

**COMUNE CRESPINA LORENZANA**  
**PISA**

**PROGETTO UNITARIO CONVENZIONATO (PUC)**  
**COMPARTO URBANISTICO DENOMINATO U<sub>c</sub>. 1.4**  
**“Aree e spazi di via Galileo Galilei (nord) a Lavori”**

---

**RELAZIONE GEOLOGICA**

*(D.P.G.R. 30 GENNAIO 2020, N. 5/R E RELATIVE DIRETTIVE TECNICHE)*

COMMITTENTE:	BIEFFE S.R.L.
GEOLOGO:	DOTT. GEOL. SAMUELE MORANDI
DATA:	MARZO 2025

  
 IL GEOLOGO

Dr. Geol. Samuele Morandi  
*Iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione  
Toscana con numero di riferimento 1478*

**Dott. SAMUELE MORANDI – Geologo**  
Via Bologna, 11 – 56025 Pontedera (Pisa)  
Tel. 338/4170741 e-mail: [morandisamuele@tiscali.it](mailto:morandisamuele@tiscali.it)

## **SOMMARIO**

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INTERVENTI PREVISTI DAL PROGETTO URBANISTICO .....</b>	<b>4</b>
2.1	Parametri urbanistico-edilizi .....	5
2.2	Modalità di attuazione .....	5
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO URBANISTICO E SCHEDA NORMA .....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....</b>	<b>11</b>
4.1	Ubicazione .....	11
4.2	Inquadramento geologico e geomorfologico .....	11
4.3	Idrografia e Idrogeologia .....	13
<b>5</b>	<b>INQUADRAMENTO SISMICO.....</b>	<b>14</b>
5.1	Categorie del suolo di fondazione .....	16
5.2	Prova geofisica MASW .....	18
<b>6</b>	<b>ANALISI DEI VINCOLI SOVRAORDINATI .....</b>	<b>20</b>
6.1	Legge Regionale 24 luglio 2018, n. 41 – tutela dei corsi d’acqua .....	22
6.2	Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.).....	22
<b>7</b>	<b>CLASSIFICAZIONE DELL’AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ (SECONDO LE CARTOGRAFIE PRODOTTE A SUPPORTO DEL VIGENTE P.O. COMUNALE – 30/01/2020 N. 5/R – REGOLAMENTO DI ATTUAZIONE DELL’ART. 104 DELLA L.R. 65/2014).....</b>	<b>23</b>
7.1	Carta della Pericolosità Geologica .....	24
7.2	Carta della Pericolosità da alluvioni .....	24
7.3	Carta delle aree a Pericolosità Sismica Locale .....	24
<b>8</b>	<b>STRATIGRAFIA E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO.....</b>	<b>26</b>

<b>9</b>	<b>CONDIZIONI DI FATTIBILITA' PER LA REALIZZAZIONE DEL PROGETTO IN ESAME (D.P.G.R. 30/01/2020 N. 5/R – REGOLAMENTO DI ATTUAZIONE DELL'ART. 104 DELLA L.R. 65/2014).</b>	<b>28</b>
<b>9.1</b>	<b>Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti geologici</b>	<b>28</b>
<b>9.2</b>	<b>Criteri generali di fattibilità in relazione al rischio di alluvioni</b>	<b>29</b>
<b>9.3</b>	<b>Prescrizioni generali di fattibilità in relazione agli aspetti sismici</b>	<b>30</b>
<b>9.4</b>	<b>Prescrizioni relative alla regimazione delle acque meteoriche</b>	<b>31</b>
<b>9.5</b>	<b>Prescrizioni per la realizzazione del rilevato di imposta del pacchetto carrabile</b>	<b>32</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>34</b>

## 1 PREMESSA

Nella presente relazione si riferisce di uno studio geologico – tecnico finalizzato alla definizione dei **criteri generali di fattibilità** (D.P.G.R. 30 gennaio 2020 n. 5/R, D.G.R. 31/2020) relativi al **Progetto Unitario Convenzionato (PUC) comparto urbanistico denominato Uc 1.4** “aree e spazi di Via Galileo Galilei” in loc. Lavoria nel territorio comunale di Crespina-Lorenzana (vedi corografia di figura 1 allegata).

Nello specifico si tratta di un lotto destinato alla realizzazione di un nuovo insediamento turistico-ricettivo, specificatamente destinato alla formazione di **un’area di sosta attrezzata** funzionale all’incremento dell’offerta di spazi turistico-ricettivi ed alla contestuale riqualificazione del margine urbano. A tal fine, il P.O. prevede la possibilità di effettuare interventi di nuova edificazione per funzioni prevalentemente all’aperto (sosta camper e autocaravan), debitamente corredata dei servizi e delle dotazioni essenziali (carico e scarico, servizi igienici, lavanderia, uffici, ecc.), condizionati alla contestuale realizzazione di spazi pubblici (parcheggi e aree di sosta), anche ad integrazione e qualificazione di standard esistenti, funzionali al miglioramento delle prestazioni ambientali, infrastrutturali e logistiche del polo produttivo di Lavoria. Per quanto riguarda i particolari relativi a tale progetto si rimanda comunque per esteso alle tavole di progetto redatte dall’Arch. Filippo Bacci.

Dopo un inquadramento di carattere geo-morfologico della zona di intervento e di un suo congruo intorno, viene illustrata la ricostruzione geo-stratigrafica dell’area di intervento resa possibile attraverso i risultati di una campagna geognostica condotta all’interno del lotto oggetto di intervento. Nello specifico la campagna di indagine è stata eseguita attraverso:

- la realizzazione di **n. 1 prova penetrometrica di tipo statico** spinta ad una quota massima dal p.c. attuale di circa – 8.0 m;

- un'indagine sismica con tecnica MASW che ha permesso di individuare la **velocità media delle onde di taglio** nei primi 30 m di profondità e quindi stabilire la categoria sismica di suolo ai sensi del DM 17/01/18.

Si riporta, inoltre, l'inquadramento dell'area di intervento in termini di pericolosità sotto l'aspetto geologico, idraulico e sismico secondo le cartografie prodotte a supporto del vigente Piano Operativo Comunale; tali cartografie sono state redatte nel rispetto del vigente **D.P.G.R. 30 gennaio 2020 n. 5/R** e dalle relative **direttive tecniche** (D.G.R. 31/2020).

Conseguentemente si è proceduto alla definizione dei **criteri generali di fattibilità** per gli interventi di trasformazione, prescrivendo i più idonei criteri di intervento per la realizzazione degli interventi previsti dal progetto urbanistico.

## **2 INTERVENTI PREVISTI DAL PROGETTO URBANISTICO**

Nel caso in specie, si tratta di un lotto destinato alla realizzazione di un nuovo insediamento turistico-ricettivo, specificatamente destinato alla formazione di un'area di sosta attrezzata funzionale all'incremento dell'offerta di spazi turistico-ricettivi e alla contestuale riqualificazione del margine urbano. A tal fine, il P.O. prevede la possibilità di effettuare interventi di nuova edificazione per funzioni prevalentemente all'aperto (sosta camper e autocaravan), debitamente corredata dei servizi e delle dotazioni essenziali (carico e scarico, servizi igienici, lavanderia, uffici, ecc.), condizionati alla contestuale realizzazione di spazi pubblici (parcheggi e aree di sosta), anche

ad integrazione e qualificazione di standard esistenti, funzionali al miglioramento delle prestazioni ambientali, infrastrutturali e logistiche del polo produttivo di Lavoria.

## **2.1 Parametri urbanistico-edilizi**

- Superficie territoriale:	4.821,00 mq
- Superficie fondiaria:	4.468,25 mq
- Superficie da destinare a parcheggi pubblici:	352,75 mq
- Superficie edificabile (SE) max.:	200,00 mq
- Altezza max. edifici:	3,50 m
- Indice di copertura max.:	20%
- Destinazione d'uso ammessa:	turistico-ricettivo

## **2.2 Modalità di attuazione**

In conformità con la normativa vigente in materia, con lo strumento urbanistico generale di governo del territorio di Crespina Lorenzana e con le N.T.A. del presente Progetto Unitario Convenzionato, le modalità di attuazione di quest'ultimo prevedono la suddivisione del Comparto urbanistico in due Unità Minime di Intervento (UMI 1 e UMI 2), le quali determinano due distinte aree di intervento attivabili indipendentemente l'una dall'altra ed in tempi differiti (vedi planimetria di figura 8 e tavole di progetto).

Più in particolare, si specifica che la progettualità del PUC vede coincidere la UMI 1 esattamente con la superficie fondiaria del Piano urbanistico al netto della superficie destinata a parcheggio ai fini della legge 122/89 e la UMI 2 con la superficie di quest'ultima e di quella prevista da destinarsi a standard urbanistici (area a parcheggio pubblico).

## UMI 1

La UMI 1 coincide con la superficie fondiaria con l'esclusione della superficie destinata a parcheggio ai sensi della legge 122/89, per una superficie complessiva di circa 4.046 mq.

Tale area prevede la realizzazione di uno spazio interamente a verde, dotato di viabilità interna che distribuisce ad un numero complessivo di 79 stalli per camper, direttamente collegato alla viabilità pubblica di Via Galilei attraverso un sistema di due accessi diretti, uno di entrata, con cancello arretrato di circa 5 metri rispetto alla suddetta viabilità, ed uno di uscita con cancello a filo strada, che sarà in parte destinato a rimessaggio camper ed in parte destinato alla destinazione d'uso turistico-ricettiva di "Area di sosta attrezzata".

La UMI 1 è anche la superficie sulla quale è potenzialmente possibile edificare uno o più manufatti o fabbricati funzionali alla gestione dell'attività turistico-ricettiva.

La sistemazione del terreno di tutto il comparto **risente del dislivello (in depressione) di circa 1.0 metro esistente rispetto alla viabilità pubblica Via Galilei** e di tutta la zona produttiva di Lavoria (vedi piano quotato di figura 9).

Il pacchetto carrabile sarà costituito:

- da uno strato di base di circa 30 cm di spessore costituito da materiale arido riciclato;
- Da uno strato di finitura superficiale, di circa 20 cm di spessore, che sarà realizzato attraverso l'utilizzo di lapilli vulcanici di granulometria molto fine misto a terreno vegetale seminato con particolari tipologie

erbose in modo da ottenere una superficie a verde uniforme su tutta l'area.

La zona di scarico per camper in prossimità della strada di Via Galilei e l'adiacente zona antistante il cancello di ingresso alla zona rimessaggio e turistico-ricettivo, per una superficie complessiva di progetto di 134,71 mq, saranno invece finite superficialmente con cemento o asfalto (vedi tavole di progetto).

## UMI 2

La UMI 2 coincide con l'area a standard urbanistici del PUC e con l'area a parcheggio relativa alla dotazione del comparto ai sensi della 122/89, in virtù della capacità edificatoria prevista dalla scheda norma, per una superficie complessiva di circa 775 mq.

Anche tale area a parcheggi, ubicata sull'intero lato orientale del comparto, prevede un sistema di doppio accesso direttamente da Via Galilei, con entrambi i tratti perpendicolari ad essa: uno previsto all'interno della UMI 2 e l'altro costituito dalla viabilità già esistente di proprietà comunale che indirizza al cavalcavia della S.G.C. FI-PI-LI.

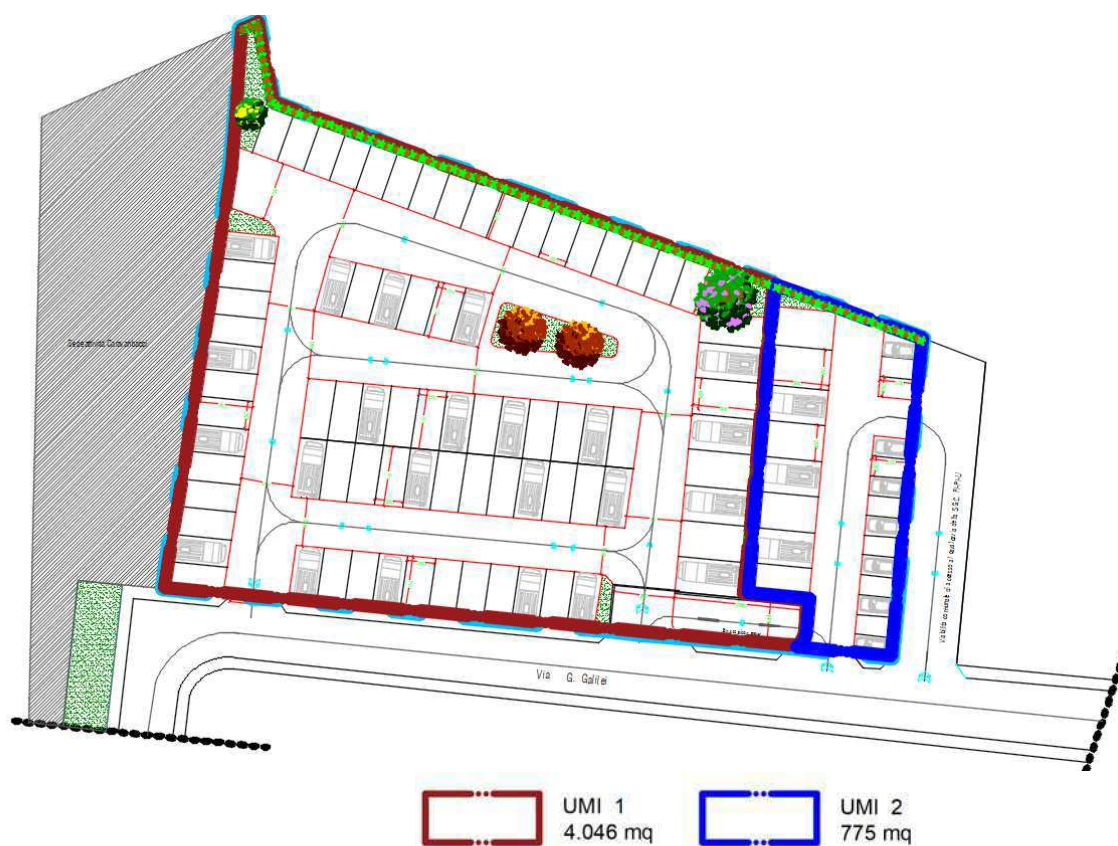
Anche nella UMI 2 la sistemazione del terreno **risente del dislivello (in depressione) esistente rispetto alla viabilità pubblica Via Galilei e di tutta la zona produttiva di Lavoria** (vedi piano quotato di figura 9), e, come per la UMI 1, prevede un riempimento con materiale idoneo fino al di sotto del pacchetto di sostegno e finitura superficiale, che è previsto formato da un successivo strato di materiale riciclato di circa 30 cm e, dato l'utilizzo a



parcheggi, uno strato ulteriormente superiore di circa 20 cm di finitura in asfalto.

In ottemperanza ai contenuti della scheda norma dedicata al Comparto urbanistico e finalizzata alla mitigazione degli effetti ambientali e paesaggistici, la progettualità complessiva prevede la realizzazione (all'interno della superficie fondiaria destinata alle trasformazioni) di una fascia a verde lungo tutto il confine settentrionale del Comparto costituito da una siepe lineare di qualificazione del margine esterno ai nuovi insediamenti e di corretto inserimento paesaggistico in rapporto al contermino territorio rurale.

Per quanto riguarda ulteriori chiarimenti in merito alla progettualità di cui al Comparto urbanistico in oggetto, si rimanda agli elaborati grafici redatti dall'Arch. Filippo Bacci.



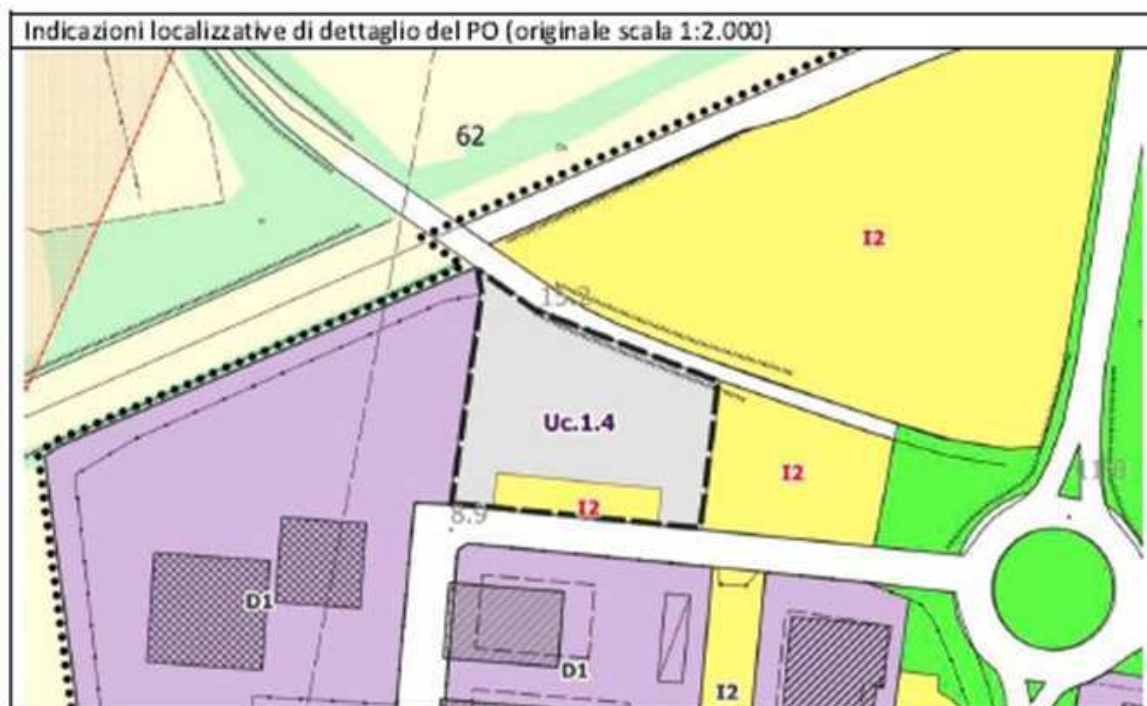
**Figura I** – Planimetria generale stato di progetto

### 3 INQUADRAMENTO URBANISTICO E SCHEDA NORMA

Dal punto di vista urbanistico, lo strumento di governo del territorio del comune di Crespina Lorenzana attualmente vigente identifica l'area in questione con perimetrazione tratteggiata di colore nero e con la sigla Uc.1.4, intendendo con tale sigla un **"Area di valorizzazione e ridefinizione dei margini urbani [Uc]"**, di cui disciplina lo sviluppo urbanistico-edilizio attraverso la **specificata scheda norma**.



**Figura II** – Inquadramento geografico



**Figura III– Inquadramento urbanistico**

**f) Prescrizioni e condizioni di fattibilità geologico - tecnica**

Classi di "Pericolosità" in relazione alle indagini del nuovo PS (ai sensi della DPGR 5R/2020)

Pericolosità geologica	G.2 – pericolosità media
Pericolosità idraulica	P1 – pericolosità per alluvioni rare o di estrema intensità
Pericolosità sismica	S.2 – pericolosità media

Interferenze con il "Reticolo sistema idraulico regionale"

- Nessuna
-----------

Condizioni di fattibilità

Gli interventi di trasformazione previsti dovranno essere realizzati secondo i criteri generali di
----------------------------------------------------------------------------------------------------

fattibilità definiti nella "Relazione geologico – tecnica" e nel rispetto delle seguenti prescrizioni:	
Per gli aspetti geologici	A supporto delle nuove edificazioni dovranno essere condotte indagini geognostiche in riferimento al DM 17/01/2018 (NTC per le costruzioni in zona sismica) ed al DPGR 19/01/2022 n.1/R
Per gli aspetti idraulici	Nessuna limitazione
Per gli aspetti sismici	A supporto delle nuove edificazioni dovranno essere condotte indagini geognostiche in riferimento al DM 17/01/2018 (NTC per le costruzioni in zona sismica) ed al DPGR 19/01/2022 n.1/R

## 4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

### 4.1 Ubicazione

L'area oggetto di intervento si colloca nella porzione nord dell'ex territorio comunale di Crespina, in loc. Lavoria in una porzione di territorio pianeggiante compreso tra il rilevato stradale della S.G.C. FI-PI-LI a nord e via Galileo Galilei a sud, sul margine settentrionale della zona industriale di Lavoria (vedi corografia di figura 1 allegata).

Tale area presenta una conformazione morfologica pressoché pianeggiante con quote assolute sul livello medio marino di circa 7.0 m mentre l'area urbanizzata adiacente risulta mediamente rialzata di circa 1.0 m rispetto alle quote naturali di p.c..

### 4.2 Inquadramento geologico e geomorfologico

Il lotto oggetto di intervento si trova in un'area pianeggiante, priva di segni o evidenze di instabilità morfologica che possano influenzare, o essere influenzate, dagli interventi previsti.

L'area in esame ha un'estensione complessiva di circa 4.800 mq e si trova a una quota relativa di circa -1,0 m rispetto al piano viabile di via Galileo Galilei (vedi piano quotato di figura 9 allegata). Tale dislivello è conseguenza del rialzamento dell'area industriale rispetto alle quote naturali del piano campagna, dovuto ai precedenti interventi di urbanizzazione ed edificazione.

Per l'attuazione del progetto sarà necessario **realizzare un rilevato di imposta per il nuovo pacchetto carrabile**, al fine di adeguare la quota della nuova area di sosta a quella di via Galileo Galilei.

Dal punto di vista strettamente geologico, nell'area di indagine affiorano i depositi quaternari delle Sabbie e Limi di Vicarello costituiti essenzialmente da sabbie debolmente limose all'interno delle quali talvolta si rilevano letti discontinui di conglomerati plurimillimetrici. L'ambiente di sedimentazione di questa formazione è essenzialmente eolico-palustre e di piana di esondazione fluviale ed è attribuibile al Pleistocene superiore. L'azione dei corsi d'acqua principali ha solcato tali sedimenti, che oggi affiorano in aree, come quella in esame, debolmente sopraelevate rispetto alle aree alluvionali (vedi figura 2). Sia ad est che ad ovest rispetto all'area di intervento tale formazione risulta coperta dai depositi alluvionali recenti attribuibili agli eventi di esondazione del Torrente Orcina.

La stratigrafia di dettaglio sul lotto di intervento, è stata comunque accertata in sito tramite l'esecuzione di **n°1 prova penetrometrica di tipo statico (CPT1)** spinte ad una profondità dal p.c. di circa 8.0 m la cui ubicazione è riportata nella planimetria di figura 8 allegata. (in allegato 1 vengono riportati gli elaborati relativi al test penetrometrico eseguito).

La stratigrafia ricostruita risulta caratterizzata dalla presenza di un livello superficiale di terreno pedologico dello spessore di circa 0.30 cm; al di sotto di tale coltre vegetale i terreni in posto risultano caratterizzati da una componente prevalentemente coesiva caratterizzati da valori di resistenza media alla punta "qc" e resistenza laterale "Fs" rispettivamente di 10.0 e 0.5 Kg/cmq (vedi allegato 1).

Oltre i 7.0 metri di profondità la componente sabbiosa nel deposito aumenta in modo apprezzabile mentre tra i 6.0 ed i 7.0 m dal p.c. le resistenze alla penetrazione diminuiscono in modo consistente per la presenza di un livello caratterizzato da una componente organica elevata.



In allegato 1 viene riportato il report e l'elaborazione della prova penetrometrica realizzata.

In figura 10 viene riportato il modello geologico ricostruito per il piano di imposta della nuova area a parcheggio.

### 4.3 Idrografia e Idrogeologia

Allo stato attuale le acque meteoriche dal lotto in esame risultano regimate da una serie di scoline facenti capo ad una fossa principale che delimita verso nord il lotto in esame (vedi figura seguente).



**Figura IV**– Reticolo di drenaggio sul lotto oggetto di intervento.

Il reticolo idrografico della zona fa capo ad ovest al Torrente Orcina affluente sinistro del Canale Scolmatore.

Sotto il profilo idrogeologico siamo in presenza di una formazione caratterizzata da un grado di permeabilità medio-basso funzione comunque del grado di addensamento dei depositi.

La zona risulta comunque interessata dalla presenza di una falda freatica che interessa i livelli sabbiosi che si intercalano nei primi metri agli strati a componente prevalentemente coesiva; durante il test penetrometrico realizzato in sito di data 12/03/2025 è stata **è stata riscontrata la presenza di acqua ad una quota di circa – 3.50 m dal p.c. attuale.**

## **5 INQUADRAMENTO SISMICO**

Il territorio del Comune di **Crespina-Lorenzana**, classificato sismico ai sensi del D.M. 19.03.1982, in seguito all'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 e successivamente con Deliberazione GRT n. 878 del 8 Ottobre 2012 della Regione Toscana, viene inserito nella **zona sismica 3** alla quale corrisponde un'accelerazione di picco orizzontale del suolo  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, di **0.15 $a_g$ /g**.

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi "stati limite" presi in considerazione, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di intervento, che rappresenta l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che in un fissato lasso di tempo, in un detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. In base a quanto riportato nelle NTC, tale

lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "*periodo di riferimento*"  $V_R$ , legato alla "*vita nominale*" dell'edificio in progetto  $V_N$  ( $V_R = V_N \times C_u$  dove  $C_u$  è il coefficiente d'uso legato alla categoria dell'edificio), e la probabilità è denominata "*probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento*"  $P_{VR}$ .

Per descrivere la pericolosità sismica in un generico sito con un livello di precisione sufficiente, sia in termini geografici che in termini temporali, i risultati dello studio di pericolosità sismica devono essere forniti:

- a) in corrispondenza dei punti di un reticolo ("reticolo di riferimento") i cui nodi, individuati in termini di latitudine e longitudine, debbono distare di un passo  $\leq 0,05^\circ$ ;
- b) per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno  $TR$  ricadendo in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi;
- c) in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sottosuolo rigido affiorante.

In particolare, i caratteri del moto sismico sul sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica  $P_{VR}$ .

**$a_g$**  = accelerazione massima al sito;

**$F_o$**  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;



**TC\*** = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore di  $a_g$  viene desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, attualmente fornita dall'INGV, mentre  $F_0$  e  $TC^*$  vengono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

Lo scuotimento del suolo così individuato deve essere corretto per tenere conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e della morfologia di superficie (con la determinazione della categoria di sottosuolo specifica del sito e dei coefficienti di amplificazione topografica **S<sub>T</sub>** e stratigrafica **S<sub>s</sub>**).

## **5.1 Categorie del suolo di fondazione**

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

La classificazione deve riguardare i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed un substrato rigido di riferimento, (*bedrock*) ovvero quelli presenti ad una profondità commisurata all'estensione ed all'importanza dell'opera.

Sulla base di quanto riportato nelle "*Norme Tecniche sulle Costruzioni (D.M. 17/01/18)*" i terreni possono essere classificati sulla base del valore di **V<sub>s30</sub>** (velocità media delle onde sismiche di taglio) ed in base a tale grandezza

si identificano le seguenti categorie del suolo di fondazione (Tabella 3.2.II – categorie di sottosuolo):

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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 3,0 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m</i> , 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.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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.
E	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.

Tabella 1 - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (NTC-18).

La velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s\ 30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $< 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori.

In questa fase di studio preliminare per la fattibilità dell'intervento previsto sul lotto in esame, per l'individuazione della categoria di suolo e quindi per l'individuazione del parametro  $V_{s30}$  è stata appositamente eseguita in sito **un'indagine sismica con tecnica MASW** (Multichannel Analysis of Surface

Waves) basata sull'analisi spettrale delle onde sismiche superficiali (onde Raylight).

Nel capitolo successivo vengono riportati i risultati ottenuti con tale indagine.

## **5.2 Prova geofisica MASW**

Tale indagine è stata eseguita attraverso l'esecuzione di n. 1 profilo sismico la cui ubicazione è riportata nelle planimetrie di figura 8 allegate alla presente relazione.

La tecnica MASW consiste nella registrazione simultanea di più ricevitori (minimo 12) di una vibrazione prodotta da una sorgente sismica impulsiva posta ad una data distanza dal primo ricevitore. Tale tecnica, attraverso la registrazione delle modalità di propagazione delle onde superficiali (Onde di Rayleigh) permette di risalire alla velocità di propagazione delle onde di taglio Sv lungo un profilo verticale.

L'indagine realizzata è stata condotta mediante uno stendimento sismico costituito da 24 geofoni allineati e separati tra loro da una distanza intergeofonica costante di 1.5 m.

Il sismografo utilizzato è stato attrezzato con 12 canali a 16 bit, collegati a 12 geofoni verticali da 4,5 Hz, mentre, per l'energizzazione è stata utilizzata una massa di 4.0 kg battente perpendicolarmente al terreno. La lunghezza complessiva dello stendimento, fra il primo e l'ultimo geofono, è stata quindi di 34.5 m e sono state eseguite due energizzazioni disposte rispettivamente a 2.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono, in modo da ottenere due profili 1 – D da poter confrontare.

L'elaborazione dei sismogrammi acquisiti è stata effettuata mediante software "MASW 2.0.0.9" (software per la determinazione dello spettro di velocità e l'inversione della curva di dispersione sperimentale secondo il metodo MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves).

Nella tabella seguente vengono riassunte le caratteristiche adottate per l'indagine MASW realizzate in sito:

N. GEOFONI	<b>24</b>
DISTANZA INTERGEOFONICA	<b>1.5 m</b>
LUNGHEZZA COMPLESSIVA STENDIMENTO	<b>34.5 m</b>
N. PUNTI DI SCOPPIO	<b>2</b>
OFF SET SCOPPI	<b>2 m</b>
TIPO DI ENERGIZZAZIONE	<b>Mazza battente da 4.0 Kg</b>
TEMPO DI ACQUISIZIONE	<b>2 sec.</b>
INTERVALLO DI CAMPIONAMENTO	<b>4000 Hz</b>

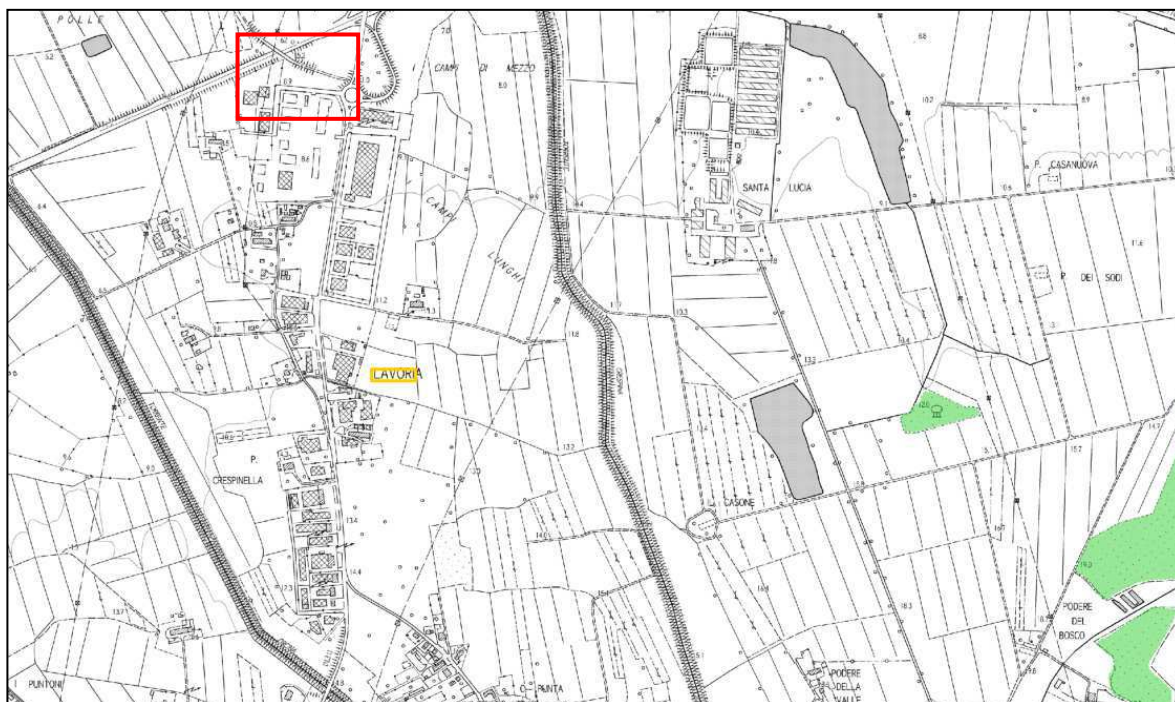
Tabella 2 – caratteristiche adottate per le indagini MASW

Tale indagine ha individuato un valore medio di  **$V_{s30}$  di 269 m/s** al quale corrisponde un suolo di **classe C** (*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*). In allegato 2 vengono riportati gli elaborati relativi all'indagine MASW effettuata.

## 6 ANALISI DEI VINCOLI SOVRAORDINATI

Si riporta di seguito l'analisi della vincolistica di legge vigente per l'area interessata dal progetto urbanistico.

- **PIT con valenza di Piano Paesaggistico** - Vincolo Paesaggistico: l'area in cui è previsto l'intervento urbanistico NON ricade tra le aree soggette a vincolo paesaggistico ai sensi dell'art. 142 del D.lgs 42/2004 e s.m.i. lett. c).
- **Immobili ed aree di notevole interesse pubblico**: dalla cartografia del PIT si evince che la zona oggetto di intervento non risulta soggetta alle prescrizioni del D.lgs. 42/2004 art.136.
- **Vincolo idrogeologico**: Secondo la cartografia consultabile dalla cartoteca della Regione Toscana, l'area interessata dall'intervento **non** ricade in zona sottoposte a vincolo idrogeologico (Regio Decreto 3267/1923) o perimetrate come boscate.
- **Aree protette e siti di Natura 2000**: l'area interessata dall'intervento in progetto **non** risulta inserita nella rete "natura 2000". Il progetto in esame **non** risulta quindi sottoposto a Valutazione di Incidenza Ambientale.



**Figura V** – cartografia PIT con valenza di piano paesaggistico.

### **Immobili ed aree di notevole interesse pubblico (aggiornamento DCR 82/2022)**

 Immobili ed aree di notevole interesse pubblico

#### **Aree tutelate**

 Lett. b)

#### **Specchi di acqua con perimetro maggiore di 500m**

 Specchi d'acqua

#### **Aree tutelate**

 Lett. c)

 Lett. d)

 Lett. e)

#### **Aree tutelate (aggiornamento DCR 93/2018)**

 Zone boscate; Zone con vegetazione arbustiva e/o erbacea;  
Strade in aree boscate

## 6.1 Legge Regionale 24 luglio 2018, n. 41 – tutela dei corsi d'acqua

Relativamente alla tutela dei corsi d'acqua si precisa che gli interventi previsti dal presente progetto urbanistico **non** interesseranno la fascia di larghezza di dieci metri rispetto al ciglio di sponda dei corsi d'acqua del reticolo idrografico di cui all'art. 22, comma 2, lettera e) della legge regionale 27 dicembre 2012, n. 79 (disciplina in materia di consorzi di bonifica).

**Gli interventi in progetto non risultano quindi sottoposti alle prescrizioni ed ai vincoli imposti all'art. 3 dalla L.R. 24 luglio 2018 n. 41.**



**Figura VI** – Reticolo Idrografico e di gestione aggiornato con DGRT 1061/2023.

## 6.2 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.)

In seguito alla consultazione delle mappe di piano e rischio di alluvioni predisposte per il **P.G.R.A. del bacino dell'Arno**, nel Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, individuato nell' art. 64 del D.L. 152/2006, è

stato possibile constatare che l'area d'indagine risulta inserita in una zona contrassegnata da **classe di pericolosità da alluvione rare P1**, corrispondente ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 200 anni (vedi figura 7 allegata).

---

Dall'analisi generale del quadro normativo l'area interessata dal presente progetto non risulta soggetta a particolari vincoli urbanistici che, a parere dello scrivente, possano impedire la realizzazione dell'intervento previsto.

**La zona che sarà interessata dalla realizzazione del nuovo parcheggio non è inserita nelle zone a vincolo Idrogeologico e Paesaggistico e non presenta criticità relativamente ad aspetti geologici ed idraulici.**

## **7 CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ (SECONDO LE CARTOGRAFIE PRODOTTE A SUPPORTO DEL VIGENTE P.O. COMUNALE – 30/01/2020 n. 5/R – regolamento di attuazione dell'art. 104 della L.R. 65/2014)**

Come previsto dal D.P.G.R. 30 gennaio 2020, n. 5/R, si riportano di seguito le cartografie redatte a supporto del vigente Piano Operativo Comunale che illustrano la pericolosità e quindi la fattibilità degli interventi per l'area in esame secondo i criteri dettati dal D.P.G.R. stesso. In particolare, si riporta la classificazione dell'area in termini di **pericolosità geologica, idraulica e sismica**. Nei paragrafi seguenti vengono riportate le varie classificazioni.



## 7.1 Carta della Pericolosità Geologica

In relazione alla perimetrazione della pericolosità geologica, l'area interessata dall'intervento in progetto rientra in **classe 2 - pericolosità media** (vedi figura 4); aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi, aree con elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto.

## 7.2 Carta della Pericolosità da alluvioni

In relazione alla perimetrazione della **Pericolosità da alluvioni** si osserva che il lotto oggetto di intervento rientra all'interno della classe **di pericolosità idraulica P1** (alluvioni rare) comprendente le aree interessate da allagamenti per  $T_r > 200$  anni (vedi figura 6). Alla luce di tale grado di pericolosità idraulica l'intervento urbanistico in esame **non** risulta sottoposto alle prescrizioni ed ai vincoli imposti dalla L.R. 41/2018.

Tale classificazione risulta conforme a quanto riportato sul P.G.R.A. dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'appennino settentrionale (vedi figura 7).

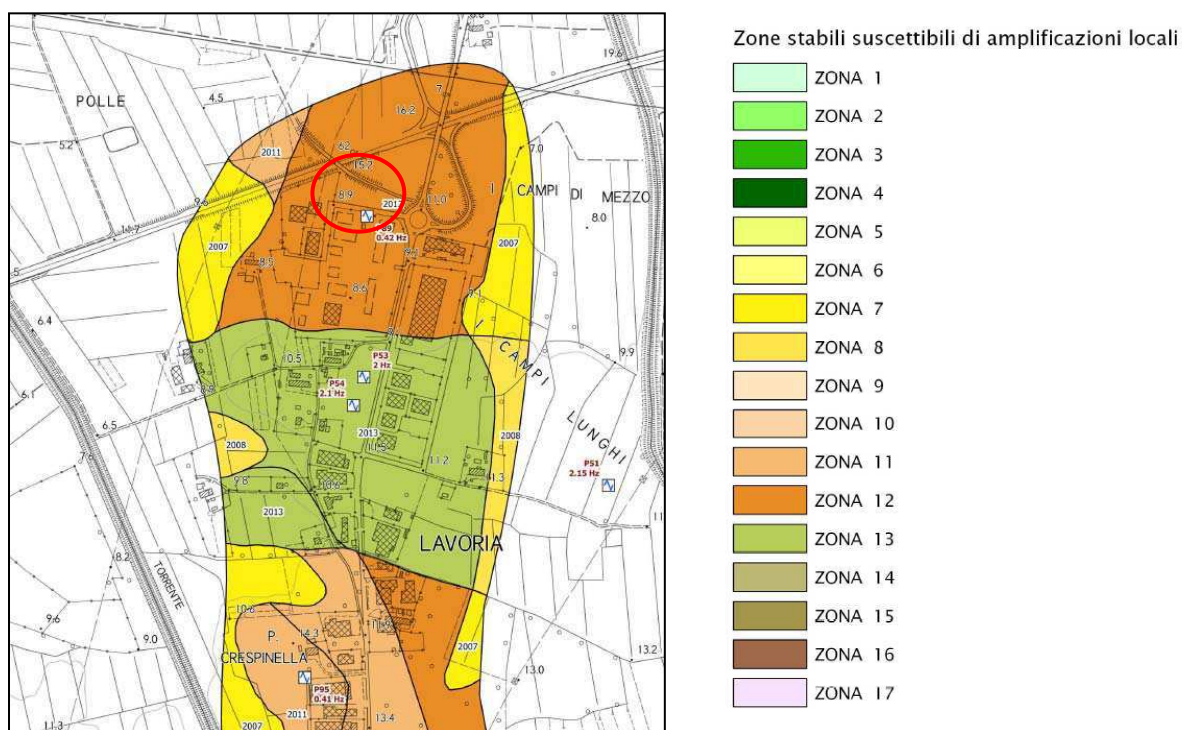
## 7.3 Carta delle aree a Pericolosità Sismica Locale

Per la definizione della classe di pericolosità del comparto urbanistico è stato fatto riferimento ai risultati dello studio di **microzonazione sismica di livello 2** realizzato dall'Amm.ne comunale nell'abito dell'aggiornamento dei propri strumenti urbanistici.

A seguito dei risultati ottenuti con tale studio viene attribuita al comparto in esame una **classe di pericolosità sismica locale elevata (S3)** in quanto individuata tra quelle caratterizzate da possibili fenomeni di liquefazione dinamica (vedi figura 5 allegata).

La carta delle MOPS (microzone omogenee in prospettiva sismica – vedi figura seguente) inserisce l'area oggetto del presente intervento nella

microzona 2012; questa Microzona è presente nelle zone di Lavoria e Cenaia e presenta, in affioramento gli livelli prevalentemente sabbiosi della Formazione delle Sabbie e Limi di Vicarello. **Le indagini HVSR di riferimento hanno mostrati picchi nel rapporto H/V in corrispondenza di frequenze comprese tra 0,4 e 0,5 Hz, riferibili a strutture profonde, mentre il valore di riferimento per la Vs30 è di 268 m/s.**



**Figura VII** – Stralcio della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica – tratta dagli elaborati redatti a supporto del P.O. Intercomunale.

## 8 STRATIGRAFIA E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

Come accennato in precedenza, per la caratterizzazione preliminare dei terreni presenti nel lotto oggetto di intervento, in questa fase di fattibilità geologica è stata eseguita una prova penetrometrica statica (CPT1) fino a una profondità di -8,0 m dal piano campagna locale (vedi Allegato 1). L'ubicazione della prova è riportata nelle planimetrie di Figura 8 in allegato.

In generale, il sottosuolo dell'area di intervento è caratterizzato da una coltre superficiale di terreno agrario di circa 60 cm di spessore, al di sotto della quale si riscontrano terreni prevalentemente coesivi con un grado di compattazione medio-basso.

Nel dettaglio:

- Fino a una profondità di -1,20 m si rileva la presenza di un orizzonte di **argilla limosa**, con valori medi di resistenza alla punta ( $q_c$ ) pari a 18,0 kg/cm<sup>2</sup> e resistenza laterale ( $F_s$ ) di 0,7 kg/cm<sup>2</sup> (vedi allegato 1).
- Al di sotto di tale livello, è stato individuato uno strato di **argille debolmente sabbiose**, caratterizzate da un grado di addensamento inferiore e valori medi di  $q_c$  ed  $F_s$  pari rispettivamente a 10,6 kg/cm<sup>2</sup> e 0,5 kg/cm<sup>2</sup> (vedi allegato 1).
- Tra i 6 e i 7 metri di profondità, il test ha evidenziato una sensibile riduzione della resistenza alla penetrazione, probabilmente dovuta alla presenza di un livello con abbondante materiale organico (**argille organiche**), caratterizzato da un  $q_c$  medio di 7,6 kg/cm<sup>2</sup>.
- Oltre i 7 metri, si osserva un incremento significativo delle resistenze alla penetrazione, verosimilmente attribuibile a un maggiore contenuto di frazione sabbiosa nel deposito.

Nella tabella seguente si riporta la stratigrafia ed i parametri geotecnici dei terreni ricavati dall'elaborazione della prova penetrometrica eseguita in sito (vedi allegato 1).

**Prova penetrometrica statica CPT 1**

STRATO	PROFONDITÀ (m)	LITOLOGIA	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	C' (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	M <sub>o</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	p.c. – 0.60	Terreno pedologico	-		-		-
2	0.60 – 1.20	Argilla limosa	1.85	-	0.74	-	56.7
3	1.20 – 6.0	Argille debolmente sabbiose	1.80	-	0.52	-	41.2
4	6.0 – 7.0	Argille organiche	1.75	-	0.37		25.8
	7.0 – 8.0	Limi sabbiosi	1.80	-	0.66		49.7

Tabella 3 – Parametri geotecnici lungo la verticale di prova CPT 1.  $\gamma$  - peso di volume; Cu – coesione non drenata; c' – coesione efficace;  $\phi$  – angolo di attrito; Mo – Modulo edometrico.

La zona di indagine risulta interessata dalla presenza di una **falda freatica** piuttosto superficiale; durante il test penetrometrico realizzato in sito di data 12/03/2025 è stata **è stata riscontrata la presenza di acqua ad una quota di circa – 3.50 m dal p.c. attuale.**

## **9 CONDIZIONI DI FATTIBILITA' PER LA REALIZZAZIONE DEL PROGETTO IN ESAME (D.P.G.R. 30/01/2020 n. 5/R – regolamento di attuazione dell'art. 104 della L.R. 65/2014).**

Come indicato dal D.P.G.R. 5/R del 2020 di cui al capitolo 3 vengono indicati di seguito i **criteri generali di fattibilità** per l'attuazione degli interventi in progetto distinguendo le fattibilità in relazione agli aspetti geologici, idraulici e sismici.

### **9.1 Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti geologici**

Visto il grado di pericolosità geologica attribuito alla zona oggetto dagli strumenti urbanistici vigenti (**pericolosità media, classe G2** – vedi figura 4 allegata) ai sensi di quanto disposto dal D.P.G.R. 5/R – 20, le condizioni di attuazione devono essere indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguire a livello edificatorio, al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area in esame.

Alla luce dei rilievi eseguiti nella zona di indagine e soprattutto attraverso i risultati ottenuti con la campagna geognostica eseguita in sito, per quanto concerne gli aspetti geologici si possono indicare le seguenti prescrizioni tecniche per l'attuazione degli interventi:

1. L'area indagata con la campagna geognostica eseguita in sito è caratterizzata da uno strato superficiale di terreno agrario (spessore medio 60 cm) caratterizzato da scarse e disomogenee proprietà fisico-meccaniche. Tale livello andrà quindi in parte asportato per l'imposta del rilevato da realizzare al fine di riportare alle quote di progetto il pacchetto carrabile del nuovo parcheggio in progetto. Eventuali strutture pertinenziali all'area di sosta dovranno essere attestate con le proprie strutture di fondazione al di sotto di tale coltre.

2. Sulla base del volume lordo di eventuali nuove strutture e quindi della classe di indagine geologica (D.P.G.R. n. 1/R - 22), in fase di interventi diretti **la campagna geognostica già realizzata in sito potrà essere integrata con un numero adeguato di prove penetrometriche (o sondaggi)** ai fini di una corretta ricostruzione del modello geologico e geotecnico secondo i criteri dettati dalle Norme Tecniche sulle Costruzione (D.M. 17/01/18).
3. In fase di progettazione ed esecuzione del nuovo rilevato per l'imposta del pacchetto carrabile del nuovo parcheggio, al fine di definire la portanza ed il grado di consolidazione/compattazione dei terreni di imposta, **si consiglia l'esecuzione di prove di carico su piastra**. A tale proposito, si ricorda che il valore minimo del Modulo di Deformazione  $M_d$  riferito allo 'strato di base' (previo scottico del terreno pedologico) imposto dalla normativa vigente (CNR UNI 10006 e AASHTO) è pari a 150 Kg/cm<sup>2</sup>. Sulla fondazione stradale (materiale arido e misto stabilizzato), invece, la normativa vigente in materia impone il raggiungimento del valore minimo del Modulo di Deformazione  $M_d$  pari a 800 Kg/cm<sup>2</sup>.

Dal punto di vista geologico, sulla base dei risultati della prova penetrometrica eseguita in sito e considerando le caratteristiche dell'intervento previsto (realizzazione di un'area a parcheggio), **non emergono condizioni di rischio significative**. Pertanto, non si rendono necessarie prescrizioni particolari per la realizzazione dell'opera, **ad eccezione della corretta selezione del materiale per il rilevato di imposta del pacchetto carrabile della nuova area di sosta**.

## 9.2 Criteri generali di fattibilità in relazione al rischio di alluvioni

Come indicato nelle figure 6 e 7 allegate si osserva che il comparto oggetto del presente progetto urbanistico rientra all'interno della classe **di pericolosità idraulica P1** (alluvioni rare) comprendente le aree interessate da allagamenti per  $T_r > 200$  anni.

**Per quanto riguarda il rischio idraulico, quindi, facendo riferimento a quanto disciplinato della L.R. 41/18, gli interventi previsti dal presente progetto non risultano soggetti a particolari prescrizioni in quanto esterni ad aree interessate da allagamenti per eventi con T.R. < 200 anni.**

### **9.3 Prescrizioni generali di fattibilità in relazione agli aspetti sismici**

Relativamente all'aspetto sismico, attraverso lo studio di microzonazione (livello 2) predisposto dall'Amm.ne comunale per l'aggiornamento dei propri strumenti urbanistici, è stato attribuita al lotto oggetto di intervento una **classe di pericolosità elevata - S3** (vedi figura 5), in quanto **individuata tra quelle caratterizzate da possibili fenomeni di liquefazione dinamica.**

Per la microzona specifica le misure HVSR hanno mostrati picchi nel rapporto H/V in corrispondenza di frequenze comprese tra 0,4 e 0,5 Hz, riferibili a strutture profonde, mentre il valore di riferimento per la Vs30 è di 268 m/s.

In considerazione di tale classificazione, propedeuticamente alla progettazione di eventuali strutture pertinenti all'area di sosta e, in generale, nella fase di progettazione dell'intervento, **dovrà essere eseguita una verifica specifica alla liquefazione dei terreni**, in conformità a quanto disposto dalle NTC 2018. Tale verifica dovrà basarsi sull'indagine geognostica già condotta in sito, eventualmente integrata con ulteriori indagini geotecniche.

A tal proposito, si osserva che i valori di resistenza registrati durante la prova penetrometrica CPT1 (rapporto tra  $q_c$  e  $F_s$ ) indicano una significativa presenza di frazione coesiva nei terreni in posto. Di conseguenza, è ragionevole ritenere che tali terreni non rientrino nel campo granulometrico critico definito dalle NTC 2018 per i suoli potenzialmente suscettibili a fenomeni di liquefazione.

#### 9.4 Prescrizioni relative alla regimazione delle acque meteoriche

Il progetto in esame **non** prevede la realizzazione di ampie superfici impermeabili. Come illustrato nelle tavole di progetto, il nuovo manto carrabile sarà completamente permeabile e costituito da:

- uno strato di base in materiale arido riciclato, dello spessore di circa 30 cm;
- uno strato superficiale di circa 20 cm, composto da lapilli vulcanici a granulometria fine, misti a terreno vegetale, e seminato con essenze erbose selezionate per ottenere una copertura uniforme a verde su tutta l'area.

Anche il rilevato necessario per rialzare il nuovo piazzale alle quote della viabilità adiacente **dovrà essere realizzato con materiale granulare a pezzatura medio-grossolana, privo di matrice fine** e caratterizzato da un'elevata permeabilità (vedi sezione in figura 10 allegata).

In virtù della metodologia costruttiva adottata, si ritiene che **il coefficiente di deflusso medio sul lotto rimarrà pressoché inalterato**, evitando incrementi di portata nel reticolo idrografico esistente, anche in caso di eventi meteorici intensi.

Le acque meteoriche che interesseranno le aree di parcheggio saranno in gran parte assorbite dal terreno, mentre l'aliquota in ruscellamento **dovrà essere regimata mediante un sistema di fossette o canalette, convogliandola verso il confine nord-ovest del lotto con recapito nel reticolo idrografico esistente**. Tale soluzione consentirà di mantenere invariate le condizioni di deflusso rispetto allo stato attuale.



## **9.5 Prescrizioni per la realizzazione del rilevato di imposta del pacchetto carrabile**

Come accennato precedentemente il lotto oggetto di intervento risulta attualmente impostato su quote del p.c. naturale e quindi depresso mediamente di circa 1.0 m rispetto alla via Galileo Galilei e a alla zona industriale adiacente (vedi piano quotati di figura 9 allegata).

Vista tale differenza di quota l'intervento dovrà prevedere la realizzazione di un rilevato di un'altezza media di circa 70/100 cm al fine di riportare in quota il pacchetto carrabile dell'area a parcheggio.

**Tale rilevato dovrà essere realizzato con materiali idonei e con corrette tecniche di costruzione;** nello specifico si impartiscono le seguenti prescrizioni tecniche per la costruzione dello stesso.

### **1. Materiali per la Costruzione del Rilevato**

- Il materiale di riporto dovrà essere costituito da terre e rocce da scavo idonee, prive di sostanze organiche, argille espansive e materiali degradabili.
- Sono ammessi materiali granulari quali ghiaie e sabbie con contenuto fine limitato (max 15% di passante al setaccio 0,075 mm), al fine di garantire un adeguato drenaggio e compattazione dei materiali.
- È ammesso l'uso di misto granulare stabilizzato o tout-venant, conformemente alle specifiche tecniche delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).
- Eventuali materiali di recupero (es. materiali riciclati) dovranno rispettare le normative ambientali vigenti e possedere idonea certificazione.

## **2. Preparazione del Piano di Posa**

- Prima della realizzazione del rilevato, il terreno di fondazione dovrà essere accuratamente ripulito da vegetazione, radici e materiali organici.
- Sarà necessario effettuare una compattazione preliminare del piano di posa con rullature successive, per ridurre il rischio di cedimenti differenziali.

## **3. Modalità di Esecuzione del Rilevato**

- Il rilevato dovrà essere realizzato per strati successivi di spessore non superiore a 30 cm, ognuno dei quali dovrà essere accuratamente compattato.
- La compattazione dovrà avvenire mediante rullo vibrante o statico idoneo.
- Si consigliano controlli di compattazione durante la stesa dei materiali mediante prove in sito (es. densità in sito con metodo della sabbia e **prove di carico su piastra**).

## **4. Pendenze e Drenaggi**

- Il rilevato dovrà essere sagomato con adeguate pendenze (minimo 2%) per evitare il ristagno delle acque.
- Lungo il perimetro del rilevato e in corrispondenza delle scarpate, si dovrà prevedere un sistema di drenaggio con canalette e/o dreni per la corretta gestione delle acque meteoriche. Tali canalette dovranno essere raccordate adeguatamente al reticolo idrografico esistente verso nord-ovest.

## **6. Protezione e Stabilità del Rilevato**

- In fase di progettazione esecutiva, si dovrà prevedere una verifica di stabilità delle scarpate per prevenire eventuali fenomeni di scivolamento.
  - Le scarpate del nuovo rilevato dovranno essere adeguatamente protette dall'erosione da parte delle acque di ruscellamento mediante la posa di biostuoie ed inerbimento delle stesse.
- 

**La corretta esecuzione del rilevato rappresenta un aspetto fondamentale per garantire la stabilità del pacchetto carrabile e prevenire cedimenti differenziali.**

## **10 CONCLUSIONI**

La presente relazione geologico-tecnica è stata redatta a supporto del progetto unitario convenzionato (PUC) – comparto urbanistico denominato Uc. 1.4 "Aree e spazi di via Galileo Galilei (nord) a Lavoria nel territorio comunale di Crespina Lorenzana (vedi corografia di figura 1 allegata).

Si è proceduto ad un inquadramento dell'area oggetto del presente intervento urbanistico in termini di Pericolosità geologica, Idraulica e Sismica sulla base di quanto dettato dal D.P.G.R. 30 Gennaio 2020 n. 5/R (Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65) e dalle relative direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini (emanate con D.G.R. n. 31/20).

Sulla base delle indagini condotte nell'area in esame e secondo quanto riportato negli elaborati prodotti a supporto degli strumenti urbanistici ad oggi

in vigore, all'area interessata dal presente progetto urbanistico sono state assegnate le seguenti classi di pericolosità:

- **Pericolosità Geologica media (G2)**
- **Pericolosità da alluvioni poco frequenti (P1)**
- **Pericolosità sismica locale elevata (S3)**

A seguito dell'attribuzione delle classi di pericolosità, e in conformità a quanto previsto dal D.P.G.R. 30 gennaio 2020 n. 5/R (Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della L.R. 10 novembre 2014, n. 65) e dalle relative direttive tecniche, sono stati definiti i criteri generali di fattibilità per l'attuazione dell'intervento in progetto.

- Dal punto di vista **geotecnico**, sulla base dei risultati del test penetrometrico eseguito in sito e considerando la destinazione d'uso prevista (area di parcheggio per caravan), **non emergono particolari condizioni di rischio**. Pertanto, non si rendono necessarie prescrizioni specifiche per la realizzazione dell'intervento, se non la corretta selezione dei materiali e la loro posa in opera per la costruzione del rilevato di strutturale di imposta del pacchetto carrabile.
- Per quanto riguarda il **rischio idraulico**, in riferimento alla L.R. 41/18, gli interventi previsti dal progetto urbanistico non sono soggetti a particolari prescrizioni, in quanto l'area **non** rientra in zone interessate da allagamenti per eventi con tempo di ritorno inferiore a 200 anni.
- Dal punto di vista **sismico**, il vigente strumento urbanistico comunale classifica l'area con pericolosità elevata (S3) per possibili fenomeni di liquefazione dinamica. Pertanto, propedeuticamente alla progettazione di eventuali strutture pertinenti all'area di sosta e, in generale, nella fase di

progettazione diretta dell'intervento, dovrà essere eseguita una verifica specifica della suscettibilità alla liquefazione dei terreni, in conformità a quanto disposto dalle NTC 2018. Tale verifica dovrà basarsi sulle indagini geognostiche già condotte in sito, con eventuale integrazione di ulteriori indagini geotecniche.

Sono state infine date una serie di prescrizioni relativamente:

- alle modalità di intervento per la regimazione e lo smaltimento delle acque meteoriche;
- alla corretta scelta dei materiali e alle tecniche corrette per la realizzazione del rilevato strutturale per l'imposta del pacchetto carrabile alle quote di progetto.

**Alle condizioni e nei limiti sopra esposti, gli interventi previsti dal progetto urbanistico risultano fattibili dal punto di vista geologico – tecnico.**

Pontedera, Marzo 2025



Il Geologo

---

Dott. Geol. Samuele Morandi

*Iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione  
Toscana con numero di riferimento 1478*

## **ALLEGATI:**

- **Fig. 1** – Corografia (*scala 1:10.000*).
- **Fig. 2** – Stralcio della carta geologica - tratta da: indagini geologico tecniche di supporto al P.S. del comune di Crespina - Lorenzana - *scala 1:10.000*.
- **Fig. 3** – Stralcio della carta geomorfologica - tratta da: indagini geologico tecniche di supporto al P.S. del comune di Crespina - Lorenzana - *scala 1:10.000*.
- **Fig. 4** – Stralcio della carta della Pericolosità Geologica - tratta da: indagini geologico tecniche di supporto al P.S. del comune di Crespina - Lorenzana - *scala 1:10.000*.
- **Fig. 5** – Stralcio della carta della Pericolosità Sismica - tratta da: indagini geologico tecniche di supporto al P.S. del comune di Crespina - Lorenzana - *scala 1:10.000*.
- **Fig. 6** – Stralcio della carta delle aree esposte a fenomeni alluvionale - tratta dalle indagini geologico tecniche di supporto al P.O. comunale - *scala 1:2.000*.
- **Fig. 7** – Mappa della pericolosità da alluvione - tratta da P.G.R.A. Autorità Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (*scala 1:10.000*).
- **Fig. 8** – Planimetria generale stato di progetto ed ubicazione indagini geognostiche (*scala 1:450*).
- **Fig. 9** – Piano quotato estrapolato dal rilievo Lidar della Regione Toscana (*scala 1:1.000*).
- **Fig. 10** – Sezione litostratigrafica A-A (*scala 1:100*).
  
- **Allegato 1** – Elaborati prova penetrometrica statica.
- **Allegato 2** – Elaborati indagine sismica con tecnica MASW.

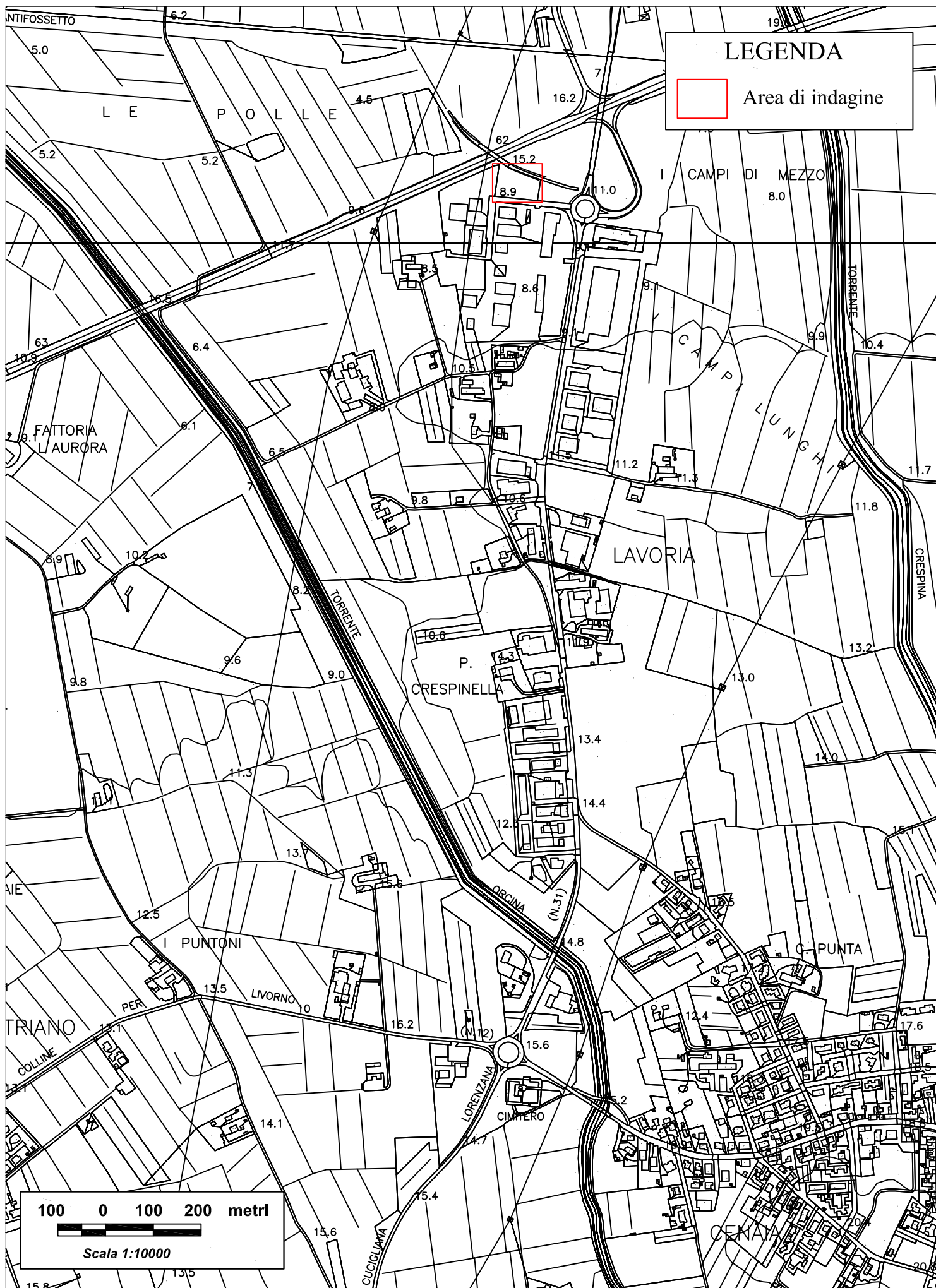


Figura 1- COROGRAFIA











**FIGURA 2 - STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA**

Tratta da: indagini geologico tecniche di supporto al nuovo P.S. del Comune di Crespina - Lorenzana (D.P.G.R. 5/R-20)








### LEGENDA

#### *Depositi alluvionali e di versante*

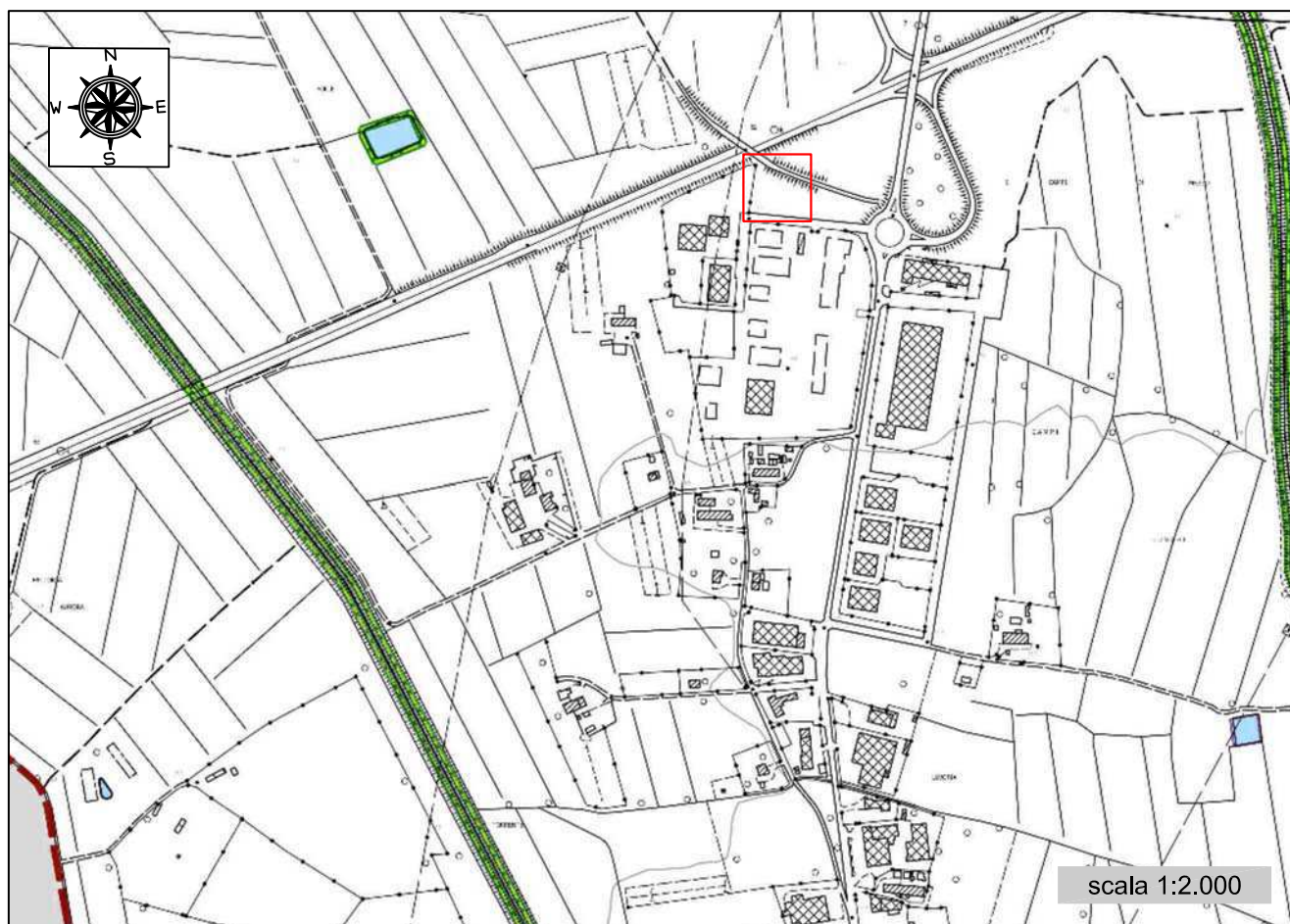
-  Depositi alluvionali (prevalentemente coesivi) [b]
-  Depositi alluvionali (di natura mista) [b]
-  Depositi alluvionali (prevalentemente sabbiosi) [b]
-  Depositi alluvionali terrazzati [bt]
-  Depositi eluvio-colluviali [b2a]

 Area di intervento

#### *Formazioni geologiche*

-  Sabbie e limi di Vicarello in facies maggiormente sabbiosa (Pleistocene superiore) [QVCs]
-  Sabbie e limi di Vicarello in facies maggiormente limosa (Pleistocene superiore) [QVCI]
-  Conglomerati, sabbie e limi di Casa Poggio ai Lecci (Pleistocene medio) [QPL]
-  Sabbie di Nugola Vecchia (Pleistocene inferiore) [NUG]
-  Sabbie ed argille ad Arctica Islandica (Pleistocene inferiore) [ART]
-  Sabbie di Lajatico o Formazione di Villamagna (Pliocene medio) [VLMs]
-  Argille ed argille siltose grigio-azzurre localmente fossilifere (Pliocene) [FAA]







### FIGURA 3 - STRALCIO DELLA CARTA GEOMORFOLOGICA


Tratta da: indagini geologico tecniche di supporto al nuovo P.S. del Comune di Crespina - Lorenzana (D.P.G.R. 5/R-20)


#### Specchi d'acqua

 Laghi ed invasi


 Area si intervento


#### Elementi lineari

 Rilevati arginali


 1090000 - Orlo di scarpata di degradazione - altezza indeterminata


 2040 - Vallecola a fondo concavo

 2041 - Vallecola a V


 2042 - Vallecola a fondo piatto


 2043 - Solco erosivo di ruscellamento concentrato (gullyerosion)


 2051000 - Orlo di scarpata di erosione fluviale - altezza indeterminata

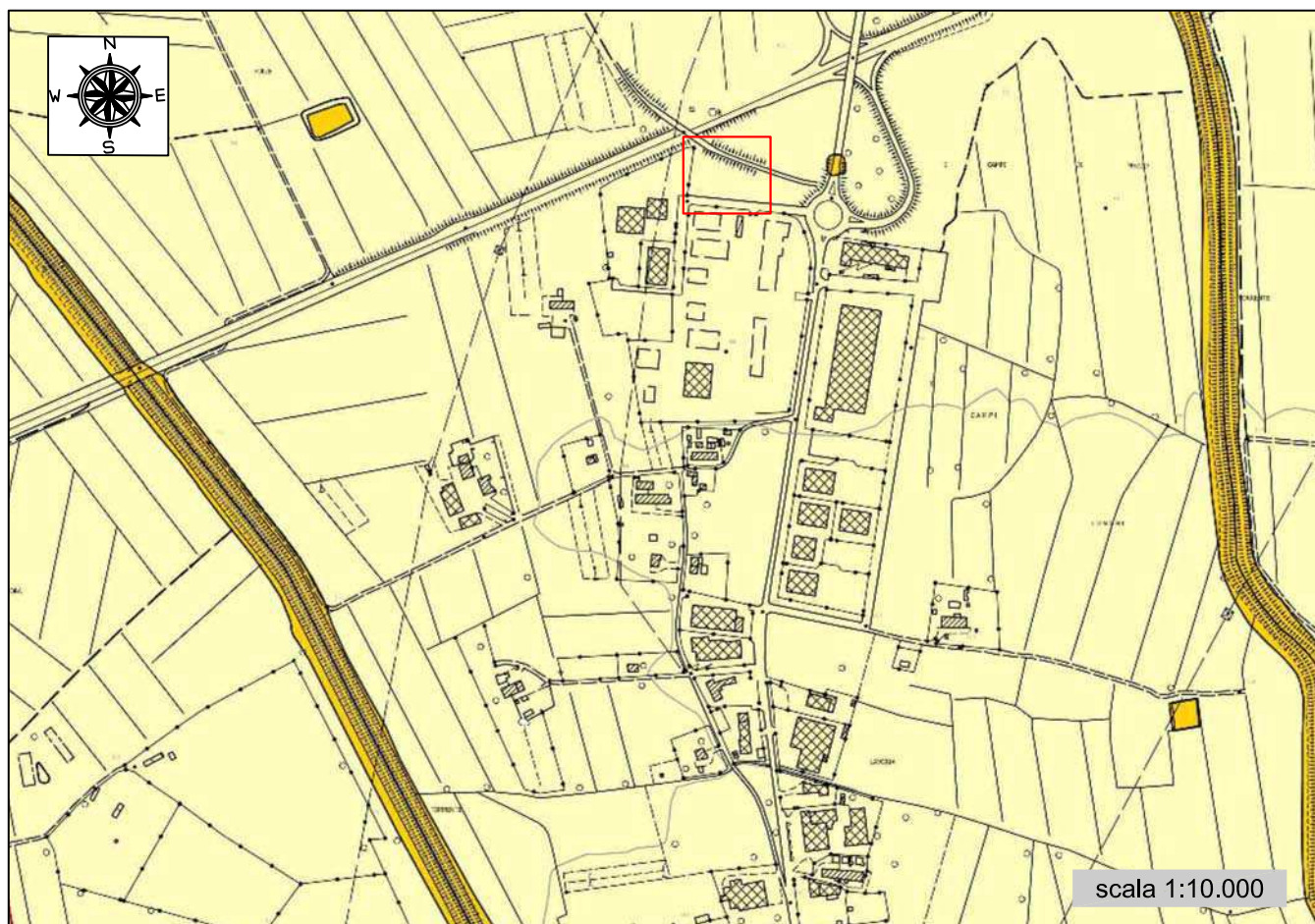
 2051010 - Orlo di scarpata di erosione fluviale - altezza < 10 metri

 2059 - Asse di alveo fluviale abbandonato o paleoalveo

 5213000 - Orlo di scarpata di erosione selettiva o strutturale - altezza indeterminata

 8010020 - Orlo di scarpata di cava o miniera - altezza => 10 metri < 20 metri





 8011000 - Orlo di scarpata antropica - altezza indeterminata




#### FIGURA 4 - STRALCIO DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA



Tratta da: indagini geologico tecniche di supporto al nuovo P.S. del Comune di Crespina - Lorenzana (D.P.G.R. 5/R-20)

*Classi di Pericolosità geologica  
ai sensi del DPGR 30/01/2020 n.5/R*

-  Classe G1 - pericolosità bassa
-  Classe G2 - pericolosità media
-  Classe G3 - pericolosità elevata
-  Classe G4 - pericolosità molto elevata

 Area di intervento

*Classi di Pericolosità ai sensi del PAI*








-  Classe P3 - pericolosità elevata
-  Classe P4 - pericolosità molto elevata





**FIGURA 5 - STRALCIO DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA**

Tratta da: indagini geologico tecniche di supporto al nuovo P.S. del Comune di Crespina - Lorenzana (D.P.G.R. 5/R-20)

-  Classe S.4 - Pericolosità molto elevata per instabilità da fenomeni franosi
-  Classe S.4 - Pericolosità molto elevata per suscettibilità a liquefazione
-  Classe S.3 - Pericolosità elevata per instabilità da fenomeni franosi
-  Classe S.3 - Pericolosità elevata per suscettibilità a liquefazione
-  Classe S.3 - Pericolosità elevata per amplificazione stratigrafica
-  Classe S.2 - Pericolosità media
-  Classe S.1 - Pericolosità bassa

**Zone soggette a potenziale liquefazione dinamica  
(da studio di Microzonazione Sismica di Livello 2)**



Area di intervento



**FIGURA 6 - STRALCIO DELLA CARTA DELLE AREE ED ELEMENTI ESPOSTI A FENOMENI ALLUVIONALI**

Tratta da: indagini geologico tecniche di supporto al P.O. del comune di Crespina - Lorenzana (D.P.G.R. 5/R-20).

**Reticolo idrografico LR 79/2012**

— Corsi d'acqua

— Tratti tombati



Area di intervento

**Zone di trasformazione**

□ Zone soggette a Scheda Norma

**Elementi individuati nell'Analisi delle CLE**

ES Edifici strategici

AE Area di emergenza (AMMASSAMENTO)

AE Area di emergenza (RICOVERO)

AE Area di emergenza (AMMASSAMENTO - RICOVERO)

AE Area di emergenza (ATTESA)

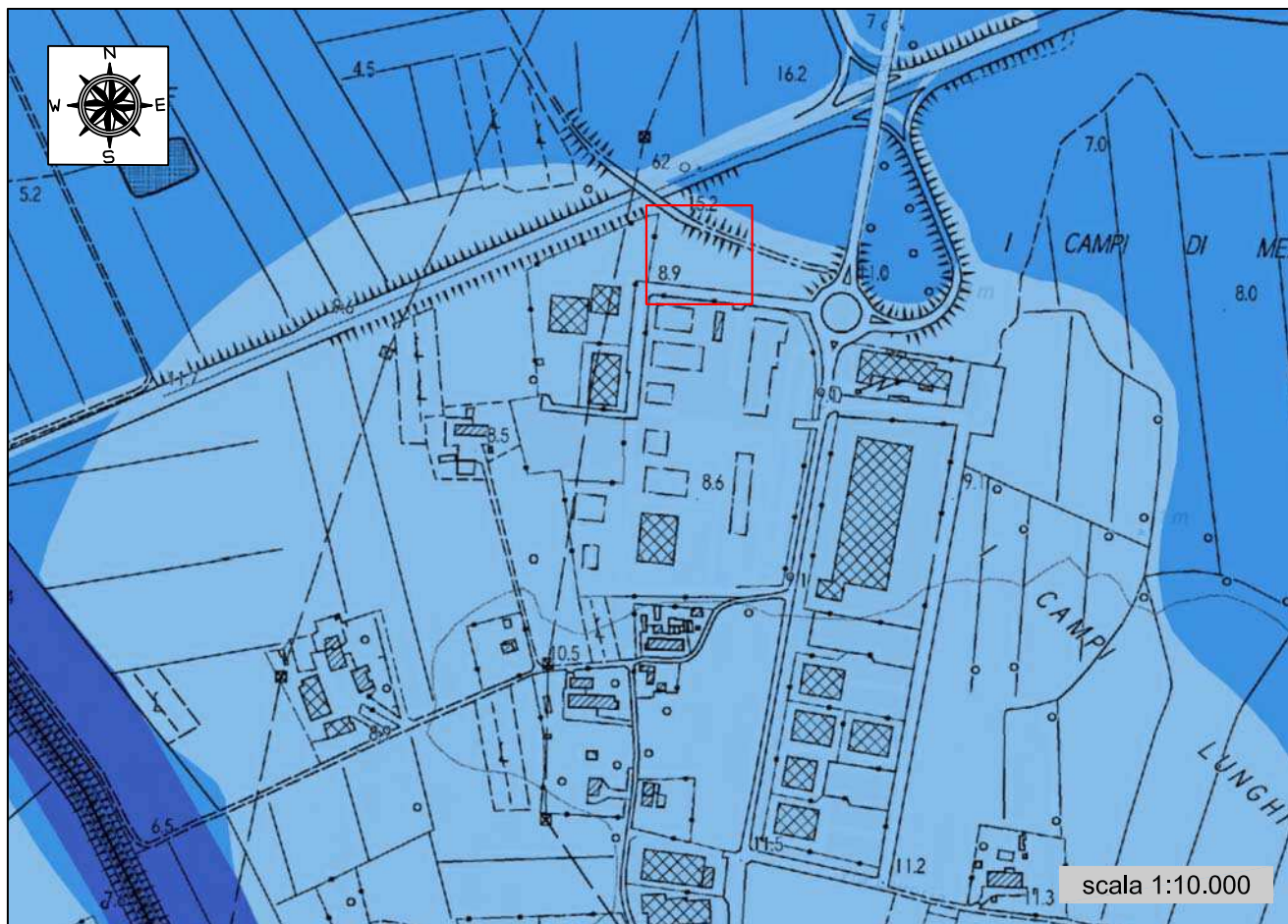
**Pericolosità da alluvioni**

Classe P3 - alluvioni frequenti

Classe P2 - alluvioni poco frequenti

Classe P1 - alluvioni rare o di estrema intensità





**FIGURA 7 - MAPPA DELLA PERICOLOSITA' DA ALLUVIONE**  
tratta da: Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale - PGRA

## LEGENDA

— Reticolo\_principale  
Pericolosità Dominio Fluviale

- P1
- P2
- P3



Area di intervento


FIGURA 8 - Planimetria stato di progetto ed ubicazione indagini geognostiche (scala 1:450)

Dati di progetto Comparto "Uc.1.4 - Lavoria"	
Superficie territoriale (rettificata)	4.821 mq
Superficie fondiaria	4.251 mq
Standard urbanistici (parcheggio pubblico)	570 mq
Destinazione d'uso	Turistico-ricettivo
Superficie edificabile max. (*)	200 mq
Altezza max. degli edifici (*)	3,50 m
Indice di copertura (*)	20 % (mq/mq)

(\*) La presente progettualità non prevede - al momento - la realizzazione/installazione di alcun fabbricato o manufatto, i cui parametri indicati saranno tuttavia utilizzati in questa fase per il dimensionamento di un'area a parcheggio, ai sensi della legge 122/89, al fine di facilitare l'eventuale futura progettazione delle superfici coperte consentite dalla normativa vigente.


LEGENDA

CPT 1




Ubicazione prova penetrometrica

G1




Indagine sismica con tecnica MASW






UMI 1

4.046 mq



UMI 2

775 mq



Comparto urbanistico Uc.1.4

4.821 mq



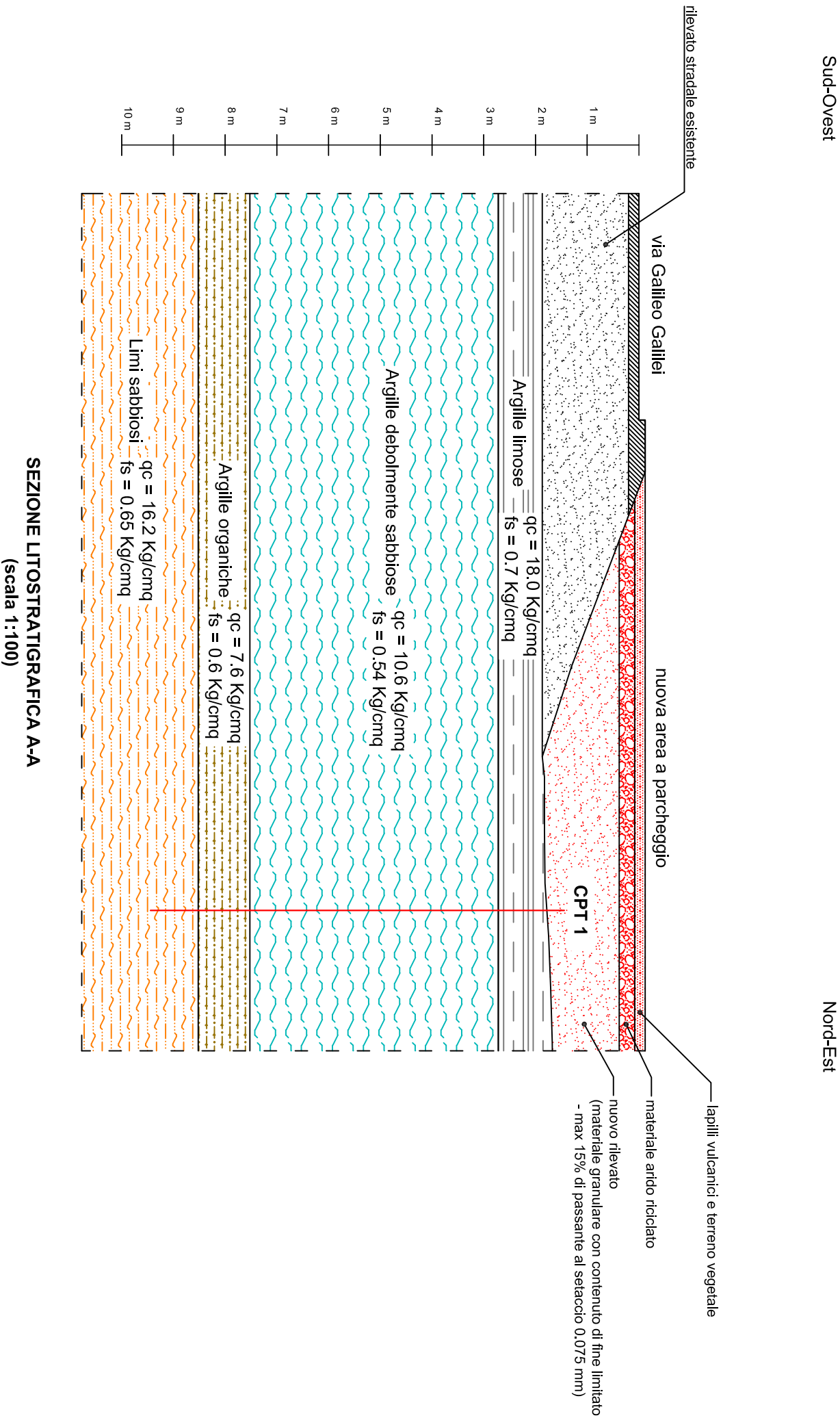
FIGURA 9 - Piano quotato estrapolato da rilievo Lidar della R.T. e traccia della sezione litostratigrafica



scala 1:1.000



FIGURA 10 - Sezione litostratigrafica - stato di progetto





## **ALLEGATO 1**

# **CERTIFICATI ED ELABORATI PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT1**

# PROVA PENETROMETRICA STATICA

## LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

**CPT 1**

2.01PG05-077

- committente : Geol. Morandi  
 - lavoro :  
 - località : Via Galilei, loc. Lavoria, Crespina Lorenzana (PI)  
 - note :

- data : 12/03/2025  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>				punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>		
0,20	----	----	--	-----	----	4,20	10,0	19,0	10,0	1,00	10,0
0,40	----	----	--	0,53	----	4,40	14,0	29,0	14,0	0,67	21,0
0,60	14,0	22,0	14,0	0,93	15,0	4,60	11,0	21,0	11,0	0,60	18,0
0,80	23,0	37,0	23,0	0,80	29,0	4,80	9,0	18,0	9,0	0,53	17,0
<b>1,00</b>	17,0	29,0	17,0	0,47	36,0	<b>5,00</b>	11,0	19,0	11,0	0,80	14,0
1,20	18,0	25,0	18,0	0,73	25,0	5,20	14,0	26,0	14,0	0,87	16,0
1,40	13,0	24,0	13,0	0,47	28,0	5,40	10,0	23,0	10,0	0,60	17,0
1,60	11,0	18,0	11,0	0,60	18,0	5,60	10,0	19,0	10,0	0,87	12,0
1,80	9,0	18,0	9,0	0,27	34,0	5,80	13,0	26,0	13,0	0,93	14,0
<b>2,00</b>	6,0	10,0	6,0	0,27	22,0	<b>6,00</b>	14,0	28,0	14,0	0,60	23,0
2,20	9,0	13,0	9,0	0,33	27,0	6,20	5,0	14,0	5,0	0,60	8,0
2,40	11,0	16,0	11,0	0,27	41,0	6,40	9,0	18,0	9,0	0,47	19,0
2,60	13,0	17,0	13,0	0,40	32,0	6,60	7,0	14,0	7,0	0,40	17,0
2,80	8,0	14,0	8,0	0,40	20,0	6,80	6,0	12,0	6,0	0,93	6,0
<b>3,00</b>	8,0	14,0	8,0	0,33	24,0	<b>7,00</b>	11,0	25,0	11,0	0,60	18,0
3,20	10,0	15,0	10,0	0,33	30,0	7,20	12,0	21,0	12,0	0,80	15,0
3,40	11,0	16,0	11,0	0,40	27,0	7,40	22,0	34,0	22,0	0,67	33,0
3,60	9,0	15,0	9,0	0,33	27,0	7,60	16,0	26,0	16,0	0,60	27,0
3,80	12,0	17,0	12,0	0,53	22,0	7,80	15,0	24,0	15,0	0,53	28,0
<b>4,00</b>	10,0	18,0	10,0	0,60	17,0	<b>8,00</b>	16,0	24,0	16,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

# PROVA PENETROMETRICA STATICA

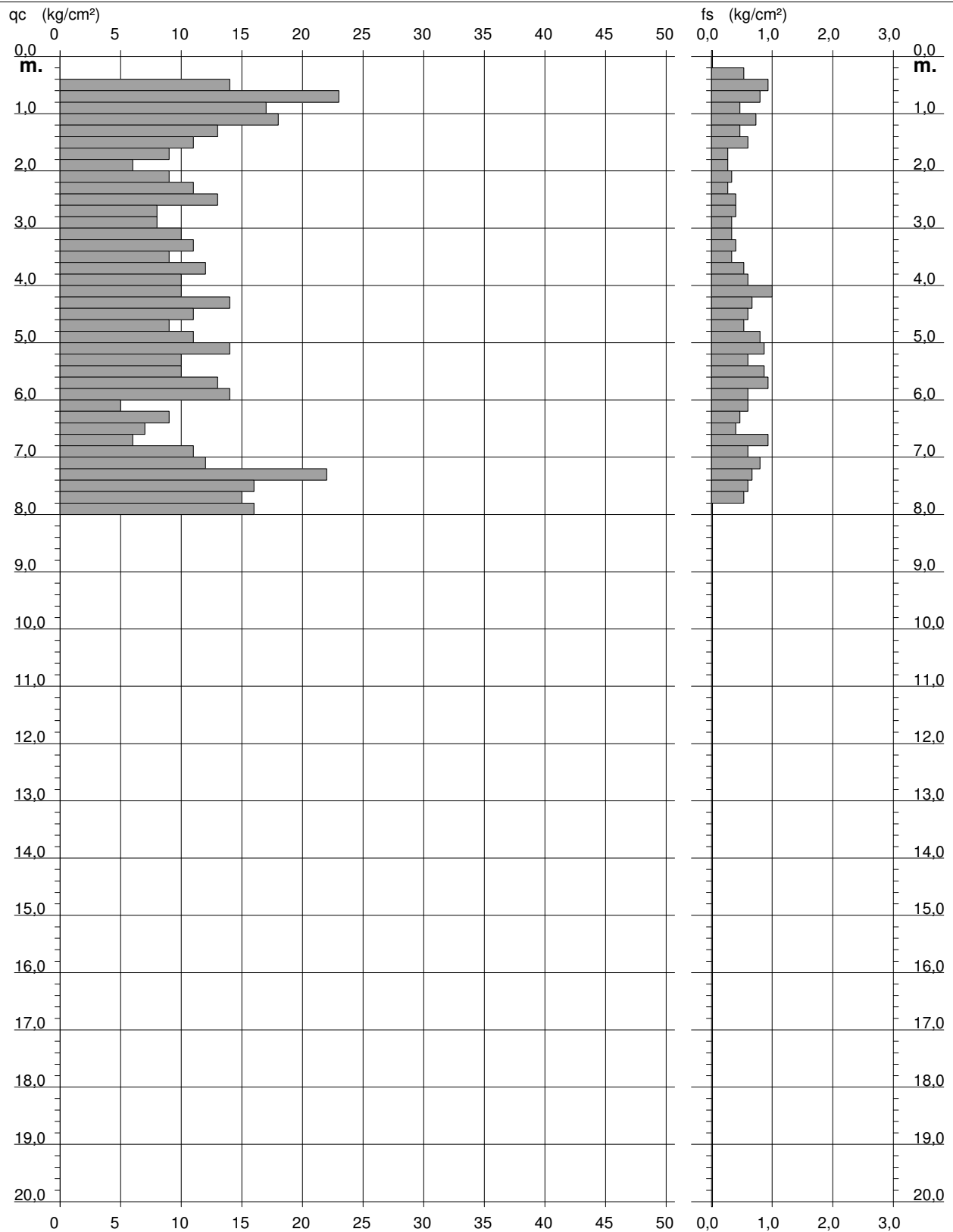
## DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-077

- committente : Geol. Morandi  
 - lavoro :  
 - località : Via Galilei, loc. Lavoria, Crespina Lorenzana (PI)

- data : 12/03/2025  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - scala vert.: 1 : 100



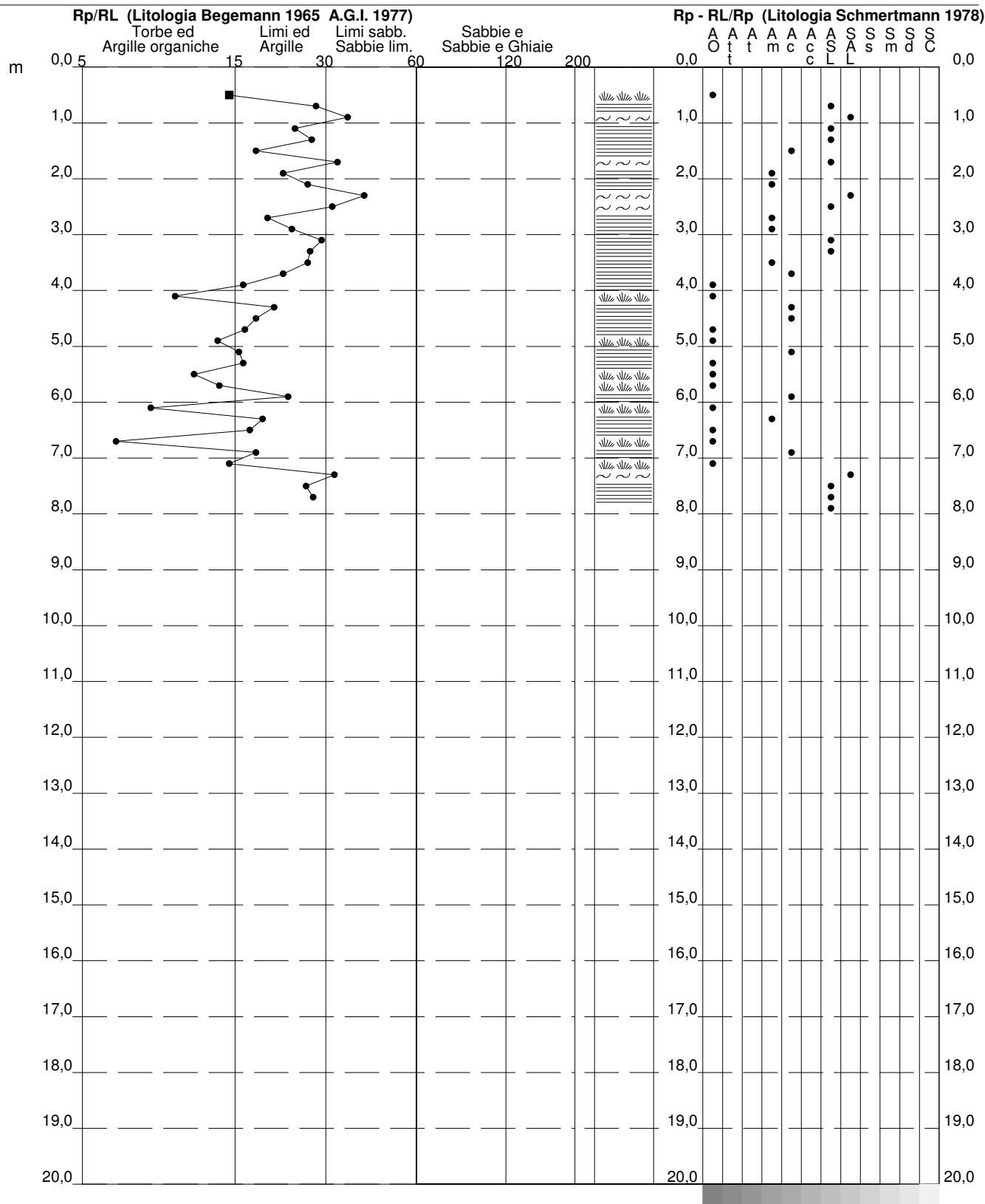
PROVA PENETROMETRICA STATICA  
VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

2.01PG05-077

- committente : Geol. Morandi  
- lavoro :  
- località : Via Galilei, loc. Lavoria, Crespina Lorenzana (PI)  
- note :

- data : 12/03/2025  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA  
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.01PG05-077

- committente : Geol. Morandi  
- lavoro :  
- località : Via Galilei, loc. Lavoria, Crespina Lorenzana (PI)  
- note :

- data : 12/03/2025  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

NATURA COESIVA												NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	d'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²		
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
0,60	14	15	2////	1,85	0,11	0,64	55,7	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
0,80	23	29	4/-/-	1,85	0,15	0,87	57,3	148	221	69	68	38	39	41	43	39	28	0,153	38	58	69		
1,00	17	36	4/-/-	1,85	0,19	0,72	34,5	123	184	54	52	35	38	40	42	37	27	0,110	28	43	51		
1,20	18	25	2////	1,85	0,22	0,75	28,8	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
1,40	13	28	2////	1,85	0,26	0,60	18,1	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
1,60	11	18	2////	1,85	0,30	0,54	13,2	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
1,80	9	34	4/-/-	1,85	0,33	0,45	9,1	79	119	38	16	30	33	36	39	30	26	0,031	15	23	27		
2,00	6	22	2////	1,85	0,37	0,30	4,8	103	154	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
2,20	9	27	2////	1,85	0,41	0,45	7,1	102	152	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
2,40	11	41	4/-/-	1,85	0,44	0,54	8,0	107	160	42	16	30	33	36	39	29	26	0,031	18	28	33		
2,60	13	32	4/-/-	1,85	0,48	0,60	8,4	114	172	47	20	31	34	36	40	30	26	0,037	22	33	39		
2,80	8	20	2////	1,85	0,52	0,40	4,5	144	217	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
3,00	8	24	2////	1,85	0,55	0,40	4,2	155	232	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
3,20	10	30	4/-/-	1,85	0,59	0,50	5,1	163	244	40	6	29	32	35	38	27	26	0,014	17	25	30		
3,40	11	27	2////	1,85	0,63	0,54	5,1	173	259	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
3,60	9	27	2////	1,85	0,67	0,45	3,8	187	281	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
3,80	12	22	2////	1,85	0,70	0,57	4,8	195	292	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
4,00	10	17	2////	1,85	0,74	0,50	3,8	208	312	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
4,20	10	10	2////	1,85	0,78	0,50	3,6	219	329	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
4,40	14	21	2////	1,85	0,81	0,64	4,6	227	340	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
4,60	11	18	2////	1,85	0,85	0,54	3,5	240	360	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
4,80	9	17	2////	1,85	0,89	0,45	2,7	233	349	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5,00	11	14	2////	1,85	0,93	0,54	3,2	257	385	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5,20	14	16	2////	1,85	0,96	0,64	3,7	271	407	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5,40	10	17	2////	1,85	1,00	0,50	2,6	260	390	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5,60	10	12	2////	1,85	1,04	0,50	2,5	264	396	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5,80	13	14	2////	1,85	1,07	0,60	3,1	295	443	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
6,00	14	23	2////	1,85	1,11	0,64	3,1	307	461	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
6,20	5	8	1***	1,85	1,15	0,25	0,9	33	49	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
6,40	9	19	2////	1,85	1,18	0,45	1,9	255	382	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
6,60	7	17	2////	1,85	1,22	0,35	1,3	207	310	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
6,80	6	6	1***	1,85	1,26	0,30	1,0	39	58	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7,00	11	18	2////	1,85	1,30	0,54	2,1	298	447	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7,20	12	15	2////	1,85	1,33	0,57	2,2	314	471	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7,40	22	33	3:::	1,85	1,37	--	--	--	--	--	12	30	33	36	39	27	28	0,024	37	55	66		
7,60	16	27	2////	1,85	1,41	0,70	2,6	364	546	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7,80	15	28	2////	1,85	1,44	0,67	2,4	358	537	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
8,00	16	--	4/-/-	1,85	1,48	0,70	2,4	371	557	52	--	28	31	35	38	25	27	--	27	40	48		

## **ALLEGATO 2**

# **ELABORATI INDAGINE SISMICA CON TECNICA MASW**

**Dott. SAMUELE MORANDI – Geologo**

Via Bologna, 11 – 56025 Pontedera (Pisa)  
Tel. 338/4170741 e-mail: [morandisamuele@tiscali.it](mailto:morandisamuele@tiscali.it)

# Risultati delle analisi MASW

Sito: Crespina – Lorenzana, loc. Lavoria  
Data: Marzo 2025

# 1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....	24
Numero di campioni temporali .....	4000
Passo temporale di acquisizione .....	1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi .....	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a .....	3999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)	

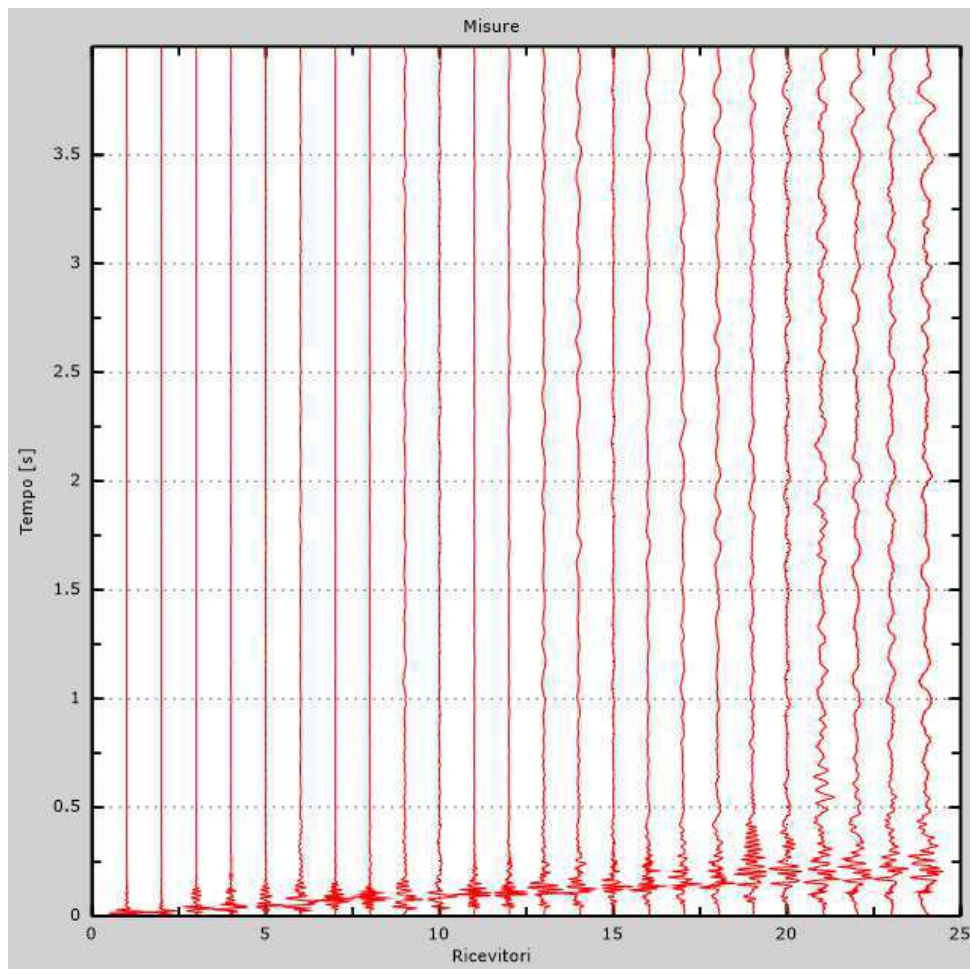


Figura 1: Tracce sperimentali



## 2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz  
Frequenza iniziale ..... 2Hz

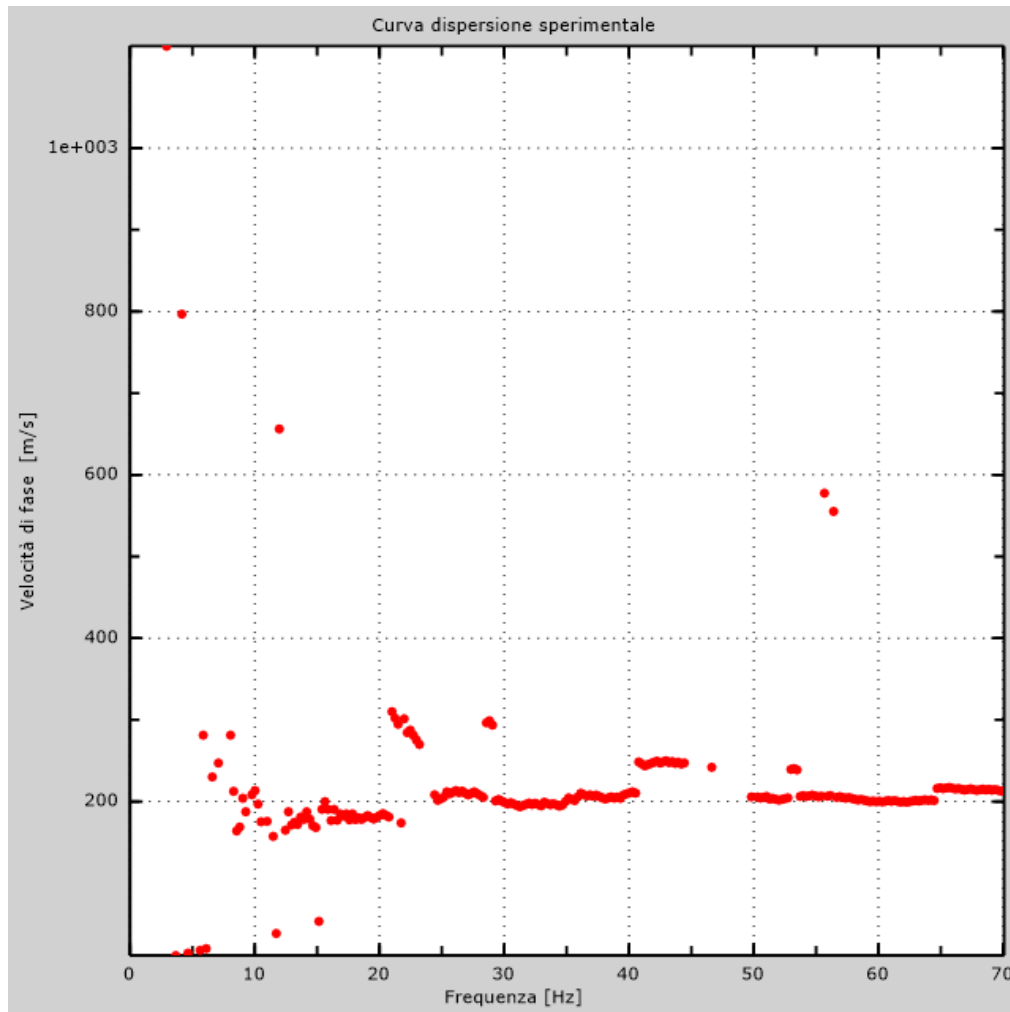


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

### 3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
7.64774	267.785	215.672	319.899
9.76886	194.826	159.389	230.263
13.0011	178.15	159.389	196.911
16.1322	178.15	161.473	194.826
19.2634	173.981	155.22	192.742
21.2835	176.065	159.389	192.742
24.8187	201.08	188.572	213.587
28.0509	207.333	192.742	221.925
32.0912	194.826	171.896	217.756
35.4244	201.08	178.15	224.01
38.3535	201.08	182.319	219.841
40.9797	215.672	192.742	238.601
43.5048	236.517	203.164	269.87
51.6863	201.08	182.319	219.841
53.6054	201.08	184.403	217.756
56.4336	201.08	188.572	213.587
60.2718	198.995	186.488	211.502
63.605	190.657	180.234	201.08

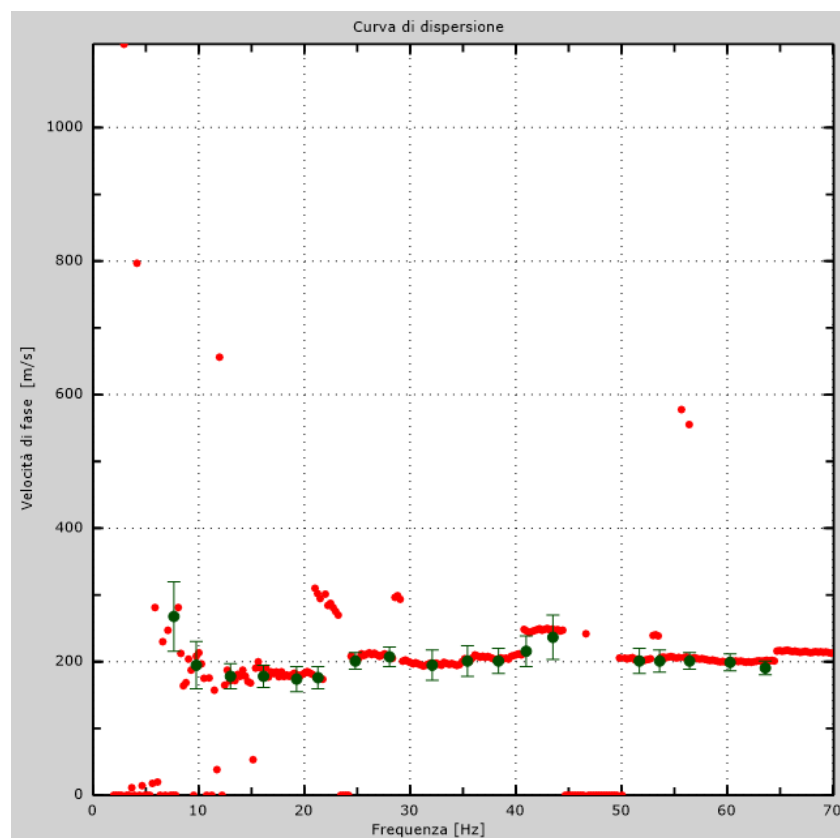


Figura 3: Curva di dispersione

## 4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio).....9  
 Spaziatura ricevitori [m]..... 1.5m  
 Numero ricevitori .....24  
 Numero modi..... 1  
 Numero iterazioni..... 10  
 Massimo errore [%]..... 5.000000e-002  
 Consenti forti contrasti di rigidezza tra 2 strati consecutivi

### Strato 1: terreno pedologico

h [m] .....0.6  
 z [m] .....-0.6  
 Densità [kg/m<sup>3</sup>] ..... 1600  
 Poisson ..... 0.3  
 Vs [m/s].....211.84  
 Vp [m/s].....467.71  
 Vs min [m/s]..... 150  
 Vs max [m/s] .....250

Falda non presente nello strato  
 Strato non alluvionale  
 Vs fin.[m/s].....250.000

**Strato 2: argilla limosa**

h [m] ..... 0.6  
 z [m] ..... -1.2  
 Densità [kg/m<sup>3</sup>] ..... 1850  
 Poisson ..... 0.48  
 Vs [m/s] ..... 193.31  
 Vp [m/s] ..... 1274.75  
 Vs min [m/s] ..... 150  
 Vs max [m/s] ..... 250  
 Falda presente nello strato  
 Strato alluvionale  
 Vs fin.[m/s].....250.000

**Strato 3: argilla debolmente sabbiosa**

h [m] ..... 4.8  
 z [m] ..... -6  
 Densità [kg/m<sup>3</sup>] ..... 1800  
 Poisson ..... 0.48  
 Vs [m/s] ..... 197.94  
 Vp [m/s] ..... 917.82  
 Vs min [m/s] ..... 180  
 Vs max [m/s] ..... 280  
 Falda presente nello strato  
 Strato alluvionale  
 Vs fin.[m/s].....180.000

**Strato 4: argilla organica**

h [m] ..... 1  
 z [m] ..... -7  
 Densità [kg/m<sup>3</sup>] ..... 1750  
 Poisson ..... 0.35  
 Vs [m/s] ..... 216.47  
 Vp [m/s] ..... 582.87  
 Vs min [m/s] ..... 180  
 Vs max [m/s] ..... 280  
 Falda non presente nello strato  
 Strato alluvionale  
 Vs fin.[m/s].....280.000

#### Strato 5: limi sabbiosi

h [m] .....	5
z [m] .....	-12
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1800
Poisson .....	0.48
Vs [m/s] .....	297.54
Vp [m/s] .....	1019.80
Vs min [m/s] .....	200
Vs max [m/s] .....	350
Falda presente nello strato	
Strato alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	200.000

#### Strato 6

h [m] .....	5
z [m] .....	-17
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1800
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	297.54
Vp [m/s] .....	728.58
Vs min [m/s] .....	200
Vs max [m/s] .....	350
Falda non presente nello strato	
Strato alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	350.000

#### Strato 7

h [m] .....	5
z [m] .....	-22
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1850
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	297.54
Vp [m/s] .....	728.58
Vs min [m/s] .....	250
Vs max [m/s] .....	350
Falda non presente nello strato	
Strato alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	350.000

#### Strato 8

h [m] .....	5
z [m] .....	-27
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1850
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	297
Vp [m/s] .....	728.58
Vs min [m/s] .....	200
Vs max [m/s] .....	350

Falda non presente nello strato

Strato alluvionale

Vs fin.[m/s].....350.000

### Strato 9

h [m] .....0

z [m] .....-∞

Densità [kg/m<sup>3</sup>] .....1900

Poisson .....0.35

Vs [m/s] .....297.54

Vp [m/s] .....728.58

Vs min [m/s] .....250

Vs max [m/s] .....350

Falda non presente nello strato

Strato alluvionale

Vs fin.[m/s].....350.000

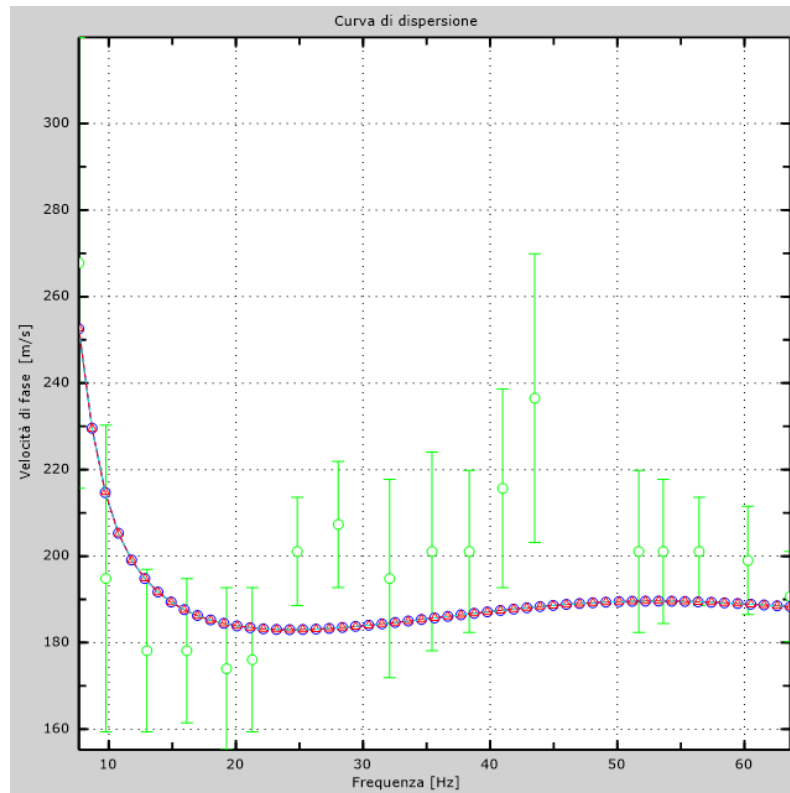


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

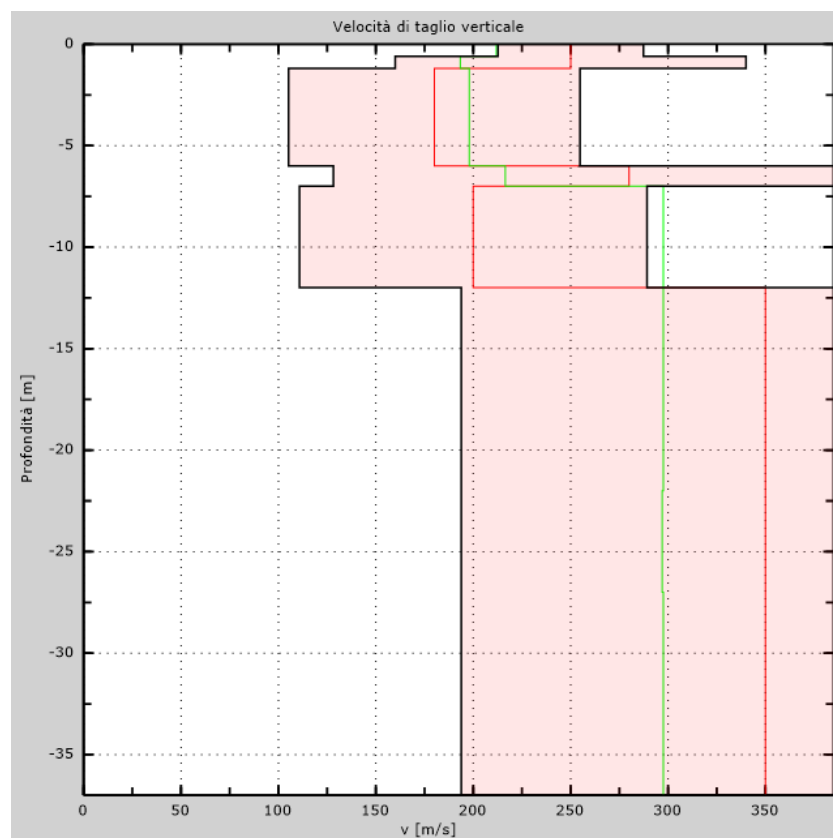


Figura 5: Velocità

## 5 - Risultati finali

Offset [m].....0

**Vs30 [m/s] .....269**

La normativa applicata è il DM 17 gennaio 2018