

AGGIORNAMENTO PIANO CIMITERIALE

COMUNE DI PONTE SAN PIETRO

RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SULLA  
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Ai sensi di

Allegato 1 del Regolamento Regionale n.6 del 9 novembre 2004

SETTEMBRE 2023

## INDICE GENERALE

1. PREMESSA	Pag.3
2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA	Pag.4
2.1 Inquadramento climatico	Pag.4
2.2 Rete idrografica	Pag.6
2.3 Vincoli	Pag.6
2.4 Stato di fatto	Pag.9
3. INDAGINI DIRETTE ED INDIRETTE GEOGNOSTICHE	Pag.11
3.1 Prove penetrometriche statiche e Sondaggi geognostici	Pag.12
3.2 Tomografia elettrica ERT2D	Pag.12
3.3 MASW	Pag.12
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	Pag.13
4.1 Lineamenti geologici e geomorfologici	Pag.13
4.2 Litologia di superficie	Pag.14
4.3 Analisi granulometrica del suolo	Pag.15
5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	Pag.15
5.1 Assetto idrogeologico del sito – Livello di falda	Pag.15
5.2 Morfologia della superficie piezometrica	Pag.16
5.3 Vulnerabilità degli acquiferi	Pag.16
5.4 Lineamenti pedologici	Pag.17
6. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.18
6.1 Coefficiente di permeabilità dei terreni	Pag.18
6.2 Idoneità dei terreni all'inumazione	Pag.21
6.3 Modello geotecnico	Pag.22
7. ANALISI DELLA SISMICITÀ DEL SITO E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO	Pag.24
7.1 Classificazione macrosismica nazionale	Pag.24
7.2 Aspetti sismici ai sensi della Normativa NTC	Pag.24
7.3 Stima dell'azione sismica di progetto	Pag.25
7.4 Verifica alla liquefazione	Pag.27
7.5 Aspetti sismici ai sensi della Normativa Regionale: I e II Livello di approfondimento	Pag.27
8. CONCLUSIONI	Pag.29

ALLEGATI

## 1. PREMESSA

La Legge Regionale n.22 del 18 novembre 2003 recante “Norme in materia di attività e servizi necroscopici, funebri e cimiteriali “dispone che “ogni comune, nell’ambito della pianificazione urbanistica e territoriale, prevede aree cimiteriali in grado di rispondere alla necessità di sepoltura, nell’arco dei venti anni successive dall’adozione degli strumenti urbanistici ” art.9 comma2).

Il Regolamento Regionale n.6 del 9 novembre 2004 “Regolamento in materia di attività funebri e cimiteriali”, in attuazione degli articoli 9, comma 5 e 10, comma1, della legge regionale 18 novembre 2003, n.22 stabilisce, che “ogni comune è tenuto a predisporre uno o più piani cimiteriali, per i cimiteri esistenti o da realizzare, al fine di rispondere alle necessità di sepoltura nell’arco dei vent’anni successive all’approvazione dei piani stessi”.

In ottemperanza alle disposizioni normative, l’Amministrazione Comunale di Ponte San Pietro (BG), in previsione dell’ampliamento e revisitazione dell’area cimiteriale della frazione di Locate, provvederà a dotarsi del piano cimiteriale.

Per la redazione del piano cimiteriale, così come riportato nell’Allegato 1 al Regolamento Regionale n. 6, è necessario produrre una relazione geologico-geotecnica ed idrogeologica finalizzata alla definizione dell’assetto geologico ed idrogeologico e delle caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dalle opere strutturali e/o dalle inumazioni.

Relativamente alla componente geotecnica dello studio, riguardante la progettazione di opere edili, quali loculi, cappelle funerarie o altro, si farà riferimento al vigente D.M. 17 Gennaio 2018 “Norme Tecniche per le costruzioni”, nonché alla normativa sismica vigente, Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 Aprile 2006, che inserisce il Comune di Ponte San Pietro (BG) in Zona Sismica 3.

Pertanto, in riferimento al paragrafo “2.4 Vita nominale, classi d’uso e periodo di riferimento” del D.M. 17.01.2018, essendo il fabbricato in progetto classificabile come “Tipo di costruzione 2 – Opere ordinarie, ponti, opera infrastrutturali ed opere di dimensioni contenute di importanza normale” e “Classe d’Uso I – Costruzioni con presenza occasionale di persone, edifici agricoli”, le verifiche di sicurezza dovranno essere condotte agli Stati Limite, sia in condizioni statiche sia dinamiche.

Al fine di produrre la caratterizzazione geologica, idrogeologica e geotecnica, nel presente documento verranno descritti i risultati delle indagini geologiche, geotecniche e sismiche svolte e pregresse in corrispondenza dei terreni dell’odierna area cimiteriale e all’interno della stessa.

La fase di indagine ed analisi dell’assetto geologico, idrogeologico e geotecnico del comparto di interesse, è stata condotta sulla base di prove in sito consistenti in:"

### *Indagini pregresse*

- 1989 **Geoconsult** di Dott. Geol. Belloli (BG) – indagine relative a dissesti nei vecchi colombari
  - messa in opera di fessurimetri
  - n° 2 sondaggi geognostici con esecuzione di SPT in foro
  - n° 4 prove penetrometriche dinamiche continue SCPT
  - analisi granulometrica campioni
  - prova di compressibilità edometrica
- 2005 **TGA** di Dott. Ceresoli Giancarlo (Ponte San Pietro) – Indagini geofisiche (ERT2D) per la ricostruzione del sottosuolo interessato da fenomeni di subsidenza e verifica della presenza di anomalie legate al grado di saturazione e/o livelli compressibili prevalentemente dinatura coesiva
  - n° 2 stese ERT2D

### *Indagini eseguite*

- n° 2 prove penetrometriche dinamiche continue SCPT
- n°1 MASW

Sulla scorta delle indagini ed operazioni di situ, lo studio è stato così articolato:

- Inquadramento geologico e geomorphologico del comparto;
- ricostruzione della successione stratigrafica del comparto;
- valutazioni sulla soggiacenza ed escursione del livello della falda freatica in relazione alla verifica della

possibilità di predisporre fosse per inumazione (necessità di un franco falda-piano campagna non inferiore a 2,50 m);

- ricostruzione del modello idrogeologico locale;
- determinazione delle caratteristiche di permeabilità dei terreni superficiali mediante valutazione da analisi granulometriche;
- studio geotecnico dei terreni di fondazione del cimitero mediante dati ottenuti dalle indagini in sito effettuate e pregresse.
- definizione classe sismica dei terreni e analisi sismica II Livello

Nella stesura del presente documento, le valutazioni effettuate fanno riferimento alla quota del piano di campagna.

## 2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

L'area indagata ubicata in fregio al torrente Lesina (in sponda dx) appartenente al Reticolo Idrico Principale, è parte integrante del Comune di Ponte San Pietro. Essa è compresa nel foglio C5a2 della cartografia Tecnica Regionale alla scala 1:10.000.

Il contesto ambientale è caratterizzato da media antropizzazione, materializzata dall'agglomerato urbano dilocate che si colloca a Ovest rispetto al cimitero. Pressoché assenti le attività industriali/artigianali.

Il punto che localizza l'area in studio presenta le seguenti coordinate nel Sistema UTM32N: 544523.32 – 5061094.66 ad una quota media di 244 m s.l.m..

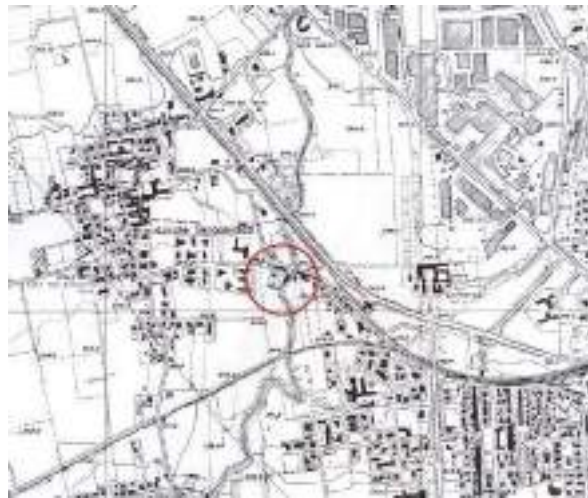


Fig. 1- Inquadramento corografico – Stralcio C.T.R. Scala 1:10.000 C5a2 "Ponte San Pietro"

### 2.1. Inquadramento climatico

Il clima di Ponte San Pietro può essere definito temperato continentale. L'area dell'isola bergamasca, di cui Ponte San Pietro è parte, si presenta come una regione di transizione tra il clima continentale della pianura padana e il clima alpino. Il primo influenza con anticicloni i periodi invernali ed estivi, il secondo garantisce precipitazioni ed umidità adeguate soprattutto nel periodo estivo. Talvolta il territorio è influenzato dall'anticiclone atlantico che durante la stagione invernale mitiga le temperature. La primavera e l'autunno sono invece caratterizzati da situazioni di instabilità diffuse con abbondanti precipitazioni soprattutto grazie all'influenza dell'anticiclone atlantico.

Il clima è caratterizzato da un'ampia escursione termica annuale con temperature basse in inverno (0-5°C) ed alte in estate (25-30°C). La piovosità è principalmente nei mesi primaverili ed autunnali, ma nelle estati calde e umide sono frequenti i temporali.

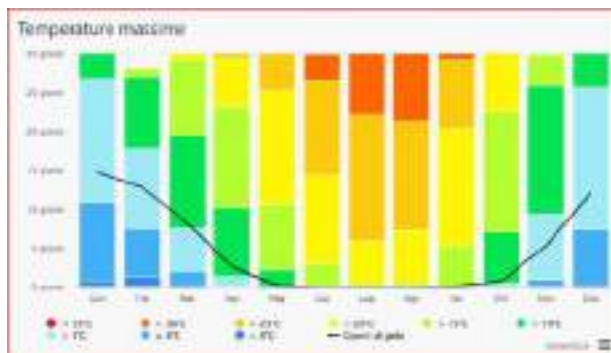
#### *Temperatura*

L'elaborazione dei dati ha evidenziato temperature elevate nei mesi estivi, con un picco della temperatura media nei mesi di luglio e di agosto di circa 28°C. Le temperature minime, invece, si localizzano nei mesi invernali e la temperatura media dei mesi più freddi, ovvero gennaio e febbraio, si attesta attorno a 0°C.

L'escursione termica annua è di circa 28° C.

La differenza di temperatura fra mesi successivi rileva una vicinanza di valori mensili limitatamente ai mesi più freddi e quelli più caldi (intervalli dicembre-gennaio e giugno-agosto), mentre nei periodi intermedi le variazioni sono più

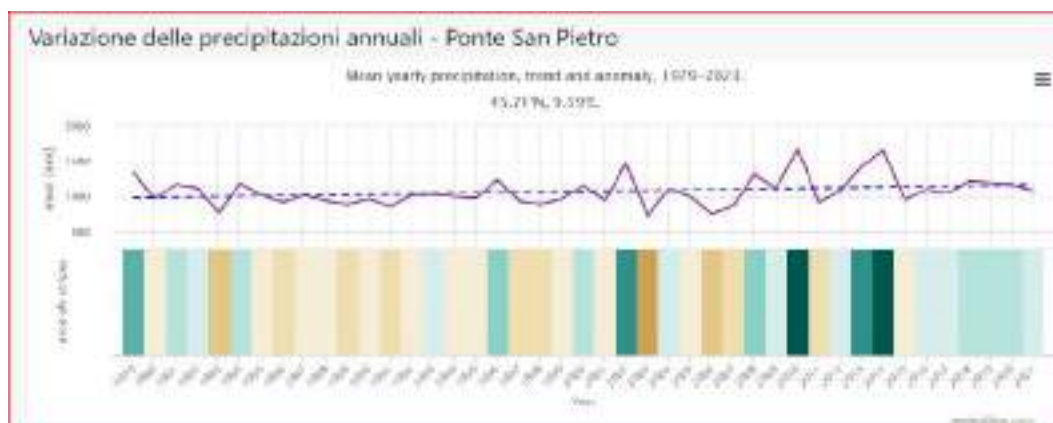
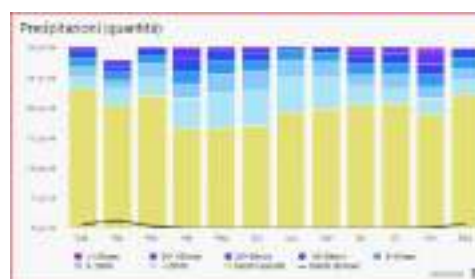
significative, soprattutto nei mesi marzo-maggio e settembre-novembre.



### Precipitazioni

Le precipitazioni registrate nella stazione meteorologica più prossima a Ponte San Pietro si distribuiscono in due periodi di massima piovosità: uno primaverile registrato nel mese di aprile ed uno autunnale nel periodo ottobre-novembre. Le precipitazioni minime si registrano nel mese di luglio.

Le precipitazioni medie annue sono superiori ai 1000 mm. La frequenza media dei giorni piovosi è pari a circa 127 giorni.



### Manto nevoso

I dati nivologici analizzati sono relativi alla stazione di rilevamento meteo-climatico di Bergamo: i valori si riferiscono ad un periodo di osservazione compreso tra il 1958 e 1987.

I maggiori apporti a caratteri nevoso si hanno nell'ultima decade del mese di dicembre e di gennaio, mediamente sono risultati coperti da neve 18 giorni dell'anno.

Tra le condizioni climatiche più rilevanti ai fini della valutazione della potenzialità di ricarica idrica superficiale degli acquiferi vanno considerate innanzitutto la temperatura media annua e la piovosità.

Il primo parametro permette di determinare la quantità di acqua meteorica che viene diffusa per evapotraspirazione, intesa come il volume d'acqua consumato nell'unità di tempo dalla attività vegetale di traspirazione e dalla evapotraspirazione del suolo, e che quindi non concorre all'alimentazione diretta dei livelli acquiferi. Il valore attribuito a tale zona è di 17,1°C; la piovosità media annua può essere assunta in ragione di 1165 mm. L'evapotraspirazione media, calcolata con la formula di TURC (1954), quindi seguita riportata, risulta pari a 764,0 mm.

$$E.T.P. = \frac{P}{\sqrt{0,9 + P^2 / L^2}}$$

dove:

ETP = evapotraspirazione media annua in mm

P = piovosità media annua in mm (1165mm)

L = 300 + 25T + 0,05T<sup>3</sup>

T = Temperatura media annua (17,1°C)

Pertanto, la parte di pioggia efficace all'alimentazione delle falde e dei corsi d'acqua, stimata nell'arco di un anno, risulta pari a 401 mm.

In riferimento ai singoli mesi, gli effetti della evapotraspirazione potenziale sono massimi da maggio a settembre, con massimo a luglio; combinando tali osservazioni con la distribuzione delle precipitazioni si ottiene una situazione caratterizzata da deficit del bilancio idrologico massimo nel periodo da giugno ad agosto. Questo significa che evapora circa il 65% dell'acqua meteorica (764/1165 \* 100).

Ovviamente questo è da considerarsi come un valore di massima, in quanto per un'analisi idrologica più di dettaglio, è da calcolarsi l'evapotraspirazione potenziale media mensile (Epm - Thornthwaite & Mather - 1957).

## 2.2. Rete idrografica

Il territorio di Ponte San Pietro è attraversato dal fiume Brembo e dai torrenti Quisa e Lesina, appartenenti al **Reticolo Idrico Principale** ed inseriti nell'elenco delle Acque Pubbliche.

- Fiume Brembo (A.P. n. 8)
- Torrente Lesina (A.P. n. 15)
- Torrente Quisa (A.P. n. 125-581)

Appartenenti al **Reticolo Idrico Minore**:

- canale ENEL (codice 03016170\_0001)

Appartenenti al **Reticolo Idrico di Bonifica**:

- Roggia Curnino Ceresino (codice 03016170\_0002)
- Canale Scolmatore acque meteoriche Nord Locate (codice 03016170\_0003)

## 2.3. Vincoli

A completamento si è considerate l'eventuale esistenza dei vincoli di tipo geologico ambientale e paesaggistico che potrebbero interessare l'area cimiteriale.

Per tale scopo sono stati consultati i seguenti documenti:

- PTCP della Provincia di Bergamo;
- il P.G.T. vigente del Comune di Ponte San Pietro
- Il sistema informativo beni ambientali della Regione Lombardia– SIBA.

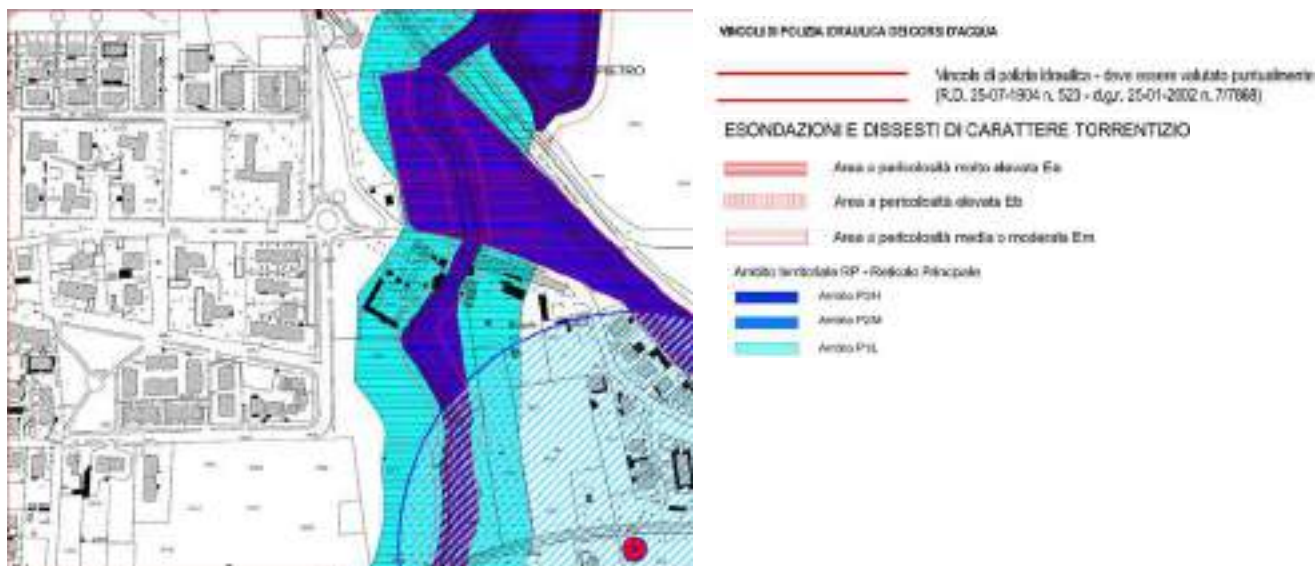
Dalla consultazione risulta che l'area, sulla quale è ubicato il cimitero in oggetto, non è soggetta a vincoli ambientali e urbanistico-territoriali ed in particolare a vincoli di tipo paesistico."

Ai sensi di:

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), contenente l'individuazione e perimetrazione di aree a rischio idrogeologico ed i vincoli specifici di natura idraulica ed idrogeologica;
- Piano di Gestione Rischio Alluvioni, ovvero lo strumento operativo previsto dalla legge italiana, in particolare dal D.Lgs. 49/2010, che dà attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE;

si evince che l'area in esame risulta ricompresa in ambiti legati alla *pericolosità idraulica e idrogeologica* di cui al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI): **scenario raro – L** con **rischio medio R2** e in una porzione limitata dell'ossario vecchio nello **scenario frequente – H** con **rischio molto elevato R1**





Nello specifico del cimitero di Locate, le aree allagabili presenti nell'ambito RSCM che non derivano dall'Elaborato 2 del PAI sono assoggettate alle norme di cui all'articolo 9 delle N.d.A. del PAI, ed in particolare:

- nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H), vigono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art 9, comma 5, per le aree Ee;
- nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1/L), vigono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art 9, comma 6bis per le aree Eb.

Sulla base della disamina della cartografia della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del PGT vigente del Comune di Ponte San Pietro, redatta dalla scrivente nel maggio 2021, l'area di intervento ricade in una classificazione territoriale distinta in:

- **CLASSE DI FATTIBILITÀ 3D: FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI:** "Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche"

- parzialmente in **CLASSE DI FATTIBILITÀ 4A: FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI:** "**Gravi limitazioni di carattere idraulico: PGRA P3/H - Ee**

- **Ambiti "Ee": aree a pericolosità molto elevata di esondazione torrentizia**
- **Ambiti fascia di rispetto corsi d'acqua – vincolo di polizia idraulica**



Di seguito si riporta lo stralcio delle Norme Geologiche di Piano del PGT di Ponte San Pietro, per la classe di fattibilità assegnata (Classe 3):

### **3d - Limitazioni di carattere geotecnico**

- **Ambito aree con scadenti caratteristiche geotecniche**
- **Ambito aree di riporto e/o aree colmate**
- **Ambito aree caratterizzate da ristagni idrici superficiali**

*"In questa classe, in sede di progettazione di interventi edificatori, sono da prevedere approfondimenti di carattere geologico-tecnico e/o idrogeologico mediante indagini geognostiche dirette, in relazione alla specifica penalizzazione, per l'accertamento delle reali condizioni*

*idrogeologiche puntuali e per la determinazione delle caratteristiche geometriche (spessore ed estensione areale) e meccaniche dei terreni di copertura e sottostanti (parametri geotecnici) ai fini di una corretta progettazione delle opere di fondazione.*

*Le indagini dovranno individuare, in caso di accertamento delle condizioni di rischio, le soluzioni più idonee da adottare al fine di garantire la stabilità delle costruzioni.*

Si applica il DM 17 gennaio 2018 “Nuove Norme tecniche per le costruzioni”, la DGR IX/2616/2011 e la DGR X/5001/2016”

L'area in oggetto ricade in Ambito aree con **scadenti caratteristiche geotecniche** e in aree caratterizzate da **ristagni idrici superficiali**.

Si rimanda per una valutazione normative di dettaglio, al documento “Aggiornamento dello Studio Geologico per la redazione del Piano di Governo del Territorio – Maggio 2021.

Sulla base di quanto sopra descritto si può dunque evidenziare come la falda libera superficiale sia posta a profondità tali da poter interferire con le costruzioni e gli impianti, sia condizionando negativamente il comportamento geotecnico dei terreni, sia potendo determinare allagamenti di eventuali vani interrati esemi-interrati o fenomeni di risalita di umidità capaci di provocare diversi tipi di danni ai manufatti.

**Pertanto, si sottolinea che il problema dell'interazione con la falda dovrà sempre essere preso in considerazione durante la progettazione.**

Si segnala, infine, che l'area cimiteriale non si trova in prossimità di zone di rispetto di pozzi ad uso idropotabile.

#### 2.4. Stato di fatto

Da un rilievo eseguito si è evidenziato un dissesto in atto in corrispondenza del muro perimetrale lato Lesina



Come si osserva dalla documentazione fotografica, è presente una rottura piuttosto pronunciata che, sul lato interno, alla data del rilievo (20/9/23), era stata appena stuccata con malta cementizia e imbiancata.

**Si tratta ovviamente di una riparazione a carattere puramente estetico.**

La natura del dissesto è da imputare, con ogni probabilità, alla presenza di un pozzo a tergo del muro e ad un rubinetto sul lato interno e a perdite d'acqua nel sottosuolo da verificare. Se nel tempo permane lo stato di fatto, senza interventi di manutenzione, la stabilità del muro è preclusa.



Il dissesto interessa, in modo meno pronunciato, anche il proseguimento del muro che costeggia la Lesina. Infatti, dalla data del primo rilievo (20/9/2023) a quella dell'esecuzione delle indagini per il nuovo ossario (26/9/2023) si è osservata la formazione di cavillature in corrispondenza della riparazione ed in altri punti verso sud.



Lato esterno



Cavillatura al 26/9 in corrispondenza del rubinetto – dettaglio



Le frecce indicano la posizione delle lesioni, più o meno accentuate, evidenziate nel muro. Quella a destra non è evidente sul lato esterno.

In corrispondenza del dissesto segnalato nel 1989, non si evidenziano fenomeni in atto, nè sulle strutture nè in corrispondenza del muro spondale.



*Committente: COMUNE DI Ponte San Pietro  
PIANO CIMITERIALE*



Si segnala, infine, che l'area cimiteriale non si trova in prossimità di zone di rispetto di pozzi ad uso idropotabile.

### 3. INDAGINI DIRETTE ED INDIRETTE

Le indagini geognostiche e geofisiche che interessano l'area sono necessarie per definire l'assetto stratigrafico, la natura e granulometria dei terreni, per determinare il livello della falda freatica nel sito e i valori del coefficiente di permeabilità dei sedimenti, al fine di ottenere quanto sopra, ci si è avvalsi di dati geognostici pregressi oltre ad integrazioni eseguite in data 19 e 26/09/2023.

*Relativamente alle caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata, si rimanda alle relative relazioni tecniche.*

#### *Indagini pregresse*

- messa in opera di fessurimetri
- n° 2 sondaggi geognostici con esecuzione di SPT in foro
- n° 4 prove penetrometriche dinamiche continue SCPT
- analisi granulometrica campioni
- prova di compressibilità edometrica
- n° 2 stese ERT2D



#### *Indagini eseguite*

- n° 2 prove penetrometriche dinamiche continue SCPT
- n°1 MASW

### 3.1. Prove penetrometriche statiche e Sondaggi geognostici

In allegato si riportano i grafici penetrometrici e stratigrafie redatte, mentre l'ubicazione è indicata nella figura precedente.

### 3.2. Tomografie elettrica ERT2D

Lato parallelo al torrente Lesina: in superficie si riconoscono porzioni di sottosuolo caratterizzate da bassi valori di resistività (tonalità cromatiche del blu) con base è stata intercettata ad una profondità compresa tra 2.50/6-7 m, e continuità laterale variabile. Dal punto di vista litologico i valori di resistività interpretata (20 – 35 Ohm\*metro) si correlano a depositi fini coesivi (argille e limi), anche saturi e con scarso grado di addensamento. Si tratta di materiali non idonei ad ospitare sovraccarichi in quanto compressibili.

A partire da circa 5 metri di profondità, il graduale aumento dei valori di resistività interpretata (tonalità cromatiche del giallo - arancio - rosso) corrisponde a un aumento della frazione grossolana rispetto a quella fine impermeabile.

Lato perpendicolare al torrente Lesina: i valori di resistività risultano piuttosto omogenei corrispondenti a depositi fini sabbiosi argillosi; in corrispondenza della porzione terminale della pseudosezione, esterna all'area cimiteriale, i valori di resistività individuano materiali più grossolani e/o sabbiosi (colore giallo).

### 3.3. MASW

Per valutare il parametro  $V_{S30}$ , divenuto fondamentale con l'entrata in vigore della normativa sulle costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018), è stata svolta anche un'indagine sismica con misurazioni di rumore ambientale, mediante tecnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) in modalità multi-stazione e serve per determinare il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$ :

- il tipo di suolo sismico (A, B, C, D, E)
- le azioni sismiche con cui progettare e verificare le opere di Ingegneria Civile
- il modulo di rigidezza del terreno
- i cedimenti e gli spostamenti delle opere interagenti con il terreno: edifici, ponti, rilevati arginali, opere di sostegno, etc.

Questa indagine si è resa necessaria per la Classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto sulla base del parametro sismico  $V_{s30}$  (EC8) nell'ambito del progetto "Nuova batteria di ossari/nicchie cinerarie nel cimitero di via C. Colombo (frazione di Locate)" (settembre 2023 – Geol. Cristina Iarabek)

A seguire I risultati emersi:

#### CATEGORIA DI SUOLO

In accordo con i contenuti delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018 e del paragrafo C 3.2.2 de "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018", valutata la tipologia di intervento in progetto e le condizioni geologiche dei siti, la definizione della categoria di sottosuolo sismico è stata effettuata sulla base dei risultati dell'indagine sismica MASW ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ( $V_{s,eq}$  - m/s) definita dalla seguente espressione:

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

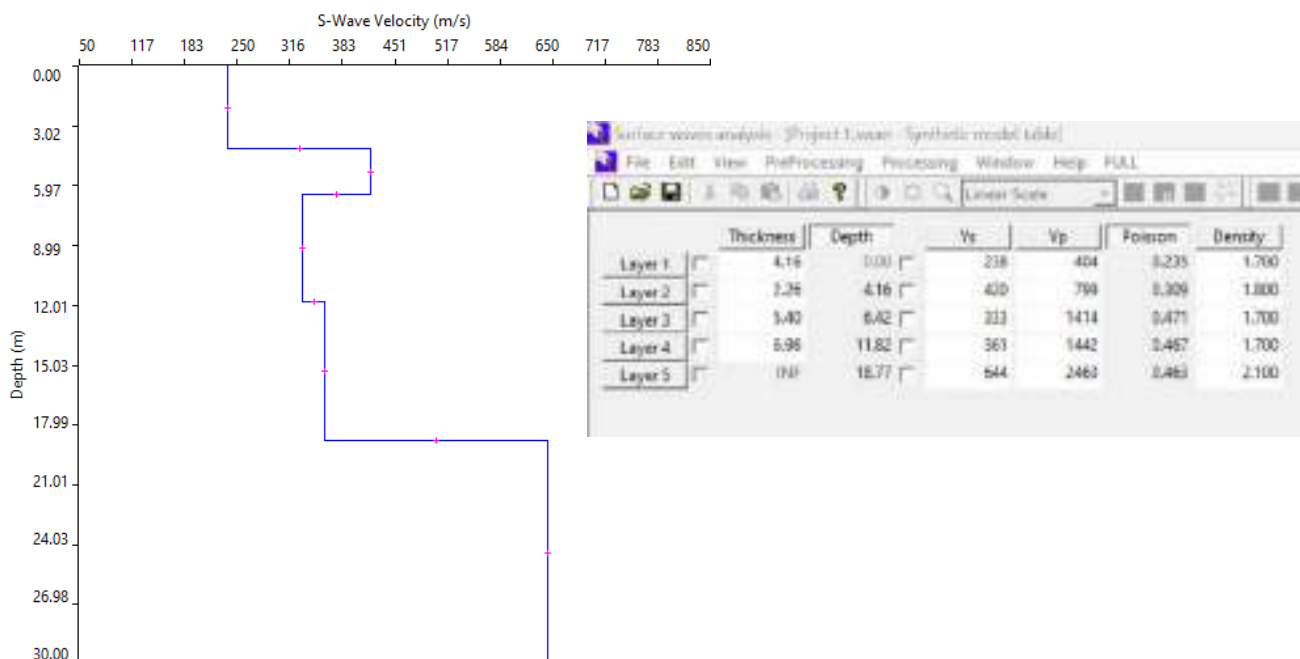
Dove:

- $h_i$  spessore in metri dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nel sottosuolo;  
 $V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio;  
N numero strati nell'ambito;  
H = 30 mt

Sono considerati rappresentativi i 30 m di suolo posti a profondità inferiori rispetto al piano di imposta delle fondazioni.

Attenendosi alla distribuzione nel sottosuolo delle  $V_s$ , il valore di  $V_{s,eq}$  calcolato risulta pari a:

**396 m/s TIPO B** : rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.



#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

##### 4.1. Lineamenti geologici e geomorfologici

L'intero territorio di Ponte San Pietro presenta i tipici **caratteri geolitologici** dell'alta pianura bergamasca, cioè è costituito da depositi fluviali e fluvioglaciali di prevalente natura ghiaioso-sabbiosa, derivanti soprattutto dall'azione di trasporto e deposito del fiume Brembo, che la vecchia cartografia geologica (Desio e Venzo, 1954) identificava nel cosiddetto Livello Fondamentale della Pianura.

La redazione della recente Carta geologica della Provincia di Bergamo, tale livello è stato suddiviso in complessi alluvionali, definiti attraverso il criterio delle "Unità allostratigrafiche", configurate e delimitate da lineamenti morfologici, rappresentative di un evento deposizionale assegnato ad uno specifico intervallo spazio-temporale, pur in presenza di una diversa origine.

Si distinguono alcuni unità riferiti ai depositi fluvioglaciali ed a quelli fluviali recenti e attuali.

Appartengono ai depositi fluvioglaciali, caratterizzati da granulometria prevalentemente ghiaioso-sabbiosa, pur con diverso grado di alterazione superficiale, l'Unità di Carvico (sigla 65 - età Pleistocene medio-superiore), che caratterizza l'area di Locate.

Si tratta di depositi glaciali e fluvioglaciali, prevalentemente sabbioso-ghiaiosi con clasti di litotipi provenienti dall'Alto Lario e dalla Valtellina; risulta inoltre presente una discontinua copertura loessica. Al di sotto di essi, si trovano sedimenti principalmente ghiaiosi poligenici a supporto clastico, con un buon grado di cementazione ed intervallati a rare lenti sabbiose (anche limose) e sabbioso-ghiaiose cementate, i quali costituiscono l'Unità Ceppo del Brembo (sigla 70 – età Pleistocene superiore-inferiore).

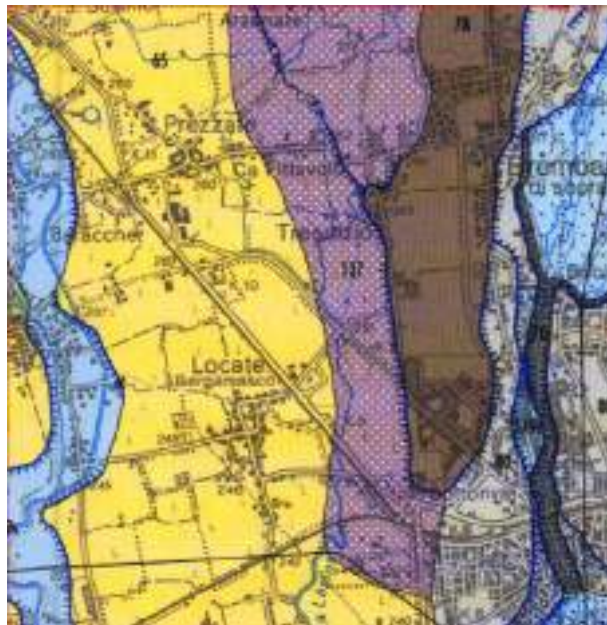


Fig. 2 - Carta geologica della Provincia di Bergamo - Stralcio

Appartengono ai depositi recenti e attuali quelli del Complesso Postglaciale, di prevalente granulometria ghiaioso-ciottoloso-sabbiosa, assegnati all'Olocene. Sono presenti in gran misura lateralmente e lungo gli alvei dei corsi d'acqua e, alla scala della mappa, non cartografabili.

Dal punto di **vista geomorfologico**, il torrente Lesina ha contribuito a disegnare, nell'ambito della pianura alluvionale, una serie di orli di terrazzamento più o meno pronunciati grossolanamente paralleli, con forme relitte della dinamica fluviale e torrentizia evolutasi in epoca interglaciale e postglaciale.

Questo si origina ai piedi del Monte Albenza in comune di Almenno San Bartolomeo, incrementa le proprie portate ricevendo le acque di alcuni torrenti, tra cui il torrente Bregogna in comune di Brembate di Sopra, e si riversa nel fiume Brembo a sud di Bonate Sotto.



Fig. 3 - Carta geomorfologica per l'ambito di pianura

#### 4.2. Litologia di superficie

La litologia di superficie è caratterizzata da "Ghiaie poco gradate" **G1pk3**

CaCO<sub>3</sub>: scarsamente calcareo (Carbonato di calcio tra lo 0,1% al 2%)

Profondità: Profondità del contatto fra solum e substrato compresa tra 100 cm e 200 cm come da Carta della litologia di superficie della Provincia di Bergamo.



Fig. 4 - Carta della litologia di superficie per l'ambito di pianura

### 4.3. Analisi granulometrica suolo

La definizione litologica dei terreni superficiali è stata ottenuta dall'analisi granulometrica dei campioni di terreno prelevati in corrispondenza dei sondaggi S1 e S2 (1989 **Geoconsult** – indagine relative a dissesti nei vecchi colombari).

Si riassumono nella tabella a seguire i dati emersi:

Profondità campione		Composizione granulare				Classificazione AGI
		ghiaia	sabbia	limo	argilla	
	<b>S2</b>					
1,0-1,5	x	9%	33%	33%	25%	Limo argilloso sabbioso debol. ghiaioso
	<b>S1</b>					
2,0 - 2,5	x	22%	28%	37%	13%	Limo argilloso sabbioso ghiaioso
4,0 - 4,5	x	67%	28%	9%	6%	Ghiaia sabbiosa debil. argillosa

## 5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

### 5.1. Assetto idrogeologico del sito – Livello di falda

Per quanto concerne l'**assetto idrogeologico**, *in linea generale*, il quadro geolitologico e litostratigrafico locale, in analogia con le caratteristiche peculiari della medio alta pianura bergamasca, è caratterizzato da elevate condizioni di permeabilità dei depositi alluvionali che favoriscono la formazione di falde acquifere. Queste sono differenziate in una falda superficiale a pelo libero, seguita in profondità da più falde sovrapposte, sviluppate all'interno di acquiferi ghiaioso-sabbiosi e conglomeratici. A tali falde idriche attingono alcuni pozzi sia ad uso idropotabile che produttivo.

- falda libera freatica: al di sotto dell'Unità ghiaioso-sabbioso-limosa, che si sviluppa dalla superficie fino a circa 20-30 m dal pc, si colloca l'Unità conglomeratica (Ceppo), al cui interno si sviluppa la falda libera freatica, fino a circa 100-110 m da p.c.

Si tratta dell'acquifero più produttivo e maggiormente sfruttato in zona, in cui la circolazione idrica avviene sia attraverso orizzonti di debolezza e fratturazione sia attraverso zone a scarsa o ridotta cementazione; la ricarica di questa falda avviene grazie sia all'infiltrazione diretta dalla superficie delle precipitazioni sia all'alimentazione sotterranea da monte. Il flusso idrico, come mostrato in figura 4, in cui è stata riportata la piezometria relativa all'anno 2016 (Studio Geologico comune di Ponte San Pietro, dott. geol. Ezio Granata), è diretto grossomodo NNE-SSO.

La soggiacenza della falda freatica in corrispondenza della zona del cimitero è pari a circa 39 m da p.c. .

- falde protette profonde: si sviluppano all'interno dell'Unità ghiaioso-argillosa presente al di sotto del Ceppo, costituita principalmente da estesi livelli metrici di argille limose o argillose, a cui risultano alternate lenti di ghiaie e sabbie prevalenti a tratti cementate (Sottounità ghiaiosa). È all'interno di queste ultime che si sviluppano gli acquiferi protetti/semiprotetti la cui falda viene sfruttata a scopo idropotabile, poiché dotata di caratteristiche fisico-chimiche migliori rispetto a quelle degli acquiferi superficiali.

Dalle indagini pregresse si è riscontrata una falda sospesa di *"estensione locale e debole portata rilevata rispettivamente a -2.0 m (piezometro 1) e -3.5 m (piezometro 2)"* - (Geoconsult – Dott. Geol. Belloli 1989).

Si tratta di falde superficiali (pelo libero a circa 3-5 m da p.c.) in genere con ridotta estensione verticale e laterale e con caratteristiche molto variabili nel tempo, relazionate principalmente all'equilibrio dinamico tra drenaggi e apporti idrici legati all'agricoltura e alle precipitazioni e, non per ultimo, ai rapporti di alimentazione sotterranea da parte delle acque della Lesina.

Di norma si formano quando, lungo la percolazione verticale, l'acqua trova un qualche tipo di ostacolo, ad esempio lenti di sedimenti più fini al di sopra delle quali tende a ristagnare e a fermarsi, senza continuare il proprio percorso verso il basso, ovvero verso la falda freatica principale.

Nel caso dell'alimentazione da parte del torrente in fregio, le lenti più grossolane fungono da via preferenziale di moto dei filetti liquidi, generando anche in tempi brevi, locali sovrappressioni nei terreni.

Si osserva che la falda ha una soggiacenza di circa 3,50 metri e pertanto è da considerare nel piano cimiteriale in oggetto, sia dal punto di vista geotecnico sia per le attività di inumazione e tumulazione.

Relativamente a queste ultime, la profondità della falda è tale da non interagire con gli strati superficiali, qualora queste non prevedano scavi superiori a -3,00 metri da p.c., in quanto si rende necessario rispettare il franco minimo di 50 centimetri al di sotto del piano di inumazione rispetto alla massima altezza della falda.



Fig. 4 - Carta idrogeologica tav 6 PGT sett. 2016

## 5.2. Morfologia della superficie piezometrica

Nell'ambito locale, il corpo idrico superficiale di pertinenza è rappresentato dal torrente Lesina che, come indicato dalla tavola idrogeologica del PGT: *"non è interferente con la falda, infatti non funge né da superficie drenante né alimentante."*

L'andamento delle isopieze, desunto dalla cartografia comunale, evidenzia che il flusso idrico è approssimativamente orientato NNE-SSO (figura 4).

## 5.3. Vulnerabilità degli acquiferi

Il grado di vulnerabilità dipende essenzialmente da vari fattori:

- caratteristiche e qualità del suolo;
- profondità e tipo della falda freatica
- tipologia dei depositi litologici della zona insatura
- natura del substrato

- presenza di corpi idrici superficiali

La capacità protettiva del suolo nei confronti delle acque sotterranee (da “*Basi informative dei suoli – Viewer geografico 2D - Geoportale Regione Lombardia*”) rappresenta il potere maggiore o minore di un suolo di ridurre gli impatti nocivi di alcune molecole inquinanti idrotrasportate verso le falde sottostanti.

Nel territorio in oggetto la protezione della falda è condizionata dallo spessore e dalla permeabilità del terreno sopra la falda. Come dalla cartografia riportata, la copertura limoso-argillosa dei terreni superficiali offre una certa garanzia di protezione nei confronti dei depositi ed del “non saturo” sottostanti. Questi sono caratterizzati da depositi fluvioglaciali, a granulometria grossolana in matrice fine subordinata e con una permeabilità medio – alta. La capacità protettiva del suolo nei confronti delle acque sotterranee nella zona di studio risulta essere “moderata”



La capacità protettiva delle acque superficiali (da “*Basi informative dei suoli – Viewer geografico 2D - Geoportale Regione Lombardia*”) esprime la capacità dei suoli di controllare il trasporto di inquinanti attraverso le acque di scorrimento superficiale in direzione delle risorse idriche di superficie. Sovente il comportamento idrologico dei suoli è tale che – a capacità protettive medio-basse nei confronti delle acque superficiali – corrispondono capacità protettive nei confronti delle acque profonde elevate, come nel caso dell’area in oggetto, e viceversa.

Le proprietà pedologiche considerate nel modello interpretativo sono correlate con la suscettività dei suoli a determinare scorrimenti superficiali e fenomeni erosivi: gruppo idrologico, indice di runoff superficiale, rischio di inondabilità, come segue:



- a) gruppo idrologico: rappresenta una valutazione sintetica del comportamento idrologico del suolo, in particolare della tendenza potenziale a ostacolare la penetrazione delle acque nel suolo e originare scorrimenti (runoff) in superficie;
- b) indice di runoff superficiale: è una valutazione qualitativa del runoff superficiale in base alla pendenza e alla permeabilità del suolo;
- c) inondabilità: evidenzia il rischio d’inquinamento diretto delle acque superficiali per sommersione

La capacità protettiva del suolo nei confronti delle acque superficiali nella zona di studio risulta essere “elevata”

Inoltre i valori di soggiacenza della falda profonda sono intorno comunque >30 m dal piano campagna, con la presenza orizzonti fini lenticolari, che limitano la diffusione di inquinanti;

Di conseguenza si può affermare che la vulnerabilità dell’area oggetto di studio è medio-bassa.

#### 5.4. Lineamenti pedologici

Nello specifico l’area in oggetto è caratterizzata da suoli profondi, talora moderatamente profondi su substrato ciottoloso eterogeneo, con scheletro da scarso a comune in superficie ed da scarso ad abbondante in profondità, con drenaggio buono talora mediocre o rapido, tessitura media in superficie e da media a moderata. Fine in profondità; granulometria franca grossolana a -1 m circa. Questi suoli si impostano su terrazzi fluvioglaciali recenti o sul Livello Fondamentale della Pianura, ubicato prevalentemente nella parte orientale dell’Isola, delimitati da ripide scarpate boscate.



## Carta pedologica 50k – Geoportale Regione Lombardia - Basi informative dei suoli

SIGLA_UC	BON1/CFC1
UN_DI_PAESAGGIO	LC1
DESC_UN_PAESAGGIO	Estese superfici a morfologia subpianeggiante, solcate da evidenti tracce di paleoidrografia a canali intrecciati e talvolta dolcemente ondulate in prossimità dei principali solchi vallivi. Sono costituite dai depositi di conoide e rappresentano gli ambiti distali
DESCR_SOTT_UDC	Settore apicale della piana proglaciale o "piana pedemontana", addossata ai rilievi (montagna, apparati morenici e terrazzi antichi), chiamata anche alta pianura ghiaiosa. È formata dalla coalescenza dei conoidi alluvionali, a morfologia subpianeggiante
USO_SUOLO	coltura foraggera permanente / seminativo avvicendato
LIM_CLIMATICHE_UC	Lievi
COMP1	BON1
TAX_COMP1	Typic Hapludalfs Fine loamy, Mixed, Superactive, Mesic
COMP2	CFC1
TAX_COMP2	Inceptic Hapludalfs Loamy skeletal, Mixed, Superactive, Mesic
DESC_ATT_FANGHI	Suoli adatti con moderate limitazioni: richiedono attenzioni specifiche e possono presentare ostacoli nella gestione dei fanghi di depurazione
ATT_ACQ_SOTT	M Moderata
ATT_ACQ_SUP	E Elevata

## 6. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA E GEOTECNICA

### 6.1. Stima del coefficiente di permeabilità dei terreni

La permeabilità dei terreni superficiali viene desunta dai dati pregressi dalle indagini e relazioni effettuate nel comparto cimiteriale. Questa è variabile ed è prevalentemente medio - bassa nei livelli superficiali, caratterizzati da materiali quale limo argilloso sabbioso ghiaioso nei primi 3 m circa, mentre mostra permeabilità maggiore negli orizzonti a granulometria ghiaioso - sabbiosa prevalente che sono prevalenti a partire da 5 – 6 m di profondità.

Le analisi granulometriche, realizzate da Geoconsult nel 1989, hanno evidenziato:

<b>Caratteristiche di volume</b>	<b>S1</b> profondità campione 1,0-1,5 m	<b>S2</b> profondità campione 1,1-1,6 m	<b>S1</b> profondità campione 2,0-2,5 m	<b>S1</b> profondità campione 4,0-4,5 m <b>IN FALDA</b>
	<b>RIPORTO</b>	<b>Unità superficiale U1</b>	<b>Unità intermedia U2</b>	<b>Unità profonda U3</b>
		Limo argilloso sabbioso debolm. ghiaioso	Limo argilloso sabbioso ghiaioso	Ghiaia sabbiosa debolm. limoso argillosa
Umidità naturale $W_n$ (%)	27,1	22,6 %	20 %	13,6 %
Peso di volume naturale $\gamma_n$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,819	1,983	1,833	2,1
Peso secco unitario $\gamma_0$ (g/cm <sup>3</sup> )		1,61		
Peso specifico $\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )		2,70	2,70	
Indice dei vuoti naturale $e$ (–)		67,0	76,7	
Porosità naturale $n$ (%)		40,1	43,4	
Grado di saturazione $S$ (%)		91,3	70,4	
Volume dei vuoti $c$ (m <sup>3</sup> )		31,79		

Si considerano i valori relativi al sondaggio S2 (da 1.1 m a 1.6 m), rappresentativi dell'orizzonte superficiale **U1**, mentre per l'orizzonte sottostante, Unità intermedia **U2**, si considera quello del sondaggio S1 (da 2.0 m a 2.5 m).

Al di sotto si intercetta la falda superficiale (-3,5 m circa) e pertanto, l'orizzonte sottostante, Unità profonda **U3** non è nelle condizioni previste per l'inumazione, in quanto si deve tenere un franco di 0,50 m al di sopra della massima escursione di falda.

Tali dati litostratigrafici sono in sintonia con le indagini elettriche ERT2D eseguite nel 2005.

#### **Unità superficiale U1: Limo argilloso sabbioso debolm. ghiaioso**

Il campione rimaneggiato, caratterizzato da un'umidità naturale pari al 22,6 %, è stato prelevato nello scavo S2 a e ritenuto litologicamente rappresentativo dell'Unità 1.

L'analisi granulometrica evidenzia trattarsi complessivamente di terre a grana fine dato che il 59,2% % di terreno è passante al setaccio ASTM 200 (0.075 mm), che costituisce il limite convenzionale con le terre a grana fine (limo e argilla).

La classificazione USCS le individua con la sigla CL (Inorganic clay of low to medium plasticità, gravely clays, **sandy clays**, **silty clays**, lean clay), in considerazione di un contenuto in fine elevato (passante al setaccio ASTM 200 > 50%).

**Limo 33%**

**Sabbia 33%**

**Argilla 25 %**

**Ghiaia 9 %**

#### **Unità intermedia U2: Limo argilloso sabbioso ghiaioso**

Il campione rimaneggiato, caratterizzato da un'umidità naturale pari al 20 %, è stato prelevato nello scavo S1 a e ritenuto litologicamente rappresentativo dell'Unità 2.

L'analisi granulometrica evidenzia trattarsi complessivamente di terre a grana medio fine, dato che il 51,3% di terreno è passante al setaccio ASTM 200 (0.075 mm) che costituisce il limite convenzionale con le terre a grana fine (limo e argilla).

La classificazione USCS le individua con la sigla CL (Inorganic clay of low to medium plasticità, **gravely clays**, **sandy clays**, silty clays, lean clay), in considerazione di un contenuto in fine elevato (passante al setaccio ASTM 200 ≥ 50%).

**Limo 37%**  
**Sabbia 28%**  
**Ghiaia 22 %**  
**Argilla 13 %**

**Unità profonda U3: Ghiaia sabbiosa debolm. limosa argillosa**

Il campione rimaneggiato, caratterizzato da un'umidità naturale pari al 13,6 %, è stato prelevato nello scavo S1 a e ritenuto litologicamente rappresentativo dell'Unità 3.

L'analisi granulometrica evidenzia trattarsi complessivamente di terre a grana grossa dato che il 51,3% di terreno è passante al setaccio ASTM 200 (0.075 mm) che costituisce il limite convenzionale con le terre a grana fine (limo e argilla).

La classificazione USCS le individua con la sigla CL (Inorganic clay of low to medium plasticità, **gravely clays, sandy clays**, silty clays, lean clay), in considerazione di un contenuto in fine elevato (passante al setaccio ASTM 200  $\geq 50\%$ ).

**Ghiaia 67 %**  
**Sabbia 28%**  
**Limo 7,5%**  
**Argilla 7,5 %**

Osservando le curve granulometriche dei campioni analizzati (soprattutto dei primi due), è possibile notare come presentino generalmente un andamento piuttosto "coricato", lontano dalla verticalità.

Ciò implica che i terreni presenti in sito non siano costituiti da terreni uniformi, ma siano genericamente caratterizzati da un buon assortimento granulometrico, evidenziato numericamente da elevati valori del coefficiente di uniformità. Infatti un materiale è definito praticamente uniforme con un  $C \leq 2$ .

$$C = D_{60}/D_{10}$$

con  $D_{60}$  e  $D_{10}$  i diametri efficaci al di sotto dei quali passa rispettivamente il 60% e il 10% del materiale.

Per i terreni granulari emersi nel corso delle indagini è stata effettuata una stima del coefficiente di permeabilità utilizzando la relazione di Hazen espressa nella formula:

$$k = 100 D_{10}^2$$

dove:

$k$  = coefficiente di permeabilità

$D_{10}$  = diametro al di sotto del quale passa il 10% del materiale

*I valori di permeabilità ottenuti e riportati nelle tabelle seguenti hanno esclusivamente un valore orientativo in considerazione del fatto che la formula sopra riportata presenta un'efficacia tanto più alta quanto maggiore è l'uniformità litologica del deposito (che nel caso in esame si presenta invece ben assortito).*

Cimitero via C. Colombo – frazione di Locate

Permeabilità (m/s)

**Unità superficiale U1**  $k < 1.44 \cdot 10^{-6}$

**Unità intermedia U2**  $k \approx 1.8 \cdot 10^{-5}$

**Unità profonda U3**  $k > 10^{-4}$  **presenza di falda superficiale**

Per comprendere e collocare i valori sopra riportati all'interno di una scala di permeabilità relativa, si riporta la seguente tabella (P. Colombo e F. Colleselli, 1996 - Casagrande e Fadum, 1940).

*Si ricorda inoltre come i valori di permeabilità ottenuti esclusivamente in base alla granulometria possano risultare sovrastimati in considerazione del fatto che non è possibile tener conto né dello stato di addensamento naturale dei depositi, né dell'anisotropia strutturale degli stessi che implica ad esempio la presenza di lenti a granulometria differente.*

Grado di permeabilità	Coef. di permeabilità K (m/s)	Tipi di terra
alto	$K > 10^{-6}$	Ghiaie pulite
medio	$10^{-6} > K > 10^{-7}$	Sabbie pulite e miscele di sabbia e ghiaia
basso	$10^{-7} > K > 10^{-8}$	Sabbie fini, limi, miscele di sabbia e limo
molto basso	$10^{-8} > K > 10^{-9}$	Miscele di limo e argilla
impermeabile	$K < 10^{-9}$	Argille

In base alle considerazioni fatte, il parametro "permeabilità" può essere realisticamente valutato solamente con un grado di precisione compreso entro un ordine di grandezza.

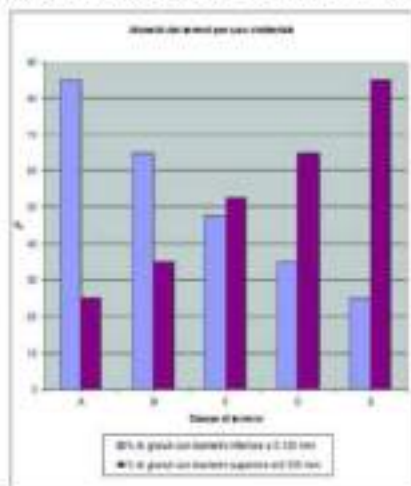
## 6.2. Idoneità dei terreni all'inumazione

Si ricorda che secondo quanto indicato dal R.R. n°6 del 2004 le fosse per inumazione devono rispettare le seguenti caratteristiche inerenti la profondità da p.c.:

- spessore non inferiore a 0.7 m tra il p.c. e i supporti di aerazione intorno al feretro;
- profondità compresa tra 1 e 1.5 m per le fosse di persone con età inferiore ai 10 anni;
- profondità compresa tra 1.5 e 2.0 m per le fosse di persone con età superiore ai 10 anni;
- profondità di almeno 0.7 m per l'inumazione di parti anatomiche riconoscibili
- Il fondo della fossa deve distare almeno 0.5 m dalla falda freatica.

Inoltre i terreni idonei ai fini dell'inumazione devono presentare una buona porosità efficace (presenza di vuoti interconnessi che garantiscano l'azione ossidante generata dalla circolazione d'aria) e un buon drenaggio che permetta l'allontanamento dei liquami ed eviti il ristagno delle acque piovane.

Una valutazione sull'idoneità dei terreni a tal scopo può essere effettuata confrontando i risultati emersi dalle indagini granulometriche con quanto riportato nella figura riportata in seguito.



Terreno	Salme indecomposte dopo 10 anni di sepoltura
A non idoneo	70 %
B non idoneo	60 %
C mediocre	12 %
D idoneo	5 %
E idoneo	4 %

*Idoneità dei terreni per uso cimiteriale (G. Fagnani – Rocce e Minerali per l'edilizia, Pavia 1970)*

Dall'indagine è comunque possibile osservare come:

- Per quanto riguarda i terreni presenti nell'area del Cimitero di Locate, la permeabilità dei depositi di riporto/rimaneggiati superficiali (unità 1) sia bassa, mentre quella dei depositi sottostanti con una certa percentuale ghiaiosa (unità 2) sia medio bassa.

Essi presentano in base alla granulometria del campione analizzato (S2), un grado di idoneità B, risultando quindi NON idonei all'inumazione.

Le pratiche di inumazione potranno pertanto essere adottate ricreando artificialmente condizioni di idonea porosità, attraverso riporto di terreni sabbioso-ghiaiosi, eventualmente da mescolare con il terreno in posto, fino all'ottenimento della seguente miscela ottimale: sabbia 60%, ghiaia 20%, limo e argilla 20%.

La permeabilità risulta essere media nell'unità profonda (unità 3), che però, essendo sede di falda superficiale, non è idonea all'inumazione.

### 6.3. Modello geotecnico

Le prove eseguite hanno riscontrato la presenza di una condizione litotecnica molto scadente nel livello più superficiale del terreno, per la presenza di una coltre di limo argilloso sabbioso che si spinge da piano fino alla quota media di circa - 3,0 m di profondità, alla base della quale si è riscontrata acqua, rispettivamente alle quote di - 3,75 m e -3,60 m da p.c., **in relazione alla possibile presenza di una locale falda temporanea sospesa, come rilevato anche nelle indagini pregresse.**

Oltre tale quota compaiono rapidamente i termini ghiaiosi limosi argillosi dotati di buone caratteristiche geotecniche. Il modello litostratigrafico è confermato anche dalle indagini pregresse eseguite sul lotto.

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m³]	Densità relativa (%)	Angolo di attrito [°]	Coesione non drenata [Kg/cm²]	Modulo Elastico [Kg/cm²]	Modulo Edometrico [Kg/cm²]	Poisson	Modulo di deformazione a taglio dinamico G [Kg/cm²]	Descrizione
3,0	1650,0	1860,0		0,0	0,27	29,0	46,0			Limo argilloso sabbioso debolm. ghiaioso
4,2	2080,0	2010,0	49	32,0	0,0	369,0	79,0	0,3	1352,19	Ghiaia limosa argillosa

Il modello geotecnico sopra riportato riassume le caratteristiche geotecniche sulla base delle indagini eseguite per i nuovi ossari/nicchie cinerarie (2023).

Nelle tabelle sottostanti si riporta il riassunto del modello relativo alle indagini eseguite da Geoconsult (1989) in corrispondenza del vecchio ossario che identifica, di massima, le condizioni geologiche e geotecniche “lato Lesina”, mentre quelle realizzate nell’area interna, sono in sintonia con quelle per il “nuovo ossario (2023 Geol. Iarabek ).

#### Successione litologica “lato Lesina” – indagini 1989

Descrizione terreno	Profondità (m)	SPT in foro		profondità	Parametri geotecnici		
		profondità	N° colpi		Angolo attrito α (°)	Peso di volume γ (t/m³)	Eed Modulo di elasticità (kg/m²)
Riporto: limo sabbioso debolm. argilloso	0 – 2,20			0 - 4	18 °	1,8	26
Ghiaia in matrice limosa sabbiosa alternate a livelli torbosi con limo sabbia ed argilla	2,20 – 3,00						
Ghiaia e sabbia in matrice limoso argillosa subordinata	3,00 – 5,00	3,00/3,15/3,30/3,45 4,50/4,65/4,80/4,95	2,5/2/2 11/12/12				
Ciottoli e ghiaia in matrice limoso sabbiosa marroncina	5,00 – 10,00	6,00/6,15/6,30/6,45 7,50/7,65	24/23/25 >50	4 - 6	26°-27°	2,1	
		9,00/9,15/9,30/9,45	28/23/>50	6 - 10	37° - 38°	≈2,1	
Livello falda (m)	-1,95/-2,10/-2,10						

Successione litologica "area interna" – indagini 1989

Descrizione terreno	Profondità (m)	SPT in foro		profondità	Coesione Cu (kg/cm²)	Angolo attrito α (°)	Parametri geotecnici		
		profondità	N° colpi				Peso di volume γ (t/m³)	Eed Modulo di elasticità (kg/m²)	Coeff. Sottotondo K Kh/cm³
<i>Suolo: sabbioso limoso marroncino giallastro</i>	0 – 1,10								
<i>Terreno naturale compatto: limo argilloso sabbioso debolm. ghiaioso marrone</i>	1,10 – 3,00	1,50/1,65/1,80/1,95	6/12/14	1,00 – 3,00	0,7	32°	1,98	85	1,7
<i>Ghiaia e sabbia limosa di aspetto granulare</i>	3,00 – 4,20	3,00/3,15/3,30/3,45	3/4/9	3,00 – 4,00	-	31°	≈2,1		
<i>Ghiaietto abbondante in matrice limoso sabbiosa argillosa</i>	4,20 – 8,00	4,50/4,65/4,80/4,95 6,00/6,15/6,30/6,45 7,50/7,65/7,80/7,95	19/26/24 18/10/12 20/18/15		-	35°	≈2,1		
<b>Livello falda (m)</b>	<b>-3,50/-3,50/-3,75</b>								

Comune di Ponte San Pietro Prot. n. 0025615 del 05-10-2023 arrivo

## 7. ANALISI SISMICA DEL SITO E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO

### 7.1. Classificazione macrosismica nazionale

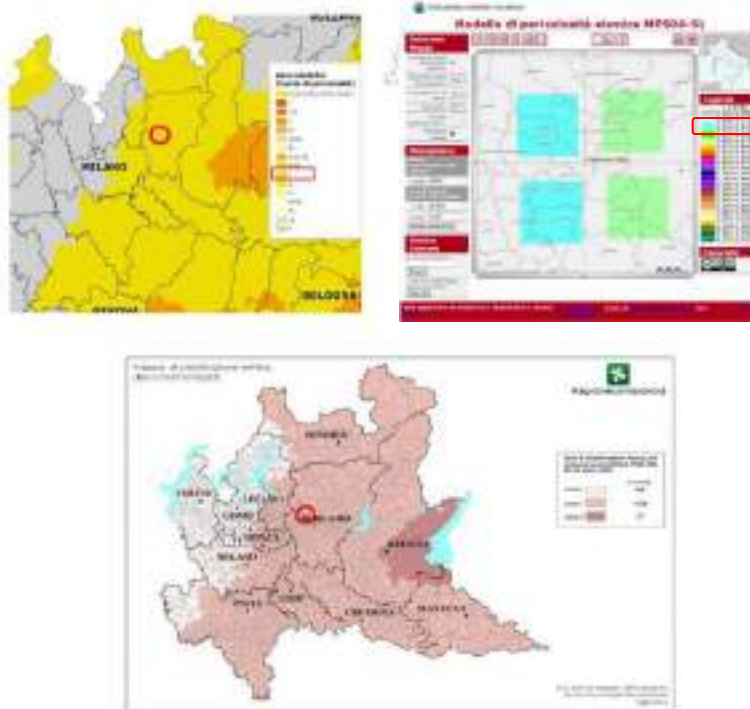
L'analisi della sismicità del territorio nazionale, intesa come distribuzione spazio-temporale dei terremoti in una determinata area, congiuntamente allo studio delle sorgenti sismogenetiche, è la base della valutazione probabilistica della pericolosità macrosismica a scala nazionale.

Con l'OPCM n°3274 del 20 marzo 2003 e l'aggiornamento introdotto con l'OPCM n° 3519 del 28 aprile 2006, sono state individuate le zone sismiche del territorio nazionale e fornite le specifiche tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse.

Ai sensi della citata normativa nazionale ed ai sensi del D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129 in vigore dal 16.04.2016 il territorio comunale di Ponte San Pietro è classificato in Zona sismica 3, con accelerazione di picco su terreno rigido  $0.05 \text{ g} < a_g \leq 0.15 \text{ g}$  (ai sensi del OPCM 3519/06).

Comune	Zona sismica	$A_{gmax}$
PONTE SAN PIETRO	3	0,100192

Nel dettaglio, la mappa di pericolosità sismica a scala nazionale classifica l'area con  $0.075 \text{ g} < a_g \leq 0.100 \text{ g}$ .



*in alto a sinistra: MACROZONAZIONE SISMICA DEL NAZIONALE (OPCM 3519/06).  
– in alto a destra: MAPPA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA NAZIONALE  
– in basso: NUOVA CLASSIFICAZIONE DEI COMUNI DELLA REGIONE LOMBARDIA AI SENSI DELLA DGR X/2129.  
In rosso, l'area in esame.*

### 7.2. Aspetti sismici ai sensi della Normativa NTC

Al fine di verificare le caratteristiche dei terreni di fondazione dal punto di vista sismico sono state condotte le analisi specifiche ai sensi del §3.2.2 delle NTC 2018 relativamente all'identificazione della categoria sismica di sottosuolo. Secondo tale classificazione, il sottosuolo è caratterizzato in funzione dei valori della velocità equivalente delle onde di taglio (parametro  $V_{s,eq}$ ) così definito:

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

dove  $h_i$  e  $V_{s,i}$  sono rispettivamente lo spessore e la velocità delle onde di taglio dell' $i$ -esimo strato,  $N$  il numero di strati,  $H$  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 (bedrock sismico locale).

Per il calcolo del parametro  $V_{s30}$ , risultata pari a 396 m/s, è stato utilizzato il profilo di velocità realizzato dalla prova MASW, corrispondente ad un Suolo di Categoria B.

In relazione alle caratteristiche del sito, la condizione topografica del sito ai sensi della Tab. 3.2.III delle NTC 2018 è la categoria T1 "Superficie pianeggiante, pendii con inclinazione  $i \leq 15^\circ$ ".

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Assenza di rilievi affioranti e terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità della onda di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie sezioni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rilievi isolati e dossi di terreni a grana grossa molto affioranti e terreni a grana fine molto sconsigliati, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità da valori di velocità equivalente compresi tra 300 m/s e 800 m/s.
C	Depressi di terreni a grana grossa molto affioranti e terreni a grana fine molto sconsigliati, 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 300 m/s.
D	Depressi di terreni a grana grossa sconsigliati e di terreni a grana fine sconsigliati caratterizzati, 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.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalenti riconducibili a quelle definite per la categoria C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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 $i > 30^\circ$

### 7.3. Stima dell'azione sismica di progetto

La classificazione sismica del sottosuolo - di cui al precedente paragrafo - ottenuta con il metodo semplificato NTC è stata utilizzata contestualmente:

- alle caratteristiche dell'opera in progetto (§. 1.1);
- alla topografia dell'area pianeggiante, corrispondente alla cat. T1;
- alla pericolosità sismica di base desunta nel sito in esame dalle mappe probabilistiche del territorio nazionale elaborate dall'INGV e relativi parametri sismici (ag accelerazione orizzontale massima attesa,  $F_0$  rapporto di amplificazione spettrale,  $T_c^*$  periodo finale del ramo piatto dello spettro) per la stima delle azioni sismiche utilizzando l'approccio prestazionale ai sensi delle NTC 2018.

In relazione alle NTC2018 l'azione sismica di progetto, caratterizzata da 3 componenti traslazionali (due orizzontali ed una verticale) da considerare tra di loro indipendenti e in base al quale valutare il rispetto dei diversi Stati Limite considerati, si definisce a partire dalla "pericolosità sismica di base" sito-specifica.

Quest'ultima è basata sulle mappe probabilistiche della pericolosità del territorio nazionale consultabili sul portale INGV (dati online <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) che forniscono i seguenti tre parametri:

- accelerazione orizzontale massima attesa ( $a_g$ ), ovvero il picco del segnale che ha una certa probabilità di superamento PVR in un periodo di riferimento  $V_R$ ;
- $F_0$ , cioè il valore del rapporto tra il massimo dello spettro e  $a_g$  per quel sito (amplificazione spettrale);
- $T_c^*$ , ovvero il periodo finale del ramo piatto dello spettro.

$V_R$  viene determinato come prodotto della vita nominale della costruzione  $V_N$  (numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata) e del coefficiente d'uso CU (funzione della gravità delle perdite dovute al raggiungimento di un determinato stato limite). I valori  $P_{VR}$  e  $V_R$  che identificano l'accelerazione massima di riferimento per le

azioni sismiche confluiscono nella definizione del periodo di ritorno TR.

In relazione alla Classe d'Uso II "Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti" ( $C_U = 1$ ) e al periodo di riferimento per l'azione sismica,  $V_R = V_N \cdot C_U = \leq 10$  anni per le "Opere provvisorie – opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva", devono essere considerati i periodi di ritorno  $T_R$  elencanti nella seguente Tab. 1.

Stati Limite di Esercizio (SLE)	Stato Limite di Operatività SLO (PVR = 81 %)	TR = 30 anni
	Stato Limite del Danno SLD (PVR = 63 %)	TR = 35 anni
Stati Limite Ultimi (SLU)	Stato Limite di Salvaguardia della Vita SLV (PVR = 10 %)	TR = 332 anni
	Stato Limite di prevenzione del Collasso SLC (PVR = 5 %)	TR = 682 anni

Tab.1 – valori di  $T_R$  espressi in funzione di  $V_R$

Per la valutazione dell'accelerazione massima attesa al sito in funzione della Categoria Sismica di Sottosuolo è stato utilizzato il programma "Spettri-NTC.ver.1.03" realizzato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

In particolare, attraverso il foglio di calcolo sono stati computati i valori di:

- accelerazione massima attesa al sito  $a_{MAX}$  (Peak Ground Acceleration; PGA) a partire dal valore dell'accelerazione orizzontale massima del sito  $a_g$  su suolo rigido con la seguente:

$$a_{MAX} = a_g \cdot S_s \cdot S_T$$

dove  $S_s$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica per la Categoria di Sottosuolo B (pari a 1.2) ed  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica (pari a 1.0) dell'area definiti, rispettivamente, nelle Tabelle 3.2.IV e 3.2.V delle NTC 2018;

Tab. 3.2.IV – Espressione di  $S_s$  e  $A C_s$

Categoria sismica	$S_s$	$A C_s$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot T_c \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c)^{-0,5}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot T_c \leq 1,50$	$1,10 \cdot (T_c)^{-0,75}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,70 \cdot T_c \leq 1,80$	$1,10 \cdot (T_c)^{-1,0}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot T_c \leq 1,00$	$1,10 \cdot (T_c)^{-1,25}$

Tab. 3.2.V – Valori minimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera e dell'insediato	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della cresta di un rilievo	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media superiore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

- coefficienti sismici di accelerazione orizzontale  $K_H$  e verticale  $K_V$ , calcolati secondo le seguenti relazioni:

$$K_H = \beta_s \cdot a_{MAX} \quad K_V = \pm 0.5 \cdot K_H$$

dove il coefficiente di riduzione  $\beta_s$  per  $a_g(g) \leq 0.1$  è pari a 0.20 (Tabella 7.11.I delle NTC 2018);

Tab. 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0,2 \leq a_g(g) \leq 0,4$	0,38	0,28
$0,1 \leq a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

- TC, TB, TD per gli stati limite considerati.

Gli esiti del calcolo per la Categoria di Suolo B sono riportati nella seguente Tab. 2, mentre in Allegato 2 sono riportati gli spettri di normativi in forma tabellare completa.

Categoria B	pericolosità sismica di base				coefficienti sismici					Spettro normativa		
	$T_R$ (anni)	$a_g$ (g)	$F_0$	$T_c$ (s)*	$S_s$	$S_T$	$a_{MAX}$ (g)	$K_H$	$K_V$	$T_B$ (s)	$T_C$ (s)	$T_D$ (s)
SLO	30	0,027	2,453	0,194	1,200	1	0,0324	0,00348	0,00324	0,099	0,296	1,708
SLD	50	0,035	2,491	0,211	1,200	1	0,042	0,0084	0,0042	0,106	0,317	1,741
SLV	475	0,097	2,439	0,273	1,200	1	0,1164	0,02328	0,01164	0,130	0,390	1,987

SLC	975	0,128	2,453	0,280	1,200	1	0,1536	0,03072	0,01536	0,132	0,397	2,112
-----	-----	-------	-------	-------	-------	---	--------	---------	---------	-------	-------	-------

Tab.2 – parametri di pericolosità sismica di base ( $A_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$ ) riferiti ai periodi di ritorno  $T_R$  per gli stati limite SLE e SLU (calcolati con il programma "Spettri-NTC.ver.1.03") e coefficienti sismici stimati.

#### 7.4. Verifica alla liquefazione

Ai sensi della normativa NTC 2018 (§7.11.3.4.2), integrata con le indicazioni di cui alla Linee Guida a cura delle Associazione Geotecnica Italiana, la probabilità che si manifestino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se è verificata almeno una delle seguenti 5 condizioni:

1. eventi sismici attesi di magnitudo $M$ inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc_{1N}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$ .

In relazione alle caratteristiche macrosismiche dell'area, alle condizioni di sito in termini di accelerazione massima attesa ai sensi delle NTC 2018 (§5.2) ed alle caratteristiche idrogeologiche dell'area (§3.3), in Tab.3 viene proposta la valutazione delle quattro condizioni con eventuale interruzione alla prima esclusione possibile.

Per quanto riguarda le condizioni geologico-sismiche sito specifiche, in relazione al fatto che l'accelerazione attesa al piano campagna in condizioni di *free-field* ai tempi di ritorno di 475 e 975 anni non eccede il valore soglia di 0.1 g e sulla base delle caratteristiche dell'opera in progetto (ai sensi delle Tabelle 2.4.I e 2.4.II delle NTC 2018; §1.1), la verifica alla liquefazione non deve essere effettuata.

CONDIZIONE DI ESCLUSIONE	SITO DI PROGETTO	ESCLUSIONE
1: Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni <i>free-field</i> minore di 0.1g	$a_{MAX} (g) < 0.1$	SI

Tab.3 – Analisi dei fattori di esclusione alla verifica della liquefazione (ai sensi delle NTC2018)

#### 7.5. Aspetti sismici ai sensi della normativa regionale

##### I Livello di Approfondimento

Il moto del terreno generato da un sisma in un dato sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà meccaniche dei materiali che li costituiscono e che possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità di base producendo effetti locali.

Ai sensi della DRG IX/2616, il PGT del Comune di Ponte San Pietro ha sviluppato la Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) del proprio territorio, nella quale è riportata la perimetrazione dei diversi scenari tra le possibilità previste dall'Allegato 5 alla D.G.R. IX/2616 e dipendenti dalle caratteristiche del territorio nei termini di effetti dovuti ad instabilità ed amplificazione di sito.



Dalla disamina della carta di PSL contenuta nella *Carta della Pericolosità Sismica Locale* (2016 – invariata) si evince che, ai sensi del PGT vigente, l'area oggetto dell'intervento è classificata in Zona Z4d "Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio/colluviale" - (effetto sismico di amplificazione litologica). Zone caratterizzate dalla presenza di coltri limoso-argillose di significativi spessore ed estensione laterale. Corrispondono alle "aree con caratteristiche geotecniche scadenti (sg)".

In relazione alla classificazione da PSL nel sito, è stata valutata l'esclusione della verifica a liquefazione sensi della normativa NTC 2018 (§7.11.3.4.2) (Par. 6.4).

### *Il Livello di Approfondimento*

Considerando, in prima analisi, le caratteristiche dell'area in esame tipiche dello scenario Z4d, si è proceduto alla definizione della risposta sismica sito-specifica dei terreni in termini di fattore di amplificazione (Fa) attraverso la verifica di II livello definita con la metodologia semplificata prevista dalla Regione Lombardia nella D.G.R. n° IX/2616 (Punto 2.2.2. dell'Allegato 5).

L'analisi è stata realizzata a titolo di raffronto sito specifico ed integrazione con l'analisi di II livello disponibile nel PGT di Ponte San Pietro.

L'approfondimento prevede un approccio semi-quantitativo attraverso il quale viene valutato il grado di protezione raggiunto dalla normativa vigente nel tenere in considerazione gli effetti sismici locali. A tal fine, la metodologia fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di Fa negli intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s, scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più frequenti sul territorio (il primo per strutture basse e relativamente rigide, il secondo a strutture alte e flessibili).

Ai sensi della D.G.R. 5001/2016 tale valutazione può essere eseguita solamente se sono verificate alcuni specifici requisiti di applicabilità che consistono nell'assenza di fenomeni 2D connessi alla risonanza del bacino, nell'assenza di inversioni di velocità significative, nella presenza di contrasti di impedenza inferiori a 3 e che i valori di  $V_{SH}$  siano maggiori di 250 m/s.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici confrontando il valore di Fa ottenuto con un parametro di analogo significato (definito Valore Soglia) calcolato per ciascun comune della Lombardia, per varie categorie di terreno di fondazione e per i due intervalli di periodo.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di Fa con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia. Gli scenari possibili sono i seguenti:

- $Fa < \text{Valore Soglia}$ : la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione del sito e quindi si applica lo spettro di normativa;
- $Fa > \text{Valore Soglia}$ : la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione e quindi è necessario in fase di progettazione, o effettuare analisi più approfondite oppure utilizzare lo spettro caratteristico della categoria di suolo superiore.

In entrambi i casi, la normativa prevede di considerare un margine di variabilità di  $\pm 0.1$  che tiene in conto la variabilità del valore di Fa ottenuto dalla procedura semplificata.

INTERVALLO DI PERIODO	VALORI DI SOGLIA DA REGIONE LOMBARDIA			
	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1 s – 0.5 s	1.5	1.9	2.3	2.0
0.5 s – 1.5 s	1.7	2.4	4.3	3.1

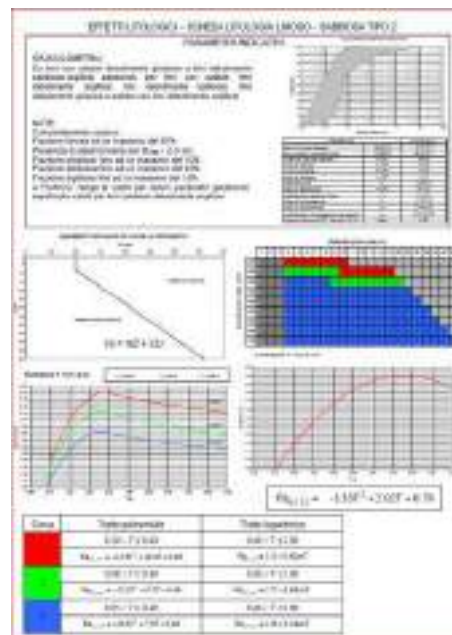
*Tab.2– valori soglia relativi agli interventi di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s per il comune di Ponte San Pietro (database Regione Lombardia). Evidenziati i valori di riferimento per la categoria di sottosuolo B del sito in esame.*

In Tab. 2 sono riportati i valori soglia relativi ai due intervalli di periodo riportato nella banca dati di Regione Lombardia (ai sensi del DGR n. IX/2616). Al fine dell'analisi, è stato utilizzato il profilo di velocità ottenuto dalla prova MASW, corrispondenti ad un suolo di Categoria di Suolo B delle NTC 2018.

Considerando le caratteristiche litologiche del sottosuolo e confrontando l'andamento con la profondità della Vs con quello riportato nelle schede litologiche fornite da Regione Lombardia nell'ALL. 5 alla DGR n. IX/2616, è stata individuata la "SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO SABBIOSA TIPO 2" quale scheda di riferimento idonea alla litologia presente ed al profilo di velocità delle onde Vs fino alla profondità presunta del bedrock sismico locale.

La velocità media equivalente dei vari orizzonti di terreno superiore a 4 metri di spessore della successione stratigrafica ( $V_{sm} = 247$  m/s per 4 m) permette di utilizzare la seconda curva di correlazione per definire l'amplificazione stratigrafica del sito, mentre per il periodo di riferimento viene utilizzato quello ottenuto dalla procedura di normativa ( $T_0 = 0,267$  s).

In base ai valori del periodo di riferimento i dati forniti sulle curve specifiche (in questo caso in riferimento a edifici con periodi di oscillazione compresi tra 0,1 e 0,5 s) il Fattore di amplificazione ( $F_a$ ) dovuto a questa specifica stratigrafia sismica è  $F_{a,0,1-0,5} = 2,02$  e  $F_{a,0,5-1,5} = 2,27$ .



realizzazione di adeguate indagini puntuali volte in particolare alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione al fine di determinare gli accorgimenti costruttivi più idonei, con particolare riferimento al dimensionamento fondazionale-strutturale delle opere.

Si applica il DM 17 gennaio 2018 “Nuove Norme tecniche per le costruzioni”, la DGR IX/2616/2011 e la DGR X/5001/2016.

#### B) ASPETTI FISICI RELATIVI ALLE INUMAZIONI

Il sito di intervento presenta una certa omogeneità stratigrafica. I terreni sono rappresentati da depositi fluvio-glaciali costituiti prevalentemente da limi argillosi sabbiosi con la frazione ghiaiosa grossolana presente a partire da circa -3/5 m dal p.c. In superficie sono presenti terreni rimaneggiati di spessore limitato.

- I terreni di riporto/rimaneggiati facenti parte dell'Unità 1 risultano potenzialmente interessati dalla realizzazione delle fosse più superficiali perché presenti fino ad una profondità rilevata di 2 m da p.c. Essi presentano in base alla granulometria del campione analizzato (S2), un grado di idoneità B, risultando quindi NON idonei all'inumazione.

- Il terreno con una frazione ghiaioso sabbioso maggiore, appartenente all'Unità 2 e presente fino alle profondità di circa - 3 m, potrebbe costituire il sedime per la maggior parte delle operazioni di inumazione. Anch'esso presenta, in base alla granulometria del campione analizzato (S1), un grado di idoneità B, risultando quindi ugualmente NON idoneo all'inumazione.

In entrambe le unità, infatti, con un'abbondante presenza di materiale fine, coefficiente di permeabilità basso e un basso grado di porosità, non sono garantiti il drenaggio delle acque meteoriche e la circolazione dell'aria, ostacolando la decomposizione delle salme.

- Le pratiche di inumazione potranno pertanto essere adottate ricreando artificialmente condizioni di idonea porosità, attraverso riporto di terreni sabbioso-ghiaiosi eventualmente da mescolare con il terreno in posto fino all'ottenimento della seguente miscela ottimale: **sabbia 60%, ghiaia 20%, limo e argilla 20%.**

- Dal punto di vista idrogeologico la falda acquifera potrebbe interferire alla luce della ridotta soggiacenza (-3,5 m) con i campi di inumazione e con le strutture cimiteriali in quanto è situata ad scarsa profondità dal piano campagna. Pertanto è da rispettare il franco minimo di 50 centimetri al di sotto del piano di inumazione rispetto alla massima altezza della falda, **prevedendo scavi NON superiori a -3,00 metri da p.c.**

- Al fine di evitare ristagni d'acqua, sarà altresì indispensabile dotare i campi di inumazione di adeguata rete drenante, utile per intercettare e smaltire le acque percolanti nel sottosuolo.

- Il cimitero, infine, non interferisce con alcuna zona di rispetto di pozzi pubblici.



## ALLEGATI

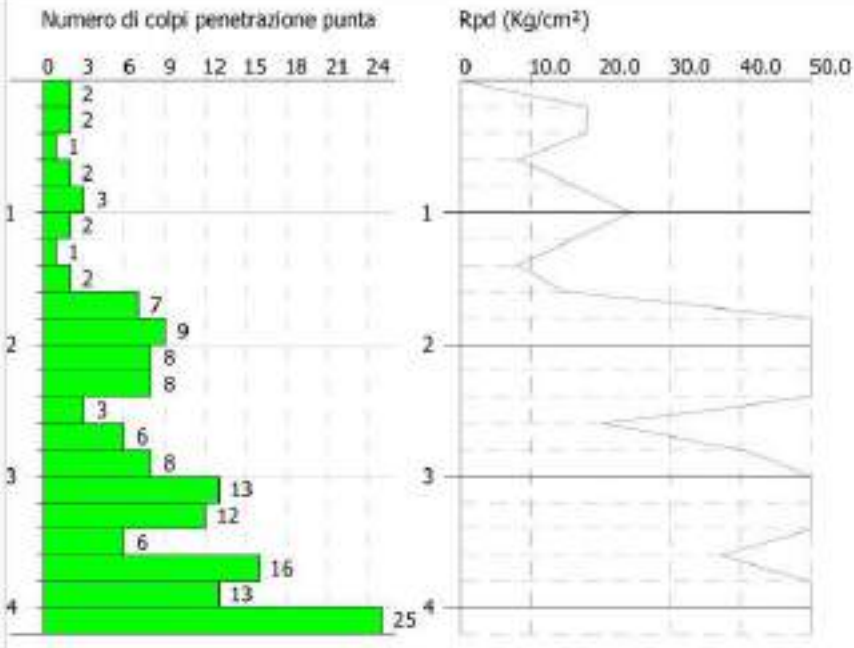
- 2023: PROVE PENETROMETRICHE NUOVA BATTERIA DI OSSARI/NICCHIE CINERARIE  
SPETTRI DI RISPOSTA NUOVA BATTERIA DI OSSARI/NICCHIE CINERARIE
- 2005: TOMOGRAFIA ELETTRICA ERT2D
- 1989: PROVE PENETROMETRICHE VECCHIO OSSARIO  
SONDAGGI VECCHIO OSSARIO  
ANALISI GRANULOMETRICHE VECCHIO OSSARIO

INDAGINI NUOVI OSSARI (2023)  
DIAGRAMMI DI PROVA

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr. 1  
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di Ponte San Pietro  
Descrizione:  
Località: Locate Bergamasco c/o Cimitero Comunale

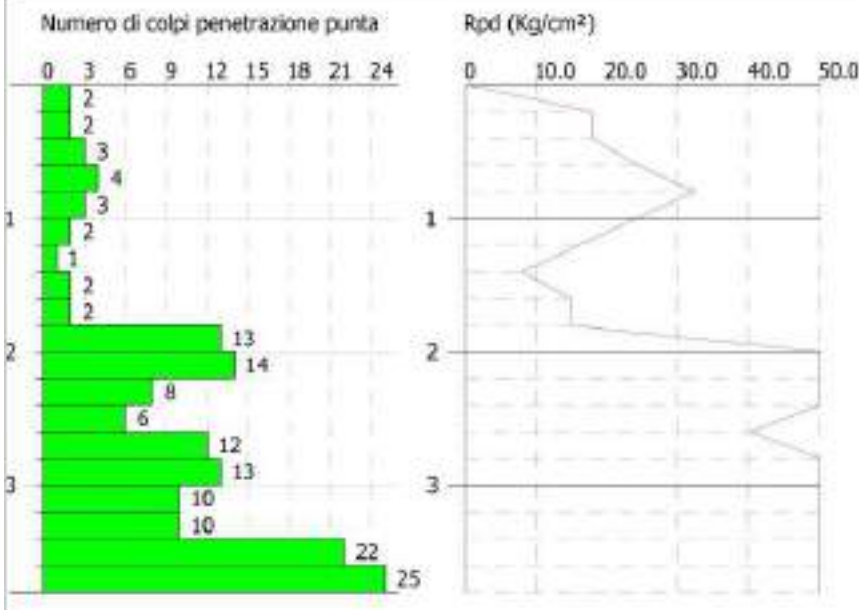
26-09-2023



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2  
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di Ponte San Pietro  
Descrizione:  
Località: Locate Bergamasco c/o Cimitero Comunale

26-09-2023



**PROVA ...DPSH1 Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI**

Prova eseguita in data 26-09-2023

Profondità prova 4.20 mt Falda -3.75 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.20	2	0.855	1.76	2.06	88.06	103.04
0.40	2	0.851	1.75	2.06	86.36	102.97
0.60	1	0.847	0.80	0.95	40.05	47.28
0.80	2	0.843	1.60	1.89	79.75	94.57
1.00	3	0.840	2.38	2.84	119.64	142.20
1.20	2	0.836	1.58	1.89	79.09	94.57
1.40	1	0.833	0.49	0.54	22.55	26.48
1.60	2	0.830	1.45	1.75	72.49	87.39
1.80	7	0.826	5.10	6.17	254.97	308.90
2.00	9	0.823	5.88	7.10	294.87	355.77
2.20	8	0.820	5.74	6.99	286.35	350.10
2.40	8	0.817	5.71	6.99	285.63	349.54
2.60	3	0.814	1.98	2.44	99.19	121.82
2.80	6	0.811	3.53	4.35	176.52	217.71
3.00	8	0.809	4.60	5.69	229.87	284.25
3.20	13	0.806	7.86	9.75	392.76	487.29
3.40	12	0.803	5.92	7.40	296.16	369.71
3.60	6	0.801	3.04	3.79	151.88	189.65
3.80	16	0.746	6.55	8.79	327.54	439.33
4.00	13	0.746	6.12	8.20	305.96	409.92
4.20	Rifiuto	0.691	8.91	12.88	445.22	644.29

**PROVA ...DPSH2 Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI**

Prova eseguita in data 26-09-2023

Profondità prova 3.80 mt Falda – 3.60 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.20	2	0.855	1.76	2.06	88.06	103.04
0.40	2	0.851	1.75	2.06	86.36	102.97
0.60	3	0.847	1.86	2.20	93.16	109.83
0.80	4	0.843	2.47	2.93	123.56	147.10
1.00	3	0.840	2.38	2.84	119.64	142.20
1.20	2	0.836	1.58	1.89	79.09	94.57
1.40	1	0.833	0.49	0.54	22.55	26.48
1.60	2	0.830	1.45	1.75	72.49	87.39
1.80	2	0.826	5.10	6.17	254.97	308.90
2.00	13	0.823	7.42	9.02	371.67	451.10
2.20	14	0.820	7.82	10.15	391.28	507.98
2.40	8	0.817	5.71	6.99	285.63	349.54
2.60	6	0.814	4.13	5.07	206.92	253.99
2.80	12	0.811	4.87	6.01	244.16	300.08
3.00	13	0.809	6.02	7.94	302.04	398.12
3.20	10	0.806	4.12	5.15	205.94	257.91
3.40	10	0.803	4.09	4.99	201.11	254.87
3.60	22	0.701	7.54	10.76	377.55	538.38
3.80	Rifiuto	0.648	15.42	23.78	770.80	1189.54

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI				
TERRENI COESIVI				
Descrizione				
Strato (1) Limo argilloso sabbioso debolm. ghiaioso	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	
	4,51	0,00 - 3,00		
Coesione non drenata $C_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )			Terzaghi-Peck	0,27
Modulo Edometrico $E_{ed}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )			Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	45,75
Modulo di Young $E_y$ (Kg/cm <sup>2</sup> )			Schultze	29,17
Classificazione AGI			A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )			Meyerhof	1,65
Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )			Meyerhof	1,86
TERRENI INCOERENTI				
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	
Strato (2) Ghiaia limosa argillosa	12,70	3,00 - 4,20		
Densità relativa (%)			Gibbs & Holtz 1957	48,94
Angolo di resistenza al taglio (°)			Japanese National Railway	34,58
Modulo di Young $E_y$ (Kg/cm <sup>2</sup> )			D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	369,38
Modulo Edometrico $E_{ed}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )			Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	79,33
Classificazione AGI				MODERATAMENTE ADDENSATO
Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )			Meyerhof ed altri	2,08
Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )			Terzaghi-Peck 1948-1967 (A.G.I.)	2,01
Modulo di Poisson				0,3
Modulo di deformazione a taglio dinamico $G$ (Kg/cm <sup>2</sup> )			Ohsaki (Sabbie pulite)	1352,19

**SPETTRI DI RISPOSTA**  
**NUOVA BATTERIA DI OSSARI/NICCHIE CINERARIE (2023)**

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLO**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLO
$a_g$	0.027 g
$F_o$	2.453
$T_c^*$	0.194 s
$S_s$	1.200
$C_c$	1.527
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.099 s
$T_C$	0.296 s
$T_D$	1.708 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$\begin{aligned} 0 \leq T < T_B & \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\ T_B \leq T < T_C & \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\ T_C \leq T < T_D & \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\ T_D \leq T & \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right) \end{aligned}$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.033
$T_B \leftarrow$	0.099	0.080
$T_C \leftarrow$	0.296	0.080
	0.364	0.065
	0.431	0.055
	0.498	0.047
	0.565	0.042
	0.633	0.037
	0.700	0.034
	0.767	0.031
	0.834	0.028
	0.902	0.026
	0.969	0.024
	1.036	0.023
	1.103	0.021
	1.170	0.020
	1.238	0.019
	1.305	0.018
	1.372	0.017
	1.439	0.016
	1.507	0.016
	1.574	0.015
	1.641	0.014
$T_D \leftarrow$	1.708	0.014
	1.818	0.012
	1.927	0.011
	2.036	0.010
	2.145	0.009
	2.254	0.008
	2.363	0.007
	2.472	0.007
	2.581	0.006
	2.691	0.006
	2.800	0.005
	2.909	0.005
	3.018	0.004
	3.127	0.004
	3.236	0.004
	3.345	0.004
	3.454	0.003
	3.564	0.003
	3.673	0.003
	3.782	0.003
	3.891	0.003
	4.000	0.003

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD****Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0.035 g
$F_o$	2.491
$T_c^*$	0.211 s
$S_s$	1.200
$C_c$	1.501
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.106 s
$T_C$	0.317 s
$T_D$	1.741 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.042
$T_B \leftarrow$	0.106	0.105
$T_C \leftarrow$	0.317	0.105
	0.385	0.087
	0.453	0.074
	0.520	0.064
	0.588	0.057
	0.656	0.051
	0.724	0.046
	0.792	0.042
	0.860	0.039
	0.927	0.036
	0.995	0.034
	1.063	0.031
	1.131	0.030
	1.199	0.028
	1.266	0.026
	1.334	0.025
	1.402	0.024
	1.470	0.023
	1.538	0.022
	1.605	0.021
	1.673	0.020
$T_D \leftarrow$	1.741	0.019
	1.849	0.017
	1.956	0.015
	2.064	0.014
	2.171	0.012
	2.279	0.011
	2.386	0.010
	2.494	0.009
	2.602	0.009
	2.709	0.008
	2.817	0.007
	2.924	0.007
	3.032	0.006
	3.139	0.006
	3.247	0.006
	3.355	0.005
	3.462	0.005
	3.570	0.005
	3.677	0.004
	3.785	0.004
	3.892	0.004
	4.000	0.004

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV****Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.097 g
$F_o$	2.439
$T_c^*$	0.273 s
$S_s$	1.200
$C_c$	1.428
$S_T$	1.000
$q$	2.400

**Parametri dipendenti**

$S$	1.200
$\eta$	0.417
$T_B$	0.130 s
$T_C$	0.390 s
$T_D$	1.987 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_s(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.116
$T_B \leftarrow$	0.130	0.118
$T_C \leftarrow$	0.390	0.118
	0.466	0.099
	0.542	0.085
	0.618	0.074
	0.694	0.066
	0.770	0.060
	0.846	0.054
	0.922	0.050
	0.998	0.046
	1.074	0.043
	1.150	0.040
	1.226	0.037
	1.303	0.035
	1.379	0.033
	1.455	0.032
	1.531	0.030
	1.607	0.029
	1.683	0.027
	1.759	0.026
	1.835	0.025
	1.911	0.024
$T_D \leftarrow$	1.987	0.023
	2.083	0.021
	2.179	0.019
	2.275	0.019
	2.371	0.019
	2.466	0.019
	2.562	0.019
	2.658	0.019
	2.754	0.019
	2.850	0.019
	2.946	0.019
	3.042	0.019
	3.137	0.019
	3.233	0.019
	3.329	0.019
	3.425	0.019
	3.521	0.019
	3.617	0.019
	3.712	0.019
	3.808	0.019
	3.904	0.019
	4.000	0.019

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLC****Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLC
$a_g$	0.128 g
$F_o$	2.453
$T_c$	0.280 s
$S_g$	1.200
$C_c$	1.419
$S_T$	1.000
$q$	2.400

**Parametri dipendenti**

$S$	1.200
$\eta$	0.417
$T_B$	0.132 s
$T_C$	0.397 s
$T_D$	2.112 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_g \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.153
$T_B \leftarrow$	0.132	0.157
$T_C \leftarrow$	0.397	0.157
	0.479	0.130
	0.560	0.111
	0.642	0.097
	0.724	0.086
	0.805	0.077
	0.887	0.070
	0.969	0.064
	1.050	0.059
	1.132	0.055
	1.214	0.051
	1.295	0.048
	1.377	0.045
	1.458	0.043
	1.540	0.040
	1.622	0.038
	1.703	0.037
	1.785	0.035
	1.867	0.033
	1.948	0.032
	2.030	0.031
$T_D \leftarrow$	2.112	0.030
	2.202	0.027
	2.291	0.026
	2.381	0.026
	2.471	0.026
	2.561	0.026
	2.651	0.026
	2.741	0.026
	2.831	0.026
	2.921	0.026
	3.011	0.026
	3.101	0.026
	3.191	0.026
	3.281	0.026
	3.371	0.026
	3.460	0.026
	3.550	0.026
	3.640	0.026
	3.730	0.026
	3.820	0.026
	3.910	0.026
	4.000	0.026

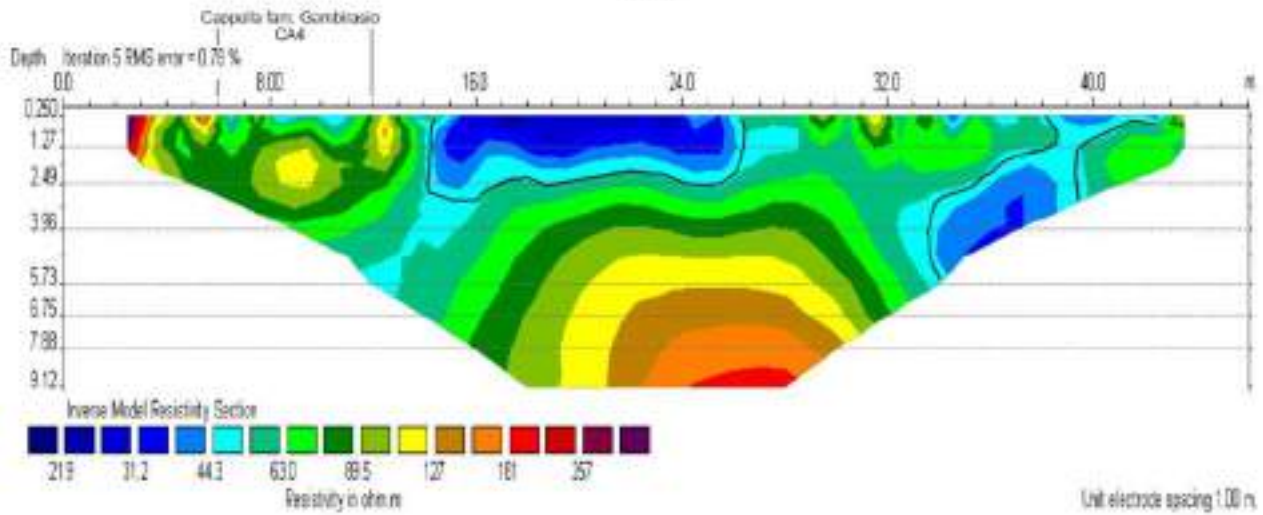
La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

## TOMOGRAFIA ELETTRICA ERT2D (2005)

Comune di Ponte San Pietro  
cimitero comunale in fraz. di Locate

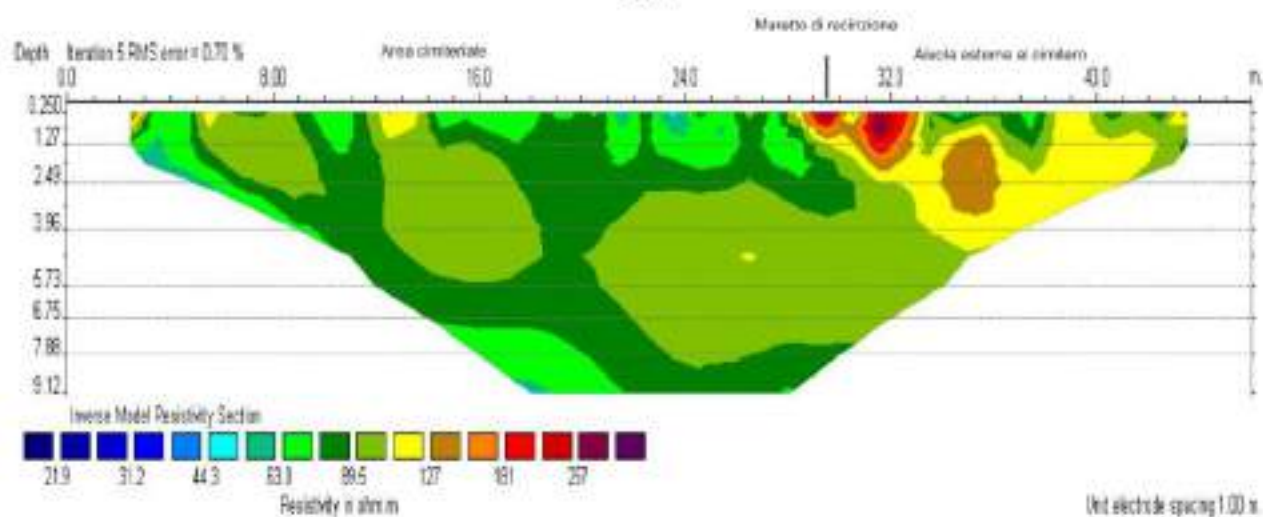
### PSEUDOSEZIONE N. 1

LOC1.bti

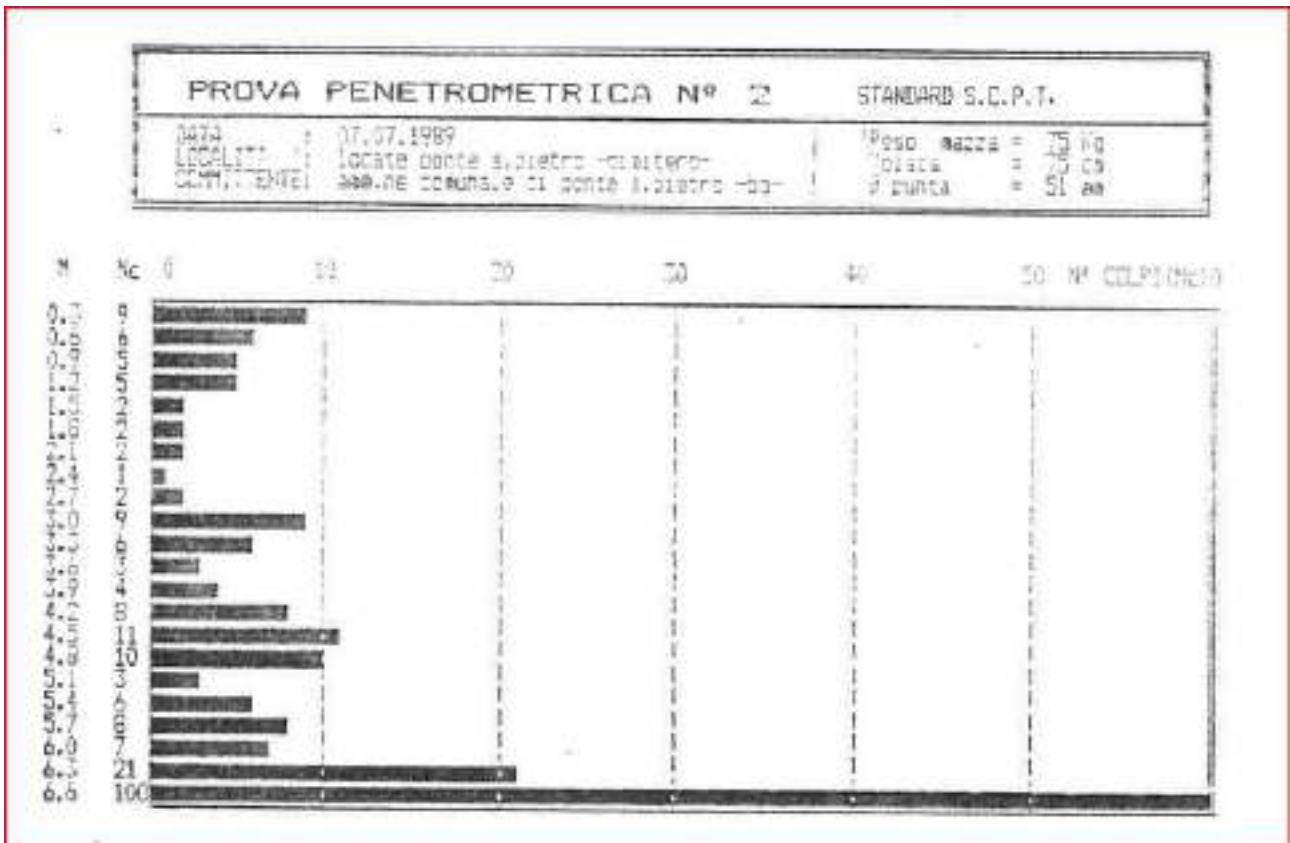
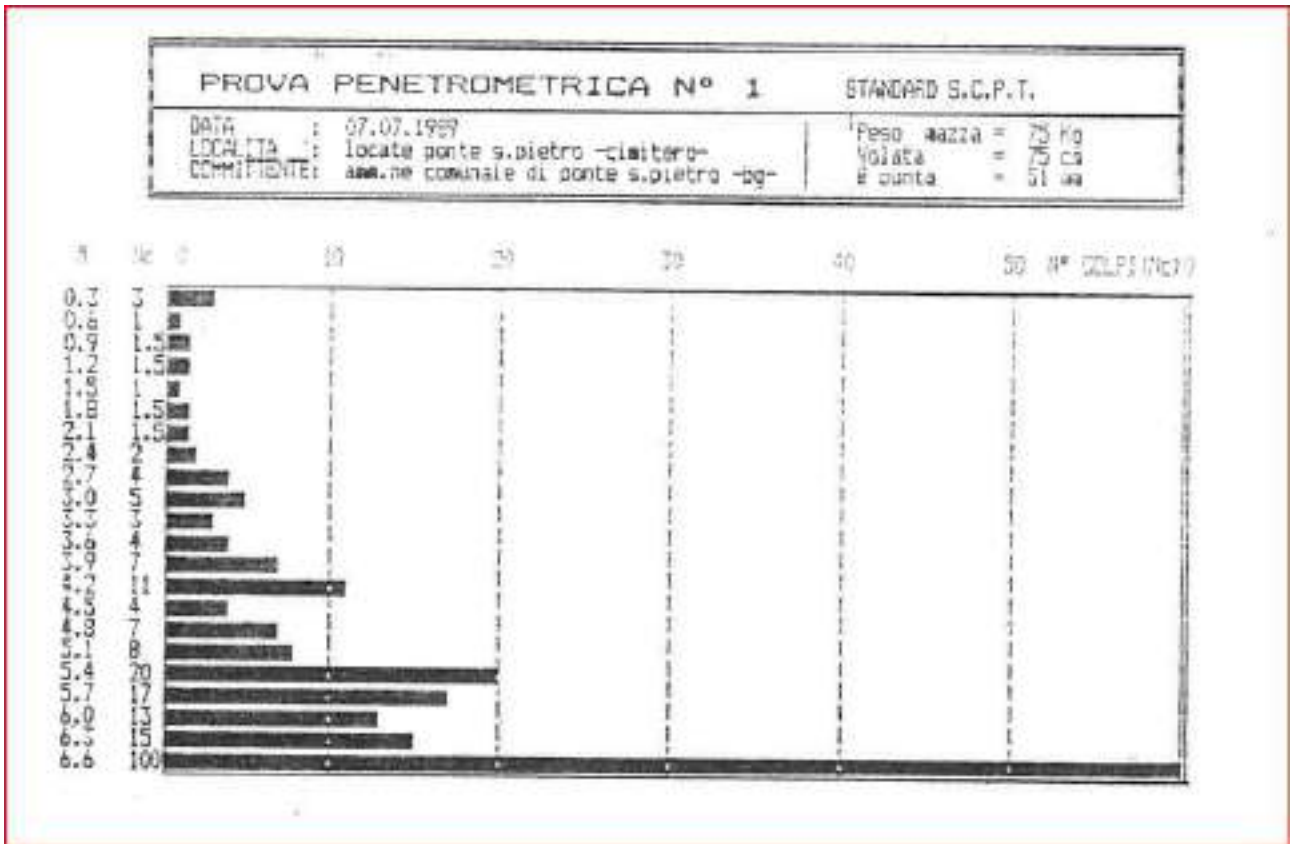


### PSEUDOSEZIONE N. 2

LOC2.bti



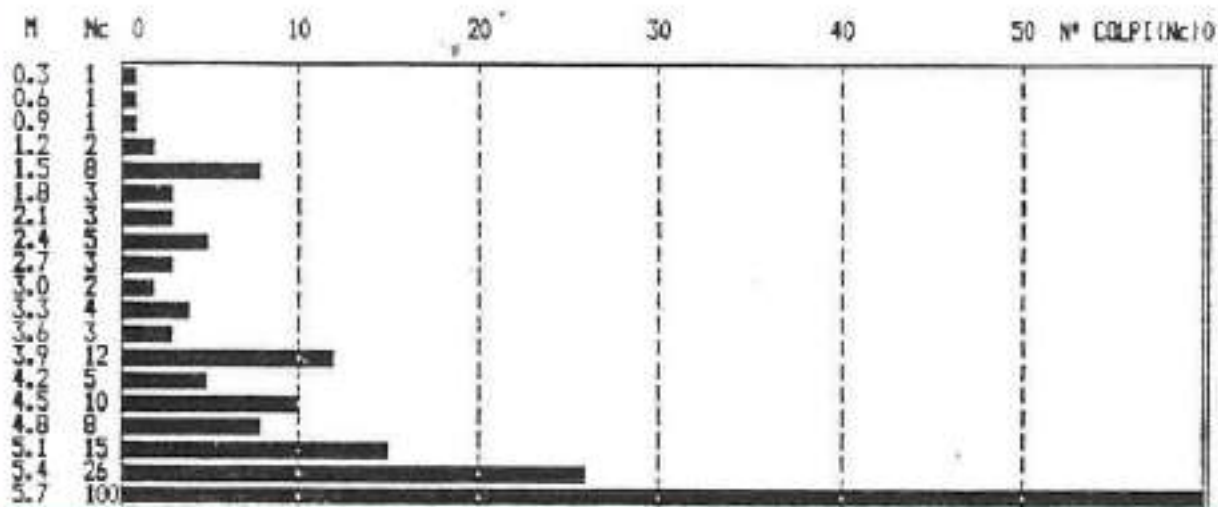
INDAGINI DISSESTO VECCHIO OSSARIO  
PROVE PENETROMETRICHE (1989)



PROVA PENETROMETRICA N° 3		STANDARD S.C.P.T.
DATA	: 07.07.1989	Peso sacca = 75 kg
LOCALITA	: locate ponte s.pietro -cimitero-	Volata = 75 cm
COMMITTENTE:	ass.ne comunale di ponte s.pietro -bg-	Ø punta = 51 mm



PROVA PENETROMETRICA N° 4		STANDARD S.C.P.T.
DATA	: 07.07.1989	Peso sacca = 75 kg
LOCALITA	: locate ponte s.pietro -cimitero-	Volata = 75 cm
COMMITTENTE:	ass.ne comunale di ponte s.pietro -bg-	Ø punta = 51 mm



SONDAGGI DISSESTO VECCHIO OSSARIO  
(1989)

Comune di Ponte S. Pietro					Metodo di perforazione		CONTINUA		= 101 mm		Foglio n°	
Sond. n° 1					Locata		LOCATE		Posizione		Quota inizio 0,00	
Profondità m	Stratigrafia	Carotaggio	Casi lit.	Profondità m	Descrizione Terreno	P.P.	S. P. T.		VANE TEST			
							n	1° cassa	max	res.		
1		1,00	1		Limo sabbioso debolmente argilloso presumibilmente riportato.	0,4			0,15			
2		1,50 2,00	2									
3		2,50			Ghiaia in matrice limosa sabbiosa alternate a livelli torbosi con limo sabbia ed argilla.		3,00 3,15 3,30 3,45	21 22 23				
4		4,00	3		Ghiaia e sabbia in matrice limoso argillosa subordinata.	0,4 0,55			0,15			
5		4,50					4,50 4,65 4,80 4,95	11 12 13				
6						0,86	6,00 6,15 6,30 6,45	24 25	0,3			
7												
8					Ciottoli e ghiaia in matrice limoso sabbiosa marroncino.	2,50 2,65		>50				
9							9,00 9,15 9,30 9,45	28 29 30				
10								>50				
11												
2												

2 3 _____ campione indisturbato		LIVELLO FALDA				Data dal 13/7/89 al _____	
		data	profond. fori	prof. invest.	invest. acqua	Firma del compilatore _____	
		13/7			-1,95		
		3/8			-2,10		
		5/9			-2,10		
B C _____ campione rimangiato						GEODRILL s.r.l. (BG)	

Comune di Ponte San Pietro Prot. n. 0025615 del 05-10-2023 arrivo

Comittente		Materico di perforaz.		Sond. n°		Località		Posizione		Quota inizio		Foglio n°	
AMM/NE COMUN. PONTE S. PIETRO		CONTINUA		101		mm		D.C.					
1	2	LOCATE											
Profondità m	S. P. T.	S. P. T.	S. P. T.	S. P. T.	S. P. T.	S. P. T.	S. P. T.	S. P. T.	S. P. T.	S. P. T.	S. P. T.	VANE TEST	
												max	res.
1	1,30												
2	1,50												
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													

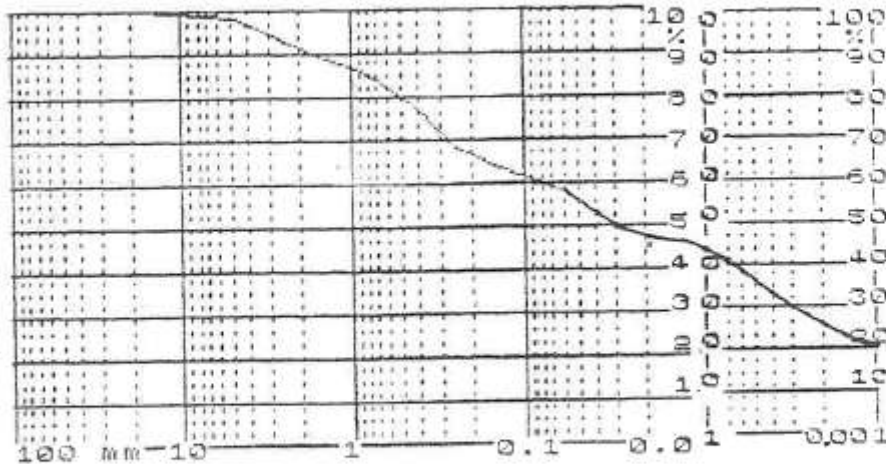
  

LIVELLO FALDA				Data dal	
data	profond. foro	prof. rivest.	livello acqua		
15/7			- 3,50	13/7/89	
3/8			- 3,50	Firma del compilatore	
5/9			- 3,75	GEO DRILL s.r.l. (BG)	

**RAPPORTO DI ANALISI GRANULOMETRICA  
DISSESTO VECCHIO OSSARIO (1989)**

COMMITTENTE: amm. comm. Ponte s. Pietro  
CAMPIONE N° 1 m. 1.1-1.6  
PROVENIENZA: sonda 9910 2

DATA: luglio 1989



MAGLIE (mm)	TRATTENUTO (%)		PASSANTE (%)
19.000	0	0	100
4.750	2	2	98
2.000	7.3	9.3	90.7
0.800	5.8	15.1	84.9
0.425	7.9	23	77
0.250	9.3	32.3	67.7
0.105	6.5	38.8	61.2
0.075	2	40.8	59.2
0.053	3.2	44	56
<0.053	55.6	99.6	0.3

CIOTTOLI(%) = 0  
GHIAIA(%) = 9  
SABBIA(%) = 33  
LIMO(%) = 33  
ARGILLA(%) = 25

DENOMINAZIONE: LIMQ ARGILLOSO SABBIOSO DEBOLMENTE GHIAIOSO

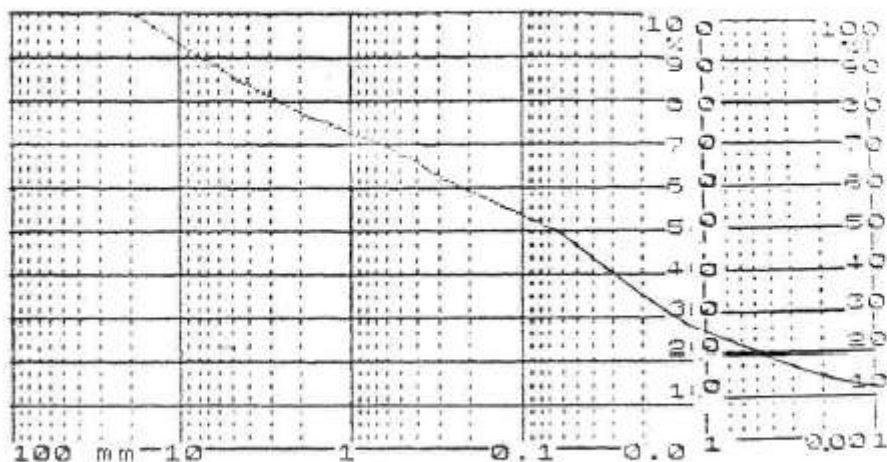
sec	lettura	diametro	%	
11	0000	0.075	99.6	0.4
10	0000	0.105	98.7	1.3
09	0000	0.150	92.7	7.3
08	0000	0.200	90.7	9.3
07	0000	0.250	84.9	15.1
06	0000	0.300	77	23
05	0000	0.355	67.7	32.3
04	0000	0.425	61.2	38.8
03	0000	0.500	59.2	40.8
02	0000	0.600	56	44
01	0000	0.750	44.4	55.6

premi un tasto qualsiasi per tornare al menu  
locate s2 m 1.1 1.6

# ANALISI GRANULOMETRICA

COMMITTENTE: amm. comm. Ponte S. Pietro  
CAMPIONE N° 2  
PROVENIENZA: sondaggio 1 m 2,0 + 2,5

DATA: luglio 19



MAGLIE (mm)	TRATTENUTO (%)		PASSANTE (%)
19.000	0	0	100
4.750	14.9	14.9	85.1
2.000	7.7	22.6	77.4
0.800	5.8	28.4	71.6
0.425	4.8	33.2	66.7
0.250	5.8	39	61
0.105	6.4	45.4	54.6
0.075	3.2	48.6	51.3
0.053	3.2	51.8	48.1
<0.053	47.7	99.5	0.4

CIOTTOLI(%) = 0  
GHIAIA(%) = 22  
SABBIA(%) = 28  
LIMO(%) = 37  
ARGILLA(%) = 13

DENOMINAZIONE: LIMO ARGILLOSO SABBIOSO GHIAIOSO

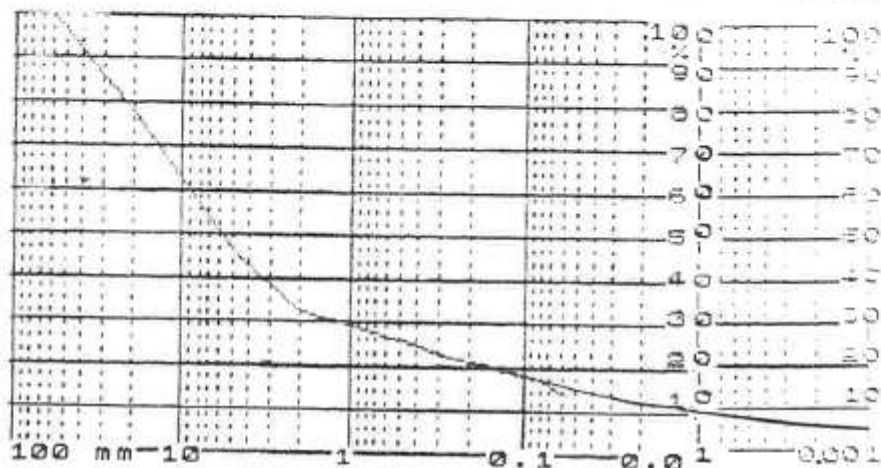
sec	lettura	diametro	%
1.15	20	.00070	79.41
0.000	10	.00030	70.41
1.000	17.5	.0045	69.41
0.000	15	.0020	60.00
0.000	15	.0020	60.00
0.000	13	.0012	59.00
0.000	11	.0007	51.00
0.000	10	.0004	43.77
0.000	10	.0004	39.77
0.000	7	.0020	31.70
0.000	7	.0020	27.70
0.000	6	.0012	23.82
0.000	6	.0012	11.07

premi un tasto qualsiasi per tornare al menu  
locate s1 m2,0 2,5

# ANALISI GRANULOMETRICA

COMMITTENTE: amm. comm. Ponte san Pietro  
CAMPIONE N° 3  
PROVENIENZA: sonda 9910 1 m. 4.0-4.5

DATA: luglio



MAGLIE (mm)	TRATTENUTO (%)		PASSANTE (%)
19.000	22.8	22.8	77.2
4.750	31.2	54	46
2.000	13.1	67.1	32.9
0.800	4.6	71.7	28.3
0.425	2.9	74.6	25.4
0.250	2.9	77.5	22.5
0.105	3.8	81.3	18.6
0.075	1.6	82.9	17
0.053	3.5	86.4	13.5
<0.053	13.1	99.5	0.5

CIOTTOLI(%) = 0  
GHIAIA(%) = 67  
SABBIA(%) = 28  
LIMO(%) = 7,5  
ARGILLA(%) = 7,5

DENOMINAZIONE: GHIAIA SABBIOSA DEBOLMENTE LIMOSO ARGILLOSA