


NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)



Tavola / Elaborato	Nome Elaborato:	Scala:
R.G.2	Relazione modello geotecnico	Data: Marzo 2025

		Sede Firenze Via de Sanctis, 49 Cod. Fiscale e P.I. 06111950488 <small>Organizzazione dotata di Sistema di Gestione Integrato certificato in conformità alla normativa ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000</small>	
PROGETTISTI : RESPONSABILE COMMESSA E PROGETTO: Dott. Ing. Luca DEL BIMBO GEOLOGIA: Dott. Geol. Filippo LANDINI		COLLABORATORI indagini geologiche: Dott. Lorenzo PORAZZINI opere civili ed edili: Dott. Ing. Lorenzo DEGL'INNOCENTI opere idrauliche e sanitarie: Dott. Ing. Valentina CAMICI opere elettriche: P.I. Luca ANGELI modellazione processi: Dott. Ing. Alice BALDUCCI	
CONSULENTI TECNICI opere architettoniche e paesaggistiche: Arch. Riccardo BONECHI geologia: Geol. Filippo SOTTANI opere elettriche: Geol. Daniele PITTARO opere civili ed edili: Tecnoengineering s.r.l. Dott. Ing. Marco BENVENUTO		COMMESSA I.T. : INGT-TPLPE-PBADI165	
COORDINATORE DELLA SICUREZZA : Dott. Ing. Lorenzo PUCCIONI		RESPONSABILE COMMITTENTE : Ing. Cristiano AGOSTINI	
DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANI : Dott. Ing. Giovanni SIMONELLI		RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO : P.I. Armando MINIATI	

Rev.	Data	Descrizione / Motivo della revisione	Redatto	Controllato / Approvato
00	Marzo 2025	Richiesta integrazione verifica assoggettabilità VIA	PITTARO	FERRI / LANDINI

1	QUADRO INTRODUTTIVO	2
1.1	Premessa e ubicazione	2
1.2	Inquadramento normativo	2
1.3	Progetto	2
2	INDAGINI GEOLOGICHE	4
2.1	Sondaggi a Carotaggio continuo.....	6
2.2	Risultati analisi di laboratorio	15
2.2.1	Massa volumetrica naturale, dei grani, limiti di Atterberg e indice di consistenza.....	16
2.2.2	Granulometrie.....	17
2.2.3	Prove triassiali UU – CU - CD.....	18
2.2.4	Taglio diretto	18
2.2.5	Prova edometrica	19
2.3	Prove penetrometriche CPT/DPSH	20
3	MODELLAZIONE GEOTECNICA	21
3.1	Risultanze geotecniche	21
3.2	Modello Geotecnico.....	22
3.3	Falda acquifera	23
4	Liquefazione	23
5	Conclusioni e indicazioni	24

Allegati alla relazione

- Sezioni geotecniche

1 QUADRO INTRODUTTIVO

1.1 Premessa e ubicazione

La presente relazione geologica ha lo scopo di descrivere le caratteristiche geologiche areali e locali, del progetto esecutivo relativo alla costruzione del nuovo impianto di Depurazione Liquami (IDL) di Bottegone, situato nel comune di Pistoia.

Il presente progetto si inserisce nel quadro di una globale ristrutturazione fognaria dell'intera area di Bottegone, situata lungo la Statale Fiorentina, mediante la costruzione di nuovo depuratore.

Gli interventi sul sistema fognario prevedono il bypass idraulico, a monte dell'area PIR, della condotta fognaria DN400 gres esistente, mediante la posa in opera di nuove condotte in PVC Sn-8 lungo via San Sebastiano, fino al nuovo depuratore di progetto.

Si prevede dunque la costruzione di nuovo impianto di depurazione di Bottegone con 12.000 A.E. e dismissione dell'attuale depuratore in via Bottai con capacità 4.000 A.E..

1.2 Inquadramento normativo

Per l'intervento oggetto della presente progettazione si è fatto riferimento e si procede in ottemperanza alle seguenti disposizioni normative:

- Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003.
- Eurocodice 7. Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- Eurocodice 8. Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnica.
- D.M. 17 Gennaio 2018. Aggiornamento delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni'.
- Circolare n. 7/2019 CSLP. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17.01.2018
- D.P.G.R. n. 1/R del 19/01/2022. Regolamento di attuazione dell'art.181 della legge regionale 10 novembre 2014 n.65 (Norme per il governo del territorio).

1.3 Progetto

Considerando una dotazione idrica pro-capite di 200 l/ab. giorno e un coefficiente di restituzione pari a 1 in conformità a quanto previsto dalla L.R 46/R e s.m.i., la portata

media al depuratore risulta pari a circa 100mc/h (50mc/h per linea) e la portata massima di circa 500 mc/h (5Q24).

La portata massima ammessa ai pretrattamenti (grigliatura grossolana, grigliatura fine, dissabbiatura e sedimentazione primaria) è pari a $5Q_{nm} = 12.000 \text{ mc/d}$ (500 mc/h), mentre la massima portata ammessa dal comparto biologico è pari $3Q_{nm} = 7.200 \text{ mc/d}$ (300 mc/h).

Il by pass/scolmatore di testa dell'impianto scolmerà le eventuali portate superiori a $5Q_{nm} = 12.000 \text{ mc/d}$ (500 mc/h), con un rapporto di diluizione superiore a 5. Le portate invece da 3 a 5 Q_{nm} saranno sottoposte a pretrattamenti e scolmate prima dei trattamenti secondari.

Schematicamente, il ciclo biologico si svolge nel modo seguente: i liquami in arrivo all'impianto, preventivamente grigliati, attraversano in parte mediante sollevamento il dissabbiatore, ove avviene la separazione delle particelle minerali presenti, e confluiscono verso il comparto biologico e in parte, sfiorando dalla stazione di sollevamento iniziale, vengono inviati ad un sedimentatore primario con funzione di bacino di equalizzazione e successivamente alla disinfezione finale. Dopo i trattamenti preliminari, i liquami vengono immessi nei bacini di defosfatazione, denitrificazione e successivamente di ossidazione-nitrificazione (schema A2/O), ove l'intensa aerazione, favorendo l'azione biologica dei fanghi attivi, provoca l'abbattimento delle sostanze organiche inquinanti. In questa fase è possibile ottenere anche un parziale abbattimento del fosforo, a mezzo di immissione di elettroliti (cloruro ferrico). Scegliendo un impianto ad aerazione prolungata si ottiene un elevato rendimento. Con tale soluzione viene infatti eliminata la fase di sedimentazione primaria e vengono attribuiti alti tempi di detenzione al reparto biologico per far sì che il fango, continuamente ricircolato (Mixed Liquor), risulti già stabilizzato. Tale stabilizzazione avviene contemporaneamente alla fase di aerazione e questo comporta, a parità di grado di stabilizzazione finale del fango, un volume della vasca di aerazione maggiore dei volumi necessari ad un impianto a fanghi attivi classico. Si avrà conseguentemente una notevole semplificazione del processo in termini di gestione e poiché nella vasca di aerazione si sviluppa una massa biologica maggiore rispetto agli impianti tradizionali, essa risulterà meno sensibile alle variazioni delle condizioni esterne. Dall'ossidazione i liquami passano quindi ai bacini di sedimentazione finale, dove chiarificano separando al fondo i fiocchi di fango attivo e l'eventuale fango chimico dovuto all'abbattimento del fosforo. Infine, i liquami attraversano la vasca di disinfezione, ove vengono disinfettati con dosaggio di

acido parecetico e vengono quindi inviati all'uscita dell'impianto e immessi nel ricettore finale. I fanghi attivi separati al fondo dei sedimentatori secondari vengono sollevati ed in parte riciclati al trattamento ossidativo (fanghi di ricircolo); la frazione residua (fanghi di supero) perviene prima alla stabilizzazione aerobica, quindi all'ispessimento fanghi e successivamente alla disidratazione tramite centrifughe per ridurre il contenuto in acqua. I fanghi verranno quindi conferiti a discarica controllata o ad un futuro riutilizzo in agricoltura.

L'impianto è progettato, nella sezione biologica e di sedimentazione, su due linee in parallelo.

L'impianto è composto, pertanto, dalle seguenti fasi di trattamento:

- 1) Linea acque: grigliatura grossolana; grigliatura fine (2); dissabbiatore; vasca di sedimentazione primaria; vasche di denitrificazione dei liquami (2); vasche di ossidazione dei liquami (2); vasche di sedimentazione secondaria (2); disinfezione di emergenza; scarico nel fosso.*
- 2) Linea fanghi: digestore aerobico; ispessitore; disidratazione meccanica tramite centrifughe (1).*

Gli interventi in progetto che prevedono la realizzazione di un impianto di depurazione ricadono in **classe di indagine 4** secondo il D.P.G.R. 1/R/2022 art. 5 allegato A e poiché avrà una potenzialità di 12.000 A.E. è da considerarsi una struttura "rilevante" secondo l'allegato A - Art. 11 c. 1 del D.P.G.R. già citato.

2 INDAGINI GEOLOGICHE

Gli interventi in progetto rientrano nella **classe di indagine 4** secondo il D.P.G.R. 1/R/2022 art. 5 allegato A: *riferita ad opere di volume totale superiore a 6000 metri cubi o, in ogni caso, sempre per opere di volume, se l'altezza in gronda è superiore a venti metri. Nell'ambito di tale classe, sono effettuate le seguenti indagini:*

- Per la determinazione dell'azione sismica, una campagna d'indagine sismica di superficie, ai sensi di quanto definito al paragrafo 2, punto 2, lettera b) e la realizzazione di una prova geofisica nel foro di sondaggio o, alternativamente, una prova penetrometrica statica con cono sismico (ad esempio SCPTU), per terreni scarsamente consistenti;*

- *Per la parametrizzazione del volume geotecnico significativo, ai sensi di quanto definito al paragrafo 2, punto 2, lettere a) e c), almeno 3 verticali di indagine di cui una è rappresentata da un sondaggio geognostico a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati su cui realizzare idonee prove sulle terre e sulle rocce presso laboratori compresi nell'elenco di cui al servizio tecnico centrale del Consiglio superiore dei lavori pubblici. Nel caso in cui la litologia non permetta di prelevare campioni indisturbati, sono eseguite almeno prove penetrometriche in foro di tipo SPT. In presenza di problematiche di versante sono altresì prodotte verifiche di stabilità del pendio e del complesso opera-pendio. Sono da prevedere anche misure piezometriche della falda. All'interno del foro di sondaggio, è eseguita una prova geofisica in foro per la caratterizzazione di almeno 30 metri di profondità o comunque di una profondità di indagine idonea a caratterizzare i terreni posti al di sopra del bedrock sismico se posto ad una profondità inferiore a m 30, o alternativamente, prova penetrometrica statica con cono sismico (ad esempio SCPTU), per terreni scarsamente consistenti, per la caratterizzazione di almeno 30 metri di profondità... .*

Le risultanze ed i dettagli delle indagini geognostiche sono visibili nell'apposito fascicolo delle indagini geognostiche del presente progetto esecutivo.

Nell'ambito delle precedenti fasi progettuali sono state eseguite due campagne di indagini:

- Campagna di indagine luglio-agosto 2018 dove sono state effettuate le seguenti indagini geologiche:
 - n.1 indagini di tipo MASW
 - n.1 indagini di tipo HVSR
 - n.3 sezioni tomografiche a rifrazione
 - n.1 prospezione sismica in foro Down-Hole;
 - N.7 prove pentrometriche statiche, proseguite in modalità dinamica fino a 15 m di profondità;
 - N.7 prove pentrometriche solo modalità statica con profondità compresa tra 5 e 6 m;
 - N 4 prove penetrometriche solo modalità dinamica fino a 15 m di profondità.
 - n. 7 tubi piezometrici

- n. 7 sondaggi a carotaggio continuo, anche profondi (uno di essi di 35 metri) con la estrusione di n.17 campioni indisturbati, successivamente analizzati in laboratorio geotecnico.
 - Sono state eseguite, in apposito laboratorio certificato, analisi granulometriche, limi di Atterberg, prove di taglio diretto, prove triassiali UU, prove triassiali CU, prove triassiali CD, edometrie.
- Campagna di indagine agosto 2019:
 - Prelievo in cassetta da parte geologo Filippo Sottani, n.14 campioni indisturbati (2 per ciascuna verticale di sondaggio).

Tali campioni sono stati analizzati in laboratorio geotecnico, mediante prove granulometriche e limiti di Atterberg.

Gli approfondimenti di cui sopra sono stati effettuati alla luce soprattutto della possibilità potenziale di liquefazione, soprattutto a livello granulometrico, del materiale litologico riscontrato durante le indagini.

2.1 Sondaggi a Carotaggio continuo

Nell'area interessata dal progetto sono stati eseguiti sette sondaggi a carotaggio continuo distribuiti in modo tale da coprire la superficie dove sono previsti i vari manufatti e indagare il volume significativo. Di seguito si riporta una tabella riassuntiva con la profondità raggiunta dai vari sondaggi:

Identificativo indagine	Profondità
S1	30 m
S2	20 m
S3	30 m
S4	33 m
S5	20 m
S6	30 m
S7	20 m

Sondaggio S1 (profondità 20,2 m dal p.c.)

Dal piano di campagna verso il basso si ha la seguente successione:

- da 0,0 a 4,0 m: Limi argillosi chiari e marroni;
- da 4,0 a 4,3 m: Argille limose marroni;
- da 4,3 a 4,5 m: Sabbie limose ocra;
- da 4,5 a 6,0 m: Argille limose marroni;
- da 6,0 a 6,5 m: Limi grigi;
- da 6,5 a 7,5 m: Argille limose grigie;
- da 7,5 a 8,8 m: Limi argillosi grigi;
- da 8,8 a 9,8 m: Limi sabbiosi con ghiaie;
- da 9,8 a 11,6 m: Limi sabbiosi grigi;
- da 11,6 a 12,8 m: Limi sabbiosi con ghiaie;
- da 12,8 a 15,5 m: Sabbie limose;
- da 15,5 a 19,5 m: Sabbie e ghiaie;
- da 19,5 a 20,2 m: Sabbie limose grigie e torbe con canne e legno;
- da 20,2 a 23,3 m: Sabbie con limo ghiaiose argillose;
- da 23,3 a 29,1 m: Argille grigie con torba;
- da 29,1 a 30,0 m: Sabbie limose grigie.

Sondaggio S2 (profondità 20,0 m dal p.c.)

Dal piano di campagna verso il basso si ha la seguente successione:

- da 0,0 a 2,0 m: Limi marroni;
- da 2,0 a 2,4 m: Argille limose;
- da 2,4 a 2,6 m: Limi marroni;
- da 2,6 a 4,5 m: Argille limose debolmente torbose;
- da 4,5 a 7,5 m: Argille limose plastiche;
- da 7,5 a 8,8 m: Limi argillosi grigi;
- da 8,8 a 9,8 m: Limi sabbiosi con ghiaie;
- da 9,8 a 11,6 m: Limi sabbiosi grigi;
- da 11,6 a 12,8 m: Limi sabbiosi con ghiaie;
- da 12,8 a 15,5 m: Sabbie limose;
- da 15,5 a 19,5 m: Sabbie e ghiaie;

- da 19,5 a 20,0 m: Sabbie limose grigie.

Sondaggio S3 (profondità 30,0 m dal p.c.)

Dal piano di campagna verso il basso si ha la seguente successione:

- da 0,1 a 0,5 m: Terreno rimaneggiato;
- da 0,5 a 8,5 m: Limi argillosi marroni;
- da 8,5 a 9,7 m: Argille grigie plastiche;
- da 9,7 a 15,8 m: Sabbie grigie con livelli ghiaiosi;
- da 15,8 a 23,5 m: Argille limose beige;
- da 23,5 a 24,0 m: Sabbie grigi fini e pulite;
- da 24,0 a 25,5 m: Sabbie ghiaiose;
- da 25,5 a 26,0 m: Sabbie puliti grigie;
- da 26,0 a 28,7 m: Sabbie e ghiaie;
- da 28,7 a 30,0 m: Argille grigie e marroni.

Sondaggio S4 (profondità 35,0 m dal p.c.)

Dal piano di campagna verso il basso si ha la seguente successione:

- da 0,0 a 5,2 m: Limi marroni;
- da 5,2 a 5,7 m: Limi marroni debolmente torbosi;
- da 5,7 a 6,5 m: Limi argillosi marroni debolmente torbosi;
- da 6,5 a 7,5 m: Argille limose marroni torbose;
- da 7,5 a 7,8 m: Argille limose grigie debolmente torbose;
- da 7,8 a 8,0 m: Argille fortemente limose grigie torbose;
- da 8,0 a 9,0 m: Argille limose marroni torbose;
- da 9,0 a 9,7 m: Sabbie limose sciolte a tratti argillose;
- da 9,7 a 10,0 m: Argille limoso sabbiose plastiche;
- da 10,0 a 11,0 m: Limi argillosi grigi;
- da 11,0 a 11,5 m: Argille debolmente limose grigie plastiche;
- da 11,5 a 12,2 m: Argille limose debolmente torbose plastiche;
- da 12,2 a 12,5 m: Argille grigie plastiche;
- da 12,5 a 14,3 m: Sabbie grigie grossolane;
- da 14,3 a 15,4 m: Sabbie grigie grossolane e ghiaie;
- da 15,4 a 15,8 m: Sabbie fini grigie debolmente torbose;

- da 15,8 a 16,2 m: Sabbie grigie grossolane e ghiaie;
- da 16,2 a 16,6 m: Sabbie fini grigie;
- da 16,6 a 16,9 m: Sabbie grigie grossolane e ghiaie;
- da 16,9 a 18,0 m: Sabbie grigie grossolane debolmente argillose e ghiaiose;
- da 18,0 a 18,2 m: Argille limoso sabbiose grigie;
- da 18,2 a 18,7 m: Sabbie grossolane debolmente argillose grigie e ghiaie;
- da 18,7 a 19,0 m: Sabbie fini grigie;
- da 19,0 a 19,5 m: Limi grigi compatti;
- da 19,5 a 20,0 m: Sabbie grigie e ghiaietto;
- da 20,0 a 21,0 m: Argille limoso sabbiose grigie e ghiaie;
- da 21,0 a 21,6 m: Sabbie grigie e ghiaie;
- da 21,6 a 22,0 m: Sabbie grigie grossolane;
- da 22,0 a 23,4 m: Argille limoso sabbiose grigie e ghiaie;
- da 23,4 a 24,2 m: Sabbie grigie compatte;
- da 24,2 a 25,0 m: Limi sabbiosi consistenti e ghiaie;
- da 25,0 a 26,0 m: Sabbie grigie e ghiaie;
- da 26,0 a 28,0 m: Sabbie grossolane debolmente argillose grigie e ghiaie;
- da 28,0 a 29,0 m: Sabbie grossolane debolmente argillose grigie;
- da 29,0 a 29,2 m: Limi grigi consistenti;
- da 29,2 a 29,5 m: Argille limose marroni torbose;
- da 29,5 a 29,7 m: Sabbie e ghiaie;
- da 29,7 a 30,0 m: Argille limoso sabbiose plastiche;
- da 30,0 a 30,5 m: Argille limose marroni e ghiaietto compatto;
- da 30,5 a 31,5 m: Argille limose marroni compatte;
- da 31,5 a 32,1 m: Argille grigie compatte;
- da 32,1 a 33,5 m: Argille marroni plastiche;
- da 33,5 a 35,0 m: Argille grigie plastiche.

Sondaggio S5 (profondità 20,0 m dal p.c.)

Dal piano di campagna verso il basso si ha la seguente successione:

- da 0,0 a 0,2 m: Terreno rimaneggiato;
- da 0,2 a 8,5 m: Limi argillosi marroni talora sabbiosi e torbosi;
- da 8,5 a 10,2 m: Sabbie grigie;

- da 10,2 a 10,4 m: Sabbie grigie con torbose;
- da 10,4 a 13,0 m: Sabbie grigie;
- da 13,0 a 13,5 m: Sabbie grigie con ghiaie;
- da 13,5 a 15,5 m: Sabbie limose grigie;
- da 15,5 a 15,7 m: Sabbie con ghiaie;
- da 15,7 a 17,0 m: Sabbie;
- da 17,0 a 17,5 m: Argille limose grigio marroni;
- da 17,5 a 20,0 m: Argille limose oca marroni compatte.

Sondaggio S6 (profondità 29,0 m dal p.c.)

Dal piano di campagna verso il basso si ha la seguente successione:

- da 0,0 a 1,1 m: Limi argillosi e terreno di riporto;
- da 1,1 a 4,5 m: Limi argillosi marroni;
- da 4,5 a 7,7 m: Sabbie limose grigie;
- da 7,7 a 11,0 m: Argille plastiche poco limose marroni grigiastre;
- da 11,0 a 13,0 m: Sabbie limose grigie;
- da 13,0 a 13,6 m: Sabbie grossolane grigie e ghiaie;
- da 13,6 a 14,1 m: Sabbie limose grigie;
- da 14,1 a 15,6 m: Sabbie ghiaiose grigie;
- da 15,6 a 16,0 m: Argille grigie compatte;
- da 16,0 a 16,5 m: Argille oca compatte;
- da 16,5 a 16,8 m: Ghiaie limoso argillose marroni;
- da 16,8 a 24,5 m: Argille marroni compatte;
- da 24,5 a 25,1 m: Argille grigiastre compatte;
- da 25,1 a 26,4 m: Limi sabbiosi grigio marroni;
- da 26,4 a 27,9 m: Ghiaie limose grigie;
- da 27,9 a 30,0 m: Argille marroni compatte.

Sondaggio S7 (profondità 20,0 m dal p.c.)

Dal piano di campagna verso il basso si ha la seguente successione:

- da 0,0 a 5,7 m: Argille marroni con ossidi di ferro e manganese;
- da 5,7 a 6,0 m: Argille marroni;
- da 6,0 a 7,1 m: Sabbie limose grigie con ghiaie e livelli torbosi;

- da 7,1 a 7,8 m: Limi sabbiosi grigi;
- da 7,8 a 8,0 m: Limi ghiaiosi grigi;
- da 8,0 a 8,7 m: Argille grigie;
- da 8,7 a 9,0 m: Sabbie limose grigie;
- da 9,0 a 15,8 m: Sabbie grigie con ghiaie;
- da 15,8 a 20,0 m: Argille beige marroni con noduli calcarei.

Nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo sono stati prelevati n.° 17 campioni indisturbati con fustella metallica tipo shelby, mentre nella successiva campagna di indagini sono stati prelevati 14 ulteriori campioni rimaneggiati (sacchetto) dalle cassette catalogatrici:

Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Indisturbato	Rimaneggiato
S1	C1 S1	2.3-2.6	X	
S1	C2 S1	3.4-3.9	X	
S1	S1 G1	15.5		X
S1	S1 G2	20.5		X
S2	C1 S2	4.0-4.5	X	
S2	C2 S2	5.0-5.5	X	
S2	S2 G1	7.8		X
S2	S2 G2	9.8		X
S2	C3 S2	15.0-15.5	X	
S3	C1 S3	4.0-4.5	X	
S3	C2 S3	5.1-5.6	X	
S3	S3 G1	15.5		X
S3	S3 G2	25.4		X
S4	C1 S4	3.0-3.5	X	
S4	C2 S4	4.5-5.0	X	
S4	C3 S4	6.0-6.5	X	
S4	C4 S4	10.5-11.0	X	
S4	S4 G1	21.5		X
S4	C5 S4	24.5-25.0	X	
S4	S4 G2	27.5		X
S5	C1 S5	2.0-2.5	X	
S5	C2 S5	3.0-3.5	X	
S5	S5 G1	10.5		X

S5	S5 G2	14.5		X
S6	C1 S6	3.0-3.5	X	
S6	C2 S6	5.0-5.5	X	
S6	S6 G1	11.5		X
S6	S6 G2	14.5		X
S7	C1 S7	4.0-4.5	X	
S7	S7 G1	10.2		X
S7	S7 G2	14.5		X

Di seguito si riportano il numero di colpi delle prove SPT eseguite nei fori di sondaggio, i valori di NSPT ed i parametri geotecnici in base alla natura del terreno, per terreni di natura coesiva si indica la coesione non drenata, per i terreni di natura incoerente i valori di angolo di attrito, mentre per i terreni di natura mista entrambi:

S1				
Profondità (m)- natura	N. colpi	NSPT	* Φ (°)	*Cu (kN/mq)
4.5 - coesivo	2-5-5	10	-	70
10.0 - coesivo	2-4-6	10	-	54
15.0 - incoerente	3-5-9	14	27	-
19.0 - incoerente	20-22-24	46	31	-
22.0- incoerente	11-22-25	47	31	-
25.0- coesivo	18-24-33	57	-	234.5
30-incoerente	10-16-22	38	29	-

S2				
Profondità (m)	N. colpi	NSPT	* Φ (°)	*Cu (kN/mq)
4.5	5-9-15	24	-	172,4

S3				
Profondità (m)- natura	N. colpi	NSPT	*Φ (°)	*Cu (kN/mq)
5.0 - coesivo	4-5-11	16	-	107.2
6.3- coesivo	5-8-13	21	-	134.0
10.0- incoerente	3-6-9	15	27.8	-
12.1 - incoerente	2-8-9	17	28.1	-
15.0 - incoerente	3-5-9	14	27	-
20.0 - coesivo	13-18-22	40	-	174.2
25.0- incoerente	6-8-11	19	27.0	-
27.0 - incoerente	5-9-13	22	27.5	-

S4				
Profondità (m)	N. colpi	NSPT	*Φ (°)	*Cu (kN/mq)
5.2 - coesivo	5-7-10	17	-	114
6.5 - coesivo	7-10-13	23	-	147
9.5 - coesivo	4-6-8	14	-	80
14.3- incoerente	3-6-6	12	26	-
19.0 - incoerente	8-15-25	40	31	-
25.0 -incoerente	9-18-32	50	31	-
30.0 - coesivo	9-15-35	50	-	194
35.0 - coesivo	10-19-35	54	-	207

S5				
Profondità (m)	N. colpi	NSPT	*Φ (°)	*Cu (kN/mq)
6.0 - coesivo	4-6-9	15	-	94
9.0 - mista	2-4-6	10	26	54
12.0-incoerente	3-4-6	10	25	-
15.0-incoerente	2-2-3	5	22	-
20.0- coesiva	12-18-23	41	-	180

S6				
Profondità (m)	N. colpi	NSPT	* Φ (°)	*Cu (kN/mq)
4.5 - mista	2-4-5	9	27	60
8- mista	2-4-6	10	26.4	53
12.0-coesiva	6-9-10	19	-	100
15.0-incoerente	5-7-11	18	28	-
19.0-coesiva	12-19-25	44	-	201
24.0-coesiva	16-23-30	53	-	221
29.0-coesiva	18-25-31	56	-	214

S7				
Profondità (m)	N. colpi	NSPT	* Φ (°)	*Cu (kN/mq)
7.2- mista	3-3-3	6	24.5	33.5
11.0-incoerente	3-4-4	8	25	-
14.0-incoerente	4-6-8	10	25.5	-
20.0-coesiva	14-21-28	49	-	214

*Terzaghi & Peck 1948

**De Mello, 1967

2.2 Risultati analisi di laboratorio

Sui campioni sono state eseguite specifiche analisi geotecniche dai seguenti laboratori:

- PREMAC s.r.l. (campioni indisturbati)
- IGETECMA s.n.c. (campioni disturbati).

Nella tabella sottostante sono riassunte le prove di laboratorio eseguite:

Campion e	Analisi granulometri ca	Contenut o d'acqua naturale	Peso di volume natural e	Limiti di Atterber g	Limit e di ritiro	Triassial e UU	Triassial e CU	Triassial e CD	Prova edometric a	Tagli o dirett o
C1 S1	x	x	x	x	x	x				
C2 S1	x	x	x	x	x				x	
S1 G1	x	x	x	x						
S1 G2	x	x	x	x						
C1 S2	x	x	x	x	x		x			
C2 S2	x	x	x	x	x				x	
S2 G1	x	x	x	x						
S2 G2	x	x	x	x						
C3 S2	x	x	x	x	x					x
C1 S3	x	x	x	x	x					x
C2 S3	x	x	x	x	x				x	
S3 G1	x	x	x	x						
S3 G2	x	x	x	x						
C1 S4	x	x	x	x	x	x				
C2 S4	x	x	x	x	x				x	
C3 S4	x	x	x	x	x					x
C4 S4	x	x	x	x	x					
S4 G1	x	x	x	x						
C5 S4	x	x								
S4 G2	x	x	x	x						
C1 S5	x	x	x	x	x					x
C2 S5	x	x	x	x	x	x			x	
S5 G1	x	x	x	x						
S5 G2	x	x	x	x						
C1 S6	x	x	x	x	x					x
C2 S6		x	x	x	x			x	x	
S6 G1	x	x	x	x						
S6 G2	x	x	x	x						
C1 S7	x	x	x	x	x				x	x
S7 G1	x	x	x	x						
S7 G2	x	x	x	x						

2.2.1 Massa volumetrica naturale, dei grani, limiti di Atterberg e indice di consistenza

Campione	Peso spec. Granuli (KN/m3)	Umidità naturale W %	Densità naturale γ_n (KN/m3)	Limite plastico Wp %	Limite liquido Wl %	Limite di ritiro Ws%	Indice plastico Ip %	Indice di consistenza Ic
C1 S1	26.32	22.08	20.08	27.84	52.12	9.94	24.31	1.24
C2 S1	26.27	23.12	19.93	22.25	51.11	7.67	28.86	1.03
S1 G1	-	14.20	-	22	26	-	4	2.95
S1 G2	-	0.60	-	17	23	-	6	3.73
C1 S2	26.85	20.69	19.53	26.19	55.12	10.07	28.93	1.19
C2 S2	26.04	24.98	19.47	27.01	52.60	10.39	25.59	1.08
S2 G1	-	9.76	-	-	-	-	-	-
S2 G2	-	14.29	-	19	23	-	4	2.18
C3 S2	26.28	23.60	19.84	26.36	51.89	10.54	25.53	1.11
C1 S3	25.98	24.57	19.56	25.22	51.69	12.01	26.47	1.02
C2 S3	26.27	23.12	19.93	22.86	49.89	7.88	27.03	0.98
S3 G1	-	14.71	-	19	24	-	5	1.86
S3 G2	-	5.78	-	19	23	-	4	4.31
C1 S4	26.32	22.08	20.08	27.84	52.15	9.94	24.31	1.24
C2 S4	26.20	21.10	19.96	23.80	52.13	9.15	28.33	1.10
C3 S4	26.12	20.69	19.53	25.71	53.25	9.89	27.54	1.18
C4 S4	26.30	23.16	19.94	27.84	47.11	7.14	19.27	1.24
S4 G1	-	10.80	-	18	24	-	6	2.20
C5 S4	-	18.35	-	Nd	Nd	-	-	-
S4 G2	-	3.76	-	Nd	Nd	-	-	nd
C1 S5	26.08	20.97	19.96	19.27	41.96	6.64	22.69	0.93
C2 S5	25.88	20.82	19.42	24.59	50.11	8.78	25.52	1.15
S5 G1	-	1.38	-	Nd	Nd	-	-	nd
S5 G2	-	13.37	-	Nd	Nd	-	-	nd
C1 S6	25.81	19.83	20.24	19.62	27.45	5.45	7.83	0.97
C2 S6	26.35	23.86	19.25	22.25	52.36	8.90	30.11	0.95
S6 G1	-	0.59	-	Nd	Nd	Nd	-	nd
S6 G2	-	0.59	-	Nd	Nd	Nd	-	nd
C1 S7	26.12	24.59	19.61	25.38	51.68	10.15	26.30	1.03
S7 G1	-	19.32	-	21	27	-	6	1.28
S7 G2	-	18.41	-	20	26	-	6	1.27

2.2.2 Granulometrie

Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	Classificazione
S1	C1 S1	2.3-2.6	0.0	9.61	43.96	46.43	Argilla con limo debolmente sabbiosa di alta plasticità
S1	C2 S1	3.4-3.9	0.0	18.92	38.39	42.69	Argilla con limo sabbiosa di alta plasticità
S1	S1 G1	15.5	29.5	53.1	15.5	1.9	Sabbia con ghiaia limosa
S1	S1 G2	20.5	19.8	39.5	29.7	11.0	Sabbia con limo ghiaiosa argillosa
S2	C1 S2	4.0-4.5	0.0	5.89	43.59	50.52	Argilla con limo debolmente sabbiosa di alta plasticità
S2	C2 S2	5.0-5.5	0.0	9.34	43.02	47.64	Argilla con limo sabbiosa di alta plasticità
S2	S2 G1	7.8	7.8	67.2	18.5	6.5	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa debolmente argillosa
S2	S2 G2	9.8	18.5	50.5	27.6	3.4	Sabbia con limo ghiaiosa
S2	C3 S2	15.0-15.5	0.0	7.39	43.02	49.59	Argilla con limo debolmente sabbiosa di alta plasticità
S3	C1 S3	4.0-4.5	0.0	8.76	42.38	48.86	Argilla con limo debolmente sabbiosa di alta plasticità
S3	C2 S3	5.1-5.6	0.0	19.70	38.55	41.75	Argilla con limo sabbioso di media plasticità
S3	S3 G1	15.5	29.0	48.6	18.6	3.8	Sabbia con ghiaia limosa
S3	S3 G2	25.4	27.2	42.0	26.1	4.7	Sabbia con ghiaia limosa
S4	C1 S4	3.0-3.5	0.0	9.61	43.96	46.43	Argilla con limo debolmente sabbiosa di alta plasticità
S4	C2 S4	4.5-5.0	0.0	6.54	44.35	49.11	Argilla con limo debolmente sabbiosa di alta plasticità
S4	C3 S4	6.0-6.5	0.0	6.71	43.37	49.93	Argilla con limo debolmente sabbiosa di alta plasticità
S4	C4 S4	10.5-11.0	0.0	20.18	40.27	39.55	Limo con argilla Sabbiosa di media plasticità
S4	S4 G1	21.5	26.6	38.6	21.6	13.3	Sabbia con ghiaia limosa argillosa
S4	C5 S4	24.5-25.0	13.74	60.81	22.49	2.96	Sabbia Limosa Ghiaiosa
S4	S4 G2	27.5	3.9	78.8	10.3	6.9	Sabbia limosa debolmente argillosa
S5	C1 S5	2.0-2.5	0.0	48.59	24.51	26.54	Sabbia con argilla limosa di bassa plasticità
S5	C2 S5	3.0-3.5	0.0	20.20	38.31	41.49	Argilla con limo debolmente sabbiosa di media plasticità
S5	S5 G1	10.5	23.7	53.9	18.5	3.9	Sabbia ghiaiosa limosa
S5	S5 G2	14.5	1.4	85.3	10.7	2.7	Sabbia limosa
S6	C1 S6	3.0-3.5	0.0	64.59	28.18	7.23	Sabbia con limo debolmente argillosa
S6	C2 S6	5.0-5.5	0.0	16.22	38.9	44.86	Argilla con limo debolmente sabbiosa di alta plasticità
S6	S6 G1	11.5	16.6	70.7	10.0	2.5	Sabbia ghiaiosa debolmente limosa
S6	S6 G2	14.5	41.2	48.8	9.3	1.0	Sabbia con ghiaia debolmente limosa
S7	C1 S7	4.0-4.5	0.0	8.79	43.19	48.02	Argilla con limo debolmente sabbiosa di alta plasticità
S7	S7 G1	10.2	10.7	35.5	46.7	7.4	Limo con sabbia ghiaioso debolmente argilloso
S7	S7 G2	14.5	24.1	29.8	34.0	12.1	Limo con sabbia ghiaioso argilloso

2.2.3 Prove triassiali UU – CU - CD

L'obiettivo delle prove triassiali è quello di determinare l'evoluzione delle tensioni efficaci fino alle condizioni di rottura attraverso uno stato tensionale indotto sul provino e la relativa misurazione delle pressioni interstiziali.

Conoscendo quindi la possibilità di riprodurre stati tensionali e di replicare le condizioni di drenaggio, le prove triassiali vengono così distinte:

- prove non consolidate-non drenate (prove UU)
- prove consolidate-non drenate (prove CU)
- prove consolidate-drenate (prove CD)

Dalla prova UU si ottiene un parametro: la coesione in condizioni non drenate (c_u).

Dalle prove CU e CD si ottengono parametri come coesione (c') e angolo di attrito (Φ).

Campione	Triassiale UU	Triassiale CU		Triassiale CD	
	Cu (kN/mq)	C' (kN/mq)	Φ (°)	C' (kN/mq)	Φ (°)
C1 S1	214.54	-	-		
C1 S2		47.24	24.47		
C1 S4	216.04				
C2 S5	163.41				
C2 S6				44.42	25.77

2.2.4 Taglio diretto

Campione	Taglio diretto	
	C' (kN/mq)	Φ (°)
C3 S2	34	25.2
C1 S3	-	-
C3 S4	36.8	25.7
C1 S5	24.9	27.5
C1 S6	15.3	29.9
C1 S7	26.2	23.3

2.2.5 Prova edometrica

Si riportano i parametri edometrici compresi nei valori di pressione 4 kg/cm² - 8 kg/cm² - 16 kg/cm².

Campione	Parametri		
	Pressione (kg/cm ²)	Cv (cm ² /s)	K (m/sec)
C2 S1	4.00	4.43E-04	5.80E-11
	8.00	6.62E-04	4.13E-11
	16.00	7,80E-04	3,39E-11
C2 S2	4.00	8,42E-04	8,42E-11
	8.00	8,85E-04	6,94E-11
	16.00	6,68E-04	3,48E-11
C2 S3	4.00	2.80E-04	2.91E-11
	8.00	5.25E-04	3.59E-11
	16.00	5.01E-04	2.18E-11
C2 S4	4.00	4.20E-04	1.83E-10
	8.00	2.55E-04	8.86E-11
	16.00	2.49E-04	8.41E-11
C2 S5	4.00	9.30E-03	9.45E-10
	8.00	5.57E-03	4.55E-10
	16.00	3.97E-03	2.00E-10
C2 S6	4.00	1.92E-03	1.69E-10
	8.00	1.76E-03	1.22E-10
	16.00	1.62E-03	7.02E-11
C2 S7	4.00	4.92E-05	4.69E-12
	8.00	4.94E-05	4.12E-12
	16.00	3.37E-05	1.90E-12

2.3 Prove penetrometriche CPT/DPSH

La campagna di indagini ha previsto l'esecuzione di prove penetrometriche nello specifico:

- N.7 prove penetrometriche statiche, proseguite in modalità dinamica fino a 15 m di profondità;
- N.7 prove penetrometriche solo modalità statica con profondità compresa tra 5 e 6 m;
- N.4 prove penetrometriche solo modalità dinamica fino a 15 m di profondità.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva delle prove eseguite, modalità di esecuzione e profondità raggiunta.

Identificativa prova statica	Profondità m	Identificativa prova dinamica	Profondità m	Piezometro
Cpt 1	0.0-5.8	Din 1	5.8-15.0	x
Cpt 2	0.0-5.6	Din 2	5.6-15.0	
-	-	Din 3	0.0-15.0	
Cpt 4	0.0-6.4	Din 4	6.4-15.0	x
-	-	Din 5	0.0-15.0	
-	-	Din 6	0.0-15.0	
Cpt 7	0.0-5.8	Din 7	5.8-15.0	x
Cpt 8	0.0-5.4	Din 8	5.4-15.0	
-	-	Din 9	0.0-15.0	
Cpt 10	0.0-6.6	Din 10	6.6-15.0	x
Cpt 11	0.0-5.0	-	-	x
Cpt 12	0.0-5.0	-	-	
Cpt 13	0.0-6.0	-	-	x
Cpt 14	0.0-5.0	-	-	
Cpt 15	0.0-5.0	-	-	
Cpt 16	0.0-5.0	-	-	
Cpt 17	0.0-5.0	-	-	x
Cpt 18	0.0-6.0	Din 18	6.0-15.0	

3 MODELLAZIONE GEOTECNICA

3.1 *Risultanze geotecniche*

L'insieme delle indagini geologiche eseguite in situ e in laboratorio hanno permesso di ricostruire il quadro geotecnico delle terre interessate dal progetto in oggetto.

Il quadro geotecnico presenta una marcata eterogeneità litologica spaziale, sia verticale che longitudinale, mostrando caratteristiche litotecniche non omogenee e non facilmente correlabili tra le stesse indagini.

Di seguito vengono elencati i litotipi individuati a seguito dello studio e da assumere per la modellazione geotecnica strutturale, tendendo conto che, sono stati estesi a tutti i litostrati i valori di peso di volume ($\gamma_{sat}=19,5 \text{ KN/m}^3$ - $\gamma_{sec}=16,5 \text{ KN/m}^3$), anche a quegli strati che non avevano indagini di laboratorio dirette. È stata eseguita una analisi relativa al peso di volume della popolazione dei campioni analizzati, che ha mostrato leggerissimi scostamenti di valore tra di essi.

- Nelle sette stratigrafie litotecniche eseguite sono stati individuati, i seguenti litostrati contrassegnati con le lettere: A=argilla; S=sabbia; A-S-L=argilla sabbioso limosa; A-L=argilla limosa.
- A ciascun litostrato, e per tutte le verticali di sondaggio, sono stati assegnati parametri e valori litotecnici derivanti da prove geotecniche dirette, o da prove geotecniche SPT in foro. A quei litostrati, che nella propria verticale di carotaggio non avevano indagini dirette di laboratorio, sono stati assegnati i parametri geotecnici più cautelativi, riferiti ad un'altra verticale di carotaggio, relativi ovviamente alla stessa fattispecie litotecnica.
- La assunzione di cui sopra, relativa alla estensione della parametrizzazione geotecnica derivante da indagini dirette di laboratorio, agli stessi litostrati su verticali diverse, si è basata sulla diretta osservazione e confronto delle carote di sondaggio in cassetta e sul valore (quando possibile) coerente di N_{spt} . I parametri geotecnici estesi, sono stati assegnati tra quelli più bassi della intera popolazione riferita allo specifico litostrato, sono stati ragionati e ponderati in relazione alle conoscenze geotecniche del sito e del litostrato.
- I valori di N_{spt} , relativi agli strati sabbiosi ("S"), dal quale derivano tutti i parametri geotecnici caratteristici dello strato in questione, è stato ottenuto dal

valore del quinto percentile dei singoli valori di N_{spt} , o dal valore più basso di N_{spt} , dello strato in questione, su ciascuna verticale di sondaggio.

3.2 Modello Geotecnico

Il quadro geotecnico relativo al sito di progetto è caratterizzato da unità litotecniche tipiche di zone alluvionali, composte da sedimenti incoerenti, alternati a litologie più compatte e coesive.

Le varie unità litotecniche, nei carotaggi effettuati, hanno evidenziato eterogeneità sia laterale che verticale. Pertanto, sono indicati gli spessori minimi e massimi raggiunti dalle unità litologiche individuate.

Nella tabella riassuntiva di seguito riportata, sono riassunti, in maniera esaustiva e completa, tutte le risultanze geotecniche derivanti dalle prove di laboratorio geotecnico certificato.

Litotipo	Descrizione	Profondità	Peso di volume naturale	C_u (kN/mq)	C' (kN/mq)	Φ (°)
AL	Argilla Limosa	0.0-5.0/11.0	16.5	145	25	23
ALS	Argilla sabbiosa Limosa	5.0-8.00 (Livello più superficiale) 8.50-12.00 Livello più profondo	16	30	-	25
S	Sabbia	9.0-29.0	16	-	-	26
A	Argilla	15.0 -35.0	17	190	50	20

La restituzione grafica della stratigrafia ottenuta dalla correlazione dei sondaggi e delle prove penetrometriche è riportata nell'allegato "Sezioni Geologico-Geotecniche".

3.3 Falda acquifera

Da un punto di vista idrogeologico la configurazione che caratterizza il sito di intervento vede sostanzialmente la prevalenza di depositi con permeabilità media di tipo primario che permettono la formazione di acquiferi di estensione variabile e/o lenticolare. In corrispondenza di spessori costituiti da litologie francamente sabbiose e/o macroclastitiche si hanno caratteristiche di acquifero ad elevata permeabilità e a buona capacità di ricarica. Mentre in corrispondenza dei livelli francamente argilloso limosi, limoso sabbiosi e/o limoso argillosi si hanno permeabilità da medie a scarse. Tuttavia, queste litologie possono essere sede di adunamento di acque per saturazione dei livelli superficiali a seguito di periodi piovosi.

Da un punto di vista piezometrico il monitoraggio condotto nelle postazioni strumentate nei fori di sondaggio ha registrato le seguenti soggiacenze:

- Sondaggio S1: -7,67 m da p.c. (02/07/2018)
 -10,20 m da p.c. (22/10/2019)
- Sondaggio S2: -6,49 m da p.c. (02/07/2018)
- Sondaggio S3: -9,10 m da p.c. (22/10/2019)
- Sondaggio S4: -13,00 m da p.c. (22/10/2019)
- Sondaggio S5: -6,14 m da p.c. (02/07/2018)
 -8,40 m da p.c. (22/10/2019)
- Sondaggio S6: -8,58 m da p.c. (02/07/2018)
 -11,30 m da p.c. (22/10/2019)

Pertanto nel complesso, sulla scorta dei dati piezometrici acquisiti, è ipotizzabile cautelativamente un livello di soggiacenza della falda a circa 6,0 m dal p.c..

4 LIQUEFAZIONE

In considerazione del fatto che nel sito di progetto, successivamente alle indagini dirette (carotaggi e laboratorio geotecnico), sono stati riscontrati litostati da un punto di vista granulometrico potenzialmente suscettibili di liquefazione dinamica, in caso di scuotimento sismico, vista la presenza di falda acquifera nei primi 15 metri da piano campagna, è stata affidata allo studio GeoEco, del prof. Geol. Eros Aiello, la verifica numerica del potenziale di liquefazione del sito di progetto, mediante la redazione di una relazione specialistica. I dettagli della verifica di cui sopra, sono visibili in tale relazione specialistica.

Le verifiche, escludono comunque che il sito possa subire liquefazione in caso di sisma.

5 CONCLUSIONI E INDICAZIONI

La presente relazione ha lo scopo di descrivere le caratteristiche geologico geotecniche dei terreni interessati del progetto esecutivo relativo alla costruzione del nuovo impianto di Depurazione Liquami (IDL) Bottegone, situato nel comune di Pistoia.

Per i manufatti parzialmente interrati si prevedono scavi compresi tra i 3.0 m e 6.30 m di profondità. Ciò indica che i piani di fondazione si attestano su litotipo con sigla AL che indica delle argille limose di alta plasticità.

Data la profondità degli scavi si raccomanda l'utilizzo di opere di sostegno provvisori, quali palancole, blindo scavi autoaffondanti. Oppure, in assenza di suddette opere, si raccomanda di realizzare delle gradonature con altezza delle scarpate di 1.5m ed inclinazione non superiore ai 45°. Evitare il posizionamento di materiale di risulta in prossimità dei fronti di scavo.

Il monitoraggio del livello piezometrico condotto nelle postazioni strumentate nei fori di sondaggio ha permesso di ipotizzare cautelativamente un livello di soggiacenza della falda a circa 6,0 m dal p.c.. Pertanto, dato che gli scavi potranno interferire con la falda, sarà opportuno comunque eseguire gli scavi in periodi asciutti. Tale raccomandazione trova ulteriore validità per la presenza di argilla sul fondo dello scavo stesso, con la possibilità di creare degli accumuli di acqua nel caso di particolari eventi piovosi. E' comunque consigliato, a tal proposito, avere a disposizione in cantiere un sistema di pompaggio, nel caso si rendesse necessario allontanare le acque meteoriche.

In considerazione del fatto che nel sito di progetto, successivamente alle indagini dirette (carotaggi e laboratorio geotecnico), sono stati riscontrati litostrati da un punto di vista granulometrico potenzialmente suscettibili di liquefazione dinamica, in caso di scuotimento sismico, vista la presenza di falda acquifera nei primi 15 metri da piano campagna, è stata affidata allo studio GeoEco, del prof. Geol. Eros Aiello, la verifica numerica del potenziale di liquefazione del sito di progetto, mediante la redazione di una relazione specialistica.

Le strutture interrato saranno perimetralmente confinate da materiale inerte drenante e sul fondo delimitate da un tubo drenante che dovrà allontanare le acque di infiltrazione.

In un'area sub-pianeggiante come quella in esame, il deflusso delle acque meteoriche assuma una notevole importanza. Nonostante si tratti di un impianto già esistente, dovrà comunque essere integrata la rete di raccolta delle acque piovane, che dovranno essere convogliate verso l'adiacente compluvio in modo tale da evitare ristagni ed impaludamenti.

Al termine delle operazioni di riempimento, si prescrive un'adeguata compattazione del materiale al fine di evitare avvallamenti che creerebbero zone depresse favorendo il ristagno delle acque.

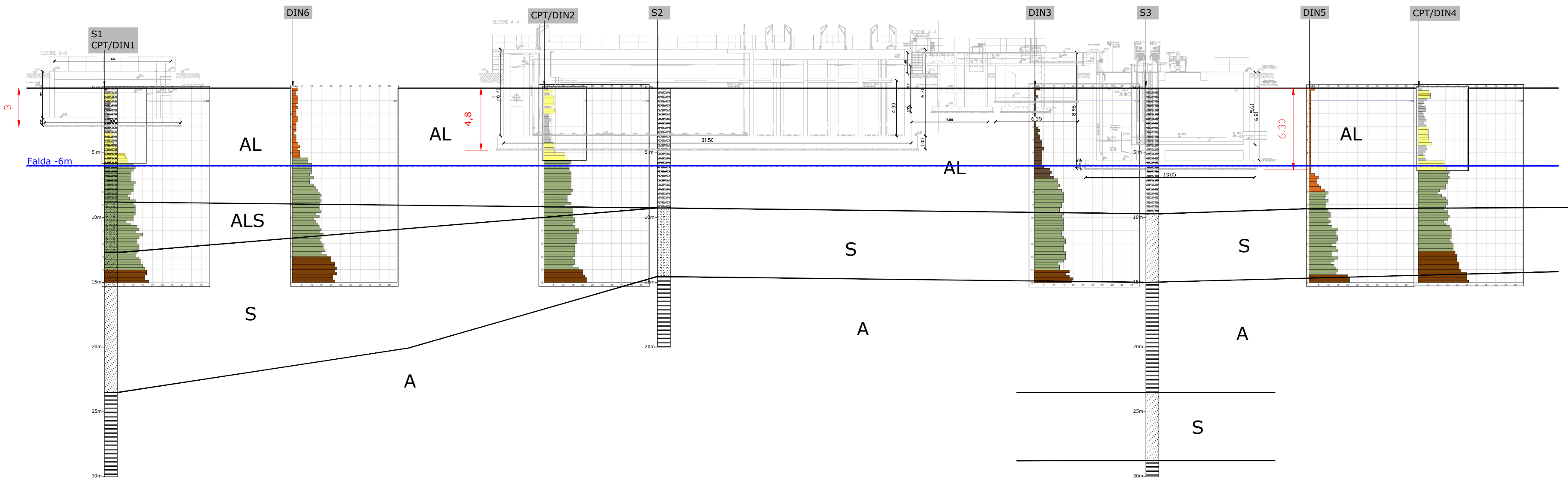
Lo stoccaggio definitivo e/o lo smaltimento del materiale di risulta degli scavi sarà gestito nel rispetto della normativa vigente e in particolare del D.L. 152/06 e s.m.i. e DPR 120/2017, si faccia riferimento alla relativa relazione sulle terre e rocce da scavo.

Firenze, dicembre 2024

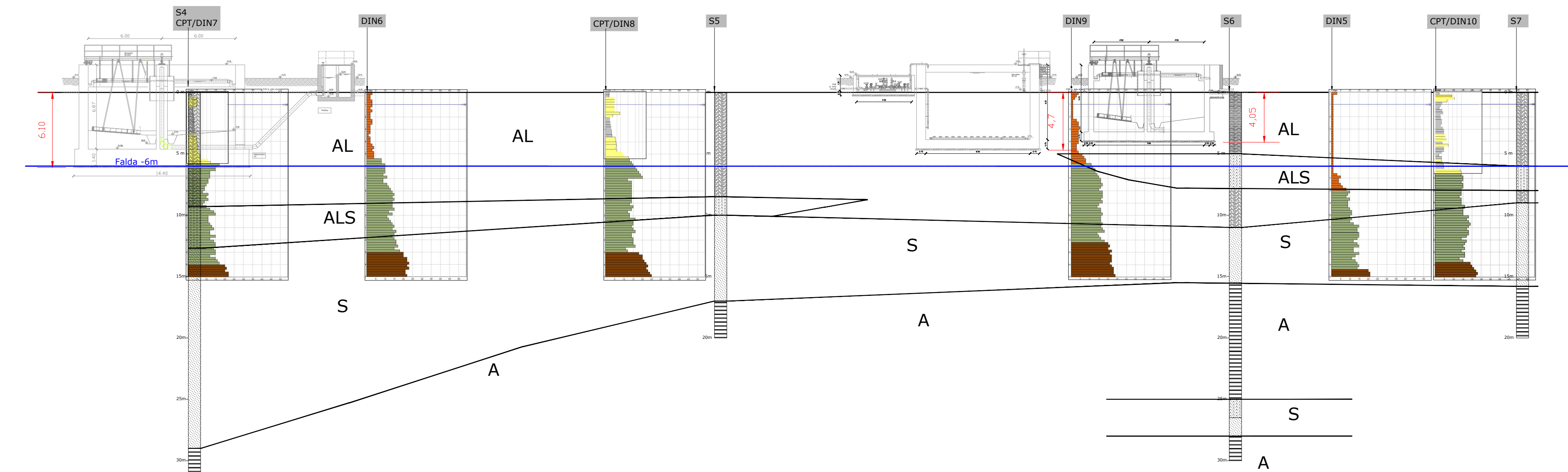
Geol. Filippo Landini

Sezioni geologico - geotecniche

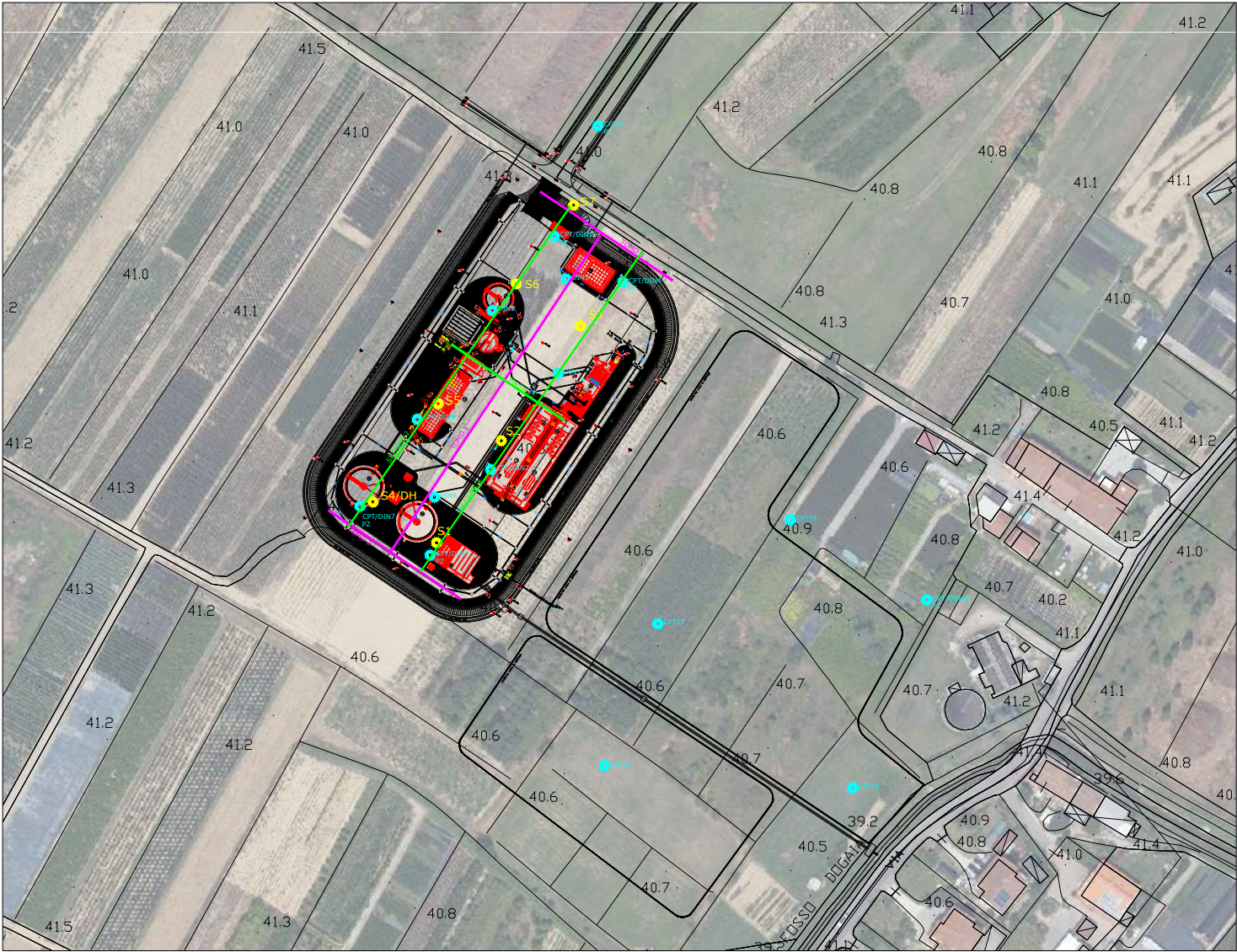
Sezione 1



Sezione 2



Ubicazione indagini geologiche



Modello geotecnico

Litotipo	Descrizione	Profondità	Peso di volume naturale	Cu (kN/mq)	C' (kN/mq)	Φ (°)
AL	Argilla Limosa	0.0-5.0/11.0	16.5	145	25	23
ALS	Argilla sabbiosa Limosa	5.0-8.00 (Livello più superficiale) 8.50-12.00 Livello più profondo	16	30	-	25
S	Sabbia	9.0-29.0	16	-	-	26
A	Argilla	15.0 -35.0	17	190	50	20