



dr. GIUSEPPE CAPPARELLI
G E O L O G O

Via Aretina n° 267 - 50136 Firenze
☎ 055.38.40.639 - 📞 335.83.82.541
E-mail: geo.capparelli@tiscali.it



COMUNE DI SCANDICCI
Via del Pellicino - Badia a Settimo

PROGETTO UNITARIO
Area di
Riqualificazione RQ 08c

RELAZIONE
DI FATTIBILITA' GEOLOGICA

ai sensi
D.P.G.R. 05/R/2020 - L.R. 41/2018

Proponente
PELLICINO s.r.l.

Agosto 2020

Sommario

1. PREMESSA	Pag. 3
2. ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO	6
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	8
3.1 - Ubicazione e lineamenti morfologici	8
3.2 - Inquadramento geologico-regionale	8
3.3 - Litostratigrafia locale	11
4. RETE IDROGRAFICA E ASPETTI IDROGEOLOGICI	15
4.1 - Circolazione idrica superficiale	15
4.2 - Circolazione idrica sotterranea	15
5. CLASSIFICAZIONE IDRAULICA DEL SITO	19
5.1 - Classificazione ai sensi del PGRA	19
5.2 - Inquadramento ai sensi del Piano Riduzione Rischio Idraulico	21
5.3 - Classificazione ai sensi del Piano Strutturale	23
5.4 - Norme e prescrizioni ai sensi della L.R. 41/2018	29
6. INDAGINI IN SITU	30
6.1 - Indagini geotecniche	30
6.2 - Indagini sismiche	41
7. MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	43
8. ASPETTI SISMICI	50
9. INDIVIDUAZIONE DELLE CLASSI DI PERICOLOSITA'	62
10. CONDIZIONI DI FATTIBILITA'	76

Appendice

- Relazione sulle indagini sismiche
- Certificati prove penetrometriche CPT
- Certificati sondaggi geognostici
- Certificati prove laboratorio

Allegati

- Relazione idrologico-idraulica

1. PREMESSA

Nella presente relazione sono riassunti i risultati dello studio di *fattibilità geologica* redatto a supporto del **Progetto Unitario** riguardante un lotto privato nel comparto urbanistico denominato “**Area di Riqualificazione RQ 08c**”, posto in Via del Pellicino - Badia a Settimo, Comune di Scandicci (Fig. 1).

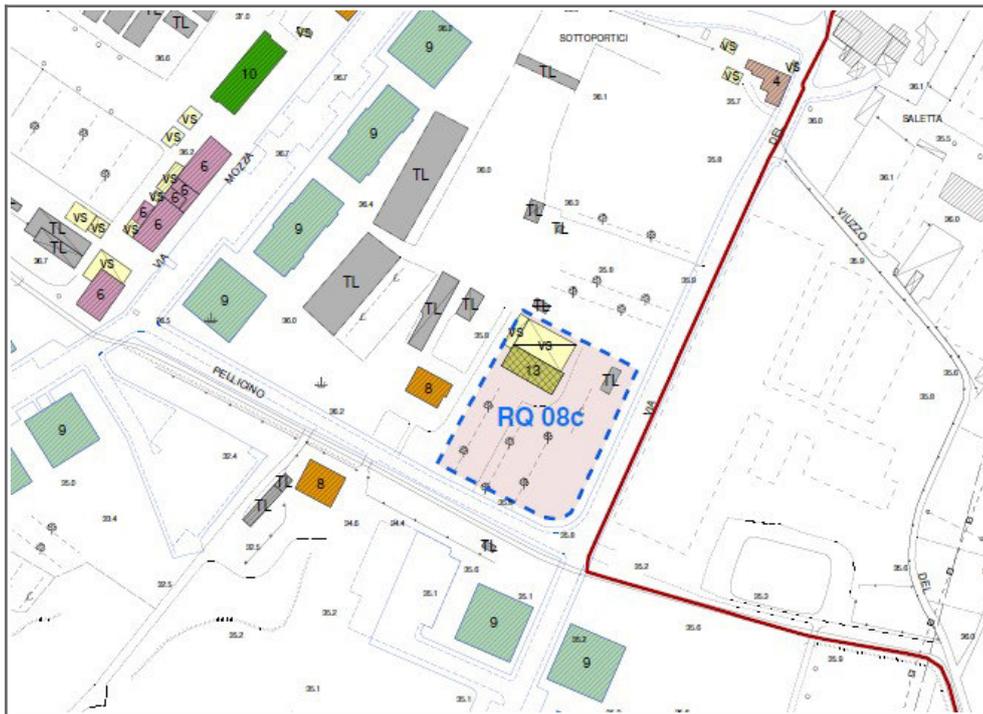


Fig. 1¹

In particolare, lo studio consiste nell'aggiornamento della precedente Relazione del 17/10/2017 a seguito della variazione apportata al Progetto Unitario (*realizzazione di n° 4 unità immobiliari residenziali invece delle 5 unità proposte inizialmente*) ed è finalizzato alla valutazione della **fattibilità** degli interventi previsti dal PUA in relazione agli aspetti di pericolosità geologica, idrogeologica, idraulica e sismica ai sensi del *D.P.G.R. 05/R/2020*, della *L.R. 41/2018* ed in conformità alle prescrizioni dettate dalla scheda di cui all'*Allegato A* del Piano Operativo.

¹ Estratto da Allegato B - R.U.C. 2013

Il comparto edificatorio, di proprietà della società *Pellicino S.r.l.*, ha una superficie fondiaria di circa 3.800 mq ed è attualmente costituito da un terreno a prevalente funzione agricola in cui sono compresi un edificio ed alcuni manufatti accessori.

Nel caso specifico, il Progetto Unitario prevede:

- **demolizione integrale delle consistenze edilizie esistenti**
- **realizzazione di n° 4 unità residenziali**
- **opere di urbanizzazione**

Nella tabella seguente si riporta la scheda di fattibilità di cui all'*Allegato A* del Piano Operativo vigente.

PERICOLOSITA'	geologica	idraulica	sismica
	G.2	I.3	S.2*
FATTIBILITA'	Fg.2	Fi.3	Fs.3
<p>Prescrizioni</p> <p>L'attuazione dell'intervento è subordinata all'effettuazione dei normali studi geologico-tecnici previsti dalla normativa vigente in materia (DPGR n. 36/R/2009 e NTC 2018) finalizzati alla verifica delle caratteristiche geotecniche del substrato di fondazione (Fg.2). Poiché l'area di intervento ricade all'interno dell'areale S2*, già a livello di Progetto Unitario si devono effettuare indagini sismiche di microtremore per la verifica della sussistenza delle condizioni per il determinarsi di possibili effetti di amplificazione sismica dovuti all'eventuale presenza a profondità significativa di livelli ghiaiosi molto addensati (Fs.3). Relativamente alle problematiche idrauliche l'area di intervento è interessata da un battente idraulico medio di circa 2,60 ml (quota s.l.m.: 38,27 ml). In queste condizioni la sicurezza idraulica può essere ottenuta con le opere di sopraelevazione di cui all'art. 39, punto 3.5, delle Norme per l'Attuazione del Piano Operativo, con soluzioni idonee a non determinare ostacoli al deflusso delle acque di esondazione (Fi.3). In ogni caso le soluzioni di messa in sicurezza da adottare devono essere specificate nel progetto, evidenziando sia la quota di sicurezza del piano di calpestio dei nuovi edifici rispetto al piano di campagna, sia le dinamiche idrauliche da considerare, rispetto al battente idraulico atteso, per eventuali opere compensative e/o di mitigazione, qualora i nuovi ingombri a terra determinino un aggravio delle condizioni di rischio in altre aree (da valutare in sede di elaborazione del progetto).</p>			

Le indagini eseguite approfondiscono le problematiche evidenziate negli Strumenti Urbanistici Comunali e recepiscono gli indirizzi ed i contenuti delle seguenti normative nazionali e regionali:

Legislazione Nazionale

D.P.C.M. 226/1999: *Approvazione Piano Stralcio Riduzione Rischio Idraulico del bacino del F. Arno.*

D.P.C.M. 06/05/2005: *Approvazione Piano di Bacino del F. Arno, Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI).*

D.L. 152/2006 e smi: *Norme in materia ambientale.*

D.L. 49/2010: *Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.*

D.M. 17/01/2018: *Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni.*

Legislazione Regionale

D.P.G.R. 53/R/2011: *Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. 1/2005 in materia di indagini geologiche.*

L.R. 65/2014: *Norme per il governo del territorio.*

P.G.R.A. 04/06/2015: *Piano Gestione Rischio Alluvioni (Bacino F. Arno).*

L.R. 41/2018: *Disposizioni in materia di rischio alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del D.L. 49/2010.*

D.P.G.R. 05/R/2020: *Regolamento di attuazione dell'art. 104 della L.R. 65/2014 contenente disposizioni in materia di indagini geologiche idrauliche e sismiche.*

2. ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO

Il primo approccio conoscitivo dei caratteri geomorfologici, idrogeologici, idraulici e sismici del territorio in esame si è basato sui dati trattati negli studi di supporto agli Strumenti Urbanistici Comunali.

Per quanto riguarda i vincoli sovraordinati alla disciplina urbanistica comunale in materia di rischio idraulico si è fatto riferimento alle cartografie redatte dall'*Autorità di Bacino Fiume Arno* e alle norme di cui al *P.G.R.A. - Distretto Appennino Settentrionale*.

Gli aspetti di *pericolosità idraulica* sono stati inoltre oggetto di specifiche valutazioni riportate in dettaglio nell'allegata **Relazione Idrologico-Idraulica** redatta dal *Dr. Ing. Luca Rosadini*.

Per quanto riguarda la caratterizzazione geologica e geotecnica del sottosuolo si è proceduto all'acquisizione dei dati di base e all'esecuzione delle seguenti prove in situ:

- n° 5 prove penetrometriche CPT (2014)
- n° 2 sondaggi a carotaggio continuo (2019)
- n° 6 prove SPT (2019)

In relazione agli aspetti sismici sono stati effettuati degli approfondimenti per la caratterizzazione dinamica dei terreni e la valutazione del periodo fondamentale del sito; a tal fine, sono state eseguite le seguenti indagini geofisiche:

- n° 2 prospezioni con tecnica MASW (2019)
- n° 1 misura di rumore ambientale H/V (2019)

L'esatta ubicazione delle *prove in situ* è riportata nella planimetria di Figura 2.

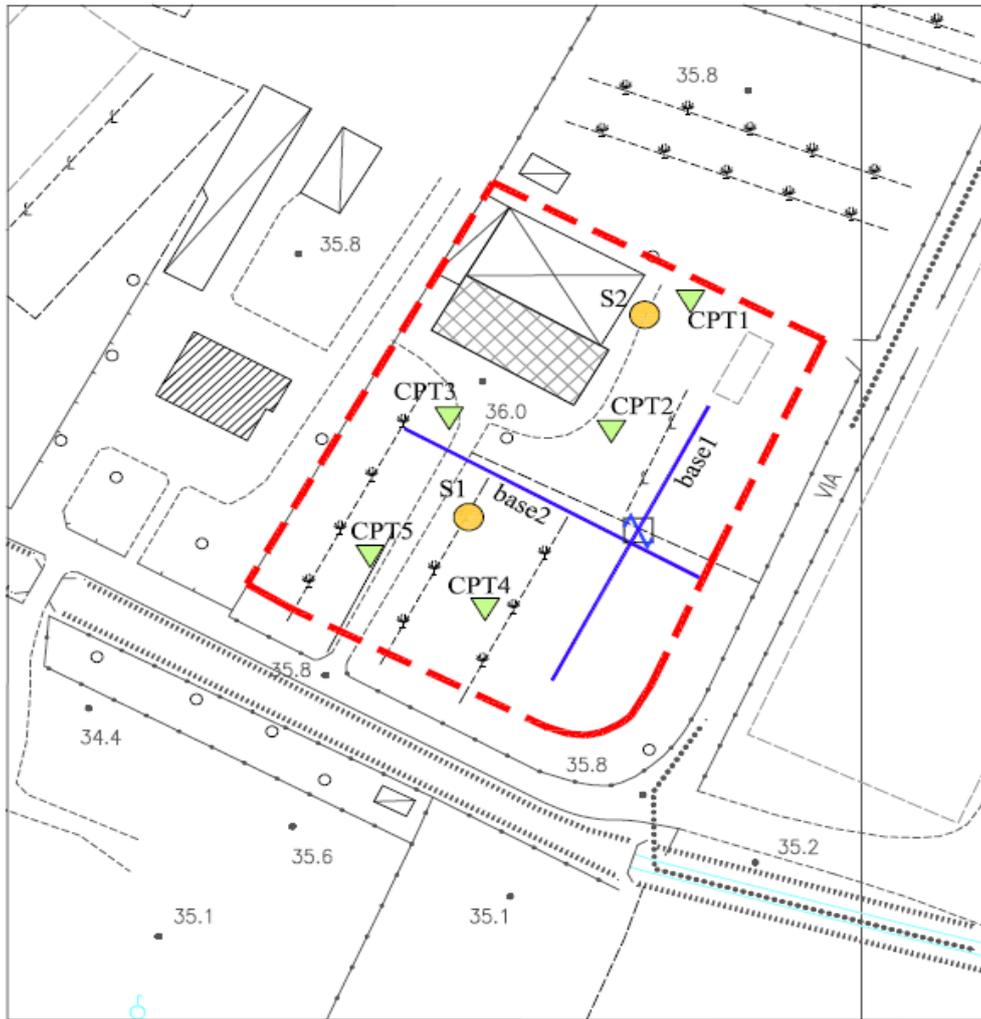


Fig. 2 - Ubicazione indagini

LEGENDA

Indagini Geol. Capparelli (2014)

▼ Prove penetrometriche statiche

Indagini Geol. Capparelli (2019)

● Sondaggio geognostico

▣ Misura H/V

— Stendimento sismico (MASW)

▭ Lotto

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

3.1. Ubicazione e lineamenti morfologici

Il lotto in esame è ubicato nel settore NE dell'abitato di Badia a Settimo, in un'area pianeggiante compresa tra la sponda destra del Fosso Dogaione e la sponda sinistra del Fiume Arno, da cui dista circa 400 m (Fig. 3).

Dal punto di vista fisiografico il sito è parte della vasta unità territoriale di pianura alluvionale il cui assetto morfologico attuale è il risultato dei ripetuti cicli di deposizione/erosione legati alla dinamica fluviale e alle attività antropiche connesse alla progressiva espansione del tessuto urbano.

Nella ristretta area di studio, ad eccezione di vecchi meandri (*paleoalvei*) le connotazioni morfologiche di maggior rilievo sono rappresentate da vecchie zone estrattive (cave di sabbia), attualmente dismesse, e da strutture antropiche recenti (*corpi arginali e rilevati stradali*).

In Fig. 4 si riporta uno stralcio della **Carta Geomorfologica** allegata al Piano Strutturale.

3.2. Inquadramento geologico generale

Il sito d'indagine si colloca nel settore centrale del bacino fluvio-lacustre del Medio Valdarno formatosi a seguito dell'evoluzione geodinamica che si è esplicitata in tempi neogenici nel corso di successive fasi tettoniche, inizialmente di tipo compressivo e successivamente di tipo disgiuntivo, che hanno prodotto la formazione di depressioni allungate in direzione appenninica (*NW-SE*).

In una di tali depressioni tettoniche si sviluppa il bacino di Fi-Po-Pt il cui colmamento avviene in tre fasi ben definite da rapporti di erosione e di sedimentazione (*Boccaletti et alii, 1997*); ciascuna fase sedimentaria è contraddistinta da discontinuità stratigrafiche o *UBSU (Unconformity Bounded Stratigraphic Unit)* ed assegnata a rango di Sintema (*Briganti & alii, 2003*).

La deposizione inizia con sedimenti fluvio-lacustri, costituiti da limi ed argille nella parte centrale del bacino (*depositi distali*) e da materiale a granulometria più grossolana (*macroclastiti*) nelle zone di conoide; nella successiva fase alluvionale si instaura un reticolo idrografico facente capo al F. Arno che determina una spessa coltre di sedimenti sciolti a granulometria grossolana in prossimità dei corsi d'acqua o entro gli alvei e a granulometria decisamente più fine nelle zone distali.



Regione Toscana

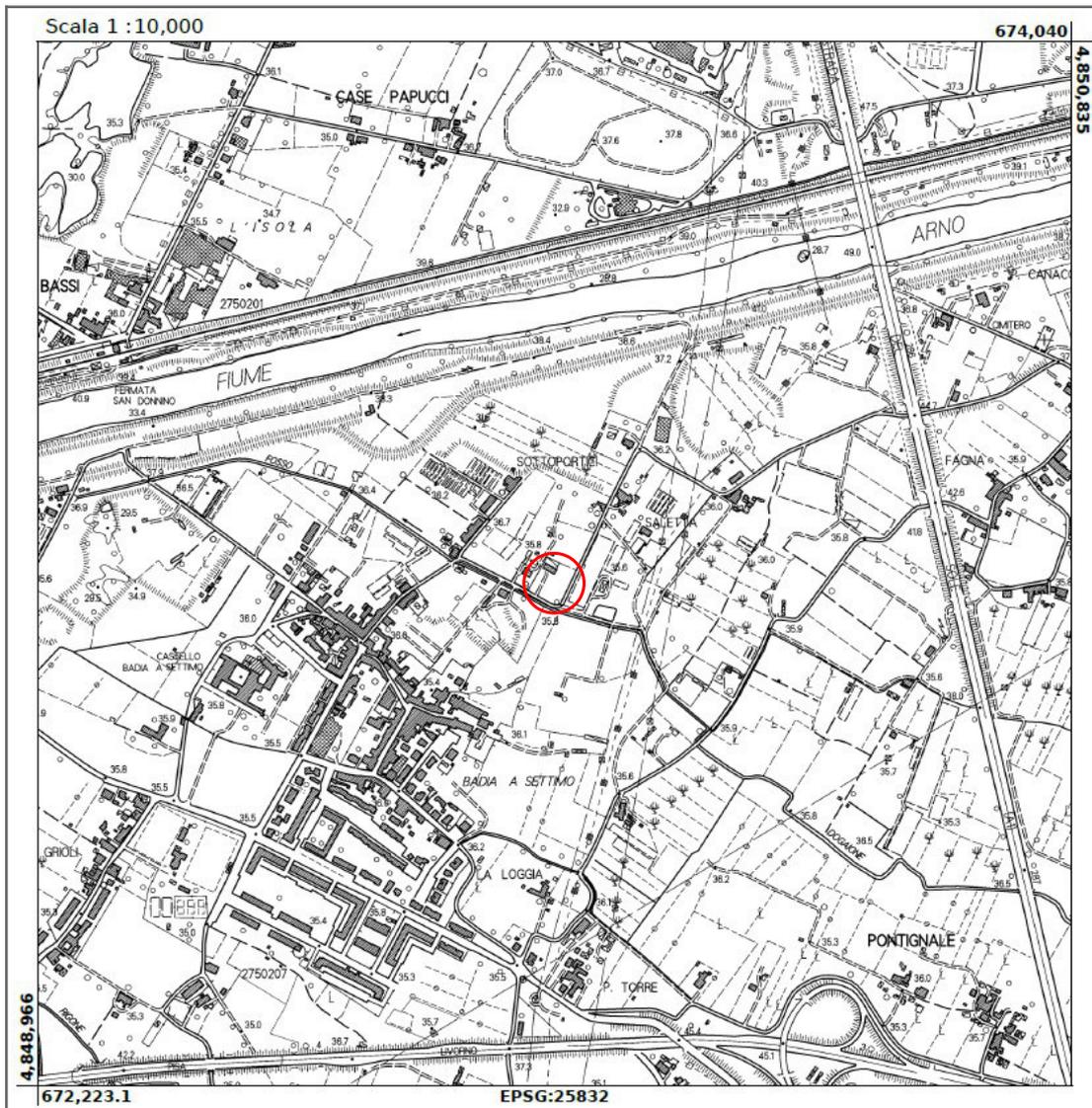


Fig. 3 - Corografia

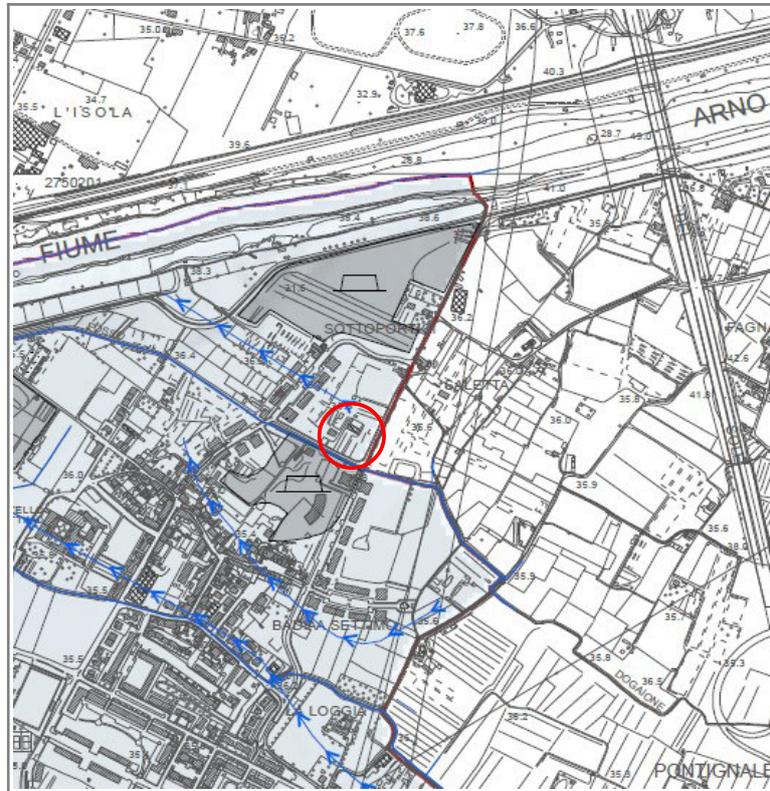


Fig. 4 - Carta Geomorfologica¹

LEGENDA

FORME DI ACCUMULO

 Deposito alluvionale inattivo

FORME DI EROSIONE

 Asse di paleoalveo

FORME, DEPOSITI E ATTIVITA' ANTROPICHE

 Cava recuperata/colmata

¹ Estratto Tav. Fi_2 - PS Aprile 2019

L'ultima fase evolutiva del bacino è caratterizzata dall'instaurarsi di estese zone palustri, specialmente ai margini della pianura neoformata, dove si depositano enormi spessori di sedimenti fini con intercalazioni torbose; l'orizzonte superficiale corrisponde ai sedimenti di esondazione dal reticolo idrografico della pianura e, localmente, alle coperture detritiche e ai depositi antropici.

In Fig. 5 è riportato uno stralcio della **Carta Geologica** allegata al Piano Strutturale.

3.3. Litostratigrafia locale

La porzione di pianura su cui insistono gli edifici in progetto è costituita da sedimenti di origine fluviale e fluvio-lacustre, ascrivibili alle unità litostratigrafiche succedutesi nelle varie fasi di colmamento del bacino sedimentario.

Si tratta generalmente di depositi con limitata continuità orizzontale per le frequenti facies eteropiche determinate dalle diverse condizioni sedimentologiche che caratterizzano i suddetti ambienti di deposizione.

In base ai dati bibliografici e ai risultati delle indagini effettuate (*geotecniche e sismiche*), la successione litostratigrafica¹ locale può essere così sintetizzata.

Depositi fluviali attuali e recenti

Limi argilloso-sabbiosi prevalenti negli strati superficiali, di spessore compreso tra 2,50 (sondaggio S1) e 4,60 m (CPT_4) da p.c., riconducibili ai terreni di esondazione dal reticolo di pianura.

Seguono verso il basso sedimenti di taglia granulometrica sempre maggiore fino a passare alla profondità compresa tra 5,30 (sondaggio S2) e 6,80 m (CPT_5) da p.c. a *ghiaie con rari ciottoli in matrice sabbioso-limosa*, riferibili ai *depositi di barra e di canale* e caratterizzati da passaggi irregolari sia in senso verticale che orizzontale; lo spessore maggiore di tale orizzonte ghiaioso rispetto alle zone circostanti, pari a circa 7,70 m, è verosimilmente correlabile alla vicinanza di un paleoalveo.

Depositi fluvio-lacustri

Argille ed argille debolmente limose, talora ghiaiose, di colore grigio-verdastro e grigio-azzurrognolo; nel sito in esame il tetto di tali depositi si colloca ad una profondità di circa 13,00 m da p.c..

In Fig. 6 si riporta un estratto della Carta litologico-tecnica e dei dati di base.

¹ Vedi stratigrafie sondaggi in Appendice

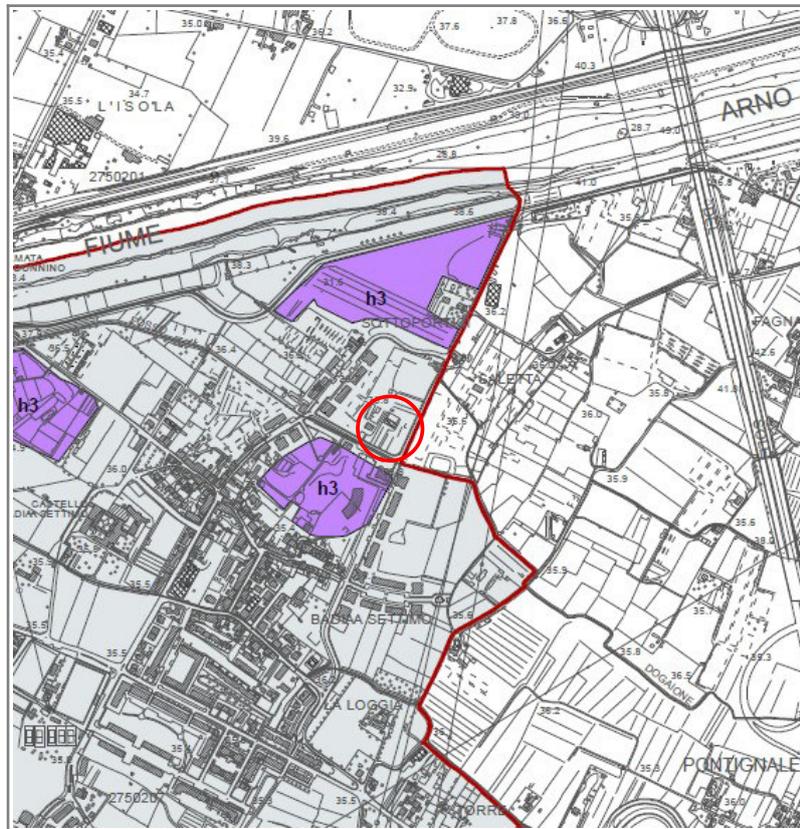


Fig. 5 - Carta Geologica¹

LEGENDA

DEPOSITI OLOCENICI

- b Depositi alluvionali attuali
- h3 Depositi antropici: riempimenti di cava

¹ Estratto Tav. Fi_1 - PS Aprile 2019

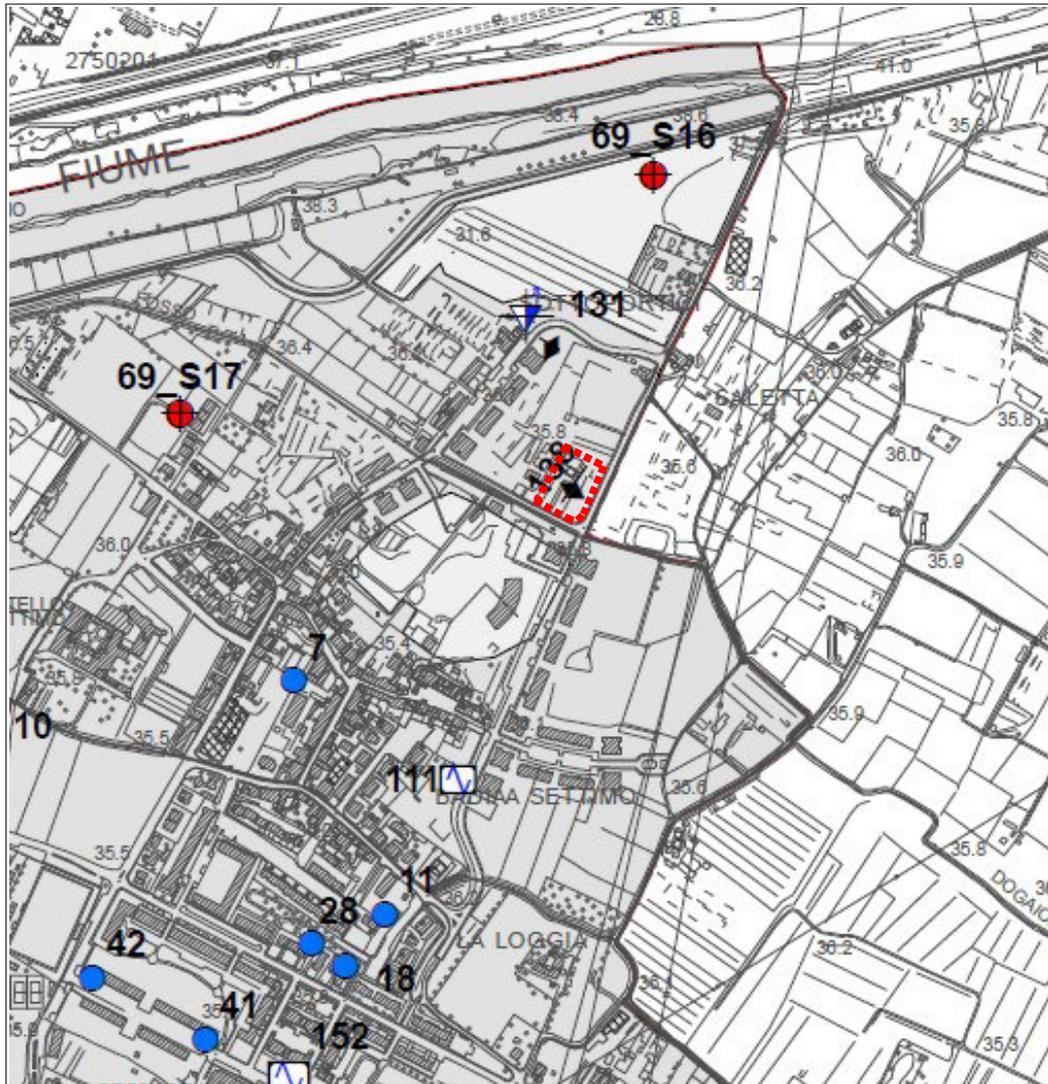


Fig. 6 - Carta litologico-tecnica e dei dati di base¹

¹ Estratto Tav. Fi_3 - PS Aprile 2019

Unità litotecniche

TERRENI SCIOLTI ALLUVIONALI E DI COPERTURA RECENTI

al	Depositi fluviali di pianura, eluviali di fondovalle (b), caratterizzati da composizione prevalentemente limosa nello spessore superficiale e da sottostanti livelli granulari (ghiaie e sabbie) nelle alluvioni di Arno, Greve e Pesa
d	Depositi eluvio-colluviali (h2a), depositi detritico-colluviali di alto terrazzo (bna), composizione limoso-argillosa con elementi litoidi, spessore di qualche metro
r	Depositi antropici: riempimenti di cava (h3)
LA	Depositi prevalentemente limoso/argillosi con grado di consolidamento progressivo con la profondità al di sotto dei terreni di copertura superficiali di alterazione, rimaneggiamento agricolo e colluviali (ELA, MA)
SC	Conglomerati sciolti o pseudosciolti e sabbie, spesso intercalati come livelli in LA e con abbondante matrice limosa (ECA, E2, Ms, FPT1)

SUCCESSIONI DI LITOTIPI LAPIDEI

AC	Successioni prevalentemente argillitiche con assetto da tettonicamente disturbato a caoticizzato, con inclusioni e spezzoni di strati calcarei e marnosi, in facies di alterazione in affioramento con degradazione in argilla; abbondante coltre detritica argilloso-limosa contenente inclusi litoidi e rimaneggiata per gravità. In profondità si attribuisce un assetto meno irregolare con alternanze di argilliti e livelli calcareo-marnosi, marne e arenarie calcaree (SIL, OL, SNE1)
AR	Successioni regolari di arenarie in banchi e strati fratturati e sottili silti argillose. Copertura a litologia sabbioso-argillosa con inclusi litoidi arenacei alterati, di spessore variabile fino a 4 metri nelle zone di accumulo meno acclivi (MAC, SEN)
M	Marne con stratificazione spesso non evidente, con tipica fratturazione e rare intercalazioni di straterelli di arenaria micacea. Copertura a litologia marnoso-argillosa e abbondante scheletro di scaglie marnose alterate, di spessore fino a 2-3- metri (POO)
CM	Calcarei marnosi e marne calcaree fratturati, con coltre detritica di alterazione di spessore medio 2-3 metri (MLL). Calcarei e brecciole con sottili interstrati e lenti argillitiche, molto fratturati (SNE)

Archivio delle indagini geognostiche disponibili per la consultazione presso l'A.C.:

Il numero in cartografia individua il file .pdf contenente i report di indagine

Lineari (Lx)

-  Tomografia elettrica
-  Profilo sismico a rifrazione (onde P e SH)
-  Profilo sismico a rifrazione tipo MASW

Puntuali (Px)

-  prova penetrometrica statica/dinamica
-  misura di microtremore a stazione singola (HVSr)
-  down-hole in foro di sondaggio
-  prova penetrometrica statica (CPT)
-  prova penetrometrica dinamica (DPSH)
-  sondaggio a carotaggio continuo
-  array sismico ESAC

4. RETE IDROGRAFICA E ASPETTI IDROGEOLOGICI

4.1. Circolazione idrica superficiale

I caratteri idrografici dell'area risultano notevolmente influenzati dagli interventi antropici che hanno accompagnato l'evoluzione del tessuto urbano di Badia a Settimo determinando sostanziali alterazioni del reticolo idrografico originario.

L'asse principale di drenaggio è costituito dal F. Arno che rappresenta il livello di base di tutto il reticolo minore organizzato secondo la tipica gerarchizzazione idraulica delle pianure alluvionali (*corsi di acque alte, basse e canalette agricole*).

I deflussi meteorici risultano drenati dai fossi e dalle canalette agricole, talora appena accennati per la bassa acclività del terreno, e convogliati nel vicino *Fosso Dogaione* che scorre in prossimità del perimetro sud del lotto.

4.2. Circolazione idrica sotterranea

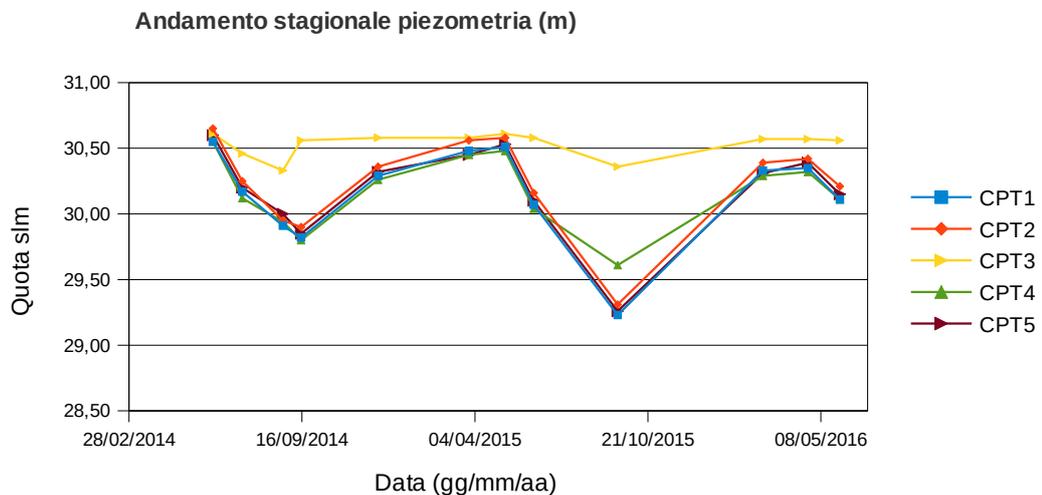
I differenti caratteri litologico-tessiturali che contraddistinguono le sequenze terrigene del sottosuolo in esame determinano situazioni di permeabilità molto variabili; la posizione e la produttività delle falde idriche sono infatti strettamente correlate all'evoluzione sedimentaria del bacino, alle dinamiche fluvio-lacustri e, di conseguenza, alla differente distribuzione dei depositi a diversa granulometria. Nell'area investigata è possibile definire, dall'alto verso il basso, le seguenti *unità idrogeologiche*:

- **Unità A:** limi argilloso-sabbiosi prevalenti con caratteristiche essenzialmente di acquitardi, riferibili ai depositi di esondazione dal reticolo idrografico della pianura; modesti adunamenti idrici possono tuttavia instaurarsi in corrispondenza di livelli e/o lenti con maggiore permeabilità alimentati per lo più da flussi ipodermici in concomitanza di importanti eventi meteorici.
- **Unità B:** orizzonte acquifero costituito da ghiaia con rari ciottoli di piccole dimensioni in matrice sabbioso-limosa riferibile a depositi di barra e di canale; la continuità orizzontale di tali litotipi può essere localmente limitata per la presenza di facies eteropiche e di intercalazioni nello stesso strato di sedimenti a differente permeabilità che ne condizionano la trasmissività idraulica.
- **Unità C:** argille ed argille debolmente limose di ambiente fluvio-palustre e lacustre con intercalazioni di limi e limi argillosi; dal punto di vista idrogeologico tali sedimenti possono essere considerati degli acquicludi con coefficiente di permeabilità molto basso ($< 10^{-10}$ m/s).

Nella tabella seguente sono riportate le misure del livello locale della falda, in metri da p.c., eseguite nei tubi piezometrici installati nei fori di sondaggio S1 e S2.

DATA	S1	S2
26/10/2019	6,64	6,91
23/11/2019	6,19	6,47
21/12/2019	5,42	5,74
02/02/2020	5,16	5,48

Nella figura successiva si riportano invece i valori soggiacenza della falda misurati nel periodo compreso tra *giugno 2014* e *maggio 2016* all'interno dei cinque piezometri installati nei fori penetrometrici.



Nel diagramma si evidenzia un'oscillazione stagionale media della falda di circa 1,00 m tra il valore di magra registrato a fine estate e quello di morbida registrato in primavera inoltrata; l'andamento anomalo del livello nel foro CPT3 non trova una plausibile spiegazione se non con l'intasamento dei filtri che non ha permesso di registrare la corretta misura del livello.

La *Carta Idrogeologica e della Vulnerabilità degli acquiferi* di cui si riporta uno stralcio in Fig. 7 mostra una direzione di flusso verso l'asse del F. Arno (NNW), un basso gradiente idraulico ed una soggiacenza comparabile con i valori misurati nei tubi piezometrici.

A tal riguardo, gli studi idrogeologici eseguiti dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze nella porzione di pianura alluvionale in cui è posta l'area d'intervento testimoniano un'evoluzione della morfologia piezometrica in funzione delle variate modalità di pompaggio dei pozzi ad uso privato ed acquedottistico; in particolare, l'accentuata depressione misurata negli anni '70 si è attenuata nel tempo con la dismissione di numerose opere di captazione.

La vicinanza del sito al corso del F. Arno implica inoltre un'interferenza tra fiume e falda che si traduce in una certa oscillazione di livello in funzione del regime stagionale delle portate.

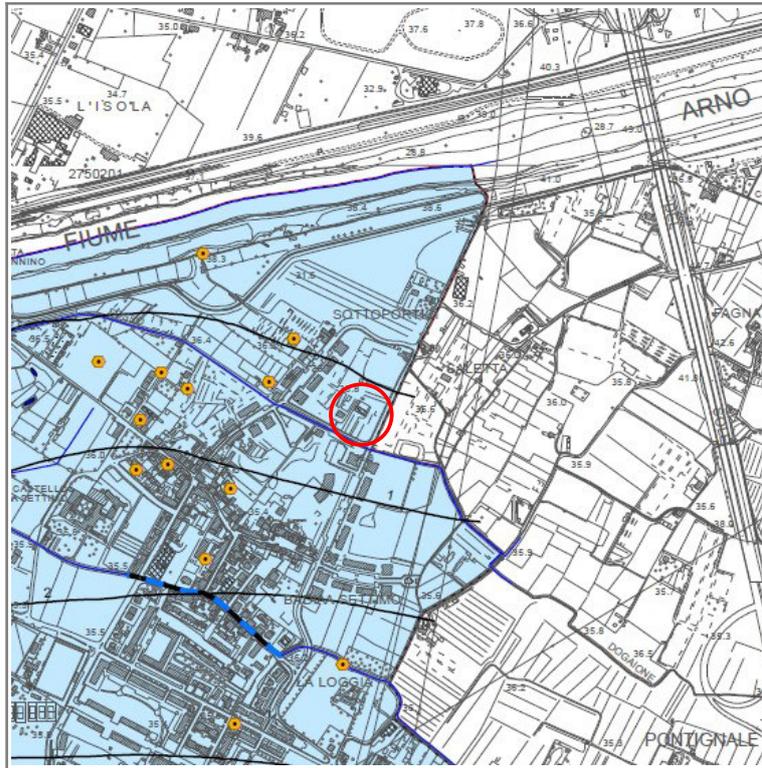


Fig. 7 - Carta Idrogeologica e vulnerabilità acquiferi¹

Permeabilità del substrato				Tipologia di falda
alta	media	bassa	molto bassa	
AL	DT		AA	falda libera
	SG	AG	LA	falda semi-confinata
	CM	AR		falda confinata

Classi di vulnerabilità

	elevata
	media
	bassa
	bassissima

-  pozzo ad uso acquedottistico
-  pozzo
-  sorgente
-  linee isofreatiche
-  direzione di flusso della falda

¹ Estratto Tav. Fi_4 - PS Aprile 2019

5. CLASSIFICAZIONE IDRAULICA DEL SITO

5.1. Classificazione ai sensi del P.G.R.A.

In relazione al rischio alluvioni fluviali, nella cartografia allegata al *Piano Gestione Rischio Alluvioni* (Fig. 8) il sito ricade nel perimetro delle aree con classe di **pericolosità media P2** (*alluvioni poco frequenti*), corrispondenti ad “aree inondabili con tempi di ritorno $30 < Tr \leq 200$ anni”.

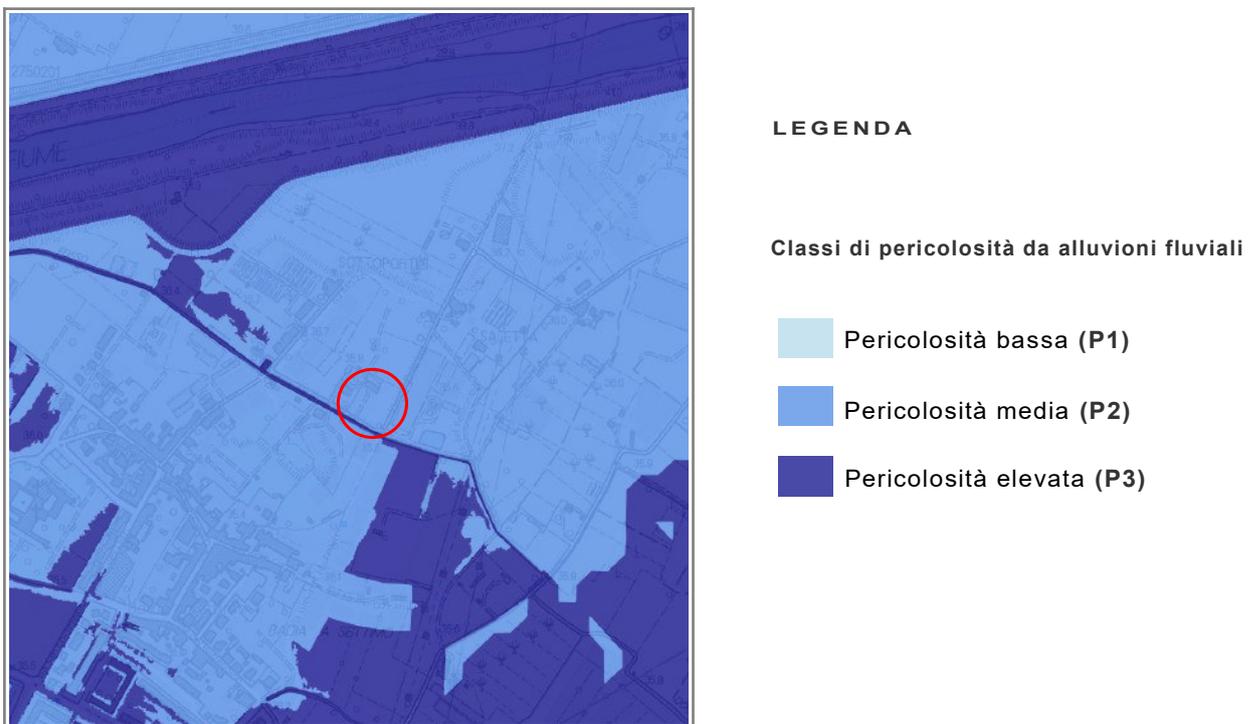


Fig. 8 - Aree con pericolosità da alluvione¹

In base ai modelli idraulici di esondazione eseguiti dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno per $Tr = 200$ anni, la quota del battente idraulico valutata per l'area di interesse risulta pari 38,27 m s.l.m. (Fig. 9).

In tal caso la prevista tipologia d'intervento (*nuova edificazione*) dovrà rispettare gli indirizzi di cui all'*art. 10, punto g)* della Disciplina di P.G.R.A.

¹ Estratto Cartografia PGRA - Distretto Appennino Settentrionale

Art. 10 – Aree a pericolosità da alluvione media (P2) – Indirizzi per gli strumenti governo del territorio

1. Fermo quanto previsto all'art. 9 e all'art. 14 comma 8, nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1 le Regioni, le Province e i Comuni, nell'ambito dei propri strumenti di governo del territorio si attengono ai seguenti indirizzi:

- f) sono da privilegiare le trasformazioni urbanistiche tese al recupero della funzionalità idraulica;
- g) le previsioni di nuova edificazione sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio idraulico;
- h) sono da evitare le previsioni che comportano la realizzazione di sottopassi, se non diversamente localizzabili;
- i) le previsioni di volumi interrati sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio idraulico.



Fig. 9 - Battente duecentennale nel sito in esame¹

¹ Estratto Cartografia PGRA - Distretto Appennino Settentrionale

5.2. Inquadramento ai sensi del Piano Riduzione Rischio Idraulico

Perimetrazione aree allagate

Nella *Carta Guida delle Aree Allagate* redatta dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno (Fig. 10) il lotto in esame non rientra nella perimetrazione ai sensi della norma 6 del D.P.C.M. 05/11/1999 - *Approvazione del Piano Stralcio Riduzione Rischio idraulico del Bacino del F. Arno* (GU n° 226 del 22/11/1999).

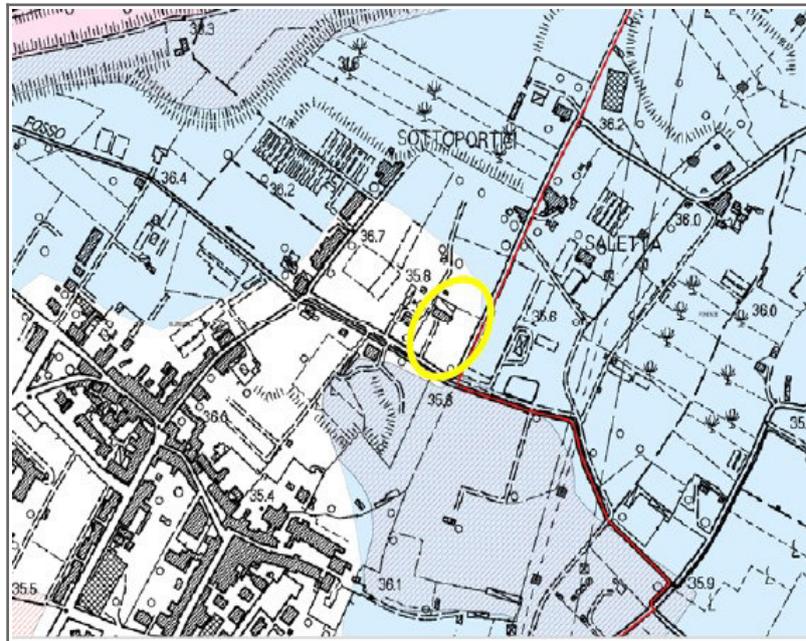


Fig. 10 - Perimetrazione delle aree allagate¹

Interventi strutturali

Nella *“Carta degli Interventi Strutturali”*, redatta dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno, il lotto in esame risulta esterno alla perimetrazione delle aree interessate dalla realizzazione di interventi finalizzati alla riduzione del rischio idraulico (Figg. 11-12).

¹ Estratto da Carta Guida Aree Allagate (cartografia 10K AdB F. Arno)

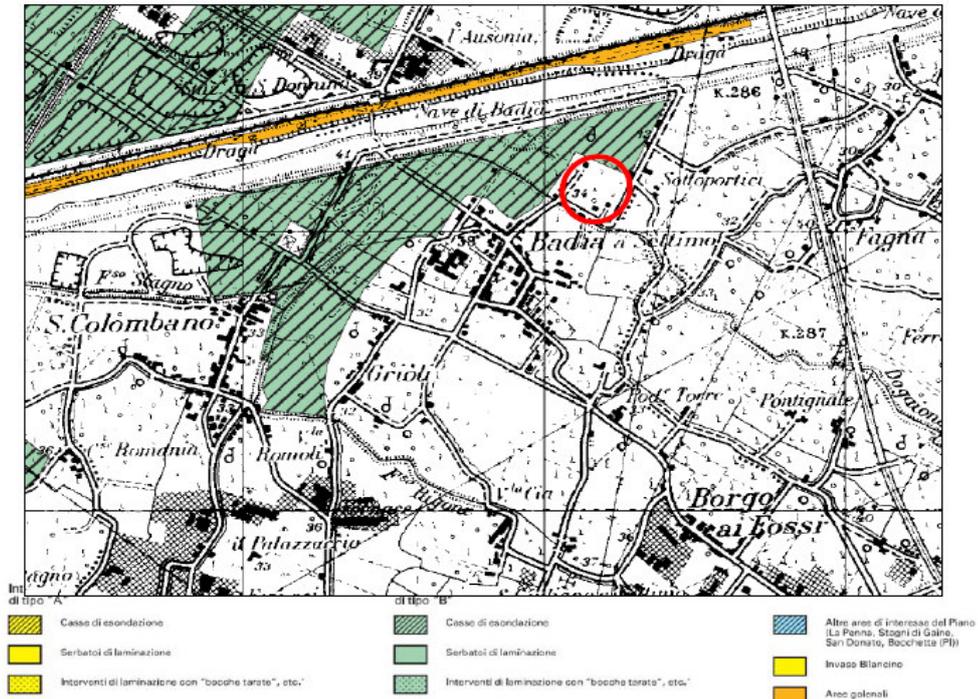


Fig. 11 - Carta degli interventi strutturali¹



Fig. 12 - Carta degli interventi strutturali²

¹ "Carta degli interventi strutturali" - Estratto stralcio 52 AdB F. Arno

² "Carta degli interventi strutturali" - Estratto webdataserver AdB F. Arno

5.3. Classificazione ai sensi del Piano Strutturale

Carta delle aree allagate e dei battenti idraulici di esondazione

Come si evince dallo stralcio cartografico di Fig. 13, il sito in esame è stato interessato dagli eventi alluvionali del sistema *Arno-Greve-Vingone* del 1966 con battenti idraulici superiori a 2,00 m rispetto alla quota di piano campagna (Fig. 14).

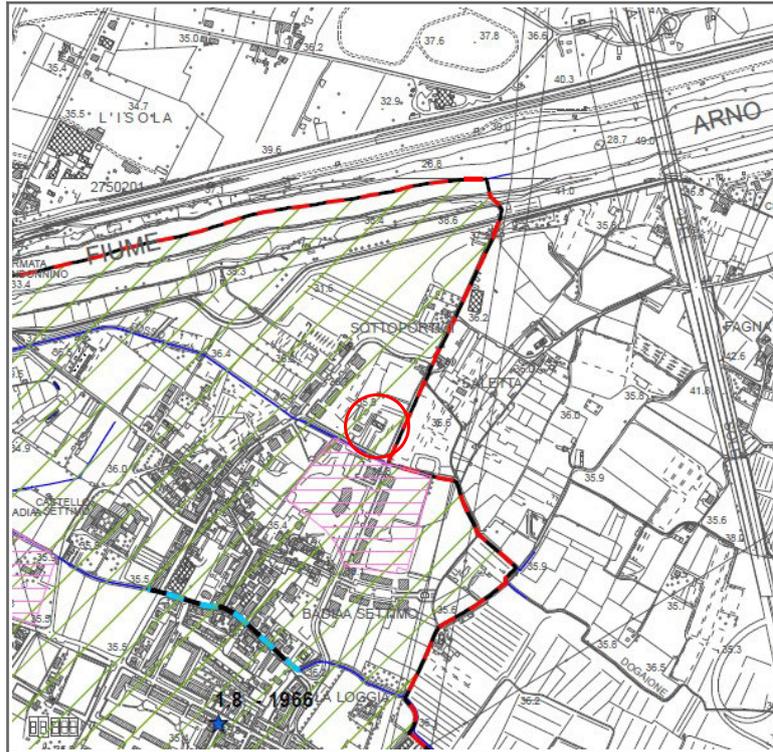


Fig. 13 - Carta storica delle aree allagate²

LEGENDA

-  aree colpite da esondazioni del sistema Arno-Greve-Vingone
-  aree interessate da ristagno per insufficienza di deflusso del sistema delle "acque basse" (1991-1993)
-  limite delle aree che hanno subito l'alluvione del 1966
-  ^{0,5-1966} battente locale in metri registrato a seguito delle rotte arginali verificatesi sul Torrente Vingone a Lastra a Signa nel 1966 e nel 1992
-  tratto di alveo intubato

² Estratto Tav. Fi_5 - PS Aprile 2019

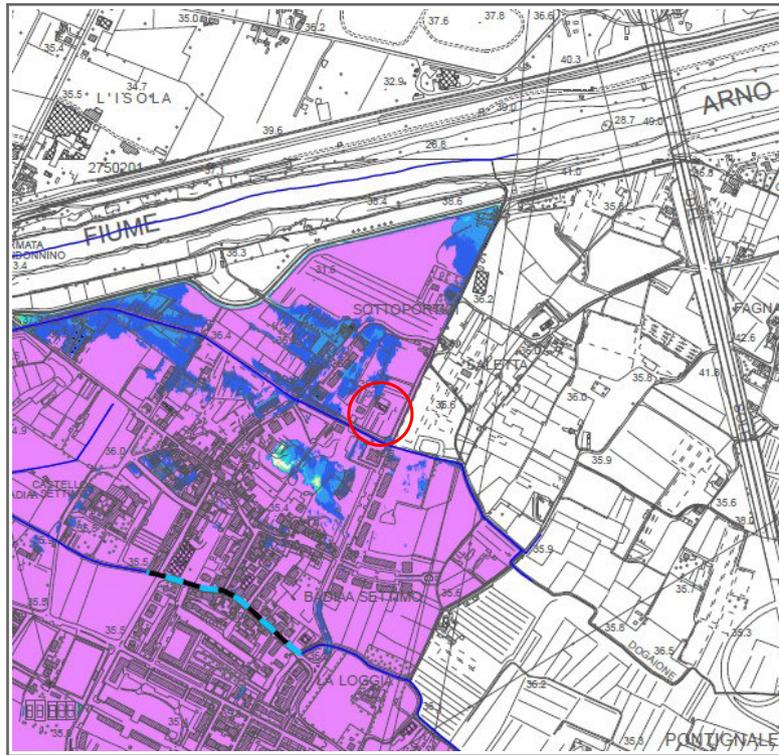


Fig. 14 - Carta dei battenti idraulici per $Tr = 200$ anni¹

LEGENDA

Altezze d'acqua (m) rispetto alla quota del piano campagna



¹ Estratto Tav. Fi_6 - PS Aprile 2019

Pericolosità Idraulica

Classe di pericolosità idraulica elevata (I.3): “aree soggette ad allagamenti per eventi alluvionali con tempo di ritorno T_r compreso tra 30 e 200 anni”.

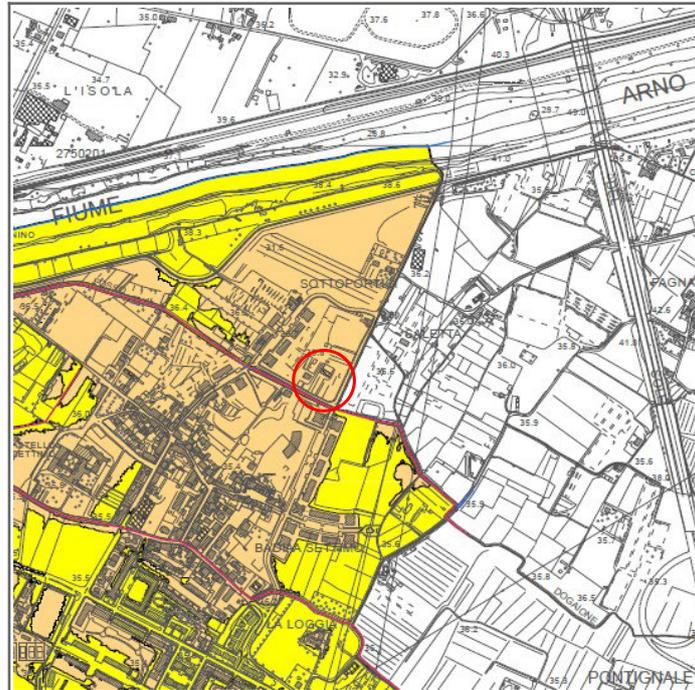


Fig. 15 - Carta pericolosità idraulica¹

LEGENDA

Perimetrazioni definite sulla base di studi idrologico-idraulici di dettaglio

Pericolosità per alluvioni frequenti, pericolosità idraulica molto elevata (I.4)
pericolosità da alluvione elevata (P3)

 aree soggette ad allagamenti per eventi alluvionali
con T_r inferiore e/o uguale a 30 anni

Pericolosità per alluvioni poco frequenti, pericolosità idraulica elevata (I.3),
pericolosità da alluvione media (P2)

 aree soggette ad allagamenti per eventi alluvionali
con T_r compreso tra 30 e 200 anni

Pericolosità idraulica media (I.2), pericolosità da alluvione bassa (P1)

 aree soggette ad allagamenti per eventi alluvionali
con T_r superiore a 200 anni

 reticolo idraulico del modello di studio

¹ Estratto Tav. Fi_11 - PS Aprile 2019

Magnitudo Idraulica

All'art. 2, comma 1, punto h) della L.R. 41/2018 la magnitudo idraulica viene così definita: “combinazione del battente e della velocità della corrente in una determinata area, associata allo scenario relativo alle alluvioni poco frequenti”.



Fig. 16 - Carta della magnitudo idraulica¹

LEGENDA

CLASSI DI MAGNITUDO IDRAULICA

- molto severa
- severa
- moderata

Nel caso specifico, la classe di “*magnitudo molto severa*” è caratterizzata da battente superiore a 0,5 m e inferiore o uguale a 1 m e velocità superiore a 1 m/s oppure battente superiore a 1 m; nei casi in cui la velocità non sia determinata il battente è superiore a 0,5 m.

¹ Estratto Tav. Fi_12 - PS Aprile 2019

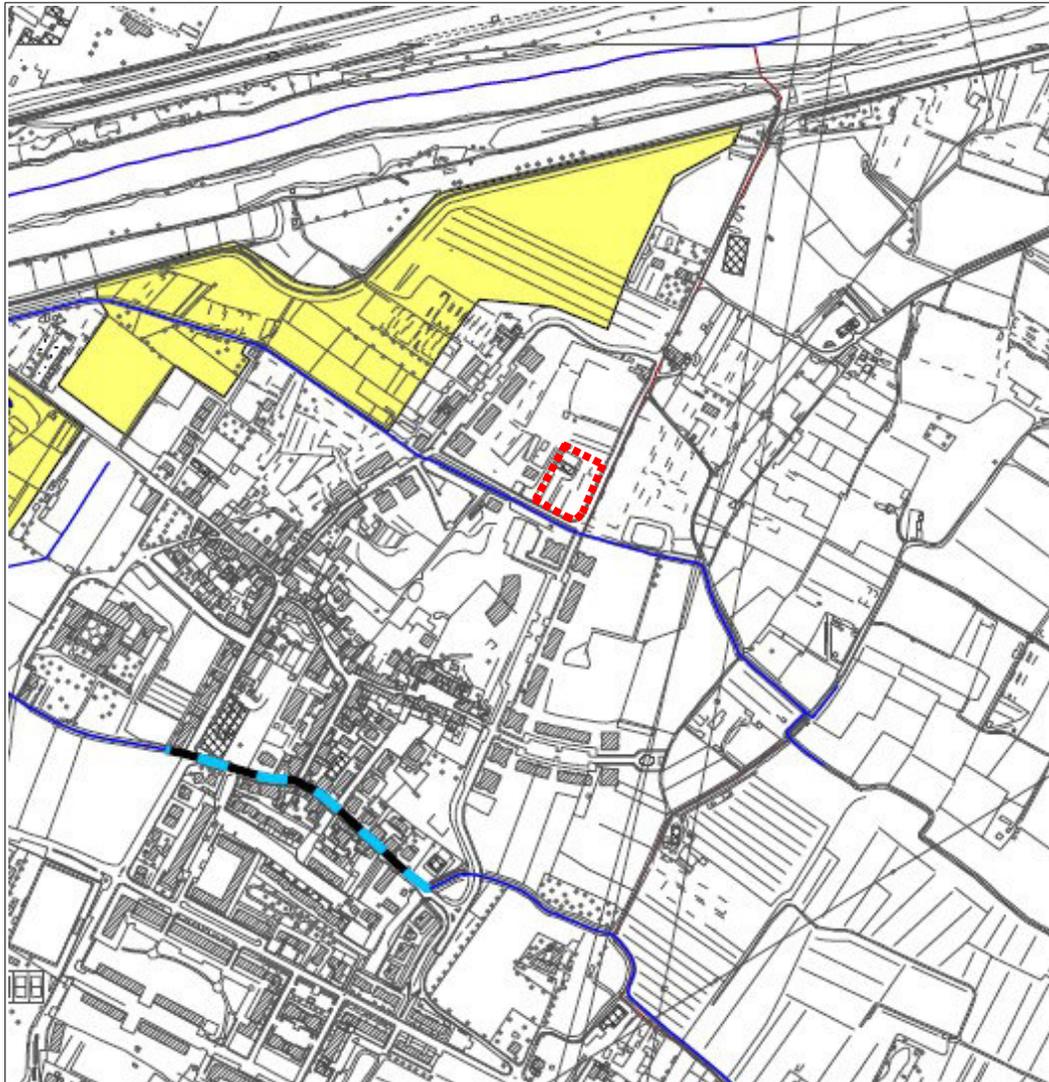


Fig. 17 - Carta opere di regimazione idraulica e reticolo idrografico superficiale¹

¹ Estratto Tav. Fi_9 - PS Aprile 2019

OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA

Aree destinate alle opere di regimazione idraulica di cui al DPCM 5.11.99, DPCM 19.05.11 e decreto del segretario generale dell'Autorità di Bacino dell'Arno n.67 del 30.11.2015

 Area di tipo A (norma 2 del d.p.c.m. 5.11.99)

Opere di mitigazione del rischio idraulico di interesse comunale

realizzate

 cassa di espansione S.Maria, Villa Antinori (settore di valle)

da realizzare (progettata)

 cassa di espansione da realizzare: Ghindossoli, Villa Antinori (settore di monte)

in previsione

 interventi di regimazione idraulica del Torrente Vingone: località Castelpulci

realizzata (da collaudare)

 interventi di regimazione idraulica del Torrente Vingone: tratto a monte e del Borro Soglia

Reticolo idrografico delle acque superficiali ai sensi della LR.n.79/12 e DCRT.n.101/2016 aggiornamento dicembre 2017

 corso d'acqua

 tratto intubato

 specchio d'acqua

 impianto di sollevamento San Colombano

5.4. Norme e prescrizioni ai sensi della L.R. n° 41/2018

Nuove disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del D.L. 49/2010. Modifiche alla L.R. 80/2015 e alla L.R. 65/2014.

In riferimento alla sopracitata Legge Regionale, l'intervento proposto è soggetto all'osservanza dei seguenti articoli:

Art. 11 - Interventi di nuova costruzione in aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti

C.2. Fermo restando quanto disposto dagli artt. 10, 12 e 13, nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati interventi di nuova costruzione, a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'art. 8, comma 1, lettere a), b) o c).

Art. 8 - Opere per la gestione del rischio di alluvioni

C.1. La gestione del rischio di alluvioni è assicurata mediante la realizzazione delle seguenti opere finalizzate al raggiungimento almeno di un livello di rischio medio R2:

- a) opere idrauliche che assicurino l'assenza di allagamenti rispetto ad eventi poco frequenti;
- b) opere idrauliche che riducano gli allagamenti per eventi poco frequenti, conseguendo almeno una classe di magnitudo idraulica moderata, unitamente ad opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;
- c) opere di sopraelevazione senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;
- d) interventi di difesa locale.

C.2. Il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree è assicurato attraverso la realizzazione delle seguenti opere:

- a) opere o interventi che assicurino il drenaggio delle acque verso un corpo idrico recettore garantendo il buon regime delle acque;
- b) sia prevista dagli strumenti urbanistici la stipula di una convenzione tra il proprietario delle aree interessate ed il comune prima della realizzazione dell'intervento.

Art. 13 - Infrastrutture lineari o a rete

C.4. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, gli interventi di seguito indicati possono essere realizzati alle condizioni stabilite:

- b) parcheggi in superficie a condizione che, sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.

In base alle limitazioni e ai condizionamenti di cui sopra, la realizzazione dell'intervento edificatorio è pertanto subordinata all'applicazione del *comma 1, punto c)* dell'art. 8 L.R. 41/2018: **“opere di sopraelevazione senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree”**.

Riguardo ai criteri di messa in sicurezza idraulica dei nuovi edifici e agli accorgimenti necessari per il non aggravio delle condizioni di rischio nelle aree circostanti si rimanda all'allegata Relazione Idrologico-Idraulica redatta dall'Ing. Luca Rosadini.

6. INDAGINI IN SITU

Le indagini necessarie per la caratterizzazione geotecnica e sismica del sito sono state programmate ai sensi del *D.M. 17/01/2018* in funzione del contesto geomorfologico locale, della complessità e rilevanza delle opere in progetto e, ai sensi dell'*art. 7, comma 3* del *D.P.G.R. 36/R/09*, della classe d'indagine in cui ricade l'intervento edilizio (*classe 2 - opere di volume lordo inferiore a 1.500 mc con altezza in gronda < 10 m*).

A tal fine, il Piano di Indagini concordato con il progettista strutturale è stato così articolato:

- n° 5 prove penetrometriche CPT (2014)
- n° 2 sondaggi a carotaggio continuo (2019)
- n° 6 prove SPT (2019)
- n° 2 prospezioni sismiche MASW (2019)
- n° 1 misura di rumore ambientale H/V (2019)

L'esatta ubicazione delle prove in situ è riportata in Fig. 2.

6.1. Indagini geotecniche

Prove CPT

Allo scopo di valutare in via preliminare le proprietà fisico-meccaniche dei terreni, nell'ambito delle indagini a supporto del Progetto Unitario sono state eseguite cinque prove penetrometriche CPT (*Cone Penetration Test*) utilizzando un penetrometro *Pagani TG 63/200* statico-dinamico montato su un mezzo cingolato semovente (Foto 1).



Foto 1

Le prove, eseguite in data 30/05/2014 dalla ditta *Gea s.n.c.*, consistono nell'infissione ad una velocità costante di 2 cm/s di una punta conica tipo "Begemann" con *Friction Jacket* per la misura della resistenza all'attrito laterale.

Lo sforzo per la penetrazione, applicato mediante un dispositivo di spinta (*martinetto idraulico*), agisce su una batteria di aste cave alla cui estremità è collegata la punta, con diametro di 35,7 mm, apertura di 60°, superficie di 10 cm² e manicotto laterale di 150 cm².

In particolare, vengono registrate le misure rilevate ogni 20 cm di infissione della punta penetrometrica, rispettivamente di:

- resistenza alla punta (**Qc**)
- resistenza per attrito laterale (**Fs**)
- rapporto delle resistenze (**Qc/Fs**)

Le informazioni che si ottengono dalla prova sono di tipo continuo e, attraverso il valore del rapporto Qc/Fs (*rapporto Begemann*), consentono di determinare con un certo grado di approssimazione la natura dei sedimenti attraversati (*interpretazione litologica - Searle, 1979*).

I tests sono stati spinti sino al rifiuto dell'avanzamento della punta penetrometrica, ovvero al raggiungimento dell'orizzonte ghiaioso; le massime profondità investigate sono riportate nella tabella seguente.

	CPT_1	CPT_2	CPT_3	CPT_4	CPT_5
Prof. (m)	7.00	6.60	7.70	7.80	7.60

I certificati delle prove CPT sono riportati in Appendice.

Interpretazione litologica

Nelle tabelle successive viene sintetizzato lo stato fisico degli intervalli litotecnici investigati facendo riferimento al diagramma di *Searle* basato sulla correlazione tra *resistenza media alla punta* (q_c) e *rapporto medio* (q_c/f_s).

PROF. [m]	STATO FISICO DEL TERRENO	q _c [Kg/cmq]	q _c /f _s
0.00÷0.60	Suolo vegetale	-	-
0.60÷2.60	Argilla limosa plastica	15.6	13.6
2.60÷6.00	Limo argilloso sabbioso mediamente addensato	52.0	27.7
6.00÷6.80	Sabbie limose addensate	220.0	42.2

CPT_1

PROF. [m]	STATO FISICO DEL TERRENO	q _c [Kg/cmq]	q _c /f _s
0.00÷0.60	Suolo vegetale	-	-
0.60÷2.80	Argilla limosa plastica	17.9	19.8
2.80÷6.20	Limo argilloso sabbioso mediamente addensato	55.2	23.6
6.20÷6.40	sabbie ghiaiose addensate	292.0	87.7

CPT_2

PROF. [m]	STATO FISICO DEL TERRENO	q _c [Kg/cmq]	q _c /f _s
0.00÷0.60	Suolo vegetale	-	-
0.60÷3.00	Argilla limosa plastica	19.8	17.7
3.00÷6.20	Limo argilloso sabbioso mediamente addensato	58.3	29.4
6.20÷6.80	Sabbie addensate	214.5	59.5

CPT_3

PROF. [m]	STATO FISICO DEL TERRENO	q _c [Kg/cmq]	q _c /f _s
0.00÷0.60	Suolo vegetale	-	-
0.60÷4.60	Argilla limosa plastica	17.6	17.8
2.80÷6.20	Limo argilloso sabbioso mediamente addensato	73.0	25.6
6.60÷7.60	Sabbie argilloso limose addensate	142.8	36.4

CPT_4

PROF. [m]	STATO FISICO DEL TERRENO	q _c [Kg/cmq]	q _c /f _s
0.00÷0.60	Suolo vegetale	-	-
0.60÷3.20	Argilla limosa plastica	14.2	17.8
3.20÷6.80	Limo argilloso sabbioso mediamente addensato	50.9	25.7
6.80÷7.40	Sabbie limose mediamente addensate	125.5	50.5

CPT_5

I risultati delle prove sono stati utilizzati per ricavare alcuni parametri geotecnici tramite correlazioni con la resistenza alla punta q_c .

Terreni coesivi

■ Angolo di resistenza al taglio di picco (ϕ_p)

La stima è stata effettuata con la correlazione di *Kulhaw e Mayne (1990)*.

$$\phi = \tan^{-1} (0,1 + 0,38 \text{ Log } (q_c/\sigma'_{v0}))$$

■ Resistenza al taglio non drenata (C_u)

La stima è stata effettuata tramite la relazione di *Mayne & Kemper (1988)*.

$$C_u = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{N_k}$$

$N_k = 20$ (penetrometro meccanico)

σ_{v0} = tensione geostatica verticale totale alla profondità di misura di q_c

■ Modulo edometrico (E_d)

Il parametro è stato valutato con la relazione di *Sanglerat (1972)*.

$$M = \alpha q_c$$

α = coefficiente variabile in funzione di q_c e della granulometria del sedimento

Terreni granulari

■ Densità relativa (D_r)

La stima è stata effettuata tramite la correlazione di *Jamiolkowski et alii (1985)* valida per sabbie di recente deposizione non cementate.

$$D_r = -98 + 66 \cdot \log \left[\frac{q_c}{(\sigma'_{v0})^{0,5}} \right]$$

q_c = resistenza alla punta espressa in $1/mq$

σ_{v0} = tensione geostatica verticale efficace espressa in T/mq alla profondità di misura di q_c

■ Angolo di resistenza al taglio di picco (ϕ_p)

La stima è stata effettuata con la correlazione di *Kulhaw e Mayne (2006)*.

$$\phi'(^{\circ}) = 17,6 + 11 \cdot \log \left(\frac{q_c - \sigma_{v0}}{\sqrt{\sigma'_{v0} \cdot P_a}} \right)$$

■ Modulo elastico drenato (E')

Una correlazione per sabbie non cementate tra *resistenza alla punta q_c e modulo elastico non drenato*, valida per livelli di sforzo mobilitato pari al 25% di quello a rottura ($FS = 4$), è fornita dalla seguente equazione (*Robertson e Campanella, 1983*):

$$E' = 2 \times q_c$$

Sondaggi geognostici

In data 14 e 15 ottobre 2019 sono stati eseguiti n° 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S1 e S2) utilizzando una macchina perforatrice "Comacchio MC900" della ditta Soil Test s.r.l.



sondaggio S1



sondaggio S2

In entrambi i sondaggi la perforazione è stata spinta prevalentemente a secco fino alla profondità di 15,0 m dal p.c. con percentuale di recupero delle carote di circa il 100%; al fine di minimizzare "l'effetto pistone" le manovre di estrazione del carotiere sono state effettuate a velocità ridotta.

Durante l'avanzamento della perforazione è stata installata una tubazione metallica di rivestimento provvisorio del diametro 127 mm utilizzando acqua come fluido di circolazione.

Per una valutazione sommaria dei parametri di *consistenza* e di *resistenza al taglio non drenata* sono state eseguite misure con *Pocket Penetrometer* e *Pocket Vane Test* sui termini coesivi.

In fase di carotaggio sono stati prelevati mediante infissione di un campionatore in acciaio inox a pareti sottili ($\varnothing 88,9$ mm) n° 2 campioni di terreno indisturbato (S1C1 tra 2,20 - 2,60 m p.c.; S2C1 tra 1,50 - 2,00 m p.c.).

A fine carotaggio, nei fori S1 e S2 è stato installato un tubo piezometrico in PVC di tipo aperto ($\varnothing 40$ mm), fenestrato tra quota 3,00 m da p.c. e fondo foro, per la misurazione del livello freatico.

Di seguito si riportano le foto delle carote poste in apposite cassette catalogatrici a tenuta.

Sondaggio S1

p.c. ÷ 5,00 m



5,00 ÷ 10,00 m



10,00 ÷ 15,00 m



Sondaggio S2

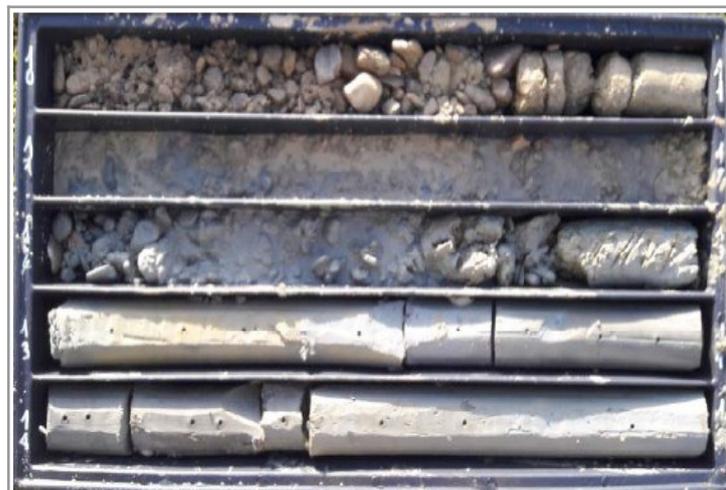
p.c. ÷ 5,00 m



5,00 ÷ 10,00 m



10,00 ÷ 15,00 m



Prove SPT

Allo scopo di verificare il grado di addensamento dei litotipi granulari, in fase di avanzamento del carotaggio sono state effettuate n° 6 prove S.P.T. (*Standard Penetration Test*).

Il test SPT, codificato dalla norma *A.S.T.M. D1586-67*, consiste nella registrazione del numero di colpi necessari per l'affondamento di un campionatore di forma e dimensioni standardizzate a punta aperta.

Il sistema di percussione è costituito da un un maglio del peso di 63,5 kg che cade liberamente da un'altezza di 76 cm per tre tratti consecutivi di 15 cm per un totale di 45 cm; il valore N (SPT) utilizzato nei calcoli geotecnici sarà riferito agli ultimi 30 cm di infissione.

Poiché i risultati ottenuti possono essere influenzati da alcuni fattori, quali attrezzatura utilizzata, modalità operative, ecc., è stata eseguita una verifica circa l'affidabilità della prova utilizzando il criterio di *Schmertmann* che prevede la seguente relazione:

$$0 \leq X_1 \leq X_2 \leq 1$$

con $X_1 = N_1/N_3$ $X_2 = N_2/N_3$

In base a tale criterio sono state scartate alcune prove, indicate in rosso nelle seguenti tabelle riassuntive.

S1 (prof. m p.c.)	$N_1 - N_2 - N_3$	N_{SPT}
1,50	4 - 6 - 8	14
5,00	7 - 17 - 24	41
8,00	9 - 11 - 15	26

S2 (prof. m p.c.)	$N_1 - N_2 - N_3$	N_{SPT}
3,00	3 - 4 - 4	8
7,00	15 - 13 - 11	24
11,00	6 - 4 - 5	9

I parametri geotecnici acquisiti tramite le correlazioni con il numero di colpi N_{SPT} sono i seguenti:

Densità relativa (D_r)

Il grado di addensamento in termini di densità relativa può essere stimato con la relazione proposta da *Skempton (1986)*:

$$D_r^2 = N_{corr} / 60 \quad N_{corr} = C_N \times N_{SPT} \quad C_N = 3/2 + \sigma'_{vo}/Pa$$

Il coefficiente C_N tiene conto della tensione litostatica efficace, relativa alla profondità di esecuzione della prova, normalizzata alla pressione atmosferica.

Nella tabella seguente si riporta la correlazione tra densità relativa e stato di addensamento dei sedimenti granulari.

TERZAGHI & PECK	D_r (%) GIBBS & HOLTZ
MOLTO SCIOLTO	0÷15
SCIOLTO	15÷35
MEDIO	35÷65
DENSO	65÷85
MOLTO DENSO	85÷100

Angolo di resistenza al taglio ($\phi'p$)

La valutazione dell'angolo di resistenza al taglio di picco è stata eseguita mediante correlazione diretta (*Peck, Hanson e Thornburn, 1974*) approssimabile con la seguente equazione (*Wolf, 1989*):

$$\phi'p = 27,1 + 0,3 N_{corr} + 0,00054 N_{corr}^2$$

Modulo elastico (E_s)

Esistono nella letteratura geotecnica varie correlazioni lineari tra il modulo elastico e l'indice N_{SPT} , comunque approssimative poichè le caratteristiche di deformabilità dei terreni variano in funzione dell'indice dei vuoti, delle tensioni efficaci e del livello di deformazione.

Una stima del modulo elastico drenato E_s , espresso in kPa, si ottiene utilizzando le correlazioni riportate in *Bowles (1991)*:

$$E_s \text{ (kPa)} = 1200(N+15) \quad \text{sabbia ghiaiosa e ghiaia}$$

$$E_s \text{ (kPa)} = 300(N+15) \quad \text{sabbia limosa}$$

Analisi geotecniche di laboratorio

Di seguito sono riassunti i risultati delle analisi geotecniche effettuate c/o il Laboratorio *IGETECMA* s.a.s. sui due campioni di terreno prelevati in fase di carotaggio (*classe e grado di qualità Q5*).

S1C1 "limo argilloso sabbioso duro, colore giallo oliva"



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1868-1872/2019

CAMPIONE	S1C1
Profondità metri	2.2 - 2.6
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	17.37
Limite liquido (%)	50
Limite plastico (%)	25
Indice di plasticità (%)	25
Indice di consistenza	1.31
Indice di attività	0.87
Classificaz. Casagrande	CL
Granulometria	
Ghiaia (%)	0.0
Sabbia (%)	10.6
Limo (%)	61.2
Argilla (%)	28.2
Classificazione UNI 10006	
Gruppo	A7-6
Indice di gruppo	16
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	16.5
Peso volume secco (kN/m ³)	14.3
Prova di Compressione E.L.L.	
Coesione non drenata, C _u (kPa)	237.3
Modulo elastico tangente iniziale, E _{ti} (kPa)	32381
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	19.4
Angolo di resistenza al taglio, φ' (°)	23.3
Prova edometrica	
Rapporto di ricompressione, R _r	0.02718
Rapporto di compressione, R _c	0.14883
Rapporto di rigonfiamento, R _s	0.02664
Pressione di preconsolidazione, σ' _{vmax} (kPa)	265
C _v (cm ² /sec)	4.7318E-02
K (cm/sec)	8.189E-08
C _v (cm ² /sec)	2.4244E-02
K (cm/sec)	6.645E-08



Michele Calmo





IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1873-1877/2019

CAMPIONE	S2C1
Profondità metri	1.5 - 2.0
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	16.30
Limite liquido (%)	37
Limite plastico (%)	21
Indice di plasticità (%)	16
Indice di consistenza	1.29
Indice di attività	0.82
Classificaz. Casagrande	CL
Granulometria	
Ghiaia (%)	0.0
Sabbia (%)	19.2
Limo (%)	61.4
Argilla (%)	19.3
Classificazione UNI 10006	
Gruppo	A6
Indice di gruppo	10
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	18.6
Peso volume secco (kN/m ³)	15.7
Prova di Compressione E.L.L.	
Coesione non drenata, C_u (kPa)	94.6
Modulo elastico tangente iniziale, E_{ti} (kPa)	17046
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	13.0
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	27.2
Prova edometrica	
Rapporto di ricomprensione, R_r	0.02464
Rapporto di compressione, R_c	0.08861
Rapporto di rigonfiamento, R_s	0.02331
Pressione di preconsolidazione, σ'_{vmax} (kPa)	252
C_v (cm ² /sec)	9.1697E-03
K (cm/sec)	2.185E-08
C_v (cm ² /sec)	1.3768E-02
K (cm/sec)	4.298E-08



Michele Calvo



6.2. Indagini sismiche

Prospezioni sismiche MASW

La valutazione degli effetti di risposta sismica locale è stata fatta attraverso l'*approccio semplificato* basato sull'individuazione di **categorie di sottosuolo** di riferimento e di **categorie topografiche** (*Tabelle 3.2.II e 3.2.III, NTC_2018*).

A tal fine, in data 29/08/2019 sono stati eseguiti due stendimenti multicanale, ortogonali tra loro, per la registrazione di onde sismiche superficiali (*onde Rayleigh*) con tecnica attiva **MASW** (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*).

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati è stata la seguente:

- *sismografo multicanale DoReMi*
- *24 geofoni verticali Geo Space* con frequenza propria di 4,5 Hz
- *trigger*
- *dispositivo di energizzazione* (massa battente di 8 kg)

I due stendimenti sismici, visibili nelle foto seguenti, si sono sviluppati per una lunghezza complessiva di 46,00 ml e con distanza intergeofonica pari a 2,00 ml.



MASW _1



MASW _2

Misure di rumore ambientale (H/V)

Ai fini della valutazione della frequenza di risonanza del sito, le due prove MASW sono state integrate con n° 1 misura di **rumore ambientale** a stazione singola.

Per l'acquisizione dei segnali è stato utilizzato un sismografo *Sara Electronics* (Foto 2) dotato di tre sensori (*velocimetri*) a frequenza propria di 4,5 Hz, orientati secondo una terna cartesiana ortogonale e convertitore A/D a 24 bit.

La tecnica utilizzata per l'elaborazione dei dati, conosciuta come tecnica **H/V** o **HVSNR** (*Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio*), è quella dei rapporti spettrali tra le ampiezze medie delle componenti orizzontali (H) e della componente verticale (V) del rumore registrato, graficati in funzione della frequenza (*Nogoshi e Igarashi 1970, Nakamura 1989*).



Foto 2

La descrizione dettagliata della strumentazione utilizzata e delle modalità esecutive è riportata nell'allegata **Relazione sulle Indagini Sismiche** redatta dal *Dr. Geol. Massimo Nebbiai*.

7. MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

L'analisi e l'elaborazione dei dati bibliografici e dei risultati acquisiti attraverso le prove in situ hanno permesso di definire le unità litotecniche che caratterizzano il volume significativo di sottosuolo.

In particolare, le prove penetrometriche evidenziano un andamento molto simile dei valori di resistenza all'infissione con la profondità ed una discreta correlazione con la successione litologica riscontrata nei sondaggi geognostici a carotaggio continuo.

In Fig. 18 è riportato un diagramma che mette in relazione la resistenza alla punta (Q_c) con la profondità.

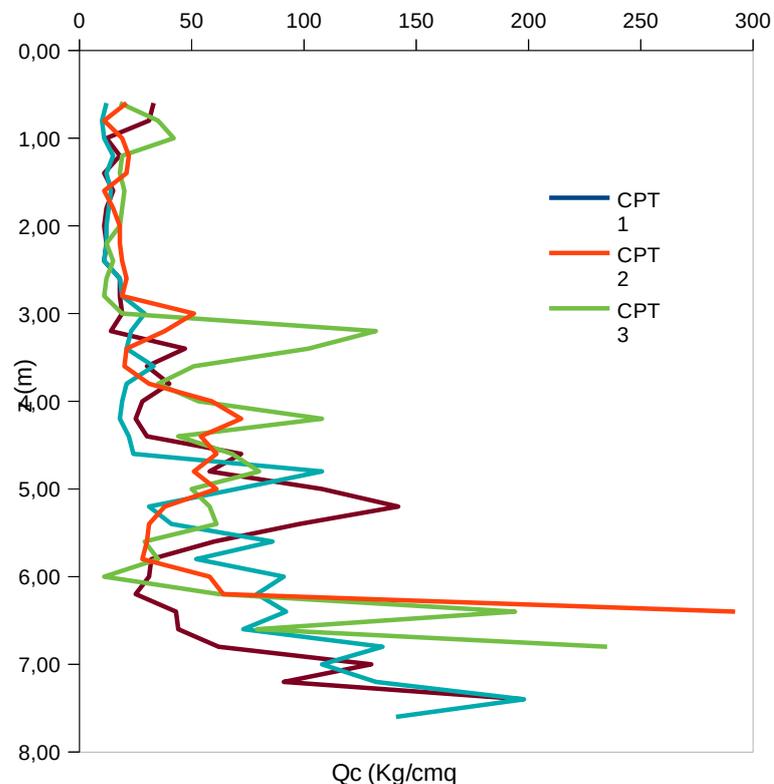


Fig. 18

Modello geotecnico

Al di sotto di un modesto spessore di terreno vegetale o di riporto nel caso del sondaggio S2 (0,40 m), il volume significativo di sottosuolo è stato suddiviso in *tre unità litotecniche*¹.

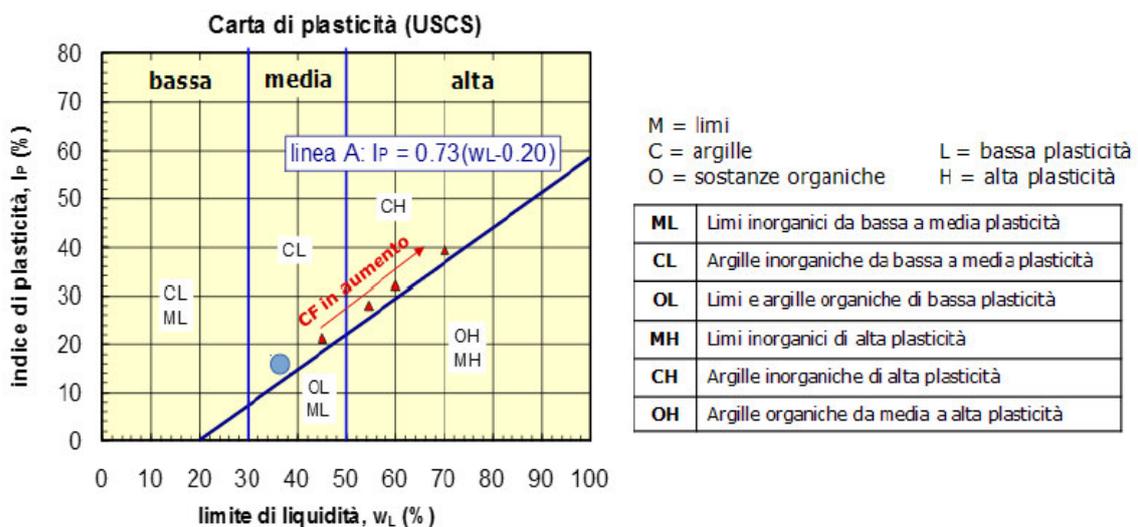
¹ Vedi sezione schematica in Appendice

Unità A

Depositi a prevalente tessitura limo-argillosa e/o argilloso-limosa, mediamente consistenti, comportamento coesivo; lo spessore massimo stimato è compreso tra 2,50 m (S1) e 4,60 m (CPT_4).

A questa unità appartiene il campione di terreno prelevato nel sondaggio S2_C1 tra 1,50 e 2,00 m da p.c. e descritto come “limo argilloso sabbioso di colore giallo oliva”.

Nella Carta per la classificazione dei terreni (USCS), derivante dalla Carta di Casagrande, il campione ricade nel campo delle *argille inorganiche di media plasticità (CL)*.



$$\text{Indice di consistenza } (I_c) = \frac{w_L - W}{w_L - w_p} = 1,29$$

Nel caso in esame l'indice I_c risulta superiore all'unità, corrispondente a terreni di consistenza solido-plastica; ne deriva un terreno sovraconsolidato con plasticità e comprimibilità medie.

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati delle analisi di laboratorio per i parametri di *resistenza al taglio* e di *compressibilità*.

Campione e profondità	γ	Cu (kPa)	φ_p	c' (kPa)	Rc	Ed (MPa)
S2_C1 1,50 - 2,00 m	18,6	94,6	27,2°	13	0,08861	9,49

γ = peso unità di volume; Cu = coesione non drenata; φ_p = angolo resistenza al taglio di picco
c' = coesione efficace; Rc = rapporto di compressione; Ed = modulo edometrico

Il modulo edometrico è relativo al campo di pressione: **96,8-193,7 kPa**

Dall'elaborazione delle prove penetrometriche statiche si ottengono i seguenti valori medi dei parametri geotecnici.

Prove	n° dati	qc (medio)	qc/fs (medio)	Cu (kPa)	φ_p (°)	Ed (MPa)
CPT1	10	15,7	13,6	75,1	21,4	5,4
CPT2	15	19,1	18,4	91,9	22,3	6,6
CPT3	13	19,8	17,7	95,6	23,1	6,8
CPT4	21	17,6	17,8	83,7	19,6	6,0
CPT5	12	14,3	17,8	67,9	18,4	4,9

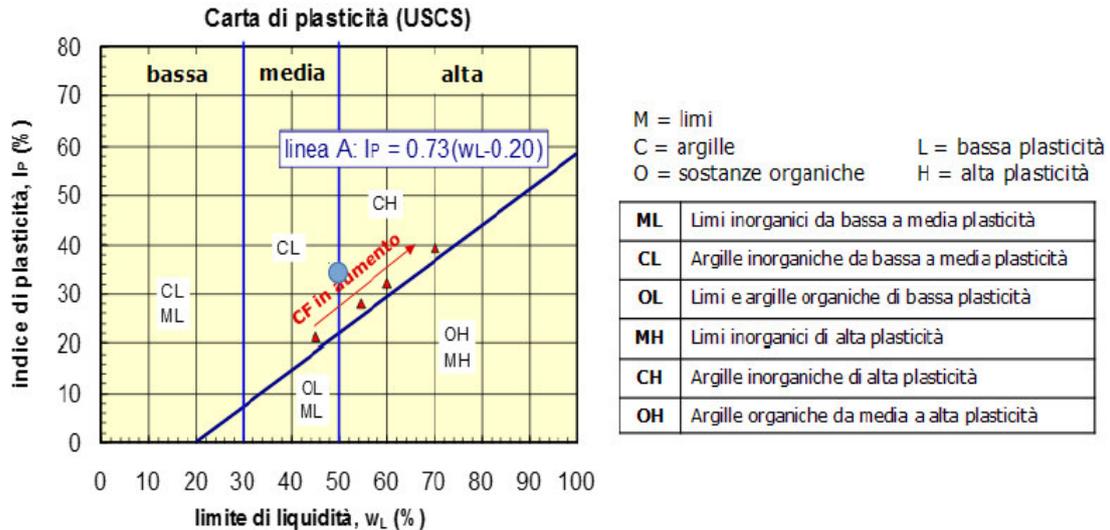
Cu = Coesione non drenata; φ_p = angolo resistenza al taglio di picco; Ed = modulo edometrico

Unità B

Sedimenti sabbioso-limosi mediamente addensati con intercalazioni di livelli limoso-argillosi consistenti, comportamento granulare/coesivo; lo spessore massimo stimato è compreso tra 2,00 m (CPT_4) e 3,60 m (CPT_5).

A questa unità appartiene il campione di terreno prelevato nel sondaggio S1_C1 tra 2,20 e 2,60 m da p.c. e descritto come *“limo argilloso sabbioso duro di colore giallo oliva”*.

Nella Carta per la classificazione dei terreni (USCS), derivante dalla Carta di Casagrande, il campione ricade nel campo delle *argille inorganiche di media plasticità (CL)*.



$$\text{Indice di consistenza (Ic)} = \frac{w_L - W_p}{w_L - W_p} = 1,31$$

Nel caso in esame l'indice I_c risulta superiore all'unità, corrispondente a terreni di consistenza solido-plastica; ne deriva un terreno sovraconsolidato con plasticità e comprimibilità medie.

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati delle analisi di laboratorio per i parametri di *resistenza al taglio* e di *compressibilità*.

Campione e profondità	γ	C_u (kPa)	ϕ_p (°)	c' (kPa)	R_c	E_d (MPa)
S1_C1 2,20 - 2,60 m	16,5	273,3	23,3	19,4	0,14883	11,82

γ = peso unità di volume; C_u = coesione non drenata; ϕ_p = angolo resistenza al taglio di picco
 c' = coesione efficace; R_c = rapporto di compressione; E_d = modulo edometrico

Il modulo edometrico è relativo al campo di pressione: **97,1-194,2 kPa**

Dall'elaborazione delle prove penetrometriche CPT si ottengono i seguenti valori medi dei parametri geotecnici.

Prove	n° dati	qc (medio)	qc/fs (medio)	Cu (kPa)	Dr (%)	φ_p (°)	Ed (MPa)
CPT1	17	57,8	26,5	279,3	47,8	21,9	11,3
CPT2	12	50,6	20,7	243,2	46,8	21,3	9,9
CPT3	16	64,5	35,1	312,0	54,1	23,7	12,7
CPT4	10	72,3	26,0	349,1	55,0	23,2	14,2
CPT5	18	54,1	24,1	260,7	46,2	20,8	10,6

Cu = Coesione non drenata; φ_p = angolo resistenza al taglio di picco; Ed = modulo edometrico

Nella tabella seguente si riportano i valori dei principali parametri geotecnici utilizzando le correlazioni con il numero di colpi Nspt descritte nel § 6.

Profondità (m p.c.)	Nspt	Dr (%)	φ_p (°)	Es (MPa)
3,00 - 3,45	8	30	28,6	4,20

Dr = densità relativa; φ_p = angolo di resistenza al taglio di picco; Es = modulo elastico

Unità C

Sedimenti a tessitura grossolana costituiti da ghiaie eterometriche e rari ciottoli in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, comportamento granulare; il passaggio alle sottostanti argille è posto ad profondità di circa 13,00 m dal p.c..

Dall'elaborazione delle prove penetrometriche CPT si ottengono i seguenti valori medi dei parametri geotecnici.

Prove	n° dati	qc (medio)	qc/fs (medio)	γ (kN/mc)	Dr (%)	φ_p (°)	Es (MPa)
CPT1	4	220	42,2	18,98	85,8	43,0	43,1
CPT2	1	292	87,7	20,24	94,9	44,5	52,3
CPT3	2	214,5	59,5	19,8	85,4	42,9	42,1
CPT4	5	142,8	36,4	19,41	73,3	40,8	28,0
CPT5	2	164	50,5	19,63	77,1	41,4	32,2

γ = Peso unità di volume; Dr = Densità relativa; φ_p = angolo resistenza al taglio di picco
Es = modulo elastico

Nella tabella seguente si riportano i valori dei principali parametri geotecnici utilizzando le correlazioni con il numero di colpi N_{spt} descritte nel § 6.

Profondità (m p.c.)	N_{spt}	D_r (%)	φ_p (°)	E_s (MPa)
5,00 - 5,45	41	91	40,6	56,4
8,00 - 8,45	26	73	36,3	38,4

D_r = densità relativa; φ_p = angolo di resistenza al taglio di picco; E_s = modulo elastico

Parametri geotecnici

Ai fini della parametrizzazione geotecnica la normativa vigente (§ 6.2.2 *NTC_2018*) prevede di individuare valori caratteristici delle grandezze fisiche da attribuire ai volumi di terreno interessati dai carichi di progetto in modo da rappresentare adeguatamente e con ragionevole cautela il comportamento meccanico del terreno allo stato limite considerato.

La ricostruzione del modello geotecnico mostra una buona continuità laterale degli orizzonti individuati con variazioni contenute dei parametri geotecnici tra i valori ricavati dalle analisi di laboratorio e tra quelli ricavati da correlazioni con le prove penetrometriche.

Per il calcolo del valore caratteristico (X_c) dei parametri geotecnici ricavati da correlazioni con prove penetrometriche è stata utilizzata la formula di *Frank*:

$$X_c = X_{mean} \cdot (1 - K_{mean} \cdot s)$$

dove X_{mean} è il valore medio del parametro, K_{mean} è una variabile dipendente dalla legge di *distribuzione di Student* e dalla probabilità di non superamento adottata, nel caso specifico del 95% (*Frank et al., 2004*); s è il coefficiente di variazione della popolazione dei dati (*deviazione standard distribuzione/valore medio distribuzione*).

Per il calcolo di K_{mean} è stata utilizzata un'equazione che ben approssima i dati ricavati dall'applicazione rigorosa della T di *Student*.

$$K_{mean} = 6,891 \cdot e^{(-0,6661 \cdot x)} + 0,8315 \cdot e^{(-0,03509 \cdot x)}$$

Per quanto riguarda il valore caratteristico (X_c) dei parametri geotecnici ricavati dalle analisi di laboratorio (C_u , φ' , E_d) nella trattazione statistica sono stati usati valori di covarianza di letteratura.

Nelle tabelle a, b e c sono riportati i *parametri medi e caratteristici* di riferimento per le verifiche geotecniche.

UNITA' A (comportamento coesivo)		UNITA'	V. MEDIO	V. CARATTERISTICO
qc	Resistenza alla punta	kg/cm ²	17,5	17,1
γ	Peso unità di volume	kN/m ³	-	18,6
C _u	Coazione non drenata	kPa	94,6	56,6
c'	Coazione efficace	kPa	9,0	10,5
ϕ'	Angolo di resistenza al taglio di picco	°	26,6	21,4
Φ_{cv}	Angolo di resistenza a volume costante (*)	°	-	21,4
E _d	Modulo edometrico	MPa	9,49	4,7

Tab. a

UNITA' B (comportamento coesivo/granulare)		UNITA'	V. MEDIO	V. CARATTERISTICO
qc	Resistenza alla punta	kg/cm ²	62,6	60,7
γ	Peso unità di volume	kN/m ³	-	16,5
Dr	Densità relativa	%	54,2	53,2
C _u	Coazione non drenata	kPa	237,3	140,2
c'	Coazione efficace	kPa	19,4	15,7
ϕ'	Angolo di resistenza al taglio di picco	°	23,3	19,5
E _s	Modulo elastico	MPa	8,4	5,4
E _d	Modulo edometrico	MPa	11,82	8,4

Tab. b

UNITA' C (comportamento granulare)		UNITA'	V. MEDIO	V. CARATTERISTICO
qc	Resistenza alla punta	kg/cm ²	188,8	158,9
γ	Peso unità di volume	kN/m ³	19,4	19,1
Dr	Densità relativa	%	82,4	78,0
ϕ'	Angolo di resistenza al taglio di picco	°	41,6	40,7
E _s	Modulo elastico	MPa	47,4	36,7

Tab. c

(*) L'angolo di attrito a volume costante, da utilizzare per la verifica a slittamento della fondazione è assegnato in base a valori cautelativi di letteratura applicando il metodo diretto per la definizione del valore caratteristico.

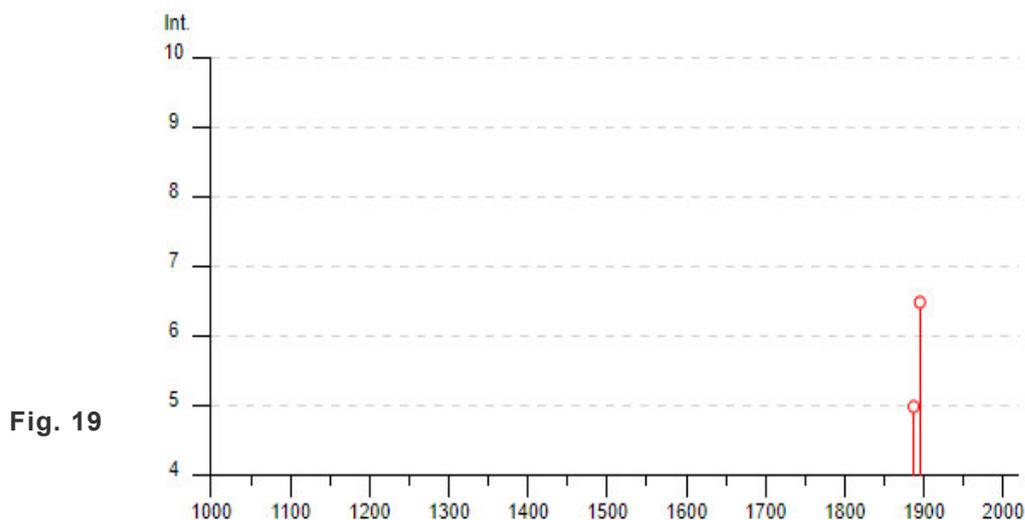
8. ASPETTI SISMICI

Sismicità storica

La sismicità storica di Badia a Settimo è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico *CPTI15-DBMI15*.

Il maggiore evento tellurico di cui si ha notizia negli ultimi 150 anni è quello verificatosi il *18/05/1895* con epicentro nel Chianti fiorentino ($M_w 5,50 \pm 0,10$); l'area in esame, distante circa 13 Km dalla zona epicentrale, fu interessata da un'intensità macrosismica IMS 6-7 (*scala Mercalli-Cancani-Sieberg-MCS, 1930*).

In Fig. 19 sono rappresentati gli eventi che nella finestra temporale 1000-2014 hanno prodotto intensità macrosismica al sito IMS ≥ 4 .



Classificazione sismica

Il Comune di Scandicci è stato per la prima volta classificato sismico con il *D.M. 19/03/1982* (2^a categoria, grado di sismicità $S = 9$).

Con l'avvento della *Ord. P.C.M. n° 3274/03* esso viene inserito in zona sismica 2 ($ag = 0.25$), poi declassata a 3s con *Ord. P.C.M. n° 3519/06*.

A livello regionale, la Toscana ha predisposto una riclassificazione del territorio¹ con periodici aggiornamenti, l'ultimo dei quali contenuto nella *DGRT 421/2014* che conferma la zona sismica 3 (*bassa sismicità*).

¹ D.G.R.T. N° 431/2006

Con il *DPGR 58/R/12* la zona 3 viene ulteriormente suddivisa in fasce di pericolosità che tengono conto del valore di accelerazione sismica su suolo rigido e pianeggiante di categoria A, allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), riferito al periodo di ritorno (TR) di 475 anni, corrispondente in termini progettuali ad una vita nominale (Vn) di 50 anni e categoria d'uso (Cu) pari ad 1 (classe d'uso II).

In tale suddivisione il sito in esame ricade in **fascia B** contraddistinta da valori di $0,125 < ag \leq 0.150$ espressi in frazione dell'accelerazione di gravità.

Azione sismica

In base alla normativa vigente (NTC_2018) nella progettazione delle strutture e delle opere di fondazione soggette ad azione sismica si dovrà verificare il rispetto degli stati limite ultimi (SLU) e di esercizio (SLE) che si possono verificare durante la vita nominale (V_N) delle opere.

Ad ogni Stato Limite la normativa assegna un valore specifico (Tabella 3.2.I NTC) della probabilità che in un fissato lasso di tempo (V_R) si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato.

La probabilità è denominata *probabilità di eccedenza o di superamento* (P_{V_R}) mentre il *periodo di riferimento* (V_R) è calcolato in base alla *vita nominale* (V_N) ed alla *classe d'uso* (Cu) in cui ricade l'opera. Si ricava quindi per ciascuno stato limite il *periodo di ritorno* T_R del sisma a cui far riferimento per le verifiche; a tal fine si utilizza la seguente relazione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla *“pericolosità sismica di base”* del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

Pericolosità sismica di base

Con l'entrata in vigore del *D.M. 14/01/2008* la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s,30} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio *“sito-dipendente”* e non più tramite un criterio *“zona-dipendente”*.

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha prodotto l'analisi probabilistica di pericolosità sismica discretizzando il territorio nazionale mediante una griglia regolare con nodi aventi passo di circa $0,05^\circ$ nelle due direzioni orizzontali (*progetto S1 – INGV*).

I caratteri dell'input sismico atteso al sito di riferimento (*sito rigido con superficie topografica orizzontale in condizioni di campo libero*), sono individuati quando se ne conosca l'accelerazione massima ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione.

I parametri spettrali necessari per la determinazione dell'azione sismica di progetto vengono calcolati direttamente per il sito in esame utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (*Tab. 1 - Allegato B, NTC_08*) e tenendo conto degli effetti di risposta sismica locale. In particolare, per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per 9 periodi di ritorno, l'Allegato B fornisce i valori dei parametri a_g (*accelerazione orizzontale max del terreno, espressa in g/10*), F_o (*valore max del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, adimensionale*) e T^*_c (*periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale, espresso in secondi*), calcolati in modo da minimizzare lo scarto tra gli spettri di normativa e le forme spettrali previste dalla pericolosità sismica di base.

Poiché la posizione del sito non coincide con nessun nodo del reticolo della pericolosità sismica di base, i parametri si ottengono con la media pesata dei valori ai nodi della maglia all'interno della quale ricade l'area di studio; nel caso specifico, le coordinate geografiche (*ED50*) relative al centro del lotto risultano le seguenti:

$$\lambda = 11,152401^\circ \quad \phi = 43,782472^\circ$$

Nella Tabella 1 sono riportate la coordinate di riferimento dei nodi della maglia e le relative distanze dal sito.

	ID	LAT.	LNG.	Distanza
	[#]	[°]	[°]	[m]
Id 1	20057	43,76125	11,13657	2680,4
Id 2	20058	43,76263	11,20572	4816,2
Id 3	19836	43,81261	11,20387	5319,2
Id 4	19835	43,81124	11,13464	3502,1

Tab. 1

Nella Tabella 2 si riportano i valori dei parametri¹ utilizzati per la definizione delle forme spettrali, assumendo per le opere in progetto **vita nominale $V_N = 50$ anni**, **classe d'uso II**, **coefficiente d'uso $C_U = 1,0$** ; nel caso specifico, il **periodo di riferimento V_R** per l'azione sismica risulta pari a **50 anni**.

				Spettro orizzontale		
Stati Limite		P_{VR}	T_R (anni)	a_g [g]	F_o	T_C^* [s]
SLE	SLO	81%	30	0,046	2,558	0,251
	SLD	63%	50	0,055	2,592	0,265
SLU	SLV	10%	475	0,129	2,392	0,299
	SLC	5%	975	0,164	2,385	0,307

Tab. 2

Effetti di sito

L'input sismico trasferendosi in superficie può subire modifiche in ampiezza durata e contenuto in frequenza per motivi legati a fattori *stratigrafici* e *topografici*, *geomorfologici* e di *campo vicino*; a tal riguardo, le norme prescrivono che deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie mediante studi specifici di risposta sismica locale.

In mancanza di tali studi, per la definizione dell'azione sismica è possibile utilizzare un *approccio semplificato* che si basa sull'individuazione di **categorie di sottosuolo di riferimento** (Tab. 3.2. II NTC_2018).

Le categorie di sottosuolo sono distinte dalla normativa in base alla profondità del bedrock sismico (*substrato con $V_s > 800$ m/s*) ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (m/s) definita con la seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

V_s = 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 V_s non inferiore a 800 m/s.

¹ Valori ricavati tramite software GeoStru PS

La profondità H del substrato è riferita al piano di posa per fondazioni superficiali e alla testa dei pali per fondazioni profonde.

Nel caso specifico, la *categoria di sottosuolo* è stata determinata utilizzando i risultati delle prospezioni sismiche eseguite con tecnica attiva **MASW** basata sull'analisi spettrale delle onde superficiali (*onde di Rayleigh, componente verticale*).

Tali prove hanno consentito di esplorare il sottosuolo fino ad una profondità compresa tra 22 m (MASW_2) e 33 m (MASW_1) da p.c. entro la quale non è stato individuato il *bedrock sismico* ($V_s > 800$ m/s);

In riferimento al profilo verticale delle *onde S* elaborato nella Relazione sulle Indagini Sismiche (vd. Allegato) e alla prevista profondità di posa delle fondazioni (1,00 m da p.c.), la velocità equivalente nei terreni di copertura presenta il seguente valore:

$$V_{s,eq} = V_{s,30} = 261 \text{ m/s}$$

Tale valore identifica il terreno in esame nella categoria di suolo “C” di cui alla *Tabella 3.2.II NTC_2018*.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Spettri di risposta elastici in accelerazione

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (*spettro normalizzato*) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore dell'accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale; sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} .

Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s; per strutture con periodi fondamentali superiori lo spettro deve essere definito da apposite analisi oppure l'azione sismica deve essere descritta mediante storie temporali del moto del terreno.

Amplificazione stratigrafica

Per le categorie di sottosuolo B,C,D,E i coefficienti di amplificazione stratigrafica S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_c^* relativi al suolo di categoria A, mediante le espressioni di cui alla *Tab. 3.2.IV NTC_18*.

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche, in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tabella che segue, in funzione delle categorie topografiche definite nel § 3.2.2 *NTC_18* e dell'ubicazione dell'opera.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

In relazione all'assetto morfologico locale, pressoché pianeggiante, si assegna la *categoria T1* che non prevede amplificazione del moto sismico per effetti topografici.

Effetti di deformazione superficiale

Allo stato attuale delle conoscenze¹ il sito in esame è ubicato a circa 7 Km dalla traccia di una *faglia capace di tipo normale* (dip direction SSW) appartenente al sistema *Firenze-Pistoia* (Fig. 20).

In riferimento alle “*Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC)*”² tale distanza è da considerarsi sufficiente per la salvaguardia da fenomeni di deformazione superficiale in quanto il sito è posto all'esterno delle *zone di attenzione, suscettibilità e rispetto* indicate nelle suddette Linee Guida.



Fig. 20

Fenomeni di liquefazione

Data la presenza di un acquifero superficiale entro litotipi con distribuzione granulometrica all'interno dei fusi di normativa suscettibili di liquefazione, è stata eseguita la verifica nei confronti della liquefazione.

Tale fenomeno è indotto da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, determinando la perdita di resistenza al taglio o accumulo di deformazioni plastiche.

¹ Banca Dati ITHACA - Servizio Geologico d'Italia (ISPRA)

² Commissione tecnica per la microzonazione sismica - Conferenza Regioni e Dip. Protezione Civile

La verifica è stata effettuata adottando una procedura semplificata, come indicato nel D.M. 17.01.2018 (§ 7.11.3.4), valida per terreni pianeggianti; tenendo conto in via cautelativa delle oscillazioni stagionali della falda, si è assunto un valore di soggiacenza pari a 4,00 m da p.c..

Il coefficiente di sicurezza alla liquefazione viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e le sollecitazioni indotte da terremoto di progetto calcolati ad una data profondità.

Entrambi i parametri sono correntemente normalizzati rispetto alla tensione verticale efficace agente alla profondità esaminata, in modo da definire la resistenza di taglio ciclica offerta dal terreno (CRR) e lo sforzo di taglio indotto dal terremoto (CSR).

$$FSL(z) = \frac{CCR_z}{CSR_z}$$

Lo sforzo di taglio indotto dal sisma ad una determinata profondità è stato valutato attraverso la seguente espressione (*Seed e Idriss, 1971*):

$$CSR = (\tau_{av} / \sigma_{vo}) = 0.65 (a_{prog} / g) (\sigma_{vo} / \sigma'_{vo}) r_d$$

a_{prog} = acc.max attesa in superficie calcolata con metodo semplificato e riferita allo SLV = $a_g S_s S_t = 0,194g$;

σ_{vo} e σ'_{vo} = rispettivamente tensione totale verticale e tensione verticale efficace alla profondità considerata;

r_d = fattore di profondità calcolato con le seguenti espressioni (*Seed e Idriss, 1971*):

$$r_d = (1 - 0.00765 z) \text{ per } z < 9.15 \text{ m} \quad r_d = (1.174 - 0.0267 z) \text{ per } 9.15 \text{ m} < z < 23 \text{ m}$$

Poiché le procedure semplificate sono state elaborate sulla base di osservazioni sul comportamento dei depositi durante eventi sismici con magnitudo momento M pari a 7.5, per eventi di magnitudo diversa occorre ricondurre il carico sismico a quello equivalente di un terremoto di magnitudo 7.5 $(CRS)_{M=7.5}$ attraverso un coefficiente correttivo MSF .

$$(CRS)_{M=7.5} = \frac{CSR}{MSF} \quad MSF = 6.9 \exp\left(\frac{-M}{4}\right) - 0.058 \quad (MSF \leq 1.8)$$

Per la valutazione della magnitudo del sito di costruzione è stato fatto riferimento alla zonazione sismogenetica ZS9 dell'INGV (2004) che individua 36 zone a ciascuna delle quali è associata la magnitudo momento massima $M_w \max$; il sito in oggetto ricade nella zona sismogenetica n° 916 a cui è associato il valore $M_w \max = 6,14$.

Il rapporto di resistenza ciclica CRR è stato calcolato in condizioni *free field* e con piano di campagna orizzontale mediante correlazioni con la resistenza alla punta (q_c) ottenuta dalle prove CPT e con la velocità delle onde di taglio (V_s) ricavata dalle indagini sismiche.

Resistenza alla liquefazione correlata con q_c da prove statiche

E' stata utilizzata la procedura proposta da *Robertson e Wride* (1998) adottando le seguenti formule:

$$\begin{aligned} CRR_{7,5} &= 0.833 \cdot \left(\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right) + 0.05 && \text{con } (q_{c1N})_{cs} < 50 \\ CRR_{7,5} &= 93 \cdot \left(\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right)^3 + 0.08 && \text{con } 50 < (q_{c1N})_{cs} < 160 \end{aligned}$$

Dove $(q_{c1N})_{cs}$ è il valore della resistenza alla punta q_c , corretto per tener conto sia della tensione di confinamento sia del contenuto in fini.

Per tener conto dell'influenza della tensione litostatica efficace alla profondità di misura si adotta la seguente formula:

$$(q_{c1N}) = \frac{q_c}{100} \left(\frac{100}{\sigma'_{v0}} \right)^n$$

L'esponente n viene calcolato utilizzando una procedura iterativa basata sulla classificazione litologica del terreno (I_c), utilizzando le seguenti formule:

$$I_c = [(3.47 - \log Q)^2 + (1.22 + \log F)^2]^{0.5} \quad Q = \frac{q_c - \sigma'_{v0}}{100} \left(\frac{100}{\sigma'_{v0}} \right)^n \quad F = \frac{f_s}{q_c - \sigma'_{v0}} 100(\%)$$

$$n = 1,0$$

se $I_c > 2,6$ il terreno è classificato come argilloso e la procedura è terminata (NL)

$$n = 0,5$$

se $I_c < 2,6$ è necessario valutare il fattore di liquefazione

se $I_c > 2,6$ il terreno contiene limo non plastico e per il calcolo di I_c si utilizza il valore $n = 0.7$.

Le misure normalizzate qc_{1N} sono poi corrette per tener conto del contenuto in materiale fine (FC) ed ottenere il valore equivalente del parametro per sabbie pulite:

$$(qc_{1n})_{cs} = qc_{1n} \times K_c \quad K_c \text{ varia in funzione di } I_c$$

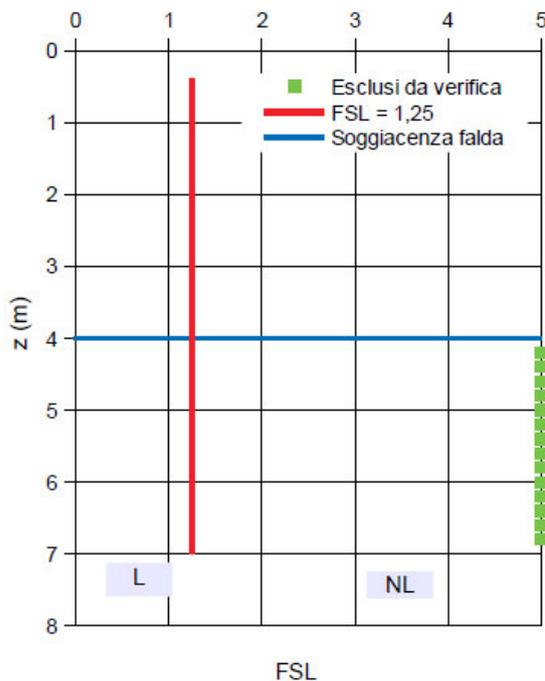
$$K_c = 1.0 \quad \text{if } I_c \leq 1.64$$

$$K_c = -0.403I_c^4 + 5.581I_c^3 - 21.63I_c^2 + 33.75I_c - 17.88 \quad \text{if } I_c > 1.64$$

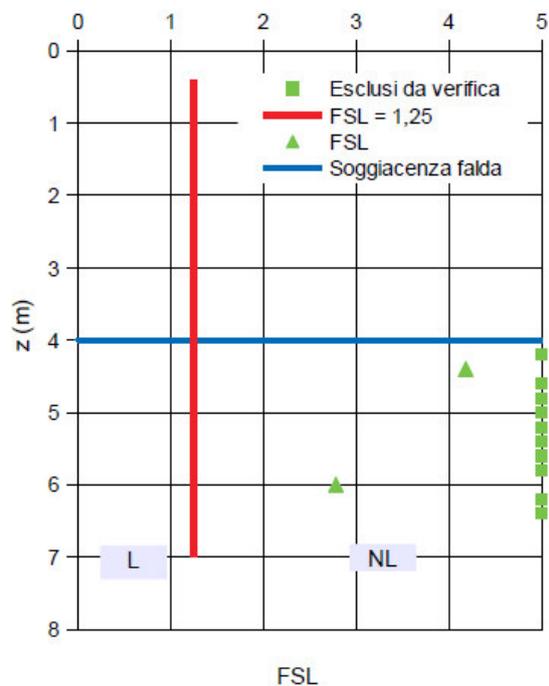
Di seguito si riportano i grafici con il calcolo del coefficiente di sicurezza di verifica alla liquefazione lungo le verticali CPT, assumendo in via cautelativa una soggiacenza della falda a 4,00 m di profondità dal p.c..

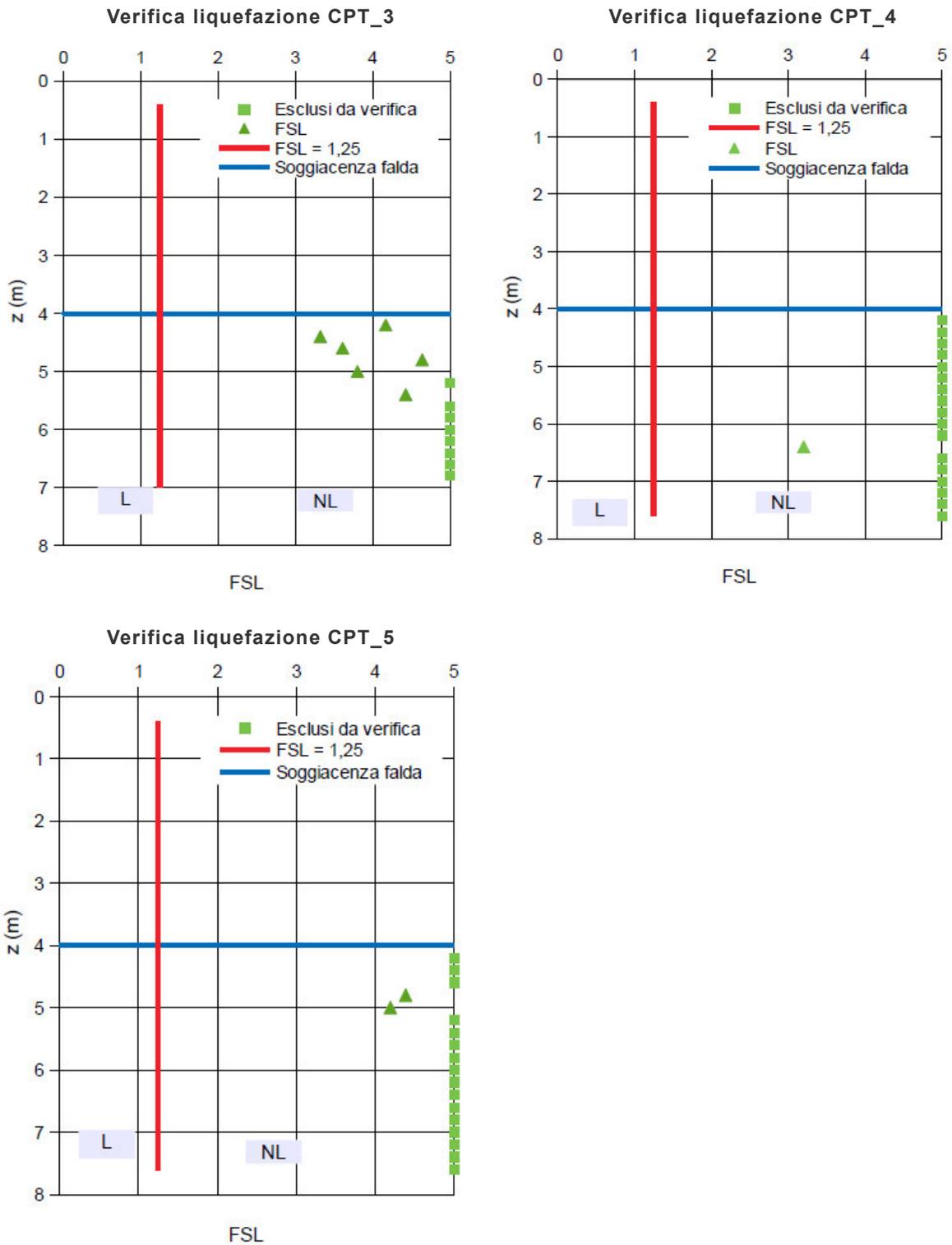
Per valori di $(qc_{1n})_{cs} > 160$ e $I_c > 2,6$ i sedimenti sono esclusi dalla verifica; la linea verticale in rosso con FSL = 1,25 individua il campo dei depositi liquefacibili (L).

Verifica liquefazione CPT_1



Verifica liquefazione CPT_2





Dai risultati delle elaborazioni si conclude che i depositi indagati sono in gran parte esclusi dalla verifica a liquefazione sia per motivi litologici ($I_c > 2,6$), sia per valori della resistenza alla punta normalizzata (q_{c1n}) cs superiori a 160. Gli intervalli potenzialmente liquefacibili mostrano tutti valori di $FSL < 1,25$.

Resistenza alla liquefazione correlata con Vs

I terreni granulari non indagati dalle prove penetrometriche statiche, compresi tra 7,60 e 13,00 m da p.c., sono stati verificati utilizzando la velocità delle onde di taglio Vs, stimata dalle indagini sismiche e risultata pari a 205 m/s.

Facendo riferimento al metodo di *Andrus e Stokoe*, la resistenza del terreno è calcolata con la seguente formula:

$$CCR = 0.03 \cdot \left(\frac{V_{s1}}{100} \right)^2 + \frac{0.9}{V_{s1c} - V_{s1}} - \frac{0.9}{V_{s1}}$$

$$C_V = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}} \right)^n$$

$$n = 0.25 + 0.33$$

$$V_{s1} = C_V V_S$$

dove Vs1 è la velocità del deposito Vs, normalizzata alla profondità efficace calcolata alla mezzeria dello strato (z = 10,30 m).

Adottando cautelativamente Vs1c = 200 m/s (contenuto in fini < 5%), Vs1 = 186,8 m/s, si ottiene CCR_{10,30} = 1,07.

Nel caso specifico, il valore del coefficiente di sicurezza calcolato, pari a 8,52, è rappresentativo di *depositi non liquefacibili*:

$$FSL_{10,30} = \frac{CCR_{10,30}}{CSR_{10,30}} = 8,52$$

9. INDIVIDUAZIONE DELLE CLASSI DI PERICOLOSITA'

Allo scopo di definire la fattibilità del Progetto Unitario sono state analizzate le condizioni di pericolosità *geologica, idrogeologica, idraulica e sismica* del sito sulla base dei contenuti di cui all'art. 5 del D.P.G.R. 05/R/2020 (*Criteri per l'individuazione delle classi di pericolosità o di rischio sotto il profilo geologico, idraulico e sismico*) e delle norme e prescrizioni di cui alla L.R. 41/2018 (*Disposizioni in materia di rischio alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del D.L. 49/2010*).

Le cartografie prodotte ricalcano quelle redatte a supporto del Piano Strutturale in quanto nell'area in esame non sono intervenute modifiche sostanziali rispetto al quadro conoscitivo di riferimento.

Pericolosità Geologica

La perimetrazione di un sito in termini di pericolosità geologica si basa generalmente sull'analisi delle forme e dei processi geomorfologici (*fenomeni franosi attivi, fenomeni franosi potenziali, fenomeni erosivi, morfodinamica fluviale*), delle proprietà geotecniche del sottosuolo (*cedimenti connessi alla presenza di terreni con caratteristiche scadenti*) e dei processi di degrado di carattere antropico.

Nel caso specifico, essendo il sito localizzato in un'area di pianura la classificazione di pericolosità geologica è essenzialmente condizionata dalle caratteristiche geotecniche della copertura alluvionale.

Alla luce delle suddette considerazioni e in riferimento ai caratteri litotecnici del sottosuolo (*assenza di fenomeni di subsidenza*), all'area d'indagine si assegna la classe di *pericolosità geologica G.2* (Fig. 21).

Pericolosità geologica media (G.2)

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

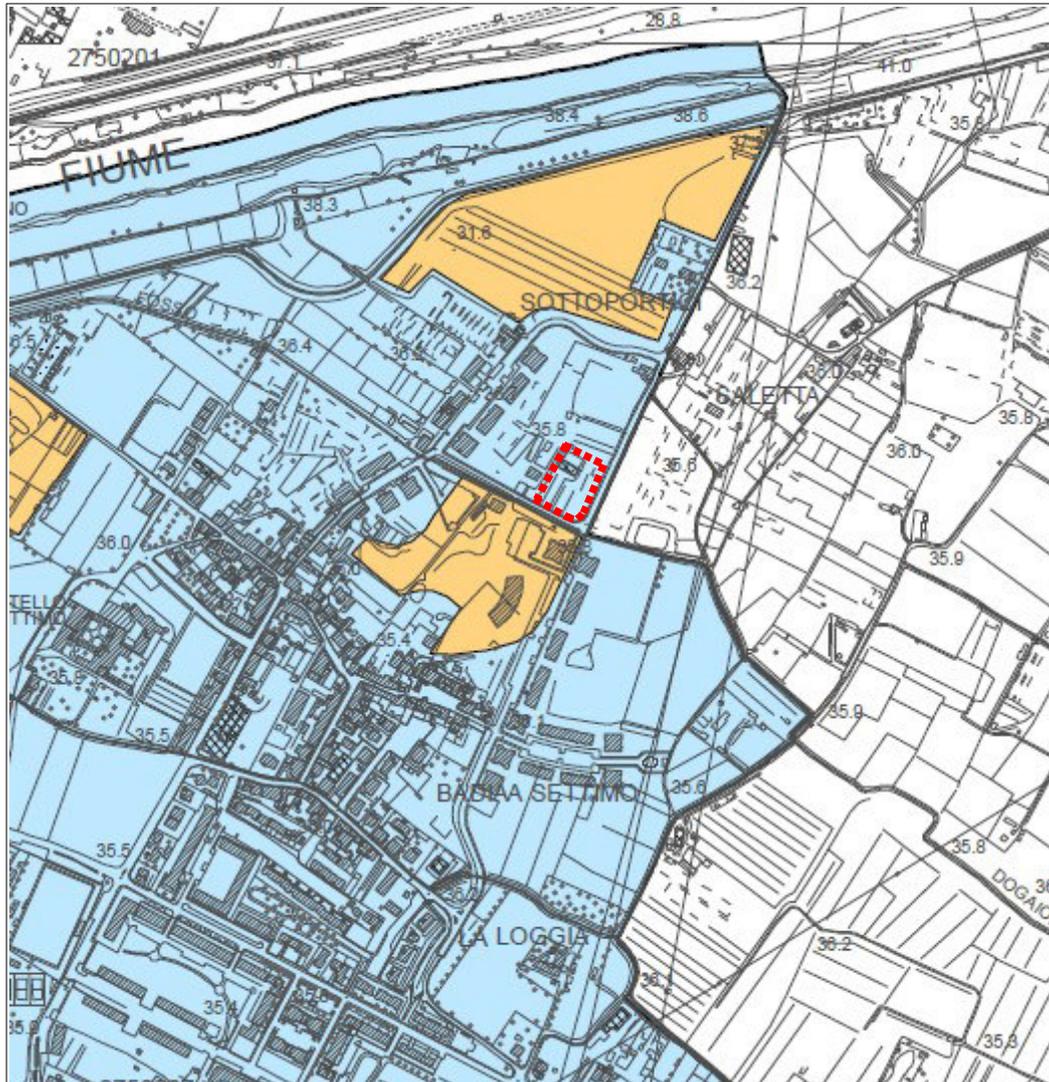


Fig. 21 - Carta della pericolosità geologica¹

¹ Estratto Tav. Fi_10 - PS Ottobre 2019

CLASSI DI PERICOLOSITA' GEOLOGICA

Pericolosità geologica molto elevata G.4



aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici attivi e relative zone di influenza:

- frane di colamento-scorrimento
- scarpate morfologiche
- franosità diffusa
- fenomeni di soliflusso

Pericolosità geologica elevata G.3



aree in cui sono presenti:

- corpi detritici posti su versanti con pendenza superiore al 25%
- indizi di instabilità connessi alla giacitura, acclività, litologia del substrato
- fenomeni franosi quiescenti
- intensi fenomeni erosivi
- terreni con scadenti caratteristiche geotecniche e fenomeni di degrado di carattere antropico

Pericolosità geologica media G.2



aree in cui sono presenti:

- corpi detritici posti su versanti con pendenza inferiore al 25%
- elementi geomorfologici, litologici e giaciturali per i quali risulta una bassa propensione al dissesto

Pericolosità Idraulica

L'individuazione delle aree a pericolosità per alluvioni viene effettuata ai sensi dell'art. 2, comma 1, lettere d) ed e) della L.R. 41/89 (*Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del D.L. 49/2010*).

In particolare, gli elementi conoscitivi per la valutazione degli aspetti idraulici si riferiscono al reticolo idrografico, individuato dalla Regione Toscana ai sensi dell'art. 22, comma 2, lettera e) della L.R. 79/2012, interferente con il territorio urbanizzato e alle mappe di pericolosità da alluvione come definite dall'art. 2 della L.R. 41/2018.

Alla luce delle suddette considerazioni, all'area d'indagine si assegna la classe di *pericolosità idraulica I.3* (Fig. 22).

Pericolosità idraulica elevata (I.3)

Aree a pericolosità per "alluvioni poco frequenti" corrispondenti ad aree inondabili con tempi di ritorno $30 < Tr \leq 200$ anni - Pericolosità media P2 (PGRA).

In base ai modelli idraulici di esondazione eseguiti dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno per $Tr = 200$ anni, la quota del battente idraulico valutata per l'area di interesse risulta pari 38,27 m s.l.m, corrispondente ad un battente superiore a 2,0 m.

In tal caso la prevista tipologia d'intervento (*nuova edificazione*) dovrà rispettare gli indirizzi di cui all'*art. 10, punto g)* della Disciplina di P.G.R.A..

Le analisi e le valutazioni per la messa in sicurezza idraulica delle previste unità abitative e delle opere connesse sono riportate nella *Relazione Idrologico-Idraulica* redatta dal dr. Ing. *Luca Rosadini* dello Studio Sorgente Ingegneria.

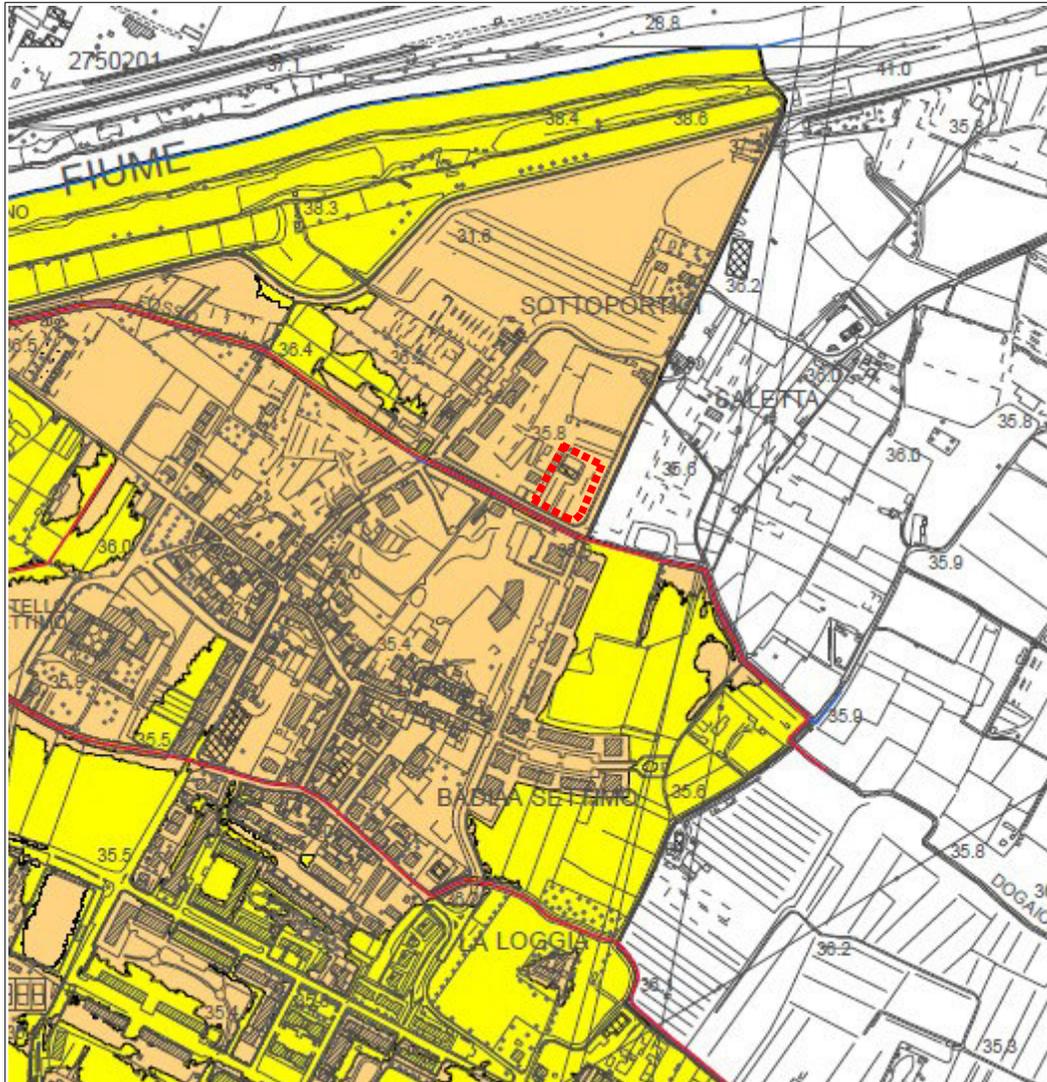


Fig. 22 - Carta della pericolosità idraulica¹

¹ Estratto Tav. Fi_11 - PS Aprile 2019

CLASSI DI PERICOLOSITA' IDRAULICA

Perimetrazioni definite sulla base di studi idrologico-idraulici di dettaglio (Tr=tempo di ritorno)

Pericolosità per alluvioni frequenti, pericolosità idraulica molto elevata (I.4)
pericolosità da alluvione elevata (P3)



aree soggette ad allagamenti per eventi alluvionali con Tr inferiore e/o uguale a 30 anni

Pericolosità per alluvioni poco frequenti, pericolosità idraulica elevata (I.3),
pericolosità da alluvione media (P2)



aree soggette ad allagamenti per eventi alluvionali con Tr compreso tra 30 e 200 anni

Pericolosità idraulica media (I.2), pericolosità da alluvione bassa (P1)



aree soggette ad allagamenti per eventi alluvionali con Tr superiore a 200 anni



reticolo idraulico del modello di studio

Perimetrazioni definite sulla base di caratteristiche morfologiche e notizie storiche

Pericolosità idraulica molto elevata I.4



aree di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- vi sono notizie storiche di inondazioni
- sono poste in condizione sfavorevole rispetto al corso d'acqua

Pericolosità idraulica elevata I.3



aree di fondovalle per le quali ricorre almeno una delle seguenti condizioni:

- vi sono notizie storiche di inondazioni
- sono poste in condizione sfavorevole rispetto al corso d'acqua

Pericolosità idraulica media I.2



aree di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- non vi sono notizie storiche di inondazioni
- sono poste in condizioni di alto morfologico rispetto alla pianura alluvionale adiacente

Pericolosità idraulica bassa I.1



aree collinari prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- non vi sono notizie storiche di inondazioni
- sono poste in condizioni di alto morfologico rispetto al corso d'acqua

Le sigle I.4, I.3, I.2, I.1 fanno riferimento al DPGR.n.53/R/11

Le sigle P3, P2, P1 fanno riferimento al P.G.R.A.

Le diciture "frequenti" e "poco frequenti" fanno riferimento alla LR.n.41/18

Pericolosità sismica locale

Per la classificazione di pericolosità sismica si è fatto riferimento alle direttive tecniche riportate nel § B.6 (*Elementi per la valutazione degli effetti sismici locali per la riduzione del rischio sismico*) di cui all'Allegato A del D.P.G.R. 05/R/2020.

Nel caso specifico, alla luce dei risultati dello studio di *Microzonazione Sismica di Livello 1* (Fig. 23) e dei dati acquisiti mediante le indagini sismiche effettuate a supporto del Progetto Unitario, al comparto in esame si assegna la classe di *pericolosità sismica locale S.2** (Fig. 24).

Pericolosità sismica media (S.2*)

Aree con notevoli spessori di coperture alluvionali al di sopra del substrato rigido e con presenza di livelli ghiaiosi addensati a bassa profondità che comportano un significativo contrasto di impedenza sismica.

I risultati dell'indagine sismica MASW hanno evidenziato una significativa amplificazione del moto sismico per effetti stratigrafici; in particolare, la misura di vibrazioni ambientali (*H/V*) ha individuato per il sito di progetto una frequenza di risonanza del sottosuolo a *8,90 Hz*, verosimilmente riconducibile ad un contrasto di impedenza stratigrafico dovuto alla presenza del livello ghiaioso posto a pochi metri di profondità dal p.c..

In virtù dell'assetto morfologico pianeggiante (*categoria topografica T1*) risultano invece nulle le amplificazioni per effetti topografici.

In merito a possibili *fenomeni di liquefazione* associati alla perdita di resistenza al taglio dei litotipi sabbiosi sotto falda sollecitati da azioni cicliche e dinamiche, le verifiche effettuate hanno escluso tale eventualità.

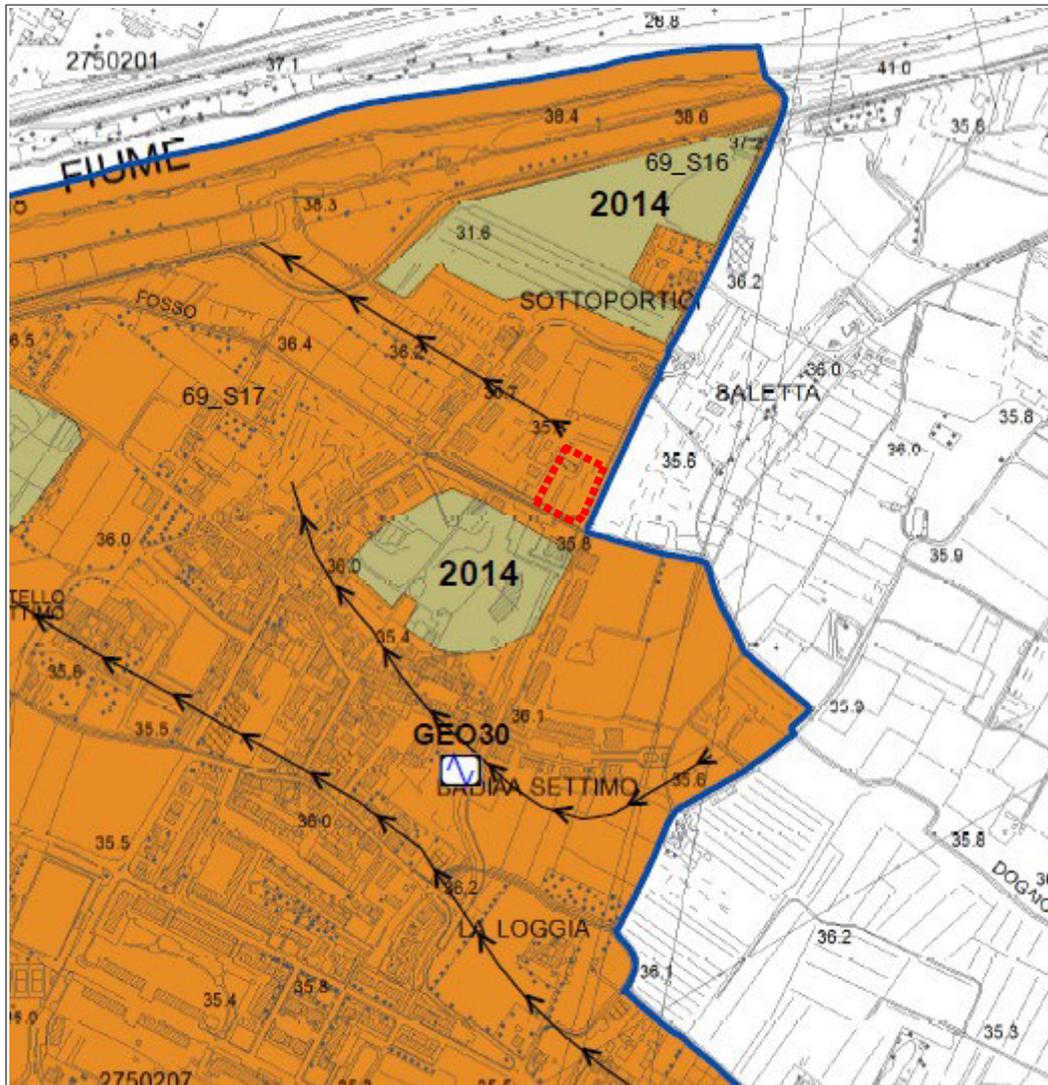
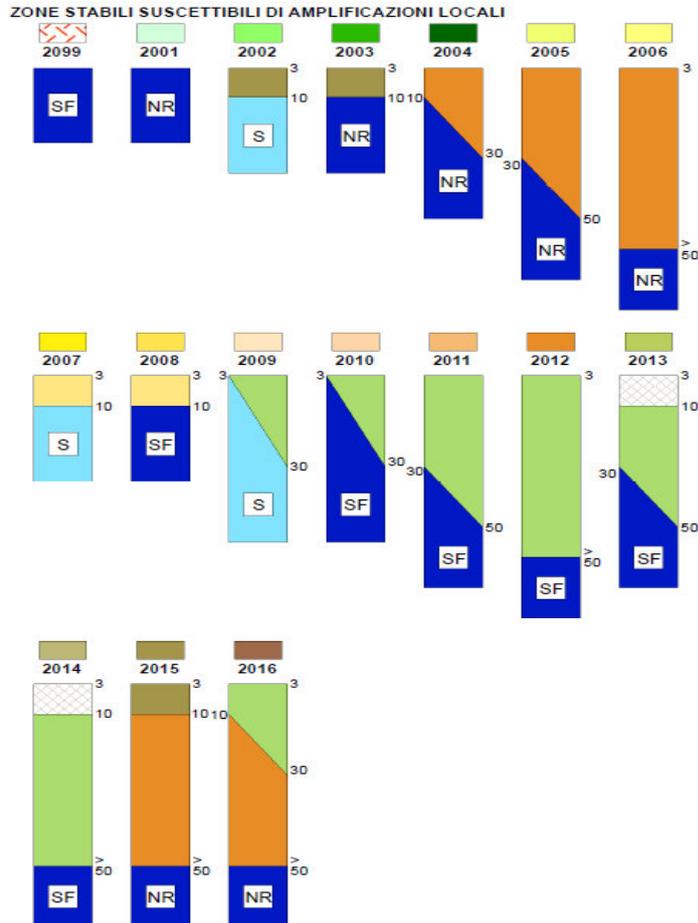
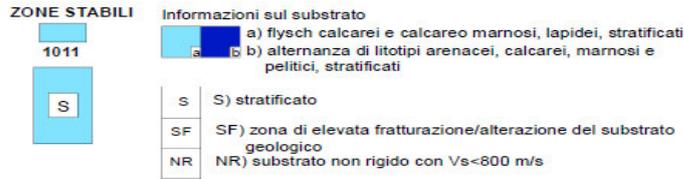


Fig. 23 - Carta delle MOPS¹

¹ Estratto Tav. Fi_15 - PS Aggiornamento 2019



LITOLOGIA DEI TERRENI DI COPERTURA

- alternanze di ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia, limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose argillose, limi argillosi di bassa plasticità di terrazzo marino, da moderatamente addensate ad addensate, da moderatamente consistenti a consistenti, stratificate, $V_s=300/400$ m/s
- ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di depositi eluvio-colluviali, da poco a moderatamente addensate, da poco a moderatamente consistenti, struttura omogenea, $V_s=200/250$ m/s
- ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di pianura inondabile, da poco a moderatamente addensate, da poco a moderatamente consistenti, stratificati, $V_s=200/300$ m/s
- sabbie limose, miscela di sabbia e limo di origine lacustre, da poco a moderatamente addensate, da poco a moderatamente consistenti, struttura omogenea, $V_s=300/400$ m/s
- terreni contenenti resti di attività antropiche, terreni di riporto e rilevati

ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

- $Z_{A_{FR}}$ zona di attenzione per instabilità di versante

FORME DI SUPERFICIE E SEPOLTE

- falda detritica
- conoide alluvionale
- traccia di sezione

PUNTI DI MISURA DI RUMORE AMBIENTALE

- 92 stazione di microtremore a stazione singola

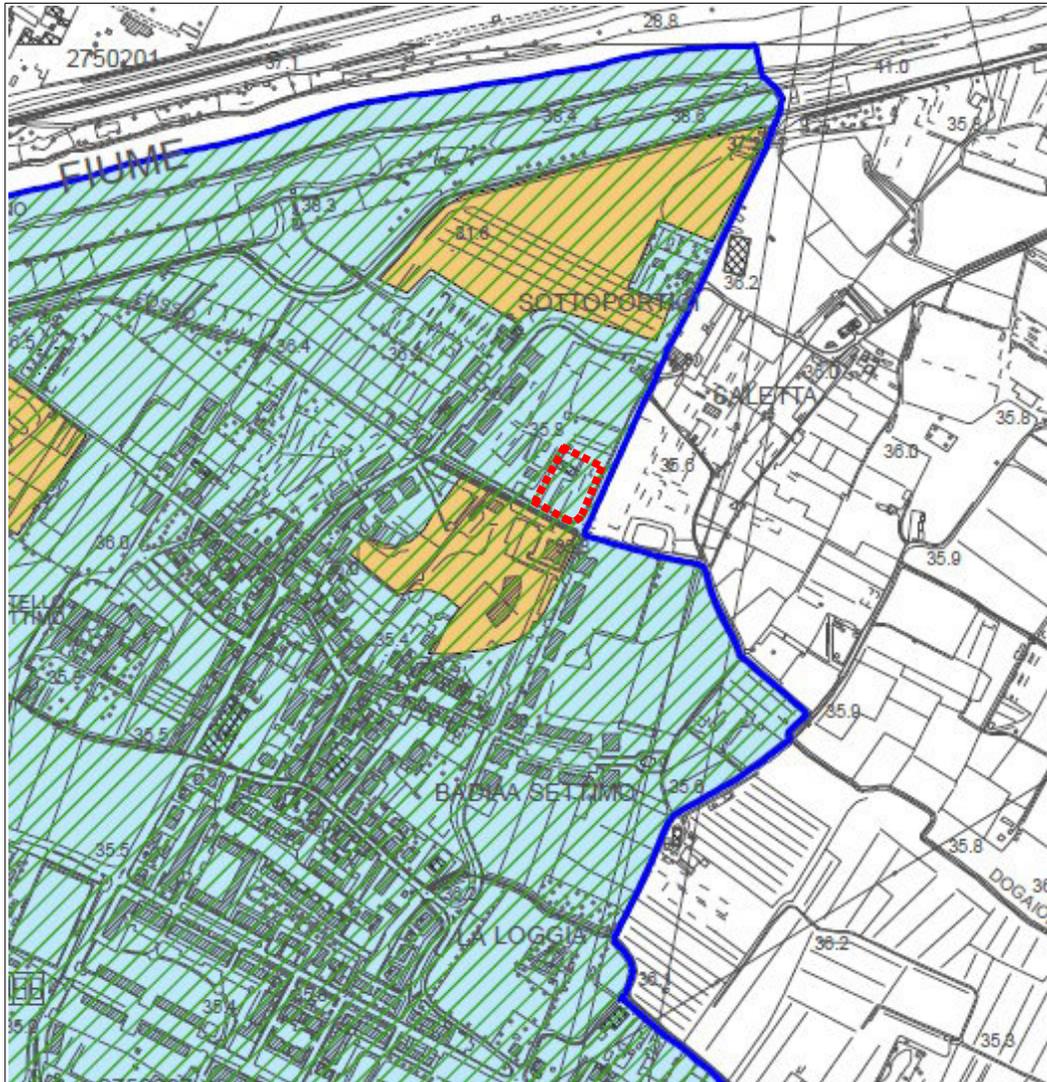


Fig. 24 - Carta della pericolosità sismica locale¹

¹ Estratto Tav. Fi_13 - PS Aprile 2019

CLASSI DI PERICOLOSITA' SISMICA

Pericolosità sismica molto elevata S.4



zona suscettibile di instabilità di versante per fenomeni geomorfologici attivi

Pericolosità sismica elevata S.3



aree in cui si possono verificare:

- effetti di amplificazione locale per particolari condizioni stratigrafiche, litologiche o topografiche
- instabilità di versante per fenomeni geomorfologici quiescenti
- cedimenti diffusi per presenza di terreni di fondazione particolarmente scadenti
- terreni potenzialmente suscettibili di liquefazione dinamica

Pericolosità sismica media S.2



aree con presenza di bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s) su versanti con pendenza superiore ai 15°
aree con presenza di litotipi lapidei assimilabili al substrato rigido alterato
aree con presenza di forti spessori di coperture alluvionali al di sopra del substrato rigido
aree con presenza di litotipi riferibili ai cicli marini e fluviolacustri pliocenici (versanti della Pesa)



S2* - possibile presenza di livelli ghiaiosi molto addensati giacenti a profondità significativa



area interessata dallo studio di Microzonazione Sismica di livello 1

Pericolosità Idrogeologica

La valutazione degli aspetti connessi alla risorsa idrica sotterranea in termini di Vulnerabilità Idrogeologica è il risultato dell'analisi parametrica di molteplici fattori correlati al contesto idrogeologico locale (*infiltrazione, permeabilità, soggiacenza*), alle caratteristiche geopedologiche (*tipo di copertura*), alla *situazione topografica (acclività)* e alle condizioni meteorologiche (*piovosità efficace*).

La classificazione di pericolosità tiene altresì conto di eventuali squilibri idrogeologici conseguenti ad azioni antropiche (*scavi e sbancamenti, modifiche morfologiche, eccessivi emungimenti, ecc.*).

Per quanto concerne l'area di interesse, il basso grado di protezione della copertura alluvionale presente al tetto dell'orizzonte acquifero (*sabbie e limi sabbiosi*) e la breve distanza della falda dal p.c. (*soggiacenza dell'ordine di 5 m*) determinano una potenziale fragilità dell'acquifero che si traduce in un grado di **pericolosità idrogeologica elevata** (Fig. 25).

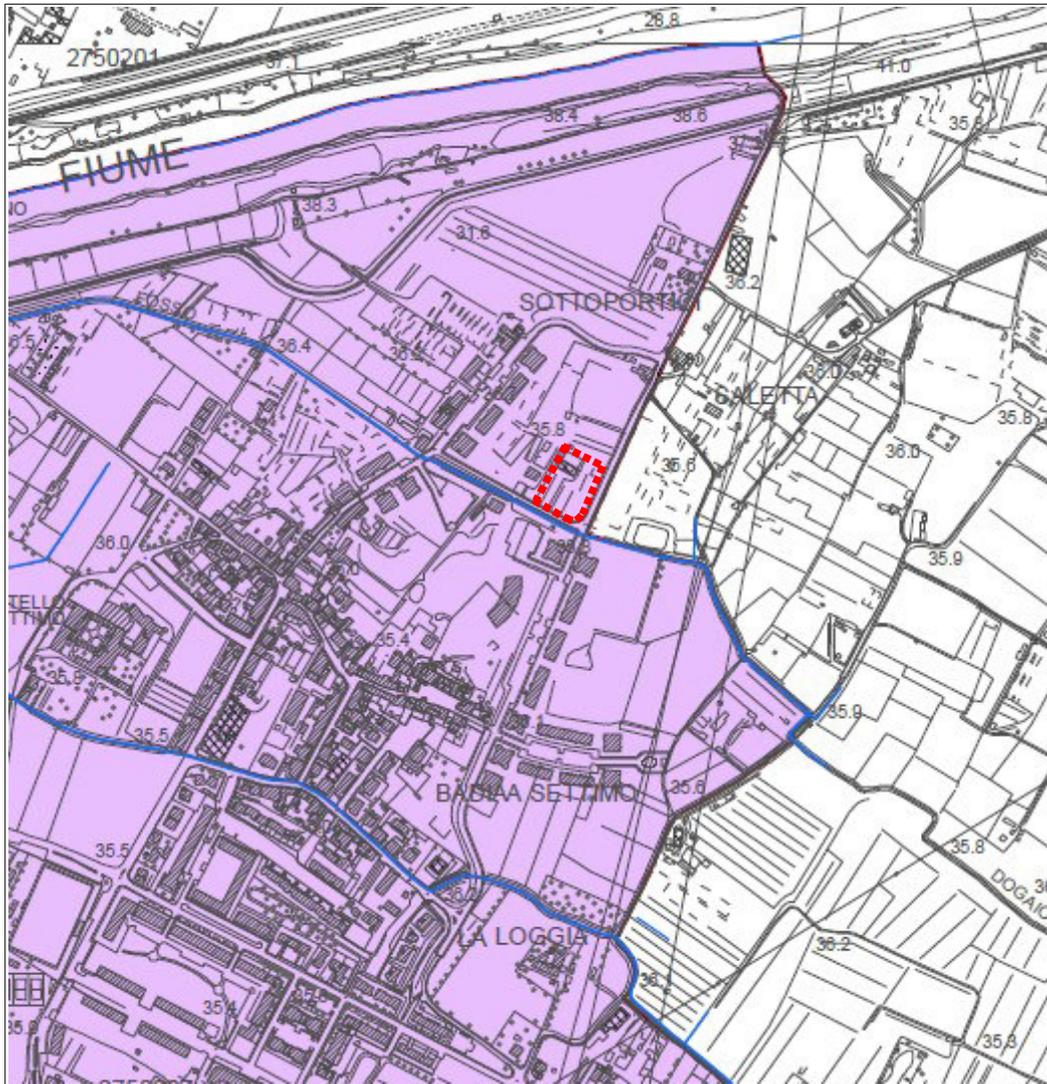


Fig. 25 - Carta della pericolosità idrogeologica e salvaguardia degli acquiferi¹

¹ Estratto Tav. Fi_14 - PS Aprile 2019

PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA

Vulnerabilità dell'acquifero				Potenzialità dell'acquifero
elevata	media	bassa	bassissima	
				elevata
AL			AR	media
	SG	AG	CM	bassa
DT			AA-LA	nulla

AL - alluvioni DT - coperture detritiche SG - sabbie e ghiaie AG - flysh argillitico-calcarei
 AR - arenarie CM - calcari e marne AA-LA - argilliti, argille limose

Classi di pericolosità

	Elevata
	Media
	Bassa

Disponibilità delle acque sotterranee

Progetto di Piano di Bacino stralcio "Bilancio Idrico" (Del.C.I.n.24 del 28 Febbraio 2008)

	D4 - area a disponibilità molto inferiore alla capacità di ricarica (art.9): in cui il disavanzo relativo tra la ricarica media della falda per unità di superficie ed i prelievi risulta molto elevato (>10.000 mc/ha)
	D3 - area a disponibilità inferiore alla capacità di ricarica (art.10): in cui il disavanzo relativo tra la ricarica media della falda per unità di superficie ed i prelievi risulta elevato (compreso tra 10.000 e 1.000 mc/ha)

Approvvigionamento idrico dell'acquedotto

	pozzo ad uso acquedottistico
	Area di rispetto dei pozzi per un raggio di 200 metri (D.Lgs.n.152/06)

10. CONDIZIONI DI FATTIBILITA'

In applicazione a quanto previsto dalla normativa regionale in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche (D.P.G.R. 05/R/2020), l'attribuzione della **Classe di Fattibilità** rappresenta la sintesi finale dello studio ed indica la compatibilità delle condizioni geomorfologiche, idrauliche e sismiche di un'area in rapporto alle previsioni urbanistiche.

La classe di fattibilità si determina pertanto mediante il confronto fra la tipologia degli interventi previsti dal Progetto Unitario e la classe di pericolosità attribuita al sito in relazione agli aspetti geologici (FG), idraulici (FI) e sismici (FS).

Fattibilità in relazione agli aspetti geologici (FG)

In considerazione del locale contesto geomorfologico, porzione di pianura alluvionale caratterizzata da bassa propensione al dissesto e dall'assenza di fenomeni di subsidenza, si attribuisce la classe di fattibilità **FG.1** per i **parcheggi** e la classe di fattibilità **FG.2** per le **unità abitative**.

Fattibilità geologica senza particolari limitazioni (FG.1)

Previsioni per le quali non è necessario indicare condizioni di fattibilità specifiche per la fase attuativa o per la valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Fattibilità geologica con normali vincoli (FG.2)

Le condizioni di attuazione sono indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio, al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area.

Prescrizioni

La progettazione esecutiva delle unità abitative è supportata, ai sensi del D.P.G.R. 36/R/2009 (art. 7 - classi di indagine) e del D.M. 17/01/2018 (Aggiornamento Norme Tecniche Costruzioni), da adeguati studi geologico-geotecnici finalizzati ad una più precisa e puntuale caratterizzazione dei terreni di fondazione.

Fattibilità in relazione agli aspetti idraulici (F1)

Alla luce di quanto esposto circa le condizioni di pericolosità idraulica, per tutti gli interventi previsti nel comparto si attribuisce la classe di fattibilità **FI.4**.

Fattibilità idraulica limitata (FI.4)

Ai sensi dell'art. 8 comma 1 della L.R. 41/2018, la fattibilità degli interventi è subordinata, previa redazione di specifici studi idraulici, alla gestione del rischio di alluvioni rispetto allo scenario per "*alluvioni poco frequenti*" mediante la realizzazione di opere finalizzate al raggiungimento almeno di un livello di rischio medio R2.

Prescrizioni

In base ai risultati dello studio idrologico-idraulico redatto dall'Ing. Luca Rosadini e, in riferimento ai condizionamenti di carattere idraulico imposti dalla normativa vigente in materia di rischio alluvioni, l'attuazione del Progetto Unitario è subordinata ai seguenti interventi:

- *messa in sicurezza idraulica delle superfici abitabili rispetto ad eventi duecentennali;*
- *adozione di misure atte a non aggravare il livello di pericolosità per le aree circostanti.*

In merito al primo punto, la quota minima dei solai del primo piano abitabile degli edifici, valutata sulla base del battente idraulico atteso per un evento duecentennale (38.27 m s.l.m.) a cui si somma il franco di sicurezza fissato in 50 cm, dovrà essere pari a **38.77 m s.l.m.**

In merito al secondo punto, la condizione di non aggravio del rischio ai sensi dell'art. 8 della L.R. 41/2018 sarà attuata attraverso la realizzazione di un'area di compensazione dei volumi esondabili, individuata nell'adiacente area agricola di proprietà. Ulteriori interventi sul cordolo perimetrale del marciapiede di Via del Pellicino consentiranno di migliorare il deflusso delle acque di esondazione del *Fosso Dogaione* verso la suddetta area di compenso.

La realizzazione dei previsti parcheggi a raso non comporta condizioni di aggravio del rischio in quanto essi saranno realizzati alla medesima quota rispetto all'attuale piano stradale di Via del Pellicino; si dispongono tuttavia misure preventive per il non superamento del rischio medio "R2" mediante installazione di apposita cartellonistica recante indicazioni circa il divieto di utilizzo del parcheggio in caso di emissione di allerta meteo arancione o rossa da parte del Centro Funzionale della Regione Toscana o della Protezione Civile.

Fattibilità in relazione agli aspetti sismici (FS)

In considerazione delle condizioni di pericolosità sismica locale e della tipologia degli interventi previsti si attribuisce la classe di fattibilità sismica **FS.1** per i **parcheggi** e la classe **FS.3** per le **unità abitative**.

Fattibilità sismica senza particolari limitazioni (FS.1)

Previsioni per le quali non è necessario indicare condizioni di fattibilità specifiche per la fase attuativa o per la valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Fattibilità sismica condizionata (FS.3)

Previsioni per le quali è necessario definire, ai fini dell'individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità sismica riscontrate, la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgere per l'attuazione degli interventi proposti.

Prescrizioni

In base ai contenuti di cui al *punto 3.6.3 - Allegato A del D.P.G.R. 05/R/2020*, nelle **zone stabili suscettibili di amplificazione locale**, caratterizzate da alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido o entro le coperture stesse entro alcune decine di metri, sono raccolti i dati bibliografici oppure è effettuata una specifica campagna di indagini geofisiche (*profili sismici a riflessione o rifrazione, prove sismiche in foro e, ove risultino significative, profili MASW*) e geognostiche (*pozzi o sondaggi, preferibilmente a carotaggio continuo*) che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti per valutare l'entità del (o dei) contrasti di rigidità sismica tra coperture e bedrock sismico o entro le coperture stesse.

In fase di progetto esecutivo sarà inoltre necessario procedere alla verifica del *potenziale di liquefazione* dei terreni di fondazione.

Nella Tabella seguente sono riassunte le **classi di fattibilità** attribuite alle singole tipologie di intervento in funzione delle classi di pericolosità geologica, idraulica e sismica definite per l'area investigata.

TIPOLOGIA INTERVENTO	CLASSI DI PERICOLOSITA'											
	GEOLOGICA				IDRAULICA				SISMICA			
	G.1	G.2	G.3	G.4	I.1	I.2	I.3	I.4	S.1	S.2*	S.3	S.4
Nuovi Edifici		FG.2					FI.4			FS.3		
Parcheggi		FG.1					FI.4			FS.1		

Firenze, 28/08/2020

Dr. Geol. Giuseppe Capparelli
O.G.T. n° 701

(documento sottoscritto digitalmente)

APPENDICE

**Relazione sulle indagini sismiche
Certificati prove CPT
Certificati sondaggi geognostici
Certificati analisi laboratorio geotecnico**

DOTT. MASSIMO NEBBIAI GEOLOGO - V. Terracini, 1 loc. Troghi 50067 Rignano S.A.
☎ 055/8307691 - 📞 349/4938613 e-mail: massimo@massimonebbiai.com
C.F. NBB MSM 65L28 C745I - P.IVA 02350050544

COMUNE DI SCANDICCI

Progetto Unitario Aree di riqualificazione RQ08c

COMMITTENTE: PELLICINO SRL

RELAZIONE SULLE INDAGINI SISMICHE

<i>Dott. Geol. Massimo Nebbiai</i>	<i>(O.G.T. N° 1717)</i> <i>documento sottoscritto digitalmente</i>
<i>Data: agosto 2020</i>	

Sommario

1. PREMESSA.....	3
2. INDAGINE SISMICA MULTI-CANALE PER ACQUISIZIONE ONDE SUPERFICIALI.....	5
2.1 – STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	5
2.2 – METODOLOGIA DI INDAGINE.....	5
3. INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA.....	6
3.1 – STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	6
3.2 – METODOLOGIA DI INDAGINE.....	6
3.3 – MODALITÀ ESECUTIVA INDAGINE H/V.....	7
4. ELABORAZIONE INDAGINE MASW - BASE 1.....	8
5. UNITÀ SISMO-STRATIGRAFICHE E PARAMETRI ELASTO MECCANICI.....	10
6. ELABORAZIONE INDAGINE MASW - BASE 2.....	11
7. UNITÀ SISMO-STRATIGRAFICHE E PARAMETRI ELASTO MECCANICI.....	13
8. MISURA H/V.....	14
9. CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE.....	17
10. RIGIDITÀ SISMICA E FREQUENZA NATURALE DI VIBRAZIONE DEL TERRENO.....	18
11. BIBLIOGRAFIA.....	19

APPENDICE

- ✓ Sismogrammi

1. Premessa

La relazione descrive le modalità di esecuzione ed i risultati di indagini sismiche svolte in Via del Pellicino, località Badia a Settimo nel Comune di Scandicci. Allo scopo di valutare per via semplificata la risposta sismica locale, così come contenuto nel D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni sono stati eseguiti n°2 stendimenti multicanal per la registrazione di onde superficiali (onde di Rayleigh, componente verticale) con metodo attivo (MASW).

Gli stendimenti sono stati fatto nell'area di progetto su terreno naturale pianeggiante, disposti in modo ortogonale tra loro per la verifica della condizione 1D del modello del sottosuolo,.

Le coordinate geografiche in gradi decimali (formato WGS84) e metriche (Gauss Boaga), del punto di inizio indagine, geofono 1 e fine indagine, geofono 24 sono le seguenti:

Estremi profilo	X	Lat. (ϕ)	Long. (λ)	GB (E)	GB (N)
Base 1 geofono 1	0,0 m	43,78137°	11,15150°	1673158,13	4849855,92
Base 1 geofono 24	46,00 m	43,78174°	11,15178°	1673179,4	4849896,41
Base 2 geofono 1	0,0 m	43,78172°	11,15127°	1673138,16	4849893,34
Base 2 geofono 24	46,00 m	43,78151°	11,15176°	1673178,4	4849871,04

La lunghezza totale degli stendimenti, passo intergeofonico e distanze dei punti di energizzazione rispetto ai geofoni di inizio e fine stendimento sono riassunte nella tabella seguente e rappresentate nella figura..

Nome profilo	passo intergeofonica (m)	Offset battute (m)	Lunghezza stendimento (m)
Base 1	2,00	-8,00, -2,00; + 2,00, + 8,00	46,00
Base 2	2,00	-6,00, -2,00; + 2,00, + 6,00	46,00

Tabella 1 - Riepilogo geometria indagini MASW



La lunghezza delle registrazioni è stata fissata in 2,00 sec con frequenza di campionamento pari a 3000 Hz. Con tale configurazione si ottiene una frequenza di Nyquist pari a circa 1500 Hz e una risoluzione in frequenza di 0,50 Hz. Operando in ambiente urbano per ogni shot sono state fatte almeno 5 energizzazioni al fine di migliorare il rapporto segnale/rumore facendo la sommatoria dei segnali (stacking).

Le acquisizioni multicanale sono state integrate da n° 1 misura di vibrazione ambientale a stazione singola (metodologia H/V o HV/SR) per la valutazione della frequenza di risonanza del sito ed a integrazione dei risultati dell'indagine MASW.

Misure HV			
Nome misura	Durata registrazione	Coordinate WGS 84	Coordinate Gauss Boaga
HV	30 minuti	43,78157° -11,15165°	(E) 1673169,02 - (N) 4849878,41

Tabella 2 - Riepilogo indagini H/V

La campagna di indagine è stata eseguita in data 29/08/2019 con condizioni meteorologiche di cielo sereno e vento assente. In tav. A sono riportati l'ubicazione delle indagini, lo schema di acquisizione adottato ed una ripresa fotografica. In allegato si riportano i sismogrammi elaborati.



raster/IGM_25000 (mapwms.pcn.minambiente.it)



Ubicazione indagini - Fonte dei dati: Regione Toscana –“OFC 2011 2k - Fi Po”



Foto1: ripresa fotografica
stendimento Base 1



Foto2 : ripresa fotografica
stendimento Base 2

Tav. A – Ubicazione indagine

2. Indagine sismica multi-canale per acquisizione onde superficiali

2.1 – Strumentazione utilizzata

L'acquisizione dei dati è stata eseguita utilizzando un sistema costituito dalle seguenti parti

- *Sismografo multicanale DoReMi a 24 canali*
- *Sorgente energizzante*
- *Trigger*
- *Strumentazione ricevente*
- *Software di analisi e elaborazione*

Il sistema DoReMi incorpora e distribuisce lungo il cavo sismico un sismografo modulare, canale per canale, riducendo notevolmente i rumori indesiderati che sono acquisiti quando la digitalizzazione avviene nell'unità centrale e il segnale viene trasferito su canali analogici per decine di metri. Ogni elemento possiede 64Kb di memoria ed è indipendente, pertanto può essere aggiunto o tolto poiché dispone di connettori maschio-femmina prima e dopo il digitalizzatore, configurando una installazione “a catena”. Le principali caratteristiche dello strumento sono le seguenti:

2 cavi sismici da 60 m cadauno

Impedenza d'ingresso: >100 kΩ

Convertitore A/D, Tipologia: SAR Risoluzione: 16 bit Dinamica: 96 dB

Dinamica totale senza postprocessing: > 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento)

Memoria: 64 kByte (>30000 campioni)

Frequenze di registrazione selezionabili variabili tra 200 e 20000 Hz

Durata di campionamento variabile da 0.1s a 150s in funzione della frequenza di campionamento selezionata.

Filtri programmabili passa basso e passa alto sia digitali che a fase zero

Gain variabile da 27dB a 80dB

Possibilità di registrazione in autostack, inversione della polarità, workaway concatenata e d interlaccia; start da pc

Conversione dei file di acquisizione da formato proprietario a SEG -2, SEG – Y e CSV.

Il sistema energizzante adottato è costituito da una mazza di ferro dal peso di 8 Kg battente verticalmente su una piastra in duralluminio del diametro di 18 cm, spessore 4 cm e peso di 2 Kg, posta a diretto contatto con il terreno e dotata di cordicella di ancoraggio. Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante geofono starter (posto adiacente alla piastra di battuta), nel momento in cui la mazza colpisce la piastra di battuta consentendo al sistema di individuare l'esatto istante di attivazione della sorgente e quindi di fissare l'inizio della registrazione. Per quanto riguarda la strumentazione ricevente sono stati utilizzati 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4.5 Hz.

2.2 – Metodologia di indagine

Per valutare l'andamento verticale delle velocità delle onde di taglio (S), sono state analizzate le onde superficiali (Rayleigh, componente verticale) tramite metodo attivo (MASW).

Nella metodologia “attiva” le onde di Rayleigh sono generate dall'interferenza costruttiva delle onde di volume (P ed Sv), ottenute da energizzazioni artificiali, incidenti sulla superficie libera del terreno. Sono onde con polarizzazione ellittica su un piano verticale parallelo alla direzione di propagazione.

Utilizzando una stesa di geofoni verticali a bassa frequenza (4.5 Hz), si registrano le onde superficiali, onde che si propagano lungo la superficie, interessando strati di spessore pari a circa la lunghezza d'onda; in mezzi stratificati verticalmente, le diverse lunghezze d'onda, di armoniche a diversa frequenza, si propagano con

velocità di fase che dipende dalle proprietà dei materiali interessati. Ciò fa sì che la velocità di fase sia funzione della frequenza dell'onda stessa.

Tale relazione viene rappresentata tramite la curva di dispersione. Ricorrendo a tecniche di analisi spettrale (analisi F/K) si individua la curva di dispersione sperimentale ricercando i punti di massima potenza spettrale. Sfruttando le relazioni tra velocità delle onde superficiali e di taglio si può risalire al profilo verticale della velocità delle onde di taglio. La massima profondità alla quale può essere ragionevolmente calcolata la V_s è circa metà della massima lunghezza d'onda misurata (Rix and Leipski, 1991). Successivamente si esegue il processo d'inversione; si costruisce un modello del sottosuolo a n strati con date proprietà fisiche (V_s , V_p , ρ e ν) con il quale si generano un gran numero di modelli sismostratigrafici del sottosuolo. A ciascuno dei modelli è associata una curva di dispersione teorica e lo scopo è quello di approssimare al meglio la curva di dispersione sperimentale. Il modello con migliore misfit definisce il profilo verticale della velocità delle onde di taglio del sito ed è utilizzato per la stima del parametro V_s30 (categoria di sottosuolo NTC 2008). I software usati (GNU Public License) per questo tipo di analisi sono il GEOPSY per l'analisi ed il processamento dei segnali ed il Dinver per l'inversione dei dati. Quest'ultimo impiega come metodo di ricerca della curva di dispersione teorica, il Neighbourhood Algorithm, appartenente alla famiglia degli algoritmi genetici che permette di gestire i parametri fisici del terreno.

3. Indagine sismica passiva a stazione singola

3.1 – Strumentazione utilizzata

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo della Sara Electronics. Lo strumento è dotato di tre sensori (velocimetri) a frequenza propria di 4,5 Hz orientati secondo una terna cartesiana ortogonale e convertitore A/D a 24 bit, con possibilità di campionare segnali fino a circa 0.3 Hz, è dotato di bolla sferica per il corretto posizionamento sul terreno, mentre l'accoppiamento con la superficie è assicurato da appositi piedini.

Le modalità di registrazione sono impostate su pc, utilizzando il modulo di acquisizione SEISMOLOG-MT prodotto dalla stessa ditta del sismografo. L'elaborazione dei dati è stata eseguita con il software Geopsy (open source software).

3.2 – Metodologia di indagine

Le vibrazioni ambientali sono movimenti del terreno impercettibili all'uomo, generati da sorgenti artificiali e naturali agenti a diverse frequenze. Se la distribuzione di tali sorgenti è uniforme rispetto al punto di misura la struttura del segnale, registrato per tempi sufficientemente lunghi tali da poter essere trattato ed elaborato in modo statistico, sarà condizionato essenzialmente dalla struttura del terreno. La tecnica utilizzata per l'elaborazione dei dati è quella dei rapporti spettrali tra le ampiezze medie delle componenti orizzontali (H) e della componente verticale (V) del rumore registrato, graficati in funzione della frequenza, (Nogoshi e Igarashi 1970, Nakamura 1989) chiamata tecnica H/V o HVSNR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio).

Assumendo il sottosuolo costituito da mezzi stratificati orizzontalmente e il campo d'onda registrato costituito essenzialmente da onde superficiali (prodotte da sorgenti lontane) l'andamento della curva H/V può essere considerato equivalente all'ellitticità delle onde di Rayleigh (rapporto la componente orizzontale e verticale del moto ellittico).

In base ad argomentazioni teoriche la componente verticale delle onde di Rayleigh si annulla per frequenze corrispondenti alla frequenza di risonanza delle onde S. La stima della frequenza di risonanza sarà tanto più precisa quanto più è forte il contrasto di impedenza responsabile del fenomeno mentre la relazione tra ampiezza del massimo H/V e contrasto di di impedenza non è lineare. In modelli di terreno schematizzabili da coperture detritiche su basamento sismico rigido la frequenza di risonanza (f_0) è pari al rapporto tra la media delle velocità delle onde di taglio delle coperture e quattro volte lo spessore, secondo la seguente relazione $f_0 = V_s/4H$. Utilizzando codici di calcolo è possibile determinare anche in situazioni più complesse il profilo verticale della velocità delle onde S fino a profondità dell'ordine di diverse decine di metri oppure determinare

gli spessori degli strati a differente rigidità. In queste elaborazioni è necessario vincolare l'elaborazione dei dati ad un parametro noto a priori, rispettivamente gli spessori H o il profilo verticale della velocità delle onde di taglio, Vs.

3.3 – Modalità esecutiva indagine H/V

L'acquisizione è iniziata dopo aver creato un piano di appoggio ottimale per l'accoppiamento dello strumento con il terreno ed orientato il nord strumentale nella direzione parallela al sud geografico.

Nella fase di processing il segnale è stato suddiviso in modo automatico in finestre temporali applicando un algoritmo anti-triggering (STA/LTA) per eliminare finestre con presenza di transienti e successivamente rimuovendo manualmente alcune finestre per una migliore definizione della curva H/V.

Sulle finestre utili il programma calcola la trasformata di Fourier adottando un cosinus taper (Tukey window) per limitare gli effetti di bordo della finestrazione del segnale e applicando una funzione di liscio, $b=40$ (Konno Ohmachi, 1998) per regolarizzare le curve H/V. Tale tipo di funzione è stata adottata anche per il diagramma delle singole componenti spettrali del moto.

La curva H/V viene calcolata come media geometrica di tutte le curve H/V relative alle finestre selezionate. Il rapporto di ampiezza spettrale (H/V) è calcolato eseguendo il rapporto tra la media quadratica delle componenti orizzontali (N-S e H) e la componente verticale (V).

Le linee tratteggiate rappresentano le curve di deviazione standard, mentre l'area grigia rappresenta la frequenza di picco media \pm la deviazione standard (la frequenza di picco separa le due aree con differenti tonalità di grigio).

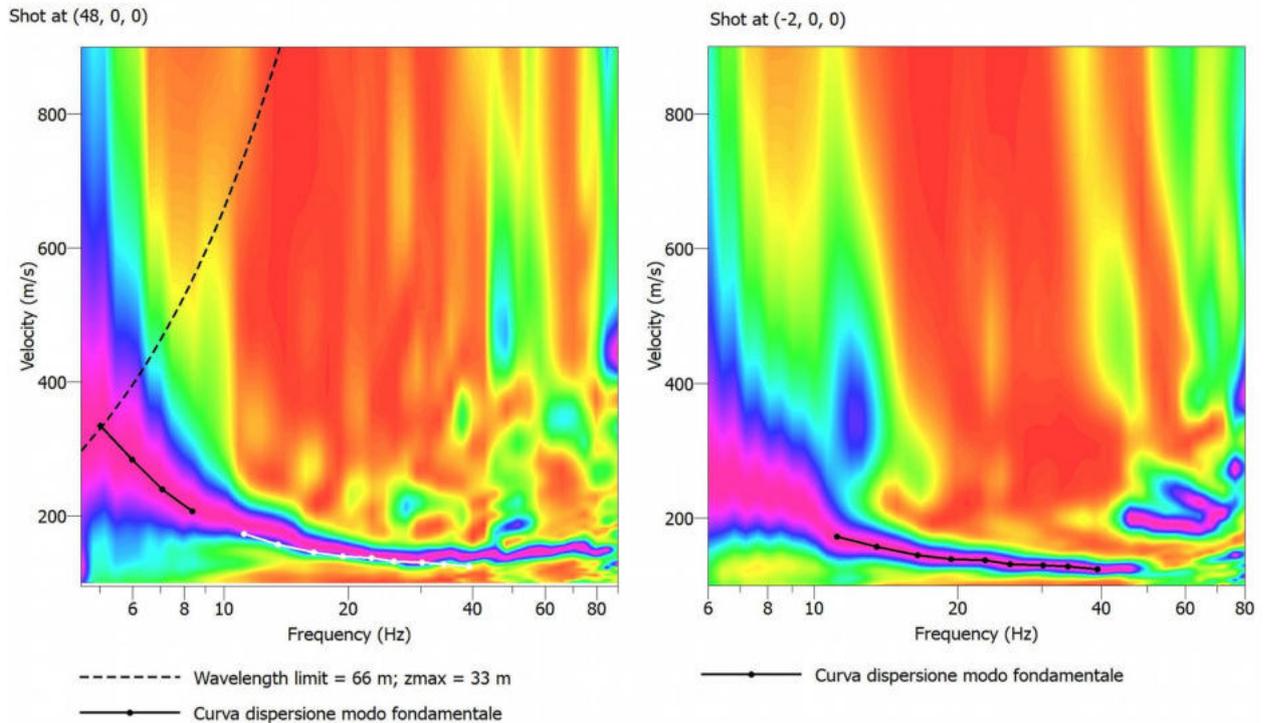
Per ogni misura sono riportati anche il grafico delle ampiezze spettrali medie delle tre componenti del segnale registrato (in rosso la componente verticale Z, in blu la componente orizzontale, direzione NS e in verde quella orizzontale, direzione EO) ed il grafico sulla direzionalità del segnale per verificare eventuali direzioni prevalenti di provenienza delle sorgenti e la struttura 1D del sottosuolo. I rapporti spettrali medi H/V sono graficati in funzione dell'azimuth (misurato in senso orario rispetto al nord strumentale), cioè della direzione di provenienza delle componenti orizzontali e della frequenza.

Per valutare qualità e significatività del picco H/V sono stati verificati i parametri di robustezza statistica e di chiarezza secondo quanto proposto dal progetto europeo SESAME (**Site EffectS assessment using Ambient Excitations**, 2004) e la curva classificata secondo le indicazioni date dall'aggiornamento degli indirizzi di microzonazione sismica (Albarelli e ali., 2011), altrettanto utili per avere una indicazione sulla qualità della misura.

Si ricorda che la frequenza di risonanza del sottosuolo è un parametro importante per la progettazione di strutture, in quanto i maggiori effetti amplificativi, a seguito di un sisma, si verificano quando le frequenze proprie delle strutture in progetto coincidono con quelle di vibrazione naturale del terreno (fenomeno della doppia risonanza).

4. Elaborazione indagine MASW - Base 1

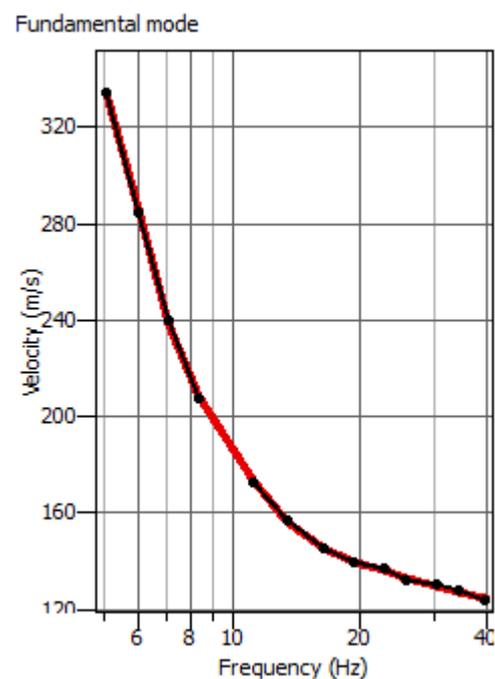
Dall'elaborazione dei dati sono state ricavate per ogni shot le densità spettrali nel piano frequenza-velocità di fase delle onde superficiali e per il picking della curva di dispersione è stato usato lo spettro che meglio ne permetteva la definizione. Nella figura seguente si riporta a sinistra la densità spettrale dello shot eseguito a 2,00 m dal geofono 24, con la definizione a basse frequenze della curva di dispersione (massimi dello spettro) attribuita al modo fondamentale. La linea in color bianco rappresenta la curva di dispersione definita alle medio alte frequenze tracciata nel grafico della densità spettrale relativo allo shot eseguito a 2 m dal geofono 1 (vedi grafico a destra).



Sui dati elaborati per lo shot eseguito a 2 m dal geofono 24 è stata verificata la coerenza di fase del segnale per determinare la frequenza minima affidabile, risultata di 5 Hz, pari ad una lunghezza d'onda di circa 66,0 m, (linea tratteggiata), pertanto l'indagine ha permesso di investigare il sottosuolo fino ad una profondità stimabile in circa 33,0 m dal p.c ($\lambda/2$).

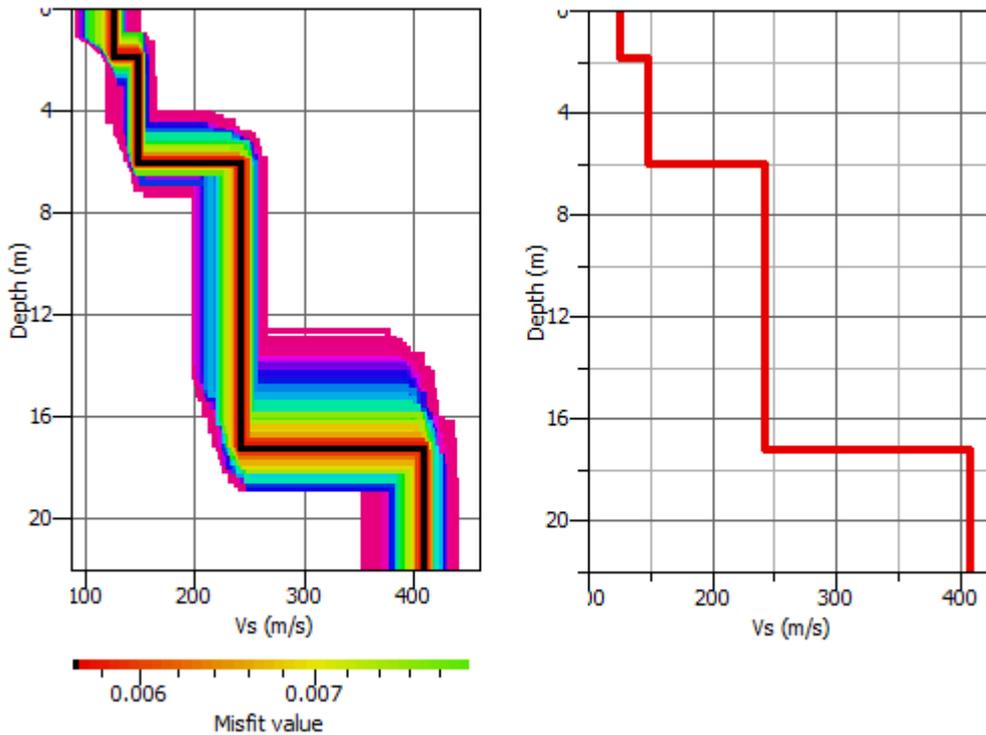
Il processo d'inversione è iniziato ipotizzando due strati con variazioni molto ampie dei parametri di rigidità. Successivamente il modello è stato affinato ricavando la curva di dispersione teorica del modello che meglio approssima quelle sperimentali.

Nella figura accanto si riporta il grafico per confrontare le curve di dispersione sperimentali (linee nere), assegnate al modo fondamentale con quella teorica relativa al modello con miglior misfit, circa $\approx 0,57\%$ (linea rossa).



Il profilo verticale del parametro velocità delle onde di taglio (V_s) relativo al modello con minor misfit, è graficato nella figura sottostante a sinistra (linea nera); le linee variamente colorate rappresentano modelli con scarti maggiori rispetto al modello sperimentale con minore misfit.

Il profilo con valore minimo di misfit è riportato per maggiore chiarezza nel grafico a destra.



Il profilo verticale delle velocità delle onde di taglio, ubicato indicativamente tra i geofoni 12 e 13 è riassunto nello schema seguente:

- un primo sismostrato caratterizzato da modeste oscillazioni della velocità delle onde S (120 m/s – 129 m/s) e della profondità della base (1,60 m – 2,10 m), rispetto ai valori di riferimento del modello a migliore misfit, pari rispettivamente a **126 m/s** e **1,80 m** dal p.c..
- un secondo sismostrato caratterizzato da modeste oscillazioni della velocità delle onde S (144 m/s – 152 m/s) e della profondità della base del sismostrato (5,70 m – 6,20 m), rispetto ai valori di riferimento del modello a migliore misfit, pari rispettivamente a **148 m/s** e **6,00 m** dal p.c.
- un terzo sismostrato caratterizzato da modeste oscillazioni della velocità delle onde S (237 m/s – 246 m/s) e della profondità della base del sismostrato (16,90 m – 17,70 m), rispetto ai valori di riferimento del modello a migliore misfit, pari rispettivamente a **242 m/s** e **17,20 m** dal p.c.
- un quarto sismostrato identificabile, dati i limiti e le risultanze della presente indagine, come semispazio omogeneo con modeste oscillazioni del valore della velocità di onde di taglio (401 m/s – 413 m/s), rispetto al valore del modello con miglior misfit pari a circa **409 m/s**

Per quanto riguarda il grado d'incertezza del risultato osserviamo che in un ampio intervallo di profondità la variabilità del dato sperimentale si mantiene entro limiti più che accettabili, con buona convergenza verso il modello migliore.

5. Unità sismo-stratigrafiche e parametri elasto meccanici

L'indagine ha permesso di definire quattro unità sismo-stratigrafiche con differenti caratteristiche di rigidità sismica. I valori delle velocità delle onde sismiche stimate nel paragrafo precedente, consentono di determinare alcuni parametri che descrivono il comportamento dei terreni sotto condizioni dinamiche.

Sismostrato	V _s (m/s)	Go (MPa)	ρ (gr/cm ³)
A	126	30	≈ 1,91
B	148	39	≈ 1,78
C	242	109	≈ 1,88
D	409	343	≈ 2,05

Tabella I - V_s = Velocità delle onde di taglio, Go = modulo di deformazione di taglio, ρ = densità geofisica;

- Il modulo di taglio mette in relazione la deformazione allo sforzo tangenziale applicato; in condizioni dinamiche (basse deformazioni) assume un valore costante, Go e si ricava con la seguente espressione:

$$G_o = \rho (V_s)^2$$

- La densità geofisica è stata stimata con la seguente relazione, valida per mezzi saturi (Burns e Mayne, 1996):

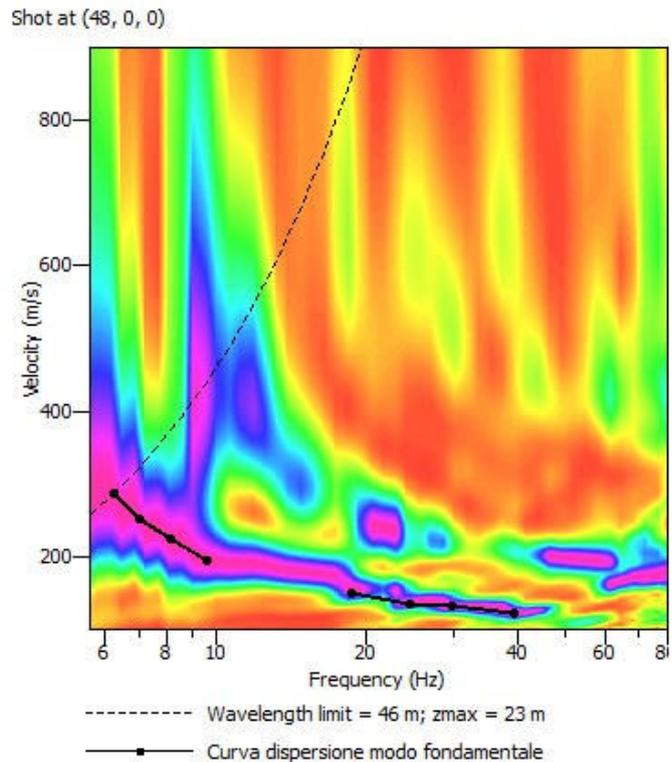
$$\rho \approx 1 + \frac{1}{0.614 + 58.7(\log z + 1.095)/V_s}$$

I valori dei parametri elastici dinamici, calcolati da misure sismiche forniscono un limite superiore della rigidità dei terreni e sono da considerare adeguati a descrivere il comportamento del terreno per livelli deformativi modesti, inferiori ad una soglia di linearità γ_l che assume valori compresi tra 10⁻² % e 10⁻⁴ % in funzione delle caratteristiche granulometriche e microstrutturali del terreno.

6. Elaborazione indagine MASW - Base 2

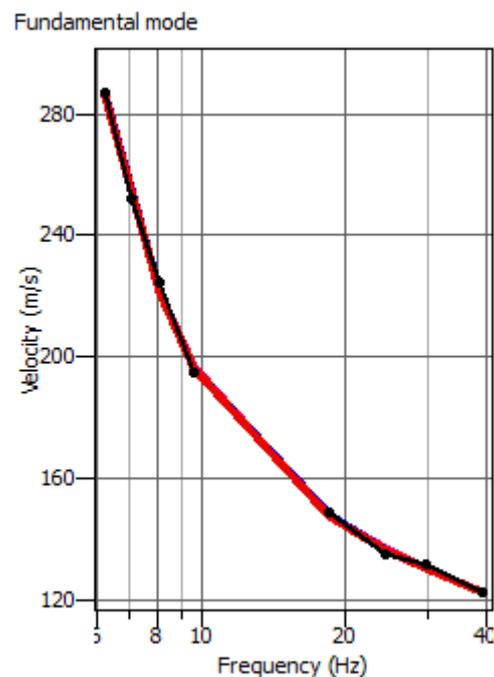
Dall'elaborazione dei dati sono state ricavate per ogni shot le densità spettrali nel piano frequenza-velocità di fase delle onde superficiali e per il picking della curva di dispersione è stato usato lo spettro che meglio ne permetteva la definizione.

Nella figura accanto si riporta la densità spettrale dello shot eseguito a 2,00 m dal geofono 24, con la definizione della curva di dispersione (massimi dello spettro) attribuita al modo fondamentale e rappresentata dalle linee con cerchi pieni.



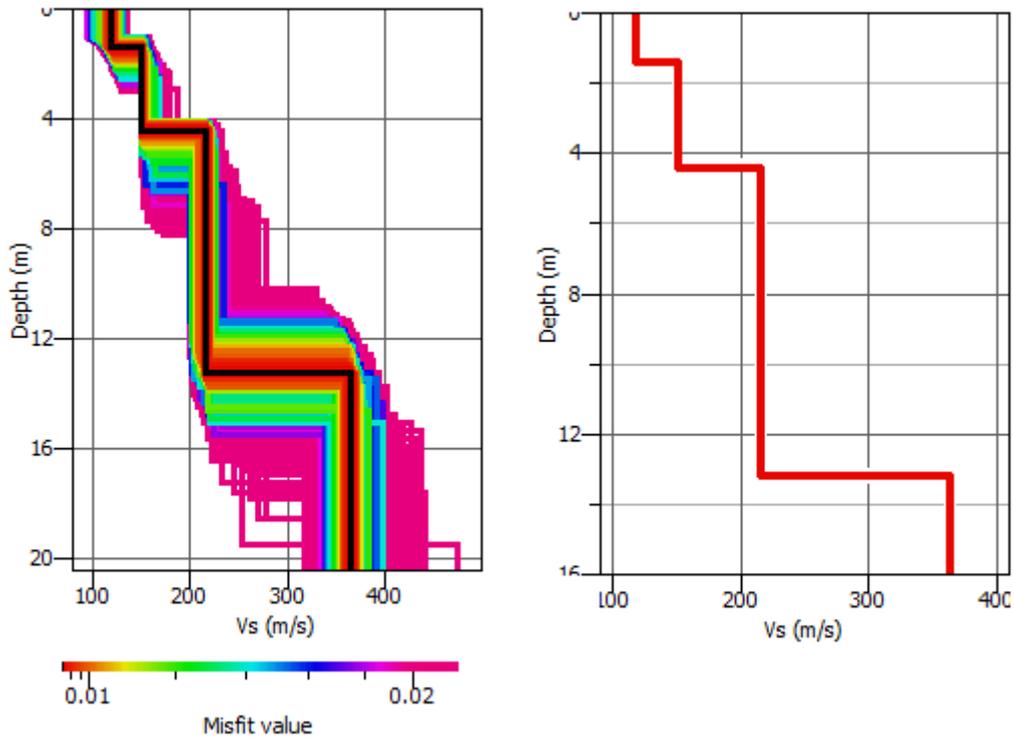
Sui dati elaborati è stata verificata la coerenza di fase del segnale per determinare la frequenza minima affidabile, risultata di 6 Hz, pari ad una lunghezza d'onda di circa 46,00 m, (linea tratteggiata), pertanto l'indagine ha permesso di investigare il sottosuolo fino ad una profondità stimabile in circa 23,0 m dal p.c ($\lambda/2$). Il processo d'inversione è iniziato ipotizzando due strati con variazioni molto ampie dei parametri di rigidezza. Successivamente il modello è stato affinato ricavando la curva di dispersione teorica del modello che meglio approssima quelle sperimentali.

Nella figura accanto si riporta il grafico per confrontare le curve di dispersione sperimentali (linee nere), assegnate al modo fondamentale con quelle teoriche relative al modello con miglior misfit, circa $\approx 0,93\%$ (linee rosse).



Il profilo verticale del parametro velocità delle onde di taglio (V_s) relativo al modello con minor misfit, è graficato nella figura sottostante a sinistra (linea nera); le linee variamente colorate rappresentano modelli con scarti maggiori rispetto al modello sperimentale con minore misfit.

Il profilo con valore minimo di misfit è riportato per maggiore chiarezza nel grafico a destra.



Il profilo verticale delle velocità delle onde di taglio, ubicato indicativamente tra i geofoni 12 e 13 è riassunto nello schema seguente:

- un primo sismostrato caratterizzato da modeste oscillazioni della velocità delle onde S (112 m/s – 124 m/s) e della profondità della base (1,20 m – 1,90 m), rispetto ai valori di riferimento del modello a migliore misfit, pari rispettivamente a **119 m/s** e **1,50 m** dal p.c..
- un secondo sismostrato caratterizzato da modeste oscillazioni della velocità delle onde S (137 m/s – 152 m/s) e della profondità della base del sismostrato (4,00 m – 5,10 m), rispetto ai valori di riferimento del modello a migliore misfit, pari rispettivamente a **143 m/s** e **4,40 m** dal p.c.
- un terzo sismostrato caratterizzato da modeste oscillazioni della velocità delle onde S (200 m/s – 211 m/s) e della profondità della base del sismostrato (12,40 m – 13,70 m), rispetto ai valori di riferimento del modello a migliore misfit, pari rispettivamente a **205 m/s** e **13,10 m** dal p.c.
- un quarto sismostrato identificabile, dati i limiti e le risultanze della presente indagine, come semispazio omogeneo con modeste oscillazioni del valore della velocità di onde di taglio (418 m/s – 444 m/s), rispetto al valore del modello con miglior misfit pari a circa **370 m/s**

Per quanto riguarda il grado d'incertezza del risultato osserviamo che in un ampio intervallo di profondità la variabilità del dato sperimentale si mantiene entro limiti più che accettabili, con buona convergenza verso il modello migliore.

7. Unità sismo-stratigrafiche e parametri elasto meccanici

L'indagine ha permesso di definire quattro unità sismo-stratigrafiche con differenti caratteristiche di rigidità sismica. I valori delle velocità delle onde sismiche stimate nel paragrafo precedente, consentono di determinare alcuni parametri che descrivono il comportamento dei terreni sotto condizioni dinamiche.

Sismostrato	V _s (m/s)	Go (MPa)	ρ (gr/cm ³)
A	119	26	≈ 1,90
B	143	36	≈ 1,70
C	205	78	≈ 1,88
D	370	278	≈ 2,03

Tabella I - **V_s** = Velocità delle onde di taglio, **Go** = modulo di deformazione di taglio, **ρ** = densità geofisica;

- Il modulo di taglio mette in relazione la deformazione allo sforzo tangenziale applicato; in condizioni dinamiche (basse deformazioni) assume un valore costante, Go e si ricava con la seguente espressione:

$$G_o = \rho (V_s)^2$$

- La densità geofisica è stata stimata con la seguente relazione, valida per mezzi saturi (Burns e Mayne, 1996):

$$\rho \approx 1 + \frac{1}{0.614 + 58.7(\log z + 1.095)/V_s}$$

I valori dei parametri elastici dinamici, calcolati da misure sismiche forniscono un limite superiore della rigidità dei terreni e sono da considerare adeguati a descrivere il comportamento del terreno per livelli deformativi modesti, inferiori ad una soglia di linearità γ_l che assume valori compresi tra 10^{-2} % e 10^{-4} % in funzione delle caratteristiche granulometriche e microstrutturali del terreno.

8. Misura H/V

Lo strumento è stato posizionato in prossimità dallo stendimento base1 tra i geofoni 13 e 14, su terreno naturale. Di seguito si riportano in modo schematico i parametri di acquisizione e processing del segnale.

Frequenza di campionamento fissata a 300 Hz.
Lunghezza finestra selezionate = 35 s n. finestre = 8
Overlap = SI Filtri : NO
Anti triggering sul segnale naturale = SI
Taper = Tukey window, ampiezza 5%
(STA = 1s; LTA = 30s; min. STA/LTA = 0,50; max STA/LTA = 2.50)



Foto 1 – Ubicazione stazione misura H/V

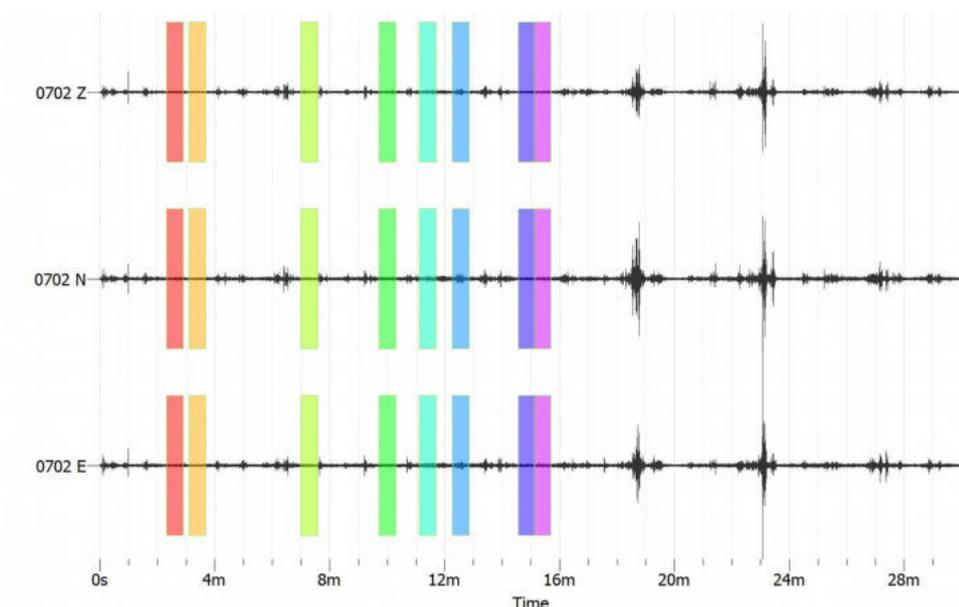
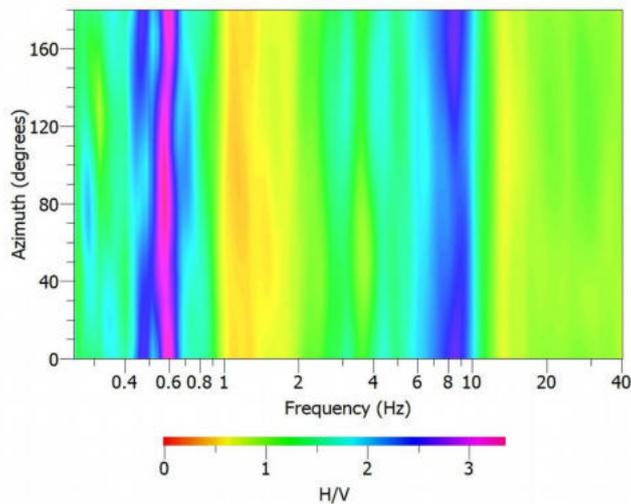
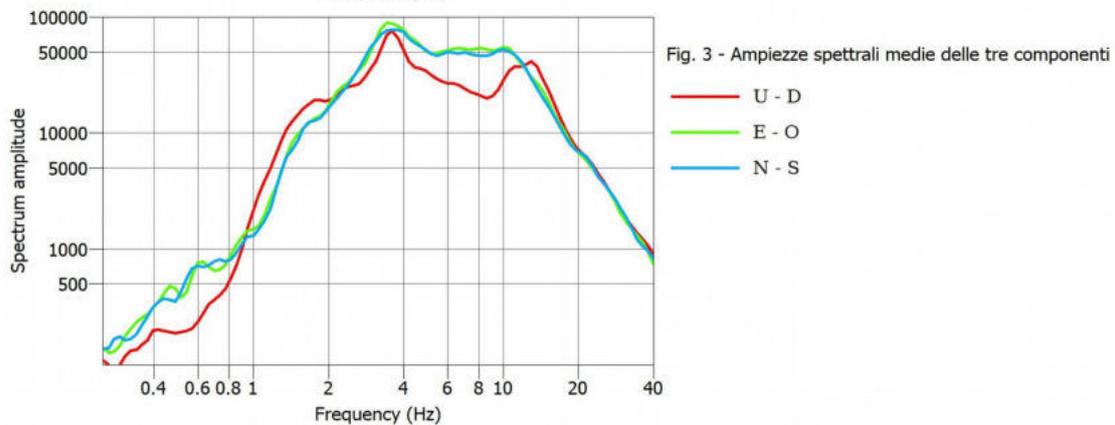
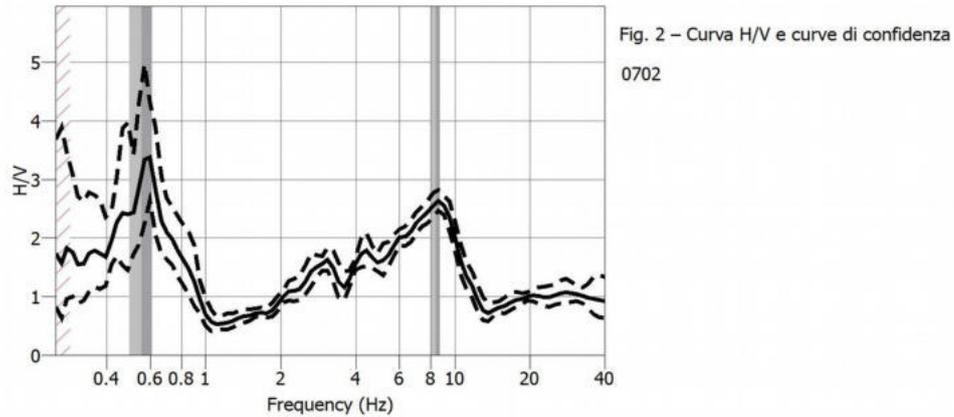


Fig. 1 – Finestre selezionate per processing H/V

Nella figura 2 è riportato l'andamento in frequenza del rapporto H/V ottenuto dalla media geometrica dei rapporti H/V sulle finestre di segnale selezionato. Nel grafico si nota il picco corrispondente alla frequenza di risonanza del sito a circa 0,55 Hz con deviazione standard pari a $\sigma_f = \pm 0,057$ ed ampiezza $A_o = 3,07$. Inoltre un secondo picco compare a 8,49 Hz con deviazione standard pari a $\sigma_f = \pm 0,44$ ed ampiezza $A_o = 2,64$.

Nel grafico di fig. 3 sono riportate le ampiezze spettrali medie delle tre componenti del segnale registrato. Si nota per entrambi i picchi descritti una diminuzione dell'ampiezza della componente verticale mentre l'ampiezza delle componenti orizzontali mostra un modesto aumento. Tali andamenti sono indicativi di risonanza stratigrafica (Castellaro e Mulargia, 2009b).

Per verificare eventuali direzioni prevalenti di provenienza delle sorgenti e la struttura 1D del sottosuolo, sono riportati in fig. 4 i rapporti spettrali medi H/V in funzione dell'azimuth, (misurato in senso orario rispetto al nord strumentale), cioè della direzione di provenienza delle componenti orizzontali. Si nota una buona stazionarietà dell'ampiezza dei due picchi della curva H/V per tutte le direzioni analizzate (intervalli di 10°).



Di seguito si riporta la valutazione di qualità e significatività, secondo quanto proposto dal progetto europeo SESAME e la classificazione della misura secondo Albarello e al., del picco a 8,49 Hz, che più ci interessa dal punto di vista ingegneristico dato che per la maggior parte delle strutture la frequenza propria ricade nell'intervallo 1 - 10 Hz.

PICCO H/V a 8,49 + 0,44 Hz (intervallo di frequenze esaminate 1,00 Hz – 40 Hz)				
Criteri per una curva H/V affidabile (tutti e tre devono essere verificati)				
i) $f_0 > 10 / L_w$	8,49	>	0,29	SI
ii) $n_c(f_0) > 200$	2377,63	>	200	SI
iii) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$	$\sigma_A(f)$	<	2	SI
or $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{H}$	Superato 0 su		38,00	

Criteri per un Picco H/V chiaro (almeno 5 su 6 soddisfatti)				
i) $\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Verificato per frequenza di:		3,68	SI
ii) $\exists f^+ \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Verificato per frequenza di:		11,27	SI
iii) $A_0 > 2$	$A_0 = 2,62$			SI
iv) $f_{\text{peak}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$				SI
v) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0,44	<	0,42	NO
vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1,07	<	1,58	SI

L_w = lunghezza della finestra = 35 s
n_w = numero di finestre usate nell'analisi = 8
$n_c = L_w \cdot n_w \cdot f_0$ = numero di cicli significativi
f = frequenza attuale
f_0 = frequenza del picco H/V
$\sigma(f)$ = deviazione standard della frequenza del picco H/V calcolata su tutte le finestre
$\varepsilon(f_0)$ = valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma(f) < \varepsilon(f_0)$
A_0 = ampiezza media della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$ ampiezza media della curva H/V alla frequenza f
f^- = frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+ = frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$ = deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$ = deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$ = valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

CLASSIFICAZIONE PROPOSTA da Albarello et alii			
DURATA	Durata registrazione (min) =	30	SI
STAZIONARIETA'	$\%(\sum L_w / \text{Durata registrazione}) =$	15,6%	NO
ISOTROPIA			SI
ASSENZA DISTURBI			SI
PLAUSIBILITA' FISICA			SI
ROBUSTEZZA STATISTICA	Verificati tutti e tre i criteri SESAME per una curva affidabile		SI

CLASSE	B1
--------	-----------

Il picco della curva H/V, individuato alla frequenza, $f_0 = 8,49$ Hz, soddisfa i criteri del progetto SESAME sia per quanto riguarda l'affidabilità del picco sia per quanto riguarda chiarezza (almeno 5 criteri su 6 devono essere soddisfatti). Secondo la classificazione proposta da Albarello la misura ricade in classe B1:

Classe B, curva H/V sospetta, non soddisfa la condizione di stazionarietà (segnale utilizzato < 30% della durata della registrazione). La misura va usata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze.

Sottoclasse 1, presenta un picco "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse secondo i criteri di SESAME: possibile di risonanza.

9. Categoria di suolo di fondazione

La stima degli effetti amplificativi di un sisma collegati alla stratigrafia locale può essere fatta utilizzando un approccio semplificato che si basa sulla individuazione della categoria di sottosuolo del sito di studio (Tab. 3.2.II, NTC 2018). Le categorie di sottosuolo sono distinte dalla normativa in base alla profondità del bedrock sismico (substrato con $V_s > 800$ m/s) ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$, (in m/s) definita con la seguente espressione:

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

con

h_i , spessore dell' i -esimo strato;

V_s , 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 V_s non inferiore a 800 m/s

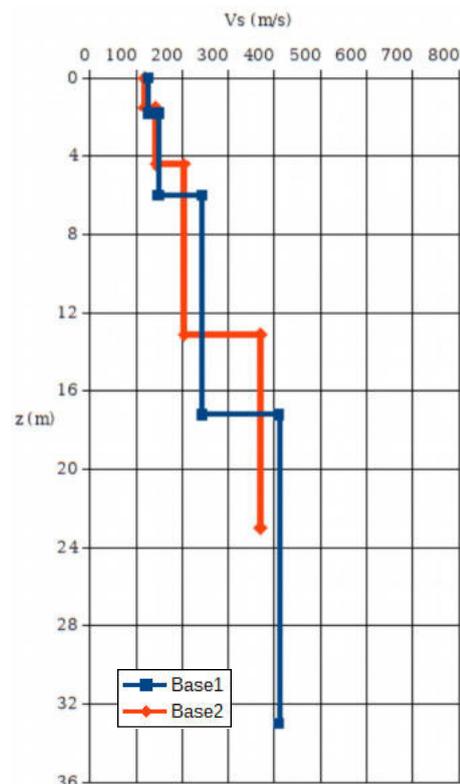
La profondità H del substrato è riferita al piano di posa per le fondazioni superficiali, alla testa dei pali per fondazioni profonde, mentre per opere di sostegno di terreni naturali è riferita alla testa dell'opera. In riferimento alle opere di sostegno di terrapieni la profondità è riferita al piano di posa dell'opera di fondazione. 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 $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le indagini MASW hanno consentito di esplorare il sottosuolo fino ad una profondità compresa tra 23,00 m (base2) e 33,0 m (base1) da p.c., profondità entro le quali non è stato individuato il bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s).

Nel grafico accanto si riporta il confronto tra il profilo della velocità delle onde S stimato dalle due indagini.

Si nota una buona correlazione tra i due modelli con maggiore variabilità per la stima della profondità del terzo sismostrato.

I risultati sono congruenti con l'ipotesi di modello 1D del sottosuolo e quindi con la stima della pericolosità sismica locale per via semplificata.



In riferimento al profilo verticale delle onde S elaborato nel capitolo 4 (base 1), i terreni di copertura presentano rispetto al p.c., una velocità equivalente, $V_{seq} = V_{s30} = 248 \text{ m/s}$.

In riferimento alla tabella 3.2.II delle NTC2018 si attribuisce il sito in esame alla categoria di sottosuolo **C**:

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

10. Rigidità sismica e frequenza naturale di vibrazione del terreno

Un parametro da considerare nella progettazione delle strutture è rappresentato dalla frequenza naturale di vibrazione del terreno, in corrispondenza della quale si ha la massima amplificazione per effetti stratigrafici a causa di riflessioni multiple delle onde di taglio sh generate da un sisma alla superficie libera del terreno.

La situazione maggiormente gravosa nella progettazione si avrà qualora la frequenza propria di un edificio in progetto coincide con quella di vibrazione naturale del terreno (fenomeno della doppia risonanza).

Da tener presente inoltre, che danni strutturali originati nelle fasi iniziali del sisma comportano una riduzione delle frequenze proprie dell'edificio, pertanto si dovrebbe fare attenzione a frequenze naturali del terreno fino a valori pari a circa 30%-40% della frequenza del primo modo dell'edificio (Clinton et al., 2006).

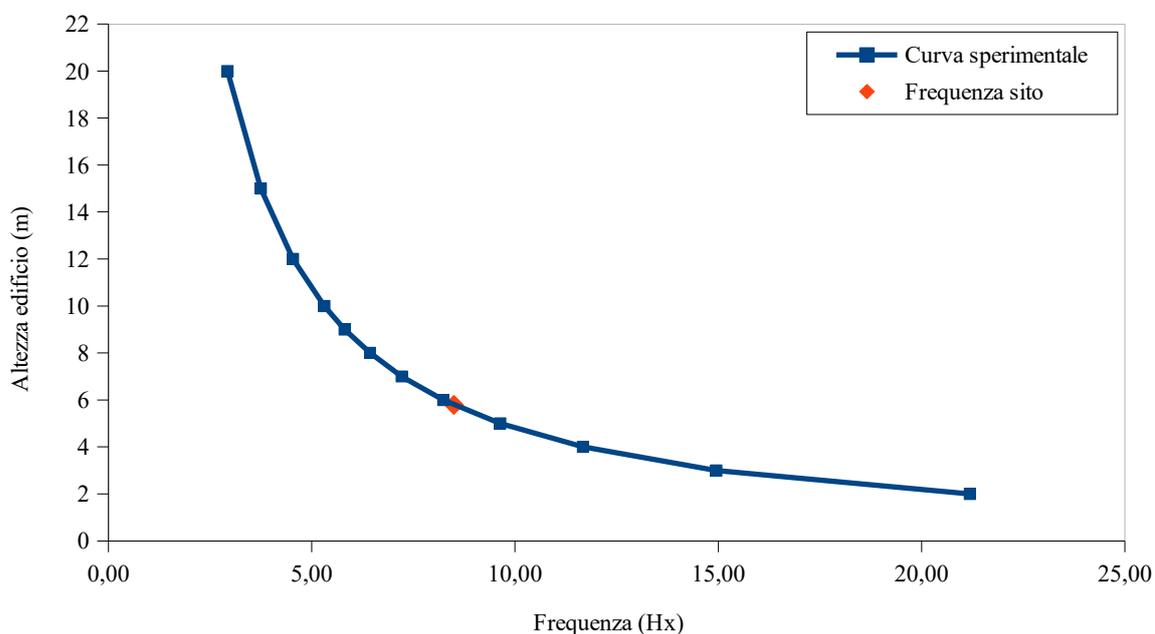
La misura della frequenza di risonanza del sito con la misura H/V ha individuato un valore, 8,49 Hz, che ricade nel campo di interesse ingegneristico (1 – 10 Hz).

Per un confronto, seppur semplificato, con le frequenze proprie degli edifici, si riporta il valore del modo fondamentale di vibrazione stimato tramite la formula di Ricci (2009) valida per strutture tamponate in cemento armato

$$T = 1/f = 0,026 H^{0,86}$$

H = altezza costruzione da piano fondazione; T = periodo struttura; f = frequenza struttura

Di seguito si riportano in blu i valori della frequenza di vibrazione corrispondenti ad edifici di varia altezza, valori ricavati utilizzando la formula descritta. In rosso si riporta il valore ottenuto inserendo nella formula la frequenza del sito pari a 8,49 Hz corrispondente ad un edificio di altezza pari a circa 5,80 m.



11. Bibliografia

- Albarello N. e alii., (2011) - Contributi per l'aggiornamento degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica, Ingegneria sismica, vol. XXVIII, n. 2, 68, 32 – 62.
- Burns S.E., and P.W. Mayne (1996) – Small- and high-strain soil properties using the seismic piezocone. Transportation Research Record 1548, Nazionale Acad. Press, Wash. DC, 81-88
- Castellaro S., Mulargia F. (2009b) - The effect of velocity inversions on H/V, Pure Appl. Geophys., 166, 567-592.
- Clinton J.F., Bradford S.C., Heaton T.H., Favela J., (2006) - The observed wander of the natural frequencies in a structure, Bull. Seismol. Soc. Am., 96, 237–257.
- Konno K, Ohmachi T (1998) - Ground-motion characteristics estimated from spectral ratio between horizontal and vertical components of microtremor. Bull Seism Soc Am 88:228–241
- Nakamura, Y., (1989) - A method for dynamic characteristics estimates of subsurface using microtremor on the round surface: Quarterly Report of the Railway Technical Research Institute, **30**, 25-33.
- Nogoshi M., Igarashi T. (1970) - On the propagation characteristics of microtremors., J. Seism. Soc. Japan, 23, 264-280
- Rix, G. J., and Leipski, A. E., 1991, Accuracy and resolution of surface wave inversion: Recent Advances in Instrumentation, Data Acquisition and Testing in Soil Dynamics, Geotechnical Special Publication No. 29, ASCE, 17-23
- SESAME Project (2004) - Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements, processing and interpretation, WP12, deliverable no. D23.12, [http:// sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/Papers/HV_User_Guidelines.pdf](http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/Papers/HV_User_Guidelines.pdf) (ultimo accesso luglio 2010).
- Schuster, G. T., Quintus-Bosz, A., (1993) - Wavepath eikonal travelttime inversion: Theory. Geophysics 58, 1314 – 132.

Agosto 2020

Geol. Massimo Nebbiai

(O.G.T. N° 1717)

documento sottoscritto digitalmente

COMUNE DI SCANDICCI

Progetto Unitario Aree di riqualificazione RQ08c

RELAZIONE SULLE INDAGINI SISMICHE

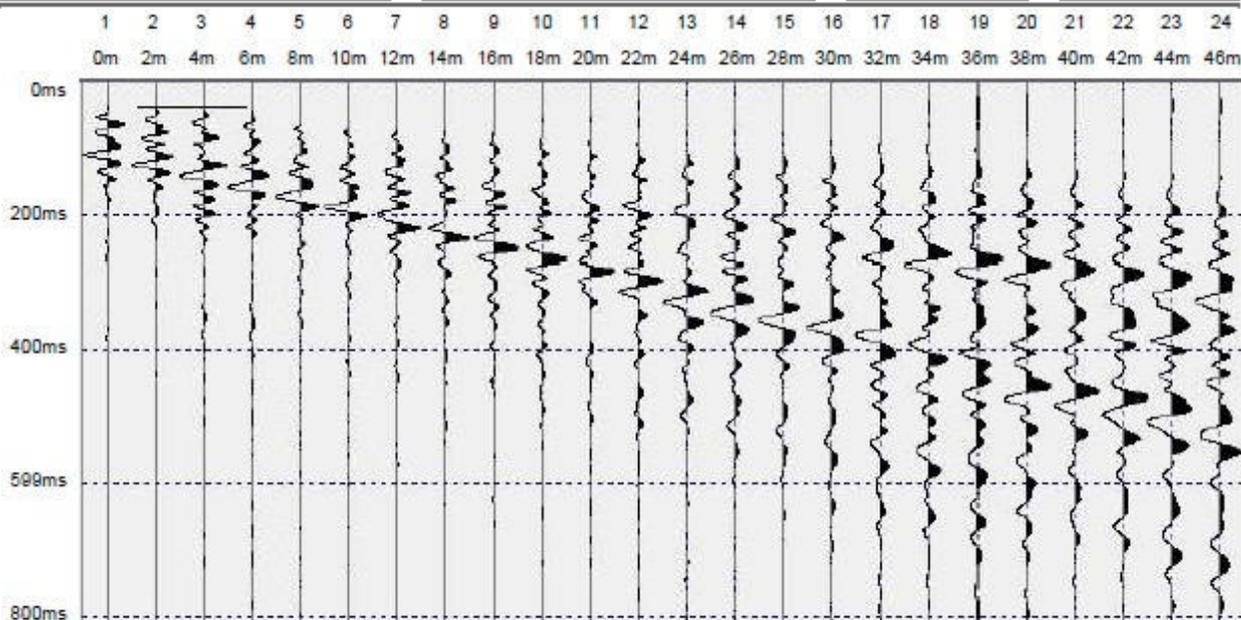
COMMITTENTE: PELLICINO SRL

APPENDICE

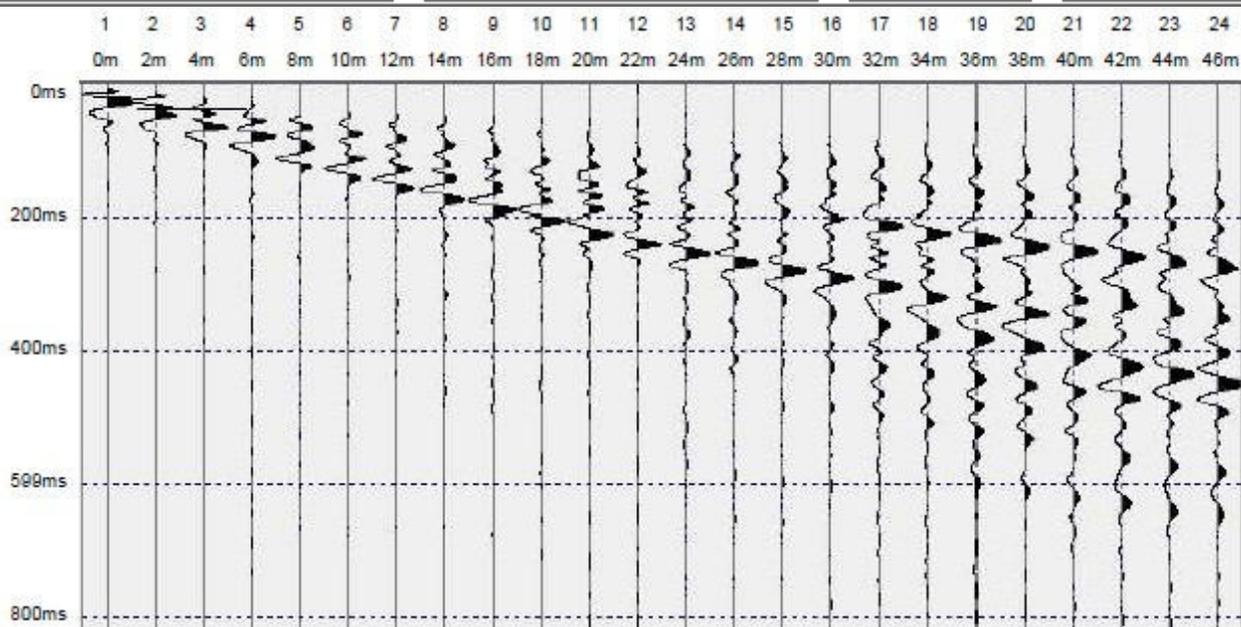
✓ *Sismogrammi*

Base 1 - Sismogrammi acquisizione MASW

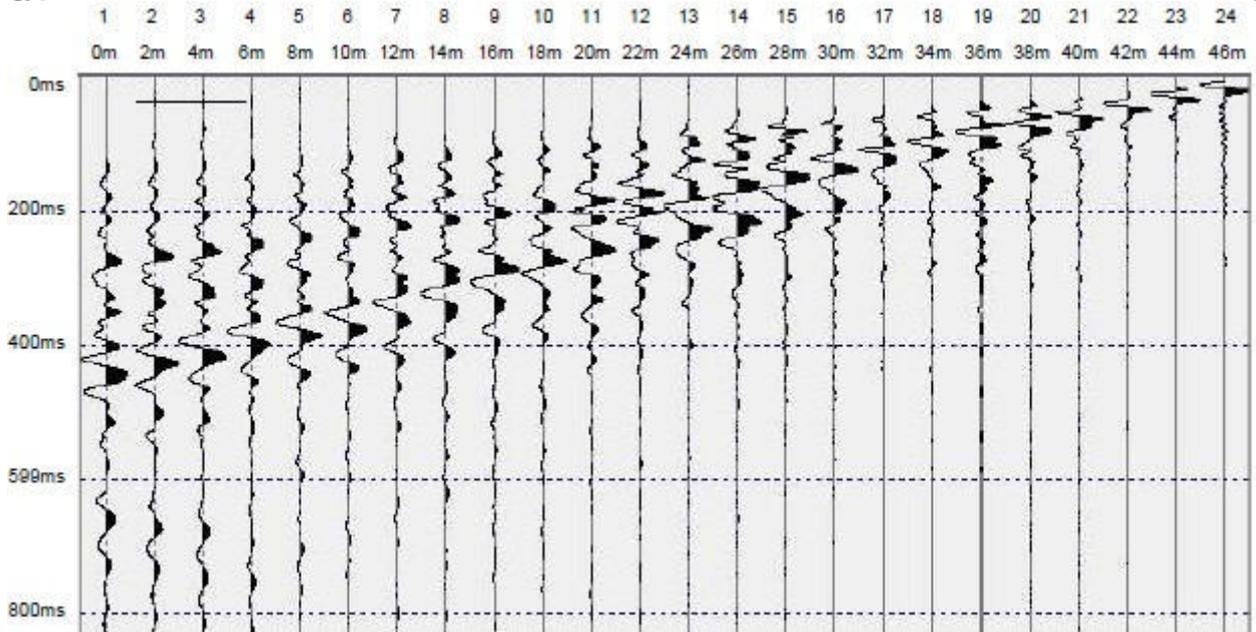
Nome ditta: Geol. Massimo Nebbiai	Nome operatore:		Nome cliente: PELLICINO SRL
Strumento: DoReMi	Data: 29/08/2019	Ora: 10:46:08	Luogo: Via del Pellicino - Badia a
Nome del file: 2019-09-14_17-43-46_03000_00200_024_StckSm.drm			
Coordinate del sito:	Periodo di campionamento: 333.333333333333uS (3000 SPS)	Durata: 2s	Offset: - 8,0 m



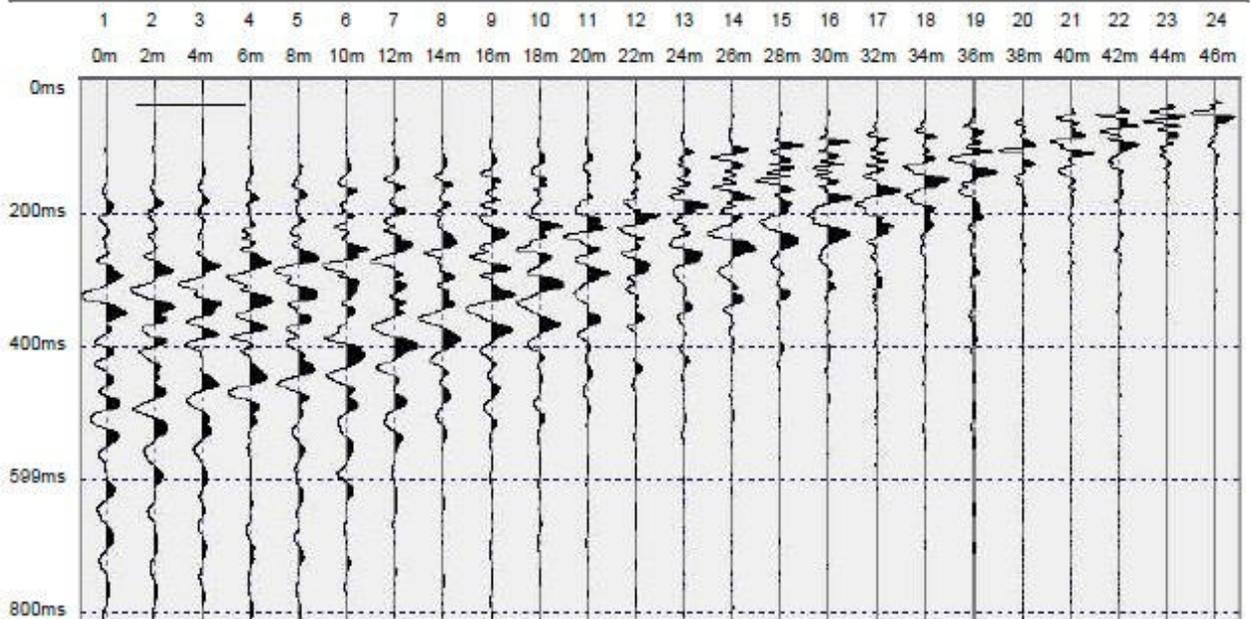
Nome ditta: Geol. Massimo Nebbiai	Nome operatore:		Nome cliente: PELLICINO SRL
Strumento: DoReMi	Data: 29/08/2019	Ora: 10:36:48	Luogo: Via del Pellicino - Badia a
Nome del file: 2019-09-14_17-42-45_03000_00200_024_StckSm.drm			
Coordinate del sito:	Periodo di campionamento: 333.333333333333uS (3000 SPS)	Durata: 2s	Offset: - 2,0 m



Nome ditta: Geol. Massimo Nebbiai		Nome operatore:		Nome cliente: PELLICINO SRL	
Strumento: DoReMi		Data: 29/08/2019	Ora: 10:12:27	Luogo: Via del Pellicino - Badia a	
Nome del file: 2019-09-14_17-45-02_03000_00200_024_StckSm.drm					
Coordinate del sito:		Periodo di campionamento: 333.333333333333uS (3000 SPS)		Durata: 2s	Offset: + 2,0 m

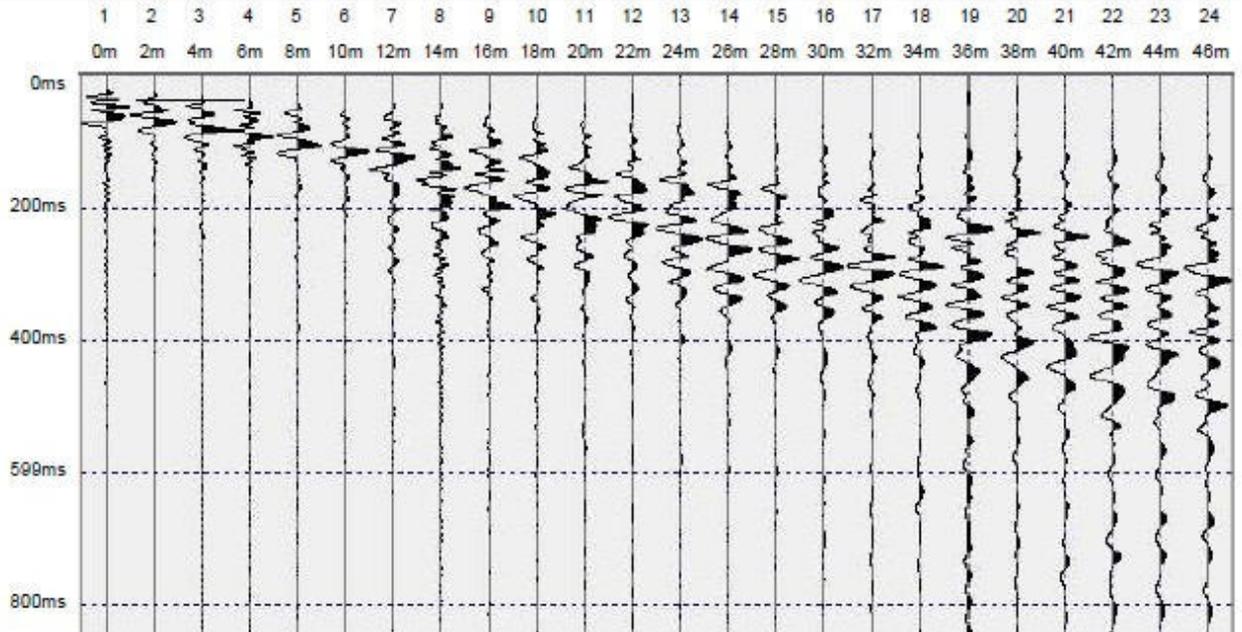


Nome ditta: Geol. Massimo Nebbiai		Nome operatore:		Nome cliente: PELLICINO SRL	
Strumento: DoReMi		Data: 29/08/2019	Ora: 10:24:01	Luogo: Via del Pellicino - Badia a	
Nome del file: 2019-09-14_17-45-43_03000_00200_024_StckSm.drm					
Coordinate del sito:		Periodo di campionamento: 333.333333333333uS (3000 SPS)		Durata: 2s	Offset: + 8,0 m

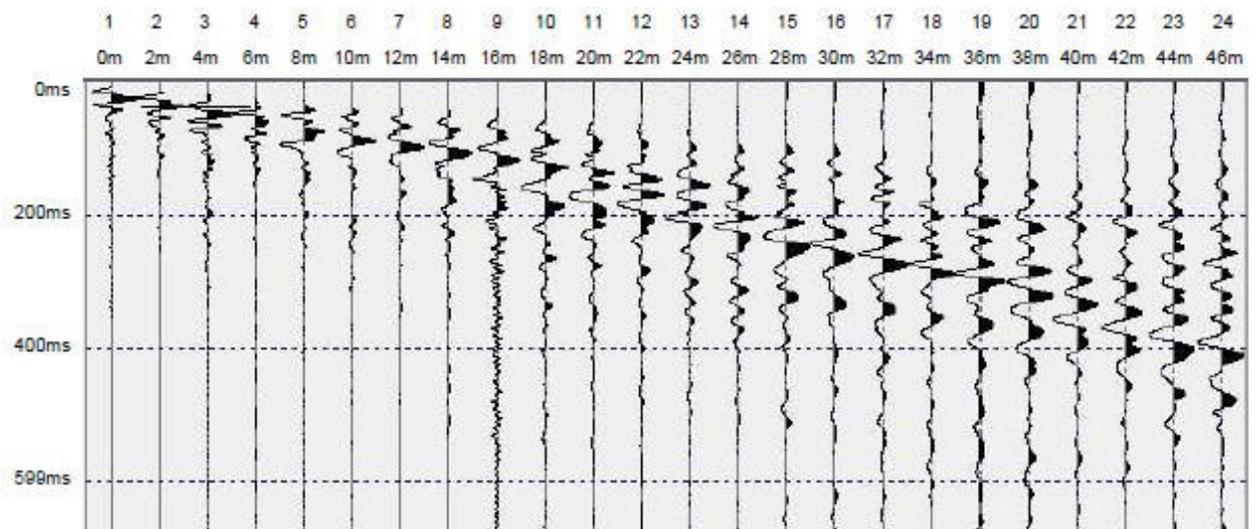


Base 2 - Sismogrammi acquisizione MASW

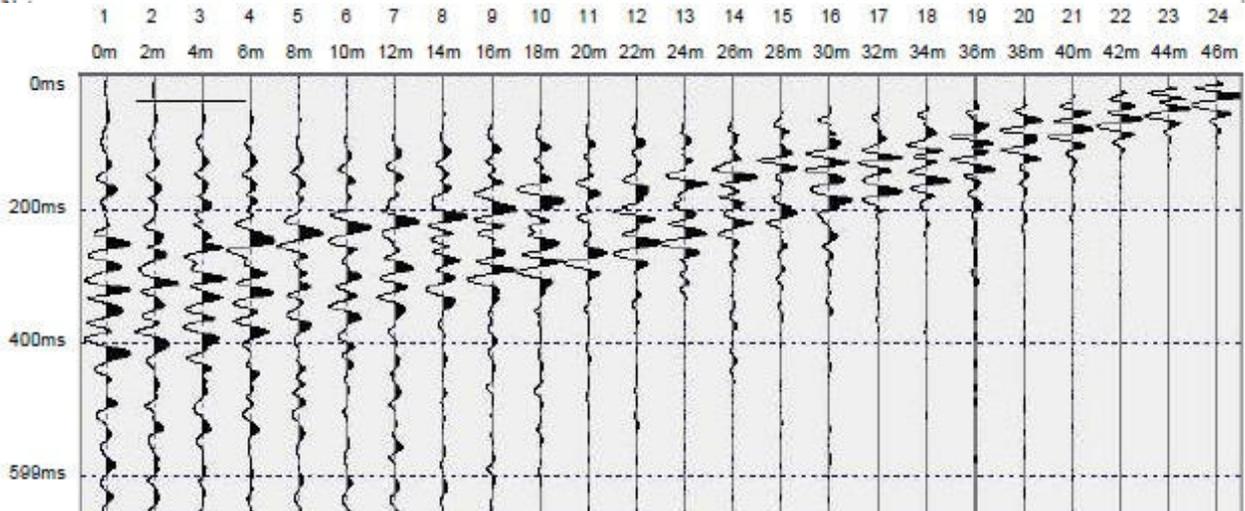
Nome ditta: Geol. Massimo Nebbiai		Nome operatore:		Nome cliente: PELLICINO SRL	
Strumento: DoReMi		Data: 29/08/2019	Ora: 12:52:13	Luogo: Via del Pellicino - Badia a	
Nome del file: 2019-09-15_23-40-01_03000_00200_024_StckSm.drm					
Coordinate del sito:		Periodo di campionamento: 333.333333333333uS (3000 SPS)		Durata: 2s	Offset: - 6,0 m



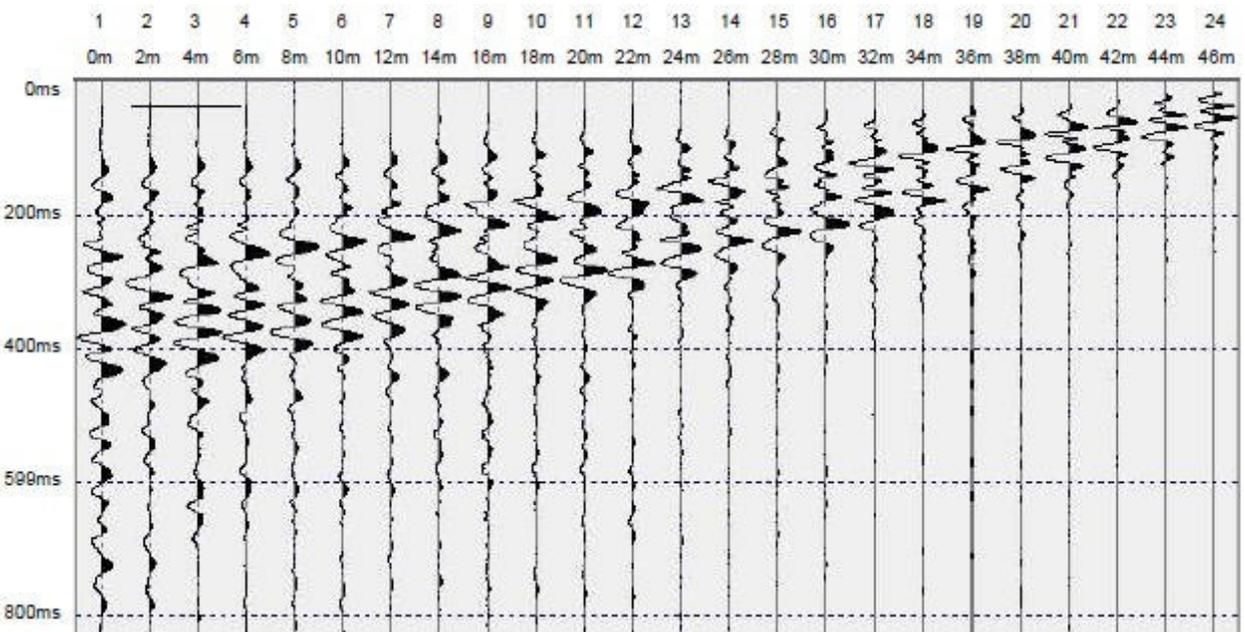
Nome ditta: Geol. Massimo Nebbiai		Nome operatore:		Nome cliente: PELLICINO SRL	
Strumento: DoReMi		Data: 29/08/2019	Ora: 12:46:55	Luogo: Via del Pellicino - Badia a	
Nome del file: 2019-09-15_23-39-26_03000_00200_024_StckSm.drm					
Coordinate del sito:		Periodo di campionamento: 333.333333333333uS (3000 SPS)		Durata: 2s	Offset: - 2,0 m



Nome ditta: Geol. Massimo Nebbiai		Nome operatore:		Nome cliente: PELLICINO SRL	
Strumento: DoReMi		Data: 29/08/2019	Ora: 12:15:18	Luogo: Via del Pellicino - Badia a	
Nome del file: 2019-09-15_23-42-41_03000_00200_024_StckSm.drm					
Coordinate del sito:		Periodo di campionamento: 333.333333333333uS (3000 SPS)		Durata: 2s	Offset: + 2,0 m



Nome ditta: Geol. Massimo Nebbiai		Nome operatore:		Nome cliente: PELLICINO SRL	
Strumento: DoReMi		Data: 29/08/2019	Ora: 12:28:12	Luogo: Via del Pellicino - Badia a	
Nome del file: 2019-09-15_23-43-16_03000_00200_024_StckSm.drm					
Coordinate del sito:		Periodo di campionamento: 333.333333333333uS (3000 SPS)		Durata: 2s	Offset: + 6,0 m



Gea s.n.c. - Indagini Geognostiche

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montefupo F.no (FI)

Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: **Pellicino S.r.l.**

Indagine: **VA-91-14** Certificato: **182-14** Prova n° **1**

Località: **Badia a Settimo, Scandicci (FI)**

in data: **30/05/14**

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
60	33	0,93	2,83	I	47,0	28,0	0,00	0,00	0,01010	Sabbia limosa
80	31	1,33	4,30	I	53,7	25,0	0,00	0,00	0,01075	Limo sabbioso
100	18	1,27	7,04	C	0,0	0,0	0,86	5,02	0,02778	Argilla limosa
120	15	1,13	7,56	C	0,0	0,0	0,77	3,72	0,03333	Argilla limosa
140	17	1,53	9,02	C	0,0	0,0	1,04	4,29	0,02941	Argilla
160	15	1,20	8,00	C	0,0	0,0	0,82	2,93	0,03333	Argilla limosa
180	14	1,33	9,52	C	0,0	0,0	0,91	2,89	0,03571	Argilla
200	18	0,73	4,07	I	42,5	24,8	0,00	0,00	0,01852	Limo sabbioso
220	19	0,87	4,56	C	0,0	0,0	0,59	1,55	0,02632	Limo argilloso
240	12	1,00	8,33	C	0,0	0,0	0,68	1,64	0,04167	Argilla limosa
260	13	4,53	34,87	C	0,0	0,0	3,08	6,84	0,03846	Argilla molle
280	121	2,20	1,82	I	63,0	33,7	0,00	0,00	0,00275	Sabbia limosa
300	48	2,33	4,86	C	0,0	0,0	1,59	3,01	0,00694	Limo argilloso
320	59	1,33	2,26	I	53,7	30,5	0,00	0,00	0,00565	Sabbia limosa
340	41	5,13	12,52	C	0,0	0,0	3,49	5,80	0,00813	Argilla molle
360	101	2,73	2,71	I	67,1	30,1	0,00	0,00	0,00330	Sabbia limosa
380	100	4,40	4,40	I	76,0	26,1	0,00	0,00	0,00333	Limo sabbioso
400	124	2,00	1,61	I	61,3	34,1	0,00	0,00	0,00269	Sabbia
420	104	3,20	3,08	I	70,0	29,1	0,00	0,00	0,00321	Sabbia limosa
440	64	1,93	3,02	I	60,6	28,4	0,00	0,00	0,00521	Sabbia limosa
460	51	2,00	3,92	I	61,3	26,1	0,00	0,00	0,00654	Limo sabbioso
480	49	1,40	2,86	I	54,6	28,5	0,00	0,00	0,00680	Sabbia limosa
500	20	1,33	6,67	C	0,0	0,0	0,91	1,01	0,01667	Argilla limosa
520	21	1,47	6,98	C	0,0	0,0	1,00	1,07	0,01587	Argilla limosa
540	20	1,40	7,00	C	0,0	0,0	0,95	0,98	0,01667	Argilla limosa
560	18	1,33	7,41	C	0,0	0,0	0,91	0,90	0,02778	Argilla limosa
580	21	1,53	7,30	C	0,0	0,0	1,04	1,00	0,01587	Argilla limosa
600	21	4,87	23,17	C	0,0	0,0	3,31	3,06	0,01587	Argilla molle
620	162	5,40	3,33	I	79,8	29,2	0,00	0,00	0,00206	Limo sabbioso
640	221	9,40	4,25	I	90,2	27,6	0,00	0,00	0,00151	Limo sabbioso
660	202	7,53	3,73	I	86,0	28,6	0,00	0,00	0,00165	Limo sabbioso
680	295	3,33	1,13	I	70,8	39,8	0,00	0,00	0,00113	Sabbia ghiaiosa
700	500	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).

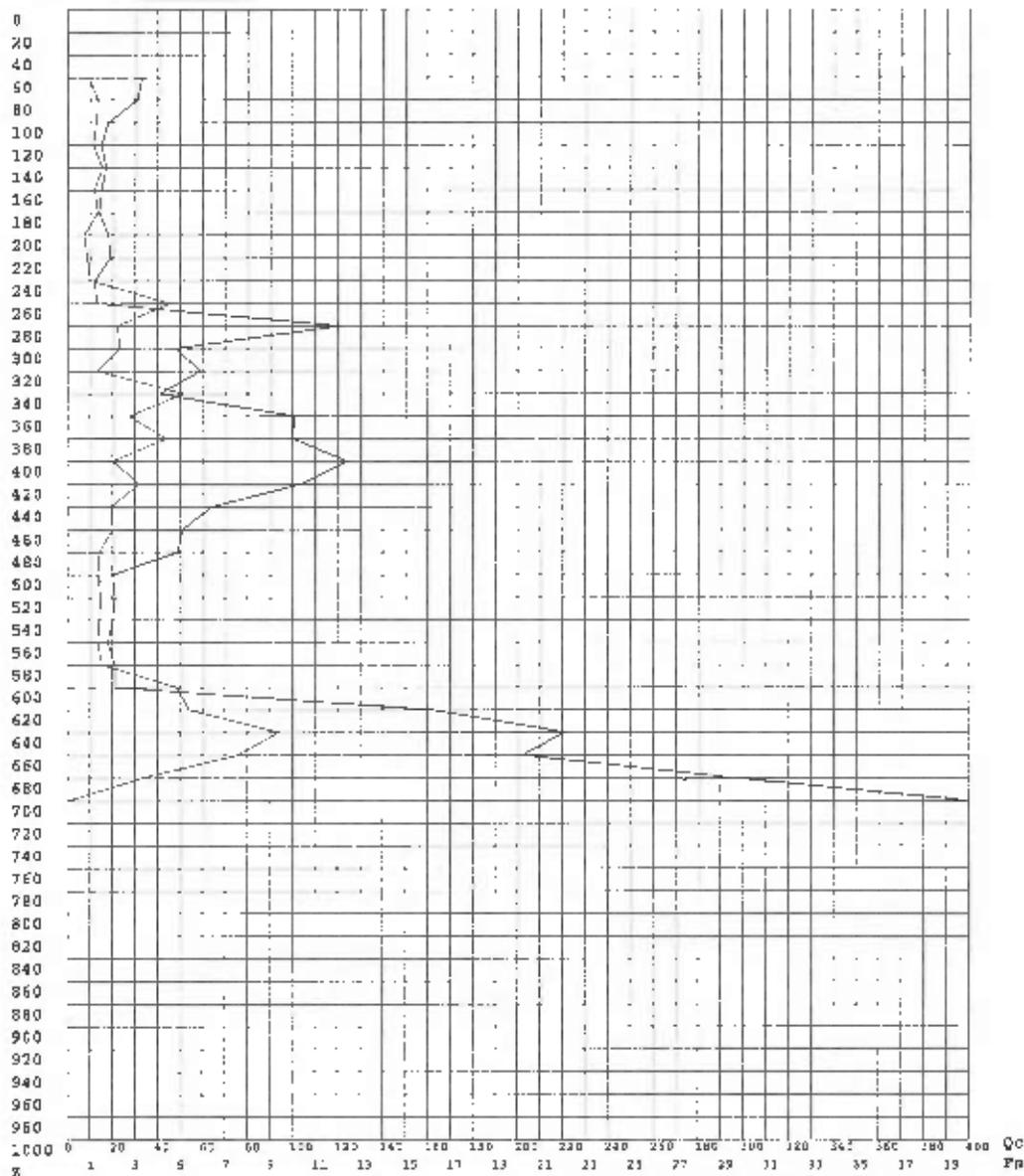
Rf - Rapporto delle resistenze Fs/Qc (in %). Car - Caratterizzazione del terreno (Incoerente/Coerente). Dr - Densità relativa (in %).

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 : Pellicino S.r.l.
 Note : ---
 Indagine : VA-51-14 - Certificato di prova : 182-14
 Località : Badia a Settimo, Scandicci (PI)
 Numero prova : 1
 Data prova : 30/05/14
 Note operative : ---
 Profondità falda : --- (cm)
 Spinta penetr. : 10 (TONN.)



Legenda

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

Osa s.n.c. - Indagini Geognostiche
 Sede: Via delle Pratelle 18/20 Montelupo F.no (PI)
 Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7328425

Prova Penetrometrica Statica

Pagina n.1

Gea s.n.c. - Indagini Geognostiche

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (PI)
Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: Pellicino S.r.l.	Indagine: VA-91-14 Certificato: 183-14 Prova n° 2
Località: Badia a Settimo, Scandicci (FI)	in data: 30/05/14
Note sulla committenza: =	
Note relative alla prova: =	
Falda rilevata alla profondità di cm: =	Spinta del penetrometro (tonnellate): 10

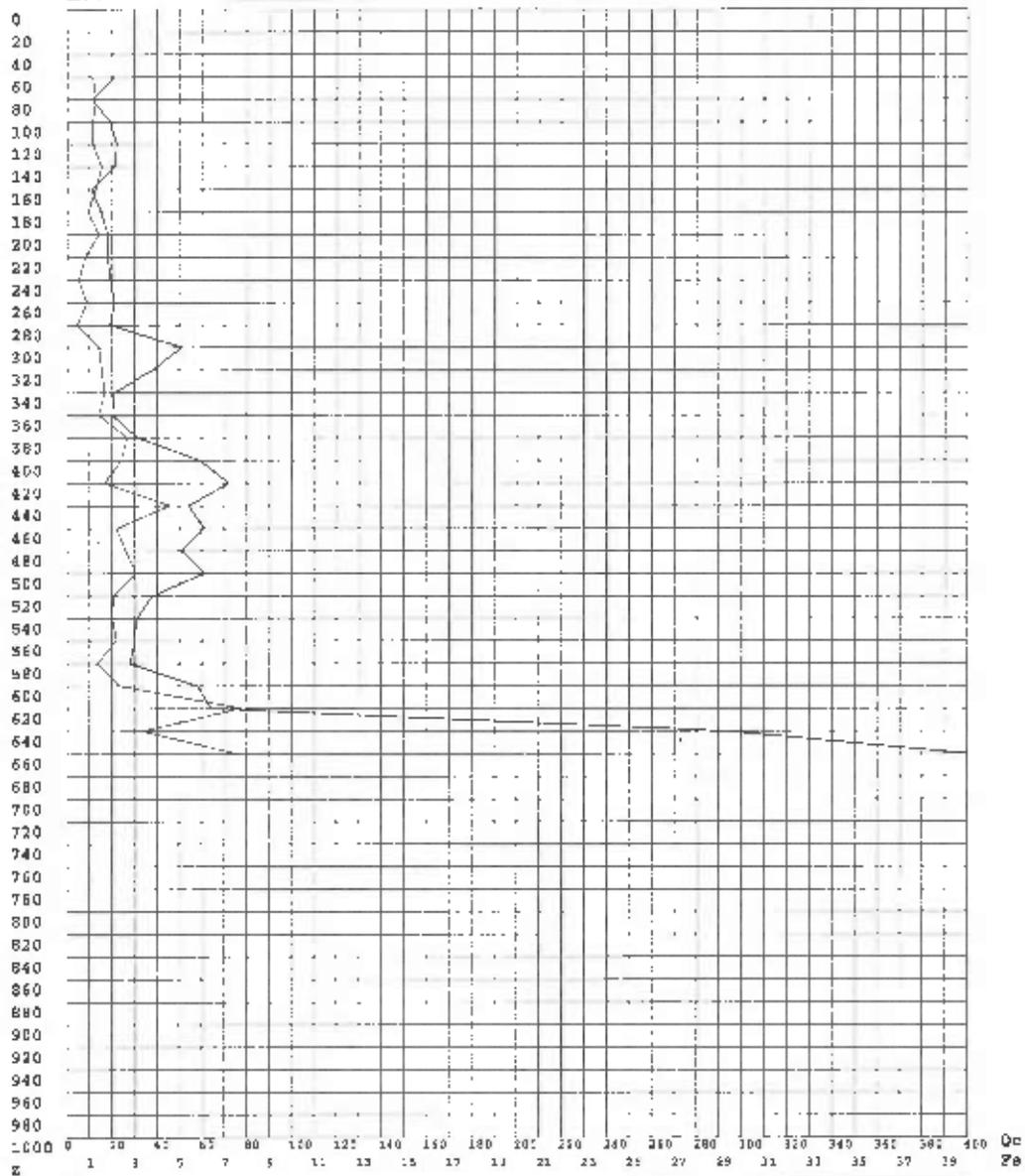
Z	Qc	Fs	Rf	Car	Dr	Fi	Cu	Cu n.	Mv	Classificazione
60	21	1,13	5,40	C	0,0	0,0	0,77	7,47	0,01587	Limo argilloso
80	11	1,27	11,52	C	0,0	0,0	0,86	6,26	0,04545	Argilla
100	19	1,13	5,96	C	0,0	0,0	0,77	4,48	0,02632	Limo argilloso
120	22	1,13	5,15	C	0,0	0,0	0,77	3,71	0,01515	Limo argilloso
140	21	1,53	7,30	C	0,0	0,0	1,04	4,26	0,01587	Argilla limosa
160	11	1,27	11,52	C	0,0	0,0	0,86	3,09	0,04545	Argilla
180	15	0,93	6,22	C	0,0	0,0	0,63	2,02	0,03333	Argilla limosa
200	18	1,40	7,78	C	0,0	0,0	0,95	2,71	0,02778	Argilla limosa
220	18	0,80	4,44	I	44,2	24,3	0,00	0,00	0,01852	Limo sabbioso
240	19	0,53	2,81	I	36,6	27,3	0,00	0,00	0,01754	Sabbia limosa
260	21	0,87	4,13	I	45,7	24,9	0,00	0,00	0,01587	Limo sabbioso
280	19	0,47	2,46	I	34,1	28,2	0,00	0,00	0,01754	Sabbia limosa
300	51	1,40	2,75	I	54,6	28,8	0,00	0,00	0,00654	Sabbia limosa
320	38	1,53	4,04	I	56,3	25,6	0,00	0,00	0,00877	Limo sabbioso
340	21	1,67	7,94	C	0,0	0,0	1,13	1,93	0,01587	Argilla limosa
360	20	1,40	7,00	C	0,0	0,0	0,95	1,52	0,01667	Argilla limosa
380	31	2,67	8,60	C	0,0	0,0	1,81	2,73	0,01075	Argilla
400	59	2,40	4,07	I	64,7	26,0	0,00	0,00	0,00565	Limo sabbioso
420	72	1,67	2,31	I	57,9	30,7	0,00	0,00	0,00463	Sabbia limosa
440	54	4,60	8,52	C	0,0	0,0	3,13	4,02	0,00617	Argilla limosa
460	61	2,20	3,61	I	63,0	27,0	0,00	0,00	0,00546	Limo sabbioso
480	51	2,60	5,10	C	0,0	0,0	1,77	2,07	0,00654	Limo argilloso
500	61	3,07	5,03	C	0,0	0,0	2,09	2,33	0,00546	Limo argilloso
520	38	2,07	5,44	C	0,0	0,0	1,41	1,51	0,00877	Limo argilloso
540	31	2,00	6,45	C	0,0	0,0	1,36	1,40	0,01075	Argilla limosa
560	30	2,20	7,33	C	0,0	0,0	1,50	1,48	0,01111	Argilla limosa
580	28	1,33	4,76	C	0,0	0,0	0,91	0,87	0,01190	Limo argilloso
600	58	2,33	4,02	I	64,1	26,1	0,00	0,00	0,00575	Limo sabbioso
620	64	7,73	12,08	C	0,0	0,0	5,26	4,68	0,00521	Argilla molle
640	292	3,33	1,14	I	70,8	39,7	0,00	0,00	0,00114	Sabbia ghiaiosa
660	500	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 : Fellicino S.r.l.
 Note :
 Indagine : VA-91-14 - Certificato di prova : 183-14
 Località : Badia a Settimo, Scandicci (PI)
 Numero prova : 2
 Data prova : 30/05/14
 Note operative :
 Profondità falda : m (cm)
 Spinta penetr. : 10 (tonn.)



Legenda

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

Ges s.n.c. - Indagini Geognostiche
 Sede: Via delle Pratelle 18/20 Montelupo E.no (PI)
 Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320425

Prova Penetrometrica Statica

Pagina n.1

Gea s.n.c. - Indagini Geognostiche

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)

Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Comittente: Pellicino S.r.l.	Indagine: VA-91-14	Certificato: 184-14	Prova n° 3
Località: Badia a Settimo, Seandicci (FI)	in data: 30/05/14		
Note sulla committenza: =			
Note relative alla prova: =			
Falda rilevata alla profondità di cm: =	Spinta del penetrometro (tonnellate):	10	

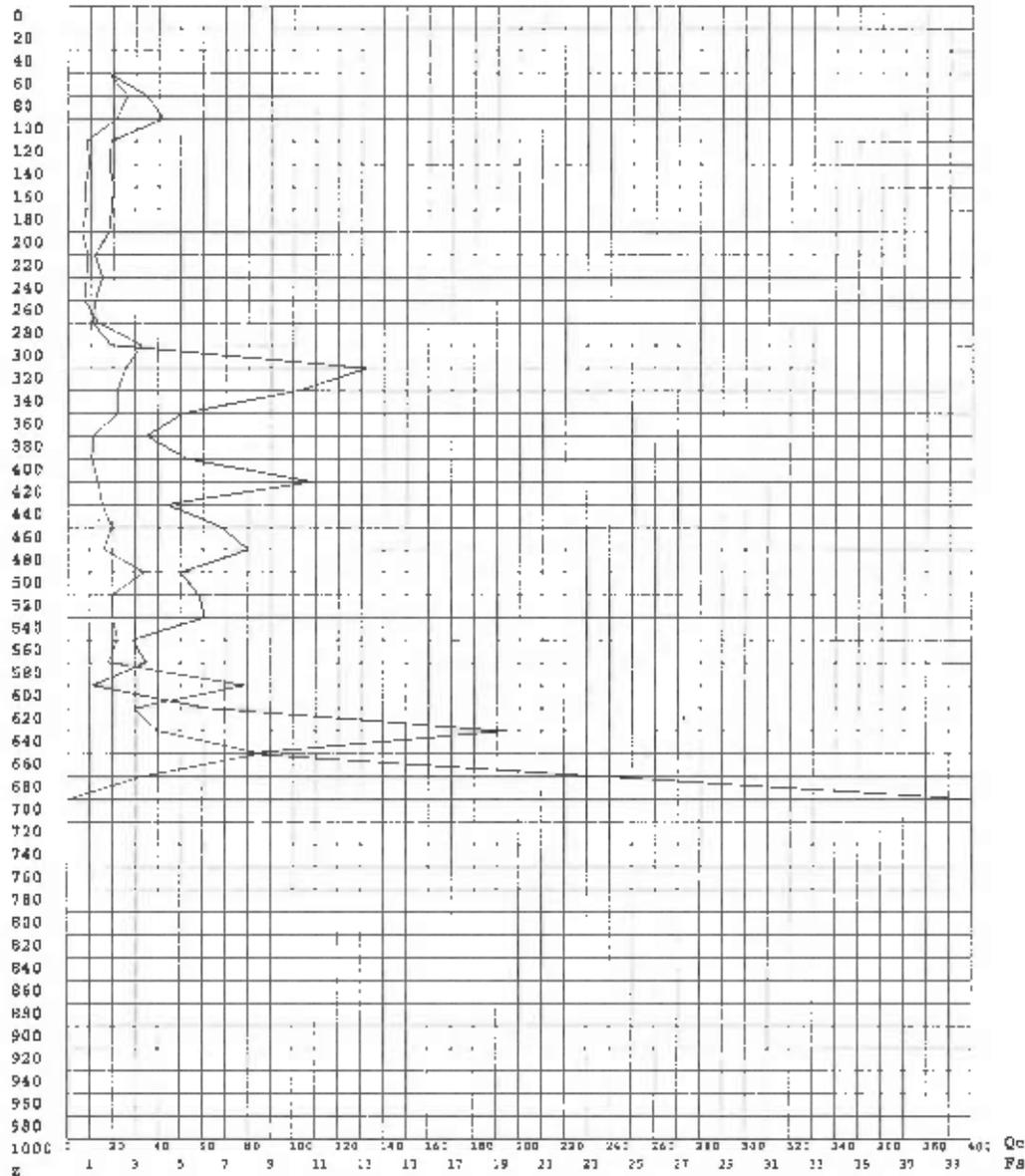
Z	Qc	Fs	Rf	Car	Dr	Fi	Cu	Cu n.	Mv	Classificazione
60	18	1,80	10,00	C	0,0	0,0	1,22	11,74	0,02778	Argilla
80	35	2,60	7,43	C	0,0	0,0	1,77	12,30	0,00952	Argilla limosa
100	42	2,13	5,08	C	0,0	0,0	1,45	7,98	0,00794	Limo argilloso
120	19	0,80	4,21	I	44,2	24,7	0,00	0,00	0,01754	Limo sabbioso
140	18	0,93	5,19	C	0,0	0,0	0,63	2,55	0,02778	Limo argilloso
160	20	0,73	3,67	I	42,5	25,6	0,00	0,00	0,01667	Limo sabbioso
180	19	0,80	4,21	I	44,2	24,7	0,00	0,00	0,01754	Limo sabbioso
200	18	0,60	3,33	I	38,8	26,1	0,00	0,00	0,01852	Limo sabbioso
220	12	0,87	7,22	C	0,0	0,0	0,59	1,55	0,04167	Argilla limosa
240	15	0,80	5,33	C	0,0	0,0	0,54	1,31	0,03333	Limo argilloso
260	12	0,73	6,11	C	0,0	0,0	0,50	1,11	0,04167	Argilla limosa
280	11	1,33	12,12	C	0,0	0,0	0,91	1,87	0,04545	Argilla molle
300	19	3,27	17,19	C	0,0	0,0	2,22	4,27	0,02632	Argilla molle
320	132	2,53	1,92	I	65,7	33,5	0,00	0,00	0,00253	Sabbia limosa
340	102	2,20	2,16	I	63,0	32,0	0,00	0,00	0,00327	Sabbia limosa
360	51	2,20	4,31	I	63,0	25,4	0,00	0,00	0,00654	Limo sabbioso
380	35	1,13	3,24	I	50,7	27,1	0,00	0,00	0,00952	Limo sabbioso
400	53	1,07	2,01	I	49,5	31,2	0,00	0,00	0,00629	Sabbia limosa
420	108	1,33	1,23	I	53,7	35,9	0,00	0,00	0,00309	Sabbia
440	44	1,53	3,48	I	56,3	26,8	0,00	0,00	0,00758	Limo sabbioso
460	68	1,93	2,84	I	60,6	29,0	0,00	0,00	0,00490	Sabbia limosa
480	80	1,60	2,00	I	57,1	32,0	0,00	0,00	0,00417	Sabbia limosa
500	50	3,40	6,80	C	0,0	0,0	2,31	2,59	0,00667	Argilla limosa
520	58	1,93	3,33	I	60,6	27,5	0,00	0,00	0,00575	Limo sabbioso
540	61	2,00	3,28	I	61,3	27,7	0,00	0,00	0,00546	Limo sabbioso
560	29	2,20	7,59	C	0,0	0,0	1,50	1,48	0,01149	Argilla limosa
580	35	1,80	5,14	C	0,0	0,0	1,22	1,17	0,00952	Limo argilloso
600	11	7,87	71,52	C	0,0	0,0	5,35	4,95	0,04545	Argilla molle
620	62	2,93	4,73	C	0,0	0,0	1,99	1,78	0,00538	Limo argilloso
640	194	4,00	2,06	I	74,2	33,9	0,00	0,00	0,00172	Sabbia limosa
660	79	8,60	10,89	C	0,0	0,0	5,85	4,88	0,00422	Argilla
680	235	3,33	1,42	I	70,8	37,1	0,00	0,00	0,00142	Sabbia
700	500	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 : Pellicino S.r.l.
 Note : ==
 Indagine : VA-91-14 - Certificato di prova : 184-14
 Località : Badia a Settimo, Scandicci (FI)
 Numero prova : 3
 Data prova : 30/05/14
 Note operative : ==
 Profondità isida : == (cm)
 Spinta penetr. : 10 (tonn.)



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)

Gea s.n.c. - Indagini Geognostiche

Sede: Via delle Pratselle 18/20 Montelupo P.no (FI)

Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7420416

Prova Penetrometrica Statica

Pagina n.1

Gea s.n.c. - Indagini Geognostiche

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montefupo F.no (FI)
Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: Pellicino S.r.l.	Indagine: VA-91-14	Certificato: 185-14	Prova n° 4
Località: Badia a Settimo, Scandicci (FI)	in data: 30/05/14		
Note sulla committenza: =			
Note relative alla prova: =			
Falda rilevata alla profondità di cm: =	Spinta del penetrometro (tonnellate): 10		

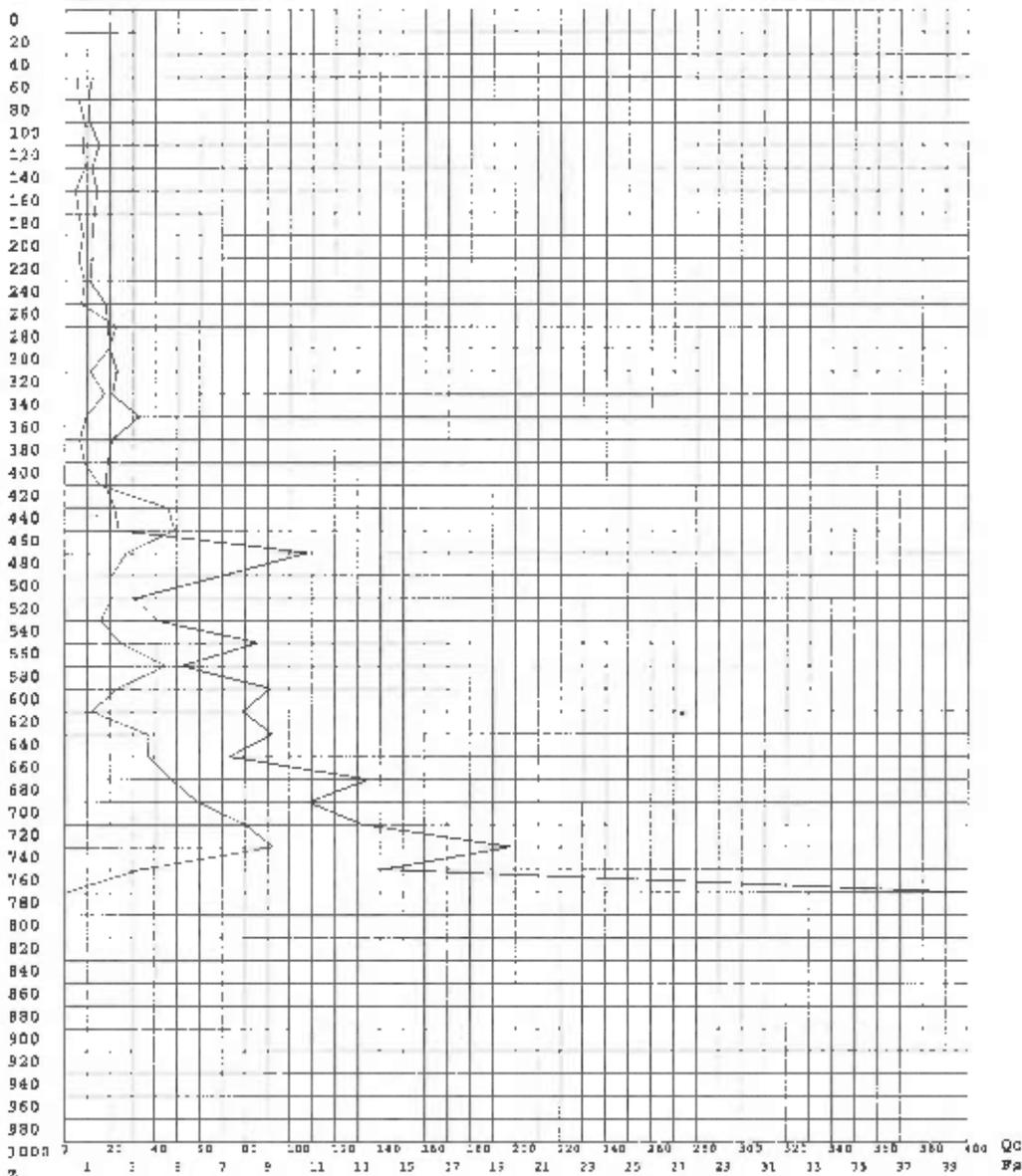
Z	Qc	Fs	Rf	Car	Dr	Fi	Cu	Cu n.	Mv	Classificazione
60	12	0,53	4,44	I	36,6	24,0	0,00	0,00	0,02778	Limo sabbioso
80	10	0,60	6,00	C	0,0	0,0	0,41	3,08	0,05000	Limo argilloso
100	11	0,87	7,88	C	0,0	0,0	0,59	3,53	0,04545	Argilla limosa
120	15	0,80	5,33	C	0,0	0,0	0,54	2,71	0,03333	Limo argilloso
140	12	0,87	7,22	C	0,0	0,0	0,59	2,51	0,04167	Argilla limosa
160	14	0,47	3,33	I	34,1	25,9	0,00	0,00	0,02381	Limo sabbioso
180	13	0,60	4,62	C	0,0	0,0	0,41	1,36	0,03846	Limo argilloso
200	12	0,80	6,67	C	0,0	0,0	0,54	1,62	0,04167	Argilla limosa
220	12	0,60	5,00	C	0,0	0,0	0,41	1,11	0,04167	Limo argilloso
240	11	0,87	7,88	C	0,0	0,0	0,59	1,46	0,04545	Argilla limosa
260	18	0,73	4,07	I	42,5	24,8	0,00	0,00	0,01852	Limo sabbioso
280	19	2,27	11,93	C	0,0	0,0	1,54	3,27	0,02632	Argilla molle
300	20	1,93	9,67	C	0,0	0,0	1,31	2,59	0,01667	Argilla
320	23	1,13	4,93	C	0,0	0,0	0,77	1,42	0,01449	Limo argilloso
340	21	1,73	8,25	C	0,0	0,0	1,18	2,03	0,01587	Argilla limosa
360	33	0,93	2,83	I	47,0	28,0	0,00	0,00	0,01010	Sabbia limosa
380	21	0,67	3,17	I	40,8	26,6	0,00	0,00	0,01587	Limo sabbioso
400	19	0,87	4,56	C	0,0	0,0	0,59	0,87	0,02632	Limo argilloso
420	18	1,53	8,52	C	0,0	0,0	1,04	1,45	0,02778	Argilla limosa
440	22	4,60	20,91	C	0,0	0,0	3,13	4,15	0,01515	Argilla molle
460	24	4,87	20,28	C	0,0	0,0	3,31	4,18	0,01389	Argilla molle
480	108	2,73	2,53	I	67,1	30,8	0,00	0,00	0,00309	Sabbia limosa
500	70	2,07	2,95	I	61,9	28,8	0,00	0,00	0,00476	Sabbia limosa
520	31	2,07	6,67	C	0,0	0,0	1,41	1,55	0,01075	Argilla limosa
540	41	1,60	3,90	I	57,1	25,9	0,00	0,00	0,00813	Limo sabbioso
560	86	2,47	2,87	I	65,2	29,3	0,00	0,00	0,00388	Sabbia limosa
580	52	4,47	8,59	C	0,0	0,0	3,04	2,98	0,00641	Argilla
600	91	2,33	2,56	I	64,1	30,3	0,00	0,00	0,00366	Sabbia limosa
620	79	1,20	1,52	I	51,7	33,5	0,00	0,00	0,00422	Sabbia
640	92	3,67	3,99	I	72,6	26,8	0,00	0,00	0,00362	Limo sabbioso
660	73	3,73	5,11	C	0,0	0,0	2,54	2,17	0,00457	Limo argilloso
680	135	4,73	3,51	I	77,4	28,4	0,00	0,00	0,00247	Limo sabbioso
700	108	5,93	5,49	C	0,0	0,0	4,03	3,24	0,00309	Limo argilloso
720	132	8,00	6,06	C	0,0	0,0	5,44	4,23	0,00253	Limo argilloso
740	198	9,27	4,68	C	0,0	0,0	6,30	4,76	0,00168	Limo argilloso
760	141	3,33	2,36	I	70,8	31,9	0,00	0,00	0,00236	Sabbia limosa
780	500	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 : Felicino S.r.l.
 Note : ==
 Indagine : VA-91-14 - Certificato di prova : 189-14
 Località : Badia a Sattimo, Scandicci (FI)
 Numero prova : 14
 Data prova : 30/05/14
 Note operative : ==
 Profondità falda : -- (cm)
 Spinta penetr. : 15 (tonn.)



Legenda

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

Ges s.n.c. - Endagini Geognostiche
 Sede: Via delle Pratelle 18/20 Montelupo P.no (FI)
 Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7920415

Prova Penetrometrica Statica

Pagina n.1

Gea s.n.c. - Indagini Geognostiche

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)
Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: Pellicino S.r.l.	Indagine: VA-91-14	Certificato: 186-14	Prova n° 5
Località: Badia a Settimo, Scandicci (FI)	in data: 30/05/14		
Note sulla committenza: =			
Note relative alla prova: =			
Falda rilevata alla profondità di cm: =	Spinta del penetrometro (tonnellate): 10		

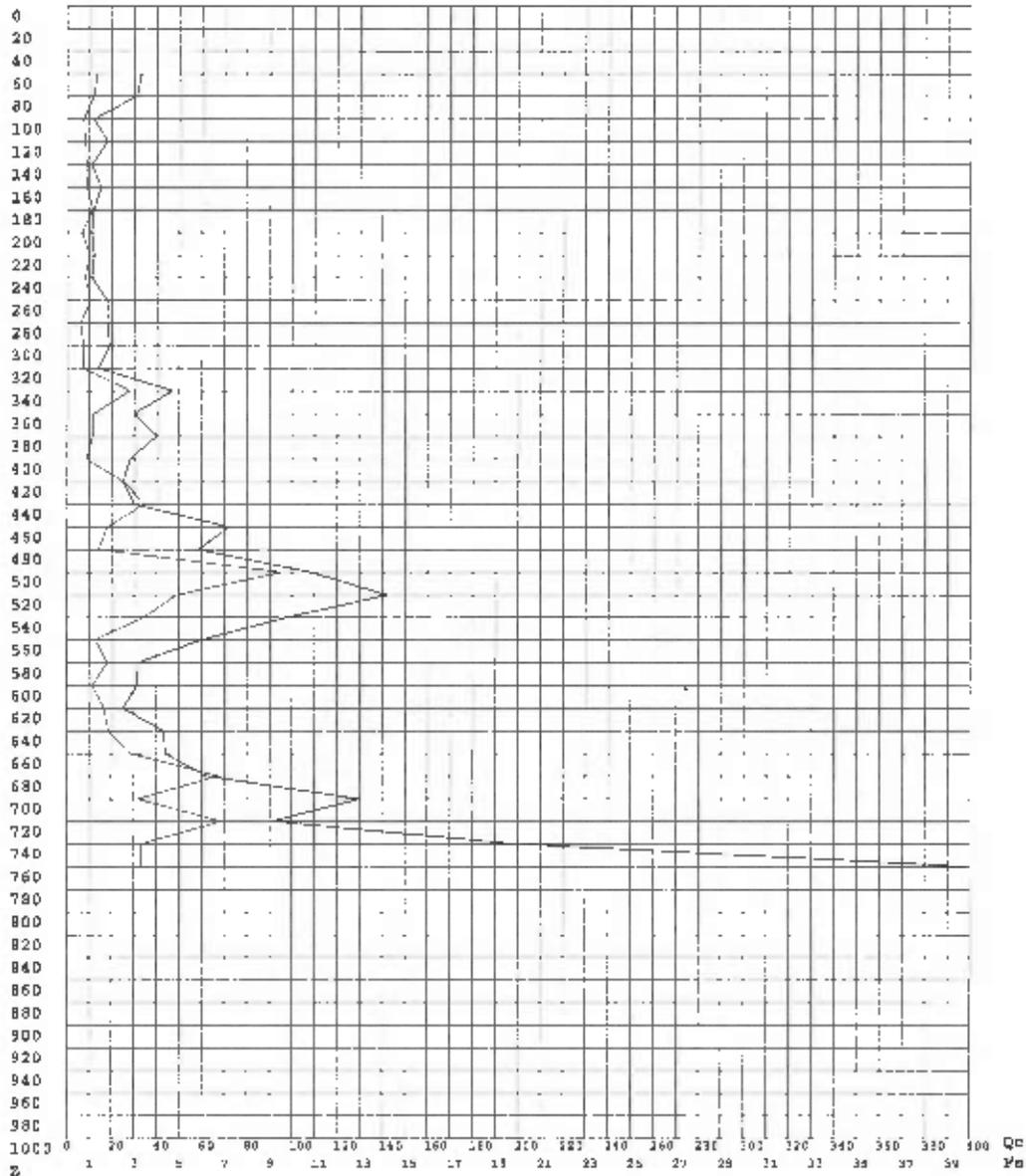
Z	Qc	Fs	Rf	Car	Dr	Fi	Cu	Cu n.	Mv	Classificazione
60	33	1,33	4,04	I	53,7	25,4	0,00	0,00	0,01010	Limo sabbioso
80	31	1,20	3,87	I	51,7	25,7	0,00	0,00	0,01075	Limo sabbioso
100	12	0,73	6,11	C	0,0	0,0	0,50	2,87	0,04167	Argilla limosa
120	18	0,80	4,44	I	44,2	24,3	0,00	0,00	0,01852	Limo sabbioso
140	11	0,87	7,88	C	0,0	0,0	0,59	2,15	0,04545	Argilla limosa
160	15	0,87	5,78	C	0,0	0,0	0,59	2,15	0,03333	Limo argilloso
180	12	1,13	9,44	C	0,0	0,0	0,77	2,50	0,04167	Argilla
200	11	0,67	6,06	C	0,0	0,0	0,45	1,33	0,04545	Limo argilloso
220	12	1,00	8,33	C	0,0	0,0	0,68	1,81	0,04167	Argilla limosa
240	11	0,80	7,27	C	0,0	0,0	0,54	1,32	0,04545	Argilla limosa
260	18	1,07	5,93	C	0,0	0,0	0,73	1,63	0,02778	Limo argilloso
280	18	0,60	3,33	I	38,8	26,1	0,00	0,00	0,01852	Limo sabbioso
300	19	0,73	3,86	I	42,5	25,2	0,00	0,00	0,01754	Limo sabbioso
320	14	0,73	5,24	C	0,0	0,0	0,50	0,92	0,03571	Limo argilloso
340	47	2,80	5,96	C	0,0	0,0	1,90	3,27	0,00709	Limo argilloso
360	30	1,20	4,00	I	51,7	25,4	0,00	0,00	0,01111	Limo sabbioso
380	40	1,13	2,83	I	50,7	28,2	0,00	0,00	0,00833	Sabbia limosa
400	28	0,87	3,10	I	45,7	27,1	0,00	0,00	0,01190	Sabbia limosa
420	25	2,53	10,13	C	0,0	0,0	1,72	2,39	0,01333	Argilla
440	30	3,40	11,33	C	0,0	0,0	2,31	3,05	0,01111	Argilla
460	72	1,80	2,50	I	59,3	30,1	0,00	0,00	0,00463	Sabbia limosa
480	58	1,40	2,41	I	54,6	30,0	0,00	0,00	0,00575	Sabbia limosa
500	108	9,53	8,83	C	0,0	0,0	6,48	7,46	0,00309	Argilla
520	142	4,87	3,43	I	77,9	28,7	0,00	0,00	0,00235	Limo sabbioso
540	98	3,47	3,54	I	71,5	27,8	0,00	0,00	0,00340	Limo sabbioso
560	60	1,27	2,11	I	52,7	31,1	0,00	0,00	0,00556	Sabbia limosa
580	32	1,80	5,63	C	0,0	0,0	1,22	1,20	0,01042	Limo argilloso
600	31	1,13	3,66	I	50,7	26,1	0,00	0,00	0,01075	Limo sabbioso
620	25	1,67	6,67	C	0,0	0,0	1,13	1,04	0,01333	Argilla limosa
640	43	1,87	4,34	I	60,0	25,2	0,00	0,00	0,00775	Limo sabbioso
660	44	2,87	6,52	C	0,0	0,0	1,95	1,67	0,00758	Argilla limosa
680	62	6,73	10,86	C	0,0	0,0	4,58	3,79	0,00538	Argilla
700	130	3,13	2,41	I	69,7	31,6	0,00	0,00	0,00256	Sabbia limosa
720	91	6,87	7,55	C	0,0	0,0	4,67	3,63	0,00366	Argilla limosa
740	198	3,33	1,68	I	70,8	35,6	0,00	0,00	0,00168	Sabbia limosa
760	500	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	: Fellicino S.r.l.
Note	: ---
Indagine	: VA-91-14 - Certificato di prova : 186-14
Località	: Badia a Settimo, Scandicci (FI)
Numero prova	: 5
Data prova	: 30/05/14
Note operative	: ---
Profondità falda	: --- (cm)
Spinta penetz.	: 120 (tonn.)



Legenda

Ancisse : Q_c - lettura punta (in Kg/cm^2 - tratto grafico marcato);
 : F_s - resistenza unitaria strito laterale (in Kg/cm^2)
 Ordinata: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

Tea s.n.c. - Indagini Geognostiche
 Sede: Via delle Pratella 18/20 Montalupo P.no (PI)
 Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320425

RACCOLTA RISULTATI DI PROVA

Dal n°125 al n°126/2019 emessi ad Arezzo il 17-10-2019

Sigla Commessa: **46/19**

Committente: **Pellicino s.r.l.**

Categoria: **Sondaggi geognostici**

Cantiere: **Via del Pellicino Loc. Badia a Settimo – Scandicci (FI)**

Nelle pagine seguenti sono riportati:

- Le date di esecuzione delle prove;
- Il tipo di esperienza o di installazione eseguita;
- I risultati ottenuti.

Questa raccolta consta di n°6 fogli esclusa la copertina

Il Responsabile di sito
Geol. D. Senesi

Il Direttore Tecnico
Ing. M. Goretti

Conc. Min. Infr. e Trasp. con Decreto n°5950 del 15/06/2011 Settore C

Cantiere: Via del Pellicino Loc. Badia a Settimo - Scandicci (FI)

Committente: Pellicino s.r.l.

Data inizio perforazione: 14-10-2019

Data fine perforazione: 14-10-2019

Sondaggio: S1

Richiedente: Geol. D. Senesi

Lunghezza (m): 15.0

Scala grafica: 1:100

Inclinazione (°):

Profondità (m)	Quota (m.s.l.m)	Litologia	Descrizione litologica	Campioni	S.P.T.	Pocket Penetrometer (KPa)				Pocket Vane Test (KPa)				Piezometro Livello/i piez.
						100	200	300	400	50	100	150	200	
0.5			Limo sabbioso argilloso con resti vegetali marrone scuro (Terreno vegetale)						400					
1.6			Limo argilloso sabbioso con passaggi di limo con sabbia					300		100				
2.5			Limo sabbioso debolm. argilloso marrone con striat. nerastre	SPT	1.5 m 4-6-8									
				c.i.										
5.5			Sabbia media e medio-grossa ghiaiosa e debolm. ghiaiosa, debolm. limosa, con clasti Dmed 2-3 cm, marrone (clasti 0-40%)	SPT	5.0 m 7-17-24									
			Ghiaia eterometrica con ciottoli, con clasti eterogenei, arrotondanti, Dmax>10 cm, Dmed 3-5 cm, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa marrone, verdastra dopo 11 m (clasti 70-90%)	SPT	8.0 m 9-11-15									
13.0								270		152				
13.6			Argilla con limo debolm. ghiaiosa e ghiaiosa fine, avana-verdastra con clasti Dmed 0.5 cm (clasti 0-20%)						350		176			
			Argilla limosa avana e verdastra											
15.0								330		172				

Ubicazione (WS84)
 Latitudine: 43°46'53.67"N
 Longitudine: 11°09'04.86"E

Diametro perforazione (mm): 101

Diametro rivestimenti (mm): 127

Macchina perforatrice: Comacchio MC900

Metodo di perforazione: aste e carotieri

Responsabile di sito: Geol. D. Senesi

Direttore laboratorio: Ing. M. Goretti

Note: al termine della perforazione il foro di sondaggio è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto e condizionato come nello schema riportato

n° pagine : 1

Pagina 1

Conc. Min. Infr. e Trasp. con Decreto n°5950 del 15/06/2011 Settore C

Cantiere: Via del Pellicino Loc. Badia a Settimo - Scandicci (FI)

Committente: Pellicino s.r.l.

Data inizio perforazione: 15-10-2019

Data fine perforazione: 15-10-2019

Sondaggio: S2

Richiedente: Geol. D. Senesi

Lunghezza (m): 15.0

Scala grafica: 1:100

Inclinazione (°):

Profondità (m)	Quota (m.s.l.m)	Litologia	Descrizione litologica	Campioni	S.P.T.	Pocket Penetrometer (KPa)				Pocket Vane Test (KPa)				Piezometro Livello/i piez.
						100	200	300	400	50	100	150	200	
0.5			Elementi litoidi eterogenei e frammenti di laterizio, eterometrici, in abbondante matrice sabbioso-limoso marrone (Terreno di riporto)											
1.1			Limo sabbioso con sabbia debolm. argilloso marrone				200							
1.8			Limo argilloso debolm. sabbioso marrone	c.i.										
2.2			Limo sabbioso debolm. argilloso marrone				140			72				
3.0			Limo argilloso e con argilla debolm. sabbioso e sabbioso, marrone	SPT	3.0 m									
			Limo sabbioso e con sabbia argilloso marrone		3-4-4									
			Sabbia media e medio-grossa debolm. ghiaiosa raramente ghiaiosa, debolm. limosa, con clasti Dmed 2-3 cm, marrone (clasti 0-20%)											
5.3			Ghiaia eterometrica con rari ciottoli , con clasti eterogenei, arrotondanti, Dmax>10 cm, Dmed 3-4 cm, in matrice sabbiosa e sabbioso-limoso marrone, grigio-verdastra parte bassa (clasti 70-90%)	SPT	7.0 m									
					15-13-11									
				SPT	11.0 m									
					6-4-5									
13.0			Argilla limosa e con limo a tratti debolm. sabbiosa, grigia, avana e verdastra, a tratti debolm. ghiaiosa fine					270			136			
								300			156			
15.0								280			144			

Ubicazione (WS84)
 Latitudine: 43°46'54.47"N
 Longitudine: 11°09'05.89"E

Diametro perforazione (mm): 101

Diametro rivestimenti (mm): 127

Macchina perforatrice: Comacchio MC900

Metodo di perforazione: aste e carotieri

Responsabile di sito: Geol. D. Senesi

Note: al termine della perforazione il foro di sondaggio è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto e condizionato come nello schema riportato

Direttore laboratorio: Ing. M. Goretti

n° pagine : 1

Pagina 1

Ubicazione sondaggi



Documentazione fotografica



Sondaggio S1



Sondaggio S2



S1 c1 p.c. – 5.0 m



S1 c2 5.0 m – 10.0 m



S1 c3 10.0 m – 15.0 m



S2 c1 p.c. – 5.0 m



S2 c2 5.0 m – 10.0 m



S2 c3 10.0 m – 15.0 m



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. 1868-1872/2019

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

DATA ESECUZIONE PROVE: 21/10/19 - 06/12/19

CAMPIONI:

S1C1 profondità 2.2 - 2.6 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. Lorenza Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1868/2019

CAMPIONE S1C1 profondità 2.2 - 2.6 m	Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019
COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.	V.A. n. 185/19 del 18/10/19
LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)	Data apertura campione: 21/10/19

Descrizione del campione

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

0 - 29 cm: limo argilloso sabbioso duro (disseccato)

colore giallo oliva

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



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

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi

✓

✓



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Coloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1868/2019

CAMPIONE S1C1 profondità 2.2 - 2.6 m

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

Data prova: 08/11/19 - 18/11/19

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

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

Contenuto d'acqua (W_n) = 17.37%

Limite di liquidità (LL) = 50%

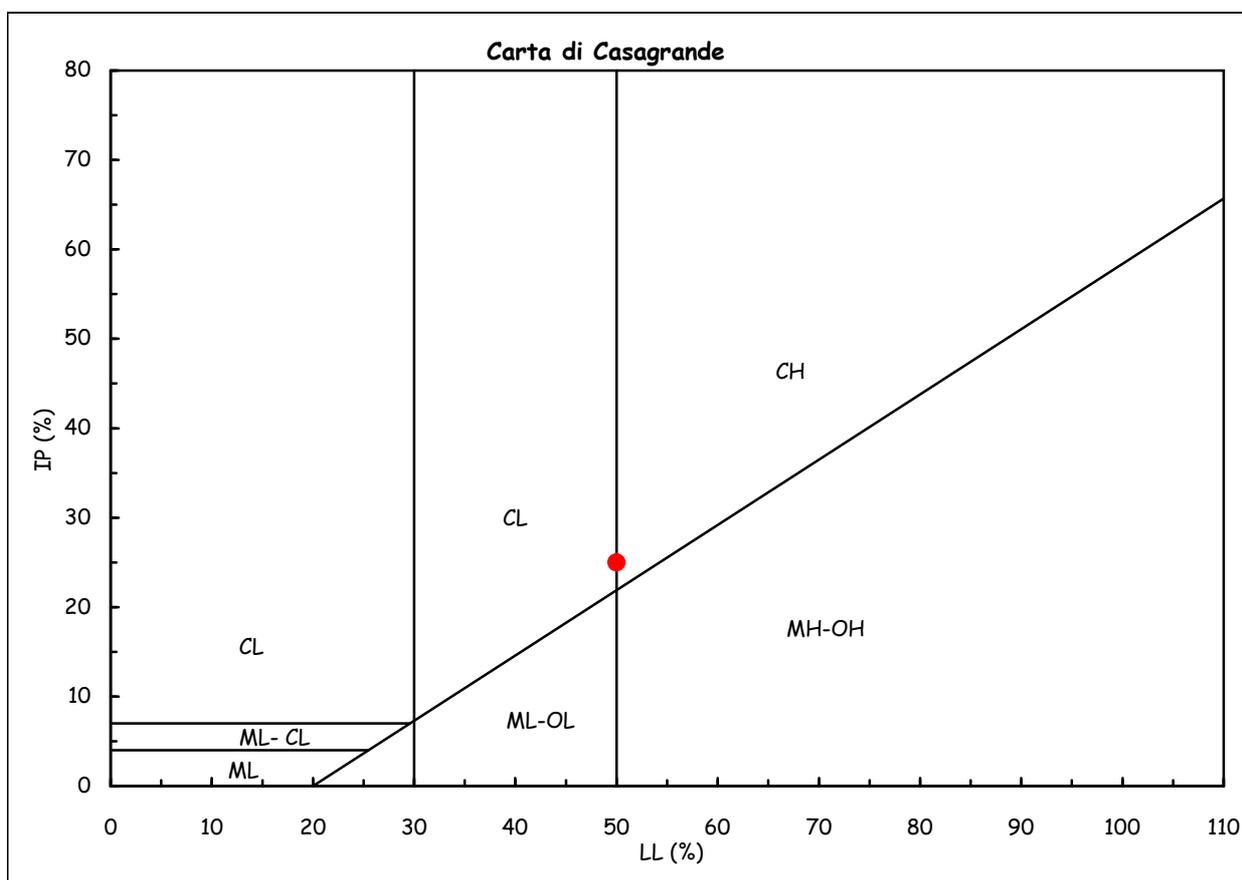
Limite di plasticità (LP) = 25%

Indice di plasticità (IP) = 25%

Indice di consistenza (I_c) = 1.31

Indice di attività (I_{at}) = 0.87

CL = argille inorganiche di
media plasticità



Classificazione UNI 10006

Gruppo: A7-6

Indice di gruppo: 16

Lo sperimentatore
Geol. Lorenza Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1869/2019****CAMPIONE S1C1** profondità 2.2 - 2.6 m

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

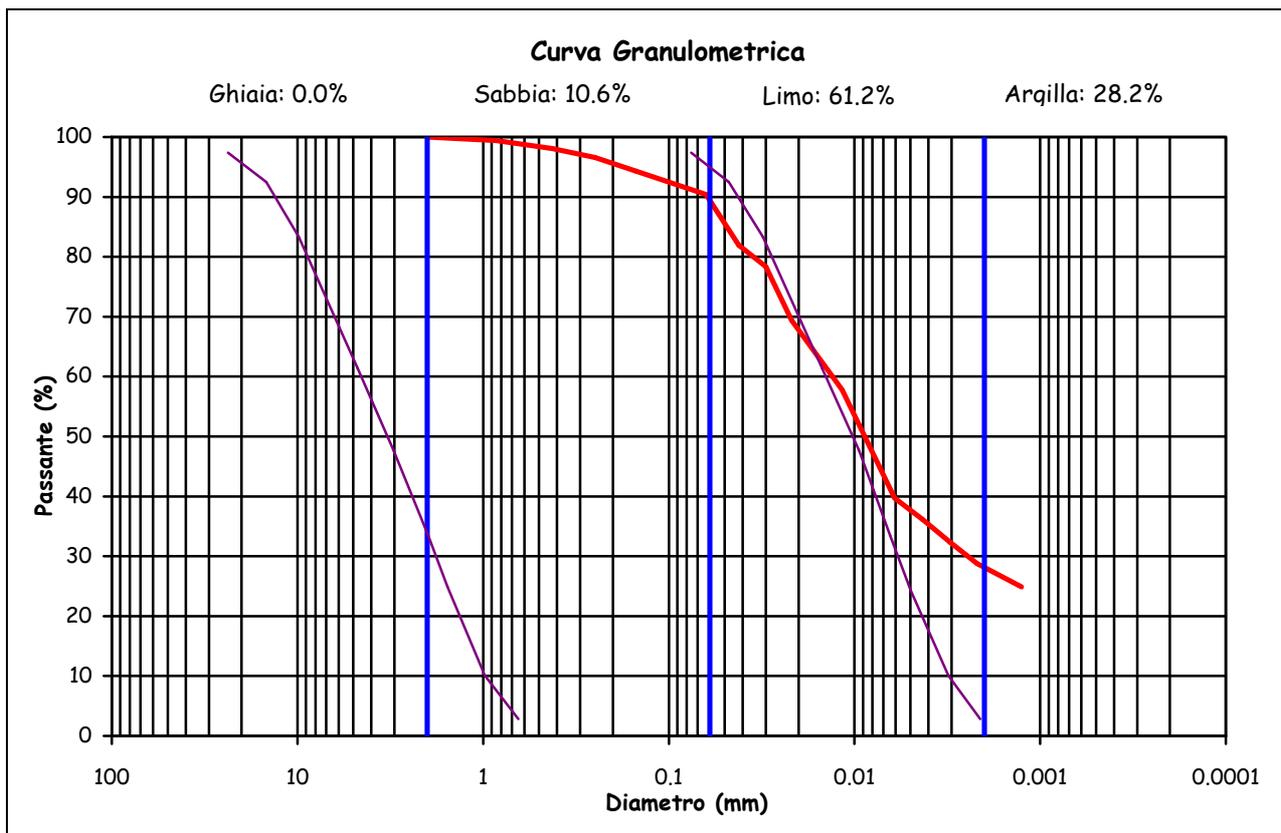
V.A. n. 185/19 del 18/10/19

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

Data prova: 08/11/19 - 19/11/19

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 (%)
2	100	0.0419	81.9
0.850	99.4	0.0300	78.3
0.425	98.1	0.0218	69.4
0.250	96.6	0.0116	57.8
0.150	94.3	0.0061	39.7
0.063	90.4	0.0043	36.1
		0.0031	32.4
		0.0022	28.8
		0.0013	24.9



Definizione secondo A.G.I.:

Limo con argilla sabbioso

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

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



CERTIFICATO DI PROVA N.1869/2019

CAMPIONE S1C1 profondità 2.2 - 2.6 m

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

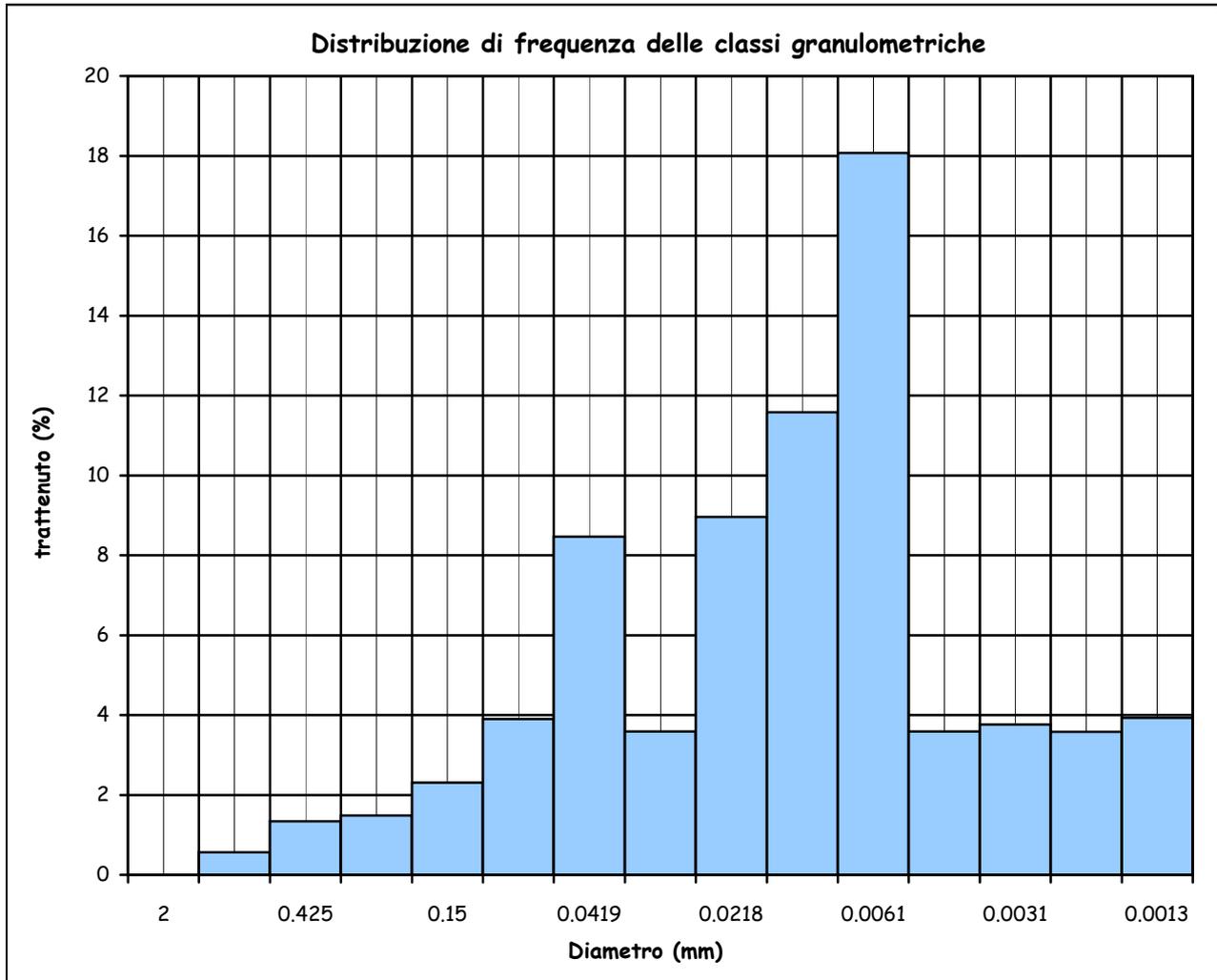
COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

Data prova: 08/11/19 - 19/11/19

Analisi granulometrica



Coefficiente di uniformità (Cu) = -

Coefficiente di curvatura (Cc) = -

Mediana 0.0092

Moda 0.0061

Lo sperimentatore



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1870/2019

CAMPIONE S1C1 profondità 2.2 - 2.6 m	Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019
COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.	V.A. n. 185/19 del 18/10/19
LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)	Data prova: 04/12/19 - 06/12/19

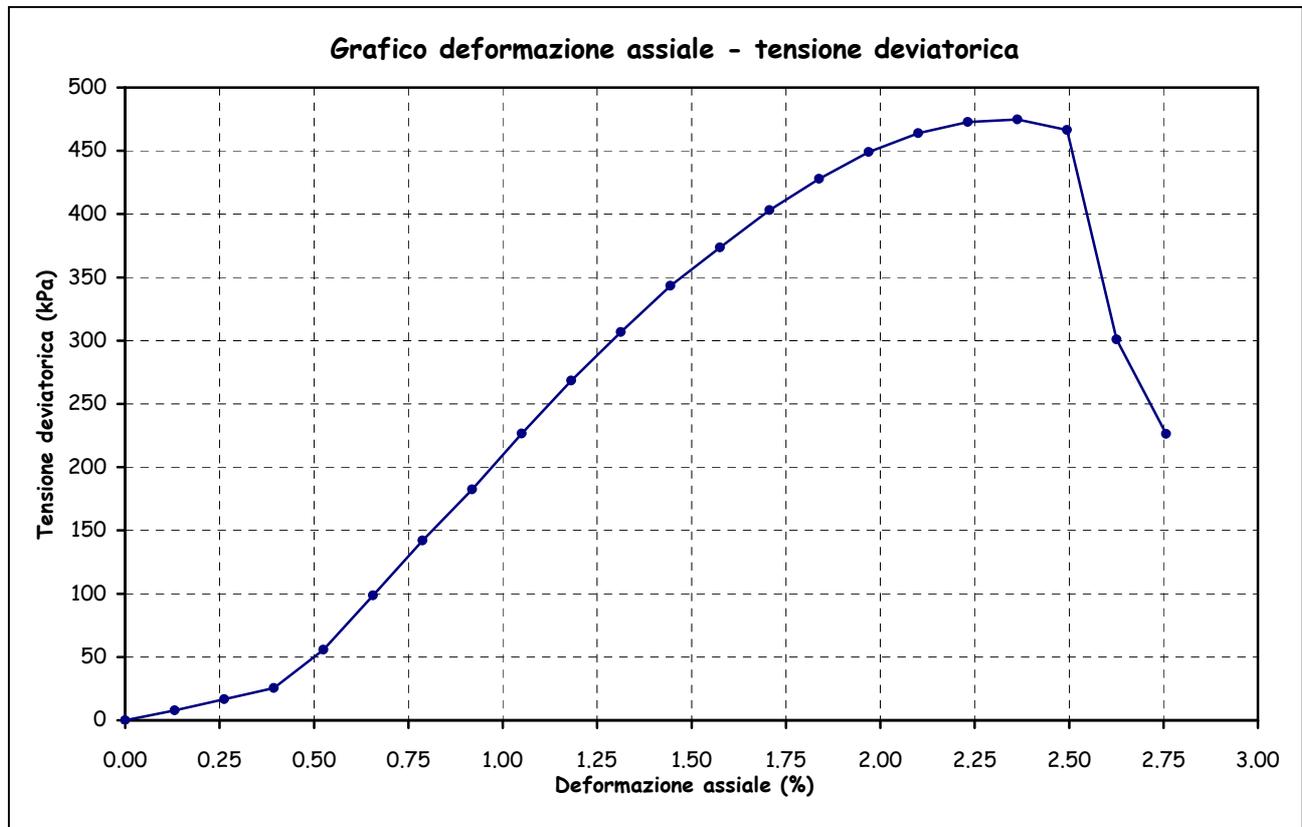
Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

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)	17.6	Sigma a rottura (kPa)	474.7
Peso di volume secco (kN/m ³)	15.2	Coesione non drenata (kPa)	237.3
Contenuto d'acqua (%)	15.70	Modulo elastico	32381
Vel. def. (mm/min)	1.27	tangente iniziale (kPa)	

ϵ (%)	σ (kPa)	ϵ (%)	σ (kPa)	ϵ (%)	σ (kPa)
0.13	7.7	1.31	306.8	2.49	466.5
0.26	16.6	1.44	343.5	2.63	300.9
0.39	25.4	1.58	373.7	2.76	226.3
0.53	55.7	1.71	403.1		
0.66	98.7	1.84	428.0		
0.79	142.1	1.97	449.0		
0.92	182.3	2.10	463.9		
1.05	226.5	2.23	472.7		
1.18	268.3	2.36	474.7		



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Cgloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1871/2019**

CAMPIONE S1C1 profondità 2.2 - 2.6 m	Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019
COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.	V.A. n. 185/19 del 18/10/19
LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)	Data prova: 21/10/19 - 04/11/19

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)	19.921	18.397
Volume (cmc)	40.240	37.162
Peso di volume naturale (kN/m ³)	16.4	19.8
Peso di volume secco (kN/m ³)	14.4	15.6
Contenuto d'acqua (%)	14.04	26.87

Pressione (kPa)	Cedimento (%)	Mv (m ² /kN)
6.1	0.000	--
12.1	0.000	0.0000000
24.3	0.000	0.0000000
48.6	0.000	0.0000000
97.1	0.000	0.0000000
194.2	0.818	0.0000843
388.4	2.811	0.0001026
776.8	6.930	0.0001060
1553.6	11.771	0.0000623
388.4	10.858	0.0000078
97.1	9.339	0.0000521
24.3	7.650	0.0002319

Lo sperimentatore



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

Pag. 2 di 4

CERTIFICATO DI PROVA N.1871/2019

CAMPIONE S1C1 profondità 2.2 - 2.6 m

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

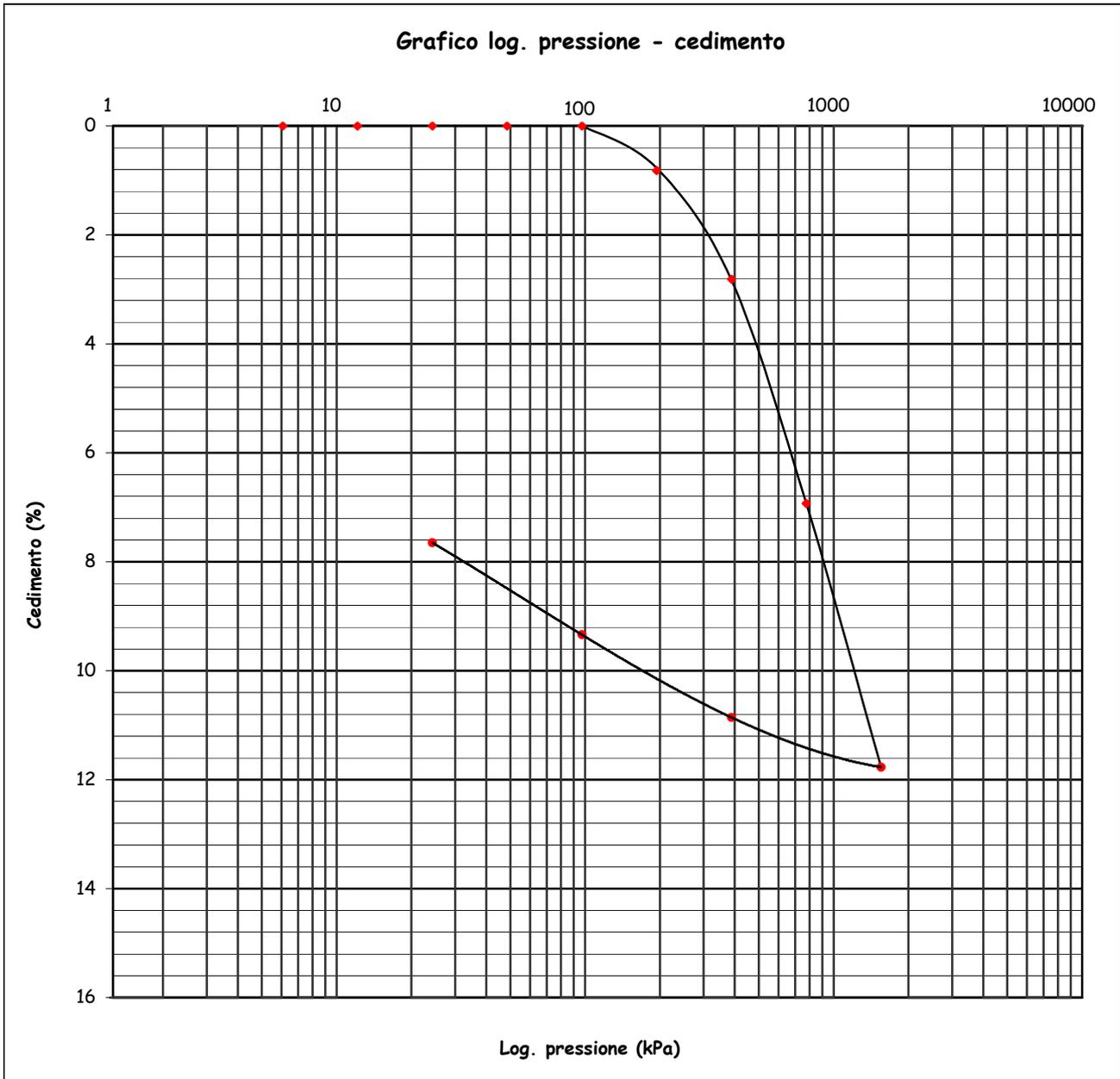
COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

Data prova: 21/10/19 - 04/11/19

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



Lo sperimentatore



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1871/2019**

CAMPIONE S1C1 profondità 2.2 - 2.6 m	Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019
COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.	V.A. n. 185/19 del 18/10/19
LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)	Data prova: 21/10/19 - 04/11/19

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

carico da 97.1 a 194.2 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)
0.10	214.00
0.13	217.00
0.17	220.00
0.20	221.00
0.25	223.00
0.33	225.00
0.50	228.00
0.75	231.00
1.00	233.00
1.50	237.00
2.00	239.00
3.00	241.00
4.00	244.00
6.00	246.00
8.00	248.00
11.50	250.00
15.00	252.00
22.50	255.00
30.00	258.00
45.00	262.00
60.00	265.00
90.00	272.00
120.00	276.00
180.00	282.00
240.00	286.00
360.00	290.00
480.00	295.00
720.00	298.00
960.00	299.00
1200.00	301.00
1410.00	303.00

carico da 194.2 a 388.4 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)
0.10	532.00
0.13	542.00
0.17	549.00
0.20	555.00
0.25	562.00
0.33	570.00
0.50	582.00
0.75	594.00
1.00	601.00
1.50	612.00
2.00	619.00
3.00	629.00
4.00	636.00
6.00	646.00
8.00	652.00
11.50	661.00
15.00	667.00
22.50	676.00
30.00	683.00
45.00	692.00
60.00	698.00
90.00	706.00
120.00	712.00
180.00	721.00
240.00	727.00
360.00	733.00
480.00	738.00
720.00	746.00
960.00	750.00
1200.00	754.00
1410.00	757.00

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1871/2019

CAMPIONE S1C1 profondità 2.2 - 2.6 m

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

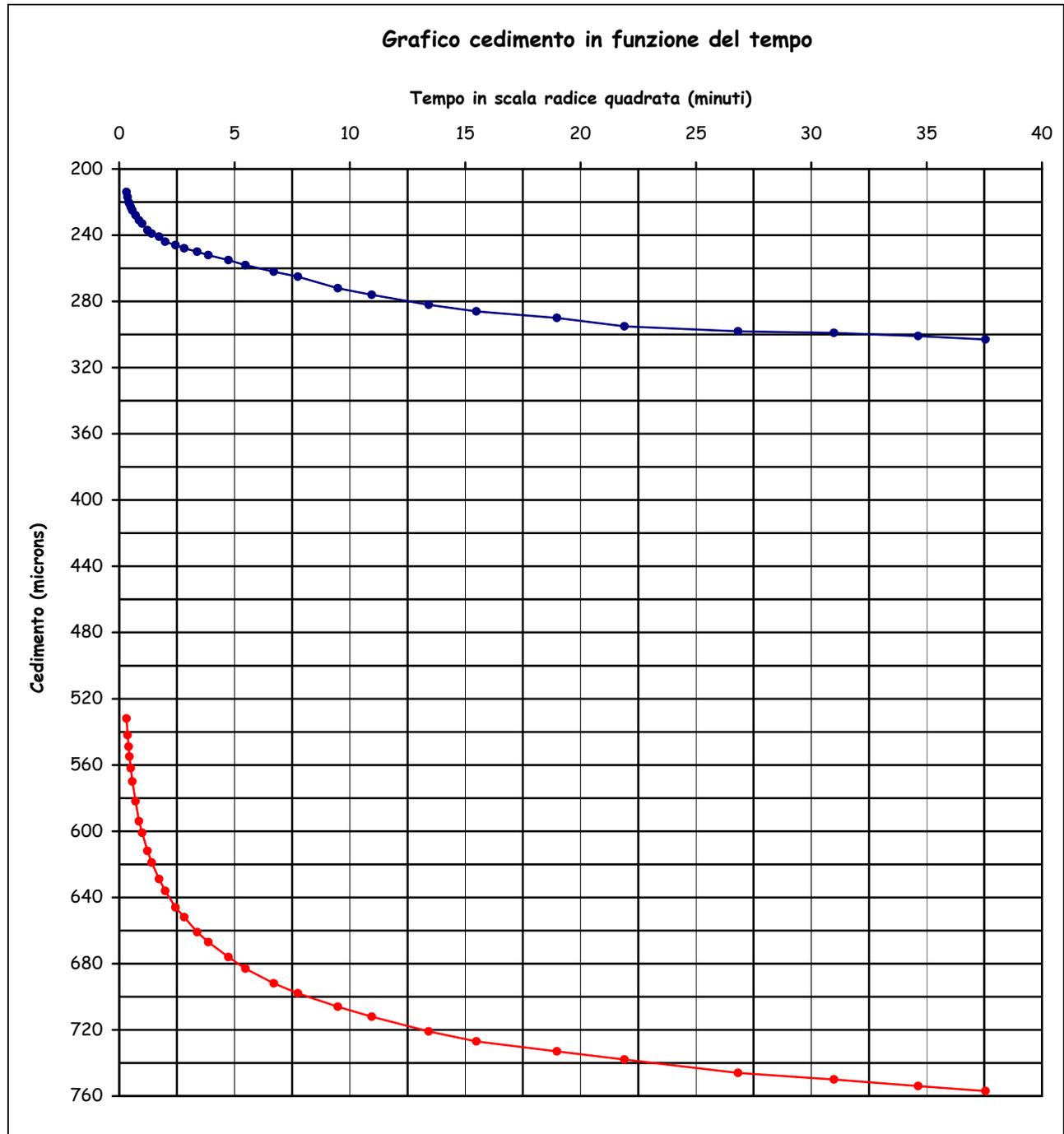
COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

Data prova: 21/10/19 - 04/11/19

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



Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambacci



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1872/2019**

CAMPIONE S1C1 profondità 2.2 - 2.6 m	Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019
COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.	V.A. n. 185/19 del 18/10/19
LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)	Data prova: 21/10/19 - 04/11/19

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)	16.3	15.8	16.4
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	20.3	19.3	20.2
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	14.1	13.6	14.1
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	15.4	14.4	15.4
Contenuto d'acqua iniziale (%)	15.06	16.40	16.56
Contenuto d'acqua finale (%)	31.42	33.80	31.15
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0015	0.0015	0.0015
Sigma (kPa)	73.6	171.6	196.1
Tau a rottura (kPa)	51.3	92.3	104.7

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento (mm)	Tau (kPa)	Scorrimento (mm)	Tau (kPa)	Scorrimento (mm)	Tau (kPa)
0.05	11.0	0.08	13.2	0.06	15.4
0.11	17.9	0.14	21.8	0.14	25.1
0.18	22.6	0.27	32.3	0.24	35.6
0.27	27.9	0.36	38.6	0.37	44.7
0.37	32.0	0.53	47.5	0.49	52.4
0.48	35.9	0.65	52.7	0.64	59.6
0.61	39.5	0.85	58.5	0.81	66.3
0.74	41.9	1.04	63.5	1.00	72.9
0.89	43.9	1.25	67.9	1.20	77.9
1.05	46.1	1.47	72.1	1.40	82.8
1.23	47.7	1.72	75.7	1.65	87.3
1.43	48.8	1.99	79.0	1.91	91.1
1.64	50.0	2.26	81.5	2.19	94.7
1.84	50.2	2.55	83.4	2.48	97.8
2.09	50.2	2.89	86.4	2.79	100.3
2.31	50.5	3.21	89.2	3.09	101.4
2.57	51.1	3.57	90.6	3.46	103.3
2.84	51.3	3.94	92.3	3.81	104.7
3.11	51.1	4.32	91.1	4.16	104.4
3.36	51.1	4.68	90.9	4.54	104.7
3.64	51.3	5.05	91.4	4.91	103.6

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1872/2019

CAMPIONE S1C1 profondità 2.2 - 2.6 m

COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

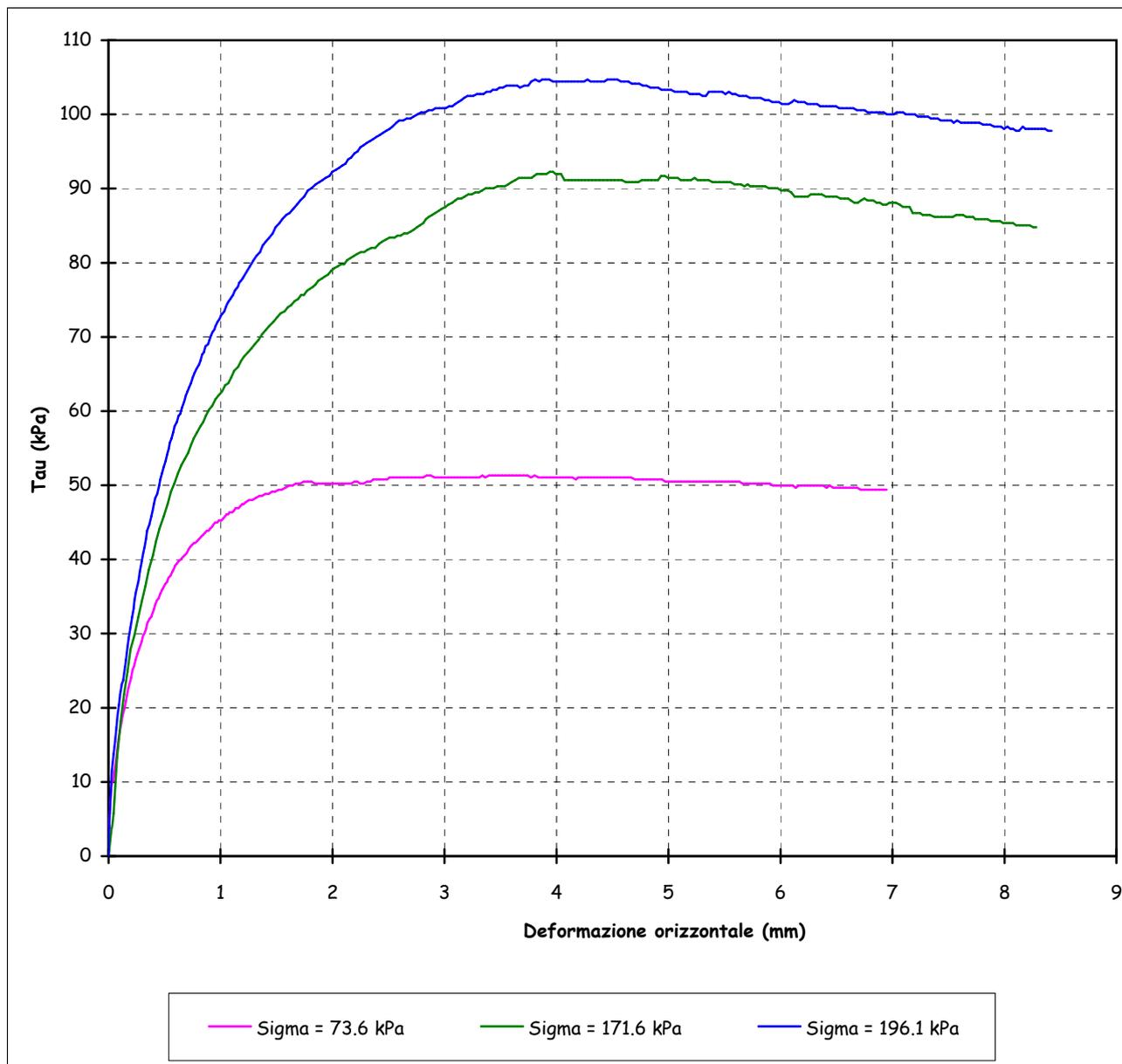
Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

Data prova: 21/10/19 - 04/11/19

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

Grafico deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore



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: Pellicino s.r.l.

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1868-1872/2019

CAMPIONE	S1C1
Profondità metri	2.2 - 2.6
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	17.37
Limite liquido (%)	50
Limite plastico (%)	25
Indice di plasticità (%)	25
Indice di consistenza	1.31
Indice di attività	0.87
Classificaz. Casagrande	CL
Granulometria	
Ghiaia (%)	0.0
Sabbia (%)	10.6
Limo (%)	61.2
Argilla (%)	28.2
Classificazione UNI 10006	
Gruppo	A7-6
Indice di gruppo	16
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	16.5
Peso volume secco (kN/m ³)	14.3
Prova di Compressione E.L.L.	
Coesione non drenata, C_u (kPa)	237.3
Modulo elastico tangente iniziale, E_{ti} (kPa)	32381
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	19.4
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	23.3
Prova edometrica	
Rapporto di ricomprensione, R_r	0.02718
Rapporto di compressione, R_c	0.14883
Rapporto di rigonfiamento, R_s	0.02664
Pressione di preconsolidazione, σ'_{vmax} (kPa)	265
C_v (cm ² /sec)	4.7318E-02
K (cm/sec)	8.189E-08
C_v (cm ² /sec)	2.4244E-02
K (cm/sec)	6.645E-08





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. 1873-1877/2019

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

DATA ESECUZIONE PROVE: 21/10/19 - 05/11/19

CAMPIONI:

S2C1 profondità 1.5 - 2.0 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. Lorenza Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1873/2019

CAMPIONE S2C1 profondità 1.5 - 2.0 m

COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

Data apertura campione: 21/10/19

Descrizione del campione

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

0 - 28 cm: limo argilloso sabbioso consistente - molto consistente
colore giallo oliva

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



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

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore
Geol. Lorenza Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1873/2019****CAMPIONE S2C1** profondità 1.5 - 2.0 m

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

Data prova: 23/10/19 - 31/10/19

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

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

Contenuto d'acqua (W_n) = 16.30%

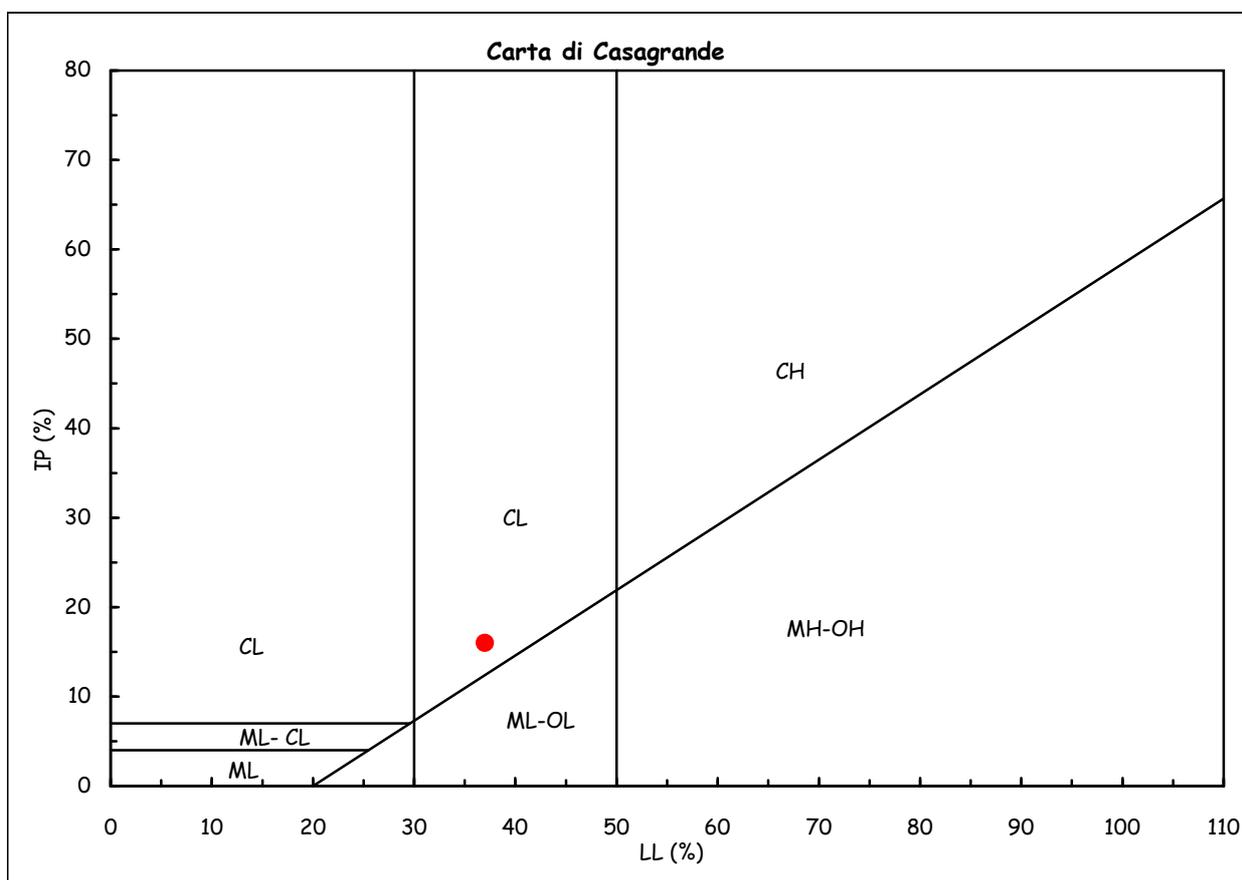
Limite di liquidità (LL) = 37%

Limite di plasticità (LP) = 21%

Indice di plasticità (IP) = 16%

Indice di consistenza (I_c) = 1.29Indice di attività (I_{at}) = 0.82

CL = argille inorganiche di
media plasticità

**Classificazione UNI 10006**

Gruppo: A6

Indice di gruppo: 10

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



CERTIFICATO DI PROVA N.1874/2019

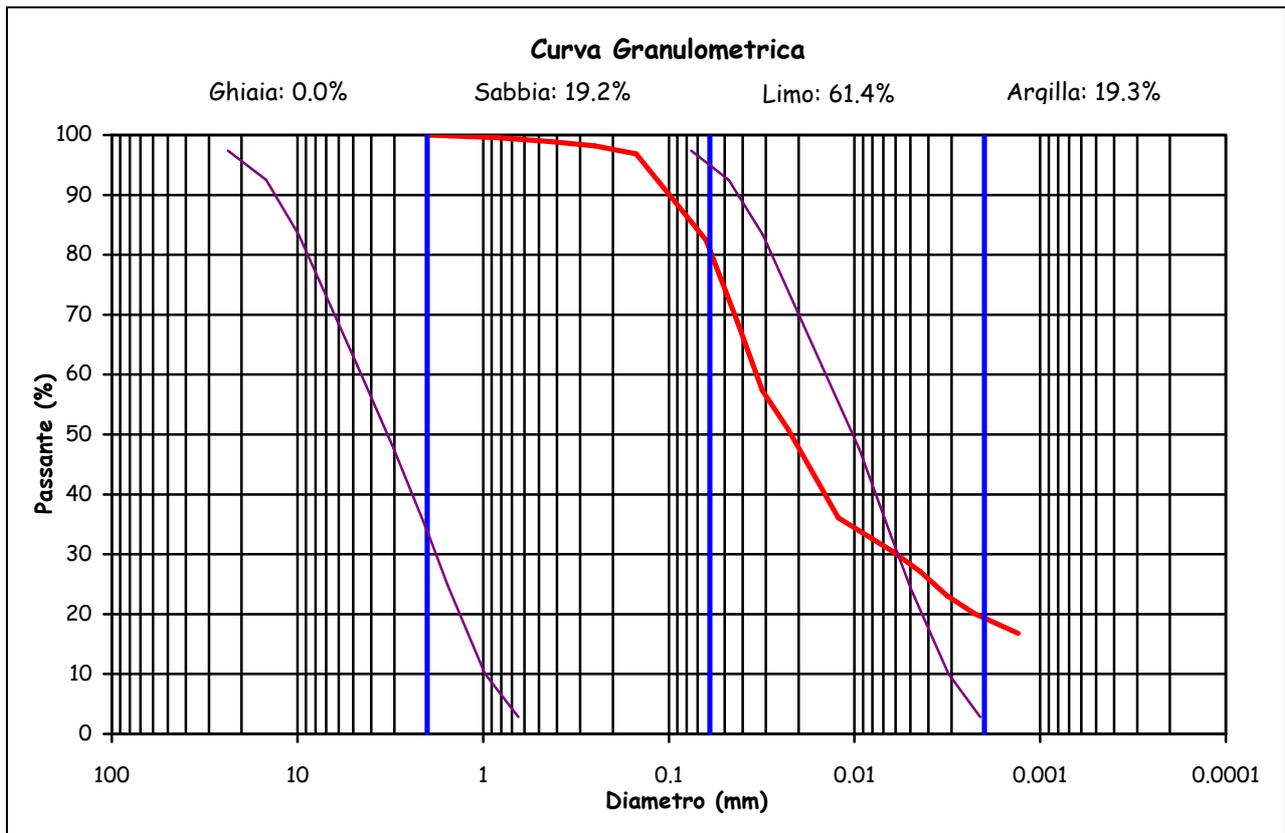
CAMPIONE S2C1 profondità 1.5 - 2.0 m	Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019
COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.	V.A. n. 185/19 del 18/10/19
LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)	Data prova: 23/10/19 - 05/11/19

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 (%)
2	100	0.0427	68.8
0.850	99.6	0.0314	57.3
0.425	98.9	0.0227	50.8
0.250	98.2	0.0122	36.1
0.150	96.9	0.0062	30.5
0.063	82.5	0.0044	27.1
		0.0032	23.1
		0.0023	20.1
		0.0013	16.8



Definizione secondo A.G.I.:
Limo argilloso sabbioso

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

Lo sperimentatore
Geol. Lorenza Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1874/2019

CAMPIONE S2C1 profondità 1.5 - 2.0 m

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

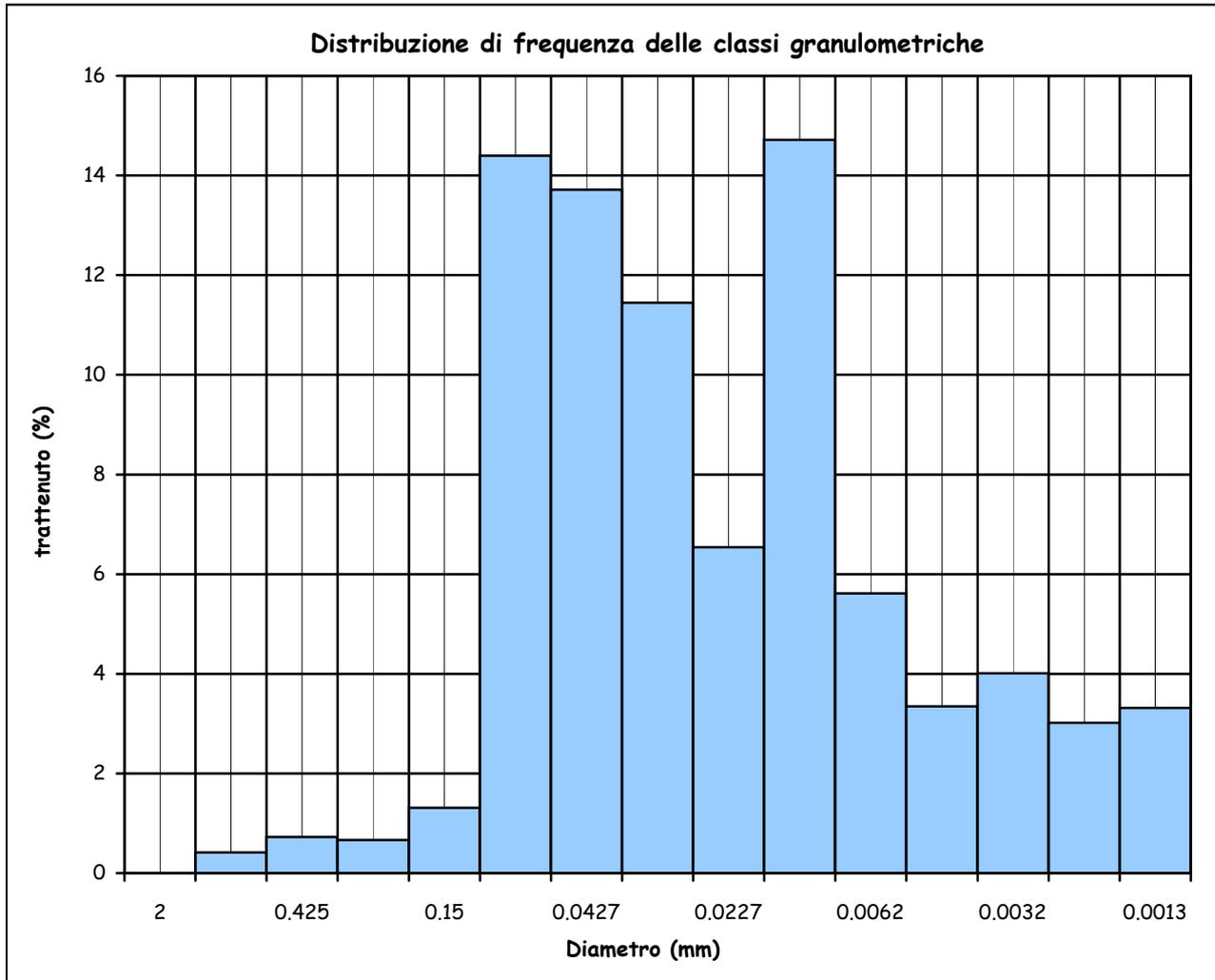
COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

Data prova: 23/10/19 - 05/11/19

Analisi granulometrica



Coefficiente di uniformità (Cu) = -

Coefficiente di curvatura (Cc) = -

Mediana 0.0221

Moda 0.0122

Lo sperimentatore
[Signature]
✓



Il direttore del Laboratorio
Gen. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1875/2019****CAMPIONE S2C1** profondità 1.5 - 2.0 m

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

Data prova: 23/10/19 - 25/10/19

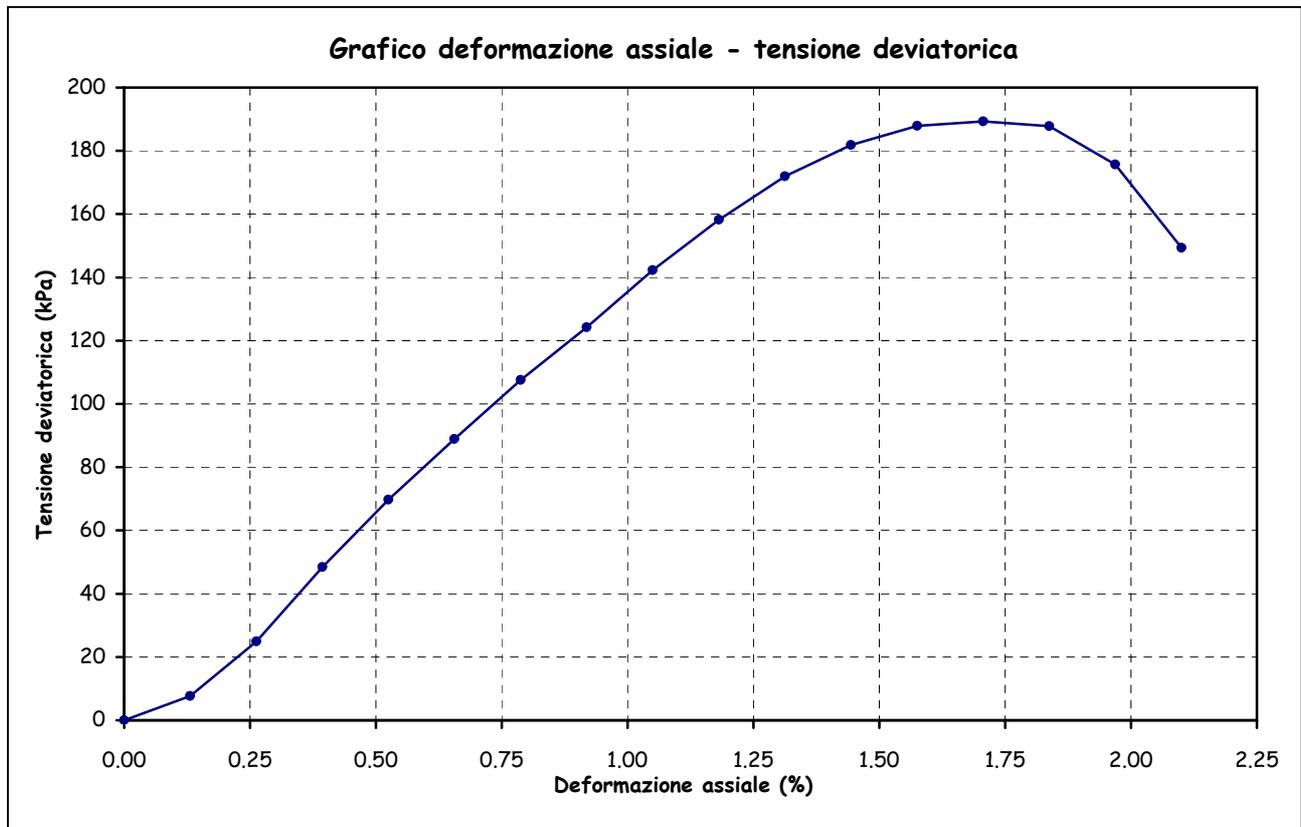
Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

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)	18.3	Sigma a rottura (kPa)	189.3
Peso di volume secco (kN/m ³)	15.7	Coesione non drenata (kPa)	94.6
Contenuto d'acqua (%)	16.34	Modulo elastico	17046
Vel. def. (mm/min)	1.27	tangente iniziale (kPa)	

ϵ (%)	σ (kPa)	ϵ (%)	σ (kPa)
0.13	7.7	1.31	171.9
0.26	25.0	1.44	181.8
0.39	48.5	1.58	187.9
0.53	69.7	1.71	189.3
0.66	88.9	1.84	187.8
0.79	107.6	1.97	175.7
0.92	124.2	2.10	149.3
1.05	142.2		
1.18	158.3		



Lo sperimentatore

Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1876/2019**

CAMPIONE S2C1 profondità 1.5 - 2.0 m	Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019
COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.	V.A. n. 185/19 del 18/10/19
LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)	Data prova: 21/10/19 - 04/11/19

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)	19.954	18.576
Volume (cmc)	40.413	37.622
Peso di volume naturale (kN/m ³)	18.7	20.3
Peso di volume secco (kN/m ³)	15.8	17.0
Contenuto d'acqua (%)	18.69	19.95

Pressione (kPa)	Cedimento (%)	Mv (m ² /kN)
12.1	0.000	--
24.2	0.000	0.0000000
48.4	0.000	0.0000000
96.8	0.464	0.0000957
193.7	1.483	0.0001053
387.4	2.837	0.0000699
774.7	4.593	0.0000453
1549.5	7.021	0.0000313
3099.0	9.928	0.0000188
774.7	9.712	0.0000009
193.7	8.473	0.0000213
48.4	6.905	0.0001079

Lo sperimentatore



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1876/2019

CAMPIONE S2C1 profondità 1.5 - 2.0 m

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

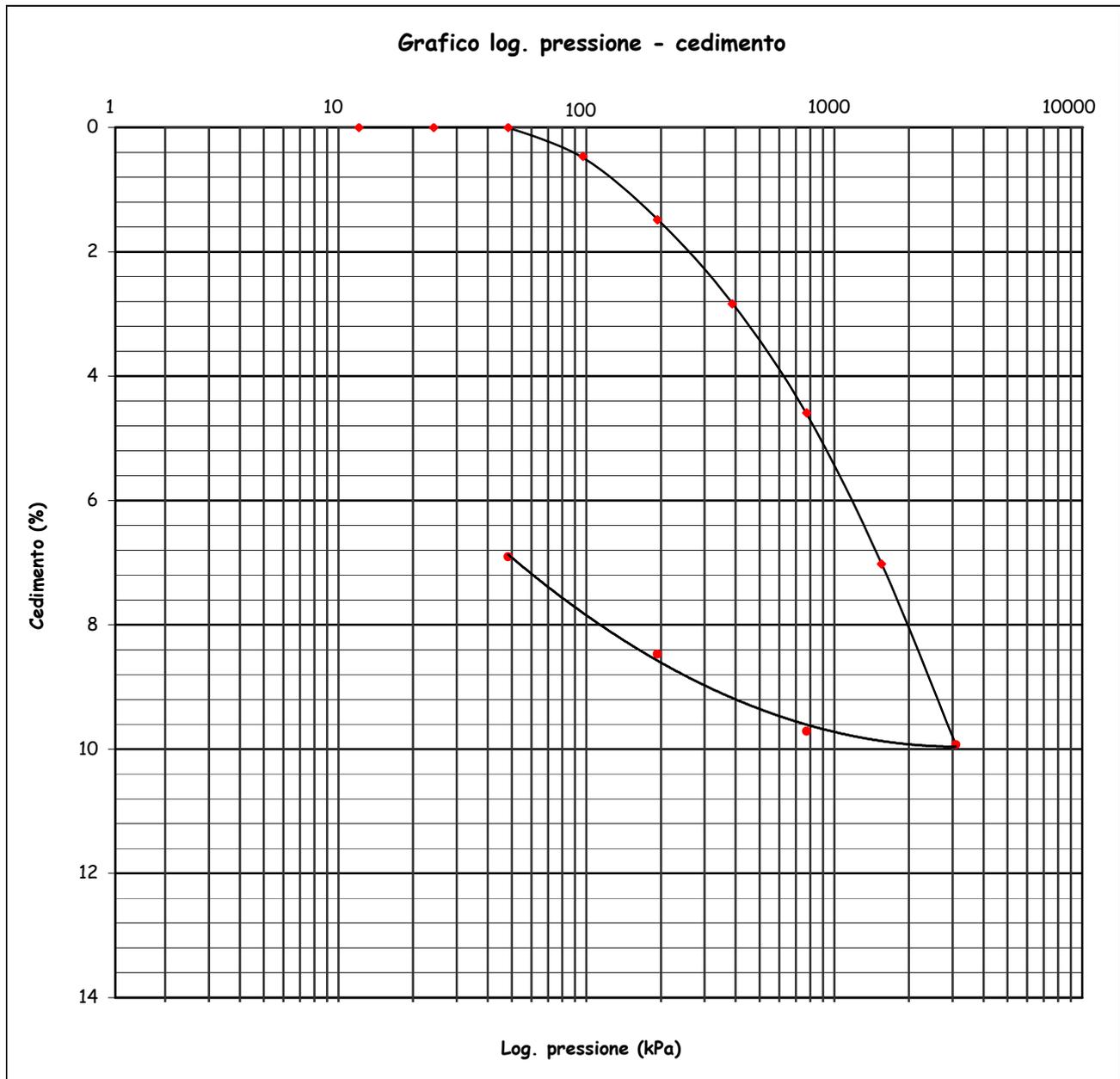
COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

Data prova: 21/10/19 - 04/11/19

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.1876/2019**

CAMPIONE S2C1 profondità 1.5 - 2.0 m	Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019
COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.	V.A. n. 185/19 del 18/10/19
LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)	Data prova: 21/10/19 - 04/11/19

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

carico da 48.4 a 96.8 kPa		carico da 96.8 a 193.7 kPa	
tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)	tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)
0.10	121.00	0.10	308.00
0.13	123.00	0.13	315.00
0.17	125.00	0.17	319.00
0.20	126.00	0.20	322.00
0.25	128.00	0.25	326.00
0.33	129.00	0.33	331.00
0.50	132.00	0.50	338.00
0.75	135.00	0.75	345.00
1.00	136.00	1.00	349.00
1.50	139.00	1.50	356.00
2.00	141.00	2.00	360.00
3.00	143.00	3.00	366.00
4.00	145.00	4.00	370.00
6.00	147.00	6.00	374.00
8.00	149.00	8.00	377.00
11.50	151.00	11.50	381.00
15.00	152.00	15.00	383.00
22.50	155.00	22.50	387.00
30.00	156.00	30.00	389.00
45.00	159.00	45.00	393.00
60.00	161.00	60.00	395.00
90.00	163.00	90.00	399.00
120.00	165.00	120.00	401.00
180.00	167.00	180.00	405.00
240.00	169.00	240.00	407.00
360.00	171.00	360.00	411.00
480.00	172.00	480.00	414.00
720.00	174.00	720.00	418.00
960.00	176.00	960.00	420.00
1200.00	177.00	1200.00	422.00
1410.00	177.00	1410.00	422.00

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1876/2019

CAMPIONE S2C1 profondità 1.5 - 2.0 m

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

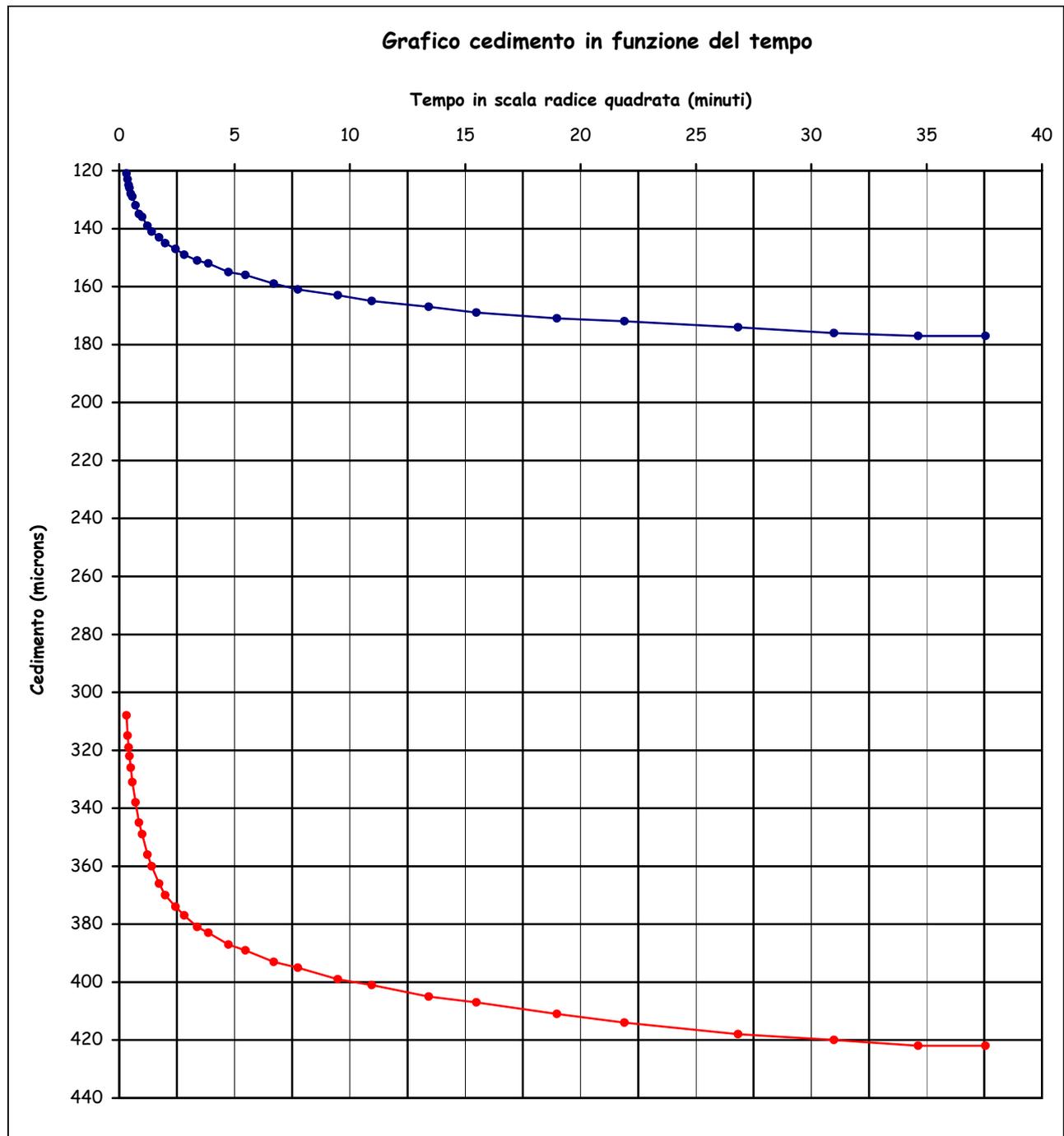
COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

Data prova: 21/10/19 - 04/11/19

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



Lo sperimentatore



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1877/2019**

CAMPIONE S2C1 profondità 1.5 - 2.0 m	Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019
COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.	V.A. n. 185/19 del 18/10/19
LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)	Data prova: 21/10/19 - 04/11/19

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)	18.5	18.8	18.6
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	19.9	20.2	21.1
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	15.6	15.8	15.6
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	15.9	16.1	16.8
Contenuto d'acqua iniziale (%)	18.11	18.94	19.61
Contenuto d'acqua finale (%)	25.30	25.51	25.72
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0013	0.0013	0.0013
Sigma (kPa)	73.6	122.6	171.6
Tau a rottura (kPa)	51.3	75.0	101.6

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau
(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)
0.04	2.1	0.06	7.3	0.10	8.5
0.10	3.4	0.11	10.8	0.21	15.1
0.17	5.3	0.20	15.5	0.38	25.0
0.25	8.1	0.30	20.4	0.60	39.8
0.35	15.8	0.37	26.2	0.79	49.2
0.46	22.1	0.52	36.9	1.04	58.8
0.56	26.8	0.63	44.4	1.29	64.9
0.70	32.0	0.80	52.1	1.63	74.3
0.85	36.1	0.96	57.9	1.92	79.8
1.00	38.6	1.13	61.7	2.31	85.3
1.16	41.9	1.30	65.6	2.70	89.2
1.34	44.1	1.52	68.6	3.09	91.7
1.54	45.8	1.73	71.4	3.53	93.9
1.74	47.1	1.95	72.5	4.01	95.8
1.95	48.2	2.22	73.6	4.49	97.8
2.17	49.6	2.48	73.9	5.05	99.4
2.42	50.4	2.75	74.2	5.57	100.5
2.67	51.3	3.02	75.0	6.17	101.6
2.92	50.7	3.33	75.0	6.77	100.8
3.18	49.9	3.59	73.9	7.33	99.1
3.43	49.1	3.90	73.9	7.94	96.9

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
G. M. M. M.



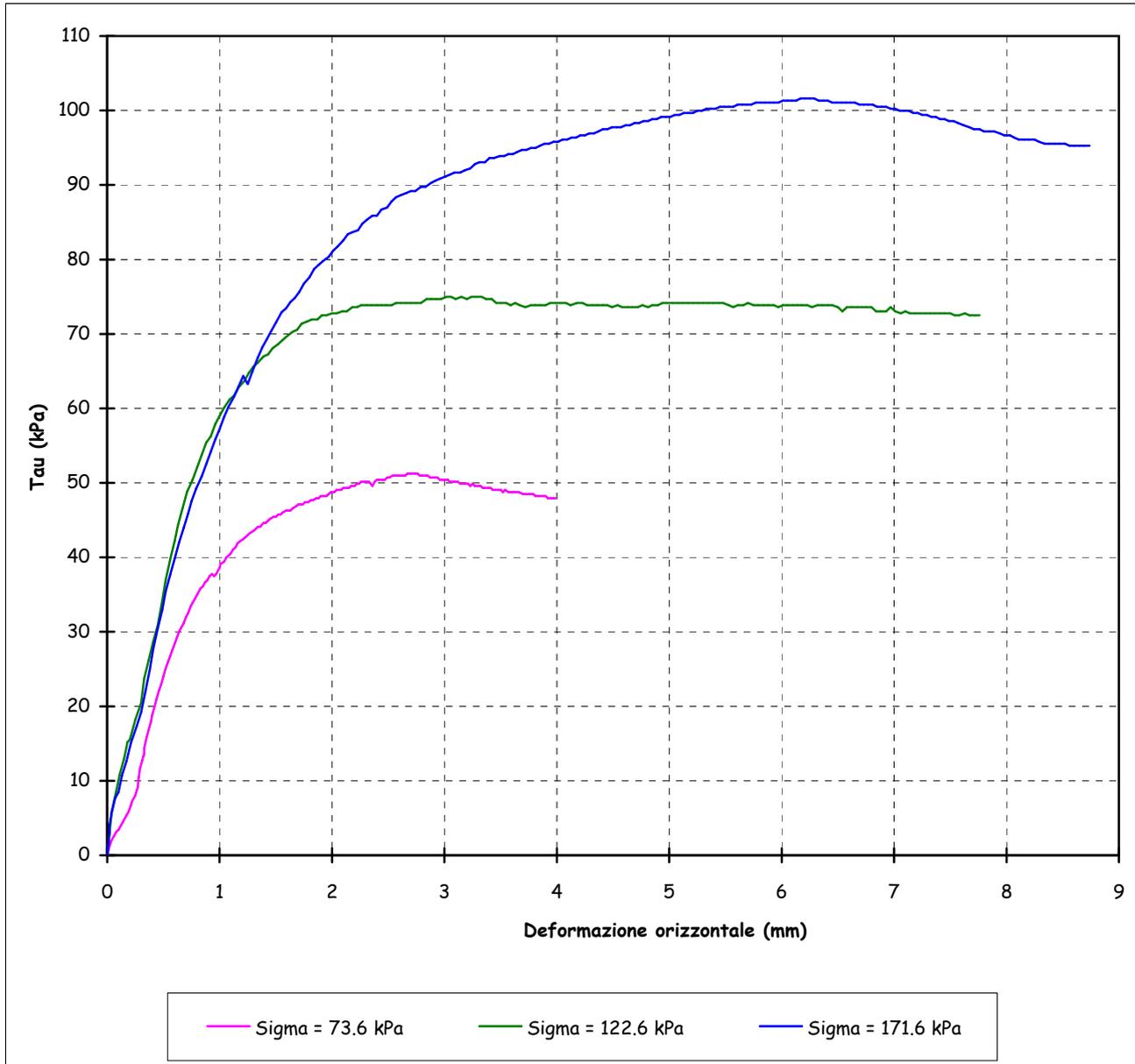
CERTIFICATO DI PROVA N.1877/2019

CAMPIONE S2C1 profondità 1.5 - 2.0 m
COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.
LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019
V.A. n. 185/19 del 18/10/19
Data prova: 21/10/19 - 04/11/19

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

Grafico deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambazzi



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: Pellicino s.r.l.

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1873-1877/2019

CAMPIONE	S2C1
Profondità metri	1.5 - 2.0
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	16.30
Limite liquido (%)	37
Limite plastico (%)	21
Indice di plasticità (%)	16
Indice di consistenza	1.29
Indice di attività	0.82
Classificaz. Casagrande	CL
Granulometria	
Ghiaia (%)	0.0
Sabbia (%)	19.2
Limo (%)	61.4
Argilla (%)	19.3
Classificazione UNI 10006	
Gruppo	A6
Indice di gruppo	10
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	18.6
Peso volume secco (kN/m ³)	15.7
Prova di Compressione E.L.L.	
Coesione non drenata, Cu (kPa)	94.6
Modulo elastico tangente iniziale, E _{ti} (kPa)	17046
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	13.0
Angolo di resistenza al taglio, φ' (°)	27.2
Prova edometrica	
Rapporto di ricomprensione, R _r	0.02464
Rapporto di compressione, R _c	0.08861
Rapporto di rigonfiamento, R _s	0.02331
Pressione di preconsolidazione, σ' _{vmax} (kPa)	252
C _v (cm ² /sec)	9.1697E-03
K (cm/sec)	2.185E-08
C _v (cm ² /sec)	1.3768E-02
K (cm/sec)	4.298E-08





IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Certificato di Prova n. 1878/2019

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

DATA ESECUZIONE PROVE: 20/11/19 - 29/11/19

CAMPIONI:

S1spt1 profondità 5.00 - 5.45 m

Prove eseguite

- 1 - Analisi granulometrica per setacciatura: per via umida (UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 2 - Analisi granulometrica della frazione fine: metodo del densimetro (UNI CEN ISO/TS 17892-4)

Lo sperimentatore
Geol. Lorenza Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1878/2019

CAMPIONE S1spt1 profondità 5.00 - 5.45 m

COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

Data apertura campione: 20/11/19

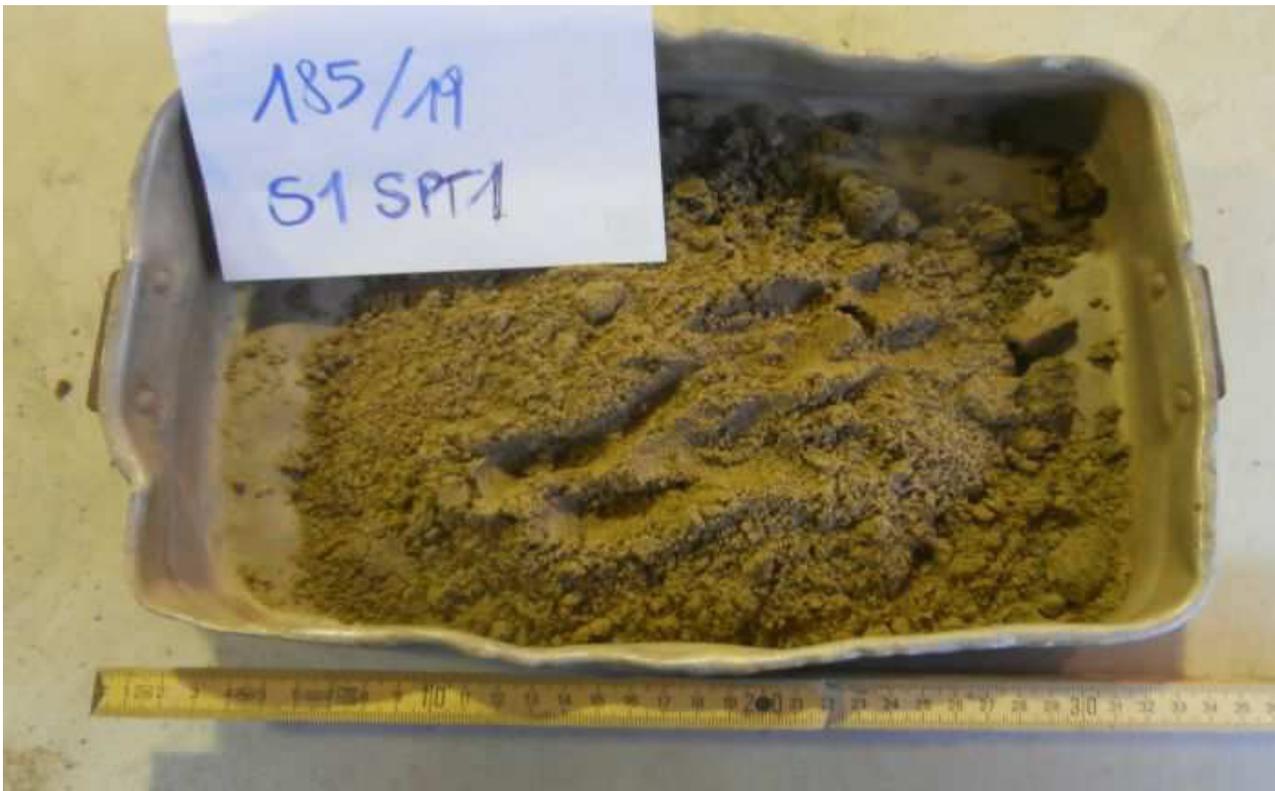
Descrizione del campione

Campione rimaneggiato da prova SPT in sacchetto di plastica da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

Sabbia limosa con elementi litici

colore marrone giallastro chiaro

prove eseguite: granulometria



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

Campione rimaneggiato Q-3

Lo sperimentatore
Geol. Lorenza Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1878/2019

CAMPIONE S1spt1 profondità 5.00 - 5.45 m

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

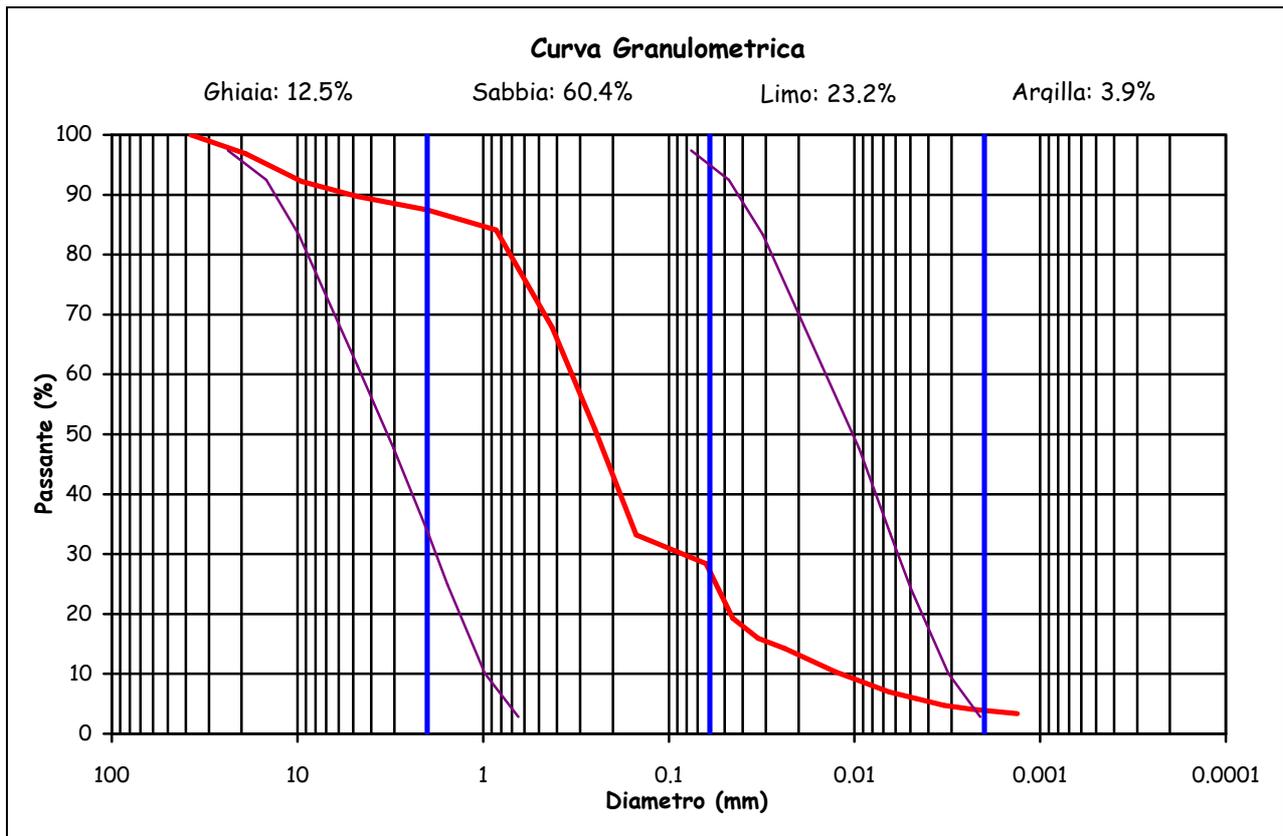
Data prova: 20/11/19 - 29/11/19

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 (%)
37.5	100	0.0453	19.3
19	96.8	0.0331	15.9
9.5	92.2	0.0237	14.2
4.75	89.7	0.0127	10.4
2	87.5	0.0065	7.0
0.850	84.1	0.0046	5.8
0.425	67.9	0.0033	4.7
0.250	50.8	0.0023	4.1
0.150	33.2	0.0013	3.4
0.063	28.4		



Definizione secondo A.G.I.:

Sabbia limosa ghiaiosa

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.1878/2019

CAMPIONE S1spt1 profondità 5.00 - 5.45 m

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

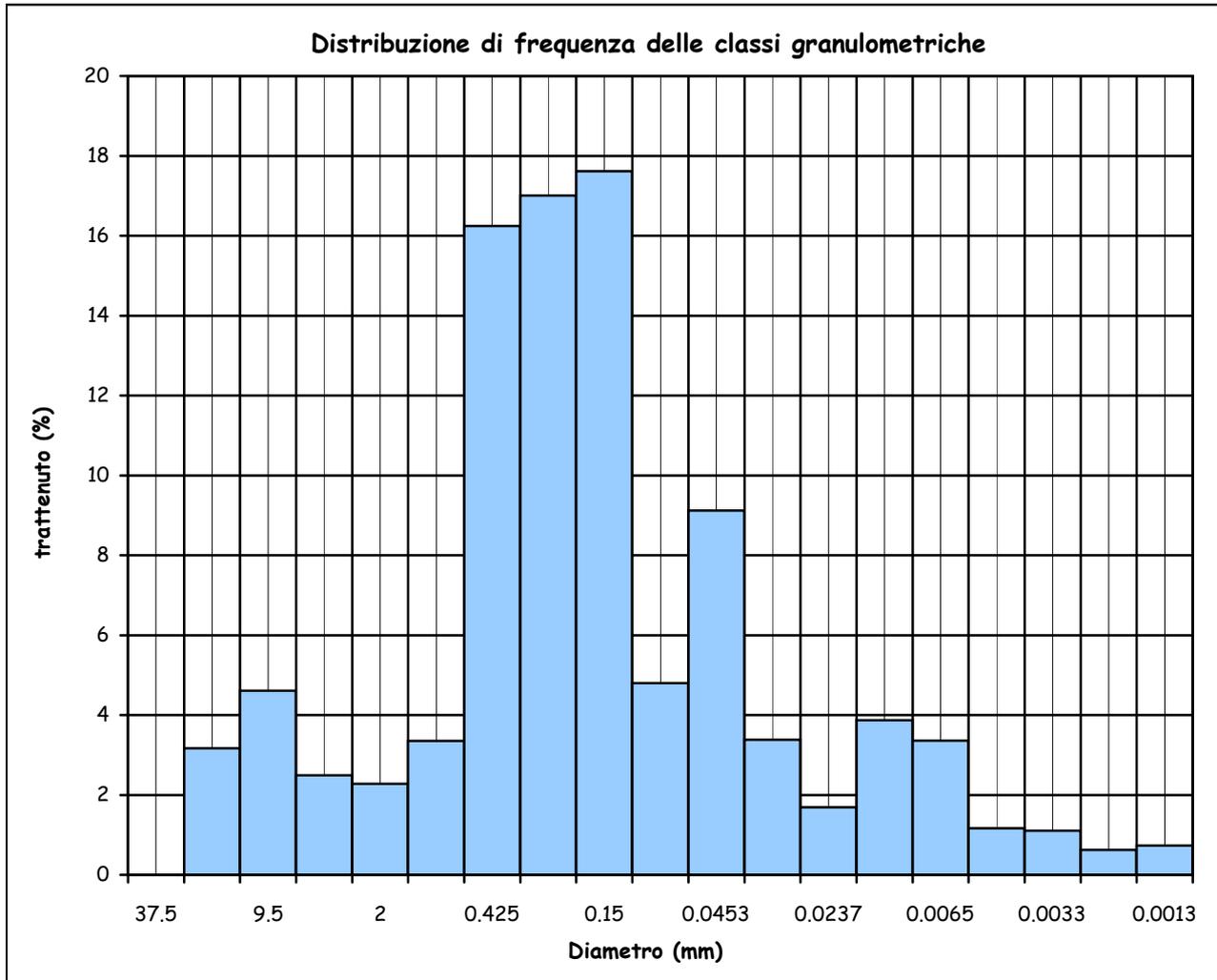
COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

Data prova: 20/11/19 - 29/11/19

Analisi granulometrica



Coefficiente di uniformità (Cu) = 28.7

Coefficiente di curvatura (Cc) = 2.0

Mediana 0.2452

Moda 0.1500

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Calogi



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

Tabella riassuntiva Certificato di Prova n. 1878/2019

CAMPIONE	S1spt1
Profondità metri	5.00 - 5.45
Granulometria	
Ghiaia (%)	12.5
Sabbia (%)	60.4
Limo (%)	23.2
Argilla (%)	3.9





IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Certificato di Prova n. 1879/2019

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

DATA ESECUZIONE PROVE: 20/11/19 - 29/11/19

CAMPIONI:

S2spt1 profondità 7.00 - 7.45 m

Prove eseguite

- 1 - Analisi granulometrica per setacciatura: per via umida (UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 2 - Analisi granulometrica della frazione fine: metodo del densimetro (UNI CEN ISO/TS 17892-4)

Lo sperimentatore
Geol. Lorenza Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1879/2019

CAMPIONE S2spt1 profondità 7.00 - 7.45 m

COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

Data apertura campione: 20/11/19

Descrizione del campione

Campione rimaneggiato da prova SPT in sacchetto di plastica da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

Elementi litici in matrice sabbiosa limosa

di colore marrone giallastro chiaro

prove eseguite: granulometria



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

Campione rimaneggiato Q-3

Lo sperimentatore
Geol. Lorenza Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1879/2019

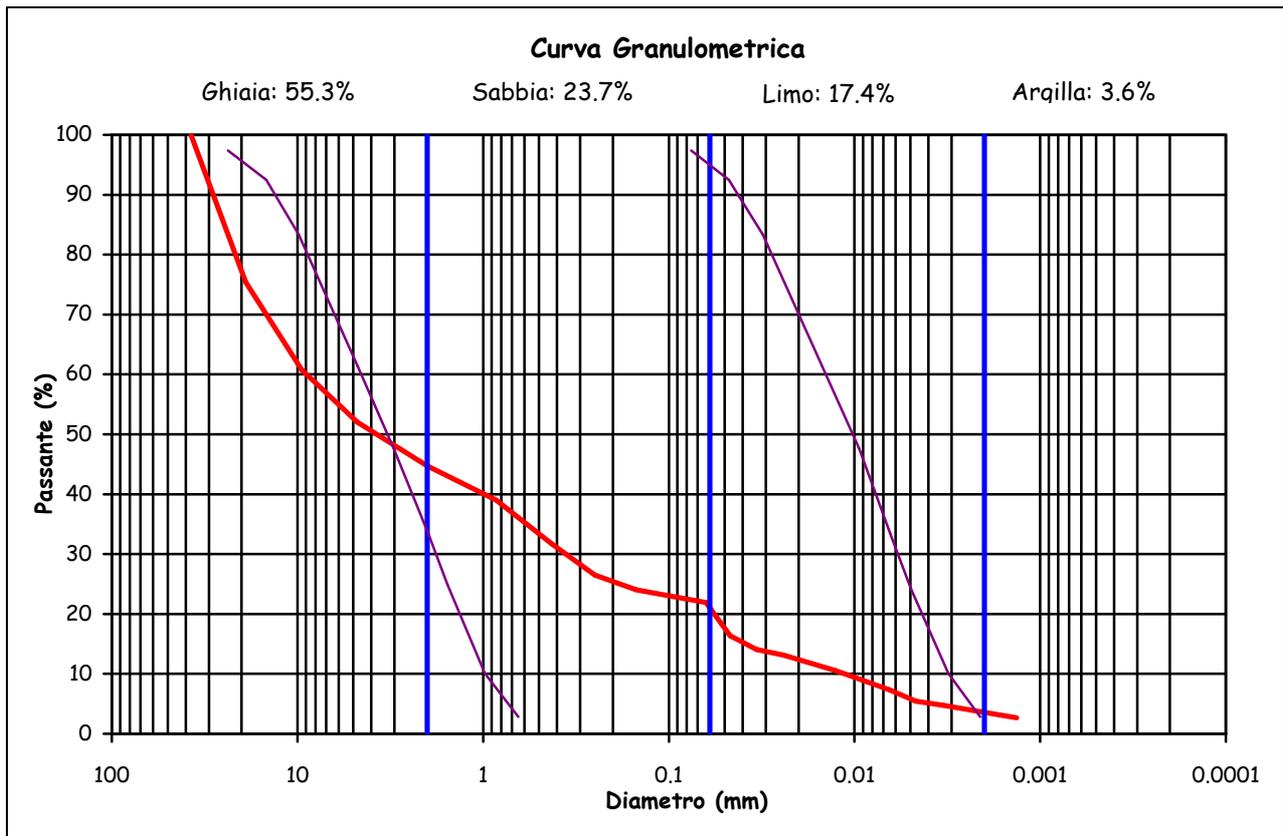
CAMPIONE S2spt1 profondità 7.00 - 7.45 m	Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019
COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.	V.A. n. 185/19 del 18/10/19
LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)	Data prova: 20/11/19 - 29/11/19

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 (%)
37.5	100	0.0468	16.4
19	75.4	0.0337	14.1
9.5	60.7	0.0240	13.1
4.75	52.0	0.0127	10.6
2	44.7	0.0065	7.4
0.850	39.0	0.0047	5.4
0.425	31.6	0.0033	4.7
0.250	26.5	0.0024	4.0
0.150	24.1	0.0013	2.7
0.063	21.9		



Definizione secondo A.G.I.:

Ghiaia sabbiosa limosa

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

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Garbassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1879/2019

CAMPIONE S2spt1 profondità 7.00 - 7.45 m

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

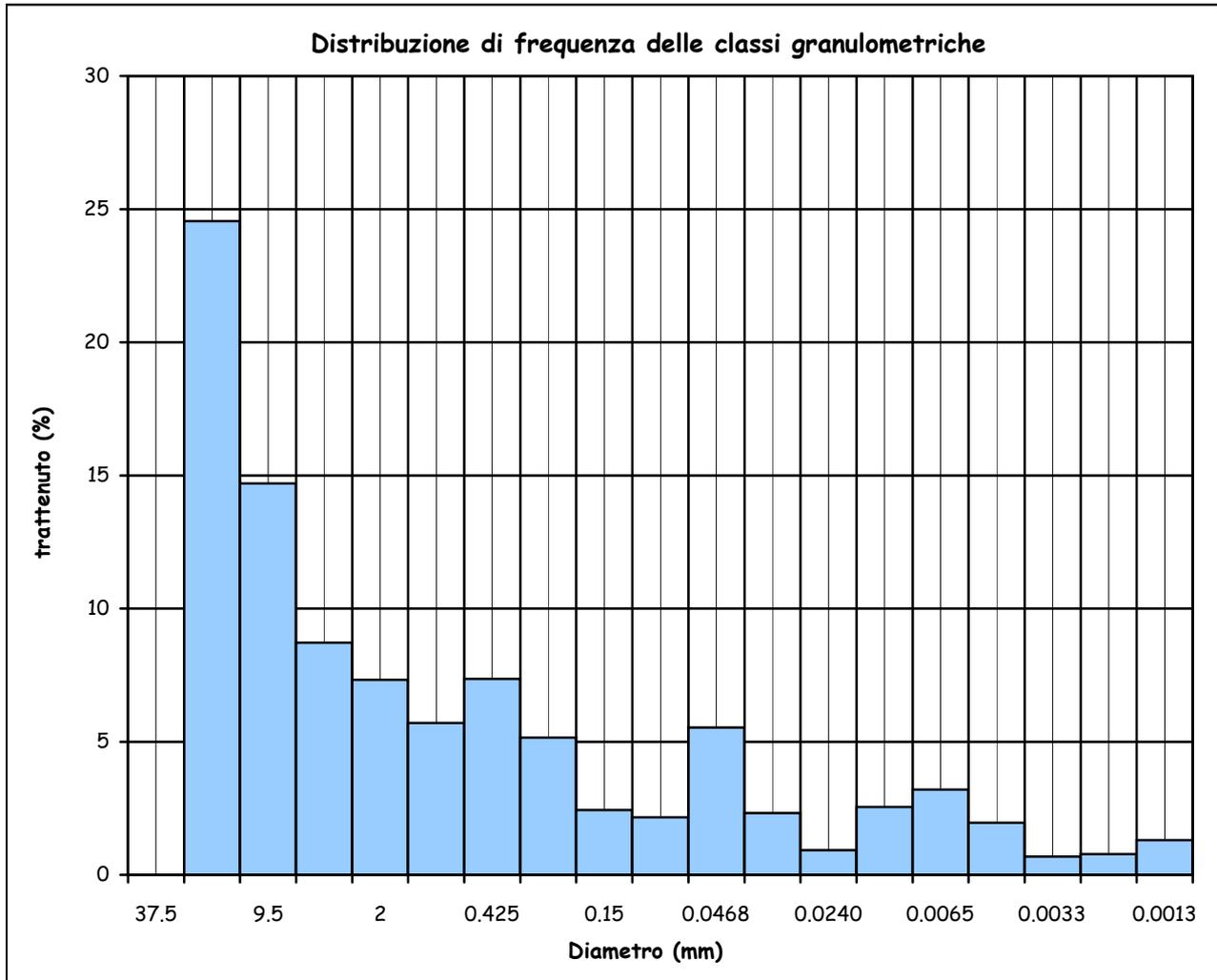
COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

Data prova: 20/11/19 - 29/11/19

Analisi granulometrica



Coefficiente di uniformità (Cu) = 786.3

Coefficiente di curvatura (Cc) = 1.3

Mediana 3.99

Moda 19.0

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambacci



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Calogi



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

COMMITTENTE: Pellicino s.r.l.

Montelupo Fiorentino, li 09/12/2019

LOCALITA': via del Pellicino, Scandicci (Fi)

V.A. n. 185/19 del 18/10/19

Tabella riassuntiva Certificato di Prova n. 1879/2019

CAMPIONE	S2spt1
Profondità metri	7.00 - 7.45
Granulometria	
Ghiaia (%)	55.3
Sabbia (%)	23.7
Limo (%)	17.4
Argilla (%)	3.6

