

Comune FUCECCHIO

Provincia FIRENZE

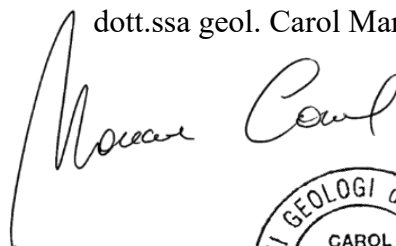
Committenti Sig.ri Cerrini Valentina, Giovacchini Ambra, Eredi di Giovacchini Augusto, Giovacchini Marinella, Giovacchini Mario, Gori Stefania, Gori Stefano, Grassini Renata, Lucaccini Graziella, Bini Luciano

Oggetto **Piano attuativo 19 con contestuale variante R.U per lo sviluppo edilizio ad uso commerciale e residenziale in Comune di FUCECCHIO (Via Fiorentina/via Alvini): STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO**
Aggiornamento della relazione geologica e geotecnica del 21 marzo 2023 a seguito di richiesta di integrazione della "Direzione Difensiva del Suolo e Protezione Civile – Settore Genio Civile Valdarno Superiore"

Data 10 luglio 2023

Responsabile
dott. geol. Marco Daguati

Referente
dott.ssa geol. Carol Marceca



Operatori
dott. Filippo Bettinelli
dott. Antonio Carnevale

Rilevamento geotecnico
Rilevamento geotecnico

Direttore Tecnico Ing. Laura Pezzoni

GEOLAMBDA

Engineering S.r.l.

Sede operativa: via A. Diaz, 22 – 26845 Codogno (LO)
tel. (+39).0377.433021 fax (+39).0377.402035

www.geolambda.eu – pec: geolambda@geolambda.viapec.it
e-mail: marco.daguati@geolambda.it



INDICE

PREMESSA	3
PARTE PRIMA: STUDIO GEOLOGICO.....	5
1.1 Inquadramento geologico e geomorfologico	5
1.2 Idrogeologia e piezometria.....	6
1.3 Pericolosità idraulica.....	7
1.4 Inquadramento sismico	7
1.5 Pericolosità e fattibilità geologica.....	8
Allegato 1 – Pericolosità geologica.....	12
Allegato 2 – Pericolosità idraulica	13
Allegato 3 – Pericolosità sismica	14
PARTE SECONDA: STUDIO SISMICO.....	15
2.1 Indagine geofisica con la metodologia MASW: descrizione del metodo e della strumentazione utilizzata.....	15
2.2 Definizione della categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC18	19
2.3 Spettro di risposta elastico secondo la normativa antisismica	20
2.4 Analisi del potenziale di liquefazione dei terreni di fondazione.....	22
PARTE TERZA: STUDIO GEOTECNICO	24
3.1 Indagine geognostica: modalità esecutive e criteri interpretativi.....	24
3.2 Modello geotecnico di riferimento.....	27
Idoneità dell'area in merito all'intervento in progetto	29
ALLEGATO 4 – Ubicazione delle indagini.....	30
ALLEGATO 5 – Prove penetrometriche	31

PREMESSA

In seno alla “*Proposta di Piano Attuativo di iniziativa privata – Scheda Progetto PA19 - per la realizzazione di un edificio commerciale di media struttura di vendita, di residenze, di parcheggi pubblici, di aree a verde pubblico, a verde attrezzato, con la riorganizzazione della rete stradale esistente e di progetto, nel Comune di Fucecchio, via Provinciale Fiorentina, via Luigi Banti, via Giampiero Alvisi*”, la scrivente Società ha ricevuto l’incarico di valutare la compatibilità geologica, geotecnica e sismica del Piano con il locale contesto territoriale ai sensi della normativa vigente 5/R/2020.

Oltre alle informazioni derivanti dagli strumenti di pianificazione locale e sovraordinati, lo studio si è avvalso di:

- n. 4 prove penetrometriche per definire le caratteristiche geotecniche dei terreni più superficiali;
- n. 1 stendimento geofisico tipo “MASW” per definire le caratteristiche sismiche dell’area.

L’area in esame si colloca nella porzione S-occidentale dell’abitato di Fucecchio; il lotto confina con la Strada Provinciale n. 5 a N, via Banti a E, via Gianpiero Alvisi a W e con alcuni edifici residenziali a S (figura 1).



Figura 1 – Ubicazione dell’area d’interesse (fonte: Google Earth).

*Sig.ri Cerrini Valentina, Giovacchini Ambra, eredi di Giovacchini Augusto, Giovacchini Marinella, Giovacchini Mario, Gori Stefania, Gori Stefano, Grassini Renata, Lucaccini Graziella, Bini Luciano
Comune di Fucecchio (FI)*

Il presente documento viene redatto a integrazione della relazione geologica e geotecnica del 21 marzo 2023 con lo scopo di adeguare il precedente studio alle richieste avanzate dal Genio Civile di Valdarno Superiore.

PARTE PRIMA: STUDIO GEOLOGICO

1.1 Inquadramento geologico e geomorfologico

L'assetto geologico dell'ambito territoriale in esame è il risultato di diverse fasi tettoniche che hanno portato, dopo il Pliocene, al sollevamento del Monte Pisano e delle dorsali collinari di Montecarlo e delle Cerbaie e alla lenta subsidenza dei bacini lacustri di Fucecchio e Bientina. Il territorio comunale di Fucecchio, in particolare, è contraddistinto da quattro diversi contesti morfologici: la pianura alluvionale del Fiume Arno, il paesaggio palustre del Padule di Fucecchio, il paesaggio collinare delle Cerbaie e il paesaggio collinare della collina di Montellori.

Come riportato nello stralcio della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 – Foglio 105 “Lucca” (figura 2), i terreni affioranti sono depositi alluvionali attuali e recenti: si tratta di depositi di colmata del Padule di Fucecchio costituiti da sedimenti fini prevalentemente argillosi e limosi, caratterizzati dalla presenza di abbondante materia organica (torbe) e da variazioni laterali e verticali dovute alla continua instabilità degli ambienti lago-palustri.

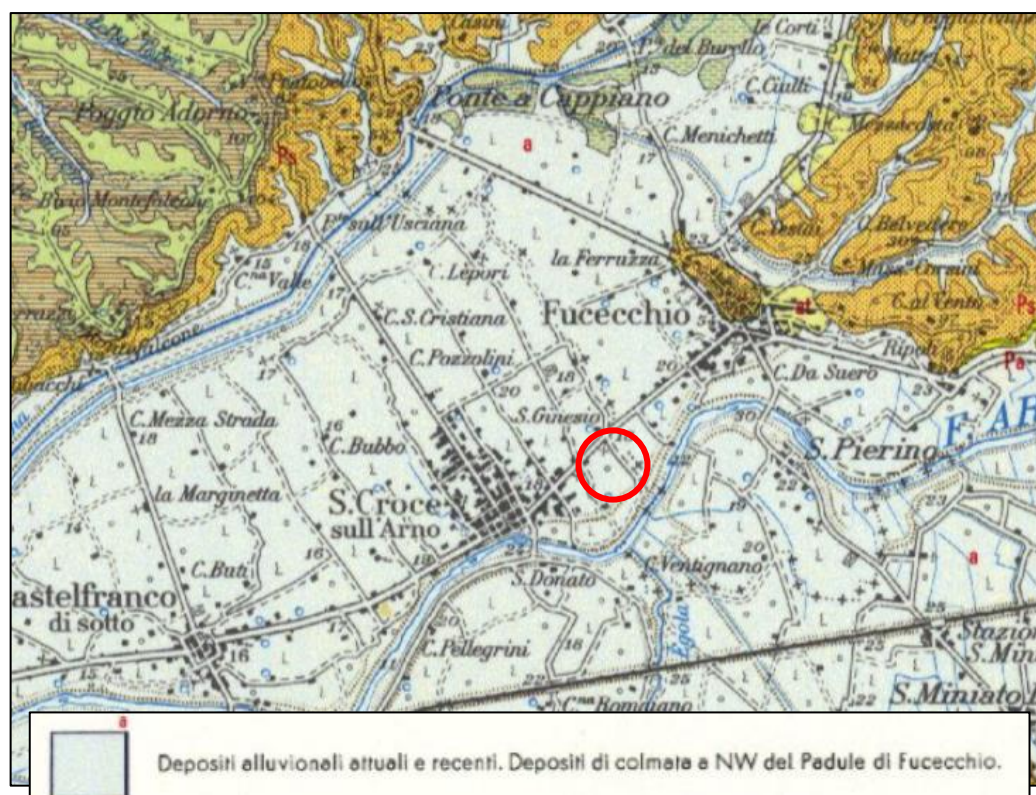


Figura 2 – Stralcio della “Carta Geologica d’Italia” alla scala 1:100.000 – Foglio 105 “Lucca”.

1.3 Pericolosità idraulica

La figura 4 riproduce uno stralcio della “Mappa della Pericolosità Idraulica” del PGRA (Piano di Gestione del Rischio Alluvioni) dell’Autorità di Bacino del Fiume Arno – Distretto Appennino Settentrionale: l’area di intervento è interessata da una pericolosità per inondazione dal reticolo idrografico di tipo medio (P2).

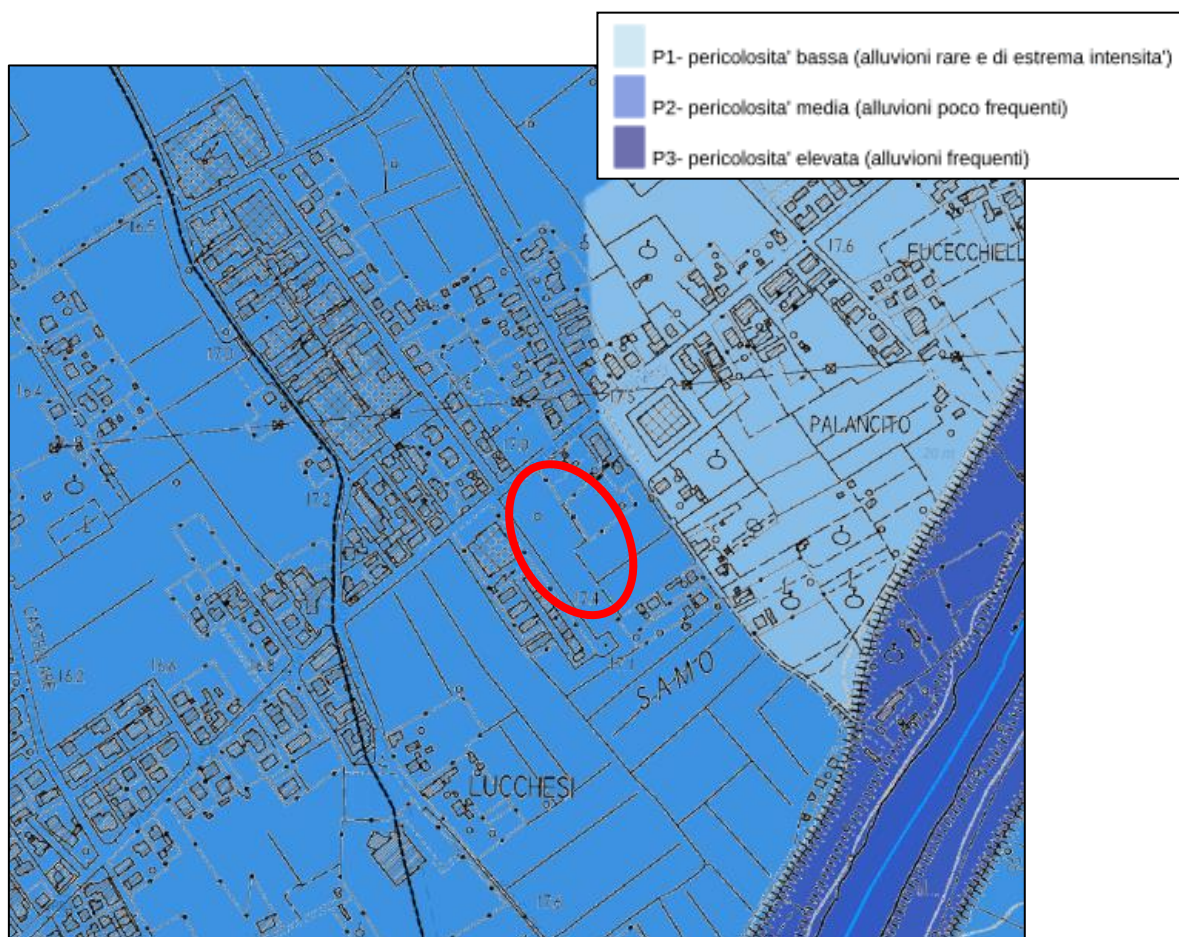


figura 4 – Stralcio della mappa di pericolosità idraulica

1.4 Inquadramento sismico

Secondo la D.g.r. n. 421 del 26.05.2014 della Regione Toscana, il Comune di Fucecchio appartiene alla **zona sismica 3** (figura 5).

*Sig.ri Cerrini Valentina, Giovacchini Ambra, eredi di Giovacchini Augusto, Giovacchini Marinella, Giovacchini Mario, Gori Stefania, Gori Stefano, Grassini Renata, Lucaccini Graziella, Bini Luciano
Comune di Fucecchio (FI)*

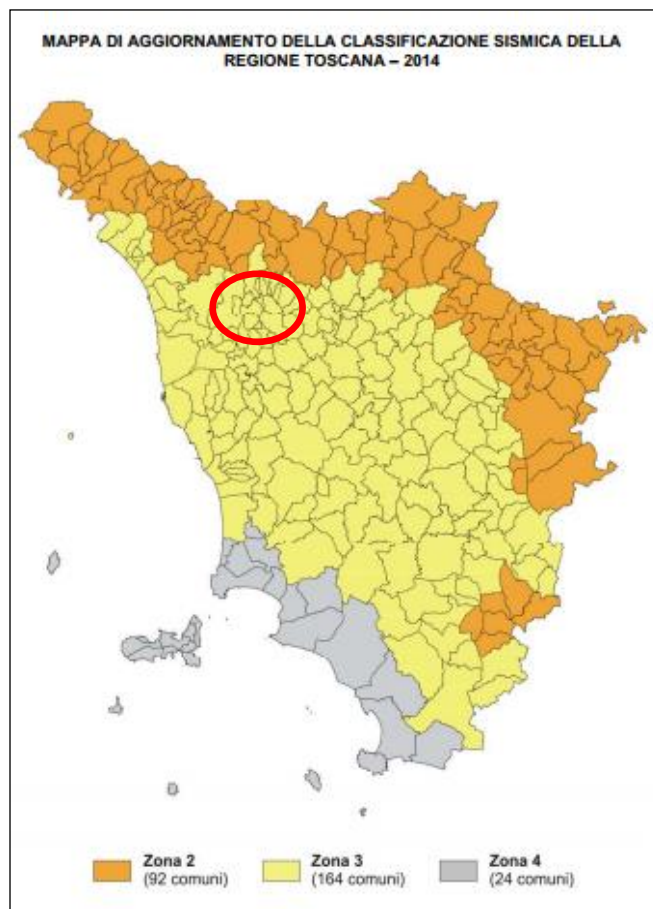


figura 5 - Classificazione sismica dei comuni della Toscana (D.G.R. n. 421 del 25 maggio 2014).

1.5 Pericolosità e fattibilità geologica

Come riportato nella Relazione geologico-tecnica del Comune di Fucecchio “*I criteri di fattibilità degli interventi sono stati definiti sulla base di quanto previsto dal D.P.G.R. 30/01/2020 n.5/r, che prevede la distinzione in relazione ai diversi aspetti, geologici, idraulici e sismici. Oltre ai criteri dettati dal D.P.G.R. n.5/r, nelle schede monografiche sono state inserite, nei casi necessari, ulteriori indicazioni e prescrizioni basate sulle condizioni geologiche, geomorfologiche, idrauliche e sismiche puntuali del sito...Considerando che il D.P.G.R. 5/r ha eliminato di fatto le classi di fattibilità, per le zone di variante oggetto di studio sono state riportate le sole classi di pericolosità. Le limitazioni imposte discendono quindi dai criteri generali dettati dal D.P.G.R. 5/r in funzione delle varie classi di pericolosità (paragrafi 3.2, 3.3 e 3.6 dell'allegato A al regolamento) e da eventuali ulteriori limitazioni dettagliate nelle schede allegate alla presente.*

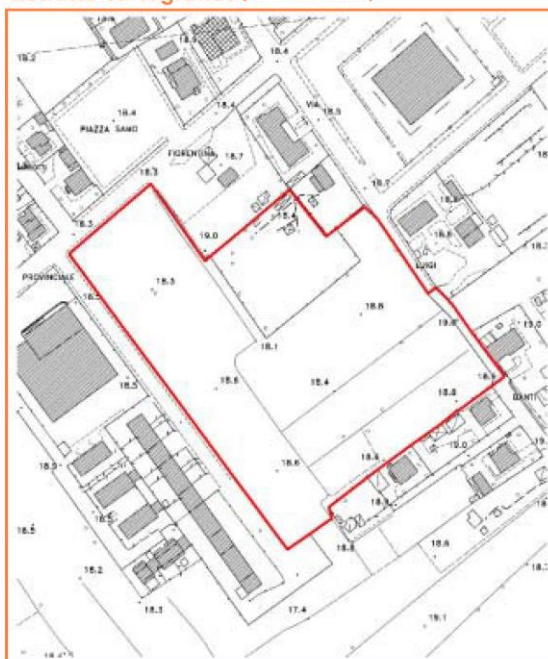
*Sig.ri Cerrini Valentina, Giovacchini Ambra, eredi di Giovacchini Augusto, Giovacchini Marinella, Giovacchini Mario, Gori Stefania, Gori Stefano, Grassini Renata, Lucaccini Graziella, Bini Luciano
Comune di Fucecchio (FI)*

Per i comparti che ricadono nelle zone di fondovalle classificate a pericolosità per alluvioni frequenti (P3) o poco frequenti (P2) vigono ulteriori prescrizioni e limitazioni dettati dalla L.R. 41/2018 e dal PGRA”.

In Allegato 1÷3 sono riportate le carte di pericolosità del R.U. di Fucecchio mentre di seguito si richiama la Scheda Progetto inerente al Piano Attuativo PA19 entro cui sono descritte le classi di pericolosità geologica (G2), idraulica (I2) e sismica (S3), i criteri di fattibilità ai sensi del D.P.G.R. 5/R e le prescrizioni sito-specifiche per l'area in oggetto.

Scheda Progetto: PA19 - 3° VAR.

Estratto cartografico (scala 1:4000)



Estratto ortofoto 2009 (scala 1:4000)



Ubicazione:

Via Prov.le Fiorentina Fucecchio
UTOE : UTOE 2 - Città nuova
Inv. Strutturali:--
RUC: D10 - Nuovi interventi a prevalente destinazione commerciale/direzionale soggetti a Piano Attuativo

Pericolosità 5/R 2020 :

	Pericolosità PAI	Pericolosità 5/R
Geologic		G2
Idraulica		P2
Sismica		S3

Obiettivi:

Riqualificare e completare l'attuale margine urbano incerto e sfrangiato, con la realizzazione di residenze, la riorganizzazione della rete viaria, prevedendo l'inserimento di funzioni commerciali e incrementando la dotazioni di standard.

Dimensionamento e destinazioni d'uso ammesse:

	Esistente	Progetto	Opere di urbanizzazione primaria e secondaria:		
			Parcheggi pubblici	Verde attrezzato	Strade
Sup.territ.(St)	22350	22350			
Sup.fond.(Sf)		8850			
Sup.ut.lorda(Sul)	3600	3000	2000	9300	2200
Dest.d'uso: residenziale		1200	Attrezzature di interesse comun		
produttivo			Istruzione:		
comm/direz.	/	1800 /	Edilizia residenziale con finalità sociali :		
Rapp.cop. (Rc)/Sup.cop.(Sc)		30% /	10% della Sul (mq. 300)		
Altezza massima (Hmax)		7			
Numero dei piani (Np)		2			
Num.all. (Na)/ Abitanti		8 / 20			

Disposizioni e modalità di attuazione:

L'intervento di trasformazione è soggetto alla preventiva approvazione di un piano attuativo convenzionato che preveda la contestuale realizzazione degli interventi edificatori e di tutte le opere di urbanizzazione comprese entro il perimetro dell'area soggetta a PA, nonché del raccordo con le urbanizzazioni esistenti. L'area a verde attrezzato può contribuire al fabbisogno di compensazione della cella idraulica sia localmente che in quota parte generale (art.54 delle NTA) (Rif.III°VAR.RUC-Mod.n.3). Il progetto dovrà rispettare le prescrizioni dettate da ARPAT in sede di verifica di assoggettabilità a VAS concernente la III Variante al RU e allegata alla relazione tecnica del responsabile del procedimento. Fermo restando che i nuovi strumenti della pianificazione territoriale e urbanistica dovranno, nell'ambito della lettura del territorio urbanizzato ai sensi dell'art. 4, commi 3 e 4, della L.R. 65/2014, garantire la coerenza alla direttiva 1.2 del PIT, in fase di redazione del Piano Attuativo si dovrà garantire l'individuazione di un collegamento alberato e pedonale che attesti sulla Via Provinciale Fiorentina e che colleghi Piazza Samo al verde attrezzato di comparto a servizio dell'area residenziale esistente a sud, con funzione di riqualificazione del margine urbano e del sistema del verde/zona agricola.

Scheda Progetto: PA19 – 3°VAR.

Criteri di fattibilità ai sensi del D.P.G.R. 5/R

Oltre ai criteri generali di fattibilità indicati dal D.P.G.R. 5/R 2020 in relazione alle classi di pericolosità, si dettano i seguenti condizionamenti:

Aspetti geologici

La campagna geognostica dovrà essere finalizzata anche alla caratterizzazione granulometrica dei terreni, al fine di acquisire tutti i dati utili alla ricostruzione della geometria dei litotipi con differente composizione ed alla eventuale esecuzione di verifiche alla liquefazione.

Aspetti sismici

La misura tromometrica Tr36 effettuata all'interno dell'area, indica la possibilità che si generino amplificazioni stratigrafiche a profondità comprese tra 20 e 30 metri, al contatto tra i depositi alluvionali attuali ed i depositi pleistocenici. La campagna geofisica dovrà definire geometrie e velocità sismiche dei litotipi posti a contatto, al fine di valutare localmente l'entità delle amplificazioni attese, e gli effetti del contrasto di rigidità sismica sulle strutture in progetto.

Aspetti Idraulici

Limitazioni derivanti dalla L.R. n.41/2018

I condizionamenti per gli interventi di nuova edificazione e la tipologia degli interventi da porre in opera per la messa in sicurezza di quanto in progetto sono dettati dagli Art.8 e 11 della L.R. 41/2018 tenendo conto che:

- l'area è soggetta ad alluvioni poco frequenti (classe P2: $30 < Tr < 200$ anni);
- negli studi idraulici di supporto al RU comunale la quota del battente idrico per $Tr=200$ anni è pari a 16,28m slm (cella di riferimento VI_009), mentre la velocità della corrente non è definita.

Le quote altimetriche dell'area allo stato attuale, sono comprese tra 18,10 e 19,00m slm, al di sopra della quota di riferimento per la sicurezza idraulica di 16,78m slm, valore comprensivo di 50 cm di franco sul livello duecentennale previsto per la suddetta cella.

L'area è tuttavia fragile dal punto di vista idraulico essendo interessata dal transito delle acque in uscita dal Fiume Arno per episodi di esondazione con Tr pari a 200 anni.

In fase di progettazione degli interventi dovrà essere eseguito uno studio idraulico che valuti l'interferenza tra quanto in progetto e la dinamica delle acque di transito, al fine di porre in sicurezza gli interventi previsti senza determinare aggravii di pericolosità nelle aree al contorno, e di garantire durante l'evento alluvionale l'incolumità delle persone.

Lo studio dovrà definire anche la magnitudo idraulica attesa nelle fasi di transito dell'episodio alluvionale, in modo da individuare i condizionamenti dettati dalla L.R. 41/2018 in funzione della tipologia degli interventi.

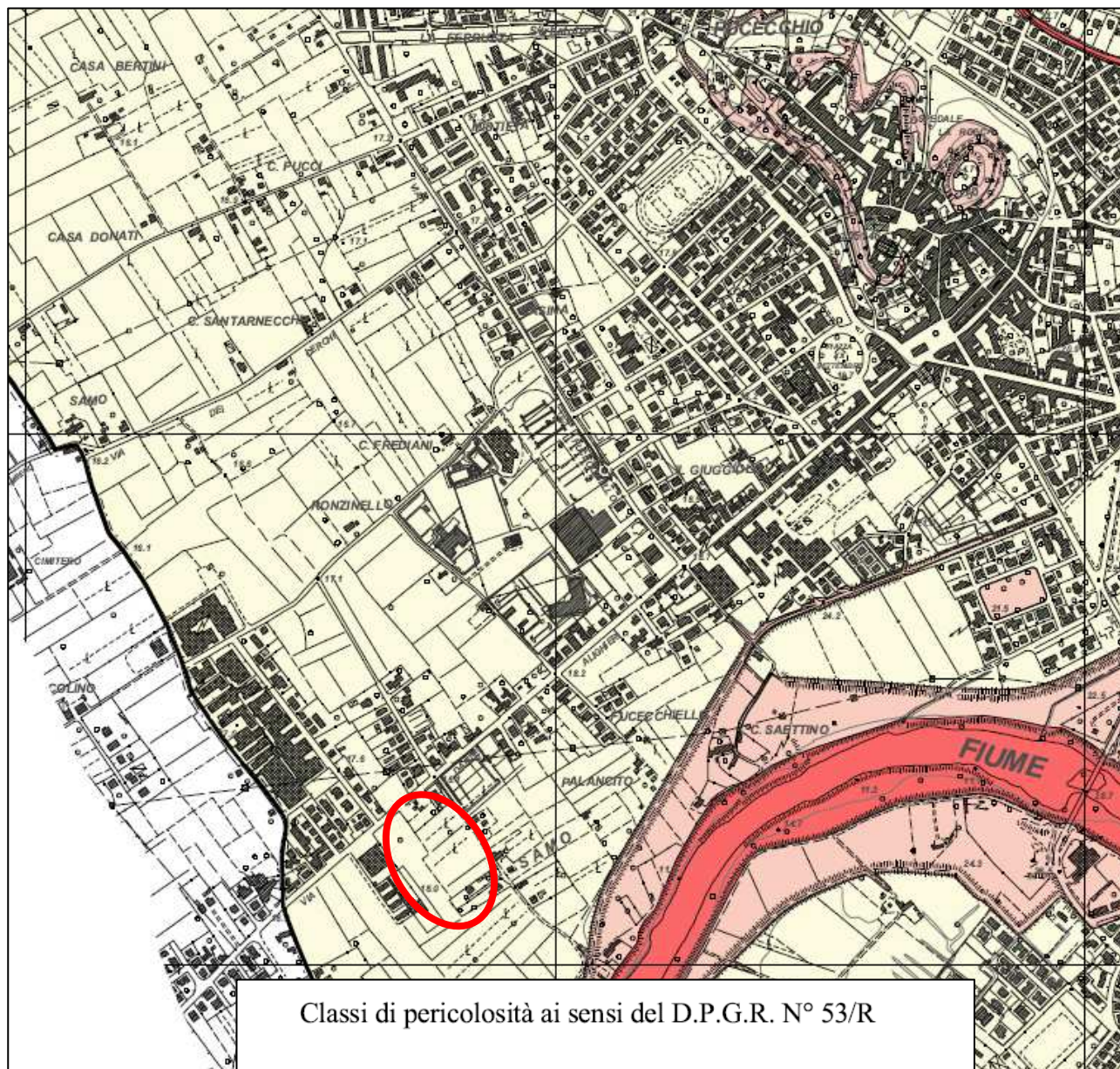
Relativamente al reticolo idraulico minore, se ne dovrà assicurare il corretto funzionamento anche in seguito agli interventi in progetto. Nelle tavole progettuali dovrà essere dettagliato il sistema di scolo delle acque meteoriche allo stato attuale ed in quello di progetto. Le modifiche apportate al sistema di scolo dovranno perseguire il miglioramento del deflusso delle acque e l'eliminazione di eventuali situazioni di fragilità.

ALLEGATI

Tratti da: "Comune di Fucecchio– Regolamento Urbanistico

- Allegato 1: Pericolosità geologica
- Allegato 2: Pericolosità idraulica
- Allegato 3: Pericolosità sismica

Allegato 1 – Pericolosità geologica



Classi di pericolosità ai sensi del D.P.G.R. N° 53/R

G.4 - Pericolosità Geologica Molto Elevata



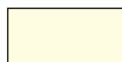
Aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza.
Sono inoltre compresi i corsi d'acqua, i laghi e la depressione del Padule

G.3 - Pericolosità Geologica Elevata



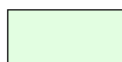
Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti;
aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia,
alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado
di carattere antropico;
aree interessate da fenomeni erosivi;
aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche

G.2 - Pericolosità Geologica Media



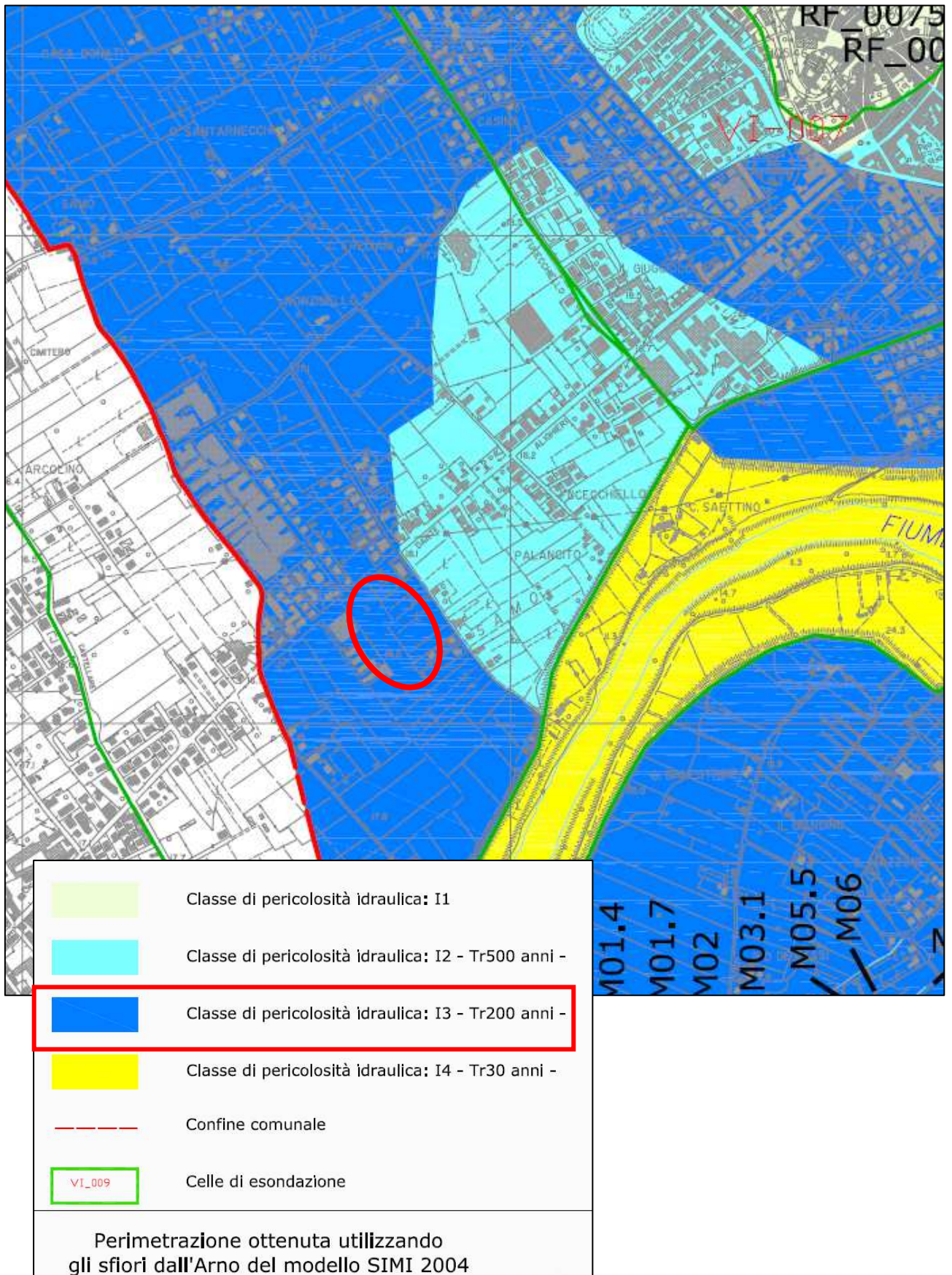
Aree con elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione
risulta una bassa propensione al dissesto.

G.1 - Pericolosità Geologica Bassa

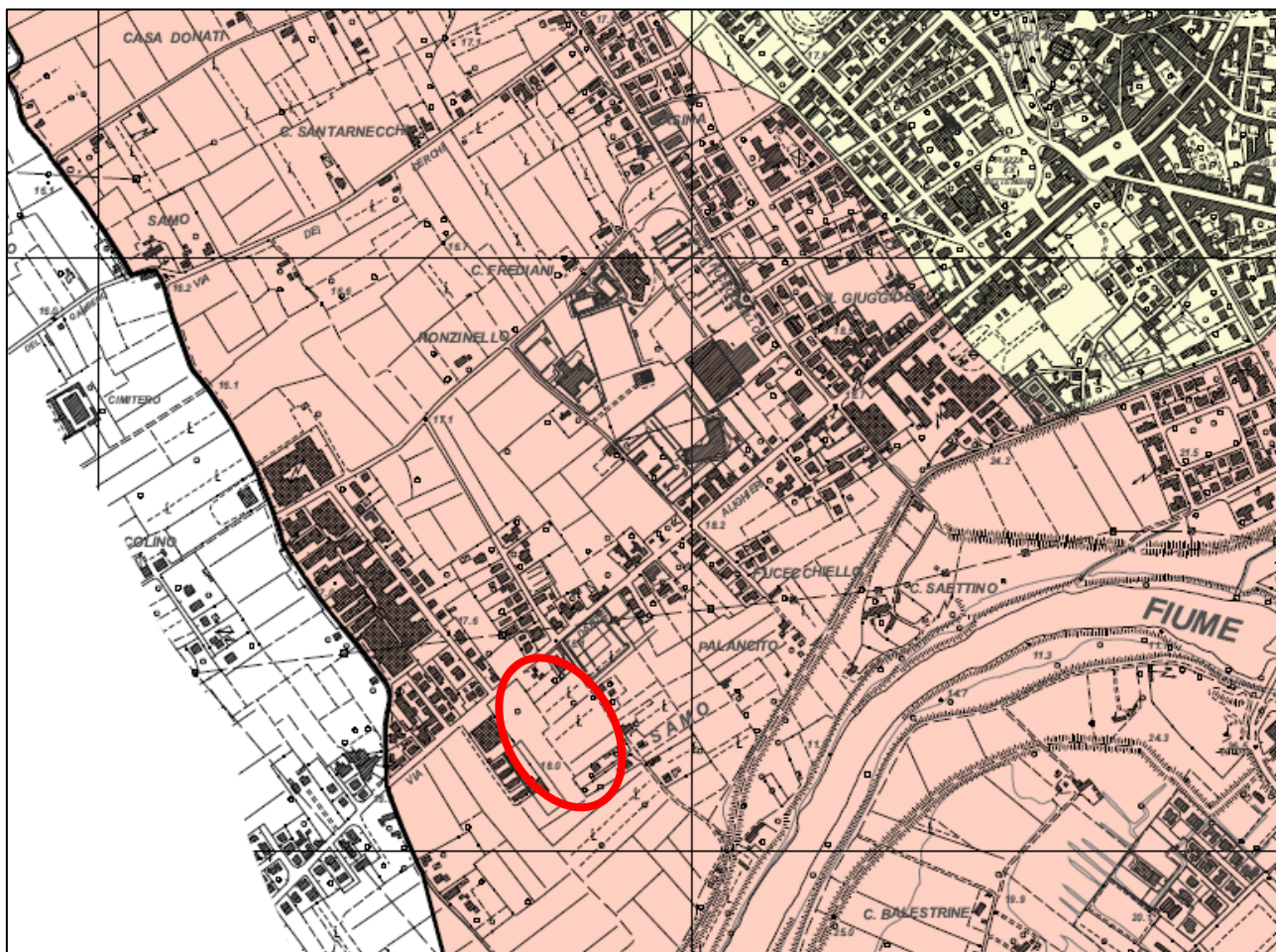


Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giacaturali
non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

Allegato 2 – Pericolosità idraulica



Allegato 3 – Pericolosità sismica



Classi di pericolosità ai sensi del D.P.G.R. N° 53/R

S.4 - Pericolosità sismica locale molto elevata



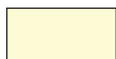
Zone suscettibili di instabilità di versante attiva che potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici.

S.3 - Pericolosità sismica locale elevata



Zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; alle zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; ai terreni suscettibili di liquefazione dinamica; alle zone in cui gli spessori dei depositi alluvionali attuali che giacciono al di sopra dei depositi del terrazzo delle Cerbaie sono compresi entro 20 metri ed alle zone di versante con pendenze maggiori di 15°.

S.2 - Pericolosità sismica locale media



Zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; alle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali che non rientrano tra quelle previste per la classe di pericolosità sismica S3.

S.1 - Pericolosità sismica locale bassa



Non rappresentata

PARTE SECONDA: STUDIO SISMICO

L'obiettivo del presente studio è stato quello di definire la categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC18, al fine di determinare le caratteristiche geologiche proprie del sito in grado di alterare il moto sismico in superficie (modifiche della pericolosità sismica di base – amplificazioni locali).

La categoria di sottosuolo consente di determinare gli spettri di risposta elastici per una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sito-specifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 17.01.2018).

Per il raggiungimento dell'obiettivo è stata eseguita un'indagine MASW attraverso la quale è stato ricostruito l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (onde S) con la profondità (Vs-profondità), indispensabile per stimare sia gli effetti sismici di sito, sia l'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni lito-stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base.

2.1 Indagine geofisica con la metodologia MASW: descrizione del metodo e della strumentazione utilizzata

L'indagine MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del *Kansas Geological Survey* (Park C.B. et al., 1999) permette di determinare l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

Nel metodo di indagine MASW ad acquisizione attiva (Zywicki D.J., 1999; Park C.B., Miller R.D., 2006; Roma V., 2006) le onde di Rayleigh sono generate da una sorgente a impatto verticale (martellata o caduta di un grave) e registrate da una serie di geofoni a componente verticale.

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 24 geofoni da 4,5 Hz, con distanza intergeofonica di 1 m e un sismografo a 24 canali.

Nell'esecuzione della prova è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 5 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto all'operazione di *stacking* verticale.

*Sig.ri Cerrini Valentina, Giovacchini Ambra, eredi di Giovacchini Augusto, Giovacchini Marinella, Giovacchini Mario, Gori Stefania, Gori Stefano, Grassini Renata, Lucaccini Graziella, Bini Luciano
Comune di Fucecchio (FI)*

La sorgente è stata posta ad una distanza compresa tra 6 e 9 m dal primo geofono effettuando acquisizioni con diversi *minimum offset* (“*Optimum Field Parameters of an MASW Survey*”, Park C.B. et al., 2005; Dal Moro G., 2008; Dal Moro G., 2012).



Figura 1: Vista dello stendimento MASW effettuato

Elaborazione dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (*WinMASW*).

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale “*phase velocity-frequency (c-f)*” che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica.

Sullo spettro delle velocità, eseguendo il *picking*, viene attribuito ad un certo numero di punti velocità di fase e frequenza (si veda la curva di dispersione riportata in *figura 2*).

Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo (processo di inversione). L'analisi dello spettro bidimensionale c-f consente, in questo modo di ricostruire un modello sismostratigrafico monodimensionale del sottosuolo.

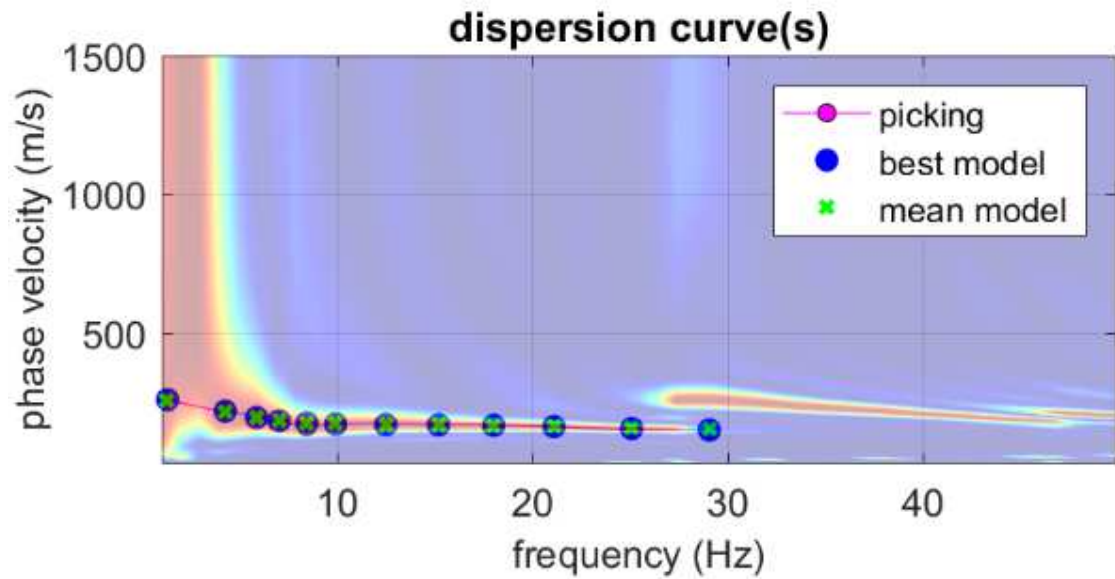
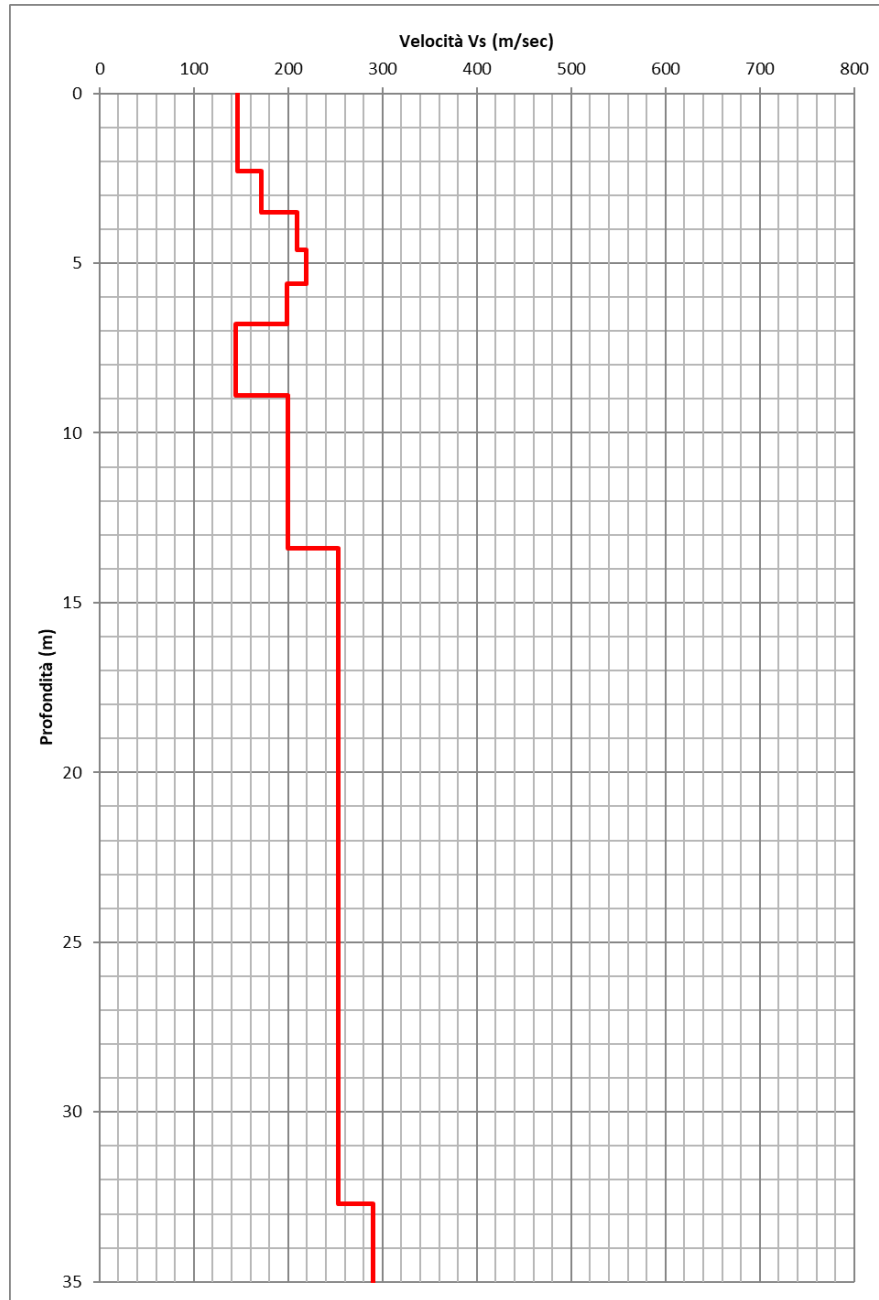


Figura 2: Spettro bidimensionale c - f e picking della curva di dispersione utilizzata per la procedura di inversione.

Dall'inversione della curva di dispersione (relativa al modo fondamentale di propagazione delle onde superficiali di Rayleigh) si ottiene il seguente modello di velocità delle onde di taglio V_s con la profondità, rappresentativo dell'area investigata:

*Sig.ri Cerrini Valentina, Giovacchini Ambra, eredi di Giovacchini Augusto, Giovacchini Marinella, Giovacchini Mario, Gori Stefania, Gori Stefano, Grassini Renata, Lucaccini Graziella, Bini Luciano
Comune di Fucecchio (FI)*



Strato	Spessore [m]	Vs [m/s]	Profondità
1	2,3	146	2,3
2	1,2	172	3,5
3	1,1	209	4,6
4	1	219	5,6
5	1,2	199	6,8
6	2,1	144	8,9
7	4,5	200	13,4
8	19,3	253	32,7
9	∞	290	∞

Andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità – V_s -z

2.2 Definizione della categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC18

A partire dal modello sismico monodimensionale ricostruito attraverso l'indagine geofisica effettuata, è possibile calcolare il valore della $V_{S,eq}$, che rappresenta la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio fino alla profondità del bedrock sismico H (substrato con $V_S > 800$ m/s). Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio è definita dal parametro $V_{S,30}$ ottenuto ponendo $H=30$ m nella seguente equazione (D.M. 17.01.2018 "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni")

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove h_i e $V_{S,i}$ indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo (fino al bedrock sismico o a 30 m dalla quota di imposta delle fondazioni), N il numero di strati e H la profondità del substrato con $V_S > 800$ m/s.

Poiché il bedrock sismico è posto oltre 30 m di profondità, secondo le NTC18 il valore di $V_{S,eq}$ coincide con il valore di $V_{S,30}$. Utilizzando la formula sopra riportata si ottengono i seguenti valori (si è assunta come quota di calcolo il piano di esecuzione della prova MASW coincidente con l'attuale piano campagna):

Profondità di posa delle fondazioni da piano campagna	$V_{S,eq} = V_{S,30}$ [m/s]	Categoria sottosuolo
1.0 m	219	C
1.5 m	220	C
2.0 m	222	C

Categoria	Descrizione
A	<u>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</u> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m
B	<u>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,</u> caratterizzati da un miglioramento delle

	<i>proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i><u>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</u></i>
D	<i><u>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</u></i>
E	<i><u>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</u></i>

Tabella 1: Categorie di sottosuolo (D.M. 17.01.2018).

2.3 Spettro di risposta elastico secondo la normativa antisismica

Nel presente capitolo si definiscono gli spettri di risposta elastici previsti dalla normativa antisismica vigente. La quantificazione della risposta sismica locale avviene mediante l'utilizzo di categorie di sottosuolo che consentono una stima dell'amplificazione stratigrafica, generata dalle particolari condizioni lito-meccaniche dei terreni di substrato (approccio semplificato - Cap. 3.2.2 *Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche*).

Nel calcolo dell'azione sismica si è fatto riferimento a quanto contenuto nel D.M. 17.01.2018, in particolare ai capitoli 2 e 3.

Le ipotesi assunte nella definizione degli spettri di risposta elastici in accelerazione risultano:

- Vita nominale della struttura: **$V_N = 50$ anni**;
- **Classe d'uso = II** (resta a carico del progettista degli interventi strutturali la verifica della classe d'uso dell'opera prevista);
- Periodo di riferimento per l'azione sismica **$V_R = 50$ anni** ($C_U = 1.0$);
- Valori di accelerazione massima orizzontale e dei parametri spettrali per i diversi stati limite (valori interpolati ottenuti dalla media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazioni che comprendono il sito in esame [ED50: Lat 43.719788 - Long 10.797241] così come definito nell'Allegato A e B del D.M. 14.01.2008):

	P _V R	T _R	a _g	F _O	T _C *
		[anni]	[g]		[s]
SLO	81%	30	0.043	2.553	0.240
SLD	63%	50	0.052	2.573	0.252
SLV	10%	475	0.120	2.502	0.290
SLC	5%	975	0.157	2.412	0.291

- **Categoria di sottosuolo = C, categoria topografica = T1 (S_T=1.0) e coefficiente di smorzamento viscoso $\xi = 5\%$ a cui corrispondono i seguenti valori:**

	S _s	C _c	S	T _B	T _C	T _D
				[s]	[s]	[s]
SLO	1.50	1.68	1.50	0.13	0.40	1.77
SLD	1.50	1.65	1.50	0.14	0.41	1.81
SLV	1.50	1.58	1.50	0.15	0.45	2.08
SLC	1.50	1.57	1.50	0.15	0.45	2.23

In *figura 3* si riportano gli spettri di risposta elastici previsti dalla normativa antisismica per lo stato limite di salvaguardia della vita SLV e per lo stato limite di prevenzione del collasso SLC (formule riportate nel paragrafo 3.2.3.2.1).

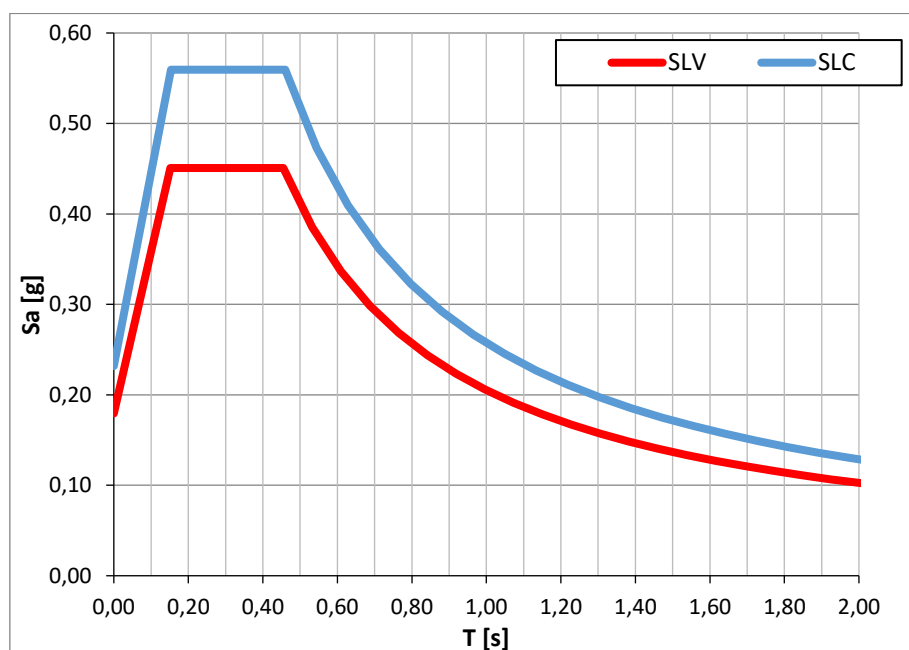


Figura 3: Spettri di risposta elastici previsti dalla normativa antisismica per gli stati limite (SLV e SLC) - Categoria sottosuolo C.

2.4 Analisi del potenziale di liquefazione dei terreni di fondazione

La liquefazione è un fenomeno associato alla perdita di resistenza al taglio o a un accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni dinamiche (terremoti) che agiscono in condizioni non drenate.

L'analisi della suscettibilità alla liquefazione di un dato sito dipende da:

- caratteristiche dell'azione sismica (intensità e durata);
- proprietà geotecniche dei terreni;
- caratteristiche litologiche dei terreni e profondità della falda.

La liquefazione di un deposito è dunque il risultato dell'effetto combinato di due principali categorie di fattori: le condizioni del terreno (fattore predisponente) e la sismicità (fattore scatenante).

Ai sensi delle NTC18 (Cap. 7.11.3.4.2) la verifica della liquefazione può essere omessa qualora si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di campo libero) $<0.10g$;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1n} > 180$.

Non essendo soddisfatte le condizioni di esclusione previste dalle NTC18, è stato valutato il potenziale di liquefazione dei terreni che costituiscono l'area in esame. Di seguito si riassumono i parametri di input utilizzati nel calcolo del potenziale di liquefazione:

- ✓ Accelerazione massima orizzontale $a_{max}=0.18g$ ($a_{max}=a_g * S$ – categoria sottosuolo di tipo C e condizione SLV);
- ✓ Magnitudo di riferimento $M_w=5.91$ (la zona sismogenetica più vicina è la 921);
- ✓ CRR calcolato utilizzando l'analisi semplificata basata sulle correlazioni proposte da *Robertson e Wride* (1998) fondate sulla resistenza penetrometrica misurata nelle prove CPT eseguite; in *figura 3* sono riportati i valori di CRR relativamente ai soli livelli

granulari (CRR_x_gran) caratterizzati da un valore del fattore IC < 2.6 (terreni liquefacibili);

- ✓ CSR calcolato dalla formula $CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0.65(a_{max} / g)(\sigma_{vo} / \sigma'_{vo}) \cdot r_d$ (NCEER 1998);
- ✓ Falda di calcolo = 4.0 m di profondità da piano campagna.

La liquefazione di un terreno avviene quanto $CSR \geq CRR$. I risultati sono diagrammati in *figura 4* cui emerge ***l'assenza di rischio in relazione a potenziali fenomeni di liquefazione*** per i terreni di fondazione investigati.

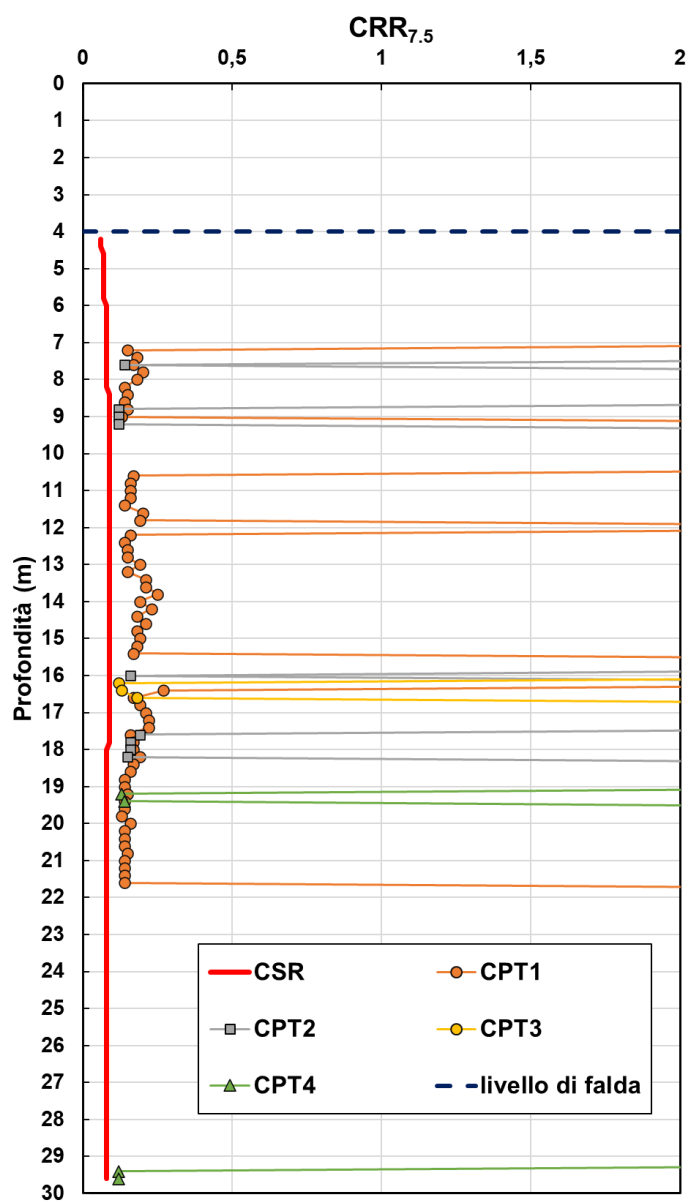


Figura 4: Analisi del potenziale di liquefazione dei terreni di fondazione.

PARTE TERZA: STUDIO GEOTECNICO

3.1 Indagine geognostica: modalità esecutive e criteri interpretativi

Come accennato in premessa, la campagna di indagine si è avvalsa dei risultati di n. 4 prove penetrometriche statiche a punta meccanica (CPT), spinte sino ad una profondità massima di ca. 29.5 m da piano campagna; l'ubicazione delle indagini è riportata in *Allegato 4* mentre i risultati sono riportati in *Allegato 5*.

Prove penetrometriche statiche a punta meccanica (CPT)

L'indagine mediante penetrometro statico consiste nel misurare la resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni e caratteristiche standard, infissa a velocità costante nel terreno.

L'attrezzatura è costituita da un dispositivo idraulico di spinta che agisce in modo alternato sulla punta e su un manicotto collegato: la prova è quindi discontinua e le misure di resistenza sono eseguite ed annotate ogni 20 cm di penetrazione.

Sulle aste è stato installato un dispositivo (anello allargatore) per ridurre l'effetto dell'attrito del terreno e facilitare l'approfondimento a parità di spinta disponibile.

Vengono così rilevati ad intervalli costanti (20 cm):

- la R_p o resistenza all'avanzamento della sola punta;
- la R_l tot, ovvero la resistenza complessiva all'avanzamento della punta e del manicotto di dimensioni note.

La documentazione allegata comprende sia copia delle letture eseguite direttamente dallo strumento penetrometrico, sia i grafici secondo le seguenti coppie di valori:

- R_p (o q_c) / profondità;
- R_l / profondità.

Dall'analisi dei risultati ed attraverso il rapporto R_p/R_l è stato possibile risalire con una certa approssimazione alla natura litologica dei terreni attraversati, utilizzando come discriminante il metodo suggerito da Begemann (1965); in particolare l'Autore suggerisce le seguenti correlazioni:

Rapporto Rp/RI	Litologia
qc/fs < 15	Torba o argilla organica
15 < qc/fs < 30	Limo o argilla inorganica
30 < qc/fs < 60	Limo sabbioso o sabbia limosa
qc/fs > 60	Sabbia pulita o sabbia e ghiaia

Tuttavia, va ricordato che tali correlazioni assumono maggior attendibilità per terreni immersi in falda e che, sebbene l'indagine penetrometrica tipo CPT fornisca dati geotecnici affidabili, le informazioni sulla natura litologica e granulometrica dei terreni derivano sostanzialmente da correlazioni di tipo empirico.

Nell'interpretazione dei risultati, le prove penetrometriche sono state assimilate a prove rapide in condizioni di drenaggio impedito e, nella definizione del comportamento geotecnico, è stata adottata una distinzione fondamentale fra terreni incoerenti (resistenza al taglio caratterizzata dal solo angolo di attrito) e terreni fini (resistenza al taglio caratterizzata soprattutto dall'esistenza di legami coesivi).

Per quanto concerne la definizione dei parametri geotecnici, utilizzando le più note e diffuse correlazioni basate sui dati CPT si è proceduto al calcolo di:

- angolo di attrito interno (ϕ) e del modulo di deformazione (E) per i terreni incoerenti;
- coesione non drenata (C_u) e modulo edometrico (E_d) per i terreni coesivi.

I metodi utilizzati per il calcolo dei parametri geotecnici (i cui risultati sono stati successivamente rivisti in modo critico) sono di seguito illustrati.

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO ϕ

Per stimare questo parametro sono stati utilizzati differenti metodi in cui l'angolo di attrito è calcolato in funzione della resistenza alla punta e della tensione verticale efficace, successivamente confrontati fra loro; in particolare:

Metodo di CAQUOT:
$$\phi = 9,8 + 4,96 \cdot \ln\left(\frac{q_c}{\sigma'_v}\right)$$

Metodo di KOPPEJAN:
$$\phi = 5,8 + 5,21 \cdot \ln\left(\frac{q_c}{\sigma'_v}\right)$$

Metodo di DE BEER:
$$\phi = 5,9 + 4,76 \cdot \ln\left(\frac{q_c}{\sigma'_v}\right)$$

DENSITÀ RELATIVA DR

Definisce il grado di addensamento dei terreni attraversati; sono stati utilizzati i seguenti metodi:

HARMAN: questa correlazione è valida per tutti i tipi di sabbia e prevede di valutare la densità relativa in funzione della resistenza alla punta e della tensione verticale efficace.

$$D_r = 34.36 \cdot \ln \left(\frac{q_c}{12,3 \cdot \sigma'_v{}^{0,7}} \right)$$

In cui:

σ'_v : tensione verticale efficace

q_c : resistenza alla punta

SCHMERTMANN: questa correlazione è valida per tutti i tipi di suolo e prevede di valutare la densità relativa in funzione della resistenza alla punta e della tensione verticale efficace.

$$D_r = -97,8 + 36,6 \cdot \ln q_c - 26,9 \cdot \ln \sigma'_v$$

COESIONE NON DRENATA C_u

E' stato utilizzato il metodo empirico proposto da Lunne e Eide (valido, ovviamente solo per i terreni coesivi):

$$C_u \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = (R_p - \sigma_v) / K$$

con K = costante compresa fra 12 e 19 (in funzione della plasticità)

MODULO DI DEFORMAZIONE E

Definisce il valore del modulo di Young utilizzando la seguente correlazione empirica (Schmertmann)

$$E \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 2,5 * R_p$$

MODULO EDOMETRICO E_d

E' stato calcolato attraverso:

- la correlazione empirica R_p - C_u definita dalla seguente relazione, valida come stima di primo riferimento per i terreni coesivi in genere (dai limi plastici alle argille):

$$E_d \text{ (kg} * \text{cm}^{-2}\text{)} = e^{3.12+1.08C_u}$$

- la correlazione di Mitchell & Gardner (1975):

$$E_d \text{ (kg / cmq)} = \alpha R_p$$

dove R_p è la resistenza alla punta e α è un coefficiente variabile in funzione del tipo di terreno.

PESO DI VOLUME NATURALE γ_n

È stato assunto un valore medio di γ_n caratteristico secondo dati di letteratura per il tipo di terreno attraversato.

3.2 Modello geotecnico di riferimento

Nella ricostruzione della stratigrafia e del modello geotecnico locale sono emersi i seguenti aspetti:

- 1) il substrato delle strutture in progetto è costituito da unità geotecniche sovrapposte che presentano caratteristiche differenti;
- 2) all'interno dei fori penetrometrici è stata misurata una soggiacenza di 4.8 m da piano campagna (non sono note le possibili oscillazioni piezometriche).

Sulla base delle prove eseguite è stato ricostruito il seguente modello geotecnico, rappresentativo dell'area in esame e punto di partenza per le elaborazioni successive.

Unità A	Sotto l'orizzonte vegetale e sino a ca. 4.5-5 m di profondità affiora l' <i>Unità A</i> , costituita da limo argilloso mediamente consistente e di modeste proprietà geotecniche, con una coesione non drenata $C_u=0.4-0.6 \text{ kg/cm}^2$ e un modulo edometrico $E_d=40-60 \text{ kg/cm}^2$.
Unità B	L' <i>Unità B</i> è orizzonte a geometria lenticolare di argilla limosa torbosa di pessime caratteristiche geotecniche, in corrispondenza del quale si osserva una netta riduzione delle resistenze penetrometriche ($C_u=0.2-0.3 \text{ kg/cm}^2$; $E_d=20-30 \text{ kg/cm}^2$).
Unità C	Intercalato all'unità B o in sostituzione di esso, si rileva un deposito limo argilloso/sabbioso (gli orizzonti a maggior componente sabbiosa corrispondono ai locali incrementi di R_p) mediamente consistente e di discrete proprietà geotecniche, per il quale sono stati calcolati una coesione non drenata $C_u=0.5-0.7 \text{ kg/cm}^2$ e un modulo edometrico $E_d=50-60 \text{ kg/cm}^2$.
Unità D	L' <i>unità D</i> è un deposito sabbioso-limoso di modeste proprietà geotecniche; rielaborando i risultati penetrometrici sono stati calcolati un angolo d'attrito $\Phi = 27^\circ-28^\circ$ e un modulo edometrico $E = 140-160 \text{ kg/cm}^2$. Come rappresentato nella correlazione tra unità geotecniche di Allegato 2, lo spessore dell'unità varia da un massimo di ca. 8 m in P1 nel settore settentrionale dell'area d'intervento (entro cui la prova ha raggiunto il rifiuto strumentale), riducendosi progressivamente verso S con spessori minimi di 0.8-1 m nelle verticali P3 e P4. Anche la profondità di affioramento varia da 13.5 m in P1 a 19 m in P4.

Unità E	<p>Alla base dell'unità D è presente un'alternanza di orizzonti incoerenti (a matrice prevalentemente sabbiosa) ed altri coesivi (con incremento della frazione argilloso-limoso); nonostante la frazione coesiva (chiaramente associata agli orizzonti argilloso-limosi, con valori medi di $Cu = 0.4-0.5 \text{ kg/cm}^2$ e $E_d = 40-50 \text{ kg/cm}^2$), in via cautelativa il deposito è stato considerato come semi-coesivo trascurando (ai fini della determinazione della reazione geotecnica) il contributo della coesione nella resistenza al taglio, ritenendo come rappresentativo dell'intera unità un angolo di attrito $\Phi = 23-24^\circ$ e un modulo di deformazione $E = 50-60 \text{ kg/cm}^2$. Nel caso in cui fosse necessario realizzare pali di fondazione, il comportamento e le caratteristiche geotecniche del deposito dovranno essere meglio dettagliate attraverso specifica indagine integrativa in sito e/o di laboratorio.</p> <p>Lo spessore varia da un minimo di ca. 4 m (P4) sino ad un massimo rilevato di ca. 8 m (P2).</p>
Unità F	<p>Oltre ca. 24-24.5 m e sino alla massima profondità indagata (29.5 m), si rileva un deposito di limo argilloso mediamente consistente e di discrete proprietà geotecniche ($Cu = 0.5-0.7 \text{ kg/cm}^2$; $E_d = 50-70 \text{ kg/cm}^2$).</p>

Idoneità dell'area in merito all'intervento in progetto

Sulla scorta delle indagini eseguite e degli strumenti di pianificazione locale e sovraordinati, si evince quanto segue:

- L'area in esame si inserisce in una fascia di territorio ove affiorano depositi fini argillosi e limosi caratterizzati dalla presenza di abbondante sostanza organica (torbe) e da variazioni laterali e verticali dovute alla continua instabilità degli ambienti lago-palustri; le modeste proprietà geotecniche dei terreni richiederanno un approfondimento di indagine per ciascun edificio in fase di progettazione strutturale, secondo quanto previsto dalle NTC2018 e dal Reg. 1R/2022 della Regione Toscana.
- L'area di intervento è interessata da una pericolosità per inondazione dal reticolo idrografico di tipo medio (P2); tale aspetto è già stato oggetto di specifici studi idraulici (ai quali si rimanda per ogni dettaglio).
- Dal punto di vista sismico, la D.g.r. n. 421 del 26.05.2014 della Regione Toscana classifica il Comune di Fucecchio in zona 3; le indagini sito-specifiche hanno dimostrato come i terreni di fondazione non siano soggetti a fenomeni di liquefazione e, attraverso un approccio semplificato (previsto dalle NTC2018), è stata definita una categoria di sottosuolo C (NTC2018). Approfondimenti specifici dovranno essere eseguiti mediante specifico studio di Risposta Sismica Locale come previsto, nei casi di specie, dal Rego. 1R/2022.

Nel suo complesso, esaminate le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dell'area, NON sussistono limitazioni allo sviluppo dell'intervento in progetto.

*Sig.ri Cerrini Valentina, Giovacchini Ambra, eredi di Giovacchini Augusto, Giovacchini Marinella, Giovacchini Mario, Gori Stefania, Gori Stefano,
Grassini Renata, Lucaccini Graziella, Bini Luciano
Comune di Fucecchio (FI)*

ALLEGATO 4 – Ubicazione delle indagini

● prove penetrometriche

— MASW



ALLEGATO 5 – Prove penetrometriche

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Verticale d'indagine P1



Verticale d'indagine P2



Verticale d'indagine P3



Verticale d'indagine P4

REGISTRAZIONI STRUMENTALI DEI VALORI PENETROMETRICI E
RELATIVA CORRELAZIONE TRA LE UNITA' GEOTECNICHE

CPT P.1			CPT P.2			CPT P.3			CPT P.4			Unità geotecniche
Prof.	Rp	Rp+Rl	Prof.	Rp	Rp+Rl	Prof.	Rp	Rp+Rl	Prof.	Rp	Rp+Rl	
m	kg	kg	m	kg	kg	m	kg	kg	m	kg	kg	
0,2	-		0,2	-		0,2	-		0,2	-		Unità A
0,4	14	22	0,4	16	20	0,4	11	19	0,4	18	23	
0,6	14	21	0,6	9	18	0,6	29	33	0,6	16	22	
0,8	15	24	0,8	15	18	0,8	18	28	0,8	19	30	
1,0	17	30	1,0	15	23	1,0	21	31	1,0	17	28	
1,2	17	38	1,2	13	23	1,2	20	37	1,2	14	26	
1,4	13	35	1,4	20	27	1,4	17	35	1,4	20	31	
1,6	17	32	1,6	21	43	1,6	19	34	1,6	20	37	
1,8	16	34	1,8	20	34	1,8	20	40	1,8	24	38	
2,0	13	27	2,0	23	32	2,0	20	38	2,0	25	38	
2,2	13	22	2,2	24	36	2,2	16	32	2,2	23	43	
2,4	12	22	2,4	22	37	2,4	13	20	2,4	20	38	
2,6	14	22	2,6	17	27	2,6	12	18	2,6	18	32	
2,8	19	24	2,8	14	21	2,8	18	25	2,8	15	25	
3,0	23	29	3,0	15	21	3,0	14	21	3,0	12	20	
3,2	19	28	3,2	16	22	3,2	15	22	3,2	14	19	
3,4	14	19	3,4	15	23	3,4	11	20	3,4	15	19	
3,6	12	18	3,6	14	22	3,6	13	22	3,6	12	17	
3,8	14	21	3,8	10	17	3,8	13	20	3,8	16	22	
4,0	14	23	4,0	10	15	4,0	14	19	4,0	15	20	
4,2	14	23	4,2	12	17	4,2	12	18	4,2	8	13	Unità B
4,4	10	19	4,4	15	20	4,4	9	16	4,4	5	9	
4,6	6	12	4,6	16	24	4,6	10	17	4,6	6	9	
4,8	9	15	4,8	11	19	4,8	9	15	4,8	4	8	
5,0	9	13	5,0	12	18	5,0	7	13	5,0	5	7	
5,2	10	15	5,2	13	19	5,2	9	15	5,2	4	7	
5,4	14	19	5,4	9	15	5,4	11	17	5,4	4	6	
5,6	10	16	5,6	8	13	5,6	11	19	5,6	6	8	
5,8	21	25	5,8	10	16	5,8	13	19	5,8	8	10	
6,0	10	17	6,0	11	16	6,0	13	24	6,0	9	12	
6,2	10	16	6,2	9	17	6,2	11	18	6,2	4	9	
6,4	10	17	6,4	12	20	6,4	10	18	6,4	8	10	
6,6	9	18	6,6	11	16	6,6	10	16	6,6	14	24	
6,8	18	26	6,8	12	20	6,8	12	22	6,8	8	11	

*Sig.ri Cerrini Valentina, Giovacchini Ambra, eredi di Giovacchini Augusto, Giovacchini Marinella, Giovacchini Mario, Gori Stefania, Gori Stefano, Grassini Renata, Lucaccini Graziella, Bini Luciano
Comune di Fucecchio (FI)*

7,0	32	41	7,0	16	21	7,0	9	15	7,0	6	11	
7,2	25	37	7,2	8	14	7,2	18	26	7,2	7	9	
7,4	37	43	7,4	12	16	7,4	30	34	7,4	8	10	
7,6	37	53	7,6	29	34	7,6	6	20	7,6	4	6	
7,8	42	57	7,8	38	51	7,8	7	14	7,8	4	6	
8,0	22	30	8,0	15	26	8,0	6	12	8,0	18	26	
8,2	37	50	8,2	10	14	8,2	6	12	8,2	5	9	
8,4	49	56	8,4	8	12	8,4	7	11	8,4	8	11	
8,6	33	47	8,6	14	21	8,6	6	15	8,6	6	9	
8,8	35	44	8,8	43	56	8,8	9	13	8,8	6	8	
9,0	34	41	9,0	59	61	9,0	4	8	9,0	5	7	
9,2	25	32	9,2	33	45	9,2	9	12	9,2	5	7	
9,4	13	19	9,4	16	25	9,4	5	12	9,4	4	6	
9,6	27	31	9,6	6	13	9,6	5	9	9,6	5	7	
9,8	16	26	9,8	8	14	9,8	6	10	9,8	6	8	
10,0	24	27	10,0	11	16	10,0	6	10	10,0	6	9	
10,2	15	24	10,2	10	18	10,2	7	11	10,2	8	10	
10,4	17	30	10,4	9	15	10,4	20	28	10,4	7	10	
10,6	50	56	10,6	7	12	10,6	33	41	10,6	17	20	
10,8	55	75	10,8	15	20	10,8	33	40	10,8	10	18	
11,0	38	54	11,0	11	16	11,0	17	30	11,0	11	18	
11,2	51	58	11,2	14	29	11,2	10	23	11,2	10	14	
11,4	46	64	11,4	13	20	11,4	12	18	11,4	11	16	
11,6	60	73	11,6	20	28	11,6	8	17	11,6	8	16	
11,8	40	62	11,8	9	17	11,8	7	13	11,8	6	11	
12,0	25	36	12,0	7	15	12,0	14	19	12,0	25	27	
12,2	52	62	12,2	14	17	12,2	7	14	12,2	8	16	
12,4	42	58	12,4	22	36	12,4	8	12	12,4	12	28	
12,6	49	59	12,6	30	51	12,6	7	13	12,6	9	12	
12,8	68	86	12,8	12	21	12,8	35	40	12,8	10	16	
13,0	48	63	13,0	13	22	13,0	28	41	13,0	29	36	
13,2	36	56	13,2	12	18	13,2	35	49	13,2	21	30	
13,4	106	118	13,4	12	20	13,4	24	41	13,4	33	48	
13,6	100	145	13,6	12	16	13,6	26	31	13,6	46	65	
13,8	109	133	13,8	9	20	13,8	13	26	13,8	42	65	
14,0	92	123	14,0	18	21	14,0	19	29	14,0	11	30	
14,2	85	105	14,2	12	19	14,2	11	19	14,2	12	19	
14,4	81	118	14,4	17	24	14,4	9	15	14,4	8	14	
14,6	121	134	14,6	12	23	14,6	10	16	14,6	9	12	
14,8	115	148	14,8	36	41	14,8	11	19	14,8	14	18	
15,0	109	125	15,0	47	53	15,0	15	23	15,0	13	18	
15,2	113	140	15,2	16	33	15,2	12	21	15,2	10	19	

Unità C

*Sig.ri Cerrini Valentina, Giovacchini Ambra, eredi di Giovacchini Augusto, Giovacchini Marinella,
Giovacchini Mario, Gori Stefania, Gori Stefano, Grassini Renata, Lucaccini Graziella, Bini Luciano
Comune di Fucecchio (FI)*

15,4	84	113	15,4	14	28	15,4	9	17	15,4	12	21	Unità C
15,6	40	48	15,6	15	31	15,6	11	20	15,6	8	13	
15,8	17	35	15,8	56	71	15,8	12	24	15,8	46	50	
16,0	32	75	16,0	43	56	16,0	10	17	16,0	16	34	
16,2	44	91	16,2	40	57	16,2	38	53	16,2	20	46	
16,4	89	117	16,4	42	56	16,4	100	110	16,4	48	55	
16,6	106	131	16,6	42	57	16,6	66	83	16,6	27	35	
16,8	100	120	16,8	41	61	16,8	15	47	16,8	14	36	
17,0	136	171	17,0	33	40	17,0	17	29	17,0	12	22	
17,2	179	198	17,2	30	41	17,2	14	23	17,2	26	36	
17,4	116	135	17,4	17	30	17,4	14	21	17,4	14	22	
17,6	164	179	17,6	85	111	17,6	13	20	17,6	13	22	
17,8	86	105	17,8	102	130	17,8	24	42	17,8	16	24	
18,0	110	145	18,0	88	101	18,0	28	35	18,0	20	25	
18,2	128	147	18,2	66	88	18,2	50	72	18,2	11	28	
18,4	93	126	18,4	26	42	18,4	14	34	18,4	10	16	
18,6	93	115	18,6	28	39	18,6	14	22	18,6	12	24	
18,8	111	123	18,8	14	36	18,8	13	21	18,8	11	20	
19,0	97	119	19,0	26	31	19,0	12	20	19,0	43	59	
19,2	71	91	19,2	16	23	19,2	12	24	19,2	70	84	
19,4	109	134	19,4	16	25	19,4	25	42	19,4	63	71	
19,6	147	159	19,6	22	35	19,6	19	29	19,6	43	65	
19,8	70	92	19,8	33	37	19,8	10	23	19,8	30	54	
20,0	68	84	20,0	18	31	20,0	10	16	20,0	61	85	
20,2	62	82	20,2	26	35	20,2	12	20	20,2	23	38	
20,4	72	85	20,4	22	37	20,4	13	21	20,4	18	38	
20,6	78	100	20,6	15	38	20,6	23	31	20,6	16	29	
20,8	126	149	20,8	12	20	20,8	33	58	20,8	17	30	
21,0	120	144	21,0	13	21	21,0	49	59	21,0	17	29	
21,2	94	102	21,2	11	19	21,2	41	67	21,2	15	31	
21,4	110	133	21,4	11	18	21,4	44	66	21,4	46	56	
21,6	77	104	21,6	20	28	21,6	35	52	21,6	19	33	
21,8			21,8	51	60	21,8	35	49	21,8	16	29	
22,0			22,0	25	46	22,0	49	61	22,0	18	27	
22,2			22,2	14	30	22,2	17	56	22,2	22	34	
22,4			22,4	12	24	22,4	16	35	22,4	24	30	
22,6			22,6	13	29	22,6	30	65	22,6	33	60	
22,8			22,8	12	21	22,8	36	49	22,8	20	34	
23,0			23,0	17	24	23,0	20	52	23,0	19	36	
23,2			23,2	13	25	23,2	17	29	23,2	16	29	
23,4			23,4	29	51	23,4	22	33	23,4	30	50	
23,6			23,6	22	35	23,6	21	36	23,6	25	31	

*Sig.ri Cerrini Valentina, Giovacchini Ambra, eredi di Giovacchini Augusto, Giovacchini Marinella, Giovacchini Mario, Gori Stefania, Gori Stefano, Grassini Renata, Lucaccini Graziella, Bini Luciano
Comune di Fucecchio (FI)*

23,8			23,8	26	43	23,8	17	33	23,8	21	42	
24,0			24,0	48	66	24,0	20	40	24,0	25	41	
24,2			24,2	64	75	24,2	55	75	24,2	16	39	Unità F
24,4			24,4	30	46	24,4	36	45	24,4	16	19	
24,6			24,6	11	30	24,6	16	38	24,6	13	27	
24,8			24,8	14	22	24,8	18	30	24,8	18	25	
25,0			25,0	15	24	25,0	20	29	25,0	15	26	
25,2			25,2	15	25	25,2	21	31	25,2	17	26	
25,4			25,4	12	22	25,4	22	34	25,4	13	26	
25,6			25,6	10	18	25,6	16	31	25,6	19	26	
25,8			25,8	13	20	25,8	19	30	25,8	17	31	
26,0			26,0	15	23	26,0	20	30	26,0	14	24	
26,2			26,2	13	25	26,2	20	30	26,2	13	22	
26,4			26,4	13	19	26,4	23	33	26,4	13	18	
26,6			26,6	15	22	26,6	26	40	26,6	19	26	
26,8			26,8	15	24	26,8	24	42	26,8	17	25	
27,0			27,0	16	26	27,0	23	40	27,0	21	32	
27,2			27,2	16	26	27,2	23	39	27,2	24	38	
27,4			27,4	20	33	27,4	26	40	27,4	25	42	
27,6			27,6	22	40	27,6	27	43	27,6	15	30	
27,8			27,8	22	39	27,8	28	50	27,8	16	27	
28,0			28,0	20	35	28,0	28	41	28,0	13	22	
28,2			28,2	17	32	28,2	24	44	28,2	17	23	
28,4			28,4	19	31	28,4	24	41	28,4	15	23	
28,6			28,6	17	29	28,6	22	35	28,6	16	27	
28,8			28,8	18	29	28,8	19	34	28,8	19	28	
29,0			29,0	17	27	29,0	19	29	29,0	17	26	
29,2			29,2	16	24	29,2	19	28	29,2	15	25	
29,4			29,4	16	25	29,4			29,4	18	28	
29,6			29,6	17	25	29,6			29,6			

PROFILI PENETROMETRICI

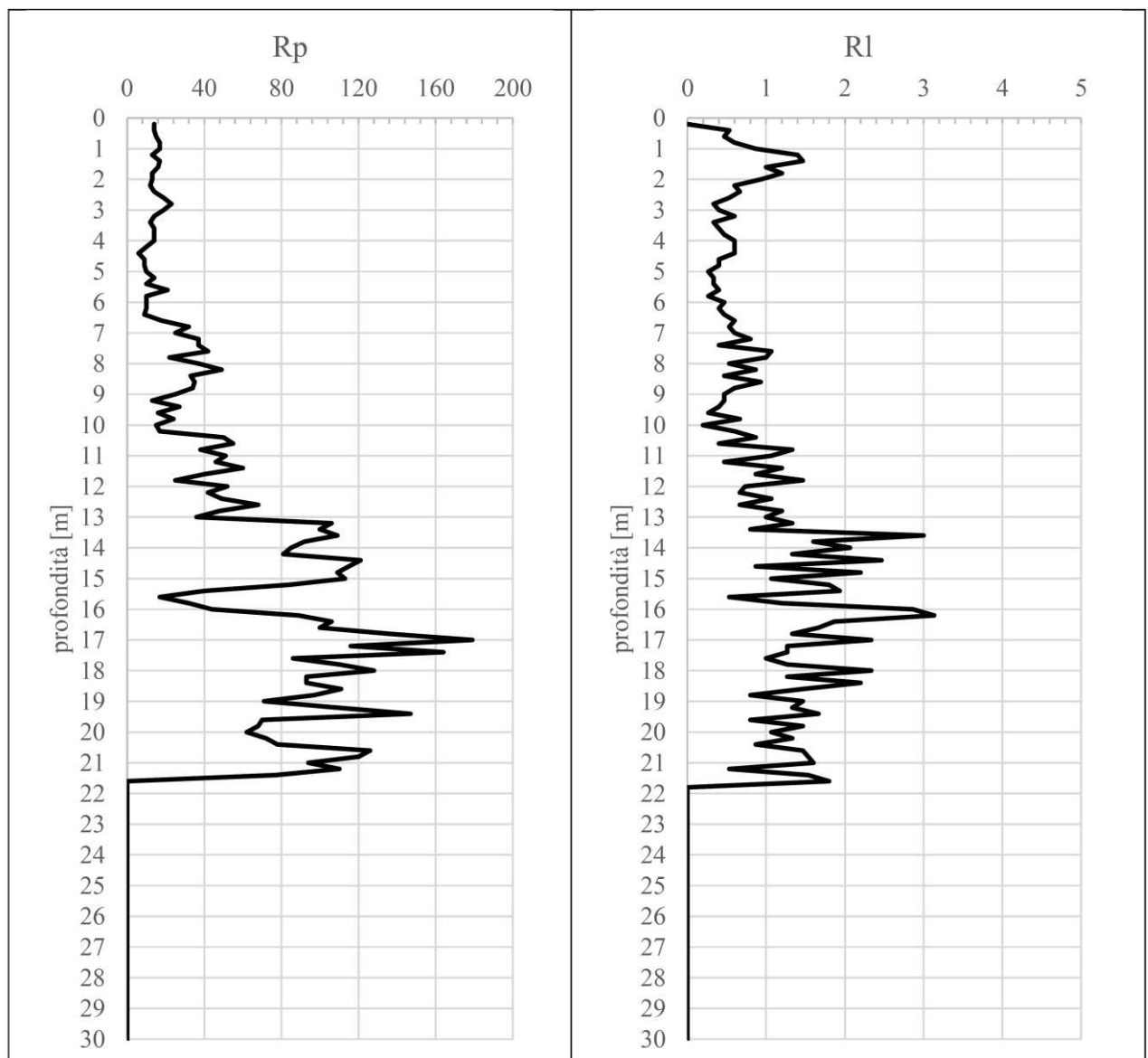


GEOLAMBDA Engineering S.r.l.
Via Diaz, 22
26845 Codogno (LO)

Località: Fucecchio (FI)	
Data: 10/03/2023	Attrezzatura: penetrometro statico a punta meccanica (CPT1)
Profondità della falda da p.c. (m): 4.80 m	

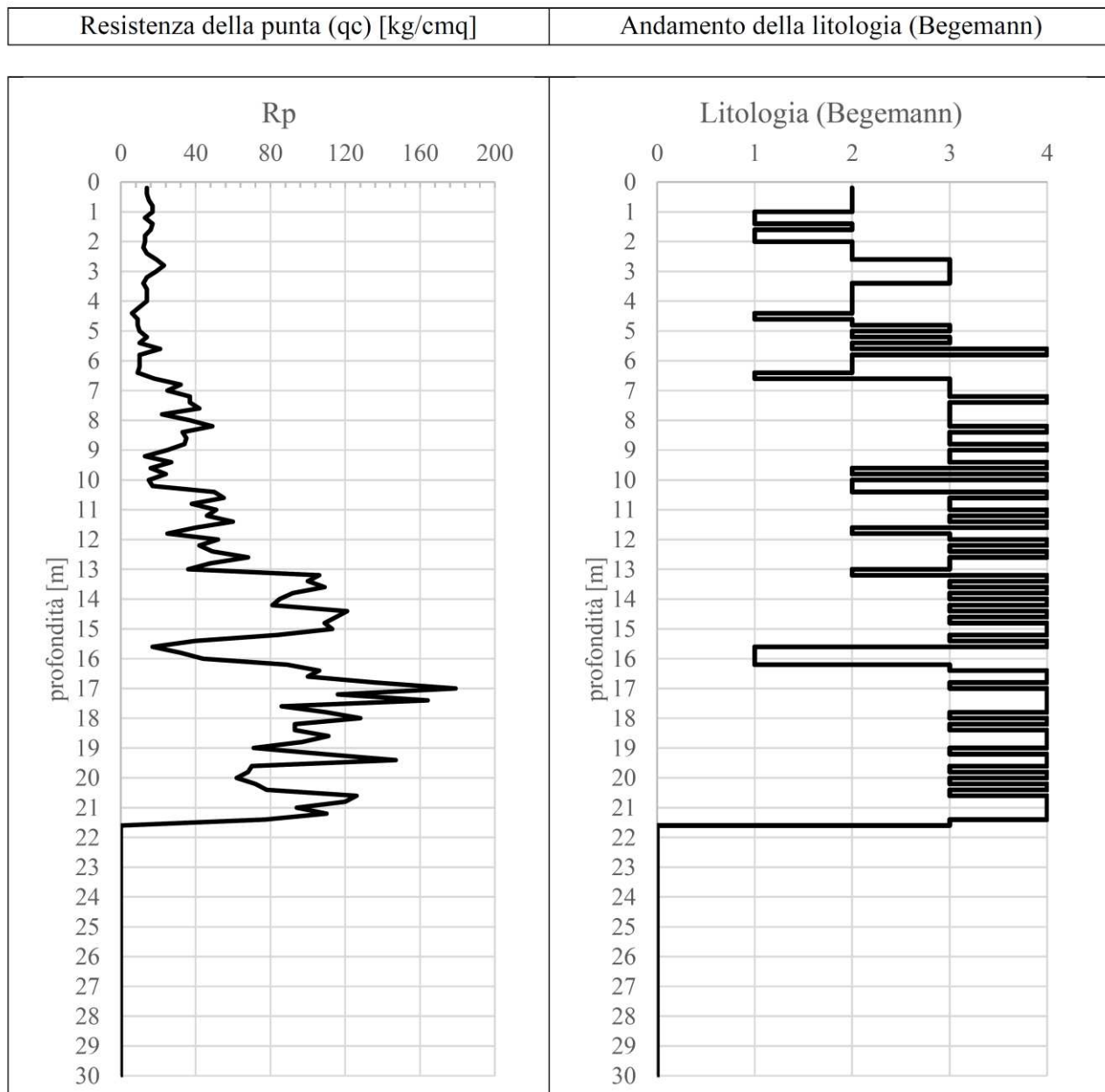
Grafico della prova

Resistenza della punta (qc) [kg/cmq]	Resistenza laterale (fs) [kg/cmq]
--------------------------------------	-----------------------------------



Località: Fucecchio (FI)	
Data: 10/03/2023	Attrezzatura: penetrometro statico a punta meccanica (CPT1)
Profondità della falda da p.c. (m): 4.80 m	

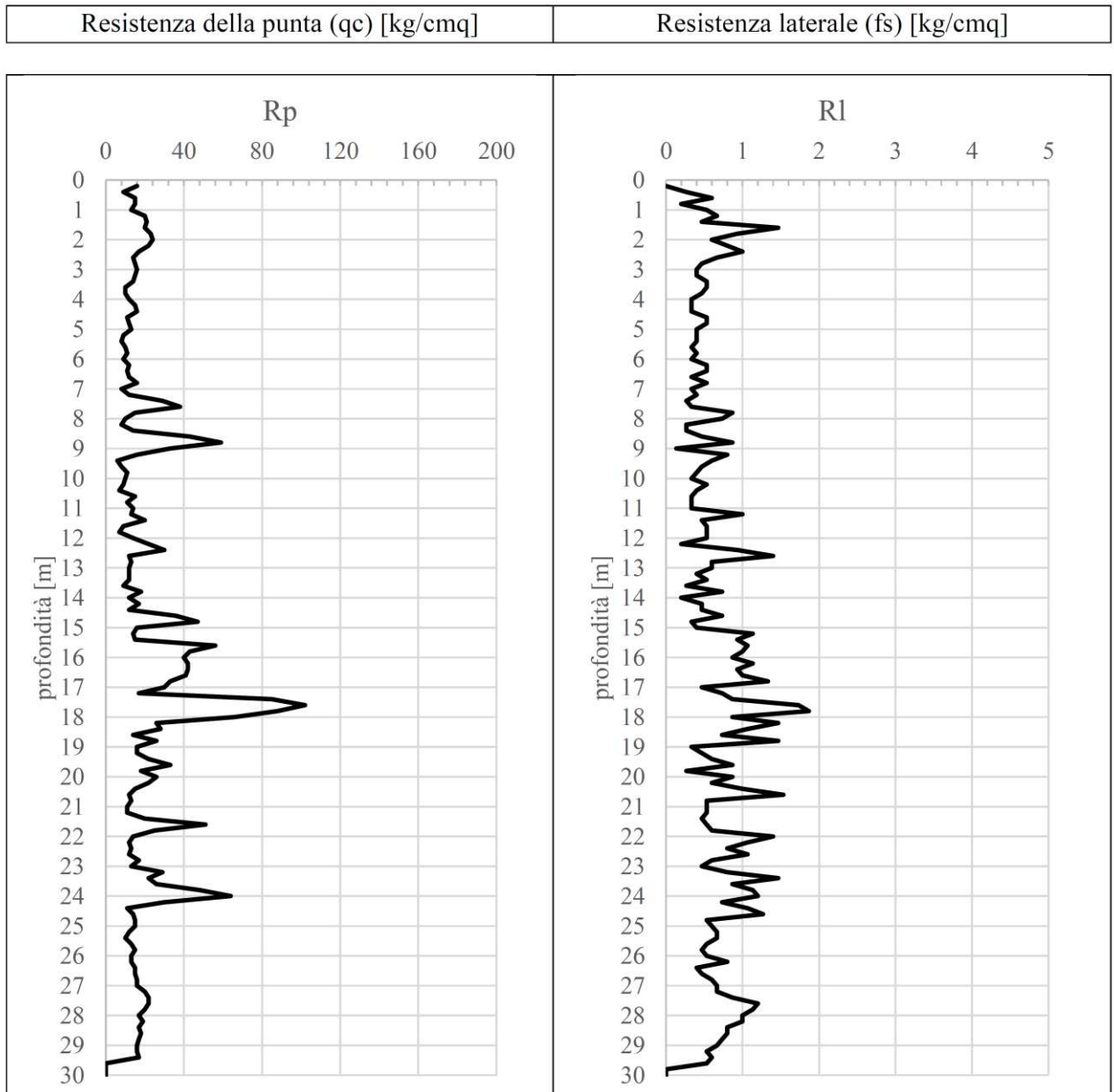
Grafico resistenza alla punta - litologia



Begemann (1965): 1= Argilla inorganica e torba; 2= Limo e/o argilla inorganica; 3= Limo sabbioso e sabbia limosa; 4= sabbie o sabbia più ghiaia

Località: Fucecchio (FI)	
Data: 10/03/2023	Attrezzatura: penetrometro statico a punta meccanica (CPT2)
Profondità della falda da p.c. (m): 4.80 m	

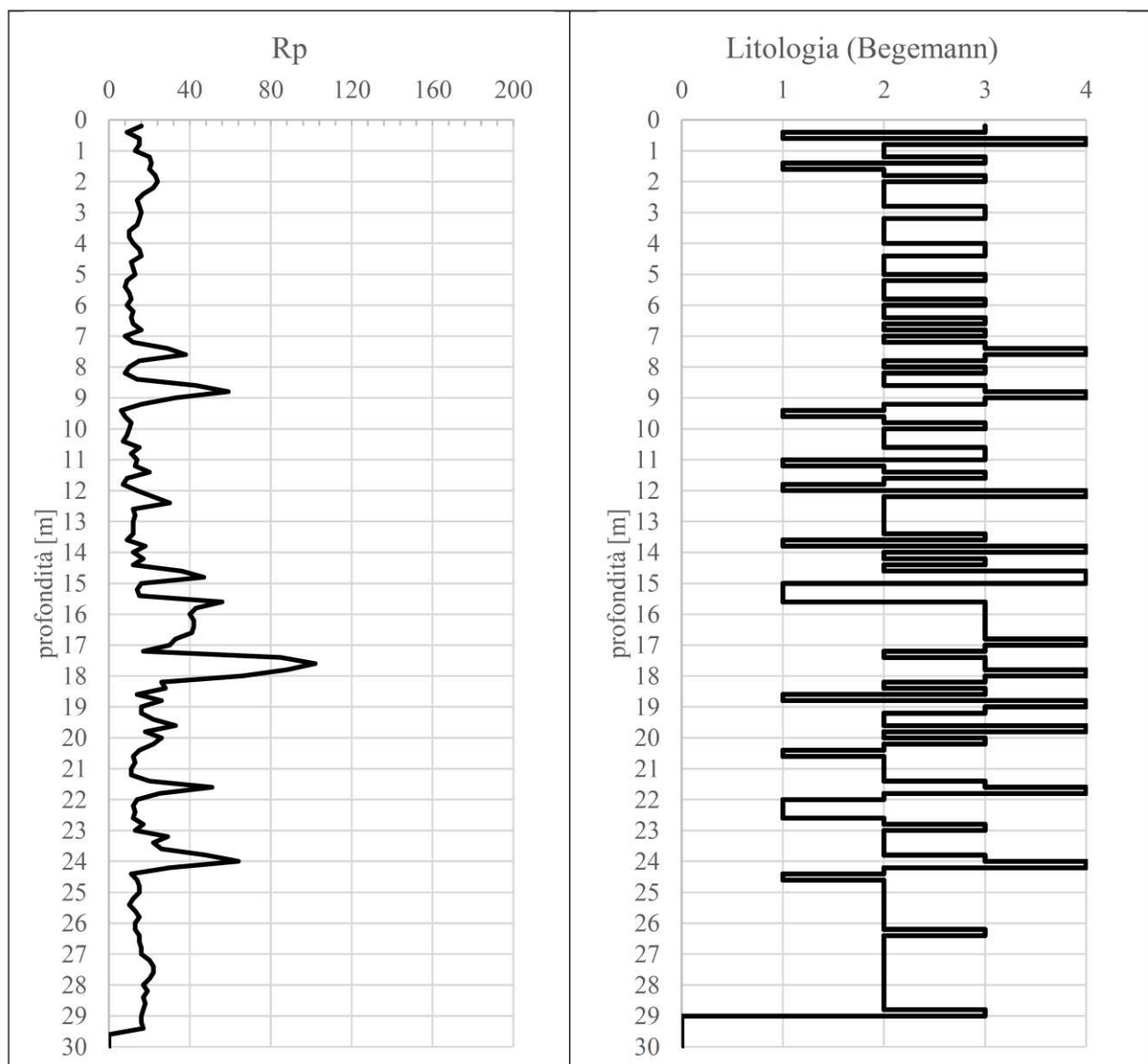
Grafico della prova



Località: Fucecchio (FI)	
Data: 10/03/2023	Attrezzatura: penetrometro statico a punta meccanica (CPT2)
Profondità della falda da p.c. (m): 4.80 m	

Grafico resistenza alla punta - litologia

Resistenza della punta (qc) [kg/cmq]	Andamento della litologia (Begemann)
--------------------------------------	--------------------------------------



Begemann (1965): 1= Argilla inorganica e torba; 2= Limo e/o argilla inorganica; 3= Limo sabbioso e sabbia limosa; 4= sabbie o sabbia più ghiaia

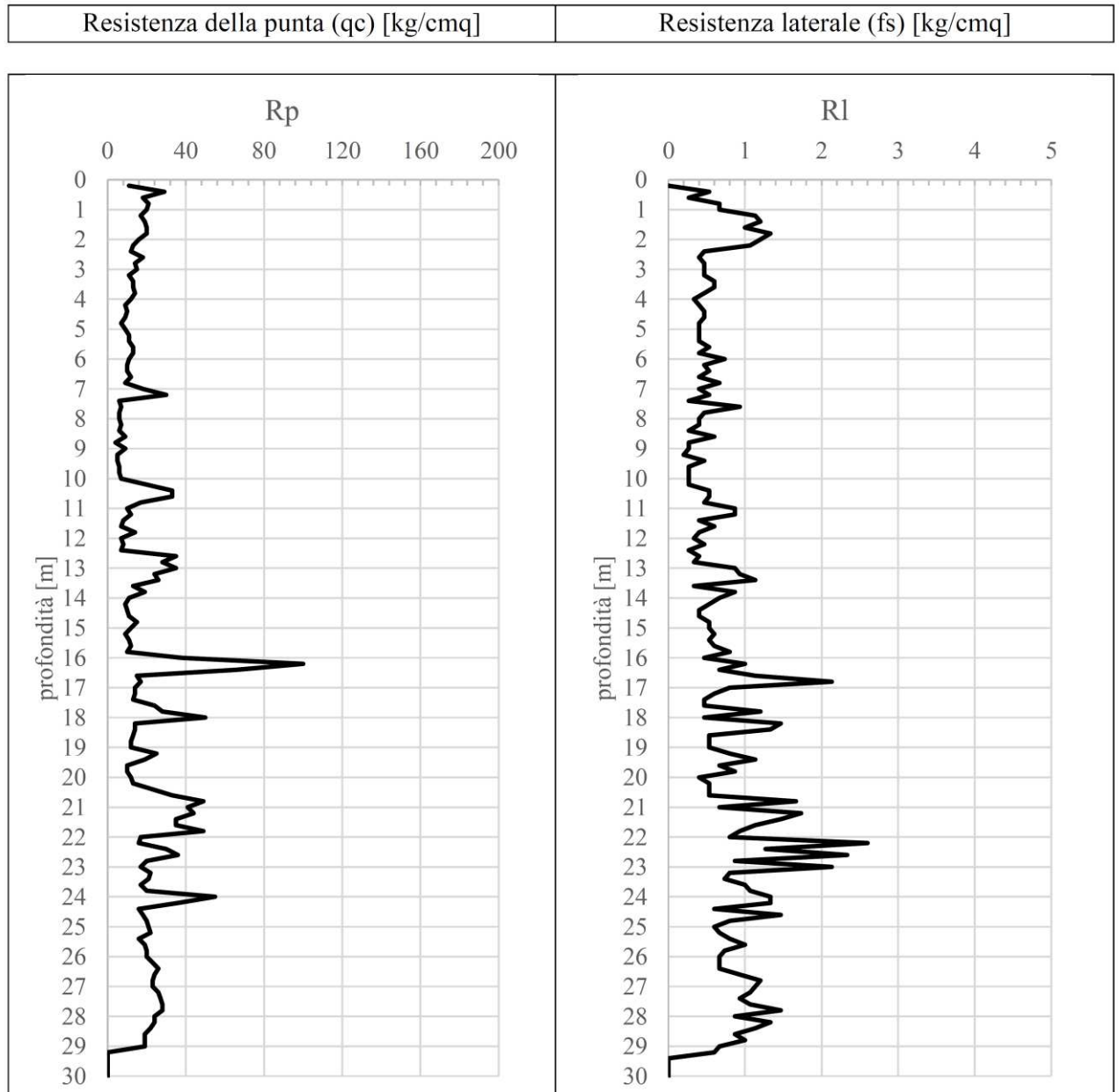
Località: Fucecchio (FI)

Data: 10/03/2023

Attrezzatura: penetrometro statico a punta meccanica (CPT3)

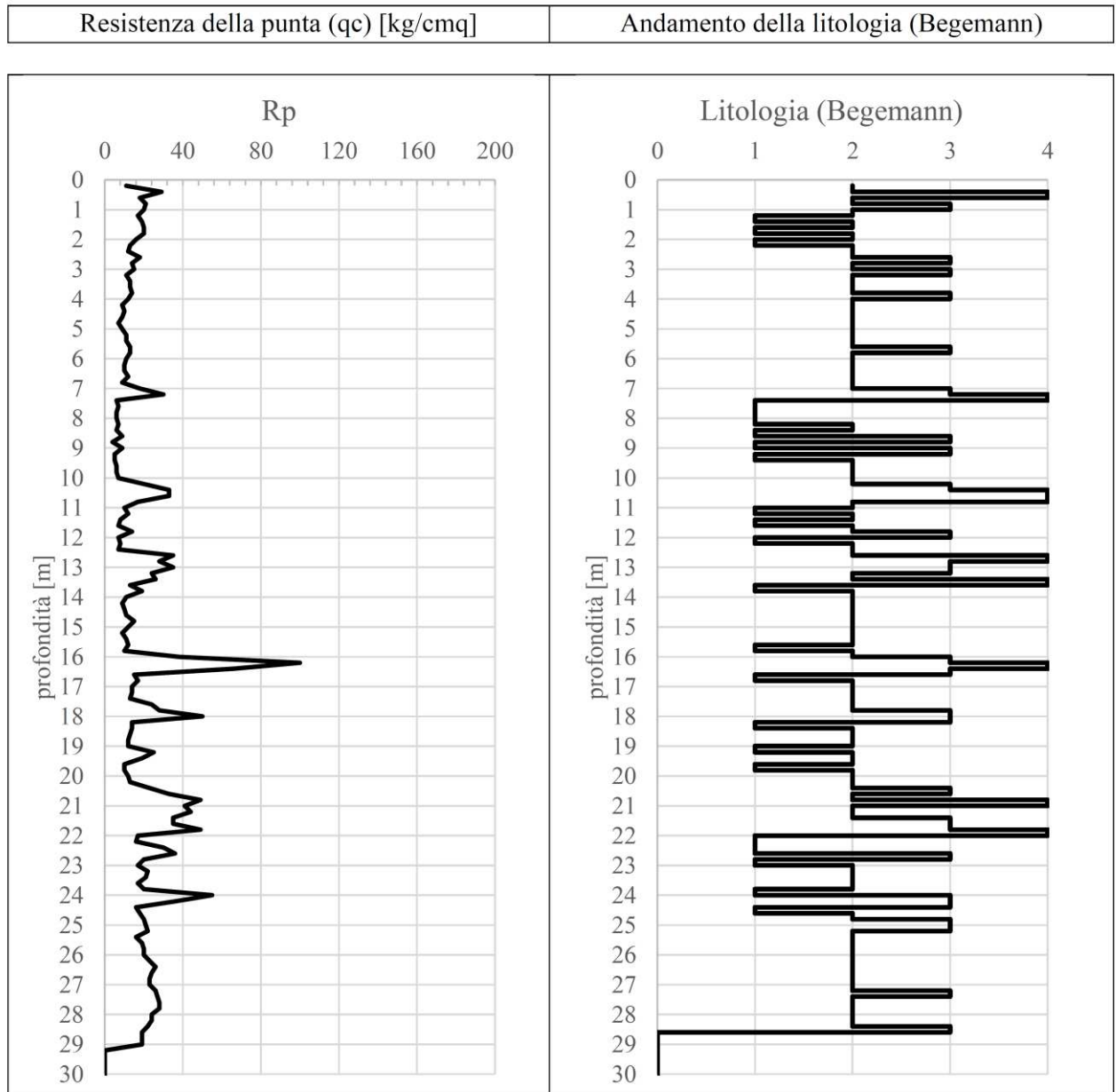
Profondità della falda da p.c. (m): 4.80 m

Grafico della prova



Località: Fucecchio (FI)	
Data: 10/03/2023	Attrezzatura: penetrometro statico a punta meccanica (CPT3)
Profondità della falda da p.c. (m): 4.80 m	

Grafico resistenza alla punta - litologia



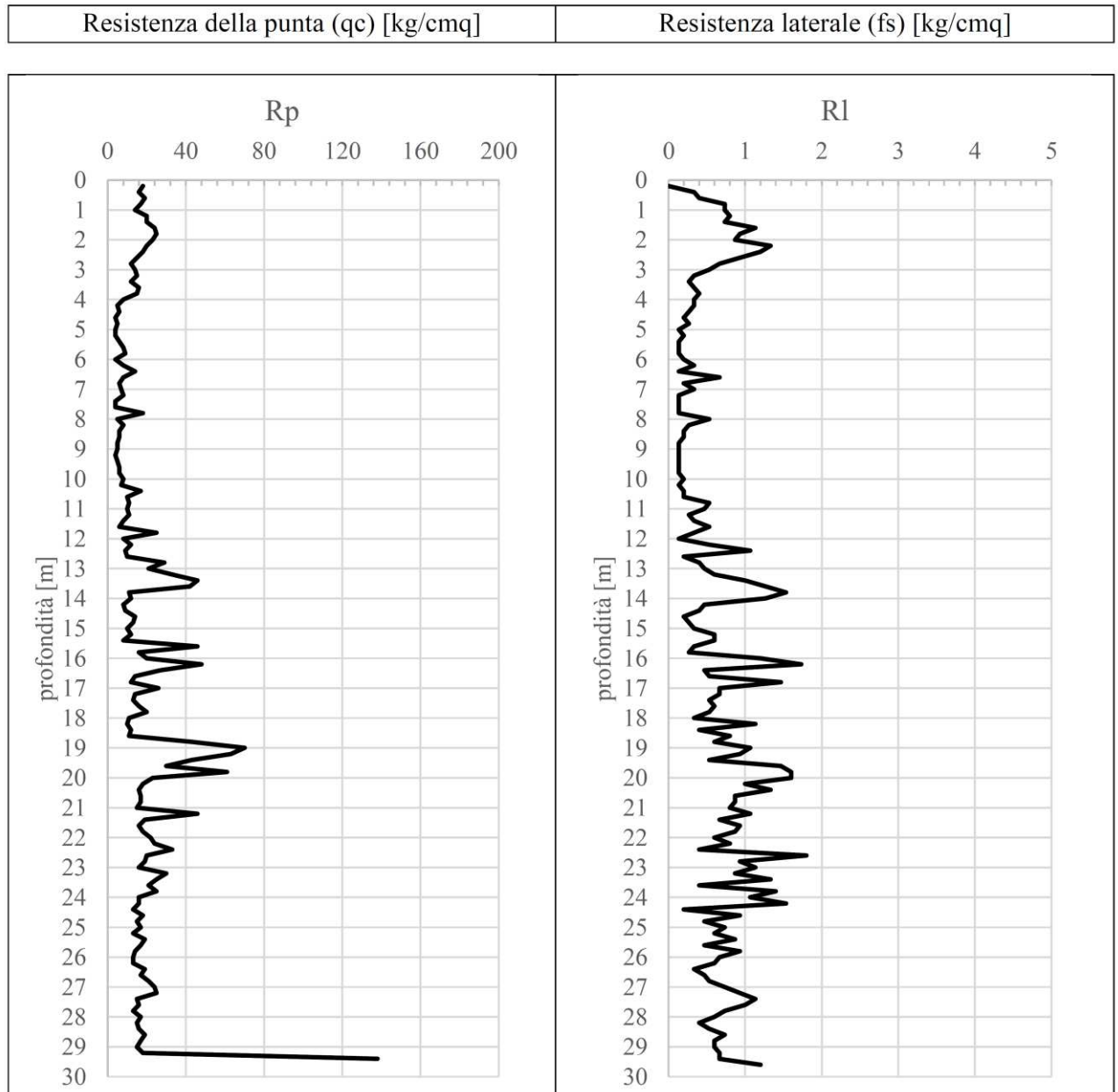
Begemann (1965): 1= Argilla inorganica e torba; 2= Limo e/o argilla inorganica; 3= Limo sabbioso e sabbia limosa; 4= sabbie o sabbia più ghiaia

Località: Fucecchio (FI)

Data: 10/03/2023 Attrezzatura: penetrometro statico a punta meccanica (CPT4)

Profondità della falda da p.c. (m): 4.80 m

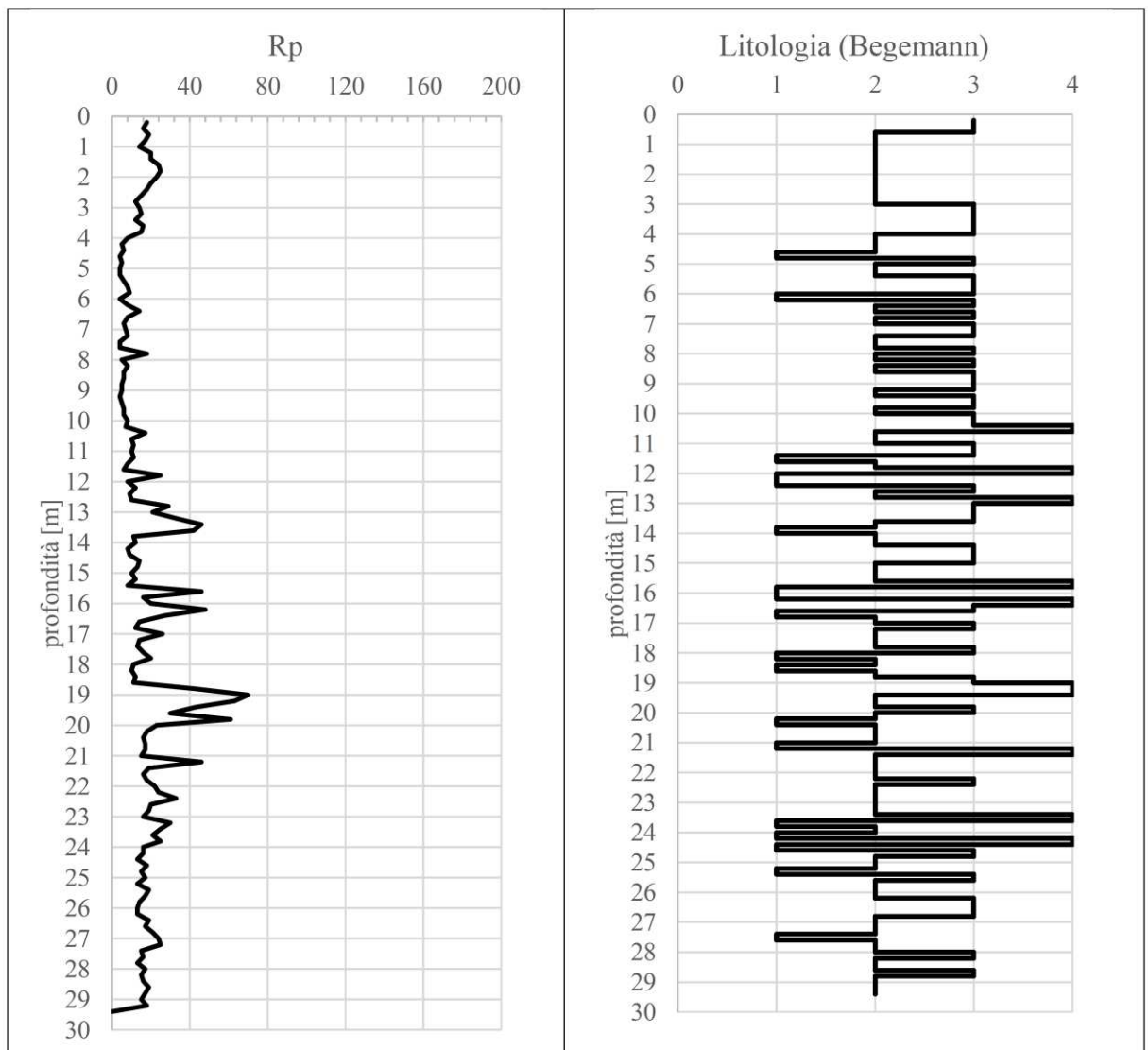
Grafico della prova



Località: Fucecchio (FI)	
Data: 10/03/2023	Attrezzatura: penetrometro statico a punta meccanica (CPT4)
Profondità della falda da p.c. (m): 4.80 m	

Grafico resistenza alla punta - litologia

Resistenza della punta (qc) [kg/cmq]	Andamento della litologia (Begemann)
--------------------------------------	--------------------------------------



Begemann (1965): 1= Argilla inorganica e torba; 2= Limo e/o argilla inorganica; 3= Limo sabbioso e sabbia limosa; 4= sabbie o sabbia più ghiaia