



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



COMUNE DI BEDOLLO

**RELAZIONE GEOLOGICA
&
RELAZIONE GEOTECNICA**

**Nuova unità immobiliare
su pp.ffa. 4833/1 e 4834/2 C.C. Bedollo**

COMMITTENTE: Sig.ra Casagrande Gabriella

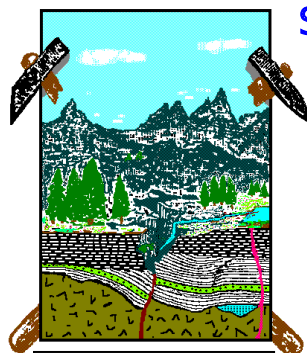
il geologo

il progettista

il committente



Maggio 2021



1868/21

STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO GEOALP

dott. geol. Franca Bazzanella
dott. geol. Gianfranco Bazzoli
dott. geol. Icilio Vigna

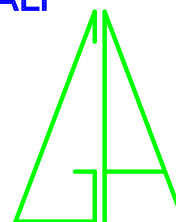
P.IVA 01332500220

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 E SCOPO DEL LAVORO**
2. **IL PROGETTO**
3. **RELAZIONE GEOLOGICA**
 - 3.1. Piano delle indagini geologiche, caratterizzazione e modellazione geologica
 - 3.2. Geomorfologia ed idrografia
 - 3.3. Litologia
 - 3.4. Idrogeologia - Vincolo idrogeologico - Geotermia
 - 3.5. Sismicità e pericolosità sismica di base
 - 3.6. Terre e rocce da scavo - storia d'uso del suolo
 - 3.7. Conclusioni
4. **RELAZIONE GEOTECNICA**
 - 4.1. Piano delle indagini geotecniche, modello geotecnico - caratteristiche geotecniche dei terreni
 - 4.2. Stabilità degli scavi
 - 4.3. Portanza del terreno
 - 4.4. Drenaggi, impermeabilizzazioni, ripristini
 - 4.5. Smaltimento delle acque meteoriche
 - 4.6. Conclusioni

INDICE DEGLI ALLEGATI

ALLEGATO 1 - CERTIFICAZIONE DEL GEOLOGO RELATIVA ALLA TIPOLOGIA DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

	
	
Panoramiche del sito.	
Lo Studio Geologico Associato GeoAlp ha scelto di utilizzare per le sue relazioni i fonts a risparmio di toner "ecofonts". Ciò può comportare un aspetto più chiaro del carattere nel formato pdf delle relazioni. Lo riteniamo uno sforzo accettabile nell'ottica di un uso consapevole delle risorse.	
Ai sensi della L.148/11, del D.P.R. 137/12 e della L. 27/12 si dichiara che lo Studio Geologico Associato GeoAlp è assicurato per i rischi connessi all'esercizio della attività professionale degli associati con polizza Lloyd's A0170538400 (massimale 1.5 mil. euro; scadenza 01/06/2021).	



1. INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO

I seguenti documenti "Relazione geologica" e "Relazione geotecnica" sono riferiti al progetto **"Nuova unità immobiliare su pp. ff. 4833/1 e 4834/2 C.C. Bedollo"** commissionato dalla Sig.ra Casagrande Gabriella allo Studio Tecnico Costantin arch. Charalabopoulos.

Normativa di riferimento

- Circolare 21/01/2019, n° 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle NTC di cui al D.M. 17/01/2018.
- NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI D.M. 17 gennaio 2018 - NTC 2018
- Delibera di G.P. PAT 1317 del 4 settembre 2020 - Carta di Sintesi della Pericolosità
- D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120 e s.m. (disciplina terre e rocce da scavo)
- l.p. PAT 4 agosto 2015, n. 15 e s.m. - Legge provinciale per il governo del territorio
- Delibera di G.P. PAT n° 2248 del 05/09/2008 e s.m. - Carta delle Risorse Idriche
- l.p. PAT 27 maggio 2008, n. 5 e s.m. - Piano Urbanistico Provinciale della PAT (PUP)
- C.S.LL.PP. "Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007"
- D.P.G.P. 26 gennaio 1987, n. 1- 41/Legisl e succ. mod. ed agg.: Testo unico provinciale sulla tutela dell'ambiente dagli inquinamenti
- D. Lgs. 152/2006
- DCIA 04/02/1977
- "Direttive per la redazione delle relazioni geologiche, geotecniche e sismiche ai sensi delle NTC 14/01/2008 e della normativa nazionale e provinciale collegata" degli Ordini Professionali dei Geologi e Ingegneri di Trento e Bolzano dd. 08/11/2010.

Sia la relazione geologica che la relazione geotecnica fanno riferimento alla fase di progettazione definitiva.

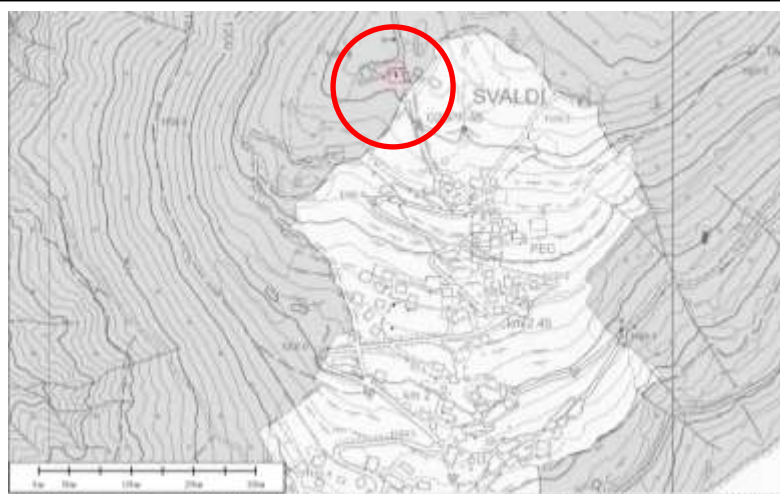
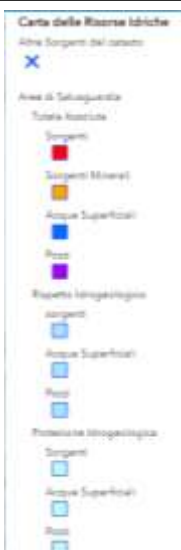
Le figure a seguire presentano l'inquadramento dell'area di interesse:

Strumento urbanistico	Classificazione
Carta di Sintesi della Pericolosità del P.U.P. (in vigore dal 02 ottobre 2020)	Litogeomorfologica = P1
Classificazione sismica	Area sismica a sismicità trascurabile (zona sismica 4)
Carta delle Risorse Idriche del P.U.P.	Area senza vincoli
Carta del Vincolo Idrogeologico	Area interna al vincolo

Per acquisire le informazioni geologiche e geotecniche relative a questa fase, come da accordi, sono state eseguite indagini geologiche comprendenti il rilevamento di superficie e l'esecuzione di un'indagine HVSR ed uno scavo geognostico, rinviando con esplicita prescrizione alla sede esecutiva la verifica della rispondenza fra le ipotesi contenute nel presente elaborato e la situazione geologica effettiva.



Legenda - CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'		
Classi di Pericolosità		
Con riferimento alle norme di attuazione del Piano Urbanistico Provinciale (L.P. 27 maggio 2004, n. 8)		
pericolosità ordinaria		
P4 - elevata		art. 15
P3 - media		art. 16
P2 - bassa		art. 17
altri tipi di pericolosità		
APP - aree da approfondire		art. 18
PTV - rischio da valanga		art. 19
P1 - trascinato e asfalto		art. 18
tutela speciali		
AFI - anelli fluviali di interesse idraulico previsti dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche		art. 14
MR - aree riservate a interventi di mitigazione del periodo		art. 18
RIS - aree di rispetto stazione sismologica		art. 18
stazione sismologica		



	Esterno
	Interno

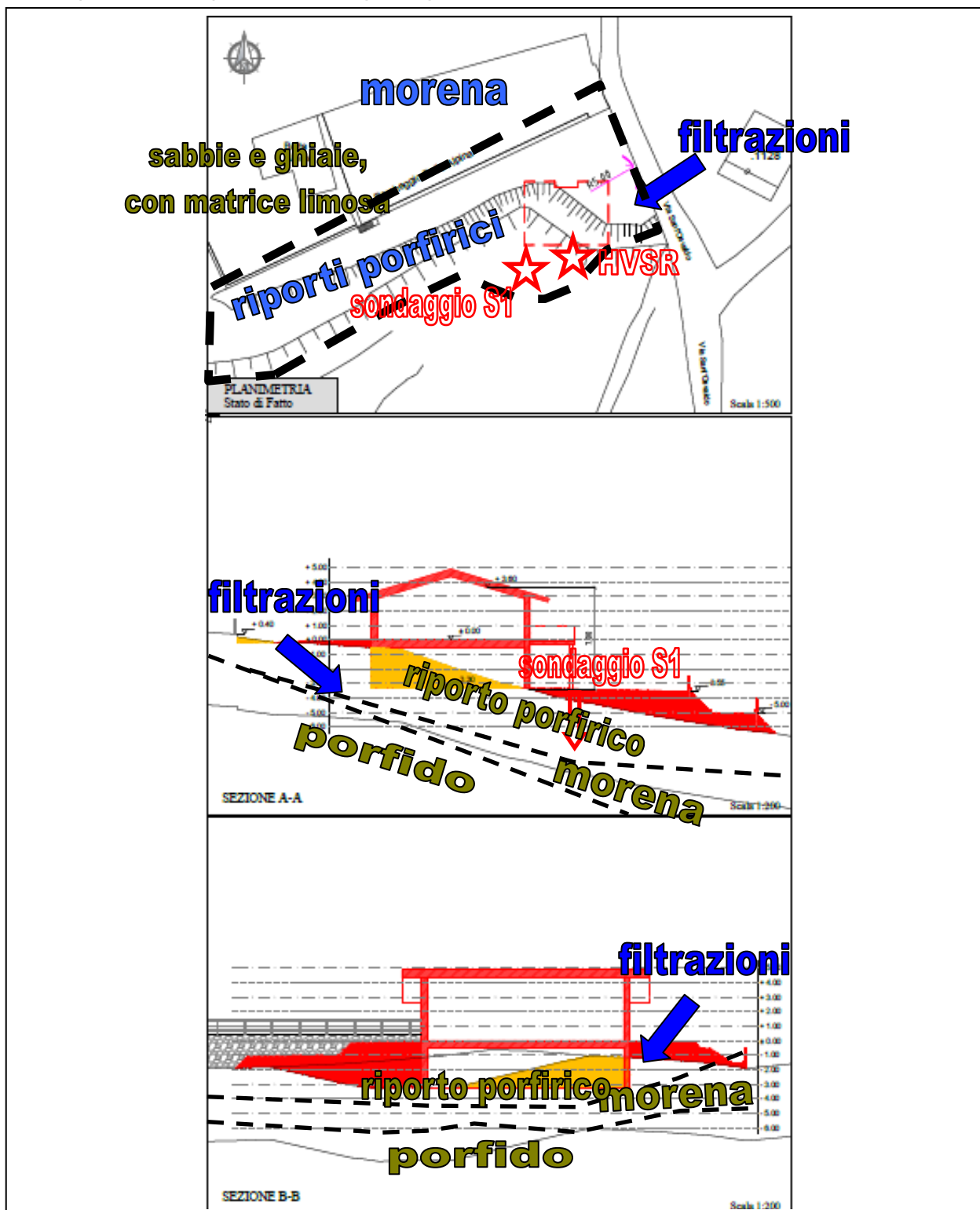
Inquadramento dell'area: in alto la Carta di Sintesi della Pericolosità del PUP;
al centro la Carta delle Risorse Idriche del PUP;
in basso la Mappa del Vincolo Idrogeologico.



2. IL PROGETTO

Il progetto in esame prevede la costruzione di un edificio dotato di seminterrato e primo piano: si dovrà scavare per circa 3,5 m da p.c.: per maggiori dettagli si rimanda al progetto.

Le figure a seguire riportano planimetria e sezione con le opere in progetto, sulle quali sono riportati i dati geologici, da verificarsi in sede esecutiva.



Planimetria / carta geologica e sezione con le opere in progetto; indicata la situazione geologica da verificarsi in sede esecutiva. Riduzione, modificata, dagli elaborati di progetto. Scala grafica.



3. RELAZIONE GEOLOGICA

- Sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito relativa al progetto architettonico definitivo

"Nuova unità immobiliare su pp. ff. 4833/1 e 4834/2 C.C. Bedollo" commissionato dalla Sig.ra Casagrande Gabriella allo Studio Tecnico Costantin arch. Charalabopoulos.

3.1. Piano delle indagini geologiche, caratterizzazione e modellazione geologica

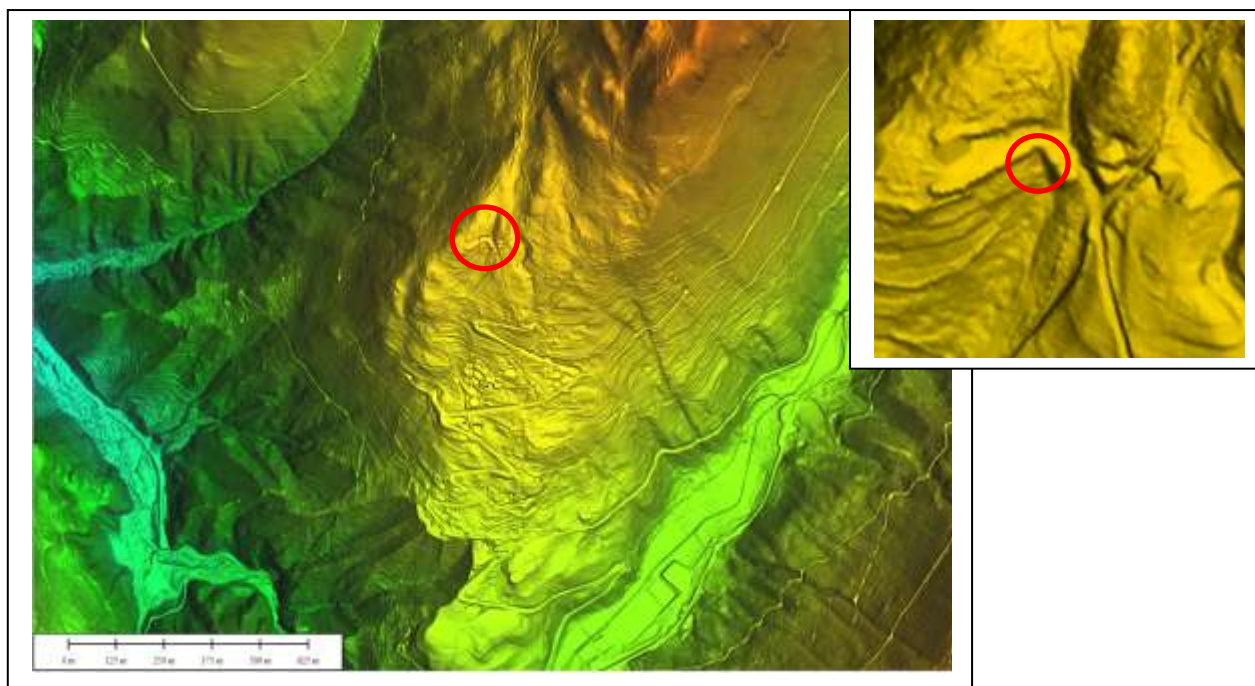
Il piano di indagine, data la situazione geologica, la tipologia del progetto e gli studi pregressi, **la scelta della Committenza**, è consistito nel rilevamento geologico di superficie, lo scavo di un pozzetto e nell'esecuzione di un'indagine geofisica HVSR, **rinviando con esplicita prescrizione alla sede esecutiva la verifica della rispondenza fra le ipotesi contenute nel presente elaborato e la situazione geologica effettiva.**

La modellazione geologica è la "ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità del territorio". La circostanza che il sedime è composto da terreno di natura anisotropa (depositi di riporto e depositi quaternari continentali con diverso grado di addensamento), e che le indagini in questa fase non hanno permesso di investigare direttamente tutto il terreno coinvolto, implica che il livello di conoscenza acquisita non preclude l'esistenza di "eventuali incertezze nella ricostruzione geologica che possano risultare significative ai fini dello sviluppo del progetto".

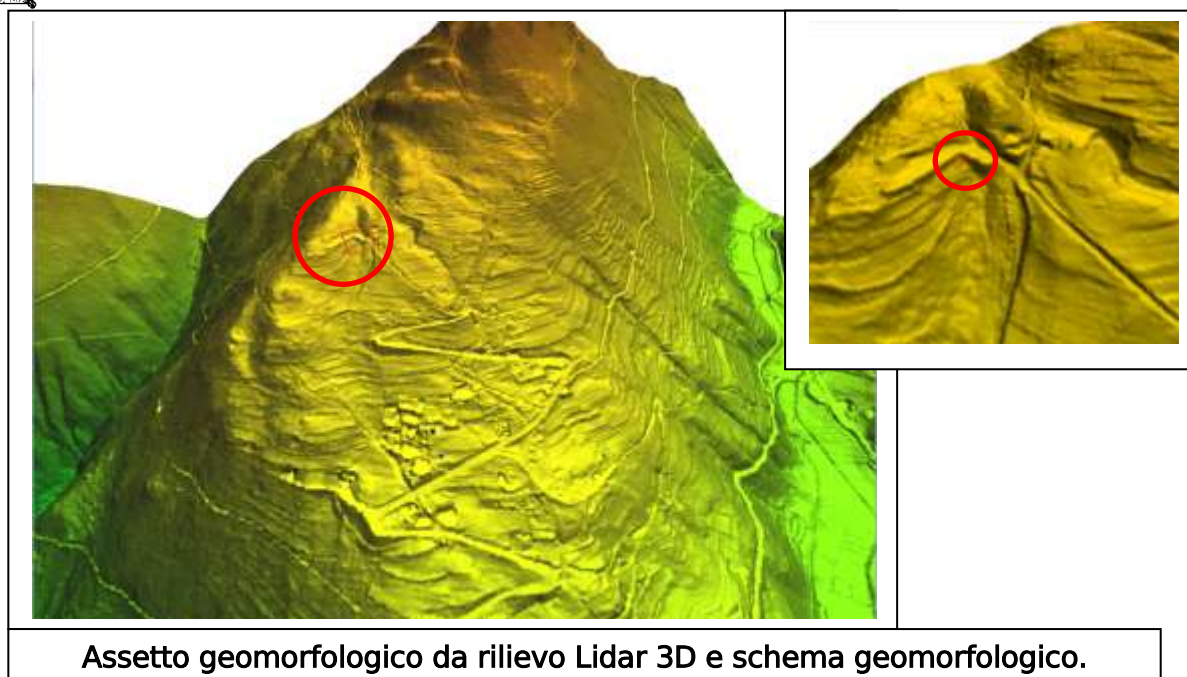
3.2. Geomorfologia ed idrografia

L'area di interesse si trova in prossimità di una dorsale che separa la Valle di Cembra dall'Altipiano di Pinè: il sito, che ha subito modellazioni morfologiche antropiche, ha coordinate (UTM - WGS84 - 32N):

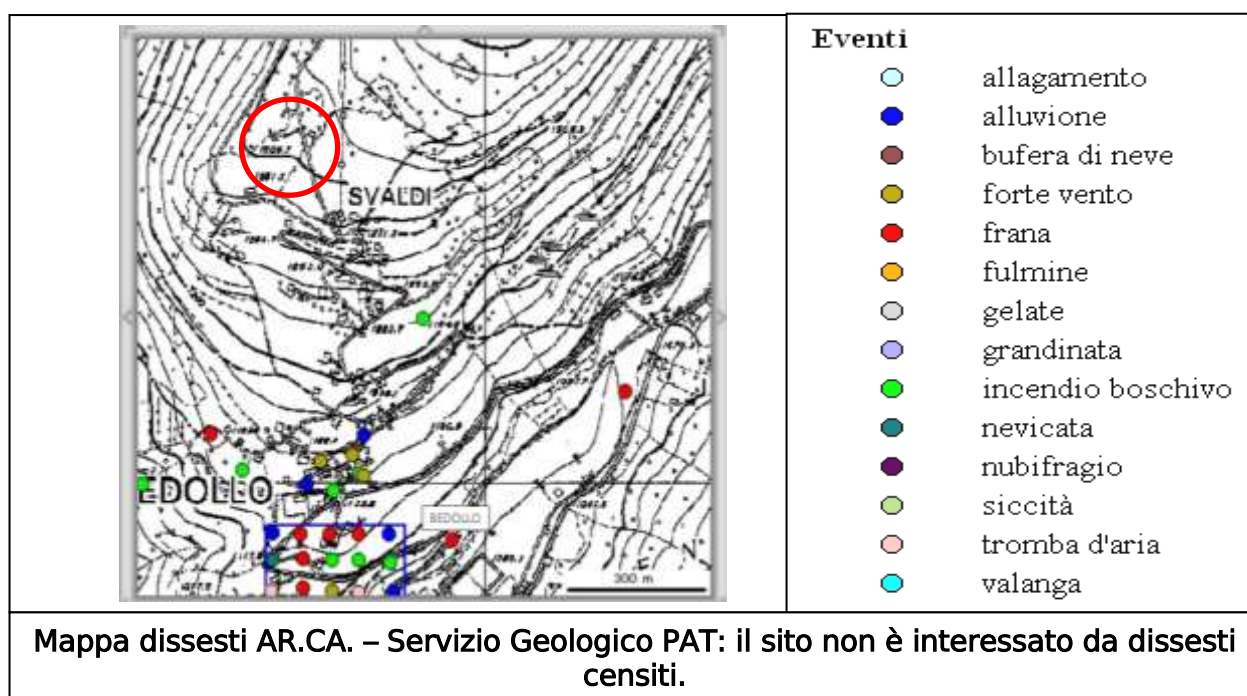
X / Long. (m)	Y / Lat. (m)	Quota (m s.l.m.)
677558	5115721	1.307



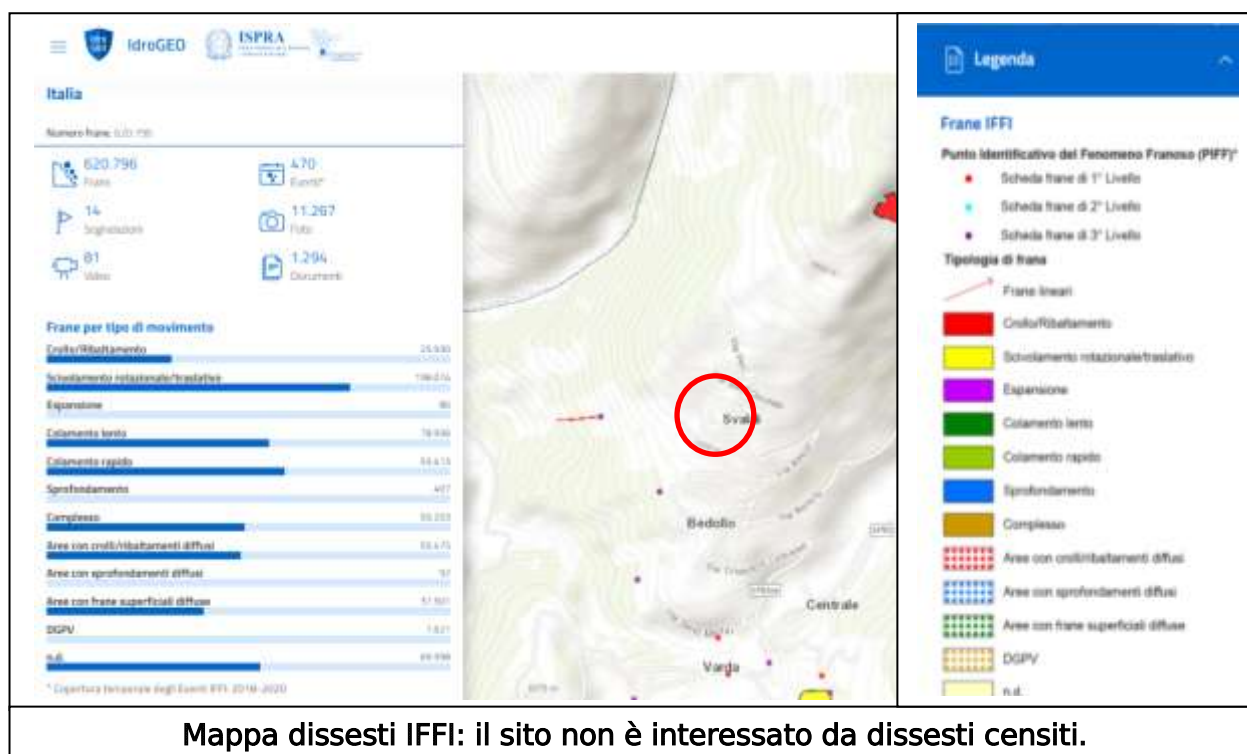
Il sito è alla testata di una blanda incisione a "U" che drena parzialmente le acque del versante soprastante.



La Mappa dei dissesti AR.CA. (Archivio Calamità) del Servizio Geologico PAT non segnala eventi calamitosi verificatisi attorno all'area oggetto di studio.

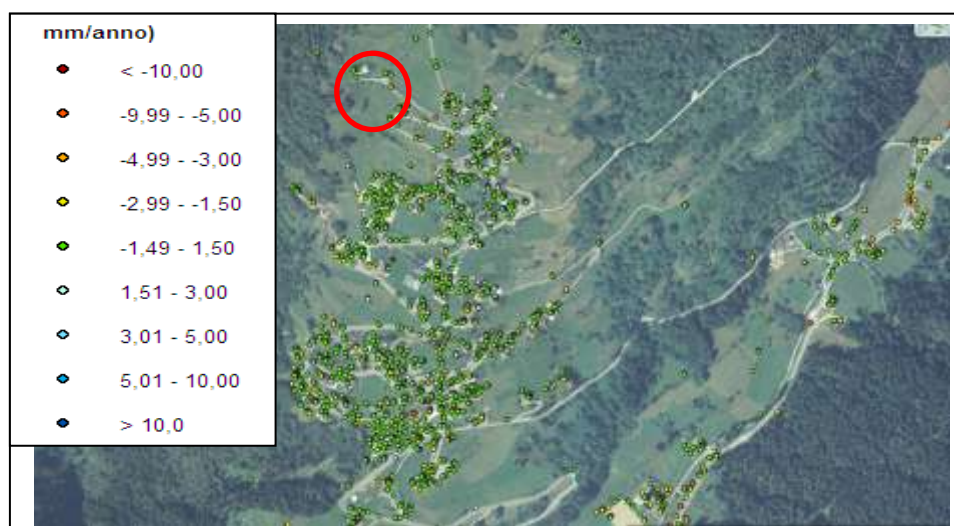


Si riporta la cartografia IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), realizzata dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome: questo data-base mostra ubicazione e tipologia dei fenomeni geomorfologici noti; il sito risulta non coinvolto da fenomeni censiti.



Non sono state individuate criticità geomorfologiche che risultino ostative alla realizzazione dell'intervento in progetto.

L'esame dell'interferometria satellitare COSMO-SkyMed (Constellation of small Satellites for Mediterranean basin Observation), metodo che verifica i movimenti di elementi "riflettenti" posti a terra purchè si muovano entro determinati range di velocità, non indica presenza di movimenti gravitativi: i simboli verdi significano sostanziale stabilità dell'elemento riflettente (spigolo edificio, muro, ecc.).

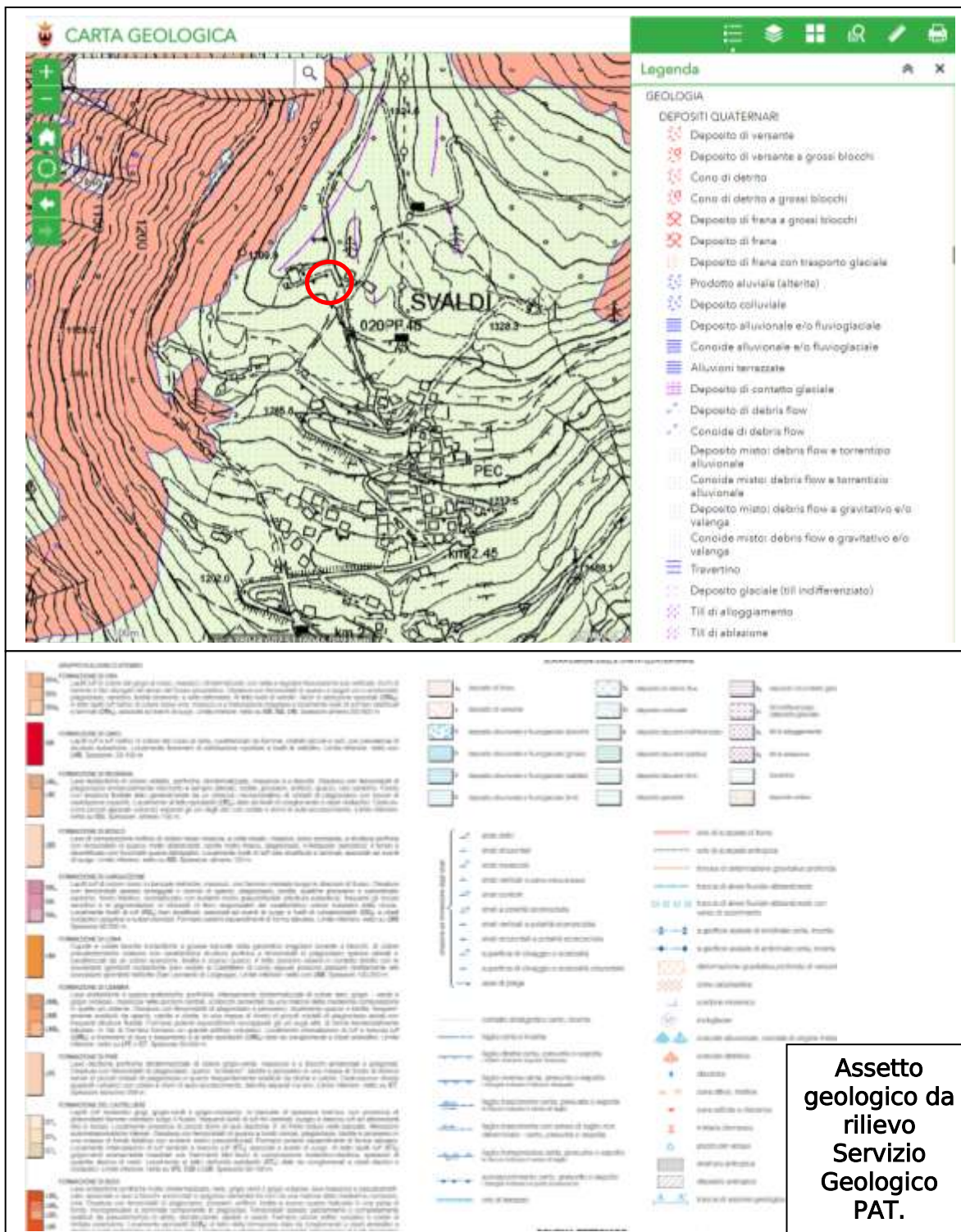




3.3. Litologia

A scala del sito i terreni sono riconducibili a depositi di riporto che sormontano i depositi morenici addensati a matrice limosa che costituiscono la copertura dell'area vasta: i riporti derivano da lavori di scavo realizzati per costruire il garage presente immediatamente a lato del sito: qui si è dovuta abbattere della tenace roccia porfirica.

Gli affioramenti delle rocce del substrato roccioso, oltre che negli scavi adiacenti, affiorano sul pendio orientale della dorsale: si tratta di rocce eruttive permiane appartenenti al Gruppo Vulcanico Atesino, Formazione di Ora (rioliti ed ignimbriti riolitiche) di color grigio rosato.





Per indagare la situazione stratigrafica specifica, in data 29/04/2021 si è scavato un pozzetto con ruspa in corrispondenza della zona del futuro edificio (immediatamente a valle dell'impronta).

La situazione stratigrafica è risultata essere costituita da un orizzonte superficiale di terreno vegetale a matrice limo - sabbiosa e di spessore decimetrico.

Sotto a tale livello vi sono (0.1 – 1.5 m) riporti molto grossolani (frammenti fino a 1,2 m) di clasti della roccia porfirica demolita per realizzare il garage posto lateralmente al sito: l'indice dei vuoti di questo orizzonte è elevatissimo.

Sul fondo dello scavo (1.5 – 2.5) era pure presente riporto di porfido ma costituito da frammenti di dimensioni inferiori, dalle ghiaie fino a 0.3 m circa. Non è stata trovata traccia di filtrazioni.



Stratigrafia scavo geognostico.

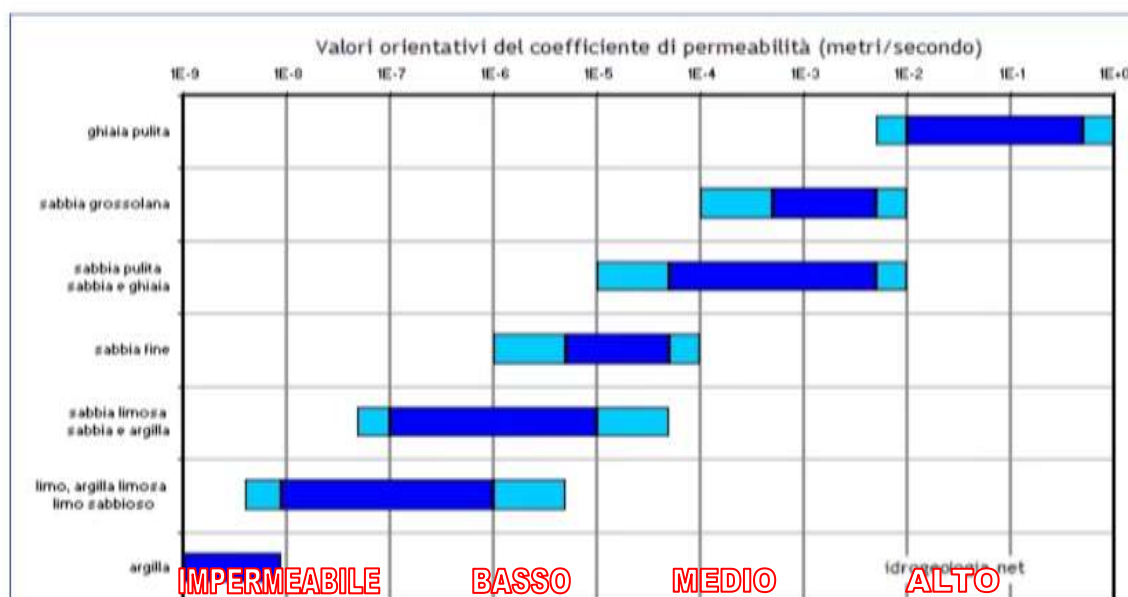
3.4. Idrogeologia - vincolo idrogeologico - geotermia

I terreni di copertura sono caratterizzati da una sviluppata porosità; la permeabilità (di tipo primario, o per porosità) assume valori diversi in relazione alla percentuale del materiale fine rispetto a quella del materiale grossolano.

Il riporto di porfido ha permeabilità elevatissima, mentre i sottostanti depositi morenici, caratterizzati da matrice sabbioso - limosa, hanno permeabilità bassa, tendente a media nella parte superiore decompressa.

Valori orientativi del coefficiente di permeabilità

La figura 1 riporta i valori tipici del coefficiente di permeabilità orizzontale (k_h) per una serie di terreni sciolti a granulometria decrescente dalle ghiaie alle argille. Per via della natura usualmente stratificata dei terreni, il valore del coefficiente di permeabilità verticale (k_v) è di solito inferiore al valore di k_h . Il rapporto fra k_h e k_v tipicamente oscilla da 2 a 20 ma può arrivare fino a 100 in presenza di terreni molto stratificati [220].





Le lave del substrato sono rocce prive di permeabilità primaria (per porosità) e possono pertanto permettere il passaggio dell'acqua solo qualora siano fratturate (cioè dotate di permeabilità secondaria).

A scala più ampia, tuttavia, le lave possono essere considerate impermeabili poichè, spostandosi verso l'interno dell'ammasso roccioso, le fratture e le diaclasi si rinserrano a causa dell'aumento della pressione litostatica e quindi la roccia perde la sua permeabilità per fratturazione.

Il modello della circolazione idrica dunque vede un limite di permeabilità in corrispondenza del contatto fra riporti e morena ed anche fra morena e substrato: lungo tali contatti si individuano solitamente una circolazione di filtrazioni idriche legate al periodo meteorologico.

Relativamente al **vincolo idrogeologico**, si evidenzia che il sito risulta essere interno alle aree vincolate: esaminato a) lo stato dei luoghi e dei versanti e b) individuati i possibili impatti derivanti dall'esecuzione degli interventi si discutono a seguire c) le modalità operative e accorgimenti adottati per evitare di determinare turbative all'assetto idrogeologico e forestale.

- Il punto a) è estesamente trattato, nei vari aspetti, da quanto riportato nella relazione geologica relativamente alla geomorfologia ed idrogeologia.

- Il punto b), nel caso presente, deriva in particolare dalla sopra descritta potenziale interferenza del progetto sull'ambiente idrogeologico (possibile intercettazione di modeste filtrazioni nel caso di piogge prolungate).

Tale interferenza ha significato locale, limitato al sito, e non avrà ripercussioni sul territorio circostante.

- Il punto c), relativamente al quale consegue la prescrizione di utilizzare sistemi di drenaggio, è trattato a seguire nella relazione geotecnica, elaborato in cui si riprendono le tematiche dei potenziali impatti e si definiscono le modalità per la loro mitigazione.



Geotermia - Qualora la Committenza volesse munirsi di impianto geotermico mediante sonde a circuito chiuso, si indica che, in corrispondenza del sito di interesse, non vi sono vincoli ostativi di tipo urbanistico.

Relativamente alla valutazione della predisposizione del sito nei riguardi dell'installazione di un impianto geotermico tramite sonde a circuito chiuso, si può concludere che il sito è posto in un contesto geologico ed idrogeologico non particolarmente favorevole a questo scopo.

Infatti le sonde geotermiche funzionano meglio in presenza di rocce acquifere, circostanza preclusa alla zona di interesse: si riportano comunque due tabelle, tratte dalla letteratura specifica, che riportano dei dati sulle caratteristiche termiche dei terreni utili per il dimensionamento di eventuali sonde geotermiche: si faccia riferimento ai valori relativi a "argille e limi umidi" per i primi 10 m circa e ai valori delle rocce magmatiche silicee per la restante profondità.

Tabella 1.2. Dati di riferimento delle proprietà termofisiche di terreni e rocce (fonte: Turcotte e Schubert, 2002; L.R. Ingersoll et al., 1954; S. Kavanaugh e K. Rafferty, 1997)

Tipo di terreno/roccia	Conducibilità termica (W/m K)	Calore specifico (J/kg*K)	Densità (kg/m³)	Diffusività termica (m²/giorno)
Ghiaie e sabbie secche	0.3-0.9	800	1890	0.045
Ghiaie e sabbie umide	1.3-1.8	840	2010	0.056
Ghiaie e sabbie sature	1.8-2.4	960	2100	0.078
Argille e limi asciutti	0.2-1.0	840	1440	0.024
Argille e limi umidi	1.2-2.3	1050	2100	0.045
Marna umide (senza Qz)	1.0-1.6	879	2080-2640	0.047-0.056
Marna umide (con Qz)	1.7-3.1	879	2080-2640	0.084-0.11
Arenarie	1.5-4.2	1005	1900-2500	0.065-0.11
Calcari	2.4-3.4	920	1600-2700	0.093-0.13
Dolomiti	3.2-5	879	2700-2850	0.10-0.21
Gneiss	2.1-4.2	920	2600-2850	0.084-0.11
Marmi	2.5-3	920	2670-2750	0.074-0.11
Basalti	1.3-2.9	796	2950	0.085-0.084
Graniti	2.4-3.8	879	2650	0.093-0.13
Gabbri	1.9-4.0	753	2950	0.079-0.14
Dioriti	2.8-3.6	920	2800	0.065-0.093
Granodioriti	2.0-3.5	879	2700	0.074-0.12

Tipo di sottosuolo	Quota specifica di estrazione	
	W/m su 1800 h	W/m su 2400 h
Valori generali*		
Sottosuolo povero e sedimenti secchi ($\lambda < 1.5 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$)	25	20
Sottosuolo roccioso e sedimenti saturi d'acqua ($1.5 < \lambda < 3 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$)	60	50
Roccia consolidata con elevata conducibilità termica ($\lambda > 3 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$)	94	70
Tipi di rocce		
Ghiaia e sabbia secche	< 25	< 20
Ghiaia e sabbia sature d'acqua	65 – 80	55 – 65
Ghiaia e sabbia con un notevole flusso di acqua di falda	80 – 100	80 – 100
Argilla	35 – 50	30 – 40
Calcare	55 – 70	45 – 60
Arenaria	65 – 80	55 – 65
Rocce magmatiche silicee (es: granito)	65 – 85	55 – 70
Rocce magmatiche basiche (es: basalto)	40 – 65	35 – 55
Gneiss	70 – 85	60 – 70
* Questi valori possono variare significativamente a seconda della struttura della roccia (fessure, frizione, alterazione ecc.)		

Valori di letteratura relativi alle caratteristiche termiche dei terreni utilizzati per il dimensionamento delle sonde geotermiche a circuito chiuso.



3.5 Sismicità e pericolosità sismica di base

La PAT ha dato attuazione all'Ordinanza G.U. n° 105 del 08/05/03 (Ordinanza del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003): "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica". Allo scopo ha approvato il D.G.P. n° 2813 dd. 23/10/03 (Approvazione Carta di Sintesi Geologica e s.m.) e la D.G.P. n° 2929 dd. 6/11/2003 (attuazione Ordinanza citata e s.m.).

In base a tali delibere PAT, e relativi aggiornamenti, il Comune di **Bedollo** è classificato **in area a sismicità trascurabile (zona sismica 4)**.

I terreni sono classificati dalle NTC 2018 in diverse categorie a seconda delle loro caratteristiche di comportamento sismico, influenzate dalla categoria geomorfologico - topografica del sito e dal loro assetto geotecnico – stratigrafico.

INDAGINE HVSR

Per definire il modello sismico del sottosuolo si è fatto riferimento a varie considerazioni, fra cui gli esiti dell'indagine sismica asincrona a stazione singola, 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.

Come sorgente questa metodologia utilizza delle energizzazioni non indotte nel sito quanto piuttosto le 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).

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.*



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.

F_{max} e A_{max} 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 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 e la relativa categoria del suolo, come richiesto dalle NTC18 17/01/2018.

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).

Il tempo di acquisizione è stato di 10 minuti con frequenza di 128 Hz.

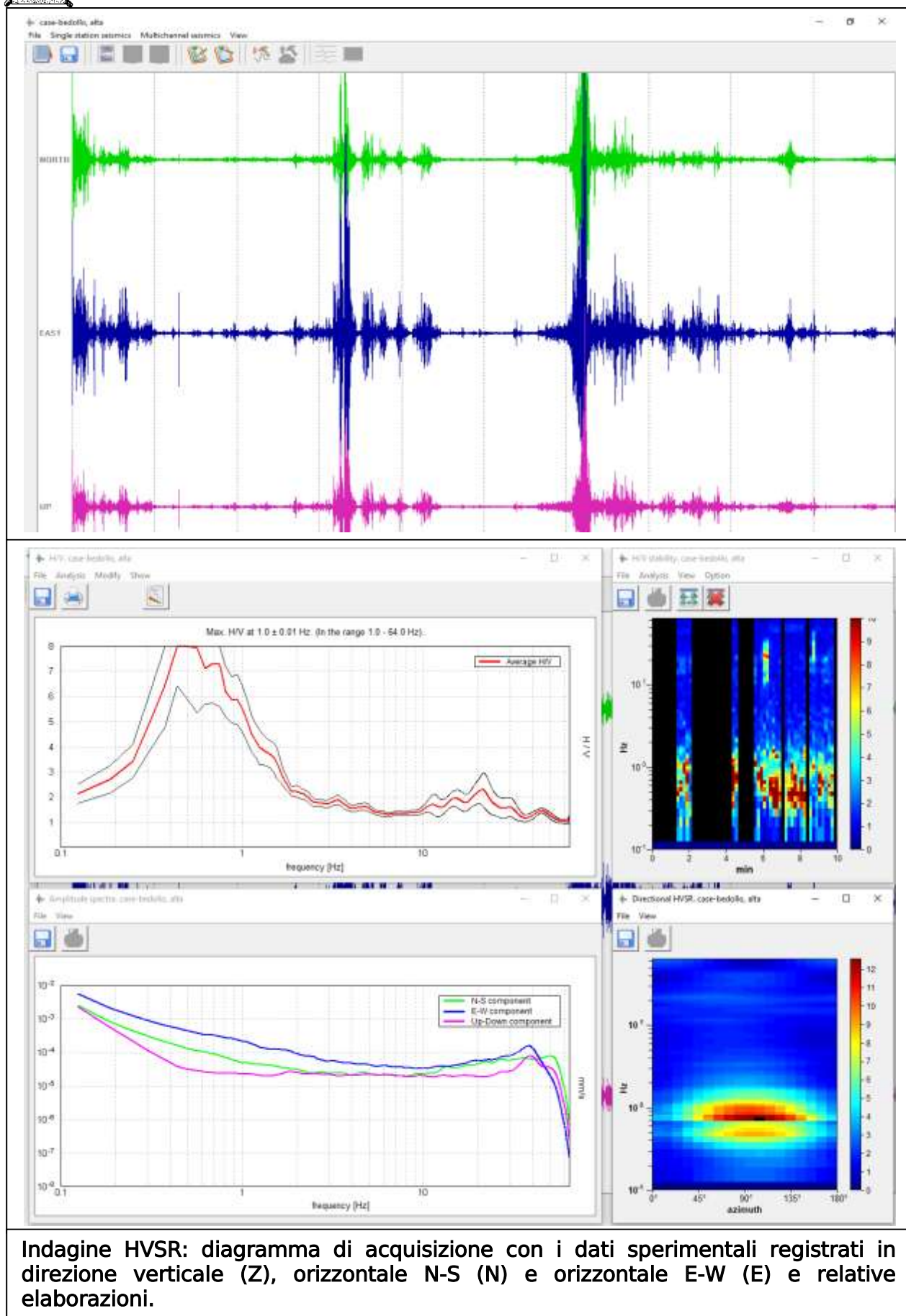
Il software utilizzato per le elaborazioni è il Grilla® v. 9.6.3/2021.

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. TE3-0319/02-17 dotato di:

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

	Strumentazione per l'indagine geofisica HVSR
---	--





Nel corso della prova si sono avuti continui disturbi per il vento: il modello sismico del terreno, pur se complicato dai disturbi citati e dall'ambiente bi-dimensionale del contesto, appare coerente con le altre informazioni geologiche.

Si riconosce un picco ($H/V > 2$) a circa 22 Hz correlabile con il passaggio fra il riporto e la morena, a circa 3 m da p.c.; vi è poi un accenno di picco anche a 15 Hz corrispondente ad un contatto posto a circa 4 m di profondità, e che potrebbe corrispondere al passaggio fra la copertura ed il substrato sismico.

Di nessun significato geologico è il segnale a meno di 1 Hz.

Sulla base di tutte le informazioni sopra discusse, si arriva pertanto a definire la seguente categoria topografica e di sottosuolo:

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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 $i > 30^\circ$

Categoria topografica "T2".

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.

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Classificazione dei terreni secondo NTC 2018.

Categoria sottosuolo "B"

Si ricorda poi che, prima dell'emanazione delle NTC-18, la PAT aveva emanato un regolamento (D.G.P. n. 27 dd. 11/01/2008 "Direttiva per l'applicazione dopo l'1/1/2008 delle NTC") riguardante il grado di protezione progettuale sismica da conferire alle opere e che è messo in relazione alla tipologia e destinazione d'uso di quanto si intende realizzare.

Si riportano degli stralci delle NTC18 che permettono di seguire il processo decisionale che porta alla definizione dei parametri della pericolosità sismica locale.

Per definire i parametri della pericolosità sismica locale, si sono introdotte delle ipotesi relative alla tipologia di opera in progetto; tali indicazioni vengono riportate a titolo esemplificativo, in quanto devono essere verificate e validate da parte del Progettista dell'opera:

**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

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

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 e 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.

Vita
nominale:
**valore
minimo =
50 anni.**

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 che siano 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 e infrastrutture non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5/11/2001, 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

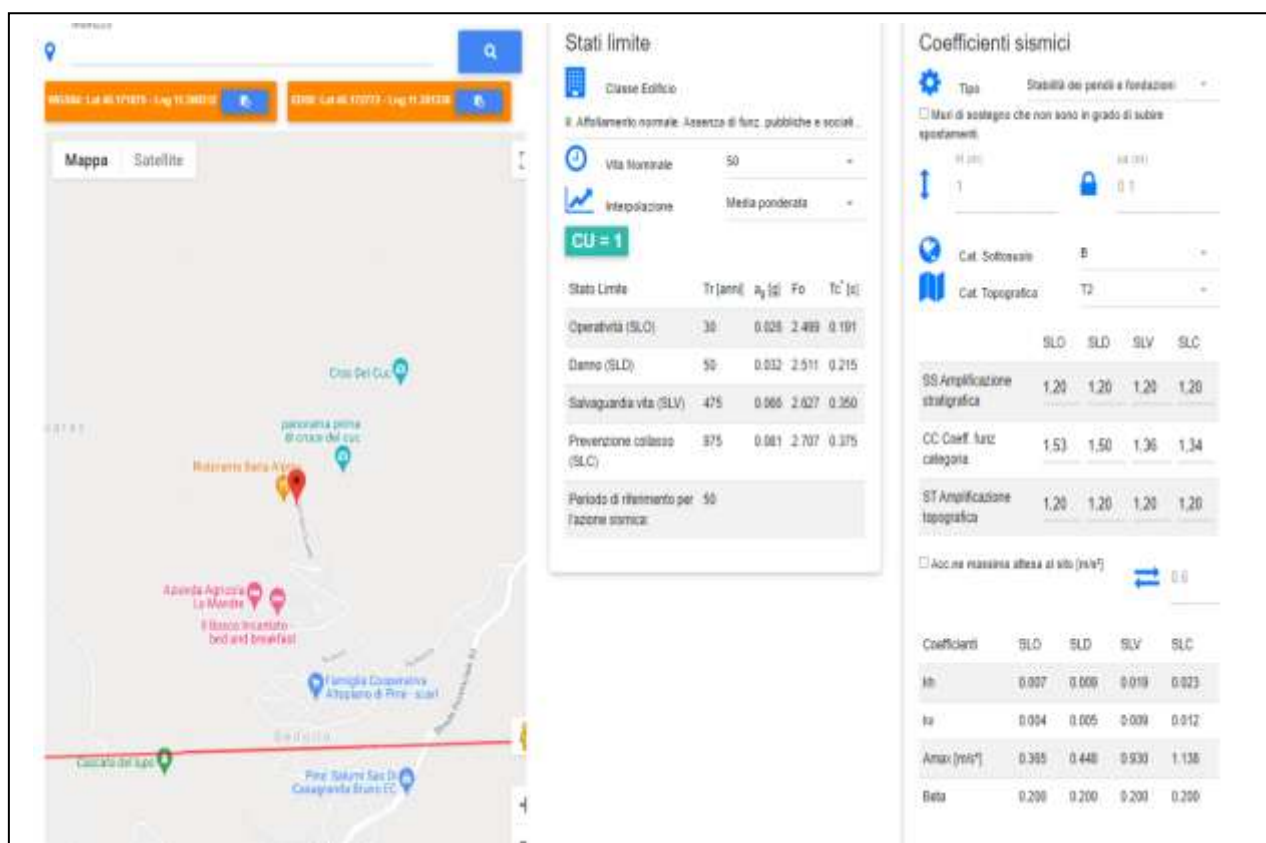
CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

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

Con le precedenti ipotesi si ricavano i seguenti parametri di pericolosità:



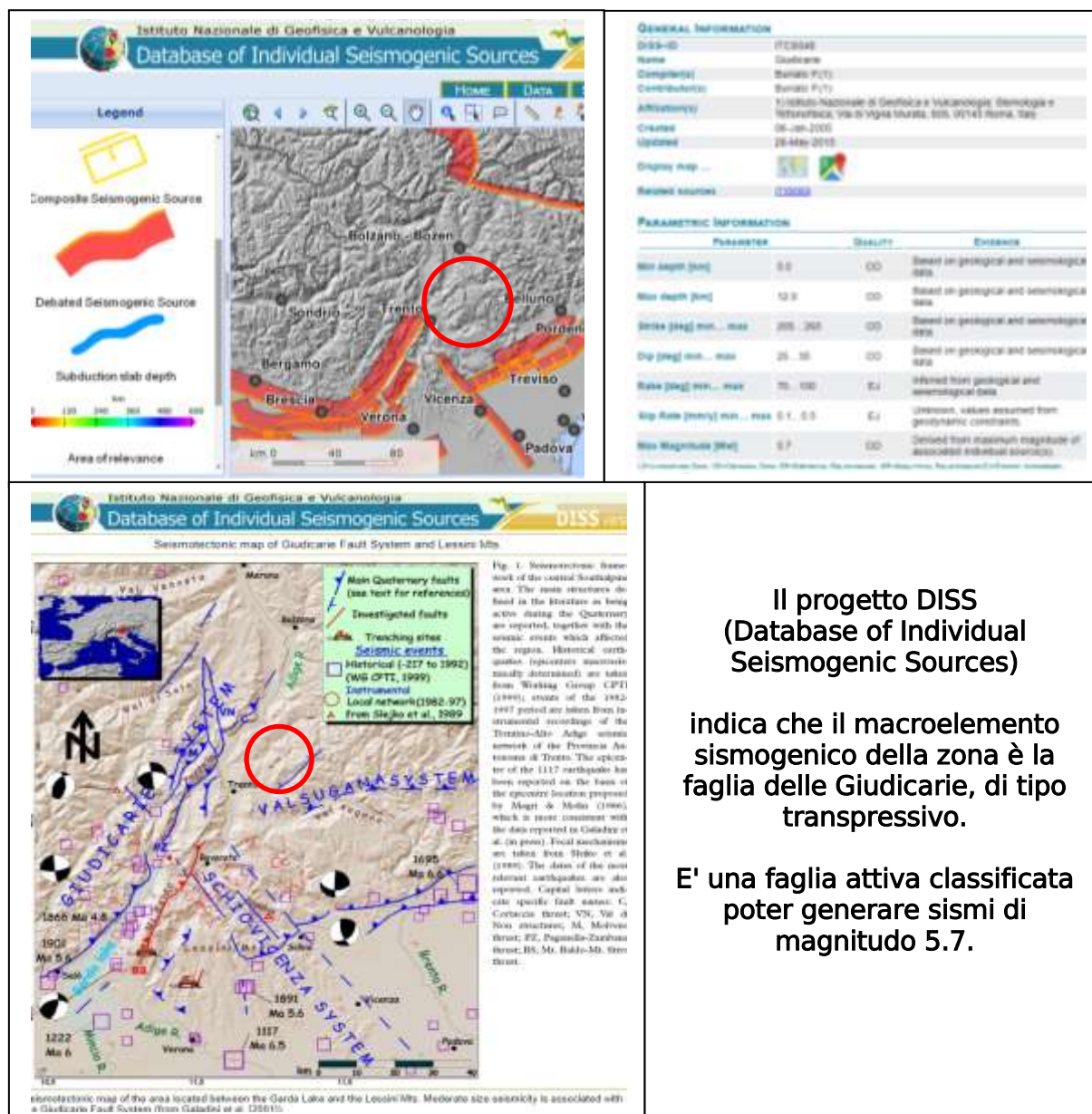
Mappe pericolosità sismica e parametri sismici - NTC-18 - D.M. 17/01/18 determinati con il programma Geostru.

Quale compendio a tali informazioni si riporta un inquadramento cartografico del progetto: "Analysis of the seismic potential in Italy for the evaluation of the seismic hazard" curato dal Dipartimento della Protezione Civile che recepisce i dati editati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia tramite il progetto **DISS** "Database of Individual Seismogenic Sources".

Questo database contiene informazioni su elementi tettonici in grado di generare terremoti, definiti anche come **faglie attive**: in prossimità del Trentino sono indicati il "Lineamento Insubrico", la "linea Schio Vicenza" e, più vicino, la "faglia delle Giudicarie".

Si tratta di una fascia a scala regionale che rappresenta la cerniera di sutura della zona di scontro fra la placca africana e quella europea: nel dettaglio la linea delle Giudicarie rappresenta una faglia inversa e trascorrente sinistra con rigetto dislocativo trascorrente stimato in circa 30 Km.

Secondo il database citato, tale elemento sismogeno può generare terremoti con intensità di scuotimento fino alla Magnitudo 5.7 Richter.



Infine si riporta la mappa della zona estratta dal database Progetto ITHACA (ITaly Hazard from CAPable faults), del Servizio Geologico d'Italia, ISPRA.

Questo database riguarda le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali: il progetto si occupa in modo particolare delle **faglie capaci**, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie.

Da tale database risultano essere presenti delle faglie capaci (linee rosse nella figura a seguire) poste però lontane dal sito di interesse, cerchiato in rosso.



3.6. Terre e rocce da scavo - storia d'uso del suolo

La storia d'uso del suolo di interesse, a conoscenza dello scrivente, è stata di area **agricola**; non vi sono quindi i presupposti per ritenere che si tratti di un'area con particolari problematiche di tipo ambientale derivanti da azioni antropiche, salvo quanto può derivare da normali attività agricole.

Anche la consultazione on - line dell'**Anagrafe dei Siti oggetto di procedimento di Bonifica** della PAT non ha fatto emergere particolari criticità di tipo ambientale.

Per le terre e rocce da scavo il riferimento normativo nazionale è al D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120 entrato in vigore il 22/08/2017. Qualora i materiali di scavo siano destinati a riutilizzo (es. per riempimenti, rimodellazioni, rilevati, impianti), è richiesta la caratterizzazione analitica relativa alla loro composizione allo scopo di valutare la conformità all'effettiva destinazione d'uso.

La caratterizzazione del materiale è richiesta anche per il materiale riutilizzato in sito (art. 24); si veda al proposito la risposta di APPA alla specifica FAQ:

Riutilizzo in sito

- È obbligatorio caratterizzare il materiale come da Allegato 4 per poterlo riutilizzare in sito (art. 24)?

Sì. La norma prevede che la non contaminazione venga verificata ai sensi dell'allegato 4. Per quanto riguarda il set analitico minimo, si rimanda alla relativa FAQ. Nel caso di opere sottoposte a VIA o AIA la norma prevede la presentazione di un Piano preliminare di utilizzo in sito.

Per una trattazione completa si rimanda al manuale: "Linee guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo" consultabile al [link](#) (pag. 29)

Nelle "Linee guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo" (Del. 54/2019 del Consiglio SNPA - Sistema Nazionale Protezione Ambiente) si legge:

"5 - UTILIZZO NEL SITO DI PRODUZIONE DELLE TERRE E ROCCE ESCLUSE DALLA DISCIPLINA RIFIUTI AI SENSI DELL'ART. 24 DEL DPR 120/2017 L'articolo 24 si applica alle terre e rocce escluse dalla parte IV del D.lgs. n. 152/2006 ai sensi dell'art.185 comma 1 lettera c): "il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di



attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato". I requisiti per l'utilizzo in situ delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti sono di seguito riportati:

- *Non contaminazione: in base al comma 1 dell'art. 24 del DPR 120/2017 la non contaminazione è verificata ai sensi dell'Allegato 4. Per la numerosità dei campioni e per le modalità di campionamento, si ritiene di procedere applicando le stesse indicazioni fornite per il riutilizzo di terre e rocce come sottoprodotti ai paragrafi "3.2 Cantieri di grandi dimensioni non sottoposti a VIA o AIA" (per produzione > 6000mc) e "3.3 Cantieri di piccole dimensioni" (per produzione < 6000mc).*

- *Riutilizzo allo stato naturale: il riutilizzo delle terre e rocce deve avvenire allo stato e nella condizione originaria di pre-scavo come al momento della rimozione. Si ritiene che nessuna manipolazione e/o lavorazione e/o operazione/trattamento possa essere effettuata ai fini dell'esclusione del materiale dalla disciplina dei rifiuti ai sensi dell'art.185 comma 1 lettera c). Diversamente, e cioè qualora sia necessaria una qualsiasi lavorazione, le terre e rocce dovranno essere gestite come rifiuti oppure se ricorrono le condizioni potranno essere qualificate come "sottoprodotti" ex art.184-bis. A tal fine occorrerà anche valutare se il trattamento effettuato sia conforme alla definizione di "normale pratica industriale" di cui all'art. 2 comma 1 lettera o) e all'Allegato 3 del DPR 120/2017, con l'obbligo di trasmissione del Piano di utilizzo di cui all'art.9 o della dichiarazione di cui all'art.21.*

- *Riutilizzo nello stesso sito: il comma 1 dell'art. 24 del DPR 120 ribadisce che il riutilizzo deve avvenire nel sito di produzione. Per la definizione di sito di produzione si rimanda al paragrafo "2.2 DPR 120/2017- Definizioni e esclusioni" del presente documento. Dalla lettura dell'art. 24 è possibile distinguere, ai fini delle procedure da applicare e indipendentemente dalla quantità prodotta in cantiere, i seguenti due casi relativi al riutilizzo delle terre e rocce escluse dalla parte IV del D.lgs. n. 152/2006 ai sensi dell'art.185 comma 1 lettera c): 1) Terre e rocce prodotte nell'ambito della realizzazione di opere o attività non sottoposte a valutazione di impatto ambientale. La norma non prevede la trasmissione ad alcuna autorità/ente della verifica della non contaminazione avvenuta ai sensi dell'Allegato 4 (vd. co.1 art.24). Alla luce del fatto che qualsiasi regime più favorevole a quello di un "rifiuto" richiede sempre l'onere della prova da parte del produttore, sarà comunque necessario da parte del produttore dimostrare il possesso dei requisiti e la conservazione di tale verifica per l'eventuale esibizione in caso di richiesta da parte degli organi di controllo. Si ritiene opportuna, comunque, la trasmissione all'autorità competente, al rilascio della abilitazione edilizia allo scavo/utilizzo nel medesimo sito, della documentazione comprovante la non contaminazione.*

..."

La composizione dei materiali deve essere conforme alla Tabella 1 dell'Allegato 5 del d.lgs. 3 aprile 2006 n. 152 secondo la seguente classificazione:

- per i suoli ad uso verde pubblico, privato e residenziale si applica la Colonna A;
- per i suoli ad uso commerciale o industriale si applica la Colonna B.

Si allega il previsto modulo di certificazione ambientale relativo alle terre e rocce da scavo naturali come da Delibera 34/2008 dd. 19/06/08, dell'Ordine Geologi Trentino Alto Adige, modificato per adattarlo alle successive variazioni normative: in tale certificazione, si devono includere fra le "terre e rocce con potenziale condizionamento antropico" anche i terreni naturali ma sottiacenti ad aree urbanizzate o sede di attività di superficie, anche agricola.

Al momento non si conosce ancora la quantità e destinazione del materiale di sterro; prima dell'inizio dei lavori si dovrà provvedere alla caratterizzazione chimica relativa alla qualità del materiale movimentato.



3.7. Conclusioni

Il livello di pericolosità e di rischio associato del sito, allo stato attuale ed in previsione della realizzazione del progetto, fa riferimento alla cartografia di cui al Cap. 1 ed agli esiti dei rilevamenti: sia dal punto di vista normativo che in base a quanto rilevato, si tratta di un'area che è esente da pericolosità idrogeologiche parossistiche.

Le problematiche maggiori derivano dalla presenza di riporto, disomogeneo, sul sedime di fondazione e, più in profondità la presenza di filtrazioni idriche drenate dall'antico solco sepolto.

Nella relazione geotecnica si darà conto di questi aspetti.

In sede esecutiva si dovranno comunque adattare i lavori alla situazione effettiva, con riguardo anche alla tematica della stabilità dei fronti di scavo.

In conclusione, tenendo nella dovuta considerazione quanto sopra esposto, risulta che vi è compatibilità fra la situazione geologica riconosciuta e le opere in progetto, fatti salvi i diritti di terzi.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17/01/2018 "Nuove 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 deve controllare la rispondenza 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".

Richiamando validi concetti espressi dalla precedente normativa (DM 11/03/88), inoltre, si prescrive che "La validità delle ipotesi di progetto dovrà essere controllata durante la costruzione considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure ed osservazioni nel corso dei lavori per adeguare, eventualmente, l'opera alle situazioni riscontrate".

San Cristoforo, maggio 2021

Studio Geologico Associato GeoAlp
dott. geol. Icilio Vigna



**ALLEGATO 1 - CERTIFICAZIONE DEL GEOLOGO RELATIVA ALLA TIPOLOGIA DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO**

Mod. 0#: modificato 02	CERTIFICAZIONE DEL GEOLOGO RELATIVA ALLA TIPOLOGIA DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO
---------------------------	--

Il sottoscritto ICILIO VIGNA			nato il 28/11/1959				
a Trento	Prov. TN	CAP	3	8	1	2	2
c/o Studio Geologico Associato Geoalp	Prov. TN	CAP	3	8	0	5	7
via e nr. civico: viale Europa, n° 78 San Cristoforo Pergine Valsugana (TN)							
in qualità di geologo, iscritto all'Albo Ordine Regionale dei Geologi Trentino Alto Adige							
al nr. 71	estensore dello studio geologico rif 1868/21			di data maggio 2021			
di supporto al progetto: "Nuova unità immobiliare su pp.ffa. 4833/1 e 4834/2 C.C. Bedollo" commissionato dalla Sig.ra Casagrande Gabriella allo Studio Tecnico Costantin arch. Charalabopoulos.							

che prevede interventi di scavo nel seguente:
Sito di origine

Comune di Bedollo	
località Svaldi	
via -	n° -
p.f./p.ed vedi progetto	

DICHIARA

che in base agli studi e alle indagini geologiche e stratigrafiche riportate nella relazione, con individuazione della storia pregressa dell'area e la verifica delle condizioni di naturalità o meno del sito, ivi compresa la valutazione di particolari condizioni di mineralizzazione che possano aver interessato l'area, il materiale interessato dagli scavi è costituito da:

☐ terreni di sicura origine naturale – Tipo 1

Terreni che per le loro caratteristiche geologiche, mineralogiche e di naturalità possono avere qualità ambientali intrinseche entro i limiti della Colonna A per cui, qualora convalidate (*), data la loro natura e le caratteristiche fisiche – granulometriche assimilabili a Voci di Elenco Prezzi di capitolati ufficiali per Lavori Pubblici

rif	Assimilabile a D.11.15.110.10 formazione di rilevati provenienti dagli scavi - Preziario PAT
-----	--

hanno valore; inoltre possiedono caratteristiche tali da non richiedere, fin dall'origine, trattamento o trasformazioni preliminari per garantire che il loro impiego non dia luogo ad emissioni e, più in generale, ad impatti ambientali qualitativamente e quantitativamente diversi da quelli ordinariamente consentiti ed autorizzati per qualunque sito di destinazione. Tali materiali, qualora convalidati in Colonna A, possiedono quindi le caratteristiche per essere considerati "sottoprodotti" ai sensi dell'Art.183 del D.Lgs.152/06 e s. m. e i., che possono rientrare in un "progetto di utilizzo", per:

☐	reinterri, riempimenti, rimodellazione e	☐	processi industriali, in sostituzione dei
--------------------------	--	--------------------------	---



☐	rilevati.	☐	materiali di cava.
☐	in toto (come da progetto)	☐	in toto (come da progetto)
☐	in parte (come da progetto)	☐	in parte (come da progetto)

Analisi chimiche di certificazione come indicato nella relazione geologica(*)

☐	da effettuare	☐	già effettuate con certificazione del rispetto dei limiti della Colonna A
--------------------------	---------------	--------------------------	---

X terreni con potenziale condizionamento antropico – Tipo 2

Materiali che, ai fini di certificarne un possibile utilizzo come sottoprodotto, dovranno essere sottoposti ad analisi chimiche sistematiche, secondo le modalità più idonee ad una corretta caratterizzazione, da definire sulla base:

- della storia pregressa del sito.
- delle tipologie dei materiali interessati
- della loro natura
- della loro distribuzione

X	in toto
☐	in parte secondo allegate planimetrie e sezioni stratigrafiche per l'individuazione delle tipologie e dei volumi interessati

Piano delle indagini e analisi chimiche come da relazione geologica

X	da effettuare	☐	già effettuate
----------	---------------	--------------------------	----------------

☐ giudizio sulla qualità ambientale nel caso di analisi già effettuate, sia per terreni di tipo 1 che di tipo 2

Al momento non si conosce il dettaglio della quantità, qualità e destinazione del materiale di sterro. Questo aspetto dovrà essere risolto prima dell'inizio lavori: gran parte del materiale di scavo sarà utilizzato in compensazione; le norme in vigore richiedono la verifica dell'assenza di contaminazione anche per il materiale riutilizzato in sito.

Note:

--

Data maggio 2021	Timbro e firma del geologo
-------------------------	----------------------------



ALLEGATI:

Eventuali certificati di analisi chimiche, qualora già eseguite - vedi relazione n.
Altro:



4. RELAZIONE GEOTECNICA

Sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica

"Nuova unità immobiliare su pp. ff. 4833/1 e 4834/2 C.C. Bedollo" commissionato dalla Sig.ra Casagrande Gabriella allo Studio Tecnico Costantin arch. Charalabopoulos.

4.1. Piano delle indagini geotecniche, modello geotecnico - caratteristiche geotecniche dei terreni

Per la stesura del presente documento si fa esplicito richiamo alla relazione geologica del progetto definitivo, tenendo anche conto della possibilità di modificare i modelli geotecnici in relazione alle misure e ai controlli in corso d'opera.

Non essendosi potuto in questa fase prendere diretta e completa visione dei terreni coinvolti e nemmeno procedere ad una diretta parametrizzazione delle caratteristiche geotecniche degli stessi, è fondamentale la prescrizione di rivalutare la modellazione geotecnica durante la fase esecutiva.

Il modello geotecnico del sito rispecchia quanto rappresentato nel modello geologico: a seguire si presenta la parametrizzazione geotecnica riferita a tale modello: queste valutazioni e considerazioni geotecniche relative alle resistenze offerte dal terreno devono, in sede di progettazione esecutiva, essere confrontate con le azioni di progetto per le verifiche di sicurezza e delle prestazioni.

Le informazioni geotecniche di seguito riportate derivano dalle osservazioni di campagna, da dati bibliografici disponibili per terreni analoghi e dall'esperienza dello scrivente.

Al punto 6.2.2 Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica delle NTC-18 si riporta che *"Nel caso di costruzioni od interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata su pre esistenti indagini e prove documentate, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali"*.

Secondo le NTC-18 – par. 6.2.2. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA *"... Ai fini dell'analisi quantitativa di uno specifico problema, per modello geotecnico di sottosuolo si intende uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, che devono essere caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico. Nel modello geotecnico di sottosuolo devono essere definiti il regime delle pressioni interstiziali e i valori caratteristici dei parametri geotecnici."*

Secondo il testo a cura del Gruppo Interregionale Ordine dei Geologi Euro Codice 7, 2012, "UNA METODOLOGIA PER LA SCELTA DEI PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI" l'EC7, al punto 2.4.5.2 2(P), recita: "Il valore caratteristico di un parametro geotecnico sarà scelto come una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite". Definire il valore caratteristico significa pertanto scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite, ed adottarne un valore, o stima, a favore della sicurezza. A tal riguardo, l'unica metodologia delineata dall'EC7 per la definizione dei valori caratteristici, è di natura statistica (Nori, 2009).

Sulla base di quanto precedentemente esposto, si è operata un'elaborazione statistica - secondo le metodiche tecniche (percentili) previste dalle norme - dei dati disponibili, ottemperando così alle disposizioni del D.M. 17/01/18.

Si è giunti a delimitare, per i **litotipi di copertura** presenti in corrispondenza delle opere e per le diverse condizioni al contorno - zonazione che tiene conto della variabilità delle profondità, ecc. - i seguenti campi di variabilità e valori medi (m) e caratteristici (k) dei principali parametri geotecnici (criterio di rottura alla Mohr - Coulomb) - Approccio Bayesiano (Cherubini e Orr, 1999): $x_k = x_m * (1 - (CV/2))$ dove x_k = valore caratteristico e CV = coeff. variazione.



Per passare dai valori caratteristici (x_k) ai valori di progetto (x_d) vengono applicati dei fattori di riduzione (fattori di sicurezza parziali): le combinazioni di calcolo da adottarsi relativamente alla progettazione geotecnica secondo le NTC-18 (DM. 17/01/2018) sono:

STABILITA' DEI PENDII	TUTTE LE VERIFICHE	
	DA1	
	A1+M1+R1	A2+M2+R2
FONDAZIONI SUPERFICIALI	STABILITA' GLOBALE	ALTRE VERIFICHE
	DA1	DA2
	A2+M2+R2	A1+M1+R3
FONDAZIONI SU PALI	STABILITA' GLOBALE	ALTRE VERIFICHE (azioni verticali e trasversali)
	DA1	DA2
	A2+M2+R2	A1+M1+R3
MURI DI SOSTEGNO	STABILITA' GLOBALE	ALTRE VERIFICHE (azioni verticali e trasversali)
	DA1	DA2
	A2+M2+R2	A1+M1+R3
PARATIE	STABILITA' GLOBALE	ALTRE VERIFICHE
	DA1	DA1
	A1+M1+R1	A1+M1+R1
		(R1=1.0)
TIRANTI DI ANCORAGGIO	TUTTE LE VERIFICHE	
	DA2	
	A1+M1+R3	
OPERE IN SOTTERRANEO	TUTTE LE VERIFICHE	
	DA1	
	A1+M1+R1	A2+M2+R2
	(R1=R2=1.0)	

**Verifiche nei confronti degli Stati Limite Ultimi,
esclusi EQU, UPL e HYD**

Ai terreni naturali di copertura osservati nei dintorni del sito si possono attribuire i seguenti parametri geotecnici:

copertura sciolta morenica, normalconsolidata	peso di volume γ kN/m ³	angolo di attrito interno ϕ gradi °	coesione c kN/m ²
valore minimo	18,0	33,0	0,0
valore probabile	19,0	35,5	5,0
valore massimo	20,0	38,0	10,0
valore caratteristico	18,8	35,1	4,2
coeff. Riduzione M2	1	tg ϕ 1,25	1,25
valore progetto	18,8	29,3	3,3

Questi parametri sono quelli ottenuti come rappresentativi della situazione media: nelle zone in cui siano presenti disuniformità litologiche si potranno determinare variazioni, anche significative, di questi valori, specialmente in relazione al grado di saturazione dei terreni.

Per il riporto, quantomeno per la parte di riporto osservata nello scavo geognostico, i valori attribuibili sono i seguenti:



copertura di riporto porfirica	peso di volume γ kN/m ³	angolo di attrito interno ϕ gradi °	coesione c kN/m ²
valore minimo	17.0	35.0	0.0
valore probabile	17.5	37.5	1.0
valore massimo	18.0	40.0	2.0
valore caratteristico	17.4	37.1	0.8
coeff. Riduzione M2	1	tg Φ 1,25	1.25
valore progetto	17.4	31.2	0.7

Ovviamente il riporto può presentarsi disomogeneo da punto a punto e pertanto in sede esecutiva è fondamentale che si sia rivalutata l'effettiva composizione ed addensamento di questo litotipo.

Come per le indagini geologiche, anche quelle geotecniche richiedono dunque la prescrizione che, in fase esecutiva, vi sia il controllo e la verifica dell'esattezza della situazione stratigrafica e geotecnica qui descritta che per sua natura intrinseca, date le modalità deposizionali dei terreni, presenta disomogeneità ed anisotropie.

4.2. Stabilità degli scavi

Per l'alloggiamento della casa si dovranno scavare i riporti porfirici: tali riporti sono tipicamente stabili fino a pendenza di 38 – 40 gradi: la stabilità dei fronti di scavo in terreni sciolti secondo profili sub-verticali è solo apparente; infatti, la coesione di un terreno sciolto, pur risultando a prima vista significativa, è in realtà una caratteristica variabile poiché, a contatto con l'acqua, essa si può annullare, anche improvvisamente provocando franamenti dei fronti di scavo che, da situazioni sub-verticali, passano a situazioni di equilibrio secondo pendenze prossime all'angolo di natural declivio del materiale scavato.

Inoltre si ricorda che nei settori di sbancamento in prossimità a manufatti, è necessario implementare le prescrizioni di legge vigenti in materia: il D.M. 17/01/18 - NTC-18 prescrive, fra le altre cose: (par. 6.8.6.2.) *"... per gli scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una armatura di sostegno delle pareti di scavo"*.

Per quanto riguarda le vibrazioni generate durante i lavori di scavo (movimentazione terre, demolizioni, transiti, ecc), per evitare danni ai manufatti adiacenti si raccomanda di non eccedere i valori critici.

Per l'Italia si faccia riferimento alla UNI 9916-2014 (Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici), da cui si riporta un abaco, e alla UNI 9614-2017 (Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo).

prospetto 01 Valori di riferimento per la velocità di vibrazione (p.c.p.v.) al fine di valutare l'azione delle vibrazioni di breve durata sulle costruzioni						
Classe	Tipo di edificio	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione (p.c.p.v. in mm/s)				
		Fondazioni			Piano alto	Solai Componente Verticale
		Da 1 Hz a 10 Hz	Da 10 Hz a 50 Hz	Da 50 Hz a 100 Hz ¹⁾	Per tutte le frequenze	Per tutte le frequenze
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili	20	Varia linearmente da 20 ($f=10$ Hz) a 40 ($f=50$ Hz)	Varia linearmente da 40 ($f=50$ Hz) a 50 ($f=100$ Hz)	40	20
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	8	Varia linearmente da 8 ($f=10$ Hz) a 15 ($f=50$ Hz)	Varia linearmente da 15 ($f=50$ Hz) a 20 ($f=100$ Hz)	15	20
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici)	3	Varia linearmente da 3 ($f=10$ Hz) a 8 ($f=50$ Hz)	Varia linearmente da 8 ($f=50$ Hz) a 10 ($f=100$ Hz)	8	3/4

¹⁾ Per frequenze oltre 100 Hz possono essere usati i valori di riferimento per 100 Hz.



A conclusione del capitolo sugli scavi si ricordino alcune considerazioni generali:

- mantenere lo scavo aperto per il solo tempo strettamente necessario alla realizzazione degli elementi in progetto: qualora si dovessero verificare interruzioni delle operazioni o si riscontrassero situazioni anomale (quali la presenza di disomogeneità del riporto, presenza di filtrazioni, livelli limosi non addensati, ecc.) si prescrive di mettere in sicurezza i fronti di scavo lasciati aperti tramite adeguate opere provvisorie.

In questi casi si valuti di intervenire non aprendo il fronte per tutta la sua estensione ma piuttosto adottando la tecnica della parzializzazione dei fronti: si tratta di scavare un settore limitato e, prima di scavare il settore adiacente, intervenire sostenendo il tratto scavato con la realizzazione del muro perimetrale e relativa messa in opera del reinterro, adeguatamente compattato. Questa tecnica consegue l'obiettivo, oltre che di limitare i tempi in cui un settore resta aperto, anche di limitare la possibilità di detensionamenti ed inoltre di poter adattare le opere all'effettiva situazione stratigrafica locale che spesso, in adiacenza a manufatti esistenti è caratterizzata da situazioni di disomogeneità (es presenza di riporti, di terreno scavato e poi diversamente ricompattato, ecc.).

- proteggere i fronti di scavo con teli e reti in modo che le precipitazioni non possano erodere nè far scadere i parametri di resistenza del terreno ed anche in modo che eventuali piccoli distacchi non possano coinvolgere il piano di lavoro dei lavoratori ma siano tratti al piede dello sbancamento.

- le filtrazioni idriche e/o ruscellamenti che dovessero provenire anche dalla viabilità verso monte e/o dalle superfici impermeabilizzate esistenti in zona non possano fluire nè ristagnare nelle zone di scavo ma siano intercettate e fatte defluire verso apposito sistema drenante e di smaltimento.

- è importante che il reinterro fra nuove opere ed il fronte di scavo sia eseguito compattando il riporto, per limitare al massimo il rilassamento del terreno e conseguenti potenziali dissesti.

- secondo quanto stabilito dalle norme e regole anti infortunistiche, si raccomanda di non sovraccaricare la sommità delle scarpate di scavo, o di provvedere affinché le opere di sostegno, provvisorie o definitive, siano verificate tenendo in considerazione i valori dei carichi trasmessi al terreno compresi quelli transitori e le spinte dell'acqua.

- monitorare costantemente il comportamento dei fronti di scavo con particolare attenzione alle zone con presenza di riporti ed in adiacenza a manufatti esistenti: ciò consentirà di adeguare i lavori alle risultanze stratigrafiche via via incontrate.

- rispettare tutte le norme in materia di prevenzione degli incidenti sul lavoro (transennare gli scavi, utilizzare opere di sostegno provvisorie, anche nel caso di scavi a sezione ristretta, ecc.).

- poichè si opererà in ambiente urbanizzato con presenza di immobili nelle proprietà circostanti, **si raccomanda di eseguire, prima dell'inizio dei lavori, uno stato di consistenza strutturale e fotografico della situazione:** ciò permetterà di prevedere il comportamento dei manufatti esistenti e valutare se i lavori in progetto sono compatibili con il loro assetto strutturale. Tale stato di consistenza consentirà anche di evitare che eventuali lesioni e/o filtrazioni eventualmente già presenti su tali manufatti siano poi attribuite all'esecuzione del progetto.

- durante gli scavi, infine, si raccomanda di monitorare le vibrazioni indotte, al fine di non arrecare danni ai manufatti circostanti ed anche per verificare la stabilità dei fronti di scavo.

Quelle fornite sono indicazioni generali, di supporto geologico, e che non vogliono in alcun modo limitare le scelte progettuali del calcolatore nè quelle operative della Ditta esecutrice.



4.3. Portanza del terreno

Nello scavo geognostico si è osservato un alto indice dei vuoti nella parte grossolana del riporto porfirico: non è prudente appoggiare un edificio su tale orizzonte.

Si raccomanda pertanto di asportare questo primo orizzonte e quindi procedere a verificare lo spessore e addensamento del riporto sottostante: una volta accertata (o meno) l'omogeneità di tale orizzonte si potrà procedere a compattare e rullare una base di appoggio omogenea. Sono necessarie prove di carico su piastra per verificare che le caratteristiche di resistenza del piano fondazionale siano omogenee nelle zone interne rispetto a quelle esterne.

Se tale riporto profondo risultasse a sua volta disomogeneo andrà anch'esso asportato fino ad appoggiare le fondazioni sul terreno naturale, previo asporto dell'eventuale suolo e strato vegetale originari.

Si raccomanda quindi di verificare che le fondazioni appoggino su materiale con caratteristiche di resistenza omogenee: l'effettivo stato tensionale del terreno nei diversi punti dell'area di progetto dovrà essere valutato in fase di sbancamento.

Ove si verifichi che il contatto fra i litotipi diversi sia tale che un tratto delle fondazioni risultino appoggiate in terreno resistente ed un altro tratto su terreno sciolto di riporto o limoso compressibile, risulterà necessario - al fine di prevenire cedimenti differenziali - approfondire il piano di posa nella zona con copertura scadente fino ad incontrare il terreno migliore.

Data la potenziale interferenza con le filtrazioni, si raccomanda di predisporre uno strato drenante basale di sottofondo di spessore pari a 0.5 m, ben costipato per evitare l'insorgere di cedimenti.

La portanza di una fondazione con le caratteristiche indicate, viene di seguito presentata, a titolo di esempio ed in sede di progettazione definitiva come se appoggiasse su riporto porfirico rullato: il calcolo si riferisce a fondazioni a nastro posate su materiale di caratteristiche omogenee, applicando i parametri geotecnici precedentemente esposti; le dimensioni della fondazione sono da ritenersi indicative e devono essere adattate alle effettive necessità progettuali, il sovraccarico trasmesso alle fondazioni, per questo calcolo esemplificativo, è ipotizzato centrato e verticale e con la presenza dei drenaggi.

Il calcolo è stato sviluppato secondo i metodi previsti dalle N.T.C. 2018: ai fini progettuali si ricorda anche che l'Eurocodice 7 (EC7) fa riferimento alla metodologia di calcolo di Brinch Hansen².

Ai valori di resistenza del terreno per la condizione sismica vengono applicati dei coefficienti di correzione sismica³. Nell'output di calcolo è applicato un fattore di correzione sismica "z" come da Paolucci & Pecker (1997)⁴ (che tiene conto degli effetti inerziali indotti dal sisma) e, in alternativa, un fattore di correzione "h" come da Maugeri e Novità (2004)⁵, che attraverso il variare di un coefficiente f tra 0 e 1 tiene conto nel primo caso (0) del solo effetto cinematico del sisma e nel secondo caso (1) di un effetto cinematico e dinamico sulla fondazione (in altri termini, f esprime la percentuale di sforzo di taglio trasmesso alla base).

² Brinch Hansen J. (1970) - A revised and extended formula for bearing capacity. Bull. N.28, Danish Geotechnical Institute.

³ V. anche: Carbonella R., Rispoli F., Franceschini M. - Fondazioni Superficiali. Quaderno di approfondimento alle Linee Guida NTC 08-Gruppo Interregionale Ordine dei Geologi

⁴ Paolucci R., Pecker A. (1997) - Seismic bearing capacity of shallow strip foundation on dry soil- Soil and Foundation, Vol. 37, No.3, pp.95--105.

⁵ Maugeri M., Novità D. (2004) - Numerical model for the evaluation of the soil inertia effects on bearing capacity- Proc. Int. Conf. On Soil Dynamics and Earthquake Eng.



Committente: Sig.ra Lucia Ferrari Progetto: Nuovo edificio a Bedollo Resistenza del terreno: metodo di Hansen (statico) e correzioni dinamiche di Paolucci e Maugeri NTC-18: DM 17/01/18 $q_{ult} = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c z_c + \gamma_1 D N_q s_q d_q i_q g_q b_q z_q + 0,5 \gamma_2 B N_g s_g d_g i_g g_g b_g z_g$ $q_{ult} = 5.14 su (1 + s'c + d'c - i'c - b'c - g'c) + \gamma_1 D$ quando $\phi = 0$						
Parametri del terreno: M1 e M2			Parametri di progetto: progetto definitivo			
ϕ	37.1	angolo di attrito interno (°) - M1	B	0.8	larghezza di fondazione (m)	
c	0.0	coesione (kN/m2) - M1	D	0.5	profondità di incasso della fondazione (m)	
ϕ	31.2	angolo di attrito interno (°) - M2	L	10.0	lunghezza della fondazione (m)	
c	0.0	coesione (kN/m2) - M2	h	0.0	inclinazione del piano di fondazione (°)	
γ_2	17.4	peso vol. sopra piano fond. (kN/m3)	δ	24.7	angolo di attrito terreno-fondazione (°)	
γ_1	17.4	peso vol. sotto piano fond. (kN/m3)	N	non det.	azione di progetto N (kN)	
β	10.0	inclinazione del terreno a valle (°)	M	non det.	inclinazione dell'azione (°)	
su	non appl.	resist. taglio non drenata (kN/m2) - M1	E	non det.	eccentricità azione	
Hw	1.5	profondità falda da piano fondazione (m)	Vn	50	vita nominale dell'opera	
Parametri sismici: pericolosità sismica locale			Cl	2	classe d'uso dell'opera	
k(h)	0.019	coef. sismico orizzontale SLU = SLV	4	zona sismica (4=trascurabile, 3=bassa sismicità)		
k(v)	0.010	coef. sismico verticale SLU = SLV	B	categoria sismica della stratigrafia (A+E)		
A max	0.930	(m/s ²) SLU = SLV	T2	categoria condizioni topografiche (T1+T4)		
Fattori della formula di Hansen						
Ng	54.256	Nc	56.170	Nq	43.481	fattori di portanza
sg	0.968	sc	1.000	sq	1.061	fattori di forma
dg	1.000	dc	1.250	dq	1.149	fattori di profondità
ig	1.000	ic	1.000	iq	1.000	fattori di inclinazione piano di fondazione
bg	1.000	bc	1.000	bq	1.000	fattori di inclinazione del carico
gg	0.630	gc	0.932	gq	0.630	fattori di inclinazione (pendio)
Fattori di correzione sismica secondo Paolucci e Pecker, 1997						
zg	0.991	zc	0.994	zq	0.991	
Fattori di correzione sismica secondo Maugeri & Novità, 2004 e Maugeri & Castelli, 2008						
h(qf)=zg	0.925	h(cf)=zc	0.962	h(qf)=zq	0.953	considerando l'inerzia del suolo + l'inerzia della struttura: f=1
NTC-18 - APPROCCIO 2 - Combinazione 1 (A1+M1+R3) - STR / GEO - RESISTENZA TERRENO Ed R3= 2.3						
Resistenza portante del terreno STATICA (Hansen) Rd = 226.5 kN/m2 SLU = SLV (fondazione)						
Resistenza portante del terreno in condizioni SISMICHE (Paolucci, 1997) Rd = 224.5 kN/m2 SLU = SLV						
Resistenza portante del terreno in condizioni SISMICHE (Maugeri, 2008) Rd = 213.0 kN/m2 SLU = SLV						
NTC-18 - APPROCCIO 2 - Combinazione 1 (A1+M1+R3) - STR / GEO - RESISTENZA TERRENO Ed R3= 1.8						
(vedi par. 7.11.5.3.1 per eventuale utilizzo di $\gamma_R = 1.8$ al posto di $\gamma_R = 2.3$) SLU = SLV (fondazione)						
Resistenza portante del terreno in condizioni SISMICHE (Paolucci, 1997) Rd = 286.8 kN/m2 SLU = SLV						
Resistenza portante del terreno in condizioni SISMICHE (Maugeri, 2008) Rd = 272.1 kN/m2 SLU = SLV						
		Note: $\beta + \eta \leq 90^\circ$ $\beta \leq \phi$				

Esempio di calcolo della portanza di fondazioni dirette nastriformi.

Le verifiche esecutive di sicurezza e delle prestazioni, riguardanti non solo la portanza ma anche altri aspetti quali il ribaltamento e lo scivolamento delle opere fondazionali secondo i metodi NTC-18, andranno eseguite in fase esecutiva, una volta disponibili i dati numerici delle combinazioni delle azioni di progetto e la verifica della rispondenza della situazione geotecnica assunta, nonché la reale configurazione statica e geometrica delle fondazioni.

A livello di progettazione definitiva non si può pertanto nemmeno definire con precisione il cedimento atteso (**dato il progetto in esame ed i terreni presenti si potranno agevolmente evitare problematiche di tal natura**), calcolo che potrà essere eseguito in sede esecutiva applicando le indicazioni riportate nei paragrafi precedenti.

La normativa antisismica prevedeva che il materiale di riporto dietro la struttura debba avere granulometria controllata ed essere addensato in sito, in modo da ottenere la maggiore continuità possibile con la massa di terreno esistente.

Liquefazione

La verifica a liquefazione (NTC-18 Cap. 7.11.3.4) può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

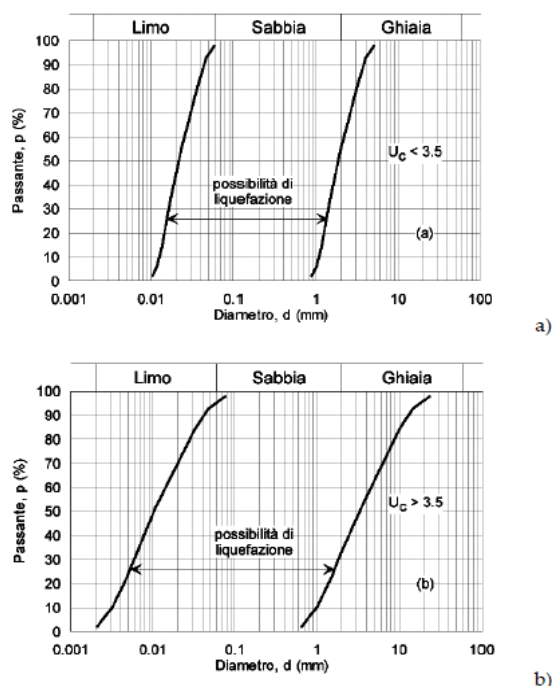


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Stante la situazione geologica per i terreni del sito è esclusa la possibilità di fenomeni di liquefazione.

4.4. Drenaggi, impermeabilizzazioni, ripristini

Ricordando la situazione idrogeologica riconosciuta per il sito (afflusso di filtrazioni idriche verso le opere in progetto), si raccomanda di dotare tutte le opere in progetto di adeguato drenaggio, che assicuri l'intercettazione e l'allontanamento delle acque filtranti che possono provenire da monte e dalle superfici impermeabilizzate circostanti.

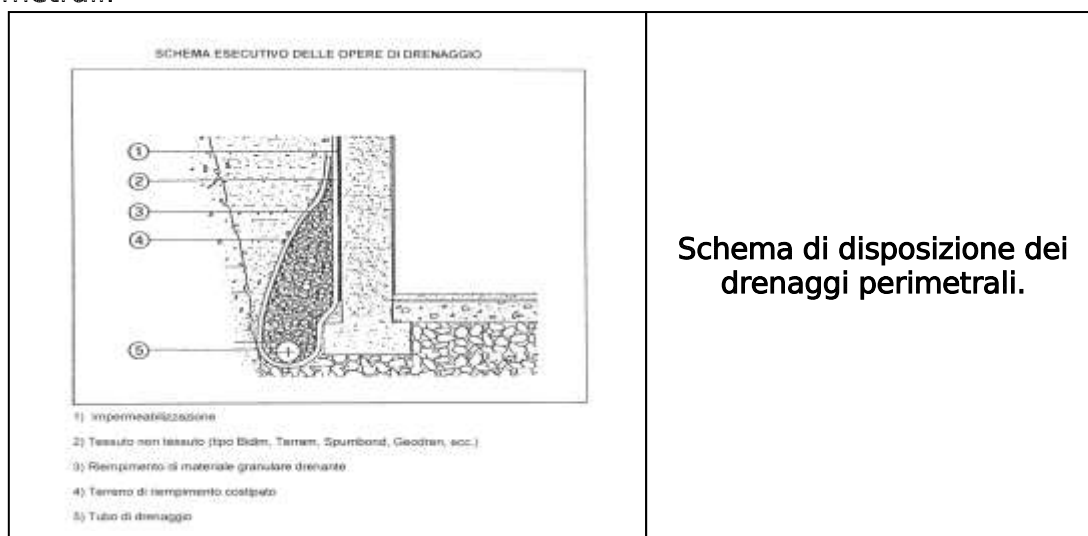


Tali filtrazioni, se lasciate ruscellare sui fronti di scavo o lasciate ristagnare sul fondo degli sbancamenti, possono provocare scadimenti alle caratteristiche di resistenza dei terreni.

La presenza di opere interrato non deve poi rappresentare un ostacolo al fluire delle filtrazioni, nel qual caso si avrebbe il possibile innalzamento del livello delle filtrazioni, con conseguente potenziale innesco di fenomeni di instabilità e azioni di spinta sulle nuove opere.

E' anche necessario conformare il fondo dello scavo, sul quale si dovrà impostare lo strato drenante basale (ben costipato), con la pendenza minima necessaria a garantire lo sgrondo dell'acqua senza possibilità di ristagni: dal punto più depresso deve partire una tubazione drenante che allontani l'acqua dal sito di interesse.

Di seguito si riporta uno schema generale di costruzione dei drenaggi perimetrali.



Considerazione valida per tutte le opere interrato è poi quella di prevedere l'impermeabilizzazione delle stesse, per assicurare che non si determinino problemi di umidità, efflorescenze, ecc.

Volendo minimizzare i potenziali disagi derivanti dall'umidità, si potrà predisporre un utile accorgimento: si tratta di collegare delle tubazioni forate (da porsi sotto la soletta del piano interrato) con una canna fumaria in modo di innescare, sfruttando l'effetto camino indotto, una naturale e continua ventilazione delle fondazioni, con conseguente abbattimento dell'umidità di capillarità anche dei muri in elevazione.

Tale sistema è anche utile per limitare la potenziale presenza dei gas naturali (es. radon) che potrebbero interessare il manufatto, accumulandosi nelle parti interrato.

Essendo il sito interno alle aree di vincolo idrogeologico, si raccomanda anche, per limitare i potenziali dissesti, di attuare dei veloci ripristini delle superfici denudate dalle operazioni di scavo e riporto.

Qualora, per via della natura non idonea del riporto profondo, si dovessero appoggiare le fondazioni sul terreno naturale sottostante al riporto si richiama l'attenzione che in questa zona vi sono abbondanti filtrazioni idriche, per cui le raccomandazioni relative alla preparazione del piano di posa (rullaggi e drenaggi) assumerebbero ancor maggior importanza.

RIPORTI

Come richiesto dalle norme di settore, per i riporti si dovranno utilizzare dei terreni idonei: si faccia riferimento alla normativa in materia che prevede l'uso di particolari miscele di terreni, descritte ad esempio nella norma UNI EN 11531-1; le



tipologie più adatte sono le A1, A2-4, A2-5, A3 e poi a seguire A2-6, A2-7: a seguire si riporta la classificazione citata.

Prima di completare la costruzione su questi rilevati sono da prevedersi le usuali prove di collaudo, quali le prove di carico su piastra, per verificare il raggiungimento delle necessarie resistenze.

Estratto NORMA UNI 11531-1 DEL 2014

Classificazione delle terre

UNI 11531-1: 2014

Classificazione generale	Terre ghiaio-sabbiose Frazione passante al setaccio 0,063 mm $\leq$ 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	
Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 mm LL (Limite liquido) IP (Indice di plasticità)	≤ 5	≤ 8	N.P.	≤ 40 ≤ 10	> 40 ≤ 10	≤ 40 > 10	> 40 > 10	≤ 40 ≤ 10	> 40 ≤ 10	≤ 40 > 10	> 40 > 10 IP $\leq$ 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, detriti 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				

I vari gruppi e sottogruppi sono così descritti:

Gruppo A-1: il materiale tipico di questo gruppo è una miscela ben distribuita di pietrisco o ghiaia, sabbia grossa e fine, legante non plastico o leggermente plastico;

Sottogruppo A-1-a: include materiali con prevalenza di pietrisco con o senza legante o materiale fine;

Sottogruppo A-1-b: comprende materiali con prevalenza di sabbia grossa con o senza legante.

Gruppo A-3: il materiale tipico di questo gruppo è sabbia fine di spiaggia o di deserto senza argilla e con poco limo non plastico; sono pure compresi depositi fluviali di sabbia fine a gradazione povera e quantità limite di sabbia grossa e ghiaia.

Gruppo A-2: comprende una grande varietà di materiali granulari ai limiti dei due gruppi precedenti e limi-argille dei gruppi seguenti; vi sono inclusi tutti i materiali contenenti 35% o meno del passante al 0,075 mm che non possono essere classificati nei due gruppi precedenti per l'eccesso fine o per la plasticità;

Sottogruppi A-2-4 e A-2-5 includono vari materiali granulari contenenti 35% o meno del passante al 0,075 mm ed una minore porzione di passante al n° 40 avente le caratteristiche dei gruppi A-4 ed A-5. Vi appartengono le ghiaie e le sabbie grosse con limo o lp non tollerati nel gruppo A-1 e sabbie fini con limo non plastico non tollerate nel gruppo A-3;

Sottogruppi A-2-6 ed A-2-7: includono materiali simili a quelli dei sottogruppi precedenti con la eccezione che il fine contiene argilla plastica con le caratteristiche del gruppo A-6 od A-7.

Gruppo A-4: il materiale tipico è una terra limosa non plastica (o poco) con più del 75% passante il setaccio da 0,075; sono comprese miscele di limo con sabbia e ghiaia che non eccedano il 64%.

Gruppo A-5: si distingue dal precedente in quanto include materiale a carattere diatomaceo o micaceo e che può essere altamente plastico.

Gruppo A-6: il materiale tipico è una terra argillosa plastica con più del 75% di passante il 0,075; sono pure incluse miscele di terra fine argillosa con non più del 64% di sabbia e ghiaia.

Gruppo A-7: il materiale tipico è simile a quello del gruppo precedente con però l'elevato LI caratteristico del gruppo A-5 e può essere elastico;

Sottogruppo A-7-5: include quei materiali con moderato Ip in rapporto ad LI e che possono essere molto elastici e soggetti a forti cambiamenti di volume;

Sottogruppo A-7-6: include quei materiali aventi un alto Ip in rapporto ad LI e soggetti a cambiamenti di volume elevatissimi.

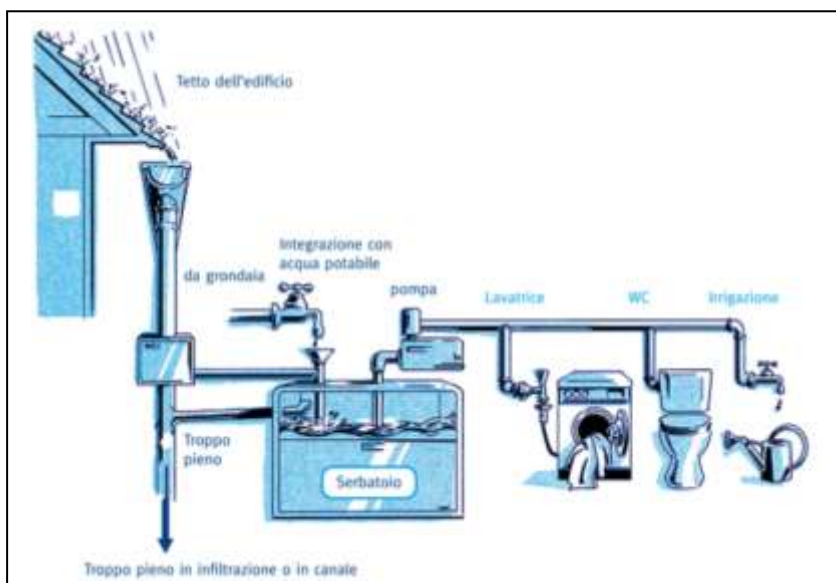
Classificazione
delle terre
secondo la
norma UNI EN
11531-1.



4.5 Smaltimento delle acque meteoriche

Le indicazioni del PGUAP sono di preferire, ove possibile, lo smaltimento diretto in sottosuolo; stante tale situazione, appare comunque particolarmente opportuno adottare, ove possibile, tipologie di coperture quanto più permeabili possibile (pavimentazione drenante) e sistemi di accumulo dell'acqua di pioggia ed il suo utilizzo in sito (es. vasche per irrigazione del verde privato, per gli sciacquoni, vasche antincendio, ecc.).

Nella zona del sito non vi sono specifici vincoli relativi alla protezione di risorse idriche: pertanto è consentita la dispersione in sottosuolo delle acque meteoriche.



Gestione sostenibile delle
acque meteoriche.

(Provincia Autonoma
Bolzano).

Quantità d'acqua da smaltire.: la quantità d'acqua da smaltire in occasione di piogge intense è così valutabile:

$$Q = (S * h) / (T * 3.600)$$

Q = portata da smaltire (l/sec)

S = superficie impermeabile (m²)

h = altezza di pioggia in (mm) caduta nel tempo T

T = durata della pioggia intensa in (ore).

La superficie "S" impermeabile, è data dal prodotto dell'area impermeabilizzata o parzialmente impermeabilizzata (es. tetto, piazzali, ecc.) (S₀) per un coefficiente di deflusso (kd,) tipico per ciascuna tipologia di superficie, applicando i quali si tiene conto della rugosità, dell'imbibizione e di altri fattori che limitano lo scorrimento dell'acqua da tali superfici verso il sistema collettore.

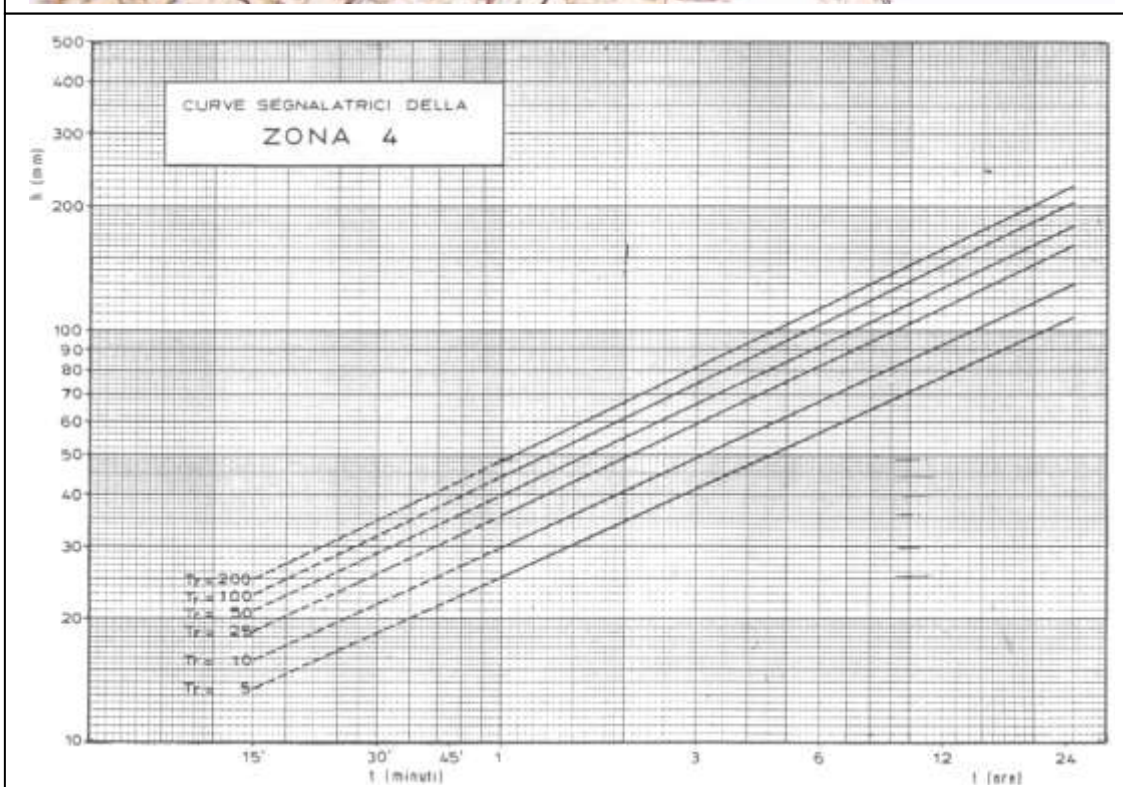
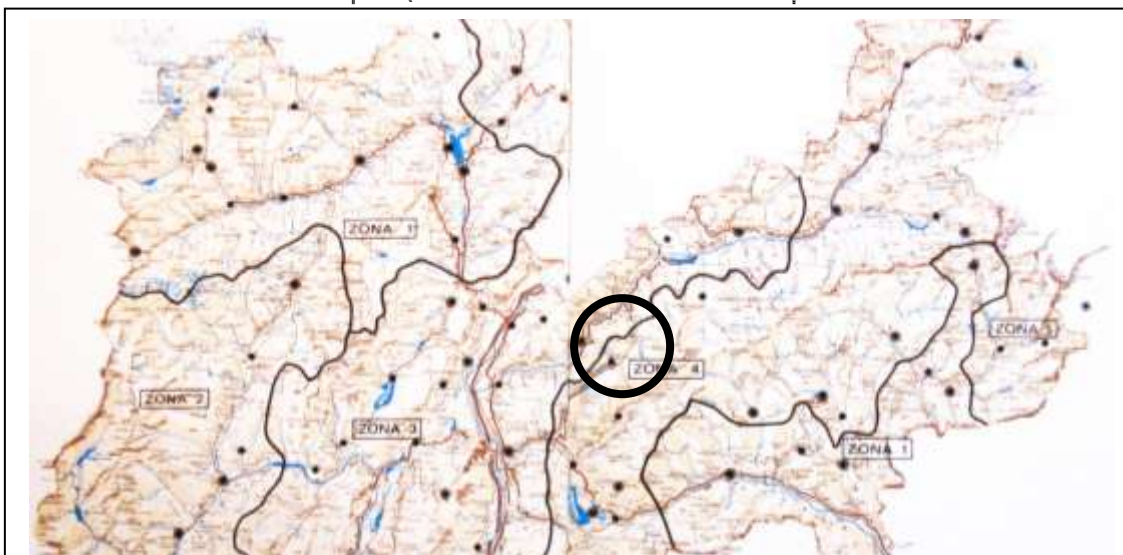
Questo coefficiente, ad esempio, nel caso di tetti può essere assunto kd = 0,9, mentre vale 0,2 per le zone a bosco e così via.

Per quanto riguarda il valore dell'altezza di pioggia "h" da inserire nei calcoli, si conosce, da un'indagine statistica sulle piogge intense nel Trentino effettuata dall'Azienda Speciale di Sistemazione Montana della P.A.T, che la pioggia di massima intensità che cade nella zona di **Bedollo** (Zona 4) nell'unità di tempo ("T"= 1 ora) e con un periodo di ritorno di 100 anni, è pari a h = **45** mm: tale precipitazione fornisce la portata oraria di pioggia da smaltire di progetto.

Elaborando i dati sperimentali della piovosità, però, è risultato anche che su piccole superfici si verificano brevi scrosci, la cui intensità è superiore alla massima pioggia che può interessare una regione più vasta.



In pratica, riferendosi alla zona di interesse, su singole superfici inferiori ad un ettaro si possono verificare, negli scrosci della durata di 15 minuti, precipitazioni fino a **23** millimetri d'acqua (ancora considerando tempi di ritorno di 100 anni).



Delimitazione delle zone omogenee per le piogge intense e curve segnalatrici della zona di Bedollo (Zona 4).

Definita l'altezza della precipitazione intensa di riferimento si ha che, nell'intervallo prescelto si ottiene così la portata d'acqua da smaltire e, da questa, si ha che il volume d'acqua V_a , (detto volume di accumulo) prodotto dalla precipitazione di progetto è calcolabile come il prodotto della superficie impermeabile equivalente ("S" in m^2) per l'altezza d'acqua caduta ("hs" in m):

$$V_a = S * h_s \text{ (m}^3\text{)}.$$

Per il momento non si conoscono nel dettaglio le ampiezze e le tipologie (e relativi coefficienti di deflusso) delle superfici impermeabilizzate (tetti, piazzali,



accessi) tutte variabili che intervengono in modo determinante sul calcolo delle portate e dei volumi dell'acqua da smaltire.

Si presenta quindi un calcolo per la superficie unitaria (1 m^2); una volta note le quantità di interesse di ciascuna tipologia di superficie si potrà presentare il dimensionamento riferito all'opera nel suo complesso.

altezza pioggia	durata pioggia	durata pioggia							
h (mm)	T (min)	T (ore)							
23	15	0.25	scroscio						
45	60	1	oraria						
205	1440	24	giornaliera						
				Qscroscio	V scroscio	Q oraria	V orario	Q 24 ore	V 24 ore
tipo	S coperta	Coef Def	S equiv	l/sec	m3	l/sec	m3	l/sec	m3
	m2		m2						
tetto	1.00	0.90	0.90	0.0230	0.021	0.0113	0.041	0.0021	0.185
asfalto e cub. cementati	1.00	0.85	0.85	0.0217	0.020	0.0106	0.038	0.0020	0.174
cubetti o formelle con sabbia	1.00	0.70	0.70	0.0179	0.016	0.0088	0.032	0.0017	0.144
macadam	1.00	0.50	0.50	0.0128	0.012	0.0063	0.023	0.0012	0.103
prati e orti	1.00	0.17	0.17	0.0043	0.004	0.0021	0.0077	0.0004	0.035

Calcolo portata e volume dell'acqua meteorica da smaltire per le varie tipologie di superfici unitarie coperte o parzialmente impermeabilizzate.

Modalità di smaltimento. Per la dispersione in sottosuolo, si dovrà predisporre un sistema in grado di accogliere il volume critico di accumulo dello scroscio intenso e di smaltire la portata oraria calcolata: in alternativa si potrebbe dimensionare un sistema in modo che riesca a smaltire istantaneamente la portata critica proveniente dallo scroscio intenso.

Il calcolo generico (a parte i fattori di forma che dipendono dalla geometria del sistema) della quantità d'acqua che un sistema disperdente riesce a disperdere è data da:

$$Q = k * A * i$$

k = coeff. di conducibilità idraulica (permeabilità) m/sec del mezzo accettore (terreno circostante il sistema disperdente),

A = superficie disperdente m^2 del sistema dispersore,

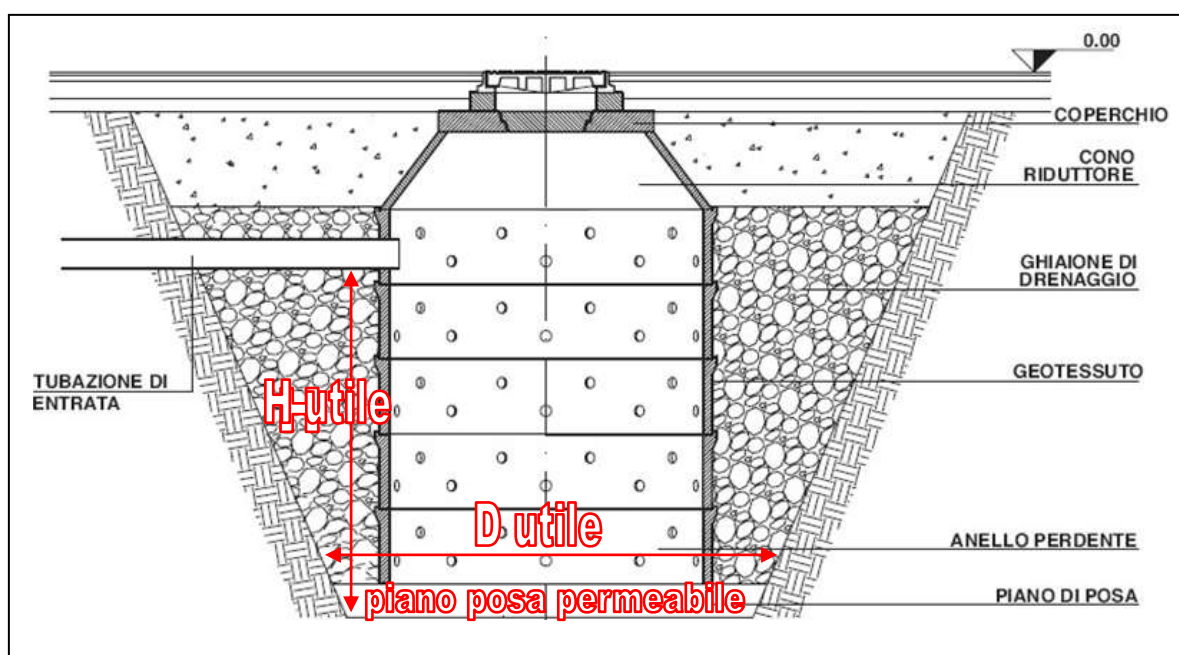
i = gradiente d'acqua nel sistema dispersore.

Il dato idrogeologico di interesse è rappresentato dalla permeabilità K: il litotipo da considerarsi contribuente alla permeabilità è il **riporto porfirico**, cui si attribuisce una **permeabilità elevatissima di $K = 1 * 10^{-2} \text{ m/sec}$** .

Il metodo di smaltimento adottabile è sia il classico pozzetto disperdente e sia la trincea disperdente.



Esempio di smaltimento a pozzetto perdente



Esempio tipologico di pozzetto disperdente.

Dimensionamento pozzetto disperdente

Di seguito si descrive il dimensionamento di un pozzetto disperdente adottando il noto metodo di **Sieker** (1984) che calcola la portata di infiltrazione per un pozzetto posto al di sopra del tetto della falda, andando a valutare l'estensione della sezione idrica efficace interessata a livello della base dell'opera disperdente.

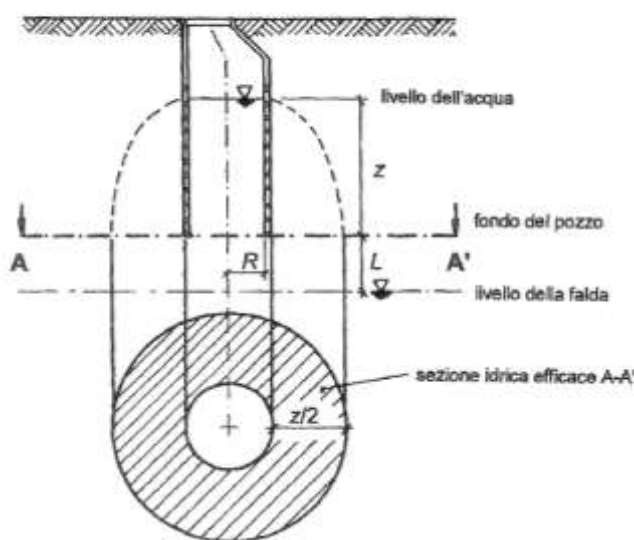
Vari autori utilizzano questo metodo sia in modo semplificato, es. Angelini, e sia rigoroso, es. Chiesa; il primo considera che la corona esterna determinata dalla cadente di infiltrazione abbia larghezza pari a metà dell'altezza della colonna d'acqua nel dispersore.

Il secondo metodo è applicabile quando il tetto della falda è profondo rispetto al fondo del dispersore.



Dispersore	pozzetto cls	dreno circostante
Altezza (m)	2.00	2.50
Diametro (m)	1.50	2.00
area base (m2)	1.77	3.14
area laterale (m2)	9.42	15.70
Volume (m3)	3.53	4.32
Volume utile (m3)	3.53	2.16
Tot. Vol. Utile (m3)	5.69	

$$Q_f = K \left(\frac{L+z}{L+z/2} \right) A_f$$



L (m) =	1.5
k (m/s) =	1.00E-02
z (m) =	2.00
Af (m2) =	9.62
Qf (m3/s) =	0.10990

Metodo semplificato (Agostini). ^

Metodo rigoroso (Chiesa et. al.) ----->

diam. int. C (m)	1.40
spess. pareti s (m)	0.05
diam ext. (m)	1.50
r int. = D int/2 (m)	0.70
altezza H (m)	2.00
permeab. K (m/s)	1.00E-02
a	1
Diam effett D (m) =	3.50
Q (m3/s) =	0.096163

Calcolo portata disperdibile da un pozzo disperdente (metodo Sieker), secondo Angelini e secondo Chiesa.

$$Q = k \cdot J \cdot Ae$$

con:

Q portata d'infiltrazione [m³/d];

J gradiente idraulico [m/m];

Ae superficie effettiva d'infiltrazione [m²];

K conducibilità idraulica [m/d].

Quando il livello della falda è convenientemente al di sotto del fondo del pozzo [(d - h) → ∞], come si può vedere dalla Figura 2, ad una certa quota (G. Chiesa e L. Fanizzi, 2004):

$$d = [1,50 \cdot (c + 2 \cdot H)]$$

il flusso è essenzialmente verticale e, pertanto, si ha:

$$J = 1,0$$

Il calcolo procede fissando il diametro interno (c) e la massima altezza del pozzo (H). Il diametro (D) della superficie effettiva d'infiltrazione (A_e), è stimabile con la seguente relazione (H.

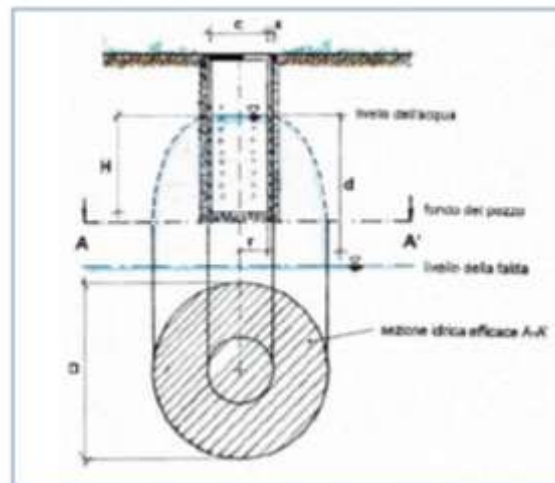


Figura 2 - Moto d'infiltrazione sotterraneo e suo profilo idraulico.

Bourwer, 1969; mod. E. Sieker, 1984):

$$D = 2 \cdot (r + s) + a \cdot H$$

ove:

a costante adimensionale di Sieker [con a = 1,0];

c diametro interno del pozzo [m];

s spessore anulare finestrato [m];

H battente idraulico [m];

D diametro sezione effettiva [m].

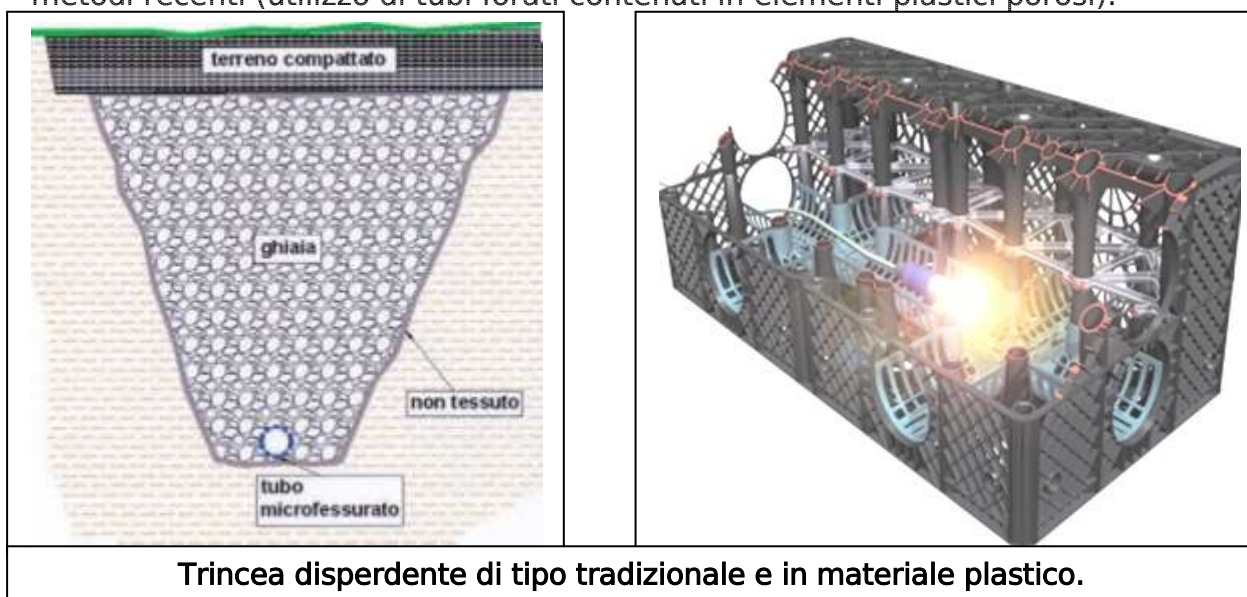
La portata d'infiltrazione, può essere infine calcolata con la seguente formula (mod. F. Sieker, 1984):

$$Q = (\pi/4) \cdot [2 \cdot (r + s) + H]^2 \cdot k$$



Dimensionamento trincea disperdente

Nel caso si voglia utilizzare una trincea disperdente si potrà scegliere fra sistemi tradizionali (utilizzo di tubi forati immersi in miscele di sabbia e/o ghiaia) o metodi recenti (utilizzo di tubi forati contenuti in elementi plastici porosi).



Trincea disperdente di tipo tradizionale e in materiale plastico.

Nel caso di trincea disperdente tradizionale, il volume di accumulo disponibile (i vuoti disponibili all'acqua presenti fra i granuli degli elementi del materiale costituente la trincea) varia fra circa il 25 % (miscele di ghiaia e sabbia) fino anche al 50 % (ghiaia pulita 40 - 50 mm, secondo Yong Qiang Xu - 2007, Experimental study of infiltration trench for highway drainage).

La trincea deve essere opportunamente protetta dall'intasamento mediante filtro a sabbia; nell'esperienza dello scrivente risulta preferibile tale filtro rispetto all'utilizzo dei geotessuti avvolgenti, più facilmente intasabili.

Per il dimensionamento della trincea (qui proposta di lunghezza unitaria 1 m) si può utilizzare il metodo sviluppato da Association for Rainwater Storage and Infiltration Technology (ARSIT), Manual for technology of rainwater infiltration facilities - planning & investigation -, 1995).

$$Q_f = CK_s L(aH + b) \quad (1)$$

C : Recession coefficient (usually 0.85-0.9)
 L : Length of trench [m]
 H : Water depth in trench [m]
 K_s : Saturated permeability coefficient of soil [m/s]
 a, b : Empirical coefficients
 $a = 3.093$ $b = 1.34W + 0.677$
 W : Width of trench [m]

trincea	
altezza (m)	1.00
Lunghezza lato lungo (m)	1.00
Larghezza lato corto (m)	0.50
area base (m2)	0.50
area laterale (m2)	3.00
Volume (m3)	0.50
porosità efficace trincea (%)	50.00
Vol. vuoti ghiaia -(m3) (=Vol. Accumulo)	0.25

C	0.9	
Kl	1.0.E-02	m/s
L	1.00	m
a	3.093	
H	1.00	m
b	1.347	m
W	0.50	m
Qf	0.03996	m3/s

Calcolo portata disperdibile da una trincea disperdente (metodo ARSIT).



Con queste configurazioni si otterrà che la dispersione dell'acqua meteorica non avverrà in falda, che non è presente, e comunque 1 m sopra la possibile quota delle filtrazioni effimere. La tipologia delle opere disperdenti risultano compatibili con la situazione riconosciuta: la dispersione attuata come descritto non causerà nè inquinamento dei suoli e della falda nè causerà dissesti dei suoli e dei manufatti presenti in loco.

4.6. Conclusioni

La presente relazione geotecnica presenta la discussione delle varie tematiche geotecniche relative alla realizzazione del progetto: **"Nuova unità immobiliare su pp. ff. 4833/1 e 4834/2 C.C. Bedollo" commissionato dalla Sig.ra Casagrande Gabriella allo Studio Tecnico Costantin arch. Charalabopoulos.**

Le principali tematiche geologico - geotecniche riconosciute e relativamente alle quali si sono fornite le necessarie indicazioni per rendere compatibile il progetto, sono:

- stabilità dei fronti di scavo: si è fornito il calcolo della pendenza di sicurezza e si sono discusse le condizioni al contorno per la stabilità, con predisposizione di drenaggi delle filtrazioni a monte,
- portanza delle fondazioni: presentato il calcolo relativo alla progettazione definitiva e comprendente i risultati in funzione delle norme NTC-18
- la complessa situazione geotecnica, con presenza di riporto disomogeneo, potrebbe generare, se non contrastata come indicato e con le prescritte prove di verifica e collaudo, l'insorgere di cedimenti differenziali,
- predisposizione di drenaggi perimetrali e di uno strato di sottofondo,
- acque meteoriche: calcolo della quantità e discussione dello smaltimento in sottosuolo.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17/01/2018 "Nuove 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 di progetto definitivo e dovrà essere integrata in fase esecutiva con tutte le previste verifiche della sicurezza e delle prestazioni di cui al capitolo 6.2.4. delle NTC 2018."

Richiamando validi concetti espressi anche dalla precedente normativa (DM 11/03/88), inoltre, si prescrive che "La validità delle ipotesi di progetto dovrà essere controllata durante la costruzione considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure ed osservazioni nel corso dei lavori per adeguare, eventualmente, l'opera alle situazioni riscontrate".

San Cristoforo, **maggio 2021**



Studio Geologico Associato GeoAlp
dott. geol. Icilio Vigna