



Regione Piemonte





Comune di Savigliano

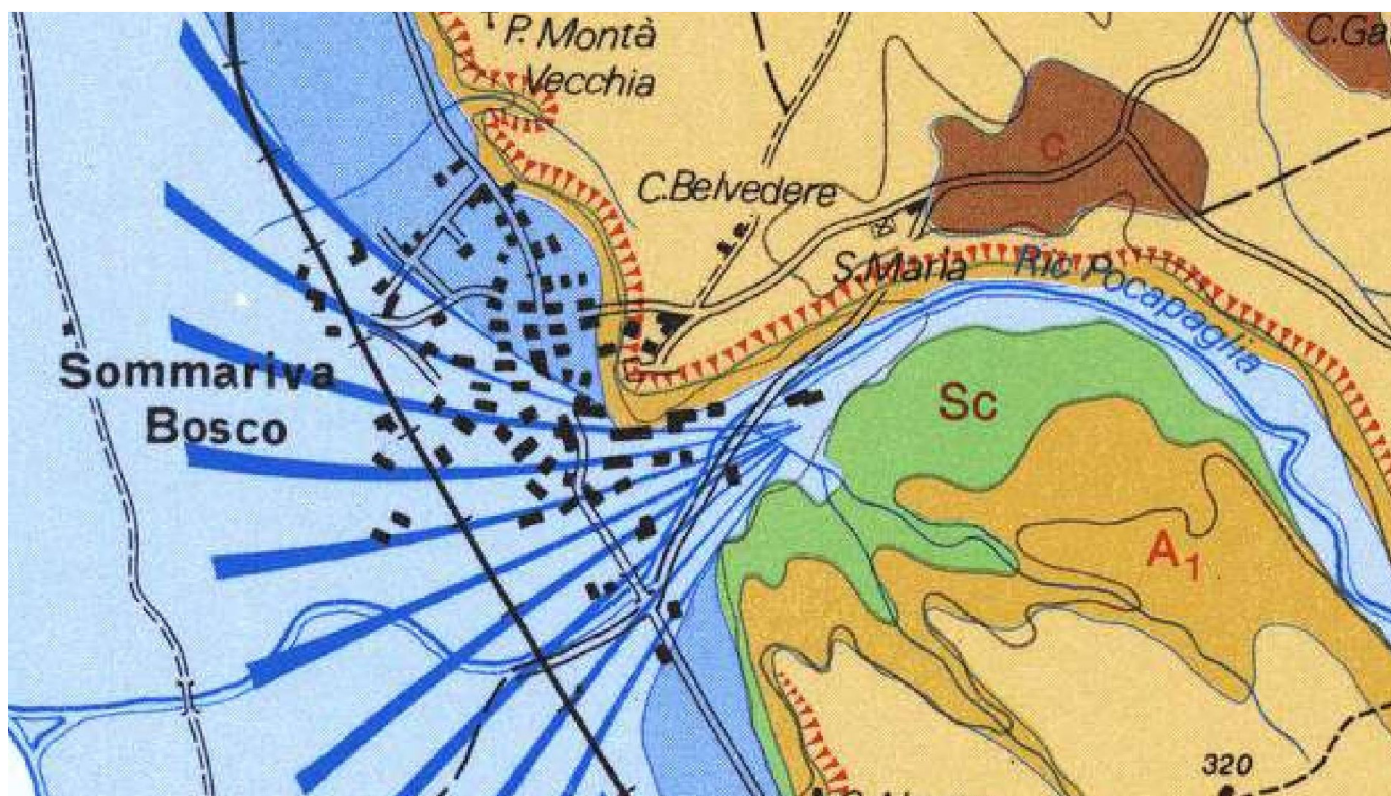


Provincia di Cuneo

Realizzazione di nuovo serbatoio acquedottistico

## RELAZIONE GEOLOGICA, SISMICA E GEOTECNICA SULLE INDAGINI

<b>Normativa</b>	N.T.A. P.R.G.C. NTC 2008	<b>Codice documento</b>	16_11_GA_Rev.00	<b>Data</b>	Aprile 2016
<b>Ubicazione</b>	Via XXV Aprile				
<b>Committente</b>	TECNOEDIL S.p.a.				
<b>Professionista incaricato</b>			Via A. Campana 14 12016 Peveragno (CN) Cell. + 39 3404923790 C.F.: BRDNDR71C03E379A P.IVA: 08367860015 e-mail: andrea.bredy@geologiapiemonte.it		
<b>Progettista</b>	Ing. Claudio Borgna				



---

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. MODELLO GEOLOGICO.....</b>	<b>3</b>
2.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	5
2.2. IDROGEOLOGIA.....	5
2.3. INQUADRAMENTO DI DETTAGLIO GEOLOGICO TECNICO - NORMATIVO.....	5
<b>3. MODELLO GEOTECNICO .....</b>	<b>7</b>
3.1. DESCRIZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	7
3.1.1. <i>Risultati indagine penetrometrica</i> .....	9
3.2. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE.....	12
<b>4. MODELLAZIONE SISMICA .....</b>	<b>15</b>
4.1. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE.....	15
<b>5. CONSIDERAZIONI DI INDIRIZZO TECNICO-ESECUTIVO .....</b>	<b>17</b>
<b>6. CONCLUSIONI.....</b>	<b>18</b>

## **1. PREMESSA**

La presente relazione geologica e geotecnica sulle indagini viene redatta a supporto del progetto di realizzazione di un serbatoio dell'acquedotto in Via XXV aprile nel Comune di Sommariva Bosco (CN) su incarico dell'Ing. Borgna Claudio.

Il progetto è finalizzato alla costruzione da parte della TECNOEDIL s.p.a. di una nuova vasca dell'acquedotto costituita da due serbatoi di accumulo e tre locali tecnici.

Per svolgere il presente studio geologico sono state eseguite indagini e sopralluoghi sull'area interessata dall'intervento e nei settori limitrofi, un'analisi della documentazione bibliografica di carattere geologico/tecnico esistente ed in particolare di quella allegata al P.R.G.C. di Sommariva Bosco.

L'assetto stratigrafico e geotecnico e sismico è stato ricostruito attraverso l'analisi dei dati stratigrafici noti nell'intorno dell'area in studio ed all'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica (DPL) in corrispondenza del sito.

L'indagine è stata estesa ad un significativo intorno dell'area interessata dagli interventi, traendone le opportune valutazioni sulla compatibilità degli interventi con l'assetto geologico, geomorfologico e geotecnico locale.

Per una maggiore comprensione degli interventi previsti, si rimanda alla documentazione progettuale.

La presente relazione geologica e sismica è eseguita ai sensi delle nuove Norme Tecniche Costruzioni (NTC) relative al D.M. 14 gennaio 2008 ed in vigore dal 1° Luglio 2009 ed alle N.T.A. del P.R.G.C. di Sommariva Bosco.

## 2. MODELLO GEOLOGICO

L'area in studio si ubica nel Comune di Sommariva Bosco (CN) al margine orientale del concentrico comunale nei pressi del pozzo acquedottistico sino al bivio tra Via Cimitero e Via XXV Aprile. Il serbatoio in progetto verrà realizzato su un lotto di terreno inedificato ubicato immediatamente a NE rispetto alla torre piezometrica ed alla limitrofa vasca di laminazione. Il terreno è identificato catastalmente al F° 33 mappale 48.

Dal punto di vista geomorfologico a grande scala l'area è ubicata al limite tra pianura cuneese ed il lembo meridionale dell'Altopiano di Poirino, un settore subpianeggiante con alcune incisioni di corsi d'acqua minori ed altimetria crescente verso Nord; verso Est si incontrano invece i rilievi collinari del Roero.

Il settore di pianura è separato da quello dell'altopiano da una linea con andamento NNW-SSE costituita da una scarpata incisa in più punti da corsi d'acqua secondari come il *Torrente Ricchiardo* che defluisce dal settore collinare verso Ovest.

Il sito d'intervento si trova nella zona collinare dell'altipiano e immediatamente a Sud si incontra una scarpata di terrazzo alta almeno 20 m che lo raccorda con il fondovalle del *Rio Pocapaglia*. Questo corso d'acqua defluisce dal settore collinare e una volta raggiunta la pianura scorre verso il Fiume Po seguendo l'antico percorso che il F.Tanaro percorreva prima della cattura fluviale verificatesi durante l'interglaciale Riss-Wurm.

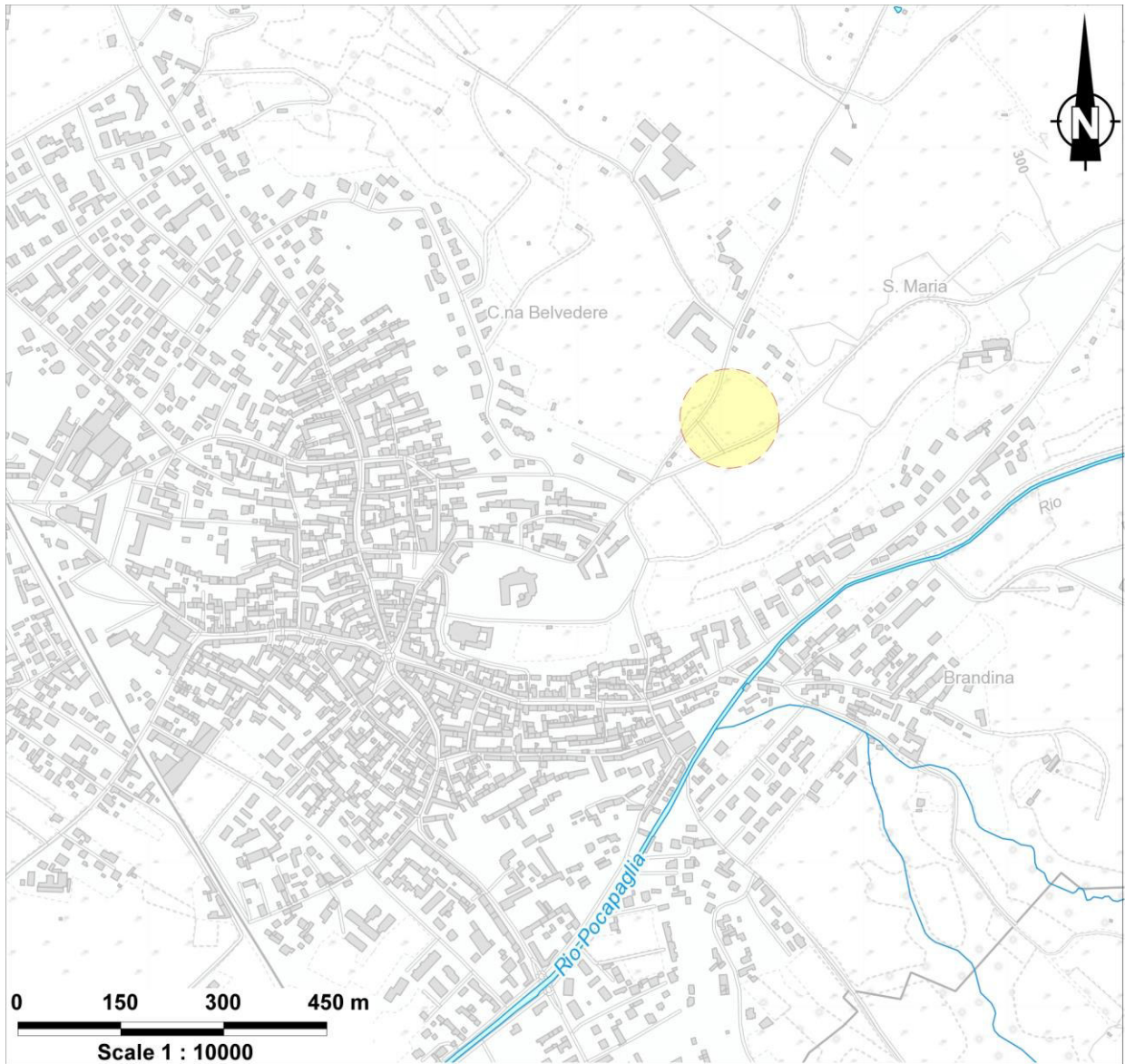
Localmente la morfologia è subpianeggiante e la quota altimetrica media è di circa 299 m s.l.m.; la quota altimetrica cresce leggermente spostandosi verso N-NE.

Per quanto riguarda l'idrografia superficiale nell'intorno del sito si segnala la presenza sul lato SW del lotto di un canale di scolo collegato alla vasca di laminazione presente vicino al pozzo acquedottistico, realizzata per regolare lo smaltimento delle acque di questa porzione di territorio. In tale canale di deflusso vengono anche convogliate le acque di smaltimento della rete di raccolta esistente lungo le strade.

L'area d'intervento risulta esterna a dissesti legati alle rete fluviale.



**Vista dell'area d'intervento**



**Inquadramento dell'area in studio su base BDTRE della Regione Piemonte**

## 2.1. Inquadramento Geologico

L'assetto geologico dell'area è caratterizzato dalla presenza di due settori nettamente distinti: quello di pianura ad occidente e quello afferente al lembo meridionale dell'Altopiano di Poirino ad oriente; quest'ultimo, su cui ricade l'area d'intervento, è prevalentemente subpianeggiante. I due settori sono separati da una scarpata di terrazzo non sempre individuabile che idealmente ha un andamento SSE-NNW.

I terreni del settore di pianura posti alla base dell'altopiano sono attribuibili al Pleistocene medio e superiore (Fluviale Riss) e sono costituiti da depositi continentali di origine fluviale a prevalente composizione siltoso-sabbiosa con intercalazione di livelli ghiaiosi e di banchi di argilla di colore grigiastro-verdognolo e copertura di paleosuolo argilloso di potenza anche plurimetrica.

Lungo la zona di scarpata alla base dell'Altopiano di Poirino affiorano i depositi fluviali ghiaiosi, con alternanze sabbiose e paleosuolo di potenza plurimetrica legati al drenaggio abbandonato. Al di sopra della scarpata troviamo depositi fluviali (limoso-argillosi) con paleosuolo che mostra uno spessore anche in questo caso plurimetrico (> di 8 m) legati anch'essi al drenaggio abbandonato. In entrambi i casi l'età dei depositi è riferibile al Pleistocene medio-superiore.

Tale assetto è anche confermato da quanto riportato nella "Carta Geologica dell'Altopiano di Poirino alla scala 1:50.000" (M.G. Forno, 1981).

La Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000 segnala in corrispondenza del settore in studio di una "Superficie di erosione e relativi paleosuoli di età postvillafranchiana, generalmente con copertura loeissica rissiana, dell'Altopiano di Poirino".

## 2.2. Idrogeologia

Lungo il settore di pianura i depositi ghiaioso-sabbiosi ospitano una falda superficiale di tipo freatico.

Nella zona dell'altopiano la soggiacenza della falda è maggiore ma si riconosce sempre una linea di deflusso sotterraneo verso NW, ovviamente con un gradiente idraulico maggiore.

Ovviamente la permeabilità dei terreni è direttamente condizionata dalla loro natura passando da valori elevati in corrispondenza dei depositi ghiaioso-sabbiosi fino ad essere praticamente nulla in quelli di natura argillosa.

Durante l'esecuzione delle indagini penetrometriche si è rilevata la presenza di infiltrazioni idriche a partire da -1,8 m dal p.c., all'interno dei depositi limoso-argillosi. Si tratta probabilmente di una piccola falda sospesa.

## 2.3. Inquadramento di dettaglio geologico tecnico - normativo

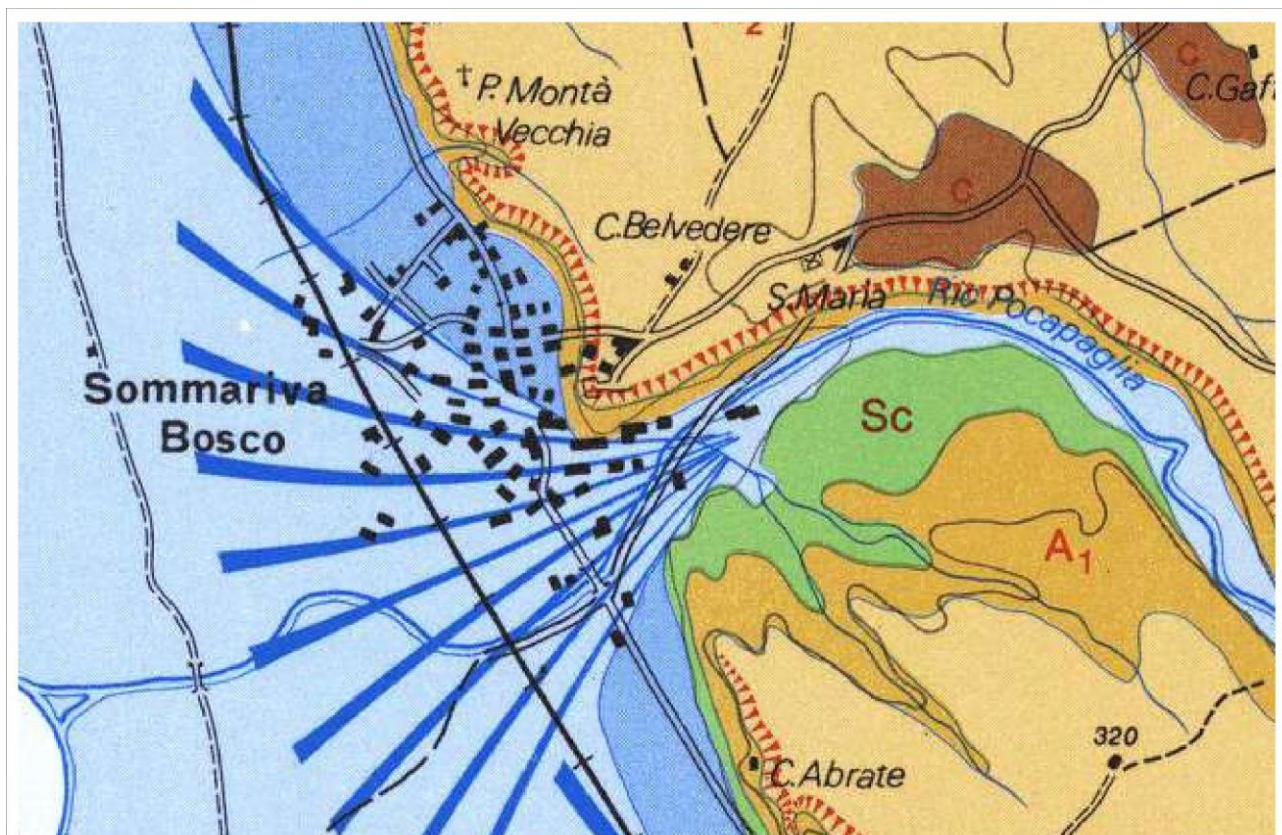
Analizzando gli elaborati geologico-tecnici allegati al P.R.G.C. di Sommariva Bosco, studio geologico redatto ai sensi della Circolare 7/LAP dal Dott.Geol. Giovanni Analdi, si possono trarre interessanti informazioni di carattere geologico-tecnico relativamente alla zona in studio, ed in particolare:

- La "Carta geologico-strutturale" descrive il sito come caratterizzato dalla presenza di: "Depositi fluviali limoso-argillosi con paleosuolo di alterazione di spessore di 8 m legati al drenaggio abbandonato – PLEISTOCENE MEDIO e SUP.".
- La "Carta geomorfologia e dei dissesti" non segnala la presenza di dissesti a carico dell'area in studio, né legati alla dinamica fluviale che all'evoluzione dei versanti.
- La "Carta idrogeologica" segnala la presenza del pozzo e del serbatoio acquedottistico e della relativa fascia di rispetto, al cui interno ricade il sito d'intervento.

- La “Carta dei caratteri litotecnici” descrive il sito come caratterizzato dalla presenza di: “*Depositi fluviali limoso-argillosi con paleosuolo di alterazione di spessore di 8 m – caratteri geotecnici da mediocri a scadenti soprattutto per la coltre di paleosuolo argillificato*”.
- La “Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfológica e dell’Idoneità all’utilizzazione Urbanistica” descrive la zona in studio tra le aree di Classe II1, ovvero “*Aree collinari con modesti condizionamenti geomorfologici dati dall’acclività o dalla presenza di terreni a scadenti requisiti geotecnici*”.

Si ricorda che secondo la D.G.R. 19/01/2010, n. 11-13058 “*Aggiornamento e adeguamento dell’elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)*” il Comune di Sommariva Bosco è stato riclassificato in Zona 3.

Si sottolinea che l’opera in progetto è compatibile con la normativa specifica relativamente alla presenza dell’area di salvaguardia del pozzo ad uso idropotabile.



Depositi fluviali limoso-sabbiosi e sabbiosi, con paleosuolo che mostra uno spessore di alterazione > di 4 m, patine di argilla discontinue e colore variabile tra 10 YR 5/4 e 7,5 YR 5/8, legati al drenaggio abbandonato (B); principali intercalazioni di depositi ghiaiosi (g).

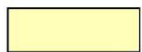
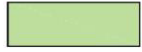



Depositi fluviali (limoso-argillosi), con paleosuolo che mostra uno spessore di alterazione > di 8 m, patine di argilla continue e colore 5 YR 4,5/8, (=«Limi argillosi del Complesso Superiore» in FORNO, 1979), legati al drenaggio abbandonato (A<sub>2</sub>); intercalazioni di depositi colluviali argilloso-limosi (c) legati alla rielaborazione del paleosuolo di Sc (= «Limi argillosi del Complesso Inferiore» in FORNO, 1979).

**Stralcio della “Carta Geologica dell’Altopiano di Poirino alla scala 1:50.000” (M.G. Forno, 1981)**



#### Classi di utilizzazione urbanistica

	Classe I - Aree edificate ed edificabili senza condizionamenti e prescrizioni.
	Classe II - Aree interessate da fenomeni di esondazione a bassa energia e lama d'acqua di altezza ridotta con TR 500 (EmA) - edificabili con divieto di realizzare piani interrati.
	Classe II1 - Aree collinari con modesti condizionamenti geomorfologici dati dall'attività o dalla presenza di terreni a scadenti requisiti geotecnici.

Stralcio della "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica" (fuori scala)

### 3. MODELLO GEOTECNICO

Al fine di definire l'assetto stratigrafico locale e le caratteristiche geotecniche dei terreni si è optato per l'esecuzione di n° 1 prova penetrometrica dinamica (DPL).

#### 3.1. Descrizione delle indagini geognostiche

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infingere nel terreno una punta conica per tratti consecutivi misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato

con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geonostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno. L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Le prove penetrometriche DPL eseguite sono state eseguite a monte della sede stradale utilizzando un penetrometro dinamico leggero Sunda 30-20 avente le seguenti caratteristiche standard:

- PESO MASSA BATTENTE M = 30,0 kg
- ALTEZZA CADUTA LIBERA H = 0,2 m
- PESO SISTEMA DI BATTUTA Ms = 16 Kg
- AREA BASE PUNTA CONICA A = 10 cm<sup>2</sup>
- LUNGHEZZA DELLE ASTE La = 1 m
- PESO UNITARIO ASTE Ma = 2,4 Kg
- AVANZAMENTO PUNTA  $\delta$  = 0,10 m
- Coeff. Correlazione = 0,766

Determinando il numero di colpi necessari ad infiggere la punta conica nel terreno ogni 10 cm, si sono misurati i principali parametri geotecnici del terreno suddividendolo in strati a comportamento omogeneo ed a uguale capacità di carico.

Nel valutare il carico ammissibile del terreno, si è utilizzato il calcolo effettuato mediante il metodo basato sulla relazione sperimentale proposta dalla scuola olandese (Herminier) attraverso il calcolo della resistenza dinamica (Rpd) del terreno all'avanzamento della punta, che fornisce risultanze cautelative.

La relazione impiegata è la seguente:

$$Rpd = \frac{M^2 \times H \times N}{A \times h \times (M+m)}$$

dove:

- M = Peso della massa battente
- H = Altezza di caduta della massa
- A = superficie punta conica
- h = affondamento costante delle aste

- m = numero delle aste alle varie quote di misura + peso unitario delle singole aste
- N = numero di colpi registrati per ogni tratto costante di 10 cm

Nei risultati delle prove viene anche riportato il valore della pressione ammissibile ( $q_{amm}$ ) che si ottiene dividendo il valore della Rpd (Resistenza Dinamica) per un coefficiente di sicurezza cautelativo suggerito dalla letteratura pari a 20, da cui:

$$q_{amm} = Rpd/20$$

La pressione ammissibile così calcolata, ovvero secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, corrisponde all'applicazione di un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione  $d=1$  m. Ovviamente la capacità portante del terreno andrà calcolata nello specifico in base alla tipologia e dimensionamento delle fondazioni delle opere in progetto.

### **3.1.1. Risultati indagine penetrometrica**

In data 26 aprile 2016 è stata realizzata n° 1 prova penetrometrica in corrispondenza del sito d'intervento, così come illustrato nella planimetria riportata a seguire.

Analizzando i risultati si può osservare che:

#### PROVA P1:

- Dal p.c. a -0,8 m terreni di copertura limoso-sabbioso-argillosi alterati con resistenza alla penetrazione scarsa.
- Da - 0,9 a 3,2 m alternanze di livelli limoso-argillosi caratterizzati da resistenza alla penetrazione da scarsa a molto scarsa.
- Da -3,3 a -7,4 m la resistenza alla penetrazione aumenta in virtù di una maggiore compattezza dei depositi.
- A partire da -3,5 la compattezza dei depositi aumenta e durante l'esecuzione delle prove l'approfondimento delle aste risultava discontinuo probabilmente per la presenza di piccoli ciottoli ghiaiosi.
- A -4,3 m si è raggiunto il rifiuto alla penetrazione.
- E' stata rilevata presenza di falda a -1,8 m dal p.c..



**Ubicazione indagini geognostiche (scala 1:1.000)**



**Esecuzione della Prova DPL 1**

Prova Penetrometrica Dinamica n°1  
Committente: Ing. Borgna Claudio  
Ubicazione: Sommariva Bosco (CN)  
Data esecuzione: 26 aprile 2016

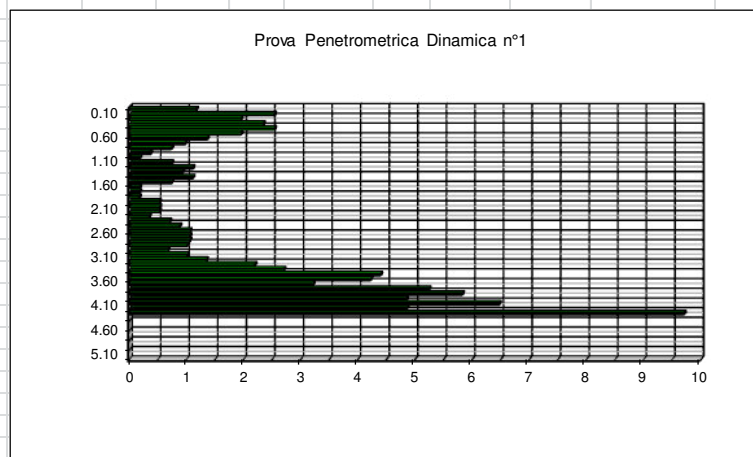
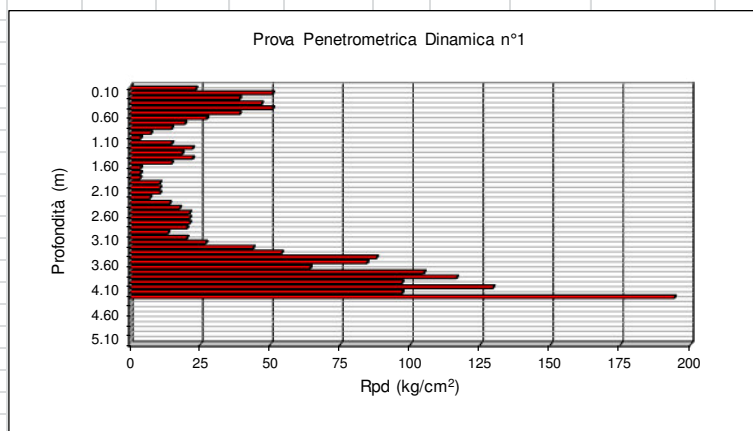
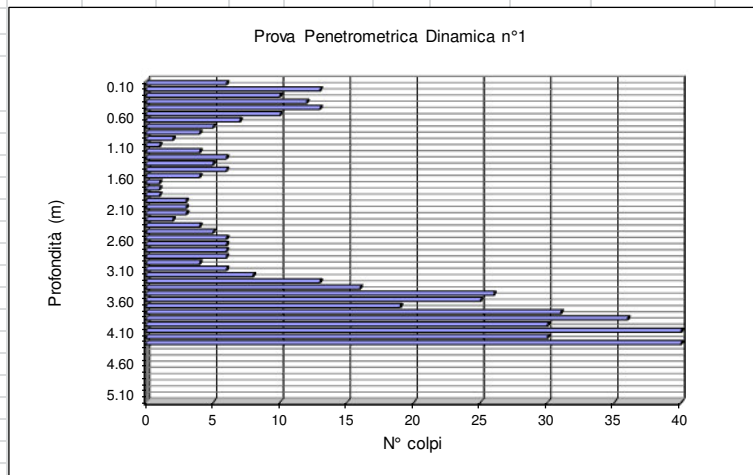
Peso della massa battente (M)	30 kg
Altezza di caduta della massa (H)	20 cm
Superficie punta conica (A)	10 cm <sup>2</sup>
Affondamento costante dell'asse (h)	10 cm
Peso unitario aste	2.4 kg
Peso sistema di battuta	13.6 kg
Peso aste + sistema battuta (m)	16 kg

$$Rpd = (M^2 \times H \times N) / [A \times h \times (M + m)]$$

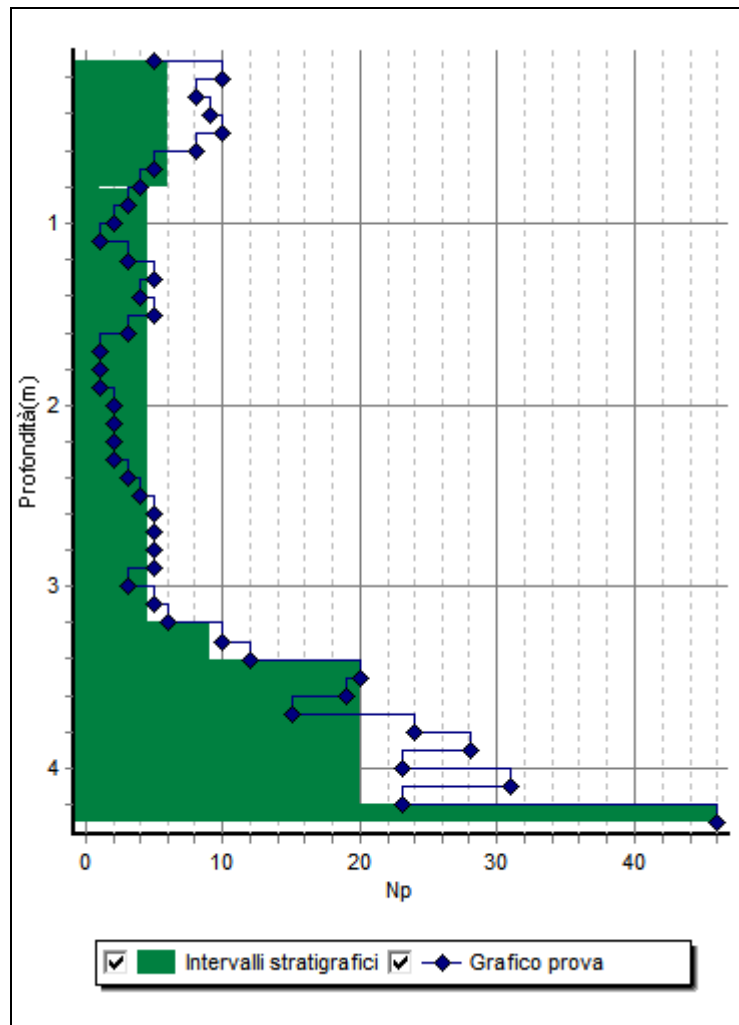
Energia specifica per colpo	Q = MH/Ah	6 kg/cm <sup>2</sup>
	Prova SPT = Q <sub>SPT</sub>	7.83 kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente di energia (βt = Q/Q <sub>SPT</sub> )		0.766

$$N_{SPT(teorico)} = \beta t \times N$$

Prova Penetrometrica Dinamica n°1					Falda
dal p.c. a -5,8 m					
Prof. m	N n° colpi	Rpd kg/cm <sup>2</sup>	q <sub>amm</sub> kg/cm <sup>2</sup>	N <sub>SPT</sub>	
0.10	6	23.5	1.2	5	
0.20	13	50.9	2.5	10	
0.30	10	39.1	2.0	8	
0.40	12	47.0	2.3	9	
0.50	13	50.9	2.5	10	
0.60	10	39.1	2.0	8	
0.70	7	27.4	1.4	5	
0.80	5	19.6	1.0	4	
0.90	4	14.9	0.7	3	
1.00	2	7.4	0.4	2	
1.10	1	3.7	0.2	1	
1.20	4	14.9	0.7	3	
1.30	6	22.3	1.1	5	
1.40	5	18.6	0.9	4	
1.50	6	22.3	1.1	5	
1.60	4	14.9	0.7	3	
1.70	1	3.7	0.2	1	
1.80	1	3.7	0.2	1	
1.90	1	3.5	0.2	1	
2.00	3	10.6	0.5	2	
2.10	3	10.6	0.5	2	
2.20	3	10.6	0.5	2	
2.30	2	7.1	0.4	2	
2.40	4	14.2	0.7	3	
2.50	5	17.7	0.9	4	
2.60	6	21.3	1.1	5	
2.70	6	21.3	1.1	5	
2.80	6	21.3	1.1	5	
2.90	6	20.3	1.0	5	
3.00	4	13.5	0.7	3	
3.10	6	20.3	1.0	5	
3.20	8	27.1	1.4	6	
3.30	13	44.0	2.2	10	
3.40	16	54.1	2.7	12	
3.50	26	88.0	4.4	20	
3.60	25	84.6	4.2	19	
3.70	19	64.3	3.2	15	
3.80	31	104.9	5.2	24	
3.90	36	116.5	5.8	28	
4.00	30	97.1	4.9	23	
4.10	40	129.5	6.5	31	
4.20	30	97.1	4.9	23	
4.30	60	194.2	9.7	46	
4.40					
4.50					
4.60					
4.70					
4.80					
4.90					
5.00					
5.10					
5.20					
5.30					
5.40					
5.50					
5.60					
5.70					
5.80					
5.90					



**Risultati della Prova P1**



Grafici delle prove

### 3.2. Caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione

A seguito delle indagini svolte l'assetto geologico-stratigrafico locale è stato ricostruito nel dettaglio.

A partire dai valori di  $N_{SPT}$  ricavati dalle indagini penetrometriche è possibile, attraverso l'applicazione di diverse metodologie di correlazione, assegnare i parametri geotecnici nominali del terreno indagato. Per le correlazioni tra il parametro  $N_{SPT}$  ed i vari parametri geotecnici si è fatto riferimento, vista la natura dei terreni, alle teorie maggiormente indicate per terreni a comportamento incoerente. L'elaborazione dei dati è stata effettuata utilizzando il software SCPT della PROGRAMGEO in licenza d'uso.

Per la densità relativa ( $D_r\%$ ) sono state prese in considerazione le soluzioni proposte da Skempton (1986), per le correlazioni  $N_{SPT}/\phi'$  si è fatto riferimento alle raccomandazioni Road Bridge Specification, per il Modulo di Taglio il metodo Ohsaki & Iwasaki, per la coesione non drenata a Terzaghi & Peck.

Nelle stratigrafie riportate in allegato vengono riassunti i principali parametri geotecnici ricavati dalle correlazioni con i valori di  $N_{SPT}$  per ogni singola prova. Vista la presenza di terreni a comportamento intermedio tra il coesivo e l'incoerente nell'elaborazione dei dati si è considerata la presenza di depositi con caratteristiche miste stimando i parametri geotecnici di entrambe le tipologie riportando per ogni singolo strato sia il valore dell'angolo di attrito, che descrive il comportamento dei terreni incoerenti, che quello della coesione non drenata tipico dei terreni coesivi; in grassetto è comunque segnalato il parametro che meglio descrive il singolo livello litologico.

A seguire si riporta una tabella riassuntiva dei parametri geotecnici caratteristici per gli orizzonti omogenei individuati durante l'esecuzione delle prove, considerando una media dei singoli dati ricavati dalle elaborazioni.

Parametri geotecnici														
Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S (m/s)	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito(*)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa	Modulo di Young (kg/cmq)	Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)	Coesione non drenata	Mod.edom. coesivi (kg/cmq)	Q. C. R.	Mod. dinamico di taglio (kg/cmq)	Pres. eff. a metà strato (kg/cmq)
0.8	4	Limi argillosi sciolti	71	0.11	23	1.91	49	80	28	0.27	18	0.2	413	0.08
1.2	1	Limi argillosi molto sciolti	67	0.02	19	1.75	20	16	7	0.07	5	0.0	140	0.19
1.5	4	Limi argillosi sciolti	91	0.08	23	1.84	37	80	28	0.27	18	0.1	413	0.25
2.4	1	Limi argillosi molto sciolti	77	0.02	19	1.81	17	16	7	0.07	5	0.0	140	0.35
3.2	4	Limi argillosi sciolti	105	0.06	23	2	32	80	28	0.27	18	2.7	413	0.45
3.4	9	Limi argillosi compatti	124	0.14	27	2.07	46	233	64	0.6	41	6.9	777	0.5
4.2	20	Limi argillosi compatti con ghiaia	147	0.29	32	2.17	67	744	142	1.34	90	15	1449	0.55
4.3	46	Limi argillosi molto compatti con ghiaia	173	0.65	41	2.27	85	2479	327	3.08	207	42	2774	0.61

Profondità della falda (m): 1.8

Semplificando e considerando che da p.c. a -2,3 m dal p.c. si incontrino depositi limoso argillosi molto sciolti i dati geotecnici caratteristici possono essere riassunti come nella tabella riportata a seguire. Inoltre il rifiuto alla penetrazione a - 4,3 m può essere stato causato dalla presenza di un ciottolo e pertanto i parametri geotecnici calcolati potrebbero essere sovrastimati e pertanto non vengono considerati.

Valori Nominali							
N° strato	Descrizione	Profondità base strato (m)	N <sub>SPT</sub>	Angolo di resistenza al taglio $\phi_k$ (°)	Peso di Volume naturale $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Modulo di Young e (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata $c_u'k$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Depositi limoso-argillosi molto sciolti	2,3	1	19	1,75	16	<b>0,07</b>
2	Depositi limoso-argillosi sciolti	3,2	4	23	2,0	80	<b>0,27</b>
3	Depositi limoso-argillosi compatti	3,4	9	27	2,07	233	<b>0,6</b>
4	Depositi limoso-argillosi compatti con ghiaia	>4,2	20	32	2,17	744	<b>1.34</b>

**Tabella dei parametri caratteristici dei terreni in corrispondenza dell'area in studio**

Nel Quaderno n° 2 redatto dalla Commissione Interregionale NTC con il patrocinio del C.N.G. viene spigato come "...nel Paragrafo 6.2.2 del D.M. 14.01.2008 si ritrova la seguente definizione: " Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato". La definizione del D.M. riprende di fatto quella dell'Eurocodice 7, ma non offre metodi operativi per la loro determinazione. La Circolare 617/2009, nel paragrafo C6.2.2 riprende la definizione del valore caratteristico data dal D.M., facendo esplicito riferimento agli Eurocodici: "... nella progettazione geotecnica, in coerenza con gli Eurocodici, la scelta dei valori caratteristici dei parametri deriva da una stima cautelativa, effettuata dal progettista, del valore del parametro appropriato per lo stato limite considerato".

In questo caso il software di interpretazione stima un valore caratteristico di Nspt medio per ogni singolo strato e quindi il parametro calcolato è un valore caratteristico.

Dalla tabella sopra riportata si evince che fino a - 2÷2,7 m dal p.c. vi sono terreni con caratteristiche geotecniche molto scadenti, per di più con presenza di falda a partire da -0,7 m dal p.c.. Ne consegue che

la tipologia di fondazione ed il loro dimensionamento andrà valutato attentamente al fine di evitare cedimenti della struttura in progetto ed in particolare:

- Nel caso si opti per un piano di fondazione superficiale attraverso fondazioni dirette, che dovranno essere di tipo continuo (platea) occorrerà valutare l'eventuale miglioramento del piano di fondazione attraverso la "bonifica" del sito con asportazione dei terreni superficiali poco compatti ed il riporto di materiale inerte granulare aventi caratteristiche idonee a garantire la stabilità dell'opera in relazione ai carichi di progetto.
- In alternativa si potranno utilizzare fondazioni di tipo indiretto opportunamente dimensionate ed ancorate nei terreni più profondi aventi buone caratteristiche geotecniche.

In ottemperanza a quanto sancito dalle nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni (in vigore dal 1° Luglio 2009), dovranno essere eseguiti i calcoli delle resistenze della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione in relazione alla tipologia di fondazioni prevista.

Affinché una fondazione possa resistere al carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale, per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (Stato Limite Ultimo), deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$Ed < Rd$$

dove Ed è il carico di progetto allo SLU, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso della fondazione stessa; mentre Rd è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Per quanto riguarda la costante di sottofondo ( $k_w$ ), detta costante di Winkler, si sottolinea come essa non sia affatto una proprietà intrinseca del terreno, ma dipende da forma e dimensioni della fondazione, dalla distribuzione dei carichi agenti, dalla stratigrafia e dalla composizione fisica del suolo. In pratica rappresenta una forza esercitata sul suolo elastico alla Winkler, su un'area di 1 cm<sup>2</sup> che provoca l'abbassamento di 1 cm. Ciò che da sempre ci è cercato di fare è l'associare un certo valore del modulo ad uno specifico terreno, motivo per il quale si sente spesso parlare di costante di Winkler. L'uso del termine "costante" è concettualmente sbagliato. Il modulo di reazione del terreno, se guardiamo la sua definizione, dipende infatti dalla pressione esercitata sul terreno, a sua volta funzione di altre grandezze. Quindi il modulo di reazione del terreno non è costante, non dipende solo dal tipo di terreno.

La sua determinazione richiede indagini geotecniche onerose e pertanto ci si accontenta spesso di valori cautelativi. E' possibile individuare dei range di validità in funzione del terreno, sebbene non si debba fare l'operazione inversa (ovvero: in funzione del tipo di terreno assumere direttamente un valore di k). I range caratteristici in funzione del tipo di terreno sono i seguenti:

<b>Terreno</b>	<b>Minimo (kg/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Massimo (kg/cm<sup>3</sup>)</b>
Sabbia sciolta	0,48	1,60
Sabbia mediamente compatta	0,96	8,00
Sabbia compatta	6,40	12,80
Sabbia argillosa mediamente compatta	3,20	8,00
Sabbia limosa mediamente compatta	2,40	4,80
Ghiaia con sabbia	10	25
Ghiaia compatta	20	30
Argilla con $q_a \leq 2$ kg/cm <sup>2</sup>	1,2	2,4
Argilla con $200 < q_a \leq 8$ kg/cm <sup>2</sup>	2,4	4,8
Argilla con $q_a > 8$ kg/cm <sup>2</sup>	>4,8	

**Range caratteristici indicativi di  $k_w$  per diverse tipologie di terreni**

## 4. MODELLAZIONE SISMICA

### 4.1. Classificazione sismica dei terreni di fondazione

Per classificazione sismica si intende un sistema di normative che determina in che modo e dove gli edifici di nuova costruzione vanno costruiti secondo criteri antisismici, in modo cioè da resistere senza crollare alle forze sismiche. Il rischio sismico è definibile come l'incrocio tra dati di pericolosità (definizione delle strutture sismogenetiche e capacità di caratterizzazione dell'eccitazione sismica ad esse associata), di vulnerabilità (capacità degli oggetti esposti di resistere alle sollecitazioni) e di esposizione (presenza sul territorio di manufatti a rischio).

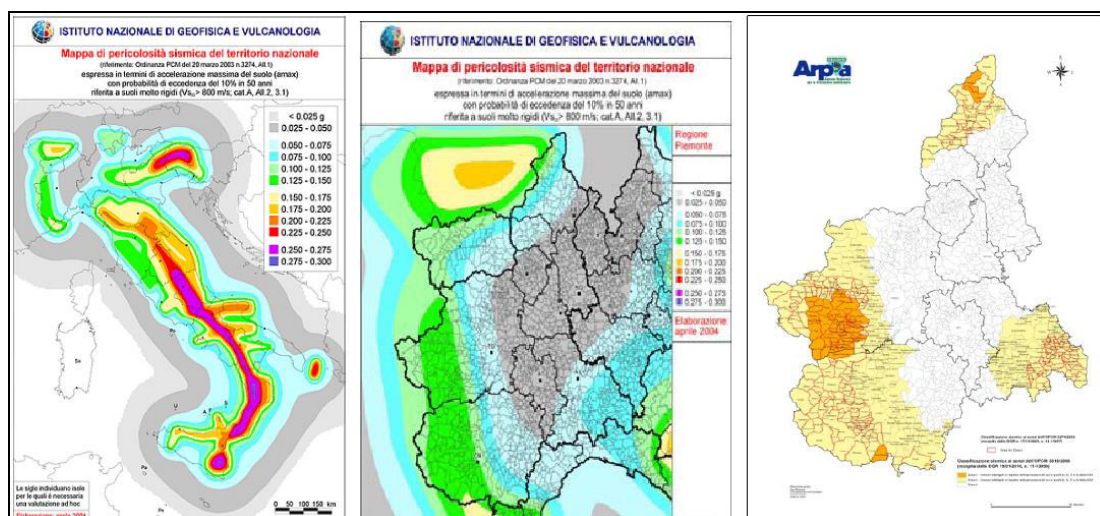
Il sistema della classificazione sismica (e le mappe da esso previste) è finalizzato a fornire a chi costruisce un edificio nuovo un livello di riferimento convenzionale delle forze sismiche rispetto al quale gli edifici vanno progettati per poter rispondere alle sollecitazioni senza crollare. Un edificio antisismico può quindi danneggiarsi in caso di terremoto (anzi, nel caso di certe tipologie edilizie l'edificio "deve" danneggiarsi, poiché tale danneggiamento aiuta a scaricare l'energia sismica ed a impedire il crollo).

Detti criteri sono stati stabiliti dall'allegato al recente D.M. 14 gennaio 2008 "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI" come già la precedente O.P.C.M. 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" nella quale venivano individuate 4 zone sulla base dei 4 valori di accelerazioni orizzontali (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico indicati nelle Norme Tecniche (allegati 2, 3,4 ).

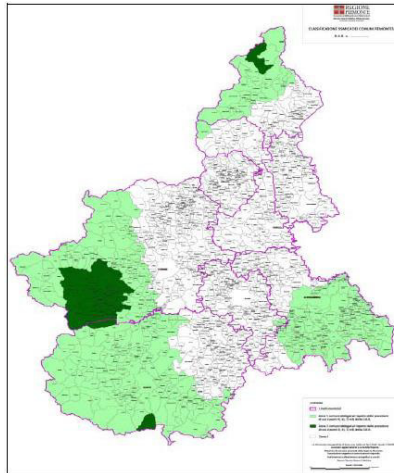
Su iniziativa della Regione Piemonte recentemente è stato riaggiornato l'elenco delle Zone Sismiche del Piemonte, sulla base di uno studio del Politecnico di Torino.

Si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [Ag/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [Ag/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15 - 0,25	0,25
3	0,5 - 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05



**Nuova classificazione sismica del territorio nazionale e piemontese (O.P.C.M. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)**



### **Classificazione sismica del Piemonte (D.G.R. 19 gennaio 2010 n.11-13058)**

Il territorio regionale piemontese è sede di attività sismica, modesta come intensità, ma notevole come frequenza. I terremoti si manifestano generalmente lungo due direttrici:

- una segue la direzione dell'Arco Alpino occidentale nella sua parte interna in corrispondenza del massimo gradiente orizzontale della gravità;
- l'altra più dispersa segue l'allineamento dei massicci cristallini esterni in corrispondenza del minimo gravimetrico delle Alpi Occidentali francesi.

Le due direttrici convergono nella zona del Cuneese, per riaprirsi a ventaglio verso la costa, interessando il Nizzardo e l'Imperiese. Una terza direttrice, infine, interessa il fronte occidentale dell'Appennino sepolto ed il suo prolungamento nel Monferrato.

Secondo la D.G.R. 19/01/2010, n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)" il Comune di Sommariva Bosco è stato riclassificato in Zona 3.

In base ai dati stratigrafici noti nell'intorno dell'area in studio ed a quelli rilevati durante le indagini geognostiche per i primi metri di profondità è possibile classificare il sottosuolo nella Categoria B: *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)*.

Per la stima della pericolosità sismica locale dovranno quindi essere utilizzati i seguenti parametri:

- Categoria di sottosuolo: B
- Categoria Topografica: T1 (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i < 15^\circ$ )

## **5. CONSIDERAZIONI DI INDIRIZZO TECNICO-ESECUTIVO**

Sulla base di quanto esposto risulta opportuno prevedere alcuni accorgimenti di carattere tecnico-esecutivo essenzialmente riconducibili a:

- Vista la presenza di un potente orizzonte superficiale poco consolidato andrà valutata attentamente la profondità del piano di posa della struttura in progetto, tenendo conto che nei primi 2/2,3 m di profondità ci son terreni sciolti con caratteristiche geotecniche scadenti. Oltre tale profondità la compattezza dei terreni aumenta costantemente e a partire da circa -3 le caratteristiche geotecniche migliorano decisamente. Si valuti la possibilità di "bonificare" il piano di fondazione asportando i terreni superficiali più sciolti e migliorando il piano di fondazione realizzando un sottofondo in materiale ghiaioso idoneo oppure l'utilizzo di fondazioni di tipo indiretto (pali). Le fondazioni andranno dimensionate tenendo conto dei parametri geotecnici precedentemente esposti per ogni singolo orizzonte rilevato.
- Se per l'accesso al serbatoio verrà realizzato un attraversamento del canale di scolo presente sul confine SW del lotto, esso dovrà garantire una luce libera non inferiore alla sezione attuale del canale stesso. La stessa raccomandazione vale per eventuali attraversamenti realizzati su fossi o canali presenti al margine dell'area d'intervento.
- Dal punto di vista idrogeologico pur escludendo la presenza di una vera e propria falda freatica nei primi di profondità dal p.c. si tenga conto che a -1,8 m è stata rilevata la presenza di infiltrazioni idriche connesse ad una falda sospesa presente all'interno dei depositi limoso-sabbiosi. Pertanto nel caso l'opera venga realizzata a profondità maggiori si consiglia di realizzare un sistema di drenaggio a tergo dei muri controterra tale da allontanare le eventuali acque di infiltrazione; i muri stessi potranno essere impermeabilizzati per evitare infiltrazioni.
- Occorrerà prevedere una regimazione superficiale delle acque meteoriche e di raccolta delle acque di gronda che andranno indirizzate in un pozzetto e da lì convogliate nella rete di scolo presente al contorno dell'area.
- In fase di esecuzione delle opere si dovrà porre la massima attenzione alla stabilità dei fronti di scavo, evitando di intervenire con scavi aperti nei periodi piovosi, adottando tutte le cautele per il loro sostegno soprattutto nel caso in cui la loro altezza superi i 1,5 m.

## 6. CONCLUSIONI

Le osservazioni sopra esposte consentono di evidenziare la fattibilità degli interventi in progetto, avendo cura di rispettare le considerazioni di carattere tecnico-esecutivo precedentemente illustrate.

Gli interventi in progetto risultano quindi compatibili con l'assetto geologico/geomorfologico, geotecnico e sismico esistente nel caso in cui ci si attenga rigidamente alle soluzioni progettuali prospettate allo scrivente.

In sede di esecuzione dell'intervento la Direzione Lavori, ove necessario, è tenuta a richiedere un sopralluogo dello scrivente per il controllo della conformità di quanto sopra esposto e per verificare la continuità dell'assetto stratigrafico e geotecnico supposto attraverso indagini puntuali. In questo modo sarà possibile apportare quelle modifiche e miglioramenti tecnici che si renderanno eventualmente necessari.

Peveragno, aprile 2016

Il Geologo, Dott. Andrea Bredy

