

Paolo Millemaci Geologo



**REGIONE PIEMONTE**  
**COMUNE DI BEE**  
(Provincia V.C.O.)

**NUOVA STRADA DI COLLEGAMENTO TRA LA VIA**  
**ZARA ED IL P.E.C. 1-E S.U.E.**

**Relazione geologica-geotecnica**

Committente:

"FONDAZIONE LAMA GANGCHEN PER UNA CULTURA DI PACE"

Via Marco Polo, 13 Milano"

Cod. Fiscale 97363850153P. I.V.A. 05429360968



**NGALSO**  
Western Buddhism

Cannobio 22.09.2016

Paolo Millemaci Geologo Via Santa Marta n.1 - 28822 Cannobio (VB)

Tel. 032370190 Cell. 3286033871

C.F. MLL PLA 62A01B 615W

P.I. 02421320033

<b>1 – PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2 - INQUADRAMENTO GENERALE .....</b>	<b>2</b>
<b>3.- VINCOLI DELL'AREA E SUA DESTINAZIONE D'USO .....</b>	<b>2</b>
<b>3.1 - Rif. PRGC del Comune di Bee, Art. 4.13.7 - Classe II .....</b>	<b>2</b>
<b>4 – DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI .....</b>	<b>3</b>
<b>5 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>4</b>
<b>6 - INDAGINI DI CAMPAGNA .....</b>	<b>4</b>
<b>6.1- Rilievo geomorfologico (All.ti n.5-6) .....</b>	<b>5</b>
<b>6.2 - Analisi stratigrafica .....</b>	<b>7</b>
<b>6.3 – Descrizione dell'ammasso roccioso .....</b>	<b>8</b>
<b>6.4 – Normativa sismica (Vedi Relazione sismica allegata) .....</b>	<b>8</b>
<b>6.5 - Caratteristiche geotecniche dei terreni .....</b>	<b>12</b>
<b>6.7 Permeabilità dei terreni di copertura.....</b>	<b>14</b>
<b>6.8 - Acque superficiali .....</b>	<b>14</b>
<b>6.9 - Acque sotterranee .....</b>	<b>14</b>
<b>7 - CONCLUSIONI.....</b>	<b>14</b>
<b>8 - PROPOSTE D'INTERVENTO .....</b>	<b>16</b>
<b>8.1 Caratteristiche geotecniche dei terreni utilizzati per la realizzazione dei rilevati stradali eseguiti con le terre rinforzate .....</b>	<b>16</b>
<b>8.2 Fondazioni.....</b>	<b>17</b>
<b>8.3 Stabilità dei fronti di scavo .....</b>	<b>17</b>
<b>8.4 Muri di sostegno .....</b>	<b>17</b>
<b>8.5 Drenaggio delle acque .....</b>	<b>17</b>
<b>8.5.1 Drenaggio delle acque superficiali.....</b>	<b>18</b>
<b>8.5.2 Drenaggio delle acque sotterranee .....</b>	<b>18</b>
<b>8.6 Manutenzione delle opere.....</b>	<b>18</b>
<b>8.7 Terre e rocce da scavo.....</b>	<b>18</b>
<b>9 - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA .....</b>	<b>19</b>
<b>10 - ALLEGATI .....</b>	<b>20</b>
<b>11 - BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>21</b>

## 1 – PREMESSA

Su incarico della “FONDAZIONE LAMA GANCHEN PER UNA CULTURA DI PACE” Via Marco Polo, 13 Milano“ Cod. Fiscale 97363850153P. I.V.A. 05429360968, in qualità di proprietaria di numerosi mappali appartenenti al Foglio. n. 5 dell’NCT del Comune di Bee (VB) (All. n.1-2) ho eseguito la seguente relazione geologica e geotecnica a supporto del progetto riguardante: “**NUOVA STRADA DI COLLEGAMENTO TRA LA VIA ZARA ED IL P.E.C. 1-E S.U.E.**”.

La relazione caratterizza gli aspetti geologici, geomorfologici e geotecnici allo scopo di identificare gli accorgimenti e gli interventi da eseguire per rendere sicura e stabile l’opera in progetto e l’area circostante.

## 2 - INQUADRAMENTO GENERALE

La strada in progetto sarà realizzata a sud est della frazione di Albagnano (All.ti n.1-2), essa si svilupperà a partire dal parcheggio esistente presente a valle della strada comunale che collega Albagnano a Bee.

L’intero percorso sarà impostato sul terrazzo di origine glaciale a bassa media inclinazione, che si estende, in direzione sud, est e ovest, a valle di Albagnano. Il terrazzo glaciale/fluvioglaciale è stato modellato dall’uomo ed è caratterizzato da numerosi terrazzi antropici circa orizzontali sostenuti da muri in pietra a secco. Il tracciato stradale si svilupperà in buona parte longitudinalmente ai terrazzi e, nelle sue parti iniziale e finale, trasversalmente ad essi.

L’area indagata riguarda una superficie di circa 10.000 mq, formata completamente da pendio terrazzato (All. n. 1-2; Foto panoramica 1).

## 3.- VINCOLI DELL’AREA E SUA DESTINAZIONE D’USO

Il Piano Regolatore Generale del Comune di Bee indica l’area in oggetto come appartenente alle “*Aree residenziali di espansione art. 3.8*”. L’intera area oggetto dell’intervento ricade nella Classe IIa di pericolosità geomorfologica e di idoneità all’utilizzazione urbanistica (All.n.4) e “Zona 4” ai sensi dell’ordinanza 3274 del P.C.M. 20 Marzo 2003 sulle zone sismiche.

### 3.1 - Rif. PRGC del Comune di Bee, Art. 4.13.7 - Classe II

*Ai sensi della circolare P.G.R. n. 7 LAP la Classe II riguarda (All.n.4): «Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l’adozione e il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di Norme di attuazione ispirate al D.M. 11-marzo-1988 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell’ambito del singolo lotto. Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionare la propensione all’edificabilità».*

In tutte le zone del territorio comunale soggette a Classe 2 ogni nuova opera sarà preceduta da approfondite verifiche locali di carattere geologico e geotecnico

secondo quanto previsto all'Art. 2 delle presenti norme e in coerenza con i D.M. 11-03-1988 e 14-01-2008, non che, ove presente il vincolo idrogeologico ai sensi R.D. n.3267/23, con i disposti della L.R. n.45/89.

In particolare l'area ricade nella sottoclasse IIa di pericolosità identificata come di seguito: «*Versanti non boscati, parzialmente boscati o interessati da vegetazione d'invasione non determinante ai fini della stabilità caratterizzati da acclività bassa o media con presenza sia di terreni di origine glaciale anche di significativo spessore sia di substrato roccioso subaffiorante, generalmente terrazzate e con limitati fenomeni di ristagno o di ruscellamento.*

In tale sottoclasse le relazioni geologiche e geotecniche dovranno esaminare prioritariamente le condizioni di stabilità naturale del pendio e quelle determinate dall'intervento, con particolare riferimento alla stabilità dei fronti di scavo, dei riporti, delle opere di sostegno, ecc., soprattutto in relazione alla eventuale presenza di fenomeni di ruscellamento concentrato, di circolazione di acque sotterranee, di terreni geotecnicamente mediocri e di eventuali zone con substrato avente mediocri caratteristiche geomeccaniche.

## **4 – DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI**

Il percorso stradale è inserito nel P.R.G.C. adottato e collega la Via Zara con le aree P.E.C.1 e il S.U.E. La strada da realizzare avrà una lunghezza di circa 250 metri, un dislivello di 16,15 metri ed una larghezza di 7 metri che comprende due corsie della larghezza di 2,75 m l'una, compresa della striscia bianca di delimitazione ed un marciapiede della larghezza di 1,5 metri. Inoltre vi saranno due cordoli laterali in cls armato delle dimensioni di 40x50 cm sui quali verranno ancorate le barriere a norma. La strada si svilupperà a partire dall'ingresso dell'attuale parcheggio pubblico posto a valle di Via Zara, da qui inizierà una curva a sinistra, con raggio di 19 metri, che avrà una pendenza a scendere del 6%.

Una parte del tratto in curva sarà appoggiato su terrapieno realizzato con terre rinforzate; in rilevato sarà anche parte del rettilineo a seguire che sarà impostato longitudinalmente ai terrazzi antropici che caratterizzano l'area e che si sviluppano in direzione ovest-est. In particolare i tratti in rilevato saranno quelli compresi tra le sezioni di progetto A-A e G-G e tra le sezioni M-M e Z-Z, mentre tra la sezione G-G e quella M-M il tracciato sarà in trincea.

Il piano strada avrà una pendenza del 2,5%, situazione che permetterà di convogliare le acque di pioggia in direzione dei cordoli del marciapiede dove saranno catturate da bocche di lupo, raccolte temporaneamente in un pozzetto dal quale, una condotta le porterà nella canalizzazione principale che le scaricherà nel Rio dei Mulini. L'acqua di ruscellamento relativa ai fianchi delle superfici inclinate del rilevato sarà raccolta con apposite canalette che la convoglieranno nei pozzetti previsti lungo la condotta.

### **Area parcheggio**

L'attuale area parcheggio sarà completamente ristrutturata, verrà realizzato un muro di controripa all'ingresso, parallelo a Via Zara, allo scopo di allargare lo spazio di sosta a 16 metri. L'intero parcheggio sarà pavimentato con manto bituminoso ed

avrà una pendenza del 2,5% così da convogliare le acque meteoriche in due caditoie di raccolta con relativi pozzetti. Le acque provenienti dall'esterno del parcheggio, Via Zara, saranno raccolte da una canalina posata all'ingresso e da qui convogliata, attraverso canalizzazione sotterranea in un pozzetto di raccolta. Le acque meteoriche raccolte dalla superficie del parcheggio saranno raccolte da due pozzetti e di seguito convogliate, con apposita canalizzazione, nel pozzo di dispersione esistente.

### **Rilevati in terre rinforzate**

Sono strutture di sostegno in terra rinforzata realizzate utilizzando materiali naturali come il terreno granulare, il suolo e la biostuoia e materiali sintetici come il rinforzo formato da rete metallica sagomata e reti geosintetiche per contrastare l'erosione e conferire trazione al terreno. I rilevati di questo tipo hanno inclinazioni molto elevate, caratteristiche che permette di avere un ingombro relativamente basso, di poco maggiore, nel caso in oggetto, della larghezza della strada.

## **5 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO**

Per l'inquadramento geologico generale è stata visionata la carta Geologica della Zona di Verbania, Boriani et. Al... 1977 alla scala 1.50.000 (All. n.3), non che da quanto riportato nella documentazione di carattere geologico nel PRGC del Comune di Bee.

Le rocce presenti appartengono al basamento cristallino sudalpino delle Alpi Occidentali, noto in letteratura come Massiccio dei Laghi (Novarese, 1929).

In particolare nell'intorno dell'area in esame affiorano i "Micascisti e paragneiss a due miche" e gli "Ortogneiss a orneblenda", litotipi appartenenti all'unità denominata Serie dei Laghi, Zona Scisti dei Laghi (da "Metamorphism, tectonic evolution and tentative stratigraphy of the "Serie dei Laghi" - Geological map of the Verbania area (Northern Italy" Boriani et. al., 1977; All. n.3).

L'intera area interessata dal tracciato stradale fa parte di un più ampio terrazzo di origine glaciale, completamente privo di affioramenti rocciosi. La roccia è presenta a profondità variabile da qualche metro a diversi metri e ricoperta da terreno di origine glaciale-fluvioglaciale. L'ampio terrazzo glaciale è caratterizzato da inclinazione bassa, medio bassa ed interessato dalla presenza di numerosi terrazzi di origine antropica sostenuti da muri in pietra a secco.

## **6 - INDAGINI DI CAMPAGNA**

E' stata indagata una superficie di circa 10.000 mq; essa si estende a ovest fino in prossimità della sponda sinistra del Rio dei Mulini, a est fino alla strada comunale pedonale che da Albagnano porta ad Arizzano; a nord dalla strada comunale carrozzabile Bee-Albagnano, in direzione sud fino al parcheggio presente all'interno della proprietà della "FONDAZIONE LAMA GANCHEN PER UNA CULTURA DI PACE" (All.ti n.5-6).

## **6.1- Rilievo geomorfologico (All.ti n.5-6)**

L'area è rappresentata da un ampio terrazzo di origine glaciale-fluvioglaciale delle dimensioni di oltre 10 ettari, essa è posizionata lungo il versante esposto a sud del Sasso Corbe e compresa tra le quote di 650 e 580 m slm.

L'area è rappresentata da pendio avente mediamente un'inclinazione bassa-medio bassa, il valore delle inclinazioni è compreso tra 3° e 10°. Il pendio è terrazzato ed i ripiani hanno un'inclinazione variabile da 2° a 5° (All.ti n.5-6; Doc Foto). L'intero deposito morenico-fluvioglaciale è stato oggetto, nei decenni e secoli scorsi, d'intervento umano che ha trasformato buona parte del pendio naturale in terrazzi circa orizzontali adatti alla coltivazione ed al pascolo. Pertanto l'attuale conformazione è a terrazzi, in parte sostenuti da muri in pietra a secco ed in parte delimitati da scarpate naturali inerbite.

Lungo alcuni tratti i muri in pietra evidenziano piccoli crolli, dovuti alla mancata manutenzione e alla crescita di alberi proprio in corrispondenza dei conci che li compongono.

Le inclinazioni longitudinali dei terrazzi lungo i quali si svilupperà il tracciato stradale sono basse e comprese tra 2° e 5°. Trasversalmente l'inclinazione è maggiore e condizionata dalla presenza dei muri di sostegno e, all'inizio del tracciato, da una scogliera in massi ciclopici. Quindi per giungere il terrazzo sottostante si dovrà superare il dislivello relativo alle opere di sostegno e/o alla scarpata naturale.

Sull'intera area indagata non sono presenti corsi d'acqua perenni o temporanei, non sono presenti forme di erosione superficiale o di dissesto. L'area dal punto di vista idrogeologico è stabile.

### ***Caratteristiche geomorfologiche del tracciato stradale e del suo intorno***

La foto n. 1 evidenzia il tracciato stradale dall'alto, esso è formato principalmente da due curve ed un rettilineo che le unisce, La curva d'ingresso sarà impostata sull'attuale terrapieno che ospita il parcheggio esistente, tale struttura, di natura antropica sarà completamente ristrutturata e quindi si tratterà d'intervenire su terreni già consolidati e massi da scogliera aventi misure idonee al reimpiego. Il terzo finale dello sviluppo della curva d'ingresso sarà posizionata su terrapieno sostenuto da terre rinforzate la cui base appoggerà sui terreni di origine fluvioglaciale che formano un terrazzo antropico illustrato nelle foto n.2, 3 e 4. Il terrazzo considerato lungo il suo sviluppo longitudinale è circa orizzontale e i terreni idonei all'appoggio del terrapieno di progetto sono presenti a partire dalla profondità di 1,3-1,4 metri rispetto alla quota del piano campagna. A monte e a valle il terrazzo è delimitato da muri di sostegno in pietra a secco. Non sono presenti lungo questo tratto di tracciato stradale corsi d'acqua superficiali siano essi perenni o temporanei, non sono presenti forme di ruscellamento o di dissesto in generale, si tratta di area stabile e a bassa inclinazione. Il sondaggio diretto eseguito fino alla profondità di 2,20 metri non ha evidenziato la presenza di acqua di falda (All.ti n. 5; All. n.7 e foto SC1; Foto n. 2-3). Superata la curva il tracciato è rappresentato da un rettilineo della lunghezza di circa 80 metri che si sviluppa longitudinalmente al terrazzo (Foto n.3,6 e 7). La superficie, lungo il terrazzo, ha un'inclinazione che può essere definita circa orizzontale, mentre trasversalmente essa è compresa tra 2° e 7°. A monte e a valle il terrazzo è delimitato da muri in pietra a secco, alcuni tratti di muro sono crollati (Foto n. 5) o in condizioni statiche al limite della stabilità. Non sono presenti lungo questo tratto di tracciato stradale corsi d'acqua superficiali siano essi perenni o temporanei, non

sono presenti forme di ruscellamento o di dissesto in generale, si tratta di area stabile e a bassa inclinazione. I sondaggi diretti eseguiti, SC2 ed SC3 sono giunti fino alla profondità di 2,00 metri rispetto alla quota del piano campagna, e non hanno evidenziato la presenza di acqua di falda (All.ti n. 4-5; All.ti n.8 e 9 e foto SC2 ed SC3; Foto n. 5-6-7-8). I terreni aventi buone qualità geotecniche sono presenti a partire dalla profondità di 1,60-2,30 metri rispetto alla quota del piano campagna.

Degli 80 metri totali di rettilineo, 58 saranno in rilevato e 22 in trincea.

Giunti al limite est del rettilineo inizia la seconda curva che porterà alla fine del tracciato che sarà alla quota di 581,70 m slm. La curva si svilupperà in discesa e trasversalmente ai terrazzi antropici, separati tra loro da muri in pietra di altezza compresa tra 1,80 e 2,40 metri (Foto n.8-9). La curva inizierà in trincea e a partire dalla sezione di progetto e geologica M-M, fino all'arrivo, sarà di nuovo in rilevato. Il dislivello del piano campagna naturale da inizio a fine curva è di circa 8 metri.

Anche lungo questo tratto non sono presenti corsi d'acqua superficiali siano essi perenni o temporanei, non sono presenti forme di ruscellamento o di dissesto in generale, si tratta di area stabile e ad inclinazione medio bassa mitigata dalla presenza dei terrazzi antropici. Qualche tratto di muro in pietra presenta piccoli crolli o condizioni di stabilità precaria, situazioni da ricondurre alla mancata manutenzione e al completo abbandono delle opere. I sondaggi diretti eseguiti, Sc4 ed Sc5 sono giunti rispettivamente alla profondità di 2,30 e 3,30 metri rispetto alla quota del piano campagna; e hanno evidenziato la presenza di umidità che aumentava in funzione della profondità con presenza alla base dello scavo SC5 di acqua di ristagno (All.ti n. 4-5; All.ti n.10 e 11 e foto SC4 ed SC5; Foto n. 8-9).

### ***Terreni glaciali e fluvioglaciali***

I 5 scavi eseguiti lungo l'asse del tracciato stradale hanno evidenziato la presenza di terreno di origine fluvioglaciale a partire da una profondità variabile da 1 a 2 metri rispetto alla quota del piano campagna (Allegati n.7-8-9-10-11 e relative fotografie).

In particolare il terreno è formato da "ciottoli e blocchi immersi in matrice sabbioso ghiaiosa limosa. Il contenuto di limo diminuisce con la profondità e aumenta la percentuale della componente ghiaiosa. Alcuni blocchi raggiungono dimensioni pluridecimetriche. I singoli componenti litici hanno forme perlopiù discoidali e sferoidali, alcuni con gli spigoli ben arrotondati a testimonianza dell'avvenuto trasporto in acqua, per una parte del terreno. Si tratta di terreno fluvioglaciale da mediamente consistente a consistente con l'aumento della profondità, oltre 1,5 metri si scava con difficoltà. Al passaggio suolo terreno la presenza di un orizzonte alterato ed in parte ossidato di colore rosso, segue un orizzonte pluridecimetrico giallognolo poco alterato e a partire da -1.80-2,00 m, lo stesso terreno assume un colore grigio (Non alterato). Il terreno può essere identificato come appartenente al Gruppo A1-A1-b delle Norme CNR-UNI 10006, esso ha caratteristiche geotecniche buone ed una permeabilità variabile da medio bassa a media.

### ***Terreni eluvio-colluviali***

Rappresentano lo strato di suolo agrario compreso tra la superficie topografica e d una profondità che nel caso in oggetto varia da 1 a 2 metri.

Si tratta di terreno formato da limo e limo argilloso con ciottoli e sabbia fine (Suolo agrario) in parte rimaneggiato, esso può essere identificato come appartenente al Gruppo A4-A5 delle Norme CNR-UNI 10006; ha caratteristiche geotecniche scadenti

ed una permeabilità da bassa a molto bassa. Questo terreno non può essere impiegato per la realizzazione di strutture portanti, il suo impiego è solamente di copertura a supporto della vegetazione.

La presenza di terreno agrario avente uno spessore maggiore di 1 metro è da ricondurre alla lavorazione da parte dell'uomo di questi territori, alla realizzazione dei terrazzi che già in parte aveva modellato il ghiacciaio. Quindi il risultato, in alcune porzioni dell'area, è stato quello di avere un ispessimento dell'orizzonte agrario fino, in alcuni casi, al raddoppio dello spessore originale.

## **6.2 - Analisi stratigrafica**

Allo scopo di identificare i parametri geotecnici del terreno e l'andamento delle differenti litologie si è proceduto alla ricostruzione stratigrafica attraverso la realizzazione di cinque scavi, eseguiti lungo l'asse e all'interno dell'area d'ingombro delle corsie del futuro tracciato stradale (All.ti n.5-6-7-8-9-10-11 e relativa doc. foto) . La profondità degli scavi è stata variabile, da 2,00 m a 3.30 metri.

Si riassume di seguito le tipologie di terreno presenti rimandando agli allegati ed alla relativa documentazione fotografica gli approfondimenti:

- Gli scavi SC1, SC2 e SC3 hanno evidenziato la presenza di un primo orizzonte formato da suolo agrario fino alla profondità di circa 1 metro, da qui fino alla profondità di 1,40 un orizzonte formato da terreno di origine fluvioglaciale, caratterizzato da granulometrie medie e mediofini visibilmente alterato ed ossidato (di colore tendente al giallo ocra); a partire dalla profondità di 1,40 metri la presenza di terreno di origine fluvioglaciale non alterato e formato da granulometria media e grossolana, ciottoli e blocchi immersi in abbondante matrice sabbioso ghiaiosa avente caratteristiche geotecniche buone-ottime (All.ti n. 5-6-7-8-9; Foto SC1-SC2-SC3).
- Lo scavo SC4 è privo dell'orizzonte alterato e quindi il passaggio dal suolo al terreno di origine fluvioglaciale e glaciale (Non ossidato ed alterato) è diretto. Dalla profondità di 1,30-1,60 metri fino alla base dello scavo, la presenza di terreno di origine fluviale/fluvioglaciale formato da granulometria media e grossolana, ciottoli e blocchi immersi in abbondante matrice sabbioso ghiaiosa, oltre alla presenza di elementi litoidi di forma arrotondata, la presenza di ciottoli e blocchi di forma irregolare (Spigolosi). Le caratteristiche geotecniche rimangono buone-ottime anche se a partire dalla profondità di 1 metro si è notato un aumento del grado di umidità (All.ti n.5-6-10; Foto SC4), con presenza di stillicidio.
- Lo scavo SC5 ha evidenziato la presenza di terreno di origine fluvioglaciale a partire dalla profondità di 2 metri, infatti in questo punto il suolo agrario ha uno spessore pari a circa il doppio di quello medio rilevato negli altri sondaggi. A partire da questa profondità e per circa 40-50 cm vi è la presenza di un orizzonte di terreno a granulometria fine e media alterato e di colore giallo, orizzonte corrispondente a quelli individuati anche negli scavi SC1, SC2 ed SC3. Oltre la profondità di 2,40 metri le dimensioni granulometriche della matrice aumentano e sono presenti ciottoli e blocchi decimetrici (All.ti n.5-6-11; Foto SC5). Vi è anche, con l'aumento della profondità, un aumento dell'umidità e alla base dello scavo la presenza di acqua di ristagno.
-

La presenza di terreno avente buone caratteristiche geotecniche a partire da profondità variabile compresa tra 1 e 2 metri impone, prima della costruzione dei tratti in rilevato, la completa asportazione del suolo agrario e perlomeno di parte dell'orizzonte alterato ed ossidato. L'aumento dell'umidità con la profondità nello scavo SC4 e la presenza di acqua alla base dello scavo SC5 indica che, in questa porzione di area interessata dall'opera vi è una circolazione idrica nel sottosuolo, la quale, nei periodi di pioggia intensa o prolungata, può dare origine ad una ragguardevole quantità di acqua

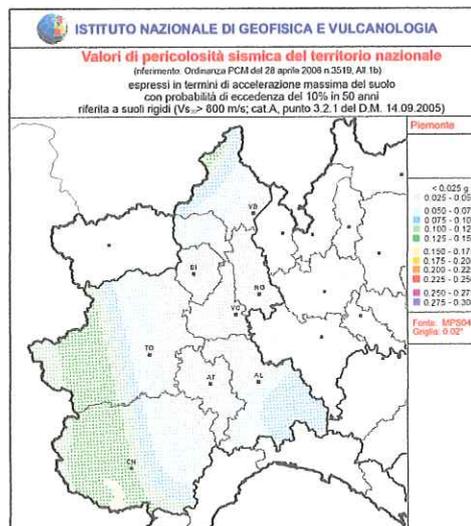
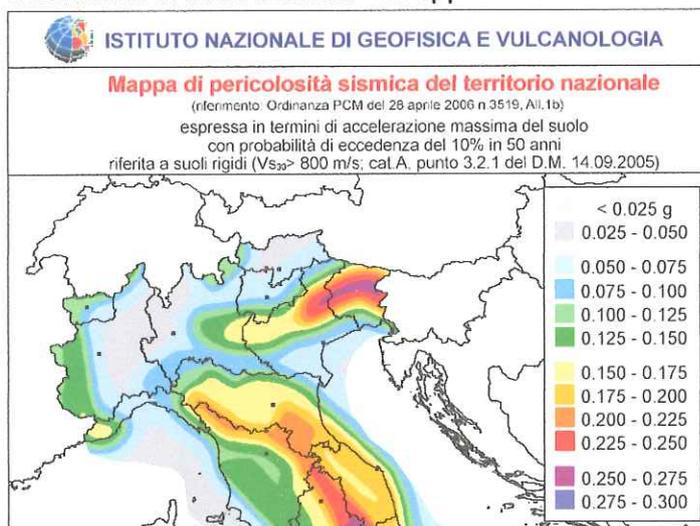
### 6.3 – Descrizione dell'ammasso roccioso

Nell'area studiata la roccia non affiora, essa è ricoperta da terreni di origine glaciale e fluvioglaciale. L'ammasso roccioso in affioramento è presente a monte della frazione di Albagnano, lungo alcuni tratti dei corsi d'acqua presenti lungo il versante come ad esempio il Rio dei Mulini.

Secondo le indagini di carattere sismico eseguite, la roccia è presente ad una profondità variabile da 5 a 12 metri (Riferimento all'area indagata); pertanto le opere in progetto non incideranno sul substrato lapideo, qualora nella fase di scavo si dovesse intersecare l'ammasso roccioso si dovrà procedere alla sua identificazione e alla definizione delle sue qualità geomeccaniche.

### 6.4 – Normativa sismica (Vedi Relazione sismica allegata)

Allo scopo di procedere al dimensionamento delle opere di progetto e in ottemperanza a quanto previsto dal D.M. del 14.01.2008 sono stati calcolati i parametri sismici per l'area in oggetto. L'ordinanza P.C.M. 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" ha approvato:



- 1 - i criteri per l'individuazione delle zone sismiche;
- 2 - le norme tecniche per gli edifici;
- 3 - le norme tecniche per i ponti;
- 4 - le norme tecniche per le opere di fondazione.

Con l'emanazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" sono stati approvati i criteri generali e pubblicata la mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale riportata in

figura. La mappa riportata rappresenta graficamente la pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi (*Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* categoria A di cui al punto 3.2.1 del D.M. 14/09/05) caratterizzati da una velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio  $V_{s30} > 800$  m/s. Tale mappatura e i rispettivi valori di accelerazione massima si traducono in zone sismiche così suddivise:

ZONA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITA' DI SUPERAMENTO PARI A 10% IN 50 ANNI (m/s)
1	$0,25 < a_g < 0,35g$
2	$0,15 < a_g < 0,25g$
3	$0,05 < a_g \leq 0,15g$
4	$\leq 0,05g$

Il territorio del Comune di Bee rientra completamente in zona 4. Per la Regione Piemonte ai sensi della Circolare del P.R.G. 27/04/2004 nr. 1/DOP punto 5: *“La zona 4 è considerata a bassa sismicità e per essa non viene introdotto l’obbligo della progettazione antisismica, tranne che per alcune tipologie di edifici e costruzioni di nuova edificazione, come individuati dall’allegato B della D.G.R. n 64-11402 del 23/12/2003 e, per gli edifici di competenza statale, dalla normativa nazionale.”*

La principale novità introdotta dalla nuova normativa nella valutazione della pericolosità sismica riguarda il concetto di amplificazione locale del fenomeno (effetti di sito), cioè dell’influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie che dipendono, in sostanza, dalla diversa rigidità del sottosuolo in funzione delle proprietà dei terreni, e nel caso di pendii, dalla pendenza (amplificazione topografica) la cui valutazione è possibile attraverso studi di risposta sismica locale.

Ai fini dell’individuazione dell’azione sismica di progetto, è necessario valutare l’effetto della risposta sismica locale; il moto generato da un terremoto in un sito dipende anche dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche locali e dalle qualità meccaniche di terreni e substrato roccioso che lo costituiscono.

Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce (amplificazione), a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello del sito di riferimento. In assenza di tali analisi, per la definizione dell’azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull’individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento riportate nella tabella seguente e tratte dal D.M. 14-01-2008:

Nell’ambito della campagna relativa ai rilievi e alla raccolta dati è stata effettuata una indagine sismica passiva (HVSR con 3 misurazioni) allo scopo di costruire un modello geologico e sismico locale e determinare le velocità delle onde sismiche nel terreno che ospiterà le opere in progetto. Tutta la documentazione è riportata nella Relazione Sismica allegata ed eseguita a cura del Dott. Geol. Giovanni Capulli.

Categoria	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametri		
		$v_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT}$ (colpi/30 cm)	$c_u$ (kPa)
A	formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di $v_{s,30}$ superiori a 800 m/s comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m	> 800	-	-
B	<b>Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con spessori di diverse decine di metri caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>v_{s,30}</math> compresi tra 360 e 800 m/s ovvero resistenza penetrometrica <math>N_{SPT}&gt;50</math> e <math>c_u&gt;250</math> kPa</b>	360 - 800	> 50	> 250
C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di $v_{s,30}$ compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{SPT} < 50$ e $70 < c_u < 250$ kPa)	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	Depositi di terreni granulari sciolti a poco addensati oppure da coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori $v_{s,30} < 180$ m/s ( $N_{SPT} < 15$ , $c_u < 70$ kPa)	< 180	< 15	< 70
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di $v_{s,30}$ simili a quelli dei tipi C o D e spessore tra 5 e 20 m giacenti su un substrato di materiale più rigido con $v_{s,30} > 800$ m/s			
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto d'acqua caratterizzati da $v_{s,30} < 100$ m/s e $10 < c_u < 20$ kPa	< 100	-	10 - 20
S2	Depositi di terreno soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti			

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima ( $a_{max}$ ) attesa in superficie ed una forma spettrale connessa ad essa. Il valore di  $a_{max}$  può essere ricavato dalla relazione  $a_{max} = S_s \cdot a_g$  dove  $S_s$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

Circa l'effetto dovuto alla topografia, il D.M., per configurazioni topografiche superficiali semplici adotta la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	<b>Pendii con inclinazione media <math>i &gt; 15^\circ</math></b>
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

La categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche incidono sullo spettro elastico di risposta; in particolare l'accelerazione spettrale massima dipende dal coefficiente  $S = S_s S_T$  che comprende gli effetti delle amplificazioni stratigrafica ( $S_s$ ) e topografica ( $S_T$ ) ( $S_s$  in pratica amplifica l'accelerazione di picco degli strati profondi a seconda del tipo di sottosuolo, in modo da ottenere l'accelerazione del terreno superficiale  $a_{max} = S_s \cdot a_g$ ).

Per le componenti orizzontali dell'azione sismica, il periodo  $T_C$  di inizio del tratto a velocità costante dello spettro, è funzione invece del coefficiente  $C_C$  dipendente anch'esso dalla categoria di sottosuolo.

Nella tabella successiva vengono riportate le espressioni fornite dal D.M. 14-01-2008 circa i parametri  $S_s$  e  $C_C$ .

<b>Categoria sottosuolo</b>	<b>S<sub>s</sub></b>	<b>C<sub>c</sub></b>
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 F_0 a_g/g \leq 1.20$	$1.10 (T^*_C)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 F_0 a_g/g \leq 1.50$	$1.05 (T^*_C)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 F_0 a_g/g \leq 1.80$	$1.25 (T^*_C)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 F_0 a_g/g \leq 1.60$	$1.15 (T^*_C)^{-0.40}$

Circa le condizioni topografiche il D.M. 14-01-08 propone l'utilizzo dei valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella tabella successiva, in funzione delle categorie topografiche definite in precedenza e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

<b>Categoria topografica</b>	<b>Ubicazione dell'opera o dell'intervento</b>	<b>S<sub>T</sub></b>
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

Ricavata la categoria di sottosuolo per la determinazione dell'azione sismica sul sito oggetto di trasformazione è possibile utilizzare il software denominato "Spettri NTC" messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici che definisce gli spettri di risposta a partire dalle coordinate geografiche e dal calcolo dei relativi valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_C$  per differenti valori del tempo di ritorno  $T_R$ .

Nel caso specifico, le coordinate UTM WGS84 dell'area di previsto intervento, con riferimento al settore mediano della condotta, sono le seguenti:

<b>Latitudine</b>	<b>Longitudine</b>
45.967410	8.584580

Per tali coordinate, nell'ipotesi di una costruzione con vita nominale  $V_N = 50$  anni e coefficiente d'uso  $C_U = 1$  (Classe d'uso II), da cui si ricava un periodo di riferimento  $V_R = 50$  anni, vengono forniti i seguenti valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_C$  per vari periodi di ritorno e per i diversi tipi di verifiche allo stato limite previsti dal D.M. 14-01-2008:

<b>Stato Limite</b>	<b>T<sub>R</sub> (anni)</b>	<b>a<sub>g</sub> (g)</b>	<b>F<sub>0</sub> (-)</b>	<b>T<sup>*</sup><sub>C</sub> (s)</b>
SLO	30	0,016	2,547	0,154
SLD	50	0,020	2,552	0,172
SLV	475	0,045	2,645	0,282
SLC	975	0,054	2,727	0,303

Tali valori, a seconda del tipo di stato limite considerato, sono alla base delle espressioni utili alla ricostruzione dello spettro elastico in accelerazione delle componenti orizzontali (in particolare dei periodi  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ ) secondo le relazioni riportate in precedenza, nelle quali si evidenzia la dipendenza dal coefficiente  $S$ , a sua volta funzione della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche. (Vedi Relazione Sismica allegata).

## 6.5 - Caratteristiche geotecniche dei terreni

I parametri geotecnici di seguito riportati, sono stati determinati in base ad una analisi bibliografica fornita dalla letteratura specifica in materia, adattata e correlata con le osservazioni e direttamente eseguite durante il rilievo di dettaglio sul terreno.

Dal punto di vista strettamente geologico, la zona è caratterizzata da depositi fluvioglaciali che contraddistinguono l'areale circostante i terreni di progetto.

I depositi fluvioglaciali sono prodotti dall'azione di erosione, trasporto e deposito da parte delle acque correnti superficiali di rocce o terreni originariamente di origine glaciale o fluviale.

Tali terreni sono in genere costituiti da materiale detritico anche grossolano, molto eterogeneo per litologia, dimensioni e forma: blocchi e ciottoli immersi in una matrice sabbiosa e sabbioso ghiaiosa, risultano da debolmente addensati ad addensati alle profondità maggiori; tutti gli elementi che compongono le granulometrie maggiori hanno forme sferoidali e discoidali aventi gli spigoli sempre ben arrotondati.

All'interno dei depositi possono essere localmente presenti livelli o lenti di sabbie fini più sciolte o di ghiaia. Viste le condizioni geologiche a contorno dell'area, lo spessore di questi depositi può essere considerato di qualche metro.

Nella parte sommitale tutti questi depositi e terreni di copertura sono interessati da un'alterazione pedogenetica con formazione di minerali argillosi passanti, in superficie, ad una coltre detritico-eluviale (terra nera), ad elevato contenuto organico, avente spessore mediamente contenuto (qualche decimetro). Questi terreni hanno caratteristiche geotecniche scadenti.

Sulla base delle osservazioni e delle esperienze fatte in situazioni analoghe, i parametri geotecnici di terreni come quelli in questione, che possono essere assunti indicativamente in fase preventiva e da verificarsi in fase esecutiva, sono i seguenti:

	Depositi alluvionali s.s.
Peso di volume secco ( $t/m^3$ )	1.9÷2.1
Porosità (%)	30÷35
Coesione ( $kg/cm^2$ )	0.0÷0.1
Angolo di attrito Interno	35°÷40°

Eventuali porzioni alterate e/o rimaneggiate di tali terreni, comprendenti anche il livello detritico-eluviale più superficiale, avendo proprietà geotecniche mediamente insufficienti, andranno asportati prima di realizzare gli interventi in progetto.

Tuttavia per la definizione del modello geotecnico del terreno, viste le caratteristiche dei terreni rinvenuti in occasione dei sopralluoghi, della loro natura e dell'assenza, almeno per le zone indagate, di materiali che presentano scadenti caratteristiche geotecniche, i parametri che si possono assumere sono i seguenti:

Angolo di attrito interno:  $\varphi = 35^\circ$

Coesione:  $C_u = 0.0 \text{ kg/cm}^2$

Porosità:  $n = 30\%$

Peso specifico dei granuli:  $\gamma_g = 2.65 \text{ t/m}^3$

Peso di volume del terreno asciutto:  $\gamma_d = 2.00 \text{ t/m}^3$

Peso di volume del terreno saturo:  $\gamma_s = 2.15 \text{ t/m}^3$

Peso di volume del terreno immerso:  $\gamma_i = 1.15 \text{ t/m}^3$

Al fine di procedere con la definizione del modello geotecnico del terreno si propone la seguente determinazione dei parametri caratteristici del terreno. Si propone di procedere alla determinazione dei valori caratteristici con le seguenti relazioni:

$$\varphi'k = \varphi'm (1 + X \cdot V\varphi') \text{ e } C'k = C'm (1 + X \cdot Vc')$$

Dove:  $\varphi'k$  = valore caratteristico dell'angolo d'attrito interno

$\varphi'm$  = valore medio dell'angolo d'attrito interno

$V\varphi'$  = Coefficiente di variazione (COV) di  $\varphi'$  adottato pari a 0,07 (Harr 1987)

$C'k$  = valore caratteristico della coesione

$C'm$  = valore medio della coesione

$Vc'$  = Coefficiente di variazione (COV) di  $c'$  adottato pari a 0,4 (Harr 1987)

$X$  = parametro dipendente dalla legge di distribuzione della legge di distribuzione della probabilità e dalla probabilità di non superamento adottate.

La normativa vigente, in particolare l'eurocodice 7, fissa per una probabilità di non superamento del 5% per una distribuzione di tipo gaussiano, che ben rappresenta i parametri di coesione e di resistenza al taglio, un valore di -1,645.

Pertanto, considerando il valore di resistenza al taglio e di coesione medi proposti i valori caratteristici risultano essere i seguenti:

- $\varphi'k = \varphi'm (1 + X \cdot V\varphi') = 35 (1 + (-1,645 \cdot 0,07)) = 30,96^\circ$
- $C'k = C'm (1 + X \cdot Vc') = 10 (1 + (-1,645 \cdot 0,4)) = 3,4 \text{ kPa}$

Dovendo quindi fornire una caratterizzazione univoca per la definizione dei parametri dei terreni presenti in sito, nonostante in questa tipologia di deposito si osservi un'elevata eterogeneità granulometrica, vista la predominanza di terreni ciottoloso-ghiaioso-sabbioso per le verifiche geotecniche e per il predimensionamento delle strutture in progetto verrà utilizzato il seguente modello geotecnico di progetto:

$\varphi'$	$c'$	$n$	$\gamma$	$\gamma_a$	$\gamma_s$	$\gamma_i$
30,5	3,4	30	26.5	20.0	21.5	11.5

Dove:  $\varphi'$ : angolo di resistenza al taglio efficace ( $^\circ$ )

$c'$ : coesione efficace (kPa)

$n$ : porosità (%)

$\gamma$ : massa volumica (kN/m<sup>3</sup>)

$\gamma_a$ : peso di volume del terreno asciutto (kN/m<sup>3</sup>)

$\gamma_s$ : peso di volume del terreno saturo (kN/m<sup>3</sup>)

$\gamma_i$ : peso di volume del terreno immerso (kN/m<sup>3</sup>)

**Trattandosi di terreni sciolti, ghiaie e sabbie, cautelativamente il valore della coesione efficace è da considerarsi uguale a 0,00 kPa.**

## **6.7 Permeabilità dei terreni di copertura**

I depositi fluvioglaciali hanno una permeabilità variabile da media ad alta con valori di K compresi tra  $10^{-4}$  e  $10^{-2}$  cm/sec, mentre quelli eluvio-colluviali hanno una permeabilità generalmente bassa ( $10^{-4}$  –  $10^{-5}$  cm/sec).

## **6.8 - Acque superficiali**

L'area non è interessata dalla presenza di corsi d'acqua perenni o temporanei, il versante è delimitato a est e a ovest da due rii, rispettivamente dei Mulini e Cargiagio (All.n.1). I due corsi d'acqua hanno l'alveo molto inciso e sono ad una distanza significativa dall'area in oggetto, rispettivamente di 300 metri per il Rio dei Mulini e 780 m per il Cargiagio. Tale situazione rende l'area soggetta a rischio connesso alla dinamica torrentizia o fluviale irrilevante.

Sono invece stati rilevati durante eventi meteorici importanti (Dato da PRGC), fenomeni di ruscellamento diffuso e concentrato in aree, in ogni caso, distanti da quella d'intervento, a monte della frazione di Albagnano e lungo un sentiero che si sviluppa trasversalmente al pendio. Considerato il regime pluviometrico nel quale ricade l'area si dovrà realizzare un sistema di drenaggio, raccolta e smaltimento delle acque meteoriche opportunamente calcolato e dimensionato.

## **6.9 - Acque sotterranee**

Nella fase relativa ai sondaggi eseguiti per lo studio di carattere geologico del tracciato stradale precedente a quello in oggetto, è stata rilevata la presenza di abbondante acqua di falda negli scavi effettuati in prossimità del punto d'arrivo, poco distante dalla ex porcilaia; area dove giungerà anche il tracciato stradale oggetto del presente lavoro. Gli scavi SC4 e SC5, del tracciato in oggetto, hanno evidenziato un aumento della presenza di umidità via via che si avanzava in profondità. Tale condizione comporta, nel caso in cui lo scavo interseca la falda (tratto in trincea), la necessità di provvedere al suo drenaggio e, nel caso di costruzione di terrapieno, la possibilità di maggiore assestamento (cedimento) del terreno.

## **7 - CONCLUSIONI**

A conclusione di quanto scritto in precedenza si riportano di seguito una serie di considerazioni:

### **Caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area**

L'area sulla quale di svilupperà il tracciato stradale ed un suo intorno significativo sono rappresentate da un ampio terrazzo di origine glaciale-fluvioglaciale, modellato in superficie da numerosi terrazzi di origine antropica, separati per lo più da muri in pietra a secco ed in misura minore da scarpate naturali. L'inclinazione media dell'ampio terrazzo è di  $15^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , decisamente inferiore a quella del versante in cui è posizionata ( $25^{\circ}$ - $35^{\circ}$ ). Le caratteristiche morfologiche e l'assenza di corsi d'acqua che attraversano l'intero terrazzo glaciale-fluvioglaciale lo rendono stabile e privo di dissesti e di forme di erosione superficiale, pertanto il rischio di instabilità del pendio e di quello relativo alla dinamica torrentizia sono pressoché irrilevanti.

## **Caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dall'opera**

Per quanto concerne le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti ed identificati dalle indagini eseguite, vi è la presenza, a partire dalla quota del piano campagna, di tre orizzonti:

-il primo di spessore compreso tra 1 e 2 metri formato da terreno eluvio colluviale avente scarse-pessime qualità geotecniche, tale terreno dovrà essere completamente asportato dalle superfici che rappresentano la base di appoggio del corpo strada;

-il secondo è un orizzonte di spessore pari a 40 cm, non continuo, caratterizzato da terreno sabbioso ghiaioso con ciottoli, esso presenta una evidente alterazione ed ossidazione, le sue caratteristiche geotecniche sono mediamente buone ma le condizioni di alterazione lo rendono meno resistente del terreno sul quale appoggia.

Il terzo orizzonte, che con tutta probabilità giunge fino al bed rock, è rappresentato da terreno di origine fluvioglaciale formato da ciottoli e blocchi immersi in abbondante matrice sabbioso ghiaiosa, il terreno si presenta di colore grigio e in alcune porzioni evidenzia una quasi totale mancanza di frazione fine limosa. Esso ha caratteristiche geotecniche buone-ottime e rappresenta la giusta base d'appoggio dei terrapieni e della pavimentazione stradale.

Le indagini di carattere sismico eseguite (vedi allegato) hanno indicato la presenza della roccia in posto a profondità comprese tra 5 e 12 metri rispetto alla quota del piano campagna.

### **Presenza di acqua nel sottosuolo**

Gli scavi SC4 ed SC5 hanno evidenziato un aumento di umidità con la profondità ed alla base la presenza di ristagni d'acqua.

Nei tratti in cui il percorso sarà in trincea, qualora gli scavi andranno ad intersecare la falda acquifera, sarà necessario realizzare opere di drenaggio allo scopo di evitare in seguito fenomeni di allagamento del manto stradale.

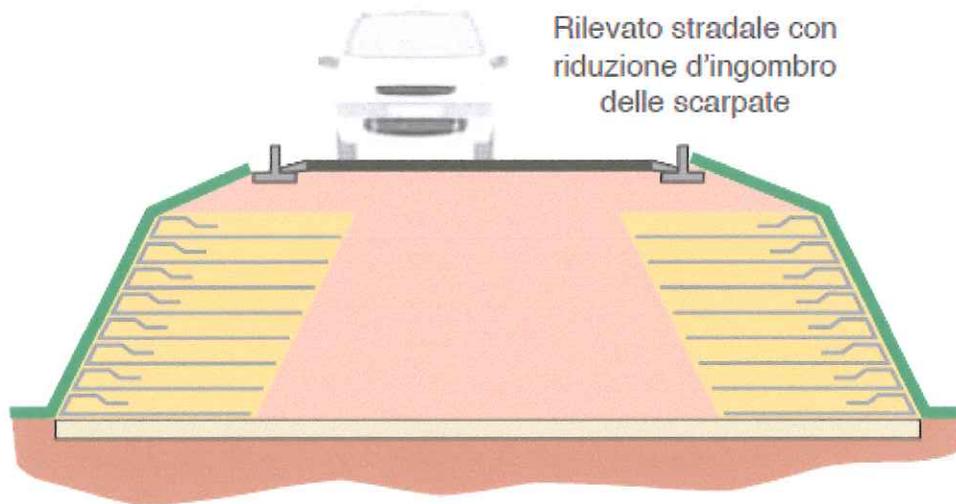
In conclusione, nella fase realizzativa dell'opera si dovrà tenere conto delle caratteristiche geotecniche dei terreni e le fondazioni delle strutture dovranno appoggiare sul terreno fluvioglaciale, presente a partire dalla profondità variabile da 1,40 metri a 2 metri. Bisognerà inoltre tenere conto della presenza, in alcuni punti o aree, di acqua nel sottosuolo, evidenziata dalle indagini di terreno, soprattutto nel tratto terminale della strada.

Considerati questi fattori l'opera sarà stabile e l'incidenza sulle caratteristiche idrogeologiche dell'area saranno minimizzate.

Col procedere nella realizzazione delle opere si dovrà verificare la corrispondenza dei terreni e delle loro caratteristiche geotecniche rispetto a quanto riportato nella presente relazione, ogni situazione differente andrà valutata e la qualità dei terreni ridefinita.

## 8 - PROPOSTE D'INTERVENTO

### 8.1 Caratteristiche geotecniche dei terreni utilizzati per la realizzazione dei rilevati stradali eseguiti con le terre rinforzate



#### Il terreno

Per la costruzione delle terre rinforzate è necessario utilizzare in prevalenza terreni granulari, ben selezionati che garantiscano un'adeguata compattazione, una buona permeabilità e buoni valori di attrito. Il suolo agrario deve essere utilizzato solamente nella zona frontale per garantire l'attecchimento, la crescita e la conservazione della vegetazione.

Anche la base di appoggio della struttura deve essere formata da terreno granulare avente qualità geotecniche buone, pertanto si dovrà asportare la copertura di terreno eluvio colluviale fino a giungere ai terreni di origine fluvioglaciale (All.ti n. 12-13-14-15-16).

#### Sistema drenante

La progettazione di una terra rinforzata richiede una corretta valutazione sull'eventuale utilizzo di un sistema drenante a tergo. Tralasciando gli aspetti fondazionali, l'utilizzo di terreni altamente drenanti o la previsione di assenza di acqua nel corpo rinforzato (ad esempio nel caso dei rilevati a doppia faccia), non richiede generalmente la realizzazione di un sistema drenante. Quando non si trova nelle condizioni descritte, è buona norma prevedere a tergo dell'opera un sistema drenante realizzabile mediante la posa del geocomposito drenante associato al tubo microfessurato. I modelli vengono scelti in base alle caratteristiche geomeccaniche e di permeabilità dei terreni ed alle geometrie dell'opera.

#### Le Fasi Realizzative

La realizzazione di una terra rinforzata può essere semplificata nelle seguenti fasi: regolarizzazione del terreno in sito e preparazione del piano di posa; posa del

sistema drenante; realizzazione della terra rinforzata; realizzazione delle opere a verde. La realizzazione di un idoneo piano di posa, stabile e sub-orizzontale, costituisce la base per una corretta costruzione del rilevato. Per la fase di regolarizzazione del terreno, eseguibile mediante le usuali macchine movimento terra, sarà opportuno valutare l'idoneità del terreno di fondazione prevedendo eventuali opere di drenaggio o di bonifica (ad esempio realizzando uno strato in ghiaia avvolto con idoneo geotessile). Si dovrà inoltre verificare che la scarpata provvisoria a tergo si mantenga stabile per il tempo di realizzazione della terra rinforzata (tempo di autosostentamento). Qualora le caratteristiche meccaniche del terreno non dessero sufficienti garanzie si potrà procedere mediante scavo a conci, eseguendo una nuova riprofilatura o con interventi di stabilizzazione provvisoria.

## **8.2 Fondazioni**

Tutte le fondazioni dovranno essere appoggiate sul terreno grossolano (Fluvioglaciale) avente buone caratteristiche geotecniche, come già evidenziato i terreni fini che formano la copertura, limoso argillosi, dovranno essere completamente asportati. Giunti alla base dello scavo, prima di procedere alla posa del rilevato o delle fondazioni delle opere previste da progetto sarà necessario verificare che le caratteristiche geotecniche corrispondano a quelle indicate nella presente relazione.

## **8.3 Stabilità dei fronti di scavo**

Gli sbancamenti per la realizzazione delle opere dovranno essere eseguiti con creazione di pendenze di scavo adeguate, e per brevi periodi, sempre nel rispetto delle norme di sicurezza. I fronti di scavo dovranno essere ricoperti da teli impermeabili, in modo da evitare il dilavamento delle pareti ad opera delle acque ruscellanti, in caso di abbondanti precipitazioni (All.ti n. 12-13-14-15-16). Se lo sbancamento interseca la falda, questa dovrà essere drenata. Se l'altezza del fronte di scavo sarà maggiore di 1,5 metri si renderà necessario costruire un'armatura di sostegno; in alternativa si dovranno avere angoli di scarpa risultanti da rapporti non inferiori a:  $b/h=1,5/1$ .

## **8.4 Muri di sostegno**

Tutti i muri di sostegno dovranno avere a tergo un filtro drenante (All.n. 17) ed alla base un tubo forato che raccolga le acque da convogliare nel sistema di drenaggio dell'opera. I muri dovranno essere attraversati da tubi del diametro non inferiore a 12 cm (All.n.17).

## **8.5 Drenaggio delle acque**

Un dato importante riguarda le acque, l'elevato regime pluviometrico della zona (circa 1600 mm/anno), impone opere di drenaggio e di allontanamento adeguatamente dimensionate.

### **8.5.1 Drenaggio delle acque superficiali**

Allo scopo di evitare fenomeni di dilavamento superficiale, con conseguente ristagno d'acqua o erosione diffusa e concentrata, si dovranno realizzare opere, opportunamente dimensionate, d'intercettazione, drenaggio e smaltimento delle acque superficiali. Le acque raccolte dovranno essere accompagnate al recettore più vicino (Rio dei Mulini).

### **8.5.2 Drenaggio delle acque sotterranee**

Per i tratti in trincea, se gli scavi intersecheranno la falda, vi sarà la necessità di drenarla. La presenza di acqua di falda comporta la necessità di eseguire un'opera di drenaggio necessaria ad evitare il cedimento del rilevato oltre i limiti previsti dalle norme, inoltre è importante per evitare l'allagamento del tratto di strada previsto in trincea, situazioni che si verificano soprattutto durante gli eventi meteorici d'intensità rilevante e/o prolungati nel tempo.

### **8.6 Manutenzione delle opere**

Le opere realizzate dovranno essere oggetto di manutenzione allo scopo di renderle efficienti e quindi utili a garantire la stabilità dell'area ed il regolare deflusso delle acque, soprattutto nei casi di evento meteorico eccezionale, tutto quanto per la sicurezza dei fruitori e per il mantenimento delle caratteristiche di stabilità idrogeologica dell'area.

### **8.7 Terre e rocce da scavo**

#### **E7. TERRENI E ROCCE DA SCAVO:**

Per lo smaltimento o l'utilizzo dei materiali di risulta degli eventuali scavi valgono i disposti di cui al D.M. n.161 del 08-10-2012: "*Disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo – Criteri qualitativi da soddisfare per essere considerati sottoprodotti e non rifiuti*" e seguenti (decreto legge 21 giugno 2013, n° 69 e, decreto legge n° 43/2013, con modifiche, nella legge n° 71/2013.....).

Cannobio 22.09.2016

Geol. Millemaci Paolo



Paolo Millemaci Geologo Via Santa Marta n.1 - 28822 Cannobio (VB)

18

Tel. 032370190 Cell. 3286033871

C.F. MLL PLA 62A01B 615W P.I. 02421320033

## 9 - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto n.1 Panoramica dall'alto del tracciato della strada, esso si sviluppa lungo i terrazzi stabili e circa orizzontali del deposito fluvioglaciale sul quale è posizionata la frazione di Albagnano e la proprietà della Fondazione Lama Ganchen



Foto n.2 Dal parcheggio esistente, attraverso la realizzazione di un terrapieno, la strada scenderà di quota e procederà longitudinalmente rispetto ad un terrazzo di origine fluvio-glaciale



Foto n.3 Il terrazzo di origine fluvio-glaciale orizzontale lungo il quale si svilupperà parte della strada, prospettiva in direzione est. . Il terreno avente caratteristiche geotecniche buone è presente alla profondità compresa tra 1,00 metri e 1,40 metri



Foto n.4 Prospettiva dall'alto in direzione est, il rettilineo si sviluppa lungo il terrazzo fluvio-glaciale



Foto n.5 I muri di sostegno in pietra a secco che delimitano i terrazzi a monte e a valle del tracciato della strada presentano alcuni tratti crollati



Foto 6 Panoramica in direzione ovest eseguita dallo scavo SC3. La linea rossa rappresenta circa lo sviluppo dell'asse della strada. Il terreno avente caratteristiche geotecniche buone è presente alla profondità compresa tra 1,00 metri e 1,40 metri



Foto n.7 Panoramica del rettilineo che si sviluppa longitudinalmente al terrazzo fluvio-glaciale. Il terrazzo è sostenuto a monte e a valle da muri in pietra a secco. Il terreno avente caratteristiche geotecniche buone è presente alla profondità compresa tra 1,00 metri e 1,40 metri

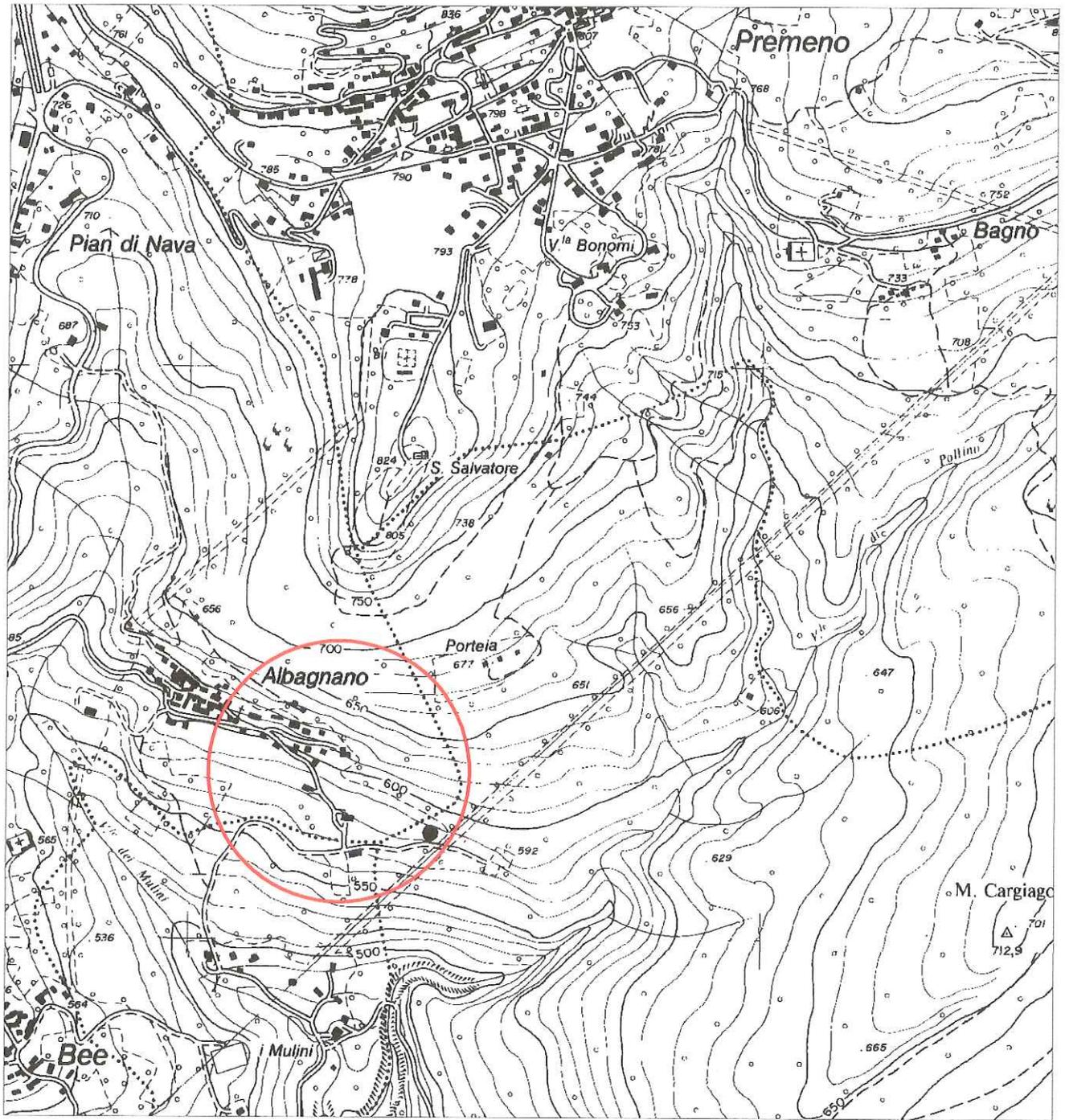


Foto n. 8 In fondo al rettilineo una curva molto ampia attraverserà 2 terrazzi  
Il terreno avente caratteristiche geotecniche buone è presente alla profondità compresa tra 1,30 metri e 1,60 metri



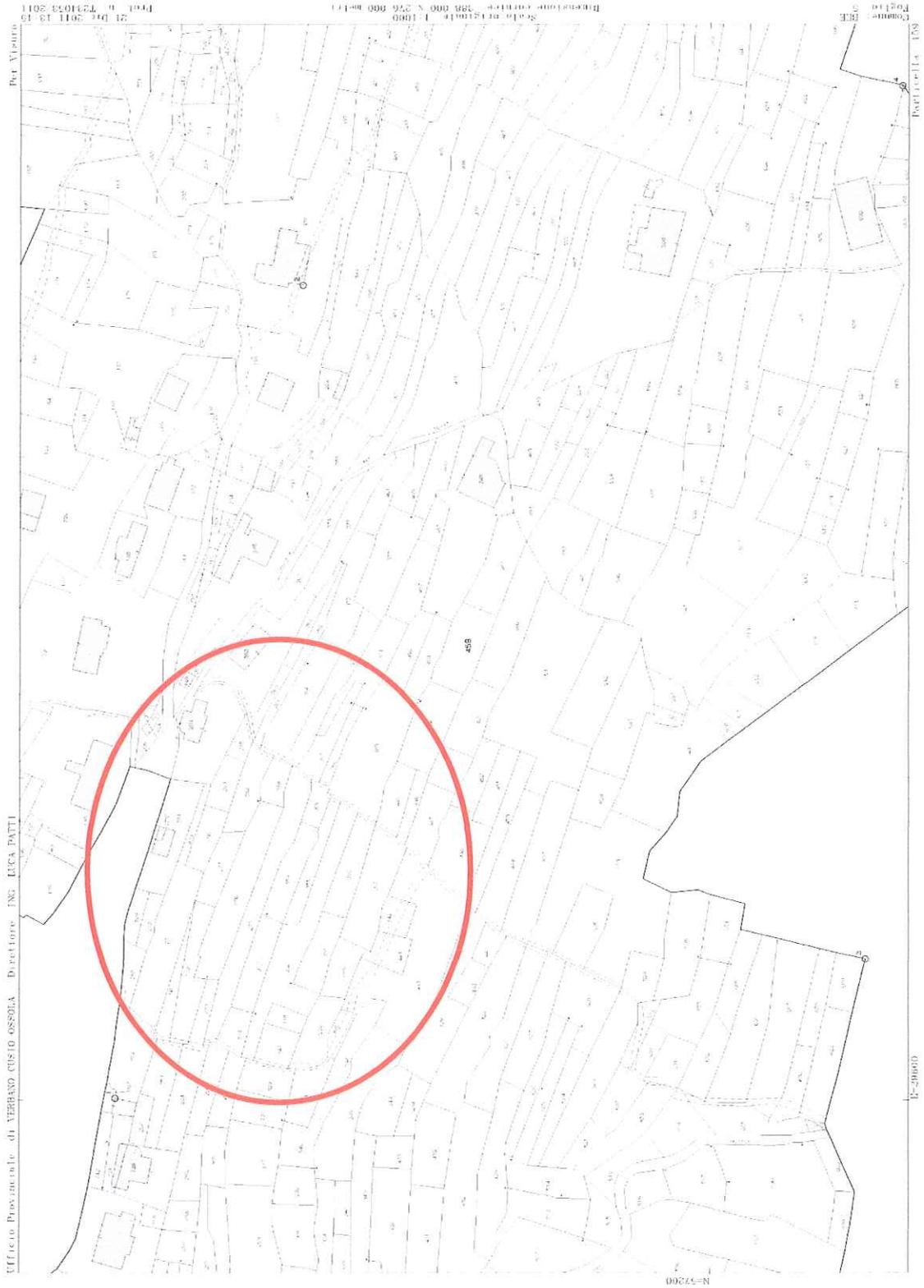
Foto n.9 La strada giungerà alla base del terrazzo inferiore, anch'esso circa orizzontale e stabile. Il terreno avente caratteristiche geotecniche buone è presente alla profondità compresa tra 2,00 metri e 2,40 metri

## 10 - ALLEGATI

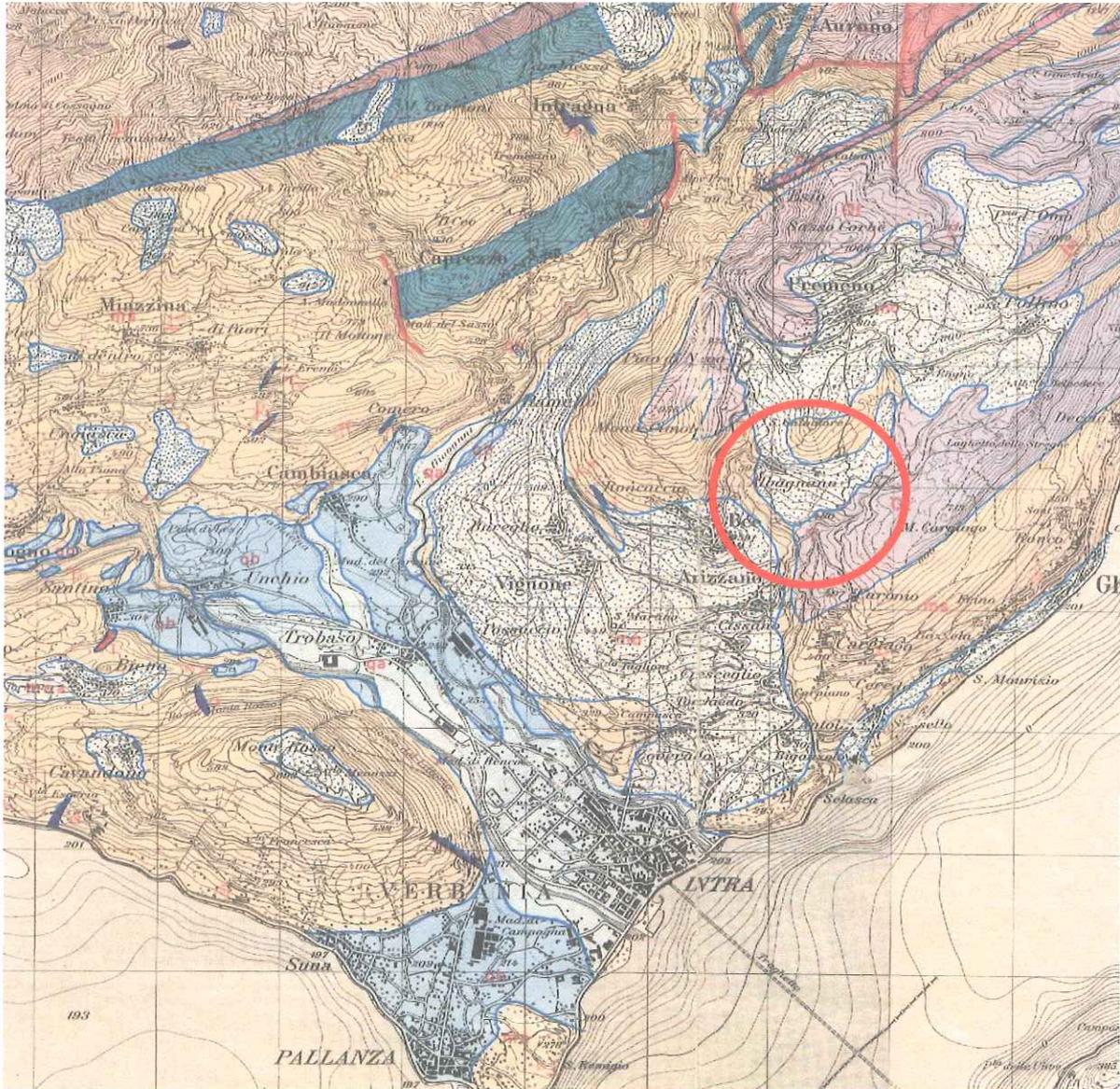


Area in oggetto

Allegato n.1  
Estratto Carta Tecnica Regionale  
Sezione 073040  
Scala 1:10.000



Allegato n.2  
Comune di Bee  
Estratto mappa catastale F. n.5



Area in oggetto

Allegato n.3  
Estratto da "Carta geologica della zona di Verbania"  
A.Borianti et.. All., 1977  
Scala 1:50.000

# LEGENDA

## QUATERNARIO

- q**  Alluvioni recenti (a) e terrazze (b), conoidi.
- d**  Detrito di falda.
- mo**  Depositi morenici e torbiera (a).

## «IVREA-VERBANO»

- pK**  *Micasisti e paragneiss* biotitici a sillimanite e muscovite ± granato, con intercalazioni pegmatitiche, marmi e anfiboliti, del margine interno della zona «Ivrea-Verbano».

## «SERIE DEI LAGHI»

### «STRONA-CENERI»

- Gm**  *Gneiss minuti* a quarzo, plagioclasio, biotite, muscovite ± granato ± sillimanite o cianite. Microstruttura tipo «hornfels» (*Hornfelsigneise* degli AA. Svizzeri), divisibili in lastre sottili, di colore grigio o verdastro nelle porzioni con biotite clorizzata. Noduli a silicati di Al in prossimità di filoni pegmatitici (N di Cannobbio) (a).

- Cg**  «Cenerigneiss»: gneiss a quarzo, plagioclasio, biotite, muscovite ± K-feldspato ± granato ± cianite e/o sillimanite (M. Zeda) con plagioclasio, biotite e muscovite in due distinte generazioni (pre- e post-cinematica). Tessitura da massiccia a fortemente scissosa e lineata. Inclusi a silicati di Ca con spessi bordi di reazione.

- Gb**  *Gneiss biotitico-plagioclastici* con muscovite subordinata, talora con K-feldspato e/o orneblenda, di composizione piuttosto variabile. Tessitura gneissica a grana prevalentemente media.

- Go**  *Gneiss occhiadini* a quarzo, K-feldspato, plagioclasio, biotite, muscovite subordinata, talora con aspetto granitico o di migmatite gneissica, sempre con struttura occhiadina o glomerata occhiadina.

- Gof**  *Gneiss «laser»* di composizione mineralogica identica ai precedenti, ma con tessitura caratterizzata da forte appiattimento degli occhi feldspatici e dei letti quarzosi.

## METAESITI

- a**  *Amfiboliti* a orneblenda e plagioclasio passanti al margine meridionale, nell'orizzonte principale, a gneiss a orneblenda e biotite con grossi occhi di K-feldspato («anfiboliti feldspatizzate»). «Amfiboliti a chiazze» nella Unità del M. Riga (W di Spocchia, Val Cannobbina).

## «SCISTI» DEI LAGHI»

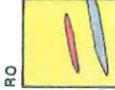
- ms**  *Micasisti e paragneiss* a due miche, talora con granato, cianite, staurolite. Rare intercalazioni di scisti anfiboliti. Diffusa retrocessione metamorfica nella dorsale M. Falò-Pallanza.

- Ot**  *Orogneiss* a orneblenda con plagioclasio, quarzo, biotite e K-feldspato subordinato. (Prenno e Cima di Morissolo).

- Og**  *Gneiss granitoidi* a quarzo, K-feldspato, plagioclasio e biotite in grandi lamine. Tessitura gneissica, «flaser» e più raramente occhiadina. (M. Piancompra e costa del Lago a E di Cannobbio).

## «UNITÀ» DEL M. RIGA»

- RP**  *Paragneiss* a quarzo, plagioclasio, biotite, muscovite e cianite, talvolta albicci. Si tratta di rocce polimetamorfiche fortemente deformate in cui sono riconoscibili: «Cenerigneiss» e gneiss minuti. (Parte Meridionale).

- RO**  *Paragneiss* e micasisti a quarzo, plagioclasio, biotite con staurolite, cianite e andalusite e/o sillimanite nella parte settentrionale. Intercalazioni di gneiss granitoidi, talora occhiadini (a) e onogneiss a orneblenda (b). (Parte Centrale).

- RM**  *Micasisti e paragneiss* a quarzo, plagioclasio, biotite, con staurolite, cianite e/o sillimanite. Pivoli di intercalazioni gneissiche ma con piccole lenti di «anfiboliti a chiazze». (Parte Settentrionale).

## ROCCHE FILONIANE

- δ**  *Filoni gabbridi/ortici* («APPINITI») a struttura pseudobrecchiata, con porzioni scissose, grana da minuta ad assai grossolana, costituiti da plagioclasio, orneblenda e biotite con vene di composizione da quarzodioritica ad aplitica.

- α**  *Filoni lamprofilici* di tipo prevalentemente spessartico a plagioclasio, orneblenda o più raramente pirosseno monoclino. Grana assai minuta, raramente porfirici.

- β**  *Filoni di porfido granitico* a struttura micropegmatitica della strada per Miazina.

- T**  *Pegmatiti scissose* negli gneiss minuti a N di Cannobbio.

## GRANITO DI MONTORFANO

## MIGMATITI DI MERGOZZO-CANDOGLIA

## SIMBOLI CONVENZIONALI

### Faglie e loro prosecuzione presunta.

### Sovrascorrimenti.

### orizz. incl. vert.

### Giacitura dei piani di scissosità.

### Nicchie di distacco di frane.

### Traccia dei profili (nel testo).

δ



α



β



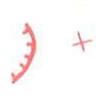
T



J'



Mm





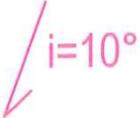
# Albagnano

## LEGENDA

 Deposito morenico:  
ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi

 Orlo di terrazzo antropico.  
Muro di sostegno

 Orlo di terrazzo naturale.  
Scarpata

  $i=10^\circ$   
Inclinazione del pendio

 Tratto di muro di sostegno crollato

 Tratto di muro di sostegno in  
condizioni statiche precarie

 SC3 Scavi per le stratigrafie

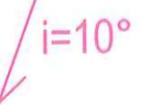
 S7 Indagine sismica

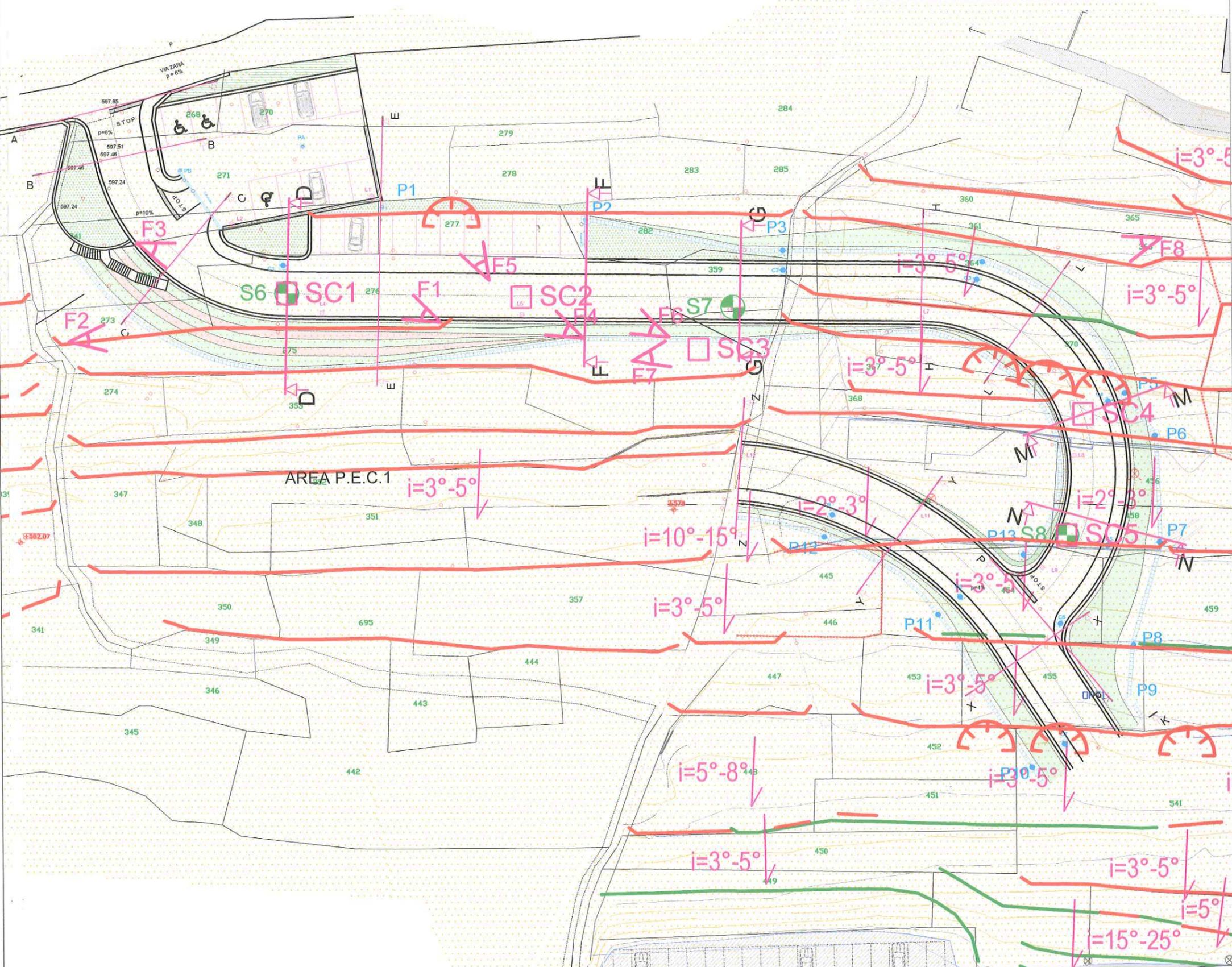
 Sezione geologica

 F5 Punto fotografico



# LEGENDA

-  Deposito morenico:  
ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi
-  Orlo di terrazzo antropico.  
Muro di sostegno
-  Orlo di terrazzo naturale.  
Scarpata
-   $i=10^\circ$   
Inclinazione del pendio
-  Tratto di muro di sostegno crollato
-  Tratto di muro di sostegno in  
condizioni statiche precarie
-  SC3 Scavi per le stratigrafie
-  S7 Indagine sismica
-  D Sezione geologica
-  F5 Punto fotografico



## Scavo 1



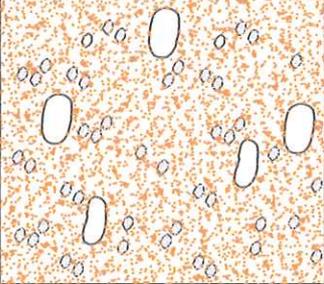
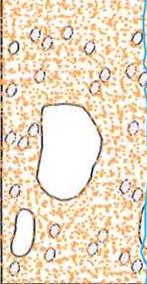
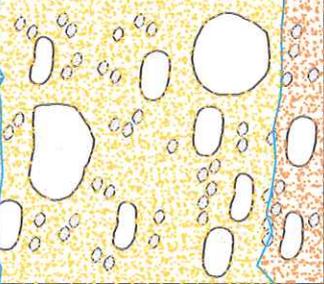
Foto n.1



Foto n.2

Comune di Bee  
Fondazione Lama Gangchen

## POZZETTO STRATIGRAFICO

Scavo SC1		Quota topografica 594,50m slm	profondità - 2,20 m
metri +/- 0,00	falda assente		descrizione delle litologie
- 0,90/-1,00	asciutto		Terreno formato da limo e limo argilloso con ciottoli e sabbia fine (Suolo) in parte rimeneggiato. Gruppo A4-A5 delle Norme CNR-UNI 10006 Caratteristiche geotecniche scadenti Permeabilità:bassa
- 1,30/-1,40	asciutto		Terreno formato da ciottoli e blocchi immersi in matrice sabbiosa ghiaiosa limosa. Il contenuto di limo diminuisce con la profondità ed aumenta la componente sabbiosa ghiaiosa. Alcuni blocchi raggiungono dimensioni pluridecimetriche. I singoli componenti litici hanno forme perlopiù discoidali e sferoidali, alcuni con gli spigoli ben arrotondati a testimonianza dell'avvenuto trasporto in acqua, per una parte del terreno. Si tratta di terreno fluvioglaciale da mediamente consistente a consistente con l'aumento della profondità, oltre 1,5 metri si procede con difficoltà di scavo. Al passaggio suolo terreno la presenza di un orizzonte alterato ed in parte ossidato di colore rosso, segue un orizzonte pluridecimetrico giallognolo poco alterato e a partire da -1.80-2,00 m, lo stesso terreno assume un colore grigio (Non alterato).
- 2,20	asciutto		Asciutto fino alla base dello scavo. Norme CNR-UNI 10006 Gruppo A1-A1-b Caratteristiche geotecniche buone Permeabilità: medio bassa a media

Allegato n.7  
Stratigrafia scavo 1  
Scala 1:20

## Scavo 2



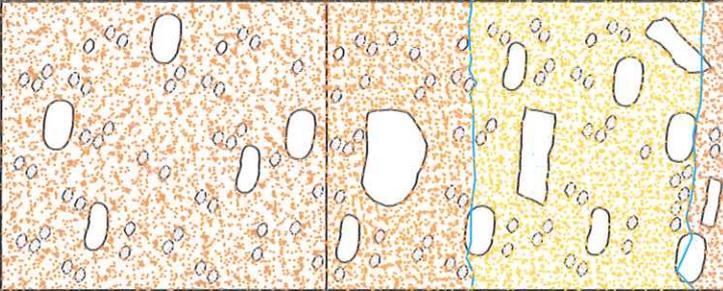
Foto n.1



Foto n.2

Comune di Bee  
Fondazione Lama Gangchen

## POZZETTO STRATIGRAFICO

Scavo SC2		Quota topografica 590,00 m slm	profondità - 2,00 m
metri +/- 0,00	falda assente		descrizione delle litologie
			<p>Terreno formato da limo e limo argilloso con ciottoli e sabbia fine (Suolo) in parte rimeneggiato. Gruppo A4-A5 delle Norme CNR-UNI 10006 Caratteristiche geotecniche scadenti Permeabilità: bassa</p>
-1,00	asciutto		<p>Terreno formato da ciottoli e blocchi immersi in matrice sabbiosa ghiaiosa limosa. Il contenuto di limo diminuisce con la profondità. Alcuni blocchi raggiungono dimensioni pluridecimetriche. I singoli componenti litici hanno forme perlopiù discoidali e sferoidali, alcuni con gli spigoli ben arrotondati a testimonianza dell'avvenuto trasporto in acqua, per una parte del terreno. Si tratta di terreno fluvioglaciale da mediamente consistente a consistente con l'aumento della profondità, oltre 1,5 metri si procede con difficoltà di scavo. Al passaggio suolo terreno la presenza di un orizzonte alterato ed in parte ossidato di colore rosso, segue un orizzonte pluridecimetrico giallognolo poco alterato e a partire da -1.80-2,00 m, lo stesso terreno assume un colore grigio (Non alterato).</p>
-1,40	asciutto		
-2,00	asciutto		<p>Asciutto fino alla base dello scavo. Norme CNR-UNI 10006 Gruppo A1-A1-b Caratteristiche geotecniche buone Permeabilità: medio bassa a media</p>

Allegato n.8  
Stratigrafia scavo 2  
Scala 1:20

### Scavo 3



Foto n.1

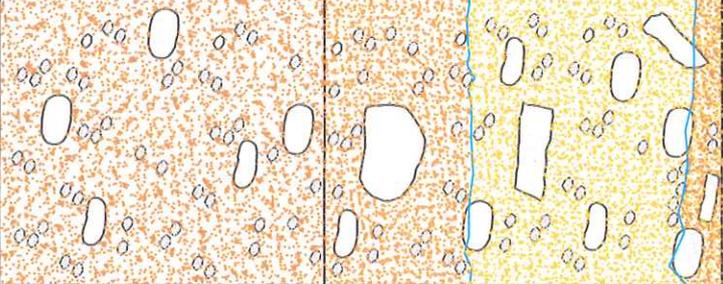
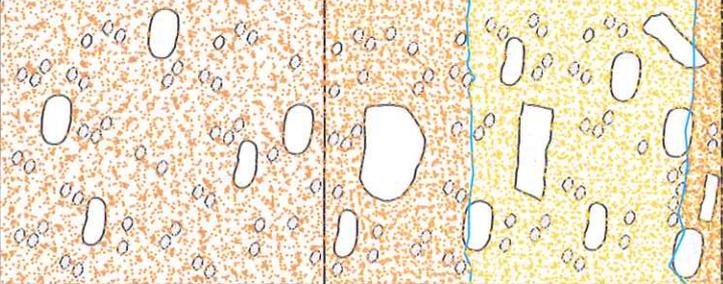
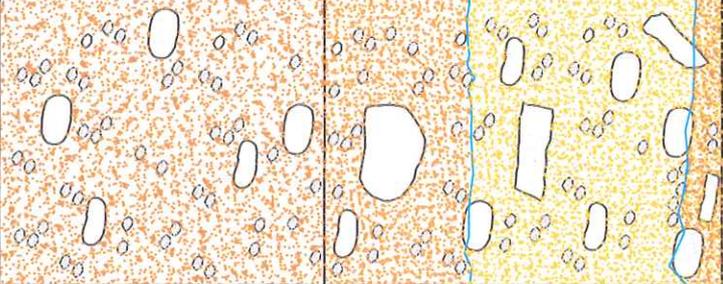


Foto n.2

Comune di Bee

Fondazione Lama Gangchen

## POZZETTO STRATIGRAFICO

Scavo SC3		Quota topografica 584,40m slm	profondità - 2,00 m
metri +/- 0,00	falda assente		descrizione delle litologie
-1,00	asciutto		Terreno formato da limo e limo argilloso con ciottoli e sabbia fine (Suolo) in parte rimeneggiato. Gruppo A4-A5 delle Norme CNR-UNI 10006 Caratteristiche geotecniche scadenti Permeabilità:bassa
-1,40	asciutto		Terreno formato da ciottoli e blocchi immersi in matrice sabbiosa ghiaiosa limosa. Il contenuto di limo diminuisce con la profondità e aumenta la percentuale della componente ghiaiosa. Alcuni blocchi raggiungono dimensioni pluridecimetriche. I singoli componenti litici hanno forme perlopiù discoidali e sferoidali, alcuni con gli spigoli ben arrotondati a testimonianza dell'avvenuto trasporto in acqua, per una parte del terreno. Si tratta di terreno fluvioglaciale da mediamente consistente a consistente con l'aumento della profondità, oltre 1,5 metri, si scava con difficoltà. Al passaggio suolo terreno la presenza di un orizzonte alterato ed in parte ossidato di colore rosso, segue un orizzonte pluridecimetrico giallognolo poco alterato e a partire da -1.80-2,00 m, lo stesso terreno assume un colore grigio (Non alterato).
- 2,00	asciutto		Asciutto fino alla base dello scavo. Norme CNR-UNI 10006 Gruppo A1-A1-b Caratteristiche geotecniche buone Permeabilità: medio bassa a media

Allegato n.9  
Stratigrafia scavo 3  
Scala 1:20

**Scavo 4**

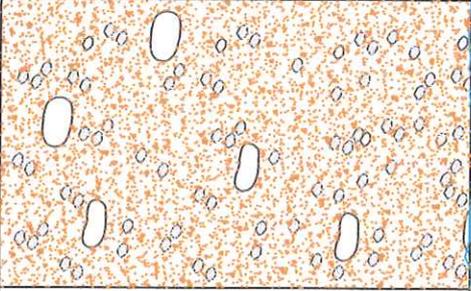
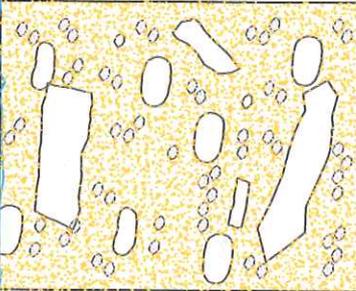


Foto n.1

Comune di Bee

Fondazione Lama Gangchen

## POZZETTO STRATIGRAFICO

Scavo SC4		Quota topografica 582,43m slm	profondità - 2,30 m
metri +/- 0,00	falda assente		descrizione delle litologie
-1,30/-1,60	Umido		Terreno formato da limo e limo argilloso con ciottoli e sabbia fine (Suolo) in parte rimeneggiato. Gruppo A4-A5 delle Norme CNR-UNI 10006 Caratteristiche geotecniche scadenti Permeabilità:bassa
- 2,30	Umido		Terreno formato da ciottoli e blocchi immersi in matrice sabbioso ghiaiosa limosa. Il contenuto di limo diminuisce con la profondità. Alcuni blocchi, generalmente di forma irregolare (Spigolosi) raggiungono dimensioni quasi metrica. I singoli componenti litici hanno forme perlopiù discoidali e sferoidali, alcuni con gli spigoli ben arrotondati a testimonianza dell'avvenuto trasporto in acqua per una parte del terreno. Si tratta di terreno fluvio-glaciale da mediamente consistente a consistente con l'aumento della profondità, oltre i -2 metri, con difficoltà di scavo. Con la profondità aumenta la presenza di acqua sottoforma di umidità. Norme CNR-UNI 10006 Gruppo A1-A1-b Caratteristiche geotecniche buone Permeabilità: medio bassa a media

Allegato n.10  
Stratigrafia scavo 4  
Scala 1:20

**Scavo 5**



Foto n.1



Foto n.2

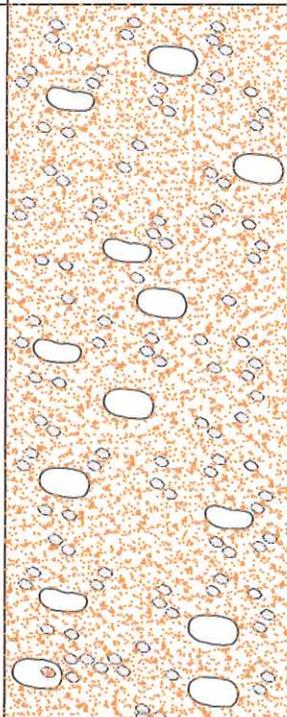
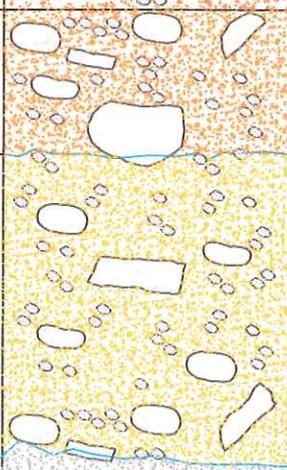


Foto n.3

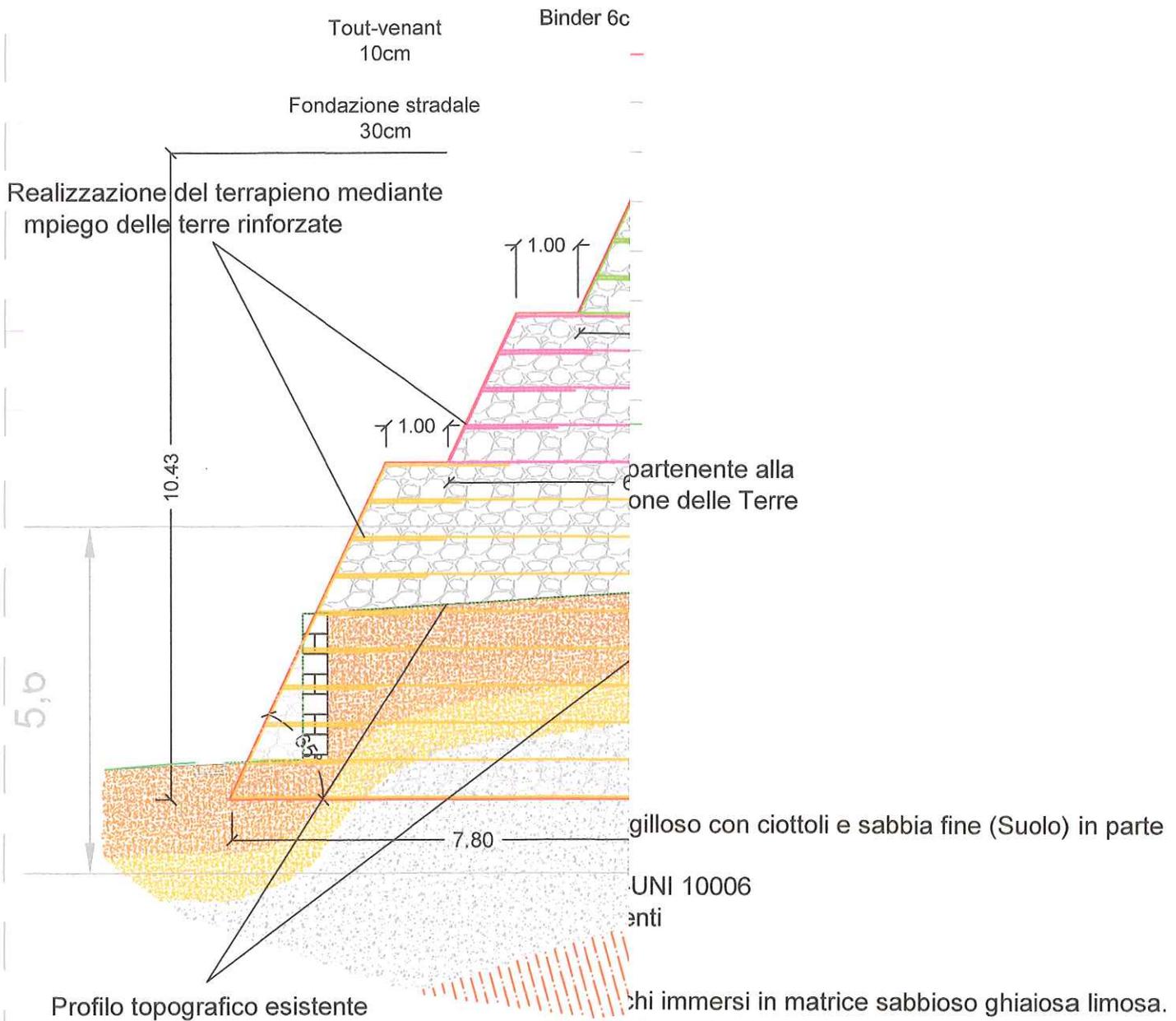
Comune di Bee

Fondazione Lama Gangchen

# POZZETTO STRATIGRAFICO

Scavo SC5		Quota topografica 581,07m slm	profondità - 3,30 m
metri +/- 0,00	falda assente	descrizione delle litologie	
- 2,00	umido		<p>Terreno formato da limo e limo argilloso con ciottoli e sabbia fine (Suolo) in parte rimeneggiato.</p> <p>Gruppo A4-A5 delle Norme CNR-UNI 10006</p> <p>Caratteristiche geotecniche scadenti</p> <p>Permeabilità:bassa</p>
-2,40	umido		<p>Terreno formato da ciottoli e blocchi immersi in matrice sabbioso ghiaiosa limosa. Il contenuto di limo diminuisce con la profondità. Alcuni blocchi raggiungono dimensioni pluridecimetriche. I singoli componenti litici hanno forme perlopiù discoidali e sferoidali, alcuni con gli spigoli ben arrotondati a testimonianza dell'avvenuto trasporto in acqua per una parte del terreno. Si tratta di terreno fluvio-glaciale da mediamente consistente a consistente con l'aumento della profondità, oltre i -2,4 metri, con difficoltà di scavo. Al passaggio suolo terreno la presenza di un orizzonte alterato ed in parte pedogenizzato di colore rosso, segue un orizzonte pluridecimetrico giallognolo poco alterato e a partire da -2,30 m, lo stesso terreno assume un colore grigio (Non alterato).</p> <p>Norme CNR-UNI 10006 Gruppo A1-A1-b</p> <p>Caratteristiche geotecniche buone</p> <p>Permeabilità: medio bassa a media</p>
-3,30	umido		

Allegato n.11  
Stratigrafia scavo 5  
Scala 1:20



PARAMETRI GE  
 Ricavati dalle str

Peso di volume	
Porosità	
Coesione (k)	1-A1-b
Angolo di attrito	α

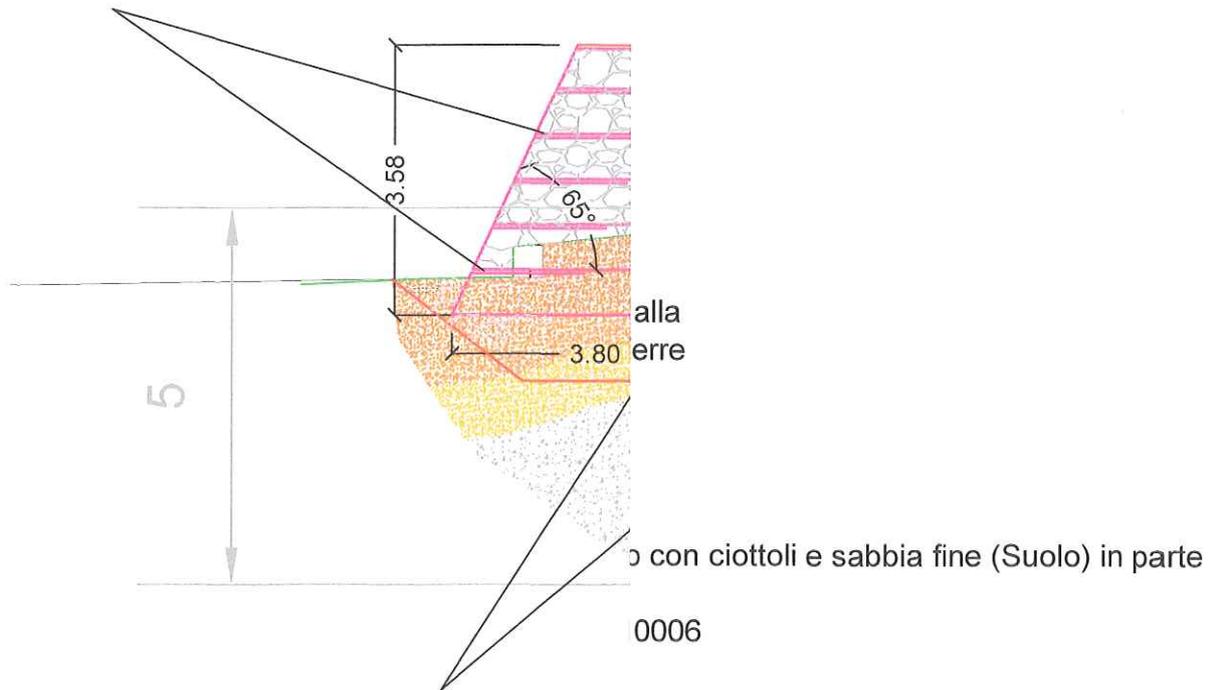
chi immersi in matrice sabbioso ghiaiosa limosa.  
 a la profondità. Alcuni blocchi raggiungono  
 goli componenti litici hanno forme perlopiù  
 gli spigoli ben arrotondati a testimonianza  
 er una parte del terreno. Si tratta di terreno  
 sistente a consistente con l'aumento della  
 de con difficoltà di scavo.  
 senza di un orizzonte alterato ed in parte  
 ue un orizzonte pluridecimetrico giallognolo (2b)  
 -1.80-2,00 m, lo stesso terreno assume un  
 percentuale di limo diminuisce con la profondità.

giato n.12  
 one geologica corrispondente alla D-D di progetto  
 a 1:100

↓ 1.00

Binder  
6cm

Realizzazione del terrapieno mediante  
l'impiego delle terre rinforzate



Profilo topografico esistente

mersi in matrice sabbioso ghiaiosa limosa.  
 profondità. Alcuni blocchi raggiungono  
 componenti litici hanno forme perlopiù  
 poli ben arrotondati a testimonianza  
 a parte del terreno. Si tratta di terreno  
 te a consistente con l'aumento della  
 n difficoltà di scavo.  
 di un orizzonte alterato ed in parte  
 orizzonte pluridecimetrico giallognolo (2b)  
 )-2,00 m, lo stesso terreno assume un  
 ntuale di limo diminuisce con la profondità.

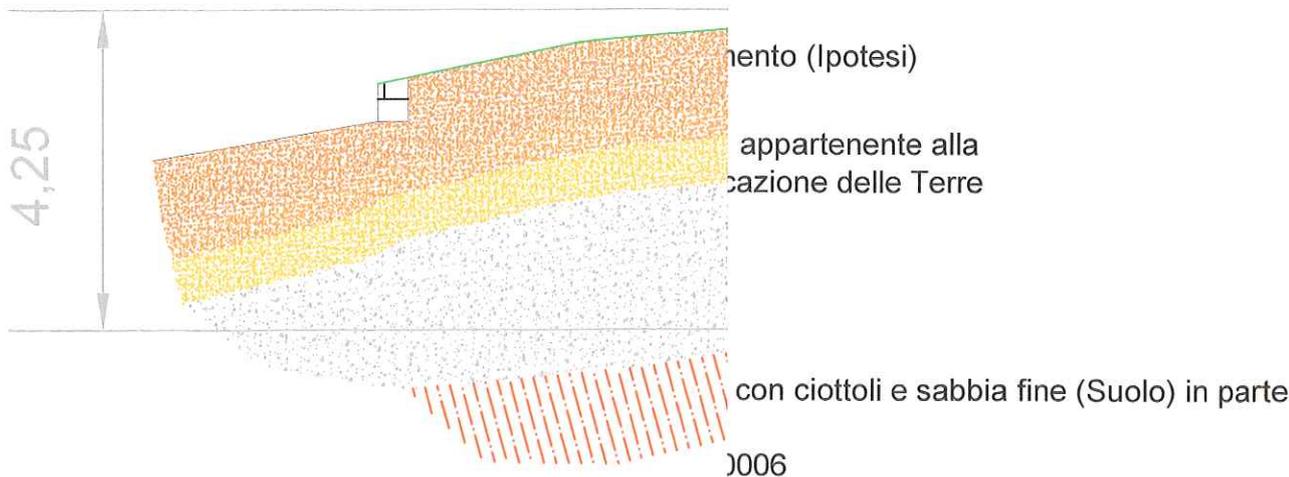
	terreni e m
	Sabbie e sa ciot
Peso di volume secco (t/m <sup>3</sup> )	1,1
Porosità (%)	2,0
Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	0,2
Angolo di attrito Interno	25

·b

gato n.13  
 one geologica corrispondente alla F-F di progetto  
 la 1:100

Realizzazione del terrapieno mediante l'impiego delle terre rinforzate

telo impermeabile  
mento scarpata

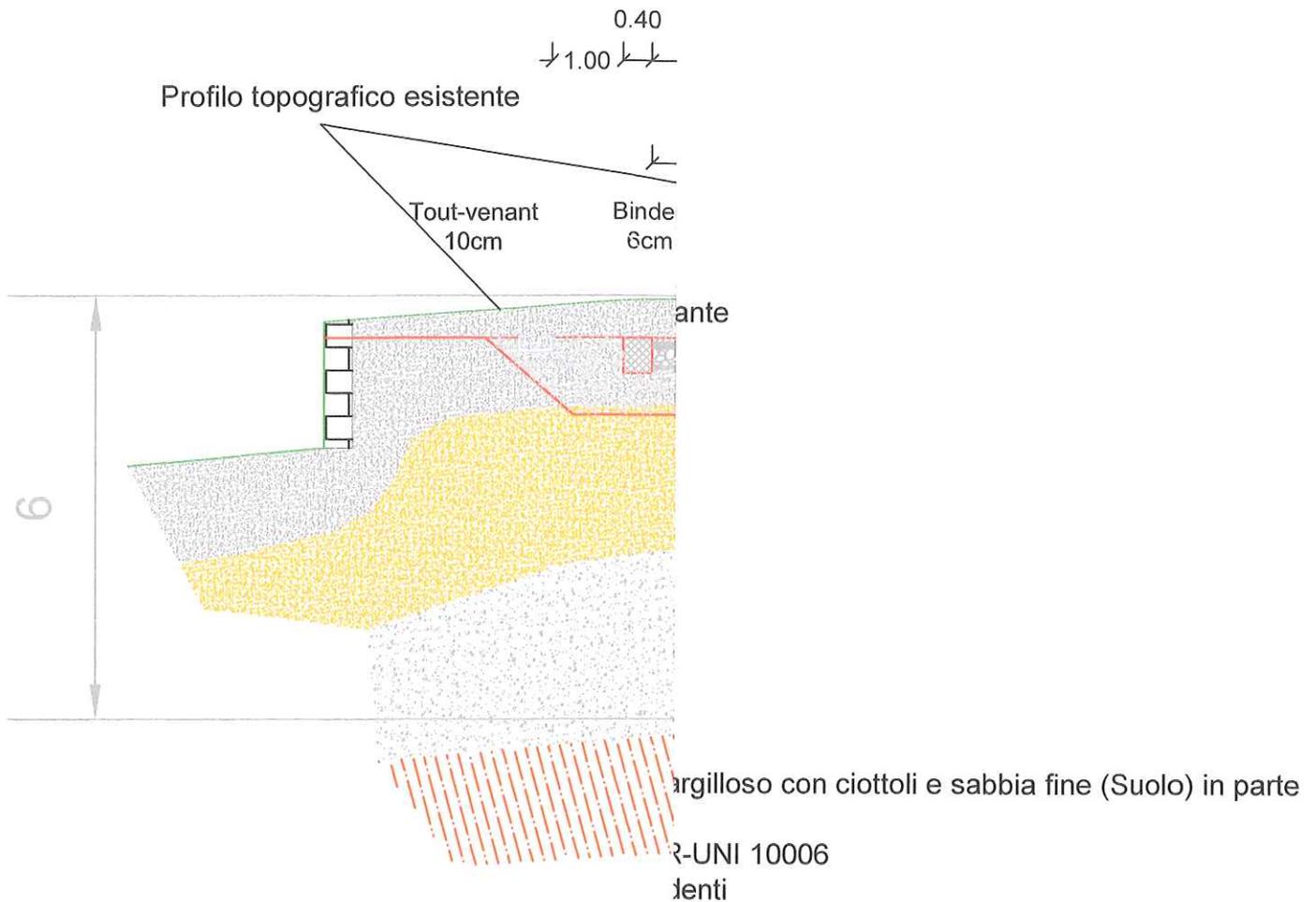


PARAMETRI GEOTECNICI  
Ricavati dalle stratigrafie

arsi in matrice sabbioso ghiaiosa limosa.  
fondità. Alcuni blocchi raggiungono  
omponenti litici hanno forme perlopiù  
oli ben arrotondati a testimonianza  
parte del terreno. Si tratta di terreno  
e a consistente con l'aumento della  
difficoltà di scavo.

di un orizzonte alterato ed in parte  
orizzonte pluridecimetrico giallognolo (2b)  
S-2,00 m, lo stesso terreno assume un  
attuale di limo diminuisce con la profondità.

Peso di volume secco (t/m <sup>3</sup> )	
Porosità (%)	
Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	
Angolo di attrito Interno	



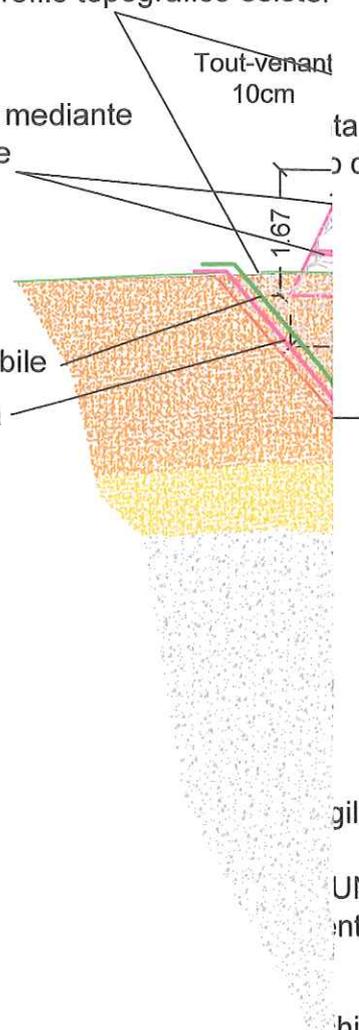
**PARAMETRI GEOTECNICI**  
 Ricavati dalle stratigrafie e dalle

occhi immersi in matrice sabbioso ghiaiosa limosa. In  
 on la profondità. Alcuni blocchi raggiungono  
 ingoli componenti litici hanno forme perlopiù  
 gli spigoli ben arrotondati a testimonianza  
 per una parte del terreno. Si tratta di terreno  
 nsistente a consistente con l'aumento della  
 ede con difficoltà di scavo.  
 senza di un orizzonte pluridecimetrico  
 one e a partire da qualche m, lo stesso terreno  
 alterato. La percentuale di limo diminuisce con la

Peso di volume se	(t)
Porosità	0
Coesione (kg/c	A1-A1-b
Angolo di attrito Inte	e
	dia

gato n. 15  
 ione geologica corrispondente alla M-M di progetto  
 la 1:100

e alla  
 Terre  
 Profilo topografico esistente  
 Tout-venant  
 10cm  
 ta del  
 di terre armate  
 Realizzazione del terrapieno mediante  
 l'impiego delle terre rinforzate  
 Posa di telo impermeabile  
 Consolidamento scarpata



gilloso con ciottoli e sabbia fine (Suolo) in parte

UNI 10006  
enti

hi immersi in matrice sabbioso ghiaiosa limosa.  
 la profondità. Alcuni blocchi raggiungono  
 goli componenti litici hanno forme perlopiù  
 li spigoli ben arrotondati a testimonianza  
 er una parte del terreno. Si tratta di terreno  
 sistente a consistente con l'aumento della  
 de con difficoltà di scavo.

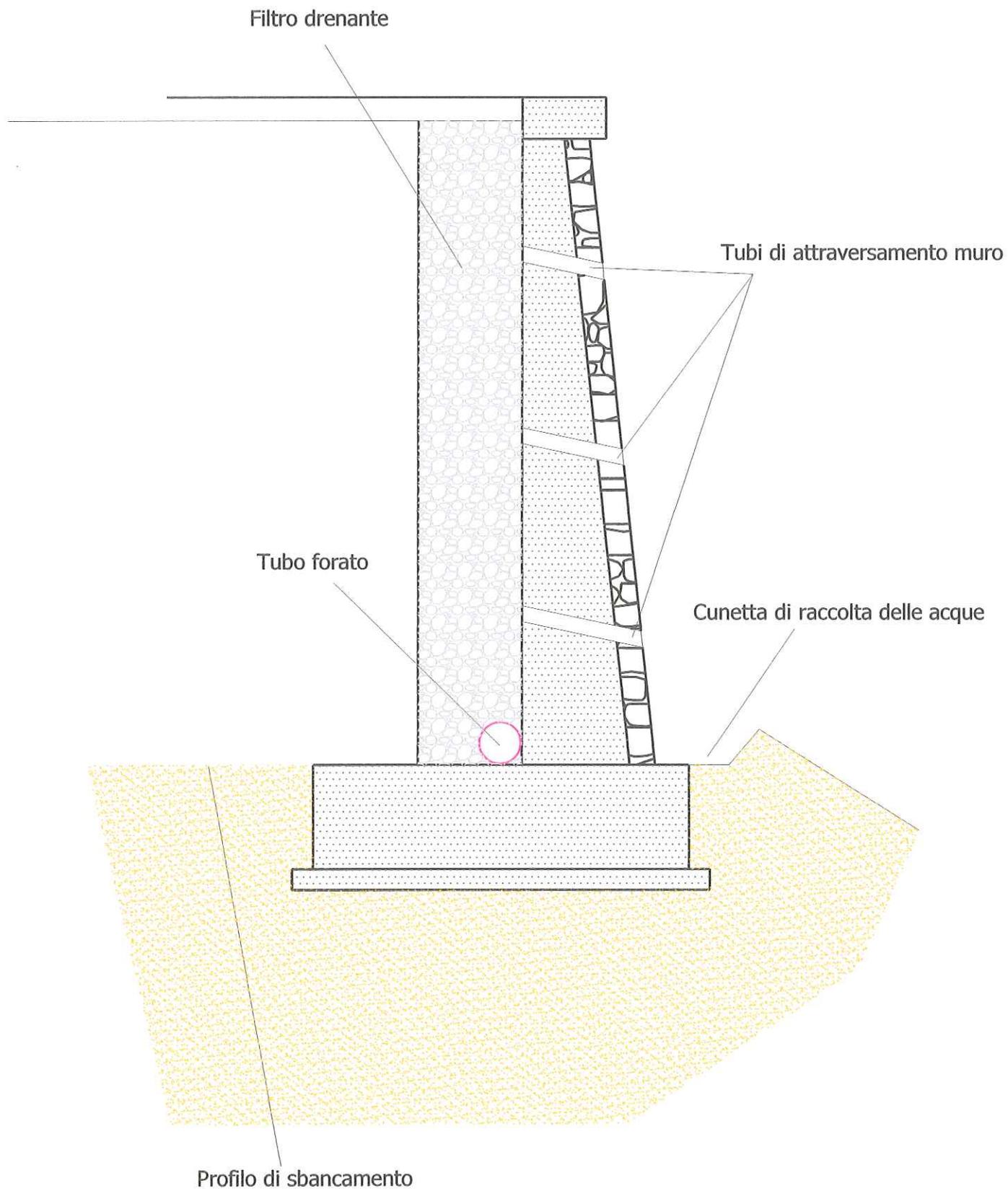
PARAMETRI GEC  
 Ricavati dalle strat

enza di un orizzonte alterato ed in parte  
 e un orizzonte pluridecimentrico giallognolo (2b)  
 -1.80-2,00 m, lo stesso terreno assume un  
 percentuale di limo diminuisce con la profondità.

1-A1-b  
 a



gato n.16  
 zione geologica corrispondente alla N-N di progetto  
 la 1:100



Allegato n.17  
Sezione tipo muro di sostegno  
Scala 1:20

## 11 - BIBLIOGRAFIA

- BORIANI A., BIGIOGGERO B., GIOBBI E. (1997): Metamorphism, tectonic evolution and tentative stratigraphy of the "SERIE DEI LAGHI". Geological map of the Verbania area (Northern Italy). Mem. Soc. geol. Ital., 32; 26 pp.
- BORIANI et Al. (1995), "Carta geologica della Valle Cannobina".
- Prontuario per il calcolo di elementi strutturali. ed. Le Monier (sec. ed. 1980) - AA.VV.