



MINISTERO DELLE
INFRASTRUTTURE E DELLA
MOBILITÀ SOSTENIBILI



E.N.A.C.
ENTE NAZIONALE per
L'AVIAZIONE CIVILE

Committente Principale



AEROPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE - "AMERIGO VESPUCCI"

Opera

MASTERPLAN AEROPORTUALE 2035

Titolo Documento

Parco Fotovoltaico
Relazione Geologica

Livello di Progetto

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

LIV	REV	DATA EMISSIONE	CODICE FILE
PFTE	00	Settembre 2022	FLR-MPL-PFTE-FTV1-003-FV-RT_Rel Geo
			TITOLO RIDOTTO
			Rel Geo

00	09/2022	Prima Emissione	TERRA E OPERE	A. BONCIANI	L. TENERANI
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

COMMITTENTE PRINCIPALE	PROGETTAZIONE	SUPPORTI SPECIALISTICI
 ACCOUNTABLE MANAGER Dott. Vittorio Fanti	 DIRETTORE TECNICO Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara n°631	 PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Dott. Geol. Michele Sani Ordine dei Geologi della Toscana n°383
POST HOLDER PROGETTAZIONE AD INTERIM Dott. Vittorio Fanti	RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Andrea Bonciani Ordine degli Ingegneri di Firenze n°4150	
POST HOLDER MANUTENZIONE Ing. Nicola D'ippolito		
POST HOLDER AREA DI MOVIMENTO Geom. Luca Ermini		

GRUPPO DI LAVORO

responsabile di commessa e coordinamento
dr. geol. Michele Sani

collaborazione
testi: dr. geol. Fabio Picchi
figure e tavole fuori testo: dr.geol. Paride Bigazzi

INDICE

1. Premessa.....	5
1.1. Generalità.....	5
1.2. Descrizione delle opere e degli interventi.....	6
1.3. Individuazione dei vincoli presenti.....	6
2. Fasi di lavoro.....	8
3. Geologia.....	9
3.1. Evoluzione tettonica del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia.....	9
3.2. Geologia e stratigrafia della Piana di Firenze.....	11
3.2.1. <i>Substrato pre-lacustre</i>	11
3.2.2. <i>Depositi pre-lacustri</i>	11
3.2.3. <i>Depositi lacustri e fluviali del bacino villafranchiano</i>	11
3.2.4. <i>Sintema del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia</i>	12
3.2.4.1. Argille turchine AUCTT.....	12
3.2.4.2. Depositi clastici di delta e fan-delta dei paleo-torrenti.....	12
3.2.5. <i>Sintema di Firenze (Depositi alluvionali antichi)</i>	13
3.2.6. <i>Sintema del Fiume Arno (Depositi alluvionali recenti)</i>	13
3.3. Orizzonti "Firenze".....	14
3.3.1. <i>Orizzonte "Firenze 1"</i>	14
3.3.2. <i>Orizzonte "Firenze 2"</i>	14
3.3.3. <i>Orizzonte "Firenze 3"</i>	16
3.3.4. <i>Orizzonte "Firenze 4"</i>	16
3.3.5. <i>Considerazioni sull'andamento degli orizzonti "Firenze"</i>	17
3.4. Geologia dell'area di intervento.....	19
3.4.1. <i>Depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati (bna)</i>	19
3.4.1.1. bna2.....	19
4. Idrogeologia.....	20
4.1. Aspetti idrogeologici generali.....	20
4.2. Permeabilità delle unità litostratigrafiche affioranti nell'area in esame.....	21
4.3. Superficie piezometrica.....	24
5. Geomorfologia e stabilità.....	26
5.1. Introduzione.....	26
6. Classi di pericolosità.....	26
6.1. Pericolosità geologica.....	26
6.2. Pericolosità idraulica.....	27
6.2.1. <i>L.R. 41/2018</i>	27
6.3. Pericolosità sismica.....	28
7. Classi di fattibilità.....	28
7.1. Comune di Sesto Fiorentino.....	28
7.1.1. <i>Fattibilità geologica</i>	29
7.1.2. <i>Fattibilità idraulica</i>	29
7.1.3. <i>Fattibilità sismica</i>	30
7.2. Comune di Firenze.....	30
7.2.1. <i>Fattibilità geologica</i>	30
7.2.2. <i>Fattibilità idraulica</i>	31
7.2.3. <i>Fattibilità sismica</i>	31
8. Risultati delle indagini eseguite.....	31
8.1. Generalità.....	31
8.2. Prove penetrometriche.....	33

8.3. Sondaggi a carotaggio continuo.....	34
8.4. Prove geotecniche di laboratorio.....	34
8.5. Indagini geofisiche.....	36
8.5.1. <i>Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)</i>	36
8.5.2. <i>Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)</i>	37
9. Sismicità e definizione dei parametri sismici.....	37
9.1. Zona sismica.....	37
9.2. Parametri sismici.....	38
9.2.1. <i>Aspetti generali</i>	38
9.2.2. <i>Categoria di di sottosuolo (approccio semplificato)</i>	38
9.2.3. <i>Categoria topografica</i>	39
9.2.4. <i>Parametri dell'azione sismica locale</i>	39
10. Modellazione geologica e geotecnica.....	39
10.1. Modello geologico del sottosuolo.....	39
10.2. Modello geotecnico.....	40
10.2.1.1. <i>Aspetti generali</i>	40
10.2.2. <i>Valori caratteristici dei parametri geotecnici</i>	41
10.2.3. <i>Considerazioni sui terreni coesivi superficiali</i>	41
11. Liquefazione.....	42
12. Terre e rocce da scavo.....	43
13. Indicazioni relative alla realizzazione dei lavori.....	43
13.1. Indicazioni inerenti la gestione delle acque di aggettamento.....	43
13.2. Indicazioni sulla necessità di opere provvisorie e loro tipologia.....	43
13.3. Indicazioni sulla tutela dei suoli interessati dalle aree di cantiere.....	43
13.4. Indicazioni degli interventi di ripristino delle aree a fine cantiere.....	44
14. Conclusioni.....	44
15. Bibliografia.....	45
16. Allegati.....	47

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Ubicazione dell'area di progetto in scala 1:10.000.	7
Figura 2 - <i>Orizzonti stratigrafici presenti nel sottosuolo dell'area di Firenze (estratto da Capecci et al., 1976b)</i>	15
Figura 3 - Carta geologica in scala 1:5.000.	22
Figura 4 - Carta idrogeologica in scala 1:5.000	25
Figura 5 - Carta geomorfologica in scala 1:5.000	32
Figura 6 - Ubicazione delle indagini geognostiche realizzate (in scala 1:5.000).	35

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Classi di permeabilità.	24
Tabella 2 - Classi di fattibilità.	29
Tabella 3 - Classi di fattibilità.	30
Tabella 4 - Campioni indisturbati.	33
Tabella 5 - Elaborazione statistica prove penetrometriche.	34
Tabella 6 - Prove geotecniche "specifiche" eseguite sui campioni indisturbati.	36
Tabella 7 - Valori caratteristici.	41
Tabella 8 - Condizioni di esclusione della verifica a liquefazione.	43

* * *

1. Premessa

1.1. Generalità

Il presente documento costituisce la Relazione Geologica dell'intervento relativo alla realizzazione di un parco fotovoltaico, ubicato tra i comuni di Firenze (zona sud-orientale) e di Sesto Fiorentino (zona nord-occidentale), come riportato in figura 1, parte integrante della proposta di project review del Piano di Sviluppo Aeroportuale al 2035 dell'aeroporto di Firenze, qui sviluppata e dettagliata a livelli di fattibilità tecnica ed economica (rif. art. 23 del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i.).

Il citato approfondimento si inserisce a supporto della sezione generale e complessiva della proposta di Piano di Sviluppo Aeroportuale, rispetto alla quale si pone l'obiettivo di fornire ulteriori elementi tecnici di studio, dettaglio, analisi e progettazione, con l'intento di costituire un ulteriore strumento di supporto informativo, conoscitivo e valutativo, ad integrazione di quanto già unitariamente descritto negli elaborati generali di Masterplan.

Le informazioni di seguito riportate vanno, pertanto, analizzate in stretta correlazione rispetto ai più ampi ed estesi aspetti tecnico-economici trattati all'interno dei citati documenti generali di Masterplan, con i quali esse si relazionano secondo un processo capillare di progressivo approfondimento e dettaglio, ritenuto utile per una più completa, consapevole e piena visione dell'insieme delle previsioni di trasformazione dello scalo aeroportuale e delle aree circostanti, e per una più esauriente interpretazione della proposta di Piano, in esito alla quale poter esprimere considerazioni e osservazioni di competenza.

Come noto, l'intera proposta di project review del Piano di Sviluppo Aeroportuale 2035 dell'aeroporto di Firenze dialoga con le previsioni di cui al precedente Masterplan 2014-2029, integrandone però gli indirizzi e le finalità, ottimizzandone i livelli di sostenibilità ambientale, territoriale e sociale, e pervenendo a soluzioni tecniche ancor più performanti e allineate alle esigenze degli utenti, degli operatori e dell'intero territorio.

Conseguentemente, anche il presente intervento relativo alla realizzazione di un parco fotovoltaico mira ad una più efficace contestualizzazione delle opere rispetto ai rinnovati indirizzi di Piano, muovendo tuttavia a partire dalle risultanze delle numerose e approfondite indagini, analisi, misurazioni, studi e verifiche e, più in generale, dall'ampio quadro conoscitivo

del contesto interessato, che il gestore aeroportuale ha avuto modo di definire nel corso di più anni a partire proprio dalla definizione del precedente Masterplan.

Si auspica, infine, di aver esaurientemente e correttamente recepito all'interno della presente fase di project review le molteplici istanze, osservazioni, argomentazioni, indicazioni e valutazioni raccolte nel corso dei numerosi momenti di confronto dialettico susseguitisi con i vari stakeholders interessati, e di essere così pervenuti ad una definizione tecnica che, seppur passibile di ulteriori migliorie e modifiche, possa rappresentare comunque un solido e condiviso punto di partenza per il successivo percorso di valutazione ed autorizzazione.

Il presente studio descrive le caratteristiche geologiche (litologiche e giaciture), idrogeologiche, idrauliche, geomorfologiche e di stabilità, di pericolosità (geologica, idraulica e sismica) dell'area in oggetto, riassume i risultati delle indagini geognostiche eseguite nel 2015 e nel 2017 per le due fasi della *Campagna di indagini geognostiche per la realizzazione della nuova pista e delle opere accessorie* dell'Aeroporto Internazionale di Firenze Amerigo Vespucci, determina le classi di fattibilità dell'intervento (geologica, idraulica e sismica), e contiene la modellazione geologica, geotecnica e sismica del terreno.

1.2. Descrizione delle opere e degli interventi

Il parco fotovoltaico sarà comprensivo di pannelli fotovoltaici e di tutte le componenti ad essi annesse, montati su apposite strutture di sostegno, con una potenzialità stimata al momento in circa 18 MW.

Vista la tipologia di opera prevista, il progetto non è identificabile dalle classi d'indagine di cui al Decreto del Presidente della Giunta Regionale 19 gennaio 2022 n. 1/R¹ il quale non risulta quindi applicabile.

1.3. Individuazione dei vincoli presenti

L'area in cui sarà realizzato il parco fotovoltaico dal punto di vista dei principali vincoli territoriali presenta la seguente situazione:

- l'area di intervento non è interessata dal Vincolo Idrogeologico ai sensi del Regio Decreto Legge n. 3267 del 30 dicembre 1923²;
- zone gravate da usi civici (lettera h, comma 1, art. 142 del D.Lgs. 42/2004).

¹ Regolamento di attuazione dell'articolo 181 della legge regionale 10 novembre 2014 n. 65 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico..

² Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani.

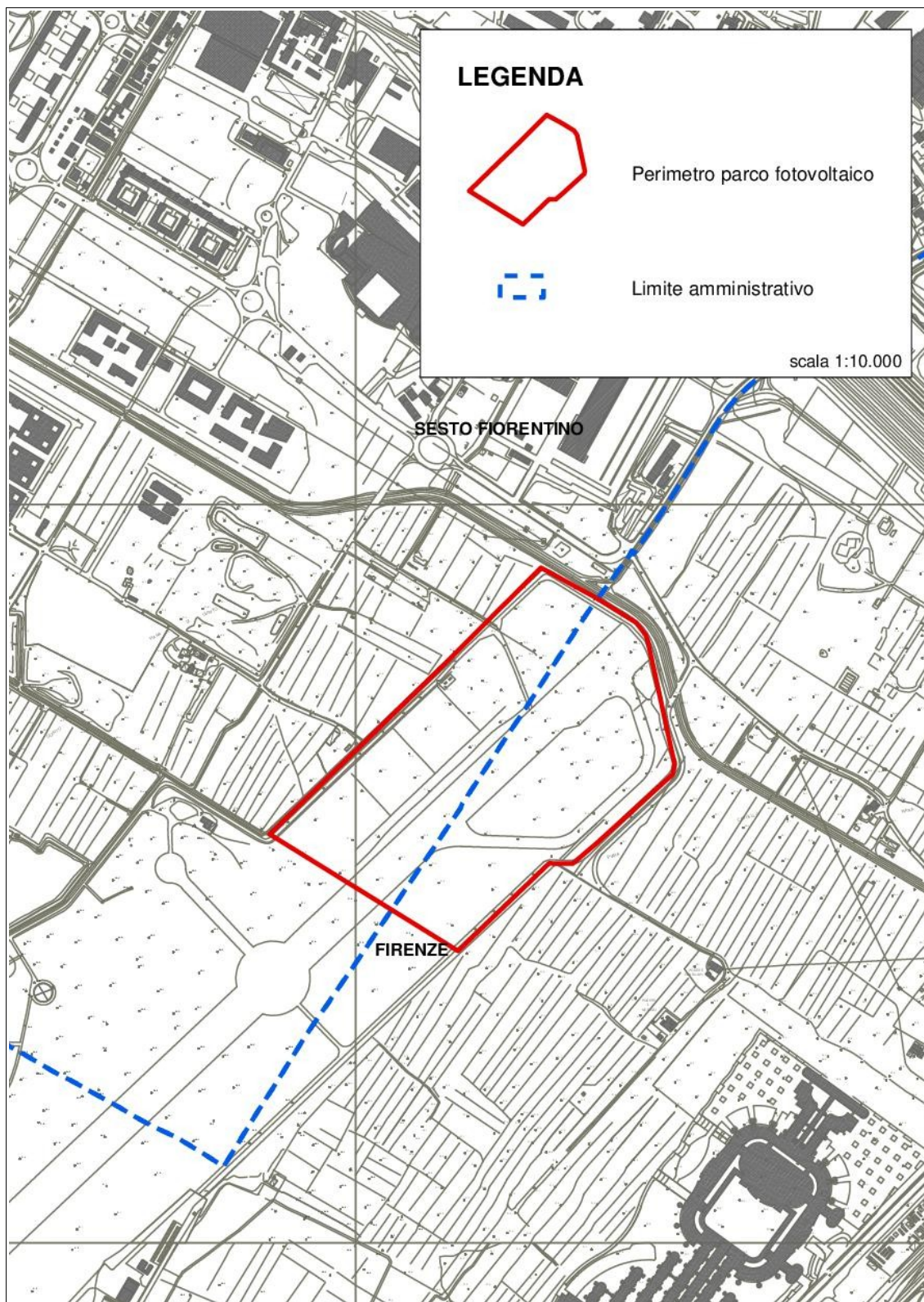


Figura 1 - Ubicazione dell'area di progetto in scala 1:10.000.

2. Fasi di lavoro

La presente relazione è stata articolata nelle seguenti fasi di lavoro:

- consultazione delle *Indagini geologico-tecniche* di supporto al Piano Strutturale intercomunale Calenzano e Sesto Fiorentino e al Secondo Regolamento Urbanistico del Comune di Sesto Fiorentino;
- consultazione delle *Indagini geologico-tecniche* di supporto al Piano Strutturale del Comune di Firenze (Variante al P.S. 2010) adottato con Deliberazione C.C. n. 2015/C/00025 del 2 aprile 2015;
- presa visione del Piano di Bacino del Fiume Arno – Stralcio Assetto idrogeologico (PAI - Norme di attuazione ed allegati) redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale;
- presa visione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale;
- esecuzione di alcuni sopralluoghi sul posto e nelle aree immediatamente limitrofe, per prendere visione della situazione attuale, per la comprensione della situazione geomorfologica e della stabilità generale del sito;
- attribuzione della fattibilità agli interventi in progetto dal punto di vista geologico, idraulico e sismico (si veda il § 7);
- utilizzo delle indagini geognostiche che costituivano la *Campagna di indagini geognostiche per la realizzazione della nuova pista e delle opere accessorie* dell'Aeroporto Internazionale di Firenze Amerigo Vespucci (vecchio Master Plan 2014-2029) eseguite dalla società Ambiente sc di Carrara, su incarico di Toscana Aeroporti Engineering S.r.l., nel 2015 e nel 2017;
- analisi dei risultati delle indagini geognostiche a disposizione per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni di fondazione (si veda il § 8.);
- definizione della categoria di sottosuolo secondo l'approccio semplificato ai sensi del § 3.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018 (si veda il § 9.1.)
- determinazione dei parametri sismici (si veda l'allegato C);
- elaborazione del modello geologico del sito e del modello geotecnico di sottosuolo (§ 10.);
- indicazione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici ricavati (§ 10.2.2.);

- valutazioni in merito alla suscettibilità dei terreni nei confronti della liquefazione (§ 11.).

3. Geologia

3.1. Evoluzione tettonica del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia

Il bacino di Firenze-Prato-Pistoia, posto ad una quota media di 45 m s.l.m., si sviluppa in direzione NW-SE per una lunghezza di 45 km ed una larghezza massima di circa 10 km. Esso è delimitato a nord-nord-est dai Monti della Calvana e dal Monte Morello, con altitudine di circa 900 m s.l.m. e a sud-sudovest dal Montalbano con altitudine di oltre 600 m s.l.m.. In questo contesto geografico è prevista la realizzazione della nuova pista, delle opere accessorie e di quelle di compensazione dell'Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci di Firenze. Il bacino di Firenze-Prato-Pistoia presenta una geometria a semi-graben fortemente asimmetrica, con un margine nord-orientale molto acclive, in corrispondenza della faglia principale di Fiesole e da una rampa di raccordo poco inclinata localmente interessata da faglie minori sul versante sud-occidentale. I depositi di riempimento del bacino si sono sviluppati con ampi delta e fan-delta clastici sviluppati alla base del sistema di faglie maggiori. In questo tipo di bacini il sollevamento tettonico dei margini, e il corrispondente allargamento del drenaggio fluviale, portano alla formazione di potenti sequenze sedimentarie clastiche grossolane in corrispondenza delle aree centrali. Nel dettaglio, dal punto di vista tettonico-geometrico, l'area di Firenze è caratterizzata dalla presenza di una fascia interessata da più faglie disposte a gradinata e in parte sepolte al di sotto dei depositi fluvio-lacustri villafranchiani, localizzata nell'area pedemontana a nord della pianura di Firenze, e dalla presenza delle faglie sepolte Castello-Scandicci e Maiano-Bagno a Ripoli che interessano il substrato pre-lacustre, trasversalmente al bacino. Le faglie controllano la morfologia dell'area determinando, rispetto al basso morfologico-strutturale della pianura di Firenze, l'alto delle colline di Castello-Trespiano-Fiesole nel settore settentrionale, e delle colline di Bellosguardo-Arcetri-S.Miniato a Monte a sud della città. L'area fiorentina risulta quindi delimitata a nord da lineamenti tettonici paralleli con direzione NNO-SSE, che hanno giocato come faglie a movimento verticale distensivo determinando lo sviluppo del bacino fluvio-lacustre con il ribassamento del blocco meridionale. La principale attività delle faglie è riferita a un periodo anteriore al Pliocene inferiore, periodo in cui si è determinato il maggiore movimento verticale; successivamente si è registrata una ripresa di movimenti al tetto del Pliocene inferiore, a cui è associato il

movimento verticale responsabile dell'origine della depressione lacustre, e un'ultima pulsazione al termine del Villafranchiano, che ha determinato il sollevamento del blocco di Firenze rispetto al resto del lago e ha stabilito i rapporti tettonico-geometrici attuali. La master fault, a cui viene attribuito il principale movimento verticale, è manifestata da una scarpata tettonica che ha determinato lo sviluppo dei ripidi versanti meridionali delle colline di Castello-Monte Rinaldi-Fiesole; in realtà si tratta di una zona interessata da faglie disposte a gradinata, di cui solo la più orientale affiora con la scarpata degradata dei versanti di Fiesole, mentre le altre sono sepolte sotto i depositi villafranchiani di San Domenico, o addirittura sotto l'area delle Cure-Campo di Marte. Tali faglie sono dislocate da lineamenti tettonici trasversali che interessano il substrato con generali direzioni NNE-SSO, e il cui movimento risulta prevalentemente verticale distensivo. Le faglie a carattere prevalentemente distensivo, di Castello-Scandicci a ovest e di Maiano-Bagno a Ripoli a est, sono risultate attive a più riprese a partire dal Pliocene inferiore, giocando successivamente, verso la fine del Villafranchiano, un ruolo determinante per il sollevamento dell'area fiorentina rispetto al restante bacino lacustre. Questi elementi strutturali hanno sollevato la pianura di Firenze, ribassando il blocco a NO nel caso della faglia occidentale, e il blocco a SE per la faglia orientale con un rigetto globale stimabile in alcune centinaia di metri. Nel Villafranchiano sono state documentate due fasi tettoniche lungo tali lineamenti, probabilmente in regime compressivo, in accordo con evidenze regionali. Nella zona nord-orientale dell'area fiorentina lungo le colline di Fiesole-Monte Rinaldi, il motivo strutturale è dato da una piega anticlinale con asse orientato NO-SE, delimitato a SO dalla omonima zona di faglia che mette in contatto le arenarie torbiditiche del Macigno con i depositi recenti fluvio-lacustri; la struttura è interessata da faglie minori ad andamento NE-SO e prevalente movimento verticale. L'assetto tettonico delle Unità Liguri affioranti a NO di Firenze e nell'area meridionale è dato da una blanda monoclinale immergente in genere verso N-NE di valori medi ($<40^\circ$). I depositi lacustri Villafranchiani risultano dislocati dalle faglie sinsedimentarie trasversali al bacino, ma mantengono una giacitura sub-orizzontale su entrambi i blocchi dislocati; i depositi alluvionali recenti e attuali sono ancora in giacitura primaria. Per nessuna delle faglie presenti nella zona ci sono indizi geologici di attività tettonica più recente di circa 500.000 anni.

3.2. Geologia e stratigrafia della Piana di Firenze

Il sottosuolo della piana di Firenze è costituito da sedimenti plio-quadernari di riempimento del bacino fluvio-lacustre formatosi a seguito della fase tettonica distensiva, depositi sulle rocce del paleoinvaso. Nei paragrafi seguenti si descrivono le unità litostratigrafiche presenti, a partire dai terreni più antichi.

3.2.1. *Substrato pre-lacustre*

Il substrato pre-lacustre è costituito da rocce appartenenti alle Unità Liguri, ed è composto, in particolare, dai calcari marnosi, dalle calcareniti e dalle argilliti della Formazione di Sillano e dalle arenarie calcaree e dalle argilliti rosse della Formazione della Pietraforte. Il tetto del substrato pre-pliocenico risulta a profondità contenute in corrispondenza del centro storico di Firenze (profondità inferiori a 20 m dal piano di campagna). Il corso del Fiume Arno spostato verso il bordo meridionale del bacino ha portato il fiume a erodere le rocce liguri, creando un terrazzo di erosione lungo tutto il margine meridionale cittadino da est ad ovest. L'attività tettonica collegata alla faglia trasversale Castello-Scandicci ha ribassato di un centinaio di metri il tetto del substrato subito a ovest della linea di faglia, ma l'abbassamento si spinge fino alla profondità di 600 m in corrispondenza della piana di Campi Bisenzio-Sesto Fiorentino.

Nelle zone nord-orientali della città il substrato è stato dislocato in modo differenziale dalle faglie trasversali e longitudinali, ed è possibile trovarlo a profondità superiori a 110 m, mentre nelle aree sudorientali l'abbassamento ha avuto minore intensità.

3.2.2. *Depositi pre-lacustri*

Nel periodo compreso tra il Miocene superiore e il Pliocene inferiore si sono depositi:

- sedimenti pre-lacustri di ambiente fluviale (Depositi del paleo-Mugnone) quando la linea di costa era prossima all'attuale zona di San Casciano Val di Pesa;
- sedimenti residui delle deposizioni limno-palustri in aree di limitata estensione.

3.2.3. *Depositi lacustri e fluviali del bacino villafranchiano*

Nell'area interessata dal presente studio si hanno i seguenti complessi sedimentari andando dal più antico e seguendo la classificazione UBSU (*Unconformity-bounded Stratigraphic Units*):

- Sintema del bacino di Firenze-Prato-Pistoia;

- Sintema di Firenze (depositi antichi);
- Sintema dell'Arno (depositi alluvionali recenti).

Con il termine *sintema* si identifica un corpo sedimentario di origine comune definito alla base e al tetto da superfici di discontinuità o da superfici topografiche. Dal punto di vista sedimentologico il Sintema del bacino di Firenze-Prato-Pistoia è ascrivibile ad ambienti lacustri, lacustri-palustri e di fan-delta, il Sintema di Firenze ad ambienti lacustri e di fan-delta e il Sintema dell'Arno ad ambienti fluvio-alluvionale e limno-palustre.

3.2.4. Sintema del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia

E' costituito dai depositi lacustri villafranchiani, a sua volta composto dalle Argille turchine AUCTT. e dai Depositi clastici di delta e fan delta dei paleo-torrenti. Tali unità vengono di seguito descritte dalla più antica alla più recente.

3.2.4.1. Argille turchine AUCTT.

Questa unità è costituita da massicci corpi di argille e argille limose di colore grigio-azzurro, deposte in ambiente lacustre in condizioni climatiche fredde (periodi glaciali Biber e Donau). Sono presenti livelli e lenti di ghiaie e sabbie, in genere sporchi. Frequenti interdigitazioni avvengono con i depositi di delta e fan-delta dei paleo-corsi d'acqua provenienti dai rilievi posti più a nord, come il paleo-Mugnone, il paleo-Affrico e il paleo-Terzolle. Nella zona del centro cittadino le argille azzurre raggiungono spessori massimi di 90 m, mentre arrivano a 160 m nelle zone ubicate a nord-est della città.

3.2.4.2. Depositi clastici di delta e fan-delta dei paleo-torrenti

Si tratta di ciottolami e ghiaie prevalentemente sporchi, ghiaie sabbiose, sabbie limose e limi sabbiosi, in corpi più o meno massivi e/o canalizzati, formati a opera dei vari torrenti confluenti nel lago. A essi sono riconducibili i depositi del paleo-Affrico/Mensola, del paleo-Mugnone, del paleo-Terzolle e, con provenienze dal bordo meridionale, dal paleo-Ema/Greve. Questi terreni costituiscono i depositi clastici più profondi del bacino di Firenze, riconducibili a periodi caratterizzati da un clima a forte piovosità. Al Sintema del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia, in particolare alle Argille turchine AUCTT., Capecchi *et al.* (1976b) hanno fatto corrispondere l'Orizzonte Firenze 4 (si veda il § 3.3.4).

3.2.5. Sintema di Firenze (Depositi alluvionali antichi)

E' costituito da ciottolami e ghiaie d'alveo del paleo-Arno e dei paleo-torrenti, con percentuale di matrice in modo variabile. Nella zona settentrionale urbana della città risultano frammisti a intervalli sabbioso-limosi di colore marrone scuro, mentre nella zona Cascine-Osmannoro-Legnaia risultano essere costituiti prevalentemente da ciottoli e ghiaie. In particolare, i depositi del paleo-Arno hanno costruito il conoide del fiume nel lago di Prato-Pistoia, ben sviluppato nella zona Cascine-Osmannoro con apice nella zona della Fortezza. A questi depositi, Capecchi *et al.* (1976b), hanno fatto corrispondere l'Orizzonte Firenze 3 (si veda il § 3.3.3). Il corpo sedimentario, che è stimato avere una potenza di una ventina di metri, è stato eroso dallo stesso Fiume Arno: di ciò si ha evidenza alle Cascine dove si trova a contatto direttamente tra il corpo sedimentario in questione e le ghiaie alluvionali recenti depositate dal fiume.

3.2.6. Sintema del Fiume Arno (Depositi alluvionali recenti)

Il Sintema del Fiume Arno è costituito dai depositi d'alveo e di esondazione recenti e attuali della coltre alluvionale deposta dal Fiume Arno e dei suoi affluenti nell'area fiorentina, in complessi rapporti di eteropie laterali erosive e sedimentarie. I primi metri superficiali (3÷5 m) sono composti da limi di esondazione sabbiosi. A questo intervallo è da far corrispondere l'Orizzonte Firenze 1 di Capecchi *et al.* (1976b) (si veda il § 3.3.1). I depositi d'alveo sono costituiti prevalentemente da ciottolami e ghiaie, con percentuale molto variabile della matrice fine, con intercalati livelli e lenti di sabbie. Le ghiaie compongono il corpo clastico principale, rilevato sull'intera superficie fiorentina, ed è l'intervallo corrispondente all'Orizzonte Firenze 2 di Capecchi *et al.* (1976b) (si veda il § 3.3.2), il cui spessore varia da pochi metri fino a 20÷30 m. La deposizione delle ghiaie è avvenuta su una superficie di erosione sui corpi sedimentari che possono essere sia i depositi alluvionali antichi che il substrato pre-pliocenico. L'ambiente di deposizione era tipicamente fluviale a caratterizzato da alta energia. Come detto, i Depositi alluvionali recenti sono da ricondurre all'azione sedimentaria sia del Fiume Arno che degli affluenti principali (Torrente Mugnone, Torrente Terzolle, Torrente Affrico, Torrente Mensola). Nella piana fra Campi Bisenzio e Sesto Fiorentino-Castello i Depositi alluvionali recenti sono costituiti da sedimenti di ambiente limno-palustre, i quali raggiungono uno spessore che va da un paio di metri a nord della piana fino a qualche metro nella parte a sud, con presenza di

livelli torbosi nella piana di Sesto Fiorentino. I Depositi alluvionali recenti costituiscono il principale acquifero dell'area fiorentina (ghiaie dell'Orizzonte Firenze 2, che si trovano spesso a contatto diretto con il corpo sedimentario costituito dall'Orizzonte Firenze 3), come esposto dettagliatamente nel prosiegua.

3.3. Orizzonti "Firenze"

In Capecci, Guazzone, Pranzini, (1976b), sono stati identificati e definiti quattro livelli denominati "*orizzonti Firenze*" (figura 2), corrispondenti a successive fasi di deposizione. Tale suddivisione risulta fondamentale per approfondire e comprendere le caratteristiche geologiche e idrogeologiche del sito in studio.

3.3.1. Orizzonte "Firenze 1"

Si tratta dello strato superficiale indicato dai vecchi Autori col nome di "*pancone*" o "*gentilone*". E' costituito da sabbia fine con argilla con le ghiaie e i ciottoli frequentemente dispersi nel banco e più rare piccole lenti di argilla. In varie località l'orizzonte Firenze 1 è composto da sabbie anche grossolane e relativamente pulite come, a esempio, all'Anconella e in altri luoghi in prossimità del Fiume Arno.

Da notare che nel centro della città alla composizione di questo strato contribuiscono in buona parte materiali di scarico derivanti dalle rovine di costruzione di varie epoche. Questo strato superficiale, costituito in massima parte da materiale depositato dal Fiume Arno durante le piene, è presente in tutta l'area studiata a eccezione dell'area dell'Osmannoro a nord della Via Pistoiese. Il suo spessore varia da 3 a 9 metri ma nel centro della città ha una media di 4÷5 m.

3.3.2. Orizzonte "Firenze 2"

Si tratta di depositi fluviali incoerenti che presentano notevoli e rapide variazioni granulometriche sia in senso verticale che orizzontale composti da ciottolami, ghiaie e sabbie. La frazione argillosa è di solito assai scarsa tanto da permettere una buona permeabilità. E' in questo livello, infatti, che trovano alimentazione quasi tutti i pozzi per acqua scavati fin da epoche remote nell'area urbana. Sono presenti in questo intervallo sottili lenti di argilla plastica giallo-rossastra. Le caratteristiche sedimentologiche di questi depositi sono osservabili nelle cave per ghiaia scavate nelle zone delle Piagge, di Mantignano e di Varlungo-Coverciano.

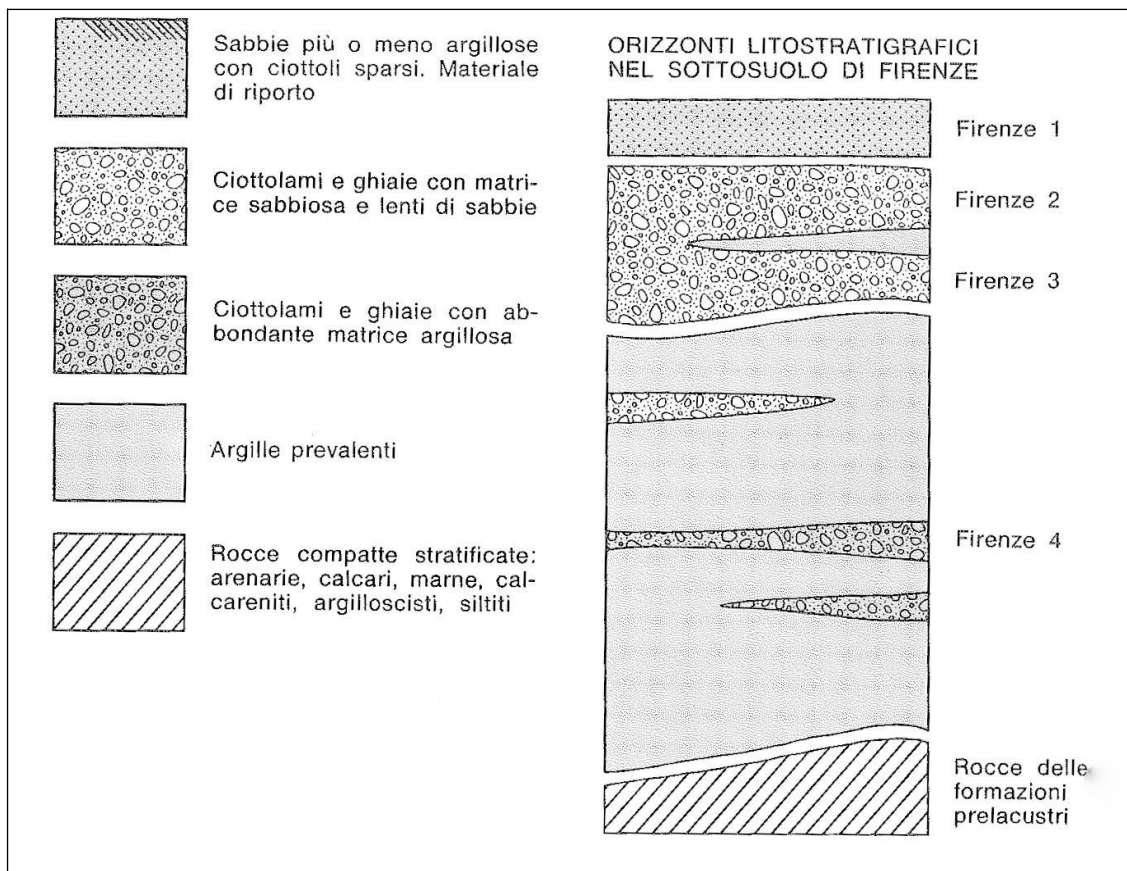


Figura 2 - Orizzonti stratigrafici presenti nel sottosuolo dell'area di Firenze (estratto da Capecci et al., 1976b).

Nel corpo sedimentario si possono osservare canali di erosione e stratificazione incrociata. Uno studio granulometrico (Gori, 1970) ha messo in luce una distribuzione bimodale per la maggior parte dei campioni prelevati, un sorting basso e, in generale, indici sedimentologici che confermano la deposizione fluviale. In particolare, il regime doveva essere torrentizio e con notevole capacità di trasporto. La natura litologica dei ciottoli di questo orizzonte non è uniforme su tutta l'area in cui affiorano. Nella zona orientale, dall'Anconella al centro città, i ciottoli sono quasi esclusivamente formati da arenarie quarzoso-micacee, probabilmente provenienti dalla formazione Macigno. Lo studio dei campioni prelevati in pozzi situati nelle zone delle Cascine, di Mantignano e delle Piagge, ha messo in luce una maggiore eterogeneità litologica: insieme a quelli di arenaria Macigno, sono presenti ciottoli di calcareniti, spesso fossilifere, calcari di vario tipo e arenarie calcaree provenienti soprattutto dalle formazioni di Monte Morello, di Sillano e della Pietraforte. Lo spessore di questo orizzonte è molto variabile; diminuisce gradualmente verso i margini della pianura e verso

ovest. In Capecci *et al.* (1976b) sono riportate le isobate del tetto di questo orizzonte nell'area urbana che mettono in risalto, oltre ad una generale pendenza della superficie verso l'asse della valle e nel senso di scorrimento dell'Arno, alcune fasce di alto relativo piuttosto strette. Esse corrispondono probabilmente al percorso del Fiume Arno durante le ultime fasi di deposito dell'orizzonte macroclastico.

3.3.3. Orizzonte "Firenze 3"

L'Orizzonte Firenze 3 è composto da ciottolami, ghiaie e sabbie, con una matrice argillosa più abbondante che nei sedimenti macroclastici dell'orizzonte Firenze 2 soprastante, tanto da risultare meno permeabile. L'argilla è presente anche in lenti. Nella zona dell'Osmannoro una di queste lenti, dello spessore di 3÷4 m, divide l'orizzonte in due distinti livelli porosi. Dal punto di vista litologico i ciottoli sono molto eterogenei: prevalgono calcari e calcareniti provenienti dalle formazioni di Monte Morello e di Sillano, ma sono presenti anche ciottoli, in genere molto alterati, di arenaria Pietraforte e Macigno. L'impossibilità di osservare in affioramento i sedimenti di questo orizzonte non permette di definire con sicurezza l'ambiente di deposizione. La maggior percentuale della matrice argillosa nei sedimenti più grossolani fa pensare ad un deposito lacustre prossimale, in corrispondenza dello sbocco di un fiume, con fasi di avanzamento e retrocessione della linea di riva del lago. L'Orizzonte Firenze 3 è in genere separato dall'Orizzonte Firenze 2 da uno strato di argilla turchina di probabile origine lacustre; nelle zone dove tale strato argilloso manca i due orizzonti ciottolosi non possono essere distinti con certezza.

3.3.4. Orizzonte "Firenze 4"

L'Orizzonte Firenze 4 è costituito da argille di origine lacustre, compatte, di colore turchino, più raramente giallastro, talora con lignite e torba. A vari livelli sono presenti lenti di ghiaie e ciottoli, più raramente di sabbie; in questi strati la matrice argillosa è quasi sempre abbondante, tanto da limitarne la permeabilità. La distribuzione areale di queste lenti a granulometria più grossolana è difficile da ricostruire con precisione, soprattutto perché sono pochi i sondaggi che hanno raggiunto e attraversato questa unità. Si osserva comunque che esse divengono meno frequenti e di minor spessore a valle di Firenze oltre la zona delle Cascine, procedendo verso ovest e nord-ovest. A monte di Firenze, nella zona dell'Anconella-Bandino, queste lenti sono invece più numerose e potenti che altrove e molte contengono solo

una bassa percentuale della frazione argillosa. Questo fatto è probabilmente da mettere in relazione con lo sbocco, al margine sud-est della conca lacustre, di uno o più torrenti immissari con notevole trasporto solido. Nella parte basale dell'Orizzonte Firenze 4, al contatto con le rocce del paleoinvaso, è talora presente un piccolo livello (1÷3 m) di ciottoli anche molto grossi, ossidati e poco arrotondati, che può essere considerato un deposito di pseudo-trasgressione. La maggioranza dei ciottoli è costituita da calcari marnosi bianchi tipo alberese e subordinatamente da arenarie calcaree tipo Pietraforte e calcareniti. Lo spessore dell'Orizzonte Firenze 4 è determinato dalla quota del fondo lago: all'Anconella è intorno a 70 m mentre nel centro città, nella zona della stazione di Santa Maria Novella, è circa 25 m; esso aumenta rapidamente spostandosi a ovest delle Cascine fino a superare i 300 m nella zona di San Donnino.

3.3.5. Considerazioni sull'andamento degli orizzonti "Firenze"

Lo strato argilloso-sabbioso superficiale (Orizzonte Firenze 1), che raggiunge una potenza massima nel centro città, diminuisce di spessore verso la zona di Peretola; più a nord-ovest e nella zona dell'Osmannoro, il tipo litologico presente nel sottosuolo fin dai primi metri è costituito da argilla compatta. L'Orizzonte Firenze 2 è presente in tutte le sezioni idrogeologiche elaborate da Capecci *et al.* (1976b) che mostrano come la terminazione occidentale di questo intervallo coincida in tutti questi profili con la terminazione dell'Orizzonte Firenze 1. Si può ritenere quindi che oltre Peretola, a nord della Via Pistoiese, il Fiume Arno non si sia mai spinto a depositare né le sue alluvioni grossolane (Orizzonte Firenze 2), né quelle più fini recenti (Orizzonte Firenze 1). In alcune sezioni verso le colline si osserva la terminazione laterale dell'Orizzonte Firenze 2. Questi sedimenti fluviali si appoggiano su superfici di erosione dei sedimenti lacustri. L'Orizzonte Firenze 2 presenta il massimo spessore in una zona corrispondente più o meno col centro della città (Piazza D'Azeglio - Piazza San Marco). La diminuzione di spessore a partire da questa zona è evidente sia in senso longitudinale sia in senso trasversale. Come detto, solo in una sezione l'Orizzonte Firenze 2 risulta separato dall'Orizzonte Firenze 3 da una lente di argilla. In tutte le altre sezioni vi sono zone di contatto fra i due orizzonti, costituendo un unico intervallo poroso, interrotto solo localmente da lenti poco estese di argilla. In queste zone o c'è stata continuità nella sedimentazione grossolana, oppure episodi erosivi hanno distrutto la continuità dell'intervallo argilloso di separazione. Le

sezioni documentano la maggior frequenza ed estensione dei ciottolami entro le argille lacustri (Orizzonte Firenze 4) nella zona orientale della conca di Firenze. Nella zona dell'Anconella questi ciottolami sono particolarmente abbondanti e relativamente puliti. La distinzione dai ciottolami fluviali sovrastanti si è basata non tanto sulla presenza del piccolo strato argilloso intorno ai 10 m di profondità, quanto sulle correlazioni granulometriche e litologiche di dettaglio. In particolare, in un pozzo il diagramma litologico presenta a 10 m un brusco aumento dei calcari e una corrispondente diminuzione delle arenarie; la stessa rapida variazione litologica è stata osservata in altri pozzi al passaggio fra i sedimenti fluviali e quelli sicuramente lacustri. Dalla zona delle Cascine procedendo verso ovest il substrato roccioso scende infatti molto rapidamente, fino a raggiungere la profondità di circa 300 m nella zona di Brozzi. Questa rapida discesa è determinata da una o più faglie trasversali al profilo che, in tempi relativamente recenti, hanno determinato il sollevamento della conca fiorentina rispetto al resto del bacino lacustre. Una sezione in particolare (Capecchi *et al.*, 1976b) mette bene in evidenza fra le Cascine e il Ponte San Niccolò l'alto relativo del substrato nel tratto urbano. In particolare, il tratto orizzontale del substrato rappresenta una superficie di erosione e testimonia quindi una fase erosiva esercitata dall'Arno. In altre sezioni si può osservare come nel centro città il fondo sia relativamente alto. Tale alto trova una corrispondenza in superficie negli affioramenti del Macigno di Fiesole a nord e della Pietraforte del Piazzale Michelangiolo e di Bellosguardo a sud. In base alle stratigrafie e alle correlazioni nella pubblicazione più volte citata sono state ricostruite le curve di ugual spessore degli Orizzonti Firenze 2 e Firenze 3. Questi orizzonti, costituiti in prevalenza da sedimenti grossolani, sono quelli, in tutta la serie fluvio-lacustre, dotati della migliore permeabilità e rappresentano quindi gli acquiferi più importanti. Per quanto riguarda l'Orizzonte Firenze 2 si osserva in particolare che:

- l'orizzonte si estende su tutta la zona pianeggiante, salvo che a nord della linea Rifredi-Novoli-Peretola-Brozzi;
- nelle zone di Badia a Ripoli e Scandicci, rispettivamente a sud-est e a sud-ovest del centro fiorentino, i dati a disposizione indicano che l'Arno ha deposto i suoi sedimenti grossolani fino al margine della pianura;
- l'area di maggior spessore dell'orizzonte è fra piazza D'Azeglio e piazza del Duomo (circa 20 m). Quest'area costituisce il massimo assoluto entro una fascia che corrisponde all'asse centrale della valle;

- l'orizzonte continua ad ovest dell'area studiata, con spessori minori e, per quanto si può osservare nelle cave, con diminuzione delle dimensioni medie dei clasti.

Per l'Orizzonte Firenze 3 si osserva invece che:

- esso è limitato alla parte occidentale, ad ovest delle Cascine;
- gli spessori sono minori rispetto a quelli dell'Orizzonte Firenze 2;
- l'area di massimo spessore corrisponde ad una fascia presso l'attuale corso dell'Arno, più o meno sul proseguimento di quella dell'Orizzonte Firenze 2 (circa 12 m alle Piagge);
- anche questo orizzonte continua a occidente dell'area studiata, interessando una zona non occupata dai sedimenti dell'Orizzonte Firenze 2.

3.4. Geologia dell'area di intervento

Nell'area in cui verrà realizzato il parco fotovoltaico affiorano i Depositi Olocenici, in particolare ai Depositi alluvionali recenti terrazzati (bna2) come mostrato nella carta geologica riportata nella figura 3, disegnata utilizzando i Fogli n. 275040 e 275080 della Carta Geologica Regionale della Regione Toscana – Servizio Geologico Regionale (*Progetto Carg*). Nel capitolo 3.2., è stato descritto il sottosuolo della piana di Firenze, costituito da sedimenti plio-quadernari di riempimento del bacino fluvio-lacustre formatosi a seguito della fase tettonica distensiva appenninica, deposti sulle rocce del paleoinvaso. I Depositi alluvionali recenti terrazzati corrispondono ai depositi del Sistema del Fiume Arno (Depositi alluvionali recenti, § 3.2.6.), secondo la classificazione UBSU (Unconformity-bounded Stratigraphic Units) e possono essere inoltre correlati all'Orizzonte Firenze 1 e all'Orizzonte Firenze 2 di Capecci *et al.* (1976b) (si veda il § 3.3.).

3.4.1. Depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati (bna)

Si tratta di depositi di origine alluvionale costituiti da ghiaie, sabbie e limi dei terrazzi fluviali, di 1° ordine [bna1] e di 2° ordine [bna2] i quali compongono la totalità dei terreni affioranti nell'area della carta geologica. L'impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione sarà realizzato interamente sui terrazzi fluviali di 2° ordine (bna2).

3.4.1.1. bna2

Dall'esame della documentazione inerente le campagne di indagine effettuate si evince che, dal punto di vista meramente litologico, nell'area interessata dalla realizzazione

dell'impianto fotovoltaico affiorano, al di sotto di alcuni decimetri (0 – 0,60 m dal piano di campagna) del terreno vegetale oppure di terreni di riporto, argille e limi a tratti debolmente sabbiosi. Il colore del terreno in posto nelle porzioni più superficiali è giallastro per passare a grigio ad alcuni metri di profondità. Durante la perforazione dei sondaggi nella campagna 2017, realizzati nelle aree circostanti, non è stata rinvenuta presenza di acqua.

4. Idrogeologia

4.1. Aspetti idrogeologici generali

Con riferimento agli orizzonti descritti al § 3.3., dal punto di vista idrogeologico, l'Orizzonte Firenze 1 può essere considerato un acquitrino con permeabilità nell'ordine di 10^{-7} m/s. L'Orizzonte Firenze 2, invece, per le sue caratteristiche granulometriche e tessiturali, costituisce il corpo acquifero principale dell'area fiorentina, con permeabilità fortemente variabili, nell'ordine dei $10^{-3} \div 10^{-7}$ m/s. L'Orizzonte Firenze 3 presenta permeabilità generalmente più basse dell'Orizzonte Firenze 2, ma può comunque ospitare una significativa circolazione idrica. L'Orizzonte Firenze 4, infine, può essere sede di limitati acquiferi (in pressione) ubicati nelle lenti di ghiaie e sabbie che si trovano disperse all'interno del corpo costituito dalle argille turchine; tali acquiferi non sono ovviamente di interesse ai fini dello sfruttamento idrico. La falda nell'area fiorentina è posizionata in corrispondenza dei Depositi Alluvionali Recenti (Orizzonte Firenze 2); oppure, nella zona delle Cascine-Osmannoro, nei Depositi Alluvionali Antichi (Orizzonte Firenze 3). L'acquifero più superficiale (Orizzonte Firenze 2) può essere rinvenuto nella maggior parte della pianura. Solo a ovest della città, lungo una linea pressappoco coincidente con la Via Pistoiese, i ciottolami e le ghiaie alluvionali recenti lasciano spazio, verso nord, ai limi e alle argille di natura lacustre o palustre. Il Fiume Arno non ha infatti scavato ed eroso i sedimenti fluvio-lacustri precedenti (Capecchi *et al.* 1976b). Il primo acquifero riscontrabile nell'area dell'Osmannoro è ubicato nei Depositi Alluvionali Antichi. Gli acquiferi sopra elencati sono caratterizzati da porosità primaria e dal punto di vista granulometrico sono composti da ciottoli, ghiaia e sabbia, con una percentuale variabile di matrice limoso-argillosa. Quest'ultima componente influenza indubbiamente il valore della conducibilità idraulica (permeabilità). Tramite diverse tipologie di indagine, sono stati calcolati valori di permeabilità risultati variabili tra $10^{-3} \div 10^{-7}$ m/s. La falda è di tipo libero nella maggior parte della piana di Firenze, quindi il livello freatico e quello piezometrico corrispondono.

Invece, ai margini della piana, dove sono presenti maggiori spessori degli intervalli superficiali composti dai limi di esondazione, la falda è di tipo semi-confinato (o addirittura confinato) e la superficie freatica si attesta a quote prossime alla superficie topografica.

A Nord della via Pistoiese la prima falda può essere considerata confinata, dato che le ghiaie dell'Orizzonte Firenze 3 sono coperte da almeno 16 m di terreno a bassa permeabilità (riconducibile all'Orizzonte Firenze 1 passante verso nord ai sedimenti limno-palustri dei Depositi alluvionali recenti della piana di Sesto Fiorentino). Ugualmente confinate sono le falde ubicate nei livelli permeabili della successione fluvio-lacustre presente al di sotto dell'Orizzonte Firenze 2 (Orizzonte Firenze 4 corrispondente al Sintema del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia), costituiti da ghiaie e sabbie, spesso con matrice limosa abbondante. Come detto precedentemente, nelle lenti di ghiaie e sabbie che si rinvergono all'interno dei depositi lacustri delle argille azzurre, appartenenti al Sintema del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia, sono ubicate falde confinate, peraltro alimentate con difficoltà dal fatto di essere disperse in potenti serie argillitiche. Nella piana di Firenze le isofreatiche indicano, come andamento generale, un flusso di falda che dai rilievi collinari si dirige verso il Fiume Arno, con una componente verso ovest in modo concorde con la direzione di flusso dell'Arno. Il gradiente idraulico diminuisce dalle zone pedecollinari verso il centro della valle (da 1,0÷1,5 % a 0,2 %), dovuta all'aumento dei valori di trasmissività dei sedimenti.

4.2. Permeabilità delle unità litostratigrafiche affioranti nell'area in esame

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche della principale unità geologica presente (bna), è possibile stimare la permeabilità su base qualitativa, in funzione degli elementi da cui dipende (caratteristiche litologiche dei terreni affioranti, presenza di pozzi, densità del reticolo idrografico) (figura 4). Nel dettaglio, i terreni di origine alluvionale presenti nelle aree di pianura sono dotati di permeabilità per porosità primaria, legata alla presenza di pori tra le particelle del terreno, acquisita al momento della loro formazione. Tale permeabilità per i Depositi alluvionali recenti terrazzati (bna2) è in genere bassa e diminuisce o aumenta in corrispondenza rispettivamente dei livelli fini o grossolani. Durante le perforazioni dei sondaggi nelle aree limitrofe (S39, S94, S95, S121, S122) non è stata rinvenuta acqua ad eccezione del sondaggio S39.

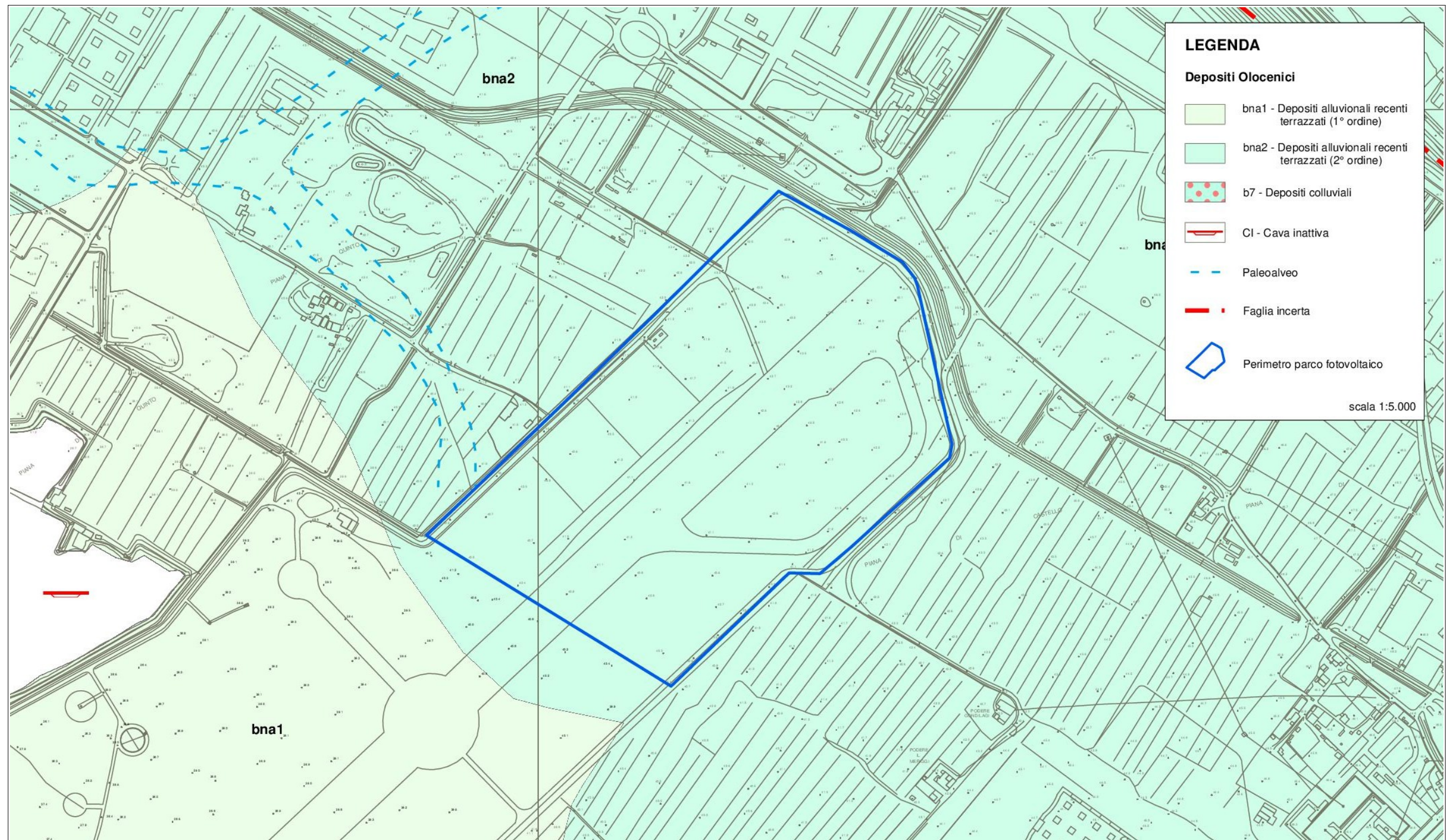


Figura 3 - Carta geologica in scala 1:5.000.

La spiegazione dell'acqua rinvenuta nel sondaggio S39 sta nel fatto che per terreni a granulometria fine si assiste a una elevata porosità, a una elevata ritenzione idrica ma a una bassa porosità efficace. Nelle argille e nei limi vi può quindi essere acqua (il sondaggio S39 è stato perforato a novembre), ma poiché vi è alta ritenzione idrica, la stessa non circola: in questi casi si parla di acquicludo.

Poiché il sottosuolo dell'area esaminata appare costituito da terreni fini in massima parte rappresentati da argille e limi si tratta di acquiclude in cui si può avere, nelle stagioni delle piogge, presenza di acqua di ritenzione a causa dell'alta porosità, ma questa acqua non circola in quanto la porosità efficace è molto bassa, dell'ordine di pochi punti percentuali.

L'acquifero più superficiale (Orizzonte Firenze 2) può essere rinvenuto nella maggior parte della pianura. Solo a ovest della città, lungo una linea pressappoco coincidente con la Via Pistoiese, i ciottolami e le ghiaie alluvionali recenti lasciano spazio, verso nord, ai limi e alle argille di natura lacustre o palustre. Il Fiume Arno non ha infatti scavato ed eroso i sedimenti fluvio-lacustri precedenti (Capecchi *et al.* 1976b). Il primo acquifero riscontrabile nell'area dell'Osmanoro è ubicato nei Depositi Alluvionali Antichi. Gli acquiferi sopra elencati sono caratterizzati da porosità primaria e dal punto di vista granulometrico sono composti da ciottoli, ghiaia e sabbia, con una percentuale variabile di matrice limoso-argillosa. Quest'ultima componente influenza indubbiamente il valore della conducibilità idraulica (permeabilità). Tramite diverse tipologie di indagine, sono stati calcolati valori di permeabilità risultati variabili tra $10^{-3} \div 10^{-7}$ m/s. La falda è di tipo libero nella maggior parte della piana di Firenze, quindi il livello freatico e quello piezometrico corrispondono. Invece, ai margini della piana, dove sono presenti maggiori spessori degli intervalli superficiali composti dai limi di esondazione, la falda è di tipo semi-confinato (o addirittura confinato) e la superficie freatica si attesta a quote prossime alla superficie topografica. A Nord della via Pistoiese la prima falda può essere considerata confinata, dato che le ghiaie dell'Orizzonte Firenze 3 sono coperte da almeno 16 m di terreno a bassa permeabilità (riconducibile all'Orizzonte Firenze 1 passante verso nord ai sedimenti limno-palustri dei Depositi alluvionali recenti della piana di Sesto Fiorentino). Ugualmente confinate sono le falde ubicate nei livelli permeabili della successione fluvio-lacustre presente al di sotto dell'Orizzonte Firenze 2 (Orizzonte Firenze 4 corrispondente al Sintema del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia), costituiti da ghiaie e sabbie, spesso con matrice limosa abbondante.

Come detto precedentemente, nelle lenti di ghiaie e sabbie che si rinvencono all'interno dei depositi lacustri delle argille azzurre, appartenenti al Sintema del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia, sono ubicate falde confinate, peraltro alimentate con difficoltà dal fatto di essere disperse in potenti serie argillitiche. Nella piana di Firenze le isofreatiche indicano, come andamento generale, un flusso di falda che dai rilievi collinari si dirige verso il Fiume Arno, con una componente verso ovest in modo concorde con la direzione di flusso dell'Arno. Il gradiente idraulico diminuisce dalle zone pedecollinari verso il centro della valle (da 1,0÷1,5 % a 0,2 %), dovuta all'aumento dei valori di trasmissività dei sedimenti.

Nella carta idrogeologica riportata nella figura 4, le formazioni geologiche presenti nell'area in studio sono state suddivise in base alla permeabilità precedentemente indicata e riassunta nella tabella 1.

Classe	Terreni permeabili per porosità primaria	Permeabilità
1	-	molto bassa
2	Depositi alluvionali recenti terrazzati (bna2)	bassa
3	-	media
4	-	alta
5	-	molto alta

Tabella 1 - Classi di permeabilità.

4.3. Superficie piezometrica

Come detto, durante l'esecuzione della quasi totalità dei sondaggi realizzati nelle vicinanze non è stata riscontrata la presenza di acqua; è comunque opportuno fare alcune precisazioni in merito alle interferenze eventualmente presenti e prevedibili tra gli interventi in progetto e le acque di sottosuolo. Come detto nei capitoli precedenti, la zona in studio presenta schematicamente le seguenti caratteristiche idrogeologiche:

- superficialmente è presente un livello dello spessore di un paio di metri al di sotto del piano di campagna, che a seconda della stagione, può essere interessato da saturazione alla profondità compresa tra 0 e 1,5 m; questo livello non ha alcun valore e interesse dal punto di vista della risorsa idrica;
- al di sotto di due metri di profondità dal piano di campagna fino alla profondità di almeno 25 m non è mai stata registrata presenza di una falda;

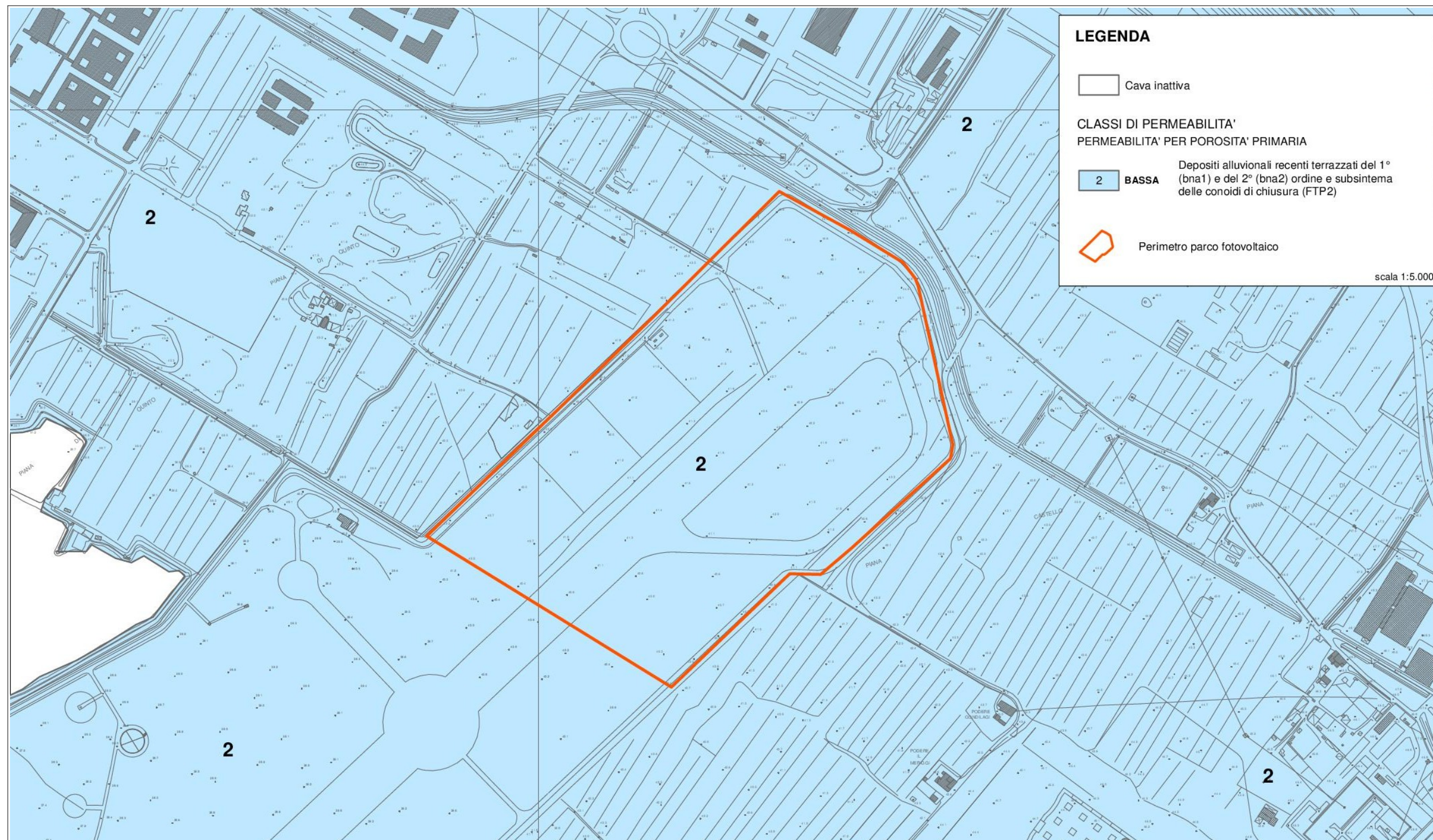


Figura 4 - Carta idrogeologica in scala 1:5.000

- il livello in cui ha sede la falda principale della pianura fiorentina è identificato con l'Orizzonte Firenze 2 (parte inferiore del Sintema del Fiume Arno) e con l'Orizzonte Firenze 3 (Sintema di Firenze) che al di sotto dell'area di interesse per il presente studio non risultano essere presenti.

Per la realizzazione dell'opera in progetto è previsto uno scavo di modesta entità che coinvolgerà solo lo strato superficiale dell'Orizzonte Firenze 1 (porzione superiore del Sintema del Fiume Arno). Pertanto le uniche interferenze che si potranno avere tra l'impianto fotovoltaico e le acque di sottosuolo saranno con quelle che stagionalmente vanno a occupare i primi metri superficiali al di sotto del piano di campagna (e che quindi nel periodo estivo in cui si sono svolte le indagini del piano di caratterizzazione ambientale non sono state incontrate) e non interesseranno mai l'acquifero saturo principale in quanto assente nell'area strettamente di interesse e rilevato a sud nella zona dell'Osmannoro (§ 3).

5. Geomorfologia e stabilità

5.1. Introduzione

Il nuovo parco fotovoltaico in progetto è ubicato tra i comuni di Firenze (zona sud-orientale) e di Sesto Fiorentino (zona nord-occidentale), come mostrato in figura 1. La zona è pianeggiante ed è posta tra le quote di circa 39 e 44 m s.l.m.. La carta geomorfologica (figura 5) è stata elaborata a partire dai medesimo elaborato delle *Indagini geologico-tecniche* di supporto al Piano Strutturale intercomunale Calenzano e Sesto Fiorentino, al Secondo Regolamento Urbanistico del Comune di Sesto F.no e integrata con il lavoro di campagna. L'area in esame non presenta tuttavia forme naturali o antropiche significative.

6. Classi di pericolosità

L'intervento in oggetto ricade sia nel territorio del Comune di Sesto Fiorentino che in quello appartenente al Comune di Firenze; entrambi i comuni sono dotati del Piano Strutturale e del Regolamento Urbanistico e dunque delle Carte di pericolosità previste dalla normativa vigente in materia.

6.1. Pericolosità geologica

La *Carta della pericolosità geologica* (Tavola IGT-PSI-3-Carta della Pericolosità Geologica-Sud - del *Piano Strutturale Intercomunale Calenzano e Sesto Fiorentino*) classifica

l'area di progetto in classe di pericolosità geologica media (G2).

La porzione che ricade nel territorio comunale di Firenze è classificata in classe di pericolosità geologica media (G2) nella *Carta della pericolosità geologica* (Tavola 4 della *Variante al Piano Strutturale del 2010*).

Per quanto riguarda il Piano di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) la zona in oggetto non è classificata nella cartografia a livello di sintesi e di dettaglio (Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante - livello di sintesi, scala 1:25.000, stralcio n. 39 approvato con Decreto del Segretario Generale n. 51 del 08 agosto 2014, previo parere favorevole del Comitato Tecnico del 18 marzo 2014).

6.2. Pericolosità idraulica

La *Carta della pericolosità idraulica ai sensi del 53/R* (Tavola IGT-PSI-9H-Carta della Pericolosità Idraulica ai sensi del 53R del *Piano Strutturale Intercomunale Calenzano e Sesto Fiorentino*) classifica l'area in cui sorgerà l'opera in progetto in classe di pericolosità idraulica I.3* (Aree di potenziale ristagno e/o insufficienza di drenaggio della rete di acque basse).

L'area che ricade nel Comune di Firenze è compresa per una piccola parte (quella al confine con il Comune di Sesto Fiorentino) in pericolosità idraulica elevata I.3 e per quella restante in pericolosità idraulica media I.2, nella *Carta della pericolosità idraulica* (Tavola 5 della *Variante al Piano Strutturale del 2010*).

In riferimento al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), è stato adottato nella seduta dalla Conferenza Istituzionale Permanente con la delibera n. 26 del 20 dicembre 2021 il "primo aggiornamento PGRA (2021-2027)", che rappresenta il riferimento in materia di pericolosità e rischio di alluvioni, l'area risulta caratterizzata, per la maggior parte, dalla classe di pericolosità idraulica P2, mentre per quanto riguarda la zona orientale ricadente nel Comune di Firenze risulta caratterizzata dalla classe di pericolosità idraulica P1 (stralcio n. 232 del marzo 2016).

6.2.1. L.R. 41/2018

In data 30 settembre 2018 è entrata in vigore la Legge Regionale 24 luglio 2018 n. 41 avente come oggetto *Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva*

2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014 (pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n. 33 del 1 agosto scorso) che costituisce la nuova norma di riferimento per le aree a rischio alluvioni. Con tale legge "la Regione, al fine di ridurre le conseguenze negative, derivanti dalle alluvioni, per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche, nonché al fine di mitigare i fenomeni di esondazione e dissesto idrogeologico, disciplina la gestione del rischio di alluvioni in relazione alle trasformazioni del territorio e la tutela dei corsi d'acqua" (art. 1, comma 1 della legge suddetta).

L'art. 18 della L.R. 41/2018 fornisce le disposizioni transitorie per la classificazione delle nuove classi di pericolosità: le aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti corrispondono alle aree classificate dai piani strutturali, dai piani regolatori, dai piani di assetto idrogeologico come aree a pericolosità molto elevata mentre le aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti corrispondono alle aree a pericolosità idraulica elevata.

6.3. Pericolosità sismica

La *Carta della pericolosità sismica* (Tavola IGT-PSI-4-Carta della Pericolosità Sismica – Sud del Piano Strutturale Intercomunale Calenzano e Sesto Fiorentino) classifica l'area in studio in classe di pericolosità sismica media (S2).

Anche la parte compresa nel Comune di Firenze è classificata con pericolosità sismica media (S2) nella Carta della pericolosità sismica (Tavola 6 della Variante al Piano Strutturale del 2010).

7. Classi di fattibilità

Per quanto riguarda le prescrizioni relative alle classi di fattibilità geologica e sismica di seguito assegnate, si evidenzia che il presente studio geologico è basato su dati ottenuti da indagini geognostiche eseguite nell'area di intervento o nelle immediate vicinanze. In merito agli aspetti idraulici (art. 46, comma 4 e 5 delle Norme Generali del Secondo Regolamento Urbanistico del Comune di Sesto Fiorentino e art. 75, comma 3 delle N.T.A. del Comune di Firenze) si rimanda agli altri elaborati progettuali.

7.1. Comune di Sesto Fiorentino

Nella Relazione geologica di fattibilità (ai sensi del DPGR 53/R/2011) a supporto del Secondo Regolamento Urbanistico Indagini Geologico-Tecniche e Idrauliche), sono presenti due

tabelle, una per la pericolosità geologica (tabella A) e una per la pericolosità idraulica (tabella B), che permettono di attribuire le classi di fattibilità in funzione della tipologia di intervento. Per quanto riguarda l'attribuzione della pericolosità sismicità non è presente un abaco ma ai sensi del comma 3 dell'art. 48 delle Norme Generali, le condizioni di fattibilità sono disciplinate dall'art. 47. Per l'attribuzione della classe di fattibilità ci si rifà ai concetti generali esposti nel vigente DPGR 53/R/2011.

7.1.1. Fattibilità geologica

Vista la classe di pericolosità geologica media – G2 (§ 6.1.), le fattibilità, assegnate secondo i criteri della tabella A contenuta nella *Relazione geologica di fattibilità (ai sensi del DPGR 53/R/2011)* a supporto del Secondo Regolamento Urbanistico Indagini Geologico-Tecniche e Idrauliche, sono riportate nella tabella 2 seguente:

Opera in progetto	Categoria o tipologia di intervento	Fattibilità
Parco fotovoltaico	Realizzazione di impianti tecnologici	FG3 condizionata

Tabella 2 - Classi di fattibilità.

N.B.. Tutti gli interventi ricadono in classe G2a– pericolosità geologica media.

Le prescrizioni specifiche contenute nell'art. 45, comma 3 delle Norme Generali del Secondo Regolamento Urbanistico sono relative a interventi eseguiti su versanti o che interferiscano con edifici esistenti o in progetto. Si sottolinea che il presente studio geologico è basato su dati ottenuti da indagini geognostiche eseguite nell'area di intervento o nelle immediate vicinanze.

7.1.2. Fattibilità idraulica

In base all'abaco B della relazione di fattibilità precedentemente citata, vista la classe di pericolosità idraulica I.3* (§ 6.2.), si attribuiscono le classi di pericolosità idraulica indicate nella tabella 3.

In merito alle prescrizioni di cui all'art. 46, comma 4 e 5 delle Norme Generali del Secondo Regolamento Urbanistico, si vedano gli altri elaborati progettuali.

Opera in progetto	Categoria o tipologia di intervento	Fattibilità
Parco fotovoltaico	Realizzazione impianti tecnologici	F13 condizionata

Tabella 3 - Classi di fattibilità.

N.B.. Tutti gli interventi ricadono in classe I3*

7.1.3. Fattibilità sismica

Vista la tipologia di intervento prevista e vista la classe di pericolosità sismica media (S2) si ritiene di attribuire una classe di fattibilità FS2 con normali vincoli. Il comma 2 dell'articolo 47 delle Norme Generali del Secondo Regolamento Urbanistico, stabilisce che per questa classe di fattibilità *non sussistono condizioni di fattibilità specifiche per la fase di predisposizione dei Piani Attuativi o dei Progetti Unitari, ovvero per la valida formazione dei titoli o atti abilitativi all'attività edilizia.*

7.2. Comune di Firenze

Le Norme Tecniche di Attuazione del Piano Strutturale del Comune di Firenze forniscono le regole per procedere all'assegnazione della classe di fattibilità in funzione del tipo di intervento edilizio o urbanistico e del grado di pericolosità in relazione agli aspetti legati al rischio geologico, idraulico e sismico. Tali disposizioni sono contenute nel Volume I, Parte 4, Titolo II, *Disciplina ecologico ambientale*, Capo II, *Misure di protezione* delle NTA. Per quanto riguarda le opere da realizzarsi all'interno dell'attuale sedime aeroportuale, l'art. 44 disciplina gli interventi di nuova costruzione, ampliamento e recupero nell'area aeroportuale che, ai sensi del comma 5, *sono sempre ammessi purché funzionali alla gestione e sviluppo del servizio.*

7.2.1. Fattibilità geologica

In merito agli aspetti geologici, ai sensi della *Matrice della fattibilità geologica delle opere in funzione della tipologia di intervento e della pericolosità dell'area*, viene attribuita una fattibilità geologica F.G.2 con normali vincoli.

7.2.2. Fattibilità idraulica

Per quanto riguarda la fattibilità idraulica, in base alla *Matrice della fattibilità idraulica delle opere in funzione della tipologia di intervento e della pericolosità dell'area*, viene attribuita una fattibilità idraulica viene attribuita una fattibilità idraulica F.I.3 limitata.

7.2.3. Fattibilità sismica

Per quanto riguarda la fattibilità sismica, in base alla *Matrice della fattibilità idraulica delle opere in funzione della tipologia di intervento e della pericolosità dell'area*, così come per la fattibilità geologica e idraulica, viene attribuita una fattibilità sismica F.S.2 con normali vincoli.

8. Risultati delle indagini eseguite

8.1. Generalità

Come detto in premessa, le indagini di riferimento per il presente studio sono quelle eseguite dalla società Ambiente sc di Carrara, su incarico di Toscana Aeroporto Engineering S.r.l., nella *Campagna di indagini geognostiche per la realizzazione della nuova pista e delle opere accessorie* dell'Aeroporto Internazionale di Firenze Amerigo Vespucci (vecchio Master Plan 2014-2029) nel 2015 e nel 2017. In particolare, per lo studio delle caratteristiche litologiche, stratigrafiche e meccaniche dei terreni presenti nell'area interessata dall'impianto fotovoltaico in progetto, sono state utilizzate le seguenti indagini geognostiche ubicate come mostrato nella figura 6:

- una prova penetrometrica statica denominata CPT62, che ha raggiunto la profondità di 7,20 m dal p.c., eseguita dalla società Geosol S.n.c. di Sovicille (Provincia di Siena);
- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo denominati S95 e S96 aventi una profondità di 10,0 m dal p.c.;
- n. 1 (uno) sondaggio a carotaggio continuo denominato S39, della profondità di 10,0 m dal p.c., attrezzato a piezometro;
- prelievo di campioni indisturbati con fustella di tipo Shelby dai sondaggi realizzati, alle profondità indicate nella tabella 4;

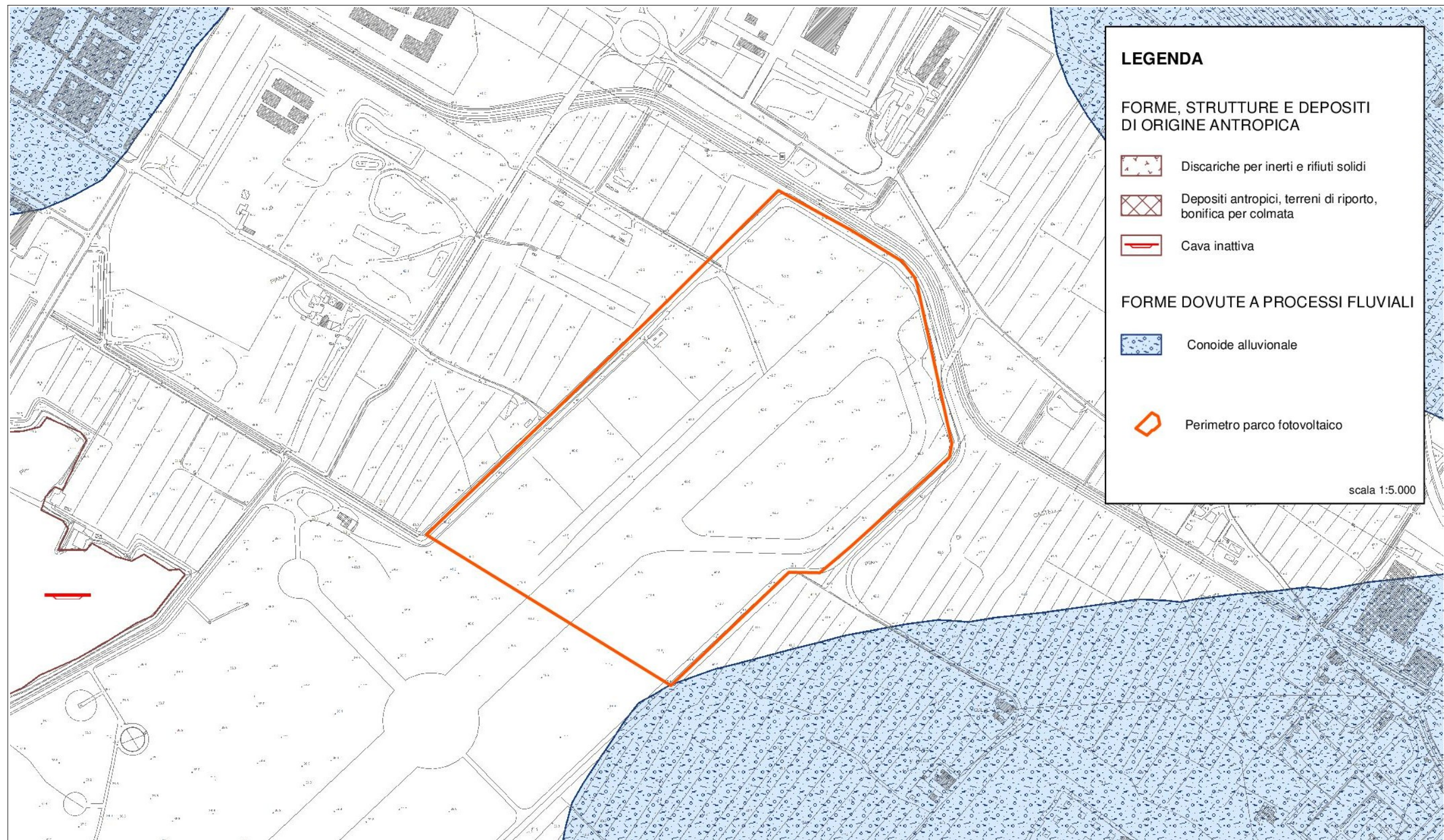


Figura 5 - Carta geomorfologica in scala 1:5.000

8.2. Prove penetrometriche

Le prove penetrometriche statiche sono state realizzate con un penetrometro cingolato gommato, modello TG 63-200 KN, capace di una spinta di 200 kN (20 ton), progettato e prodotto da Pagani Geotechnical Equipment di Piacenza; la verticale ha raggiunto il rifiuto strumentale a una profondità inferiore ai 15 m dal p.c. previsti. La prova ha fornito le seguenti informazioni (si vedano i certificati nell'allegato A):

sigla sondaggio	sigla campione	profondità [m da p.c.]	quota [m s.l.m.]
S39	CI1	1,00 ÷ 1,60 ³	37,925 ÷ 37,325
S95	CI1	2,50 ÷ 3,00	36,556 ÷ 36,056
	CI2	4,50 ÷ 5,00	34,556 ÷ 34,056
	CI3	7,50 ÷ 8,00	31,556 ÷ 31,056
S96	CI1	1,50 ÷ 2,00	38,262 ÷ 37,762
	CI2	5,50 ÷ 6,00	34,262 ÷ 33,762
	CI3	9,00 ÷ 9,50	30,762 ÷ 30,262

Tabella 4 - Campioni indisturbati.

- Prova penetrometrica statica CPT 62:
 - profondità indagata: 7,2 m dal p.c. (rifiuto strumentale);
 - seguendo l'interpretazione litologica di Begemann (rapporto tra resistenza laterale qc e laterale fs), integrata con quella di Schmertmann (qc-fs/qc), la verticale di indagine ha attraversato argille e/o limi con presenza di livelli di limi e/o sabbie (0,0÷0,2 m, 0,8÷1,2 m, 1,4÷1,6 m, 1,8÷2,0 m, 2,4÷3,0 m, 3,6÷3,8 m, 5,0÷5,2 m, 7,0÷7,2 m da p.c.) e di un livello francamente sabbioso tra 1,6 e 1,8 m dal p.c.;
 - a partire da 5,8 m dal p.c. si osserva un generale aumento della resistenza alla punta e della resistenza laterale con la profondità, fino al rifiuto strumentale.

³ Da stratigrafia del sondaggio; il certificato del laboratorio riporta 1,50÷2,00.

Tenendo conto delle principali suddivisioni individuabili sulla verticale della prova penetrometrica secondo le interpretazioni litologiche di riferimento, i parametri geotecnici forniti dalla ditta esecutrice (allegato A), sono stati elaborati statisticamente sulla base del 5° percentile della distribuzione dei dati per il calcolo del valore caratteristico (si veda il § 10.2.2.) ottenendo i risultati riportati nella tabella 5.

Sigla	Valore caratteristico k	Natura coesiva		Natura granulare	
		c _u [kPa]	Mo [kPa]	f* [°]	Mo [kPa]
CPT62	Da 0,20 a 0,80 m da p.c.	135,16	13.827,38	28,89	12.944,78
	Da 1,00 a 3,40 m da p.c.	53,38	5.697,66	27,02	8.531,79
	Da 3,60 a 5,80 m da p.c.	90,72	10.444,04	28,04	10.738,28
	Da 6,00 a 7,20 m da p.c.	110,22	14.415,78	29,48	14.415,78

Tabella 5 - Elaborazione statistica prove penetrometriche.

* Secondo la correlazione di Meyerhof.

8.3. Sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi a carotaggio continuo sono stati eseguiti con una sonda perforatrice cingolata; la stratigrafia e le fotografie delle cassette contenenti le carote sono riportate nell'allegato A.

Come si osserva, al di sotto di materiale di riporto (presente nei sondaggi S95 e S96) o terreno vegetale (S39), si incontrano per la maggior parte terreni coesivi quali argilla e limo (predominanti in S39 e S95), argilla (in S96).

8.4. Prove geotecniche di laboratorio

Come detto al § 8.1. durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo sono stati prelevati dei campioni indisturbati con fustella tipo Shelby in per essere successivamente inviati al laboratorio Igetecma S.n.c. di Montelupo Fiorentino (Provincia di Firenze) per l'esecuzione delle prove geotecniche. Su tutti i campioni prelevati (tabella 4) sono state eseguite le seguenti prove:

- prove speditive di consistenza (ASTM 2488), comprensive della fotografia;
- determinazione del contenuto d'acqua (ASTM D 2216);
- analisi granulometrica per sedimentazione (Raccomandazione AGI 1994, ASTM D 422);

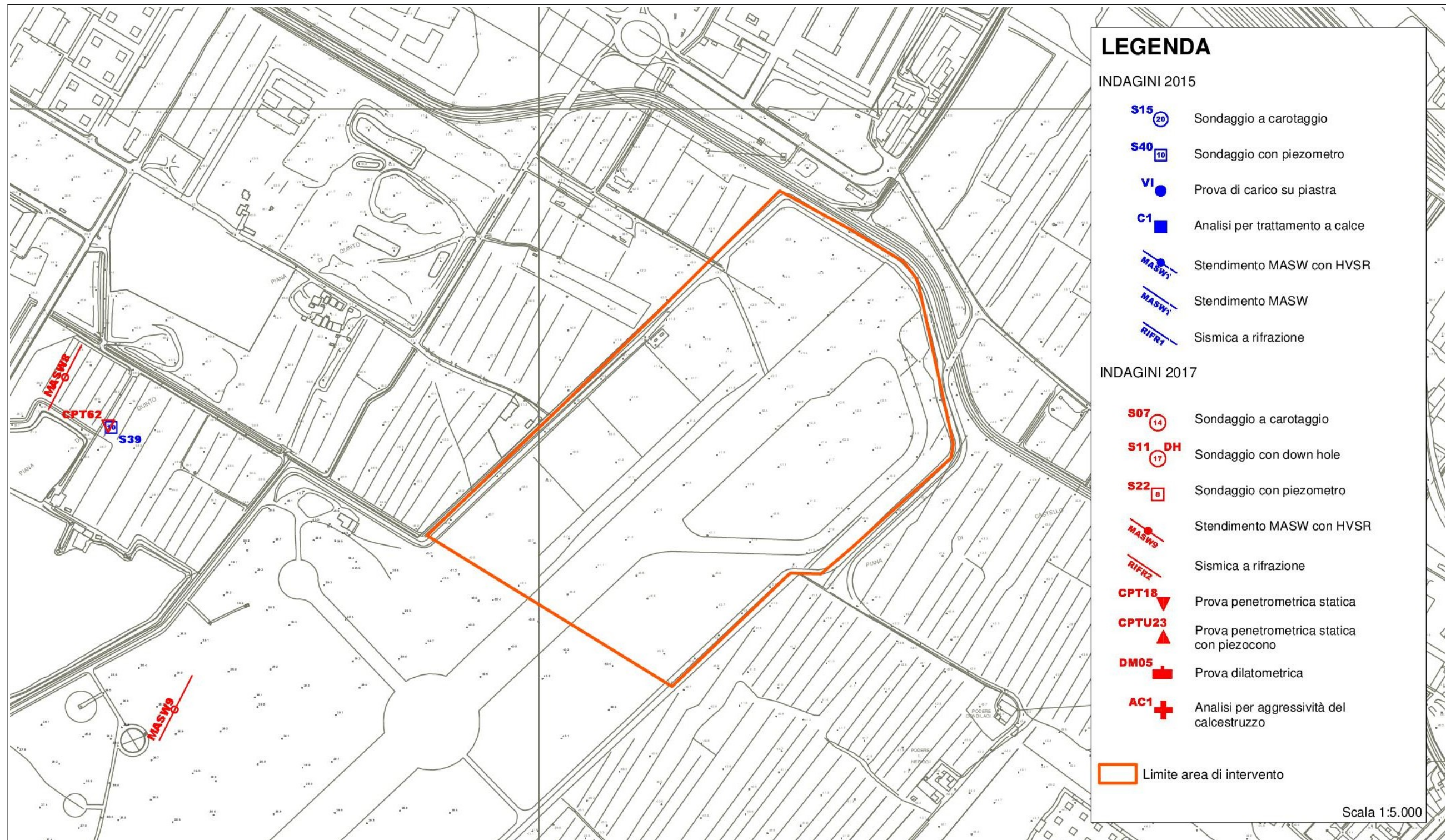


Figura 6 - Ubicazione delle indagini geognostiche realizzate (in scala 1:5.000).

- analisi granulometrica per vagliatura per via umida (Raccomandazione AGI 1994, ASTM D 422);
- determinazione limiti di Atterberg (ASTM D 4318);
- determinazione del peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D);

Inoltre, come mostrato nel dettaglio nella tabella 6 su alcuni di essi sono state effettuate le seguenti prove:

- determinazione del peso specifico dei granuli (CNR-UNI 10013, ASTM D 854);
- prova di compressione semplice E.L.L. ;
- prova di taglio diretto C.D.;
- prova triassiale non consolidata non drenata U.U. (ASTM D 2850)
- prova triassiale consolidata non drenata C.U.;

Sigla	Compressione semplice ELL	Triassiale UU	Triassiale CU	Edometrica*	Taglio CD
S39-CI1				X	
S95-CI1	X			X	
S95-CI2				X	X
S96-CI1			X		X
S96-CI2	X				X
S96-CI3	X				X

Tabella 6 - Prove geotecniche "specifiche" eseguite sui campioni indisturbati.

* compresa la determinazione del peso specifico dei granuli.

- prova triassiale consolidata drenata C.I.D. (Raccomandazione AGI 1994, ASTM D 5311);
- prova edometrica (ASTM D 2435);
- prova di taglio diretto (ASTM D 3080).

I parametri geotecnici ottenuti dalle prove di laboratorio sono riassunti nella tabella riportata nell'allegato A (ultima pagina di ciascun certificato).

8.5. Indagini geofisiche

8.5.1. Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)

Per definire la categoria di sottosuolo, ai sensi del § 3.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018, e quindi per la definizione dell'azione sismica locale e di progetto risulta necessario determinare

la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio tra il bedrock sismico ed il piano di imposta delle fondazioni ($V_{s,eq}$).

Nel caso in esame per determinare tale parametro sono state utilizzate due indagini sismiche con metodologia MASW, denominate MASW8 e MASW9 (figura 6) elaborate congiuntamente con l'indagine HVSr.

Per i dettagli operativi delle metodologie di acquisizione dei dati, si rimanda al rapporto finale nell'allegato B. L'analisi della dispersione delle onde superficiali, abbinata all'indagine HVSr, ha permesso di calcolare il parametro $V_{s,eq}$, che applicando la formula seguente:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad (3.2.1 \text{ NTC 2018})$$

è risultato pari a 333 m/s (MASW8) e 318 m/s (MASW9).

8.5.2. Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. I contrasti di impedenza eventuali possono essere correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso. In entrambi i casi si possono avere passaggi litologici che generano fenomeni di possibile amplificazione della sollecitazione sismica.

Nella prova HVSr 8 è stato rilevato un picco a 0,41 Hz ma non vi è il rispetto delle condizioni del SESAME né per l'affidabilità della curva (solo due su tre) né per l'affidabilità del picco (solo quattro su sei). Nella prova HVSr9 non è stato rilevato un picco nell'intervallo di frequenza che abbia interesse ingegneristico.

9. Sismicità e definizione dei parametri sismici

9.1. Zona sismica

La nuova classificazione sismica è stata approvata con Deliberazione della Giunta Regionale della Toscana n. 421 del 26 maggio 2014, che ha apportato modifiche (per accorpamento di alcuni Comuni) alla classificazione sismica regionale definita con la Delibera

della Giunta Regionale della Toscana n. 878 dell'8 ottobre 2012. L'aggiornamento introdotto con quest'ultima delibera, redatto ai sensi dell'O.P.C.M. del 28 aprile 2006 n. 3519 si era reso necessario al fine di recepire le novità introdotte dall'entrata in vigore delle NTC e di rendere la classificazione sismica maggiormente aderente all'approccio "sito-dipendente" introdotto da tali norme. Inoltre, contestualmente all'entrata in vigore della nuova classificazione sismica, è stato approvato il regolamento 58/R del 22 ottobre 2012⁴, di attuazione dell'art. 117, comma 2, lettera g) della L.R. 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). I Comuni di Sesto Fiorentino e Firenze sono inseriti nella "zona sismica 3".

9.2. Parametri sismici

9.2.1. Aspetti generali

La stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido, viene definita tramite un approccio sito-dipendente. Come riportato al § 3.2 del D.M. 18 gennaio 2018 e al § C3.2 della Circolare C.S.LL.PP. n. 7/2019, è possibile fare riferimento all'*Allegato A* del D.M. 14 gennaio 2008 nel quale i parametri necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto vengono calcolati attraverso le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (nella *Tabella 1 - Allegato B* del medesimo decreto NTC2008 vengono forniti, per ciascuno dei 10.751 nodi della griglia che costituisce il reticolo, i valori di a_g , F_0 e T^*c , per nove valori del periodo di ritorno: 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2.475 anni).

Nel presente studio si è utilizzato il software fornito dalla ditta GeoStru che permette di calcolare gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per un generico sito del territorio nazionale. Mediante questo programma è possibile, inserendo le coordinate e le caratteristiche progettuali del sito, ottenere direttamente i parametri relativi al computo dell'azione sismica di progetto.

9.2.2. Categoria di di sottosuolo (approccio semplificato)

Visto il valore della velocità equivalente delle onde di taglio calcolato dall'indagine sismica (§ 8.5.1.) al sito in oggetto si assegna la **categoria di sottosuolo C** ("*Depositi di terreni a*

⁴ Regolamento di attuazione dell'art. 117, comma 2, lettera g) della L.R. 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). Verifiche nelle zone a bassa sismicità. Determinazione del campione da assoggettare a verifica.

grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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." - da Tab. 3.2.II del D.M. 17 gennaio 2018 e § C3.2.2 della Circolare C.S.LL.PP. n. 7/2019).

9.2.3. Categoria topografica

In considerazione dell'ubicazione dell'area di progetto, ai sensi del § 3.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018 e del § C.3.2.2 della Circolare C.S.LL.PP. n. 7/2019, al sito di intervento viene assegnata la **categoria topografica T1** (*superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$* , Tab. 3.2.III del D.M. 17 gennaio 2018), alla quale corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1.0 (Tab. 3.2.V del decreto suddetto).

9.2.4. Parametri dell'azione sismica locale

Come detto, per ricavare i valori dei parametri dell'azione sismica locale per l'area di progetto, si è utilizzato il programma fornito dalla ditta GeoStru assegnando al sito le coordinate geografiche (WGS84) pari a 43,813899 e 11,211263 long. Per determinare gli spettri di risposta elastici del sito, tenuto conto degli effetti locali dovuti all'amplificazione sia stratigrafica che topografica, devono essere assegnati i seguenti parametri (ipotizzati):

- vita nominale della struttura (V_N) 50 anni (Opere ordinarie);
- classe d'uso pari a classe II strutture con normali affollamenti;
- coefficiente d'uso (C_U) pari a 1,0;
- vita o periodo di riferimento per l'azione sismica ($V_R = V_N * C_U$) pari a 50 anni.

Il report riassuntivo dei parametri sismici determinati con il software GeoStru costituisce l'allegato C.

10. Modellazione geologica e geotecnica

10.1. Modello geologico del sottosuolo

Seppure nello spessore di terreno limitato ai primi 2÷3 m esistono frequenti eteropie/variazioni litologiche sia verticali che orizzontali, il sottosuolo dell'area in oggetto può essere suddiviso, ai fini della modellazione geologica, in tre strati individuati mediante l'analisi litologica e stratigrafica, integrando i dati dei sondaggi con le analisi granulometriche e la prova

penetrometrica (in particolare sulla base delle caratteristiche geomeccaniche evidenziate dalla CPT). Dall'alto verso il basso è possibile schematizzare la seguente successione:

- da 0,00 a 0,80÷1,40 m dal p.c.: argilla con limo e, subordinatamente limo con argilla, debolmente sabbioso, con grado di consistenza da scarso a medio per la frazione coesiva (con grado di addensamento da medio a alto per la frazione granulare);
- da 0,80÷1,40 m a 2,00÷3,60 dal p.c.: argilla con limo, talvolta debolmente sabbiosa, più raramente debolmente ghiaiosa, con grado di consistenza da basso a medio per la frazione coesiva (con scarso grado di addensamento);
- da 2,00÷3,60 m a 5,00÷8,20 m dal p.c.: argilla con limo, talvolta debolmente sabbiosa, con grado di consistenza per la frazione coesiva da medio a elevato (grado di addensamento medio-basso).
- da 5,00÷8,20 m a (almeno) 20,00 m dal p.c.: argilla con limo, subordinatamente limo con argilla debolmente sabbioso, con medio-alto grado di consistenza per la frazione coesiva (con medio-basso grado di addensamento).

A maggiori profondità, oltre i 20 m dal p.c., i sondaggi eseguiti per la realizzazione del Polo Scientifico Universitario hanno attraversato intervalli di terreni coesivi con frazioni di sabbia e ghiaia.

10.2. Modello geotecnico

10.2.1.1. Aspetti generali

Secondo l'EuroCodice 7 (EC7), il valore caratteristico è il *valore al quale è associata una prefissata probabilità di non superamento*, per una serie teoricamente illimitata di valori. Significa, quindi, che solo una percentuale di valori, pari alla probabilità prefissata, risulterà inferiore al valore caratteristico. Con riferimento all'EC7, il valore *soglia* di probabilità di non superamento è il 5% (5° percentile o frattile).

Nelle NTC 2018 per valore caratteristico di un parametro s'intende *una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato (§ 6.2.2. del D.M. 17 gennaio 2018 e del § C6.2.2 della Circolare n. 7/2019)*. Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire a una scelta corretta dei valori caratteristici appare giustificato, secondo la Circolare, il riferimento a valori prossimi ai *valori medi* quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (come nel caso di fondazioni superficiali, fondazioni

su pali relativamente alla resistenza laterale, verifiche di stabilità, opere di contenimento, di scatolari, di paramenti in terre rinforzate associati a rilevati stradali), mentre valori prossimi ai *valori minimi* dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno (come nel caso di fondazioni su pali relativamente alla resistenza di punta).

Per il progetto in questione, per il quale si possono prevedere compensazioni sia stratigrafiche che strutturali, le NTC indicano l'assunzione, come già accennato, di valori caratteristici prossimi al *valore medio* dei parametri geotecnici (unica deroga a questa assunzione è data dall'adozione di valori caratteristici prossimi ai *minimi* (riferimento al valore del 5° percentile) dei parametri geotecnici per quelle condizioni di rottura localizzata).

10.2.2. Valori caratteristici dei parametri geotecnici

Con riferimento agli strati descritti al paragrafo § 10.1., in funzione dell'opera in progetto e del volume significativo, si riportano nella tabella i valori caratteristici dei parametri geotecnici per l'area in cui verrà realizzato l'impianto fotovoltaico (figura 6; indagini di riferimento: CPT62, S39, S95, S96):

da [m p.c.]	a [m p.c.]	Strato geotecnico	c' [kPa]	f [°]	c _u [kPa]	g [kN/m³]	Ed [kPa]
0,00	1,00	1	14,30	20,3	135,16	18,8	4373,77
1,00	2,00÷3,60	2	20,16	27,02	53,38	20,10	5.697,66
2,00÷3,60	4,80÷5,80	3	6,7	17,4	90,72	19,60	10.444,04
4,80÷5,80	(20,00)	4	24,80	26,1	112,30	20,40	14.415,78

Tabella 7 - Valori caratteristici.

10.2.3. Considerazioni sui terreni coesivi superficiali

L'analisi delle prove di laboratorio (prove edometriche) e delle prove in sito (prove penetrometriche statiche CPT) ha mostrato la presenza di terreni superficiali con un elevato grado di sovraconsolidazione (OCR), concentrata soprattutto nei primi 1,50-2,00 metri di profondità dal piano campagna e dovuta a processi di essiccamento per temporanea emersione di sedimenti in ambiente di deposizione lacustre-palustre, processi che sono annoverati in letteratura fra le cause di preconsolidazione di terreni, fenomeno diverso da

quello meccanico dovuto a precarico (con successiva erosione). Tali evidenze di sovraconsolidazione sono state registrate anche in corrispondenza di aree limitrofe a quella in oggetto in terreni coesivi del tutto analoghi quali argille limose e limi argillosi e sono documentate, ad esempio, presso l'area di Case Passerini per la progettazione del nuovo impianto di recupero energia da incenerimento rifiuti non pericolosi, presso l'area di Peretola-Castello (in G. Vannucchi "Analisi statistica e sperimentale della compressibilità dei terreni di fondazione nell'area di Peretola-Castello", Rivista Italiana di geotecnica, A.G.I., 1987), presso l'area del Polo Scientifico Universitario di Sesto Fiorentino.

11. Liquefazione

Ai sensi del § 7.11.3.4 del D.M. 17 gennaio 2018, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (*Standard Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1a e b delle NTC 2018.

Nel caso in esame, come riassunto nella tabella 8 seguente, è possibile non effettuare la verifica a liquefazione.

§ 7.11.3.4.2 DM 17-01-18	Criteri di esclusione	Valore	Verifica Liquefazione	Note
1	Accelerazione max attesa al p.c. < 0.1 g	0,135 (SLV)	SI	Vedi allegato C
2	Prof. falda > 15 m	>10,0 m	SI	Informazioni da sondaggi
3	$(N_1)_{60} > 30$ $q_{c1N} > 180$	-	-	-
4	Distribuzione granulometrica	Le distribuzioni ricadono al di fuori dei limiti		Allegato A

Tabella 8 - Condizioni di esclusione della verifica a liquefazione.

12. Terre e rocce da scavo

Per la gestione delle terre e rocce da scavo si rimanda allo specifico Piano di Utilizzo delle Terre (PUT).

13. Indicazioni relative alla realizzazione dei lavori

13.1. Indicazioni inerenti la gestione delle acque di aggettamento

In base a quanto riportato nel § 4.3. i primi metri di terreno, interessati dagli scavi delle opere di progetto sono caratterizzati da totale assenza di falda o dalla presenza di sporadici orizzonti idrici, legati alla ritenzione idrica delle argille, non produttivi a carattere del tutto saltuario. Lo scavo in progetto sarà estremamente limitato relativo solamente allo scotico quindi si può prevedere la necessità di aggettare acque soltanto con lavori di scavo aperti nelle stagioni piovose e comunque per portate estremamente limitate.

A causa delle specifiche caratteristiche litologiche dei terreni affioranti nell'area, i quali risultano dotati di una permeabilità bassa o molto bassa che limita molto o addirittura impedisce l'infiltrazione nel sottosuolo, in occasione dei periodi di pioggia possono formarsi dei ristagni di acqua in superficie che possono perdurare anche per molti giorni.

13.2. Indicazioni sulla necessità di opere provvisorie e loro tipologia

Lo scavo sarà limitato allo scotico del terreno vegetale pertanto non sussiste la necessità di ricorrere a opere provvisorie di sostegno.

13.3. Indicazione sulla tutela dei suoli interessati dalle aree di cantiere

La sostanziale bassa permeabilità dei suoli che si troveranno sul fondo degli scavi è una

naturale garanzia di tutela per i suoli e per le acque sotterranee bel più profonde dei fondo scavi. Resta naturalmente doveroso assumere da parte della Direzione dei Lavori tutti gli accorgimenti tecnici necessari alla protezione del terreno di fondo scavo da possibili fenomeni di inquinamento causati dal passaggio dei mezzi d'opera.

13.4. Indicazione degli interventi di ripristino delle aree a fine cantiere

Non si ravvisano interventi di ripristino particolari a eccezione delle normali attività di pulizia e smaltimento dei rifiuti prodotti dal cantiere.

14. Conclusioni

Lo studio geologico effettuato nell'area in cui è prevista la realizzazione di un impianto fotovoltaico, non ha evidenziato la presenza di aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici contrastanti o limitanti la fattibilità dell'intervento. Per quanto riguarda l'esame delle problematiche idrauliche si rimanda agli altri elaborati progettuali.

Viste le caratteristiche di progetto, quelle geologiche e geotecniche ed i risultati delle indagini eseguite nel sito di intervento o nelle immediate vicinanze (*Campagna di indagini geognostiche per la realizzazione della nuova pista e delle opere accessorie dell'Aeroporto Internazionale di Firenze Amerigo Vespucci, 2015, 2017*) è stato elaborato il modello geologico e geotecnico (§ 10.) del sottosuolo indicando i valori caratteristici dei parametri geotecnici (§ 10.2.2.) da adottare cautelativamente. A partire dalla categoria di sottosuolo identificata attraverso indagini geofisiche di tipo MASW e HVSr (Categoria di sottosuolo C) e in base a vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento ipotizzati, sono stati forniti i parametri dell'azione sismica locale (riportati nell'allegato C).

Firenze, 12 ottobre 2022

dr. geol. Fabio Picchi

dr. geol. Michele Sani

15. Bibliografia

Per redigere i capitoli 3. e 4. sono state consultate e utilizzate le seguenti pubblicazioni:

- AA.VV. (1982) – *Carta strutturale dell'Appennino Settentrionale in scala 1:250.000*. Note illustrative C.N.R., Prog. Fin. Geod., 429, 203 pp.
- Abbate E., Bortolotti V., Passerini P. & Sagri M. (1970) – *Introduction to the geology of the Northern Apennines*. Sedimentary Geology 4, 3-4, 207- 249.
- Autorità di Bacino del Fiume Arno (2010) – *Piano di Bacino – Stralcio bilancio idrico*.
- Bartolini C. & Pranzini G. (1981) – *Plio-Quaternary evolution of the Arno Basin drainage*. Zeit. Geomorph. N.F., Suppl. Bdo 40, 77-91.
- Boccaletti M., Corti G., Gargini A., Gasperini P., Piccardi L., Pranzini G., Vannucci G., Moratti G. (1998) – *Geologia urbana di Firenze*. Geologia dell'ambiente, anno VI, n.4/98, 9-20.
- Boccaletti M., Moratti G. & Pranzini G. (1997) – *Geologia del bacino di Firenze*, in Geologia Urbana di Firenze, Atti del convegno "Geologia delle grandi aree urbane", Bologna, 4/5 novembre 1997, vol. A, 2-9.
- Briganti R., Ciufegni S., Coli M., Polimeni S. & Pranzini G. (2003) – *Underground Florence: Plio-Quaternary evolution of the Florence area*. Boll. Soc. Geol. It., 122, 1-11.
- Canuti P., Pranzini G. & Sestini G. (1966) – *Provenienza ed ambiente di sedimentazione dei ciottoli del Pliocene di San Casciano (Firenze)*. Mem. Soc. Geol. It., 5, 340-364.
- Capecchi F., Guazzone G. & Pranzini G. (1976a) – *Il bacino lacustre di Firenze - Prato - Pistoia. Geologia del sottosuolo e ricostruzione evolutiva*. Boll. Soc. Geol. It., XCVI (4), 1975, 637-660.
- Capecchi F., Guazzone G. & Pranzini G. (1976b) – *Ricerche geologiche e idrogeologiche nel sottosuolo della pianura di Firenze*. Boll. Soc. Geol. It., XCVI (4), 1975, 661-692.
- Capecchi F., Guazzone G. & Pranzini G. (1976c) – *Gli acquiferi profondi fra Firenze e Pistoia*. Boll. Ingegn. Prov. Firenze, 1975, (12), 1-3.
- Coli M., Pini G., Rubellini P. & Agostini A. (2006) – *Firenze - Carta litotecnica*. Ricerca cofinanziata dal Comune di Firenze e Università di Firenze Dip.to Scienze della Terra. SELCA Firenze.
- Coli M., Pranzini G. & Rubellini P. (2012) – *Idrogeologia dell'area fiorentina*. Comune di Firenze e Università di Firenze Dip.to Scienze della Terra.
- Coli M. & Rubellini P. (2007) – *Note di geologia fiorentina*. SELCA 2007.
- Gargini A. & Pranzini G. (1994) – *Map of protection against pollution of aquifers in the Middle Valdarno (Florence-Prato-Pistoia plain)*. Mem. Soc. Geol. It., 48, 923-928.
- Gori P. (1970) – *Osservazioni idrogeologiche e sedimentologiche nell'area compresa fra Campi Bisenzio, Scandicci e Lastra a Signa*. Tesi di laurea inedita, Istituto di Geologia di Firenze.
- Grigioni A. (2012) – *Relazione geologica e idrogeologica. Impianto di recupero energia da incenerimento di rifiuti non pericolosi loc. Case Passerini, Sesto Fiorentino (Firenze)*, 1-158.
- Guazzone G. (1971) – *Ricerca sulle falde acquifere profonde fra Firenze e Pistoia. Parte I. Indagine geologica*. Quaderni dell'Istituto di ricerca sulle acque, 6, 42-53.
- Pandeli E. (2008) – *La pianura di Firenze-Prato-Pistoia nel quadro dell'evoluzione geologica dell'Appennino Settentrionale*. In: *Un piano per la Piana: idee e progetti per un parco*.

Atti del convegno 9-10 maggio 2008 – Polo Scientifico e Tecnologico di Sesto Fiorentino, Università di Firenze, 1-16.

Pranzini G. (1994) – *Water resources of the Arno Basin*. Mem. Soc. Geol. It., 48, 785-794.

PRANZINI G. (2008) – *Idrogeologia della piana fiorentina*. In: *Un piano per la Piana: idee e progetti per un parco*. Atti del convegno 9-10 maggio 2008 – Polo Scientifico e Tecnologico di Sesto Fiorentino, Università di Firenze, 1-15.

* * *

16. Allegati

Allegato A – Indagini geognostiche

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	62
	referimento	129-2017

Committente: AMBIENTE S.C. - Aeroporto Internazionale AMERIGO VESPUCCI	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 20/07/2017
Cantiere: Nuova pista, opere accessorie e di compensazione	Pagina: 1	
Località: Comune di Firenze, Sesto Fiorentino e Signa - FI	Elaborato:	Falda: Non rilevata

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	33,0	48,0		33,0	1,00	33	3,0								
0,40	49,0	87,0		49,0	2,53	19	5,2								
0,60	41,0	90,0		41,0	3,27	13	8,0								
0,80	47,0	87,0		47,0	2,67	18	5,7								
1,00	13,0	20,0		13,0	0,47	28	3,6								
1,20	17,0	24,0		17,0	0,47	36	2,8								
1,40	16,0	33,0		16,0	1,13	14	7,1								
1,60	22,0	30,0		22,0	0,53	42	2,4								
1,80	34,0	43,0		34,0	0,60	57	1,8								
2,00	33,0	47,0		33,0	0,93	35	2,8								
2,20	19,0	33,0		19,0	0,93	20	4,9								
2,40	20,0	31,0		20,0	0,73	27	3,7								
2,60	27,0	37,0		27,0	0,67	40	2,5								
2,80	22,0	30,0		22,0	0,53	42	2,4								
3,00	31,0	43,0		31,0	0,80	39	2,6								
3,20	33,0	50,0		33,0	1,13	29	3,4								
3,40	31,0	67,0		31,0	2,40	13	7,7								
3,60	34,0	61,0		34,0	1,80	19	5,3								
3,80	37,0	55,0		37,0	1,20	31	3,2								
4,00	37,0	56,0		37,0	1,27	29	3,4								
4,20	33,0	61,0		33,0	1,87	18	5,7								
4,40	37,0	70,0		37,0	2,20	17	5,9								
4,60	38,0	64,0		38,0	1,73	22	4,6								
4,80	40,0	74,0		40,0	2,27	18	5,7								
5,00	43,0	70,0		43,0	1,80	24	4,2								
5,20	36,0	51,0		36,0	1,00	36	2,8								
5,40	33,0	52,0		33,0	1,27	26	3,8								
5,60	30,0	56,0		30,0	1,73	17	5,8								
5,80	27,0	62,0		27,0	2,33	12	8,6								
6,00	48,0	79,0		48,0	2,07	23	4,3								
6,20	49,0	82,0		49,0	2,20	22	4,5								
6,40	41,0	97,0		41,0	3,73	11	9,1								
6,60	43,0	92,0		43,0	3,27	13	7,6								
6,80	54,0	90,0		54,0	2,40	23	4,4								
7,00	58,0	102,0		58,0	2,93	20	5,1								
7,20	78,0	117,0		78,0	2,60	30	3,3								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

nota:

FON050

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA **DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

CPT

referimento

62

129-2017

Committente: **AMBIENTE S.C. - Aeroporto Internazionale AMERIGO VESPUCCI**

Cantiere: **Nuova pista, opere accessorie e di compensazione**

Località: **Comune di Firenze, Sesto Fiorentino e Signa - FI**

U.M.: **kg/cm²**

Scala: **1:75**

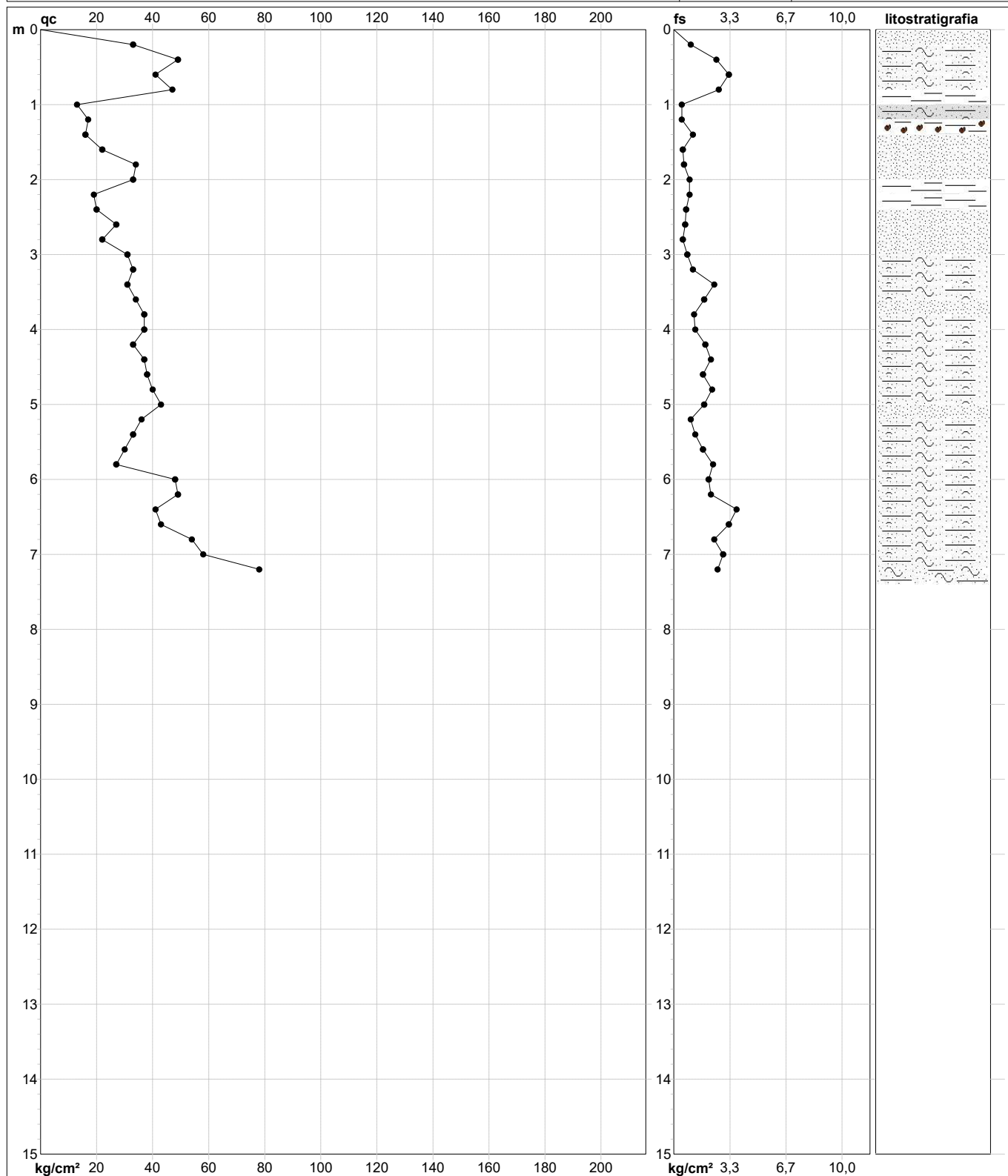
Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **20/07/2017**

Quota inizio: **Piano Campagna**

Falda: **Non rilevata**



Coord. Relative

Xr: m

Yr: m

Zr: m

Coord. Geografiche

Xg:

Yg:

Zg:

Litologia: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**

Penetrometro: **TG63-200**

Responsabile:

Assistente:

Preforo: **m**

Corr.astine: **kg/ml**

Cod.ISTAT: **048043**

nota:

FON050

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

referimento

62

129-2017

Committente: **AMBIENTE S.C. - Aeroporto Internazionale AMERIGO VESPUCCI**

Cantiere: **Nuova pista, opere accessorie e di compensazione**

Località: **Comune di Firenze, Sesto Fiorentino e Signa - FI**

U.M.: **kg/cm²**

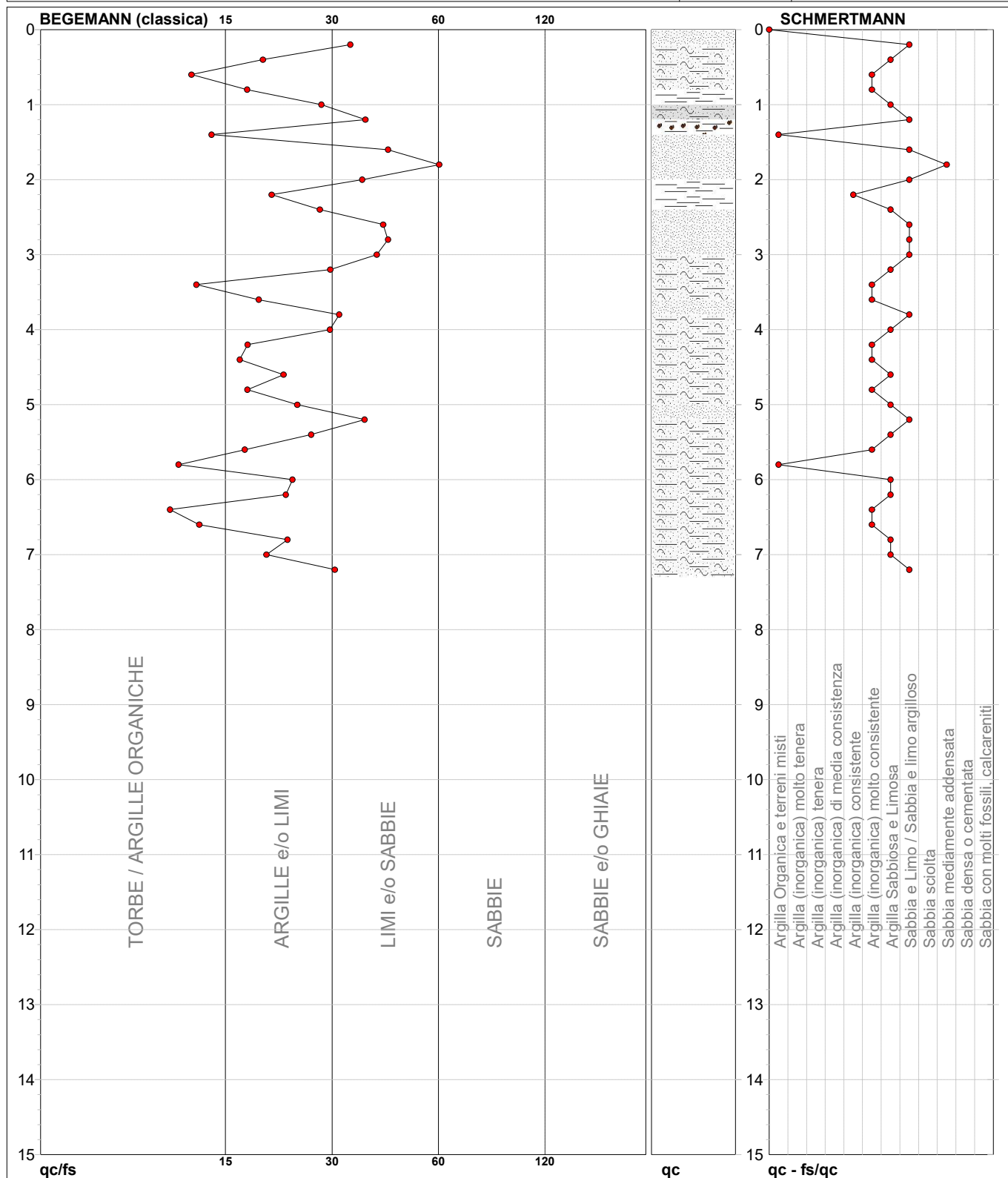
Scala: **1:75**

Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **20/07/2017**

Falda: **Non rilevata**



Torbe / Argille org. :

45 punti, 60,81%

Argille e/o Limi :

20 punti, 27,03%

Limi e/o Sabbie :

10 punti, 13,51%

Argilla Organica e terreni misti:

2 punti, 2,70%

Argilla (inorganica) consistente:

1 punti, 1,35%

Argilla (inorganica) molto consist.:

10 punti, 13,51%

Argilla Sabbiosa e Limosa:

12 punti, 16,22%

Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:

10 punti, 13,51%

Sabbia mediamente addensata:

1 punti, 1,35%

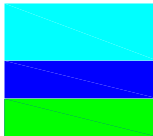
nota:

FON050

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	62
	referimento	129-2017

Committente: AMBIENTE S.C. - Aeroporto Internazionale AMERIGO VESPUCCI	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 20/07/2017
Cantiere: Nuova pista, opere accessorie e di compensazione	Pagina: 1	
Località: Comune di Firenze, Sesto Fiorentino e Signa - FI	Elaborato:	Falda: Non rilevata

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} U.M.	Vs m/s	Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	ϕ_{Sc} (°)	ϕ_{Ca} (°)	ϕ_{Ko} (°)	ϕ_{DB} (°)	ϕ_{DM} (°)	ϕ_{Me} (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
0,20	33,0	33,0	3	1,85	0,04	207	--	--	--	--	--	100	43	43	41	38	45	29	--	55,0	82,5	99,0	
0,40	49,0	19,4	4	1,85	0,07	240	1,6	99,9	277,7	416,5	147,0	100	43	42	40	37	45	31	--	81,7	122,5	147,0	
0,60	41,0	12,5	4	1,85	0,11	224	1,4	99,9	232,3	348,5	123,0	95	43	39	37	34	43	30	--	68,3	102,5	123,0	
0,80	47,0	17,6	4	1,85	0,15	236	1,6	99,9	266,3	399,5	141,0	93	42	38	36	33	42	31	--	78,3	117,5	141,0	
1,00	13,0	27,7	2	1,85	0,19	145	0,6	27,6	102,8	154,2	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,20	17,0	36,2	4	1,85	0,22	161	0,7	27,5	123,0	184,5	54,1	48	37	31	28	27	35	27	--	28,3	42,5	51,0	
1,40	16,0	14,2	2	1,85	0,26	157	0,7	21,6	118,3	177,4	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,60	22,0	41,5	3	1,85	0,30	177	--	--	--	--	--	50	37	31	28	26	35	28	--	36,7	55,0	66,0	
1,80	34,0	56,7	3	1,85	0,33	209	--	--	--	--	--	62	39	33	30	28	37	29	--	56,7	85,0	102,0	
2,00	33,0	35,5	3	1,85	0,37	207	--	--	--	--	--	58	38	32	29	27	36	29	--	55,0	82,5	99,0	
2,20	19,0	20,4	2	1,85	0,41	168	0,8	14,1	131,8	197,8	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,40	20,0	27,4	4	1,85	0,44	171	0,8	13,1	136,0	204,0	60,0	36	36	29	26	24	33	27	--	33,3	50,0	60,0	
2,60	27,0	40,3	3	1,85	0,48	192	--	--	--	--	--	45	37	30	27	25	34	28	--	45,0	67,5	81,0	
2,80	22,0	41,5	3	1,85	0,52	177	--	--	--	--	--	36	36	28	25	24	32	28	--	36,7	55,0	66,0	
3,00	31,0	38,8	3	1,85	0,56	202	--	--	--	--	--	46	37	30	27	25	34	29	--	51,7	77,5	93,0	
3,20	33,0	29,2	4	1,85	0,59	207	1,1	13,6	187,0	280,5	99,0	47	37	30	27	25	34	29	--	55,0	82,5	99,0	
3,40	31,0	12,9	4	1,85	0,63	202	1,0	11,7	175,7	263,5	93,0	43	36	29	26	24	33	29	--	51,7	77,5	93,0	
3,60	34,0	18,9	4	1,85	0,67	209	1,1	12,2	192,7	289,0	102,0	45	37	29	26	25	33	29	--	56,7	85,0	102,0	
3,80	37,0	30,8	3	1,85	0,70	216	--	--	--	--	--	46	37	29	26	25	33	30	--	61,7	92,5	111,0	
4,00	37,0	29,1	4	1,85	0,74	216	1,2	11,9	209,7	314,5	111,0	45	37	29	26	25	33	30	--	61,7	92,5	111,0	
4,20	33,0	17,6	4	1,85	0,78	207	1,1	9,7	188,2	282,3	99,0	40	36	28	25	24	32	29	--	55,0	82,5	99,0	
4,40	37,0	16,8	4	1,85	0,81	216	1,2	10,6	209,7	314,5	111,0	43	36	29	26	24	33	30	--	61,7	92,5	111,0	
4,60	38,0	22,0	4	1,85	0,85	218	1,3	10,3	215,3	323,0	114,0	43	36	29	26	24	32	30	--	63,3	95,0	114,0	
4,80	40,0	17,6	4	1,85	0,89	222	1,3	10,4	226,7	340,0	120,0	43	36	29	26	24	33	30	--	66,7	100,0	120,0	
5,00	43,0	23,9	4	1,85	0,93	228	1,4	10,9	243,7	365,5	129,0	45	37	29	26	24	33	30	--	71,7	107,5	129,0	
5,20	36,0	36,0	3	1,85	0,96	214	--	--	--	--	--	38	36	28	25	23	31	30	--	60,0	90,0	108,0	
5,40	33,0	26,0	4	1,85	1,00	207	1,1	7,1	249,6	374,4	99,0	34	35	27	24	23	31	29	--	55,0	82,5	99,0	
5,60	30,0	17,3	4	1,85	1,04	199	1,0	6,0	274,1	411,2	90,0	30	35	26	23	22	30	29	--	50,0	75,0	90,0	
5,80	27,0	11,6	4	1,85	1,07	192	0,9	5,4	292,3	438,4	81,0	25	34	26	23	21	29	28	--	45,0	67,5	81,0	
6,00	48,0	23,2	4	1,85	1,11	238	1,6	9,9	272,3	408,4	144,0	44	37	28	25	24	32	31	--	80,0	120,0	144,0	
6,20	49,0	22,3	4	1,85	1,15	240	1,6	9,8	278,8	418,3	147,0	44	37	28	25	24	32	31	--	81,7	122,5	147,0	
6,40	41,0	11,0	4	1,85	1,18	224	1,4	7,5	289,7	434,6	123,0	37	36	27	24	23	31	30	--	68,3	102,5	123,0	
6,60	43,0	13,1	4	1,85	1,22	228	1,4	7,7	296,7	445,1	129,0	38	36	27	24	23	31	30	--	71,7	107,5	129,0	
6,80	54,0	22,5	4	1,85	1,26	249	1,8	9,8	306,9	460,3	162,0	45	37	28	25	24	32	31	--	90,0	135,0	162,0	
7,00	58,0	19,8	4	1,85	1,30	256	1,9	10,4	328,7	493,0	174,0	47	37	29	26	24	32	31	--	96,7	145,0	174,0	
7,20	78,0	30,0	4	1,85	1,33	286	2,6	14,5	442,0	663,0	234,0	56	38	30	27	25	34	33	--	130,0	195,0	234,0	

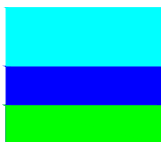
	AMBIENTE S.C. Ingegneria ambientale e laboratori		Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624 e-mail: home@ambientesc.it - P.I. 00262540453		SONDAGGIO S39	
	Committente: TAE - Toscana Aeroporti Engineering s.r.l.			Prof. sondaggio: 10 m		Resp Cantiere: Dott. Geol. Giuseppe Palla
	Località : Aeroporto Firenze			Coord (Gauss Boaga)	X 1677064 Y 4853600	Ditta di perforazione: ambiente sc
				Data di esecuzione : 19/11/2015		Sondatore: Luigi Venneri

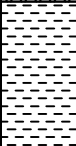
p.c.	PPT kg/cm2	VT kg/cm2	Piezometro	Stratigrafia	Campioni Shelby	Descrizione dei Terreni	Foto
1,0	2,5				C1 1,0 m	0,3 Terreno vegetale	
	3,0	6,4				Argille e limi di colore marrone - nocciola molto compatte con inclusi nerastri e rossastri, presenza di concrezioni carbonatiche di dimensioni millimetriche	
	2,0						
	4,5	10,0					
	4,75	12,0				2,7 Sabbie e argille di colore marrone	
	1,75						
	3,0	8,8				Argille e limi di colore marrone con qualche venatura grigio - verde, compatte con alcuni inclusi nerastri e rossastri e concrezioni carbonatiche di dimensioni millimetriche più abbondanti nella parte iniziale che si diradano con la profondità	
	3,0						
	3,0	9,0					
	2,25						
5,0	3,0	9,2				6,6 Argille e limi di colore marrone - nocciola con venature grigio - verdi, compatte con inclusi nerastri e rossastri e abbondanti concrezioni carbonatiche di dimensioni millimetriche	
	2,5						
	2,25	9,0					
	2,5						
	2,5	7,4					
	2,75	10,6					
	2,75						
	2,75	12,0					
	3,25						
10,0							

NOTE: Perforazione carotiere diam. 101mm
 Tubo rivestimento diam. 178 mm
 Tubo piezometrico in HDPE fessurato $\phi = 4"$
 FS: Fondo Scala

	AMBIENTE S.C. Ingegneria ambientale e laboratori		Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624 e-mail: home@ambientesc.it - P.I. 00262540453		SONDAGGIO S95	
	Committente: TAE - Toscana Aeroporti Engineering srl		Prof. sondaggio: 10 m		Resp. Cantiere: Geol. Luigi Bignotti	
	Località : Sesto F.no - duna Polo Scientifico		Coord 1677064,0 (Gauss Boaga) 4853604,6 Data di esecuzione : 31/07/2017		Ditta di perforazione: MESA Srl Sondatore: Geol. Luigi Venneri	

[illegible]

	AMBIENTE S.C. Ingegneria ambientale e laboratori		Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624 e-mail: home@ambientesc.it - P.I. 00262540453		SONDAGGIO S96	
	Committente: TAE - Toscana Aeroporti Engineering srl		Prof. sondaggio: 10 m		Resp. Cantiere: Geol. Luigi Bignotti	
	Località : Sesto F.no - Centrali tecnologiche		Coord 1677323,1 (Gauss Boaga) 4853498,8 Data di esecuzione : 17/08/2017		Ditta di perforazione: MESA Srl Sondatore: Geol. Luigi Venneri	

p.c.	Piezometro	Livello di falda	Campioni ambientali	Campioni geotecnici	Stratigrafia	NSPT	DOWN-HOLE	Descrizione dei Terreni	Foto
1,00			CA1					Materiale a granulometria fine, costituito da sabbie con ghiaia, ciottoli e frammenti di laterizi. Il colore è grigio chiaro	
2,00			CA2	C11		(2,10 m) N1=3 N2=5 N3=9			
3,00									
4,00						(4,00 m) N1=7 N2=11 N3=12			
5,00								Argille di colore nocciola, molto consistenti con scarsi inclusi carbonatici biancastri	
6,00				C12					
7,00						(7,00 m) N1=9 N2=13 N3=14			
8,00									
9,00				C13					
10,00							10,00		
11,00									
12,00									
13,00									
14,00									
15,00									
16,00									
17,00									
18,00									
19,00									
20,00									

NOTE:



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. 240-243/2016

Montelupo Fiorentino lì 12/01/2016

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 369/2015 del 23/11/15

COMMITTENTE: AMBIENTE S.C.

LOCALITA': Nuovo Aeroporto di Firenze

DATA ESECUZIONE PROVE: 15/12/15 - 30/12/15

CAMPIONE:

S39C1 profondità 1.5 - 2.0 m

Prove eseguite

- 1 - Contenuto d'acqua (CNR - UNI 10008)
- 2 - Peso di volume (Boll. Uff. CNR n. 40)
- 3 - Limiti di Atterberg (CNR-UNI 10014)
- 4 - Analisi granulometrica per setacciatura: per via umida (ASTM D 421/85 - ASTM D 1140/71)
- 5 - Analisi granulometrica della frazione fine: metodo del densimetro (ASTM D 422)
- 6 - Classificazione delle terre (UNI 10006)
- 7 - Peso specifico dei grani (CNR-UNI 10013)
- 8 - Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM 2435)

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni



Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 2

CERTIFICATO DI PROVA N. 240/2016

CAMPIONE S39C1 profondità 1.5 - 2.0 m	Montelupo Fiorentino li 12/01/2016
COMMITTENTE: AMBIENTE S.C.	V.A. n. 369/2015 del 23/11/15
LOCALITA': Nuovo Aeroporto di Firenze	Data apertura campione: 15/12/15

Descrizione del campione

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

0 - 45 cm: argilla limosa molto consistente, colore marrone oliva chiaro / marrone oliva

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti, granulometria, classificazione, peso specifico, edometria



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

Campione indisturbato Q-5

Pocket Penetrometer (kPa) 343.2

Lo sperimentatore

Sig. Alessandro Caloni

Alessandro Caloni



Il direttore del Laboratorio

Dott. Michele Caloni

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 2

CERTIFICATO DI PROVA N. 240/2016

CAMPIONE S39C1 profondità 1.5 - 2.0 m

Montelupo Fiorentino li 12/01/2016

COMMITTENTE: AMBIENTE S.C.

V.A. n. 369/2015 del 23/11/15

LOCALITA': Nuovo Aeroporto di Firenze

Data prova: 15/12/15 - 23/12/15

Contenuto d'acqua (CNR - UNI 10008)

Limiti di Atterberg (CNR-UNI 10014)

Contenuto d'acqua (Wn) = 26.05%

Limite di liquidità (LL) = 59.6%

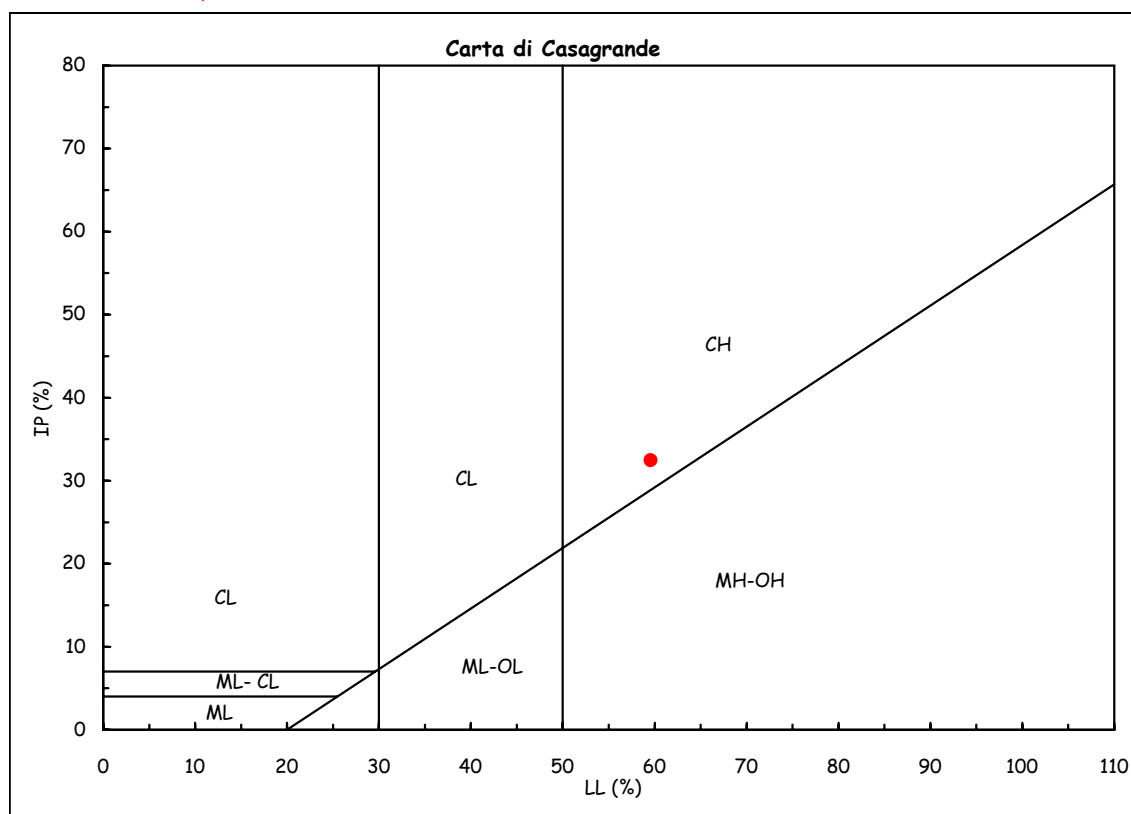
Limite di plasticità (LP) = 27.1%

Indice di plasticità (IP) = 32.5%

Indice di consistenza (Ic) = 1.03

Indice di attività (Iat) = 0.66

CH = argille inorganiche di
alta plasticità



Classificazione UNI 10006

Gruppo: A7-6

Indice di gruppo: 20

Lo sperimentatore

Sig. Alessandro Caloni

Alessandro Caloni



Il direttore del Laboratorio

Dott. Michele Caloni

Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 2

CERTIFICATO DI PROVA N. 241/2016

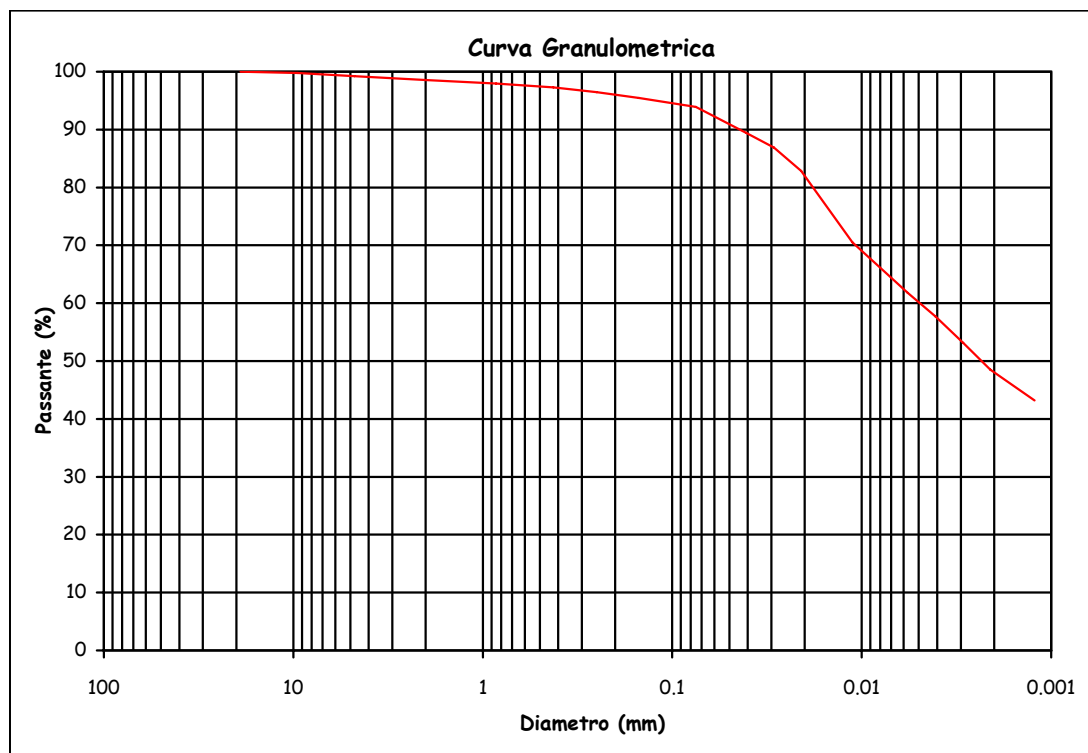
CAMPIONE S39C1 profondità 1.5 - 2.0 m	Montelupo Fiorentino li 12/01/2016
COMMITTENTE: AMBIENTE S.C.	V.A. n. 369/2015 del 23/11/15
LOCALITA': Nuovo Aeroporto di Firenze	Data prova: 15/12/15 - 23/12/15

Analisi granulometrica

Setacciatura: per via umida (ASTM D 421 - D 1140/71)

Frazione fine: metodo del densimetro (ASTM D 422)

Setacciatura		Sedimentazione	
Diametro (mm)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
19	100	0.0408	89.4
9.5	99.76	0.0291	86.9
4.75	99.20	0.0209	82.9
2	98.55	0.0112	70.5
0.850	97.95	0.0057	61.8
0.425	97.30	0.0041	57.7
0.250	96.45	0.0029	53.1
0.150	95.44	0.0021	48.5
0.075	93.93	0.0012	43.2



Ghiaia: 1.5%

Sabbia: 6.3%

Limo: 44.2%

Argilla: 48.1%

Argilla con limo debolmente sabbiosa (sec A.G.I.)

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Alessandro Caloni



Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N. 241/2016

CAMPIONE S39C1 profondità 1.5 - 2.0 m

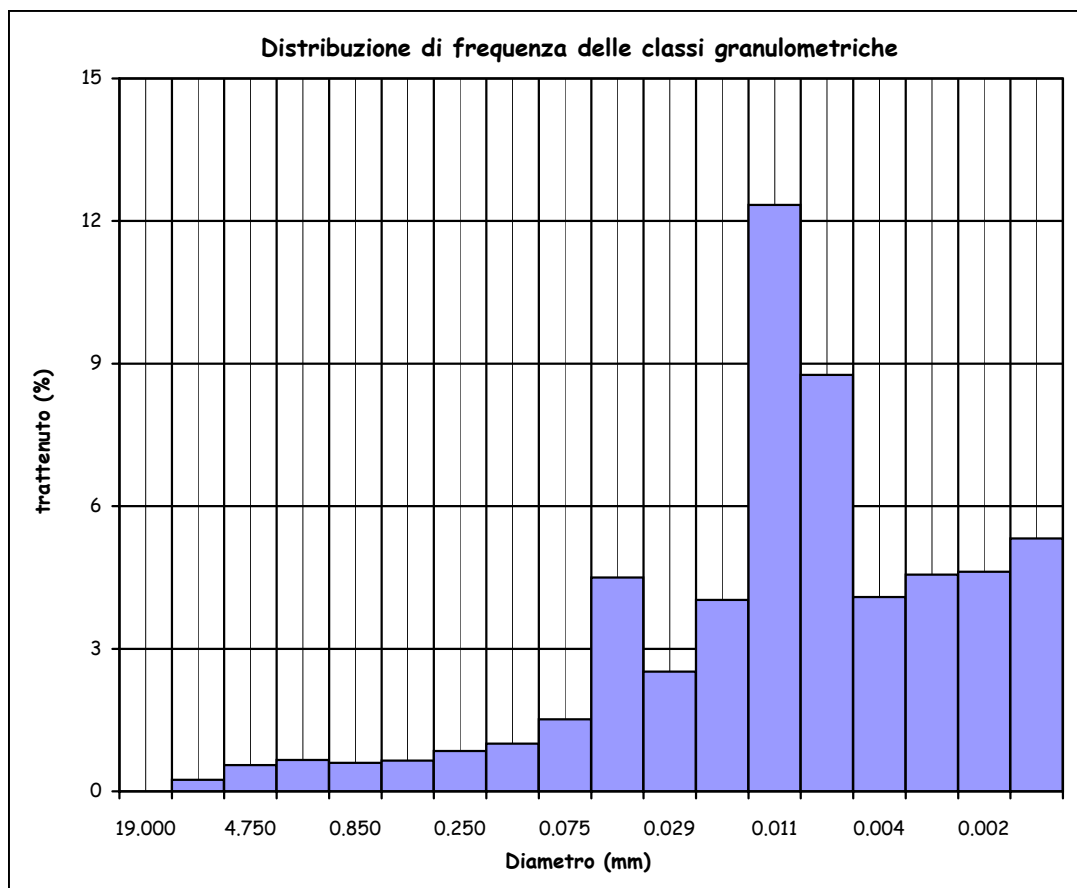
Montelupo Fiorentino li 12/01/2016

COMMITTENTE: AMBIENTE S.C.

V.A. n. 369/2015 del 23/11/15

LOCALITA': Nuovo Aeroporto di Firenze

Data prova: 15/12/15 - 23/12/15



Coefficiente di uniformità (C_u) = --

Coefficiente di curvatura (C_c) = --

Mediana 0.0024

Moda 0.0112

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni



Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 1

CERTIFICATO DI PROVA N. 242/2016

CAMPIONE S39C1 profondità 1.5 - 2.0 m	Montelupo Fiorentino li 12/01/2016
COMMITTENTE: AMBIENTE S.C.	V.A. n. 369/2015 del 23/11/15
LOCALITA': Nuovo Aeroporto di Firenze	Data prova: 15/12/15 - 23/12/15

Peso specifico dei grani (CNR-UNI 10013)

Peso specifico dei grani (kN/m³) 26.99

Peso di volume secco (kN/m³) 14.7

Indice dei vuoti 0.832

Grado di saturazione (%) 86.44

Contenuto d'acqua (%) 26.11

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni



Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 4

CERTIFICATO DI PROVA N. 243/2016

CAMPIONE S39C1 profondità 1.5 - 2.0 m

Montelupo Fiorentino li 12/01/2016

COMMITTENTE: AMBIENTE S.C.

V.A. n. 369/2015 del 23/11/15

LOCALITA': Nuovo Aeroporto di Firenze

Data prova: 18/12/15 - 30/12/15

Contenuto d'acqua (CNR - UNI 10008)

Peso di volume (Boll. Uff. CNR n. 40)

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM 2435)

	Iniziale	Finale
Altezza (mm)	19.981	18.881
Volume (cmc)	39.796	37.604
Peso di volume naturale (kN/m ³)	18.6	20.5
Peso di volume secco (kN/m ³)	14.7	15.6
Contenuto d'acqua (%)	26.11	31.21
Indice dei vuoti	0.832	

Pressione (kPa)	Cedimento (%)	Indice dei vuoti -	Mv (m ² /kN)	Av (m ² /kN)
12.3	0.000	0.832	--	--
24.6	0.000	0.832	0.0000000	0.0000000
49.2	0.000	0.832	0.0000000	0.0000000
98.5	0.000	0.832	0.0000000	0.0000000
197.0	0.465	0.824	0.0000473	0.0000866
393.9	1.919	0.797	0.0000738	0.0001352
787.8	4.627	0.747	0.0000687	0.0001259
1575.7	8.163	0.682	0.0000449	0.0000822
3151.4	12.198	0.609	0.0000256	0.0000469
787.8	10.481	0.640	0.0000073	0.0000133
197.0	8.123	0.683	0.0000399	0.0000731
49.2	5.507	0.731	0.0001770	0.0003243

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Alessandro Caloni



Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

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. 243/2016

CAMPIONE S39C1 profondità 1.5 - 2.0 m

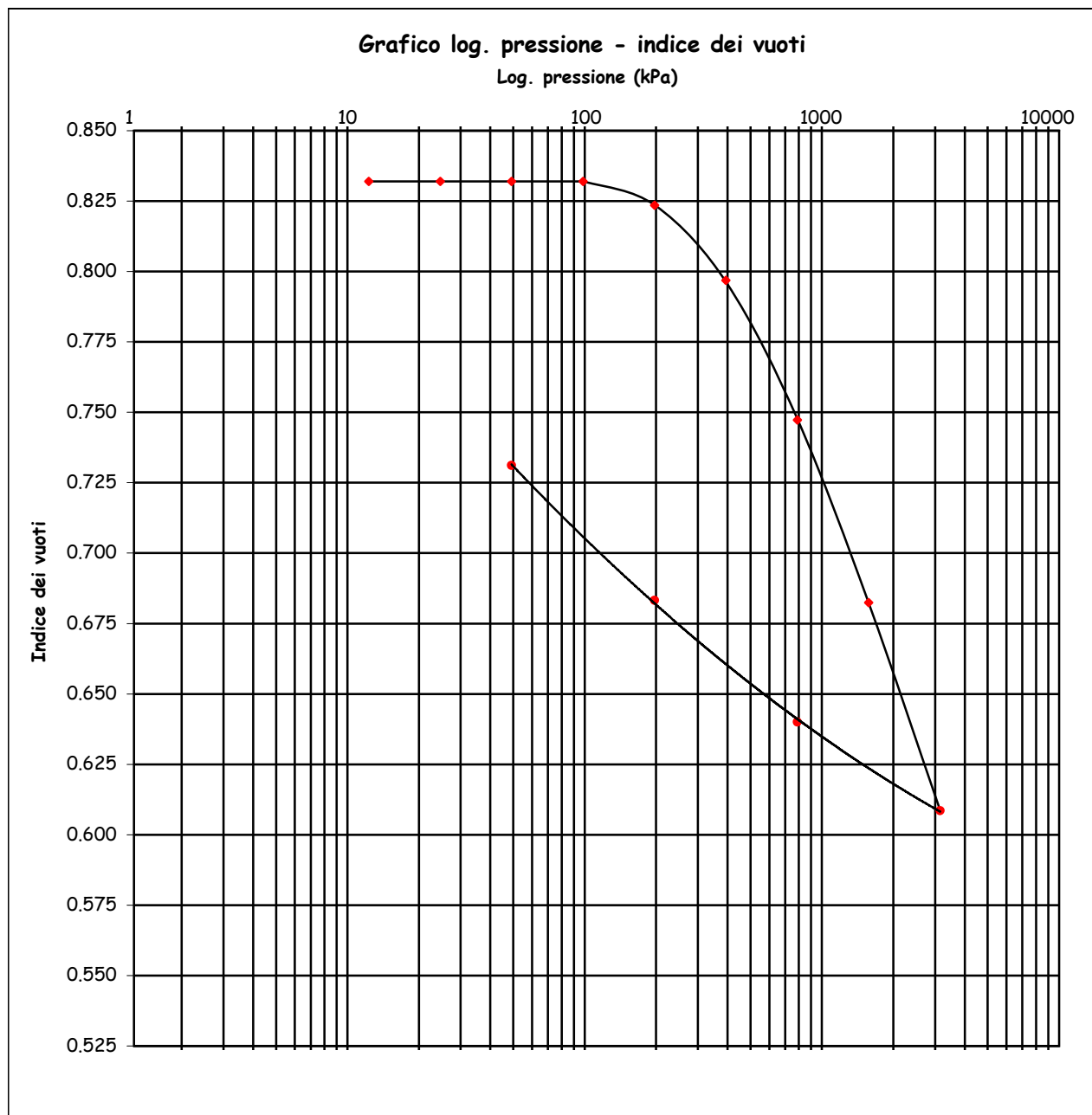
Montelupo Fiorentino li 12/01/2016

COMMITTENTE: AMBIENTE S.C.

V.A. n. 369/2015 del 23/11/15

LOCALITA': Nuovo Aeroporto di Firenze

Data prova: 18/12/15 - 30/12/15



Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Alessandro Caloni



Il direttore del Laboratorio

Dott. Michele Caloni

Michele Caloni

IGETECMA s.n.c. - Sede laboratorio : Via delle Pratella 18/20, Montelupo Fiorentino - tel. 0571/1738160

- Fax : 055/7320415 - P.IVA 04576560488 - www.igetecma.it



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 3 di 4

CERTIFICATO DI PROVA N. 243/2016

CAMPIONE S39C1 profondità 1.5 - 2.0 m

Montelupo Fiorentino li 12/01/2016

COMMITTENTE: AMBIENTE S.C.

V.A. n. 369/2015 del 23/11/15

LOCALITA': Nuovo Aeroporto di Firenze

Data prova: 18/12/15 - 30/12/15

Cedimento in funzione del tempo

carico da 98.5 a 197 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)
0.10	188.50
0.17	190.50
0.25	192.50
0.50	195.75
1.00	200.00
2.00	205.50
4.00	212.00
8.00	219.50
14.67	226.00
30.00	234.50
60.00	243.00
120.00	251.00
240.00	258.00
480.00	263.50
1430.00	270.00

carico da 197 a 393.9 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)
0.10	347.00
0.17	352.00
0.25	357.00
0.50	366.00
1.00	377.25
2.00	392.00
4.00	412.50
8.00	436.75
14.67	461.50
30.00	497.00
60.00	532.00
120.00	562.00
240.00	581.50
532.00	596.00
1446.00	610.50

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni



Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 4 di 4

CERTIFICATO DI PROVA N. 243/2016

CAMPIONE S39C1 profondità 1.5 - 2.0 m

Montelupo Fiorentino li 12/01/2016

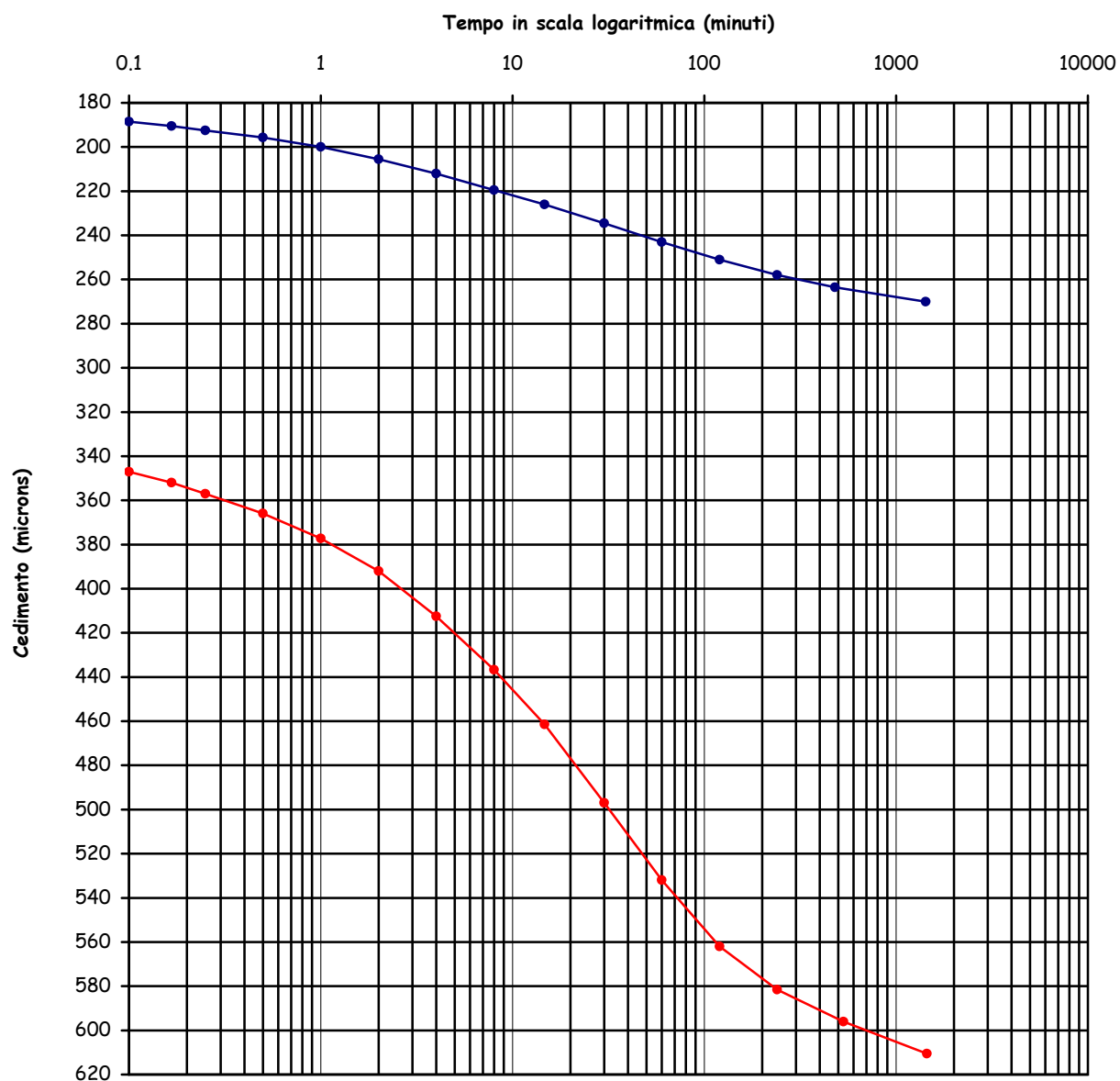
COMMITTENTE: AMBIENTE S.C.

V.A. n. 369/2015 del 23/11/15

LOCALITA': Nuovo Aeroporto di Firenze

Data prova: 18/12/15 - 30/12/15

Grafico cedimento in funzione del tempo



Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni



Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

IGETECMA s.n.c. - Sede laboratorio : Via delle Pratella 18/20, Montelupo Fiorentino - tel. 0571/1738160

- Fax : 055/7320415 - P.IVA 04576560488 - www.igetecma.it



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Montelupo Fiorentino lì 12/01/2016

LOCALITA': Nuovo Aeroporto di Firenze

COMMITTENTE: AMBIENTE S.C.

V.A. n. 369/2015 del 23/11/15

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 240-243/2016

CAMPIONE	S39C1
Profondità metri	1.5 - 2.0
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	18.6
Peso volume secco (kN/m ³)	14.7
Peso specifico dei grani (kN/m ³)	26.99
Indice dei vuoti	0.832
Grado di saturazione (%)	86.44
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	26.05
Limite liquido (%)	59.6
Limite plastico (%)	27.1
Indice di plasticità (%)	32.5
Indice di consistenza	1.03
Indice di attività	0.66
Classificaz. Casagrande	CH
Granulometria	
Ghiaia (%)	1.5
Sabbia (%)	6.3
Limo (%)	44.2
Argilla (%)	48.1
Classificazione UNI 10006	
Gruppo	A7-6
Indice di gruppo	20
Prova edometrica	
Indice di ricomprensione, Cr	0.05840
Indice di compressione, Cc	0.23038
Indice di rigonfiamento, Cs	0.07567
Pressione di preconsolidazione, σ'_{vmax} (kPa)	389.8
Coefficiente di consolidazione verticale, Cv (cm ² /sec)	3.62E-04
Permeabilità, K (cm/sec)	1.31E-09
Coefficiente di consolidazione verticale, Cv (cm ² /sec)	2.57E-04
Permeabilità, K (cm/sec)	1.52E-09

Michele Colaninno





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. 1159-1165/2017

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 132/2017 del 13/07/17

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

DATA ESECUZIONE PROVE: 20/09/17 - 05/10/17

CAMPIONE:

S96-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m

Prove eseguite

- 1 - Prove speditive di consistenza (ASTM 2488)
- 2 - Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 3 - Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 4 - Limiti di Atterberg (ASTM D 4318, UNI CEN ISO/TS 17892-12)
- 5 - Limite di ritiro (CNR-UNI 10014)
- 6 - Contenuto di sostanze organiche (ASTM 2974)
- 7 - Analisi granulometrica per sedimentazione (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 8 - Analisi granulometrica per vagliatura per via umida (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 9 - Peso specifico dei granuli (CNR-UNI 10013, ASTM D 854, UNI CEN ISO/TS 17892-3)
- 10 - Prova edometrica (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)
- 11 - Prova triassiale consolidata non drenata C.U. (ASTM D 4767, UNI CEN ISO/TS 17892-8)

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 2

CERTIFICATO DI PROVA N.1159/2017

CAMPIONE S96-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 132/2017 del 13/07/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data apertura campione: 20/09/17

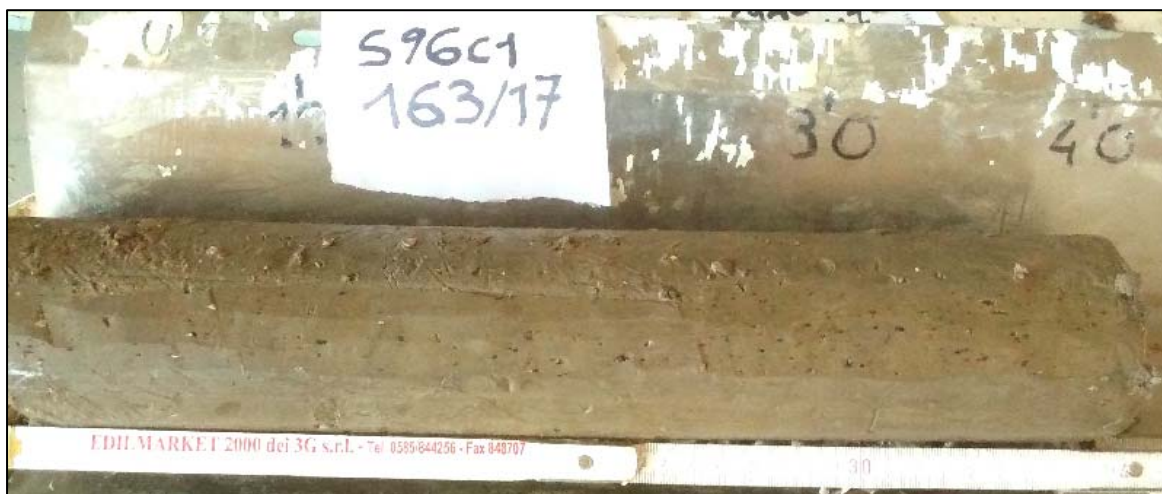
Descrizione del campione

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

0 - 39 cm: argilla limosa con sporadici noduli di ferro/manganese e concrezioni carbonatiche, molto consistente colore marrone oliva chiaro / marrone oliva

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti, limite di ritiro, sostanze organiche, granulometric peso specifico, edometria e triassiale CU

P.P = 261.5 kPa



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

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1159/2017

CAMPIONE S96-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 132/2017 del 13/07/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 20/09/17 - 28/09/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Limiti di Atterberg (ASTM D 4318, UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Contenuto d'acqua (W_n) = 26.35%

Limite di liquidità (LL) = 62.0%

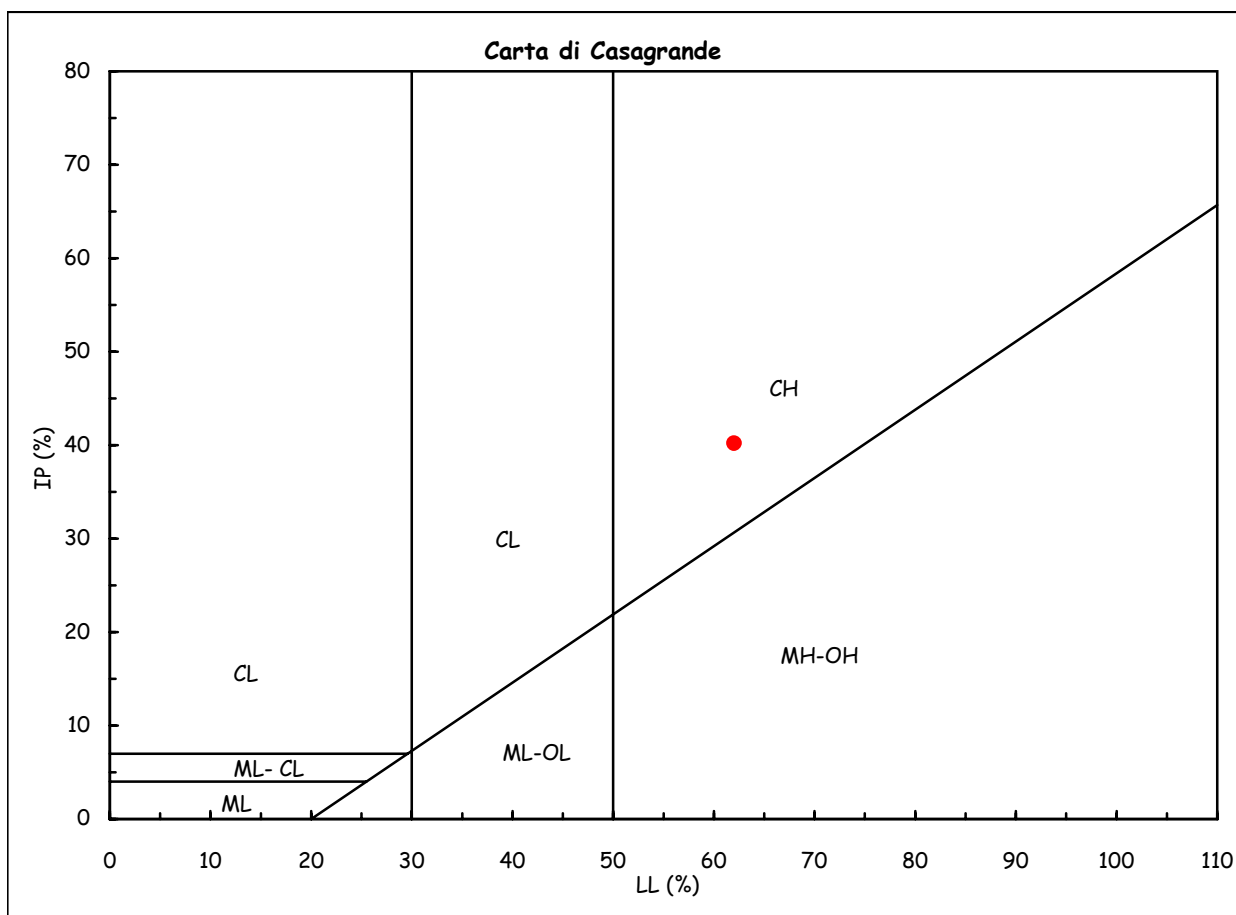
Limite di plasticità (LP) = 21.8%

Indice di plasticità (IP) = 40.2%

Indice di consistenza (I_c) = 0.89

Indice di attività (I_{at}) = 0.71

CH = argille inorganiche di
alta plasticità



Classificazione UNI 10006

Gruppo: A7-6

Indice di gruppo: 20

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 1

CERTIFICATO DI PROVA N.1160/2017

CAMPIONE S96-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

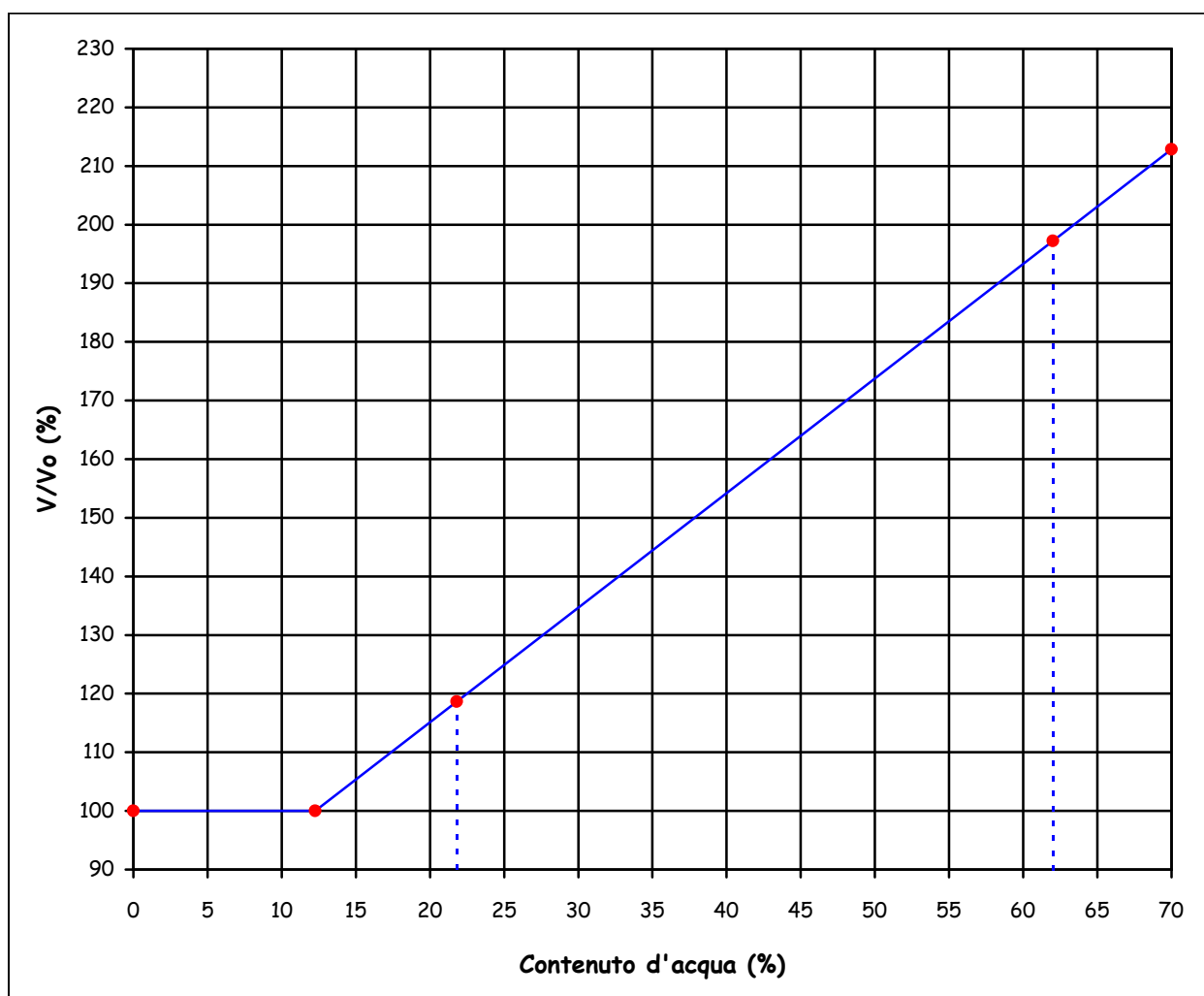
V.A. n. 132/2017 del 13/07/17

Data prova: 20/09/17 - 28/09/17

Limite di ritiro (CNR-UNI 10014)

Limite di ritiro (W_s) = 12.3%

Coefficiente di ritiro (R_s) = 1.95



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 1

CERTIFICATO DI PROVA N.1161/2017

CAMPIONE S96-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

V.A. n. 132/2017 del 13/07/17

Data prova: 20/09/17 - 28/09/17

Determinazione del contenuto di sostanze organiche (ASTM 2974)

Contenuto di sostanze organiche (%) = 5.9%

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1162/2017****CAMPIONE S96-CI1** profondità 1.50 - 2.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

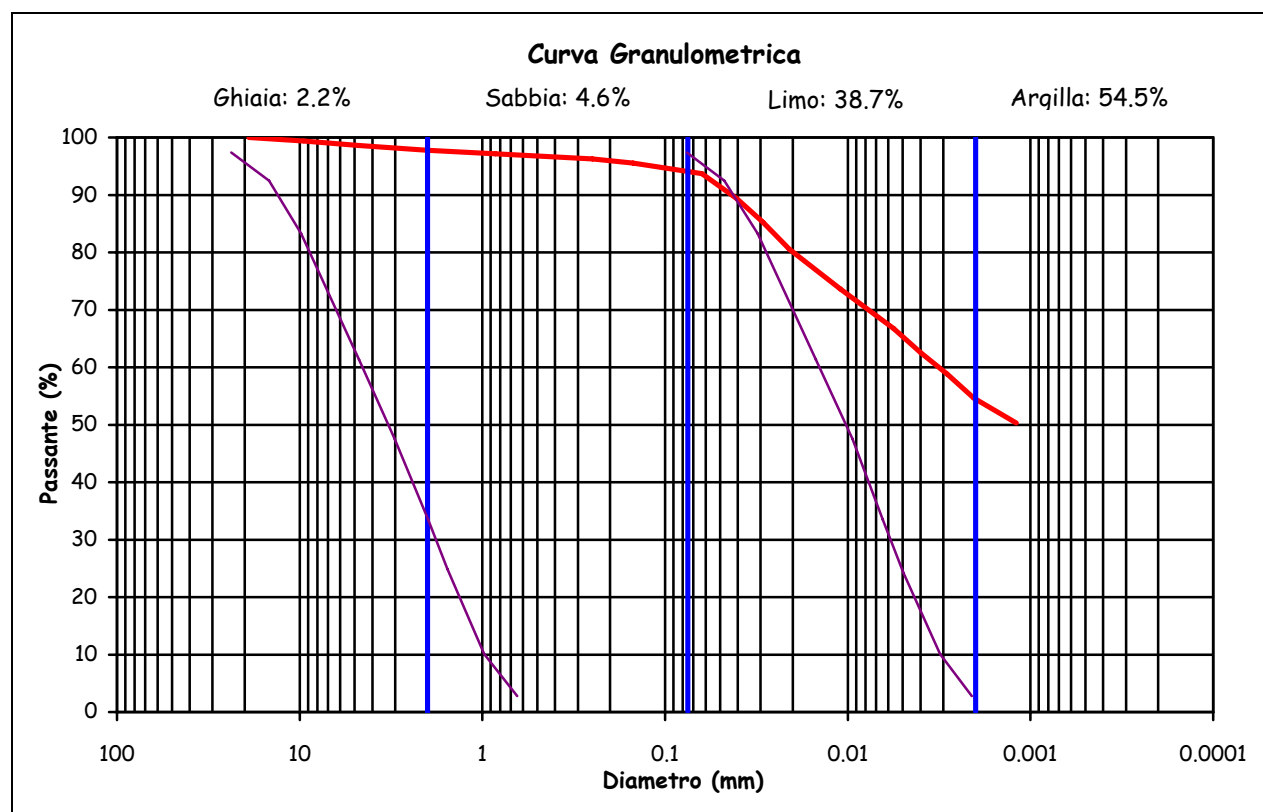
V.A. n. 132/2017 del 13/07/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 20/09/17 - 27/09/17

Analisi granulometrica**Setacciatura:** per via umida (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)**Frazione fine:** metodo del densimetro (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)

Setacciatura		Sedimentazione	
Diametro (mm)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
19	100	0.0406	89.3
9.5	99.4	0.0291	85.2
4.75	98.6	0.0209	80.5
2	97.8	0.0110	73.6
0.850	97.1	0.0056	66.7
0.425	96.6	0.0040	62.6
0.250	96.2	0.0029	58.8
0.150	95.6	0.0020	54.7
0.063	93.7	0.0012	50.3



Definizione secondo A.G.I.:

Argilla con limo

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

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



CERTIFICATO DI PROVA N.1162/2017

CAMPIONE S96-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

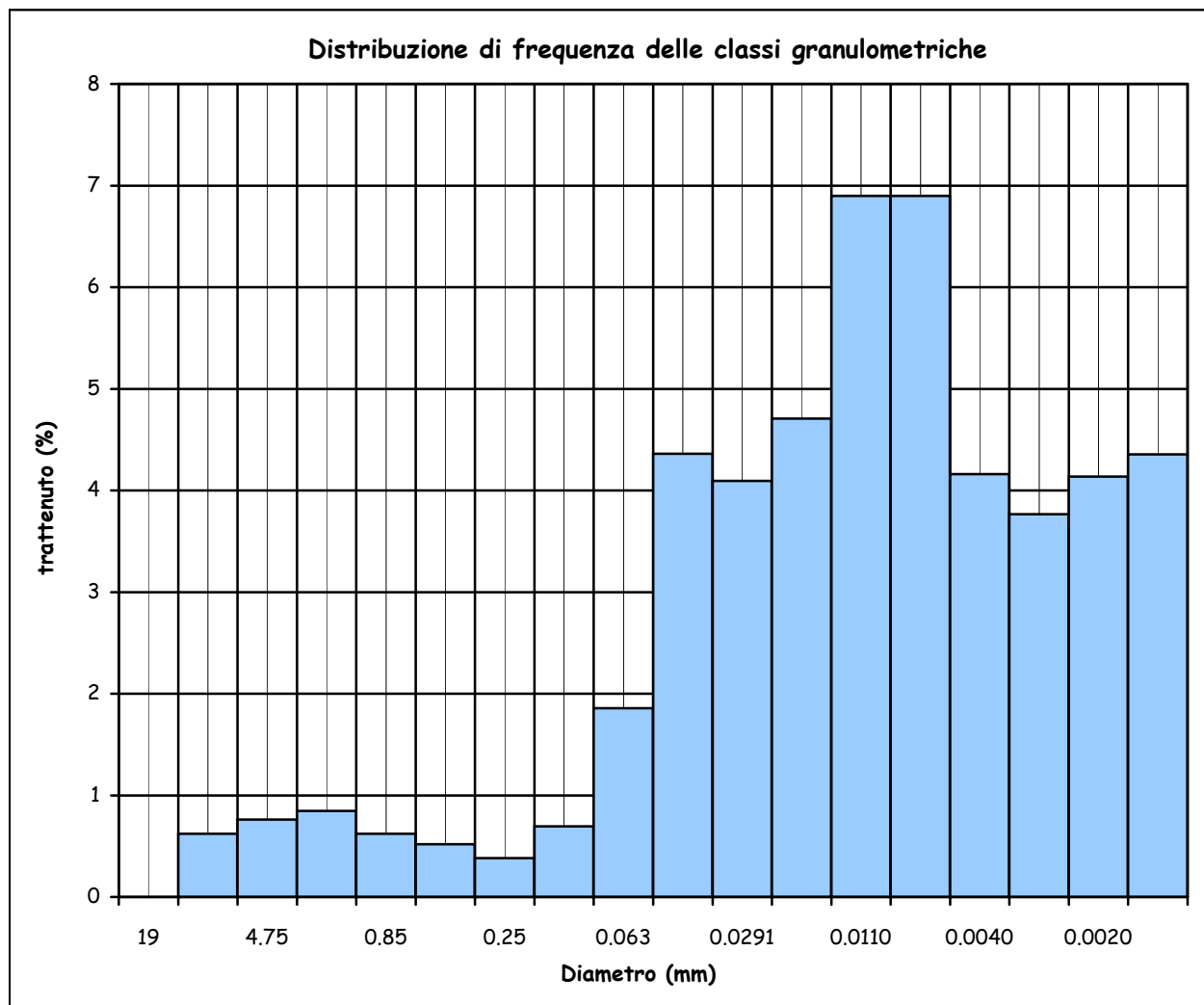
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 132/2017 del 13/07/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 20/09/17 - 27/09/17

Analisi granulometrica



Coefficiente di uniformità (C_u) = -

Coefficiente di curvatura (C_c) = -

Mediana -

Moda 0.0110

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 1

CERTIFICATO DI PROVA N.1163/2017

CAMPIONE S96-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m

Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 132/2017 del 13/07/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 20/09/17 - 27/09/17

Peso specifico dei granuli (CNR-UNI 10013, ASTM D 854, UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Peso specifico dei grani (kN/m^3) 26.26

Peso di volume secco (kN/m^3) 15.0

Indice dei vuoti 0.754

Grado di saturazione (%) 93.32

Contenuto d'acqua (%) 26.24

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1164/2017**

CAMPIONE S96-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m	Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 132/2017 del 13/07/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 20/09/17 - 05/10/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)

	Iniziale	Finale
Altezza (mm)	19.743	18.906
Volume (cmc)	39.924	38.233
Peso di volume naturale (kN/m ³)	18.9	19.6
Peso di volume secco (kN/m ³)	15.0	15.6
Contenuto d'acqua (%)	26.24	25.68
Indice dei vuoti	0.754	

Pressione (kPa)	Cedimento (%)	Indice dei vuoti	Mv (m ² /kN)	Av (m ² /kN)
12.1	0.000	0.754	--	--
24.2	0.000	0.754	0.0000000	0.0000000
48.5	0.000	0.754	0.0000000	0.0000000
97.0	0.000	0.754	0.0000000	0.0000000
194.0	0.420	0.747	0.0000433	0.0000760
388.0	2.030	0.719	0.0000830	0.0001455
775.9	4.604	0.673	0.0000664	0.0001164
1551.9	7.304	0.626	0.0000348	0.0000610
3103.7	10.230	0.575	0.0000189	0.0000331
775.9	8.406	0.607	0.0000078	0.0000138
194.0	6.403	0.642	0.0000344	0.0000604
48.5	4.237	0.680	0.0001489	0.0002611

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 2 di 4

CERTIFICATO DI PROVA N.1164/2017

CAMPIONE S96-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

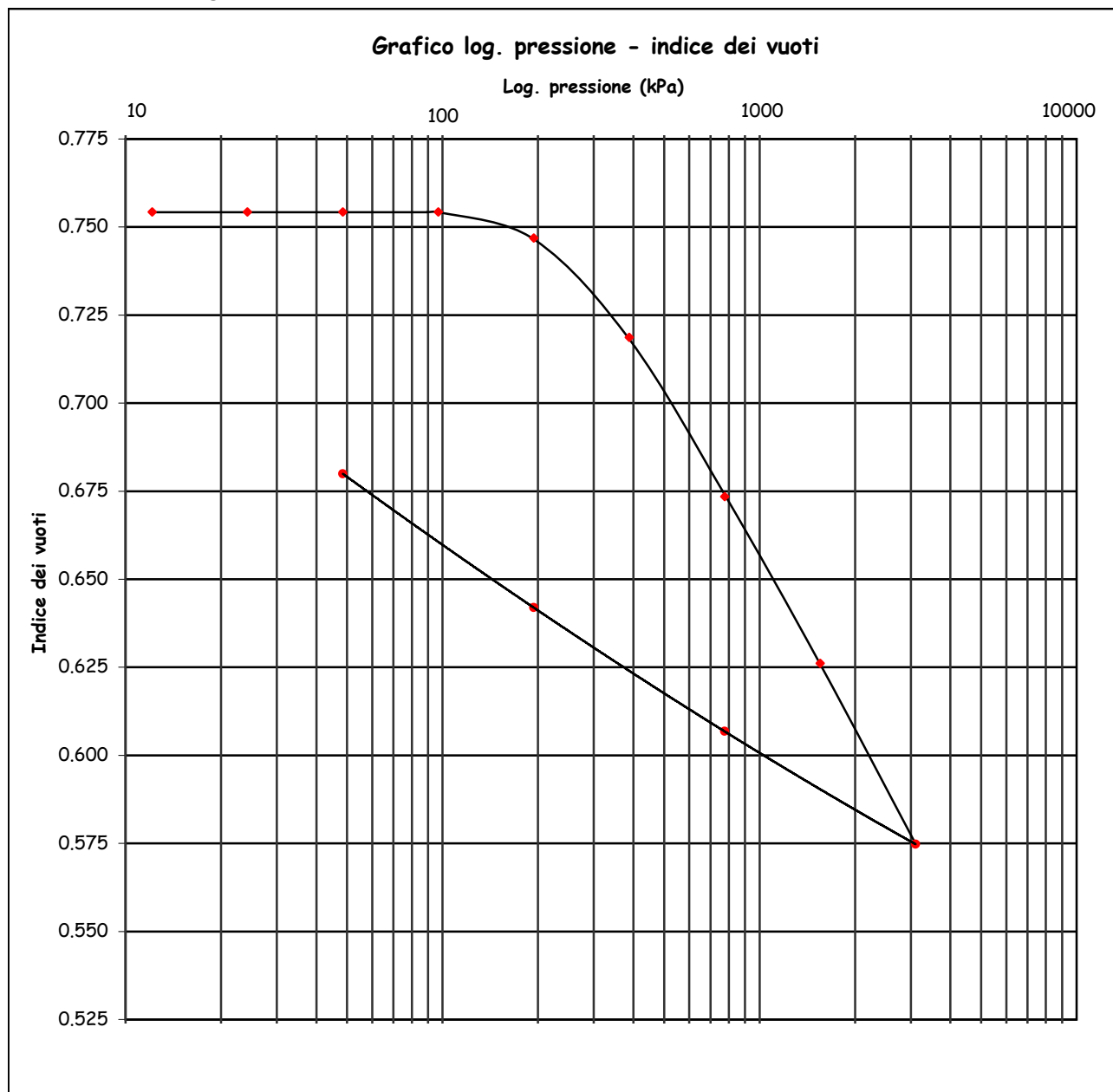
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 132/2017 del 13/07/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 20/09/17 - 05/10/17

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1164/2017**

CAMPIONE S96-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 132/2017 del 13/07/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 20/09/17 - 05/10/17

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)**Cedimento in funzione del tempo**

carico da 97 a 194 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)
0.10	192.00
0.17	194.00
0.25	196.00
0.50	199.00
1.00	203.50
2.00	208.75
4.00	214.50
8.00	221.25
15.00	230.75
30.00	240.50
60.00	244.50
120.00	247.50
240.00	249.75
480.00	251.50
1440.00	254.00

carico da 194 a 388 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)
0.10	445.00
0.17	448.00
0.25	452.00
0.50	460.75
1.00	471.00
2.00	484.25
4.00	500.00
8.00	517.60
14.67	539.50
30.00	566.00
60.00	584.50
146.00	602.50
267.00	610.40
508.00	616.75
1450.00	625.00

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



CERTIFICATO DI PROVA N.1164/2017

CAMPIONE S96-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m

Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017

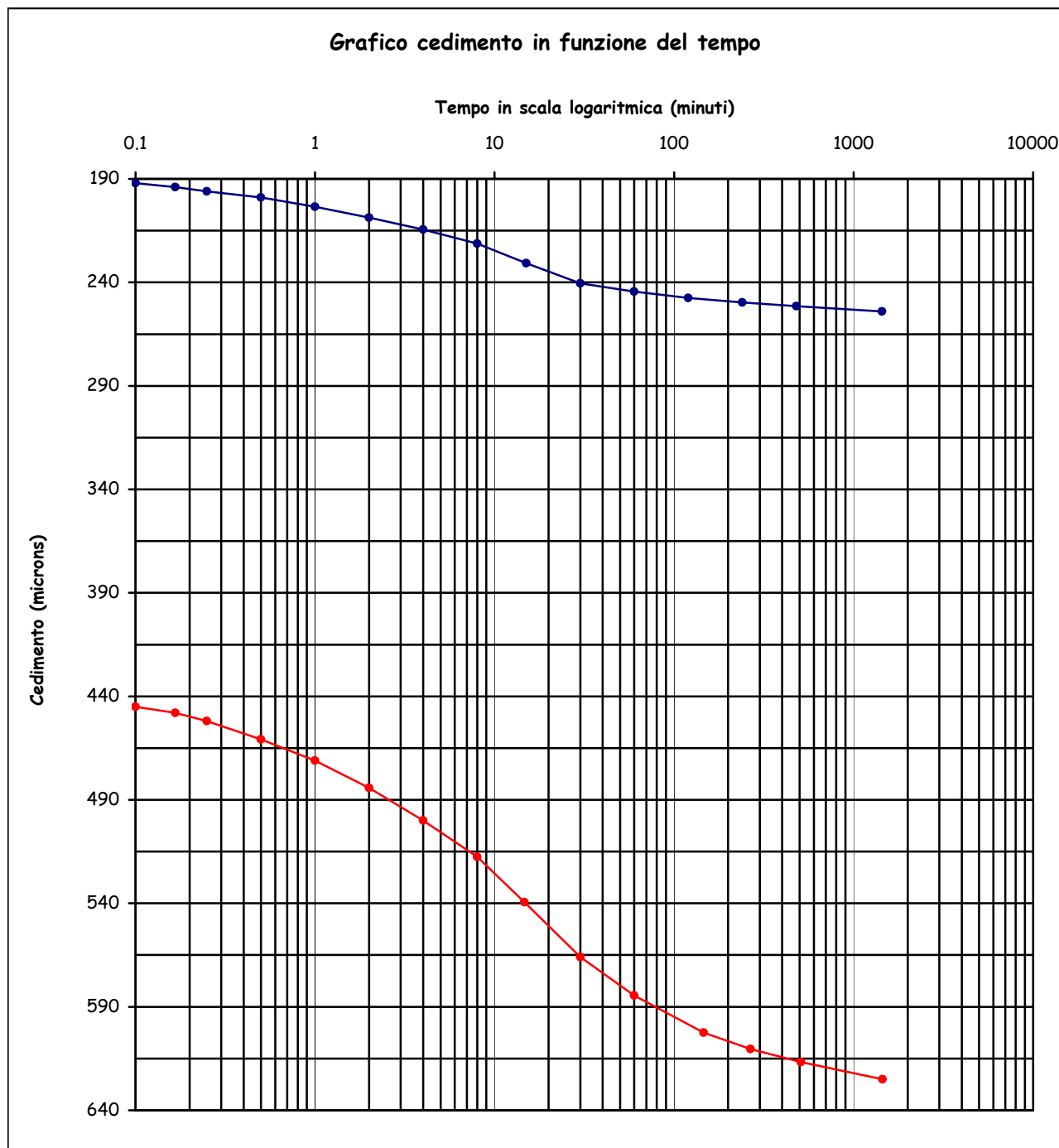
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 132/2017 del 13/07/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 20/09/17 - 05/10/17

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1165/2017**

CAMPIONE S96-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 132/2017 del 13/07/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 30/09/17 - 03/10/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova triassiale consolidata non drenata (ASTM D 2850, UNI CEN ISO/TS 17892-9)**

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Altezza iniziale (cm)	7.62	7.62	7.62
Diametro iniziale (cm)	3.82	3.82	3.82
Volume iniziale (cmc)	87.11	87.24	87.27
Vel. def. (mm/min)	0.0121	0.0121	0.0121
Condizioni prima della prova			
Peso di volume naturale (kN/m ³)	18.9	18.7	18.8
Peso di volume secco (kN/m ³)	14.9	14.9	14.9
Contenuto d'acqua naturale (%)	26.46	25.89	26.24
Condizioni iniziali della prova			
Pressione laterale totale (kPa)	474.3	524.2	574.2
Back pressure (kPa)	399.4	399.4	399.4
Pressione laterale effettiva (kPa)	74.9	124.8	174.8
Coefficiente B di Skempton	0.98	0.98	1.00
Consolidazione			
Variazione di volume ($\Delta V/V$) %	0.91	1.69	2.54
Condizioni a rottura			
Tensione deviatorica (kPa)	128.0	162.0	202.3
Deformazione assiale unitaria (%)	9.92	13.68	15.66
Pressione neutra (kPa)	395.3	403.8	426.0
Sovrappressione neutra (kPa)	-4.0	4.4	26.6
Pressione laterale effettiva (kPa)	78.9	120.5	148.2
Coefficiente di pressione neutra (A)	-0.031	0.027	0.132

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo GambassiIl 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.1165/2017

CAMPIONE S96-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 132/2017 del 13/07/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 30/09/17 - 03/10/17

Prova triassiale consolidata non drenata (ASTM D 2850, UNI CEN ISO/TS 17892-9)

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
$\sigma_1 - \sigma_3$	ε	$u - u_0$	A	$\sigma_1 - \sigma_3$	ε	$u - u_0$	A	$\sigma_1 - \sigma_3$	ε	$u - u_0$	A
(kPa)	(%)	(kPa)		(kPa)	(%)	(kPa)		(kPa)	(%)	(kPa)	
5.2	0.51	1.1	0.213	2.6	0.22	0.2	0.077	25.7	0.41	2.5	0.097
15.6	1.01	4.1	0.265	45.2	0.92	5.6	0.124	82.9	1.09	15.4	0.185
36.2	1.51	10.5	0.289	78.6	1.64	12.5	0.159	112.9	1.81	25.1	0.222
57.5	2.01	15.9	0.277	101.9	2.43	16.2	0.159	130.9	2.62	30.7	0.235
73.4	2.53	18.9	0.258	117.2	3.23	17.5	0.149	145.2	3.44	33.6	0.232
87.5	3.07	20.1	0.230	129.6	4.04	17.5	0.135	155.9	4.25	35.1	0.225
97.1	3.58	19.9	0.205	137.7	4.83	16.9	0.123	166.3	5.07	35.6	0.214
103.3	4.11	18.9	0.183	144.7	5.66	15.8	0.109	174.0	5.89	35.4	0.204
109.3	4.63	17.4	0.159	149.2	6.46	14.5	0.097	178.2	6.71	35.0	0.197
114.5	5.15	15.7	0.137	152.7	7.26	13.0	0.085	182.4	7.52	34.4	0.189
118.0	5.69	13.8	0.117	155.3	8.07	11.7	0.075	185.6	8.34	33.7	0.182
119.7	6.23	11.4	0.095	157.1	8.87	10.2	0.065	187.9	9.16	32.9	0.175
121.4	6.75	8.9	0.073	159.6	9.68	9.0	0.056	191.9	10.25	31.8	0.166
123.9	7.28	6.5	0.053	159.7	10.48	7.9	0.049	195.0	11.33	30.7	0.158
125.6	7.81	4.1	0.033	160.5	11.27	6.9	0.043	195.7	12.41	29.5	0.151
126.4	8.34	1.9	0.015	161.3	12.07	6.0	0.037	199.3	13.50	28.4	0.143
127.7	9.13	-1.3	-0.010	161.3	12.88	5.2	0.032	200.5	14.59	27.3	0.136
128.0	9.92	-4.0	-0.031	162.0	13.68	4.4	0.027	202.3	15.66	26.6	0.132
127.6	10.72	-6.4	-0.050	161.2	14.48	3.9	0.024	201.8	16.79	25.7	0.128
126.4	11.50	-8.6	-0.068	161.8	15.29	3.4	0.021	200.5	17.87	25.4	0.126
125.2	12.27	-10.4	-0.083	160.9	16.10	2.9	0.018	199.2	18.96	24.9	0.125

ε : deformazione assiale unitaria

$u - u_0$: sovrappressione neutra

$\sigma_1 - \sigma_3$: tensione deviatorica

A : Coefficiente di pressione neutra

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1165/2017

CAMPIONE S96-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

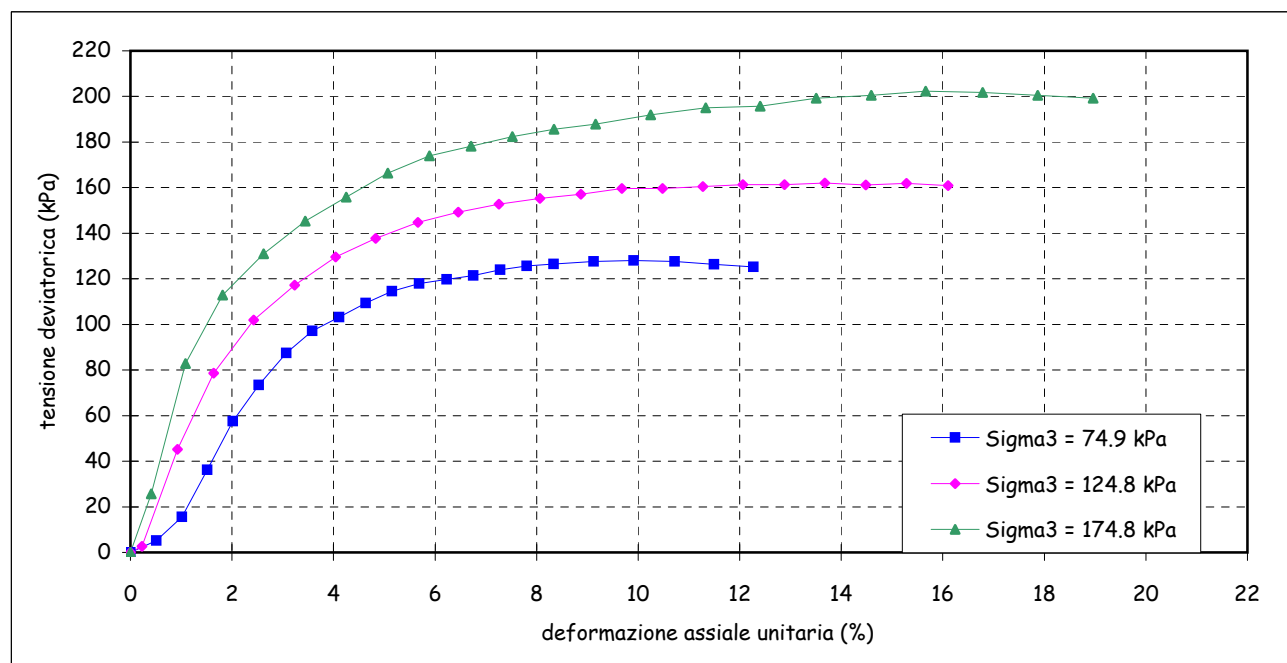
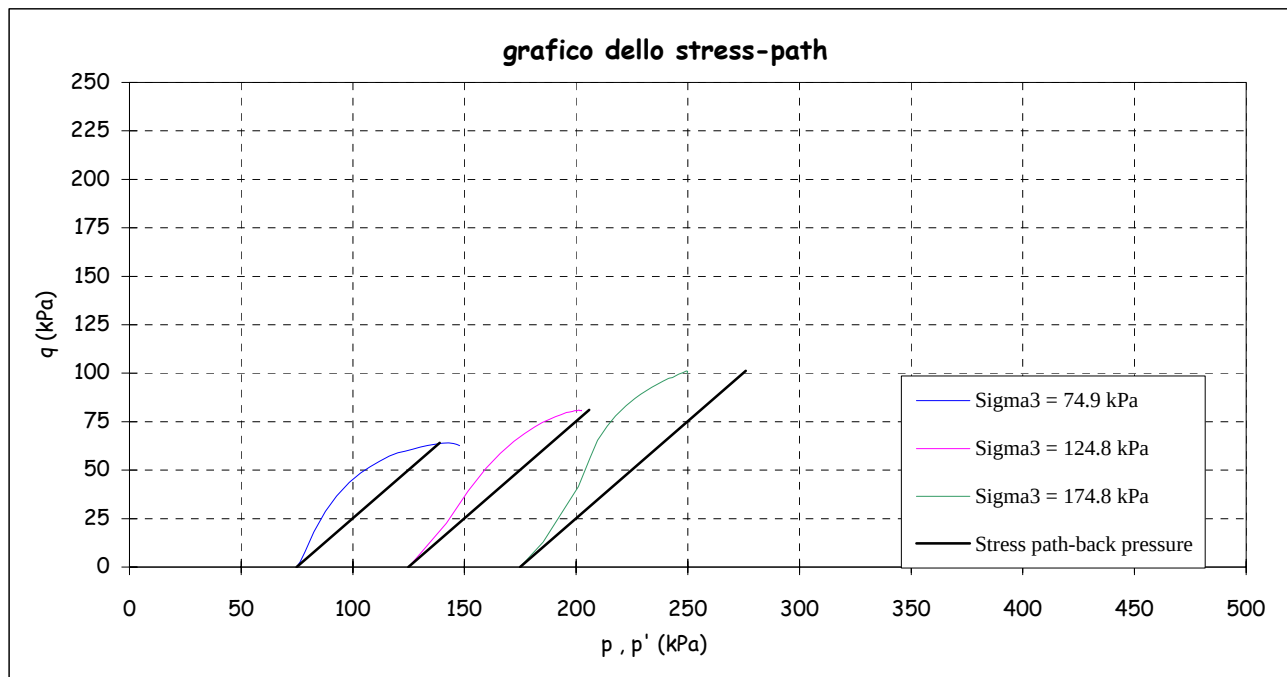
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 132/2017 del 13/07/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 30/09/17 - 03/10/17

Prova triassiale consolidata non drenata (ASTM D 2850, UNI CEN ISO/TS 17892-9)



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1165/2017

CAMPIONE S96-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

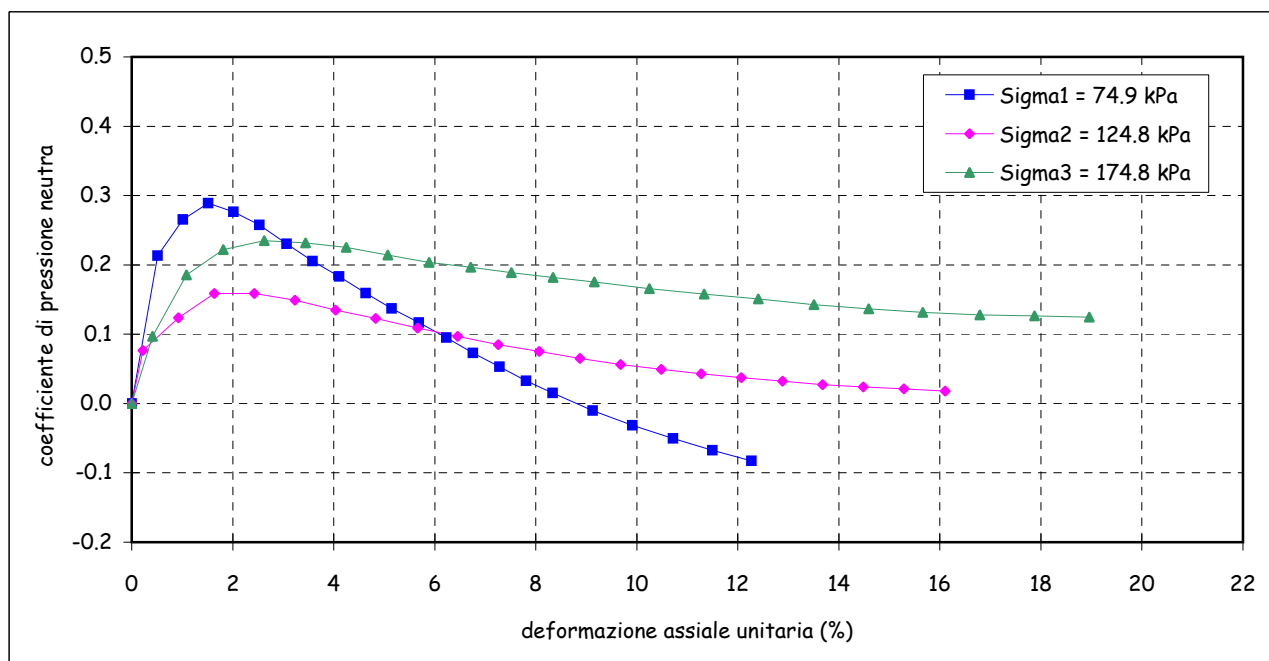
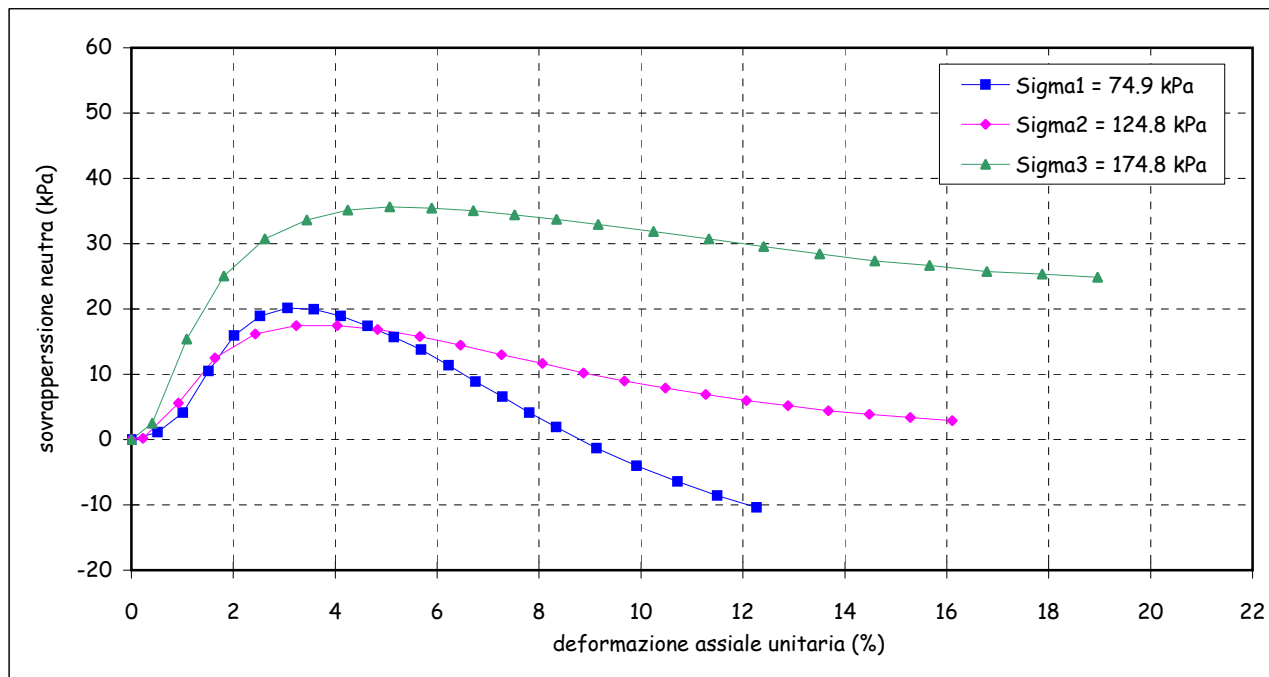
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 132/2017 del 13/07/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 30/09/17 - 03/10/17

Prova triassiale consolidata non drenata (ASTM D 2850, UNI CEN ISO/TS 17892-9)



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017

V.A. n. 132/2017 del 13/07/17

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1159-1165/2017

CAMPIONE	S96-CI1
Profondità metri	1.50 - 2.00
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	26.35
Limite liquido (%)	62.0
Limite plastico (%)	21.8
Indice di plasticità (%)	40.2
Indice di consistenza	0.89
Indice di attività	0.71
Classificaz. Casagrande	CH
Limite di Ritiro	
Limite di ritiro (%)	12.3
Coefficiente di ritiro	1.95
Granulometria	
Ghiaia (%)	2.2
Sabbia (%)	4.6
Limo (%)	38.7
Argilla (%)	54.5
Classificazione UNI 10006	
Gruppo	A7-6
Indice di gruppo	20
Contenuto di sostanze organiche	
Contenuto di sostanze organiche (%)	5.9%
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	18.8
Peso volume secco (kN/m ³)	14.9
Peso specifico dei grani (kN/m ³)	26.26
Indice dei vuoti	0.754
Grado di saturazione (%)	93.32
Prova edometrica	
Indice di ricomprensione, Cr	0.05914
Indice di compressione, Cc	0.16393
Indice di rigonfiamento, Cs	0.06073
Pressione di preconsolidazione, σ'_{vmax} (kPa)	291.2
Coefficiente di consolidazione verticale, Cv (cm ² /sec)	6.22E-04
Permeabilità, K (cm/sec)	1.84E-09
Coefficiente di consolidazione verticale, Cv (cm ² /sec)	4.05E-04
Permeabilità, K (cm/sec)	1.74E-09
Prova triassiale non consolidata drenata (CIU)	
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	20.3
Coesione, C' (kPa)	14.3
Cu ₁ (kPa)	64.0
Cu ₂ (kPa)	81.0
Cu ₃ (kPa)	101.2

Michael...



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. 1166-1173/2017

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

DATA ESECUZIONE PROVE: 07/09/17 - 22/09/17

CAMPIONE:

S96-CI2 profondità 5.50 - 6.00 m

Prove eseguite

- 1 - Prove speditive di consistenza (ASTM 2488)
- 2 - Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 3 - Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 4 - Limiti di Atterberg (ASTM D 4318, UNI CEN ISO/TS 17892-12)
- 5 - Limite di ritiro (CNR-UNI 10014)
- 6 - Contenuto di sostanze organiche (ASTM 2974)
- 7 - Analisi granulometrica per sedimentazione (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 8 - Analisi granulometrica per vagliatura per via umida (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 9 - Peso specifico dei granuli (CNR-UNI 10013, ASTM D 854, UNI CEN ISO/TS 17892-3)
- 10 - Prova di compressione con espansione laterale libera (ASTM D 2166, UNI CEN ISO/TS 17892-7)
- 11 - Prova edometrica (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)
- 12 - Prova di taglio diretto (ASTM D 3080, UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 2

CERTIFICATO DI PROVA N.1166/2017

CAMPIONE S96-CI2 profondità 5.50 - 6.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 163/2017 del 29/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data apertura campione: 07/09/17

Descrizione del campione

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

0 - 47 cm: argilla limosa con sporadiche concrezioni carbonatiche, dura

colore marrone oliva chiaro a tratti grigio blastro

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti, limite di ritiro, sostanze organiche, granulometrico
peso specifico, edometria, compressione ell e taglio

P.P = 294.2 kPa



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

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1166/2017

CAMPIONE S96-CI2 profondità 5.50 - 6.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 11/09/17 - 15/09/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Limiti di Atterberg (ASTM D 4318, UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Contenuto d'acqua (W_n) = 23.46%

Limite di liquidità (LL) = 56.0%

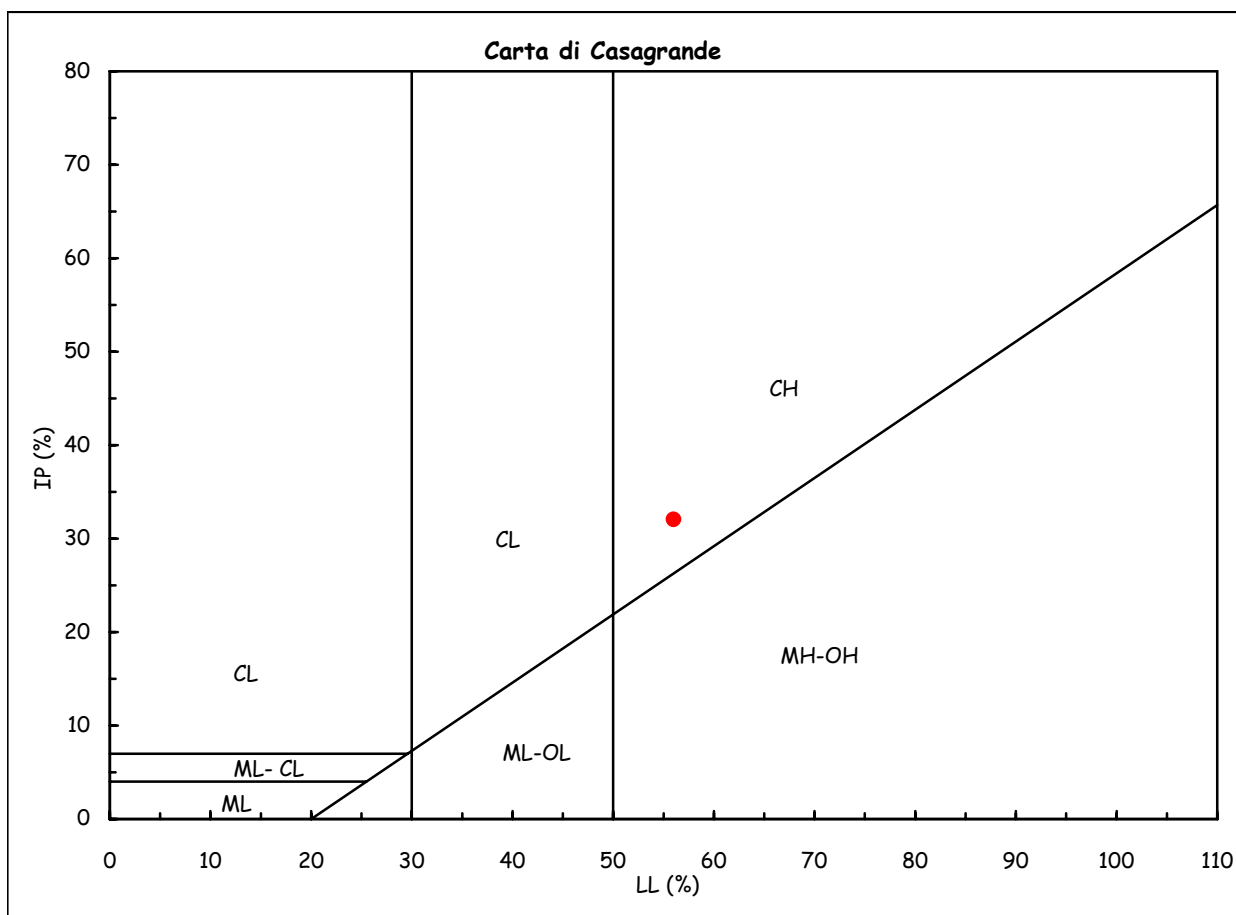
Limite di plasticità (LP) = 23.9%

Indice di plasticità (IP) = 32.1%

Indice di consistenza (I_c) = 1.01

Indice di attività (I_{at}) = 0.62

CH = argille inorganiche di
alta plasticità



Classificazione UNI 10006

Gruppo: A7-6

Indice di gruppo: 19

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 1

CERTIFICATO DI PROVA N.1167/2017

CAMPIONE S96-CI2 profondità 5.50 - 6.00 m

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

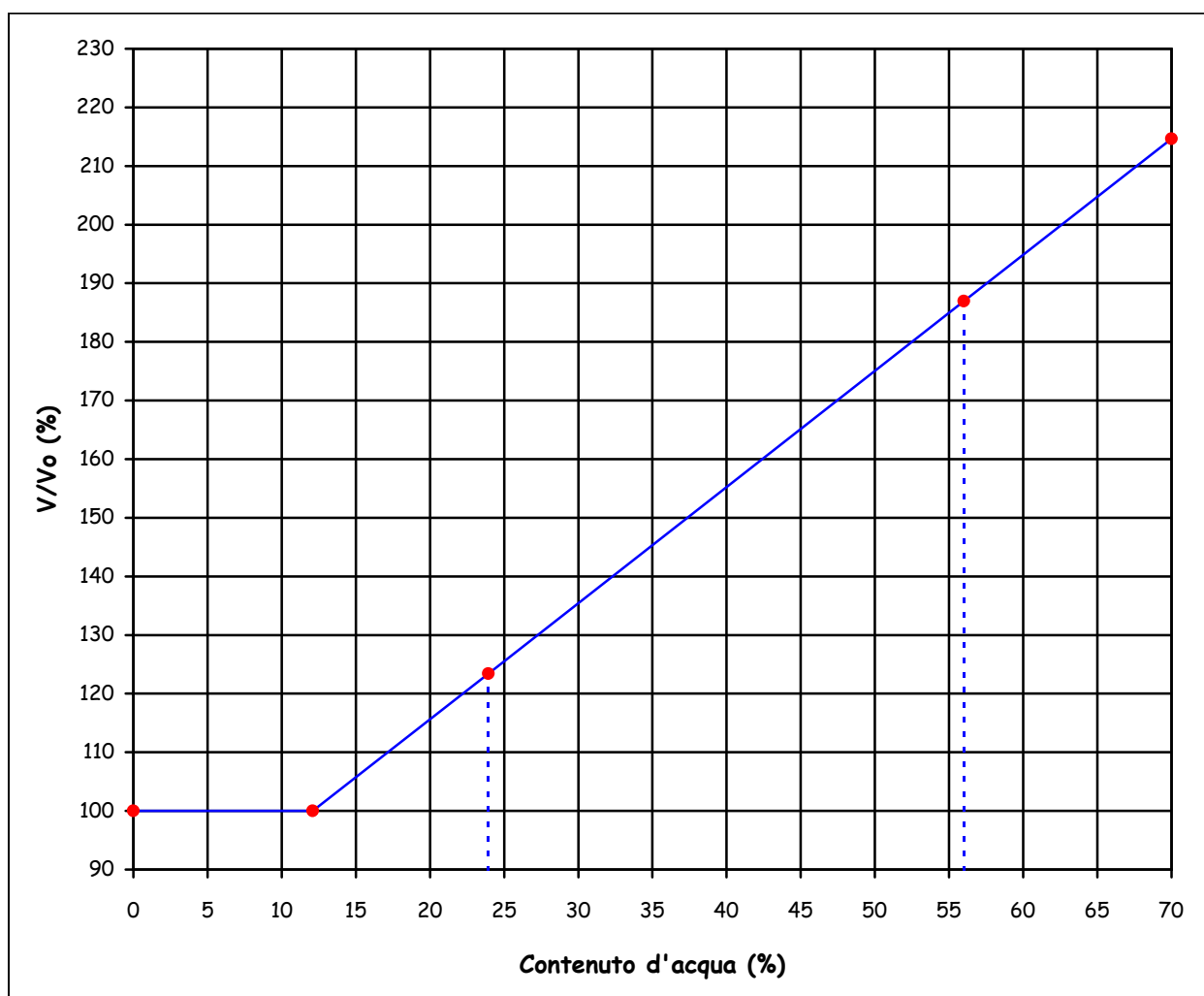
V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

Data prova: 11/09/17 - 15/09/17

Limite di ritiro (CNR-UNI 10014)

Limite di ritiro (W_s) = 12.1%

Coefficiente di ritiro (R_s) = 1.98



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 1

CERTIFICATO DI PROVA N.1168/2017

CAMPIONE S96-CI2 profondità 5.50 - 6.00 m

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

Data prova: 11/09/17 - 19/09/17

Determinazione del contenuto di sostanze organiche (ASTM 2974)

Contenuto di sostanze organiche (%) = 4.4%

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1169/2017****CAMPIONE S96-CI2 profondità 5.50 - 6.00 m**

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

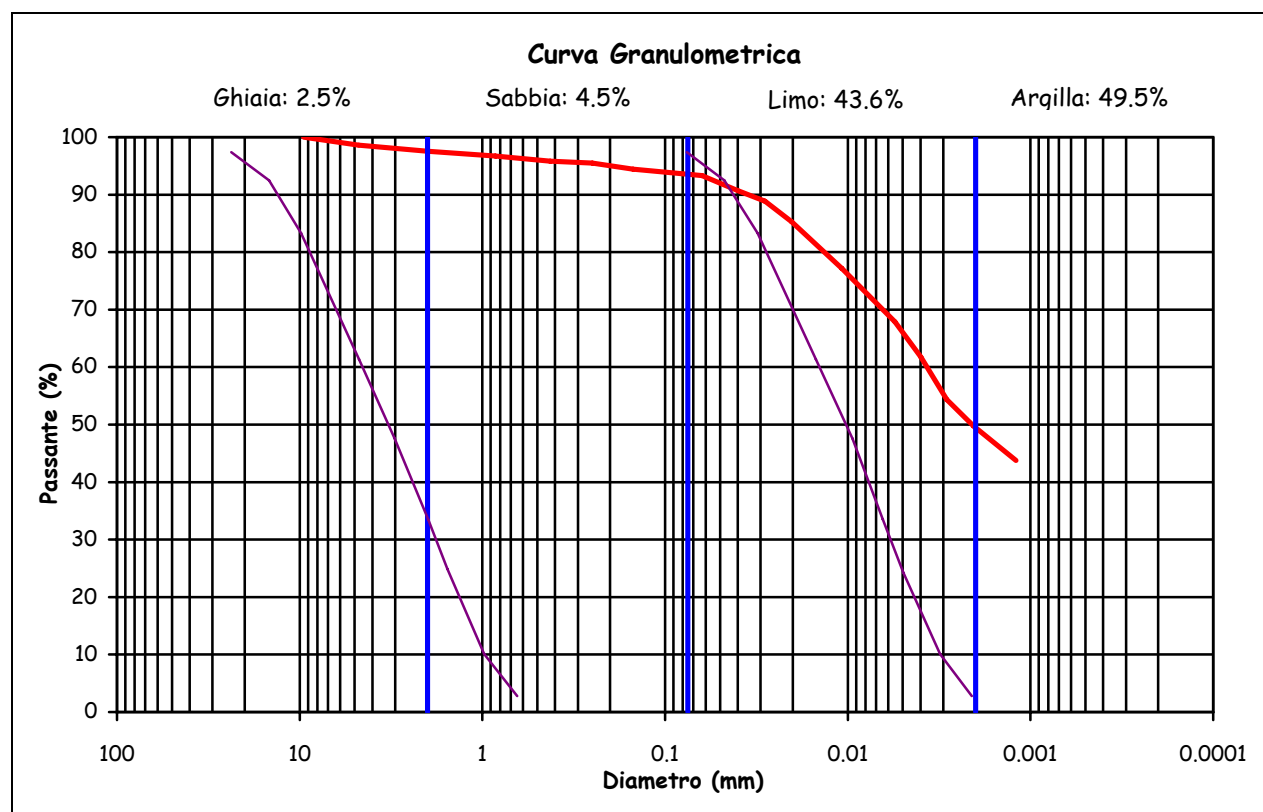
V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 11/09/17 - 21/09/17

Analisi granulometrica**Setacciatura: per via umida (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)****Frazione fine: metodo del densimetro (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)**

Setacciatura		Sedimentazione	
Diametro (mm)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
9.5	100	0.0400	90.7
4.75	98.6	0.0284	88.8
2	97.5	0.0203	85.3
0.850	96.7	0.0108	77.2
0.425	95.8	0.0055	67.9
0.250	95.5	0.0040	61.7
0.150	94.4	0.0029	54.4
0.063	93.3	0.0021	49.8
		0.0012	43.8



Definizione secondo A.G.I.:

Argilla con limo

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

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



CERTIFICATO DI PROVA N.1169/2017

CAMPIONE S96-CI2 profondità 5.50 - 6.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

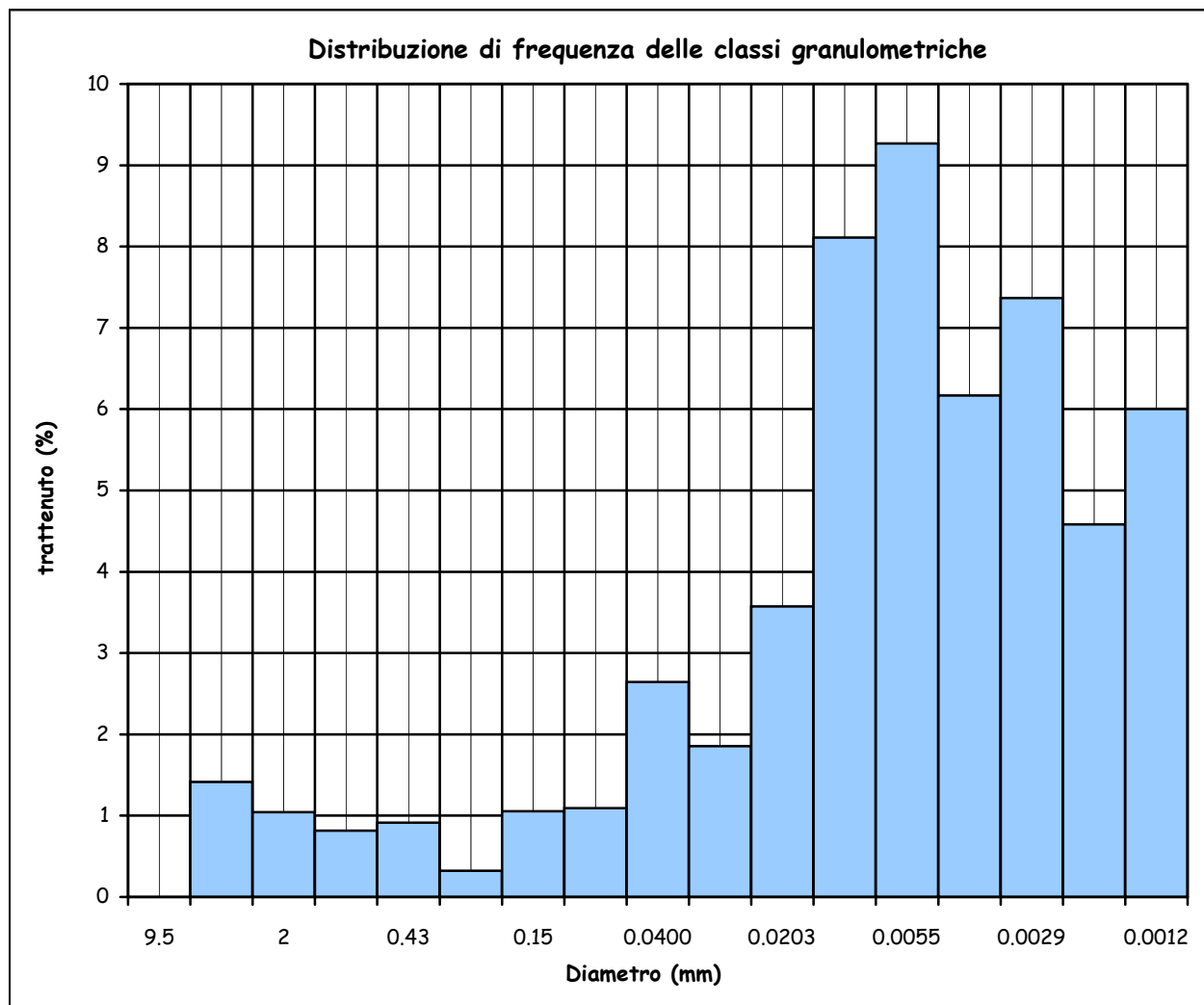
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 11/09/17 - 21/09/17

Analisi granulometrica



Coefficiente di uniformità (C_u) = -

Coefficiente di curvatura (C_c) = -

Mediana 0.0021

Moda 0.0055

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 1

CERTIFICATO DI PROVA N.1170/2017

CAMPIONE S96-CI2 profondità 5.50 - 6.00 m

Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 07/09/17 - 21/09/17

Peso specifico dei granuli (CNR-UNI 10013, ASTM D 854, UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Peso specifico dei grani (kN/m^3) 26.15

Peso di volume secco (kN/m^3) 15.4

Indice dei vuoti 0.703

Grado di saturazione (%) 97.84

Contenuto d'acqua (%) 25.76

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1171/2017****CAMPIONE S96-CI2 profondità 5.50 - 6.00 m**

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 07/09/17 - 12/09/17

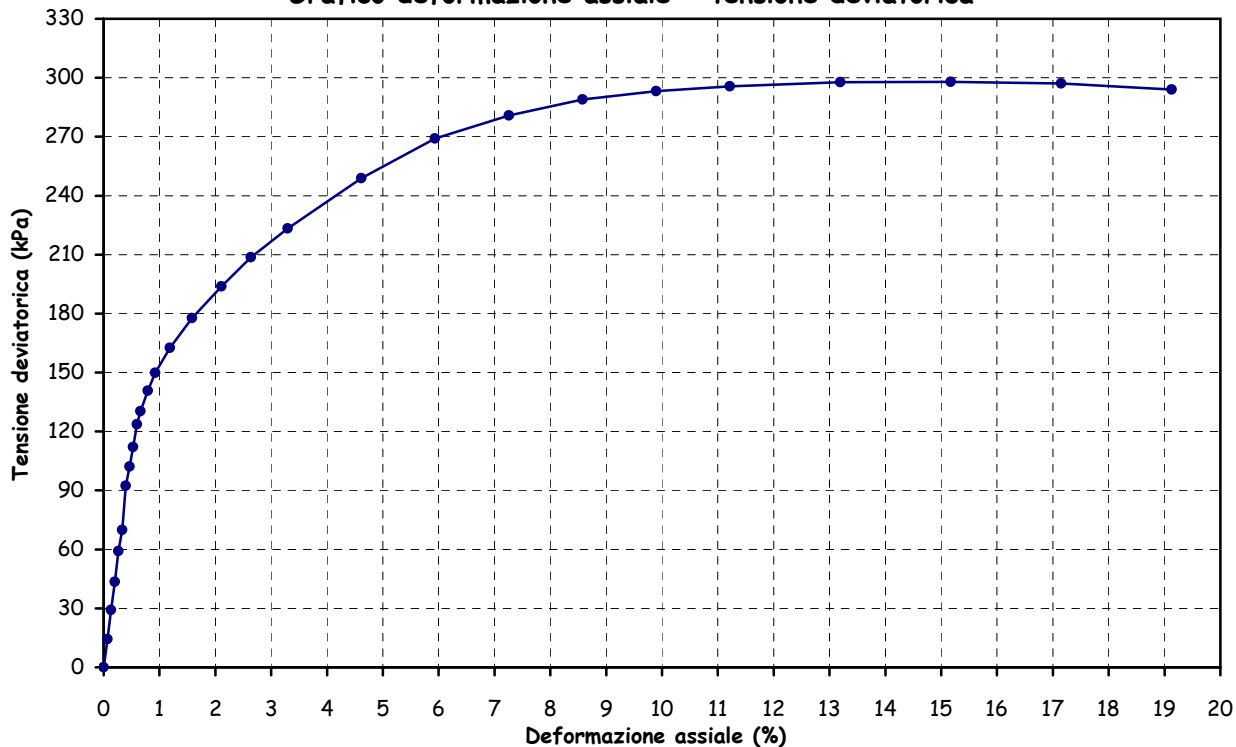
Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova di compressione con espansione laterale libera (ASTM D 2166, UNI CEN ISO/TS 17892-7)

Peso di volume naturale (kN/m ³)	19.8	Sigma a rottura (kPa)	297.9
Peso di volume secco (kN/m ³)	16.1	Coesione non drenata (kPa)	148.9
Contenuto d'acqua (%)	22.95	Modulo elastico	21836
Vel. def. (mm/min)	1.27	tangente iniziale (kPa)	

ε (%)	σ (kPa)	ε (%)	σ (kPa)	ε (%)	σ (kPa)
0.07	14.4	0.66	130.2	5.94	269.1
0.13	29.2	0.79	140.7	7.26	280.9
0.20	43.4	0.92	149.8	8.58	288.9
0.26	59.1	1.19	162.6	9.90	293.2
0.33	69.8	1.58	177.6	11.21	295.7
0.40	92.4	2.11	193.8	13.19	297.8
0.46	102.2	2.64	208.7	15.17	297.9
0.53	112.0	3.30	223.2	17.15	297.1
0.59	123.6	4.62	248.9	19.13	294.0

Grafico deformazione assiale - tensione deviatoricaLo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi

Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1172/2017**

CAMPIONE S96-CI2 profondità 5.50 - 6.00 m	Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 163/2017 del 29/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 07/09/17 - 22/09/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)

	Iniziale	Finale
Altezza (mm)	19.969	19.161
Volume (cmc)	39.878	38.264
Peso di volume naturale (kN/m ³)	19.3	19.9
Peso di volume secco (kN/m ³)	15.4	16.0
Contenuto d'acqua (%)	25.76	24.45
Indice dei vuoti	0.703	

Pressione (kPa)	Cedimento (%)	Indice dei vuoti	Mv (m ² /kN)	Av (m ² /kN)
12.3	0.000	0.703	--	--
24.6	0.000	0.703	0.0000000	0.0000000
49.1	0.000	0.703	0.0000000	0.0000000
147.3	0.003	0.703	0.0000003	0.0000005
196.4	0.181	0.700	0.0000363	0.0000618
392.9	1.431	0.679	0.0000637	0.0001084
785.7	3.948	0.636	0.0000641	0.0001091
1571.5	7.221	0.580	0.0000417	0.0000710
3142.9	11.262	0.511	0.0000257	0.0000438
785.7	9.390	0.543	0.0000079	0.0000135
196.4	6.587	0.591	0.0000476	0.0000810
49.1	4.046	0.634	0.0001725	0.0002938

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



CERTIFICATO DI PROVA N.1172/2017

CAMPIONE S96-CI2 profondità 5.50 - 6.00 m

Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017

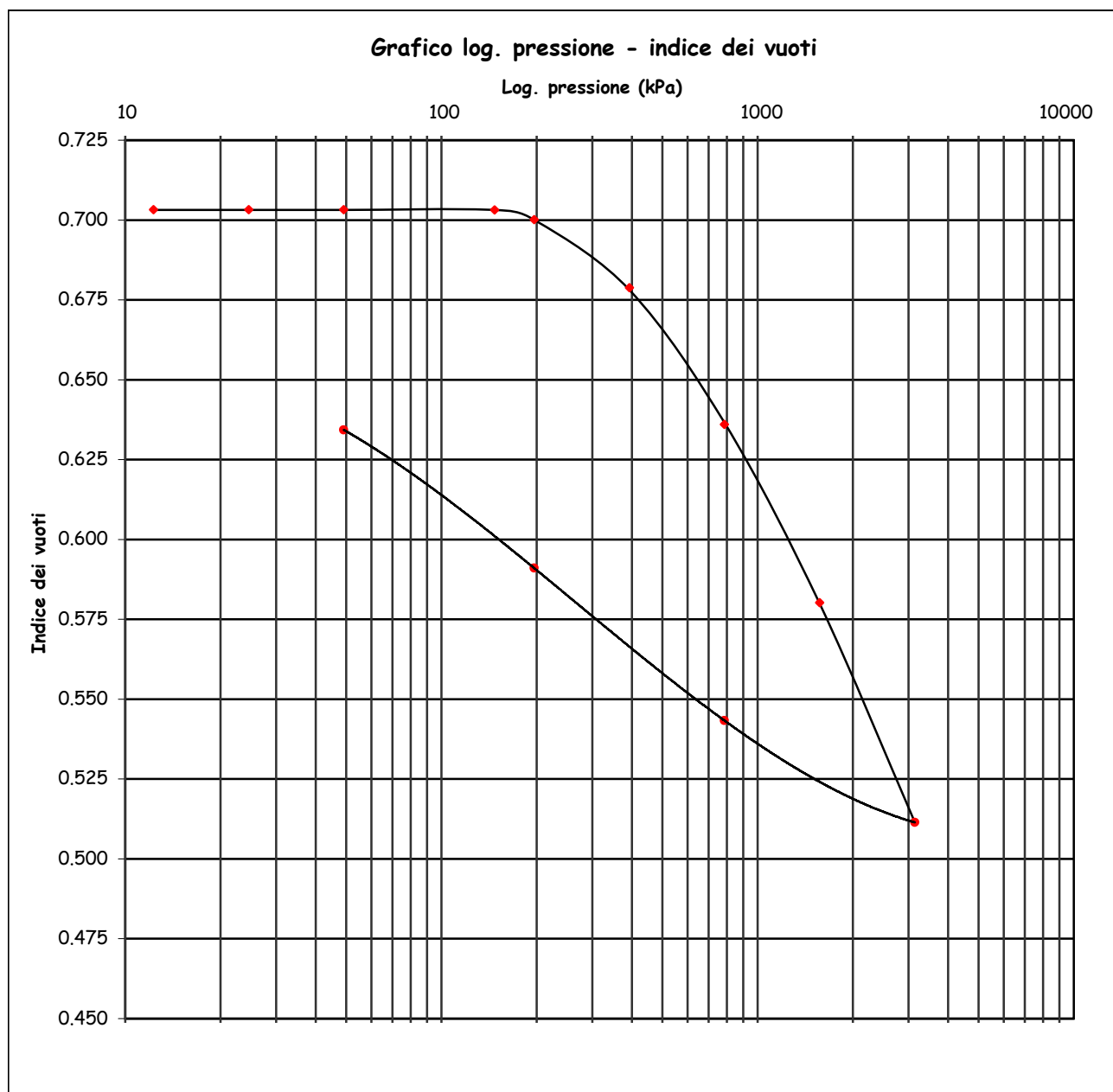
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 07/09/17 - 22/09/17

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1172/2017

CAMPIONE S96-CI2 profondità 5.50 - 6.00 m	Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 163/2017 del 29/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 07/09/17 - 22/09/17

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Cedimento in funzione del tempo

carico da 196.4 a 392.9 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)
0.10	267.00
0.17	272.25
0.25	276.00
0.50	283.25
1.00	293.90
2.00	306.80
4.00	324.30
8.00	347.35
15.00	372.70
30.00	407.00
60.00	442.50
120.00	468.50
240.00	485.00
493.00	496.75
1412.00	510.15

carico da 392.9 a 785.7 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)
0.10	601.50
0.17	609.50
0.25	616.25
0.50	629.15
1.00	646.80
2.00	669.25
4.00	698.80
8.00	739.70
15.00	788.65
30.00	858.00
60.00	936.00
120.00	996.80
240.00	1030.50
485.00	1050.20
1469.00	1068.60

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1172/2017

CAMPIONE S96-CI2 profondità 5.50 - 6.00 m

Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017

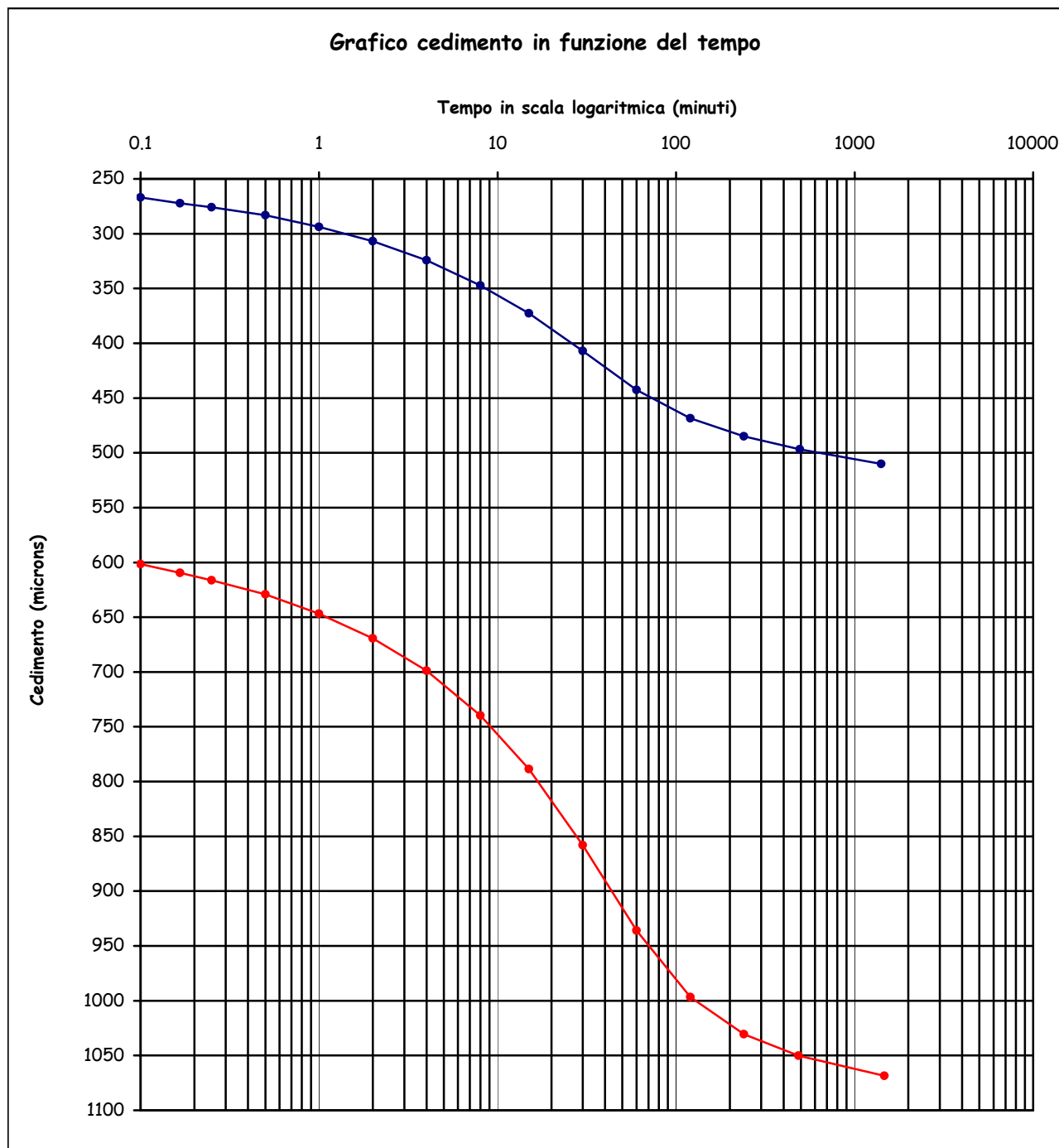
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 07/09/17 - 22/09/17

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1173/2017**

CAMPIONE S96-CI2 profondità 5.50 - 6.00 m	Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 163/2017 del 29/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 07/09/17 - 18/09/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di taglio diretto (ASTM D 3080, UNI CEN ISO/TS 17892-10)**

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Peso di volume naturale iniziale (kN/m ³)	18.9	18.9	18.9
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	19.9	20.2	20.6
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	15.0	15.1	15.1
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	15.5	15.8	16.1
Contenuto d'acqua iniziale (%)	25.81	25.08	25.21
Contenuto d'acqua finale (%)	28.24	27.42	27.77
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0015	0.0015	0.0015
Sigma (kPa)	98.1	147.1	196.1
Tau a rottura (kPa)	48.8	68.6	90.5

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau
(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)
0.03	3.9	0.03	4.7	0.03	5.6
0.03	3.9	0.03	4.7	0.05	9.5
0.06	5.9	0.06	7.6	0.08	13.1
0.09	7.6	0.09	10.4	0.12	16.8
0.13	10.9	0.14	14.2	0.18	24.1
0.18	12.8	0.21	20.9	0.24	32.5
0.24	19.2	0.27	30.2	0.30	41.9
0.30	26.6	0.33	37.5	0.40	52.5
0.36	31.3	0.39	42.7	0.49	60.5
0.42	35.2	0.46	47.5	0.59	66.9
0.49	38.5	0.56	53.0	0.69	71.9
0.56	41.0	0.66	56.9	0.79	76.0
0.63	42.7	0.74	59.6	0.92	80.2
0.70	44.1	0.84	62.4	1.05	83.6
0.81	46.0	0.98	65.2	1.18	86.3
0.91	47.5	1.11	66.9	1.33	88.0
1.01	48.5	1.23	68.0	1.50	89.3
1.10	48.8	1.36	68.6	1.66	90.5
1.20	48.8	1.49	68.6	1.82	89.9
1.30	48.8	1.62	68.3	1.99	89.6
1.42	48.3	1.76	68.0	2.16	88.0

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1173/2017

CAMPIONE S96-CI2 profondità 5.50 - 6.00 m

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

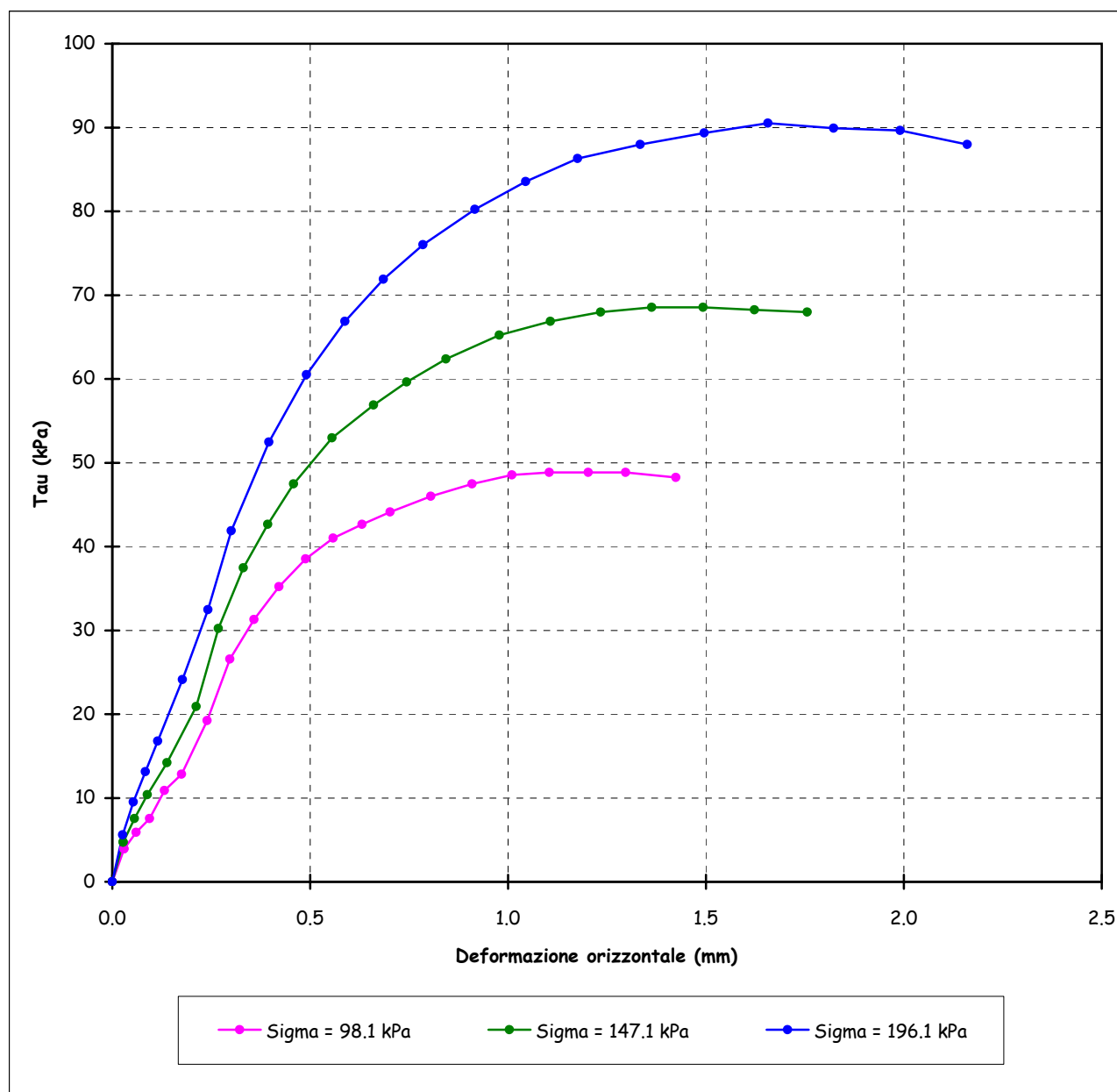
Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017

V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

Data prova: 07/09/17 - 18/09/17

Prova di taglio diretto (ASTM D 3080, UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Grafico deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017

V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1166-1173/2017

CAMPIONE	S96-CI2
Profondità metri	5.50 - 6.00
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	23.46
Limite liquido (%)	56.0
Limite plastico (%)	23.9
Indice di plasticità (%)	32.1
Indice di consistenza	1.01
Indice di attività	0.62
Classificaz. Casagrande	CH
Limite di Ritiro	
Limite di ritiro (%)	12.1
Coefficiente di ritiro	1.98
Granulometria	
Ghiaia (%)	2.5
Sabbia (%)	4.5
Limo (%)	43.6
Argilla (%)	49.5
Classificazione UNI 10006	
Gruppo	A7-6
Indice di gruppo	19
Contenuto di sostanze organiche	
Contenuto di sostanze organiche (%)	4.4%
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	19.2
Peso volume secco (kN/m ³)	15.3
Peso specifico dei grani (kN/m ³)	26.15
Indice dei vuoti	0.703
Grado di saturazione (%)	97.84
Prova di Compressione ELL	
Coesione non drenata, C_u (kPa)	148.9
Modulo elastico tangente iniziale, E_{ti} (kPa)	21836
Prova edometrica	
Indice di ricomprensione, C_r	0.05964
Indice di compressione, C_c	0.20692
Indice di rigonfiamento, C_s	0.07558
Pressione di preconsolidazione, σ'_{vmax} (kPa)	400.8
Coefficiente di consolidazione verticale, C_v (cm ² /sec)	2.34E-04
Permeabilità, K (cm/sec)	1.30E-09
Coefficiente di consolidazione verticale, C_v (cm ² /sec)	1.67E-04
Permeabilità, K (cm/sec)	9.3E-10
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	6.7
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	23.0

Michela...



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. 1174-1181/2017

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

DATA ESECUZIONE PROVE: 12/09/17 - 25/09/17

CAMPIONE:

S96-CI3 profondità 9.00 - 9.50 m

Prove eseguite

- 1 - Prove speditive di consistenza (ASTM 2488)
- 2 - Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 3 - Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 4 - Limiti di Atterberg (ASTM D 4318, UNI CEN ISO/TS 17892-12)
- 5 - Limite di ritiro (CNR-UNI 10014)
- 6 - Contenuto di sostanze organiche (ASTM 2974)
- 7 - Analisi granulometrica per sedimentazione (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 8 - Analisi granulometrica per vagliatura per via umida (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 9 - Peso specifico dei granuli (CNR-UNI 10013, ASTM D 854, UNI CEN ISO/TS 17892-3)
- 10 - Prova di compressione con espansione laterale libera (ASTM D 2166, UNI CEN ISO/TS 17892-7)
- 11 - Prova edometrica (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)
- 12 - Prova di taglio diretto (ASTM D 3080, UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 2

CERTIFICATO DI PROVA N.1174/2017

CAMPIONE S96-CI3 profondità 9.00 - 9.50 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 163/2017 del 29/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data apertura campione: 12/09/17

Descrizione del campione

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

0 - 45 cm: limo argilloso con abbondanti concrezioni carbonatiche e noduli di ferro/manganese, molto consistente
colore grigio oliva - marrone oliva chiaro, a tratti grigio bluastr

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti, limite di ritiro, sostanze organiche, granulometric
peso specifico, edometria, compressione ell e taglio

P.P = 269.7 kPa



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

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1174/2017

CAMPIONE S96-CI3 profondità 9.00 - 9.50 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 29/09/17 - 04/10/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Limiti di Atterberg (ASTM D 4318, UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Contenuto d'acqua (W_n) = 20.67%

Limite di liquidità (LL) = 42.5%

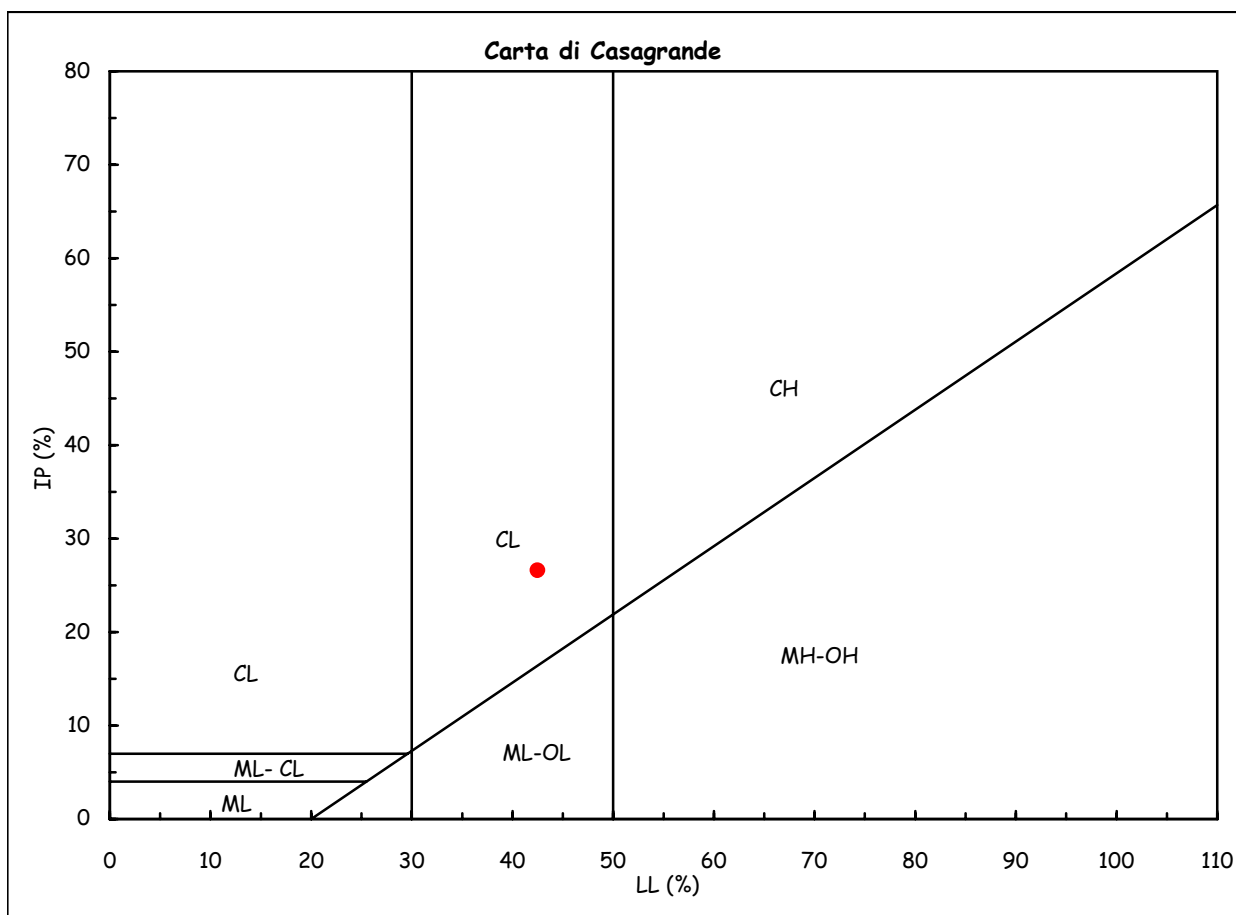
Limite di plasticità (LP) = 15.9%

Indice di plasticità (IP) = 26.6%

Indice di consistenza (I_c) = 0.82

Indice di attività (I_{at}) = 0.58

CL = argille inorganiche di
media plasticità



Classificazione UNI 10006

Gruppo: A7-6

Indice di gruppo: 15

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 1

CERTIFICATO DI PROVA N.1175/2017

CAMPIONE S96-CI3 profondità 9.00 - 9.50 m

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

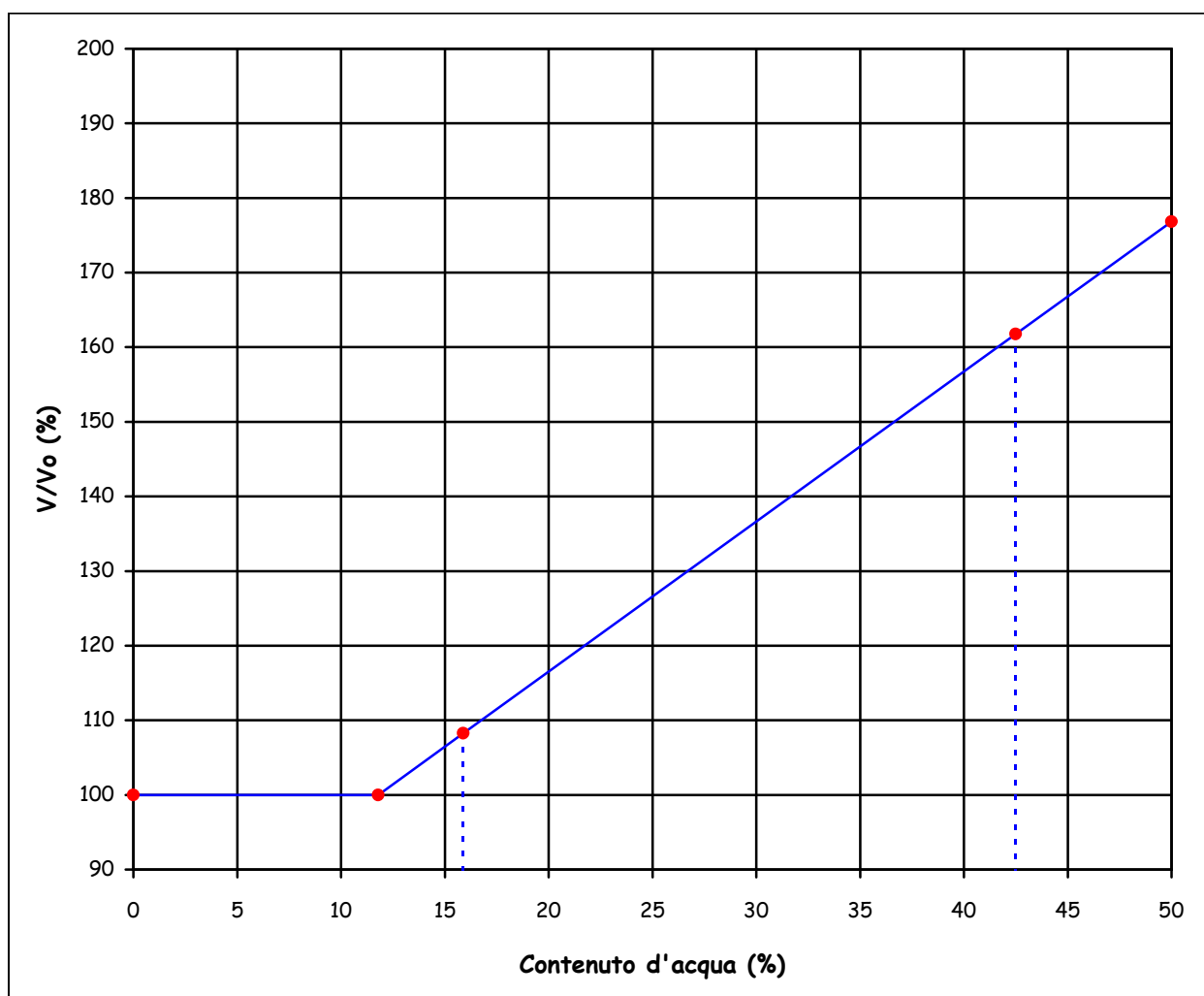
V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

Data prova: 29/09/17 - 04/10/17

Limite di ritiro (CNR-UNI 10014)

Limite di ritiro (W_s) = 11.8%

Coefficiente di ritiro (R_s) = 2.01



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 1

CERTIFICATO DI PROVA N.1176/2017

CAMPIONE S96-CI3 profondità 9.00 - 9.50 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 29/09/17 - 05/10/17

Determinazione del contenuto di sostanze organiche (ASTM 2974)

Contenuto di sostanze organiche (%) = 4.2%

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1177/2017****CAMPIONE S96-CI3 profondità 9.00 - 9.50 m**

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

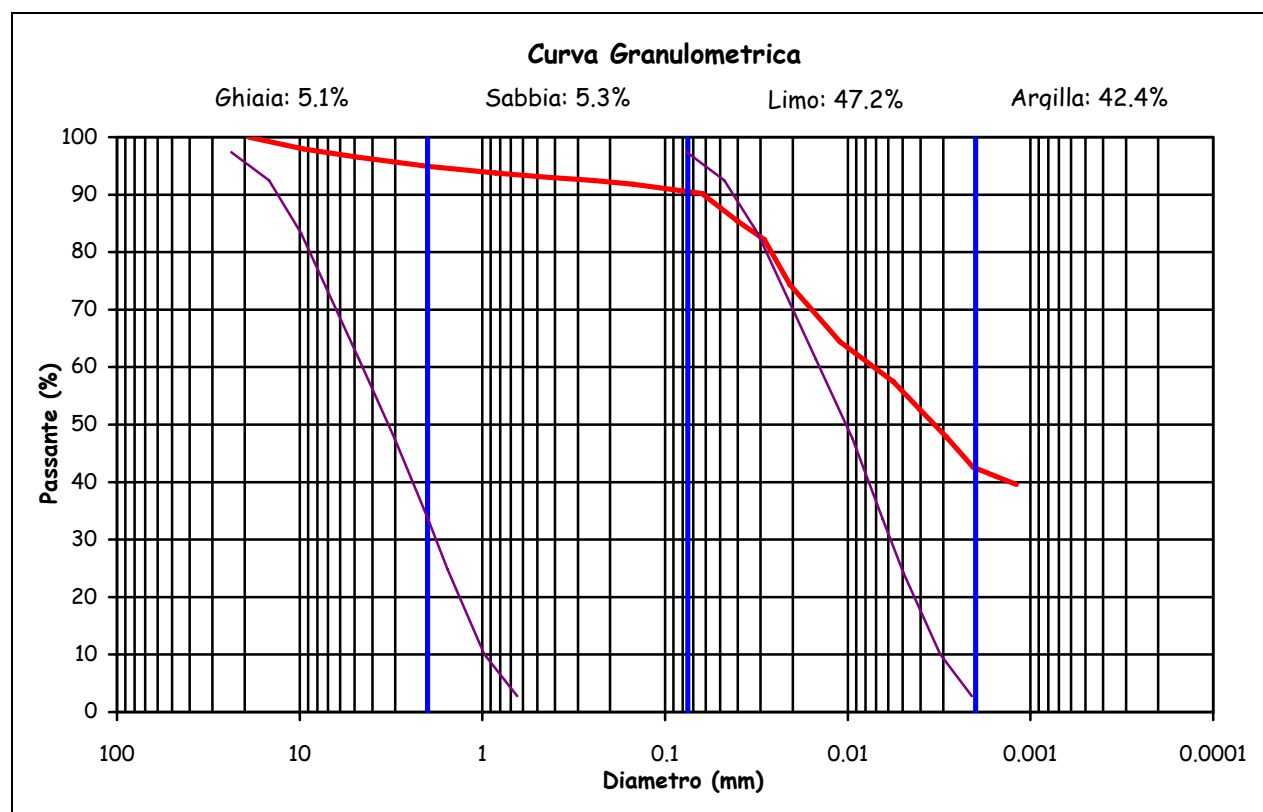
V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 29/09/17 - 04/10/17

Analisi granulometrica**Setacciatura: per via umida (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)****Frazione fine: metodo del densimetro (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)**

Setacciatura		Sedimentazione	
Diametro (mm)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
19	100	0.0401	85.4
9.5	97.9	0.0287	82.2
4.75	96.5	0.0208	74.3
2	94.9	0.0110	64.4
0.850	93.8	0.0056	57.4
0.425	93.0	0.0040	52.6
0.250	92.5	0.0029	47.8
0.150	91.8	0.0021	42.6
0.063	90.2	0.0012	39.6



Definizione secondo A.G.I.:

Limo con argilla debolmente sabbioso debolmente ghiaioso

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

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



CERTIFICATO DI PROVA N.1177/2017

CAMPIONE S96-CI3 profondità 9.00 - 9.50 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

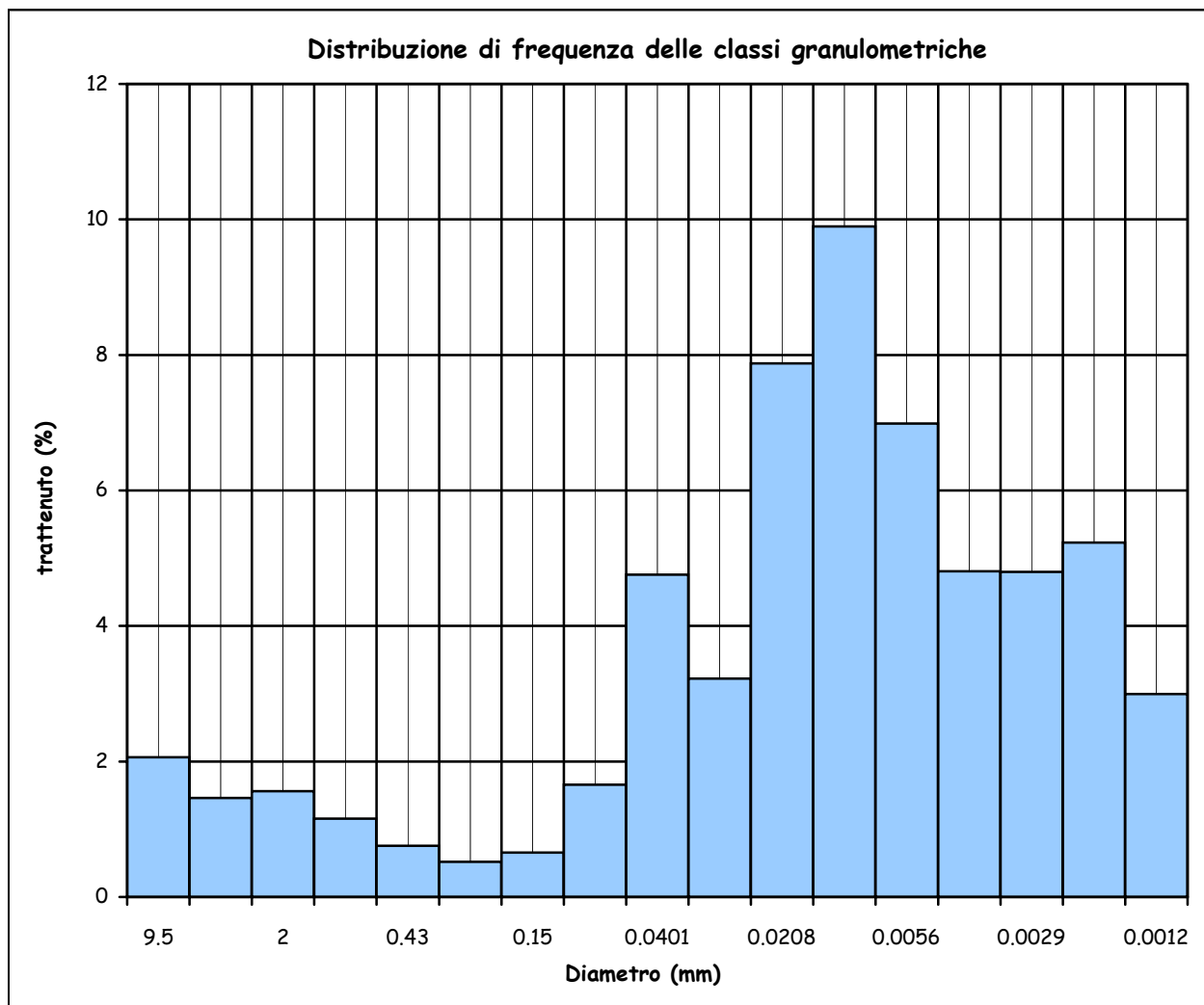
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 29/09/17 - 04/10/17

Analisi granulometrica



Coefficiente di uniformità (C_u) = -

Coefficiente di curvatura (C_c) = -

Mediana 0.0034

Moda 0.0110

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 1

CERTIFICATO DI PROVA N.1178/2017

CAMPIONE S96-CI3 profondità 9.00 - 9.50 m

Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 12/09/17 - 20/09/17

Peso specifico dei granuli (CNR-UNI 10013, ASTM D 854, UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Peso specifico dei grani (kN/m^3) 26.31

Peso di volume secco (kN/m^3) 17.3

Indice dei vuoti 0.520

Grado di saturazione (%) 95.84

Contenuto d'acqua (%) 18.56

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1179/2017****CAMPIONE S96-CI3 profondità 9.00 - 9.50 m**

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 20/09/17 - 26/09/17

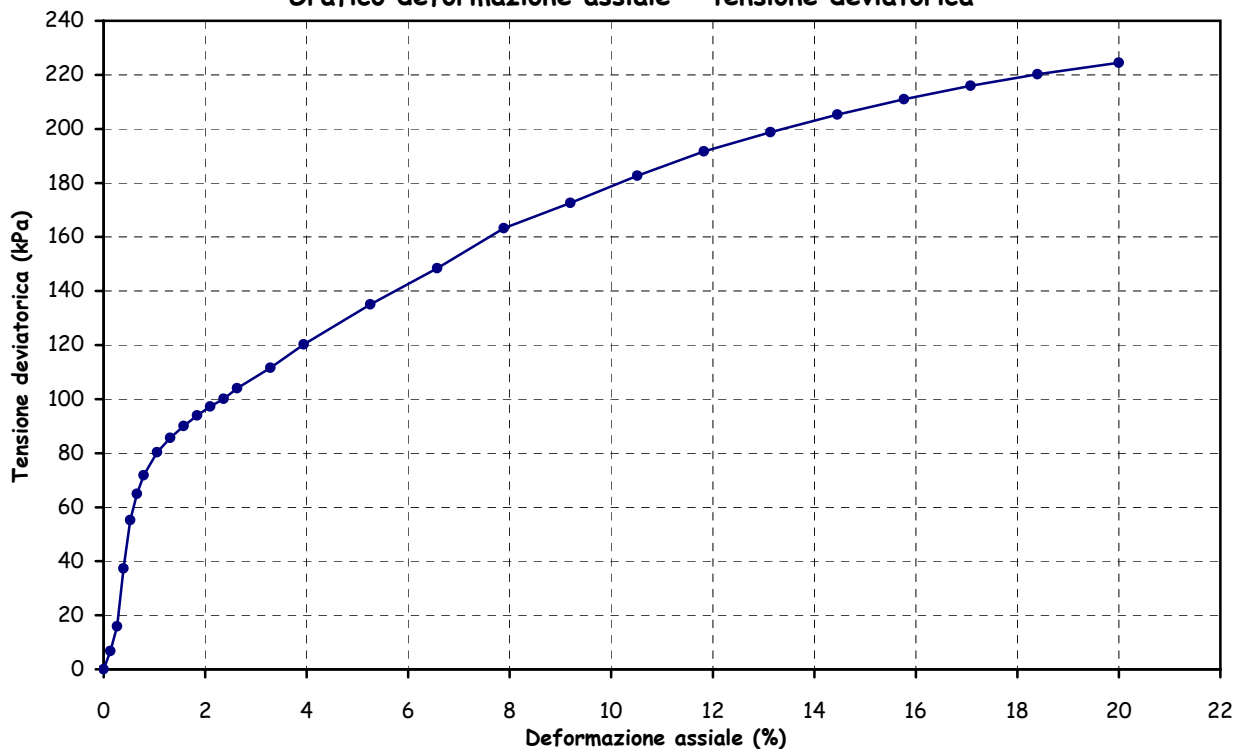
Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di compressione con espansione laterale libera (ASTM D 2166, UNI CEN ISO/TS 17892-7)**

Peso di volume naturale (kN/m ³)	21.1	Sigma a rottura (kPa)	224.5
Peso di volume secco (kN/m ³)	18.0	Coesione non drenata (kPa)	112.3
Contenuto d'acqua (%)	17.17	Modulo elastico	12542
Vel. def. (mm/min)	1.27	tangente iniziale (kPa)	

ε (%)	σ (kPa)
0.13	6.8
0.26	15.9
0.39	37.3
0.53	55.2
0.66	64.9
0.79	71.8
1.05	80.3
1.31	85.7
1.58	90.0

ε (%)	σ (kPa)
1.84	94.0
2.10	97.2
2.37	100.1
2.63	104.0
3.29	111.6
3.94	120.2
5.26	135.0
6.57	148.5
7.88	163.2

ε (%)	σ (kPa)
9.20	172.6
10.51	182.6
11.83	191.7
13.14	198.8
14.45	205.3
15.77	211.0
17.08	216.0
18.40	220.2
20.00	224.5

Grafico deformazione assiale - tensione deviatoricaLo sperimentatore
Geol. Lorenzo GambassiIl direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1180/2017**

CAMPIONE S96-CI3 profondità 9.00 - 9.50 m	Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 163/2017 del 29/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 12/09/17 - 25/09/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)

	Iniziale	Finale
Altezza (mm)	19.895	18.805
Volume (cmc)	39.914	37.727
Peso di volume naturale (kN/m ³)	20.5	21.4
Peso di volume secco (kN/m ³)	17.3	18.3
Contenuto d'acqua (%)	18.56	16.87
Indice dei vuoti	0.520	

Pressione (kPa)	Cedimento (%)	Indice dei vuoti	Mv (m ² /kN)	Av (m ² /kN)
12.2	0.000	0.520	--	--
24.4	0.000	0.520	0.0000000	0.0000000
73.3	0.047	0.520	0.0000096	0.0000146
97.8	0.132	0.518	0.0000350	0.0000532
195.5	0.978	0.506	0.0000865	0.0001315
391.1	2.492	0.483	0.0000774	0.0001177
782.1	4.481	0.452	0.0000508	0.0000773
1564.2	6.897	0.416	0.0000309	0.0000470
3128.5	9.499	0.376	0.0000166	0.0000253
782.1	8.829	0.386	0.0000029	0.0000043
195.5	7.331	0.409	0.0000255	0.0000388
48.9	5.479	0.437	0.0001263	0.0001920

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 2 di 4

CERTIFICATO DI PROVA N.1180/2017

CAMPIONE S96-CI3 profondità 9.00 - 9.50 m

Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017

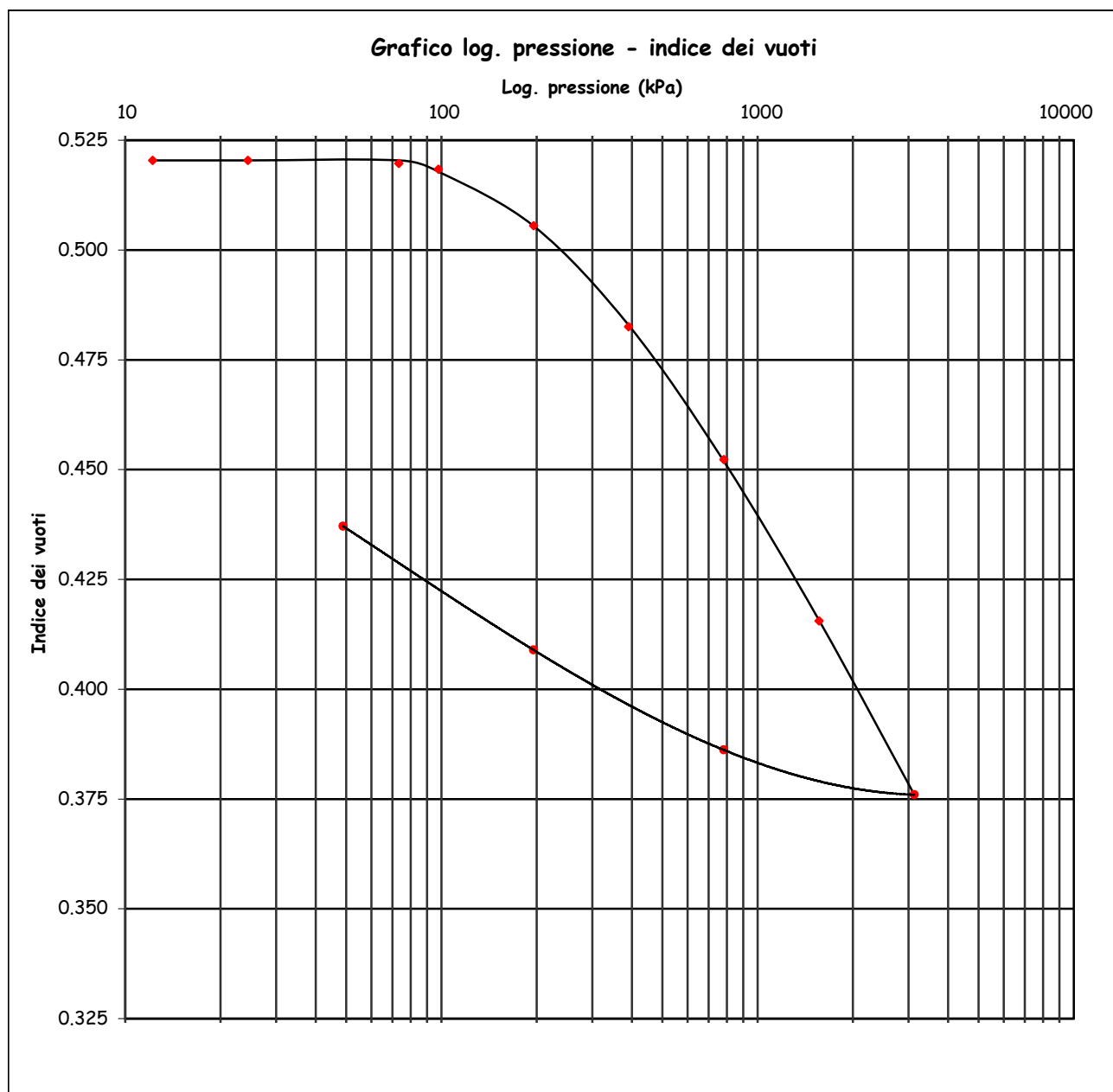
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 12/09/17 - 25/09/17

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1180/2017

CAMPIONE S96-CI3 profondità 9.00 - 9.50 m	Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 163/2017 del 29/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 12/09/17 - 25/09/17

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Cedimento in funzione del tempo

carico da 97.8 a 195.5 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10^{-3} mm)
0.10	195.00
0.17	201.00
0.25	206.25
0.50	215.85
1.00	226.65
2.00	238.15
4.00	251.00
8.00	265.35
15.00	279.15
30.00	293.90
60.00	305.50
120.00	315.00
240.00	321.80
480.00	329.00
1401.00	338.10

carico da 195.5 a 391.1 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10^{-3} mm)
0.10	436.00
0.17	446.00
0.25	452.00
0.50	465.80
1.00	482.65
2.00	503.27
4.00	527.90
8.00	557.60
15.00	588.15
30.00	620.60
60.00	645.60
120.00	661.80
240.00	673.00
480.00	682.65
1459.00	693.80

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1180/2017

CAMPIONE S96-CI3 profondità 9.00 - 9.50 m

Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017

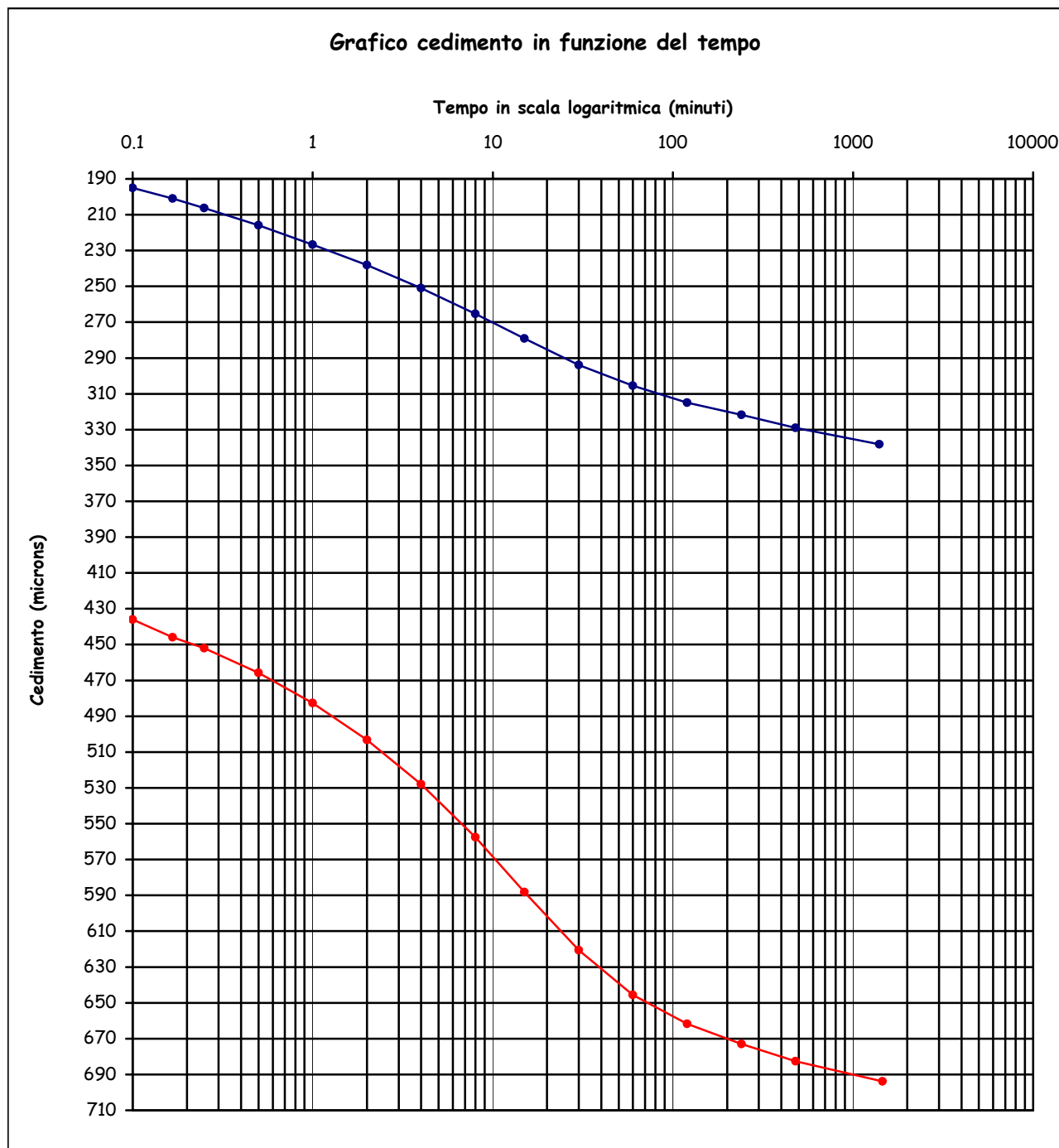
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 12/09/17 - 25/09/17

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1181/2017**

CAMPIONE S96-CI3 profondità 9.00 - 9.50 m	Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 163/2017 del 29/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 12/09/17 - 22/09/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di taglio diretto (ASTM D 3080, UNI CEN ISO/TS 17892-10)**

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Peso di volume naturale iniziale (kN/m ³)	20.1	20.1	20.1
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	20.7	20.9	21.1
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	17.0	17.0	17.0
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	17.4	17.6	17.8
Contenuto d'acqua iniziale (%)	18.49	18.59	18.47
Contenuto d'acqua finale (%)	19.00	18.66	18.30
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0015	0.0015	0.0015
Sigma (kPa)	122.6	183.9	245.2
Tau a rottura (kPa)	87.1	110.2	147.1

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau
(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)
0.04	8.3	0.03	8.3	0.05	11.9
0.06	12.6	0.08	16.9	0.10	24.3
0.10	20.1	0.10	21.1	0.16	33.2
0.15	26.3	0.15	27.1	0.22	43.6
0.20	31.8	0.22	36.7	0.32	61.0
0.26	36.4	0.26	43.0	0.40	73.8
0.32	41.2	0.35	51.3	0.48	86.4
0.38	46.0	0.40	57.9	0.59	100.2
0.47	52.7	0.50	69.2	0.70	111.7
0.55	59.9	0.57	75.5	0.81	121.8
0.63	66.2	0.65	82.9	0.93	129.5
0.71	72.1	0.75	90.9	1.05	135.3
0.80	75.9	0.83	95.6	1.22	140.9
0.89	79.3	0.96	100.9	1.35	143.4
1.02	82.9	1.05	104.0	1.52	145.4
1.12	84.6	1.18	107.2	1.68	146.1
1.22	85.9	1.29	108.9	1.86	146.5
1.35	87.1	1.42	110.2	2.03	147.1
1.48	86.7	1.55	110.2	2.20	146.8
1.60	85.6	1.67	110.0	2.38	146.5
1.73	84.9	1.79	110.0	2.58	145.0

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



CERTIFICATO DI PROVA N.1181/2017

CAMPIONE S96-CI3 profondità 9.00 - 9.50 m

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

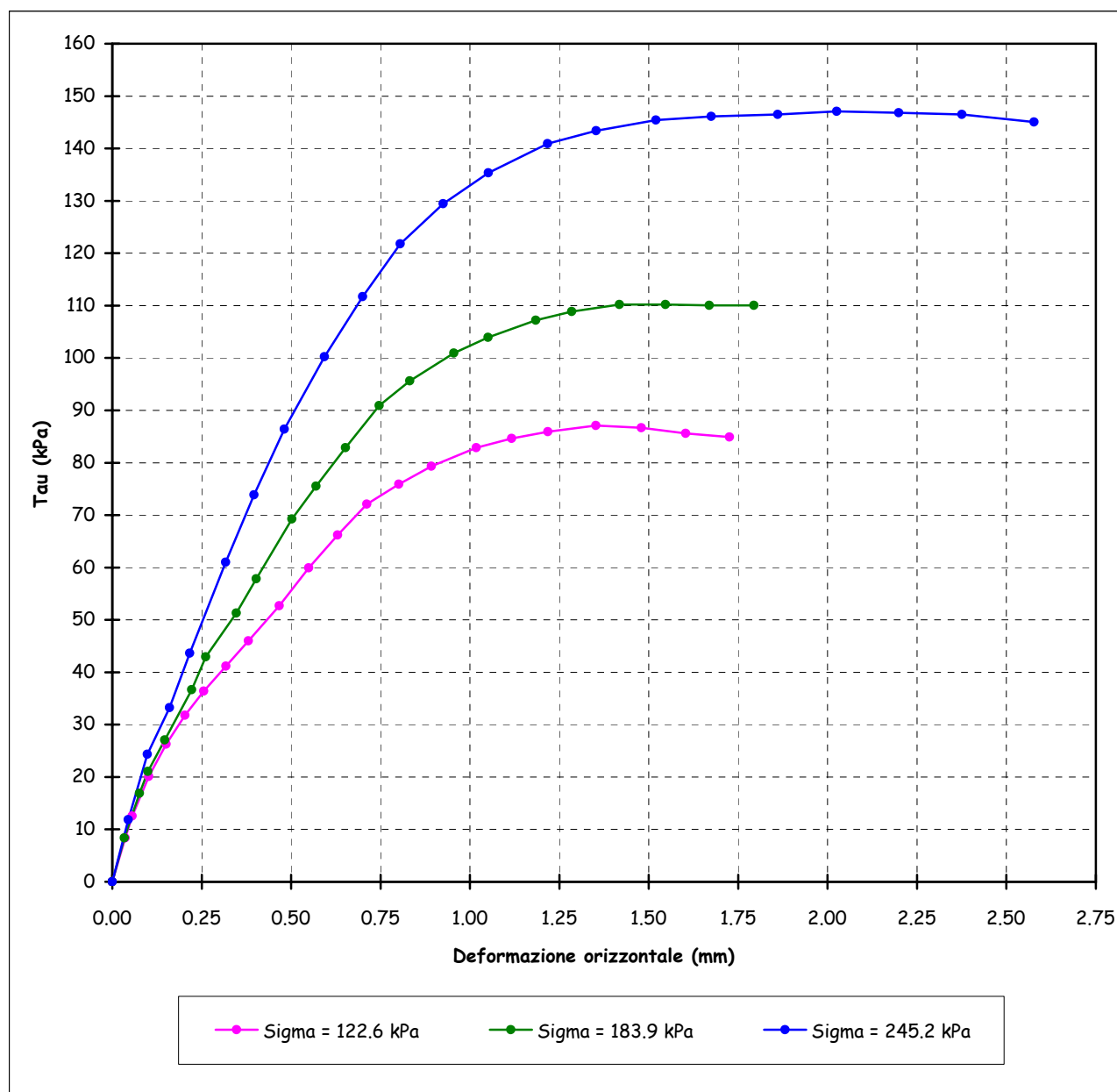
Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017

V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

Data prova: 12/09/17 - 22/09/17

Prova di taglio diretto (ASTM D 3080, UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Grafico deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017

V.A. n. 163/2017 del 29/08/17

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1174-1181/2017

CAMPIONE	S96-CI3
Profondità metri	9.00 - 9.50
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	20.67
Limite liquido (%)	42.5
Limite plastico (%)	15.9
Indice di plasticità (%)	26.6
Indice di consistenza	0.82
Indice di attività	0.58
Classificaz. Casagrande	CL
Limite di Ritiro	
Limite di ritiro (%)	11.8
Coefficiente di ritiro	2.01
Granulometria	
Ghiaia (%)	5.1
Sabbia (%)	5.3
Limo (%)	47.2
Argilla (%)	42.4
Classificazione UNI 10006	
Gruppo	A7-6
Indice di gruppo	15
Contenuto di sostanze organiche	
Contenuto di sostanze organiche (%)	4.2%
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	20.4
Peso volume secco (kN/m ³)	17.3
Peso specifico dei grani (kN/m ³)	26.31
Indice dei vuoti	0.520
Grado di saturazione (%)	95.84
Prova di Compressione ELL	
Coesione non drenata, C_u (kPa)	112.3
Modulo elastico tangente iniziale, E_{ti} (kPa)	12542
Prova edometrica	
Indice di ricomprensione, C_r	0.04271
Indice di compressione, C_c	0.12674
Indice di rigonfiamento, C_s	0.04230
Pressione di preconsolidazione, σ'_{vmax} (kPa)	251.1
Coefficiente di consolidazione verticale, C_v (cm ² /sec)	1.028E-03
Permeabilità, K (cm/sec)	6.48E-09
Coefficiente di consolidazione verticale, C_v (cm ² /sec)	5.84E-04
Permeabilità, K (cm/sec)	3.51E-09
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	24.8
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	26.1

Michela Calmo



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. 1145-1151/2017

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 137/2017 del 19/07/17

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

DATA ESECUZIONE PROVE: 29/09/17 - 16/10/17

CAMPIONE:

S95-CI1 profondità 2.50 - 3.00 m

Prove eseguite

- 1 - Prove speditive di consistenza (ASTM 2488)
- 2 - Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 3 - Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 4 - Limiti di Atterberg (ASTM D 4318, UNI CEN ISO/TS 17892-12)
- 5 - Limite di ritiro (CNR-UNI 10014)
- 6 - Contenuto di sostanze organiche (ASTM 2974)
- 7 - Analisi granulometrica per sedimentazione (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 8 - Analisi granulometrica per vagliatura per via umida (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 9 - Peso specifico dei granuli (CNR-UNI 10013, ASTM D 854, UNI CEN ISO/TS 17892-3)
- 10 - Prova di compressione con espansione laterale libera (ASTM D 2166, UNI CEN ISO/TS 17892-7)
- 11 - Prova edometrica (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 2

CERTIFICATO DI PROVA N.1145/2017

CAMPIONE S95-CI1 profondità 2.50 - 3.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 137/2017 del 19/07/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data apertura campione: 29/09/17

Descrizione del campione

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

0 - 54 cm: argilla limosa con concrezioni carbonatiche, molto consistente

colore marrone oliva chiaro / marrone oliva a tratti grigio bluastr

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti, limite di ritiro, sostanze organiche, granulometric
peso specifico, edometria e compressione ell

P.P = 343.2 kPa



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

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 2 di 2

CERTIFICATO DI PROVA N.1145/2017

CAMPIONE S95-CI1 profondità 2.50 - 3.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 137/2017 del 19/07/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 29/09/17 - 04/10/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Limiti di Atterberg (ASTM D 4318, UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Contenuto d'acqua (W_n) = 21.26%

Limite di liquidità (LL) = 58.1%

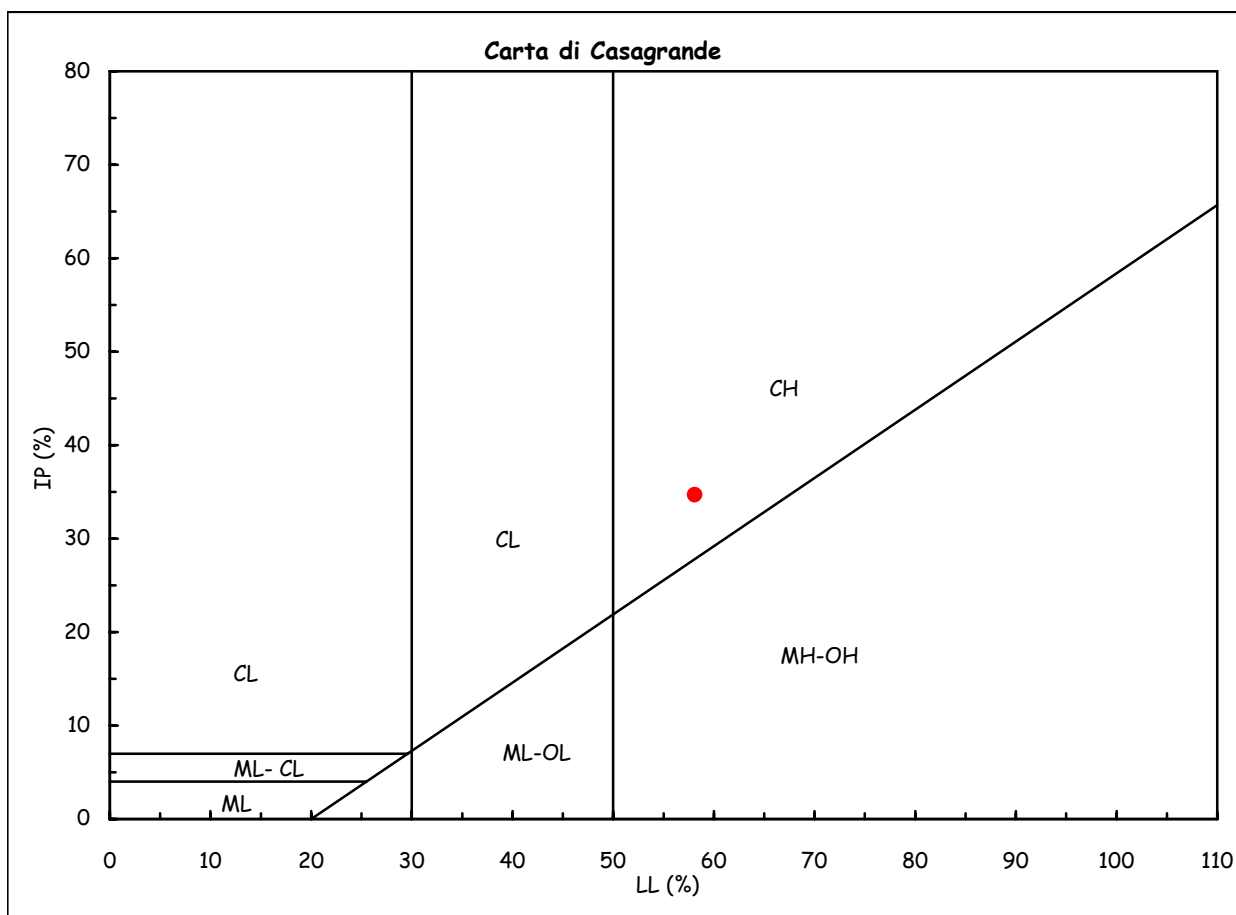
Limite di plasticità (LP) = 23.4%

Indice di plasticità (IP) = 34.7%

Indice di consistenza (I_c) = 1.06

Indice di attività (I_{at}) = 0.64

CH = argille inorganiche di
alta plasticità



Classificazione UNI 10006

Gruppo: A7-6

Indice di gruppo: 20

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 1

CERTIFICATO DI PROVA N.1146/2017

CAMPIONE S95-CI1 profondità 2.50 - 3.00 m

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

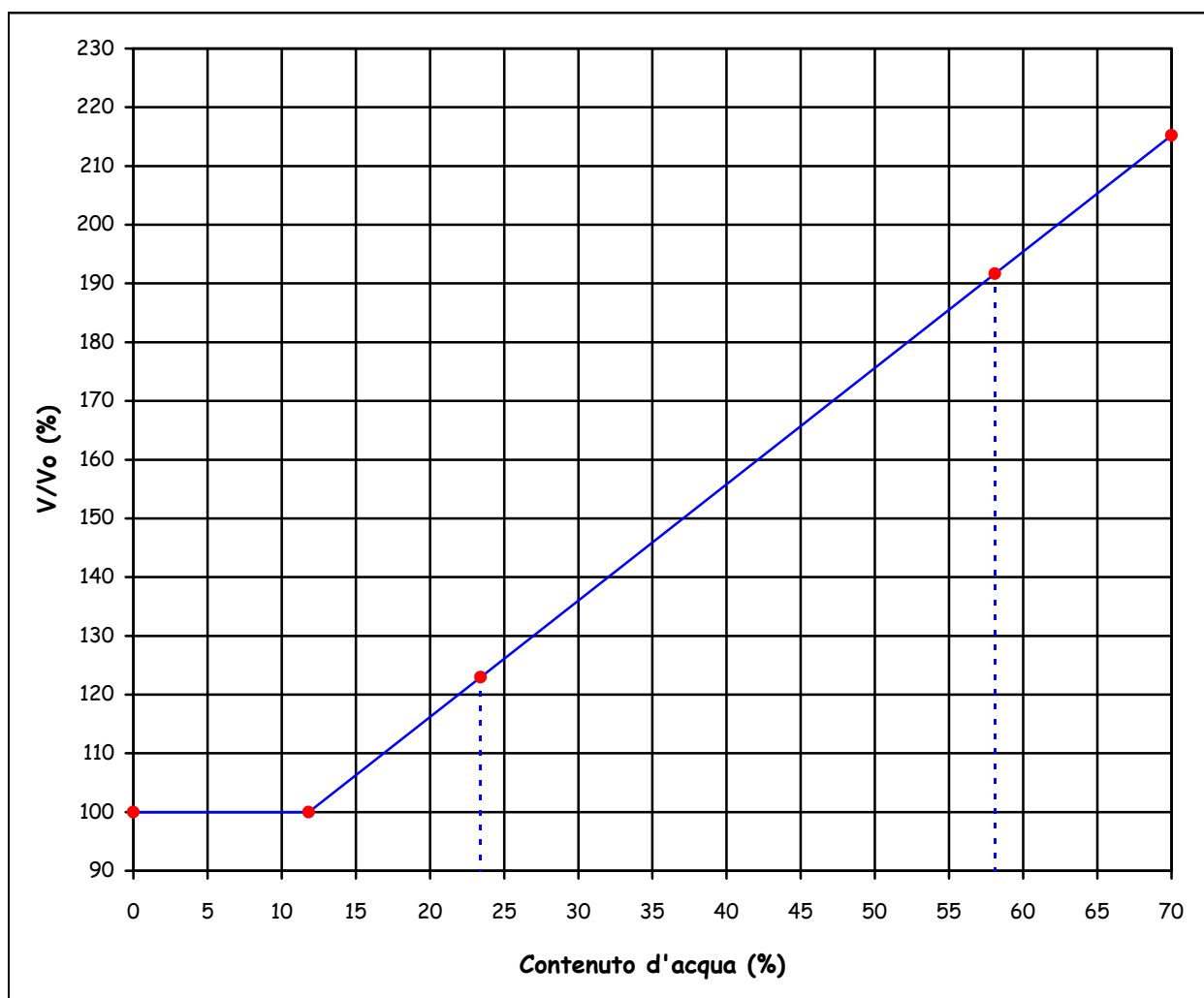
V.A. n. 137/2017 del 19/07/17

Data prova: 29/09/17 - 04/10/17

Limite di ritiro (CNR-UNI 10014)

Limite di ritiro (Ws) = 11.8%

Coefficiente di ritiro (Rs) = 1.98



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 1

CERTIFICATO DI PROVA N.1147/2017

CAMPIONE S95-CI1 profondità 2.50 - 3.00 m

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

V.A. n. 137/2017 del 19/07/17

Data prova: 29/09/17 - 06/10/17

Determinazione del contenuto di sostanze organiche (ASTM 2974)

Contenuto di sostanze organiche (%) = 5.7%

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1148/2017****CAMPIONE S95-CI1** profondità 2.50 - 3.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

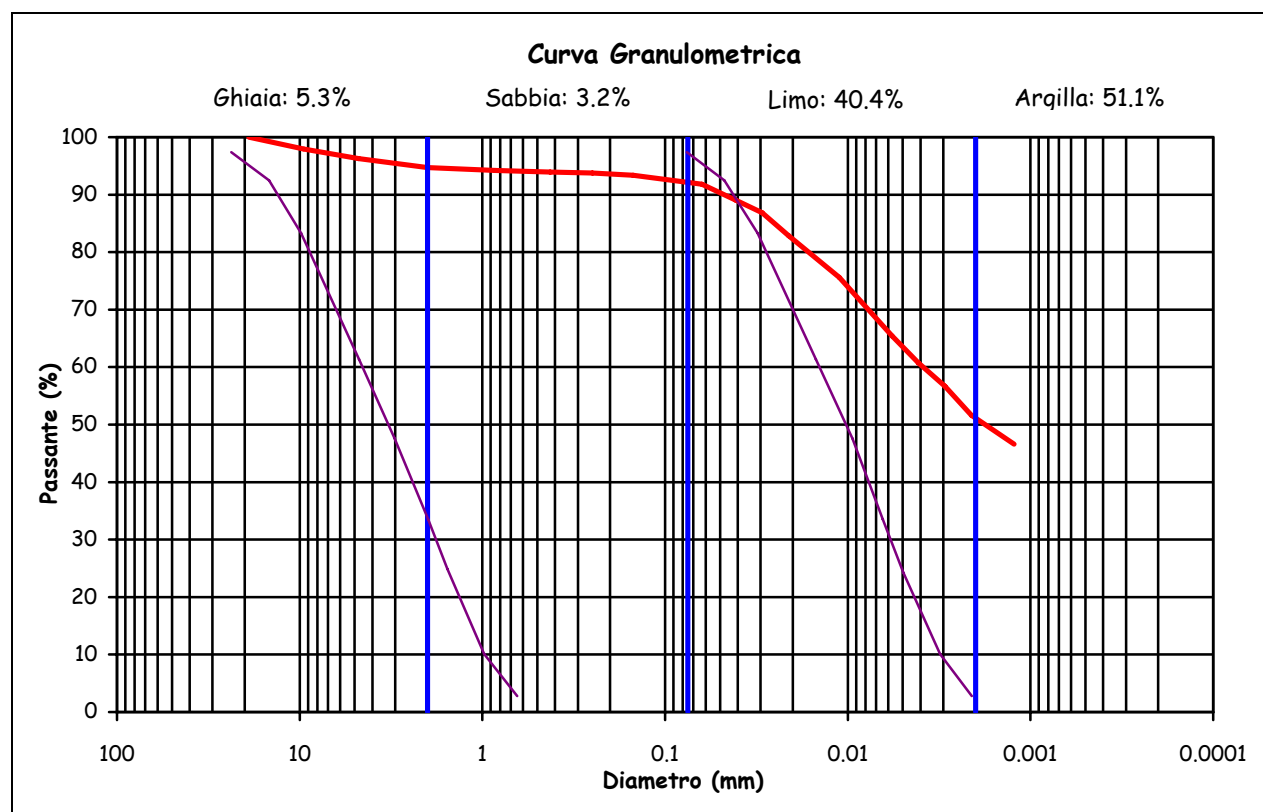
V.A. n. 137/2017 del 19/07/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 29/09/17 - 04/10/17

Analisi granulometrica**Setacciatura:** per via umida (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)**Frazione fine:** metodo del densimetro (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)

Setacciatura		Sedimentazione	
Diametro (mm)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
19	100	0.0413	89.1
9.5	97.9	0.0294	86.9
4.75	96.2	0.0211	82.8
2	94.7	0.0111	75.6
0.850	94.2	0.0057	65.4
0.425	93.9	0.0041	60.8
0.250	93.7	0.0029	56.7
0.150	93.4	0.0021	51.6
0.063	91.8	0.0012	46.6



Definizione secondo A.G.I.:

Argilla con limo debolmente ghiaiosa

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

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



CERTIFICATO DI PROVA N.1148/2017

CAMPIONE S95-CI1 profondità 2.50 - 3.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

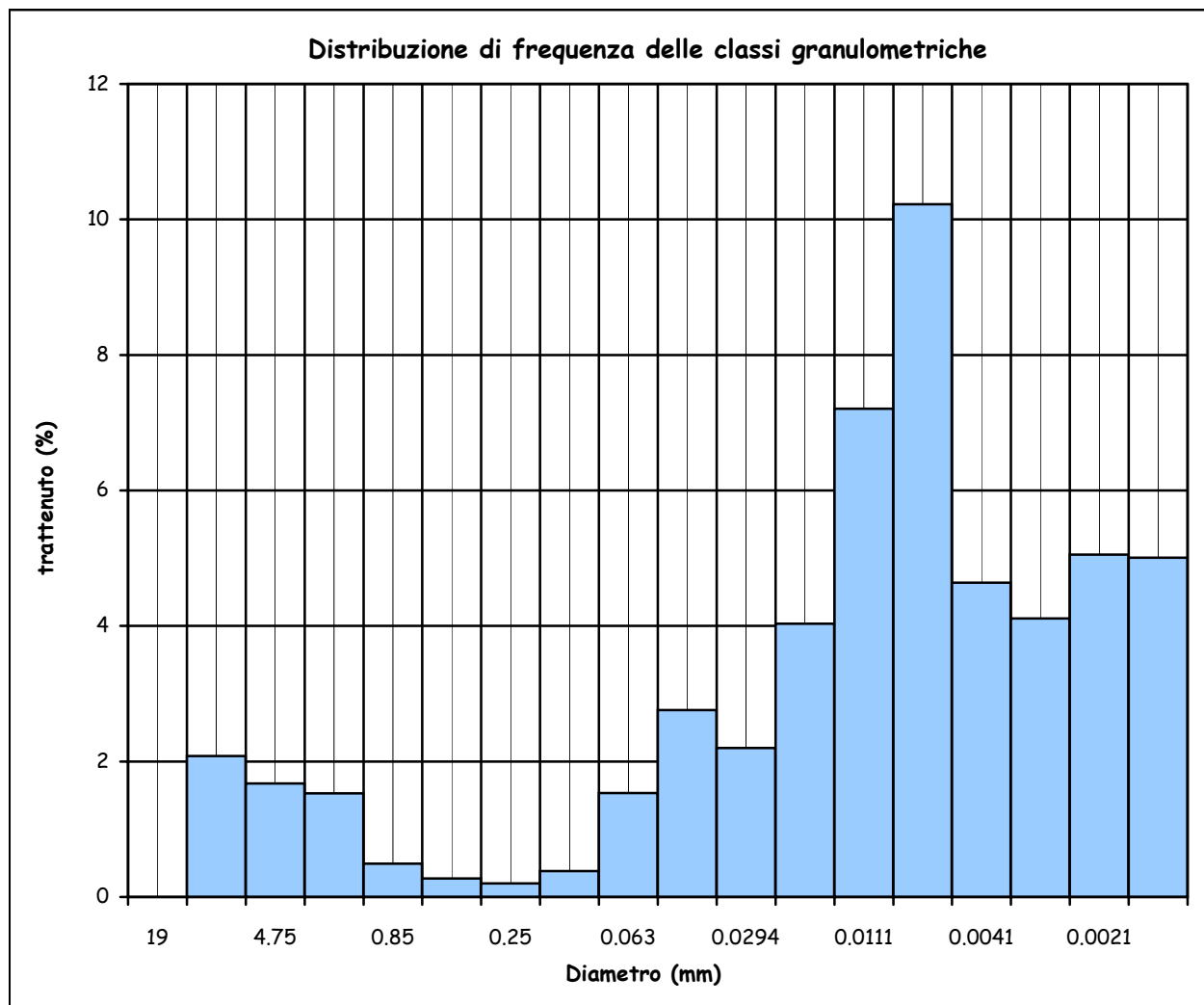
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 137/2017 del 19/07/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 29/09/17 - 04/10/17

Analisi granulometrica



Coefficiente di uniformità (C_u) = -

Coefficiente di curvatura (C_c) = -

Mediana 0.0018

Moda 0.0057

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 1

CERTIFICATO DI PROVA N.1149/2017

CAMPIONE S95-CI1 profondità 2.50 - 3.00 m	Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 137/2017 del 19/07/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 29/09/17 - 06/10/17

Peso specifico dei granuli (CNR-UNI 10013, ASTM D 854, UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Peso specifico dei grani (kN/m³) 26.18

Peso di volume secco (kN/m³) 16.5

Indice dei vuoti 0.587

Grado di saturazione (%) 96.38

Contenuto d'acqua (%) 21.14

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1150/2017****CAMPIONE S95-CI1 profondità 2.50 - 3.00 m**

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 137/2017 del 19/07/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 29/09/17 - 04/10/17

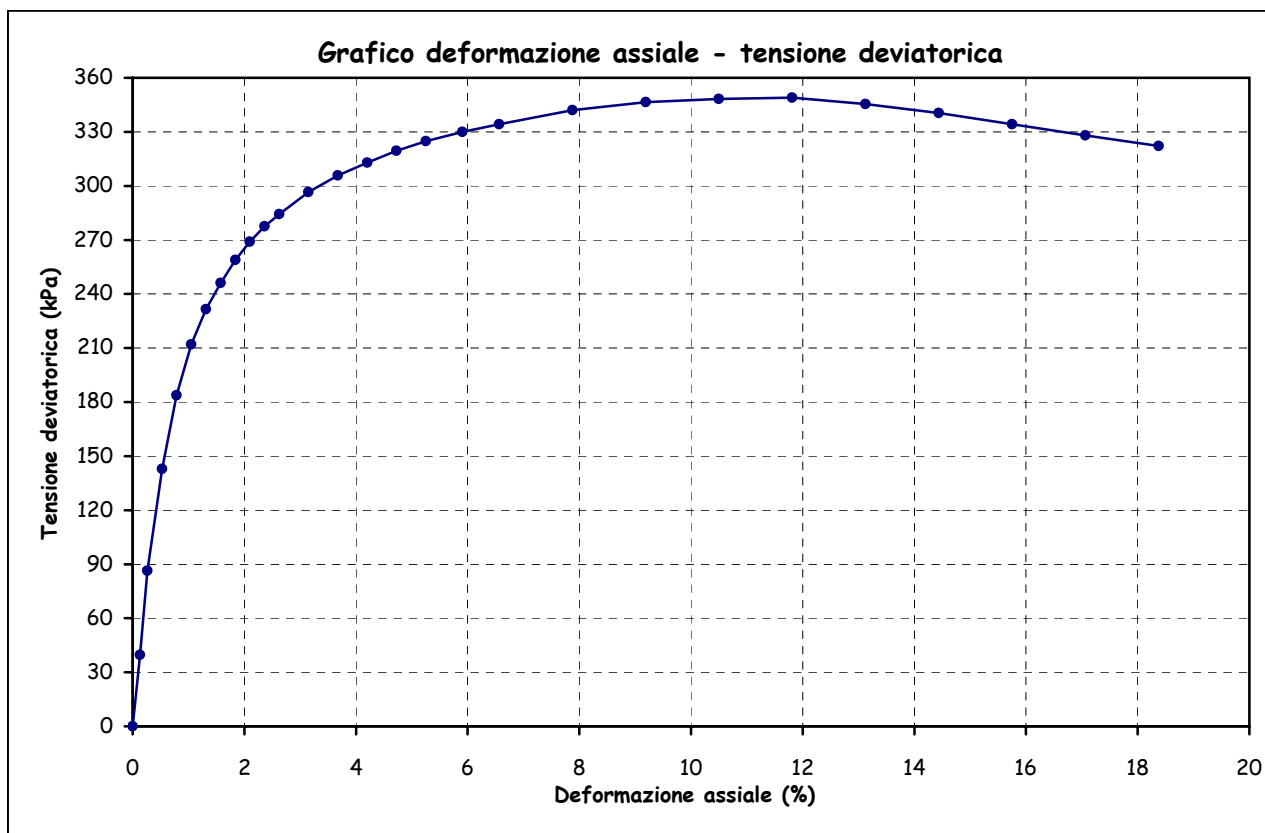
Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova di compressione con espansione laterale libera (ASTM D 2166, UNI CEN ISO/TS 17892-7)

Peso di volume naturale (kN/m ³)	20.2	Sigma a rottura (kPa)	349.0
Peso di volume secco (kN/m ³)	16.7	Coesione non drenata (kPa)	174.5
Contenuto d'acqua (%)	21.20	Modulo elastico	32874
Vel. def. (mm/min)	1.27	tangente iniziale (kPa)	

ε (%)	σ (kPa)	ε (%)	σ (kPa)	ε (%)	σ (kPa)
0.13	39.6	2.36	277.6	7.88	342.1
0.26	86.3	2.63	284.3	9.19	346.5
0.53	142.9	3.15	296.5	10.50	348.2
0.79	183.7	3.68	305.8	11.81	349.0
1.05	212.1	4.20	312.9	13.13	345.5
1.31	231.5	4.73	319.4	14.44	340.5
1.58	246.0	5.25	324.8	15.75	334.2
1.84	258.9	5.91	329.9	17.06	328.1
2.10	269.1	6.56	334.3	18.38	322.2

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

**CERTIFICATO DI PROVA N.1151/2017**

CAMPIONE S95-CI1 profondità 2.50 - 3.00 m	Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 137/2017 del 19/07/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 29/09/17 - 16/10/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)

	Iniziale	Finale
Altezza (mm)	19.743	19.219
Volume (cmc)	39.924	38.865
Peso di volume naturale (kN/m ³)	20.0	20.6
Peso di volume secco (kN/m ³)	16.5	16.9
Contenuto d'acqua (%)	21.14	21.60
Indice dei vuoti	0.587	

Pressione (kPa)	Cedimento (%)	Indice dei vuoti	Mv (m ² /kN)	Av (m ² /kN)
12.1	0.000	0.587	--	--
24.2	0.000	0.587	0.0000000	0.0000000
48.5	0.000	0.587	0.0000000	0.0000000
97.0	0.000	0.587	0.0000000	0.0000000
194.0	0.000	0.587	0.0000000	0.0000000
388.0	1.060	0.570	0.0000546	0.0000867
775.9	3.081	0.538	0.0000521	0.0000827
1551.9	6.120	0.489	0.0000392	0.0000621
3103.7	9.414	0.437	0.0000212	0.0000337
775.9	7.426	0.469	0.0000085	0.0000136
194.0	4.889	0.509	0.0000436	0.0000691
48.5	2.653	0.544	0.0001537	0.0002439
0.0	0.000	0.587	0.0005470	0.0008679

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



CERTIFICATO DI PROVA N.1151/2017

CAMPIONE S95-CI1 profondità 2.50 - 3.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

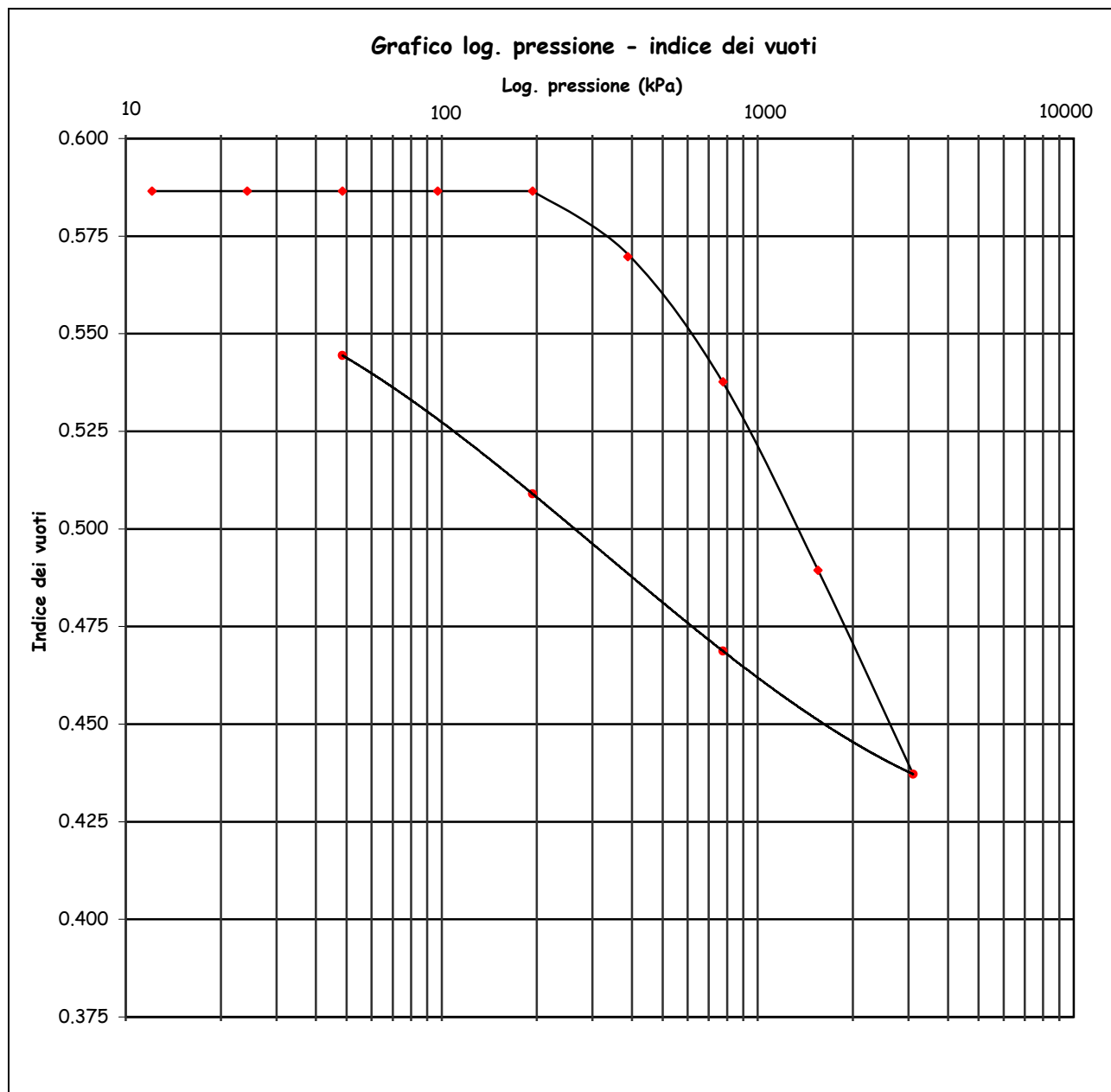
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 137/2017 del 19/07/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 29/09/17 - 16/10/17

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1151/2017**

CAMPIONE S95-CI1 profondità 2.50 - 3.00 m	Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 137/2017 del 19/07/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 29/09/17 - 16/10/17

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)**Cedimento in funzione del tempo**

carico da 194 a 388 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)
0.10	249.00
0.17	252.00
0.25	255.00
0.50	262.50
1.00	271.00
2.00	282.50
4.00	299.75
8.20	319.50
15.00	340.50
30.00	366.00
60.00	391.75
120.00	409.25
240.00	420.25
480.00	426.00
1440.00	433.50

carico da 388 a 775.9 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)
0.10	573.00
0.17	577.50
0.25	583.50
0.50	595.75
1.00	611.00
2.00	635.10
4.00	663.75
8.00	699.50
15.00	734.30
30.00	775.00
60.00	818.00
120.00	851.00
240.00	873.00
480.00	883.00
1440.00	888.50

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1151/2017

CAMPIONE S95-CI1 profondità 2.50 - 3.00 m

Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017

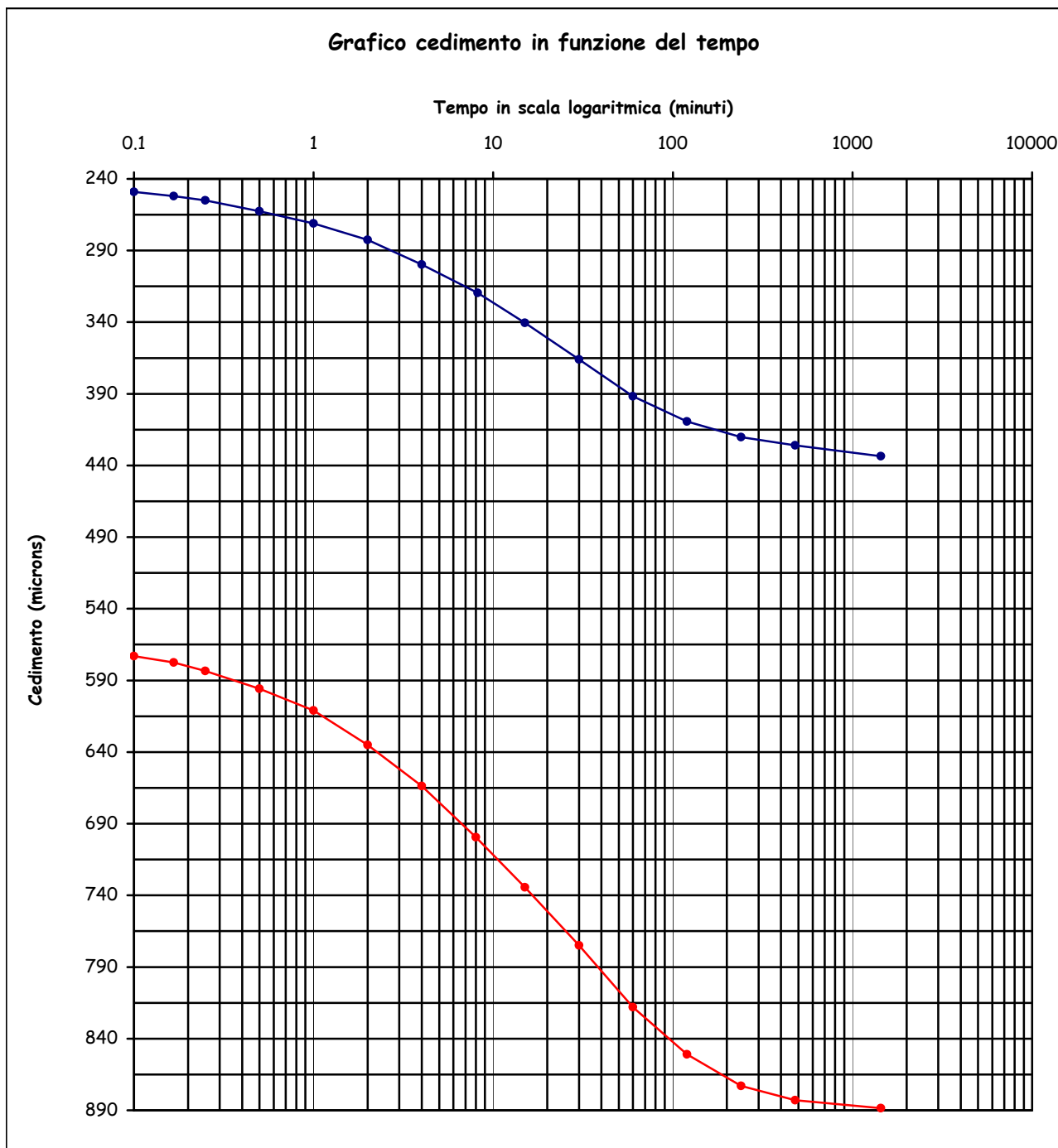
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 137/2017 del 19/07/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 29/09/17 - 16/10/17

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017

V.A. n. 137/2017 del 19/07/17

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1145-1151/2017

CAMPIONE	S95-CI1
Profondità metri	2.50 - 3.00
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	21.26
Limite liquido (%)	58.1
Limite plastico (%)	23.4
Indice di plasticità (%)	34.7
Indice di consistenza	1.06
Indice di attività	0.64
Classificaz. Casagrande	CH
Limite di Ritiro	
Limite di ritiro (%)	11.8
Coefficiente di ritiro	1.98
Granulometria	
Ghiaia (%)	5.3
Sabbia (%)	3.2
Limo (%)	40.4
Argilla (%)	51.1
Classificazione UNI 10006	
Gruppo	A7-6
Indice di gruppo	20
Contenuto di sostanze organiche	
Contenuto di sostanze organiche (%)	5.7%
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	20.1
Peso volume secco (kN/m ³)	16.6
Peso specifico dei grani (kN/m ³)	26.18
Indice dei vuoti	0.587
Grado di saturazione (%)	96.38
Prova di Compressione ELL	
Coesione non drenata, C_u (kPa)	174.5
Modulo elastico tangente iniziale, E_{ti} (kPa)	32874
Prova edometrica	
Indice di ricomprensione, C_r	0.02792
Indice di compressione, C_c	0.16688
Indice di rigonfiamento, C_s	0.06288
Pressione di preconsolidazione, σ'_{vmax} (kPa)	422.1
Coefficiente di consolidazione verticale, C_v (cm ² /sec)	3.07E-04
Permeabilità, K (cm/sec)	1.4E-09
Coefficiente di consolidazione verticale, C_v (cm ² /sec)	2.76E-04
Permeabilità, K (cm/sec)	1.1E-09

Michela Calmo



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. 1152-1158/2017

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

DATA ESECUZIONE PROVE: 11/09/17 - 25/09/17

CAMPIONE:

S95-CI2 profondità 4.50 - 5.00 m

Prove eseguite

- 1 - Prove speditive di consistenza (ASTM 2488)
- 2 - Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 3 - Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 4 - Limiti di Atterberg (ASTM D 4318, UNI CEN ISO/TS 17892-12)
- 5 - Limite di ritiro (CNR-UNI 10014)
- 6 - Contenuto di sostanze organiche (ASTM 2974)
- 7 - Analisi granulometrica per sedimentazione (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 8 - Analisi granulometrica per vagliatura per via umida (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 9 - Peso specifico dei granuli (CNR-UNI 10013, ASTM D 854, UNI CEN ISO/TS 17892-3)
- 10 - Prova edometrica (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)
- 11 - Prova di taglio diretto (ASTM D 3080, UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 2

CERTIFICATO DI PROVA N.1152/2017

CAMPIONE S95-CI2 profondità 4.50 - 5.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data apertura campione: 11/09/17

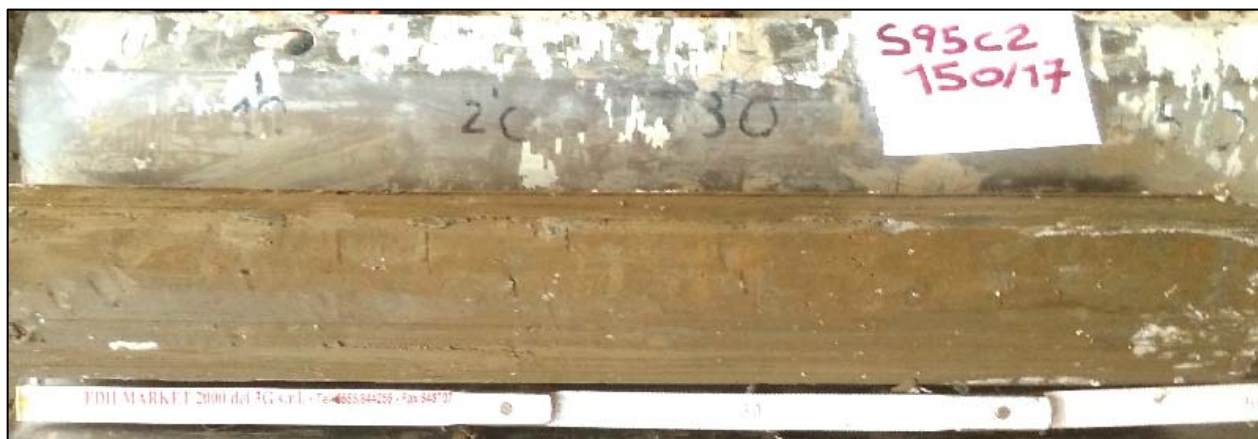
Descrizione del campione

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

0 - 49 cm: argilla limosa con sporadiche concrezioni carbonatiche, molto consistente colore marrone oliva a tratti grigio bluastrò e giallo marroncino

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti, limite di ritiro, sostanze organiche, granulometric peso specifico, edometriae e taglio

P.P = 392.3 kPa



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

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1152/2017

CAMPIONE S95-CI2 profondità 4.50 - 5.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 11/09/17 - 18/09/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Limiti di Atterberg (ASTM D 4318, UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Contenuto d'acqua (Wn) = 26.80%

Limite di liquidità (LL) = 60.6%

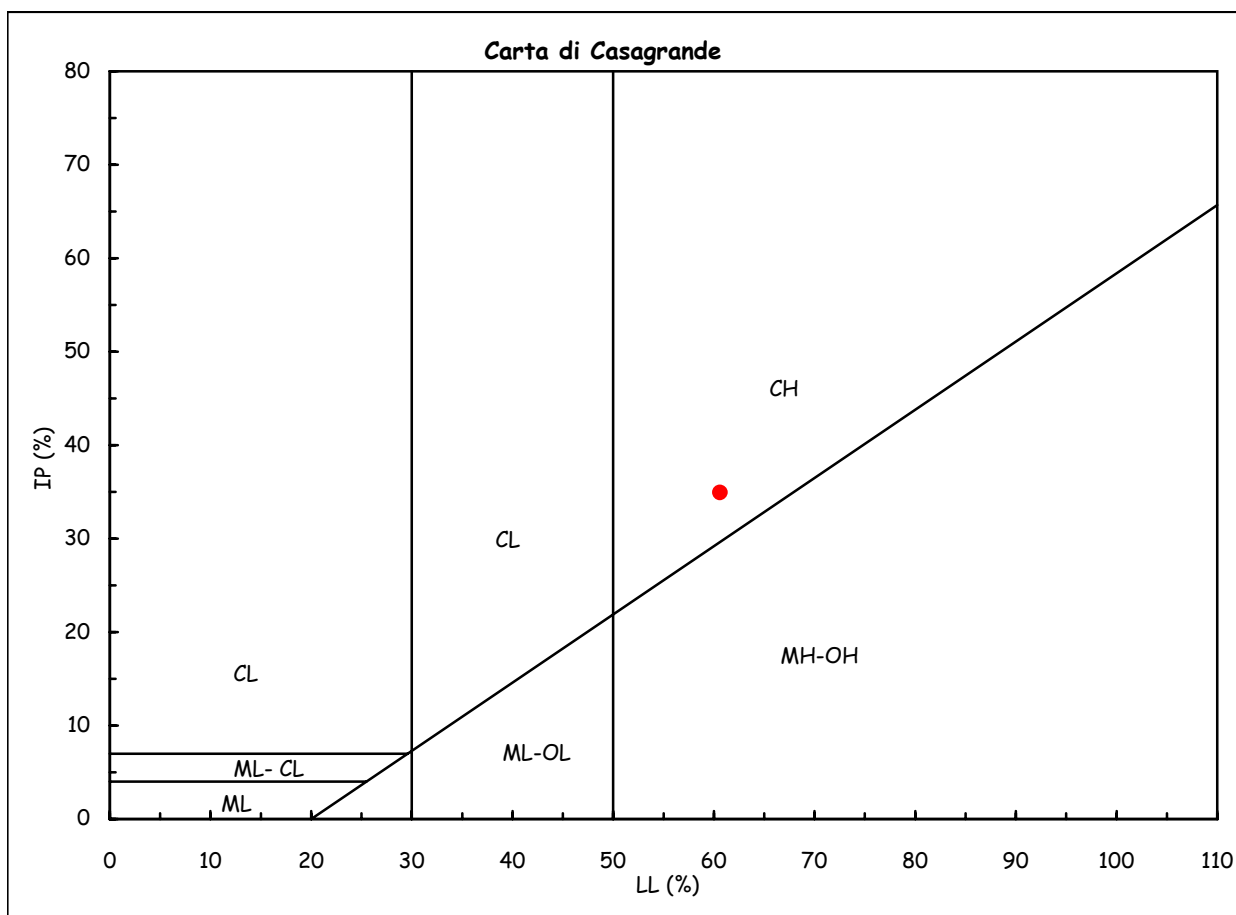
Limite di plasticità (LP) = 25.7%

Indice di plasticità (IP) = 34.9%

Indice di consistenza (Ic) = 0.97

Indice di attività (Iat) = 0.68

CH = argille inorganiche di
alta plasticità



Classificazione UNI 10006

Gruppo: A7-6

Indice di gruppo: 20

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 1

CERTIFICATO DI PROVA N.1153/2017

CAMPIONE S95-CI2 profondità 4.50 - 5.00 m

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

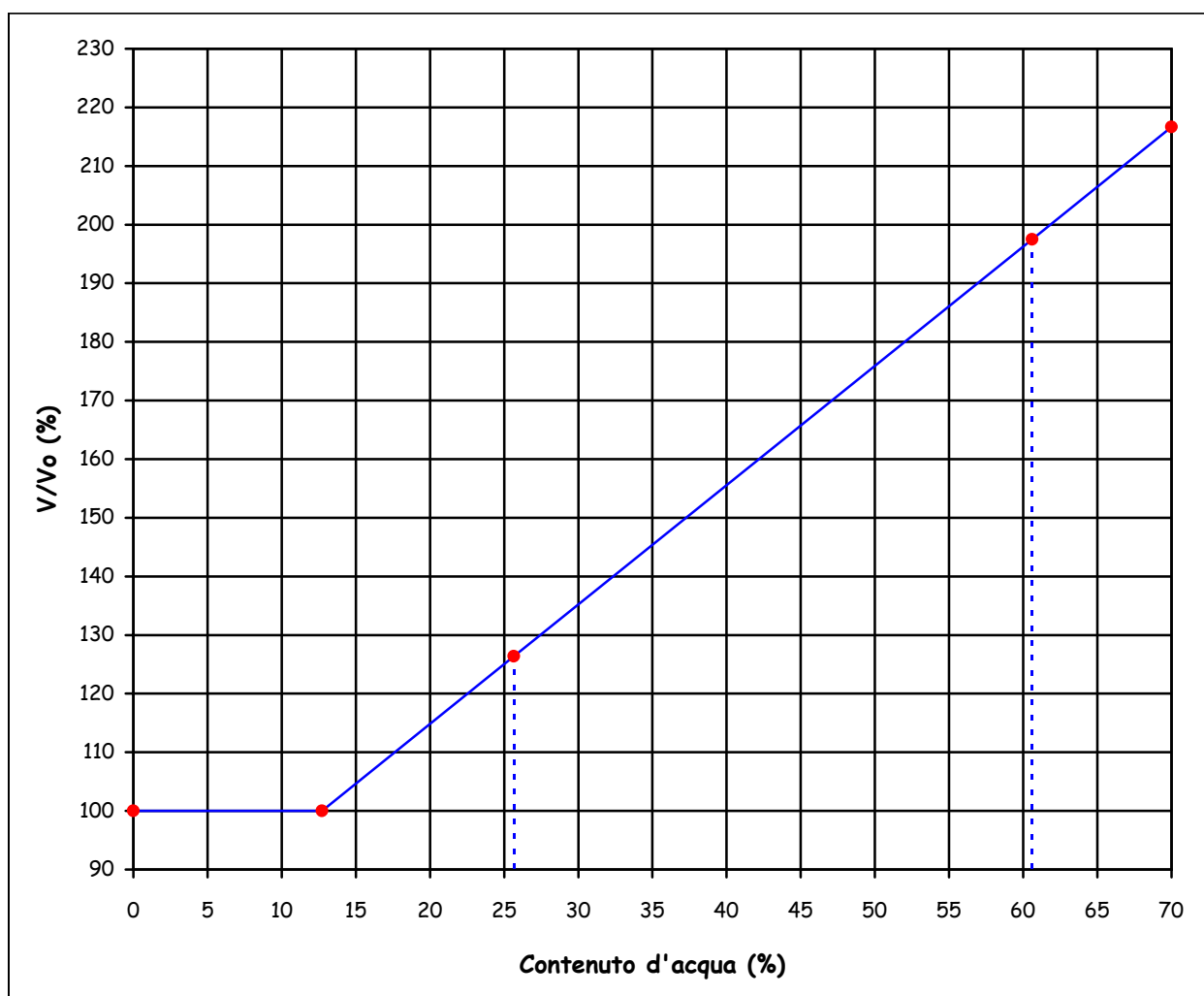
V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

Data prova: 11/09/17 - 18/09/17

Limite di ritiro (CNR-UNI 10014)

Limite di ritiro (W_s) = 12.7%

Coefficiente di ritiro (R_s) = 2.04



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 1

CERTIFICATO DI PROVA N.1154/2017

CAMPIONE S95-CI2 profondità 4.50 - 5.00 m

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

Data prova: 11/09/17 - 18/09/17

Determinazione del contenuto di sostanze organiche (ASTM 2974)

Contenuto di sostanze organiche (%) = 5.2%

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1155/2017****CAMPIONE S95-CI2 profondità 4.50 - 5.00 m**

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

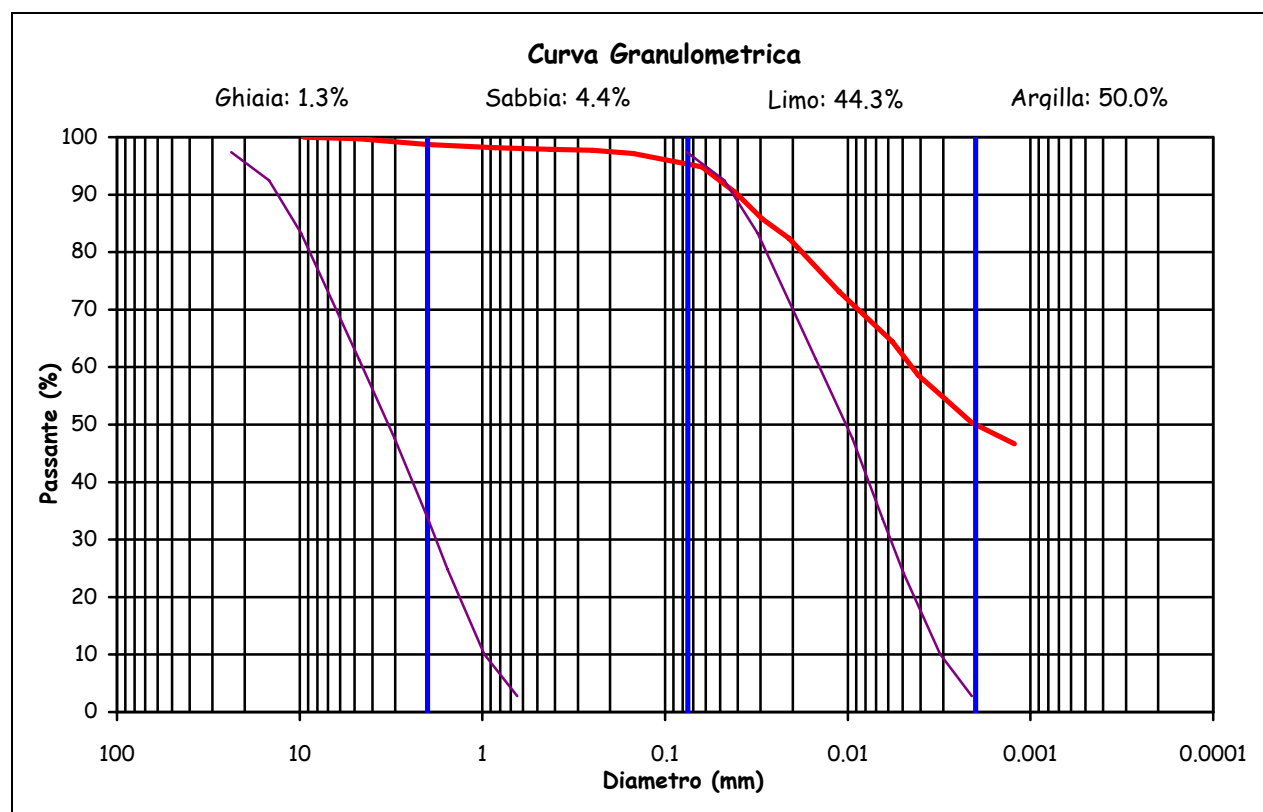
V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 11/09/17 - 18/09/17

Analisi granulometrica**Setacciatura: per via umida (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)****Frazione fine: metodo del densimetro (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)**

Setacciatura		Sedimentazione	
Diametro (mm)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
9.5	100	0.0410	90.3
4.75	99.7	0.0294	85.8
2	98.7	0.0210	82.4
0.850	98.2	0.0112	73.1
0.425	97.9	0.0057	64.5
0.250	97.7	0.0041	58.6
0.150	97.2	0.0029	54.5
0.063	94.8	0.0021	50.3
		0.0012	46.7



Definizione secondo A.G.I.:

Argilla con limo debolmente sabbiosa

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

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo GambassiIl 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 2

CERTIFICATO DI PROVA N.1155/2017

CAMPIONE S95-CI2 profondità 4.50 - 5.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

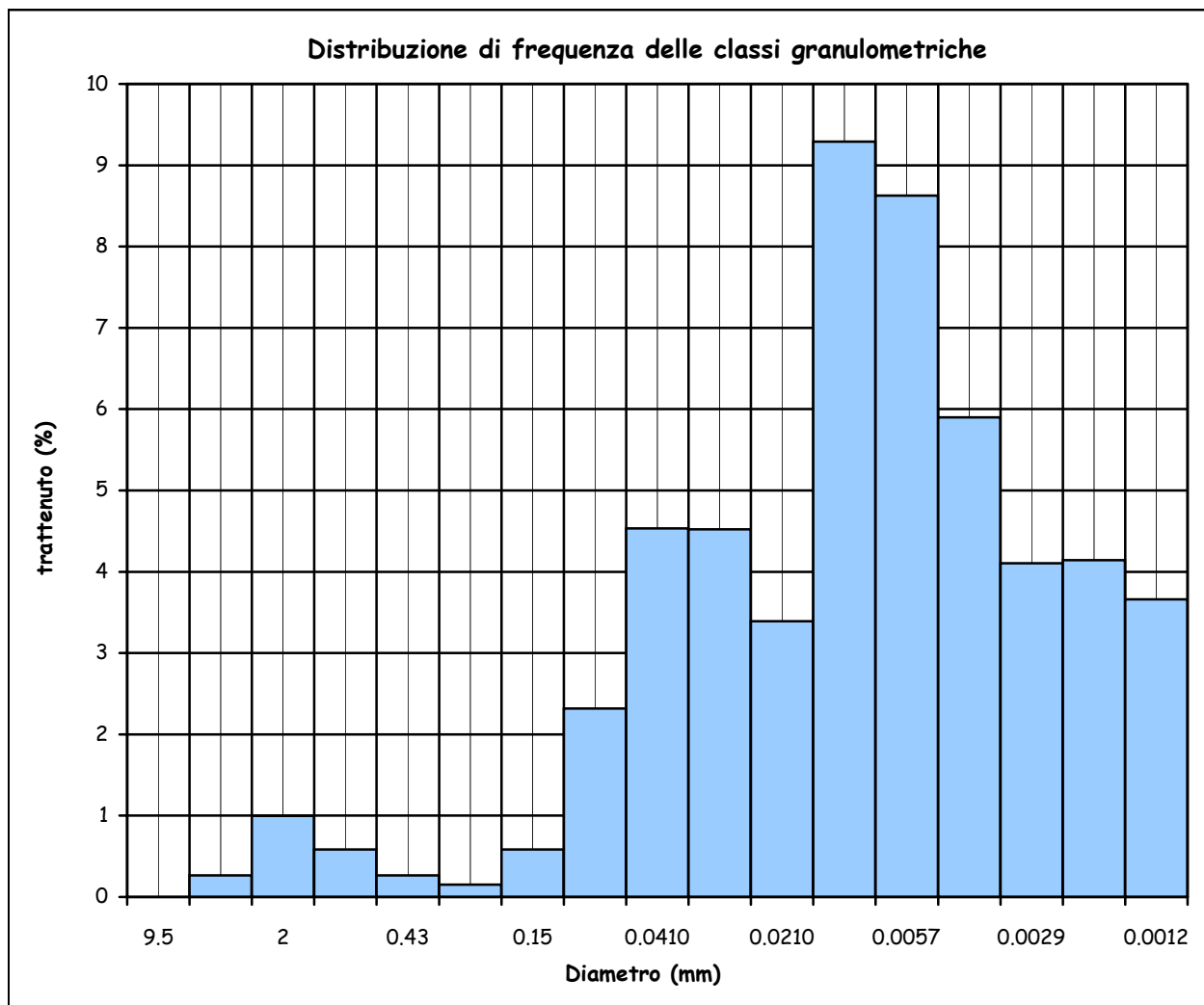
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 11/09/17 - 18/09/17

Analisi granulometrica



Coefficiente di uniformità (C_u) = -

Coefficiente di curvatura (C_c) = -

Mediana 0.0020

Moda 0.0112

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 1

CERTIFICATO DI PROVA N.1156/2017

CAMPIONE S95-CI2 profondità 4.50 - 5.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 11/09/17 - 22/09/17

Peso specifico dei granuli (CNR-UNI 10013, ASTM D 854, UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Peso specifico dei grani (kN/m^3) 26.24

Peso di volume secco (kN/m^3) 15.2

Indice dei vuoti 0.728

Grado di saturazione (%) 100.29

Contenuto d'acqua (%) 27.22

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1157/2017**

CAMPIONE S95-CI2 profondità 4.50 - 5.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 11/09/17 - 25/09/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)

	Iniziale	Finale
Altezza (mm)	19.930	19.400
Volume (cmc)	39.824	38.764
Peso di volume naturale (kN/m ³)	19.3	19.7
Peso di volume secco (kN/m ³)	15.2	15.6
Contenuto d'acqua (%)	27.22	26.54
Indice dei vuoti	0.728	

Pressione (kPa)	Cedimento (%)	Indice dei vuoti	Mv (m ² /kN)	Av (m ² /kN)
12.3	0.000	0.728	--	--
24.5	0.000	0.728	0.0000000	0.0000000
49.1	0.000	0.728	0.0000000	0.0000000
98.2	0.000	0.728	0.0000000	0.0000000
196.3	0.107	0.726	0.0000109	0.0000189
392.6	0.962	0.711	0.0000435	0.0000752
785.3	3.028	0.675	0.0000526	0.0000909
1570.5	6.336	0.618	0.0000421	0.0000728
3141.1	10.621	0.544	0.0000273	0.0000471
785.3	8.500	0.581	0.0000090	0.0000156
196.3	5.453	0.633	0.0000517	0.0000894
49.1	2.662	0.682	0.0001896	0.0003275

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 2 di 4

CERTIFICATO DI PROVA N.1157/2017

CAMPIONE S95-CI2 profondità 4.50 - 5.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

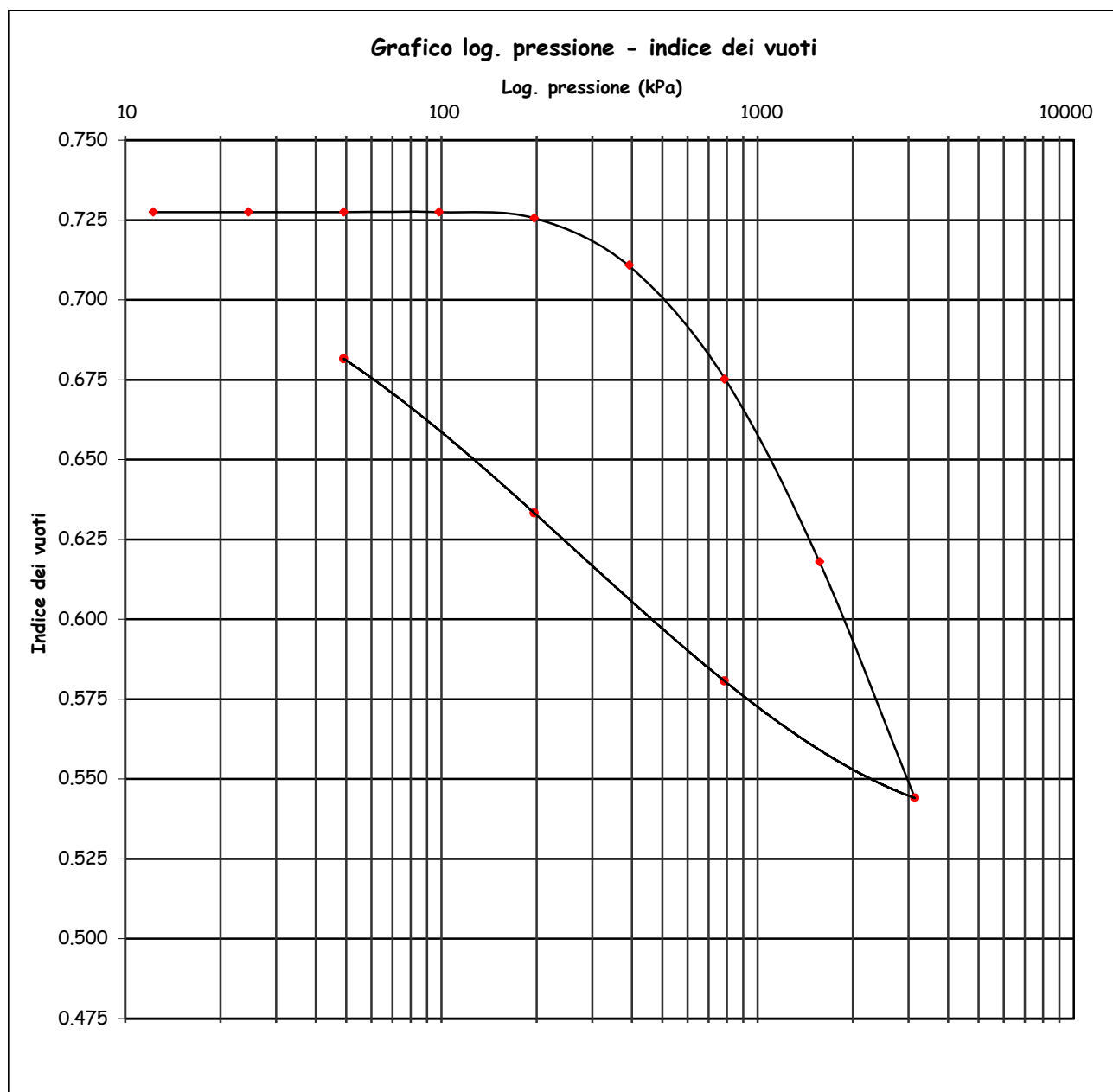
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 11/09/17 - 25/09/17

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)



Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1157/2017**

CAMPIONE S95-CI2 profondità 4.50 - 5.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 11/09/17 - 25/09/17

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)**Cedimento in funzione del tempo**

carico da 196.3 a 392.6 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)
0.10	232.00
0.17	237.50
0.25	240.30
0.50	247.75
1.00	257.75
2.00	269.80
4.00	284.00
8.00	301.50
14.67	319.20
30.00	342.85
60.00	363.00
120.00	378.00
240.00	387.40
480.00	396.00
1426.00	406.65

carico da 392.6 a 785.3 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)
0.10	477.00
0.17	482.25
0.25	487.50
0.50	498.15
1.00	512.20
2.00	531.00
4.00	557.20
8.00	593.20
14.67	634.75
30.00	695.15
60.00	758.55
120.00	809.55
240.00	840.00
480.00	857.90
1452.00	876.40

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



CERTIFICATO DI PROVA N.1157/2017

CAMPIONE S95-CI2 profondità 4.50 - 5.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

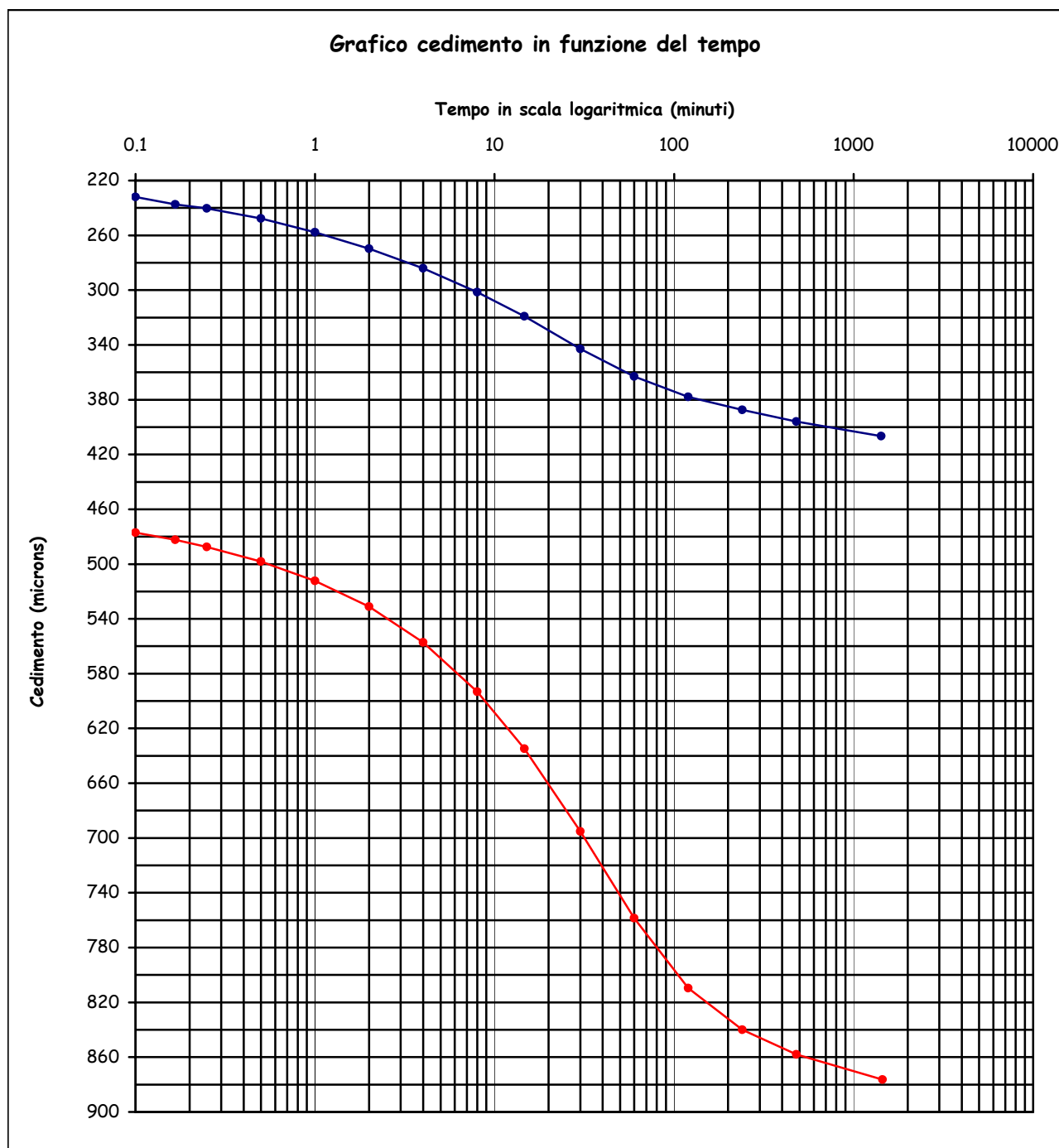
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 11/09/17 - 25/09/17

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1158/2017**

CAMPIONE S95-CI2 profondità 4.50 - 5.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 11/09/17 - 22/09/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova di taglio diretto (ASTM D 3080, UNI CEN ISO/TS 17892-10)

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Peso di volume naturale iniziale (kN/m ³)	19.0	19.0	19.0
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	19.7	19.8	20.1
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	14.8	14.8	14.8
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	15.0	15.2	15.5
Contenuto d'acqua iniziale (%)	28.22	28.15	28.13
Contenuto d'acqua finale (%)	30.97	29.97	29.91
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0015	0.0015	0.0015
Sigma (kPa)	73.6	122.6	171.6
Tau a rottura (kPa)	43.9	58.4	74.7

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau
(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)
0.02	2.0	0.03	4.3	0.05	6.6
0.06	4.3	0.07	7.2	0.10	10.1
0.08	5.2	0.12	9.0	0.15	11.8
0.12	6.9	0.17	10.4	0.21	15.4
0.17	8.5	0.21	12.6	0.28	23.0
0.22	10.1	0.28	17.5	0.35	30.2
0.29	12.6	0.33	21.1	0.43	36.5
0.34	14.5	0.41	26.9	0.50	41.8
0.42	19.7	0.50	32.4	0.58	46.7
0.50	23.8	0.58	36.5	0.68	52.8
0.57	26.3	0.66	40.6	0.77	57.1
0.67	30.2	0.77	45.0	0.87	60.7
0.76	33.2	0.87	48.5	1.00	65.1
0.86	36.8	0.97	51.7	1.10	67.7
0.97	39.8	1.08	54.1	1.21	70.3
1.08	42.0	1.21	56.0	1.34	72.9
1.19	43.2	1.31	57.4	1.47	74.2
1.32	43.9	1.45	58.4	1.60	74.7
1.43	43.9	1.58	58.2	1.74	74.7
1.57	43.6	1.71	58.2	1.88	74.5
1.68	42.9	1.83	57.7	2.00	73.4

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 2 di 2

CERTIFICATO DI PROVA N.1158/2017

CAMPIONE S95-CI2 profondità 4.50 - 5.00 m

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

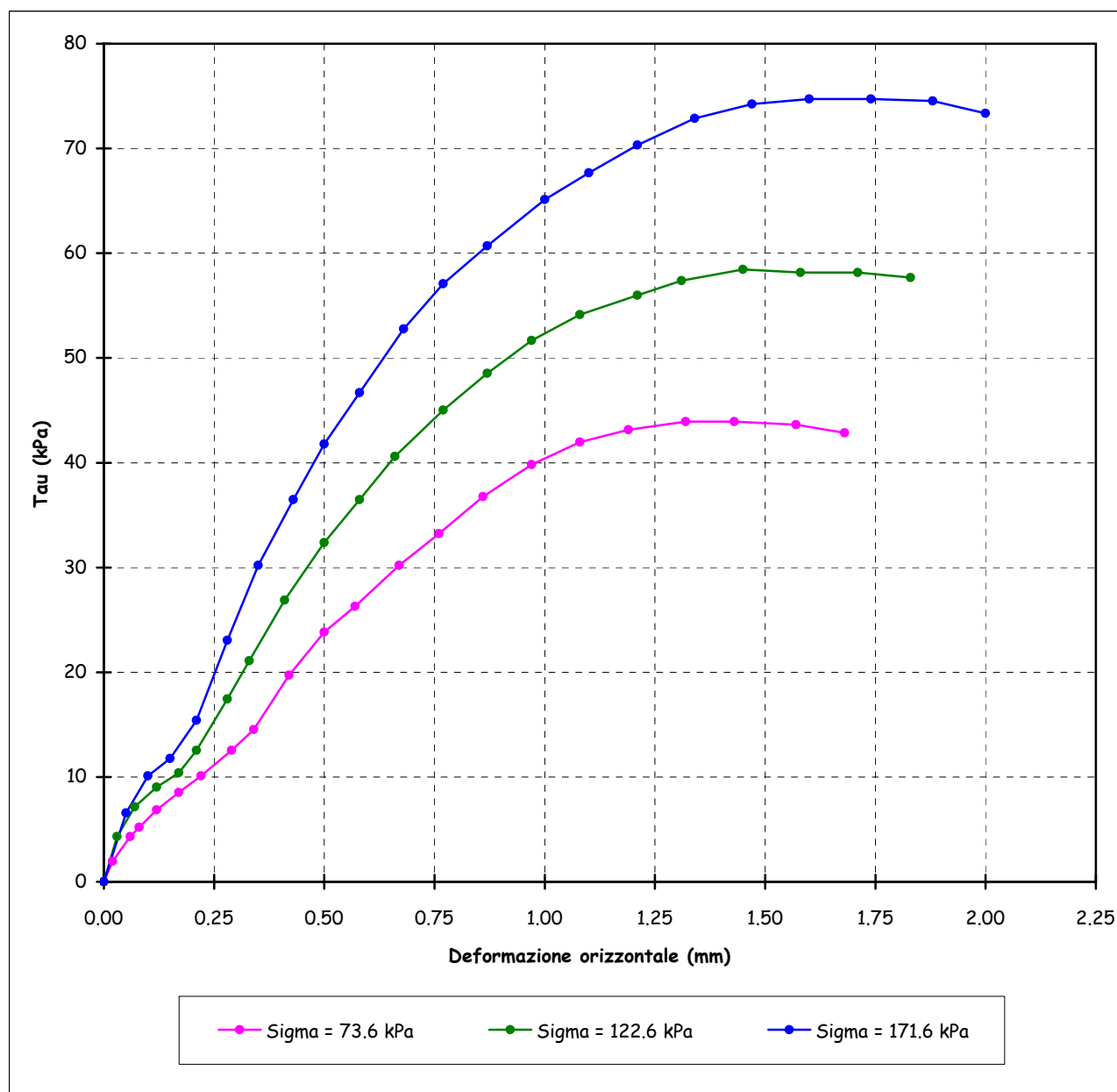
Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

Data prova: 11/09/17 - 22/09/17

Prova di taglio diretto (ASTM D 3080, UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Grafico deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1152-1158/2017

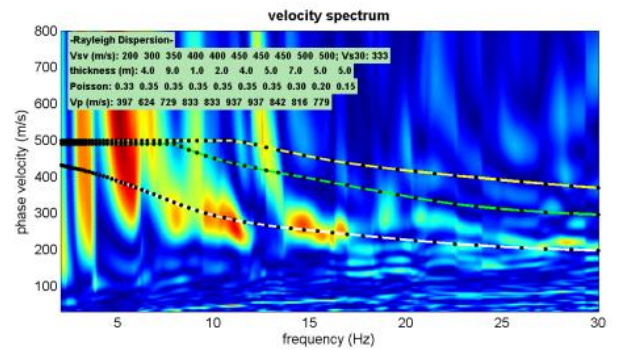
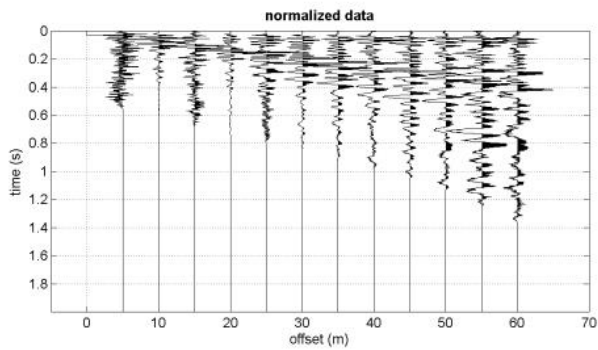
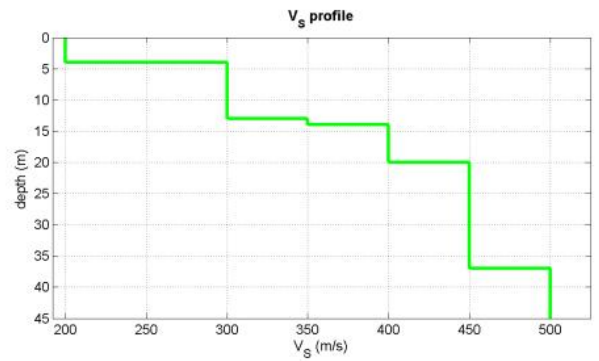
CAMPIONE	S95-CI2
Profondità metri	4.50 - 5.00
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	26.80
Limite liquido (%)	60.6
Limite plastico (%)	25.7
Indice di plasticità (%)	34.9
Indice di consistenza	0.97
Indice di attività	0.68
Classificaz. Casagrande	CH
Limite di Ritiro	
Limite di ritiro (%)	12.7
Coefficiente di ritiro	2.04
Granulometria	
Ghiaia (%)	1.3
Sabbia (%)	4.4
Limo (%)	44.3
Argilla (%)	50.0
Classificazione UNI 10006	
Gruppo	A7-6
Indice di gruppo	20
Contenuto di sostanze organiche	
Contenuto di sostanze organiche (%)	5.2%
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	19.9
Peso volume secco (kN/m ³)	17.0
Peso specifico dei grani (kN/m ³)	26.24
Indice dei vuoti	0.728
Grado di saturazione (%)	100.29
Prova edometrica	
Indice di ricompressione, Cr	0.04902
Indice di compressione, Cc	0.21789
Indice di rigonfiamento, Cs	0.08376
Pressione di preconsolidazione, σ'_{vmax} (kPa)	493.3
Coefficiente di consolidazione verticale, Cv (cm ² /sec)	4.10E-04
Permeabilità, K (cm/sec)	1.59E-09
Coefficiente di consolidazione verticale, Cv (cm ² /sec)	1.73E-04
Permeabilità, K (cm/sec)	8.2E-10
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	20.5
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	17.4

Michela Calmo

Allegato B – Indagini sismiche

MASW 8 – MEAN MODEL

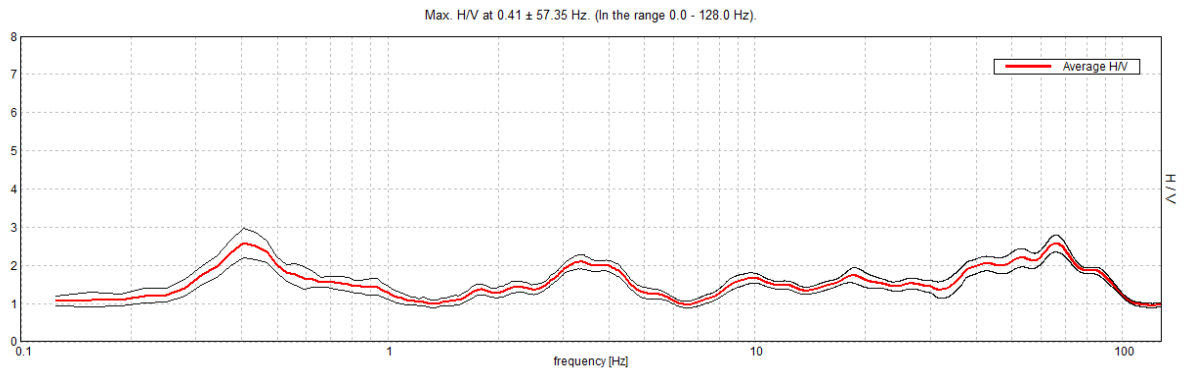
Vs (m/s)	200		300		350		400		400		450		450		450		500		500	
Thickness (m)		4		9		1		2		4		5		7		5		5		
Density (gr/cm³)	1.83		1.94		1.98		2.01		2.01		2.04		2.04		2.01		2.00		1.99	
Dynamic Shear Modulus (MPa)	73		175		242		322		322		413		413		407		501		498	
Vs30 = 333 m/s																				



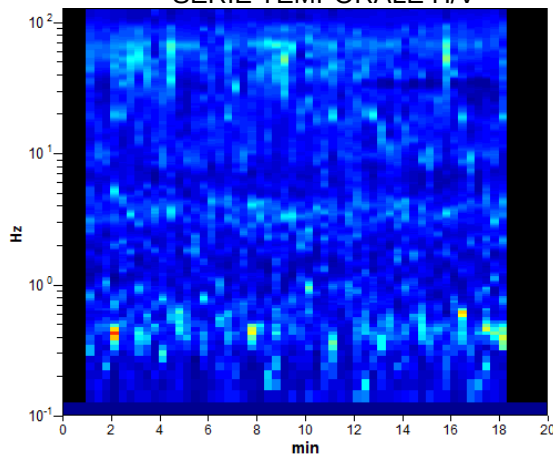
HVSR 8

- Strumento: TRZ-0135/01-11
- Formato dati: 16 byte
- Fondo scala [mV]: n.a.
- Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
- Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 87% tracciato (selezione manuale)
- Freq. campionamento: 256 Hz
- Lunghezza finestre: 20 s
- Tipo di lisciamento: Triangular window
- Lisciamento: 10%

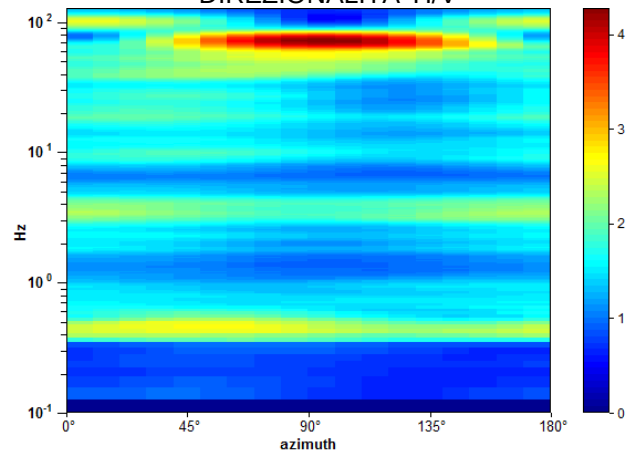
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



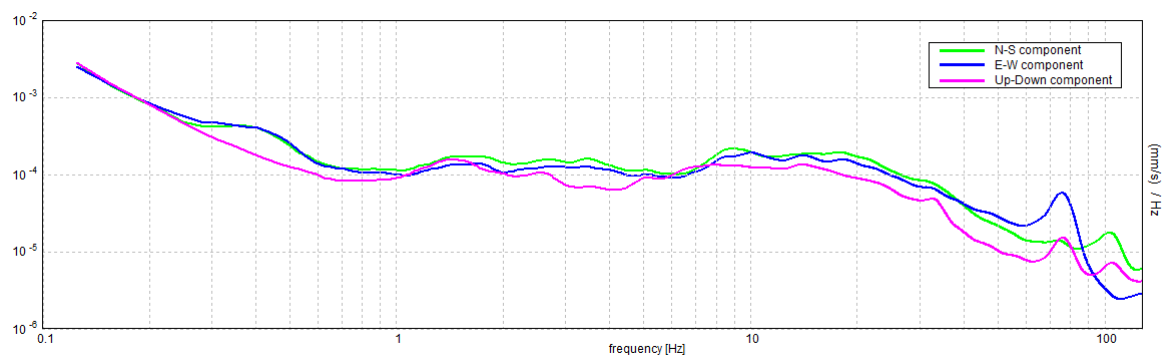
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 0.41 ± 57.35 Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.41 > 0.50$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$422.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 20	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.25 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.58 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 141.1622 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$57.34716 < 0.08125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3862 < 2.5$	OK	

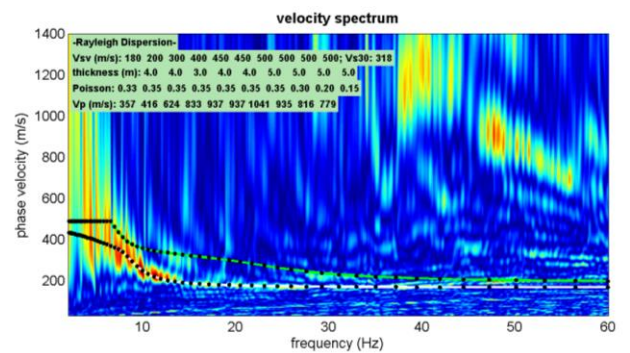
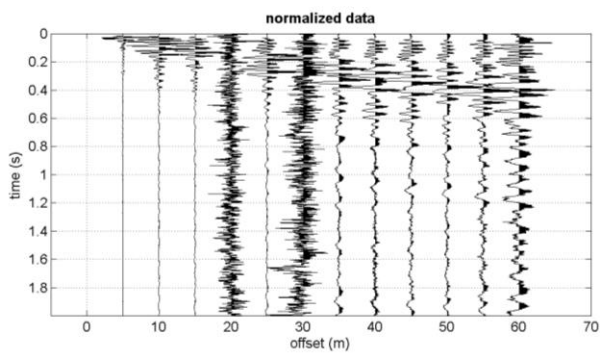
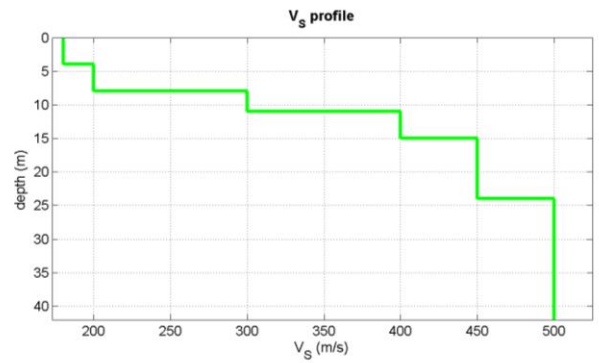
L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza 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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

MASW 9 – MEAN MODEL

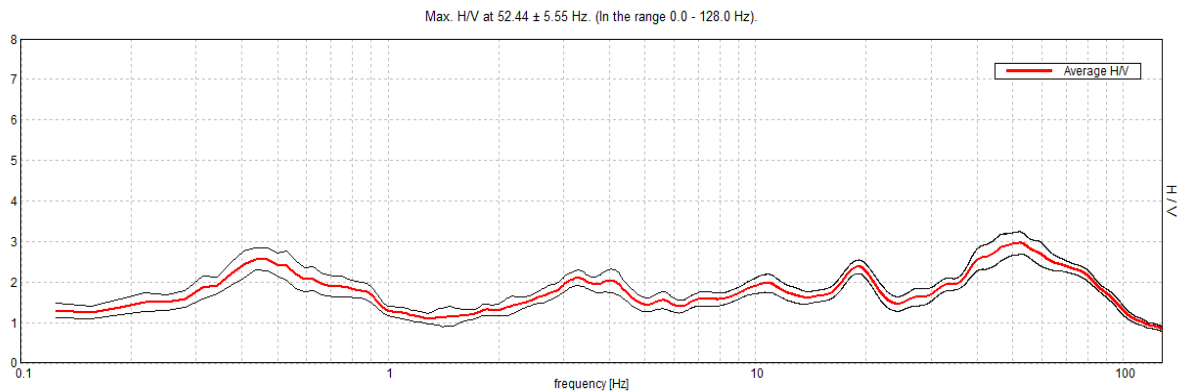
Vs (m/s)	180	200	300	400	450	450	500	500	500	500
Thickness (m)		4	4	3	4	4	5	5	5	5
Density (gr/cm ³)	1.81	1.84	1.94	2.01	2.04	2.04	2.06	2.04	2.00	1.99
Dynamic Shear Modulus (MPa)	58	74	175	322	413	413	516	509	501	498
Vs₃₀ = 318 m/s										



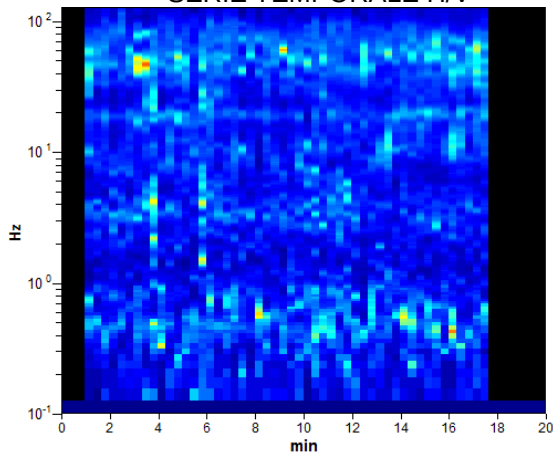
HVSR 9

- Strumento: TRZ-0135/01-11
- Formato dati: 16 byte
- Fondo scala [mV]: n.a.
- Inizio registrazione: 17/01/00 19:12:03 Fine registrazione: 17/01/00 19:32:03
- Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
- Dato GPS non disponibile
- Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)
- Freq. campionamento: 256 Hz
- Lunghezza finestre: 20 s
- Tipo di lisciamento: Triangular window
- Lisciamento: 10%

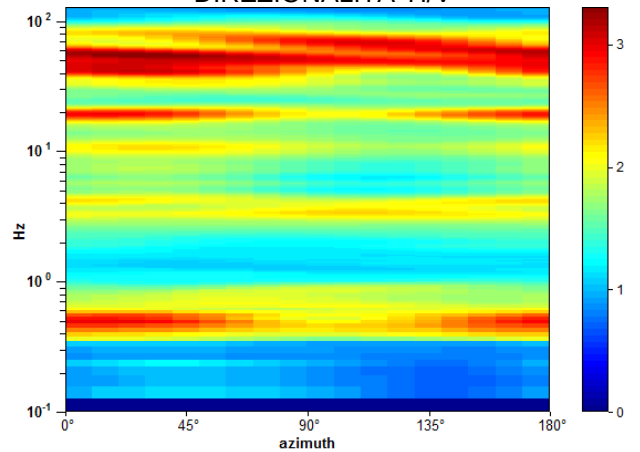
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



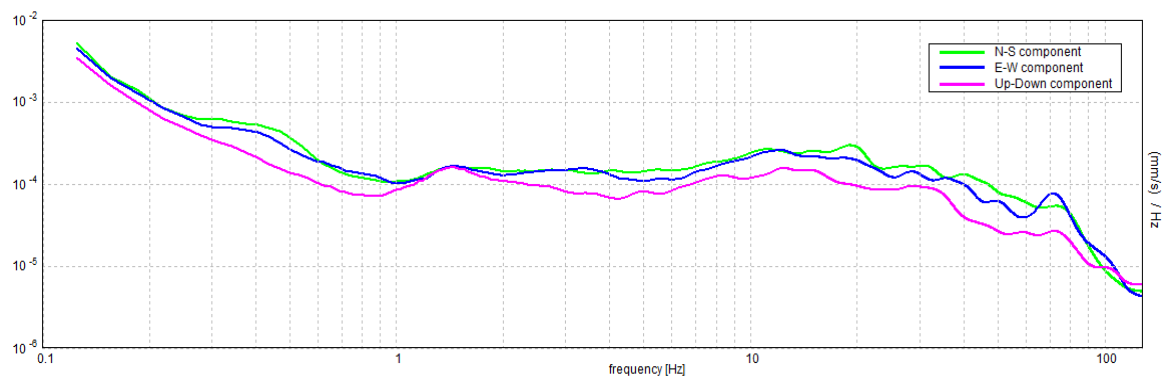
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 52.44 ± 5.55 Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$52.44 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$52437.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 2518	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	24.969 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	96.094 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.96 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.10579 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$5.54737 < 2.62188$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2799 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza 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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Allegato C – Azione Sismica

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 43,814856
longitudine: 11,212248
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 19836	Lat: 43,8126	Lon: 11,2039	Distanza:
717,124				
Sito 2	ID: 19837	Lat: 43,8139	Lon: 11,2731	Distanza:
4883,652				
Sito 3	ID: 19615	Lat: 43,8639	Lon: 11,2713	Distanza:
7225,170				
Sito 4	ID: 19614	Lat: 43,8626	Lon: 11,2020	Distanza:
5371,533				

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,048 g
Fo: 2,543
Tc*: 0,252 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,058 g
Fo: 2,577
Tc*: 0,268 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,135 g
Fo: 2,413
Tc*: 0,303 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,171 g
Fo: 2,389
Tc*: 0,312 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:
Ss: 1,500
Cc: 1,650
St: 1,000
Kh: 0,014
Kv: 0,007
Amax: 0,706
Beta: 0,200

SLD:
Ss: 1,500
Cc: 1,620
St: 1,000
Kh: 0,017
Kv: 0,009
Amax: 0,849
Beta: 0,200

SLV:
Ss: 1,500
Cc: 1,560
St: 1,000
Kh: 0,048
Kv: 0,024
Amax: 1,980
Beta: 0,240

SLC:
Ss: 1,450
Cc: 1,540
St: 1,000
Kh: 0,060
Kv: 0,030
Amax: 2,436
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru

Coordinate WGS84
latitudine: 43.813899
longitudine: 11.211263