

## Consorzio Bonifica Muzza Bassa Lodigiana

via Nino Dall'Oro 4 - 26900 LODI tel. 0371-420189 r.a. fax 0371-50393  
email: cmuzza@muzza.it



**Convenzione tra Regione Lombardia e Consorzio Bonifica Muzza Bassa Lodigiana per attività da svolgersi sul reticolo idrico principale presente all'interno del territorio comprensoriale.  
Programma di attività ed interventi di cui alla  
Delibera X/7759 del 17/01/2018**



Regione Lombardia

Attività n. C.1 - Nuova realizzazione di aree di laminazione per il colatore Sillaro nell'ambito del relativo bacino idrografico, per la mitigazione del rischio idraulico insistente sui territori di Lodi vecchio, Pieve Fissiraga, Borgo San Giovanni, Villanova del Sillaro, e Borghetto Lodigiano (1° lotto).

## **VASCA 2**

## **RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'**

(R3 ex D.G.R. IX/2616/2011)

## **RELAZIONE GEOLOGICA**

(R1 ex D.M. 17/01/18)



**IL GEOLOGO  
DR GIOVANNI BASSI  
GIUGNO 2020**

Collaboratore: dr Andrea Anelli, geologo

## PREMESSA

L'intervento in esame riguarda attuazione del procedimento completo per l'esecuzione di due vasche di laminazione e relative opere di regolazione eseguibili lungo il colatore Sillaro di Villanova, in comune di Borgo San Giovanni e Pieve Fissiraga, la prima, di Pieve Fissiraga, la seconda. Per procedimento completo si intende la progettazione (preliminare, definitiva ed esecutiva), l'acquisizione delle aree, l'affidamento delle opere, la direzione delle stesse ed il relativo collaudo.

Le ragioni della scelta esecutiva proposta sono riconducibili alla riduzione delle esistenti insufficienze idrauliche presenti lungo il corso del colatore citato, finalizzate, nella fattispecie, al principio del trattenimento dei volumi in loco tramite la così detta laminazione "leggera" e ciò a proseguimento della riduzione del rischio idraulico nelle aree vulnerabili coniugate alle esondazioni del Sillaro di Villanova, in particolare quelle abitate.

Il principio della laminazione "leggera" comporta l'esecuzione di invasi ridotti prossimi ai luoghi di criticità quindi con un beneficio locale tramite un'azione che supplisce ad una carenza idraulica specifica, tuttavia, indirettamente, la stessa opera con l'azione di trattenimento esercitata, è di utile complemento alle dinamiche di valle.

In questa relazione si analizzerà la condizione della Vasca 2 posta nel territorio di Pieve Fissiraga.

### **Nella presente relazione si analizza la condizione della Vasca 2 posta nel territorio di Pieve Fissiraga.**

Al fine di determinare le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni in sito sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche:

- sondaggio esplorativo con escavatore meccanico, il 19.05.2020 e prelievo di 2 campioni a profondità sopra falda per analisi granulometria per sedimentazione
- n. 3 prove penetrometriche con posizionamento di 3 piezometri con tubo in pvc da 1'. CPT e Pz1 il 05.05.2020. Il 25. 05.2020 n. 2 CPT con i piezometri Pz2, Pz3,
- sondaggio con campionatore Shelbey modificato e piezometro Pz4, il 25 maggio c.a. A seguire piezometrie fino alla prima settimana di giugno.

Il seguente lavoro ha come riferimento le seguenti norme:

- DPR 380/2001 - Testo unico per le costruzioni;
- DM 17/01/2018 - Norme tecniche per le costruzioni;
- LR 33/2015 - Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche;
- DGR 5001/2016 - Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica;
- LR 12/2005 - Legge per il governo del territorio;
- DGR 2616/2011 - Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio;
- Norme Geologiche di Piano (PGT).

Le seguenti relazioni sono conformi a quanto prescritto da DGR 30/03/2016 n. X/5001 "Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni

trasferite ai comuni in materia sismica” e sono conformi alle Norme Geologiche di Piano (PGT).

La vasca 2 di Pieve Fissiraga è sarà realizzata lungo la S.P.188 che collega Muzza di Cornegliano con Villanova del Sillaro. La vasca è interamente contenuta in un appezzamento, ora a prato, separato, sul lato nord ovest, dal Sillaro dalla qui sopra citata strada provinciale. Sul lato sud la vasca avrà al confine il colatore secondario drenante verso ovest-sud-ovest e che vuota nel Sillaretto, a sua volta tributario in destra idrografica del Sillaro a valle di Villanova d/S.

Il progetto della vasca è qui di seguito compendiato.

La vasca avrà forma trapezoidale con alcuni profili perimetrali arrotondati, profondità media assoluta dall'apice dell'area di servizio ~1,70 m, profondità relativa dal piano attuale di campagna ~1,00 m corrispondente allo scavo; i paramenti avranno inclinazione leggermente  $>1/1$  (m1,60) e compongono una arginatura coniugata all'area di servizio lungo tutto il perimetro con larghezza variabile da m 3,40 a 20.40. L'occupazione totale del complesso infrastrutturale, comprese le opere accessorie e di complemento, sarà di ~27.000m<sup>2</sup>, includendovi 4.600m<sup>2</sup> relativi ai circa 700 m di sviluppo dell'argine, con superficie della vasca ~22.400m<sup>2</sup> sulla faccia superiore.

Il volume lordo dell'invaso è previsto in 25.000m<sup>3</sup>, di cui, convenzionalmente 21.000 m<sup>3</sup> destinati all'acqua.

L'accesso alla struttura avverrà dalla S.P. 188 e da questa, dalla arginatura di servizio tramite apposita rampa carraia; a mezzo di detta arginatura è prevista la possibilità di percorrenza tutto il perimetro dell'invaso, il che consentirà di raggiungere ogni luogo per controlli, manutenzioni e svuotamento.

L'alimentazione della vasca è prevista tramite un manufatto sfioratore scaricatore posto lungo il Sillaro oltre la SP 188. Lo scarico è invece posizionato all'estremità opposta nel punto 3 nel colatore secondario vuotante nel Sillaretto anche se lo svuotamento avverrà per sollevamento meccanico nello stesso punto di immissione; avendo il piano d'invaso comunque una destinazione agraria (possibile quando non si renda necessario esercitare il riempimento), si rende opportuno predisporre una destinazione degli scoli propri generati da piogge o irrigazione.

Ad esclusione delle aree soggette alle dinamiche erosive delle correnti di riempimento che saranno rivestite in pietrame in corrispondenza del punto di immissione, tutte le superfici, di fondo, sponde e argine di servizio saranno in terra.

**L'unica opera da eseguirsi con strutture in c.c.a e metallo sarà il manufatto di carico.**

## RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'

Il comune di Pieve Fissiraga è dotato di PGT con componente sismica, è inserito in Zona sismica 3 (pericolo sismico medio) con D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129 e in Classe di fattibilità geologica 3b (fig. 1), con consistenti limitazioni.

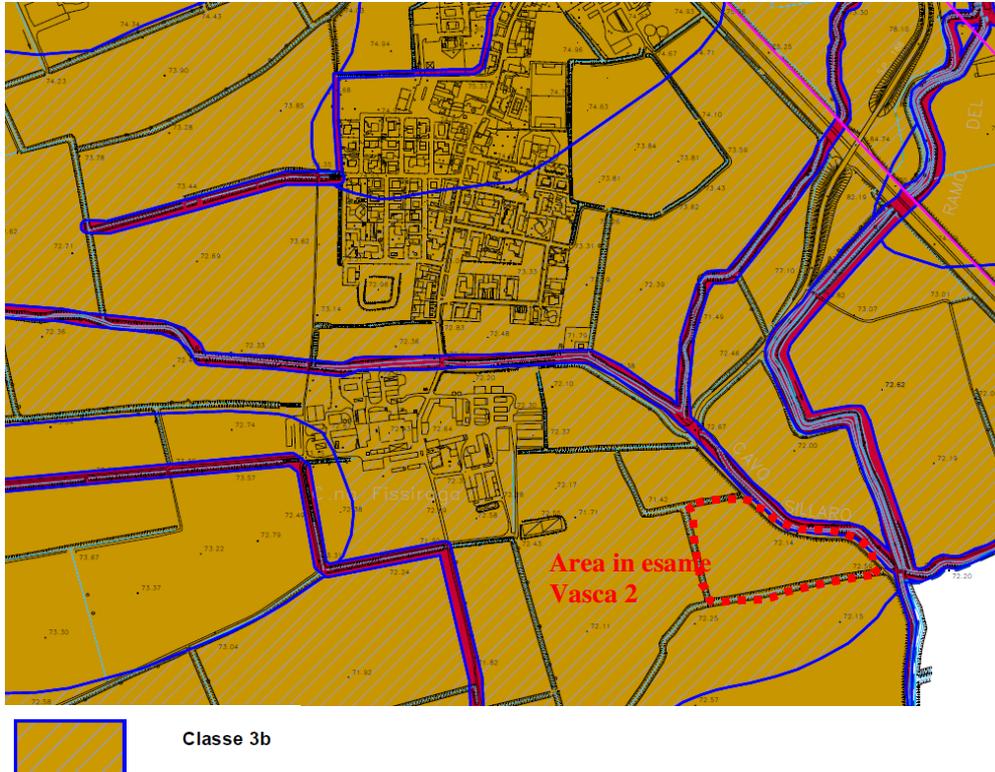


Figura 1 – Estratto da Carta di Fattibilità Geologica – PGT Comune Pieve Fissiraga LO.

## RELAZIONE GEOLOGICA

### 1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in esame è a destinazione agricola a sud della S.P.188 (Fig. 2) con quota media 70 m slm.

#### Inquadramento regionale

La geologia di questo tratto di pianura è strettamente influenzata dall'alternanza delle azioni di deposito ed erosione dei corsi d'acqua, connessi ai complessi fenomeni climatici che si sono susseguiti dal Pleistocene ai nostri giorni. Nella pianura in esame sono attualmente riconoscibili una serie di terrazzi fluviali la cui successione altimetrica risponde ad una precisa regola: la quota è tanto maggiore quanto più antica è l'età del terrazzo; inoltre tanto più antica è l'età del terrazzo più ridotta sarà la sua estensione attuale, in quanto sottoposto all'azione erosiva negli stadi interglaciali successivi.

La successione dei terrazzi è la seguente:

Fluviale Mindel: superfici più antiche e poste a quote maggiori,

Fluviale Riss: superfici intermedie per quota ed età,

Fluviale Würm: superfici più recenti e disposte a quote inferiori.

Quest'ultima costituisce il "Livello fondamentale della pianura o piano generale terrazzato (PGT)", risultato dell'ultima fase di esteso colmamento della pianura. Successivamente a tale colmamento alluvionale, nel corso del cataglaciale (fase di ripresa termica dopo il periodo freddo) würmiano, ha avuto inizio un ciclo prevalentemente erosivo protrattosi nell'Olocene, che ha determinato la formazione delle alte scarpate morfologiche che, incidendo il PGT, delimitano le valli dei principali fiumi occupate, a loro volta, dai successivi depositi alluvionali medio recenti.

### Geologia dell'area in esame.

L'area in cui ricadrà la vasca è caratterizzata da superfici pianeggianti incise dalla valle del Colatore Sillaro, caratterizzata da un fondovalle attivo e mobile in alcune zone sia naturali sia artificiali.

Oltre alle valli attuali le acque incanalate hanno lasciato altri segni evidenti. In alcuni casi si tratta di veri e propri paleopercorsi fluviali.



Figura 2 – Immagine Google.

L'assetto geomorfologico, in questo settore della pianura, è stato fortemente influenzato dalla successione di fasi erosive e deposizionali conseguenti alle variazioni del livello marino di base; in tali condizioni si è sviluppato, nel corso del Quaternario continentale, il processo di colmamento ed il modellamento dell'area.

Dal punto di vista geomorfologico, il territorio, ricade a cavallo di tre sistemi:

- Il Livello Fondamentale della Pianura (L.F.d.P.);
- Il sistema di valli terrazzate del fiume Lambro;
- Il sistema delle valli alluvionali del fiume Lambro e del colatore Addetta.

Il sistema della piana di alluvionamento wurmiano, che costituisce il Livello Fondamentale della Pianura (L.F.d.P.) è formato dai depositi fluvioglaciali e fluviali pleistocenici legati al colmamento alluvionale del bacino padano durante l'ultima glaciazione quaternaria.

I depositi pleistocenici del L.F.d.P. si raccordano a sud e ad est con evidenti orli di terrazzo morfologico con i depositi alluvionali olocenici recenti della valle del Lambro e del colatore Addetta, mentre ad ovest sono più diffuse blande superfici di raccordo con i depositi olocenici antichi o medi della valle terrazzata del fiume Lambro. Alcuni terrazzi morfologici delimitano a sud-ovest il raccordo tra la valle terrazzata e la valle alluvionale del fiume Lambro.

All'interno delle unità riconosciute sono state individuate sottounità caratterizzate prevalentemente dall'assetto morfologico: aree depresse, aree rilevate e intermedie. Nell'ambito del sito oggetto della presente indagine, in base ai caratteri geomorfologici, litologici e geopedologici rilevati, sono state riconosciute le seguenti unità, a partire dalla più recente (vedi Fig. 3):

**Valle alluvionale con dinamica prevalentemente deposizionale, costituite da Sedimenti recenti o attuali (Olocene recente ed attuale):**

**VA8** – Superfici subpianeggianti corrispondenti alle piane alluvionali delle valli più incise, comprese tra i terrazzi antichi e le fasce maggiormente inondabili limitrofe ai corsi d'acqua, da cui sono generalmente separate da gradini morfologici. Appartengono ai tratti medio-alti dei fiumi ove dominano patterns intrecciati, rettilinei e sinuosi.

**Valle alluvionale terrazzate costituite da alluvioni antiche o medie, delimitate da scarpate d'erosione e variamente rilevate sulle piane alluvionali VA (Olocene antico):**

**VT1** – Terrazzi fluviali stabili, delimitati da scarpate erosive evidenti, a morfologia pianeggiante o ondulata, comprendenti antiche linee di drenaggio (paleoalvei) lievemente ribassate ed affrancate dall'idromorfia.

**VT2** - Terrazzi fluviali subpianeggianti condizionati da un drenaggio lento, causato dal ristagno e dal deflusso di acque provenienti da superfici più rilevate. Coincidono spesso con paleoalvei, conche e depressioni.

**Porzione meridionale di pianura caratterizzata da aree sufficientemente stabili per presenza di idrografia organizzata di tipo meandriforme; è costituita esclusivamente da sedimenti fluviali fini, privi di pietrosità in superficie e di scheletro nel suolo:**

**LF2** – Superficie modale stabile, pianeggiante o leggermente ondulata, intermedia tra le aree più rilevate (dossi) e depresse (conche e paleoalvei).

**LF3** - Depressioni di forma subcircolare a drenaggio mediocre o lento, con problemi di smaltimento esterno delle acque, talora con evidenze di fossi scolanti e baulature dei campi.

L'area in cui sorgerà la Vasca di Laminazione è nella Valle alluvionale terrazzate del Colatore Sillaro (VT2) e nella porzione occidentale dal Livello Fondamentale della Pianura con superficie modale stabile (LF2).

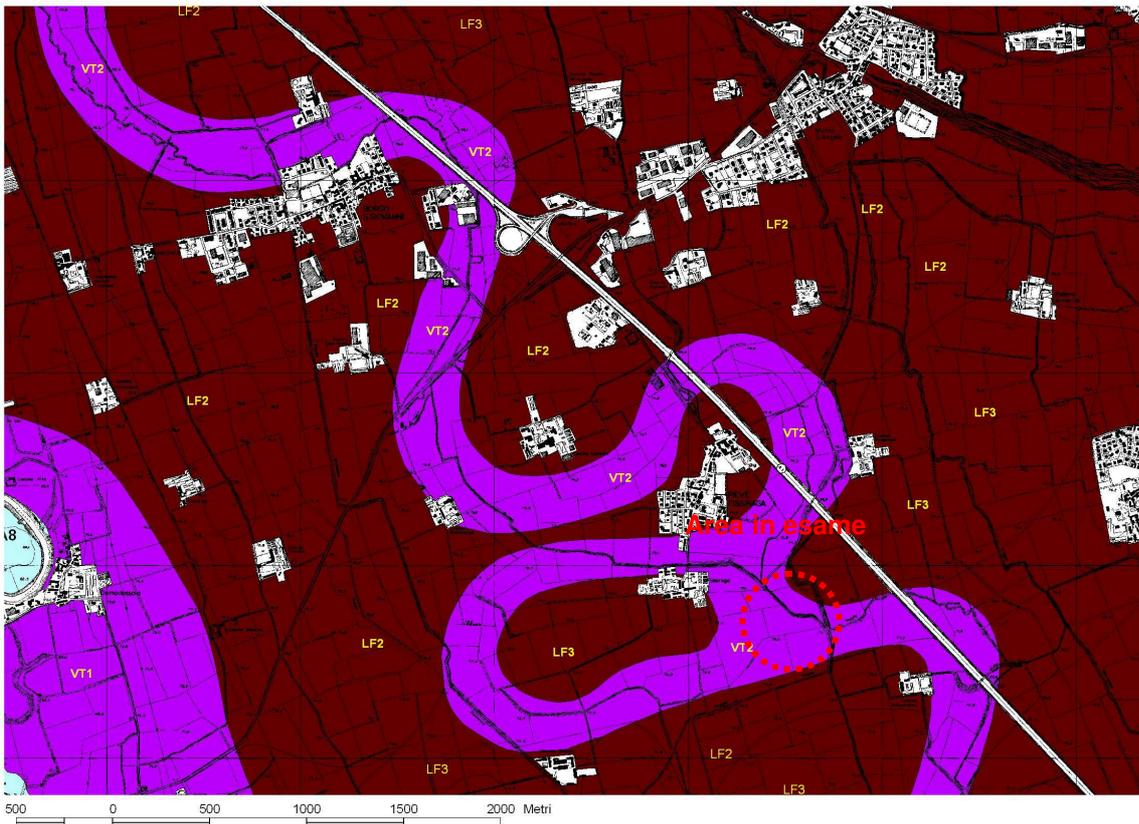


Figura 3 – Carta geopedologica (dati ERSAL)

Sulle superfici che costituiscono il L.F.d.P. sono presenti generalmente suoli evoluti, poco influenzati dalle originarie differenze litologiche dei substrati. Nelle valli invece i periodici apporti alluvionali hanno inibito lo sviluppo dei processi pedogenetici, impedendo una significativa differenziazione di orizzonti nei suoli, le caratteristiche dei quali riflettono pertanto quelle del substrato.

Sulle superfici di raccordo tra L.F.d.P. e piana alluvionale recente e attuale e in quelle parti della piana alluvionale non più interessate dall'attività deposizionale se non sporadicamente, i suoli presentano apprezzabili differenziazioni in orizzonti pedogenetici ed una parziale decarbonatazione degli orizzonti più superficiali laddove le condizioni di drenaggio erano favorevoli.

I principali tipi di suolo presenti nell'area esaminata, classificati secondo le definizioni della Soil Taxonomy (U.S.D.A.) sono rappresentati dagli Alfisuoli (LFdP) e dagli Inceptisuoli (Valle Alluvionale Lambro).

**Alfisuoli:** Si tratta di suoli di gran lunga più diffusi sull'intero livello pleistocenico della pianura. Si rinvencono in modo pressoché esclusivo anche sulle porzioni leggermente depresse e idromorfe della pianura.

Sono suoli che presentano un buon grado di evoluzione, dato dal fatto che la pedogenesi ha potuto agire per tempi molto lunghi consentendo la lisciviazione delle basi dagli orizzonti superficiali e la formazione del caratteristico orizzonte argillico, quasi ovunque presente al di sotto dell'orizzonte arato. Il ferro liberato dal materiale parentale si trova per lo più legato all'orizzonte argillo-umico, conferendo all'orizzonte argillico quella caratteristica colorazione rossastra. I carbonati rimossi dagli orizzonti superficiali tendono spesso ad accumularsi in profondità. Le tessiture sono variabili, con prevalenza di quelle medie (fine-loamy, fine-silty) su quelle moderatamente grossolane; lo scheletro è quasi sempre assente o molto scarso.

Si sono sviluppati, in condizioni climatiche certamente più umide e percolative delle attuali, su superfici stabili purché caratterizzate dall'assenza di processi di ringiovanimento significativi.

Nell'area oggetto dell'indagine sono presenti Alfisuoli appartenenti al Sottordine degli Udalfs, Grande Gruppo degli Hapludalfs e Sottogruppo Typic Hapludalfs.

Inceptisuoli: rappresentano suoli moderatamente evoluti, ma meno degli Alfisuoli, in cui i processi pedogenetici hanno agito in modo limitato ma sufficiente a differenziare nel profilo alcuni orizzonti diagnostici, quale l'orizzonte cambico oppure l'orizzonte calcico. I carbonati se presenti nel materiale parentale, vengono rimossi parzialmente, ed in alcuni casi totalmente; l'alterazione del materiale parentale libera tra l'altro ossidi di ferro che conferiscono nei suoli a drenaggio libero, una tipica colorazione bruna.

Il sottordine degli Ochrepts sono caratterizzati da un epipedon ochrico e un regime di umidità udico.

Nell'area oggetto dell'indagine sono esclusivamente presenti con il Grande Gruppo degli Eutrochrepts e Haplaquepts ed appartengono ai seguenti sottogruppi: dystric eutrochrepts, Typic eutrochrepts, Mollic haplaquepts.

I primi sono particolarmente diffusi lungo la valle del Lambro, del colatore Addetta e sulle superfici terrazzate; i secondi si rinvergono nella porzione nord-orientale del Livello Fondamentale della Pianura.

### **Idrogeologia dell'area in esame**

Nell'area della bassa pianura in cui si colloca il territorio in discussione è possibile eseguire una suddivisione dei terreni profondi in due litozone:

1. Litozona superficiale, si estende dalla superficie, fino a profondità variabile da 40 a 70 m; è costituita da sabbie prevalenti, con pochi livelli argillosi, privi di continuità, è sede di acquifero freatico. Superficialmente sono frequenti depositi fini o molto fini (sabbie, limi e argille) nei primi metri, localmente questi possono raggiungere 15 m di potenza. La presenza di depositi fini comunque non diminuisce le potenzialità dell'acquifero superficiale, in quanto essi si trovano prevalentemente al di sopra della superficie freatica;
2. Litozona profonda, è caratterizzata da depositi argilloso-limosi, con rari livelli sabbiosi o ghiaiosi. Gli acquiferi profondi non sono direttamente correlabili e quindi sono probabilmente caratterizzati da una limitata estensione areale. L'omogeneità dei livelli piezometrici presuppone un certo grado di connessione laterale e verticale fra di essi.

Nella Sezione geologica che qui segue, orientata O-E, sono correlate 2 stratigrafie di pozzi pubblici SAL localizzati nei comuni di Borgo San Giovanni e di Pieve Fissiraga. Dalla sezione si evince presenza di **copertura sabbioso argillosa** dei primi metri al di sopra della litozona superficiale che contribuisce a dare alla falda condizioni di pressione locale, "falda confinata". E' possibile in questo settore porre il limite tra litozona superficiale e profonda tra 40 e 50 m da p.c.



Figura 4 – Ubicazione pozzi SAL e traccia sezione geologica

Pozzo n. 098.005.0003  
 quota 77.50 m s.l.m.  
 Via A. Moro  
 Borgo S. Giovanni

Pozzo n. 098.045.0002  
 quota 77 m s.l.m.  
 Via S. Antonio  
 Pieve Fissiraga

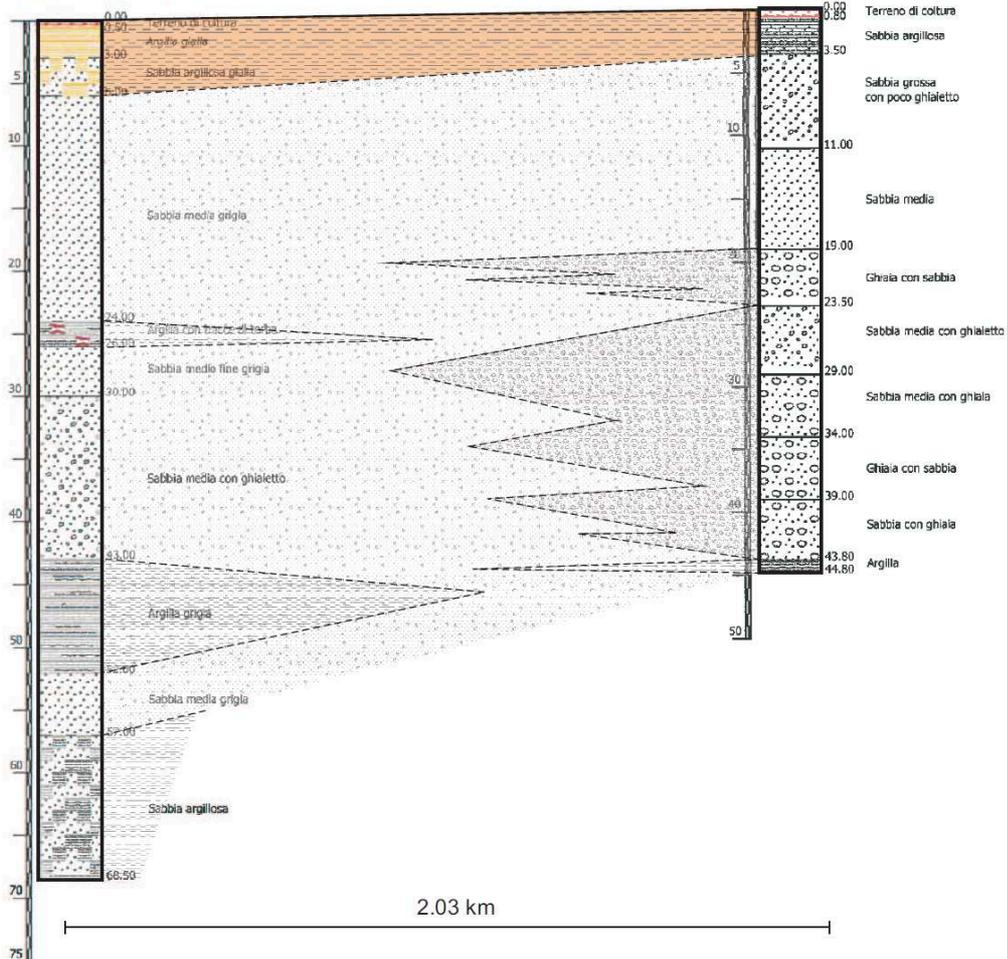


Figura 5 – Sezione geologica da stratigrafie pozzi SAL

La Carta idrogeologica del PGT di Pieve Fissiraga (Fig. 6) dispone, nell'area sovracomunale, il flusso della falda superficiale verso sud - sud ovest, risentendo dell'azione drenante diretta del Sillaro e della Valle Alluvionale del Lambro che scorre circa 3-4 km ad ovest dell'area in esame (nei paragrafi seguenti si darà conto del diverso flusso locale dell'acquifero).

I terreni in esame sono associati a depositi limoso argillosi con permeabilità compresa tra  $10^{-4}$  e  $10^{-8}$  m/sec, definendo una vulnerabilità dell'acquifero superficiale medio bassa.

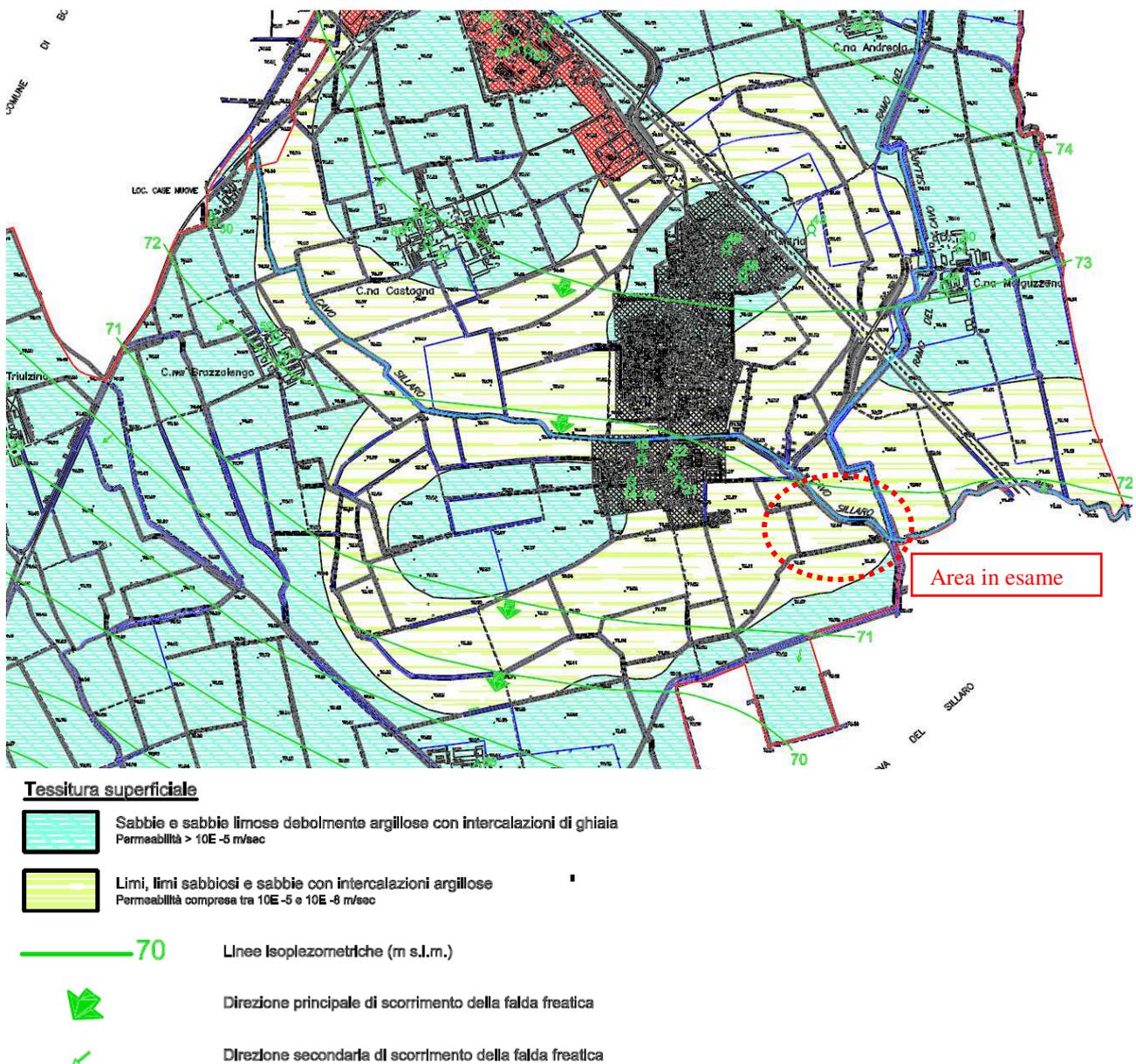
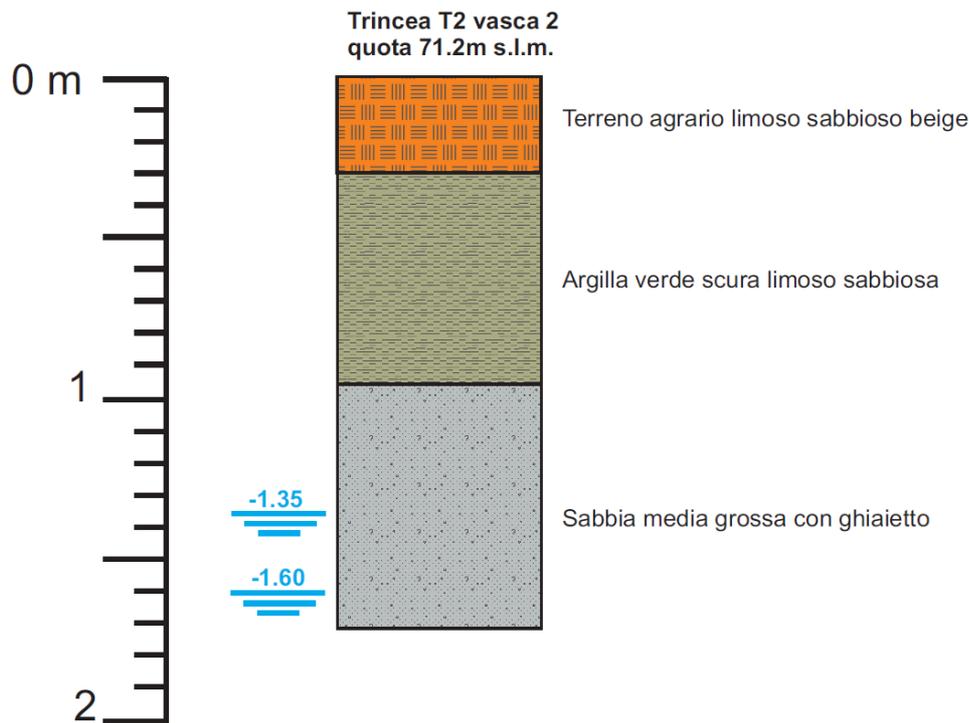


Figura 6 – Carta idrogeologica (PGT 2003)

## 2. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E GEOTECNICHE DEI TERRENI

Si discutono, nel capitolo che qui segue, le condizioni litologiche e geotecniche del sito sulla base delle indagini geognostiche eseguite.

## Sondaggio con escavatore meccanico (19.05.2020)

**Descrizioni analisi granulometriche**

Qui di seguito si riportano i risultati delle analisi granulometriche sui campioni rimaneggiati prelevati nella trincea di sondaggio (T2), i certificati di prova sono allegati (Allegato 4). Nella tabella che qui segue sono riportate: profondità di prelievo dei campioni da p.c., litologia e permeabilità, calcolata con la equazione di Hasen.

Campione	Profondità prelievo	Litologia	Permeabilità (K)	Note
1	-0.50	Limo argilloso con sabbia	$<1 \times 10^{-8}$ m/s	granulometria per setacciatura e sedimentazione
2	-1.40	Sabbia ghiaiosa	$1.7 \times 10^{-4}$ m/s	granulometria per setacciatura

**Prove penetrometriche statiche (CPT 1 del 13.05.2020, CPT 2 e 3 il 25.05.2020)**

CPT1			
Profondità da p.c. in m	Litologia	$R_{pm}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ medio
0.00 - 1.20	Limo argilloso	14	25°
1.20-6.00	Sabbia - sabbia fine o limosa	28	28°
6.00-12.00	Sabbia addensata con ghiaietto	83	38°
12.00-15.00	Sabbia con ghiaia	129	40°
Soggiacenza falda: -1,00 m da p.c.			

CPT 2			
Profondità da p.c. in m	Litologia	R <sub>pm</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	φ medio
0,00-2.20	Limo argilloso	16	26°
3,60-6,00	sabbia - sabbia fine	35	29°
Soggiacenza falda: -1,20 m da p.c.			

CPT 3			
Profondità da p.c. in m	Litologia	R <sub>pm</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	φ medio
0,00-2.60	Limo argilloso	15	25°
3,60-6,00	sabbia addensata con ghiaietto	76	36°
Soggiacenza falda: -1,20 m da p.c.			

In prima analisi le prove indicano presenza di copertura fine limoso argillosa fino a circa -1.20 m; al di sotto la granulometria aumenta con sabbia fine o limosa fino a circa -6.00 m; oltre 6 m da p.c. sono presenti depositi sabbiosi con ghiaietto o con ghiaia negli strati più profondi.

La falda è segnalata a -1.00 da p.c. in CPT1 (13 maggio 2020) prossima al livello del Sillaro mentre è a -1.20 m da p.c. (25 maggio 2020).

### 3. AZIONE SISMICA

L'area in esame è caratterizzata dallo scenario **Z4a** (fig. 7), tipico di zona di pianura con depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi con possibili amplificazioni litologiche e geometriche. Si segnala che il PGT in esame non ha aggiornato la componente geologica idrogeologica e sismica come chiesto dalle norme vigenti.

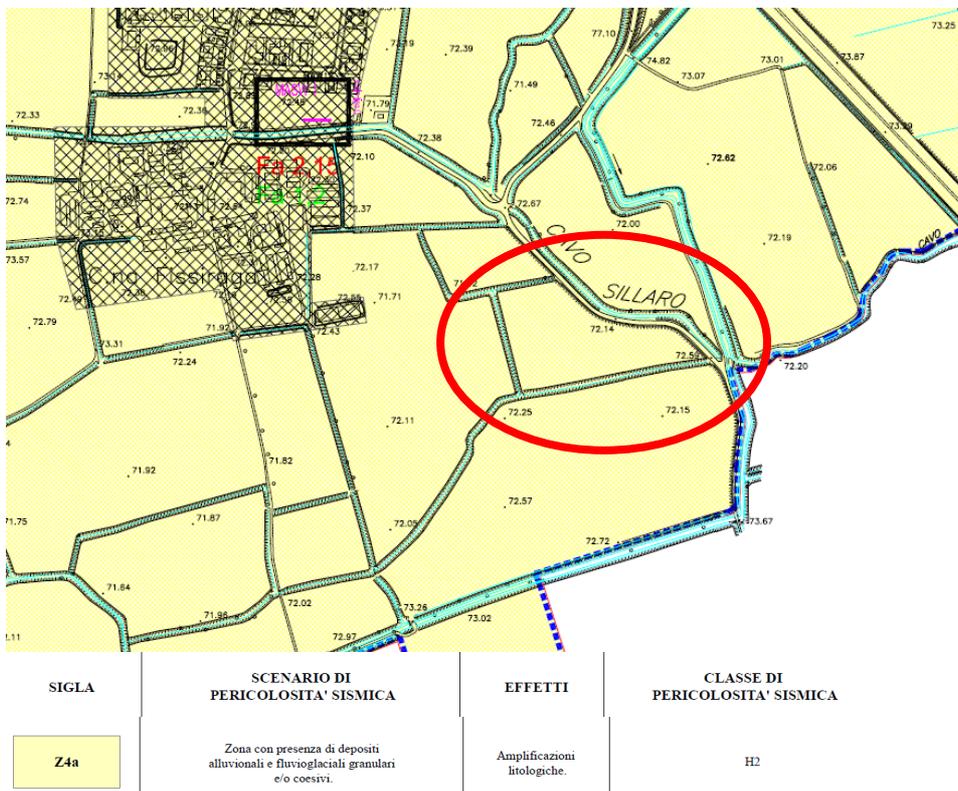


Figura 7 – Carta di pericolosità sismica locale PGT Pieve Fissiraga

Per valutare le caratteristiche sismiche del sito in esame si considera l'indagine sismica effettuata in un'area a circa 200 m ad est, eseguita per il PGT di Pieve F. (MASW2).

L'approfondimento geofisico è finalizzato all'analisi del rischio sismico, misura le velocità nel sottosuolo delle onde di taglio ( $V_{s30}$ ). Successivamente alla rilevazione di campagna si è proceduto all'elaborazione dei dati con ricostruzione del periodo naturale di oscillazione del sito in discussione e del fattore di amplificazione sismica locale ( $F_a$ ), utilizzando i metodi indicati dalla Regione Lombardia e dalle NTC.

L'approfondimento sismico con indagine sismica (microtremore) ha consentito di misurare le velocità delle onde di taglio (onde  $V_{s30}$ ) nel sottosuolo. L'elaborazione dei risultati persegue la finalità di ricostruire il periodo naturale dei siti e determinare il fattore di amplificazione sismica locale ( $F_a$ ), come indicato dai Criteri attuativi di natura geologica, idrogeologica e sismica della L.R. 12/2005 (DGR 30.11.11 N.9/2616). I dati individuati con le indagini sismiche effettuate nel territorio in esame (velocità, m/s e profondità, m) sono compendiate in Figura 8.

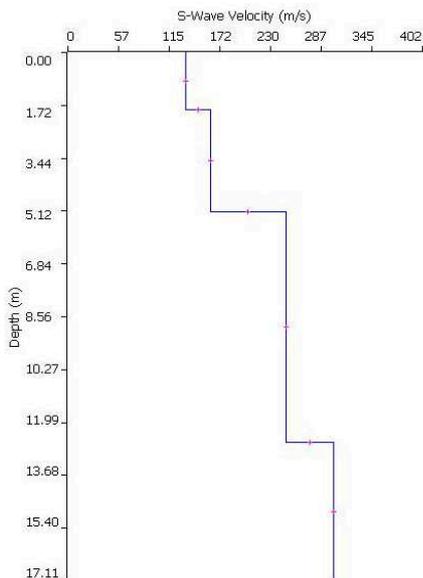


Figura 8 – Distribuzione  $V_s$  - MASW2

In Tabella 2 sono sintetizzati i valori di  $V_{s30}$  (velocità media delle  $V_s$  nei primi 30 m), il tipo di suolo sismico, il periodo proprio del sito ( $T_p$ ) calcolato dalle  $V_s$  ed i valori calcolati del Fattore di Amplificazione ( $F_a$ ) per le due tipologie di edifici:  $0.1 < T \leq 0.5s$  e  $T > 0.5s$ . Nell'ultima riga sono riportati i valori soglia (di riferimento) forniti da Regione Lombardia.

Linea	$V_{s30}$ (m/s)	Periodo ( $T_p$ ) (s)	Suolo sismico	$F_a$ ( $T=0.1-0.5$ s)	$F_a$ ( $T>0.5$ s)
MASW2	246-281	0.34	<b>C</b>	2.2	1.2
Fa, riferimento di Regione Lombardia per il comune di Pieve Fissiraga				<b>1.8</b>	<b>2.4</b>

Tabella 2 –  $V_{s30}$ , Suolo sismico,  $T_p$  e  $F_a$

Il risultato della verifica definisce che i valori di  $F_a$  calcolati sono superiori a quelli forniti da Regione Lombardia, per edifici con periodo compreso tra 0.1 e 0.5 s mentre sono inferiori

per quelli con periodo superiore. Pertanto nell'area indagata per l'intervento in esame si adotteranno gli spettri di norma della categoria di suolo sismico D.

Definizione dell'accelerazione orizzontale propria del sito: applicando il D.M. 17 gennaio 18 "Norme Tecniche per le Costruzioni", per definire principalmente **l'accelerazione orizzontale propria del sito**, si introduce un sisma di progetto, considerando punti di ancoraggio (nodi) di una rete di 4 km di lato. Sono introdotti gli Stati Limite sismici probabilistici e l'intensità della componente orizzontale del sisma è trattata come un campo aleatorio (in ogni punto del territorio il sisma è rappresentato da una variabile aleatoria).

Qui di seguito sono definiti i parametri da inserire nella **NUOVA VERSIONE SPETTRI DI RISPOSTA VER.1.03** del programma sperimentale che fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale, fornito dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti per la verifica geotecnica in aree sismiche.

#### Parametri

D.M. 17.01.18 classifica la struttura in discussione come:

Edificio con vita nominale della struttura  $V_n = 50$  anni,

Classe d'uso in funzione della destinazione II,

Coefficiente  $C_u = 1.5$ ,

Coordinate geografiche del sito: 9,464669°E, 45.257678°N.

Qui di seguito sono trascritti i dati utili per i calcoli relativi all'ipotesi di fondazione di progetto (Tabella 3).

STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0,025	2,509	0,197
SLD	50	0,032	2,552	0,213
SLV	475	0,070	2,573	0,286
SLC	975	0,089	2,561	0,295

Tabella 3

Dove si ha che:

$A_g$ : accelerazione orizzontale massima al sito (0.070 g);

$F_o$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c$ : periodo di inizio tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

SLO: stato limite di operatività;

SLD: stato limite di danno;

SLV: stato limite di salvaguardia della vita;

SLC: stato limite di prevenzione del collasso.

**Liquefacibilità:** è valuta la probabilità di liquefazione per gli strati di fondazione per la struttura in esame. Usualmente la liquefazione si verifica in depositi recenti di sabbia e sabbia siltosa, depositi che si trovano spesso vicino a fiumi e in presenza di falda (quindi saturi) e sono suscettibili alla liquefazione soprattutto suoli non coesivi (sabbie e limi) con basso contenuto di fini plastici (meno del 15 %).

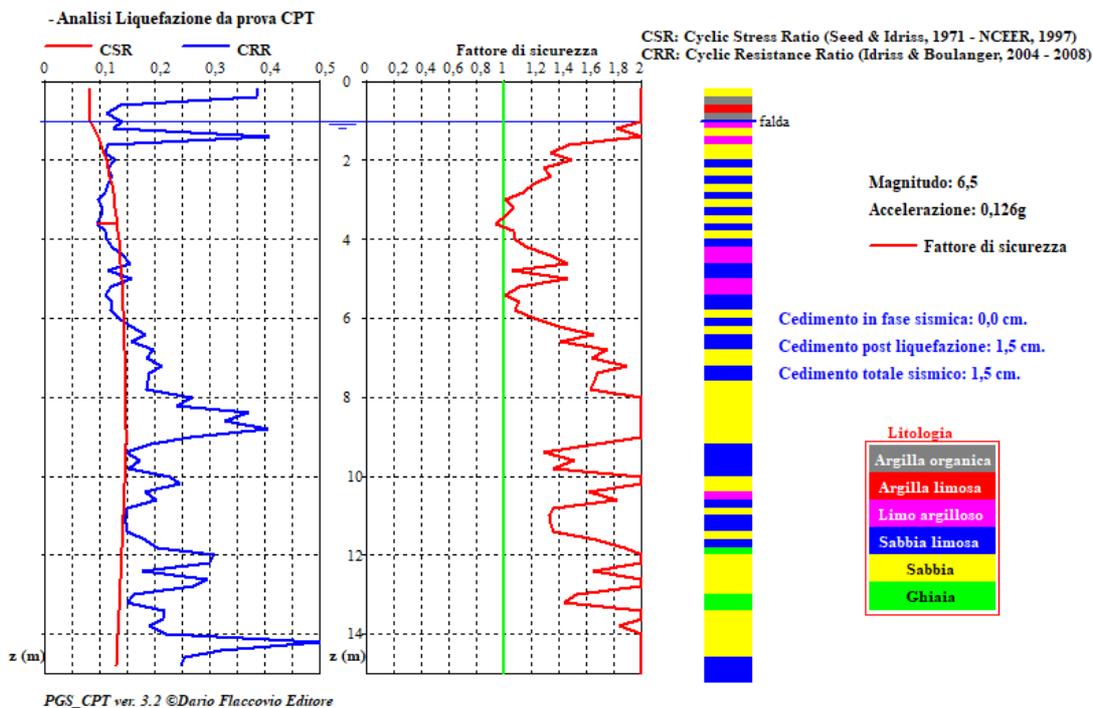
Nel caso in esame l'area non hanno possibilità di subire liquefazione, avendo la falda inferiore al piano campagna; il potenziale di liquefazione risulta quasi nullo, per tutta la verticale di prova considerata.

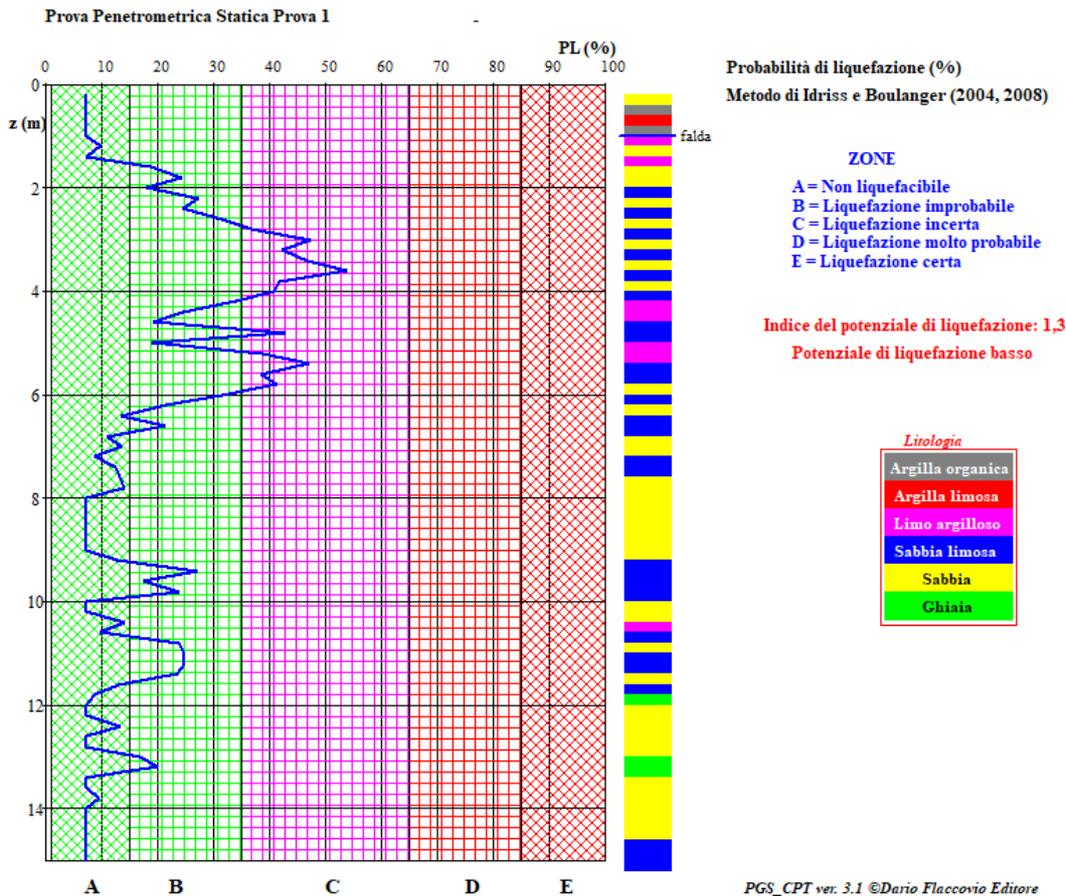
Al fine di verificare la liquefacibilità degli strati di fondazione dell'area in esame si ridefinisce le caratteristiche geotecniche riprendendo una verticale di prova penetrometrica descritta precedentemente (CPT1).

Applicando il metodo delle Zone Sismogenetiche si ha come magnitudo momento di riferimento Mw per l'area in esame pari a 6.5.

È stato utilizzato il metodo Idriss-Boulanger, e nei grafici che seguono sono evidenziati i seguenti dati:

- profondità di prova,
- litologia assegnata,
- CSR (Cyclic Stress Ratio – rapporto di tensione ciclica),
- CRR (Cyclic Resistance Ratio – rapporto di resistenza ciclica),
- coefficiente di sicurezza,
- accelerazione al sito,
- magnitudo calcolata,
- cedimento in fase sismica,
- cedimento post liquefazione,
- cedimento totale dovuto al sisma.





#### 4. IDROGEOLOGIA LOCALE

Si dispone della rete costituita da 4 piezometri in pvc, diametro 1', disposti come da planimetrie, rilevati con celerimetria. I Piezometri Pz1, Pz2 e Pz3, sono infissi nei perfori delle prove penetrometriche e sono lunghi, da bocca pozzo, 6 m dei quali gli ultimi tre fenestrati. Pz4 è invece lungo 2 m da bocca piezometro, fenestrato nell'ultimo metro ed è stato infisso nel perforo del sondaggio.

Le misure di falda, ripetutamente eseguite nei 4 piezometri, danno la possibilità di definire la freaticimetria locale nel mese di maggio e nella prima settimana di giugno.

Qui di seguito si riporta la tabella riassuntiva delle misurare.

In questo periodo la falda è alimentata dalla irrigazione aperta da fine aprile, che innalza il livello dei corsi d'acqua e dell'acquifero superficiale. Le perdite dai canali alimenta falde locali, sospese e discontinue, in prossimità dei corsi d'acqua; questo è quanto si osserva localmente ove il Sillaro cede acqua ai terreni circostanti saturandoli.

Le falde secondarie, sospese e discontinue, fluiscono dal Sillaro anche con direzione opposta a quella della falda superficiale.

A tal fine va sottolineata la forte interdipendenza tra acque di superficie e sotterranee: le prime sono qui rappresentate dal colatore Sillaro.

La rete idrica di superficie è alimentata dall'acqua irrigua distribuita dal grande Canale Muzza che incide sui livelli della falda innalzandoli nel semestre estivo (maggio-settembre); nel semestre invernale, venendo meno l'apporto dei 120 mc/s da Muzza, l'acquifero si abbassa significativamente.

Nella nostra situazione il regime idrico della rete di superficie è passato, nelle settimane intercorse tra l'inizio delle indagini e oggi, dalla condizione invernale di asciutta (piogge modeste e assenza d'irrigazione) all'attuale stagione irrigua.

La portata del Sillaro, a fine aprile - primi di maggio, era nulla, ora è aumentata gradualmente fino alla portata stimata in 1- 1,5 mc/s.

Nelle settimane di osservazione si è riscontrata una significativa perdita di acqua dal colatore Sillaro verso i terreni circostanti con l'effetto di saturarne gradualmente il suolo ed il sottosuolo.

La locale alimentazione dal Sillaro è stata osservata nei piezometri Pz1 e Pz4 e nel sondaggio con escavatore meccanico; si può ipotizzare che questo fenomeno si esaurirà allorché l'irrigazione andrà a regime ed i terreni saranno saturati.

Si osserva tuttavia che il fenomeno potrà ripetersi con perdite d'acqua significative dalla destra idrografica del Sillaro a riformare una falda sospesa difficilmente definibile arealmente ma che potrebbe interessare i terreni circostanti per una profondità stimata in circa 20 m.

Dall'elaborazione dei dati fratimetrici si nota che:

- la falda superficiale, contenuta nella litozona B, confinata sotto la copertura argillosa, ha flusso sovracomunale, suborizzontale, verso NO, vedi Allegato 2,

- la falda secondaria, sospesa e appena al di sotto del terreno agrario, stagionale, alimentata dalle perdite del Sillaro e molto prossima al piano campagna, ha flusso contrario e distinto dalla falda sovracomunale.

Anche il colatore, vuotante nel Sillaretto, posto sul lato opposto alla S.P. 188, che riceve le acque colanti dai terreni che si trovano alla sua sinistra idrografica, perde acqua in desta influenzando il livello della falda sovracomunale rilevata in Pz2.

VASCA 2								
coord geografiche								
Piezometro	est	nord	piano campagna (m s.l.m.)	testa pozzo (m s.l.m.)	Data misurazione	soggiacenza da testa pozzo (m)	soggiacenza da p.c. (m)	quota falda (m s.l.m.)
1	1536475,6	5011771,5	71,194	71,915	28/05/2020	1,59	0,869	70,325
4	1536476	5011770,7	71,25	72,16	28/05/2020	1,36	0,45	70,8
2	1536438,8	5011633,9	71,112	71,829	28/05/2020	1,41	0,693	70,419
3	1536642,3	5011712,1	71,183	71,931	28/05/2020	1,39	0,642	70,541
VASCA 2								
coord geografiche								
Piezometro	est	nord	piano campagna (m s.l.m.)	testa pozzo (m s.l.m.)	Data misurazione	soggiacenza da testa pozzo (m)	soggiacenza da p.c. (m)	quota falda (m s.l.m.)
1	1536475,6	5011771,5	71,194	71,915	06/06/2020	1,45	0,729	70,465
4	1536476	5011770,7	71,25	72,16	06/06/2020	1,20	0,29	70,96
2	1536438,8	5011633,9	71,112	71,829	06/06/2020	1,27	0,553	70,559
3	1536642,3	5011712,1	71,183	71,931	06/06/2020	1,26	0,512	70,671
VASCA 2								
coord geografiche								
Piezometro	est	nord	piano campagna (m s.l.m.)	testa pozzo (m s.l.m.)	Data misurazione	soggiacenza da testa pozzo (m)	soggiacenza da p.c. (m)	quota falda (m s.l.m.)
1	1536475,6	5011771,5	71,194	71,915	18/06/2020	1,45	0,60	70,59
4	1536476	5011770,7	71,25	72,16	18/06/2020	1,20	0,60	70,65
2	1536438,8	5011633,9	71,112	71,829	18/06/2020	1,27	0,64	70,47
3	1536642,3	5011712,1	71,183	71,931	18/06/2020	1,26	0,58	70,60

Al fine di ridurre gli apporti idrici che alimentano la falda sospesa, si consiglia di:

- impermeabilizzare questo tratto di Sillaro,
- mettere in opera drenaggi orizzontali al di sotto del rilevato arginale, lato S.P.188, come indicato genericamente in Allegato 2, formati, ad esempio, con pannelli drenanti prefabbricati e tubo basale fessurato pre-assemblato con sottostante guaina impermeabile. Il drenaggio potrebbe vuotare nel Sillaro a valle della vasca di progetto.

## 5. MODELLO GEOLOGICO

Sulla base delle conoscenze acquisite si compendia, qui di seguito, il modello geologico di riferimento.

**Modello geologico:** l'area in esame è posta in una zona di transizione tra la valle terrazzata del colatore Sillaro e Livello Fondamentale della Pianura cui appartiene. I depositi sono tipici delle alluvioni fluvioglaciali sabbioso limose, direzione generale di falda verso sud, quando non perturbata stagionalmente dagli apporti dei colli locali. L'analisi sismica definisce che l'area è in scenario di pericolosità sismica Z4, caratterizzata da amplificazioni litologiche o geometriche.

Il suolo sismico da adottare D.

In base ai dati geognostici sono definite le seguenti litozone:

- **Litozona A:** al di sotto della copertura agraria (0.30-0.40 m) fino a -1.20/2.60 m da p.c., terreni limoso argillosi poco addensati,  $C_u \approx 40-70$  KPa,  $\phi \approx 23^\circ-26^\circ$  per la componente granulare,  $\gamma 15-16$  KN/m<sup>3</sup>;

- **Litozona B:** terreni sabbiosi o sabbioso fini fino a -3.20/6.20 m da p.c.,  $\phi$  da  $31^\circ$  a  $33^\circ$ ,  $\gamma 16-18$  KN/m<sup>3</sup>;

- **Litozona C:** terreni sabbiosi con ghiaietto fino a -12.00 m da p.c.,  $\phi$  da  $32^\circ$  a  $34^\circ$ ,  $\gamma 18-19$  KN/m<sup>3</sup>;

- **Litozona D:** terreni sabbiosi con ghiaia o ghiaietto con addensamento che aumenta con la profondità fino a -14.80 m da p.c.,  $\phi$  da  $36^\circ$  a  $40^\circ$ ,  $\gamma 19-20$  KN/m<sup>3</sup>.

La falda superficiale nell'area oggetto è posta a -0.60/0.80 m da p.c. (stagione primaverile di inizio irrigazione).

Sulla scorta delle indagini eseguite i dati geognostici e di quelli prodotti dall'analisi geofisica si definisce, nella seguente Tabella 6, il **modello geologico e geotecnico** con evidenziate le litozone, i relativi angoli di attrito interno, la velocità  $V_{s30}$  e il suolo sismico:

Profondità indicativa (m)	Litozona	$\Delta \phi$ ( $^\circ$ ) / $C_u$ (KPa)	$V_s$ media (m/s)	Suolo sismico da adottare
0.00-1.20/2.60	A	40-70KPa	246-281	D
1.20/2.60-3.20/6.20	B	31°- 33°		
3.20/6.20-12.00	C	32°-34°		
12.00-15.00	D	33°-35°		

Tabella 6 - Modello geologico - geofisico.

## 6. CONCLUSIONI

L'area esaminata è compresa, dal PGT vigente, in **Classe di Fattibilità Geologica 3b con consistenti limitazioni**.

Il Comune di Pieve Fissiraga è collocato in Zona sismica 3 (media sismicità).

L'analisi sismica definisce che l'area è potenzialmente soggetta a scenario di pericolosità sismica Z4, caratterizzata da amplificazioni litologiche o geometriche; categoria di suolo sismico da adottare è la D.

In base ai dati geognostici sono definite le seguenti litozone:

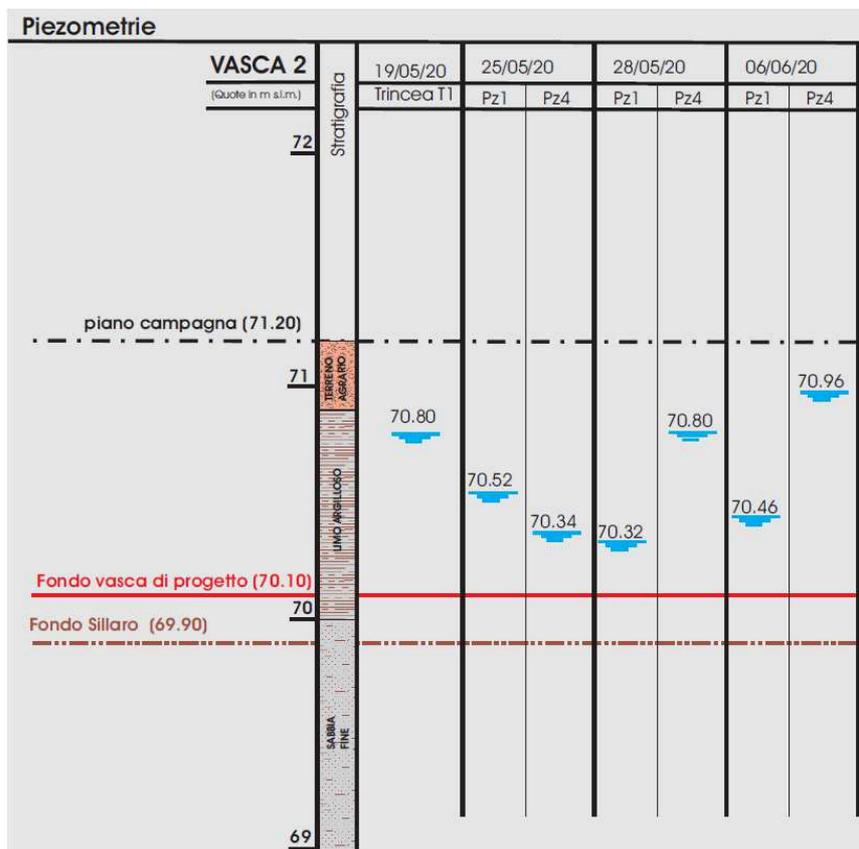
- **Litozona A:** al di sotto della copertura agraria (0.30-0.40 m) fino a -1.20/2.60 m da p.c., si hanno depositi limoso argillosi poco addensati,  $C_u \approx 40-70$  KPa,  $\phi \approx 23^\circ-26^\circ$  per la componente granulare,  $\gamma 15-16$  KN/m<sup>3</sup>;

- **Litozona B:** terreni sabbioso o sabbioso fini fino a -3.20/6.20 m da p.c.,  $\phi$  da  $31^\circ$  a  $33^\circ$ ,  $\gamma 16-18$  KN/m<sup>3</sup>;

- Litozona C: terreni sabbiosi con ghiaietto fino a -12.00 m da p.c.,  $\phi$  da 32° a 34°,  $\gamma$  18-19 KN/m<sup>3</sup>;
- Litozona D: terreni sabbiosi con ghiaia o ghiaietto con addensamento che aumenta con la profondità fino a -14.80 m da p.c.,  $\phi$  da 36° a 40°,  $\gamma$  19-20 KN/m<sup>3</sup>.

La falda superficiale, ospitata nella litozona sabbiosa B, ha flusso sovracomunale verso N-N-O ed è in pressione sotto la copertura argilloso-limosa mentre un apporto idrico, consistente, in questa fase di inizio irrigazione, proveniente dall'alveo del Sillaro, dà luogo a falde secondarie e discontinue sospese di flusso opposto.

Nella figura che qui segue sono indicate le quote, in m slm, di: piezometriche eseguite nell'acquifero in pressione (Pz1) e nella falda sospesa alimentata dalle infiltrazioni dal Sillaro (Pz4), piano campagna, fondo del Sillaro Bargano, fondo vasca di progetto. Nella colonna stratigrafica, in sinistra figura, è indicata la copertura limoso argillosa ( $K = 10^{-8}$  m/s) posta al letto del terreno agrario ed al tetto della litozona sabbiosa tra 71,80 e 71,00 m slm.



Confermando l'utilità del monitoraggio almeno quindicinale della falda per i mesi di giugno e luglio, si consiglia di:

- Eseguire i lavori in stagione iemale ed asciutta,
- Mantenere, il più possibile l'integrità del setto di limo-argilloso con sabbia ( $K = 10^{-8}$  m/s) posto al disotto del terreno agrario, potenziandone la impermeabilità con ripetuti passaggi di cilindro pesante ed anche con idoneo trattamento;
- Impiego locale di geocomposto ed eventuale additivazione del fondo vasca, ad esempio con legante tipo Portland, al fine di aumentarne la impermeabilità;

- Qualora si ottenesse terreno di risulta con permeabilità  $K 10^{-5}/10^{-7}$  m/s questo potrebbe essere ridistribuito in sito, in strati di 20 cm successivi, ripetutamente cilindri;
- Impermeabilizzare, con opportune opere, le sponde vasca, sul lato verso S.P. 188, al fine di limitare eventuali infiltrazioni provenienti dal Sillaro e dal colatore che vuota nel Sillaretto;
- Prevedere un drenaggio parallelo a S.P. 188 al fine di raccogliervi le acque di infiltrazione dal Sillaro e di allontanarle opportunamente. I drenaggi orizzontali al di sotto del rilevato arginale, come indicato genericamente in Allegato 2, potranno essere formati, ad esempio, con pannelli drenanti prefabbricati e tubo basale fessurato pre-assemblato con sottostante guaina impermeabile e/o con setto di argilla bentonitica. Si dovrà mantenere nel drenaggio un sistema di pozzetti di ispezione, con la finalità di osservarne l'efficienza;
- Considerare l'utilità di impermeabilizzare, in un tratto significativo, l'alveo del Sillaro e del colatore vuotante nel Sillaretto;
- Eseguire e mantenere, esternamente alla vasca, almeno tre piezometri per il controllo della falda.

In ultima analisi, verificate le ipotesi qui sopra rappresentate, di alzare il fondo vasca di progetto sul lato lungo la S.P. 188.

IL GEOLOGO  
Dr Giovanni Bassi  
GIUGNO 2020

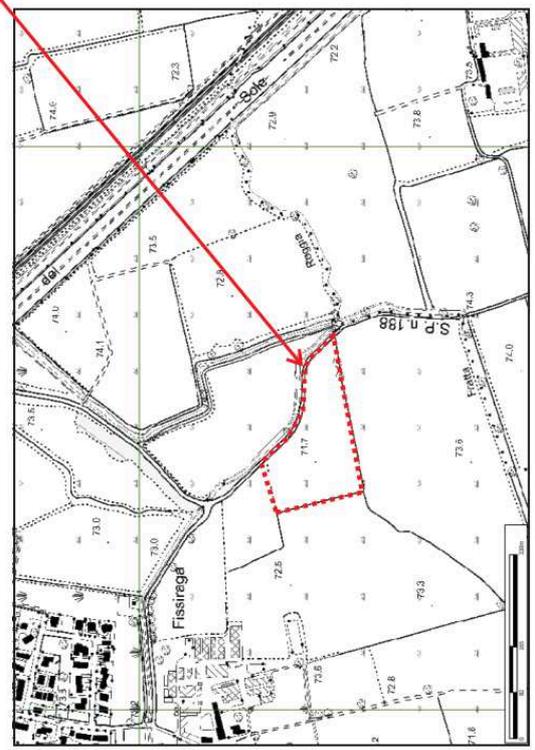
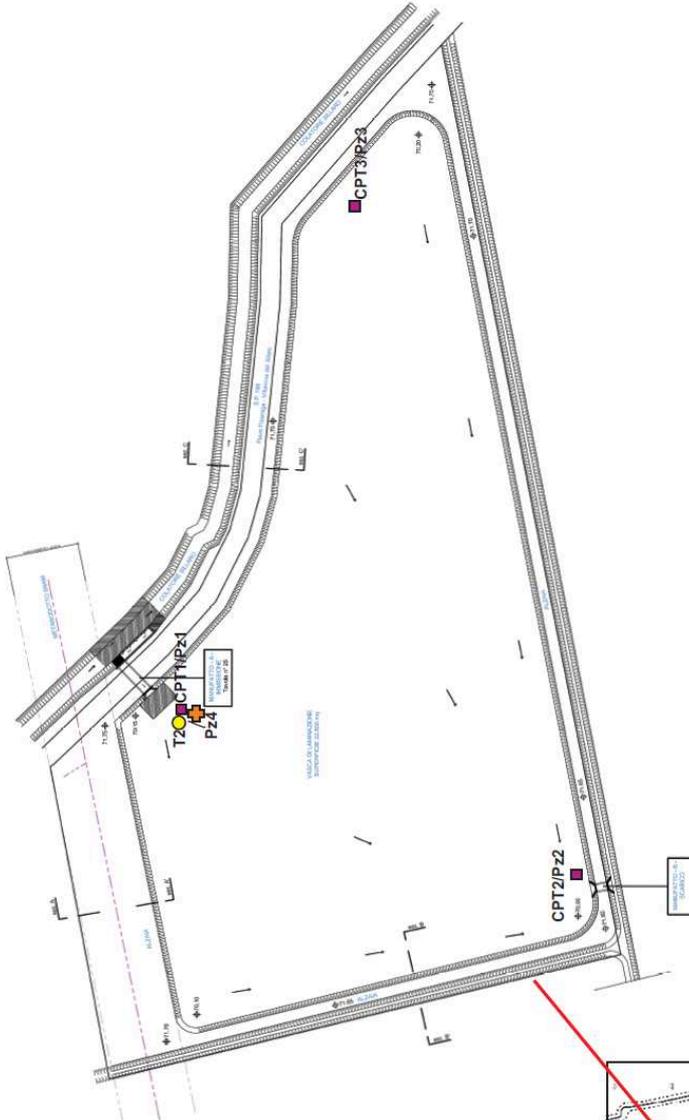
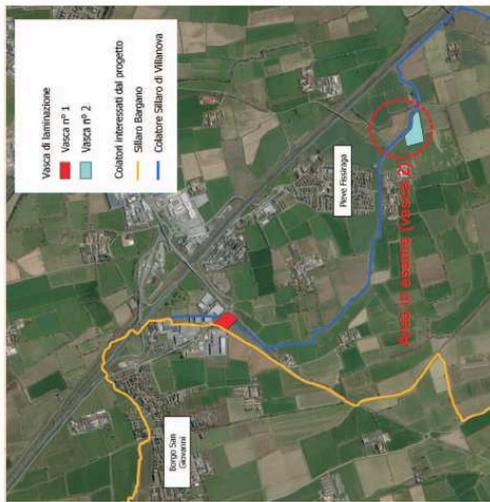


**ALLEGATI:**

1. Corografia ed estratto mappa;
2. Mappe isofreatiche;
3. Rapporto prove penetrometriche;
4. Rapporto analisi granulometriche.

Comuni di Pieve Fissiraga (LO)  
Realizzazione aree di laminazione - Consorzio di Bonifica Muzza Bassa Lodigiana  
VASCA 2

Allegato 1: Corografia ed estratti mappa

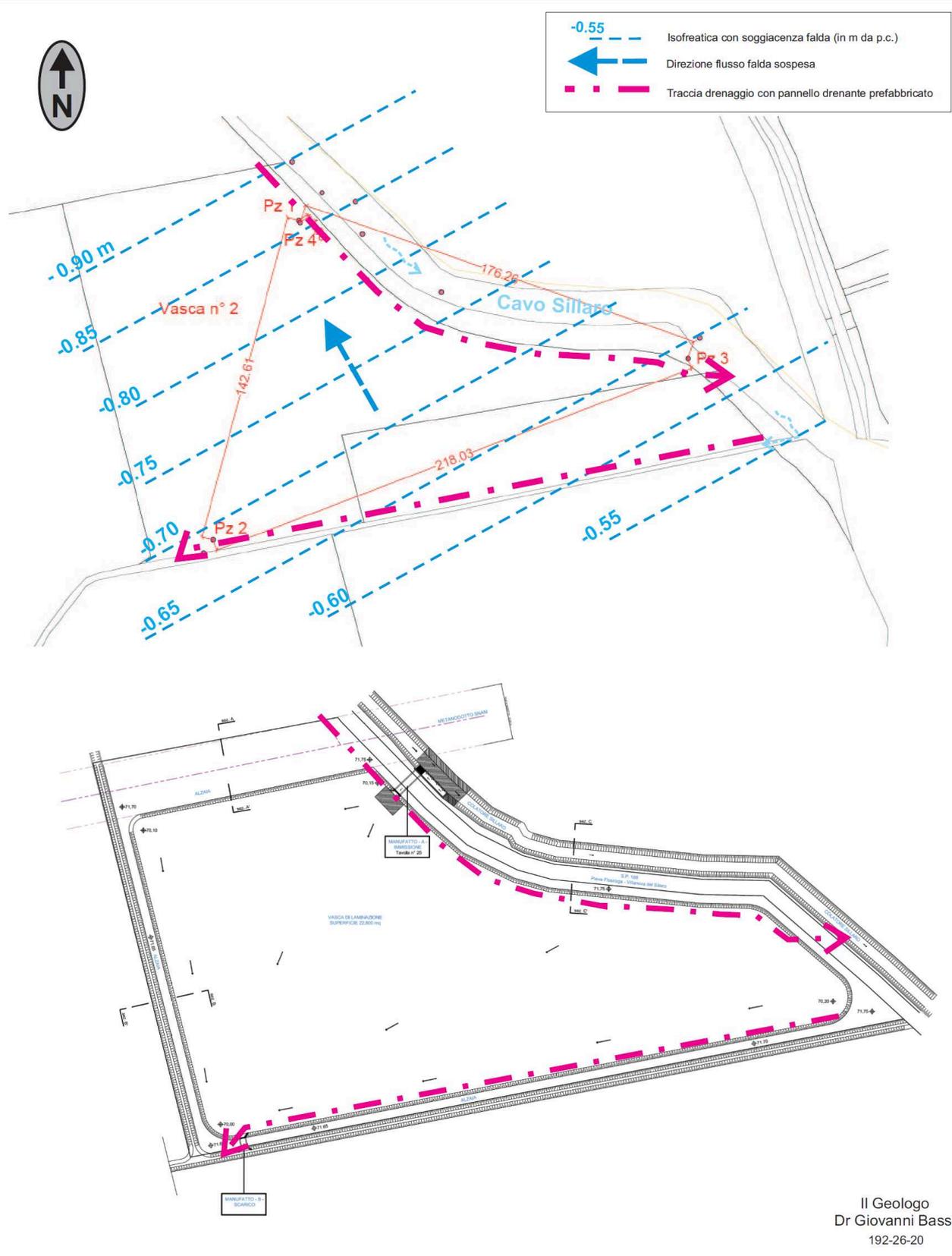


LEGENDA

- Prova penetrometrica/piezometro
- Sondaggio con escavatore
- Piezometro

Il Geologo  
Dr Giovanni Bassi  
192-26-20

Comuni di Pieve Fissiraga (LO)  
 Realizzazione aree di laminazione - Consorzio di Bonifica Muzza Bassa Lodigiana  
 VASCA 2  
 Allegato 2: Mappe isofreatiche



Il Geologo  
 Dr Giovanni Bassi  
 192-26-20

**ALLEGATO 3: Prove penetrometriche**

n°1 CPT			n°2 CPT			n°3 CPT		
Prof.	Rp	Rl	Prof.	Rp	Rl	Prof.	Rp	Rl
m	Kg/cmq	Kg/cmq	m	Kg/cmq	Kg/cmq	m	Kg/cmq	Kg/cmq
H2O	1,00 m		H2O	1,20 m		H2O	1,20m	
0,4	61	73	0,4	25	44	0,4	25	37
0,6	13	38	0,6	10	24	0,6	17	21
0,8	9	15	0,8	6	13	0,8	5	13
1	8	15	1	8	14	1	25	29
1,2	14	21	1,2	10	16	1,2	9	15
1,4	31	39	1,4	10	19	1,4	3	9
1,6	35	55	1,6	10	17	1,6	3	5
1,8	37	44	1,8	9	15	1,8	6	10
2	36	42	2	16	20	2	22	25
2,2	25	34	2,2	16	22	2,2	22	31
2,4	28	34	2,4	25	29	2,4	14	19
2,6	25	33	2,6	28	33	2,6	15	21
2,8	22	28	2,8	27	35	2,8	25	27
3	18	26	3	23	35	3	25	31
3,2	16	20	3,2	19	26	3,2	36	45
3,4	18	25	3,4	15	17	3,4	69	82
3,6	18	23	3,6	20	29	3,6	104	118
3,8	15	20	3,8	36	41	3,8	75	93
4	25	31	4	35	41	4	54	69
4,2	23	32	4,2	28	42	4,2	45	74
4,4	23	35	4,4	29	35	4,4	66	82
4,6	29	43	4,6	30	42	4,6	57	70
4,8	47	63	4,8	38	48	4,8	63	72
5	25	36	5	33	42	5	62	72
5,2	36	55	5,2	44	69	5,2	63	76
5,4	25	41	5,4	35	47	5,4	72	79
5,6	25	36	5,6	39	49	5,6	118	141
5,8	31	44	5,8	41	50	5,8	134	157
6	48	55	6			6		
6,2	40	53	6,2			6,2		
6,4	85	96	6,4			6,4		
6,6	57	87	6,6			6,6		
6,8	50	70	6,8			6,8		
7	94	115	7			7		
7,2	67	88	7,2			7,2		
7,4	74	102	7,4			7,4		
7,6	67	93	7,6			7,6		
7,8	75	96	7,8			7,8		
8	106	120	8			8		
8,2	104	136	8,2			8,2		
8,4	119	142	8,4			8,4		
8,6	125	160	8,6			8,6		
8,8	116	152	8,8			8,8		
9	125	164	9			9		
9,2	118	146	9,2			9,2		
9,4	74	100	9,4			9,4		
9,6	51	77	9,6			9,6		
9,8	66	89	9,8			9,8		
10	57	79	10			10		
10,2	104	128	10,2			10,2		
10,4	119	145	10,4			10,4		
10,6	66	109	10,6			10,6		
10,8	77	114	10,8			10,8		
11	61	79	11			11		
11,2	56	80	11,2			11,2		
11,4	58	78	11,4			11,4		
11,6	79	91	11,6			11,6		
11,8	76	102	11,8			11,8		
12	133	145	12			12		
12,2	139	170	12,2			12,2		
12,4	123	155	12,4			12,4		
12,6	119	132	12,6			12,6		
12,8	156	179	12,8			12,8		
13	141	168	13			13		
13,2	118	123	13,2			13,2		
13,4	111	119	13,4			13,4		
13,6	124	146	13,6			13,6		
13,8	114	136	13,8			13,8		
14	110	129	14			14		
14,2	138	158	14,2			14,2		
14,4	174	210	14,4			14,4		
14,6	139	172	14,6			14,6		
14,8	109	144	14,8			14,8		
15			15			15		

**Litologia indicativa:**

-  Limo argilloso
-  Sabbia fine o limosa
-  Sabbia con ghiaietto o ghiaia.

## ALLEGATO 4 - RAPPORTI ANALISI GRANUMETRICHE

<b>MM</b>	<b>Studio MM S.r.l.</b>	Pagina 1 di 1	
	Consulenza materie prime - Prove materiali		
di Michele Mazzoni		Mod Gt 404.1 - Rev 5 del 15/02/12	
Strada Pedemontana 40/s - 43020 Mamiano di Traversetolo (PR) Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it			

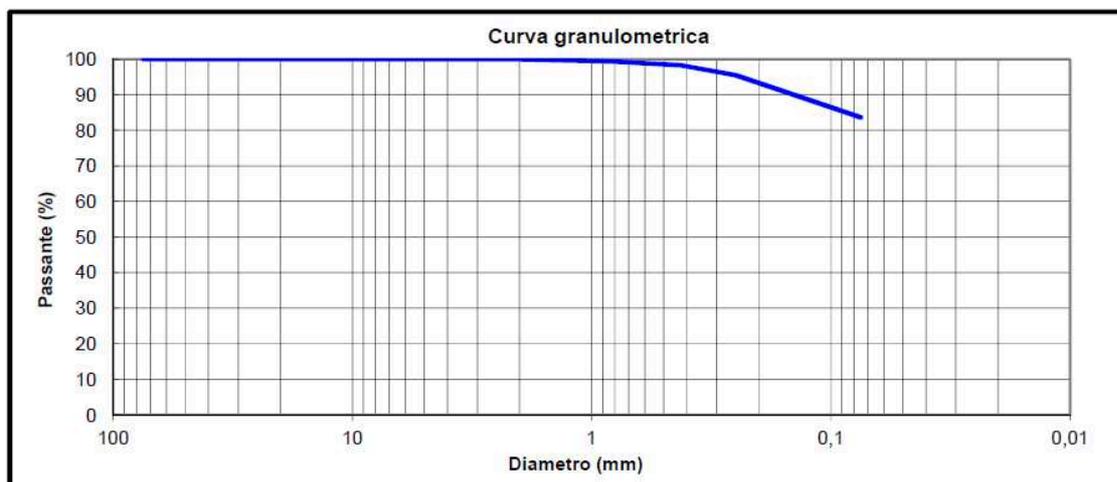
**DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA  
PER SETACCIATURA (ASTM D 422/63:2007)**

Rapporto di prova N°	BSG_301-2020_G3	Accettazione N°	301/2020
Committente	BASSI DR. GIOVANNI		
Descrizione campione	Sabbia con ghiaia – Campione rimaneggiato		
Identificazione campione	Campione 1 (da 0.50 m a – 1.40 da P.C.) del 13/05/2020 Vasca di laminazione 2 (45,25779°N – 9,464586°E)		
Cantiere/Opera	Consorzio di Bonifica "Muzza" B.L. - C.ne di Pieve Fissiraga (LO)		
Data ricevimento	Data apertura	Data esecuzione prova	Data emissione
18/05/2020	22/05/2020	22/05/2020 – 01/06/2020	03/06/2020

Massa totale essicata M1 (g)	192,0
Massa totale essicata M2 (g)	32,7
Massa essicata dei fini rimossi con il lavaggio M1-M2 (g)	159,3
Materiale nel recipiente di fondo P (g)	1,2

Setacci	Trattenuto	Trattenuto	Passante
mm	g	%	%
75	0,0	0,0	100,0
50	0,0	0,0	100,0
37,5	0,0	0,0	100,0
25,4	0,0	0,0	100,0
19	0,0	0,0	100,0
9,5	0,0	0,0	100,0
4,75	0,0	0,0	100,0
2,0	0,0	0,0	100,0
0,85	1,1	0,6	99,4
0,425	2,2	1,7	98,3
0,250	5,3	4,5	95,5
0,106	16,3	13,0	87,0
0,075	6,6	16,4	83,6

% Fini passanti allo staccio 0,075 mm	83,6
---------------------------------------	------



Lo Spesimentatore <i>Alex Onorini</i>	La Direzione Tecnica <b>Studio tecnologico M &amp; M</b> Consulenza materie prime e prove materiali <i>Michele Mazzoni</i>
Strumentazione utilizzata per la prova	Stacci a lamiera perforata Glenammer sieves (Cod. int. SL50-C, SL25-C, SL19-C, SL4.75-C), stacci a rete Tecnotest (Cod. int. SR37500-C, SR9500-C, SR2000-C, SR425-C, SR250-C, SR106-C, SR75-C) e SIMCERLAB (Cod. int. SR850-C)
Note	

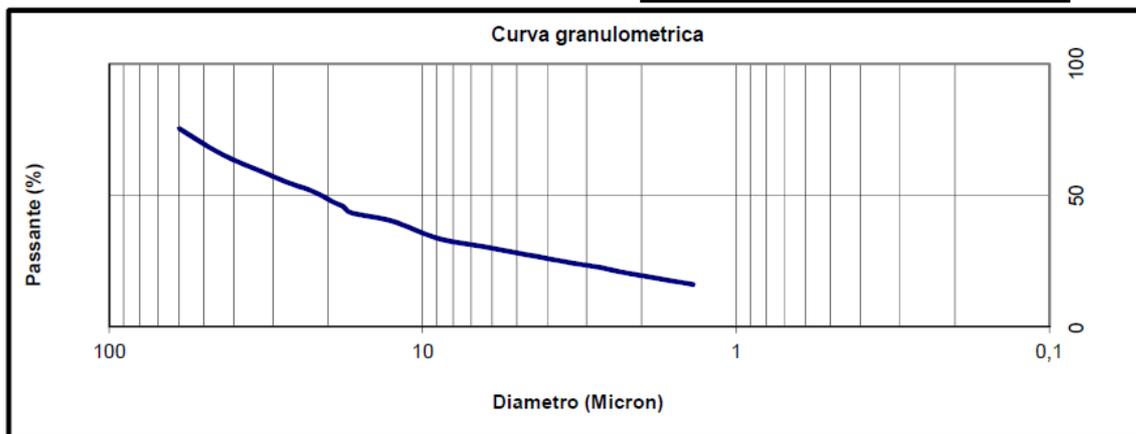
	<b>Studio MM S.r.l.</b> Consulenza materie prime - Prove materiali di Michele Mazzoni	Pagina 1 di 1  Mod Gt 404.2 - Rev 5 del 15/02/12
Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR) Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/844744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it		

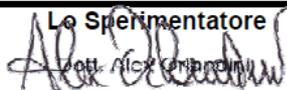
**DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA  
PER SEDIMENTAZIONE (ASTM D 422/63:2007)**

Rapporto di prova N°	BSG_301-2020_D2	Accettazione N°	301/2020
Committente	BASSI DR. GIOVANNI		
Descrizione campione	Sabbia con ghiaia – Campione rimaneggiato		
Identificazione campione	Campione 1 (da 0.50 m a – 1.40 da P.C.) del 13/05/2020 Vasca di laminazione 2 (45,25779°N – 9,464586°E)		
Cantiere/Opera	Consorzio di Bonifica "Muzza" B.L. - C.ne di Pieve Fissiraga (LO)		
Data ricevimento	Data apertura	Data esecuzione prova	Data emissione
18/05/2020	22/05/2020	22/05/2020 – 01/06/2020	03/06/2020

Massa iniziale secca	50,00
Massa trattenuta al vaglio ASTM n°200 secca	8,20
Passante %	83,60

Diametro equivalente dei grani (Micron)	Passante (%)
59,90	75,48
44,06	65,85
32,03	58,62
26,54	54,60
23,18	52,19
20,91	49,78
19,25	47,38
17,92	45,77
16,90	43,36
12,47	40,15
9,00	33,72
6,43	30,51
4,59	27,30
3,28	24,09
2,69	22,48
2,34	20,88
1,37	16,06



Lo Sperimentatore  Dott. Alex Chiarini	La Direzione Tecnica <b>Studio tecnologico M &amp; M</b> Consulenza materie prime e prove materiali Dott. Carlo Mazzoni, Michele
Strumentazione utilizzata per la prova	Setaccio a rete - Tecnotest 0,075 mm (Codice interno SR75-C) Vasca termostatica (Codice interno DT01-C) Densimetro (Codice interno DT02) Agitatore (Codice interno AG03)

NOTA TECNICA A COMMENTO DEI RAPPORTI DI PROVA:

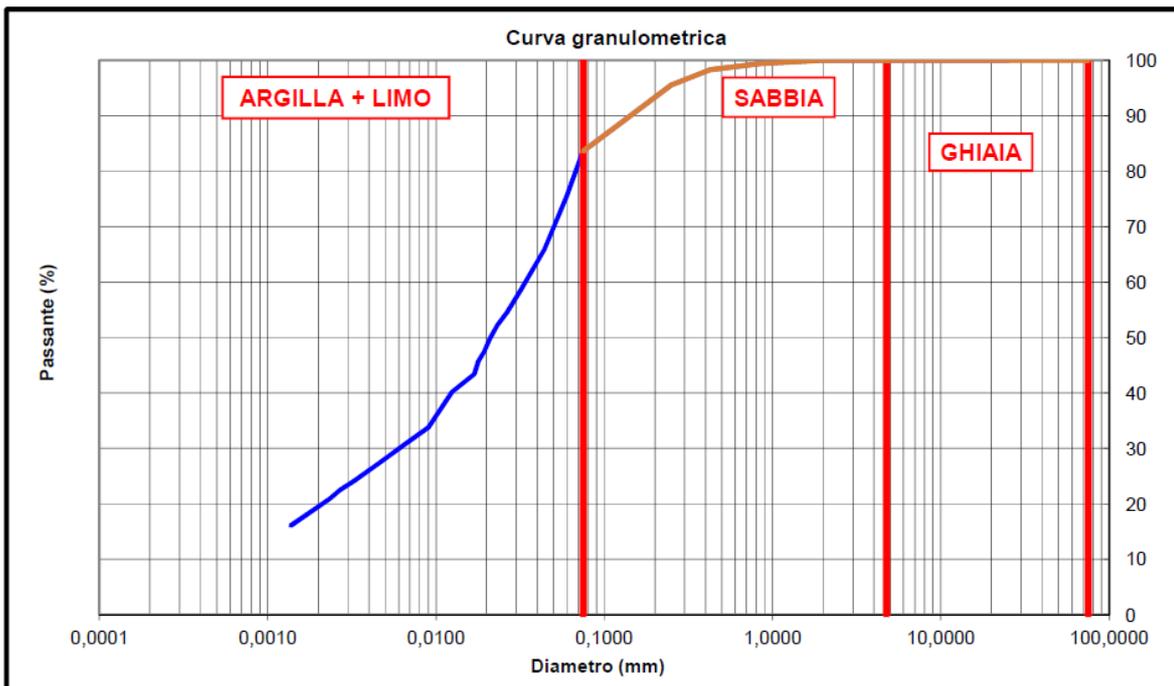
Rapporto di prova N°	BSG_301-2020_G3	Data emissione	03/06/2020
Rapporto di prova N°	BSG_301-2020_D2	Data emissione	03/06/2020

In ottemperanza alle disposizioni della Circolare Ministeriale n° 7618 Vi trasmettiamo i dati desumibili dai risultati di laboratorio.

Classificazione granulometrica (ASTM D2488-84)

Passante al setaccio ASTM N°10 (%)	100,0
Passante al setaccio ASTM N°40 (%)	98,3
Passante al setaccio ASTM N°200 (%)	83,6

Frazione Ciottolosa (%)	0,0
Frazione Ghiaiosa (%)	0,0
Frazione Sabbiosa (%)	16,4
Frazione Limosa e Argillosa (%)	83,6



Note: permeabilità stimata  $<1 \times 10^{-8}$  m/s- Formula di Hazen non applicabile.

% Argilla: 19,2

% Limo: 64,4

	<b>Studio MM S.r.l.</b>	Pagina 1 di 1
	Consulenza materie prime - Prove materiali	
di Michele Mazzone Strada Pedemontana 40/a - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR) Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it		Mod Gt 404.1 - Rev 5 del 15/02/12

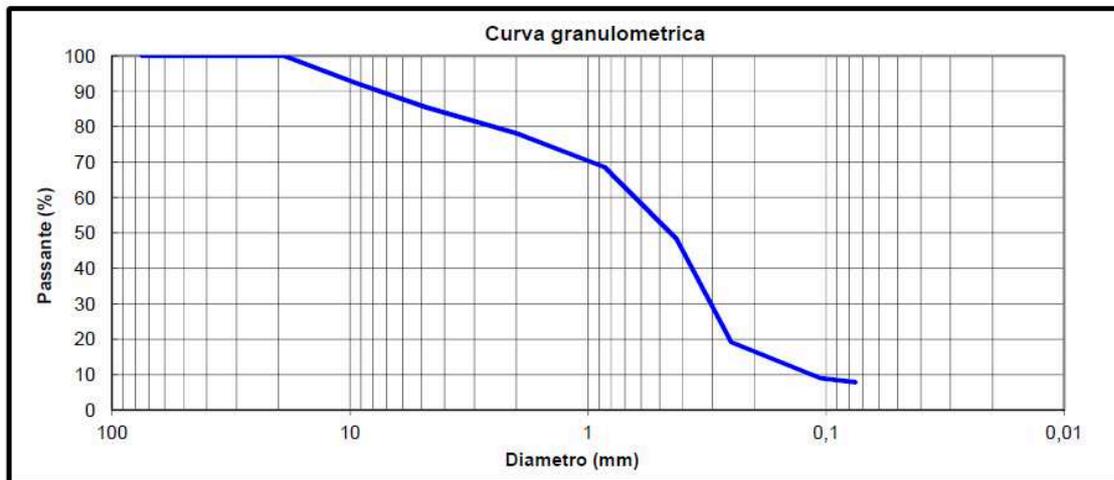
**DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA  
PER SETACCIATURA (ASTM D 422/63:2007)**

Rapporto di prova N°	BSG_301-2020_G4	Accettazione N°	301/2020
Committente	BASSI DR. GIOVANNI		
Descrizione campione	Sabbia con ghiaia – Campione rimaneggiato		
Identificazione campione	Campione 2 (da 1.40 m a – 2,30m da P.C.) del 13/05/2020 Vasca di laminazione 2 (45,25779°N – 9,464586°E)		
Cantiere/Opera	Consorzio di Bonifica "Muzza" B.L. - C.ne di Pieve Fissiraga (LO)		
Data ricevimento	Data apertura	Data esecuzione prova	Data emissione
18/05/2020	22/05/2020	22/05/2020 – 01/06/2020	03/06/2020

Massa totale essicata M1 (g)	428,9
Massa totale essicata M2 (g)	396,9
Massa essicata dei fini rimossi con il lavaggio M1-M2 (g)	32,0
Materiale nel recipiente di fondo P (g)	1,6

Setacci	Trattenuto	Trattenuto	Passante
mm	g	%	%
75	0,0	0,0	100,0
50	0,0	0,0	100,0
37,5	0,0	0,0	100,0
25,4	0,0	0,0	100,0
19	0,0	0,0	100,0
9,5	33,1	7,7	92,3
4,75	29,5	14,6	85,4
2,0	31,3	21,9	78,1
0,85	40,9	31,4	68,6
0,425	87,2	51,8	48,2
0,250	124,8	80,9	19,1
0,106	43,3	91,0	9,0
0,075	5,2	92,2	7,8

% Fini passanti allo staccio 0,075 mm	7,8
---------------------------------------	-----



Lo Sperimentatore 	La Direzione Tecnica <b>Studio tecnologico M &amp; M</b> Consulenza materie prime - prove materiali Via...
Strumentazione utilizzata per la prova	Stacci a lamiera perforata Glenammer sieves (Cod. int. SL50-C, SL25-C, SL19-C, SL4.75-C), stacci a rete Tecnotest (Cod. int. SR37500-C, SR9500-C, SR2000-C, SR425-C, SR250-C, SR106-C, SR75-C) e SIMCERLAB (Cod. int. SR850-C)

Note: permeabilità stimata con formula di Hazen:  $K=D_{10} \times D_{10} \times 0,01 \text{ m/s} = 1,7 \times 10^{-4} \text{ m/s}$