



**AMMINISTRAZIONE COMUNALE
COMUNE DI CASTEL IVANO**



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI LAVORI DI RIPRISTINO DELL'ACQUEDOTTO DEL MONTE LEFRE A SEGUITO DEGLI EVENTI CALAMITOSI LEGATI ALLA TEMPESTA VAIA, NEL TERRITORIO COMUNALE DI CASTEL IVANO

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

ottobre 2021



STUDIO DI GEOLOGIA
dott. Paolo Passardi
Via Milano, 58 - 38122 Trento
Telefono e Fax 0461/261109
C.F. PSSPLA61M28L378V P. IVA 01438490227

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI LAVORI DI RIPRISTINO DELL'ACQUEDOTTO DEL MONTE LEFRE A SEGUITO DEGLI EVENTI CALAMITOSI LEGATI ALLA TEMPESTA VAIA, NEL TERRITORIO COMUNALE DI CASTEL IVANO

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

1. PREMESSA

Su incarico e per conto dell'AMMINISTRAZIONE COMUNALE del COMUNE DI CASTEL IVANO è stato eseguito lo studio geologico di un'area situata in località Monte Lefre, nel territorio comunale di Castel Ivano; lo studio ha avuto come scopo principale la determinazione delle caratteristiche stratigrafiche e fisico-meccaniche del sottosuolo in corrispondenza del sito ove si realizzeranno lavori di ripristino di un acquedotto esistente, che serve le numerose costruzioni presenti nell'area prativa alla sommità del rilievo, e la valutazione della stabilità dell'insieme opera- terreno del terreno in cui verranno realizzate le opere. Il presente studio si avvale di dati di tipo stratigrafico e geotecnico rilevati nel corso di sopralluoghi effettuati, nonché di dati ricavati da indagini eseguite precedentemente. Non si è ritenuto necessario eseguire prospezioni meccaniche profonde a mezzo scavi o sondaggi geognostici, poichè la situazione stratigrafica locale, alla luce dei dati disponibili per una serie di interventi eseguiti nella medesima località e di quelli rilevati in sito, presenta uno schema nel complesso semplice che, pur interessando terreni di natura e tipologia differente, risulta in generale sufficiente ad individuare correttamente le caratteristiche geotecniche dei sedimenti costituenti il "volume significativo interessato dalle opere" e nella zona il terreno costituente il sottosuolo è messo in luce sia da emergenze rocciose che da incisioni naturali ed antropiche. La zona è stata fatta inoltre oggetto di studi e rilievi geologici per la stesura dei piani urbanistici che hanno condotto alla realizzazione di una *carta di sintesi della pericolosità* ed 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 **"P1 - aree con penalità trascurabile o assente"**.

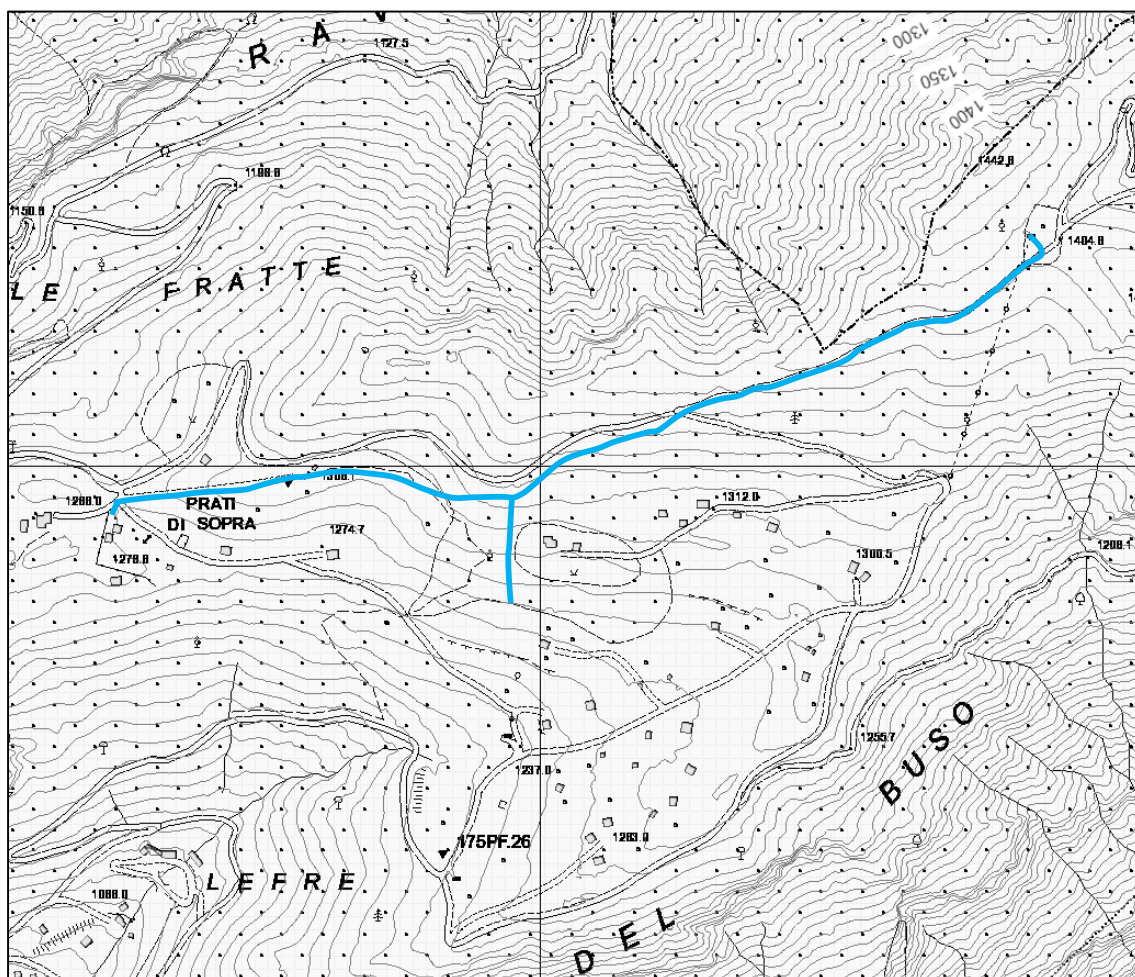
Il presente elaborato costituisce la relazione sulle indagini che, ai sensi di quanto previsto dal Decreto Ministeriale 17.01.2018 "Norme tecniche per le costruzioni", dovrà fare parte integrante del progetto al fine di giungere alle scelte e alle verifiche prescritte.

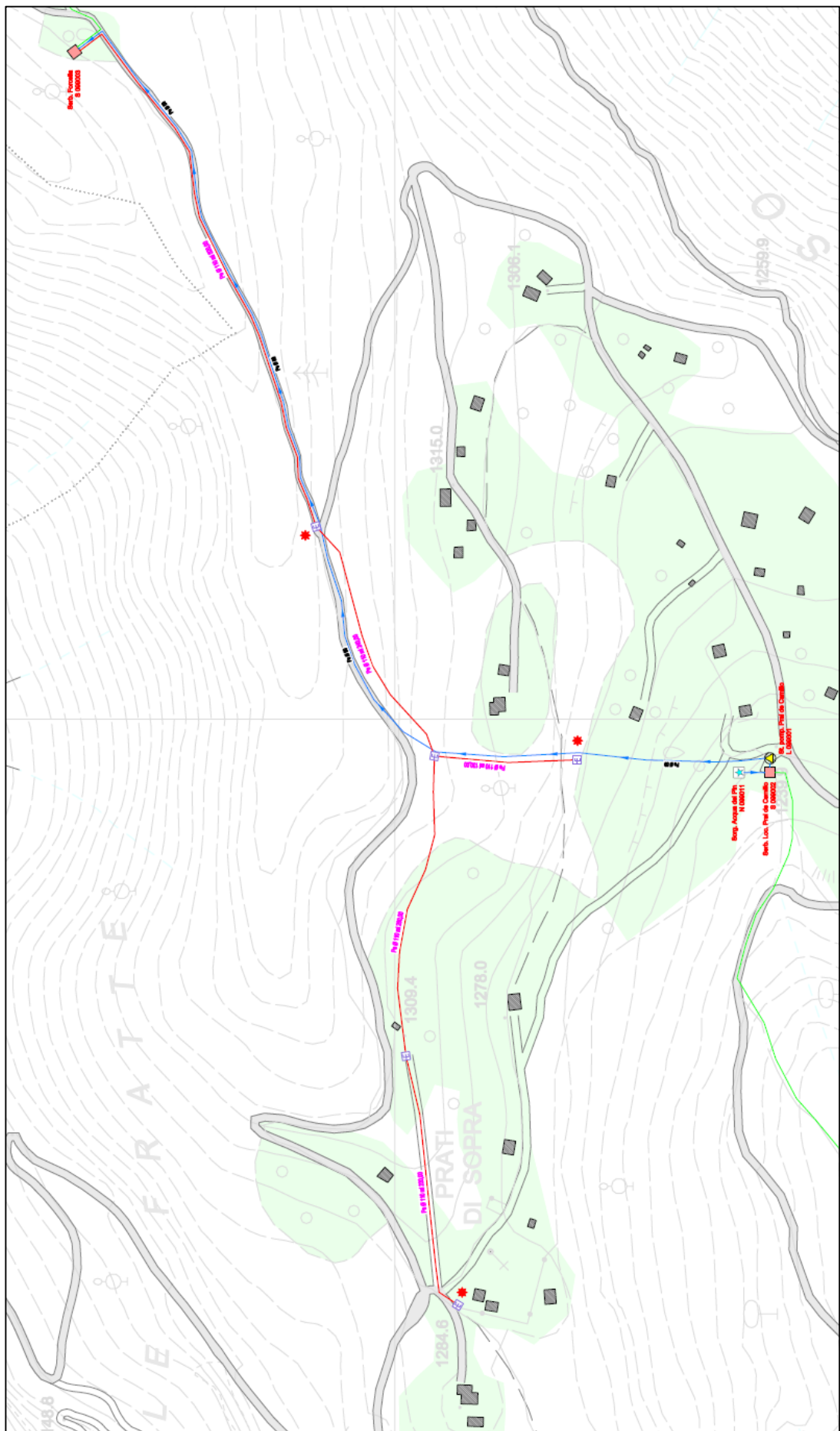
2. UBICAZIONE DELL'AREA IN ESAME

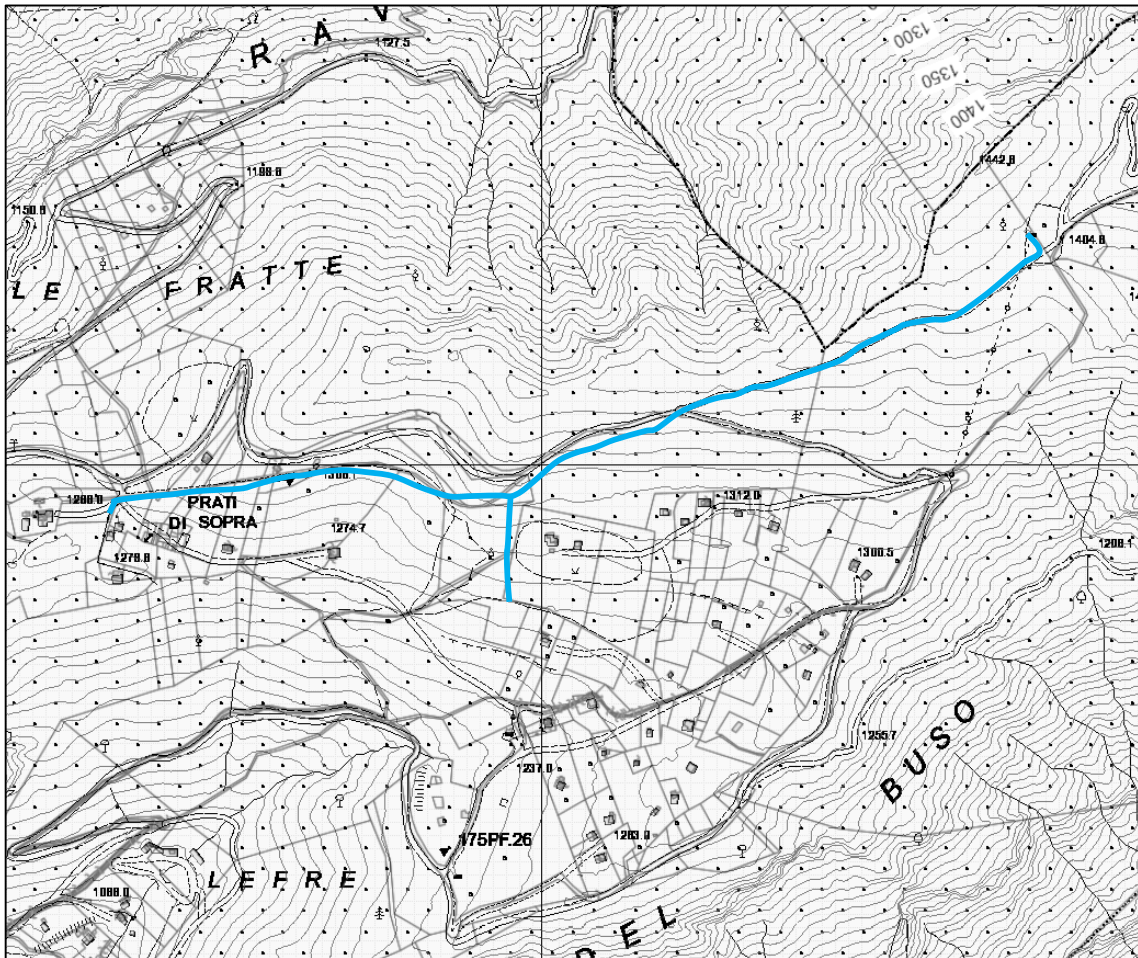
L'area oggetto dello studio si colloca in corrispondenza della parte mediana della Valsugana, nel punto in cui questa si restringe a chiudere la conca di Strigno, sul versante orientale del tratto terminale della valle del Torrente Chieppena, e precisamente sulla porzione sommitale del Monte Lefre, nel territorio comunale di Castel Ivano (vedi corografie di seguito).

L'alveo del torrente Chieppena, con andamento NW-SE, corre al piede dell'acclive versante del Lefre; quest'ultimo si erge come una massa rocciosa pressoché isolata dal resto del rilievo montuoso dalle valli che lo circondano; i versanti di maggior estensione del M.te Lefre sono disposti in direzione WSW - ENE e si affacciano con pendii acclivi sulle valli, ed in particolare su quella del Chieppena; il versante meridionale, con direzione NNW - SSE, si verticalizza verso la sommità ove è posta anche la cima del Monte Lefre, che raggiunge quota 1305 m s.l.m.; la zona sommitale, ove si realizzerà l'intervento è data da una superficie poco acclive in parte boscata, in parte prativa.

Il sito è raggiungibile tramite la strada che costituisce una diramazione della Strada Provinciale n. 42 del Tesino in loc. Pradellano; dal punto di vista topografico la zona esaminata è situata nella carta topografica generale del territorio provinciale in scala 1:10.000, edita dalla P.A.T., nella Tavola 061110 "Strigno".







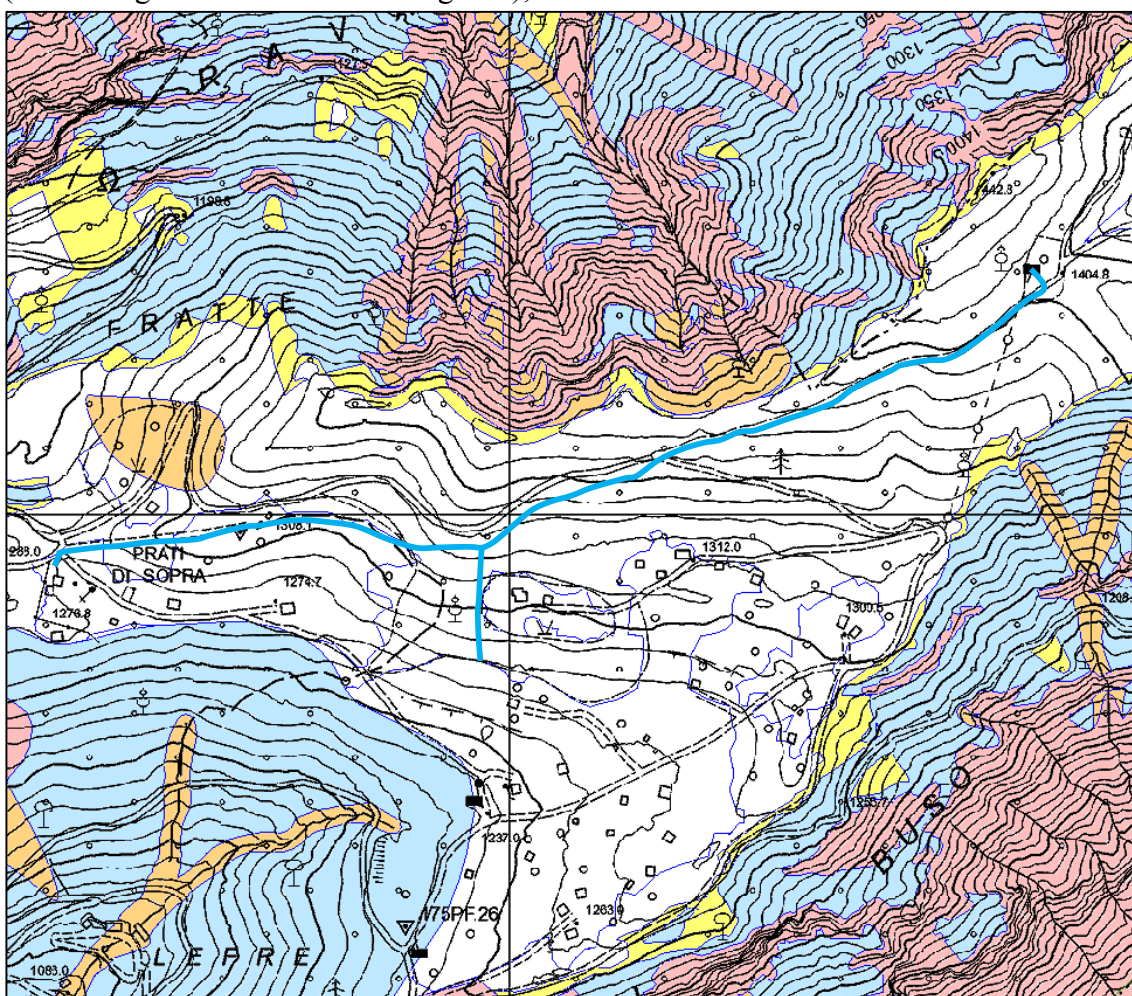
3. INQUADRAMENTO IN RAPPORTO AGLI STRUMENTI URBANISTICI

3.1 Carta di sintesi della pericolosità

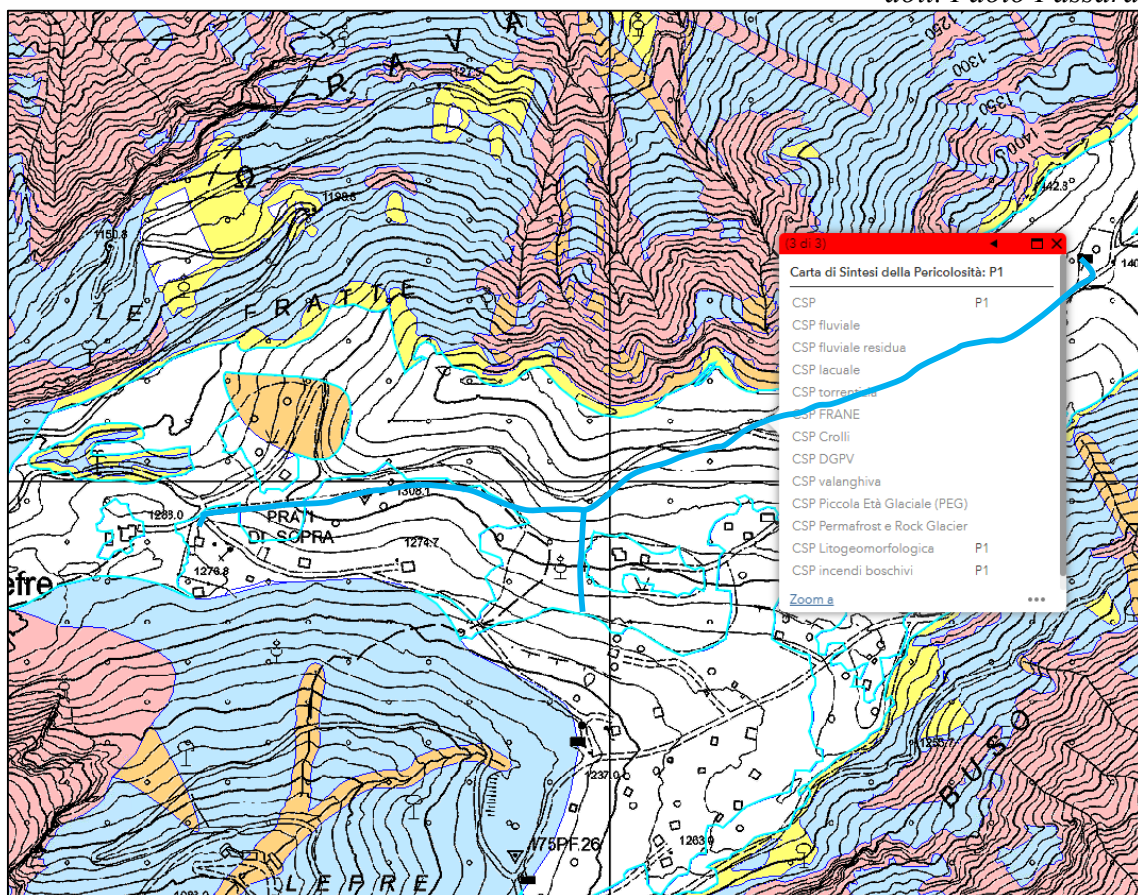
In riferimento al fatto che dal 02 ottobre 2020 è in vigore la Carta di Sintesi della Pericolosità di tutto il territorio provinciale, approvata dalla G.P. con delibera n. 1317 del 4/9/2020, è stato sviluppato il presente elaborato. Si sottolinea che *con l'entrata in vigore di questo strumento del Piano 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);



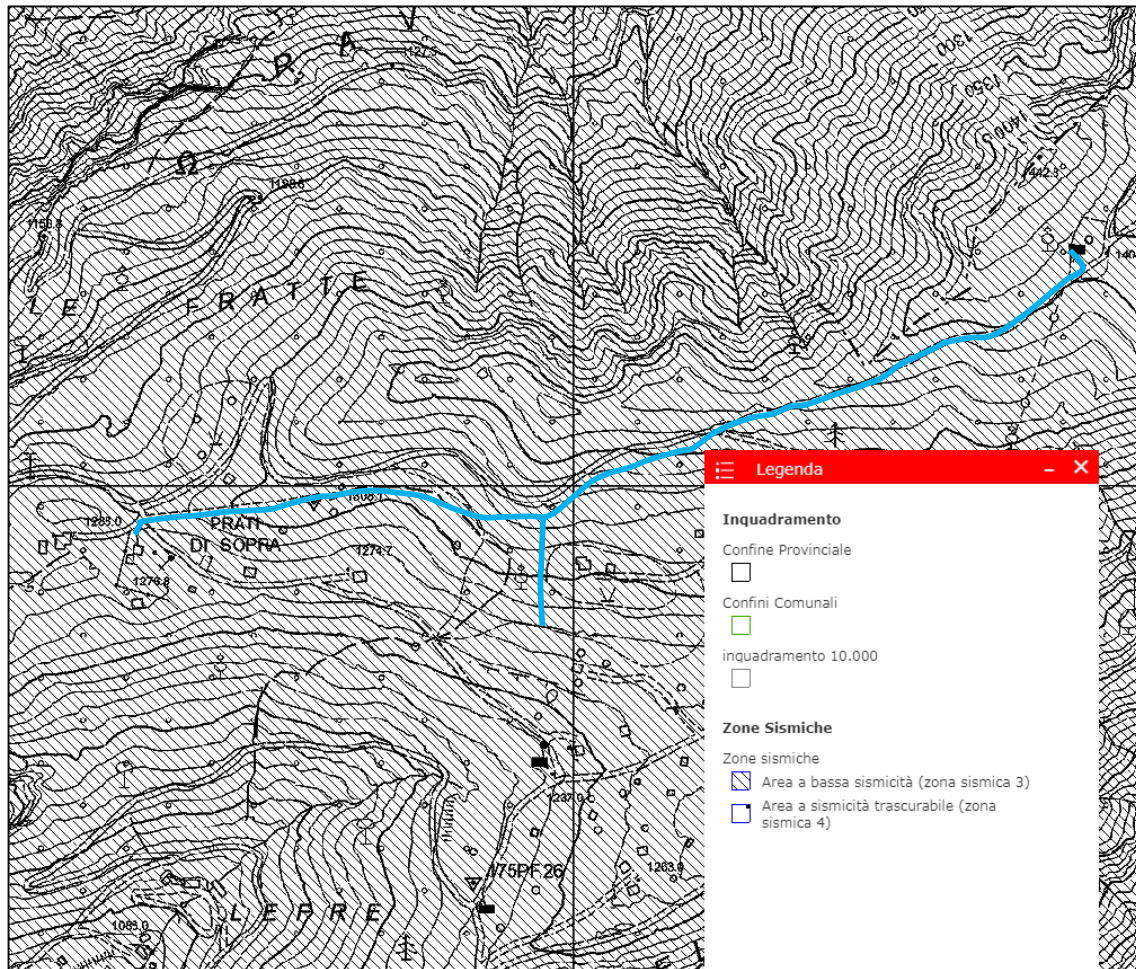
- l'area classificata **P1- aree con penalità trascurabile o assente** risponde a quanto previsto dall'art. 18 del P.U.P., che recita: *“1. Nella carta di sintesi della pericolosità prevista dall'articolo 14 sono opportunamente rappresentate anche le aree con altri tipi di penalità, tra cui in particolare 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.”.

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 presenti relazione geologica e relazione geotecnica, documenti 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.

3.3 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

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 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.

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.

Classe d'uso:
classe II.

Coeff. d'uso:
1,0

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.

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

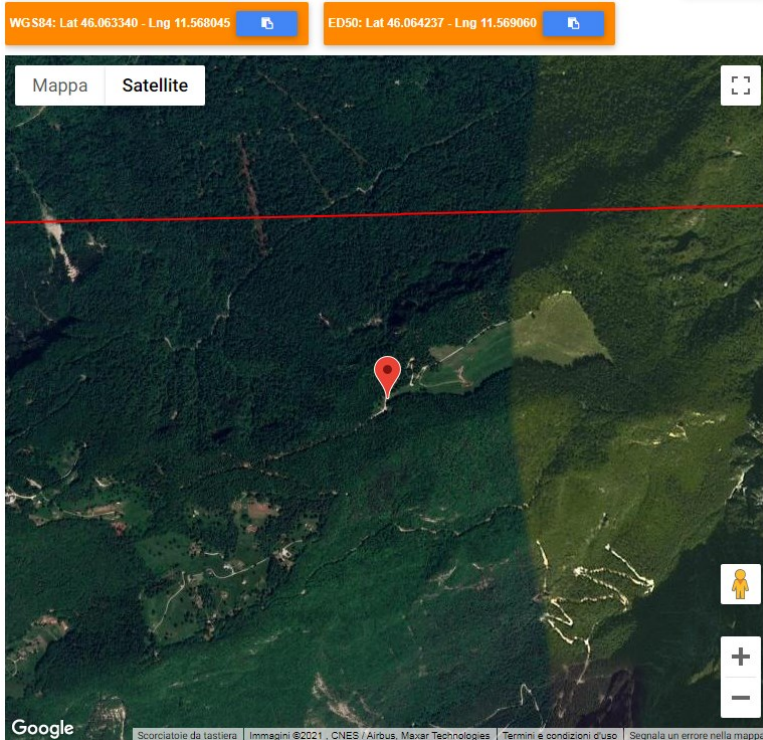
Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.		Classificazione dei terreni secondo NTC 2018.
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di 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 "E"** (vedi estratto dalla cartografia della classificazione sismica dei suoli di fondazione a cura del Servizio Geologico della PAT).

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 presenta in generale una pendenza inferiore a 15° e pertanto il coefficiente di amplificazione topografica è 1.0. 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.



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]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	60	0.046	2.556	0.261
Danno (SLD)	101	0.059	2.555	0.283
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.139	2.532	0.344
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.177	2.571	0.353
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Coefficienti sismici



Tipo

Fronti di scavo e rilevati

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

H (m)
1

us (m)
0.1



Cat. Sottosuolo

E



Cat. Topografica

T1

SLO SLD SLV SLC

SS Amplificazione stratigrafica	1,60	1,60	1,60	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,97	1,90	1,76	1,74
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

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

0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.000	0.044	0.085	0.000
kv	--	0.022	0.042	--
Amax [m/s²]	0.727	0.920	2.185	2.597
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)
1

us (m)
0.1



Cat. Sottosuolo

E



Cat. Topografica

T1

SLO SLD SLV SLC


SS Amplificazione stratigrafica	1,60	1,60	1,60	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,97	1,90	1,76	1,74
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

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

0.6



Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.015	0.019	0.053	0.064
kv	0.007	0.009	0.027	0.032
Amax [m/s²]	0.727	0.920	2.185	2.597
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240


Coefficienti sismici


 Tipo Muri di sostegno NTC 2018

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


H (m) us (m)

 1  0.1

 Cat. Sottosuolo E

 Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,60	1,60	1,60	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,97	1,90	1,76	1,74
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

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

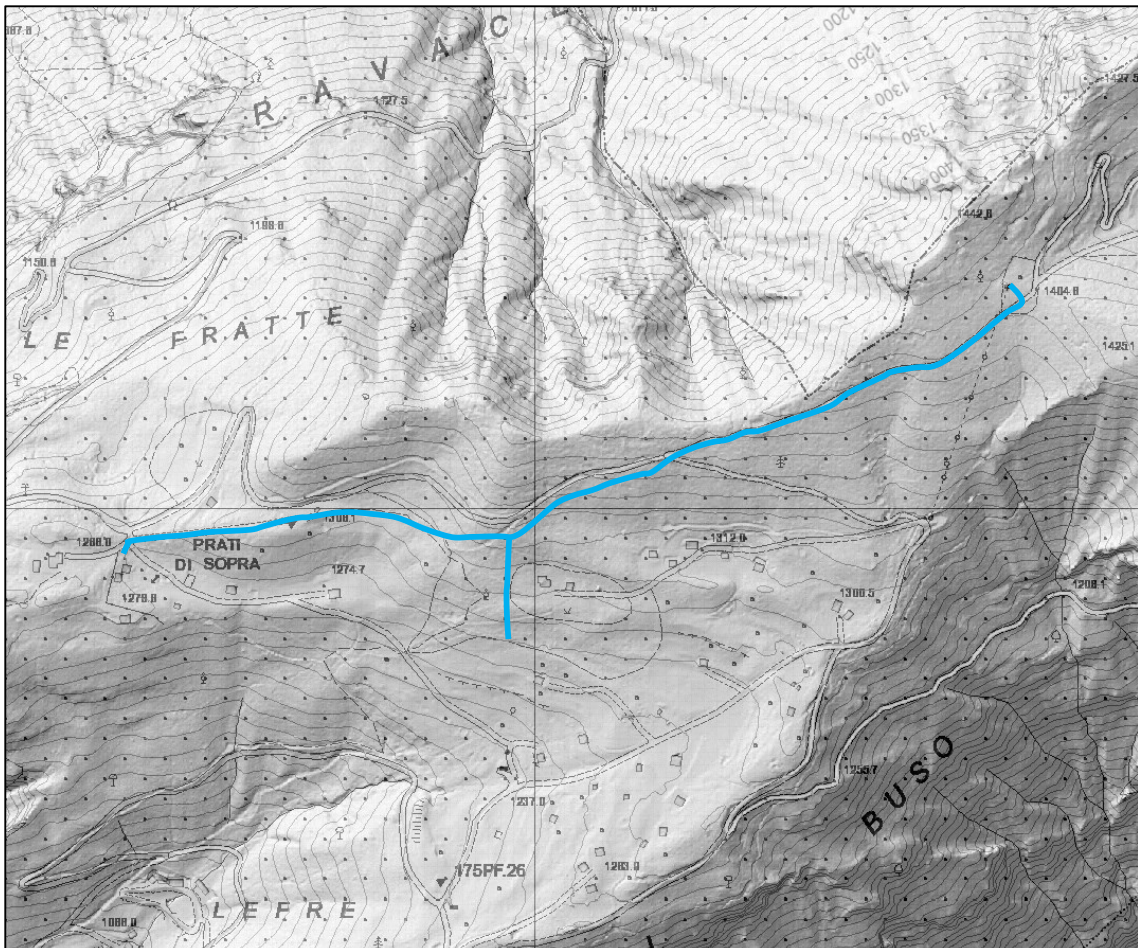
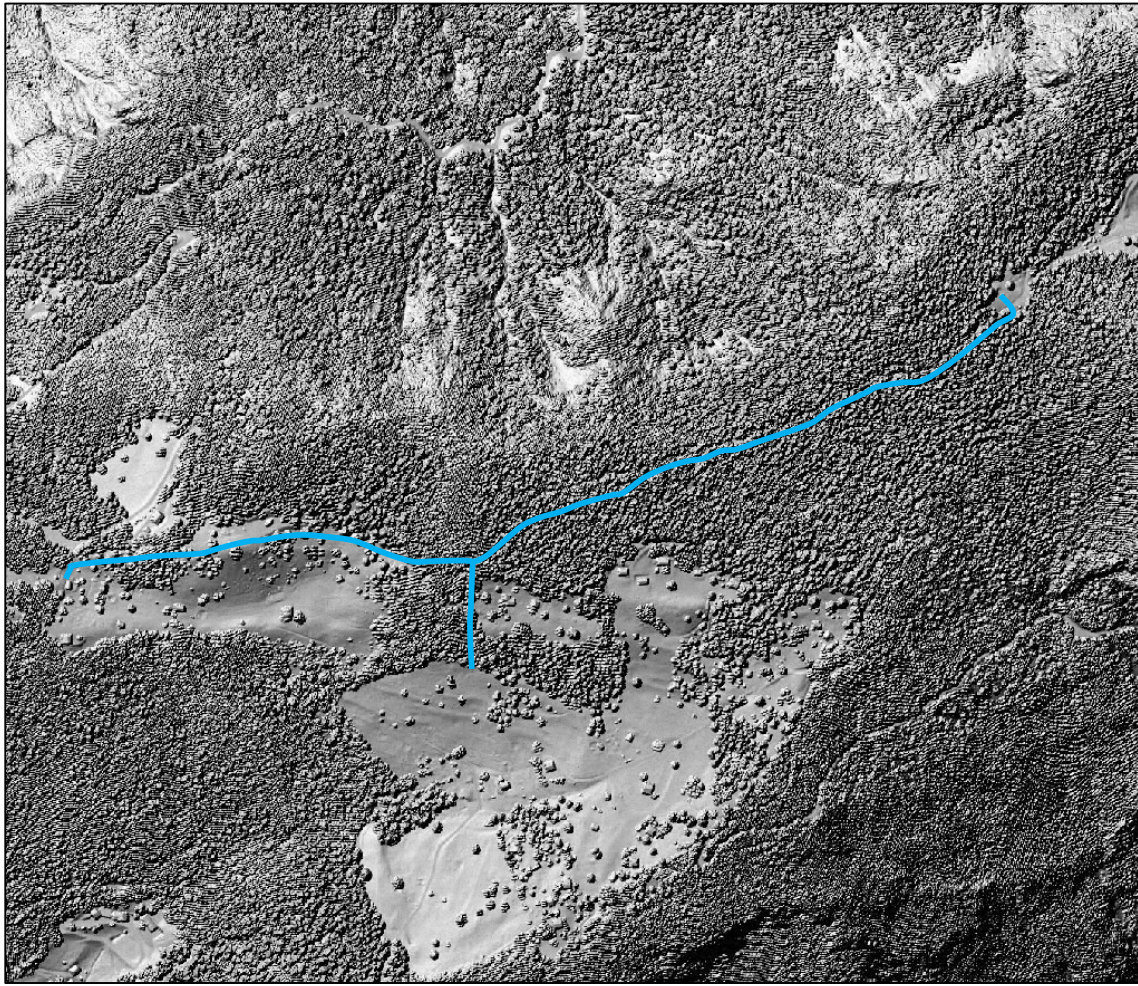
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.000	0.044	0.085	0.000
kv	--	0.022	0.042	--
Amax [m/s ²]	0.727	0.920	2.185	2.597
Beta	--	0.470	0.380	--

4. SITUAZIONE GEOMORFOLOGIA E INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di intervento è situata in corrispondenza della vasta zona prativa scarsamente acclive che si sviluppa in prossimità della superficie superiore del M.Lefre; in questo punto la superficie naturale risulta ondulata ma senza accidenti particolari, e si sviluppa dal terrazzo di Prati di Sopra verso ENE in direzione della Malga Cavallara; la zona sommitale è racchiusa a sud-ovest dalle spettacolari pareti subverticali, a nord dalla scarpata acclive de "Le fratte", a sud dal versante destro dell'avvallamento con sbocco verso sud-ovest.

Nelle aree immediatamente circostanti i tracciati dell'acquedotto non si localizzano fenomeni morfogenetici attivi o comunque di rilievo, nè incisioni o linee di deflusso marcate.

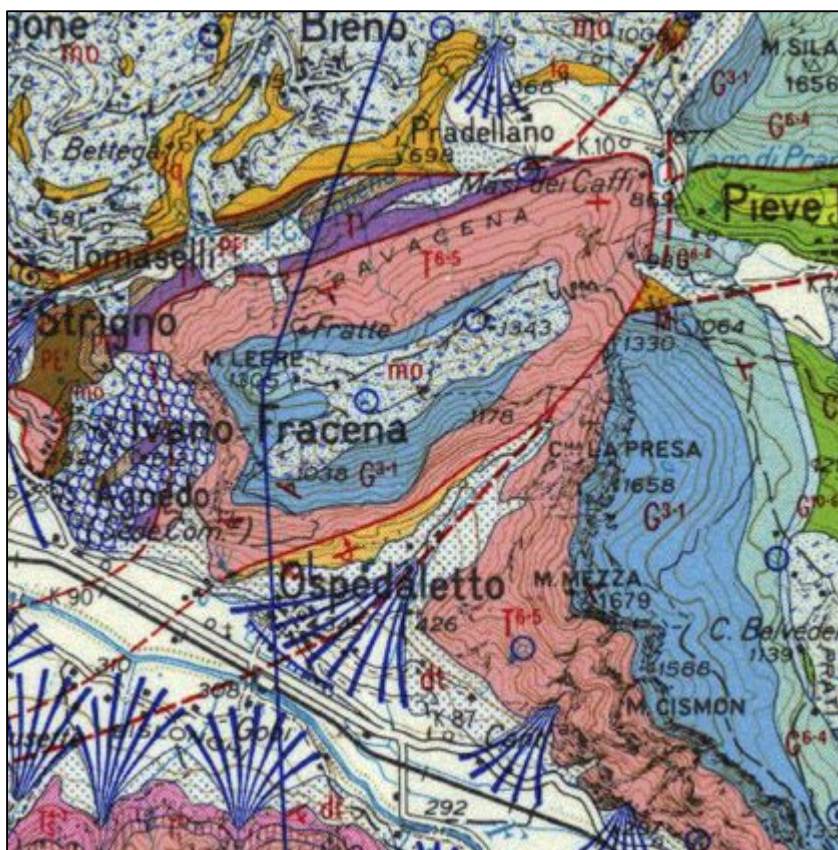
La zona , un tempo boscata (vedi ortofotografia), è stata devastata dal passaggio della tempesta Vaia, nel 2018, che ha abbattuto pressochè l'intera vegetazione di alto fusto presente nella zona sommitale del rilievo (vedi di seguito immagini fornite dal Comune).







Fronti di scavo individuabili a poca distanza permettono di verificare che nella porzione superficiale il terreno ha natura morenica, anche se a pochi metri di distanza uno scavo di maggiori dimensioni **individua il substrato roccioso a poca distanza dalla superficie**. In questa zona della cima del M. Lefre, la copertura morenico-detritica può raggiungere uno spessore anche rilevante solo presso la parte centrale degli avvallamenti, ove si sono concentrati i depositi derivanti dal trasporto a valle da parte delle acque di ruscellamento del materiale sciolto presente sui versanti circostanti. La geologia dell'area in esame si presenta facilmente schematizzabile in quanto la copertura quaternaria di origine morenica, mista a frazioni detritiche derivanti da disfacimento del substrato roccioso, ha spessore in genere ridotto che copre la roccia in posto, subaffiorante in alcuni tratti ed in particolare sulle pareti rocciose che delimitano il ripiano di vetta.

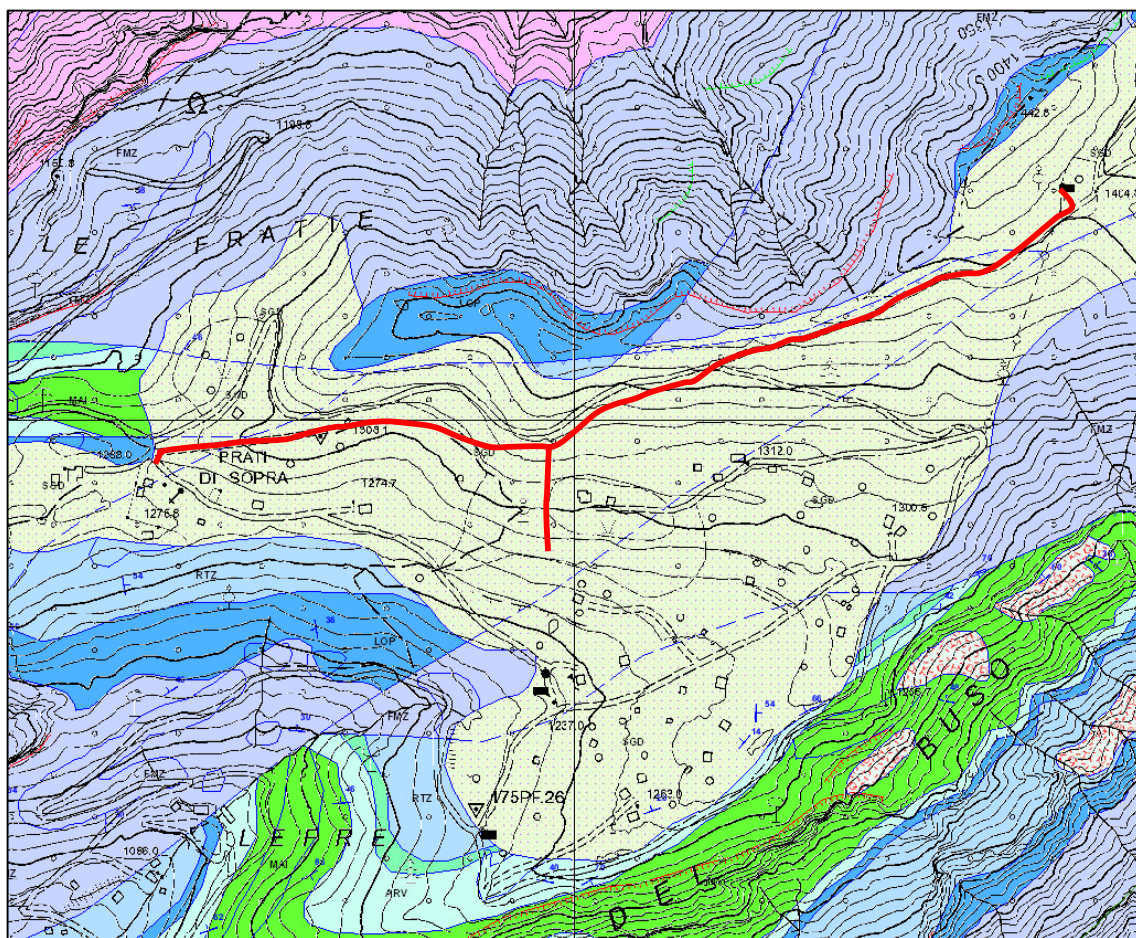


Nell'area sono quindi individuabili:

- *depositi di disfacimento del substrato* (QUATERNARIO): al piede delle pareti con acclività accentuata, o in zone ad acclività limitata per effetto dell'azione disgregante del gelo-disgelo sulla porzione superficiale del substrato, si può rinvenire un accumulo di materiale detritico a spigoli vivi, in frammenti di dimensioni eterogenee;
- *depositi morenici* (PLEISTOCENE): messi in posto dalle masse glaciali e talvolta rimaneggiati; sono formati da sabbie e ghiaie con ciottoli, di dimensioni e litologia eterogenee, immersi in una matrice sabbioso-limosa che può raggiungere un'elevata percentuale del materiale. Gli spessori sono estremamente variabili, potendo costituire solo una copertura decimetrica del substrato roccioso o raggiungere diversi metri; si rinvencono a copertura dell'intera area sommitale del M. Lefre;
- *Calcarei Grigi* (LIAS INF.-MED.): costituiscono gran parte del tratto superiore delle pareti rocciose del M. Lefre; nella porzione superiore si presentano con livelli oolitici, in

banchi con spessore variabile, da alcuni metri a qualche decina di centimetri. Il contatto con la sottostante Dolomia P. è talora di natura tettonica e "nasce" in località Ca' Bianca dove per alcuni metri si osservano piani di faglia paralleli alla stratificazione; il passaggio alla formazione del Rosso Ammonitico avviene invece nella zona presso il rifugio del Monte Lefre; per loro natura, queste rocce tendono a subire quando sottoposte a spinte e deformazioni plastiche con ripiegamenti, mostrando quindi delle ondulazioni e non delle accentuate fratture (come è ben visibile osservando dal basso la cima del M. Lefre);

– *Dolomia Principale* (NORICO): dolomie e calcari dolomitici di colore bianco, rosato o grigio, disposti in banchi di spessore variabile da alcuni decimetri a qualche metro, talora con struttura massiccia o vacuolare.



Estratto dalla Carta Geologica on line a cura del Servizio Geologico della PAT

5. SITUAZIONE IDROGEOLOGICA

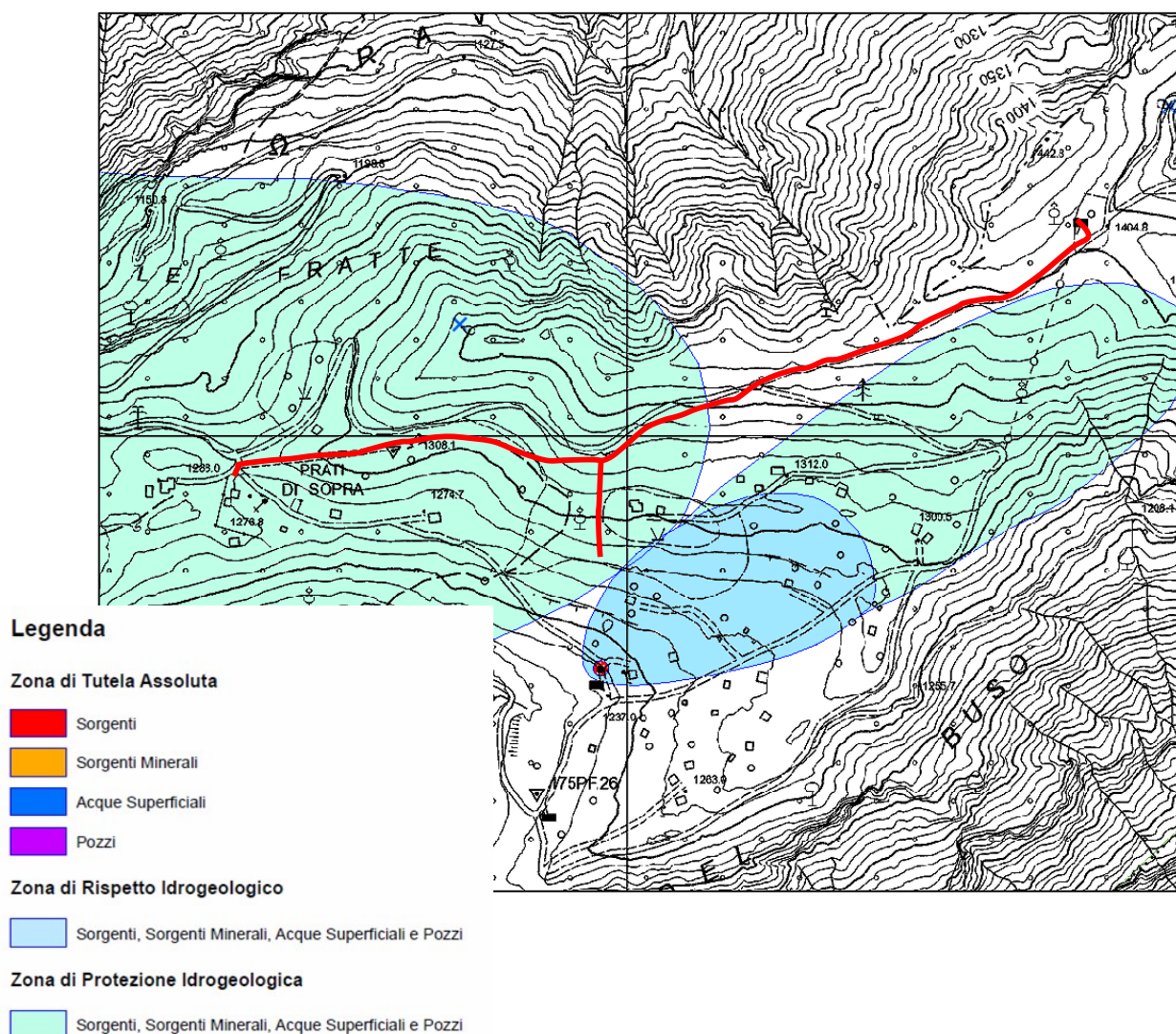
Il sito in esame non presenta particolari problemi di ordine idrogeologico; nelle zone immediatamente adiacenti al luogo di intervento previsto non si riscontrano lungo le superfici delle aree di terrazzo o della scarpata evidenze di filtrazioni o venute a giorno di acqua, sorgenti o sedimenti con forti contenuti di umidità; l'unica emergenza idrica si manifesta al centro di un avvallamento a grande distanza verso sud (Prai di Camillo). Il tracciato si estende in un'area subpianeggiante a poca distanza da un rilievo di modeste dimensioni, ma sulla sommità del massiccio del Monte Lefre; la presenza della roccia a

profondità limitata dal piano campagna può dare luogo, in occasione di forti precipitazioni e di periodi particolarmente piovosi, a lievi **circolazioni idriche di carattere episodico superficiali od al contatto tra copertura e substrato**.

La copertura estremamente ridotta determina talora filtrazioni o venute a giorno di acqua di percolazione che corre al raccordo tra la copertura sciolta e la roccia sottostante, in presenza di precipitazioni accentuate e prolungate. **La natura litologica del substrato roccioso (calcareo - dolomitica) ha determinato un accentuato fenomeno carsico nell'ammasso roccioso, che tra l'altro risulta estremamente fratturato per le vicende tettoniche che hanno interessato la zona.**

La posizione del substrato roccioso, posto a ridotta profondità dalla superficie, può dare luogo, in occasione di precipitazioni intense e di periodi particolarmente piovosi, a lievi circolazioni idriche di carattere episodico al raccordo tra copertura e substrato roccioso o guidate da frazioni a granulometria ridotta all'interno del materiale di copertura; si rende perciò indispensabile la realizzazione di un drenaggio a monte dei volumi interrati. In ragione della bassa profondità del livello superficiale del substrato e della situazione geomorfologica, non si esclude che, in periodi di intensa piovosità, si instaurino lievi circolazioni idriche di carattere episodico, al contatto tra copertura e substrato roccioso, o superficiali.

Come è possibile osservare nell'estratto seguente Carta delle Risorse Idriche della PAT, **parte della zona del tracciato è compresa all'interno di un'area di protezione idrogeologica** relativa alla Sorgente Acqua Schiava, situata circa un chilometro ad WNW.



Le norme di attuazione della CARTA DELLE RISORSE IDRICHE prevedono quanto segue: *“nelle zone di protezione, fermi restando i vincoli e le prescrizioni di carattere igienico-sanitario, gli strumenti di pianificazione territoriale possono adottare misure relative alla destinazione del territorio interessato, limitazioni e prescrizioni per gli insediamenti civili, turistici, produttivi, agroforestali e zootecnici. Gli interventi riguardanti la dispersione degli scarichi in suolo - ad eccezione delle acque bianche non inquinate - lo stoccaggio di rifiuti, reflui e sostanze chimiche pericolose, la realizzazione di depositi di combustibili liquidi sono subordinati alle prescrizioni contenute in una specifica relazione idrogeologica redatta da un geologo abilitato.”*

L'area di protezione è stata estesa all'intera porzione sommitale del M.Lefre; in tal modo si è ritenuto opportuno salvaguardare un'importante risorsa idrica, in relazione alla natura carsica ed all'elevata fratturazione del massiccio roccioso a cui essa fa capo.

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

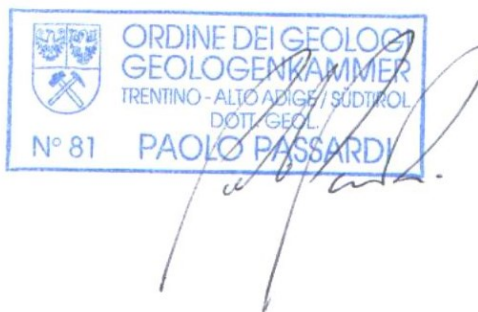
6. CONCLUSIONI

In base ai sopralluoghi, ai dati esistenti ed alle verifiche effettuate, è stato riconosciuto che l'area individuata (**particelle varie del C.C. di Ivano Fracena, nel Comune di Castel Ivano**) può essere considerata idonea dal punto di vista geologico alla realizzazione dell'intervento 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: “P1 – aree con penalità trascurabile o assente”;**
- 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 tracciato dell'acquedotto si estende per un tratto in un'area di protezione idrogeologica**, indicata nella Carta delle Risorse idriche della PAT; in ragione del tipo e dell'entità dell'intervento e delle opere ad esso relative non si ritiene che possa interferire in modo significativo con la situazione idrogeologica locale.

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.

Trento, ottobre 2021





**AMMINISTRAZIONE COMUNALE
COMUNE DI CASTEL IVANO**

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI LAVORI DI RIPRISTINO
DELL'ACQUEDOTTO DEL MONTE LEFRE A SEGUITO DEGLI EVENTI
CALAMITOSI LEGATI ALLA TEMPESTA VAIA, NEL TERRITORIO COMUNALE DI
CASTEL IVANO

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

ottobre 2021



STUDIO DI GEOLOGIA
dott. Paolo Passardi
Via Milano, 58 - 38122 Trento
Telefono 3358244820
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 in sito, in particolare corrispondenza dei numerosi affioramenti e scavi effettuati per il passaggio di strade esistenti in zona, ed infine sulla base di dati resi disponibili tramite indagini eseguite per altri studi.

Sulla base dei dati disponibili è stata riconosciuta la presenza nel sottosuolo di uno **spessore limitato di sedimenti ghiaioso-sabbiosi ad elementi sia arrotondati che angolosi, trattandosi di materiale di disfacimento del substrato roccioso misto a depositi morenici rimaneggiati, posti a copertura del substrato roccioso stratificato che risulta subaffiorante ma solo nella fascia inferiore del versante, a quota inferiore rispetto a quella del tracciato in esame.**

Lo spessore della copertura risulta sufficiente ad accogliere gli scavi previsti pressoché sull'intero tracciato; nella zona, in particolare nelle aree prative sommitali ed in corrispondenza delle conche esistenti, si individuano fronti di scavo con alcuni metri di materiale sciolto di origine morenica; più spesso il sottosuolo mostra la presenza sia di sedimenti morenici che di disfacimento del substrato.

Nella zona attraversata dal tracciato non si identificano affioramenti estesi della roccia; tuttavia la presenza di blocchi di notevoli dimensioni inglobati nella matrice morenica, e le pendenze della scarpata che chiude il terrazzo a nord, ed in generale l'esistenza dello scheletro roccioso a ridotta profondità in tutta la zona della sommità del M. Lefre **rendono prevedibile la necessità di considerare una parte dello scavo in roccia.**

1.3 Materiale di copertura

Per la valutazione dell'angolo di attrito interno del materiale che costituisce il deposito di copertura si è fatto riferimento alla tabella riportata di seguito:

VALUTAZIONE DELL'ANGOLO DI ATTRITO INTERNO SECONDO IL METODO SUGGERITO DAL CONGRESSO INTERNAZIONALE DI ROTTERDAM (1948)

Valore dell'angolo d'attrito interno di formazioni clastiche:

$$\Phi = 36^\circ + \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \phi_4$$

Φ_1	COMPATTEZZA	SOFFICE	-6°
		MEDIA	0
		DENSA	+6°
Φ_2	FORMA DEI GRANI	ANGOLATI	+1°
		MEDIA	0
		ARROTONDATI	-3°
		MOLTO ARROTONDATI	-5°
Φ_3	TAGLIO DEI GRANI	SABBIA	0
		GHIAIA FINE	+1°
		GHIAIA GROSSA	+2°
Φ_4	GRANULOMETRIA	UNIFORME	-3°
		MEDIA	0
		DISPERSA	+3°

$$\Phi = 36^\circ + 0^\circ - 1^\circ + 0^\circ - 2^\circ = 33^\circ$$

Il materiale presente può essere classificato come sabbia ghiaiosa in matrice limo-sabbiosa, per cui si possono fornire i seguenti parametri:

Peso di volume	γ	= 1.8 - 1.85 t/mc
Coesione	c	= 0.5 - 1.0 t/mq
Angolo di attrito interno	ϕ	= 32° - 34°

1.4 Substrato roccioso

Per quanto riguarda la roccia in sito, essa è stata oggetto di indagini dirette in aree adiacenti; si è proceduto quindi ad una stima dei parametri di resistenza dell'ammasso roccioso mediante la classificazione di Bieniawsky, che tiene conto della resistenza a compressione monoassiale, del Recupero Percentuale Modificato (RQD), della spaziatura delle discontinuità, delle condizioni delle discontinuità, della circolazione d'acqua. Per quanto riguarda la roccia si è proceduto ad una stima dei parametri di resistenza dell'ammasso roccioso mediante la classificazione di Bieniawsky, che tiene conto della resistenza a compressione monoassiale, del Recupero Percentuale Modificato (RQD), della spaziatura delle discontinuità, delle condizioni delle discontinuità, della circolazione d'acqua.

CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKY

Parametro	Valore o descrizione	Valutazione
Resistenza a compressione monoassiale	467 kg/cmq	4
RQD	25 %	8
Spaziatura delle discontinuità	0.05 - 0.3 m	10
Condizione delle discontinuità	scabre, dure	20
Circolazione d'acqua	scarsa	7
	TOTALE	49
Orientamento discontinuità		- 5
	INDICE RMR	44

Si ricavano quindi per la parte superficiale dell'ammasso roccioso, i seguenti parametri:

Peso di volume	γ	= 2.5 - 2.6 t/mc
Angolo di attrito interno	ϕ	= 36° - 37°
Coesione	c	= 1.0 - 1.5 kg/cmq

2. ANALISI DEL PROGETTO

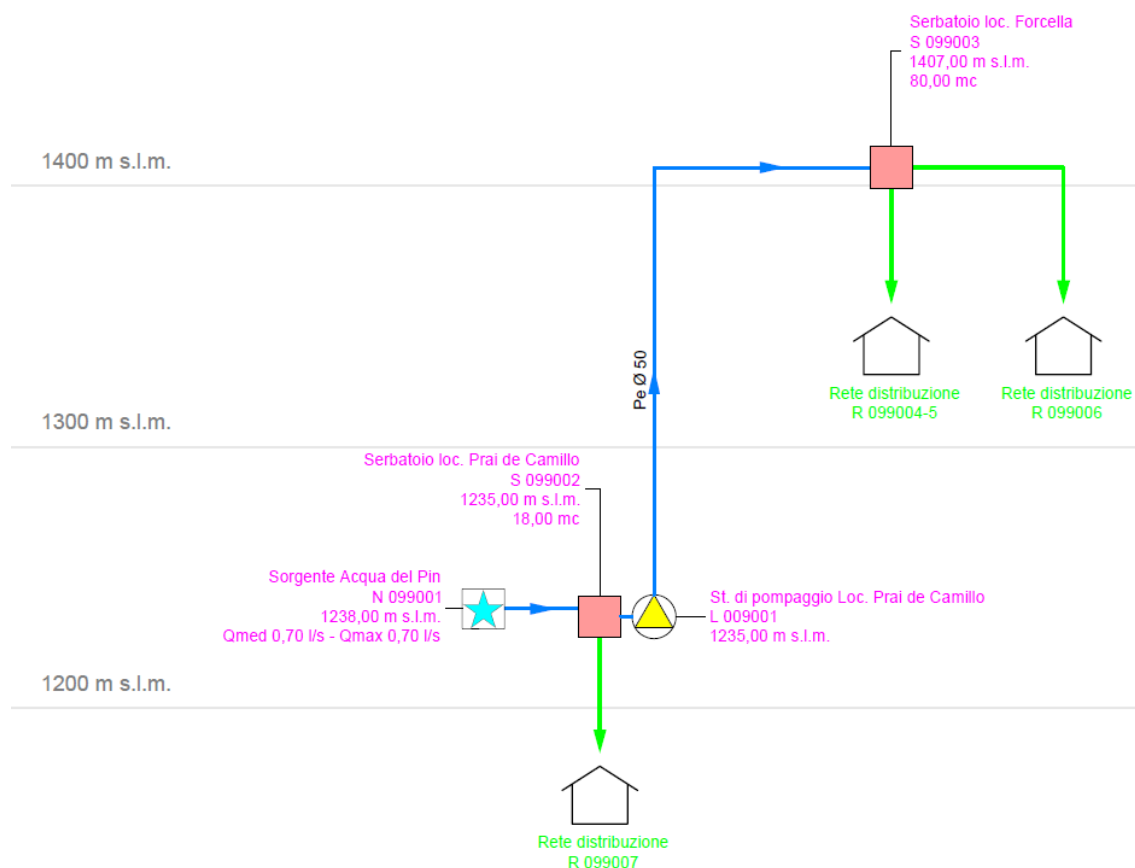
2.1 SCELTA DEL TIPO DI FONDAZIONE

Il progetto prevede una serie di interventi per ripristinare la funzionalità dell'acquedotto del Lefre, danneggiato dagli eventi calamitosi della tempesta Vaia. Dalla relazione tecnica che accompagna il progetto: "... omissis... *L'amministrazione comunale di Caste Ivano con i lavori in oggetto intende risolvere i danni e problematiche che sono sorte con gli eventi calamitosi di pregiudicano il regolare funzionamento dell'acquedotto potabile della località Monte Lefre. L'acquedotto realizzato negli anni 90 è alimentato dalla sorgente "Acqua del Pin" posta ad una quota di 1235 m.s.m. e attraverso una stazione di sollevamento viene pompata al serbatoio "loc. Forcella" posto a quota 1400 m.l.m. con*

capacità di 80 mc. Da serbatoio partono due distinte reti di distribuzione, una a servizio della "Maga Valle" e una per le baite della zona alta del Monte Lefre. Le condotte sono tutte in polietilene De 40-50 mm. ...omissis...

Rete distribuzione

Con l'intervento si prevede la sostituzione di tutta la rete di distribuzione della zona alta della loc. Lefre alimentata dal serbatoio il loc. Forcella. Le attuali tubazioni di ridotte dimensioni saranno sostituite nuova tubazione in polietilene DE 100 PN 16 della lunghezza complessiva di m 1.400,00. Con la sostituzione della tubazione principale è previsto il rifacimento delle camerette interrate in calcestruzzo prefabbricato per l'alloggiamento delle apparecchiature idrauliche di intercettazione e regolazione come saracinesche in ghisa sferoidale con cuneo gommato e collettori di distribuzione alle utenze. Saranno inoltre installati in più punti gli idranti a colonna antincendio. ...omissis...".



2.2 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA







Numerosi interventi si realizzeranno presso le strutture già presenti, ed in particolare preso il serbatoio in loc. Forcella e ed il serbatoio in loc. Prai de Camillo; di fatto quindi le opere si limiteranno, per ciò che concerne gli scavi, alla posa in opera della condotta, lungo il tracciato che sostanzialmente riprende quello esistente.

Come già specificato lungo il tracciato previsto dell'acquedotto la copertura mostra spessore significativo e tale da comprendere gli scavi; solo in alcuni punti il substrato roccioso potrà essere intaccato nella porzione più profonda dello scavo.

Per quanto si riferisce ad eventuali pozzetti o strutture di servizio, **in ragione della presenza nel sottosuolo di sedimenti sabbioso-ghiaiosi con buone caratteristiche geotecniche o della porzione superficiale del substrato roccioso, le fondazioni potranno essere costituite da strutture dirette superficiali** (ad es. fondazioni nastriformi continue o a plinto).

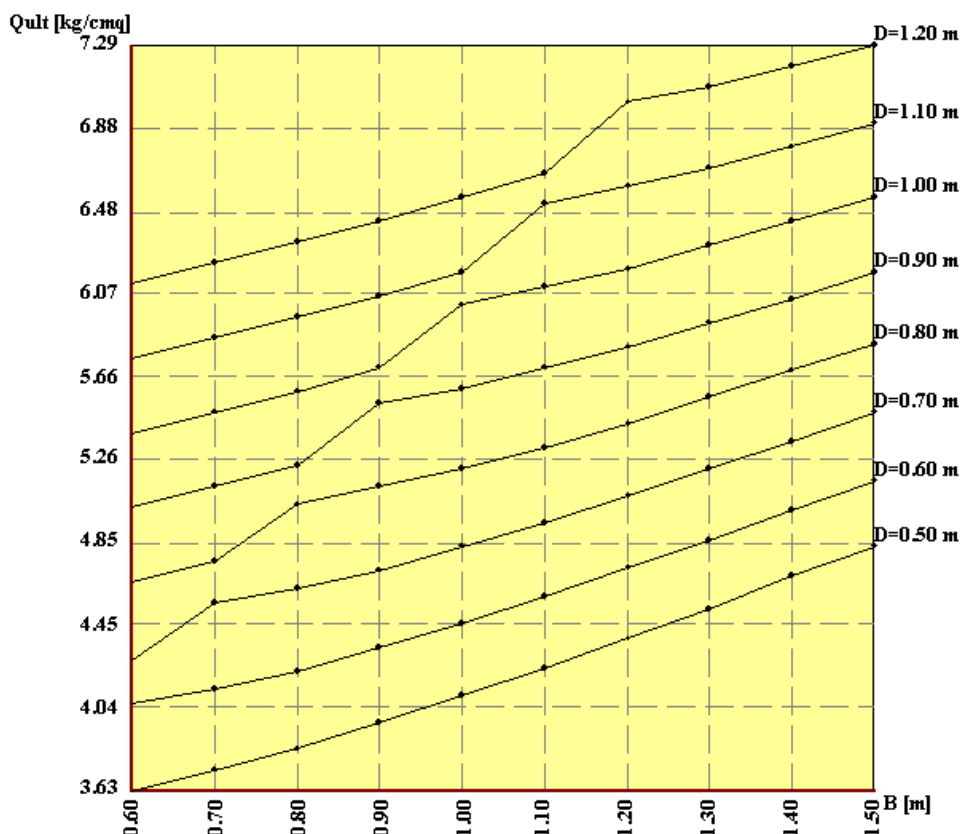
2.3 CARICO LIMITE INDICATIVO

La tipologia dell'intervento previsto, posa in opera di tubazioni a profondità relativamente limitata dal piano campagna, o la realizzazione di strutture scatolari o destinate a contenere acqua, determina di per sé l'asportazione del materiale naturale presente nel sottosuolo, con conseguente detensionamento, ed il successivo ricarico con tubazioni e ricoprimento: non si avrà quindi un incremento di carico sul terreno sottostante la tubazione e/o la struttura ma eventualmente un decremento.

Per il terreno di copertura, nell'ipotesi di strutture fondazionali nastriformi e considerando strutture fondazionali con carichi assiali, si è utilizzato il metodo di calcolo di TERZAGHI, modificato da BRINCH HANSEN, Per il calcolo del carico ammissibile unitario, nell'ipotesi di strutture fondazionali nastriformi si è utilizzato il metodo di calcolo di TERZAGHI, modificato da BRINCH HANSEN, che tiene conto dei coefficienti di forma delle fondazioni, dell'inclinazione della superficie topografica, dei fattori di portanza N_c - N_q - N_{γ} , dei parametri geotecnici del terreno di fondazione, delle dimensioni della fondazione stessa e dell'eventuale presenza di una falda acquifera.

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)



Eventuali tratti di fondazione su materiale sciolto dovranno essere realizzati nel materiale sabbioso-ghiaioso naturale, dopo asportazione di eventuale terreno di riporto depositato a sistemazione dell'area, eliminazione dei blocchi maggiori presenti nel terreno e successivo livellamento. Qualora nel punto di imposta delle fondazioni fosse presente una lente a granulometria fine, essa andrà asportata, sostituendo il terreno naturale 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 0.4 – 0.5 m sotto il piano di posa delle fondazioni**; il materiale dovrà essere deposto per strati di spessore ridotto ed opportunamente costipato.

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.

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.

NORMA UNI 11531-1 DEL 2014

Classificazione delle terre

UNI 11531-1: 2014

Classificazione generale	Terre ghiaio-sabbioso 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	
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, 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				
N.P. = non plastico; = Non necessario per la classificazione													

Per le porzioni delle opere e per eventuali pozzetti lungo il tracciato dell'acquedotto che fossero collocati nella roccia, per il calcolo del carico limite unitario, nell'ipotesi di strutture nastriformi si è utilizzato il metodo di calcolo di TERZAGHI, modificato da BRINCH HANSEN, che tiene conto dei coefficienti di forma delle fondazioni, dell'inclinazione della superficie topografica, dei fattori di portanza N_c - N_ϕ - N_γ , dei parametri geotecnici del terreno di fondazione, delle dimensioni della fondazione stessa e dell'eventuale presenza di una falda acquifera.

Nel caso di fondazioni costituite da strutture dirette, qualora fossero ammorsate nel substrato roccioso, dopo asportazione della parte superficiale più alterata, la capacità portante della fondazione può essere calcolata mediante la formula di Stojic (1967):
 $q_{amm.} = q_{lim.} / F_s = (c N_c + \cos \beta \times \gamma \times B/2 \times N_\gamma) / F_s$ ove:

$q_{amm.}$ = capacità portante ammissibile $q_{lim.}$ = capacità portante limite
 F_s = fattore di sicurezza c = coesione della massa rocciosa
 ϕ = angolo di attrito interno N_c, N_γ = fattori di capacità portante
 $N_\phi = \tan^2 (45 + \phi/2)$ $N_c = 2 N_\phi^{0.5} (N_\phi + 1)$
 $N_\gamma = N_\phi^{0.5} (N_\phi^2 - 1)$ γ = peso unitario della roccia
 B = larghezza media della fondazione β = inclinazione media della fondazione

per cui, ad esempio, utilizzando i parametri più sfavorevoli, per una fondazione di larghezza 1.5 m, con $\beta = 0^\circ$, si avrà $N_\phi = 3.53$, $N_c = 21.53$, $N_\gamma = 17.02$, da cui:

$q_{lim.} = (5 \times 21.5 + 2.5 \times 0.75 \times 17.0) = 139.375 \text{ t/mq} \approx 13.9 \text{ kg/cmq}$

Il Progettista potrà valutare ulteriormente i carichi ammissibili utilizzando le caratteristiche geomeccaniche indicate per la porzione superficiale dell'ammasso roccioso riportati nel paragrafo 1.3; in ogni caso i carichi ammissibili per fondazioni con

dimensioni medie di questo tipo risultano ampiamente supportati dall'ammasso roccioso. Risulta chiaro che in ogni caso si procederà all'eliminazione della parte più alterata della roccia, ammorsando la fondazione nella porzione più valida dell'ammasso roccioso, ove questo è possibile, le cui caratteristiche geotecniche sono migliori e la q amm. più elevata.

2.4 STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO

L'intera superficie soggetta a scavo dovrà essere preventivamente scarificata ed il terreno vegetale presente dovrà essere accantonato per il ripristino; a termine lavori la traccia dovrà essere oggetto di un rapido e completo rinverdimento che permetta sia di aumentare la stabilità complessiva delle superficie sia di evitare l'azione delle acque meteoriche e di ruscellamento sul materiale depositato.

Gli scavi rispetto alla superficie esistente saranno limitati a quanto basta alla posa in opera della tubazione e delle eventuali fondazioni dei pozzetti lungo la linea dell'acquedotto; benché non si incontri a questa profondità una falda acquifera, si potranno presentare venute d'acqua al momento degli scavi, guidate da livelli più costipati ed in particolare al raccordo tra il livello superficiale sciolto ed il 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.

Problema geotecnico

Pendii naturali Cond. statiche
Cond. sismiche

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

-Pendii artificiali

Fondazioni superficiali

Fondazioni profonde

Miste

Opere di sostegno

Paratie

NTC 2018

Solo parametri caratteristici.

Con sisma F_h e F_v , k_{hk} , k_{vk} e β_s

	Categorie di terremoto	
	A	B, C, D, E
$0.2 < \alpha_{eff} \leq 0.4$	0.30	0.18
$0.1 < \alpha_{eff} \leq 0.2$	0.27	0.24
$\alpha_{eff} \leq 0.1$	0.20	0.20

(A2+M2+R2) $\gamma_{R2} = 1.1$ Cond. statiche

Condizioni sismiche

$\beta_s = 0.38$ per SLV

$\beta_s = 0.47$ per SLD

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

(A2+M2+R2) $\gamma_{R2} = 1.1$ Cond. Statiche

Cond. Sismiche

$\beta_s = 0.38$ per SLV

$\beta_s = 0.47$ per SLD

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

DA2 (A1+M1+R3) $\gamma_R = 2.3$; se 2.3
o 1.8 az. Inerz.; k_{hk} e β_s come pendii nat.

DA2 (A1+M1+R3); come fond. superf.

Emersione	Disordine	Fatti calcoli	Fatti calcoli	Fatti calcoli
	γ_{A1}	0.50	0.50	0.50
Base	γ_{A1}	1.10	1.20	1.20
Laterale in compressione	γ_{A1}	1.10	1.10	1.10
Totale (R)	γ_{A1}	1.10	1.20	1.20
Laterale in trazione	γ_{A1}	1.10	1.20	1.20

*Da applicare alle condizioni caratteristiche derivate dai risultati di prova di carico di progetto.

(A1+M1+R3) γ_{A1} e $\gamma_{M1} = 1.0$ $\gamma_{R3} = 2.3$

DA2 (A1+M1+R3) se in Cond. sismiche

$\beta_m = 0.38$ per SLV

$\beta_m = 0.47$ per SLD

DA 1 :- Combinazione 1: (A1+M1+R1)

- Combinazione 2: (A2+M2+R1)

con $R1 = 1.0$

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

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).

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 gli scavi in materiale sciolto, si tenga conto che *data la natura prevalentemente granulare grossolana e viste le caratteristiche geotecniche generali del terreno costituente il sottosuolo dell'area, si esclude la realizzazione di un profilo di scavo verticale.*

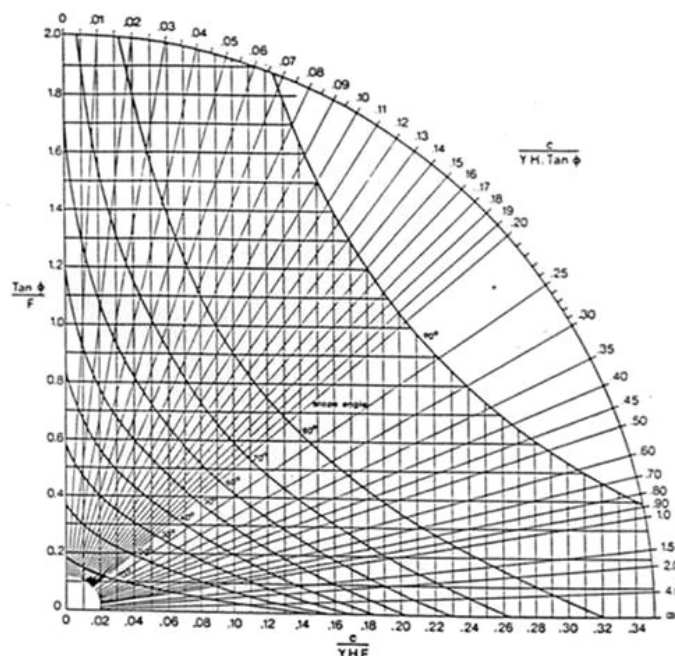
Le verifiche di stabilità dei fronti dello scavo devono essere effettuate secondo quanto previsto dalle “Norme tecniche per le costruzioni” (D.M. 17.01.2018). La normativa prescrive che per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione $E_d \leq R_d$ dove E_d è il valore di progetto dell'azione 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 (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

Per la stabilità dei versanti le Norme indicano che le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1: Combinazione 2 (A2 + M2 + R2).

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);

CIRCULAR FAILURE CHART NUMBER 1



– un fronte di scavo indicativo di altezza $H = 1.5 \text{ m}$ costituito dal materiale suddetto; e verificando l'intersezione tra l'ordinata $[(\tan 32^\circ/1.25)/1.1]$ e l'ascissa $[(c/1.25) / (\gamma * 1.5 * 1.1)]$, si ottiene **per il breve periodo** un angolo limite dei profili di scavo pari a $\beta \leq 65^\circ$ sull'orizzontale; qualsiasi altro valore di β inferiore a quello ammissibile rientrerà entro le norme di sicurezza.

Si deve tenere conto del fatto che, in relazione alla costituzione del terreno che, essendo prevalentemente granulare, ha coesione naturale assai ridotta e talora addirittura assente; in presenza di scavi profondi che possono essere previsti in alcuni tratti dei tracciati in esame, il deposito potrebbe tendere a scavare, in particolare nella porzione superficiale più sciolta. **Qualora la collocazione della tubazione richiedesse la permanenza di personale all'interno dello scavo, sarà quindi necessario prevedere la messa in opera di strutture di contenimento provvisori, quali sbadacchiature ecc.**

Come suddetto, in parte del tracciato lo scavo potrebbe interessare la porzione superficiale del substrato; in caso di scavo in roccia con profondità limitata, esso potrà essere profilato con angolo di scarpa $\beta \leq 70^\circ/75^\circ$, in relazione alla stratificazione e fratturazione della roccia.

Durante i lavori, in corrispondenza del ciglio superiore degli scavi dovrà essere prevista una fascia di interdizione al transito di sovraccarichi accidentali, opportunamente delimitata.

La stabilità degli scavi nelle condizioni illustrate nel presente capitolo si intende garantita a breve termine, per cui la posa in opera delle tubazioni, nonché il riempimento successivo dovranno essere realizzati nel più breve tempo possibile dal momento dello scavo.

La realizzazione di scavi a sezione ristretta di notevole lunghezza può dare adito a vie preferenziali di percolazione ed infiltrazione nel sottosuolo delle acque di ruscellamento, in corrispondenza dello scavo: a questo proposito si ribadisce l'importanza di effettuare un corretto costipamento del materiale posto a rinalzo ed a copertura della tubazione e di procedere ad un rapido ricoprimento della superficie di scavo. 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 in caso di rimozione degli stessi, essa dovrà essere eseguita con estrema attenzione ed evitando la permanenza di personale o mezzi nella zona sottostante l'area di intervento.

Il materiale di riporto dovrà essere disposto per strati successivi, effettuando il costipamento del materiale riportato mediante l'azione di mezzi meccanici; in considerazione della modellazione da eseguire, e dello spessore massimo di materiale riportato, la stabilizzazione della superficie finale risulta più una questione relativa alla corretta esecuzione dei lavori che ad una valutazione di stabilità globale dell'insieme terreno in sito - terreno di riporto.

2.5 ULTERIORI INDICAZIONI PER LA REALIZZAZIONE DI EVENTUALI SCAVI

Qualora eventuali scavi si spingessero in adiacenza o sotto fondazioni esistenti, si raccomanda l'adozione di strutture di sottomurazione al fine di non destabilizzare le fondazioni esistenti, prevedendo la realizzazione di opere di contenimento provvisori

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, avendo cura di aspettare il consolidamento della porzione di muro eseguita prima dell'escavazione del tratto adiacente.

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, 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.

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 provvisorie, 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.

In considerazione della possibile 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, strade, edificio): 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.

2.6 PRECAUZIONI PER L'ATTRAVERSAMENTO DELLA ZONA DI PROTEZIONE IDROGEOLOGICA

Il tracciato previsto, come riportato nella relazione geologica, attraversa un'area di rispetto e protezione idrogeologica di sorgenti utilizzate per l'approvvigionamento idrico umano. Pur riscontrando che la normativa vigente non solleva alcun aspetto pregiudiziale nei confronti delle opere previste, di seguito si forniscono alcune indicazioni operative per evitare che le lavorazioni possano in qualche modo interferire con il sottosuolo e la risorsa idrica.

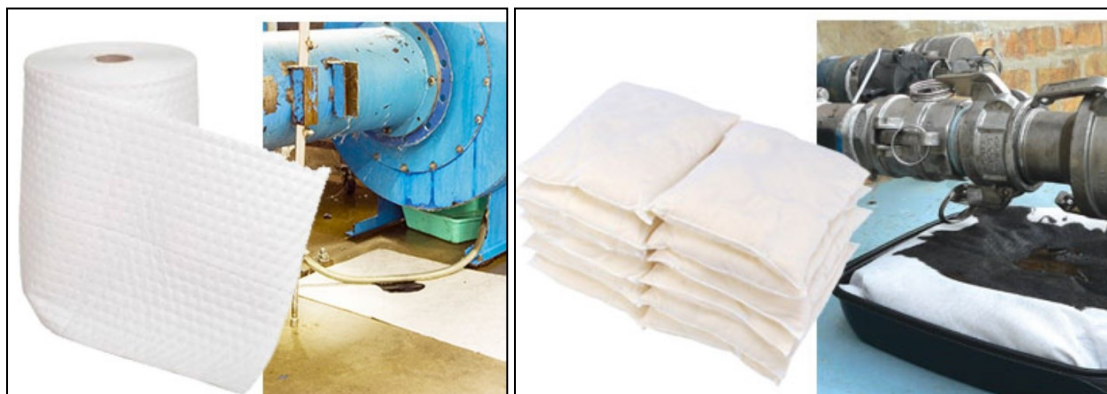
La gestione del cantiere è un aspetto fondamentale per limitare ogni possibile incidente di tipo ambientale. In fase esecutiva andranno concordate le procedure per la gestione dei macchinari e delle sostanze tra DL e la ditta incaricata. Nello specifico:

- dovranno essere adeguatamente pianificate e trasmesse alle maestranze tutte le procedure per le operazioni inerenti il carico, lo scarico e la movimentazione di taniche e serbatoi di carburante e oli all'interno dell'area di cantiere prevedendo l'utilizzo di contenitori stagni,
- l'area di cantiere dovrà prevedere l'approntamento di una piazzola o un'area comunque isolata su cui dovranno essere stoccati i serbatoi e i materiali edili. Questa andrà possibilmente allestita al di fuori dell'area di rispetto idrogeologica;
- i macchinari e gli attrezzi che verranno utilizzati durante le fasi di scavo, demolizione e costruzione dovranno essere in perfetto stato senza che vi siano perdite dagli impianti oleodinamici.

In corso d'opera nel caso in cui avvenissero sversamenti accidentali di oli od idrocarburi dovranno essere adottate misure di primo intervento per scongiurare possibili danni alle risorse idriche sotterranee. È quindi indispensabile che la ditta incaricata si adotti di alcuni dispositivi che permettano di apprestare le prime misure di contenimento.

Nella fattispecie dovranno essere a disposizione: cuscini, panni e rotoli assorbenti. Al progettista incaricato si propongono alcuni articoli esemplificativi che potranno essere sostituiti con analoghi dalle stesse caratteristiche tecniche. La caratteristica idrorepellente di questi dispositivi garantisce un'ottima capacità di galleggiamento. Questi prodotti infatti non assorbono acqua, acidi, basici, alcali, detergenti e gas disciolti in acqua. Essi possono essere utilizzati negli ambienti di lavoro per prevenire e tamponare sversamenti accidentali oppure possono essere utilizzati sulla superficie di acque contaminate. Il metodo di utilizzo prevede che i prodotti assorbenti vengano posizionati sotto a rubinetti, giunzioni o parti ammalorate, o comunque in qualsiasi situazioni dove sia possibile la perdita di oli. Una volta saturo, il cuscino o il panno utilizzato andrà raccolto e posizionato in apposito sacco o contenitore.





Prodotti assorbenti per il contenimento degli oli sversati

Sul mercato esistono anche dei kit che potrebbero essere disposti all'interno del cantiere e utilizzati nel caso di emergenza. I kit di pronto intervento, facilmente trasportabili, sono la soluzione più semplice ed immediata da utilizzare in caso di sversamenti e perdite accidentali di sostanze pericolose ed inquinanti.

L'importanza di intervenire tempestivamente e con i giusti prodotti in determinate situazioni, garantisce un risultato efficace ed immediato nelle operazioni di ripristino di terreni, falde acquifere e ambienti di lavoro.

Sul mercato esistono differenti linee di prodotti assorbenti contenuti all'interno di contenitori, a loro volta differenziati in svariate tipologie, al fine di facilitare il cliente nella scelta del kit più idoneo all'ubicazione e alle sostanze che dovranno assorbire.

I prodotti assorbenti contenuti all'interno dei kit sono assorbenti industriali in polipropilene nei formati: panni, cuscini e salsicciotti. Sono caratterizzati da un alto potere assorbente ed un'ottima praticità di utilizzo.



Esempio Kit antisversamento disponibili sul mercato

3. TERRE E ROCCE DA SCAVO

Le opere in progetto non prevedono scavi significativi. Qualora in fase esecutiva fosse necessario realizzare scavi, 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.

4. CONCLUSIONI

In base ai sopralluoghi, alle verifiche di campagna eseguite e ai dati disponibili è stato riconosciuto che l'area oggetto degli interventi in progetto (**particelle varie del C.C. di Ivano Fracena, nel Comune di Castel Ivano**) può essere considerata idonea dal punto di vista geotecnico alla realizzazione delle opere previste. I dati raccolti e le osservazioni fatte nel corso delle indagini consentono di dare in particolare le seguenti indicazioni:

- entro le profondità di scavo previste non è presente una falda acquifera; non si riscontrano sulla superficie del terrazzo nella zona di intervento evidenze di filtrazioni o venute a giorno di acqua, o sedimenti con forti contenuti di umidità; si ritiene che le opere in progetto non possano avere interazioni con lo schema idrogeologico locale;
- nel paragrafo 1.2 è descritta la situazione stratigrafica; è stata riconosciuta la presenza nel sottosuolo di uno spessore limitato di sedimenti ghiaioso-sabbiosi ad elementi sia arrotondati che angolosi, trattandosi di materiale di disfacimento del substrato roccioso misto a depositi morenici rimaneggiati, posti a copertura del roccia stratificata che risulta subaffiorante;
- nel paragrafo 2.1 sono riportati schematicamente i principali interventi previsti; numerosi interventi si realizzeranno presso le strutture già presenti, ed in particolare presso il serbatoio in loc. Forcella ed il serbatoio in loc. Prai de Camillo; di fatto quindi le opere si limiteranno, per ciò che concerne gli scavi, alla posa in opera della condotta, lungo il tracciato che sostanzialmente riprende quello esistente;
- nel paragrafo 2.2 si riporta una documentazione fotografica indicativa dei siti in esame;
- come descritto nel paragrafo 2.3 la messa in opera della tubazione e dei pozzetti non causerà un aumento di carico sul terreno sottostante ma un detensionamento di minima

entità; in ogni caso, prendendo a riferimento le caratteristiche geotecniche dei terreni nel capitolo 1, sono riportati alcuni valori indicativi del carico limite sul terreno, copertura sciolta e roccia del substrato, per la messa in opera dei pozzetti di ispezione e delle altre strutture;

- lungo il tracciato previsto dell'acquedotto la copertura mostra spessore significativo e tale da comprendere gli scavi; solo in alcuni punti il substrato roccioso potrà essere intaccato nella porzione più profonda dello scavo;
- le modalità per l'esecuzione degli scavi, oltre che nei paragrafi suddetti, sono espone nel paragrafo 2.4; si sottolinea che in relazione alla costituzione del terreno che, essendo prevalentemente granulare, ha coesione naturale assai ridotta e talora addirittura assente, in presenza di scavi profondi il deposito potrebbe tendere a scavare, in particolare nella porzione superficiale più sciolta, per cui, qualora la collocazione della tubazione richiedesse la permanenza di personale all'interno dello scavo, sarà necessario prevedere la messa in opera di strutture di contenimento provvisorie, quali sbadacchiature ecc.;
- si ribadisce l'importanza di effettuare un corretto costipamento del materiale posto a ricalzo ed a copertura della tubazione e di procedere ad un rapido ricoprimento della superficie di scavo;
- nel capitolo 3 si specifica che terre e rocce derivanti dagli scavi sono sottoposti a specifica normativa, di cui si riportano note esplicative.

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.

Trento, ottobre 2021

