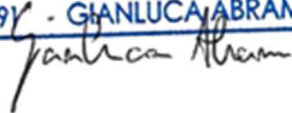


	PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO	
COMUNE DI BORGO D'ANAUNIA		  
Committente	FAE GROUP S.P.A. ZONA PRODUTTIVA, 18 38013 BORGO D'ANAUNIA -TN-	
Elaborato	ELABORATI DI VARIANTE AL PIANO REGOLATORE GENERALE: RELAZIONE GEOLOGICA ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17 gennaio 2018	
Progetto Definitivo	VARIANTE N.9 AL PIANO ATTUATIVO AI FINI SPECIALI PIP3 VARIANTE DI LOTTIZZAZIONE COMPARTI B e C – PIP3 E LOTTI FAE GROUP - PIP1 ZONA PRODUTTIVA A FONDO COMUNE DI BORGO D'ANAUNIA	
Progettazione architettonica e strutturale	 Studio d'ingegneria Dott. Ing. Francesco Asson	<i>Timbro e firma per presa visione</i>
	 di architetti G. Berti e M. Fondriest	<i>Timbro e firma per presa visione</i>
Data	Marzo 2022	
	Via Castello Mori 2/A, 38011 Sarnonico (TN) Cell. +39 348 3121340 Tel. 0463 832777 Email: info@studiogeoabram.com PEC: studio.gabram@geotaspec.it P. IVA: 02390680227	il Geologo Dott. Geol. Gianluca Abram  
Codice doc	22_301_geo	Questo documento è proprietà intellettuale di STUDIO GEOLOGIA ABRAM. Tutti i diritti sono riservati a termine di legge, è vietata la riproduzione e la divulgazione.

SOMMARIO

1. PREMESSA	1
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	1
3. UBICAZIONE DELL'AREA	2
4. DESCRIZIONE INTERVENTO A PROGETTO	2
5. INQUADRAMENTO RISPETTO AGLI STRUMENTI URBANISTICI DI CARATTERE IDROGEOLOGICO	3
5.1. CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA' (PUP)	3
5.2. CARTA DELLE RISORSE IDRICHE DEL P.U.P.	6
6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE	7
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	7
7.1. SONDAGGI MECCANICI ESISTENTI	7
8. INDAGINE SISMICA	8
9. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO LOCALE	11
10. IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA.....	14
11. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO.....	15
12. PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E IDRAULICA.....	15
13. SMALTIMENTO DELLE ACQUE	15
14. GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO.....	16
15. SISMICITÀ E SISMOTETTONICA REGIONALE.....	17
16. AZIONE SISMICA	17
16.1. RISPOSTA SISMICA SITO SPECIFICA	17
17. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	21
18. CONCLUSIONI	21

ALLEGATI

- 01 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
- 02 SONDAGGIO GEOGNOSTICO ESISTENTE
- 03 REPORT INDAGINE SISMICA

IL PRESENTE ELABORATO È REDATTO IN OTTEMPERANZA AI CONTENUTI DEL D.M. 17 GENNAIO 2018 "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI" E SODDISFA I REQUISITI NORMATIVI ED URBANISTICI DI RILEVANZA GEOLOGICA PER CUI COSTITUISCE DOCUMENTO PROGETTUALE IDONEO PER IL RILASCIO DELLA CONCESSIONE AD EDIFICARE. IN CORSO D'OPERA SI DOVRÀ CONTROLLARE LA RISPONDENZA TRA IL MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO ASSUNTO IN PROGETTO E LA SITUAZIONE EFFETTIVA.

1. PREMESSA

La presente Relazione geologica viene redatta su incarico di Studio d'ingegneria Dott. Ing. Francesco Asson e per conto della Società FAE Group S.p.a.. I lavori di progetto prevedono il cambio coltura con rimodellamento del terreno delle PP.FF. 3505/1, 3505/2, 1869/2, 1958/5, 1880/4, 1880/5, 1878/1, 1878/2, 1879, 3504, 1877, 1875, 1874, 3503/1 e 245/2 in C.C. Fondo nell'ambito dei lavori di ampliamento dell'insediamento produttivo del complesso FAE Group S.P.A. a Fondo (TN).

Lo studio geologico è finalizzato alla valutazione della fattibilità geologica dell'intervento a progetto, alla verifica della sua compatibilità con le Norme Vigenti ed alla individuazione delle problematiche e criticità di carattere geologico, ponendo particolare attenzione alla interazione dell'intervento a progetto con l'assetto geomorfologico ed idrogeologico dell'intero settore e alle eventuali interferenze con le preesistenze poste al contorno dell'area di intervento.

Per acquisire i dati necessari per la conoscenza delle condizioni dell'area in esame e per valutare la fattibilità geologica dell'intervento è stato condotto:

- un sopralluogo di dettaglio per accertare le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del sito di interesse;
- una ricerca di dati stratigrafici, geotecnici, idrogeologici e sismici attraverso l'esame di documentazione esistente;
- una ricerca storica e bibliografica dei differenti processi e fenomeni che sono allo stato potenziale o che si sono manifestati in zona, attraverso l'esame di documentazione esistente tramite webGIS;
- un'indagine sismica a rifrazione consistita in n°4 stendimenti.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

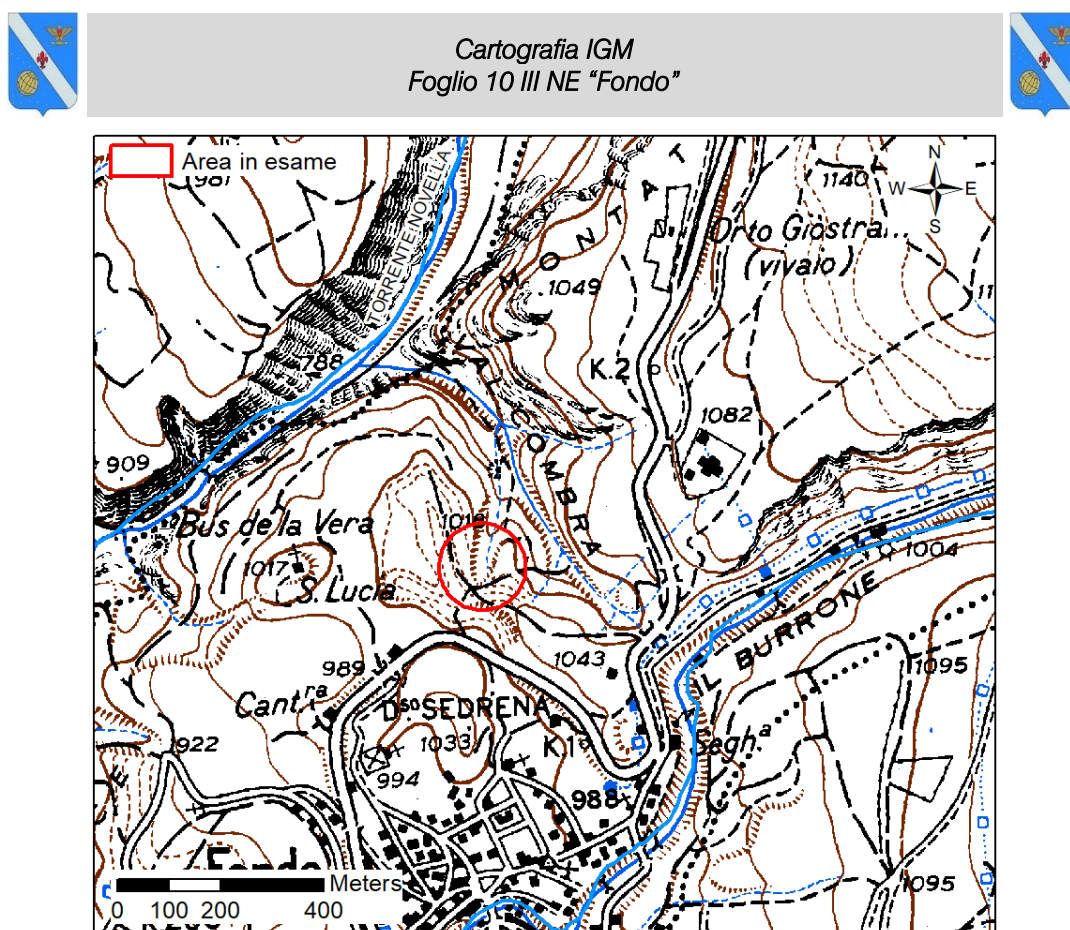
- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018, "Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni" e Circolare del MIT 21 gennaio 2019, n. 7, del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici, recante "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni»".
- D.lgs. 3 aprile 2006 n. 152 – "Norme in materia ambientale".
- DPR n. 120 del 13 giugno 2017 – "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo".
- Delibera di G.P. n° 2248 del 5 settembre 2008 - Approvazione Carta delle Risorse Idriche.
- L.P. n. 5 del 27/05/2008 - "Approvazione del nuovo Piano Urbanistico Provinciale".
- L.P. n. 15 del 04/08/2015 - "Legge provinciale per il governo del territorio".
- D.G.P. n. 1317 del 4.09.2020: l.p. 27 maggio 2008, n. 5, articoli 14-18 e 48 - l.p. 4 agosto 2015, n. 15, articoli 21-22 e 31: Approvazione della Carta di sintesi della pericolosità, comprensiva del primo aggiornamento dello stralcio relativo al territorio del Comune di Trento, del Comune di Caldonazzo e dei Comuni di Aldeno, Cimone, Garniga Terme nonché al territorio dei comuni compresi nella Comunità Rotaliana-Königsberg, e approvazione delle modifiche apportate al documento di "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".

3. UBICAZIONE DELL'AREA

L'area in esame è ubicata nella Zona produttiva di Fondo, ad una quota altimetrica variabile da 960 a 1002 m slm ed interessa le PP.FF. 3505/1, 3505/2, 1869/2, 1958/5, 1880/4, 1880/5, 1878/1, 1878/2, 1879, 3504, 1877, 1875, 1874, 3503/1 e 245/2 in C.C. Fondo. Nella Carta tecnica provinciale (C.T.P.), edita dalla P.A.T. in scala 1:10.000, la zona rientra nella sezione 026140 "Fondo".

Le coordinate del sito, utilizzate per la mappa di pericolosità sismica dell'INGV, sono le seguenti:

Coordinate geografiche ED50: LAT nord 46° 44' 66,08"
LONG est 11° 13' 77,33"



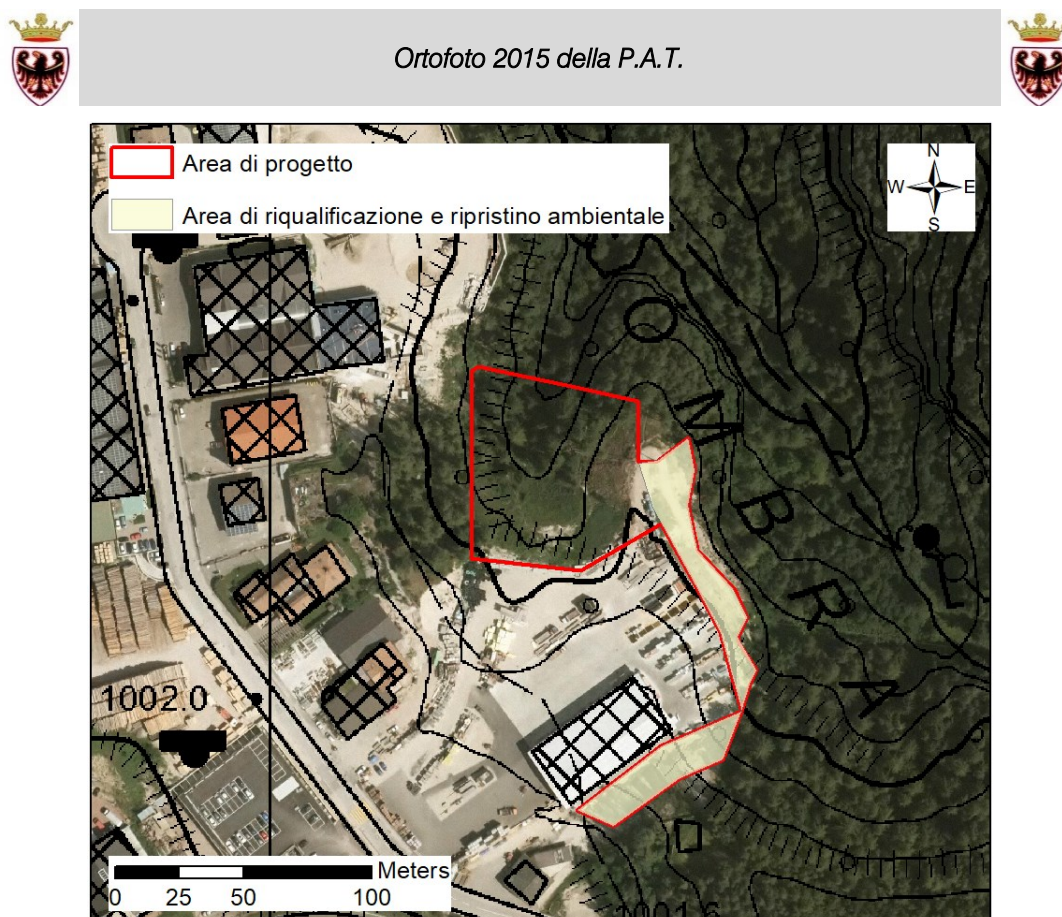
4. DESCRIZIONE INTERVENTO A PROGETTO

Nell'ambito della variante n.9 al piano attuativo ai fini speciali PIP3, che comporta variante al PRG di Fondo, la committenza intende realizzare un ampliamento dell'insediamento produttivo acquisendo i lotti confinanti a sud e est, che insistono parzialmente su area a bosco. Si rende quindi necessario richiedere la trasformazione di coltura di un'area boscata di superficie circa 6.437,00 mq.

Questa trasformazione urbanistica consente di sviluppare un'area piana da destinare a parcheggi di pertinenza dell'attività. La realizzazione del piazzale per i parcheggi è subordinata alla realizzazione di terre armate per riconformare il terreno che presenta ampie pendenze nella vallecchia ad est dell'area edificata.

Parte dell'area a bosco oggetto di variante viene mantenuta a verde, senza alterazioni di rilievo, e trattata come area di riqualificazione e ripristino ambientale; attualmente la rampa non è boscata.

Per realizzare il parcheggio scoperto si rende necessario un importante intervento di modellazione del terreno mediante la realizzazione di terre armate e il riporto di un significativo volume di terreno. La terra armata di progetto ha un'altezza massima di 30 metri ed è realizzata con gradoni di altezza pari a 10 metri ciascuno; lo sviluppo orizzontale dell'opera in terra è di circa ml. 60. La realizzazione del piano di posa prevede lungo il fondovalle un incastro di ~2 m. lato valle e di circa m. 6.0 lato monte. L'intervento previsto consentirà di ottenere un parcheggio adibito a 71 posti auto, andando così a soddisfare i requisiti richiesti con la realizzazione dell'ampliamento della FAE GROUP S.p.A.. Per maggiori dettagli si veda Relazione tecnico-illustrativa e Tavole di progetto redatte da Studio d'ingegneria Asson.



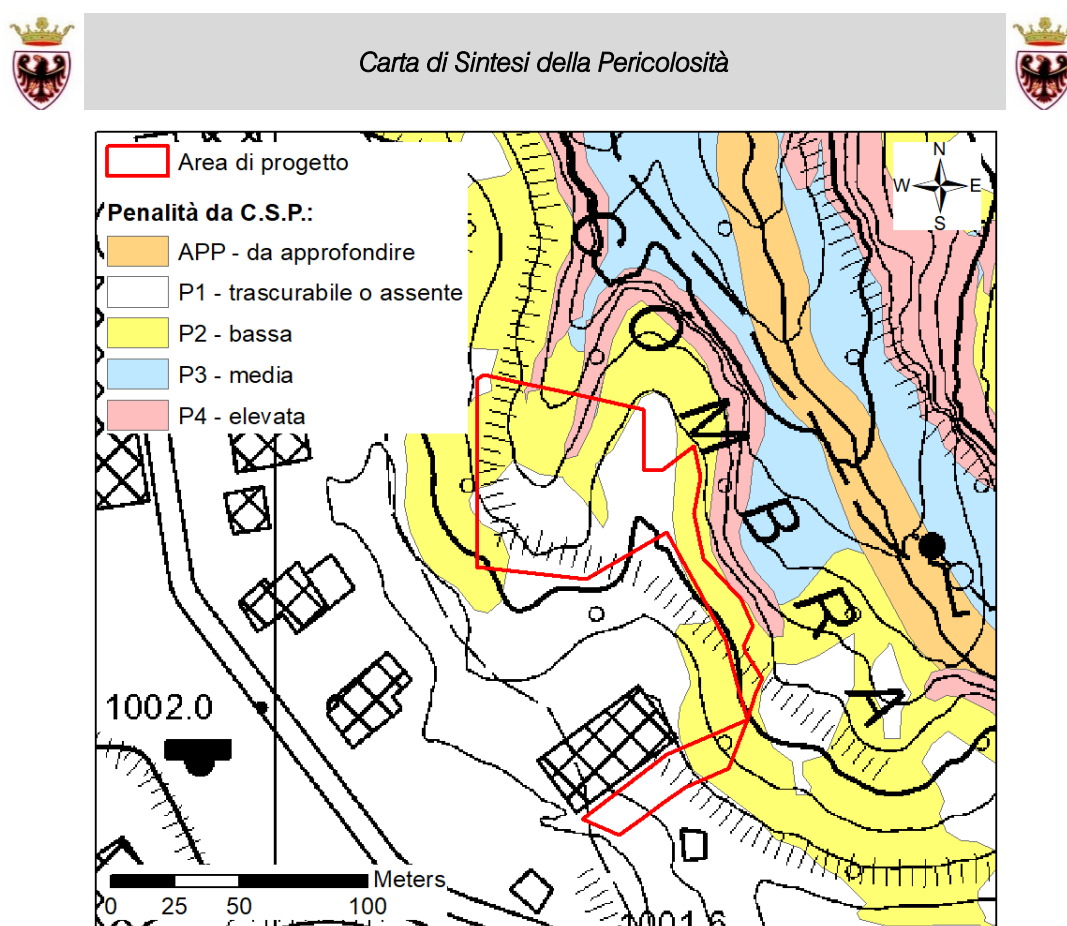
5. INQUADRAMENTO RISPETTO AGLI STRUMENTI URBANISTICI DI CARATTERE IDROGEOLOGICO

5.1. CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA' (PUP)

Nella Carta di Sintesi della Pericolosità (CSP) sono individuate le zone da sottoporre a vincoli particolari per la difesa del suolo e delle acque. Essa è prevista dall'art. 22 della legge provinciale 4 agosto 2015, n. 15 (Legge provinciale per il governo del territorio), ed individua le aree a diversa penalià ai fini dell'applicazione delle disposizioni relative all'uso del territorio previste dalla legge provinciale 27 maggio 2008, n.5 "Approvazione del nuovo piano urbanistico provinciale".

La C.S.P. in particolare è uno degli elementi costituenti il Piano Urbanistico Provinciale PUP e ha il compito di individuare le aree caratterizzate da diversi gradi di penalità ai fini dell'uso del suolo, in ragione della presenza dei pericoli idrogeologici, valanghivi, sismici e d'incendio boschivo, descritti nelle Carte della Pericolosità (articolo 10 della legge provinciale 1 luglio 2011, n. 9 e articolo 14 dalla legge provinciale 27 maggio 2008, n.5).

Il 4 Settembre 2020 la Giunta Provinciale ha approvato con delibera n°1317 la Carta di Sintesi della Pericolosità, comprensiva del primo aggiornamento dello stralcio relativo al territorio del Comune di Trento, del Comune di Caldonazzo e dei Comuni di Aldeno, Cimone, Garniga Terme nonché al territorio dei comuni compresi nella Comunità Rotaliana-Königsberg, la quale è entrata in vigore il giorno 3 ottobre 2020 a seguito della pubblicazione sul Bollettino Ufficiale della Regione Trentino Alto Adige del 2 ottobre 2020.



Nella Carta di Sintesi della Pericolosità il sito d'intervento ricade in:

- ***“Aree con penalità trascurabile o assente” (art.18).***
- ***“Aree a penalità bassa” (art.17)*** per fenomeni franosi, quali crolli rocciosi, e per Condizioni lito-geomorfologiche.
- ***“Aree a penalità media” (art.16)*** per Condizioni lito-geomorfologiche su una modesta porzione del fianco destro della vallecola in esame.
- ***“Aree a penalità elevata” (art.15)*** per crolli rocciosi.

Nelle Norme di Attuazione della Carta di Sintesi della Pericolosità (*“Allegato C” alla D.G.P. n. 1317/2020: “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”*), le *“Aree con penalità elevata (P4)”* sono disciplinate dall’art. 15, le *“Aree con penalità media (P3)”* sono disciplinate dall’art. 16, le *“Aree con penalità basse (P2)”* sono disciplinate dall’art. 17 ed infine le *“Aree con penalità trascurabili o assenti (P1)”* sono disciplinate dall’art. 18:

Art. 15 - Area con penalità elevata:

- *Comma 2.* Nelle aree con penalità elevate è vietata ogni attività di trasformazione urbanistica ed edilizia, fatte salve le opere di difesa e prevenzione volte alla riduzione o all’eliminazione del pericolo.
- *Comma 3.* In deroga al comma 2 e a condizione che un apposito studio di compatibilità allegato al progetto analizzi dettagliatamente le condizioni di pericolo e definisca gli accorgimenti costruttivi di carattere strutturale, localizzativo e architettonico per la realizzazione degli interventi e quelli per la loro utilizzazione atti a tutelare l’incolumità delle persone e a ridurre la vulnerabilità dei beni, possono essere realizzati, previa autorizzazione della Provincia:
- a) le opere di infrastrutturazione di rilevanza pubblica che non risultano delocalizzabili e non contribuiscono a incrementare il carico insediato esposto a pericolo;
 - b) le attività estrattive, le bonifiche agrarie e gli interventi di rimodellazione dei terreni quando queste attività migliorano le condizioni di sicurezza delle persone e dei beni e, più in generale, della stabilità dei suoli. (Per interventi di rimodellazione del terreno si intendono le sistemazioni del terreno con movimenti di terra per fini diversi rispetto a quelli agricoli; non rilevano rispetto all’articolo 15 gli interventi di cui all’articolo 78, comma 2, lettera d) della l.p. n. 15/2015).”;
 - c), d); e) [omissis]

Art. 16 - Area con penalità media:

- *Comma 2.* Nelle aree con penalità medie è vietata ogni attività di trasformazione urbanistica ed edilizia, fatte salve le opere di difesa e prevenzione volte alla riduzione o all’eliminazione del pericolo.
- *Comma 3.* In deroga al comma 2 e a condizione che un apposito studio di compatibilità allegato al progetto analizzi dettagliatamente le condizioni di pericolo e definisca gli accorgimenti costruttivi di carattere strutturale, localizzativo e architettonico per la realizzazione degli interventi e quelli per la loro utilizzazione atti a tutelare l’incolumità delle persone e a ridurre la vulnerabilità dei beni, possono essere realizzati:
- a) gli interventi ammessi ai sensi del comma 3 dell’articolo 15;
 - b); c); d) [omissis]
- *Comma 4.* [omissis]

Art. 17 - Area con penalità bassa:

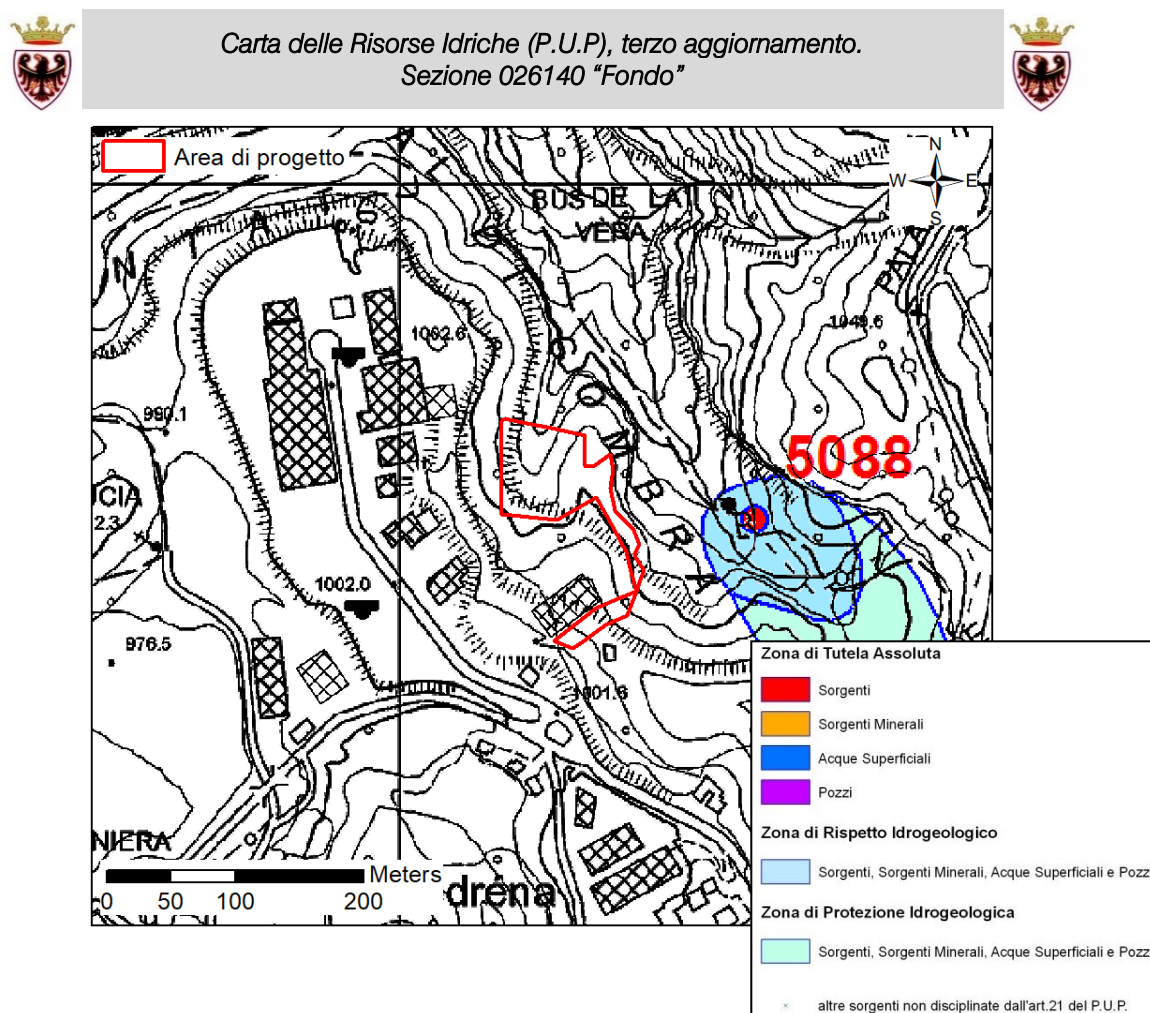
- *Comma 2.* “Nelle aree con penalità basse sono ammessi, oltre agli interventi consentiti ai sensi degli articoli 15 e 16, le sole attività di trasformazione urbanistica ed edilizia aventi caratteristiche costruttive e di utilizzazione compatibili con le locali condizioni di pericolo, secondo quanto previsto dai piani regolatori generali, tenuto conto dei criteri stabiliti dalla Giunta provinciale ai sensi dell’articolo 14, comma 3, e delle disposizioni della legge urbanistica. I relativi progetti sono corredati da un’apposita relazione tecnica che attesta la compatibilità e assicura l’adozione degli accorgimenti necessari per garantirne la funzionalità anche al manifestarsi degli eventi attesi.”

Art. 18 - Area con penalità trascurabile o assente:

→ *Comma 1. (...)* “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 nella relazione geologica, quando prevista dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, 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.”

5.2. CARTA DELLE RISORSE IDRICHE DEL P.U.P.

Il giorno 12/10/2018 con Delibera G.P. n°1941 è stato approvato il terzo aggiornamento della Carta delle Risorse Idriche, il quale è entrato in vigore il giorno successivo alla pubblicazione sul Bollettino Ufficiale della Regione n° 42 del 18/10/2018. La Carta delle Risorse Idriche, che copre a scala 1:10.000 l'intero Trentino, è realizzata sulla base della nuova Carta Tecnica Provinciale della P.A.T. (2017). Tale cartografia individua le sorgenti, i pozzi e le acque superficiali utilizzate per gli acquedotti pubblici e per l'imbottigliamento (acque minerali), definendone le rispettive aree di tutela e le disposizioni normative.



Dall'estratto della Carta delle Risorse Idriche, si evince che l'intervento in progetto non rientra in alcuna zona di rispetto e di protezione idrogeologica e in nessuna area di tutela assoluta.

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE

La Val di Non è un bacino morfotettonico asimmetrico con asse N-S, bordato a W da una scarpata di linea di faglia (linea Trento-Cles) e a E dai rilievi della Catena della Mendola. Nel dettaglio la zona settentrionale della Valle è costituita come un bacino morfotettonico asimmetrico legato alla principale lineazione tettonica che la attraversa: la Linea delle Giudicarie Nord. Quest'ultima rappresenta un importante elemento di discontinuità attivo dal tardo Paleozoico (soprattutto Permiano), utilizzato dal rifting norico-liassico e riattivato in epoca alpina.

In linea generale la Val di Non è caratterizzata da altopiani debolmente inclinati nel settore Est, e da una rete di forre di incisione fluviale modellate nelle rocce calcaree, al centro. A Sud-Ovest la dorsale arrotondata del M. Ozol separa due bacini idrografici minori, tributari del Noce: il Rio Novella e il Rio Pescara. Ampie sono inoltre le tracce di modellamento glaciale, relative in prevalenza all'ultimo massimo glaciale (*Last Glacial Maximum* – LGM).

Dal punto di vista geologico, l'Alta Anaunia corrisponde ad una zona di transizione tra la piattaforma di Bolzano, costituita da rocce porfiriche, e i Gruppi Adamello-Brenta dove prevalgono le rocce granitiche e carbonatiche.

Il substrato litoide della Val di Non è costituito prevalentemente da terreni appartenenti al Sudalpino ad eccezione di una limitata area situata ad ovest della Linea delle Giudicarie Nord (settore N-W della valle), appartenente all'Austroalpino e caratterizzata da terreni metamorfici d'alto grado. La successione sudalpina va dal basamento metamorfico d'età varisca, costituito prevalentemente da filladi quarzifere, ad unità sedimentarie (marne e carbonati) d'età paleogenica. Il basamento è intruso a nord da graniti di età permiana inferiore (Granito di Monte Croce) e ricoperto dalla potente successione vulcanica che costituisce parte del Gruppo Vulcanico Atesino. Per quanto riguarda le coperture sedimentarie permo - mesozoiche presentano spessori relativamente ridotti rispetto alle aree adiacenti delle Dolomiti occidentali e delle Prealpi Venete.

Il substrato roccioso è coperto da terreni di età pleistocenica-olocenica definiti da un'ampia varietà di corpi differenti legati per lo più alle dinamiche glaciali che nel Quaternario hanno fortemente controllato l'evoluzione di questo territorio (depositi morenici, fluvioglaciali, alluvionali, palustri, eluvio-colluviali, ecc.). In destra Anaunia (ripiano Cles-Termon) prevalgono soprattutto i depositi glaciali e nella parte assiale e lungo le più importanti valli laterali prevalgono invece i depositi fluvioglaciali – alluvionali e di contatto glaciale, organizzati in diverse generazioni di terrazzi.

7. INDAGINI GEOGNOSTICHE

7.1. SONDAGGI MECCANICI ESISTENTI

Nei dintorni dell'area di progetto (100 metri a sud-ovest) è stato eseguito in passato, a supporto della progettazione di un capannone, un sondaggio geognostici con esecuzione di prove SPT all'interno dello stesso deposito sciolto che interessa il sito in esame.

Di seguito viene riassunta l'indagine geognostica eseguita e le informazioni da essa ricavabili. I dati sono stati reperiti grazie al webGIS della Provincia di Trento, dalla banca dati sondaggi del Trentino. Nella Carta geologica esposta al Capitolo seguente, è segnata l'ubicazione esatta del sondaggio e in Allegato 2 è riportata la stratigrafia di dettaglio.

ID Lavoro	ID sondaggio	Quota p.c. (m slm)	Data esecuzione	Profondità max (m da p.c.)	Profondità Bedrock	Profondità falda (m da p.c.)
1070	3325	1009	23.01.1998	15.0	-	10.9

L'esecuzione del sondaggio è avvenuta usando attrezzature idrauliche a rotazione, con carotaggio continuo e recupero di carota. Nel corso delle perforazioni sono state eseguite prove S.P.T. (Standard Penetration Test) descritte ed interpretate nella Relazione geotecnica a corredo del progetto in esame.

Il sondaggio ha rilevato la presenza di un deposito sciolto di origine fluvioglaciale, caratterizzato da livelli di potenza metrica costituiti da sabbia ghiaiosa debolmente limosa alternati a livelli di ghiaia con sabbia debolmente limosa; in profondità (~13 m da p.c.) è presente un livello definito da una maggiore componente fine (limo) e rara ghiaia. Alla profondità di 10.9 m da p.c. è stata rilevata la presenza di una falda acquifera di tipo freatico.

8. INDAGINE SISMICA

Ad integrazione delle informazioni di superficie reperite e allo scopo di definire puntualmente l'assetto stratigrafico locale, nonché caratterizzazione qualitativamente il sottosuolo dal punto di vista geotecnico, è stata svolta, in considerazione anche dell'impossibilità di accedere nell'area di progetto mediante mezzi meccanici, un'indagine sismica a rifrazione con metodo tomografico. L'indagine è stata svolta dalla Società GG Service sas ed è consistita in n° 4 stendimenti sismici di cui due eseguiti lungo i fianchi della vallecchia (L1 e L4), uno lungo il fondovalle in corrispondenza del piede della terra armata di progetto (L2) e uno circa trasversalmente alla valle (L3); si veda Allegato 3 per l'esatta ubicazione.

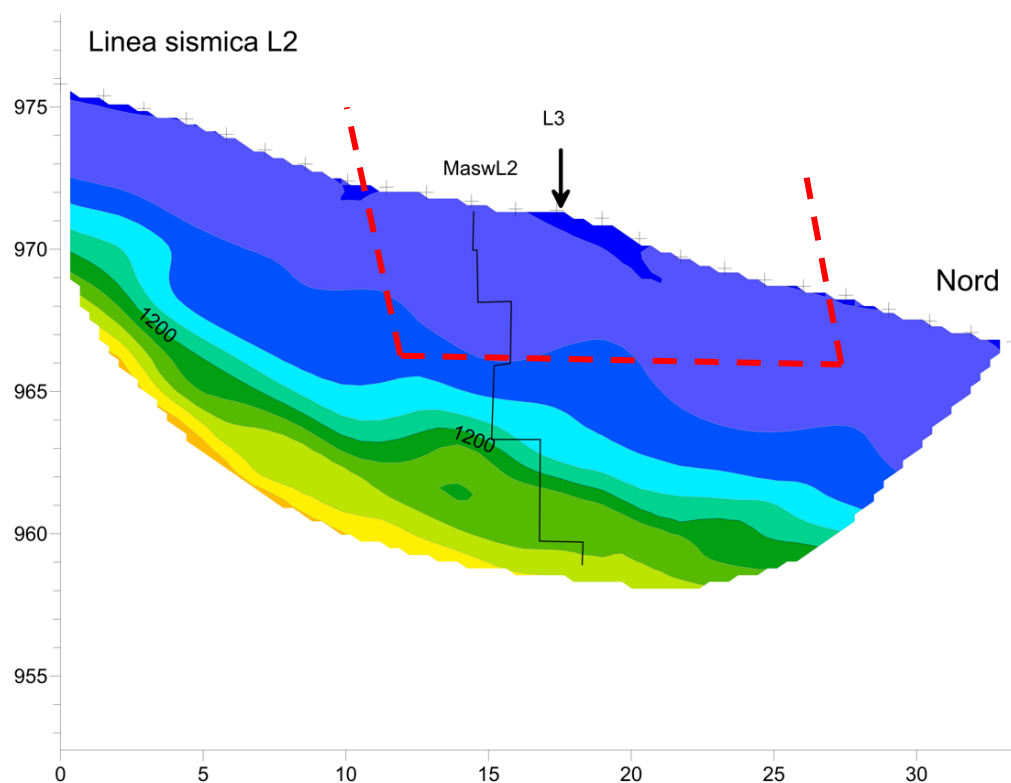
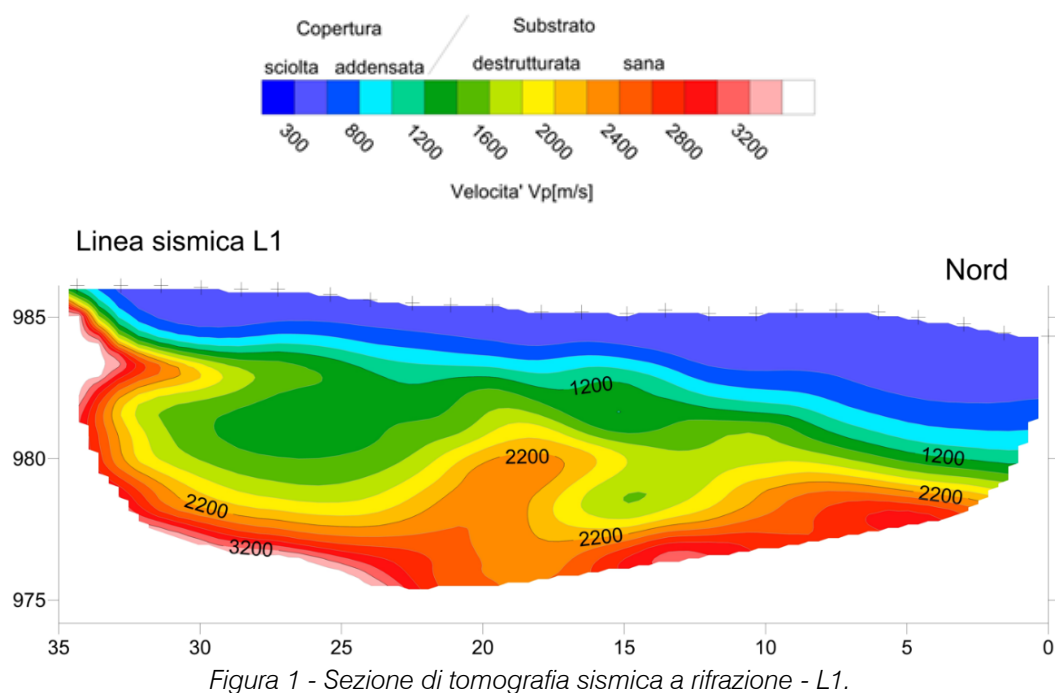
La sismica a rifrazione, attraverso la misurazione del tempo impiegato da un'onda sismica a compiere il percorso nel sottosuolo dal punto di energizzazione fino agli apparecchi di ricezione (geofoni), seguendo le leggi di rifrazione dell'ottica (Legge di Snell), cioè rifrangendosi sulle superfici di separazione tra due strati sovrapposti di densità (o meglio di modulo elastico) crescente, permette di caratterizzare sismicamente il sottosuolo, ovvero calcolare la velocità con cui le onde sismiche si propagano nel mezzo; questo permette di localizzare la profondità delle interfacce tra un sismostrato e il successivo e a fornire indirettamente informazioni relative allo stato addensamento del mezzo attraversato.

In estrema sintesi l'indagine a rifrazione ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde di compressione (Vp) con la profondità e quindi lo stato di "addensamento" dei litotipi attraversati.

In sintesi, le sezioni tomografiche hanno evidenziato i seguenti aspetti:

- i valori di Vp si mantengono piuttosto bassi (materiale da poco a mediamente addensato) fino ad una profondità compresa tra 1÷2 m lungo i fianchi e 3÷5 m lungo il fondovalle;
- in approfondimento (a partire da una profondità di circa 3÷5 m lungo il fondovalle e 1÷2 metri lungo i fianchi) si nota un marcato aumento del gradiente di velocità con valori di Vp compatibili con materiale addensato;

- alla profondità di circa 2÷4 metri lungo i fianchi e 8 metri lungo il fondovalle, si rileva substrato roccioso dapprima destrutturato per i primi metri, per divenire “sano” in approfondimento ($V_p > 2200$ m/s).
- in linea generale la profondità del litoide si riduce risalendo i fianchi e la testata della valle.



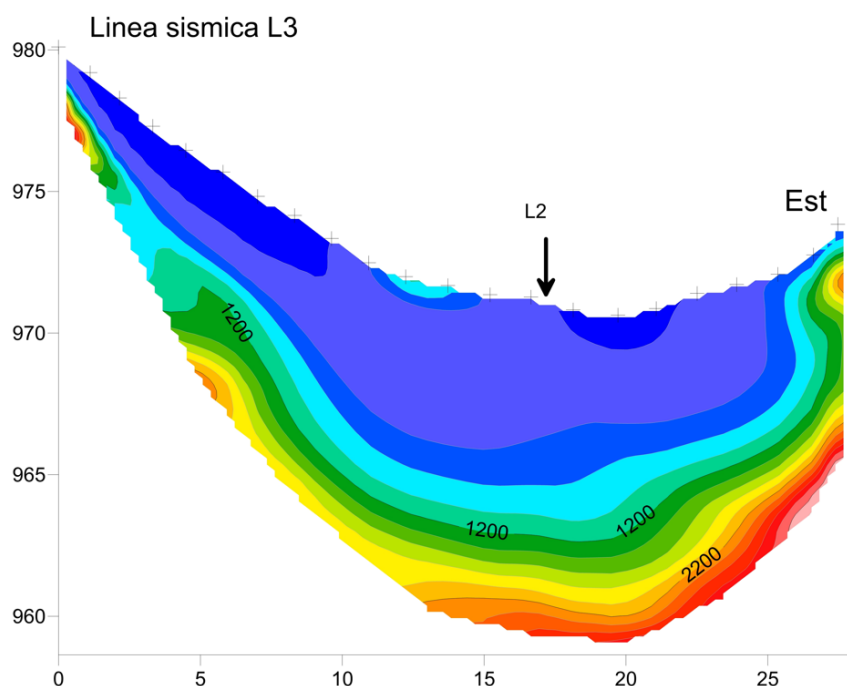


Figura 3 - Sezione di tomografia sismica a rifrazione - L3.

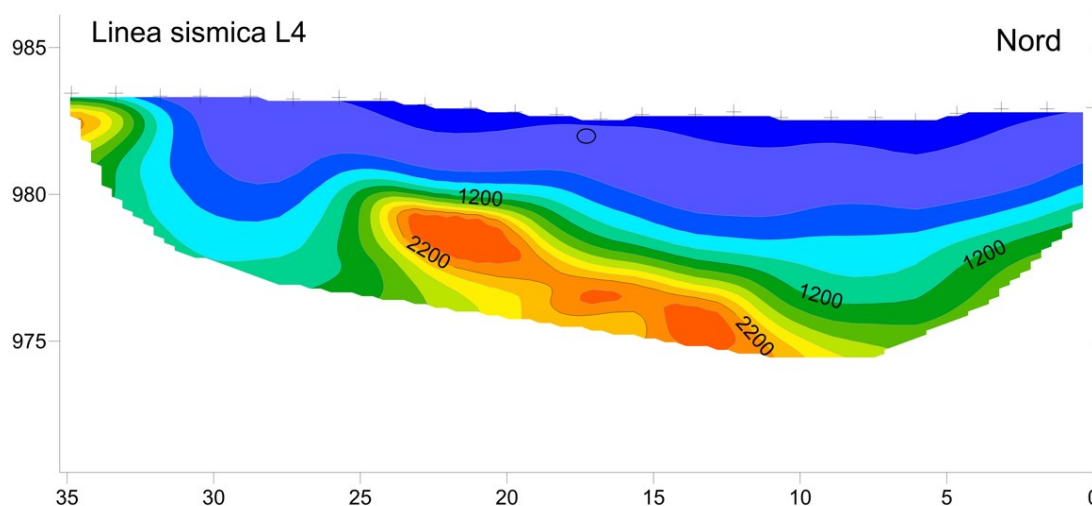


Figura 4 - Sezione di tomografia sismica a rifrazione - L4.

L'esame dei due profili tra loro incrociati (L2 e L3) ubicati nel punto di maggiore sensibilità dell'opera in progetto, indica che esistono circa 6-7m di coperture da poco a mediamente addensati. Il fondo del catino si presenta con geometria a "U" ed ai due fianchi molto prossimi tra loro (10÷15m) la roccia risale rapidamente con angolo più inclinato verso est.

La natura dei materiali di riempimento appare abbastanza omogenea in termini di Vp e valutando la sezione di scavo per la posa delle terre armate si comprende come queste saranno incastrate in questi materiali e, almeno per il fronte scavo interno si dovrebbe poter denudare la regolite dell'ammasso roccioso.

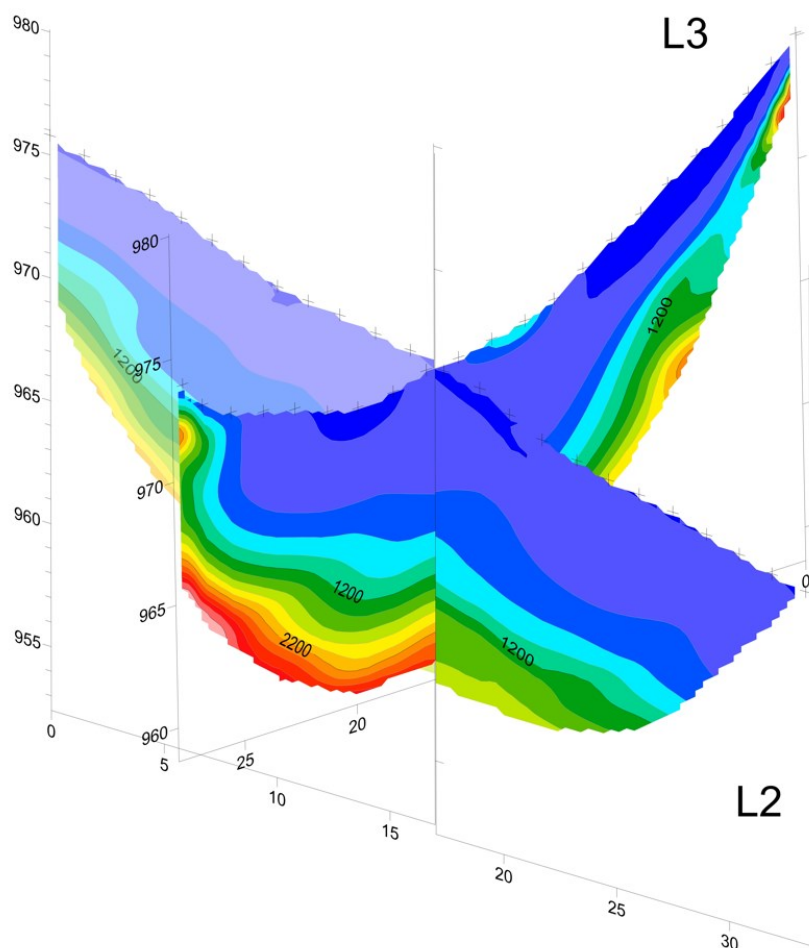


Figura 5 - Render 3D linea sismica L2 e L3.

9. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO LOCALE

Nella cartografia geologica ufficiale, l'area in esame è stata recentemente cartografata nella Tavolella 26 III – “Fondo” (Carta Geologica della Provincia di Trento alla scala 1:25.000, a cura del Servizio Geologico).

A grande scala il sito d'interesse si trova su una dorsale asimmetrica (*cuesta*) culminante lungo la catena Penegal-Macaion e digradante verso ovest con debole pendenza degli strati ($10 \div 20^\circ$); il fronte della *cuesta* è definito dalle pareti strapiombanti che si affacciano sulla Valle dell'Adige. All'interno di questa morfostruttura inclinata si individuano blocchi minori separati da faglie aventi direzione prevalente NW-SE e N-S.

Alla media scala l'abitato di Fondo sorge nel settore centro-orientale dell'Alta Valle di Non alla quota media di 1000 m s.l.m., sopra un'ampia superficie terrazzata di origine glaciale che digrada verso ovest – nord/ovest. Il substrato roccioso affiora in maniera diffusa lungo le incisioni fluviali che delimitano o attraversano il territorio urbanizzato ed è costituito sia da rocce di origine bacinale risalenti al Cretacico sup. (Scaglia Variegata Alpina, Scaglia Rossa), sia da calcari dolomitici (Rosso Ammonitico) e da Dolomie risalenti al Triassico. Il litoide infatti affiora prevalentemente in corrispondenza delle scarpate che delimitano il terrazzo glaciale a sud-est e nord-ovest, lungo le incisioni vallive attraversate da aste torrentizie secondarie (rio Val di Combra e rio Sass) e dal collettore principale, ossia il torrente Novella presente ca. 400 metri a NW dell'area in esame.

L'escavazione glaciale e poi torrentizia ha messo in rilievo le differenze di compattezza delle diverse formazioni rocciose, con versanti più acclivi e pareti verticali in corrispondenza delle formazioni calcareo-dolomitiche e versanti dolci e arrotondati nei terreni sciolti glaciali e in corrispondenza delle formazioni rocciose bacinali cretatiche più "tenere" e modellabili.

L'assetto geomorfologico attuale deriva sicuramente da una o più fasi di incisione fluviale alternate o contemporanee alla morfogenesi glaciale oltre che successive al ritiro dei ghiacciai. All'assetto morfologico attuale hanno contribuito inoltre la formazione di piane lacustri e palustri occupate dall'acqua oltre ai fenomeni di degradazione e accumulo di detriti.

A piccola scala l'area di progetto ricade sulla testata di una piccola vallecchia sospesa disposta sul fianco in sinistra orografica della valle denominata *Vallone di Combra*; quest'ultima è impostata su una faglia trascorrente sinistra ed è interessata da un profondo affluente del Rio Novella in erosione regressiva nei depositi fluvioglaciali che dominano questo settore.

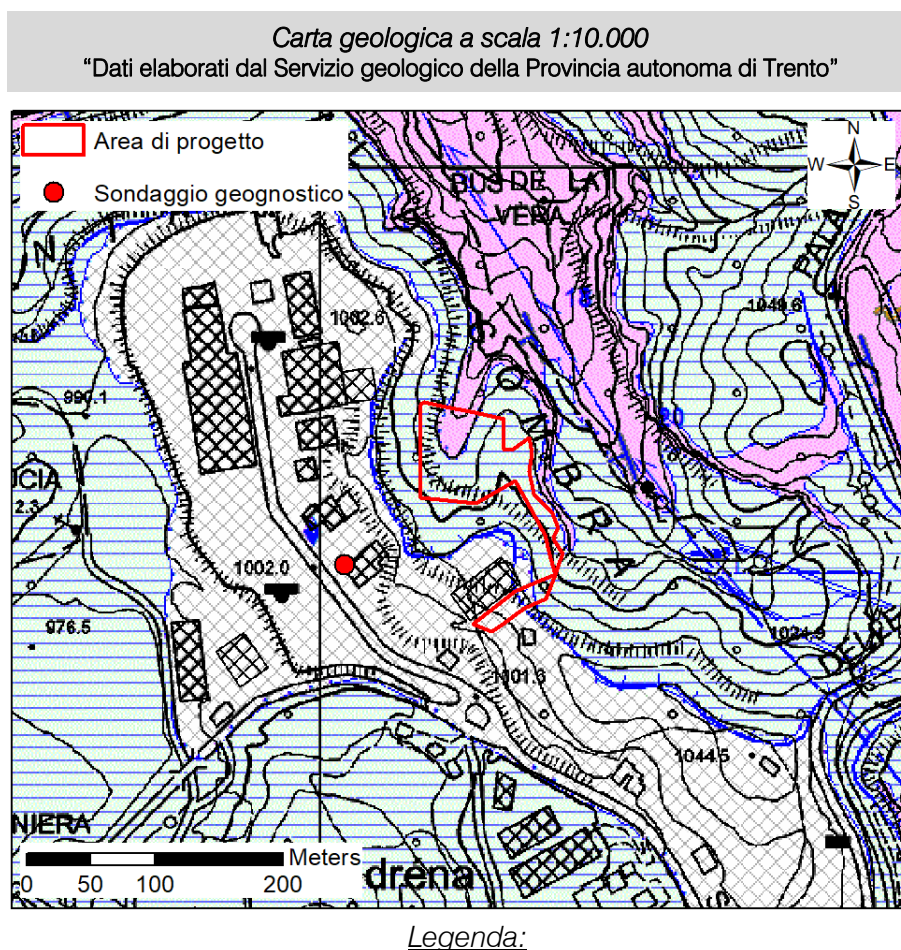
Sulla base dei rilievi di campagna, nel sito in esame si riconoscono successioni caratterizzate da una porzione sommitale di suolo sovrapposta ai depositi fluvioglaciali appartenenti al Subsistema di Cloz (SGD3) depositi in seguito l'estinzione della trasfluenza del ghiacciaio atesino verso l'Anaunia (Pleistocene superiore); questi sono costituiti da sabbie da fini a medie, stratificate, localmente massive e a supporto di clasti, con ghiaie da fini a grossolane, debolmente limose. I ciottoli, più o meno arrotondati, sia di natura carbonatica sia cristallina (metamorfici, tonalitici e porfirici), appaiono generalmente piuttosto alterati. Da letteratura, lungo il fianco sinistro del Rio Novella lo spessore del deposito fluvioglaciale è solitamente modesto; dai rilievi di superficie e dalle indagini geognostiche si stima uno spessore massimo pari a 10.0 ÷ 15.0 in corrispondenza della testata della vallecchia, per divenire assente o a spessore modesto alle quote inferiori e lungo i fianchi.

In rapporto ai risultati delle indagini sismiche esposte al capitolo precedente, è prevedibile, in corrispondenza del fondovalle e quindi del piano di appoggio della terra armata di progetto, uno spessore massimo di circa metri 8.0, mentre, al tetto delle pareti rocciose che definiscono i fianchi della valle, è stimabile uno spessore massimo pari a 2 ÷ 4 metri.

Lungo i fianchi della vallecchia il substrato roccioso è difatti affiorante o sub affiorante, localmente mascherato da un esiguo spessore di coltre eluvio-colluviale, ed appartiene alla Formazione della Dolomia Principale (DPR). Nel complesso, la formazione si presenta ben stratificata ed appare costituita da una monotona successione di cicli peritidali metrici.

Più nel particolare, nel settore che va da Fondo fino al margine occidentale (per l'Alta Val di Non) di tale formazione (paesi di Castelfondo e Carnalez), la parte centrale della Formazione è caratterizzata da una scarsa o assente dolomitizzazione e da una diffusa vacuolarità (micriti a fenestrae: micrite con cavità). Le porzioni subtidali dei cicli peritidali sono in questo caso costituite da calcari neri o grigio scuri con abbondanti solfuri mentre le porzioni intertidali con fenestrae laminari e stromatoliti (micritiche e di colore bruno scuro) mostrano evidenze di paleocarsismo e dissoluzione vadosa. Cavità di dissoluzione molto ampie (dimensioni metriche) si sviluppano a più livelli della formazione riempiti da siltiti o dolosiltiti rossastre laminate.

Nell'area in esame il litoide risulta essere stratificato, con stratificazione S_0 avente giacitura (dip direction/dip) $255^\circ/15^\circ$, costituito da banchi di spessore da decimetrico a metrico e definito da un grado di fratturazione variabile da moderato a medio. Nel corso dei rilievi sono state rilevate n. 3 famiglie di discontinuità subverticali con fratture generalmente poco aperte o aperte ($< 5 \text{ mm}$) e qualche giunto random. I valori di GSI (Geological Strength Index) assegnati durante l'attività di rilevamento, sono variabili da 40 a 60.



	Deposito fluvioglaciale
	SGD3 – Subsistema di Cloz
	Dolomia Principale (DPR) affiorante o sub-affiorante

10. IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA

Dal punto di vista idrologico l'ampia area presenta un deflusso con un collettore principale che scorre a NW del sito in esame: il Rio Novella (Codice Acqua Pubblica IDR001_866), il cui alveo è posto a distanza ed in posizione altimetricamente molto inferiore a quella dell'intervento. Un centinaio di metri a valle dell'area di progetto scorre inoltre il Rio Val di Combra (IDR003_A352A110980030030001) incassato nella roccia dolomitica; anche questo, con ogni probabilità, non presenta alcun pericolo per il sito in oggetto.

Dal punto di vista idrogeologico i depositi di origine fluvioglaciale presentano una permeabilità primaria per porosità, variabile in funzione della composizione granulometrica degli orizzonti stratigrafici che costituiscono la successione di eventi deposizionali; in linea generale sono dotati di buona permeabilità sia orizzontale che verticale.

Nella seguente Figura si riportano alcuni valori orientativi dei coefficienti di permeabilità orizzontale in funzione della granulometria. Ai terreni rilevati, costituiti prevalentemente da uno scheletro solido ghiaioso-sabbioso, è possibile attribuire una permeabilità media pari a 10^{-4} m/s.

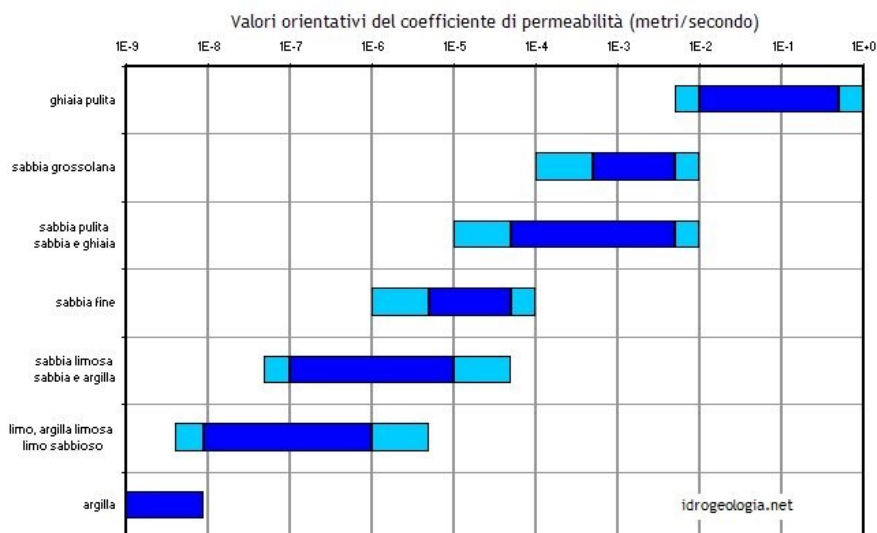


Figura 6 - Valori orientativi del coefficiente di permeabilità (metri/secondo).

Nella zona in esame, i fattori principali che caratterizzano la circolazione superficiale e ipogea sono l'acclività, la buona permeabilità dei depositi sciolti e la mediocre permeabilità secondaria per fessurazione del complesso dolomitico. Nei litotipi a prevalente componente carbonatica (Dolomia Principale), oltre alla fratturazione, gioca inoltre un ruolo importante la dissoluzione che, oltre ad ampliare le fratture, può dare a sviluppo ai fenomeni carsici e quindi indurre sostanzialmente ad un sistema idrico prevalentemente sotterraneo come nel caso in esame.

Nel corso dei sopralluoghi non è stata rilevata la presenza di circolazione idrica in prossimità della superficie tuttavia, dal sondaggio geognostico esistente, è stata rilevata la presenza di una falda freatica a circa 11 metri di profondità da p.c.; non si escludono pertanto locali e temporanee venute idriche provenienti dalle fessure del substrato roccioso. In fase di esecuzione dovranno essere realizzati idonei drenaggi alla base e a tergo della terra armata di progetto al fine di evitare sovrappressioni nel corpo dell'opera e al piede.

11. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Sulla base delle risultanze del rilevamento geologico condotto e dell'indagine sismica svolta, si afferma che il sottosuolo del sito in esame è costituito da un deposito sciolto di origine fluvioglaciale costituito da ghiaie da fini a grossolane con ciottoli e sabbie da fini a medie, stratificate, localmente massive e a supporto di clasti, definito da uno spessore massimo di 10÷15 metri nella porzione sommitale dell'area di progetto, per divenire a spessore modesto o assente alle quote inferiori e lungo i fianchi della vallecchia oggetto d'intervento.

Il deposito quaternario è sostenuto dal substrato roccioso dolomitico appartenente alla Dolomia Principale (DPR), definito da mediocri/buone caratteristiche geomeccaniche.

Il modello geologico di riferimento (MGR) è il seguente:

Livello	Profondità (m da p.c.)	Litologia
A	0.0 → 15.0	Deposito fluvioglaciale (SGD3)
S	0.0÷15.0 → in approfondimento	Substrato roccioso dolomitico (DPR)

12. PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E IDRAULICA

Nell'area di progetto non si evidenziano criticità legate a fenomeni geo-morfologici o di tipo idraulico data l'assenza di deflussi idrici e la presenza di substrato roccioso affiorante o comunque poco profondo, e le generali buone caratteristiche meccaniche del deposito sciolto. Unico fenomeno registrato nell'area di progetto è dato dalla potenziale caduta di blocchi rocciosi (volume inferiore a 0,5 mc) dalle pareti rocciose presenti lungo i fianchi della valle; in considerazione dell'intervento che si intende realizzare (rimodellamento del terreno con riempimento e costruzione di una terra armata), tale fenomeno franoso seguito la realizzazione di quanto in progetto non graverà più il sito in esame in quanto la testata e i fianchi della vallecchia sarà riempita di materiale sciolto e quindi i crolli rocciosi non avranno più modo di innescarsi.

Si fa inoltre presente che la base della terra armata in progetto sarà ammorsata nel terreno e/o impostata su substrato roccioso pertanto, anche dal punto di vista della stabilità globale del versante, non si ravvisano difficoltà di sorta; il litoide ha mediocri/buone caratteristiche geomeccaniche e le discontinuità dell'ammasso roccioso sono disposte a reggipoggio o traversopoggio. Per maggiori dettagli sulla stabilità globale dell'opera in terra, si rimanda alla Relazione geotecnica redatta dal sottoscritto a corredo del progetto.

13. SMALTIMENTO DELLE ACQUE

Le acque meteoriche captate dai drenaggi a servizio della terra armata di progetto e le acque raccolte dalle caditoie/pozzetti prevedibili lungo il parcheggio previsto nell'ambito del futuro ampliamento dell'insediamento produttivo di FAE, dovranno essere convogliate in apposite tubazioni di scarico e accompagnate in aree stabili per essere smaltite per dispersione nel terreno o smaltite nella rete fognaria previa autorizzazione degli Enti preposti.

14. GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Le terre e rocce derivanti dalle attività di scavo previste in progetto dovranno essere gestite secondo il D.lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. e il D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120, in vigore dal 22 agosto 2017, che sostituisce e riunisce in un'unica normativa tutta la gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti. Ai sensi di tali norme è possibile trattare il materiale di scavo come:

- A. **materiale da riutilizzare** a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato (art. 185, comma 1, lettera c del D.Lgs. 152/2006) purché il materiale non sia contaminato;
- B. **sottoprodotto** (art. 4 D.P.R. n. 120/17, comma 2) purché le terre e rocce da scavo soddisfino i seguenti requisiti:
 - a) sono generate durante la realizzazione di un'opera, di cui costituiscono parte integrante e il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;
 - b) il loro utilizzo è conforme alle disposizioni del piano di utilizzo di cui all'articolo 9 o della dichiarazione di utilizzo per cantieri di piccole dimensioni di cui all'articolo 21, e si realizza:
 - 1. nel corso dell'esecuzione della stessa opera nella quale è stato generato o di un'opera diversa, per la realizzazione di reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali;
 - 2. in processi produttivi, in sostituzione di materiali di cava.
 - c) sono idonee ad essere utilizzate direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
- C. **rifiuto**: è sempre possibile conferire le terre come rifiuto in discarica o impianti di recupero.

Per le rocce e terre provenienti da "*Cantiere di piccole dimensioni*", come nel caso in oggetto, il produttore, qualora siano destinate a recuperi, ripristini, rimodellamenti, riempimenti ambientali o altri utilizzi sul suolo, deve dimostrare che non siano superati i valori delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica o ai valori di fondo naturali e che non costituiscono fonte diretta o indiretta di contaminazione per le acque sotterranee.

La sussistenza di tali condizioni è attestata dal produttore tramite una dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà (art. 21 e Allegato 6 al DPR 120/17) che assolve la funzione del piano di utilizzo. La dichiarazione di utilizzo deve essere inviata, anche solo telematicamente, almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori di scavo al Comune del luogo di produzione e all'agenzia per l'ambiente competente.

I tempi previsti per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti possono essere prorogati una sola volta e per la durata massima di sei mesi in presenza di circostanze sopravvenute, impreviste o imprevedibili.

15. SISMICITÀ E SISMOTETTONICA REGIONALE

La sismotettonica è la disciplina che si occupa di studiare i rapporti tra la sismicità e la tettonica, al fine di individuare e caratterizzare le sorgenti sismiche ed il potenziale sismogenetico delle strutture geologiche attive in una determinata area.

L'area del Trentino e delle sue zone limitrofe è caratterizzata dalla presenza di tre principali sistemi tettonici, quali i sistemi di faglia della Valsugana (ad orientazione ENE-WSW), delle Giudicarie (ad orientazione NNE-SSW) e della Schio–Vicenza (ad orientazione NW-SE). Questi sistemi di faglia hanno agito in tempi diversi nella storia della catena alpina e sono oggi sismicamente attivi. L'attuale deformazione delle faglie appartenenti a questi sistemi tettonici è confermata dai cosiddetti “meccanismi focali”, i quali forniscono informazioni riguardanti geometria e tipologia di fagliazione per ogni singolo evento sismico.

Sulla base delle informazioni ottenute mediante indagini sismiche a scala regionale e grazie ai dati registrati dalla rete sismica presente nel territorio regionale e nei territori confinanti, è possibile dividere il Trentino dal punto di vista sismico in due porzioni: una porzione settentrionale, all'interno della quale rientra l'area di progetto in esame, definita da una sismicità trascurabile, e una meridionale caratterizzata da una sismicità bassa.

16. AZIONE SISMICA

L'azione sismica di progetto si definisce a partire dalla “Pericolosità Sismica di base”, che rappresenta in senso probabilistico, lo scuotimento atteso in un dato sito, in un dato intervallo di tempo (finestra temporale).

La Pericolosità Sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero (field free) su sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale (di categoria A), con prefissate probabilità di eccedenza P_{v_r} , nel periodo di riferimento V_r . Le forme spettrali, sono definite per ciascuna probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{v_r} , a partire dai seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

16.1. RISPOSTA SISMICA SITO SPECIFICA

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale (RSL), mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.3 (NTC 2018). In alternativa, per determinati assetti sismostratigrafici, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.11 riportata nel § 3.3.2 delle NTC18, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) come di seguito esposto.

• **Determinazione della categoria di sottosuolo:**

Sulla base delle indagini geofisiche eseguite è stata determinata una $V_{s,eq}$ maggiore a 360 m/s ($MaswL2$) pertanto il terreno di fondazione, dal punto di vista della velocità, è inquadrabile nella categoria di sottosuolo di tipo B meglio descritta nella sottostante tabella. Tale valore è stato stimato a partire dal piano fondazionale dell'opera in terra di progetto.

CATEGORIA di SOTTOSUOLO	Descrizione da D.M. 17/01/2018 – Tabella 3.2.II
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B 	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Estratto da D.M. 17/01/2018 – Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

• **Determinazione dell'amplificazione stratigrafica:**

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_s e C_c valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T^*c relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità e T^*c è espresso in secondi.

CATEGORIA di SOTTOSUOLO	S_s	C_c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T^*c)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T^*c)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T^*c)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T^*c)^{-0.40}$

Estratto da D.M. 17/01/2018 – Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

• **Determinazione della categoria topografica:**

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tabella 3.2.III – NTC18).

La pendenza media che caratterizza la superficie d'intervento è maggiore a 15° , pertanto ai fini dell'analisi sismica è stata adottata la categoria topografica **T2**.

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 $i > 30^\circ$

Estratto da D.M. 17/01/2018 – Tabella 3.2.III

• **Determinazione dell'amplificazione topografica:**

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella seguente Tab. 3.2.V (estratta da D.M. 17/01/2018), in funzione delle categorie topografiche definite e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

CATEGORIA TOPOGRAFICA	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1.2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1.4

In base alle disposizioni previste nelle NTC18 e da quanto suesposto, si definiscono per l'opera in progetto i seguenti parametri sismici:

- COMUNE di: **BORGIO D'ANAUNIA (TN)**
- Categoria suolo di fondazione: **B**
- Categoria topografica: **T2**
- Vita nominale: $V_N \geq 50$ anni - Numero di anni nel quale la struttura, soggetta alla manutenzione ordinaria, deve essere usata allo scopo al quale è destinata.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita minimi dell'opera 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

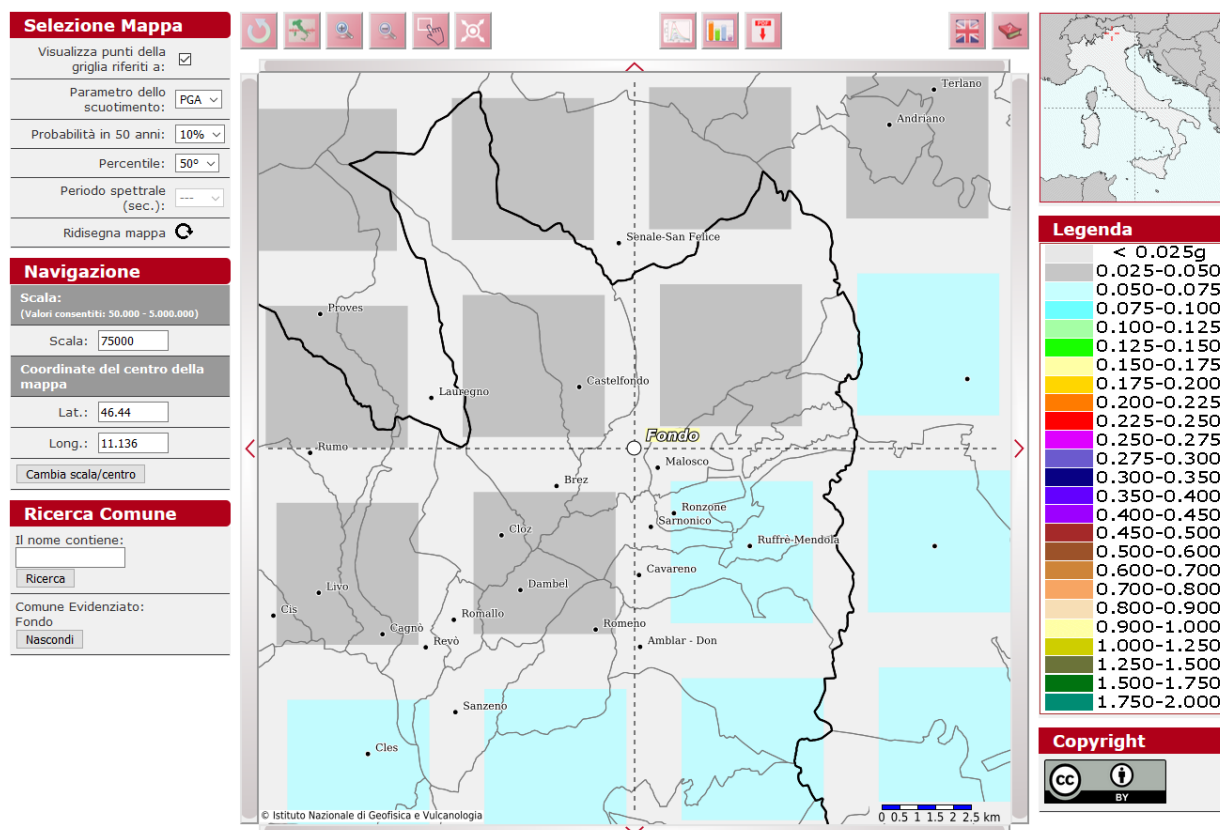
- **Classe d'uso:** = **II** ; (rif. par. 2.4.3. NTC 18)

il valore del coefficiente d'uso C_u è definito al variare della classe d'uso secondo la tabella seguente:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,70	1,0	1,5	2,0

I valori utilizzati per la definizione dell'azione sismica, sono puntualmente definiti da un reticolo di riferimento (griglia di 10751 punti) sulla base delle coordinate geografiche (latitudine e longitudine) del sito di studio. Di seguito si riporta la mappa di pericolosità sismica del progetto DPC INGV S1 utilizzata per la definizione dei valori di a_g , F_0 e T^*_c :

Figura 7 - Estratto mappa interattiva della pericolosità sismica (prob. 10% in 50 anni, 50° percentile).



Periodo di riferimento per l'azione sismica: $PV_r = 50$; pari a $V_R = V_N \cdot C_U$

Utilizzando il software automatico di calcolo Geostru PRO, della Geostru® Software, introducendo i dati di input sopra riportati, si ottengono in forma tabellare i seguenti parametri e coefficienti sismici, riferiti ai diversi stati limite da considerare:

PARAMETRI SISMICI					
STATO LIMITE	Prob. superam. (%)	Tr (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_c^* (sec)
Operatività (SLO)	81	30	0,019	2,584	0,158
Danno (SLD)	63	50	0,024	2,569	0,187
Salvaguardia Vita (SLV)	10	475	0,049	2,664	0,338
Prev. Collasso (SLC)	5	975	0,059	2,775	0,369

COEFFICIENTI SISMICI PER STABILITA' PENDII E FONDAZIONI				
STATO LIMITE	kh	kv	Amax (m/s ²)	Beta
Operatività (SLO)	0,006	0,003	0,271	0,200
Danno (SLD)	0,007	0,003	0,340	0,200
Salvaguardia Vita (SLV)	0,014	0,007	0,695	0,200
Prev. Collasso (SLC)	0,017	0,009	0,834	0,200

17. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Il sito d'intervento deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

Ai sensi del § 7.11.3.4.2 del D.M. 17/01/2018, quando le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) sono minori di 0.1g, la verifica alla liquefazione può essere omessa. Data l'accelerazione massima attesa pari a circa 0.07g la verifica alla liquefazione è stata omessa.

18. CONCLUSIONI

Lo studio eseguito ha evidenziato la presenza di un deposito fluvioglaciale di potenza massima 10÷15 m. nella porzione superiore dell'area di progetto (testata della vallecchia che si intende riempire), per ridurre rapidamente di spessore fino a divenire modesto o assente alle quote inferiori e lungo i fianchi della vallecchia in esame. Il deposito è caratterizzato da livelli di potenza metrica costituiti da sabbia ghiaiosa debolmente limosa alternati a livelli di ghiaia con sabbia debolmente limosa; in profondità la frazione limosa tende ad aumentare.

Nel settore inferiore e lungo i fianchi della vallecchia in esame è presente substrato roccioso appartenente alla Dolomia Principale, caratterizzato da mediocri/buone caratteristiche geomeccaniche (GSI: 40÷60); il litoide è definito da un grado di fratturazione medio.

Nel corso dei sopralluoghi non è stata rilevata la presenza di una falda acquifera o la presenza di circolazione idrica in prossimità della superficie, non si possono tuttavia escludere locali circolazioni idriche sotterranee poco profonde soprattutto in concomitanza di piogge abbondanti. Le informazioni esistenti hanno evidenziato la presenza di una falda freatica 100 metri a SW del sito in esame e ad una profondità di circa 11,00 m da p.c..

Si raccomanda di prevedere idonei sistemi di drenaggio ed allontanamento delle acque a tergo e alla base della terra armata ed una corretta regimazione delle acque superficiali, nonché la messa in atto di idonei accorgimenti atti ad evitare l'insorgere di dissesti: in linea generale le acque raccolte dovranno essere convogliate in adeguate tubazioni e scaricate in aree poco pendenti o smaltite nella rete fognaria previa autorizzazione. L'esatta ubicazione delle tubazioni di scarico a dispersione, dovrà essere concordata con la DL geologica.

La morfologia locale non evidenzia alcun significativo fenomeno idrogeologico in atto o pregresso che indichi mobilizzazioni del terreno che possano in qualche modo coinvolgere la superficie dell'area in esame, ad eccezione di potenziali crolli rocciosi che saranno sensibilmente attenuati o eliminati seguito il "tamponamento" delle pareti rocciose mediante il riempimento della valle. Per quanto esposto è possibile affermare che l'intervento a progetto è compatibile con il livello di pericolo derivante da fenomeni franosi, valanghivi e idraulici; l'opera in terra e il successivo riempimento comporterà una sensibile riduzione o eliminazione dei fenomeni idrogeologici rilevati.

Nella Carta di Sintesi della Pericolosità della PAT l'area di intervento ricade in *Aree a pericolosità bassa, media ed elevata* (cfr. Paragrafo 5.1).

Si rammenta che quanto riportato si riferisce allo specifico intervento e non può essere rappresentativo per altri interventi, anche sul medesimo areale.

Sarnonico, 17 marzo 2022

il Geologo
dott. geol. Gianluca Abram



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



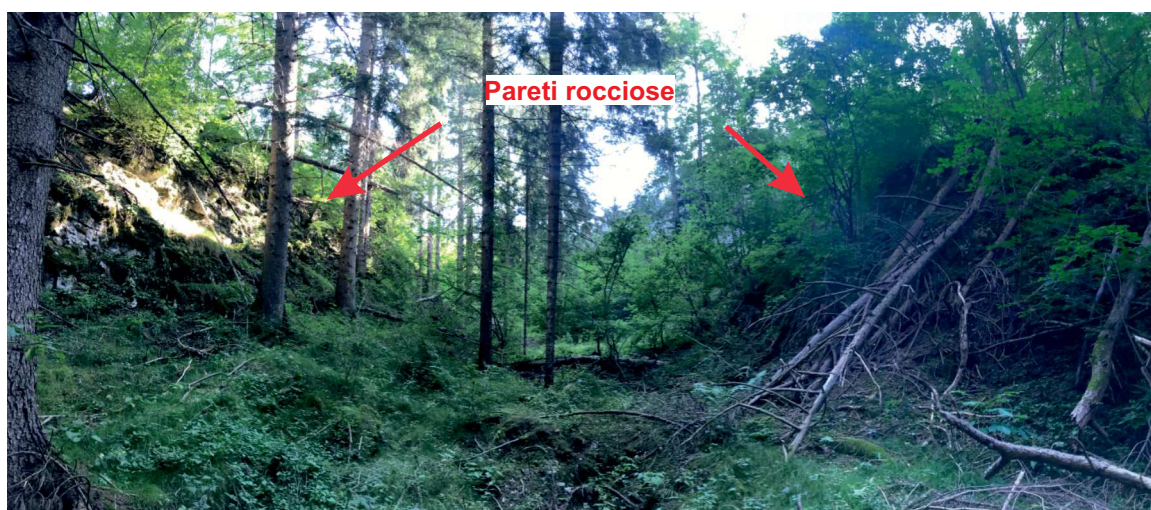
Vista dell'area in esame (poligono in rosso) da satellite.



Vista della testata della vallecola oggetto di cambio cultura.



Terra armata posta lungo il fianco sx della vallecola in esame.

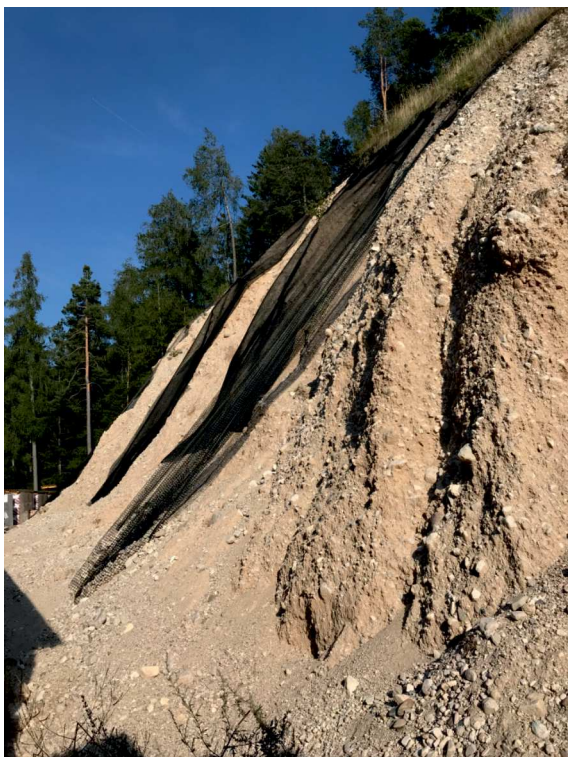


Vista dal confine nord dell'area di progetto, in prossimità del piano di appoggio della terra armata di progetto.

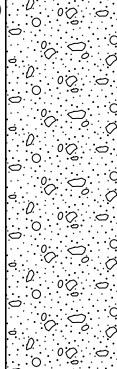
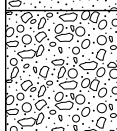
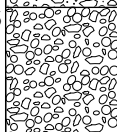
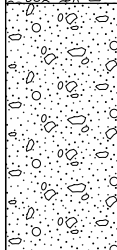
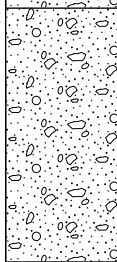
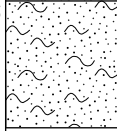
Substrato roccioso affiorante lungo i fianchi della valle.



Deposito fluvioglaciale rilevato nell'area di progetto e nei suoi dintorni.



SONDAGGIO GEOGNOSTICO ESISTENTE

ESTRATTO DALLA BANCA DATI SONDAGGI					localita: Fondo, zona artigianale opera: Capannone committente: Provincia Autonoma di Trento			foglio n° 1 coordinate x(m): 664023,57 y(m): 5145705,84			
ID sondaggio: 3325 n° sondaggio: 1 data: 23/01/1998			prof. sondaggio (m): 15 bedrock (m): 0		prof. falda (m): 10,9 quota pc (m): 1009		tipo falda: libera inclinazione: Verticale (0°-20°)				
campionatore	campione	liv. falda	profondità	stratigrafia	note:	S.P.T.					
					descrizione litologica	prof.	N°				
			0		sabbia grossa con ghiaia debolmente limosa (clasti subarrotondati, d max 5 cm)		1,5	5	4	5	
			4,5		ghiaia di natura calcarea con sabbia grossa grigia (clasti angolari d max 3 cm)			3	11	10	14
			6		ghiaia grossa debolmente sabbio limosa (d max 6 cm)				4,5	13	18
			7,5		sabbia di colore marrone mediam. addensata con ghiaia debolmente limosa (clasti subarrotondati, d max 3 cm)		6	12		18	20
			10,5		sabbia di colore beige con ghiaia di natura calcarea angolare localmente limosa con rari ciottoli			7,5	16	24	22
			13,5		sabbia di colore beige con limo con rara ghiaia		9		15	26	28
			15								
		10,9									

REPORT INDAGINE SISMICA

**VARIANTE N.9 AL PIANO ATTUATIVO AI
FINI SPECIALI PIP3
VARIANTE DI LOTTIZZAZIONE LOTTI FAE GROUP
A FONDO COMUNE DI BORGO D'ANAUNIA**

INDAGINI GEOFISICHE FONDAZIONE TERRE ARMATE



GG Service sas

via Bellavista, 13/A
38069 Torbole s/G (TN)
P.Iva/C.F./Reg. TN: 01999920224
tel/fax: 0464-664799/506041
infoggservice@gmail.com

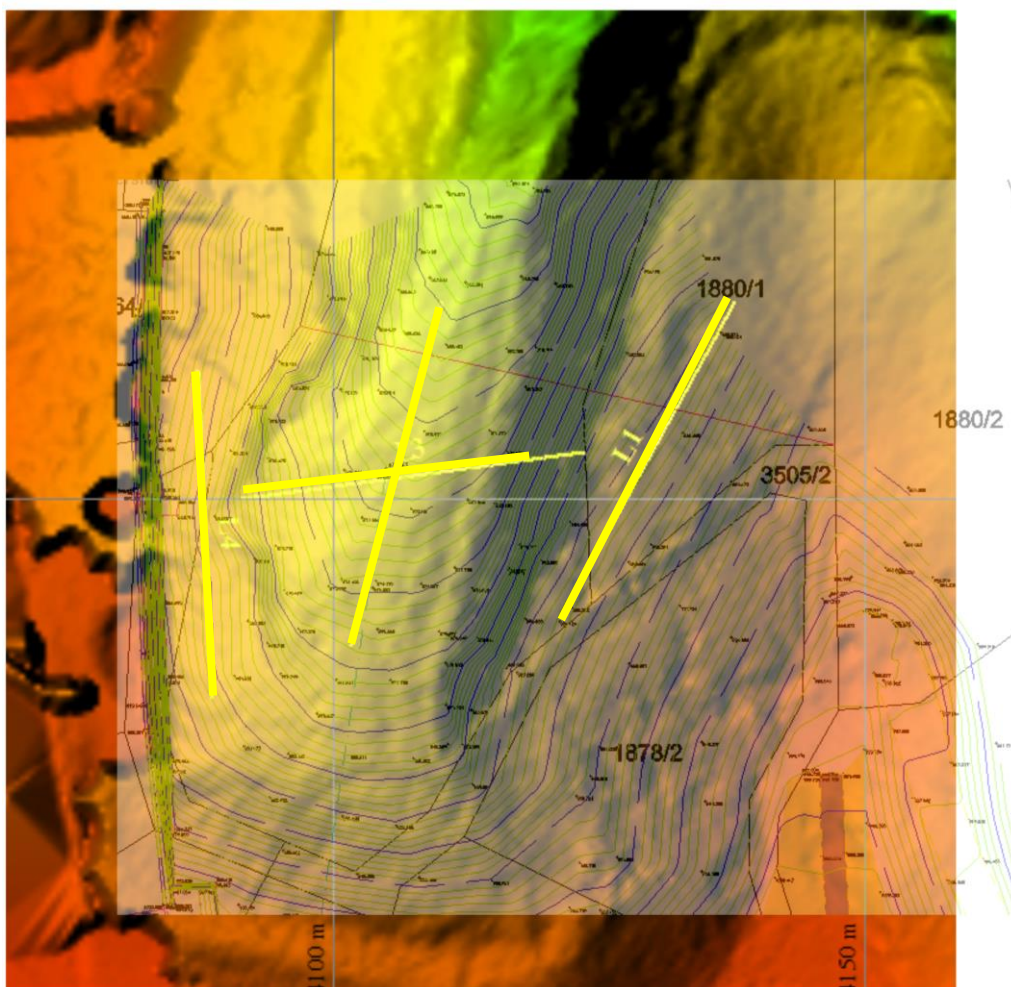
Introduzione

Su richiesta del dott. Geol. Gianluca Abram e dell'Ing. Francesco Asson, per conto della Proprieta' FAE Group Spa, la GG Service Sas ha eseguito alcune indagini sismiche sui terreni dove si intende realizzare un edificio in terre armate, atto a colmare una conca molto stretta e profonda all'incirca 8-10m.

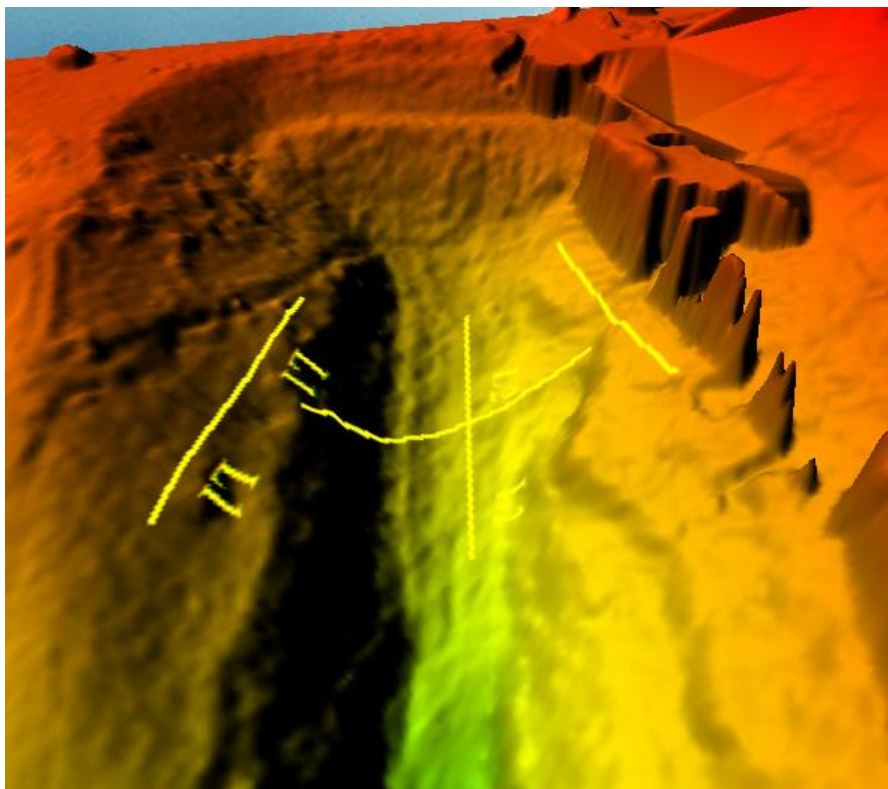
La conca ha spalle in roccia affiorante o subaffiorante e con molta probabilita' rappresenta l'evoluzione erosiva di una fascia a maggior fratturazione. Tema del presente lavoro e' quello di verificare gli spessori delle coperture sul suo fondo dove appoggera' il piede dell'opera in progetto.

La realizzazione del piano di posa prevede un incastro di ~2m lato valle e di circa 6 lato monte.

In accordo con il Geol. progettista, presente in sito al momento delle indagini, sono stati eseguiti due transetti sismici (L1 e L4) sulle spalle della conca e due transetti tra loro incrociati (L2 in asse e L3 trasversale) siti nell'area di imposta fondazionale.



Ubicazione Prove sismiche



Rendering 3 D da vista da Nord



Immagini del sito di indagine (L1,L2,L3ruotata,L4)

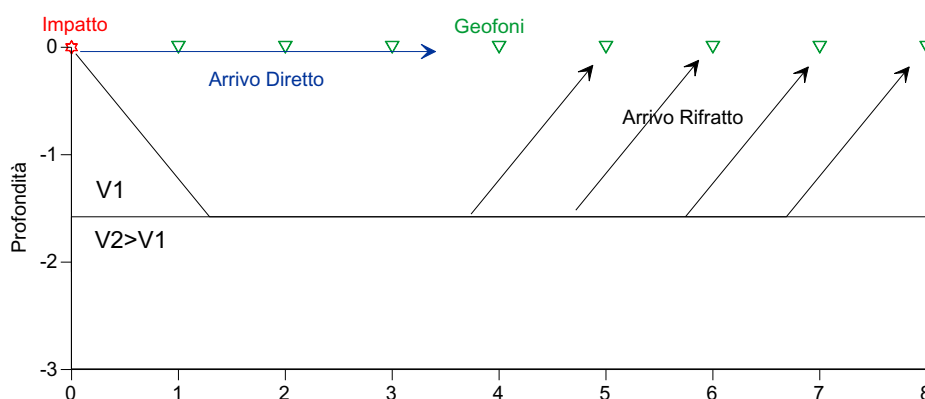
Per espletare il lavoro e' stato utilizzato uno strumento multicanale (Daq link IV) collegato a cavo multipolare e 24 sensori Verticali da 10HZ, una mazza da 8Kg.

Cenni metodologici

Sismica a rifrazione tomografica

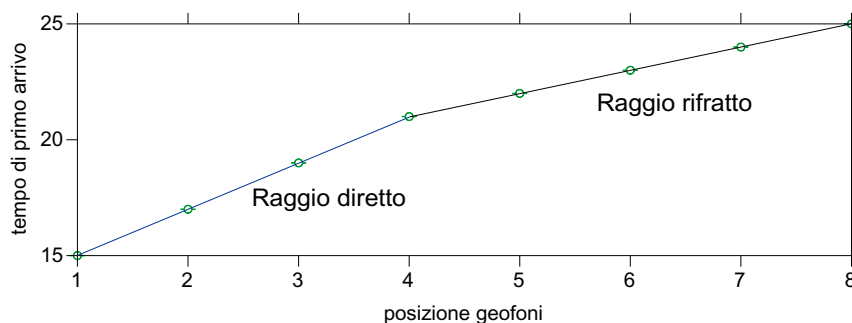
La tecnica di sismica a rifrazione si basa sul concetto che una sorgente meccanica eccita il sottosuolo inviando onde elastiche che si propagano in profondità e vengono parzialmente deviate (rifratte) lungo l'interfaccia che separa due mezzi a differente impedenza acustica ($\rho \cdot V$) ed in parte proseguono verso il basso finché l'energia viene completamente assorbita dal mezzo in cui si propaga.

L'effetto di queste onde è la formazione di vibrazioni che vengono captate da sensori posti sulla superficie, generalmente elettromagnetici, in grado di trasformare la sollecitazione meccanica, che subisce la massa mobile del magnete, in un segnale elettrico che, debitamente amplificato, viene riprodotto su monitor e memorizzato su supporto informatico.



Esempio schematico (total-rifrazione) del percorso dei raggi sismici "tiro esterno" di un modello sismico a due strati

La lettura dei tempi di primo arrivo della vibrazione ai differenti sensori (geometricamente disposti in linea sul terreno secondo un profilo) è riferita all'istante zero, che è quello che corrisponde all'istante dell'energizzazione del terreno. Essa consente la loro ubicazione su un diagramma cartesiano ottenendo le dromocrone relative ad ogni punto di energizzazione. Il grafico che ne risulta è costituito da una serie di segmenti la cui inclinazione corrisponde alla velocità di propagazione delle onde elastiche nel mezzo.

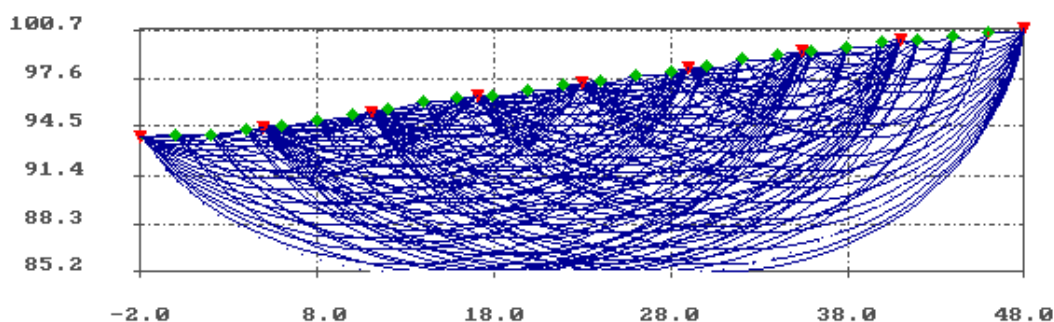


Dromocrona relativa all'esempio schematico

Dall'analisi delle dromocrone è possibile (e questo è il dato fondamentale dell'interpretazione) definire il numero dei sismostrati presenti nel sottosuolo (ovviamente per la finestra temporale adottata che è funzione della lunghezza dello stendimento e della quantità di energia utilizzata).

L'interpretazione per la risoluzione geometrica dei sismostrati (profondità e velocità) si avvale di diverse metodologie di calcolo dalle più semplici procedure dirette (Hagedoorn, 1959; Barry, 1967), seguendo le leggi generali dell'ottica, a quelle più complesse sia 1D che 2D che elaborano i dati mediante la tecnica del GRM (Palmer, 1980), del Ray-tracing o della tomografia (Hampson & Russell, 1984; Olsen, 1989).

La finalità della tomografia è la dettagliata esplorazione del modello di distribuzione della velocità in un mezzo. Essa si basa sui primi arrivi ottenuti per set plurimi di coppie sorgente-ricevitore: la sola limitazione è quella che i raggi sismici formino una rete completa e cioè, idealmente, ciascun punto del mezzo investigato dovrebbe essere attraversato dai raggi in tutte le direzioni.



Esempio applicativo di una fitta rete di raggi ideale per la tomografia (24 geofoni e 9 basi di energizzazione)

Il metodo tomografico si basa sul principio della rifrazione critica di raggi monocromatici che si retro-propagano in superficie e per la cui simulazione è richiesto un gradiente velocità positivo.

Pertanto l'applicabilità dell'analisi è limitata a variazioni laterali di velocità non elevate e per morfologie della superficie topografica e dei rifrattori non esasperate.

Oltre all'input fornito dai tempi di primo arrivo misurati (t_{obs}), è sempre necessario introdurre un modello iniziale, che può essere scelto tra semispazio a velocità costante, mezzo stratificato a velocità crescente con gradiente fisso o con step di velocità o modello 2D strutturato in base al livello di conoscenza del sito indagato; la risoluzione del problema diretto avviene per semplice computazione geometrico-temporale tracciando i raggi che attraversano nel minor tempo disponibile le celle in cui è stato suddiviso il modello iniziale.

Il calcolo dei residuali rappresenta cella per cella l'input per la risoluzione del problema inverso che è di tipo linearizzato con la possibilità di scelta di diversi criteri di ricerca (back projection, damped least squares, max. smoothness e max. flatness constrain).

Abitualmente la prima soluzione dell'inversione viene utilizzata come input 2D per la successiva, ripetendo l'analisi in maniera

iterativa ed adottando l'ottimizzazione per smoothness o max. flatness constrain. In questo caso l'inversione è di tipo non lineare ed il risultato principale è l'estremizzazione del bending dei raggi.

Questo accorgimento permette di approdare a soluzioni più realistiche soprattutto nei casi in cui sono presenti impedenze acustiche elevate.

Masw

La normativa più recente che disciplina le costruzioni, richiede la caratterizzazione del sottosuolo di fondazione ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto. Per ottenere questo dato è previsto il calcolo del parametro V_{s30} o $V_{s\text{equivalente}}$. Detto parametro si calcola attraverso la relazione:

$$V_{s30} = 30 / \sum_{i=1, N} h_i / V_i$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Si ricorda che la velocità delle onde di taglio (V_s) è quella che meglio di ogni altro parametro fisico caratterizza i materiali dal punto di vista del loro comportamento meccanico.

Il Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) è un metodo investigativo che è stato introdotto all'inizio del 1999 nell'ambito geotecnico e geofisico. Si tratta di una tecnica analitica che genera un profilo di velocità delle onde di taglio (V_s in funzione della profondità) analizzando su una registrazione multicanale le onde di superficie di tipo Rayleigh. Il metodo utilizza i concetti della registrazione ed elaborazione multicanale largamente impiegati da decenni nei rilievi a riflessione per l'esplorazione profonda.

Le proprietà frequenza dipendenti delle onde di superficie di Rayleigh possono essere utilizzate per rappresentare e caratterizzare il sottosuolo nella sua porzione superficiale. La parte principale dell'analisi delle onde di superficie si basa sull'accurato calcolo delle velocità di fase del modo fondamentale del movimento orizzontale dell'onda Rayleigh.

Il modo fondamentale delle "ground roll" (onde di superficie tipo Rayleigh) che è senza dubbio una delle più importanti fonti di disturbo nei rilievi a riflessione, nel MASW, invece, viene definito come segnale e le tecniche di acquisizione e di elaborazione sono rivolte alla sua enfattizzazione. A causa di questa diversa concezione di "segnale" e di "rumore" in rapporto alla sismica a riflessione il metodo richiede leggere modifiche per quanto riguarda l'approccio sia realizzativo che di trattamento dei dati.

La fase di acquisizione come si è premesso è analoga a quella adottata nei normali rilievi sismici a riflessione con la sola precauzione che la geometria utilizzata deve essere tale da assicurare un'efficiente generazione di onde di superficie che si sviluppino al di sotto del range di profondità delle onde primarie.

Nella fase di elaborazione il compito più delicato è rappresentato dalla costruzione della curva di dispersione. Essa altro non è che il plottaggio della velocità di fase in funzione della frequenza e ha il suo supporto teorico nel fatto che quando per l'energizzazione sismica si usa una sorgente compressionale (impatto) più di 2/3 dell'energia sismica generata è rappresentata dalle onde di Rayleigh, che sono la componente principale delle "ground roll". Assumendo quindi che ci sia una variazione verticale della velocità, ogni componente di frequenza di un'onda di superficie ha una diversa velocità di propagazione (chiamata *velocità di fase*) per una ed una sola componente di frequenza. Questa caratteristica di unicità si riflette in una differente lunghezza d'onda per ciascuna frequenza propagata. Questa proprietà è chiamata **dispersione** e per osservare la natura dispersiva di un segnale sismico generico si usa un'analisi chiamata *overtone* che consente la costruzione di un grafico dove i trend delle massime ampiezze locali rappresentano possibile energia dispersiva (cioè modo fondamentale e modi più elevati di propagazione). Questo viene ottenuto esaminando tutte le possibili velocità di fase per tutte le frequenze considerate nell'analisi.

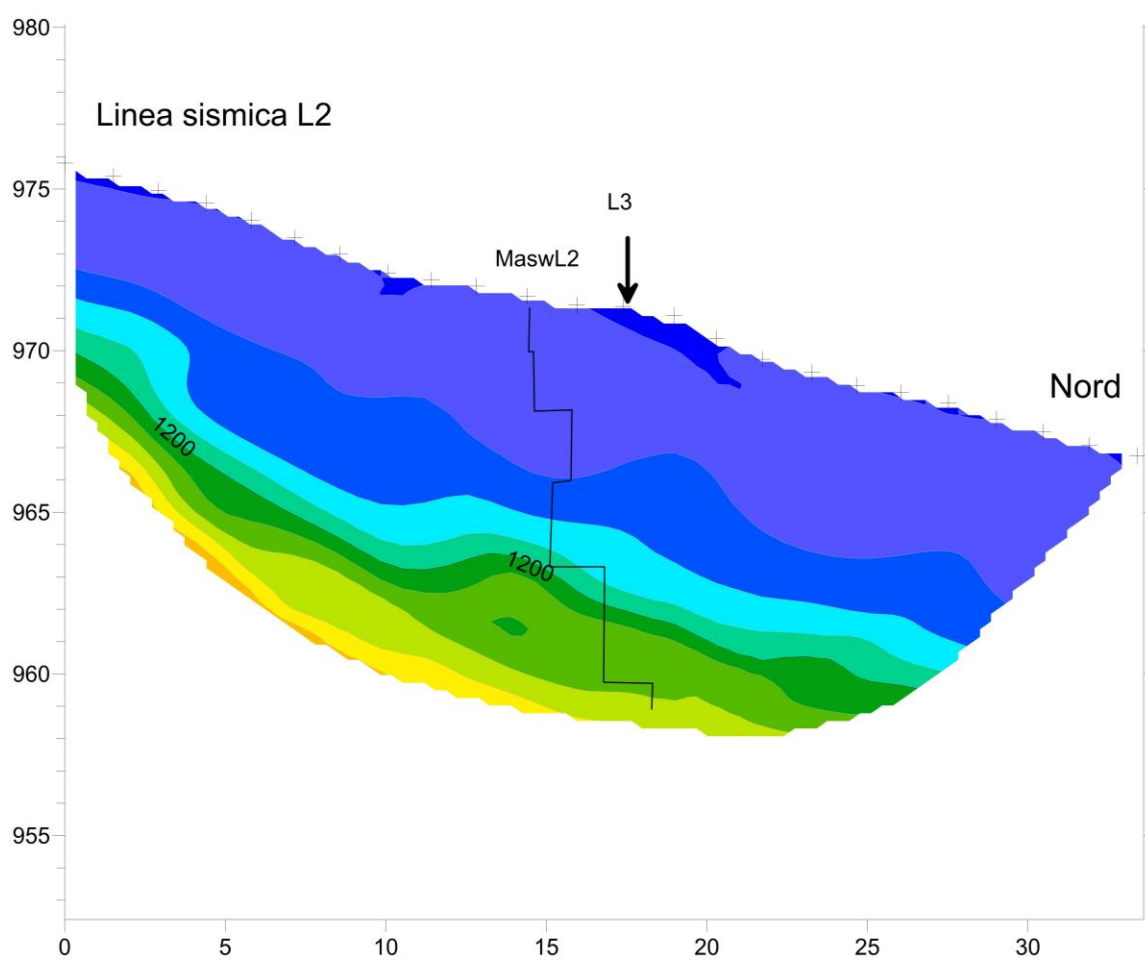
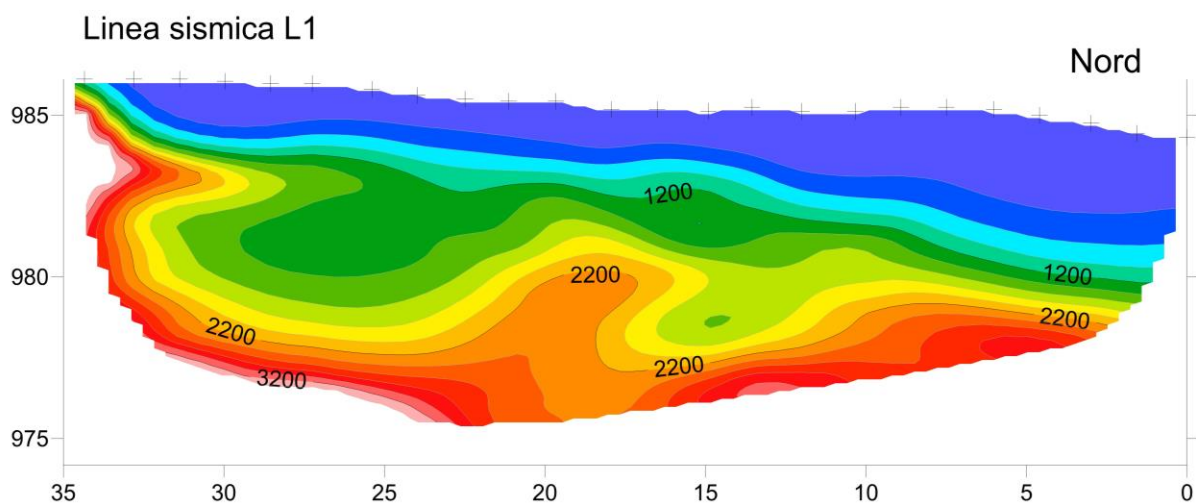
Il passo finale è quello del processo di inversione della curva di dispersione per arrivare alla definizione del profilo delle velocità delle onde S (V_s). Si tratta di un procedimento iterativo che richiede i dati di dispersione e una stima del coefficiente di Poisson e della densità. L'approccio con il metodo dei minimi quadrati consente un'automatizzazione del processo. La prima operazione è quella di definire un modello iniziale, dedotto dalla curva di dispersione, ed il programma ricerca un profilo delle V_s la cui curva teorica di dispersione meglio si approssima a quella sperimentale usando, come guida e condizioni al limite, l'errore RMS. Tanto più è corretto il modello iniziale tanto più piccolo è il numero di iterazioni necessarie per raggiungere il best fit.

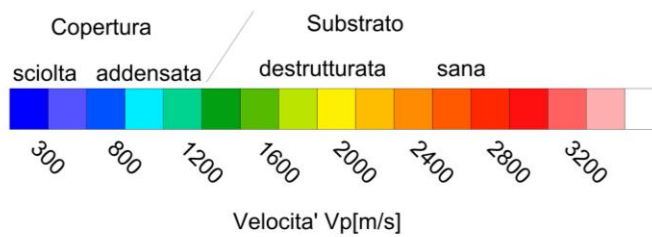
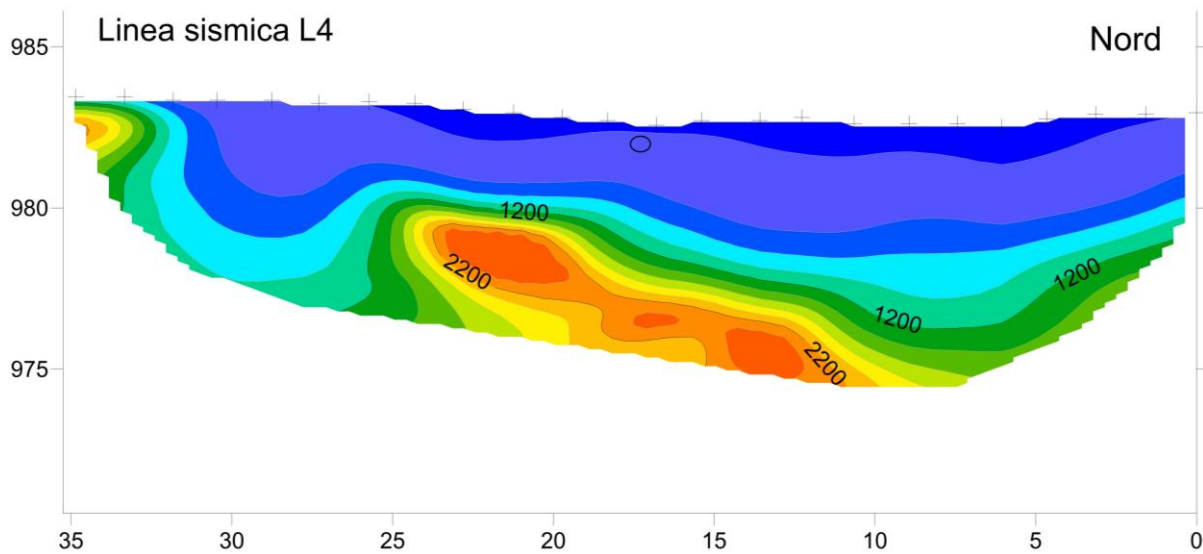
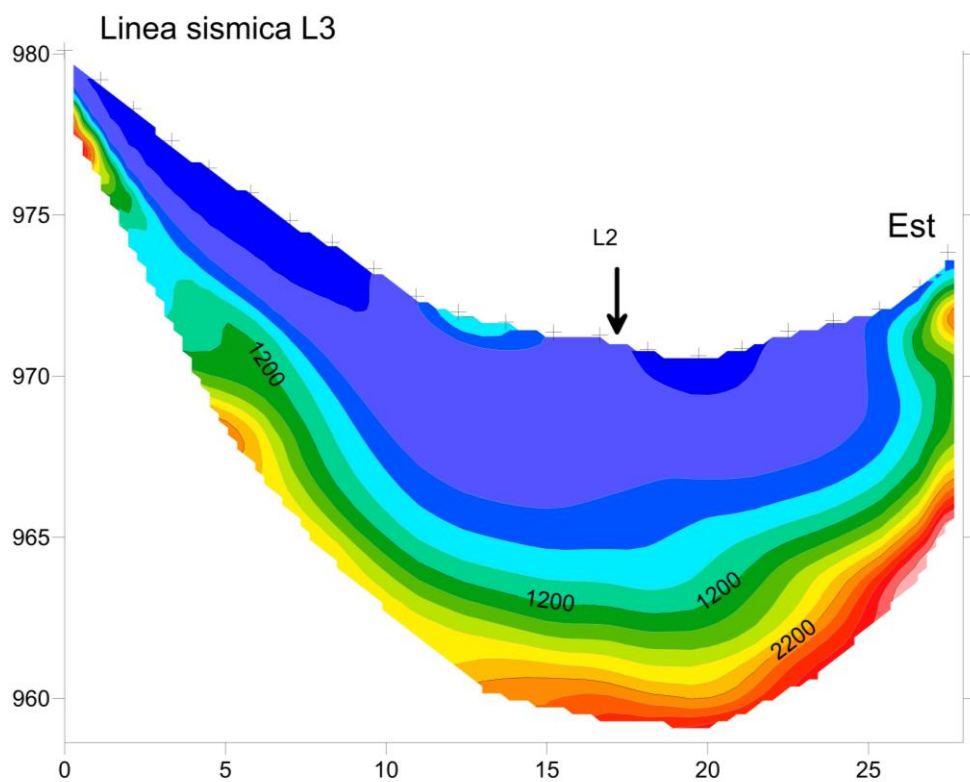
Analisi dei risultati

Le prove sismiche eseguite sui fianchi ed al centro della conca hanno consentito di recuperare informazioni importanti relativamente alla sismostratigrafia locale.

La sismica a rifrazione L1, che è eseguita sul fianco orientale mostra come esista una copertura non lapidea massima di 1.5m-3.0m prima di entrare in roccia da degradata a compatta. Lo spessore della copertura cresce verso nord in maniera coerente con quanto visibile in sito: nella zona di chiusura della conca esistono infatti affioramenti lapidei discontinui che suggeriscono la risalita dell'ammasso roccioso.

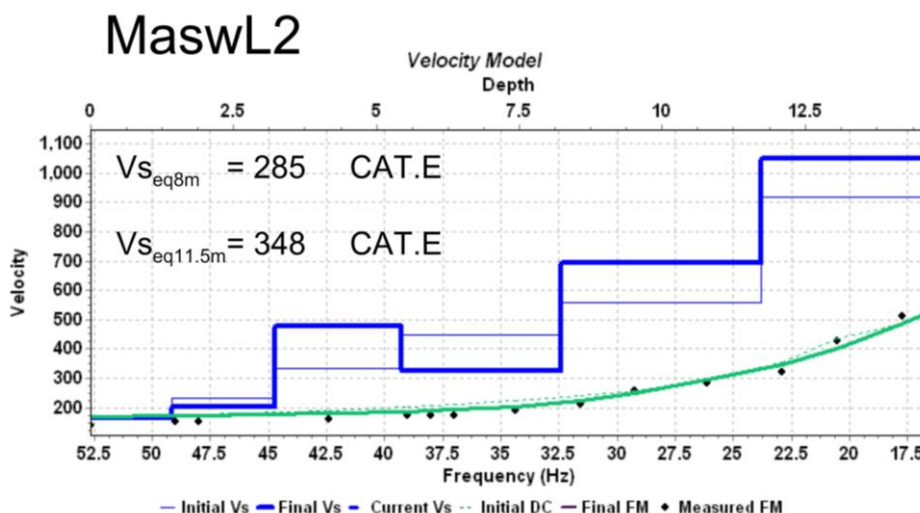
Ugualmente per il lato opposto (L4) la copertura cresce verso nord ed è leggermente più potente 2-4m. Il contatto con la sottostante roccia appare più netto ad eccezione della parte meridionale del profilo in cui, alla progressiva 30m~, si intravede una discontinuità riempita di materiali lenti.





Unitamente alla definizione dei modelli di velocità bidimensionali, lungo lo stendimento sismico L2 (in asse conca) e' stato possibile analizzare le onde di superficie (Masw) registrate durante l'esecuzione di una delle energizzazioni, eseguite per la sismica a rifrazione. Il dato che se ne ricava e' una verticale media delle onde di taglio Vs che possono servire a definire la categoria di suolo di fondazione, finalizzata ai calcoli delle azioni sismiche di progetto.

Nell'immagine che segue si mostra la simoverticale Vs unitamente alla curva di dispersione misurata. Nel modello sismico L2 Vp, sopra riportato, e' stato diagrammato l'andamento del medesimo profilo al fine di verificare la congruenza delle due informazioni (rifratore e primo contrasto Vs a circa 8m). La simoverticale Vs identificherebbe il bedrock sismico a circa 11.5m (profondita' pizzicata dalla rifrazione) ricoperto da un deposito piu' addensato rispetto alla copertura di riempimento.



Al netto delle interpretazioni geolitologiche (glaciale o regolite del substrato roccioso) relativamente alla definizione della categoria sismica di progetto si indicano i valori del Vs equivalente 8m e 11.5m. Si rammenta che l'inserimento in cat.E e' relativo alla situazione odierna riferita al piano campagna. Dato che sono previsti importanti approfondimenti fondazionali (da 2 a 6m - esterno interno del piano fondazionale) e' facile intuire che qualora vengano rimossi/migliorati i terreni aerati di copertura ($V_s < 200$ m/s) eliminando il loro contributo dai calcoli del Vseq si otterra' un aumento delle Vs medie. che portera' al miglioramento di categoria da E a **Cat.B**.

Torbole s/G.
17-03-2022

GG Service s.a.s.
di
Garbari Tomas &C.

