

# ***COMUNE DI VERRONE***

## **PROVINCIA DI BIELLA**

*Progetto per l'attuazione di "PEC 7" in Via dei Gorghi*

***INDAGINE GEOLOGICA (ELAB. A)***

***INDAGINE GEOTECNICA (ELAB. B)***

**Committenti:** Ditta MERLIN S.r.l.

**Data presentazione elaborato:** Marzo 2022

### **STUDIO DI GEOLOGIA**

Dott. Marco Zantonelli

Via Vittorio Veneto n° 5

Borgosesia (VC)

tel/fax 0163 27283 - mob. 335 6168114

email [titolare@marcozantonellistudio.eu](mailto:titolare@marcozantonellistudio.eu)

## **PREMESSA**

La **Ditta MERLIN S.r.l.** intende dar corso ad attuazione PEC 7 in Via dei Gorgi, in Comune di VERRONE (BI). In tale contesto, la Ditta in epigrafe ha incaricato il tecnico scrivente della redazione di Indagine Geologica e di Indagine Geotecnica.

L'area è meglio individuabile nell'ambito della cartografia catastale, ove essa interessa il mappale n° 669 del Foglio N. 3 della Mappa N.C.T..

La Relazione Geologica condotta ha inteso determinare se le modifiche del suolo determinate dalla realizzazione delle opere possano alterare le condizioni di stabilità del settore e se le stesse opere in progetto possano essere esposte ad eventuali rischi di destabilizzazione.

La formulazione del modello geologico è stato articolato, con le seguenti determinazioni:

- 1) Analisi geomorfologica del settore;
- 2) Ricostruzione delle condizioni litostratigrafiche con l'esame di n. 3 scavi geognostici eseguiti in loco da parte della Committenza.

La Relazione Geotecnica ha sviluppato il modello Geotecnico, definito la Risposta Sismica Locale e espletato la verifica geotecnica relativa a resistenza fondazione / terreno allo SLU.

Sulla base dei dati raccolti e delle elaborazioni svolte si è quindi sviluppata un'attenta analisi geologica e conseguente analisi geotecnica e sismica, in accordo con quanto previsto dalla vigente normativa ed in particolare dal D.M. 17/01/2018 "*Norme tecniche per le costruzioni*".

### **ALLEGATI:**

- COROGRAFIA CTR 1 : 10.000
- ESTRATTO DI MAPPA IN SCALA 1 : 1.000

**ELABORATO A**  
**RELAZIONE GEOLOGICA**

## **A.1 - MORFOLOGIA E GEOMORFOLOGIA**

### **A.1.1 - Caratteri morfologici e geomorfologici del settore**

L'abitato di Verrone si colloca nel settore mediano della Piana Biellese, la quale rappresenta il relitto della conoide fluvioglaciale coalescente di età pleistocenica (Quaternario medio), edificata con gli apporti detritici del T. Cervo e del T. Elvo. Tale elemento morfologico si presenta come un'estesa lingua terrazzata, leggermente inclinata verso SSE, intagliata ad Est dall'incisione attuale del T. Cervo ed ad Ovest dal solco del T. Elvo.

Il sito sede di intervento si colloca più in particolare in posizione equidistante rispetto ai due elementi idrografici principali, collocandosi intorno a quota 279 m, in corrispondenza dell'estesa superficie terrazzata fondamentale, la quale si presenta a tale livello debolmente incisa, in relazione all'azione erosiva esplicata da parte di un modesto elemento tributario, il Rio Rialone, il quale decorre con prevalente andamento NW-SE, seppur descrivendo una isolata piega verso Est all'altezza di Via dei Gorghi, entro al quale esso risulta localmente tombinato, proprio in prossimità dell'area in esame.

L'area in esame presenta in ogni caso assetto morfologico subpianeggiante e risulta discosta da significative discontinuità morfologiche.

Si riferisce in seguito al §. A.1.4 in merito alle condizioni di vulnerabilità geomorfologica dell'area.

### **A.1.2 - Elementi di litostratigrafia**

Il corpo sedimentario fluvioglaciale entro al quale è modellata la piana è costituito da depositi ghiaioso-sabbiosi-limosi, apprezzabilmente alterati in corrispondenza dei livelli superiori. La potenza delle unità ghiaioso-sabbiose non risulterebbe essere superiore a 13-15 m, poggiando essi in contatto erosionale sui litotipi siltoso-argillosi costituenti le unità marine deposte nel periodo pliocenico.

Anche alla sommità delle unità ghiaioso-sabbioso si rilevano coltri di terreni limoso-argillosi imputabili a tracimazioni tardive, che, nel caso specifico, hanno spessori coincidenti a 2.00 m circa. Tali sedimenti, deposti in ambiente di bassa energia, sono costituiti più precisamente da limi argillosi giallo-rossastri, sciolti, inglobanti subordinati ciottoli. Il passaggio dai terreni sommitali limoso-argillosi ai termini ghiaiosi è relativamente graduale, rilevandosi inframmezzati livelli di sabbie limose e di sabbie.

Per quanto attiene più direttamente alle caratteristiche tessiturali e sedimentologiche dei sottostanti termini ghiaiosi, le principali indicazioni sono state tratte dall'esame di scavi visionati in siti contigui. Tali litotipi si presentano in parte argillificati a causa dell'alterazione idrolitica che ha interessato particolarmente i livelli superiori, manifestandosi in modo eclatante per potenze raramente superiori ad 1.00 m. Per quanto

attiene in ultimo ai caratteri dello scheletro ciottoloso, questo è formato da clasti poligenici aventi dimensioni mediamente comprese fra 10 e 25 cm, i quali risultano considerevolmente arrotondati. Nei livelli inferiori la frazione sabbiosa grossolana è assai più abbondante, rappresentando approssimativamente il 30-35% del deposito.

Gli scavi esplorativi eseguiti in loco hanno evidenziato la situazione litostratigrafica a seguito descritta:

| <b>POZZETTO ESPLORATIVO P. 1</b>                       |                   |                                                                              |
|--------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Posizione stratigrafica</b>                         | <b>Profondità</b> | <b>Litologia</b>                                                             |
| Livello 1                                              | da 0.00 a 0.30 m  | Coltivo                                                                      |
| Livello 2                                              | da 0.30 a 1.00 m  | Ghiaie sabbioso-limose grossolane ed eterometriche molto addensate, alterate |
| <b>Condizioni idrogeologiche:</b> Falda idrica assente |                   |                                                                              |
| <b>Note:</b> vedasi FOTO 1                             |                   |                                                                              |



**FOTO 1 – Aspetto scavo esplorativo P1**



| <b>POZZETTO ESPLORATIVO P. 2</b>                       |                   |                                                                              |
|--------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Posizione stratigrafica</b>                         | <b>Profondità</b> | <b>Litologia</b>                                                             |
| Livello 1                                              | da 0.00 a 0.60 m  | Coltivo e limi sabbiosi sciolti                                              |
| Livello 2                                              | da 0.60 a 0.80 m  | Ghiaie sabbioso-limose grossolane ed eterometriche molto addensate, alterate |
| <b>Condizioni idrogeologiche:</b> Falda idrica assente |                   |                                                                              |
| <b>Note:</b> vedasi FOTO 2                             |                   |                                                                              |



**FOTO 2 – Aspetto scavo esplorativo P2**

| <b>POZZETTO ESPLORATIVO P. 3</b>                       |                   |                                                                              |
|--------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Posizione stratigrafica</b>                         | <b>Profondità</b> | <b>Litologia</b>                                                             |
| Livello 1                                              | da 0.00 a 0.40 m  | Coltivo e limi sabbiosi sciolti                                              |
| Livello 2                                              | da 0.40 a 0.70 m  | Ghiaie sabbioso-limose grossolane ed eterometriche molto addensate, alterate |
| <b>Condizioni idrogeologiche:</b> Falda idrica assente |                   |                                                                              |
| <b>Note:</b> vedasi FOTO 3                             |                   |                                                                              |



**FOTO 2 – Aspetto scavo esplorativo P3**

Alla luce degli elementi descritti ne consegue che il miglior substrato potrà essere agevolmente raggiunto a modesta profondità con fondazioni superficiali.

### **A.1.3 - Idrogeologia**

L'analisi idrogeologica è stata esperita con un'accurata ricerca bibliografica, nell'ambito della quale si sono ritenute maggiormente significative le seguenti pubblicazioni:

- CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA DELLA PROVINCIA DI BIELLA (P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI BIELLA, 2008);



**• RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA VIGENTE PRGC DEL COMUNE DI VERRONE.**

Nell'ambito del contesto litostratigrafico locale si possono assegnare i migliori riscontri in termini di permeabilità ai terreni fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi, mentre i terreni limoso-argillosi affioranti superficialmente veicolano in modo assai limitato le acque sotterranee.

Per ciò che attiene all'attribuzione dei parametri idrogeologici dei terreni descritti, si è fatto in ciò riferimento a specifiche pubblicazioni tecniche (cf. Università degli Studi di Firenze - Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale - Sezione Geotecnica J. Facciorusso, C. Madiati, G. Vannucchi, 2011), proponendo conseguentemente i valori riportata in allegata tabella:

*Tabella 4.1. Valori tipici del coefficiente di permeabilità dei terreni*

| <b>TIPO DI TERRENO</b>             | <b>k (m/s)</b>        |
|------------------------------------|-----------------------|
| Ghiaia pulita                      | $10^{-2} - 1$         |
| Sabbia pulita, sabbia e ghiaia     | $10^{-5} - 10^{-2}$   |
| Sabbia molto fine                  | $10^{-6} - 10^{-4}$   |
| Limo e sabbia argillosa            | $10^{-9} - 10^{-5}$   |
| Limo                               | $10^{-8} - 10^{-6}$   |
| Argilla omogenea sotto falda       | $< 10^{-9}$           |
| Argilla sovraconsolidata fessurata | $10^{-8} - 10^{-4}$   |
| Roccia non fessurata               | $10^{-12} - 10^{-10}$ |

Per i terreni a grana grossa, le cui particelle sono approssimativamente di forma sferica, il coefficiente di permeabilità è influenzato prevalentemente dalla granulometria e dall'indice dei vuoti, che determinano la dimensione dei canali di flusso (diminuisce all'aumentare del contenuto di fine e al diminuire dell'indice dei vuoti).

dove:

**K** = coefficiente di permeabilità

L'alimentazione idrica del settore è piuttosto ricca e fa capo alle numerose rogge e canalizzazioni che drenano i fondi contigui. Anche in conseguenza dei ricchi apporti meteorici che insistono sul settore la ricarica è così piuttosto continua.

Pertanto i terreni ghiaioso-sabbiosi individuano il terreno acquifero che ospita la falda freatica, il cui substrato è segnato da unità argillose pliocenico-villafranchiane. La soggiacenza della falda è generalmente modesta, risultando nell'ordine di 4-5 m circa, anche se la superficie piezometrica può subire relative oscillazioni, sia in senso positivo che negativo.



Tale situazione è confermata dall'esame di specifiche pubblicazioni scientifiche realizzate dalla PROVINCIA DI BIELLA [Piano Territoriale Provinciale – Elab. MA3b] la quale riporta fra l'altro l'andamento delle linee isofreatiche per questo settore. Presso la piana fluvioglaciale esse risultano orientate in prevalente direzione ENE-WSW. Al riguardo della soggiacenza, l'area in esame è prossima all'isofreatica **275 m**. Al riguardo del decorso della falda idrica, l'andamento generale è tale da presentare così un drenaggio verso SE.

In relazione agli elementi dibattuti si può pertanto ritenere improbabile l'avvicinamento della falda freatica al piano di fondazione. Si consiglia in ogni caso l'adozione di vespaio aerato e l'impermeabilizzazione del piano terra.

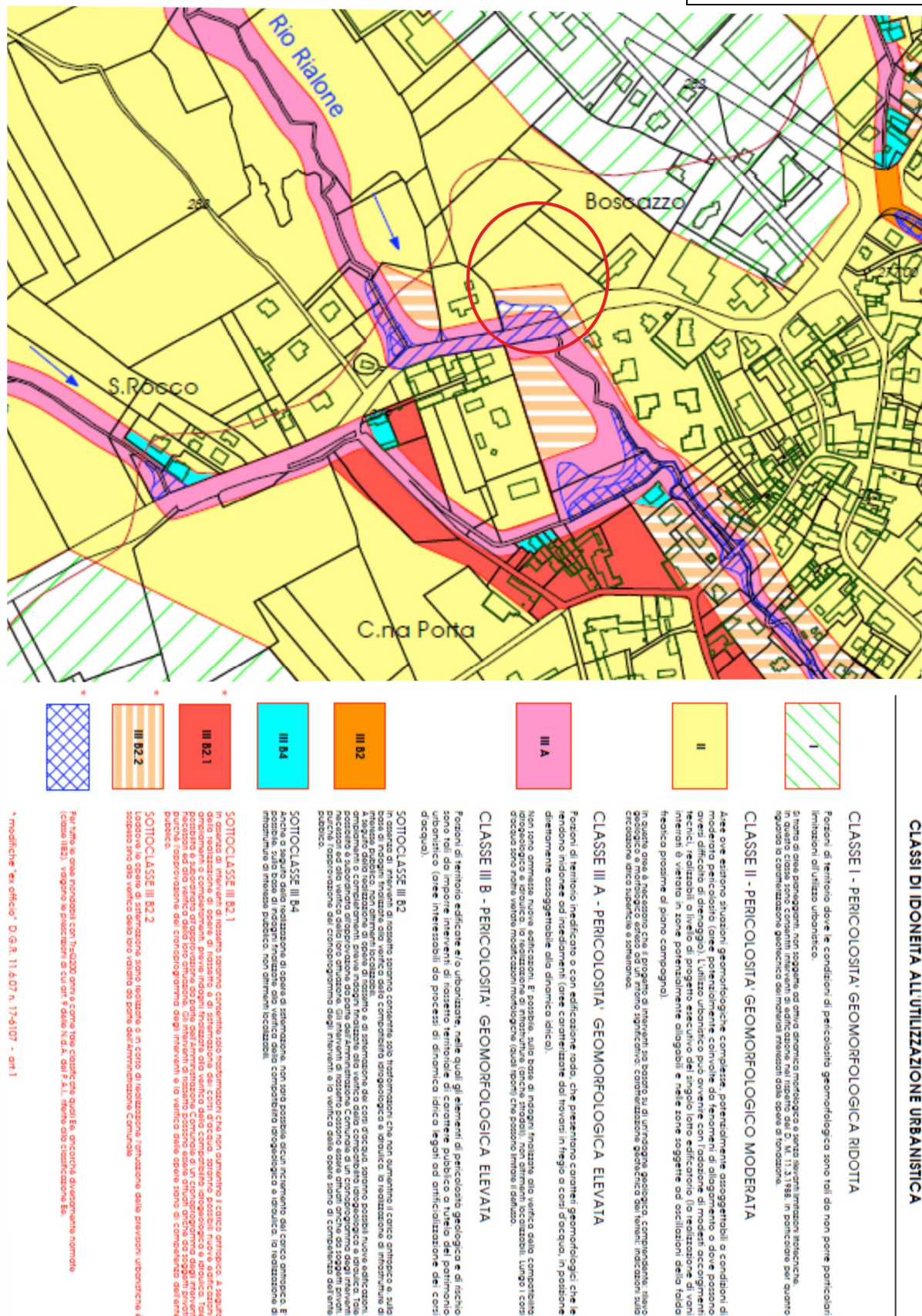
#### **A.1.4 - Condizioni di vulnerabilità geomorfologica**

Nell'ambito della Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica e dell'Idoneità alla Utilizzazione Urbanistica del vigente PRGC del Comune di CANDELO, l'area sede degli interventi in progetto è in larga parte ascritta alla **CLASSE 2** di pericolosità geomorfologica (*Pericolosità geomorfologica moderata*). Il settore del lotto in esame maggiormente accosto alla Via dei Gorghi e quindi al corso tombinato del Rio Rialone è invece ascritto alla **CLASSE IIIA** (*aree inedificate a pericolosità geomorfologica elevata*), costituente essa fascia di inedificabilità. In ultimo, la porzione sudoccidentale del lotto è ascritta alla **CLASSE IIIB2-2** (*III B2 = Porzioni di territorio edificate e/o urbanizzate, nelle quali gli elementi di pericolosità geologica e di rischio sono tali da imporre interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico a tutela del patrimonio urbanistico – aree interessabili da processi di dinamica idrica legati ad artificializzazione dei corsi d'acqua – III B2 = Laddove le opere di sistemazione sono realizzate o in corso di realizzazione l'attuazione delle previsioni urbanistiche sospesa sino alla verifica della loro validità da parte dell'Amministrazione Comunale*), il tutto come da allegato estratto (vedasi Fig. 1).

Si aggiunge che presso la porzione sudoccidentale del lotto è perimetrato dissesto torrentizio areale di intensità medio-moderata (EmA), rapportabile al possibile effetto della piena cinquecentennale del Rio Rialone.

A quanto risulta dagli atti tecnici ed amministrativi del Comune di Verrone, le pregiudiziali di ordine idraulico preesistenti, in relazione alla dinamica del Rio Rialone, sono state positivamente risolte con i lavori di mitigazione del rischio esistente. Il tutto trova sbocco nella D.C.C. n. 27 del 06/09/2007, con la quale il Comune di Verrone ha preso atto delle mutate condizioni del quadro del dissesto.

In tale quadro, si può pertanto ritenere che le pregiudiziali negative preesistenti, ostative per l'attuazione della previsione urbanistica, siano state positivamente superate e che conseguentemente verrà garantita la compatibilità degli interventi edificativi in progetto con l'equilibrio geomorfologico del settore, anche in considerazione del fatto che non esistono pregiudiziali negative in ordine alla dinamica gravitativa.



**Fig. 1 – Estratto da Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfológica dal PRGC**

## **A.2 – CONCLUSIONI RELAZIONE GEOLOGICA**

L'indagine condotta ha evidenziato che l'assetto geomorfologico del settore è compatibile con la realizzazione delle opere in progetto, in considerazione del fatto che sono state risolte le pregresse problematiche di ordine idraulico connesse con la dinamica del Rio Rialone, così come meglio evidenziato al precedente §. A.1.4. In tale quadro si evidenzia altresì che le opere edificative in progetto non incideranno negativamente sull'equilibrio dei luoghi.

Gli aspetti litologici e geotecnici non sono penalizzanti nell'ottica fondazionale, considerato i terreni ghiaioso-sabbioso-ciottolosi assai addensati sono rilevabili a profondità modeste generalmente non superiori a 0,60 m rispetto alla quota attuale del livello del piano di campagna.

Non è prevedibile che la falda freatica possa interagire stabilmente con il piano di posa delle fondazioni, ma sarà comunque necessario provvedere alla migliore impermeabilizzazione dei locali posti al piano terra, al fine di contrastare influenze episodiche determinate dagli apporti di infiltrazione meteorica.

Al fine di garantire la miglior efficienza delle opere ed il rispetto dell'equilibrio geologico, geomorfologico ed idrogeologico, sarà comunque opportuno soddisfare le precauzioni generali a seguito riportate:

- all'atto dell'apertura degli scavi sarà opportuno accertare l'omogeneità della situazione litostratigrafica;
- le opere da realizzarsi dovranno essere attuate tenendo fede alla buona norma ed al quadro progettuale di riferimento;
- eventuali significative varianti andranno valutate sotto il profilo geologico.

**ELABORATO B**

**RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA**



## **B.1 - ASPETTI GEOTECNICI**

### **B.1.1 – Caratteri Geotecnici dei terreni**

Richiamandosi agli esiti delle indagini geognostiche eseguite in aree prossime al contesto territoriale, la situazione litostratigrafica ricostruita in loco è la seguente:

**Livello 1** - terreni sommitali sciolti e coltivo (limi e limi sabbiosi)

**Livello 2** - terreni da addensati a molto addensati, non penetrabili (ghiaie sabbioso-ciottolose)

La definizione dei valori dei parametri di resistenza dei terreni di fondazione è stato effettuato utilizzando approccio semi-probabilistico (Eurocodice 7 - UNI ENV 1997-1/2/3), richiamandosi anche agli esiti di indagini realizzate in analogo contesto.

Nell'espletamento della parametrizzazione si sono assunte le seguenti condizioni:

- Il volume significativo dell'unità geotecnica in grado di influenzare, attraverso le sue proprietà, il comportamento della struttura ha una componente orizzontale estesa, ed una verticale contenuta nell'ambito della profondità indagata. E' pertanto assimilabile ad un "volume grande";
- L'unità è caratterizzata da una bassa variabilità spaziale sia in senso verticale che orizzontale;
- In base ai dati disponibili si deve ritenere che le strutture siano sufficientemente rigide e resistenti: il valore caratteristico dei parametri rappresentativi del terreno in termini di resistenza è pertanto ricavabile attraverso la media dei valori medi di ciascun parametro nell'ambito dell'intero volume significativo;
- Nell'elaborazione dei dati si è ritenuto di considerare per intero i livelli geotecnici e non soltanto la porzione sottostante il piano di fondazione;
- Nella definizione dei valori medi rappresentativi del comportamento dei terreni si è tenuto conto delle potenziali differenze tra la proprietà misurata dalla prova geotecnica in sito e la proprietà che effettivamente governa il comportamento del terreno; in modo specifico, è stato applicato un opportuno fattore correttivo al valore di resistenza al taglio "di picco" al fine di pervenire ad una condizione di resistenza "a volume costante";
- Il valore caratteristico di resistenza  $R_k$  del sistema geotecnico è stato definito come 5° percentile della distribuzione dei valori (livello di confidenza del 95%), secondo quanto indicato dalle norme tecniche
- I valori di progetto  $R_d$  sono stati determinati attraverso l'applicazione a  $R_k$  di un coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_M$ , così esprimibile:

$$R_d = f_i \left[ \frac{X_{k,i}}{\gamma_{m,i}} \right]$$

- Per quanto riguarda il peso di volume, grandezza con basso coefficiente di variazione, è stato assunto il valore nominale usualmente attribuito a tali materiali dai riferimenti bibliografici, e consolidato dall'esperienza tecnica

| Property (units)                | Soil Type    | No. of Data Groups | No. of Tests Per Group |      | Property Value |      | Property COV (%) |      | Note |
|---------------------------------|--------------|--------------------|------------------------|------|----------------|------|------------------|------|------|
|                                 |              |                    | Range                  | Mean | Range          | Mean | Range            | Mean |      |
| $w_n$ (%)                       | Fine-grained | 40                 | 17 – 439               | 252  | 13 – 105       | 29   | 7 – 46           | 18   | 1    |
|                                 | Silty clay   | *                  | *                      | *    | *              | *    | 20               | *    | 3    |
|                                 | clay         | *                  | *                      | *    | *              | *    | 13               | *    |      |
|                                 | *            | 18                 | *                      | *    | *              | *    | *                | 17.7 | 4    |
| $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )   | Fine-grained | 6                  | 5 – 3200               | 564  | 14 – 20        | 17.5 | 3 – 20           | 9    | 1    |
| $\gamma$                        | *            | *                  | *                      | *    | *              | *    | 3                | *    | 3    |
| $\gamma$                        | *            | 12                 | *                      | *    | *              | *    | *                | 7.1  | 4    |
| $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> ) | Fine-grained | 8                  | 4 – 315                | 122  | 13 – 18        | 15.7 | 2 – 13           | 7    | 1    |
| $\gamma_b$ (kN/m <sup>3</sup> ) | All soils    | *                  | *                      | *    | 5 – 11         | *    | 0 – 10           | *    | 2    |
| $D_r^{(a)}$ (%)                 | Sand         | 5                  | *                      | *    | 30 – 70        | 50   | 11 – 36          | 19   | 1    |
| $D_r^{(b)}$ (%)                 | Sand         | 5                  | *                      | *    | 30 – 70        | 50   | 49 – 74          | 61   |      |
| $G_s$                           | *            | *                  | *                      | *    | *              | *    | 2                | *    | 3    |
| $S$                             | *            | *                  | *                      | *    | *              | *    | 10               | *    | 3    |

\*Not reported.  
(a) Total variability for direct method of determination.  
(b) Total variability for indirect determination using SPT values.  
Notes:  
(1) Phoon and Kulhawy (1999).  
(2) Lacasse and Nadim (1996). No comments made on whether measurement variability was included.  
(3) Harr (1987). No comments made on whether measurement variability was included.  
(4) Kulhawy (1992). No comments made on whether measurement variability was included.

Tab. 1 – Dati di variabilità intrinseca (Coefficienti di variazione – COV) di parametri caratteristici del terreno. Si rileva la bassa variabilità del peso di volume  $\gamma'$

| PARAMETRO                                    | GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE | COEFFICIENTE PARZIALE          | (M1) | (M2) |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \phi'_k$                                          | $\gamma_M$<br>$\gamma_{\phi'}$ | 1,0  | 1,25 |
| Coesione efficace                            | $c'_k$                                                  | $\gamma_c$                     | 1,0  | 1,25 |
| Resistenza non drenata                       | $c_{uk}$                                                | $\gamma_{cu}$                  | 1,0  | 1,4  |
| Peso dell'unità di volume                    | $\gamma$                                                | $\gamma_\gamma$                | 1,0  | 1,0  |

Tab. 2 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (Tab 2 - estratto da Norme Tecniche Costruzioni)

## **PESO DI VOLUME**

Si assume come valore di progetto medio rappresentativo quello acquisito attraverso i dati bibliografici e consolidato dall'esperienza.

Pertanto, per i diversi terreni, si sono assunti i seguenti rispettivi valori

### **Livello 1**

$$\gamma' = 17,0 \text{ kN m}^{-3}$$

### **Livello 2**

$$\gamma' = 19,5 \text{ kN m}^{-3}$$

## **COESIONE**

La granulometria dei materiali costituenti i tre distinti livelli esclude contributi di natura coesiva, quindi, per essi  $c' = 0,00$ .

## **RESISTENZA AL TAGLIO**

Per il terreno superficiale si è assunto un valore cautelativo pari a  $25^\circ$ .

Con riferimento alle assunzioni fatte circa l'omogeneità litologica dei due livelli geotecnici sottostanti ed il tipo di struttura in progetto, il valore caratteristico di resistenza al taglio del volume significativo indagato ( $\phi'_k$ ) viene definito come 5° percentile della distribuzione di  $\phi'_{cv}$  medio relativo a ciascun sondaggio.

Pertanto:

$$\bar{x} = \mu - t_{0,05} \left( \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} \right)$$

dove:

$x$  = valore caratteristico

$\mu$  = media del campione

$n$  = numero degli elementi del campione

$t$  = distribuzione di Student di ordine  $n-1$  con livello di significatività=5%

$\sigma$  = scarto quadratico medio della media del campione

Il valore di progetto  $\phi'_D$  è stato uguagliato al valore caratteristico  $\phi'_k$  applicando un coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_M = 1,00$  (M1, Tab. 6.2.II).

In considerazione del fatto che il livello 2 è difficilmente penetrabile, si può assegnare allo stesso un valore medio dell'angolo di resistenza al taglio pari a  $34^\circ$ , mentre per il livello 1 si è assunto un valore pari a  $25^\circ$ .

In sintesi, per i terreni interessati dall'indagine, si sono assunti i seguenti valori caratteristici dei parametri geotecnici fondamentali:

| <b><u>Livello 1 – Coltivo e terreni sommitali limosi</u></b> |                    |                   |
|--------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|
| Estensione<br>verticale                                      | m da<br>p.c.       | 0,00 - 0.60 m max |
| $\gamma'$                                                    | $\text{kN m}^{-3}$ | 17,0              |
| $\phi'_{cv}$                                                 | °                  | 25°               |
| $C'$                                                         | kPa                | 0                 |

**Livello 2 – ghiaie-sabbiose eterometriche**

| Estensione<br>verticale | m da<br>p.c.       | Oltre 0.60 m max |
|-------------------------|--------------------|------------------|
| $\gamma'$               | $\text{kN m}^{-3}$ | 19,5             |
| $\varphi'_{cv}$         | °                  | 34°              |
| $C'$                    | kPa                | 0                |

Tab. 3 – Parametri di progetto-criterio semiprobabilistico

Le attitudini alla stabilità presso fronti di scavo denunciate dai terreni affioranti nel settore sono stati riassunti nella tabella riprodotta al seguito.

| <u>natura dei litotipi</u> | <u>pendenza fronti di scavo</u> |
|----------------------------|---------------------------------|
| Terreni limosi             | 25-30°                          |
| Terreni ghiaioso-sabbiosi  | 30-40°                          |



## **B.2 – ASPETTI RIGUARDANTI LA RISPOSTA SISMICA**

Il Comune di VERRONE rientrava tra i Comuni classificati “*pericolosità sismica minima*” secondo Ord. 3274 del 20/03/03, in quanto ricadente nella ZONA 4. Tale classificazione è stata confermata anche con l'adozione della “*nuova classificazione sismica del territorio piemontese*”, approvata con D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010, confermato anche con la D.G.R. 21 maggio 2014, n. 65-7656.

Con l'entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio Piemontese dal Giugno 2020, secondo quanto previsto dalla DGR n. 6 - 887 del 30.12.2019, il Comune di VERRONE è confermato in ZONA 4.

Non è disponibile CARTA DELLE PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE associata al vigente P.R.G.C. o STUDIO PER LA MICROZONAZIONE SISMICA, considerato che il Comune di VERRONE non è tenuto a tale adempimento.

Al riguardo della caratterizzazione sismica e della classificazione del terreno di fondazione (D.M. 17.01.2018 “Norme tecniche per le costruzioni”), si è operato “*approccio semplificato*”, così come previsto dal § 3.2.2. della normativa di riferimento, considerato la disponibilità di esiti di indagini geofisiche condotte con metodologia MASW eseguita nel corso dell'anno 2018 presso Asilo Nido del Comune di Verrone, sito in Via Vittorio Emanuele, a modesta distanza dall'area in esame:

|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |         |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>C</b> | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero <math>15 &lt; NSPT_{30} &lt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>70 &lt; cu_{30} &lt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i> | 180÷360 |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|

Attenendosi a quanto richiesto dal DM 17/01/2018, si è provveduto alla determinazione dello spettro di risposta, adottando le metodologie operative del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, con i seguenti esiti:

| <b>SPETTRO DELL'AZIONE SISMICA (SLU)</b> |                        |                    |                      |                     |                  |                            |                            |                            |                      |
|------------------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|
| <b>Comune</b>                            | <b>Categoria Suolo</b> | <b>Vita Costr.</b> | <b>SLV-PVR (10%)</b> | <b>SLC-PVR (5%)</b> | <b>Cat. Top.</b> | <b>S<sub>s</sub> (SLC)</b> | <b>C<sub>c</sub> (SLC)</b> | <b>S<sub>r</sub> (SLC)</b> | <b>a<sub>g</sub></b> |
| <b>Verrone</b>                           | <b>C</b>               | <b>50</b>          | <b>475</b>           | <b>975</b>          | <b>T1</b>        | <b>1.500</b>               | <b>1.588</b>               | <b>1.00</b>                | <b>0.020</b>         |

Tali valori potranno pertanto essere utilizzati da Progettista nell'ambito della specifica progettazione strutturale.

## **B.3 – VERIFICHE GEOTECNICHE**

### **B.3.1 - Descrizione degli interventi**

L'attuazione dell'intervento edificativo prevede la realizzazione di n° 4 unità residenziali di cui n° 3 unifamiliari ed uno bifamiliare, privi di interrato e composti come massimo di due livelli fuori terra, oltre a sottotetto non abitabile, con rimesse annesse.

Considerato che gli edifici non si avvarranno di interrato, il piano di posa delle fondazioni risulterà pertanto superficiale.

Nelle ipotesi di calcolo della SLU si è ipotizzata in particolare la realizzazione di fondazioni continue avente misura del lati  $B = 0,80$  m.

### **B.2.2 – Ipotesi di verifiche resistenza del terreno di fondazione allo SLU**

Nelle verifiche condotte si è tenuto conto delle seguenti condizioni:

- 1) Caso 1 = TRAVE con lato  $B = 0,80$  m;
- 2) incastro laterale della fondazione (fattore  $q * N_q$ ) considerato per incastro efficace pari a  $0,40$  m;
- 3) fondazioni attestate su terreni ghiaioso-sabbioso-ciottolosi (Livello 2) a mezzo di sottofondazioni;
- 4) assenza di coesione;
- 5) condizioni anidre del substrato.

Per la determinazione del valore limite della portanza si è utilizzato il metodo proposto da BRINCH-HANSEN (1961, 1970). Tenendo conto di coesione nulla, la formula può essere così espressa:

$$Q_{lim} = [0.5 * \gamma' * B * N_{\gamma}' * S_{\gamma}' + q' * N_q * S_q + c' * N_c * S_c]$$

dove:

|                        |                                                     |
|------------------------|-----------------------------------------------------|
| $\gamma'$              | = peso di volume del terreno                        |
| $B$                    | = larghezza della fondazione                        |
| $N_{\gamma}, N_q, N_c$ | = fattori di capacità portante $f(\phi)$            |
| $S_{\gamma}, S_q, S_c$ | = fattori di forma della fondazione                 |
| $q'$                   | = tensione efficace a livello del piano di campagna |
| $c'$                   | = coesione                                          |

I calcoli sono stati eseguiti con applicativo *LOADCAP* della *Ditta GEOSTRU* ed hanno fornito i seguenti risultati:

**Qlim CASO 1**

**Trave con lato B = 0,80 m (su ghiaie-sabbioso-ciottolose)**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

**PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO**

|                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| Peso unità di volume        | 19.5 kN/m <sup>3</sup> |
| Peso unità di volume saturo | 20.5 kN/m <sup>3</sup> |
| Angolo di attrito           | 34.0 °                 |
| Coesione                    | 0.0 kN/m <sup>2</sup>  |

|                                           |       |
|-------------------------------------------|-------|
| Fattore [Nq]                              | 29.44 |
| Fattore [Nc]                              | 42.16 |
| Fattore [Ng]                              | 38.37 |
| Fattore forma [Sc]                        | 1.15  |
| Fattore profondità [Dc]                   | 1.31  |
| Fattore inclinazione carichi [Ic]         | 1.0   |
| Fattore inclinazione pendio [Gc]          | 1.0   |
| Fattore inclinazione base [Bc]            | 1.0   |
| Fattore forma [Sq]                        | 1.15  |
| Fattore profondità [Dq]                   | 1.3   |
| Fattore inclinazione carichi [Iq]         | 1.0   |
| Fattore inclinazione pendio [Gq]          | 1.0   |
| Fattore inclinazione base [Bq]            | 1.0   |
| Fattore forma [Sg]                        | 0.92  |
| Fattore profondità [Dg]                   | 1.0   |
| Fattore inclinazione carichi [Ig]         | 1.0   |
| Fattore inclinazione pendio [Gg]          | 1.0   |
| Fattore inclinazione base [Bg]            | 1.0   |
| Fattore correzione sismico inerziale [zq] | 0.98  |
| Fattore correzione sismico inerziale [zg] | 0.97  |
| Fattore correzione sismico inerziale [zc] | 0.99  |

|               |                          |
|---------------|--------------------------|
| Carico limite | 561.01 kN/m <sup>2</sup> |
|---------------|--------------------------|

Per il calcolo del *valore di progetto della resistenza (Rd)* si è utilizzato l'Approccio 2 : (A1 + M1 + R3), dove:

$$R_d = Q_{lim} * B / \gamma_r$$

dove:

$$\gamma_r (R3) = 2,3$$

Da cui:

$$R_d = Q_{lim} * B / \gamma_r$$

**CASO 1**

$$R_d = Q_{lim} * B / \gamma_r = 561,01 * 0,80 / 2,3 = 195,33 \text{ KN / m}$$

Il Progettista strutturale dovrà pertanto verificare che il dimensionamento della fondazione garantisca  **$R_d > E_d$** .

In considerazione della natura del terreno granulare di fondazione e sulla base dei dati stratigrafici disponibili, si evidenzia improbabile la presenza in profondità di potenziali livelli comprimibili tali da suscitare cedimenti fondazionali connotati da marcata componente differenziale.

Si è omessa la verifica alla liquefazione dei terreni, in relazione a quanto ammesso dalle NTC 18 ( $a_g < 0,1 \text{ g}$ ).

## **B.4 – CONCLUSIONI RELAZIONE GEOTECNICA**

L'indagine geotecnica ha evidenziato che sussisteranno condizioni di compatibilità tra le fondazioni delle opere in progetto e le caratteristiche di resistenza del terreno di appoggio. Potranno infatti essere prevedibilmente raggiunti a profondità non eccessiva terreni ghiaioso-sabbioso-ciottolosi addensati, contrassegnati da requisiti geotecnico idonei per la realizzazione di opere fondazionali superficiali. Tali terreni potranno pertanto sopportare adeguatamente i carichi prevedibilmente applicati dalle strutture, il tutto ove ci si attenga al quadro progettuale di riferimento ed alle prescrizioni già indicate in Relazione Geologica ed a quelle a seguito indicate.

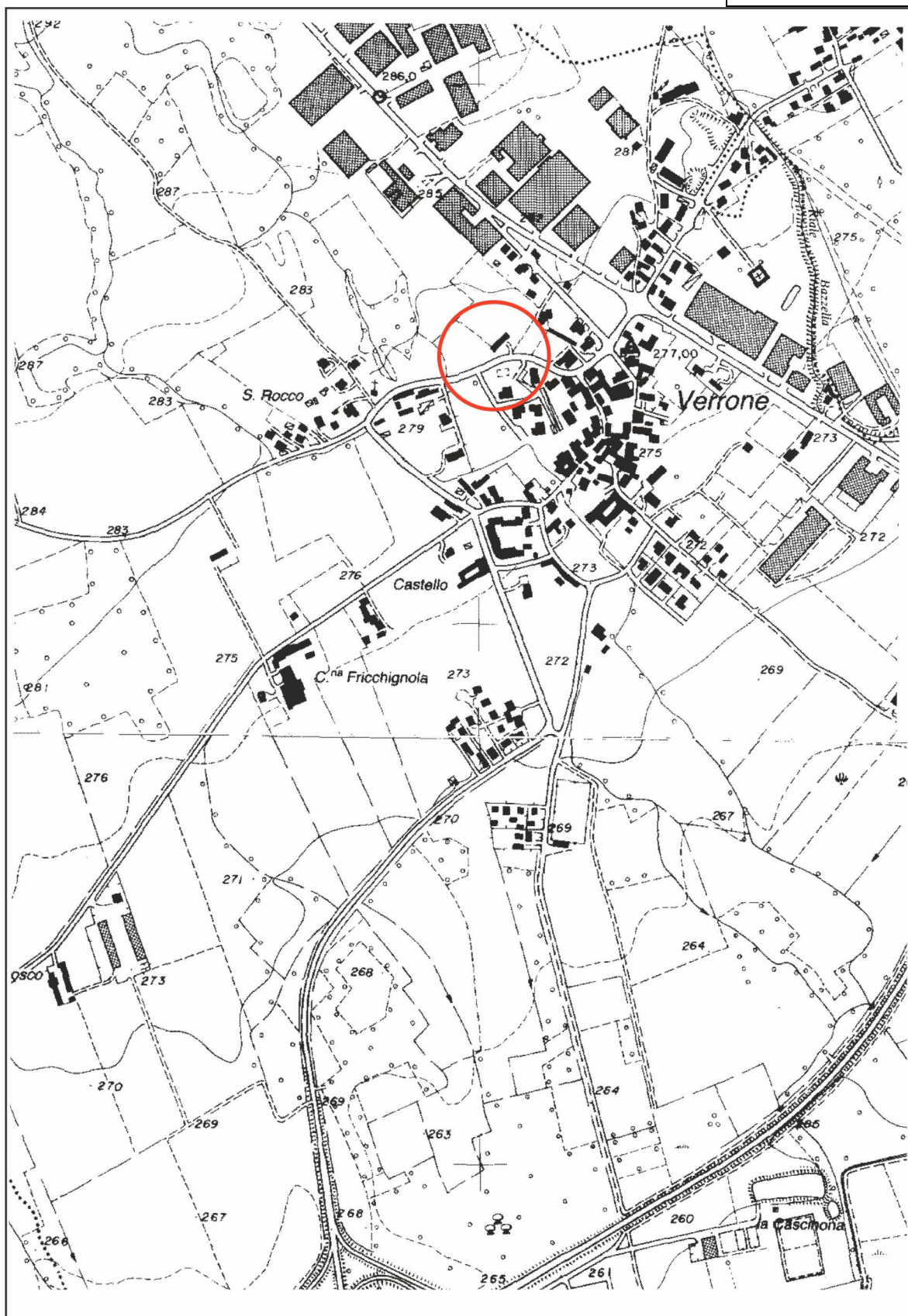
Si raccomanda peraltro di seguire scrupolosamente le prescrizioni a seguito illustrate:

- si dovrà evitare la realizzazione di riporti non sostenuti o sagomati con pendenze superiori a 45°, ove lo spessore gli stessi risulti superiori a 1,50 m;
- ove la morfologia degli scavi non risponda alle pendenze di sicurezza dei terreni (40° come massimo nel breve periodo) si dovrà operare il corretto sostegno dei relativi fronti onde prevenire eventuali franamenti degli stessi, comunque ove l'altezza dei fronti risulti superiore a 1,50 m;
- nel corso dell'esecuzione delle opere si dovrà in ogni caso verificare la corrispondenza fra situazione litostratigrafica rilevata e quella prospettata dallo scrivente;
- nel caso si riscontrassero condizioni stratigrafiche difformi da quanto determinato, andranno predisposti correttivi alle soluzioni fondazionali previste, secondo quanto disposto dalla D.L..

## **ALLEGATI**

- COROGRAFIA CTR 1 : 10.000
- ESTRATTO DI MAPPA IN SCALA 1 : 1.000





ESTRATTO DA C.T.R. IN SCALA 1 :10.000

