

**COMUNE DI MONTOPOLI IN V.A. - (Pisa)**

**PIANO ATTUATIVO RELATIVO AD UN INTERVENTO DI  
PEREQUAZIONE URBANISTICA AI SENSI DELL'ART.  
100 DELLA L.R.T. N. 65/2014 e s.m.e.i.**

***TRASFERIMENTO VOLUMETRICO DI EDIFICIO  
ESISTENTE UBICATA IN ZONA A PERICOLOSITA'  
IDRAULICA MOLTO ELEVATA***

---

**RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'**

***(D.P.G.R. 5/R 2020; NTC 2018)***

COMMITTENTI:	SIGG. MATTONAI MARIANTONIA E ANTONIO
GEOLOGO:	DR. GEOL. ERALDO SANTARNECCHI
COLLABORATRICE:	DOT.SSA GEOL. CINZIA LOCCI
DATA:	LUGLIO 2020

IL GEOLOGO

Dr. Geol. Eraldo Santarneckchi

*Iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione  
Toscana con numero di riferimento 240*

**Dr. ERALDO SANTARNECCHI - Geologo**

Via della Costituente, 17 - 56024 PONTE A EGOLA (PI)

Tel: 0571/485277 Fax: 0571/1831592 e-mail: info@studiolithos.net

pec: e.santarneckchi@pec.geologitoscana.net

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO .....</b>	<b>4</b>
2.1	Ubicazione ed inquadramento geologico-geomorfologico.....	4
<b>3</b>	<b>CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ SECONDO GLI STRUMENTI URBANISTICI ATTUALMENTE IN VIGORE (SECONDO I CRITERI DETTATI DAL D.P.G.R. 25 OTTOBRE 2011, N. 53/R).....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>RISCHIO SISMICO .....</b>	<b>8</b>
4.1	Categorie del suolo di fondazione .....	9
4.2	Indagine sismica MASW .....	12
<b>5</b>	<b>CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ (SECONDO I CRITERI DETTATI DAL DPGR 30 GENNAIO 2020 N. 5/R).....</b>	<b>13</b>
5.1	Carta della Pericolosità Geologica .....	13
5.2	Carta della Pericolosità da alluvione .....	14
5.3	Carta delle aree a Pericolosità Sismica Locale .....	14
<b>6</b>	<b>STRATIGRAFIA E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO .....</b>	<b>15</b>
<b>7</b>	<b>STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO .....</b>	<b>17</b>
<b>8</b>	<b>CONSIDERAZIONI SULLE ACQUE METEORICHE .....</b>	<b>18</b>
<b>9</b>	<b>PRESCRIZIONI RELATIVE AGLI INTERVENTI IN PROGETTO .....</b>	<b>20</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>21</b>
	<b>ALLEGATI .....</b>	<b>23</b>

## **1 PREMESSA**

Nella presente relazione di Fattibilità si riferisce di uno studio geologico – tecnico di supporto al Piano Attuativo relativo ad un intervento di Perequazione Urbanistica ai sensi dell'art. 100 della LR 65/2014 e s.m.e.i. , con trasferimento volumetrico di edificio esistente ubicato in zona a pericolosità idraulica molto elevata nel Comune di Montopoli in V.A. (PI) .

Nello specifico, il progetto prevede la demolizione di un edificio ex rurale ubicato in Via Vaiano n. 7 in prossimità del Torrente Chiecina tra la ferrovia ed il Fiume Arno denominato “Casina Chiecina”, sviluppato su n. 3 piani furi terra, ed il suo trasferimento volumetrico nell’area agricola posta in Loc. Musciano nella Frazione di Marti in angolo tra le strade comunali denominate Via Musciano e Via Muscianello (vedi corografia di figura 1 allegata).

L’edificio ex rurale si colloca in una zona classificata a Pericolosità Idraulica molto elevata (vedi estratto sotto riportato) ad una quota media di circa +19.5 m sul l.m.m con presenza di un battente pari a circa 2.0 m (quota di sicurezza idraulica a +21.6 m ); vista la particolare posizione disagiata sia in riferimento alla pericolosità idraulica che all’assenza di una consona viabilità di accesso e degli impianti a rete quali acquedotto, fognatura, energia elettrica e telefono, un suo recupero risulterebbe improponibile.

Il progetto prevede il suo trasferimento volumetrico per la realizzazione di un nuovo fabbricato composto da un piano interrato, un piano terra ed un piano primo, nonché l’adeguamento delle opere di urbanizzazione esistenti su Via Muscianello e Via Musciano ; per i particolari, fare completo riferimento alle tavole redatte dal Progettista.

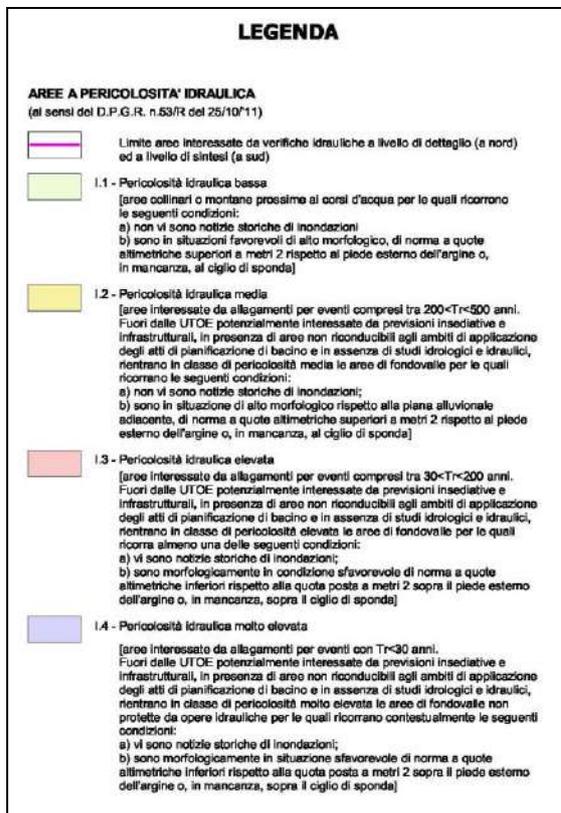
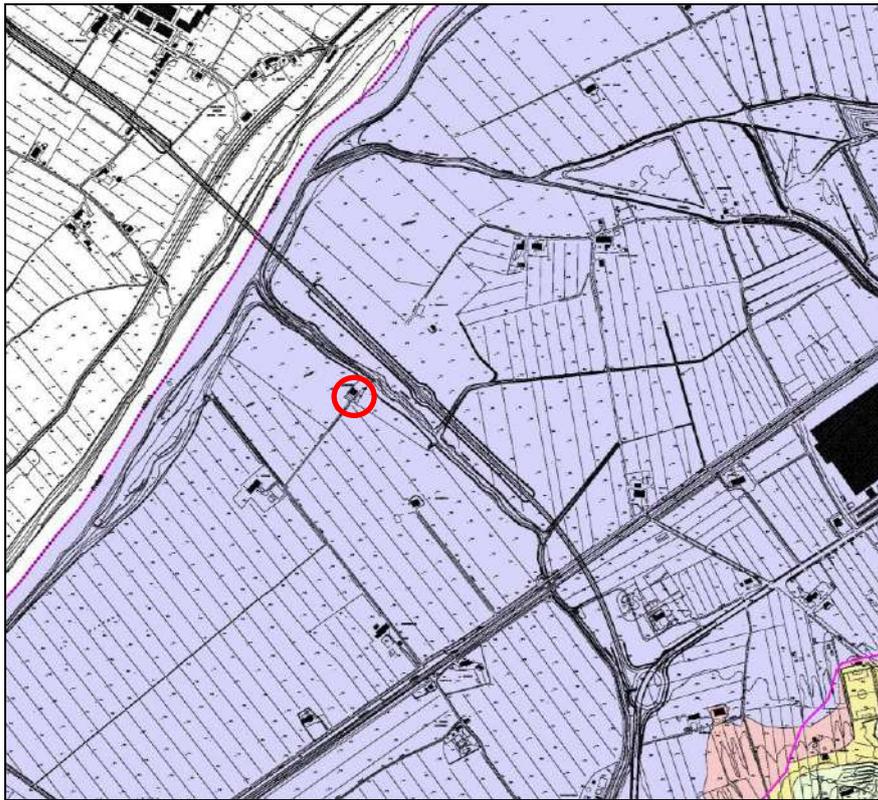


Figura A: Estratto Carta della Pericolosità Idraulica di supporto al RU Comunale dell'edificio da demolire.

Dopo un inquadramento di carattere geomorfologico ed idraulico dell'area d'intervento e di un suo congruo intorno, viene illustrata la ricostruzione geostratigrafica resa possibile attraverso la realizzazione di una prova penetrometrica statica spinta sino al raggiungimento del rifiuto strumentale a circa -8.0 m di profondità dal p.c. (vedi allegato 1).

Per la definizione della categoria sismica di suolo e quindi della velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità, è stata appositamente eseguita in sito un'indagine sismica superficiale con tecnica MASW (vedi allegato 2).

Per l'individuazione di possibili contrasti di impedenza sismica è stata appositamente eseguita in sito un'indagine di sismica passiva a stazione singola HVSR (vedi allegato 3).

L'ubicazione delle indagini geognostiche eseguite viene riportata nella planimetria generale di figura 11 allegata.

Si riporta inoltre l'inquadramento dell'area di intervento in termini di Pericolosità e Fattibilità secondo gli strumenti urbanistici attualmente in vigore (Variante Generale al Regolamento Urbanistico Comunale redatta ai sensi del DPGR 53/R-2011) sulla base di uno studio di Microzonazione Sismica di Livello 1, e l'inquadramento dell'area in termini di Pericolosità secondo il nuovo DPGR 5/R-2020.

Infine, verranno date indicazioni per la realizzazione degli interventi previsti dal Piano Attuativo.

## **2 INQUADRAMENTO**

### **2.1 Ubicazione ed inquadramento geologico-geomorfologico**

L'area interessata dall'intervento in progetto si colloca in Loc. Musciano nella Frazione di Marti su di un'area collinare che degrada dolcemente verso Nord, ad una quota media sul l.m.m. di circa 40.0 m (vedi corografia di figura 1).

Per quanto riguarda la stabilità, nell'immediato intorno della zona in esame non si rilevano situazioni di particolare pericolosità che possano influenzare, o essere influenzate, dall'intervento in progetto.

Nel contesto delineato, la geologia di superficie è costituita dalla Formazione di Casa Poggio ai Lecci cartografata nella carta di figura 2 allegata con la sigla **CPL**; si tratta di conglomerati a matrice-sostenute a prevalenti ciottoli di quarziti ed anageniti in matrice prevalentemente sabbiosa, alternati a sabbie fortemente arrossate per pedogenesi e, meno frequentemente, a limi sabbiosi e sabbie in facies deltizia-lagunare e fluvio-palustre (vedi inquadramento geologico di figura 2).

Le indagini condotte in sito hanno permesso di riconoscere la presenza, dopo un primo spessore di terreno pedologico, di depositi prevalentemente coesivi limoso-sabbiosi sino a -7.0 m di profondità, seguiti da sabbie addensate con presenza di livelli calcarenitici in corrispondenza del quale la prova ha raggiunto il rifiuto strumentale a circa -8.0 m di profondità dal p.c. (vedi allegato 1).

Per quanto riguarda l'idrogeologia, vista la conformazione morfologica e la presenza di depositi mediamente compatti, si esclude la presenza di una falda idrica stagionale; durante la realizzazione dell'indagine geognostica (Dicembre 2019) non è stata, infatti, rilevata presenza di acqua all'interno del foro penetrometrico.

Pertanto, si esclude l'intercettazione di acqua durante le fasi di scavo per la realizzazione del piano interrato.

### **3 CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ SECONDO GLI STRUMENTI URBANISTICI ATTUALMENTE IN VIGORE (SECONDO I CRITERI DETTATI DAL D.P.G.R. 25 OTTOBRE 2011, N. 53/R).**

Gli elaborati di supporto alla Variante al Regolamento Urbanistico Comunale redatti ai sensi del DPGR 53/R-2011 inseriscono l'area in esame nelle seguenti classi di Pericolosità:

- **Classi di Pericolosità Geologica media G.2 ed elevata G.3** (vedi

figura 3 allegata) comprendenti, rispettivamente, le aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto, e le aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, aree interessate da intensi fenomeni erosivi, aree con scadenti caratteristiche geotecniche.

- **Classe di Pericolosità Idraulica bassa – I.1** (vedi figura 4 allegata), comprendente le: *”aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni: non vi sono notizie storiche di inondazioni; sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda”*.
- **Classe di Pericolosità Sismica Locale elevata – S.3** (vedi figura 5 allegata) . Gli studi di Microzonazione sismica di Livello 1 condotti a supporto della Variante al R.U. Comunale inseriscono l'abitato di Muscianello nella Zona Mops 3 dei rilievi collinari pleistocenici (vedi figura B), appartenente alle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali dovute ad amplificazione topografica del versante di raccordo tra la porzione collinare spianata ed il sottostante fondovalle (zona di versante con pendenza media > 15°).





Figura B: Estratto Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva Sismica – Mops di cui alla variante generale al R.U. Comunale

Le cartografie di supporto al P.S. Comunale redatto ai sensi del DPGR 26/R-2007 inseriscono la zona in esame nelle aree a Vulnerabilità media della risorsa idrica – V.3 (vedi figura 6 allegata).

Infine, la zona in esame NON ricade nelle Classi di pericolosità Geologica molto elevata (PF.4) o elevata (P.F.3) soggette a salvaguardia da parte dell’Autorità di Bacino del Fiume Arno (vedi figura 7 allegata).

#### 4 RISCHIO SISMICO

Il territorio del Comune di Montopoli, 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  $a_g/g$ .

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 e successive NTC 2018, invece, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

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" VR, legato alla "vita nominale" dell'edificio in progetto VN ( $VR = VN \times C_u$  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" PVR.

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 PVR.

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

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

**$T_C^*$**  = 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  $F_o$  e  $T_C^*$  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  $S_T$  e stratigrafica  $S_s$ ).

#### **4.1 Categorie del suolo di fondazione**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle NTC (vedi tabella 1) , si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ .

I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove ovvero, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propaga-zione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{I=1,N} h_i/V_{s_i}}$$

In cui  $H$  è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità, ottenendo pertanto la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{I=1,N} h_i/V_i}$$

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; NSPT,  $c_u$  e  $V_s$  sono i valori rappresentativi degli strati considerati.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

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 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</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 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

**La velocità media delle onde di taglio e quindi la categoria sismica di suolo, è stata in questa fase determinata tramite l'esecuzione di un'indagine sismica superficiale con tecnica MASW** (vedi sua ubicazione nella planimetria di figura 11 allegata).

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

## 4.2 Indagine sismica MASW

L'indagine sismica è stata svolta in data Dicembre 2019 attraverso l'esecuzione di un profilo sismico la cui ubicazione è riportata nella planimetria di figura 11 allegata 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 realizzata 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 indagine MASW

Il modello conseguito dell'elaborazione dei sismogrammi ottenuti con il profilo G1-G24 (vedi planimetria di figura 11) individua un valore di  $V_{s30}$  pari a 345 m/s al quale corrisponde una **categoria di suolo sismico di tipo C** così come indicato nella tab. 3.2.II del D.M. 17/01/18.

In allegato 2 vengono riportati i risultati e l'elaborazione completa dell'indagine MASW eseguita.

## **5 CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ (SECONDO I CRITERI DETTATI DAL DPGR 30 GENNAIO 2020 N. 5/R).**

Come previsto dall'allegato A punto C (Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche) del DPGR 5/R-2020, sono state prodotte una serie di cartografie, in scala di dettaglio, che illustrano la pericolosità dell'area in esame secondo i criteri dettati dal DPGR stesso. In particolare, è stata caratterizzata l'area interessata dagli interventi previsti dal Piano Attuativo, in termini di pericolosità geologica, pericolosità da alluvione, e pericolosità sismica locale.

Nei paragrafi seguenti vengono indicati i criteri utilizzati per la redazione delle cartografie prodotte.

### **5.1 Carta della Pericolosità Geologica**

La carta della Pericolosità Geologica (figura 8) è stata redatta facendo riferimento alle classi di pericolosità geologica indicate in allegato A, punto C1 del D.P.G.R. 5/R-2020.

La pericolosità indicata, per l'area in esame, è stata valutata sulla base di sopralluoghi in sito, della campagna geognostica eseguita e tenendo conto delle classi di pericolosità indicate nella Variante Generale al R.U. Comunale, oltre quelle dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (P.F.2 – vedi figura 7).

All'area in oggetto è stata assegnata una classe di **Pericolosità Geologica elevata (classe G.3)** comprendente le aree con potenziale instabilità connessa a giacitura, all'acclività, a litologia, e aree interessate da fenomeni di soliflusso ed erosivi, e di **Pericolosità Geologica media (classe G.2)** comprendente le aree con elementi geomorfologici, litologici e giacitureali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto.

Per la classe di pericolosità geologica G.3, considerando che le indagini geognostiche e geofisiche condotte in sito hanno permesso di rilevare la presenza di depositi argillosi e sabbiosi sottostanti di buone proprietà fisico-meccaniche (con raggiungimento del rifiuto strumentale della prova penetrometrica) e che la morfologia attuale verrà modificata a seguito della realizzazione del piano seminterrato, con conseguente riduzione di possibili fenomeni di soliflusso e di erosione superficiale, l'intervento in progetto NON necessita di interventi di messa in sicurezza.

## 5.2 Carta della Pericolosità da alluvione

In considerazione dell'altimetria dell'area, la zona in esame NON risulta soggetta a pericolosità da alluvione, secondo quanto indicato al punto C.2 dell'allegato A del D.P.G.R. 5/R-2020 (figura 9).

## 5.3 Carta delle aree a Pericolosità Sismica Locale

L'area in esame è stata distinta in base alle caratteristiche di Pericolosità Sismica Locale tenendo conto delle classi indicate dal D.P.G.R. 5R/2020 di cui al punto C.3.

L'indagine di sismica passiva a stazione singola eseguita in sito in data Luglio 2020 e riportata in allegato 3 NON ha individuato un picco di frequenza  $F_0$  di risonanza significativo tale da evidenziare un contrasto di impedenza sismica.

Anche le misure tromometriche eseguite presso l'abitato di Musciano a supporto dello studio di MS di Livello 1 della Variante generale al R.U. Comunale non hanno rilevato picchi di frequenza significativi (vedi Carta delle frequenze Misurate Comunale).

La pericolosità sismica elevata S.3 redatta ai sensi del DPGR 53/R-2011 di cui alla Variante generale al R.U. Comunale, come osservabile nella Figura B, è dovuta ad amplificazione topografica a causa della presenza di una zona di versante con pendenza > 15°.

Nel caso in esame, alla luce delle indagini condotte sul sito e delle indagini limitrofe riportate nella carta delle indagini allegata allo Studio di Microzonazione Comunale Sismica di livello 1, vista l'assenza di terreni di fondazione particolarmente scadenti, di terreni potenzialmente suscettibili di liquefazione, di zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse, di alti contrasti di impedenza sismica, e di frane quiescenti o di aree potenzialmente franose, all'area di indagine è stata attribuita una **classe di Pericolosità Sismica Locale media (S2)** comprendente zone stabili suscettibili di amplificazione topografica (pendii con inclinazione superiore a 15°).

Le indagini geognostiche e geofisiche eseguite in questa fase di fattibilità potranno essere utilizzate nella fase successiva di realizzazione dell'intervento diretto, considerata la volumetria del fabbricato in progetto (inferiore a 1500 mc – classe di indagine n. 2 ai sensi del DPGR 36/R-2009) e le Classi di pericolosità attribuite.

## **6 STRATIGRAFIA E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO**

Come già accennato precedentemente, ai fini della caratterizzazione specifica dei terreni presenti nell'area in esame, è stata eseguita una prova penetrometrica di tipo statico spinta sino al raggiungimento del rifiuto strumentale a circa -8.0 m di profondità a causa dell'intercettazione di un livello calcarenitico alternato alle sabbie appartenenti alla formazione di Casa Poggio ai Lecci (vedi ubicazione nella planimetria di figura 11 ed elaborazione in allegato 1).

Al di sotto di uno spessore superficiale di terreno pedologico (0.80 m), sono stati intercettati depositi prevalentemente coesivi in superficie argilloso-sabbiosi sino a circa -7.0 m di profondità, seguiti da sabbie addensate (vedi sezione tipo di figura 12 allegata).

Nella tabella seguente si descrivono gli orizzonti litologici, con i relativi parametri geotecnici mediati, lungo la verticale di prova:

### **Prova penetrometrica statica CPT 1**

<b>STRATO</b>	<b>PROFONDITÀ (m)</b>	<b>LITOLOGIA</b>	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	<b>CU</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>Mo</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	p.c. – 0.80	Terreno pedologico	-	-	-	-
2	0.80 – 4.00	Argilla sabbiosa compatta	2.10	-	1.40	84
3	4.00– 7.00	Argilla sabbiosa mediamente compatta	2.02	-	0.91	55
4	7.00– 8.40	Sabbia limosa addensata	1.80	31.8	-	198

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

All'interno del foro penetrometrico (Dicembre 2019) non è stata rilevata presenza di acqua almeno sino alla profondità indagata di -8.40 m; pertanto, vista anche la morfologia dell'area, si esclude intercettazione di acqua durante le fasi di scavo per la realizzazione del piano interrato.

I parametri geotecnici “medi” dei terreni sopra indicati possono essere considerati, in accordo con quanto previsto dal CSLP (circolare n. 617 del 02/02/2009), **valori caratteristici  $V_k$** , visto che le strutture di fondazione saranno attestate su fondazioni superficiali; in questo caso, infatti, il volume di terreno che potrà essere interessato da possibili superfici di rottura è grande e, di conseguenza, saranno compensate possibili eterogeneità dello stesso.

## 7 STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO

In questo paragrafo viene calcolata la stabilità del fronte di scavo che verrà creato a seguito delle operazioni per la realizzazione del piano interrato di altezza massima pari a circa 3.6 m (lato monte).

Alla luce di un rilievo di dettaglio e della restituzione di una sezione monte-valle dello stato dei luoghi, nel caso di un'altezza massima di scavo diversa da 3.6 m (stimata in questa fase di Fattibilità), la verifica di stabilità del fronte di scavo dovrà essere rettificata nella fase successiva di realizzazione dell'intervento diretto.

Le verifiche di sicurezza devono essere effettuate utilizzando la combinazione 2 dell'approccio 1 (A2 + M2 + R2) in modo da soddisfare la condizione:

$$Ed < Rd$$

Al peso dell'unità di volume della massa potenzialmente instabile va applicato il coefficiente A2 riportato nella colonna GEO della Tab. 2.6.I delle NTC ( $\gamma_{G1} = 1.0$ ).

Lo scavo interesserà lo strato di argilla sabbiosa compatta, i cui parametri geotecnici drenati caratteristici sono di seguito riportati (ricavati da indagini limitrofe):

$$\gamma = 2.1 \text{ t/mc}$$

$$\phi = 24^\circ$$

$$c' = 0.2 \text{ Kg/cmq}$$

A tali parametri caratteristici vanno applicati i coefficienti parziali riferiti alla colonna M2 della Tab. 6.2.II delle NTC 2018; si ottengono così i seguenti parametri di progetto:

$$\gamma = 2.1 \text{ t/mc}$$

$$\phi = 19.6^\circ$$

$$c' = 0.16 \text{ Kg/cmq}$$

Per le analisi di sicurezza svolte nelle condizioni a breve termine, in termini di tensioni efficaci (in quanto più cautelativa), si può considerare il metodo del cerchio di attrito (Taylor, 1937);

in essa il margine di sicurezza viene espresso mediante la relazione:

$$F_c = c/\gamma \cdot N_s/H$$

Dove:

c = coesione efficace.

$\gamma$  = peso di volume .

H = altezza dello sbancamento.

Ns = numero di stabilità (dipendente dall'angolo di attrito del terreno e dall'inclinazione del pendio)

Il fattore di sicurezza Fs trovato con la relazione sopra esposta (considerando uno sbancamento a parete verticale e un numero di stabilità pari a 5.8) è uguale a:

$$F_s = 1.23$$

Da quanto esposto quindi durante la realizzazione degli scavi per la realizzazione del piano interrato non risulta necessario mettere in opera delle paratie provvisorie al fine di garantire la stabilità del fronte di scavo stesso. Si consiglia comunque di realizzare i fronti di scavo con pendenze medie di circa 60 – 70°.

## 8 CONSIDERAZIONI SULLE ACQUE METEORICHE

Di seguito si riporta un calcolo dei volumi di acqua derivanti da precipitazione meteorica a seguito dell'impermeabilizzazione di superfici precedentemente destinate a verde da convogliare nella fognatura bianca da realizzare lungo Via Musciano.

Per il calcolo, è stata presa in considerazione una **pioggia critica oraria ventennale pari a 49.30 mm** ricavata dai dati pluviometrici forniti dal Settore Idrologico Regionale (SIR) e la stazione di Montopoli.

Considerando tale pioggia oraria ventennale calcoliamo le varie volumetrie attraverso la seguente relazione:

$$Q = C \times h \times S$$

Con:

C = coefficiente di deflusso

h = altezza di pioggia in metri

S = superficie del lotto

Nella fognatura verranno convogliate le acque della copertura e marciapiedi per una superficie di circa 250 mq (superficie impermeabile), e quelle del resede/piazzale e strada di accesso (circa 387 mq – superficie semipermeabile).



FIGURA B: indicazioni superfici di progetto

Superficie semipermeabile	$0,3 \times 0,0493 \times 387 = 5.7 \text{ m}^3/\text{h}$
Superficie impermeabile	$1 \times 0,0493 \times 250 = 12 \text{ m}^3/\text{h}$
<b>TOTALE</b>	<b>17.7 mc/h</b>

Tabella 5

La fognatura bianca in progetto dovrà essere dimensionata in modo tale da recepire un volume di acqua pari a 17.7 mc/h.

I calcoli sopra indicati dovranno essere verificati dal progettista ed eventualmente rettificati sulla base delle effettive superfici in gioco, non a disposizione in questa fase di lavoro.

## 9 PRESCRIZIONI RELATIVE AGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Alla luce dei risultati delle indagini geognostiche condotte sul sito e della definizione delle Classi di Pericolosità di appartenenza ai sensi del D.P.G.R. 5/R-2020, si possono esprimere le seguenti considerazioni:

- L'area interessata dal progetto risulta caratterizzata dalla presenza di uno strato superficiale di terreno pedologico di 0.80 m di spessore caratterizzato da disomogenee caratteristiche fisico-meccaniche, da oltrepassare per l'imposta delle strutture di fondazione; vista la realizzazione di un piano interrato, la platea di fondazione sarà essere impostata all'interno dello strato di argilla sabbiosa compatta (strato 2), di buone proprietà geotecniche.
- A tergo del locale interrato dovrà essere previsto un adeguato drenaggio costituito da materiale arido di varia pezzatura dotato di un'apertura per permettere la fuoriuscita dell'acqua di infiltrazione che può accumularsi a tergo delle strutture tramite l'installazione di un tubo microfessurato.
- Le acque della copertura e quelle di ruscellamento superficiale del resede/piazzale saranno raccolte ed indirizzate all'interno della fognatura bianca da realizzare su Via Musciano come opera di urbanizzazione; quest'ultima dovrà essere sufficientemente dimensionata in modo tale da recepire un volume di acqua pari a 17.7 mc/h (vedi capitolo 8); il calcolo

potrà subire variazioni in funzione delle effettive superfici, non a disposizione con esattezza in questa fase di lavoro;

- la stabilità del fronte di scavo riportata nel capitolo 7 dovrà eventualmente essere riverificata alla luce di un rilievo di dettaglio che restituisca il profilo attuale del p.c. e quello di progetto, non a disposizione in questa fase.

## 10 CONCLUSIONI

La presente relazione di Fattibilità geologica è stata redatta a supporto del Piano Attuativo relativo ad un intervento di Perequazione Urbanistica ai sensi dell'art. 100 della LR 65/2014 e s.m.e.i. , con trasferimento volumetrico di edificio esistente ubicato in zona a pericolosità idraulica molto elevata nel Comune di Montopoli in V.A. (PI) .

Si è proceduto ad un inquadramento dell'area oggetto di intervento in termini di Pericolosità Geologica e Pericolosità Sismica Locale sulla base di quanto dettato dal D.P.G.R. 5/R-2020 (Regolamento di attuazione dell'art. 104 della Legge Regionale 10 Novembre 2014 n. 65 contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche).

All'area in esame sono state attribuite le seguenti classi di Pericolosità:

- Classi di Pericolosità Geologica G.2 media e G.3 elevata
- Classe di Pericolosità Sismica Locale S.2 media

La zona per ovvie ragioni non risulta soggetta a pericolosità da alluvioni.

**Alle condizioni e nei limiti sopra esposti, gli interventi previsti dal presente Piano Attuativo risultano fattibili dal punto di vista geologico – tecnico, sismico ed idrologico - idraulico.**

Ponte a Egola, Luglio 2020

Dott. Geol. Eraldo Santarnecki



The image shows a handwritten signature in black ink over a blue circular stamp. The stamp contains the following text: "ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA" around the perimeter, "Dott. Geol. ERALDO SANTARNECCHI" in the center, and "N° 240" at the bottom.

## ALLEGATI

- **Fig. 1** - Corografia (scala 1:10.000).
- **Fig. 2** – Stralcio della carta geologica (scala 1:5.000). Tratto dalla Variante Generale al P.S. Comunale.
- **Fig. 3** - Stralcio Carta della Pericolosità Geologica ai sensi del D.P.G.R. 53/R-2011 (scala 1:5.000). Tratta dalla variante Generale al R.U. Comunale.
- **Fig. 4** - Stralcio Carta della Pericolosità Idraulica ai sensi del D.P.G.R. 53/R-2011 (scala 1:5.000). Tratta dalla variante Generale al R.U. Comunale.
- **Fig. 5** - Stralcio Carta della Pericolosità Sismica Locale ai sensi del D.P.G.R. 53/R-2011 (scala 1:5.000). Tratta dalla variante Generale al R.U. Comunale.
- **Fig. 6** – Stralcio della carta delle problematiche idrogeologiche (scala 1:5.000). Tratto dalla Variante Generale al P.S. Comunale.
- **Fig. 7** – Carta di Pericolosità Geomorfologica – Piano di Assetto Idrogeologico Bacino Arno (scala 1:10.000).
- **Fig. 8** – Carta della Pericolosità Geologica ai sensi del DPGR 5/R-2020 (scala 1:1000).
- **Fig. 9** – Carta della Pericolosità da alluvioni ai sensi del DPGR 5/R-2020 (scala 1:1000).
- **Fig. 10** – Carta della Pericolosità Sismica Locale ai sensi del DPGR 5/R-2020 (scala 1:1000).
- **Fig. 11** – Planimetria generale con ubicazione indagini geognostiche eseguite (scala 1:250); Pianta piano terra con ubicazione prova statica e traccia sezione (scala 1:125).
- **Fig. 12** – Sezione tipo litostratigrafica interpretativa (scala 1:125).
  
- **Allegato 1** – Certificati ed elaborazione prova penetrometrica statica.
- **Allegato 2** – Elaborati indagine sismica superficiale MASW.
- **Allegato 3** – Relazione tecnica indagine sismica passiva a stazione singola.

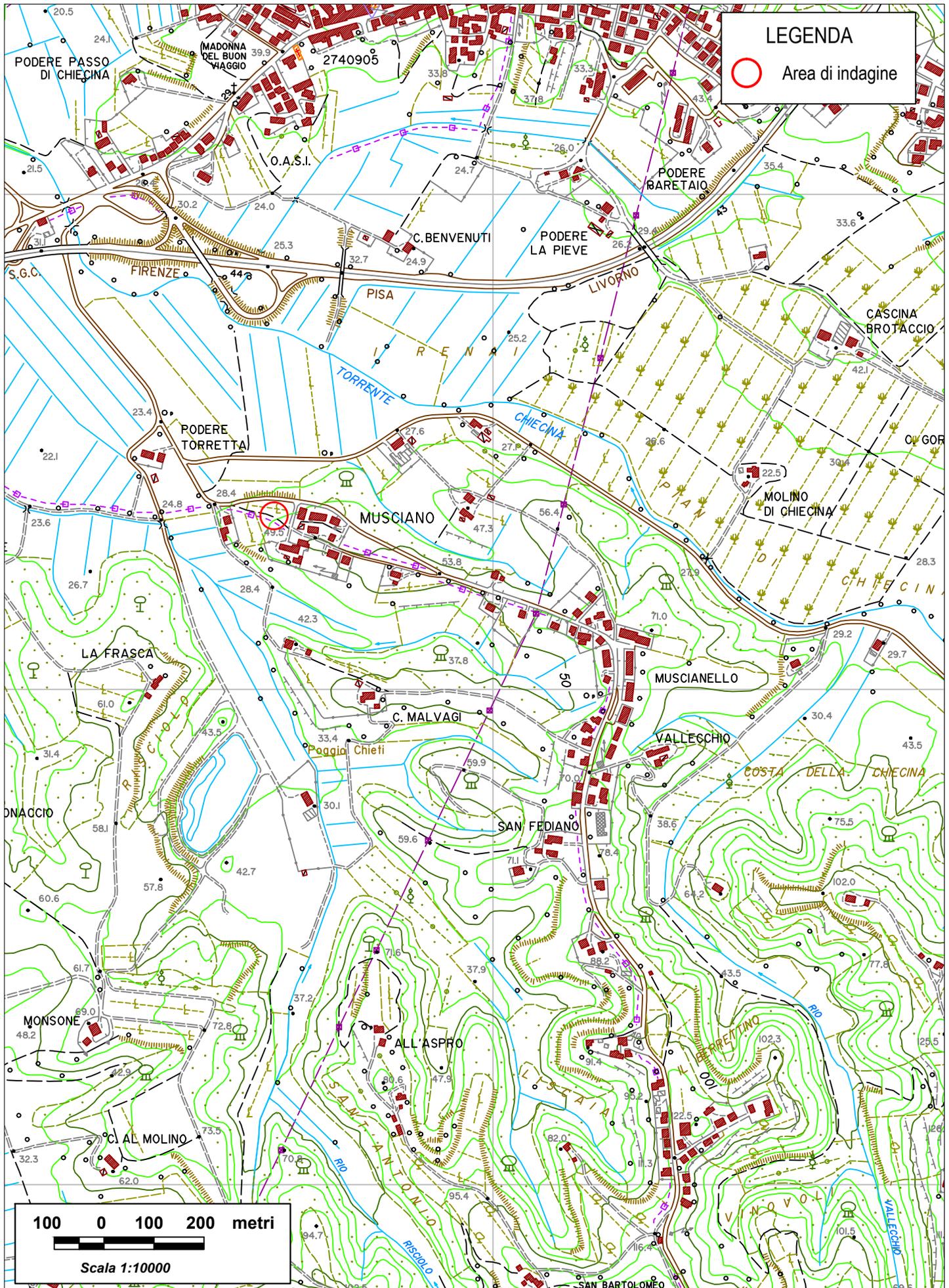
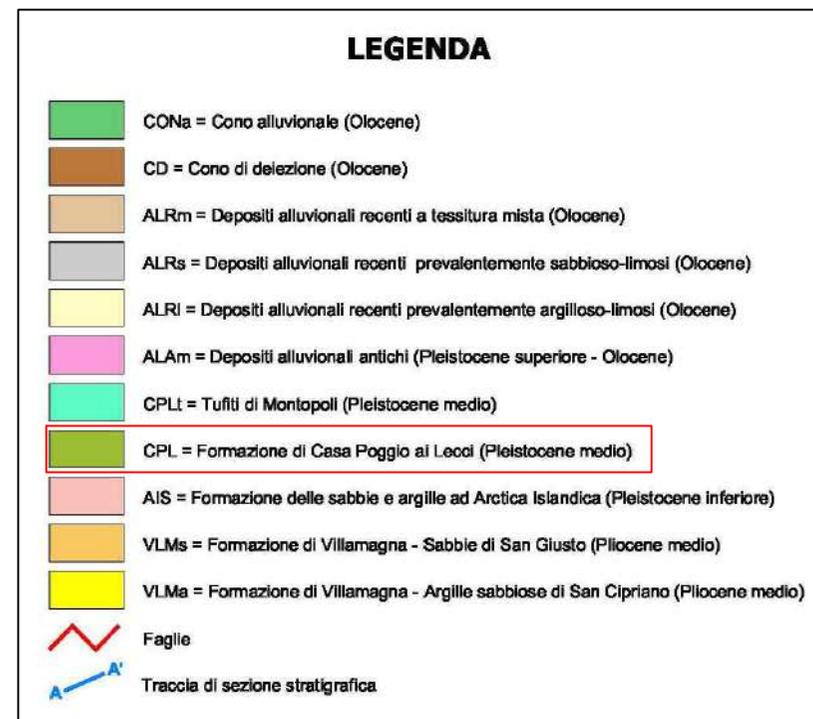
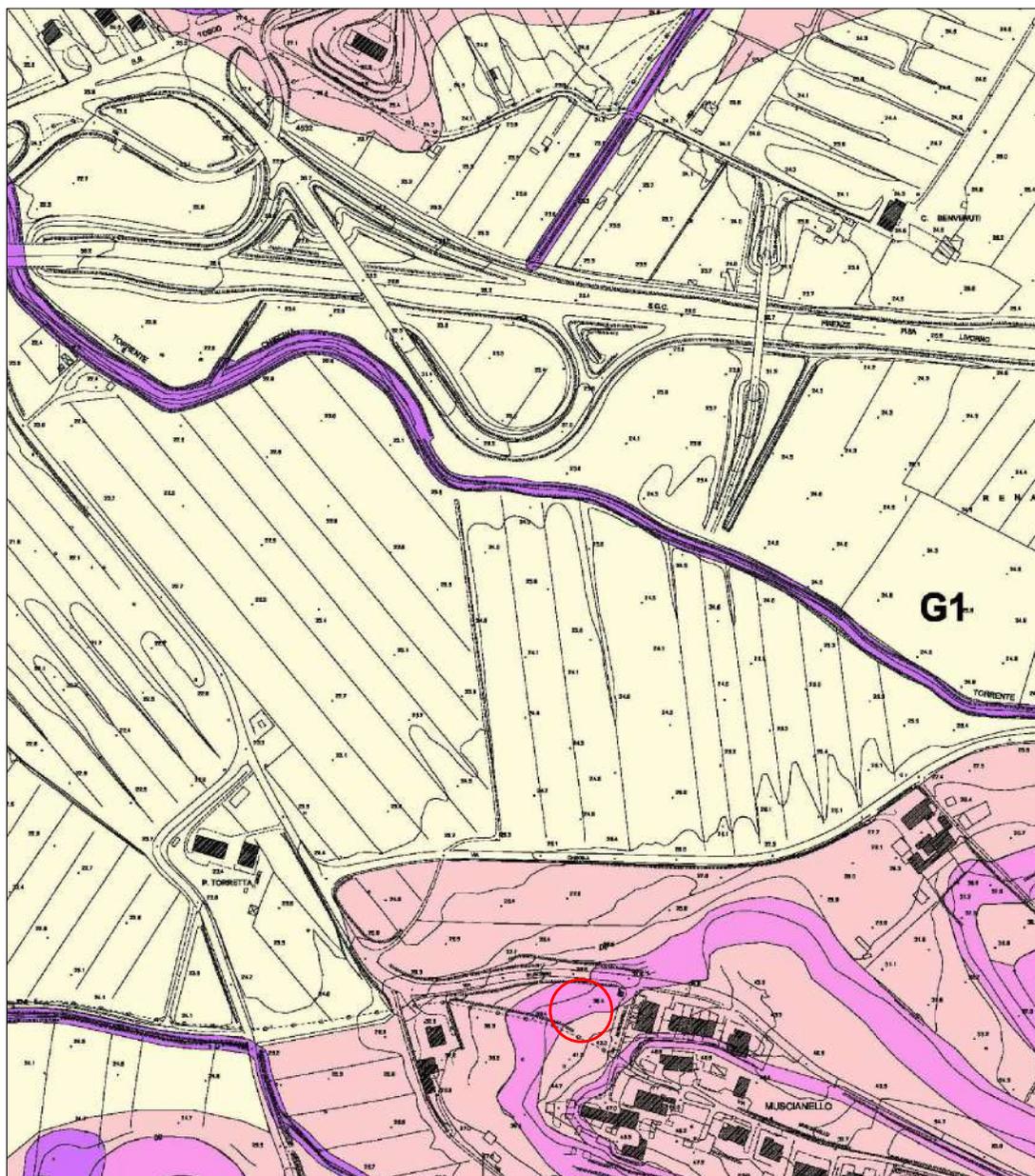


FIGURA 1 - COROGRAFIA



 Area in esame

Figura 2- Carta Geologica - Tratta dalla Variante Generale al P.S. Comunale - scala 1:5000 (ai sensi del D.P.G.R. 26/R-2007)



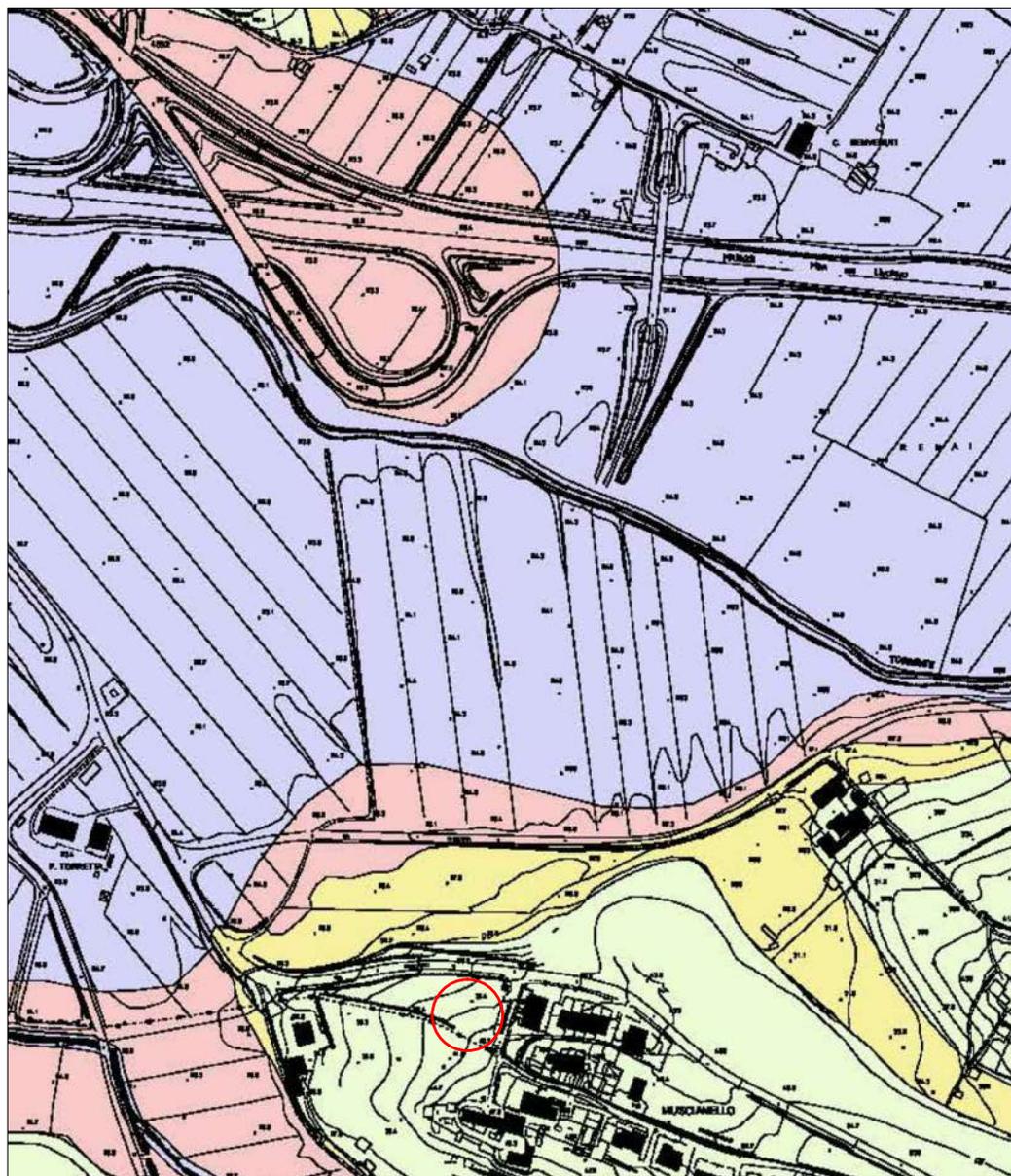
### LEGENDA

**AREE A PERICOLOSITA' GEOLOGICA**  
(ai sensi del D.P.G.R. n.53/R del 25/10/11)

- G.1 - Pericolosità geologica bassa  
[aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, glaciali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi]
- G.2 - Pericolosità geologica media  
[aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e glaciali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%]
- 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 intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%]
- G.4 - Pericolosità geologica molto elevata  
[aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza; aree interessate da soliflussi]

Area in esame

Figura 3- Carta della Pericolosità Geologica - Tratta dalla Variante Generale al R.U. Comunale - scala 1:5000  
(ai sensi del D.P.G.R. 53/R-2011)



## LEGENDA

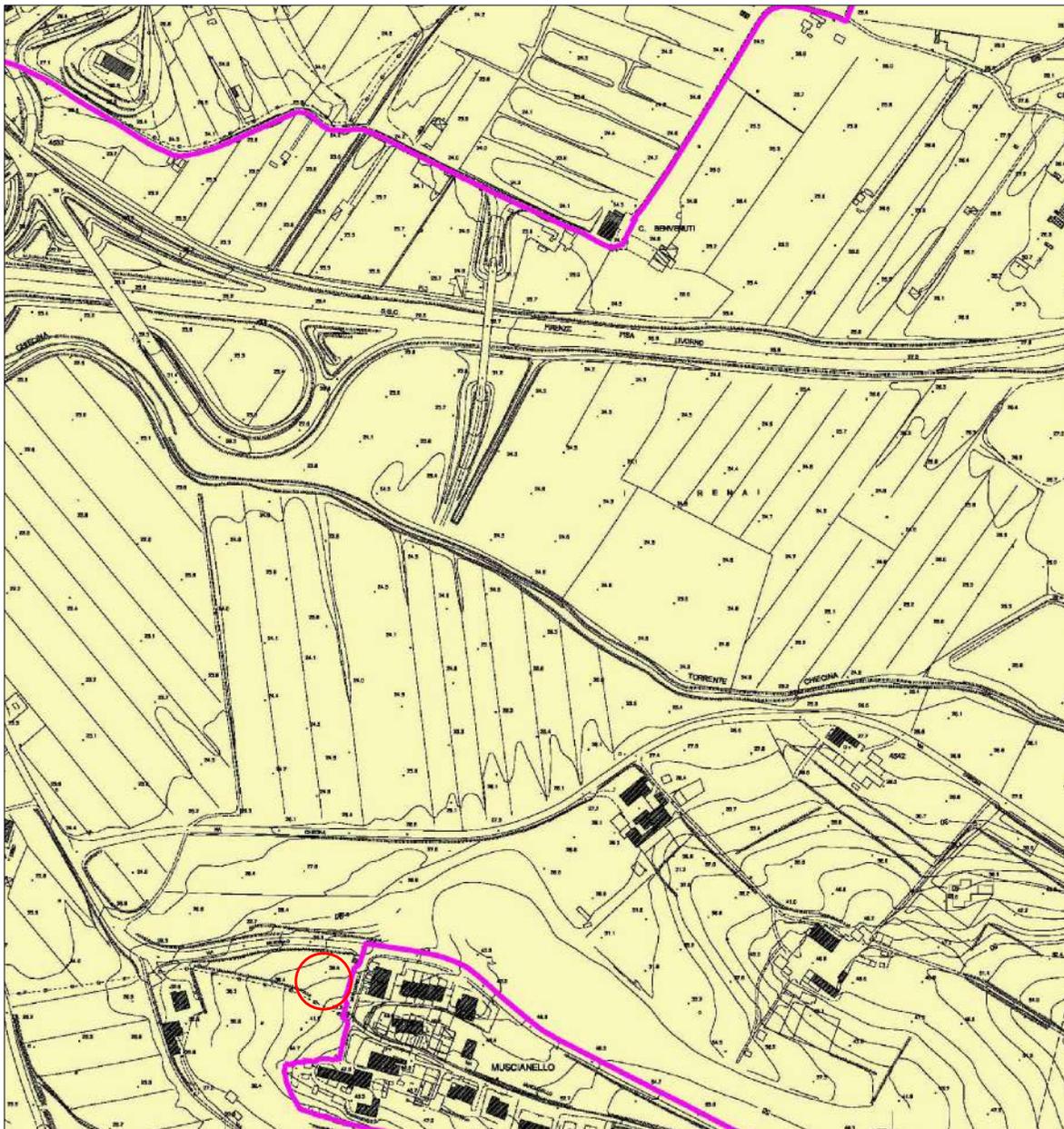
### AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA

(ai sensi del D.P.G.R. n.53/R del 25/10/11)

-  Limite aree interessate da verifiche idrauliche a livello di dettaglio (a nord ed a livello di sintesi (a sud)
-  1.1 - Pericolosità idraulica bassa  
[aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:  
a) non vi sono notizie storiche di inondazioni  
b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda]
-  1.2 - Pericolosità idraulica media  
[aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $200 < Tr < 500$  anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni:  
a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;  
b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda]
-  1.3 - Pericolosità idraulica elevata  
[aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $30 < Tr < 200$  anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni:  
a) vi sono notizie storiche di inondazioni;  
b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda]
-  1.4 - Pericolosità idraulica molto elevata  
[aree interessate da allagamenti per eventi con  $Tr < 30$  anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità molto elevata le aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrono contestualmente le seguenti condizioni:  
a) vi sono notizie storiche di inondazioni;  
b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda]

Figura 4- Carta della Pericolosità Idraulica - Tratta dalla Variante Generale al R.U. Comunale - scala 1:5000 (ai sensi del D.P.G.R. 53/R-2011)

 Area in esame



## LEGENDA

### AREE A PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

(ai sensi del D.P.G.R. n.53/R del 25/10/11)

Zona sismica di riferimento del territorio comunale: Zona 3S (ai sensi del D.G.R.T. n.431 del 19/06/06)

#### 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; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3)

#### 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; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri

#### S.4 - Pericolosità sismica locale molto elevata

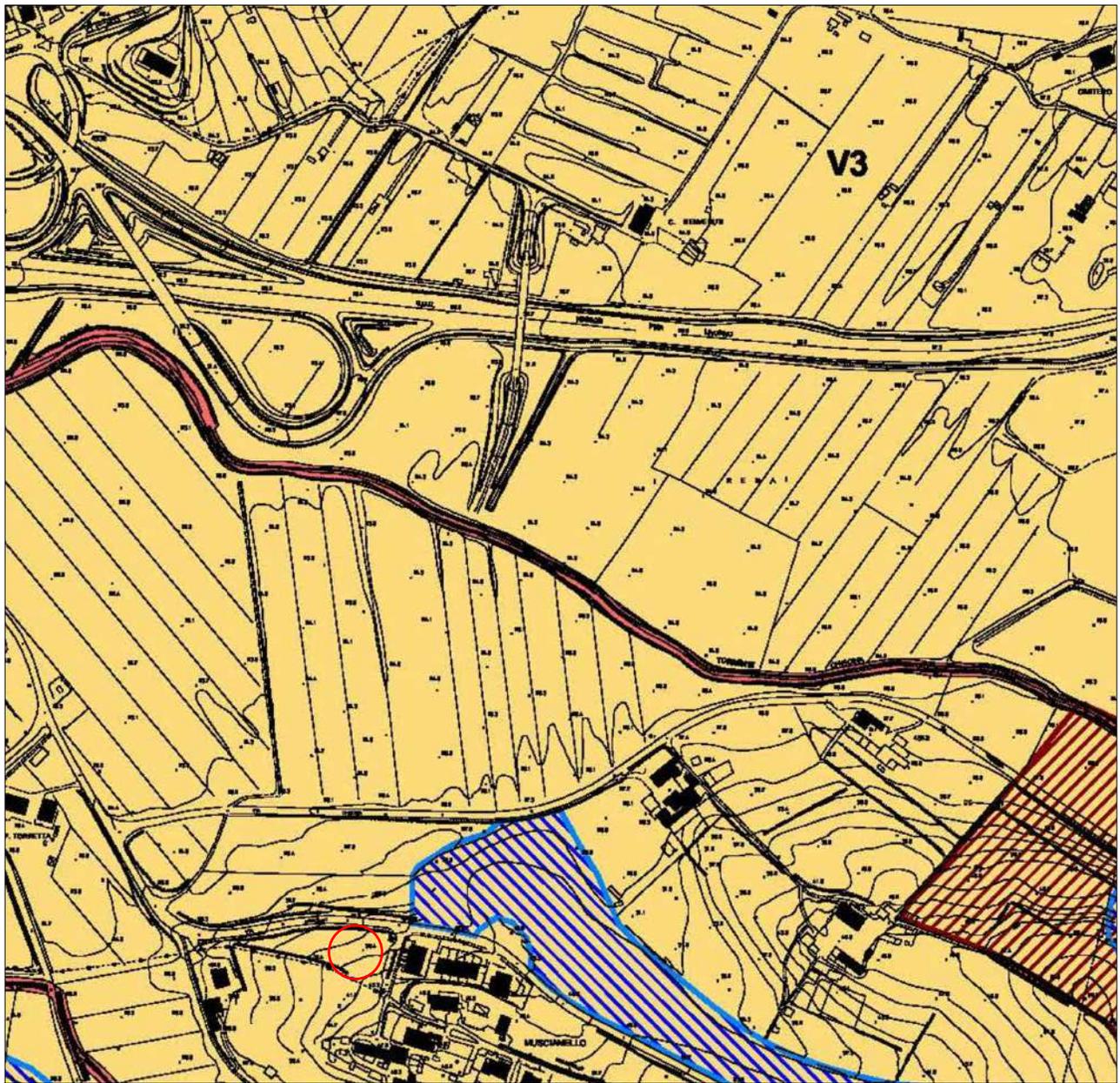
 zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in zona sismica 2

 zona caratterizzata da movimenti franosi attivi dal P.A.I. (1)

 Perimetro U.T.O.E.

 Area in esame

Figura 5- Carta della Pericolosità Sismica Locale - Tratta dalla Variante Generale al R.U. Comunale - scala 1:5000 (ai sensi del D.P.G.R. 53/R-2011)



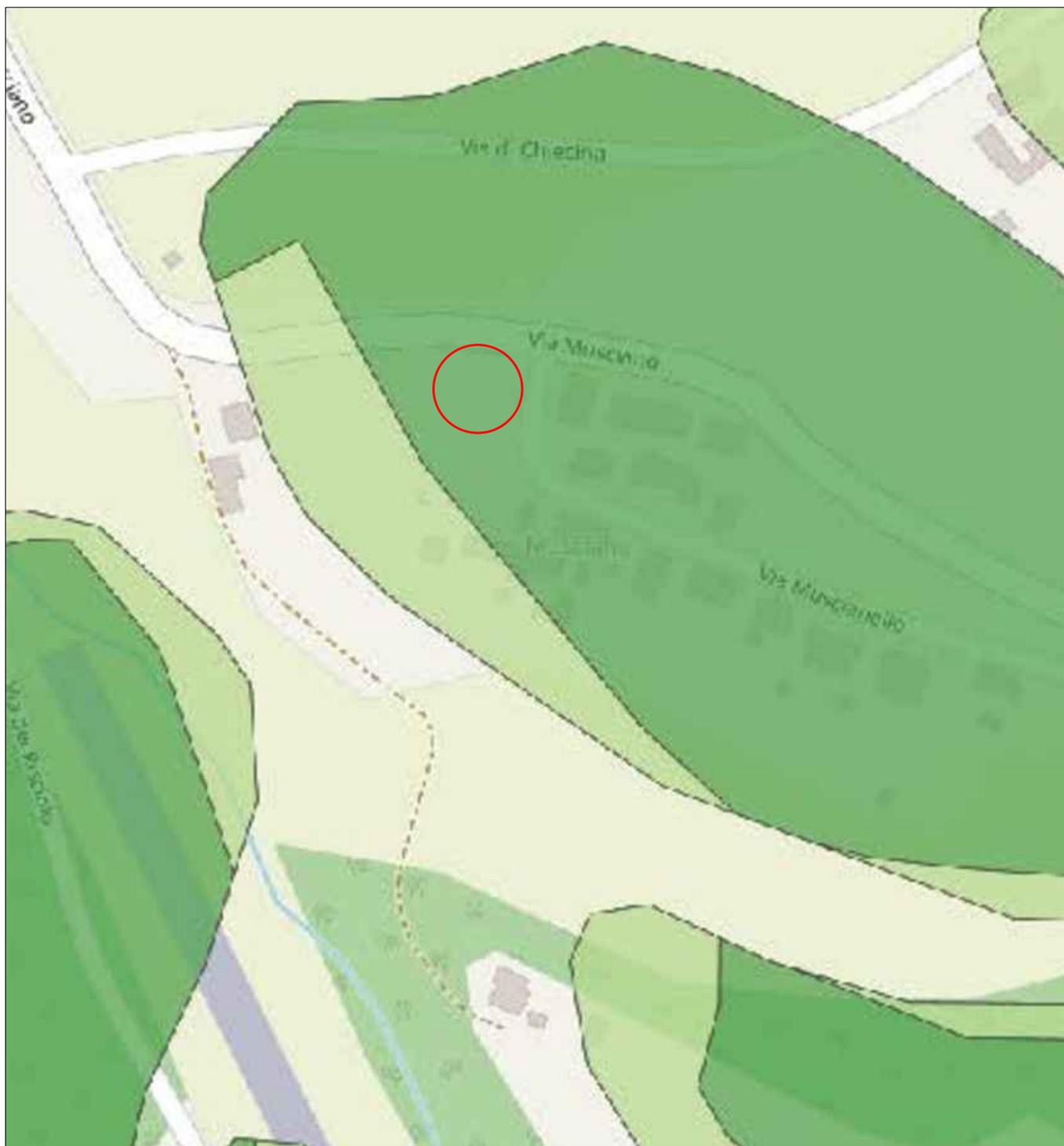
**LEGENDA**

**AREE A VULNERABILITA' DELLA RISORSA IDRICA**  
 (in riferimento al P.T.C. della Provincia di Pisa approvato con D.C.P. n.100 del 27/07/2006)

- V.2 - Aree a bassa vulnerabilità della risorsa idrica  
 [aree in cui la risorsa idrica è apparentemente non vulnerabile]
- V.3 - Aree a media vulnerabilità della risorsa idrica  
 [aree in cui la risorsa idrica presenta un grado di protezione mediocre e non sufficiente a garantirne la salvaguardia]
- V.4 - Aree ad elevata vulnerabilità della risorsa idrica  
 [aree in cui la risorsa idrica è esposta ovvero si possono ipotizzare tempi estremamente bassi di penetrazione e di propagazione in falda di eventuali inquinanti]
- Aree soggette a vincolo idrogeologico (ai sensi del R.D. n.3267/1923)
- Aree boscate soggette a vincolo idrogeologico (ai sensi del L.R. n.39/2000)

Area in esame

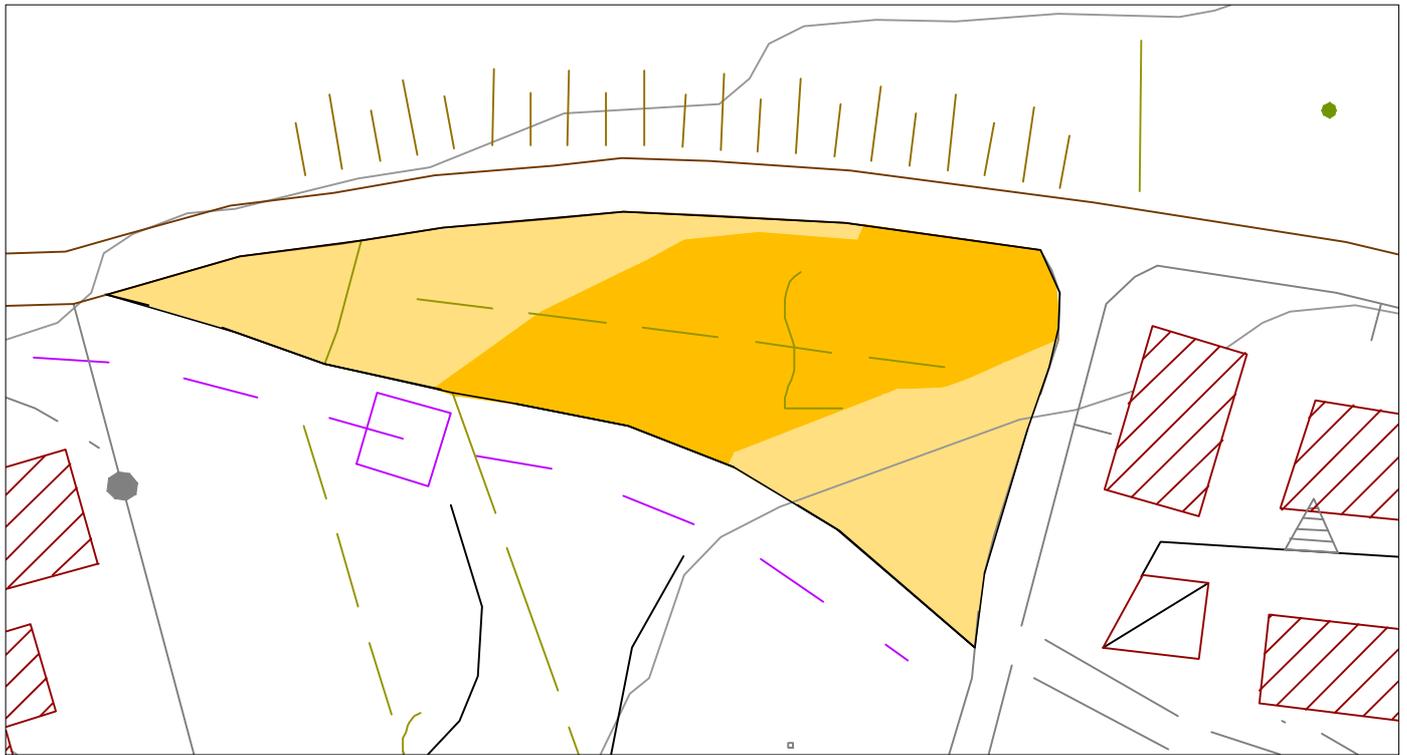
Figura 6- Carta delle aree con Problematiche Idrogeologiche - Tratta dalla Variante Generale al P.S. - scala 1:5000 (ai sensi del D.P.G.R. 26/R-2007)



P.F.3
  P.F.2
  P.F.1
  Pericolosità individuata su scala 1:10.000

Area in esame

Figura 7- Pericolosità da frana e da processi geomorfologici di versante - Bacino Arno  
 Piano di Assetto Idrogeologico Distretto Appennino Settentrionale (scala 1:5000)



## LEGENDA



**G.1 - Pericolosità geologica bassa:** aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi



**G.2 - Pericolosità geomorfologica media:** aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi; aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 15%.



**G.3 - Pericolosità geomorfologica elevata:** aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti e relative aree di evoluzione; aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali o sotterranee e relativi processi di morfodinamica fluviale, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni di soliflusso, fenomeni erosivi; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geomeccaniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 15%.



**G.4 - Pericolosità geomorfologica molto elevata:** aree in cui sono presenti fenomeni franosi attivi e relative aree di evoluzione, ed aree in cui sono presenti intensi fenomeni geomorfologici attivi di tipo erosivo

Figura 8- Carta della Pericolosità Geologica ai sensi del DPGR 5/R-2020 (scala 1:1000)



### LEGENDA



**P1 - Aree a pericolosità da alluvioni rare o di estrema intensità**, come classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del D.lgs 49/2010.

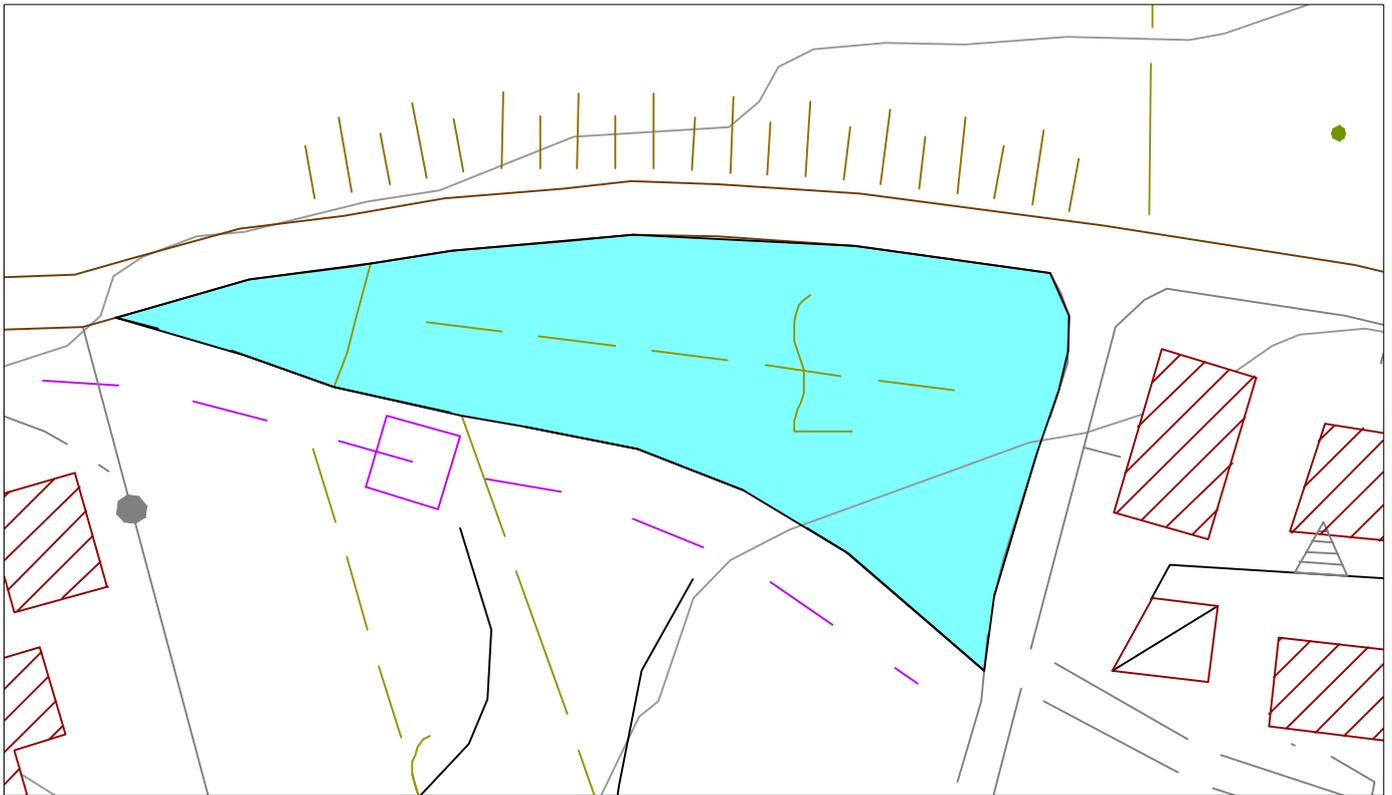


**P2: - aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti:** le aree classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del D.lgs 49/2010 come aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti o a pericolosità per alluvioni media.



**P3 - Aree a pericolosità per alluvioni frequenti:** le aree classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del D.Lgs. 49/2010 come aree a pericolosità per alluvioni frequentanti o a pericolosità per alluvioni elevata.

Figura 9- Carta della Pericolosità da alluvioni ai sensi del DPGR 5/R-2020  
(scala 1:1000)



**S.1 - Pericolosità sismica locale bassa:**

- zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione inferiore a 15°), dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.



**S.2 - Pericolosità sismica locale media:**

- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali connessi con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal p.c. e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore a 1 Hz;
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione ( $F_x$ ) < 1.4;
- zone stabili suscettibili di amplificazione topografica (pendii con inclinazione superiore a 15°);
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali non rientranti tra quelli previsti nelle classi di pericolosità sismica S.3.



**S.3 - Pericolosità sismica locale elevata:**

- aree con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti rilevanti;
- aree potenzialmente suscettibili di liquefazione dinamica, caratterizzate da terreni per i quali, sulla base delle informazioni disponibili, non è possibile escludere a priori il rischio di liquefazione;
- zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse;
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali connesse con un alto contrasto di impedenza sismica atteso entro alcune decine di metri dal piano di campagna;
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattori di amplificazione ( $F_x$ ) > 1.4;
- aree interessate da instabilità di versante quiescente, relative aree di evoluzione, nonché aree potenzialmente franose di seguito, denominate "APF", e, come tali, suscettibili di riattivazione del movimento in occasione di eventi sismici.

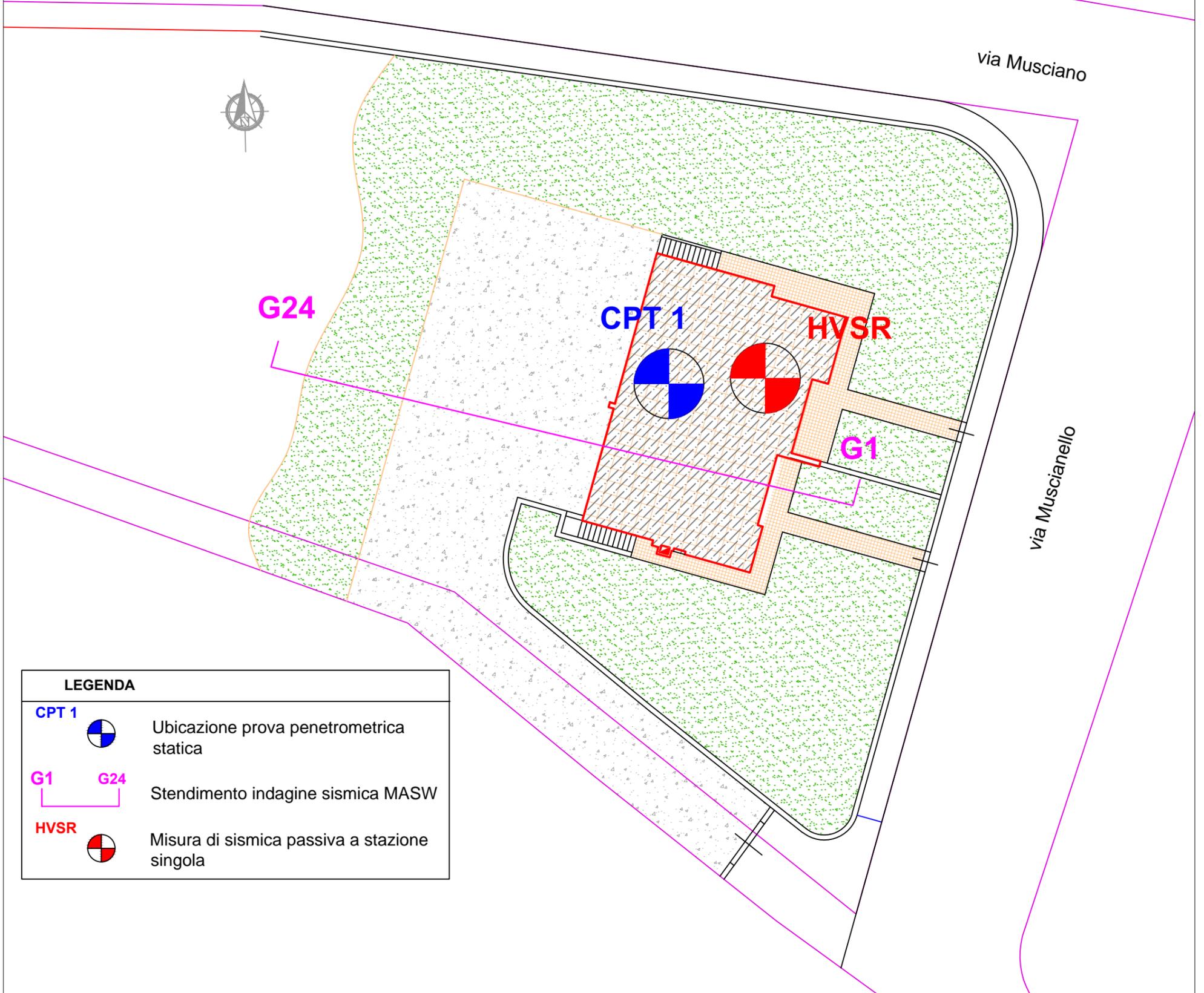


**S.4 - Pericolosità sismica locale molto elevata:**

- aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e capaci, in grado di creare deformazione in superficie;
- terreni suscettibili di liquefazione dinamica accertati mediante indagini geognostiche oppure notizie storiche o studi preesistenti;
- aree interessate da instabilità di versante attive e relativa area di evoluzione, tali da subire un'accentuazione del movimento in occasione di eventi sismici.

Figura 10- Carta della Pericolosità Sismica Locale ai sensi del DPGR 5/R-2020 (scala 1:1000)

Planimetria generale con ubicazione indagini geognostiche eseguite (scala 1:250)



LEGENDA	
<b>CPT 1</b>	Ubicazione prova penetrometrica statica
<b>G1</b> <b>G24</b>	Stendimento indagine sismica MASW
<b>HVSr</b>	Misura di sismica passiva a stazione singola

Pianta piano terra con ubicazione prova penetrometrica statica e traccia sezione (scala 1:125)

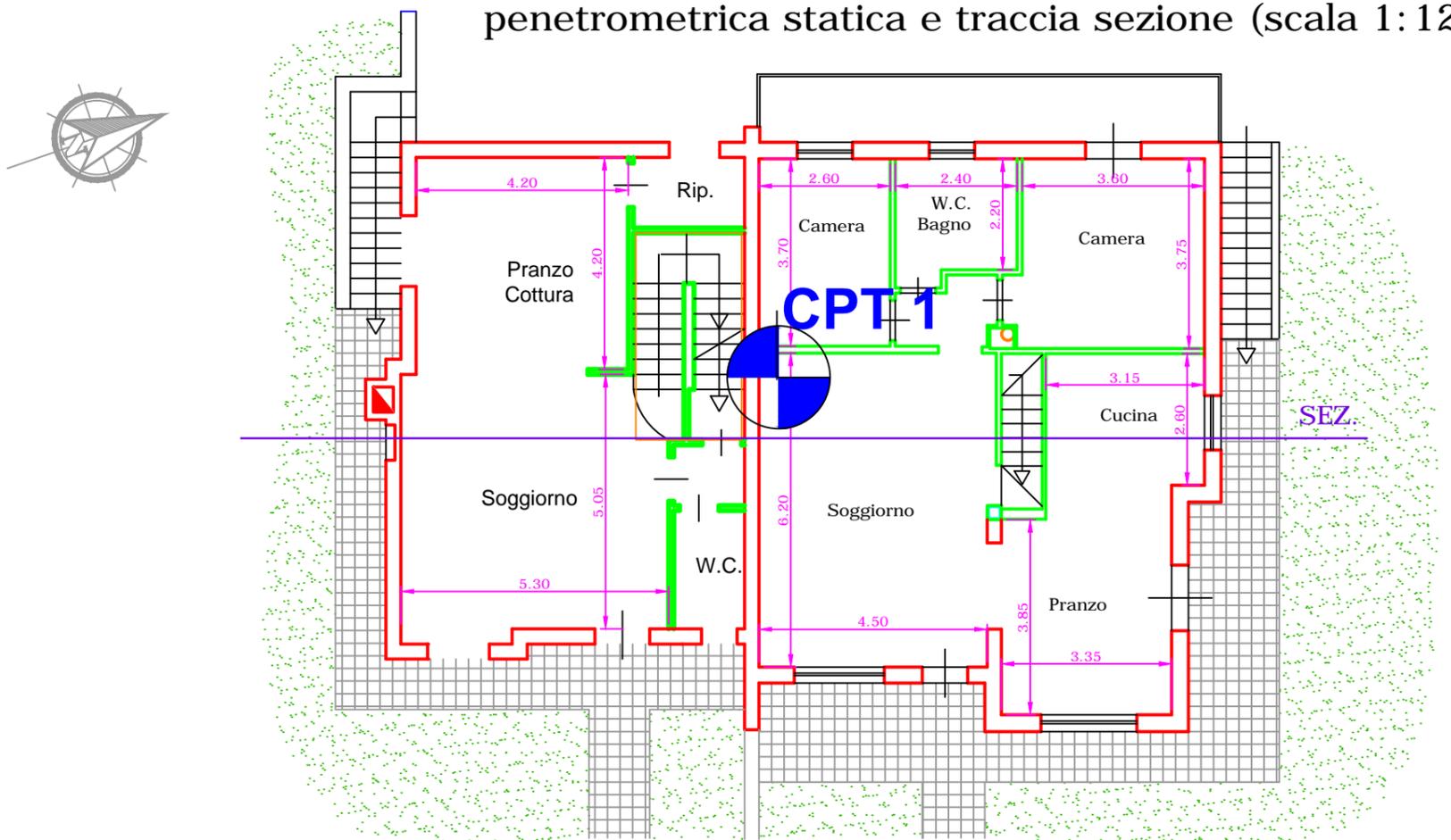


FIGURA 11

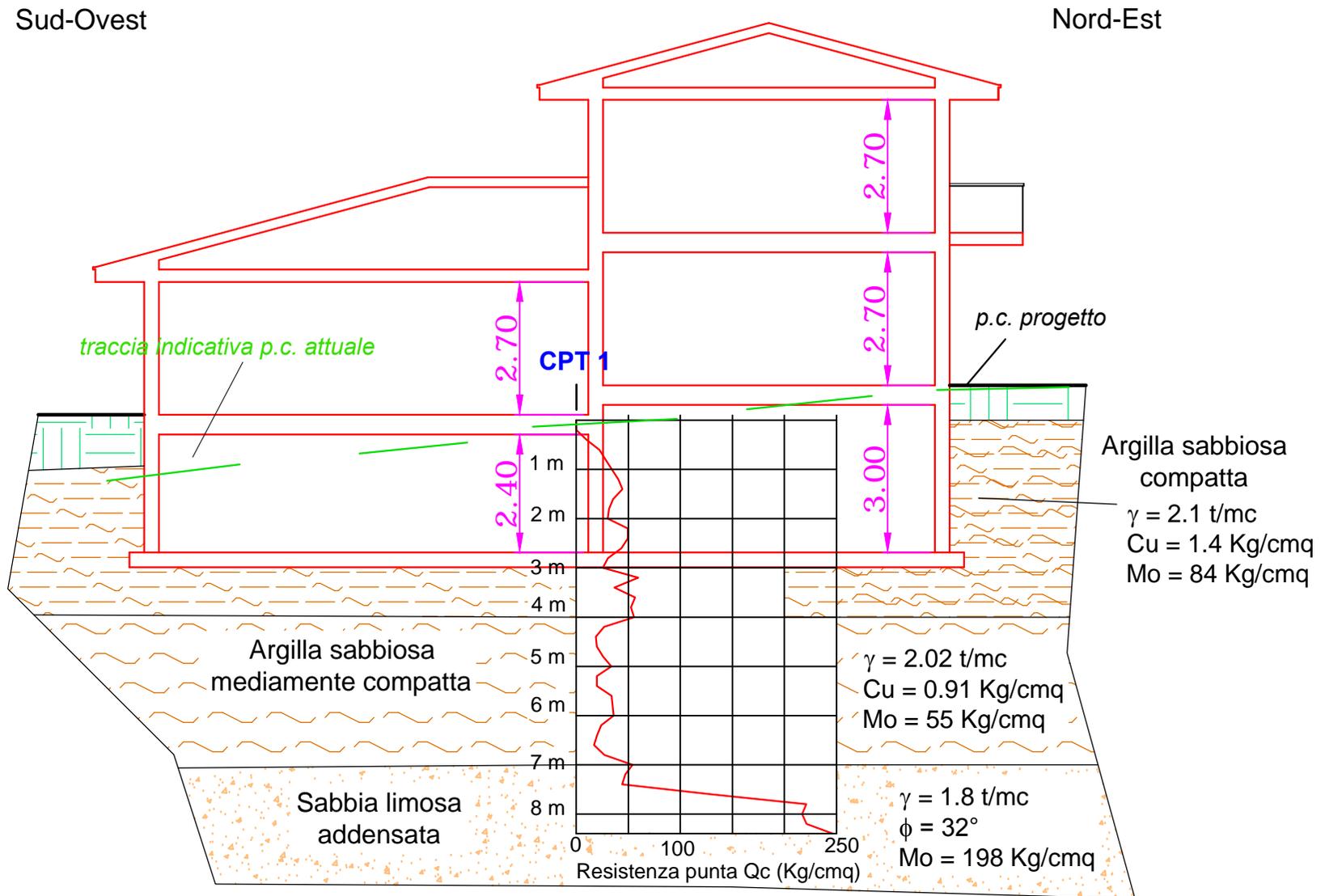


FIGURA 12: Sezione tipo litostratigrafica interpretativa (scala 1:125)



# **ALLEGATO 1**

**CERTIFICATI ED ELABORAZIONE PROVA**

**PENETROMETRICA STATICA**

Committente:	Sigg.ri Mattonai		
Rapporto n°:	261-19		
Data:	11/12/2019		
Località:	Località Musciano – Montopoli in Val d'Arno (PI)		
Coordinate Prova:	Latitudine: 43.667010°	Longitudine: 10.730790°	



Documentazione fotografica



Ubicazione prova penetrometrica CPT

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT****1**

Riferimento

**261-19**Committente **Sigg.ri Mattonai**U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

Data esec. 11/12/2019

Cantiere

Pagina  
Elaborato

1

Falda

Località **Musciano - Montopoli in Val d'Arno (PI)**

H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0,20	0	0		0,0	0,27	0									
0,40	10	14		10,0	0,80	13	8,0								
0,60	22	34		22,0	0,87	25	4,0								
0,80	28	41		28,0	1,47	19	5,3								
<b>1,00</b>	<b>34</b>	<b>56</b>		<b>34,0</b>	<b>2,13</b>	<b>16</b>	<b>6,3</b>								
1,20	40	72		40,0	2,00	20	5,0								
1,40	44	74		44,0	2,47	18	5,6								
1,60	35	72		35,0	2,13	16	6,1								
1,80	31	63		31,0	1,67	19	5,4								
<b>2,00</b>	<b>30</b>	<b>55</b>		<b>30,0</b>	<b>1,27</b>	<b>24</b>	<b>4,2</b>								
2,20	49	68		49,0	1,73	28	3,5								
2,40	49	75		49,0	1,87	26	3,8								
2,60	43	71		43,0	1,60	27	3,7								
2,80	30	54		30,0	1,27	24	4,2								
<b>3,00</b>	<b>25</b>	<b>44</b>		<b>25,0</b>	<b>0,87</b>	<b>29</b>	<b>3,5</b>								
3,20	59	72		59,0	2,07	29	3,5								
3,40	36	67		36,0	1,67	22	4,6								
3,60	56	81		56,0	2,80	20	5,0								
3,80	52	94		52,0	3,07	17	5,9								
<b>4,00</b>	<b>55</b>	<b>101</b>		<b>55,0</b>	<b>1,93</b>	<b>28</b>	<b>3,5</b>								
4,20	26	55		26,0	1,67	16	6,4								
4,40	18	43		18,0	0,80	23	4,4								
4,60	19	31		19,0	1,47	13	7,7								
4,80	25	47		25,0	1,00	25	4,0								
<b>5,00</b>	<b>33</b>	<b>48</b>		<b>33,0</b>	<b>1,93</b>	<b>17</b>	<b>5,8</b>								
5,20	19	48		19,0	0,73	26	3,8								
5,40	19	30		19,0	1,00	19	5,3								
5,60	33	48		33,0	1,80	18	5,5								
5,80	34	61		34,0	1,07	32	3,1								
<b>6,00</b>	<b>35</b>	<b>51</b>		<b>35,0</b>	<b>1,27</b>	<b>28</b>	<b>3,6</b>								
6,20	23	42		23,0	0,93	25	4,0								
6,40	19	33		19,0	0,93	20	4,9								
6,60	16	30		16,0	0,60	27	3,8								
6,80	26	35		26,0	0,93	28	3,6								
<b>7,00</b>	<b>53</b>	<b>67</b>		<b>53,0</b>	<b>2,13</b>	<b>25</b>	<b>4,0</b>								
7,20	46	78		46,0	2,20	21	4,8								
7,40	43	76		43,0	4,47	10	10,4								
7,60	128	195		128,0	7,33	17	5,7								
7,80	220	330		220,0	9,60	23	4,4								
<b>8,00</b>	<b>216</b>	<b>360</b>		<b>216,0</b>	<b>9,67</b>	<b>22</b>	<b>4,5</b>								
8,20	220	365		220,0	10,33	21	4,7								
8,40	245	400		245,0	11,20	22	4,6								
8,60	122	290		122,0											

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

L3 = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta

fs = resistenza laterale

0,20 m sopra quota qc

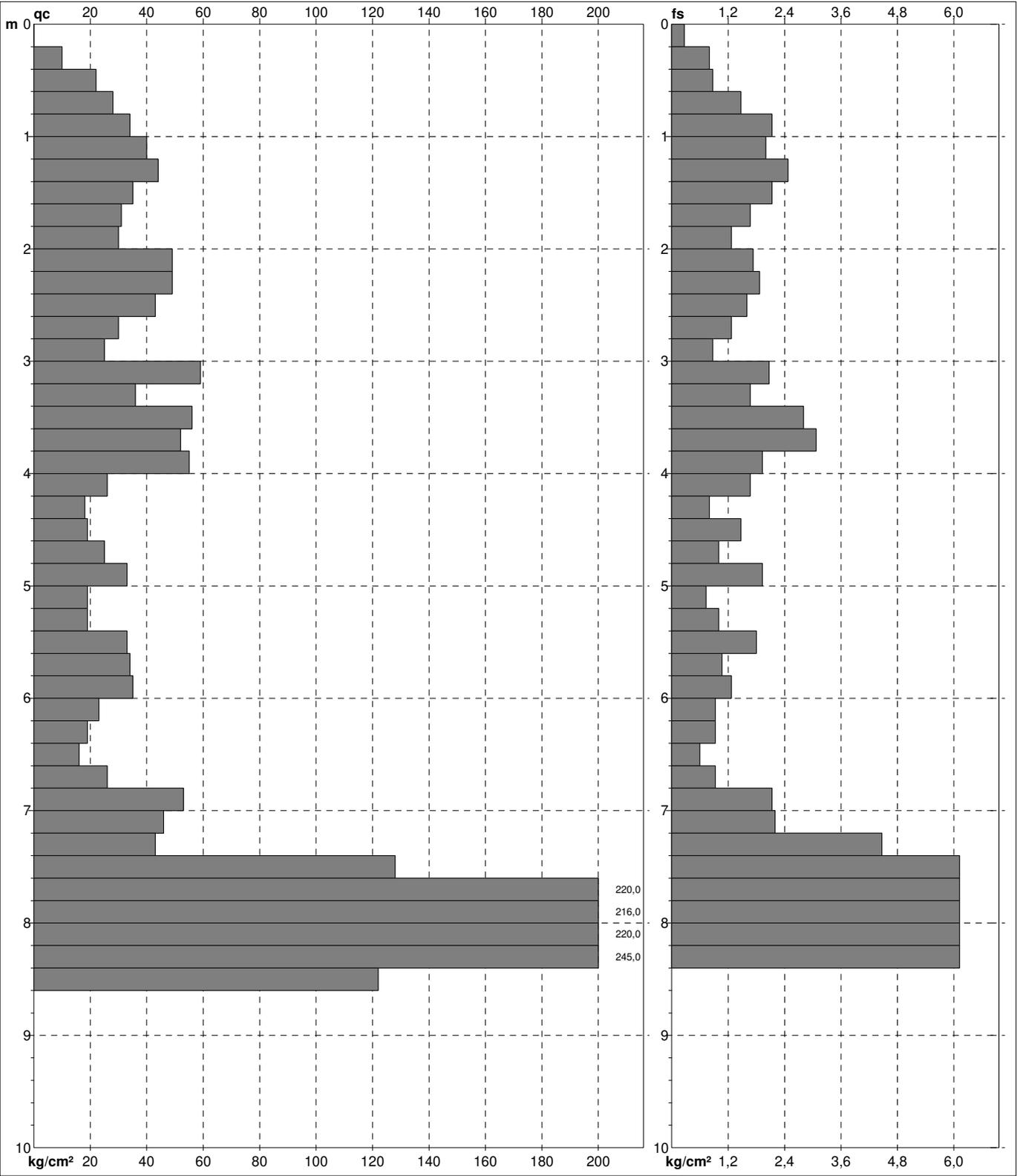
F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
Riferimento	<b>261-19</b>

Committente <b>Sigg.ri Mattonai</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data exec. <b>11/12/2019</b>
Cantiere	Scala: <b>1:50</b>	Quota inizio: Falda
Località <b>Musciano - Montopoli in Val d'Arno (PI)</b>	Pagina <b>1</b>	
	Elaborato	



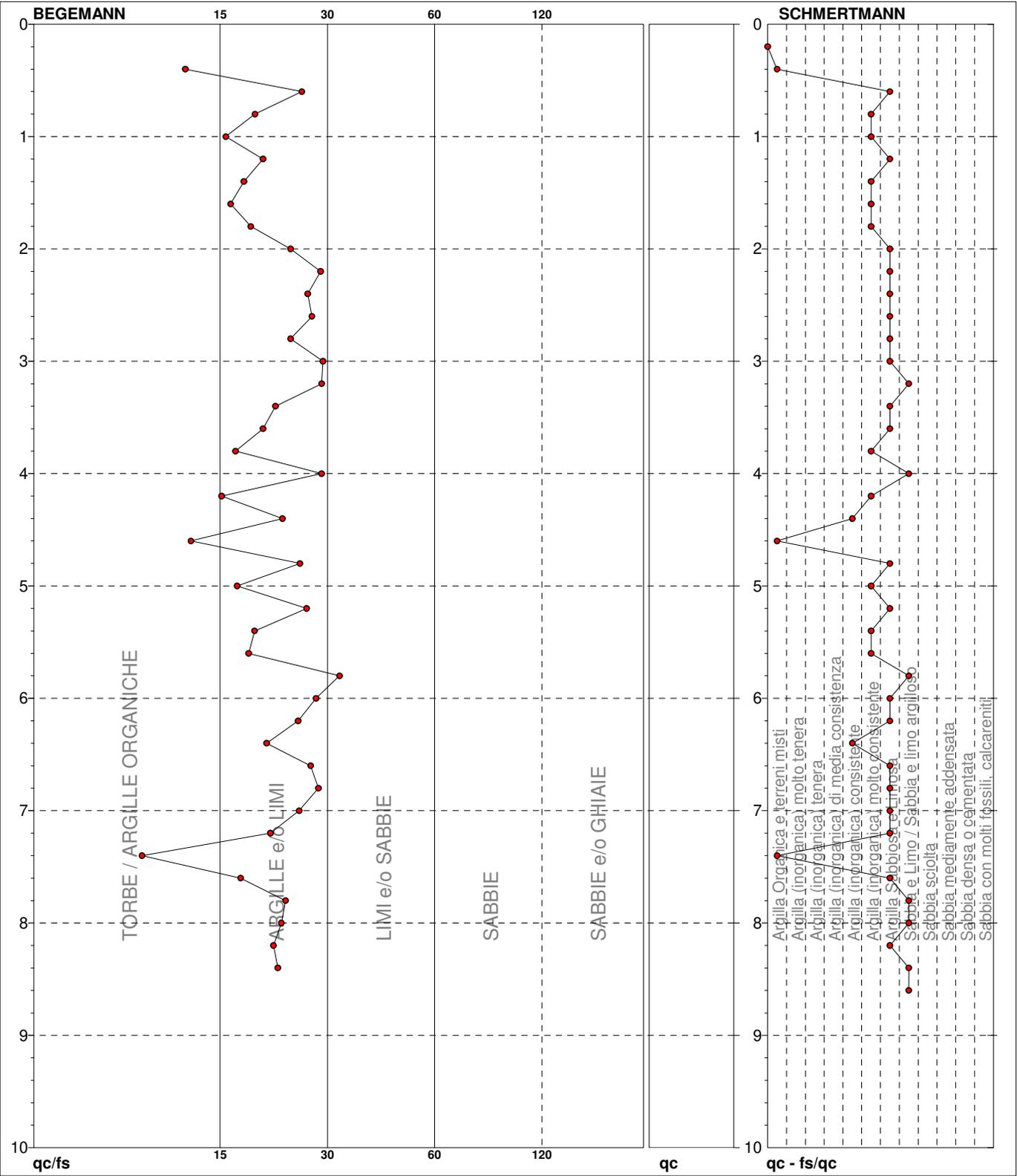
	Penetrometro: <b>TG63-200Stat</b>	preforo <b>m</b>
	Responsabile:	Corr.astine: <b>kg/ml</b>
	Assistente:	Cod. tip:

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
Riferimento	<b>261-19</b>

Committente **Sigg.ri Mattonai**  
 Cantiere  
 Località **Musciano - Montopoli in Val d'Arno (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:50**  
 Pagina **1**  
 Elaborato  
 Data eseg. **11/12/2019**  
 Falda



● 261-19 [1] : 8,60 m



## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

**Strumento utilizzato:**  
**TG63-200Stat - Pagani - Piacenza**

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura:  $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( $\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm/sec}$  ( $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$ )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione  $CT = SPINTA \text{ (Kg)} / LETTURA \text{ DI CAMPAGNA}$   
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta:  $q_c \text{ ( kg/cm}^2 \text{ )} = ( L_1 ) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale:  $f_s \text{ ( kg/cm}^2 \text{ )} = [( L_2 ) - ( L_1 )] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale :  $R_t \text{ ( kg/cm}^2 \text{ )} = ( L_t ) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta ( fase 1 )
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto ( fase 2 )
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( fase 3 )

N.B. : la spinta  $S \text{ ( Kg )}$ , corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna  $L$  per la costante di trasformazione  $CT$ .

N.B. : causa la distanza intercorrente ( 20 cm circa ) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale  $f_s$  viene computata 20 cm sopra la punta.

### CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N  $\approx$  100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N  $\approx$  100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m<sup>2</sup> = 0,001 MN/m<sup>2</sup> = 0,001 MPa  $\approx$  0,1 t/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1.000 kN/m<sup>2</sup> = 1000 kPa  $\approx$  100 t/m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>

1 kg/cm<sup>2</sup> = 10 t/m<sup>2</sup>  $\approx$  100 kN/m<sup>2</sup> = 100 kPa = 0,1 MN/m<sup>2</sup> = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg  $\approx$  10 kN

## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

**Valutazioni in base al rapporto:  $F = (q_c / f_s)$**

**Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977**

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 15 \text{ kg/cm}^2$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 30 \text{ kg/cm}^2$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 60 \text{ kg/cm}^2$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60 \text{ kg/cm}^2$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

**Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di  $q_c$  e di  $FR = (f_s / q_c) \%$  :**

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato ( inalterato ) , per depositi coesivi.



**PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE**  
**SCHEMA PENETROMETRO**

Riferimento

**261-19**Committente **Sigg.ri Mattonai**

Cantiere

Località **Musciano - Montopoli in Val d'Arno (PI)****TG63-200Stat****Pagani - Piacenza**

<b>Sigla</b>	<b>TG63-200Stat</b>	Nominativo o sigla dello strumento
<b>Beta eff.</b>	<b>1,12</b>	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
<b>M(massa)</b>	<b>63,0 kg</b>	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
<b>H(maglio)</b>	<b>0,75 m</b>	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
<b>L(aste)</b>	<b>1,00 m</b>	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
<b>M(aste)</b>	<b>6,00 kg</b>	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
<b>M(sistema)</b>		Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
<b>A(punta)</b>	<b>20,00 cm<sup>2</sup></b>	Area della superficie laterale del cono della punta
<b>Alfa(punta)</b>	<b>90 °</b>	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
<b>Prf.(1°asta)</b>	<b>0,80 m</b>	Profondità di giunzione della prima asta infissa
<b>N</b>	<b>0,20 m</b>	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
<b>Rivest.</b>	<b>Sì</b>	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
<b>ø(punta)</b>		Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
<b>MaxCE%</b>		Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
<b>L/DM</b>		Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
<b>D(tb)</b>		Diametro della testa di battuta.
<b>DEV(a)[&lt;5m]</b>		Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
<b>DEV(a)[&gt;5m]</b>		Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
<b>ECCmax(a)</b>		Massima eccentricità consentita alle aste
<b>Dest(aste)</b>		Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
<b>Dint(aste)</b>		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
<b>Dmin(punta)</b>		Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
<b>hcl(punta)</b>		Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
<b>Ras(punta)</b>		Rastremazione del cono nella parte alta
<b>Hc(punta)</b>		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
<b>RangeCP</b>		Massimo numero di colpi utile
<b>Spinta</b>	<b>20 t</b>	Spinta nominale strumento

---

# ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: Mattonai Mariantonia e Antonio Cantiere: Località: Musciano	
--	--

## Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

<b>Rif. Norme</b>	<b>ASTM D3441-86</b>
<b>Diametro Punta conica meccanica</b>	<b>35.7</b>
<b>Angolo di apertura punta</b>	<b>60</b>
<b>Area punta</b>	<b>10</b>
<b>Superficie manicotto</b>	<b>150</b>
<b>Passo letture (cm)</b>	<b>20</b>
<b>Costante di trasformazione Ct</b>	<b>10</b>

Esecutore prova:  
Geognostica Fiorentina srl

**PROVA ...CPT 1**

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 11/12/2019

Profondità prova: 8.40 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.00	0.138	0.267	0.517	193.5
0.40	10.00	14.00	10.138	0.8	12.673	7.9
0.60	22.00	34.00	22.138	0.867	25.534	3.9
0.80	28.00	41.00	28.138	1.467	19.181	5.2
1.00	34.00	56.00	34.138	2.133	16.005	6.2
1.20	40.00	72.00	40.276	2.0	20.138	5.0
1.40	44.00	74.00	44.276	2.467	17.947	5.6
1.60	35.00	72.00	35.276	2.133	16.538	6.0
1.80	31.00	63.00	31.276	1.667	18.762	5.3
2.00	30.00	55.00	30.276	1.267	23.896	4.2
2.20	49.00	68.00	49.414	1.733	28.514	3.5
2.40	49.00	75.00	49.414	1.867	26.467	3.8
2.60	43.00	71.00	43.414	1.6	27.134	3.7
2.80	30.00	54.00	30.414	1.267	24.005	4.2
3.00	25.00	44.00	25.414	0.867	29.313	3.4
3.20	59.00	72.00	59.552	2.067	28.811	3.5
3.40	36.00	67.00	36.552	1.667	21.927	4.6
3.60	56.00	81.00	56.552	2.8	20.197	5.0
3.80	52.00	94.00	52.552	3.067	17.135	5.8
4.00	55.00	101.00	55.552	1.933	28.739	3.5
4.20	26.00	55.00	26.69	1.667	16.011	6.2
4.40	18.00	43.00	18.69	0.8	23.363	4.3
4.60	19.00	31.00	19.69	1.467	13.422	7.5
4.80	25.00	47.00	25.69	1.0	25.69	3.9
5.00	33.00	48.00	33.69	1.933	17.429	5.7
5.20	19.00	48.00	19.828	0.733	27.05	3.7
5.40	19.00	30.00	19.828	1.0	19.828	5.0
5.60	33.00	48.00	33.828	1.8	18.793	5.3
5.80	34.00	61.00	34.828	1.067	32.641	3.1
6.00	35.00	51.00	35.828	1.267	28.278	3.5
6.20	23.00	42.00	23.966	0.933	25.687	3.9
6.40	19.00	33.00	19.966	0.933	21.4	4.7
6.60	16.00	30.00	16.966	0.6	28.277	3.5
6.80	26.00	35.00	26.966	0.933	28.902	3.5
7.00	53.00	67.00	53.966	2.133	25.301	4.0
7.20	46.00	78.00	47.104	2.2	21.411	4.7
7.40	43.00	76.00	44.104	4.467	9.873	10.1
7.60	128.00	195.00	129.104	7.333	17.606	5.7
7.80	220.00	330.00	221.104	9.6	23.032	4.3
8.00	216.00	360.00	217.104	9.667	22.458	4.5
8.20	220.00	365.00	221.242	10.333	21.411	4.7
8.40	245.00	400.00	246.242	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.80	15.138	0.85	2.02	Coesivo	Terreno pedologico
4.00	42.147	1.908	2.09	Coesivo	Argilla sabbiosa
7.00	27.361	1.218	2.01	Coesivo	Argilla sabbiosa
8.00	131.704	6.653	2.25	Incoerente	Sabbia

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )
Eu:	Modulo di defomazione non drenato (Kg/cm <sup>2</sup> )
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
OCR:	Grado di sovraconsolidazione
Puv:	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Vs:	Velocità onde di taglio (m/s)

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	0.80	C	0.76	564.64	45.41	147.29	>9	1.93	2.01	--	--	--	156.99
2	4.00	C	1.40	1561.91	84.29	275.35	>9	2.10	2.18	--	--	--	252.38
3	7.00	C	0.91	983.59	54.72	211.47	7.56	2.02	2.10	--	--	--	266.22
4	8.00	I	--	--	197.56	552.37	1.45	1.80	2.10	70.99	31.85	329.26	439.86

# ALLEGATO 2

## Risultati delle analisi MASW

Sito: Musciano, Montopoli in VA  
Data: Dicembre 2019

Esecutore prova:  
Geol. Eraldo Santarnecchi

# 1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....24  
Numero di campioni temporali .....8000  
Passo temporale di acquisizione ..... 0.25ms  
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 ..... 1999.75ms  
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

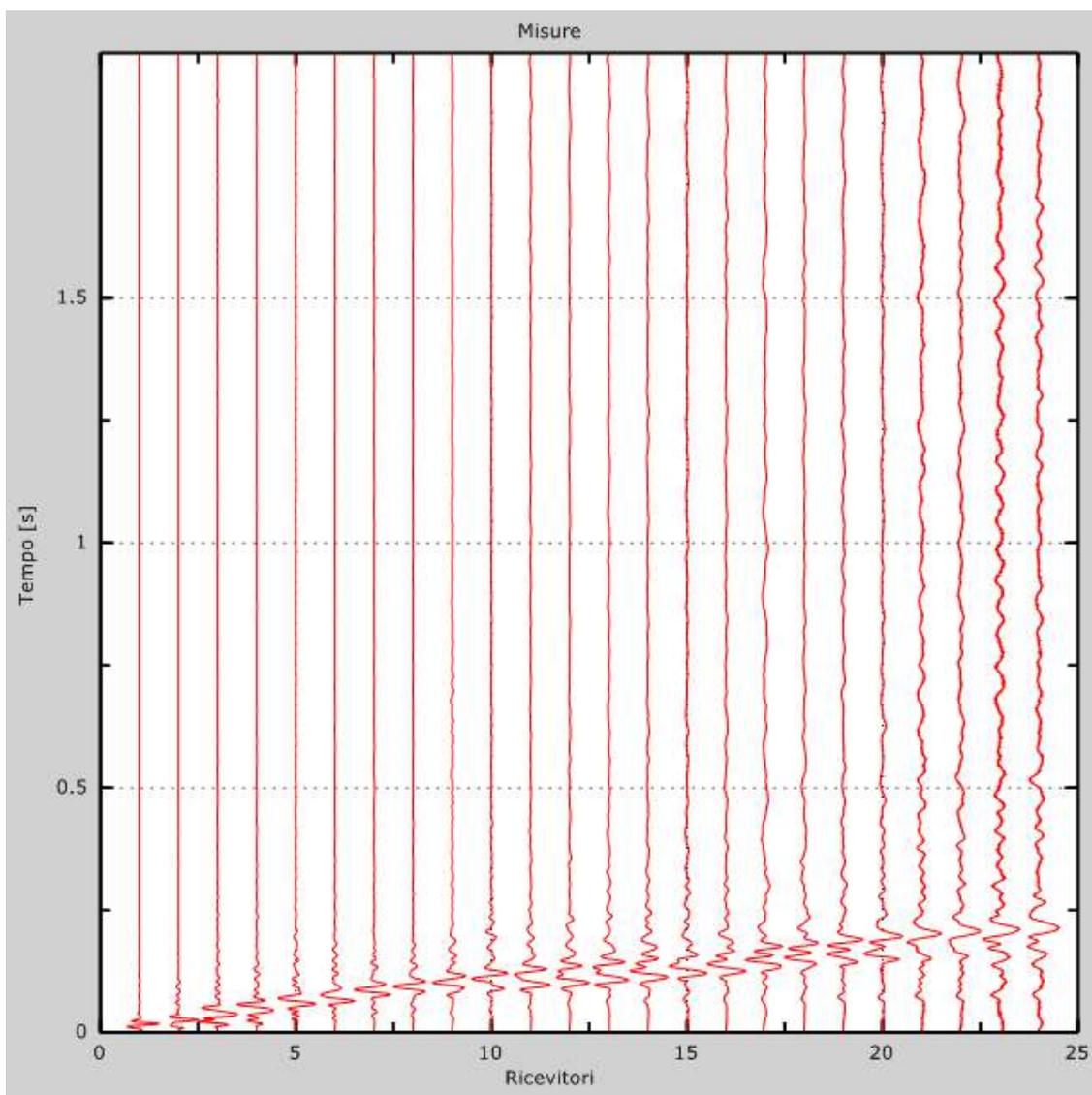


Figura 1: Tracce sperimentali

## 2 - Risultati delle analisi

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

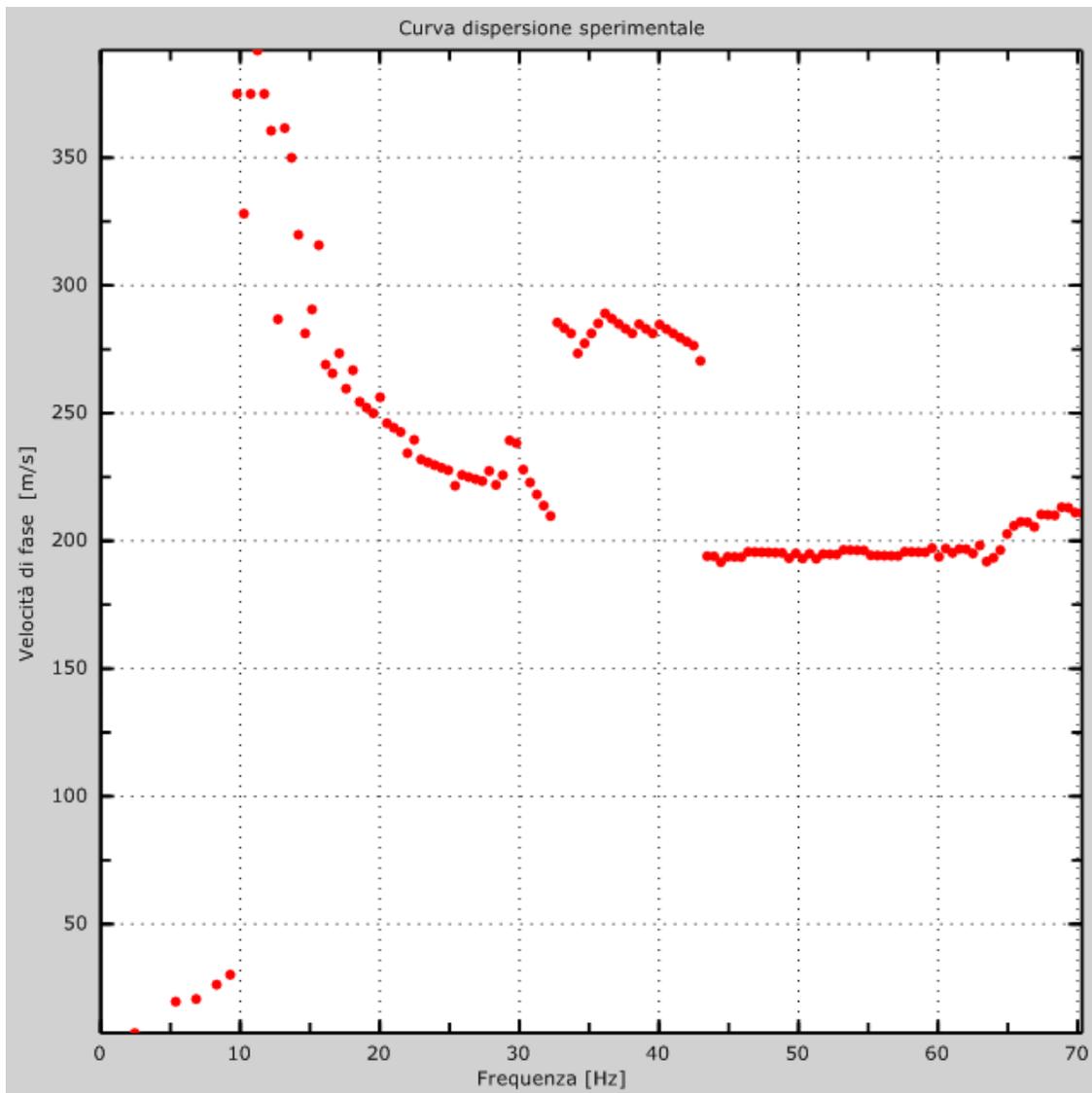


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

### 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]
12.4121	347.82	318.038	377.602
14.0432	291.566	282.741	300.39
16.8976	270.608	260.681	280.535
20.5676	249.65	241.929	257.371
23.6259	233.105	226.487	239.723
29.1309	223.177	214.353	232.002
32.1892	212.147	202.22	222.074
43.8108	196.705	188.983	204.426
46.8691	193.395	184.571	202.22
49.9274	193.395	186.777	200.014
53.1896	197.808	193.395	202.22
56.4518	193.395	187.88	198.911
60.7334	194.499	188.983	200.014
63.7917	194.499	191.189	197.808

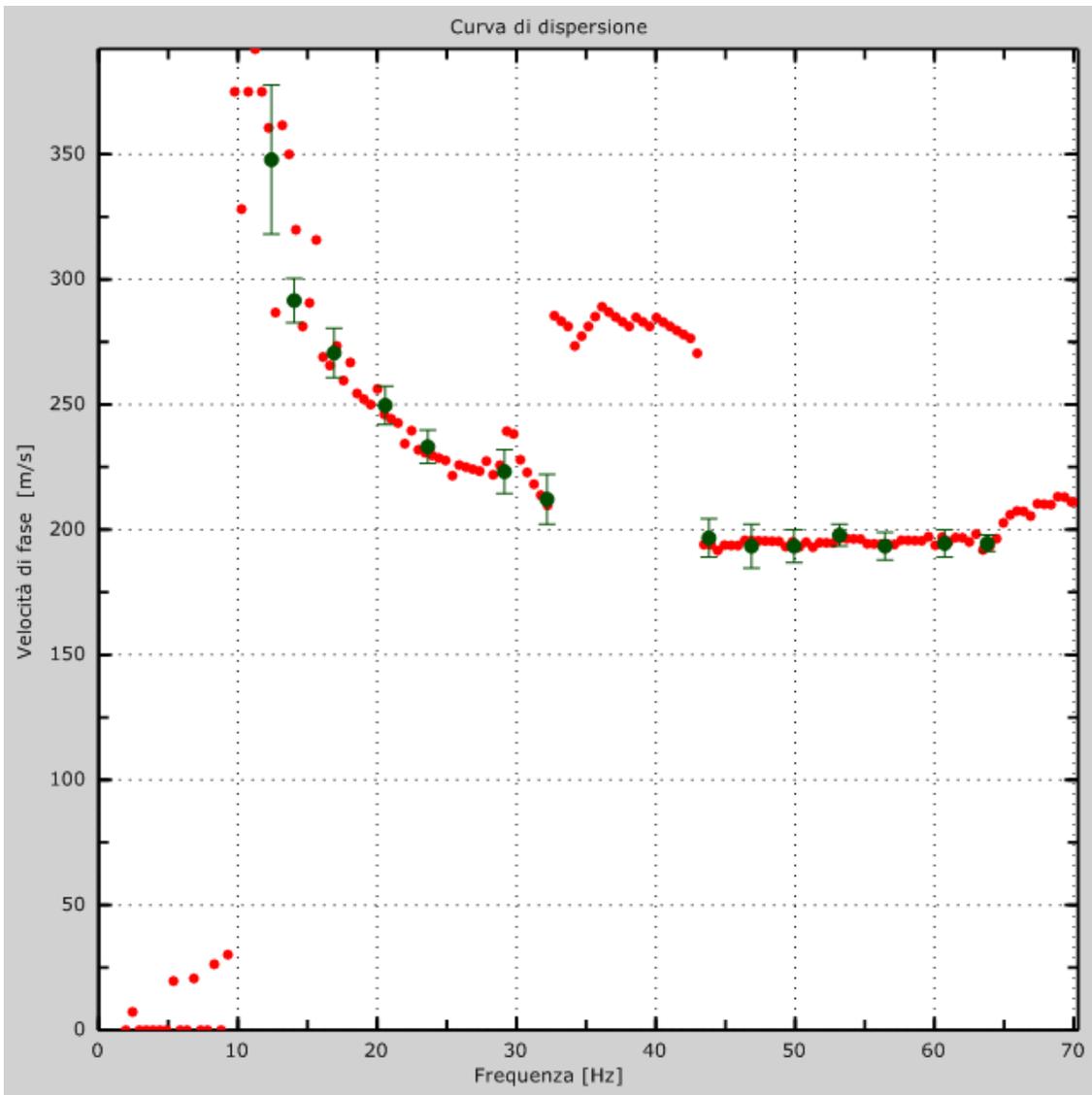


Figura 3: Curva di dispersione

## 4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) .....	9
Spaziatura ricevitori [m] .....	1.5m
Numero ricevitori .....	24
Numero modi .....	1

### Strato 1: terreno pedologico

h [m] .....	0.8
z [m] .....	-0.8
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1700
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	200
Vp [m/s] .....	416.33
Vs min [m/s] .....	108.06
Vs max [m/s] .....	300.000000
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	200.000

### Strato 2: argilla sabbiosa

h [m] .....	3.2
z [m] .....	-4
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	2000
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	220
Vp [m/s] .....	457.97
Vs min [m/s] .....	123.99
Vs max [m/s] .....	330.000000
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	220.000

### Strato 3: argilla sabbiosa

h [m] .....	3
z [m] .....	-7
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	2000
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	280
Vp [m/s] .....	582.87

Vs min [m/s] ..... 150.34  
 Vs max [m/s].....420.000000  
 Falda non presente nello strato  
 Strato non alluvionale  
 Vs fin.[m/s] .....280.000

**Strato 4: sabbia limosa**

h [m].....3  
 z [m].....-10  
 Densità [kg/m<sup>3</sup>].....1800  
 Poisson .....0.35  
 Vs [m/s].....400  
 Vp [m/s] .....832.67  
 Vs min [m/s] .....193.23  
 Vs max [m/s].....600.000000  
 Falda non presente nello strato  
 Strato non alluvionale  
 Vs fin.[m/s] .....400.000

**Strato 5: sabbia**

h [m].....5  
 z [m].....-15  
 Densità [kg/m<sup>3</sup>].....1900  
 Poisson .....0.35  
 Vs [m/s].....400  
 Vp [m/s] .....832.67  
 Vs min [m/s] .....193.23  
 Vs max [m/s].....600.000000  
 Falda non presente nello strato  
 Strato non alluvionale  
 Vs fin.[m/s] .....400.000

**Strato 6**

h [m].....5  
 z [m].....-20  
 Densità [kg/m<sup>3</sup>].....1900  
 Poisson .....0.35  
 Vs [m/s].....400  
 Vp [m/s] .....832.67  
 Vs min [m/s] .....193.23  
 Vs max [m/s].....600.000000  
 Falda non presente nello strato  
 Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] .....400.000

### **Strato 7**

h [m] .....5

z [m] .....-25

Densità [kg/m<sup>3</sup>]..... 1900

Poisson .....0.35

Vs [m/s].....400

Vp [m/s] .....832.67

Vs min [m/s] .....193.23

Vs max [m/s].....600.000000

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] .....400.000

### **Strato 8**

h [m] .....6

z [m] .....-31

Densità [kg/m<sup>3</sup>]..... 1900

Poisson .....0.35

Vs [m/s].....400

Vp [m/s] .....832.67

Vs min [m/s] .....193.23

Vs max [m/s].....600.000000

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] .....400.000

### **Strato 9**

h [m] .....0

z [m] .....-00

Densità [kg/m<sup>3</sup>]..... 1900

Poisson .....0.35

Vs [m/s].....400

Vp [m/s] .....832.67

Vs min [m/s] .....193.23

Vs max [m/s].....600.000000

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] .....400.000

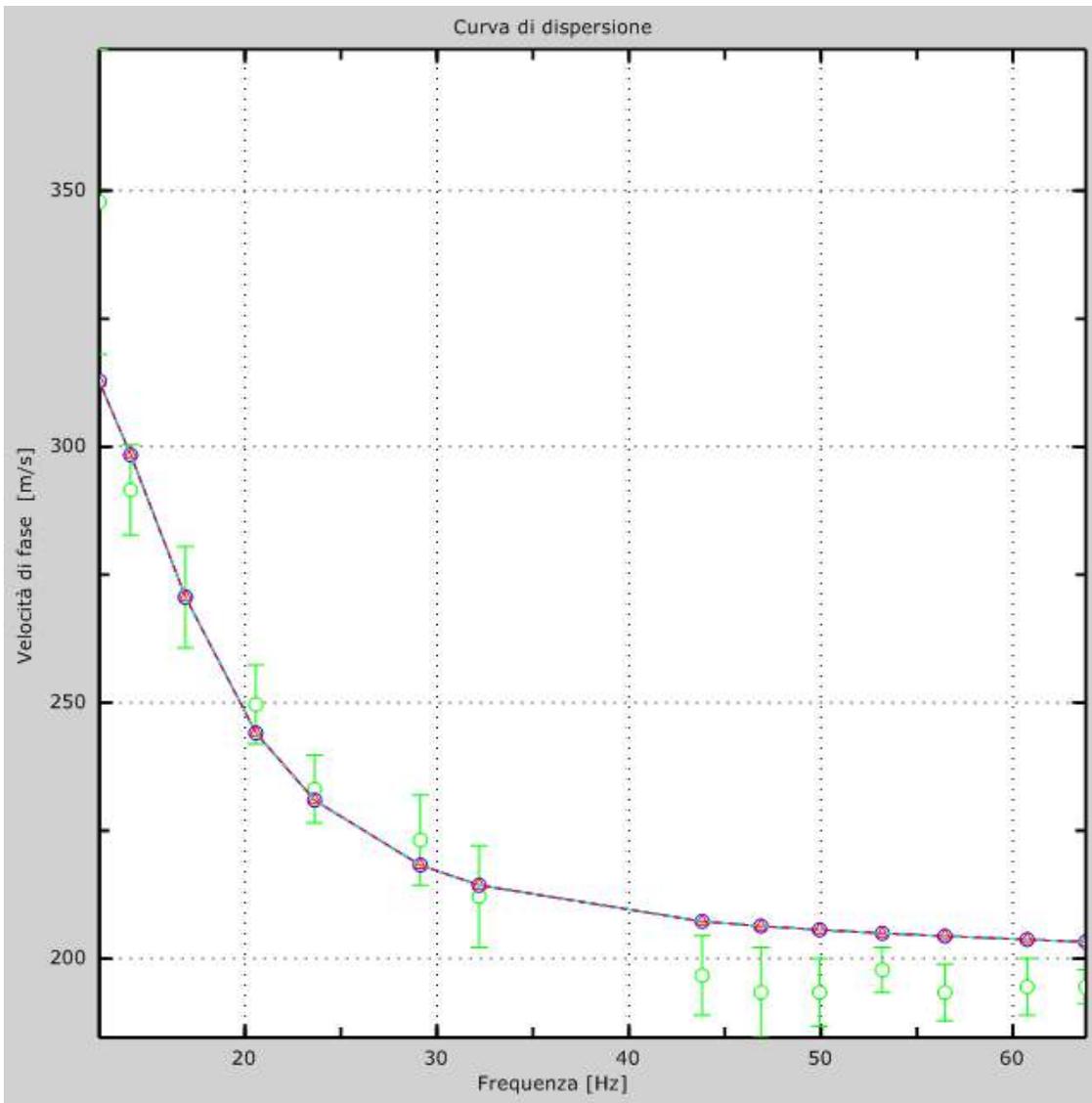


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

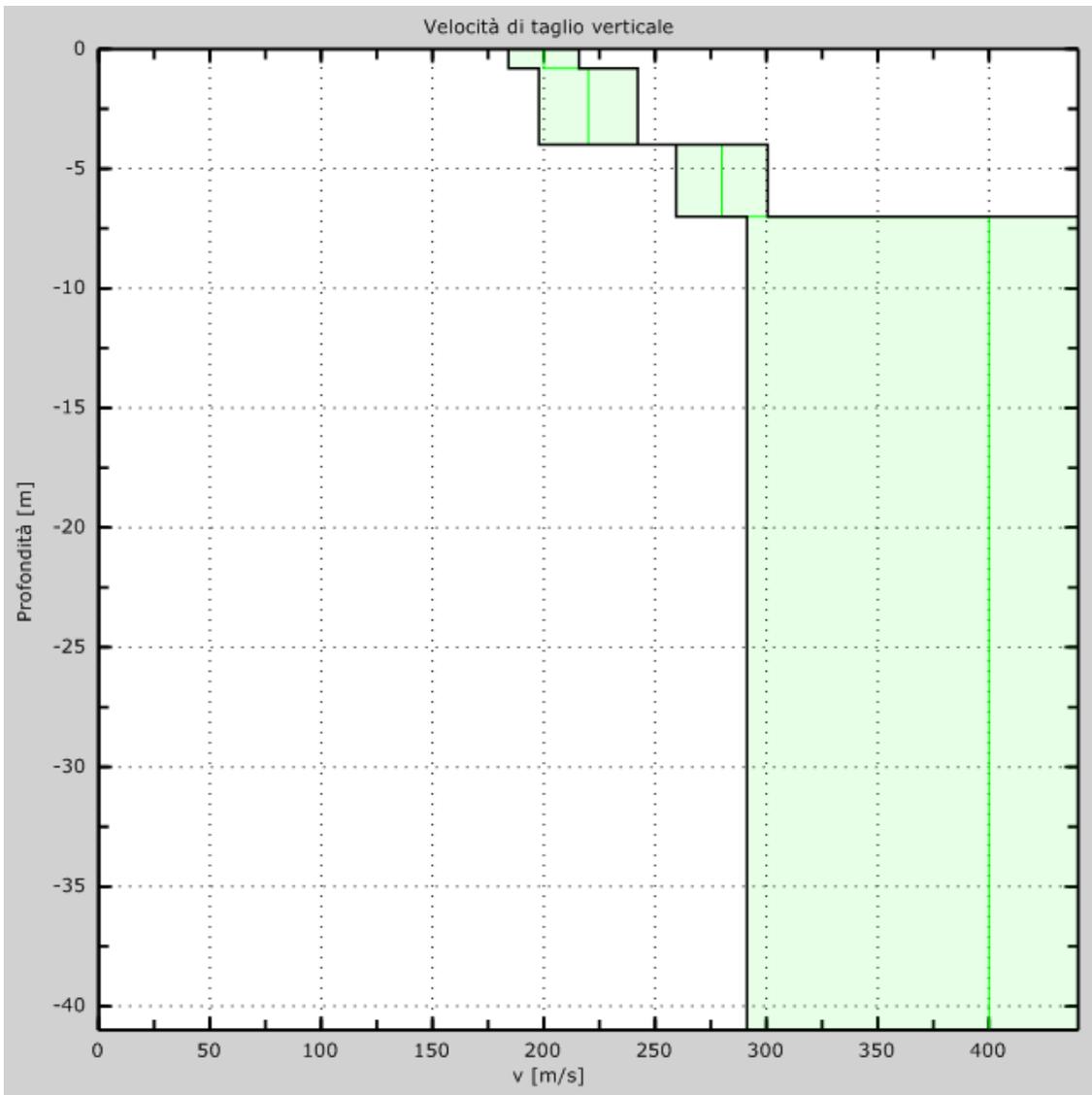


Figura 5: Profilo Vs numerico

## 5 - Risultati finali

**Vs30 [m/s] .....345**  
**Tipo di suolo ..... C**



# **ALLEGATO 3**

**INDAGINE DI SISMICA PASSIVA HVSR**



**Geognostica Fiorentina srl**

Via di Porto, 11-13 • 50018 • Scandicci (FI)

C.F./P.IVA • 05256260489

Tel. e Fax • 055 720195

E-mail • [info@geognosticafiorentina.com](mailto:info@geognosticafiorentina.com)

Web • [www.geognosticafiorentina.com](http://www.geognosticafiorentina.com)

COMUNE DI MONTOPOLI IN VALDARNO  
Provincia di Pisa



Oggetto:

Indagine di sismica passiva mediante  
metodologia HVSR

RELAZIONE TECNICA



Località:

Via Pino, 88  
Montopoli in Valdarno (PI)



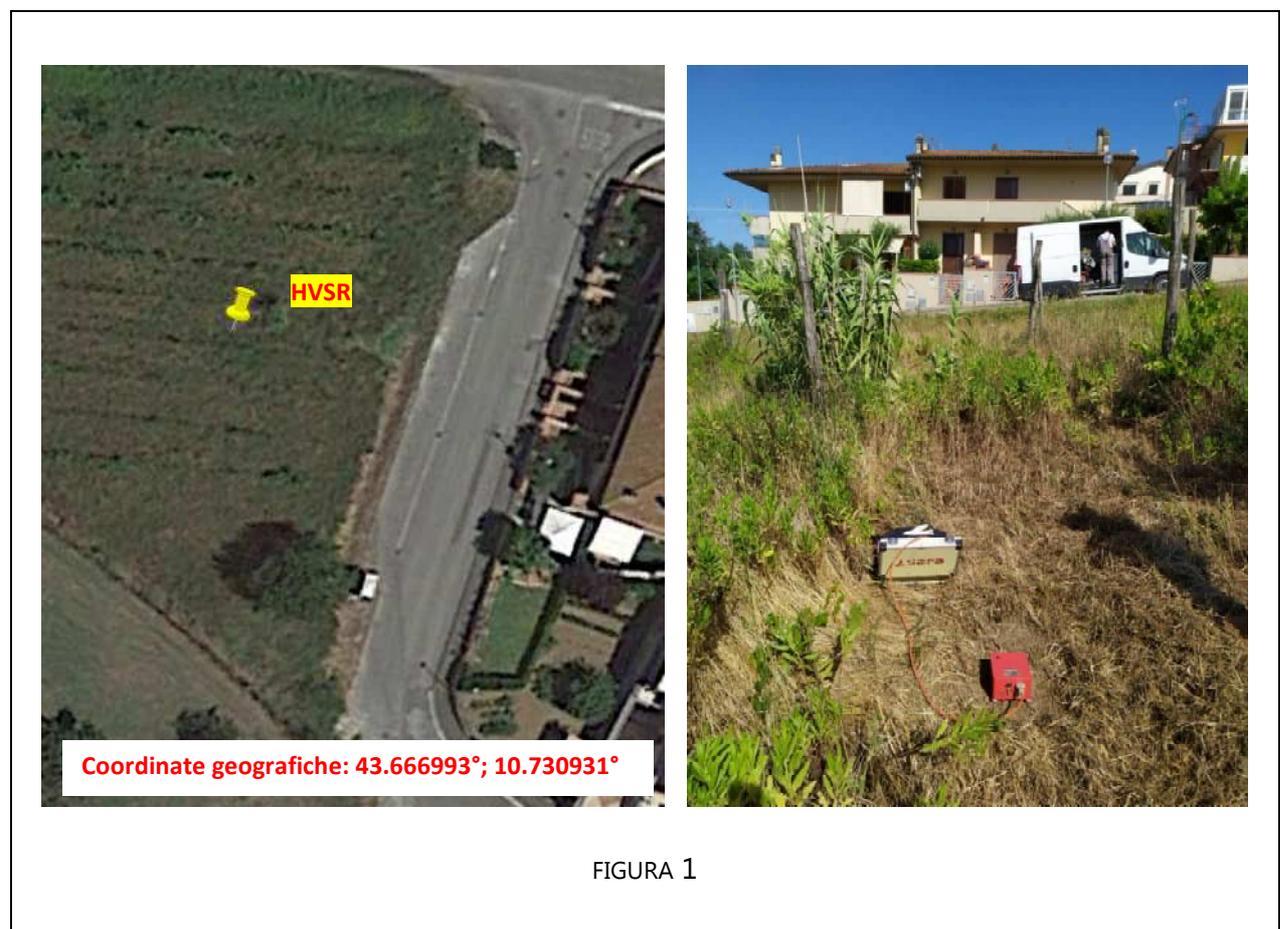
Committente:

Dott. Geol. Eraldo Santarnecki

## Introduzione

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine di sismica passiva, eseguita su n. 1 stazione di misura, con metodologia HVSR (Horizontal Vertical Spectral Ratio) (Vedi FIGURA 1) in data 10 Luglio 2020, come concordato con la Committenza, in via Pino n.88 - Comune di Montopoli in Valdarno (PI).

Di seguito vengono descritte la metodologia d'indagine, lo schema operativo, la strumentazione utilizzata, le modalità di analisi dei dati, ed infine i risultati ottenuti.



## HVSR: metodologia d'indagine

Il metodo *HVSR* (*Horizontal Vertical Spectral Ratio*), è una tecnica di sismica "passiva" che si basa sulla misura delle vibrazioni del terreno indotte da sorgenti non controllate, attraverso un apparato di registrazione dotato di 3 velocimetri disposti nelle tre direzioni dello spazio, e sull'analisi del

rapporto spettrale tra le componenti orizzontali (H) e verticali (V) di quello che viene definito “rumore sismico”, “vibrazione ambientale” o “microtremore”, costituito da piccole vibrazioni del terreno dell’ordine di  $10^{-4}$ - $10^{-2}$  cm. Gli spettri verticali e orizzontali variano in funzione dell’anisotropia del mezzo attraversato e dei gradienti di impedenza presenti nel sottosuolo:

$$\text{Rapporto di impedenza sismica } I = \rho_r V_r / \rho_s V_s$$

Dove  $\rho_r$  è la densità del substrato e  $\rho_s$  del terreno soprastante;  $V_r$  la velocità delle onde di taglio del substrato e  $V_s$  del terreno.

Gli effetti stratigrafici di amplificazione sismica sono influenzati dal rapporto d’impedenza, e le frequenze corrispondenti ai massimi della funzione di amplificazione si chiamano frequenze (periodi) naturali di vibrazioni del deposito. Il periodo proprio di sito è indicato dalla seguente formula:

$$T_0 = 4H/V_s$$

Dove:  $V_s$  è la velocità delle onde di taglio fino al bedrock (inteso come un orizzonte con forte contrasto di  $V_s$  che dà origine ad un picco dell’H/V); H lo spessore dei sedimenti sovrastanti il bedrock. Di fondamentale importanza risulta la conoscenza della frequenza di sito per il fenomeno della “doppia risonanza”, cioè la corrispondenza tra la frequenza fondamentale del segnale sismico trasmesso in superficie e la frequenza delle strutture in progetto o dei manufatti già esistenti.

### **Schema operativo**

In FIGURA 1, è riportato un inquadramento dell’area con ubicato il punto di misura effettuato e la relativa foto. Per l’acquisizione si è adottata la seguente configurazione:

- Acquisizione:

- registrazione: 20 minuti
- frequenza di campionamento: 300 Hz (ricampionato a 64 Hz in fase di elaborazione)

- Elaborazione:

- finestra: 40 secondi
- tapering: 5%
- lisciamento: finestra triangolare (15%)

### **Strumentazione impiegata**

L'acquisizione HVSR è stata effettuata tramite sismografo triassiale SR04C3 - SARA electronic instruments, con geofoni da 4.5 Hz dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, collegato ad un Notebook ASUS Eee PC 1001PX. I dati acquisiti mediante software SEISMOLOG-MT, della SARA electronic instruments, ed analizzati mediante WINMASW 2019 Academy della Eliosoft.

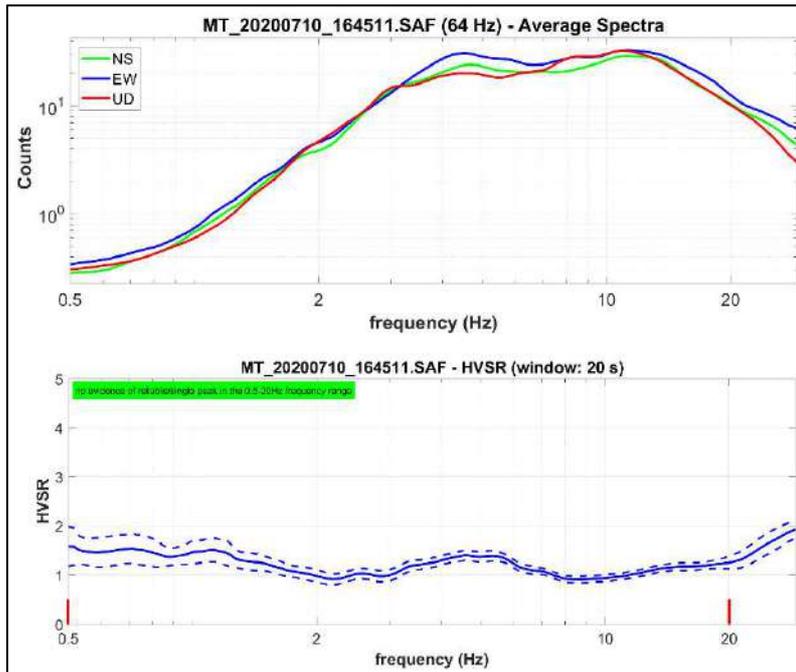
### **Analisi e risultati dell'indagine**

Nell'analisi dei dati HVSR vengono inizialmente individuati eventuali transienti (eventi con eccessiva ampiezza) da rimuovere, e viene poi creato lo spettro di frequenza delle tre componenti (le due orizzontali e quella verticale) ed il rapporto spettrale H/V, dividendo la serie temporale in n finestre da 20 secondi, in parziale sovrapposizione (*Tavola 1*).

Dai risultati ottenuti non risultano evidenti picchi di frequenza statisticamente significativi, si esclude pertanto la presenza di contrasti di impedenza che potrebbero causare effetti di amplificazione sismica per motivi stratigrafici, per lo meno nel range di interesse ingegneristico.

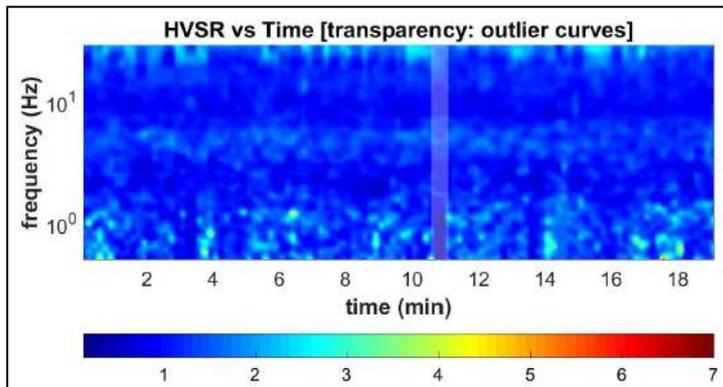
Scandicci, lì 18/07/2020

**HVSR**

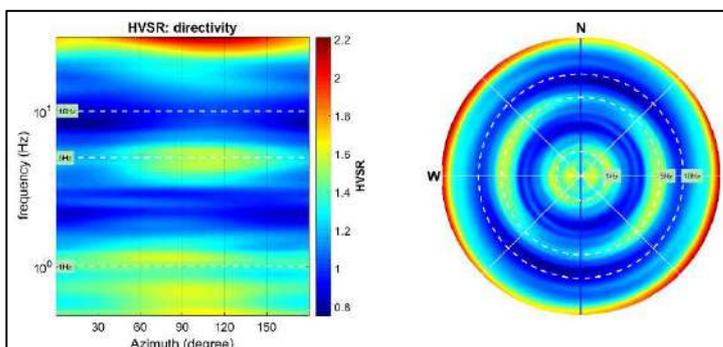


Spettri d'ampiezza delle tre componenti (orizzontali NS-EW e verticali UD)

Rapporto spettrale H/V



Persistenza dell'HVSR



Direttività del segnale

TAVOLA 1