



Comune di Verrua Savoia (TO)



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

PNRR-MISSIONE 4 - ISTRUZIONE E RICERCA
AMPLIAMENTO EDIFICIO SCOLASTICO "DON LEANDRO BARBERIS" FINALIZZATO ALLA
REALIZZAZIONE DI SPAZI E LOCALI DA DESTINARE A MENSA SCOLASTICA
CUP:D58H22001240006

ITALIA

REGIONE
PIEMONTE

CITTA' METROPOLITANA
DI TORINO

COMUNE DI
VERRUA SAVOIA

OGGETTO DELL'ELABORATO: **RELAZIONE GEOLOGICA**

PROPRIETÀ: SCUOLA DON LEANDRO BARBERIS

CODICE GENERALE ELABORATO

ID COMMITTENZA
COMUNE DI
VERRUA SAVOIA

COMMESSA

-

AREA PROGETTAZIONE

DOC

LIVELLO PROGETTO

DEF-ESE

NUMERO ELABORATO

12

REVISIONE

-

SCALA

-

REVISIONE	DATA	OGGETTO	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

PROGETTISTA

- Arch. Fabio ASSALONI
- Geol. Andrea SCAGLIA

TIMBRI - FIRME



Fabio Assaloni



Andrea Scaglia



GIAS S.R.L.
Via Umberto Cosmo 17 bis - 10131 Torino
Tel. +39 011.8198393 - Fax +39 011.8198393
info@giassrl.com - P.IVA 11601860015

Questo elaborato è di proprietà della società GIAS S.R.L., Via Umberto Cosmo 17 bis - 10131 Torino.
Qualsiasi divulgazione o riproduzione anche parziale deve essere espressamente autorizzata.

INDICE

PREMESSA.....	1
1) NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	1
2) LOCALIZZAZIONE – TIPOLOGIA DELL’INTERVENTO – INQUADRAMENTO RISPETTO ALLA VINCOLISTICA D’ORDINE GEOLOGICO.....	1
3) INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLOGICO.....	4
4) ASSETTO MORFOLOGICO E MODELLO LITOSTRATIGRAFICO ALLA SCALA DEL SITO.....	5
5) CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA.....	7
6) SISMICITÀ.....	8
6 a) Pericolosità sismica.....	8
6 b) Accelerazione massima attestata al sito.....	8
7) PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA.....	11
8) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	13
8 a) Livello litotecnico 1.....	14
8 b) Livello litotecnico 2.....	16
9) FONDAZIONI.....	17
10) SUSCETTIBILITÀ ALLA FLUIDIFICAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE IN CONDIZIONI SISMICHE.....	17
11) NOTE DI SINTESI – VALUTAZIONI CONCLUSIVE.....	18
DOCUMENTAZIONE PROVA PENETROMETRICA MAGGIO 2023 SCHEDE SIFRAP	

PREMESSA

Nella sotto estesa relazione sono esposti i risultati dell'indagine geologica e della caratterizzazione geotecnica eseguite a supporto del progetto d'ampliamento dell'edificio scolastico "Don Leandro Barberis" del comune di Verrua Savoia, ubicato in Strada Comunale del Priocco.

In ottemperanza ai disposti normativi in materia geologica e geotecnica relativamente a interventi edilizi interagenti con suolo e sottosuolo, sono stati definiti e presi in esame:

- lineamenti morfologici e geologici generali;
- vincolistica in materia geologico tecnica;
- assetto geologico – stratigrafico alla scala del sito di costruzione;
- circolazione idrica sotterranea;
- sismicità;
- condizioni in merito alla pericolosità geomorfologica;
- parametri geotecnici dei terreni di fondazione.

Scopo e dello studio, che si è articolato attraverso:

- l'esecuzione di un sopralluogo;
- acquisizione documentazione tecnica relativa a indagini geotecniche strumentali eseguite nel significativo intorno;
- pianificazione e assistenza a una prova penetrometrica dinamica superpesante.

è fornire indicazioni tecniche propedeutiche alla progettazione strutturale.

1) NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.G.R 30 dicembre 2019, n. 6-887. Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65.
- CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale del 17 gennaio 2018.
- DM 17/01/2018 - Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti – Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" (NTC 2018).
- Circolare Cons. Sup. Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14/01/2008 – Bozza aggiornata all'11 Aprile 2008.
- DM. 14/01/ 2008 "Norme Tecniche sulle costruzioni".
- OPCM n 3274 del 20/03/2003 – "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- OPCM n 3431 del 05/03/2005 – Ulteriori modifiche ed integrazioni all'Ordinanze del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 n 3274 del 20/03/2003.
- OPCM n 3274 del 20/03/2003 – "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

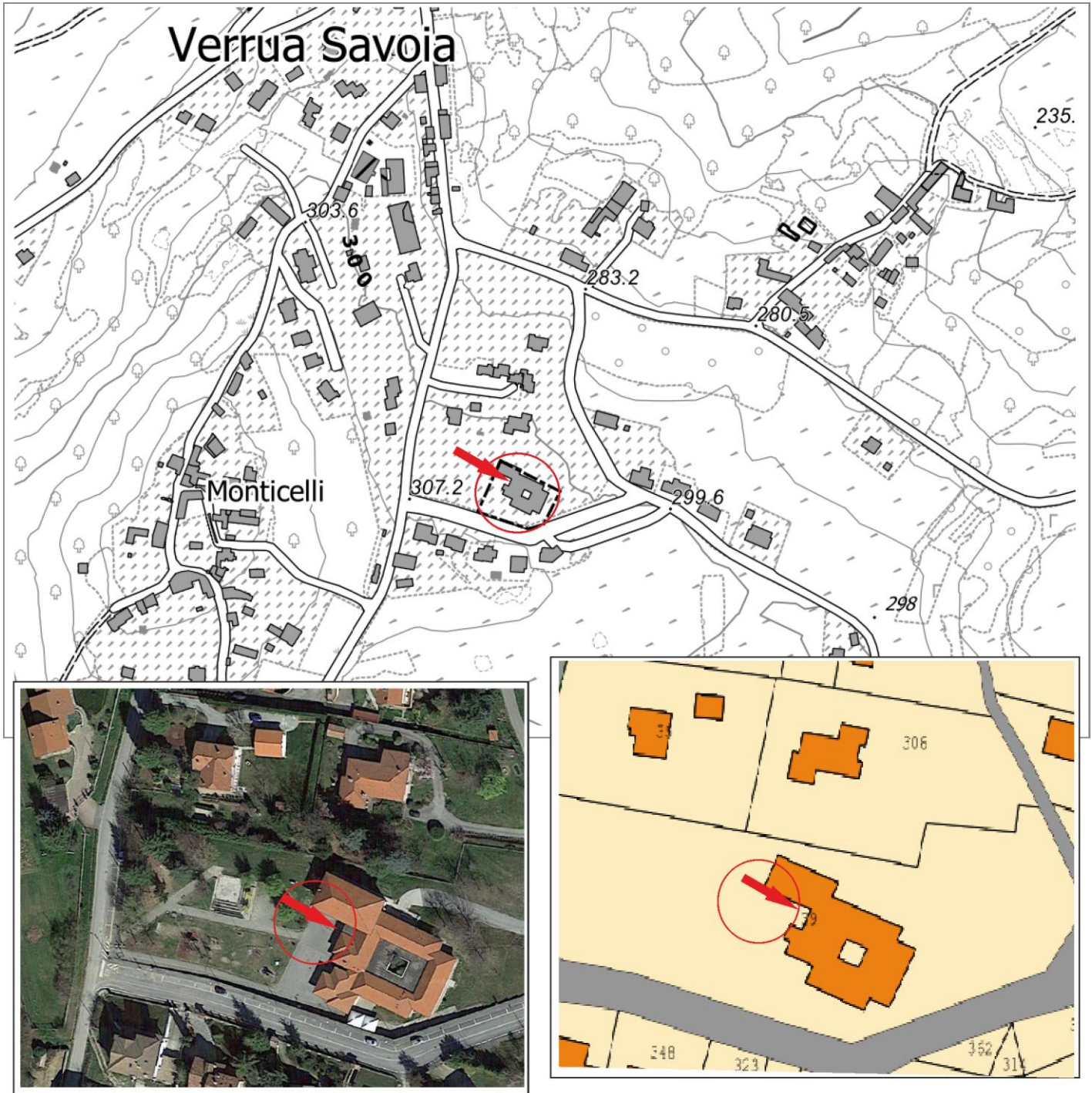
2) LOCALIZZAZIONE – TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO – INQUADRAMENTO RISPETTO ALLA VINCOLISTICA D'ORDINE GEOLOGICO

L'edificio si localizza nell'ambito della propaggine sud est del concentrico urbano del capoluogo. Il riscontro cartografico (cfr. fig.1) è fornito da:

- sezione 157020 della cartografia regionale BDTRE;

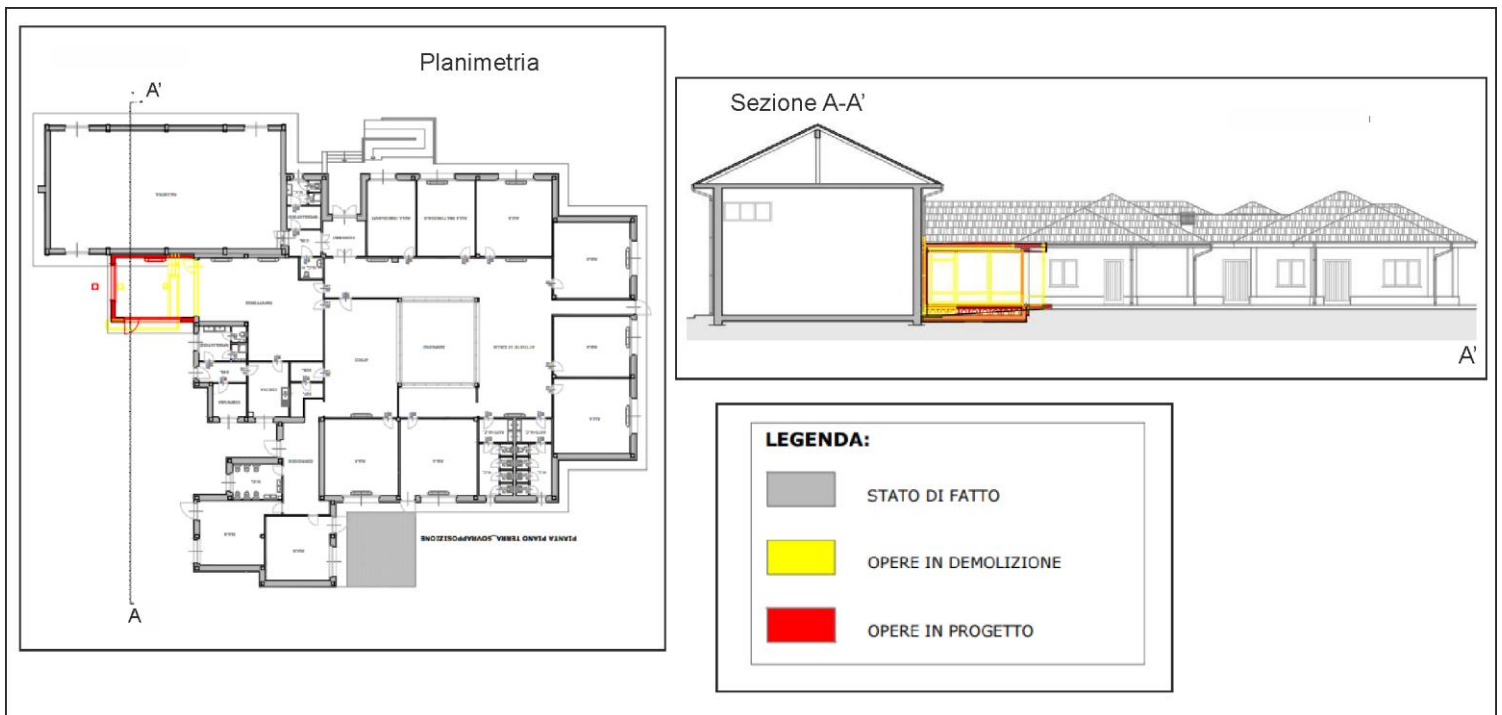
- particella catastale n°39 del foglio n°41.

Fig.1) Ubicazione dell'edificio. Estratto Cartografia BDTRE alla scala 1: 5.000 ripresa aerea e planimetria castale alla scala 1: 2.000



L'edificio è composto dal due corpi di fabbrica a un unico piano fuori terra: il principale, a pianta quadrata, adibito a scuola il secondario, con sagoma rettangolare, a uso palestra e insistente in adiacenza allo spigolo nord ovest del fabbricato principale. L'ampliamento in progetto, di 50 mq circa (7m *7 m circa) e a un unico piano fuori terra, verrà realizzato sul relativo lato ovest dell'edificio scolastico, in adiacenza alla palestra, e verrà adibito a refettorio. Per i dettagli progettuali si rimanda alla specifica documentazione.

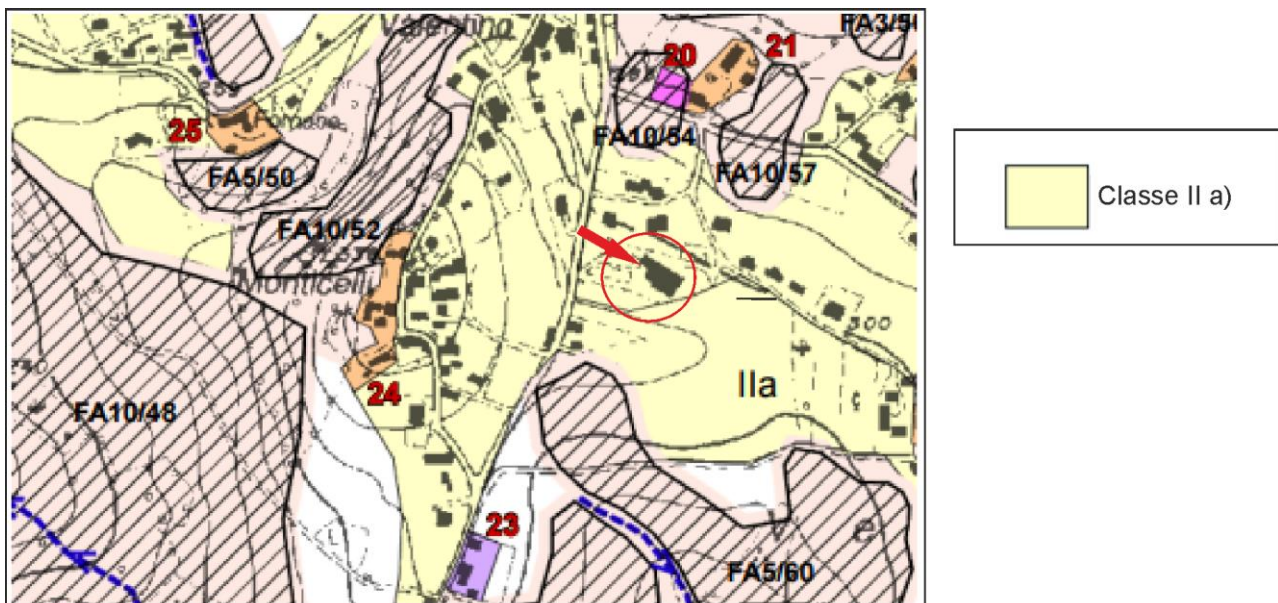
Fig.2) Planimetria e sezione (estratti da documentazione progettuale). In rosso la parte d'ampliamento in progetto. Scala 1:200



Rispetto alla vincolistica d'ordine geologico tecnico, l'intero complesso scolastico, risulta:

- in Classe II a) della "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e della propensione all'utilizzazione urbanistica" a supporto del PRGC vigente, ovvero in "porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate ... omissis ... Porzioni di territorio modestamente o moderatamente acclivi dove la limitata idoneità e la moderata pericolosità derivano principalmente da problemi geostatici e di versante, connessi alle scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni di copertura e/o sfavorevole giacitura del substrato".

Fig.3) Estratto della "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica a supporto del PRGC", acquisita dal sito web del Comune, in cui non figura il fabbricato in esame, con trasposizione della carta BDTRE 2021



- esterni agli ambiti sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici ai sensi del RDL 267/1923. Pertanto l'intervento in progetto non è sottoposto alla normativa della LR 09/08/1989 n°45.

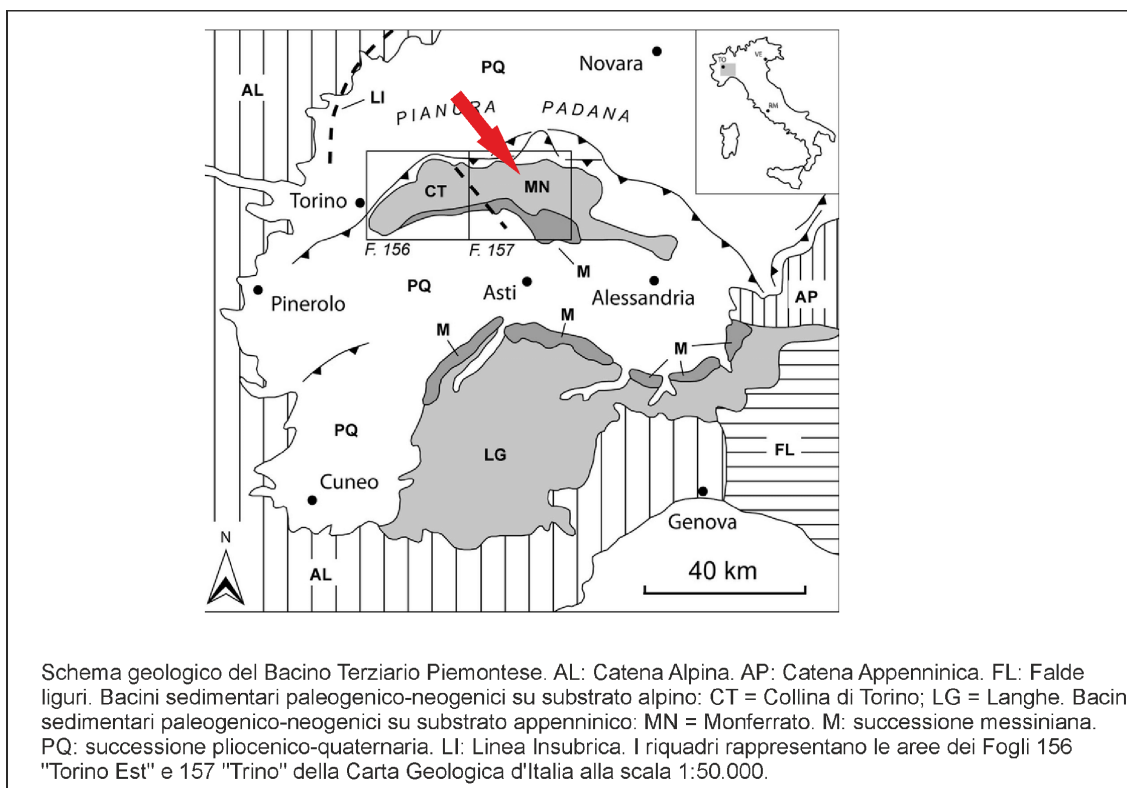
3) INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico generale, l'area in esame su cui insiste il complesso scolastico rientra nell'ambito del sistema collinare del Monferrato, contraddistinto fisiograficamente, a scala del territorio comunale, da una un'alternanza di rilievi e vallecole incise, altimetricamente comprese tra quote 160 m e 400 m circa s.l.m.

L'assetto morfologico attuale è diretta conseguenza della coazione di processi connessi alla dinamica evolutiva di versante (movimenti gravitativi) e del reticolato idrografico (fenomeni erosivi), rappresentato principalmente dal Torrente Ardovana, rii Serva e Gurlasco, nonché dall'attività neotettonica quaternaria comportante il sollevamento dei rilievi del Monferrato e dell'attigua Collina di Torino.

In merito agli aspetti propriamente geologici e strutturali, l'ossatura dei rilievi collinari del settore è formata dalla successione sedimentaria oligomiocenica del Bacino Terziario Piemonte poggiante, in discontinuità stratigrafica, sul substrato pre terziario delle unità liguri (cfr. figura seguente).

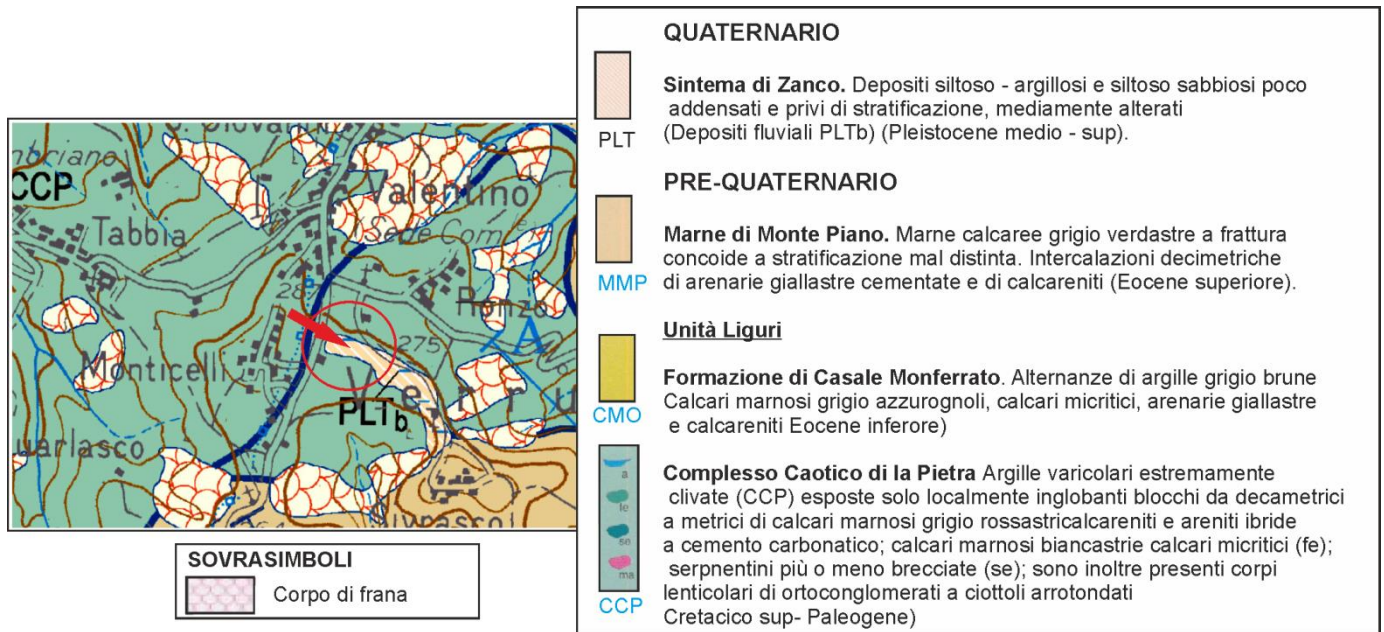
Fig. 4) Estratto schema del bacino Terziario Ligure Piemontese



Gran parte del corpo dei rilievi del settore collinare del territorio comunale di Verrua Savoia, su cui sono impostati il concentrico urbano storico e i nuclei frazionari principali (Monticelli, San Giovanni, Valentino), sono modellati in argille varicolori, silts marnosi e calcari marnosi del "Complesso Caotico di la Pietra" (CCP), appartenente alle "Unità Tettono Stratigrafiche Liguri" (Cretaceo - Paleogene), come riportato sul foglio n° 136 - Trino della Carta Geologica d'Italia (CARG) edito da ARPA Piemonte, cui localmente si sovrappongono lembi relitti di depositi fluviali siltosi sabbiosi - argillosi del Quaternario (PLTb) e accumuli di paleofrane (OREb). In superficie ha inoltre ampio sviluppo una coltre detritica eluvio colluviale a tessitura limoso sabbiosa e argillosa derivante dalla disgregazione dei sottostanti termini litologici delle formazioni cretaceo paleogeniche. I piani di stratificazione dei litotipi del substrato presentano immersione a nord ovest con valori medi d'inclinazione dell'ordine di 55°.

Nello specifico caso l'impronta dell'edificio scolastico insiste su di un tratto di versante in cui si sviluppano depositi fluviali relitti formati da silts limosi argillosi e sabbiosi (Sintema di Zanco - PLTb).

Fig. 5) Estratto "F° 136 Trino" CARG della Carta Geologica d'Italia con legenda semplificata riscritta (ingrandimento alla scala 1:25.000)

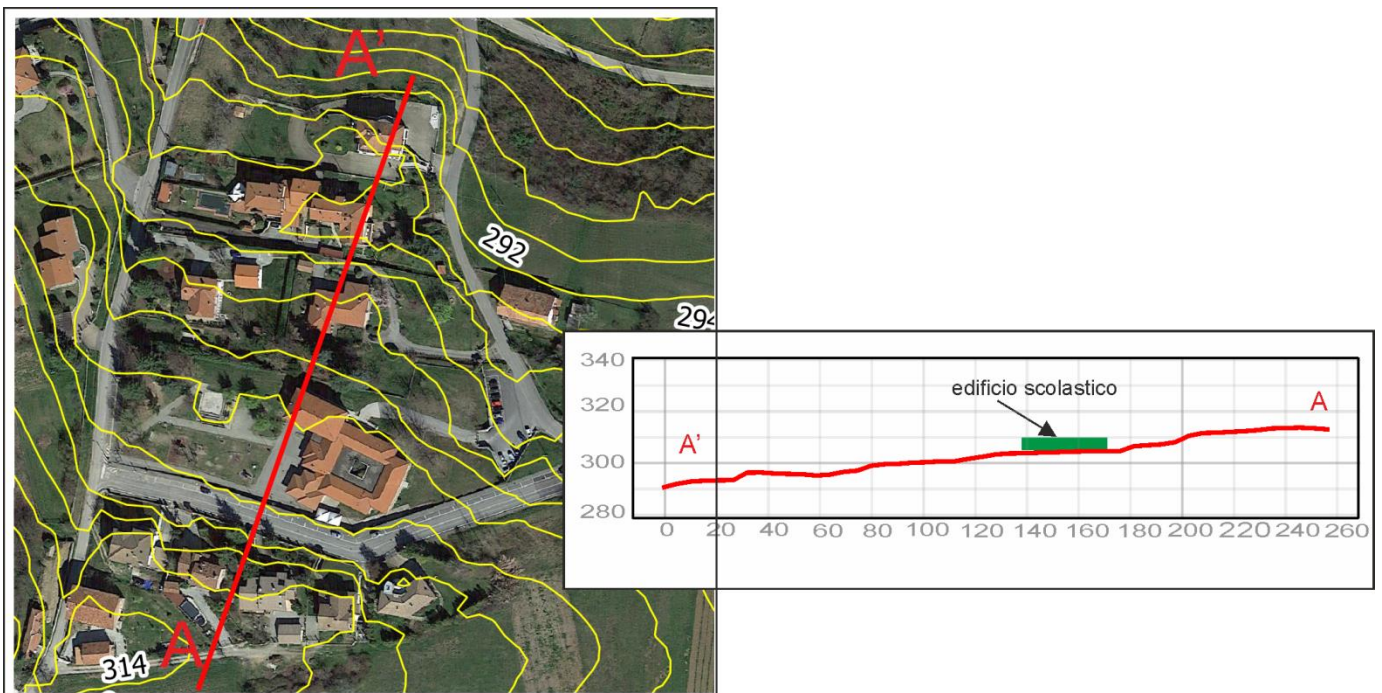


4) ASSETTO MORFOLOGICO E MODELLO LITOSTRATIGRAFICO ALLA SCALA DEL SITO

L'ambito collinare su cui insiste il fabbricato scolastico, altimetricamente attestato a quota 305 m circa s.l.m., corrisponde al versante immergente a nord est con pendenza media di 6° che delimita a est il crinale collinare su cui è impostata la porzione storica del concentrico urbano del capoluogo.

A scala del plesso scolastico la morfologia originaria è sensibilmente mutata a seguito delle operazioni di scavo e di riporto realizzate all'epoca della costruzione dell'edificio.

Fig. 6) Elaborazione DTM in ambiente GIS (trasposizione curve di livello con equidistanza di 2 m su foto aerea) e sezione topografica del pendio allineata lungo la direttrice sud - nord. Scala 1: 3.000



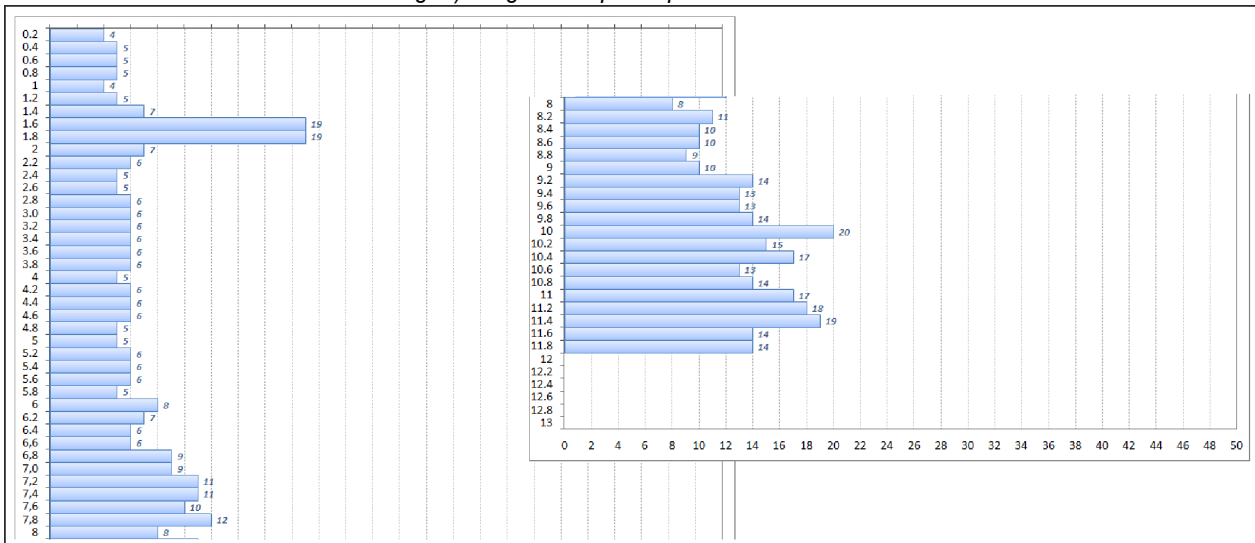
Ai fini della definizione dell'assetto litostratigrafico e litotecnico alla scala del sito di costruzione è stata svolta, a maggio del corrente anno (2023), in corrispondenza dell'aiuola antistante l'edificio compresa nella sagoma d'ingombro del manufatto in

progetto, una prova penetrometrica dinamica superpesante (DP1), ovvero con penetrometro dotato di mazza battente di 63,5 Kg e altezza di caduta di 763 mm. La prova consiste nel misurare il numero di colpi (N20) necessario per ogni approfondimento di 20 cm dell'asta penetrometrica. Di seguito si riporta la sintesi dei dati principali ricavati dalla verticale d'indagine la cui documentazione completa è allegata in calce alla presente relazione unitamente ai riferimenti dell'ubicazione.

DP1 (- 11,80 m da p.c. termine prova)

- Da piano campagna (p.c.) a - 1,00 m = il numero di colpi N20 è ≤ 5 (limi argillosi poco consistenti);
- Da - 1,00 m a - 6,80 m = N20 è compreso tra 5 e 8 (limi argillosi e argille). Il numero di colpi N20 che si registra tra le quote - 1,60 e - 1,80 m è un valore anomalo, indotto con ogni probabilità dalla presenza di un incluso litoide (ciottolo o blocco);
- Da - 6,80 m a - 11,80 m (termine prova) = si registra un sensibile e perdurante aumento del numero di colpi N20 che risulta in generale ≥ 8 con massimi valori di 20 e valori medi di 14.

Fig. 7) Diagramma prova penetrometrica DP1



Unitamente ai risultati della prova penetrometrica, si è fatto inoltre riferimento alla stratigrafia di un sondaggio a carotaggio continuo acquisita dalla banca dati geotecnica di Arpa Piemonte (sondaggio geognostico sino a - 20 m di profondità con contestuali prove penetrometriche SPT eseguito nel 2005 nell'ambito dell'area a parcheggio antistante l'edificio scolastico sul relativo lato est) di cui nella figura seguente si riporta l'estratto.

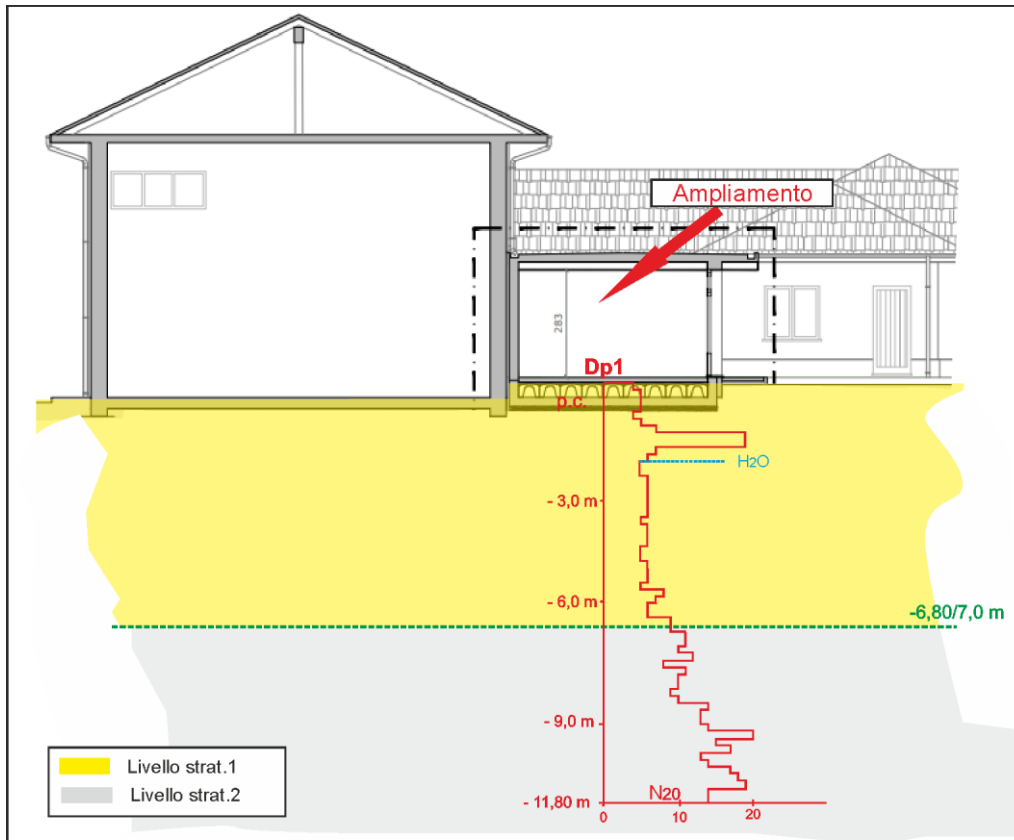
Fig. 8) Stratigrafia semplificata sondaggio geognostico ed esiti prove SPT (Arpa Piemonte)



Su tali basi l'assetto litostratigrafico dei terreni di fondazione alla scala del sito d'intervento è così schematizzabile:

- da p.c. a $-6,80/7,00$ m = argille e limi argillosi debolmente sabbiosi d'origine fluviale (lambi relitti di depositi fluviali segnalati sulla Carta Geologica d'Italia) con al tetto terreno antropicamente rimaneggiato/di riporto (circa 2 m);
- da $-6,80/7,00$ m = argille marnose consistenti derivanti dall'alterazione del sottostante substrato siltoso marnoso (livello stratigrafico 2).

Fig. 9) Interpretazione schematica assetto geologico stratigrafico alla scala del sito d'intervento



5) CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA

I terreni di copertura, nello specifico caso contraddistinti, a livello granulometrico, dalla prevalenza di argille limose e limi argillosi sabbiosi, sono dotati di conducibilità idraulica relativamente bassa alla quale corrisponde un valore del coefficiente di permeabilità (K) dell'ordine di $1,0^{-5}$ m/s circa, che tuttavia risulta superiore rispetto ai sottostanti termini litologici del substrato, pressoché impermeabili per porosità, nell'ambito del quali la circolazione idrica avviene esclusivamente lungo discontinuità primarie (giunti di strato) e secondarie (fratturazioni).

Tab. 1) Coefficiente di permeabilità in relazione alle classi granulometriche

Grado di permeabilità	Coefficiente di permeabilità m/s	Terreni
alto	$K > 10^{-2}$	ghiaie
medio	$10^{-2} > K > 10^{-4}$	sabbie
basso	$10^{-4} > K > 10^{-9}$	silts
impermeabile	$10^{-9} > K$	argille

Per quanto riguarda la circolazione idrica sotterranea, in ragione dello specifico contesto morfologico (versante collinare) e della situazione litostratigrafica, non è presente una falda freatica superficiale intesa quale orizzonte acquifero continuo e a regime costante. È altresì vero che:

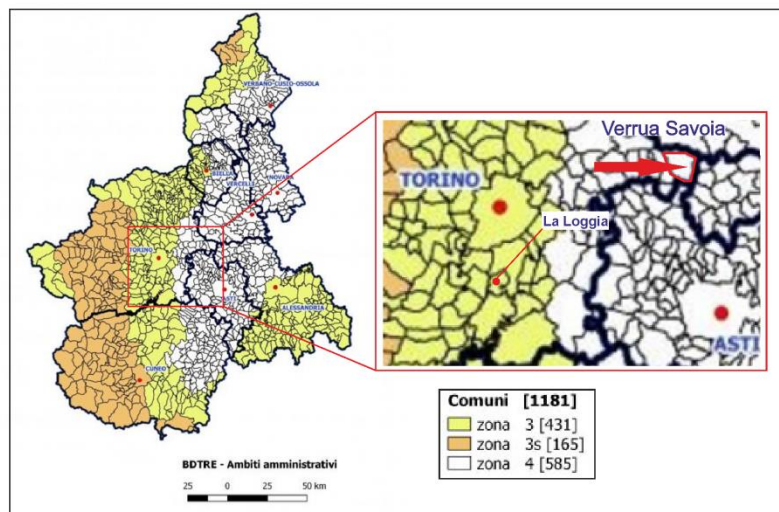
- a seguito di eventi pluviometrici prolungati si possa formare saltuariamente, per infiltrazione diretta delle acque meteoriche, un fronte di saturazione con moto di filtrazione conforme alla vergenza del versante e locali ristagni nei terreni di copertura (intercettato con la prova penetrometrica DP1 a - 2,0 m circa d p.c.);
- nell'ambito del substrato si realizzino flussi idrici concentrati con moti a componente prevalentemente verticale, lungo i sistemi di fratturazione, da parte delle acque d'infiltrazione percolanti dai sovrastanti terreni di copertura;

6) SISMICITÀ

6 a) Pericolosità sismica

Il sito su cui insiste l'edificio scolastico interessato dall'intervento in progetto e, più in generale, il territorio comunale di Verrua di Savoia, rientrano in Zona 4 (pericolosità sismica molto bassa) dell' "Aggiornamento della Classificazione sismica del territorio regionale" approvata da parte della Giunta Regionale il 30 dicembre 2019 (cfr. figura seguente).

Fig.10) Nuova classificazione sismica della regione Piemonte (dicembre 2019)



Di seguito sono indicati i parametri sulla base dei quali viene attuata la zonazione sismica a scala nazionale e della Regione Piemonte, ossia i valori di accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag) con tempo di ritorno $T_r = 475$ anni.

Tab. 2)

CRITERI NAZIONALI		Zone Piemonte	
ZONE	PGA 475 (ag)	ZONE	PGA 475 (ag)
1	$0,25g < ag \leq 0,35g$	3s	$0,125g < ag \leq 0,150g$
2	$0,15g < ag \leq 0,25g$	3	$0,05g < ag \leq 0,125g$
3	$0,05g < ag \leq 0,15g$	4	$\leq 0,05g$
4	$\leq 0,05g$		

6 b) Accelerazione massima attestata al sito

La normativa del DM.LL.PP. 17/01/2018 impone che la definizione dei parametri spettrali debba essere effettuata secondo l'approccio "sito dipendente", ovvero utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento dell'allegato B, tab.1, del DM.LL.PP. 14/01/2008. Più precisamente i valori dei parametri spettrali ag (accelerazione espressa in g/10 dove g è l'accelerazione di gravità), F0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T*C (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), propri del sito in esame, vengono calcolati, secondo la procedura semplificata, mediante la media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazioni delimitanti l'area, tramite la seguente formula:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{P_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

P= valore del parametro d'interesse nel punto in esame;
 Pi= valore del parametro d'interesse nell'iesimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
 di= distanza del punto in esame dall'i-esimo punto della maglia suddetta

I valori del parametro d'interesse "Pi" si calcolano sulla base della menzionata Tabella 1 dell'allegato B del DM 2008, mentre i valori della distanza del punto in esame "di" si ottengono misurando le distanze tra ognuno dei quattro nodi della griglia e il sito in esame. Nello specifico caso l'elaborazione è stata effettuata in automatico mediante l'impiego di apposito software, inserendo latitudine e longitudine del sito nonché gli altri parametri necessari per il calcolo, ovvero vita nominale e classe d'uso della struttura, amplificazione stratigrafica e topografica.

Più precisamente:

- ⇒ Latitudine e longitudine del sito di costruzione in valori decimali (ED 50), rispettivamente di 45,154141 e 8,095342.
- ⇒ Classe d'uso IV (Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di evento sismico) cui corrisponde un coefficiente d'uso (Cu)= 2.
- ⇒ Vita Nominale (Numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere utilizzata) che nello specifico caso è (VN) ≥50 anni.
- ⇒ Periodo di riferimento per l'azione sismica VR = VN*cu= 50*2,0= 100 anni.
- ⇒ Categoria del "profilo di suolo". In assenza di prove geofisiche specifiche atte a determinare la velocità delle onde di taglio equivalenti (Vseq), tenuto conto dei dati stratigrafici desunti dalla prova penetrometrica DP1 e dal sondaggio geognostico pregresso eseguito nel 2005, nello specifico caso i terreni di fondazione sono correlati, a favore della cautela, alla "categoria D" (suolo sismico di normativa), ovvero a *"Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s."*
- ⇒ Coefficiente di amplificazione Topografica (ST)
 Nonostante il sito rientri in un ambito di versante collinare con valori di pendenza media inferiori a 15° (valore medio acclività reale =6°), a favore della cautela è stata considerata una categoria topografica "T2" della tabella 3.2.III del DM 17/01/2018 (pendii >15°), cui corrisponde un fattore d'amplificazione topografica ST= 1,2.

Dall'elaborazione effettuata, il cui tabulato è di seguito riportato, risulta un'accelerazione orizzontale massima attesa su suolo di riferimento rigido $a_g = 0,046 g$ per $T_r=475$ anni (SLV: stato limite salvaguardia vita).

Tenuto conto che nello specifico caso i fattori d'amplificazione stratigrafica e topografica sono rispettivamente $S_s= 1,8$ e $ST= 1,2$, si ottengono per lo SLV i seguenti parametri sismici:

- ⇒ accelerazione massima attesa al sito (a_{max}) = $S_s*ST*a_g= 1,8*1,2*0,045 g = 0,0972* g (0,95 m/sec^2)$;
- ⇒ coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (β) = 0,20;
- ⇒ coefficienti sismici orizzontale (K_h)= (a_{max}/g)* $\beta = 0,0972*0,20 = 0,019$ e verticale (K_v)= $K_h/2= 0,019/2=0,010$.

Di seguito si riporta il tabulato di calcolo dei parametri spettrali e dell'accelerazione sismica attesa al sito.

Tab. 3) Tabulato relativo alla determinazione dei parametri sismici e spettrali

Parametri sismici	
Tipo di elaborazione: Fondazioni - Stabilità dei pendii	
Muro rigido:	0
Sito in esame.	
latitudine:	45,154141
longitudine:	8,095342
Classe:	4

Vita nominale:	50
Siti di riferimento	
Sito 1	ID: 13354 Lat: 45,1611 Lon: 8,0328 Distanza: 4964,546
Sito 2	ID: 13355 Lat: 45,1643 Lon: 8,1035 Distanza: 1293,516
Sito 3	ID: 13577 Lat: 45,1144 Lon: 8,1080 Distanza: 4532,846
Sito 4	ID: 13576 Lat: 45,1112 Lon: 8,0373 Distanza: 6597,233
Parametri sismici	
Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T2
Periodo di riferimento:	100anni
Coefficiente cu:	2
Operatività (SLO):	
Probabilità di superamento:	81 %
Tr:	60 [anni]
ag:	0,021 g
Fo:	2,570
Tc*:	0,183 [s]
Danno (SLD):	
Probabilità di superamento:	63 %
Tr:	101 [anni]
ag:	0,026 g
Fo:	2,640
Tc*:	0,207 [s]
Salvaguardia della vita (SLV):	
Probabilità di superamento:	10 %
Tr:	949 [anni]
ag:	0,045 g
Fo:	2,670
Tc*:	0,298 [s]
Prevenzione dal collasso (SLC):	
Probabilità di superamento:	5 %
Tr:	1950 [anni]
ag:	0,052 g
Fo:	2,736
Tc*:	0,312 [s]
Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii	
SLO:	
Ss:	1,800
Cc:	2,920
St:	1,200
Kh:	0,009
Kv:	0,005
Amax:	0,448
Beta:	0,200
SLD:	
Ss:	1,800
Cc:	2,740
St:	1,200
Kh:	0,011
Kv:	0,006
Amax:	0,544
Beta:	0,200
SLV:	

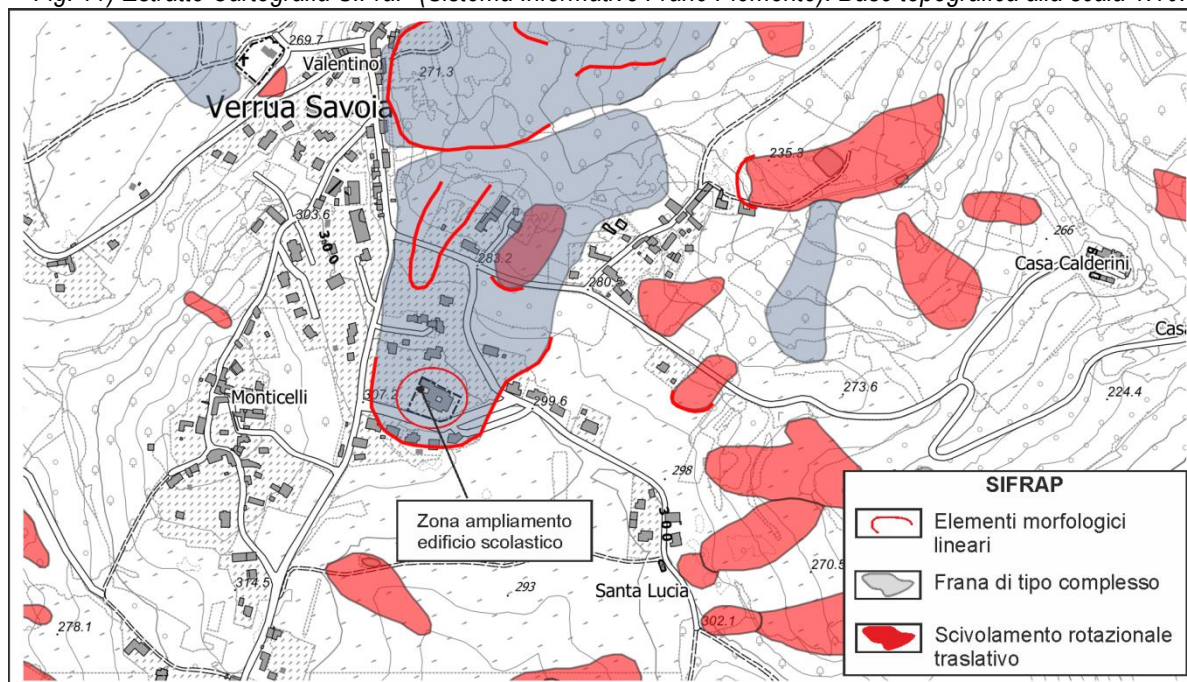
Ss:	1,800
Cc:	2,290
St:	1,200
Kh:	0,020
Kv:	0,010
Amax:	0,958
Beta:	0,200
SLC:	
Ss:	1,800
Cc:	2,240
St:	1,200
Kh:	0,023
Kv:	0,011
Amax:	1,112
Beta:	0,200

7) PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

In ragione dello specifico ambito morfologico e della distanza da corsi d'acqua, non sussistono problematiche connesse a processi d'allagamento e di esondazione.

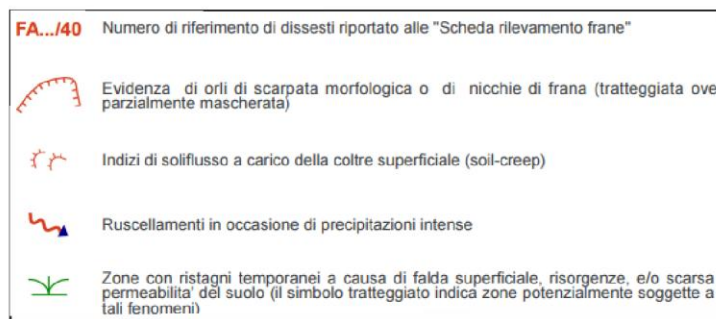
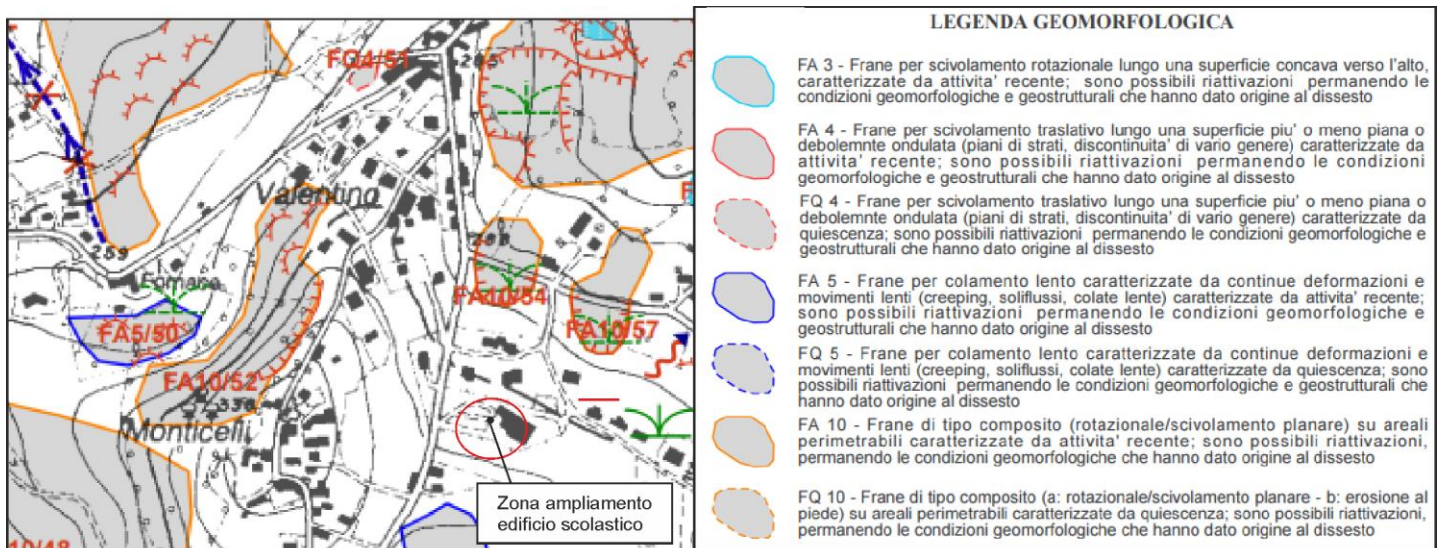
Per quanto riguarda gli elementi di pericolosità indotti dalla geodinamica di versante, il repertorio cartografico ufficiale relativamente più recente in materia di movimenti franosi, rappresentato dalla documentazione SIFraP (Sistema Informativo Frane in Piemonte) edita da Arpa Piemonte, segnala un ampio areale in frana quiescente (FQ) caratterizzata da cinematiso rototraslazionale e da locali riattivazioni (settoe relativamente più a valle) che interessa il versante immergente a nord su cui insiste l'edificio scolastico. L'areale in frana, descritto in dettaglio nella Scheda SIFRAP ARPA aggiornata allo 08/2022, è sottoposto a monitoraggio inclinometrico.

Fig. 11) Estratto Cartografia SIFraP (Sistema Informativo Frane Piemonte). Base topografica alla scala 1:10.000



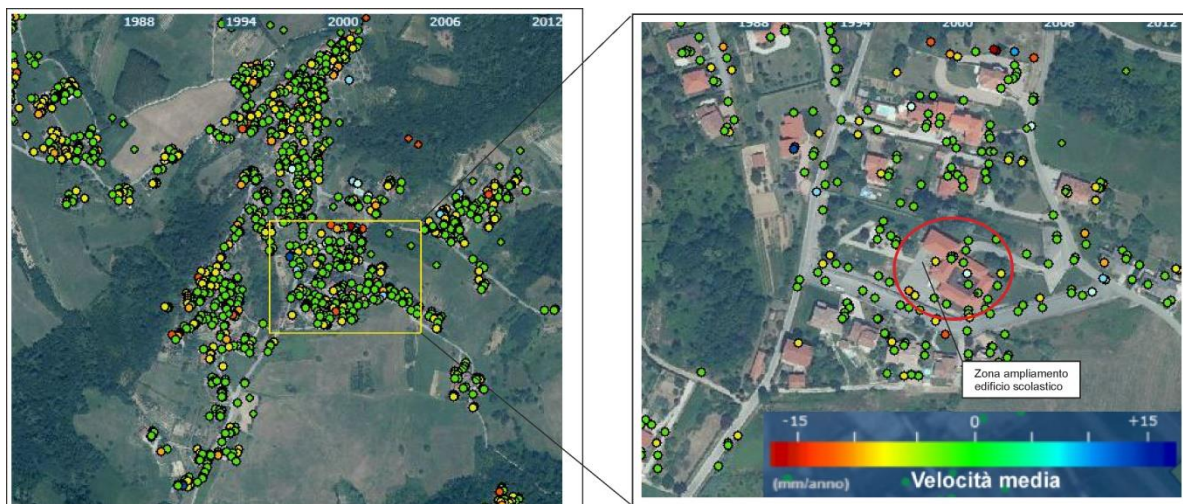
Tale fenomeno di frana e la relativa perimetrazione non è riportato sulla "Carta geomorfologica e dei dissesti" a supporto del PRGC vigente. Gli areali in frana evidenziati nella zona ricalcano sostanzialmente quanto riportato sull'Atlante dei dissesti del PAI (Autorità di Bacino del fiume Po).

Fig. 12) Estratto Carta geomorfologica e dei dissesti a supporto del PRGC vigente. Scala 1:10.000



I dati interferometrici satellitari acquisiti dal geoportale cartografico del Ministero dell'Ambiente (Atlante Cartografico Italiano) riguardanti la costellazione Cosmo Sky Med (cfr. Figura seguente) indicano, relativamente al complesso scolastico e al suo significativo intorno, una prevalenza di PS (permanent scatterers) stabili (circoli di colore verde), ovvero con velocità media di deformazione della superficie topografica inferiore in valore assoluto a ± 2 mm/a con tuttavia alcuni PS instabili sia in allontanamento che in avvicinamento = colore giallo e colore azzurro). I dati disponibili si riferiscono alla solita orbita ascendente e pertanto hanno valore puramente indicativo e non esaustivo su eventuali movimenti a componente traslazionale (manca l'orbita discendente). Pertanto non è possibile stabilire se le eventuali deformazioni sia imputabili a cedimenti (deformazioni verticali) o a lenti movimenti a componente traslazionale. È altresì vero che secondo la scheda SIFRAP di Arpa Piemonte non sono state rilevate, mediante i dati interferometrici satellitari, aree anomale (in deformazione) in corrispondenza del settore di versante su cui insiste l'edificio.

Fig. 13) Distribuzione dei Permanent Scatterers (PS) nell'area in esame (I Ps verdi sono stabili mentre gli altri, con colori differenti, indicano deformazioni con velocità millimetriche all'anno.)



8) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Alla specifica situazione stratigrafica del sito di costruzione si correla un modello geotecnico dei terreni di fondazione caratterizzato da n°2 livelli litotecnici principali come di seguito schematizzato.

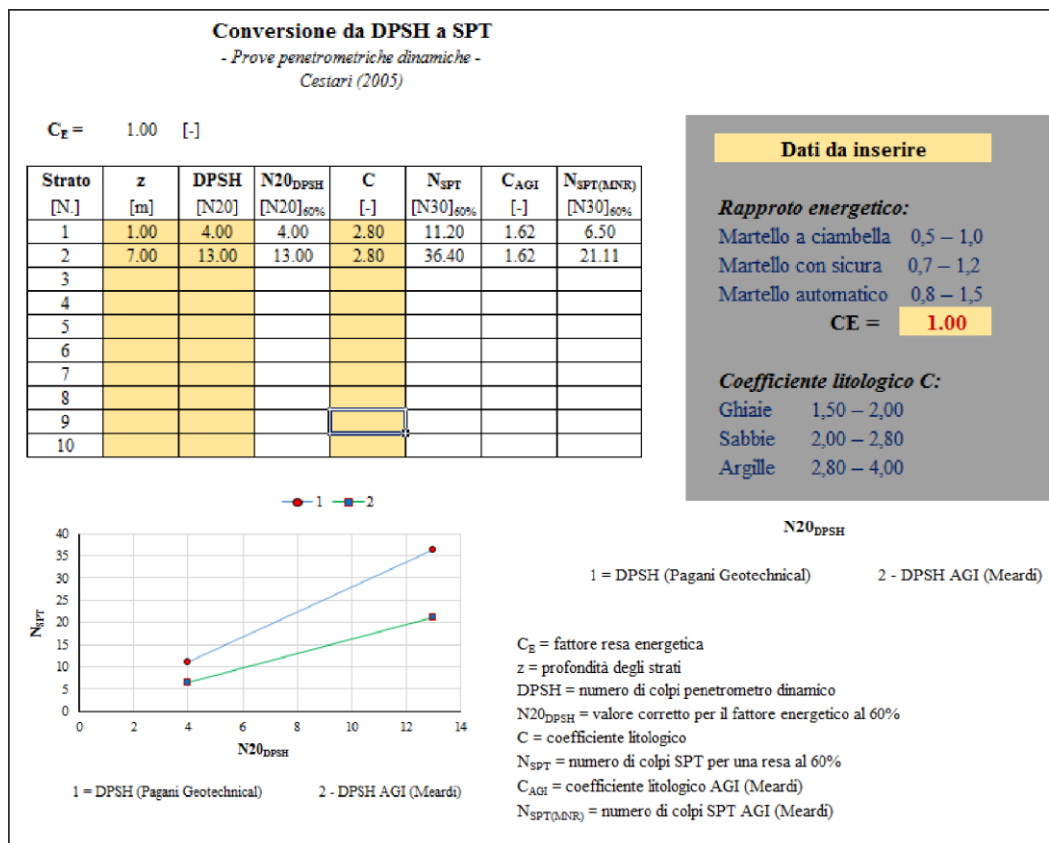
Tab. 4) Schema litotecnico dei terreni di fondazione (N₂₀)

LIVELLI LITOTECNICI	PROFONDITÀ	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE/GRANULOMETRICHE	NUMERO COLPI (N ₂₀) DELLE PROVE PENETROMETRICHE RAPPRESENTATIVO PER IL LIVELLO
Livello litotecnico 1	Da p.c. a - 7,00 m	Argille limose e limi argillosi sabbiosi poco consistenti con al tetto terreni rimaneggiati antropicamente	4 < (N ₂₀) < 8
Livello litotecnico 2	Da - 7,00 m	Argille limose marnose consistenti (Strato d'alterazione del sottostante substrato marnoso)	8 < (N ₂₀) < 20

La stima dei parametri geotecnici dei terreni di fondazione è stata basata sui dati di letteratura relativi a litofacies simili a quelle in esame nel presente studio, tenendo in debito conto i risultati della prova penetrometrica (DP1) eseguita a maggio del corrente anno. Il penetrometro impiegato è il modello superpesante della TECOP S.A. con mazza battente di 63,5 Kg e altezza di caduta di 763 mm. La prova consiste nel misurare il numero di colpi (N₂₀) necessario per ogni approfondimento di 20 cm dell'asta penetrometrica. Allo scopo di definire i parametri geotecnici di resistenza al taglio e utilizzare le correlazioni comunemente impiegate nella pratica geotecnica, il numero di colpi N₂₀ è stato convertito in N_{spt} secondo il metodo Cestari

[N_{spt} = C * N₂₀ (60%)] in cui si tiene conto della granulometria del terreno secondo un parametro di conversione C = 2,80 ÷ 4,0. Nello specifico caso è stato considerato a favore della cautela il parametro di conversione C = 2,80 (il più basso per le argille), sono stati discretizzati n°2 litozone in ragione del numero di colpi rappresentativi delle prove e si è fatto riferimento al N_{spt} (MNR) ovvero riferito alla tipologia di penetrometro Meardi. Di seguito l'elaborazione svolta.

Fig. 14) Tabulato di correlazione tra numero di colpi con penetrometro superpesante (N₂₀) e numero di colpi N_{spt} Metodo di Cestari (2005)



Indicazioni riguardanti le caratteristiche granulometriche dei terreni sono state ricavate dai riscontri visivi nelle fasi di recupero delle aste del penetrometro a prova ultimata (patina di terreno aderente alla superficie delle aste).

Si puntualizza che, nello specifico caso, i valori medi (X_m) dei parametri geotecnici cui si perviene sono assimilati ai valori caratteristici (X_k) in quanto la normativa del DM 17/01/2018 consente tale approssimazione.

8 a) Livello litotecnico 1

Rispetto al sistema classificativo U.S.C.S. dei suoli e delle terre, i terreni di tale livello litotecnico sono ascrivibili al gruppo CL-ML (argille limose a bassa plasticità e limi sabbiosi argillosi).

Fig. 15) Classificazione USCS dei suoli e delle terre (Unified Soil Classification System)

Major Divisions (1)	Major Divisions (2)	Letter (3)	Symbols		Name (6)
			Hatching (4)	Color (5)	
Coarse-Grained Soils	Gravel and Gravelly Soils	GW		Red	Well-graded gravels or gravel-sand mixtures, little or no fines
		GP		Red	Poorly graded gravels or gravel-sand mixtures, little or no fines
		GM		Yellow	Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures
		GC		Yellow	Clayey gravels, gravel-sand-clay mixtures
	Sand and Sandy Soils	SW		Red	Well-graded sands or gravelly sands, little or no fines
		SP		Red	Poorly graded sands or gravelly sands, little or no fines
		SM		Yellow	Silty sands, sand-silt mixtures
		SC		Yellow	Clayey sands, sand-silt mixtures
Fine-Grained Soils	Sils and Clays LL < 50	ML		Green	Inorganic silts and very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands or clayey silts with slight plasticity
		CL		Green	Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays
		OL		Green	Organic silts and organic silt-clays of low plasticity
	Sils and Clays LL ≥ 50	MH		Blue	Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sandy or silty soils, elastic silts
		CH		Blue	Inorganic clays of high plasticity, fat clays
		OH		Blue	Organic clays of medium to high plasticity, organic silts
Highly Organic Soils	Pt		Orange	Peat and other highly organic soils	

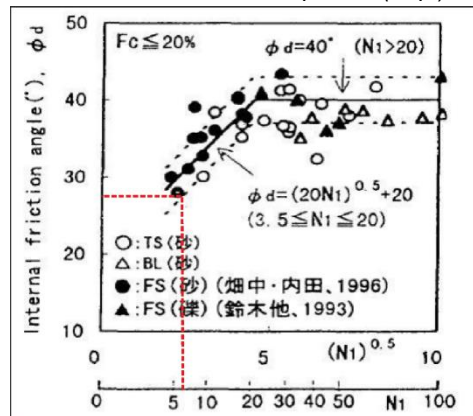
A favore della cautela è stato fatto riferimento al numero di colpi N20 relativamente più basso registrato nel livello "litotecnico 1", ovvero N20= 4 cui corrisponde secondo il metodo correlativo di Cestari (2005), impiegato nello specifico caso, un valore N_{spt}= 6,50. Secondo la tabella di seguito riportata i terreni di tale livello risultano moderatamente consistenti.

Tab.5) Stato di consistenza sulla base del numero di colpi N_{spt}

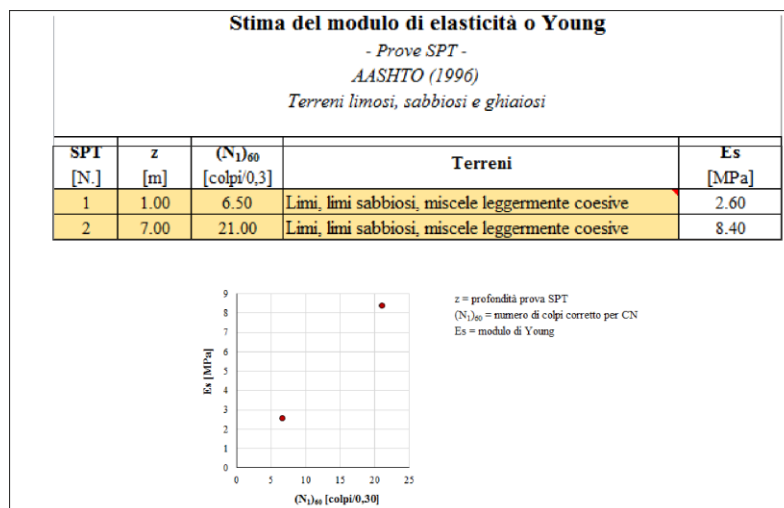
RELAZIONI NSPT / STATO DI CONSISTENZA	
Nspt	STATO DI CONSISTENZA
< 2	Privo di consistenza
2- 4	Poco consistente
4 - 8	Moderatamente consistente
8 - 15	Consistente
15 - 30	Molto consistente
>30	Estremamente consistente

In termini di resistenza al taglio in condizioni drenate si stimano:

- un angolo d'attrito interno (ϕ') di 28°, correlando nel diagramma di seguito riportato un valore $N_{spt}=6,50$;
- una coesione drenata (c') con valore nullo (a favore della cautela).

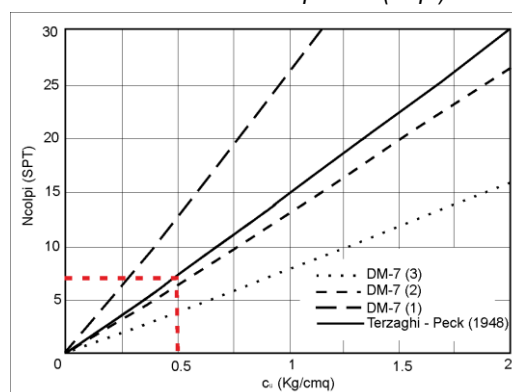
Fig. 16) Correlazione tra numero di colpi SPT (N_{spt}) e angolo d'attrito interno

Il modulo di deformazione (E') in condizioni drenate è determinato in 2,60 MPa con il metodo AASHTO (1996) di seguito riportato [$E=400 \cdot N_{spt}$]

Fig. 17) Modulo di deformazione da valori N_{spt} (AASHTO (1996))

Il peso di volume (γ) è valutato in 17 KN/mc.

La coesione in condizioni non drenate (C_u) è valuta in 50 KPa sulla base del diagramma seguente (si è fatto riferimento alla retta di Terzaghi – Peck).

Fig. 18) Correlazione tra numero di colpi SPT (N_{spt}) e coesione non drenata.

Su tali basi i valori caratteristici (X_k) dei parametri geotecnici del livello litotecnico 1) sono di seguito schematizzati.

Tab.6) Valori caratteristici (X_k) dei parametri geotecnici dei terreni del livello litotecnico 1

Peso di volume (γ_k)	Coesione in condizioni drenate ($c'k$)	Coesione in condizioni non drenate (c_{uk})	Angolo d'attrito interno in condizioni drenate ($\phi'k$)	Modulo di deformazione (E_k)
17 KN/mc	0 KN/mq	49 KN/mq	28°	2,60 MPa

8 b) Livello litotecnico 2

I silts argillosi marnosi alterati del tetto del substrato marnoso argilloso integro, dal punto di vista granulometrico, nello specifico caso, sono ascritti ai gruppi ML e CL della classificazione USCS (cfr. fig.15) in quanto pressoché equivalenti ai sovrastanti depositi d'origine fluviale (con al tetto riporto) intercettati nell'intervallo tra piano campagna e - 7,0 m circa.

Lo stato di consistenza è tuttavia sensibilmente maggiore come evidenziano il numero di colpi della prova penetrometrica registrati da - 7,0 m circa (N_{20} medio = 13 che corrisponde a $N_{spt} = 21$). Più precisamente per un valore di $N_{spt} = 21$ colpi corrispondono terreni da consistenti a molto consistenti (Tab.5).

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito interno (ϕ) e la coesione (c) in condizioni drenate si stimano valori rispettivamente di 30° e 10 KPa.

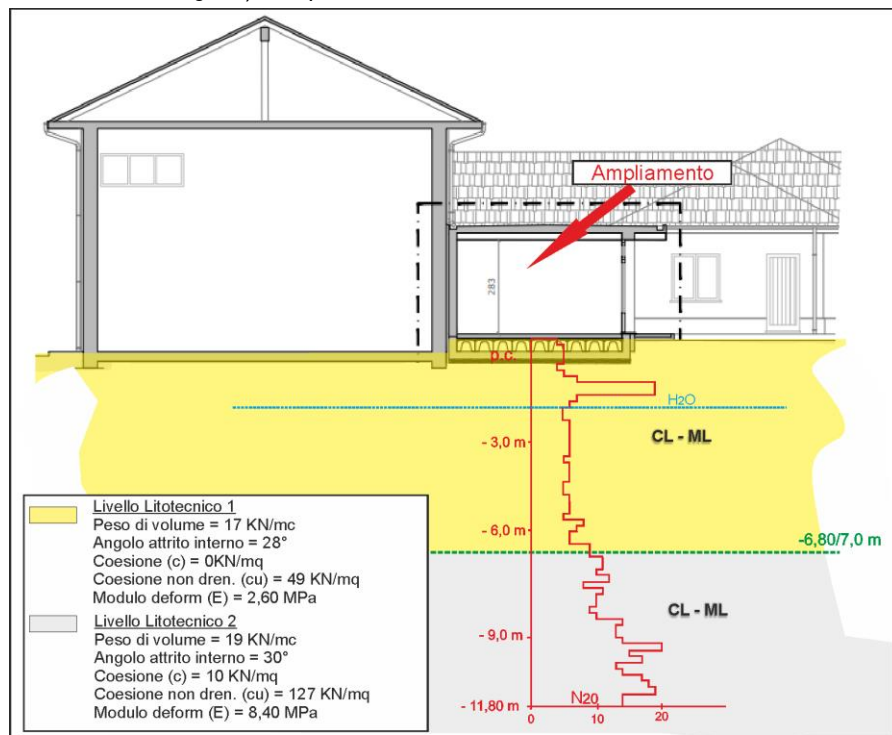
Il modulo di deformazione (E') ha un valore di 8,40 MPa, correlando con il metodo ASSHATO un numero di colpi $N_{spt} = 21$.

Tab. 7) Valori caratteristici (X_k) dei parametri geotecnici delle litofacies del livello litotecnico 2

Peso di volume (γ_k)	Coesione in condizioni drenate ($c'k$)	Coesione in condizioni non drenate (c_{uk})	Angolo d'attrito interno in condizioni drenate ($\phi'k$)	Modulo di deformazione (E_k)
19 KN/mc	10 KN/mq	127 KN/mq	30°	8,40 MPa

Di seguito la rappresentazione dell'assetto litotecnico dei terreni di fondazione

Fig. 19) Interpretazione schematica modello litotecnico

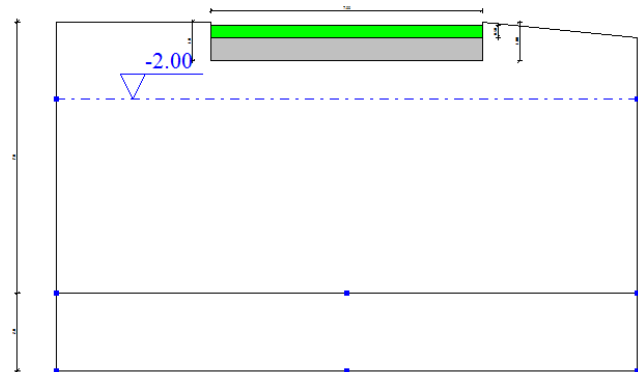


9) FONDAZIONI

Fatto salvo che il piano ideale cui attestare le fondazioni, nello specifico caso, è rappresentato dal tetto alterato del substrato siltoso marnoso relativamente più consistente, che tuttavia è raggiungibile solo mediante l'impiego di fondazioni indirette tenuto conto della profondità cui è stato intercettato con le prove penetrometriche (da - 7,00 m circa).

Con l'utilizzo di fondazioni dirette di tipo continuo (platea di fondazione onde limitare cedimenti differenziati) la quota del piano di posa deve essere a - 0,40 m circa da p.c. previa predisposizione di uno strato di bonifica geotecnica con spessore di 0,60 m formato da materiali granulari aridi idoneamente compattato (modulo di deformazione = 80 MPa da verificare con prova di carico su piastra in fase esecuzione lavori) per orizzonti con spessore di 30 cm, ai fini di limitare eventuali cedimenti differenziati. Si dovrà pertanto effettuare uno scavo sino a - 1,00 m circa dal piano campagna esistente, riempire per 60 cm circa di materiale arido compattandolo idoneamente, gettare la fondazione.

Fig.20) Schema predisposizione piano di fondazione (in grigio strato di bonifica con terreno granulare idoneamente compattato)



10) SUSCETTIBILITA' ALLA FLUIDIFICAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE IN CONDIZIONI SISMICHE

Con il termine "liquefazione" si intende la diminuzione della resistenza al taglio causata, in un terreno sabbioso saturo durante le sollecitazioni sismiche, da un aumento delle pressioni neutre tale da produrre deformazioni significative o addirittura l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

Esprimendo la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$t = c + (P_{tot} - U) \tan j, \text{ con}$$

c	=	coesione del terreno ;
P_{tot}	=	pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine ;
U	=	pressione interstiziale dell'acqua;
j	=	angolo di resistenza al taglio del terreno.

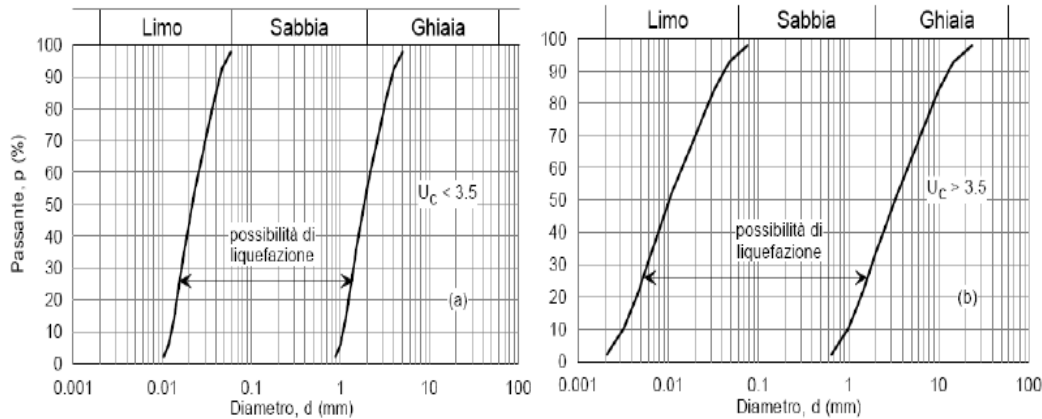
è evidente che la grandezza $\langle t \rangle$ si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni in $c = 0$ e $(P_{tot} - U) = 0$.

Il fenomeno della liquefazione non si verifica in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa oppure con abbondanti ghiaia e ciottoli. La condizione b) si verifica quando la pressione interstiziale eguaglia la pressione totale esercitata a una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($P_{tot} = U$). Pertanto il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti superficiali non coesivi posti sotto falda, in seguito a eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

Secondo il DM 17/01/2018 (§ 7.11.3.4.2) la verifica alla liquefazione può essere omessa al verificarsi di almeno una delle seguenti condizioni:

- 1) Accelerazioni massime attese al piano campagna in situazioni di campo libero minori di 0,1g;
- 2) profondità media della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub orizzontale e fondazioni superficiali;
- 3) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle figure seguenti (fig. seguente) nel caso di terreni con coefficienti di uniformità $U_c < 3,5$ ed in figura (b) nel caso di terreni con coefficienti di uniformità $U_c > 3,5$.

Fig.21) Diagrammi granulometrici di normativa



- 4) Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$, dove $(n1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche normalizzate ad una tensione efficace verticale di 100 KPa.

Nel caso in esame sussistono le condizioni:

- **"1" in quanto** si registra un'accelerazione massima (a_g) attesa al sito di $0,097 \cdot g$ ovvero inferiore all'unità. Si puntualizza che, nello specifico caso, per il calcolo del valore di a_g è stata assunta, a favore della prudenza, un'amplificazione topografica relativamente più elevata rispetto allo stato reale (infatti la pendenza media del pendio su cui insiste l'edificio scolastico è inferiore a 15°). Anche in merito all'amplificazione stratigrafica è stato considerato lo stato relativamente più gravoso ($S_s = 1,8$);
- **"3" in ragione** della prevalenza di terreni di fondazione a granulometria fine (argille limose e limi argillosi), con fusi granulometrici esterni ai campi individuati nei diagrammi di normativa (cfr. fig. 21).

Pertanto le verifiche analitiche alla suscettibilità al processo di liquefazione dei terreni di fondazione dell'ampliamento dell'edificio scolastico in progetto possono essere omesse.

11) NOTE DI SINTESI – VALUTAZIONI CONCLUSIVE

In termini di pericolosità geomorfologica, la documentazione cartografica ufficiale visionata in materia di pianificazione territoriale e movimenti franosi (documentazione geologica di PRGC; cartografia SIFraP) indica un ampio areale in frana inattiva quiescente (FQ) con meccanismo cinematico di tipo complesso, che interessa un esteso settore del versante su cui insiste l'edificio scolastico e con vettore di spostamento orientato in direzione nord est.

La specifica situazione stratigrafica risulta caratterizzata da un livello superficiale, piuttosto potente, di terreni argillosi e limosi (probabili depositi di origine fluviale secondo quanto riportato sulla cartografia CARG F° 136 Trino), alla sommità antropicamente rimaneggiati o di riporto, sovrapposti al substrato siltoso marnoso del "Complesso Caotico di La Pietra" (Cretaceo – Paleocene), al tetto alterato per spessori plurimetrici, che forma l'ossatura del rilievo collinare e si attesta a partire da $-7,00$ m circa di profondità dal piano campagna, secondo quanto emerso dalla prova penetrometrica DP1, appositamente seguita a supporto del presente studio e dalle verticali di indagini strumentali pregresse.

Per quanto riguarda gli aspetti propriamente idrogeologici, è stato intercettato un livello idrico a $-2,00$ m nel corso dell'esecuzione della prova penetrometrica (aste della strumentazione umide), correlabile a un fronte di saturazione indotto dalle acque meteoriche d'infiltrazione (la zona in cui le acque meteoriche tendono a infiltrarsi è in corrispondenza delle aiuole e dell'area a verde a monte del settore ovest dell'edificio).

Dal punto di vista geotecnico il piano ideale cui attestare la fondazione è rappresentato dal tetto alterato del substrato siltoso marnoso, raggiungibile mediante l'impiego di fondazioni indirette (pali di fondazione), tenuto conto della profondità cui è stato intercettato con la prova penetrometrica (da - 7,00 m). L'utilizzo di fondazioni dirette impone che queste ultime siano necessariamente di tipo continuo (platea di fondazione onde limitare eventuali cedimenti differenziati indotti da fenomeni di ritiro dei terreni argillosi rigonfianti quando a contatto con acqua). È inoltre necessario predisporre per il piano su cui poggerà la fondazione uno strato di bonifica geotecnica con spessore dell'ordine di 60 cm costituito da terreni granulari (ghiaie e ciottoli spigolosi) idoneamente compattati (compattamento per strati di 30 cm). Gli indubbi vantaggi derivanti dalla creazione del tappeto di materiali aridi compattati sono rappresentati da:

- eliminazione degli inevitabili disturbi e rammollimento del terreno causati dagli scavi;
- compattazione e miglioramento del terreno di fondazione.

La modellizzazione sismica ha fornito valori dell'accelerazione massima attesa al sito di $0,097^*g$ e coefficienti sismici orizzontale (K_h) e verticale (K_v) rispettivamente di 0,017 e 0,008, nelle ipotesi di un profilo di suolo sismico E (con amplificazione stratigrafica $S_s= 1,8$) di una classe d'uso IV) della struttura in progetto e di un'amplificazione topografica $ST= 1,2$. Si rimarca che, a favore della cautela, sono state assunte le condizioni d'amplificazione stratigrafica (S_s) e topografica (St) relativamente più gravose.

La normativa geotecnica impone un controllo e una verifica delle ipotesi di progetto durante le fasi di scavo delle fondazioni in quanto è necessario considerare, oltre ai dati esposti nella presente relazione, anche quelli ricavati mediante misure e osservazioni da effettuarsi nel corso dei lavori; ciò per adeguare eventualmente le opere alle reali condizioni litotecniche riscontrate.

DOCUMENTAZIONE PROVA PENETROMETRICA (DP1) ESEGUITA A MAGGIO 2023

- Localizzazione, documentazione fotografica e tecnica.
 - Diagramma prova DP1.
-

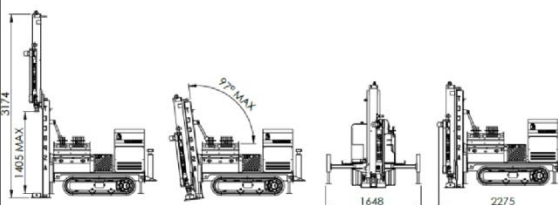
Prova penetrometrica dinamica
 Strumentazione: TECOP.SA TEC 10
 Località: Strada del Priocco - Verrua di Savoia
 Cantiere: Ampliamento edificio scuola materna
 Data: 10/05/2023

DP1

Postazione prova DP1



Ubicazione prova Dp1



CARATTERISTICHE TECNICHE

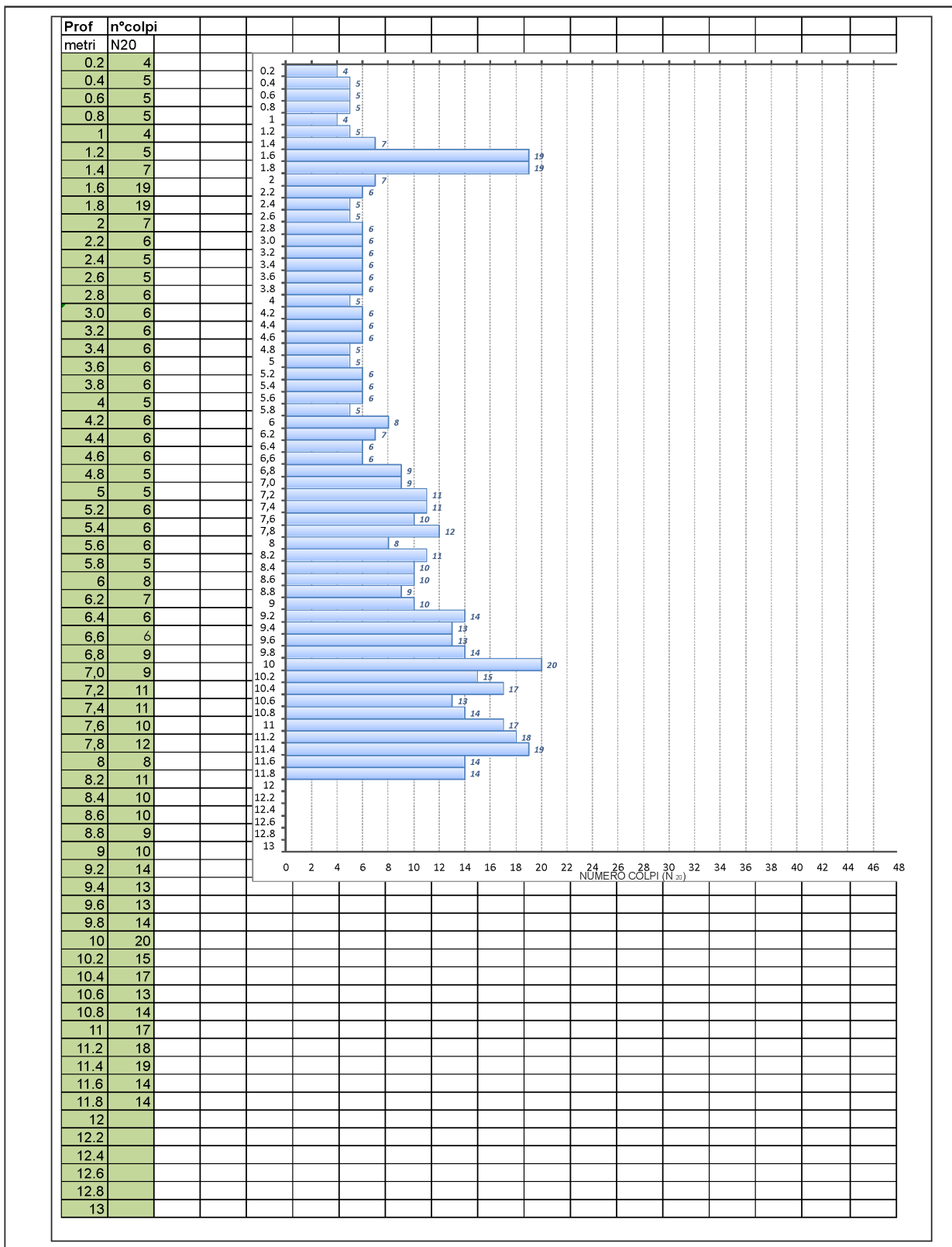
Motore	Yanmar L100AE
Potenza	13 CV a 600 rpm
Cingolato	3,4 Km/h
Pendenze superabili	20°
Mazza battente	63,5 Kg.
Altezza di caduta	763 mm.
Peso totale sistema infissione	15 Kg.

Prova penetrometrica dinamica
 Strumentazione: TECOP.SA TEC 10
 Località: Strada del Priocco - Verrua di Savoia
 Cantiere: Ampliamento edificio scuola materna
 Data: 10/05/2023

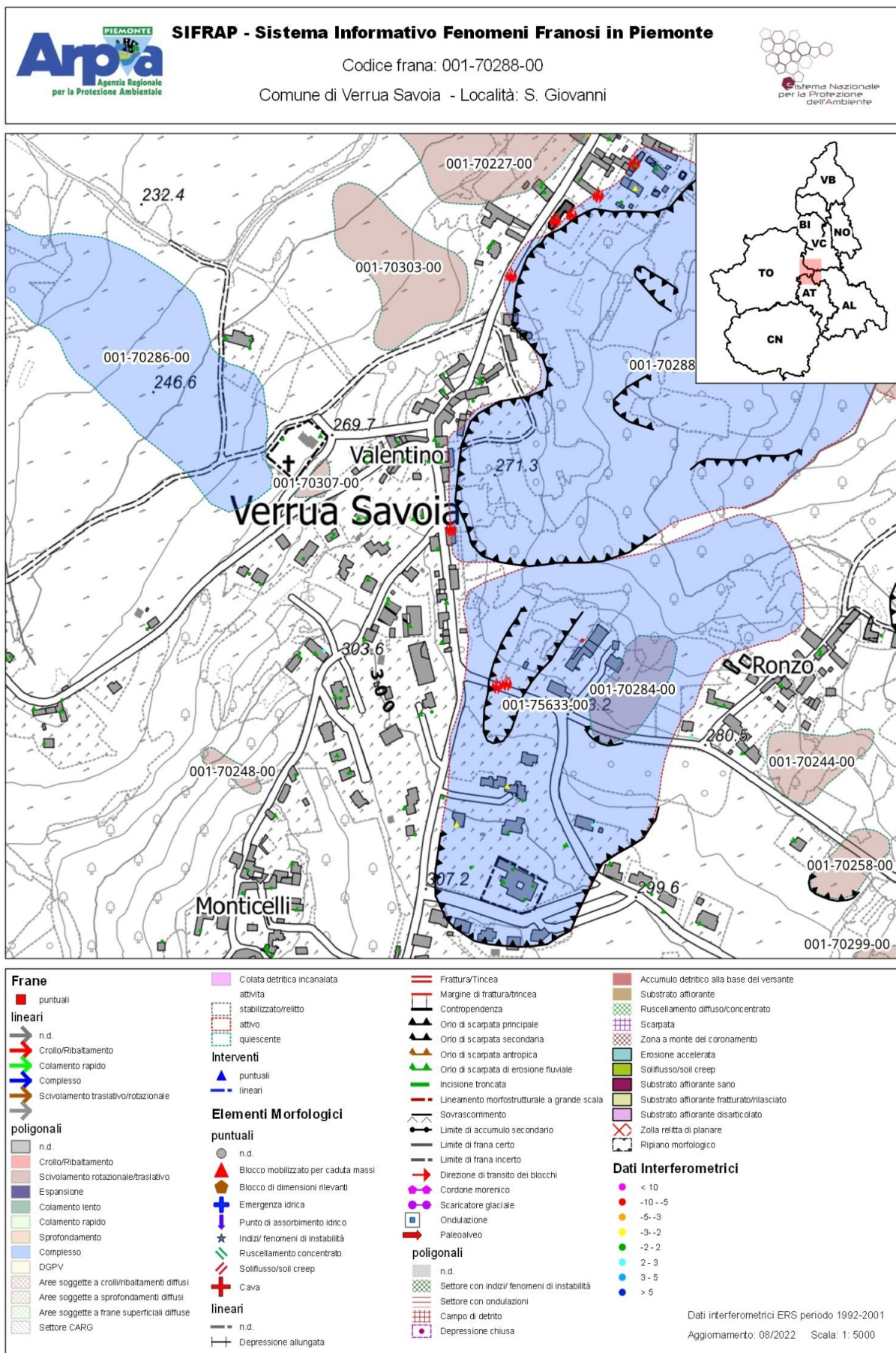
DP1

DIAGRAMMA NUMERO DI COLPI PUNTA

N= N (20)= Numero di colpi per la penetrazione della punta
 Avanzamento = 20 cm



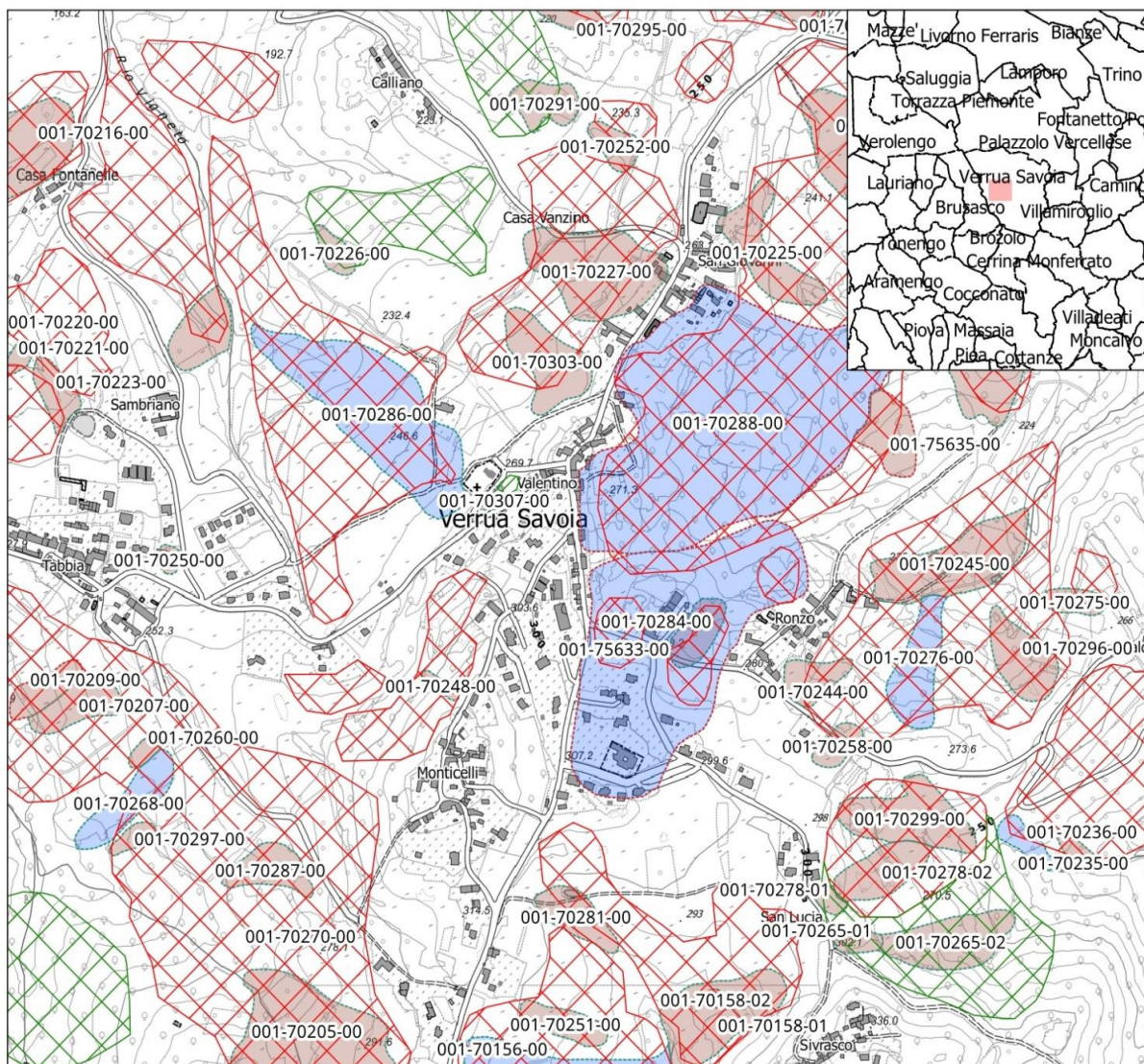
SCHEDA SIFRAP (ARPA PIEMONTE)



Arpa PIEMONTE
 Agenzia Regionale
 per la Protezione Ambientale

SIFRAP - Sistema Informativo Fenomeni Franosi in Piemonte
 Codice frana: 001-70288-00
 Comune di Verrua Savoia - Località: S. Giovanni

**Sistema Nazionale
 per la Protezione
 dell'Ambiente**



Confronto con il quadro normativo (SIFRAP - PAI)

PAI	SIFRAP	Frane poligoni	
Dissesti Puntuali	■ Frane punti	□ Nascosto	■ Sprofondamento
● Frana attiva	→ Frane linee	□ Visibile	■ Complesso
● Frana quiescente	→ n.d.	■ n.d.	■ DGPV
● Frana stabilizzata	→ Crollo/Ribaltamento	■ Crollo/Ribaltamento	■ Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi
Dissesti perimetrali	→ Colamento rapido	■ Scivolamento rotazionale/traslativo	■ Aree soggette a sprofondamenti diffusi
□ Fa	→ Complesso	■ Espansione	■ Aree soggette a frane superficiali diffuse
□ Fq	→ Scivolamento traslativo/rotazionale	■ Colamento lento	■ Settore CARG
□ Fs	→	■ Colamento rapido	

Aggiornamento: 08/2022

Scala: 1:5000

