

**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 1**

### **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 in discussione 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.

### **Nella presente relazione si analizza la condizione della Vasca 1 posta nel territorio di Pieve Fissiraga e parzialmente nel territorio di Borgo San Giovanni.**

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

- n. 3 prove penetrometriche statiche con posizionamento di 3 piezometri con tubo in PVC da 1' a cui si è aggiunto un quarto piezometro infisso nel sondaggio effettuato con campionatore Shelbey modificato del 25.05.2020;
- un sondaggio esplorativo con escavatore meccanico con prelievo di 2 campioni rimaneggiati (19.05.2020), per l'analisi granulometrica per sedimentazione.

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 in esame, anche se in parte compresa nel territorio di Pieve Fissiraga, è ubicata in corrispondenza dell'intersezione tra la S.P. ex S.S. 235 che collega Lodi con San Angelo e la S.P. 140 che, dipartendosi dalla statale stessa, collega il vicino abitato di Borgo San Giovanni con Lodivecchio.

La vasca, totalmente in trincea a partire dal piano campagna sarà posizionata tra i canali Sillaro Bargana e Sillaro di Villanova che sarà traslato e portato in adiacenza alla scarpa di confine con la S.S. 234. La vasca sarà di forma pseudo rettangolare con gli angoli arrotondati, profondità costante. Le sponde avranno inclinazione 1/1 e, lungo tutto il perimetro tanto della vasca che dei relativi canali di servizio, è prevista una fascia di rispetto eventualmente transitabile della larghezza complessiva costante di m 4.00. L'occupazione totale del complesso infrastrutturale, comprese quindi le opere accessorie e di complemento sarà di ~16.400 m<sup>2</sup>, la superficie della vasca sarà invece di 11.750 m<sup>2</sup> sulla faccia di fondo e 12.250 m<sup>2</sup> su quella superiore. Il volume lordo dell'invaso è previsto in 23.000 m<sup>3</sup>, di cui, convenzionalmente 21.000 m<sup>3</sup> destinati all'acqua. La profondità totale sarà di 2,00 m dall'apice perimetrale a quota 74,00 m slm a quota 72,00 m slm del fondo. Le sponde tanto delle vasche che dei relativi canali attigui saranno difese con pietrame di medie dimensioni che consentirà una buona resistenza e durabilità dei paramenti nei confronti delle sollecitazioni di riempimento e svuotamento del volume d'invaso e contestualmente, in tempi relativamente brevi, favorirà la crescita erbosa riducendo l'impatto visivo delle opere.

## RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'

I comuni di Pieve Fissiraga e Borgo San Giovanni sono dotati di PGT con componente sismica e inseriti in Zona sismica 3 (pericolo sismico medio) con D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129.

Il sito in discussione nel territorio di Borgo San Giovanni è posto in Classe di fattibilità geologica 2q (fig. 1), con modeste particolari limitazioni; la porzione in territorio in comune di Pieve Fissiraga è in Classe di fattibilità geologica è la 3b (fig. 2), con consistenti limitazioni.

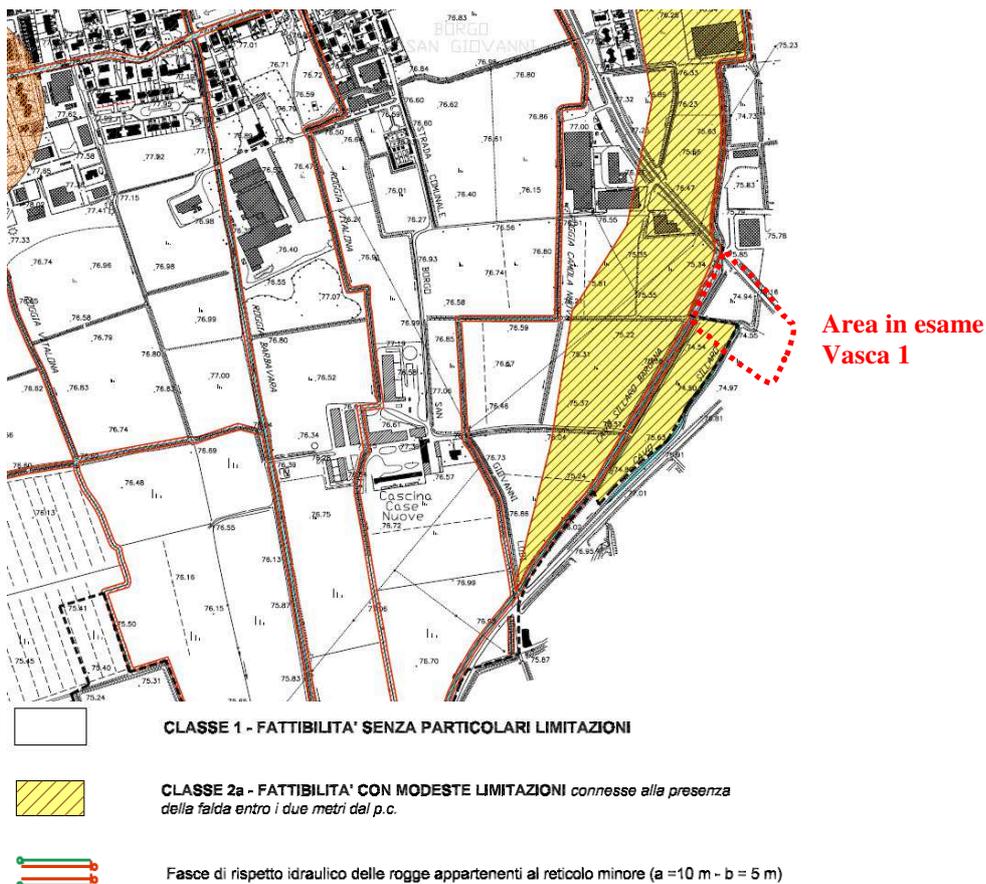
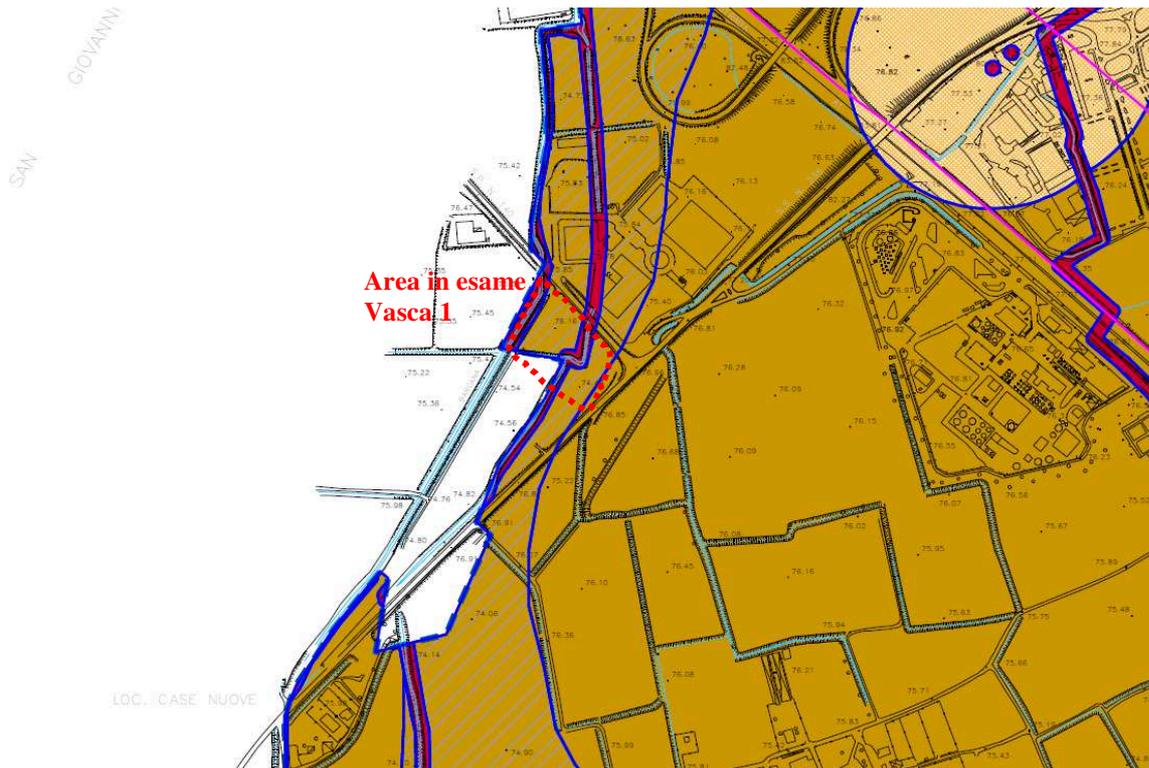


Figura 1 - Estratto da Carta di Fattibilità Geologica – PGT Comune Borgo San Giovanni LO



Classe 3b

Figura 2 - Estratto da Carta di Fattibilità Geologica – PGT Comune Pieve Fissiraga LO

## RELAZIONE GEOLOGICA

### 1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in esame è posta a cavallo del confine comunale tra Borgo San Giovanni e Pieve Fissiraga. Nel primo intorno è prevalentemente agricola e poco urbanizzata ed è posta in prossimità della S.P.140 (fig. 2).

#### 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 piane o debolmente ondulate incise in modo netto dalla valle del Colatore Sillaro, caratterizzata da un fondovalle attivo e mobile in alcune zone.

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

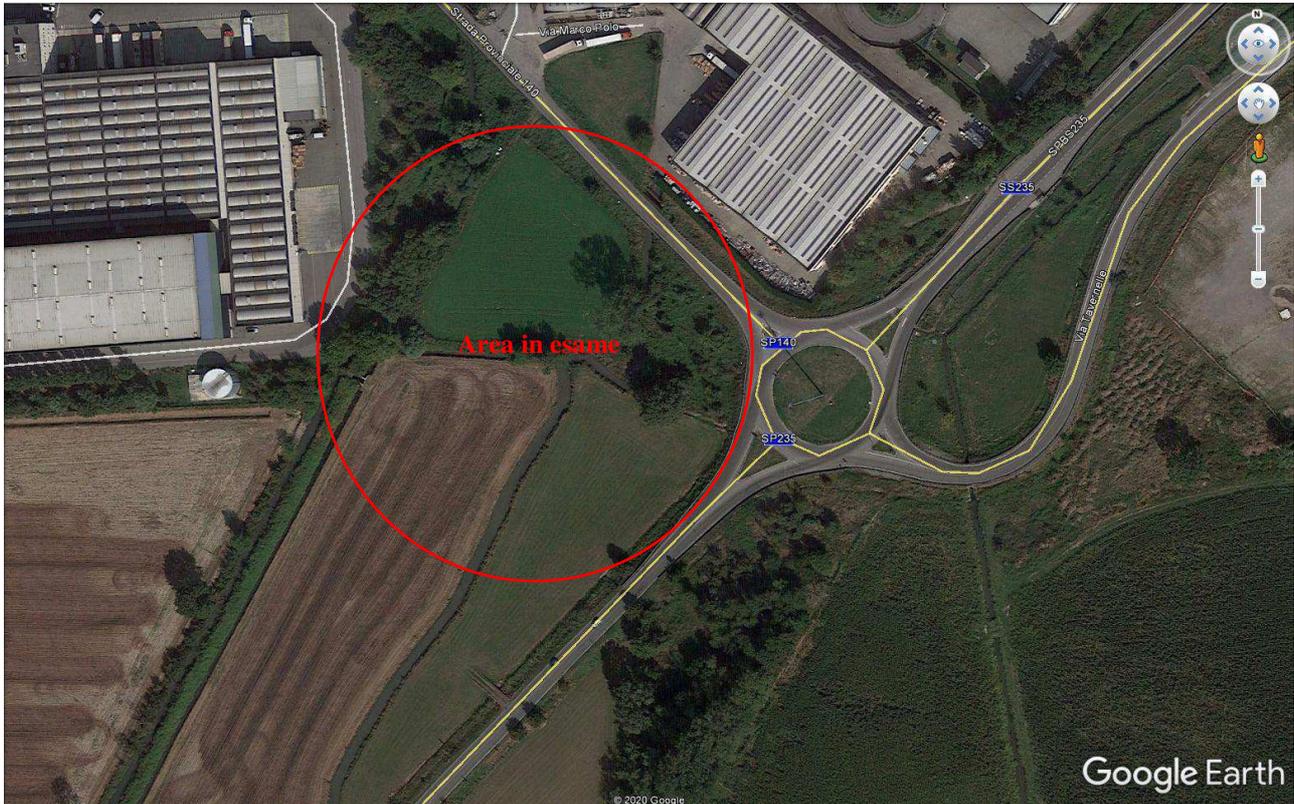


Figura 3 – Immagine Google

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:

- Livello Fondamentale della Pianura (L.F.d.P.);
- Sistema di valli terrazzate del fiume Lambro;
- 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 riconosciute le seguenti unità, a partire dalla più recente (vedi Fig. 3):

**Valle alluvionale con dinamica prevalentemente deposizionale, costituita 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 sarà posta la Vasca di Laminazione è posta nella Valle alluvionale terrazzata del Colatore Sillaro (VT2) e nella porzione occidentale dal Livello Fondamentale della Pianura con superficie modale stabile (LF2).

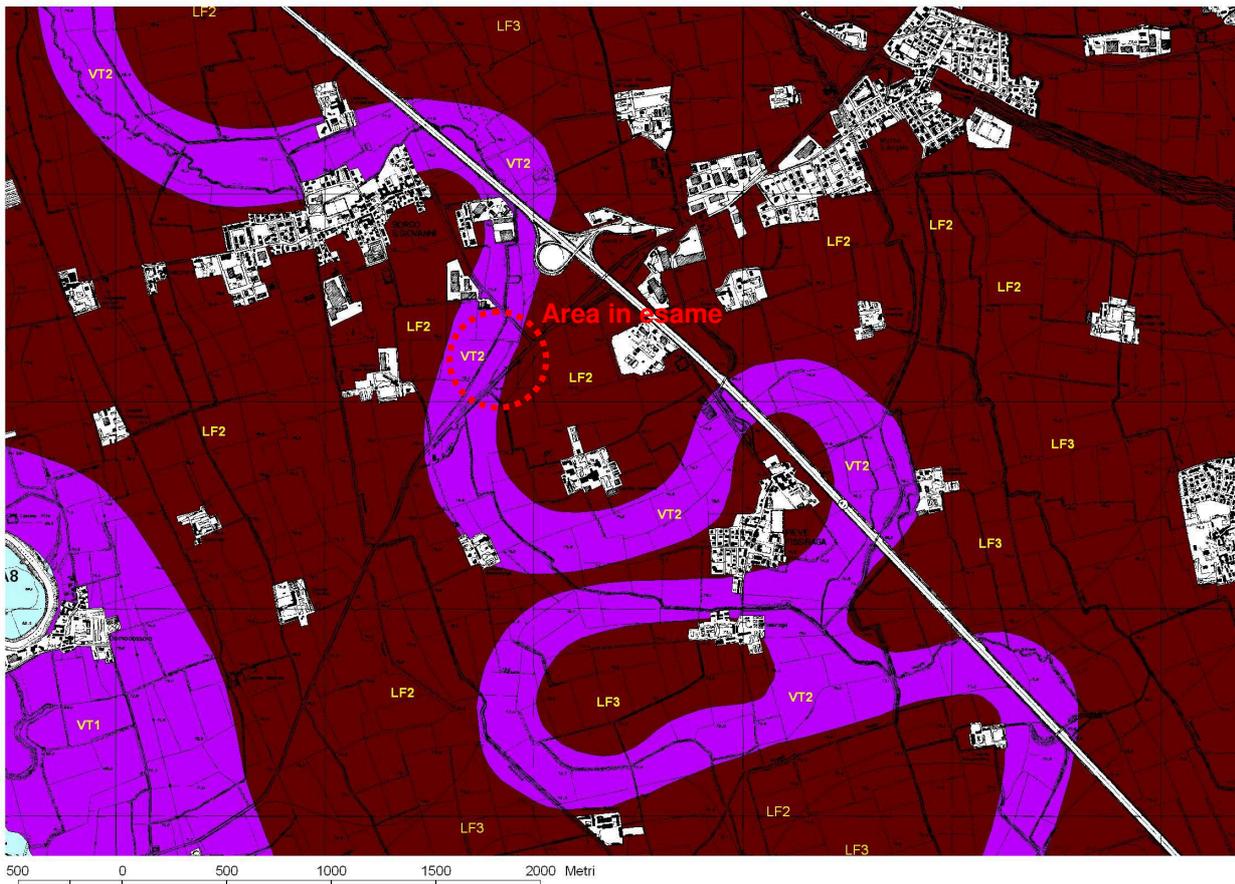


Figura 4 – Carta geopedologica (dati ERSAL)

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 rinvengono nella porzione nord-orientale del Livello Fondamentale della Pianura.

## **Idrogeologia**

Nell'area della bassa pianura in cui si colloca il territorio in discussione si può suddividere il sottosuolo in due litozone:

1. Litozona superficiale, dalla superficie, fino a profondità 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, con orientamento O-E, sono considerate le stratigrafie di 2 pozzi pubblici SAL localizzati in Borgo San Giovanni e Pieve Fissiraga. Dalla sezione si riscontra **copertura sabbioso argillosa** dei primi metri al di sopra della litozona superficiale. E' possibile anche in questo settore posizionare il limite tra litozona superficiale e profonda tra 40 e 50 m da p.c.



Figura 5 – Ubicazione pozzi SAL e traccia di 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

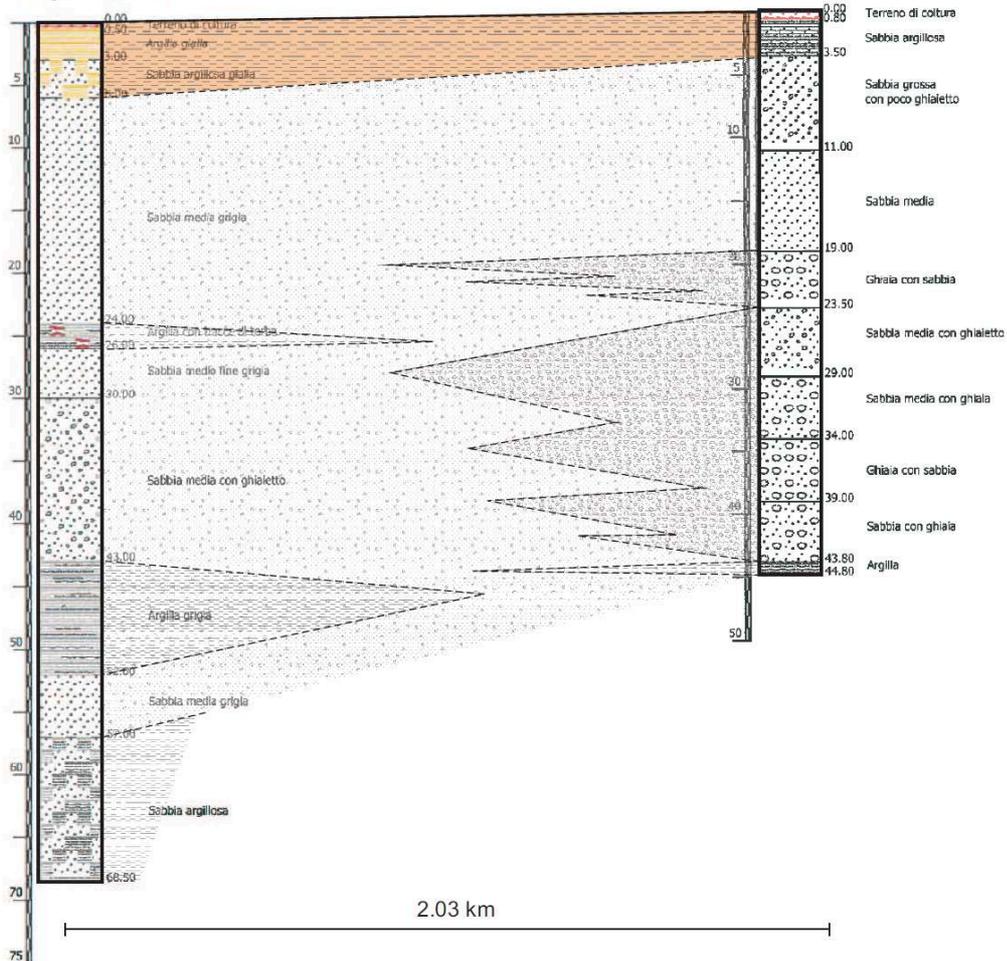
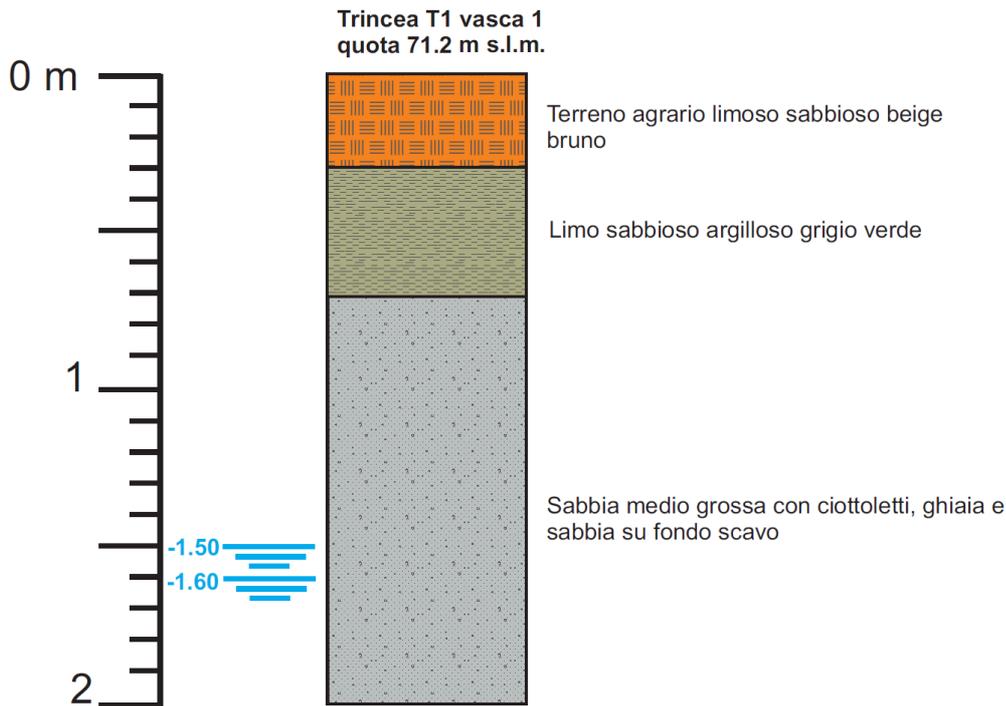


Figura 6 – Sezione geologica da stratigrafie pozzi pubblici SAL



## Sondaggio con escavatore meccanico (19.05.2020)



## Analisi granulometriche

Qui di seguito si riportano in sintesi i risultati delle analisi granulometriche (Profondità, descrizione litologica, permeabilità) sui campioni di terreno prelevati nella trincea (T1); i certificati delle analisi granulometriche sono riportati in Allegato 4.

Campione	Profondità in m da p.c.	Descrizione	Permeabilità (K) in m/s	Note
1	-0.70	Limo argilloso con sabbia	$3.6 \times 10^{-7}$	Granulometria per setacciatura e sedimentazione
2	-1.00	Sabbia medio fine	$6.4 \times 10^{-5}$	Granulometria per setacciatura

## Prove penetrometriche statiche (CPT)

Le CPT sono state iniziate e concluse il 25.5.20

CPT 1 (25.05.2020)			
Profondità da p.c. in m	Litologia	$R_{pm}$ (Kg/ cm <sup>2</sup> )	$\phi$ medio
0,00-2,20	Limo argilloso	16	25°
2,20-3,60	Sabbia - sabbia fine	60	30°
3,60-5,40	Sabbia addensata con ghiaietto	89	38°
5,40-14,80	Sabbia con ghiaia	127	40°
Soggiacenza falda: -0.90 m da p.c.			

CPT 2 (25.05.2020)			
Profondità da p.c. in m	Litologia	R <sub>pm</sub> (Kg/ cm <sup>2</sup> )	φ medio
0,00-2,20	Limo argilloso	29	26°
2,20-4,60	Sabbia addensata	66	32°
4,60-5,80	Sabbia con ghiaia	110	38°
Soggiacenza falda: -1,20 m da p.c.			

CPT 3 (25.05.2020)			
Profondità da p.c. in m	Litologia	R <sub>pm</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	φ medio
0,00-2,20	Limo argilloso	9	23°
2,20-4,40	Sabbia - sabbia fine	48	30°
4,40-5,80	Sabbia con ghiaietto	86	36°
Soggiacenza falda: -1.20 m da p.c.			

In prima analisi le prove penetrometriche indicano copertura 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 di profondità è presente sabbia con ghiaietto o con ghiaia al letto.

La falda è a -0.90/1.20 m da p.c. (25 maggio 2020).

### 3. AZIONE SISMICA

L'area in esame è caratterizzata da **due scenari di pericolosità sismica locale** definiti dai PGT dei comuni di Pieve Fissiraga e Borgo San Giovanni; per entrambi i comuni l'area è associata allo scenario **Z4a** (fig. 8-9), caratteristico di zona di pianura con depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi; gli effetti possibili sono amplificazioni litologiche e geometriche.

Per il solo territorio di Pieve Fissiraga oltre allo scenario Z4a è presente anche lo scenario **Z2** - zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale).

Si consideri che i PGT in esame non hanno aggiornato la componente geologica idrogeologica e sismica secondo la norma vigente dal 2014.



SIGLA	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA	EFFETTI	CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA
Z4a	Zona con presenza di depositi alluvionali e fluvio-glaciali granulari e/o coesivi.	Amplificazioni litologiche.	H2

Figura 8 – Carta di pericolosità sismica locale PGT Borgo San Giovanni

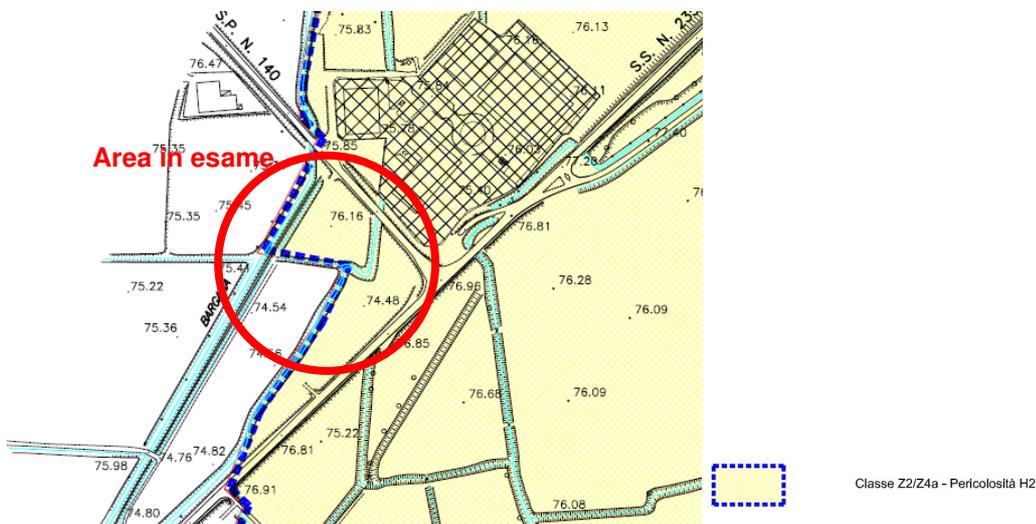


Figura 9 – Carta di pericolosità sismica locale PGT Pieve Fissiraga

Per valutare le caratteristiche sismiche del sito in esame si considera l'indagine sismica effettuata in un'area prossima a quella in esame (circa 200 m ad est) per il PGT di Pieve Fissiraga (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 10.

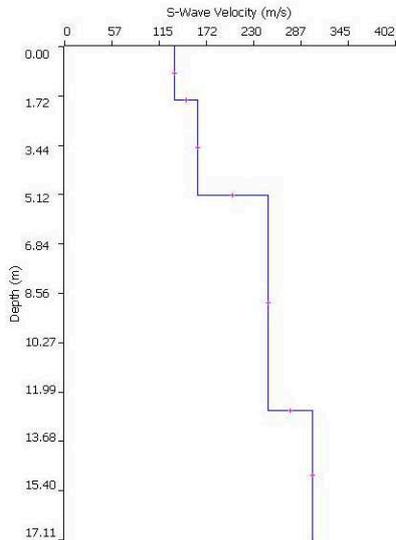


Figura 10 – Distribuzione Vs - MASW2

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 Vs 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

Il 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: 9,444629°E, 45.272099°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.

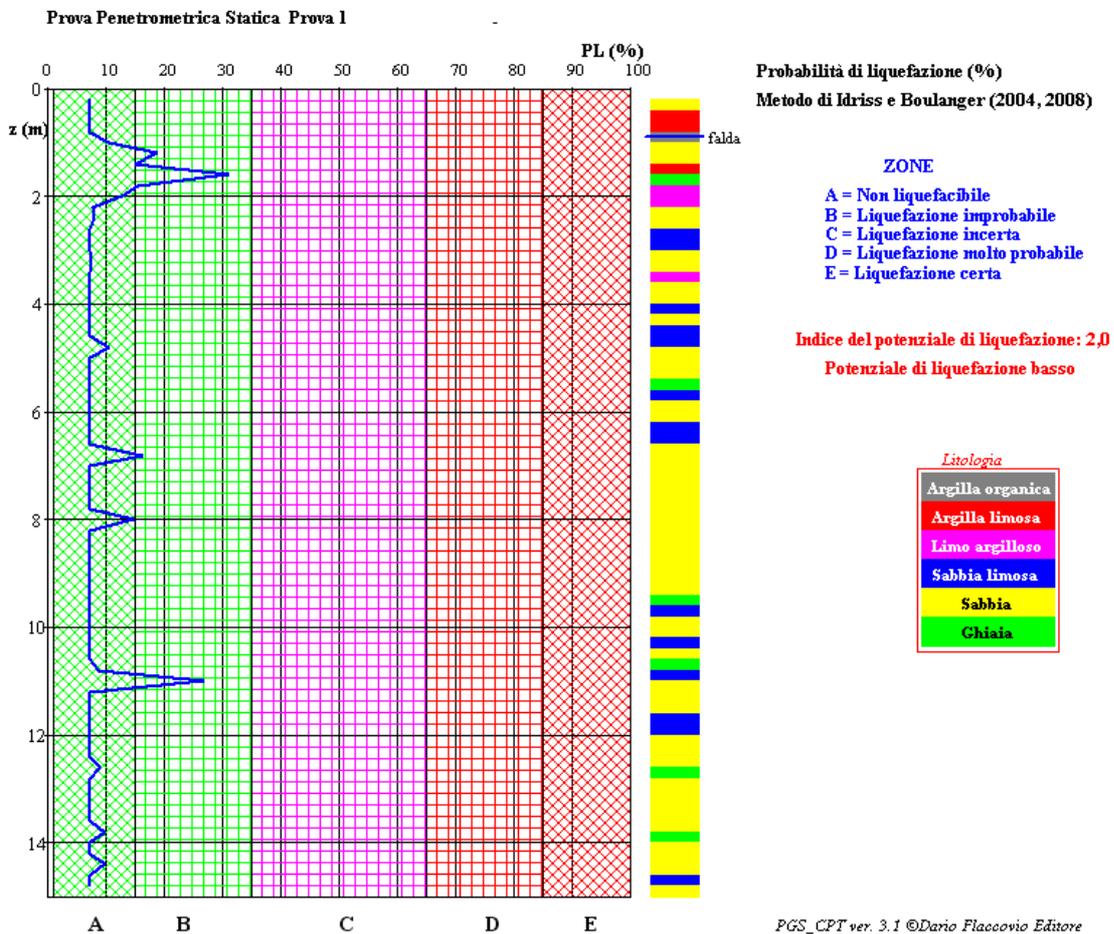
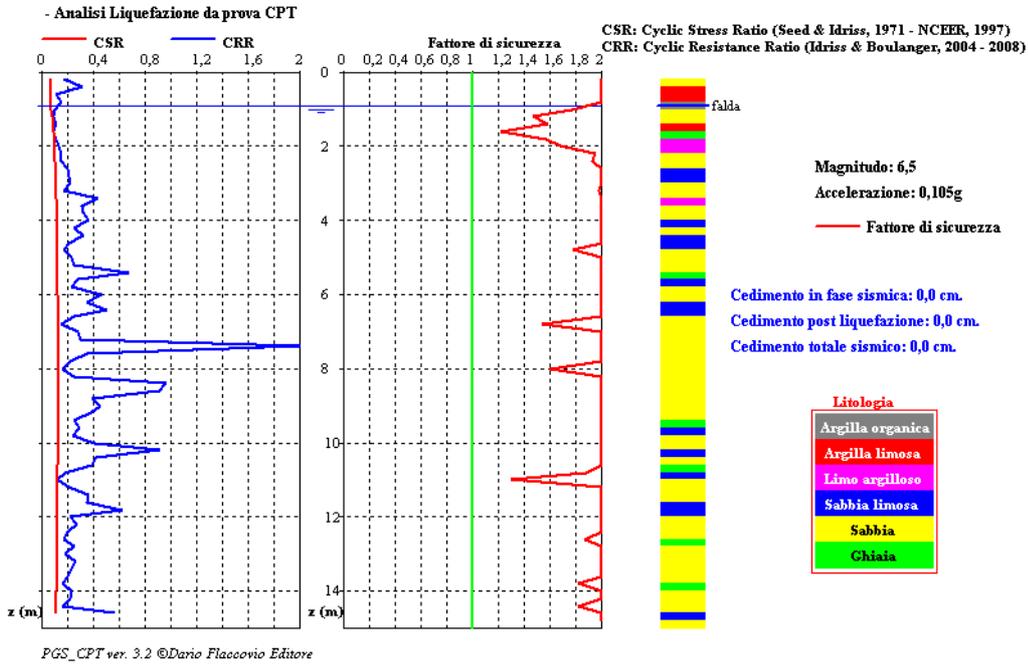
Al fine di verificare la liquefacibilità degli strati di fondazione dell'area in esame si ridefinisce le caratteristiche geotecniche riprendendo una verticale di prova penetrometrica descritta precedentemente (CPT1).

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

È stato utilizzato il metodo Idriss-Boulangier, 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

L'esecuzione di 4 piezometri consente il monitoraggio della falda superficiale con misure iniziate a maggio. Qui di seguito si riporta la tabella riassuntiva delle misure di falda.

In questo periodo la falda è alimentata dalla distribuzione di acqua dal canale Muzza iniziata a fine aprile mentre nel colatore Sillaro, asciutto ancora nella prima settimana di maggio, si è successivamente formata la portata di 1-1,5 mc/s.

Dall'elaborazione dei dati freaticometrici, come da tabella che segue, si ricava che la superficie della falda superficiale è suborizzontale con flusso generale verso S-S-O con apporto idraulico del Colatore Sillaro da nord e dal cavo irriguo "Sillaro Bargano" sul lato nord-ovest, con fondo a quota superiore rispetto ai campi dove si eseguirà la Vasca 1, e drenaggio verso Sillaro Bargano (Allegato 2).

Le infiltrazioni dalla rete idrica di superficie, rilevanti in questo periodo di inizio irrigazione, producono una falda locale discontinua e sospesa sopra la litozona A (limoso argillosa) al di sotto della copertura agraria e perciò prossima al piano campagna che resta separata e autonoma dalla falda freatica sottostante ospitata nella litozona B.

Al fine di intercettare gli apporti dalla rete idrica di superficie che alimentano la falda sospesa e/o producono una zona umida intorno al corso d'acqua, si potranno armare dei drenaggi orizzontali in trincea preescavata come esemplificato in Allegato 2, con pannelli drenanti prefabbricati e tubo basale fessurato preassemblato con alla base una guaina impermeabile.

Questo drenaggio potrà essere posizionato sul lato NE della vasca di laminazione parallelamente alla S.P.140 ed eventualmente esteso sul lato nord ovest lungo il Sillaro Bargano.

L'osservazione della falda nei piezometri e nel sondaggio in trincea consente una prima ricostruzione dei rapporti tra acquifero e acque di superficie.

VASCA 1								
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	1534872,2	5013358,9	73,383	74,151	28/05/2020	1,96	1,192	72,191
4	1534871	5013358	73,366	73,978	28/05/2020	0,86	0,248	73,118
2	1534921	5013302,3	73,324	73,978	28/05/2020	2,14	1,486	71,838
3	1534871,1	5013299,8	73,253	74,121	28/05/2020	2,19	1,322	71,931
VASCA 1								
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	1534872,2	5013358,9	73,383	74,151	06/06/2020	1,95	1,182	72,201
4	1534871	5013358	73,366	73,978	06/06/2020	1,77	1,158	72,208
2	1534921	5013302,3	73,324	73,978	06/06/2020	2,05	1,396	71,928
3	1534871,1	5013299,8	73,253	74,121	06/06/2020	2,12	1,252	72,001
VASCA 1								
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	1534872,2	5013358,9	73,383	74,151	18/06/2020	1,95	1,10	72,28
4	1534871	5013358	73,366	73,978	18/06/2020	1,77	1,15	72,22
2	1534921	5013302,3	73,324	73,978	18/06/2020	2,05	1,16	72,16
3	1534871,1	5013299,8	73,253	74,121	18/06/2020	2,12	1,22	72,03

A tal fine va sottolineata la forte interdipendenza tra acque di superficie e sotterranee: le prime sono qui rappresentate dal colatore Sillaro, scorrente a nord est e sul lato est della vasca di progetto e il cavo irriguo Sillaro Bargano, posto sul lato ovest.

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 cinque settimane intercorse tra l'inizio delle indagini e oggi, dalla condizione invernale di asciutta (piogge modeste e assenza d'irrigazione) alla presente attuale stagione.

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

Il colatore Sillaro esercita, ordinariamente, azione alimentante sulla falda e tale funzione è esercitata sia nel semestre invernale che in quello irriguo.

Nelle 5 settimane di osservazione si è tuttavia riscontrata una significativa perdita di acqua dal colatore e dal cavo irriguo Sillaro Bargano verso i terreni circostanti con l'effetto di saturarne gradualmente il suolo ed il sottosuolo.

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

Ora tuttavia si osserva, ed il fenomeno potrà ripetersi anche ciclicamente, un apporto idrico da NNO (sinistra idrografica del Sillaro Bargano) per perdite dal canale che può formare una falda sospesa difficilmente definibile arealmente ma che potrebbe interessare i terreni circostanti per una profondità stimata in circa 20 m.

## 5. MODELLO GEOLOGICO

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

L'area in esame è posta in una zona di transizione tra la valle terrazzata del Cavo Sillaro e il Livello Fondamentale della Pianura cui appartiene.

I depositi sono tipici delle alluvioni fluvioglaciali sabbioso con direzione generale di falda verso sud.

L'analisi sismica definisce che l'area è potenzialmente soggetta a scenario di pericolosità sismica Z4, caratterizzata da amplificazioni litologiche o geometriche.

Il suolo sismico da adottare è D.

In base ai dati geognostici sono definite le seguenti litozone:

- **Litozona A:** al di sotto del suolo agrario (0.30-0.40 m) fino a -2.20 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,  $\gamma 14-15$  KN/m<sup>3</sup>;

- **Litozona B:** depositi sabbioso medi o sabbioso fini, fino a -3.60/4.60 m da p.c.,  $\phi$  da  $30^\circ$  a  $32^\circ$ ,  $\gamma 16-18$  KN/m<sup>3</sup>;

- **Litozona C:** depositi sabbiosi con ghiaia o ghiaietto fino a -14.80 m da p.c.,  $\phi$  da  $36^\circ$  a  $40^\circ$ ,  $\gamma 18-19$  KN/m<sup>3</sup>.

La falda superficiale, misurata durante la campagna geognostica (5 maggio - 5 giugno 2020) nell'area oggetto è posta a -1.00/1.20 m da p.c. con direzione di flusso verso sud ovest, risentendo dell'azione drenante del Sillaro e del Lambro.

Sulla scorta dei 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	$\Delta \phi$ (°) /Cu (KPa)	Vs media (m/s)	Suolo sismico da adottare
0.00-2.20	A	23°-26°/40-70KPa	246-281	D
2.20-3.60/4.60	B	30°- 32°		
3.60/4.60-14.80	C	36°-40°		

Tabella 6 - Modello geologico - geofisico

## 6. CONCLUSIONI

I comuni di Borgo San Giovanni e di Pieve Fissiraga sono collocati in Zona sismica 3 (media sismicità).

L'area esaminata è compresa, dai PGT vigenti, in **Classe di Fattibilità Geologica 3 con consistenti limitazioni**.

L'analisi sismica definisce che l'area è potenzialmente soggetta a scenario di pericolosità sismica Z4, caratterizzata da amplificazioni litologiche o geometriche.

Il suolo sismico da adottare è D.

In base ai dati geognostici i terreni, tipici delle alluvioni fluvio-glaciali sabbioso, sono distinti nelle seguenti litozone:

- Litozona A: al di sotto della copertura agraria (0.30-0.40 m) fino a -2.20 m da p.c., si hanno depositi limoso argillosi poco addensati,  $Cu \approx 40-70$  KPa,  $\phi \approx 23^\circ-26^\circ$  per la componente granulare,  $\gamma 14-15$  KN/m<sup>3</sup>;

- Litozona B: depositi sabbioso medi o sabbioso fini, fino a -3.60/4.60 m da p.c.,  $\phi$  da 30° a 32°,  $\gamma 16-18$  KN/m<sup>3</sup>;

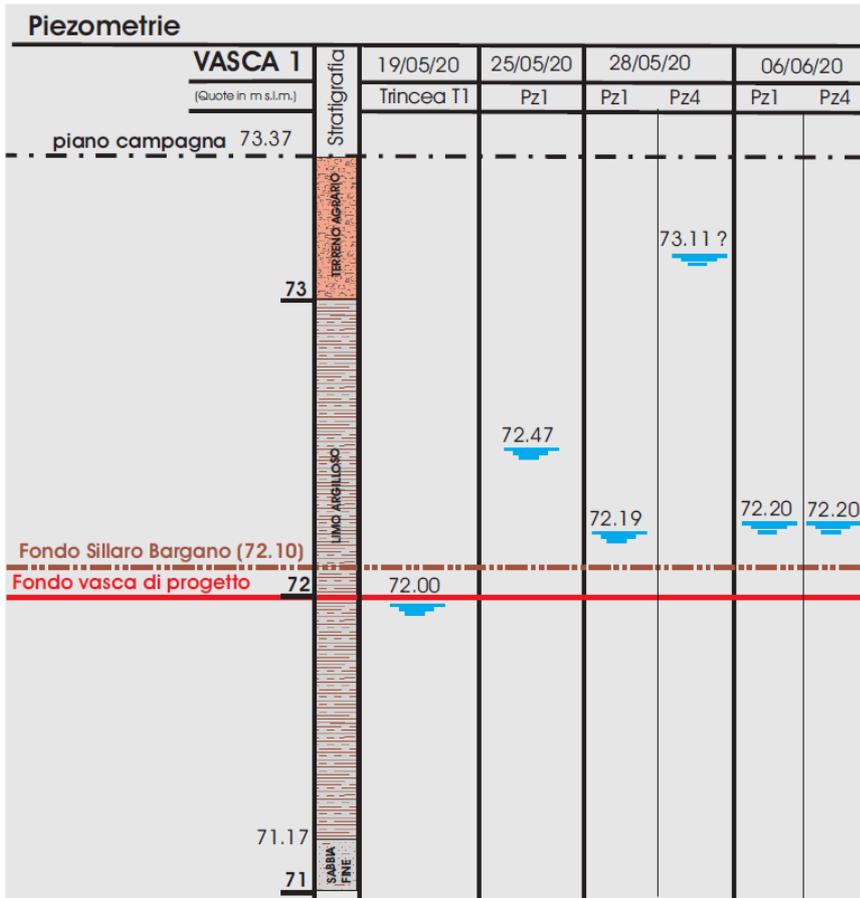
- Litozona C: depositi sabbiosi con ghiaia o ghiaietto fino a -14.80 m da p.c.,  $\phi$  da 36° a 40°,  $\gamma 18-19$  KN/m<sup>3</sup>.

La falda superficiale, ospitata nella litozona B, è suborizzontale con flusso verso sud – ovest; in corrispondenza con l'inizio della stagione di irrigazione si forma una falda discontinua e sospesa alimentata da infiltrazioni dal canale irrigatore Sillaro Bargano e dal colatore Sillaro. Questo fatto porta ad indicare come necessario separare la falda della litozona B dalle infiltrazioni provenienti dalla rete di superficie.

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 dai corsi d'acqua di superficie (Pz4), piano campagna, fondo del Sillaro Bargano, fondo vasca di progetto.

Si consideri errata la piezometria 26.5.20 del piezometro Pz4.

Nella colonna stratigrafica, in sinistra figura, è indicata la copertura limoso argillosa ( $K = 3,6 \times 10^{-7}$  m/s) posta al letto del terreno agrario ed al tetto della litozona sabbiosa tra 73 e 71,17 m slm.



Confermando l'utilità del monitoraggio almeno quindicinale della falda per 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 ( $K = 3,6 \times 10^{-7}$  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. 14 e Sillaro Bargano, al fine di limitare eventuali infiltrazioni provenienti dai canali;
- Prevedere un sistema di drenaggi tra S.P. 14 e il Sillaro Bargano disposti sui lati esterni della vasca di progetto al fine di raccogliervi le acque di infiltrazione 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. Il drenaggio potrebbe vuotare nel Sillaro a valle della vasca di progetto e/o con setto impemeabile 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, gli alvei del nuovo Sillaro e del Sillaro Bargano;

- Eseguire e mantenere, esternamente alla vasca, almeno tre piezometri per il controllo della falda.  
Verificate le ipotesi qui sopra rappresentate si consideri anche la possibilità di alzare il fondo vasca di progetto soprattutto lungo la S.P. 14.

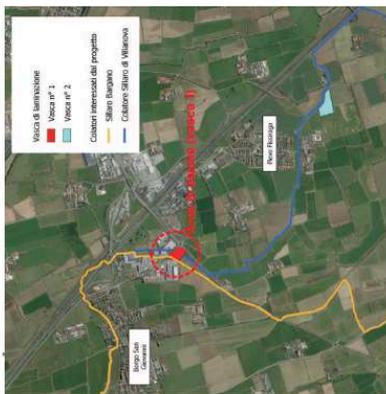
IL GEOLOGO  
Dr Giovanni Bassi  
Giugno 2020



**ALLEGATI:**

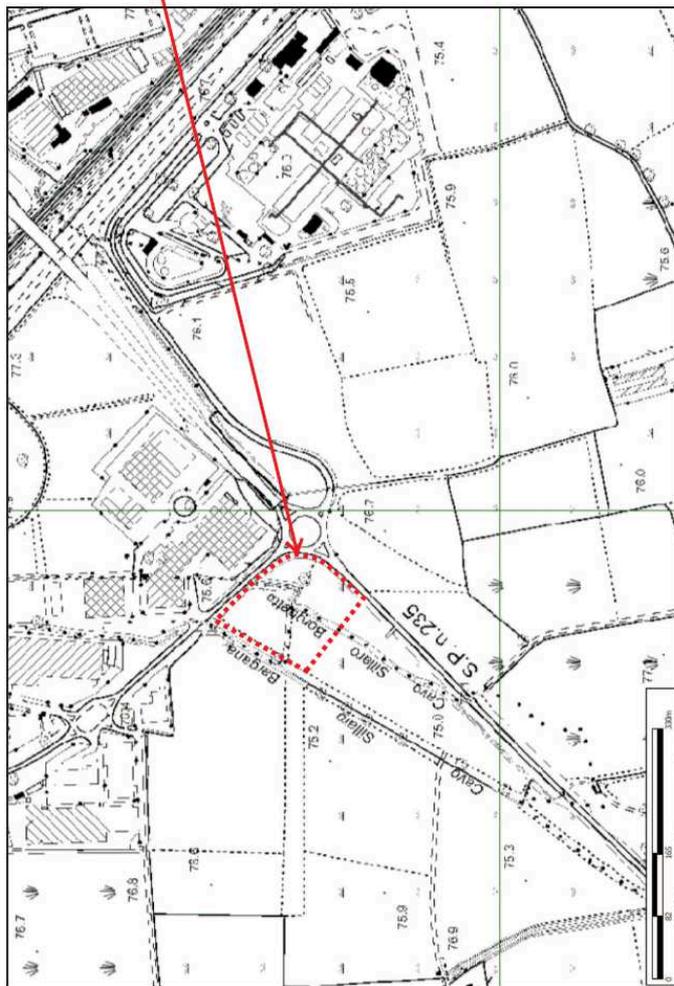
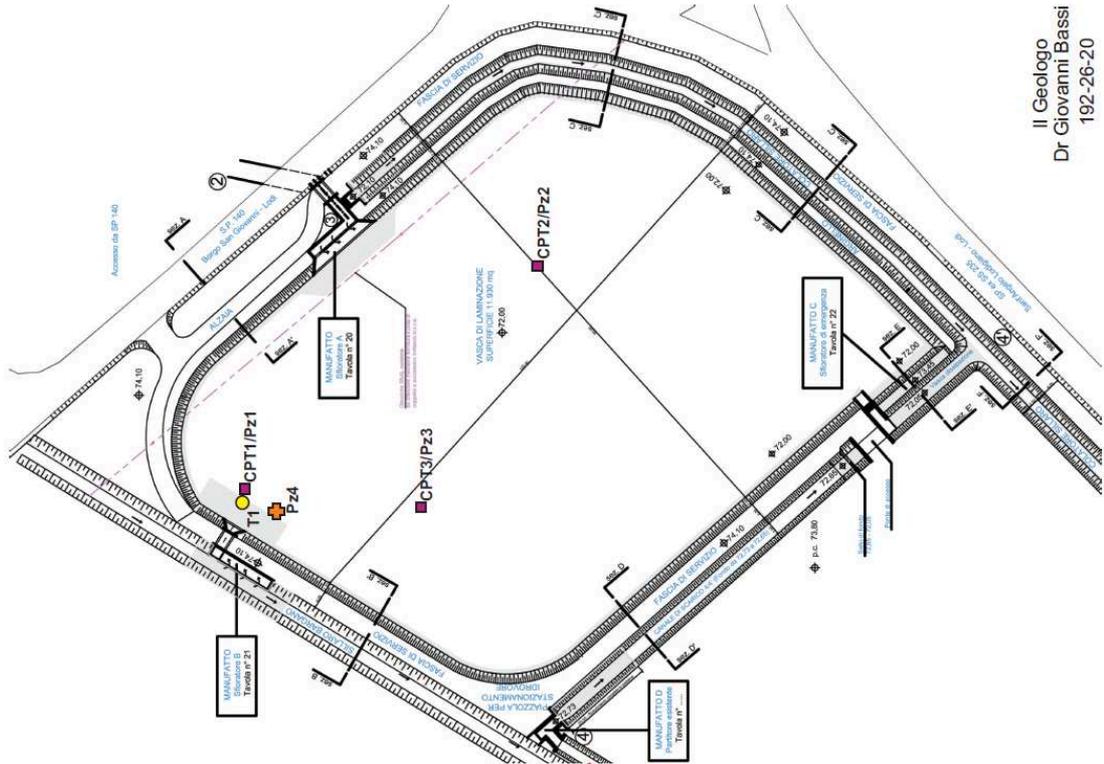
1. Corografia ed estratto mappa;
2. Mappe isofreatiche;
3. Rapporto prove penetrometriche;
4. Rapporto analisi granulometriche.

**Comuni di Borgo San Giovanni - Pieve Fissiraga (LO)**  
**Realizzazione aree di laminazione - Consorzio di Bonifica Muza Bassa Lodigiana**  
**Allegato 1: Corografia ed estratti mappa**



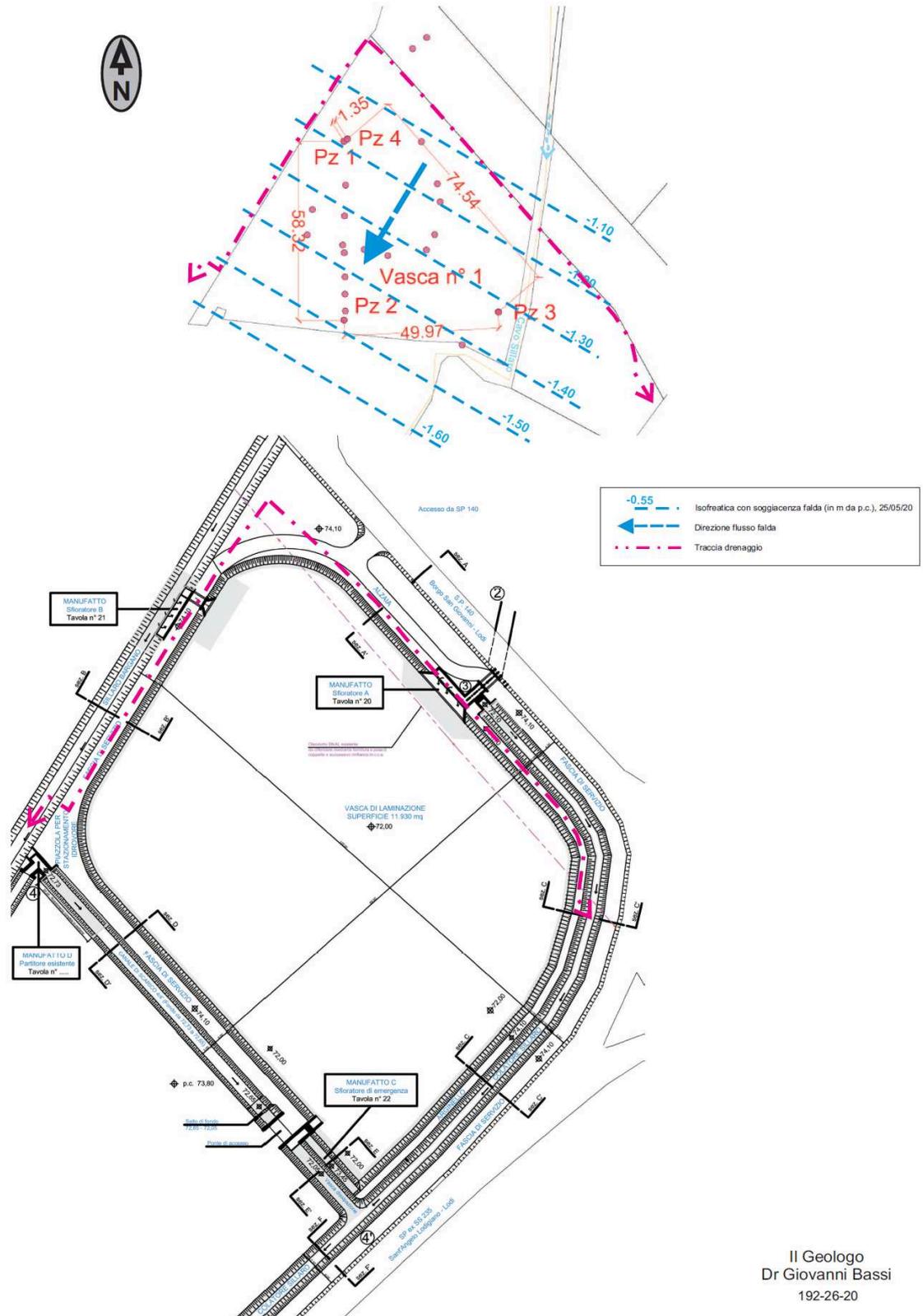
**LEGENDA**

- Prova penetrometrica/ piezometro
- Sondaggio con escavatore
- Piezometro



Il Geologo  
 Dr. Giovanni Bassi  
 192-26-20

Comune di Borgo San Giovanni / Pieve Fissiraga (LO)  
 Consorzio di Bonifica Muzza Bassa Lodigiana - Realizzazione aree di laminazione  
**VASCA 1**  
 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	0,90 m		H2O	1,20 m		H2O	1,50 m	
0,4	35	45	0,4	109	118	0,4	41	47
0,6	12	39	0,6	35	79	0,6	10	26
0,8	6	20	0,8	16	38	0,8	6	19
1	12	30	1	12	19	1	5	14
1,2	21	25	1,2	8	18	1,2	3	10
1,4	13	15	1,4	12	14	1,4	4	10
1,6	9	15	1,6	18	25	1,6	4	10
1,8	20	22	1,8	39	52	1,8	5	9
2	12	19	2	21	36	2	5	9
2,2	15	24	2,2	15	25	2,2	10	15
2,4	40	52	2,4	39	46	2,4	30	38
2,6	51	65	2,6	42	54	2,6	23	29
2,8	56	77	2,8	45	58	2,8	37	41
3	62	86	3	73	85	3	31	40
3,2	83	107	3,2	55	72	3,2	34	46
3,4	70	85	3,4	76	90	3,4	45	60
3,6	50	90	3,6	101	129	3,6	49	65
3,8	108	137	3,8	87	116	3,8	54	69
4	113	141	4	82	95	4	89	96
4,2	113	149	4,2	72	91	4,2	60	83
4,4	89	117	4,4	64	89	4,4	78	95
4,6	92	128	4,6	56	75	4,6	103	123
4,8	66	91	4,8	120	139	4,8	108	119
5	80	92	5	155	172	5	85	101
5,2	88	112	5,2	92	125	5,2	89	114
5,4	95	123	5,4	87	120	5,4	69	89
5,6	151	165	5,6	111	139	5,6	90	112
5,8	85	119	5,8	95	119	5,8	76	95
6	92	116	6			6		
6,2	145	163	6,2			6,2		
6,4	110	145	6,4			6,4		
6,6	114	62	6,6			6,6		
6,8	96	124	6,8			6,8		
7	80	91	7			7		
7,2	115	144	7,2			7,2		
7,4	134	149	7,4			7,4		
7,6	189	225	7,6			7,6		
7,8	142	167	7,8			7,8		
8	104	126	8			8		
8,2	81	94	8,2			8,2		
8,4	120	144	8,4			8,4		
8,6	180	205	8,6			8,6		
8,8	178	215	8,8			8,8		
9	134	172	9			9		
9,2	157	188	9,2			9,2		
9,4	155	184	9,4			9,4		
9,6	135	147	9,6			9,6		
9,8	106	141	9,8			9,8		
10	129	151	10			10		
10,2	159	189	10,2			10,2		
10,4	143	198	10,4			10,4		
10,6	176	129	10,6			10,6		
10,8	67	100	10,8			10,8		
11	56	73	11			11		
11,2	96	121	11,2			11,2		
11,4	142	176	11,4			11,4		
11,6	117	160	11,6			11,6		
11,8	138	191	11,8			11,8		
12	124	146	12			12		
12,2	148	171	12,2			12,2		
12,4	125	143	12,4			12,4		
12,6	119	128	12,6			12,6		
12,8	142	163	12,8			12,8		
13	112	127	13			13		
13,2	151	173	13,2			13,2		
13,4	146	162	13,4			13,4		
13,6	123	140	13,6			13,6		
13,8	118	125	13,8			13,8		
14	147	162	14			14		
14,2	111	134	14,2			14,2		
14,4	105	117	14,4			14,4		
14,6	143	194	14,6			14,6		
14,8	149	178	14,8			14,8		
15			15			15		

**Litologia indicativa:**

	<b>Limo argilloso</b>
	<b>Sabbia fine o limosa</b>
	<b>Sabbia con ghiaietto o ghiaia</b>

## 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 - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR) Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/544744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it			

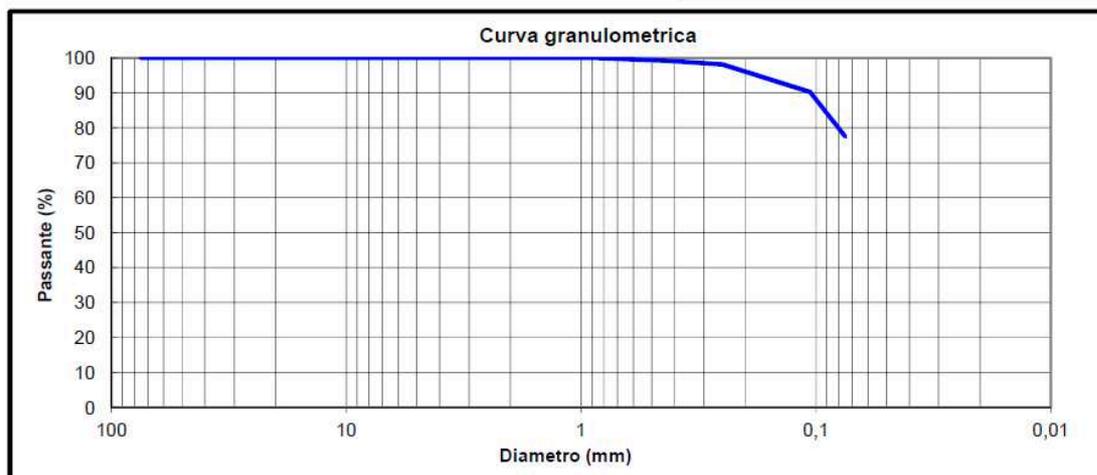
**DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA  
PER SETACCIATURA (ASTM D 422/63:2007)**

Rapporto di prova N°	BSG_301-2020_G1	Accettazione N°	301/2020
Committente	BASSI DR. GIOVANNI		
Descrizione campione	Limo argilloso sabbioso – Campione rimaneggiato		
Identificazione campione	Campione 1 (-0.70m da P.C.) del 19/05/2020 Vasca di laminazione 1 (45,272095°N – 9,444612°E)		
Cantiere/Opera	Consorzio di Bonifica "Muzza" - C.ne di Borgo S. Giovanni (LO)		
Data ricevimento	Data apertura	Data esecuzione prova	Data emissione
21/05/2020	22/05/2020	22/05/2020 – 01/06/2020	03/06/2020

Massa totale essicata M1 (g)	192,0
Massa totale essicata M2 (g)	50,0
Massa essicata dei fini rimossi con il lavaggio M1-M2 (g)	142,0
Materiale nel recipiente di fondo P (g)	6,8

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	0,0	0,0	100,0
0,425	1,6	0,8	99,2
0,250	2,0	1,9	98,1
0,106	15,2	9,8	90,2
0,075	24,4	22,5	77,5

% Fini passanti allo staccio 0,075 mm	77,5
---------------------------------------	------



Lo Spedimentatore <i>Alex C. Bianchi</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	

Studio MM S.r.l. Soc. unipersonale - P.IVA 02417780349 Iscr. C.C.I.A.A. n. 236371 Cap. soc. € 10.000,00 i.v.


**Studio MM S.r.l.**

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

 Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
 Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it

Pagina 1 di 1

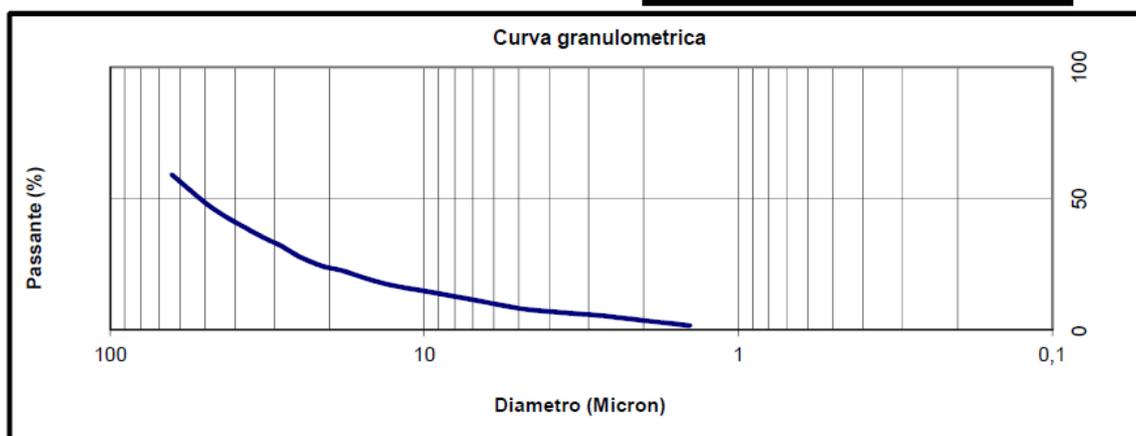
Mod Gt 404.2 - Rev 5 del 15/02/12

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

Rapporto di prova N°	BSG_301-2020_D1	Accettazione N°	301/2020
Committente	BASSI DR. GIOVANNI		
Descrizione campione	Limo argilloso sabbioso – Campione rimaneggiato		
Identificazione campione	Campione 1 (-0.70m da P.C.) del 19/05/2020 Vasca di laminazione 1 (45,272095°N – 9,444612°E)		
Cantiere/Opera	Consorzio di Bonifica "Muzza" - C.ne di Borgo S. Giovanni (LO)		
Data ricevimento	Data apertura	Data esecuzione prova	Data emissione
21/05/2020	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	11,25
Passante %	77,50

Diametro equivalente dei grani (Micron)	Passante (%)
63,86	59,15
47,28	46,36
34,51	36,77
28,61	31,97
25,08	27,98
22,60	25,58
20,73	23,98
19,24	23,18
18,04	22,38
13,36	17,58
9,53	14,39
6,80	11,19
4,85	7,99
3,44	6,39
2,82	5,59
2,45	4,79
1,42	1,60



Lo Sperimentatore

 La Direzione Tecnica  
 Studio tecnologico M & M  
 Consulenza materie prime e prove materiali  
 Dott. Geol. Michele Mazzoni

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:

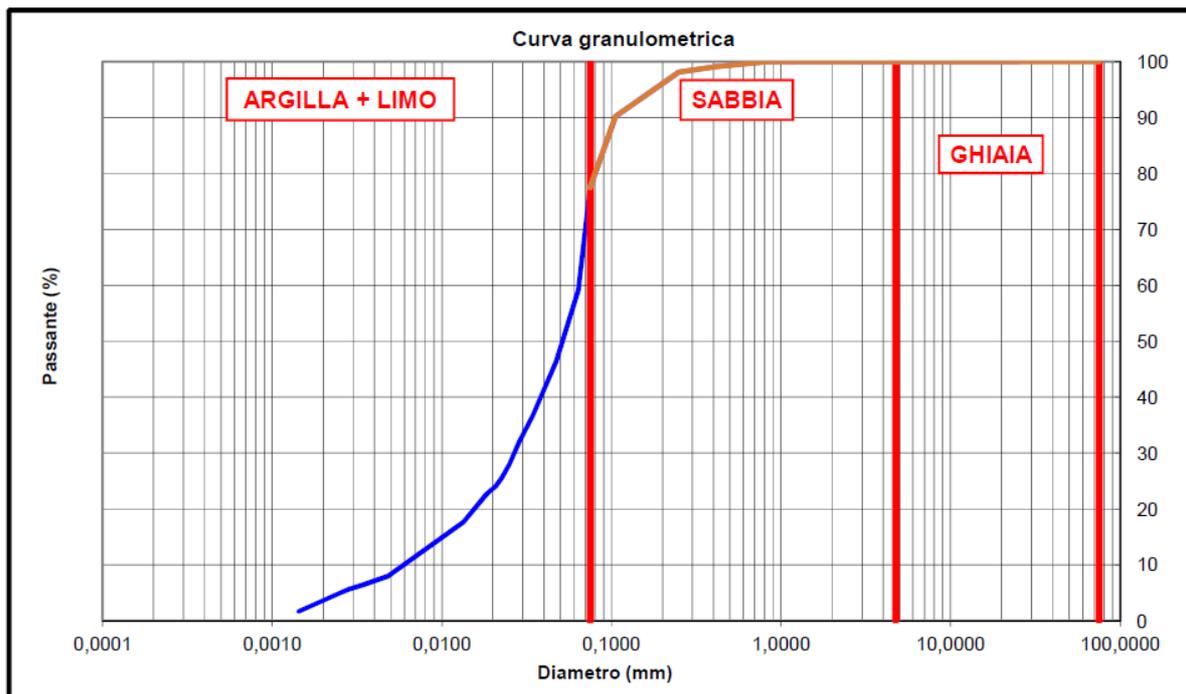
Rapporto di prova N°	BSG_301-2020_G1	Data emissione	03/06/2020
Rapporto di prova N°	BSG_301-2020_D1	Data emissione	03/06/2020

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 (%)	99,2
Passante al setaccio ASTM N°200 (%)	77,5

Frazione Ciottolosa (%)	0,0
Frazione Ghiaiosa (%)	0,0
Frazione Sabbiosa (%)	22,5
Frazione Limosa e Argillosa (%)	77,5



Note: permeabilità stimata con formula di Hazen:  $K=D_{10} \times D_{10} \times 0,01 \text{ m/s} = 3,6 \times 10^{-7} \text{ m/s}$

% Argilla: 3,4

% Limo: 74,1

 <b>Studio MM S.r.l.</b> Consulenza materie prime - Prove materiali di Michele Mazzoni <small>Strada Pedemontana 40/s - 43029 Marnano di Traversetolo (PR)          Tel. 0521/644092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it</small>	Pagina 1 di 1	
	Mod Gt 404.1 - Rev 5 del 15/02/12	

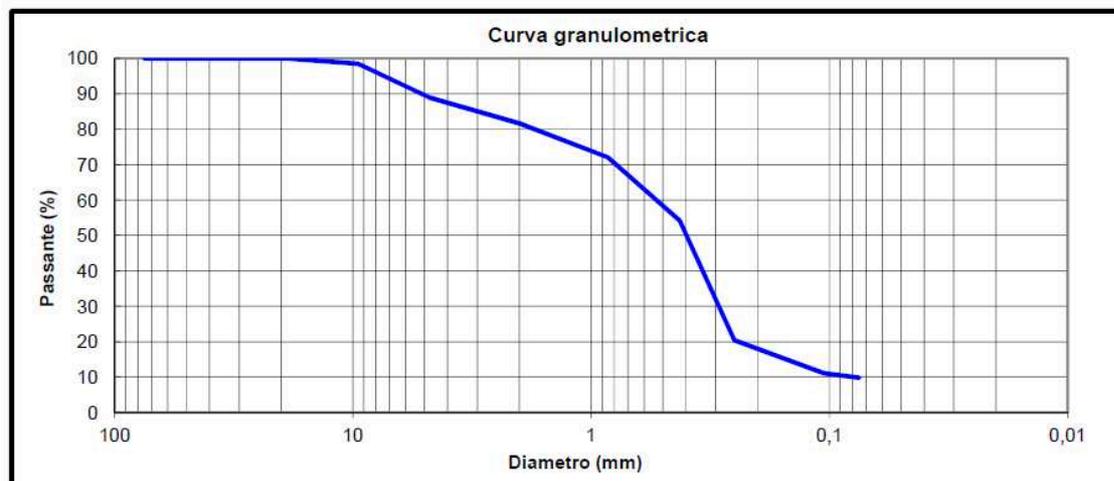
**DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA  
PER SETACCIATURA (ASTM D 422/63:2007)**

Rapporto di prova N°	BSG_301-2020_G2	Accettazione N°	301/2020
Committente	BASSI DR. GIOVANNI		
Descrizione campione	Sabbia con ghiaietto e limo – Campione rimaneggiato		
Identificazione campione	Campione 2 (-1.00m da P.C.) del 19/05/2020 Vasca di laminazione 1 (45,272095°N – 9,444612°E)		
Cantiere/Opera	Consorzio di Bonifica "Muzza" - C.ne di Borgo S. Giovanni (LO)		
Data ricevimento	Data apertura	Data esecuzione prova	Data emissione
21/05/2020	22/05/2020	22/05/2020 – 01/06/2020	03/06/2020

Massa totale essicata M1 (g)	338,2
Massa totale essicata M2 (g)	306,1
Massa essicata dei fini rimossi con il lavaggio	32,1
M1-M2 (g)	
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	5,3	1,6	98,4
4,75	32,2	11,1	88,9
2,0	24,8	18,4	81,6
0,85	32,3	28,0	72,0
0,425	60,4	45,8	54,2
0,250	114,4	79,7	20,3
0,106	31,3	88,9	11,1
0,075	4,2	90,2	9,8

% Fini passanti allo staccio 0,075 mm	9,8
---------------------------------------	-----



Lo Sperimentatore 	<b>La Direzione Tecnica</b> <b>Studio tecnologico M &amp; M</b> <small>Consulenza materie prime e prove materiali</small> 
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: $K=D10 \times D10 \times 0,01 \text{ m/s} = 6,4 \times 10^{-5} \text{ m/s}$	