



Dott. geologo CLAUDIO MENAPACE

Vicolo de le Giarberie, 8 (Fraz. Pavillo)
38019 - VILLE D'ANAUNIA (TN)

Cellulare: 340-1895763
P. iva: 02174350229
C.F.: MNP CLD 81L13 C794 I
claudio_menapace@hotmail.it
c.menapace@geotaspec.it



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



COMMITTENTE:

COMUNE DI



VILLE D'ANAUNIA

TITOLO DEL PROGETTO:

**VARIANTE DI PUBBLICA UTILITÀ AL P.R.G.
DEGLI EX COMUNI DI TASSULLO E TUENNO**
- Inserimento area centro servizi a nord di Tuenno -

- RELAZIONE GEOLOGICA A SUPPORTO DELLA VARIANTE AL P.R.G. -
sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno
CONTIENE LA "RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO"



IL GEOLOGO:

Timbro e firma:



Claudio Menapace

IL PROGETTISTA:

Timbro e firma per presa visione:

Rel. geol. n. 655/2021

Ville d'Anaunia, maggio 2021



SOMMARIO:

1. PREMESSA.....	2
2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	3
3. UBICAZIONE DELL'AREA.....	4
4. INQUADRAMENTO RISPETTO AGLI STRUMENTI URBANISTICI DI TIPO GEOLOGICO	5
4.1 Carta di Sintesi della Pericolosità (P.U.P.)	5
4.2 Carta delle Risorse idriche (P.U.P.)	8
5. ASPETTI AMBIENTALI (PRESENZA DI SITI INQUINATI, SITI BONIFICATI, ECC.)	9
6. VINCOLO IDROGEOLOGICO.....	12
7. MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO.....	13
7.1 Struttura geologica-tettonica generale della zona	13
7.2 Indagini geognostiche pregresse presenti nella zona	13
7.3 Nuove indagini geognostiche eseguite a supporto della Variante al P.R.G.	14
7.4 Modello geologico-stratigrafico locale ricostruito sulla base delle indagini eseguite	35
7.5 Geomorfologia.....	37
7.6 Idrogeologia nel sottosuolo e idrologia superficiale	38
8. STABILITA' GENERALE DELL'AREA.....	41
9. BREVE DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI DALLA VARIANTE AL P.R.G.....	41
10. "BIOTOPO PALU' DI TUENNO" (IT3120059).....	43
10.1 Caratteristiche ambientali del biotopo	46
10.2 Potenziali impatti di carattere geologico-idrogeologico sul biotopo	46
11. MODELLAZIONE SISMICA SITO-SPECIFICA	48
11.1 Indagine sismica eseguita "ad hoc" (aprile 2021)	49
11.2 Categoria di suolo di fondazione (ricavata dall'indagine sismica).....	49
11.3 Condizioni topografiche	50
11.4 Amplificazione stratigrafica	50
11.5 Amplificazione topografica.....	51
12. ANALISI DELLE PROBLEMATICHE GEOLOGICHE-IDROGEOLOGICHE E VALUTAZIONE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA PRELIMINARE	53
13. CONCLUSIONI	54



1. PREMESSA

Il presente documento rappresenta la RELAZIONE GEOLOGICA (contenente la “Relazione sulla modellazione simica del sito”) redatta a supporto della **VARIANTE DI PUBBLICA UTILITÀ AL P.R.G. DEGLI EX COMUNI DI TASSULLO E TUENNO** elaborata dall’arch. Giorgio Pedrotti di Trento per conto del Comune di Ville d’Anaunia.

La Variante riguarda un’area di circa 6 ettari situata all’estremità nord del territorio comunale, a ridosso del “Biotopo Palù di Tuenno”, poco a sud del “Centro per lo Sport e il Tempo Libero (CTL)” di Cles. L’area si colloca lungo la S.P. 73 che collega Tuenno (verso S) con Cles (verso N), con la quale confina lungo tutto il lato ovest; verso NNE è presente il biotopo; verso S si trova un’ampia zona frutticola.

La presente relazione geologica definisce i lineamenti geomorfologici della zona, nonché i processi morfologici e gli eventuali dissesti in atto o potenziali e la loro tendenza evolutiva; è inoltre descritta la successione litostratigrafica locale, la natura e la distribuzione spaziale dei litotipi, oltre allo schema della circolazione idrica superficiale e ipogea.

Il presente elaborato ha lo scopo di verificare la fattibilità generale delle previsioni urbanistiche della Variante al P.R.G., mediante l’acquisizione di dati bibliografici, rilevamenti geologici di campagna e indagini geognostiche sito-specifiche eseguite “ad hoc”.

Nel presente studio è contenuto il modello geologico e idrogeologico locale, soggetto a lievi incertezze trattandosi comunque di uno studio di fattibilità; il modello andrà affinato ulteriormente nelle successive fasi autorizzative e progettuali, ai fini del futuro sviluppo urbanistico dell’area. Esso è ricostruito sulla base di precedenti interventi edilizi eseguiti in passato a breve distanza dall’area d’intervento (in particolare presso il C.T.L. di Cles), a supporto dei quali lo scrivente ha redatto gli specifici studi geologici e geotecnici, oltre ad aver supportato la fase esecutiva dei lavori. Inoltre, è stata condotta una specifica campagna geognostica a supporto della presente Variante, basata su n. 6 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH) eseguite in diversi punti dell’area, oltre a indagini geofisiche (stendimenti geo-elettrici e sismici).

Per quanto riguarda l’analisi del livello di pericolosità idrologica-idraulica e il rischio associato alle nuove previsioni urbanistiche, siccome buona parte della zona d’interesse rientra nelle “Aree da approfondire – APP” della nuova “Carta di Sintesi della Pericolosità (CSP)”, la Variante è accompagnata da uno specifico “Studio di Compatibilità idrologica-idraulica” redatto dallo scrivente in collaborazione col dott. for. Mirco Baldo (*LandEco – TN*). In esso sono analizzate dettagliatamente le condizioni di pericolo idrologico-idraulico alle quali è effettivamente esposta l’area di Variante, definendo 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.



2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

Dal 22.03.2018 sono entrate in vigore le *Norme Tecniche per le Costruzioni N.T.C. 2018* di cui al D.M. 17.01.2018, che raccolgono in forma unitaria le norme che disciplinano la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni. Tali norme prescrivono che il progetto e la realizzazione delle opere interagenti con il terreno e le rocce devono tenere conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali.

Lo studio geologico deve fare specifico riferimento al progetto, con analisi, valutazioni ed elaborati grafici a questo finalizzati.

➤ **Normativa nazionale**

- Associazione Geotecnica Italiana (1977) - "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche";
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 - "Norme in materia ambientale";
- D.P.R. 120/2017 (in vigore dal 22 agosto 2017) – "Nuovo Regolamento per la gestione semplificata delle terre e rocce da scavo";
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 17 gennaio 2018 - "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni N.T.C. 2018";
- Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 - "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".

➤ **Normativa provinciale**

- Dipartimento Protezione Civile e Tutela del territorio e Dipartimento LL.PP., trasporti e reti - "Prima direttiva per l'applicazione del Decreto del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti 14 gennaio 2008 in materia di Nuove norme Tecniche per le Costruzioni";
- Ordine dei Geologi del Trentino Alto Adige, Ordine degli Ingegneri di Trento e Ordine degli Ingegneri di Bolzano - "Direttive per la redazione delle relazioni geologiche, geotecniche e sismiche ai sensi delle N.T.C. 2008 (8 novembre 2010)";
- L.P. 1° luglio 2011, n. 9 - "Disciplina delle attività di protezione civile in provincia di Trento";
- L.P. n. 15 del 04/08/2015 - "Legge Provinciale per il Governo del Territorio";
- D.G.P. 1317/20 - approvazione su tutto il territorio provinciale della nuova "Carta di Sintesi della Pericolosità" e approvazione delle "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".



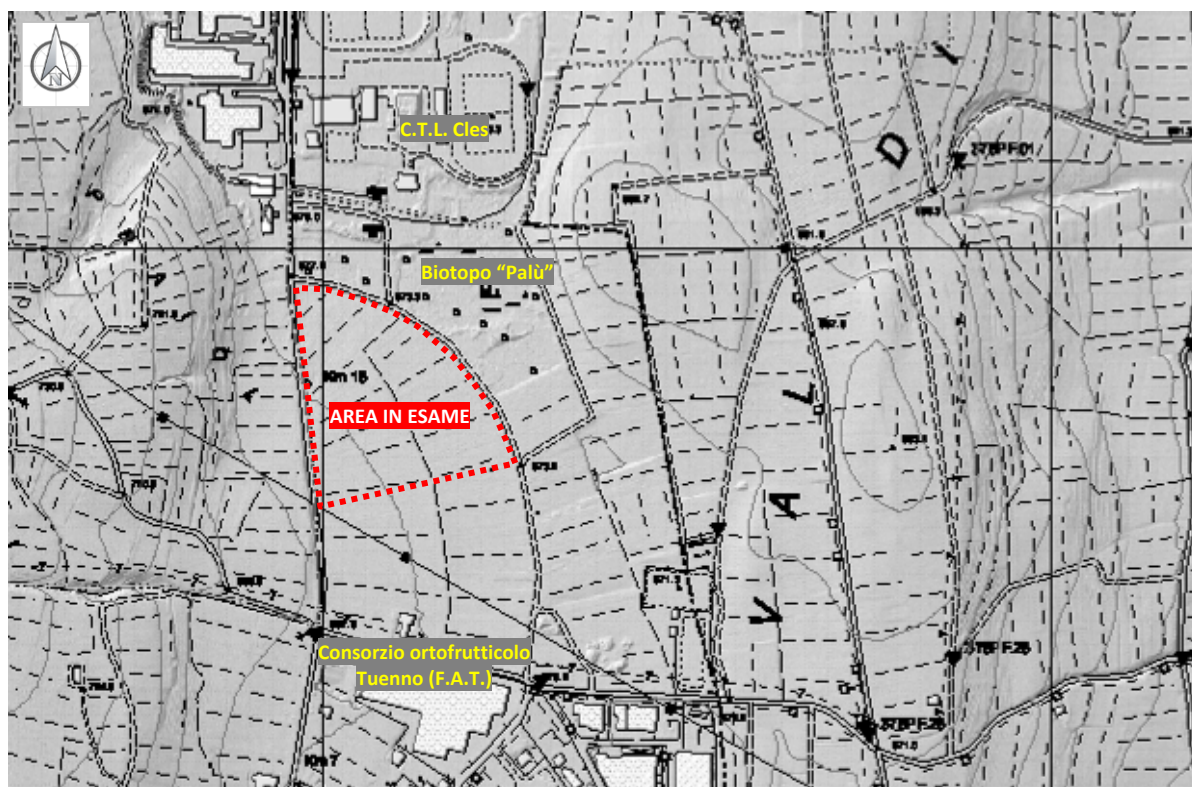
3. UBICAZIONE DELL'AREA

L'area interessata dalla Variante puntuale al P.R.G. occupa una superficie di circa 6 ettari e si trova all'estremità nord del territorio comunale, a ridosso del "Biotopo Palù di Tuenno" col quale confina verso N e verso E; più a nord del biotopo si trova invece il "Centro per lo Sport e il Tempo Libero" di Cles.

L'area si colloca lungo la S.P. 73 che collega Tuenno (verso S) con Cles (verso N), con la quale confina lungo tutto il lato ovest (progressiva km 15 circa); verso N e verso E si trova il biotopo, mentre a S si estende una vasta area frutticola semipianeggiante che verso S arriva fino al consorzio ortofrutticolo FAT di Tuenno.

Vista l'estensione areale sono interessate numerose particelle fondiarie attualmente adibite a meleti coltivati in maniera intensiva. Dal punto di vista geomorfologico la zona si presenta debolmente esposta verso ENE (pendenza media 3°-4°), essendo situata sulla parte distale di un ampio conoide alluvionale generato dagli apporti solidi del "rio Paglia" che scende dal versante a monte circa mezzo chilometro più a sud (v. corografia seguente); la quota altimetrica varia da 683 m s.l.m. (spigolo SW) a 673 m s.l.m. (estremità SE).

Dal punto di vista amministrativo, la zona rientra nel Comune di Ville d'Anaunia (C.C. Tuenno) e nella C.T.P. in scala 1:10000 è compresa nella "sezione 043050 - Tuenno".



Carta Tecnica Provinciale (C.T.P.)
- Sezione "043010 CLES" -





Ortofoto anno 2015
- Sezione "043050 Tuenno" -



Comune amministrativo:	Comune di Ville d'Anaunia
Comune catastale:	C.C. Tuenno
Toponimo (località):	loc. "Talao" - "Palù di Tuenno"
Particelle fondiari interessate:	pp. ff. varie
Quota altimetrica media:	Da q. 683 a q. 673 m s.l.m.
Coordinate geografiche (UTM – Wgs84):	Lat. (N): 46.339551 Long. (E): 11.028394

4. INQUADRAMENTO RISPETTO AGLI STRUMENTI URBANISTICI DI TIPO GEOLOGICO

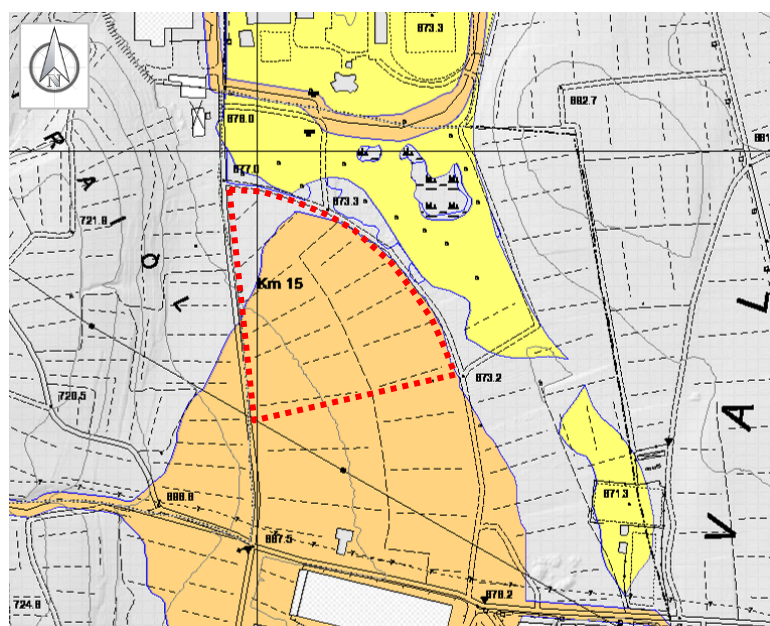
4.1 Carta di Sintesi della Pericolosità (P.U.P.)

La legge provinciale 1 luglio 2011, n. 9 *"Disciplina delle attività di protezione civile in provincia di Trento"* pone in capo alla Provincia il compito di previsione dei pericoli e dei rischi (art. 6, comma 3), mediante la redazione e l'aggiornamento delle *"Carte della pericolosità"* (art. 10, comma 1) che riguardano i pericoli connessi a fenomeni idrogeologici, valanghivi, alluvionali, sismici, a incendi boschivi, a determinate sostanze pericolose, a cavi sospesi o ad altri ostacoli alla navigazione aerea e ad ordigni bellici inesplosi. Tali strumenti costituiscono la base di riferimento per definire la *"Carta di Sintesi della Pericolosità"* prevista dall'art. 22 della legge provinciale 4 agosto 2015, n. 15 (Legge provinciale per il governo del territorio), la quale 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"*. In particolare, la Carta di Sintesi della Pericolosità è uno degli elementi costituenti il Piano Urbanistico Provinciale PUP (comma 4, lettera d, dell'articolo 21 della legge



provinciale 4 agosto 2015, n. 15 e comma 1 dall'articolo 3 della legge provinciale 27 maggio 2008, n. 5) 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). Le "Carte della Pericolosità" e la "Carta di Sintesi della Pericolosità" sono state approvate su tutto il territorio provinciale tramite D.G.P. 1317/20 del 04.09.2020 e sono entrate in vigore il giorno 2 ottobre 2020, giorno successivo alla pubblicazione nel BUR. Con l'entrata in vigore della Carta di Sintesi della Pericolosità hanno cessato 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 P.G.U.A.P.).

Di seguito si riporta un estratto della Carta di Sintesi della Pericolosità (CSP) con evidenziata la superficie interessata dalla Variante al P.R.G. (6 ettari), che rientra in buona parte nelle **"Aree da approfondire - APP"** (art. 18 delle N.d.A. del P.U.P. – campitura colore arancione) e in parte minima verso NW nelle **"Aree con penalità trascurabili o assenti – P1"** (art. 18 – colore bianco). Questa classificazione è dovuta alla presenza circa mezzo chilometro più a S del corso d'acqua denominato "rio Paglia" (acqua pubblica cod. 1350) che scende dal versante a monte scorrendo da W verso E, passando in loc. "Talaio" subito a N del magazzino ortofrutticolo FAT. A partire dal magazzino, per un tratto di circa 400 m verso E, il rio scorre tombinato sotto la strada comunale; un eventuale intasamento con tracimazione del rio potrebbe provocare l'allagamento/alluvionamento delle aree poste subito a valle (verso NE e verso SE): il "ventaglio" indicato in arancione nella CSP indica le aree potenzialmente allagabili (come da previsioni preliminari formulate al momento della stesura della CSP).



Carta di Sintesi della Pericolosità (P.U.P.)
- Sezione "043050 Tuenno" -





Le Norme di Attuazione della Carta di Sintesi della Pericolosità ("Allegato C" alla D.G.P. 1317/20) stabiliscono quanto segue:

➤ **Aree da approfondire – APP (art. 18)**

Le aree da approfondire hanno un carattere di salvaguardia volto ad assicurare specifici studi prima della realizzazione degli interventi ammessi. Questa classe di pericolosità, tenuto conto del fatto che il territorio provinciale, per le sue caratteristiche naturali, presenta un fondo naturale di pericoli tipici dell'ambiente alpino, è stata adottata per le porzioni di territorio per cui non è disponibile la relativa classificazione ordinaria della pericolosità.

Inoltre, questa classe è stata adottata anche per i tratti di corsi d'acqua coperti, vista la difficoltà di valutazione delle caratteristiche idrauliche/strutturali delle opere.

Nel caso delle previsioni urbanistiche vigenti gli interventi di trasformazione edilizia in tali aree sono subordinati a specifici studi di compatibilità, finalizzati ad approfondire le dinamiche degli eventi attesi e a individuare, con riferimento all'area oggetto di intervento, la corrispondente pericolosità secondo le classi previste dalla deliberazione della Giunta provinciale n. 2759 del 2006 e s.m. nonché della penalità secondo la deliberazione della Giunta provinciale concernente "Disposizioni tecniche per la redazione della 'Carta di sintesi delle pericolosità' in attuazione di quanto disposto dall'articolo 14 della legge provinciale 27 maggio 2008, n. 5 'Approvazione del nuovo piano urbanistico provinciale'." Considerata la classe di penalità risultante da detti studi si applica all'area di intervento la disciplina d'uso del suolo corrispondente alla rispettiva penalità e le relative precisazioni contenute nel presente documento.

Lo studio, richiesto per la presentazione o il rilascio del titolo edilizio per gli interventi nelle aree da approfondire, è subordinato al parere della struttura di merito per tipologia di pericolo.

In deroga a quanto previsto nei paragrafi precedenti, nelle aree da approfondire per presenza di fenomeni alluvionali in corrispondenza del reticolo idrografico e per quelle da approfondire per presenza di fenomeni valanghivi, si stabiliscono le seguenti specifiche disposizioni:

- a) *nelle aree da approfondire legate al solo reticolo idrografico, rimane ferma la necessità di verificare preventivamente l'ammissibilità rispetto alla disciplina delle invariati del Piano urbanistico provinciale e alle disposizioni sulla polizia idraulica di cui alla l.p. n. 18 del 1976; per gli interventi ammessi lo studio allegato al piano o al progetto deve attestare mediante asseverazione la compatibilità della previsione o dell'intervento con l'assetto del corso d'acqua, il pericolo atteso e le caratteristiche strutturali e idrauliche delle sezioni di deflusso se il corso d'acqua è coperto o tombinato, senza che ciò comporti l'aggiornamento della classe di penalità dell'area;*
- b) *nelle aree da approfondire interessate da fenomeni valanghivi lo studio asseverato consiste in una relazione nivologica che, analizzando nel dettaglio il fenomeno atteso, possa escludere il verificarsi di fenomeni valanghivi in grado di interessare le zone oggetto di intervento o, in alternativa, individui gli accorgimenti costruttivi, le opere di difesa o le misure gestionali atti a tutelare l'incolumità delle persone, senza che ciò comporti l'aggiornamento della classe di penalità dell'area.*

Lo studio, richiesto per la presentazione o il rilascio del titolo edilizio degli interventi nelle aree da approfondire, di cui ai precedenti punti a) e b), 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. Una volta concluso l'iter edilizio il comune trasmette lo studio di compatibilità – in formato digitale .pdf - alla Provincia per l'integrazione del registro delle relazioni.

Nel caso di adozione di nuove previsioni urbanistiche e l'autorizzazione in deroga di opere pubbliche o di interesse pubblico nelle aree da approfondire, il piano o il progetto sono supportati da uno studio che, con riferimento al contesto, assicuri l'approfondimento degli eventi attesi e la classificazione dell'area oggetto di modifica secondo la disciplina delle classi di penalità. A seguito dell'approvazione degli strumenti urbanistici si rinvia all'aggiornamento periodico delle Carte della pericolosità e della Carta di sintesi della pericolosità. Analogamente, nel caso di procedimenti di deroga urbanistica, l'aggiornamento della Carta di sintesi della pericolosità è condotto secondo la procedura di aggiornamento adottata periodicamente.

Al fine dell'aggiornamento della Carta nonché per l'integrazione del registro delle relazioni, nel caso di deroghe urbanistiche di competenza comunale, il comune trasmette il provvedimento finale alla Provincia, unitamente allo studio di compatibilità, in formato .pdf.



➤ **Aree con penalità trascurabili o assenti – P1 (art. 18)**

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 trasformazione edilizia, il progettista incaricato, mediante la relazione geologica quando prevista dalle Norme Tecniche per le Costruzioni o approfondimenti specifici, considera le eventuali misure precauzionali da adottare soprattutto per gli interventi che ricadono in prossimità di aree con livello di penalità maggiore.

Come previsto dall'art. 18 delle N.d.A., poiché la nuova previsione urbanistica interessa in buona parte un'Area da approfondire (APP), la Variante al P.R.G. va supportata da uno specifico STUDIO DI COMPATIBILITA' nel quale sono descritte le condizioni di pericolo locali, definendo 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.

Nel caso specifico lo Studio non va asseverato dal tecnico estensore, poiché la Variante viene sottoposta a specifica Conferenza dei Servizi e quindi sarà la Provincia a validare formalmente il Piano e lo Studio di Compatibilità. Si rimanda ai contenuti dello Studio, elaborato dallo scrivente in collaborazione del dott. for. Mirco Baldo (LandEco – TN), per la descrizione delle condizioni di pericolosità a cui risulta esposta l'area di Variante.

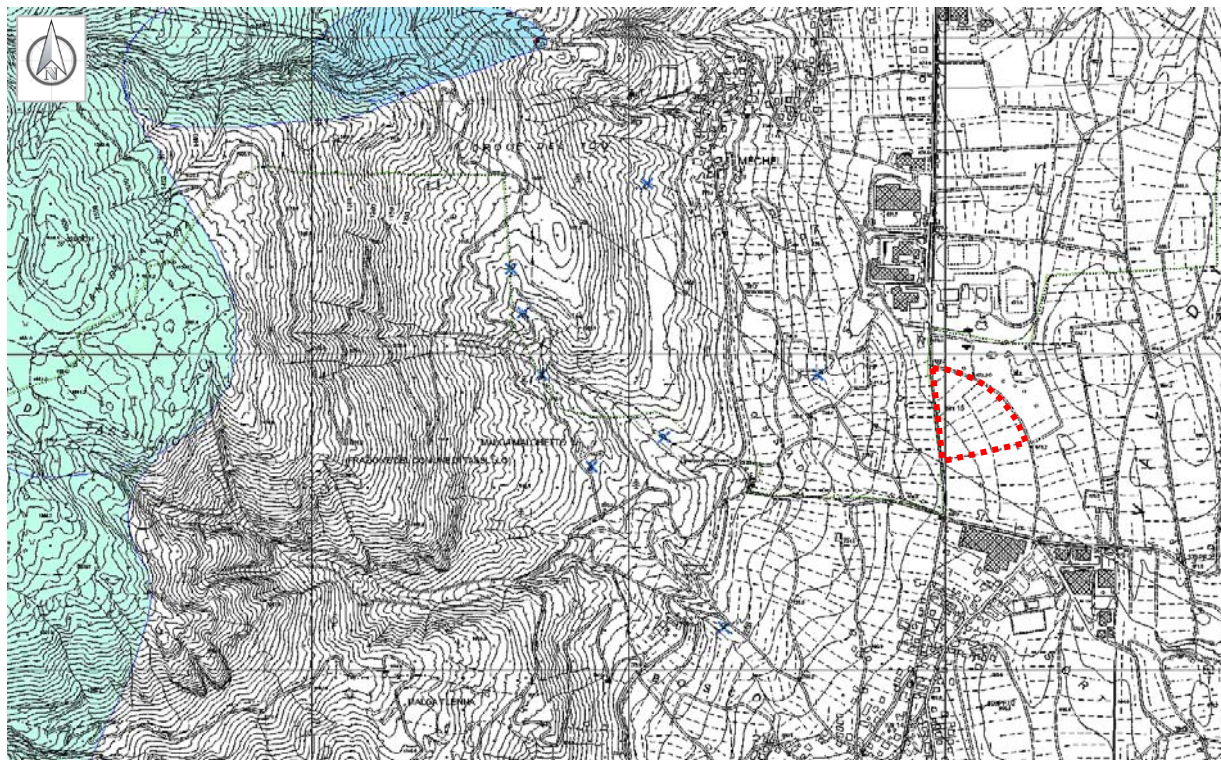
4.2 Carta delle Risorse idriche (P.U.P.)

Nel 2008 a seguito dell'entrata in vigore del nuovo Piano Urbanistico Provinciale (P.U.P.) e dell'applicazione dell'articolo 21 delle sue Norme di Attuazione ("Tutela delle risorse idriche destinate al consumo umano") è stata approntata la Carta delle Risorse idriche del P.U.P.

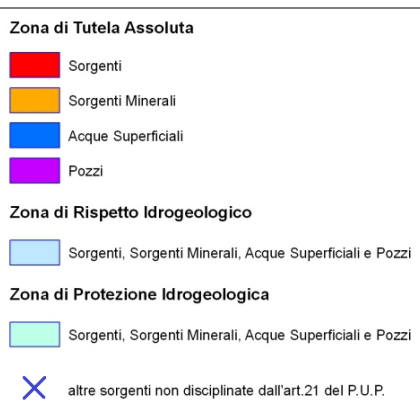
Tale cartografia individua le sorgenti, i pozzi e le acque superficiali utilizzate per gli acquedotti pubblici e per l'imbottigliamento (acque minerali) definendo le rispettive "zone di salvaguardia" e le disposizioni normative.

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. Con questo aggiornamento la Carta delle Risorse Idriche utilizza come base di riferimento la Carta Tecnica Provinciale 2017 approvata con Delibera G.P. n° 2126 del 07/12/2017.

Come si vede nel seguente estratto della *Carta delle Risorse idriche del P.U.P.*, l'area oggetto della presente Variante puntuale al P.R.G. non rientra in "zone di salvaguardia idrogeologica di pozzi e/o sorgenti idropotabili". Pertanto si esclude che gli interventi di urbanizzazione dell'area possano interferire negativamente con eventuali acque sorgive idropotabili (completamente assenti nella zona).



Carta delle Risorse idriche (P.U.P.)
- Sezione "043050 Tuenno" -



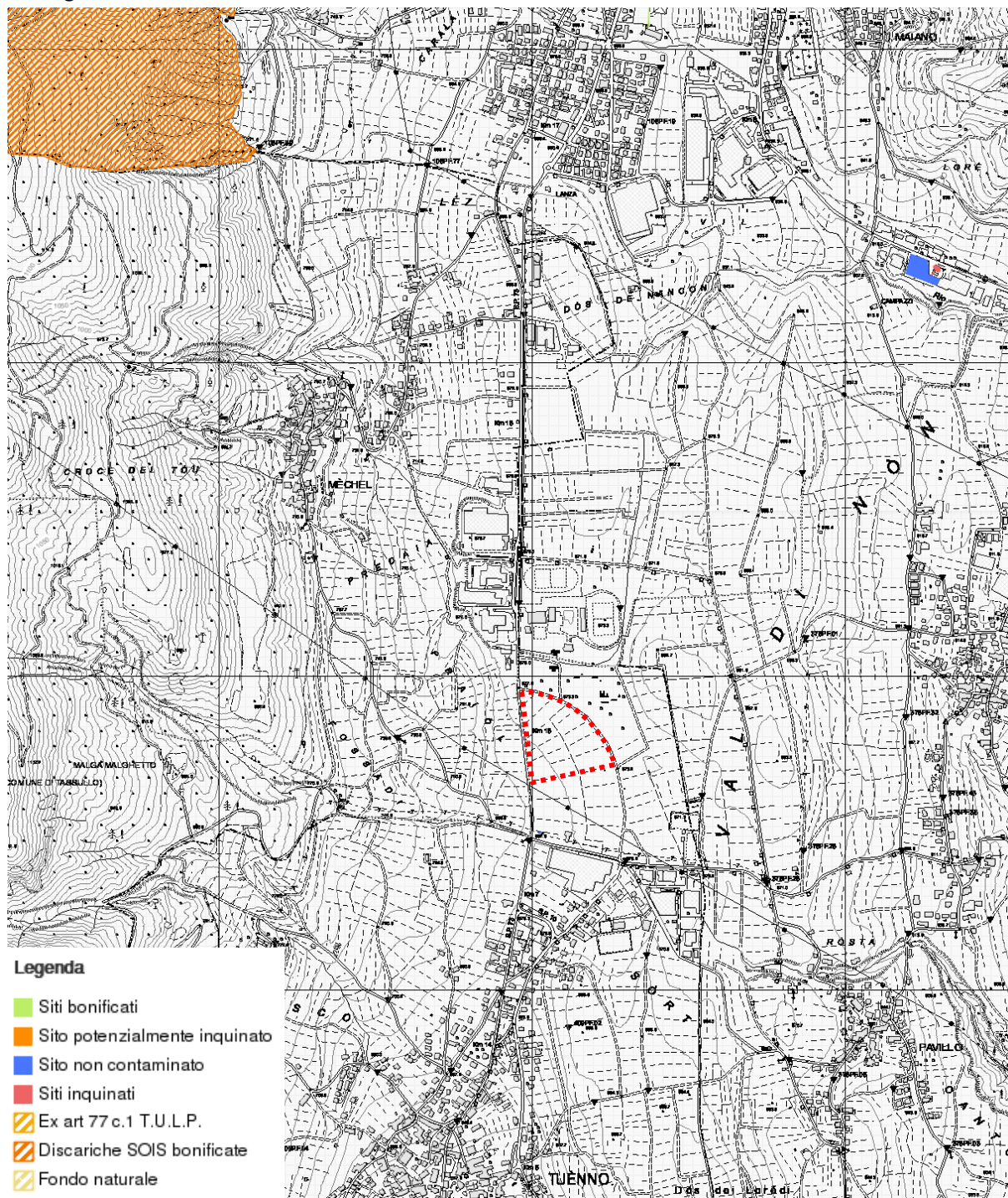
5. ASPETTI AMBIENTALI (PRESENZA DI SITI INQUINATI, SITI BONIFICATI, ECC.)

Secondo l'anagrafe dei siti da bonificare (portale geo-cartografico – A.P.P.A.), nell'area interessata dalla Variante puntuale al P.R.G. non sono cartografati:

- siti potenzialmente contaminati ai sensi degli artt. 242, 245 o 244 del d.lgs. 152/06;
- siti contaminati ai sensi del DM 471/99 iscritti in anagrafe anteriormente all'entrata in vigore del d.lgs. 152/06;
- siti bonificati;
- siti non contaminati con superamento delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC di cui all'allegato 5 alla parte IV del d.lgs. 152/06) ma non superamento delle concentrazioni soglia di rischio (CSR);



- ex discariche di RSU bonificate dal SOIS (rif. art. 76 del DPGP 26 gennaio 1987 n. 1-41/Leg.);
- ex discariche incontrollate di rifiuti ex art. 77 comma 1 TULP oggetto di interventi di messa in sicurezza ai sensi dell'art. 77 del DPGP 26 gennaio 1987 n. 1-41/Leg.;
- aree in cui è stata riconosciuta la presenza di Fondo naturale per superamenti delle concentrazioni soglia di contaminazione dovute a cause naturali.



Anagrafe siti inquinati, siti oggetto di procedimento di bonifica (A.P.P.A)
- Sezione "043050 Tuenno" -





Visto l'attuale utilizzo dell'area (tutte le pp. ff. interessate dalla Variante sono coltivate a meleti e lo sono dalla seconda metà del secolo scorso), siccome in passato l'area non ha ospitato attività produttive di tipo industriale e/o artigianale, si ritiene improbabile la presenza di sostanze inquinanti nel sottosuolo. Alcune delle pp. ff. sono state recentemente oggetto di riprofilatura morfologica/livellamento, mediante l'apporto di terreni da fuori sito, in modo da innalzarne leggermente la quota topografica. E' chiaro tuttavia che nelle successive fasi autorizzative e progettuali, andrà eseguita la "caratterizzazione chimico-ambientale" dei terreni presenti nei primi metri di sottosuolo, mediante campionamenti in diversi punti e analisi chimiche di laboratorio, allo scopo di accertare le qualità ambientali dei terreni, già nelle fasi di progettazione preliminare e/o di fattibilità generale degli interventi.

Un cenno generale per quanto riguarda la futura gestione delle terre e rocce da scavo derivanti dalle nuove opere di infrastrutturazione: il terreno scavato in sito potrà essere gestito come "sottoprodotto" e quindi destinato a riutilizzo ai sensi del D.lgs. 152/2006 e ss.mm. nonché del regolamento di cui al D.P.R. 120/2017 (*"Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'art.8 del decreto legge 12 settembre 2014, n. 133 convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014 n. 164"*). In base a tale vigente normativa, i materiali di risulta degli scavi in terreni naturali e rocce, nonché in riporti storici con contenuto in materiali antropici non superiore al 20% in peso (art. 4 comma 3 D.P.R. 120/2017) potranno essere gestiti come sottoprodotti e riutilizzati in recuperi, ripristini, rimodellamenti, riempimenti ambientali o altri utilizzi sul suolo, previa verifica analitica sulla sostanza secca rispetto ai parametri della Tabella 1 (colonne A e B) dell'All. 5 parte IV del D.lgs. 152/2006 con riferimento alle matrici ambientali ed alla destinazione d'uso urbanistica dei siti di destinazione. In caso di riporti, ciò potrà avvenire previo "test di cessione" rispetto ai parametri della tabella 2 All. 5 parte IV del D.lgs. 152/2006 (concentrazioni soglia di contaminazione nelle acque sotterranee).

In alternativa, i terreni di scavo potranno essere gestiti come rifiuti, nel rispetto della specifica normativa e quindi avviati in discariche o a recupero in idonei siti o impianti autorizzati.

Eventuali volumi di terreno naturale riutilizzati in cantiere esulano dall'applicazione della normativa sui rifiuti e possono essere riutilizzati in sito, previa verifica analitica ai sensi del Regolamento di cui al D.P.R. 120/2017; il riutilizzo è ammissibile a patto che siano rispettate le seguenti prescrizioni:

- verifica di conformità alla Tab. 1 dell'All. 5 al Tit. V, parte IV del D.lgs. 152/2006 e ss. mm. e ii., mediante analisi su s.s. almeno per il "set minimo" di cui all'All. 4 del DPR 120/2017.
- verifica della conformità al test di cessione secondo quanto previsto dal D.M. 05/02/98 con riferimento ai limiti individuati dalla tabella 2 – Allegato 5 – Parte IV del D.lgs. n. 152/06 relativa alle concentrazioni soglia di contaminazione nelle acque sotterranee.



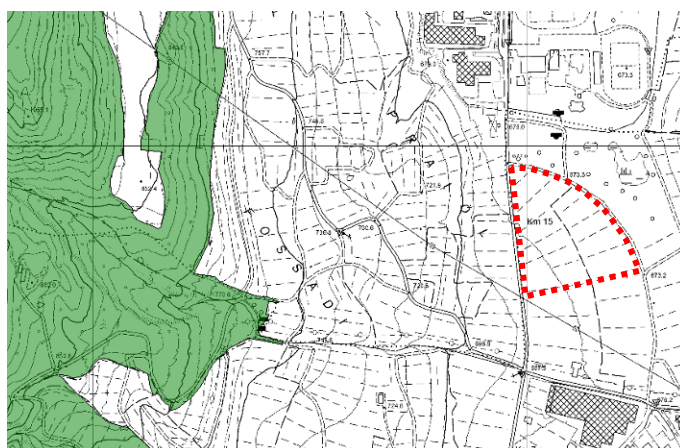
6. VINCOLO IDROGEOLOGICO

La normativa vigente in materia di Vincolo idrogeologico nel territorio provinciale trae origine dal D.lgs. n. 152 del 03/04/06 “Norme in materia ambientale”, con particolare riguardo all’Art. 56. La Legge Provinciale n. 11 del 23 maggio 2007 si basa sul concetto che (Tit. III, Capo I, Art. 8) “... la stabilità del territorio è connessa al mantenimento della funzionalità idrogeologica del suolo e al corretto ed equilibrato assetto, anche colturale, dei bacini idrografici”. Il Capo II, Art. 13 “... riordina lo strumento del vincolo idrogeologico ... finalizzato ... al mantenimento di soprassuoli e di suoli con buone caratteristiche idrologiche” e definisce “ ... movimenti di terra tutti gli interventi che comportano modifiche permanenti dell’assetto dei suoli e dei terreni in area non boscata”. Viene poi stabilito che “... i movimenti di terra sono vietati, salvo che siano autorizzati ai sensi di questa legge in quanto compatibili con le finalità previste dall’articolo 8”. L’Art. 16 disciplina le autorizzazioni per opere non espressamente previste negli strumenti urbanistici comunali, riservando al Comitato Tecnico Forestale anche le autorizzazioni volte alla realizzazione d’interventi di edificazione. L’Art. 14 stabilisce che la procedura per il rilascio delle autorizzazioni ai movimenti di terra è definita con regolamento.

La Deliberazione della Giunta Provinciale n. 834 del 16 aprile 2010, modificata in ultimo dal D.P.P. 30 maggio 2018, n. 7-82/Leg, approva il regolamento in materia di vincolo idrogeologico, inerente agli articoli 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20 e 23 della L.P. 11 dd. 23/05/07. Il regolamento costituisce l’Allegato parte integrante della deliberazione; nell’Art. 1 “Oggetto e definizioni”, stabilisce che esso disciplina la procedura d’autorizzazione dei movimenti di terra. In particolare, l’Art. 7 “Autorizzazione ai movimenti di terra” stabilisce che il progetto presentato deve analizzare l’assetto idrogeologico e forestale, in particolare attraverso l’esame di: a) stato dei luoghi e del versante, b) possibili impatti derivanti dall’esecuzione dell’intervento, c) modalità operative ed accorgimenti adottati per evitare di determinare turbative all’assetto idrogeologico e forestale.

Sono soggetti a vincolo idrogeologico tutti i boschi, come definiti dall'articolo 2 L.P. 23 maggio 2007 n. 11, ovunque collocati.

Nel caso specifico, l’area interessata dalla Variante puntuale al P.R.G. non ricade in zone sottoposte a Vincolo idrogeologico (v. cartografia seguente).



CARTA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO



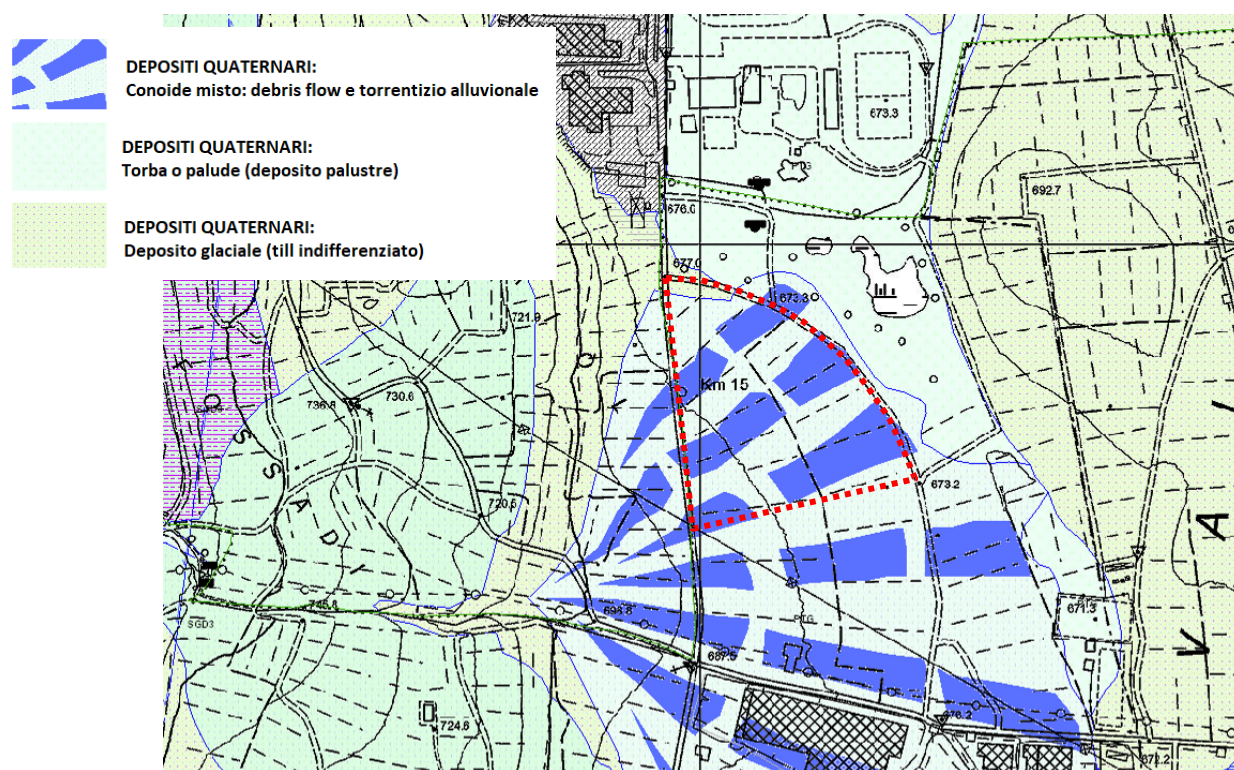
7. MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

7.1 Struttura geologica-tettonica generale della zona

La zona appartiene a una fascia di territorio a morfologia semipianeggiante o debolmente esposta verso ENE, delimitata verso monte (ovest) dal versante di Mechel, verso valle (est) da un antico cordone morenico (dosso), così come verso nord è presente un'altra forma glaciale ("Dos di Nancon" distante circa 1,5 km a nord dell'area in esame).

In generale, la zona può essere considerata come il prodotto dei processi di erosione e trasporto glaciale durante l'ultima glaciazione würmiana, il cui apice data circa 12.000÷15.000 anni fa; l'azione di modellamento glaciale ha originato delle conche di sovra-escavazione (anche di notevoli dimensioni) in seguito colmate da materiale glacio-lacustre e palustre, come la zona dov'è ospitato il C.T.L. (compresa la zona del biotopo a sud).

Più precisamente, l'area interessata dalla Variante al P.R.G. (circa 6 ettari) si colloca sulla parte distale verso NNE del conoide alluvionale del "rio Paglia" (acqua pubblica cod. 1350) che defluisce da W verso E, mezzo chilometro più a sud (v. estratto "Carta Geologica" - CARG).



CARTA GEOLOGICA (progetto C.A.R.G.)

7.2 Indagini geognostiche pregresse presenti nella zona

Negli ultimi 40 anni, la zona del C.T.L. di Cles, situata poco a nord rispetto all'area in esame, è stata oggetto di diverse campagne di indagini geognostiche a partire dalla fine degli anni '70 e fino ai primi anni 2000. Qui di seguito si riportano le principali campagne d'indagine in ordine cronologico di esecuzione:



- Sondaggi cod. 2582, 2583, 2668 eseguiti nel 1979 a corredo della progettazione dei primi interventi realizzativi del C.T.L. (palestra/palazzetto e campo da calcio in erba);
- Sondaggi cod. 2584, 2585, 2586 eseguiti nel 1982 ad integrazione della precedente campagna geognostica del 1979;
- Sondaggi 4596, 4597, 4598, 4599 eseguiti nel 2003 a supporto della progettazione del nuovo tennis coperto e della sala polifunzionale.

Dalle indagini geognostiche eseguite presso il C.T.L. è emerso che nel sottosuolo della zona sono presenti **sedimenti fini lacustri e palustri** costituiti da limi, argille e torbe compressibili; al loro interno possono essere intercalati sottili livelli sabbiosi e ghiaiosi di colore rosso, che testimoniano gli antichi eventi di colata detritica provenienti dal versante di Mechel che sovrasta la zona verso ovest (questo specialmente nel settore verso ovest del C.T.L. situato ai piedi del versante); lo spessore varia da 12 m fino a circa 15 m.

Più sotto, alla base dei sedimenti fini palustri e in netta discordanza stratigrafica con questi, si trovano **depositi glaciali morenici** a matrice sabbiosa e limosa compatta (talora sovraconsolidata) con ghiaie e ciottoli poligenici eterometrici sparsi. Si tratta di sedimenti molto tenaci (a differenza dei depositi lacustri e palustri soprastanti) e impermeabili, i quali come tali sostengono alla base una o più falde idriche (strato di base posto a “letto”).

7.3 Nuove indagini geognostiche eseguite a supporto della Variante al P.R.G.

La ricostruzione del modello geologico e idrogeologico nell'area interessata dalla Variante al P.R.G. si basa su indagini “mirate” eseguite in situ: si è trattato sia di indagini “dirette” che “indirette”.

Le **indagini dirette** sono consistite in n. 6 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH) eseguite in diversi punti all'interno dell'area di Variante, in modo da avere una “copertura” piuttosto omogenea dell'intera superficie di studio. Inoltre, all'interno dei 3 fori penetrometrici situati più a valle nella parte bassa dell'area verso N ed E (penetrometrie DPSH 1-2-3) sono stati installati dei tubi piezometrici per monitorare il livello della falda freatica presente in prossimità del p.c.; le prove sono state eseguite il 16 aprile 2021 dalla ditta specializzata “Geomisure s.a.s.” di Mezzocorona.

Per quanto riguarda, invece, le **indagini “indirette” (geofisiche)**, esse sono consistite in n. 4 profili di resistività geo-elettrica secondo la tecnica multielettrodo e n. 1 profilo sismico di tipo attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), per la ricostruzione del modello “sismi-stratigrafico” locale, ai quali si è aggiunta anche n. 1 stazione singola di tipo passivo HVSR (Test di Nakamura) per estrapolare lo spettro di risposta elastica locale del terreno.



➤ **INDAGINI DIRETTE (PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE):**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi $d=20$ cm) misurando il numero di colpi N necessari.

L'interpretazione e la visualizzazione grafica dei risultati delle prove consente di parametrizzare il terreno nel sottosuolo oltre ad avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati. La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere con sufficiente precisione lo spessore delle varie coltri di copertura oltre alla quota di eventuali falde.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso della massa battente → **M**;
- altezza libera di caduta → **H**;
- diametro della punta conica **D**;
- area di base **A** ed angolo di apertura **a** della punta conica;
- avanzamento (penetrazione) → **d**;
- presenza o meno del rivestimento esterno.

La classificazione ISSMFE (1988) suddivide i penetrometri in quattro classi sulla base del peso M della massa battente:

Tipo	Sigla di riferimento	Peso della massa M (kg)	Prof. max. indagine battente
<i>Leggero</i>	<i>DPL (Light)</i>	$M \leq 10$	8 m
<i>Medio</i>	<i>DPM (Medium)</i>	$10 < M < 40$	20÷25 m
<i>Pesante</i>	<i>DPH (Heavy)</i>	$40 \leq M < 60$	25 m
<i>Super pesante (Super Heavy)</i>	<i>DPSH</i>	$M \geq 60$	25 m

➤ **PENETROMETRO DINAMICO SUPERPESANTE DPSH (Pagani):**

Caratteristiche Tecniche-Strumentali: DPSH TG 63-100 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094	Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Peso Massa battente	63,5 Kg	Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Altezza di caduta libera	0,75 m	Avanzamento punta	0,20 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg	Numero colpi per punta	N(20)
Diametro punta conica	51,0 mm	Coeff. Correlazione	1,47
Area di base punta	20,43 cm ²	Rivestimento/fanghi	No
Lunghezza delle aste	1 m	Angolo di apertura punta	90°

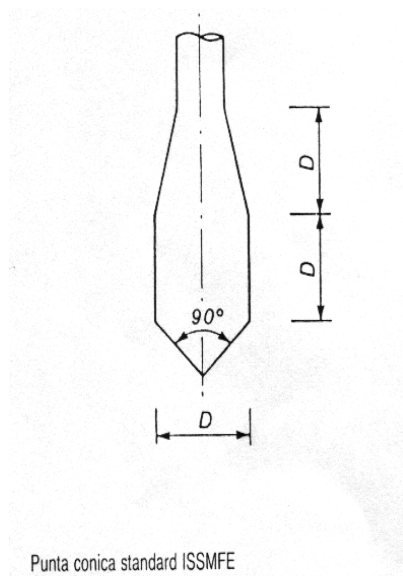
➤ **MODALITÀ DI INTERPRETAZIONE DELLA PROVA:**

La procedura di riferimento che viene normalmente seguita durante l'esecuzione della prova è quella certificata dall'ISSMFE (1998). Esistono tre metodi principali di interpretazione dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche continue (DP):

- a) risalire da N_{DP} a N_{SPT} ed utilizzare poi le correlazioni messe a punto per questo tipo di prova;
- b) restituire i valori delle prove DP in termini di resistenza dinamica alla penetrazione R_{pd} (vedi restituzione grafica relativa ad ogni log penetrometrico riportata in allegato) e correlarla poi con una resistenza statica equivalente da introdurre nelle formule per la capacità portante, oppure correlando R_{pd} con la resistenza alla punta q_c ottenuta con le prove penetrometriche statiche (CPT) ed utilizzare poi le correlazioni esistenti fra q_c ed i parametri geotecnici;



- c) correlare direttamente i valori di N_{DP} con quelli di q_c ottenuti con il penetrometro statico ed utilizzare poi le correlazioni esistenti per q_c .



Data la grande diffusione delle prove SPT e la gran mole di dati e procedure per la loro interpretazione la metodologia più diffusa è quella tipo a).

MUROMACHI E KOBAYASHI (ESOPT 2, 1982-IS-SMFE STOCCOLMA 1981) presentano la seguente correlazione fra N_{30} (colpi per 30 cm di penetrazione) ed N_{SPT} ricavata da dati sperimentali (vedi grafico seguente):

$$N_{30} (DPSH) = 1.15 \times N_{SPT}$$

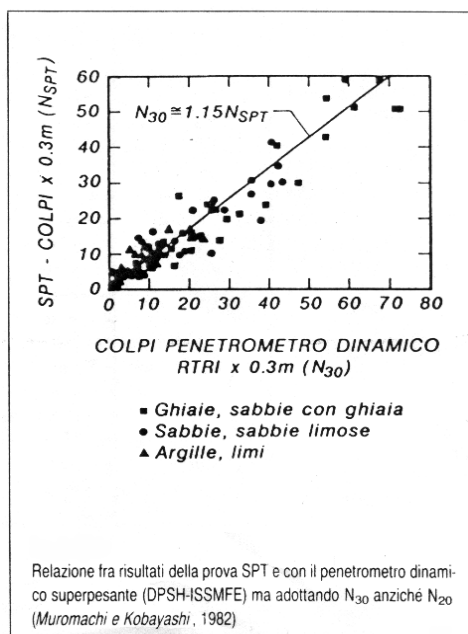
In base a tale relazione si desume che occorre qualche colpo in più con la DP rispetto alla SPT, a parità delle altre condizioni.

Essi concludono che tenendo conto dell'influenza dell'attrito laterale, la relazione sopra riportata, ai fini della sicurezza, può essere riscritta:

$$N_{30}(DPSH) / N_{SPT} \approx 1$$

Essendo il numero dei colpi rilevato dalla procedura ISSMFE 1988 relativo ad una penetrazione di 20 cm (N_{20}) anziché di 30 cm (N_{30}), l'unica operazione da eseguire per comparare i valori misurati e riportati nei logs penetrometrici allegati con quelli N_{SPT} consiste quindi nel moltiplicare tale valore per 1,5.

$$N_{30} = N_{20} \cdot 1,5 = N_{SPT}$$





Dott. geologo CLAUDIO MENAPACE
Vicolo de le Giarberie, 8 (Fraz. Pavillo)
38019 - VILLE D'ANAUNIA (TN)

Cell: 340-1895763
P.IVA: 02174350229
C.F.: MNP CLD 81L13 C794 I
claudio_menapace@hotmail.it
c.menapace@geotaspec.it



DPSH 1



DPSH 2



DPSH 3



DPSH 4



DPSH 5



DPSH 6

Foto 1-6: prove penetrometriche dinamiche eseguite nell'area oggetto di studio (16/04/2021).



Dott. geologo CLAUDIO MENAPACE

Vicolo de le Giarberie, 8 (Fraz. Pavillo)
38019 - VILLE D'ANAUNIA (TN)

Cell: 340-1895763

P.IVA: 02174350229

C.F.: MNP CLD 81L13 C794 I

claudio_menapace@hotmail.it

c.menapace@geotaspec.it



Fig. 1: ortofoto con sovrapposizione della mappa catastale e ubicazione delle prove penetrometriche; in magenta il perimetro dell'area di Variante.



Come riportato graficamente nella figura precedente (ortofoto con ubicazione delle prove penetrometriche), si vede che le prove DPSH 1-2-3 sono state eseguite nella parte “bassa” dell’area d’indagine, prossima al biotopo verso N e verso ENE.

La prova DPSH 4 è stata eseguita al centro dell’area d’interesse e infine le altre due prove (DPSH 5-6) sono state eseguite nella parte “alta”, topograficamente più elevata di +8-10 m rispetto alle prime tre prove, a breve distanza dalla S.P. 73 che delimita l’area di studio verso monte (lato ovest).

DPSH 1

La prova DPSH 1 è stata eseguita all’estremità settentrionale dell’area in esame, a breve distanza dal biotopo presente a nord; essa ha denotato la presenza di terreni con caratteristiche geotecniche scadenti (terreni compressibili) fino a circa -3 m di profondità, con numero di colpi basso (< 5 colpi/20 cm). Più sotto la resistenza all’avanzamento della punta aumentare via via con la profondità, avvicinandosi a 10 colpi/20 cm a profondità di -4,5 m e poi cresce progressivamente fino a 15, 20, 25 colpi, segno della presenza di sedimenti con grado di compattazione maggiore. Nel foro di prova è stato installato un piezometro a tubo aperto (1/2”) che ha rilevato la presenza della falda a -1,35 m (data rilevamento 16/04/2021).

DPSH 2

La prova DPSH 2 è stata eseguita all’estremità orientale dell’area in esame, a breve distanza dal biotopo presente a est; essa ha denotato la presenza di terreni con caratteristiche geotecniche scadenti (compressibili) fino a circa -6 m di profondità, con numero di colpi basso (\leq 5 colpi/20 cm). Più sotto la resistenza all’avanzamento della punta tende a aumentare con la profondità, superando i 10 colpi a profondità di -6,5 m e poi via via cresce a 15, 20, 25 colpi. Nel foro è stato installato un piezometro a tubo aperto (1/2”) che ha rilevato la falda a -0,94 m (data rilevamento 16/04/2021).

DPSH 3

La prova DPSH 3 è stata eseguita all’estremità SE dell’area in esame; essa ha denotato la presenza di terreni con caratteristiche geotecniche scadenti fino a circa -3,5 m di profondità, con numero di colpi basso (\leq 5 colpi/20 cm). Più sotto la resistenza all’avanzamento della punta aumenta con la profondità, superando i 10 colpi a profondità di -4,5 m e poi via via cresce a 15, 20, 25 colpi, segno della presenza di sedimenti con grado di compattazione via via crescente. Nel foro è stato installato un piezometro a tubo aperto (1/2”) che ha rilevato la falda a -1,29 m (data rilevamento 16/04/2021).



DPSH 4

La prova DPSH 4 è stata eseguita al centro dell'area in esame, denotando la presenza di terreni con caratteristiche geotecniche medio-basse fino a circa -2,0 m di profondità, con numero di colpi basso (≤ 5 colpi/20 cm). Più sotto la resistenza all'avanzamento della punta tende via via ad aumentare con la profondità, superando già i 20 colpi a profondità di -2,5 m segno della presenza di sedimenti con buon grado di compattazione. A profondità comprese tra -3,5 m e -4,5 m si assiste a un nuovo calo di resistenza ($5 \div 7$ colpi), dovuto alla presenza di infiltrazioni idriche a tale profondità sostenute dal terreno più compatto sottostante, le quali rammolliscono il sedimento. Nel foro è stato installato un piezometro a tubo aperto (1/2") che ha rilevato la falda a -3,47 m (data rilevamento 16/04/2021).

DPSH 5

La prova DPSH 5 è stata eseguita all'estremità W dell'area in esame, nella zona centrale della stessa, a breve distanza dalla S.P. 73 che delimita la zona verso ovest (lato monte). Essa ha denotato la presenza di terreni con buone caratteristiche geotecniche nei primi 2 m; più sotto sono stati intercettati sedimenti glaciali sovraconsolidati, tant'è che la prova ha fornito "rifiuto" già a -3,2 m (> 50 colpi/20 cm) profondità oltre la quale non si è riusciti ad avanzare per l'elevata consistenza del terreno. Non è stata rilevata la presenza di acque d'infiltrazione fino alla profondità indagata e quindi non è stato installato il tubo piezometrico.

DPSH 6

La prova DPSH 6 è stata eseguita all'estremità SW dell'area, a breve distanza dalla S.P. 73. Essa ha denotato la presenza di terreni con buone caratteristiche geotecniche nei primi 2 m come la prova 5; più sotto sono stati intercettati sedimenti glaciali sovraconsolidati e la prova ha fornito "rifiuto" già a -3,2 m (come la prova 5). Non è stata rilevata la presenza di acque d'infiltrazione fino alla profondità indagata e non è stato installato il tubo piezometrico.

Alle pagine seguenti si riportano i **"logs penetrometrici"** delle 6 prove. Per ciascuna indagine si riportano due grafici: quello a sx riporta il numero di colpi necessari per l'infissione della punta per tratti successivi di 20 cm, mentre il grafico a dx riporta la resistenza alla penetrazione della punta (valori espressi in $\text{MN/m}^2 \rightarrow 1 \text{ MN/m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$).



Dott. geologo CLAUDIO MENAPACE
Vicolo de le Giarberie, 8 (Fraz. Pavillo)
38019 - VILLE D'ANAUNIA (TN)

Cell: 340-1895763
P.IVA: 02174350229
C.F.: MNP CLD 81L13 C794 I
claudio_menapace@hotmail.it
c.menapace@geotaspec.it

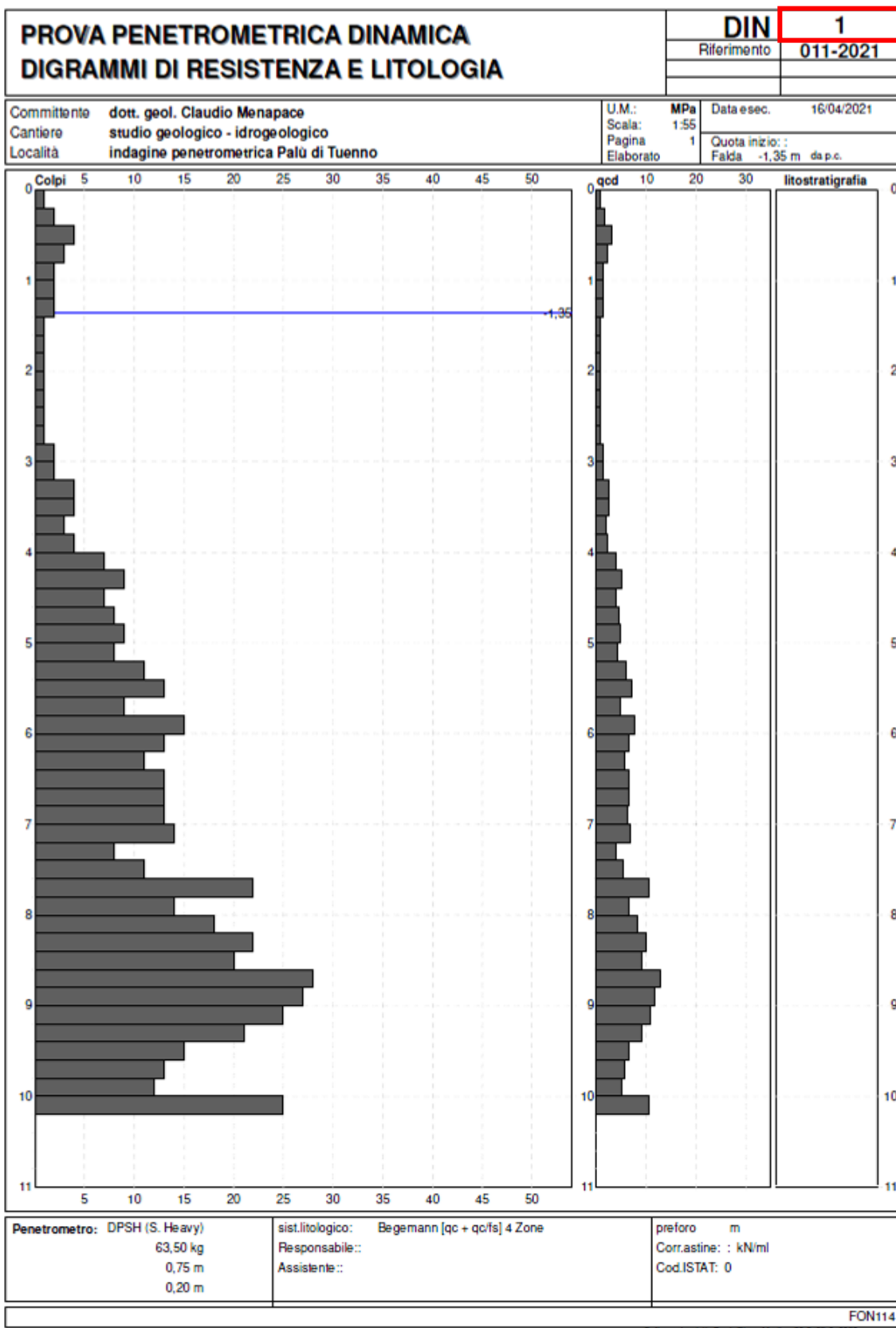


Fig. 2: diagramma di resistenza alla penetrazione della punta (prova DPSH 1 - Geomisure s.a.s.).



Dott. geologo CLAUDIO MENAPACE
Vicolo de le Giarberie, 8 (Fraz. Pavillo)
38019 - VILLE D'ANAUNIA (TN)

Cell: 340-1895763
P.IVA: 02174350229
C.F.: MNP CLD 81L13 C794 I
claudio_menapace@hotmail.it
c.menapace@geotaspec.it

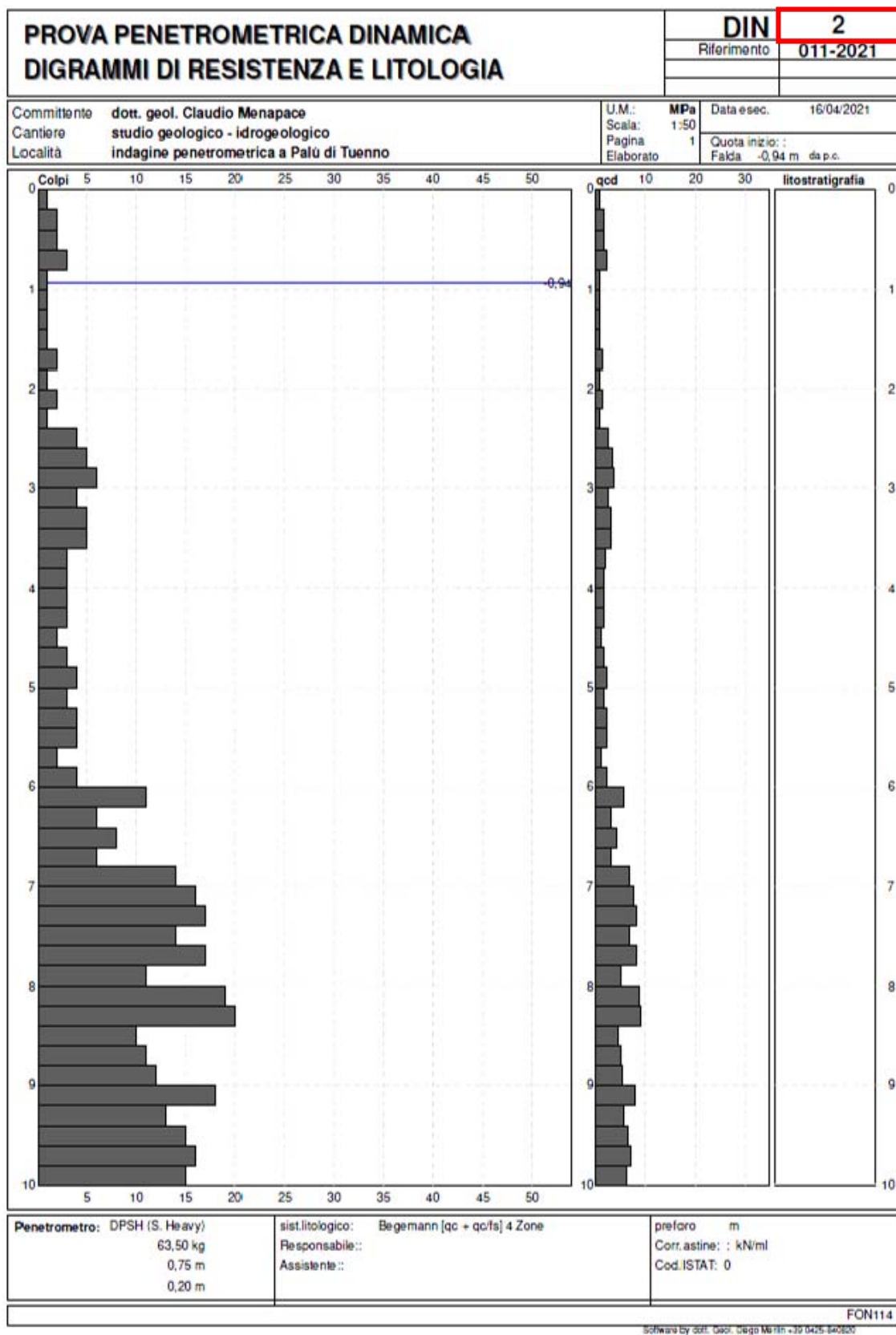


Fig. 3: diagramma di resistenza alla penetrazione della punta (prova DPSH 2 - Geomisure s.a.s.).



Dott. geologo CLAUDIO MENAPACE
Vicolo de le Giarberie, 8 (Fraz. Pavillo)
38019 - VILLE D'ANAUNIA (TN)

Cell: 340-1895763
P.IVA: 02174350229
C.F.: MNP CLD 81L13 C794 I
claudio_menapace@hotmail.it
c.menapace@geotaspec.it

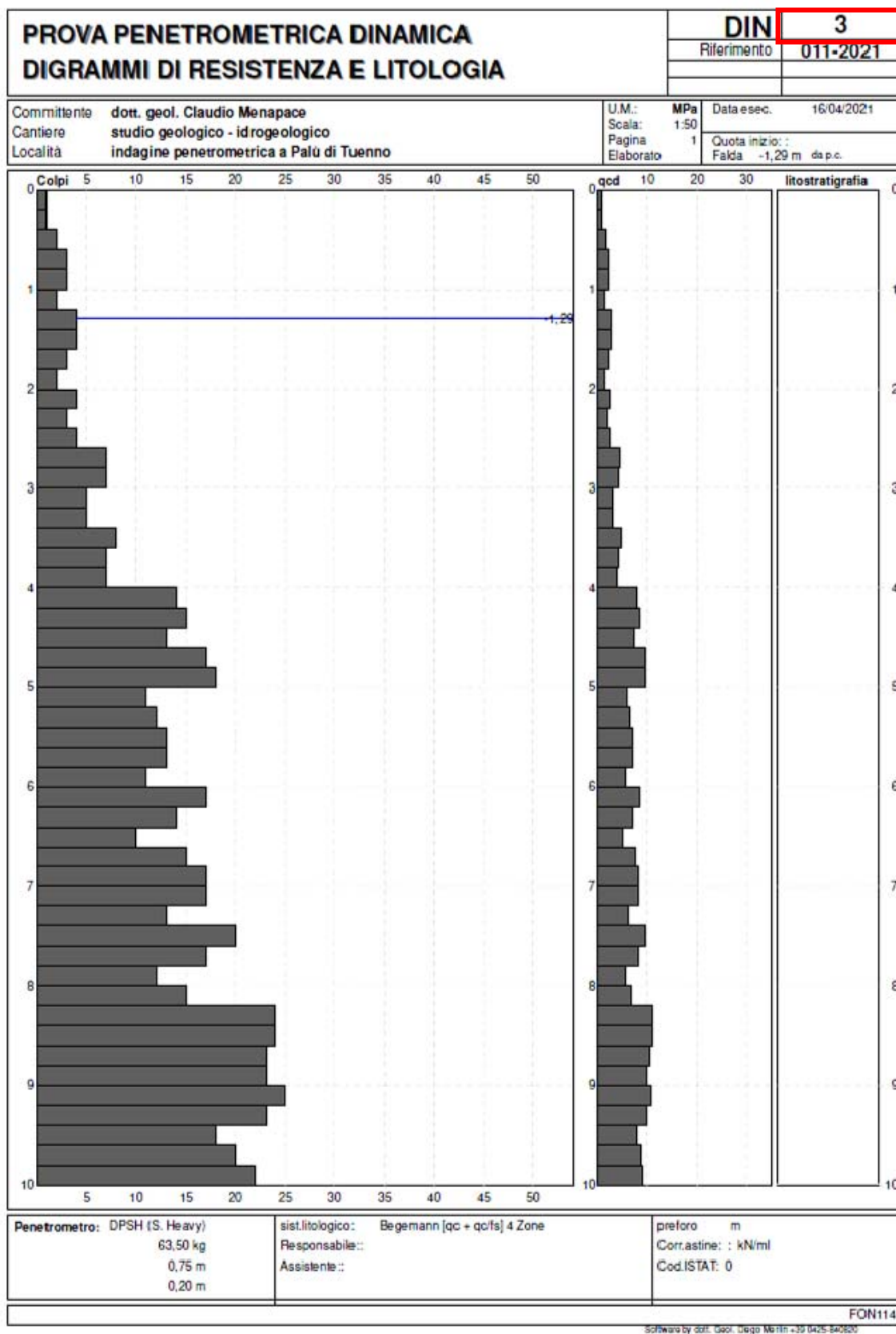


Fig. 4: diagramma di resistenza alla penetrazione della punta (prova DPSH 3 - Geomisure s.a.s.).



Dott. geologo CLAUDIO MENAPACE
Vicolo de le Giarberie, 8 (Fraz. Pavillo)
38019 - VILLE D'ANAUNIA (TN)

Cell: 340-1895763
P.IVA: 02174350229
C.F.: MNP CLD 81L13 C794 I
claudio_menapace@hotmail.it
c.menapace@geotaspec.it

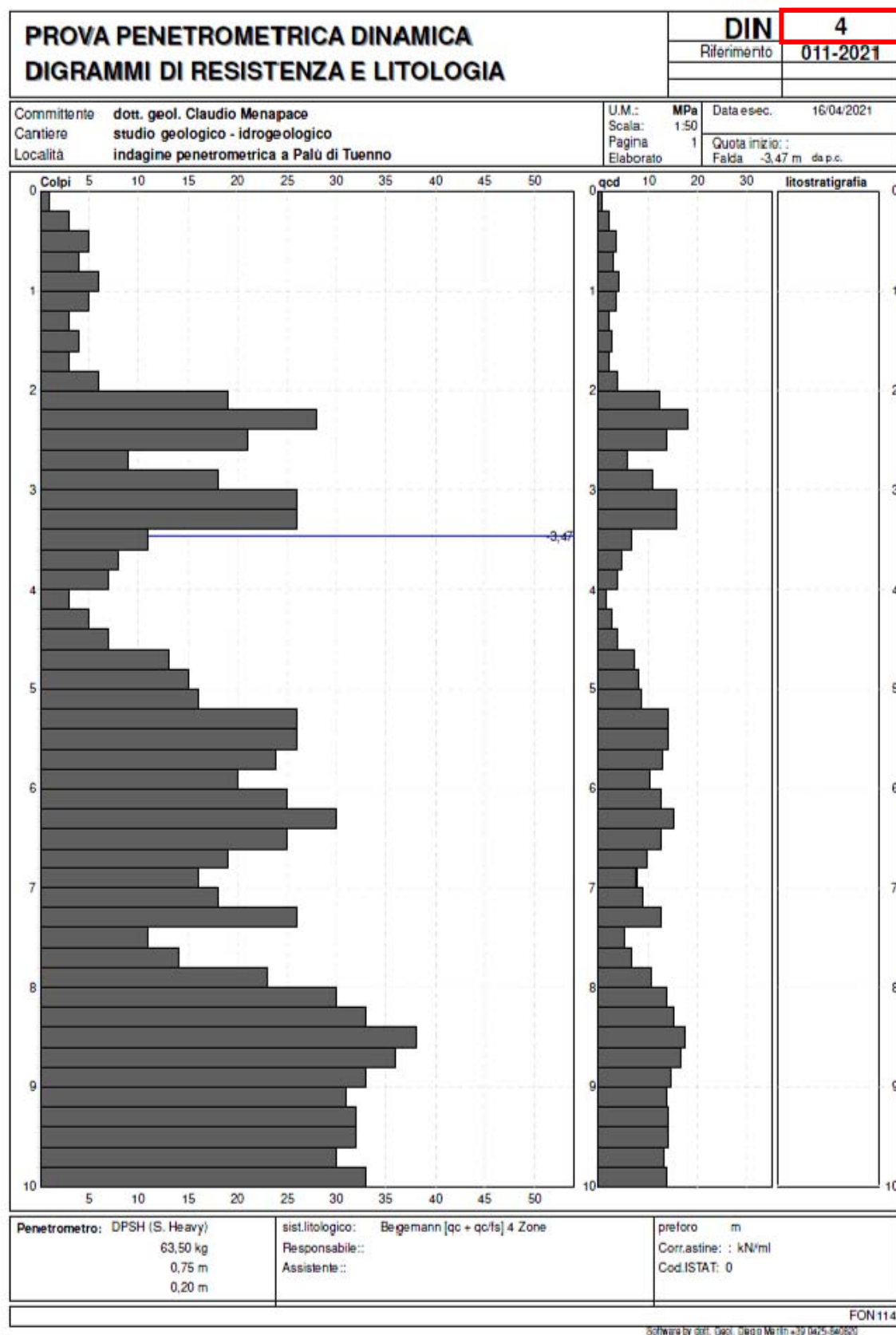


Fig. 5: diagramma di resistenza alla penetrazione della punta (prova DPSH 4 - Geomisure s.a.s.).



Dott. geologo CLAUDIO MENAPACE
Vicolo de le Giarberie, 8 (Fraz. Pavillo)
38019 - VILLE D'ANAUNIA (TN)

Cell: 340-1895763
P.IVA: 02174350229
C.F.: MNP CLD 81L13 C794 I
claudio_menapace@hotmail.it
c.menapace@geotaspec.it

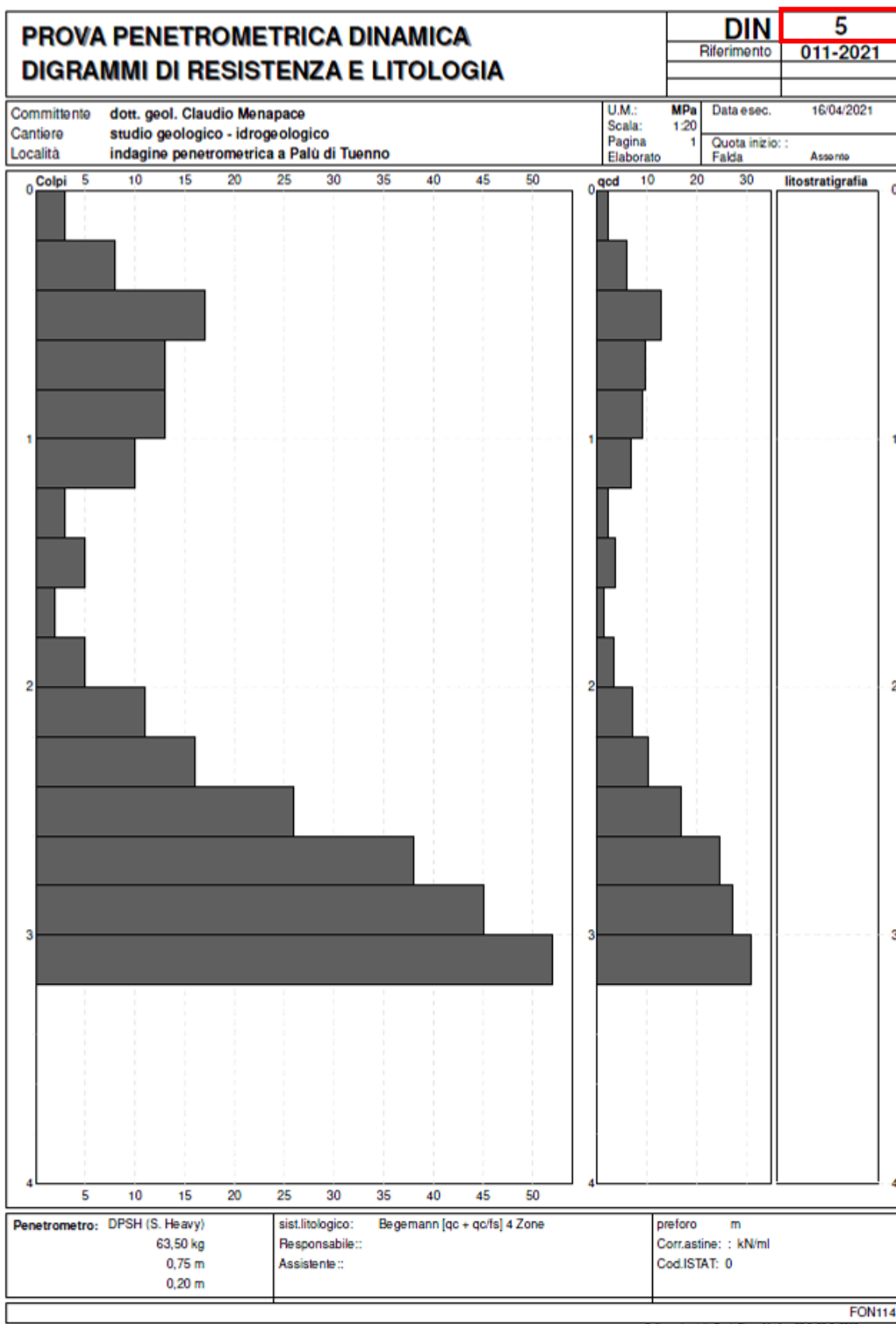


Fig. 6: diagramma di resistenza alla penetrazione della punta (prova DPSH 5 - Geomisure s.a.s.).



Dott. geologo CLAUDIO MENAPACE
Vicolo de le Giarberie, 8 (Fraz. Pavillo)
38019 - VILLE D'ANAUNIA (TN)

Cell: 340-1895763
P.IVA: 02174350229
C.F.: MNP CLD 81L13 C794 I
claudio_menapace@hotmail.it
c.menapace@geotaspec.it

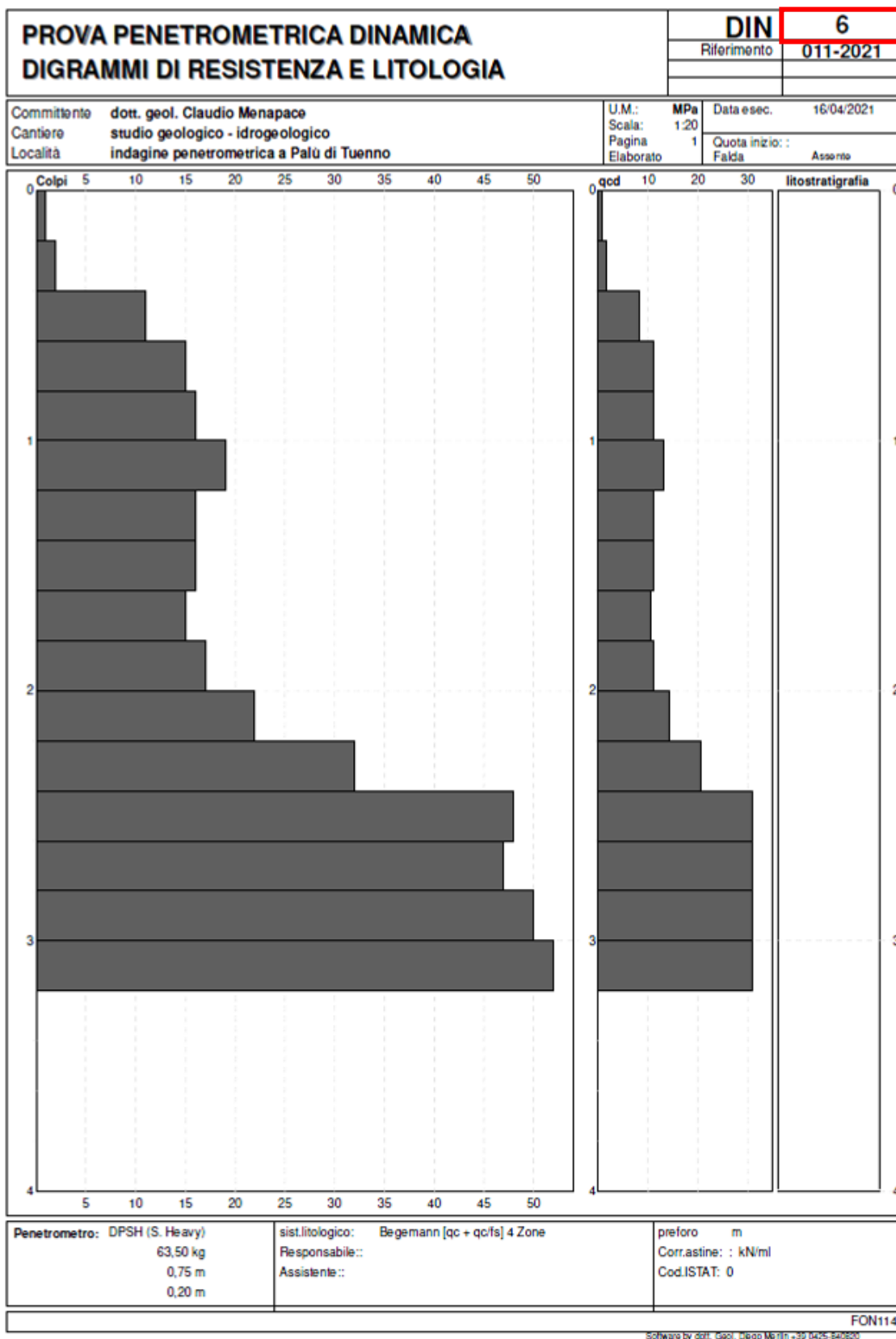


Fig. 7: diagramma di resistenza alla penetrazione della punta (prova DPSH 6 - Geomisure s.a.s.).



➤ **INDAGINI INDIRETTE (PROFILI GEO-ELETTRICI E SISMICI):**

Le indagini geofisiche (profili geo-elettrici e profili sismici) sono state condotte il giorno 23 aprile 2021 dalla ditta specializzata "Seismi-K" di Trento, all'interno dell'area interessata dalla Variante. Scopo delle indagini geofisiche è la caratterizzazione del sottosuolo dal punto di vista geologico-stratigrafico e sismico, permettendo di correlare i dati puntuali delle penetrometrie, ottenendo così dei profili "elettro-stratigrafici" e "sismo-stratigrafici" estesi alcune centinaia di metri (direzione N-E e direzione W-E) profondi qualche decina di metri (20-25 m).

L'indagine geofisica è consistita in:

- n. 4 profili di resistività geo-elettrica secondo la tecnica multielettrodo;
- n. 1 profilo sismico di tipo attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves);
- n. 1 stazione singola di tipo passivo HVSR (Test di Nakamura).



Fig. 8: ortofoto della zona con ubicazione delle indagini geofisiche.

▪ **Profili geo-elettrici:**

Per la raccolta dei dati in array lineare è stato utilizzato un acquisitore MAE X612EM con la seguente configurazione elettrodoica:

Nome stendimento	Elettrica 1	Elettrica 2	Elettrica 3	Elettrica 4
Orientazione	~ENE-WSW	~ENE-WSW	~NNW-SE	~NNW-SE
Lunghezza stendimento elettrodi	141.0 m	141.0 m	141.0 m	141.0 m
Numero elettrodi	48	48	48	48
Spaziatura elettrodi	3.0 m	3.0 m	3.0 m	3.0 m
Voltaggio massimo immesso	400 V	400 V	400 V	400 V
configurazione	Dipolo dipolo	Dipolo dipolo	Dipolo dipolo	Dipolo dipolo



Dott. geologo CLAUDIO MENAPACE

Vicolo de le Giarberie, 8 (Fraz. Pavillo)
38019 - VILLE D'ANAUNIA (TN)

Cell: 340-1895763

P.IVA: 02174350229

C.F.: MNP CLD 81L13 C794 I

claudio_menapace@hotmail.it

c.menapace@geotaspec.it



Foto 7-8-9-10: esecuzione indagini geo-elettriche (dall'alto al basso profili di resistività 1, 2, 3, 4).



■ Risultati delle indagini geo-elettriche:

PROFILO 1-1

Il risultato più importante è la manifestazione, per spessori crescenti da Est verso Ovest, di un orizzonte resistivo debolmente inclinato (max 600 Ohm*m) associabile a depositi di conoide il cui spessore massimo è stimabile in circa 6 m. Verso Est i valori di resistività diminuiscono già in superficie, a indicazione della parte distale del conoide che si interdigita con i depositi palustri a bassa energia (limi, argille). L'elevata variabilità laterale e verticale dei terreni sottostanti non permette di identificare la tavola d'acqua, peraltro nota dalle misure piezometriche nei fori delle penetrometrie, ma permette comunque di supporre una rilevante variazione laterale delle caratteristiche granulometriche dei depositi.

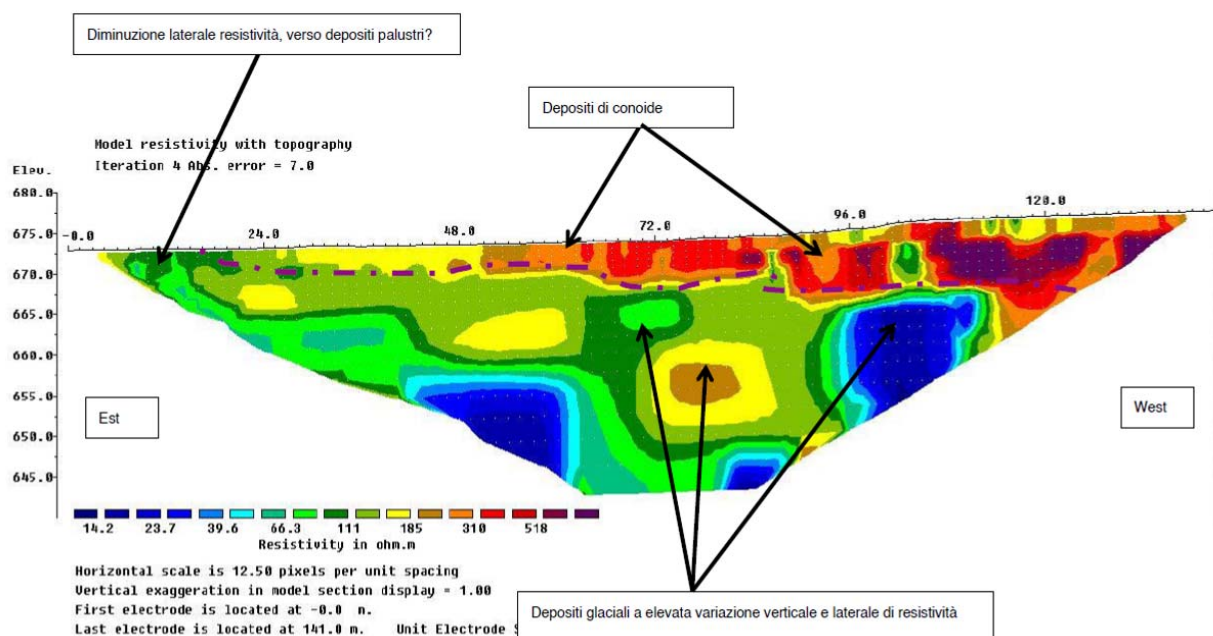


Fig. 9: profilo di tomografia elettrica 1.

PROFILO 2-2

Il risultato più importante è la manifestazione, per spessori piuttosto costanti da Est verso Ovest, di un orizzonte resistivo debolmente inclinato (max 800 Ohm*m) associabile ai depositi di conoide il cui spessore massimo è stimabile in circa 6-7 m. L'elevata variabilità laterale e verticale dei terreni sottostanti non permette di identificare la tavola d'acqua, ma permette comunque di supporre una rilevante variazione laterale delle caratteristiche granulometriche dei depositi. A profondità maggiori di -15 m le resistività sono generalmente basse (<60 Ohm*m).

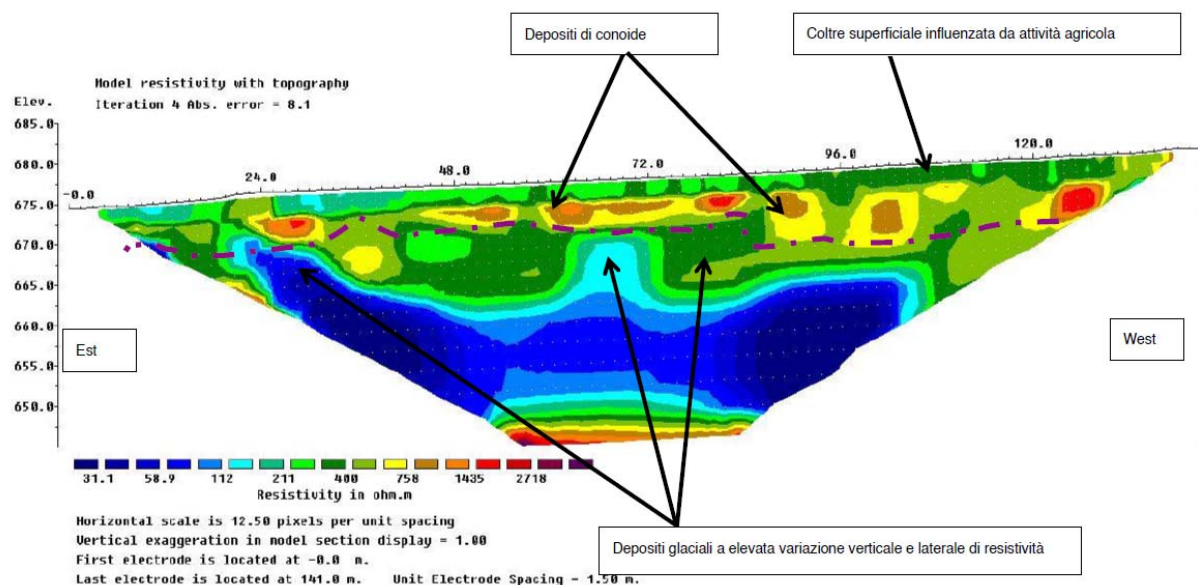


Fig. 10: profilo di tomografia elettrica 2.

PROFILO 3-3

Il risultato più importante è la manifestazione, per spessori piuttosto costanti Nord a Sud, di un orizzonte resistivo debolmente inclinato (max 1000 Ohm*m salvo picchi localizzati) associabile ai depositi di conoide il cui spessore massimo è stimabile in circa 6 m. Anche in questo caso, l'elevata variabilità laterale e verticale dei terreni sottostanti non permette di identificare la tavola d'acqua, ma permette di supporre una rilevante variazione laterale delle caratteristiche granulometriche dei depositi.

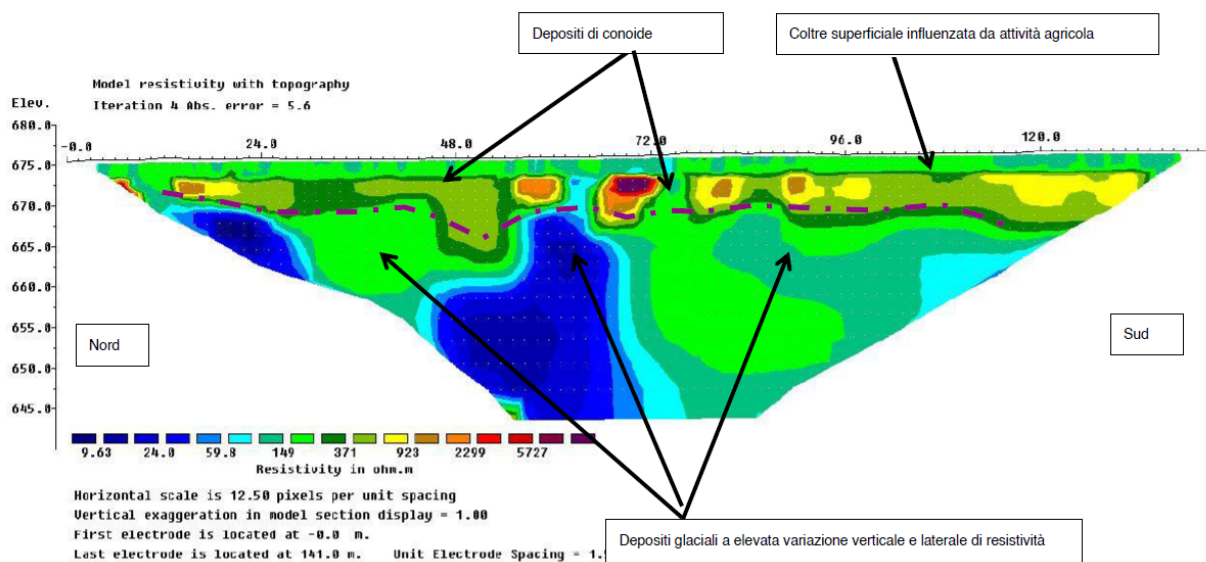


Fig. 11: profilo di tomografia elettrica 3.



PROFILO 4-4

Il risultato più importante è la manifestazione, per spessori in netta diminuzione verso Nord, di un orizzonte resistivo debolmente inclinato (max 1000 Ohm*m salvo picchi localizzati) associabile ai depositi di conoide il cui spessore massimo è stimabile in circa 6 m. L'elevata variabilità laterale e verticale dei terreni sottostanti non permette di identificare la tavola d'acqua, ma permette di supporre una rilevante variazione laterale delle caratteristiche granulometriche dei depositi. A profondità maggiori di -15 m le resistività sono generalmente basse (<60 Ohm*m).

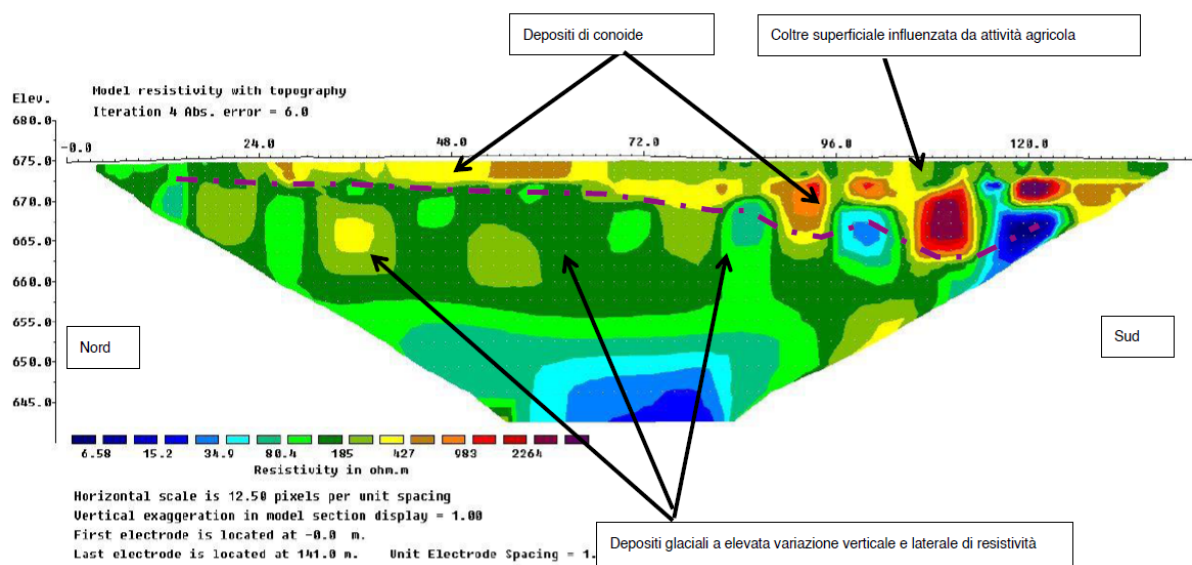


Fig. 12: profilo di tomografia elettrica 4.

▪ Acquisizione MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves):

Per la raccolta dei dati in array lineare è stato utilizzato un acquisitore PASI Gea24 a 24 sensori da 4.5Hz, secondo la seguente configurazione:

Nome stendimento	MASW1
Orientazione	~N-S
Dislivello tra gli end-shots	0.0 m
Lunghezza stendimento ricevitori	44.0 m
Numero geofoni	12
Accoppiamento geofoni	Infissi al terreno
Spaziatura geofoni	4.0 m
Quantità punti di energizzazione	2
Stack	5x
Offset punti di energizzazione dal primo geofono	4,7 m
Durata acquisizione	900 ms
Intervallo di campionamento	2000 Hz



L'energizzazione per l'indagine Masw2D è avvenuta mediante impatto di una mazza da 8 Kg con trigger piezoelettrico.

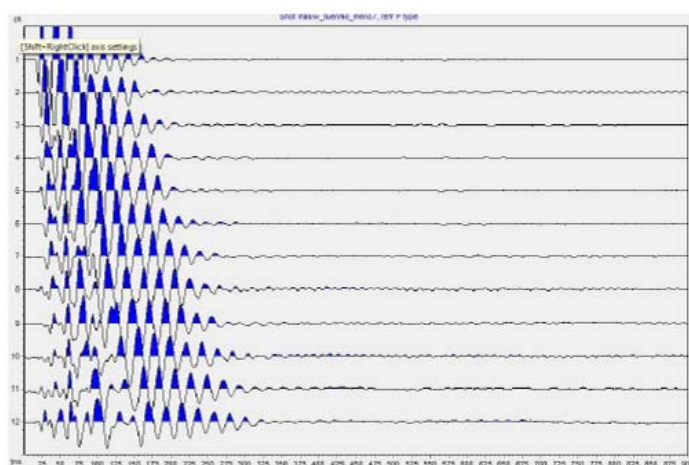


Foto 11: acquisizione profilo sismico MASW.

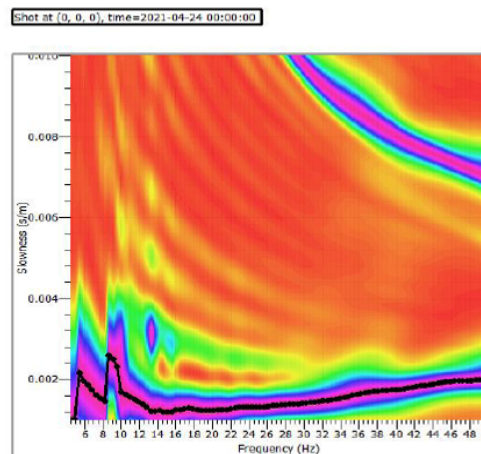
▪ **Risultati MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)**

La componente verticale (ZVF) utilizzata per analizzare la dispersione delle onde di superficie si dimostra mediamente complessa e ha permesso di tracciare il modo/modi, anche se a basse frequenze il segnale si mostra piuttosto disperso.

Nelle seguenti immagini, a sx sono visibili le tracce sismiche da sismica attiva (MASW), a dx lo spettro di velocità di fase dei dati attivi.



Tracce sismiche e spettro dell'indagine MASW, shot a -4 m dal primo geofono.



Spettro di velocità da indagini MASW.

▪ **Acquisizione HVSr (Test di Nakamura)**

Per il test HVSr è stato utilizzato lo stesso sismografo delle indagini MASW, connesso a un geofono 3D Gemini 2Hz, secondo la seguente configurazione:



Nome stazione	HVSR 1
Durata acquisizione	16 min
Intervallo di campionamento	250 Hz

Il geofono triassiale è stato riparato con un coperchio plastico per minimizzare l'effetto del vento.



Foto 12: stazione HVSR in fase di installazione.

▪ **Risultati HVSR (Test di Nakamura)**

L'indagine HVSR ha fornito una curva del rapporto spettrale H/V con un massimo f_0 centrato a circa 2.1 Hz; si evidenzia che picchi a diverse decine di Hz sono generalmente poco rilevanti ai fini ingegneristici.

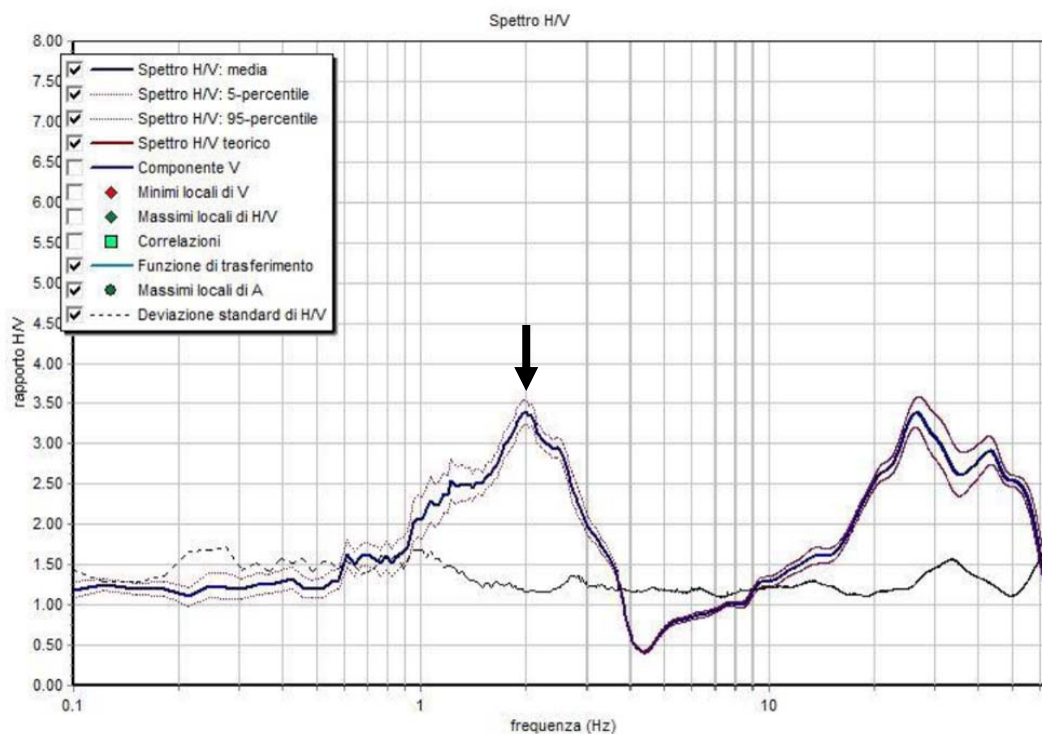


Fig. 13: rapporto spettrale H/V per la stazione HVSR.



▪ **Profilo di velocità delle onde di taglio Vs**

L'analisi dei dati MASW, ha restituito il seguente profilo per le onde di taglio Vs.

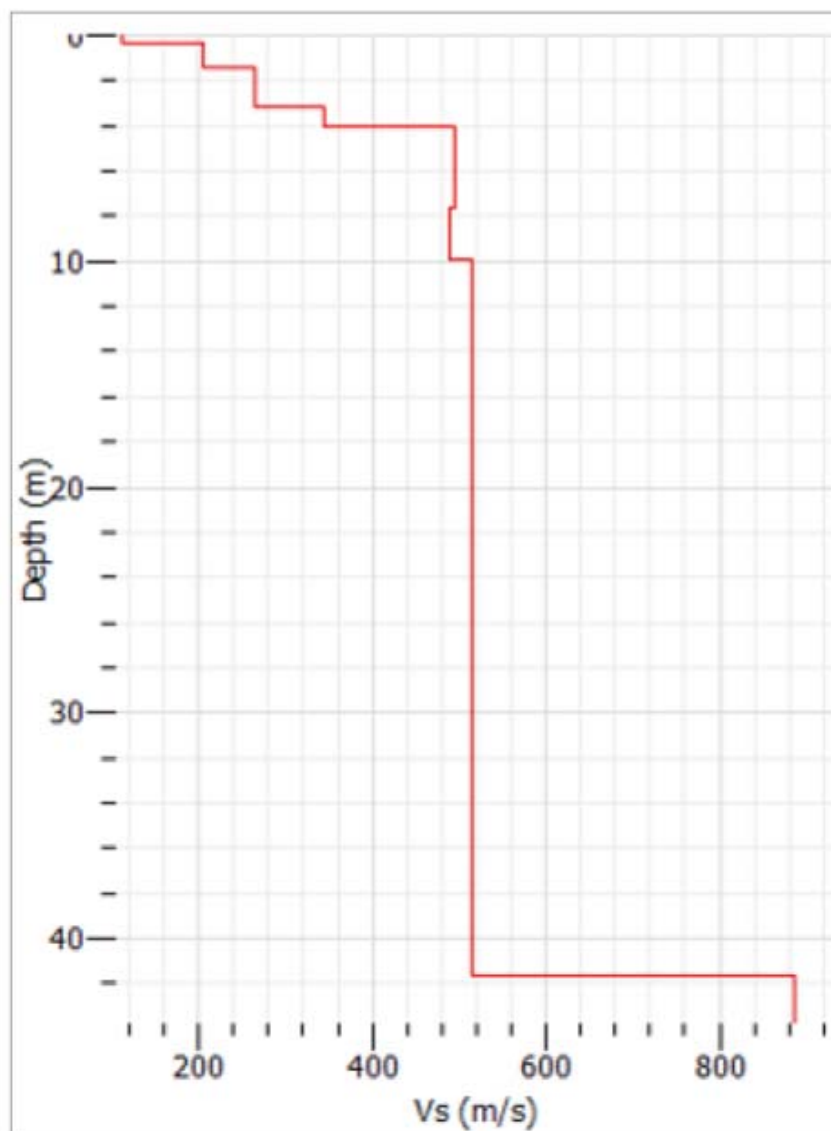


Fig. 14: profilo di velocità delle onde di taglio "Vs" – (ottenuto da profilo MASW).

Si nota innanzitutto come le velocità delle onde di taglio nei primi 2 m di sottosuolo siano nel loro complesso da basse (<180 m/s) a medio-basse (fino a 360 m/s), con costante aumento da 0 a 2 m.

Degno di nota il contrasto di velocità posto a circa -2 m da pc., profondità oltre la quale le velocità di taglio si attestano stabilmente intorno ai 520 m/s.

Si ottiene quindi una $V_{s30} = V_{s,eq} = 440$ m/s calcolata fino alla profondità di 30 m, a partire da p.c. (come previsto dalle NTC 2018).



7.4 Modello geologico-stratigrafico locale ricostruito sulla base delle indagini eseguite

La ricostruzione del modello geologico-stratigrafico e idrogeologico nell'area interessata dalla Variante si basa su indagini mirate, sia "dirette" (prove penetrometriche) che "indirette" (profili geo-elettrici e profili sismici).

Sulla base delle indagini eseguite, si è visto che in superficie è presente un primo strato costituito da **depositi detritico-alluvionali di conoide** sabbioso-ghiaiosi da poco a mediamente addensati; si tratta del materiale solido trasportato in passato dalle acque del "rio Paglia" che scende dal versante a monte defluendo circa mezzo chilometro più a sud; questo materiale è stato depositato laddove la morfologia spiana, dando origine a un ampio ventaglio conoidale; l'area oggetto di studio si colloca nella porzione distale verso NNE del conoide. Lo spessore di questo strato tende via via a diminuire spostandosi da monte verso valle, fino quasi ad azzerarsi all'estremità N ed E dell'area di studio; nella zona centrale gli spessori sono dell'ordine di 4-5 m, mentre nella parte alta verso ovest lo spessore tende nuovamente ad assottigliarsi fino a circa 2.5-3.0 m (v. prove penetrometriche 5-6).

Nella parte bassa dell'area di studio (porzione verso N e verso E) i depositi conoidali poggiano su **sedimenti fini palustri e glacio-lacustri** costituiti da limi, argille e torbe; si tratta di sedimenti con caratteristiche geotecniche scadenti (elevata compressibilità) i quali affiorano presso il biotopo a N e a NE dell'area di studio.

Alla base dei sedimenti palustri sono presenti invece **depositi glaciali morenici** a matrice sabbioso-limosa compatta (talora sovraconsolidata) nella quale sono contenute ghiaie e ciottoli poligenici eterometrici. Si tratta di sedimenti molto tenaci (a differenza dei depositi lacustri e palustri soprastanti) e impermeabili, che sostengono una o più falde idriche. I depositi glaciali compatti si approssimano via via alla superficie topografica spostandosi da valle (N ed E) verso monte (WSW), tant'è che essi sono stati intercettati ad appena -2.5-3.0 m di profondità nelle due prove penetrometriche DPSH 5-6 eseguite nella parte alta dell'area in prossimità della S.P. 73.

Alla pagina seguente si riportano due profili geologico-stratigrafici ricavati sulla base delle indagini eseguite in sito (prove penetrometriche e indagini geofisiche); il PROFILO 1 è orientato da W verso E ed ha uno sviluppo lineare di circa 300 m; il PROFILO 2 è orientato da N verso S con sviluppo lineare complessivo di circa 370 m.

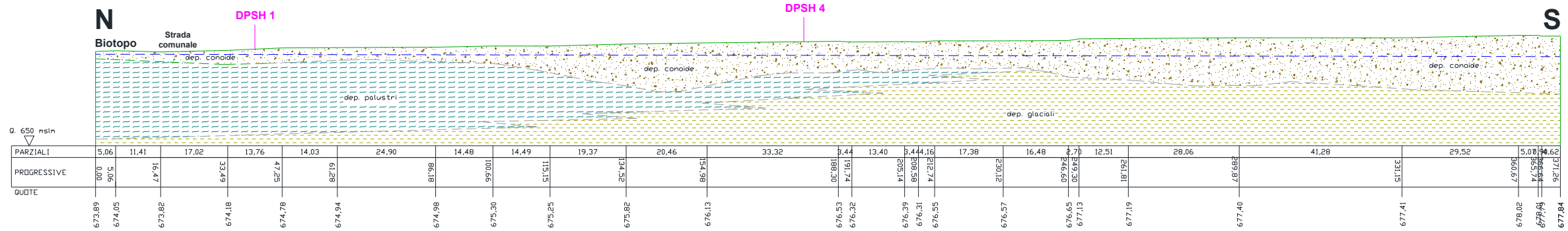
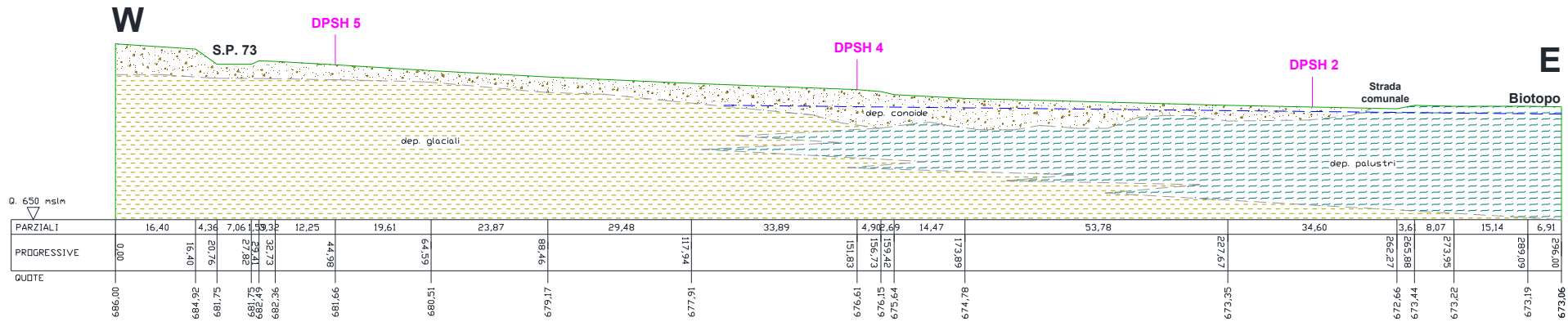
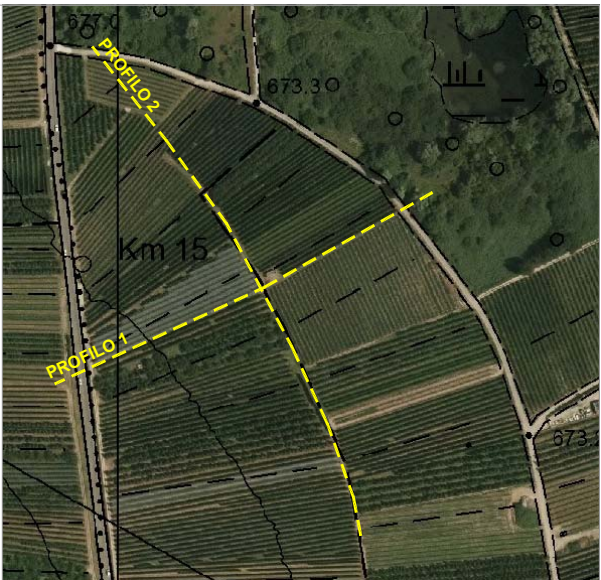
Dall'esame dei due profili, che si incrociano al centro dell'area di studio (in corrispondenza della prova penetrometrica DPSH 4), è possibile avere un'indicazione di tipo preliminare dell'assetto geologico-stratigrafico locale, nonché delle caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo; la tavola d'acqua è sub-superficiale nella parte bassa dell'area verso N e verso E (profondità < 1 m), mentre al centro dell'area di studio l'acqua si attesta a circa -3,5 m di profondità; infine, nella zona alta verso W, nei primi metri di sottosuolo non è stata rilevata la presenza di acqua.



PROFILI GEOLOGICO-STRATIGRAFICI

(ricavate sulla base delle prove penetrometriche e delle indagini geofisiche)

- Depositi detritico-alluvionali di conoide (sabbia limosa con ghiaia e ciottoli)
- Depositi glacio-lacustri e palustri (limi, argille, torbe)
- Depositi glaciali (ghiaie e ciottoli poligenici in matrice sabbioso-limosa compatta)
- Falda freatica





Verso N e verso E l'area confina con un'ampia zona a morfologia pianeggiante attualmente occupata dal biotopo "Palù di Tuenno"; questa porzione di territorio, che comprende anche l'area dove si trova il C.T.L. di Cles e le zone poste più a N, è il prodotto dei processi di erosione e trasporto operati dai ghiacciai durante l'ultima glaciazione würmiana, il cui apice data circa 12.000÷15.000 anni fa. L'azione di modellamento del ghiacciaio ha originato delle conche di sovra-escavazione (anche di notevoli dimensioni), in seguito colmate da materiale eluvio-colluviale, alluvionale e localmente anche glacio-lacustre e palustre. In particolare, nel sottosuolo del biotopo sono presenti notevoli spessori di depositi lacustri e palustri siltitico-argillosi e torbosi compressibili, segno che in epoca post-glaciale (e fino a poco tempo fa) quest'area ospitava un antico lago, del quale esiste ancora una piccola testimonianza "relitta" con lo stagno del biotopo.

In generale, in virtù della morfologia debolmente acclive per un raggio di parecchie centinaia di metri, l'area interessata dalla Variante al P.R.G. non presenta segnali di destabilizzazioni in atto né tantomeno passate; l'eventuale futuro apprestamento a centro sportivo-ricreativo non altererà l'assetto geologico e geostatico generale. Ad ogni modo, è chiaro che la delicata situazione geologico-stratigrafica (presenza di terreni fini compressibili nell'immediato sottosuolo) e idrogeologica (falda sub-superficiale nella parte medio-bassa dell'area), imporrà in caso di edificazione l'adozione di opportuni accorgimenti geo-esecutivi, specialmente per quanto riguarda l'imposta basale delle future strutture e il collettamento/drenaggio delle acque, in modo da garantirne condizioni di sicurezza e di stabilità per le nuove opere di infrastrutturazione.

7.6 Idrogeologia nel sottosuolo e idrologia superficiale

Dal punto di vista idrogeologico, i depositi palustri possiedono una permeabilità ridotta, al limite dell'impermeabilità (valori medi del coefficiente di permeabilità pari a 10^{-5} ÷ 10^{-6} cm/s). Al contrario, i depositi conoidali ghiaioso-sabbiosi interdigitati verso N e verso E con i sedimenti palustri, possiedono una permeabilità primaria maggiore; ciò veicola verso valle le acque d'infiltrazione provenienti dal versante a monte, comportando la formazione nell'immediato sottosuolo di falde sospese contenute nello spessore dei depositi conoidali e sostenute alla base dai depositi fini impermeabili limosi e argillosi.

Il modello idrogeologico locale può essere così descritto: le acque meteoriche s'infiltrano lungo il versante di Mechel e lungo le pendici orientali del M.te di Cles, defluendo all'interno dei depositi permeabili; una volta raggiunta la zona pianeggiante posta al piede del versante, le acque trovano uno sbarramento frontale costituito dal cordone morenico che si innalza a est; tale situazione comporta la formazione di una "barriera idrogeologica" che costringe le acque a ristagnare nel sottosuolo; la zona rappresenta infatti un'estesa conca di sovra-escavazione glaciale, poi riempita con sedimenti fini lacustri e palustri; la conca è sbarrata verso est dal cordone morenico ed anche verso sud, costringendo le acque a ristagnare nel sottosuolo.

La falda idrica è stata misurata nei fori delle prove penetrometriche DPSH 1-2-3-4 dotati di tubo piezometrico (1/2"); la profondità minima è stata misurata nel foro DPSH-2 (estremità



verso E dell'area di studio) attestandosi a -0,85 m sotto il p.c. (data di misura 10/06/2021); anche nei fori DPSH-1 e DPSH-3 l'acqua è stata riscontrata a ridotta profondità, di poco superiore al metro. Nel foro DPSH-4 situato al centro dell'area ad una quota topografica maggiore di circa +3 m rispetto alle altre prove DPSH 1-2-3, la falda si attesta a profondità compresa tra -3,0 e -3,5 m.

La tabella seguente riporta le misure piezometriche eseguite dallo scrivente nel periodo aprile-maggio-giugno 2021, all'interno dei quattro fori dotati di piezometro:

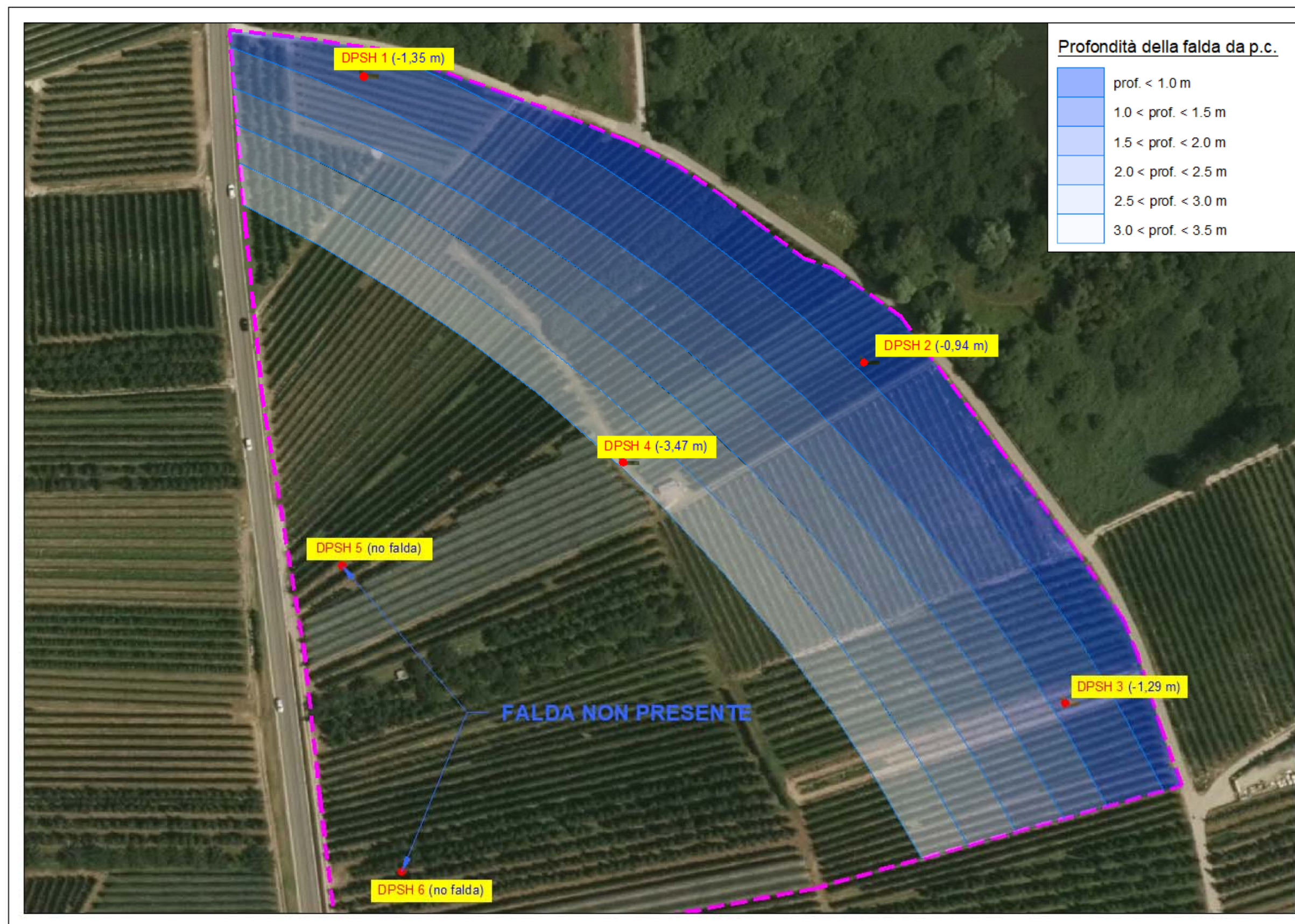
	DPSH 1	DPSH 2	DPSH 3	DPSH 4
16/04/2021	-1,35	-0,94	-1,29	-3,47
27/04/2021	-1,38	-0,98	-1,32	-3,52
10/06/2021	-1,25	-0,85	-1,19	-3,35

Nel breve periodo di monitoraggio (un paio di mesi) l'oscillazione della falda nei quattro piezometri è stata dell'ordine di 10 cm circa.

La presenza della falda idrica a breve profondità nella parte bassa dell'area prossima al biotopo (verso N e verso E) costituisce uno dei punti chiave per la progettazione di qualsiasi nuova struttura, sia dal punto di vista della corretta impermeabilizzazione basale, sia per quanto riguarda la capacità portante del terreno saturo su cui potranno essere fondate eventuali strutture.

Alla pagina seguente si riporta una planimetria dell'area con le linee isofreatiche (profondità della tavola d'acqua sotto il p.c.) ricavate dalle misure freaticometriche eseguite nei quattro piezometri; si vede chiaramente che la zona delicata dal punto di vista idrogeologico è la parte bassa verso N e verso E dove la falda si attesta a circa -1 m di profondità. A titolo puramente indicativo e preliminare, in questa zona si sconsiglia la realizzazione di strutture con piani interrati e si ritiene preferibile la realizzazione di opere con limitati sovraccarichi sul terreno.

Per avere delle condizioni idrogeologiche più favorevoli e quindi idonee a ospitare strutture con livelli interrati e con sovraccarichi maggiori, bisogna risalire di quota di almeno +3 m arrivando grosso modo nella porzione centrale dell'area. Infine, la parte alta verso W e la zona verso SW presenta caratteristiche idrogeologiche decisamente migliori (assenza di falda nel primo sottosuolo) ed anche i terreni presentano caratteristiche di resistenza e di "portanza" sensibilmente migliori (depositi glaciali compatti).





Per quanto riguarda l'idrografia superficiale, la morfologia della zona debolmente esposta verso ENE consente lo sgrondo diffuso delle acque superficiali (deflussi meteorici) da WSW verso ENE, senza che nel tempo si sia sviluppato un reticolo idrografico naturale. Attualmente le acque meteoriche scorrono per laminazione diffusa lungo i frutteti da WSW verso ENE fino ad arrivare alla strada comunale asfaltata passante a N e NE; essa è dotata di una rete di intercettazione delle acque superficiali costituita da diversi pozzetti con caditoie/griglie di ferro, collegati con un grosso collettore in cls (tubo da 400 mm).

In generale, alla luce delle osservazioni effettuate nel corso dei vari sopralluoghi, si escludono problematiche legate ai deflussi idrici superficiali provenienti da monte.

Infine, per quanto riguarda la pericolosità idrologica-idraulica indicata nella nuova "Carta di Sintesi della Pericolosità" ("Area da approfondire – APP") dovuta alla presenza del "rio Paglia" circa mezzo chilometro più a sud, si rimanda ai contenuti dello Studio di Compatibilità elaborato dallo scrivente con la collaborazione del dott. for. Mirco Baldo (*LandEco – TN*) nel quale è valutato il grado di rischio al quale è effettivamente esposta l'area, proponendo inoltre opportune opere di mitigazione a difesa dell'area in caso di eventi meteorici eccezionali ($Tr=30-50$ anni), che potrebbero potenzialmente provocare la tracimazione del rio lungo il versante più a monte con il conseguente parziale allagamento/alluvionamento delle aree poste a valle (tra le quali anche l'area di studio).

8. STABILITA' GENERALE DELL'AREA

L'analisi geomorfologica eseguita in occasione dei vari sopralluoghi permette di escludere fenomeni gravitativi in atto e/o passati, tali da coinvolgere l'area interessata dalla Variante. Ciononostante, è chiaro che la presenza di terreni fini compressibili nell'immediato sottosuolo, specialmente nella porzione verso N e in quella verso E prossime al biotopo, così come la presenza della falda freatica sub-superficiale, impongono opportuni accorgimenti geo-esecutivi in futuro in caso di urbanizzazione e infrastrutturazione dell'area. L'adozione di tali accorgimenti, specialmente per quanto concerne l'imposta basale di eventuali nuove strutture, ne garantirà la piena sicurezza e stabilità, evitando di alterare l'assetto geologico-geostatico locale.

9. BREVE DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI DALLA VARIANTE AL P.R.G.

La presente Variante puntuale al P.R.G. interessa un'area di circa 6 ettari, situata lungo la S.P. 73 nella periferia nord del territorio comunale a confine col territorio di Cles; l'obiettivo è di ricavarvi principalmente un centro sportivo-ricreativo (piscina, centro benessere, wellness) e un centro servizi sovracomunale comprensivo di parcheggi per i turisti che vorranno accedere al lago di Tovel in alta stagione, lasciando qui le proprie autovetture, imbarcandosi sul bus-navetta che da qui porterà direttamente in Val di Tovel.



In via preliminare, le opere di infrastrutturazione potenzialmente realizzabili sono:

- Parcheggio per circa 1000 veicoli (sia a pagamento che no) e punto di partenza bus-navetta per la Val di Tovel;
- Nuova viabilità di accesso all'area sia per i veicoli sia ciclo-pedonale;
- Centro natatorio con piscine, wellness, terme, palestra e parco; usufruibile da famiglie e turisti (attività sportiva in maniera residuale) comprensivo di eventuali spazi di commercio, bar e ristoranti.

Per quanto riguarda il **parcheggio**, esso servirà i turisti intenzionati a visitare la Val di Tovel in alta stagione, i quali lasceranno qui le proprie autovetture, usufruendo del servizio navetta (punto di partenza autobus).

E' prevista la realizzazione di una **specificata viabilità di accesso per i veicoli**, partendo dalla nuova rotonda di Talao (opera PAT, progettazione prevista nel 2° semestre 2021 e realizzazione nel 2022) per uno sviluppo di circa 475 m, in maniera tale che il traffico in ingresso alla nuova area avvenga partendo dalla nuova rotatoria senza ostacolare la percorrenza sulla S.P. 73. Oltre alla strada principale di accesso è prevista anche una **viabilità di accesso ciclo-pedonale**, andando a collegare il CTL di Cles con la futura rotonda di Talao (tratto A), nonché un collegamento con rotonda di "via 4 Ville" situata a NE del magazzino ortofrutticolo FAT di Tuenno; la nuova viabilità avrà sviluppo complessivo pari a 1350 m (625 m tratto A, 725 m tratto B).

Per quanto riguarda **l'impianto natatorio**, a seguito di un'analisi di pre-fattibilità da parte di tecnici specializzati, le sue caratteristiche compositive potrebbero essere le seguenti:

▪ **Destinazione d'uso:**

Centro sportivo-ricreativo sovracomunale (particolare attenzione alle famiglie)

▪ **Dimensioni indicative:**

Superficie coperta complessiva: 3.000 mq

Altezza max fabbricati: 15 m con possibilità di sveltare con elementi puntuali (acqua-scivolo...).

▪ **Dotazioni:**

- Impianto natatorio coperto con piscina interna ed esterna:

Vasca nuoto coperta

Vasca idromassaggio

Vasca fitness

Vasca ludica-ricreativa

Vasca bambini

Attrezzature ludiche: spraypark, scivolo idrotubo (anche con eventuale percorso esterno), river

Vasca scoperta

- Servizi, spogliatoi

- Tribuna per spettatori

- Centro benessere



- Centro estetico
- Palestra-fitness
- Kinder-corner (area giochi-intrattenimento per bambini)
- Bar-ristorante
- Locali tecnici (interrati o in copertura)

▪ Dotazioni accessorie

- Area verde attrezzata (pic-nic, campi sportivi)
- Parco avventura
- Area parcheggi (1.000 posti auto indicativi) da eseguirsi a raso (da valutare l'opportunità di volumetrie ipogee comprese nella sagoma del corpo di fabbrica principale)

10. "BIOTOPO PALU' DI TUENNO" (IT3120059)

Subito a N e ad E dell'area di Variante, si trova l'area protetta "Habitat Natura 2000" denominata "Biotopo Palù di Tuenno" (cod. IT3120059), istituito nel 1989 con Delibera della Giunta provinciale n. 11598 del 06.10.1989; si tratta di una Riserva Naturale Provinciale.

Come riportato sulla specifica scheda descrittiva disponibile sul sito internet all'indirizzo (http://www.areeprotette.provincia.tn.it/riserve_provinciali/biotopi_riserve/riserve_provinciali/pagina32.html), il biotopo si estende su una superficie di 5,56 ettari, interessando principalmente il territorio catastale di Tuenno (verso sud) e in parte minore quello di Cles (verso nord); solo marginalmente è interessato il territorio catastale di Tassullo (p.f. 900).

Il sito direttamente interessato dal futuro intervento edilizio si colloca all'esterno del perimetro dell'area protetta, con la quale confina verso N, NE ed E; tra il biotopo e l'area in esame passa una strada comunale asfaltata piuttosto frequentata da chi intende svolgere attività sportiva durante l'anno; la strada viene inoltre usata per accedere ai numerosi fondi agricoli qui presenti (v. foto pagine seguenti).

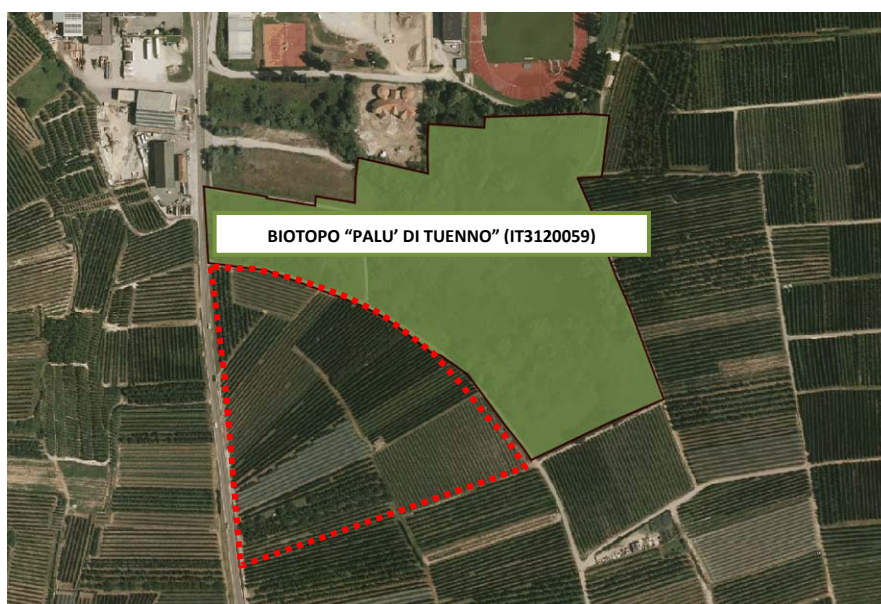


Fig. 16: ortofoto con evidenziato in verde il "Biotopo Palù di Tuenno". In rosso l'area della Variante al PRG.



Dott. geologo CLAUDIO MENAPACE

Vicolo de le Giarberie, 8 (Fraz. Pavillo)
38019 - VILLE D'ANAUNIA (TN)

Cell: 340-1895763

P.IVA: 02174350229

C.F.: MNP CLD 81L13 C794 I

claudio_menapace@hotmail.it

c.menapace@geotaspec.it



Foto 13: strada comunale asfaltata passante a est dell'area in esame (vista da S verso N). A dx si vede il biotopo.



Dott. geologo CLAUDIO MENAPACE
Vicolo de le Giarberie, 8 (Fraz. Pavillo)
38019 - VILLE D'ANAUNIA (TN)

Cell: 340-1895763
P.IVA: 02174350229
C.F.: MNP CLD 81L13 C794 I
claudio_menapace@hotmail.it
c.menapace@geotaspec.it



Foto 14: strada comunale passante a ENE dell'area di studio.

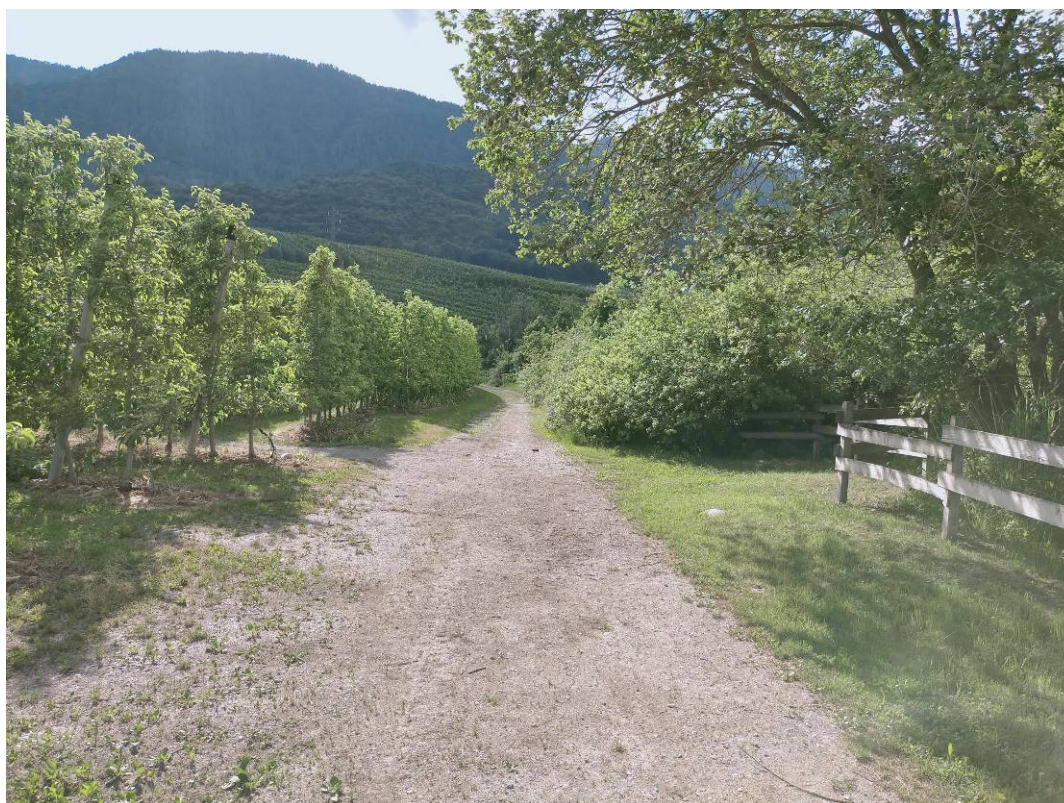


Foto 15: strada comunale passante a nord (vista da E verso W); a dx si vede il biotopo.



10.1 Caratteristiche ambientali del biotopo

La “Palù di Tuenno” è in qualche modo sopravvissuta fino ai nostri giorni, anche se a partire dagli anni '80 e fino a pochi anni fa, circa 2/3 della sua superficie sono stati coperti di inerti per costruire l'impianto sportivo di Cles ed anche per scopi agricoli. Dopo di allora e fino alla sua istituzione a biotopo, questa zona umida è stata al centro di ulteriori interventi distruttivi (specialmente negli anni '80) divenendo una discarica per materiali inerti; altre fonti di danneggiamento sono state i tentativi di drenaggio, gli incendi dolosi e il massiccio uso di prodotti chimici nelle campagne circostanti. L'insieme di queste attività ha pesantemente danneggiato e alterato l'assetto originario dell'ecosistema, ma nonostante l'impoverimento patito, la “Palù di Tuenno” conserva ancora caratteri di grande pregio naturalistico. In particolare nel corso del 1997 l'Ufficio Biotopi, tenendo conto dei risultati scaturiti dalle varie campagne di ricerca eseguite, ha approntato un progetto volto al miglioramento ambientale dell'area tramite l'ampliamento dello specchio d'acqua preesistente nella parte orientale dell'area protetta. Inoltre sono stati realizzati la rinaturalizzazione di una parte dell'immissario e dell'emissario, la costruzione di barriere di protezione, la piantumazione di essenze arbustive e arboree sui bordi del biotopo. L'interesse naturalistico del biotopo è motivato soprattutto dal ruolo che esso riveste nei confronti dell'avifauna: qui infatti è stata riscontrata la riproduzione di un numero elevato di uccelli, molti dei quali caratterizzati da grande rarità a livello provinciale. Tra questi si possono citare per importanza il tuffetto (*Tachybaptis ruficollis*), il porciglione (*Rallus aquaticus*) e la cannaiola (*Acrocephalus scirpaceus*). Inoltre la Palù di Tuenno costituisce un'importante zona di sosta, rifugio e alimentazione per gli uccelli migratori; infatti, costituendo uno tra i pochissimi ambienti umidi naturali di tutta la media e bassa Val di Non, essa si configura come un'isola di naturalità in un vasto contesto territoriale completamente inospitale.

10.2 Potenziali impatti di carattere geologico-idrogeologico sul biotopo

L'eventuale futura urbanizzazione e infrastrutturazione dell'area nelle vicinanze del biotopo, impone nelle future fasi progettuali e autorizzative un adeguato studio multidisciplinare, allo scopo di valutare preventivamente se la riconversione della zona da agricola a ludico-sportiva, possa impattare negativamente sul biotopo e sul suo ecosistema naturale.

Particolare attenzione andrà posta all'eventuale impatto acustico, ma anche geologico e idrogeologico; di certo la riconversione di quest'ampia zona (circa 6 ettari) da frutticola coltivata in modo intensivo a ludico-sportiva, comporterà la dismissione totale dei trattamenti fitosanitari di tipo chimico, che al momento potrebbero impattare negativamente sulla qualità delle acque sotterranee.

In particolare, per quanto attiene gli aspetti idrogeologici, andrà valutato se la realizzazione delle future opere di infrastrutturazione (es. edifici con piani interrati, nuova viabilità di accesso all'area, nuova viabilità interna, nuovi parcheggi, ecc.) possano alterare il



delicato equilibrio idrogeologico della zona, andando a modificare in senso negativo l'attuale assetto idrogeologico (acque ipogee presenti nel sottosuolo).

In via del tutto preliminare, dai dati finora raccolti (misure freaticometriche nei 4 piezometri), sembrerebbe che in questa zona l'alimentazione sotterranea verso il biotopo non avvenga da monte (W) verso valle (E). Infatti, mentre nei tre piezometri installati in prossimità del biotopo (DPSH 1-2-3) è stata intercettata la tavola d'acqua a breve profondità collegata direttamente con la falda affiorante nel biotopo, nei fori di sondaggio eseguiti a monte nella parte alta dell'area (estremità W) non è stata riscontrata la presenza di acque d'infiltrazione nei primi metri di sottosuolo, per via della presenza di sedimenti glaciali sovraconsolidati impermeabili. In pratica, sembrerebbe che l'alimentazione idrogeologica del biotopo avvenga nel tratto più a nord, compreso tra il CTL di Cles (a N) e l'area in esame (a S), dove scorre il "rio dei Pini" proveniente da Mechel. Pertanto, la tavola d'acqua riscontrata nella parte bassa dell'area di studio prossima al biotopo, sarebbe la naturale prosecuzione verso W della falda freatica del biotopo stesso. Se ciò fosse confermato in futuro da ulteriori indagini, la realizzazione delle nuove opere di infrastrutturazione, non influirà sull'assetto idrogeologico del biotopo e sulla sua alimentazione.

Un secondo aspetto che necessita di particolare attenzione è quello relativo alle modalità di collettamento e di smaltimento delle acque, sia meteoriche (bianche) sia reflue (nere). Andranno realizzate specifiche reti di scarico a valle, in grado di garantire un adeguato allontanamento delle acque, senza compromettere l'equilibrio idrologico-idrogeologico del biotopo. Infatti, l'urbanizzazione dell'area comporterà un sensibile incremento delle superfici coperte (edifici, strade, parcheggi), con importanti quantitativi di acque meteoriche da smaltire a valle; non sarà possibile lo scarico diretto nel biotopo poiché ciò andrebbe ad alterare pesantemente il suo delicato equilibrio idrologico-idrogeologico. Al più si potrebbero valutare opportuni trattamenti fisico-biologici (depurazione, dissabbiatura, ecc.) e l'eventuale immagazzinamento in apposite vasche di laminazione in modo da favorire un rilascio lento e controllato, in occasione di eventi meteorici intensi.

Altri aspetti da sviluppare nelle successive fasi progettuali e autorizzative riguardano gli effetti di eventuali pompaggi meccanici (aggottamenti) della falda durante la fase realizzativa dei lavori (scavi), oppure ancora l'eventuale ricorso a fondazioni profonde (pali), evitando la filtrazione di cls o additivi nel sottosuolo attraverso la falda collegata al biotopo; a questo proposito esistono le tecnologie per evitare tali rischi.

Quanto precedentemente riportato rappresenta una valutazione preliminare degli aspetti geologici-idrogeologici da attenzionare nel proseguo dell'iter progettuale e autorizzativo, in modo da garantire la qualità ambientale del biotopo, senza alterarne le caratteristiche idrologiche e idrogeologiche.

Altri aspetti importanti (es. gli impatti acustici) andranno valutati con attenzione da professionisti competenti ed esperti.



11. MODELLAZIONE SISMICA SITO-SPECIFICA

Le "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 17/01/2018) definiscono le regole da seguire per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni, sia in zona sismica sia in zona non sismica. Le N.T.C. al cap. 3§2 prevedono che: *Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscano a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche".*

La D.G.P. 1351 del 30/05/2008, ai fini della determinazione delle azioni di progetto secondo le N.T.C., dispone quanto segue: (...) *"Nella relazione geologica che accompagna il progetto, ai fini della definizione dell'azione sismica dovranno essere definite la categoria del suolo di fondazione dell'area d'intervento e le sue caratteristiche morfologiche per determinare i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, ai sensi del punto 3.2.2 delle N.T.C."*

Secondo la presente normativa le forme spettrali, sono definite, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;

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

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

Lo scuotimento al suolo così determinato deve essere corretto per tener conto delle caratteristiche locali del sito, inserendo nel calcolo complessivo la categoria del suolo di fondazione oltre ai coefficienti di amplificazione topografica e stratigrafica.

Il problema della risposta sismica locale nasce dall'osservazione, effettuata in seguito a terremoti distruttivi, che il tipo di danno subito da costruzioni analoghe può variare fortemente anche entro distanze ravvicinate (poche centinaia o addirittura poche decine di metri) e che in molti casi la risposta più plausibile deve essere ricercata nella differenza di comportamento dei terreni di fondazione o in altri fattori inerenti alla geologia e alla morfologia superficiale.

Com'è noto, infatti, la composizione spettrale di un evento sismico subisce una prima modifica nel percorso fra il fuoco e il basamento rigido di una qualsiasi area considerata (funzione di attenuazione) e una seconda modifica nel percorso attraverso i materiali (non rigidi) presenti fra il basamento e la superficie. Quest'ultima modifica, alterando il contenuto spettrale del sisma, è di notevole importanza poiché condiziona le sollecitazioni cui potranno essere sottoposte le strutture in quel sito. Risulta quindi necessario far ricorso a metodologie che permettano di definire come i terreni di copertura del "bedrock" possano influenzare l'ampiezza delle onde in superficie.

I metodi più utilizzati che permettono di stimare la risposta di sito sfruttando le registrazioni del rumore di fondo (noise) sono due: il metodo di *Kanai e Tanaka* (1961) e il metodo di *Nakamura* (1989).



11.1 Indagine sismica eseguita “ad hoc” (aprile 2021)

Nell'area in esame è stata condotta un'indagine sismica “ad hoc”, per caratterizzare il sottosuolo, in modo da poter fornire i parametri sismici sito-specifici sui quali poter basare in futuro la progettazione delle nuove strutture; l'indagine è stata condotta ad aprile 2021 dalla ditta specializzata *Seismi-K* di Trento.

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o HVSr (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio - Metodo di Nakamura*) è finalizzata all'individuazione della frequenza caratteristica di risonanza di sito e delle discontinuità sismiche che sono correlabili ai cambi litologici presenti all'interno della copertura.

La metodologia d'indagine utilizzata è totalmente non invasiva e si può applicare ovunque e non necessita né di perforazioni, né di stendimenti di cavi né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale, che in natura esiste ovunque. Il metodo di acquisizione si dice passivo in quanto il rumore non è generato “ad hoc”, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva (sismica a rifrazione), ma è il rumore naturale definito come “micro-tremore”.

I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- 1) *La stratigrafia del sottosuolo con un range d'indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 50 – 70 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.*
- 2) *La velocità media delle onde di taglio V_s calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario conoscere, anche in maniera indicativa, la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia e riconoscibile nella curva H/V. La stima di tale parametro caratterizza al meglio, dal punto di vista geofisico, i vari litotipi presenti. È inoltre possibile valutare la velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno del bedrock e stabilire il tipo di roccia presente. La tecnica HVSr può essere applicata, a differenza delle classiche tecniche d'indagine sismiche (sismica a rifrazione), anche in presenza di inversioni di velocità (materiali più competenti che poggiano sopra materiali meno competenti).*
- 3) *La frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di “doppia risonanza” estremamente pericoloso per la stabilità degli stessi.*

11.2 Categoria di suolo di fondazione (ricavata dall'indagine sismica)

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale può essere valutato con specifiche analisi (v. § 7.11.3 - NTC).

Nel caso specifico, sulla base delle indagini geofisiche eseguite, si ottiene una $V_{s_{eq}}$ pari a 440 m/s, pertanto il terreno di fondazione (dal punto di vista della velocità) è inquadrabile nella **categoria di sottosuolo di tipo B**: “*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 graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*”.



Tabella 3.2.II (N.T.C.) – Categorie di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
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 uno strato di alterazione, 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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale 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 graduale 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 graduale 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.

11.3 Condizioni topografiche

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

Tabella 3.2.III (N.T.C.) - Categorie topografiche.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superfici piane, 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 in cresta $i > 30^\circ$

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

11.4 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 Tabella 3.2.IV (N.T.C.), nelle quali g è l'accelerazione di gravità ($9,81 \text{ m/s}^2$) ed il tempo T_c^* è espresso in secondi.

Tabella 3.2.IV (N.T.C.) - Espressioni di S_s e di C_c .

Categoria di sottosuolo	S_s	C_c
A	1,0	1,0
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$



E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C)^{-0,40}$
-----	---	----------------------------

11.5 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 Tabella 3.2.V (N.T.C.), in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 (N.T.C.) e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tabella 3.2.V (N.T.C.) - Valori massimi dei coefficienti di amplificazione topografica S_T .

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 del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_T assume valore unitario.

Di seguito si riassumono in forma tabellare i dati per la caratterizzazione sismica dell'area:

Velocità equivalente delle onde di taglio (NTC 2018)	$V_{s,eq}$	440 m/s
Velocità onde di taglio per depositi con $H > 30m$	$V_{s,30}$	440 m/s
Vita nominale della struttura	V_N	100
Classe d'uso		II
Coefficiente di classe d'uso	C_U	1.0
Periodo di riferimento	V_R	100
Latitudine	-	46.340701
Longitudine	-	11.029484
Categoria di sottosuolo	-	B
Categoria topografica	-	T1
Stato limite considerato	-	SLV
Periodo di ritorno del sisma	T_R	949
Accelerazione massima di base	a_g	0.051g 0.500 m/s ²
Coeff. di amplificazione stratigrafica	S_S	1.2
Coeff. di amplificazione topografica	S_T	1.0
Accelerazione massima attesa	a_{MAX}	0.060g 0.595 m/s ²
Coefficiente di riduzione	β	0.20
Coefficiente sismico orizzontale	K_H	0.012
Coefficiente sismico verticale	K_V	±0.006



Dott. geologo CLAUDIO MENAPACE
Vicolo de le Giarberie, 8 (Fraz. Pavillo)
38019 - VILLE D'ANAUNIA (TN)

Cell: 340-1895763
P.IVA: 02174350229
C.F.: MNP CLD 81L13 C794 I
claudio_menapace@hotmail.it
c.menapace@geotaspec.it

COEFFICIENTI SISMICI SITO-SPECIFICI

Stati limite



Classe Edificio

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



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.020	2.571	0.166
Danno (SLD)	50	0.026	2.569	0.192
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.051	2.689	0.331
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.060	2.809	0.363
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

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

B



Cat. Topografica

T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,58	1,53	1,37	1,35
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	0.005	0.006	0.012	0.014
kv	0.002	0.003	0.006	0.007
Amax [m/s ²]	0.241	0.301	0.595	0.708
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Parametri sismici ricavati con software GEOSTR-PS.



12. ANALISI DELLE PROBLEMATICHE GEOLOGICHE-IDROGEOLOGICHE E VALUTAZIONE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA PRELIMINARE

La zona non presenta particolari problematiche di tipo geomorfologico-geostatico (dissesti in atto o passati) data la morfologia poco acclive (debole esposizione verso ENE con pendenza media dell'ordine di 3°-4°); anche il territorio tutt'intorno si presenta globalmente stabile e sicuro dal punto di vista geomorfologico, in virtù della topografia pianeggiante o semipianeggiante per un ampio raggio (diverse centinaia di metri).

Le principali criticità collegabili a un'eventuale futura urbanizzazione e infrastrutturazione dell'area sono di tipo geologico e idrogeologico: le prime sono imputabili alle caratteristiche geotecniche scadenti dei terreni presenti nel sottosuolo, specialmente nella parte bassa dell'area più prossima al biotopo (verso N e verso E), dove sono presenti sedimenti fini compressibili palustri e glacio-lacustri (limi, argille, torbe) con spessori di diversi metri (anche > 10 m come riscontrato dalle indagini condotte). In questa zona, eventuali nuove edificazioni dovranno essere realizzate con opportuni accorgimenti geo-esecutivi, al fine di garantire la stabilità e la sicurezza delle nuove strutture; in questa zona è pressoché indispensabile il ricorso a fondazioni indirette di tipo profondo (pali) per evitare cedimenti che potrebbero manifestarsi sia in fase esecutiva sia a medio-lungo termine. Per esempio, la maggior parte delle strutture sportive del vicino CTL di Cles a nord, sono impostate su pali di grosso diametro (trivellati e/o battuti) come ad esempio la palestra/palazzetto, la tribuna del campo da calcio, ecc.

La zona più delicata dal punto di vista geologico-geotecnico è rappresentata dalla parte bassa dell'area verso N e verso E; in via preliminare tale zona può essere rappresentata come una fascia di territorio ampia 70-80 m a lato della strada comunale passante a NE (v. planimetria alla pagina seguente).

In questa zona, inoltre, vi è la presenza della falda freatica a limitata profondità sotto il p.c. (anche < 1 m) e ciò contribuisce ulteriormente a peggiorare le caratteristiche geotecniche e la "portanza" del terreno; si sconsiglia quindi la realizzazione di strutture con vani interrati, a meno di pompaggi in fase esecutiva e adeguate impermeabilizzazioni di tipo definitivo. Si ritiene inoltre poco indicata l'edificazione di strutture con importanti sovraccarichi sul terreno (fabbricati di grandi dimensioni, torri, ecc.), a meno che non si ricorra ad opportune fondazioni indirette (pali).

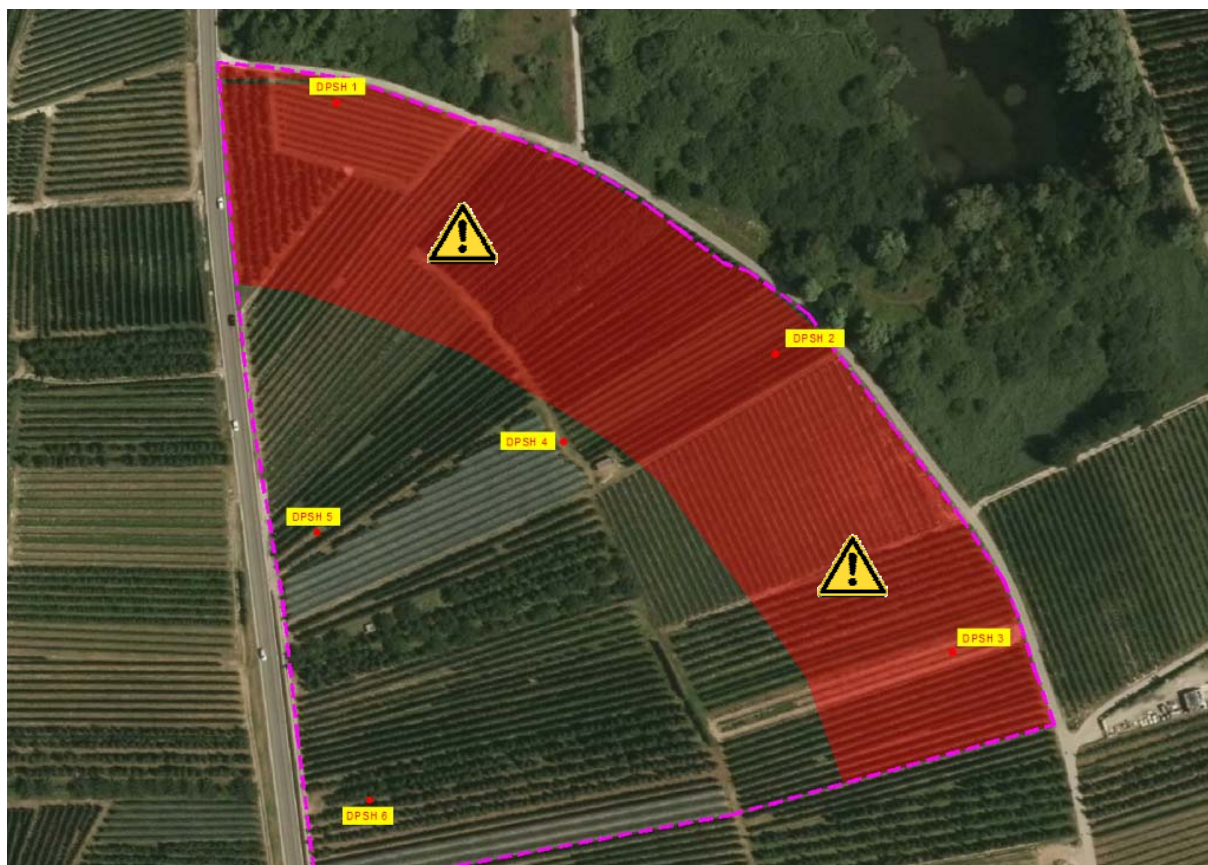


Fig. 17: in rosso la fascia di territorio larga 70-80 m caratterizzata da terreni geotecnicamente scadenti (suoli molto compressibili), oltre alla falda freatica a breve profondità (tra -1.0 e -3.0 m).

13. CONCLUSIONI

Il presente documento rappresenta la **RELAZIONE GEOLOGICA** (contenente la “Relazione sulla modellazione sismica del sito”) redatta a supporto della **VARIANTE DI PUBBLICA UTILITÀ AL P.R.G. DEGLI EX COMUNI DI TASSULLO E TUENNO** elaborata dall’arch. Giorgio Pedrotti di Trento per conto del Comune di Ville d’Anaunia. La Variante riguarda un’area di circa 6 ettari situata all’estremità nord del territorio comunale, a ridosso del “Biotopo Palù di Tuenno”, poco a sud del “Centro per lo Sport e il Tempo Libero (CTL)” di Cles. L’area si colloca lungo la S.P. 73 che collega Tuenno (verso S) con Cles (verso N), con la quale confina lungo tutto il lato ovest; verso NNE è presente il biotopo; verso S si trova un’ampia zona frutticola.

Alla luce dei sopralluoghi e dei rilievi eseguiti e dai risultati delle indagini geognostiche preliminari finora condotte (dirette e indirette), si può affermare quanto segue:

- la ricostruzione del modello geologico-stratigrafico e idrogeologico nell’area interessata dalla Variante si basa su indagini mirate, sia “dirette” (prove penetrometriche) che “indirette” (profili geo-elettrici e profili sismici). Sulla base delle indagini eseguite, si è visto che in superficie è presente un primo strato costituito da depositi detritico-alluvionali di conoide sabbioso-ghiaiosi da poco a mediamente addensati; si tratta del materiale solido trasportato in passato dalle acque del “rio Paglia” che scende dal versante a monte



defluendo circa mezzo chilometro più a sud; questo materiale è stato depositato laddove la morfologia spiana, dando origine a un ampio ventaglio conoidale; l'area oggetto di studio si colloca nella porzione distale verso NNE del conoide. Lo spessore di questo strato tende via via a diminuire spostandosi da monte verso valle, fino quasi ad azzerarsi all'estremità N ed E dell'area di studio; nella zona centrale gli spessori sono dell'ordine di 4-5 m, mentre nella parte alta verso ovest lo spessore tende nuovamente ad assottigliarsi fino a circa 2.5-3.0 m (v. prove penetrometriche 5-6). Nella parte bassa dell'area di studio (porzione verso N e verso E) i depositi conoidali poggiano su sedimenti fini palustri e glacio-lacustri costituiti da limi, argille e torbe; si tratta di sedimenti con caratteristiche geotecniche scadenti (elevata compressibilità) i quali affiorano presso il biotopo a N e a NE dell'area di studio. Alla base dei sedimenti palustri sono presenti invece depositi glaciali morenici a matrice sabbioso-limosa compatta (talora sovraconsolidata) nella quale sono contenute ghiaie e ciottoli poligenici eterometrici. Si tratta di sedimenti molto tenaci (a differenza dei depositi lacustri e palustri soprastanti) e impermeabili, che sostengono una o più falde idriche. I depositi glaciali compatti si approssimano via via alla superficie topografica spostandosi da valle (N ed E) verso monte (WSW), tant'è che essi sono stati intercettati ad appena -2.5-3.0 m di profondità nelle due prove penetrometriche DPSH 5-6, nella parte alta dell'area in prossimità della S.P. 73;

- in virtù della morfologia poco acclive per un raggio di parecchie centinaia di metri, l'area interessata dalla Variante al P.R.G. non presenta segnali di destabilizzazioni in atto né tantomeno passate; l'eventuale futuro apprestamento a centro sportivo-ricreativo non altererà l'assetto geologico e geostatico generale;
- dal punto di vista idrogeologico, i depositi palustri limo-argillosi possiedono una permeabilità ridotta, al limite dell'impermeabilità (valori medi del coefficiente di permeabilità pari a 10^{-5} ÷ 10^{-6} cm/s). Al contrario, i depositi conoidali ghiaioso-sabbiosi interdigitati verso N e verso E con i sedimenti palustri, possiedono una permeabilità primaria maggiore; ciò veicola verso valle le acque d'infiltrazione provenienti dal versante a monte, comportando la formazione nell'immediato sottosuolo di falde sospese contenute nello spessore dei depositi conoidali e sostenute alla base dai depositi fini impermeabili limosi e argillosi. Il modello idrogeologico locale può essere così descritto: le acque meteoriche s'infiltrano lungo il versante di Mechel e lungo le pendici orientali del M.te di Cles, defluendo all'interno dei depositi permeabili; una volta raggiunta la zona pianeggiante posta al piede del versante, le acque trovano uno sbarramento frontale costituito dal cordone morenico che si innalza a est; tale situazione comporta la formazione di una "barriera idrogeologica" che costringe le acque a ristagnare nel sottosuolo. La falda idrica è stata misurata nei fori delle prove penetrometriche DPSH 1-2-3-4 dotati di tubo piezometrico (1/2"); la profondità minima è stata misurata nel foro DPSH-2 (estremità verso E dell'area di studio) a -0,85 m sotto il p.c. (data di misura 10/06/2021); anche nei fori DPSH-1 e DPSH-3 l'acqua è stata riscontrata a ridotta profondità, poco superiore al metro. Nel foro DPSH-4 situato al centro dell'area a una



quota topografica maggiore di circa +3 m rispetto alle altre prove DPSH 1-2-3, la falda si attesta a profondità compresa tra -3,0 e -3,5 m. Nel breve periodo di monitoraggio (un paio di mesi) l'oscillazione della falda nei quattro piezometri è stata dell'ordine di 10 cm circa;

- nella *Carta delle Risorse idriche* del P.U.P., l'area di Variante non rientra in "zone di salvaguardia idrogeologica di pozzi e/o sorgenti idropotabili". Pertanto si esclude che gli interventi di urbanizzazione possano interferire negativamente con eventuali acque sorgive idropotabili (completamente assenti nella zona);
- nell'anagrafe dei siti inquinati e dei siti da bonificare (portale geo-cartografico – APPA), nella zona non sono cartografati siti inquinanti né tantomeno siti con potenziali problematiche di inquinamento. Visto l'attuale utilizzo dell'area (tutte le pp. ff. interessate dalla Variante sono coltivate a meleti e lo sono dalla seconda metà del secolo scorso), siccome in passato l'area non ha ospitato attività produttive di tipo industriale e/o artigianale, si ritiene improbabile la presenza di sostanze inquinanti nel sottosuolo. Alcune delle pp. ff. sono state recentemente oggetto di riprofilatura morfologica/livellamento, mediante l'apporto di terreni da fuori sito, in modo da innalzarne leggermente la quota topografica. E' chiaro tuttavia che nelle successive fasi autorizzative e progettuali, andrà eseguita la "caratterizzazione chimico-ambientale" dei terreni presenti nei primi metri di sottosuolo, mediante campionamenti in diversi punti e analisi chimiche di laboratorio, allo scopo di accertare le qualità ambientali dei terreni, già nelle fasi di progettazione preliminare e/o di fattibilità generale degli interventi;
- l'area in esame non è interessata da Vincolo idrogeologico;
- al cap. 10 sono descritte le caratteristiche ambientali del "biotopo Palù di Tuenno" (Riserva Naturale Provinciale) situato a N e ad E dell'area in esame. L'eventuale futura urbanizzazione e infrastrutturazione dell'area nelle vicinanze del biotopo, impone nelle future fasi progettuali e autorizzative un adeguato studio multi-disciplinare, allo scopo di valutare preventivamente se la riconversione della zona da agricola a ludico-sportiva, possa impattare negativamente sul biotopo e sul suo ecosistema naturale. Particolare attenzione andrà posta all'eventuale impatto acustico, ma anche geologico e idrogeologico; quel che è certo è che la riconversione di quest'ampia zona (circa 6 ettari) da frutticola coltivata in modo intensivo a ludico-sportiva, comporterà la dismissione totale dei trattamenti fitosanitari di tipo chimico, che al momento potrebbero impattare negativamente sulla qualità delle acque sotterranee. In particolare, per quanto attiene gli aspetti idrogeologici, andrà valutato se la realizzazione delle future opere di infrastrutturazione (es. edifici con piani interrati, nuova viabilità di accesso all'area, nuova viabilità interna, nuovi parcheggi, ecc.) possano alterare il delicato equilibrio idrogeologico della zona, andando a modificare in senso negativo l'attuale assetto idrogeologico (acque ipogee presenti nel sottosuolo). In via del tutto preliminare, dai dati finora raccolti (misure freatiche nei 4 piezometri), sembrerebbe che in questa zona l'alimentazione



sotterranea verso il biotopo non avvenga da monte (W) verso valle (E). Infatti, mentre nei tre piezometri installati in prossimità del biotopo (DPSH 1-2-3) è stata intercettata la tavola d'acqua a breve profondità collegata direttamente con la falda affiorante nel biotopo, nei fori di sondaggio eseguiti nella parte alta dell'area (estremità W) non è stata riscontrata la presenza di acque d'infiltrazione nei primi metri di sottosuolo, per via della presenza di sedimenti glaciali sovraconsolidati impermeabili. In pratica, sembrerebbe che l'alimentazione idrogeologica del biotopo avvenga nel tratto più a nord, compreso tra il CTL di Cles (a N) e l'area in esame (a S), dove scorre il "rio dei Pini" proveniente da Mechel. Se ciò fosse confermato da ulteriori indagini, la realizzazione delle nuove opere di infrastrutturazione, non influirà sull'assetto idrogeologico del biotopo e sulla sua alimentazione. Un secondo aspetto che necessita di particolare attenzione è quello relativo alle modalità di collettamento e di smaltimento delle acque, sia meteoriche (bianche) sia reflue (nere). Andranno realizzate specifiche reti di scarico a valle, in grado di garantire un adeguato allontanamento delle acque, senza compromettere l'equilibrio idrologico-idrogeologico del biotopo. Infatti, l'urbanizzazione dell'area comporterà un sensibile incremento delle superfici coperte (edifici, strade, parcheggi), con importanti quantitativi di acque meteoriche da smaltire a valle; non sarà possibile lo scarico diretto nel biotopo poiché ciò andrebbe ad alterare pesantemente il suo delicato equilibrio idrologico-idrogeologico. Al più si potrebbero valutare dei trattamenti fisico-biologici (depurazione, dissabbiatura, ecc.) e l'eventuale immagazzinamento in apposite vasche di laminazione in modo da favorire un rilascio lento e controllato. Altri aspetti da sviluppare nelle successive fasi progettuali e autorizzative riguardano gli effetti di eventuali pompaggi meccanici (aggottamenti) della falda durante la fase realizzativa dei lavori (scavi), oppure ancora l'eventuale ricorso a fondazioni profonde (pali), evitando la filtrazione di cls o additivi nel sottosuolo attraverso la falda collegata al biotopo; a questo proposito esistono le tecnologie per evitare tali rischi. Quanto precedentemente riportato rappresenta una valutazione preliminare degli aspetti geologici-idrogeologici da attenzionare nel proseguo dell'iter progettuale e autorizzativo, in modo da garantire la qualità ambientale del biotopo, senza alterarne le caratteristiche idrologiche e idrogeologiche. Altri aspetti importanti (es. gli impatti acustici) andranno valutati con attenzione da professionisti competenti ed esperti;

- al cap. 11 è riportata la "Modellazione sismica locale" sulla base delle indagini geofisiche eseguite, dalle quali si è ottenuta una $V_{seq} = 440$ m/s. Il terreno di fondazione (dal punto di vista della velocità) è inquadrabile nella categoria di sottosuolo di tipo B: *"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 graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s"*;
- al cap. 12 è riportata un'analisi preliminare delle problematiche geologiche-idrogeologiche; le prime sono imputabili alle caratteristiche geotecniche scadenti dei terreni presenti nel sottosuolo, specialmente nella parte bassa dell'area più prossima al



- biotopo (verso N e verso E), dove sono presenti sedimenti fini compressibili palustri e glacio-lacustri (limi, argille, torbe) con spessori di diversi metri (anche > 10 m come riscontrato dalle indagini condotte). In questa zona, eventuali nuove edificazioni dovranno essere realizzate con opportuni accorgimenti geo-esecutivi, al fine di garantire la stabilità e la sicurezza delle nuove strutture; in questa zona è pressoché indispensabile il ricorso a fondazioni indirette di tipo profondo (pali) per evitare cedimenti che potrebbero manifestarsi sia in fase esecutiva sia a medio-lungo termine. Per esempio, la maggior parte delle strutture sportive del vicino CTL di Cles a nord, sono impostate su pali di grosso diametro (trivellati e/o battuti) come ad esempio la palestra/palazzetto, la tribuna del campo da calcio, ecc. La zona più delicata dal punto di vista geologico-geotecnico è rappresentata dalla parte bassa dell'area verso N e verso E; in via preliminare tale zona può essere rappresentata come una fascia di territorio ampia 70-80 m a lato della strada comunale passante a NE. In questa zona, inoltre, vi è la presenza della falda freatica a limitata profondità sotto il p.c. (anche < 1 m) e ciò contribuisce ulteriormente a peggiorare le caratteristiche geotecniche e la "portanza" del terreno; si sconsiglia quindi la realizzazione di strutture con vani interrati, a meno di pompaggi in fase esecutiva e adeguate impermeabilizzazioni di tipo definitivo. Si ritiene inoltre poco indicata l'edificazione di strutture con importanti sovraccarichi sul terreno (fabbricati di grandi dimensioni, torri, ecc.), a meno che non si ricorra ad opportune fondazioni indirette (pali);
- nella nuova *"Carta di Sintesi della Pericolosità (CSP)"* del P.U.P., la superficie interessata dalla Variante al P.R.G. (6 ettari) rientra in buona parte nelle "Aree da approfondire - APP" (art. 18 delle N.d.A. del P.U.P. – campitura colore arancione). Questa classificazione è dovuta alla presenza circa mezzo chilometro più a S del corso d'acqua denominato "rio Paglia" (acqua pubblica cod. 1350) che scende dal versante a monte scorrendo da W verso E, passando in loc. "Talao" subito a N del magazzino ortofrutticolo FAT. A partire dal magazzino, per un tratto di circa 400 m verso E, il rio scorre tombinato sotto la strada comunale; un eventuale intasamento con tracimazione del rio potrebbe provocare l'allagamento/alluvionamento delle aree poste subito a valle (verso NE e verso SE): il "ventaglio" indicato in arancione nella CSP indica le aree potenzialmente allagabili (come da previsioni preliminari formulate al momento della stesura della CSP). Pertanto, stando all'art. 18 delle N.d.A., la Variante è supportata da uno specifico STUDIO DI COMPATIBILITA' nel quale sono descritte le condizioni di pericolo locali, definendo 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. Nel caso specifico lo Studio non va asseverato dal tecnico estensore, poiché la Variante viene sottoposta a specifica Conferenza dei Servizi e quindi sarà la Provincia a validare formalmente il Piano e lo Studio di Compatibilità. Si rimanda ai contenuti dello Studio, elaborato dallo scrivente in collaborazione del dott. for. Mirco Baldo (*LandEco – TN*), per la descrizione delle condizioni di pericolosità a cui risulta esposta l'area di Variante.



Dott. geologo CLAUDIO MENAPACE

Vicolo de le Giarberie, 8 (Fraz. Pavillo)
38019 - VILLE D'ANAUNIA (TN)

Cell: 340-1895763

P.IVA: 02174350229

C.F.: MNP CLD 81L13 C794 I

claudio_menapace@hotmail.it

c.menapace@geotaspec.it

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del *D.M. 17 gennaio 2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"* e soddisfa i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica per cui costituisce documento progettuale idoneo per l'ottenimento dello specifico titolo autorizzativo.

Ville d'Anaunia, maggio 2021

Dott. geol. Claudio Menapace

