



Via P. M. Faverio n° 4
22079 Villa Guardia CO
Tel e fax 031-563148
E-mail frati@geologi.it

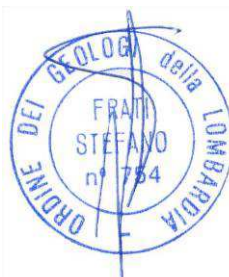
AFFINAMENTO DEPURATIVO A VALLE
DEL DEPURATORE IN COMUNE DI MERONE (CO)
- PROGETTO ESECUTIVO -

RELAZIONE GEOLOGIO-TECNICA

Gennaio 2015

COMMITTENTE : PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO

PROFESSIONISTA INCARICATO :
Dott. Geologo Frati Stefano

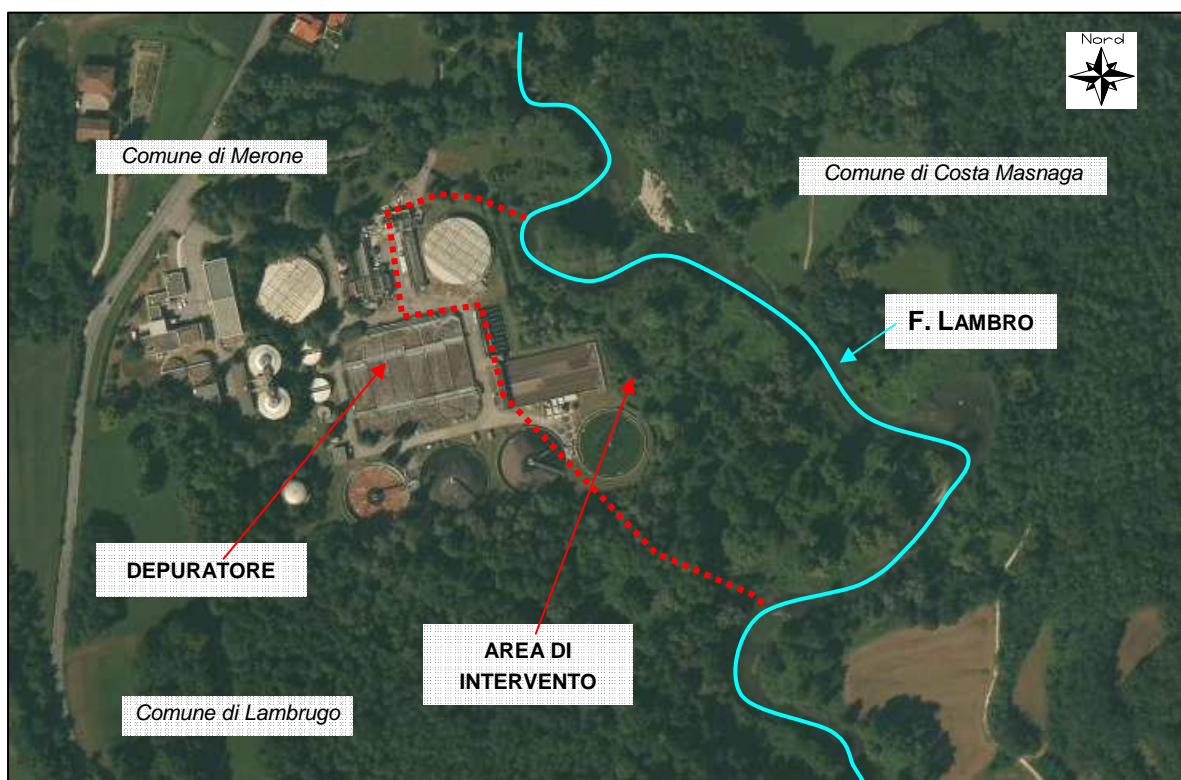


1 - PREMESSA

La presente relazione viene redatta a supporto della progettazione esecutiva dell'intervento di "Affinamento depurativo a valle del depuratore in Comune di Merone (CO)".

Gli interventi previsti sono situati nei comuni di Merone, in provincia di Como, e di Costa Masnaga in provincia di Lecco.

Nella figura seguente è riportata la localizzazione dell'area in esame.



Ubicazione area in esame tratta da Bing mappe – fuori scala

Il progetto prevede la realizzazione di un sistema di finissaggio con tecniche naturali dell'effluente del depuratore gestito da ASIL.

In particolare la presente relazione integra quella redatta dallo Scrivente nel settembre 2014 (in allegato alla presente) e alla quale si rimanda per gli inquadramenti generali, per la descrizione delle indagini realizzate su tutta l'area di intervento e per tutto quanto non considerato nel presente studio.

Nel 2014 è stata realizzata, nell'area in esame, la seguente campagna geognostica:

- n. 6 sondaggi a carotaggio continuo, spinti fino a profondità di 5 m dal p.c.;
- posa di piezometri all'interno di ciascun foro di sondaggio e misure freatiche;
- esecuzione di 2 prove di permeabilità in ciascun foro di sondaggio (tot. 12 prove);

- prelievo di 2 campioni disturbati durante l'esecuzione di ciascun sondaggio (tot. 12 campioni);
- analisi granulometrica di 1 campione per sondaggio (tot. 6 campioni);
- analisi chimica di 1 campione per sondaggio (tot. 6 campioni).

Ad integrazione, ed in particolare a supporto della progettazione esecutiva delle opere, si sono effettuate indagini geotecniche in sito descritte nel paragrafo successivo.

2 - INDAGINI GEOGNOSTICHE

2.1 Prove penetrometriche

Le indagini geognostiche volte alla ricostruzione litostratigrafica del sottosuolo e alla caratterizzazione fisico-meccanica preliminare dei terreni sono consistite in n. 6 prove penetrometriche dinamiche continue tipo DPSH.

La prova penetrometrica dinamica DPSH consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno dal piano campagna una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta prolungabile mediante l'aggiunta di successivi spezzoni. L'infissione avviene per battitura facendo cadere da un'altezza costante un maglio di peso standard. Durante l'esecuzione della prova viene contato il numero di colpi (N_{30}) necessario all'avanzamento dell'asta per tratti successivi di 30 cm.

Questo tipo d'indagine ha il pregio di fornire informazioni continue sulla resistenza alla penetrazione dinamica, ma presenta il grosso difetto di non dare indicazioni specifiche circa la natura litologica del terreno investigato.

Le prove penetrometriche dinamiche sono state eseguite con penetrometro dinamico pesante PAGANI modello TG 73/200, montato su automezzo a 6 ruote a trazione integrale (6x6) i cui componenti sono rigorosamente conformi alle norme geotecniche in materia e le cui caratteristiche tecniche sono le seguenti:

- *peso del maglio: 73 kg*
- *altezza di caduta: 75 cm*
- *diametro punta conica: 51 mm*
- *conicità: 60°*
- *lunghezza aste: 150 cm*

Allegati alla presente sono esposti i diagrammi relativi alle prove, le foto e la tavola con l'ubicazione delle stesse (Tavola 1).

Le prove (effettuate il 21/01/2015), denominate P1, P2, P2, P4, P5 e P6 sono state spinte sino all'incontro del "rifiuto alla penetrazione" avvenuto a profondità variabili tra -6,9 e -10,2 m da p.c..

Le indagini sono state realizzate con riferimento alle opere in progetto ed in base all'accessibilità dei luoghi.

In due fori di indagine sono stati posizionati 6 m di tubo piezometrico per il controllo del livello idrico.

Nella tabella a seguire si riportano le profondità massime raggiunte dalle prove Scpt eseguite.

Prova	Profondità (m da p.c.)	Rifiuto ¹	Piezometri	Quota p.c. (*) (m s.l.m.)
P1	9,9	si	6 m	≈ 244,8
P2	9,9	si	-	≈ 243,9
P3	9,0	si	6 m	≈ 243,7
P4	10,2	si	-	≈ 242,9
P5	7,2	si	-	≈ 243
P6	6,9	si	-	≈ 243,8

(*) quote desunte dal rilievo topografico (passibili quindi di piccole differenze)

2.2 Livello di falda

Il giorno 21/01/2015 è stato misurato il livello idrico sia nei fori dei sondaggi (realizzati nel luglio 2014) attrezzati con tubo piezometrico sia nei fori delle prove penetrometriche.

	quota p.c. (m s.l.m.)	livello falda da p.c.					
		(m da p.c.)	(m s.l.m.)	(m da p.c.)	(m s.l.m.)	(m da p.c.)	(m s.l.m.)
S1	243,9	2,45	241,45	2,21	241,69	1,98	241,92
S2	243	1,9	241,1	2,01	240,99	1,88	241,12
S3	242	1,67	240,33	1,58	240,42	1,53	240,47
S4	241,5	1,11	240,39	1,01	240,49	0,95	240,55
S5	241,6	1,53	240,07	1,42	240,18	1,4	240,2
S6	241,7	1,28	240,42	1,18	240,52	1,16	240,54
		25/07/2014		03/09/2014		21/01/2015	

^{1 1} Per rifiuto si intende l'interruzione della prova a causa del mancato avanzamento di 30 cm delle aste a seguito di 100 colpi del maglio

	quota p.c. (m s.l.m.)	livello falda da p.c.	
		(m da p.c.)	(m s.l.m.)
P1	244,8	2,6	242,2
P2 (=S1)	243,9	1,98	241,92
P3	243,7	2,58	241,12
P4	242,9	1,96	240,94
P5 (=S2)	243	1,88	241,12
P6	243,8	2,47	241,33
21/01/2015			

Analizzando i valori rilevati del livello freatico presente si conferma, in linea generale, quanto già detto nella relazione precedente del 2014: “Analizzando le misure effettuate, riportate nella tabella seguente, sembrerebbe quindi che il livello idrico (nella zona in esame) sia connesso al F. Lambro; si osservano infatti le soggiacenze maggiori nella zona a ridosso dell’impianto esistente cioè in corrispondenza dei sondaggi S1 e S2 e via via minori avvicinandosi al Lambro dove il gradiente della falda è estremamente ridotto e quindi il livello idrico risulta circa coincidente con il livello dell’acqua nel fiume stesso”.

A ulteriore conferma di ciò, le misure effettuate a gennaio 2015 (in un giorno piovoso) mostrano che il livello idrico si è innalzato di circa 15 / 20 cm, rispetto alle misure precedenti (effettuate in giorni asciutti), nella zona più a ridosso dell’impianto esistente (sondaggi S1 e S2) mentre l’innalzamento risulta molto inferiore/nullo spostandosi verso il Lambro.

Premesso che il F. Lambro mostrava livelli idrici elevati in entrambi i periodi, si può quindi ipotizzare che nella zona a ridosso dell’impianto esistente la falda subisca variazioni del suo livello connesse anche al regime meteorologico e che nelle zone più lontane dal fiume e tale influenza si riduca avvicinandoli allo stesso. Nelle zone più ribassate e prossime al Lambro sul livello idrico risulta quindi prevalente l’influenza del livello idrico del Lambro che quello delle precipitazioni (anche se esso non è assente del tutto).

Le misure effettuate in corrispondenza dei fori delle prove penetrometriche sono compatibili con quelle realizzate nei fori di sondaggio.

I dati disponibili e consultati riguardo il livello idrico rilevato in indagini geognostiche realizzate precedentemente (da altri Professionisti) in occasione di interventi di ampliamento dell’impianto di depurazione mostrano, in linea generale, che nella zona dell’impianto il livello della falda subisce variazioni sia temporali (legate presumibilmente al regime pluviometrico) che spaziali (legate probabilmente alla distribuzione non uniforme varie delle frazioni granulometriche dei terreni presenti).

3 - MODELLO STRATIGRAFICO

I dati e le indagini disponibili consentono di delineare un quadro litologico e litostratigrafico del sottosuolo dell'area di indagine.

I dati elaborati sono rappresentati graficamente nelle sezioni litotecniche riportate nella tavola allegata a fine testo (Tavola 2).

Le indagini hanno permesso di individuare la presenza sostanzialmente di due livelli principali.

Il primo livello (livello 1) è costituito da terreni sciolti, poco addensati o molli con valori medi di resistenza alla penetrazione dinamica N_{spt} variabili tra 3,8 e 7,8 colpi/piede. Il livello si estende fino alla profondità di -6 / -8,4 m da p.c..

Dal confronto con quanto individuato dai sondaggi (che hanno raggiunto la profondità di -5 m da p.c.) si evince che questo livello comprende terreni a differente litologia: terreni riportati/rimaneggiati, terreni contenenti resti vegetali, limosi sabbiosi, limi ghiaiosi, sabbia limosa, sabbia, sabbia e ghiaia con ciottoli.

Questa diversità litologica (orizzonti sovrapposti a differente litologia) individuata nei sondaggi è, anche se non nettamente, individuabile anche dal punto di vista dell'addensamento; il livello 1 si presenta infatti non perfettamente uniforme. Si osservano al suo interno livelletti a minore e a maggiore grado di addensamento; la differenza non è comunque molto marcata e tale da consentire una suddivisione sulla base del numero dei colpi anche in ragione della tipologia delle opere previste (profondità di posa e dimensioni / tipologia di fondazione che interessa un elevato volume significativo di terreno, ecc.).

In particolare si osserva che la porzione superficiale di terreno è costituita da terreni riportati/rimaneggiati (livello particolarmente osservabile in P2).

Si fa notare inoltre che, tranne la verticale di indagine P1, tutte le prove sono state ripetute in quanto hanno individuato, a profondità di circa 0,9 / 1 m di (3,3 m in P6) qualche ostacolo (presumibilmente blocchi/ciottoli) che ha causato l'impossibilità di avanzamento dalle aste. Le prove sono quindi state ripetute spostandosi (anche più di una volta) a breve distanza.

Al di sotto di questo livello il grado di addensamento aumenta notevolmente. Il livello 2 è infatti rappresentato da terreni da moderatamente addensati ed addensati o molto consistenti, caratterizzati da valori medio-alti di resistenza alla penetrazione dinamica N_{spt} maggiore di 21 colpi/piede. Tale orizzonte, a partire da circa -6,9/-10,2 m, ha determinato il "ri-fiuto alla penetrazione".

I sondaggi realizzati dallo Scrivente hanno raggiunto la profondità massima di -5 m da p.c..

Non avendo quindi indagato i terreni di questo livello, non si hanno a disposizione informazioni dirette per quanto riguarda la litologia presente. Il comportamento delle prove penetrometriche e le stratigrafie visionate di due sondaggi realizzati nel 2007 (redatte dallo Studio GEOPLANET - Dott. Geol. Maurizio Penati Dott.ssa Geol. Marialuisa Todeschini per l'ampliamento dell'impianto di depurazione) farebbero pensare ad un aumento della frazioni fine in profondità (argille e limi con piccoli ciottoli a partire da -4 / -7 m da p.c.).

Per completezza si fa notare che, altre stratigrafie realizzate, da altri Professionisti, precedentemente sempre all'interno dell'impianto di depurazione (e allegate alla già citata alla relazione redatta dallo Studio GEOPLANET) mostrano una ampia variabilità per la litologia presente. Alcuni sondaggi mostrano la presenza, in profondità, di terreni fini mentre in altri i terreni presenti sono prettamente granulari.

La tabella seguente sintetizza la situazione stratigrafica riscontrata dalle prove penetrometriche realizzate (gennaio 2015).

Livello	Profondità (m dal p.c.)	Stato di addensamento	N _{spt} medio (**) (c/p)
1	da 0,0 a -6,0 / -8,4	terreno sciolto, poco addensato, molle	3,8 ÷ 7,8
2	oltre -6,0 / -8,4	terreno da moderatamente addensato ad addensato o molto consistente / duro (fino a "rifiuto")	21 ÷ 39 > 100

(*) La correlazione tra N₃₀ con N_{spt} (standard penetration test) è stata eseguita con la seguente relazione: $N_{spt} = 1,2 \cdot N_{30}$ (normalizzando i valori per le caratteristiche del penetrometro utilizzato / litologia).

4 - MODELLO GEOTECNICO

Nella tabella seguente sono riportati i principali parametri litotecnici delle unità rilevate, con riferimento ai livelli descritti nel paragrafo precedente. I parametri tipici degli orizzonti sottostanti sono stati determinati sulla base dei valori di resistenza alla penetrazione dinamica (prove DPSH).

Si sottolinea che i parametri sotto riportati sono stati ottenuti dallo Scrivente mediante l'elaborazione dei risultati di indagini svolte dall'impresa incaricata direttamente dalla Committenza.

livello	Nspt medio (colpi/piede)	Peso di Volume γ (g/cm ³)	Peso di Volume saturo γ_{sat} (g/cm ³)	Angolo di resistenza al taglio ϕ (°)	Modulo elastico E (kg/cm ²)
1	3,8 ÷ 7,8	1,61 ÷ 1,67	1,92 ÷ 1,96	25,6 ÷ 28,6	46 ÷ 94
2	21 ÷ 39 > 100	1,81 ÷ 1,99	2,06 ÷ 2,18	32,4 ÷ 35,3 > 36	274 ÷ 468 > 500

Come già accennato i terreni presentano orizzonti caratterizzati da percentuali varie (anche elevate) di materiale fine (limi - argilla); si fa notare che le indagini eseguite (prove penetrometriche) non permettono di determinare i valori di coesione efficace che li caratterizzano.

5 - INDICAZIONI PRELIMINARI SULLE OPERE DI FONDAZIONE

Il presente paragrafo riporta delle indicazioni preliminari circa le possibili scelte progettuali sulle opere di fondazione in relazione alla situazione geologica rilevata.

Così come prescritto dalla normativa vigente (D.M. 14/01/2008), si rimanda in ogni caso alle successive verifiche geotecniche, da effettuarsi da parte del Progettista, su ogni tipologia di fondazione scelta e dimensionata sulla base delle specifiche combinazioni di carico.

Per ogni stato limite ultimo deve essere verificata la seguente condizione:

$$Ed \leq Rd$$

dove Ed rappresenta l'insieme amplificato delle azioni agenti, ed Rd l'insieme delle resistenze, queste ultime corrette in funzione della tipologia del metodo di approccio al calcolo eseguito, della geometria del sistema e delle proprietà meccaniche dei materiali e dei terreni in uso.

I valori di Rd (SLE) saranno espressi correlandoli con le valutazioni dei carichi che determinano un certo valore di cedimento indotto in corrispondenza dei livelli individuati al di sotto del piano di posa; in tal modo verranno calcolati i valori degli spostamenti e delle distorsioni del terreno al di sotto del piano di posa, per verificarne la compatibilità con i requisiti prestazionali della struttura, nel rispetto della condizione:

$$Ed \leq Cd$$

dove Ed è valore di progetto dell'effetto delle azioni (cedimento calcolato) e Cd il valore limite dell'effetto delle azioni (cedimento ammissibile).

Per quanto riguarda le verifiche allo scorrimento sul piano di posa, il valore di progetto dell'effetto delle azioni è rappresentato dall'azione totale di progetto agente in direzione parallela al piano di posa della fondazione.

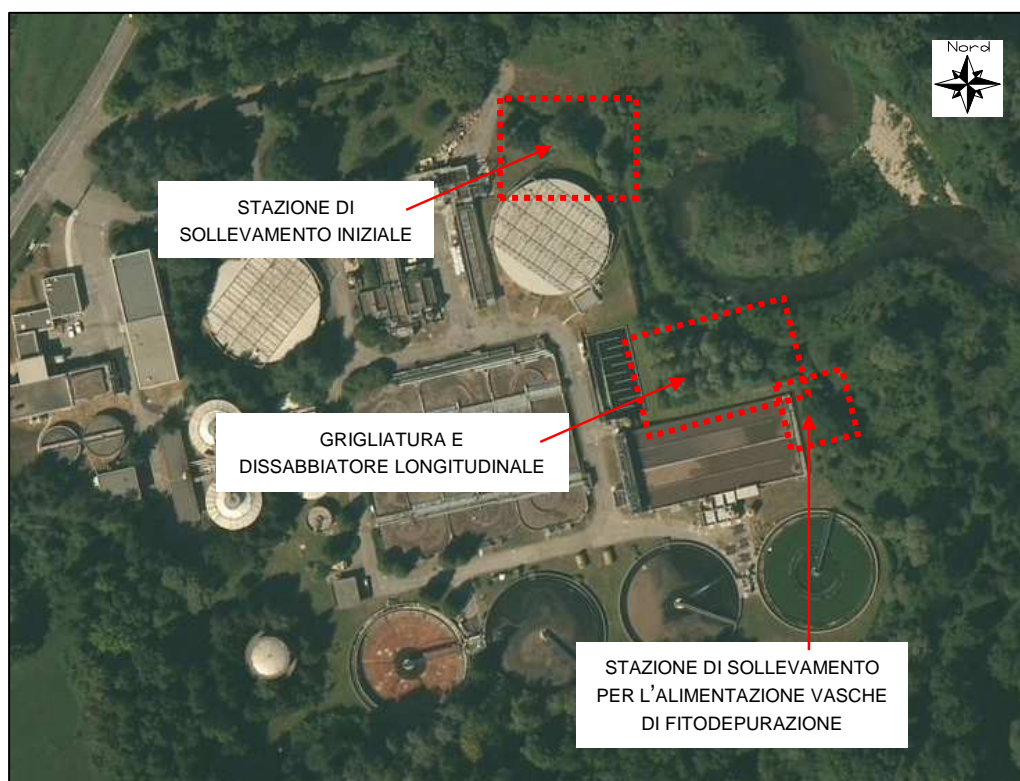
In questa fase, non conoscendo i valori di progetto delle azioni Ed (combinazioni di carico), non è possibile eseguire le verifiche complete. Ci si limita pertanto, a determinare i valori di Rd (SLU) e quelli dei cedimenti in modo da fornire al Progettista i dati relativi al prevedibile comportamento del terreno e alla verifica del collasso per carico limite dell'insieme fondazione - terreno.

Per le verifiche del complesso terreno – fondazione si è scelto:

- Approccio 2 – Combinazione 1 (A1 + M1 + R3) → GEO + STR

Nella presente relazione vengono trattate le seguenti opere: stazione di sollevamento iniziale, impianto di grigliatura, dissabbiatore longitudinale aerato e la stazione di sollevamento per alimentazione vasche di fitodepurazione.

L'ubicazione dei settori di interesse è riportata nella figura seguente.



Ubicazione opere - base tratta da Bing mappe – fuori scala

Data la differente tipologia delle opere (differenti dimensioni e quote di imposta delle fondazioni) i singoli interventi verranno trattati separatamente.

I calcoli sono stati effettuati semplificando, in modo cautelativo, le differenti situazioni riscontrate (vedi schemi seguenti).

In prima analisi, con riferimento alla stratigrafia individuata dalle indagini e alle opere in progetto, si evince che esse agiranno tutte entro il livello 1 individuato dalle prove penetrometriche e costituito da terreni sciolti o poco addensati. Questo livello, che si estende (nei settori indagati) fino alla profondità di -6,0 / -8,4 m da p.c., è costituito da orizzonti sovrapposti e a differente litologia.

Per questo livello (sulla base delle indagini realizzate) sono stati utilizzati per i calcoli della portanza delle strutture fondazionali, i seguenti parametri:

$$\diamond Y_K = 1,6 \text{ g/cm}^3 \quad Y_{\text{sat}K} = 1,91 \text{ g/cm}^3 \quad \varphi_K = 25^\circ \quad C_K = 0 \text{ Kg/cm}^2$$

(Y_K , $Y_{\text{sat}K}$, φ_K e C_K = parametri caratteristici)

Il valore del modulo di Winkler (K_w) di base, riferito a fondazioni quadrate di lato pari a 30 cm (fondazione nel livello 1) è pari a:

0,85 kg/cm³ per terreno secco
0,5 kg/cm³ per terreno saturo.

Per quanto riguarda lo stato limite di esercizio (SLE), sono stati stimati i cedimenti totali teorici attesi per le differenti tipologie di fondazione.

I cedimenti sono stati calcolati con la formula di Burland & Burbidge con la probabilità del 50% che il cedimento reale non superi quello calcolato. Nei calcoli dei cedimenti è stato utilizzato un valore di N_{AV} , che rappresenta la media dei valori N_{SPT} all'interno della profondità significativa z (funzione del lato della fondazione).

Attualmente non si è a conoscenza né dei carichi reali applicati alle fondazioni, né dei valori di cedimento che la struttura potrà sopportare; sono quindi state indicate differenti portate di esercizio (Q_{es}) riferite a differenti valori di cedimento indotto.

Sarà cura del Progettista la scelta del valore da utilizzare in relazione ai requisiti prestazionali della struttura nonché la verifica che il carico di esercizio non superi il valore limite (R_d).

Anche per la valutazione dei cedimenti sono necessariamente state fatte delle semplificazioni (per gli spessori di terreno "scaricato" che può variare nelle differenti parti di ciascun intervento ecc.).

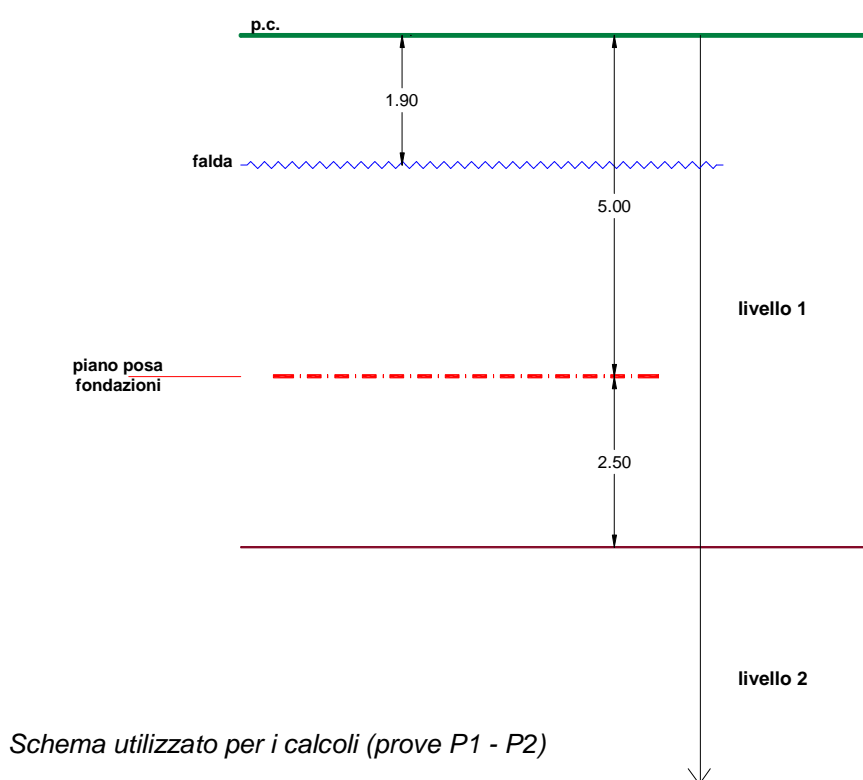
Si precisa inoltre che la stima dei cedimenti è da ritenersi indicativa data l'approssimazione del calcolo delle tensioni in un mezzo eterogeneo e anisotropo, delle variabili legate alla storia tensionale del terreno e della tipologia delle strutture in progetto. In pratica, si appli-

cano modelli semplificati o empirici finalizzati alla stima dei cedimenti stessi, i quali sono soggetti ad un certo margine d'errore; i valori indicati vanno quindi considerati intesi come validi nel loro ordine di grandezza.

Si ricorda infine che, data la presenza anche di terreni fini, è ipotizzabile che il cedimento si espliciti anche a medio lungo termine.

5.1 Stazione di sollevamento per alimentazione vasche di fitodepurazione

Lo schema stratigrafico utilizzato (prove di riferimento P1, P2 e S1) per i calcoli è rappresentato nella figura seguente.



I calcoli sono stati quindi effettuati considerando le seguenti ipotesi:

- Fondazione a platea con:
 - dimensioni $B = 8,2$ m e $L = 12,7$ m
 - profondità di posa = rinterro $D_f = 0,5$ m
- Fondazioni poggianti nel livello 1 →

$\gamma_K = 1,6$ g/cm ³	$\gamma_{satK} = 1,91$ g/cm ³
$\phi_K = 25^\circ$	$C_k = 0$ kg/cm ²
(Y _K , Y _{satK} , ϕ_K e C _k = parametri caratteristici)	
- Acqua a -1,9 m da p.c..

➤ **Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno (SLU)**

Per il calcolo del carico limite di fondazioni superficiali vengono utilizzate le formule di differenti autori; per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software Loadcap della Geostru.

SLU CONDIZIONI STATICHE – platea – livello 1 – B x L = 8,2 x 12,7 - Df = 5 m		
Autore	Carico limite [Qult] (Kg/cm ²)	Resistenza di progetto [Rd] (Kg/cm ²)
Hansen (1970)	11,54	5,02
Meyerhof (1963)	11,14	4,84

N.B. i valori di Rd si intendono incluso peso proprio della fondazione, eventuale terreno di copertura ecc..

➤ **Verifica allo stato limite di esercizio (SLE)**

Le pressioni unitarie ammissibili calcolate per fondazioni tipo platea risultano molto alte; con tali valori, però, i cedimenti relativi della struttura superano abbondantemente i valori ammissibili (per il caso in esame si otterrebbero cedimenti >12 cm).

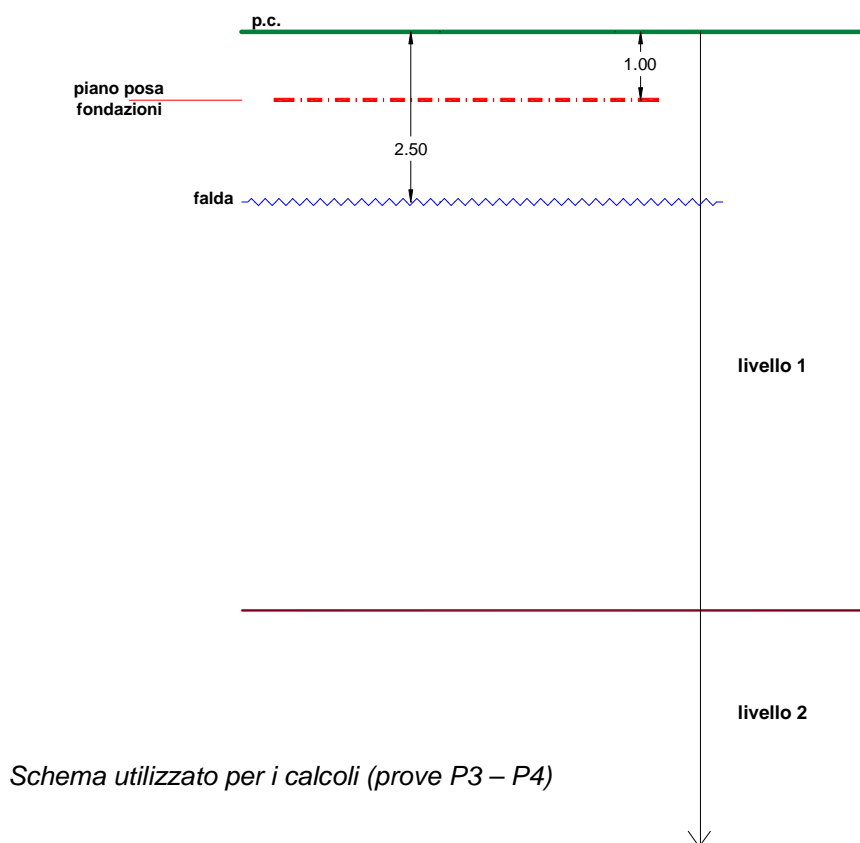
Nella tabella seguente viene quindi fornito il valore della portata di esercizio (incluso peso proprio della fondazione, eventuale terreno di copertura ecc...) vincolato a determinati valori di cedimento.

SLE CONDIZIONI STATICHE – platea - N_{av} = 15 colpi	
Cedimento ammesso (cm)	Carico applicato / esercizio (Kg/cm ²)
2,0	1,3
2,5	1,45
3,0	1,6

In questa zona si può contare su carichi di esercizio elevati in quanto, l'elevata profondità di posa e le dimensioni della platea fanno sì che la profondità significativa entro cui la teoria utilizzata prevede di valutare i cedimenti andrà ad interessare anche il livello 2 caratterizzata da un addensamento elevato.

5.2 Impianto di grigliatura

Lo schema stratigrafico (semplificato/cautelativo) utilizzato (prove di riferimento P3 e P4) per i calcoli è rappresentato nella figura seguente.



I calcoli sono stati quindi effettuati considerando le seguenti ipotesi:

- Fondazione a platea con:
 - dimensioni $B = 4,8$ m e $L = 8,8$ m
 - profondità di posa = rinterro $D_f = 1$ m
- Fondazioni poggianti nel livello 1 → $Y_K = 1,6 \text{ g/cm}^3$ $Y_{\text{sat}K} = 1,91 \text{ g/cm}^3$
 $\varphi_K = 25^\circ$ $C_K = 0 \text{ kg/cm}^2$
 (Y_K , $Y_{\text{sat}K}$, φ_K e C_K = parametri caratteristici)
- Acqua a -2,5 m da p.c..

➤ **Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno (SLU)**

Per il calcolo del carico limite di fondazioni superficiali vengono utilizzate le formule di differenti autori; per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software Loadcap della Geostru.

SLU CONDIZIONI STATICHE – platea – livello 1 – $B \times L = 4,8 \times 8,8$ - $D_f = 1$ m		
Autore	Carico limite [Qult]	Resistenza di progetto [Rd]
	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)
Hansen (1970)	3,99	1,73
Meyerhof (1963)	4,57	1,99

N.B. i valori di Rd si intendono incluso peso proprio della fondazione, eventuale terreno di copertura ecc..

➤ Verifica allo stato limite di esercizio (SLE)

Le pressioni unitarie ammissibili calcolate per fondazioni tipo platea risultano molto alte; con tali valori, però, i cedimenti relativi della struttura superano abbondantemente i valori ammissibili (per il caso in esame si otterrebbero cedimenti >22 cm).

Nella tabella seguente viene quindi fornito il valore della portata di esercizio (incluso peso proprio della fondazione, eventuale terreno di copertura ecc...) vincolato a determinati valori di cedimento.

SLE CONDIZIONI STATICHE – platea - $N_{AV} = 4$ colpi	
Cedimento ammesso (cm)	Carico applicato / esercizio (Kg/cm ²)
2,0	0,26
2,5	0,29
3,0	0,33

Questa zona è quella che presenta le **condizioni più ostative** in quanto si avrà un “ridotto scarico litologico” e profondità significativa interessante solo il livello 1 dotato di scadenti caratteristiche geotecniche.

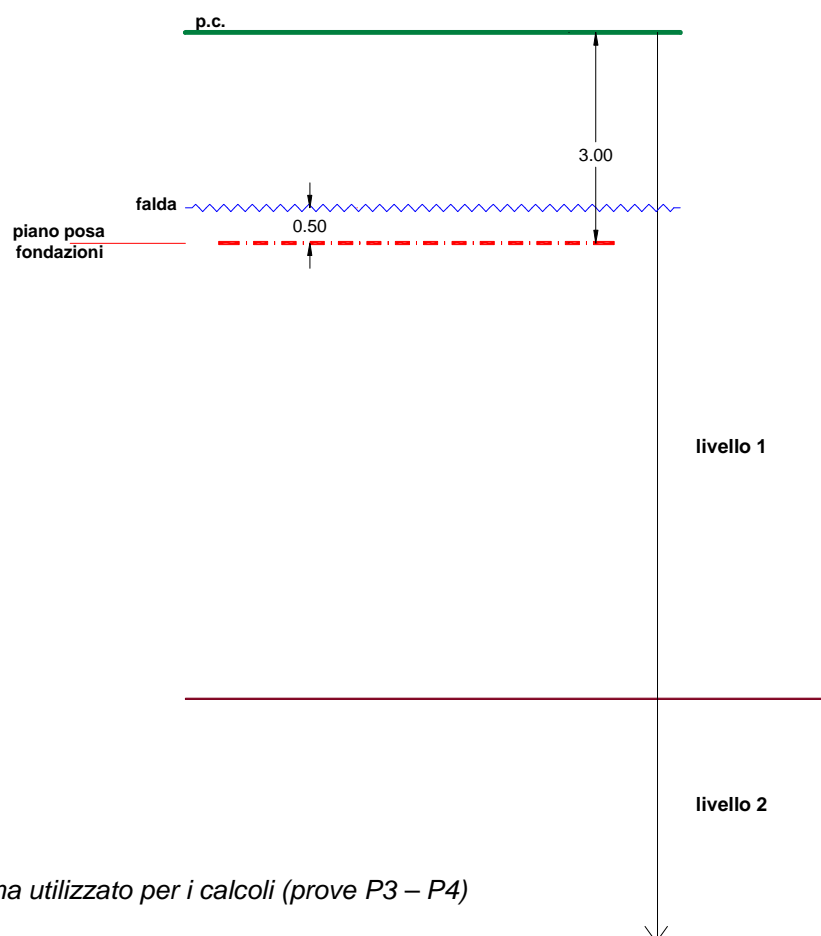
Qualora i carichi di esercizio indicati risultassero non idonei sarà necessaria la realizzazione di una “bonifica litologica” dei terreni al di sotto delle fondazioni. Lo spessore di questo orizzonte potrà essere valutato a seguito della determinazione dei reali carichi agenti.

5.3 Dissabbiatore longitudinale aerato

Lo schema stratigrafico (semplificato/cautelativo) utilizzato (prove di riferimento P3 e P4) per i calcoli è rappresentato nello schema seguente.

I calcoli sono stati quindi effettuati considerando le seguenti ipotesi:

- Fondazione a platea con:
 - dimensioni $B = 4,4$ m e $L = 14,7$ m
 - profondità di posa = rinterro $D_f = 3$ m
- Fondazioni poggianti nel livello 1 → $Y_K = 1,6$ g/cm³ $Y_{satK} = 1,91$ g/cm³
 $\phi_K = 25^\circ$ $C_K = 0$ kg/cm²
 (Y_K , Y_{satK} , ϕ_K e C_K = parametri caratteristici)
- Acqua a -2,5 m da p.c..



Schema utilizzato per i calcoli (prove P3 – P4)

➤ **Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno (SLU)**

Per il calcolo del carico limite di fondazioni superficiali vengono utilizzate le formule di differenti autori; per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software Loadcap della Geostru.

SLU CONDIZIONI STATICHE – platea – livello 1 – B x L = 4,4 x 14,7 - Df = 3 m		
Autore	Carico limite [Qult]	Resistenza di progetto [Rd]
	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)
Hansen (1970)	7,75	3,37
Meyerhof (1963)	7,26	3,15

N.B. i valori di Rd si intendono incluso peso proprio della fondazione, eventuale terreno di copertura ecc..

➤ **Verifica allo stato limite di esercizio (SLE)**

Le pressioni unitarie ammissibili calcolate per fondazioni tipo platea risultano molto alte: con tali valori, però, i cedimenti relativi della struttura superano abbondantemente i valori ammissibili (per il caso in esame si otterrebbero cedimenti >40 cm).

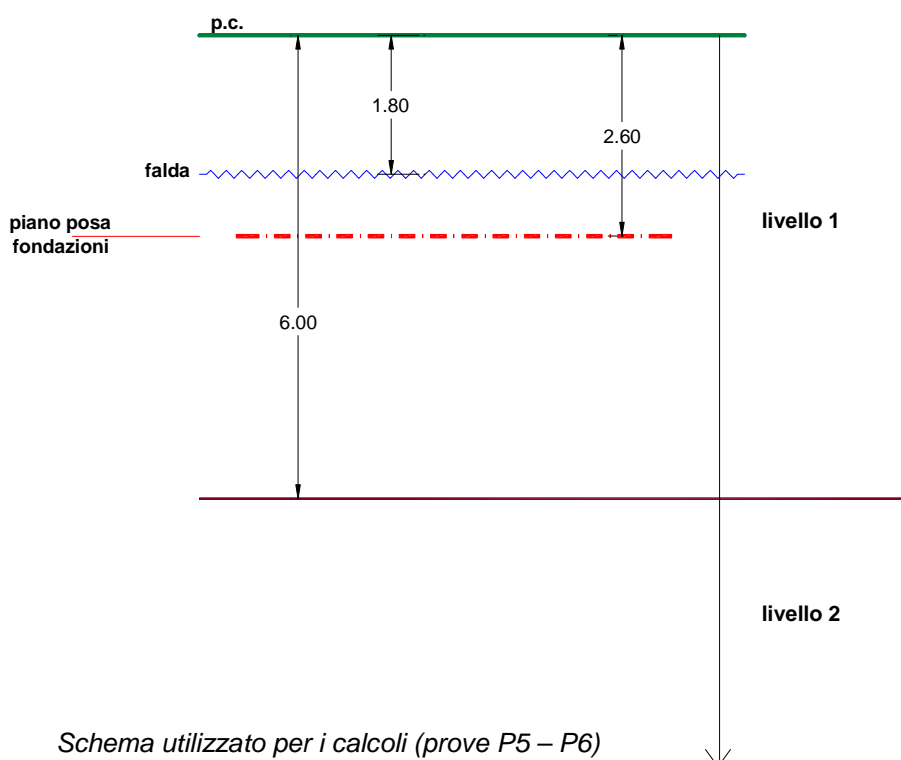
Nella tabella seguente viene quindi fornito il valore della portata di esercizio (incluso peso proprio della fondazione, eventuale terreno di copertura ecc...) vincolato a determinati valori di cedimento.

SLE CONDIZIONI STATICHE – platea - $N_{Av} = 4$ colpi	
Cedimento ammesso (cm)	Carico applicato / esercizio (Kg/cm ²)
2,0	0,46
2,5	0,5
3,0	0,54

Qualora i carichi di esercizio indicati risultassero non idonei sarà necessaria la realizzazione di una “bonifica litologica” dei terreni al di sotto delle fondazioni. Lo spessore di questo orizzonte di bonifica potrà essere determinato una volta definiti i carichi agenti.

5.4 Stazione di sollevamento per alimentazione vasche di fitodepurazione

Lo schema stratigrafico (semplificato/cautelativo) utilizzato (prove di riferimento P5, P6 e S2) per i calcoli è rappresentato nello schema seguente.



I calcoli sono stati quindi effettuati considerando le seguenti ipotesi:

- Fondazione a platea con:
 - dimensioni $B = 8,2 \text{ m}$ e $L = 18,2 \text{ m}$
 - profondità di posa = rinterro $D_f = 2,6 \text{ m}$
- Fondazioni poggianti nel livello 1 \rightarrow

$$Y_K = 1,6 \text{ g/cm}^3 \quad Y_{\text{sat}K} = 1,91 \text{ g/cm}^3$$

$$\varphi_K = 25^\circ \quad C_K = 0 \text{ kg/cm}^2$$

$$(Y_K, Y_{\text{sat}K}, \varphi_K \text{ e } C_K = \text{parametri caratteristici})$$
- Acqua a $-1,8 \text{ m}$ da p.c..

➤ **Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno (SLU)**

Per il calcolo del carico limite di fondazioni superficiali vengono utilizzate le formule di differenti autori; per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software Loadcap della Geostru.

SLU CONDIZIONI STATICHE – platea – livello 1 – $B \times L = 8,2 \times 18,2$ – $D_f = 2,6 \text{ m}$		
Autore	Carico limite [Qult] (Kg/cm ²)	Resistenza di progetto [Rd] (Kg/cm ²)
Hansen (1970)	7,18	3,12
Meyerhof (1963)	7,43	3,23

N.B. i valori di Rd si intendono incluso peso proprio della fondazione, eventuale terreno di copertura ecc...

➤ **Verifica allo stato limite di esercizio (SLE)**

Le pressioni unitarie ammissibili calcolate per fondazioni tipo platea risultano molto alte; con tali valori, però, i cedimenti relativi della struttura superano abbondantemente i valori ammissibili (per il caso in esame si otterrebbero cedimenti $>18 \text{ cm}$).

Nella tabella seguente viene quindi fornito il valore della portata di esercizio (incluso peso proprio della fondazione, eventuale terreno di copertura ecc...) vincolato a determinati valori di cedimento.

SLE CONDIZIONI STATICHE – platea - $N_{AV} = 9$ colpi	
Cedimento ammesso (cm)	Carico applicato / esercizio (Kg/cm ²)
2,0	0,58
2,5	0,66
3,0	0,74

Qualora i carichi di esercizio indicati risultassero non idonei sarà necessaria la realizzazione di una “bonifica litologica” dei terreni al di sotto delle fondazioni. Lo spessore di questo orizzonte di bonifica potrà essere determinato una volta definiti i carichi agenti.

5.5 Collasso per scorrimento sul piano di posa

La resistenza orizzontale dei terreni di posa può essere calcolata utilizzando la seguente formula:

$$R_h = \frac{1}{\gamma_R} \left[N_k \cdot \frac{\tan(\delta_k)}{\gamma_\phi} \right]$$

dove δ = angolo attrito terreno fondazione
 γ_R e γ_ϕ = coefficienti definiti dalle NTC 2008

In linea generale è necessario effettuare sia una verifica in condizioni statiche, dove la componente di spinta orizzontale potrà essere quella del vento e di altri fattori, sia la verifica sismica dove l'azione sismica di taglio orizzontale è legata al tipo di verifica scelta dal Progettista.

Nel caso in esame non si è a conoscenza dei dati necessari per procedere alla verifica. Le eventuali verifiche della resistenza orizzontale potranno essere effettuate da parte del Progettista utilizzando i seguenti parametri:

$$\gamma_R \rightarrow 1,1 \text{ (R3)} \quad \gamma_\phi \rightarrow 1 \text{ (M1)} \quad \delta_k \rightarrow 16,7^\circ \quad \text{livello 1}$$

5.6 Stabilità globale

Questa verifica viene omessa in quanto il nuovo edificio non risulta essere posizionato su o in prossimità di pendii naturali o artificiali potenzialmente instabili.

5.7 Effetti di liquefazione

Le NTC richiedono di verificare che il sito sul quale è ubicato il nuovo manufatto risulti stabile nei confronti della liquefazione. Si definisce liquefazione, la riduzione di resistenza e/o rigidità causata durante il sisma, dall'aumento delle pressioni interstiziali in terreni saturi non coesivi, tale da provocare deformazioni permanenti significative o persino da indurre nel terreno una condizione di sforzi efficaci quasi nulli. Ciò può avvenire e nei depositi di sabbie fini sciolte quando, sotto l'azione dei carichi applicati o di forze idrodinamiche, la pressione dell'acqua dei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento, cioè fino a quando gli sforzi efficaci si riducono a zero.

Come consentito dal D.M. 14.01.08, viene omessa la verifica alla liquefazione in quanto gli eventi sismici attesi sull'area sono di magnitudo inferiore a 5.

6 - INDICAZIONI GENERALI SUGLI SCAVI

Di seguito si forniscono indicazioni generali per quanto riguarda gli scavi da realizzare. Sostanzialmente si conferma quanto già riportato nella relazione redatta precedentemente (settembre 2014) a supporto del progetto definitivo.

In particolare si fa notare che tutti gli scavi interesseranno il livello 1 individuato dalle prove penetrometriche e costituito da terreni sciolti o poco addensati o molli.

Si ricorda infine che una parte di terreno potrebbe essere costituita da materiale riportato/rimaneggiato nel tempo in concomitanza delle fasi di ampliamento dell'impianto di depurazione esistente.

Stazione di sollevamento per alimentazione vasche di fitodepurazione

Gli scavi, che saranno di notevole entità (5,5 - 6,5 m), si esplicita quanto segue.

- La notevole altezza degli sbancamenti, unitamente alla natura dei terreni interessati dagli stessi (alternanze di terreni grossolani e fini) ed alla logistica dei luoghi (presenza di numerose strutture limitrofe e adiacenti) non permettono di prevedere l'esecuzione scavi liberi. Dovranno quindi essere realizzate opere preventive di sostegno scavi che andranno adeguatamente progettate e dimensionate sia sulla base del progetto esecutivo, sia dei terreni presenti, sia della tipologia delle strutture esistenti (paratia di micropali, palancole infisse??).
- Gli scavi saranno interessati, per più della metà della loro altezza, dalla falda acquifera; dovranno quindi essere predisposti adeguati sistemi di aggottamento/allontanamento delle acque in fase di scavo.

Impianto di grigliatura e Dissabbiatore longitudinale aerato

Gli scavi avranno altezze ridotte (circa 1,2 m) per la realizzazione dell'impianto di grigliatura mentre avranno altezze con massime poco maggiori di 3 m per il dissabbiatore aerato.

La stabilità dei fronti di scavo è influenzata dall'altezza e inclinazione dei fronti, dall'angolo di attrito, dalla coesione non drenata del terreno, dalla presenza di sovraccarichi, dalle condizioni meteorologiche (variazioni di temperatura-precipitazioni), da eventuali venute di acqua dai fronti stessi e dal tempo che lo scavo resterà aperto.

Considerando terreni dotati di una minima coesione non drenata e in assenza di carichi al ciglio, per fronti di scavo con altezza fino a 3 m si potranno adottare inclinazioni non superiori a 45°.

La possibilità di realizzare scavi sagomati andrà preventivamente verificata in base alla presenza o meno di strutture da mantenere e di cui garantire la stabilità (ad es. tubazioni ecc....)

Gli scavi per l'impianto di grigliatura non saranno interessati dalla falda mentre quelli da realizzare per il dissabbiatore aerato (sulla base dei dati disponibili attualmente) potrebbero intercettarla anche se per una altezza ridotta (circa 0,5 m ma variabile in relazione agli eventi meteorici ed al periodo di apertura degli scavi stessi). Potrebbe quindi essere sufficiente predisporre un sistema di aggettamento e allontanamento delle acque da fondo scavo.

Stazione di sollevamento per alimentazione vasche di fitodepurazione

Gli scavi, che saranno di apprezzabile entità (circa 4 m), si esplicita quanto segue.

- Premesso che sarà necessario verificare le reali caratteristiche geotecniche dei terreni interessati, si può comunque ipotizzare che eventuali scavi liberi possano essere realizzati mantenendo pendenze non superiori a 45° e gradonando il fronte con almeno 2 gradoni. Andrà quindi valutata con cura l'effettiva possibilità di effettuare scavi liberi in relazione alla distanza delle strutture adiacenti; nel caso non fosse possibile andranno realizzate opere preventive di sostegno scavi.
- Gli scavi saranno interessati da un battente idrico, variabile in relazione alla variazione della falda, ma grossomodo di 1 /1,5 m; dovranno quindi essere predisposti adeguati sistemi di aggettamento / allontanamento delle acque in fase di scavo.

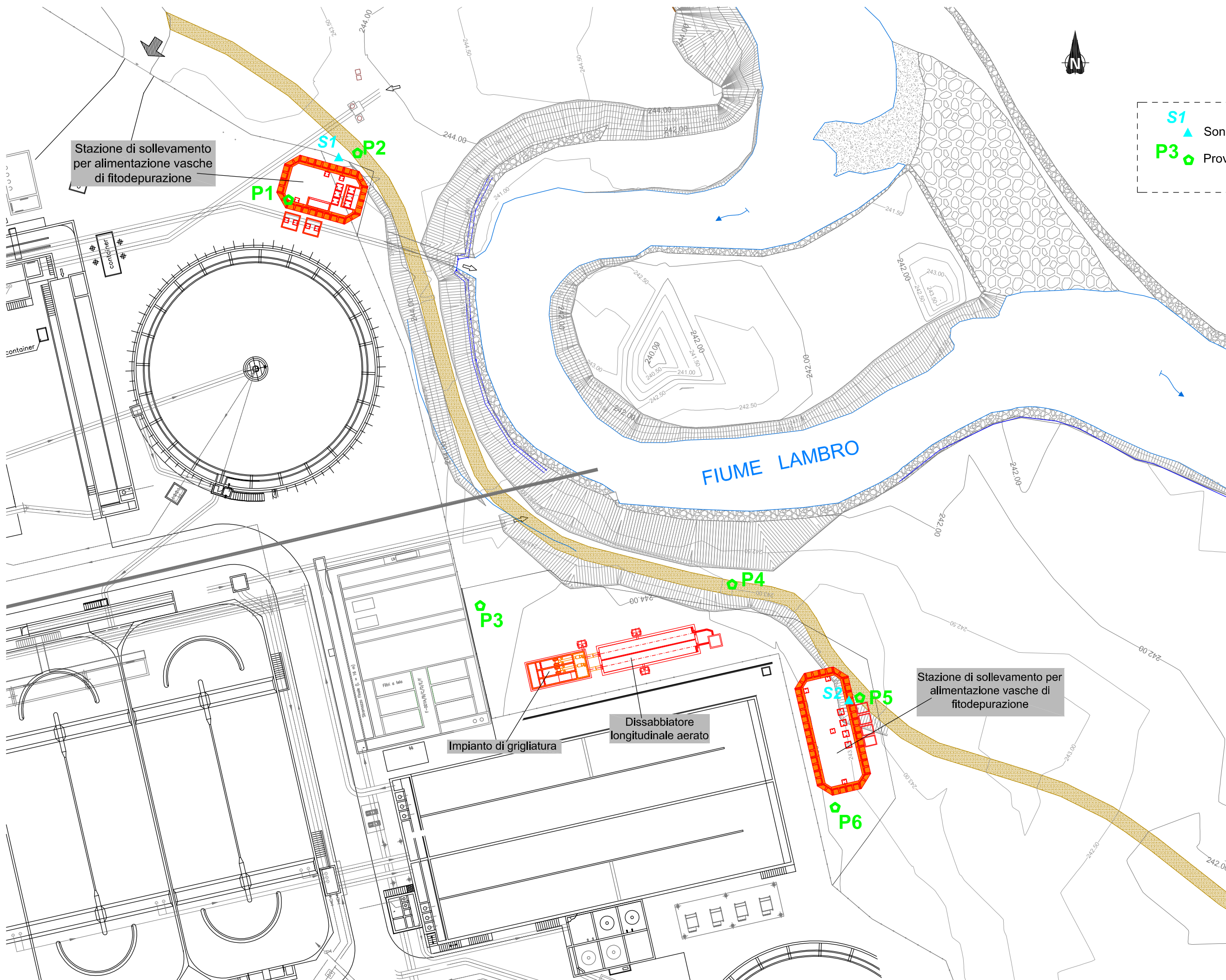
Per concludere è necessario sottolineare che tutte le considerazioni sopra espresse derivano principalmente dalle indagini puntuali realizzate. Rimane a carico della DL, quindi, verificare in corso d'opera i risultati cui si è giunti. Nel caso di mancata rispondenza tra il modello geologico proposto e lo stato di fatto si prescrive l'immediata sospensione dei lavori e la tempestiva comunicazione allo scrivente.

Si rimane a disposizione per eventuali chiarimenti.

Villa Guardia, 30 gennaio 2015

Dott. Geol. Frati Stefano



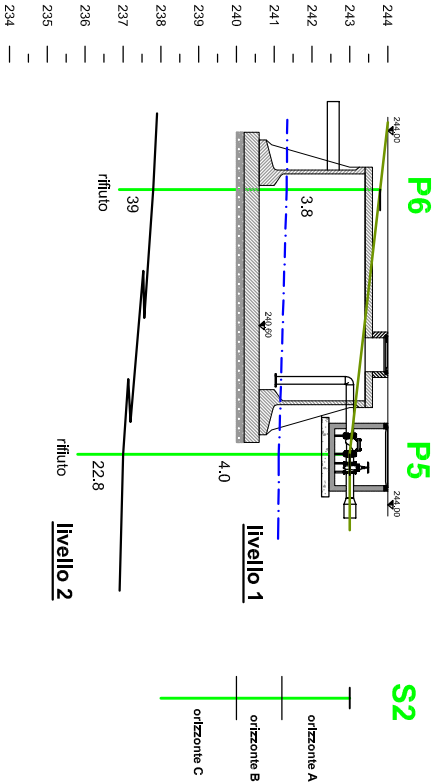
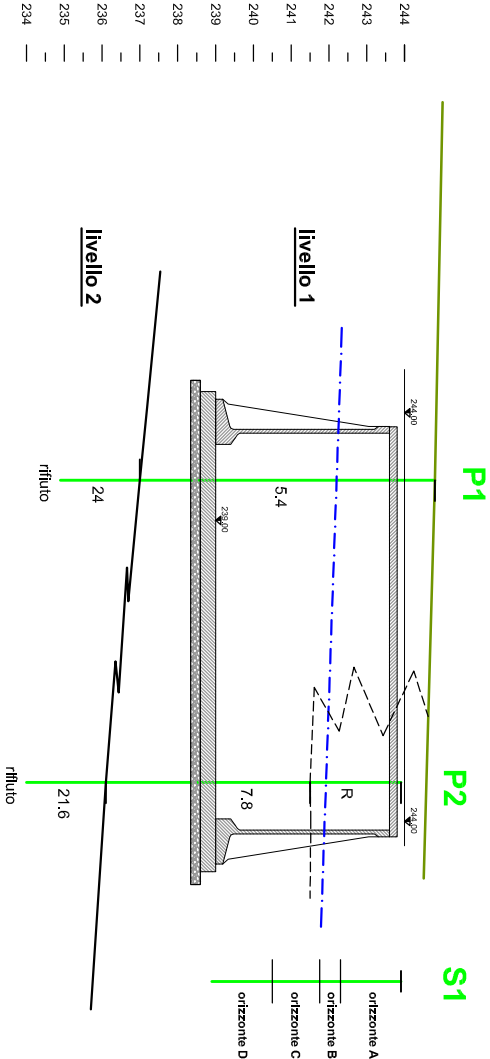


- ▲ S1 Sondaggi (luglio 2014)
- P3 Prove penetrometriche (gennaio 2015)

TAVOLA 1
Ubicazione indagini
scala 1:500

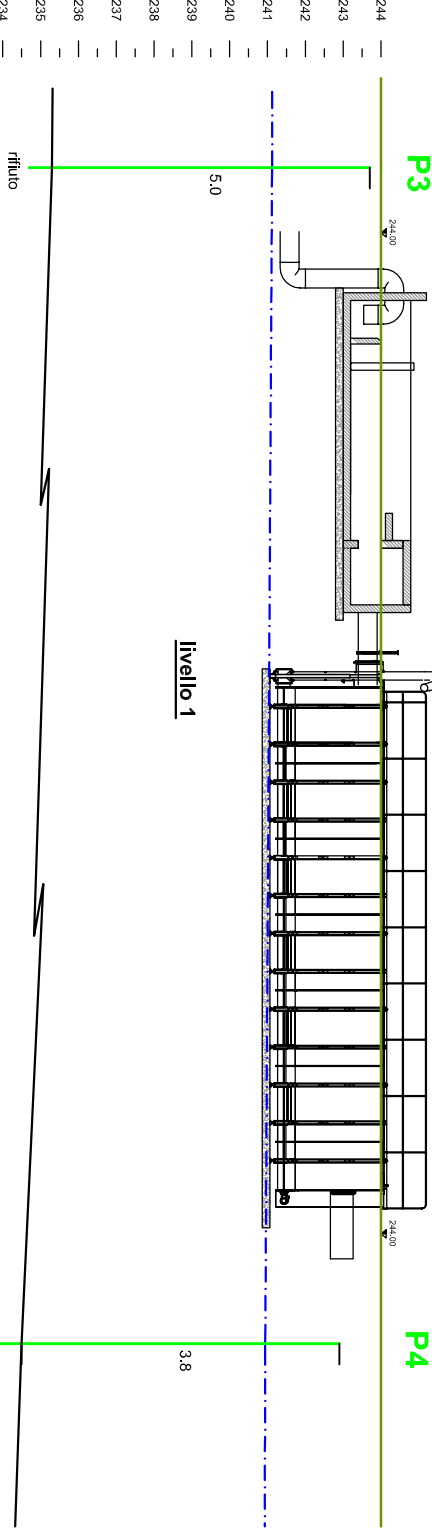
Stazione di sollevamento per alimentazione vasche di fitodepurazione

Stazione di sollevamento per alimentazione vasche di fitodepurazione



Impianto di grigliatura

Dissabbiatore longitudinale aerato



livello	Nspt medio (colpi/piede)	Peso di Volume γ (g/cm ³)	Peso di Volume saturo γ_{sat} (g/cm ³)	Angolo di resistenza al taglio ϕ (°)	Modulo elastico E (kg/cm ²)
1	3,8 ÷ 7,8	1,61 ÷ 1,67	1,92 ÷ 1,96	25,6 ÷ 28,6	46 ÷ 94
2	21 ÷ 39 > 100	1,81 ÷ 1,99	2,06 ÷ 2,18	32,4 ÷ 35,3 > 36	274 ÷ 468 > 500

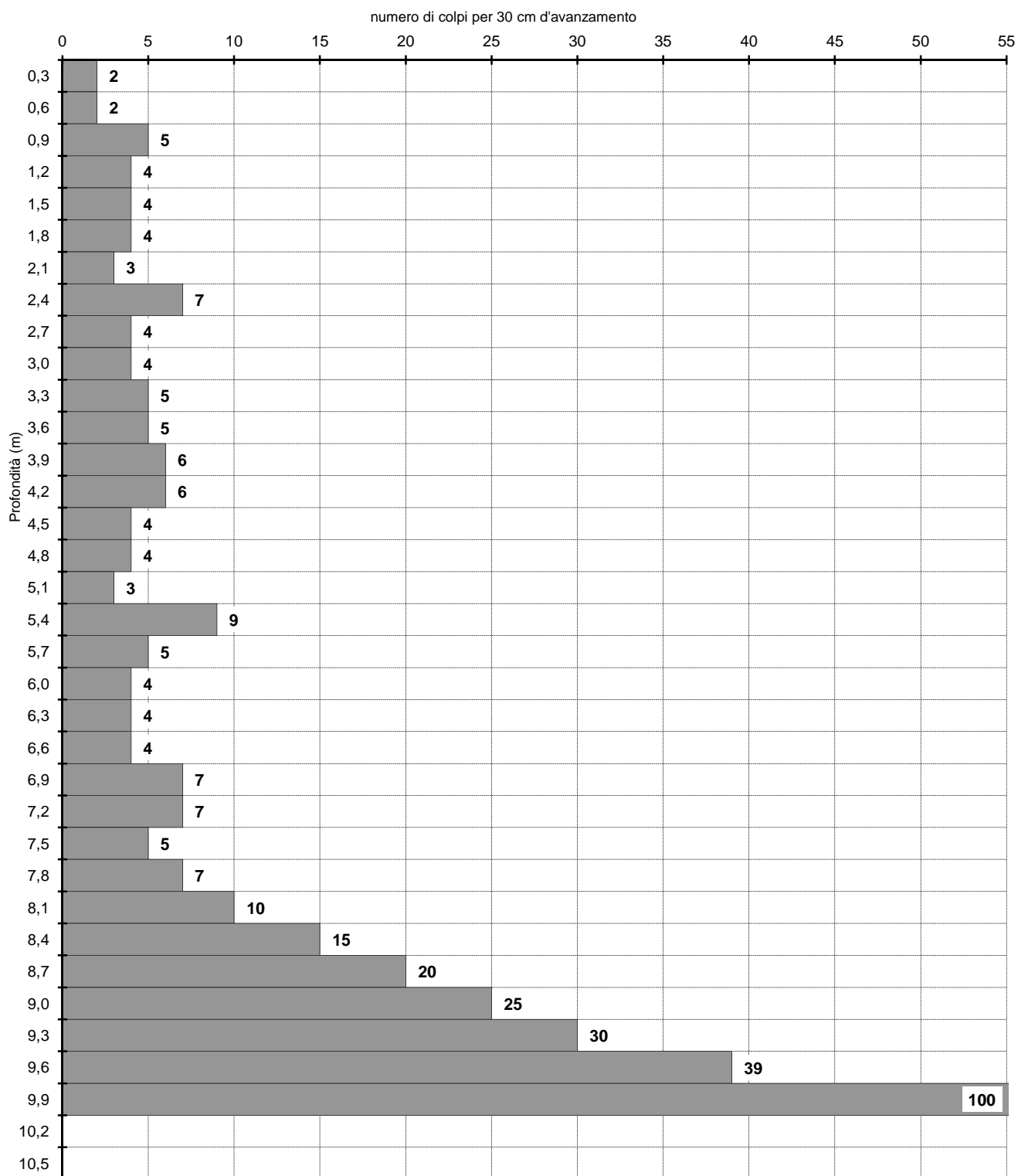
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA tipo DPSH
diagramma numero colpi/profondità

DATI GENERALI

- Denominazione prova : P1
- Committente : PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO
- Località : Merone (CO)
- Data cantiere : 21/01/2015
- Falda : -2,6 m da p.c.

CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Peso maglio : 73 kg
Altezza caduta libera : 75 cm
Avanzamento punta : 30 cm
Angolo apertura punta : 60°
Area punta : 20,43 cm²
Diametro punta : 51 mm



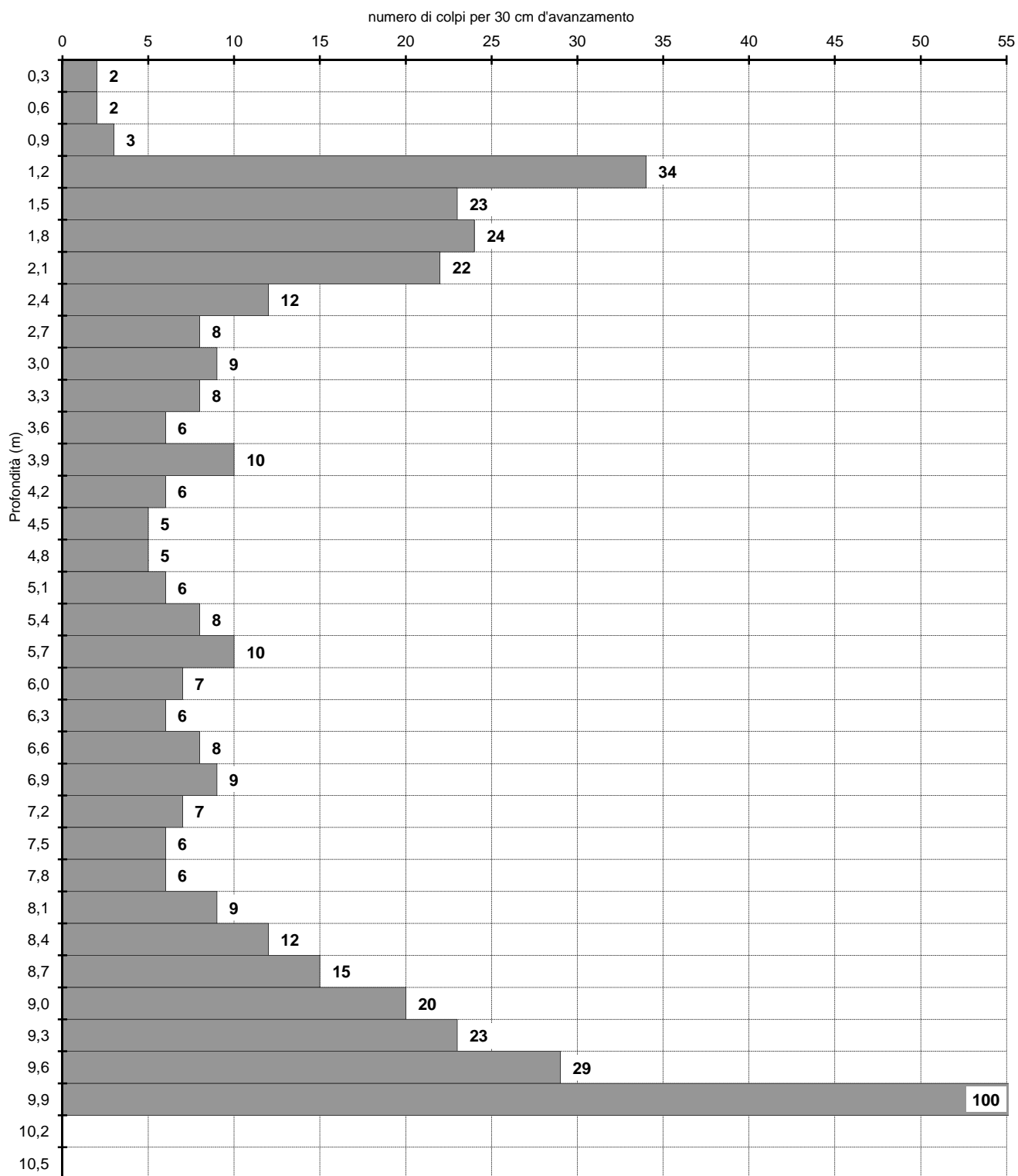
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA tipo DPSH
diagramma numero colpi/profondità

DATI GENERALI

- Denominazione prova : P2
- Committente : PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO
- Località : Merone (CO)
- Data cantiere : 21/01/2015
- Falda : -1,98 m da p.c.

CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Peso maglio : 73 kg
Altezza caduta libera : 75 cm
Avanzamento punta : 30 cm
Angolo apertura punta : 60°
Area punta : 20,43 cmq
Diametro punta : 51 mm



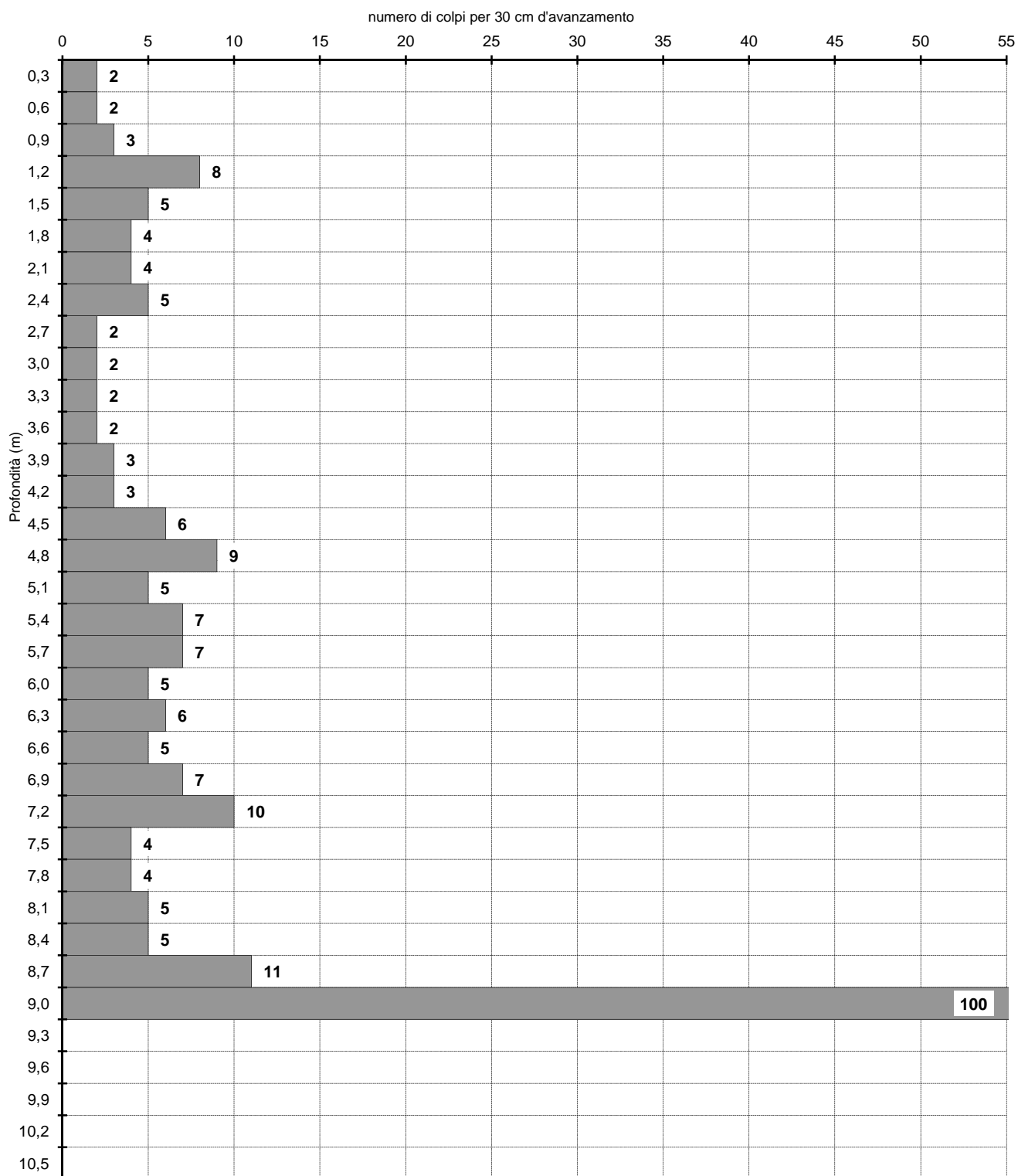
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA tipo DPSH
diagramma numero colpi/profondità

DATI GENERALI

- Denominazione prova : P3
- Committente : PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO
- Località : Merone (CO)
- Data cantiere : 21/01/2015
- Falda : -2,58 m da p.c.

CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Peso maglio : 73 kg
Altezza caduta libera : 75 cm
Avanzamento punta : 30 cm
Angolo apertura punta : 60°
Area punta : 20,43 cm²
Diametro punta : 51 mm



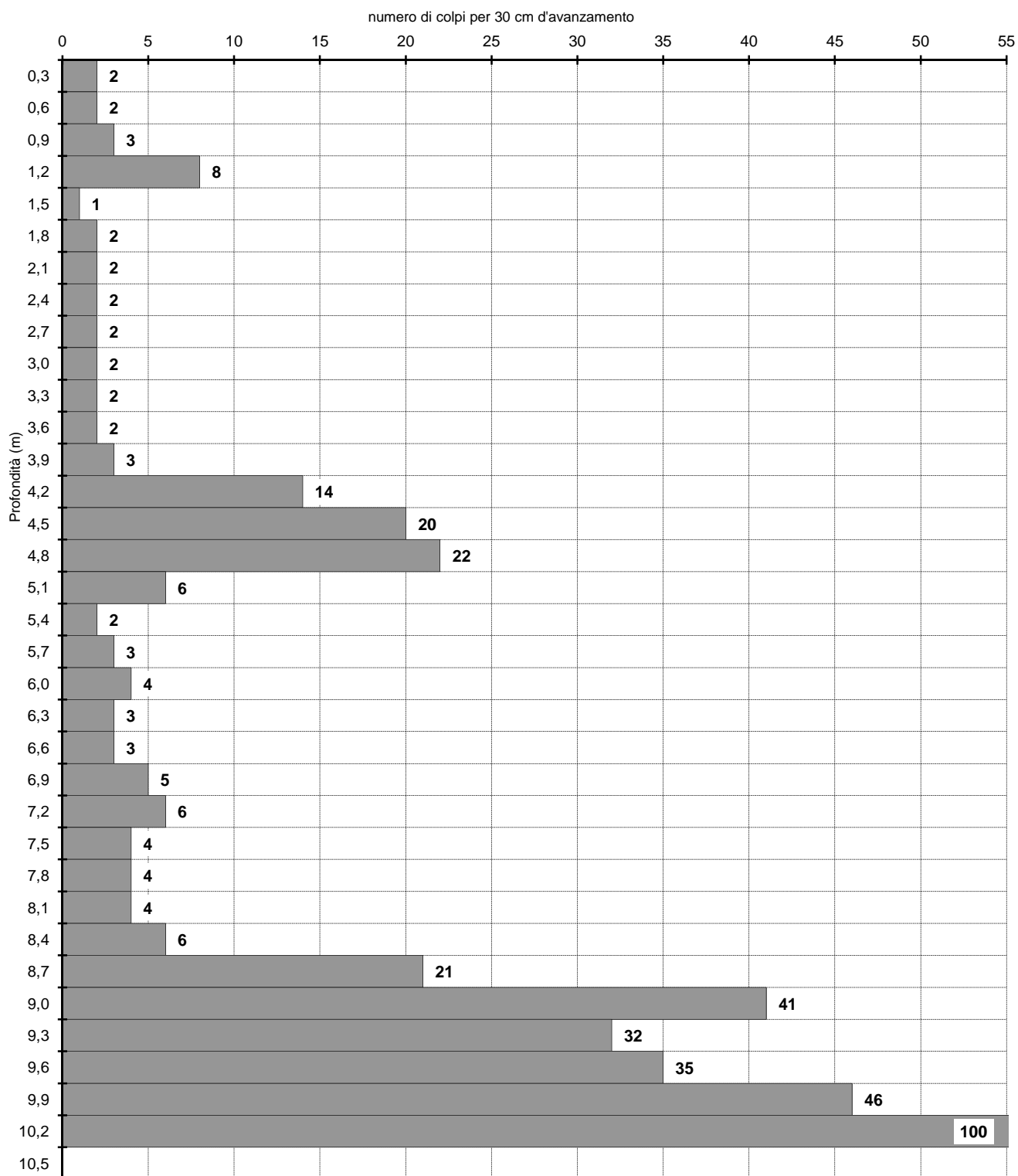
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA tipo DPSH
diagramma numero colpi/profondità

DATI GENERALI

- Denominazione prova : P4
- Committente : PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO
- Località : Merone (CO)
- Data cantiere : 21/01/2015
- Falda : -1,96 m da p.c.

CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Peso maglio : 73 kg
Altezza caduta libera : 75 cm
Avanzamento punta : 30 cm
Angolo apertura punta : 60°
Area punta : 20,43 cm²
Diametro punta : 51 mm



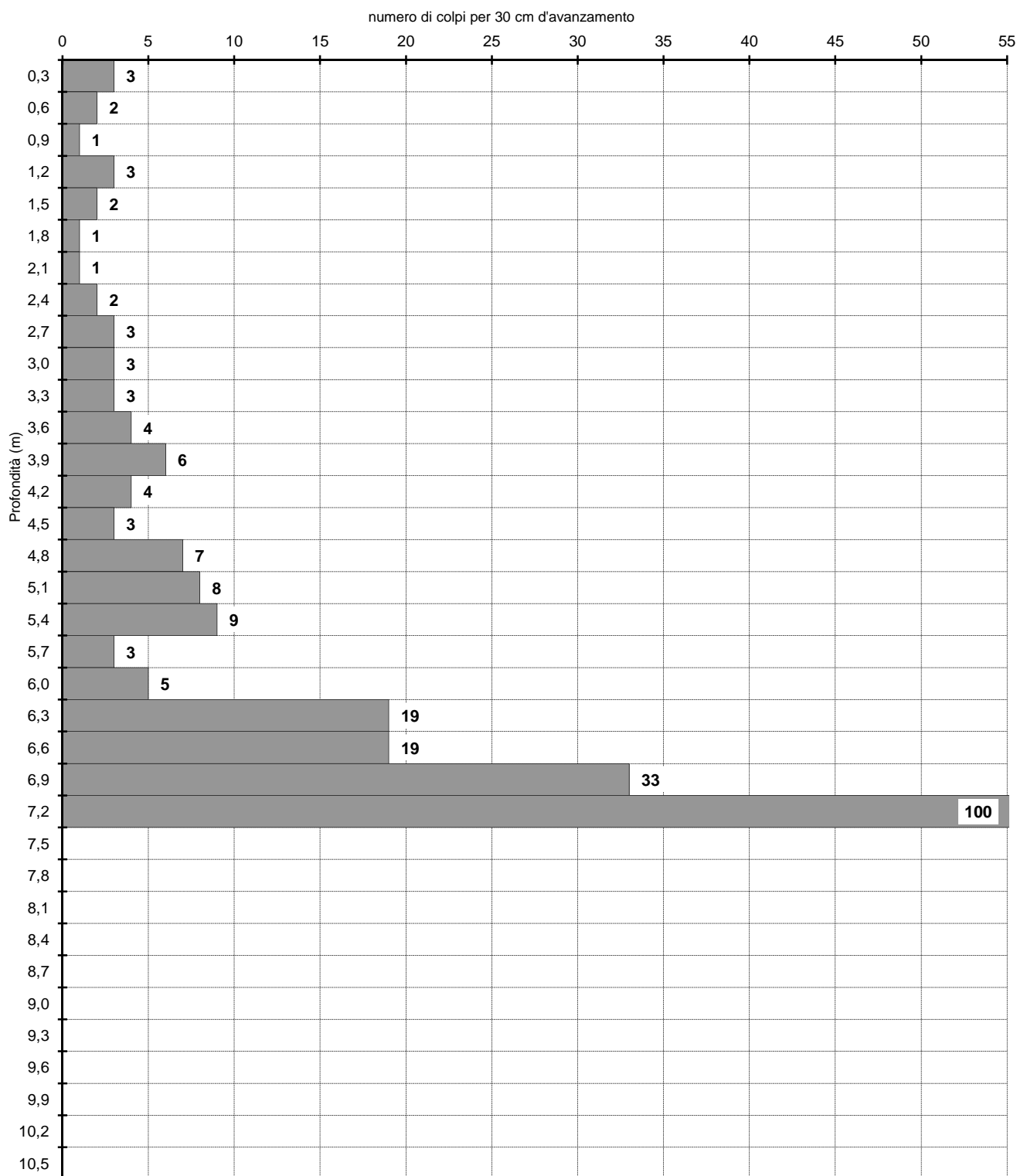
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA tipo DPSH
diagramma numero colpi/profondità

DATI GENERALI

- Denominazione prova : P5
- Committente : PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO
- Località : Merone (CO)
- Data cantiere : 21/01/2015
- Falda : -1,88 m da p.c.

CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Peso maglio : 73 kg
Altezza caduta libera : 75 cm
Avanzamento punta : 30 cm
Angolo apertura punta : 60°
Area punta : 20,43 cm²
Diametro punta : 51 mm



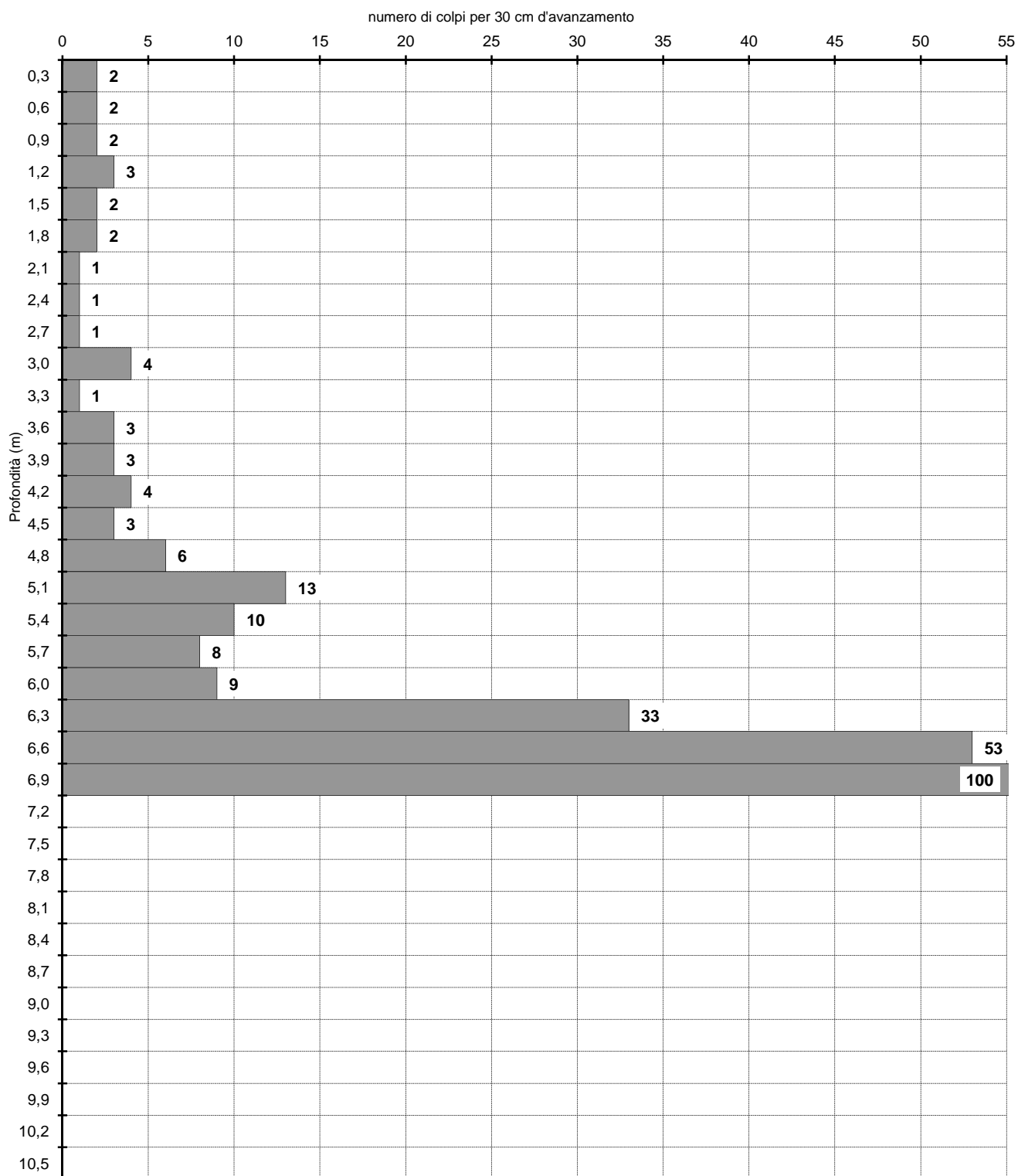
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA tipo DPSH
diagramma numero colpi/profondità

DATI GENERALI

- Denominazione prova : P6
- Committente : PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO
- Località : Merone (CO)
- Data cantiere : 21/01/2015
- Falda : -2,47 m da p.c.

CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Peso maglio : 73 kg
Altezza caduta libera : 75 cm
Avanzamento punta : 30 cm
Angolo apertura punta : 60°
Area punta : 20,43 cm²
Diametro punta : 51 mm





Prova penetrometrica P1



Prova penetrometrica P2



Prova penetrometrica P3



Prova penetrometrica P4



Prova penetrometrica P5



Prova penetrometrica P6



Via P. M. Faverio n° 4
22079 Villa Guardia CO
Tel e fax 031-563148
E-mail frati@geologi.it

AFFINAMENTO DEPURATIVO A VALLE
DEL DEPURATORE IN COMUNE DI MERONE (CO)

RELAZIONE GEOLOGICA

Settembre 2014

COMMITTENTE : PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO

PROFESSIONISTA INCARICATO :
Dott. Geologo Frati Stefano

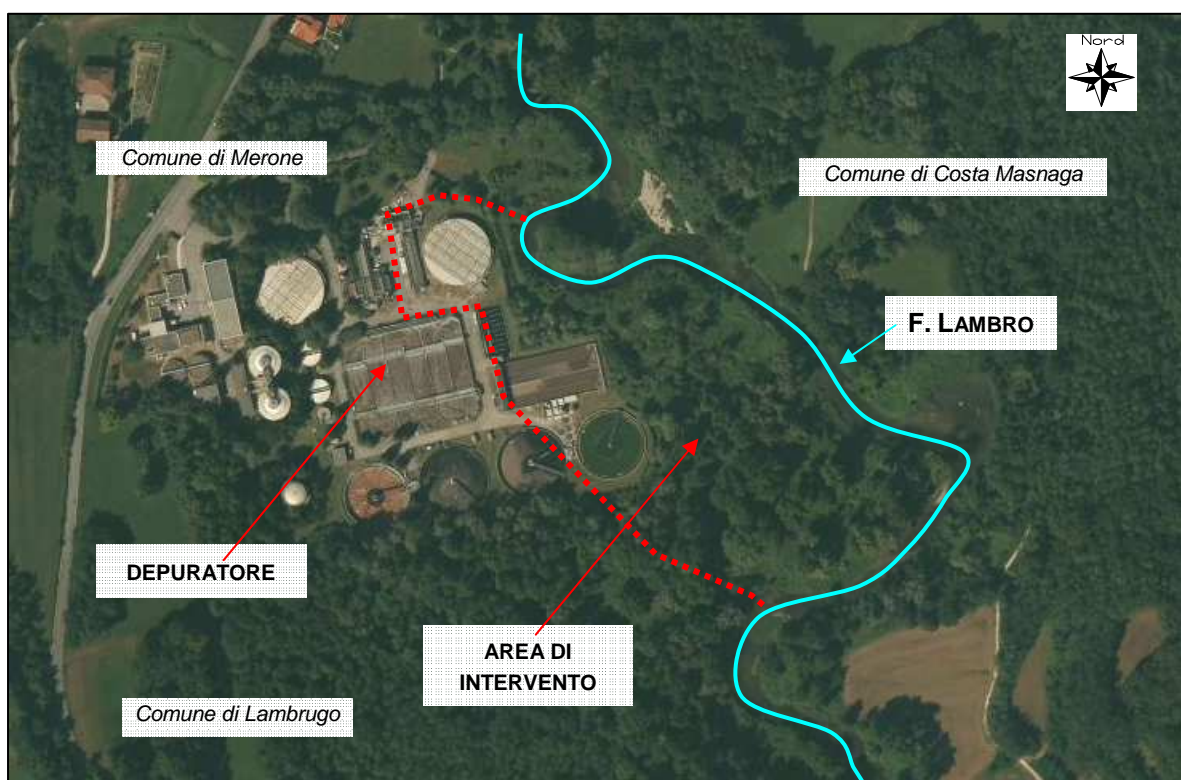


1 - PREMESSA

La presente relazione geologica viene redatta a supporto della progettazione definitiva dell'intervento di "Affinamento depurativo a valle del depuratore in Comune di Merone (CO)".

Gli interventi previsti sono situati nei comuni di Merone, in provincia di Como, e di Costa Masnaga in provincia di Lecco.

Nella figura seguente è riportata la localizzazione dell'area in esame.



Ubicazione area in esame tratta da Bing mappe – fuori scala

Il progetto prevede la realizzazione di un sistema di finissaggio con tecniche naturali dell'effluente del depuratore gestito da ASIL.

La presente relazione, seguendo i dettami della norma vigente e dello stato dell'arte, è finalizzata alla ricostruzione del modello geologico ed idrogeologico a supporto alla progettazione definitiva delle opere. A tale scopo è stata condotta un'indagine geognostica che ha previsto una raccolta di dati geologici del territorio in cui ricade il sito, un rilievo di terreno e una campagna di indagini dirette.

2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente lavoro è stato svolto in osservanza a quanto previsto dal D.M. 14-01-2008 *“Norme tecniche per le costruzioni”* e dalla Circolare n. 617 del 02-02-2009, (Gazzetta Ufficiale n. 47 del 26 febbraio 2009 - Suppl. Ordinario n. 27) : *“Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 14 gennaio 2008”*.

Il presente elaborato è stato redatto conformemente alle disposizioni contenute al punto 6.2.1 del D.M. 14-01-2008, intitolato *“Caratterizzazione e modellazione geologica del sito”*, che cita: *“la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consistono nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio. In funzione del tipo di opera o di intervento e della complessità del contesto geologico, si dovranno realizzare specifiche indagini finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico. Esso deve essere sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche. Metodi e risultati delle indagini devono essere esaurientemente esposti e commentati in una relazione geologica che è un documento progettuale distinto da quello geotecnico.”*

3 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO - MORFOLOGICO

Il territorio in esame si posiziona nella porzione settentrionale della Brianza, nella fascia pedemontana prealpina a sud del lago di Como, all'interno dell'anfiteatro morenico Iariano, costituito dai depositi lasciati in posto durante le fasi glaciali quaternarie dai grandi ghiacciai che scendevano dalla Valtellina e dal Lago di Como.

Il territorio si presenta subpianeggiante nella parte settentrionale, mentre nelle zone restanti la pianura è interrotta dalla presenza di rilievi collinari poco elevati caratterizzati da una morfologia dolce. La conformazione del territorio è strettamente legata, nella zona settentrionale, alla presenza dei bacini lacustri di Alserio e Pusiano; questi corpi idrici hanno generato una morfologia pianeggiante chiusa verso Sud da una serie di rilievi collinari, di origine strutturale, che si estendono da Monguzzo a Rogeno.

La morfologia della fascia collinare è dovuta all'azione modellatrice esercitata dalle lingue glaciali provenienti da Nord (ghiacciaio del Lario) che hanno interessato questa zona nel corso di varie fasi glaciali con cicli di erosione e deposizione che si sono succeduti nel tempo. I ghiacciai al loro ritiro hanno lasciato depositi morenici che sono stati in seguito rimodellati dalle acque di fusione del ghiacciaio e dagli altri agenti atmosferici tipici di un

ambiente periglaciale (gelo - disgelo, vento): il risultato di tale azione è dato da una serie di terrazzi di origine glaciale e fluvioglaciale attualmente visibili, posti a diverse quote a testimonianza delle diverse fasi glaciali.

La maggior parte dei rilievi presenti rappresentano elevazioni del substrato roccioso sottostante, mascherato pressoché totalmente dalle colti di depositi superficiali; fa eccezione in questo la collina di Brenno della Torre, dove l'attività estrattiva ha messo in luce la natura rocciosa del substrato.

Un altro importante agente morfogenetico della zona è il fiume Lambro che nel tempo si è scavato un varco verso sud tra le colline ed ha determinato la genesi di una morfologia di tipo fluviale con terrazzi costituiti dai depositi legati all'azione modellatrice esercitata dal corso d'acqua. Al confine tra i comuni di Merone e di Costa Masnaga si individua infatti la valle del F. Lambro, il quale ha un decorso in senso NW-SE con andamento sinuoso e in alcuni tratti meandriforme e risulta variamente incassato rispetto ai terrazzi circostanti.

Le unità geolitologiche presenti nell'area sono di seguito descritte, dalla più antica alla più recente.

SUBSTRATO ROCCIOSO PREQUATERNARIO

Il substrato roccioso prequaternario comprende una vasta gamma di tipi litologici: calcari marnosi, marne, marne calcaree grigio rosate o rossastre, ascrivibili alle seguenti formazioni:

UNITÀ STORICAMENTE RIFERITE ALLA SCAGLIA LOMBARDA : FORMAZIONE DI BRENNO E FORMAZIONE DI TABIAGO

La Formazione del Piano di Brenno è costituita da calcari marnosi e marne calcaree di colore grigio, bianco o rosato, a stratificazione variabile da sottile a media (strati di spessore decimetrico), molto regolare, in cui si intercalano letti centimetrici di limi marnosi, torbiditici. Nella Formazione di Tabiago le marne presentano un aumento della frazione argillosa rispetto alla formazione del Piano di Brenno e una colorazione rossastra.

Il substrato affiora prevalentemente nelle vaste cave per cemento di Bulciago-Cassago, Bàggero e Brenno della Torre e lungo il tracciato della SS 36 all'altezza di Tabiago e Costa Masnaga. In particolare affiora lungo le pareti dell'ex ambito estrattivo in località Baggero e lungo le piccole scarpate presenti nel bosco immediatamente retrostante l'area di cava, attorno ai laghi di Cavolto e costituisce il nucleo della collina di Brenno della Torre, attualmente oggetto della attività estrattiva.

DEPOSITI PLIOQUATERNARI

UNITÀ DEI CONGLOMERATI - Corrisponde al “Ceppo” degli autori precedenti

In tale unità, che raggruppa a grande scala tutti i sedimenti cementati. Nella zona in esame si tratta principalmente di un conglomerato costituito da ghiaie a supporto di matrice o di clasti e da sabbie pulite (sono presenti strati fini costituiti da arenarie e sabbie pulite). La cementazione è solitamente buona anche se sono talora presenti livelli di sabbie e ghiaie non cementate come in particolare le porzioni esposte con forte alterazione superficiale.

Affiora ad esempio lungo la linea ferroviaria Milano-Erba-Asso.

SINTEMA DI CANTÙ (Pleistocene Superiore) - Wurm della nomenclature tradizionale

È caratterizzata da un profilo di alterazione poco evoluto, inferiore a 2,5 m di spessore. La maggior parte dei clasti non è alterata o presenta un cortex di alterazione non molto sviluppato: solo i clasti carbonatici possono essere alterati e i metamorfici scistosi arenizzati nei primi metri del profilo. Il colore della matrice è 10YR. I depositi di questa unità non sono coperti da coltre loessica. I depositi del Sintema di Cantù appoggiano in discordanza, con superficie di erosione, sui depositi delle unità più antiche e possono essere coperti dai depositi dell'Unità Postglaciale o possono affiorare direttamente alla superficie topografica.

Da un punto di vista litologico, l'alloformazione è composta da:

- depositi glaciali: costituiti da diamicton massivi a supporto di matrice sabbioso limosa talora abbondante. I clasti sono eterometrici anche di notevoli dimensioni, da spigolosi a subarrotondati. Se, da un punto di vista genetico, sono definiti “Till di alloggiamento”, i sedimenti sono sovraconsolidati con ciottoli striati o con forma a “ferro da stiro”; al contrario, se definiti come “Till di ablazione” i sedimenti sono normalconsolidati e con ciottoli di maggiori dimensioni rispetto ai precedenti.
- depositi fluvioglaciali: costituiti da ghiaia da media a grossolana a supporto di matrice sabbioso-ghiaiosa fine, da ben stratificata a grossolanamente stratificata con strati di spessore variabile da decimetrico a metrico. I clasti sono poligenici, da male a ben selezionati. Subordinatamente sono costituiti da sabbia da fine a grossolana, talora limosa, in lamine piano-parallele con ciottoli sparsi e più raramente massiva o con laminazione obliqua a basso angolo o incrociata concava. È presente una locale cementazione.
- depositi glaciolacustri: costituiti da argilla, limo argilloso, limo sabbioso e sabbia limosa in lamine piano-parallele orizzontali con dropstone sparsi spesso striati.

Presenza di locali livelli torbosi e di deformazioni (pieghe di piccole dimensioni) legate a glaciotettonica, ossia a spinta dovuta alla fronte della lingua glaciale in avanzata; in tali casi i sedimenti sono sovraconsolidati.

UNITÀ POSTGLACIALE (Pleistocene Superiore – Olocene)

È caratterizzata da un'alterazione poco evoluta con suoli poco sviluppati. La sua superficie limite superiore coincide con la superficie topografica, mentre la sua superficie limite inferiore è una superficie di erosione che pone l'Unità Postglaciale a contatto con tutte le unità più antiche.

Da un punto di vista litologico, l'unità è composta da:

- depositi fluviali e alluvionali: costituiti da ghiaie medio grossolane a supporto di matrice sabbiosa e da sabbie e ghiaie a supporto di matrice limoso sabbiosa, talora si intercalano dei livelli più grossolani con matrice in quantità ridotta, limi sabbiosi e limi con clasti sparsi (depositi di esondazione). I clasti sono da subarrotondati a spigolosi, poligenici. La stratificazione è piano-parallela orizzontale.
- depositi lacustri: costituiti da limo argilloso da massivo a grossolanamente laminato con rizocrezioni, a laminato. Presenza di sottili intercalazioni di sabbia fine e livelli di torba.

L'area in esame ricade per la maggior parte del territorio comunale di Merone, a sud della località Baggero, ad una quota altimetrica di circa 240 - 244 m s.l.m.; solamente una piccola porzione interessa il comune di Costa Masnaga.

L'area in cui si trova il depuratore si posiziona al raccordo tra i rilievi rocciosi / copertura morenica e la piana alluvionale di pertinenza del F. Lambro. Tale limite passa grossomodo nella zona ovest del depuratore. L'area in cui verranno realizzati gli interventi oggetto della presente relazione si ubicano invece nella valle del F. Lambro.

In questa zona sono presenti depositi alluvionali (recenti ed attuali). Tali depositi, che affiorano lungo le superfici pianeggianti limitate da gradini morfologici che rappresentano il passaggio con terreni alluvionali più antichi o con i depositi morenici, sono costituiti principalmente da ciottoli, ghiaie e sabbie in matrice limoso sabbiosa.

Intercalati ad essi si possono trovare lenti/orizzonti fini (limi, argille e talora torbe) che testimoniano le passate esondazioni / spostamenti dei fiumi e che si sono depositati in periodi di ristagno delle acque. All'interno di tale complesso sedimentario è possibile distinguere una porzione di depositi attuali limitatamente all'area di divagazione dei corsi d'acqua, ed una di depositi recenti intermedia tra questi e i depositi alluvionali più antichi.

Spostandosi verso ovest si passa quindi a depositi (tradizionalmente indicati come depositi fluviali wurmiani e Sintema di Cantù secondo quella attuale) che sono caratterizzati da ghiaie e sabbie in matrice limosa con locali lenti di argilla.

Ancora più a ovest, oltre l'area del depuratore essi lasciano il posto ai terreni tradizionalmente indicati come depositi morenici wurmiani (e Sintema di Cantù secondo quella attuale). Sotto il profilo litologico sono costituiti da ghiaie, ciottoli e limi con tessitura caotica, spesso inglobanti blocchi di natura sia sedimentaria che cristallina, con arrotondamento medio e sfericità pressoché nulla. Ricoprono spesso il substrato roccioso locale.

Lo Studio Geologico Comunale a supporto del PGT di Merone, sulla base della consultazione di prove effettuate per il depuratore e zone limitrofe in anni passati, indica la presenza di un livello superficiale di spessore variabile tra 2 e 5 m costituito da materiale fine (argilla, limi, localmente torbe), al di sotto del quale compaiono livelli più grossolani.

Gli aspetti geomorfologici di maggiore importanza presenti nella zona sono connessi all'attività del fiume Lambro caratterizzato da una dinamica in continua evoluzione. Il fiume è meandriforme, con sponde basse e leggere erosioni, spesso con resti di meandri e/o zone umide all'esterno delle anse attuali.

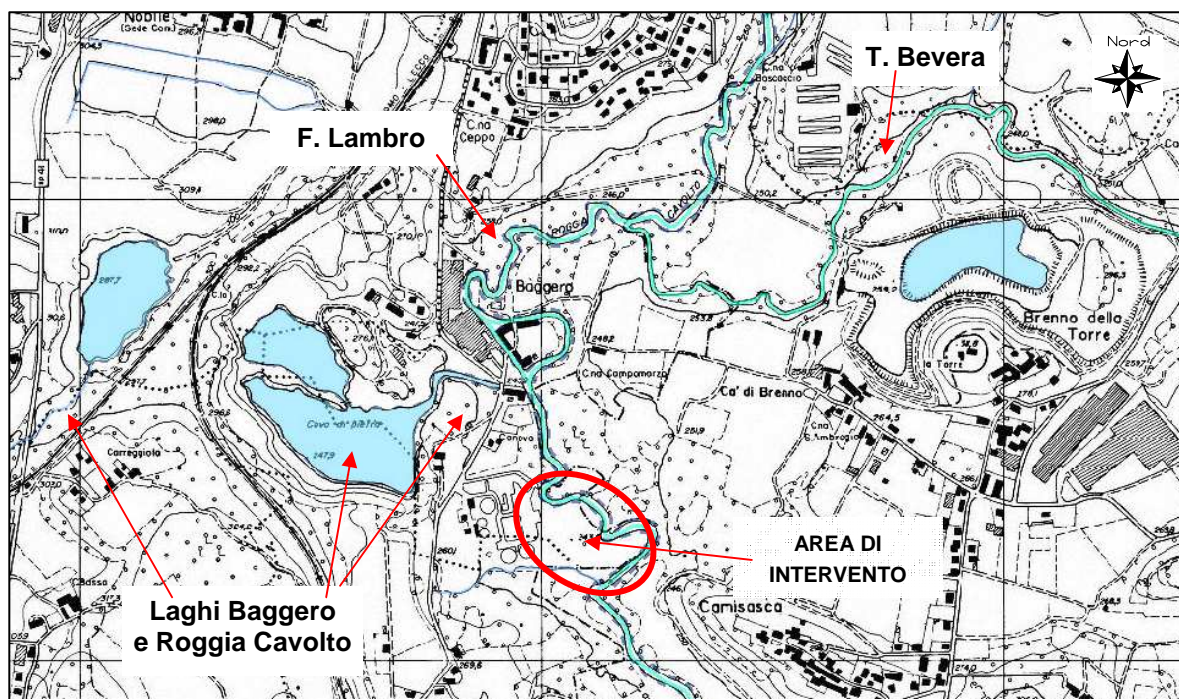
Per maggiori dettagli sulla geologia si rimanda alla tavola 1 allegata a fine testo.

4 - INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO

L'elemento idrico principale della zona è il F. Lambro che scorre al confine dell'area di intervento. Questo fiume, emissario del lago di Pusiano, presenta in quest'area un andamento meandriforme con direzione di flusso NW-SE con alveo poco inciso e poco depresso rispetto alla quota del piano campagna circostante. Lungo il suo corso sono presenti numerose traverse di derivazione d'acqua a scopo di produzione di forza motrice che hanno notevolmente mutato la pendenza originaria del Lambro in questo tratto (attualmente sono abbandonate in seguito alla diminuzione delle attività industriali).

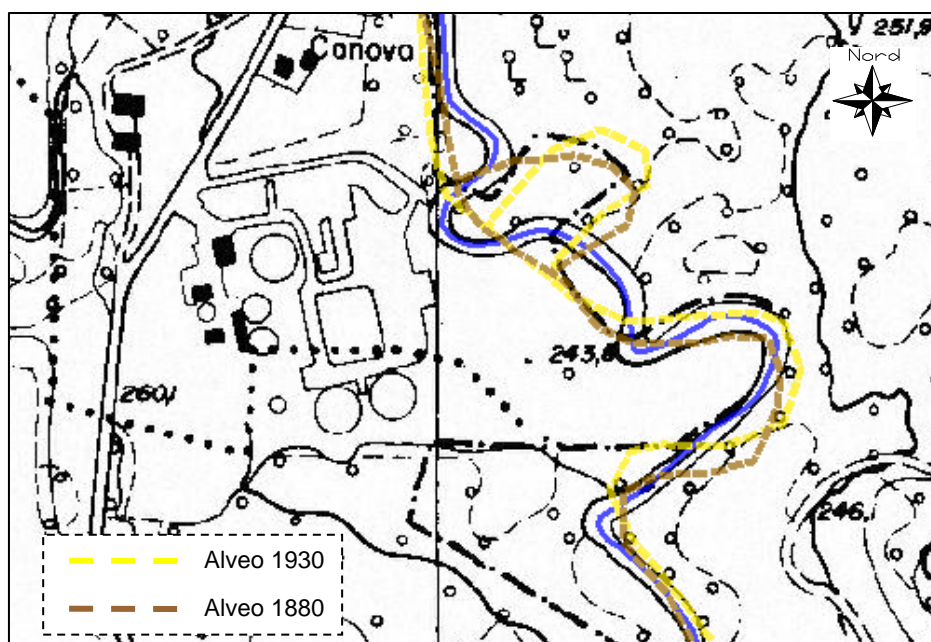
Oltre al Lambro si segnalano i suoi principali affluenti che confluiscono in esso:

- Il Torrente Bevera, affluente di sinistra del Lambro, nasce da un'area collinare in comune di Colle Brianza (Provincia di Lecco) e presenta, nel tratto in cui scorre in territorio comunale di Merone, un andamento sinuoso.
- specchi d'acqua dell'oasi naturale di Baggero e la Roggia Cavolto (affluente in destra).



Idrografia dell'area – fuori scala

Come già accennato il Lambro ha subito nel tempo modifiche del suo tracciato.



Modificazione idrografia dell'area – fuori scala

Per maggiori dettagli sull'idrologia e l'idraulica del Fiume Lambro si rimanda alla relazione specialistica.

La falda acquifera più superficiale è contenuta entro depositi di natura glaciale, fluvioglaciale ed alluvionale. Nella zona di Erba/nord Merone la falda è compresa entro i depositi di conoide del Lambro e sfocia poi nei laghi di Pusiano ed Alserio, da cui prosegue in direzione Sud con una direzione di flusso approssimativamente Nord – Sud, seguendo la direzione della paleovalle del Lambro. Nella zona settentrionale del comune, più prossima al lago, la falda è subaffiorante. Il flusso idrico sotterraneo è maggiormente concentrato lungo le paleovalli.

Per quanto riguarda l'area in esame, il livello idrico è connesso al F. Lambro; la circolazione idrica è posta, quindi, a piccola profondità dal p.c.; si tratta di una falda locale non utilizzata a scopo idropotabile.

Le indagini realizzate in passato all'interno del depuratore (area mediamente a quote più elevate di quella di intervento), hanno indicato tutte presenza di acqua a profondità variabili ma mediamente tra -0,5 e -1,5 m da p.c. e con valori massimi di circa -3 m.

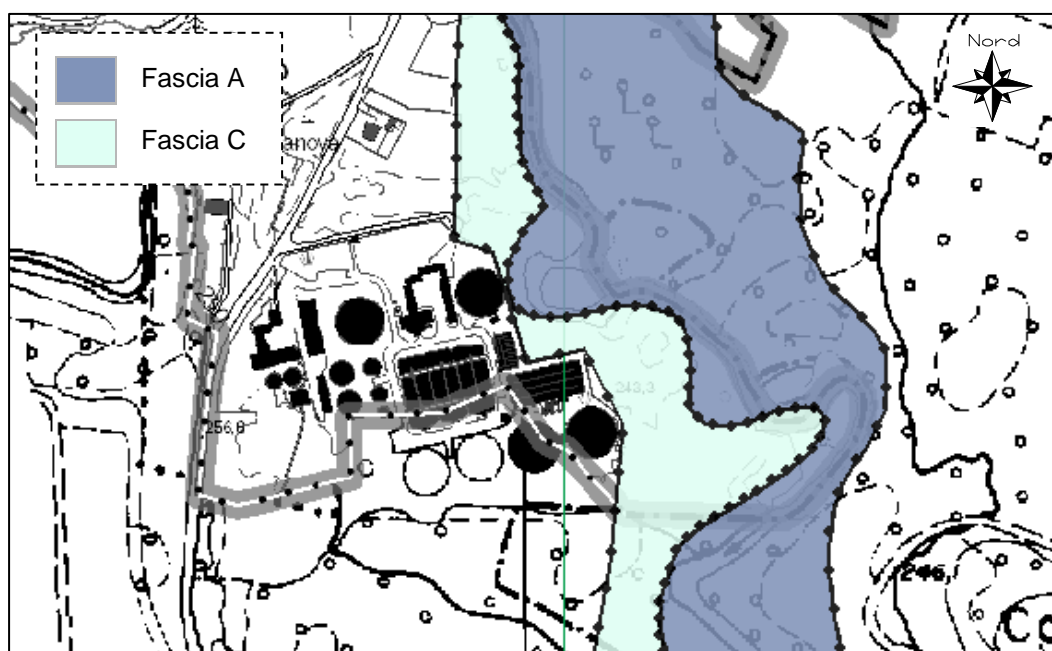
Le indagini realizzate per il Progetto in esame concordano sostanzialmente con quanto già evidenziato; le misure freatiche hanno infatti individuato acque sotterranee a quote medie di -2,1/2,2 m da p.c. nei sondaggi S1 e S2 e di -1,3/-1,4 m da p.c. negli altri sondaggi (vedi paragrafo 7.2 per maggiori dettagli).

5 - RISULTANZE STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

L'area di intervento ricade all'interno del Parco Valle Lambro ed in particolare all'interno del sistema delle aree fluviali e lacustri. L'area risulta inoltre interessata da vincoli D.Lgs 42 22/01/2004 e a vincoli di natura idraulica (fasce PAI e fasce fluviali).

Di seguito verranno riportati solamente gli elementi di competenza della presente relazione, cioè le notazioni di carattere geologico.

Per quanto riguarda gli elementi ed i vincoli di natura idraulica e le relative norme (e verifiche del rischio idraulico) si rimanda alla relazione specialistica facente parte del progetto; in ogni caso l'area in esame è ricompresa parte in fascia A e parte in fascia C.



Fasce PAI – fuori scala

5.1 Studio Geologico Comunale

Lo strumento principale cui fare riferimento nel valutare la compatibilità geologica di un intervento è il Piano di Governo del Territorio (PGT) ed in particolare lo studio di analisi della componente geologica, idrogeologica e sismica.

Il comune di Merone è dotato di uno studio geologico di supporto alla pianificazione territoriale (PGT) redatto dalla società rea s.c.r.l. nel 2008 e successivamente aggiornato nel 2009.

Il comune di Costa Masnaga è dotato di uno studio geologico di supporto alla pianificazione territoriale (PGT) redatto dalla società Viger srl (Dr. Geol. Vittorio Bruno e Dr. Geol. Marco Cattaneo) nel 2012.

In tali elaborati vengono analizzate le caratteristiche geologiche generali del territorio, e cioè le componenti geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, idrografiche e geotecniche. Tutte queste informazioni, opportunamente sintetizzate, portano alla redazione della carta di fattibilità, che fornisce indicazioni in merito alle limitazioni e destinazioni di uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici, agli studi ed indagini da effettuare.

Si segnala che, per adozione di differenti confini comunali, in una porzione a confine tra i due comuni interessati (a cavallo del F. Lambro) esistono aree, seppur di estensione molto limitata, che sono classificate in entrambi i comuni ed altre da nessuno dei due.

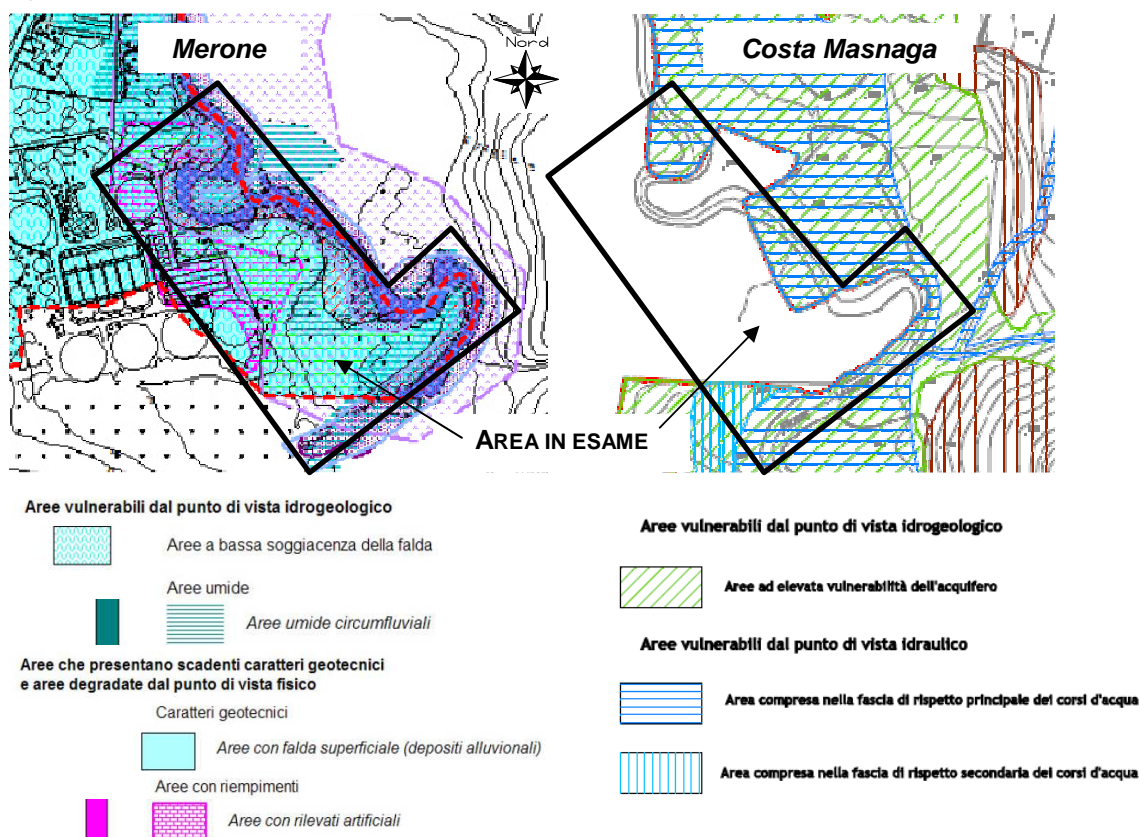
La Carta di Sintesi, riporta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità riferita allo specifico fenomeno che la genera. Tale carta è infatti costituita da una serie di poligoni che definiscono una porzione di territorio caratterizzata da pericolosità omogenea per la presenza di uno o più fenomeni di dissesto idrogeologico in atto o potenziale o da vulnerabilità idrogeologica. Nella zona di intervento si segnalano i seguenti elementi (escludendo quindi gli elementi suddetti).

Comune di Merone

- aree a bassa soggiacenza della falda: son aree in cui la falda si trova a profondità spesso inferiori a 3 m ed è legata alla presenza del Lambro (si tratta in genere di falde locali, anche se abbastanza estese). Interessa tutta la zona di intervento.
- Aree umide circumfluviali: sono superfici della piana alluvionale attiva spesso legate alla presenza di lanche o alvei abbandonati non sempre ancora evidenti dal punto di vista morfologico. Interessa solo una porzione dell'area di intervento.
- Aree con caratteri geotecnici scadenti e falda superficiale. Interessa tutta la zona di intervento.
- Aree con rilevati artificiali. Interessa solo una porzione dell'area di intervento.

Comune di Costa Masnaga

- Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e del primo acquifero.



Carta di sintesi tratta dai PGT Comunali – fuori scala

- attività di manutenzione ordinaria e straordinaria lungo il corso d'acqua
- opere di regimazione, difesa e sistemazione idraulica (briglie, argini, scogliere, pennelli ecc)
- opere per lo scarico in alveo
- manufatti di derivazione di acque superficiali
- interventi volti alla ricostruzione degli equilibri naturali alterati e all'eliminazione dei fattori di interferenza antropica incompatibili con la corretta funzionalità idraulica del corso d'acqua
- quanto altro rientra nell'art 29 delle NTA allegati al PAI [...]

[...] Sono ammessi inoltre gli interventi relativi a infrastrutture di interesse pubblico non altrimenti localizzabili che non comportano diminuzione delle volumetrie inondabili. Tali interventi dovranno essere verificati con apposito studio idraulico redatto ai sensi dell'Allegato 4 della DGR 8/7374 e delle direttive in materia idrologica e idraulica emanate dall'Autorità di Bacino del Fiume Po e dalla Regione Lombardia

[...]

[...] L'ubicazione degli interventi all'interno di questa zona deve essere comunque attentamente valutata, al fine di verificare la possibilità di una rilocalizzazione in un'area a rischio più basso. Sono ritenute incompatibili con il livello di rischio le situazioni che comportino la presenza a tempo indeterminato di persone in condizioni di non sicurezza, come per esempio edifici residenziali con piani interrati abitabili

[...] Ogni intervento ammissibile deve essere accompagnato da relazione idraulica redatta ai sensi della Direttiva dell'Autorità di Bacino "Verifica della Compatibilità Idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico in fascia A e B" (approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11 maggio 1999). La relazione dovrà comprendere un apposito studio che verifichi che l'occupazione di suolo non ostacoli il deflusso delle acque e non aumenti le condizioni di rischio per gli altri insediamenti e le infrastrutture esistenti (allegato 4 della DGR 8/7374). Tale relazione dovrà evidenziare nel sito la distribuzione puntuale del battente idrico nella piena di progetto, la presenza di direzioni preferenziali di movimento, la velocità della corrente. La verifica di compatibilità idraulica dovrà inoltre individuare, nel dettaglio, gli interventi di mitigazione del rischio adottabili per il singolo progetto, nell'ottica di una visione globale del territorio, evidenziando le ricadute sulle aree limitrofe.

[...] Lungo il corso del Lambro andrà mantenuta una fascia di almeno 10 m dalla sponda o dal piede esterno dell'argine, ai sensi dell'art. 96 del RD 523/1904 nella quale sono ammissibili solo interventi di rinaturalizzazione e tutti gli interventi ammessi nelle aree di deflusso ed esondazione della piena (fascia A e B del PAI), così come indicato rispettivamente dall'art. 29 e 39 comma 3, e dall'art 30 e 39 comma 4 delle NTA del PAI

Alla maggior parte della classe 4 interessata è aggiunto il suffisso f che indica presenza di falda entro 3 m dalla superficie.

- La classe 3 (che include la maggior parte della zona di intervento) comprende le aree che presentano consistenti limitazioni all'uso a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

[...]... siano definiti puntualmente i supplementi di indagine relativi alle problematiche da approfondire, la scala e l'ambito territoriale di riferimento, e la finalità degli stessi al fine di accertare la compatibilità tecnico economica degli interventi con le situazioni di dissesto in atto o potenziale e individuare di conseguenza le prescrizioni di dettaglio per poter procedere o meno all'edificazione/trasformazione.

- Sottoclasse 3.6. → comprende le fasce B e C del PAI esterne ai centri edificati e le fasce di rispetto fluviale di tipo 2. Le Nta comunali riportano quanto segue (stralci):

Il contenuto normativo deriva dal PAI per le fasce di tipo B e dalle Norme di Polizia idraulica, che recepiscono le stesse indicazioni del PAI.

Sono vietate ai sensi dell'art. 16 delle Norme di Polizia Idraulica:

- Nuove edificazioni
- Riporti anche temporanei se non finalizzati a progetti di sistemazione idraulica;
- Gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile della capacità di invaso, salvo che questi interventi comportino un significativo miglioramento delle funzioni idrauliche dell'intervento (art. 30 NTA PAI)
- [...]

Sono peraltro consentite, ai sensi dell'art 15 delle Norme di Polizia Idraulica:

- gli interventi volti alla ricostruzione degli equilibri naturali alterati e all'eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- gli interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla delimitazione della fascia (art. 30 NTA PAI);
- gli impianti di smaltimento delle acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e le messe in sicurezza di quelli esistenti (art. 30 NTA PAI);
- [...]

Si tratta comunque sempre di aree esondabili [...] ..

In particolare la sottoclasse 3.6 comprende aree caratterizzate dalla presenza di falda prossima al piano campagna (lettera "f"), a caratteristiche geotecniche scadenti (lettera "s") e/o con presenza di materiale antropico (lettera "t").

Nelle Aree a bassa soggiacenza della falda (lettera "f" - falda a profondità spesso inferiori a 3 m)

Nelle aree ricadenti in questa sottoclasse è comunque opportuno verificare che ogni intervento sull'esistente e ogni nuova opera non interferiscano con la falda stessa. Deve essere assicurato e garantito il mantenimento e/o il miglioramento delle caratteristiche fisico chimiche delle acque della falda superficiale. [...] ..

Nel caso sia verificata l'interazione tra l'opera e la falda, l'opera in progetto dovrà garantire, attraverso specifiche indicazioni progettuali, la tutela della falda da ogni rischio di contaminazione sia durante la fase costruttiva dell'opera, sia successivamente.

Per le aree indicate a scarsa capacità portante l'indagine e la relazione dovranno individuare anche le eventuali operazioni da effettuarsi sul sottofondo e la tipologia di fondazione più adatta all'intervento previsto.

Aree colmate o rilevate (aree che, nel corso del processo di trasformazione sono state riempite o colmate con materiale estraneo o modificate dalla creazione di terrapieni). Qualsiasi modifica che sarà effettuata su queste aree dovrà preventivamente accertare con precisione la situazione litotecnica dei terreni di fondazione, la stabilità delle scarpate, la tendenza all'erosione per ruscellamento superficiale delle stesse, e ogni altro particolare in ordine alla stabilità delle fondazioni, interferenza con falde locali, stabilità dei pendii naturali e artificiali.

Comune di Costa Masnaga

La porzione ricadente in questo comune è ricompresa in classe di fattibilità 4: fascia di rispetto principale del Reticolo idrografico (Fascia A del PAI esterna ai centri edificati, fascia pertinenza fluviale da mantenere a disposizione per manutenzione e interventi di difesa idraulica).

Le Nta comunali riportano quanto segue (stralci).

Specifiche costruttive interventi edilizi: si assumono come riferimento gli artt. 12 e 13 del Regola-

mento comunale di Polizia Idraulica, di cui si riporta di seguito uno stralcio.

Sono consentite nell'ambito di tali settori le seguenti attività:

- *gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;*
- *le opere di difesa e di sistemazione idraulica delle sponde e dei manufatti per la regimazione dei deflussi e per la captazione o lo scarico delle acque, compresa la ricostruzione dei manufatti esistenti, senza la variazione di posizione e forme;*
- *la realizzazione di nuovi interventi infrastrutturali e nuove opere pubbliche a condizione che sia dimostrata l'assenza di alternative di localizzazione [...]....*
- *gasdotti, fognature, tubature e infrastrutture a rete in genere);*
- *[...]*
- *Quanto altro rientra nell'art. 29 delle Norme Tecniche di Attuazione allegate al Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico.*

[...]

L'intervento in esame si configura come intervento volto alla ricostruzione degli equilibri naturali alterati e all'eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica; è quindi compatibile con il quadro normativo vigente. Inoltre:

- verrà mantenuta una fascia di almeno 4 m lungo il corso del Lambro;
- all'interno della fascia di 4 m verranno realizzati solamente opere di ingegneria naturalistica atte alla stabilizzazione delle sponde;
- è stato effettuato uno studio di compatibilità idraulica sulla base del quale è stato redatto il progetto;
- il progetto non prevede la modificazione di impluvi, fossi o canali o intubamento delle acque all'interno degli stessi, né dell'assetto delle sponde o degli argini di corsi d'acqua naturali o artificiali;
- sono state effettuate indagini volte allo studio dei terreni presenti e alla ricostruzione del livello della falda;
- alcune opere edificatorie previste (vasche ecc...), saranno interessate dalla falda idrica locale; esse saranno in ogni caso realizzate a tenuta e utilizzando tutti gli accorgimenti necessari (anche in fase di realizzazione) atti alla tutela della falda.

Per quanto riguarda i Vincoli si rimanda a quanto già detto: presenza di Fasce PAI, fascia tipo 2 del Reticolo idrico, Parco Valle Lambro, vincoli D.Lgs 42/2004 (corsi d'acqua, boschi).

La *carta della pericolosità sismica locale*, inserisce il terreno in esame:

Z4a → tutta l'area in esame.

Comprende le zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi che potrebbero comportare effetti di amplificazione litologica e geometrica.

Z2 → la porzione ricadente in comune di Merone (si ricorda che i due comuni hanno adottato confini comunali differenti).

Comprende i settori con terreni di fondazione particolarmente scadenti e/o con depositi granulari finisaturi; per tali aree gli effetti prevedibili sono collegabili al verificarsi di cedimenti.

La normativa vigente prevede, con questi scenari, l'applicazione rispettivamente del 2° e 3° livello solamente caso di progetti di edifici strategici e rilevanti (quindi non nel caso in esame).

5.2 Studio del Reticolo Idrico Minore

Studio di riferimento principale in materia idraulica è lo studio del Reticolo Idrico Minore, il quale individua i corsi d'acqua appartenenti al reticolo minore, di competenza comunale, le fasce di rispetto degli stessi e le norme per esercitare le attività di polizia idraulica.

Il comune di Merone è dotato di tale studio redatto da Dr. Geol. W. Trentini (2004); esso è stato riportato nello studio del PGT.

Per il comune di Costa Masnaga lo studio è stato redatto dalla Viger srl (Dr. Geol. Vittorio Bruno e Dr. Geol. Marco Cattaneo) nel 2010.

Il Fiume Lambro appartiene al reticolo principale. Come già detto attorno al Lambro si ritrovano differenti fasce di rispetto (fasce tipo 1, tipo2, fasce PAI).

6 - INQUADRAMENTO SISMICO

6.1 Zonizzazione sismica Nazionale e Regionale

Per l'applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 Marzo 2003, è stata redatta una mappa della pericolosità sismica di base per tutto il territorio nazionale, con l'individuazione di quattro zone sismiche a pericolosità decrescente (zona 1, zona 2, zona 3, zona 4) e la formazione degli elenchi dei comuni compresi in ciascuna zona. Ogni zona sismica è contrassegnata da un diverso range di valori del parametro a_g corrispondente alla accelerazione di picco orizzontale del suolo, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità g , secondo la seguente tabella.

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

- Zona 1: è la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti
- Zona 2: zona in cui possono verificarsi terremoti abbastanza forti
- Zona 3: zona in cui possono verificarsi scuotimenti modesti
- Zona 4: zona meno pericolosa; possibilità di danni sismici basse

L' Ordinanza PCM 3274 ha richiesto anche la compilazione di una nuova mappa di pericolosità del territorio Nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s).

Tale mappa è stata approvata con Ordinanza PCM 28 aprile 2006 n. 3519.

La Regione Lombardia, con la D.G.R. 7 novembre 2003 n. 7/14964 "*Disposizioni preliminari per l'attuazione dell'ordinanza Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 recante primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*", ha confermato la classificazione sismica dei singoli comuni proposta dalla OPCM sopracitata ed ha stabilito i modi e i tempi di applicabilità della nuova normativa sismica sia per le costruzioni esistenti che per quelle future.

Ai Comuni di Merone e Costa Masnaga è quindi stata attribuita la zona sismica 4.

Regione Lombardia, con D.G.R. 11 luglio 2014, n. X/2129 ("Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)", ha provveduto all'aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni. La delibera in oggetto, pubblicata sul B.U.R.L. n. 29, S.O., del 16/7/2014, entrerà in vigore il 14 ottobre 2014.

Secondo questa nuova classificazione al comune di Merone è ancora attribuita la zona sismica 4, mentre al comune di Costa Masnaga è stata attribuita la zona sismica 3.

L'OPCM n. 3274/2003, oltre a definire una nuova classificazione dei Comuni nazionali, ha introdotto una classificazione del sottosuolo, in "*categorie di suolo di fondazione*", basata sulla stima di alcuni parametri fondamentali (V_s , N_{spt} , C_u , profondità del bedrock). Ad ogni categoria, sono stati attribuiti i valori dei parametri dello spettro di risposta per la stima delle azioni sismiche di progetto. Questa classificazione è stata ripresa (con alcune modifiche) nel D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni).

Le tabelle seguenti (tabella 3.2 II e 3.2 III del D.M. 14/01/2008), riassumono la classificazione del sottosuolo, secondo le citate "categorie".

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>

C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

6.2 Definizione dell'azione sismica

Con il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 sono state approvate le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni. La parte relativa alla determinazione delle azioni sismiche rappresenta una delle principali novità del nuovo testo normativo. Viene definitivamente abbandonato il concetto di "Zone Sismiche" e viene introdotto il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A) con superficie topografica orizzontale.

La "pericolosità sismica di base" costituisce quindi l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni.

Il modello di riferimento per la descrizione del moto sismico in un punto della superficie del suolo è costituito dallo spettro di risposta elastica costituito da uno spettro normalizzato considerato indipendente dal livello di sismicità, moltiplicato per il valore dell'accelerazione massima ($a_g \times S$) del terreno che caratterizza il sito di fondazione.

Gli spettri sono definiti in base a tre parametri fondamentali:

- a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro;
- T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione.

Questi parametri sono calcolati in funzione del "reticolo di riferimento". Sul territorio italiano è infatti stata individuata una maglia di circa 10 km di lato, associando a ciascun nodo la definizione di tali parametri. Partendo dai valori nei nodi, per ogni punto individuato sul ter-

ritorio mediante le sue coordinate geografiche (longitudine, latitudine) e attraverso interpolazione, è possibile individuare i parametri di pericolosità sismica per un periodo di ritorno (T_R) assegnato.

Il periodo di ritorno viene valutato in funzione della “Vita di Riferimento” (V_R) ed in base alla corrispondente probabilità del suo superamento allo stato limite che si intende verificare. La “Vita di Riferimento” (V_R) viene calcolata in funzione della “Vita Nominale” e del “Coefficiente d'uso” (C_U).

Per il terreno in esame, sono stati ricavati i valori dei parametri a_g , F_0 e T^*c , calcolati come media dei valori dei nodi della griglia di riferimento, presupponendo un Vita Nominale (VN) 50 anni e Classe d'Uso II, per i vari stati limite.

Questi parametri andranno verificati in fase progettuale/esecutiva dal Progettista.

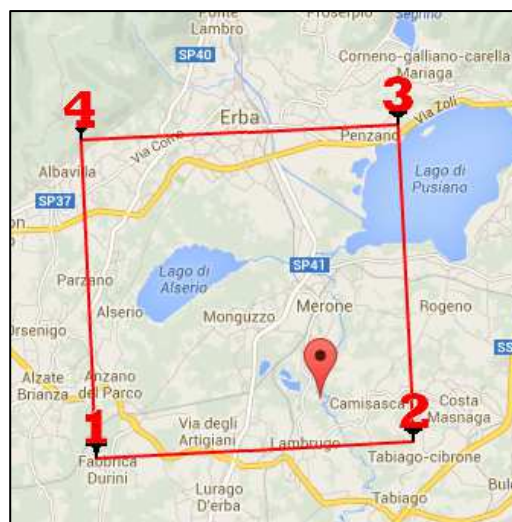
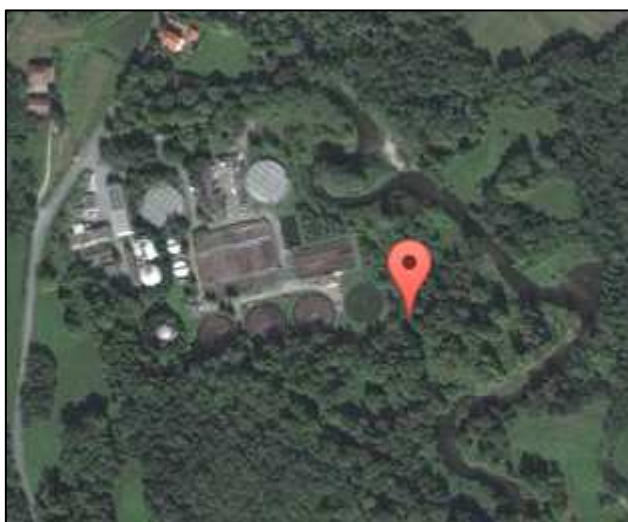
Dall'elaborazione (effettuata con il programma online Geostru PS Parametri sismici) si ottengono i parametri di azione sismica per i diversi stati limite.

E' stato scelto, quale punto di calcolo, uno circa centrale all'area di intervento.

Coordinate sito in esame (WGS84): latitudine: 45.767314 longitudine: 9.245123

I valori rispetto ai siti di riferimento sono i seguenti:

Sito 1	ID: 10929	Lat: 45,7589	Lon: 9,1957	Distanza: 4052,427
Sito 2	ID: 10930	Lat: 45,7614	Lon: 9,2671	Distanza: 1792,906
Sito 3	ID: 10708	Lat: 45,8114	Lon: 9,2635	Distanza: 4980,054
Sito 4	ID: 10707	Lat: 45,8089	Lon: 9,1921	Distanza: 6163,931



Parametri assunti/calcolati: Classe edificio: II Vita nominale: 50 Coefficiente c_u : 1

Stato limite	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0,018	2,579	0,158
SLD	50	0,023	2,558	0,185
SLV	475	0,048	2,639	0,277
SLC	975	0,058	2,675	0,298
Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50				

Eventuali discordanze tra le ipotesi (classe uso, vita nominale...) e quanto previsto dal Progettista/Strutturista comporterà una nuova valutazione dei parametri e dei coefficienti sismici.

La definizione delle azioni di progetto comporta, oltre alla conoscenza della “pericolosità sismica di base”, la definizione di altri parametri. Si tratta in pratica di “modificare” la forma spettrale del sottosuolo di categoria A, attraverso un coefficiente stratigrafico (S_s), un coefficiente topografico (S_t) e un coefficiente in funzione della categoria (C_c) che modifica il valore del periodo T_c .

Per l'eventuale definizione delle azioni di progetto si rimanda quindi ad una eventuale fase successiva, a seguito della definizione dei parametri necessari.

Si ricorda infine che per le opere ricadenti in Zona Sismica 4, le Norme Tecniche vigenti dal 1 Luglio 2009 (D.M. 14 gennaio 2008) consentono l'utilizzo di due diversi metodi semplificati di progettazione e verifica strutturale che non necessitano dei parametri sismici di sito.

7 - INDAGINI GEOGNOSTICHE: DESCRIZIONE INDAGINI E RISULTATI

Le indagini geognostiche volte alla ricostruzione litostratigrafica del sottosuolo e alla caratterizzazione fisico-chimica preliminare dei terreni sono consistite in:

- n. 6 sondaggi a carotaggio continuo, spinti fino a profondità di 5 m dal p.c.;
- posa di piezometri all'interno di ciascun foro di sondaggio e misure freatiche;
- esecuzione di 2 prove di permeabilità in ciascun foro di sondaggio (tot. 12 prove);
- prelievo di 2 campioni disturbati durante l'esecuzione di ciascun sondaggio (tot. 12 campioni);
- analisi granulometrica di 1 campione per sondaggio (tot. 6 campioni);
- analisi chimica di 1 campione per sondaggio (tot. 6 campioni).

7.1 Sondaggi meccanici

Sono stati eseguiti n. 5 sondaggi (denominato S1, S2, S3, S4, S5 e S6) a carotaggio continuo, spinti fino alla profondità di 5 m da p.c..

L'ubicazione è riportata nella Tavola 2 allegata a fine testo.

Per quanto riguarda la modalità di avanzamento è stato utilizzato il sistema a carotiere semplice con diametro di 101 mm. A seguito di ogni manovra si è proceduto all'approfondimento del tubo di rivestimento avente diametro di 127 mm per impedire il collasso del foro. I primi metri sono stati perforati "a secco" mentre poi si è proceduto utilizzando acqua come fluido di perforazione.

Durante l'avanzamento sono state effettuate prove di permeabilità in ogni sondaggio alle profondità di -1,5/2,0 m e di 4,5/-50, m da p.c..

I campioni estratti dai carotieri sono stati sistemati in apposite cassette catalogatrici. Sono quindi state redatte le stratigrafie tecniche delle carote estratte.

Infine sono stati prelevati due campioni disturbati per foro da sottoporre ad analisi di laboratorio; il campione più superficiale (prelevato a profondità non superiori a 2 m e denominati con la lettera C) è stato sottoposto ad analisi chimica, mentre il secondo (prelevato a profondità maggiori e denominati con la lettera G) è stato sottoposto ad analisi granulometrica.

Le stratigrafie dei sondaggi sono allegate a fine testo ed ad esse si rimanda per una descrizione dettagliata dei terreni indagati.

In linea generale i sondaggi hanno messo in luce una situazione stratigrafica molto disomogenea sia in senso verticale che orizzontale. Si osserva, infatti, un alternarsi di lenti/orizzonti intercalati tra di loro a differente granulometria: si passa da limi argillosi (con frazione fine di limo+argilla >90%) a ghiaie con sabbie (con frazione fine di limo+argilla <10%) passando per miscele di differenti percentuali granulometriche.

Volendo sintetizzare e schematizzare si possono individuare i seguenti orizzonti (dalla superficie scendendo in profondità).

- Lo strato superficiale è costituito da terreno riportato/rimaneggiato nei sondaggi S1 e S2 (*) e da terreno di coltivo negli altri sondaggi. Lo spessore varia da circa 0,5 cm per il coltivo (sondaggi da S3 a S6) mentre nei sondaggi S2 e S1 presenta spessore maggiore (1,0 – 1,5 m). → ORIZZONTE A
- Segue in profondità un orizzonte a granulometria prevalentemente limoso-sabbiosa → → ORIZZONTE B. Esso non è comunque uniforme sia orizzontalmente che vertical-

mente. A prescindere dalle intercalazioni / lenti a differente granulometria (vedi in particolare sondaggio S2 fino a -1,8 m e S3 fino a circa -1 m da p.c.) presenta una porzione più superficiale di color di colore marrone nocciola (non presente in S1) a cui seguono terreni più scuri (marrone scuro nerastro, grigio con screziature ecc....) che presenta a tratti abbondanti resti vegetali (legno e qualche foglia) (non osservati nel sondaggio S6 e molto ridotto in S5).

- A partire dalla profondità variabile tra -2 e -3 m da p.c. (-1 m in S6) la granulometria generale aumenta → ORIZZONTE C. Si riscontra infatti la presenza di due tipologie differenti di terreno, talvolta presenti entrambe (sovrapposte) mentre in alcune verticali di indagine solamente una (almeno fino alla profondità indagata. Il primo tipo (più superficiale dove presente e con spessori molto variabili) è composto prevalentemente da sabbie limose e sabbie che contengono ancora dei resti vegetali (che scompaiono con la profondità); rappresenta una sorta di transizione tra l'orizzonte superiore e la seconda tipologia di depositi presenti. Questi sono costituiti da sabbie ghiaiose, ghiaie sabbiose, ghiaie con fine scarso ma non assente (non maggiore del 10 - 20%) e privi dei resti vegetali.
- L'ORIZZONTE D è stato riscontrato solamente nei sondaggi S1 e S6 a partire dalla profondità di circa -3,54 m da p.c. fino alla massima profondità investigata. Si tratta di un livello uniforme costituito da limo argilloso di colore grigio azzurro.

(*) Nel sondaggio S2 si osserva un livello superficiale di circa 1 m di materiale riportato (ghiaia e sabbia con ciottoli in matrice limosa con resti di laterizi) e nel sondaggio S1 di un livello (con base a circa -1,6 m da p.c.) costituito sabbia e ghiaia con ciottoli che potrebbe essere anch'esso materiale riportato/rimaneggiato. La zona a ridosso del confine est dell'impianto (dove si ubicano questi sondaggi) è probabilmente stata interessata da movimenti terra (riporti) effettuati nel tempo per l'ampliamento dell'impianto stesso.

7.2 Livello di falda

Ogni foro di sondaggio è stato attrezzato con un tubo piezometrico. Le misure freaticometriche effettuate hanno individuato la presenza di una falda continua.

Esse hanno infatti individuato acqua a quote medie di -2,1/2,2 m da p.c. nei sondaggi S1 e S2 e di -1,3/-1,4 m da p.c. negli altri sondaggi.

Analizzando le misure effettuate, riportate nella tabella seguente, sembrerebbe quindi che il livello idrico (nella zona in esame) sia connesso al F. Lambro. Si osservano infatti le soggiacenze maggiori nella zona a ridosso dell'impianto esistente cioè in corrispondenza dei sondaggi S1 e S2 e via via minori avvicinandosi al Lambro dove il gradiente della falda

è estremamente ridotto e quindi il livello idrico risulta circa coincidente con il livello dell'acqua nel fiume stesso.

	quota p.c. (**) (m s.l.m.)	livello falda da p.c.			
		(m da p.c.)	(m s.l.m.)	(m da p.c.)	(m s.l.m.)
S1	243,9	2,45	241,45	2,21	241,69
S2	243	1,90	241,10	2,01	240,99
S3	242	1,67	240,33	1,58	240,42
S4	241,5	1,11	240,39	1,01	240,49
S5	241,6	1,53	240,07	1,42	240,18
S6	241,7	1,28	240,42	1,18	240,52
		25/07/2014		03/09/2014	

(**) quote desunte dal rilievo topografico (passibili quindi di piccole differenze)

7.3 Analisi granulometriche

L'obiettivo dell'analisi granulometrica è quello di raggruppare, in diverse classi di grandezza, le particelle costituenti il terreno e di determinare successivamente le percentuali in peso di ciascuna classe, riferendole al peso secco del campione iniziale. Le informazioni ottenute dall'analisi granulometrica vengono presentate sottoforma di curve, dove ad ogni diametro del setaccio considerato, viene indicata la percentuale in peso rispetto al campione secco iniziale, della frazione passante (percentuale in peso di campione che passa da un determinato setaccio). Allo scopo di visualizzare più facilmente la distribuzione del materiale, i diametri delle particelle sono rappresentati in scala logaritmica.

Il campione umido viene messo in forno per eliminare tutta l'acqua presente nel terreno. Si procede poi alla setacciatura che viene eseguita tramite una serie di setacci incolonnati uno sopra l'altro con maglie crescenti dal basso verso l'alto (con aperture fino a 0,074 mm). Per la componente più fine (diametro dei granuli <0,074 mm) è stato applicato il metodo del densimetro (areometria). Il materiale viene immerso in un cilindro graduato, agitato e lasciato sedimentare. In tal modo è possibile misurare la densità del fluido in corrispondenza della parte mediana del cilindro (tramite densimetro) col passare del tempo e quindi calcolare le velocità di sedimentazione. Ciò si basa sulla legge di Stokes, secondo la quale si può determinare il diametro di una sfera avente il peso specifico noto, della quale sia nota la velocità di caduta, all'interno di un liquido di peso specifico e viscosità conosciuti.

I risultati ottenuti sono sintetizzati nella tabella seguente mentre in allegato a fine testo si riportano i risultati completi.

Campione	Profondità prelievo (m da p.c.)	Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	argilla (%)	Denominazione
S1G1	3,5 – 4,0	0,00	8,99	70,73	20,28	Limo argilloso debolmente sabbioso
S2G1	3,5 – 4,0	3,80	72,59	17,87	5,74	Sabbia limosa debolmente argillosa con tracce di ghiaia
S3G1	4,0 – 5,5	62,77	62,77	27,24	9,99	Ghiaia con sabbia debolmente limo-argillosa
S4G1	4,5 – 5,0	45,45	44,71	9,84		Ghiaia con sabbia debolmente limo-argillosa
S5G1	4,2 – 5,0	17,4	62,27	14,29	6,04	Sabbia ghiaiosa limosa debolmente argillosa
S6G1	3,8 – 4,0	0,00	9,55	68,04	22,41	Limo argilloso debolmente sabbioso

7.4 Prove di permeabilità tipo Lefranc

Le prove di permeabilità in sito sono intese a determinare il coefficiente di permeabilità dei terreni. Sono di vario tipo, e le modalità esecutive sono da determinare sia in funzione del tipo di terreno.

La prova consente di misurare la permeabilità (o conducibilità idraulica) del terreno in un foro di sondaggio; a seconda della geometria realizzata in corrispondenza del tratto di foro prescelto e quindi della direzione del flusso che si instaura durante la prova, la permeabilità misurata sarà quella orizzontale (K_h) o quella verticale (K_v). Se tali prove devono essere eseguite a diverse profondità, la perforazione va periodicamente interrotta per l'esecuzione della prova; va quindi realizzata una sezione filtrante al fondo del foro, sollevando per una lunghezza prestabilita la colonna di rivestimento o eseguendo un tratto di perforazione sotto la scarpa della colonna stessa. Tutto il tratto del foro non interessato dalla prova deve essere rivestito con una tubazione, e particolare cura va posta per evitare risalita dell'acqua all'esterno del tubo di rivestimento.

Le prove possono essere condotte:

- con carico idraulico costante, mantenendo fisso il livello dell'acqua immessa nel tubo di rivestimento e misurando la portata di regime;
- a carico idraulico variabile, misurando la variazione nel tempo del livello dell'acqua nel foro, dopo aver creato un temporaneo innalzamento (o abbassamento, per prove eseguite al di sotto della falda acquifera) riempiendo il foro d'acqua (o emungendo acqua dalla falda).

Per lo studio in esame sono state realizzate di 2 prove di permeabilità in ciascun foro di sondaggio e precisamente tra le profondità di -1,5/-2,0 m (denominate LA) e di -4,5/5,0 m

da p.c. (denominate LB). Tutte le prove (tranne una) sono state eseguite a carico variabile in abbassamento; solamente la prova LB nel sondaggio S6 è stata realizzata a carico costante in quanto, per la permeabilità elevata, non era fattibile misurare i tempi di abbassamento (che risultavano troppo veloci per una misurazione).

Le prove a carico variabile in abbassamento si eseguono riempiendo il foro d'acqua per un'altezza nota e misurando la velocità di abbassamento del livello; possono essere eseguite anche nel terreno al di sopra del livello di falda; in questo caso il terreno deve essere preventivamente saturato. I passi per la sua esecuzione sono:

- misurare il livello della falda prima di eseguire la prova;
- alzare il più possibile il livello del rivestimento e riempire con acqua fino all'estremità superiore del tubo;
- dal momento in cui si sospende l'immissione dell'acqua si inizia a misurarne il livello nel rivestimento ad intervalli di tempo frequenti, annotando ora, minuto e secondo di ciascuna lettura; gli intervalli di tempo, cioè la frequenza delle letture, verranno scelti basandosi sulla velocità di discesa dell'acqua nel rivestimento.

Le prove a carico costante si eseguono misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello dell'acqua nel foro.

I risultati ottenuti sono sintetizzati nella tabella seguente mentre in allegato a fine testo si riportano i risultati completi.

Sondaggio	Prova	Profondità (m da p.c.)	Coefficiente di permeabilità (K) (m/s)	Grado di permeabilità	Drenaggio
S1	LA	1,5 – 2,0	$1,1 * 10^{-6}$	<i>basso</i>	<i>povero</i>
	LB	4,5 – 5,0	$1,1 * 10^{-6}$	<i>basso</i>	<i>povero</i>
S2	LA	1,5 – 2,0	$1,1 * 10^{-7}$	<i>basso</i>	<i>povero</i>
	LB	4,5 – 5,0	$2,6 * 10^{-5}$	<i>medio</i>	<i>buono</i>
S3	LA	1,5 – 2,0	$3,4 * 10^{-6}$	<i>basso</i>	<i>povero</i>
	LB	4,5 – 5,0	$8,9 * 10^{-6}$	<i>basso</i>	<i>povero</i>
S4	LA	1,5 – 2,0	$2,5 * 10^{-8}$	<i>molto basso</i>	<i>povero</i>
	LB	4,5 – 5,0	$1,0 * 10^{-3}$	<i>alto</i>	<i>buono</i>
S5	LA	1,5 – 2,0	$3,5 * 10^{-7}$	<i>basso</i>	<i>povero</i>
	LB	4,5 – 5,0	$3,8 * 10^{-6}$	<i>basso</i>	<i>povero</i>
S6	LA	1,5 – 2,0	$3,2 * 10^{-3}$	<i>alto</i>	<i>buono</i>
	LB (***)	4,5 – 5,0	$1,9 * 10^{-5}$	<i>medio</i>	<i>buono</i>

(***) prova non attendibile

7.5 Analisi chimiche

Come già detto in ogni sondaggio è stato prelevato un campione da sottoporre ad analisi chimica. Nella seguente tabella sono riportati i nomi dei campioni prelevati e le profondità di prelievo.

Sondaggio	Campione	Profondità di prelievo (m da p.c.)
S1	S1C1	-1,7 / -2,0
S2	S2C1	-1,7 / -2,0
S3	S3C1	-1,7 / -2,0
S4	S4C1	-0,9 / -1,2
S5	S5C1	-1,2 / -1,5
S6	S6C1	-0,7 / -1,0

Il campionamento è avvenuto mediante l'ausilio d'attrezzi puliti e con l'uso di guanti, previa setacciatura (se necessario) (mediante vaglio 20 mm) per l'esclusione della frazione superiore ai 2 cm.

I campioni sono stati sottoposti ad analisi chimica con ricerca dei seguenti elementi (set base del DM 10 agosto 2012 n. 161):

- Idrocarburi pesanti (C>12);
- Metalli (arsenico, cadmio, cobalto, cromo totale, cromo esavalente, rame, mercurio, nichel, piombo, zinco);
- Amianto.

Il limiti normativi di riferimento sono individuati nelle Concentrazioni Soglia di Contaminazione dell'Allegato 5 della Parte Quarta, del d.lgs. 152/06.

I risultati delle analisi chimiche condotte, riportati integralmente in allegato alla presente relazione, evidenziano come tutti i parametri ricercati presentino una concentrazione al di sotto dei limiti imposti per aree a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale (colonna A).

Resta inteso che i risultati sono riferiti unicamente ai punti di scavo e alle profondità di campionamento.

I rapporti di prova emessi dal laboratorio (P&P LMC s.r.l. di Seriate) sono allegati a fine testo.

8 - INDICAZIONI PRELIMINARI SULLE OPERE

Il sistema di trattamento in progetto prevede, in linea generale, il seguente schema:

- Trattamenti preliminare → stazione di sollevamento, grigliatura e dissabbiatura;
- Trattamento secondario tramite fitodepurazione → stazione di sollevamento, sistema di fitodepurazione a flusso sommerso verticale aerato e sistema di fitodepurazione a flusso libero.

Sono inoltre previsti interventi per la messa in sicurezza idraulica e controllo dell'erosione della sponda dx del Lambro lungo l'area di intervento, mediante opere di ingegneria naturalistica, opere di ripulitura, riqualificazione e potenziamento della fascia ripariale, percorsi pedonali in terra battuta e/o ghiaia per consentire la fruizione dell'area oltre all'istallazione e creazione di tutta l'attrezzatura necessaria al monitoraggio e funzionamento del progetto.

Con riferimento al progetto visionato si possono riportare delle considerazioni riportate di seguito riguardo le opere principali da realizzare; si rimanda alla fase esecutiva (in cui verranno realizzate ulteriori indagini in corrispondenza delle opere civili in progetto) la definizione del modello e dei calcoli geotecnici.

8.1 Stazione di sollevamento (del trattamento primario)

Sarà costituita da un manufatto in cemento armato realizzato in opera, di dimensioni interne in pianta 10,0 x 6,0 m per 3,0 m di altezza, chiuso mediante soletta in cls di spessore 25 cm. La vasca sarà appoggiata su fondazione in cls con doppia rete elettrosaldata di spessore 25 cm.

Riferimento indagine: sondaggio → S1 (q. 243,9 m s.l.m.)
falda → -2,45/-2,21 m da p.c. = 241,45/241,69 m s.l.m.
Quota fondazione: circa 238,5 m s.l.m. (porzione ribassata) → in falda
Scavi previsti: almeno 5 - 6 m

Sulla base dei dati ad oggi disponibili si possono riportare le seguenti considerazioni di carattere preliminare, premettendo comunque che a causa dell'ambiente geologico di sedimentazione, tutta la zona è caratterizzata da un alternarsi di lenti/orizzonti a granulometria variabile intercalati tra di loro sia in senso verticale che orizzontale. E' quindi molto probabile che ad uguale profondità si incontrino terreni di natura e comportamento geotecnico differente a distanza di pochi metri.

In sede di progetto esecutivo verranno realizzate indagini penetrometriche in corrispondenza del sedime delle nuove strutture che permetteranno di determinare i parametri geotecnici dei terreni di fondazione e di scavo.

Le fondazioni agiranno presumibilmente nell'ultimo livello (Orizzonte D) individuato dal sondaggio effettuato (S1). Questo livello, che si riscontra a partire da circa -3,5 m da p.c. (lungo la verticale di indagine), è costituito da limo argilloso debolmente sabbioso di colore grigio azzurro.

L'analisi granulometrica ha fornito le seguenti percentuali:

ghiaia = 0% - sabbia = 8,99% - limo = 70,73% - argilla = 20,28%

Le indicazioni ricavate dalle misure del pocket penetrometro permettono di definire i terreni come molli/poco consistenti. Il sondaggio realizzato in questa fase, per le sue finalità, non ha in ogni caso indagato molto al di sotto della quota di fondazione.

Nell'ipotesi di fondare su questi terreni ** (ipotesi da verificare con le indagini a causa della eterogeneità della stratigrafia locale) si ipotizza quanto segue.

- Data la tipologia della fondazione e dell'opera non si prevedono evidenti problematiche per quanto riguarda la portata (teorica) della fondazione; nonostante la presenza della falda e ipotizzando terreni non particolarmente idonei, la tipologia di fondazione (platea) ed il rinterro elevato portano ad ottenere elevati valori di capacità portante.
- L'elemento più limitante che andrà tenuto conto è l'entità dei cedimenti. A causa della granulometria dei terreni fondazionali (elevata presenza di terreni fini) è ipotizzabile un importante cedimento a medio lungo termine. Inoltre non si esclude a priori la possibilità di andare incontro a cedimenti differenziali dovuti a differenti spessori/natura degli orizzonti litologici al di sotto del piano fondazione. Non si esclude quindi la possibilità di dover intervenire con interventi che permettano di uniformare/migliorare i terreni di fondazione (ad es. mediante "bonifica litologica").

*** Si fa notare comunque che, da indagini consultate e realizzate in passato (da altri professionisti) all'interno dell'area del depuratore, mostrano un generale incremento del grado di addensamento dei terreni con la profondità ed in particolare a partire da circa -6 m da p.c.*

Altro fattore da tenere in considerazione sarà la sottospinta idraulica dovuta al fatto che la vasca sarà immersa per circa 3 m in falda.

Per quanto riguarda gli scavi, che saranno di notevole entità (5 - 6 m), si esplicita quanto segue.

- La notevole altezza degli sbancamenti, unitamente alla natura dei terreni interessati dagli stessi (alternanze di terreni grossolani e fini) ed alla logistica dei luoghi (presenza di numerose strutture limitrofe e adiacenti) non permettono di prevedere l'esecuzione sca-

vi liberi. Dovranno quindi essere realizzate opere preventive di sostegno scavi che andranno adeguatamente progettate e dimensionate sia sulla base del progetto esecutivo, sia dei terreni presenti, sia della tipologia delle strutture esistenti (paratia di micropali, palancole infisse??).

- Gli scavi saranno interessati, all'incirca per metà della loro altezza, dalla falda; dovranno quindi essere predisposti adeguati sistemi di aggettamento/allontanamento delle acque in fase di scavo.

Si ricorda infine che la parte sommitale di terreno potrebbe essere costituita da materiale riportato/rimaneggiato nel tempo in concomitanza delle fasi di ampliamento dell'impianto di depurazione esistente.

8.2 Grigliatura e Dissabbiatore aerato

I due manufatti avranno quote di fondazione rispettivamente a circa 242,8 m s.l.m. e di 240,8 m s.l.m.. Essendo la quota media del p.c. attuale a circa 255 m s.l.m., si prevedono scavi rispettivamente di circa 1,2 (grigliatura) e 3 m.

In questa zona non è stato realizzato un sondaggio, le indicazioni seguenti sono quindi effettuate utilizzando i dati esistenti. Si rimanda alle successive indagini da realizzare la conferma, oltre che l'integrazione di quanto detto.

Per quanto riguarda la falda il suo livello statico dovrebbe trovarsi a circa 241 m s.l.m.

Per quanto riguarda le fondazioni è ipotizzabile che saranno poggiate come segue:

- Grigliatura → livello superficiale di materiale riportato/rimaneggiato o limo ghiaioso-sabbioso con resti vegetali (Orizzonte B)
→ fuori falda;
- Dissabbiatore → livello limo ghiaioso-sabbioso con resti vegetali (o livello sabbioso-limoso) (Orizzonte B);
→ fondazioni nella fascia di oscillazione della falda in base alle sue variazioni stagionali.

Per quanto riguarda le caratteristiche del livello di limo ghiaioso-sabbioso le indicazioni ricavate dalle misure del pocket penetrometro permettono di definire i terreni come moderatamente consistenti/moderatamente addensati.

Per quanto riguarda gli scavi, allo stato attuale delle conoscenze, è ipotizzabile che vi sia spazio a sufficienza per sagomare i fronti secondo adeguate inclinazioni (max. 45°); Tale ipotesi dovrà essere comunque verificata. Inoltre è ipotizzabile che essi saranno per la maggior parte fuori falda; solamente per la realizzazione del dissabbiatore la falda (sulla

base dei dati disponibili attualmente) potrebbe interessare lo scavo per una altezza ridotta ($< 0,5$ m); potrebbe quindi essere sufficiente predisporre un sistema di aggotamento e allontanamento delle acque da fondo scavo.

Si ricorda infine che la parte sommitale di terreno potrebbe essere costituita da materiale riportato/rimaneggiato nel tempo in concomitanza delle fasi di ampliamento dell'impianto di depurazione.

8.3 Stazione di sollevamento (del trattamento secondario)

Sarà costituita da un manufatto in cemento armato realizzato in opera, di dimensioni interne in pianta $16,0 \times 6,0$ m per 2,50 m di altezza, chiuso mediante soletta in cls di spessore 25 cm. La vasca sarà appoggiata su fondazione in cls con doppia rete elettrosaldata di spessore 25 cm.

Riferimento indagine: sondaggio \rightarrow S2 (q. 243 m s.l.m.)
falda $\rightarrow -1,9/-2,01$ m da p.c. = 241,1/240,99 m s.l.m.
Quota fondazione: circa 240,3 m s.l.m. (quota porzione ribassata) / 240,8 m s.l.m.
 \rightarrow in falda
Scavi previsti: mediamente di 3,5 m (comunque < 4 m)

Sulla base dei dati disponibili si possono fare le seguenti considerazioni di carattere preliminare premettendo comunque che nella zona in esame, a causa dell'ambiente geologico di sedimentazione dei terreni, tutta la zona è caratterizzata da un alternarsi di lenti/orizzonti intercalati tra di loro sia in senso verticale che orizzontale. E' quindi molto probabile che ad eguale profondità si incontrino terreni di natura e comportamento geotecnico differente a distanza di pochi metri.

In sede di progetto esecutivo verranno realizzate indagini penetrometriche (in corrispondenza delle nuove strutture da realizzare) che permetteranno di determinare i parametri geotecnici dei terreni oggetto di fondazione e di scavo.

Le fondazioni agiranno presumibilmente nel livello (Orizzonte B) costituito da limo sabbioso / limo con sabbia e caratterizzato da livelli ricchi di resti vegetali (legno e foglie), individuato dal sondaggio S2 fino alla profondità di circa -3 m da p.c.).

Per quanto riguarda le caratteristiche del livello limo ghiaioso-sabbioso le indicazioni ricavate dalle misure del pocket penetrometro permettono di definire i terreni come moderatamente consistenti/moderatamente addensati.

Nell'ipotesi di fondare le strutture su questi terreni (ipotesi da verificare con le indagini da-

ta la eterogeneità della stratigrafia locale) si ipotizza quanto segue.

- Data la tipologia della fondazione e dell'opera non si prevedono grandi problematiche per quanto riguarda la portata (teorica) della fondazione nonostante la presenza della falda (per la tipologia di fondazione e per l'elevato rinterro);
- L'elemento che andrà verificato adeguatamente in fase di progetto esecutivo risulta essere l'entità dei cedimenti sia quelli assoluti che gli eventuali differenziali, soprattutto in riferimento alla presenza di materiale vegetale.

Altro fattore da tenere in considerazione sarà la sottospinta idraulica dovuta al fatto che la vasca sarà immersa per circa 1 m.

Per quanto riguarda gli scavi, che saranno di entità al massimo di 3,5 / 4 m si evidenzia quanto segue.

- Premesso che sarà necessario verificare le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati, si può comunque ipotizzare che eventuali scavi liberi possano essere realizzati mantenendo fronti secondo adeguate inclinazioni (max. 45°) e gradonando il fronte con 2 gradoni. Andrà quindi valutata la possibilità di effettuare scavi liberi in relazione alla distanza delle strutture adiacenti; nel caso non fosse possibile andranno realizzate opere preventive di sostegno scavi.
- Gli scavi saranno interessati da un battente idrico, variabile in relazione alla variazione della falda, ma grossomodo di 1 m; dovranno quindi essere predisposti adeguati sistemi di aggettamento / allontanamento delle acque in fase di scavo.

Si ricorda infine che la parte sommitale di terreno potrebbe essere costituita da materiale riportato/rimaneggiato nel tempo in concomitanza delle fasi di ampliamento dell'impianto di depurazione.

8.4 Sistema di fitodepurazione aerato

Le acque provenienti dallo sfioratore fognario verranno inviate, dopo pre-trattamento, ad un sistema di filtrazione estensivo per acque meteoriche potenziato con aerazione, composto da due vasche, suddivise in due settori uguali ed idraulicamente separati. Le vasche avranno forme naturaliformi, saranno profonde circa 2,15 metro; al loro interno si prevede un pacchetto di inerti di 105 cm.

Riferimento indagine: sondaggi → S3 (q. 243 m s.l.m.)
S4 (q. 241,5 m s.l.m.)
S5 (q. 241,6 m s.l.m.)

falda → quota media 240,2/240,6 m s.l.m.

Sondaggio	quota p.c. (*) (m s.l.m.)	livello falda da p.c.			
		(m da p.c.)	(m s.l.m.)	(m da p.c.)	(m s.l.m.)
S3	242	1,67	240,33	1,58	240,42
S4	241,5	1,11	240,39	1,01	240,49
S5	241,6	1,53	240,07	1,42	240,18
			25/07/2014	03/09/2014	

(*) quote desunte dal rilievo topografico (passibili quindi di piccole differenze)

Quota fondo scavo/movimento terra: 241,7 m s.l.m.

La vasche verranno realizzate effettuando movimenti terra (scavi / riporto) fino a creare un "fondo vasche" alla quota di 241,7 m s.l.m., verrà poi riportato materiale inerte fino alla quota di 242,9 m s.l.m. (per il fondo vasca) e di 244 m s.l.m. (in corrispondenza delle strade/argini vasche).

Gli scavi previsti avranno quindi entità ridotte, raggiungeranno altezze massime inferiori a 1,5 m e si ridurranno (spostandosi da nord a sud e da est a ovest, cioè avvicinandosi al F. Lambro) fino a scomparire ed avere zone in cui verrà riportato materiale per raggiungere la quota prevista.

In ogni caso, anche dove teoricamente non si prevedono scavi, andrà asportata la coltre superficiale di terreno di coltivo.

Il fondo vasche" (quota di 241,7 m s.l.m.) non sembra possa intercettare la falda (almeno sulla base dei dati attualmente disponibili).

Sulla base dei sondaggi eseguiti si osserva che alla quota prevista per il "fondo vasche" (di 241,7 m s.l.m.) i terreni presenti sono costituiti o dal livello superficiale di terreno di coltivo (orizzonte A) o dal sottostante livello composto prevalentemente da limo sabbioso (orizzonte B). Questo orizzonte, che presenta permeabilità generalmente bassa, può presentare al suo interno qualche livello sottile più sabbioso; inoltre data la possibilità che esso non sia costante (ne come spessore, ne come composizione ne come distribuzione) all'interno dell'area, non si può garantire la completa protezione da infiltrazioni nel sottosuolo. Si ritiene quindi necessario realizzare l'impermeabilizzazione delle vasche.

Per quanto riguarda i movimenti terra per la formazione delle vasche, come già detto, si evince quindi che essi interesseranno, per la maggior parte, il livello superficiale di terreno di coltivo ed il sottostante livello prevalentemente da limo sabbioso.

Premesso che la coltre di coltivo non è idonea ad essere utilizzata come materiale per la

formazione degli argini in rilevato delle vasche di fitodepurazione (tale terreno va comunque conservato e utilizzato per la finitura del profilo modificato), si può ragionevolmente ipotizzare che esso possa essere utilizzato per la formazione degli argini stessi.

Sarà comunque necessario miscelare il terreno in particolar modo qualora si utilizzi terreno a granulometria più grossolana (proveniente sempre dalle operazioni di scavo all'interno dell'area di cantiere).

Gli argini in rilevato dovranno essere realizzati per strati non superiori a 30 cm e adeguatamente costipati.

8.5 Sistema a flusso libero

Il sistema a flusso libero superficiale avrà la funzione di affinare ulteriormente le acque, alternando zone più profonde di accumulo e di calma a zone con una altezza d'acqua minore e presenza di piante. Il sistema a flusso libero sarà realizzato modellando il terreno per ottenere un canale con altezze del pelo libero variabili da 0 m a 0,8 m.

Lo scarico finale avverrà tramite un canale rivestito in pietrame, sul quale viene realizzata una soglia stramazzante in pietra, tale da mantenere il livello dell'acqua nei laghetti ad una quota di 241 m s.l.m.

Riferimento indagine: sondaggi → S5 (q. 241,6 m s.l.m.)
S6 (q. 241,7 m s.l.m.)

Sondaggio	quota p.c. (*) (m s.l.m.)	livello falda da p.c.			
		(m da p.c.)	(m s.l.m.)	(m da p.c.)	(m s.l.m.)
S5	241,6	1,53	240,07	1,42	240,18
S6	241,7	1,28	240,42	1,18	240,52
		25/07/2014		03/09/2014	

(*) quote desunte dal rilievo topografico (passibili quindi di piccole differenze)

Quota fondo laghetti: 240,5 m s.l.m.
Stradina esterna: 241,5 m s.l.m.

I laghetti verranno realizzati effettuando movimenti terra (per lo più scavo e in minor parte riporto) fino a raggiungere la quota di 240,5 m s.l.m.. Lo scavo medio è di circa 1 m, con massimi di 2 m e minimi di 0 (in ogni caso, anche dove teoricamente non si prevedono scavi, andrà asportata la coltre superficiale di suolo).

Sulla base dei sondaggi eseguiti si osserva che alla quota prevista per il fondo dei laghetti (di 240,5 m s.l.m.) i terreni presenti sono costituiti da sabbia con limo (sondaggio S5) e da ghiaie e sabbie (sondaggio S6) (orizzonti B/C). In ogni caso data la variabilità laterale e

verticale che caratterizza la stratigrafia locale, non è escluso che potrebbero anche riscontrarsi terreni di differente natura.

Il fondo dei laghetti (quota di 240,5 m s.l.m.) verrà a trovarsi o appena al di sopra del livello di falda (con riferimento al sondaggio S5) o nella fascia di oscillazione della falda in base alle sue variazioni stagionali (con riferimento al sondaggio S6).

Si segnala che la prova di permeabilità eseguita nel sondaggio S6, alla profondità di 1,5/2 m da p.c., quindi nei terreni che si incontreranno a fondo laghetto, ha evidenziato una permeabilità elevata. Quindi, sebbene in altre zone la permeabilità potrebbe ridursi, si ritiene non possibile non prevedere interazioni con la falda freatica .

Per quanto riguarda i movimenti terra si può ragionevolmente ipotizzare che gli scavi interesseranno differenti tipologie di terreni: terreno di coltivo, livello limoso-sabbioso (spessore medio ipotizzabile in 1 m), sabbia con limo, ghiaie e sabbie.

Premesso che la coltre di suolo non risulta idonea ad essere utilizzata come materiale per la formazione degli argini in rilevato (tale terreno andrà comunque conservato e utilizzato per la finitura del profilo modificato), si può ragionevolmente ipotizzare che i terreni presenti possano essere utilizzati per la formazione degli argini stessi.

Sarà comunque necessario miscelare il terreno in particolar modo qualora si utilizzi terreno a granulometria più grossolana (proveniente sempre dalle operazioni di scavo all'interno dell'area di cantiere).

Gli argini in rilevato dovranno essere realizzati per strati non superiori a 30 cm e adeguatamente costipati.

9 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione geologica è stata redatta a supporto della progettazione definitiva dell'intervento di "Affinamento depurativo a valle del depuratore in Comune di Merone (CO)". Gli interventi previsti hanno lo scopo di contribuire al piano di risanamento delle acque del fiume Lambro, si prevede la realizzazione di in sistema di finissaggio, con tecniche naturali, delle acque di sfioro di prima pioggia dell'impianto di depurazione di Merone che attualmente vengono scaricate direttamente nel fiume.

Gli interventi previsti sono situati nei comuni di Merone, in provincia di Como, e nel comune di Costa Masnaga in provincia di Lecco.

La presente relazione, seguendo i dettami della norma vigente e dello stato dell'arte, è finalizzata alla ricostruzione del modello geologico ed idrogeologico a supporto alla progettazione definitiva ed esecutiva delle opere. A tale scopo è stata condotta un'indagine geognostica che ha previsto una raccolta di dati geologici del territorio in cui ricade il sito, un rilievo di terreno e una campagna di indagini.

Di seguito vengono analizzati in dettaglio tutti i principali aspetti litostratigrafici, geomorfologici ed idrogeologici dell'area al fine di verificare l'eventuale presenza di problematiche di natura geologica da considerare nella progettazione delle nuove opere.

- **Frane e dissesti**

Il problema di instabilità di versante sussiste qualora esistano dei dislivelli in grado di innescare dei movimenti di terreno. Nel caso in esame il sito di intervento è caratterizzato da un assetto morfologico subpianeggiante in corrispondenza del quale è possibile escludere potenziali fenomeni di dissesto attivi o quiescenti.

- **Vincoli e problematiche di natura idraulica**

L'area in esame è ricompresa parte in fascia A e parte in fascia C de PAI.

Gli interventi in programma sono stati progettati a seguito di uno studio idraulico per renderli compatibili con il quadro di rischio idraulico esistente.

- **Acque sotterranee**

Per quanto riguarda l'area in esame, il livello idrico è connesso al F. Lambro.

Le indagini realizzate in passato all'interno del depuratore (area mediamente a quote più elevate di quella di intervento) hanno indicato tutte presenza di acqua a profondità variabile ma mediamente tra -0,5 e -1,5 m da p.c. e con valori massimi di circa -3 m.

Le indagini realizzate per il Progetto in esame concordano sostanzialmente con quanto già evidenziato; le misure freatiche hanno infatti individuato acqua a quote medie di -2,1/2,2 m da p.c. nei sondaggi S1 e S2 e di -1,3/-1,4 m da p.c. negli altri sondaggi (vedi paragrafo 7.2 per maggiori dettagli).

Le soggiacenze maggiori si osservano nella zona a ridosso dell'impianto esistente, cioè in corrispondenza dei sondaggi S1 e S2, e sono via via minori avvicinandosi al Lambro dove il gradiente della falda è estremamente ridotto e quindi il livello idrico risulta circa coincidente con il livello dell'acqua nel fiume stesso.

- **Indagini realizzate**

Le indagini geognostiche volte alla ricostruzione litostratigrafica del sottosuolo e alla caratterizzazione fisico-chimica preliminare dei terreni sono consistite in 6 sondaggi a carotag-

gio continuo (lunghezza 5 m) con posa di piezometri, esecuzione di prove di permeabilità e prelievo campioni (sottoposti ad analisi granulometrica e analisi chimica.)

In linea generale i sondaggi hanno messo in luce una situazione stratigrafica (tipica dell'ambiente deposizionale in esame) molto disomogenea sia in senso verticale che orizzontale. Si osserva infatti un alternarsi di lenti/orizzonti intercalati tra di loro a differente granulometria: si passa da limi argillosi (con frazione fine di limo+argilla >90%) a ghiaie con sabbie (con frazione fine di limo+argilla <10%) passando per miscele di differenti percentuali granulometriche.

In ogni sondaggio è stato prelevato un campione (a profondità non superiori a 2); essi sono stati sottoposti ad analisi chimica (set DM 10 agosto 2012 n. 161).

I risultati delle analisi chimiche condotte evidenziano come tutti i parametri ricercati presentino una concentrazione al di sotto dei limiti (CSC Allegato 5 della Parte Quarta, del d.lgs. 152/06) imposti per aree a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale (colonna A).

- **Indicazioni sulle opere in progetto**

Nel capitolo 8 sono riportate alcune indicazioni riguardo le opere principali da realizzare; si rimanda alla fase esecutiva (in cui verranno realizzate ulteriori indagini in corrispondenza delle opere civili in progetto) la definizione del modello e dei calcoli geotecnici.

Per quanto riguarda le "opere civili" la situazione più gravosa si avrà in corrispondenza della stazione di sollevamento (del trattamento primario). Per la realizzazione di questo manufatto si prevede, infatti, che le fondazioni saranno in falda e poggianti presumibilmente nell'orizzonte fine costituito da limo argilloso debolmente sabbioso (Orizzonte D) che presenta caratteristiche geotecniche mediocri. Ciò potrebbe comportare cedimenti a lungo termine e differenziali (a causa dei possibili differenti spessori/natura degli orizzonti litologici al di sotto del piano fondazione). Si prevedono inoltre scavi elevati che (anche data la logistica dei luoghi) necessiteranno di opere preventive di sostegno scavi. Inoltre essi saranno interessati, all'incirca per metà della loro altezza, dalla falda. Altro fattore da tenere in considerazione sarà la sottospinta idraulica.

Gli altri interventi prevedono invece situazioni meno gravose; si rimanda al capitolo 8 per maggiori dettagli. Si ricorda solamente che nella zona di realizzazione del sistema di fitodepurazione aerato (per la tipologia dei terreni presenti) non si può garantire la completa protezione da infiltrazioni nel sottosuolo (si ritiene quindi necessario realizzare l'impermeabilizzazione delle vasche) mentre per quanto riguarda il sistema a flusso libero si ritiene non possibile non prevedere interazioni con la falda freatica.

A conclusione si rammenta che nel sondaggio S2 è stato rinvenuto un livello superficiale di circa 1 m di materiale riportato (ghiaia e sabbia con ciottoli in matrice limosa con resti di laterizi) e nel sondaggio S1 di un livello (con base a circa -1,6 m da p.c.) costituito sabbia e ghiaia con ciottoli che potrebbe essere anch'esso materiale riportato/rimaneggiato. La zona a ridosso del confine est dell'impianto (dove si ubicano questi sondaggi) è probabilmente stata interessata da movimenti terra (riporti) effettuati nel tempo per l'ampliamento dell'impianto stesso. Anche lo Studio Geologico dal PGT comunale segnala questa porzione come area che è stata soggetta a modifiche antropiche (con possibile presenza di riempimenti, terrapieni, sottofondi ecc..).

- **Indagini ulteriori**

In considerazione di quanto emerso, si rimanda alla fase esecutiva la realizzazione di ulteriori indagini (prove penetrometriche) in corrispondenza delle opere civili il progetto per la definizione del modello geotecnico e, quindi, per la progettazione esecutiva delle fondazioni e delle opere di sostegno.

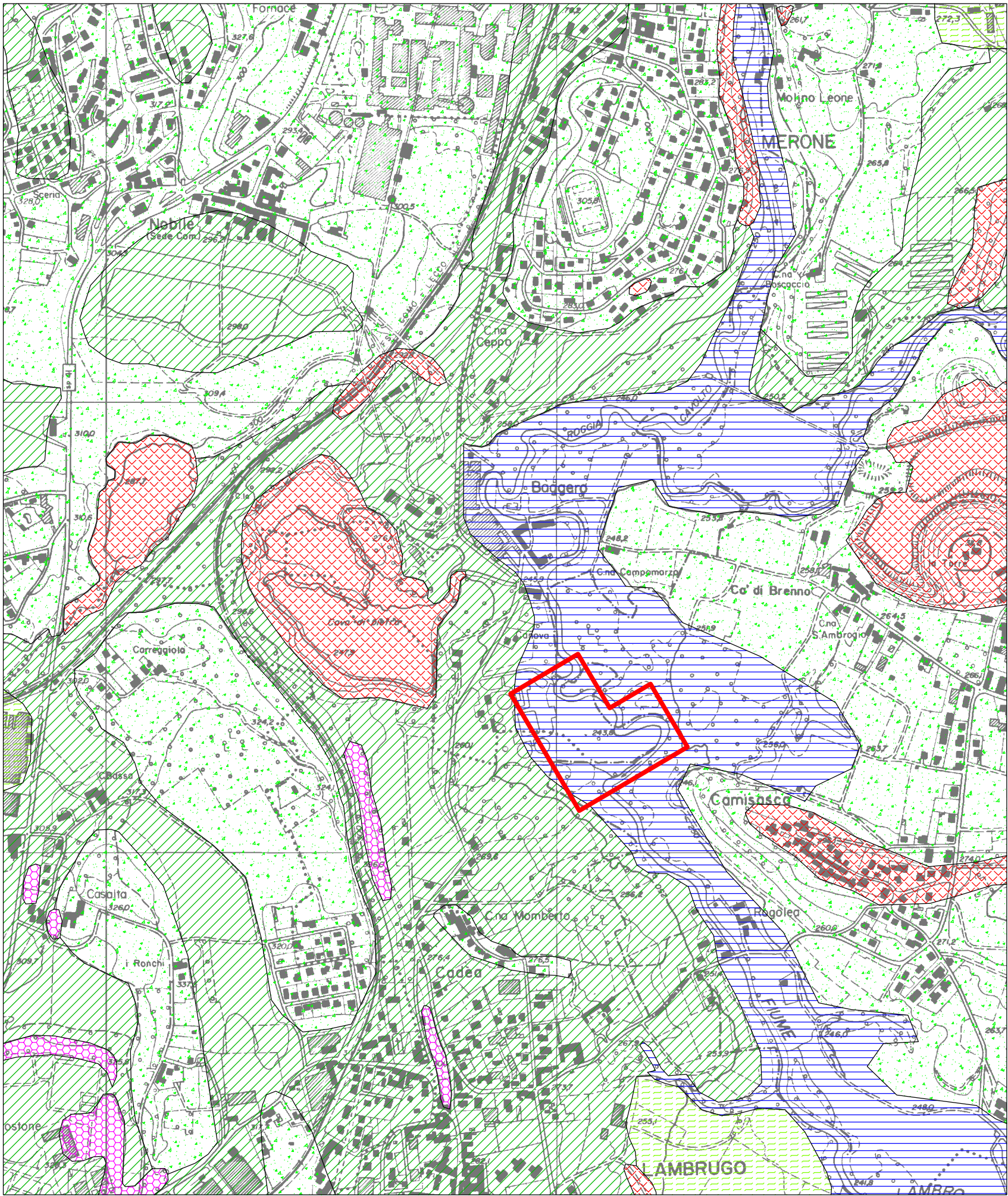
Considerato il contesto geologico, geomorfologico e idrogeologico del sito in esame, fatte salve le prescrizioni e le indicazioni riportate nella presente relazione, si ritiene l'intervento in esame compatibile con le condizioni geologiche presenti.

Si rimane a disposizione per eventuali chiarimenti.

Villa Guardia, 15 settembre 2014

Dott. Geol. Frati Stefano





UNITA POSTGLACIALE (Pleistocene superiore - Olocene)
Depositi fluviali, di esondazione e lacustri con alterazione superficiale poco evoluta e suoli assenti o poco sviluppati

Facies fluviale e fluvio-glaciale: ghiaie da medie a molto grossolane a supporto di matrice, con ciottoli poligenici subarrotondati, passanti a sabbie con intercalazioni di depositi fini costituiti da limi sabbiosi con clasti sparsi (depositi di esondazione).

SINTEMA DI CANTU' (Pleistocene superiore)
Depositi glaciali, fluvio-glaciali, glaciolacustri e di contatto glaciale con profilo di alterazione superficiale poco evoluto (spessore massimo di 2 m). (Würm A.A.)

Facies lacustre e glaciolacustre: argille, limi argillosi, limi sabbiosi, sabbia limosa in lamine piano-parallele. Locali orizzonti torbosi.
Facies fluviale e fluvio-glaciale: ghiaie da medie a grossolane a supporto di matrice sabbiosa-ghiaiosa fine e subordinate sabbie da fini a grossolane. Clasti poligenici, da male a ben selezionati. Locale cementazione.
Facies glaciale: diamicton massivi a supporto di matrice sabbioso-limosa, con clasti eterometrici, da spigolosi a subarrotondati.

UNITA DEI CON GLOMERATI - (Pliocene superiore - Pleistocene inferiore)
Depositi fluviali appartenenti a diversi cicli sedimentari, caratterizzati da tin elevato grado di cementazione ("Ceppo" A.A.)

Conglomerati costituiti da ghiaie grossolane a supporto di matrice o di clasti con matrice sabbiosa

SUBSTRATO ROCCIOSO INDIFFERENZIATO (Cretaceo sup. - Eocene inf.)

Calcarei mamosi e marne calcaree di colore rosso e/o grigio, a stratificazione variabile (da centimetrica a decimetrica), con intercalazioni di siltiti e areniti

Area in esame

TAVOLA 1
Carta Geologica

scala 1:10.000

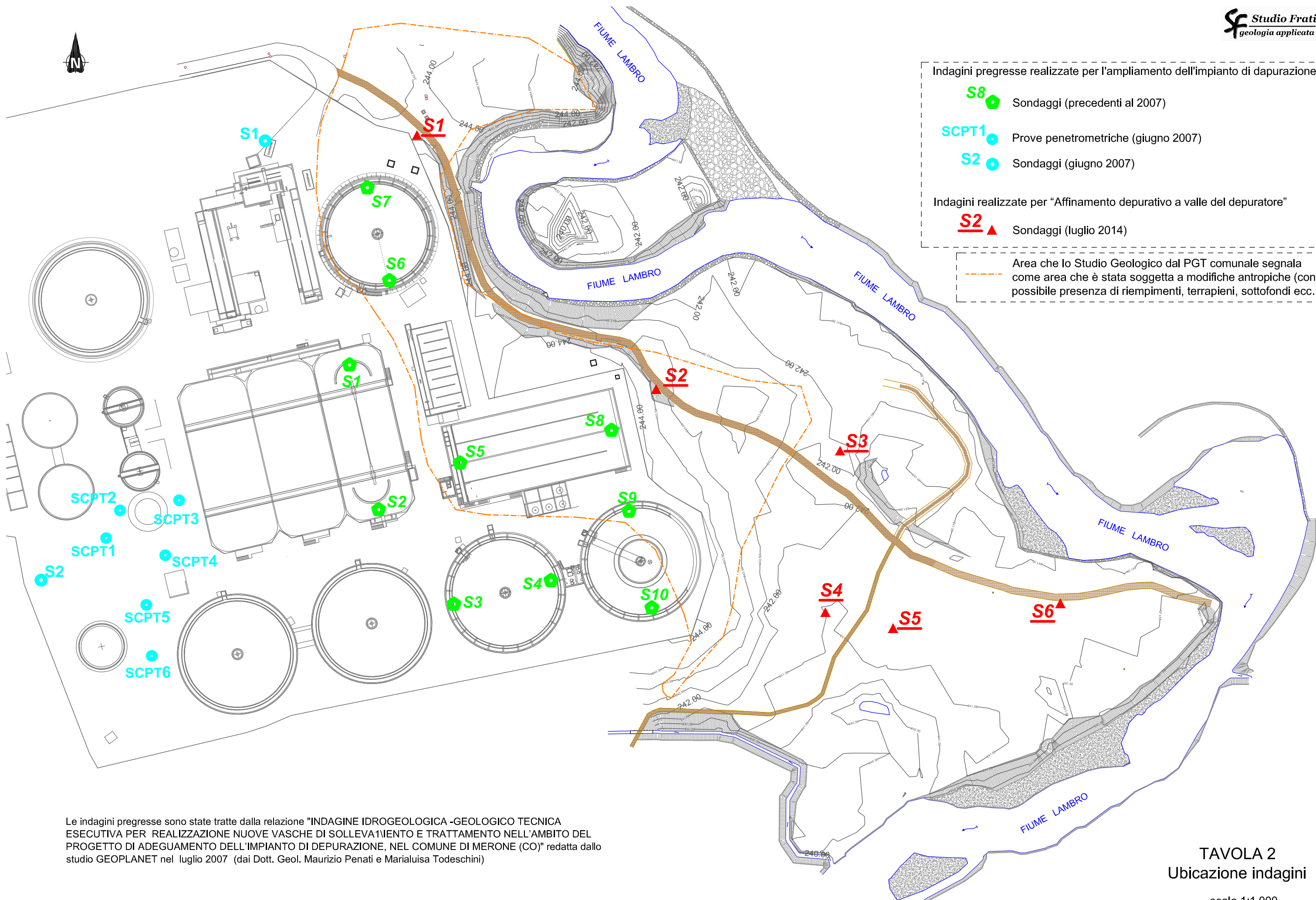


TAVOLA 2
Ubicazione indagini

scala 1:1.000

SONDAGGIO S1	Committente	PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO
	Località	MERONE(CO) - COSTA MASNAGA (LC)
	Data esecuzione sondaggio	22/07/2014

Stratigrafia	Descrizione litologica	Profondità (m)	Pocket ($\frac{kg}{cm^3}$)	Prova permeabilità in foro (m)	Campione ($\frac{sigla}{quota}$)	Falda ($\frac{m}{da\ p.c.}$)
0.0	Limo compatto con ghiaietto e sabbia (clasti presentano dimensioni max. di 0,5 - 0,6 cm). Colore marrone grigiastro. Si osservano passate di materiale di color nero (organico?). Probabile materiale di riporto.	0,95				
1.0	Sabbia e ghiaia con ciottoli (clasti dimensioni max. 4 - 5 cm) di colore grigio chiaro. Probabile materiale di riporto.	1,6		1,5 LA K=1,1E-06 m/s	1,7 S1C1	
2.0	Limo ghiaioso con sabbia. I clasti sono poligenici e presentano dimensioni max. 3 - 4 cm. Colore marrone grigiastro. Si osservano passate di materiale di color nero e resti di vegetali. Livello compatto.	2,15		2,0	2,0	
3.0	Sabbia limosa di colore marrone grigiastro (più chiaro del precedente); più grigio fino a circa 2,5 m e oltre più marrone. Precedendo in profondità aumenta la frazione sabbiosa/ghiaiosa fine diminuisce la frazione fine; scompaiono anche i ciottoli. Tra 3,2 e 3,4 m livello di sabbia e ghiaia fine (con fine scarso o nullo).	3,4				2,45 misura del 25/07/2014
4.0	Limo argilloso debolmente sabbioso di colore grigio azzurro. Livello uniforme.		0,3		3,5 G1	
5.0		5,0		4,5 LB K=1,1E-06 m/s		

Modalità di avanzamento: Carotiere Semplice
Carotaggio Ø 101 mm - Rivestimento Ø 127 mm

SC1: campione da sottoporre ad analisi chimica
G1: campione da sottoporre ad analisi granulometrica

Misura falda il 03/09/2014: -2,21 m da p.c.



SONDAGGIO S2	Committente	PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO
	Località	MERONE(CO) - COSTA MASNAGA (LC)
	Data esecuzione sondaggio	22/07/2014

m	Stratigrafia	Descrizione litologica	Profondità (m)	Pocket ($\frac{kg}{cm^3}$)	Prova permeabilità in foro (m)	Campione ($\frac{sigla}{quota}$)	Falda ($\frac{m}{da\ p.c.}$)	
0.0		Riporto: ghiaia e sabbia con ciottoli in matrice limosa. E' presente qualche resto (di piccole dimensioni) di laterizi. Colore marrone / bruno.	1.0					ORIZZONTE A
1.0		Dopo un livello di 10 cm con abbondanti resti vegetali, si ha sabbia e ghiaia con pochi ciottoli in abbondante matrice fine (limo con sabbia e ghiaietto). Color marrone nocciola con patina grigia.	1.8		1.5 LA K=1,1E-07 m/s	1.7 S2C1	1.9	
2.0		Limo con sabbia (con livelli di sabbia in matrice limosa). Colore nocciola / ocra.	2.5	0,75 - 1,0	2.0	2.0	misura del 25/07/2014	ORIZZONTE B
2.5		Orizzonte più scuro del precedente e più fine.	2.6	0,5				
3.0		Limo sabbioso / limo con sabbia. Livello ricco di resti vegetali (legno e qualche foglia). Colore marrone scuro nerastro.	3.0					ORIZZONTE C
4.0		Dopo un livello di transizione di 15 cm circa prevale la sabbia (anche medio - grossolana) limosa. Colore grigio medio-scuro. A partire da 3,8 m spariscono i resti vegetali e da 4,4 m compare qualche raro ciottolo di dimensioni massime di 2 - 3 cm.	4.5		LB K=2,6E-05 m/s	3.5 G1	4.0	
5.0		S2G1 analisi granulometrica: sabbia limosa debolmente argillosa con tracce di ghiaia gh.= 3,8% sb.= 72,59% limo= 17,87% arg.=5,74%	5.0					

Modalità di avanzamento: Carotiere Semplice
Carotaggio Ø 101 mm - Rivestimento Ø 127 mm

S2C1: campione da sottoporre ad analisi chimica
G1: campione da sottoporre ad analisi granulometrica

Misura falda il 03/09/2014: -2,01 m da p.c.



SONDAGGIO S3	Committente	PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO
	Località	MERONE(CO) - COSTA MASNAGA (LC)
	Data esecuzione sondaggio	22/07/2014

m	Stratigrafia	Descrizione litologica	Profondità (m)	Pocket ($\frac{kg}{cm^3}$)	Prova permeabilità in foro (m)	Campione ($\frac{sigla}{quota}$)	Falda ($\frac{m}{da\ p.c.}$)	
0.0		Terreno di coltivo (limo e sabbia) di colore marrone.						ORIZZONTE A
1.0		Limo debolmente sabbioso con rari ciottoli di dimensioni massima di 1 cm. Si osserva anche qualche livelletto sottile più sabbioso. Colore marrone nocciola con screziature di vari colori (ocra sparse, nere tra 0,9 e 1 m e grigie verso il fondo). A partire da 1 m circa tende a diventare più fine e scompaiono i rari ciottoli.	0,5	0,5 - 0,75				
2.0		Sabbia di color grigio.	1,9		1,5 LA K=3,4E-06 m/s	1,7 S3C1	1,67	ORIZZONTE B
		Limo sabbioso / con sabbia. Colore grigio con screziature ocra.	2,0		2,0	2,0	misura del 25/07/2014	
3.0		Sabbie compatte limose con qualche resto vegetale (legno). Colore grigio / marrone. Gli ultimi 15 cm sono di transizione con il livello successivo: aumenta la sabbia grossolana e la ghiaia fine.	2,4					ORIZZONTE C
4.0		Ghiaia con sabbia e qualche ciottolo, fine scarso ma non assente. I clasti sono poligenici di dimensioni massime 6 - 8 cm e medie di 1 - 1,5 cm. Colore grigio.	3,0					
		S3G1 analisi granulometrica: ghiaia con sabbia debolmente limo/argillosa gh.= 62,77% sb.= 27,24% limo a argilla = 9,99%						
5.0		Livello simile al precedente ma con quantità di materiale fine maggiore e di colore un poco più chiaro.	4,8		4,5 LB K=8,9E-06 m/s	4,0 G1	4,5	

Modalità di avanzamento: Carotiere Semplice
Carotaggio Ø 101 mm - Rivestimento Ø 127 mm

S3C1: campione da sottoporre ad analisi chimica
G1: campione da sottoporre ad analisi granulometrica

Misura falda il 03/09/2014: -1,58 m da p.c.



SONDAGGIO S4	Committente	PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO
	Località	MERONE(CO) - COSTA MASNAGA (LC)
	Data esecuzione sondaggio	22/07/2014

m	Stratigrafia	Descrizione litologica	Profondità (m)	Pocket ($\frac{kg}{cm^3}$)	Prova permeabilità in foro (m)	Campione ($\frac{sigla}{quota}$)	Falda ($\frac{m}{da\ p.c.}$)	
0.0		Terreno di coltivo (limo e sabbia) di colore marrone.	0,2					ORIZZONTE A
1.0		Limo sabbioso di colore marrone nocciola.	1,1			0,9 S4C1 1,2	1,11	
2.0		Limo sabbioso e qualche resto vegetale (legno e foglie). Colore marrone scuro / bruno. A 2 m è presente un livello di 5 - 8 cm ricco di materiale organico (foglie e legno).	2,3		1,5 LA K=2,5E-08 m/s 2,0		misura del 25/07/2014	ORIZZONTE B
3.0		Limo sabbioso / sabbia con limo. Color marrone scuro. Scendendo in profondità: diminuisce la materia vegetale fino a sparire completamente, aumenta la sabbia e diminuisce il limo. Gli ultimi 15 cm costituiscono la transizione con il livello sottostante: sono ancora più sabbiosi e il colore diventa più grigiastro.	3,2					
4.0		Ghiaia (anche grossolana) con sabbia con ciottoli; fine scarso ma non assente. I clasti sono poligenici di dimensioni massime 5 / 7 cm e medie di 1 - 2 cm. Colore grigio.	5,0		4,5 LB K=1,0E-03 m/s 5,0	4,5 G1 5,0		ORIZZONTE C
5.0		S4G1 analisi granulometrica: ghiaia con sabbia debolmente limo/argillosa gh.= 45,45% sb.= 44,71% limo e argilla = 9,84%						

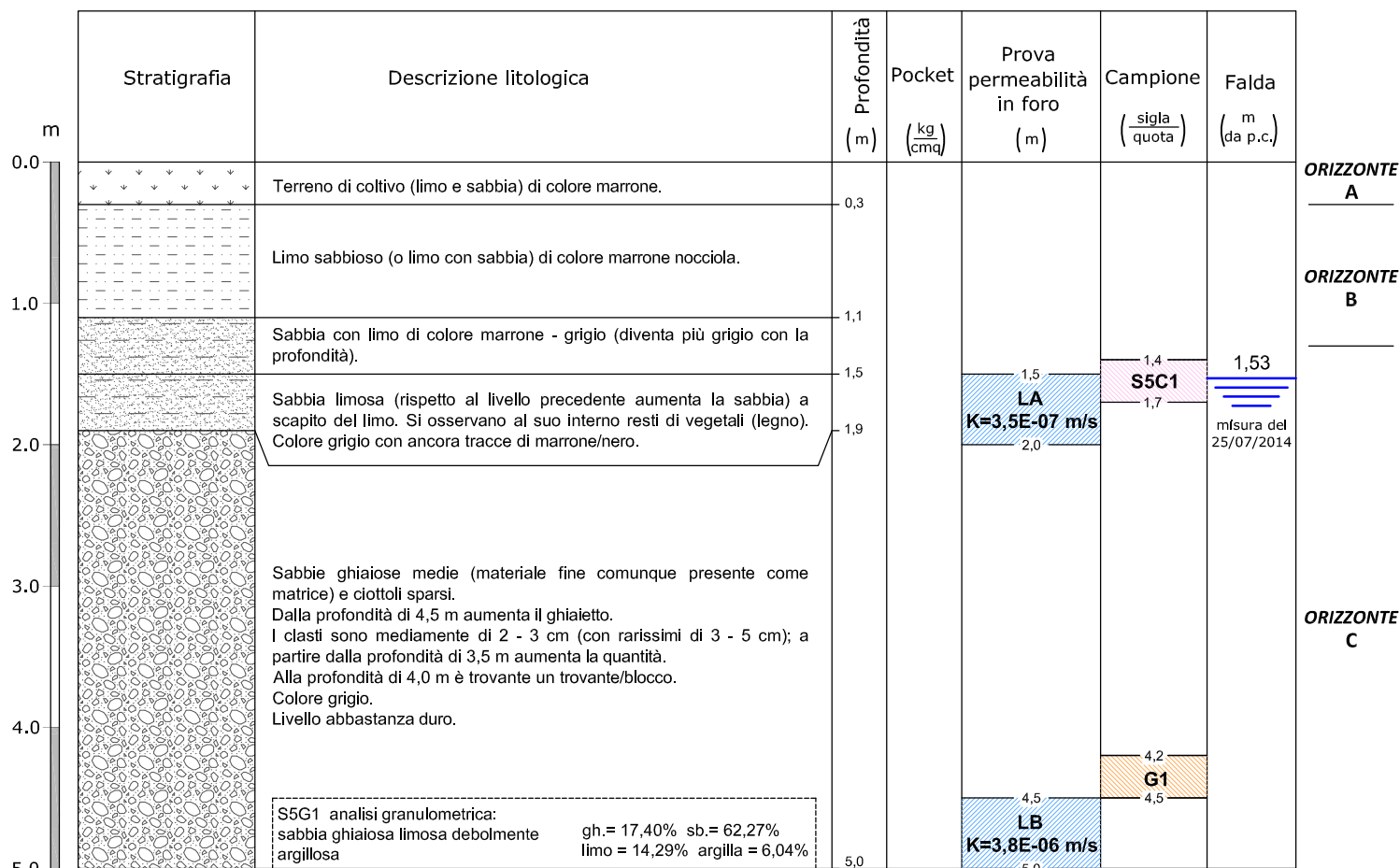
Modalità di avanzamento: Carotiere Semplice
Carotaggio Ø 101 mm - Rivestimento Ø 127 mm

S4C1: campione da sottoporre ad analisi chimica
G1: campione da sottoporre ad analisi granulometrica

Misura falda il 03/09/2014: -1,01 m da p.c.



SONDAGGIO S5	Committente	PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO
	Località	MERONE(CO) - COSTA MASNAGA (LC)
	Data esecuzione sondaggio	23/07/2014



Modalità di avanzamento: Carotiere Semplice
Carotaggio Ø 101 mm - Rivestimento Ø 127 mm

S5C1: campione da sottoporre ad analisi chimica
G1: campione da sottoporre ad analisi granulometrica

Misura falda il 03/09/2014: -1,42 m da p.c.



SONDAGGIO S6	Committente	PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO
	Località	MERONE(CO) - COSTA MASNAGA (LC)
	Data esecuzione sondaggio	23/07/2014

	Stratigrafia	Descrizione litologica	Profondità (m)	Pocket ($\frac{kg}{cm^3}$)	Prova permeabilità in foro (m)	Campione ($\frac{sigla}{quota}$)	Falda ($\frac{m}{da\ p.c.}$)	
0.0		Terreno di coltivo di colore marrone.	0,15					ORIZZONTE A
		Limo sabbioso di colore marrone nocciola.						ORIZZONTE B
1.0			0,9			0,7 S6C1 1,0		
		Ghiaie medie e sabbie con scarsa quantità, ma non assente, di fine) con ciottoli. Colore grigio (ma fino alla profondità di 2 m circa si osserva una patina marrone nocciola. I clasti sono poligenici e con dimensioni massime di 3 cm; fino alla profondità di circa 1,8 m sono scarsi e oltre aumenta la loro quantità. Da circa 2 m aumenta sia la ghiaia (grossolana) che le dimensioni medie e massime dei ciottoli (max. 5 - 5 cm).			1,5 LA K=3,2E-03 m/s 2,0		1,28 misura del 25/07/2014	ORIZZONTE C
2.0								
3.0								
4.0		Limo argilloso di colore grigio azzurro. Livello uniforme.	3,6					
				0,25		3,8 G1 4,0		ORIZZONTE D
				0,5	4,5 LB (*) K=1,9E-05 m/s 5,0			
5.0			5,0					

Modalità di avanzamento: Carotiere Semplice
Carotaggio Ø 101 mm - Rivestimento Ø 127 mm

S6C1: campione da sottoporre ad analisi chimica
G1: campione da sottoporre ad analisi granulometrica

Misura falda il 03/09/2014: -1,18 m da p.c.

(*) N.B: prova non attendibile



Geoprobe di A Kisic & C snc

TREVIOLO (BG)

*Affinamento depurativo a valle del depuratore
Merone (CO)*

PROVE DI LABORATORIO

Il giorno 23 Luglio 2014 ci sono stati consegnati dalla Dott.sa A. Monti dello Studio Frati, n° 6 sacchetti contenenti materiale da sottoporre alle seguenti analisi di laboratorio:

- *Analisi granulometrica;*
- *Determinazione dei parametri D_{10} , D_{30} e D_{60} .*

Le prove sono state iniziate il giorno 23 Luglio 2014 e sono state terminate il giorno 29 Luglio 2014.

Di seguito sono riportati i certificati delle prove eseguite.

Mariano Comense, 30.07.2014

LABORATORIO GEOTECNICO
CROCE
Via San Primo, 2 - Mariano Comense CO

INDICE

TABELLE RIASSUNTIVE

<i>Riepilogo risultati prove sondaggio 1</i>	.....	tab. n°	A
<i>Riepilogo risultati prove sondaggio 2</i>	.....	tab. n°	B
<i>Riepilogo risultati prove sondaggio 3</i>	.....	tab. n°	C
<i>Riepilogo risultati prove sondaggio 4</i>	.....	tab. n°	D
<i>Riepilogo risultati prove sondaggio 5</i>	.....	tab. n°	E
<i>Riepilogo risultati prove sondaggio 6</i>	.....	tab. n°	F

SONDAGGIO S1

SCHEDA CAMPIONE

Campione G1

<i>Apertura campione</i>	.....	tab. n°	01
<i>Analisi granulometrica</i>	.....	tab. n°	02

SONDAGGIO S2

SCHEDA CAMPIONE

Campione G1

<i>Apertura campione</i>	.....	tab. n°	03
<i>Analisi granulometrica</i>	.....	tab. n°	04

SONDAGGIO S3

SCHEDA CAMPIONE

Campione G1

<i>Apertura campione</i>	.....	tab. n°	05
<i>Analisi granulometrica</i>	.....	tab. n°	06

SONDAGGIO S4

SCHEDA CAMPIONE

Campione G1

<i>Apertura campione</i>	.....	tab. n°	07
<i>Analisi granulometrica</i>	.....	tab. n°	08

SONDAGGIO S5

SCHEDA CAMPIONE

Campione G1

<i>Apertura campione</i>	.....	tab. n°	09
<i>Analisi granulometrica</i>	.....	tab. n°	10

SONDAGGIO S6

SCHEDA CAMPIONE

Campione G1

Apertura campione

..... tab. n° 11

Analisi granulometrica

..... tab. n° 12

TABELLE RIASSUNTIVE

SONDAGGIO S1

CAMPIONE N°		G1				
PROFONDITA' da z. r.						
da	m	3.50				
a	m	4.00				
ANALISI GRANULOMETRICA						
d > 76.200	%	0.00				
76.200 > d > 4.760	%	0.00				
4.760 > d > 0.074	%	8.99				
0.074 > d > 0.002	%	70.73				
0.002 > d	%	20.28				
D60		0.02				
D30		0.01				
D10		< 0.001				

N. B. : Le profondità sono riferite al piano campagna (z. r.)

	Operatore  Dott. E. Croce	L2921.f1/14 tab. A
--	--	--------------------

SONDAGGIO S2

CAMPIONE N°		G1				
PROFONDITA' da z. r.						
da	m	3.50				
a	m	4.00				
ANALISI GRANULOMETRICA						
d > 76.200	%	0.00				
76.200 > d > 4.760	%	3.80				
4.760 > d > 0.074	%	72.59				
0.074 > d > 0.002	%	17.87				
0.002 > d	%	5.74				
D60	mm	0.32				
D30	mm	0.10				
D10	mm	0.01				

N. B. : Le profondità sono riferite al piano campagna (z. r.)

	Operatore  Dott. E. Croce	L2921.f1/14 tab. B
--	--	--------------------

SONDAGGIO S3

CAMPIONE N°		G1				
PROFONDITA' da z. r.						
da	m	4.00				
a	m	4.50				
ANALISI GRANULOMETRICA						
d > 76.200	%	0.00				
76.200 > d > 4.760	%	62.77				
4.760 > d > 0.074	%	27.24				
0.074 > d	%	9.99				
0.074 > d > 0.002	%	n. d.				
0.002 > d	%	n. d.				
D60	mm	14.97				
D30	mm	1.94				
D10	mm	0.08				

N. B. : Le profondità sono riferite al piano campagna (z. r.)

	Operatore  Dott. E. Croce	L2921.f1/14 tab. C
--	--	--------------------

SONDAGGIO S4

CAMPIONE N°		G1				
PROFONDITA' da z. r.						
da	m	4.50				
a	m	5.00				
ANALISI GRANULOMETRICA						
d > 76.200	%	0.00				
76.200 > d > 4.760	%	45.45				
4.760 > d > 0.074	%	44.71				
0.074 > d	%	9.84				
0.074 > d > 0.002	%	n. d.				
0.002 > d	%	n. d.				
D60	mm	7.37				
D30	mm	0.82				
D10	mm	0.08				

N. B. : Le profondità sono riferite al piano campagna (z. r.)

	Operatore  Dott. E. Croce	L2921.f1/14 tab. D
--	--	--------------------

SONDAGGIO S5

CAMPIONE N°		G1				
PROFONDITA' da z. r.						
da	m	4.20				
a	m	4.50				
ANALISI GRANULOMETRICA						
d > 76.200	%	0.00				
76.200 > d > 4.760	%	17.40				
4.760 > d > 0.074	%	62.27				
0.074 > d > 0.002	%	14.29				
0.002 > d	%	6.04				
D60	mm	1.02				
D30	mm	0.19				
D10	mm	0.01				

N. B. : Le profondità sono riferite al piano campagna (z. r.)

	Operatore  Dott. E. Croce	L2921.f1/14 tab. E
--	--	--------------------

SONDAGGIO S6

CAMPIONE N°		G1				
PROFONDITA' da z. r.						
da	m	3.80				
a	m	4.00				
ANALISI GRANULOMETRICA						
d > 76.200	%	0.00				
76.200 > d > 4.760	%	0.00				
4.760 > d > 0.074	%	9.55				
0.074 > d > 0.002	%	68.04				
0.002 > d	%	22.41				
D60	mm	0.02				
D30	mm	0.01				
D10	mm	< 0.001				

N. B. : Le profondità sono riferite al piano campagna (z. r.)

	Operatore <i>Dott. E. Croce</i>	L2921.f1/14 tab. F
--	---------------------------------	--------------------

PROVE DI LABORATORIO

L2921.f1/14.ec

SONDAGGIO S1

L2921.f1/14.ec

SONDAGGIO S1
CAMPIONI G1

Data prelievi campione	22.07.2014	Data inizio prove	23.07.2014
Data arrivo in laboratorio	23.07.2014	Data fine prove	29.07.2014

PROVE ESEGUITE

*Apertura campione
Analisi granulometrica*

NORMATIVA

Raccomandazioni A.G.I.
Norma ASTM D 422-92

NOTE

I campioni sono stati prelevati dalla Dott. A. Monti dello Studio Frati.

LABORATORIO GEOTECNICO

CROCE

Via San Primo, 2 - Mariano Comense CO

L2921.f1/14.ec

APERTURA CAMPIONE

Sondaggio **S1** Campione **G1** Profondità **3.50 - 4.00** Zero di rif. **p. c.**

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE

TIPOLOGIA **Rimaneggiato** Semindisturbato Indisturbato
 GEOMETRIA Diametro : / Lunghezza : /

Pocket Penet. KPa	Vane Test KPa	Descrizione litologica del campione (Colori : Soil color chart MUNSELL)	Posizione prove
		<div> <div>+</div> <div>0</div> </div> <p>Limo argilloso debolmente sabbioso.</p> <p>Colore 5 YR - 5 / 1 grigio.</p> <div> <div>+</div> <div>10</div> </div> <div> <div>+</div> <div>20</div> </div> <div> <div>+</div> <div>30</div> </div> <div> <div>+</div> <div>40</div> </div> <div> <div>+</div> <div>50</div> </div> <div> <div>+</div> <div>60</div> </div>	

	Operatore Dott. E. Croce	L2921.f1/14 tab. 01
--	---------------------------------	---------------------

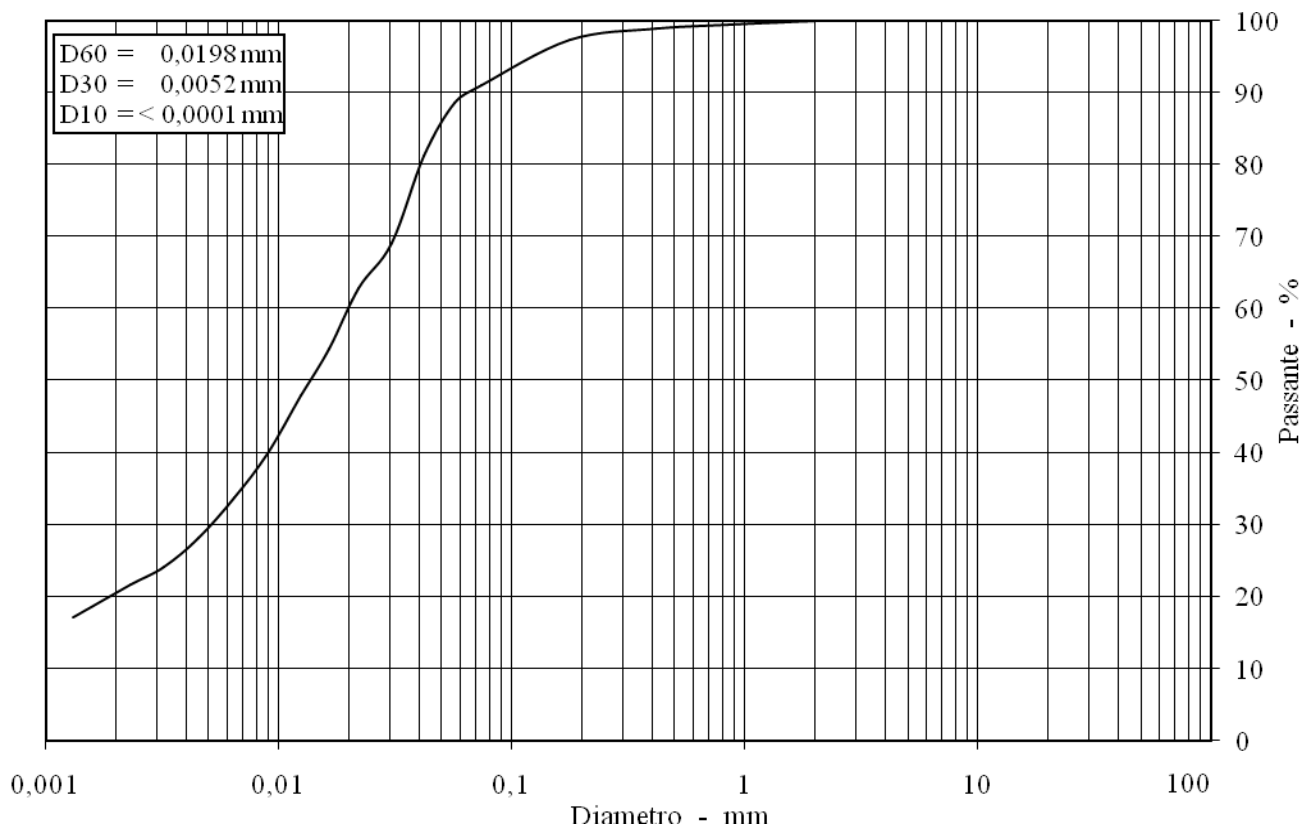
ANALISI GRANULOMETRICA

Analisi eseguita per setacciatura e sedimentazione

Sondaggio **S1** Campione **G1** Profondità **3.50 - 4.00** Zero di rif. **p. c.**

RISULTATI DELLA PROVA										
Diametro mm		101,600	88,900	76,200	63,500	50,800	38,100	25,400	19,050	12,700
Passante %										
Diametro mm	9,5200	6,3500	4,7600	2,0000	0,8500	0,4200	0,1770	0,0740	0,0570	0,0420
Passante %				100,00	99,50	98,92	97,34	91,01	88,64	81,20
Diametro mm	0,0305	0,0220	0,0165	0,0125	0,0089	0,0064	0,0045	0,0032	0,0023	0,0013
Passante %	69,09	62,89	54,50	47,99	39,92	33,71	28,12	24,09	21,60	17,20
Ghiaia % 0,00 Sabbia % 8,99 Limo % 70,73 Argilla % 20,28										

Argilla	Limo		Sabbia			Ghiaia		Ciottoli
			fine	media	grossa	fine	grossa	
	0.002	0.074			4.760		76.200	



DESCRIZIONE : Limo argilloso debolmente sabbioso.

Certificato n° 2921.f1-01	Operatore Dott. E. Croce	L2921.f1/14 tab. 02
----------------------------------	---------------------------------	---------------------

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO) - tel - fax 031750824

SONDAGGIO S2
CAMPIONI G1

Data prelievi campione	22.07.2014	Data inizio prove	23.07.2014
Data arrivo in laboratorio	23.07.2014	Data fine prove	29.07.2014

PROVE ESEGUITE

*Apertura campione
Analisi granulometrica*

NORMATIVA

Raccomandazioni A.G.I.
Norma ASTM D 422-92

NOTE

I campioni sono stati prelevati dalla Dott. A. Monti dello Studio Frati.

LABORATORIO GEOTECNICO

CROCE

Via San Primo, 2 - Mariano Comense CO

L2921.f1/14.ec

APERTURA CAMPIONE

Sondaggio **S2** Campione **G1** Profondità **3.50 - 4.00** Zero di rif. **p. c.**

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE

TIPOLOGIA **Rimaneggiato** Semindisturbato Indisturbato
GEOMETRIA Diametro : / Lunghezza : /

Pocket Penet. KPa	Vane Test KPa	Descrizione litologica del campione (Colori : Soil color chart MUNSELL)	Posizione prove
		<div> <div>+</div> <div>0</div> </div> <p>Sabbia limosa debolmente argillosa con tracce di ghiaia.</p> <p>Colore 5 YR - 4 / 1 grigio scuro.</p> <div> <div>+</div> <div>10</div> </div> <div> <div>+</div> <div>20</div> </div> <div> <div>+</div> <div>30</div> </div> <div> <div>+</div> <div>40</div> </div> <div> <div>+</div> <div>50</div> </div> <div> <div>+</div> <div>60</div> </div>	

	Operatore Dott. E. Croce	L2921.f1/14 tab. 03
--	---------------------------------	---------------------

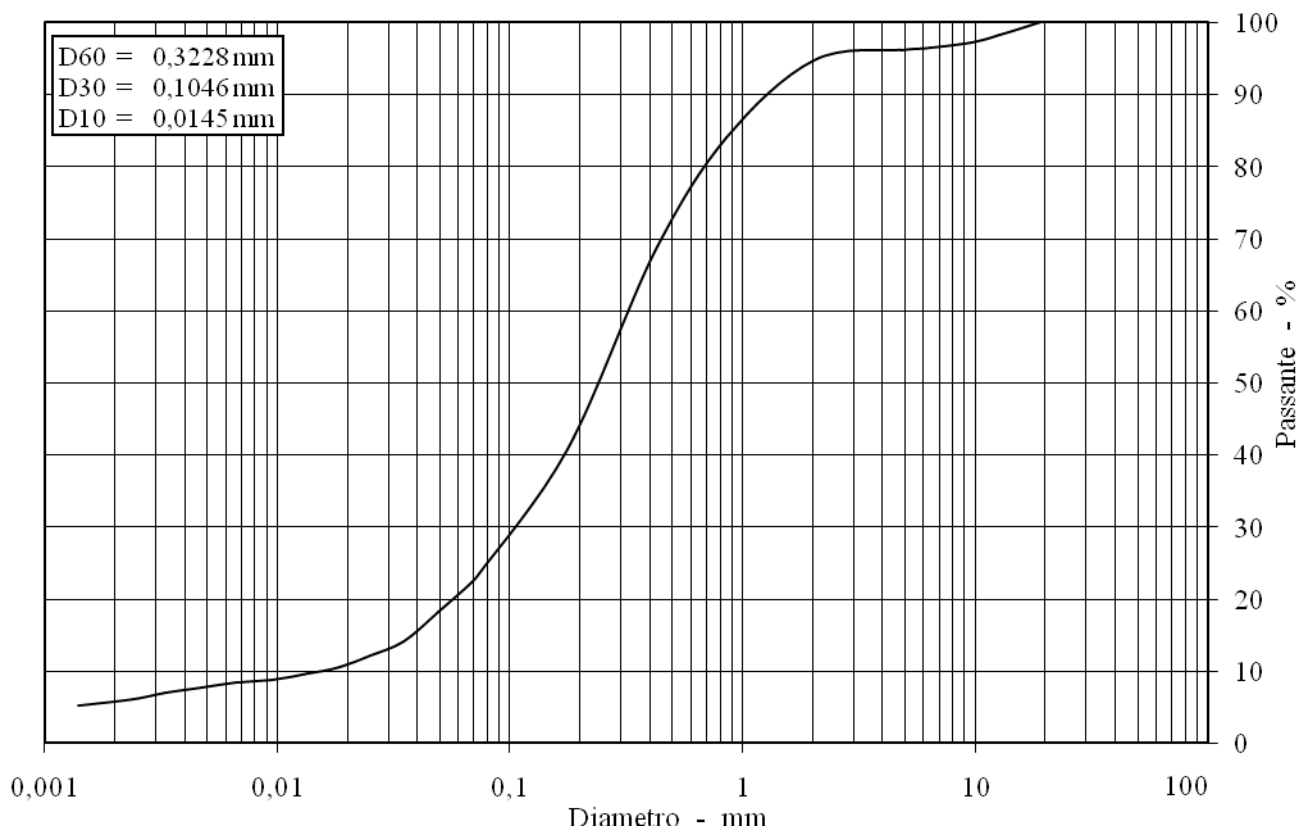
ANALISI GRANULOMETRICA

Analisi eseguita per setacciatura e sedimentazione

Sondaggio **S2** Campione **G1** Profondità **3.50 - 4.00** Zero di rif. **p. c.**

RISULTATI DELLA PROVA										
Diametro mm		101,600	88,900	76,200	63,500	50,800	38,100	25,400	19,050	12,700
Passante %									100,00	98,19
Diametro mm	9,5200	6,3500	4,7600	2,0000	0,8500	0,4200	0,1770	0,0740	0,0680	0,0490
Passante %	97,23	96,45	96,20	94,78	84,04	68,15	40,85	23,61	22,20	18,12
Diametro mm	0,0350	0,0250	0,0185	0,0135	0,0094	0,0066	0,0047	0,0033	0,0024	0,0014
Passante %	14,12	12,12	10,48	9,57	8,84	8,48	7,75	7,02	6,11	5,17
Ghiaia % 3,80 Sabbia % 72,59 Limo % 17,87 Argilla % 5,74										

Argilla	Limo		Sabbia			Ghiaia		Ciottoli
			fine	media	grossa	fine	grossa	
	0.002	0.074			4.760			76.200



DESCRIZIONE : Sabbia limosa debolmente argillosa con tracce di ghiaia.

Certificato n° 2921.f1-02	Operatore Dott. E. Croce	L2921.f1/14 tab. 04
----------------------------------	---------------------------------	---------------------

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO) - tel - fax 031750824

SONDAGGIO S3
CAMPIONI G1

Data prelievi campione	22.07.2014	Data inizio prove	23.07.2014
Data arrivo in laboratorio	23.07.2014	Data fine prove	26.07.2014

PROVE ESEGUITE

*Apertura campione
Analisi granulometrica*

NORMATIVA

Raccomandazioni A.G.I.
Norma ASTM D 422-92

NOTE

I campioni sono stati prelevati dalla Dott. A. Monti dello Studio Frati.

LABORATORIO GEOTECNICO

CROCE

Via San Primo, 2 - Mariano Comense CO

L2921.f1/14.ec

APERTURA CAMPIONE

Sondaggio **S3** Campione **G1** Profondità **4.00 - 4.50** Zero di rif. **p. c.**

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE

TIPOLOGIA **Rimaneggiato** Semindisturbato Indisturbato
GEOMETRIA Diametro : / Lunghezza : /

Pocket Penet. KPa	Vane Test KPa	Descrizione litologica del campione (Colori : Soil color chart MUNSELL)	Posizione prove
		<div> <div>+</div> <div>0</div> </div> <p>Ghiaia con sabbia debolmente limo-argillosa.</p> <p>Colore 5 YR - 5 / 1 grigio.</p> <div> <div>+</div> <div>10</div> </div> <div> <div>+</div> <div>20</div> </div> <div> <div>+</div> <div>30</div> </div> <div> <div>+</div> <div>40</div> </div> <div> <div>+</div> <div>50</div> </div> <div> <div>+</div> <div>60</div> </div>	

	Operatore Dott. E. Croce	L2921.f1/14 tab. 05
--	---------------------------------	---------------------

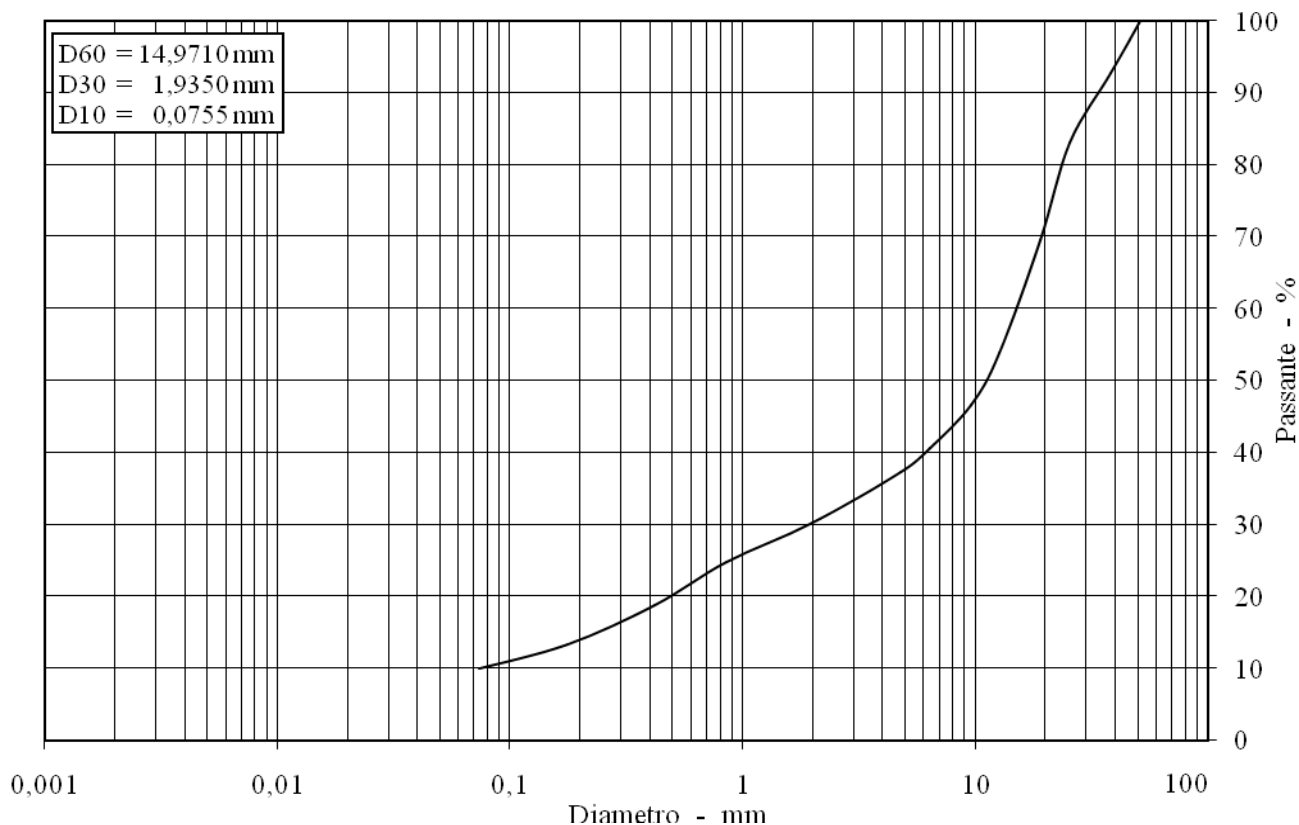
ANALISI GRANULOMETRICA

Analisi eseguita per setacciatura

Sondaggio **S3** Campione **G1** Profondità **4.00 - 4.50** Zero di rif. **p. c.**

RISULTATI DELLA PROVA										
Diametro mm		101,600	88,900	76,200	63,500	50,800	38,100	25,400	19,050	12,700
Passante %						100,00	92,63	82,97	69,56	53,81
Diametro mm	9,5200	6,3500	4,7600	2,0000	0,8500	0,4200	0,1770	0,0740		
Passante %	46,53	40,60	37,23	30,18	24,84	18,80	13,37	9,99		
Diametro mm										
Passante %										
Ciottoli % 0,00 Ghiaia % 62,77 Sabbia % 27,24 Limo ed Argilla % 9,99										

Argilla	Limo		Sabbia			Ghiaia		Ciottoli
			fine	media	grossa	fine	grossa	
	0.002	0.074			4.760		76.200	



DESCRIZIONE : Ghiaia con sabbia debolmente limo-argillosa.

Certificato n° 2921.f1-03	Operatore Dott. E. Croce	L2921.f1/14 tab. 06
----------------------------------	---------------------------------	---------------------

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO) - tel - fax 031750824

SONDAGGIO S4
CAMPIONI G1

Data prelievi campione	22.07.2014	Data inizio prove	23.07.2014
Data arrivo in laboratorio	23.07.2014	Data fine prove	26.07.2014

PROVE ESEGUITE

*Apertura campione
Analisi granulometrica*

NORMATIVA

Raccomandazioni A.G.I.
Norma ASTM D 422-92

NOTE

I campioni sono stati prelevati dalla Dott. A. Monti dello Studio Frati.

LABORATORIO GEOTECNICO

CROCE

Via San Primo, 2 - Mariano Comense CO

L2921.f1/14.ec

APERTURA CAMPIONE

Sondaggio **S4** Campione **G1** Profondità **4.50 - 5.00** Zero di rif. **p. c.**

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE

TIPOLOGIA **Rimaneggiato** Semindisturbato Indisturbato
GEOMETRIA Diametro : / Lunghezza : /

Pocket Penet. KPa	Vane Test KPa	Descrizione litologica del campione (Colori : Soil color chart MUNSELL)	Posizione prove
		<div> <div>+</div> <div>0</div> </div> <p>Ghiaia con sabbia debolmente limo-argillosa.</p> <p>Colore 5 YR - 5 / 1 grigio.</p> <div> <div>+</div> <div>10</div> </div> <div> <div>+</div> <div>20</div> </div> <div> <div>+</div> <div>30</div> </div> <div> <div>+</div> <div>40</div> </div> <div> <div>+</div> <div>50</div> </div> <div> <div>+</div> <div>60</div> </div>	

	Operatore <i>Dott. E. Croce</i>	L2921.f1/14 tab. 07
--	---------------------------------	---------------------

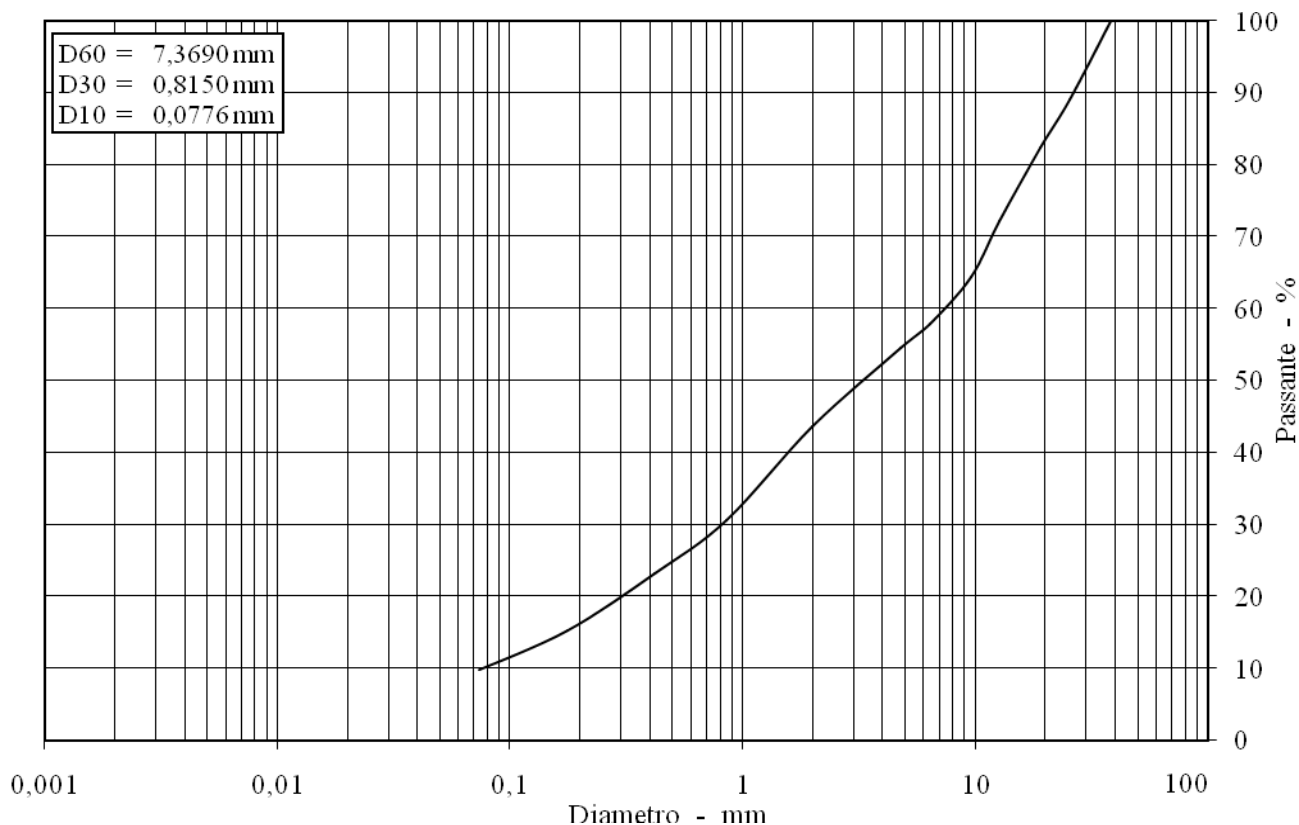
ANALISI GRANULOMETRICA

Analisi eseguita per setacciatura

Sondaggio **S4** Campione **G1** Profondità **4.50 - 5.00** Zero di rif. **p. c.**

RISULTATI DELLA PROVA										
Diametro mm		101,600	88,900	76,200	63,500	50,800	38,100	25,400	19,050	12,700
Passante %							100,00	88,98	82,26	72,08
Diametro mm	9,5200	6,3500	4,7600	2,0000	0,8500	0,4200	0,1770	0,0740		
Passante %	64,30	57,94	54,55	43,67	30,61	23,24	15,26	9,84		
Diametro mm										
Passante %										
Ciottoli % 0,00 Ghiaia % 45,45 Sabbia % 44,71 Limo ed Argilla % 9,84										

Argilla	Limo		Sabbia			Ghiaia		Ciottoli
			fine	media	grossa	fine	grossa	
	0.002		0.074		4.760		76.200	



DESCRIZIONE : Ghiaia con sabbia debolmente limo-argillosa.

Certificato n° 2921.f1-04	Operatore Dott. E. Croce	L2921.f1/14 tab. 08
----------------------------------	---------------------------------	---------------------

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO) - tel - fax 031750824

SONDAGGIO S5
CAMPIONI G1

Data prelievi campione	23.07.2014	Data inizio prove	23.07.2014
Data arrivo in laboratorio	23.07.2014	Data fine prove	29.07.2014

PROVE ESEGUITE

*Apertura campione
Analisi granulometrica*

NORMATIVA

Raccomandazioni A.G.I.
Norma ASTM D 422-92

NOTE

I campioni sono stati prelevati dalla Dott. A. Monti dello Studio Frati.

LABORATORIO GEOTECNICO

CROCE

Via San Primo, 2 - Mariano Comense CO

L2921.f1/14.ec

APERTURA CAMPIONE

Sondaggio **S5** Campione **G1** Profondità **4.20 - 4.50** Zero di rif. **p. c.**

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE

TIPOLOGIA **Rimaneggiato** Semindisturbato Indisturbato
GEOMETRIA Diametro : / Lunghezza : /

Pocket Penet. KPa	Vane Test KPa	Descrizione litologica del campione (Colori : Soil color chart MUNSELL)	Posizione prove
		<div><div>+</div><div>0</div><div>Sabbia ghiaiosa limosa debolmente argillosa.</div><div>Colore 5 YR - 5 / 1 grigio.</div><div>+</div><div>10</div><div></div><div>+</div><div>20</div><div></div><div>+</div><div>30</div><div></div><div>+</div><div>40</div><div></div><div>+</div><div>50</div><div></div><div>+</div><div>60</div></div>	

	Operatore Dott. E. Croce	L2921.f1/14 tab. 09
--	---------------------------------	---------------------

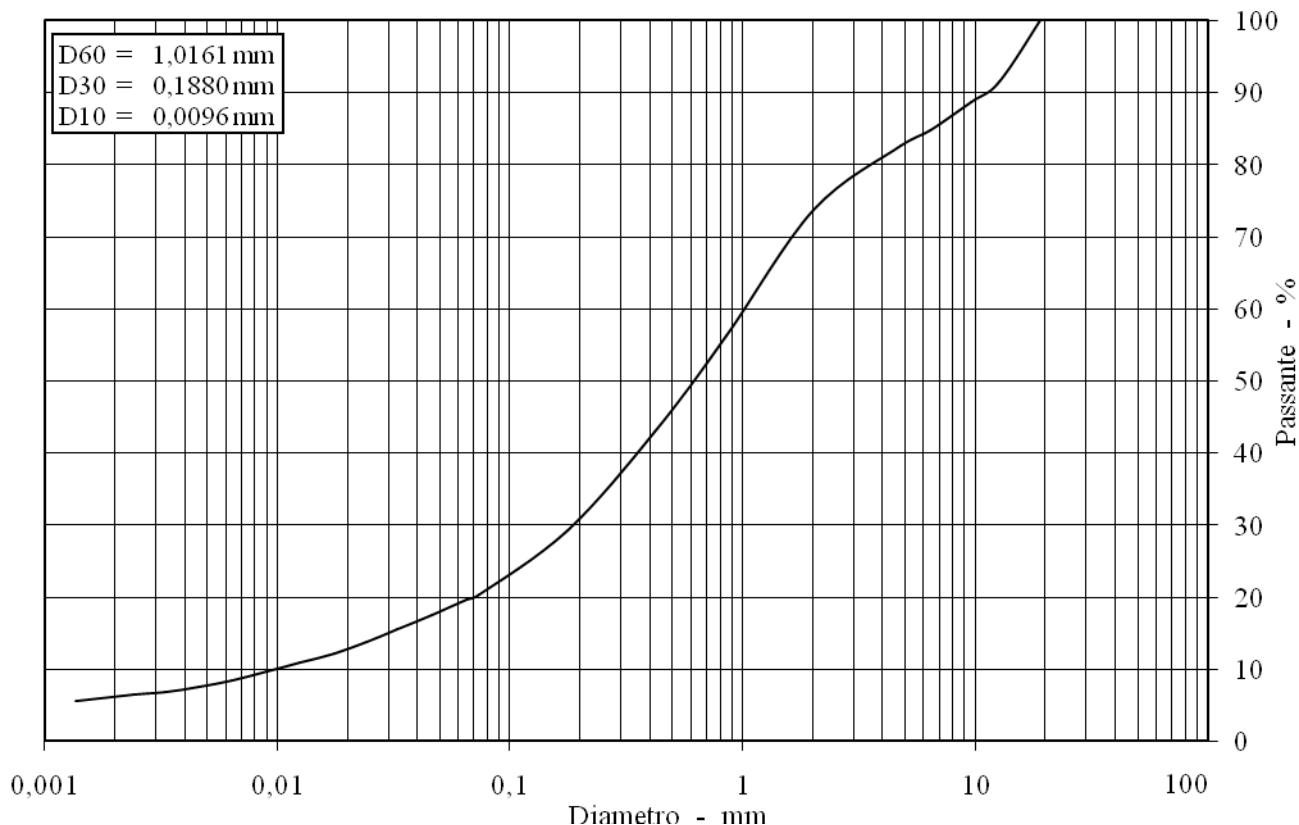
ANALISI GRANULOMETRICA

Analisi eseguita per setacciatura e sedimentazione

Sondaggio **S5** Campione **G1** Profondità **4.20 - 4.50** Zero di rif. **p. c.**

RISULTATI DELLA PROVA										
Diametro mm		101,600	88,900	76,200	63,500	50,800	38,100	25,400	19,050	12,700
Passante %									100,00	91,44
Diametro mm	9,5200	6,3500	4,7600	2,0000	0,8500	0,4200	0,1770	0,0740	0,0650	0,0460
Passante %	88,70	84,78	82,60	73,73	56,19	42,96	29,29	20,33	19,67	17,56
Diametro mm	0,0325	0,0240	0,0175	0,0125	0,0090	0,0064	0,0046	0,0033	0,0024	0,0014
Passante %	15,48	13,80	12,12	10,83	9,65	8,46	7,47	6,78	6,39	5,48
Ghiaia % 17,40 Sabbia % 62,27 Limo % 14,29 Argilla % 6,04										

Argilla	Limo		Sabbia			Ghiaia		Ciottoli
			fine	media	grossa	fine	grossa	
	0.002	0.074			4.760		76.200	



DESCRIZIONE : Sabbia ghiaiosa limosa debolmente argillosa.

Certificato n° 2921.f1-05	Operatore Dott. E. Croce	L2921.f1/14 tab. 10
----------------------------------	---------------------------------	---------------------

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO) - tel - fax 031750824

SONDAGGIO S6
CAMPIONI G1

Data prelievi campione	23.07.2014	Data inizio prove	23.07.2014
Data arrivo in laboratorio	23.07.2014	Data fine prove	29.07.2014

PROVE ESEGUITE

*Apertura campione
Analisi granulometrica*

NORMATIVA

Raccomandazioni A.G.I.
Norma ASTM D 422-92

NOTE

I campioni sono stati prelevati dalla Dott. A. Monti dello Studio Frati.

LABORATORIO GEOTECNICO

CROCE

Via San Primo, 2 - Mariano Comense CO

L2921.f1/14.ec

APERTURA CAMPIONE

Sondaggio **S6** Campione **G1** Profondità **3.80 - 4.00** Zero di rif. **p. c.**

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE

TIPOLOGIA **Rimaneggiato** Semindisturbato Indisturbato
GEOMETRIA Diametro : / Lunghezza : /

Pocket Penet. KPa	Vane Test KPa	Descrizione litologica del campione (Colori : Soil color chart MUNSELL)	Posizione prove
		<div><div>+</div><div>0</div><div>Limo argilloso debolmente sabbioso.</div><div>Colore 5 YR - 6 / 1 grigio.</div><div>+</div><div>10</div><div></div><div>+</div><div>20</div><div></div><div>+</div><div>30</div><div></div><div>+</div><div>40</div><div></div><div>+</div><div>50</div><div></div><div>+</div><div>60</div></div>	

	Operatore Dott. E. Croce	L2921.f1/14 tab. 11
--	---------------------------------	---------------------

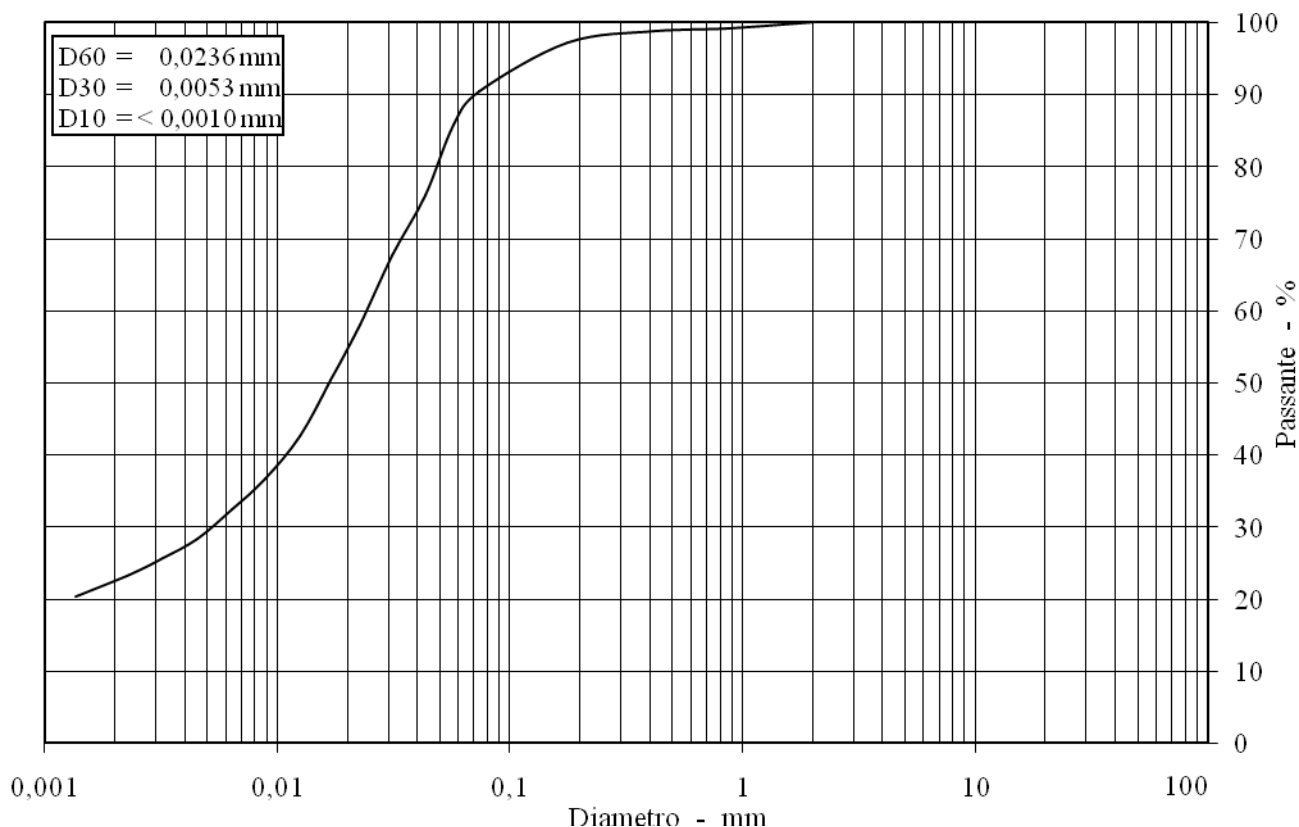
ANALISI GRANULOMETRICA

Analisi eseguita per setacciatura e sedimentazione

Sondaggio **S6** Campione **G1** Profondità **3.80 - 4.00** Zero di rif. **p. c.**

RISULTATI DELLA PROVA										
Diametro mm		101,600	88,900	76,200	63,500	50,800	38,100	25,400	19,050	12,700
Passante %										
Diametro mm	9,5200	6,3500	4,7600	2,0000	0,8500	0,4200	0,1770	0,0740	0,0570	0,0430
Passante %				100,00	99,25	98,83	97,24	90,45	85,79	76,05
Diametro mm	0,0310	0,0225	0,0170	0,0125	0,0089	0,0064	0,0045	0,0032	0,0023	0,0014
Passante %	67,69	58,09	50,35	42,61	36,72	32,39	28,36	25,58	23,41	20,25
Ghiaia % 0,00 Sabbia % 9,55 Limo % 68,04 Argilla % 22,41										

Argilla	Limo		Sabbia			Ghiaia		Ciottoli
			fine	media	grossa	fine	grossa	
	0.002	0.074			4.760		76.200	



DESCRIZIONE : Limo argilloso debolmente sabbioso.

Certificato n° 2921.f1-06	Operatore Dott. E. Croce	L2921.f1/14 tab. 12
----------------------------------	---------------------------------	---------------------

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO) - tel - fax 031750824

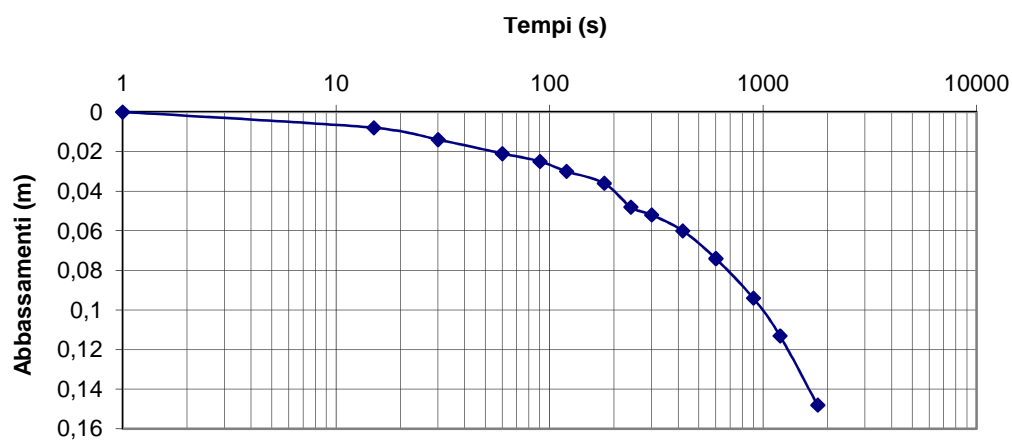
Luogo: MERONE

Sondaggio S1

Prova LA

Livello statico della falda da p.c. (m)	2,45
Profondità fondo foro (m)	2
Sporgenza della testa del tubo da p.c. (m):	0,1
Profondità rivestimento da p.c. (m)	1,5
Altezza della falda da boccaforo (m)	2,55
Lunghezza tratto indagato (m)	0,5
Diametro D del foro (m)	0,101
Area di base del foro (mq)	0,008
Coefficiente di forma cf	0,5

Tempi		Abbassamenti		h falda
min	sec	cm	m	m
0,0	1	0,0	0	2,55
0,3	15	0,8	0,008	2,54
0,5	30	1,4	0,014	2,54
1,0	60	2,1	0,021	2,53
1,5	90	2,5	0,025	2,53
2,0	120	3,0	0,03	2,52
3,0	180	3,6	0,036	2,51
4,0	240	4,8	0,048	2,50
5,0	300	5,2	0,052	2,50
7,0	420	6,0	0,06	2,49
10,0	600	7,4	0,074	2,48
15,0	900	9,4	0,094	2,46
20,0	1200	11,3	0,113	2,44
30,0	1800	14,8	0,148	2,40



Tempi min	Permeabilità K	
	m/s	cm/sec
0,3	3,59E-06	3,59E-04
0,5	2,52E-06	2,52E-04
1,0	1,48E-06	1,48E-04
1,5	8,45E-07	8,45E-05
2,0	1,06E-06	1,06E-04
3	6,36E-07	6,36E-05
4	1,28E-06	1,28E-04
5	4,27E-07	4,27E-05
7	4,28E-07	4,28E-05
10	5,02E-07	5,02E-05
15	4,33E-07	4,33E-05
20	4,15E-07	4,15E-05
30	3,86E-07	3,86E-05

Terreno: limo con sabbia

Grado di permeabilità: basso

Permeabilità media K	
m/s	cm/sec
1,1E-06	1,1E-04

Prove di permeabilità in foro col
metodo Lefranc a carico variabile

Luogo: MERONE

Sondaggio S1

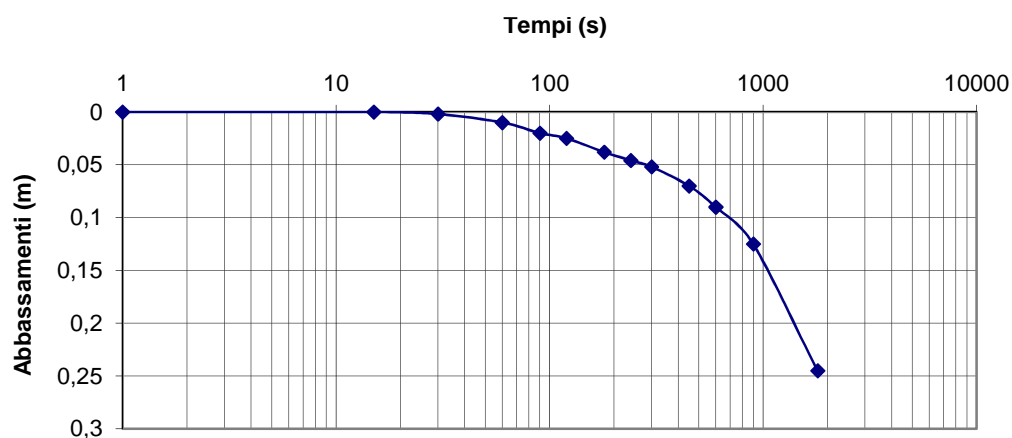
Prova LB

Livello statico della falda da p.c. (m)	2,45
Profondità fondo foro (m)	5
Sporgenza della testa del tubo da p.c. (m):	0,15
Profondità rivestimento da p.c. (m)	4,5
Altezza della falda da boccaforo (m)	2,6
Lunghezza tratto indagato (m)	0,5
Diametro D del foro (m)	0,101
Area di base del foro (m ²)	0,008
Coefficiente di forma cf	0,5

Tempi	
min	sec
0,0	1
0,3	15
0,5	30
1,0	60
1,5	90
2,0	120
3,0	180
4,0	240
5,0	300
7,5	450
10,0	600
15,0	900
30,0	1800

Abbassamenti	
cm	m
0,0	0
0,0	0
0,2	0,002
1,0	0,01
2,0	0,02
2,5	0,025
3,8	0,038
4,6	0,046
5,2	0,052
7,0	0,07
9,0	0,09
12,5	0,125
24,5	0,245

h falda m
2,60
2,60
2,60
2,59
2,58
2,58
2,56
2,55
2,55
2,53
2,51
2,48
2,36



Tempi min	Permeabilità K	
	m/s	cm/sec
0,3	0,00E+00	0,00E+00
0,5	8,22E-07	8,22E-05
1,0	1,65E-06	1,65E-04
1,5	2,07E-06	2,07E-04
2,0	1,04E-06	1,04E-04
3	1,35E-06	1,35E-04
4	8,35E-07	8,35E-05
5	6,28E-07	6,28E-05
7,5	7,57E-07	7,57E-05
10	8,47E-07	8,47E-05
15	7,50E-07	7,50E-05
30	8,84E-07	8,84E-05

Terreno: limo argilloso debolmente sabbioso
Grado di permeabilità: basso

Permeabilità media K	
m/s	cm/sec
1,1E-06	1,1E-04

**Prove di permeabilita' in foro col
metodo Lefranc a carico variabile**

Luogo: MERONE

Sondaggio S2

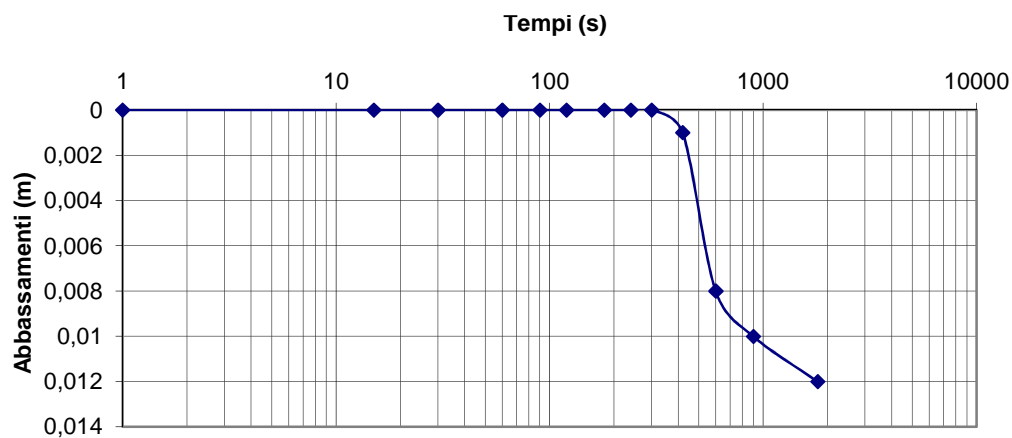
Prova LA

Livello statico della falda da p.c. (m)	1,9
Profondità fondo foro (m)	2
Sporgenza della testa del tubo da p.c. (m):	0,1
Profondità rivestimento da p.c. (m)	1,5
Altezza della falda da boccaforo (m)	2
Lunghezza tratto indagato (m)	0,5
Diametro D del foro (m)	0,101
Area di base del foro (mq)	0,008
Coefficiente di forma cf	0,5

Tempi	
min	sec
0,0	1
0,3	15
0,5	30
1,0	60
1,5	90
2,0	120
3,0	180
4,0	240
5,0	300
7,0	420
10,0	600
15,0	900
30,0	1800

Abbassamenti	
cm	m
0,0	0
0,0	0
0,0	0
0,0	0
0,0	0
0,0	0
0,0	0
0,0	0
0,0	0
0,0	0
0,1	0,001
0,8	0,008
1,0	0,01
1,2	0,012

h falda m
2,00
2,00
2,00
2,00
2,00
2,00
2,00
2,00
2,00
2,00
2,00
1,99
1,99
1,99
2,00



Tempi min	Permeabilità K	
	m/s	cm/sec
0,3	0,00E+00	0,00E+00
0,5	0,00E+00	0,00E+00
1,0	0,00E+00	0,00E+00
1,5	0,00E+00	0,00E+00
2,0	0,00E+00	0,00E+00
3	0,00E+00	0,00E+00
4	0,00E+00	0,00E+00
5	0,00E+00	0,00E+00
7	6,67E-08	6,67E-06
10	3,12E-07	3,12E-05
15	5,36E-08	5,36E-06
30	1,79E-08	1,79E-06

Terreno: limo con sabbia e ghiaia
Grado di permeabilità: basso

Permeabilità media K	
m/s	cm/sec
1,1E-07	1,1E-05

Prove di permeabilità in foro col
metodo Lefranc a carico variabile

Luogo: MERONE

Sondaggio S2

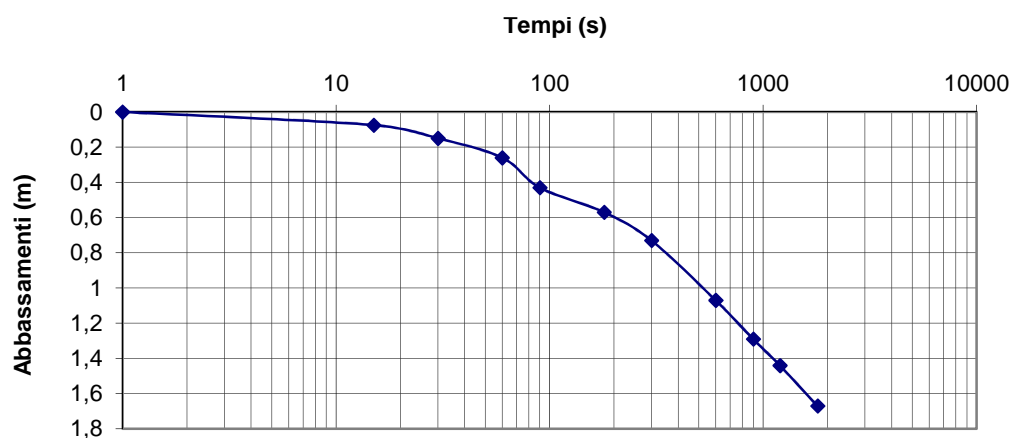
Prova LB

Livello statico della falda da p.c. (m)	1,9
Profondità fondo foro (m)	5
Sporgenza della testa del tubo da p.c. (m):	0,1
Profondità rivestimento da p.c. (m)	4,5
Altezza della falda da boccaforo (m)	2
Lunghezza tratto indagato (m)	0,5
Diametro D del foro (m)	0,101
Area di base del foro (mq)	0,008
Coefficiente di forma cf	0,5

Tempi	
min	sec
0,0	1
0,3	15
0,5	30
1,0	60
2,0	90
3,0	180
5,0	300
10,0	600
15,0	900
20,0	1200
30,0	1800

Abbassamenti	
cm	m
0,0	0
8	0,075
15	0,15
26	0,26
43	0,43
57	0,57
73	0,73
107	1,07
129	1,29
144	1,44
167	1,67

h falda m
2,00
1,93
1,85
1,74
1,57
1,43
1,27
0,93
0,71
0,56
0,33



Tempi min	Permeabilità K	
	m/s	cm/sec
0,3	4,37E-05	4,37E-03
0,5	4,24E-05	4,24E-03
1,0	3,27E-05	3,27E-03
2,0	5,49E-05	5,49E-03
3,0	1,66E-05	1,66E-03
5	1,58E-05	1,58E-03
10	1,66E-05	1,66E-03
15	1,44E-05	1,44E-03
20	1,27E-05	1,27E-03
30	1,41E-05	1,41E-03

Terreno: sabbia limosa debolmente argillosa
Grado di permeabilità: medio

Permeabilità media K	
m/s	cm/sec
2,6E-05	2,6E-03

**Prove di permeabilita' in foro col
metodo Lefranc a carico variabile**

Luogo: MERONE

Sondaggio S3

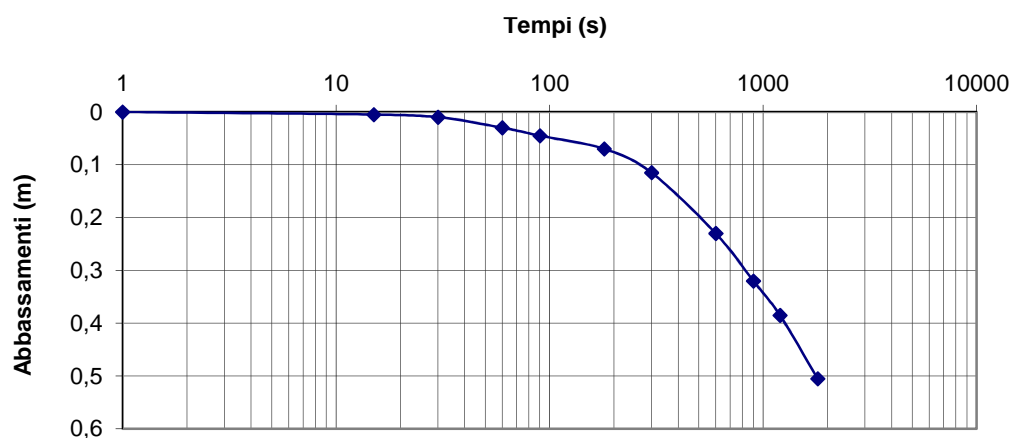
Prova LA

Livello statico della falda da p.c. (m)	1,67
Profondità fondo foro (m)	2
Sporgenza della testa del tubo da p.c. (m):	0,15
Profondità rivestimento da p.c. (m)	1,5
Altezza della falda da boccaforo (m)	1,82
Lunghezza tratto indagato (m)	0,5
Diametro D del foro (m)	0,101
Area di base del foro (mq)	0,008
Coefficiente di forma cf	0,5

Tempi	
min	sec
0,0	1
0,3	15
0,5	30
1,0	60
2,0	90
3,0	180
5,0	300
10,0	600
15,0	900
20,0	1200
30,0	1800

Abbassamenti	
cm	m
0,0	0
0,5	0,005
1,0	0,01
3,0	0,03
4,5	0,045
7,0	0,07
11,5	0,115
23,0	0,23
32,0	0,32
38,5	0,385
50,5	0,505

h falda m
1,82
1,82
1,81
1,79
1,78
1,75
1,71
1,59
1,50
1,44
1,32



Tempi min	Permeabilità K	
	m/s	cm/sec
0,3	3,15E-06	3,15E-04
0,5	2,95E-06	2,95E-04
1,0	5,93E-06	5,93E-04
2,0	4,49E-06	4,49E-04
3,0	2,52E-06	2,52E-04
5	3,48E-06	3,48E-04
10	3,73E-06	3,73E-04
15	3,11E-06	3,11E-04
20	2,36E-06	2,36E-04
30	2,33E-06	2,33E-04

Terreno: limo debolmente sabbioso
Grado di permeabilità: basso

Permeabilità media K	
m/s	cm/sec
3,4E-06	3,4E-04

**Prove di permeabilita' in foro col
metodo Lefranc a carico variabile**

Luogo: MERONE

Sondaggio S3

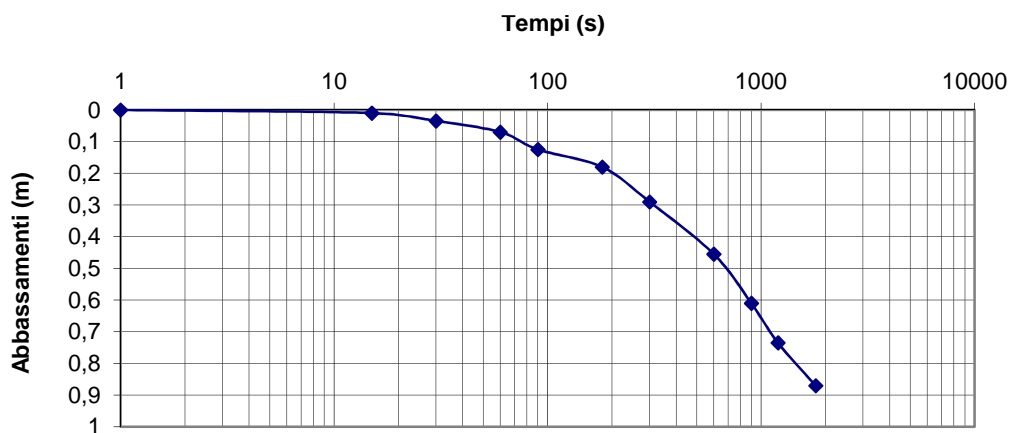
Prova LB

Livello statico della falda da p.c. (m)	1,67
Profondità fondo foro (m)	5
Sporgenza della testa del tubo da p.c. (m):	0,1
Profondità rivestimento da p.c. (m)	4,5
Altezza della falda da boccaforo (m)	1,77
Lunghezza tratto indagato (m)	0,5
Diametro D del foro (m)	0,101
Area di base del foro (mq)	0,008
Coefficiente di forma cf	0,5

Tempi	
min	sec
0,0	1
0,3	15
0,5	30
1,0	60
2,0	90
3,0	180
5,0	300
10,0	600
15,0	900
20,0	1200
30,0	1800

Abbassamenti	
cm	m
0,0	0
1,0	0,01
3,5	0,035
7,0	0,07
12,5	0,125
18,0	0,18
29,0	0,29
45,5	0,455
61,0	0,61
73,5	0,735
87,0	0,87

h falda m
1,77
1,76
1,74
1,70
1,65
1,59
1,48
1,32
1,16
1,04
0,90



Tempi min	Permeabilità K	
	m/s	cm/sec
0,3	6,48E-06	6,48E-04
0,5	1,53E-05	1,53E-03
1,0	1,09E-05	1,09E-03
2,0	1,76E-05	1,76E-03
3,0	6,05E-06	6,05E-04
5	9,57E-06	9,57E-04
10	6,31E-06	6,31E-04
15	6,70E-06	6,70E-04
20	6,09E-06	6,09E-04
30	3,73E-06	3,73E-04

Terreno: ghiaia con sabbia debolmente limo/argillosa
Grado di permeabilità: basso

Permeabilità media K	
m/s	cm/sec
8,9E-06	8,9E-04

Prove di permeabilità in foro col
metodo Lefranc a carico variabile

Luogo: MERONE

Sondaggio S4

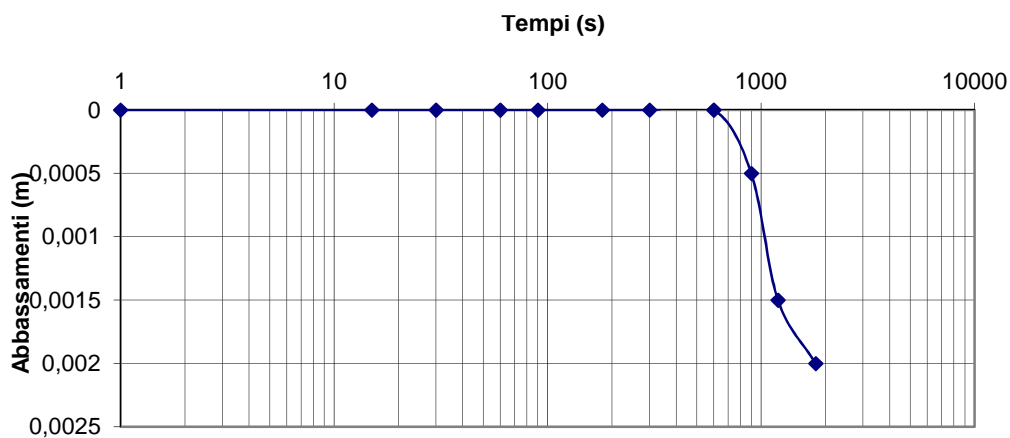
Prova LA

Livello statico della falda da p.c. (m)	1,11
Profondità fondo foro (m)	2
Sporgenza della testa del tubo da p.c. (m):	0,15
Profondità rivestimento da p.c. (m)	1,5
Altezza della falda da boccaforo (m)	1,26
Lunghezza tratto indagato (m)	0,5
Diametro D del foro (m)	0,101
Area di base del foro (mq)	0,008
Coefficiente di forma cf	0,5

Tempi	
min	sec
0,0	1
0,3	15
0,5	30
1,0	60
2,0	90
3,0	180
5,0	300
10,0	600
15,0	900
20,0	1200
30,0	1800

Abbassamenti	
cm	m
0,0	0
0,00	0
0,00	0
0,00	0
0,00	0
0,00	0
0,00	0
0,00	0
0,00	0
0,05	0,0005
0,15	0,0015
0,20	0,002

h falda m
1,26
1,26
1,26
1,26
1,26
1,26
1,26
1,26
1,26
1,26
1,26
1,26



Tempi min	Permeabilità K	
	m/s	cm/sec
0,3	0,00E+00	0,00E+00
0,5	0,00E+00	0,00E+00
1,0	0,00E+00	0,00E+00
2,0	0,00E+00	0,00E+00
3,0	0,00E+00	0,00E+00
5	0,00E+00	0,00E+00
10	0,00E+00	0,00E+00
15	2,12E-08	2,12E-06
20	4,24E-08	4,24E-06
30	1,06E-08	1,06E-06

Terreno: limo debolmente sabbioso
Grado di permeabilità: molto basso

Permeabilità media K	
m/s	cm/sec
2,5E-08	2,5E-06

**Prove di permeabilita' in foro col
metodo Lefranc a carico variabile**

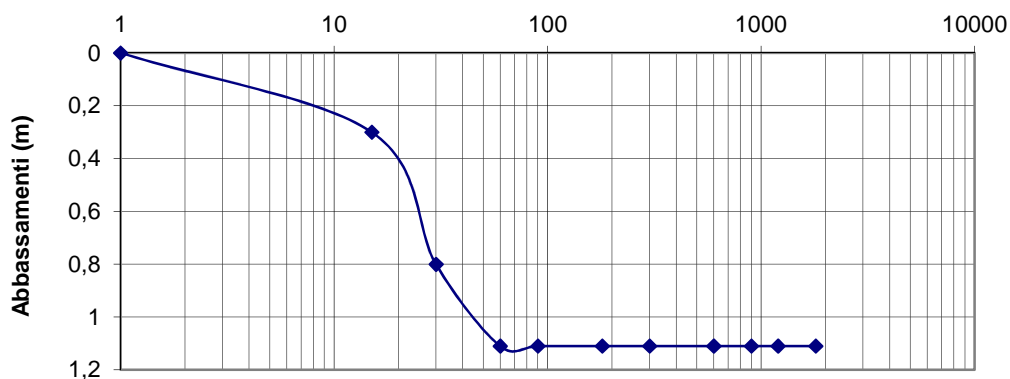
Livello statico della falda da p.c. (m)	1,11
Profondità fondo foro (m)	5
Sporgenza della testa del tubo da p.c. (m):	0,1
Profondità rivestimento da p.c. (m)	4,5
Altezza della falda da boccaforo (m)	1,21
Lunghezza tratto indagato (m)	0,5
Diametro D del foro (m)	0,127
Area di base del foro (mq)	0,013
Coefficiente di forma cf	0,5

Tempi	
min	sec
0,0	1
0,3	15
0,5	30
1,0	60
2,0	90
3,0	180
5,0	300
10,0	600
15,0	900
20,0	1200
30,0	1800

Abbassamenti	
cm	m
0,0	0
30	0,3
80	0,8
111	1,11
111	1,11
111	1,11
111	1,11
111	1,11
111	1,11
111	1,11
111	1,11
111	1,11

h falda m
1,21
0,91
0,41
0,10
0,10
0,10
0,10
0,10
0,10
0,10
0,10

Tempi (s)



Tempi min	Permeabilità K	
	m/s	cm/sec
0,3	5,15E-04	5,15E-02
0,5	1,35E-03	1,35E-01
1,0	1,19E-03	1,19E-01
2,0	0,00E+00	0,00E+00
3,0	0,00E+00	0,00E+00
5	0,00E+00	0,00E+00
10	0,00E+00	0,00E+00
15	0,00E+00	0,00E+00
20	0,00E+00	0,00E+00
30	0,00E+00	0,00E+00

Terreno: ghiaia con sabbia
Grado di permeabilità: alto

Permeabilità media K	
m/s	cm/sec
1,0E-03	1,0E-01

Prove di permeabilità in foro col
metodo Lefranc a carico variabile

Luogo: MERONE

Sondaggio S5

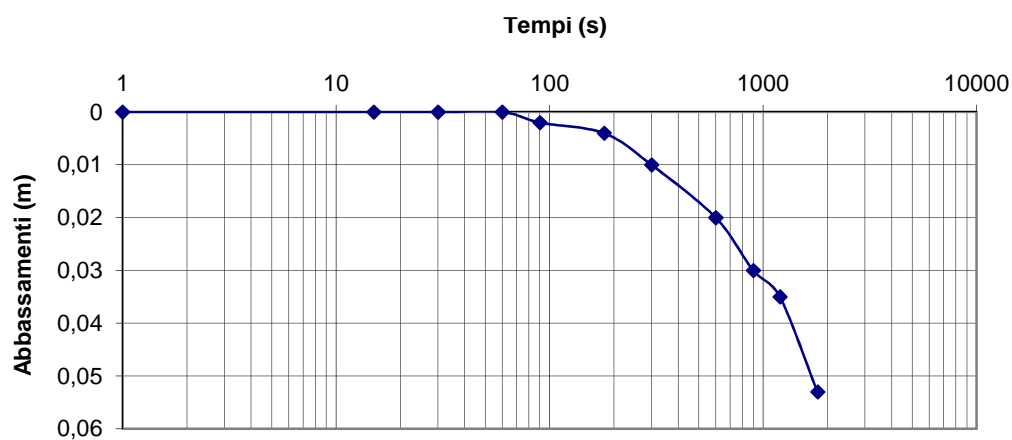
Prova LA

Livello statico della falda da p.c. (m)	1,53
Profondità fondo foro (m)	2
Sporgenza della testa del tubo da p.c. (m):	0,15
Profondità rivestimento da p.c. (m)	1,5
Altezza della falda da boccaforo (m)	1,68
Lunghezza tratto indagato (m)	0,5
Diametro D del foro (m)	0,101
Area di base del foro (mq)	0,008
Coefficiente di forma cf	0,5

Tempi	
min	sec
0,0	1
0,3	15
0,5	30
1,0	60
2,0	90
3,0	180
5,0	300
10,0	600
15,0	900
20,0	1200
30,0	1800

Abbassamenti	
cm	m
0,0	0
0,0	0
0,0	0
0,0	0
0,2	0,002
0,4	0,004
1,0	0,01
2,0	0,02
3,0	0,03
3,5	0,035
5,3	0,053

h falda m
1,68
1,68
1,68
1,68
1,68
1,68
1,68
1,67
1,66
1,65
1,65
1,63



Tempi min	Permeabilità K	
	m/s	cm/sec
0,3	0,00E+00	0,00E+00
0,5	0,00E+00	0,00E+00
1,0	0,00E+00	0,00E+00
2,0	6,36E-07	6,36E-05
3,0	2,12E-07	2,12E-05
5	4,79E-07	4,79E-05
10	3,21E-07	3,21E-05
15	3,23E-07	3,23E-05
20	1,62E-07	1,62E-05
30	2,94E-07	2,94E-05

Terreno: sabbia con limo
Grado di permeabilità: basso

Permeabilità media K	
m/s	cm/sec
3,5E-07	3,5E-05

Prove di permeabilità in foro col
metodo Lefranc a carico variabile

Luogo: MERONE

Sondaggio S5

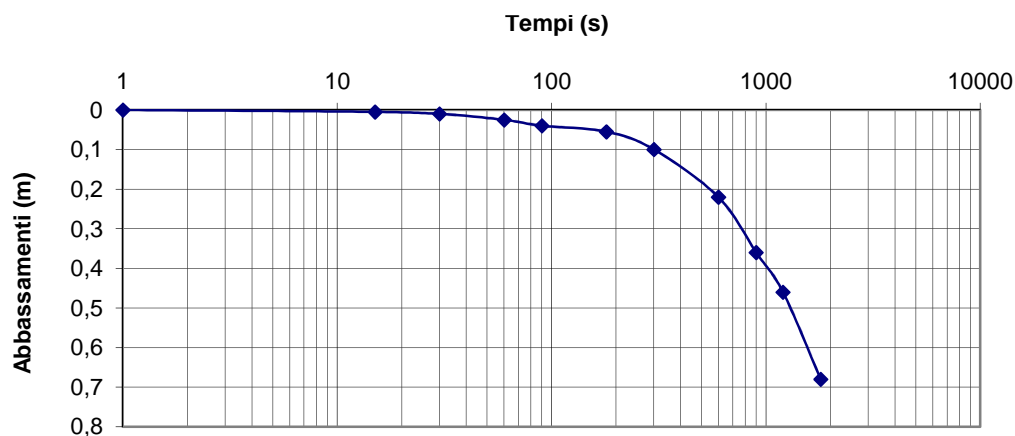
Prova LB

Livello statico della falda da p.c. (m)	1,53
Profondità fondo foro (m)	5
Sporgenza della testa del tubo da p.c. (m):	0,25
Profondità rivestimento da p.c. (m)	4,5
Altezza della falda da boccaforo (m)	1,78
Lunghezza tratto indagato (m)	0,5
Diametro D del foro (m)	0,101
Area di base del foro (mq)	0,008
Coefficiente di forma cf	0,5

Tempi	
min	sec
0,0	1
0,3	15
0,5	30
1,0	60
2,0	90
3,0	180
5,0	300
10,0	600
15,0	900
20,0	1200
30,0	1800

Abbassamenti	
cm	m
0,0	0
0,5	0,005
1,0	0,01
2,5	0,025
4,0	0,04
5,5	0,055
10,0	0,1
22,0	0,22
36,0	0,36
46,0	0,46
68,0	0,68

h falda m
1,78
1,78
1,77
1,76
1,74
1,73
1,68
1,56
1,42
1,32
1,10



Tempi min	Permeabilità K	
	m/s	cm/sec
0,3	3,22E-06	3,22E-04
0,5	3,01E-06	3,01E-04
1,0	4,54E-06	4,54E-04
2,0	4,58E-06	4,58E-04
3,0	1,54E-06	1,54E-04
5	3,53E-06	3,53E-04
10	3,96E-06	3,96E-04
15	5,02E-06	5,02E-04
20	3,90E-06	3,90E-04
30	4,87E-06	4,87E-04

Terreno: ghiaia con sabbia debolmente limo/argillosa
Grado di permeabilità: basso

Permeabilità media K	
m/s	cm/sec
3,8E-06	3,8E-04

Prove di permeabilità in foro col
metodo Lefranc a carico variabile

Luogo: MERONE

Sondaggio S6

Prova LB

Livello statico della falda da p.c. (m)	1,28
Profondità fondo foro (m)	2
Sporgenza della testa del tubo da p.c. (m):	0,15
Profondità rivestimento da p.c. (m)	1,5
Altezza della falda da boccaforo (m)	1,43
Lunghezza tratto indagato (m)	0,5
Diametro D del foro (m)	0,101
Livello stabilizzato dell'acqua all'inizio della prova:	0
Coefficiente di forma cf	2,85

Tempi	
min	sec
1,27	76,2

Immissione	
l	mc
100	0,1

h falda
m
2,15

Permeabilità K	
m/s	cm/sec
3,2E-03	3,2E-01

Terreno: ghiaie e sabbie
Grado di permeabilità: alta

Prove di permeabilità in foro col metodo
Lefranc a carico costante

Luogo: MERONE

Sondaggio S6

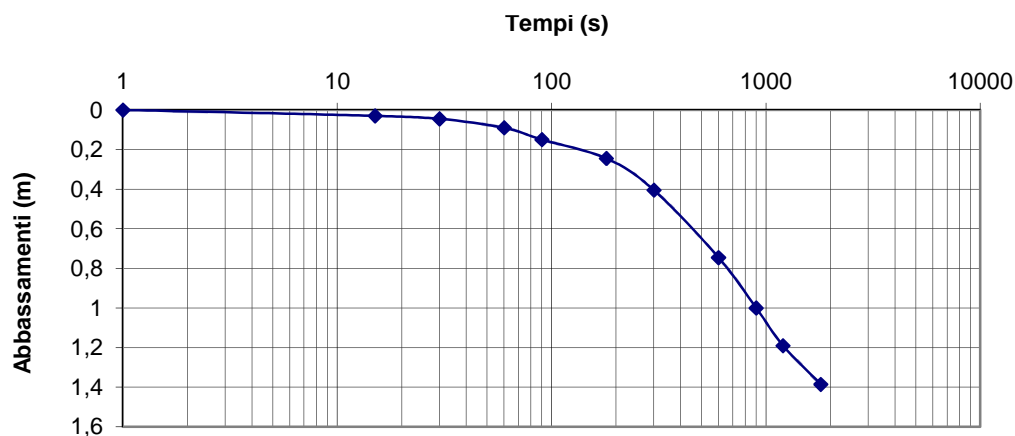
Prova LB

Livello statico della falda da p.c. (m)	1,28
Profondità fondo foro (m)	5
Sporgenza della testa del tubo da p.c. (m):	0,25
Profondità rivestimento da p.c. (m)	4,5
Altezza della falda da boccaforo (m)	1,53
Lunghezza tratto indagato (m)	0,5
Diametro D del foro (m)	0,101
Area di base del foro (mq)	0,008
Coefficiente di forma cf	0,5

Tempi	
min	sec
0,0	1
0,3	15
0,5	30
1,0	60
2,0	90
3,0	180
5,0	300
10,0	600
15,0	900
20,0	1200
30,0	1800

Abbassamenti	
cm	m
0,0	0
3,0	0,03
4,5	0,045
9,0	0,09
15,0	0,15
24,5	0,245
40,5	0,405
74,5	0,745
100,0	1
119,0	1,19
138,5	1,385

h falda
m
1,53
1,50
1,49
1,44
1,38
1,29
1,13
0,79
0,53
0,34
0,15



Tempi min	Permeabilità K	
	m/s	cm/sec
0,3	2,27E-05	2,27E-03
0,5	1,07E-05	1,07E-03
1,0	1,64E-05	1,64E-03
2,0	2,27E-05	2,27E-03
3,0	1,27E-05	1,27E-03
5	1,77E-05	1,77E-03
10	1,92E-05	1,92E-03
15	2,10E-05	2,10E-03
20	2,37E-05	2,37E-03
30	2,27E-05	2,27E-03

Terreno: limo argilloso debolmente sabbioso
Grado di permeabilità: medio (*)

Permeabilità media K	
m/s	cm/sec
1,90E-05	1,90E-03

(*) prova non attendibile

**Prove di permeabilità in foro col
metodo Lefranc a carico variabile**

Laboratorio Prove Ambientali**Rapporto di prova n. 1430/14**

Pag. 1 di 1

ANALISI TERRENI

Committente:	Geoprove di Andrea Kisic & C.snc, Via Manzoni 1 – 24048 Treviolo (BG)
Campione prelevato da:	Committente
Descrizione campione:	Terreno prelevato nell'ambito del progetto definitivo "Affinamento depurativo a valle del depuratore in Comune di Merone"; campione S1C1 profondità 1,70 – 2,00 m
Data ricevimento campione:	24.07.2014
Accettazione n°:	1430
Data inizio analisi:	31.07.2014
Data fine analisi:	29.08.2014

PARAMETRI RICERCATI	Valori Rilevati (Secondo D.Lgs 152/06)	Norme di riferimento	Concentrazione limite *	Concentrazione limite **
Frazione passante a 2 mm	64,99 %	D.M. 13/09/1999 S.O. n°185 G.U. n°248 del 21/10/1999 Metodo II.1	///	///
Idrocarburi pesanti C>12	9 mg/kg	UNI EN ISO 16703 : 2011	50 mg/kg	750 mg/kg
Arsenico	6,81 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	20 mg/kg	50 mg/kg
Cadmio	< 0,2 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	2 mg/kg	15 mg/kg
Cobalto	5,36 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	20 mg/kg	250 mg/kg
Cromo totale	25,0 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	150 mg/kg	800 mg/kg
Cromo esavalente	< 0,5 mg/kg	CNR-IRSA Q64 vol.3 met.16 (86)	2 mg/kg	15 mg/kg
Rame	21,7 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	120 mg/kg	600 mg/kg
Mercurio	< 0,3 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	1 mg/kg	5 mg/kg
Nichel	21,9 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	120 mg/kg	500 mg/kg
Piombo	8,79 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	100 mg/kg	1000 mg/kg
Zinco	30,8 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	150 mg/kg	1500 mg/kg
Amianto totale***	< 100 mg/kg	DM 06/09/94 All 1 met B GU n° 220 20/09/94	1000 mg/kg	1000 mg/kg

* All 5 Titolo V Parte IV Tab 1 D.Lgs n°152/06, valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e sottosuolo riferiti a siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Colonna A)

** All 5 Titolo V Parte IV Tab 1 D.Lgs n°152/06, valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e sottosuolo riferiti a siti ad uso commerciale e industriale (Colonna B)

*** determinazione effettuata da laboratorio esterno

Seriate, li 04.09.2014

L'Analista

Il Responsabile del Laboratorio
(Andreotti dott. Giancarlo)

I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente all'oggetto provato.
Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio.

Laboratorio Prove Ambientali**Rapporto di prova n. 1431/14**

Pag. 1 di 1

ANALISI TERRENI

Committente:	Geoprove di Andrea Kisic & C.snc, Via Manzoni 1 – 24048 Treviolo (BG)
Campione prelevato da:	Committente
Descrizione campione:	Terreno prelevato nell'ambito del progetto definitivo "Affinamento depurativo a valle del depuratore in Comune di Merone"; campione S2C1 profondità 1,70 – 2,00 m
Data ricevimento campione:	24.07.2014
Accettazione n°:	1431
Data inizio analisi:	31.07.2014
Data fine analisi:	29.08.2014

PARAMETRI RICERCATI	Valori Rilevati (Secondo D.Lgs152/06)	Norme di riferimento	Concentrazione limite *	Concentrazione limite **
Frazione passante a 2 mm	97,37 %	D.M. 13/09/1999 S.O. n°185 G.U. n°248 del 21/10/1999 Metodo II.1	///	///
Idrocarburi pesanti C>12	13 mg/kg	UNI EN ISO 16703 : 2011	50 mg/kg	750 mg/kg
Arsenico	10,8 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	20 mg/kg	50 mg/kg
Cadmio	< 0,3 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	2 mg/kg	15 mg/kg
Cobalto	7,56 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	20 mg/kg	250 mg/kg
Cromo totale	46,8 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	150 mg/kg	800 mg/kg
Cromo esavalente	< 0,5 mg/kg	CNR-IRSA Q64 vol.3 met.16 (86)	2 mg/kg	15 mg/kg
Rame	15,1 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	120 mg/kg	600 mg/kg
Mercurio	< 0,5 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	1 mg/kg	5 mg/kg
Nichel	37,2 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	120 mg/kg	500 mg/kg
Piombo	9,17 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	100 mg/kg	1000 mg/kg
Zinco	32,8 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	150 mg/kg	1500 mg/kg
Amianto totale***	< 100 mg/kg	DM 06/09/94 All 1 met B GU n° 220 20/09/94	1000 mg/kg	1000 mg/kg

* All.5 Titolo V Parte IV Tab.1 D Lgs n°152/06, valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e sottosuolo riferiti a siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Colonna A)

** All.5 Titolo V Parte IV Tab.1 D Lgs n°152/06, valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e sottosuolo riferiti a siti ad uso commerciale e industriale (Colonna B)

*** determinazione effettuata da laboratorio esterno

Seriate, lì 04.09.2014

L'Analista

Il Responsabile del Laboratorio
(Andrea Letti dott. Giancarlo)

I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente all'oggetto provato.
Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio.

P&P LMC srl è un'azienda con Sistema di Gestione per la Qualità certificato ISO 9001:2008.
Certificato CSQ n° 9175.ILMC

Laboratorio Prove Ambientali**Rapporto di prova n. 1432/14**

Pag. 1 di 1

ANALISI TERRENI

Committente:	Geoprove di Andrea Kisic & C.snc, Via Manzoni 1 – 24048 Treviolo (BG)
Campione prelevato da:	Committente
Descrizione campione:	Terreno prelevato nell'ambito del progetto definitivo "Affinamento depurativo a valle del depuratore in Comune di Merone"; campione S3C1 profondità 1,70 – 2,00 m
Data ricevimento campione:	24.07.2014
Accettazione n°:	1432
Data inizio analisi:	31.07.2014
Data fine analisi:	29.08.2014

PARAMETRI RICERCATI	Valori Rilevati (Secondo D.Lgs152/06)	Norme di riferimento	Concentrazione limite *	Concentrazione limite **
Frazione passante a 2 mm	98,17 %	D.M. 13/09/1999 S.O. n°185 G.U. n°248 del 21/10/1999 Metodo II.1	///	///
Idrocarburi pesanti C>12	8 mg/kg	UNI EN ISO 16703 : 2011	50 mg/kg	750 mg/kg
Arsenico	2,57 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	20 mg/kg	50 mg/kg
Cadmio	< 0,3 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	2 mg/kg	15 mg/kg
Cobalto	5,23 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	20 mg/kg	250 mg/kg
Cromo totale	25,4 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	150 mg/kg	800 mg/kg
Cromo esavalente	< 0,5 mg/kg	CNR-IRSA Q64 vol.3 met.16 (86)	2 mg/kg	15 mg/kg
Rame	7,67 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	120 mg/kg	600 mg/kg
Mercurio	< 0,5 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	1 mg/kg	5 mg/kg
Nichel	17,8 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	120 mg/kg	500 mg/kg
Piombo	4,62 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	100 mg/kg	1000 mg/kg
Zinco	20,4 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	150 mg/kg	1500 mg/kg
Amianto totale***	< 100 mg/kg	DM 06/09/94 All 1 met B GU n° 220 20/09/94	1000 mg/kg	1000 mg/kg

* All. 5 Titolo V Parte IV Tab. 1 D. Lgs n°152/06, valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e sottosuolo riferiti a siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Colonna A)

** All. 5 Titolo V Parte IV Tab. 1 D. Lgs n°152/06, valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e sottosuolo riferiti a siti ad uso commerciale e industriale (Colonna B)

*** determinazione effettuata da laboratorio esterno

Seriate, li 04.09.2014

L'Analista

Il Responsabile del Laboratorio
(Andrea Letti dott. Giancarlo)

I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente all'oggetto provato.
Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio.

Laboratorio Prove Ambientali**Rapporto di prova n. 1433/14**

Pag. 1 di 1

ANALISI TERRENI

Committente:	Geoprove di Andrea Kisic & C.snc, Via Manzoni 1 – 24048 Treviolo (BG)
Campione prelevato da:	Committente
Descrizione campione:	Terreno prelevato nell'ambito del progetto definitivo "Affinamento depurativo a valle del depuratore in Comune di Merone"; campione S4C1 profondità 0,90 – 1,20 m
Data ricevimento campione:	24.07.2014
Accettazione n°:	1433
Data inizio analisi:	31.07.2014
Data fine analisi:	29.08.2014

PARAMETRI RICERCATI	Valori Rilevati (Secondo D.Lgs152/06)	Norme di riferimento	Concentrazione limite *	Concentrazione limite **
Frazione passante a 2 mm	93,20 %	D.M. 13/09/1999 S.O. n°185 G.U. n°248 del 21/10/1999 Metodo II.1	///	///
Idrocarburi pesanti C>12	17 mg/kg	UNI EN ISO 16703 : 2011	50 mg/kg	750 mg/kg
Arsenico	18,7 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	20 mg/kg	50 mg/kg
Cadmio	< 0,3 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	2 mg/kg	15 mg/kg
Cobalto	9,69 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	20 mg/kg	250 mg/kg
Cromo totale	54,9 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	150 mg/kg	800 mg/kg
Cromo esavalente	< 0,5 mg/kg	CNR-IRSA Q64 vol.3 met.16 (86)	2 mg/kg	15 mg/kg
Rame	17,9 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	120 mg/kg	600 mg/kg
Mercurio	< 0,4 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	1 mg/kg	5 mg/kg
Nichel	42,8 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	120 mg/kg	500 mg/kg
Piombo	16,3 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	100 mg/kg	1000 mg/kg
Zinco	42,5 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	150 mg/kg	1500 mg/kg
Amianto totale***	< 100 mg/kg	DM 06/09/94 All 1 met B GU n° 220 20/09/94	1000 mg/kg	1000 mg/kg

* All 5 Titolo V Parte IV Tab 1 D Lgs n°152/06, valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e sottosuolo riferiti a siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Colonna A)

** All 5 Titolo V Parte IV Tab 1 D Lgs n°152/06, valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e sottosuolo riferiti a siti ad uso commerciale e industriale (Colonna B)

*** determinazione effettuata da laboratorio esterno

Seriate, li 04.09.2014

L'Analista

Il Responsabile del Laboratorio
(Andrea Lodi dott. Giancarlo)

I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente all'oggetto provato.
Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio.

P&P LMC srl è un'azienda con Sistema di Gestione per la Qualità certificato ISO 9001:2008.
Certificato CSQ n° 9175.ILMC

Laboratorio Prove Ambientali
Rapporto di prova n. 1434/14

Pag. 1 di 1

ANALISI TERRENI

Committente:	Geoprobe di Andrea Kisic & C.snc, Via Manzoni 1 – 24048 Treviolo (BG)
Campione prelevato da:	Committente
Descrizione campione:	Terreno prelevato nell'ambito del progetto definitivo "Affinamento depurativo a valle del depuratore in Comune di Merone"; campione S5C1 profondità 1,40 – 1,70 m
Data ricevimento campione:	24.07.2014
Accettazione n°:	1434
Data inizio analisi:	31.07.2014
Data fine analisi:	29.08.2014

PARAMETRI RICERCATI	Valori Rilevati (Secondo D.Lgs 152/06)	Norme di riferimento	Concentrazione limite *	Concentrazione limite **
Frazione passante a 2 mm	98,69 %	D.M. 13/09/1999 S.O. n°185 G.U. n°248 del 21/10/1999 Metodo II.1	///	///
Idrocarburi pesanti C>12	44 mg/kg	UNI EN ISO 16703 : 2011	50 mg/kg	750 mg/kg
Arsenico	3,97 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	20 mg/kg	50 mg/kg
Cadmio	< 0,3 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	2 mg/kg	15 mg/kg
Cobalto	6,22 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	20 mg/kg	250 mg/kg
Cromo totale	36,2 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	150 mg/kg	800 mg/kg
Cromo esavalente	< 0,5 mg/kg	CNR-IRSA Q64 vol.3 met. 16 (86)	2 mg/kg	15 mg/kg
Rame	11,6 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	120 mg/kg	600 mg/kg
Mercurio	< 0,5 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	1 mg/kg	5 mg/kg
Nichel	25,1 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	120 mg/kg	500 mg/kg
Piombo	7,81 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	100 mg/kg	1000 mg/kg
Zinco	28,6 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	150 mg/kg	1500 mg/kg
Amianto totale***	< 100 mg/kg	DM 06/09/94 All 1 met B GU n° 220 20/09/94	1000 mg/kg	1000 mg/kg

* All 5 Titolo V Parte IV Tab 1 D.Lgs n°152/06, valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e sottosuolo riferiti a siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Colonna A)

** All 5 Titolo V Parte IV Tab 1 D.Lgs n°152/06, valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e sottosuolo riferiti a siti ad uso commerciale e industriale (Colonna B)

*** determinazione effettuata da laboratorio esterno

Seriate, li 04.09.2014

L'Analista

Il Responsabile del Laboratorio
(Andrea Letti dott. Giancarlo)



I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente all'oggetto provato.
Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio.

P&P LMC srl è un'azienda con Sistema di Gestione per la Qualità certificato ISO 9001:2008.
Certificato CSQ n° 9175.ILMC

Laboratorio Prove Ambientali**Rapporto di prova n. 1435/14**

Pag. 1 di 1

ANALISI TERRENI

Committente:	Geoprobe di Andrea Kisic & C.snc, Via Manzoni 1 – 24048 Treviolo (BG)
Campione prelevato da:	Committente
Descrizione campione:	Terreno prelevato nell'ambito del progetto definitivo "Affinamento depurativo a valle del depuratore in Comune di Merone"; campione S6C1 profondità 0,70 – 1,00 m
Data ricevimento campione:	24.07.2014
Accettazione n°:	1435
Data inizio analisi:	31.07.2014
Data fine analisi:	29.08.2014

PARAMETRI RICERCATI	Valori Rilevati (Secondo D.Lgs152/06)	Norme di riferimento	Concentrazione limite *	Concentrazione limite **
Frazione passante a 2 mm	97,34 %	D.M. 13/09/1999 S.O. n°185 G.U. n°248 del 21/10/1999 Metodo II.1	///	///
Idrocarburi pesanti C>12	8 mg/kg	UNI EN ISO 16703 : 2011	50 mg/kg	750 mg/kg
Arsenico	6,97 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	20 mg/kg	50 mg/kg
Cadmio	< 0,3 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	2 mg/kg	15 mg/kg
Cobalto	5,03 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	20 mg/kg	250 mg/kg
Cromo totale	49,1 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	150 mg/kg	800 mg/kg
Cromo esavalente	< 0,5 mg/kg	CNR-IRSA Q64 vol.3 met.16 (86)	2 mg/kg	15 mg/kg
Rame	7,04 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	120 mg/kg	600 mg/kg
Mercurio	< 0,5 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	1 mg/kg	5 mg/kg
Nichel	26,5 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	120 mg/kg	500 mg/kg
Piombo	4,88 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	100 mg/kg	1000 mg/kg
Zinco	18,3 mg/kg	EPA 3051/A + APAT CNR IRSA 3020 MAN 29/2003	150 mg/kg	1500 mg/kg
Amianto totale***	< 100 mg/kg	DM 06/09/94 All 1 met B GU n° 220 20/09/94	1000 mg/kg	1000 mg/kg

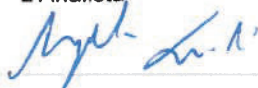
* All 5 Titolo V Parte IV Tab 1 D Lgs n°152/06, valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e sottosuolo riferiti a siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Colonna A)

** All 5 Titolo V Parte IV Tab 1 D Lgs n°152/06, valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e sottosuolo riferiti a siti ad uso commerciale e industriale (Colonna B)

*** determinazione effettuata da laboratorio esterno

Seriate, li 04.09.2014

L'Analista

Il Responsabile del Laboratorio
(Andreola dott. Giancarlo)

I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente all'oggetto provato.
Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio.

P&P LMC srl è un'azienda con Sistema di Gestione per la Qualità certificato ISO 9001:2008.
Certificato CSQ n° 9175.ILMC



esecuzione sondaggio S1



esecuzione sondaggio S2



esecuzione sondaggio S3



esecuzione sondaggio S4



esecuzione sondaggio S5



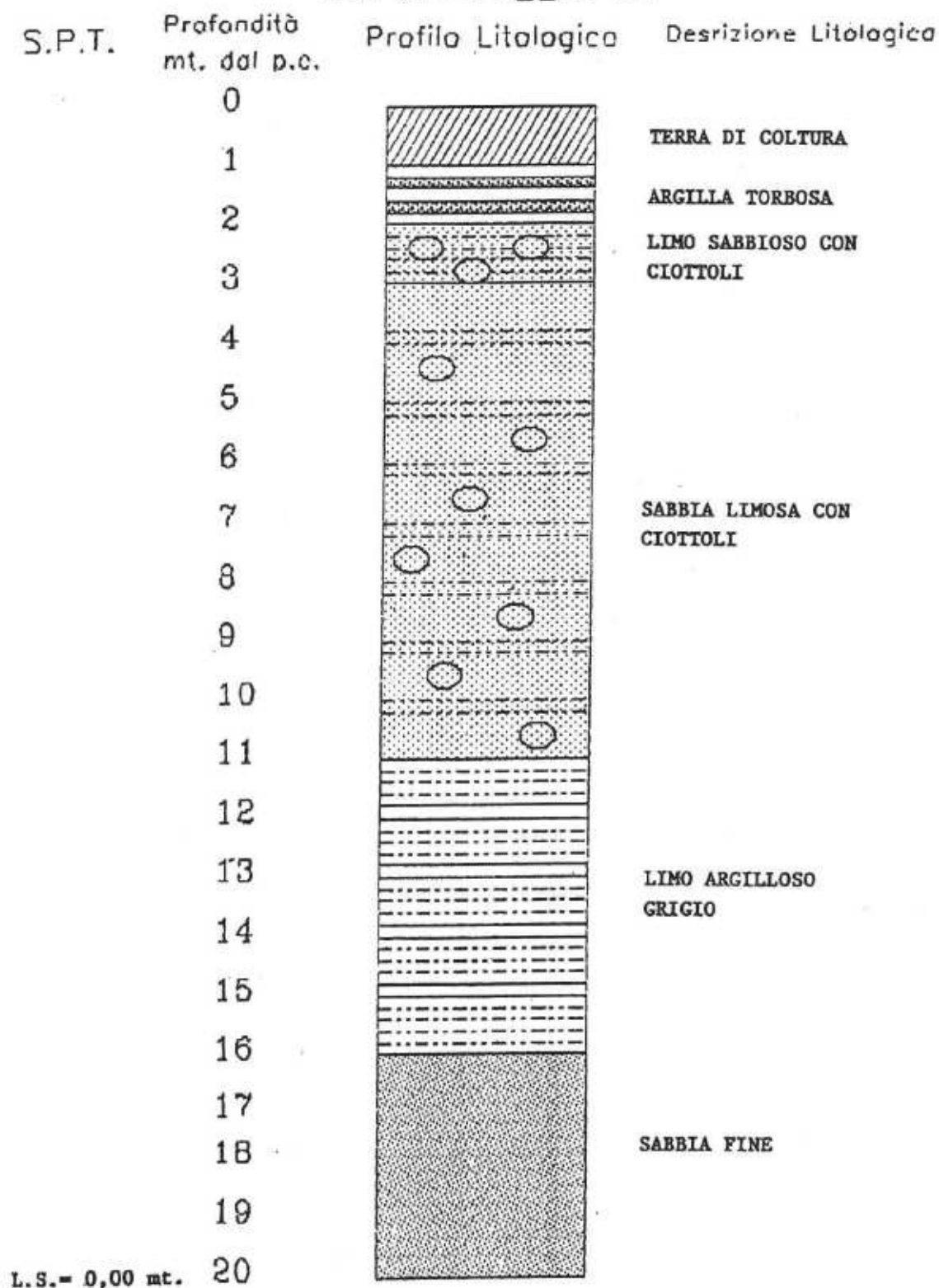
esecuzione sondaggio S6

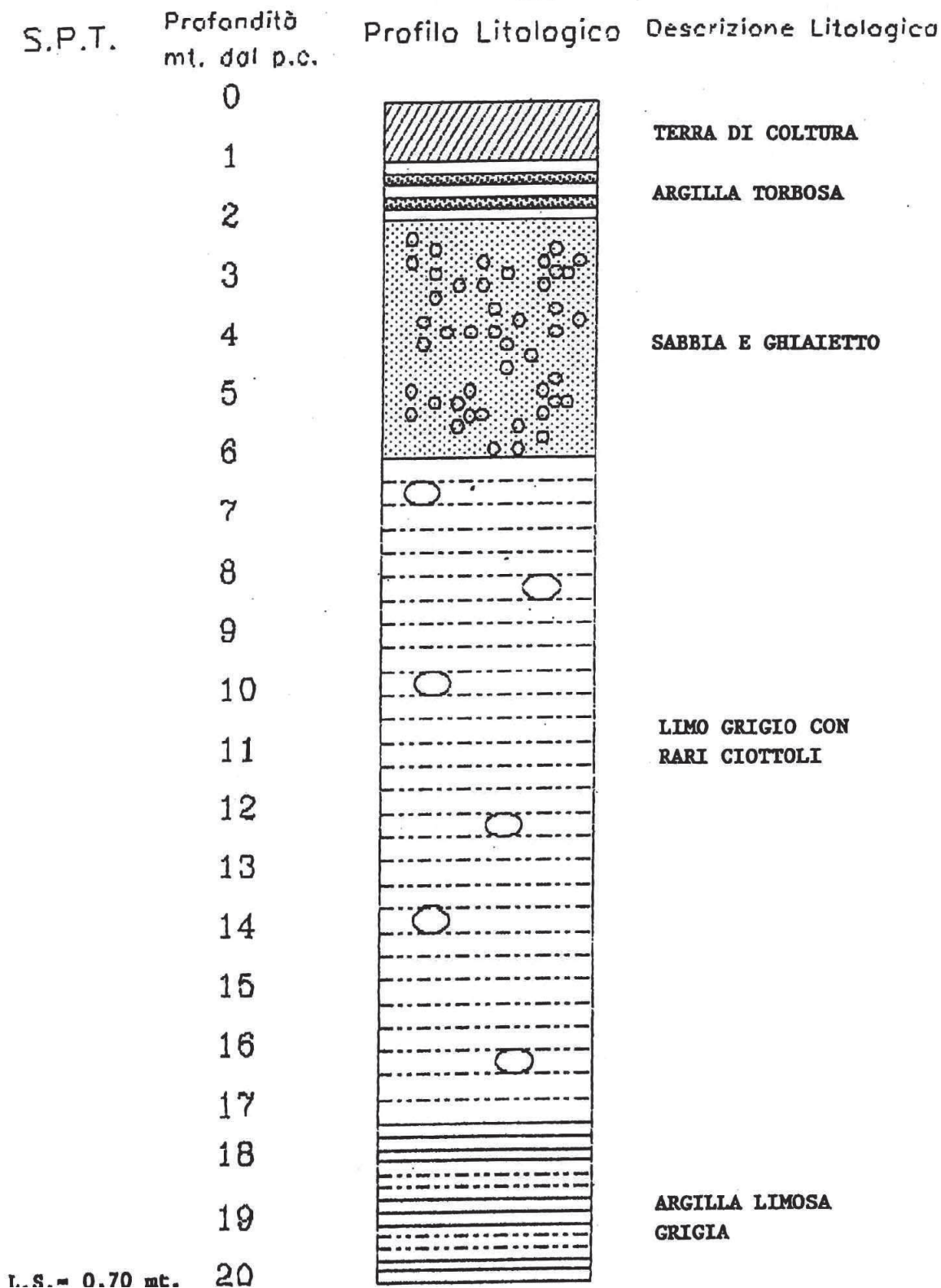


posa tubo piezometrico



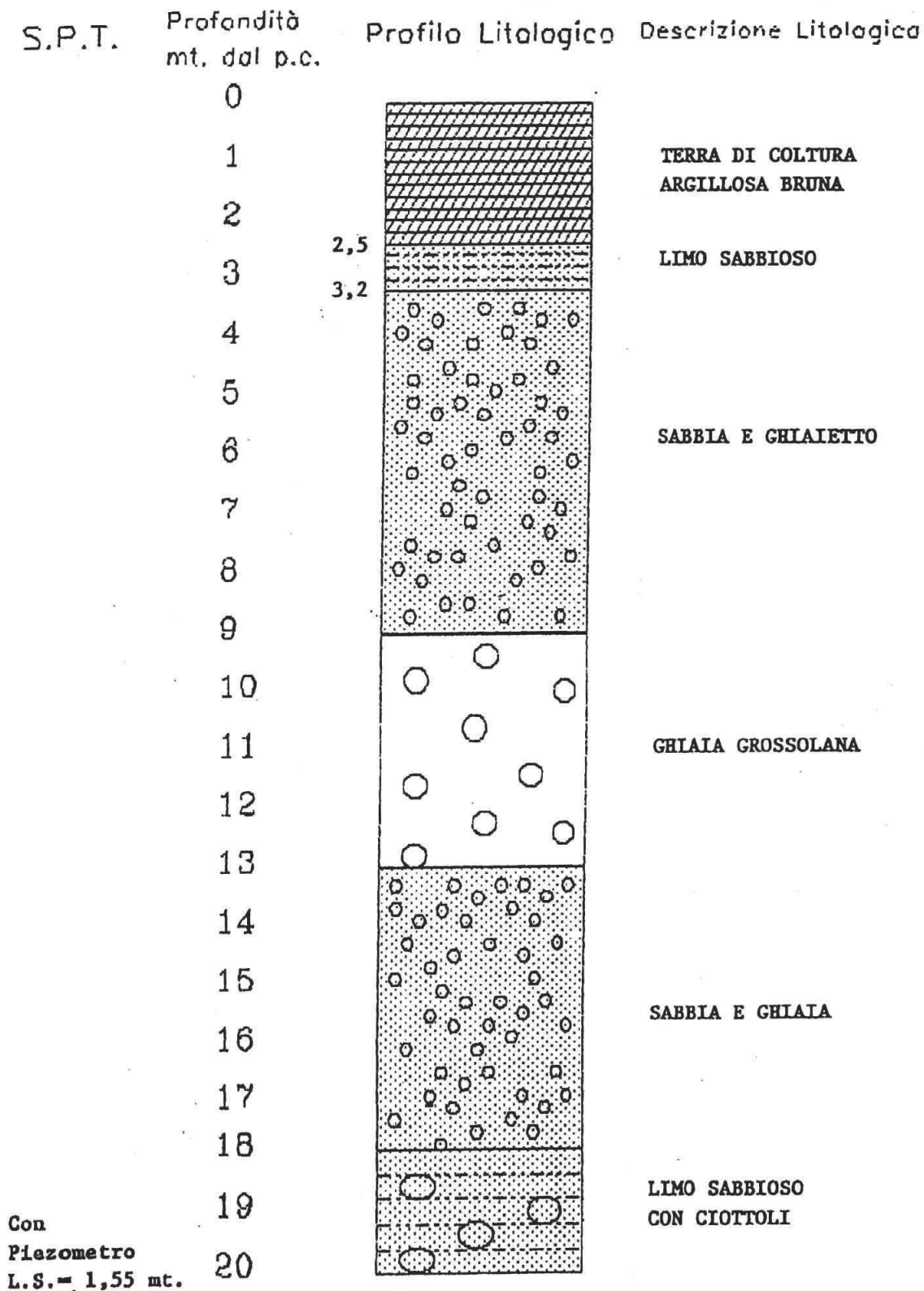
piezometro

CONSORZIO ECOLOGICO dell'ALTO LAMBRO e PIANO d'ERBACaratteristiche litostratigrafiche
del sondaggio S1

CONSORZIO ECOLOGICO dell'ALTO LAMBRO e PIANO d'ERBACaratteristiche litostratigrafiche
del sondaggio S2

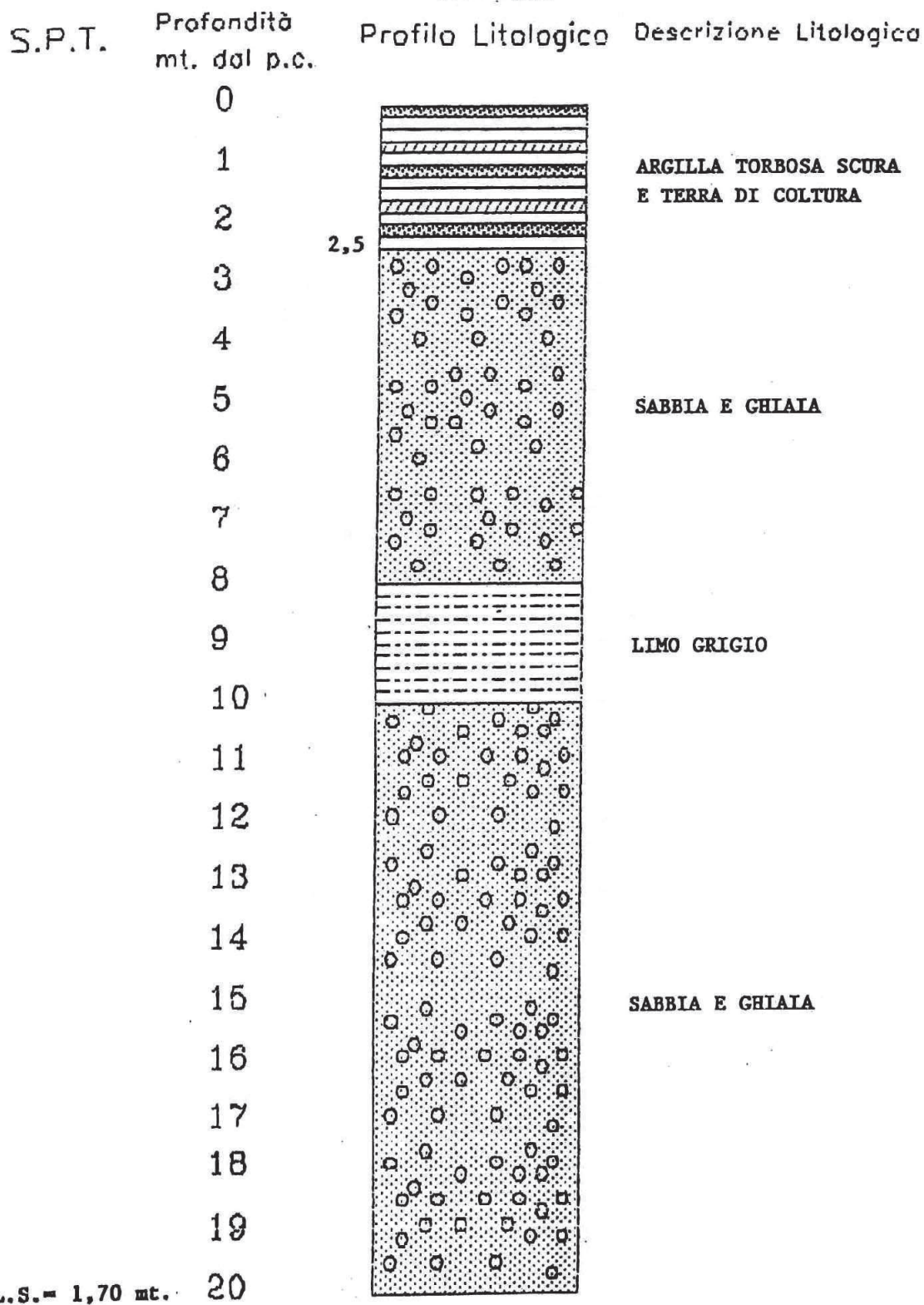
CONSORZIO ECOLOGICO dell'ALTO LAMBRO e PIANO d'ERBA

Caratteristiche litostratigrafiche del sondaggio S3



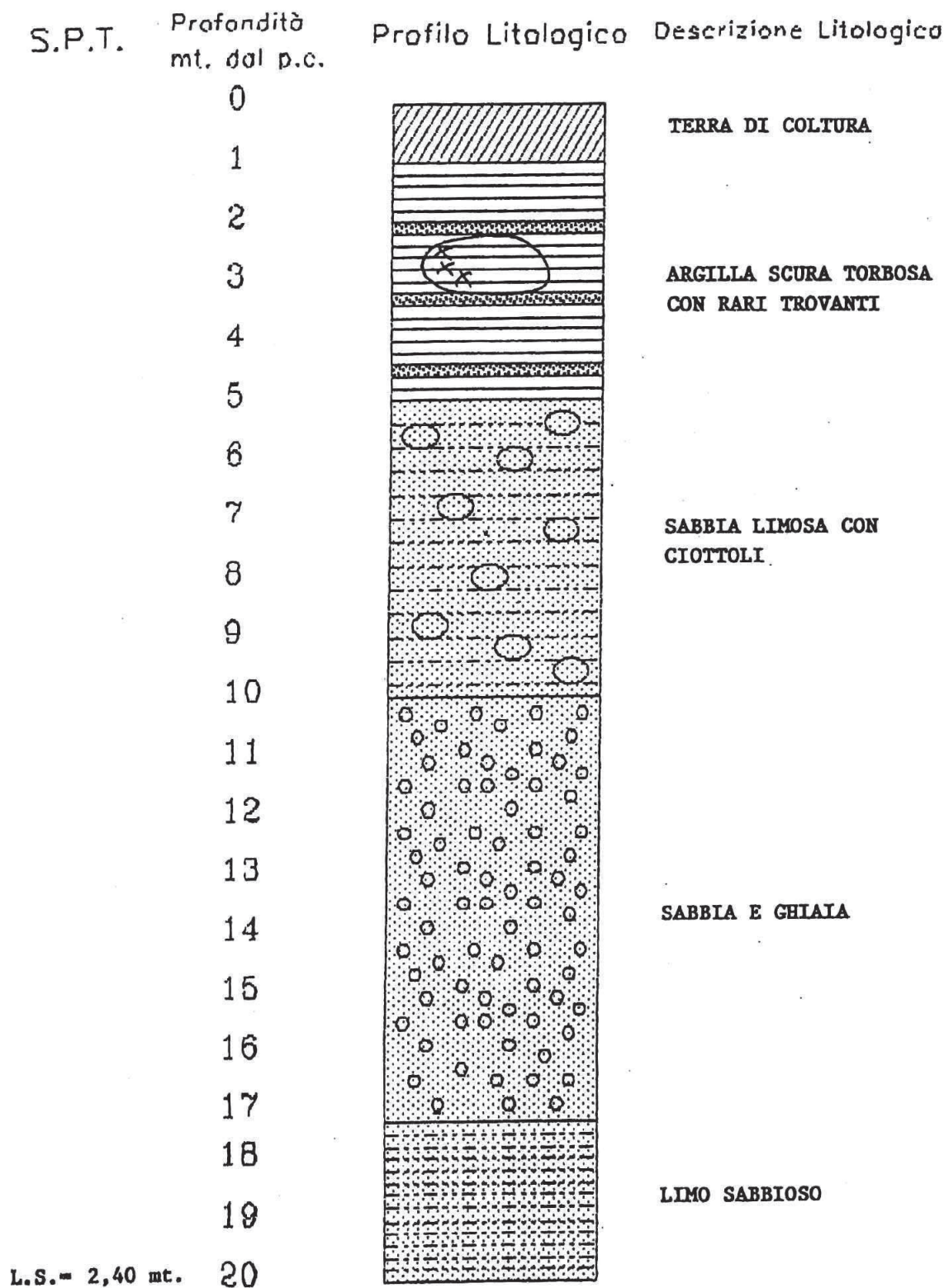
CONSORZIO ECOLOGICO dell'ALTO LAMBRO e PIANO d'ERBA

Caratteristiche litostratigrafiche del sondaggio S4



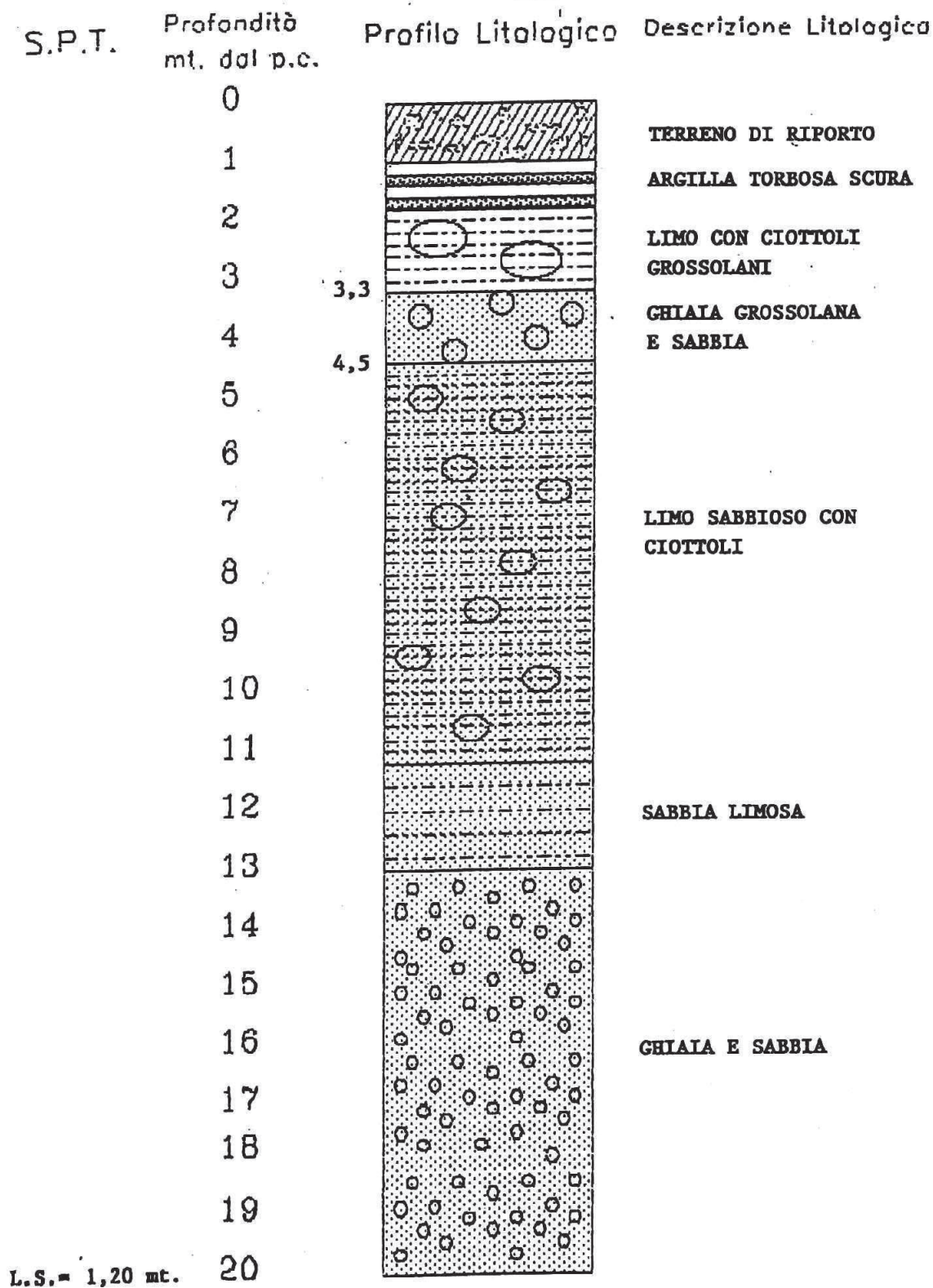
CONSORZIO ECOLOGICO dell'ALTO LAMBRO e PIANO d'ERBA

Caratteristiche litostratigrafiche del sondaggio S5



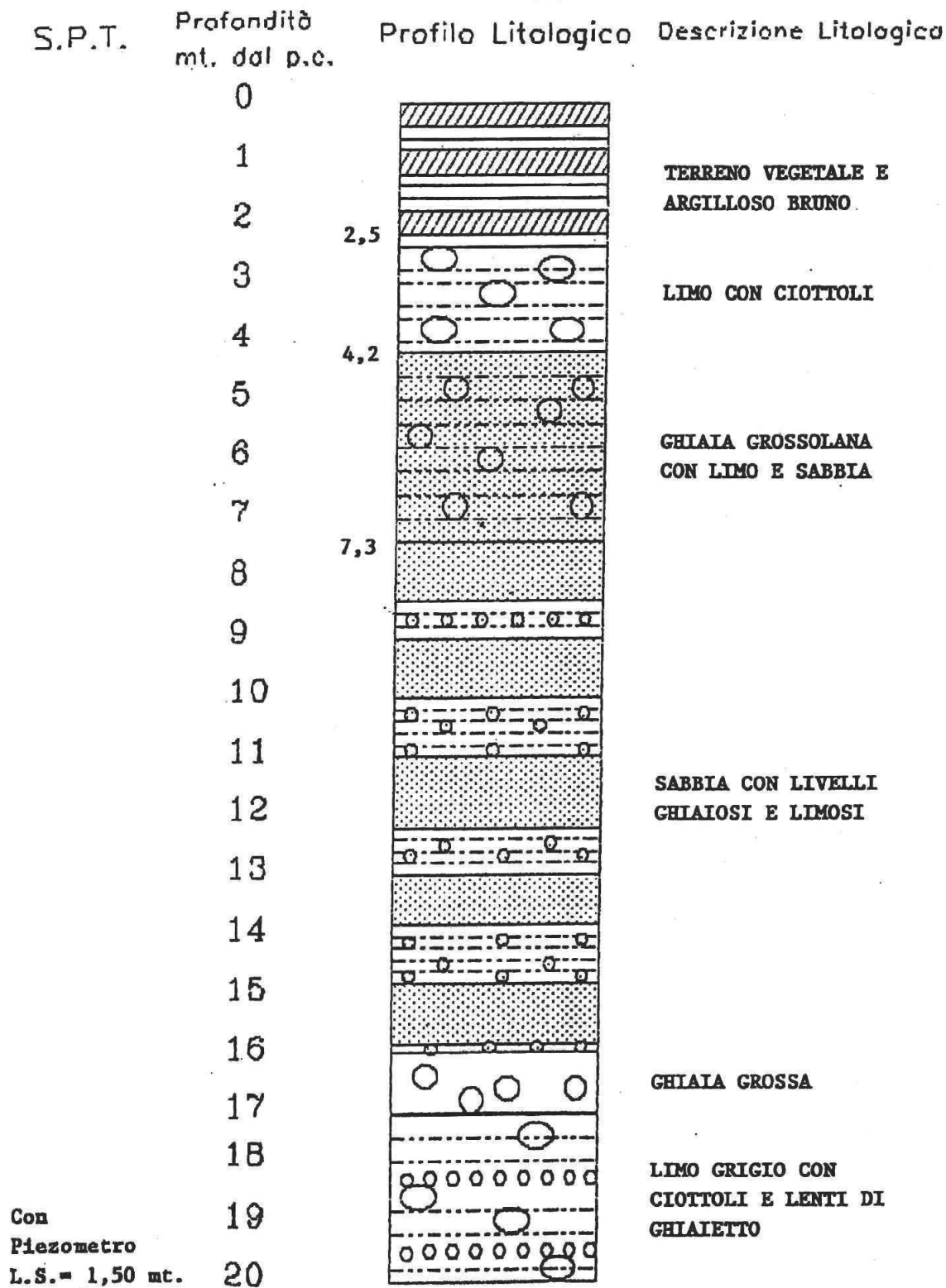
CONSORZIO ECOLOGICO dell'ALTO LAMBRO e PIANO d'ERBA

Caratteristiche litostratigrafiche
del sondaggio S6



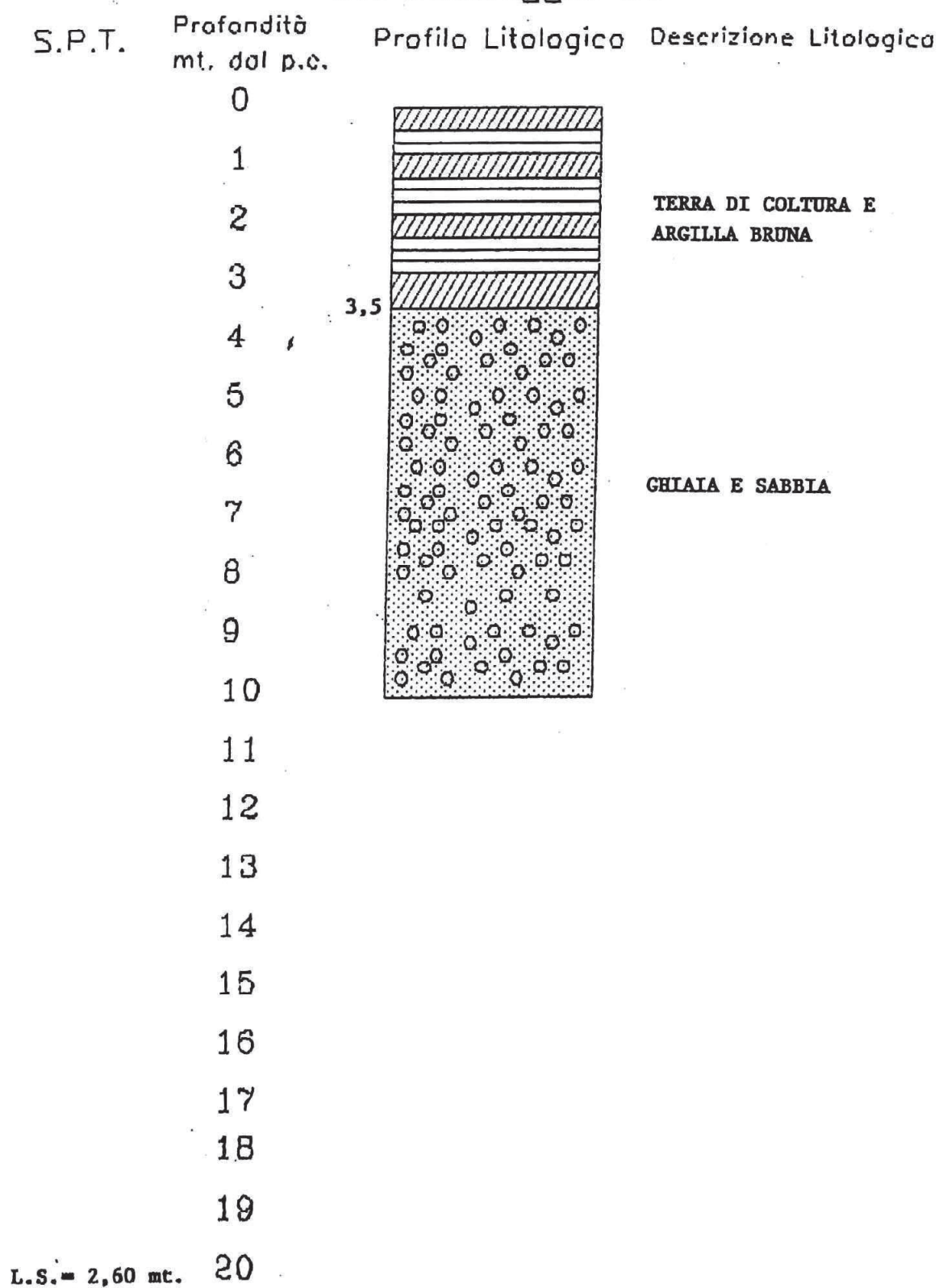
CONSORZIO ECOLOGICO dell'ALTO LAMBRO e PIANO d'ERBA

Caratteristiche litostratigrafiche del sondaggio S7



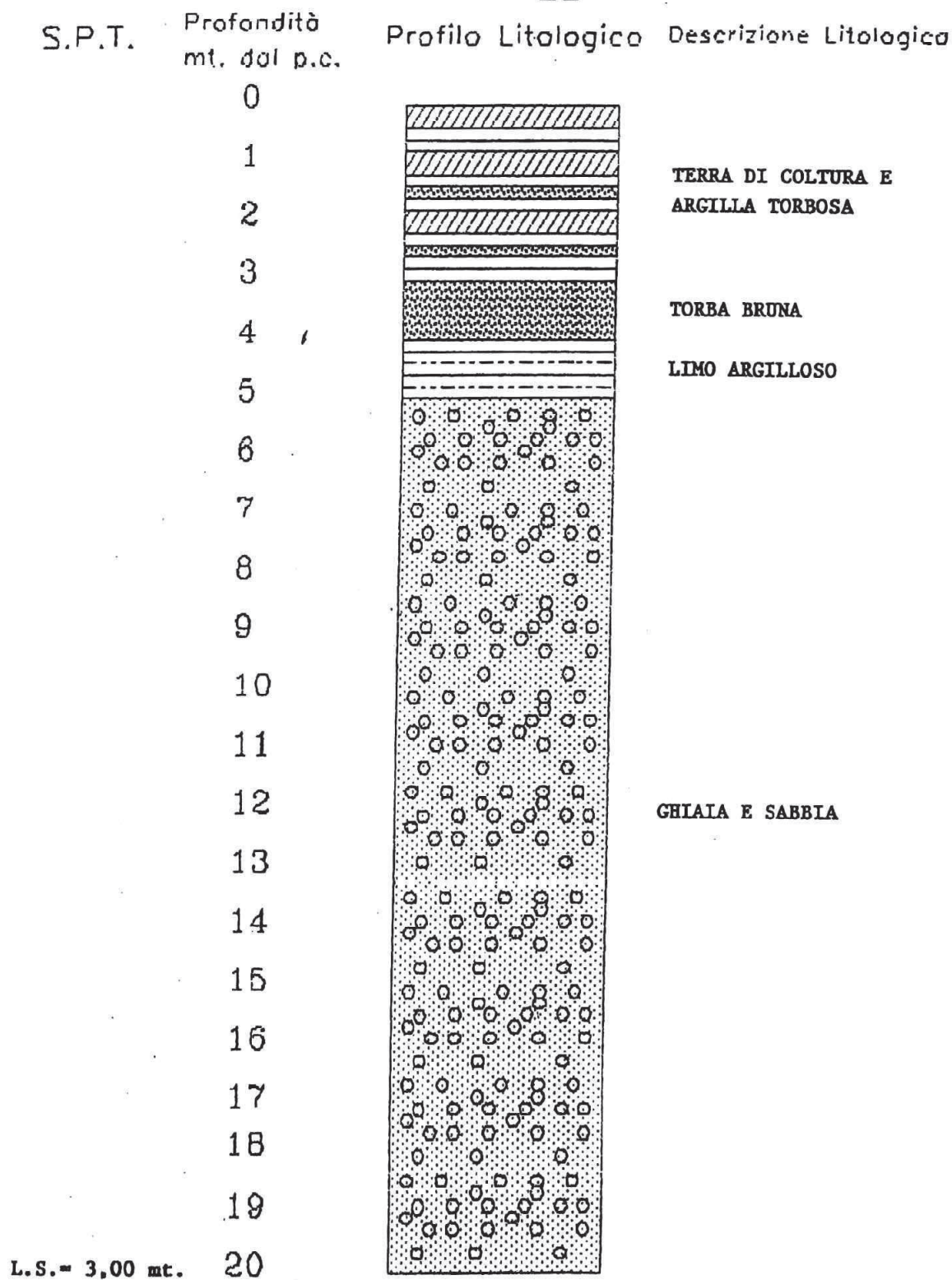
CONSORZIO ECOLOGICO dell'ALTO LAMBRO e PIANO d'ERBA

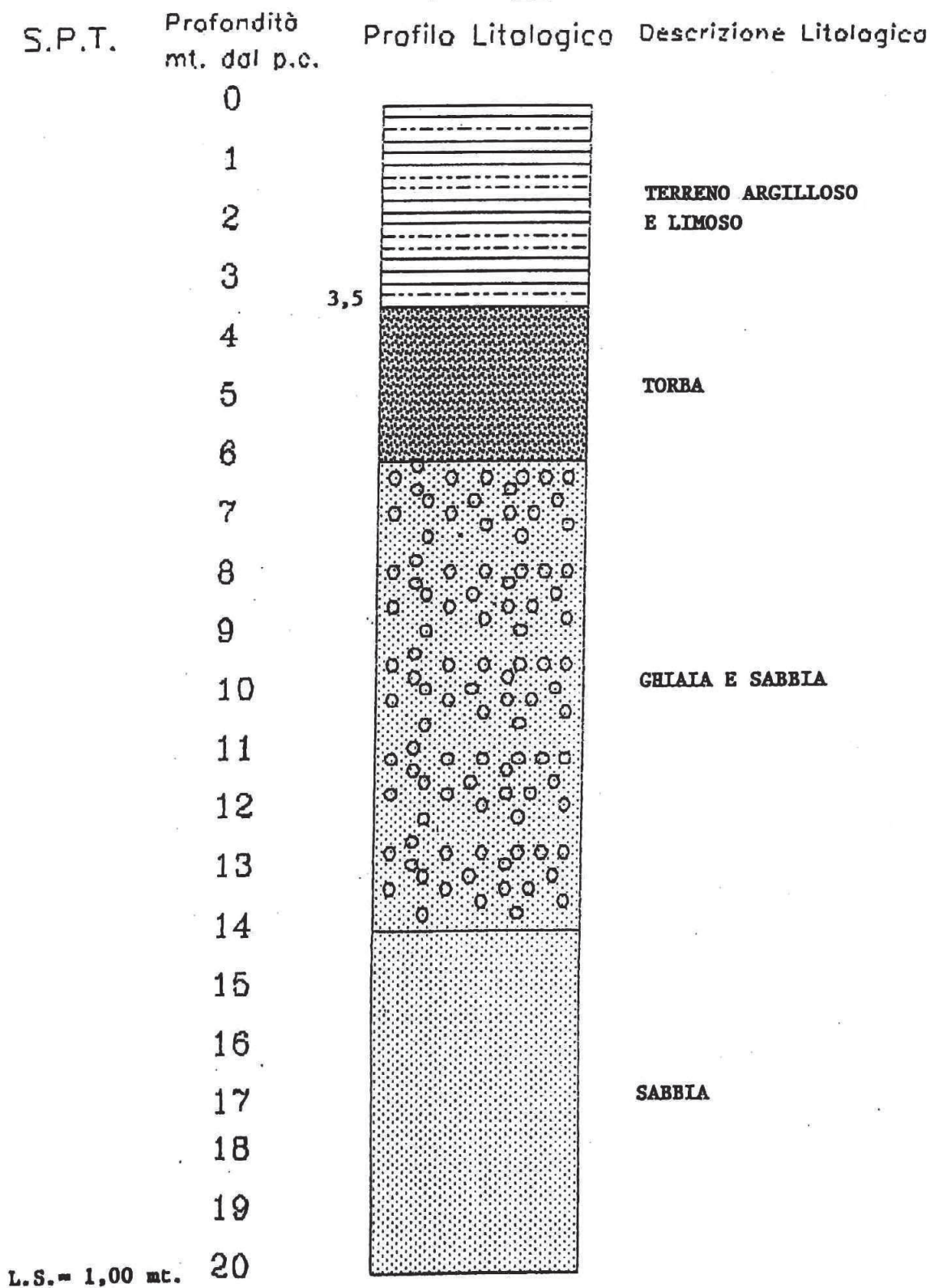
Caratteristiche litostratigrafiche del sondaggio S8




CONSORZIO ECOLOGICO dell'ALTO LAMBRO e PIANO d'ERBA

Caratteristiche litostratigrafiche
del sondaggio S9


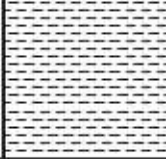




CONSORZIO ECOLOGICO dell'ALTO LAMBRO e PIANO d'ERBACaratteristiche litostratigrafiche
del sondaggio S10

SONDAGGIO S1

profondità' (m)	spessore (m)	stratigrafia	descrizione	falda (m)	Prove SPT
0.2	1.0		Suolo	4.5	
1.2	1.0		Terreno rimaneggiato costituito da sabbia e ghiaia con piccoli ciottoli		
2.2	1.0		Limo sabbioso con ciottoli		
2.4	2.2		Ghiaia e sabbia		
4.2	4.2		Limo sabbioso con ciottoli		
6.6	0.4		Grosso blocco		
7.0	8.0		Argilla limosa con piccoli ciottoli		SPT1 10-14-17
					SPT2 5-13-31
15.0					SPT3 14-24-31

SONDAGGIO S2

profondità* (m)	spessore (m)	stratigrafia	descrizione	falda (m)	Prove SPT
2.0	2.0		Terreno rimaneggiato costituito da sabbia e ghiaia con piccoli ciottoli	2.0	
4.0	2.0		Limo argilloso		
15.0	11.0		Argilla limosa con piccoli ciottoli		<div>SPT1 27-33-29</div> <div>SPT2 31-29-100</div> <div>SPT3 18-24-21</div>

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 1

LUOGO: MERONE (CO)

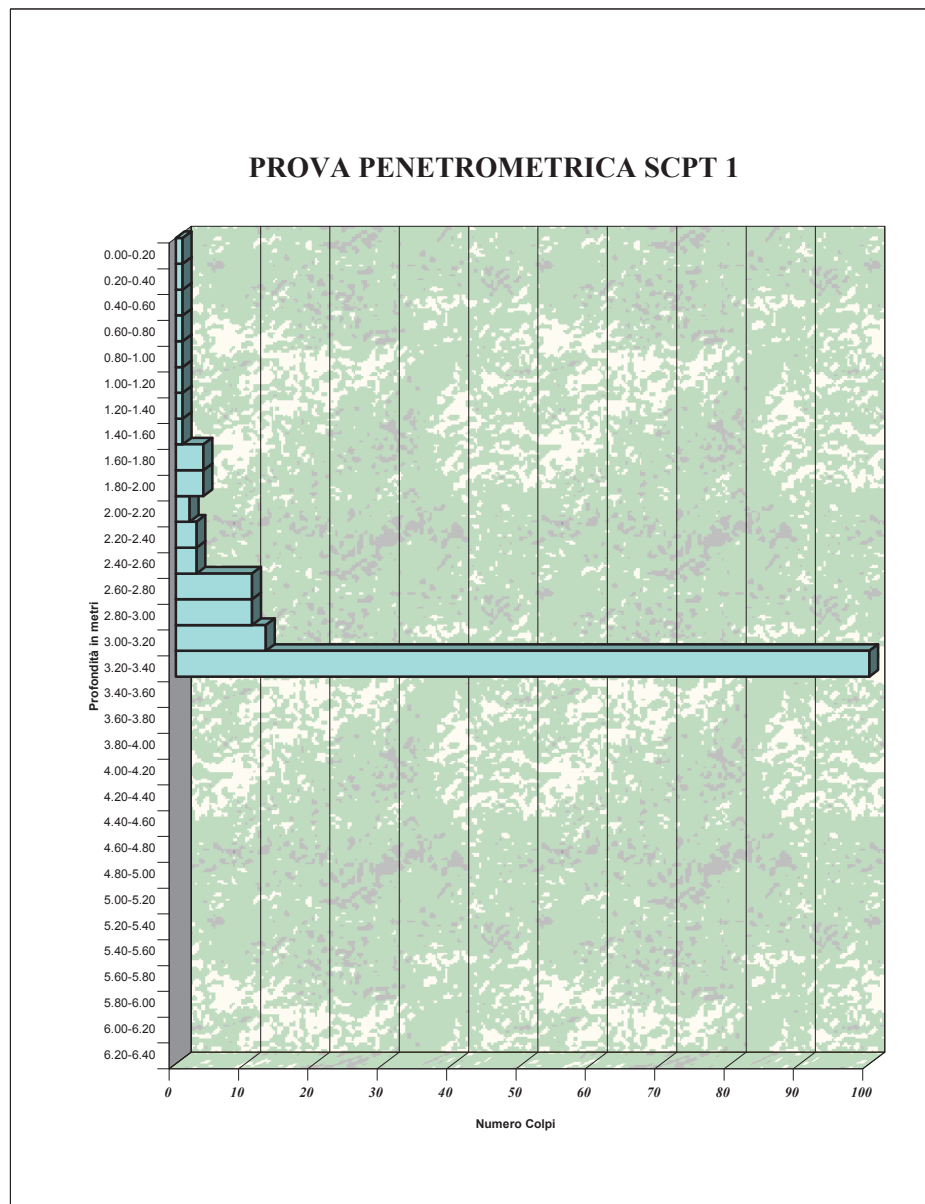
Data: 14 giugno 2007

quota inizio: p.c. esistente

Acqua: -1,4 m

TABELLA VALORI DI RESISTENZA

prof. (m)	Np	Nr. asta
0.00-0.20	1	1
0.20-0.40	1	1
0.40-0.60	1	1
0.60-0.80	1	1
0.80-1.00	1	1
1.00-1.20	1	2
1.20-1.40	1	2
1.40-1.60	1	2
1.60-1.80	4	2
1.80-2.00	4	2
2.00-2.20	2	3
2.20-2.40	3	3
2.40-2.60	3	3
2.60-2.80	11	3
2.80-3.00	11	3
3.00-3.20	13	4
3.20-3.40	100	4



DPSH

MAGLIO Massa M (Kg) 63.5

Altezza di caduta H (mm) 750

CONO Angolo di apertura (°) 90

Area di base A (cm²) 20

Diametro di base D (mm) 50.5

Altezza cilindro di base cono (mm) 50.5

Rasteremazione (parte alta) (°) 11

Altezza parte conica (mm) 25.3

ASTE Massa minima (Kg/m) 6

Diametro esterno massimo (mm) 32

PENETRAZIONE Lunghezza aste (mm) 1000

Numero di colpi penetrazione N20

Campo di valori standard 5 ± 100

Lavoro specifico per colpo $M \cdot g \cdot H / A$ (Kj/m²) 234

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 2

LUOGO: MERONE (CO)

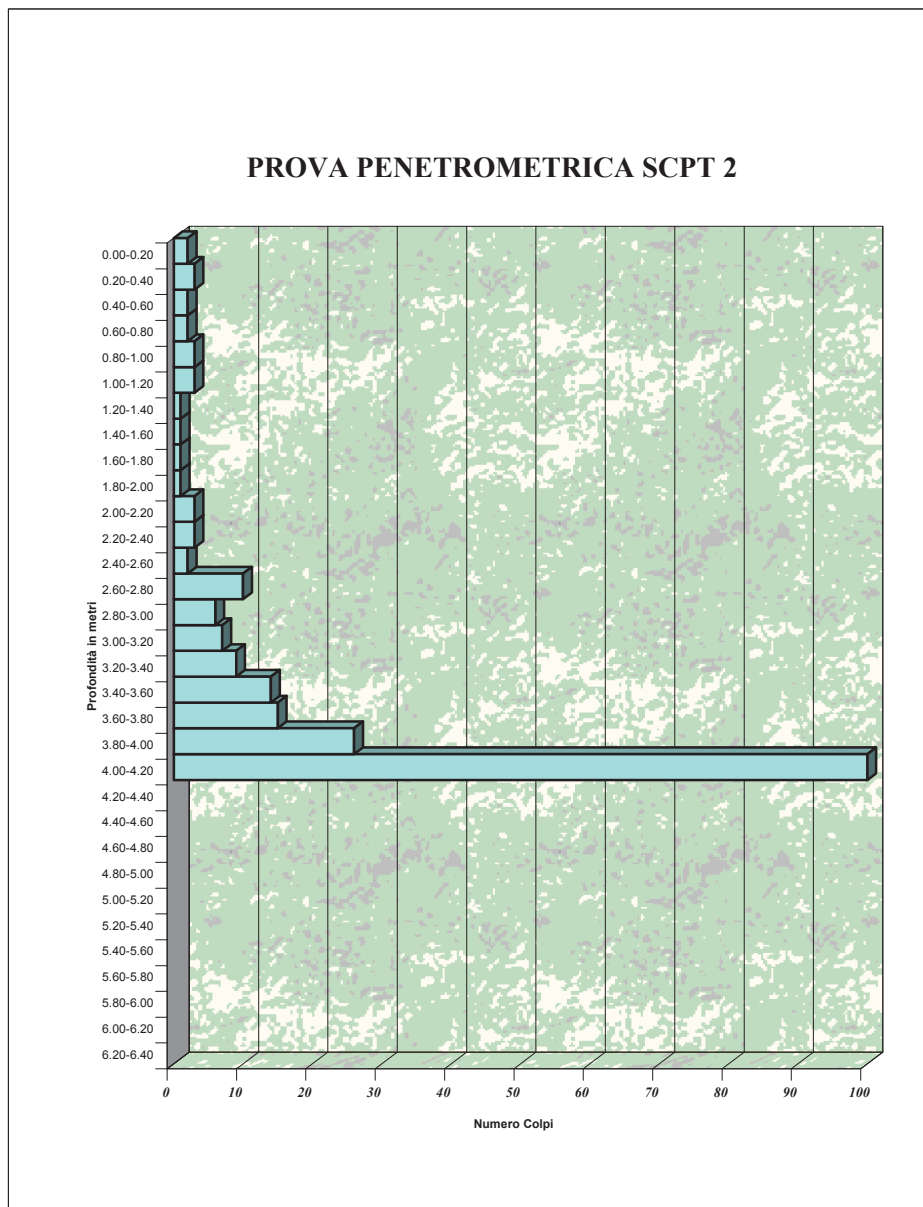
Data: 14 giugno 2007

quota inizio: p.c. esistente

Acqua: -1,4 m

TABELLA VALORI DI RESISTENZA

prof. (m)	Np	Nr. asta
0.00-0.20	2	1
0.20-0.40	3	1
0.40-0.60	2	1
0.60-0.80	2	1
0.80-1.00	3	1
1.00-1.20	3	2
1.20-1.40	1	2
1.40-1.60	1	2
1.60-1.80	1	2
1.80-2.00	1	2
2.00-2.20	3	3
2.20-2.40	3	3
2.40-2.60	2	3
2.60-2.80	10	3
2.80-3.00	6	3
3.00-3.20	7	4
3.20-3.40	9	4
3.40-3.60	14	4
3.60-3.80	15	4
3.80-4.00	26	4
4.00-4.20	100	5



DPSH

MAGLIO Massa M (Kg) 63.5

Altezza di caduta H (mm) 750

CONO Angolo di apertura (°) 90

Area di base A (cm²) 20

Diametro di base D (mm) 50.5

Altezza cilindro di base cono (mm) 50.5

Rasteremazione (parte alta) (°) 11

Altezza parte conica (mm) 25.3

ASTE Massa minima (Kg/m) 6

Diametro esterno massimo (mm) 32

PENETRAZIONE Lunghezza aste (mm) 1000

Numero di colpi penetrazione N20

Campo di valori standard 5 ± 100

Lavoro specifico per colpo $M \cdot g \cdot H / A$ (Kj/m²) 234

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 3

LUOGO: MERONE (CO)

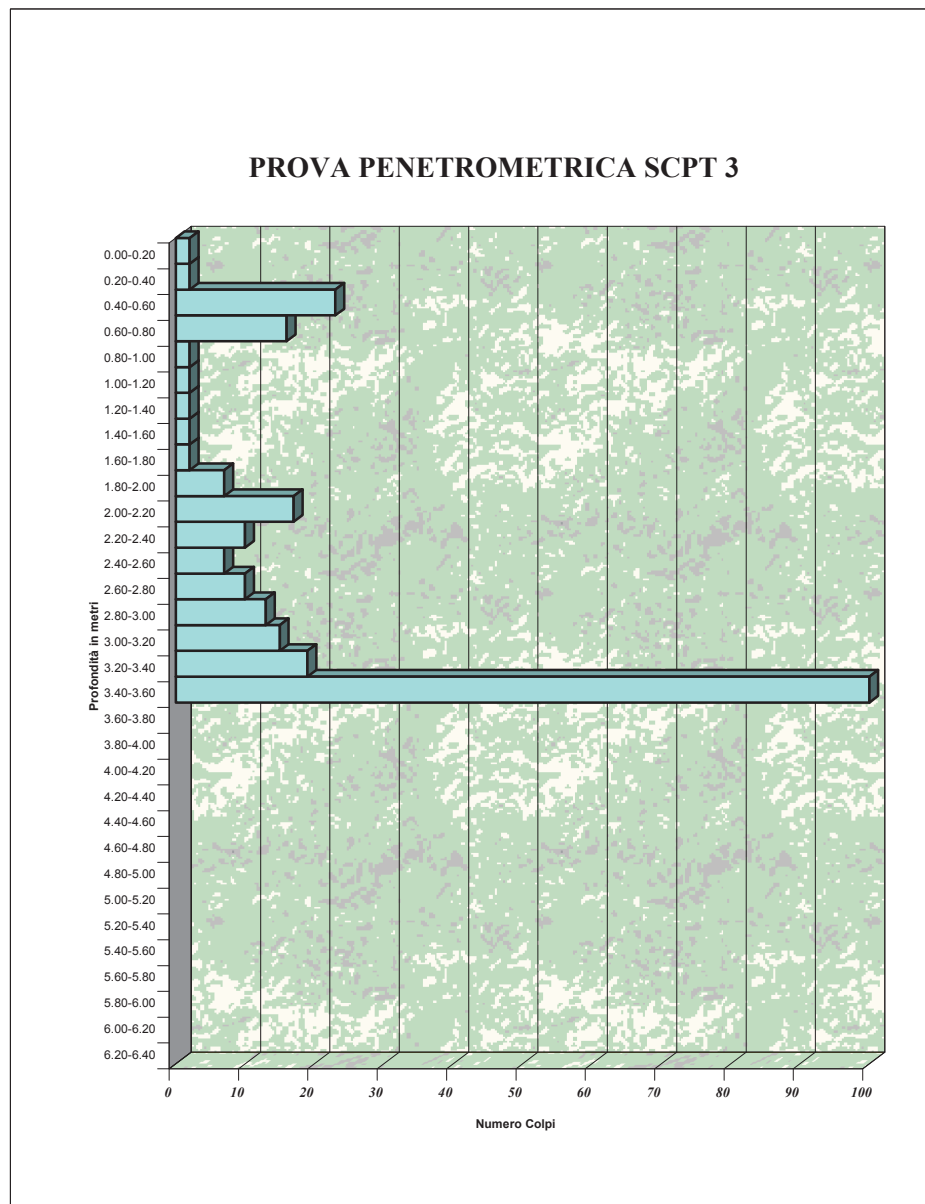
Data: 14 giugno 2007

quota inizio: p.c. esistente

Acqua: -1,4 m

TABELLA VALORI DI RESISTENZA

prof. (m)	Np	Nr. asta
0.00-0.20	2	1
0.20-0.40	2	1
0.40-0.60	23	1
0.60-0.80	16	1
0.80-1.00	2	1
1.00-1.20	2	2
1.20-1.40	2	2
1.40-1.60	2	2
1.60-1.80	2	2
1.80-2.00	7	2
2.00-2.20	17	3
2.20-2.40	10	3
2.40-2.60	7	3
2.60-2.80	10	3
2.80-3.00	13	3
3.00-3.20	15	4
3.20-3.40	19	4
3.40-3.60	100	4



DPSH

MAGLIO Massa M (Kg) 63.5

Altezza di caduta H (mm) 750

CONO Angolo di apertura (°) 90

Area di base A (cm²) 20

Diametro di base D (mm) 50.5

Altezza cilindro di base cono (mm) 50.5

Rasteremazione (parte alta) (°) 11

Altezza parte conica (mm) 25.3

ASTE Massa minima (Kg/m) 6

Diametro esterno massimo (mm) 32

PENETRAZIONE Lunghezza aste (mm) 1000

Numero di colpi penetrazione N20

Campo di valori standard 5 ± 100

Lavoro specifico per colpo $M \cdot g \cdot H / A$ (Kj/m²) 234

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 4

LUOGO: MERONE (CO)

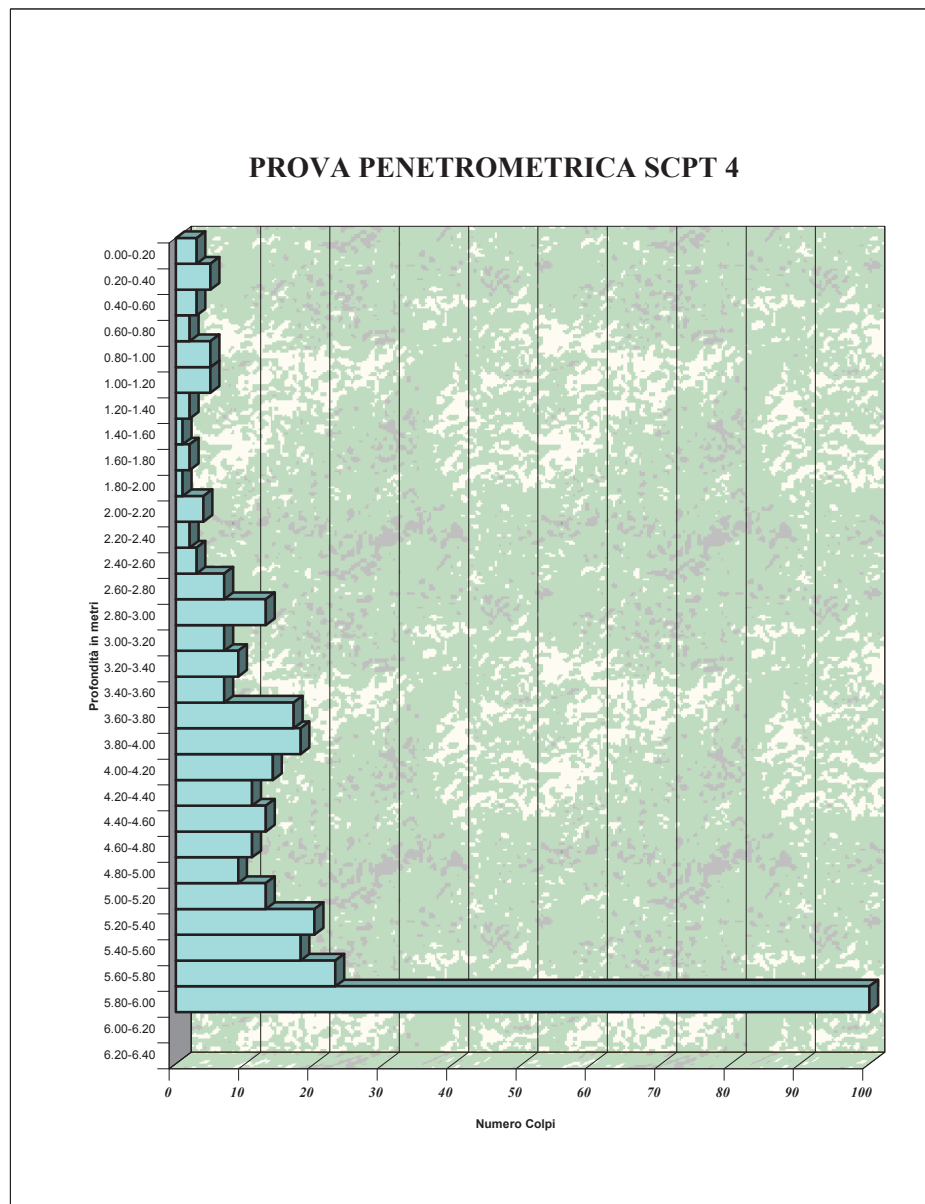
Data: 14 giugno 2007

quota inizio: p.c. esistente

Acqua: -1,4 m

TABELLA VALORI DI RESISTENZA

prof. (m)	Np	Nr. asta
0.00-0.20	3	1
0.20-0.40	5	1
0.40-0.60	3	1
0.60-0.80	2	1
0.80-1.00	5	1
1.00-1.20	5	2
1.20-1.40	2	2
1.40-1.60	1	2
1.60-1.80	2	2
1.80-2.00	1	2
2.00-2.20	4	3
2.20-2.40	2	3
2.40-2.60	3	3
2.60-2.80	7	3
2.80-3.00	13	3
3.00-3.20	7	4
3.20-3.40	9	4
3.40-3.60	7	4
3.60-3.80	17	4
3.80-4.00	18	4
4.00-4.20	14	5
4.20-4.40	11	5
4.40-4.60	13	5
4.60-4.80	11	5
4.80-5.00	9	5
5.00-5.20	13	6
5.20-5.40	20	6
5.40-5.60	18	6
5.60-5.80	23	6
5.80-6.00	100	6



DPSH

MAGLIO Massa M (Kg) 63.5

Altezza di caduta H (mm) 750

CONO Angolo di apertura (°) 90

Area di base A (cm²) 20

Diametro di base D (mm) 50.5

Altezza cilindro di base cono (mm) 50.5

Rasteremazione (parte alta) (°) 11

Altezza parte conica (mm) 25.3

ASTE Massa minima (Kg/m) 6

Diametro esterno massimo (mm) 32

PENETRAZIONE Lunghezza aste (mm) 1000

Numero di colpi penetrazione N20

Campo di valori standard 5 ± 100

Lavoro specifico per colpo $M \cdot g \cdot H / A$ (Kj/m²) 234

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 5

LUOGO: MERONE (CO)

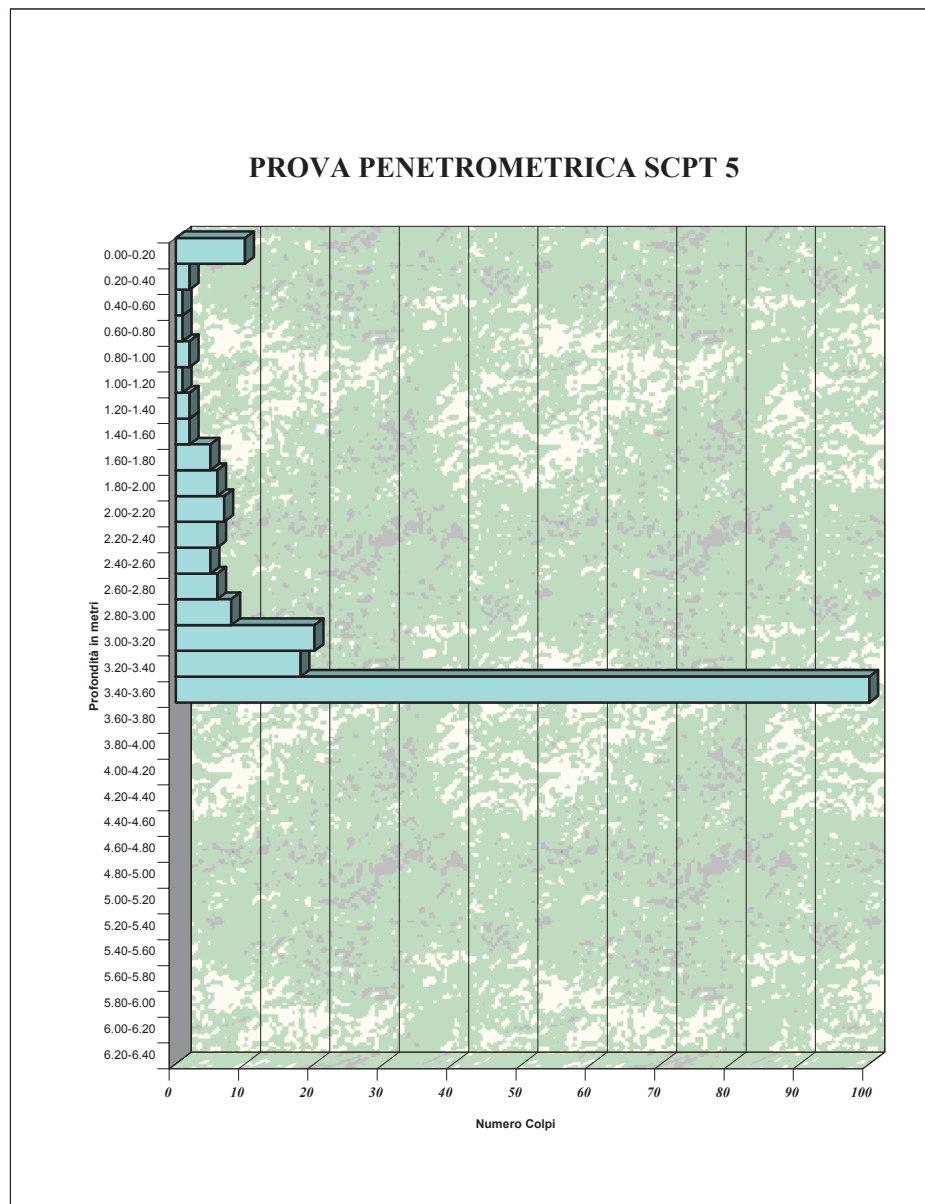
Data: 14 giugno 2007

quota inizio: p.c. esistente

Acqua: -1,0 m

TABELLA VALORI DI RESISTENZA

prof. (m)	Np	Nr. asta
0.00-0.20	10	1
0.20-0.40	2	1
0.40-0.60	1	1
0.60-0.80	1	1
0.80-1.00	2	1
1.00-1.20	1	2
1.20-1.40	2	2
1.40-1.60	2	2
1.60-1.80	5	2
1.80-2.00	6	2
2.00-2.20	7	3
2.20-2.40	6	3
2.40-2.60	5	3
2.60-2.80	6	3
2.80-3.00	8	3
3.00-3.20	20	4
3.20-3.40	18	4
3.40-3.60	100	4



DPSH

MAGLIO Massa M (Kg) 63.5

Altezza di caduta H (mm) 750

CONO Angolo di apertura (°) 90

Area di base A (cm²) 20

Diametro di base D (mm) 50.5

Altezza cilindro di base cono (mm) 50.5

Rasteremazione (parte alta) (°) 11

Altezza parte conica (mm) 25.3

ASTE Massa minima (Kg/m) 6

Diametro esterno massimo (mm) 32

PENETRAZIONE Lunghezza aste (mm) 1000

Numero di colpi penetrazione N20

Campo di valori standard 5 ± 100

Lavoro specifico per colpo $M \cdot g \cdot H / A$ (Kj/m²) 234

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 6

LUOGO: MERONE (CO)

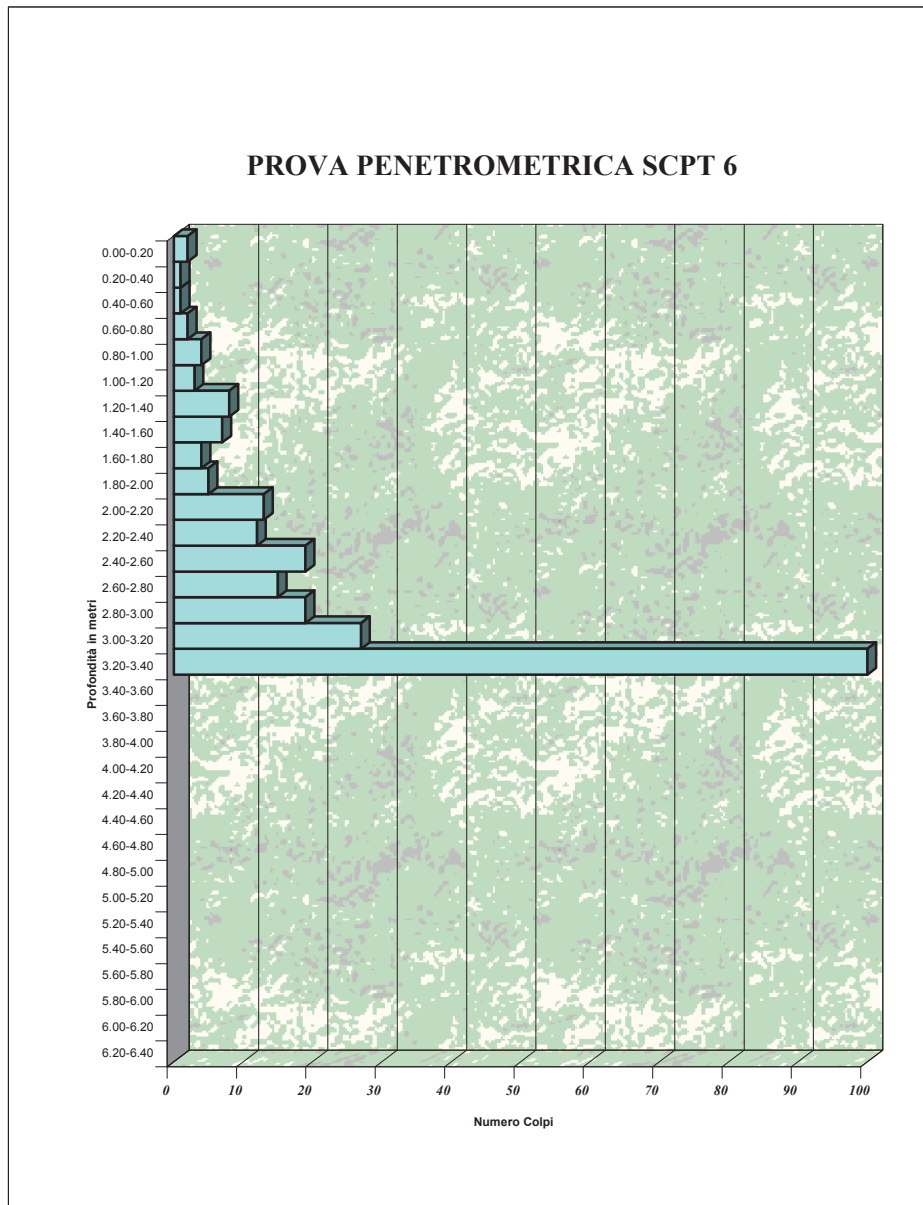
Data: 14 giugno 2007

quota inizio: p.c. esistente

Acqua: -1,4 m

TABELLA VALORI DI RESISTENZA

prof. (m)	Np	Nr. asta
0.00-0.20	2	1
0.20-0.40	1	1
0.40-0.60	1	1
0.60-0.80	2	1
0.80-1.00	4	1
1.00-1.20	3	2
1.20-1.40	8	2
1.40-1.60	7	2
1.60-1.80	4	2
1.80-2.00	5	2
2.00-2.20	13	3
2.20-2.40	12	3
2.40-2.60	19	3
2.60-2.80	15	3
2.80-3.00	19	3
3.00-3.20	27	4
3.20-3.40	100	4



DPSH

MAGLIO Massa M (Kg) 63.5

Altezza di caduta H (mm) 750

CONO Angolo di apertura (°) 90

Area di base A (cm²) 20

Diametro di base D (mm) 50.5

Altezza cilindro di base cono (mm) 50.5

Rasteremazione (parte alta) (°) 11

Altezza parte conica (mm) 25.3

ASTE Massa minima (Kg/m) 6

Diametro esterno massimo (mm) 32

PENETRAZIONE Lunghezza aste (mm) 1000

Numero di colpi penetrazione N20

Campo di valori standard 5 ± 100

Lavoro specifico per colpo $M \cdot g \cdot H / A$ (Kj/m²) 234