

Progetto Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone		Rev. 00	Pagina 1	Di 47
		Data Giugno 2019		
Commessa 24/19	Identificativo 2019-05-C24_R0-C6654	Committente CAP HOLDING S.P.A.		
Titolo elaborato RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA				
				
Dott. geol. Maurizio Cice				

Relazione Geologica-Geotecnica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R0-C6654	SIA s.r.l. Pagina 2 di 47

INDICE

1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
2	PREMESSA	4
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO IN STUDIO	6
3.1	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO DI MASSIMA DELL'AREA	7
3.2	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E IDROGRAFICO	8
4	ANALISI DEI RISCHI	10
4.1	RISCHIO IDRAULICO E CARTA DELLA FATTIBILITÀ	10
4.2	RISCHIO SISMICO	11
5	INDAGINI GEOGNOSTICHE	12
5.1	INDAGINI GEORADAR	12
5.2	SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO	14
5.2.1	CERTIFICATO SONDAGGIO S1	16
5.2.2	CERTIFICATO SONDAGGIO S2	20
5.2.3	CERTIFICATO SONDAGGIO S3	23
5.3	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE PESANTI DPSH	26
5.3.1	CERTIFICATO PROVA DPSH 1	27
5.3.2	CERTIFICATO PROVA DPSH 2	29
5.3.3	CERTIFICATO PROVA DPSH 3	31
6	INDAGINE GEOFISICA	33
6.1	ELABORAZIONE MASW	33
6.1.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI CON IL METODO MASW	33
6.1.2	MASW – MARCALLO CON CASONE	35
6.2	RISPOSTA SISMICA E STABILITÀ DEL SITO	36
6.2.1	AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	36
6.2.2	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	37
7	MODELLO GEOLOGICO TECNICO DEL SOTTOSUOLO	38
8	ANALISI E INDAGINI CHIMICO - AMBIENTALI	44
8.1	PRELIEVO CAMPIONI SUOLO	44
9	CONCLUSIONI	46

Relazione Geologica-Geotecnica	
<i>Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone</i>	
Doc. No.: 2019-05-C24_R0-C6654	SIA s.r.l. Pagina 3 di 47

1 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- Decreto Ministeriale 18/01/2018: Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27/07/2007;
- Leggi regionali in materia di pianificazione e governo del territorio;
- Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale.



● Sondaggio ● Piezometro ■ DPSH — MASW

Ubicazione indagini nell'area oggetto di studio– stralcio foto satellitare Google Earth (scala adattata)

Si precisa che preliminarmente all'esecuzione della campagna di indagini geognostiche, al fine di salvaguardare l'incolumità di cose e persone (così come previsto negli oneri della sicurezza) sono state eseguite delle prospezioni Georadar - GPR (Ground Penetrating Radar) attraverso profili aventi maglia 6 x 6 m; tale tipologia d'indagine ha il solo scopo di evitare l'interferenza tra le verticali di indagini geognostiche dirette e eventuali infrastrutture; pertanto, non essendo il GPR finalizzato alla mappatura dei sottoservizi (scopo che richiederebbe un maggior infittimento della maglia d'acquisizione) non si esclude la presenza di infrastrutture nelle aree investigate.

Nello specifico, il lavoro è stato coordinato nei seguenti momenti operativi:

1. *ricerca bibliografica volta alla caratterizzazione dell'area in esame;*
2. *esecuzione di indagini in sito, al fine di meglio definire le caratteristiche litostratigrafiche e sismiche dei terreni in esame;*
3. *analisi dei risultati evidenziatisi nel corso delle precedenti fasi.*

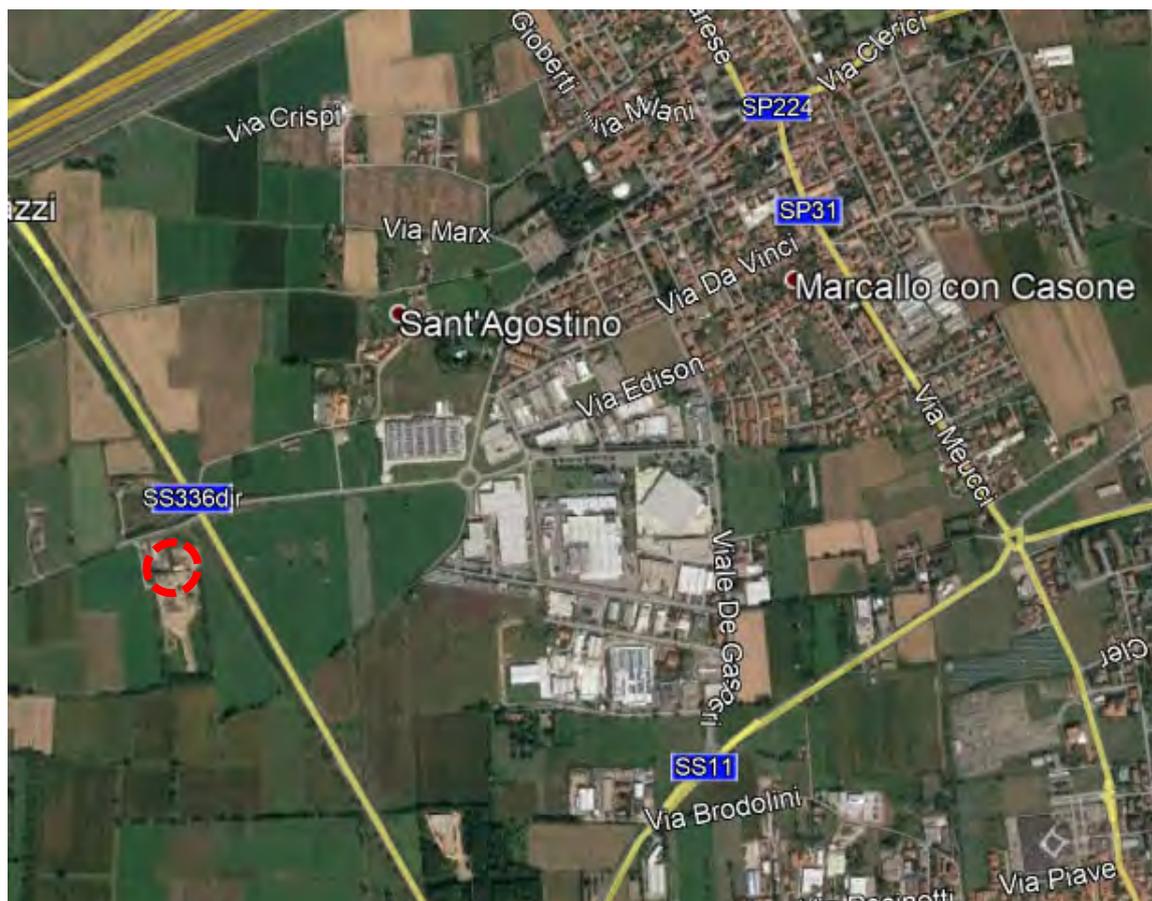
Principali fonti bibliografiche

- *Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 Foglio n° 44- "Novara",*
- *Piano Governo del territorio (P.g.T.) del Comune di Marcallo con Casone (MI);*
- *Pubblcazioni scientifiche specifiche sulle aree in esame;*

Relazione Geologica-Geotecnica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R0-C6654	SIA s.r.l. Pagina 6 di 47

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO IN STUDIO

Il territorio comunale Marcallo con Casone, si estende su una superficie di 8,21 km². si presenta prevalentemente pianeggiante ed è ubicato a circa 26 Km a Ovest di Milano. Tale territorio fa parte del ripiano terrazzato della Pianura Lombarda, di origine fluvioglaciale, delimitato a Nord dalla fascia pedemontana, a Ovest dalla valle del Ticino, a Sud dalla "linea delle risorgive".



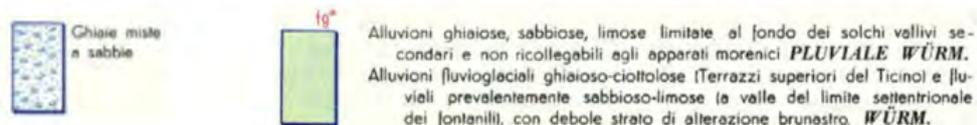
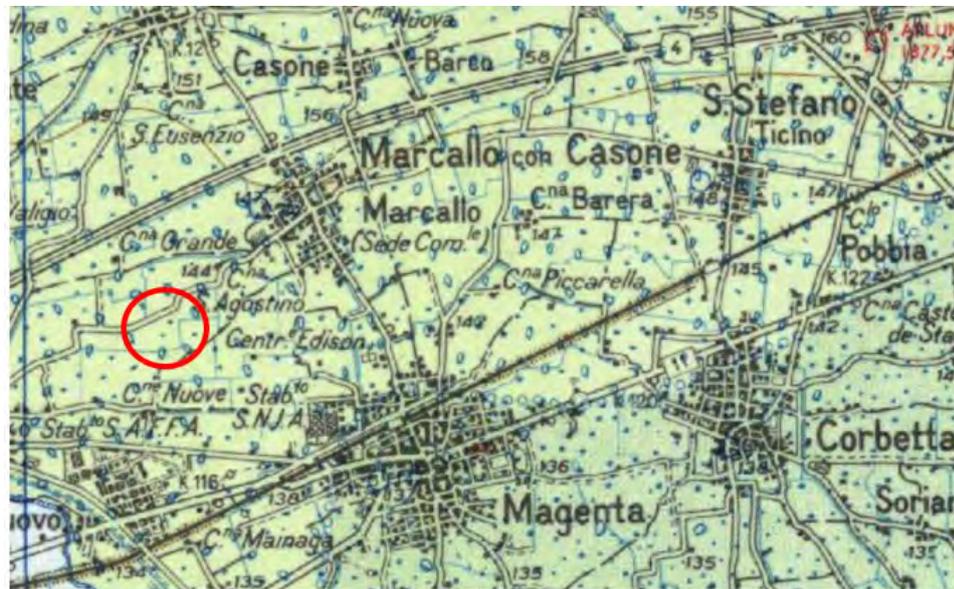
Inquadramento territoriale su stralcio foto satellitare Google Earth (scala adattata), in rosso l'area oggetto di studio.

L'orientamento del territorio è Nord-Est Sud-Ovest e le quote altimetriche vanno da circa 153 m s.l.m. a Nord a circa 139 m s.l.m. a Sud, con una pendenza verso Sud-Ovest compresa tra 0.1-0.2 %. Nello Specifico la stretta area d'esame è ubicata ad una quota altimetrica di circa 144-145 m s.l.m

Relazione Geologica-Geotecnica	
Adeguatezza scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R0-C6654	SIA s.r.l. Pagina 7 di 47

3.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO DI MASSIMA DELL'AREA

L'area in esame, ubicata nel Foglio 44 "Novara" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100000, risulta modellata all'interno di sedimenti quaternari continentali di origine fluvioglaciale, all'interno della zona di bassa pianura della Pianura Padana.



Stralcio della Carta Geologica d'Italia F.44 "Novara", in scala 1:100000 con ubicazione delle aree in studio (in rosso)

La Pianura Padana, o Padano-Veneta, costituisce una pianura alluvionale, unitaria dal punto di vista morfologico e idrografico, che si estende lungo l'Italia settentrionale, situata principalmente entro il bacino idrografico del fiume Po, comprendendo parti delle regioni Piemonte, Lombardia, Emilia-Romagna e Veneto.

Il territorio comunale di Marcallo con Casone giace su depositi di natura fluvioglaciale ad alta e bassa energia, appartenenti all'Allogruppo di Besnate (Pleistocene medio-Superiore o Riss-Würm) corrispondente al penultimo grande ciclo di avanzate glaciali.

L'unità è costituita, in termini generali, da depositi fluvioglaciali di natura ghiaioso-sabbiosa dati principalmente da ghiaie a supporto clastico, da massive a grossolanamente stratificate, a matrice variabile tra sabbiosa e sabbioso limosa. A tetto delle ghiaie possono essere presenti in modo discontinuo sedimenti totalmente pedogenizzati di spessore in genere 0,5 m oppure sedimenti limosi con contenuto variabile di sabbia e argilla e talora sparsi clasti, caratteristici per il marcato arrossamento.

La potenza dell'Unità dei depositi fluvioglaciali e (sede della falda superficiale) è compresa tra i 20 e i 25 m.

L'Unità stratigrafica sottostante, compresa tra 20-25 m e 40-85 m, si distingue per una diminuzione della granulometria d'assieme almeno fino a 35-40 m, dove prevalgono le sabbie. Dopo i 40 m e fino a 85 m la litologia è costituita da Ghiaia e Sabbia con lenti (discontinue in senso laterale) di Limo e Argilla.

L'Unità più profonda è caratterizzata da un succedersi di strati di Limo e argilla intervallati da livelli ghiaioso sabbiosi (Villafranchiano), che si spingono oltre i 200 m di profondità.

Relazione Geologica-Geotecnica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R0-C6654	SIA s.r.l. Pagina 8 di 47

Dal punto di vista geomorfologico, l'area di studio si inserisce in un contesto geomorfologico di media-bassa pianura; il territorio risulta essere infatti pianeggiante con debole pendenza, da NNE a SSW, di circa 0,15-0,2%, gli unici elementi di discontinuità sono rappresentati dagli avvallamenti formati per il passaggio di fontanili, che da oltre venticinque anni non sono più attivi e sono stati rimpiazzati da canali irrigui, o fossi e canali utilizzati per l'irrigazione dei campi.

L'assetto morfologico attuale del territorio comunale deriva da interventi antropici quali la coltivazione di cave di Sabbia e Ghiaia, e la realizzazione di rilevati e dossi per il passaggio di importanti vie di comunicazione. In particolare, la recente realizzazione del tratto di ferrovia dedicato all'alta velocità, che si affianca al già esistente tratto della A4 Milano-Torino, e la conseguente modifica della viabilità (sia urbana che extraurbana), ha portato alla formazione di un lago di cava di notevoli dimensioni (Cava Cascina Menedrago).

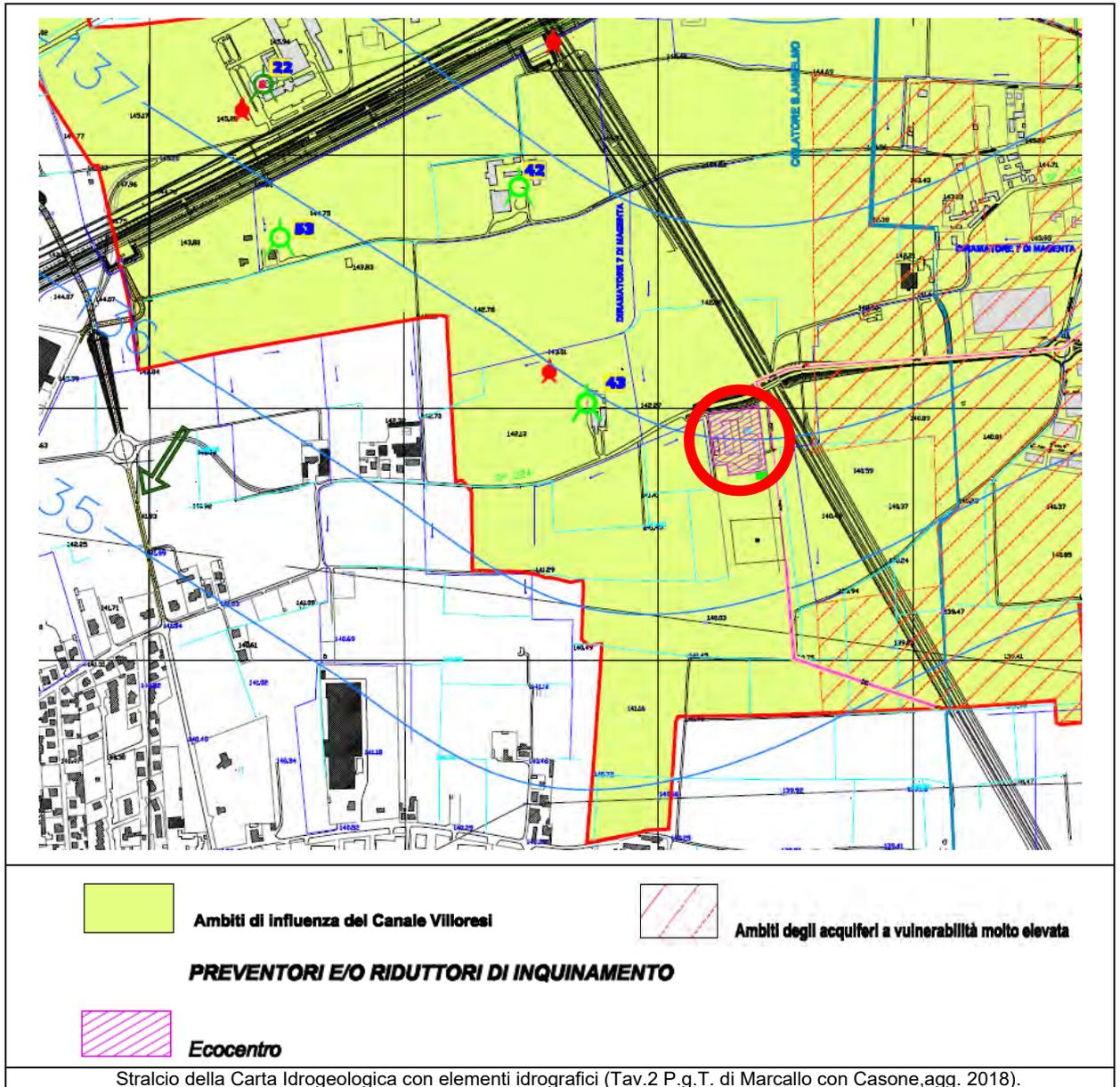
3.2 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E IDROGRAFICO

I caratteri idrogeologici del territorio in cui si inserisce l'area di studio sono ricostruibili grazie alle stratigrafie dei pozzi pubblici e privati presenti sul territorio. È possibile quindi distinguere due Unità idrogeologiche principali; tale suddivisione è confermata in uno studio realizzato dalla Provincia di Milano inerente alle risorse idriche sotterranee (Le risorse idriche sotterranee nella provincia di Milano – Volume 1, del Dicembre 1995). Le Unità riconosciute sono:

- **Litozona delle Sabbie e Ghiaie prevalenti:** costituita in prevalenza da depositi sabbioso-ghiaiosi molto permeabili, dove si osservano intercalazioni di materiali più fini (argille torbose e limo con sabbia fine), o livelli in cui Sabbia e Ghiaia hanno una matrice argillosa-limosa. L'Unità delle Sabbie e Ghiaie prevalenti è sede della falda freatica superficiale e delle altre falde semi confinate, con essa in comunicazione, mediante setti impermeabili di piccola potenza e limitata continuità laterale.
- **Litozona delle alternanze sabbioso argillose:** costituita da materiali complessivamente essere più fini. Ai livelli sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi, talvolta in matrice limoso argillosa, si alternano strati di argille e limi localmente torbosi. Gli strati più permeabili e con granulometria più grossolana sono sede di falde di tipo confinato che vengono captate in massima parte dai pozzi profondi ad uso idropotabile. La presenza di strati poco permeabili permette alle falde interne alla litozona un buon grado di isolamento verso le acque presenti nella litozona superiore, riducendo in tal modo il rischio di inquinamento per contaminazione dell'acquifero superficiale e mantenendo inalterate le caratteristiche chimiche delle acque ad uso idropotabile.

La falda superficiale, considerando il periodo stagionale di massima risalita, ha una soggiacenza variabile tra i 9 e i 5 m da piano campagna, con una diminuzione progressiva da Nord verso Sud, Sud-Est. La direzione di flusso della falda ha un andamento NNE-SSW, con un gradiente idraulico del 2% all'incirca. Data la buona permeabilità dei terreni superficiali, la falda superficiale risulta essere ad elevata vulnerabilità e di conseguenza a rischio inquinamento.

Per quel che concerne la stretta area d'esame, si precisa che dalla lettura piezometrica effettuata nel piezometro S2, profondo 10 m, non è stata rinvenuta la falda; altresì durante le fasi di esecuzione del sondaggio S1, spinto sino alla profondità di 30 m dal p.c., si è osservato che a partire dalla quota 20 m da p.c. i terreni risultavano essere saturi.



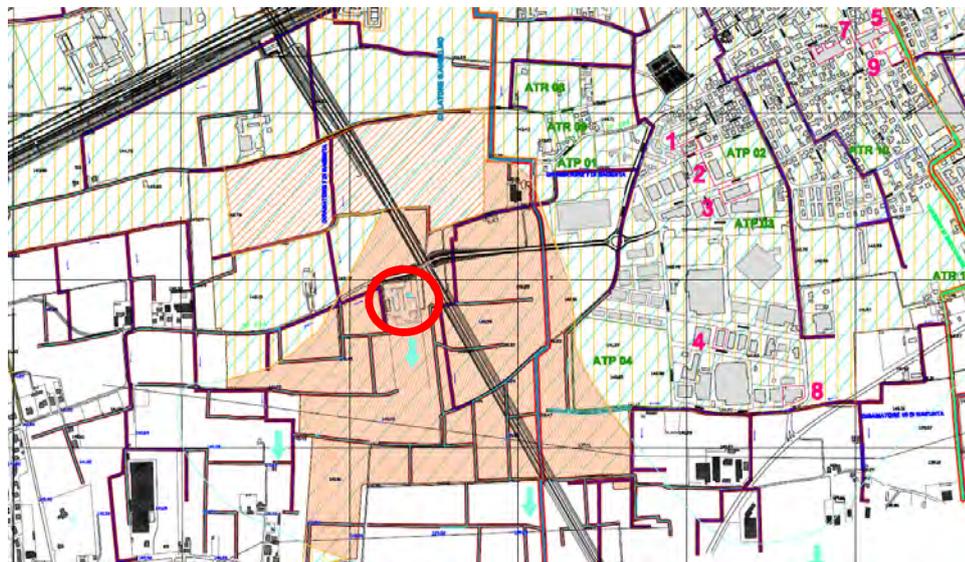
Il territorio di Marcallo con Casone, per via della sua passata connotazione produttiva prevalentemente agricola, è contraddistinto da una fitta rete di canali artificiali suddivisi in Derivatori, Colatori e Diramatori (vedi stralcio Tav. 2 sopra allegata). La gestione dei canali è operata dal Consorzio di Bonifica Est Ticino-Villorese. Negli ultimi anni alcuni rami dei canali irrigui diramatori sono stati esclusi dalla rete irrigua. Questi tratti si trovano in parte abbandonati e in parte vengono utilizzati come invaso per il recupero delle acque meteoriche. A causa della realizzazione di nuove vie di comunicazione (ad esempio il tratto Alta Velocità e la nuova Strada Statale Boffalora-Malpensa), la rete irrigua è stata modificata e ammodernata.

4 ANALISI DEI RISCHI

L'area in studio, essendo inserita in un contesto morfologico di pianura, non presenta e non presenterà problematiche legate alla dinamica di versante o di instabilità tettonica,

4.1 RISCHIO IDRAULICO E CARTA DELLA FATTIBILITÀ

L'area in studio non è interessata da fenomeni di esondazione in atto e potenziali, in quanto lontana da qualsiasi importante corso d'acqua. Il sistema di canali irrigui che circondano l'area non mostra situazioni di pericolosità. L'unico aspetto da tenere presente è che l'area è potenzialmente soggetta ad allagamento periodico (in concomitanza di intensi eventi piovosi) per sfioro delle acque di troppo pieno, di prima e seconda pioggia, provenienti da Marcallo con Casone e da alcuni comuni limitrofi.



Limite soggiacenza falda < 5 m

CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA	CARATTERISTICHE PRINCIPALI	PROBLEMATICHE GENERALI	PARERE SULLA EDIFICABILITÀ
<p>3 D</p> <p>FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI</p>	<p>Aree pianeggianti costituite da Ghiaie e Sabbie; coltre superficiale (max 1 m) limoso-sabbiosa, localmente argillosa. Locale presenza di lenti coesive limoso-argillose. Soggiacenza falda: maggiore o uguale a -5 m da piano campagna.</p>	<p>Terrani prevalentemente granulari con mediocri caratteristiche geotecniche fino a circa 3 m. Da 3 m a circa 5,5 m litozona con caratteristiche geotecniche buone. Leggero calo delle caratteristiche portanti da 5,5 a circa 10 m di profondità, rispetto alle zone centrali.</p>	<p>Favorevole con consistenti limitazioni legate all'avvicinamento della superficie piezometrica al piano campagna. Verificare il livello di falda nella stagione estiva e invernale; predisporre, in fase di progettazione dell'opera edificatoria, sistemi per il monitoraggio delle acque di prima falda (piezometri). Verificare le caratteristiche portanti del terreno.</p>

Stralcio della Carta di Fattibilità Geologica (Tav.8 P.g.T. di Marcallo con Casone, agg.2018) (in rosso l'area di indagine)

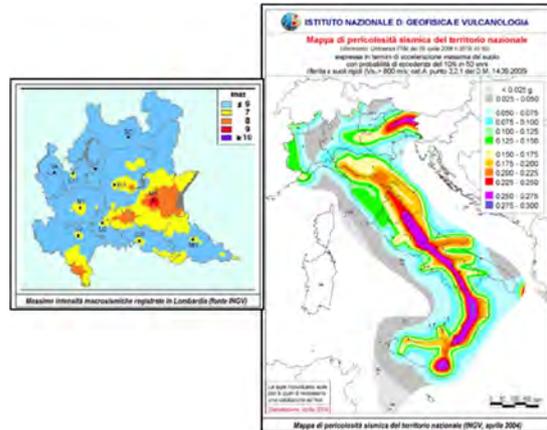
Dalla consultazione della Carta di fattibilità Geologica per le azioni di Piano, redatta per il Piano Governo del Territorio, l'area oggetto di studio ricade nella Classe 3, precisamente Classe 3D, ovvero aree pianeggianti costituite da Ghiaie e Sabbie, con coltre superficiale limoso-sabbiosa, localmente argillosa, dove la falda soggiacenza della falda risulta essere maggiore o uguale a -5 m da p.c.;

Considerate le caratteristiche litologiche e di permeabilità del non saturo, la soggiacenza della falda, la permeabilità dell'acquifero e la modalità di circolazione delle acque sotterranee in falda, tutto il territorio di Marcallo con Casone presenta un grado di vulnerabilità intrinseca della falda da medio ad elevato.

4.2 RISCHIO SISMICO

Il territorio italiano è suddiviso in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A (suoli molto rigidi, $V_s > 800$ m/s). I valori convenzionali di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale, sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ed assumono i valori riportati nella tabella.

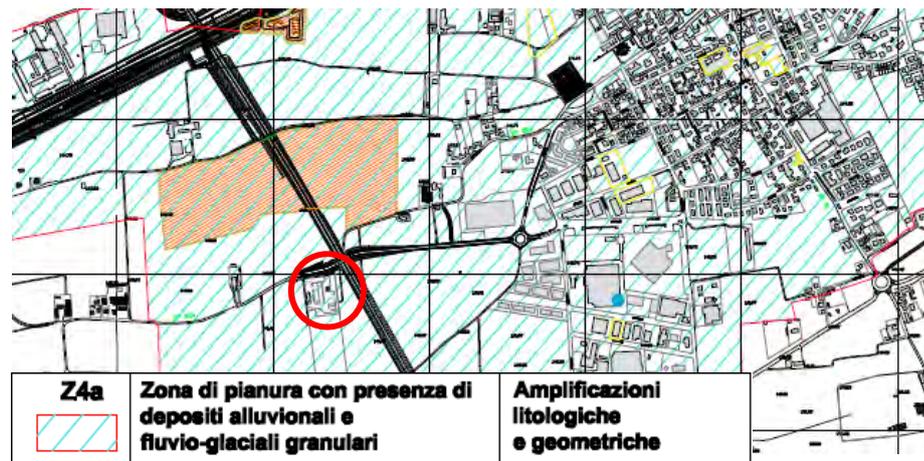
Zona	Valore di a_g
1	0.35 g
2	0.25 g
3	0.15 g
4	0.05 g



Pericolosità sismica del territorio nazionale (Fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)

Osservando la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, emerge chiaramente come le aree in cui l'attesa sismica è più significativa corrispondono al settore nord-orientale, l'Appennino settentrionale, centrale e meridionale, l'arco calabro e la Sicilia orientale. Dall'esame della mappa di dettaglio per la Regione Lombardia, invece, si evince che la provincia di Milano è ricompresa in valori di a_g massima mediamente bassi ($0.025 < a_g < 0.15$).

In particolare, il Comune di Marcallo con Casone viene classificato in zona sismica 4, ovvero zona con pericolosità sismica molto bassa, dove le possibilità di danni sismici sono basse, con un'accelerazione massima registrata all'interno del territorio comune di $0.03948 a_g$.



Stralcio della Carta della Pericolosità sismica locale (Tav.5 – PGT comune di Marcallo con Casone)

Dalla consultazione del P.g.T comunale si evince che per il primo livello di analisi, di carattere qualitativo, l'area di studio ricade all'interno dello scenario di Pericolosità Sismica Locale Z4 a. Quest'ultima è identificata come "Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi, caratterizzata da effetti di amplificazioni litologiche e geometriche.

5 INDAGINI GEOGNOSTICHE

5.1 INDAGINI GEORADAR

Preliminarmente all'esecuzione delle indagini geognostiche, allo scopo di evitare l'interferenza tra le verticali di indagini geognostiche dirette ed eventuali infrastrutture presenti, salvaguardando in tal modo l'incolumità di cose e persone, sono state eseguite delle prospezioni Georadar - GPR (Ground Penetrating Radar) attraverso profili aventi maglia 6 x 6 m.

Nelle immagini che seguono, su stralcio foto satellitare Google Earth, si riportano, per le varie verticali investigate, le relative aree interessate dalle prospezioni G.P.R. con l'indicazione per ognuna di esse della maglia di profili realizzata.



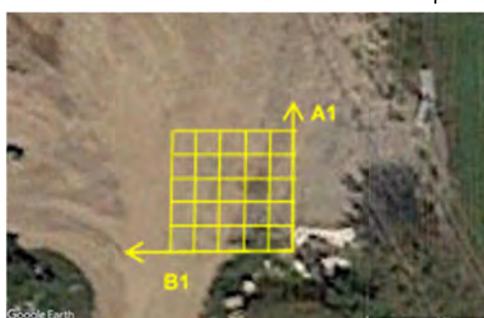
● Sondaggio ● Piezometro ■ DPSH — MASW

Ubicazione indagini nell'area oggetto di studio- stralcio foto satellitare Google Earth (scala adattata)

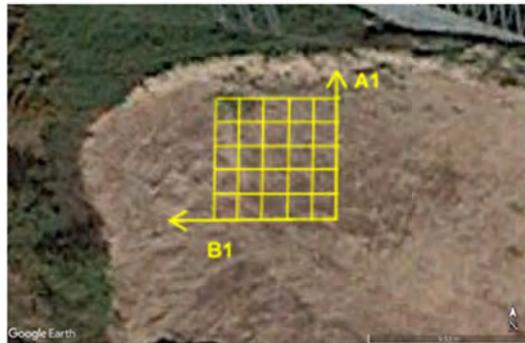
Ubicazione ed acquisizioni maglia GPR relativa al sondaggio S1



Ubicazione ed acquisizioni maglia GPR relativa al sondaggio S2



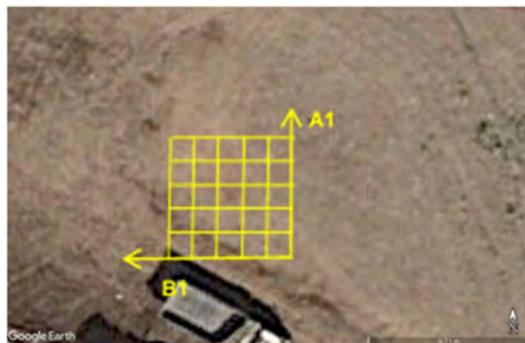
Ubicazione ed acquisizioni maglia GPR relativa al sondaggio **S3**



Ubicazione ed acquisizioni maglia GPR relativa alla **DPSH 1**



Ubicazione ed acquisizioni maglia GPR relativa alla **DPSH 2**



Ubicazione ed acquisizioni maglia GPR relativa alla **DPSH 3**

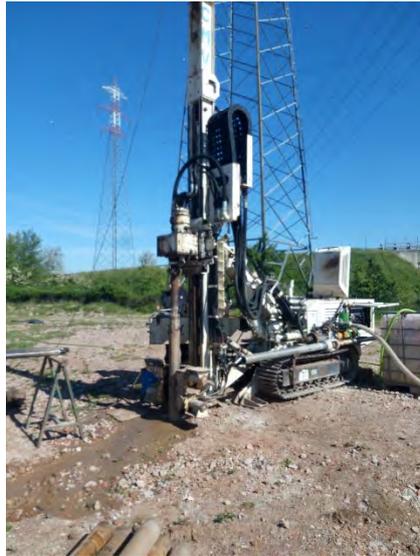


I profili G.P.R. realizzati non hanno evidenziato alcuna anomalia significativa nella zona interessata dalle verticali d'indagine relative ai sondaggi a carotaggio continuo ed alle prove penetrometriche dinamiche pesanti DPSH.

5.2 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

Per la definizione delle caratteristiche meccaniche dei terreni di sedime, sono stati eseguiti n.3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo; durante l'esecuzione delle perforazioni sono state realizzate n. 10 prove penetrometriche dinamiche in foro (S.P.T.) e n.3 prove di permeabilità in foro di tipo Lefranc.

I sondaggi geognostici sono stati eseguiti con la tecnica a rotazione a carotaggio continuo con l'ausilio di tubazioni di rivestimento. La metodologia utilizzata è finalizzata a valutare l'assetto stratigrafico e geotecnico dei livelli attraversati.

**S1****Profondità (m dal p.c.)**

30.00

**S2****Profondità (m dal p.c.)**

10.00

**S3****Profondità (m dal p.c.)**

15.00

Relazione Geologica-Geotecnica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R0-C6654	SIA s.r.l. Pagina 15 di 47

La **Prova Penetrometrica Standard (S.P.T.)**¹ consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore, infisso nel fondo foro di sondaggio. La resistenza è funzione delle caratteristiche e del tipo di terreno. Essa consiste nel far cadere un maglio, del peso di 63.5 kg, da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissa alla sommità di una batteria di aste (□ 50 mm) alla cui estremità inferiore è avviato il campionatore di dimensioni standard (*Raimond*). Il numero di colpi (N) necessario per una penetrazione della punta pari a 300 mm (dopo l'eventuale penetrazione quasi-statica per gravità e dopo 150 mm d'infissione dinamica per il posizionamento) è il dato assunto come indice di resistenza alla penetrazione (N_{SPT}).

Prove di permeabilità con metodo Lefranc a carico variabile

Durante le fasi di perforazione, sono state eseguite, in ogni foro, a diverse quote, prove di permeabilità con metodo Lefranc a carico variabile; tali prove permettono di determinare la permeabilità dei terreni presenti nel tratto di foro investigato. Le pareti della perforazione, preliminarmente all'esecuzione della prova, sono state rivestite con tubazione metallica per l'intero tratto non direttamente interessato dalla prova stessa. Le prove a carico variabile (carico idrostatico variabile nel tempo), sono state eseguite riempiendo il foro d'acqua per un'altezza nota, in genere sino alla quota del boccapozzo, e misurando la velocità di abbassamento del livello. Le prove eseguite sono allegate ai relativi certificati stratigrafici

L'analisi stratigrafica è stata eseguita nel corso del sondaggio geognostico da geologo abilitato. Di seguito si riportano i certificati di prova degli esiti dove vengono schematizzate le caratteristiche della terebrazione eseguite:

¹ La prova è compresa negli standard ASTM (D. 1586-67 riapprovata nel 1974 rivista D. 1586-84) che ancora più recentemente ha emanato uno standard (D. 4633-86) in cui descrive il metodo di misura dell'energia cinetica, sviluppata da un colpo di maglio, che entra effettivamente nella batteria di aste. L'Associazione Geotecnica Italiana (A.G.I.) ha incluso la prova nelle raccomandazioni per le indagini geotecniche (1977); la raccomandazione è più restrittiva dell'ASTM ma non è aggiornata con la misura dell'energia.



sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

Mod
REV
Del

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 6534 del 11/07/2011, ai sensi dell'art.59 del DPR 06/06/2001 n°380

CERTIFICATO SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	Rev	Pagina	di
	0	1	4

Protocollo di accettazione prova AP24	Identificativo interno C24/19	Identificativo certificato CP146/2019
-------------------------------------------------	-----------------------------------------	-------------------------------------------------

Data di accettazione prova 03/05/2019	Data inizio prova 14/05/2019	Data fine prova 14/05/2019	Data di emissione certificato 20/05/2019
-------------------------------------------------	----------------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------------------------

Anagrafica Prova

COMMITTENTE

CAP Holding S.p.A.

Coordinate E 488675 m
UTM-WGS 84 N 5035926 m
Zona 32T

CANTIERE S.P. 224 Boffalora macello

LOCALITA' Marcallo con Casone (MI)

PROVA N° S1

PROF. MAX (m) 30.00

ATTREZZO DI PERFORAZIONE:

Sonda CMV MK420 oleodinamica dalle seguenti caratteristiche:

- coppia testa di rotazione 4.78 kN m;
- slitta di avanzamento 1.85 m;
- centralina oleodinamica;
- argano idraulico;
- freno blocca aste;
- pompa acqua;
- scarotatrice.

METODO DI PERFORAZIONE:

Carotaggio continuo, con Carotiere 101 mm da: 0.00 a 30.00 m

TIPO DI RIVESTIMENTO :

Rivestimento metallico da 127 mm: da 0.00 a 27.00 m

CONDIZIONAMENTO :



S.I.A s.r.l.
Servizi per Ingegneria e Ambiente

Responsabile di sito

Dott.geol. Giuseppe Policicchio

Responsabile settore tecnico

Dott. Geol. Massimiliano di Marino



SONDAGGIO
S1

Committente

CAP HOLDING S.p.A.

Località

Marcallo con Casone (MI)

Identificativo Certificato

CP146/2019

Coordinate UTM WGS-84

E 488675 m - N 5035926 m

Quota (m s.l.m.)

142.44

Data perforazione

14/05/2019

Condizionamento del foro

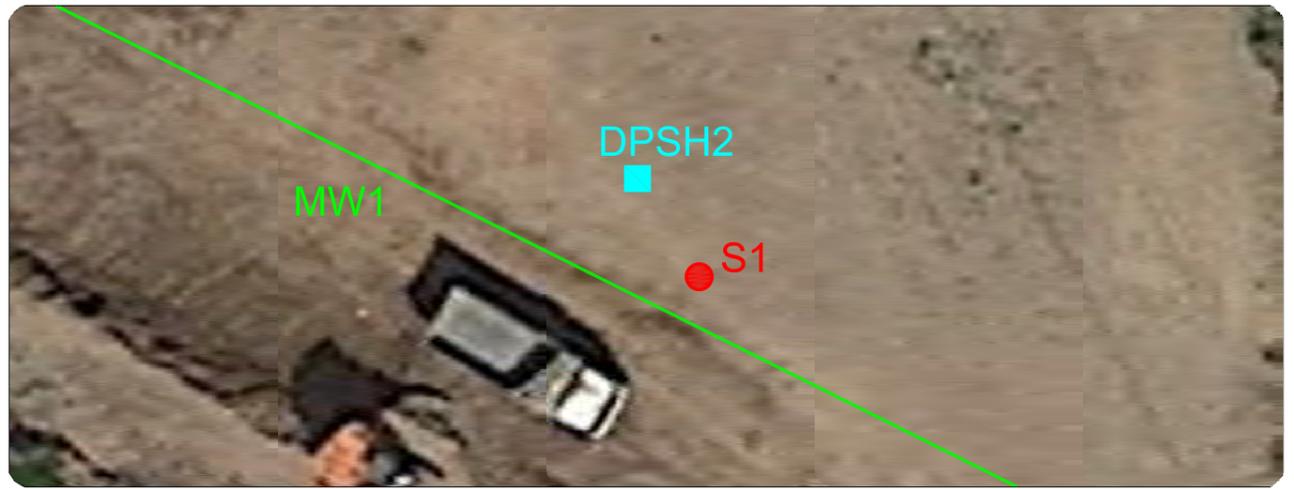
-

Profondità max (m)

30.00

Scala di rappresentazione

1:100



Spessore dello strato (m)	Profondità relativa al p.c. (m)	Litologia	Descrizione Litologica	Modalità di perforazione/ Diametro	Diametro rivestimento	Standard Penetration Test (S.P.T.)	Prova di Permeabilità Lefranc	Condizionam. Foro	Analisi per d.P.R.120/2017 e Test di Cessione	Campioni per Codice CER	Camp.per analisi d.P.R. 120/2017
0.70	0.70		Materiale di riporto e/o colmata costituito da sabbia medio grossolana ghiaiosa debolmente limosa di colore marrone chiaro, con clasti e ciottoli poligenici. Sono presenti materiali di origine antropica (es. laterizi, frammenti di cemento).						0.00 m	0.00 m	
0.70	1.40		Sabbia limosa debolmente ghiaiosa di colore marrone rossastro chiaro. La frazione ghiaiosa è costituita da clasti di origine prevalentemente vulcanica, arrotondati e di dimensioni subcentimetriche. Il deposito si presenta poco addensato.						S1 Riporto	C.E.R. Riporto	
9.30	10.70		Alternanza di strati di sabbia con ghiaia e strati di ghiaia con sabbia, di colore marrone chiaro. La frazione ghiaiosa è costituita da clasti arrotondati poligenici, di dimensioni subcentimetriche. Sono presenti livelli a granulometria prevalentemente sabbiosa debolmente limosa. Sono presenti inoltre ciottoli arrotondati poligenici ($\phi_{max}=5-6$ cm). Lo strato si presenta da poco addensato a mediamente addensato.			8.50 m S.P.T.1 (17;19;22)					3.00 m 3.00 m 4.00 m 5.00 m 6.00 m S1_C2 S1_C3
1.30	12.00		Limo argilloso di colore marrone scuro nerastro, mediamente compatto. Sono presenti rari clasti alterati millimetrici ed arrotondati. Lo strato presenta plasticità ed una sottile laminazione piano-parallela.			11.50 m S.P.T.2 (7;7;7)	11.50 m $K=4.02 E-09$ m/s				
0.50	12.50		Sabbia limosa ghiaiosa di colore marrone scuro. I clasti sono poligenici, arrotondati e di dimensioni subcentimetriche. Il deposito si presenta mediamente addensato.			11.95 m	11.68 m				
7.50	20.00		Sabbia media ghiaiosa debolmente limosa di colore marrone giallastro scuro. La frazione ghiaiosa è costituita da clasti poligenici arrotondati, di dimensioni prevalentemente subcentimetriche. Sono presenti ciottoli poligenici, arrotondati ed appiattiti ($\phi_{max}=8$ cm). Il deposito si presenta da addensato a molto addensato.			14.50 m S.P.T.3 (15; 23;27)					
10.00	30.00		Sabbia media di colore marrone giallastro scuro, satura. Sono presenti livelli in cui è presenta frazione ghiaiosa, talora in cui sono presenti anche ciottoli, di natura poligenica ed arrotondati. Il deposito si presenta addensato.			18.00 m S.P.T.4 (22; 30;34)					
						18.45 m					
						27.00 m					
						30.00 m					

SONDAGGIO GEOGNOSTICO

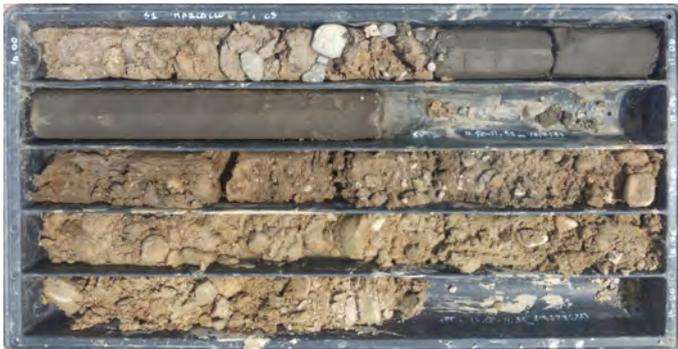
Committente: CAP Holding S.p.A.	Identificativo certificato: CP146/2019
Coordinate 488675 E - 5035926 N	Data esecuzione prova: 14/05/2019
Sondaggio S1	Profondità massima (m): 30.00



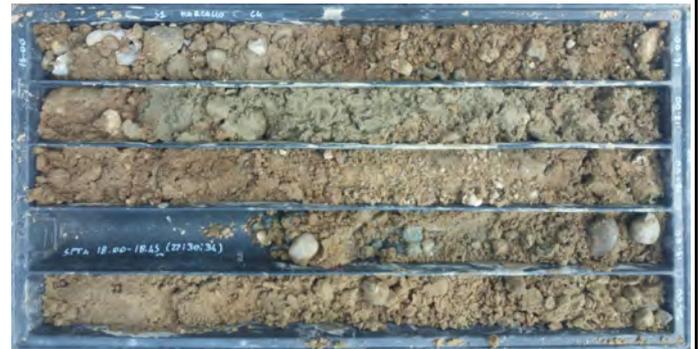
Cassetta C1 (0.00 - 5.00 m)



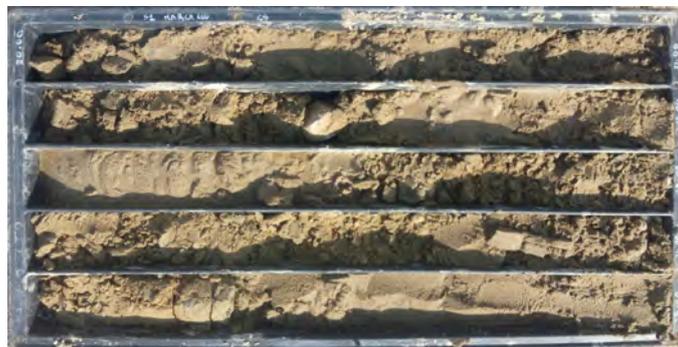
Cassetta C2 (5.00 - 10.00 m)



Cassetta C3 (10.00 - 15.00 m)



Cassetta C4 (15.00 - 20.00 m)



Cassetta C5 (20.00 - 25.00 m)



Cassetta C6 (25.00 - 30.00 m)

Responsabile di sito	Responsabile settore tecnico
Dott.geol. Giuseppe Policicchio	Dott. Geol. Massimiliano di Marino

ELABORAZIONE CERTIFICATO PROVA PERMEABILITA' LEFRANC

Foro di prova S1	Prova n° 1	Data Prova 14/05/2019	Identificativo certificato CP146/2019
---------------------	---------------	--------------------------	------------------------------------------

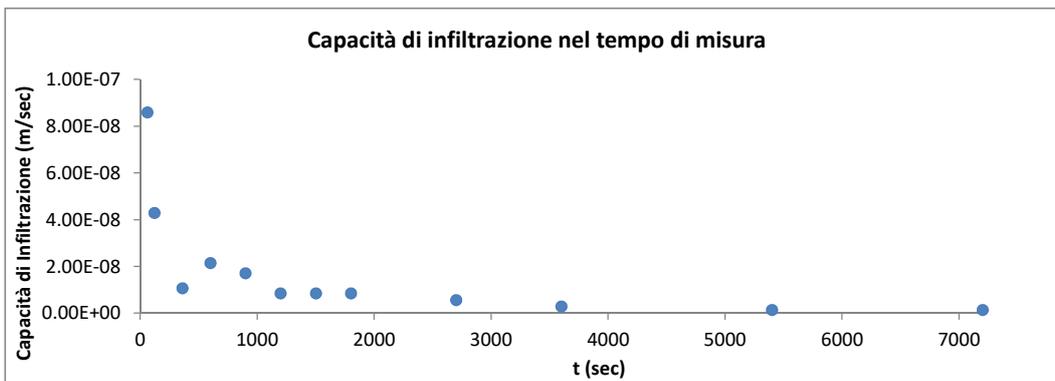
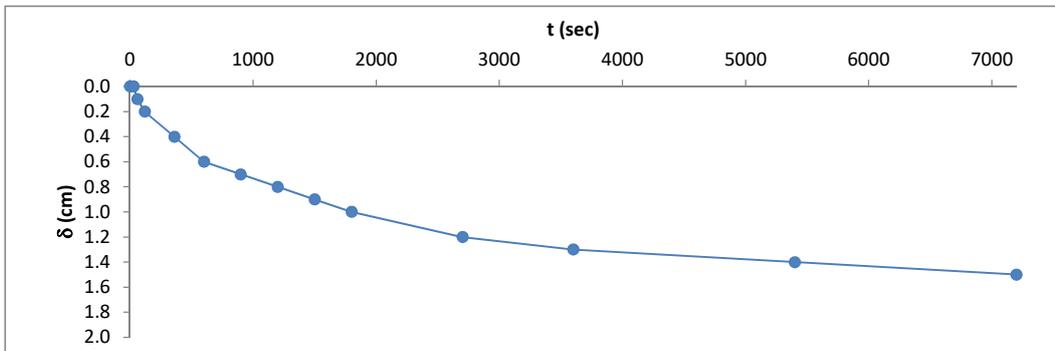
Tubo rivestimento	φ	127	mm
Carotiere	φ	101	mm
Profondità foro dal piano campagna		11.68	m
Livello statico falda dal p.c.		N.P.	m
Profondità dell'acqua nel foro dal boccapozzo		0.00	m
Profondità rivestimento dal p.c.		11.50	m
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c.		0.50	m
Diametro tubo di rivestimento interno		110	mm
Diametro tratto del foro in prova		101	mm

l	0.18	m
d	0.11	m
C_L	0.18	m
A	0.009503	m ²

Tabella e Diagramma degli abbassamenti in funzione del tempo

Tempi t (s)	Abbassamenti δ (cm)	Altezza acqua h [m]	Permeabilità k[m/s]
0	0.0	10.84	
30	0.0	10.84	0.00E+00
60	0.1	10.84	8.60E-08
120	0.2	10.84	4.30E-08
360	0.4	10.84	1.07E-08
600	0.6	10.84	2.15E-08
900	0.7	10.83	1.72E-08
1200	0.8	10.83	8.60E-09
1500	0.9	10.83	8.60E-09
1800	1.0	10.83	8.60E-09
2700	1.2	10.83	5.74E-09
3600	1.3	10.83	2.87E-09
5400	1.4	10.83	1.43E-09
7200	1.5	10.83	1.43E-09

Formula per il calcolo della permeabilità	
$K = \frac{A}{Cl \cdot (t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$	
K	Coefficiente di permeabilità
A	Area di base del foro di sondaggio
h₁ - h₂	Altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti (t)
t₂ - t₁	Tempi ai quali si misurano h
Cl	Coefficiente di forma dipende dall'area del foro di sondaggio e dalla lunghezza del tratto di foro scoperto. Valori suggeriti:
	l > d Cl = l
	l < d Cl = 2 * 3.14 * d + l



Conducibilità idraulica **K = 4.02E-09 m/s**

Descrizione litologica **Limo argilloso marrone scuro nerastro**



sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

Mod
REV
Del

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 6534 del 11/07/2011, ai sensi dell'art.59 del DPR 06/06/2001 n°380

CERTIFICATO SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	Rev	Pagina	di
	0	1	3

Protocollo di accettazione prova AP24	Identificativo interno C24/19	Identificativo certificato CP147/2019
-------------------------------------------------	-----------------------------------------	-------------------------------------------------

Data di accettazione prova 03/05/2019	Data inizio prova 15/05/2019	Data fine prova 15/05/2019	Data di emissione certificato 20/05/2019
-------------------------------------------------	----------------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------------------------

Anagrafica Prova

COMMITTENTE

CAP Holding S.p.A.

Coordinate E 488692 m
UTM-WGS 84 N 5035910 m
Zona 32T

CANTIERE S.P. 224 Boffalora macello

LOCALITA' Marcallo con Casone (MI)

PROVA N° S2

PROF. MAX (m) 10.00

ATTREZZO DI PERFORAZIONE:

Sonda CMV MK420 oleodinamica dalle seguenti caratteristiche:

- coppia testa di rotazione 4.78 kN m;
- slitta di avanzamento 1.85 m;
- centralina oleodinamica;
- argano idraulico;
- freno blocca aste;
- pompa acqua;
- scarotatrice.

METODO DI PERFORAZIONE:

Carotaggio continuo, con Carotiere 101 mm da: 0.00 a 10.00 m

TIPO DI RIVESTIMENTO :

Rivestimento metallico da 127 mm: da 0.00 a 10.00 m

CONDIZIONAMENTO : Tubazione Piezometrica



S.I.A s.r.l.
Servizi per Ingegneria e Ambiente

Responsabile di sito

Dott.geol. Giuseppe Policicchio

Responsabile settore tecnico

Dott. Geol. Massimiliano di Marino



SOA
CONSULT
SOCIETA' ORGANISMO DI ATTESTAZIONE

SONDAGGIO
S2

Committente

CAP HOLDING S.p.A.

Località

Marcallo con Casone (MI)

Identificativo Certificato

CP147/2019

Coordinate UTM WGS-84

E 488692 m - N 5035910 m

Quota (m s.l.m.)

142.35

Data perforazione

15/05/2019

Condizionamento del foro

Piezometro a tubo aperto

Profondità max (m)

10.00

Scala di rappresentazione

1:100



Spessore dello strato (m)	Profondità relativa al p.c. (m)	Litologia	Descrizione Litologica	Modalità di perforazione/ Diametro	Diametro rivestimento	Standard Penetration Test (S.P.T.)	Prova di Permeabilità Lefranc	Condizionam. Foro	Analisi per d.P.R.120/2017 e Test di Cessione	Campioni per Codice CER	Camp.per analisi d.P.R. 120/2017	
0.50	0.50		Materiale di riporto e/o colmata costituito da sabbia medio grossolana ghiaiosa debolmente limosa di colore marrone chiaro, con clasti e ciottoli poligenici. Sono presenti materiali di origine antropica (es. laterizi, frammenti di cemento).	CAROTTAGGIO CONTINUO/101	127				0.00 m	0.00 m		
0.80	1.30										0.50 m	C.E.R. Riporto 0.50 m
8.70	1.30		Sabbia limosa debolmente ghiaiosa di colore marrone rossastro chiaro. La frazione ghiaiosa è costituita da clasti di origine prevalentemente vulcanica, arrotondati e di dimensioni subcentimetriche. Il deposito si presenta poco addensato.							3.00 m	3.00 m S2_C2	
			Alternanza di strati di sabbia con ghiaia e strati di ghiaia con sabbia, di colore marrone chiaro. La frazione ghiaiosa è costituita da clasti arrotondati poligenici, di dimensioni subcentimetriche. Sono presenti livelli a granulometria prevalentemente sabbiosa. Sono presenti inoltre ciottoli arrotondati poligenici ($\phi_{max}=5-6$ cm). Lo strato si presenta da poco addensato a mediamente addensato.							C.E.R.	4.00 m 5.00 m S2_C3	
	10.00										6.00 m	6.00 m
						7.00 m	7.00 m					
						S.P.T.1 (17;Rif.)	$K=2.90 E-07$ m/s					
						8.00 m	7.17 m					
						S.P.T.2 (22;25;Rif.)						
						9.00 m						
						S.P.T.3 (22;30;33)						
						9.45 m						



Cassetta 1



Cassetta 2

ELABORAZIONE CERTIFICATO PROVA PERMEABILITA' LEFRANC

Foro di prova S2	Prova n° 1	Data Prova 14/05/2019	Identificativo certificato CP147/2019
---------------------	---------------	--------------------------	------------------------------------------

Tubo rivestimento	φ	127	mm
Carotiere	φ	101	mm
Profondità foro dal piano campagna		7.17	m
Livello statico falda dal p.c.		N.P.	m
Profondità dell'acqua nel foro dal boccapozzo		0.00	m
Profondità rivestimento dal p.c.		7.00	m
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c.		0.50	m
Diametro tubo di rivestimento interno		110	mm
Diametro tratto del foro in prova		101	mm

l	0.17	m
d	0.11	m
C_L	0.17	m
A	0.009503	m ²

Tabella e Diagramma degli abbassamenti in funzione del tempo

Tempi t (s)	Abbassamenti δ (cm)	Altezza acqua h [m]	Permeabilità k[m/s]
0	0.0	7.67	
30	1.2	7.66	2.92E-06
62	1.8	7.65	1.37E-06
120	2.6	7.64	1.01E-06
180	3.4	7.64	9.76E-07
240	4.2	7.63	9.77E-07
300	4.8	7.62	7.33E-07
420	5.9	7.61	6.73E-07
540	6.8	7.60	5.51E-07
660	7.5	7.60	4.29E-07
900	9.0	7.58	4.60E-07
1200	10.5	7.57	3.69E-07
1440	11.2	7.56	2.16E-07
2100	13.2	7.54	2.24E-07
2700	14.3	7.53	1.36E-07
3000	15.1	7.52	1.98E-07

Formula per il calcolo della permeabilità

$$K = \frac{A}{Cl \cdot (t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

K Coefficiente di permeabilità

A Area di base del foro di sondaggio

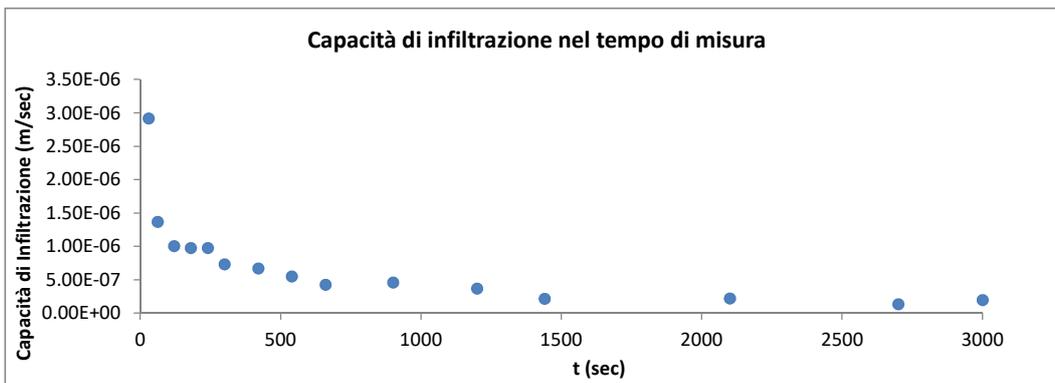
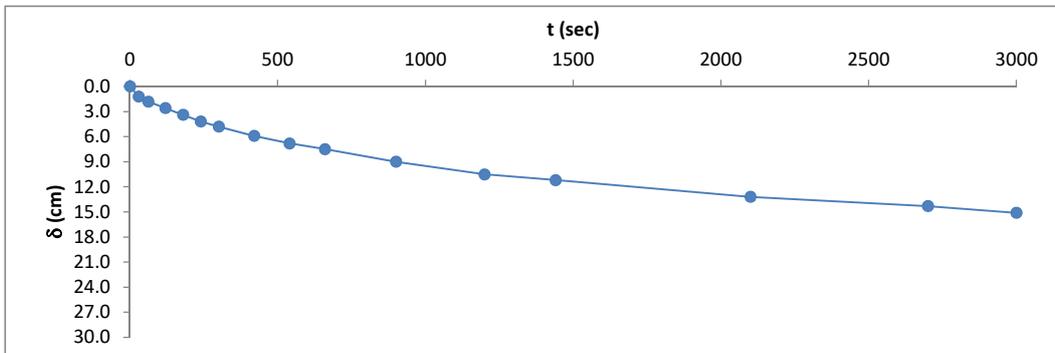
h₁ - h₂ Altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti (t)

t₂ - t₁ Tempi ai quali si misurano h

Cl Coefficiente di forma dipende dall'area del foro di sondaggio e dalla lunghezza del tratto di foro scoperto. Valori suggeriti:

l > d Cl = l

l < d Cl = 2 * 3.14 * d + l



Conducibilità idraulica **K = 2.90E-07 m/s**

Descrizione litologica **Ghiaia con sabbia medio fine molto addensata**



sia srl
 sede legale
 via Dei Goti, 15
 82019 sant'agata de'goti (bn)
 p.iva 04156821219
 info@siasrl.eu
 www.siasrl.eu

Mod
 REV
 Del

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 6534 del 11/07/2011, ai sensi dell'art.59 del DPR 06/06/2001 n°380

CERTIFICATO SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	Rev	Pagina	di
	0	1	3

Protocollo di accettazione prova AP24	Identificativo interno C24/19	Identificativo certificato CP142/2019
-------------------------------------------------	-----------------------------------------	-------------------------------------------------

Data di accettazione prova 03/05/2019	Data inizio prova 13/05/2019	Data fine prova 13/05/2019	Data di emissione certificato 20/05/2019
-------------------------------------------------	----------------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------------------------

	Anagrafica Prova			
	COMMITTENTE	CAP Holding S.p.A.		
Coordinate	E	488650	m	
UTM-WGS 84	N	5035939	m	
Zona		32T		
CANTIERE	S.P. 224 Boffalora macello			<p>S.I.A s.r.l. Servizi per Ingegneria e Ambiente</p>
LOCALITA'	Marcallo con Casone (MI)			
PROVA N°	S3			
PROF. MAX (m)	15.00			
ATTREZZO DI PERFORAZIONE:	<p>Sonda CMV MK420 oleodinamica dalle seguenti caratteristiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> - coppia testa di rotazione 4.78 kN m; - slitta di avanzamento 1.85 m; - centralina oleodinamica; - argano idraulico; - freno blocca aste; - pompa acqua; - scarotatrice. 			
METODO DI PERFORAZIONE:	Carotaggio continuo, con Carotiere 101 mm da: 0.00 a 15.00 m			
TIPO DI RIVESTIMENTO :	Rivestimento metallico da 127 mm: da 0.00 a 13.50 m			
CONDIZIONAMENTO :				

Responsabile di sito Dott.geol. Giuseppe Policicchio	Responsabile settore tecnico Dott. Geol. Massimiliano di Marino
----------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------



SOA
 CONSULT
SOGEV ORGANISMO DI ATTESTAZIONE

SONDAGGIO
S3

Committente CAP HOLDING S.p.A.
 Località Marcallo con Casone (MI)
 Identificativo Certificato CP142/2019
 Coordinate UTM WGS-84 E 488650 m - N 5035939 m
 Quota (m s.l.m.) 142.51
 Data perforazione 13/05/2019
 Condizionamento del foro -
 Profondità max (m) 15.00
 Scala di rappresentazione 1:100



Spessore dello strato (m)	Profondità relativa al p.c. (m)	Litologia	Descrizione Litologica	Modalità di perforazione/ Diametro	Diametro rivestimento	Standard Penetration Test (S.P.T.)	Prova di Permeabilità Lefranc	Condizionam. Foro	Analisi per d.P.R. 120/2017 e Test di Cessione	Campioni per Codice CER	Camp. per analisi d.P.R. 120/2017		
0.60	0.60		Materiale di riporto e/o colmata costituito da sabbia medio grossolana ghiaiosa debolmente limosa di colore marrone chiaro, con clasti e ciottoli poligenici. Sono presenti materiali di origine antropica (es. laterizi, frammenti di cemento).	CAROTTAGGIO CONTINUO/101	127				0,00 m	0,00 m			
0.40	1.00									S3 Riporto	C.E.R. Riporto		
0.50	1.50		Sabbia ghiaiosa di colore marrone chiaro. La frazione ghiaiosa è costituita da clasti di origine prevalentemente vulcanica, arrotondati e di dimensioni subcentimetriche. Il deposito si presenta poco addensato.									2,00 m	2,00 m
			Sabbia media limosa e ghiaiosa di colore marrone scuro. La frazione ghiaiosa è costituita da clasti poligenici arrotondati e di dimensioni subcentimetriche. Il deposito si presenta poco addensato.										S3_C2
			Alternanza di strati di sabbia con ghiaia e strati di ghiaia con sabbia, di colore marrone chiaro. La frazione ghiaiosa è costituita da clasti arrotondati poligenici, di dimensioni subcentimetriche. Sono presenti livelli a granulometria prevalentemente sabbiosa. Sono presenti inoltre ciottoli arrotondati poligenici ($\phi_{max}=4-5$ cm). Lo strato si presenta da poco addensato a mediamente addensato.					6,00 m					3,00 m
								S.P.T.1 (17;20;21)					
								6,45 m					
								9,00 m			4,00 m		
								S.P.T.2 (15;15;17)			$K=2,18 \cdot 10^{-6}$ m/s		
								9,45 m			4,22 m		
			Sabbia limosa ghiaiosa di colore marrone scuro. I clasti sono poligenici, arrotondati e di dimensioni subcentimetriche. Sono presenti inoltre ciottoli poligenici arrotondati ed appiattiti ($\phi_{max}=7-8$ cm). Il deposito si presenta mediamente addensato.			12,00 m					5,00 m		
2.40	13.20					S.P.T.2 (11;12;16)							
						12,45 m							
						13,50 m							
						15,00 m							
1.80	15.00		Sabbia media ghiaiosa debolmente limosa di colore marrone giallastro scuro. La frazione ghiaiosa è costituita da clasti poligenici arrotondati, di dimensioni prevalentemente subcentimetriche. Sono presenti ciottoli poligenici, arrotondati ed appiattiti ($\phi_{max}=6$ cm). Il deposito si presenta da addensato a molto addensato.										



Cassetta 1



Cassetta 2



Cassetta 3

ELABORAZIONE CERTIFICATO PROVA PERMEABILITA' LEFRANC

Foro di prova S3	Prova n° 1	Data Prova 14/05/2019	Identificativo certificato CP142/2019
---------------------	---------------	--------------------------	------------------------------------------

Tubo rivestimento	φ	127	mm
Carotiere	φ	101	mm
Profondità foro dal piano campagna		4.22	m
Livello statico falda dal p.c.		N.P.	m
Profondità dell'acqua nel foro dal boccapozzo		0.00	m
Profondità rivestimento dal p.c.		4.00	m
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c.		0.50	m
Diametro tubo di rivestimento interno		110	mm
Diametro tratto del foro in prova		101	mm

l	0.22	m
d	0.11	m
C_L	0.22	m
A	0.009503	m ²

Tabella e Diagramma degli abbassamenti in funzione del tempo

Tempi t (s)	Abbassamenti δ (cm)	Altezza acqua h [m]	Permeabilità k[m/s]
0	0.0	4.92	
60	24.0	4.68	3.76E-05
120	41.0	4.51	2.79E-05
180	55.0	4.37	2.38E-05
240	65.0	4.27	1.75E-05
300	69.0	4.23	7.11E-06
360	73.0	4.19	7.18E-06
480	77.0	4.15	5.45E-06
540	80.0	4.12	5.49E-06
600	83.0	4.09	5.53E-06
660	85.0	4.07	3.71E-06
720	87.0	4.05	3.73E-06
1260	98.0	3.94	1.92E-06
1500	102.0	3.90	1.94E-06
1860	106.0	3.86	1.96E-06
2220	109.0	3.83	9.90E-07
2340	110.0	3.82	9.93E-07

Formula per il calcolo della permeabilità

$$K = \frac{A}{Cl \cdot (t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

K Coefficiente di permeabilità

A Area di base del foro di sondaggio

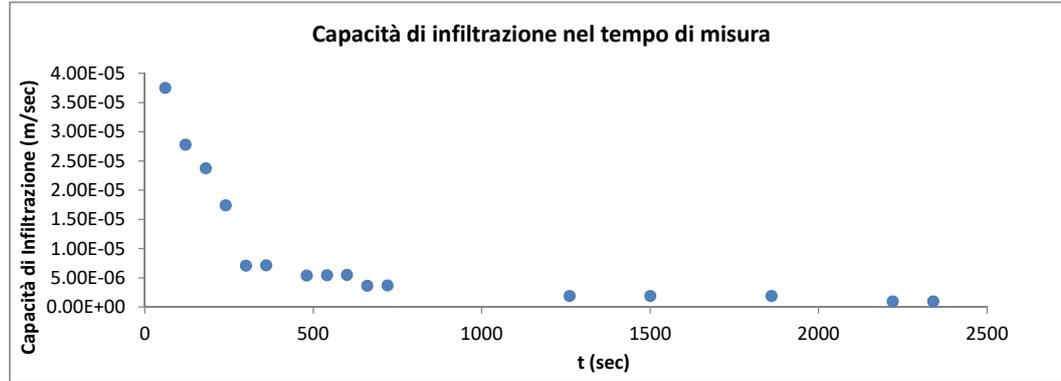
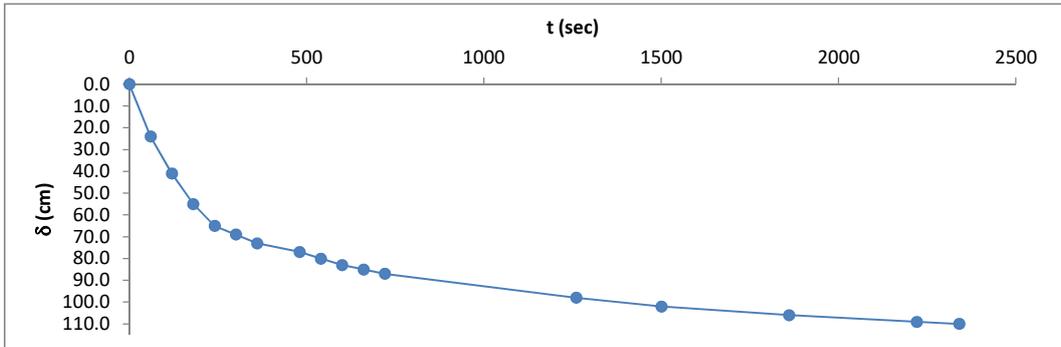
h₁ - h₂ Altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti (t)

t₂ - t₁ Tempi ai quali si misurano h

Cl Coefficiente di forma dipende dall'area del foro di sondaggio e dalla lunghezza del tratto di foro scoperto. Valori suggeriti:

l > d Cl = l

l < d Cl = 2 * 3.14 * d + l



Conducibilità idraulica

K = 2.18E-06 m/s

Descrizione litologica

Sabbia media debolmente limosa con ghiaia mediamente addensata

5.3 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE PESANTI DPSH

Le prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH) consistono nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione. La registrazione dei colpi N viene eseguita ogni qual volta che il gruppo di infissione penetra nel terreno di 20 cm. Le informazioni fornite sono di tipo continuo poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione. Il campo di utilizzazione della prova è molto vasto; esse viene infatti eseguita in tutti i tipi di terreno sia coesivi che granulari (dalle argille alle ghiaie), anche in quelli poco litificati (tufi teneri e tufiti).

Nel caso in esame, sono state eseguite n. 3 prove penetrometriche dinamiche pesanti DPSH, le cui caratteristiche vengono riportate nei relativi certificati di prova.



DPSH 1

Profondità: 15.00 m dal p.c.



DPSH2

Profondità: 12.40 m dal p.c.



DPSH 3

Profondità: 11.60 m dal p.c.

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.6534 del 11/07/2011 , ai sensi dell'art.59 del DPR 06/06/2001 n°380

CERTIFICATO DI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA - DPSH

Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	Rev	Pagina	di
	0	1	2

Protocollo di accettazione prova AP24	Identificativo interno C24/19	Identificativo certificato CP143/2019
------------------------------------------	----------------------------------	------------------------------------------

Data di accettazione prova 03/05/2019	Data di esecuzione prova 13/05/2019	Data di emissione certificato 20/05/2019
------------------------------------------	----------------------------------------	---------------------------------------------

	Anagrafica Prova		
	COMMITTENTE	CAP Holding S.p.A.	
	LOCALITA'	Marcallo con Casone (MI)	
	Coordinate WGS-84-33T	E	488691
	N	5035943	m
Quota		142.3	m s.l.m.
PROVA N.	DPSH	1	
PROF. MAX [m]	15.00		
CARATTERISTICHE PENETROMETRO			
Apparecchiatura:			
- Maglio 63,50 Kg;			
- Altezza di caduta 75 cm;			
- Apertura del cono 90°;			
- Diametro del cono alla base 50,5 mm;			
- Testa di battuta 30 Kg;			
- Massa delle aste 8 Kg/m;			
- Diametro delle aste 35 mm;			
- Lunghezza delle aste 1 m,			
- Penetrazione standard N 20 cm;			
		S.I.A s.r.l. Servizi per Ingegneria e Ambiente	

Responsabile di sito Dott. Gianrico Voltura	Responsabile settore tecnico Dott. Geol.Massimiliano Di Marino
------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

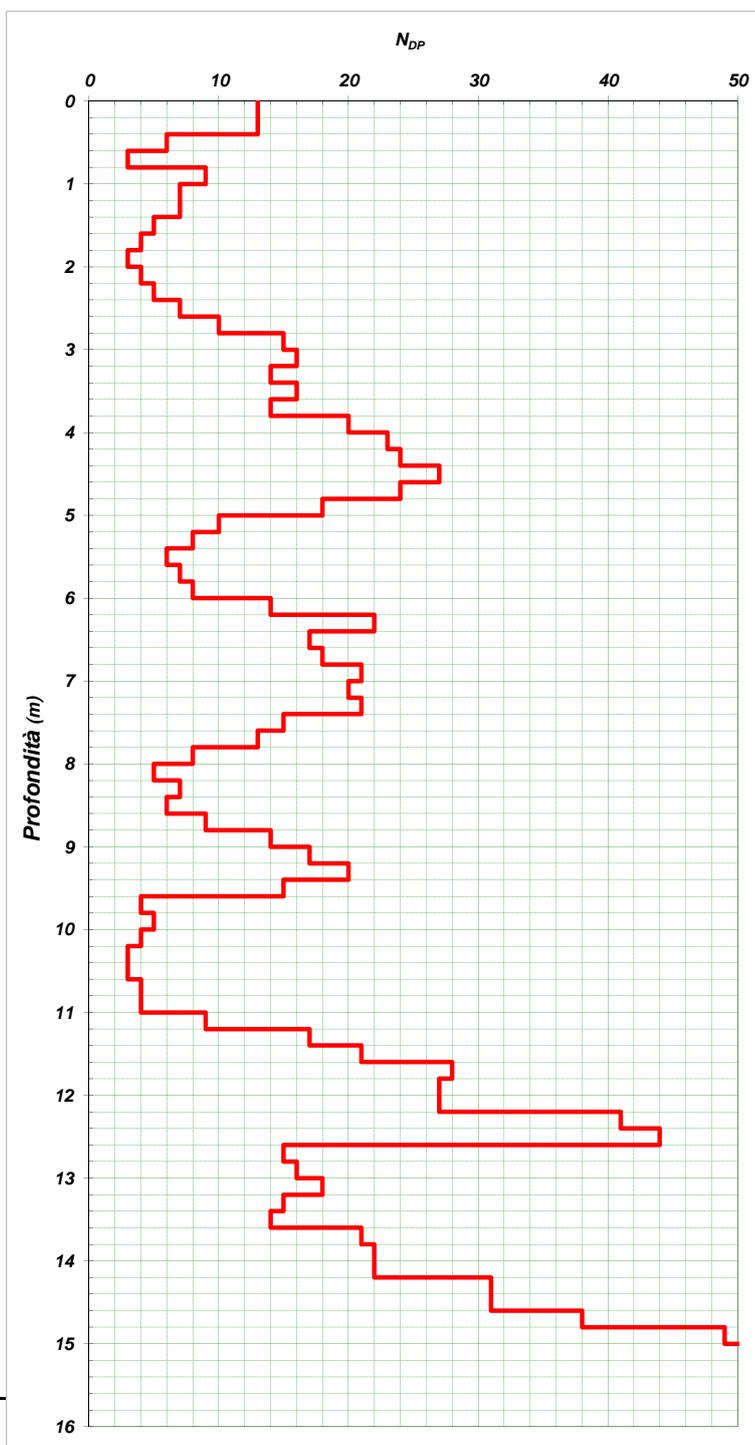
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (DPSH)

Committente: CAP Holding S.p.A. **Identificativo certificato:** CP143/2019

Località: Marcallo con Casone (MI) **Data esecuzione prova:** 13/05/2019

Prova n.: 1 **Profondità massima (m):** 15.00

Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]
0.0		0.00	10.2	3	1.64	20.4		
0.2	13	13.51	10.4	3	1.64	20.6		
0.4	6	6.23	10.6	4	2.18	20.8		
0.6	3	3.12	10.8	4	2.18	21.0		
0.8	9	9.35	11.0	9	4.69	21.2		
1.0	7	6.67	11.2	17	8.86	21.4		
1.2	7	6.67	11.4	21	10.94	21.6		
1.4	5	4.76	11.6	28	14.59	21.8		
1.6	4	3.81	11.8	27	14.07	22.0		
1.8	3	2.86	12.0	27	13.46	22.2		
2.0	4	3.52	12.2	41	20.43	22.4		
2.2	5	4.40	12.4	44	21.93	22.6		
2.4	7	6.16	12.6	15	7.48	22.8		
2.6	10	8.80	12.8	16	7.97	23.0		
2.8	15	13.20	13.0	18	8.60	23.2		
3.0	16	13.08	13.2	15	7.17	23.4		
3.2	14	11.44	13.4	14	6.69	23.6		
3.4	16	13.08	13.6	21	10.03	23.8		
3.6	14	11.44	13.8	22	10.51	24.0		
3.8	20	16.35	14.0	22	10.09	24.2		
4.0	23	17.55	14.2	31	14.22	24.4		
4.2	24	18.31	14.4	31	14.22	24.6		
4.4	27	20.60	14.6	38	17.43	24.8		
4.6	24	18.31	14.8	49	22.47	25.0		
4.8	18	13.74	15.0	Rif.	44.10	25.2		
5.0	10	7.16	15.2			25.4		
5.2	8	5.72	15.4			25.6		
5.4	6	4.29	15.6			25.8		
5.6	7	5.01	15.8			26.0		
5.8	8	5.72	16.0			26.2		
6.0	14	9.43	16.2			26.4		
6.2	22	14.82	16.4			26.6		
6.4	17	11.45	16.6			26.8		
6.6	18	12.13	16.8			27.0		
6.8	21	14.15	17.0			27.2		
7.0	20	12.73	17.2			27.4		
7.2	21	13.36	17.4			27.6		
7.4	15	9.55	17.6			27.8		
7.6	13	8.27	17.8			28.0		
7.8	8	5.09	18.0			28.2		
8.0	5	3.01	18.2			28.4		
8.2	7	4.22	18.4			28.6		
8.4	6	3.62	18.6			28.8		
8.6	9	5.43	18.8			29.0		
8.8	14	8.44	19.0			29.2		
9.0	17	9.74	19.2			29.4		
9.2	20	11.46	19.4			29.6		
9.4	15	8.59	19.6			29.8		
9.6	4	2.29	19.8			30.0		
9.8	5	2.86	20.0					
10.0	4	2.18	20.2					



Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.6534 del 11/07/2011 , ai sensi dell'art.59 del DPR 06/06/2001 n°380

CERTIFICATO DI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA - DPSH

Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	Rev	Pagina	di
	0	1	2

Protocollo di accettazione prova AP24	Identificativo interno C24/19	Identificativo certificato CP144/2019
------------------------------------------	----------------------------------	------------------------------------------

Data di accettazione prova 03/05/2019	Data di esecuzione prova 13/05/2019	Data di emissione certificato 20/05/2019
------------------------------------------	----------------------------------------	---------------------------------------------

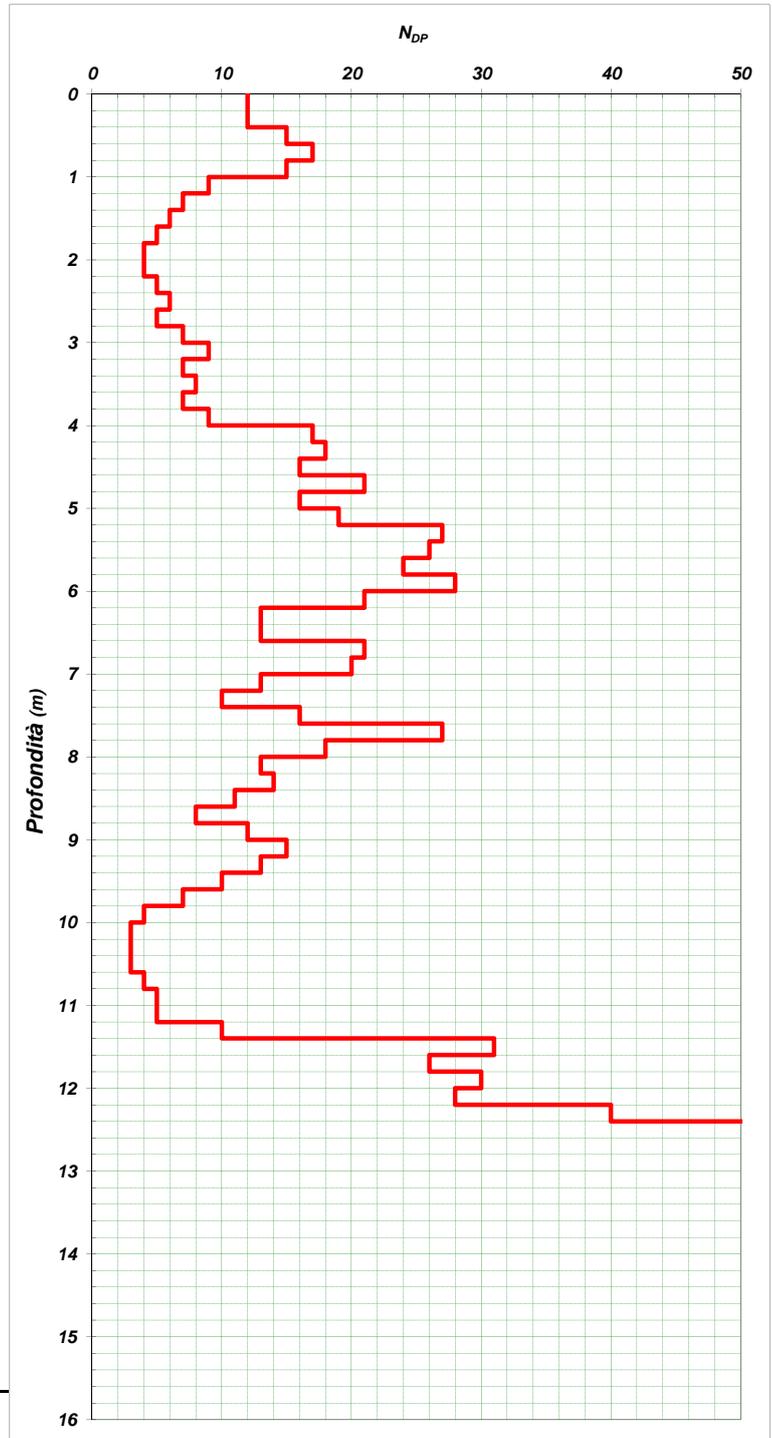
	Anagrafica Prova		
	COMMITTENTE	CAP Holding S.p.A.	
	LOCALITA'	Marcallo con Casone (MI)	
	Coordinate	E	488673
WGS-84-33T	N	5035928	m
Quota		141.8	m s.l.m.
PROVA N.	DPSH	2	
PROF. MAX [m]		12.40	
CARATTERISTICHE PENETROMETRO			
Apparecchiatura:			
- Maglio 63,50 Kg;			
- Altezza di caduta 75 cm;			
- Apertura del cono 90°;			
- Diametro del cono alla base 50,5 mm;			
- Testa di battuta 30 Kg;			
- Massa delle aste 8 Kg/m;			
- Diametro delle aste 35 mm;			
- Lunghezza delle aste 1 m,			
- Penetrazione standard N 20 cm;			
		S.I.A s.r.l. Servizi per Ingegneria e Ambiente	

Responsabile di sito Dott. Gianrico Voltura	Responsabile settore tecnico Dott. Geol.Massimiliano Di Marino
------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (DPSH)

Committente:	CAP Holding S.p.A.	Identificativo certificato:	CP144/2019
Località:	Marcallo con Casone (MI)	Data esecuzione prova:	13/05/2019
Prova n.:	2	Profondità massima (m):	12.40

Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]
0.0		0.00	10.2	3	1.64	20.4		
0.2	12	12.47	10.4	3	1.64	20.6		
0.4	15	15.59	10.6	4	2.18	20.8		
0.6	17	17.66	10.8	5	2.73	21.0		
0.8	15	15.59	11.0	5	2.60	21.2		
1.0	9	8.58	11.2	10	5.21	21.4		
1.2	7	6.67	11.4	31	16.15	21.6		
1.4	6	5.72	11.6	26	13.55	21.8		
1.6	5	4.76	11.8	30	15.63	22.0		
1.8	4	3.81	12.0	28	13.96	22.2		
2.0	4	3.52	12.2	40	19.94	22.4		
2.2	5	4.40	12.4	Rif.	49.84	22.6		
2.4	6	5.28	12.6			22.8		
2.6	5	4.40	12.8			23.0		
2.8	7	6.16	13.0			23.2		
3.0	9	7.36	13.2			23.4		
3.2	7	5.72	13.4			23.6		
3.4	8	6.54	13.6			23.8		
3.6	7	5.72	13.8			24.0		
3.8	9	7.36	14.0			24.2		
4.0	17	12.97	14.2			24.4		
4.2	18	13.74	14.4			24.6		
4.4	16	12.21	14.6			24.8		
4.6	21	16.03	14.8			25.0		
4.8	16	12.21	15.0			25.2		
5.0	19	13.60	15.2			25.4		
5.2	27	19.32	15.4			25.6		
5.4	26	18.61	15.6			25.8		
5.6	24	17.17	15.8			26.0		
5.8	28	20.04	16.0			26.2		
6.0	21	14.15	16.2			26.4		
6.2	13	8.76	16.4			26.6		
6.4	13	8.76	16.6			26.8		
6.6	21	14.15	16.8			27.0		
6.8	20	13.47	17.0			27.2		
7.0	13	8.27	17.2			27.4		
7.2	10	6.36	17.4			27.6		
7.4	16	10.18	17.6			27.8		
7.6	27	17.18	17.8			28.0		
7.8	18	11.45	18.0			28.2		
8.0	13	7.84	18.2			28.4		
8.2	14	8.44	18.4			28.6		
8.4	11	6.63	18.6			28.8		
8.6	8	4.82	18.8			29.0		
8.8	12	7.24	19.0			29.2		
9.0	15	8.59	19.2			29.4		
9.2	13	7.45	19.4			29.6		
9.4	10	5.73	19.6			29.8		
9.6	7	4.01	19.8			30.0		
9.8	4	2.29	20.0					
10.0	3	1.64	20.2					



Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.6534 del 11/07/2011 , ai sensi dell'art.59 del DPR 06/06/2001 n°380

CERTIFICATO DI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA - DPSH

Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone.	Rev	Pagina	di
	0	1	2

Protocollo di accettazione prova AP24	Identificativo interno C24/19	Identificativo certificato CP145/2019
------------------------------------------	----------------------------------	------------------------------------------

Data di accettazione prova 03/05/2019	Data di esecuzione prova 13/05/2019	Data di emissione certificato 20/05/2019
------------------------------------------	----------------------------------------	---------------------------------------------

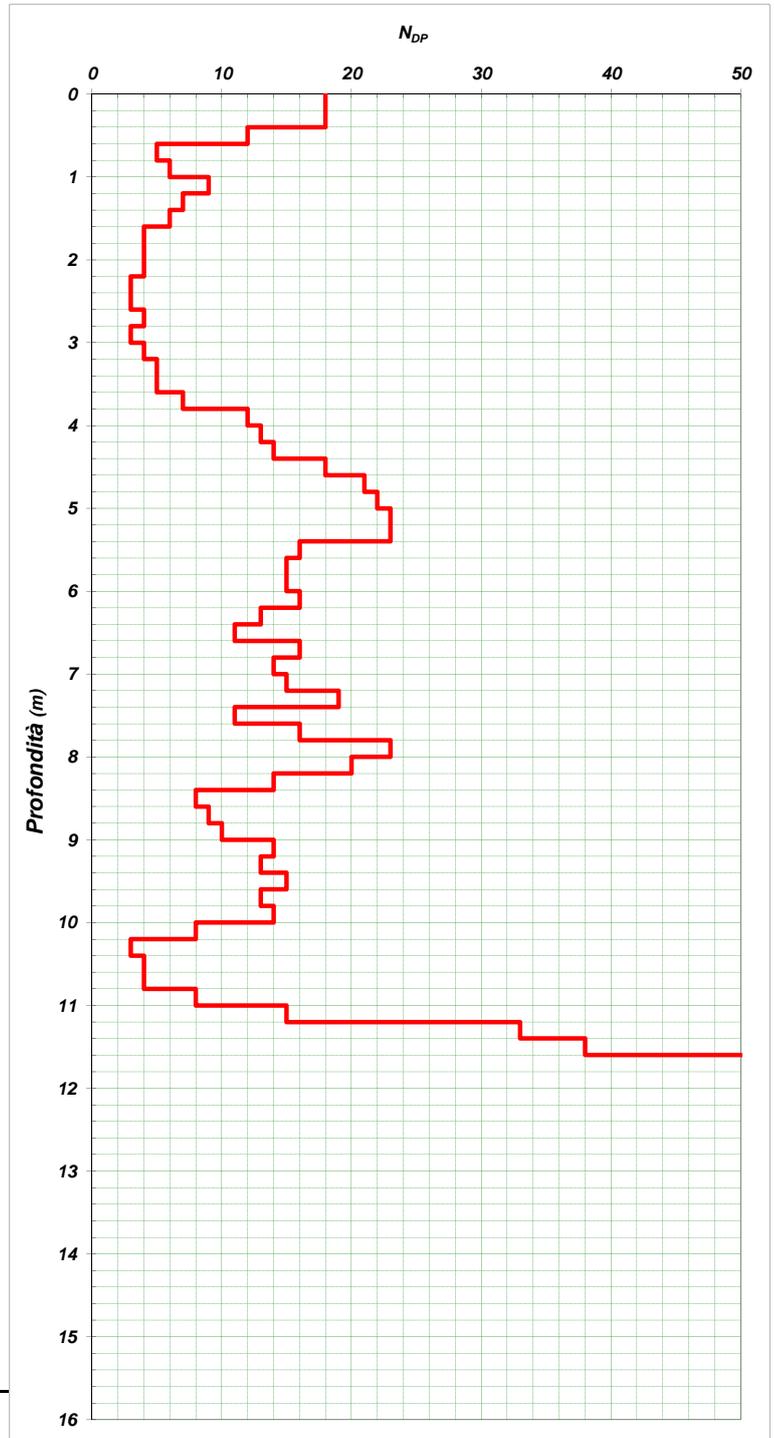
	Anagrafica Prova		
	COMMITTENTE	CAP Holding S.p.A.	
	LOCALITA'	Marcallo con Casone (MI)	
	Coordinate	E	488653
WGS-84-33T	N	5035911	m
Quota		142.3	m s.l.m.
PROVA N.	DPSH	3	
PROF. MAX [m]		11.60	
CARATTERISTICHE PENETROMETRO			
Apparecchiatura:			
- Maglio 63,50 Kg;			
- Altezza di caduta 75 cm;			
- Apertura del cono 90°;			
- Diametro del cono alla base 50,5 mm;			
- Testa di battuta 30 Kg;			
- Massa delle aste 8 Kg/m;			
- Diametro delle aste 35 mm;			
- Lunghezza delle aste 1 m,			
- Penetrazione standard N 20 cm;			
		S.I.A s.r.l. Servizi per Ingegneria e Ambiente	

Responsabile di sito Dott. Gianrico Voltura	Responsabile settore tecnico Dott. Geol.Massimiliano Di Marino
------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (DPSH)

Committente:	CAP Holding S.p.A.	Identificativo certificato:	CP145/2019
Località:	Marcallo con Casone (MI)	Data esecuzione prova:	13/05/2019
Prova n.:	3	Profondità massima (m):	11.60

Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]
0.0		0.00	10.2	3	1.64	20.4		
0.2	18	18.70	10.4	4	2.18	20.6		
0.4	12	12.47	10.6	4	2.18	20.8		
0.6	5	5.20	10.8	8	4.37	21.0		
0.8	6	6.23	11.0	15	7.81	21.2		
1.0	9	8.58	11.2	33	17.19	21.4		
1.2	7	6.67	11.4	38	19.80	21.6		
1.4	6	5.72	11.6	Rif.	52.10	21.8		
1.6	4	3.81	11.8			22.0		
1.8	4	3.81	12.0			22.2		
2.0	4	3.52	12.2			22.4		
2.2	3	2.64	12.4			22.6		
2.4	3	2.64	12.6			22.8		
2.6	4	3.52	12.8			23.0		
2.8	3	2.64	13.0			23.2		
3.0	4	3.27	13.2			23.4		
3.2	5	4.09	13.4			23.6		
3.4	5	4.09	13.6			23.8		
3.6	7	5.72	13.8			24.0		
3.8	12	9.81	14.0			24.2		
4.0	13	9.92	14.2			24.4		
4.2	14	10.68	14.4			24.6		
4.4	18	13.74	14.6			24.8		
4.6	21	16.03	14.8			25.0		
4.8	22	16.79	15.0			25.2		
5.0	23	16.46	15.2			25.4		
5.2	23	16.46	15.4			25.6		
5.4	16	11.45	15.6			25.8		
5.6	15	10.73	15.8			26.0		
5.8	15	10.73	16.0			26.2		
6.0	16	10.78	16.2			26.4		
6.2	13	8.76	16.4			26.6		
6.4	11	7.41	16.6			26.8		
6.6	16	10.78	16.8			27.0		
6.8	14	9.43	17.0			27.2		
7.0	15	9.55	17.2			27.4		
7.2	19	12.09	17.4			27.6		
7.4	11	7.00	17.6			27.8		
7.6	16	10.18	17.8			28.0		
7.8	23	14.64	18.0			28.2		
8.0	20	12.06	18.2			28.4		
8.2	14	8.44	18.4			28.6		
8.4	8	4.82	18.6			28.8		
8.6	9	5.43	18.8			29.0		
8.8	10	6.03	19.0			29.2		
9.0	14	8.02	19.2			29.4		
9.2	13	7.45	19.4			29.6		
9.4	15	8.59	19.6			29.8		
9.6	13	7.45	19.8			30.0		
9.8	14	8.02	20.0					
10.0	8	4.37	20.2					



Relazione Geologica-Geotecnica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R0-C6654	SIA s.r.l. Pagina 33 di 47

6 INDAGINE GEOFISICA

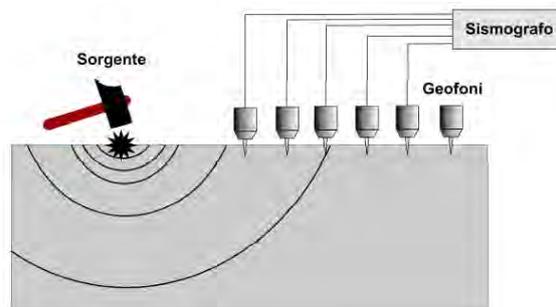
Per la caratterizzazione sismica nella stretta area d'interesse è stata eseguita una prospezione geofisica di sismica attiva (MASW) che ha permesso di classificare il terreno di fondazione definendo il modello di distribuzione della velocità delle onde S (tabelle allegate al D.M. 18/01/2018) e misurare il periodo proprio di vibrazione di sito (D.G.R. 9/2616/11 All.5 paragrafo 2.2.2)

6.1 ELABORAZIONE MASW

6.1.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI CON IL METODO MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , sulla base del quale valutare, così come stabilito dall'NTC 2018, la velocità equivalente delle onde di taglio verticale - V_{seq} , sino alla profondità H del substrato sismico (in m) e la corrispondente categoria sismica del sottosuolo. Per substrato sismico si intende quella formazione, costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq} è definita dal parametro V_{s30} ottenuto ponendo $H = 30$ m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

La metodologia MASW si basa sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (24 geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.



In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza, con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazione sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi indagano la porzione di suolo più profonda.

Nel metodo MASW si usano le sole onde di Rayleigh e si trascurano gli effetti dovuti alle onde P e SV. Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche le onde P e le onde S oltre alle onde Rayleigh, intervengono due aspetti che rendono il contributo delle onde di Rayleigh prevalente sul contributo delle onde P e SV. Il primo aspetto è che le onde Rayleigh trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente. Il secondo aspetto è che allontanandosi dalla sorgente le onde di Rayleigh subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV, ciò perché le onde Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, mentre le onde P e SV si propagano secondo fronti d'onda sferici.

Relazione Geologica-Geotecnica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R0-C6654	SIA s.r.l. Pagina 34 di 47

Mediante l'utilizzo di un opportuno software è possibile ricavare il profilo verticale della V_s tramite inversione della curva di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW.

La procedura si sviluppa in tre operazioni svolte in successione:

1. determinazione dello spettro di velocità, sul quale verrà identificata la curva di dispersione;
2. inversione della curva di dispersione ed individuazione del profilo verticale della V_s , attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici;
3. calcolo della velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità V_{s30} e quindi individuazione della categoria di suolo sismico secondo quanto indicato dalla nuova normativa sismica OPCM e dall'Eurocodice 8.

Per l'acquisizione dei dati in sito è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- Acquisitore multicanale "ECHO 24/2002 seismic Unit" a 24 canali di registrazione;
- 24 ricevitori geofoni verticali da 4.5 Hz;
- Sorgente impulsiva: mazza battente da 8 Kg con piastra metallica 15 cm x 15 cm.



Attrezzatura Utilizzata per l'acquisizione dei dati

E' stato eseguito, quindi, uno stendimento della lunghezza di 56.00 m con distanza intergeofonica di 2.00 m. La sorgente è stata posta alle estremità dello stendimento e per ogni lato sono state effettuate quattro misure con offset rispettivamente di 2, 5, 7 e 10 m dal primo geofono. Ai fini dell'elaborazione dei dati tra le misure effettuate è stata scelta quella che fornisce la curva di dispersione più facile da individuare.

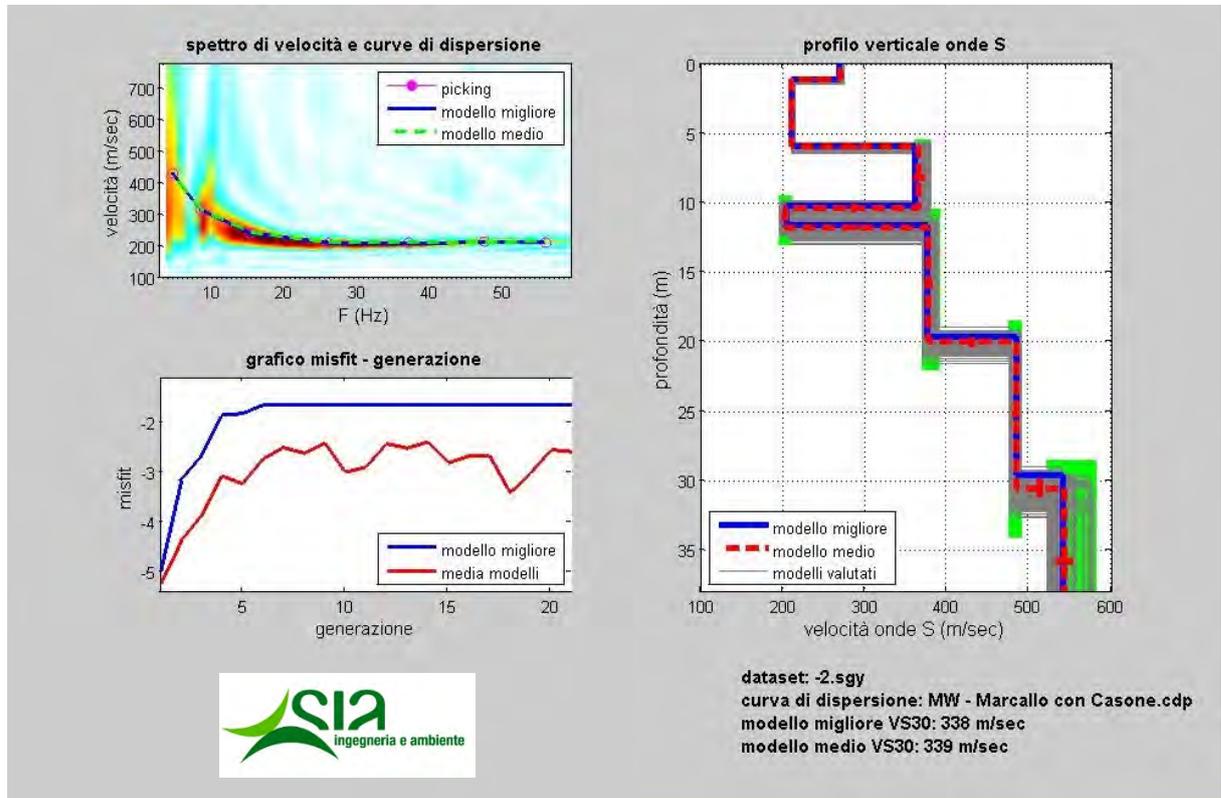
Di seguito si riportano le risultanze scaturite dalle indagini eseguite:

6.1.2 MASW – Marcallo Con Casone

Committente: CAP HOLDING S.p.A.

Località: Marcallo con Casone

Data esecuzione indagine : 13 maggio 2019



Modello Medio MW	
Vs (m/sec)	Spessori (m)
269	1.20
211	4.80
366	4.40
203	1.30
377	8.20
483	10.10

Valore calcolato Vseq = Vs30 339 m/sec	
Tipo di suolo	C

6.2 RISPOSTA SISMICA E STABILITÀ DEL SITO

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

Il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche è il seguente:

$$S = SS \times ST$$

dove SS è il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.IV) e ST il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.V).

6.2.1 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Mediante le indagini geofisiche svolte è stato possibile caratterizzare dal punto di vista sismico, in base alla normativa vigente, la stretta area d'esame.

Nell'area in studio Il valore di Vs30 scaturito dalla indagine sismica MASW risulta essere pari a 339 m/sec, definendo una categoria sismica del sottosuolo pari a "C", quindi per la definizione dello spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali, per tale categoria, si dovranno considerare i coefficienti evidenziati con la mascherina rossa nella tabella di seguito riportata:

Categoria sottosuolo	S _s	C _c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 3.2.IV dell'aggiornamento dell'N.T.C. 2018 – Espressioni di S_s e di C_c

6.2.2 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per la progettazione o la verifica di opere e sistemi geotecnici realizzati su versanti e per l'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii, la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata mediante analisi di risposta sismica locale o utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica S_T .

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

- T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
- T2 Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
- T3 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
- T4 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Per ciascuna classificazione il parametro S_T : assume i seguenti valori:

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Le su esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. Il parametro S_T deve essere applicato nel caso di configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, di altezza superiore a 30 m.

Nel caso specifico, trattandosi di una superficie con inclinazione media $< 15^\circ$, il coefficiente S_T assume valore 1.0.

Relazione Geologica-Geotecnica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R0-C6654	SIA s.r.l. Pagina 38 di 47

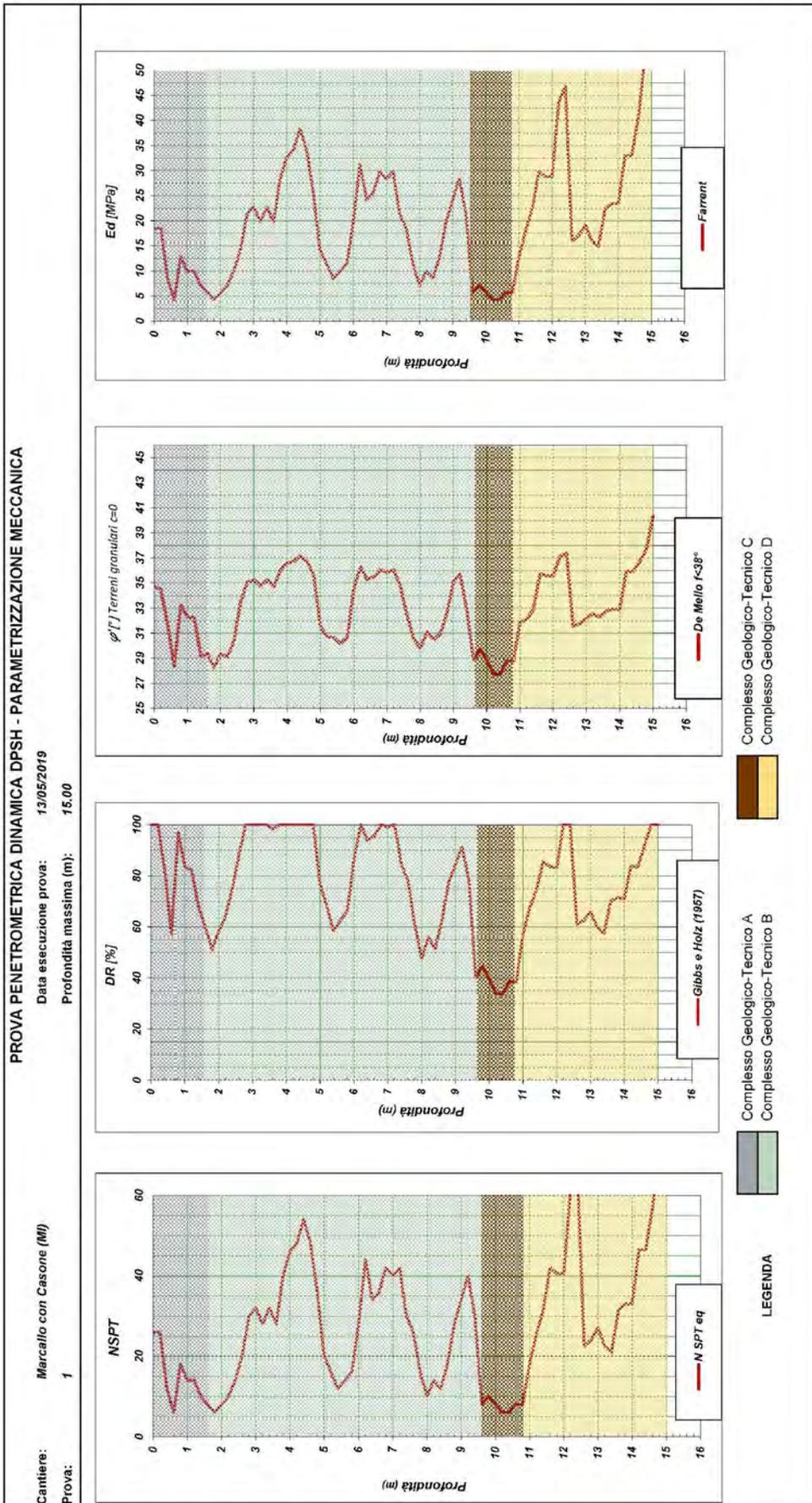
7 MODELLO GEOLOGICO TECNICO DEL SOTTOSUOLO

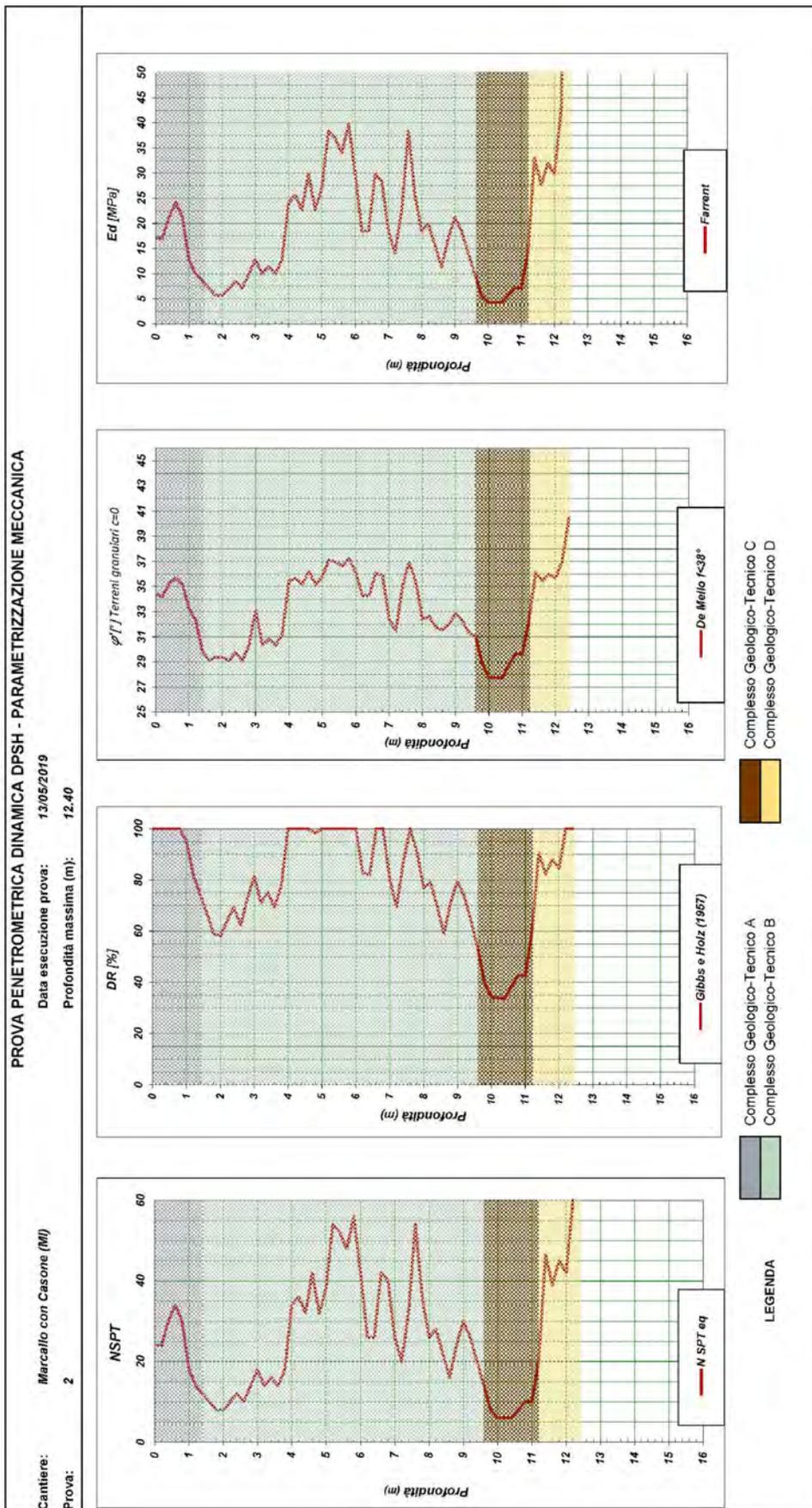
Sulla base delle risultanze ottenute dalle indagini eseguite nell'area, unitamente ai dati bibliografici, è stato possibile ricostruire l'assetto litostratigrafico della stretta area d'esame.

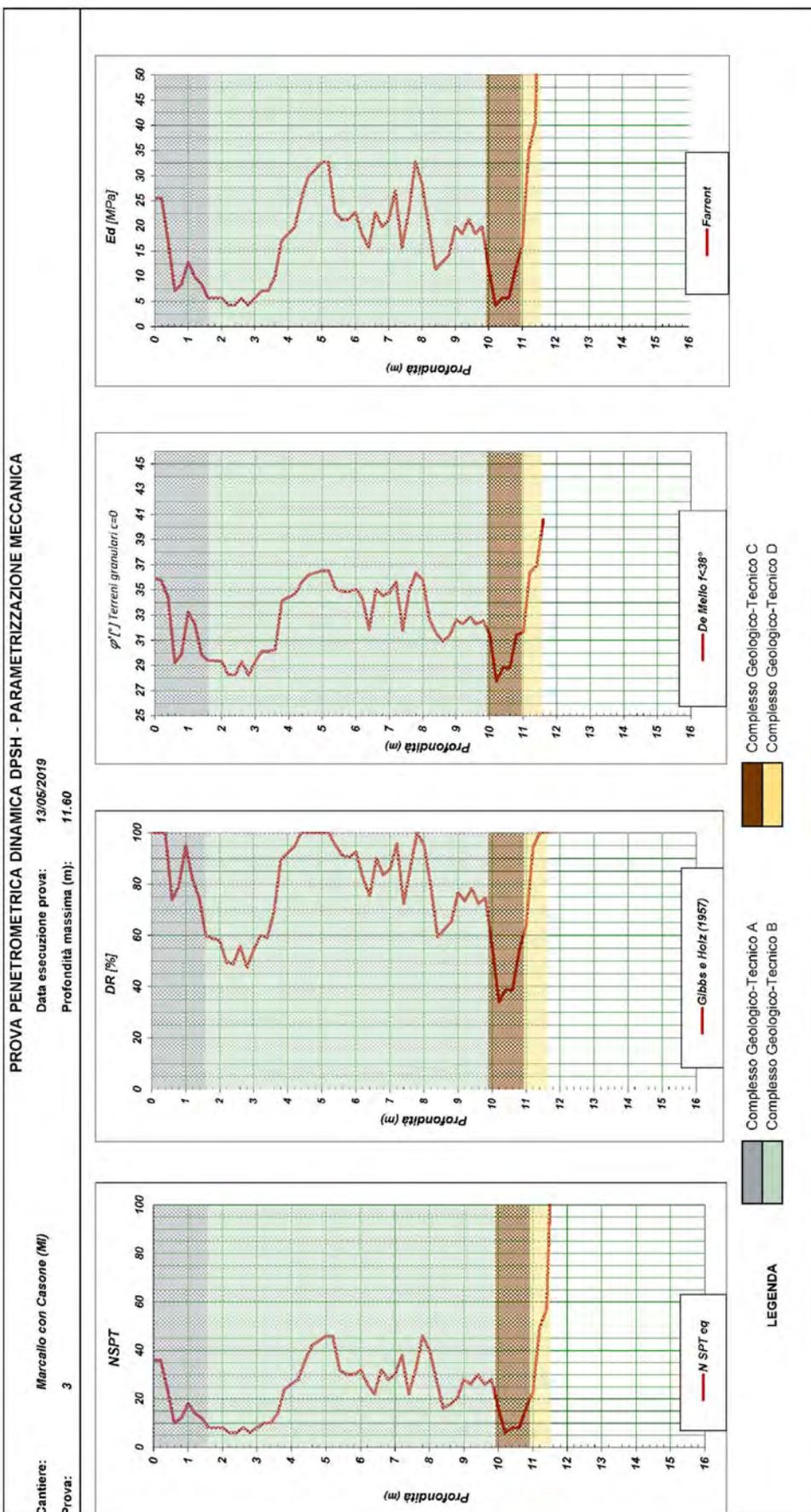
Si precisa che i depositi riscontrati sono stati suddivisi in complessi geologico-tecnici, correlando i dati stratigrafici dei sondaggi a carotaggio continuo con le risultanze delle prove penetrometriche dinamiche DPSH. I terreni di sedime, dal punto di vista geologico-tecnico, possono essere sostanzialmente classificati nei seguenti complessi geolitologici:

- **Materiale di riporto e Terreno rimaneggiato:** deposito rimaneggiato a granulometria sabbiosa media e ghiaiosa. Nella parte alta sono presenti vegetali e apparati radicali. Talora all'interno del deposito si rinvengono materiali di natura antropica (es. laterizi e materiali di risulta). Il deposito presenta spessore variabile da 1.30 m (S2) a 1.60 m (DPSH3);
- **Complesso geologico-tecnico A – Alternanza di strati di sabbia con ghiaia e strati di ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa:** deposito di natura alluvionale, costituito da un'alternanza di livelli a granulometria sabbiosa con ghiaia, di colore marrone chiaro, e livelli di ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa. La frazione grossolana è costituita da ghiaia e ciottoli arrotondati e poligenici. Il deposito si rinviene ad una quota variabile da 1.30 m (S2) a 1.60 m (DPSH3) dal p.c., e presenta uno spessore variabile da 8.10 m (DPSH1) a 9.30 m (S1 e S3);
- **Complesso geologico-tecnico B – Limo argilloso debolmente sabbioso:** deposito pedogenizzato costituito da limo argilloso, talora sabbioso di colore marrone scuro nerastro. Lo strato presenta, nei livelli limo-argillosi una sottile laminazione piano-parallela. Talora si rinvengono strati a granulometria sabbioso-limosa, con presenza di clasti centimetrici arrotondati. Il deposito si presenta mediamente compatto e plastico. Il deposito si rinviene ad una profondità variabile da 9.60 m (DPSH1 e 2) a 10.80 m (S3) dal p.c. e presenta uno spessore variabile da 1.00 m (DPSH3) a 2.40 m (S3);
- **Complesso geologico-tecnico C – Sabbia ghiaiosa debolmente limosa:** deposito fluvioglaciale costituito da sabbia media e grossolana ghiaiosa, talora debolmente limosa, di colore marrone giallastro scuro. Sono presenti ciottoli arrotondati ed appiattiti. Il deposito si presenta da addensato a molto addensato e si rinviene ad una quota variabile da 13.20 m (S3) a 11.00 m (DPSH1 e 3) dal p.c. e presenta uno spessore di circa 7.50 m (dato riferito al solo sondaggio S1).
- **Complesso geologico-tecnico D – Sabbia media:** deposito fluvioglaciale costituito da sabbia media, talora ghiaiosa, di colore marrone giallastro. La frazione grossolana è costituita da ghiaia e talora ciottoli poligenici, arrotondati ed appiattiti. Il deposito si presenta molto addensato e saturo. Tale complesso si rinviene nel solo sondaggio S1, alla quota di 20.00 m dal p.c.

Di seguito, per le prove penetrometriche dinamiche DPSH si riporta l'elaborazione geotecnica, mediante l'applicazione di correlazioni empiriche di uso attuale.







Relazione Geologica-Geotecnica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R0-C6654	SIA s.r.l. Pagina 42 di 47

A seguito dell'analisi dei risultati scaturiti dalle prove eseguite, congiuntamente a dati bibliografici reperiti, è stato possibile attribuire i seguenti parametri fisico-meccanici ai complessi geolitologici individuati:

- **Materiale di Riporto e Terreno rimaneggiato**

- Compattezza: sciolto o poco addensato
- Peso unità di volume: $17.0 \div 18.0 \text{ kN/m}^3$

- **Complesso geologico-tecnico A - Alternanza di strati di sabbia con ghiaia e strati di ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa**

- Compattezza: da poco addensato a mediamente addensato
- Peso unità di volume: $16.0 \div 17.0 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito: $28^\circ \div 31^\circ$ (strati sabbiosi)
 $33^\circ \div 35^\circ$ (strati ghiaiosi)
- Coesione: cautelativamente posta zero
- Modulo Edometrico: $5.0 \div 8.0 \text{ MPa}$ (strati sabbiosi)
 $10.0 \div 15.0 \text{ MPa}$ (strati ghiaiosi)

- **Complesso geologico-tecnico B - Limo argilloso debolmente sabbioso**

- Compattezza: mediamente compatto
- Peso unità di volume: $18.0 \div 19.0 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito: $28^\circ \div 30^\circ$
- Coesione: 10-15 kPa
- Modulo Edometrico: $4.0 \div 7.0 \text{ MPa}$

- **Complesso geologico-tecnico C – Sabbia ghiaiosa debolmente limosa**

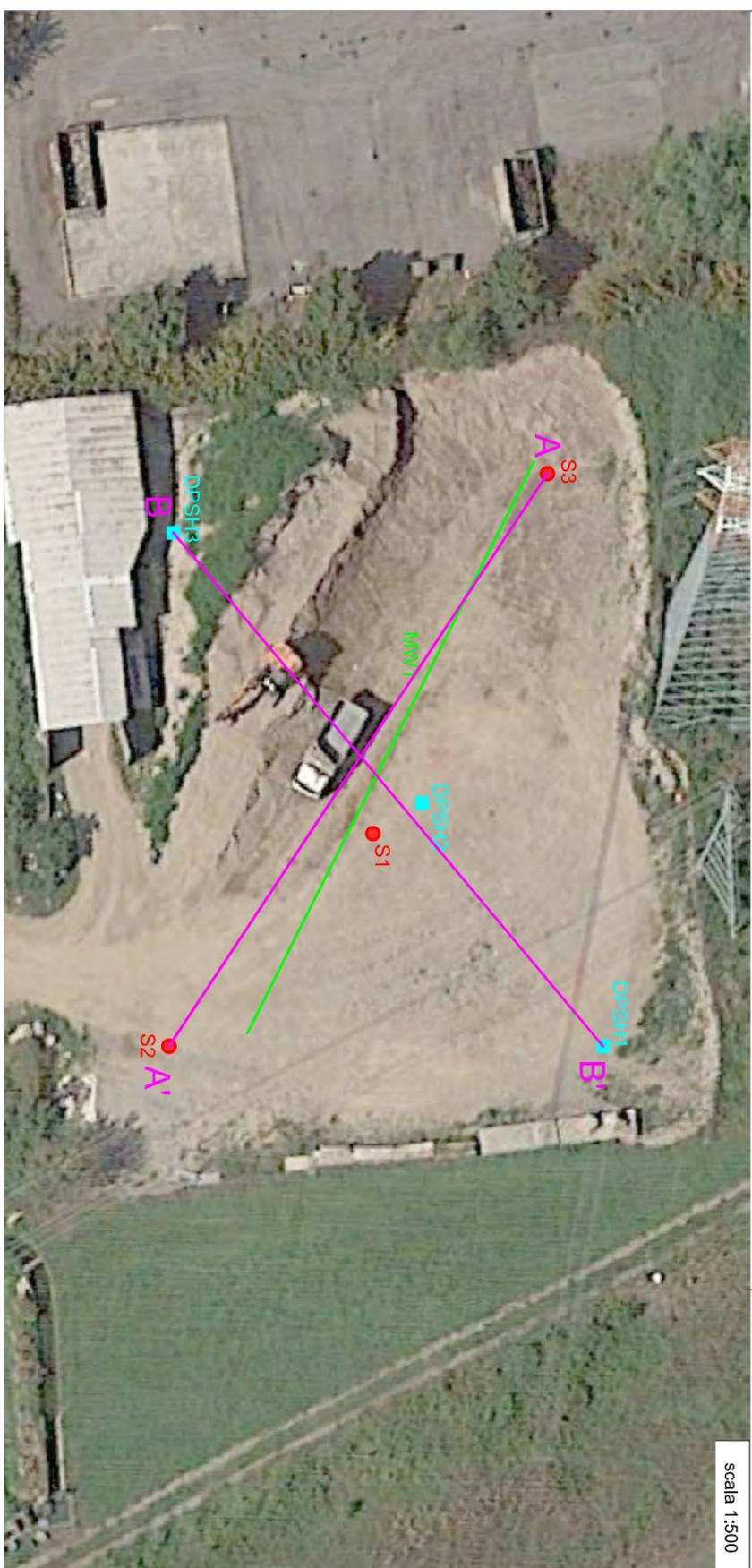
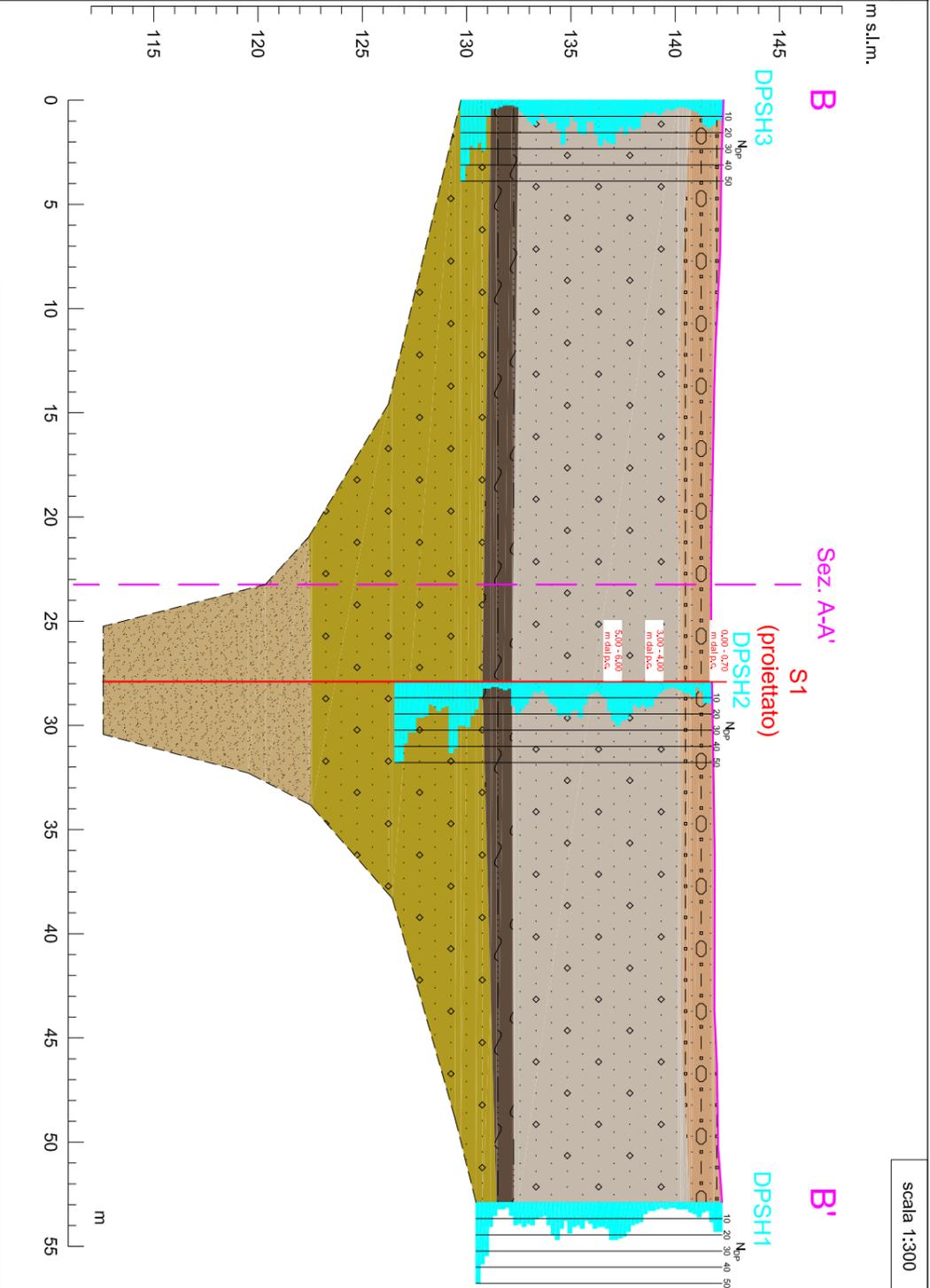
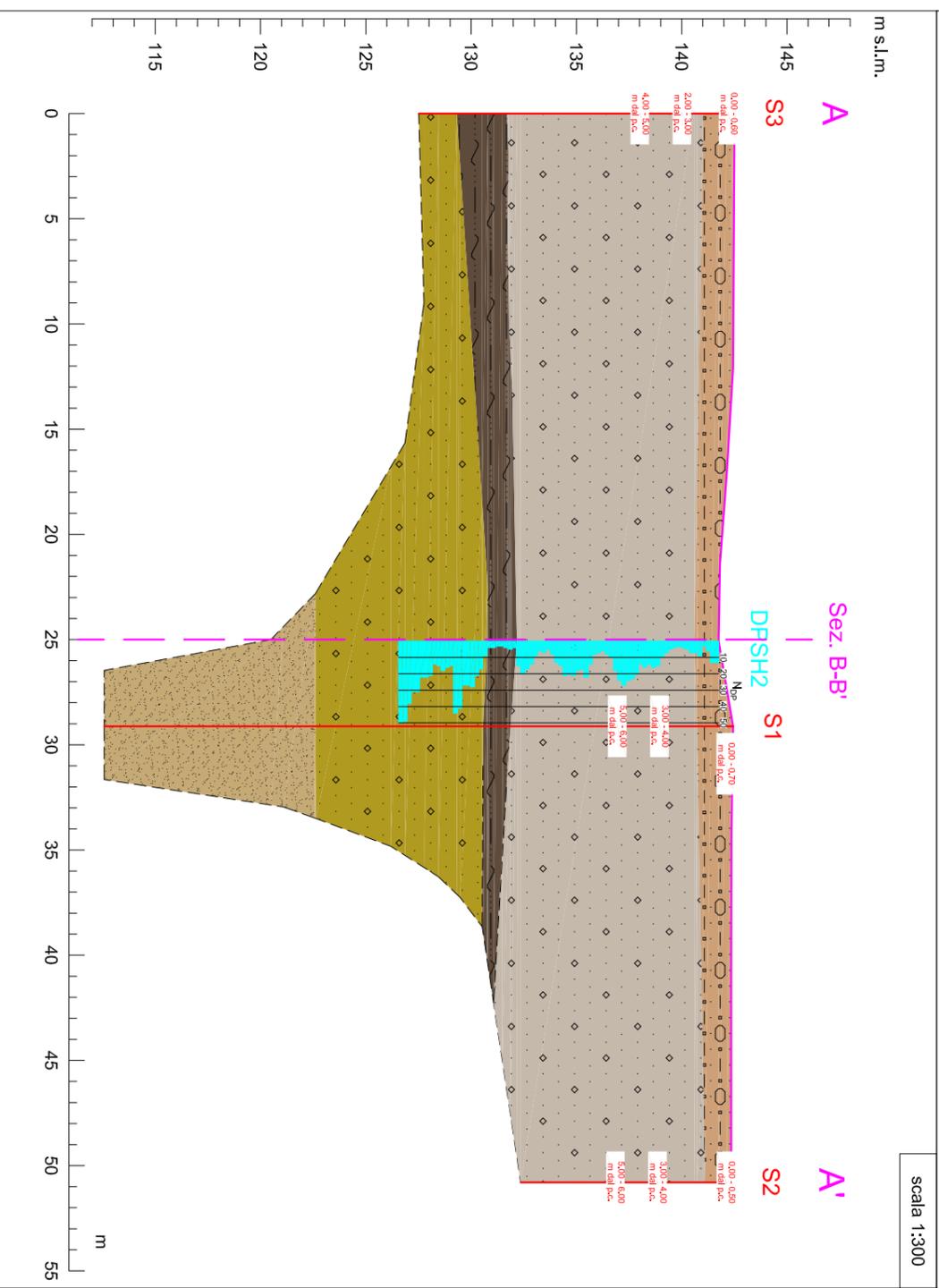
- Compattezza: da addensato a molto addensato
- Peso unità di volume: $17.0 \div 18.0 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito: $33^\circ \div 35^\circ$
- Coesione: cautelativamente posta zero
- Modulo Edometrico: $15 \div 20 \text{ MPa}$

- **Complesso geologico-tecnico D – Sabbia media**

- Compattezza: molto addensato
- Peso unità di volume: $18.0 \div 19.0 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito: $34^\circ \div 36^\circ$
- Coesione: cautelativamente posta zero
- Modulo Edometrico: $>25 \text{ MPa}$

Si precisa che per la parametrizzazione geotecnica del Complesso geologico-tecnico D ci si è avvalsi dei dati, desunti dalle correlazioni empiriche di prove penetrometriche dinamiche, presenti nella letteratura scientifica.

Per una migliore comprensione dei rapporti litostratigrafici tra i vari complessi individuati, si allegano di seguito due sezioni geologico tecniche ottenute dalle correlazioni delle indagini eseguite.



Traccia di sezione

A A'

Sondaggi geognostici

S

DP

Prove Penetrometriche DPSH

DPSH

Stendimento sismico MASW

MW

4,00 - 5,00 m del p.c.

Campioni per analisi ambientali (d.P.R. 120/2017)

Materiali di riporto e Terreno rimaneggiato

Complesso geologico-tecnico A: Alternanza di Sabbia ghiaiosa e ghiaia con sabbia

Complesso geologico-tecnico B: Limo argilloso, plastico

Complesso geologico-tecnico C: Sabbia media ghiaiosa debolmente limosa

Complesso geologico-tecnico D: Sabbia media molto addensata

8 ANALISI E INDAGINI CHIMICO - AMBIENTALI

8.1 PRELIEVO CAMPIONI SUOLO

Successivamente all'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo, negli intervalli di profondità indicati dalla committenza, sono stati prelevati dei campioni di suolo per essere sottoposti ad analisi chimico-fisiche.

Per il campionamento dei suoli da destinare alle analisi delle sostanze volatili, immediatamente dopo la deposizione del materiale nella cassetta e la decontaminazione della superficie della porzione scelta, mediante l'utilizzo di un microcarotiere monouso è stato prelevato dal cuore della carota un'aliquota di terreno del peso indicativamente pari a 3-5 grammi riposta in vials chiusa ermeticamente con ghiera mediante l'apposita pinza.

Successivamente, il materiale costituente il campione per le analisi delle sostanze non volatili è stato sottoposto a quartatura. Tale procedura consiste nell'omogeneizzare il campione del peso complessivo di circa 1 Kg, al fine di ottenere un saggio rappresentativo dell'intero intervallo campionato, e che in secondo luogo viene riposto in apposito recipiente di vetro nuovo chiuso ermeticamente con tappo a vite e sottotappo in alluminio.

Tutti i campioni prelevati sono stati contrassegnati con etichette adesive con indicato il nome del punto di prelievo, la profondità del campionamento, la data e l'ora del prelievo ed inviati ad analisi presso il Laboratorio di analisi chimico-microbiologiche LAB SERVICE s.a.s. di Via S. Gennariello, 26 - 80040 Pollena Trocchia (NA).

Le determinazioni analitiche di laboratorio, così come stabilito dalla committenza, sono finalizzate alla caratterizzazione chimica dei terreni ed hanno seguito le modalità di analisi definite dal Titolo V del D.lgs. 152/2006, dal DM 05/02/98, dal D.M. 27/09/2010 e dal dPR 120/17.

Di seguito si riportano delle tabelle in cui vengono riassunte le caratteristiche di prelievo dei campioni con le corrispettive analisi eseguite.

Sigla Campione	Intervallo profondità (m dal p.c.)	Tipologia di Analisi
6654 S1_riporto	0.00-0.70	dPR 120/2017+ Test di cessione
6654 S1_riporto	0.00-0.70	C.E.R.
6654 S1_C1	3.00-4.00	dPR 120/2017
6654 S1_C2	5.00-6.00	dPR 120/2017
6654 S1	3.00-6.00	C.E.R.
6654 S2_riporto	0.00-0.50	dPR 120/2017+ Test di cessione
6654 S2_riporto	0.00-0.50	C.E.R.
6654 S2_C1	3.00-4.00	dPR 120/2017
6654 S2_C2	5.00-6.00	dPR 120/2017
6654 S2	3.00-6.00	C.E.R.
6654 S3_riporto	0.00-0.60	dPR 120/2017+ Test di cessione
6654 S3_riporto	0.00-0.60	C.E.R.
6654 S3_C1	2.00-3.00	dPR 120/2017
6654 S3_C2	4.00-5.00	dPR 120/2017
6654 S3	2.00-5.00	C.E.R.

Le analisi condotte ai sensi del Titolo V sui parametri ricercati in tutti campioni prelevati dal sondaggio S3 non hanno evidenziato superamenti dei limiti imposti dal D.lgs 152/06 sia per quanto riguarda la destinazione residenziale e verde pubblico (colonna A, Tab 1 allegato 5 Parte IV Dlgs 152/06), sia per quanto riguarda il superamento dei limiti previsti per la destinazione industriale (colonna B, Tab 1 allegato 5 Parte IV Dlgs 152/06).

Relazione Geologica-Geotecnica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R0-C6654	SIA s.r.l. Pagina 45 di 47

Viceversa per quel che concerne i soli campioni prelevati nel sondaggio S1 negli intervalli di profondità 0.00 - 0.70 m (S1 riporto) e 5.00 - 6.00 m (S1 C2), e nel sondaggio S2 nell'intervallo di profondità 0.00 – 0.50 (S2 riporto) si è evidenziato, per alcuni parametri, il superamento dei limiti imposti dal D.lgs 152/06 per quanto riguarda la destinazione residenziale e verde pubblico (colonna A, Tab 1 allegato 5 Parte IV Dlgs 152/06).

Nello specifico di seguito si riporta una tabella con indicata la sigla del campione, la relativa profondità di prelievo, il parametro con concentrazione anomala ed il relativo valore misurato:

Sigla Campione	Intervallo profondità (m dal p.c.)	parametro	Concentrazione misurata (mg/Kg s.s.)
6654 S1_riporto	0.00-0.70	Piombo	152
6654 S1_C2	5.00-6.00	Idrocarburi Pesanti (C>12)	69.10
6654 S2_riporto	0.00-0.50	Piombo	307

Per quanto riguarda il possibile riutilizzo in sito dei materiali di riporto i test di cessione condotti con le metodiche previste dal DM 05/02/98 ma confrontati con i limiti di Tab.2 del D. Lgs.152/06 relativo alle acque sotterranee non hanno evidenziato alcun superamento.

Relativamente alla caratterizzazione come rifiuto (Codice C.E.R.) si segnala che le concentrazioni riscontrate sul “tal quale” per i parametri ricercati sono ovunque inferiori ai limiti previsti dal regolamento (UE) 1357/2014 e s.m.i., così come tutti i valori dei parametri analizzati nel test di cessione eseguito ai sensi della norma UNI EN 12457- 2:2004 risultano inferiori ai limiti previsti dalle Tab. 2, 5 e 6 del D.M. 27 settembre 2010 agg. Al D.M. 24/06/2015. Pertanto tali materiali risultano classificabili come “Rifiuto speciale non pericoloso”, con codice C.E.R. 17.05.04 “terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 17.05.03.

Tutta la sperimentazione è stata eseguita secondo le normative e le raccomandazioni di riferimento, citate su ogni certificato di prova, prodotto dal laboratorio di analisi LAB SERVICE s.a.s., e riportati in allegato esterno alla presente relazione (*Vedi allegato 2019-05-C24_PL_C6654 – Analisi Chimiche Marcallo con Casone*).

Relazione Geologica-Geotecnica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R0-C6654	SIA s.r.l. Pagina 46 di 47

9 CONCLUSIONI

I risultati scaturiti dallo studio e dalle indagini eseguite, unitamente all'analisi dei dati bibliografici ed alle evidenze di campo, hanno permesso di ricostruire l'assetto stratigrafico dell'area in esame.

Il territorio comunale di Marcallo con Casone giace su depositi di natura fluvioglaciale ad alta e bassa energia, appartenenti all'Allogruppo di Besnate (Pleistocene medio-Superiore o Riss-Würm) corrispondente al penultimo grande ciclo di avanzate glaciali.

L'unità è costituita, in termini generali, da depositi fluvioglaciali di natura ghiaioso-sabbiosa dati principalmente da ghiaie a supporto clastico, da massive a grossolanamente stratificate, a matrice variabile tra sabbiosa e sabbioso limosa. A tetto delle ghiaie possono essere presenti in modo discontinuo sedimenti totalmente pedogenizzati di spessore in genere 0,5 m oppure sedimenti limosi con contenuto variabile di sabbia e argilla e talora sparsi clasti, caratteristici per il marcato arrossamento.

Dal punto di vista geomorfologico, l'area di studio, ubicata ad una quota di 144-145 m s.l.m., si inserisce in un contesto geomorfologico di media-bassa pianura; il territorio risulta essere infatti pianeggiante con debole pendenza, da NNE a SSW, di circa 0,15-0,2%, gli unici elementi di discontinuità sono rappresentati dagli avvallamenti formati per il passaggio di fontanili, che da oltre venticinque anni non sono più attivi e sono stati rimpiazzati da canali irrigui, o fossi e canali utilizzati per l'irrigazione dei campi.

La falda superficiale, considerando il periodo stagionale di massima risalita, ha una soggiacenza variabile tra i 9 e i 5 m da piano campagna, con una diminuzione progressiva da Nord verso Sud, Sud-Est. La direzione di flusso della falda ha un andamento NNE-SSW, con un gradiente idraulico del 2%. Data la buona permeabilità dei terreni superficiali, la falda superficiale risulta essere ad elevata vulnerabilità e di conseguenza a rischio inquinamento. Per quel che concerne la stretta area d'esame, si precisa che dalla lettura piezometrica effettuata nel piezometro S2, profondo 10 m, non è stata rinvenuta la falda; altresì durante le fasi di esecuzione del sondaggio S1, spinto sino alla profondità di 30 m dal p.c., si è osservato che a partire dalla quota 20 m da p.c. i terreni risultavano essere saturi.

Il Comune di Marcallo con Casone essendo inserito in un contesto morfologico di pianura, non presenta e non presenterà problematiche legate alla dinamica di versante o di instabilità tettonica, l'area in studio non è interessata da fenomeni di esondazione in atto e potenziali, in quanto lontana da qualsiasi importante corso d'acqua. Il sistema di canali irrigui che circondano l'area non mostra situazioni di pericolosità. L'unico aspetto da considerare è che l'area è soggetta ad allagamento periodico (in concomitanza di intensi eventi piovosi) per sfioro delle acque di troppo pieno, di prima e seconda pioggia, provenienti da Marcallo con Casone e da alcuni comuni limitrofi.

Dal punto di vista sismico l'area di studio è ubicata in un territorio classificato a scala regionale come zona sismica sismica 4, ovvero zona con pericolosità sismica molto bassa, dove le possibilità di danni sismici sono basse, con un'accelerazione massima registrata all'interno del territorio comune di 0.03948 a_g . Dalla consultazione del P.G.T. del Comune di Marcallo con Casone si evince che l'area oggetto di indagini ricade all'interno dello scenario di Pericolosità Sismica Locale Z4(a).

Le determinazioni analitiche di laboratorio, così come stabilito dalla committenza, sono state finalizzate alla caratterizzazione chimica dei terreni ed hanno seguito le modalità di analisi definite dal Titolo V del D.lgs. 152/2006, dal DM 05/02/98, dal D.M. 27/09/2010 e dal DPR 120/17.

Relazione Geologica-Geotecnica	
Adeguamento scarico rete fognaria Marcallo con Casone	
Doc. No.: 2019-05-C24_R0-C6654	SIA s.r.l. Pagina 47 di 47

Le analisi condotte ai sensi del Titolo V sui parametri ricercati in tutti campioni prelevati dal sondaggio S3 non hanno evidenziato superamenti dei limiti imposti dal D.lgs 152/06 sia per quanto riguarda la destinazione residenziale e verde pubblico (colonna A, Tab 1 allegato 5 Parte IV Dlgs 152/06), sia per quanto riguarda il superamento dei limiti previsti per la destinazione industriale (colonna B, Tab 1 allegato 5 Parte IV Dlgs 152/06).

Viceversa per quel che concerne i soli campioni prelevati nel sondaggio S1 negli intervalli di profondità 0.00 - 0.70 m (S1 riporto) e 5.00 - 6.00 m (S1 C2), e nel sondaggio S2 nell'intervallo di profondità 0.00 - 0.50 (S2 riporto) si è evidenziato, per alcuni parametri, il superamento dei limiti imposti dal D.lgs 152/06 per quanto riguarda la destinazione residenziale e verde pubblico (colonna A, Tab 1 allegato 5 Parte IV Dlgs 152/06). – (Vedi capitolo 8 “Analisi e Indagini chimico – ambientali”).

Per quanto riguarda il possibile riutilizzo in sito dei materiali di riporto i test di cessione condotti con le metodiche previste dal DM 05/02/98 ma confrontati con i limiti di Tab. 2 del D.lgs. 152/06 relativo alle acque sotterranee non hanno evidenziato alcun superamento.

Relativamente alla caratterizzazione come rifiuto (Codice C.E.R.) si segnala che le concentrazioni riscontrate sul “tal quale” per i parametri ricercati sono ovunque inferiori ai limiti previsti dal regolamento (UE) 1357/2014 e s.m.i., così come tutti i valori dei parametri analizzati nel test di cessione eseguito ai sensi della norma UNI EN 12457- 2:2004 risultano inferiori ai limiti previsti dalle Tab. 2, 5 e 6 del D.M. 27 settembre 2010 agg. Al D.M. 24/06/2015. Pertanto tali materiali risultano classificabili come “Rifiuto speciale non pericoloso”, con codice C.E.R. 17.05.04 “terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 17.05.03.

Infine dall'indagine sismica di tipo MASW eseguita nell'area in esame, in base alla nuova normativa del NTC 2018, D.M. 18 gennaio 2018, quest'ultima risulta compresa nella categoria di profilo stratigrafico di suolo di fondazione di tipo “C”.

Tanto dovevasi per l'incarico ricevuto

Marcianise, giugno 2019

Dott. geol. Maurizio Cice