

COMUNE DI EMPOLI (Fi)

**REALIZZAZIONE NUOVO POLO SPORTIVO DI
ATLETICA A SERVIZIO DELLE SCUOLE
IN VIA R. SANZIO – PRIMO STRALCIO**

**VARIANTE AL R.U. MEDIANTE APPROVAZIONE DEL
PROGETTO DEFINITIVO DI CUI ALL'ART.34 DELLA
L.R. 65/2014E DICHIARAZIONE DI PUBBLICA
UTILITA' CON APPOSIZIONE DI VINCOLO
PREORDINATO ALL'ESPROPRIO**

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'

(D.P.G.R. 30 GENNAIO 2020 N. 5/R)

COMMITTENTE:	COMUNE DI EMPOLI
GEOLOGO:	DR. GEOL. ERALDO SANTARNECCHI
DATA:	NOVEMBRE 2022

IL GEOLOGO

Dr. Geol. Eraldo Santarneckchi

*Isritto 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

1	PREMESSA.....	2
2	INQUADRAMENTO	3
2.1	Ubicazione ed inquadramento geologico-geomorfologico.....	3
3	CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ SECONDO GLI STRUMENTI URBANISTICI ATTUALMENTE IN VIGORE.	4
4	RISCHIO SISMICO	5
4.1	Categorie del suolo di fondazione	6
4.1.1-	Metodologia sismica down hole.....	8
5	CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA, STRATIGRAFIA E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE DEL SOTTOSUOLO 9	
6	CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ (SECONDO I CRITERI DETTATI DAL DPGR 30 GENNAIO 2020 N. 5/R).10	
6.1	Carta della Pericolosità Geologica	11
6.2	Carta della Pericolosità da alluvione	11
6.3	Carta delle aree a Pericolosità Sismica Locale	11
7	DEFINIZIONE DELLA FATTIBILITÀ' (SECONDO I CRITERI DETTATI DAL DPGR 30 GENNAIO 2020 N. 5/R).....	12
8	CONCLUSIONI.....	14
	ALLEGATI	15

1 PREMESSA

Nella presente relazione di Fattibilità Geologica è stata redatta per la Variante al Regolamento Urbanistico comunale riguardante la realizzazione del nuovo polo sportivo di atletica in via R. Sanzio nel comune di Empoli (FI) (vedi corografia allegata).

Come meglio osservabile negli elaborati progettuali, l'opera senza dubbio più rilevante in questo progetto, dal punto di vista geologico e strutturale consiste nella realizzazione di una tribuna a pianta rettangolare su più livelli e con copertura. La realizzazione del progetto è subordinata all'approvazione di una specifica variante al R.U. vigente e dichiarazione di pubblica utilità con apposizione di vincolo preordinato all'esproprio.

In questo studio, 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 una campagna geognostica eseguita in sito, anche ai fini della progettazione esecutiva, consistente in:

- n°1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo fino a 20 m di profondità, poi a distruzione fino a -32 m, con prelievo di due campioni a basso grado di disturbo e n°2 prove SPT in foro;
- prove geotecniche di laboratorio sui due campioni prelevati, per determinazione dei principali parametri geomeccanici;
- n°2 prove penetrometriche tipo CPT;
- prova sismica in forno tipo down hole.

L'ubicazione delle indagini geognostiche eseguite viene riportata nella planimetria del sito riportata in figura 9 allegata.

Si riporta inoltre l'inquadramento dell'area di intervento in termini di Pericolosità e Fattibilità secondo gli strumenti urbanistici attualmente in vigore (elaborati di supporto al Piano Strutturale Comunale vigente) e l'inquadramento dell'area in termini di Pericolosità secondo il nuovo DPGR 5/R-2020, fornendo indicazioni tecniche a supporto della progettazione esecutiva.

2 INQUADRAMENTO

2.1 Ubicazione ed inquadramento geologico-geomorfologico

La zona oggetto di intervento si colloca immediatamente ad est del centro urbano di Empoli, in una zona di pianura posta circa 1 km a Sud dell'argine sinistro idrografico del Fiume Arno, ad una quota media sul l.m.m. di circa 24 m (vedi corografia allegata).

La morfologia è sostanzialmente pianeggiante; non si ravvisano segni di instabilità morfologica che possano influenzare l'intervento in progetto.

Per quanto riguarda le condizioni lito-stratigrafiche generali e locali, la zona in esame è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali attuali e recenti di composizione limoso ed argillosa, come schematicamente illustrato nello stralcio della carta geologica del Piano Strutturale comunale riportata nelle figure allegate.

La stratigrafia dei terreni di fondazione è stata ricostruita attraverso l'elaborazione di un sondaggio geognostico a carotaggio continuo e n°2 prove penetrometriche eseguite nell'area d'intervento.

Sotto il profilo idrogeologico, in questi depositi alluvionali è presente una falda localizzata entro i sedimenti a composizione prevalentemente sabbiosa che si ritrovano a partire da circa 11 m di profondità. La carta idrogeologica contenuta nel P.S. comunale indica per questa zona un livello di falda situato a circa 13 m s.l.m., ovvero a -11 m dal p.c. locale, come del resto è stato riscontrato nel corso delle indagini geognostiche. Nel periodo invernale ed in quelli caratterizzati da precipitazioni abbondanti può essere presente anche una falda più superficiale nei sedimenti limoso – argillosi.

3 CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ SECONDO GLI STRUMENTI URBANISTICI ATTUALMENTE IN VIGORE.

Gli elaborati di supporto al Regolamento Urbanistico Comunale vigente inseriscono l'area in esame nelle seguenti classi di Pericolosità:

- **Pericolosità Geomorfologica media – G.2** (vedi figura 6 allegata) comprendente le aree con elementi geolitologici, geomorfologici e giaciture caratterizzati da una bassa propensione al dissesto.
- **Classe di Pericolosità Idraulica media – I.2** (vedi figura 5 allegata), all'interno delle aree allagate nel 1966 e nel 1992; per l'evento alluvionale del 1966 nella zona è stato raggiunto un battente idraulico di circa 1,9 m. Adesso questa zona risulta in posizione di sicurezza idraulica, come illustrato nelle carte delle aree allagabili riportate nel più recente studio idraulico del Regolamento Urbanistico comunale (vedi stralci cartografici di figg. 3a e 3b allegati).
- **Classe di Pericolosità Sismica Locale media – S.2** (vedi figura 7 allegata) comprendente le zone stabili potenzialmente suscettibili di amplificazioni sismiche locali.

Sempre dal punto di vista idraulico si sottolinea che il Piano di gestione del Rischio Alluvioni dell'Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale classifica l'area come **P1 – alluvioni rare e/o di estrema intensità**, ovvero aree soggette ad inondazioni per tempo di ritorno $Tr = 500$ anni. In questa categoria l'area può essere considerata in sicurezza idraulica e non si applicano le disposizioni contenute nella L.R. n°41/2018.

4 RISCHIO SISMICO

Il territorio del Comune di Empoli, 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.

ag = accelerazione massima al sito;

Fo = 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_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:

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

In cui H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS 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

Nel caso specifico, per l'individuazione della categoria di suolo e quindi per l'individuazione del parametro Vs30 a supporto della progettazione esecutiva è stata eseguita un' **indagine sismica in foro (down hole)**. Nel paragrafo successivo vengono riportati i risultati ottenuti con tale indagine.

4.1.1- Metodologia sismica down hole

L'indagine sismica è stata svolta attraverso l'esecuzione di una prova sismica in foro eseguita nel perforo del sondaggio geognostico, opportunamente rivestito per consentire la corretta esecuzione di tale indagine. Per l'ubicazione si rimanda alla planimetria di TAV.1 allegata.

Rimandando per tutti i dettagli dell'indagine alla visione degli elaborati allegati, si riporta sinteticamente che il modello conseguito dall'elaborazione di tale indagine geofisica individua un **valore di Vs30 pari a 233 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. Negli allegati alla presente relazione è riportata l'elaborazione completa dell'indagine down hole eseguita.

5 CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA, STRATIGRAFIA E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE DEL SOTTOSUOLO

I terreni presenti in affioramento nell'area indagata sono costituiti da depositi alluvionali inizialmente limosi ed argillosi, poi più sabbiosi in profondità. Per una più precisa definizione della stratigrafia del sito ed una valutazione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni sono state eseguite in loco:

- n°1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo fino a 20 m di profondità, poi a distruzione fino a -32 m, con prelievo di due campioni a basso grado di disturbo e n°2 prove SPT in foro;
- prove geotecniche di laboratorio sui due campioni prelevati, per determinazione dei principali parametri geomeccanici;
- n°2 prove penetrometriche tipo CPT;

L'ubicazione delle suddette indagini è visibile nella "carta litotecnica e dei dati di base" redatta a supporto della presente variante Urbanistica, visibile in fig. 9 allegata.

STRATO	PROFONDITÀ (m)	LITOLOGIA	PARAMETRI GEOTECNICI
1	p.c. - 7.50	limi argillosi e sabbiosi moderatamente consistenti	$\gamma = 1,8 \text{ T/mc}$ $Cu = 0,14 \text{ Kg/cm}^2$ $C' = 0,05 \text{ Kg/cm}^2$ $\phi = 30^\circ$ $Mo = 15 - 27 \text{ Kg/cm}^2$
2	7.50 - 9.00	sabbie limose poco addensate	$\gamma = 1,8 \text{ T/mc}$ $Cu = 0 \text{ Kg/cm}^2$

			$C'_k = 0 \text{ Kg/cm}^2$ $\phi = 25^\circ$ $Mo = 20 \text{ Kg/cm}^2$
3	9.00 – 12.00	Argille limose poco consistenti	$\gamma = 1,85 \text{ T/mc}$ $Cu = 0,15 \text{ Kg/cm}^2$ $C' = 0 \text{ KPa}$ $\phi = 24^\circ$ $Mo = 20 \text{ Kg/cm}^2$
4	12.0 – 32.0	Sabbie limose da mediamente addensate ad addensate	$\gamma = 1,95 \text{ T/mc}$ $Cu = 0,22 \text{ Kg/cm}^2$ $C' = 0,05 \text{ Kg/cm}^2$ $\phi = 38^\circ$ $Mo = 50 - 78 \text{ Kg/cm}^2$

Tabella – stratigrafia e parametri geotecnici. γ - peso di volume; ϕ – angolo di attrito interno; Cu – coesione non drenata; C' coesione drenata; Mo – Modulo edometrico.

I parametri geotecnici sopra riportati hanno carattere preliminare, poiché la modellazione geotecnica definitiva potrà essere effettuata solo a supporto della progettazione esecutiva, ove si valuterà, in funzione delle opere in progetto e delle classi d'indagine definite nel D.P.G.R. 1/R/2022, l'eventuale necessità di eseguire ulteriori indagini geognostiche.

6 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 di Lottizzazione, 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.

6.1 Carta della Pericolosità Geologica

La carta della Pericolosità Geologica (vedi figura 10) 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 dal R.U. Comunale.

All'area in oggetto è stata assegnata una classe di **Pericolosità Geologica media (classe G.2)** tipica di zone pianeggianti di cui risulta una bassa propensione al dissesto.

6.2 Carta della Pericolosità da alluvione

La carta della Pericolosità da alluvioni (figura 10) è stata redatta facendo riferimento alle classi di pericolosità indicate al punto C.2 dell'allegato A del D.P.G.R. 5/R-2020. Come confermato dallo studio idraulico contenuto nel R.U. comunale vigente, la zona attualmente si trova in sicurezza rispetto ad eventi alluvionali con tempo di ritorno $T_r = 200$ anni. Perciò è stata attribuita una classe di **Pericolosità da Alluvione P1 – alluvioni rare e/o di estrema intensità**, in accordo con quanto definito anche dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Autorità di Bacino Appennino Settentrionale.

6.3 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. 5/R/2020 di cui al punto C.3.

L'indagine sismica down hole svolta in sito ha evidenziato la presenza di terreni limoso argillosi caratterizzati da Vs circa compresa fra 180 e 250 m/sec per uno spessore di circa 22 m, seguiti da sedimenti prevalentemente sabbiosi con valori di Vs decisamente più elevati, intorno a 500 m/sec, con una profondità del bedrock sismico non rilevata ma, in linea con i dati geologico-stratigrafici e sismici disponibili per la zona, ad una profondità stimata superiore a 100 m. Questo modello litostratigrafico – sismico è ascrivibile alla categoria **Z1** (vedi Carta Mops per l'area d'intervento allegata), come del resto indicato anche nella cartografia MOPS contenuta nello strumento urbanistico comunale vigente. Sulla base di quanto fin qui esposto all'area in esame viene attribuita la **classe di Pericolosità Sismica Locale media S2**, comprendente le zone stabili ma comunque potenzialmente suscettibili di amplificazioni sismiche locali.

7 DEFINIZIONE DELLA FATTIBILITA' (SECONDO I CRITERI DETTATI DAL DPGR 30 GENNAIO 2020 N. 5/R).

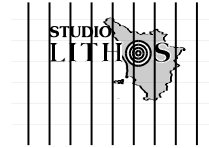
Per la definizione della fattibilità degli interventi, considerando la tipologia dell'opera in progetto e la classi di pericolosità su indicate si forniscono di seguito le valutazioni sulla fattibilità:

Fattibilità Geologica II – con normali vincoli a livello di progetto

La relazione geologica a supporto della progettazione geotecnica dovrà contenere una campagna di indagini geognostiche conforme almeno a quanto definito per la classe d'indagine n°4 nel D.P.G.R. 1/R/2022, utilizzando le indagini fin qui eseguite.

Fattibilità Idraulica II – con normali vincoli a livello di progetto

L'area d'intervento si trova in una zona non interessata da alluvioni per tempo di ritorno $T_r = 200$ anni, per cui non si applicano le limitazioni imposte dalla L.R. n°41/2018.



In questo contesto possono non essere dettate particolari condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico.

Fattibilità Sismica II - con normali vincoli a livello di progetto

Il progetto esecutivo si dovrà basare su una modellazione sismica ricostruita attraverso indagini sismiche in sito in funzione della classe d'indagine n°4 del D.P.G.R. 1/R/2022, valutando, in funzione delle caratteristiche granulometriche dei terreni, l'eventuale suscettibilità alla liquefazione.

8 CONCLUSIONI

La presente relazione di Fattibilità geologica è stata redatta per la Variante al Regolamento Urbanistico comunale riguardante la realizzazione del nuovo polo sportivo di atletica in via R. Sanzio nel comune di Empoli (FI)

Si è proceduto ad un inquadramento dell'area oggetto di intervento in termini di Pericolosità Geologica, pericolosità da alluvioni 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:

- Classe di Pericolosità Geologica: G.2 media
- Classi di pericolosità da alluvioni: P1 – alluvioni rare e/o di estrema intensità
- Classe di Pericolosità Sismica Locale: S.2 media

Sono state inoltre indicate le condizioni di fattibilità delle opere in progetto in funzione delle pericolosità sopra riportate e delle vigenti disposizioni di Legge in materia:

- Fattibilità Geologica II
- Fattibilità Idraulica II
- Fattibilità Sismica II

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

Ponte a Egola, Novembre 2022


Dott. Geol. Eraldo Santarnecchi



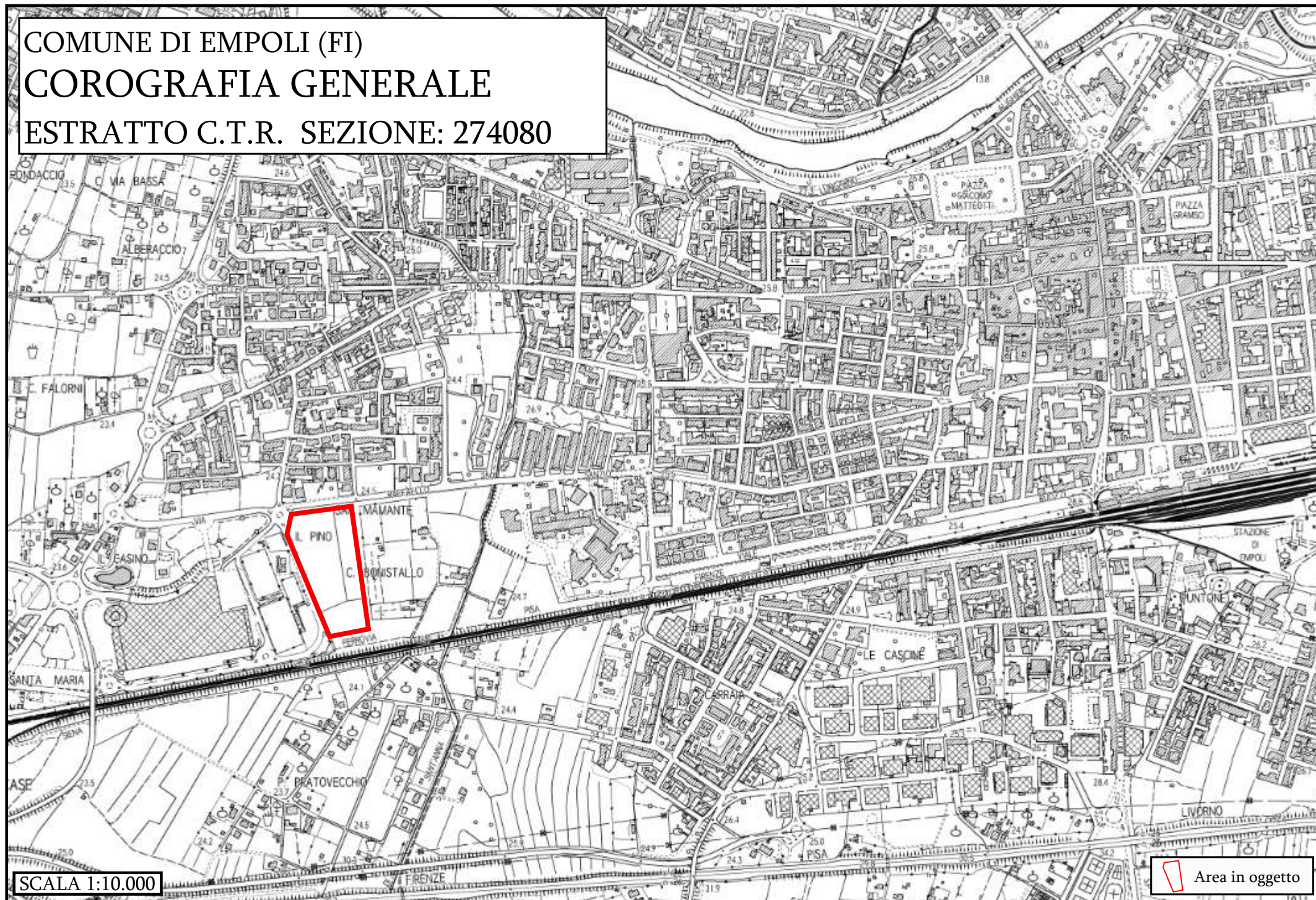
ALLEGATI

- **Fig. 1** - Corografia (scala 1:10.000).
- **Fig. 2** – Stralcio della carta geologica.
- **Fig. 3a e 3b** – Stralcio Carta delle aree allagabili
- **Fig. 4** – Piano di Gestione Rischio Alluvioni – Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale.
- **Fig. 5** – Stralcio Carta della Pericolosità Idraulica.
- **Fig. 6** - Stralcio Carta della Pericolosità Geologica.
- **Fig. 7** – Stralcio Carta della Pericolosità Sismica Locale
- **Fig. 8** – Carta di fattibilità contenuta nel R.U. comunale vigente
- **Fig. 9** – Carta Litotecnica e dei dati di base dell’area d’intervento ai sensi del DPGR 5/R-2020 (scala 1:2000).
- **Fig. 10:**
 - Carta della Pericolosità Geologica dell’area d’intervento ai sensi del DPGR 5/R-2020 (scala 1:2000).
 - Carta della Pericolosità da alluvioni dell’area d’intervento ai sensi del DPGR 5/R-2020 (scala 1:2000).
 - Carta delle M.O.P.S. e della Pericolosità Sismica Locale dell’area d’intervento ai sensi del DPGR 5/R-2020 (scala 1:2000).


Allegati – Certificati ed Elaborazioni indagini geognostiche:

- sondaggio geognostico S1;
- prove geotecniche di laboratorio sui due campioni prelevati;
- n°2 prove penetrometriche CPT;
- prova sismica in forno tipo down hole.

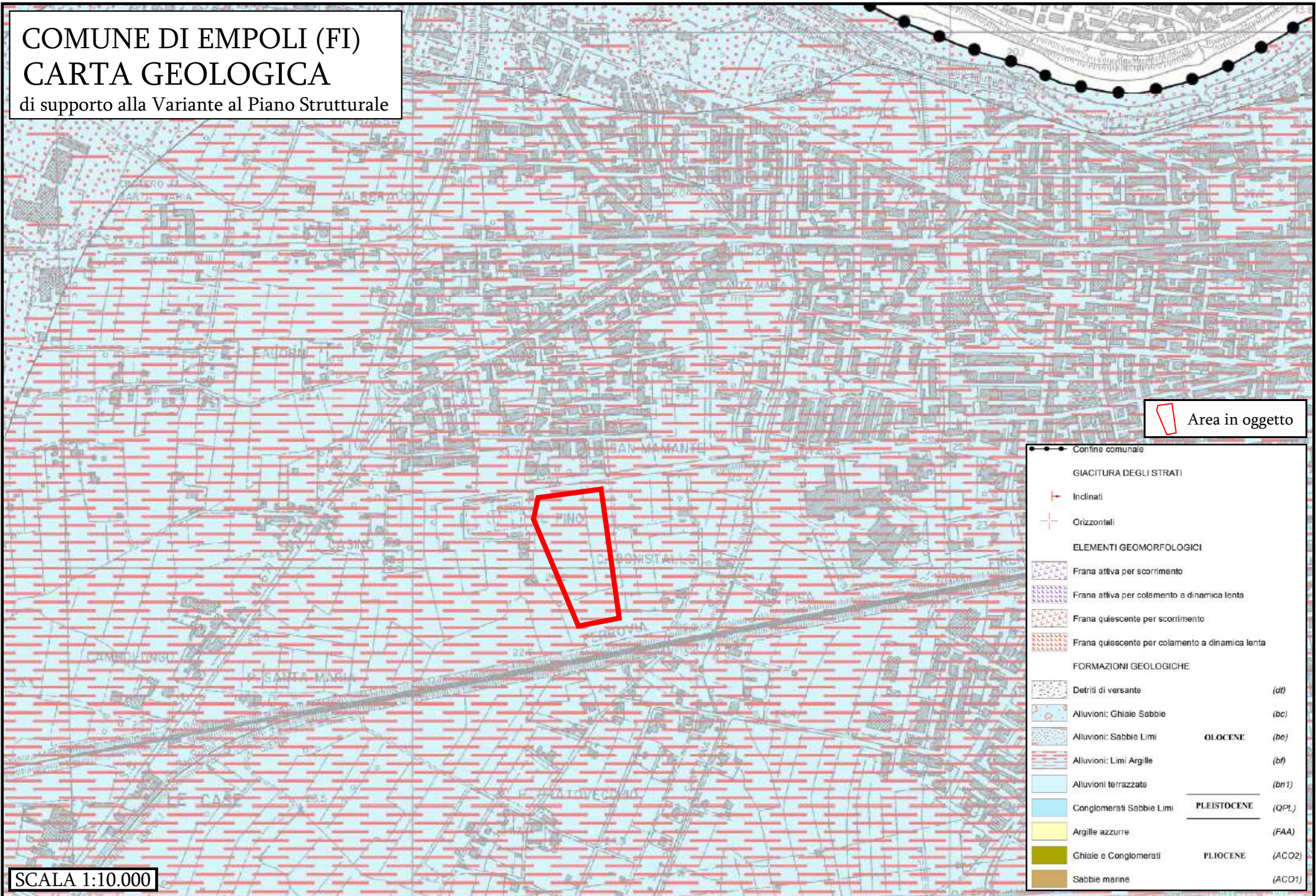
COMUNE DI EMPOLI (FI)
COROGRAFIA GENERALE
ESTRATTO C.T.R. SEZIONE: 274080



SCALA 1:10.000

 Area in oggetto

COMUNE DI EMPOLI (FI)
 CARTA GEOLOGICA
 di supporto alla Variante al Piano Strutturale

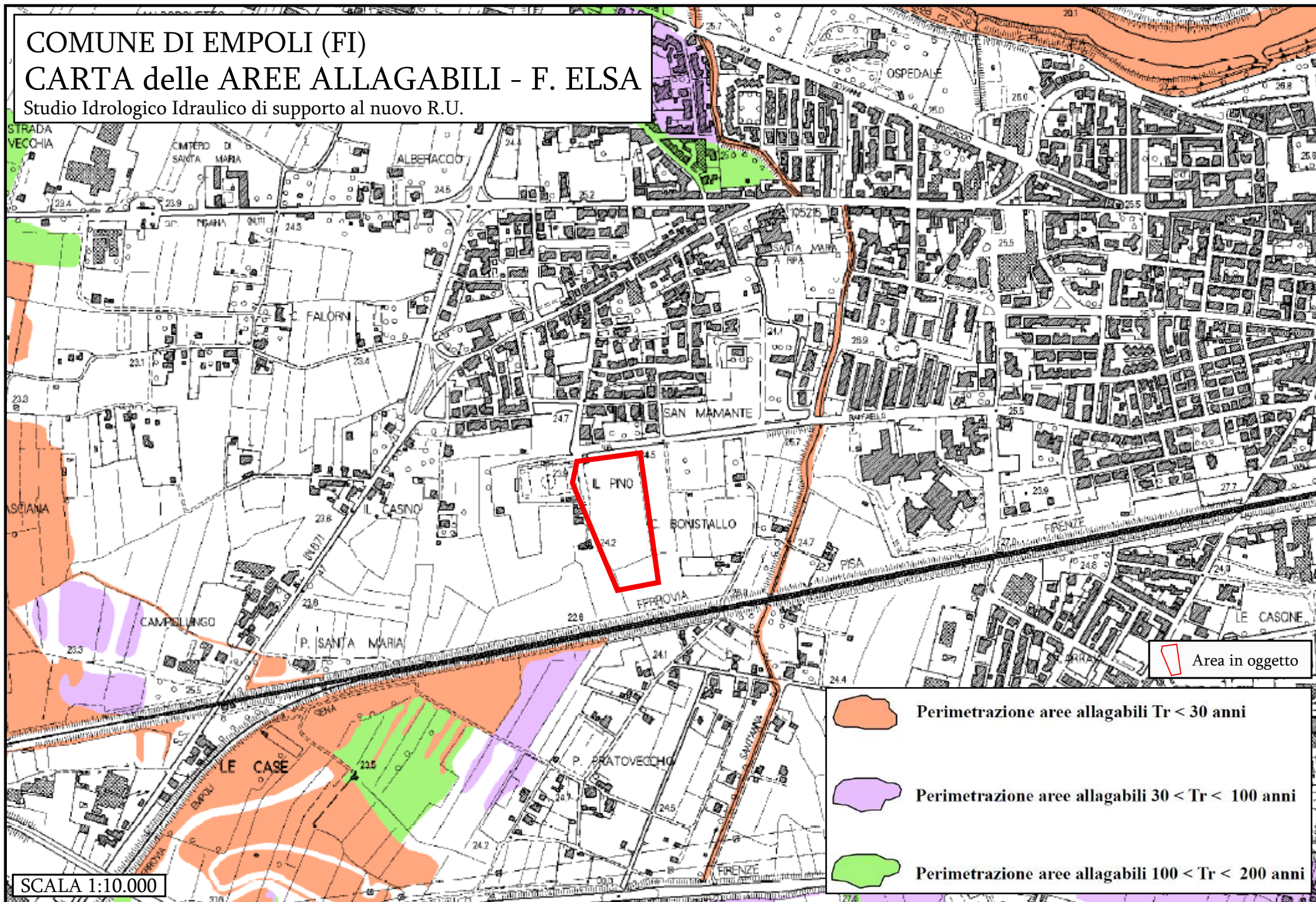


Area in oggetto

●—●	Confine comunale	
GIACITURA DEGLI STRATI		
↗	Inclinati	
+	Orizzontali	
ELEMENTI GEOMORFOLOGICI		
[Pattern]	Frana attiva per scorrimento	
[Pattern]	Frana attiva per colamento a dinamica lenta	
[Pattern]	Frana quiescente per scorrimento	
[Pattern]	Frana quiescente per colamento a dinamica lenta	
FORMAZIONI GEOLOGICHE		
[Pattern]	Detriti di versante	(dt)
[Pattern]	Alluvioni: Ghiaie Sabbie	(bc)
[Pattern]	Alluvioni: Sabbie Limi	OLOCENE (be)
[Pattern]	Alluvioni: Limi Argille	(bf)
[Pattern]	Alluvioni terrazzate	(bn1)
[Pattern]	Conglomerati Sabbie Limi	PLEISTOCENE (QPL)
[Pattern]	Argille azzurre	(FAA)
[Pattern]	Ghiaie e Conglomerati	PLIOCENE (ACO2)
[Pattern]	Sabbie marine	(ACO1)

SCALA 1:10.000

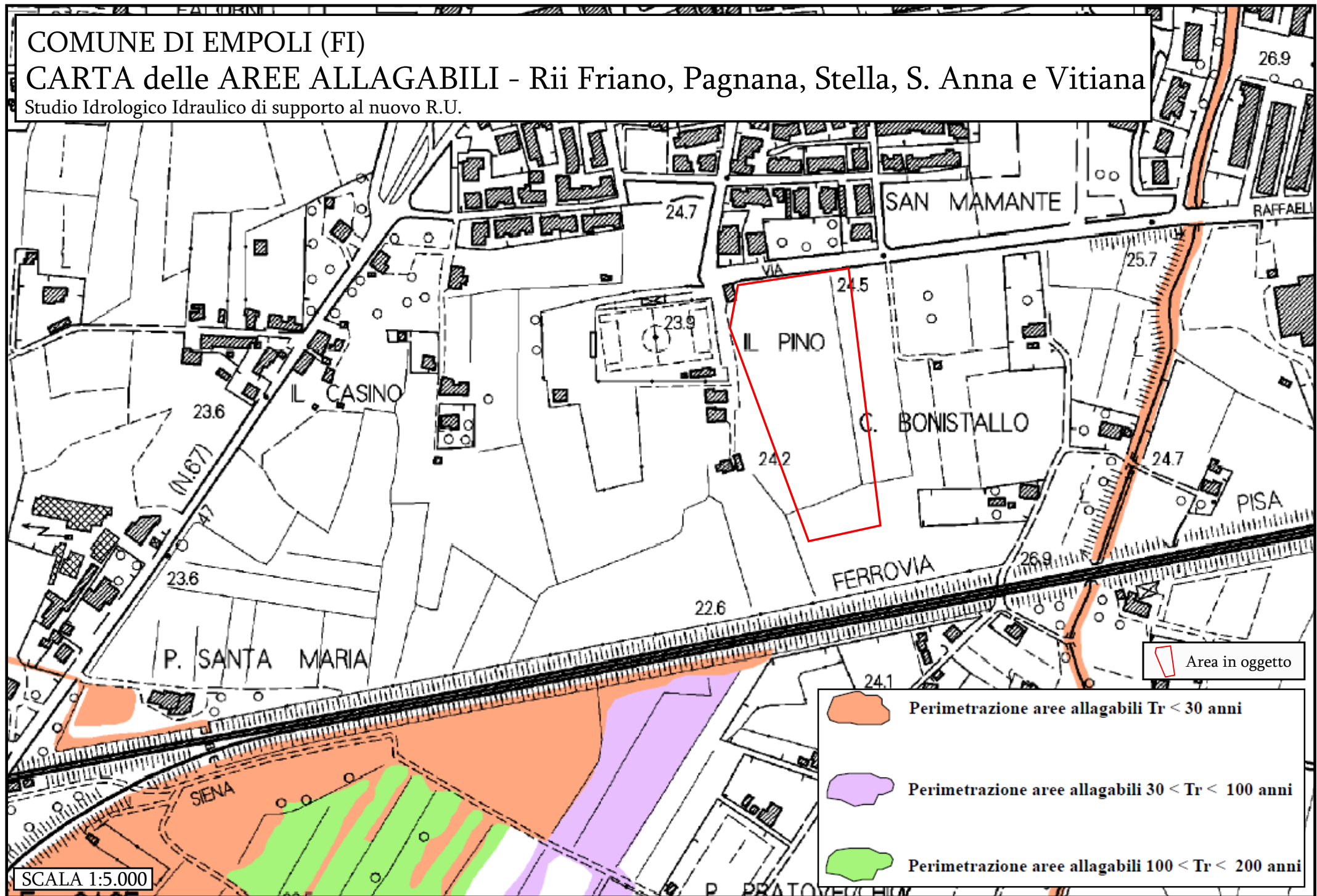
COMUNE DI EMPOLI (FI)
CARTA delle AREE ALLAGABILI - F. ELSA
Studio Idrologico Idraulico di supporto al nuovo R.U.



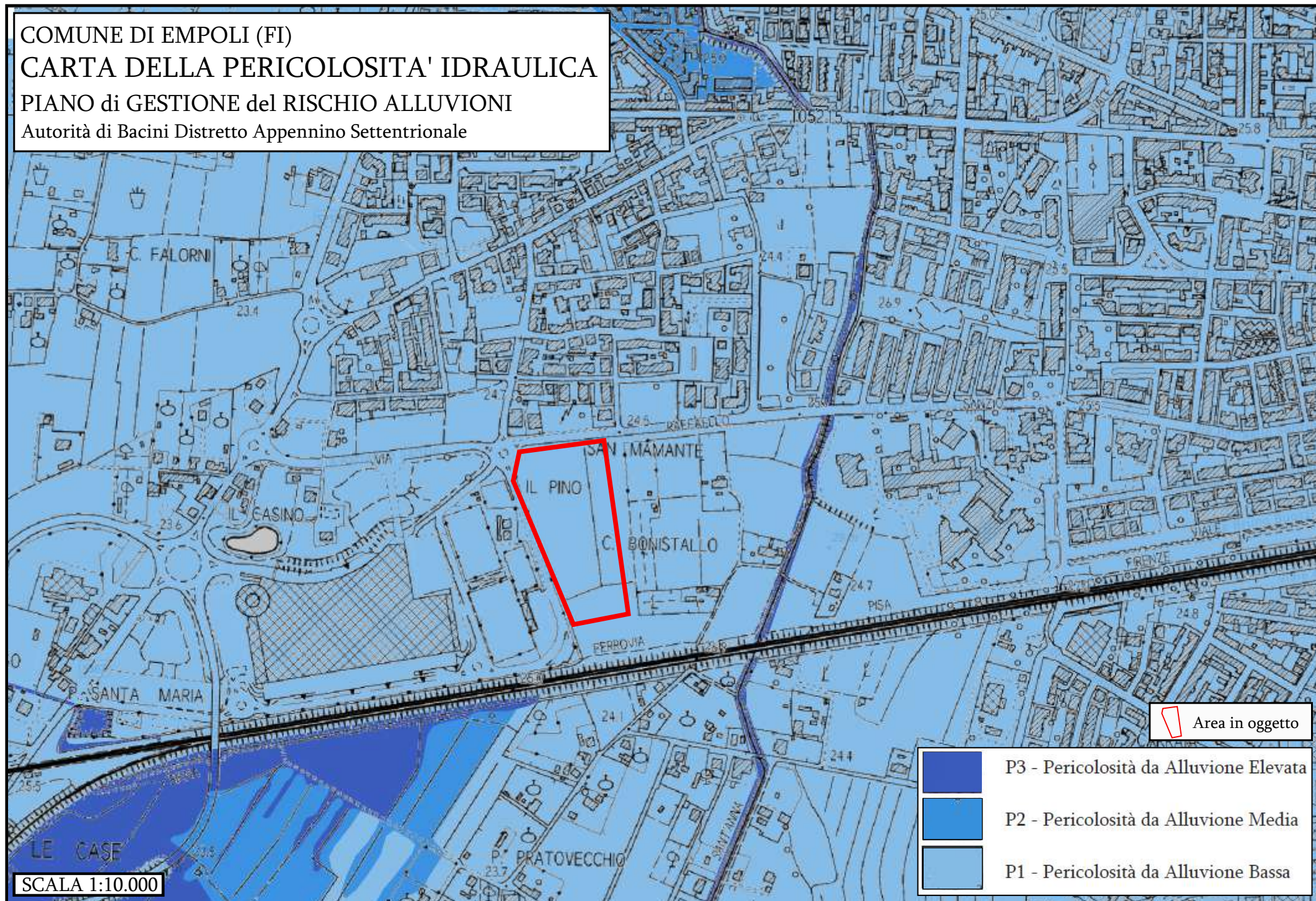
COMUNE DI EMPOLI (FI)


CARTA delle AREE ALLAGABILI - Rii Friano, Pagnana, Stella, S. Anna e Vitiana



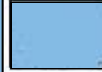
Studio Idrologico Idraulico di supporto al nuovo R.U.



COMUNE DI EMPOLI (FI)
CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA
PIANO di GESTIONE del RISCHIO ALLUVIONI
Autorità di Bacini Distretto Appennino Settentrionale



 Area in oggetto

-  P3 - Pericolosità da Alluvione Elevata
-  P2 - Pericolosità da Alluvione Media
-  P1 - Pericolosità da Alluvione Bassa

SCALA 1:10.000

COMUNE DI EMPOLI (FI)
 CARTA della PERICOLOSITA' IDRAULICA
 ai sensi del d.p.g.r. n° 53R/2011
 Studio Idrologico Idraulico di supporto al nuovo R.U.



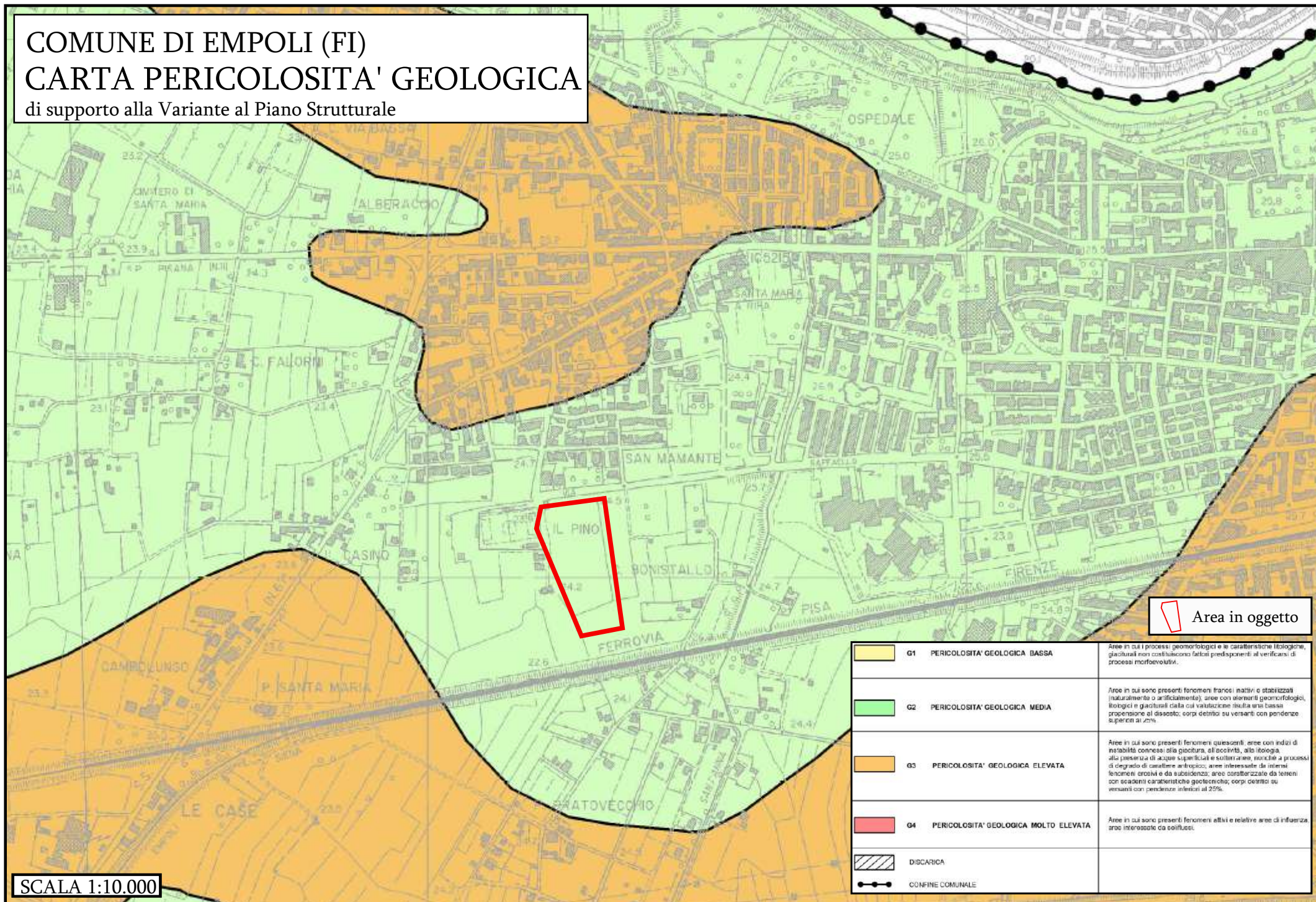
SCALA 1:10.000

Area in oggetto







Pericolosità definita da studi idraulici		Pericolosità su base geomorfologica e storico-inventariale	
	I4 Pericolosità idraulica molto elevata		I4 Pericolosità idraulica molto elevata
	I3 Pericolosità idraulica elevata		I3 Pericolosità idraulica molto elevata

COMUNE DI EMPOLI (FI) CARTA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

di supporto alla Variante al Piano Strutturale



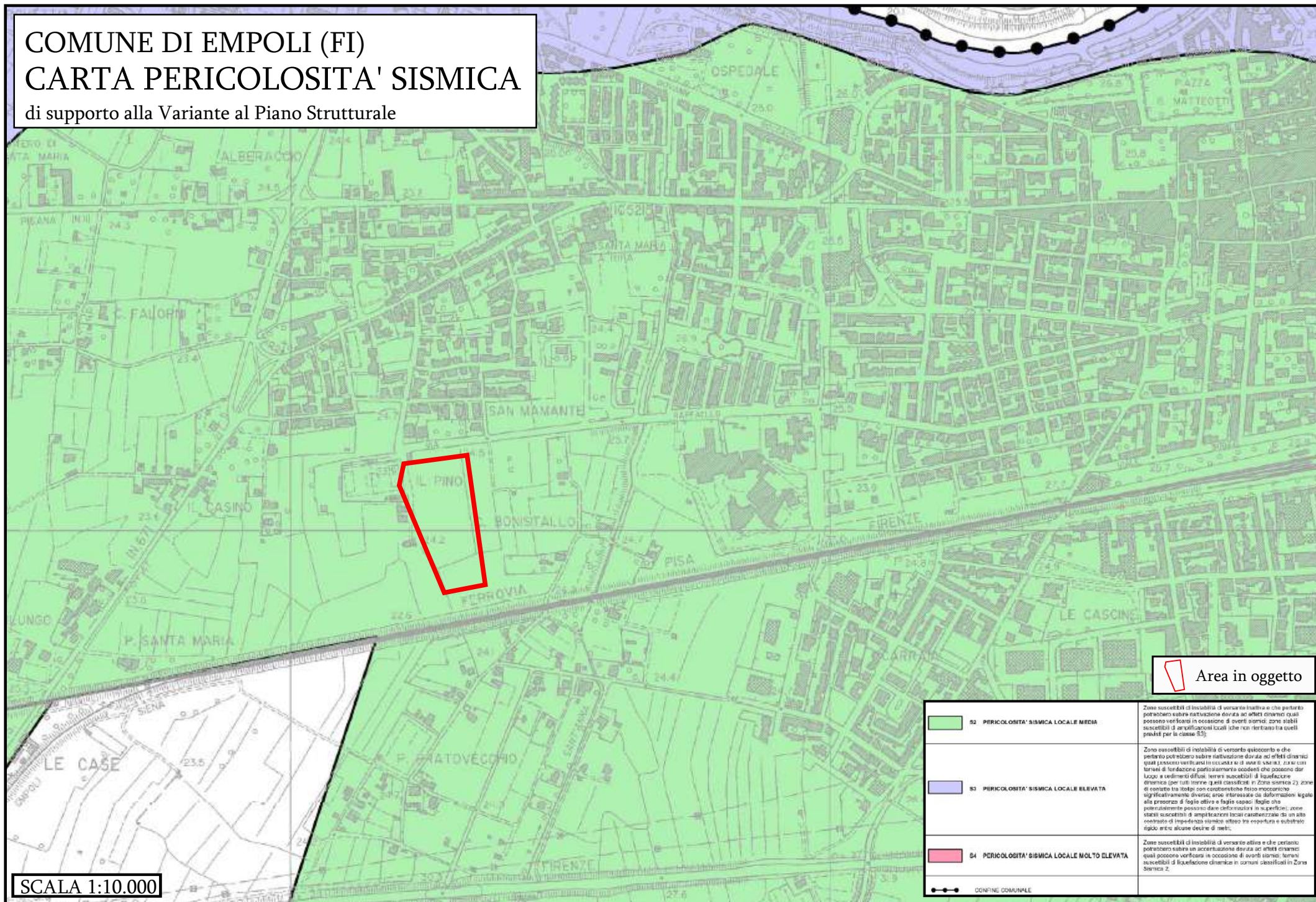
 Area in oggetto


	G1 PERICOLOSITA' GEOLOGICA BASSA	Are in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, glaciali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfogenetivi.
	G2 PERICOLOSITA' GEOLOGICA MEDIA	Are in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi o stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e gesturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%.
	G3 PERICOLOSITA' GEOLOGICA ELEVATA	Are in cui sono presenti fenomeni quescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'occlusa, 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 subsidenze; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%.
	G4 PERICOLOSITA' GEOLOGICA MOLTO ELEVATA	Are in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza aree interessate da collassi.
	DISCARICA	
	CONFINI COMUNALI	




SCALA 1:10.000

COMUNE DI EMPOLI (FI) CARTA PERICOLOSITA' SISMICA

di supporto alla Variante al Piano Strutturale

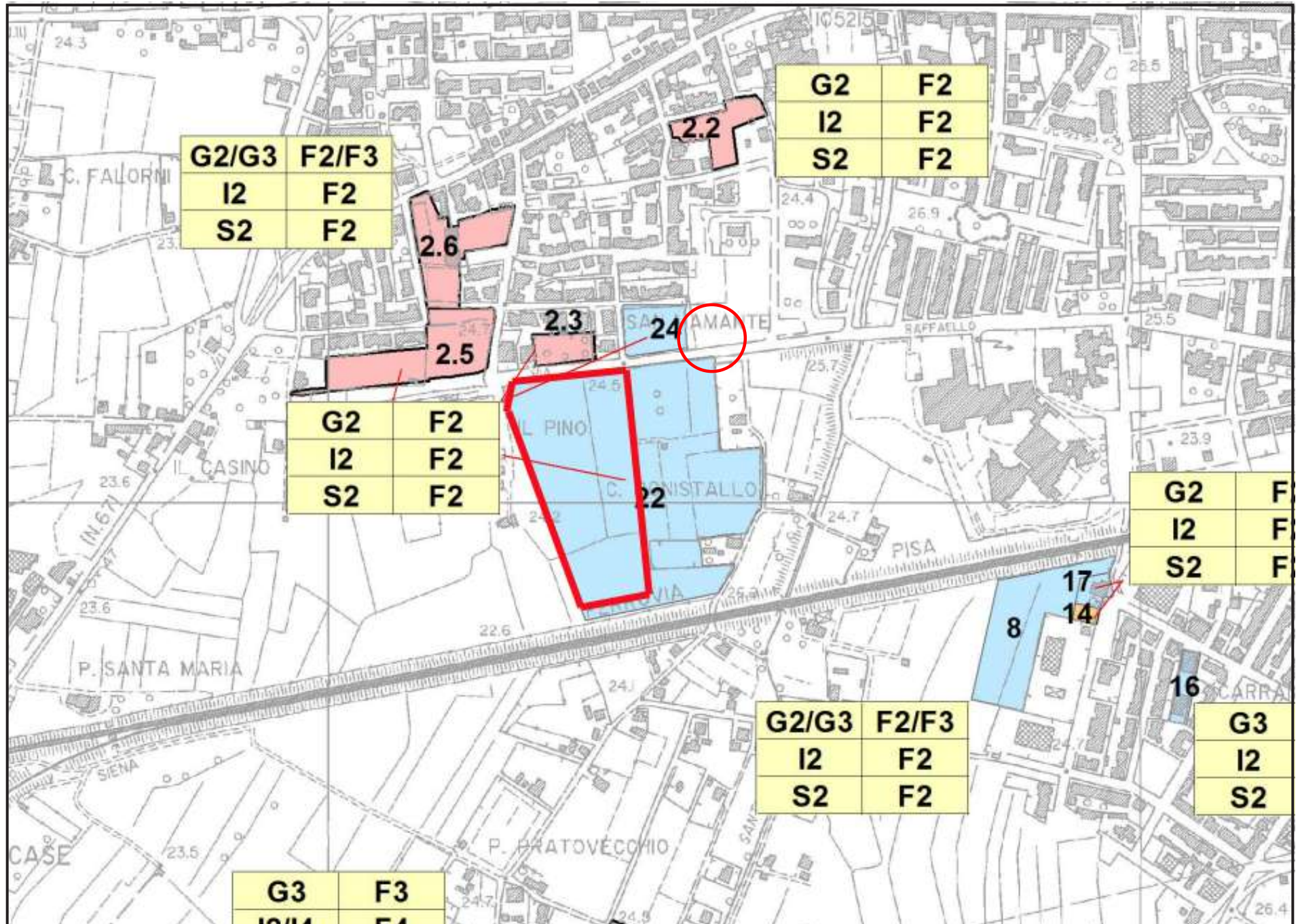


 Area in oggetto

 52 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE MEDIA	Zone suscettibili di instabilità di versanti inattive e che pertanto potrebbero subire un'accelerazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazione locale (che non rientrano tra quelle previste per la classe 53).
 53 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE ELEVATA	Zone suscettibili di instabilità di versanti quieto e che pertanto potrebbero subire un'accelerazione 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 terreni di cui classificati in Zona sismica 2); zone di contatto tra litologie con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive o faglie capaci; litologie che potenzialmente possono dare deformazioni in superficie; aree stabili suscettibili di amplificazione locale caratterizzate da un alto coefficiente di impedenza sismica; effetto tra copertura e substrato rigido; aree alcune decine di metri.
 54 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE MOLTO ELEVATA	Zone suscettibili di instabilità di versanti attive e che pertanto potrebbero subire un'accelerazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in Zona Sismica 2.
CONFINI COMUNALE	

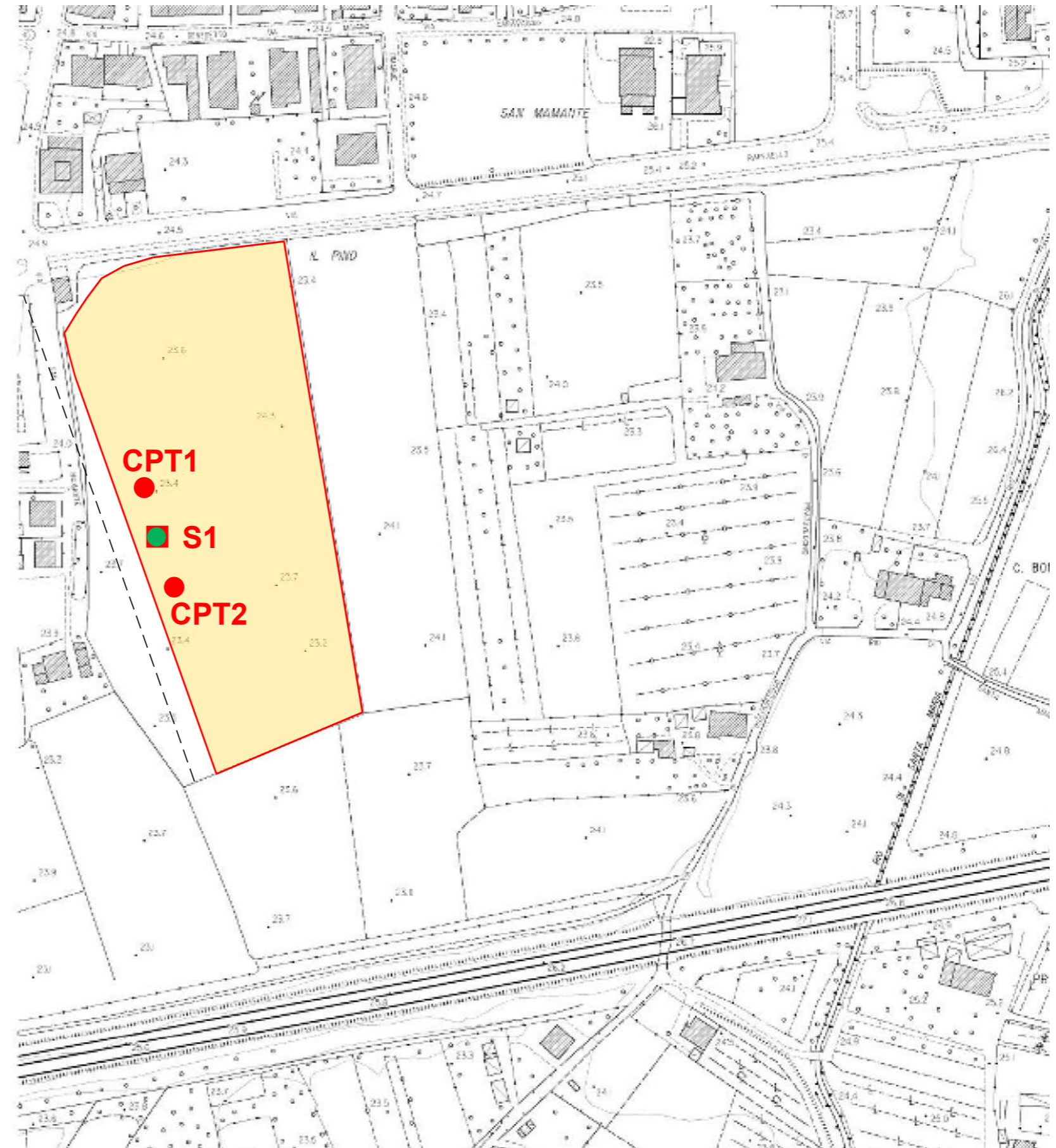
SCALA 1:10.000

CARTA DELLA FATTIBILITA' R.U. comunale



CARTA LITOTECNICA E DEI DATI DI BASE

scala 1:2000



LEGENDA


-  area oggetto di Variante
-  limi sabbiosi e argillosi
-  **S1** sondaggio geognostico a carotaggio continuo con prelievo campione e prove SPT
-  **CPT1** ● prova penetrometrica statica
-  **DH** ● prospezione sismica in foro down hole

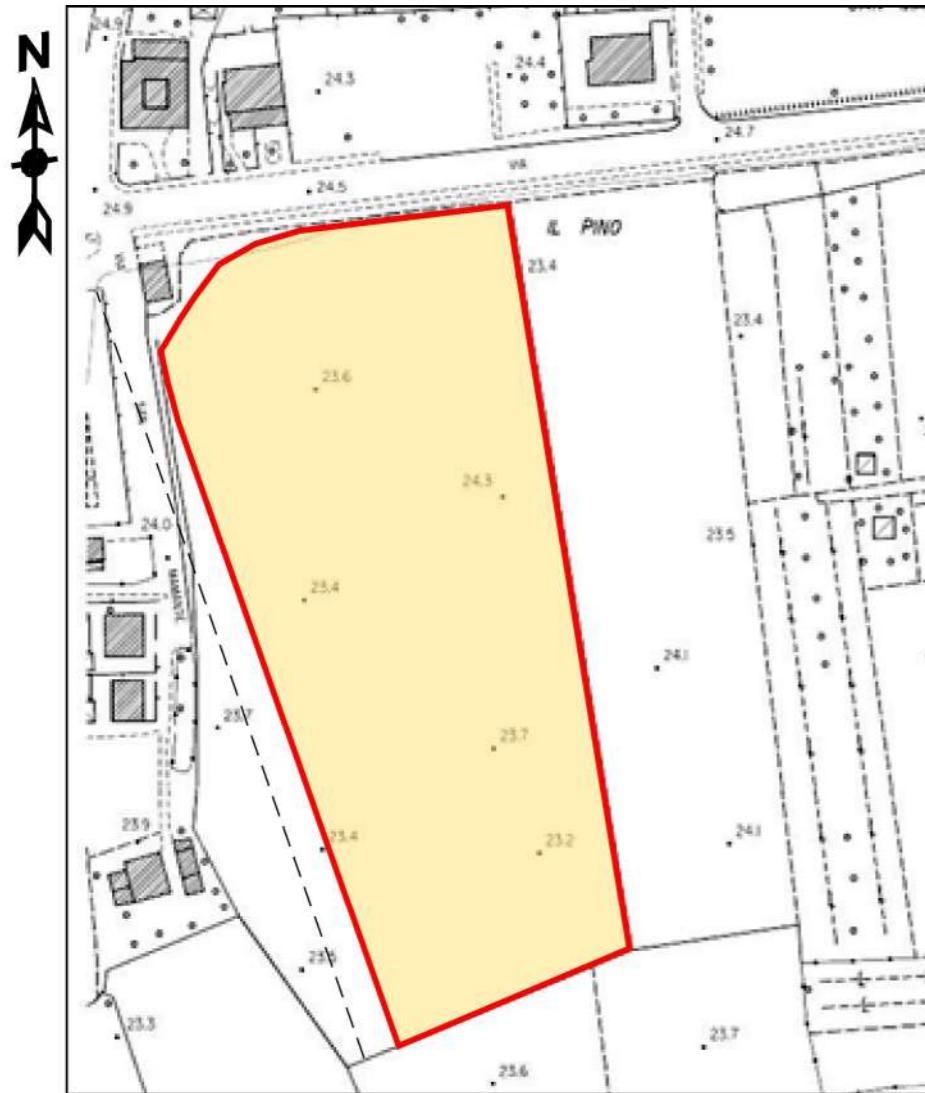
FIG. 9

**ESTRATTI CARTOGRAFICI A SUPPORTO DELLA VARIANTE URBANISTICA
AI SENSI D.P.G.R. N°5/R/2020
SCALA 1:2000**

PERICOLOSITA' GEOLOGICA


PERICOLOSITA' DA ALLUVIONI

**CARTA DELLE M.O.P.S.
PERICOLOSITA' SISMICA**



 G2 - pericolosità geologica media

 P1 - alluvioni rare e/o di estrema intensità

 ZONA 1
zone stabili ma potenzialmente
suscettibili di
amplificazioni sismiche locali


 S2 pericolosità sismica media

FIG. 10

Settore: **indagini geognostiche**

Committente: **Comune di Empoli**

Località: **Via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)**

Indice

Premessa

- 1 - La campagna geognostica
 - 1.1 - Modalità esecutive del sondaggio
 - 1.2 - Campionamento (Metodo Shelby)
 - 1.3 – Prove S.P.T.
 - 1.4 – Posa in opera di tubo per esecuzione di prova “Down Hole”
 - 1.5 - Prove penetrometriche
- 2 - Scheda tecnico-informativa del macchinario usato per la perforazione.

Allegati

- I - Descrizione stratigrafica dei sondaggi*
- II – Documentazione fotografica*
- III - Prove penetrometriche*

Premessa

Su incarico del Comune di Empoli è stata eseguita una campagna geognostica finalizzata alla realizzazione di un nuovo impianto sportivo in Via Raffaello Sanzio, Empoli.

In tale campagna, concordata con il Dott. Geol. Eraldo Santarnecchi, è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo con installazione di tubo per prova down-hole e n. 2 prove penetrometriche statiche (CPT) .

1- La campagna geognostica

1.1 - Modalità esecutive del sondaggio

I sondaggi verticali a carotaggio continuo sono eseguiti a secco in terreni sciolti o argilla utilizzando come utensile di perforazione un carotiere semplice con corona con prismi in widia avente diametro 101 mm; utilizzando acqua come fluido di circolazione in caso di terreni cementati o roccia tenera. In presenza di roccia viene montato un carotiere doppio dotato di una corona diamantata .

A sostegno della parete del foro viene installata una tubazione metallica di rivestimento del diametro 127 mm, utilizzando acqua come fluido di circolazione.

Durante la campagna geognostica è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo denominato S1 spinto alla profondità di 32.00 m. d.p.c.

La stratigrafia dei sondaggi è descritta in allegato I, mentre il riepilogo dell'attività di sondaggio è indicato in Tab. I.

Il materiale prelevato viene posto in apposite cassette catalogatrici a tenuta, costituite da cinque scomparti di 1 ml cadauno.

Su ogni cassetta sono segnati i seguenti dati:

- Cantiere
- Committente
- Tipo e numero del sondaggio
- Profondità del sondaggio
- Data di inizio e fine sondaggio

Sondaggio	S1
Profondità dal p.c. (m)	32.00
Metodo di perforazione	CC
Utensile	CS
N° Campioni	2
Prove SPT	2

Legenda: CC - carotaggio continuo;

CS - carotiere semplice.

Tab. I - Riepilogo delle attività di sondaggio

1.2 - Campionamento

Durante la perforazione, si possono prelevare campioni indisturbati mediante campionatori a pareti sottili del tipo a pressione o a pistone. Il tubo campionatore consiste in una fustella in acciaio inox trafilato a freddo di lunghezza 600 mm e diametro interno 84 mm. L'estremità tagliente della fustella permette di penetrare nel terreno senza creare disturbi rilevanti.

Effettuato il campionamento la fustella viene recuperata dal carotiere, ripulita, paraffinata al fine di far rimanere integre il più possibile le caratteristiche fisiche del campione e quindi sigillata alle due estremità con appositi tappi.

Ogni fustella è stata etichettata indicando:

- Cantiere;
- Committente;
- Data di prelievo;
- Quota di prelievo;
- Tipo di campione;
- Polarità (alto, basso)

Durante la campagna geognostica sono stati prelevati n. 2 campioni indisturbati (Tab. II)

Sondaggio	S1
CI1	3.00-3.50
CI2	14.10-14.50

Legenda: CI – Campione indisturbato

Tab. II - Riepilogo dei campioni prelevati

1.3 – Prova S.P.T.

Per le prove S.P.T. (Standard Penetration Test) viene utilizzata una batteria di aste con diametro $\phi=50$ mm collegata ad un campionatore di forma e dimensioni normalizzate (tipo Raymond).

Il sistema di percussione è costituito da un maglio del peso di 63.5 kg che cade liberamente da un'altezza di 76 cm.

Questa prova consente così di determinare la resistenza che il terreno offre alla penetrazione dinamica del campionatore infisso in avanzamento. A questo scopo viene contato il numero di colpi necessari alla penetrazione nel terreno in tratti di 15 cm per un totale di 45 cm; il primo tratto viene escluso dal conteggio cosicché il valore N (SPT) che verrà utilizzato nei calcoli geotecnici sarà riferito agli ultimi 30 cm di penetrazione. Il campione di terreno prelevato con questo campionatore viene classificato come i campioni prelevati con campionatori statici.

Nel caso di attraversamento di terreni ghiaiosi o comunque molto addensati, la scarpa tagliente del campionatore viene sostituita da una punta chiusa, per cui non ci sarà in questo caso prelievo di terreno ma solo indicazioni quantitative sulla consistenza del terreno testato.

Sondaggio	Profondità (m)	Numero di colpi
S1	3.00-3.45	3/4/5
S1	15.50-15.95	5/5/8

Tab. III - Prove SPT eseguite.

1.4 - Posa in opera di tubo per esecuzione di prova “Down Hole”

Nel foro del sondaggio S1 è stato immesso un tubo in PVC di lunghezza 32.00 m. formato da barre di 1.00 e 3.00 m, del diametro di 3” per l’effettuazione della prova Down-Hole.

All’intorno del tubo è stato eseguita una cementazione costituita da acqua cemento e bentonite eseguita mediante iniezione da fondo foro.

Il boccaforno è stato protetto con pozzetto carrabile.

1.5 - Prove penetrometriche

Durante la campagna geognostica sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche statiche (CPT).

L’elaborazione delle prove penetrometriche è riportata in allegato III.

Prova penetrometrica	Profondità (m)
CPT 1	15.00
CPT 2	15.00

Tab. IV – Riepilogo delle prove penetrometriche eseguite

– Modalità esecutive della prova penetrometrica statica.

La prova penetrometrica statica CPT (Cone Penetration Test) consiste nell’infissione nel terreno di una punta conica in acciaio (tipo Begemann), dotata di un manicotto per la misura dell’attrito laterale e collegata ad una batteria di aste, mediante la spinta prodotta da un martinetto idraulico da 100 o 200 KN. Le misure vengono eseguite ogni 20 cm di profondità e le letture sono fatte visivamente su una cella di carico piezoelettrica. La spinta necessaria per infiggere la batteria di aste può essere misurata da una cella di carico in testa alla batteria stessa o da una punta elettrica; il contrasto viene fornito tramite ancoraggio dello strumento al terreno mediante elicoidi prima di iniziare la prova. Dai valori di resistenza alla punta e di attrito laterale si ottengono, dopo

elaborazione, informazioni sulla stratigrafia del terreno e sulla portanza dello stesso. Le prove sono standardizzate secondo le norme: ASTM, ISSMFE 1998.

2 - Scheda tecnico-informativa del macchinario usato per la perforazione.

2.1 - Sonda di perforazione

- Perforatrice idraulica Boart Longyear "Deltabase 520"
- motore: diesel da 78 kw a 2.800 g/1'
- coppia max.: 1100 kgm a 30g/1'
- velocità g/1': 550
- tiro: 8700 kg
- spinta: 6800 kg
- corsa: 4500 mm

2.1.1 - Pompa acqua-fanghi

- Nenzi "Delta Triplex "a piston; trasmissione con motore idraulico
- portata: 200 l/1'
- pressione max.: 50 bar

2.2 - Accessori per sonde

2.2.1 - Carotieri

Carotiere semplice $\phi=101$ mm, $\phi=134$ mm $\phi=152$ mm, (l=1.500-3000 mm)

Carotiere doppio T2 $\phi=101$ mm e l=1.500-3000 mm

2.2.2 - Aste di perforazione

In acciaio NQY coniche con $\phi=76$ mm,(l=500 mm,1000 mm, 1.500 mm e 3.000 mm)

2.2.3 - Tubi di rivestimento

In acciaio con $\phi=127$ mm, 152 mm, 194 mm, (l=1.500 mm)

2.2.4 - Corone

Con prismi al widia tipo H1, SG1, Kal, Diamante, corone e scarpe speciali per carotaggi in RSU

2.2.5. – Campionatori

Campionatore SHELBY per Fustelle Inox $\phi=88,9$ mm.

2.3 - Penetrometro PAGANI “TG 63/100”

- Penetrometro statico/dinamico DPSH Pagani “TG 63/100”
- pressione massima di infissione statica: 100 KN
- contrasto mediante elicoidi autoancoranti
- peso del maglio: 63,5 Kg
- altezza di caduta del maglio: 75 cm
- punta statica: tipo Begemann
- punta dinamica: tipo ISSMFE superpesante
- lunghezza aste: 1 m

ALLEGATI:

- I - Descrizione stratigrafica dei sondaggi*
- II – Documentazione fotografica*
- III - Prove penetrometriche*

ALLEGATO I

STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI

SONDAGGIO: 1 **LUNGHEZZA (m): 32,0**
DA METRI: 0,0 A METRI: 15,0 **Sonda tipo: Boart Longyear Deltabase 52**
Responsabile: Dott. Eraldo Santarneckchi **Operatore: Paolo Marziali**

COMMITTENTE: Comune di Empoli
CANTIERE: Via Raffaello Sanzio
LOCALITA': Empoli
DATA INIZIO: 4-4-2022 DATA FINE: 5-4-2022
QUOTA BOCCAFORO (m s.l.m.):

LEGENDA:
 PROVE S.P.T.: PA Punta aperta - PC Punta chiusa
 CAMPIONI: S Pareti sottili - O Osterberg - M Mazier
 R Rimaneggiato - Rs Rimaneggiato da S.P.T.
 PIEZOMETRI: A Aperto - C Casagrande - E Elettrico
 PERFORAZIONE: CS Carotiere semplice - CD Carotiere doppio - EC Elica continua
 STABILIZZAZIONE: RM Rivestimento metallico
 FB Fanghi bentonitici
 % CAROTAGGIO ——— R.Q.D. ———

S.P.T. Prof. Tipo Valori	CAMPIONI Prof. Tipo	STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE	Prof. (m)	Carot. (%) RQD (%)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test	FALDA Rinv Stab	Piezo- metri	Diam. (mm)	Metodo Perf.ne	Metodo Stab.ne
		Terreno pedologico	1,0								
1		Limo sabbioso mediamente consistente, colore marrone	6,0								
2											
3	3,0-3,5 S										
4											
5											
6											
7		Limo argilloso poco consistente, colore marrone	7,5								
8	8,1 PA 3 4 5	Sabbia fine limosa, colore grigio	8,7								
9		Argilla limosa poco consistente, colore grigio	11,0								
10		Sabbia fine limosa, colore grigio									
11											
12											
13											
14	14,1-14,5 S										
15			15,0								

installato tubo per prova down-hole

SONDAGGIO: 1 **LUNGHEZZA (m): 32,0**
DA METRI: 15,0 A METRI: 32,0 **Sonda tipo: Boart Longyear Deltabase 52**
Responsabile: Dott. Eraldo Santarneckchi **Operatore: Paolo Marziali**

COMMITTENTE: Comune di Empoli
CANTIERE: Via Raffaello Sanzio
LOCALITA': Empoli
DATA INIZIO: 4-4-2022 DATA FINE: 5-4-2022
QUOTA BOCCAFORO (m s.l.m.):

LEGENDA:
 PROVE S.P.T.: PA Punta aperta - PC Punta chiusa
 CAMPIONI: S Pareti sottili - O Osterberg - M Mazier
 R Rimaneggiato - Rs Rimaneggiato da S.P.T.
 PIEZOMETRI: A Aperto - C Casagrande - E Elettrico
 PERFORAZIONE: CS Carotiere semplice - CD Carotiere doppio - EC Elica continua
 STABILIZZAZIONE: RM Rivestimento metallico
 FB Fanghi bentonitici
 % CAROTAGGIO ——— R.Q.D. ———

S.P.T. Prof. Tipo Valori	CAMPIONI		STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE	Prof. (m)	Carot. (%) RQD (%) 20 40 60 80	Pocket Test kg/cm ²	Vane Test	FALDA Rinv Stab	Piezo- metri	Diam. (mm)	Metodo Perf.ne	Metodo Stab.ne
	Prof.	Tipo										
15,5 PA 5 5 8			Sabbia fine limosa, colore grigio azzurro									
16												
17												
18												
19												
20				20,0								
21			Perforazione a distruzione di nucleo									
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32				32,0					A 32,0	32,0 101	32,0 CS	32,0 RM

installato tubo per prova down-hole

ALLEGATO II

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1 - Foto sondaggio



Foto 2 - Cassetta catalogatrice (da -0.00 m a - 5.00 m)



Foto 3 - Cassetta catalogatrice (da -5.00 m a - 10.00 m)



Foto 4 - Cassetta catalogatrice (da -10.00 m a - 15.0 m)



Foto 5 - Cassetta catalogatrice (da -15.00 m a - 20.0 m)

ALLEGATO III

PROVE PENETROMETRICHE

Prova Penetrometrica Statica

Igetecma s.n.c.

Sede: Via delle Pratella - Montelupo F.no (FI)

Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: Comune di Empoli	Indagine: VA-78-22 Certificato: 90/22 Prova n° 1
Località: Empoli, Via Nazario Sauro	in data: 05/04/2022
Note sulla committenza: ==	
Note relative alla prova: ==	
Falda rilevata alla profondità di cm: ==	Spinta del penetrometro (tonnellate): 10

Z	Qc	Fs	Rf	Car	Dr	Fi	Cu	Cu n.	Mv	Classificazione
40	9	0,87	9,63	C	0,0	0,0	0,59	8,64	0,05556	Argilla
60	15	1,13	7,56	C	0,0	0,0	0,77	7,44	0,03333	Argilla limosa
80	22	2,13	9,70	C	0,0	0,0	1,45	10,29	0,01515	Argilla
100	26	2,80	10,77	C	0,0	0,0	1,90	10,63	0,01282	Argilla
120	59	3,60	6,10	C	0,0	0,0	2,45	11,17	0,00565	Argilla limosa
140	77	2,40	3,12	I	64,7	28,5	0,00	0,00	0,00433	Sabbia limosa
160	68	3,00	4,41	I	68,8	25,6	0,00	0,00	0,00490	Limo sabbioso
180	51	1,80	3,53	I	59,3	26,9	0,00	0,00	0,00654	Limo sabbioso
200	36	1,53	4,26	I	56,3	25,2	0,00	0,00	0,00926	Limo sabbioso
220	34	1,33	3,92	I	53,7	25,7	0,00	0,00	0,00980	Limo sabbioso
240	35	1,40	4,00	I	54,6	25,6	0,00	0,00	0,00952	Limo sabbioso
260	24	1,00	4,17	I	48,3	24,9	0,00	0,00	0,01389	Limo sabbioso
280	18	0,73	4,07	I	42,5	24,8	0,00	0,00	0,01852	Limo sabbioso
300	21	0,73	3,49	I	42,5	26,0	0,00	0,00	0,01587	Limo sabbioso
320	9	0,53	5,93	C	0,0	0,0	0,36	0,63	0,05556	Limo argilloso
340	10	0,67	6,67	C	0,0	0,0	0,45	0,75	0,05000	Argilla limosa
360	14	0,80	5,71	C	0,0	0,0	0,54	0,85	0,03571	Limo argilloso
380	20	0,87	4,33	I	45,7	24,5	0,00	0,00	0,01667	Limo sabbioso
400	17	1,00	5,88	C	0,0	0,0	0,68	0,96	0,02941	Limo argilloso
420	16	1,00	6,25	C	0,0	0,0	0,68	0,92	0,03125	Argilla limosa
440	17	0,80	4,71	C	0,0	0,0	0,54	0,70	0,02941	Limo argilloso
460	10	0,60	6,00	C	0,0	0,0	0,41	0,50	0,05000	Limo argilloso
480	8	0,60	7,50	C	0,0	0,0	0,41	0,48	0,06250	Argilla limosa
500	9	0,73	8,15	C	0,0	0,0	0,50	0,57	0,05556	Argilla limosa
520	15	0,87	5,78	C	0,0	0,0	0,59	0,65	0,03333	Limo argilloso
540	18	1,07	5,93	C	0,0	0,0	0,73	0,77	0,02778	Limo argilloso
560	20	1,07	5,33	C	0,0	0,0	0,73	0,74	0,01667	Limo argilloso
580	19	0,87	4,56	C	0,0	0,0	0,59	0,58	0,02632	Limo argilloso
600	15	0,80	5,33	C	0,0	0,0	0,54	0,52	0,03333	Limo argilloso
620	17	1,07	6,27	C	0,0	0,0	0,73	0,67	0,02941	Argilla limosa
640	19	1,00	5,26	C	0,0	0,0	0,68	0,61	0,02632	Limo argilloso
660	18	0,87	4,81	C	0,0	0,0	0,59	0,51	0,02778	Limo argilloso
680	21	1,20	5,71	C	0,0	0,0	0,82	0,69	0,01587	Limo argilloso
700	23	1,07	4,64	C	0,0	0,0	0,73	0,59	0,01449	Limo argilloso
720	20	1,13	5,67	C	0,0	0,0	0,77	0,61	0,01667	Limo argilloso
740	14	0,73	5,24	C	0,0	0,0	0,50	0,39	0,03571	Limo argilloso
760	13	0,80	6,15	C	0,0	0,0	0,54	0,41	0,03846	Argilla limosa
780	14	1,20	8,57	C	0,0	0,0	0,82	0,60	0,03571	Argilla
800	21	1,07	5,08	C	0,0	0,0	0,73	0,52	0,01587	Limo argilloso
820	22	1,20	5,45	C	0,0	0,0	0,82	0,57	0,01515	Limo argilloso
840	30	1,40	4,67	C	0,0	0,0	0,95	0,65	0,01111	Limo argilloso
860	24	1,40	5,83	C	0,0	0,0	0,95	0,63	0,01389	Limo argilloso
880	19	0,87	4,56	C	0,0	0,0	0,59	0,38	0,02632	Limo argilloso

Legenda Parametri Geotecnici:

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm). Qc - Resistenza alla punta (in Kg/cm2). Fs - Resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm2). Rf - Rapporto delle resistenze Fs/Qc (in %). Car - Caratterizzazione del terreno (Incoerente/Coerente). Dr - Densità relativa (in %). Fi - Angolo di attrito efficace (in gradi). Cu - Resistenza al taglio non drenata (in Kg/cm2). Cu n.- Resistenza al taglio non drenata normalizzata. Mv - Coefficiente compressione volumetrica (in cm2/Kg). Classificazione - interpretazione stratigrafica del terreno (da SEARLE 1979)

Igetecma s.n.c.

Sede: Via delle Pratella - Montelupo F.no (FI)
Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: Comune di Empoli	Indagine: VA-78-22 Certificato: 90/22 Prova n° 1
Località: Empoli, Via Nazario Sauro	in data: 05/04/2022
Note sulla committenza: ==	
Note relative alla prova: ==	
Falda rilevata alla profondità di cm: ==	Spinta del penetrometro (tonnellate): 10

Z	Qc	Fs	Rf	Car	Dr	Fi	Cu	Cu n.	Mv	Classificazione
900	10	0,47	4,67	C	0,0	0,0	0,32	0,20	0,05000	Limo argilloso
920	7	0,47	6,67	C	0,0	0,0	0,32	0,20	0,07143	Argilla limosa
940	10	0,40	4,00	I	31,2	24,5	0,00	0,00	0,03333	Limo sabbioso
960	13	0,87	6,67	C	0,0	0,0	0,59	0,35	0,03846	Argilla limosa
980	9	0,40	4,44	I	31,2	23,8	0,00	0,00	0,03704	Limo sabbioso
1000	7	0,40	5,71	C	0,0	0,0	0,27	0,16	0,07143	Limo argilloso
1020	9	0,47	5,19	C	0,0	0,0	0,32	0,18	0,05556	Limo argilloso
1040	11	0,47	4,24	I	34,1	24,2	0,00	0,00	0,03030	Limo sabbioso
1060	14	0,53	3,81	I	36,6	25,0	0,00	0,00	0,02381	Limo sabbioso
1080	12	0,40	3,33	I	31,2	25,7	0,00	0,00	0,02778	Limo sabbioso
1100	13	0,47	3,59	I	34,1	25,3	0,00	0,00	0,02564	Limo sabbioso
1120	11	0,67	6,06	C	0,0	0,0	0,45	0,24	0,04545	Limo argilloso
1140	14	0,60	4,29	I	38,8	24,3	0,00	0,00	0,02381	Limo sabbioso
1160	12	0,47	3,89	I	34,1	24,8	0,00	0,00	0,02778	Limo sabbioso
1180	10	0,53	5,33	C	0,0	0,0	0,36	0,18	0,05000	Limo argilloso
1200	13	0,87	6,67	C	0,0	0,0	0,59	0,29	0,03846	Argilla limosa
1220	26	1,07	4,10	I	49,5	25,1	0,00	0,00	0,01282	Limo sabbioso
1240	25	2,07	8,27	C	0,0	0,0	1,41	0,66	0,01333	Argilla limosa
1260	32	1,27	3,96	I	52,7	25,6	0,00	0,00	0,01042	Limo sabbioso
1280	41	1,40	3,41	I	54,6	26,9	0,00	0,00	0,00813	Limo sabbioso
1300	42	1,47	3,49	I	55,5	26,8	0,00	0,00	0,00794	Limo sabbioso
1320	29	1,40	4,83	C	0,0	0,0	0,95	0,42	0,01149	Limo argilloso
1340	47	1,53	3,26	I	56,3	27,4	0,00	0,00	0,00709	Limo sabbioso
1360	41	1,60	3,90	I	57,1	25,9	0,00	0,00	0,00813	Limo sabbioso
1380	44	1,07	2,42	I	49,5	29,5	0,00	0,00	0,00758	Sabbia limosa
1400	47	1,13	2,41	I	50,7	29,6	0,00	0,00	0,00709	Sabbia limosa
1420	48	1,27	2,64	I	52,7	29,0	0,00	0,00	0,00694	Sabbia limosa
1440	51	1,27	2,48	I	52,7	29,6	0,00	0,00	0,00654	Sabbia limosa
1460	58	1,47	2,53	I	55,5	29,6	0,00	0,00	0,00575	Sabbia limosa
1480	49	1,53	3,13	I	56,3	27,8	0,00	0,00	0,00680	Sabbia limosa
1500	46	0,00	0,00		0,0	0,0	0,00	0,00	0,00000	

Legenda Parametri Geotecnici:

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm). Qc - Resistenza alla punta (in Kg/cm2). Fs - Resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm2).

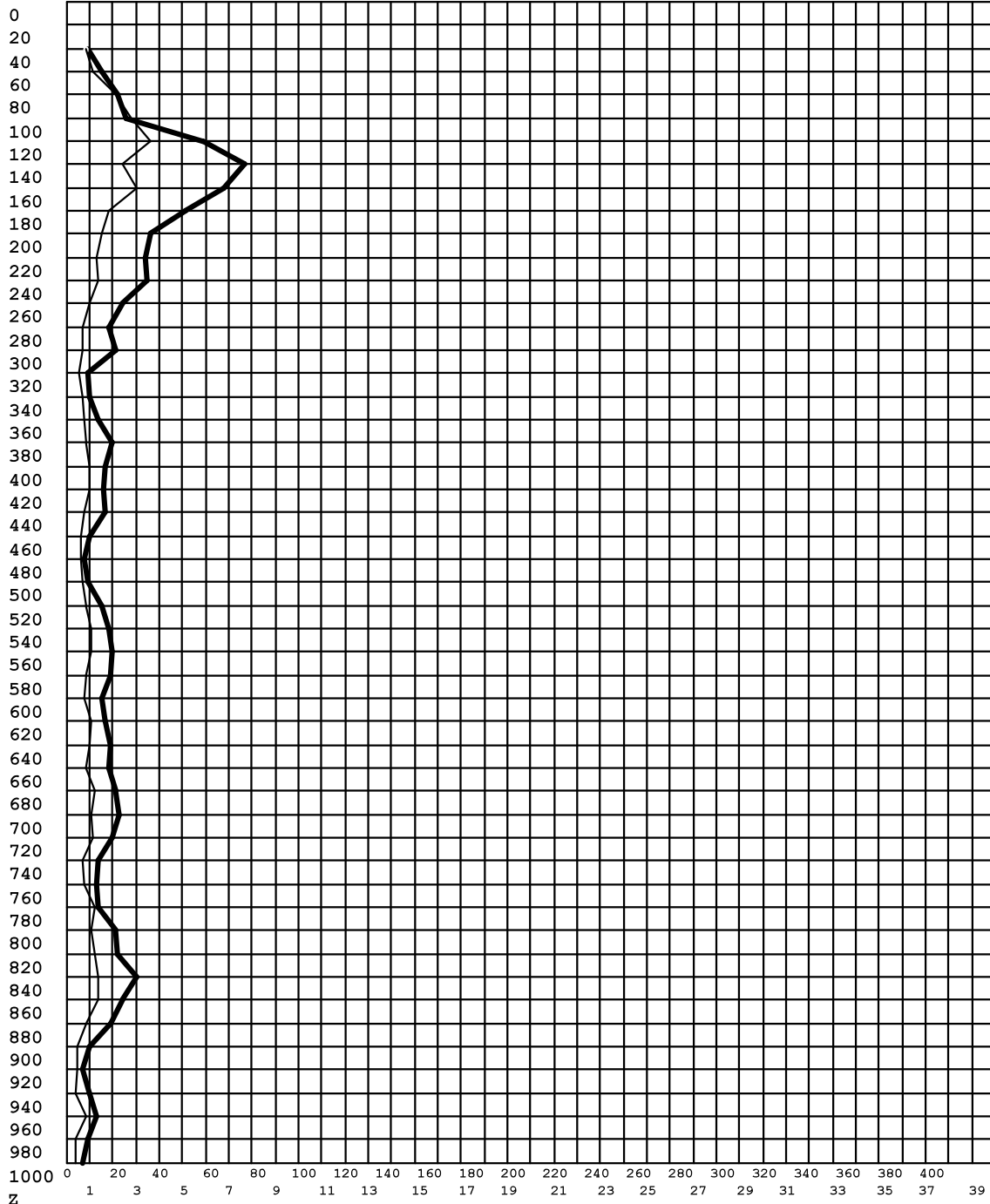
Rf - Rapporto delle resistenze Fs/Qc (in %). Car - Caratterizzazione del terreno (Incoerente/Coerente). Dr - Densità relativa (in %).

Fi - Angolo di attrito efficace (in gradi). Cu - Resistenza al taglio non drenata (in Kg/cm2). Cu n.- Resistenza al taglio non drenata normalizzata.

Mv - Coefficiente compressione volumetrica (in cm2/Kg). Classificazione - interpretazione stratigrafica del terreno (da SEARLE 1979)

Diagramma di resistenza alla punta

Committente :Comune di Empoli
Note :==
Indagine :VA-78-22 - Certificato di prova : 90/22
Località :Empoli, Via Nazario Sauro
Numero prova :1
Data prova :05/04/2022
Note operative :==
Profondità falda :== (cm)
Spinta penetr. :10 (tonn.)



Qc
Fs

Legenda

Ascisse : Qc - lettura punta (in Kg/cm² - tratto grafico marcato)
: Fs - resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm²)
Ordinata: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

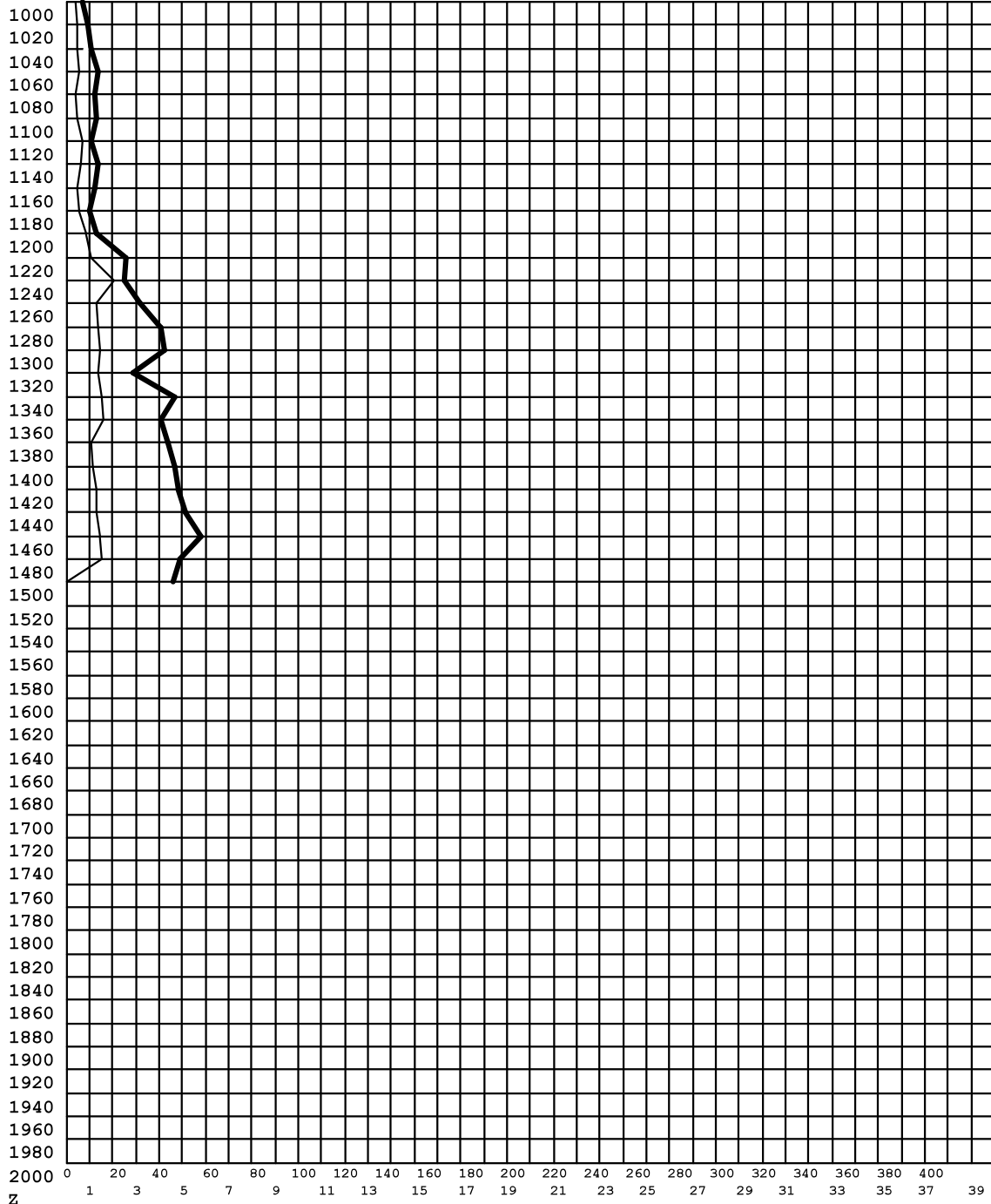
Igetecma s.n.c.

Sede: Via delle Pratella - Montelupo F.no (FI)

Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Diagramma di resistenza alla punta

Committente : Comune di Empoli
 Note : ==
 Indagine : VA-78-22 - Certificato di prova : 90/22
 Località : Empoli, Via Nazario Sauro
 Numero prova : 1
 Data prova : 05/04/2022
 Note operative : ==
 Profondità falda : == (cm)
 Spinta penetr. : 10 (tonn.)



Qc
 Fs

Legenda

Ascisse : Qc - lettura punta (in Kg/cm² - tratto grafico marcato)
 : Fs - resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm²)
 Ordinata: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

Igetecma s.n.c.
 Sede: Via delle Pratella - Montelupo F.no (FI)
 Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Prova Penetrometrica Statica

Pagina n. 1

Igetecma s.n.c.

Sede: Via delle Pratella - Montelupo F.no (FI)

Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: Comune di Empoli	Indagine: VA-78-22 Certificato: 90/22 Prova n° 2
Località: Empoli, Via Nazario Sauro	in data: 05/04/2022
Note sulla committenza: ==	
Note relative alla prova: ==	
Falda rilevata alla profondità di cm: ==	Spinta del penetrometro (tonnellate): 10

Z	Qc	Fs	Rf	Car	Dr	Fi	Cu	Cu n.	Mv	Classificazione
40	6	0,40	6,67	C	0,0	0,0	0,27	4,01	0,08333	Argilla limosa
60	16	0,80	5,00	C	0,0	0,0	0,54	5,36	0,03125	Limo argilloso
80	17	1,53	9,02	C	0,0	0,0	1,04	7,59	0,02941	Argilla
100	21	1,40	6,67	C	0,0	0,0	0,95	5,46	0,01587	Argilla limosa
120	20	1,80	9,00	C	0,0	0,0	1,22	5,79	0,01667	Argilla
140	23	2,13	9,28	C	0,0	0,0	1,45	5,83	0,01449	Argilla
160	21	1,47	6,98	C	0,0	0,0	1,00	3,49	0,01587	Argilla limosa
180	19	2,07	10,88	C	0,0	0,0	1,41	4,36	0,02632	Argilla
200	18	1,60	8,89	C	0,0	0,0	1,09	3,03	0,02778	Argilla
220	20	1,07	5,33	C	0,0	0,0	0,73	1,84	0,01667	Limo argilloso
240	14	0,93	6,67	C	0,0	0,0	0,63	1,48	0,03571	Argilla limosa
260	13	0,73	5,64	C	0,0	0,0	0,50	1,08	0,03846	Limo argilloso
280	12	0,53	4,44	I	36,6	24,0	0,00	0,00	0,02778	Limo sabbioso
300	14	0,73	5,24	C	0,0	0,0	0,50	0,95	0,03571	Limo argilloso
320	17	0,93	5,49	C	0,0	0,0	0,63	1,13	0,02941	Limo argilloso
340	20	1,27	6,33	C	0,0	0,0	0,86	1,44	0,01667	Argilla limosa
360	25	1,60	6,40	C	0,0	0,0	1,09	1,71	0,01333	Argilla limosa
380	26	1,67	6,41	C	0,0	0,0	1,13	1,68	0,01282	Argilla limosa
400	22	1,20	5,45	C	0,0	0,0	0,82	1,15	0,01515	Limo argilloso
420	21	1,40	6,67	C	0,0	0,0	0,95	1,28	0,01587	Argilla limosa
440	16	1,07	6,67	C	0,0	0,0	0,73	0,93	0,03125	Argilla limosa
460	15	0,80	5,33	C	0,0	0,0	0,54	0,67	0,03333	Limo argilloso
480	14	0,80	5,71	C	0,0	0,0	0,54	0,64	0,03571	Limo argilloso
500	13	0,67	5,13	C	0,0	0,0	0,45	0,51	0,03846	Limo argilloso
520	16	0,80	5,00	C	0,0	0,0	0,54	0,59	0,03125	Limo argilloso
540	17	1,00	5,88	C	0,0	0,0	0,68	0,72	0,02941	Limo argilloso
560	19	1,07	5,61	C	0,0	0,0	0,73	0,74	0,02632	Limo argilloso
580	15	1,20	8,00	C	0,0	0,0	0,82	0,80	0,03333	Argilla limosa
600	16	1,20	7,50	C	0,0	0,0	0,82	0,77	0,03125	Argilla limosa
620	23	1,00	4,35	I	48,3	24,6	0,00	0,00	0,01449	Limo sabbioso
640	20	0,87	4,33	I	45,7	24,5	0,00	0,00	0,01667	Limo sabbioso
660	12	0,60	5,00	C	0,0	0,0	0,41	0,35	0,04167	Limo argilloso
680	10	0,60	6,00	C	0,0	0,0	0,41	0,34	0,05000	Limo argilloso
700	13	0,73	5,64	C	0,0	0,0	0,50	0,41	0,03846	Limo argilloso
720	17	1,07	6,27	C	0,0	0,0	0,73	0,58	0,02941	Argilla limosa
740	13	0,80	6,15	C	0,0	0,0	0,54	0,42	0,03846	Argilla limosa
760	9	0,40	4,44	I	31,2	23,8	0,00	0,00	0,03704	Limo sabbioso
780	8	0,47	5,83	C	0,0	0,0	0,32	0,23	0,06250	Limo argilloso
800	8	0,40	5,00	C	0,0	0,0	0,27	0,20	0,06250	Limo argilloso
820	7	0,40	5,71	C	0,0	0,0	0,27	0,19	0,07143	Limo argilloso
840	6	0,33	5,56	C	0,0	0,0	0,23	0,16	0,08333	Limo argilloso
860	7	0,67	9,52	C	0,0	0,0	0,45	0,31	0,07143	Argilla
880	11	0,40	3,64	I	31,2	25,1	0,00	0,00	0,03030	Limo sabbioso

Legenda Parametri Geotecnici:

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm). Qc - Resistenza alla punta (in Kg/cm2). Fs - Resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm2). Rf - Rapporto delle resistenze Fs/Qc (in %). Car - Caratterizzazione del terreno (Incoerente/Coerente). Dr - Densità relativa (in %). Fi - Angolo di attrito efficace (in gradi). Cu - Resistenza al taglio non drenata (in Kg/cm2). Cu n.- Resistenza al taglio non drenata normalizzata. Mv - Coefficiente compressione volumetrica (in cm2/Kg). Classificazione - interpretazione stratigrafica del terreno (da SEARLE 1979)

Igetecma s.n.c.

Sede: Via delle Pratella - Montelupo F.no (FI)
Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: Comune di Empoli	Indagine: VA-78-22 Certificato: 90/22 Prova n° 2
Località: Empoli, Via Nazario Sauro	in data: 05/04/2022
Note sulla committenza: ==	
Note relative alla prova: ==	
Falda rilevata alla profondità di cm: ==	Spinta del penetrometro (tonnellate): 10

Z	Qc	Fs	Rf	Car	Dr	Fi	Cu	Cu n.	Mv	Classificazione
900	5	0,27	5,33	C	0,0	0,0	0,18	0,12	0,10000	Limo argilloso
920	6	0,33	5,56	C	0,0	0,0	0,23	0,14	0,08333	Limo argilloso
940	7	0,40	5,71	C	0,0	0,0	0,27	0,17	0,07143	Limo argilloso
960	8	0,47	5,83	C	0,0	0,0	0,32	0,19	0,06250	Limo argilloso
980	9	0,47	5,19	C	0,0	0,0	0,32	0,19	0,05556	Limo argilloso
1000	10	0,53	5,33	C	0,0	0,0	0,36	0,21	0,05000	Limo argilloso
1020	12	0,60	5,00	C	0,0	0,0	0,41	0,23	0,04167	Limo argilloso
1040	12	0,60	5,00	C	0,0	0,0	0,41	0,23	0,04167	Limo argilloso
1060	11	0,47	4,24	I	34,1	24,2	0,00	0,00	0,03030	Limo sabbioso
1080	8	0,27	3,33	I	23,6	25,4	0,00	0,00	0,04167	Limo sabbioso
1100	8	0,40	5,00	C	0,0	0,0	0,27	0,15	0,06250	Limo argilloso
1120	7	0,60	8,57	C	0,0	0,0	0,41	0,21	0,07143	Argilla
1140	10	0,53	5,33	C	0,0	0,0	0,36	0,19	0,05000	Limo argilloso
1160	14	0,73	5,24	C	0,0	0,0	0,50	0,25	0,03571	Limo argilloso
1180	12	0,60	5,00	C	0,0	0,0	0,41	0,20	0,04167	Limo argilloso
1200	17	0,60	3,53	I	38,8	25,7	0,00	0,00	0,01961	Limo sabbioso
1220	15	0,47	3,11	I	34,1	26,4	0,00	0,00	0,02222	Sabbia limosa
1240	13	0,93	7,18	C	0,0	0,0	0,63	0,30	0,03846	Argilla limosa
1260	24	1,27	5,28	C	0,0	0,0	0,86	0,40	0,01389	Limo argilloso
1280	27	1,20	4,44	I	51,7	24,6	0,00	0,00	0,01235	Limo sabbioso
1300	24	0,80	3,33	I	44,2	26,4	0,00	0,00	0,01389	Limo sabbioso
1320	15	0,93	6,22	C	0,0	0,0	0,63	0,28	0,03333	Argilla limosa
1340	19	1,20	6,32	C	0,0	0,0	0,82	0,36	0,02632	Argilla limosa
1360	37	1,40	3,78	I	54,6	26,0	0,00	0,00	0,00901	Limo sabbioso
1380	46	1,40	3,04	I	54,6	27,9	0,00	0,00	0,00725	Sabbia limosa
1400	38	1,47	3,86	I	55,5	25,9	0,00	0,00	0,00877	Limo sabbioso
1420	31	0,93	3,01	I	47,0	27,4	0,00	0,00	0,01075	Sabbia limosa
1440	22	1,07	4,85	C	0,0	0,0	0,73	0,30	0,01515	Limo argilloso
1460	28	1,60	5,71	C	0,0	0,0	1,09	0,44	0,01190	Limo argilloso
1480	30	2,13	7,11	C	0,0	0,0	1,45	0,57	0,01111	Argilla limosa
1500	34	0,00	0,00		0,0	0,0	0,00	0,00	0,00000	

Legenda Parametri Geotecnici:

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm). Qc - Resistenza alla punta (in Kg/cm²). Fs - Resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm²).

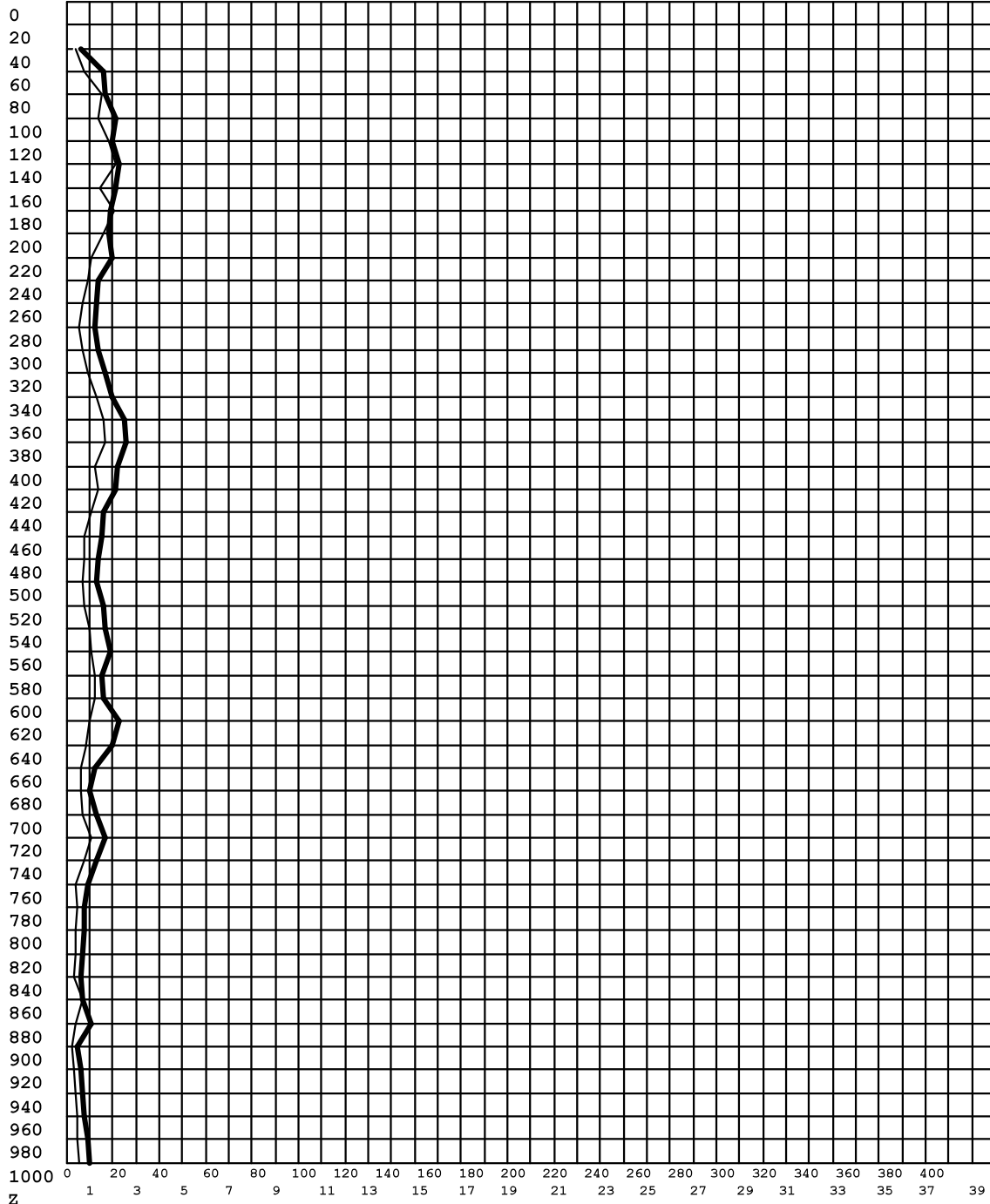
Rf - Rapporto delle resistenze Fs/Qc (in %). Car - Caratterizzazione del terreno (Incoerente/Coerente). Dr - Densità relativa (in %).

Fi - Angolo di attrito efficace (in gradi). Cu - Resistenza al taglio non drenata (in Kg/cm²). Cu n. - Resistenza al taglio non drenata normalizzata.

Mv - Coefficiente compressione volumetrica (in cm²/Kg). Classificazione - interpretazione stratigrafica del terreno (da SEARLE 1979)

Diagramma di resistenza alla punta

Committente :Comune di Empoli
Note :==
Indagine :VA-78-22 - Certificato di prova : 90/22
Località :Empoli, Via Nazario Sauro
Numero prova :2
Data prova :05/04/2022
Note operative :==
Profondità falda :== (cm)
Spinta penetr. :10 (tonn.)



Qc
Fs

Legenda

Ascisse : Qc - lettura punta (in Kg/cm² - tratto grafico marcato)
: Fs - resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm²)
Ordinata: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

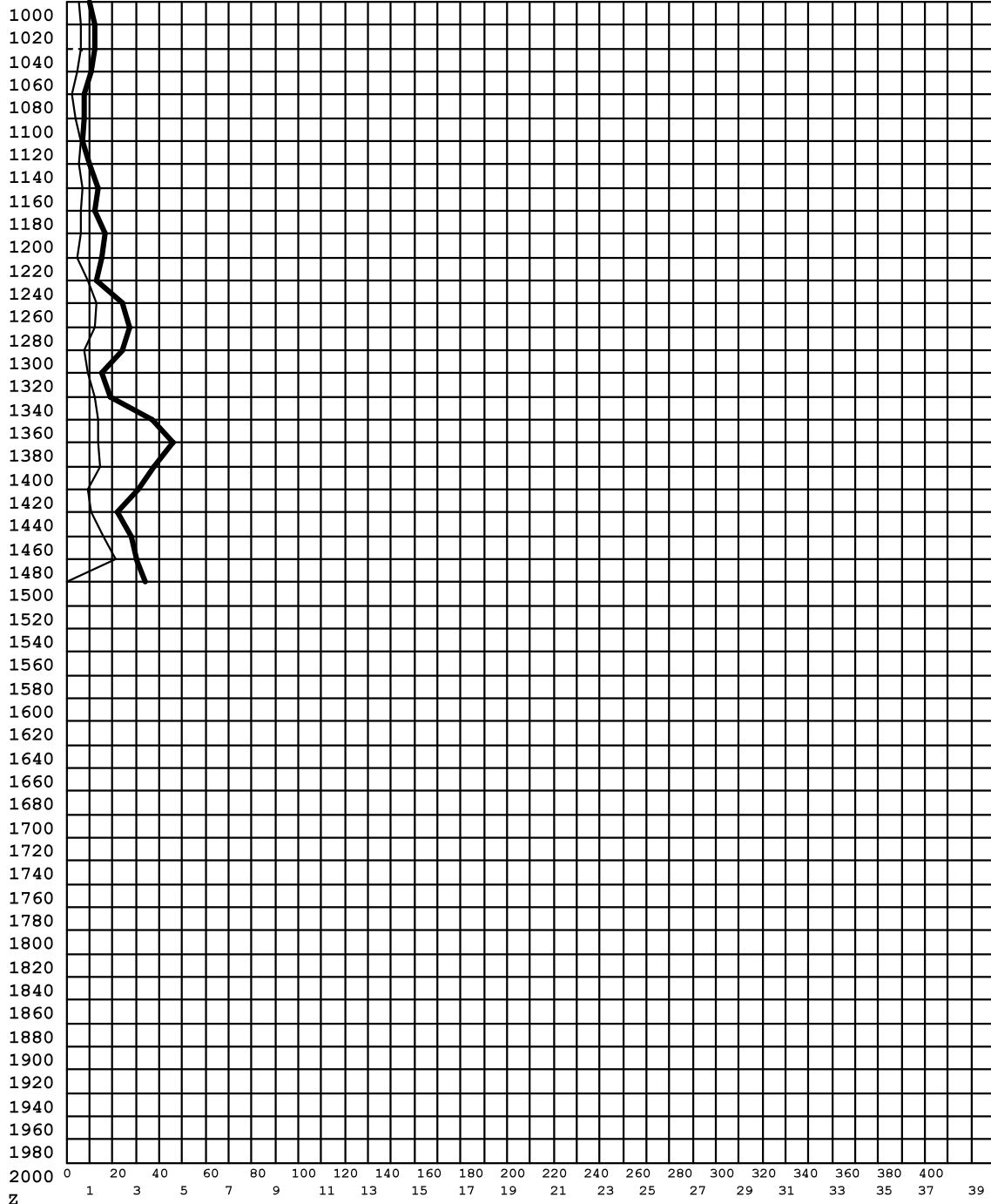
Igetecma s.n.c.

Sede: Via delle Pratella - Montelupo F.no (FI)

Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Diagramma di resistenza alla punta

Committente : Comune di Empoli
 Note : ==
 Indagine : VA-78-22 - Certificato di prova : 90/22
 Località : Empoli, Via Nazario Sauro
 Numero prova : 2
 Data prova : 05/04/2022
 Note operative : ==
 Profondità falda : == (cm)
 Spinta penetr. : 10 (tonn.)



Qc
 Fs

Legenda

Ascisse : Qc - lettura punta (in Kg/cm² - tratto grafico marcato)
 : Fs - resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm²)
 Ordinata: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

Igetecma s.n.c.

Sede: Via delle Pratella - Montelupo F.no (FI)

Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Certificati di Prova n. 722-726/2022

Montelupo Fiorentino, lì 28/04/2022

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 65/22 del 05/04/22

COMMITTENTE: Comune di Empoli

LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)

DATA ESECUZIONE PROVE: 05/04/22 - 28/04/22

CAMPIONI:

S1C1 profondità 3.0 - 3.5 m

Prove eseguite

- 1 - Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 2 - Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 3 - Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12)
- 4 - Analisi granulometrica per setacciatura: per via umida (UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 5 - Analisi granulometrica della frazione fine: metodo del densimetro (UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 6 - Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)
- 7 - Prova edometrica a gradini di carico costante (UNI CEN ISO/TS 17892-5)
- 8 - Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.722/2022

CAMPIONE S1C1 profondità 3.0 - 3.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 28/04/2022

COMMITTENTE: Comune di Empoli

V.A. n. 65/22 del 05/04/22

LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)

Data apertura campione: 05/04/22

Descrizione del campione

Campione indisturbato prelevato con campionatore Shelby di diametro di 88.9 mm da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

0 - 36 cm: limo argilloso sabbioso debolmente consistente

colore marrone giallastro

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti, granulometria, E.L.L., edometria e taglio



Classe e grado di qualità (sec. A.G.I.)

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.722/2022**

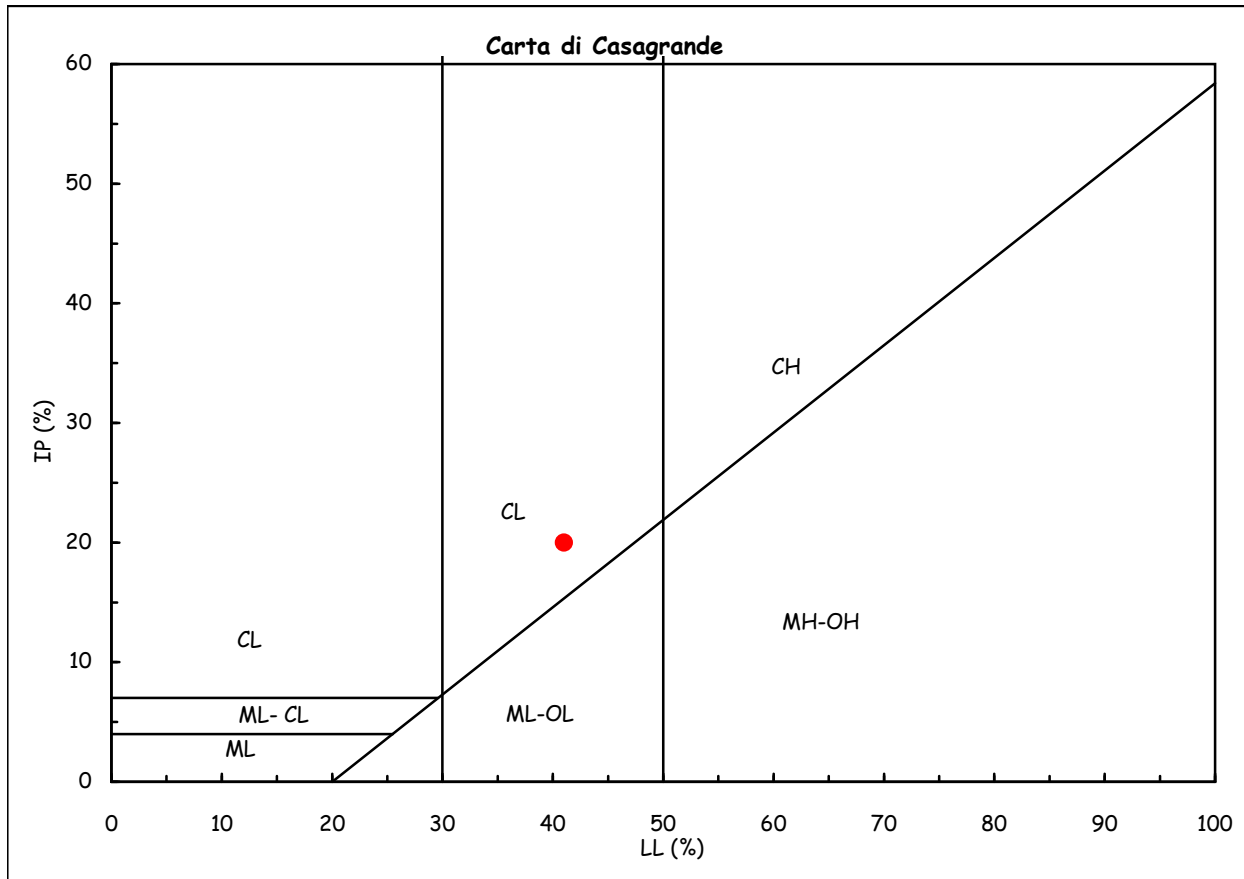
CAMPIONE S1C1 profondità 3.0 - 3.5 m	Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022
COMMITTENTE: Comune di Empoli	V.A. n. 65/22 del 05/04/22
LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)	Data prova: 11/04/22 - 15/04/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Contenuto d'acqua (Wn) =	26.21%	Limite di liquidità (LL) =	41%
Limite di plasticità (LP) =	21%	Indice di plasticità (IP) =	20%
Indice di consistenza (Ic) =	0.74	Indice di attività (Iat) =	0.65

CL = argille inorganiche di
media plasticità

**Classificazione UNI 11531-1**

Gruppo: A7-6

Indice di gruppo: 12

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo GambassiIl direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.723/2022****CAMPIONE S1C1** profondità 3.0 - 3.5 m

Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022

COMMITTENTE: Comune di Empoli

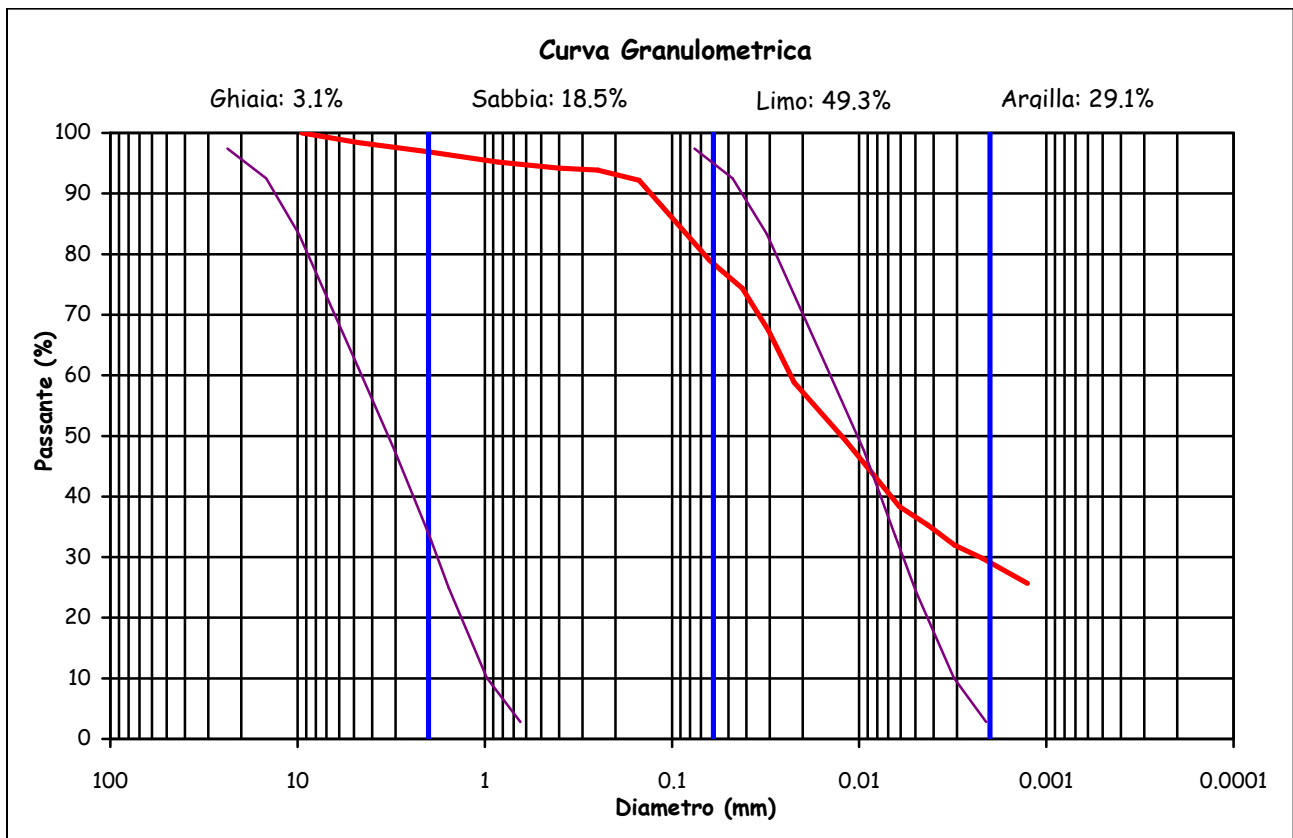
V.A. n. 65/22 del 05/04/22

LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)

Data prova: 11/04/22 - 15/04/22

Analisi granulometrica**Setacciatura: per via umida (UNI CEN ISO/TS 17892 4)****Frazione fine: metodo del densimetro (UNI CEN ISO/TS 17892 4)**

Setacciatura		Sedimentazione	
Diametro (mm)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
9.5	100	0.0421	74.4
4.75	98.42	0.0305	67.4
2	96.87	0.0222	58.9
0.850	95.20	0.0118	49.2
0.400	94.17	0.0061	38.3
0.250	93.86	0.0043	35.3
0.150	92.21	0.0031	32.0
0.063	78.97	0.0022	29.8
		0.0013	25.7



Definizione secondo A.G.I.:

Limo con argilla sabbioso

Fusi granulometrici critici nei confronti della liquefazione (Tsuchida, 1970)

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.723/2022****CAMPIONE S1C1** profondità 3.0 - 3.5 m

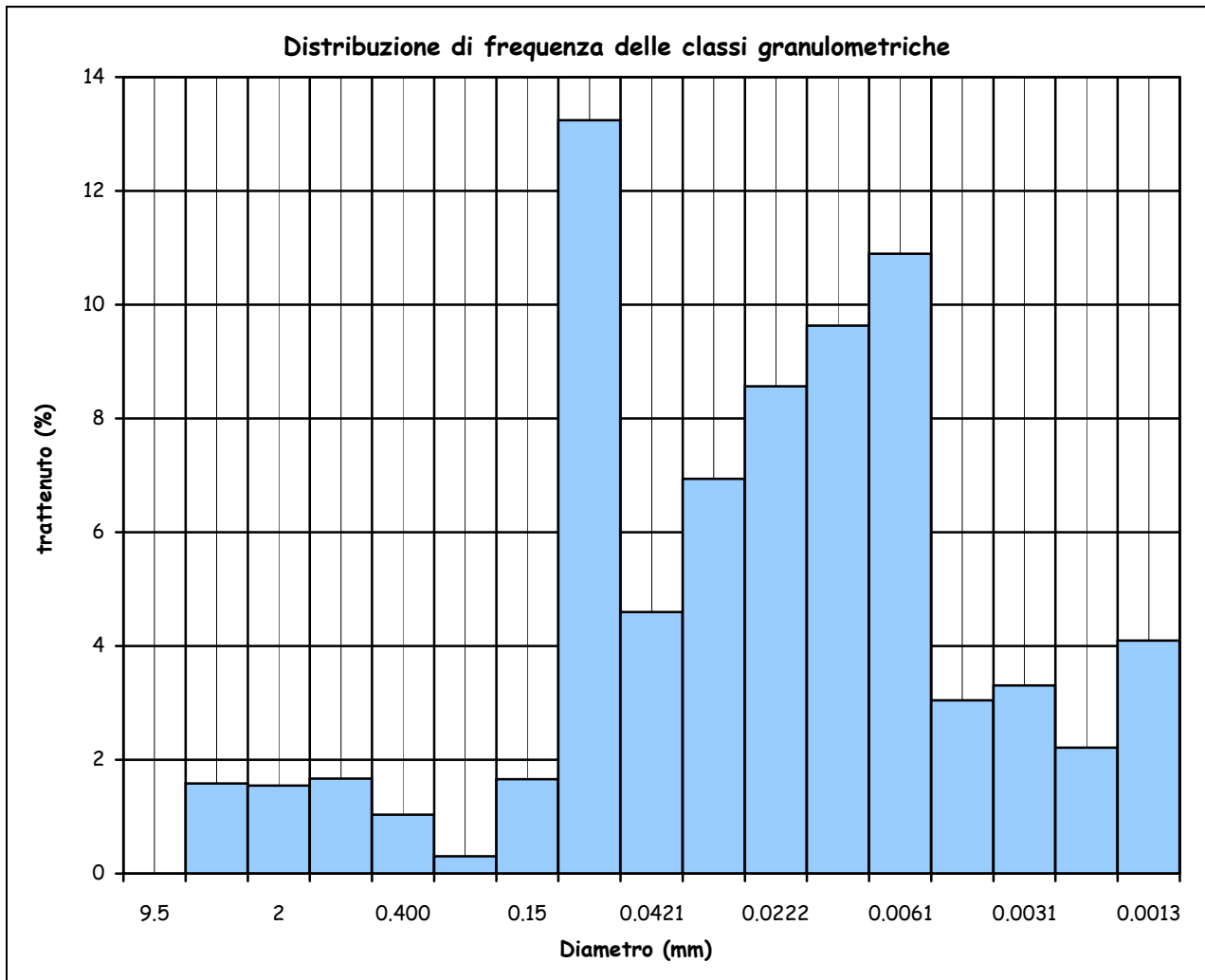
COMMITTENTE: Comune di Empoli

LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)

Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022

V.A. n. 65/22 del 05/04/22

Data prova: 11/04/22 - 15/04/22

Analisi granulometricaCoefficiente di uniformità (C_u) = -Coefficiente di curvatura (C_c) = -

Mediana 0.0127

Moda 0.0630

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi

Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.724/2022****CAMPIONE S1C1** profondità 3.0 - 3.5 m

Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022

COMMITTENTE: Comune di Empoli

V.A. n. 65/22 del 05/04/22

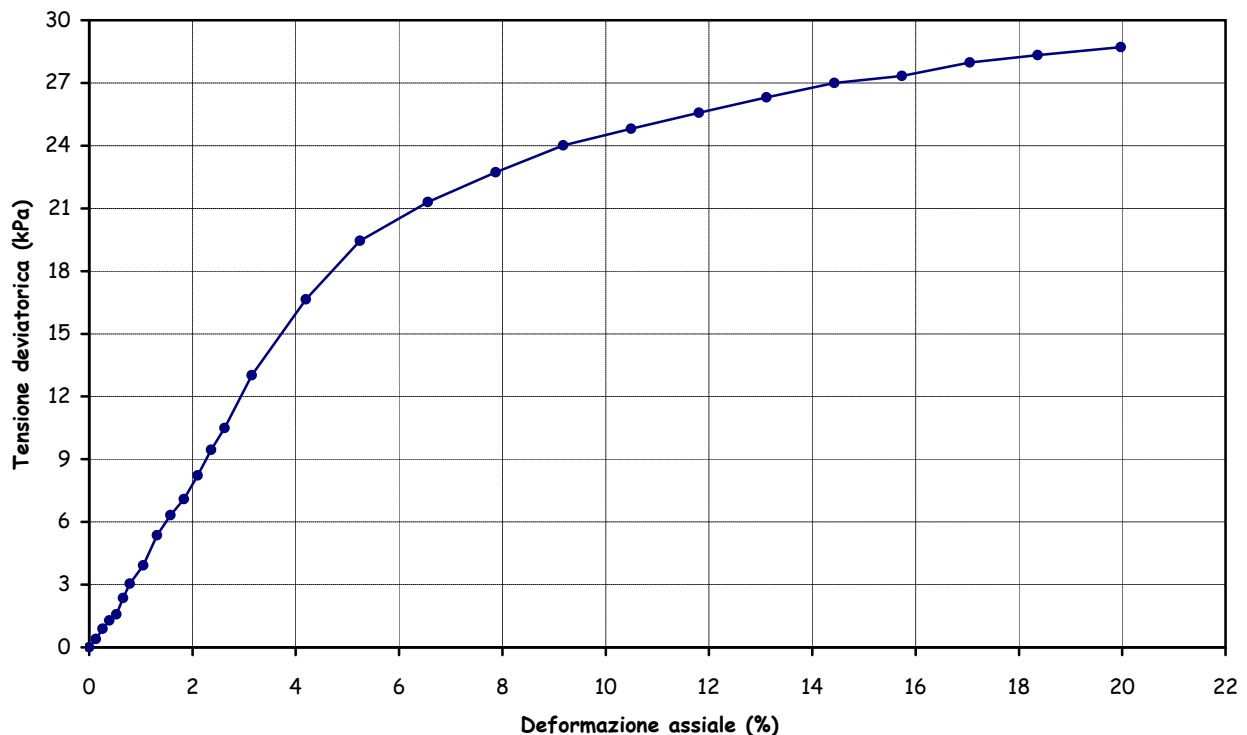
LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)

Data prova: 11/04/22 - 13/04/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)**

Peso di volume naturale (kN/m ³)	17.9	Sigma a rottura (kPa)	28.7
Peso di volume secco (kN/m ³)	14.0	Coesione non drenata (kPa)	14.4
Contenuto d'acqua (%)	28.01	Modulo elastico	409
Vel. def. (mm/min)	1.27	tangente iniziale (kPa)	

ε (%)	σ (kPa)	ε (%)	σ (kPa)	ε (%)	σ (kPa)
0.13	0.4	1.84	7.1	9.18	24.0
0.26	0.9	2.10	8.2	10.49	24.8
0.39	1.3	2.36	9.5	11.80	25.6
0.52	1.6	2.62	10.5	13.11	26.3
0.66	2.4	3.15	13.0	14.43	27.0
0.79	3.0	4.20	16.6	15.74	27.3
1.05	3.9	5.25	19.5	17.05	28.0
1.31	5.4	6.56	21.3	18.36	28.3
1.57	6.3	7.87	22.7	19.97	28.7

Grafico deformazione assiale - tensione deviatorica

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.725/2022**

CAMPIONE S1C1 profondità 3.0 - 3.5 m	Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022
COMMITTENTE: Comune di Empoli	V.A. n. 65/22 del 05/04/22
LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)	Data prova: 05/04/22 - 28/04/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova edometrica a gradini di carico costante (UNI CEN ISO/TS 17892-5)

	Iniziale	Finale
Altezza (mm)	18.515	15.517
Volume (cmc)	37.056	31.055
Peso di volume naturale (kN/m ³)	18.3	20.7
Peso di volume secco (kN/m ³)	14.5	17.4
Contenuto d'acqua (%)	26.11	19.45

Pressione (kPa)	Cedimento (%)	Mv (m ² /kN)
6.1	0.000	--
12.3	0.138	0.0002257
24.5	0.592	0.0003708
49.0	2.274	0.0006865
98.0	5.002	0.0005567
196.0	8.644	0.0003716
392.0	12.023	0.0001724
784.0	15.552	0.0000900
1568.0	19.004	0.0000440
392.0	18.401	0.0000051
98.0	17.426	0.0000332
24.5	16.195	0.0001675

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi


Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.725/2022****CAMPIONE S1C1** profondità 3.0 - 3.5 m

Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022

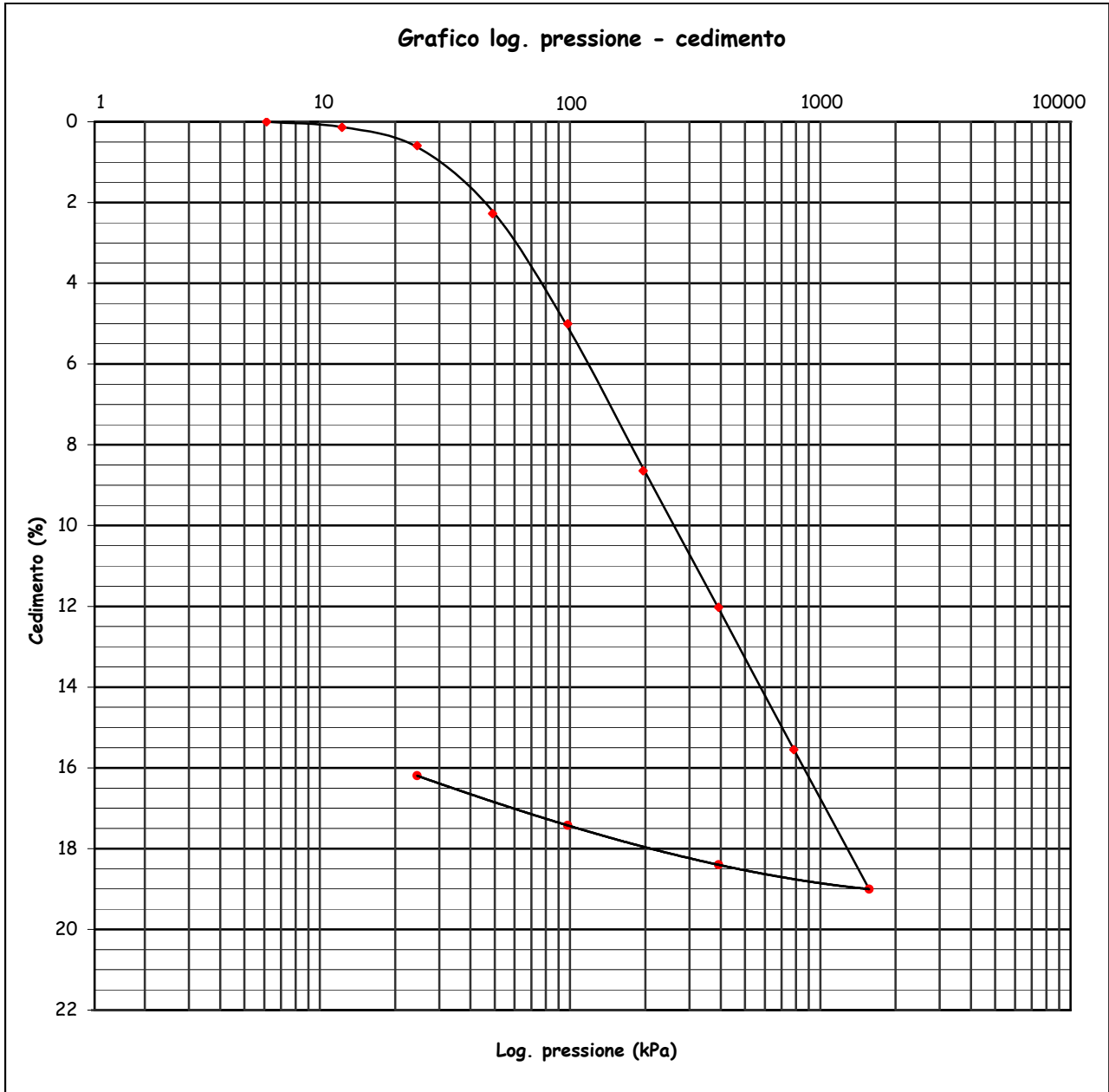
COMMITTENTE: Comune di Empoli

V.A. n. 65/22 del 05/04/22

LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)

Data prova: 05/04/22 - 28/04/22

Prova edometrica a gradini di carico costante (UNI CEN ISO/TS 17892-5)



Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.725/2022**

CAMPIONE S1C1 profondità 3.0 - 3.5 m	Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022
COMMITTENTE: Comune di Empoli	V.A. n. 65/22 del 05/04/22
LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)	Data prova: 05/04/22 - 28/04/22

Prova edometrica a gradini di carico costante (UNI CEN ISO/TS 17892-5)**Cedimento in funzione del tempo**

carico da 49 a 98 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)
0.10	639.00
0.13	650.00
0.20	663.00
0.25	671.00
0.37	683.00
0.50	694.00
0.75	710.00
1.00	721.00
1.50	738.00
2.00	751.00
3.00	769.00
4.00	786.00
6.00	809.00
8.00	827.00
12.00	857.00
15.00	874.00
22.50	906.00
30.00	929.00
45.00	952.00
60.00	966.00
90.00	981.00
120.00	987.00
180.00	994.00
240.00	999.00
360.00	1003.00
480.00	1007.00
720.00	1011.00
960.00	1017.00
1200.00	1022.00
1440.00	1025.00

carico da 98 a 196 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)
0.10	1265.00
0.13	1279.00
0.20	1298.00
0.25	1307.00
0.37	1325.00
0.50	1341.00
0.75	1362.00
1.00	1378.00
1.50	1400.00
2.00	1421.00
3.00	1452.00
4.00	1475.00
6.00	1510.00
8.00	1538.00
12.00	1579.00
15.00	1601.00
22.50	1639.00
30.00	1659.00
45.00	1678.00
60.00	1689.00
90.00	1703.00
120.00	1709.00
180.00	1717.00
240.00	1720.00
360.00	1725.00
480.00	1727.00
720.00	1731.00
960.00	1737.00
1200.00	1741.00
1440.00	1744.00

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.725/2022****CAMPIONE S1C1** profondità 3.0 - 3.5 m

Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022

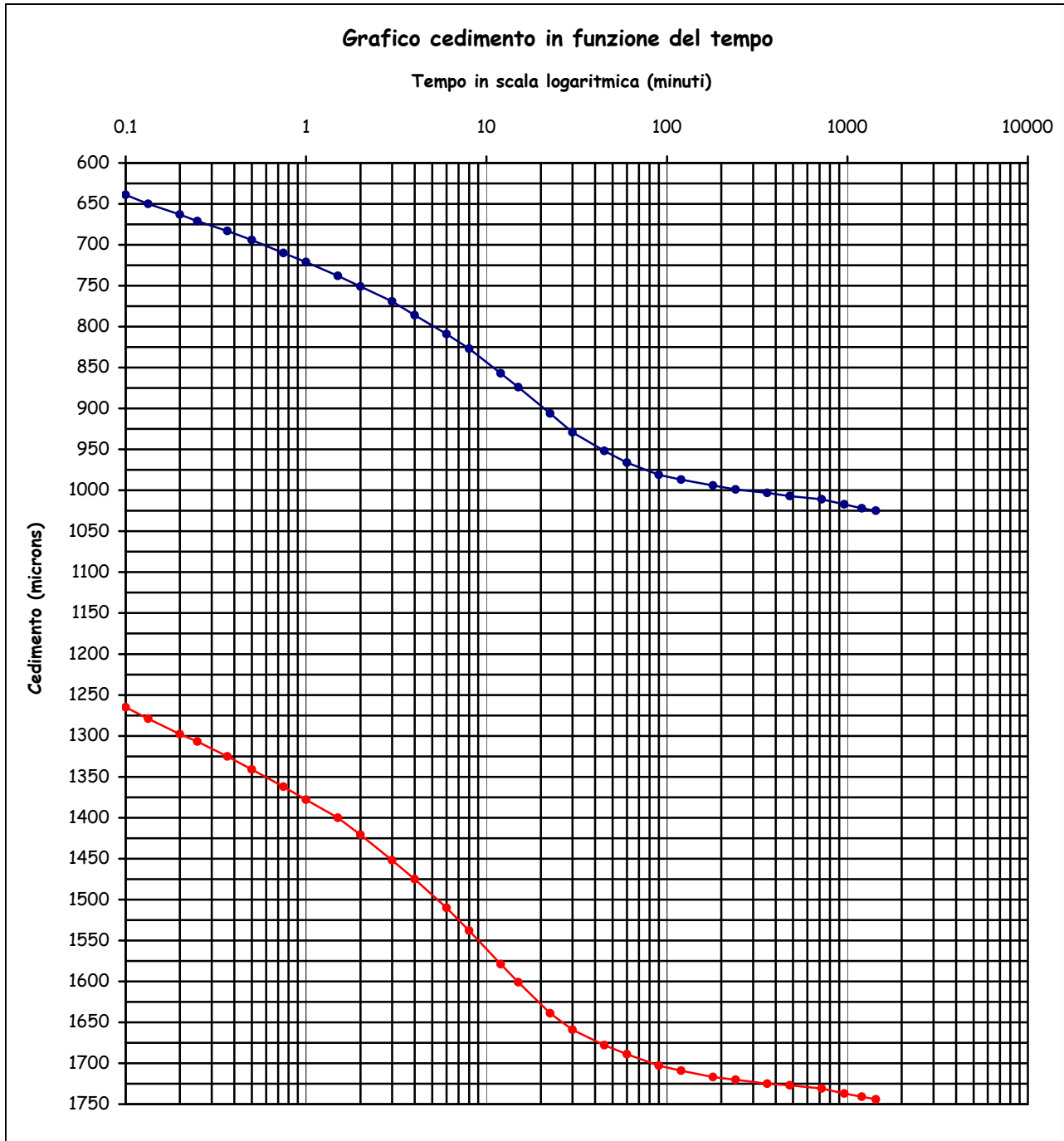
COMMITTENTE: Comune di Empoli

V.A. n. 65/22 del 05/04/22

LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)

Data prova: 05/04/22 - 28/04/22

Prova edometrica a gradini di carico costante (UNI CEN ISO/TS 17892-5)



Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.726/2022**

CAMPIONE S1C1 profondità 3.0 - 3.5 m	Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022
COMMITTENTE: Comune di Empoli	V.A. n. 65/22 del 05/04/22
LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)	Data prova: 08/04/22 - 26/04/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Peso di volume naturale iniziale (kN/m ³)	18.1	17.3	18.0
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	19.0	19.9	20.3
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	14.1	13.3	13.9
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	15.1	15.7	16.0
Contenuto d'acqua iniziale (%)	28.51	30.35	29.79
Contenuto d'acqua finale (%)	25.70	26.93	26.77
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0040	0.0040	0.0040
Sigma (kPa)	49.0	147.1	171.6
Tau a rottura (kPa)	34.1	91.9	106.3

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau
(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)
0.09	4.4	0.17	19.4	0.15	24.9
0.18	7.2	0.35	31.0	0.34	47.1
0.27	11.1	0.57	42.9	0.56	59.8
0.45	16.3	0.84	48.8	0.83	70.3
0.59	18.6	1.12	57.1	1.11	77.0
0.77	21.6	1.50	66.5	1.48	84.5
0.96	24.1	1.88	73.1	1.87	89.2
1.19	26.3	2.31	78.6	2.26	93.3
1.42	28.3	2.73	82.0	2.74	97.5
1.70	29.9	3.26	84.5	3.27	100.8
1.99	31.0	3.83	85.8	3.80	102.5
2.28	31.6	4.40	86.7	4.37	103.3
2.61	31.9	5.00	87.5	5.00	103.6
2.95	33.0	5.69	88.3	5.68	104.7
3.32	33.5	6.41	89.7	6.36	104.9
3.71	33.5	7.12	90.0	7.10	104.7
4.09	33.8	7.92	90.6	7.89	105.2
4.53	34.1	8.75	91.9	8.72	106.3
4.96	33.8	9.58	90.3	9.54	103.8
5.39	33.8	10.40	91.7	10.36	102.5
5.83	33.8	11.21	91.4	11.18	101.9

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo GambassiIl direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.726/2022

CAMPIONE S1C1 profondità 3.0 - 3.5 m

COMMITTENTE: Comune di Empoli

LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)

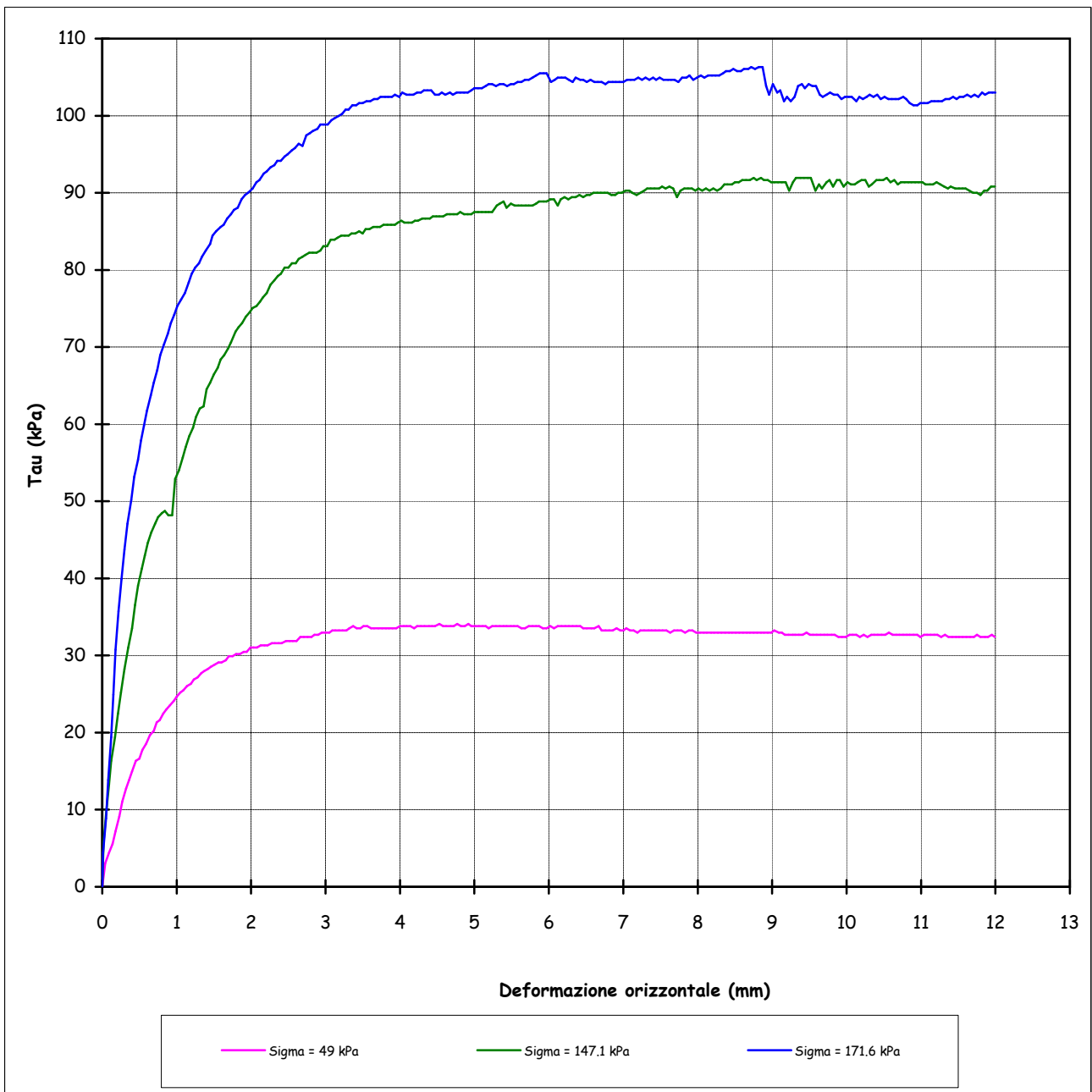
Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022

V.A. n. 65/22 del 05/04/22

Data prova: 08/04/22 - 26/04/22

Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Grafico deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

COMMITTENTE: Comune di Empoli

Montelupo Fiorentino, lì 28/04/2022

LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)

V.A. n. 65/22 del 05/04/22

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 722-726/2022

CAMPIONE	SIC1
Profondità metri	3.0 - 3.5
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	26.21
Limite liquido (%)	41
Limite plastico (%)	21
Indice di plasticità (%)	20
Indice di consistenza	0.74
Indice di attività	0.65
Classificaz. Casagrande	CL
Granulometria	
Ghiaia (%)	3.1
Sabbia (%)	18.5
Limo (%)	49.3
Argilla (%)	29.1
Classificazione UNI 10006	
Gruppo	A7-6
Indice di gruppo	12
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	17.94
Peso volume secco (kN/m ³)	13.96
Prova di Compressione E.L.L.	
Coesione non drenata, C_u (kPa)	14.4
Modulo elastico tangente iniziale, E_{ti} (kPa)	409
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	5.2
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	30.5
Prova edometrica	
Rapporto di ricomprensione, R_r	0.02417
Rapporto di compressione, R_c	0.11595
Rapporto di rigonfiamento, R_s	0.01832
Pressione di preconsolidazione, σ'_{vmax} (kPa)	39
C_v (cm ² /sec)	5.28E-04
K (cm/sec)	2.107E-08
C_v (cm ² /sec)	6.99E-04
K (cm/sec)	1.780E-08

Michèle Colm





IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Certificati di Prova n. 727-731/2022

Montelupo Fiorentino, lì 28/04/2022

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 65/22 del 05/04/22

COMMITTENTE: Comune di Empoli

LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)

DATA ESECUZIONE PROVE: 06/04/22 - 28/04/22

CAMPIONI:

S1CR2 profondità 14.1 - 14.5 m

Prove eseguite

- 1 - Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 2 - Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 3 - Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12)
- 4 - Analisi granulometrica per setacciatura: per via umida (UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 5 - Analisi granulometrica della frazione fine: metodo del densimetro (UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 6 - Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)
- 7 - Prova edometrica a gradini di carico costante (UNI CEN ISO/TS 17892-5)
- 8 - Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.727/2022

CAMPIONE S1CR2 profondità 14.1 - 14.5 m

Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022

COMMITTENTE: Comune di Empoli

V.A. n. 65/22 del 05/04/22

LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)

Data apertura campione: 06/04/22

Descrizione del campione

Campione semidisturbato prelevato da cassetta
da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

0 - 37 cm: sabbia limosa argillosa deolmente addensata
colore grigio bluaastro verdastro

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti, granulometria, E.L.L., edometria e taglio



Classe e grado di qualità (sec. A.G.I.)

Campione a disturbo limitato Q-4

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.727/2022**

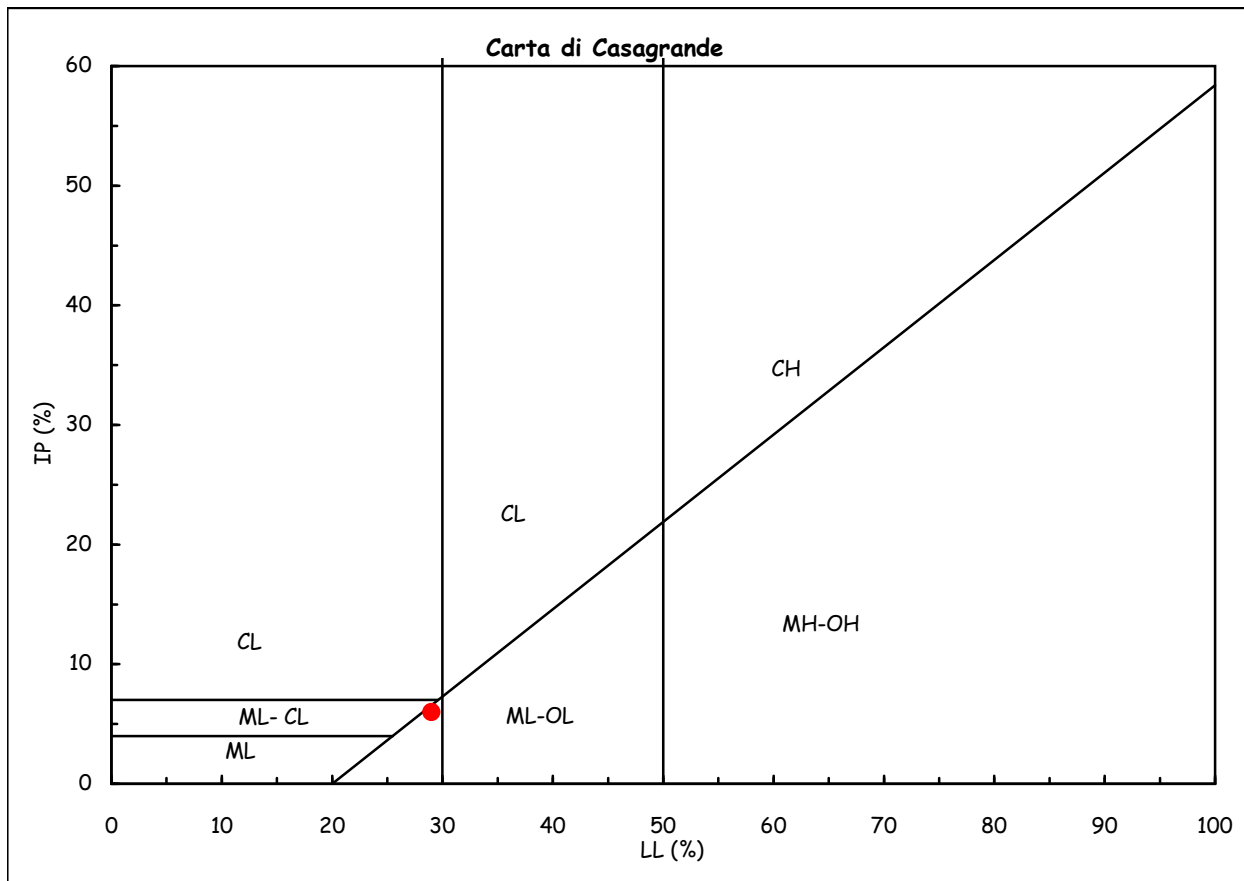
CAMPIONE S1CR2 profondità 14.1 - 14.5 m	Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022
COMMITTENTE: Comune di Empoli	V.A. n. 65/22 del 05/04/22
LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)	Data prova: 20/04/22 - 26/04/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Contenuto d'acqua (Wn) =	23.05%	Limite di liquidità (LL) =	29%
Limite di plasticità (LP) =	23%	Indice di plasticità (IP) =	6%
Indice di consistenza (Ic) =	0.99	Indice di attività (Iat) =	0.48

ML-OL = limi inorganici e limi ed argille organiche di
bassa plasticità



Classificazione UNI 11531-1

Gruppo: A4

Indice di gruppo: 2

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo GambassiIl direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.728/2022****CAMPIONE S1CR2** profondità 14.1 - 14.5 m

Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022

COMMITTENTE: Comune di Empoli

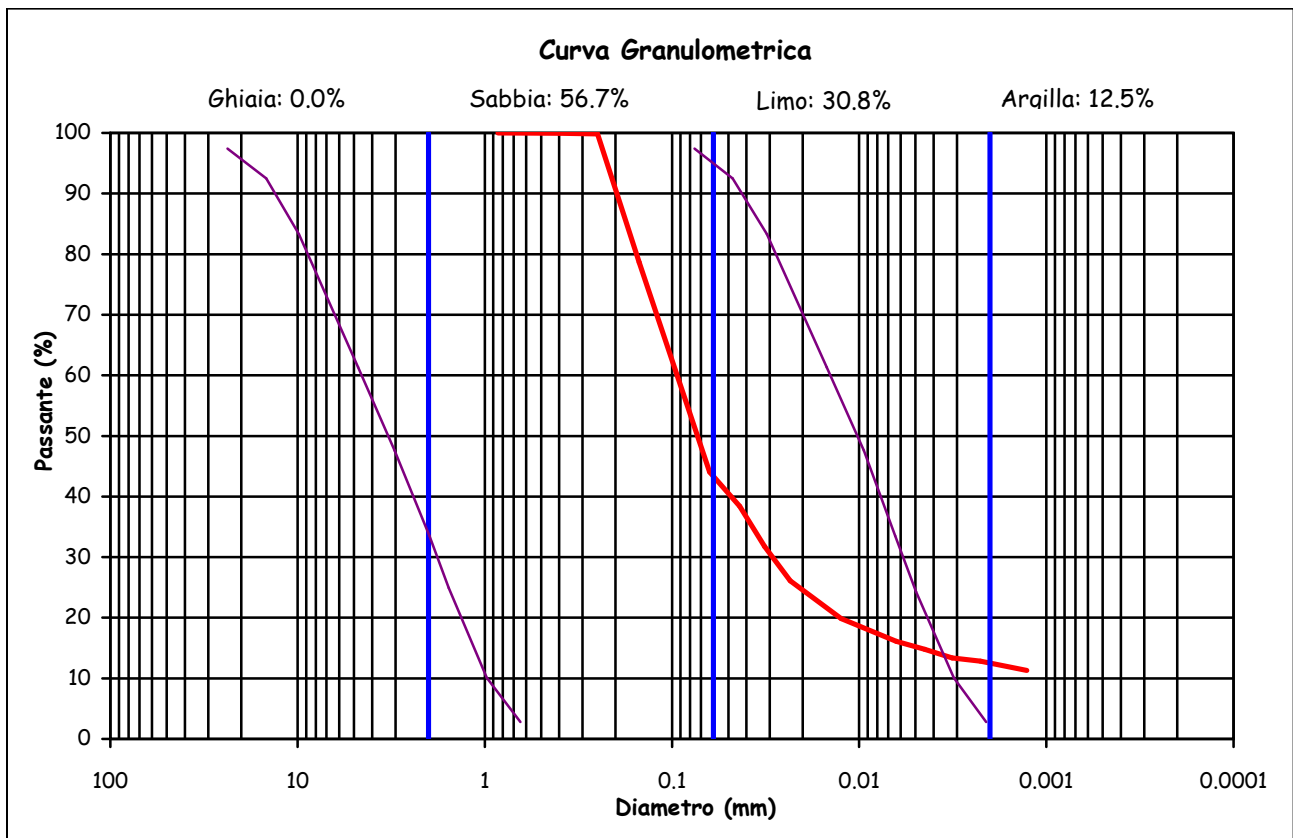
V.A. n. 65/22 del 05/04/22

LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)

Data prova: 20/04/22 - 26/04/22

Analisi granulometrica**Setacciatura: per via umida (UNI CEN ISO/TS 17892 4)****Frazione fine: metodo del densimetro (UNI CEN ISO/TS 17892 4)**

Setacciatura		Sedimentazione	
Diametro (mm)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
0.850	100	0.0435	38.4
0.400	99.96	0.0320	31.8
0.250	99.82	0.0234	26.1
0.150	78.63	0.0125	19.9
0.063	44.06	0.0063	16.1
		0.0045	14.8
		0.0032	13.3
		0.0023	12.9
		0.0013	11.3



Definizione secondo A.G.I.:

Sabbia con limo argillosa

Fusi granulometrici critici nei confronti della liquefazione (Tsuchida, 1970)

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.728/2022****CAMPIONE S1CR2** profondità 14.1 - 14.5 m

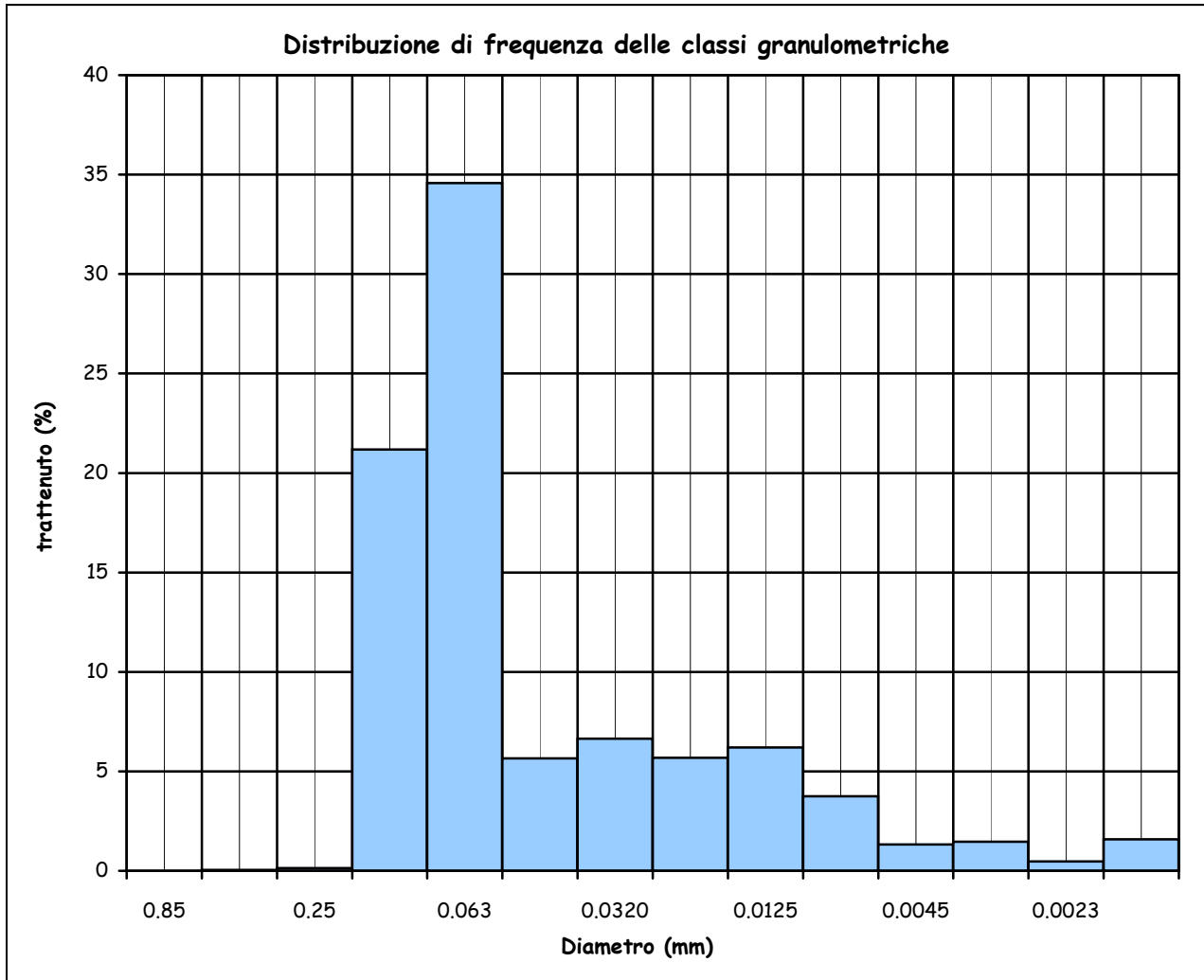
COMMITTENTE: Comune di Empoli

LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)

Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022

V.A. n. 65/22 del 05/04/22

Data prova: 20/04/22 - 26/04/22

Analisi granulometricaCoefficiente di uniformità (C_u) = -Coefficiente di curvatura (C_c) = -

Mediana 0.0780

Moda 0.0630

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi

Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.729/2022

CAMPIONE S1CR2 profondità 14.1 - 14.5 m

Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022

COMMITTENTE: Comune di Empoli

V.A. n. 65/22 del 05/04/22

LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)

Data prova: 20/04/22 - 22/04/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

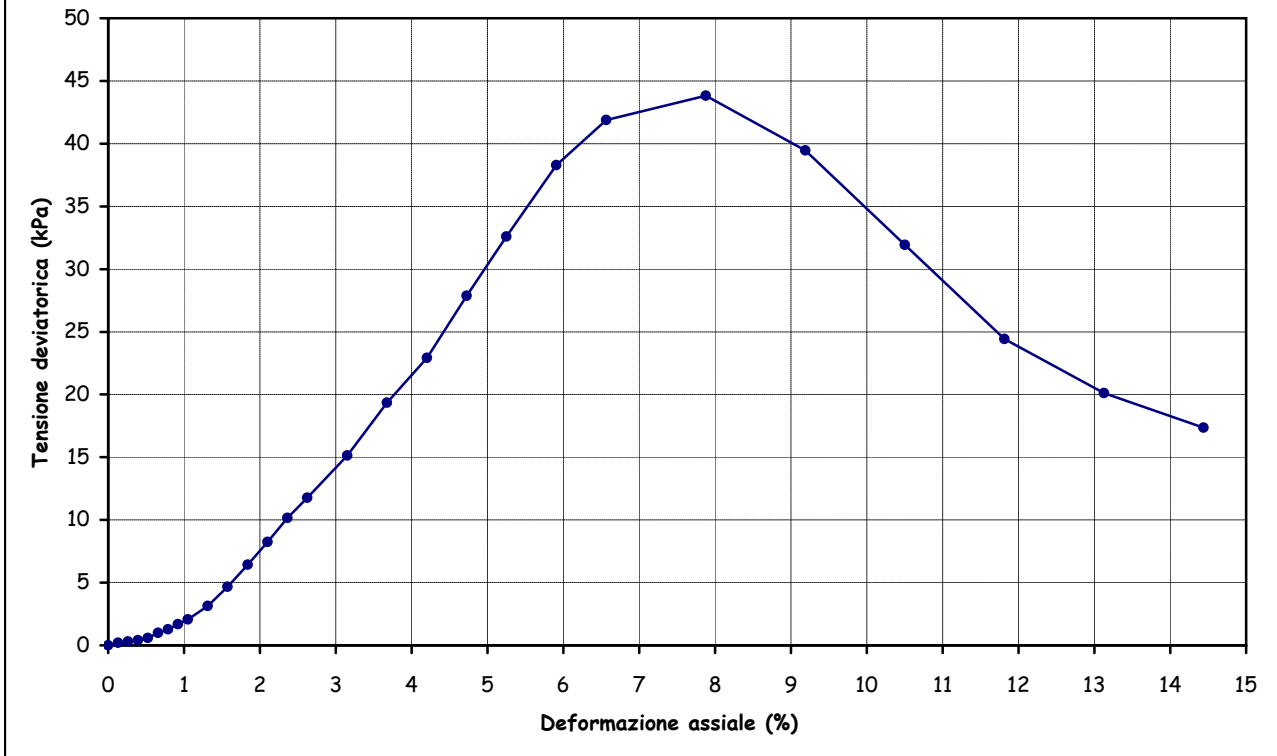
Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)

Peso di volume naturale (kN/m ³)	19.4	Sigma a rottura (kPa)	43.8
Peso di volume secco (kN/m ³)	15.3	Coesione non drenata (kPa)	21.9
Contenuto d'acqua (%)	26.88	Modulo elastico	757
Vel. def. (mm/min)	1.27	tangente iniziale (kPa)	

ϵ (%)	σ (kPa)	ϵ (%)	σ (kPa)	ϵ (%)	σ (kPa)
0.13	0.2	1.58	4.7	5.25	32.6
0.26	0.3	1.84	6.4	5.91	38.3
0.39	0.4	2.10	8.2	6.56	41.9
0.53	0.6	2.36	10.2	7.88	43.8
0.66	1.0	2.63	11.8	9.19	39.5
0.79	1.3	3.15	15.1	10.50	31.9
0.92	1.7	3.68	19.3	11.81	24.4
1.05	2.1	4.20	22.9	13.13	20.1
1.31	3.1	4.73	27.9	14.44	17.4

Grafico deformazione assiale - tensione deviatorica



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi
Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni
Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.730/2022**

CAMPIONE S1CR2 profondità 14.1 - 14.5 m	Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022
COMMITTENTE: Comune di Empoli	V.A. n. 65/22 del 05/04/22
LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)	Data prova: 14/04/22 - 28/04/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova edometrica a gradini di carico costante (UNI CEN ISO/TS 17892-5)

	Iniziale	Finale
Altezza (mm)	19.908	18.475
Volume (cmc)	39.439	36.600
Peso di volume naturale (kN/m ³)	20.3	21.0
Peso di volume secco (kN/m ³)	16.5	17.8
Contenuto d'acqua (%)	23.05	18.41

Pressione (kPa)	Cedimento (%)	Mv (m ² /kN)
6.2	0.045	--
12.4	0.168	0.0001989
24.8	0.393	0.0001816
49.5	0.795	0.0001626
99.0	1.427	0.0001275
198.0	2.203	0.0000784
396.0	3.205	0.0000506
792.0	4.438	0.0000311
1584.1	5.975	0.0000194
3168.2	7.899	0.0000121
792.0	7.684	0.0000009
198.0	7.488	0.0000033
49.5	7.198	0.0000195

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi


Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.730/2022****CAMPIONE S1CR2** profondità 14.1 - 14.5 m

Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022

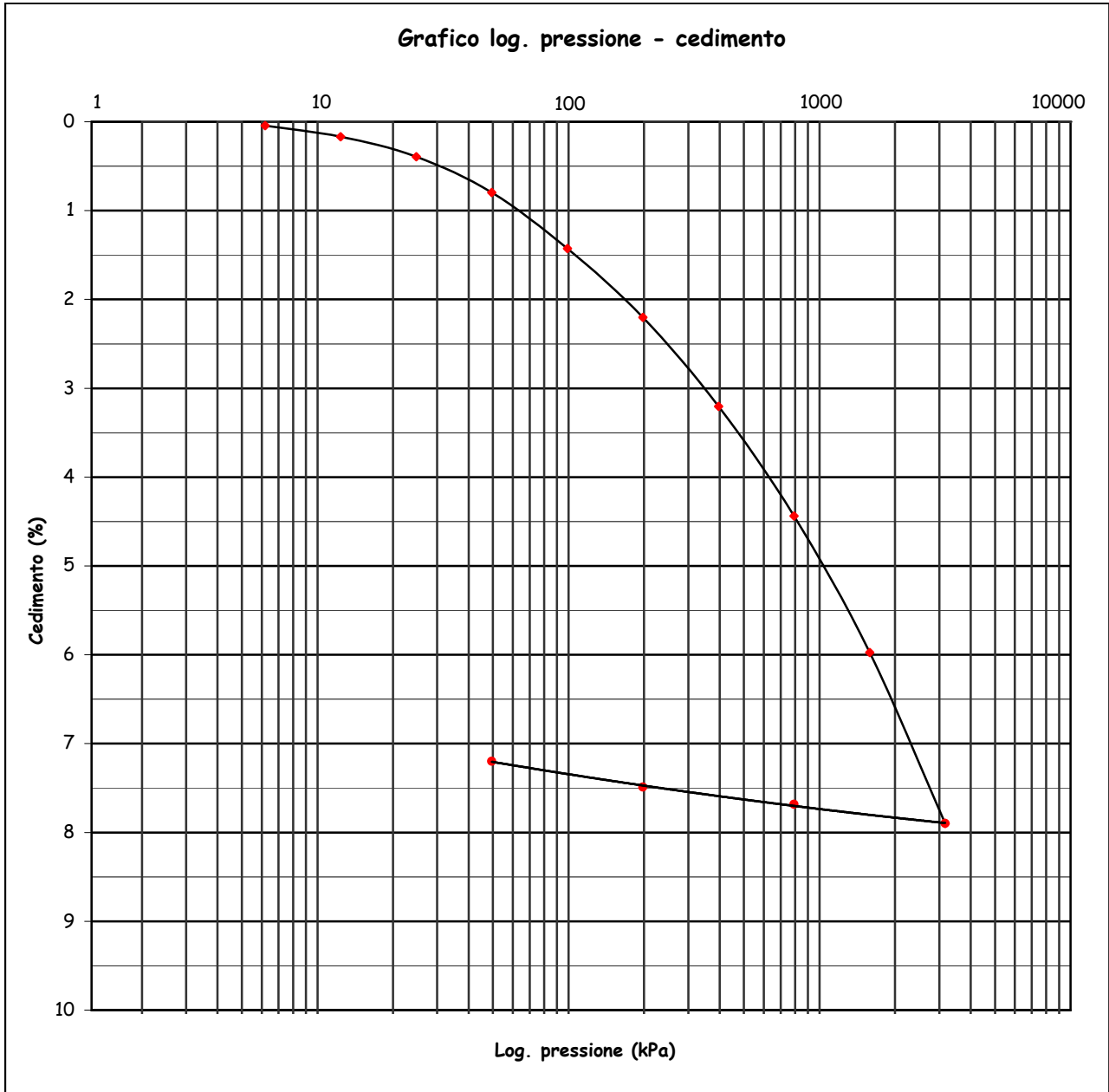
COMMITTENTE: Comune di Empoli

V.A. n. 65/22 del 05/04/22

LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)

Data prova: 14/04/22 - 28/04/22

Prova edometrica a gradini di carico costante (UNI CEN ISO/TS 17892-5)



Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.730/2022**

CAMPIONE S1CR2 profondità 14.1 - 14.5 m	Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022
COMMITTENTE: Comune di Empoli	V.A. n. 65/22 del 05/04/22
LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)	Data prova: 14/04/22 - 28/04/22

Prova edometrica a gradini di carico costante (UNI CEN ISO/TS 17892-5)**Cedimento in funzione del tempo**

carico da 24.8 a 49.5 kPa		carico da 49.5 a 99 kPa	
tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)	tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)
0.10	271.00	0.10	448.00
0.13	275.00	0.13	454.00
0.17	278.00	0.17	458.00
0.20	280.00	0.20	461.00
0.25	283.00	0.25	465.00
0.33	286.00	0.33	468.00
0.50	290.00	0.50	473.00
0.75	293.00	0.75	477.00
1.00	296.00	1.00	480.00
1.50	299.00	1.50	484.00
2.00	301.00	2.00	486.00
3.00	304.00	3.00	490.00
4.00	306.00	4.00	493.00
6.00	309.00	6.00	496.00
8.00	311.00	8.00	499.00
11.50	313.00	11.50	501.00
15.00	315.00	15.00	504.00
22.50	317.00	22.50	507.00
30.00	319.00	30.00	509.00
45.00	322.00	45.00	512.00
60.00	323.00	60.00	514.00
90.00	326.00	90.00	517.00
120.00	328.00	120.00	520.00
180.00	331.00	180.00	523.00
240.00	332.00	240.00	525.00
360.00	334.00	360.00	527.00
480.00	335.00	480.00	528.00
720.00	337.00	720.00	531.00
960.00	341.00	960.00	536.00
1200.00	343.00	1200.00	538.00
1410.00	344.00	1410.00	540.00

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.730/2022****CAMPIONE S1CR2** profondità 14.1 - 14.5 m

Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022

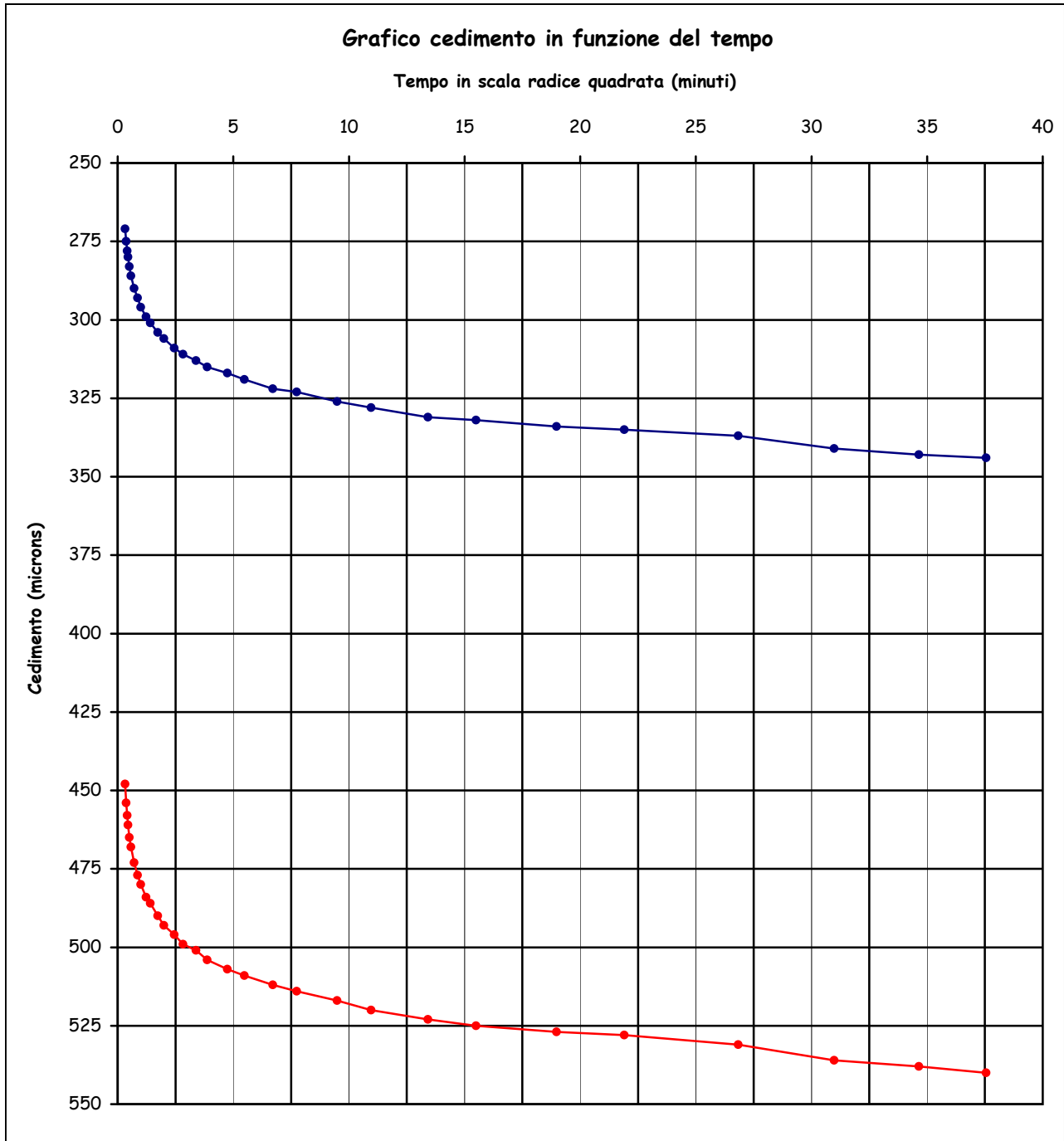
COMMITTENTE: Comune di Empoli

V.A. n. 65/22 del 05/04/22

LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)

Data prova: 14/04/22 - 28/04/22

Prova edometrica a gradini di carico costante (UNI CEN ISO/TS 17892-5)



Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.731/2022**

CAMPIONE S1CR2 profondità 14.1 - 14.5 m	Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022
COMMITTENTE: Comune di Empoli	V.A. n. 65/22 del 05/04/22
LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)	Data prova: 07/04/22 - 15/04/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Peso di volume naturale iniziale (kN/m ³)	19.6	19.2	19.4
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	20.0	19.9	20.4
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	15.6	15.4	15.6
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	15.9	16.1	16.5
Contenuto d'acqua iniziale (%)	25.60	24.66	24.67
Contenuto d'acqua finale (%)	25.09	23.74	23.62
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0080	0.0080	0.0080
Sigma (kPa)	98.1	147.1	196.1
Tau a rottura (kPa)	83.9	116.2	160.8

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau
(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)
0.09	6.5	0.04	8.9	0.10	10.7
0.14	12.9	0.18	29.5	0.14	16.8
0.27	24.3	0.25	37.5	0.26	39.6
0.34	28.7	0.40	50.3	0.41	57.5
0.49	35.9	0.57	58.8	0.56	71.0
0.64	41.4	0.73	66.0	0.72	81.4
0.87	48.0	0.90	71.7	0.89	90.4
1.02	51.9	1.06	76.7	1.13	100.7
1.26	57.1	1.32	83.5	1.29	107.2
1.50	61.3	1.56	89.4	1.54	116.1
1.74	65.0	1.81	94.6	1.86	126.2
1.98	68.1	2.05	99.0	2.11	133.1
2.23	71.0	2.37	103.7	2.43	140.9
2.56	74.5	2.68	107.3	2.76	147.5
2.87	77.5	3.01	110.1	3.08	152.7
3.20	79.9	3.41	112.8	3.39	156.8
3.53	82.4	3.73	114.0	3.80	160.0
3.93	84.1	4.14	115.1	4.21	160.8
4.34	83.2	4.55	113.2	4.61	159.1
4.67	83.7	4.95	109.6	5.00	155.9
5.06	83.5	5.36	109.3	5.40	149.3

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo GambassiIl direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.731/2022

CAMPIONE S1CR2 profondità 14.1 - 14.5 m

COMMITTENTE: Comune di Empoli

LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)

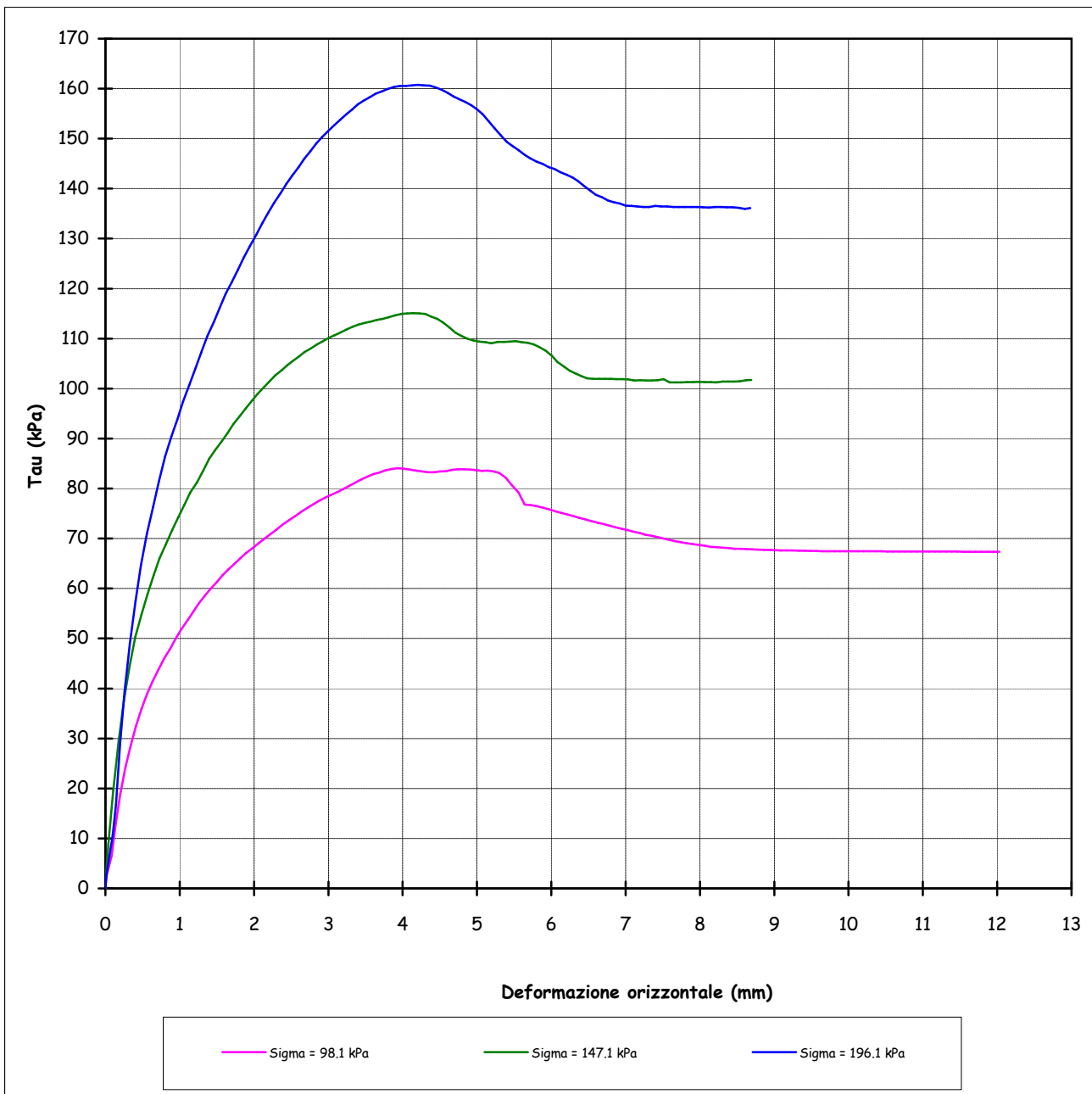
Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022

V.A. n. 65/22 del 05/04/22

Data prova: 07/04/22 - 15/04/22

Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Grafico deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

COMMITTENTE: Comune di Empoli

Montelupo Fiorentino, li 28/04/2022

LOCALITA': via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)

V.A. n. 65/22 del 05/04/22

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 727-731/2022

CAMPIONE	S1CR2
Profondità metri	14.1 - 14.5
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	23.05
Limite liquido (%)	29
Limite plastico (%)	23
Indice di plasticità (%)	6
Indice di consistenza	0.99
Indice di attività	0.48
Classificaz. Casagrande	ML-OL
Granulometria	
Ghiaia (%)	0.0
Sabbia (%)	56.7
Limo (%)	30.8
Argilla (%)	12.5
Classificazione UNI 10006	
Gruppo	A4
Indice di gruppo	2
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	19.6
Peso volume secco (kN/m ³)	15.7
Prova di Compressione E.L.L.	
Coesione non drenata, C_u (kPa)	21.9
Modulo elastico tangente iniziale, E_{ti} (kPa)	757
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	4.8
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	38.1
Prova edometrica	
Rapporto di ricomprensione, R_r	0.00822
Rapporto di compressione, R_c	0.04601
Rapporto di rigonfiamento, R_s	0.00341
Pressione di preconsolidazione, $\sigma'_{vm\max}$ (kPa)	170
C_v (cm ² /sec)	2.7246E-02
K (cm/sec)	2.183E-07
C_v (cm ² /sec)	3.1503E-02
K (cm/sec)	1.620E-07

Michela Galini





IGETECMA s.n.c. Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Laboratorio autorizzato con D.M. n. 54143 del 07/11/2005 ai sensi della Circolare 08/09/10 n. 7618/STC

Esecuzione e certificazione prove geotecniche – settore A

Laboratorio autorizzato con D.M. n. 162 del 19/04/2011 ai sensi dell'art. 20 della L. n. 1086/71

Prove e controlli su strutture e materiali da costruzione – settore A

Rapporto di Prova n°155-22-S

Montelupo Fiorentino 6/05/2022

SETTORE: Geofisica
COMMITTENTE: COMUNE DI EMPOLI
CANTIERE: Via Raffaello Sanzio, Empoli (FI)
RICHIEDENTE:
RIFERIMENTO: R.P.E. n°201-22

Indice:

- 1 Scopo dell'indagine (Pag.1)
- 2 Correlazione fra velocità delle onde sismiche e parametri elastico-dinamici (Pag.2)
- 3 Indagine sismica Down-Hole (Pag.4)
 - 3.1 Procedure di campagna (Pag.4)
 - 3.2 Metodo di elaborazione dei dati (Pag.5)
- 4 Sismica a rifrazione con onde P e SH (Pag.5)
 - 4.1 Procedure di campagna (Pag.5)
 - 4.2 Metodo di elaborazione dei dati (Pag.6)
- 5 Presentazione dei dati (Pag.7)
- 6 Risultati dell'indagine (Pag.7)
- 7 Normativa sismica e calcolo del parametro VSeq (Pag.9)
- 8 Caratteristiche della strumentazione (Pag.10)

Il Direttore del Laboratorio

Ing. F. Politi



Il Tecnico

Geol. A. Farolfi

1 Scopo dell'indagine

Su incarico del COMUNE DI EMPOLI, il giorno 6/05/2022, è stata eseguita una indagine geofisica composta da una prova Down Hole (S1), con registrazione di onde P e SH, spinta fino alla profondità di 32 m, in Via Raffaello Sanzio, Empoli (FI). Scopo dell'indagine è stata la caratterizzazione sismostratigrafica dei terreni, il calcolo dei parametri elastico-dinamici e della categoria di suolo ai fini della normativa sismica.

2 Correlazione fra velocità delle onde sismiche e parametri elastico-dinamici

Secondo i principi dell'elasticità dei materiali e le leggi che associano le deformazioni subite da un corpo agli sforzi ad esso applicati, è possibile stabilire relazione che forniscono i parametri elastici di un materiale conoscendo i valori di velocità delle onde sismiche di compressione P e di taglio S.

Poiché le tensioni e le deformazioni che si generano sotto l'azione del campo d'onda sismico sono di modesta entità, anche il terreno e le rocce sollecitate in questo ambito possono essere considerati in prima approssimazione come materiali omogenei, isotropi ed elastici, ed è quindi applicabile la legge di Hook (proporzionalità tra lo sforzo applicato σ_{ij} e la deformazione prodotta ϵ_{kl}) espressa come:

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \epsilon_{kl}$$

nella quale le costanti di proporzionalità C_{ijkl} sono dette Moduli Elastici. Tali costanti definiscono le proprietà dei materiali, ed assumendo materiali isotropi ed elastici, diminuiscono da 81 a 5, di cui quattro hanno un preciso significato fisico (G , E , K , ν), mentre λ rappresenta una semplificazione nelle formule.

In senso più generale possono essere definite le costanti di Lamè λ e μ come caratteristiche elastiche indipendenti dalle direzioni lungo cui vengono applicate le tensioni o lungo cui vengono registrate le deformazioni. Queste due costanti sono definite dalle relazioni:

$$\lambda = (\nu E) / ((1 + \nu)(1 - 2\nu)) \quad \mu = E / 2(1 + \nu)$$

Analogamente i due moduli E e ν possono essere espressi in funzione delle costanti di Lamè:

$$E = \mu(3\lambda + 2\nu) / (\lambda + \mu) \quad \nu = \lambda / 2(\lambda + \mu)$$

Dimensionalmente i moduli elastici G , E , K e le due costanti di Lamè esprimono il rapporto tra una forza ed una superficie e sono quindi delle pressioni, mentre il rapporto di Poisson è adimensionale.

La costante E viene definita come rapporto tra sollecitazione e conseguente deformazione longitudinale rappresenta il modulo elastico del materiale (Modulo di Young). E' importante sottolineare che in campo dinamico si parla di modulo elastico dinamico, non statico, proprio perché tale modulo è ricavato dalle velocità delle onde sismiche.

La misura della resistenza del materiale al taglio viene definita come il rapporto tra deformazione e sforzo applicato, ed è chiamata Modulo di Taglio, G .

Il rapporto tra la tensione idrostatica e la deformazione cubica definisce il Modulo di compressione volumetrica o Bulk, **k**. Il Modulo di Poisson **v** è definito come rapporto tra la deformazione trasversale e quella longitudinale. Un'ultima costante entra a far parte delle relazioni tra caratteristiche elastiche e velocità, la densità **ρ** del materiale.

Le velocità sismiche possono essere espresse tramite le costanti elastiche con le seguenti relazioni:

$$V_p = ((K + 4/3 G) / \rho)^{1/2}$$

$$V_s = (G / \rho)^{1/2}$$

Pertanto avendo determinato i valori di **V_p** e **V_s** ed il valore **ρ** della densità del materiale attraversato, è possibile calcolare i valori delle costanti elastiche dinamiche che caratterizzano i terreni esaminati con le seguenti relazioni.

$$v = (V_p^2 - 2 V_s^2) / (2 (V_p^2 - V_s^2))$$

$$G = \rho V_s^2$$

$$E = 2 \rho V_s^2 (1 + v)$$

$$K = (2 \rho V_s^2 (1 + v)) / (3 (1 - 2 v))$$

Merita di essere ricordato infine che i parametri ricavati da misure dinamiche, cioè mediante l'utilizzo delle velocità delle onde sismiche, hanno in genere valori superiori a quelli ricavati da prove statiche di laboratorio proprio per il diverso campo di sforzo applicato e deformazione raggiunta: le intense ma brevi sollecitazioni provocate dalla propagazione delle onde sismiche si mantengono, infatti, nel campo elastico delle deformazioni del materiale, per cui sebbene in teoria il modulo di Poisson sia considerato stress-indipendente ed i suoi valori risultino compresi tra 0.25 e 0.33, nei porous-media esso risulta stress-dipendente, e presenta un campo di variabilità più esteso e può addirittura arrivare, secondo Gregory (1976), a valori negativi.

I valori più bassi, in natura, si registrano per litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione litostatica e gas saturati, in alcuni sedimenti incoerenti e saturi i valori possono risultare uguali o superiori a 0.49; nelle sospensioni assume il valore di 0.5.

Il rapporto fra **V_p** e **V_s** non è costante e dipende dallo stato di saturazione e dalla pressione interstiziale dei pori, in Tabella I sono riportati valori medi delle **V_p** per i principali litotipi e il range di **V_s** relative comprese fra i rapporti di **V_p/V_s** di 1.9 e 3.5; questi valori sono da ritenere indicativi in quanto in particolari condizioni il rapporto **V_p/V_s** può aumentare.

Materiale	V P m/s	V SH m/s	
		VP/VSH 1.9 - 3.5	VP/VSH 1.9 - 3.5
Detrito superficiale alterato	300 - 600	86 - 158	171 - 316

Ghiaia, pietrisco, sabbia asciutta	500 - 900	143 - 263	257 – 474
Sabbia bagnata	600 - 1800	171 - 316	514 – 947
Argilla	900 - 2700	257 - 474	771 – 1421
Acqua	1430 - 1680	-	-
Arenaria	1800 - 4000	514 - 947	1143 – 2105
Scisti argillosi	2500 - 4200	714 - 1316	1200 – 2211
Calcare	2000 - 6000	571 - 1053	1714 – 3158
Sale	4200 - 5200	1200 - 2211	1486 – 2737
Granito	4000 - 6000	1143 - 2105	1714 - 3158
Rocce metamorfiche	3000 - 7000	857 - 1579	2000 - 3684

Tabella I – Velocità nei principali materiali.

3 Indagine sismica Down-Hole

3.1 Procedure di campagna

Per la registrazione delle onde di compressione e delle onde di taglio in profondità viene utilizzato un geofono da pozzo munito di un ricevitore costituito da tre sensori sensibili alle componenti del moto lungo tre direzioni: uno verticale e due orizzontali ortogonali fra loro.

Il geofono da pozzo, munito di un sistema teleguidato di orientazione azimutale e di ancoraggio meccanico alle pareti del rivestimento, viene calato all'interno del foro di sondaggio, preventivamente attrezzato con un tubo di rivestimento, e ad intervalli determinati vengono registrati i treni d'onda prodotti dalle energizzazioni poste in superficie. Energizzando su una piastra posta a diretto contatto con il terreno vengono generate predominanti onde P di compressione, mentre per le onde SH di taglio si utilizza una trave di legno posta a diretto contatto col terreno, gravata dal peso di un automezzo, che viene colpita lateralmente: le battute destra e sinistra vengono sommate con polarità scambiata in modo da migliorare l'individuazione dell'onda di taglio polarizzata in senso orizzontale che viene generata, si può così avere un completo controllo nell'analisi del treno d'onda che attraversa i terreni da investigare. In questo modo per ogni punto di energizzazione si hanno due treni d'onda diversi: uno per le onde P e l'altro per le onde SH.

Un'unità esterna di controllo gestisce le fasi di ancoraggio e registrazione del geofono da pozzo, mentre le tracce sismiche relative ad ogni intervallo di profondità vengono registrate mediante un sismografo digitale per la loro successiva elaborazione. La distanza sorgente-boccaforo è stata fissata in 1.9 m, il passo delle registrazioni è stato di 1 m.

In Allegato sono riportate le registrazioni di campagna separate per onde P e SH, per le prove down-hole.

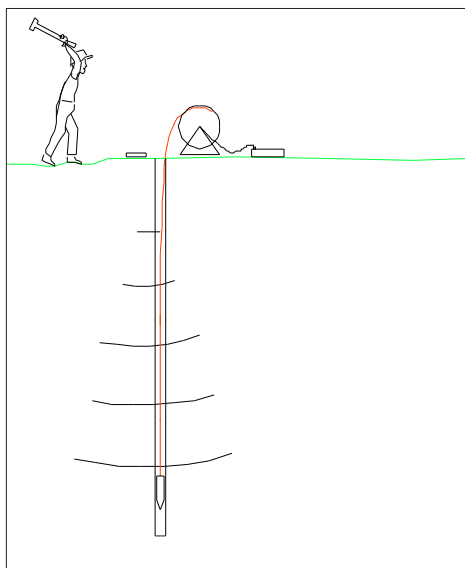


Fig. 1 – Schema del sistema d'acquisizione

3.2 Metodo di elaborazione dei dati

Questa tecnica di prospezione sismica prevede la misura dei tempi di propagazione delle onde di compressione P e di taglio SH tra il punto di energizzazione posto in superficie ed il punto di ricezione situato in profondità nel foro di sondaggio.

I tempi letti sui sismogrammi devono poi essere corretti poiché le onde sismiche non percorrono tragitti verticali tra la sorgente in superficie ed il sensore nel foro, ma inclinati rispetto alla verticale: indicando con t_z il tempo d'arrivo, con d la distanza orizzontale tra sorgente ed il boccaforo e con z la profondità del sensore, il tempo di arrivo corretto t_c alla profondità z sarà dato dalla relazione:

$$t_c = t_z * \cos (\alpha z)$$

$$\alpha z = \arctang (d / z)$$

La velocità delle onde P e delle onde SH viene calcolata mediante la pendenza della dromocrona.

Tali valori di velocità vengono quindi diagrammati per visualizzare le variazioni di velocità con la profondità, ed utilizzati per ricavare i moduli dinamici, secondo le formule di paragrafo 1. Dalla variazione delle velocità e dei parametri elastici con la profondità si risale al tipo di materiale in cui sta passando il treno d'onda a quella profondità.

In Allegato sono riportati i grafici delle dromocrone corrette e delle velocità delle onde P e delle onde SH rispetto alla profondità, e le Tabelle numeriche con i moduli elastici dinamici (rapporto di Poisson ν , modulo di Taglio G, di Young E, di rigidità volumetrica K espressi in MPa); i valori di peso di volume utilizzati nei calcoli sono stimati sulla base delle litologie.

4 Presentazione dei dati

Nella presente relazione vengono forniti i seguenti elaborati:

1. Ubicazione delle indagini, Pag. 8

2. Down Hole, Pag 9 – Pag 14
3. Documentazione fotografica, Pag. 15

6 Risultati dell'indagine

Down Hole S1 (32 m): le variazioni di velocità sono riferibili ad un diverso grado di addensamento all'interno dei depositi presenti.

Il diverso comportamento fra le velocità delle onde di compressione e di taglio è riferibile ad una diversa resistenza dei materiali alla compressione ed al taglio e alle variazioni delle pressioni interstiziali dei fluidi.

7 Normativa sismica e calcolo del parametro $V_{s,eq}$

Le norme NTC 2018 definiscono i criteri di classificazione del sottosuolo, che devono essere effettuati sulla base delle condizioni stratigrafiche (spessori e caratteristiche dei materiali) ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = H / S_{i=1,N} (h_i/Vs_i)$$

h_i spessore dell'i-esimo strato;

Vs_i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Le categorie di suolo sono riportate in tabella II.

Categorie di Suolo di Fondazione
A
Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo pari a 3 m.
B
Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, 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
Depositati 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.
D
Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente

consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
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 II – Categorie di suolo di fondazione

“Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche” (NTC 2018). Il valore di V_{seq} calcolato nella prova Down Hole, calcolato da piano campagna fino alla profondità di 30 m e da 2m a 32 m è rispettivamente 233 m/s e 255 m/s.

8 Caratteristiche della strumentazione

Il sistema di acquisizione modulare della Geometrics così configurato:

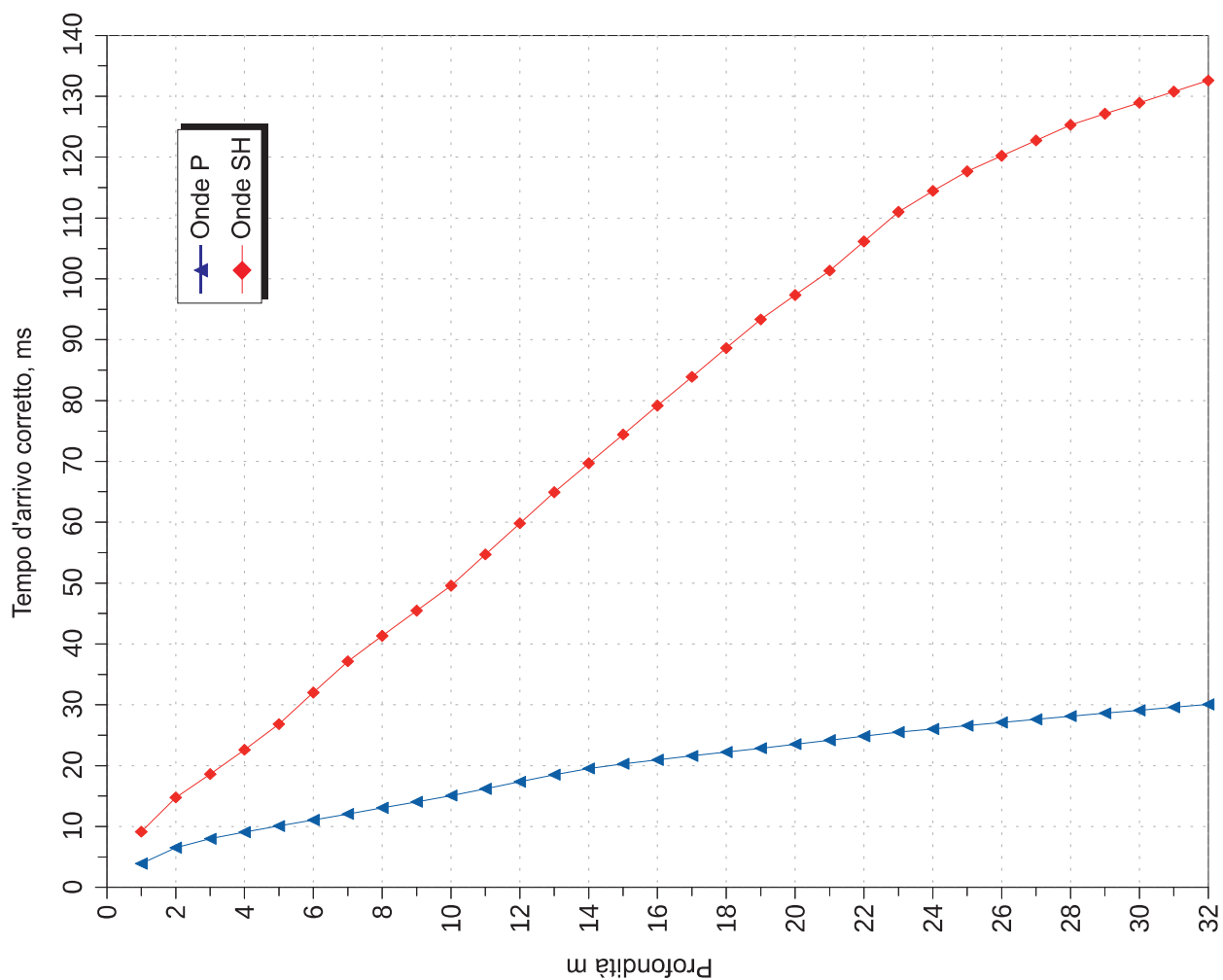
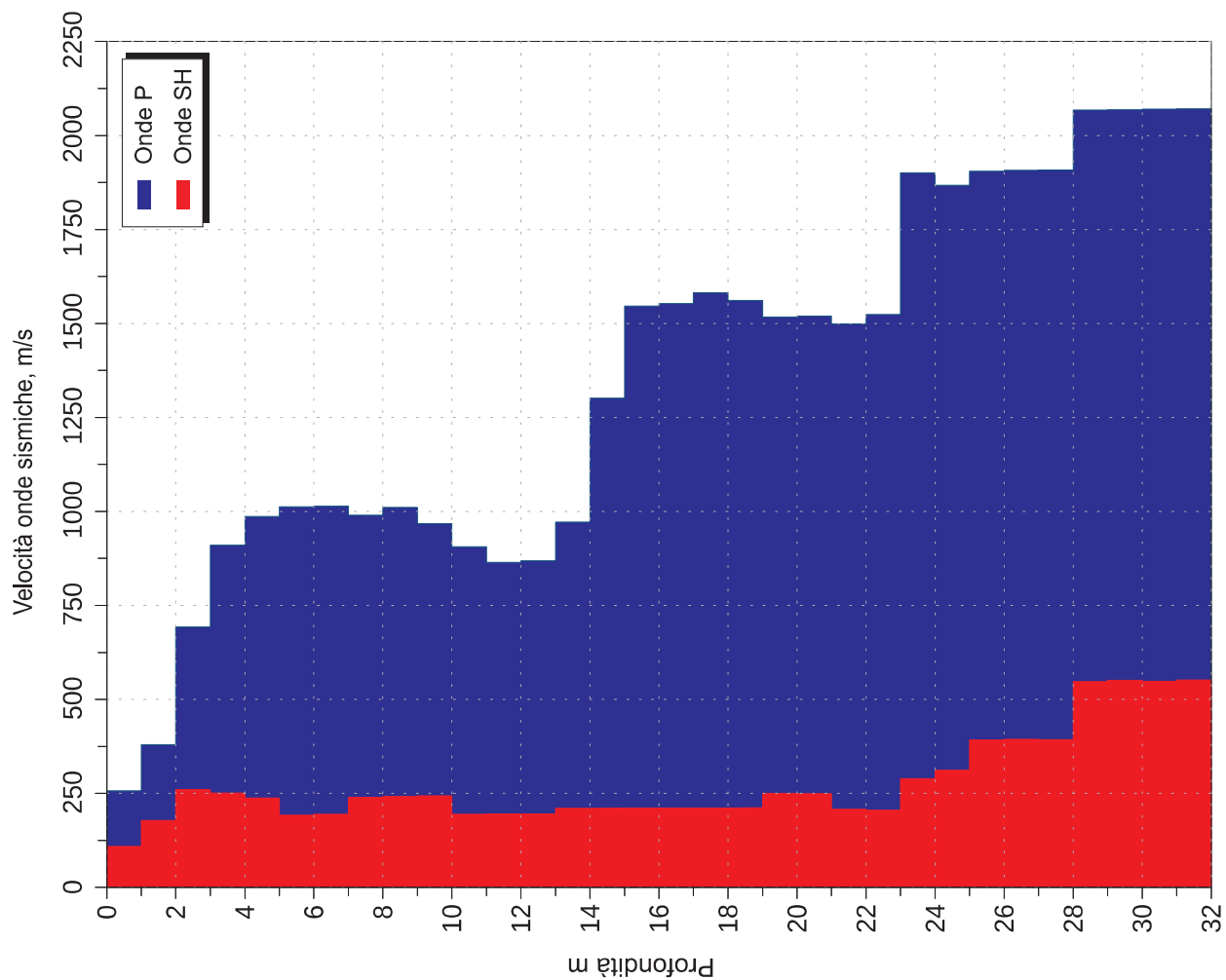
Sismografo GEODE 48 canali (2 moduli a 24 canali) con Controller Stratavisor NZC:

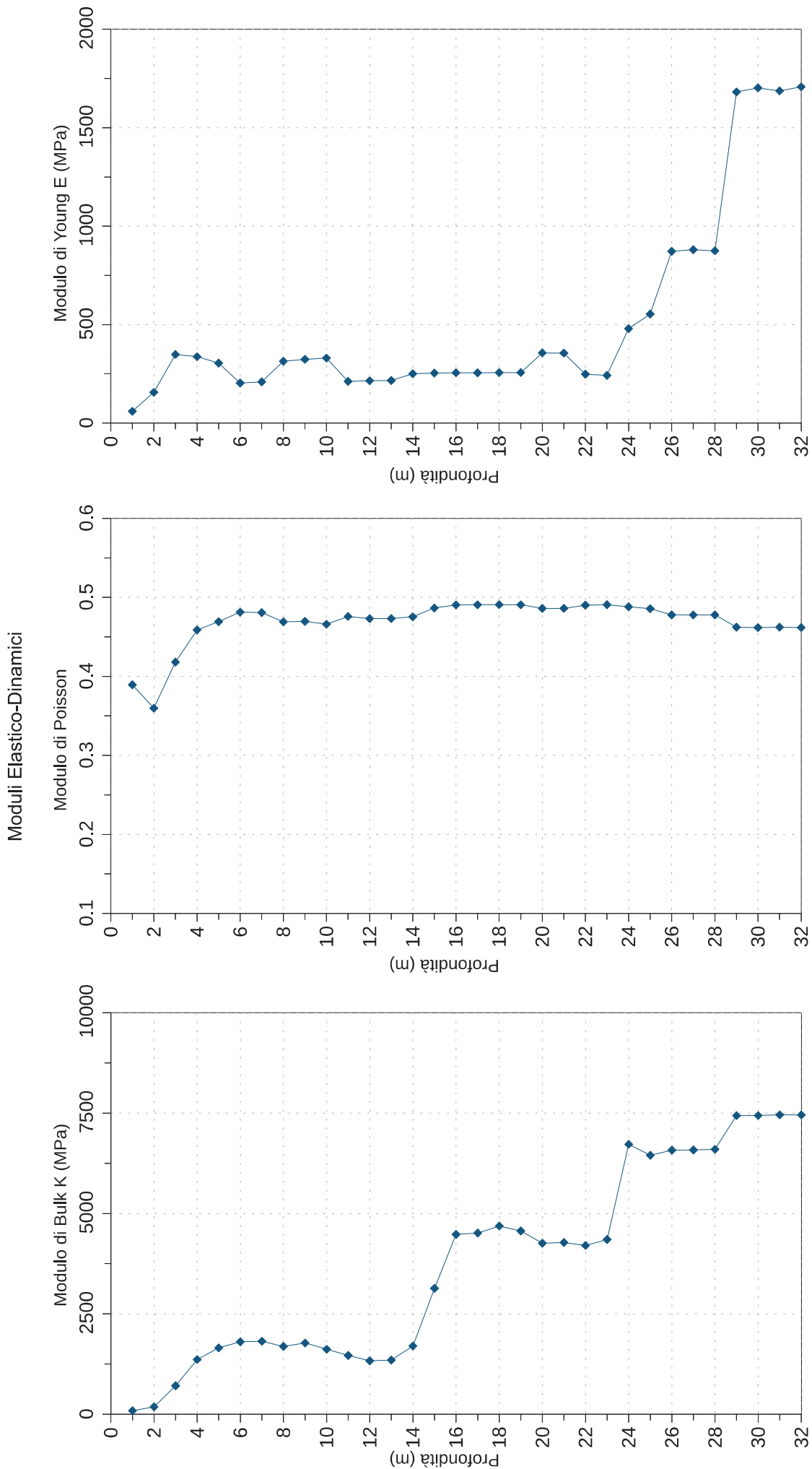
4. risoluzione segnale A/D 24 bit
5. escursione dinamica 144 dB, 110 dB istantanea a 2 ms
6. passo di campionamento da 0.02 a 16 ms indipendente dal tempo d'acquisizione
7. fino a 64.000 campioni per traccia
8. distorsione 0.0005% a 2ms, 1.75 – 208 Hz
9. amplificazione del segnale da 0 a 36 dB
10. filtri anti-aliasing a 90 dB della frequenza di Nyquist
11. filtri digitali low-cut, high-cut, notch
12. precisione trigger in sommatoria 1/32 del passo di campionamento
13. pre-trigger fino a 4096 campioni, delay sino a 1.000 ms
14. salvataggio dati in formato SEG-2 su hard-disk incorporato
15. Geofono da pozzo a con 2 terne di geofoni con frequenza propria di 10 Hz e spaziatura 1 m
16. sistema di starter (trigger) mediante accelerometro
17. energizzazione mediante mazza da 5 Kg

Dati - S1

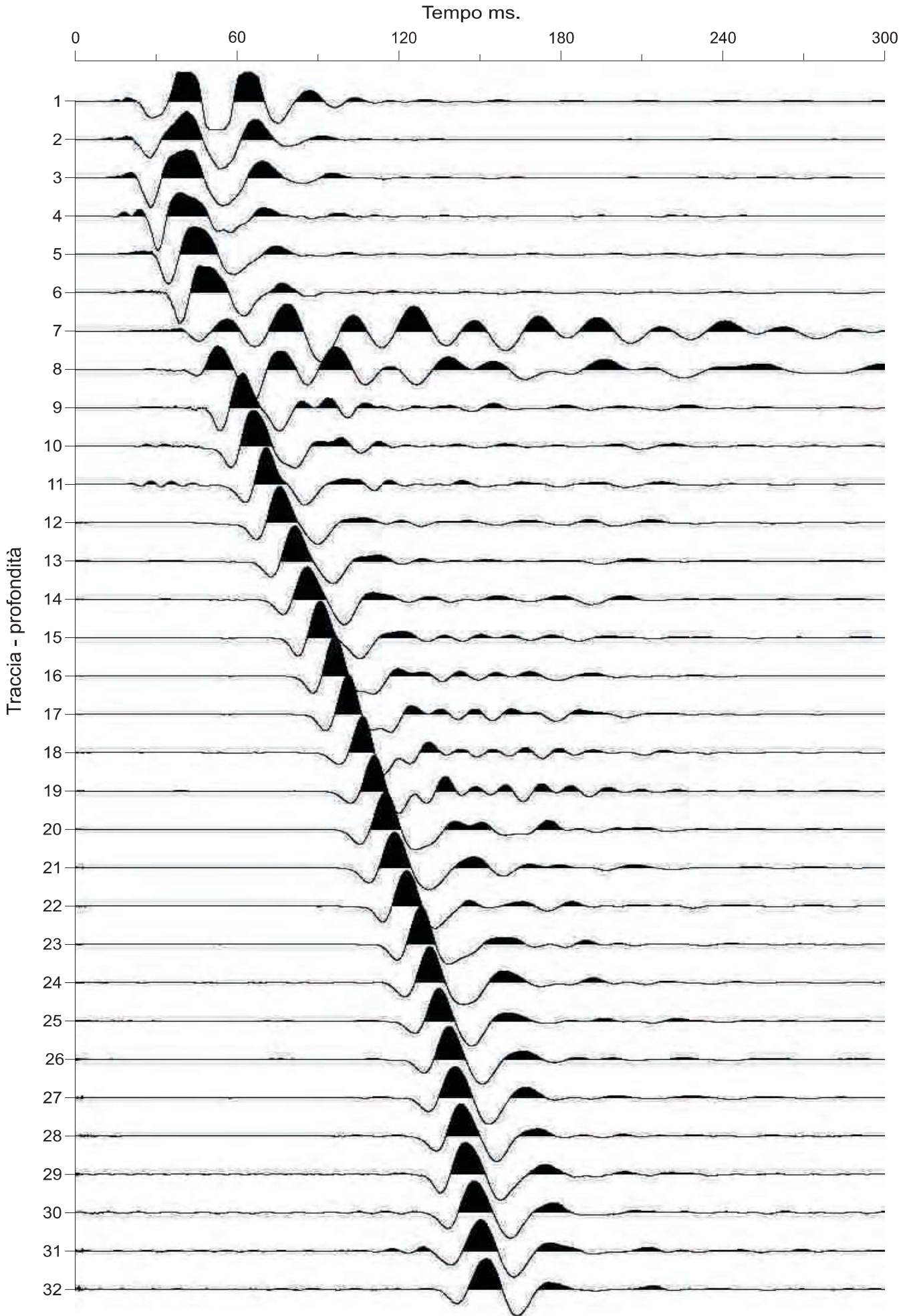
Z m	TP ms	Ts ms	TP Corr. ms	Ts Corr. ms	VP m/sec.	VS m/sec.	ρ t / m ³	ν -	G MPa	E MPa	K MPa
0 - 1	8.7	20.5	3.9	9.1	257	109	1.80	0.39	21	60	90
1 - 2	9.2	20.9	6.5	14.8	380	178	1.81	0.36	57	156	185
2 - 3	9.6	22.4	8.0	18.6	692	260	1.82	0.42	123	348	709
3 - 4	10.1	25.3	9.1	22.6	910	251	1.83	0.46	115	337	1363
4 - 5	10.9	28.9	10.1	26.8	986	237	1.84	0.47	104	305	1652
5 - 6	11.7	33.7	11.1	32.0	1012	193	1.85	0.48	69	203	1804
6 - 7	12.5	38.6	12.1	37.1	1014	195	1.86	0.48	71	209	1818
7 - 8	13.5	42.6	13.1	41.3	990	239	1.87	0.47	107	314	1690
8 - 9	14.4	46.6	14.1	45.5	1011	242	1.88	0.47	110	323	1774
9 - 10	15.4	50.5	15.1	49.6	967	244	1.89	0.47	113	330	1618
10 - 11	16.5	55.6	16.2	54.7	906	194	1.90	0.48	72	212	1465
11 - 12	17.6	60.7	17.4	59.8	865	195	1.91	0.47	73	215	1332
12 - 13	18.7	65.7	18.5	64.9	868	196	1.92	0.47	73	217	1350
13 - 14	19.7	70.4	19.5	69.7	971	210	1.92	0.48	85	250	1699
14 - 15	20.5	75.1	20.3	74.4	1301	211	1.92	0.49	85	254	3136
15 - 16	21.1	79.8	20.9	79.2	1546	211	1.92	0.49	86	256	4477
16 - 17	21.7	84.5	21.6	83.9	1553	211	1.92	0.49	86	255	4514
17 - 18	22.4	89.2	22.2	88.6	1582	212	1.92	0.49	86	257	4690
18 - 19	23.0	93.9	22.9	93.3	1561	212	1.92	0.49	86	257	4566
19 - 20	23.6	97.8	23.5	97.3	1517	250	1.92	0.49	120	357	4261
20 - 21	24.3	101.8	24.2	101.4	1520	250	1.92	0.49	120	355	4276
21 - 22	25.0	106.6	24.8	106.2	1499	208	1.92	0.49	83	248	4205
22 - 23	25.6	111.4	25.5	111.0	1524	206	1.92	0.49	81	242	4350
23 - 24	26.1	114.9	26.0	114.5	1901	290	1.92	0.49	161	479	6724
24 - 25	26.7	118.1	26.6	117.7	1868	311	1.92	0.49	186	553	6451
25 - 26	27.2	120.6	27.1	120.2	1905	392	1.92	0.48	295	872	6577
26 - 27	27.7	123.1	27.6	122.8	1907	394	1.92	0.48	298	880	6585
27 - 28	28.2	125.6	28.1	125.3	1909	393	1.92	0.48	296	875	6599
28 - 29	28.7	127.4	28.6	127.1	2067	547	1.92	0.46	575	1682	7439
29 - 30	29.2	129.2	29.1	129.0	2069	551	1.92	0.46	582	1703	7441
30 - 31	29.7	131.1	29.6	130.8	2070	548	1.92	0.46	577	1687	7458
31 - 32	30.1	132.9	30.1	132.6	2071	552	1.92	0.46	584	1707	7457

Z	Profondità	ρ	Densità
TP	Tempo di arrivo onde di compressione	ν	Modulo di Poisson
Ts	Tempo di arrivo onde di taglio	G	Modulo taglio
TP Corr.	Tempo di arrivo corretto onde di compressione	E	Modulo di Young
Ts Corr.	Tempo di arrivo corretto onde di taglio	K	Modulo di rigidità volumetrica
Distanza sorgente-boccaforo: 2.0 m			





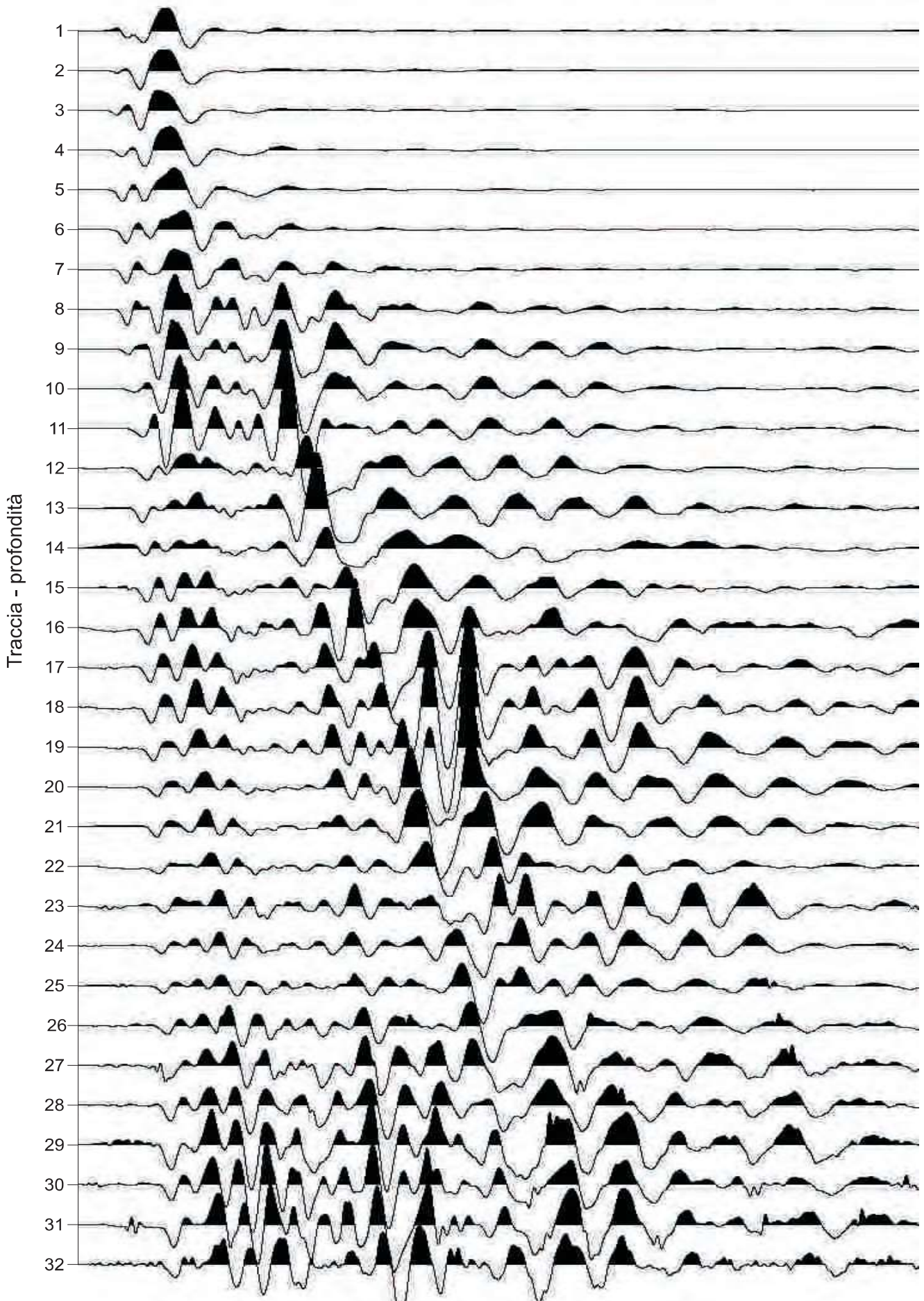
S1 - Onde SH - Somma geofoni orizzontali



S1 - Onde P - geofono verticale

Tempo ms.

0 60 120 180 240 300



Documentazione fotografica S1

