

COMUNE DI ROVIGO

Manifestazione di interesse propedeutica alla redazione della
NONA VARIANTE PARZIALE AL PIANO DEGLI
INTERVENTI

“Centro Storico e Capoluogo”
INERENTE L'EX COMPLESSO
“CASA DI CURA PRIVATA CITTA' DI ROVIGO”

Proprietà:

Casa di Cura Privata “Città di Rovigo S.r.l.”
C.F. e P. IVA: 00116870296
Via Falcone e Borsellino n. 69
45100 Rovigo (RO)

Ubicazione e individuazione catastale immobile:

Via G. Sichirollo n. 30 e via Pascoli
Foglio 20 – Sezione A – mappale 535

Tecnici incaricati:

STUDIO TECNICO MARANGONI – PORTO VIRO (RO)
STUDIO TECNICO PREARO – OCCHIOBELLO (RO)

ALLEGATO 4: RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA PROPOSTA

Aprile 2023



OBIETTIVO:

- Ü Finalità di contenimento del consumo del suolo nonché di rigenerazione e riqualificazione del patrimonio immobiliare;
- Ü Una politica per promuovere misure volte al miglioramento della qualità della vita delle persone all'interno delle città.
- Ü Realizzazione di interventi mirati alla coesione sociale, alla tutela della disabilità, alla qualità architettonica, alla sostenibilità, all'efficienza energetica ed ambientale.

PROPOSTA PROGETTUALE

La proposta è indirizzata verso un progetto di residenze ad alto contenuto innovativo e basso impatto ambientale, volto alla riqualificazione urbana e alla ricerca della qualità architettonica che rispetti i principi di utilità e funzionalità, con particolare attenzione all'impatto visivo sul territorio, alla sostenibilità energetica ed ecologica, alla qualità tecnologica dei materiali e delle soluzioni adottate, seguendo il principio di valorizzazione culturale e identitaria dell'architettura e degli spazi urbani indicato dalla L.R. 14 del 2019.

Il nuovo edificio cercherà di proporre soluzioni innovative per rispondere in chiave creativa e razionale ai problemi dell'abitare contemporaneo. Non solo quindi ricerca tecnica sull'edificio nel suo aspetto funzionale, impiantistico e dal punto di vista dei materiali utilizzati, ma anche disegno di spazi privati e semiprivati che possano creare le migliori condizioni per una nuova socialità nell'abitare le unità che verranno realizzate e, soprattutto, nell'utilizzo degli spazi "comuni".

Il risultato mira verso la realizzazione di un manufatto di alta qualità sotto il profilo tecnico e funzionale, che garantisca tanto il comfort abitativo, quanto un piacevole contesto di socialità tra i residenti.

I valori che costituiranno la base del progetto si possono riassumere nel quadro seguente:

- L'housing, come ricerca di soluzioni per lo spazio dell'abitare nella città contemporanea, in un sistema complesso in cui vivere in un luogo non vuol dire solo soddisfare le esigenze primarie (dormire-mangiare-lavarsi) ma in cui abitare uno spazio vuol dire trovare risposte all'esigenza di essere abitante;
- Il basso impatto ambientale dei manufatti e dei materiali utilizzati, attraverso tecniche a secco rapidamente eseguibili, con forti connotati antisismici e durabilità elevata;
- La flessibilità urbana e architettonica nello sviluppo dell'insediamento, per garantire un'immagine di quartiere;

- La differenziazione chiara tra spazi comuni semiprivati e privati, contribuendo a garantire privacy e qualità della vita assieme a spazi di socialità e condivisione delle funzioni.

L'edificio si fonderà su una maglia modulare attraverso la quale saranno appositamente divisi gli spazi serventi e quelli serviti, mantenendo un elevato grado di flessibilità interna per qualsiasi taglio di moduli abitativi e/o lavorativi.

I materiali utilizzati saranno estremamente innovativi tanto nelle strutture quanto nelle finiture siano esse esterne od interne.

Le superfici interne verranno intonacate con composti ecocompatibili senza rilascio di sostanze nocive, e i rivestimenti esterni avranno colorazioni che assecondino una lettura chiara dei volumi, nel rispetto del piano dei colori esistente, le coperture ospiteranno pannelli solari fotovoltaici e termici per la produzione di energia elettrica ed acqua calda sanitaria e per il riscaldamento a pavimento.

Il progetto nella sua globalità si propone il rispetto dei vari aspetti della sostenibilità: la questione energetica, i cambiamenti climatici, la gestione dei rifiuti, la temporaneità dell'abitare e versatilità delle abitazioni, la flessibilità architettonica e urbana nello sviluppo degli insediamenti.

Si pone come obiettivi fondamentali alcuni parametri generali:

- Chiarezza compositiva e strutturale per agevolare qualsiasi aggregazione possibile tra le unità minime, arricchendo l'impianto architettonico ad ogni successiva espansione dell'unità minima;
- Funzionalità e razionalità nella relazione tra spazi serviti, serventi e tra spazi interni ed esterni, con l'utilizzo di soluzioni atte ad ottimizzare costi di costruzione e gestione degli impianti;
- Modularità strutturale e distributiva che garantisca massima flessibilità degli spazi interni, anche nella previsione di piccole modifiche in fasi successive a quella di cantiere;
- Applicazione di tecnologie passive ed attive per il controllo climatico estate-inverno;
- Implementazione di sistemi di produzione di energia termica elettrica da fonti rinnovabili;
- Utilizzo di materiali e strutture che rientrino in una logica di eco-compatibilità.

Tra le soluzioni che si cercherà di utilizzare, da un punto di vista tecnico, si sottolineano quelle inerenti il sistema di recupero delle acque meteoriche provenienti dalle falde di copertura per ottenere una fonte di acqua per fini irrigui a costo zero ed i sistemi di schermatura solare nelle terrazze per poter fruire dall'apporto luminoso e termico in modo differenziato nelle varie stagioni dell'anno.

Gli impianti, infine, prevederanno l'utilizzo di sistemi di riscaldamento e raffrescamento a bassa temperatura a pavimento, con l'utilizzo di pannelli solari termici e fotovoltaici.

STUDI PRELIMINARI – ANALISI CRITICITA' DELLA ZONA

In via preliminare sono già stati eseguiti i seguenti studi:

- 1) Relazione di compatibilità idraulica;
- 2) Relazione geologica ed idrogeologica;
- 3) Relazione geotecnica e sismica;

che, in calce, vengono allegati alla presente relazione.

Casa di Cura Privata Città di Rovigo s.r.l.
Rovigo

STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA
AREA EX POLICLINICO
"CASA DI CURA CITTA' DI ROVIGO"
Via Sichirollo 32 – Rovigo

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA
Deliberazione Giunta Regionale Veneto 6 ottobre 2009 n. 2948
OTTOBRE 2022



I N D I C E

PREMESSA	pag. 3
PRECIPITAZIONI INTENSE E DI BREVE DURATA	pag. 6
TRASFORMAZIONE URBANISTICA	pag. 10
VERIFICA INTERFERENZE CON AREE DI CRITICITA' IDRAULICA	pag. 11
PRESCRIZIONI	pag. 13

PREMESSA

Gli studi di compatibilità idraulica fanno riferimento alle trasformazioni urbanistiche e sono regolamentati dalla Deliberazione della Giunta Regionale del Veneto n. 2948 del 6 ottobre 2009, recante disposizioni in merito ai nuovi strumenti urbanistici PAT-PATI-PI o varianti “che comportino una trasformazione territoriale che possa modificare il regime idraulico”. La sopra citata Delibera sostituisce le precedenti D.G.R.V. n. 1841 del 19 giugno 2007, n. 1322 del 10 maggio 2006 e n. 3637 del 13 dicembre 2002.

“Scopo fondamentale dello studio è quello di far sì che le valutazioni urbanistiche, sin dalla fase della loro formazione, tengano conto dell’attitudine dei luoghi ad accogliere la nuova edificazione”.

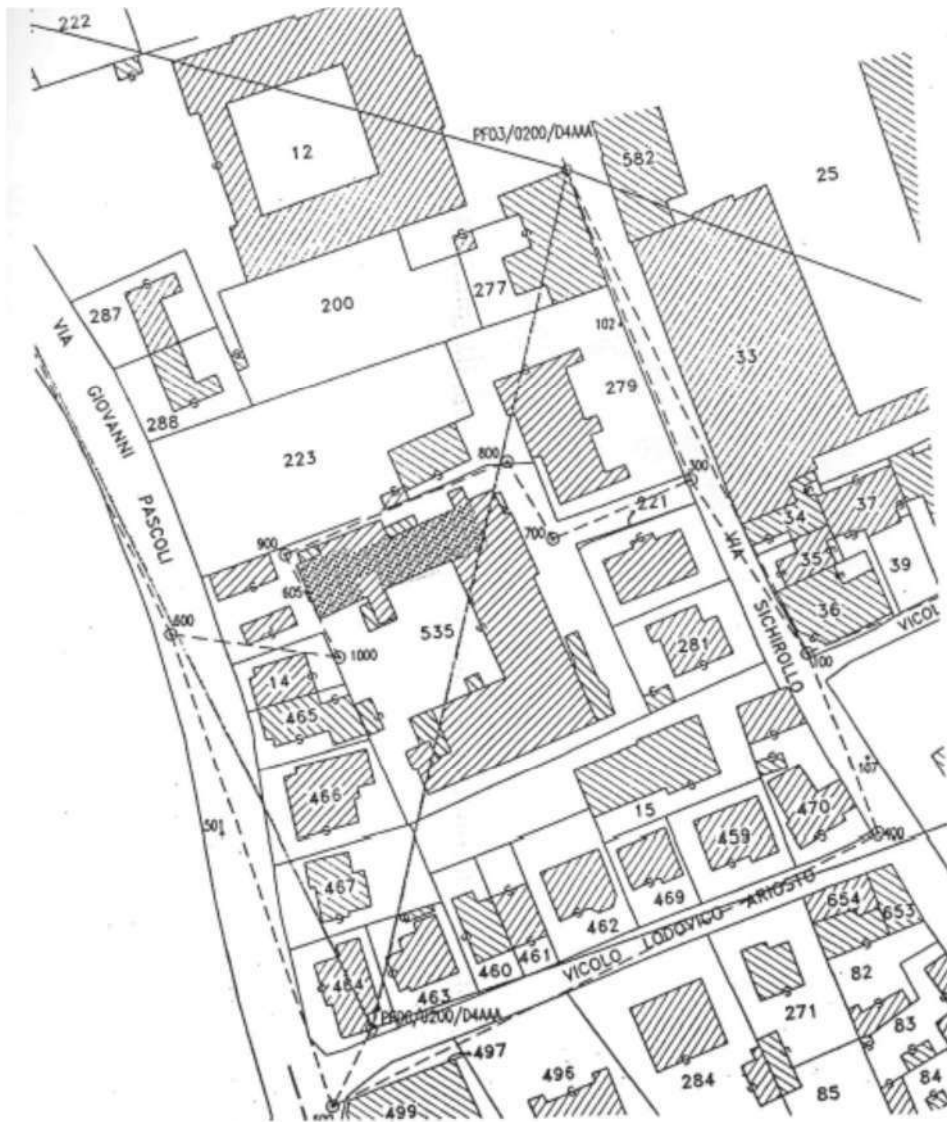
Al fine di evitare alterazioni al regime idraulico dovranno essere previste idonee misure compensative, tali da garantire l’“invarianza idraulica” rispetto alla situazione antecedente l’urbanizzazione.

Qui di seguito vengono evidenziate le principali prescrizioni contenute nell’allegato A (“Modalità operative e indicazioni tecniche”) della sopra citata D.G.R.V. n. 1841/2007:

- “ogni nuovo strumento urbanistico comunale (PAT/PATI o PI) deve contenere uno studio di compatibilità idraulica che valuti per le nuove previsioni urbanistiche le interferenze che questi hanno con i dissesti idraulici presenti e le possibili alterazioni causate al regime idraulico”;
- “lo studio di compatibilità idraulica è parte integrante dello strumento urbanistico e ne dimostra la coerenza con le condizioni idrauliche del territorio”;
- “nella valutazione di compatibilità idraulica si deve assumere come riferimento tutta l’area interessata dallo strumento urbanistico in esame, cioè l’intero territorio comunale per i nuovi strumenti urbanistici (o anche più Comuni per strumenti intercomunali) PAT/PATI o PI”;

- “è richiesta con progressiva definizione la individuazione puntuale delle misure compensative, eventualmente articolata tra pianificazione strutturale (Piano di Assetto del Territorio – PAT), operativa (Piano degli Interventi – PI), ovvero Piani Urbanistici Attuativi – PUA”;
- “a livello di PAT lo studio sarà costituito dalla verifica di compatibilità della trasformazione urbanistica con le indicazioni del PAI e degli altri studi relativi a condizioni di pericolosità idraulica, nonché dalla caratterizzazione idrologica ed idrografica e dalla indicazione delle misure compensative, avendo preso in considerazione come unità fisiografica il sottobacino interessato in un contesto di Ambito Territoriale Omogeneo”;
- “nell’ambito del PI, andando pertanto a localizzare puntualmente le trasformazioni urbanistiche, lo studio avrà lo sviluppo necessario ad individuare le misure compensative ritenute idonee a garantire l’invarianza idraulica con definizione progettuale a livello preliminare/studio di fattibilità”;
- “la progettazione definitiva degli interventi relativi alle misure compensative sarà sviluppata nell’ambito dei Piani Urbanistici Attuativi”.

Tutto ciò premesso, nel presente studio vengono effettuate valutazioni di compatibilità idraulica concernenti l’intervento nell’area ex Casa di Cura Città di Rovigo, sita in Via Sichirollo n. 30 (vedi planimetria catastale – Comune di Rovigo – foglio 20 – mappali 221-535).



Planimetria catastale

Nelle valutazioni che seguono si è fatto inoltre riferimento ai contenuti dello studio di compatibilità idraulica relativo al P.A.T. del Comune di Occhiobello (redatto dallo scrivente nel dicembre 2008).

PRECIPITAZIONI INTENSE E DI BREVE DURATA

Nello studio di compatibilità idraulica relativo al P.A.T. del Comune di Rovigo (anno 2009) si presero in considerazione le seguenti serie di dati:

- periodo 1955÷1988 (Rovigo - Servizio Idrografico)
- periodo 1989÷2007 (Concadirame – ARPAV)

ottenendo dalle elaborazioni le seguenti equazioni delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, che esprimono le altezze di precipitazione (h) in funzione delle rispettive durate (T_p) e dei tempi di ritorno (TR):

$TR = 50$ anni

$$T_p < 1 \text{ ora:} \quad h \text{ (mm)} = 62,31 T_p^{0,44} \quad T_p \text{ (ore)}$$

$$T_p > 1 \text{ ora:} \quad h \text{ (mm)} = 57,61 T_p^{0,24} \quad T_p \text{ (ore)}$$

$TR = 20$ anni

$$T_p < 1 \text{ ora:} \quad h \text{ (mm)} = 53,02 T_p^{0,37} \quad T_p \text{ (ore)}$$

$$T_p > 1 \text{ ora:} \quad h \text{ (mm)} = 49,07 T_p^{0,22} \quad T_p \text{ (ore)}$$

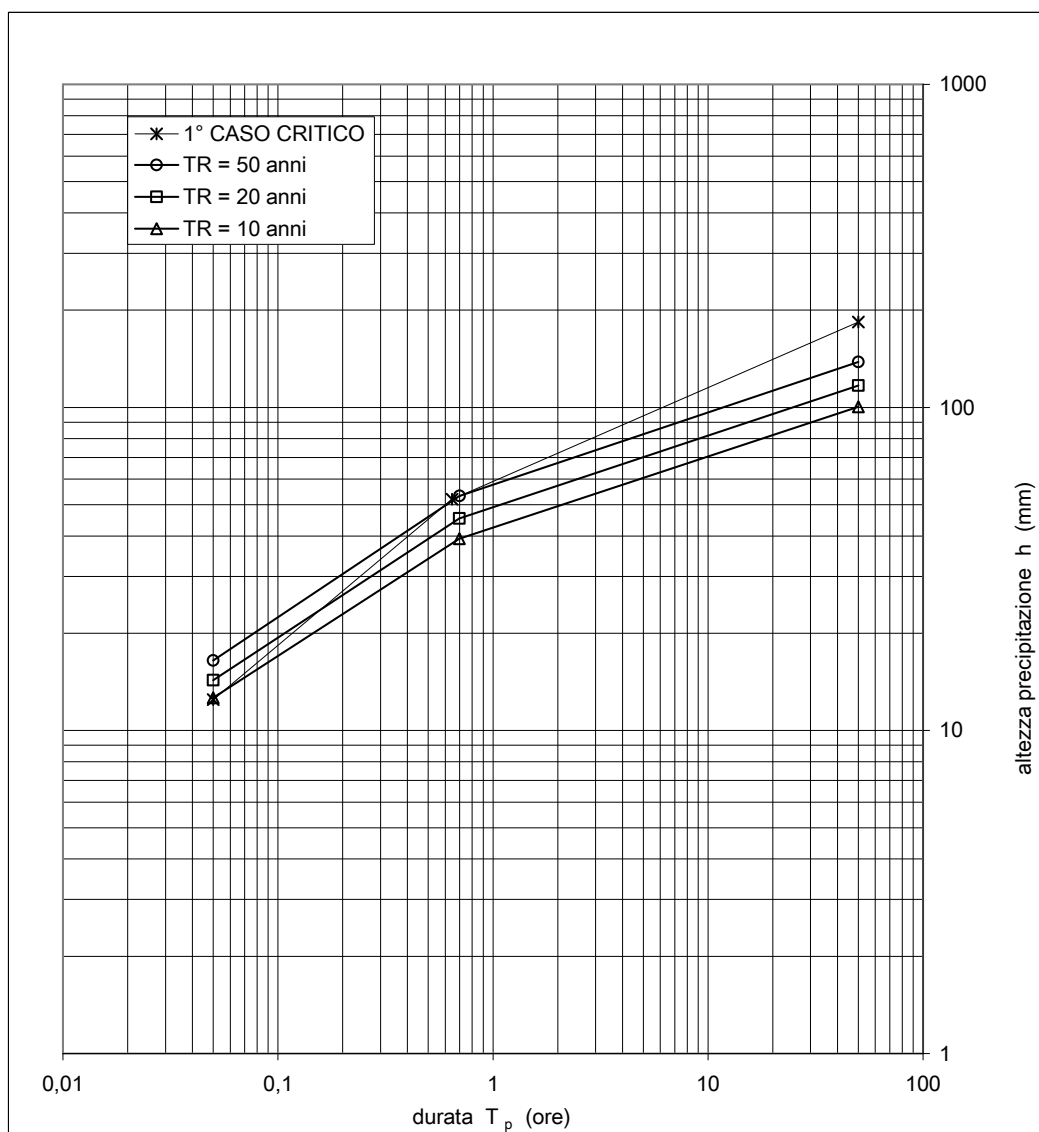
Vedi rappresentazioni di pagina seguente.

LINEE SEGNALATRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

ROVIGO - Idrogr. - Arpav (1955÷2007)

$$h = a T_p^n \quad h \text{ (mm)} \quad t \text{ (ore)}$$

		1° CASO CRITICO	TR = 50 anni	TR = 20 anni	TR = 10 anni
durata precipitazione $T_p < 1$ ora:	a_1 (mm/ore ⁿ)	66,48	62,31	53,02	45,83
	n_1	0,559	0,444	0,437	0,430
durata precipitazione $T_p > 1$ ora:	a_2 (mm/ore ⁿ)	59,07	57,61	49,07	42,48
	n_2	0,290	0,224	0,222	0,220



Successivamente all'approvazione del PAT, nel 2011 il Consorzio di Bonifica Adige Po (territorialmente competente) si è dotato di uno studio dal titolo "Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento", con l'individuazione di Zone Territoriali Omogenee (Z.T.O.), ciascuna delle quali caratterizzata da curve segnalatrici di possibilità pluviometrica del tipo a tre parametri (a,b,c):

$$h = a T_p / (T_p + b)^c \quad \text{con} \quad h \text{ (mm)} \quad T_p \text{ (min)}.$$

Nello studio testè citato il comune di Rovigo rientra nella sottozona Polesine Centrale, contraddistinta dai seguenti valori dei parametri (vedi figura di pagina seguente):

TR = 50 anni:	a = 41,7	b = 18,6	c = 0,829
TR = 20 anni:	a = 35,6	b = 16,0	c = 0,841.

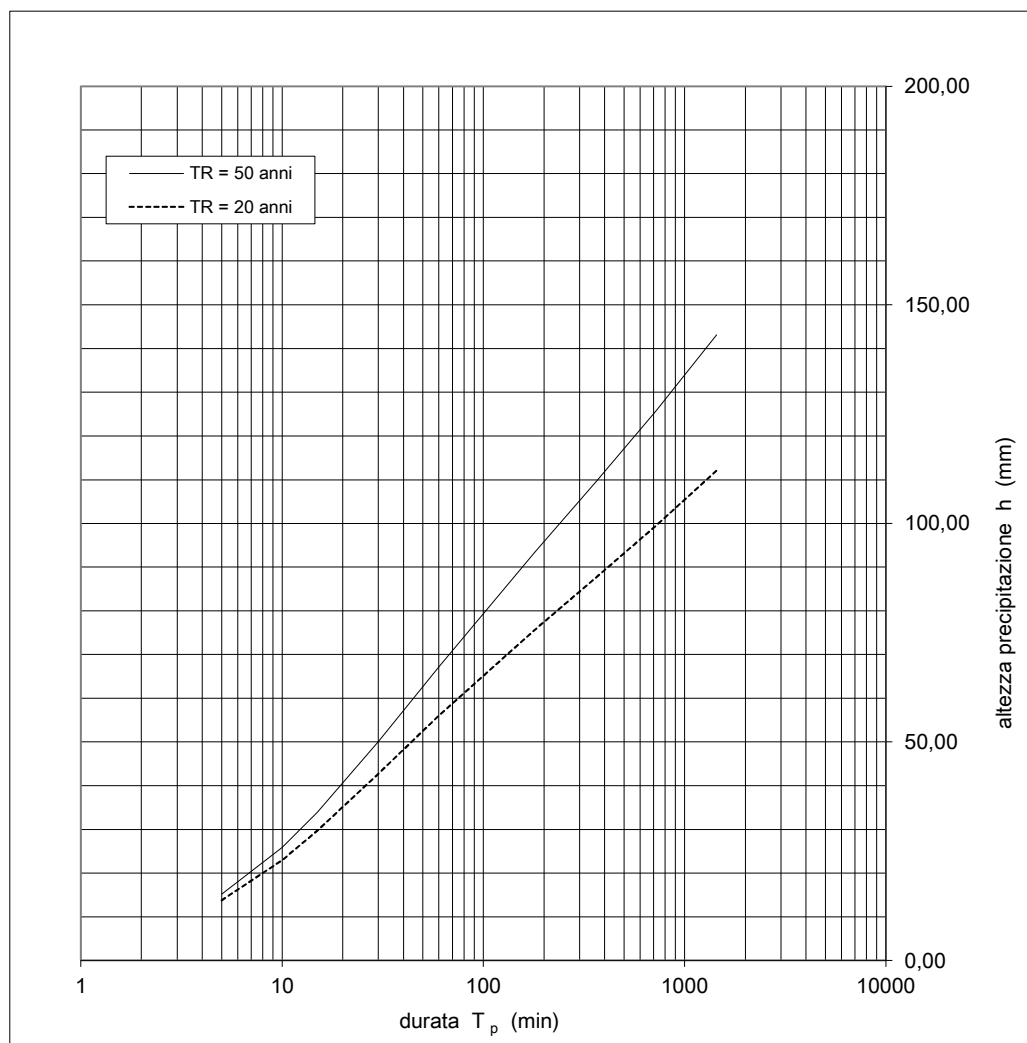
In conformità a quanto previsto dalla sopra citata DGRV 2948/2009 nelle valutazioni di compatibilità idraulica si fa riferimento a un tempo di ritorno TR = 50 anni.

LINEE SEGNALATRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

ANALISI REGIONALIZZATA PRECIPITAZIONI (2011)

Sottozona POLESINE CENTRALE

	a	b	c	
TR = 50 anni	41,7	18,6	0,829	$h = a T_p / (T_p + b)^c$
TR = 20 anni	35,6	16	0,841	h (mm) T _p (min)



TRASFORMAZIONE URBANISTICA

L'attuale destinazione urbanistica dell'area in esame (mappali 221-535, superficie catastale 2.838,00 m²) risulta la seguente:

Zona F2B "Attrezzature di interesse comune a livello territoriale".

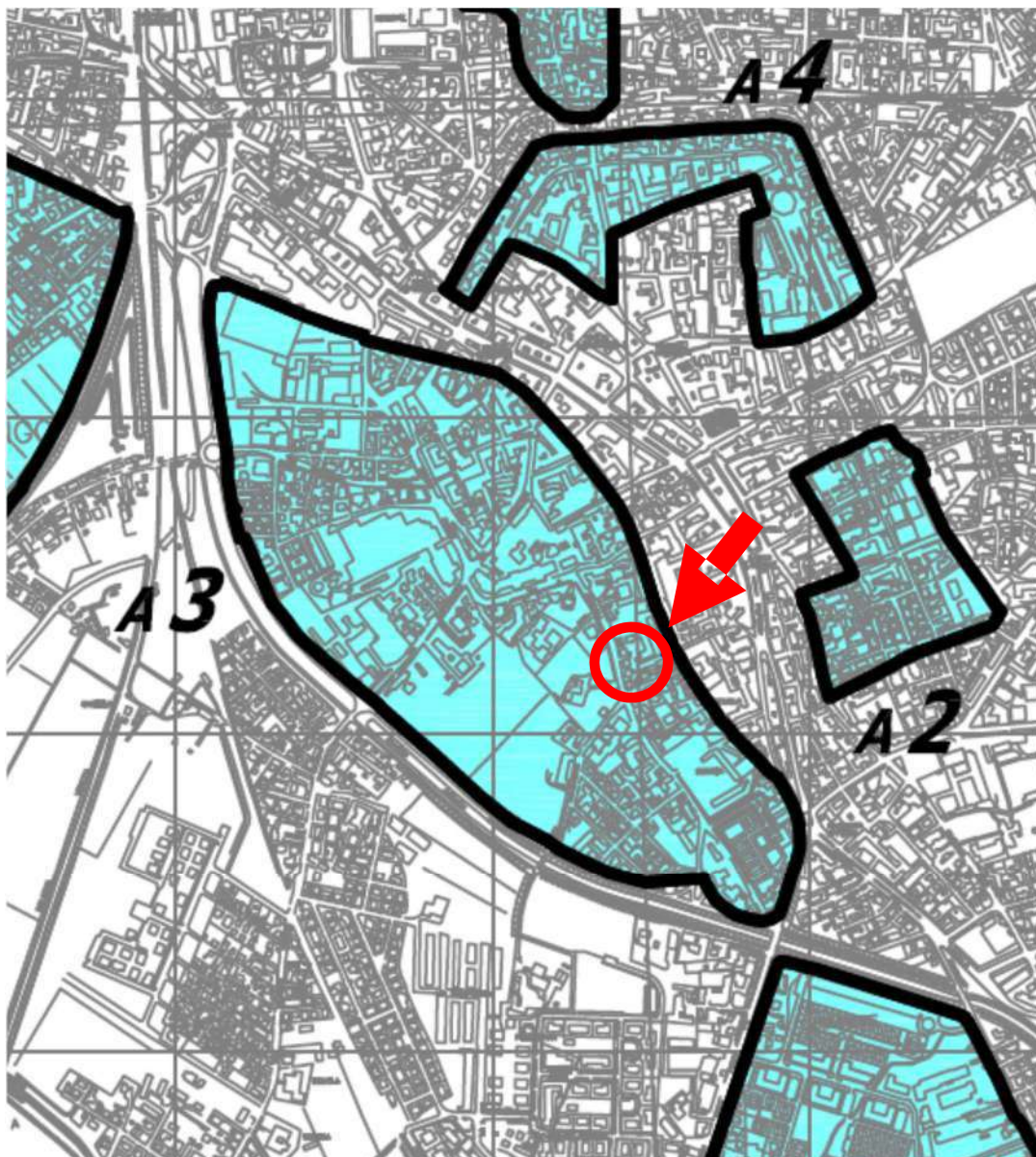
Viene previsto il cambio di destinazione d'uso dell'area da F2 (attrezzature di interesse comune) a residenziale (e in parte direzionale e/o commerciale).

Allo stato attuale l'area risulta quasi completamente impermeabilizzata (superfici coperte, piazzati, marciapiedi), con modeste zone a verde.

Dal momento che nella situazione futura non viene previsto alcun aumento delle superfici impermeabili, al fine di garantire l'invarianza idraulica, non vengono previste particolari misure compensative (volumi di invaso).

VERIFICA INTERFERENZE CON AREE DI CRITICITA' IDRAULICA

Con riferimento alla Carta della Criticità Idraulica di cui alla TAVOLA 03 dello studio di compatibilità idraulica del P.A.T. di Rovigo, l'intervento in esame cade all'interno della zona di criticità idraulica A3 indicata da Acque Venete S.p.A. (già Polesine Acque S.p.A. – vedi estratto della suddetta Carta, più sotto riportato).



ESTRATTO
CARTA CRITICITA' IDRAULICA
P.A.T. ROVIGO

Con riferimento all'area A3, nella relazione di compatibilità idraulica del PAT, a pag. 20, si fa riferimento a tal proposito a una "Vasta area individuata fra Corso del Popolo e Adigetto. Presenta problemi legati al deflusso (presenza di n. 2 botti a sifone sottopassanti il medesimo Adigetto con sezioni inadeguate). Secondo informazioni assunte il problema potrebbe essere risolto mediante realizzazione di n. 2 impianti idrovori con scarico in Adigetto).

e ancora a pag. 43 "...Si rileva che le aree di possibile trasformazione talora interferiscono con le zone di criticità idraulica segnalate dal Consorzio di Bonifica Polesine Adige Canalbianco e da Polesine Acque (vedi Carta delle Interferenze, TAVOLA 4).

Nel corso degli incontri tenuti con i Responsabili del Consorzio di Bonifica medesimo e di Polesine Acque, si sono valutate possibili azioni mitigative finalizzate a rendere compatibili, sotto il profilo idraulico, gli interventi di trasformazione."

PRESCRIZIONI

Sempre a pag. 43 della relazione di compatibilità idraulica del PAT di Rovigo si legge quanto segue.

“Tutto ciò considerato, vengono qui di seguito riportate le prescrizioni di carattere generale relative alle aree di possibile trasformazione che interferiscono con le zone di criticità idraulica indicate da Consorzi di Bonifica e da Polesine Acque. Tali prescrizioni vanno considerate alla stregua di linee guida per le successive fasi di programmazione (Piani di Intervento P.I.).

- 1) si dovrà prevedere la sopraelevazione del piano campagna a quote adeguatamente superiori rispetto al livello di sicurezza forniti dall'Ente gestore della rete di scolo; la sopraelevazione non dovrà interferire negativamente con le zone circostanti, pregiudicando il funzionamento della rete di drenaggio esistente ovvero aggravando i volumi di afflusso meteorico;
- 2) ciascuna area dovrà essere considerata alla stregua di un bacino idraulicamente chiuso verso l'esterno, prevedendo nella parte terminale di valle la realizzazione di un adeguato sistema di laminazione dotato di idoneo dispositivo di limitazione della portata in uscita (scarico controllato verso l'esterno);
- 3) i sistemi di laminazione e i relativi dispositivi di limitazione delle portate in uscita dovranno essere dimensionati secondo i criteri previsti dalla D.G.R.V. n. 1841/2007;
- 4) dovrà essere realizzato un adeguato collegamento alla rete pubblica (collettori di bonifica o fognatura urbana), in grado di convogliare all'esterno la portata in uscita;
- 5) dovrà essere garantita la perfetta efficienza della rete idraulica, previa manutenzione programmata dei dispositivi di laminazione, dei relativi scarichi controllati (bocche tarate) e dei fossati recettori privati (o tubazioni) fino alla confluenza nella rete pubblica (collettori di bonifica o fognatura urbana);

- 6) il livello di accesso ai fabbricati dovrà risultare individuato adeguatamente al di sopra della quota di massimo invaso del sistema di laminazione, relativa a un tempo di ritorno delle precipitazioni $TR = 50$ anni;
- 7) va evitata la realizzazione di locali posti al di sotto del piano campagna (scantinati).

Tutte le prescrizioni sopra riportate, eccezion fatta per le prescrizioni n. 1) e n. 7) (sopraelevazione del piano campagna evitando la realizzazione scantinati), vanno sempre applicate, anche per le aree che non interferiscono con le zone di criticità idraulica. Si ritiene comunque che il rispetto dei sopra elencati punti 1) e 7) dovrebbe rappresentare una misura di prevenzione sempre raccomandata.”.

* * *

In conformità alle indicazioni fornite dalla D.G.R.V. n. 2948/2009, fra le opere relative alla messa in sicurezza da un punto di vista idraulico, dovrà essere previsto quanto segue:
“... utilizzo di pavimentazioni drenanti su sottofondo permeabile per i parcheggi”,
“ aree verdi conformate in modo tale da massimizzare la capacità di invaso e laminazione”.

Per quanto non specificato nel presente documento si dovrà far riferimento ai contenuti dello studio di compatibilità idraulica relativo al P.A.T. (2008), nonché alla più volte citata D.G.R.V. 2948/2009.

Alla luce delle valutazioni sopra riportate, con le prescrizioni generali sopra esposte, nel rispetto di eventuali prescrizioni rilasciate dagli Enti competenti, si ritiene garantito il rispetto delle condizioni di “invarianza idraulica” di cui alla D.G.R.V. n. 2948/2009 (nessuna variazione significativa rispetto alla situazione preesistente).

Casa di Cura Privata Città di Rovigo s.r.l. – Rovigo
Via Falcone e Borsellino 69 – 45100 Rovigo

STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA AREA
EX POLICLINICO
“CASA DI CURA CITTA' DI ROVIGO”
Via Sichirollo 32 - Rovigo

RELAZIONE GEOLOGICA ED
IDROGEOLOGICA PRELIMINARE

OTTOBRE 2022



INDICE

PREMESSA	pag. 3
INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	pag. 3
Note illustrative relative alla geomorfologia dell'area di studio	pag. 5
Tav.1 Carta Geomorfologica	sc. 1:10.00
INQUADRAMENTO LITOGEOLOGICO E IDROGEOLOGICO	pag. 6
Note illustrative relative alla litologia superficiale dell'area di studio	pag. 6
Tav.2 Carta Litologica	sc. 1:10.00
Note illustrative relative all'idrogeologia dell'area di studio	pag. 7
Tav.3 Carta Idrogeologica	sc. 1:10.00
FRAGILITA'	pag. 8
Note illustrative relative alla Carta delle Fragilità del territorio del Comune di Rovigo	pag. 8
Tav.4 Carta delle Fragilità	sc. 1:10.00

PREMESSA

La presente relazione geologica ed idrogeologica di dettaglio è parte integrante dello studio di fattibilità tecnico-economica dell'area ex Policlinico "Casa di Cura Città di Rovigo", sita in Via Giacomo Sichirolo n. 32 del Capoluogo Polesano (vedi planimetria catastale a pagina 13).

La relazione che segue ha carattere preliminare e vuole fornire una prima valutazione di massima riguardante le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche generali del sottosuolo. Vengono forniti anche alcuni elementi idrogeologici di dettaglio acquisiti durante l'esecuzione delle tre verifiche preliminari di tipo CPTU spinte a profondità variabili dai 20 ai 30 metri ca. dal p.c. prelavori.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area esaminata nello studio si è formata mediante gli apporti terrigeni legati alle alluvioni del sistema fluviale Po, Adige e Tartaro Fissero Canalbianco; in particolare si osserva che l'edificio di studio è posto all'immediato margine ovest del paleoalveo dell'Adigetto. (Tav.1 Carta Geomorfologica – PAT Rovigo).

E' noto che la pianura basso polesana si è originata circa 6000 anni orsono durante la trasgressione Flandriana, che ha portato alla progressiva sommersione della Pianura Alto Adriatica Wurmiana. L'ingressione marina si diffuse in un preesistente bacino lacustre dando origine alle lagune primordiali.

Lo studio geologico e morfologico della Pianura Padana ha messo in evidenza una grande quantità di antichi rami fluviali ora interrati (paleoalvei) che stanno a dimostrare come gli andamenti dei fiumi principali e dei loro affluenti alpini e appenninici abbiano subito negli ultimi millenni notevoli trasformazioni.

L'innalzamento eustatico del mare prima, l'attività alluvionale dei fiumi veneti, Po e Adige (e localmente di Adigetto) poi, furono i principali fattori genetici del territorio polesano in quanto i suddetti corsi d'acqua dilagarono nella piana con continui cambiamenti di regime idraulico e dei loro stessi corsi.

I caratteri morfologici di tale territorio furono poi accentuati da processi di subsidenza naturale.

Nel sottosuolo si possono distinguere due complessi sedimentari ben definiti quali il continentale tardo-pleistocenico di base sul quale si è depositato il lagunare olocenico.

Complesso continentale tardo-pleistocenico

E' rappresentato da alternanze di orizzonti argilloso-limosi e sabbie con frequenti intercalazioni torbose. La struttura lentiforme e i passaggi laterali con forme addentellate rivelano lo stile fluvio-continentale di tali depositi.

Al tetto di questo complesso si trova di frequente il "caranto", nota argilla limosa sovraconsolidata che (pur sviluppandosi in modo discontinuo per le vicende erosive subite durante la emersione preolocenica) sigilla il passaggio al complesso olocenico.

La potenza del livello "caranto" è variabile da luogo a luogo (da 2 a 20 m circa) in relazione alla pendenza della paleopianura Wurmiana ed anche a causa dei processi di subsidenza naturalmente particolarmente attivi nelle zone deltizie meridionali.

I suoli delle aree emerse, prevalentemente costituiti da argille limose e argille sabbiose, sono rimasti esposti per lunghi periodi all'azione di un clima arido e gelido che ha determinato il loro sovraconsolidamento, ovvero ne ha determinato un essiccamento ed un indurimento, sì che "caranto", così viene chiamato localmente questo livello litologico, si presenta come una argilla limosa o sabbiosa, molto compatta.

Nell'intervallo di tempo fra gli 11.000 ed i 6.000 anni fa, il clima si addolcisce progressivamente (fine della glaciazione wurmiana), la temperatura media aumenta progressivamente così come aumenta il livello delle acque del mare.

Complesso olocenico

Il complesso olocenico, prevalentemente limo-sabbioso, si presenta trasgressivo su quello pleistocenico, anche se apparentemente in concordanza.

In generale le sabbie iniziali sono ricche di resti conchigliiferi che testimoniano l'ingressione marina; gli orizzonti sovrastanti sono argillosi o limosi, in genere di ambiente deposizionale lagunare e fluvio-lacustri. Infine nei livelli più superficiali ed in particolare lungo i cordoni dunosi litoranei, i sedimenti sono francamente sabbiosi e l'ambiente nettamente litoraneo.

Note illustrative relative alla geomorfologia dell'area di studio

L'area di studio risulta ubicata immediatamente al margine ovest del corso del paleoalveo dell'Adigetto che collega l'abitato di Rovigo all'abitato di Villadose, posto ad est.

Nella posizione investigata con CPTU 3 (ved. Carta ubicazione prove a pag.14), la più vicina al paleoalveo originale dell'Adigetto poi tombinato e quindi la più significativa dal punto di vista dell'analisi geomorfologica del sito, si evidenzia, nella sua parte più superficiale, sino a 7 metri dal p.c., la presenza prevalente di terreni limosi, limoso sabbiosi con intercalari di argille ed argille organiche.

In altra relazione (geotecnica e sismica) verrà effettuata una descrizione di dettaglio delle caratteristiche dei terreni interessati al progetto sino alla profondità massima di 30.00 metri dal p.c. prelavori.

Di seguito viene riportato come Tav.1 uno stralcio della Carta Geomorfologica a scala 1:10.000 tratta dal PAT del Comune di Rovigo - 2009.



Comune di Rovigo - P.A.T. 2009

Tav. 1 Carta Geomorfologica

sc. 1:10.000

Legenda



Area di studio



Dosso fluviale

INQUADRAMENTO LITOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Note illustrative relative alla litologia superficiale dell'area di studio

Il documento proposto rappresenta l'elaborazione delle determinazioni fisico-chimiche effettuate sui campioni di terreno prelevati negli ultimi decenni da diversi Enti, Organizzazioni, Istituzioni Universitarie (fondamentale l'apporto dell'A.N.B. - Associazione Nazionale Bieticoltori).

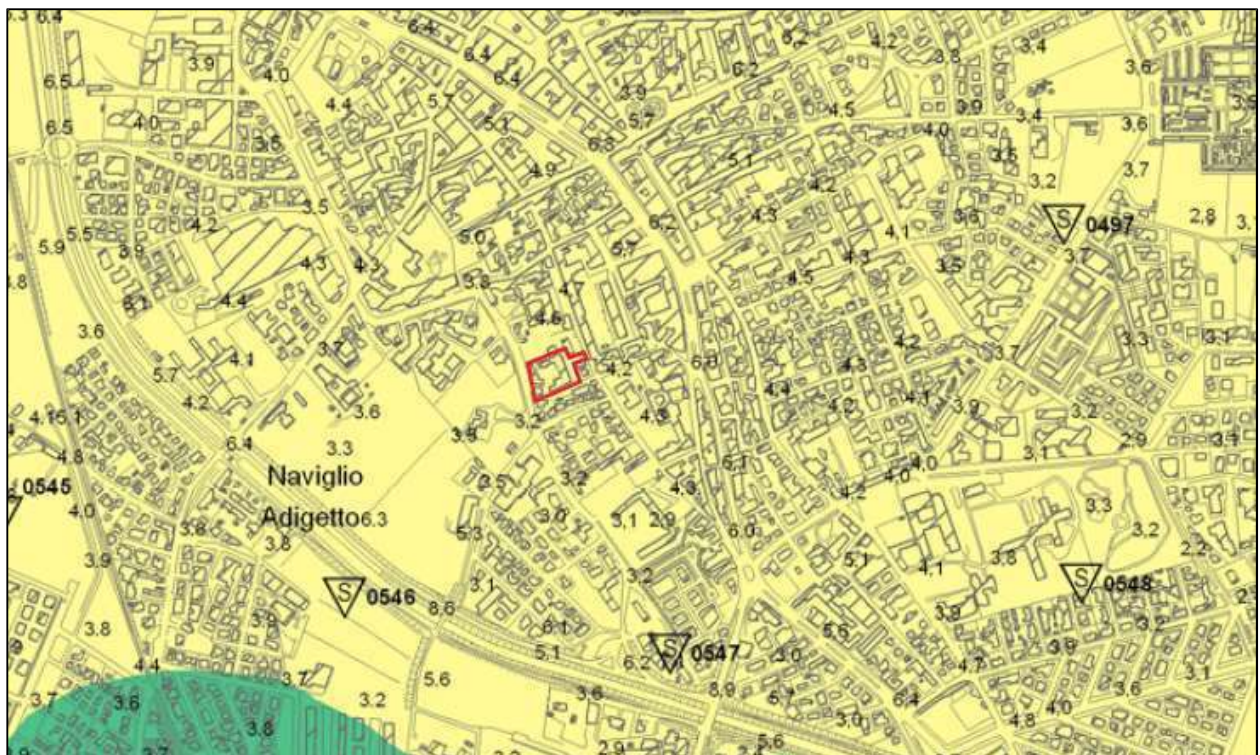
I dati granulometrici sono stati ottenuti mediante la determinazione densimetrica di una sospensione acqua-particelle mediante il metodo di Bouyoucous.

La classificazione litologica, in base alle tre fondamentali classi granulometriche (sabbia, limo, argilla), è stata fatta per mezzo del diagramma triangolare di Shepard e mediante un programma di calcolo automatico.

La distribuzione dei vari tipi litologici è, ovviamente, così eterogenea per la complessità dei fenomeni evolutivi del territorio in esame.

La zona oggetto di studio è posta all'interno di una vasta area caratterizzata superficialmente dalla presenza di materiale alluvionale a tessitura prevalentemente sabbiosa e sabbioso limosa (ALS).

Di seguito viene riportato come Tav.2 uno stralcio della Carta Litologica a scala 1:10.000 tratta dal PAT di Rovigo – 2009

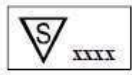


Comune di Rovigo - P.A.T. 2009
Tav. 2 Carta Litologica sc. 1:10.000

Legenda



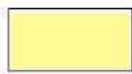
Area di studio



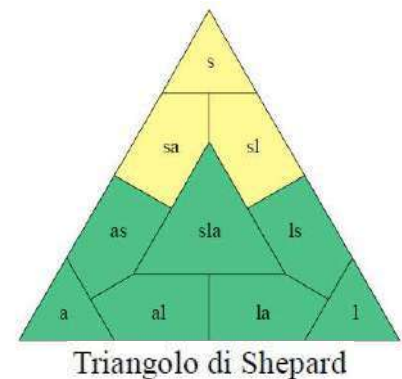
Campionamenti del terreno e numero relativo



Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente limo-argillosa, poco permeabili



Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente sabbiosa, mediamente permeabili

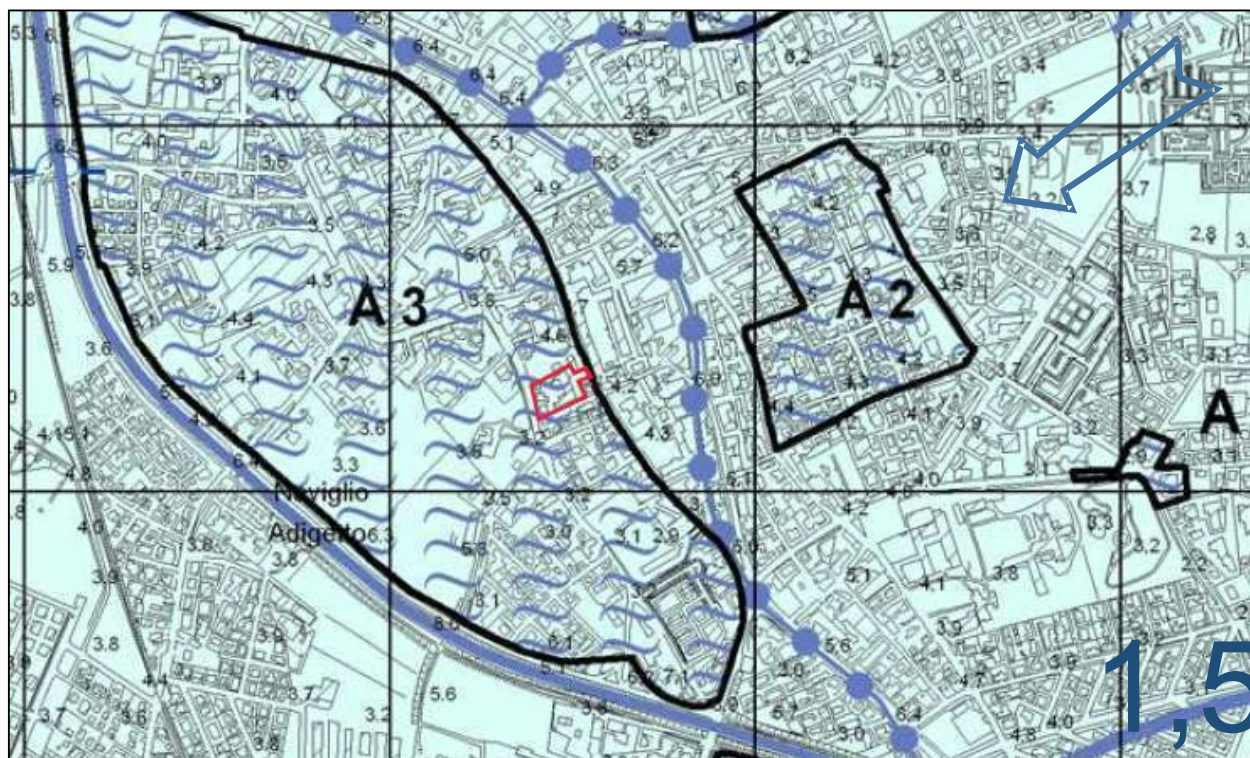


Note illustrative relative all'idrogeologia dell'area di studio

La descrizione delle condizioni idrogeologiche del territorio di studio è stata eseguita utilizzando uno stralcio della Tav.3 Carta Idrogeologica a scala 1:10.000 edita nel Maggio 2009 dal Comune di Rovigo per la redazione del PAT.

L'area risulta interessata da fenomeni di difficoltoso ristagno di acque meteoriche in caso di notevole piovosità. Nel documento proposto in stralcio, l'area di studio risulta ubicata all'interno della vasta porzione di competenza dell'ex Consorzio Polesine Acque. Preme evidenziare che i tre Consorzi citati in Legenda, attualmente, sono confluiti in un unico Consorzio denominato Consorzio di Bonifica Adige-Po.

La falda, per l'area in esame, risulta compresa tra -1.00 e -1.50 metri dal piano campagna (valori in linea con quanto rilevato dalle misure effettuate nei fori delle CPTU eseguite nel Settembre 2022: quota p.c. 3.20 m slm ca. e livello della falda rilevata al momento dell'indagine in sito -1.70 metri dal p.c. con una prevalente direzione di deflusso verso l'attuale corso dell'Adigetto, cioè verso il sud-ovest dell'area di studio).



Comune di Rovigo - P.A.T. 2009

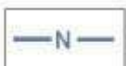
Tav. 3 Carta Idrogeologica

sc. 1:10.000

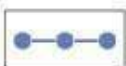
Legenda



Area di studio



Linea isofreatica e sua quota assoluta



Limite di bacino idrografico e spartiacque locali



Corso d'acqua permanente



Direzione di deflusso della falda freatica

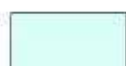


Punto di lettura del livello di falda (Pozzo freatico o piezometro) e numero di riferimento



Area a deflusso difficoltoso e numero di riferimento

PAC = Consorzio di Bonifica Polesine Adige Canalbianco
PP = Consorzio di Bonifica Padana Polesana
A = Polesine Acque



Area con profondità di falda freatica compresa tra 0 e 2 m dal p.c.

Le misure di dettaglio rilevate nei fori delle CPTU evidenziano un livello di 1,70 m. dal p.c.



Area con profondità di falda freatica compresa tra 2 e 5 m dal p.c.

Tale area non è rappresentata nello stralcio su riportato

Note illustrative relative alla Carta delle Fragilità del territorio del Comune di Rovigo

L'obiettivo di quanto evidenziato nella Carta delle Fragilità Tav. B 0 3 è quello di mettere in risalto le principali criticità del territorio comunale attraverso l'individuazione cartografica della compatibilità geologica e delle aree soggette a dissesto idrogeologico.

Compatibilità geologica ai fini urbanistici

La Legge Regionale, attraverso la Tav B 0 3, individua la compatibilità geologica ai fini urbanistici-edificatori suddividendo il territorio in tre classi :

1. Aree idonee;
2. Aree idonee a condizione;
3. Aree non idonee.

contraddistinte da differenti penalità geologiche sulla base dei parametri litologici, geomorfologici, idrogeologici dettagliatamente descritti nelle cartografie del quadro conoscitivo .

La zonizzazione del territorio comunale eseguita vede la presenza di due sole delle tre classi previste, ovvero:

1. Aree idonee;
2. Aree idonee a condizione;

Dall'analisi dell'elaborato prodotto in stralcio come Tav.4, riportato più sotto, si evince che l'area di progetto è ubicata all'interno della vasta area già classificata come "area a deflusso difficoltoso" (vedere Tav.3 Carta Idrogeologica).

AREE IDONEE A CONDIZIONE

Le aree così classificate sono normalmente idonee allo sviluppo urbanistico edificatorio; a volte però le caratteristiche litologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche di queste aree sono penalizzanti ai fini urbanistici ed edificatori.

In genere si osserva che tali aree sono caratterizzate da:

- terreni posti generalmente a quote medie e basse (quote comprese fra -2.00 e +2.00 metri s.l.m. circa).
- terreni interessati da numerosi paleoalvei secondari; spesso rappresentano aree topograficamente più depresse colleganti i rilevati dei paleoalvei principali; sono costituiti prevalentemente da limi, da limi argillosi ed argille con frequenti lenti torbose di spessore anche notevole.
- caratteristiche geotecniche mediocri, spesso scadenti.
- aree normalmente drenate che presentano localmente qualche difficoltà di drenaggio; viste le quote, presentano considerevoli rischi di sommersione in caso di esondazione.
- falda freatica normalmente compresa tra 1.00 e 2.00 metri di profondità.

Nello specifico l'area oggetto di studio risulta penalizzata da:

- a) essere ubicata all'immediato margine ovest del paleoalveo dell'Adigetto tombinato, in zona topograficamente più depressa;
- b) essere ubicata, inoltre, a 350 m. dall'attuale corso dell'Adigetto non tombinato che scorre al margine di Via Falcone e Borsellino;
- c) essere caratterizzata superficialmente da terreni argilloso limosi a modeste caratteristiche geotecniche;
- d) essere inserita in una vasta area che, come già detto, risulta caratterizzata da frequenti ristagni idrici per difficoltà di drenaggio;
- e) falda freatica posta ad una distanza inferiore ai 2.00 metri dal p.c.

Aree soggette a dissesto idrogeologico

Le aree caratterizzate da problemi di ristagno idrico, (come classificate dai Consorzi di Bonifica, PCTP, PAI), per le quali si richiama quanto previsto:

- dal Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino Adige-Canalbianco;
- dalla Valutazione di Compatibilità Idraulica del PAT (D.G.R. 1841/2007);
- dalle direttive, norme e prescrizioni generali in essa contenute,

nella Carta delle Fragilità tali aree sono evidenziate dalle seguenti sigle e da numeri progressivi:

- PAC (Consorzio di Bonifica Polesine Adige Canalbianco)
- PP (Consorzio di Bonifica Padana Polesana)
- A (Polesine Acque)

Le cause dei problemi e, quando noti, i possibili rimedi, sono dettagliatamente illustrati nelle note a commento della Carta Idrogeologica Tav. C 5 2 e nello studio di Compatibilità Idraulica; la situazione di rischio idraulico del territorio in esame così descritta è quella rilevata presso gli Uffici Competenti, in particolare:

- Autorità di Bacino di Fissero-Tartaro-Canalbianco, con sede a Venezia;
- Autorità di Bacino del Fiume Adige, con sede a Trento;
- Ufficio Regionale del Genio Civile di Rovigo;
- Consorzio di Bonifica Adige Po di Rovigo;
- Polesine Acque S.p.A. di Rovigo.

Di seguito viene riportato come Tav.4 uno stralcio della Carta delle Fragilità a scala 1:10.000 tratta dal PAT di Rovigo – 2009



Comune di Rovigo - P.A.T. 2009

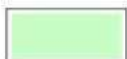
Tav. 4 Carta delle Fragilità

sc. 1:10.000

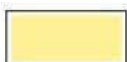
Legenda



Area di studio



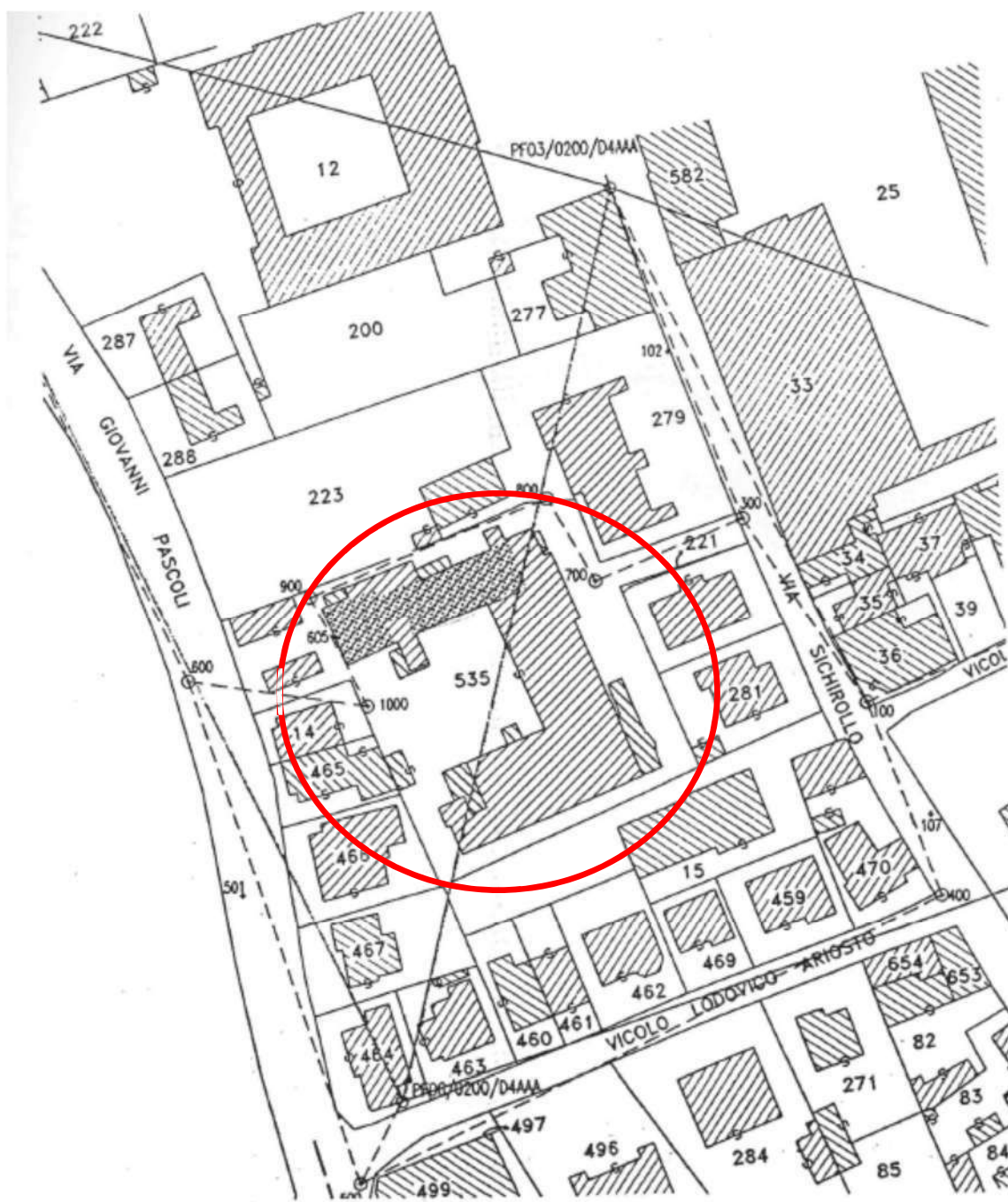
Area idonea



Area idonea a condizione

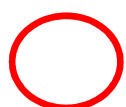


Area a ristagno idrico e numero di riferimento

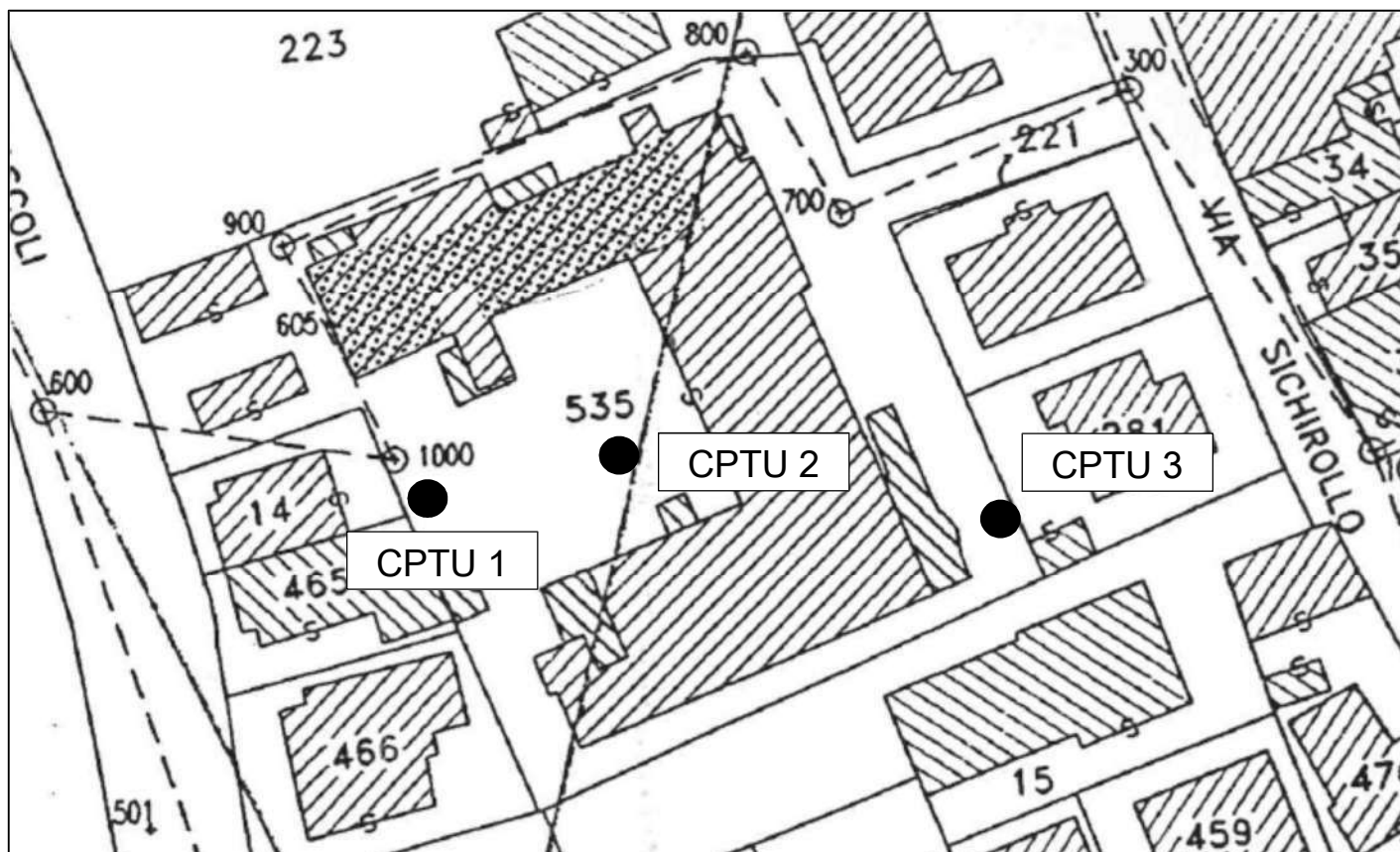


Planimetria catastale

scala 1:1.300



area d'intervento



Carta ubicazione prove

scala 1:800



prova CPTU

Casa di Cura Privata Città di Rovigo s.r.l.
Rovigo

STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA AREA
EX POLICLINICO
"CASA DI CURA CITTA' DI ROVIGO"
Via Sichirollo 32 - Rovigo

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA
PRELIMINARE

OTTOBRE 2022



A large, stylized handwritten signature in blue ink, likely belonging to Riccardo Zoppellaro, positioned below his professional stamp.



INDICE

PREMESSA	pag. 3
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	pag. 6
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE (VALUTAZIONI PRELIMINARI)	pag. 7
RISULTATI DELL'INDAGINE GEOSISMICA	pag. 16
INQUADRAMENTO SISMICO PRELIMINARE	pag. 17
STATO DI FATTO	pag. 28
STATO DI PROGETTO	pag. 35
VALUTAZIONE DI MASSIMA CIRCA I POSSIBILI INTERVENTI	pag. 37
VALUTAZIONI CONCLUSIVE	pag. 44

PREMESSA

La presente relazione geotecnica e sismica fa riferimento a uno studio di massima, del tutto preliminare, relativo alla fattibilità tecnico-economica dell'area ex Policlinico "Casa di Cura Città di Rovigo", sita in Via Giacomo Sichirollo n. 30 del Capoluogo Polesano (vedi planimetria catastale di pagina seguente).

La relazione, con carattere preliminare rispetto alle successive fasi progettuali, vuole fornire valutazioni di massima (valide in via di prima approssimazione) riguardanti natura e caratteristiche del sottosuolo, i possibili interventi e relative criticità. L'indagine geotecnica di campagna finalizzata al raggiungimento dei suddetti obiettivi deve pertanto considerarsi essa pure preliminare, come pure i risultati. Resta inteso che nelle successive fasi progettuali si dovrà giocare forza procedere alle necessarie integrazioni di indagine, in modo tale da individuare in maniera precisa le caratteristiche del sottosuolo, (in termini di capacità portante e cedimenti), gli interventi da adottare e le relative criticità.

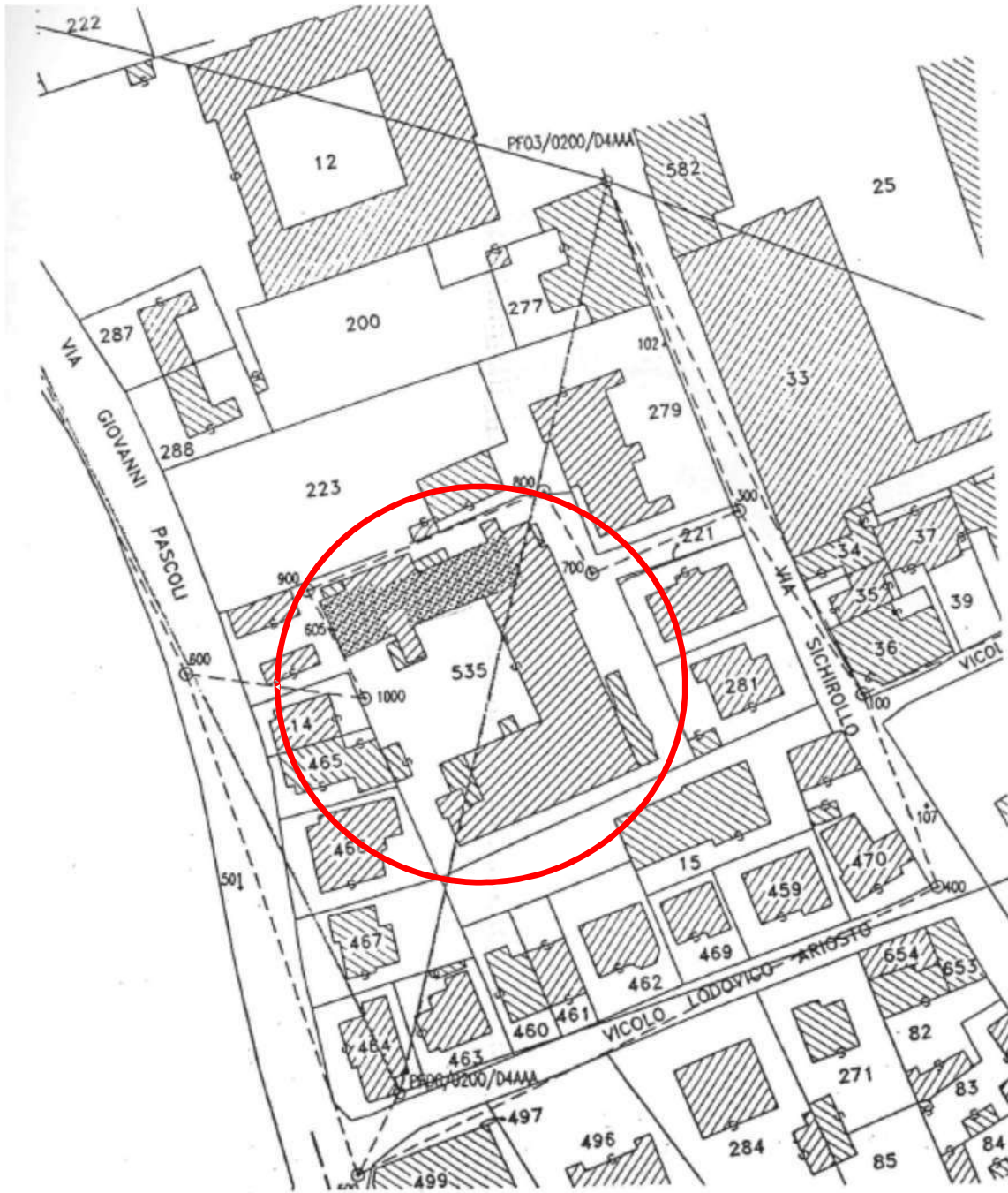
Ciò premesso, nell'area in esame (in corrispondenza dei pochi punti ove è stato possibile intervenire (senza procedere alla rimozione della pavimentazione), è stata condotta dalla società SOCOTEC Italia s.r.l. di Ferrara (sotto la direzione degli scriventi) un'indagine geognostica preliminare consistente nell'esecuzione di n. 3 prove penetrometriche statiche con punta piezoconica CPTU 1-2-3, spinte rispettivamente alla profondità di 21-20-30 m dal p.c. (vedi ubicazione nelle pagine seguenti). In corrispondenza dei fori penetrometrici sono stati installati piezometri (del tipo a tubo aperto) per i rilievi di falda.

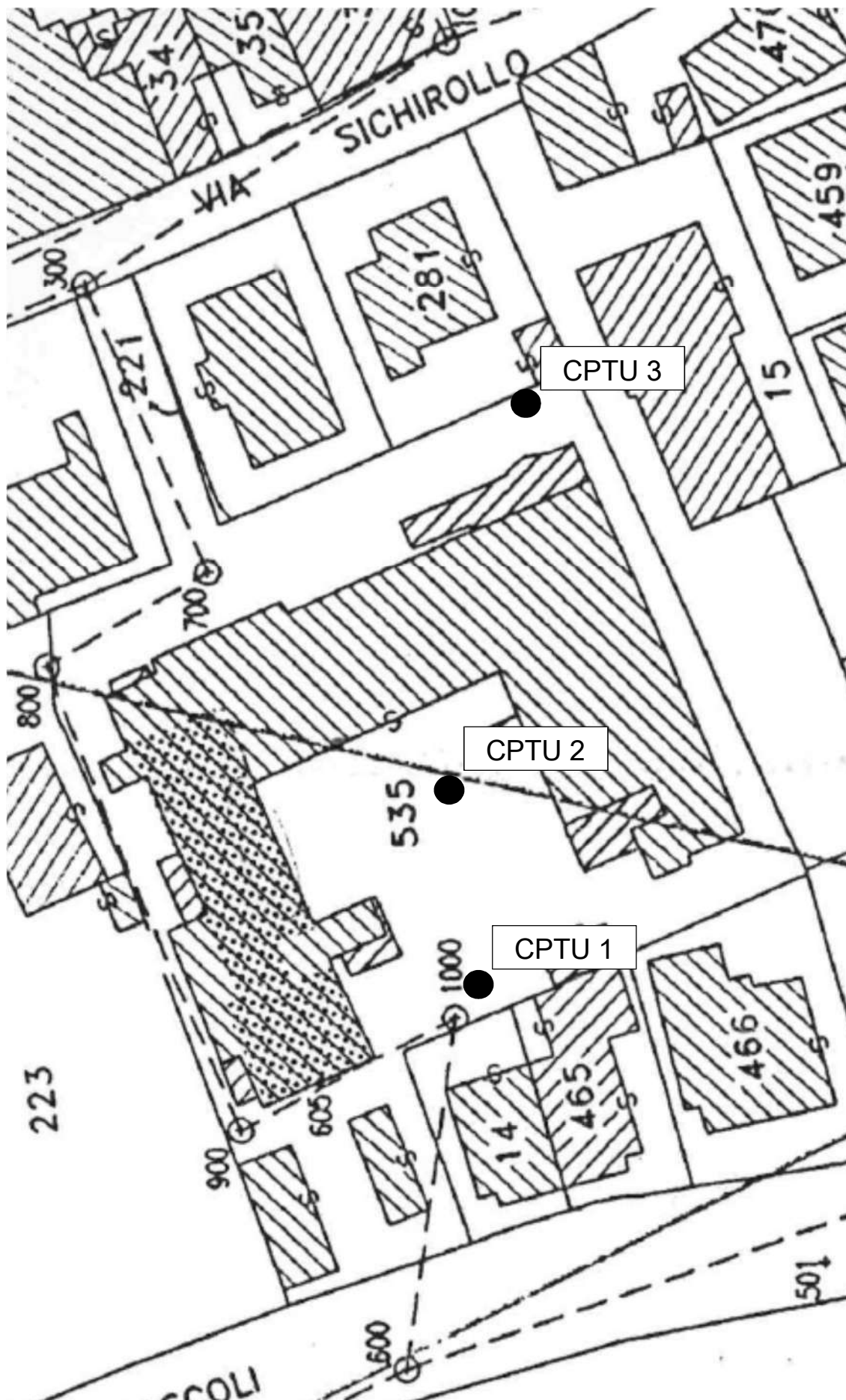
Nell'area è stata inoltre eseguita (a cura dello Studio Geologico dr. Andrea Garbellini di Canaro RO) una indagine geosismica comprendente l'esecuzione di n. 2 prove MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves), per la valutazione della velocità V_s delle onde di taglio nell'ambito dei primi 30 m di profondità.

I risultati delle indagini di campagna sono allegati alla presente relazione.

dott. ing. RICCARDO ZOPPELLARO
mobile: +39 348 7473578 e-mail: zoppellaro@libero.it
Via Sandro Pertini 15 - 45020 Villanova del Ghebbo (RO)

dott. geol. CORRADO BALLOTTA
mobile: +39 335 7062108 e-mail: corradoballotta@alice.it
Viale Porta a Mare, 9 - 45100 Rovigo





NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nelle presenti valutazioni preliminari si fa riferimento ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni” (nel seguito indicate come NTC 2018) e alla relativa Circolare Applicativa 21 gennaio 2019 n. 7 del C.S.LL.PP. “Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.

Per gli aspetti sismici si fa riferimento alle “Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazioni (LQ)” (anno 2017 – Protezione Civile – Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica) e a livello regionale alla Delibera della Giunta Regionale del Veneto DGRV n. 244 del 09 marzo 2021.

Si fa inoltre riferimento ai contenuti:

- dell'Eurocodice 7 “Geotechnical design – Part 1: General rules” (gennaio 2004)
- dell'Eurocodice 8 “Design of structures for earthquake resistance – Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects” (dicembre 2003)
- delle linee guida dell'Associazione Geotecnica Italiana “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica” (edizione provvisoria, marzo 2005)
- delle “Raccomandazioni sui pali di fondazione” dell'Associazione Geotecnica Italiana (edizione dicembre 1984).

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE (VALUTAZIONI PRELIMINARI)

In allegato alla presente relazione sono riportati i risultati dell'indagine geognostica preliminare (condotta dalla società SOCOTEC Italia s.r.l. di Ferrara), comprendente l'esecuzione di n. 3 prove penetrometriche statiche con punta piezoconica CPTU 1-2-3 (alle profondità di 21-20-30 m dal p.c., rispettivamente)

Sono stati registrati i valori della resistenza alla punta (q_c), della resistenza laterale locale (f_s) e della pressione interstiziale (u), ogni 2 cm di profondità.

Si è proceduto all'elaborazione dei dati di campagna, con valutazione dei reali valori di resistenza alla punta (q_t) corretti in base ai valori della pressione interstiziale (u):

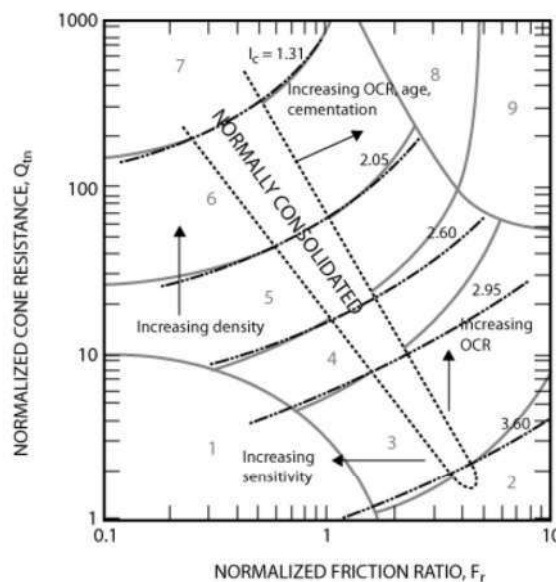
$$q_t = q_c + (1-a) u \quad \text{ove:}$$

q_c = valore misurato

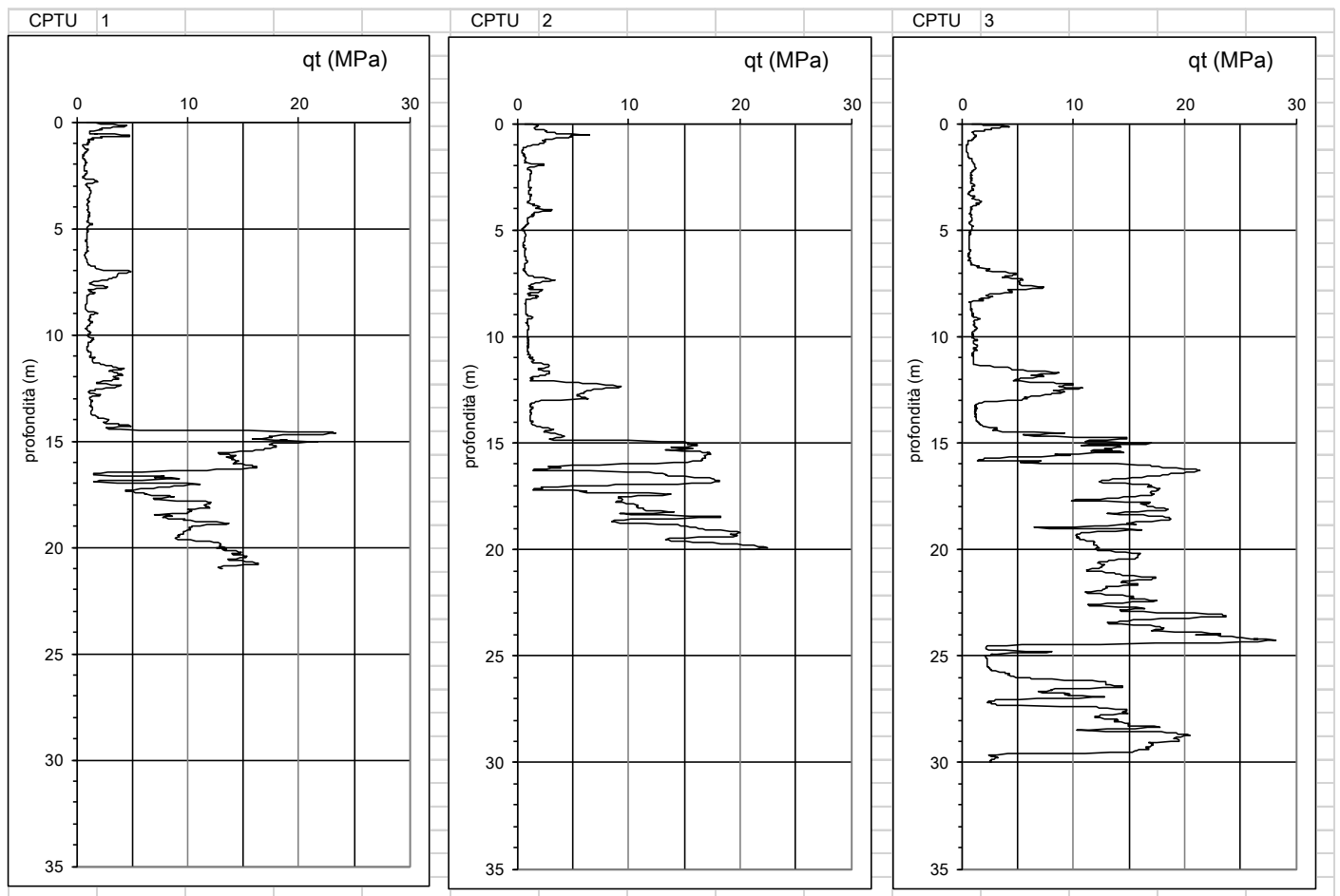
a = costante dello strumento (0,66 nel caso in esame).

I profili di resistenza alla punta (q_t) relativamente alle tre prove in esame vengono posti a confronto nella rappresentazione di pagina seguente.

In base alle indicazioni di Robertson & Cabal (2015) si è valutato il cosiddetto indice di comportamento (I_c) (Soil Behaviour Type), utilizzabile per la valutazione della litologia dei terreni attraversati (vedi tabella).



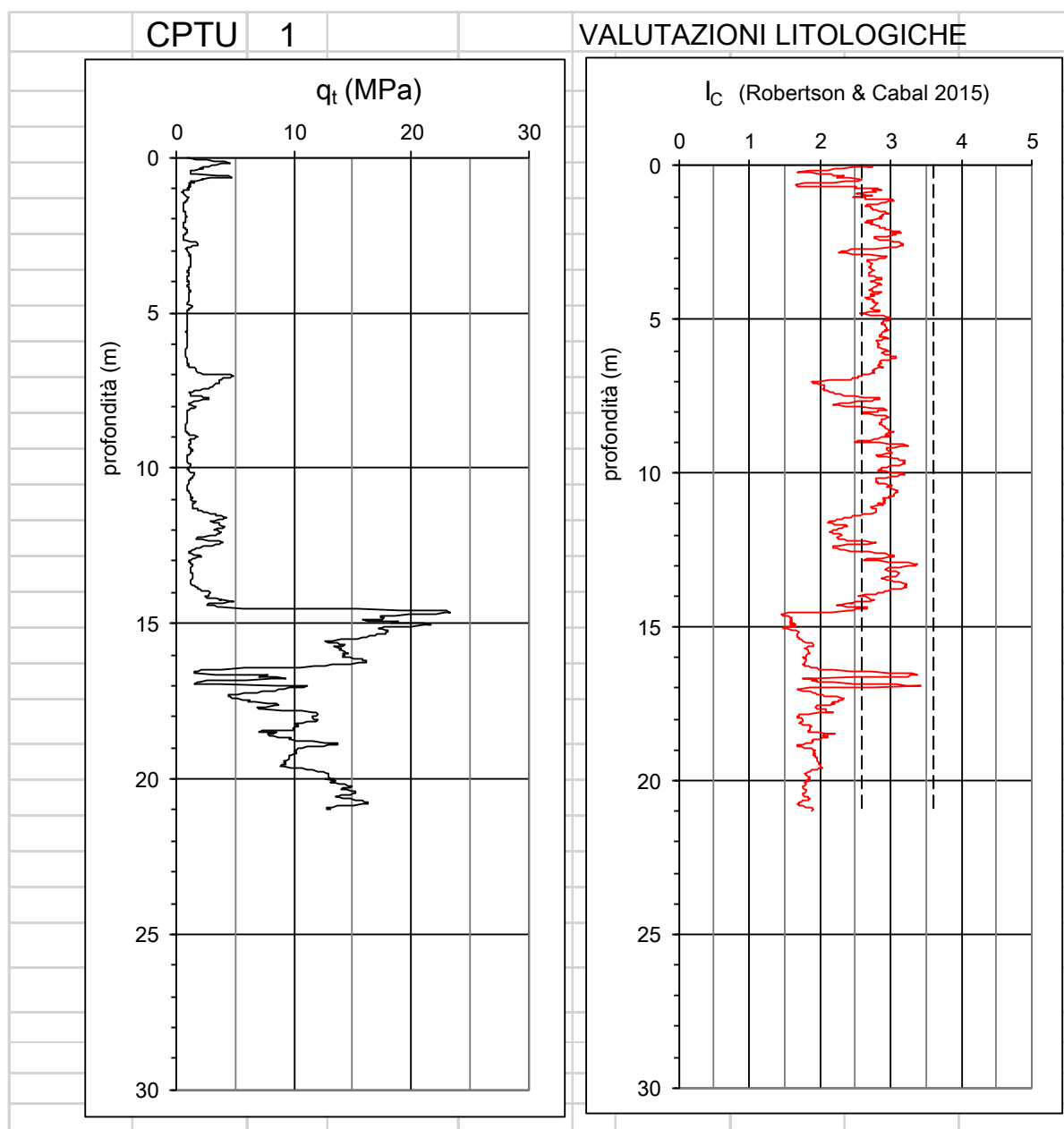
Zone	Soil Behavior Type	I_c
1	Sensitive, fine grained	N/A
2	Organic soils – clay	> 3.6
3	Clays – silty clay to clay	2.95 – 3.6
4	Silt mixtures – clayey silt to silty clay	2.60 – 2.95
5	Sand mixtures – silty sand to sandy silt	2.05 – 2.6
6	Sands – clean sand to silty sand	1.31 – 2.05
7	Gravelly sand to dense sand	< 1.31
8	Very stiff sand to clayey sand*	N/A
9	Very stiff, fine grained*	N/A



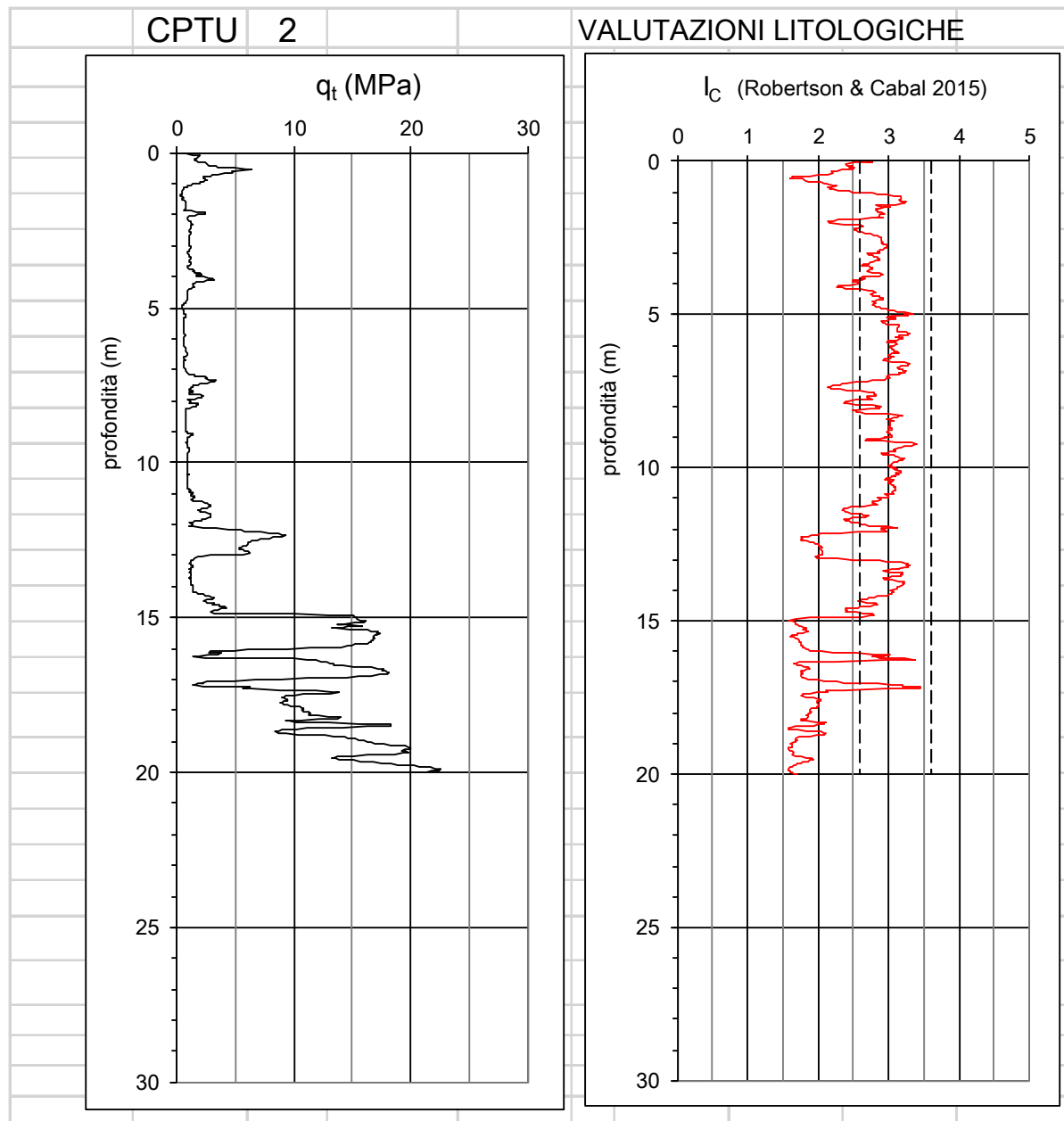
In generale, valori di $I_c < 2,6$ sono ascrivibili a terreni di natura granulare (sabbie), valori compresi fra 2,6 e 3,6 a terreni coesivi (argilloso limosi) inorganici e valori $> 3,6$ a terreni coesivi organici.

In corrispondenza della prova CPTU 1 risulta la presenza di un banco superiore (spessore 14,50 m) prevalentemente di natura coesiva (moderatamente consistente), con due sottili intercalazioni sabbiose di modesta resistenza ($qt < 5$ MPa), la prima fra 7,00 e 7,50 m, la seconda fra 11,50 e 12,50 m dal p.c.).

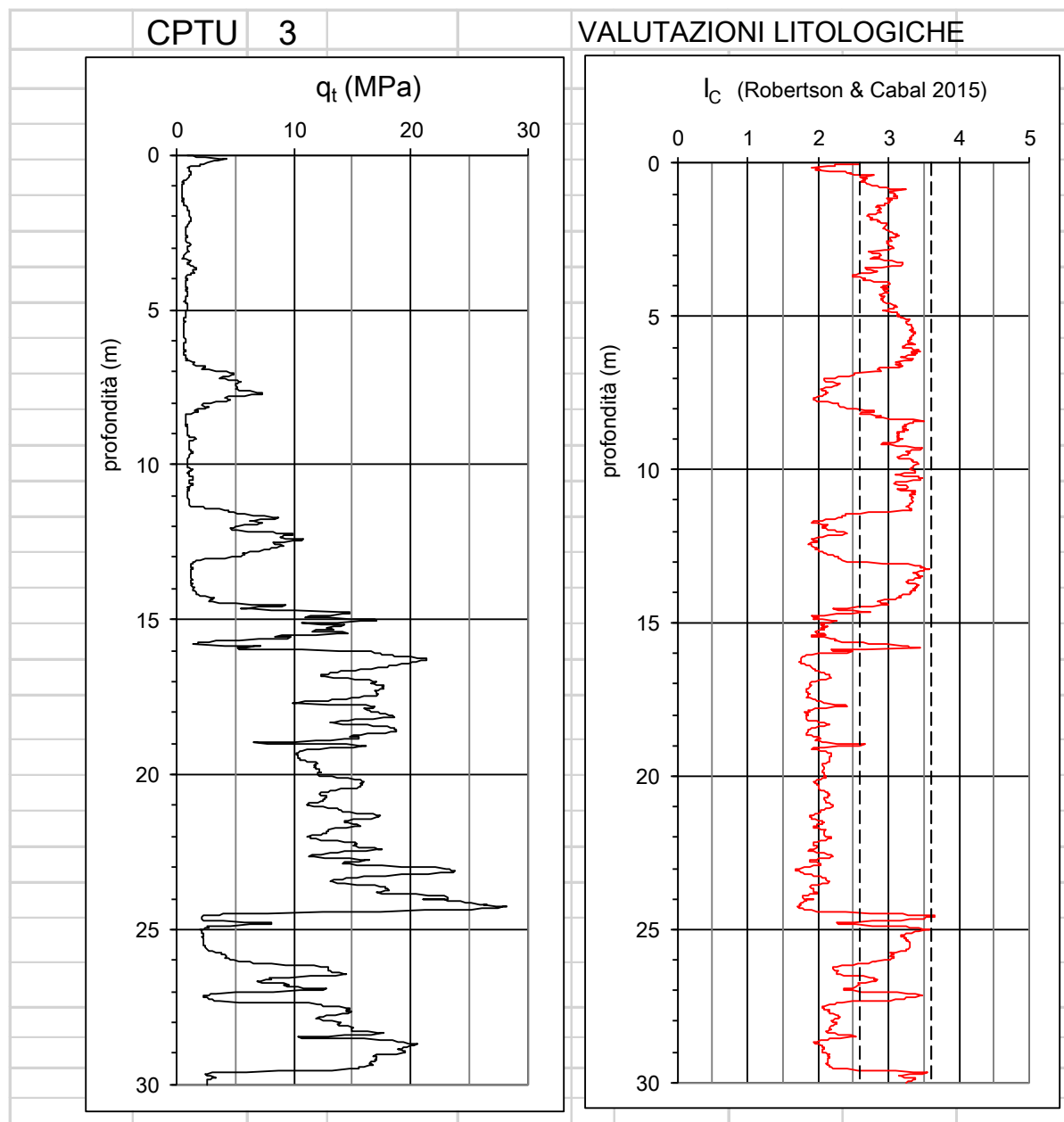
Segue un banco sabbioso mediamente addensato (qt generalmente superiore a 10 MPa), con rare sottili intercalazioni coesive meno resistenti (fra 16,50 e 17 m dal p.c.).



In corrispondenza della prova CPTU 2 risulta ancora la presenza di un banco superiore (spessore 15 m circa) di natura prevalentemente coesiva (moderatamente consistente), con tre sottili intercalazioni sabbiose di modesta resistenza (a 4 m, a 7 m e a 12 m di profondità dal p.c.) . Il banco sabbioso sottostante presenta valori di (q_t) di norma compresi fra 10 e 15 MPa, con intercalazioni coesive meno resistenti a 16 e 17 m di profondità.



La prova CPTU 3 (più profonda) registra ancora la presenza di un banco superiore (spessore 14,50 m) di natura prevalentemente coesiva (moderatamente consistente), con due intercalazioni sabbiose di maggiore spessore e resistenza rispetto alle precedenti (la prima fra 7 e 8 m e la seconda fra 11 e 13 m di profondità dal p.c.) . Il banco sabbioso sottostante presenta valori di (q_t) di norma compresi fra 10 e 15 MPa, con sottili intercalazioni coesive meno resistenti a 16 e 19 m di profondità. Fra 24,50 e 26 m di profondità una intercalazione coesiva ($q_t = 2$ MPa) crea una interruzione stratigrafica al banco sabbioso.



In merito alle caratteristiche geotecniche del banco superiore prevalentemente di natura coesiva, le presenti valutazioni preliminari sembrano non indicare la presenza di terreni organici. I valori della resistenza alla punta penetrometrica (q_t) oscillano frequentemente fra 0,8 e 1,2 MPa e corrispondono valori della coesione non drenata (C_u) variabili fra 40 e 60 kPa (vedi diagrammi sottostanti).

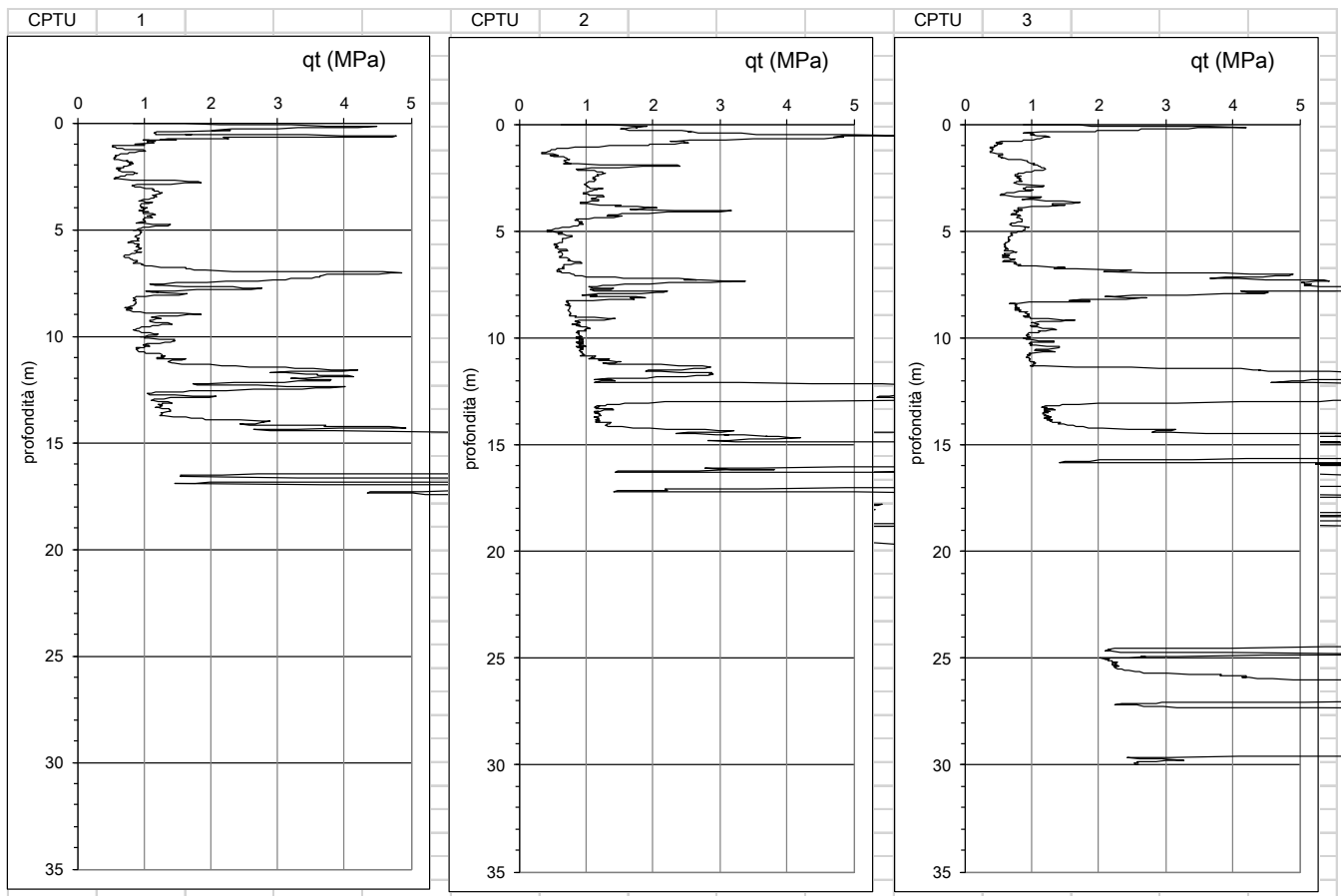
Si è fatto riferimento alla nota espressione:

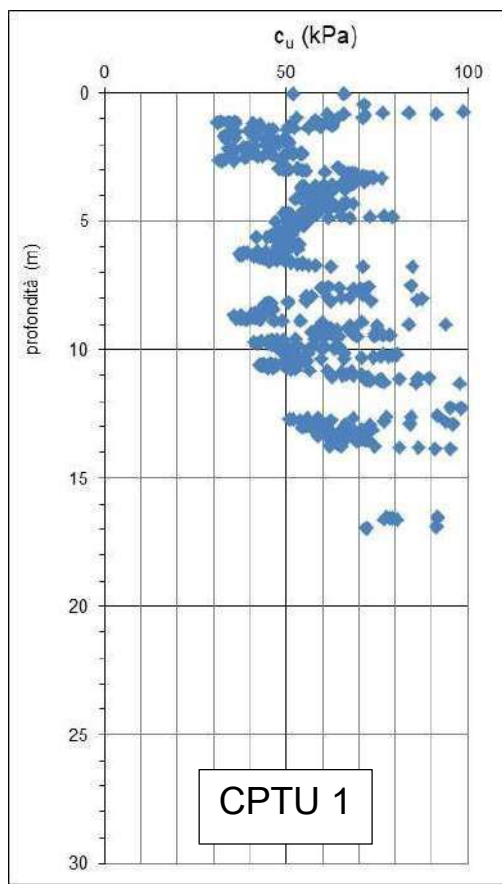
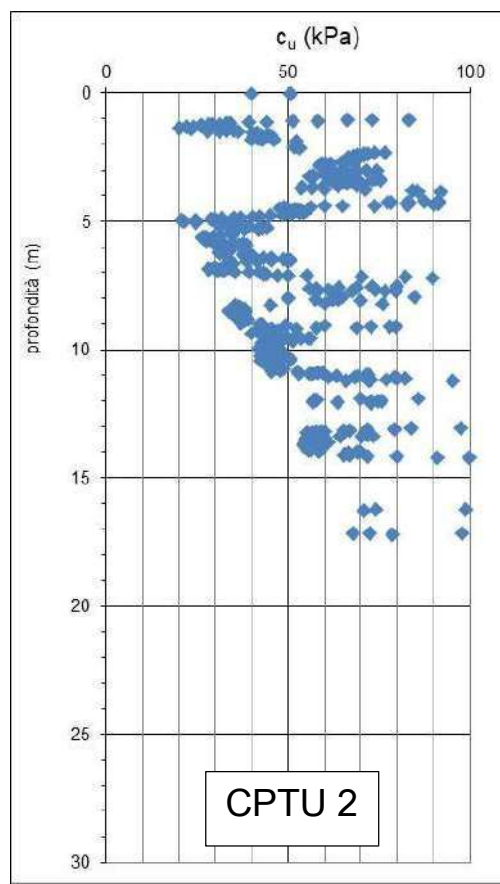
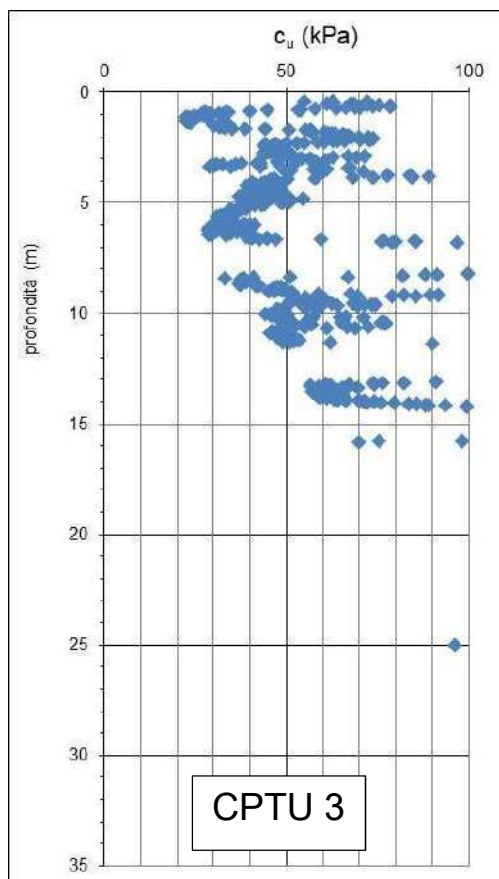
$$C_u = (q_t - p_{vo}) / N_{kt}$$

ove:

p_{vo} = pressione verticale totale

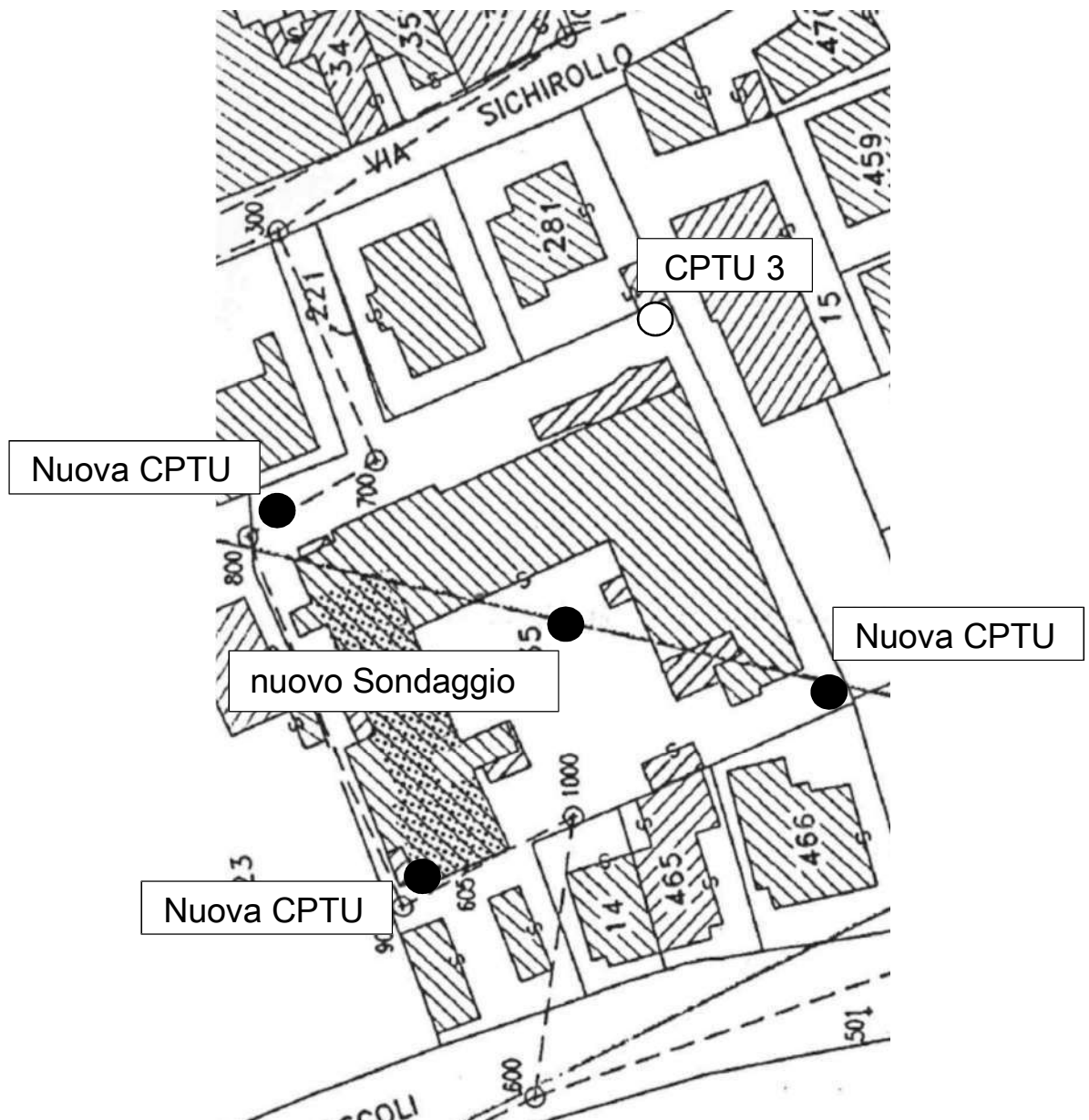
N_{kt} = coefficiente di correlazione (assunto pari a 16).





In generale, sulla scorta dei risultati dell'indagine geognostica preliminare, il sottosuolo in esame presenta mediocri caratteristiche geotecniche, caratteristiche che dovranno comunque essere definite in maniera precisa con ulteriori approfondimenti di indagine nelle successive fasi progettuali.

In linea di massima si propone l'esecuzione di ulteriori n. 3 prove CPTU nei restanti tre vertici dell'area (alla profondità di 30 m) e di un sondaggio geognostico (alla profondità di 25 m) con prelievo di campioni indisturbati di terreno.



Il livello statico della falda è risultato individuato alla profondità di 1,60 – 1,70 m dal piano campagna.

Considerata la particolare siccità del periodo, si ritiene comunque ragionevole prevedere, in via del tutto indicativa (in assenza di ulteriori necessari rilievi piezometrici), la possibilità di risalita della falda fino a modeste profondità dal piano campagna.

RISULTATI DELL'INDAGINE GEOSISMICA (PRELIMINARE)

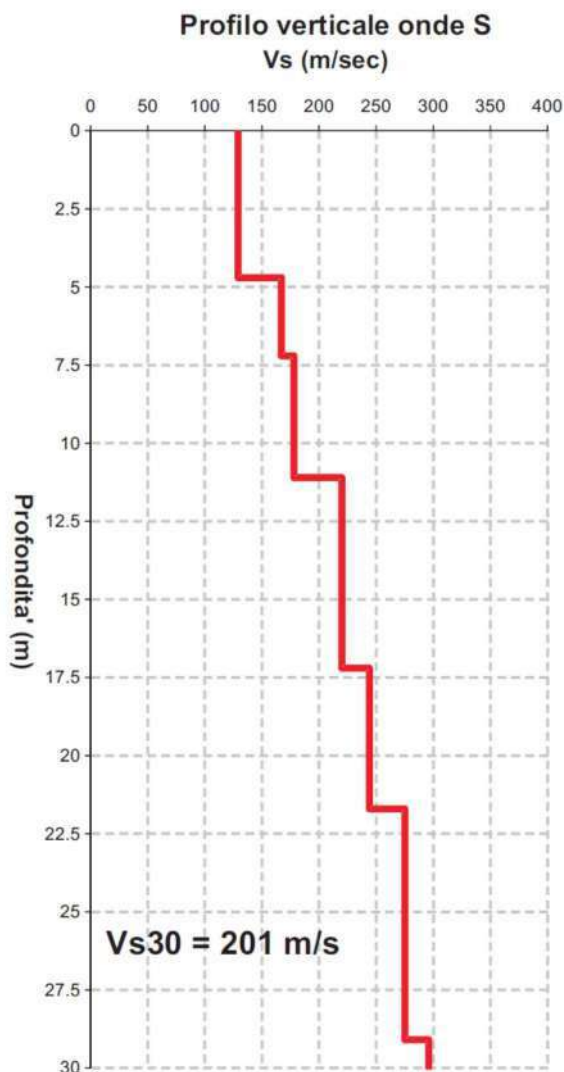
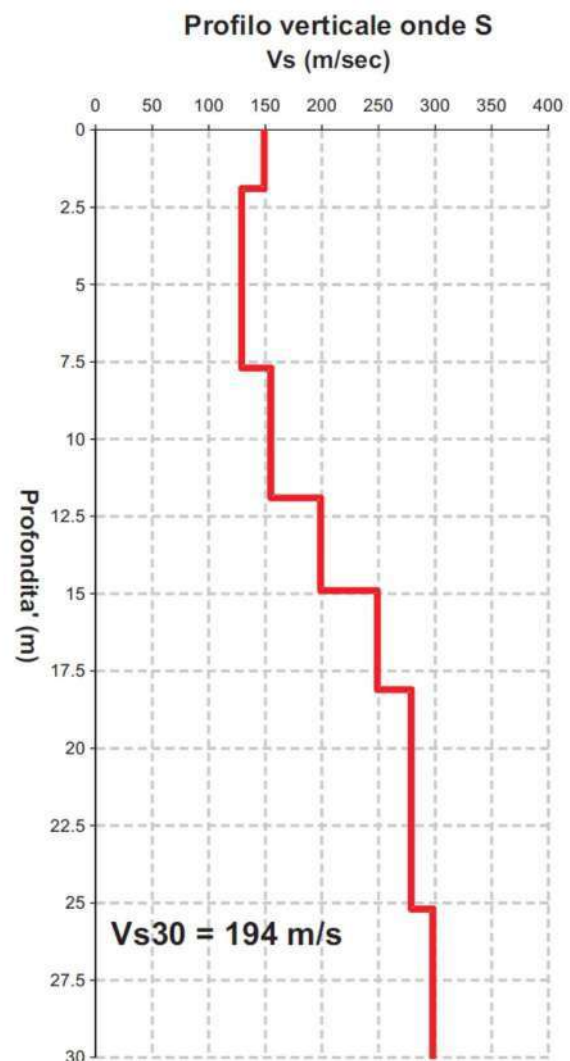
In allegato alla presente relazione sono riportati risultati dell'indagine geosismica effettuata dallo Studio Geologico dr. Andrea Garbellini, consistente nell'esecuzione di n. 2 prove MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).

Dai diagrammi della velocità (V_s) delle onde di taglio con la profondità, si registrano andamenti crescenti, con valori della velocità equivalente entro la profondità di 30 m pari a:

prova 1 $V_{s30} = 201 \text{ m/s}$

prova 2 $V_{s30} = 194 \text{ m/s}$.

Secondo le NTC 2018 risulta possibile ricorrere all'approccio semplificato, classificando il terreno di categoria C.



INQUADRAMENTO SISMICO PRELIMINARE

Con riferimento alla DGRV n. 244 del 09 marzo 2021 - ALLEGATO B “Elenco comuni del Veneto con indicazione della zona sismica di appartenenza”, il Comune di Rovigo (codice ISTAT: 2904) rientra in zona sismica 3 di bassa sismicità.

L'intervento in esame risulta identificato dai seguenti valori di latitudine e longitudine (punto in corrispondenza di Via Sichirollo 30 - Rovigo):

Sistema WGS84 :	LATITUDINE	45,066681
	LONGITUDINE	11,791151

Sistema ED50 (datum INGV) :	LATITUDINE	45,067602
	LONGITUDINE	11,792143.

Con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018, l'intervento in esame (edificio ad uso residenziale) si riferisce al tipo di costruzione 2 (con vita nominale $VN = 50$ anni) e classe d'uso II (coefficiente d'uso $CU = 1$).

Il periodo di riferimento per l'azione sismica VR risulta conseguentemente pari a:

$$VR = VN \times CU = 50 \text{ anni.}$$

Le rappresentazioni che seguono (di cui al software “Spettri” del Consiglio Superiore dei LL.PP.) riportano i risultati delle elaborazioni effettuate per la ricerca dei parametri sismici relativi alla zona di interesse.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

☐ Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

☒ Sito esterno al reticolo

☐ Interpolazione su 3 nodi

☐ Interpolazione corretta

Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,028	2,518	0,216
50	0,034	2,541	0,261
72	0,038	2,565	0,281
101	0,042	2,560	0,298
140	0,046	2,581	0,315
201	0,051	2,641	0,326
475	0,064	2,743	0,356
975	0,078	2,777	0,376
2475	0,105	2,691	0,393

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE

Stati limite ultimi - SLU

SLO - $P_{VR} = 81\%$

SLD - $P_{VR} = 63\%$

SLV - $P_{VR} = 10\%$

SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

--□-- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,028	2,518	0,216
SLD	50	0,034	2,542	0,261
SLV	475	0,064	2,743	0,356
SLC	975	0,078	2,777	0,376

Con riferimento alle suddette elaborazioni, relativamente a diversi periodi di ritorno TR, vengono riportati i seguenti valori dei parametri sismici relativi all'area in esame:

- accelerazione orizzontale massima su suolo rigido di categoria A (a_g), in funzione del tempo di ritorno (TR),
- valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F_o),
- periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T_{c^*}).

Come visto in precedenza, il periodo di riferimento ~~per~~ le azioni sismiche risulta pari a:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \text{ anni.}$$

Ciò considerato, le NTC 2018 prevedono, in mancanza di espresse indicazioni in merito, verifiche relative allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita SLV, con probabilità di superamento nel periodo di riferimento ($V_R = 50$ anni) pari a:

$$P_{VR} = 10\% = 0,10.$$

Con riferimento ai valori testè riportati, risulta per lo stato limite ultimo SLV il seguente valore del periodo di ritorno dell'azione sismica:

$$T_R = - V_R / \ln (1-P_{VR}) = 475 \text{ anni.}$$

Per l'intervento in esame, individuato dai sopra citati valori di longitudine e latitudine, risultano i seguenti valori dei parametri sismici:

$$T_R = 475 \text{ anni} \qquad a_g = 0,064 \text{ g} \qquad F_o = 2,743 \qquad T_{c^*} = 0,356 \text{ s.}$$

Le NTC 2018 prevedono inoltre, con riferimento agli stati limite di esercizio (in mancanza di espresse indicazioni in merito), verifiche relative allo stato limite di danno SLD, con probabilità di superamento nel periodo di riferimento ($VR = 50$ anni) pari a:

$$PVR = 63\% = 0,63.$$

con periodo di ritorno dell'azione sismica pari a:

$$TR = -VR / \ln(1-PVR) = 50 \text{ anni}.$$

Corrispondentemente risultano i seguenti valori dei parametri sismici per l'area in esame:

$$TR = 50 \text{ anni} \quad a_g = 0,034 \text{ g} \quad F_o = 2,542 \quad T_{c^*} = 0,261 \text{ s}.$$

Per quanto concerne la valutazione della categoria del terreno di fondazione si fa riferimento ai risultati dell'indagine geosismica eseguita (mediante il metodo MASW – Multi-channel Analysis of Surface Waves), condotta per la valutazione della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nell'ambito dei primi 30 m (V_{s30}), ha fornito i seguenti risultati:

prima prova: $V_{s30} = 201 \text{ m/s}$

seconda prova: $V_{s30} = 194 \text{ m/s}$

da cui risulta una categoria di sottosuolo C.

Con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita SLV (periodo di ritorno $RT = 475$ anni), nell'ipotesi di categoria topografica T1 (terreno pianeggiante), secondo le indicazioni fornite dalle NTC 2018 risultano i seguenti valori dei parametri:

categoria sottosuolo C

accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A: $a_g = 0,064 \text{ g}$

coefficiente di amplificazione stratigrafica: $S_s = 1,500$

coefficiente di amplificazione topografica: $S_T = 1,000$

coefficiente di amplificazione sismica: $S = S_s \times S_T = 1,500$

ACCELERAZIONE MASSIMA al suolo: $a_{max} = S \times a_g = 0,096 \text{ g}.$

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **C** info $S_s = 1,500$ $C_c = 1,477$ info

Categoria topografica **T1** info $h/H = 0,000$ $S_T = 1,000$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

☒ Spettro di progetto elastico (SLE) $\xi = 5$ $\eta = 1,000$ info

☐ Spettro di progetto inelastico (SLU) $\text{Fattore } q_0 = 3$ $\text{Regol. in altezza} = \text{no}$ info

Compon. verticale

Spettro di progetto $\text{Fattore } q = 1,5$ $\eta = 0,667$ info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta II

Parametri e punti spettri di risposta II

— Spettro di progetto - componente orizzontale

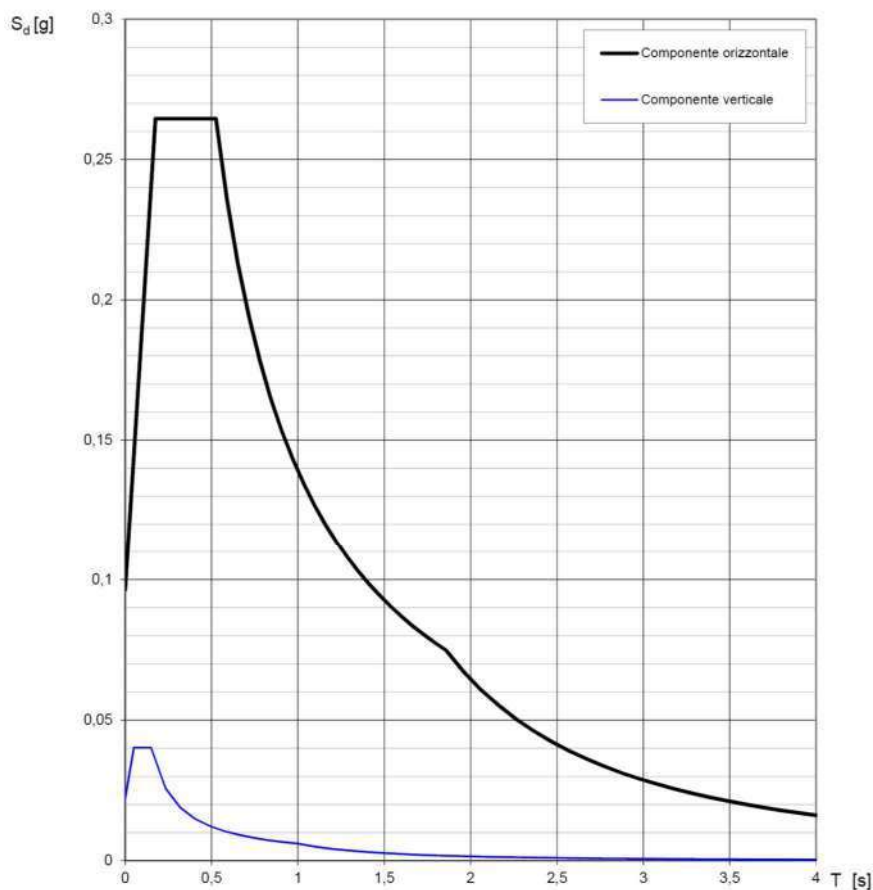
— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

Spettri di risposta

INTRO **FASE 1** **FASE 2** **FASE 3**

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,064 g
F_o	2,743
T_C^*	0,356 s
S_S	1,500
C_C	1,477
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,500
η	1,000
T_B	0,175 s
T_C	0,525 s
T_D	1,857 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

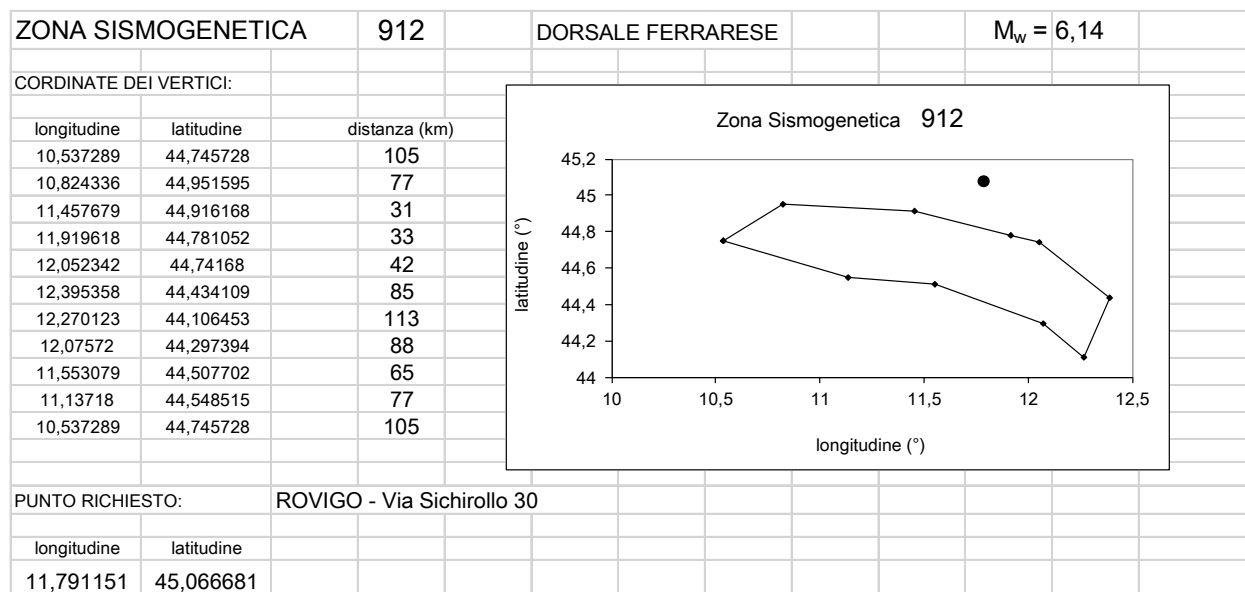
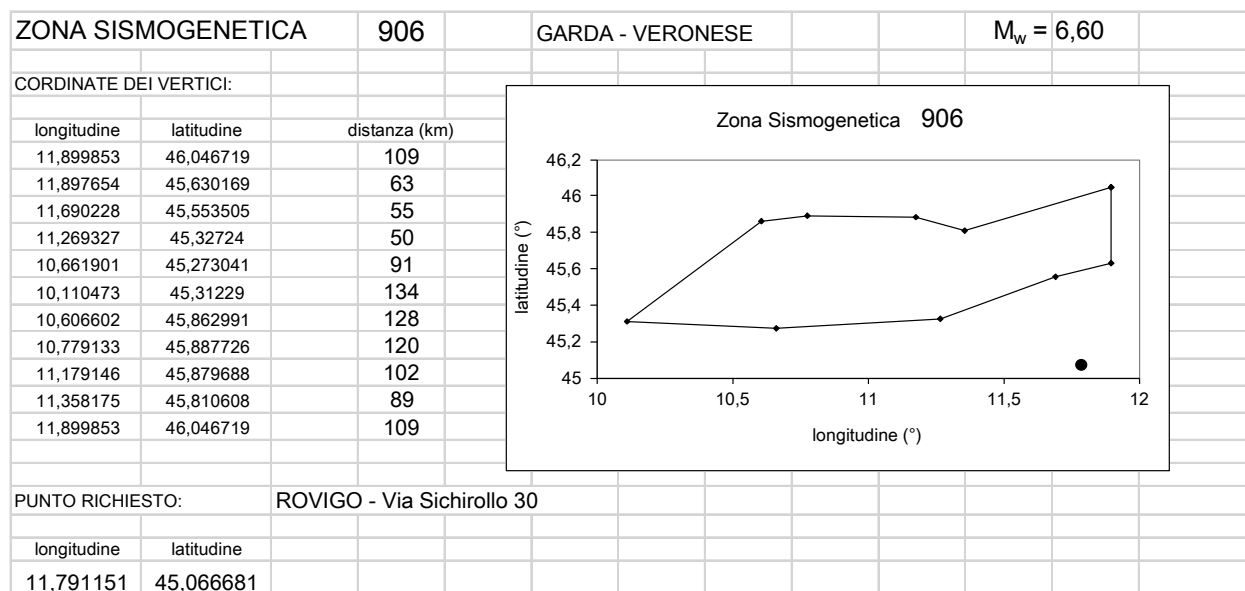
$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

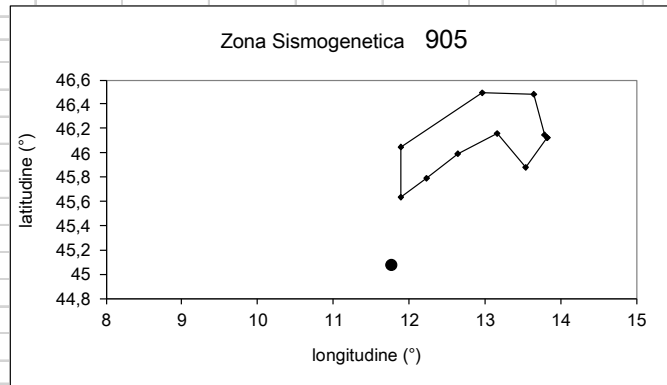
Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,096
$T_B \leftarrow$	0,175	0,265
$T_C \leftarrow$	0,525	0,265
	0,589	0,236
	0,652	0,213
	0,716	0,194
	0,779	0,178
	0,843	0,165
	0,906	0,153
	0,969	0,143
	1,033	0,135
	1,096	0,127
	1,160	0,120
	1,223	0,114
	1,286	0,108
	1,350	0,103
	1,413	0,098
	1,477	0,094
	1,540	0,090
	1,604	0,087
	1,667	0,083
	1,730	0,080
	1,794	0,077
$T_D \leftarrow$	1,857	0,075
	1,959	0,067
	2,061	0,061
	2,163	0,055
	2,265	0,050
	2,367	0,046
	2,469	0,042
	2,571	0,039
	2,674	0,036
	2,776	0,034
	2,878	0,031
	2,980	0,029
	3,082	0,027
	3,184	0,025
	3,286	0,024
	3,388	0,022
	3,490	0,021
	3,592	0,020
	3,694	0,019
	3,796	0,018
	3,898	0,017
	4,000	0,016

Con riferimento al Rapporto Conclusivo dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (aprile 2004) l'area in esame ricade al di fuori delle zone sismogenetiche ZS 912 (Dorsale Ferrarese), ZS 906 (Garda-Veronese) e ZS 905 (Friuli -Veneto Orientale) – vedi rappresentazioni riportate nel seguito.



ZONA SISMOGENETICA	905	FRIULI - VENETO ORIENTALE	$M_w = 6,60$
CORDINATE DEI VERTICI:			
longitudine	latitudine	distanza (km)	
13,824861	46,124783	197	
13,546305	45,876511	164	
13,159687	46,156036	161	
12,63872	45,991566	122	
12,232242	45,788857	87	
11,897654	45,630169	63	
11,899853	46,046719	109	
12,966986	46,498821	183	
13,65086	46,480156	213	
13,785719	46,150928	196	
13,824861	46,124783	197	
PUNTO RICHIESTO: ROVIGO - Via Sichirollo 30			
longitudine	latitudine		
11,791151	45,066681		



Con riferimento alle “Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazioni (LQ)”, ci cui alla Commissione Tecnica della Protezione Civile per la microzonazione sismica (anno 2017), il Comune di Rovigo (codice ISTAT: 29041) non rientra in alcuna delle zone sismogenetiche circostanti (ZS 905-906-912); inoltre non rientra nell’elenco di cui all’allegato 1, ragion per cui è da prevedere il seguente valore massimo della magnitudo momento:

$M_w \leq 5,0$ (magnitudo di soglia).

La magnitudo rappresenta l’energia sprigionata dal sisma, mentre l’intensità sismica evidenzia gli effetti prodotti dal sisma. Ciò considerato, con riferimento alle massime intensità macrosismiche osservate, di cui al rapporto del Dipartimento Protezione Civile aprile 1999, risulta per il Comune di Rovigo il seguente valore massimo dell’intensità sismica (scala MCS Mercalli-Cancani-Sieberg) pari a:

$I_{max} \leq 6$.

Le NTC 2018 prevedono la necessità di condurre verifiche a liquefazione in presenza di “strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda”, anche nel caso di magnitudo momento:

$M_w \leq 5,0$ (come nel caso in esame).

Per quanto concerne il banco sabbioso presente in profondità (oltre 14,50-15,00 m dal p.c. contraddistinto da valori frequenti della resistenza alla punta $q_c > 10 \text{ MPa} = 100 \text{ bar}$, nell'ipotesi prudenziale di falda a piano campagna, nell'ulteriore ipotesi di scarsa frazione fine presente ($FC = 10\%$), la verifica a liquefazione condotta con il metodo di Robertson & Cabal (2015) fornisce un valore molto elevato del coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione:

$$FSL = 5,053$$

molto maggiore del valore minimo richiesto dall'Eurocodice EC8 (1,25).

LIQUEFAZIONE SABBIE - PROVA CPT					
no iterazione - criterio granulometrico					
(variante ROBERTSON & CABAL 2015)					
DATI DI INPUT:					
magnitudo momento:			$M_W =$		5
azione sismica di progetto:					
accelerazione max al suolo:			$a_{max} / g =$		0,096
profondità interesse:			$z \text{ (m)} =$		15
prex verticale totale:			$s_v \text{ (kPa)} =$		270
prex verticale efficace:			$s'_v \text{ (kPa)} =$		120
resistenza alla punta (prova CPT):			$q_c \text{ (MPa)} =$		10
frazione fine (% < # 200):			$FC \text{ (\%)} =$		10
RISULTATI:					
coefficiente di sicurezza a liquefazione:			$FSL = 5,053$		

Con riferimento al livello sabbioso di modesto spessore, presente nella CPTU 1 alla profondità di circa 12 m con resistenza alla punta $q_c > 3 \text{ MPa} = 30 \text{ bar}$, nelle stesse ipotesi precedenti la verifica a liquefazione fornisce il seguente valore del coefficiente di sicurezza ancora accettabile:

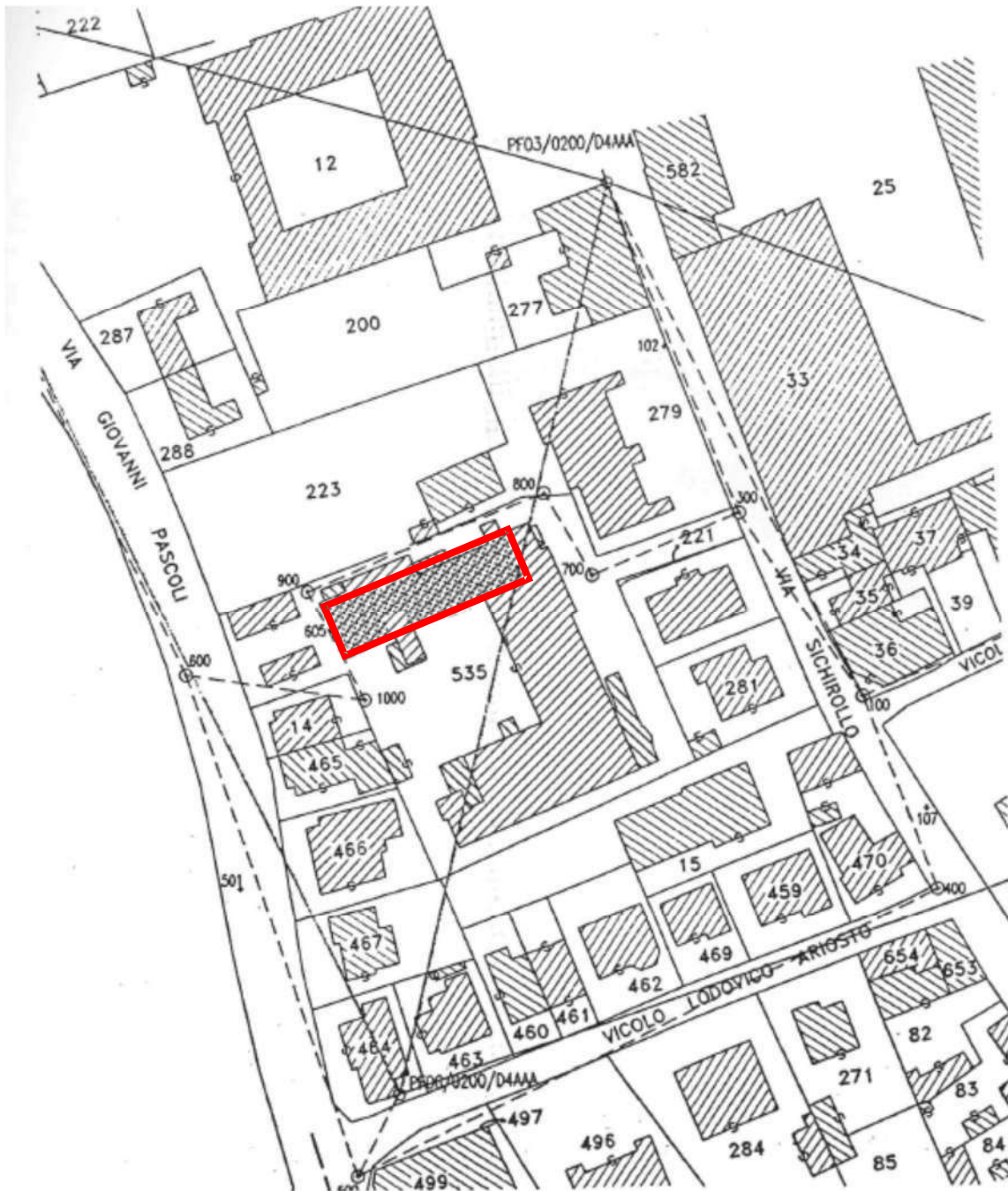
$$FSL = 1,883.$$

LIQUEFAZIONE SABBIE - PROVA CPT			
no iterazione - criterio granulometrico			
(variante ROBERTSON & CABAL 2015)			
DATI DI INPUT:			
magnitudo momento:		$M_W =$	5
azione sismica di progetto:			
accelerazione max al suolo:		$a_{\max} / g =$	0,096
profondità interesse:		$z \text{ (m)} =$	12
prex verticale totale:		$s_v \text{ (kPa)} =$	216
prex verticale efficace:		$s'_v \text{ (kPa)} =$	96
resistenza alla punta (prova CPT):		$q_c \text{ (MPa)} =$	3
frazione fine (% < # 200):		$FC \text{ (%) } =$	10
RISULTATI:			
coefficiente di sicurezza a liquefazione:		$FSL =$	1,883

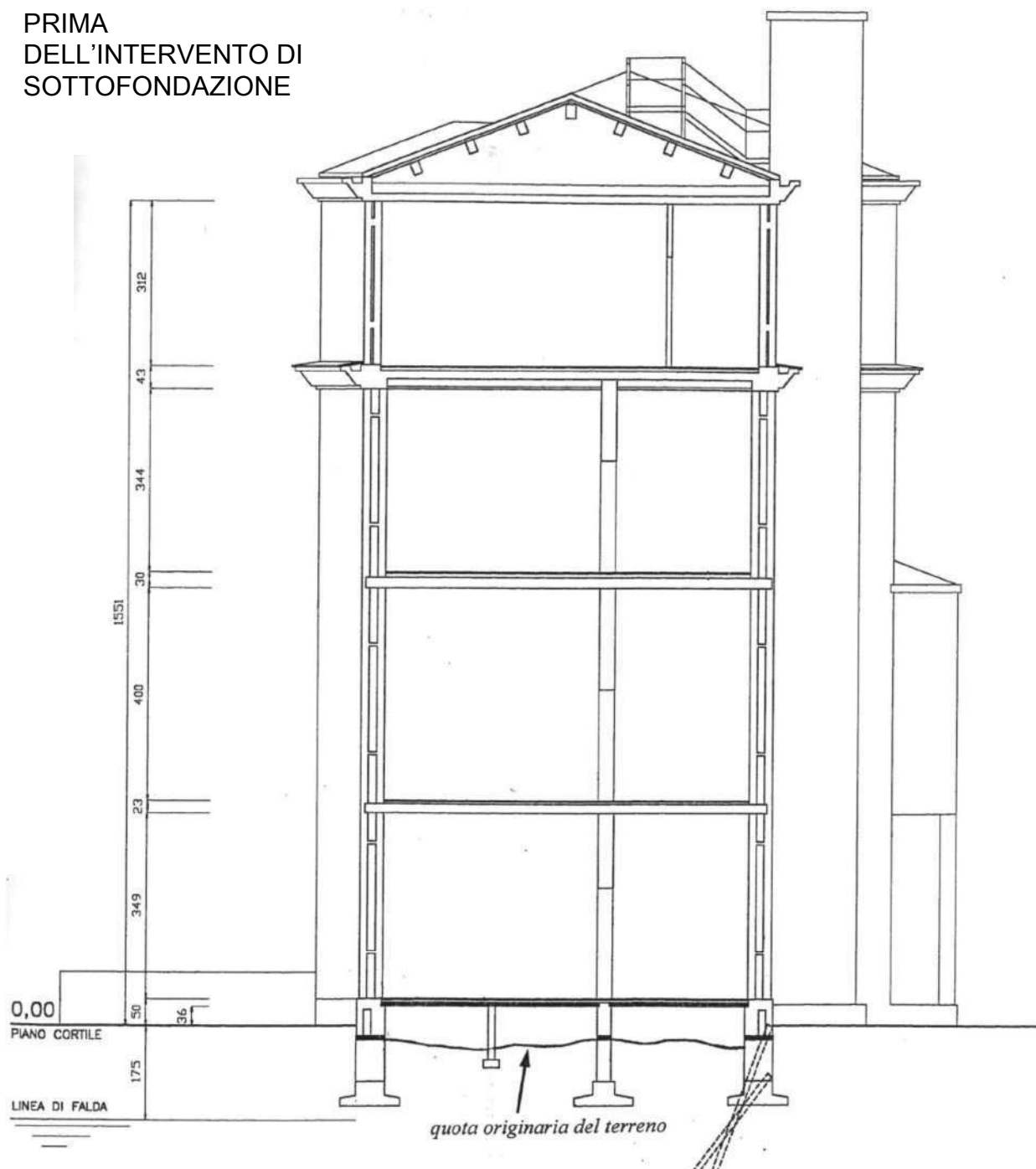
Si rimanda comunque la valutazione alle successive fasi progettuali, in base a precise indicazioni stratigrafiche e granulometriche, tenuto conto dell'importanza che riveste la frazione fine limosa (FC) nei confronti della liquefazione.

STATO DI FATTO

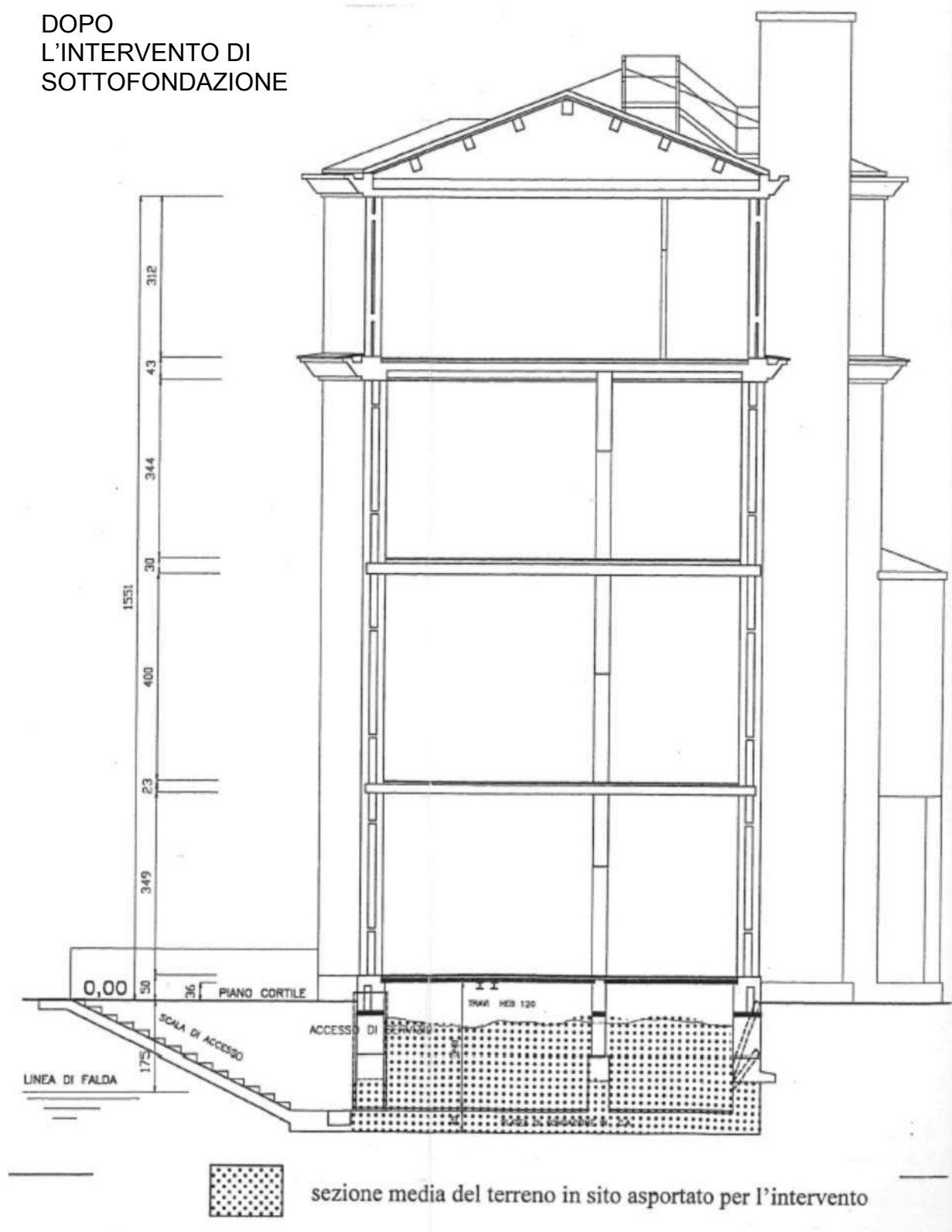
Con riferimento ai dati forniti, l'edificio esistente (a n. 4 piani fuori terra) risulta impostato su travi continue (travi rovesce) di fondazione. Fa eccezione un'ala del fabbricato (evidenziata nella planimetria) che è stata oggetto in passato di un intervento di sottofondazione, con realizzazione di una platea impostata alla profondità di 2,50 m (vedi sezioni nelle pagine seguenti).



PRIMA
DELL'INTERVENTO DI
SOTTOFONDAZIONE



DOPO
L'INTERVENTO DI
SOTTOFONDAZIONE



Considerate le mediocri caratteristiche del sottosuolo (presenza di stratificazioni coesive di mediocre resistenza), si può chiedere come il fabbricato in esame (di altezza non trascurabile, realizzato oltre un secolo fa) non presenti evidenti segnali di cedimento. Il fatto può essere ricondotto ai lunghi tempi di costruzione impiegati in passato, dando modo al sottosuolo (prevalentemente coesivo) di aumentare la propria resistenza nel passaggio da condizioni non drenate a condizioni drenate.

Altra nota relativa allo stato attuale.

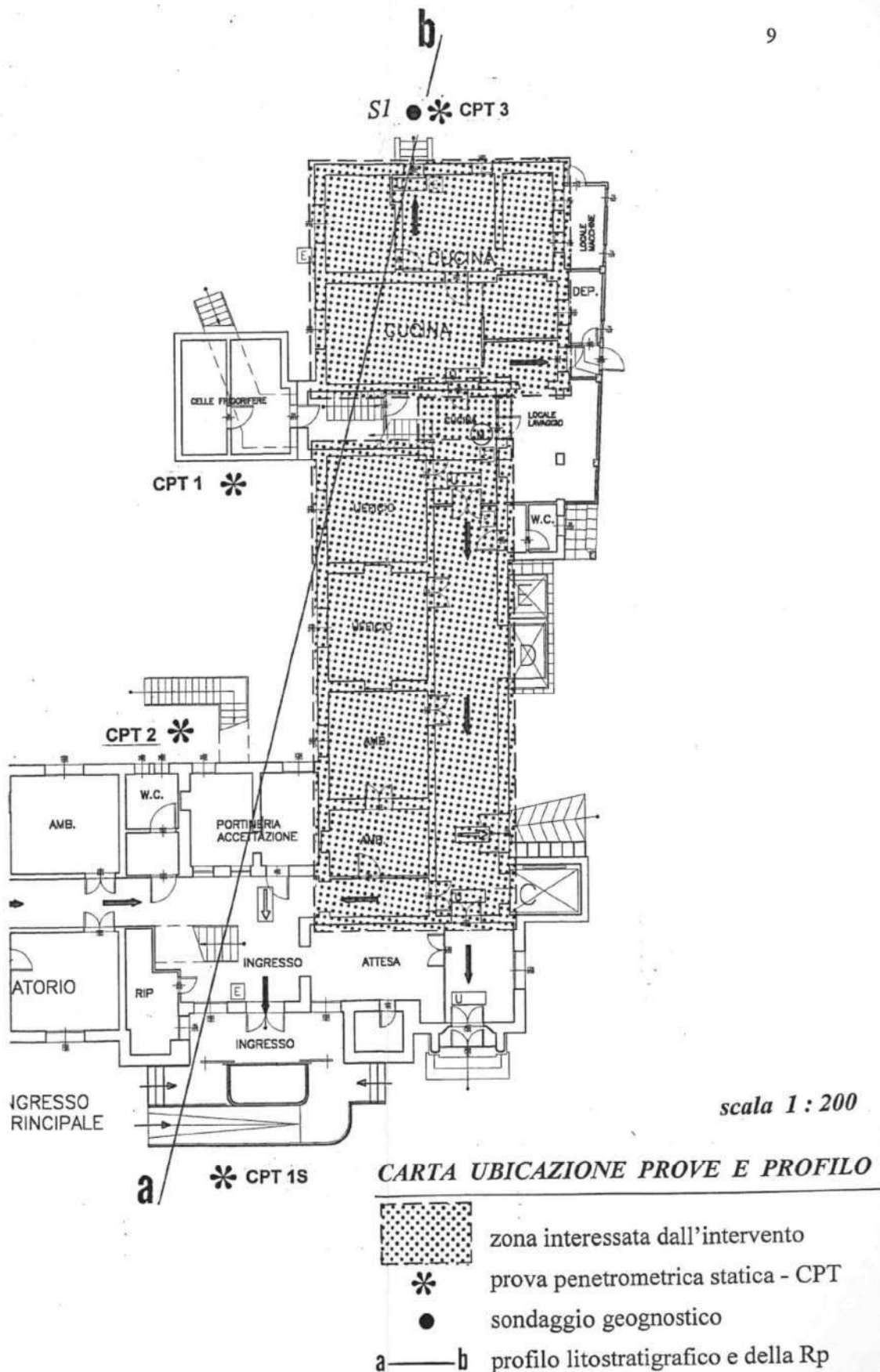
Subito all'esterno dell'area in esame sono presenti alcune costruzioni, per le quali dovrà naturalmente essere prestata una particolare attenzione.

L'intervento di sottofondazione eseguito in passato ha fatto riferimento ai risultati dell'indagine geotecnica dr. Ballotta (luglio 1999), comprendente l'esecuzione di n. 4 prove penetrometriche statiche con punta meccanica Begemann, a profondità variabili, e di un sondaggio geognostico alla profondità di 8 m dal p.c..

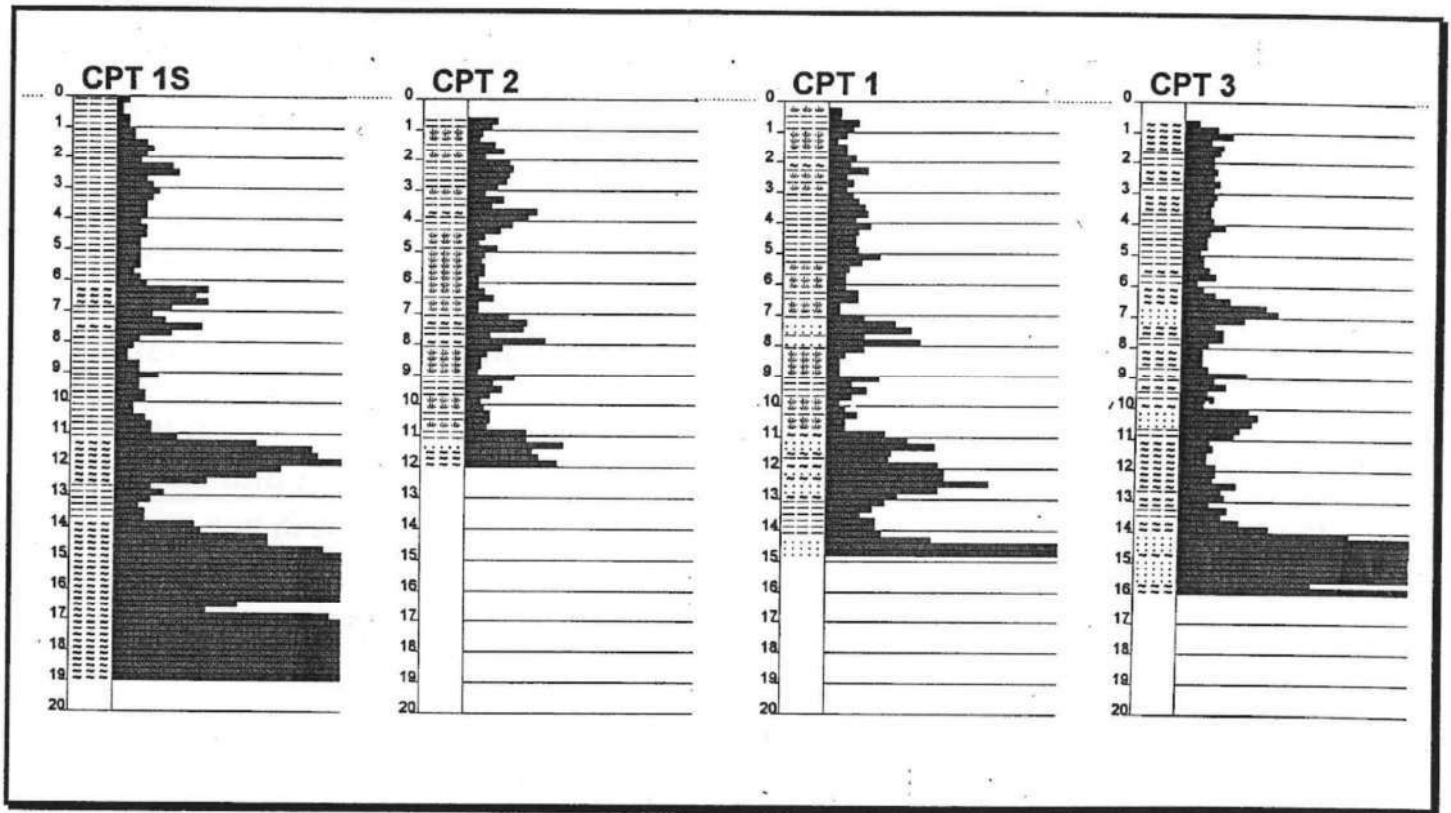
Nelle rappresentazioni che seguono vengono sinteticamente riportati i diagrammi di resistenza alla punta penetrometrica (qc). Viene inoltre rappresentato il profilo stratigrafico relativo al sondaggio S1, eseguito mediante sonda a rotazione.

La relazione dr. Ballotta riporta inoltre profondità della falda comprese fra 1,00 e 1,70 m rispetto al p.c..

.



Profilo a - b



dott. ing. RICCARDO ZOPPELLARO
mobile: +39 348 7473578 e-mail: zoppellaro@libero.it
Via Sandro Pertini 15 - 45020 Villanova del Ghebbo (RO)

dott. geol. CORRADO BALLOTTA
mobile: +39 335 7062108 e-mail: corradoballotta@alice.it
Viale Porta a Mare, 9 - 45100 Rovigo

GHD GEOHYDRODATA s.a.s. sistemi e metodi per investigare il sottosuolo		Inizio Esecuzione 07/06/1999	Fine Esecuzione 07/06/1999	METODO PERFOR. a rotazione		SONDAGGIO 1				
45100 ROVIGO Via Porta a mare, 9 Tel. - Fax 0425 - 490494 C. F. e P. IVA 00923960298		QUOTA		ATTREZZO Sonda oleodinamica tipo DDGS120						
COMMITTENTE Casa di Cura 'Citta di Rovigo' S.r.l.		FOTO		LOCALITA' Rovigo - Via Sichirollo 30						
CAMPIONI Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [RI] Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]				Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.			
				Data 07/06/99		Mt. p.c. 1.00	7.40			
						OPERATORE				
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI tipo num PROF	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	% R.Q.D.	P.P. kg/cm2	T.V. kg/cm2	S.P.T. N1 N2 N3	Liv. acqua	Piezometro
1	0,70			terreno di riporto						
2	1,80			limo argilloso grigio					1,00	
3	2,30			argilla deb. limosa plastica						
4	3,50			argilla compatta deb. limosa chiara						
5	5,20			argilla grigio azzurra deb. limosa						
6	6,40			limo argilloso						
7	7,20			sabbia fine limosa						
8	8,00			limo argilloso						
9										

STATO DI PROGETTO

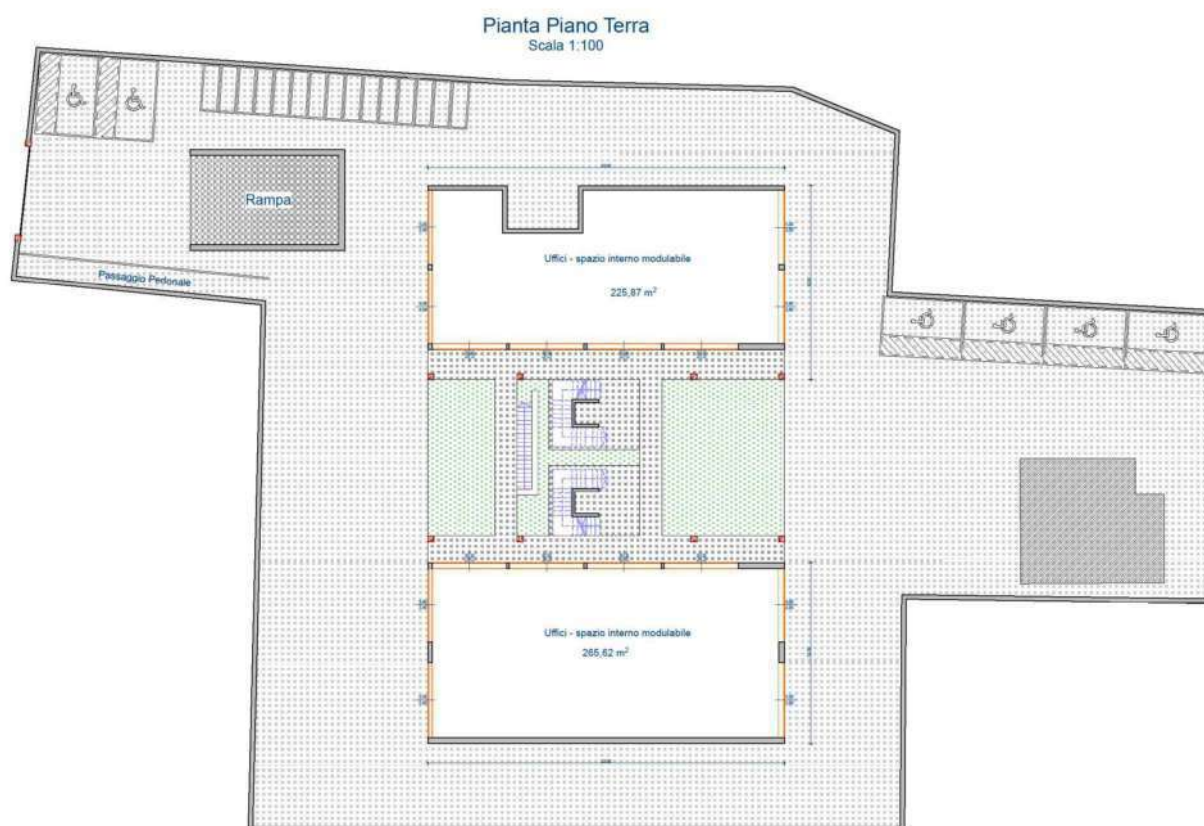
Con riferimento ai dati preliminari di progetto forniti (dati di massima), l'edificio residenziale in progetto risulta previsto nel seguente modo:

- piano interrato (zona garages) alla profondità di circa 2,50 m dal piano campagna, con scavo di pianta rettangolare 30 x 40 m;
- n. 2 torri a n. 6 piani fuori terra, di pianta rettangolare (12 x 23 m e 10 x 23 m circa), vedi immagini che seguono



dott. ing. RICCARDO ZOPPELLARO
mobile: +39 348 7473578 e-mail: zoppellaro@libero.it
Via Sandro Pertini 15 - 45020 Villanova del Ghebbo (RO)

dott. geol. CORRADO BALLOTTA
mobile: +39 335 7062108 e-mail: corradoballotta@alice.it
Viale Porta a Mare, 9 - 45100 Rovigo



VALUTAZIONE DI MASSIMA CIRCA I POSSIBILI INTERVENTI

In base ai dati preliminari di progetto (di massima) forniti, le due torri della struttura in esame (impostate alla profondità $H = 2,50$ m dal p.c.) in linea di massima scaricano sul terreno (prescindendo dalle azioni sismiche) una pressione media pari a:

$$q = 8 \times 11 \text{ kPa} = 88 \text{ kPa} \quad (\text{n. } 6+1 \text{ piani} \Rightarrow \text{n. } 8 \text{ solai con } 11 \text{ kPa per ciascun solaio}).$$

Con riferimento ai valori dei parametri geotecnici di massima (validi in via di prima approssimazione) ricavati dalle indagini relative alla presente fase preliminare:

$$\text{valore medio della coesione non drenata: } c_u = 40 \text{ kPa}$$

$$\text{valore medio del peso di volume totale: } \gamma = 17 \text{ kN/m}^3 \quad (\text{primi } 2,50 \text{ m})$$

si ricava il seguente valore della pressione limite (stato limite ultimo SLU secondo le NTC 2018):

$$q_{\text{lim}} = c_u \cdot N_c + \gamma \cdot H = 40 \times 5,14 + 17 \times 2,50 = 248 \text{ kPa}.$$

La resistenza caratteristica (R_k) e la resistenza di progetto (R_d) della torre (superficie in pianta $A = 12 \times 23$ m) risultano di conseguenza pari a:

$$R_k = q_{\text{lim}} \cdot A = 68476 \text{ kN} \quad R_d = R_k / 2,3 = 29772 \text{ kN}.$$

In condizioni statiche siamo già in condizioni di deficit di capacità portante (fattore di sicurezza secondo la vecchia normativa: $FS = q_{\text{lim}}/q = 248/88 = 2,82$). Considerando poi le azioni sismiche si può già da ora prevedere il non soddisfacimento delle condizioni di capacità portante.

Sempre in linea di massima è stata comunque effettuata una verifica nei confronti dei cedimenti di consolidazione della torre ($A = 12 \times 23$ m) scaricante sul terreno a $-2,50$ m dal p.c. un carico unitario $q = 88$ kPa.

Considerato un alleggerimento, derivante dall'asportazione di $2,50$ m di terreno, pari a:

$$a = 2,50 \times 17 = 43 \text{ kPa}$$

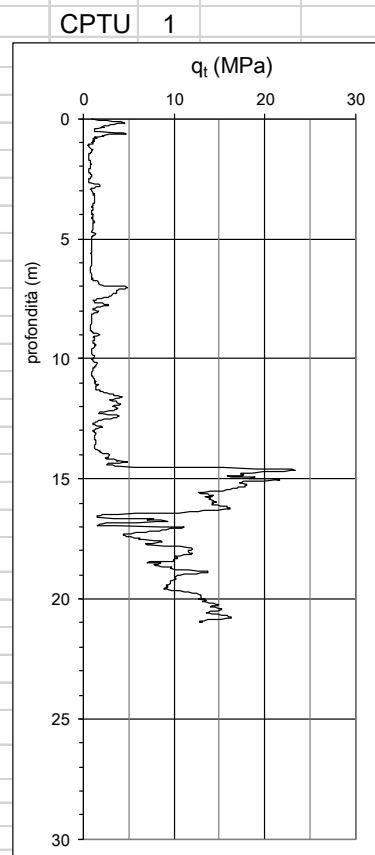
risulta il seguente valore netto della pressione agente a piano fondazione:

$$q_N = q - a = 88 - 43 = 45 \text{ kPa}.$$

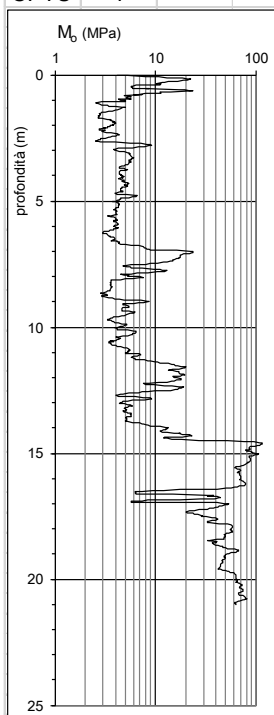
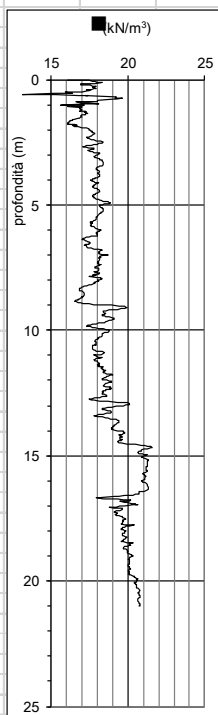
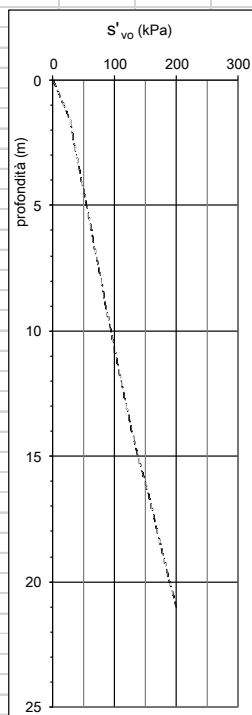
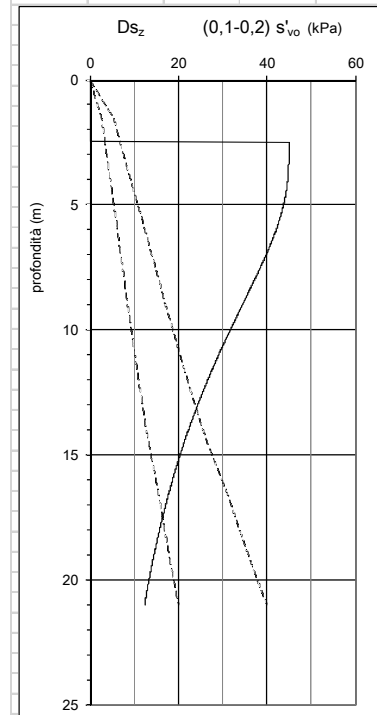
FONDAZIONE SUPERFICIALE RETTANGOLARE CPTU

cedimenti - metodo edometrico (Mayne 2007)

profondità piano fondazione (dal p.c.):	D (m) =	2,5
incremento netto di pressione sul piano fondazione:	q (kPa) =	45
dimensione minore fondazione:	B (m) =	12
dimensione maggiore fondazione:	L (m) =	23
profondità attivata dal cedimento	z.max (m) =	17
cedimento (centro fondazione flessibile)	w ₀ (m) =	0,083
fattore di rigidezza (Coduto 2001):	r =	0,9 (0,85, 1)
cedimento atteso:	w (m) =	0,075
coefficiente reazione verticale (valore medio)	k (kN/m ³) =	600
modulo edometrico (Mayne 2007):	M ₀ = a (q _t - s _{vo})	
terreni coesivi inorganici (C), terreni granulari (G):	a =	5
terreni coesivi organici (CO):	a =	1,5 (1, 2)
q _t = resistenza alla punta corretta		
s _{vo} = pressione geostatica totale		



CPTU 1

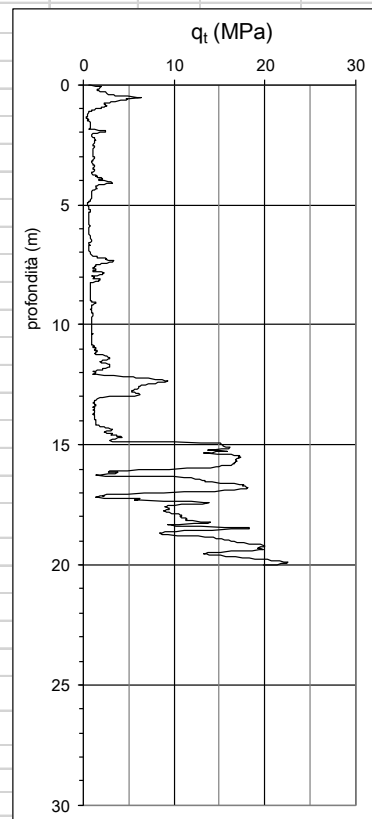


FONDAZIONE SUPERFICIALE RETTANGOLARE CPTU

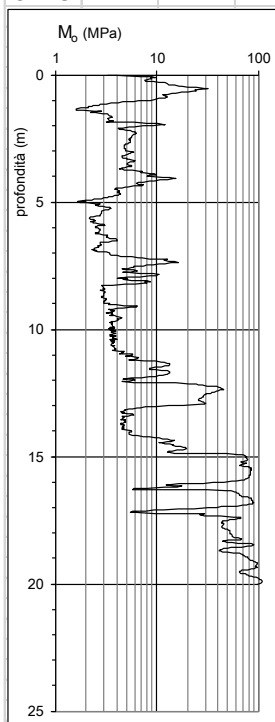
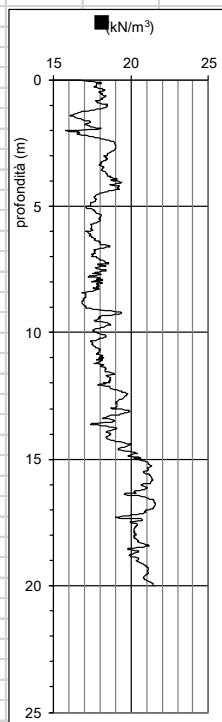
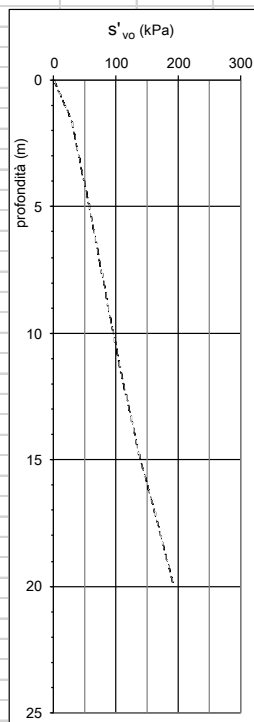
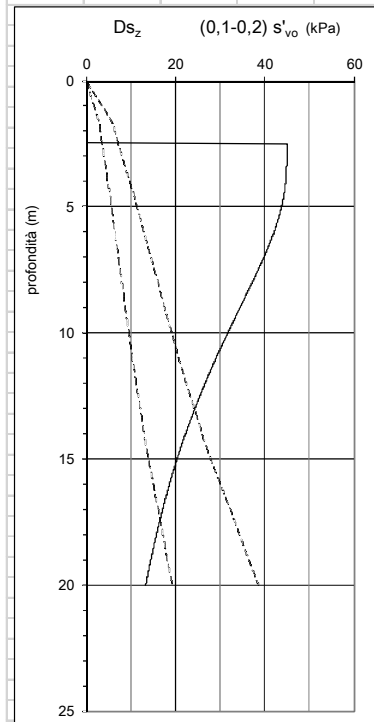
cedimenti - metodo edometrico (Mayne 2007)

profondità piano fondazione (dal p.c.):	D (m) =	2,5
incremento netto di pressione sul piano fondazione:	q (kPa) =	45
dimensione minore fondazione:	B (m) =	12
dimensione maggiore fondazione:	L (m) =	23
profondità attivata dal cedimento	z.max (m) =	17,5
cedimento (centro fondazione flessibile)	w ₀ (m) =	0,0998
fattore di rigidezza (Coduto 2001):	r =	0,9 (0,85, 1)
cedimento atteso:	w (m) =	0,090
coefficiente reazione verticale (valore medio)	k (kN/m ³) =	501
modulo edometrico (Mayne 2007):	M ₀ = a (q _t - s _{vo})	
terreni coesivi inorganici (C), terreni granulari (G):	a =	5
terreni coesivi organici (CO):	a =	1,5 (1, 2)
q _t = resistenza alla punta corretta		
s _{vo} = pressione geostatica totale		

CPTU 2



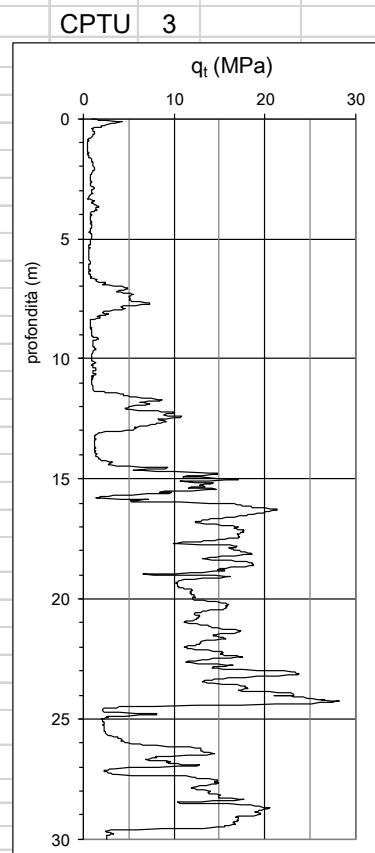
CPTU 2



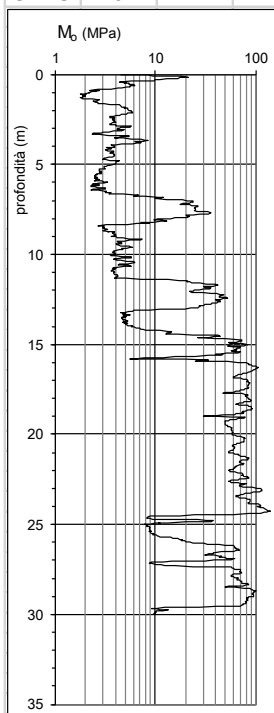
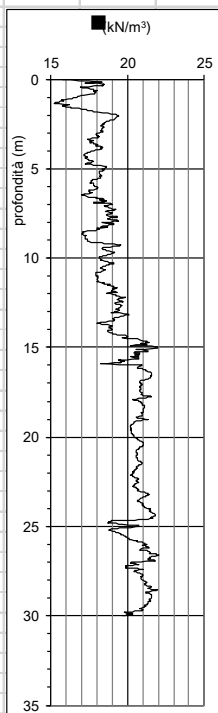
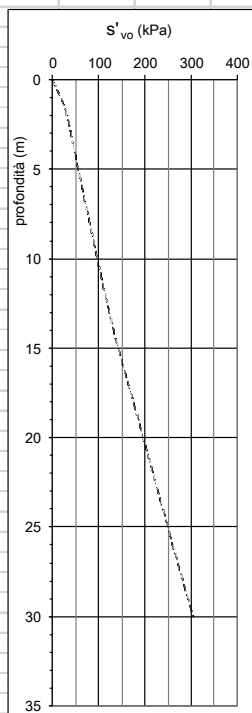
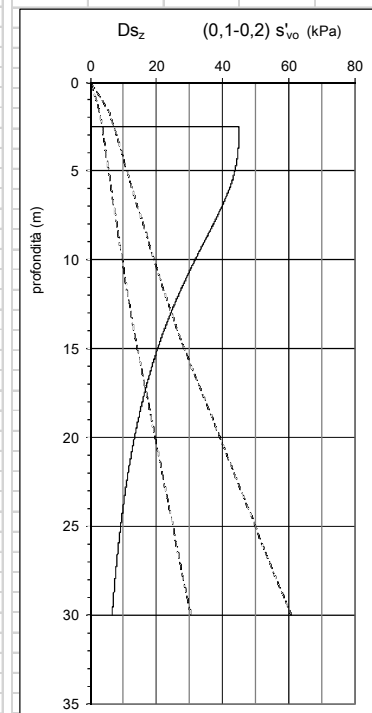
FONDAZIONE SUPERFICIALE RETTANGOLARE CPTU

cedimenti - metodo edometrico (Mayne 2007)

profondità piano fondazione (dal p.c.):	D (m) =	2,5
incremento netto di pressione sul piano fondazione:	q (kPa) =	45
dimensione minore fondazione:	B (m) =	12
dimensione maggiore fondazione:	L (m) =	23
profondità attivata dal cedimento	z.max (m) =	17
cedimento (centro fondazione flessibile)	w ₀ (m) =	0,090
fattore di rigidezza (Coduto 2001):	r =	0,9 (0,85, 1)
cedimento atteso:	w (m) =	0,081
coefficiente reazione verticale (valore medio)	k (kN/m ³) =	556
modulo edometrico (Mayne 2007):	M ₀ = a (q _t - s _{vo})	
terreni coesivi inorganici (C), terreni granulari (G):	a =	5
terreni coesivi organici (CO):	a =	1,5 (1, 2)
q _t = resistenza alla punta corretta		
s _{vo} = pressione geostatica totale		



CPTU 3



Con riferimento ai valori orientativi del modulo edometrico (M_o) ottenuti mediante opportune correlazioni con i valori della resistenza alla punta penetrometrica (vedi immagini precedenti), si è ricavato un valore di massima del cedimento di consolidazione dell'ordine dell'ordine di 8-9 cm. Tenuto conto poi dell'interferenza dei carichi delle due torri il cedimento risulterà ancora maggiore, per di più con elevati valori dei cedimenti differenziali.

Di conseguenza, in base alle analisi sopra riportate risulterà senz'altro consigliabile abbandonare l'ipotesi di fondazioni superficiali, prevedendo invece fondazioni di tipo profondo. Causa la presenza di fabbricati adiacenti all'area in esame, al fine di non ingenerare pericolose vibrazioni, vengono presi in considerazione pali di tipo trivellato.

Nella presente fase preliminare, vengono analizzati PALI TRIVELLATI (in presenza di fanghi bentonitici) di diametro pari a 800 mm impostati alla profondità indicativa di 19-20 m dal p.c. in corrispondenza del banco sabbioso ivi presente (oltrepassate le intercalazioni coesive rilevate in corrispondenza di detto banco).

Si ipotizzano i seguenti valori di massima dei parametri geotecnici:

banco superiore prevalentemente coesivo (fra 2,50 e 14,00 m dal p.c.)
coesione non drenata (valore medio): $C_u = 50$ kPa
coefficiente di adesione (AGI) $\alpha = 0,65$

banco inferiore sabbioso: (oltre 15,00 m dal p.c.)
angolo resistenza al taglio efficace: $\phi' = 33^\circ$
coesione efficace: $c' = 0$

Il metodo di calcolo adottato fa riferimento alle Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana (A.G.I. 1984), ipotizzando (in alternativa al criterio di rottura sotto la base del palo) una limitazione delle deformazioni sotto la base medesima (stato critico di deformazione, corrispondente a un cedimento relativo $s/D = 0,06 \div 0,10$).

Nell'ipotesi di falda superficiale, risultano i seguenti valori orientativi (di massima) della portata del palo per carichi verticali (vedi elaborazioni nel seguito riportate):

PALO ISOLATO $D = 0,80$ m profondità: 19,00 m dal piano campagna
portata critica alla base: $Q_{b.cr} = 915$ kN
portata limite laterale: $Q_s = 1413$ kN
portata limite totale: $Q_t = Q_{b.cr} + Q_s = 2328$ kN.

PORTATA LIMITE PALO ISOLATO

Raccomandazioni AGI (1984)

BANCO COESIVO su BASE PORTANTE GRANULARE

tipologia di palo: **TRIVELLATO**

diametro del palo: $d \text{ (m)} = 0,8$
area sezione del palo: $A \text{ (m}^2\text{)} = 0,5027$
perimetro del palo: $p \text{ (m)} = 2,5133$

BANCO SUPERIORE COESIVO

spessore del banco: $h_1 \text{ (m)} = 12,5$
coesione non drenata: $c_u \text{ (kPa)} = 50$
coefficiente di adesione: $\alpha \text{ (-)} = 0,65$
peso di volume efficace: $\gamma_{eff1} \text{ (kN/m}^3\text{)} = 8$

resistenza laterale limite: $MAX \text{ (kPa)} = 100$ $q_{s1} \text{ (kPa)} = \alpha c_u = 32,5$
portata limite laterale: $Q_{s1} \text{ (kN)} = 1021$

Tab. 5.2 - Valori indicativi dell'adesione q_a per pali in terreni coesivi

	Materiale	$c_u \text{ (kPa)}$	q_a	$q_{amax} \text{ (kPa)}$
PALI INFLESSI	CIS	≤ 25	c_u	120
		$25 + 50$	$0,85 c_u$	
		$50 + 75$	$0,65 c_u$	
		≥ 75	$0,50 c_u$	
PALI INFLESSI	ACCIAIO	≤ 25	c_u	100
		$25 + 50$	$0,80 c_u$	
		$50 + 75$	$0,65 c_u$	
		> 75	$0,50 c_u$	
TRIVELLATI	CIS	≤ 25	$0,90 c_u$	100
		$25 + 50$	$0,80 c_u$	
		$50 + 75$	$0,60 c_u$	
		≥ 75	$0,40 c_u$	

BASE INFERIORE GRANULARE

altezza immersione nel banco: $h_2 \text{ (m)} = 4$ $h_2/d = 5$
lunghezza del palo: $L_p \text{ (m)} = 16,5$ $L_p/d = 20,63$
angolo resistenza al taglio efficace: $\varphi' \text{ (}^\circ\text{)} = 33$
angolo di attrito palo-terreno: $\delta \text{ (}^\circ\text{)} = 33$
coefficiente di spinta: $K \text{ (-)} = 0,5$
peso di volume efficace: $\gamma_{eff2} \text{ (kN/m}^3\text{)} = 10$

pressione verticale efficace all'interfaccia: $\sigma'_{v1} \text{ (kPa)} = 100$
pressione verticale efficace alla base del palo: $\sigma'_{vb} \text{ (kPa)} = 140$
pressione verticale efficace in mezzzeria: $\sigma'_{vm} \text{ (kPa)} = 120$
resistenza laterale limite: $q_{s2} \text{ (kPa)} = K \sigma'_{vm} \tan \delta = 38,964$
portata limite laterale: $Q_{s2} \text{ (kN)} = 391,71$
portata limite laterale complessiva: $Q_s \text{ (kN)} = 1412,7$

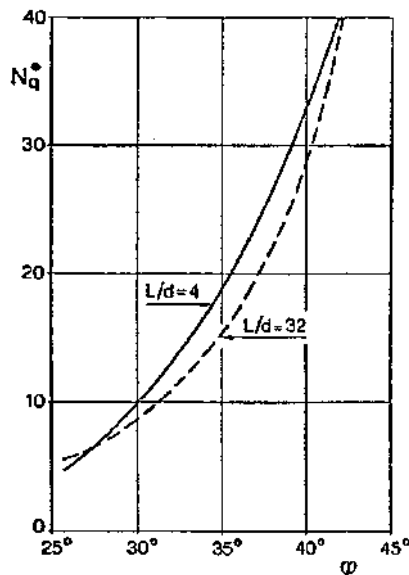
Tab. 5.1 - Valori indicativi di k e μ dell'eq. [4] per terreni incoerenti

	Tipo di palo	Valori di k	Valori di μ
BATTUTO	Acciaio	$0,5 \div 1$	$\tan 20^\circ$
	Calcestruzzo prefabbricato	$1 \div 2$	$\tan (3/4 \varphi')$
	Calcestruzzo gettato in opera	$1 \div 3$	$\tan \varphi'$
	TRIVELLATO	$0,4 \div 0,7 \text{ (*)}$	$\tan \varphi'$

(*) Decrescente con la profondità.

palo INFLESSO $\varphi' \text{ (}^\circ\text{)} = 33$ valore da assumere: $\varphi' \text{ (}^\circ\text{)} = 36,5$ $L_p/d = 20,625$ $N_q = 76$
palo TRIVELLATO $\varphi' \text{ (}^\circ\text{)} = 33$ valore da assumere: $\varphi' \text{ (}^\circ\text{)} = 30$ $L_p/d = 20,625$ $N_q = 22$ scelta: $N_q = 13$
palo GRANDE DIAMETRO $\varphi' \text{ (}^\circ\text{)} = 33$ $L_p/d = \text{cost} = 32$ $N_q^* = 12,5$

pressione limite alla base del palo: $q_b \text{ (kN)} = N_q \sigma'_{vb} = 1820$
portata limite alla base del palo: $Q_b \text{ (kN)} = q_b A = 914,83$



valori di calcolo:
PORTATA LIMITE LATERALE $Q_s \text{ (kN)} = 1412,7$
PORTATA LIMITE ALLA BASE $Q_b \text{ (kN)} = 914,8$
PORTATA LIMITE TOTALE $Q_{lim} \text{ (kN)} = 2327,6$

Secondo le NTC 2018 la portata limite totale come sopra valutata in via di prima approssimazione, rappresenta la resistenza di calcolo del palo isolato ($R_{cal} = 2168 \text{ kN}$). Per passare poi alla resistenza caratteristica complessiva (R_k) si dovrà poi tenere conto a denominatore del coefficiente legato al numero di indagini eseguite. Altri coefficienti parziali dovranno poi essere applicati ai valori della resistenza caratteristica laterale e di base, per ottenere infine il valore della resistenza di progetto (R_d) del palo isolato.

In funzione dell'interasse previsto per i pali si dovrà valutare la cosiddetta "efficienza" del palo in gruppo, prevedendo eventuali coefficienti di riduzione. Eventuali riduzioni potranno essere previste causa la possibile presenza di intercalazioni coesive sotto la base dei pali (allo stato attuale delle conoscenze sono state rilevate alla profondità di circa 24 m dal p.c.).

Si fa presente che eventuali riporti di terreno al di sopra dell'attuale piano campagna dovranno essere considerati con particolare attenzione, al fine di non ingenerare cedimenti del terreno ed evitando così fenomeni di "attrito negativo" sui pali di fondazione.

VALUTAZIONI CONCLUSIVE

L'intervento in esame presenta particolari criticità legate essenzialmente alla presenza di edifici immediatamente a ridosso dell'area in esame (vedi foto).



Per prima cosa si rende indispensabile la raccolta di informazioni relative alle tipologie di fondazione di cui sono dotati detti fabbricati (travi continue, platee, presenza di eventuali piani interrati e altro).

In secondo luogo le operazioni di demolizione del fabbricato esistente dovranno essere eseguite con tecniche adeguate, al fine di non ingenerare pericolose vibrazioni, con ovvie ripercussioni sui vicini fabbricati. A tal fine dovranno essere previste opportune misure di controllo previa installazione di accelerometrie/o vibrometri alla base dei fabbricati suddetti, con attenta valutazione dei dati di registrazione.

In terzo luogo le operazioni di scavo al di sotto del piano di falda (piano fondazione indicativamente a -2,50 m dal p.c.) dovranno essere condotte con particolare cautela, al fine di garantire la perfetta stabilità delle strutture circostanti. Si consiglia vivamente di prevedere a tal fine idonee strutture di sostegno (diaframmi in C.A., palancole infisse a pressione, berlinesi o altro), adeguatamente contrastate a mezzo di berme, eventuali tiranti o puntoni. Le paratie sostegno, infisse ad adeguata profondità, avranno poi la funzione di intercettare eventuali moti di filtrazione provenienti dall'esterno durante le operazioni di messa all'asciutto dello scavo, evitando in tal modo possibili abbassamenti dei livelli di falda in prossimità dei fabbricati circostanti (saranno in tal senso da prevedere piezometri di controllo).

Si rammenta ancora una volta il carattere assolutamente preliminare della presente relazione geotecnica di accompagnamento dello studio di massima dell'intervento (studio di fattibilità tecnico-economica).

Ciò considerato, nelle successive fasi progettuali dovranno essere previste ulteriori valutazioni maggiormente dettagliate, accompagnate da ulteriori indagini geognostiche integrative (vedi programma di massima in precedenza indicato), al fine di individuare in maniera precisa i parametri geotecnici del terreno, con i quali condurre valutazioni di capacità portante di fondazioni superficiali e profonde e verifiche di stabilità nei confronti degli scavi.