


NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)



A00GRT / AD Prot. 0667924 Data 24/12/2024 ore 14:37 Classifica P.140.010.

Tavola / Elaborato	Nome Elaborato:	Scala:
R.G.1	Relazione Geologica	
		Data: Gennaio 2020

		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: Tecnoengineering s.r.l. opere civili ed edili: Dott. Ing. Marco BENVENUTO		COMMESSA I.T. : INGT-TPLPE-PBADD450	
COORDINATORE DELLA SICUREZZA : Dott. Arch. Andrea GAZZARRINI		RESPONSABILE COMMITTENTE : Ing. Cristiano AGOSTINI	
DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANE : Dott. Ing. Paolo PIZZARI		RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO : P.I. Armando MINIATI	

Rev.	Data	Descrizione / Motivo della revisione	Redatto	Controllato / Approvato
00	Gennaio 2020	Emissione progetto Esecutivo	SOTTANI	LANDINI

PROGETTO ESECUTIVO

1. QUADRO INTRODUTTIVO.....	3
1.1. PREMESSA E UBICAZIONE.....	3
1.2. INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	3
1.3. PROGETTO.....	4
2. VINCOLI E ORDINAMENTI COMUNALI E SOVRAORDINATI.....	6
2.1. VINCOLO IDROGEOLOGICO.....	6
2.2. CLASSIFICAZIONE SISMICA REGIONALE.....	6
2.3. DISTRETTO APPENNINO SETTENTRIONALE, PGRA (DIRETTIVA ALLUVIONI).....	6
2.4. PIANO STRUTTURALE DEL COMUNE DI PISTOIA.....	7
3. MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	11
3.1. CARATTERI GEOLOGICI DI AREA VASTA.....	11
3.2. CARATTERI GEOLOGICI LOCALI.....	11
3.3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI.....	12
3.4. CARATTERI IDROGEOLOGICI.....	12
3.5. CARATTERI IDRAULICI.....	12
4. INDAGINI GEOLOGICHE.....	13
4.1. CAMPAGNA DI INDAGINE LUGLIO-AGOSTO 2018.....	13
4.2. CAMPAGNA DI INDAGINE AGOSTO 2019.....	17
5. MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	18
5.1. RISULTANZE GEOTECNICHE.....	18
5.2. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DI LABORATORIO.....	19
5.3. FALDA ACQUIFERA.....	21
6. MODELLAZIONE SISMICA.....	21
6.1. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	22
6.2. PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO.....	22
6.3. SPETTRI ELASTICI.....	23

6.4. LIQUEFAZIONE.....	24
<u>7. CONCLUSIONI E INDICAZIONI.....</u>	<u>25</u>

STRALCI CARTOGRAFICI NEL TESTO

- PERICOLOSITÀ GEOLOGICA (P.S. PISTOIA)
- PERICOLOSITÀ IDRAULICA (P.S. PISTOIA)
- PERICOLOSITÀ SISMICA (P.S. PISTOIA)

INDICE DELLA CARTOGRAFIA

1. CARTA GEOLOGICA
2. CARTA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO
3. CARTA DEL PGRA
4. CARTA DEL PAI FRANE

ALLEGATI ALLA RELAZIONE

- modellazione e parametrizzazione geotecnica

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 appunto la costruzione di nuovo depuratore.

Gli interventi sul sistema fognario prevedono essenzialmente 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 con 12.000 A.E. e dismissione dell'attuale depuratore in via Bottai con capacità 4.000 A.E..

1.2.inquadramento normativo

VINCOLO IDROGEOLOGICO

R.D 3267 del 30/01/1923.: *“Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani”.* Vincolo idrogeologico.

L.R. 21 marzo 2000, n. 39: *“Legge Forestale della Toscana”.*

GEOTECNICA

D.M. 17/01/2018: *Norme Tecniche per le Costruzioni.*

D.M. LL.PP. del 11/03/1988: *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.*

Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003: “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.

D.P.G.R. n. 53R del 25-10-2011. “Indagini geologiche”.

AMBIENTE

D.Lgs 10/02/2006, n. 152: “Norme in materia di Ambiente”.

D.M. n.120 del 2017. “Gestione terre e rocce da scavo”.

PROGETTAZIONE E DIREZIONE LAVORI

D.Lgs. N. 50 del 18/04/2016: “Codice dei contratti pubblici”.

URBANISTICA

L.R. n.65 del 10-11-2014: “Norme per il governo del territorio”.

D.P.G.R. n. 53R del 25-10-2011. “Indagini geologiche”.

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 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 peracetico 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 ricircolati 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 ridurne 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).

2.VINCOLI E ORDINAMENTI COMUNALI E SOVRAORDINATI

2.1.Vincolo idrogeologico

Nell'area in progetto non è presente il vincolo idrogeologico (ai sensi della L. n°3267 del 30.12.23, del R.D. 1126/1926, art. 21 e 22, nonché del Regolamento Regionale n°48/R 2003 "Regolamento Forestale della Toscana").

2.2.classificazione sismica regionale

Il territorio interessato dal progetto, da un punto di vista sismico, in base all'OPCM 3519 del 28.04.2006 - Delib. G.R. n. 431 del 19.06.2006, ricade nei comuni classificati in zona di sismicità 2.

2.3.Distretto appennino settentrionale, pgra (diretti va alluvioni)

Dalle carte di dettaglio dell'Autorità di Bacino del fiume Arno, l'area risulta inserita in zone a pericolosità P2 (alluvioni poco frequenti).

Di seguito si riporta l'estratto del PGRA per le aree a pericolosità di alluvione media ovvero P2:

"Art. 9. Aree a pericolosità da alluvione media (P2) – Norme – Disciplina PGRA

1. Nelle aree P2, per le finalità di cui all'art. 1 sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio idraulico, con riferimento agli obiettivi di cui all'art. 1 comma 4...

2. Nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1, l'Autorità di bacino si esprime sugli interventi di seguito elencati, in merito alla compatibilità degli stessi con il raggiungimento degli obiettivi di PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone:

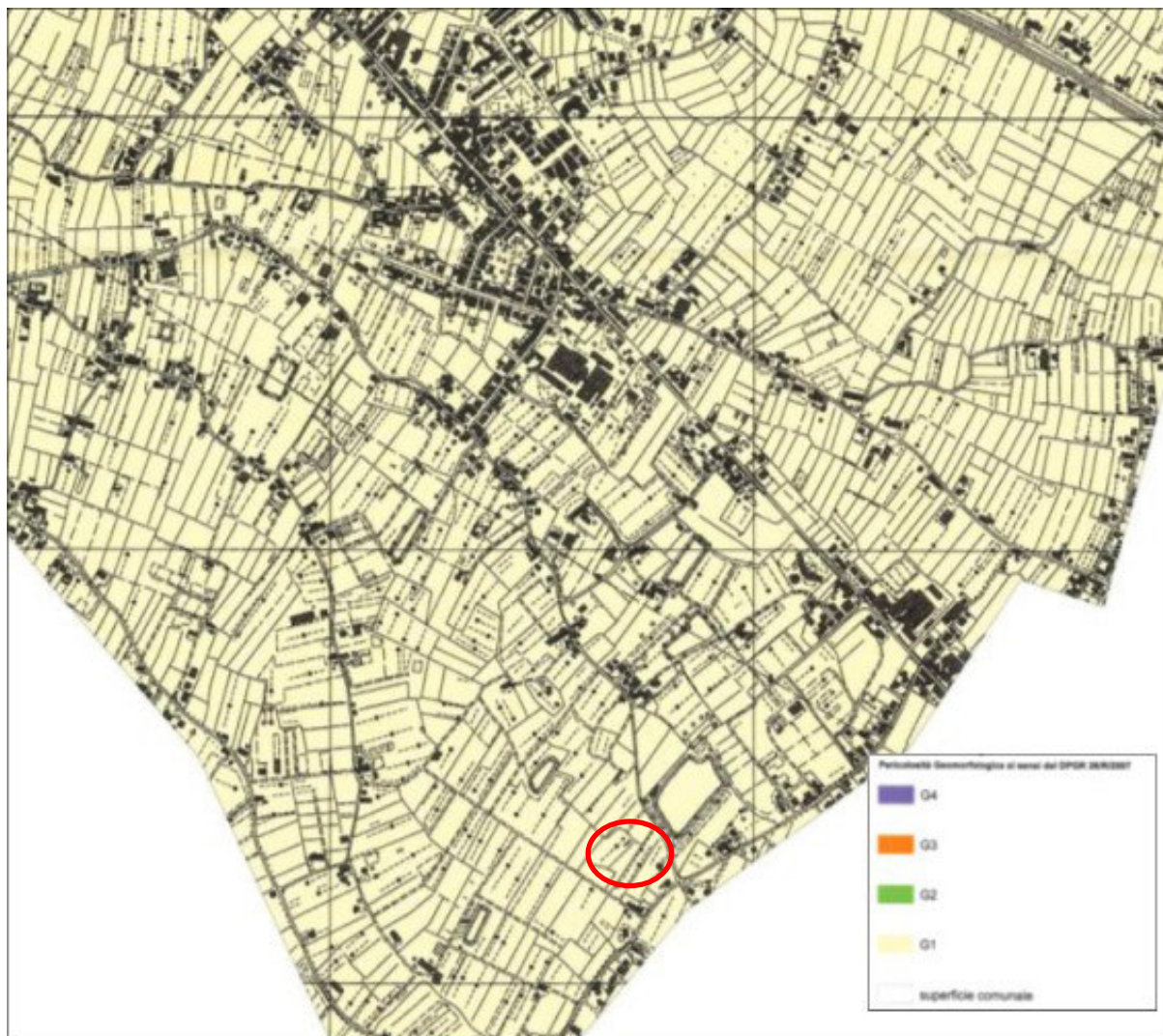
- a) misure di protezione previste dal PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone e misure previste dal PGA;
- b) interventi di sistemazione idraulica e geomorfologica, ad eccezione delle manutenzioni ordinarie, straordinarie e dei ripristini;
- c) interventi di ampliamento e ristrutturazione delle opere pubbliche o di interesse pubblico esistenti, riferite ai servizi essenziali, e della rete infrastrutturale primaria, nonché degli impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006 dichiarati di interesse pubblico;
- d) nuovi interventi relativi alle opere pubbliche o di interesse pubblico riferite ai servizi essenziali e alla rete infrastrutturale primaria;
- e) nuovi impianti di potabilizzazione e depurazione, compresi i servizi a rete e le infrastrutture a questi connessi; nonché interventi di ampliamento, di ristrutturazione di tali impianti e infrastrutture.

Tutte le opere in progetto sono di interesse pubblico e non delocalizzabili.

2.4.piano strutturale del comune di Pistoia

- Pericolosità geomorfologica.

Le aree interessate dal progetto, sono ubicate in zone caratterizzate da pericolosità geomorfologica G1.

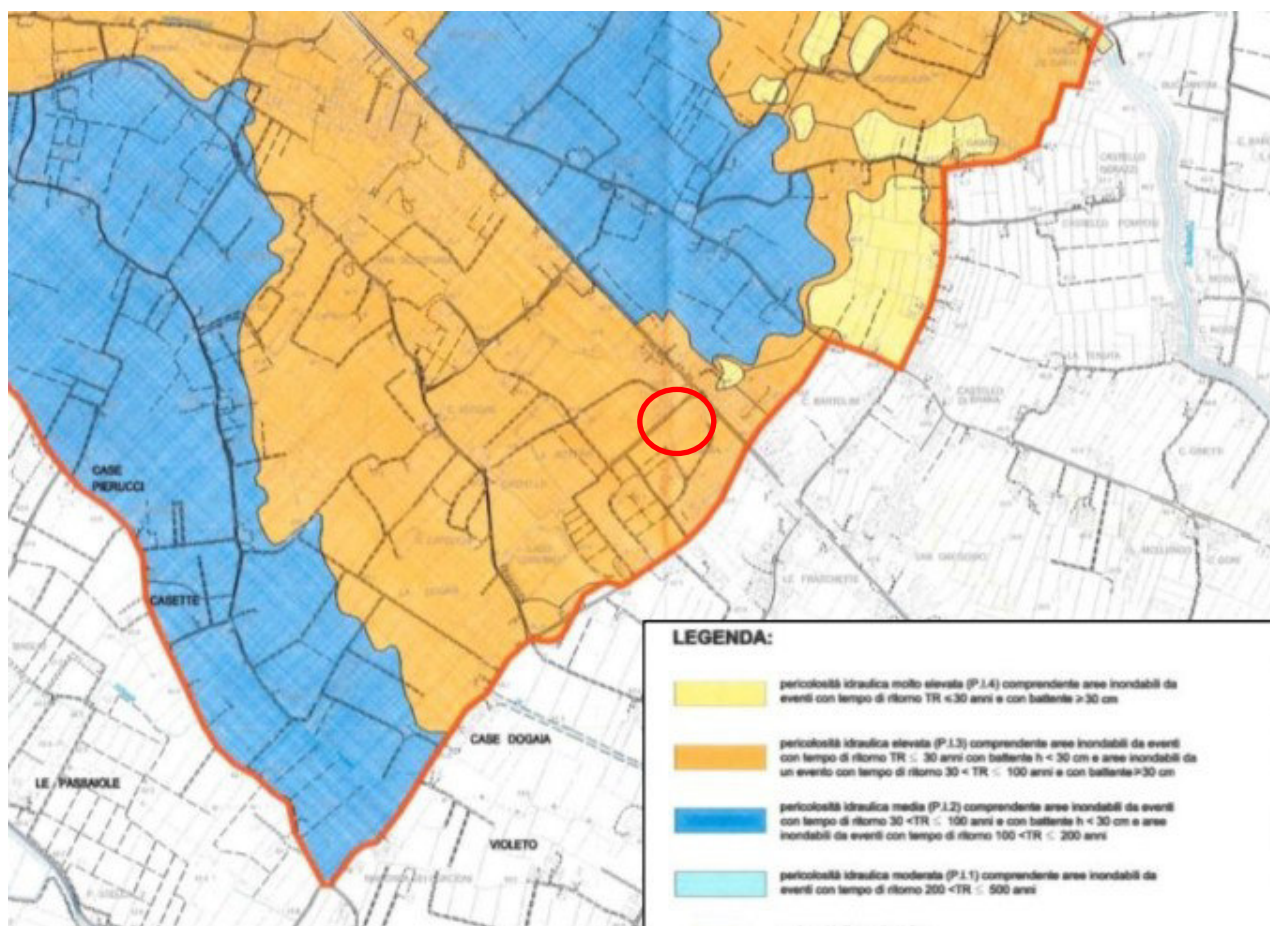


La classificazione di pericolosità di cui sopra non limita particolarmente il progetto in oggetto.

- Pericolosità idraulica.

Le zone interessate dal progetto, sono ubicate, secondo il Piano Strutturale di Pistoia, in aree a pericolosità idraulica I3.

Aree cioè di fondovalle, poste in zone sfavorevoli relativamente alle criticità idrauliche.



La classificazione di pericolosità di cui sopra non limita particolarmente il progetto in oggetto.

- Pericolosità sismica.

Le zone interessate dal progetto, secondo il Piano Strutturale di Pistoia, ricadono aree a pericolosità sismica S3.



La classificazione di pericolosità di cui sopra non limita particolarmente il progetto in oggetto.

3.MODELLAZIONE GEOLOGICA

3.1.caratteri geologici di area vasta

L'area di progetto, si colloca in una zona pianeggiante nella porzione nord-occidentale della pianura Firenze-Prato-Pistoia.

Tale pianura costituisce parte di un vasto bacino di sedimentazione di età villafranchiana, impostatosi in una depressione strutturale la cui origine deriva da una fase tettonica distensiva (Pliocene), successiva alla fase parossistica dell'orogenesi appenninica.

Durante l'evoluzione del bacino, una serie di faglie trasversali rispetto al suo asse dislocò la conca fiorentina, sollevandola.

Nel restante bacino di Prato-Pistoia continuò invece la sedimentazione lacustre, cui seguì una successiva fase alluvionale nella quale si instaurò un reticolo idrografico che, con successivi cicli di erosione e deposizione, rimaneggiò l'originaria superficie lacustre depositandovi una coltre di sedimenti alluvionali.

Nell'ultima fase evolutiva si formarono estese zone palustri (alcune delle quali perdurarono fino in epoca storica), che conferirono al paesaggio l'aspetto attuale.

3.2.caratteri geologici locali

I terreni affioranti nell'area di progetto sono:

Depositi Alluvionali attuali e recenti: i litotipi che costituiscono questi depositi sono generalmente molto variabili sia arealmente che in senso stratigrafico e possono essere costituiti da ghiaie eterometriche, sabbie e limi di composizione generalmente poligenica.

Nell'area di progetto affiorano limi e argille; nei terreni adiacenti e subito a sud-ovest dell'area di progetto è stato individuato dalla cartografia regionale un grande paleoalveo, causa di possibile presenza di sedimenti incoerenti grossolani negli orizzonti più superficiali.

3.3.caratteri geomorfologici

L'area in progetto è completamente pianeggiante e non sono presenti fenomeni di dissesto in atto o pregressi.

L'area ha morfologia sub pianeggiante; si riscontrano modificazioni antropiche riconducibili soprattutto alle infrastrutture viarie, alle opere idrauliche sui corsi d'acqua ed alle modellazioni del terreno. Presenza di palealvei nelle aree limitrofe.

L'area è da considerarsi stabile.

Non sono ipotizzabili fenomeni di dissesto geomorfologico derivanti dalle realizzazioni in progetto.

3.4.caratteri idrogeologici

Non si riscontrano nella aree, problematiche derivanti da dissesto idrogeologico, né sono ipotizzabili problematiche da dissesto idrogeologico, derivanti dalla realizzazione in progetto.

L'assetto idrologico dell'area di pianura è caratterizzato da una zona alluvionale percorsa da numerosi torrenti e fossi che consentono la regimazione delle acque di pianura e limitano i ristagni di acque che si verificano nella zona.

Le *Alluvioni recenti* affioranti indicano la presenza di falde di tipo freatico, la cui vulnerabilità sarà particolarmente elevata durante l'esecuzione delle operazioni di scavo.

Si dovrà quindi fare attenzione ad evitare l'inquinamento delle stesse.

3.5.caratteri idraulici

Le criticità idrauliche presenti, così come visibile dagli strumenti urbanistici, non rappresentano un aspetto ostativo per le strutture in progetto.

Trattasi infatti di opere di pubblico interesse, non diversamente localizzabili, consentite dunque dalla normativa.

Le opere saranno comunque realizzate in condizioni di sicurezza idraulica, non dovranno alterare le condizioni di pericolosità e di rischio idraulico delle aree

limitrofe, ed il progetto sarà valutato, da un punto di vista della pericolosità idraulica, dallo stesso Distretto Appennino Settentrionale.

4.INDAGINI GEOLOGICHE

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

4.1.CAMPAGNA DI INDAGINE LUGLIO-AGOSTO 2018

Sono state effettuate le seguenti indagini geofisiche:

- 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

MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs, sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza 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 informazioni sulla parte più superficiale del suolo; onde a bassa

frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW utilizzato è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente allineata all'array geofonico) e misurate da uno stendimento lineare di sensori. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5-10 Hz e 70-100 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°, sia della topografia sia delle diverse discontinuità elastiche.

La metodologia utilizzata consiste in quattro fasi:

- acquisizione dei dati di campagna energizzando a più riprese e alternativamente ai due estremi dello stendimento geofonico;
- determinazione dello spettro di velocità sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento;
- calcolo della curva di dispersione attraverso il picking o la modellazione diretta;
- inversione della curva di dispersione per l'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s e il parametro $V_{s,eq}$.

HVSR

La prova in questione è nota semplicemente con il nome H/V e fu sperimentata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi nel 1970, ma è stata poi diffusa successivamente, nel 1989, da Nakamura (infatti la prova viene anche definita come metodo di Nakamura). La prova consiste in una valutazione sperimentale

del rapporto di ampiezza esistente tra la media delle componenti orizzontali e di quella verticale delle vibrazioni ambientali (sismica passiva) misurate in un determinato punto della superficie terrestre tramite un sismometro a tre componenti (due orizzontali perpendicolari tra loro ed una verticale). Da quanto detto si capisce anche perché il metodo venga definito come prova HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) oppure HVSNR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio). Le vibrazioni che vengono misurate sono i cosiddetti microtremori e sono l'effetto di una molteplicità di sorgenti le quali sono attive per una molteplicità di frequenze, anche se quelle che interessano a fini ingegneristici sono generalmente quelle comprese nell'intervallo 0,5 – 20 Hz.

Le principali sorgenti sono sia di origine antropica (traffico veicolare, attività industriale, rumore urbano in genere, ...) che naturale (onde marine, perturbazioni atmosferiche, cicloni oceanici, tremori vulcanici, ...).

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

Nella prospezione sismica a rifrazione si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P o "di compressione e dilatazione"), che sono le più veloci fra le diverse onde elastiche, o trasversali (onde SH o "di taglio") per determinare spessori e andamento dei livelli presenti.

La prospezione consiste nel generare un'onda sismica di compressione o di taglio nel terreno attraverso una determinata sorgente di energia (colpo di mazza o di maglio, esplosivo etc.) e nel misurare il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo dal punto di energizzazione fino agli apparecchi di ricezione (geofoni) seguendo le leggi di rifrazione dell'ottica (Legge di Snell), cioè rifrangendosi sulle superfici di separazione tra due strati sovrapposti di densità (o meglio di modulo elastico) crescente.

L'apparecchiatura necessaria per le prospezioni è costituita da una serie di ricevitori (geofoni) che vengono spazati lungo un determinato allineamento (base sismica) e da un sismografo che registra l'istante di inizio della perturbazione elastica ed i tempi di primo arrivo delle onde a ciascun geofono. Così, osservando i primi arrivi su punti posti a distanze diverse dalla sorgente

energizzante, è possibile costruire una curva tempo-distanza (dromocrona) rappresentante la variazione del minimo percorso in funzione del tempo. Attraverso metodi analitici si ricavano quindi le velocità delle onde elastiche longitudinali (V_p) o trasversali (V_s) dei mezzi attraversati ed il loro spessore.

La velocità di propagazione delle onde elastiche nel suolo è compresa tra larghi limiti; per lo stesso tipo di roccia essa diminuisce col grado di alterazione, di fessurazione e/o di fratturazione; aumenta per contro con la profondità e l'età geologica.

Sensibili differenze si possono avere, in rocce stratificate, tra le velocità rilevate lungo i piani di strato e quelle rilevate perpendicolarmente a questi.

La velocità delle onde compressionali, diversamente da quelle trasversali che non si trasmettono nell'acqua, è fortemente influenzata dalla presenza della falda acquifera e dal grado di saturazione.

Questo comporta che anche litotipi differenti possano avere uguali velocità delle onde sismiche compressionali, per cui non necessariamente l'interpretazione sismostratigrafica corrisponderà con la reale situazione geologico-stratigrafica.

DOWN-HOLE IN FORO

Le prove sismiche in foro di tipo Down-Hole vengono realizzate, in fori di sondaggio appositamente predisposti, con l'uso di geofoni da pozzo di tipo tridimensionale ed opportuni sistemi di energizzazione.

Il metodo down-hole prevede la sorgente energetica in superficie ed i sensori all'interno del perforo.

Si adoperano geofoni particolarmente assemblati per essere calati e fissati a profondità via via crescenti contro la parete di un perforo opportunamente condizionato; energizzando il terreno in superficie e misurando i tempi di arrivo del primo impulso ai geofoni, si ha la possibilità di determinare il profilo di velocità delle onde sismiche di compressione, P, e di taglio S, nonché moduli elastici dei litotipi riscontrati durante la verticale stratigrafica.

La campagna geotecnica è stata molto intensa ed approfondita, e nello specifico ha previsto la esecuzione delle seguenti indagini:

PROVE PENETROMETRICHE

- n.11 prove penetrometriche dinamiche DPSH, fino a circa 5 metri di profondità da piano campagna ciascuna.
- n.14 prove penetrometriche statiche CPT DPSH, fino a circa 6,5 metri di profondità da piano campagna ciascuna.
- n. 7 tubi piezometrici

SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

- 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.

PROVE DI 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.

Tutte le indagini di cui sopra, sono state utilizzate per arrivare ad una modellazione geotecnica approfondita e dettagliata.

Gli originali delle indagini di laboratorio, sono visibili nell'apposito fascicolo delle indagini del presente progetto esecutivo.

4.2.CAMPAGNA DI INDAGINE AGOSTO 2019

Nel mese di Agosto dell'anno 2019, sono stati prelevati in cassetta dal 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.

5.MODELLAZIONE GEOTECNICA

5.1.risultanze geotecniche

Da un punto di vista litotecnico, sia la diretta osservazione delle risultanze geotecniche durante le indagini, insieme alla interpretazione delle indagini di laboratorio, hanno permesso di ricostruire il quadro geotecnico delle terre interessate al 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 elencate le principali risultanze geotecniche, elaborate a seguito dello studio, e da assumere per la corretta modellazione geotecnica strutturale:

- sono stati estesi a tutti i litostrati i seguenti 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, per ciascuna verticale di sondaggio, 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 fatti specie 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. Nel carotaggio S2, non è stato riscontrato lo strato sabbioso "S".

5.2.parametrizzazione geotecnica di laboratorio

Da un punto di vista litotecnico, sia la diretta osservazione delle risultanze geotecniche durante le indagini, sia la valutazione della cartografia geologica ufficiale, insieme alla interpretazione delle indagini di laboratorio, hanno permesso di ricostruire il quadro geotecnico delle terre interessate al progetto in oggetto.

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 una marcata eterogeneità spaziale e verticale.

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

Nella stessa tabella sono riportate in modo schematico, e per ciascuna verticale di sondaggio, le varie litologie con relative profondità, il valore degli SPT in foro (numero di colpi del maglio super pesante).

S1						
prof (m)	SPT	<u>Cu</u> (KN/m2)	C' (KN/m2)	Peso volume (KN/m3)	Ei (°)	litologia
0-8,5	2-5-5	215,54		20,08		limi e argille
8,5-15	2-4-6					limi sabbiosi
15-23,5	20-22-24					sabbie e ghiaie
23,5-30	10-16-22					argille
S2						
prof (m)	SPT	<u>Cu</u> (KN/m2)	C' (KN/m2)	Peso volume (KN/m3)	Ei (°)	litologia
0-20	5-9-15		47,24	19,59	24,47	argille limose
S3						
prof (m)	SPT	<u>Cu</u> (KN/m2)	C' (KN/m2)	Peso volume (KN/m3)	Ei (°)	litologia
0-10	3-8-9	145,66	66,8	19,56	25,8	argille limose
10-15	2-8-9					sabbie grigie con ghiaia
15-23,5	13-18-22					argille limose
23,5-29	6-8-11					sabbie grigie con ghiaia
29-30						argille marroni
S4						
prof (m)	SPT	<u>Cu</u> (KN/m2)	C' (KN/m2)	Peso volume (KN/m3)	Ei (°)	litologia
0-9	5-7-10	216,04	36,8	20,08	25,7	Argille limose
9,5-12,5	3-6-6			19,94		limo argilloso sabbioso
12,5-19	8-15-25					sabbie limose argillose
19-29	9-18-32					sabbie con ghiaia
29-35	9-15-29					Argille limose
S5						
prof (m)	SPT	<u>Cu</u> (KN/m2)	C' (KN/m2)	Peso volume (KN/m3)	Ei (°)	litologia
0,5-2,5			24,9	19,96	27,5	sabbie argillose limose
2,5-8	4-6-9	163,41		19,42		argilla limoso sabbiosa
6-17	2-2-3					sabbie limose
17-20	12-18-23					argille limose
S6						
prof (m)	SPT	<u>Cu</u> (KN/m2)	C' (KN/m2)	Peso volume (KN/m3)	Ei (°)	litologia
0-11	2-4-5		15,3	20,24	25,77	Argille limose
11-15,5	5-7-11					sabbie limose
15,5-24	12-19-25					argille grigie
24-28						limi sabbiosi con ghiaia
28-30	18-25-31					argille marroni
S7						
prof (m)	SPT	<u>Cu</u> (KN/m2)	C' (KN/m2)	Peso volume (KN/m3)	Ei (°)	litologia
0-8			26,2	19,66	23,2	Argille limose
6-16	3-3-3					limi sabbiosi
16-20						argille marroni

La parametrizzazione geotecnica interpretata, così come descritta nel paragrafo 5.1, è visibile nell'unico allegato della presente relazione geologica,

rappresentante le stratigrafie geotecniche, la relativa schematizzazione litostratigrafica e parametrizzazione.

5.3.FALDA ACQUIFERA

La falda acquifera, rilevata nei piezometri attrezzati, oscilla tra -8 metri circa da piano campagna (piezometri S1-S6) e -5 metri da piano campagna (piezometri S2-S5).

Le misurazioni della falda, sono state eseguite in un arco temporale ristretto, in un periodo che va da Maggio a Luglio 2018.

Tali misurazioni hanno dato fornito comunque una indicazione della presenza della stessa nel sottosuolo.

Nella modellazione geotecnica e progettazione strutturale, è opportuno considerare la falda prossima a piano campagna, essendo tutta l'area, una zona alluvionabile, e soggetta ad oscillazioni importanti della stessa falda, soprattutto in periodi di precipitazioni meteoriche intense.

Quanto sopra al fine di considerare, da un punto di vista geotecnico e strutturale, la spinta della eventuale falda sotterranea, sulle strutture di fondazione di progetto.

Per quanto riguarda invece le interazioni della falda acquifera, con la verifica alla liquefazione dinamica, si faccia riferimento alle reali misurazioni della stessa, considerando un innalzamento potenziale, nel periodo piovoso.

6.MODELLAZIONE SISMICA

Il territorio interessato dal progetto, da un punto di vista sismico, in base Ord. PCM 3519 del 28.04.2006 - Delib. G.R. n. 431 del 19.06.2006, ricade nei comuni classificati in zona di sismicità 2, Comune di Pistoia.

Tale categoria, individua il valore di accelerazione orizzontale dello spettro di risposta elastico a_g/g pari a 0,25.

Con l'entrata in vigore della nuova normativa sulle costruzioni, infatti, la stima della pericolosità sismica viene definita in base al sito di progetto.

6.1. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

latitudine: 43,892579 [°]

longitudine: 10,957013 [°]

Classe d'uso: III. Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	19388	43,906830	10,922770	3168,4
Sito 2	19389	43,908330	10,992120	3313,5
Sito 3	19611	43,858350	10,994110	4829,9
Sito 4	19610	43,856860	10,924830	4736,0

6.2. PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 75 anni

Coefficiente c_u : 1,5

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	81	45	0,057	2,545	0,260
Danno (SLD)	63	75	0,070	2,538	0,272
Salvaguardia della vita (SLV)	10	712	0,163	2,395	0,303
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0,205	2,391	0,312

Stabilità di pendii e fondazioni

	S_s [-]	C_c [-]	S_t [-]	K_h [-]	K_v [-]	A_{max} [m/s ²]	β [-]
SLO	1,500	1,640	1,000	0,017	0,009	0,840	0,200
SLD	1,500	1,610	1,000	0,021	0,010	1,026	0,200
SLV	1,470	1,560	1,000	0,057	0,029	2,347	0,240

SLC	1,410	1,540	1,000	0,081	0,040	2,833	0,280
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Muri di sostegno NTC 2018

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,640	1,000	0,000	--	0,840	--
SLD	1,500	1,610	1,000	0,049	0,025	1,026	0,470
SLV	1,470	1,560	1,000	0,091	0,045	2,347	0,380
SLC	1,410	1,540	1,000	0,000	--	2,833	--

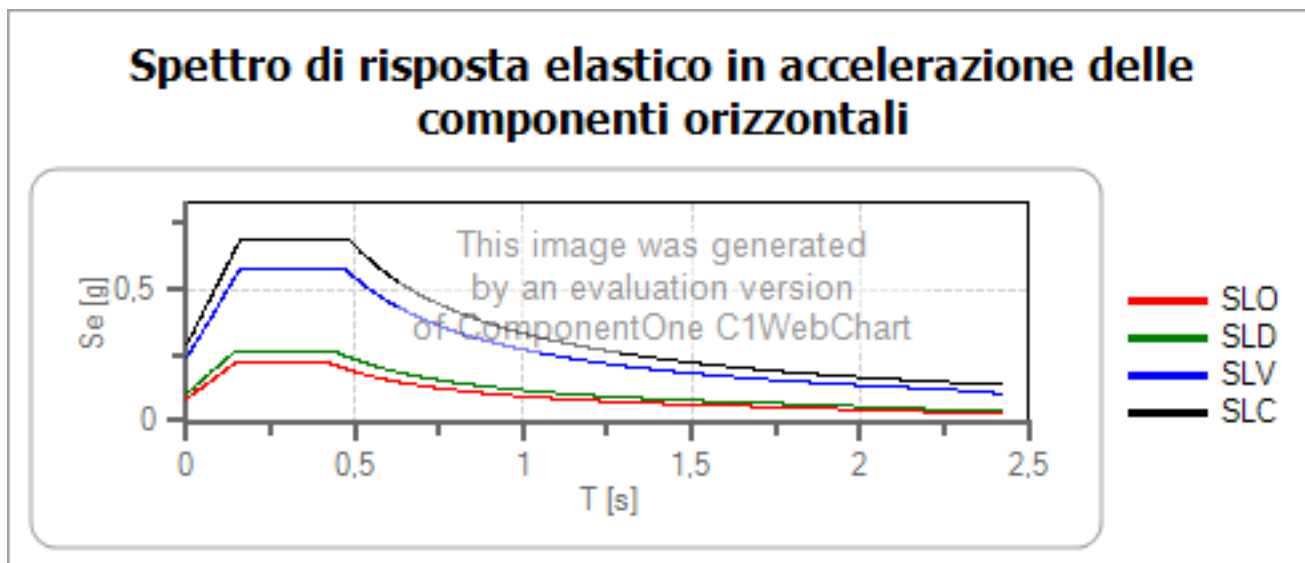
Fronti di scavo e rilevati

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,640	1,000	0,000	--	0,840	--
SLD	1,500	1,610	1,000	0,049	0,025	1,026	0,470
SLV	1,470	1,560	1,000	0,091	0,045	2,347	0,380
SLC	1,410	1,540	1,000	0,000	--	2,833	--

6.3.SPETTRI ELASTICI

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5%

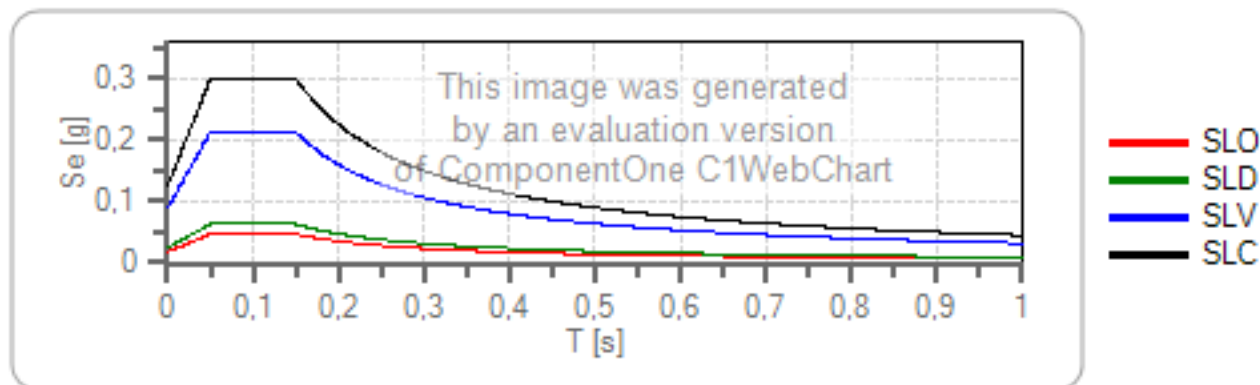
Fattore che altera lo spettro elastico =1,000



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1,5	0,057	2,545	0,260	1,500	1,640	1,000	1,500	1,000	0,142	0,427	1,829
SLD	1,5	0,070	2,538	0,272	1,500	1,610	1,000	1,500	1,000	0,146	0,438	1,879

SLV	1,5	0,1 63	2,395	0,3 03	1,470	1,560	1,000	1,470	1,000	0,158	0,4 73	2,251
SLC	1,5	0,2 05	2,391	0,3 12	1,410	1,540	1,000	1,410	1,000	0,160	0,4 81	2,419

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1,5	0,0 57	2,545	0,2 60	1,000	1,640	1,000	1,000	1,000	0,050	0,1 50	1,000
SLD	1,5	0,0 70	2,538	0,2 72	1,000	1,610	1,000	1,000	1,000	0,050	0,1 50	1,000
SLV	1,5	0,1 63	2,395	0,3 03	1,000	1,560	1,000	1,000	1,000	0,050	0,1 50	1,000
SLC	1,5	0,2 05	2,391	0,3 12	1,000	1,540	1,000	1,000	1,000	0,050	0,1 50	1,000

6.4.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.

7.CONCLUSIONI E INDICAZIONI

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) Bottegone, situato nel comune di Pistoia.

Nell'area non è presente il vincolo idrogeologico.

Le classificazioni cartografiche di base, a livello di pianificazione comunale, non rappresentano aspetti particolarmente limitanti per la tipologia di opera in progetto.

Le risultanze geologiche e geotecniche ad oggi esaminate, consentono la impostazione geologica del progetto, secondo le indicazioni e le prescrizioni di cui alla presente relazione geologica.

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.

Per quanto riguarda la valutazione delle terre e rocce derivanti da attività di scavo previste in progetto, si faccia riferimento alla relativa relazione sulle terre e rocce da scavo.

INDICE DELLA CARTOGRAFIA

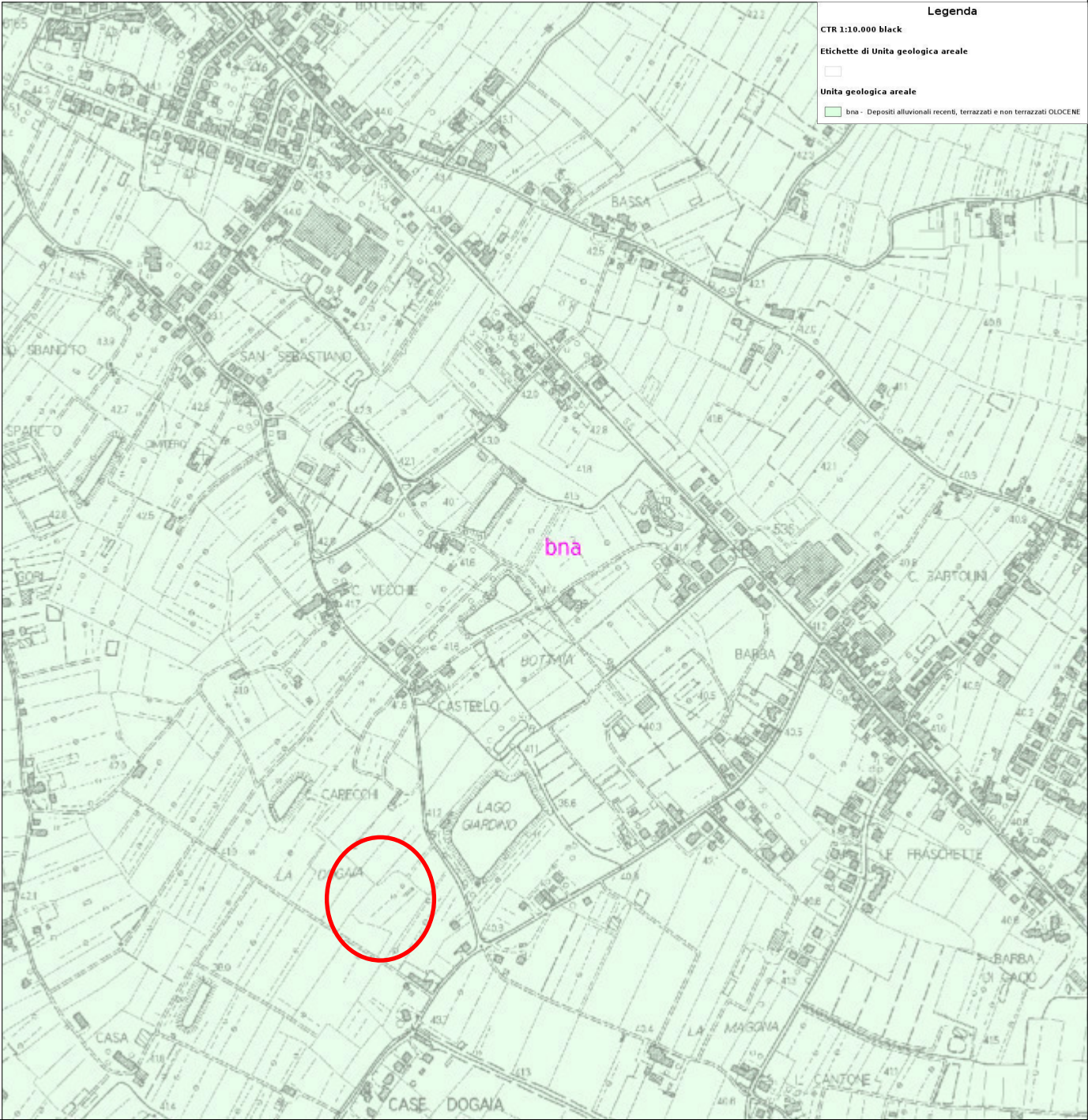
1. CARTA GEOLOGICA
2. CARTA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO
3. CARTA DEL PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)
4. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANE (PAI)



Regione Toscana - DB Geologico

Scala 1 : 10.000

1.658.840



Legenda
CTR 1:10.000 black
Etichette di Unità geologica areale
Unità geologica areale
bna - Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati OLOCENE

4.861.813

4.859.942

1.657.022

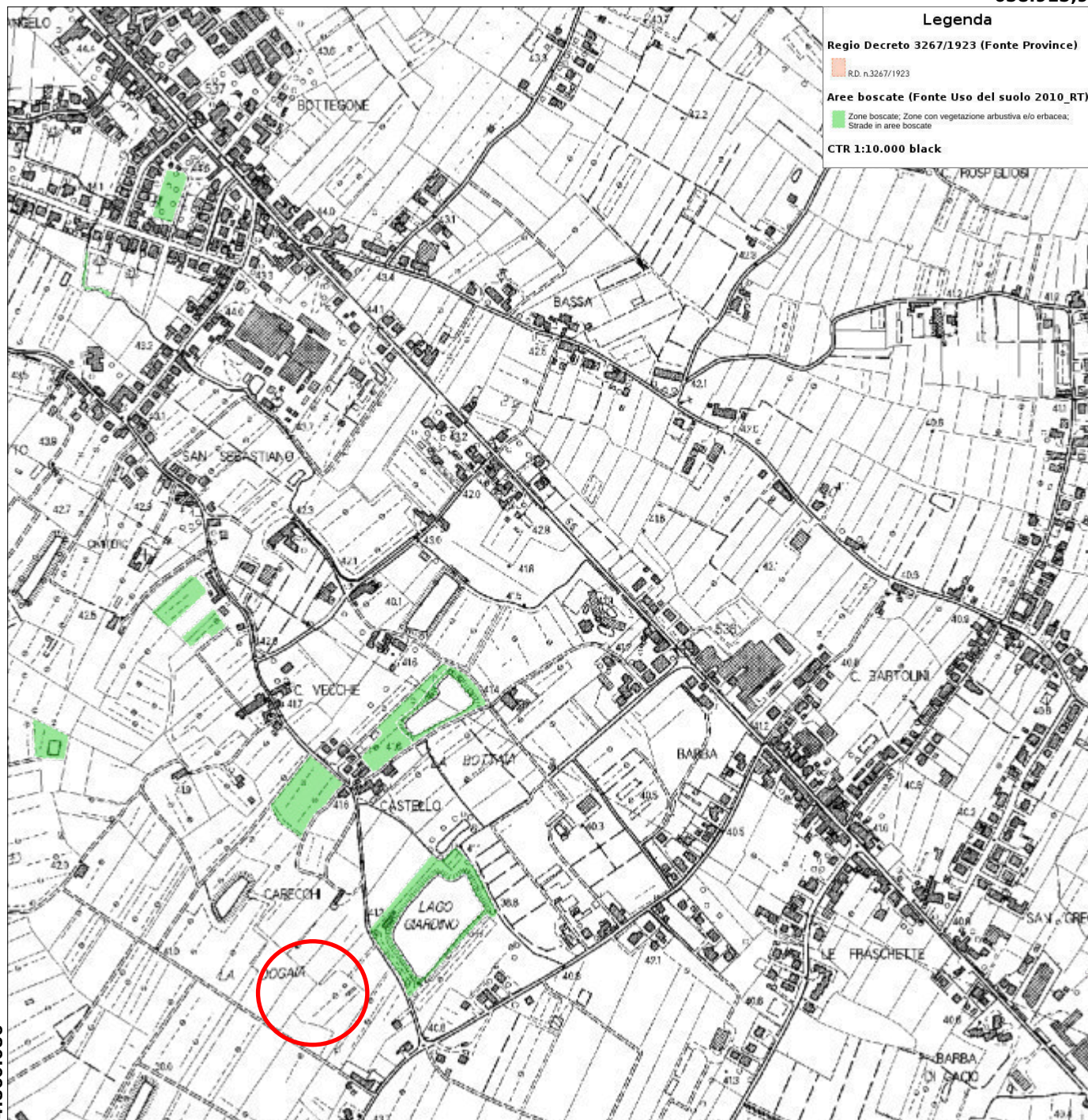
EPSG:3003



Regione Toscana - SITA: Vincolo idrogeologico

Scala 1 : 10.000

658.915,9



4.861.956

4.860.086

657.098,2

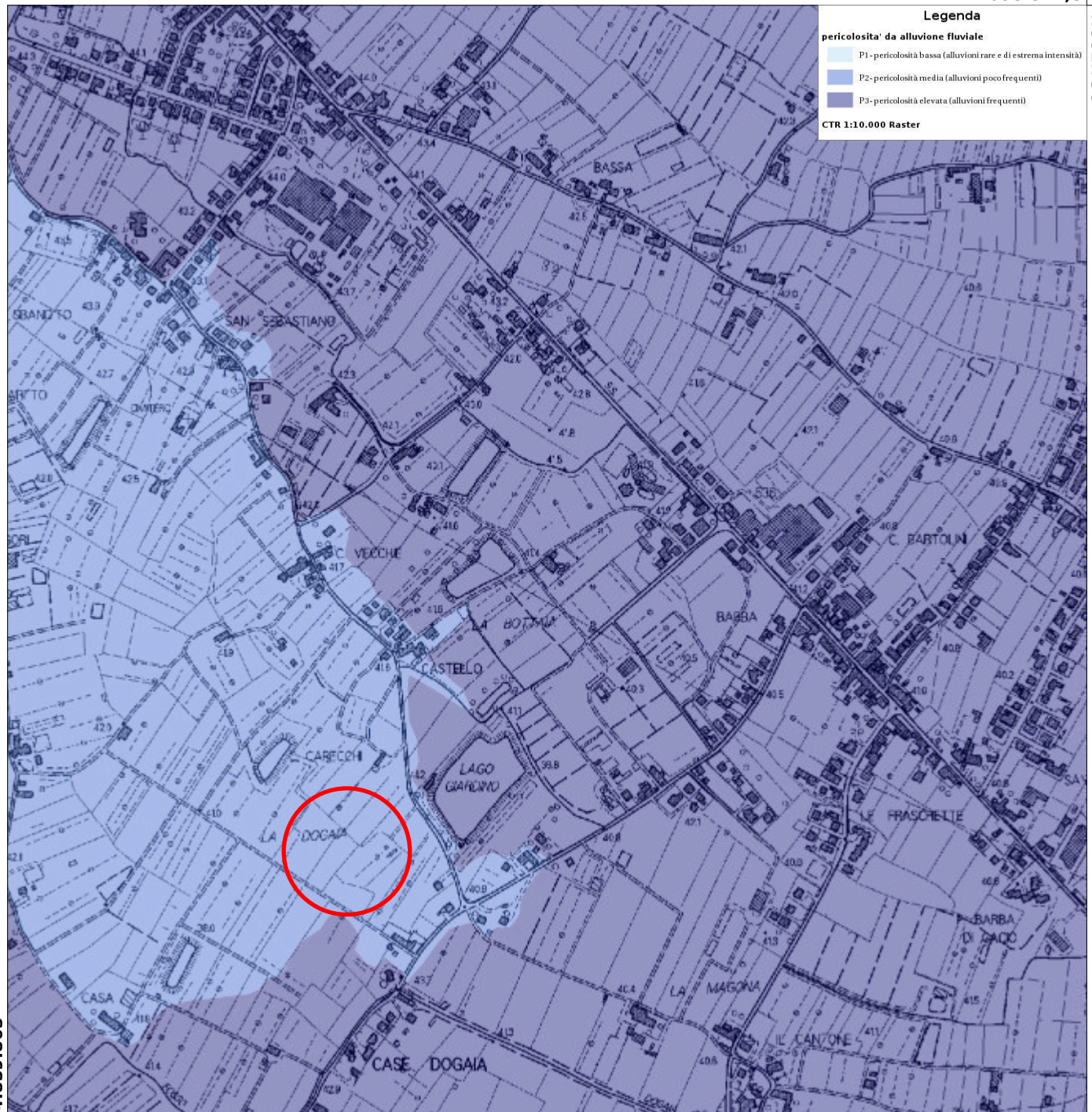
EPSG:25832



Regione Toscana - SITA: Direttiva Alluvioni

Scala 1 : 10.000

658.842,8



4.861.736

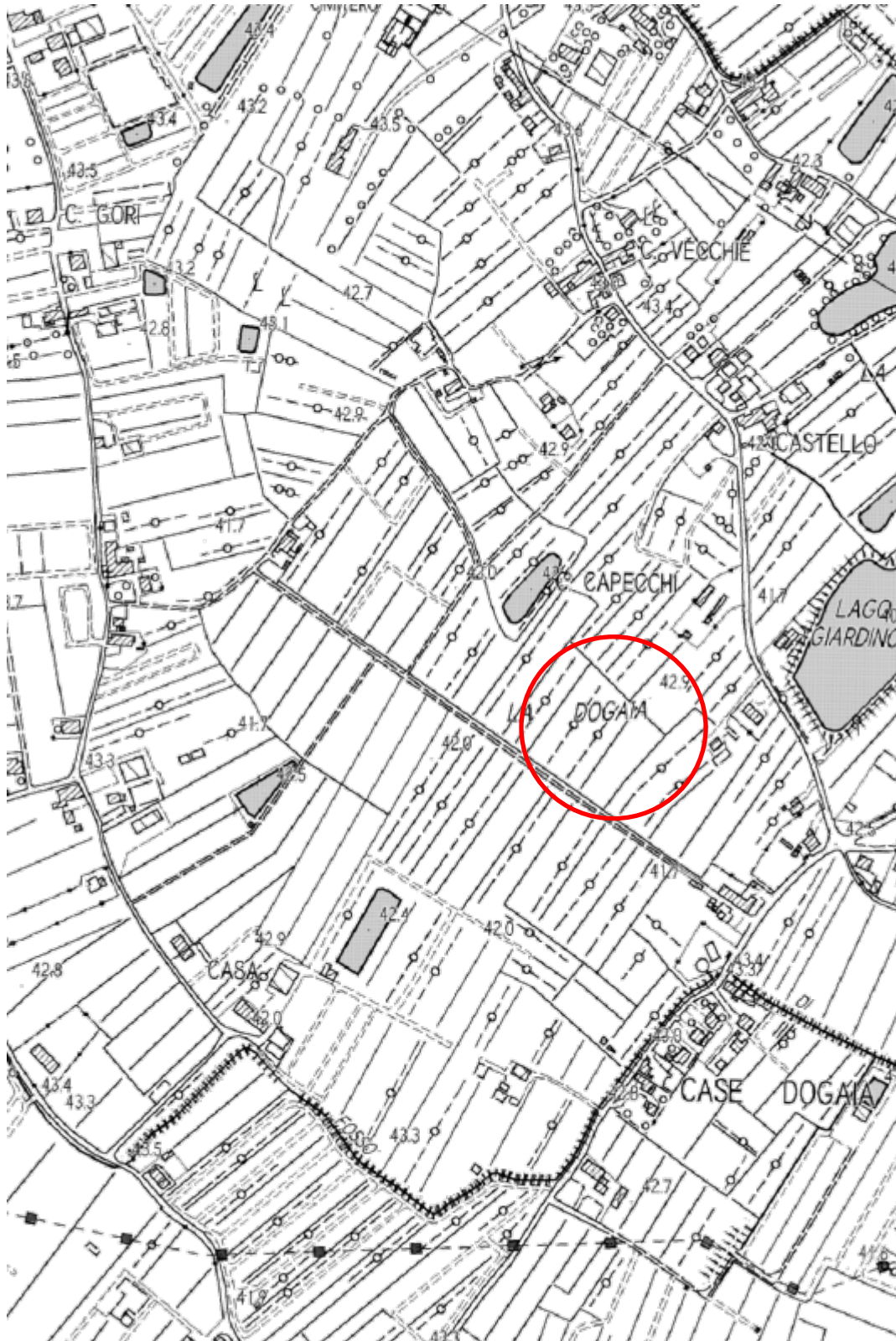
4.859.865

657.025,1






EPSG:25832

Distretto Appennino Settentrionale

PAI, pericolosità geomorfologica



PAI Frane 25K

-  Aree non studiate
-  PF1
-  PF2
-  PF3
-  Aree studiate in scala 1:1

PAI Frane 10K

-  PF2
-  PF3
-  PF4

Limite Toscana Umbria

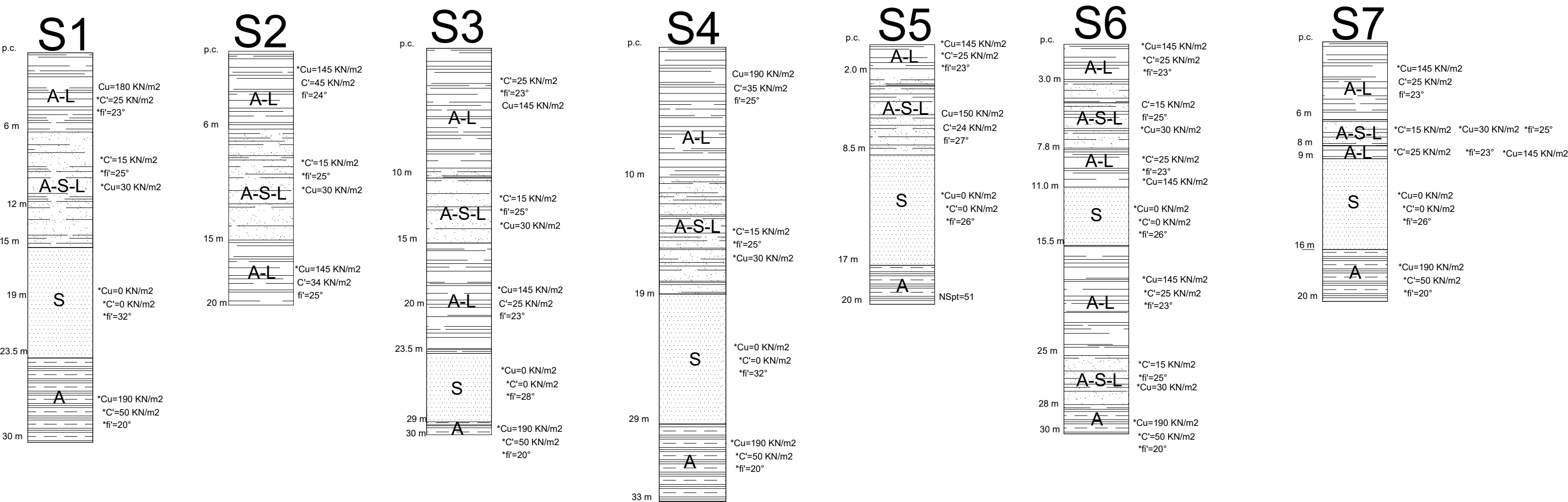


CTR10K. Aggiornamento 201

ALLEGATI ALLA RELAZIONE

- modellazione e parametrizzazione geotecnica

Modellazione e parametrizzazione geotecnica



- A** Argilla
 $\gamma^*=17,0$ KN/m³
 $\gamma_{sat}=19,5$ KN/m³

A-L Argilla-limosa
 $\gamma^*=16,5$ KN/m³
 $\gamma_{sat}=19,5$ KN/m³
- A-S-L** Argilla-sabbioso-limosa
 $\gamma^*=16,0$ KN/m³
 $\gamma_{sat}=19,0$ KN/m³

S Sabbia
 $\gamma^*=16,0$ KN/m³
 $\gamma_{sat}=18,5$ KN/m³

N.B. i parametri geotecnici sono caratteristici e derivano da indagine di laboratorio, i parametri geotecnici con (*) sono dedotti da considerazioni litologiche e dallo studio delle NPST