvate con deliberazione della Giunta provinciale n. 1227 del 2009, che le terre e rocce scavate in tali aree e caratterizzate da concentrazioni di metalli superiori ai valori limite di legge, possano essere riutilizzate solo in siti di destino in cui le concentrazioni nei suoli abbiano valori compatibili, anche se esterni alla macro-area di origine. Inoltre, al citato punto 4.4 b) si propone di aggiungere i seguenti periodi: “Per la definizione del valore di fondo naturale del luogo di destino si ammette una variabilità massima del 20% dei valori analitici ivi riscontrati. E' ammessa l'omogeneizzazione di terre e rocce da scavo con presenza di concentrazioni superiori alle CSC per diversi elementi purchè dovute a fenomeni di origine naturale, al fine di migliorare le caratteristiche ambientali finali delle terre e rocce da scavo da utilizzare nel sito di destino”.*

L'eventuale movimentazione esternamente al cantiere dei materiali escavati dovrà fare riferimento alle normative riportate nel capitolo 5.

7. CONCLUSIONI

In base ai dati rilevati nei sopralluoghi effettuati ed ai dati esaminati è stato riconosciuto che l'area individuata (porzione delle pp. ff. 1955/1, 1955/2, 1955/3, 1957/1, 1957/2, 1958/1 del C.C. di PALÙ DEL FERSINA- PALAI EN BERSNTOL, in loc. Frotten)

può essere considerata idonea dal punto di vista geotecnico alla realizzazione del chiosco turistico ed altre strutture in progetto, a condizione che vengano osservate le prescrizioni riportate nel presente elaborato:

- nel capitolo 1 sono fornite le caratteristiche geotecniche del materiale costituente il sottosuolo; il materiale sciolto della copertura è dato da un deposito a struttura caotica, formato prevalentemente da sabbia e ghiaia in matrice sabbioso-limosa;
- i terreni presenti nel sottosuolo dell'area esaminata presentano buone caratteristiche geotecniche;
- la soluzione fondazionale prevista è costituita da strutture superficiali dirette;
- i terreni presenti nei primi metri di sottosuolo dell'area esaminata possono mostrare livelli meno validi dal punto di vista geotecnico; l'adozione di strutture fondazionali dirette potrebbe richiedere una parziale asportazione del sedimento soffice superficiale con posa in opera di materiale di riporto ghiaioso per uno spessore sufficiente sotto il piano di fondazione, per ridurre i cedimenti del terreno di fondazione;
- il calcolo della pressione limite fornisce i valori indicati al paragrafo 2.2 per diversa profondità e dimensione della fondazione;
- gli scavi per la realizzazione dell'apparato fondazionale e l'eventuale posa di sottoservizi raggiungeranno una profondità massima indicativa di 3.5 m circa rispetto all'attuale piano campagna; nel paragrafo 2.3 sono indicate le modalità di realizzazione e profilatura dei fronti di scavo;
- sotto la soletta basale della costruzione in progetto si realizzerà un sistema drenante come indicato nel capitolo 3;
- nel capitolo 4 si specifica che terre e rocce derivanti dagli scavi sono sottoposti a specifica normativa, di cui si riportano note esplicative;
- nel paragrafo 5.2 si specifica che la cartografia on line predisposta da APPA – PAT riportata nel Sistema informativo ambientale, non identifica nell'area in esame siti in cui è stata verificata presenza di rifiuti;
- nei paragrafi 5.3 e 5.4 si rende noto che in questa fase sono stati eseguiti 2 campioni del terreno naturale e parzialmente rimaneggiato in profondità; il confronto dei risultati analitici con le concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) per i terreni come indicate nel d.lgs. 152/06 e per le sostanze indicate nella Delibera Provinciale n. 2173 d.d. 29 agosto 2008, evidenzia superamenti per i valori previsti in colonna A (siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale) per entrambi i campioni relativamente ad Arsenico e per il solo campione 2 relativamente ad Arsenico e Piombo; la concentrazione per arsenico e piombo è comunque paragonabile a valori del fondo naturale identificati in altre porzioni del territorio comunale di Palù del Fersina; il sito in esame si colloca all'interno della MACROAREA della Valsugana.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 “Norme tecniche per le costruzioni”, fa riferimento alla relazione geologica del progetto definitivo e costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione ad edificare. La presente relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno riguarda la fase del progetto definitivo e dovrà essere integrata in fase esecutiva con tutte le previste verifiche della sicurezza e delle prestazioni di cui al capitolo 6.2.3. delle NTC.

Tenna, febbraio 2024









ALLEGATI:

- *Report indagine geognostica a mezzo prospezioni geofisiche;*
- *Certificati analisi di laboratorio chimico.*



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



COMUNE DI PALU' DEL FERSINA

RELAZIONE DI INDAGINE GEOFISICA

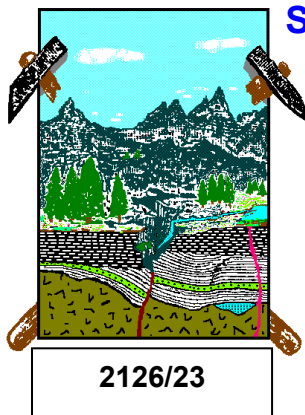
Indagine geofisica a Vrottn

COMMITTENTE: Studio Geologico Passardi geol. Paolo

il geologo



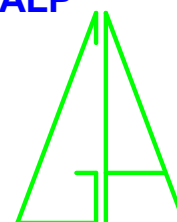
Novembre 2023



STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO GEOALP

dott. geol. Franca Bazzanella
dott. geol. Gianfranco Bazzoli
dott. geol. Icilio Vigna
P.IVA 01332500220

Viale Europa, 78 - Loc. San Cristoforo
Pergine Valsugana (TN) - 38057
Tel. 0461-985577 E-mail: geoalp.tn@virgilio.it
E-mail PEC: geoalp@pec-legal.it
Web homepage: <http://www.geoalp.eu>





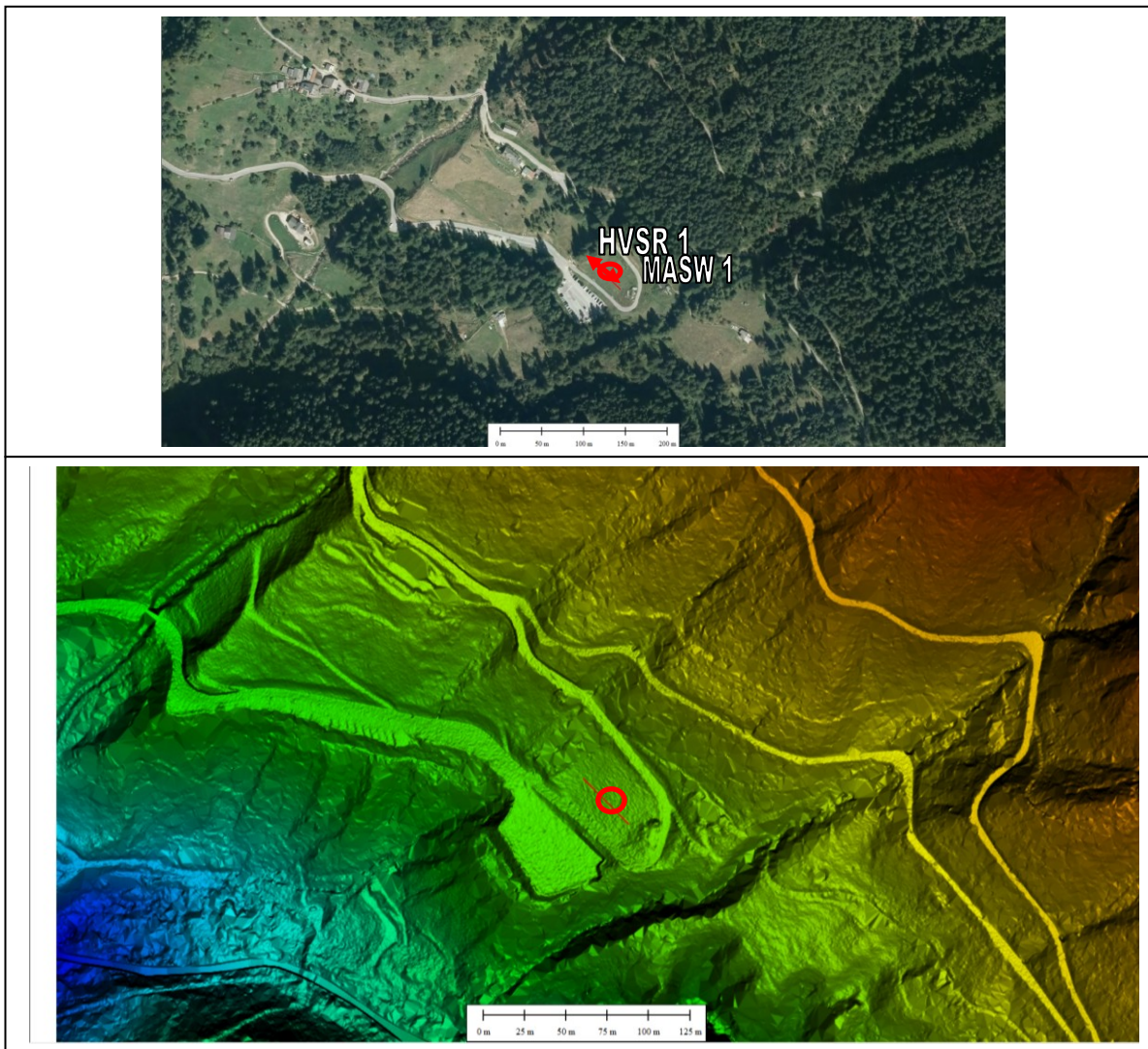
INDICE

- 1. INTRODUZIONE**
- 2. METODOLOGIA DELL'INDAGINE HVSR e MASW**
- 3. STRUMENTAZIONE**
- 4. ACQUISIZIONE**
- 5. ALTRE INFORMAZIONI**
- 6. ELABORAZIONE DEI DATI**
- 7. INTERPRETAZIONE SISMOSTRATIGRAFICA**



1. INTRODUZIONE

Su incarico del Geol. Passardi Paolo, in data 10/11/2023 è stata eseguita un'indagine geofisica a Vrotn del Fersina, presso i siti direttamente indicati dalla Committenza.



Il punto di indagine HVSr ha coordinate (UTM – WGS84 32N):

sito	X / Long. (m)	Y / Lat. (m)	Quota (m s.l.m.)
HVSr 1 + MASW 1	683061	5111235	1.510



2. METODOLOGIA DELL'INDAGINE HVSR e MASW

INDAGINE HVSR

L'indagine sismica asincrona a stazione singola è stata eseguita in conformità con le linee guida del progetto europeo SESAME (Site EffectS assesment using AMbient Excitations), utilizzando un acquisitore a sismica passiva per lo studio HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) e cioè il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e quella verticale del moto (Nakamura, 1989)¹.

Questa tipologia di indagine sismica non necessita di alcuna energizzazione esterna, poiché utilizza come sorgente il tremore sismico ambientale, vibrazioni sia di origine antropica (tipicamente con frequenza > 1 Hz), sia naturali, quali le onde oceaniche (0,05-1 Hz), il vento locale (1.4-5 Hz), i tremori vulcanici (2-10 Hz).

SORGENTI	Gutenberg	Asten - Asten e Henstridge
Onde oceaniche sulle coste	0.05 – 0.1 Hz	0.05 – 1.2 Hz
Perturbazioni meteorologiche a grande scala	0.1 - 0.25 Hz	0.16 – 0.5 Hz
Cicloni oceanici	0.3 – 1 Hz	0.5 – 3 Hz
Condizioni meteorologiche locali	1.4 – 5 Hz	-
Tremori vulcanici	2 – 10 Hz	-
Attività antropica	1-100 Hz	1.4 – 30 Hz

Bard riporta che a frequenze inferiori a 0,5 Hz, le sorgenti di rumore sono naturali (oceanico e condizioni meteorologiche su larga scala), ed il rumore è definito "microsisma", a ≈ 1 Hz, le fonti sono principalmente gli effetti del vento e le condizioni meteorologiche locali. a frequenze superiori a 1 Hz, le fonti sono le attività umane e il rumore sismico ambientale è denominato "microtremore". Il principio su cui si basa la tecnica HVSR, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato, inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Ciascuna curva HVSR ottenuta dalle misure di rumore ambientale viene valutata in termini di F0, A0, Fmax e Amax. F0 è la frequenza fondamentale di risonanza, ovvero la frequenza più bassa caratterizzata da un picco che superi tutti i test statistici di significatività, mentre A0 è l'ampiezza della frequenza fondamentale di risonanza. L'eventuale frequenza caratteristica di risonanza del sito è indotta da netti contrasti d'impedenza sismica nel sottosuolo (contrasto fra i sismostrati).

L'ampiezza del picco è direttamente proporzionale al contrasto di impedenza. E' un parametro importante per l'edilizia antisismica: strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno sono soggette al pericoloso effetto di "doppia risonanza" che può danneggiare la struttura.

Fmax e Amax b sono, rispettivamente, la frequenza e l'ampiezza del picco più alto, nel caso in cui la frequenza fondamentale non coincida con il picco più alto, come potrebbe verificarsi nel caso di una successione stratigrafica multistrato. La presenza di almeno un

¹ Nakamura, Y. (1989) - *A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface. Quarterly Report of Railway Technical Research Institute (RTRI), Vol. 30, No.1.*

massimo significativo nella curva HVSr viene interpretata come un'indicazione di possibili fenomeni di risonanza sismica al sito investigato e, di conseguenza, di possibile amplificazione del locale moto del suolo (siti amplificativi); viceversa, quando le ampiezze dei picchi di risonanza sono basse (valori 2 o 3), esse dimostrano scarse capacità di amplificazione dei suoli.

Sono state condotte analisi direzionali e tempo-varianti al fine di evidenziare eventuali caratteristiche del campo di vibrazione, attraverso il codice Grilla.

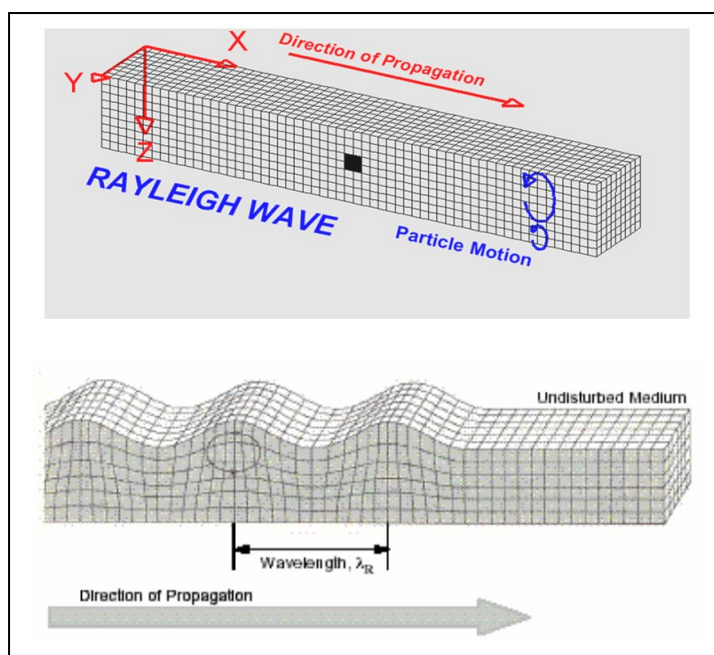
Disponendo dei dati di profondità di un riflettore noto della stratigrafia (es tramite prova penetrometrica, sondaggio, etc.) e riconoscibile nella curva H/V, dall'indagine è poi possibile definire la velocità media delle onde di taglio V_s o, viceversa, note le V_s si può ricavare la profondità del contatto.

Mediante opportuni metodi di inversione è possibile definire la stima del profilo del terreno in termini delle velocità V_s e V_p : da ciò si ricava la V_s equivalente e la relativa categoria del suolo, come richiesto dalle NTC18 17/01/2018.

INDAGINE MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.



In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo (si veda figura 2.13). Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi.

Nel metodo attivo, che è quello utilizzato nel presente caso, le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori.



Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo.

Nel seguito faremo riferimento al metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità e comunque in accordo con le indicazioni NTC -2018.

Il metodo MASW consiste in tre fasi (Roma, 2002):

(1) la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale,

(2) la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica,

(3) la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson ν), la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

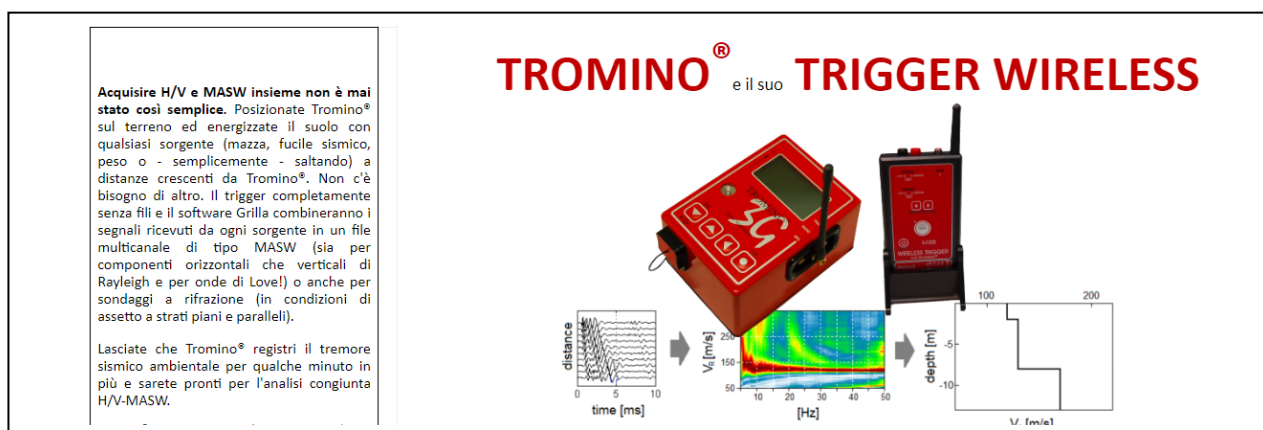


3. STRUMENTAZIONE

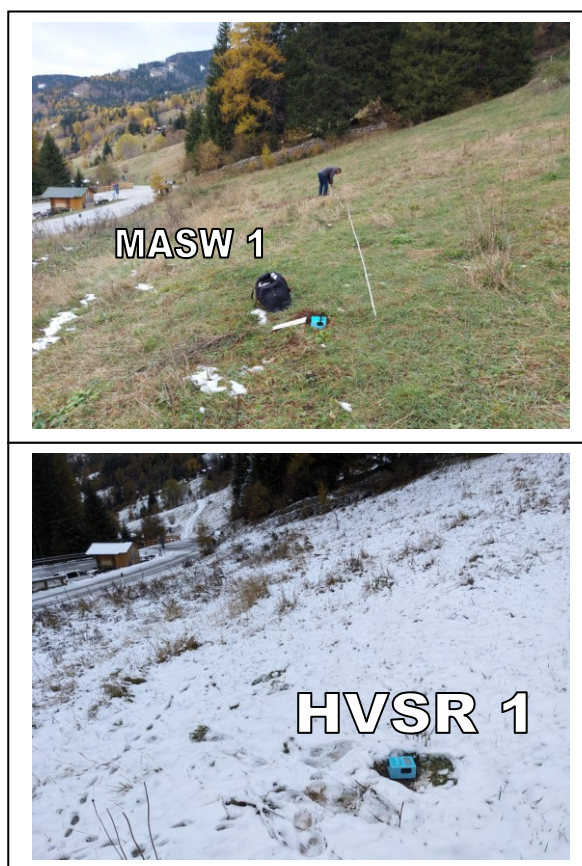
La strumentazione utilizzata per l'indagine sismica è costituita da una tripletta di geofoni a 4,5 Hz orientati ortogonalmente fra loro e posizionati parallelamente alle direttrici verticale (Z), N-S (N) ed E-W (E).

Lo strumento utilizzato è un TROMINO® mod. ENGY (3G series), ser. TEB-0508/01-19 dotato di:

- 3 canali collegati a 3 velocimetri elettrodinamici disposti ortogonalmente
- 3 canali collegati a 3 accelerometri digitali disposti ortogonalmente.



Il software utilizzato per le elaborazioni è il Grilla® v. 9.6.3/2021.





4. ACQUISIZIONE

HVSR 1

Strumento: TEB-0508/01-19

Formato dati: 32 bit

Fondo scala [mV]: 89

Inizio registrazione: 09/11/2023 13:18:51 Fine registrazione: 09/11/2023 13:28:51

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Durata registrazione: 0h10'00".

Analizzato 80% tracciato (selezione manuale)

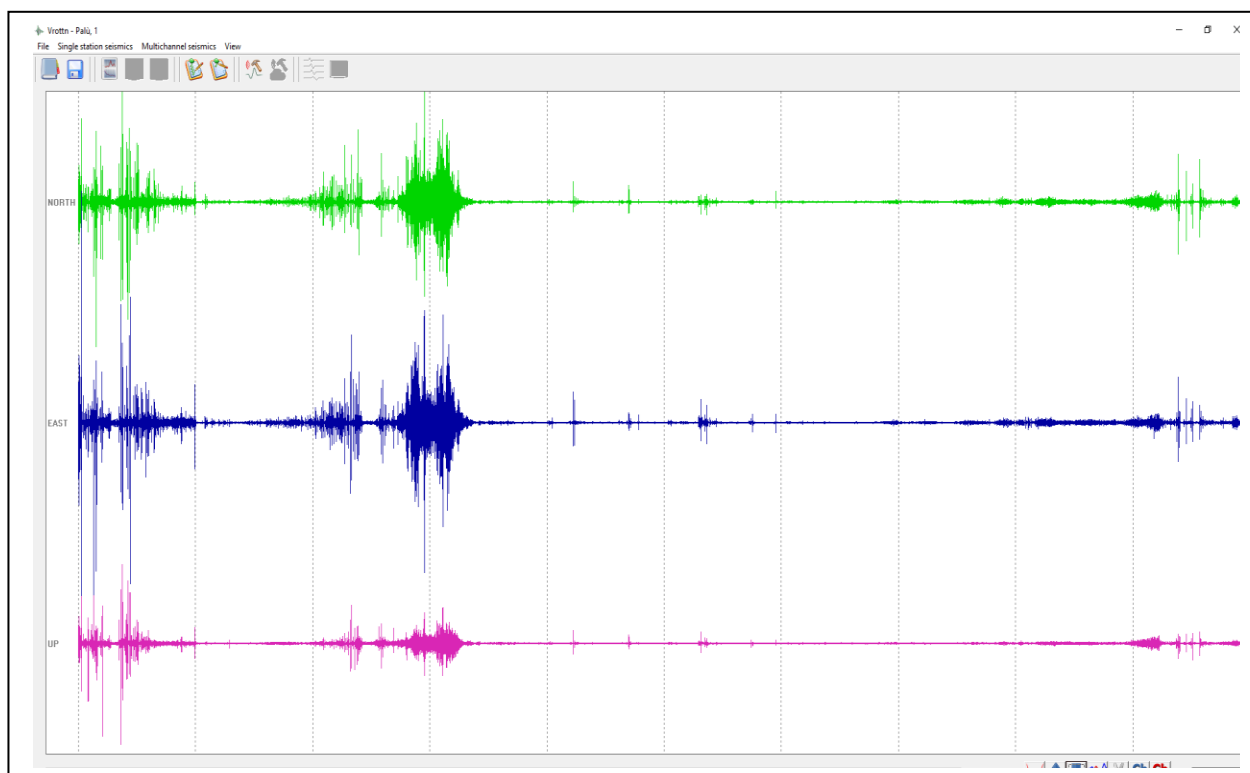
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 10 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

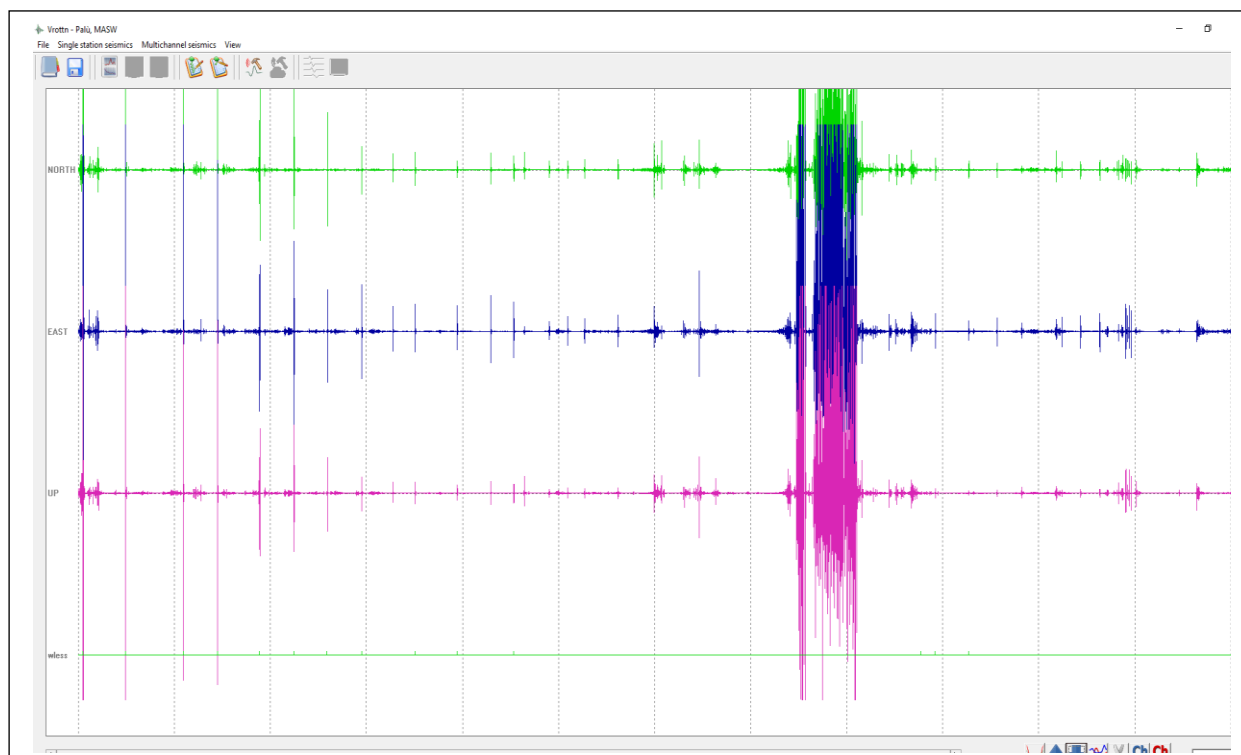
A seguire è riportata la traccia delle registrazioni nelle tre direzioni X, Y e Z.



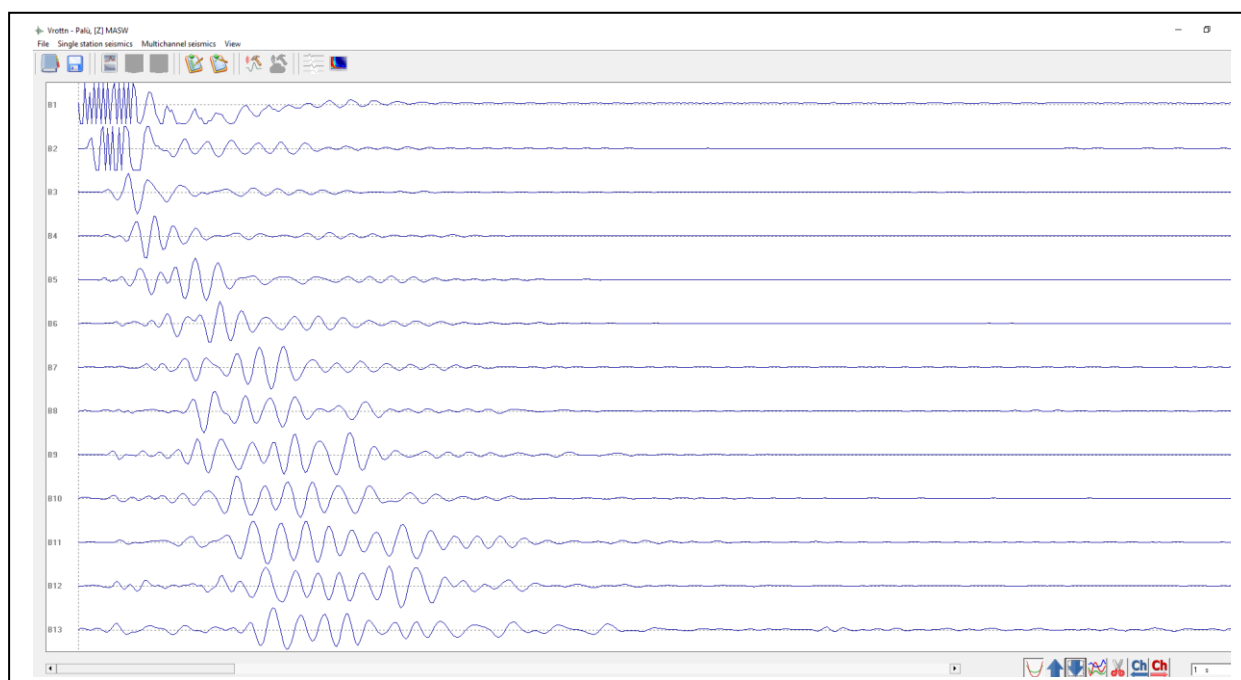
Appare evidente la presenza di alcuni disturbi indotti dal traffico veicolare nella vicina strada asfaltata e parcheggio.



ACQUISIZIONE MASW 1



Lo stendimento MASW 1 è costituito in 13 incrementi da 3 metri, per un totale di 36 m comprendente lo shot iniziale: il segnale del trigger (traccia verde in basso W.less) mostra chiaramente le energizzazioni relativamente alle quali risultano ben visibili i segnali di arrivo alla tripletta dei geofoni della base.

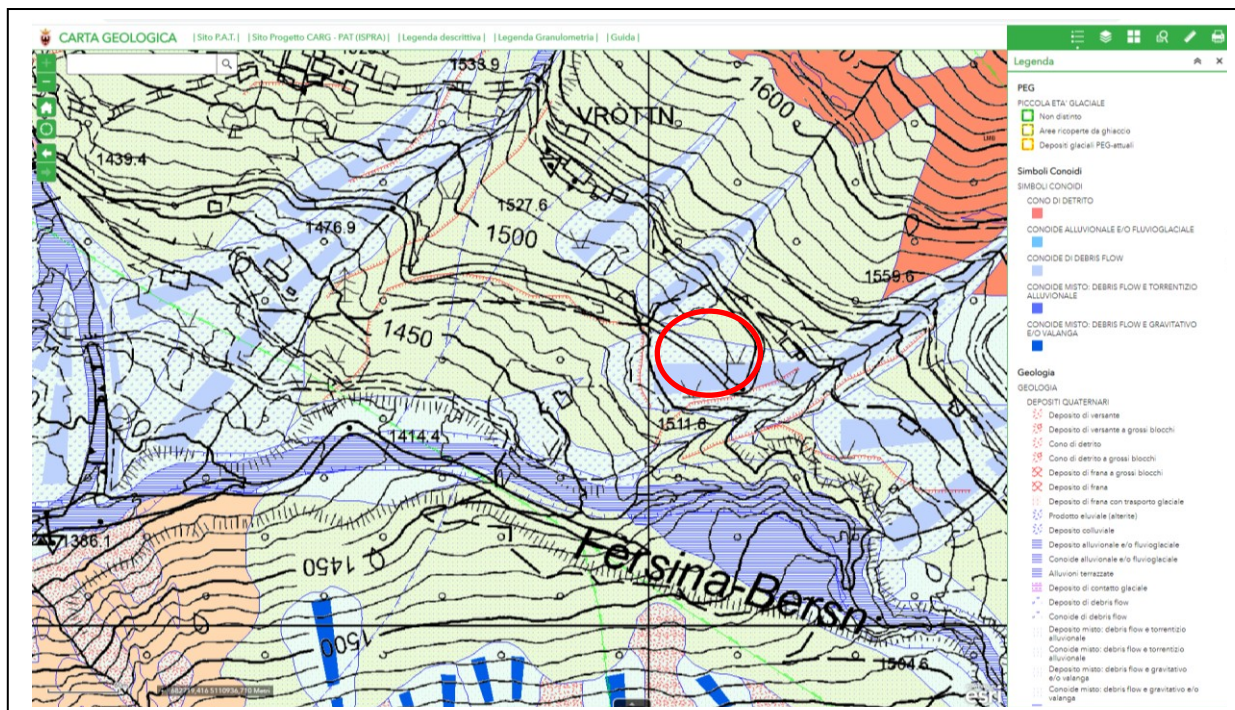


Dettaglio dei segnali di arrivo (componente Z) riferiti agli shots di energizzazione.



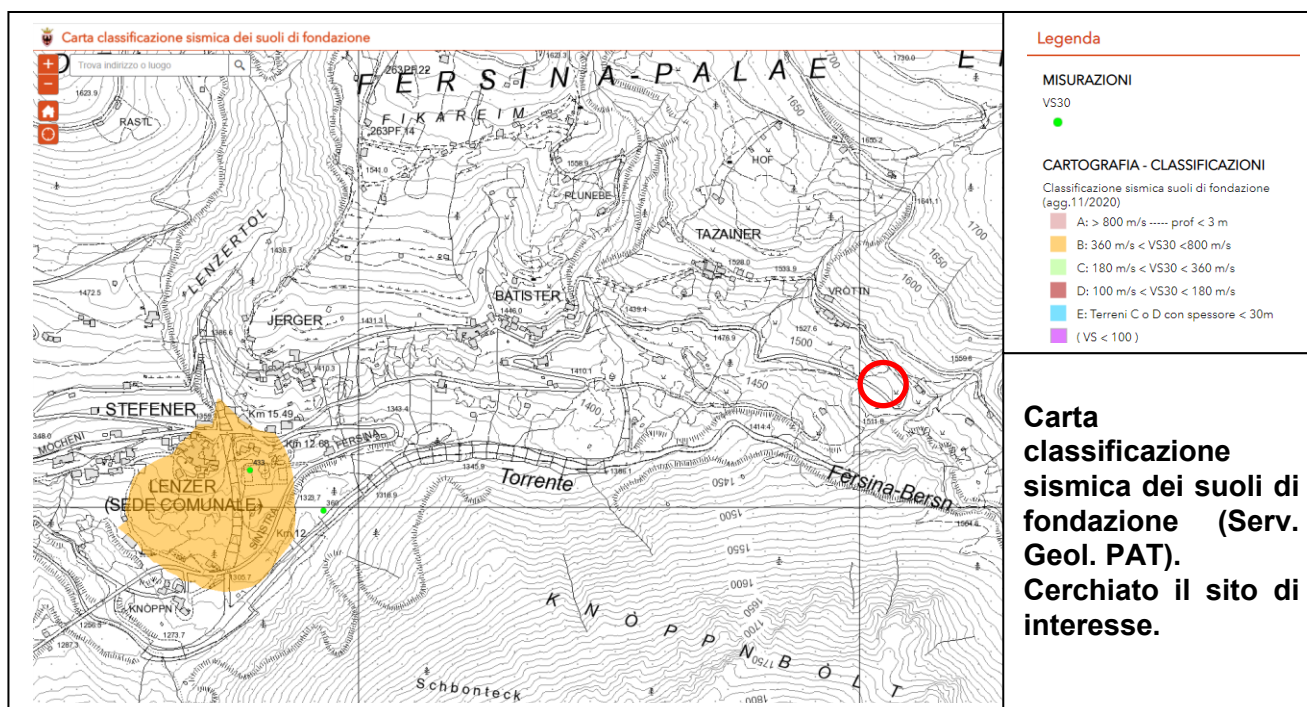
5. ALTRE INFORMAZIONI

Per l'interpretazione dell'indagine geofisica ci si è avvalsi anche della conoscenza della geologia locale desunta dalla carta geologica edita dal Servizio Geologico PAT.



La mappa mostra come il sito sia posto su un'area alluvionale, di coalescenza di più conoidi.

Si riporta uno stralcio della Carta della classificazione sismica dei suoli di fondazione (Serv. Geol. PAT) che non arriva ad interessare il sito di interesse.



Carta classificazione sismica dei suoli di fondazione (Serv. Geol. PAT). Cerchiato il sito di interesse.

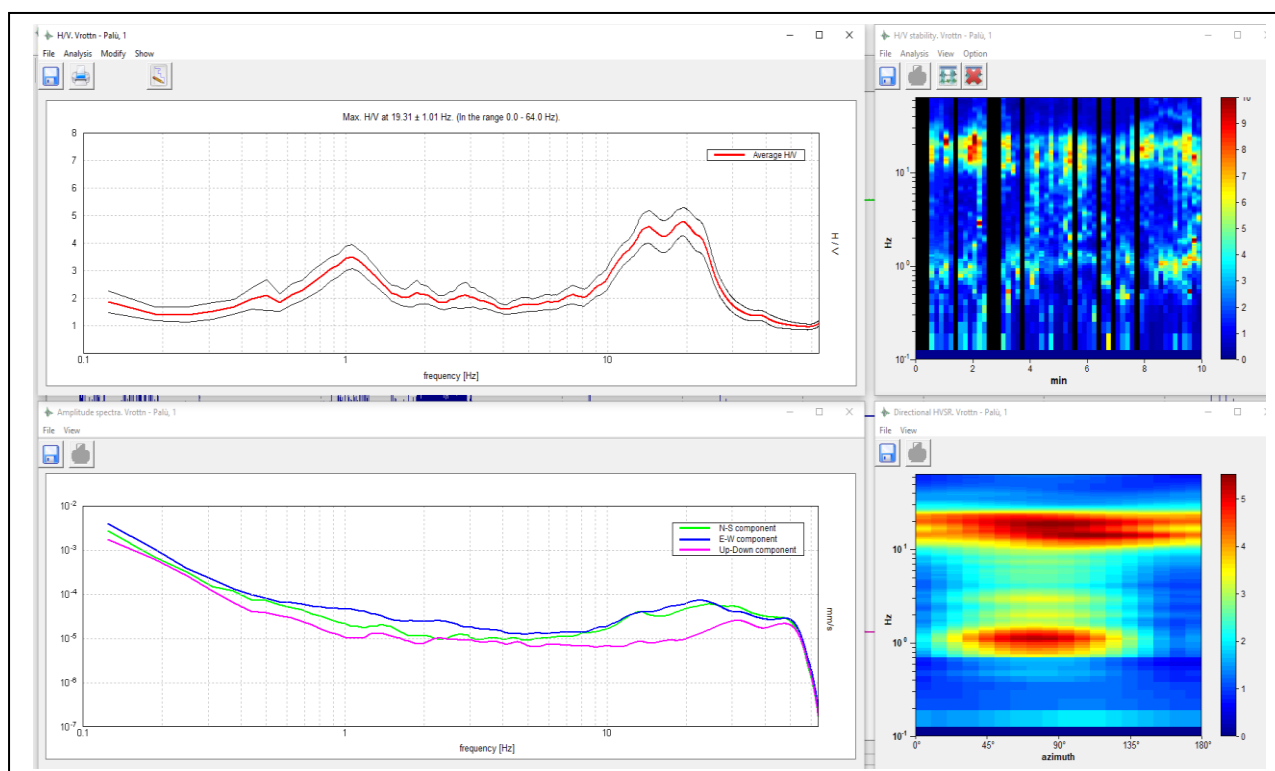


6. ELABORAZIONE DEI DATI

Elaborando i dati di acquisizione HVSR e MASW come dalle procedure metodologiche precedentemente descritte, con interpretazione geologica supportata anche dalle altre informazioni raccolte, si ottiene la modellazione sismica riferita alle onde di superficie Rayleigh.

Va subito riferito come l'assetto geomorfologico del sito, mostrato al Cap. 1, limita fortemente l'applicabilità del metodo geofisico in quanto il sito è su una dorsale isolata dall'erosione e quindi vi possono essere fenomeni distorsivi alla propagazione delle onde di taglio dovute proprio alla presenza delle scarpate sui 3 lati esposti rispetto al lato collegato al versante.

Indagine HVSR 1



RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE - SERIE TEMPORALE H/V- SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI - DIREZIONALITA' H/V

Si riconosce un doppio picco ($H/V > 2$) coalescente attorno a 14 – 19 Hz ed un secondo segnale a 1.1 Hz.

Il primo può essere riferito al passaggio fra copertura sciolta quaternaria e substrato sismico, mentre il secondo, stante la direzionalità solamente parziale, viene ritenuto non di interesse sismostratigrafico.

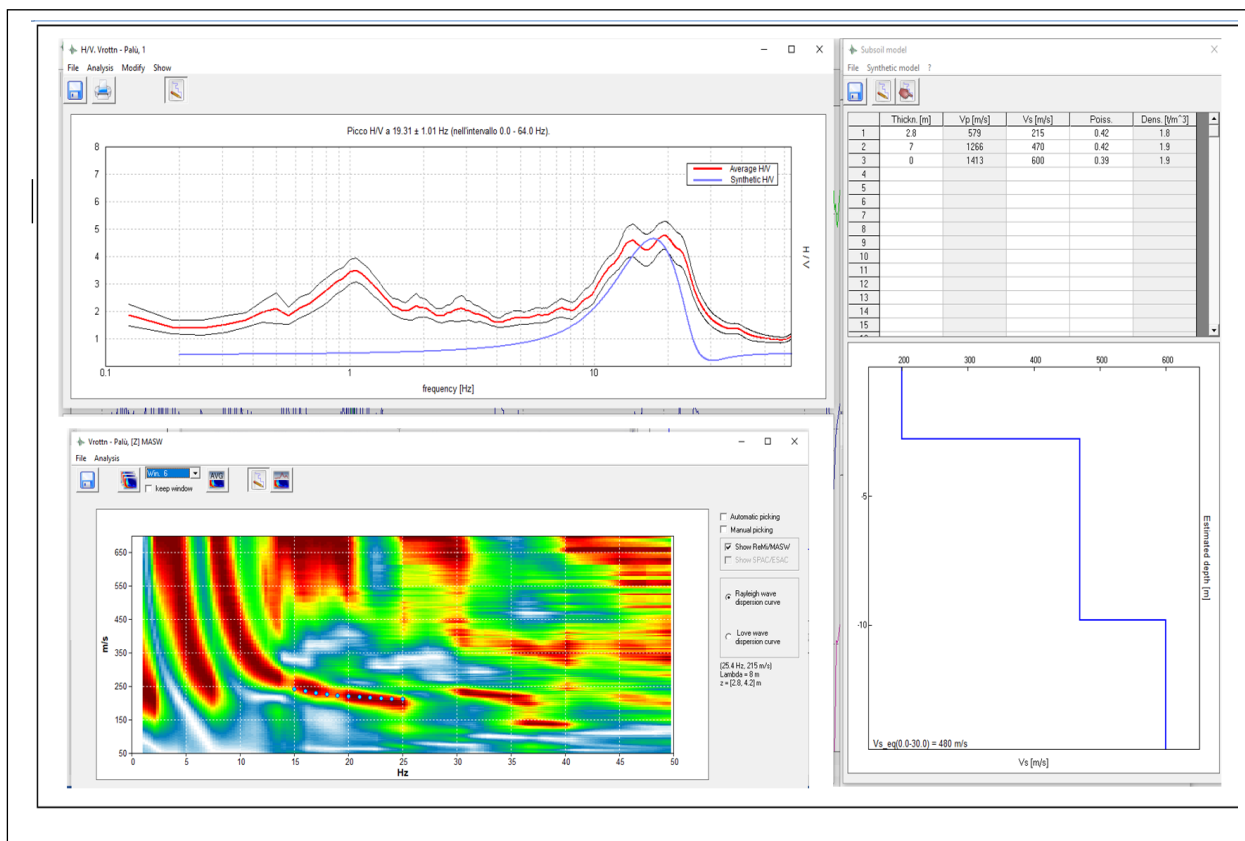
Pertanto i 14 Hz rappresentano la frequenza fondamentale di risonanza che l'onda S avrebbe considerando il terreno in contesto 1D (secondo l'interpretazione dominante della moderna scuola sismologica).

Non compaiono inversioni del contrasto di impedenza.

**Indagine MASW 1**

L'acquisizione con il metodo MASW si estende lungo un transetto, allungato rispetto al metodo puntuale HVSR, e quindi è maggiormente sensibile alla presenza delle anisotropie stratigrafiche e quindi più aderente alla situazione sismostratigrafica media.

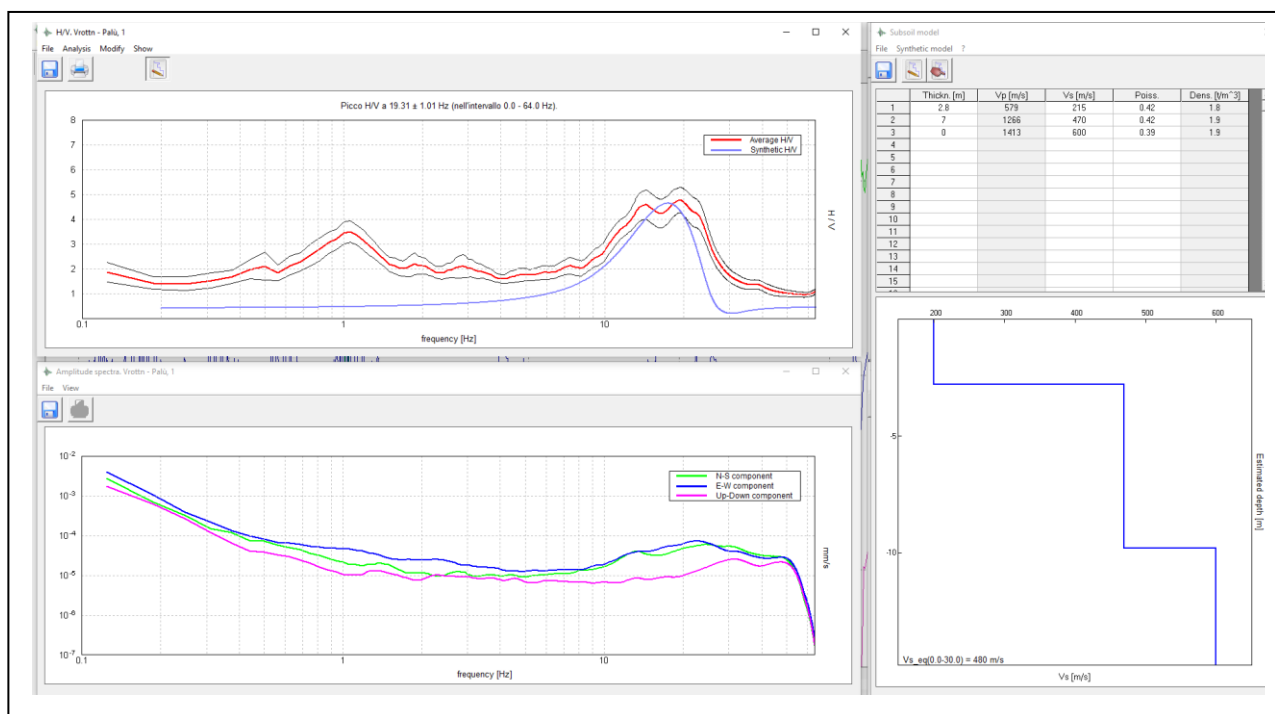
A seguire si riporta l'elaborazione dell'acquisizione MASW (che investiga la sismostratigrafia dei primi metri stratigrafici - eg. del primo sismostrato), congiuntamente interpretata con i dati HVSR.





7. INTERPRETAZIONE SISMOSTRATIGRAFICA

In conclusione di tutti i dati ed elaborazioni si precisa che qui si privilegia presentare una soluzione dell'elaborazione ed interpretazione che sia il più possibile rispettosa delle acquisizioni eseguite ma che, nella sua interpretazione, sia anche consistente considerando il contesto geologico noto tramite le ulteriori informazioni disponibili (assetto geologico complessivo) piuttosto che con una mera soluzione numerica, che per quanto rigorosa potrebbe non aver riscontri con la realtà geologica.



SPETTRI E SISMOSTRATIGRAFIA



L'informazione complessiva derivante dall'elaborazione dell'indagine geofisica e compendiando la stessa con i dati geologici disponibili, converge in un modello così riassumibile:

sito: HVSr 1 + MASW 1

Orizzonte	Spessore (m)	Vs (m/s)
1	2.8	215
2	7	470
3	>	600

La risultante VS 30 equivalente riferita al piano campagna è di 481 m/s.

L'orizzonte 1 viene riferito a terreno sciolto detensionato ma comunque di significativo addensamento (es. depositi di colata detritica o alterazione della morena).

L'orizzonte 2 viene riferito ancora ad una copertura sciolta quaternaria ma molto addensata, quale può essere, ad esempio, una morena di fondo sovraconsolidata.

L'orizzonte 3, che rappresenta il substrato sismico, è verosimilmente riferibile alla roccia porfirica del substrato geologico permiano.

Si riporta ora un estratto delle NTC 2018, Cap. 3.2.II, relativo alla classificazione sismica delle categorie di sottosuolo:

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>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.</i>

Classificazione dei terreni secondo NTC 2018: Categoria sottosuolo "B"

Ai sensi delle NTC 2018, pertanto, la categoria sismica del sito indagato risulta essere la "B".

San Cristoforo, novembre 2023

Studio Geologico Associato GeoAlp
dott. geol. Icilio Vigna



Spett.
Dott. Geol. Paolo Passardi
Via Belvedere, 40
38050 TENNA (TN)

RAPPORTO DI PROVA 23LA03361

DATI CAMPIONE

Numero d'ordine: 23-001225

Data di ricevimento: 10/11/2023

Data di emissione del RdP: 23/11/2023

Matrice: Terreni

Descrizione: Terra e rocce da scavo - Campione 1 - Profondità 0,0/2,0 m

Note al ricevimento: caratterizzazione ai sensi del D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120

DATI CAMPIONAMENTO

Campionamento a cura di: Dott. Geol. Paolo Passardi

Data: 09/11/2023

Prelievo eseguito presso: cantiere Arredo Urbano - Loc. Frotten - 38050 Palù del Fersina (TN)

RISULTATI ANALITICI

Prova <i>Metodo di Prova</i>	U.M.	Risultato	Limiti 1	Limiti 2	Data inizio analisi Data fine analisi
Residuo secco 105°C <i>CNR IRSA 2 Q.64 Vol.2 1984</i>	%	98,0			13/11/2023 13/11/2023
Frazione granulometrica < 2 mm <i>Metodo interno</i>	%	55,0			13/11/2023 13/11/2023
Composti inorganici:					
Arsenico <i>EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014</i>	mg/Kg s.s. ▶	45,2	≤20	≤50	14/11/2023 15/11/2023
Cadmio <i>EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014</i>	mg/Kg s.s.	0,3	≤2	≤15	14/11/2023 15/11/2023
Cobalto <i>EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014</i>	mg/Kg s.s.	4,9	≤20	≤250	14/11/2023 15/11/2023
Cromo totale <i>EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014</i>	mg/Kg s.s.	11,2	≤150	≤800	14/11/2023 15/11/2023
Cromo esavalente (VI) <i>EPA 3060A 1996 + EPA 7196A 1992</i>	mg/Kg s.s.	< 0,9	≤2	≤15	13/11/2023 16/11/2023
Mercurio <i>EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014</i>	mg/Kg s.s.	< 0,1	≤1	≤5	14/11/2023 15/11/2023

segue Rapporto di prova n°: **23LA03361**

Prova Metodo di Prova	U.M.	Risultato	Limiti 1 - Limiti 2		Data inizio analisi Data fine analisi
Nichel EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014	mg/Kg s.s.	4,4	≤120	≤500	14/11/2023 15/11/2023
Piombo EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014	mg/Kg s.s.	67,4	≤100	≤1000	14/11/2023 15/11/2023
Rame EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014	mg/Kg s.s.	54,2	≤120	≤600	14/11/2023 15/11/2023
Zinco EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014	mg/Kg s.s.	106,0	≤150	≤1500	14/11/2023 15/11/2023
Idrocarburi:					
Idrocarburi C maggiore di 12 ISO 16703:2011	mg/Kg s.s.	16	≤50	≤750	13/11/2023 14/11/2023

► i parametri contraddistinti dal simbolo a lato sono NON CONFORMI.

Limiti: 1) Colonna A, Tabella 1, Allegato 5 al Titolo V alla Parte Quarta del Decreto Legislativo 152/2006

2) Colonna B, Tabella 1, Allegato 5 al Titolo V alla Parte Quarta del Decreto Legislativo 152/2006

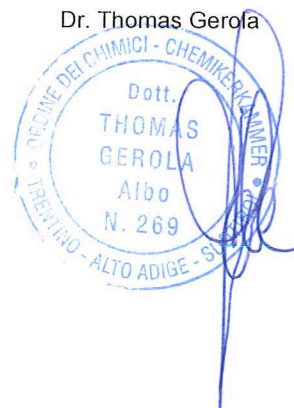
Note al Rapporto di Prova: analisi eseguite sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm e valori riferiti alla totalità dei materiali secchi, comprensivi dello scheletro, come previsto dall'Allegato 2 al Titolo V del D.Legislativo 152/2006

I risultati analitici si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova.

La riproduzione parziale del presente rapporto di prova non è consentita senza autorizzazione scritta del laboratorio.

Il Direttore Tecnico

Dr. Thomas Gerola



Spett.
Dott. Geol. Paolo Passardi
Via Belvedere, 40
38050 TENNA (TN)

RAPPORTO DI PROVA 23LA03362

DATI CAMPIONE

Numero d'ordine: **23-001225**

Data di ricevimento: **10/11/2023**

Data di emissione del RdP: **23/11/2023**

Matrice: **Terreni**

Descrizione: **Terra e rocce da scavo - Campione 2 - Profondità 0,0/2,0 m**

Note al ricevimento: **caratterizzazione ai sensi del D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120**

DATI CAMPIONAMENTO

Campionamento a cura di: **Dott. Geol. Paolo Passardi**

Data: **09/11/2023**

Prelievo eseguito presso: **cantiere Arredo Urbano - Loc. Frotten - 38050 Palù del Fersina (TN)**

RISULTATI ANALITICI

Prova <i>Metodo di Prova</i>	U.M.	Risultato	Limiti 1	Limiti 2	Data inizio analisi Data fine analisi
Residuo secco 105°C <i>CNR IRSA 2 Q.64 Vol.2 1984</i>	%	96,9			13/11/2023 13/11/2023
Frazione granulometrica < 2 mm <i>Metodo interno</i>	%	57,6			13/11/2023 13/11/2023
Composti inorganici:					
Arsenico <i>EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014</i>	mg/Kg s.s. ▶	65,2	≤20	≤50	14/11/2023 22/11/2023
Cadmio <i>EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014</i>	mg/Kg s.s.	0,5	≤2	≤15	14/11/2023 22/11/2023
Cobalto <i>EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014</i>	mg/Kg s.s.	5,4	≤20	≤250	14/11/2023 22/11/2023
Cromo totale <i>EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014</i>	mg/Kg s.s.	8,7	≤150	≤800	14/11/2023 22/11/2023
Cromo esavalente (VI) <i>EPA 3060A 1996 + EPA 7196A 1992</i>	mg/Kg s.s.	< 0,9	≤2	≤15	13/11/2023 16/11/2023
Mercurio <i>EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014</i>	mg/Kg s.s.	< 0,1	≤1	≤5	14/11/2023 22/11/2023

segue Rapporto di prova n°: **23LA03362**

Prova Metodo di Prova	U.M.	Risultato	Limiti 1 - Limiti 2		Data inizio analisi Data fine analisi
Nichel EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014	mg/Kg s.s.	3,7	≤120	≤500	14/11/2023 22/11/2023
Piombo EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014	mg/Kg s.s. ▶	101,3	≤100	≤1000	14/11/2023 22/11/2023
Rame EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014	mg/Kg s.s.	75,0	≤120	≤600	14/11/2023 22/11/2023
Zinco EPA 3051A 2007 + EPA 6020B 2014	mg/Kg s.s.	130,6	≤150	≤1500	14/11/2023 22/11/2023
Idrocarburi:					
Idrocarburi C maggiore di 12 ISO 16703:2011	mg/Kg s.s.	16	≤50	≤750	13/11/2023 14/11/2023

► i parametri contraddistinti dal simbolo a lato sono NON CONFORMI.

Limiti: 1) Colonna A, Tabella 1, Allegato 5 al Titolo V alla Parte Quarta del Decreto Legislativo 152/2006

2) Colonna B, Tabella 1, Allegato 5 al Titolo V alla Parte Quarta del Decreto Legislativo 152/2006

Note al Rapporto di Prova: analisi eseguite sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm e valori riferiti alla totalità dei materiali secchi, comprensivi dello scheletro, come previsto dall'Allegato 2 al Titolo V del D.Legislativo 152/2006

I risultati analitici si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova.

La riproduzione parziale del presente rapporto di prova non è consentita senza autorizzazione scritta del laboratorio.

Il Direttore Tecnico

Dr. Thomas Gerola

