

# STUDIO GEOLOGICO

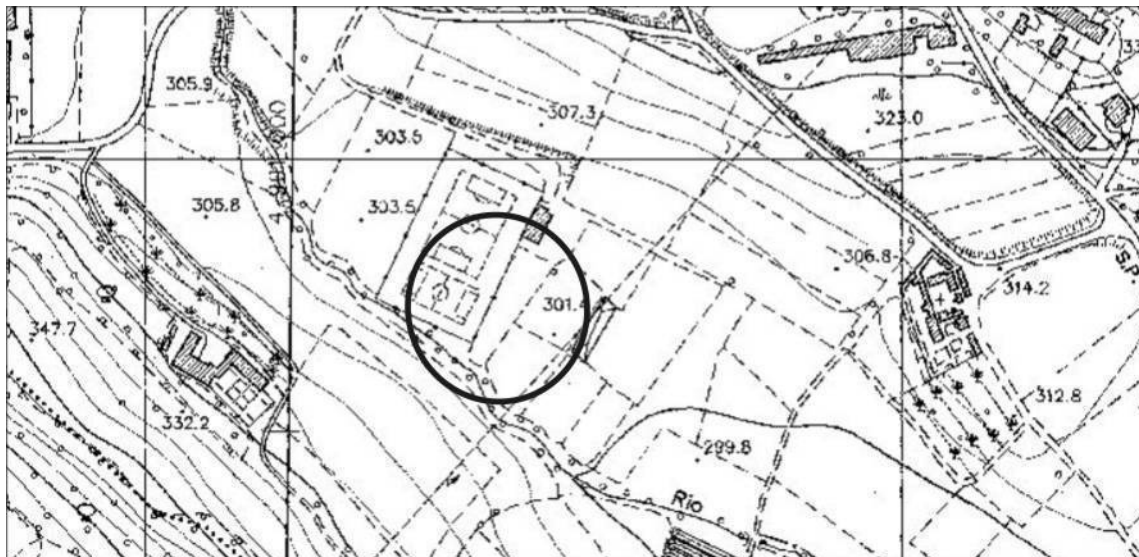
## Dott. Geol. CRISTIAN BORRA

ALMESE (TO) – Via Tetti Montabone n. 20 – C.A.P. 10040

Tel./Fax 011.9369596 – Cell. 338.6006739

E-mail: [cristian.borra@ica-net.it](mailto:cristian.borra@ica-net.it)

P.E.C. : [cristian.borra@epap.sicurezzapostale.it](mailto:cristian.borra@epap.sicurezzapostale.it)



**CITTA' METROPOLITANA di TORINO**

**COMUNE di PAVAROLO**

**Relazione geologica e geotecnica a supporto di un progetto di adeguamento di  
un campo da calcetto in via Baldissero**

**Riferimenti  
normativi:**

Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003

D.M. 17.01.2018

L.R. n. 56 del 05.12.1977

PAI – Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po

P.R.G.C. del Comune di Pavarolo

**Committente:** Spett.le Comune di Pavarolo

**Il Tecnico:** Dott. Geol. Cristian BORRA

**Data:** 27.04.2018

**Codice documento:** 18.PAV.COMUNE\_1

**Revisione:**

**Codice Cliente:** MA



## **INDICE**

1	PREMESSA	Pag. 3
2	CARATTERI GEOMORFOLOGICI, GEOLITOLOGICI, IDROGEOLOGICI ED IDROLOGICI DELL'AREA INTERESSATA DALL'INTERVENTO	Pag. 4
3	PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO D'INTERVENTO	Pag. 8
4	CARATTERI SISMICI DELL'AREA D'INDAGINE	Pag. 15
5	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	Pag. 20
6	ALLEGATI	Pag. 21
-	Inquadramento topografico (scala 1:5.000)	
-	Carta geologico – tecnica (con elementi geomorfologici ed idrogeologici, scala 1:2.500)	
-	Sezione stratigrafica schematica (scala 1:50)	
-	Istogramma della prova penetrometrica dinamica eseguita in sito	

## 1. PREMESSA

La presente relazione geologica e geotecnica a supporto di un **progetto di adeguamento di un campo da calcetto**, in corrispondenza di un lotto di terreno sito in **Comune di Pavarolo (TO)** – **via Baldissero**, fa seguito ad un sopralluogo e ad un'indagine geologico - tecnica eseguita in sito, al fine di fornire al Progettista dell'intervento utili indicazioni sui termini litologici presenti in sito, sulle caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti il piano di appoggio del manufatto in esame, sull'eventuale presenza di fenomeni di dissesto in atto o potenziali (allo stato attuale ed alla luce degli interventi in progetto) e sulle corrette modalità di raccolta e smaltimento delle acque di precipitazione diretta e provenienti dalle aree limitrofe.

Nel terreno interessato dall'intervento, situato nel complesso sportivo posto a S del concentrico di Pavarolo, è presente, allo stato attuale, un campo da calcetto costruito su di una piastra in c.a.: tale piastra è a sua volta collocata su di un rilevato composto da materiali di riporto, avente potenza di circa 1,5 m.

La fase esecutiva prevede l'ampliamento della suddetta piastra, finalizzata ad allargare il campo da gioco, per una larghezza di 2 m verso E: tale operazione interesserà, specie nella zona S, il bordo del suddetto rilevato, richiedendone pertanto un modesto ampliamento verso E. Nel complesso, l'intervento in progetto comporterà l'esecuzione di limitati scavi e movimenti terra, per i quali andranno previste opere di sostegno di tipo ordinario.

L'indagine geologico - tecnica è stata estesa ad un significativo intorno dell'area interessata dall'intervento con il preciso intento di definirne le potenzialità di fruizione in relazione all'assetto territoriale, verificando le condizioni di stabilità, l'eventuale presenza di elementi morfogenici dissestivi e lo stato di fatto, traendone le opportune valutazioni sulla compatibilità degli interventi con la situazione idrogeologica locale.

La presente indagine è eseguita ai sensi de:

- Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003, che definisce la classificazione sismica del territorio nazionale;
- D.M. delle Infrastrutture e dei Trasporti 17 Gennaio 2018, Norme tecniche per le costruzioni;
- L.R. n. 56 del 05.12.1977, che fissa le norme in materia di tutela ed uso del suolo;
- PAI – Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po;
- P.R.G.C. del Comune di Pavarolo (TO).

Preliminarmente all'esecuzione dell'indagine in sito, è stata condotta una ricerca dei dati bibliografici e della cartografia tecnica disponibili riguardanti l'area in oggetto, nonché degli elaborati geologico - tecnici allegati al vigente P.R.G.C.

Vengono di seguito esposte alcune note circa le caratteristiche geomorfologiche, geolitologiche, idrogeologiche, idrologiche, geotecniche e sismiche dell'area interessata dal progetto.

Si rappresenta che la zona in esame non ricade in area sottoposta a vincolo per scopi idrogeologici, ai sensi del R.D. n. 3267 del 30.12.1923 e della L.R. n. 45 del 09.08.1989.

## 2. CARATTERI GEOMORFOLOGICI, GEOLITOLOGICI, IDROGEOLOGICI ED IDROLOGICI DELL'AREA INTERESSATA DAGLI INTERVENTI

L'area oggetto d'indagine ricade nel territorio comunale di Pavarolo (TO), nella Collina di Torino. Essa è compresa nella cartografia ufficiale nella sezione 156\_100 della Carta Tecnica Regionale della Regione Piemonte, alla scala 1:10.000.

La zona interessata dall'intervento ha come principale caratteristica, dal punto di vista **geomorfologico**, quella di formare un ambiente di fondovalle compreso tra rilievi collinari, con forme legate all'azione geomorfica esercitata nel recente passato ed attualmente dal modellamento gravitativo e dal locale reticolo idrografico. Essa è ubicata alla quota di circa 302 m s.l.m., in un'area mediamente antropizzata avente uso in prevalenza agricolo, posta nel settore meridionale del territorio comunale di Pavarolo.

Le indagini svolte, le informazioni storiche acquisite, nonché l'analisi della cartografia delle aree storicamente inondate, elaborata dalla Regione Piemonte, non hanno evidenziato il verificarsi di fenomeni di esondazione per piene ordinarie e straordinarie di corsi d'acqua principali, minori o artificiali che abbiano coinvolto la zona indagata in tempi recenti. A tale proposito, si rappresenta come in occasione degli ultimi eventi alluvionali che hanno coinvolto il territorio regionale, in corrispondenza del sito in esame non sono stati registrati fenomeni di inondazione e/o dissesto di particolare entità.

Come riportato nella “Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'uso urbanistico” allegata al vigente P.R.G.C. (cfr. allegato n. 2), il sito risulta compreso all'interno di n. 2 diverse classi di pericolosità:

- la maggior parte del lotto d'intervento (settore N) ricade in **Classe IIb – pericolosità geomorfologica moderata**: tale classe comprende *“porzioni di territorio, suddivise nelle sottoclassi IIa1, IIa2 e IIb nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate al D.M. 14/01/2008 e D.M. 11/03/88, realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o nell'intorno significativo”*.

In particolare, in tale classe rientrano le aree di pianura, le aree caratterizzate da ristagni d'acqua e allagamenti con bassa energia (pochi centimetri ed in assenza di evidenze di erosione, trasporto o deposito di materiale), i settori con modesta soggiacenza della falda freatica, le aree limitrofe a linee di drenaggio minori (piccoli impluvi e fossi colatori) per le quali si evidenzia la necessità di interventi manutentivi a livello di singolo lotto, senza pregiudicare l'equilibrio idrogeologico dei lotti confinanti, e nelle quali il rischio di inondabilità, di acque sempre a bassa energia, sia legato esclusivamente alla scarsa manutenzione. Inoltre gli interventi di manutenzione, se ricadenti in acque demaniali, dovranno essere autorizzati dall'autorità idraulica competente.

Come riportato nella Relazione Geologica allegata al vigente P.R.G.C., in tale classe sono previste le seguenti prescrizioni:

- sopraelevazione del piano terreno per i nuovi interventi nella misura di almeno 1 (uno) metro rispetto alla quota attuale del piano campagna;
- interventi di manutenzione e pulizia dei fossi colatori e piccoli impluvi a livello di singolo lotto;

- realizzazione di interrati consentita solo a seguito di specifici accertamenti del livello di massima escursione della falda freatica con il mantenimento di un franco di 1 (uno) metro tra la massima risalita del livello piezometrico ed il piano degli interrati;
  - corretto smaltimento delle acque ricadenti all'interno del lotto;
  - rispetto del D.M. 14/01/2008 e D.M. 11/03/88. In particolare su ogni lotto edificatorio dovranno essere svolte puntuali indagini geognostiche finalizzate alla caratterizzazione geomeccanica del terreno di fondazione;
  - lungo i corsi d'acqua non sarà ammessa la copertura mediante tubi o scatolari: gli attraversamenti dovranno essere realizzati mediante ponti; per i corsi d'acqua demaniali ogni intervento è soggetto al parere vincolante dell'autorità idraulica competente;
  - nel caso di intubamenti già in atto, qualora non fosse possibile portare il rio alle condizioni naturali, vista la condizione di elevata pericolosità idraulica potenziale, le nuove edificazioni dovranno comunque essere realizzate alla distanza della fascia di rispetto da entrambi i cigli di sponda del corso d'acqua come se questo fosse a cielo aperto (vedi norma fasce di rispetto corsi d'acqua). Nei settori impluviali, dove si possono identificare probabili linee di deflusso, la fascia di rispetto deve essere pari ad almeno 5m.
- un limitato settore del lotto S ricade in **Classe IIIa3 – pericolosità geomorfologica elevata**: tale classe comprende *“porzioni di territorio inedificate, che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti; per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili, vale quanto indicato all'art. 31 della L.R. 56/77”*.
- Appartengono a tale classe le aree potenzialmente inondabili da parte del Rio delle Boie e del Rivo del Dros, che presentano un'intensità del processo elevata (Eba) con elevato rischio, e la cui perimetrazione è stata individuata dai dati disponibili in letteratura in riferimento all'evento alluvionale del 1994 (Studio della Provincia di Torino), per il primo corso d'acqua, su basi geomorfologiche per il Rivo del Dros.
- Come indicato nella Relazione Geologica allegata al vigente Piano, si riportano di seguito gli interventi, dal punto di vista geologico, da porre in atto sul territorio in relazione all'eventuale esecuzione delle opere edilizie:
- interventi di sistemazione e manutenzione idrogeologica dei corsi d'acqua o dei fossi e tutti quegli interventi atti a ridurre le condizioni di pericolosità dell'area;
  - la trivellazione di pozzi per lo sfruttamento di falde acquifere;
  - gli interventi relativi alle nuove costruzioni agricole così come le eventuali relative recinzioni, non dovranno costituire ostacolo al deflusso delle acque, né limitare la capacità d'invaso delle aree inondabili; di conseguenza la progettazione dovrà prevedere gli accorgimenti tecnici finalizzati alla riduzione o mitigazione della pericolosità e del rischio; ogni intervento dovrà essere coerente con le distanze di sicurezza dai corsi d'acqua (rif. “fasce di rispetto”) e si richiamano le disposizioni del R.D. 523/04 per i corsi d'acqua demaniali.
  - lungo i corsi d'acqua non sarà ammessa la copertura mediante tubi o scatolari: gli attraversamenti dovranno essere realizzati mediante ponti; ogni intervento sui corsi d'acqua demaniali è vincolato al parere dell'autorità competente che si esprime ai sensi del R.D. 523/1904;
  - qualora si prevedessero nuove edificazioni agricole in aree in cui sono presenti corsi d'acqua intubati, questi dovranno essere riportati preferibilmente a cielo aperto, tenendo una fascia di inedificabilità assoluta di 10 metri da entrambi i cigli superiori di entrambe le sponde.

Nel complesso, dal confronto con la cartografia e le prescrizioni del P.R.G.C., l'intervento in oggetto risulta compatibile con la Normativa Generale. In particolare, data la modesta influenza delle opere previste nel settore ricadente in Classe IIIa3 con l'assetto idraulico locale, nonché il loro sviluppo ad una quota di + 1,5 m rispetto al piano potenzialmente allagabile dal vicino Rio delle Boie, si evidenzia la compatibilità di queste con la situazione di pericolosità geomorfologica sopra descritta.

I rilievi eseguiti in sito non hanno evidenziato la presenza, data la disposizione a moderata acclività, di processi di instabilità in atto o potenziali; si è inoltre verificato come i diversi manufatti presenti nelle immediate vicinanze dell'area in oggetto non manifestino lesioni significative e come la presenza di piccole lesioni in alcuni fabbricati sia, con tutta probabilità, attribuibile ad assestamenti strutturali degli edifici stessi.

Alla luce di quanto esposto, l'area in oggetto è da ritenersi complessivamente stabile, escludendo, al momento dell'indagine, fenomeni morfogenici dissestivi in atto o potenziali di particolare entità.

Solo localmente si potranno presentare modeste e puntuali problematiche geomorfologiche connesse con la variazione della composizione e della potenza del materiale sciolto di copertura e del suo stato di consistenza. Potranno quindi verificarsi fenomeni di piccoli assestamenti legati alla circolazione idrica superficiale e sub-superficiale, anche in settori della zona in esame apparentemente assestati, in tempi più o meno lunghi.

Dal punto di vista **geolitologico**, in base alle prove eseguite nel sito in esame ed a quanto riportato nella cartografia tecnica, si evidenzia che i terreni presenti nell'area d'intervento sono di origine continentale e sono rappresentati da depositi alluvionali ghiaiosi e ghiaioso - sabbiosi poco alterati con intercalazioni di livelli sabbiosi, siltosi e siltoso - sabbiosi, fiancheggiati i principali corsi d'acqua, talora debolmente terrazzati, anche attualmente inondabili.

I processi di alterazione e degradazione (azioni pedogenetiche), sui terreni del tipo di quelli affioranti o sub-affioranti nell'area, unitamente a quelli di deposizione eolica verificatisi durante il Quaternario, danno luogo ad una coltre di copertura a composizione prevalente sabbioso - limosa di potenza limitata, la quale, talvolta, ingloba clasti lapidei di piccola e media pezzatura.

In sintesi, la sequenza litostratigrafica locale presente nell'area in esame, desunta dalle prove e dai rilievi eseguiti nel sito in oggetto ed in un suo intorno significativo, nonché dai dati di letteratura disponibili, può essere così rappresentata:

- in superficie si riconosce la presenza di riporto di origine antropico, costituito da 0,8 m di materiale a granulometria prevalente fine (sabbie e limi) e un sottostante livello di 0,7 m circa di materiali grossolani (blocchi immersi in una matrice sabbioso - ghiaiosa);
- al di sotto del riporto è presente il terreno originario di origine alluvionale, composti da una coltre superiore spessa localmente 2 m circa, costituita da limi e sabbie con livelli di torbe, poggiante su depositi a composizione prevalente sabbioso - limosa con ghiaie.

Dal punto di vista **idrogeologico**, l'indagine eseguita non ha evidenziato, nell'area e nella zona circostante, la presenza di emergenze idriche (sorgenti), mentre sono presenti alcuni punti di captazione di acque sotterranee (pozzi).

I terreni presenti nel sito in esame presentano le caratteristiche di un acquifero in grado di ospitare una modesta falda di tipo freatico, in quanto caratterizzati da una sequenza di materiali poco addensati con potenza plurimetrica caratterizzati da una permeabilità medio - bassa.

L'assetto geologico e geomorfologico del territorio costituisce un elemento di controllo sulla distribuzione delle acque nel suolo: in particolare, si evidenzia che la falda ospitata nei terreni in

esame, avente carattere superficiale, risulta direttamente connessa con il locale reticolo idrografico, il quale, in virtù della quota alla quale scorre, comporta il drenaggio della falda freatica in oggetto.

La superficie libera della falda può subire moderate variazioni di livello durante l'anno a causa dei differenti apporti meteorici, stabilizzandosi, nell'area d'intervento, ad una quota di 2,5 m dal piano superiore del rilevato (1 m circa dal piano originario).

Secondo quanto dedotto dall'indagine eseguita a scala locale, nonché sulla base degli elaborati progettuali disponibili, si rappresenta che le opere fondazionali del manufatto in esame non intercetteranno le acque di falda, in quanto questa presenta una soggiacenza superiore rispetto alla quota di fondazione: alla luce di tale considerazione, si evidenzia quindi che le opere in progetto non interferiranno con il locale assetto idrogeologico.

Dal punto di vista **idrologico**, si rappresenta che il sito in esame risulta essere soggetto ad un rischio idraulico di grado moderato, ponendosi in un'area soggetta alla dinamica idraulica del limitrofo Rio delle Boie: in particolare, in corrispondenza del confine S del lotto d'intervento viene riconosciuta una potenziale inondabilità con intensità del processo elevata (settore EbA).

Come riportato nella Relazione Geologica allegata al vigente P.R.G.C., in tali settori *“sono rappresentati da quelle aree caratterizzate da processi areali di intensità e pericolosità elevata, considerate inondabili da acque con energia “elevata” e tiranti ingenti (indicativamente  $h > 40$  cm), caratterizzate dalla presenza di modesti fenomeni di erosione e deposito.*

*Settori riscontrabili in cartografia con tale dicitura sono quelli evidenziati dallo studio idrologico – idraulico per il Rio delle Boie, con aree allagabili per un tempo di ritorno compreso tra  $Tr = 50$  e  $Tr = 500$ . In realtà i settori Eba per il corso d'acqua in questione, avrebbero dovuto comprendere solamente le porzioni di territorio comprese tra  $Tr = 50$  e  $Tr = 200$ , utilizzando la sigla Ema per le aree comprese tra  $Tr = 200$  e  $Tr = 500$ . Dallo studio idraulico emerge che la linea per  $Tr=200$  coincide con quella per  $Tr = 500$ , per cui si è preferito caratterizzare tutta la fascia compresa tra  $Tr = 50$  e  $Tr = 500$  come Eba. In aggiunta si segnala che, a scopo cautelativo, è stata mantenuta una fascia geometrica di 25 metri da entrambi i cigli di sponda del Rio delle Boie, per il tratto di corso d'acqua non delimitato dalle perimetrazioni dello studio idraulico, per assenza in tale tratto di possibili esondazioni, anche per piene catastrofiche con  $Tr = 500$  anni. Un altro settore incluso nella fascia Eba è quello rappresentato dal tratto terminale del Rivo del Dros nei pressi di C.na Bussetti. Poiché l'attraversamento che permette al corso d'acqua di confluire nel Rio Morto si presenta parzialmente occluso da detrito, in aggiunta alla presenza della S.P. n°122 che funge da “diga” potenziale, si potrebbero verificare inondazioni dei settori circostanti il corso d'acqua con livelli idrici superiori a 40 cm”.*

Come già evidenziato in precedenza, data la natura delle opere in esame, stanti in un modesto ampliamento di un rilevato (allargamento massimo inferiore a 1 m di larghezza) e di una piastra in c.a., quest'ultima posta ad una quota di + 1,5 m al di sopra del piano inondabile dal vicino corso d'acqua, si rappresenta che l'intervento in progetto non comporterà incrementi del rischio idraulico, né modifiche del regime idraulico locale, risultando pertanto compatibile con la situazione di rischio riconosciuta in sito.

In merito a tali aspetti, si prescrive che le acque meteoriche intercettate dalle superfici impermeabilizzate presenti nel lotto in esame, nonché quelle provenienti dalle aree limitrofe, vengano opportunamente captate, convogliate e smaltite nella locale rete di drenaggio, previa adeguata verifica dell'idoneità del ricettore. Si potrà inoltre prevedere il ricorso alla costruzione, nel lotto in oggetto, di una o più vasche interrato a tenuta, opportunamente ubicate a valle delle superfici impermeabili ed opportunamente dimensionate, finalizzate a ritardare gli apporti idrici nella rete di smaltimento (naturale o antropica), in occasione di eventi intensi e prolungati, mitigando così il rischio idrogeologico.

### 3. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO D'INTERVENTO

I caratteri geotecnici indicativi dei litotipi superficiali presenti nell'area d'indagine sono stati ottenuti mediante l'elaborazione delle risultanze di n. 1 prova penetrometrica dinamica, eseguita in prossimità dell'area d'intervento con penetrometro DPM medio (peso massa battente kg 30), le cui caratteristiche tecniche sono di seguito descritte. Tale prova è stata spinta fino a rifiuto ad una profondità massima di 4,5 m. Di seguito si riportano alcune considerazioni generali.

L'elaborazione dei dati ottenuti in seguito alla suddetta prova ha portato alla visualizzazione, sia sottoforma di diagramma che di tabella, del numero dei colpi (N) di penetrazione della punta (avanzamento) e della resistenza dinamica alla punta stessa (Rpd), entrambi in rapporto alla profondità.

L'Rpd risulta correlata al numero dei colpi secondo la Formula Olandese, qui di seguito enunciata:

$$Rpd = M^2H / [A e (M+P)] = M^2HN / [A\delta (M+P)]$$

dove:

Rpd = resistenza dinamica alla punta [area A]

M = peso della massa battente = 30 kg

e = infissione per colpo =  $\delta/N$ ;

P = peso totale delle aste del sistema battuta (dipende dal numero di aste utilizzate durante la l'esecuzione prova)

$\delta$  = avanzamento punta = 10 cm

H = Altezza di caduta libera = 0,2 m

N = N° di colpi punta relativo ad un avanzamento di 10 cm

A = Area base punta conica = 10 cm

E' stata poi eseguita una elaborazione statistica della prova penetrometrica dinamica effettuata (valori medi, minimi, massimi, scarto quadratico medio, etc.), che ha permesso una correlazione dei valori di N penetrometrico con i corrispondenti valori di Nspt. Questi ultimi risultano essere più facilmente interpretabili, essendo disponibile una notevole e specifica bibliografia relativa ad essi.

Poiché non esiste una standardizzazione delle procedure di esecuzione di tali prove, i valori sono stati convertiti in valori equivalenti di SPT, attraverso un coefficiente di correlazione fornito dai produttori della strumentazione penetrometrica utilizzata.

Tale coefficiente, definito  $\beta_t$  (Coefficiente Teorico di Energia), viene calcolato nel seguente modo:

$$\beta_t = Q/Q_{spt} = 0,77$$

dove:

Rpd = resistenza dinamica alla punta [area A]

M = peso della massa battente = 30 kg

e = infissione per colpo =  $\delta/N$ ;

P = peso totale delle aste del sistema battuta (dipende dal numero di aste utilizzate durante la l'esecuzione prova)

$\delta$  = avanzamento punta = 10 cm

H = Altezza di caduta libera = 0,2 m

N = N° di colpi punta relativo ad un avanzamento di 10 cm

A = Area base punta conica = 10 cm



Un'ulteriore e più approfondita elaborazione ha permesso la stesura delle tavole d'interpretazione geotecnica della prova effettuata indicante, dopo una preliminare differenziazione a seconda della natura granulare o coesiva del terreno in esame, i valori dei principali parametri, definiti per ogni differente strato, dedotti da note correlazioni con quelli del numero dei colpi (N) di penetrazione della punta (avanzamento).

Si riportano, di seguito, i parametri geotecnici, da attribuire ai vari terreni, desunti indirettamente dall'elaborazione della prova eseguita dallo scrivente nell'area indagata e confermati da valori tabellari, nonché dall'analisi del materiale bibliografico disponibile. Si rappresenta che i valori di seguito riportati sono stati ricavati mediando i valori ottenuti dall'elaborazione della prova di profondità all'interno degli stessi livelli, ed escludendo quei valori che si discostavano eccessivamente dalla media di ogni singolo strato.

### **PROVA P1**

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)  
 Prova eseguita in data 18/04/2018  
 Profondità prova 6,00 m  
 Falda rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	1	0,857	2,86	3,34	0,14	0,17
0,20	4	0,855	11,42	13,36	0,57	0,67
0,30	4	0,853	11,39	13,36	0,57	0,67
0,40	2	0,851	5,68	6,68	0,28	0,33
0,50	1	0,849	2,83	3,34	0,14	0,17
0,60	1	0,847	2,83	3,34	0,14	0,17
0,70	25	0,745	62,21	83,49	3,11	4,17
0,80	34	0,693	78,72	113,54	3,94	5,68
0,90	30	0,742	70,50	95,07	3,52	4,75
1,00	29	0,740	67,98	91,90	3,40	4,60
1,10	16	0,788	39,95	50,70	2,00	2,54
1,20	34	0,686	73,94	107,75	3,70	5,39
1,30	16	0,785	39,78	50,70	1,99	2,54
1,40	20	0,783	49,62	63,38	2,48	3,17
1,50	18	0,781	44,56	57,04	2,23	2,85
1,60	1	0,830	2,63	3,17	0,13	0,16
1,70	2	0,828	5,25	6,34	0,26	0,32
1,80	3	0,826	7,86	9,51	0,39	0,48
1,90	3	0,825	7,46	9,05	0,37	0,45
2,00	2	0,823	4,96	6,03	0,25	0,30
2,10	3	0,822	7,43	9,05	0,37	0,45
2,20	3	0,820	7,42	9,05	0,37	0,45
2,30	3	0,819	7,40	9,05	0,37	0,45
2,40	2	0,817	4,93	6,03	0,25	0,30
2,50	5	0,816	12,30	15,08	0,61	0,75
2,60	4	0,814	9,82	12,06	0,49	0,60
2,70	2	0,813	4,90	6,03	0,25	0,30
2,80	4	0,811	9,79	12,06	0,49	0,60
2,90	3	0,810	6,99	8,63	0,35	0,43
3,00	4	0,809	9,30	11,50	0,47	0,58
3,10	1	0,807	2,32	2,88	0,12	0,14
3,20	1	0,806	2,32	2,88	0,12	0,14
3,30	1	0,805	2,31	2,88	0,12	0,14
3,40	1	0,803	2,31	2,88	0,12	0,14
3,50	1	0,802	2,31	2,88	0,12	0,14
3,60	1	0,801	2,30	2,88	0,12	0,14
3,70	1	0,800	2,30	2,88	0,11	0,14

3,80	4	0,798	9,18	11,50	0,46	0,58
3,90	7	0,797	15,34	19,24	0,77	0,96
4,00	4	0,796	8,75	10,99	0,44	0,55
4,10	8	0,795	17,47	21,98	0,87	1,10
4,20	10	0,794	21,81	27,48	1,09	1,37
4,30	5	0,793	10,89	13,74	0,54	0,69
4,40	8	0,791	17,40	21,98	0,87	1,10
4,50	8	0,790	17,38	21,98	0,87	1,10
4,60	7	0,789	15,18	19,24	0,76	0,96
4,70	7	0,788	15,16	19,24	0,76	0,96
4,80	14	0,737	28,36	38,47	1,42	1,92
4,90	8	0,786	16,55	21,05	0,83	1,05
5,00	12	0,785	24,79	31,58	1,24	1,58
5,10	6	0,784	12,38	15,79	0,62	0,79
5,20	7	0,783	14,42	18,42	0,72	0,92
5,30	11	0,782	22,64	28,95	1,13	1,45
5,40	21	0,681	37,64	55,26	1,88	2,76
5,50	19	0,730	36,50	50,00	1,83	2,50
5,60	20	0,729	38,38	52,63	1,92	2,63
5,70	15	0,728	28,74	39,47	1,44	1,97
5,80	25	0,677	44,56	65,79	2,23	3,29
5,90	20	0,726	36,68	50,49	1,83	2,52
6,00	23	0,675	39,22	58,06	1,96	2,90

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1****TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	6,85	0,80	6,85	Schultze & Menzenbach	58,83
Strato 2	17,72	1,50	17,72	Schultze & Menzenbach	61,43
Strato 3	1,77	3,70	1,77	Schultze & Menzenbach	45,72
Strato 4	8,9	6,00	8,9	Schultze & Menzenbach	53,71

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	6,85	0,80	6,85	Shioi-Fukuni	25
Strato 2	17,72	1,50	17,72	Shioi-Fukuni	31
Strato 3	1,77	3,70	1,77	Shioi-Fukuni	20
Strato 4	8,9	6,00	8,9	Shioi-Fukuni	26

**Modulo Edometrico**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	6,85	0,80	6,85	Begemann (1974)	41,53
Strato 2	17,72	1,50	17,72	Begemann (1974)	63,86
Strato 3	1,77	3,70	1,77	Begemann (1974)	31,10
Strato 4	8,9	6,00	8,9	Begemann (1974)	45,75

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	6,85	0,80	6,85	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Strato 2	17,72	1,50	17,72	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	1,77	3,70	1,77	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 4	8,9	6,00	8,9	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	6,85	0,80	6,85	Meyerhof ed altri	1,71
Strato 2	17,72	1,50	17,72	Meyerhof ed altri	1,95
Strato 3	1,77	3,70	1,77	Meyerhof ed altri	1,59
Strato 4	8,9	6,00	8,9	Meyerhof ed altri	1,79

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	6,85	0,80	6,85	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
Strato 2	17,72	1,50	17,72	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,05
Strato 3	1,77	3,70	1,77	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
Strato 4	8,9	6,00	8,9	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei parametri mediati da attribuire ai terreni attraversati desunti dall'elaborazione delle risultanze delle prove penetrometriche eseguite:

Strato	Profondità	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$\phi'$	C
	m da p.c.				t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	°	kg/cm <sup>2</sup>
1	0,0 – 0,8	7	Incoerente	Poco addensato	1,71	1,90	25	0
2	0,8 – 1,5	18	Incoerente	Moderatamente addensato	1,95	2,05	31	0
3	1,5 – 3,7	2	Incoerente	Sciolto	1,59	1,87	20	0
4	> 3,7	9	Incoerente	Da poco a moderatamente addensato	1,79	1,91	26	0

dove:

Nspt : numero colpi riferibili ad una prova SPT

$\gamma$ : peso di volume

$\gamma_{sat}$ : peso di volume saturo

$\phi$ : angolo di attrito

C: coesione

Al fine della ricostruzione del modello geotecnico dell'area d'intervento, finalizzato a fornire tutti i dati geotecnici necessari per il progetto e le verifiche delle fondazioni, nonché per l'impostazione delle successive attività di monitoraggio, sulla base della stratigrafia ottenuta dalle indagini e prove eseguite in prossimità del sito in esame, è stato possibile individuare le seguenti *unità litologiche* aventi caratteristiche geotecniche omogenee:

					VALORI MEDI		
Unità litologica	Litologia	Spessore	Tipo	Classificazione A.G.I.	$\gamma_m$	$\phi'_m$	$Cu_m$
		<b>m da p.c.</b>			<b>t/m<sup>3</sup></b>	<b>°</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
1	Riporto a granulometria fine	0,0 – 0,8	Incoerente	Poco addensato	1,71	25	0,0
2	Riporto a granulometria grossolana	0,8 – 1,5	Incoerente	Moderatamente addensato	1,95	31	0,0
3	Coltre e depositi alluvionali a granulometria fine	1,5 – 3,7	Incoerente	Sciolto	1,59	20	0,0
4	Depositi alluvionali a granulometria media	> 3,7	Incoerente	Da poco a moderatamente addensato	1,79	26	0,0

dove:

$\gamma_m$ : peso di volume;

$Cu_m$ : coesione non drenata;

$\phi'_m$ : angolo di attrito interno efficace.

Lo schema geotecnico valido per l'area d'intervento, dedotto dalle indagini eseguite, è il seguente:

- piano campagna di riferimento locale: orizzontale;
- profondità della falda: 2,5 m dal piano superiore del rilevato;
- terreno di fondazione: piastra in c.a. = Unità litologica 1, rilevato = Unità litologica 3;
- volume significativo: piastra in c.a. = Unità litologica 1+2+3, rilevato = Unità litologica 3+4;
- valori medi parametri: vedasi tabella precedente.

Di seguito si riportano i valori caratteristici coincidenti con i valori medi da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M1, ai sensi del D.M. 17.01.2018.

					VALORI CARATTERISTICI		
Unità litologica	Litologia	Spessore	Tipo	Classificazione A.G.I.	$\gamma_k$	$\phi'_k$	$Cu_k$
		<b>m da p.c.</b>			<b>t/m<sup>3</sup></b>	<b>°</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
1	Riporto a granulometria fine	0,0 – 0,8	Incoerente	Poco addensato	1,71	25	0,0
2	Riporto a granulometria grossolana	0,8 – 1,5	Incoerente	Moderatamente addensato	1,95	31	0,0
3	Coltre e depositi alluvionali a granulometria fine	1,5 – 3,7	Incoerente	Sciolto	1,59	20	0,0
4	Depositi alluvionali a granulometria media	> 3,7	Incoerente	Da poco a moderatamente addensato	1,79	26	0,0

dove:

$\gamma_k$ : peso di volume;

$C_{uk}$ : coesione non drenata;

$\phi'_k$ : angolo di attrito interno drenato.

Di seguito si riportano i valori di progetto coincidenti con i valori medi da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M2, dividendo i valori caratteristici per un coefficiente riduttivo parziale secondo quanto indicato nell'Eurocodice 7 e nel D.M. 17.01.2018 – NTC. Tali parametri sono stato ottenuti dividendo i valori caratteristici per i seguenti coefficienti di riduzione:

$$\gamma_d = \gamma_k/1;$$

$$C_d = C_{uk}/1,4;$$

$$\phi'_d = \phi'_k/1,25.$$

					VALORI DI PROGETTO		
Unità litologica	Litologia	Spessore	Tipo	Classificazione A.G.I.	$\gamma_d$	$\phi'_d$	$C_{ud}$
		<b>m da p.c.</b>			<b>t/m<sup>3</sup></b>	<b>°</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
1	Riporto a granulometria fine	0,0 – 0,8	Incoerente	Poco addensato	1,71	25	0,0
2	Riporto a granulometria grossolana	0,8 – 1,5	Incoerente	Moderatamente addensato	1,95	31	0,0
3	Coltre e depositi alluvionali a granulometria fine	1,5 – 3,7	Incoerente	Sciolto	1,59	20	0,0
4	Depositi alluvionali a granulometria media	> 3,7	Incoerente	Da poco a moderatamente addensato	1,79	26	0,0

dove:

$\gamma_d$ : peso di volume;

$C_{ud}$ : coesione non drenata;

$\phi'_d$ : angolo di attrito interno drenato.

Una volta ottenuti i predetti valori caratteristici e di progetto da utilizzarsi nelle diverse tipologie di verifiche da parte del Progettista, tutte le opere e le componenti strutturali dovranno essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalla normativa vigente.

Le opere e le varie tipologie strutturali dovranno possedere i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU);
- capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone, o comportare la perdita di beni, o provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo (SLU) ha carattere irreversibile e si definisce collasso. Il superamento di uno stato limite di esercizio (SLE) può avere carattere reversibile o irreversibile.

Il superamento di uno stato limite di esercizio (SLE) ha carattere reversibile nel caso che si esamini una situazione in cui la deformazione o il danno cessino con l'estinguersi della causa che ha determinato il superamento dello stato limite. Se, pur non avendosi il collasso, l'opera subisce lesioni tali da renderla inutilizzabile, in quest'ultimo caso siamo in presenza di danni irreversibili o di deformazioni permanenti inaccettabili. Ad esempio, nel caso di una fondazione superficiale ciò può verificarsi quando i cedimenti del terreno superano una soglia critica, provocando delle distorsioni angolari non accettabili negli elementi della sovrastruttura.

Per le opere esistenti è possibile fare riferimento a livelli di sicurezza diversi da quelli delle nuove opere ed è anche possibile considerare solo gli stati limite ultimi (SLU).

La verifica della sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) di resistenza si ottiene con il "Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti parziali" di sicurezza tramite l'equazione:

$$R_d > E_d$$

con:

$R_d$  = resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate (di pertinenza del geotecnico e dello strutturista);

$E_d$  = valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto nelle varie combinazioni di carico (di pertinenza dello strutturista).

Disponendo dei carichi indotti dall'edificio e dalle strutture, nonché dei parametri caratteristici e di progetto forniti, dovranno essere effettuate dal Progettista le verifiche ai diversi stati limite del sistema geotecnico per le combinazioni  $A1+M1+R1$ ,  $A2+M2+R2$  e  $A1+M1+R3$ , suddivise nei 2 approcci previsti, applicando i coefficienti parziali sui parametri previsti dal D.M. 17.01.2018.

### *Opere di fondazione*

In base al modello geologico evidenziato ed a quello geotecnico sopradescritto, si evince che le opere di fondazione della piastra in c.a. poggeranno sui termini superficiali del riporto, avente scarse caratteristiche geotecniche (Unità 1). A tale merito, si prescrive la realizzazione di un piano di posa con migliori caratteristiche, mediante sostituzione dei primi 30 – 40 cm di terreno al di sotto della platea con un materiale granulare misto con clasti angolosi, da compattarsi preventivamente alla realizzazione dell'opera.

L'allargamento del rilevato poggerà sui termini superficiali dei depositi alluvionali, aventi scarse proprietà geotecniche (Unità 3). Tale opera, pertanto, dovrà essere realizzata su di un piano precedentemente regolarizzato e compattato, con posa di materiale grossolano (es. blocchi), al di sopra del quale si consiglia la costruzione di un manufatto con pesi contenuti (es. terra armata). In alternativa, andrà prevista la realizzazione di una serie di pali ad infissione, spinti alla profondità di almeno 3 m dal piede del rilevato, uniti tra loro in testa da un cordolo in c.a. che avrà funzione di piede per la soprastante opera di contenimento del rilevato.

Non disponendo, allo stato attuale, dei valori dei carichi ed azioni indotti dal fabbricato, nonché dell'esatte caratteristiche delle opere fondazionali, per le verifiche di tali opere si rimanda alla *Relazione sulle opere fondazionali* a firma del Progettista delle strutture.

Nel caso il Progettista delle verifiche delle opere fondazionali nei confronti dei diversi Stati Limite strutturali (STR) e geotecnici (GEO) utilizzi i seguenti approcci: DA1.1 - Approccio 1 -

Combinazione 1: (A1+M1+R1) e DA1.2 - Approccio 2 - Combinazione 1: (A1+M1+R3) i parametri di riferimento che dovranno essere utilizzati saranno quelli *caratteristici* ( $\gamma_k, Cu_k, \phi'_k$ ). Nel caso venga invece utilizzato il seguente approccio: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), i parametri da utilizzare saranno quelli di *progetto* ( $\gamma_d, Cu_d, \phi'_d$ ).

#### 4. CARATTERI SISMICI DELL'AREA D'INDAGINE

Secondo l'Ordinanza 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri, aggiornata con le comunicazioni fornite dalle Regioni, vengono individuate, nelle "norme tecniche", 4 valori di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Ag/g). Ciascuna zona viene individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (Ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (Ag/g).

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

Nell'ambito della riclassificazione sismica del territorio nazionale, secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recepita con Deliberazione della Giunta Regionale n. 61-11017 del 17 novembre 2003 e recentemente modificata con Deliberazione della Giunta Regionale n. 11-13058 del 19 gennaio 2010, il territorio comunale di Pavarolo risulta classificato nell'ambito della Zona 4. Tale zona corrisponde a:

Accelerazione orizz. con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [Ag/g] = 0,05 – 0,15;

Accelerazione orizz. di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [Ag/g] = 0,15.

#### Categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, come riportato nel D.M. delle Infrastrutture 17.01.2018, punto 3.2.2 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche", si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (Tabella 3.2.II - le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni superficiali, oppure alla quota di testa dei pali nel caso di fondazioni speciali):

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Nelle definizioni precedenti  $V_{s,eq}$  è la velocità media di propagazione delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità (in m/s) delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo, mentre  $H$  indica la profondità del substrato (definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s).

Il terreno indagato, in base alle caratteristiche geotecniche dei litotipi presenti in sito nonché da quanto emerso dalle indagini eseguite, rientra all'interno della **categoria C**.

### Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $O_F$  e  $T_c^*$  relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V del D.M., nelle quali  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo  $T_c^*$  è espresso in secondi.

**Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$**

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
<b>A</b>	1,00	1,00
<b>B</b>	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
<b>C</b>	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
<b>D</b>	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
<b>E</b>	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del *reticolo di riferimento* e per ciascuno dei periodi di ritorno  $T_r$  considerati dalla *pericolosità sismica*, i 3 parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- $a_g$  il valore previsto dalla *pericolosità sismica*;
- $F_o$  e  $T_c^*$  i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali



previste dalla *pericolosità sismica* (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Sempre in merito alle indicazioni fornite nel suddetto punto 3.2.2, si rappresenta che la risposta sismica locale di un sito, oltre che dalle caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo, dipende anche dalla conformazione morfologica dei luoghi. Pertanto, qualora le caratteristiche topografiche dei luoghi non risultino particolarmente complesse (caso nel quale è necessario prevedere una modellizzazione particolare del sito, necessaria per identificare correttamente le caratteristiche di risposta sismica locale), vengono individuate 4 diverse categorie topografiche, rappresentative di altrettante configurazioni superficiali semplici, riportate nella successiva tabella (Tabella 3.2.IV).

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

Come riportato nel Decreto, le su esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

L'area d'intervento, secondo quanto verificato dai rilevamenti eseguiti in sito, ricade in una zona di fondovalle ad acclività molto bassa: pertanto, tale area risulta essere compresa nella categoria topografica **T1** = "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ".

A partire dall'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, ora sostituito dal D.M. 17.01.2018, la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ( $V_{s,eq} > 800$  m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell'accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative.

Ai fini della stima dell'azione sismica di progetto relativa al sito ubicato nel territorio comunale in oggetto, con le precedenti normative in campo antisismico, applicando il criterio "zona dipendente" avremmo potuto stimare l'accelerazione di base (senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni) in maniera automatica, poiché essa sarebbe stata direttamente correlata alla Zona sismica di appartenenza del Comune (nel caso in esame, Zona sismica 3).

La classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica. Pertanto la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le coordinate geografiche (o l'indirizzo ove disponibile), riportate nel reticolo di riferimento.

Ai fini della determinazione della pericolosità sismica il primo passo consiste nella determinazione di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido). Per tale determinazione è necessario conoscere, come anticipato, le coordinate geografiche dell'opera da verificare. Le coordinate geografiche dovranno essere trasformate da gradi sessagesimali a decimali. Si determina, quindi, la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di

riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

Di seguito si riportano i parametri sismici di riferimento validi per il sito in esame:

#### Parametri sismici

Sito in esame.

latitudine: 45,06668  
 longitudine: 7,835278  
 Classe: 2  
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 13795	Lat: 45,0515	Lon: 7,8302	Distanza: 1734,642
Sito 2	ID: 13796	Lat: 45,0548	Lon: 7,9008	Distanza: 5311,298
Sito 3	ID: 13574	Lat: 45,1047	Lon: 7,8961	Distanza: 6378,366
Sito 4	ID: 13573	Lat: 45,1014	Lon: 7,8255	Distanza: 3933,557

Parametri sismici

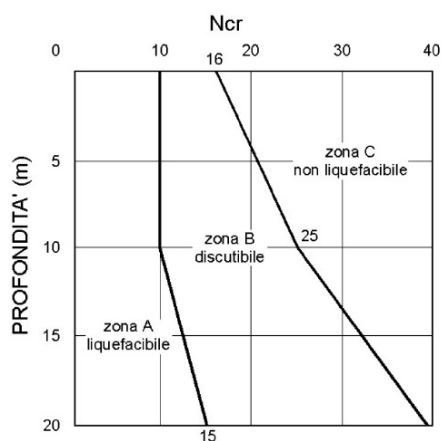
Categoria sottosuolo: C  
 Categoria topografica: T1  
 Periodo di riferimento: 50anni  
 Coefficiente cu: 1

<b>Operatività (SLO):</b> Probabilità di superamento: 81 % Tr: 30 [anni] ag: 0,019 g Fo: 2,614 Tc*: 0,160 [s]	<b>Danno (SLD):</b> Probabilità di superamento: 63 % Tr: 50 [anni] ag: 0,024 g Fo: 2,607 Tc*: 0,187 [s]
<b>Salvaguardia della vita (SLV):</b> Probabilità di superamento: 10 % Tr: 475 [anni] ag: 0,045 g Fo: 2,728 Tc*: 0,275 [s]	<b>Prevenzione dal collasso (SLC):</b> Probabilità di superamento: 5 % Tr: 975 [anni] ag: 0,053 g Fo: 2,779 Tc*: 0,295 [s]

#### Coefficienti Sismici

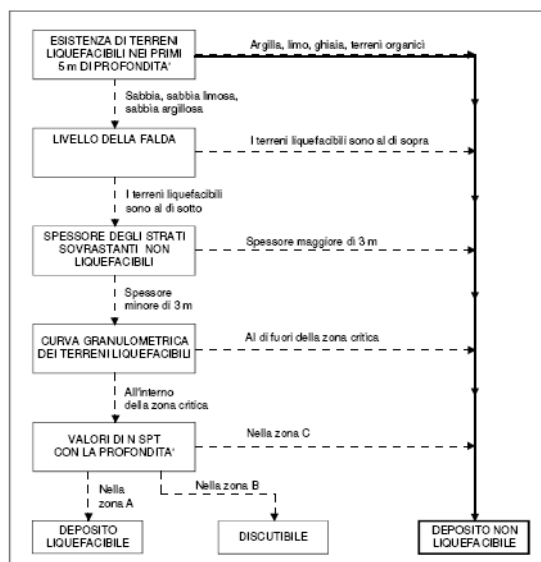
<b>SLO:</b> Ss: 1,500 Cc: 1,920 St: 1,000 Kh: 0,006 Kv: 0,003 Amax: 0,284 Beta: 0,200	<b>SLD:</b> Ss: 1,500 Cc: 1,820 St: 1,000 Kh: 0,007 Kv: 0,004 Amax: 0,351 Beta: 0,200
<b>SLV:</b> Ss: 1,500 Cc: 1,610 St: 1,000 Kh: 0,014 Kv: 0,007 Amax: 0,667 Beta: 0,200	<b>SLC:</b> Ss: 1,500 Cc: 1,570 St: 1,000 Kh: 0,016 Kv: 0,008 Amax: 0,784 Beta: 0,200

Per la valutazione della suscettibilità alla liquefazione in fase sismica del deposito in esame, si fa ricorso alla procedura semplificata proposta da *Sherif & Ishibashi* (1978); dall'abaco sottostante rileva che il deposito in esame, non rientra tra quelli passibili di liquefazione in fase sismica, per assenza dei seguenti fattori predisponenti: granulometria.



Profili critici di  $N_{SPT}$  nei confronti della liquefazione

PROCEDURA SEMPLIFICATA PER LA VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIVITA' ALLA LIQUEFAZIONE DI UN DEPOSITO (*Sherif & Ishibashi, 1978*).



NOTE:

— Deposito in esame.

Dall'analisi effettuata è emerso che i terreni presenti in sito, al di sotto del piano di appoggio delle opere fondazionali dei manufatti in progetto, non risultano liquefacibili.

## 5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Alla luce delle indagini geologico - tecniche eseguite nell'area d'intervento ed in quelle ad esso circostante, si può concludere che il sito debba ritenersi **idoneo** ad accogliere le opere in progetto ed i relativi carichi indotti dalle strutture, nell'assoluto rispetto delle raccomandazioni geologiche l.s. di seguito fornite.

### **Si attesta, pertanto, la fattibilità geologico – tecnica dell' intervento in progetto.**

Trattandosi della realizzazione di un intervento edificatorio collocato all'interno di un contesto già antropizzato, senza previsione di modifiche sostanziali rispetto alle strutture esistenti, si ritiene che gli effetti indotti sull'ambiente circostante saranno contenuti.

Stante quanto indicato nei capitoli precedenti, si riportano alcune prescrizioni da seguire obbligatoriamente in fase di progettazione esecutiva e di realizzazione lavori.

- Andrà prevista, quando necessario, la figura del Geologo, al fine di:
  - valutare eventuali problematiche di carattere geologico - tecnico ed idrogeologico emerse, non previste in fase progettuale, fornendone le adeguate soluzioni tecniche;
  - valutare, mediante apposite prove sui fronti di scavo e/o sul piano di fondazione, i caratteri geologici e geotecnici dei litotipi ricadenti nel volume significativo di terreno dei manufatti in costruzione, ai fini delle verifiche strutturali di questi;
  - supportare la D.L. circa possibili varianti resesi necessarie in corso d'opera;
  - valutare la corretta esecuzione di tutte le attività coinvolgenti la componente geologica l. s.;
- Evitare fenomeni di appoggio differenziato su porzioni di terreno a diverso grado d'addensamento e consolidamento, il tutto al fine di evitare cedimenti o dissesti.
- Dovranno essere realizzate tutte le opere di intercettazione, raccolta e smaltimento di tutti i possibili apporti idrici nell'area di cantiere ed in quella di sua influenza, garantendone il corretto recapito in idoneo ricettore, al fine di evitare ogni possibile problematica dissestiva.
- Osservare attentamente, da parte dell'Impresa esecutrice, sotto il controllo del Responsabile della sicurezza e della D.L., l'assoluto rispetto delle norme in materia di sicurezza nei cantieri.
- Andranno posti in essere tutti gli interventi, gli accorgimenti e le cautele atte a garantire la sicurezza dei luoghi.

La presente relazione costituisce adempimento alle Norme Tecniche di cui al D.M. 14.01.2008.

Almese, 27 Aprile 2018

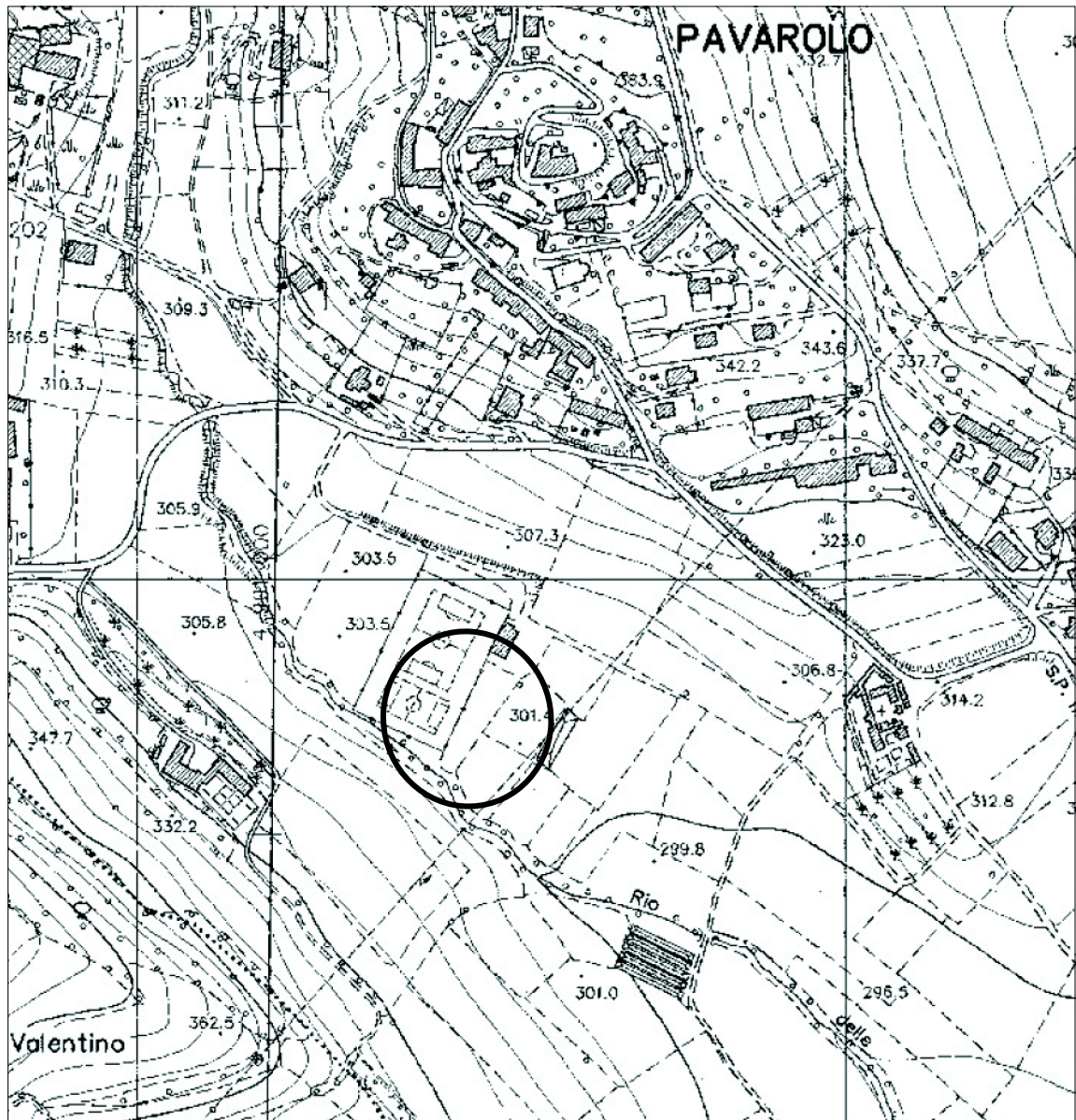
Dott. Geol. Cristian BORRA



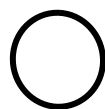
## **6. ALLEGATI**

# INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Scala 1:5.000



## Legenda

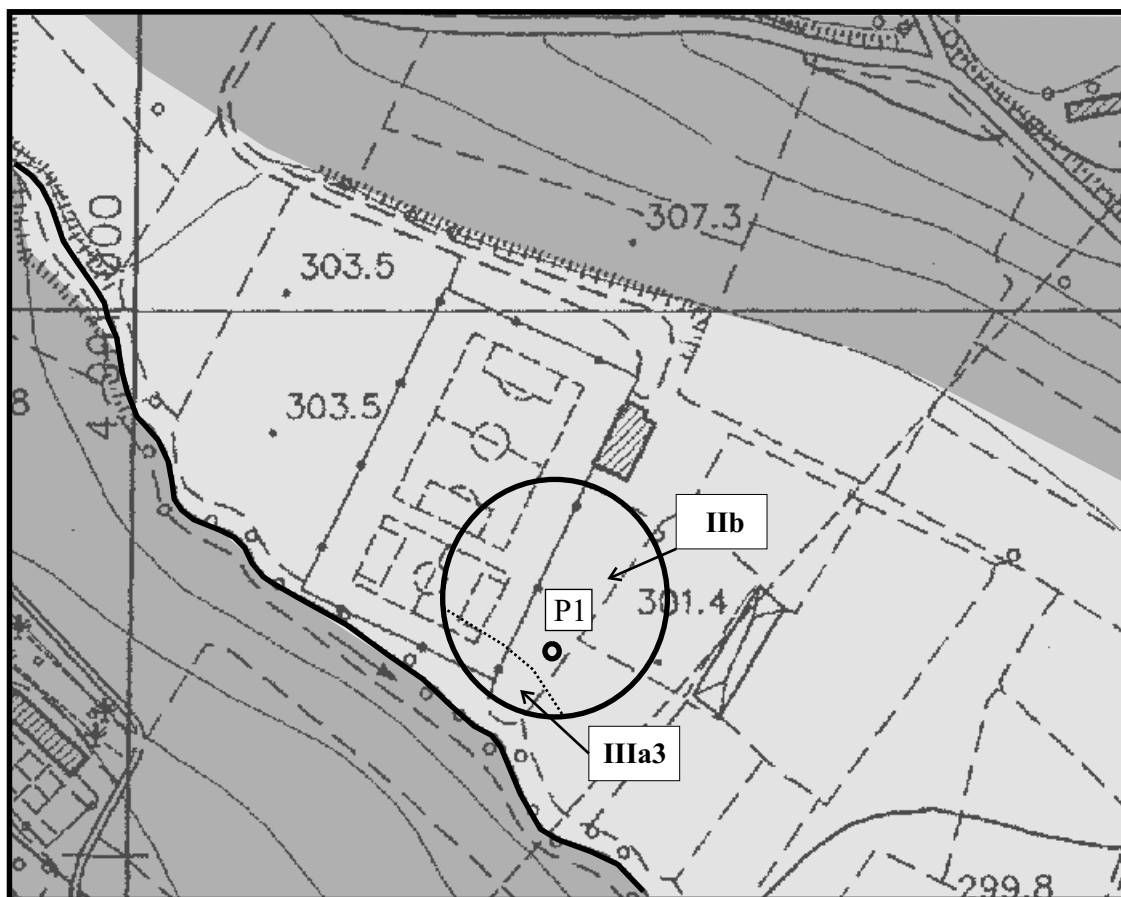


Ubicazione area d'indagine


# CARTA GEOLOGICO - TECNICA


(con elementi geomorfologici ed idrogeologici)

Scala 1:2.500



## LEGENDA

 Depositi alluvionali ghiaiosi e ghiaioso - sabbiosi poco alterati con intercalazioni di livelli sabbiosi, siltosi e siltoso - sabbiosi, fiancheggianti i principali corsi d'acqua, talora debolmente terrazzati, anche attualmente inondabili.


 Marne e areniti a foraminiferi bioturbate, con sottili intercalazioni arenacee (Formazione di Baldissero).

**IIb** Classe IIb - pericolosità geomorfologica moderata: aree di pianura, caratterizzate da ristagni d'acqua e limitrofe a linee di drenaggio minori; aree che presentano problemi di regimazione delle acque, aree con modesta soggiacenza della falda freatica.

**IIIa3** Classe IIIa3 - pericolosità geomorfologica elevata: aree potenzialmente inondabili con intensità del processo elevata (EbA).

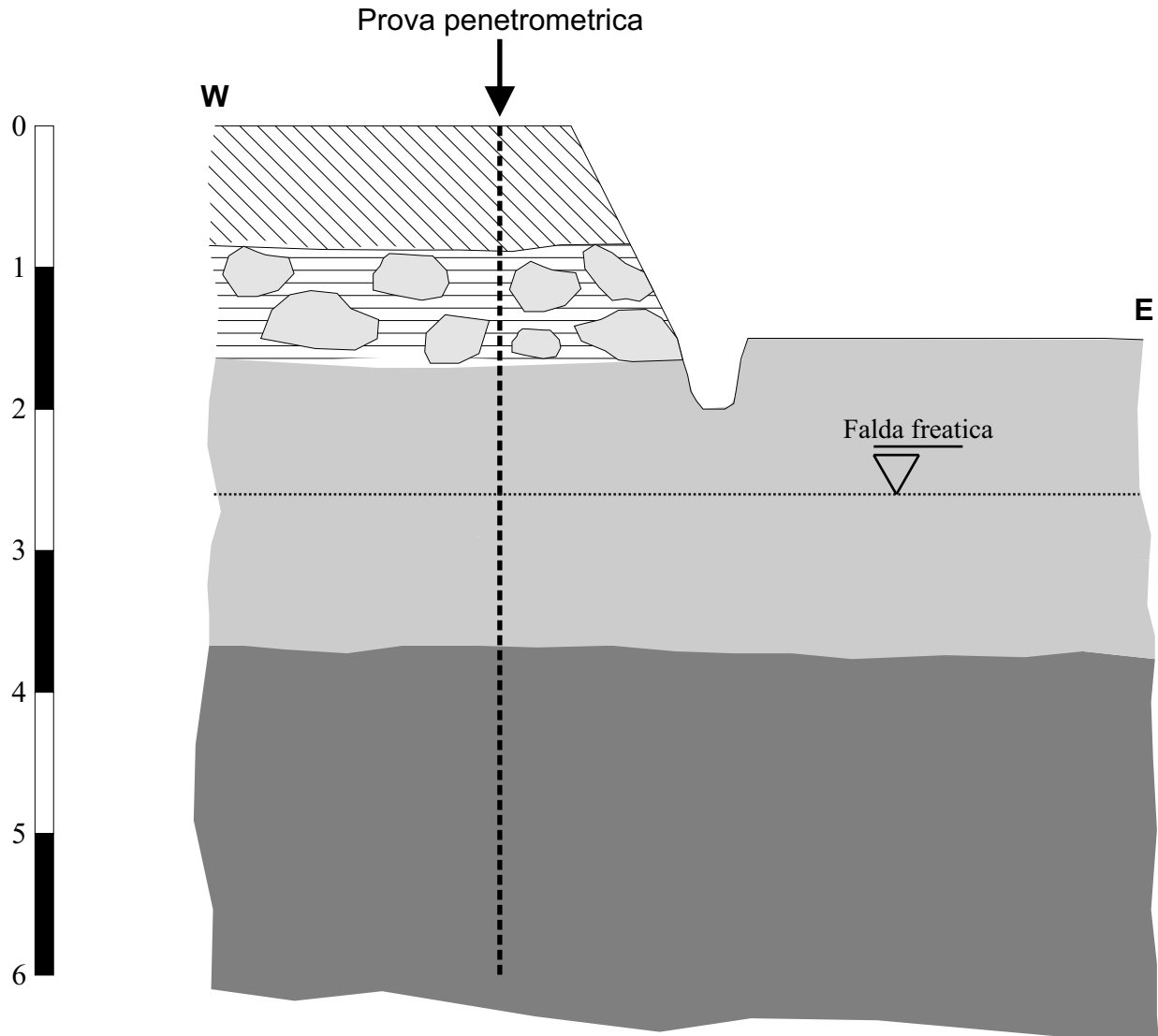
**P1**  Ubicazione della prova penetrometrica dinamica eseguita in sito.

 Reticolo idrografico locale (Rio delle Boie).

 Ubicazione area d'indagine.

# SEZIONE STRATIGRAFICA SCHEMATICA

Scala 1:50



## LEGENDA



Materiale di riporto antropico a granulometria prevalente sabbioso - limosa. Materiale poco addensato.



Materiale di riporto antropico composto da blocchi immersi in una matrice sabbioso - ghiaiosa. Materiale moderatamente addensato.



Depositi alluvionali a composizione prevalente sabbioso - limosa con livelli di torbe. Materiale da sciolto a poco addensato.



Depositi alluvionali a composizione prevalente sabbioso - limosa con ghiaie. Materiale moderatamente addensato.



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1**  
**Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Comune di Pavarolo (TO)  
Cantiere : Via Baldissero  
Località : Pavarolo (TO)

Data :18/04/2018

Scala 1:30

