



MINISTERO  
DELLE INFRASTRUTTURE  
E DEI TRASPORTI



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

Committente



AEROPORTO INTERNAZIONALE  
DI FIRENZE  
" AMERIGO VESPUCCI "

Opera

PROGETTO DEFINITIVO

RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

Titolo tavola

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

CODICE COMMESSA	FASE	REV.	DATA 1^ EMISSIONE	SCALA	DOCUMENTO
□ □ □ □ □ □ □ □	PD	0	AGOSTO_2019		REL 009A

3						
2						
1	08/2019		EMISSIONE PER PROCEDURA AMBIENTALE MATTM			
REV.	DATA		DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

COMMITTENTE PRINCIPALE:




AMMINISTRATORE DELEGATO  
Dott.sa Gina Giani

POST HOLDER PROGETTAZIONE  
Ing. Veronica Ingrid D'Arienzo

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:



DIRETTORE TECNICO  
Ing. Massimo Nunzi

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE <b>RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA</b>				<b>Emissione</b> AGOSTO 2019
	<b>Cod. Doc</b>	REL 0009A	<b>Rev:</b>	01	<b>Pagina:</b>

## COMUNE DI FIRENZE

Città Metropolitana di Firenze

### AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE

### PROGETTO DEFINITIVO

### RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

## RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

(ai sensi N.T.C. 2008 – D.P.G.R. 36/R/2009 – P.S. Comunale, Var. 2015 – R.U.C., Var. 2016)



*Dott. Geol. Andrea Garuglieri*

### STUDIO GEOLOGICO GARUGLIERI


**Dott. Andrea Garuglieri - Geologo**

*Geologia Applicata e Tecnica – Idraulica, Idrogeologia e ricerche idriche – Geologia Agraria e Ambientale*

Piazza delle Cantine n° 8 50022 Greve in Chianti - Firenze

tel. 055-853246 – fax 055-8544275 – E-mail: [geogaru@virgilio.it](mailto:geogaru@virgilio.it) - [geologaru@epap.sicurezza postale.it](mailto:geologaru@epap.sicurezza postale.it)


<b>Committente</b>	<b>TOSCANA AEROPORTI SPA</b>
<b>Titolo Commessa</b>	<b>RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE</b>

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	3

## INDICE

<b>A) RELAZIONE ILLUSTRATIVA DELL'OPERA (da Relazione Tecnica) .....</b>	<b>Pag. 3</b>
<b>B) RELAZIONE GEOLOGICA .....</b>	<b>Pag. 7</b>
B.1 - Caratteristiche generali dell'incarico di consulenza .....	7
B.2 - Quadro normativo e vincolistico .....	7
B.3 - Inquadramento geologico dell'area .....	9
B.4 - Geomorfologia .....	10
B.5 - Idrogeologia .....	10
B.6 - Indagini geognostiche .....	12
B.7 - Modello geologico del sottosuolo (Litostratigrafia) .....	14
B.8 - Pericolosità geologica - Fattibilità .....	15
<b>C) RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA .....</b>	<b>Pag. 16</b>
C.1 - Pericolosità idraulica-Fattibilità.....	16
C.2 - Compensazioni idrauliche.....	16
C.3 - Messa in sicurezza idraulica.....	17
<b>D) RELAZIONE SISMICA .....</b>	<b>Pag. 17</b>
D.1 - Definizione del tipo di categoria di suolo di fondazione .....	20
D.1.1 - Definizione Vs30 da campagna sismica M.A.S.W. ....	20
D.1.2 - Calcolo Vs30 da prova "down-hole" in foro S3 .....	22
D.2 - Definizione della frequenza di sito (fo) mediante sismica passiva .....	21
D.3 - Spettri di risposta sismica locale .....	22
D.3.1 - Definizione mediante "Spettri V. 1.0.3", Cons. Sup. LL.PP. ....	23
D.3.2 - Definizione mediante RSL ("Risposta Sismica Locale") .....	24
D.4 - Parametri sismici locali (Tabella riassuntiva) .....	26
D.5 - Pericolosità sismica - Fattibilità .....	27
<b>E) PARAMETRI GEOTECNICI NOMINALI PRELIMINARI.....</b>	<b>Pag. 28</b>
E.1 - Modello geotecnico del sottosuolo interessato .....	28
E.2 - Prove e parametri geotecnici nominali dei terreni presenti .....	29
E.2.1 - Parametri nominali strato 1 superficiale .....	31
E.2.2 - Parametri nominali strato 2 .....	32
<b>ALLEGATO 1</b> - Cartografie tematiche, Planimetrie indagini e prove, Sezioni geologica e sismica	
<b>ALLEGATO 2</b> - Sondaggi e Litostratigrafie, Prove di laboratorio	
<b>ALLEGATO 3</b> - Indagini geofisiche: rifrazioni Vp, Down-hole, MASW, HVSR	
<b>ALLEGATO 4</b> - Spettri di risposta sismica: da Normativa, da RSL	

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	4

## A) RELAZIONE ILLUSTRATIVA DELL'OPERA (da Relazione Tecnica Architettonica)

Il presente progetto è parte del processo di riorganizzazione delle strutture aeroportuali finalizzato a garantire i livelli minimi di servizio necessari a consentire la normale attività aeroportuale, in attesa di dare avvio allo sviluppo del Master Plan 2014-2029, attualmente sub iudice.

Il progetto di riorganizzazione, riconfigurazione ed ampliamento di una parte del terminal aeroportuale è finalizzato a soddisfare la richiesta di nuove aree per uffici direzionali ed operativi, ad incrementare le aree di servizio ai passeggeri, in particolare il settore partenze con sei nuovi gate, a riorganizzare ed ampliare le aree destinate ai controlli di sicurezza per l'accesso degli operatori aeroportuali, dei mezzi e delle merci alle "aree sensibili" (air-side).

Il nuovo piano generale di interventi prevede la realizzazione di un Nuovo Padiglione su tre piani fuori terra, in ampliamento all'edificio denominato "ex Hangar S52", destinato al piano terra a Sala imbarchi con sei nuovi gate; al piano primo e secondo ad uffici amministrativi e di gestione; La sopraelevazione di un piano (per un totale di tre piani fuori terra) del Padiglione "ex hangar S52", la dismissione e trasferimento dell'area merci situata al piano terra, convertita a completamento della nuova Sala Imbarchi; la ridefinizione dei percorsi di indirizzo dei flussi passeggeri alla nuova sala imbarchi (6 gate), attraverso la nuova area dutyfree. Gli uffici sono stati collocati al piano secondo con la sopraelevazione del padiglione.

La rilocalizzazione del nuovo varco di accesso alle aree sensibili (airside) per il personale, i mezzi e le merci prevede:

la realizzazione di un prefabbricato di tipo leggero, ad un piano fuori terra, destinato ai controlli di sicurezza;

la realizzazione dei magazzini (prefabbricato leggero e tettoie in carpenteria metallica) per le merci in transito, destinate alle attività commerciali situate in area sterile (airside), che necessitano di un processamento da parte della dogana;


la realizzazione del Varco Carrabile con doppio cancello per i mezzi;

la ristrutturazione dei locali ex officina mezzi e magazzino de-icing a nuova area merci con uffici magazzino e piazzale di movimentazione. Tale area, per motivi logistici e di controllo, necessita di essere localizzata in corrispondenza del varco doganale.

### EX HANGAR S52

L'attuale edificio si sviluppa su due piani fuori terra, forma rettangolare di dimensione 59.00x32.60 m ed un'altezza pari a 8.85 m, con struttura portante in profili di acciaio su fondazioni a plinto in c.a. su palificata, collegati da cordoli in c.a.; solai con struttura principale e secondaria in profili di acciaio, lamiera grecata e soletta

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	5

collaborante alleggerita. Le pareti di tamponamento sono costituite da pareti in blocchetti di cls intonacati, pacchetto parete ventilata esterna con pannello isolante in fibra di vetro idrorepellente, sottostruttura in acciaio e in zinco-titanio, controparete interna con pannelli fresati e forati lamellari in MDF nobilitato. Infissi esterni in alluminio a taglio termico e vetrocamera.

La sopraelevazione in progetto mantiene le caratteristiche costruttive strutturali previste dal progetto originale con alcune variazioni che non richiedono l'adeguamento della porzione esistente dell'edificio. Così come mantiene le caratteristiche costruttive e di finitura dei componenti architettonici, quali i rivestimenti di facciata in pannelli di zinco titanio, gli infissi in alluminio preverniciato, le finiture interne quali rivestimenti, pavimenti, pareti mobili e attrezzate e controsoffitti.

La sopraelevazione dell'edificio non riguarda l'intera superficie dello stesso, come previsto nel progetto originale. Sul retro è presente una terrazza scoperta di dimensioni pari a circa 44.00x4.0 m che consente di mantenere una distanza superiore ai 10 mt tra le pareti finestrate.

## IL NUOVO PADIGLIONE

Il nuovo padiglione si sviluppa su tre piani fuori terra, in aderenza al lato nord dell'ex Hangar S52, presenta pianta rettangolare con dimensioni 25.30x29.85 m ed altezza massima pari a 13.45 m. Il corpo è giuntato sismicamente rispetto all'Hangar S52 con un giunto di dimensioni pari a 22 cm. Le quote ai vari piani sono allineate a quelle dell'edificio esistente. La sua struttura portante è in acciaio su fondazione a platea in c.a. di spessore pari a 80 cm. Lungo il bordo dell'edificio sono presenti cordoli di dimensione 0.25x1.80 m. Tali elementi presentano un quota di estradosso pari a +0.70 m superiore di 10 cm al franco di 30 cm sul battente convenzionale di 30cm per le aree di transito per la messa in sicurezza idraulica.


I solai presentano la struttura principale e secondaria in profili di acciaio, lamiera grecata e soletta collaborante alleggerita. Le pareti di tamponamento sono costituite da pareti in XLAM, pacchetto parete ventilata esterna con pannello isolante in fibra di vetro idrorepellente, sottostruttura in acciaio e in zinco-titanio, controparete interna con pannelli fresati e forati lamellari in MDF nobilitato. Infissi esterni in alluminio a taglio termico e vetrocamera. Pavimenti in pietra ricostruita e gres porcellanato; divisori interni in blocchetti REI 120 per le compartimentazioni e pareti mobili e attrezzate per gli uffici, controsoffitti in pannelli di acciaio microforato preverniciato, in cartongesso e in fibra.

Una passerella coperta collega il primo piano al modulo Check-in, mentre il secondo piano è direttamente collegato all'HS52. La passerella è giuntata sismicamente dalla struttura della scala esistente mediante un giunto di dimensioni pari a 13cm.

## NUOVO VARCO DI SICUREZZA OPERATORI, MEZZI E MERCI E NUOVA AREA MERCI (NUOVO VARCO STAFF E MAGAZZINI)

L'esigenza di realizzare un nuovo varco di controllo per gli operatori aeroportuali, per i mezzi e le merci, accorpato alla necessità di realizzazione della nuova Sala

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	6

Imbarchi, che a sua volta comporta la rilocalizzazione dell'area merci (magazzino, uffici e piazzale), trova soluzione nella realizzazione di un nuovo prefabbricato di tipo leggero destinato ai controlli di sicurezza (mq 160), aggregato ad un secondo prefabbricato (mq 75), sempre di tipo leggero, e tettoie (mq 73) per le aree commerciali (airside), che necessitano di un processamento da parte della dogana. Un piazzale filtro (mq 475), con doppio cancello, tra Airside e Landside consente i controlli di sicurezza sui mezzi e sulle merci in entrata e uscita dal sedime aeroportuale. La nuova area merci, costituita da un magazzino merci di (225 mq), da uffici, archivi e servizi (mq 160), sarà rilocalizzata nei locali esistenti dell'ex officina mezzi e delle aree di pertinenza, fruisce del piazzale e dei i controlli degli enti per movimentare le merci in arrivo e partenza dallo scalo.

La nuova configurazione del varco è stata concepita con l'obiettivo di soddisfare le esigenze operative di controllo e sicurezza degli accessi ad aree sensibili e che non potranno continuare ad essere soddisfatte, nell'immediato futuro, dall'attuale struttura che non consente ne dispone di aree sufficienti ad una implementazione dei livelli di sicurezza richiesti.

I prefabbricati (nuovo Varco Staff e magazzino Duty-free) presentano un'altezza massima pari a 3.75 m.

Il primo con pianta di forma ad "L" con dimensioni massime pari a 16.00x15.24 m e rientranze pari a 11.42 e 7.58 m è adibito a varco staff, servizi e locali tecnici.

Il secondo con pianta rettangolare di dimensioni 6.78x10.80m è adibito a magazzino; Le fondazioni sono a platea in c.a. di spessore pari a 25 cm.

La struttura portante degli edifici è costituita da profili pressopiegati in acciaio di spessore pari a 3-4 mm e tubolari in acciaio di spessore pari a 3-4 mm.

La realizzazione della pannellatura di tamponamento è tale da consentire la tenuta all'acqua dei prefabbricati, per la messa in sicurezza idraulica per le aree di transito, con un franco di 30 cm sul battente convenzionale di 30 cm.


In continuità con i prefabbricati è posizionata una tettoia con struttura metallica adibita a magazzino merci sicure. Presenta dimensioni planimetriche massime pari a 9.36x4.59 m ed altezza pari a 3.75 m. E' realizzata con profili tubolari quadrati 150/4 ed una lamiera grecata di altezza pari a 75mm e spessore 8/10mm in copertura. La fondazione delle pensiline e della tettoia è ancora costituita dalla platea in c.a. di spessore pari a 25 cm su cui poggiano i prefabbricati.

## UFFICI E MAGAZZINO MERCI

La nuova area merci è ubicata nei locali ex officina mezzi ed aree di pertinenza, è suddivisa in due zone principali una destinata a zona uffici, archivio, deposito e servizi igienici e l'altra a magazzino merci.

L'intervento prevede nella prima zona la riqualifica degli ambienti con la realizzazione, sui pannelli perimetrali di tamponamento, di contropareti interne, coibentate, in lastre tipo "Acquapanel e placcaggio di quelle divisorie; sostituzione e/o realizzazione di nuovi controsoffitti, sostituzione di pavimenti e rivestimenti; sostituzione degli infissi esistenti con infissi in alluminio a taglio termico e vetro

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE


	<b>AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE</b> <b>RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA</b>				<b>Emissione</b>
					AGOSTO 2019
<b>Cod. Doc</b>	REL 0009A	<b>Rev:</b>	01	<b>Pagina:</b>	7

camera; rifacimento degli impianti.

La zona del magazzino sarà oggetto di revisione degli impianti e di realizzazione di un nuovo cancello di delimitazione e accesso.

L'intervento prevede la demolizione di una superfettazione antistante il prefabbricato di circa 13 mq.

<b>Committente</b>	<b>TOSCANA AEROPORTI SPA</b>
<b>Titolo Commessa</b>	<b>RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE</b>

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	8

## B) RELAZIONE GEOLOGICA

### B.1 - Caratteristiche generali degli interventi

Il progetto in esame prevede i seguenti interventi, suddivisi in vari appalti:

- Nuovo padiglione ampliamento "Hall Arrivi" sul lato nord dell'attuale struttura "ex Hangar S52", con pianta 25.30x29.85 m ed altezza massima pari a 13.45 m.

Il padiglione si svilupperà su tre piani con superficie coperta di 755 mq e volumetria di 10.155 mc circa.

- Sopraelevazione di un piano (per un totale di tre piani fuori terra) del Padiglione "ex hangar S52"; l'attuale edificio si sviluppa su due piani fuori terra, forma rettangolare di dimensione 59.00x32.60 m ed un'altezza pari a 8.85 m. La sopraelevazione pari a 4,6 m, porterà l'edificio alla quota di 13,45 m; la volumetria complessiva di ampliamento è di circa 8848 mc.

- Realizzazione di un prefabbricato di tipo leggero, ad un piano fuori terra (h 3.75 m), destinato ai controlli di sicurezza (volume 593 mc circa).

- Realizzazione dei magazzini (prefabbricato leggero e tettoie in carpenteria metallica) per le merci in transito, destinate alle attività commerciali situate in area sterile (airside), che necessitano di un processamento da parte della dogana (volume complessivo 547 mc circa).

- Realizzazione del Varco Carrabile con doppio cancello per i mezzi;

- Ristrutturazione dei locali ex officina mezzi e magazzino de-icing a nuova area merci con uffici magazzino e piazzale di movimentazione. Tale area, per motivi logistici e di controllo, necessita di essere localizzata in corrispondenza del varco doganale.

### B.2 - Quadro normativo e vincolistico

Il presente elaborato è redatto ai sensi del quadro normativo vigente:

#### Normative Nazionali e locali

D. M. 14/1/2008 (Norme Tecniche sulle Costruzioni)

O.P.C.M. 3274/2003 e succ. mod. e int. (Nuova Classificazione Sismica)


Circolare n. 617 del 2/02/2009 (Istruzioni per l'applicazione delle NTC 2008)

#### Autorità di Bacino Fiume Arno – Distretto Appennino Settentrionale Piano di Gestione Rischio di Alluvioni (PGRA – Dicembre 2015):

L'area interessata alla totalità degli interventi di riconfigurazione e ampliamento del terminal aeroportuale di Firenze ricade in Pericolosità da alluvione Media P2,

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE



	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	9

corrispondenti ad aree inondabili da eventi con  $30 \text{ anni} < Tr < 200 \text{ anni}$ .

Art. 9 Disciplina di Piano aree P2 - per le finalità dell'art. 1 delle Norme, l'intervento previsto è soggetto a Parere dell'AdBFA (*"c) interventi di ampliamento e ristrutturazione di opere pubbliche o di interesse pubblico esistenti, riferite ai servizi essenziali e della rete infrastrutturale primaria....."*)

Dalle più recenti modellazioni eseguite a cura dell'AdBFA l'area in esame risulta esondabile da eventi con  $Tr$  compreso tra 30 e 200 anni ad opera dei fossi marginali e interni; gli interventi si trovano all'interno di un'"**area di transito**" in quanto la modellazione usata non è in grado di determinare dei battenti di accumulo definiti.

Per la morfologia presente, pianeggiante, l'area non rientra tra quelle perimetrate con pericolosità da processi geomorfologici di versante e da frana.

### **Comune di Firenze, Piano Strutturale 2010, Variante 2015 (Tavv. 4 – All. 1)**

l'area interessata dagli interventi di riconfigurazione e ampliamento del terminal aeroportuale ricade nelle seguenti situazioni di pericolosità, riprese dagli elaborati geologici urbanistici:

- Pericolosità Geologica media G.2;
- Pericolosità Sismica elevata S.3;
- Pericolosità Idraulica elevata I.3, riferita ad aree soggette ad esondazioni per eventi con  $30 \text{ anni} < Tr < 200 \text{ anni}$ .

La fattibilità degli interventi è subordinata alle prescrizioni di cui all'art. 75 del RUC.

### **Classe di indagine ai sensi dell'art. 7 del DPGR 36/R/2009**

Ai fini del presente regolamento il progetto di riconfigurazione ed ampliamento di una parte del terminal aeroportuale di Firenze prevede la realizzazione di nuovi edifici e l'ampliamento di contigui per volumetrie superiori a 6000 mc per altezze fuori-terra comprese tra 10 e 15 m.


Conseguentemente, in relazione alle volumetrie previste, l'intervento ricade in una **classe di indagine 4**, (*Opere di volume lordo superiore a 6000 mc o altezza in gronda > 20 m .....*).

Con riferimento a tale classe di indagine *"la categoria del suolo di fondazione si determinano mediante prove sismiche in foro....."*

Per i nuovi locali prefabbricati del varco staff si hanno volumetrie comprese tra 150 e 1500 mc, con altezze fuori-terra < 6 m; tali opere, pertanto, ricadono in una **classe di indagine 2**,

*Per gli interventi ricadenti in tale categoria la categoria di suolo di fondazione e le geometrie sepolte si determinano mediante indagini geofisiche, quali sismiche a rifrazione o mediante prove geotecniche elaborate mediante metodologie ufficialmente riconosciute. Le indagini sono effettuate nel sito oggetto di studio o in aree adiacenti caratterizzate dagli stessi contesti geologici, geomorfologici e geotecnici.....*

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	10

### B.3 - Inquadramento geologico dell'area (Tavv. 2 – Allegato 1)

L'area aeroportuale di Firenze si trova nella parte orientale del bacino fluvio-lacustre della piana di Firenze-Prato-Pistoia, una depressione post-orogenetica colmata da sedimenti prevalentemente villafranchiani (Pliocene superiore-Pleistocene inferiore) di ambiente lacustre (argille e limi) e dai relativi depositi fluviali connessi ai corsi d'acqua immissari (sabbie e ghiaie).

Tali terreni sono ascrivibili al Supersintema dell'Arno-Depositi palustri di ambiente fluvio-alluvionale e limno-palustre.

La litostratigrafia del settore in studio vede una netta prevalenza di sedimenti fini di prevalente deposizione lacustre, con rari passaggi di sedimenti fluviali grossolani, riferibili, sia all'alveo attuale (storico) del F. Arno (Orizzonte Firenze 2) con relativi affluenti dal settore nord della Piana (Sesto Fiorentino), sia all'alveo di un precedente corso d'acqua (denominato paleo-Arno) che sfociava nella piana lacustre fiorentina (Orizzonte Firenze 3).

In particolare la ricostruzione litostratigrafia ottenuta dai vari carotaggi eseguiti in zona (vedi Tavola 5-All. 1), evidenzia come l'area in esame sia collocata alla fine dei depositi fluviali recenti dell'attuale corso del F. Arno, con una lente ghiaioso-sabbiosa presente tra i 10-12 m di profondità in S3-2017 e S1 B-2009 (terminale in S6-pz6) ma assente in S4-2017, S1 A-2007 e in SIT 1297 e 1606, mentre tutta l'area occupata dagli edifici aeroportuali è stata interessata dai depositi fluviali del paleo-arno, presenti tra le profondità di 25-32 m (Firenze 3).

Il limite settentrionale di tale corpo ghiaioso-sabbioso più antico può essere collocato ben all'interno dell'area aeroportuale, almeno ad 80-100 m a nord del previsto nuovo varco-staff.

I carotaggio eseguiti in più periodi hanno evidenziato anche la presenza di corpi lentiformi sabbioso-ghiaiosi e sabbioso-limosi riferibili ad alvei dei fossi e torrenti che, dal versante nord della pianura (Sesto Fiorentino), raggiungevano l'allora alveo anastomizzato del F. Arno, che lambiva l'attuale area aeroportuale (Firenze 2).


Ad eccezione di questi due orizzonti sabbioso-ghiaiosi e di altri corpi lentiformi di minore spessore e maggiore irregolarità, il resto dei depositi è caratterizzato da sedimenti fini, costituiti da lunghe sequenze di argille limose e limi argillosi, talvolta con contenuto variabile in sabbie fini.

Nel settore in esame lo spessore dei depositi fluvio-lacustri risulta di oltre 250 m (Comune di Firenze-UNIFI: Carta geologica del substrato litoide dell'area fiorentina, 2004 – vedi Allegato1).

Il substrato litoide del bacino lacustre è caratterizzato dai terreni cretaceo-eocenici della Formazione di Sillano (FS) con prevalenti argilliti e marne e subordinati calcari marnosi e arenarie calcarifere.

Il bacino di Firenze-Prato-Pistoia presenta un classico andamento appenninico (NO-SE) con una geometria profonda a semi-graben molto asimmetrico, con la faglia principale disposta sul lato nord-orientale (faglia di Fiesole). In questo contesto la morfologia del substrato del bacino fluvio-lacustre è modellata da faglie secondarie

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	11

ad andamento anti-appenninico (NE-SO); una delle principali faglie di questo tipo è presente lungo la direttrice Quarto-Novoli-Cascine-Isoletto (faglia trasversale “Scandicci-Castello”), determinando un brusco approfondimento del substrato (aumento spessore depositi fluvio-lacustri) che passa da 25-50 m per il centro di Firenze a 250 m e oltre per la zona di Novoli ovest e Peretola.

L'attuale area occupata dall'aeroporto presenta quindi uno spessore di depositi fluvio-lacustri di almeno 275-290 m (Comune di Firenze-UNIFI: Carta Litotecnica dell'area fiorentina, 2004), confermato anche dalle estrapolazioni con le quali si valuta lo “spessore di strato risonante” ottenibili con le frequenze di sito ( $f_0$ ) definite nel 2011 su gran parte dell'area aeroportuale (LP Geognostica & Garuglieri, 2011) e confermate dalle indagini geofisiche eseguite per il presente progetto (Soget & Mesa, febbraio 2017).

## B.4 – Geomorfologia

L'area in esame si trova alla periferia Nord-Ovest del territorio comunale di Firenze, al confine con quello di Sesto Fiorentino, in un contesto totalmente pianeggiante.

Le quote topografiche per i settori di intervento variano da 37,7 a 38,3 m s.l.m.

L'aeroporto A. Vespucci è collocato al margine Nord-Est della pianura alluvionale e della relativa area antropizzata di Firenze, un settore di territorio che non presenta alcun carattere geomorfologico degno di nota (Carta Geomorfologica, Var. PS 2015).


## B.5 - Idrogeologia dell'area

La situazione idrogeologica dell'area aeroportuale in esame vede la presenza di tre tipologie di falde acquifere:

- una prima falda freatica presente nei livelli superficiali di terreno e prevalentemente riferibile alla bassa permeabilità superficiale (“ristagni”) piuttosto che ha corpi acquiferi veri e propri, con variazioni stagionali molto accentuate e con soggiacenze medie rispetto al piano campagna variabili da 0,3-1,25 m nel periodo invernale-primaverile a 1-2,5 m nel periodo estivo<sup>1</sup>.
- una falda acquifera semiconfinata caratterizzata da un livello piezometrico con soggiacenza di 6-6,5 m presente nel settore sud dell'area aeroportuale legata alla presenza di corpi sabbioso-ghiaiosi tra le profondità di 10-12 m (Orizzonte Firenze 2 e paleoalvei marginali).
- una falda in pressione con livello piezometrico con soggiacenza di 11-12 m ubicata all'interno dei depositi ghiaioso-sabbiosi di uno strato presente sotto

<sup>1</sup> SIT Comune di Firenze, 2002 e 2007 – Geol. F. Corti “Relazione geologica ampliamento Hall Arrivi”, 2007 – misure piezometriche dirette dicembre 2016-marzo 2017.

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	12

tutta l'area aeroportuale tra le profondità di 25 e 32 m (denominato orizzonte Firenze 3), confinato all'interno di sedimenti fini argilloso-limosi<sup>2</sup>.

Per il monitoraggio della falda freatica superficiale/ristagno sono in funzione dei piezometri interni all'area aeroportuale, quali pz 2 (S2) e pz 5 (S5) installati per il presente progetto (Tav. 5-All. 1), nonché altri, più a Nord, collocati per il monitoraggio della nuova pista (S44 e S40).

Il monitoraggio della falda superficiale è completato sia dai piezometri comunali esterni (B40 e B41, SIT Comune di Firenze) sia dei piezometri interni all'area aeroportuale (P1, P2, P3 e P4) in allineamento con la pista attuale.

Il (lentissimo) deflusso della falda superficiale/ristagno segue l'andamento della superficie topografica, da NE verso SW.

Il livello piezometrico della falda idrica semiconfinata presente solo nel settore sud all'interno dell'orizzonte Firenze 2 e paleo-alvei marginali, è stata monitorata nel solo pozzo di pertinenza del "parcheeggio sosta lunga" (Pz 1) nel quale si è misurata una soggiacenza piezometrica di 6,13 m (dicembre 2016).

Il livello piezometrico della falda idrica confinata nell'orizzonte Firenze 3 posto tra 25 e 32 m di profondità è stato monitorato tramite il pozzo SIT 1291 e pz6 (S6) interni all'area aeroportuale e dai pozzi SIT 1424 e Pz 2, esterni.

Le soggiacenze piezometriche registrate tra il dicembre 2016 ed il marzo 2017 sono risultate variabili da 11 a 12 m circa per l'area aeroportuale (-11,19 m pz6-S6 e -12,02 m pozzo SIT 1291), mentre nel Pz 2 (via Chiari) il livello piezometrico è risultato di -21,36 m da p.c.; per tale livello piezometrico è palesemente evidente un flusso della falda da Est verso Ovest, indotto dalla depressione causata sia dagli attingimenti dell'area di Peretola che dai pozzi acquedottistici di Peretola-Osmannoro.


Dai dati acquisiti per l'area in esame risulterebbe un'interferenza diretta delle fondazioni superficiali previste con la falda freatica superficiale che, nel periodo invernale, presenta soggiacenze anche di soli 30 cm (Pz 2-S2) a causa della bassissima permeabilità dei terreni presenti.

Per quanto riguarda l'eventuale ricorso a fondazioni profonde, prevedibilmente riferibili a profondità massime di 20 m circa, si evidenzia la non interferenza diretta con la falda idrica in pressione presente nell'orizzonte di ghiaie e sabbie tra 25 e 32 m di profondità (orizzonte Firenze 3). Per le eventuali strutture fondali profonde è invece possibile l'attraversamento di settori di ghiaie e sabbie sature tra i 10 ed i 12 m di profondità.

Si evidenzia come l'approfondimento di eventuali pali di fondazione oltre i 22-23 m renderebbe possibile l'ingresso, nei fori dei pali stessi, della falda idrica in pressione presente all'interno dell'acquifero confinato a partire dalle profondità di 25 m circa.

<sup>2</sup> Garuglieri-Griffini-Peruzzi e Pranzini G.: L'inquinamento da organoalogenati nelle acque di falda della zona nord-ovest di Firenze, UNIFI-Acquedotto Firenze, 1990

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	13

## B.6 – Indagini geognostiche (Tavv. 5 – Allegato 1)

Si riportano di seguito le varie indagini geognostiche svolte per l'area aeroportuale dell'Amerigo Vespucci di Firenze, relative sia all'attuale progetto di riconfigurazione e ampliamento del terminal, sia alla prevista costruzione di due nuove pensiline (Mesa sas e Soget snc, dicembre 2016-febbraio 2017); si riportano, inoltre, le indagini acquisite per il precedente ampliamento della Hall Arrivi (GEA snc, aprile 2007 e dicembre 2009), per la definizione dei principali parametri sismici del terminal (Garuglieri, maggio-novembre 2011), nonché per l'ampliamento del piazzale Est di sosta aeromobili (S.B.C. Geologi Associati, febbraio 2014):

1 – acquisizione dati geologici e idrogeologici a livello di area (SIT Comune di Firenze; Garuglieri-Griffini-Peruzzi e Pranzini G.: L'inquinamento da organoalogenati nelle acque di falda della zona nord-ovest di Firenze, UNIFI-Acquedotto Firenze, 1990)

2 – esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo S3 fino alla profondità di 41 m attrezzato con tubazione per esecuzione prova Down-Hole, con prelievo di n. 3 campioni a 5-5,5 m, 9-9,6 m e 15-15,5 m per prove di laboratorio (parametri fisici, limiti di consistenza, granulometria, prova compressione EE, prova taglio diretto, prova edometrica); esecuzione di n. 6 prove SPT (Mesa sas, gennaio 2017).

3 – esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo S6 fino alla profondità di 40 m attrezzato con piezometro da 3", con prelievo di n. 3 campioni a 2-2,5 m, 5-5,5 m e 12,5-13 m per prove di laboratorio (parametri fisici, limiti di consistenza, granulometria, prova compressione EE, prova taglio diretto, prova edometrica); esecuzione di n. 6 prove SPT (Mesa sas, febbraio 2017).


4 – esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo S4 fino alla profondità di 15 m, con prelievo di n. 2 campioni a 2,5-3 m e 7-7,5 m per prove di laboratorio (parametri fisici, limiti di consistenza, granulometria, prova compressione EE, prova taglio diretto, prova edometrica) – (Mesa sas, gennaio 2017).

5 – esecuzione di due sondaggi a carotaggio continuo S1 e S2 (pensilina A) e S5 (pensilina B) fino alle profondità di 15 m; prelievo di n. 2 campioni a 2-2,5 m (S1) ed a 10-10,5 m (S2) per prove di laboratorio (parametri fisici, limiti di consistenza, granulometria, prova compressione EE, prova taglio diretto, prova edometrica); esecuzione di n. 3 prove SPT in S1 (Mesa sas, dicembre 2016).

6 – Misure piezometriche eseguite in pozzi e piezometri sia all'interno dell'area aeroportuale che esterni, dal dicembre 2016 al marzo 2017.

7 – esecuzione di prova sismica Down-Hole in S3 fino a 37 m di profondità (sito varco e ampliamento – Soget snc, dicembre 2016).

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	14

8 – esecuzione di n. 2 stese sismiche a rifrazione (Sp2: ampliamento e sito varco; Sp1: sito varco) e 1 masw (sito varco) – (Soget snc, febbraio 2017).

9 – acquisizione di rumore microsismico HVSR per definizione della frequenza di sito Fo (Soget snc, dicembre 2016).

10 – esecuzione di due sondaggi a carotaggio continuo S1 e S2 (pensilina A) e S5 (pensilina B) fino alle profondità di 15 m; prelievo di n. 2 campioni a 2-2,5 m (S1) ed a 10-10,5 m (S2) per prove di laboratorio (parametri fisici, limiti di consistenza, granulometria, prova compressione EE, prova taglio diretto, prova edometrica); esecuzione di n. 3 prove SPT in S1.

11 – Acquisizione di sondaggio a carotaggio continuo (S1-B, prof. 32 m – GEA snc, novembre 2009) per prova sismica down-hole con esecuzione di n. 3 prove SPT in foro e prelievo di n. 3 campioni a 2-2,5 m, 8-8,5 m e 19,5-20 m per prove di laboratorio (IGETECMA snc parametri fisici, limiti, granulometria, taglio CD, edometria)

12 – Acquisizione di sondaggio a carotaggio continuo (S1-A, prof. 16 m - GEA snc, aprile 2007) con prelievo di n. 3 campioni a 3-3,5 m, 7,5-8 m e 13-1,5 m per prove di laboratorio (IGETECMA snc, parametri fisici, prova EE, prova taglio, prova triassiale CU e UU);

13 – acquisizione di prova sismica down-hole in foro S1-B (GEA snc, novembre 2009);


14 – acquisizione di n. 5 basi sismiche M.A.S.W. (Multi-chanel Analysis of Surface Waves) per la definizione del parametro Vs30 ai fini della caratterizzazione sismica locale (Studio Geologico Garuglieri-LP Geognostica, maggio 2011).

15 – n. 5 acquisizioni di rumore microsismico HVSR per definizione della frequenza di sito Fo (Studio Geologico Garuglieri - LP Geognostica, maggio 2011).

16 – Acquisizione di n. 3 sondaggi a carotaggio continuo (S1, S2, S3) eseguiti tra il nuovo varco staff e la pensilina A per l'ampliamento del piazzale Est di sosta aeromobili (S.B.C. Geologi Associati, gennaio-febbraio 2014).

I risultati ottenuti con le indagini dirette e acquisite a livello di area risultano assolutamente esaustivi per la caratterizzazione litostratigrafico-geotecnica e sismica dei terreni interessati dagli interventi di riconfigurazione e ampliamento del terminal aeroportuale Amerigo Vespucci di Firenze in progetto, ai sensi delle NTC 2008 e DPGR 36/R/2009, in relazione alla locale situazione geomorfologica e di pericolosità geologica e sismica assegnate.

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	15

## B.7 – Modello geologico del sottosuolo (Litostratigrafia)

Utilizzando ed incrociando i dati dei tre sondaggi a carotaggio continuo interessanti le aree di intervento (S3-S6: ampliamento e S4: varco staff e magazzino) con i profili sismico-tomografici eseguiti (Sp1 e Sp2) e con gli altri dati relativi alle zone limitrofe e riferite sempre all'area aeroportuale, è stato possibile definire la litostratigrafia del sottosuolo dei due interventi previsti, riassunte nelle seguenti Tabelle 1 e 2.

Tabella 1 – Litostratigrafia del terreno **d'intervento: ampliamento** (attuale appalto)

Profondità (m)	Descrizione litologica
0 – 1/1,4	Riporti di origine antropica variamente addensati
1/1,4 – 2,5	Argille limose alterate, da poco a moderatamente compatte ( $5 < N_{spt} < 10$ )
2,5 – 10/12	Argille limose da compatte a molto compatte ( $N_{spt} > 30$ ), con rari passaggi sabbiosi e ghiaiosi
10/12 – 12/12,5	Livello di sabbie limose con ghiaie sabbioso-limose (Orizzonte Firenze 2 e contributi da affluenti settore nord)
12/12,5 - 25	Argille limose molto compatte con setti di limi argillosi debolmente sabbiosi
25 – 30/32	Livello di sabbie limose e ghiaie sabbioso-limose (Orizzonte Firenze 3)
> 30/32	Sequenza di argille limose e limi argillosi, talvolta debolmente sabbiosi; rari corpi lentiformi di sabbie e ghiaie.
275-290	Substrato litoide della Formazione di Sillano-Pietraforte (rocce del fondo-lago)

Nei primi 30 m di profondità sono presenti sedimenti di prevalente deposizione lacustre e subordinatamente di origine fluviale, sia di esondazione che di alveo, quest'ultimi evidenziati dalle due lenti sabbioso-ghiaiose presenti, in modo discontinuo, tra 8,8 e 12,5 m e, in maniera molto più continua ed uniforme, tra 25 e 30/32 m di profondità; al di sotto dei 30/32 m prevalgono nettamente le fasi lacustri, caratterizzate quasi esclusivamente da lunghe sequenze di argille e limi.

Il substrato litoide è segnalato ("Carta geologica del substrato litoide dell'area fiorentina", 2004 – Allegato 1) a profondità variabili da 275-290 m circa, in approfondimento verso ovest e nord-ovest, secondo le due dislocazioni tettoniche dominanti: la faglia di Fiesole, bordeggiante il bacino fluvio-lacustre con direzione NO-SE e la faglia di Scandicci-Castello con direzione SO-NE.

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE


	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	16

Tabella 2 – Litostratigrafia del terreno **d'intervento: varco staff e magazzino**

Profondità (m)	Descrizione litologica
0 – 1,45	Riporti di origine antropica variamente addensati
1,45 – 2,5	Argille limose alterate, da poco a moderatamente compatte
2,5 – 25	Argille limose da compatte a molto compatte, con rari passaggi limoso-argillosi e sabbiosi
25 – 30	Livello di sabbie limose e ghiaie sabbioso-limose (Orizzonte Firenze 3)
> 30	Sequenza di argille limose e limi argillosi, talvolta debolmente sabbiosi; rari corpi lentiformi di sabbie e ghiaie.
275-290	Substrato litoide della Formazione di Sillano-Pietraforte (rocce del fondo-lago)

## B.8 – Pericolosità geologica - Fattibilità

L'aeroporto A. Vespucci è collocato al margine Nord-Est della pianura alluvionale e della relativa area antropizzata di Firenze, un settore di territorio che non presenta alcun carattere geomorfologico degno di nota.

Il vigente RUC (agg. Delib. CC 2016/C/00055 del 14.11.2016), evidenzia per tutta l'area aeroportuale la seguente pericolosità geologica:

### Pericolosità geologica G.2 (media)

“aree e versanti con assenza di evidente instabilità e con elementi geomorfologici, litologici e giaciture con bassa propensione al dissesto (.....)”

**All'art. 44 “aeroporto”** della Parte 3 “Infrastrutture e reti tecnologiche” del RUC aggiornato (Delib. CC 2016/C/00055 del 14.11.2016) risultano **“sempre ammessi gli interventi di nuova costruzione, ampliamento e recupero di immobili entro l'area aeroportuale, purchè funzionali alla gestione e sviluppo del servizio”** (comma 5).


Per la **fattibilità geologica** degli interventi progettuali previsti in area aeroportuale (ampliamento terminal, nuovo varco staff e magazzino merci) questi risultano “sempre ammessi”.

Con riferimento alla tabella riportata nell'art. 73 del RUC (agg. Delib. CC del 14/11/2016) “*Matrice della fattibilità geologica in funzione della tipologia di intervento e della pericolosità dell'area*”, la costruzione di manufatti edilizi infrastrutturali riferibili alla classe di indagine 4 e 2 della DGRT 36R/09, non risulta soggetta a fattibilità geologica, in quanto tali interventi sono regolamentati all'art. 44 del medesimo RUC.

Sempre all'interno della Tabella di fattibilità di cui all'art. 73, volendo equiparare l'intervento previsto quale “servizio pubblico”, per l'ampliamento del terminal (classe d'indagine 4 DPGR 36/R/09), questi risulterebbe una **Fattibilità G3 “condizionata”**,

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE



	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	17

mentre gli altri interventi (varco staff, magazzino merci, ecc. – classe di indagine 2) risulterebbero con **Fattibilità G2 “con normali vincoli”**.

#### Art. 74 RUC Fattibilità geologica

**Fattibilità geologica condizionata FG.3:** *“sono consentiti gli interventi di ristrutturazione edilizia con demolizione e ricostruzione, di ristrutturazione urbanistica, nuova edificazione o realizzazione di nuove infrastrutture.....”*

**Fattibilità geologica con normali vincoli FG.2:** *“sono consentiti gli interventi di nuova edificazione e di realizzazione di nuove infrastrutture, nonché la ristrutturazione urbanistica e quella edilizia con demolizione e ricostruzione.....”*

## C) RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

### C.1 – Pericolosità idraulica - Fattibilità

Per quanto attiene la progettazione delle opere previste nella “Riconfigurazione e ampliamento del terminal aeroportuale” la pericolosità idraulica da nuova modellazione AdBFA-PGRA risulta **P.2 “media”**, riferibile alla **I.3 “elevata”** del DPGR 53/R/2011.

La recente modellazione idraulica eseguita dall’AdBFA per l’area di Firenze (dicembre 2015 e segg.) ha definito il settore aeroportuale quale **“area di transito”**, in quanto il modello idraulico non è in grado di stabilire dei battenti “fissi” di accumulo.

Convenzionalmente per le aree di transito l’art. 75 della Parte 4 “Disciplina dei sistemi territoriali” del RUC (comma 1. Norme comuni) considera un battente per l’evento con Tr 200 pari a +30 cm sul piano campagna di riferimento.


*“Nella progettazione degli interventi di messa in sicurezza si deve tenere conto di un franco di +30 cm rispetto al livello idraulico di riferimento o, per le aree di transito, rispetto al battente convenzionale di 30 cm”.*

Per gli interventi ricadenti in **pericolosità I.3-Fattibilità FI3** (allagabili con eventi  $30 < Tr < 200$  anni) le NTA del RUC (art. 75 comma 3) consentono *“gli interventi di nuova edificazione o la realizzazione di nuove infrastrutture..... a condizione che sia prevista la preventiva o contestuale realizzazione di interventi di messa in sicurezza per eventi con Tr di 200 anni, anche attraverso interventi diretti sulle strutture e sulle dotazioni tecnologiche dei manufatti (infissi a tenuta stagna, impianti di pompaggio, rialzamento prese d’aria, realizzazione di perimetri a tenuta stagna, ecc.)”*

### C.2 - Compensazioni idrauliche

In considerazione delle tipologie degli interventi di demolizione/costruzione e dei battenti idrici di +30 cm, per l’ampliamento del terminal e del nuovo varco staff/magazzino, si ricava un volume idrico sottratto all’esonazione di circa 210 mc.

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	18

Il settore di area aeroportuale dove sono previsti gli interventi in progetto si trova all'interno del bacino idrografico del canale "acque basse" del Comprensorio di Bonifica della Piana Fiorentina (Elaborato D del P.S.: Carta Idrologia superficiale – DB Geologico regionale – Rischio idraulico sul territorio comunale di Firenze, Ing. Pagliata, Dicembre 2013, variante P.S., 2015).

Il canale, in parte tombato, costeggia il terrapieno autostradale al margine sud dell'area aeroportuale per poi confluire, tramite culvert di sottopasso dell'A11, nel "Fosso Reale". In considerazione della collocazione degli interventi rispetto al bacino sotteso a valle, con superficie compresa tra 1 e 10 kmq, una volumetria di circa 210 mc sottratta all'esondazione od al ristagno non comporta la necessità di opere di compensazione idraulica (art. 75 NTA comma 3 - DPGR 53/R/11).

### C.3 - Messa in sicurezza idraulica degli interventi

La messa in sicurezza degli interventi è prevista mediante la "realizzazione di perimetri a tenuta stagna", come consentito dall'art. 75 comma 3 RUC.

Per la norma vigente si dovrà prevedere una altezza minima di tali manufatti pari a :  
30 + 30 = 60 cm (almeno).


## D) RELAZIONE SISMICA

Il bacino di Firenze-Prato-Pistoia presenta un classico andamento appenninico (NO-SE) con una geometria profonda a semi-graben molto asimmetrico, con la faglia principale disposta sul lato nord-orientale (faglia di Fiesole). In questo contesto la morfologia del substrato del bacino fluvio-lacustre è modellata da faglie secondarie ad andamento anti-appenninico (NE-SO); una delle principali faglie di questo tipo è presente lungo la direttrice Quarto-Novoli-Cascine-Isolotto (faglia trasversale "Scandicci-Castello"), determinando un brusco approfondimento del substrato (aumento spessore depositi fluvio-lacustri) che passa da 25-50 m per il centro di Firenze a 250 m e oltre per la zona di Novoli ovest e Peretola.

Il settore di pianura in studio è ubicato ad una distanza di circa 1,5 km ad ovest della scarpata di faglia "Scandicci-Castello" ed a 2,5 km da quella "appenninica" di "Fiesole" (vedi "Carta geologica del substrato litoide dell'area fiorentina – Comune di Firenze, 2004 – Allegata).

I terreni presenti nell'area aeroportuale appartengono al "sintema del Lago Firenze-Prato-Pistoia" (ftp): *massicci corpi di argille limose grigio-azzurrognole e grigio-verdastre (terreni coesivi CH-OH) con componente granulare spesso < 5 % e presenza di livelli e lenti di ghiaie e sabbie, in genere sporche. Verso l'alto passano a limi argillosi bruni con torbe e frustoli carboniosi, con depositi clastici di delta e fan-delta costituiti da ciottolami e ghiaie sporche, ghiaie sabbiose, sabbie limose e limi sabbiosi, in corpi più o meno massivi e canalizzati* (Pliocene Superiore-Pleistocene Inferiore)

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	19

### Comune di Firenze:

zona sismica DGRT 878/12: 3 (ag/g  $\leq$  0,15)

zona sismogenetica (ZS): 916 (Chianti-Versilia)

Terremoto atteso: 5,4 M

Per quanto riguarda gli aspetti sismici, l'area del comune di Firenze oggetto degli interventi viene indicata con una "**pericolosità sismica locale elevata S.3**" (Carta Pericolosità sismica, aggiornamento RUC Delib. CC 2016/C/00055 del 14.11.2016, Tav. 4 bis – Allegato 1).

L'attribuzione di tale valore (S.3) è la risultante di vari aspetti elaborati per la stesura del Piano Strutturale 2010 e la Variante 2015.

In particolare per la stesura del P.S. comunale 2010 si è fatto ricorso alla modellazione del Fattore di Amplificazione sismica elaborato per l'intera superficie comunale (programma Shake91) confrontata con le seguenti situazioni locali riferite alle direttive fornite dall'URTAT di Firenze per la definizione delle zone a maggior pericolosità sismica locale (ZMPSL):

4 – zone con terreni particolarmente scadenti (argille e limi molto soffici, riporti poco addensati);

5 – zone con terreni granulari fini poco addensati, saturi d'acqua con falda superficiale indicativamente nei primi 5 m dal p.c. ;

9 – zone con presenza di depositi alluvionali granulari e/o sciolti, riferibili ai terreni granulari GS, GP, SS, SP della Carta Litologica comunale;

13 – contatto tettonici , faglie (dislocazioni di fondo lago).

Nel Piano Strutturale 2015 (variante al PS 2010) è stata sviluppata la "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)" quale elaborato di livello 1 di approfondimento della microzonazione sismica, come previsto dal DPGR 53/R/2011.

Lo scopo di tale elaborato è stato quello di "*individuare le microzone ove, sulla base delle osservazioni geologiche e geomorfologiche e dell'elaborazione dei dati geognostici e geofisici disponibili, è prevedibile l'occorrenza di diverse tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.)*"


Dall'esame ed elaborazione dei vari dati, nella zona aeroportuale di intervento la cartografia MOPS a livello di Piano Strutturale 2015, non sono state individuate zone caratterizzate da presenza di depositi potenzialmente soggetti a liquefazione e zone interessate da deformazioni dovute a faglie attive e capaci.

L'area aeroportuale è inserita in una zona con amplificazione locale di classe 2: zone stabili suscettibili di amplificazioni locali: zone caratterizzate dalla presenza di depositi alluvionali, depositi alluvionali terrazzati, depositi fluvio-palustri e depositi di conoide alluvionale.

*Le zone suscettibili di amplificazione locale sono state ulteriormente classificate in base alla tipologia e sequenza dispozionale dei depositi ad alla profondità del substrato.*

*L'area aeroportuale ricade nella sottozona 7 (Carta MOPS, Variante P.S. 2015).*

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	20

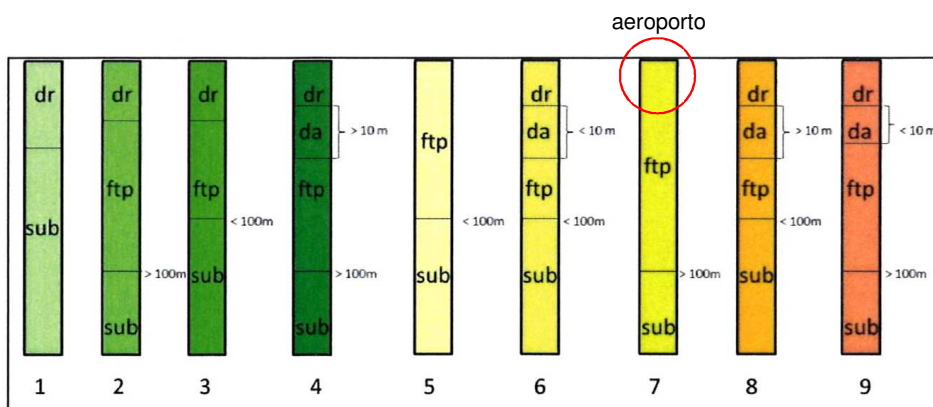


Figura 3 – Suddivisione delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali in sottozone.  
Dove: dr = Depositi Recenti; da = Depositi Antichi; ftp = Sintema del Lago Firenze-Prato-Pistoia; sub = substrato litoidale.

Dalle indagini puntuali eseguite per gli interventi, le condizioni litostratigrafiche e granulometriche locali indicano una bassa predisposizione a **fenomeni di addensamento differenziale** in caso di evento sismico limite (terremoto atteso: 5,4 M).

Sempre su base granulometrica sono sostanzialmente da **escludere** anche significativi **fenomeni di liquefazione**, per la tipologia fine dei terreni sotto fondazione e sotto falda (> 90 % di limi e argille), con fusi granulometrici al di fuori o, con piccole percentuali, ricadenti nelle **“fasce granulometriche critiche”** indicate da vari Autori (Lee-Fitton; Kishida, Seed-Idriss – vedi elaborati granulometrici, allegato 2- Prove di Laboratorio).

La carta della pericolosità sismica (P.S. 2015, agg. RUC 2016), inoltre, introduce due **sottozone sismiche** con fenomenologie di pericolosità da sottoporre a specifica normativa in quanto tali aree sono interessate da un fattore di amplificazione sismica  $F_a > 1,65$ , individuate nell’ambito della modellazione eseguita per il P.S. comunale 2015 (“Carta Fattore di amplificazione sismica”).


**In particolare all’area oggi occupata dall’aeroporto di Firenze viene assegnata una pericolosità sismica elevata S.3 riferita ad un Fattore di amplificazione sismica calcolato  $F_a < 1,2$  ( $1,01 < F_a < 1,1$  – Carta fattore di amplificazione sismica, variante P.S., 2015).**

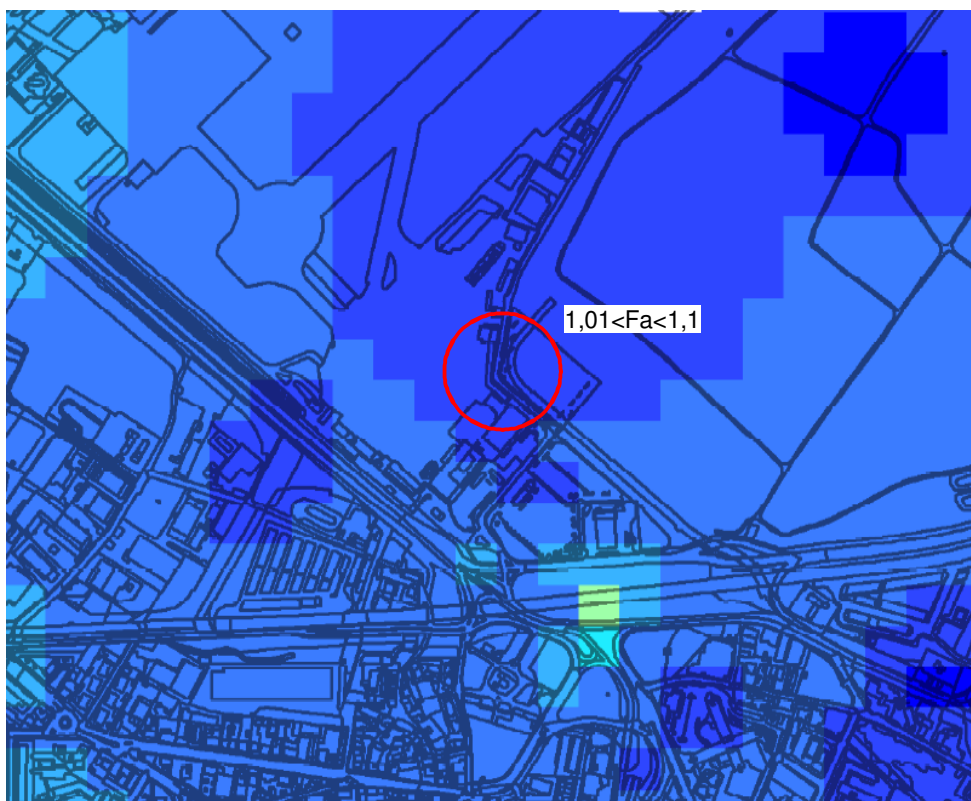
Per quanto riguarda la **sismicità storica** dell’area risulta che questa si trova a distanza di 1,5-2,5 km da due faglie attive con andamento NO-SE (“faglia di Fiesole”) e SO-NE (“faglia Scandicci-Castello”).

Numerosi sono stati i terremoti storici avvenuti in un raggio di 10 km dall’area aeroportuale, di cui il maggiore risulterebbe quello del 1453 con epicentro tra Firenze e Bagno a Ripoli con  $7,0 < MCS < 9,0$  (SIT: “Carta delle faglie attive e dei terremoti storici” – Allegata).

L’area sismicamente attiva più vicina all’aeroporto risulta il Mugello, distante circa 15-20 km a NE.

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	21



Carta fattore di amplificazione sismica, variante P.S., (2015).


## D.1 - Definizione del tipo di categoria di suolo di fondazione mediante vari metodi *(O.P.C.M. 3274/03 e succ. mod. e int., Allegato 2, par. 3.1)*

### D.1.1 - Definizione Vs30 da campagna sismica M.A.S.W. (dicembre 2016)

La definizione della categoria sismica del terreno di intervento interessato dal **Nuovo Varco Staff e Magazzino** è stata definita attraverso l'esecuzione della base sismica M.A.S.W. (Multi-channel Analysis of Surface Waves) "Sito varco", con acquisizione eseguita il 21 dicembre 2016 (vedi report So.Ge.T. in allegato 3, Tav. 5).

La campagna geofisica, svolta ai sensi del D.M. 14.01.2008 e dell'O.P.C.M. 28.04.2006, ha permesso di effettuare una caratterizzazione sismica del terreno valutando la velocità di propagazione delle Onde S; tale tecnica d'indagine sfrutta le onde superficiali di Rayleigh. Il metodo mira ad una caratterizzazione sismica del sottosuolo basandosi sull'analisi della dispersione geometrica delle onde di superficie. Il risultato finale del processo di elaborazione è il profilo verticale delle velocità delle onde S. Tale indagine è utile quando la profondità da investigare è compresa tra i 10 m ed i 50 m e risulta convenientemente utile al fine di definire la presenza di un substrato sismico ( $V_s \geq 800$  ms) nello spessore suindicato.

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	22

L'elaborazione dei dati sismici ha consentito l'identificazione della categoria del suolo di fondazione, ottenuta attraverso la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio, detta "VS30".

In funzione delle risultanze ottenute nella prospezione geofisica svolta, si è definita una

$$V_{S30} = 313 \text{ m/sec}$$

Sulla base del valore di Vs30 il sito è risultato appartenere alla **categoria di suolo di fondazione C** ("Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, con valori di  $180 < V_{s30} < 360$ ;  $15 < N_{spt} < 50$ ;  $< 70 C_u < 250 \text{ kPa}$ ")

Il profilo delle Vs evidenzia, oltre ad uno spessore di asfalto e riporti compatti fino a 1,5-1,8 m, uno strato superficiale molto areato nei primi 5,5 m circa di profondità ( $V_s \leq 200 \text{ m/s}$ ) ed un secondo sismostrato fino a circa 18 m di profondità con caratteristiche elastiche leggermente migliori ( $V_s = 250 \text{ m/s}$  circa); dai 18 m circa si evidenzia un graduale miglioramento delle caratteristiche elastiche del terreno, con velocità di taglio di circa 600 m/s a 32 m. Il substrato sismico ( $V_s > 800 \text{ m/s}$ ) risulta ad una profondità significativamente maggiore di 32 m ed è presumibilmente individuabile con il locale substrato litoide del fondo-lago.

***Sulla base dei risultati delle varie MASW eseguite su tutta l'area aeroportuale (2011-2016) si è riportata su base cartografica in scala 1:5000 la variazione del parametro Vs30 per l'area aeroportuale (vedi Allegato 1: Tav. 6).***

#### D.1.2 - Calcolo Vs30 da prova "down-hole" in foro S3 (dicembre 2016)


Per l'**ampliamento terminal con volumetrie maggiori di 6000 mc** previsto in corrispondenza dell'attuale varco, in ottemperanza alla D.P.G.R. 36/R/2009 ed alle NTC 2008, nel dicembre 2016 è stata eseguita una prova sismica "down-hole" nel sondaggio S3 con acquisizioni fino alla profondità di 37 m (vedi report Allegati).

Dall'elaborazione dei dati sismici il suolo di fondazione è risultato di "categoria C", con un valore della velocità media delle onde di taglio  **$V_{s30} = 298 \text{ m/s}$**  (vedi report So.Ge.T. in allegato 3 – Tavola 6)

Tale risultato è in accordo con la Masw eseguita poche decine di metri a monte ("Sito varco"), nonché con quelle eseguite nell'area nel maggio 2011 (vedi Tav. 6 – Allegato 1).

Dal grafico profondità/Vs risulta un aumento regolare delle Vs con la profondità, con un leggero, repentino, incremento tra 25-26 m di profondità, in accordo con la stratigrafia ricostruita (orizzonte "Firenze 3" di ghiaie e sabbie).

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	23

## D.2 - Definizione della frequenza di sito (fo) mediante sismica passiva

Durante l'esecuzione delle indagini sismiche del dicembre 2016 si è anche provveduto all'acquisizione del **rumore sismico di fondo derivando poi il rapporto spettrale delle frequenze HVSR**, tra la componente media sul piano orizzontale e la frequenza di vibrazione nel piano verticale. Tale elaborazione permette di ricavare la frequenze di risonanza di sito fo.

Tale parametro è rappresentato dalla frequenza con la massima amplificazione del rapporto spettrale.

La **fo** misurata per l'area di intervento in esame risulta di **0,41 Hz**, in accordo con le altre misure eseguite nel maggio 2011 per l'intero terminal aeroportuale, con valori compresi tra **0,55 Hz** (St. 5-2011) e **0,32 Hz** (St. 4-2011).

***Sulla base dei risultati delle varie HVSR elaborate su tutta l'area aeroportuale (2011-2016) si è riportata su base cartografica in scala 1:5000 la variazione del parametro fo per l'area aeroportuale (vedi Allegato 1 - Tav. 7).***

Il D.M. 14/1/2008 indica la necessità che le strutture presentino una frequenza di risonanza superiore alla frequenza di sito, al fine di ovviare al decadimento strutturale in seguito all'entrata in risonanza delle strutture stesse.

**I valori di fo ricavati indicherebbero uno spessore di terreno "risonante" corrispondente all'intero strato di depositi fluvio-lacustri sopra il locale substrato litoide, confermando la omogeneità sismica del suolo sotto gli edifici in progetto per spessori di 250-300 m.**


Particolarmente interessante, in tavola 7, risulta l'**andamento delle fo**, con un leggero aumento del valore verso est ed una diminuzione verso ovest; in considerazione della relazione che lega lo spessore risonante (H) alle Vs e fo ( $H = Vs / 4fo$ ), tale aspetto è da mettere in relazione con l'aumento dello spessore delle coperture fluvio-lacustri in direzione NO, a conferma dei dati geologico-strutturali dell'area (Carta geologica del substrato litoide area fiorentina, 2004 – Allegato 1).

## D.3 - Spettri di risposta sismica locale

La natura sensibile/strategica dell'opera in progetto, condiziona lo studio sismico dell'area alla definizione di un accelerogramma di progetto capace di meglio descrivere le azioni sismiche al piano fondazione di quanto non sia svolto dagli spettri semplificati delle categoria di suolo A-B-C-D-E.

Allo scopo si richiede lo sviluppo, mediante valutazione della Risposta Sismica Locale, di un modello numerico capace di derivare l'accelerogramma di progetto da accelerogrammi naturali o da accelerogrammi artificiali. La normativa esclude, di fatto, la possibilità di utilizzare sismogrammi sintetici che sono riferibili a modelli di fagliazione noti e quindi, di fatto, vedono la possibilità di essere ricostruiti a posteriori di un determinato evento sismico ben studiato.

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	24

Gli **accelerogrammi artificiali** possono essere derivati dalla conoscenza del contenuto in frequenza atteso per quel particolare sito e per una struttura geologica di riferimento nota.

Gli **accelerogrammi naturali** possono altresì essere scelti in base a criteri geometrici (distanza ipocentrale e magnitudo attesa) o su contenuti spettrali come sopra detti, da archivi esistenti.

### D.3.1 - Definizione mediante “Spettri V. 1.0.3”, Cons. Sup. LL.PP.

Mediante il programma messo a punto dal Consiglio Superiore dei LL. PP. (“*Spettri di risposta*” ver. 1.0.3) si sono elaborate le azioni di progetto (accelerazioni al suolo) in ragione delle locali condizioni elasto-stratigrafiche, morfologico-topografiche e di importanza del manufatto.

In considerazione della tipologia ed importanza dell’opera in progetto e della “classe d’uso” (“Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti.....”), si sono elaborati gli “spettri di risposta” con riferimento ai seguenti “Stati Limite”:

verifiche agli Stati Limite di Esercizio = **SLD** (stato Limite di Danno: danni lievi ma il fabbricato rimane in esercizio)

verifiche agli Stati Limite Ultimi = **SLV** (stato Limite di salvaguardia Vita: crolli parziali, buona resistenza verticale e margine di sicurezza orizzontale di collasso)

### Periodo di riferimento per l’azione sismica

In funzione del grado di protezione che si vuole ottenere, lo Stato Limite determina una **probabilità di superamento (Pvr)** nella **vita di riferimento (Vr)** della struttura in verifica.

Fissati tali parametri si può definire il **Periodo di ritorno (Tr)** dell’azione sismica, secondo la relazione:

$$Tr = - Vr / \ln(1-Pvr/100)$$

Per le strutture aeroportuali in progetto abbiamo:

Vita nominale **Vn** ≥ 50 anni (*varco staff*) e **Vn** ≥ 100 anni (*ampliamento terminal*)

Classe d’uso = **II** (*varco staff-magazzino*) e **IV** (*ampliamento terminal*)

Coeff. di Classe d’Uso **Cu** = 1,0 (*varco staff*) e 2,0 (*ampliamento terminal*)

Vita di riferimento (**Vr = VnxCu**) ≥ 50 anni (*varco staff*) e ≥ 200 anni (*ampliamento*)


Da cui si ricava:

Varco Staff:	Tr SLD = 50 anni	Ampliamento terminal:	Tr SLD = 201 anni
	Tr SLV = 475 anni		Tr SLV = 1898 anni
	Tr SLC = 975 anni		Tr SLV = 2475 anni

Maggiore è il periodo di ritorno Tr, più alta è la pericolosità sismica.

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE



	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	25

La **Pericolosità Sismica** è definita dalle NTC 2008 in funzione delle accelerazioni  $a_g$  e dello Spettro di Risposta  $S_e(T)$  riferito a suolo rigido, in base ai seguenti tre parametri:

**$a_g$**  = accelerazione orizzontale massima al suolo rigido (PGA)

**$F_o$**  = valore massimo di amplificazione spettrale  $\leq 2,2$

**$T^*c$**  = *periodo dello spettro ad ampiezza costante*

Elaborando con il programma fornito dal Consiglio Superiore LL. PP. (Spettri, v. 1.0.3) si sono ottenuti gli spettrogrammi e gli incrementi delle accelerazioni al suolo ai vari tempi di ritorno e stati limite considerati (vedi **Allegato 4**).

### D.3.2 - Definizione mediante RSL (“Risposta Sismica Locale”)

A complemento e verifica degli Spettri di Risposta definiti per l’area in esame dal CS LL.PP. 2008 (“Spettri V. 1.0.3) si è eseguito (**LP Geognostica**, marzo 2011) uno studio di Risposta Sismica Locale (RSL), utilizzando accelerogrammi spettrocompatibili mediante l’uso di specifici programmi, come richiesto dalle NTC 2008 per la progettazione strutturale delle opere strategiche /sensibili (Par. 3.2.3.6).

L’elaborazione necessita di duplice input:

- un set di accelerogrammi naturali, che è da noi definito debbano essere compatibili con criteri di scelta geometrica, è stato definito mediante il programma REXEL v. 3.2 (2011), un free-software messo a disposizione dall’Università di Napoli Federico II (Iervolino I., Galasso C., Cosenza E.)<sup>3</sup>
- una sismostratigrafia, capace di individuare la profondità del substrato sismico ( $V_s = 800$  m/s) al cui tetto applicare l’accelerogramma di riferimento, che è stata derivata dall’uso congiunto delle indagini M.A.S.W. e HVSR


Come detto, mediante SW REXEL si effettua l’estrazione di un set di accelerogrammi naturali compatibili con la magnitudo ( $M$ ) e distanza ( $R$ ), derivanti dalla disaggregazione delle caratteristiche di ciascun accelerogramma registrato, utilizzando il database ESD (European Strong-motion Database), successivamente scalati per l’accelerazione di sito e condizionati negli aspetti sismo-stratigrafici locali. Il set di accelerogrammi estratti consta di n° 7 accelerogrammi che si dicono “spettrocompatibili” in funzione delle condizioni di distanza e magnitudo considerate per il nostro sito.

Ciascun accelerogramma, applicato al tetto del substrato sismico, viene poi condizionato dalla sismostratigrafia compresa fino al piano di fondazione, o comunque di interesse. Mediante l’applicazione di metodi numerici (SHAKE ’91, implementati nel foglio di calcolo Free-ware EERA) si definisce la trasformazione di ciascun “accelerogramma di riferimento registrato”, ottenendo un set di accelerogrammi derivati. Mediando il risultato dei sette accelerogrammi così derivati, si ottiene un “accelerogramma di progetto”.

Questo procedimento, sommariamente definito **RSL** (Risposta Sismica Locale) permette quindi di ottenere un’accelerogramma utile per la progettazione strutturale, confrontabile con quello ministeriale.

<sup>3</sup> iunio.iervolino@UNINA.it

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	26

#### Dati di Input:

Longitudine: 11,20134°

Latitudine: 43,80249°

Categoria suolo: C

Categoria topografica: T1

Stato limite: crollo (SLC)

#### **ANALISI DELLA RSL - Dati in uscita (Allegato 4):**

L'accelerogramma di progetto vede un utilizzo che, in funzione delle scelte progettuali a livello strutturale, può essere anche sostanzialmente differente.

- Il primo metodo prevede l'utilizzo di un software di calcolo strutturale che può importare la curva di spettro così come è. Questa metodologia è sicuramente quella più corretta sotto il punto di vista matematico.

- Un secondo metodo vede la definizione di una curva di spettro rettificata; in questo contesto si viene a definire una curva che tende a mediare i livelli energetici nel tratto di curva compreso tra  $T_c^*$  e  $T_b$  (accelerazione costante). Questo metodo trascura eventi energetici importanti che possono essere stati derivati dal processo matematico applicato.

- Il Terzo metodo consiste nella definizione di una curva fittata al valore della massima accelerazione derivata nel processo di RSL. Tutta la curva viene comunque ricostruita capace di contenere lo spettrogramma derivato in RSL


- Un quarto metodo d'utilizzo dello spettrogramma ottenuto consta nella definizione dello spettrogramma semplificato (A-B-C-D-E) che contenga lo spettrogramma di RSL ottenuto. Questo metodo è spesso affetto da un errore grossolano, in quanto si viene ad avere un salto energetico anche importante a quelle determinate frequenze che sono altresì riferibili alle frequenze di vibrazione delle strutture in progetto. Laddove conosciuta la frequenza di risonanza delle strutture di progetto, è giustificato definire uno spettrogramma semplificato che contiene il livello energetico alla frequenza di lavoro ma che comunque presenta alcuni picchi dello spettrogramma di RSL debordanti lo spettrogramma semplificato stesso ma esterni al range di frequenze di risonanza delle strutture.

Il confronto dello "spettro di progetto" ottenuto dalla RSL con lo "spettro di normativa Cat. C" (NTC 2008) evidenzia un contenimento del primo all'interno della curva del secondo fino a  $T = 2,5$  sec., da dove le due curve, di fatto, coincidono.

**In definitiva le verifiche strutturali fatte con lo spettro di normativa per suolo Cat. C risultano cautelative rispetto ai dati sismici locali.**

Lo spettro di progetto evidenzia un picco di accelerazione a  $T = 0,3$  sec, di interesse ingegneristico, corrispondente all'effetto amplificativo massimo riconducibile al livello di sabbie e ghiaie presente tra 25 e 30 m di profondità circa.

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
	Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:

## D.4 – Parametri sismici locali (Tabella riassuntiva)


Di seguito si riassumono le principali caratteristiche sismiche dell'area e del substrato di intervento, ai sensi delle NTC 2008 (D. M. 14/1/2008).

**Tabella 3: Parametrizzazione sismica locale**

Comune	<b>Firenze</b>
Località	<b>Aeroporto A. vespucci, Peretola</b>
Coordinate WGS84	Long. 11,20134° Latit. 43,80249°
<b>DATI DI PROGETTO: Ampliamento terminal</b>	
Classe d'uso della costruzione	<b>IV</b>
Coeff. di classe d'uso (Cu)	<b>2,0</b>
Vita nominale (Vn)	<b>≥ 100 anni</b>
Vita di riferimento (Vn x Cu)	<b>≥ 200 anni</b>
Fattore di struttura (q)	<b>4</b>
<b>DATI DI PROGETTO: Varco staff e magazzino</b>	
Classe d'uso della costruzione	<b>II</b>
Coeff. di classe d'uso (Cu)	<b>1,0</b>
Vita nominale (Vn)	<b>≥ 50 anni</b>
Vita di riferimento (Vn x Cu)	<b>≥ 50 anni</b>
Fattore di struttura (q)	<b>1</b>
<b>PARAMETRI SISMICI LOCALI</b>	
Sottozona sismica regionale	<b>Zona 3</b> (Delib. GRT 878/12)
Accelerazione orizzontale max regionale	<b>0,15 g</b> (Delib. GRT 878/12)
Pericolosità sismica locale (agg. P.S. 2015)	<b>S.3</b> (elevata, con $1,01 < Fa < 1,1$ )
Categoria sismica del suolo di fondazione ( <i>Dow-hole in S3 e MASW, dicembre 2016</i> )	<b>C</b> $298 < V_{S30} < 313$ m/sec
Frequenza di sito $F_0$ ( <i>da HVSr – dicembre 2016</i> )	<b>0,41 Hz</b>
Coeff. amplificazione topografica ( <b>St</b> )	<b>1,0</b> (Cat. T1, pendio $< 15^\circ$ )
Coeff. di amplificazione stratigrafica ( <b>Ss</b> )	<b>1,5</b> (suolo categoria sismica C)
Attitudine alla liquefazione	<b>Da molto bassa ad assente</b>
Attitudine alla densificazione	<b>Molto bassa</b>
Fenomeni di amplificazione locali	<b>Medio-Bassa predisposizione</b> ( <i>l'amplificazione definita dallo spettrogramma di riferimento CS LL.PP. è &gt; di quella ricostruita con lo spettrogramma di RSL. Per quest'ultimo a max per T = 0,3 sec.</i> )
<b>SLE = SLD</b>	
Ag orizzontale max attesa su suolo rigido	<b>0,056 g</b> (varco staff) – <b>0,094 g</b> (ampliamento)
Accelerazione orizzontale max attesa al sito ( $ag \times Ss \times St$ )	<b>0,085</b> (varco staff) – <b>0,140</b> (ampliamento)
Coefficiente spinta orizzontale (inerzia) Khk	<b>0,0255</b> (varco staff) - <b>0,0389</b> (ampliamento)
<b>SLU = SLV</b>	
Ag orizzontale max attesa su suolo rigido	<b>0,131 g</b> (varco staff) – <b>0,204</b> (ampliamento)
Accelerazione orizzontale max attesa al sito ( $ag \times Ss \times St$ )	<b>0,197</b> (varco staff) - <b>0,287</b> (ampliamento)
Coefficiente spinta orizzontale (inerzia) Khk	<b>0,071</b> (varco staff) - <b>0,1016</b> (ampliamento)

Le varie indagini non evidenziano per l'area in esame particolari contrasti di rigidità nei locali depositi fluvio-lacustri.

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	28

## D.5 – Pericolosità sismica - Fattibilità

Il vigente RUC (agg. Delib. CC 2016/C/00055 del 14.11.2016), evidenzia per tutta l'area aeroportuale la seguente pericolosità sismica:

### Pericolosità sismica S.3 (elevata)

“.....zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica;.....zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri”.

**All'art. 44 “aeroporto”** della Parte 3 “Infrastrutture e reti tecnologiche” del RUC aggiornato (Delib. CC 2016/C/00055 del 14.11.2016) risultano **“sempre ammessi gli interventi di nuova costruzione, ampliamento e recupero di immobili entro l'area aeroportuale, purchè funzionali alla gestione e sviluppo del servizio”** (comma 5).

Per la fattibilità sismica degli interventi progettuali previsti in area aeroportuale (ampliamento terminal, nuovo varco staff e magazzino merci) questi risultano “sempre ammessi”.


Con riferimento alla tabella riportata nell'art. 73 del RUC (agg. Delib. CC del 14/11/2016) “*Matrice della fattibilità geologica in funzione della tipologia di intervento e della pericolosità dell'area*”, la costruzione di manufatti edilizi infrastrutturali riferibili alla classe di indagine 4 e 2 della DGRT 36R/09, non risulta soggetta a fattibilità sismica, in quanto tali interventi sono regolamentati all'art. 44 del medesimo RUC.

Sempre all'interno della Tabella di fattibilità di cui all'art. 73, volendo equiparare l'intervento previsto quale edifici di “servizio pubblico”, per l'ampliamento del terminal (classe d'indagine 4 DPGR 36/R/09), questi risulterebbe in **Fattibilità S3 “condizionata”**, al pari degli altri interventi (varco staff, magazzino merci, ecc. – classe di indagine 2).

### Art. 76 RUC Fattibilità sismica

**Fattibilità sismica condizionata FS.3:** “*sono consentiti gli interventi di ristrutturazione edilizia con demolizione e ricostruzione, di ristrutturazione urbanistica, nuova edificazione o realizzazione di nuove infrastrutture.....Per la realizzazione di nuove strutture ad elevata vulnerabilità o classe di esposizione.....deve essere considerato anche il periodo di oscillazione del terreno in relazione a quello delle opere da realizzare.*”

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	29

## E) PARAMETRI GEOTECNICI NOMINALI PRELIMINARI

### E.1 – Modello geotecnico del sottosuolo interessato

Utilizzando ed incrociando i dati dei tre sondaggi a carotaggio continuo interessanti le aree di intervento (S3-S6: ampliamento e S4: varco staff e magazzino) con i profili sismico-tomografici eseguiti (Sp1 e Sp2) e con gli altri dati relativi alle zone limitrofe e riferite sempre all'area aeroportuale, è stato possibile definire il modello geotecnico del volume di terreno influenzato dei due interventi previsti, riassunto sia nelle seguenti **Tabelle 1 bis e 2 bis** che nella **sezione geologica 2A** (Figura 1, vedi Allegato 1).

Unità Litotecniche (da Comune di Firenze-Carta Litotecnica, 2004 e P.S. 2015):

**AP:** Limi argillosi e argille-limose grigio azzurrognole e grigio-verdastre, a plasticità da bassa a media e con componente granulare scarsa (< 5 %) o nulla (LL > 50 %).

**Gs:** Ghiaie sporche, con componente fine del 5-20 %, talvolta del 20-50 %

**SP:** Sabbie pulite di color ocra, in parte con ghiaie e clasti

**SS:** Sabbie sporche di color ocra, con una componente politica che può raggiungere il 20-50 %

Tabella 1 bis – Litostratigrafia del terreno **d'intervento: ampliamento terminal**

Profondità (m)	Descrizione litotecnica (P.S. comunale, var. 2015)
0 – 1/1,4	Riperti di origine antropica variamente addensati (R)
1/1,4 – 2,5	Argille limose alterate (AP), da poco a moderatamente compatte (5<Nspt<10)
2,5 – 10/12	Argille limose (AP) da compatte a molto compatte (Nspt > 30), con rari passaggi sabbiosi e ghiaiosi
10/12 – 12/12,5	Livello di sabbie limose con ghiaie sabbioso-limose (Gs-Sp-Ss) "Orizzonte Firenze 2" e contributi da affluenti settore nord
12/12,5 - 25	Argille limose (AP) molto compatte con setti di limi argillosi debolmente sabbiosi
25 – 30/32	Livello di sabbie limose e ghiaie sabbioso-limose (Gs-Sp-Ss) "Orizzonte Firenze 3"
> 30/32	Sequenza di argille limose e limi argillosi (AP-LP-LS), talvolta debolmente sabbiosi; rari corpi lentiformi di sabbie e ghiaie.
275-290	Substrato litoide della Formazione di Sillano-Pietraforte (rocce del fondo-lago)

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE


	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	30

Tabella 2 bis – Litostratigrafia del terreno **d'intervento: varco staff e magazzino**

Profondità (m)	Descrizione litologica (P.S. comunale, var. 2015)
0 – 1,45	Riporti di origine antropica variamente addensati (R)
1,45 – 2,5	Argille limose (AP) alterate, da poco a moderatamente compatte
2,5 – 25	Argille limose (AP) da compatte a molto compatte, con rari passaggi limoso-argillosi e sabbiosi
25 – 30	Livello di sabbie limose e ghiaie sabbioso-limose (Gs-Sp-Ss) "Orizzonte Firenze 3"
> 30	Sequenza di argille limose e limi argillosi (AP-LP-LS), talvolta debolmente sabbiosi; rari corpi lentiformi di sabbie e ghiaie.
275-290	Substrato litoide della Formazione di Sillano-Pietraforte (rocce del fondo-lago)

Nei primi 30 m di profondità sono presenti sedimenti di prevalente deposizione lacustre e subordinatamente di origine fluviale, sia di esondazione che di alveo, quest'ultimi evidenziati dalle due lenti sabbioso-ghiaiose presenti, in modo discontinuo, tra 8,8 e 12,5 m e, in maniera molto più continua ed uniforme, tra 25 e 30/32 m di profondità; al di sotto dei 30/32 m prevalgono nettamente le fasi lacustri, caratterizzate quasi esclusivamente da lunghe sequenze di argille e limi.

Secondo la classificazione H.R.B. tutti i campioni analizzati risultano nel sottogruppo A7-6 (terre argillose) con Indice di Gruppo compreso tra 19 e 20; il materiale, pertanto, risulta poco idoneo all'uso come sottofondo stradale.

Il substrato litoide è segnalato ("Carta geologica del substrato litoide dell'area fiorentina", 2004) a profondità variabili da 275-290 m circa, in approfondimento verso ovest e nord-ovest, secondo le due dislocazioni tettoniche dominanti: la faglia di Fiesole, bordeggiante il bacino fluvio-lacustre con direzione NO-SE e la faglia di Scandicci-Castello con direzione SO-NE.


## E.2 – Prove e parametri geotecnici nominali dei terreni presenti

Il nuovo padiglione si svilupperà su tre piani fuori terra, in aderenza al lato nord dell'ex Hangar S52 ed è previsto a pianta rettangolare con dimensioni 25.30x29.85 m ed altezza massima pari a 13.45 m.

Per tale struttura in **ampliamento** di maggiore volumetria (> 6000 mc) sono previste fondazioni a platea a partire da una profondità di imposta di -2,10 m; per la **scala esterna** sono previste sempre fondazioni a platea con profondità di imposta a partire da - 0,90 m circa, comunque obbligatoriamente al di sotto del materiale di riporto eventualmente presente.

Le raccomandazioni A.G.I. prevedono che il volume di sottosuolo significativo sotto una platea di fondazione possa variare da 1-2 volte la larghezza B dell'edificio soprastante.

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	31

Al tempo stesso le prescrizioni di fattibilità sismica del RUC di Firenze prescrivono una profondità dei sondaggi per la prova down-hole “*spinto fino al substrato sismico ( $V_s > 800$  m/s) se presente entro i 60 m*”.

Dai dati acquisiti con le varie indagini sismiche eseguite nel maggio 2011 si è potuto desumere che il substrato sismico dell'area aeroportuale, presumibilmente coincidente con le rocce di fondo-lago, si trova a profondità superiore i 60 m dal p.c.

Seguendo le norma A.G.I. ed ipotizzando una larghezza B della platea pari alla larghezza dell'edificio (circa 29 m), si ricava che la profondità di investigazione del terreno sotto il manufatto principale dovrà variare da 1 - 2 volte B (larghezza edificio), quindi:

- da un minimo di :  $(1 \times 29 \text{ m}) = 29 \text{ m}$
- ad un massimo di :  $(2 \times 29 \text{ m}) = 58 \text{ m}$

In considerazione delle indagini geognostiche già acquisite per il terminal aeroportuale (2007-2014) il S3 è stato spinto fino a 41 m di profondità ed attrezzato per la prova down-hole eseguita fino a 37 m per la definizione della vs30 di sito.

I prefabbricati da adibire a nuovo Varco Staff e magazzino Duty-free presenteranno un'altezza massima pari a 3,75 m e dimensioni complessive (compresa la tettoia esterna) pari a circa 15,24 x 22,4 m.

Per tale immobile da adibire a nuovo varco e magazzino, previsto con fondazioni superficiali a platea spessore 25 cm, la raccomandazioni A.G.I. indicano sempre una profondità di indagine di 1-2 volte la larghezza (B).

Il sondaggio eseguito (S4), pertanto, è stato spinto fino a 15 m (circa 1 B), considerando le caratteristiche dell'immobile in progetto e l'ampia mole di dati geotecnici a disposizione per l'area del terminal aeroportuale.


I dati che seguono fanno riferimento alle varie prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati nei sondaggi S3-S6 (ampliamento) e S4 (nuovo varco e magazzino); le prove di laboratorio sono state eseguite dalla **LABOTER snc di Pistoia**.

Relativamente alle profondità di campionamento, **le prove tendono a caratterizzare i terreni sollecitati dalle strutture in progetto, con l'eventuale opzione di fondazioni profonde, se necessarie:**

- a) Ampliamento terminal aeroportuale: Fondazioni superficiali (platea)
  - campioni fondazioni superficiali: S3-C1 (5-5,5 m), S3-C2 (9-9,6 m), S6-C2 (5-5,5 m),
  - campioni anche per fondazioni profonde: S3-C3 (15-15,6 m) S6-C3 (12,5-13 m)
- b) Nuovo varco-staff e magazzino: Fondazioni superficiali  
campioni S4-C1 (2,5-3 m), S4-C2 (7-7,5 m); si è fatto inoltre riferimento a:  
S6-C1 (2-2,5 m)

Dall'esame della totalità dei dati litostratigrafici, litotecnici e sismici acquisiti, si è ricostruito il modello geologico-geotecnico evidenziato nelle precedenti tabelle 1 e 2.

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	32

Tale modello, oltre ad un livello di coperture e riporti superficiali di spessore variabile da 1 a 1,45 m (**R**), vede la presenza di un **primo strato** di argille limose color nocciola, alterate da poco a moderatamente consistenti fino a 2,5 m di profondità ed un **secondo strato** di argille limose da compatte a molto compatte e, sostanzialmente, con caratteristiche uniformi, fino a circa 25 m.

In corrispondenza dell'ampliamento, tra le profondità di circa 9-12 m sono anche presenti modesti corpi lentiformi di limi sabbiosi e ghiaie "sporche", spesso in abbondante matrice limosa

Di seguito si riassumono i parametri geotecnici nominali dei due strati evidenziati, suddivisi per singolo intervento.

Per quanto riguarda l'ampliamento del terminal, in considerazione del coinvolgimento degli interventi anche dell'attuale struttura denominata "ex Hangar S52", si sono considerati anche i parametri delle prove geotecniche sul campione a 2-2,5 m relativi al sondaggio S1A 2007 ed al campione a 7,5-8 m del S1 B 2009 (vedi Tav. 5 bis – All.1).

### **E.2.1 - Parametri nominali Strato 1 superficiale (da 1 a 2,5 m profondità)**

Argille limose color nocciola, alterate, da poco a moderatamente compatte (Classificazione Casagrande: CH).

Per lo strato 1, dove saranno alloggiare tutte le fondazioni superficiali previste per i vari interventi, si è voluto discretizzare lo strato in corrispondenza dei singoli manufatti (varco-staff-magazzino e ampliamento terminal), sulla base dei vari risultati e parametri delle prove di laboratorio e in situ.

#### **Tipo di prove e parametri geotecnici nominali:**

**a) elaborazione prove di laboratorio campioni S4-C1 (2,5-3 m), S6-C1 (2-2,5 m), S1A 2007-C1 (2-2,5 m)**

**b) elaborazione prova SPT in S3 (2-2,45 m:  $N_{spt} = 8$ )**

#### **Campione S4-C1 (2,5-3 m)**

Umidità naturale W : 22,6 %

Peso di volume : 19,4 kN/mc

Peso di volume saturo : 19,8 kN/mc

Argilla 70,1 %, limo 28,9 %, sabbia 1 %

Limite Liquido LL : 56 %

Limite Plastico LP : 22,7 %

Indice di Plasticità IP : 33,3 %

Angolo di attrito efficace  $\phi'$  : 15°

Coesione drenata  $C'$  : 22 kPa


Coesione non drenata  $C_u$  : 160 kPa

Modulo edometrico  $E_d$  : 49,2 kPa = 11961 kPa – 98,4 kPa = 8383 kPa

Valore Blu di Metilene VB: 3,84 g/100g

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE



	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	33

### **Campione S6-C1 (2-2,5 m)**

Umidità naturale W : 22,1 %

Peso di volume : 20,1 kN/mc

Peso di volume saturo : 20,2 kN/mc

Argilla 55,4 %, limo 39,1 %, sabbia 3,7 % ghiaia 1,8 %

Limite Liquido LL : 56,3 %

Limite Plastico LP : 26,1 %

Indice di Plasticità IP : 29,6 %

Angolo di attrito efficace  $\phi'$  : 20,1°

Coesione drenata  $C'$  : 20 kPa

Coesione non drenata  $C_u$  : 163 kPa

Modulo edometrico  $E_d$  : 49,2 kPa = 35029 kPa – 98,4 kPa = 10661 kPa

Valore Blu di Metilene VB: 2,74 g/100g

### **Campione S1A-C1 2007 (2-2,5 m)**

Umidità naturale W : 21 %

Peso di volume : 19,5 kN/mc

Peso di volume saturo : 20,1 kN/mc

Argilla 38 %, limo 37,5 %, sabbia 8,6 % ghiaia 15,9 %

Limite Liquido LL : 61,4 %

Limite Plastico LP : 25,5 %

Indice di Plasticità IP : 35,9 %

Angolo di attrito efficace  $\phi'$  : 21,5°

Coesione drenata  $C'$  : 15 kPa

### **Prova S3-Nspt (2-2,45 m)**

Nspt = 8

Angolo di attrito efficace  $\phi'$  : 27° (media da elaborazioni *Wolff e Hatanaka & Uchida*)

### **Varco staff-magazzino: valori nominali assegnati Strato 1 (da 1-2,5 m di prof.):**

Peso di volume : 19,4 kN/mc

Peso di volume saturo : 19,8 kN/mc

Saturazione: 90,5 %

Angolo di attrito efficace  $\phi'$  : 22,8°


Coesione drenata  $C'$  : 22 kPa

Coesione non drenata  $C_u$  : 160 kPa

Modulo edometrico  $E_d$  :  $\sigma$  49,2 kPa = 11961 kPa –  $\sigma$  98,4 kPa = 8383 kPa

Coeff. compres volum.  $mv$  (1/ $E_d$ ):  $\sigma$  49,2 kPa=0,00836 cmq/kg –  $\sigma$  98,4 kPa=0,0119 cmq/kg

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	34

### **Ampliamento terminal: valori nominali assegnati Strato 1 (da 1-2,5 m di prof.):**

Peso di volume : 19,7 kN/mc

Peso di volume saturo : 20,0 kN/mc

Saturazione: 97,8 %

Angolo di attrito efficace  $\phi'$  : 22,8°

Coesione drenata  $C'$  : 17,5 kPa

Coesione non drenata  $C_u$  : 160 kPa

Modulo edometrico  $E_d$  :  $\sigma$  49,2 kPa = 11961 kPa –  $\sigma$  98,4 kPa = 8383 kPa

Coeff. compres volum.  $mv$  (1/ $E_d$ ):  $\sigma$  49,2 kPa=0,00836 cmq/kg –  $\sigma$  98,4 kPa=0,0119 cmq/kg

**Nspt S3 (2-2,45 m) : 8**

### **E.2.2 - Parametri nominali Strato 2 (da 2,5 m a 10 m di profondità)**

Argille limose color marrone, bruno-verdastre e grigio-azzurrognole, da compatte e molto compatte (Classificazione Casagrande: CH).

Nel settore dell'ampliamento del terminal, tra le profondità di 10-12 m, sono presenti livelletti di sabbie limose, limi sabbiosi con ghiaie in lenti irregolari; in considerazione delle loro modesto spessore e irregolare distribuzione (parte terminale orizzonte Firenze 2 ed apporti da paleoalvei da nord), le caratteristiche di tali livelli non sono state discretizzate rispetto alla preponderante massa di argille limose che contraddistingue il "volume di terreno significativo" sotto gli edifici in progetto.

Per questo strato, in considerazione della sostanziale omogeneità dei valori di resistenza ricavati con le prove per i vari campioni e livelli (SPT), non si è ritenuto necessario discretizzare i due siti di intervento.

Per la tipologia fondale (superficiale) nella definizione dei valori medi dei parametri non si è tenuto conto dei campioni oltre i 10 m di profondità.

### **Tipo di prove e parametri geotecnici nominali:**

**a) elaborazione prove di laboratorio campioni S3-C1 (5-5,5 m), S3-C2 (9-9,6 m), S6-C2 (5-5,5 m), S1B 2009-C2 (7,5-8 m), S4-C2 (7-7,5 m)**

**b) elaborazione prove SPT in S3 e S6 (varie profondità)**

### **Campione S3-C1 (5-5,5 m)**

Umidità naturale  $W$  : 22,8 %

Peso di volume : 19,8 kN/mc

Peso di volume saturo : 20,1 kN/mc

Argilla 62,2 %, limo 33,7 %, sabbia 4,1 %

Limite Liquido  $LL$  : 52,7 %

Limite Plastico  $LP$  : 21,9 %


Indice di Plasticità  $IP$  : 30,8 %

Angolo di attrito efficace  $\phi'$  : 15,3°

Coesione drenata  $C'$  : 24 kPa

Coesione non drenata  $C_u$  : 101 kPa

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE				Emissione
	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA				AGOSTO 2019
Cod. Doc	REL 0009A	Rev:	01	Pagina:	35

Modulo edometrico Ed : 49,2 kPa = 16910 kPa – 98,4 kPa = 11274 kPa  
 Valore Blu di Metilene VB: 2,34 g/100g

**Campione S3-C2 (9-9,6 m)**

Umidità naturale W : 21,9 %  
 Peso di volume : 19,9 kN/mc  
 Peso di volume secco : 16,3 kN/mc  
 Peso di volume saturo : 20,1 kN/mc  
 Argilla 61,9 %, limo 28,8 %, sabbia 5,40 % ghiaia 4,3 %  
 Limite Liquido LL : 56,6 %  
 Limite Plastico LP : 25,8 %  
 Indice di Plasticità IP : 30,8 %  
 Angolo di attrito Ø' : 22°  
 Coesione drenata C' : 13 kPa  
 Coesione non drenata Cu : 118 kPa  
 Modulo edometrico Ed : 49,2 kPa = 11788 kPa – 98,4 kPa = 13183 kPa


**Campione S6-C2 (5-5,5 m)**

Umidità naturale W : 27,2 %  
 Peso di volume : 19,8 kN/mc  
 Peso di volume saturo : 20 kN/mc  
 Argilla 75,5 %, limo 20,6 %, sabbia 3,9 %  
 Limite Liquido LL : 56,3 %  
 Limite Plastico LP : 24,5 %  
 Indice di Plasticità IP : 31,8 %  
 Angolo di attrito efficace Ø' : 21,5°  
 Coesione drenata C' : 18 kPa  
 Coesione non drenata Cu : 119 kPa  
 Modulo edometrico Ed : 49,2 kPa = 14011 kPa – 98,4 kPa = 13436 kPa  
 Valore Blu di Metilene VB: 3,39 g/100g

**Campione S1B 2009-C2 (7,5-8 m)**

Peso di volume : 19,9 kN/mc  
 Peso di volume saturo : 20,4 kN/mc  
 Angolo di attrito Ø' : 20,1°  
 Coesione drenata C' : 26,6 kPa  
 Coesione non drenata Cu : 160 kPa

Committente	TOSCANA AEROPORTI SPA
Titolo Commessa	RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE

	<b>AEROPORTO AMERIGO VESPUCCI DI FIRENZE</b> <b>RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA</b>				<b>Emissione</b> AGOSTO 2019
	<b>Cod. Doc</b>	REL 0009A	<b>Rev:</b>	01	<b>Pagina:</b>

**Valori nominali medi assegnati allo strato 2 (da 2,5 a 10 m di profondità):**

Peso di volume : 19,8 kN/mc

Peso di volume saturo : 20,1 kN/mc

Saturazione: 89,9-97,7 %

Angolo di attrito efficace  $\phi'$  : 19,7°

Coazione drenata  $C'$  : 20,4 kPa

Coazione non drenata  $C_u$  : 136 kPa

Modulo edometrico  $E_d$  : 49,2 kPa = 14236 kPa – 98,4 kPa = 12631 kPa

Coeff. complex volumetrica  $mv$  (1/ $E_d$ ): 49,2 kPa=0,0070 cmq/kg – 98,4 kPa=0,00792 cmq/kg

**Nspt S3 – S6 (2,5-7,5 m) : 35**

**Nspt S3 – S6 (7,5 - 21 m) > 50**

**Per tutti gli altri parametri e valori si rimanda alla seguente Tabella riassuntiva ed ai relativi certificati LABOTER snc allegati (febbraio 2017).**



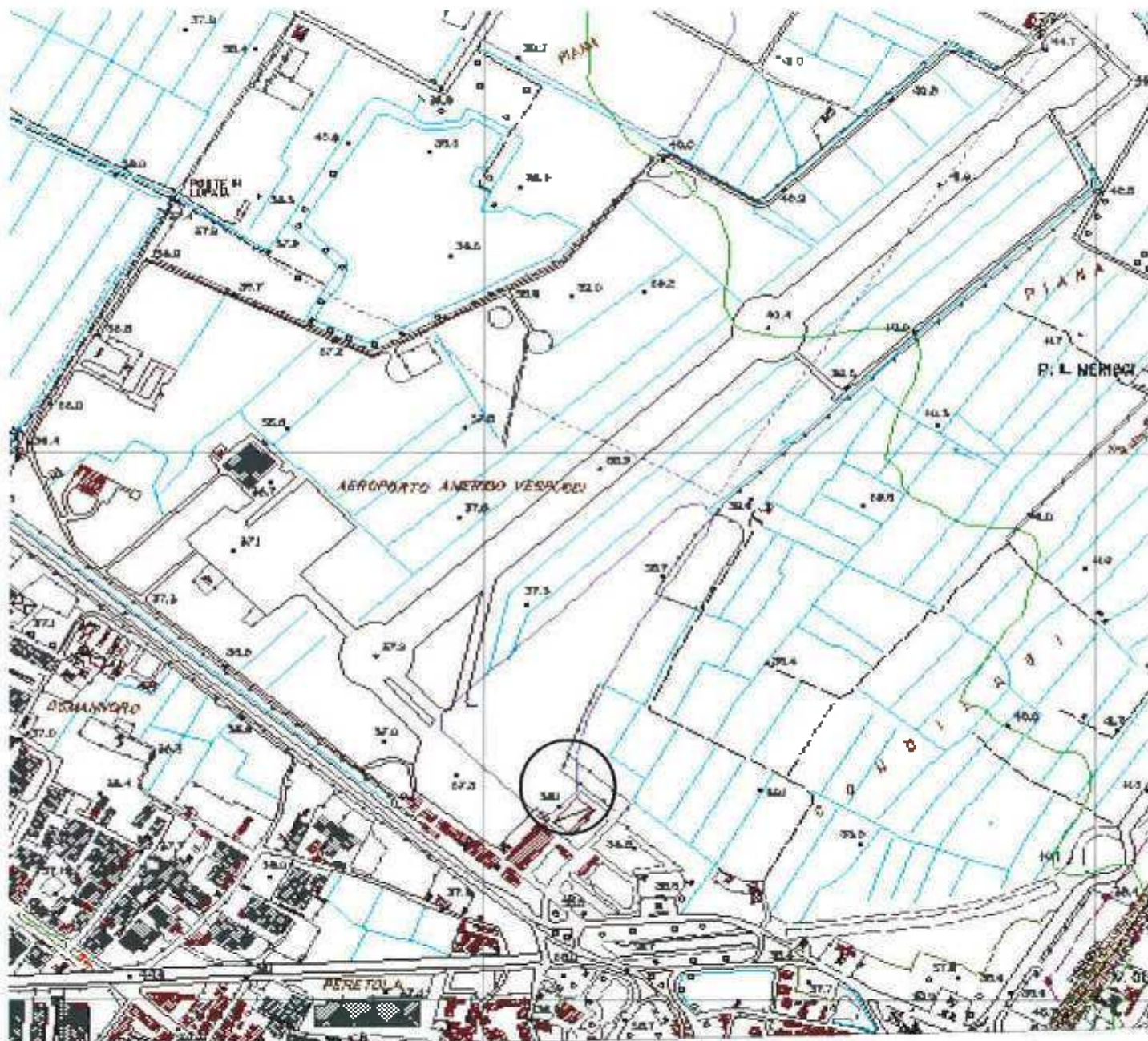
Riferimento			Caratteristiche fisiche							Limiti di consistenza				Granulometria				Classificazione	Compr.	Taglio diretto			Edometrica				
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	$\gamma$ kN/m³	$\gamma_{sec}$ kN/m³	$\gamma_{sat}$ kN/m³	Indice vuoti	Poros. %	Sat. %	LL %	LP %	IP %	IC %	Ghina %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	CNR-UNI H.R.B.	$\sigma$ kPa	$\phi$ °	c kPa	24.6 kPa	49.2 kPa	98.4 kPa	196.8 kPa	393.6 kPa	
<b>Ampliamento terminal (S3-S6), nuovo varco personale e magazzino (S4)</b>																											
3	1	5.0-5.5	21.8	19.8	16.3	20.1	0.63	38.5	93.9	52.7	21.9	30.8	1.00		4.1	33.7	62.2	A7-6 - I.G. = 19	203	15.3	24	25542	16910	11274	10661	12534	
3	2	9.0-9.6	21.9	19.9	16.3	20.1	0.62	38.4	95.0	56.6	25.8	30.8	1.13	4.3	5.4	28.4	61.9	A7-6 - I.G. = 19	236	22.0	13	13949	11788	13183	12705	13077	
3	3	15.0-15.5	18.6	20.1	17.0	20.5	0.56	35.9	89.9	57.5	23.5	34.0	1.14	1.0	4.6	43.8	50.6	A7-6 - I.G. = 20	465	18.5	32						
4	1	2.5-3.0	22.6	19.4	15.8	19.8	0.67	40.3	90.5	56.0	22.7	33.3	1.00		1.0	28.9	70.1	A7-6 - I.G. = 19	321	15.0	22	22397	11961	8383	7574	8896	
4	2	7.0-7.5	19.8	20.3	17.0	20.5	0.56	35.9	95.7	63.1	24.0	39.1	1.11		4.2	35.3	60.5	A7-6 - I.G. = 20	288	19.3	12	15249	5980	5368	4761	7510	
6	1	2.0-2.5	22.1	20.1	16.4	20.2	0.61	37.9	97.8	56.3	26.7	29.6	1.16	1.8	3.7	39.1	55.4	A7-6 - I.G. = 19	326	20.1	20	62872	35029	10661	9711	10808	
6	2	5.0-5.5	22.7	19.8	16.1	20.0	0.64	39.0	96.0	56.3	24.5	31.8	1.06		3.9	20.6	75.5	A7-6 - I.G. = 19	239	21.5	18	39276	14011	13436	17833	20223	
6	3	12.5-13.0	24.2	19.7	15.9	19.8	0.67	40.1	97.7	61.6	26.7	34.9	1.07	5.8	2.4	22.7	69.1	A7-6 - I.G. = 20	223	15.8	11						

<b>Committente</b>	<b>TOSCANA AEROPORTI SPA</b>
<b>Titolo Commessa</b>	<b>RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL AEROPORTUALE</b>

### Tavola 1

## UBICAZIONE TOPOGRAFICA DELL'INTERVENTO

*(Estratta da: Carta Tecnica Regionale)*



Scala 1 : 10.000

**Tavola 1 bis**  
**FOTO AEREA DELL'AREA DI INDAGINE**  
*(Estratta da: Google Heart)*



**Tavola 2**  
**CARTA GEOLOGICA**  
 (Regione Toscana - DB Geologico)



scala 1 : 10.000

**Legenda:****Forma geomorfologica lineare**

 traccia di alveo fluviale abbandonato

**Forma geomorfologica areale**

 conoidi alluvionali e da debris flow

**Unita geologica areale**

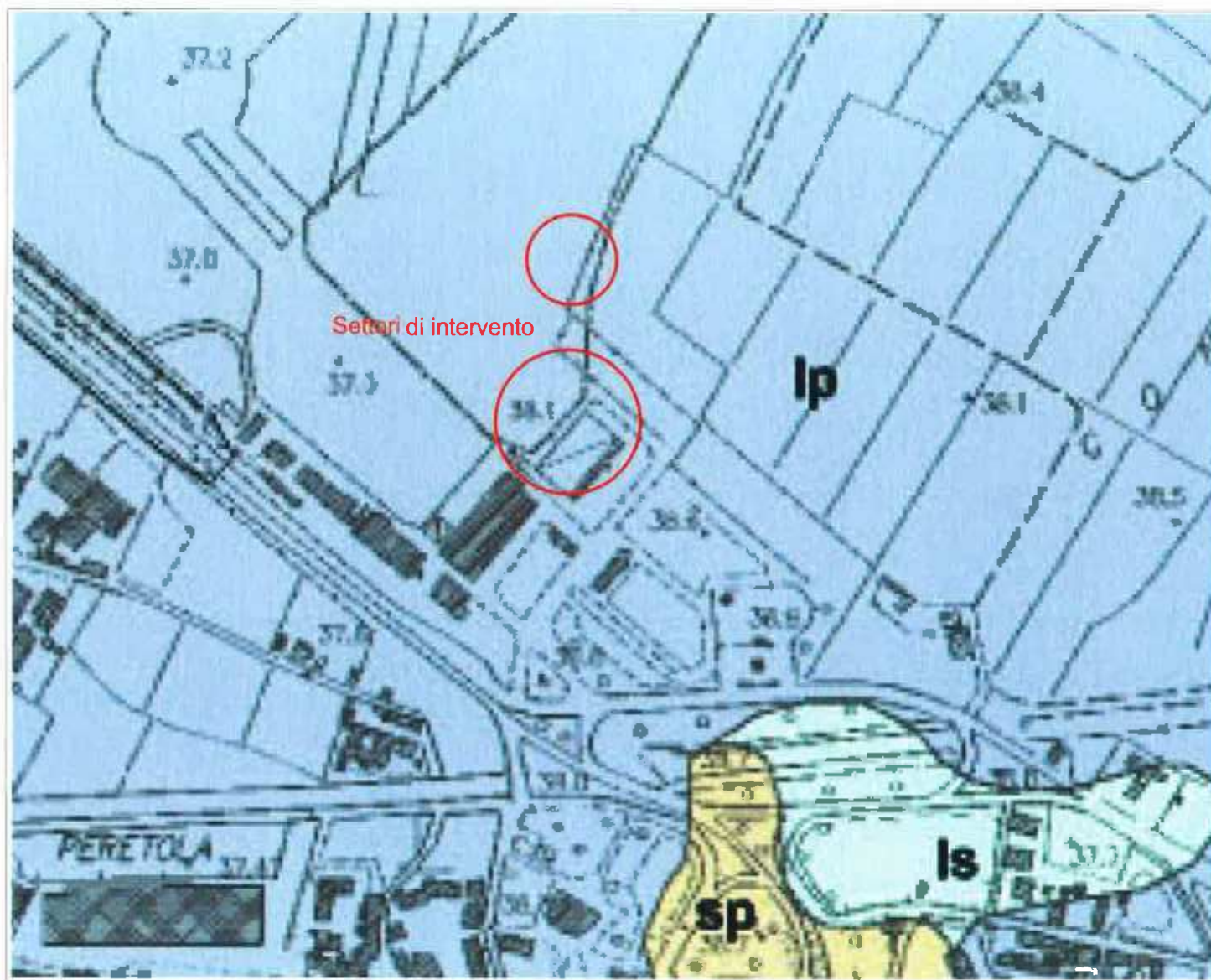
 b - Depositi alluvionali attuali OLOCENE

 bna - Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati OLOCENE



Settore di intervento

## Tavola 3

**CARTA LITOTECNICA**  
 (Tav. M1 Ovest - Comune Firenze)


Scala 1 : 5.000

**Terreni granulari**

**sp.** Sabbie ocra pulite, in parte con ghiaie a clasti ben arrotondati prevalentemente discoidali.

**Terreni coesivi**

**ls:** Limi-ghiaiosi e limi-sabbiosi con componente granulare anche del 20%+50%.

**lp:** Limi e limi-argillosi bruni con scarsa (5+20%) componente granulare, con calici (in genere con LL < 50).





## Tavola 4

### Pericolosità Geologica (Variante al RU, dicembre 2016)



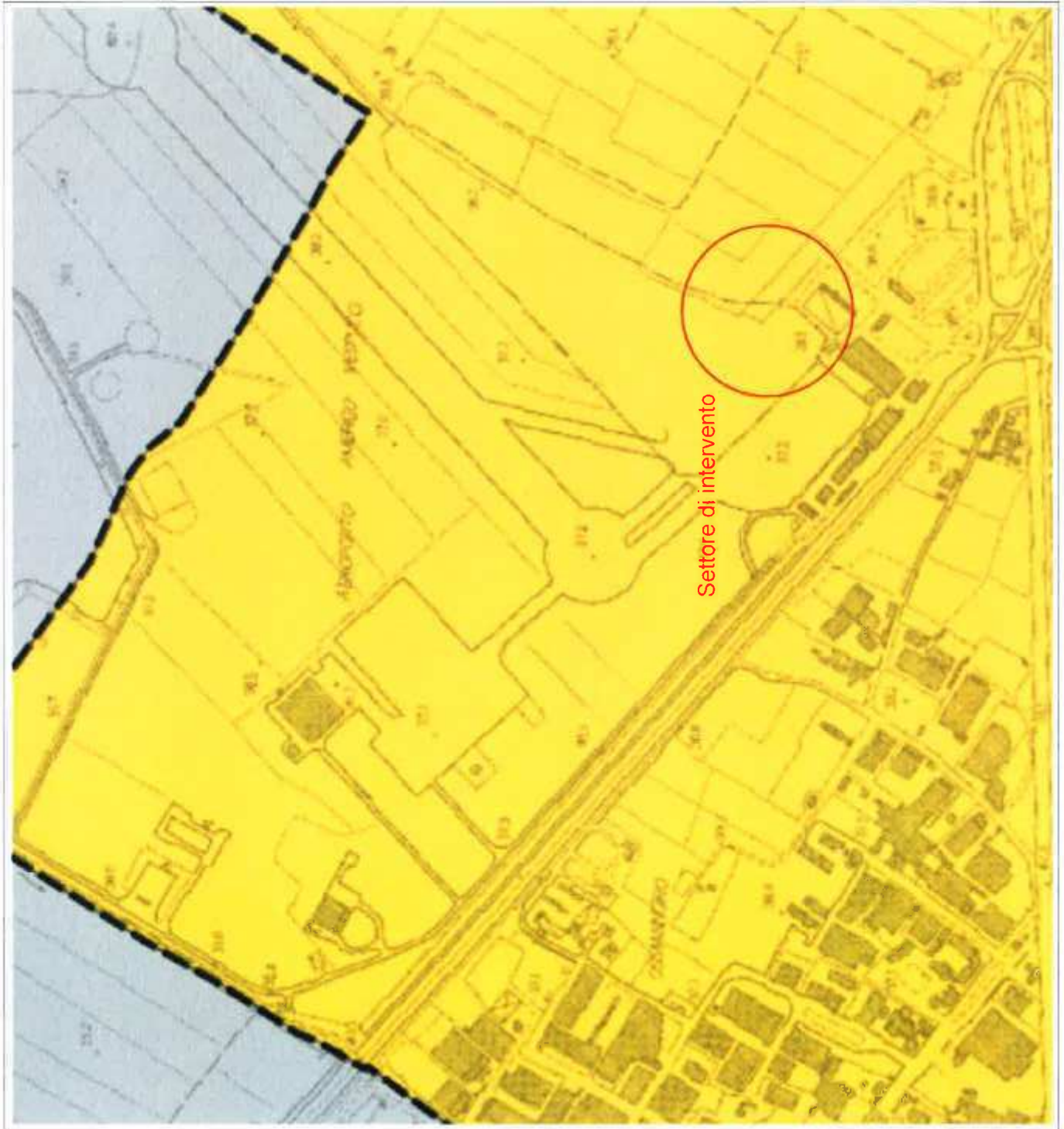
#### Legenda

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

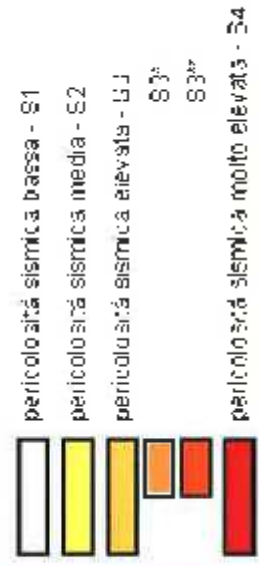
scala 1: 7.500

## Tavola 4 bis

# Pericolosità Sismica (Variante al RU, dicembre 2016)



### Legenda



scala 1: 7.500

## Tavola 4 Tris

### Pericolosità Idraulica (Variante al RU, dicembre 2016)



#### Legenda

- pericolosità idraulica bassa - I
- pericolosità idraulica media - II
- pericolosità idraulica elevata - III
- pericolosità idraulica molto elevata - IV

Scala 1 : 7.500




Tavola 4 Quater

DISTRETTO  
APPENNINICO  
SETTENTRIONALE

Autorità di Bacino del fiume Arno - via dei Servi 15, Firenze

Perimetrazione aree a pericolosità da alluvione  
(PGRA)

pericolosità\_alluvioni\_fluviali

-  P1 - pericolosità bassa
-  P2 - pericolosità media
-  P3 - pericolosità elevata

scala 1: 12.500



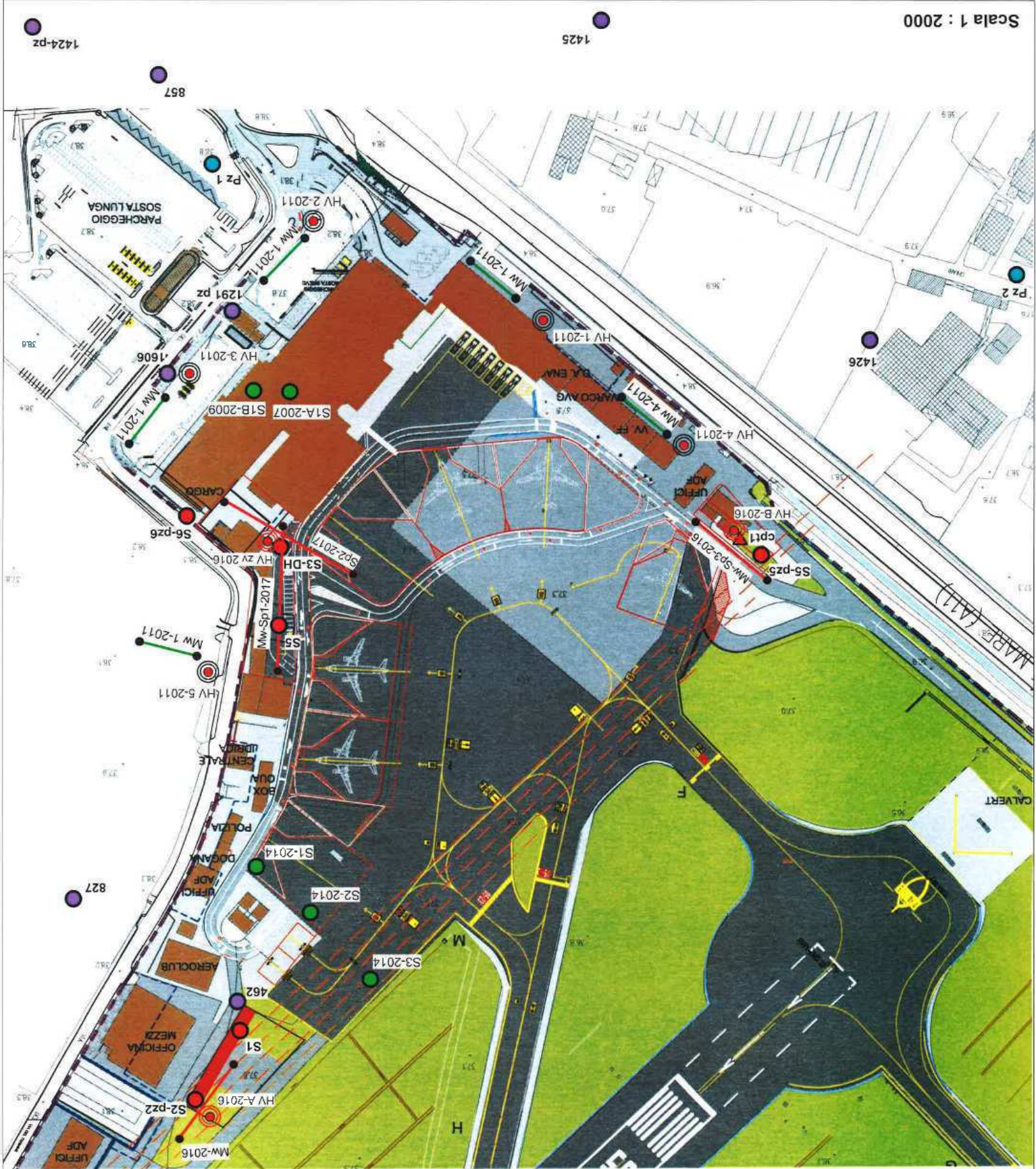
LEGENDA:

- S1-2014 sondaggi altri interventi
- ▲ prova CPT
- S6-pz6 sondaggio e/o piezometro dicembre 2016-gennaio 2017
- Pz 2 sondaggio e/o piezometro dicembre 2016-gennaio 2017
- 1425 pozzo con misura freatica dicembre 2016-marzo 2017
- 1425 sondaggio SIT Firenze e/piezometro

- HV B-2016 HV 2016 17
- HV S-2011 HV 2011
- Masw-5p 2016-17
- Mw 1-2011 Masw 2011

Tavola 5  
PLANIMETRIA GENERALE INDAGINI GEONOSTICHE

Scala 1 : 2000



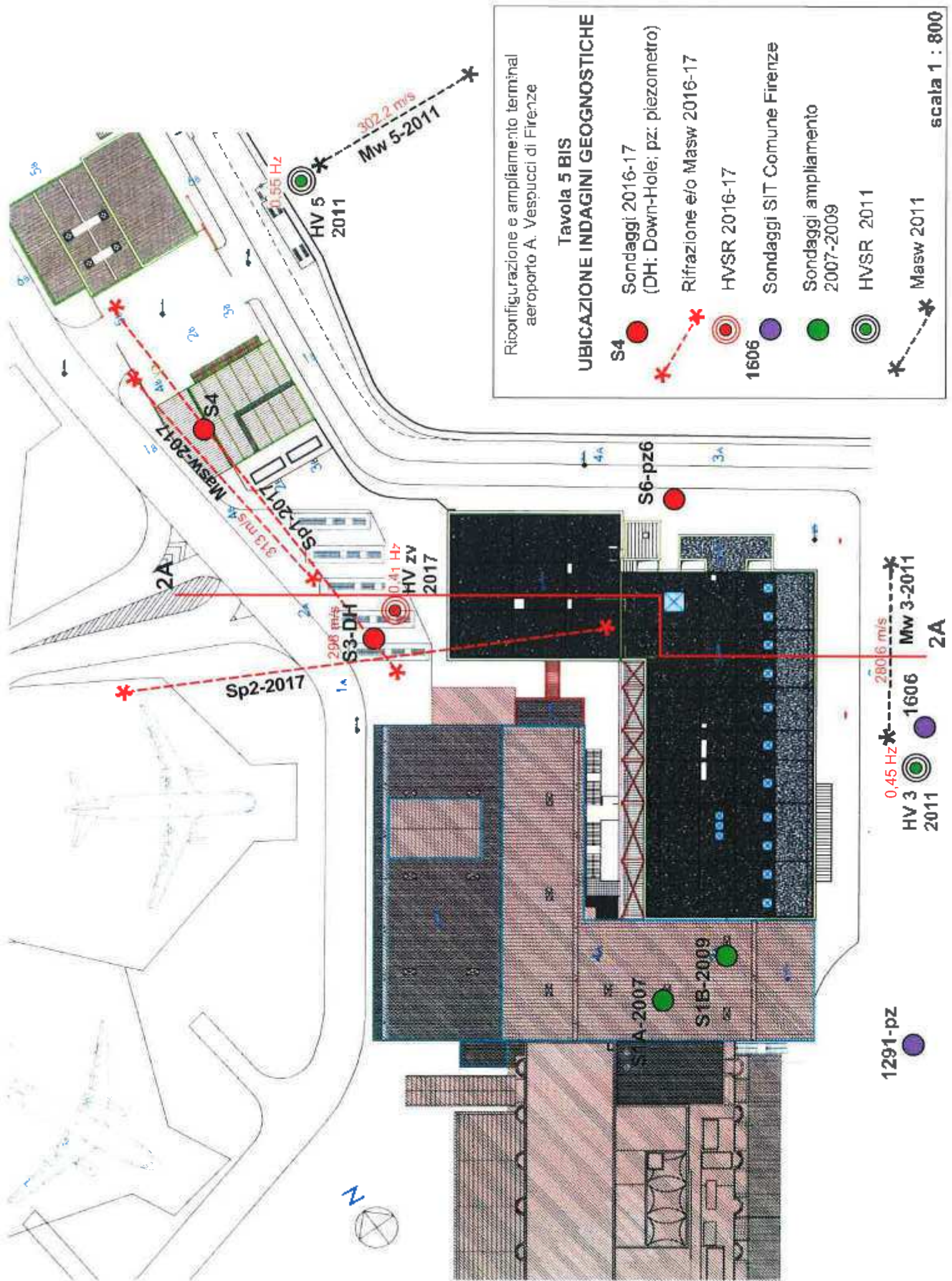


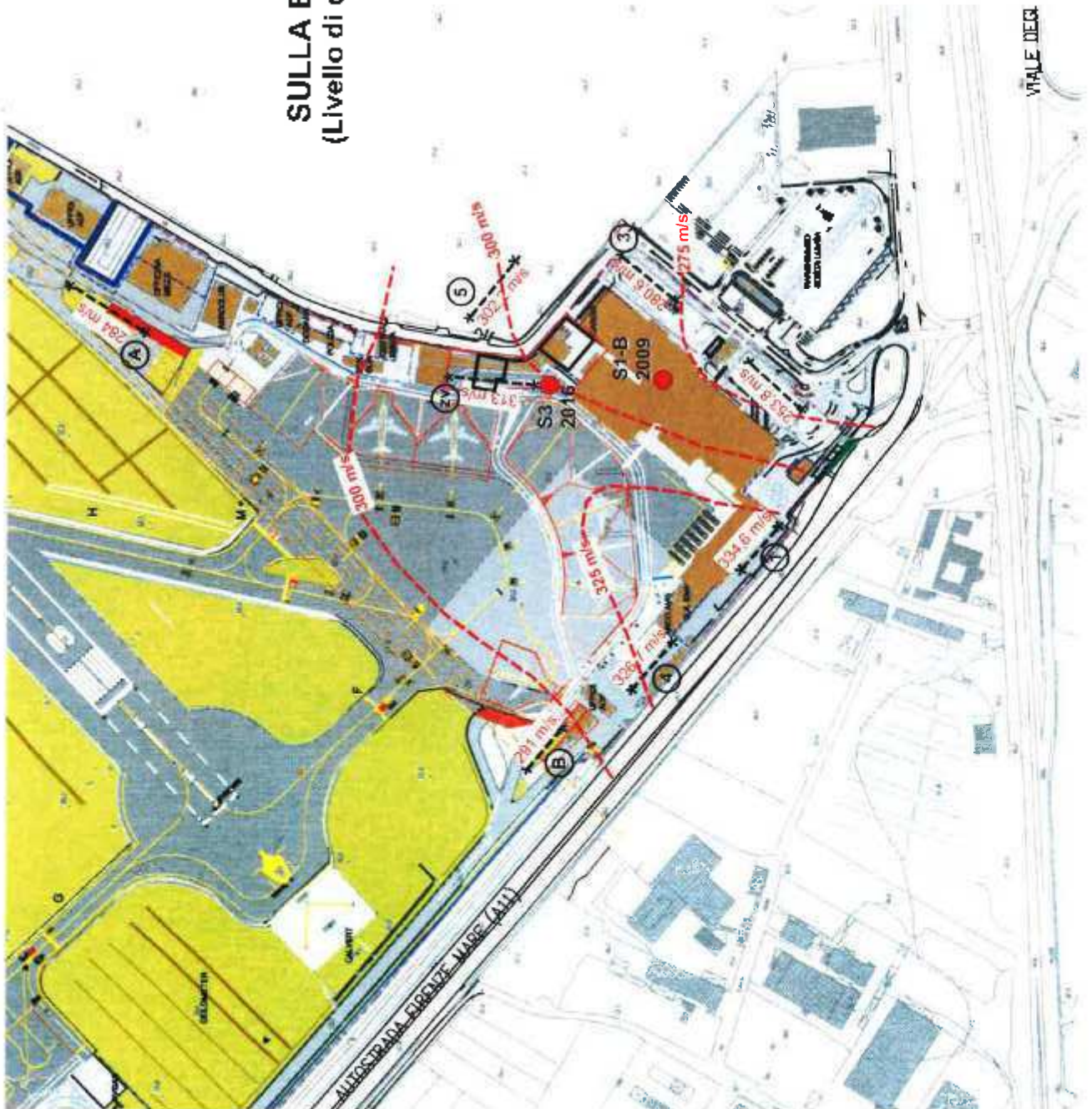
Tavola 6

**CARTA DELLE Vs30**  
**SULLA BASE DELLE M.A.S.W. ESEGUITE**  
**(Livello di dettaglio - Maggio 2011-Dicembre 2016)**

Scala 1 : 5.000

**LEGENDA:**





-  Masw (dicembre 2016)  
con valore di Vs30
-  Masw (maggio 2011)  
con valore di Vs30
-  prova down-hole
-  curve di isoVs30
-  interventi previsti



**Tavola 7**  
**CARTA DELLE FREQUENZE DI SITO (Fo)**  
**SULLA BASE DELLE MISURE HVSR ESEGUITE**  
**(Livello di dettaglio - Maggio 2011-Dicembre 2016)**

scala 1 : 5.000

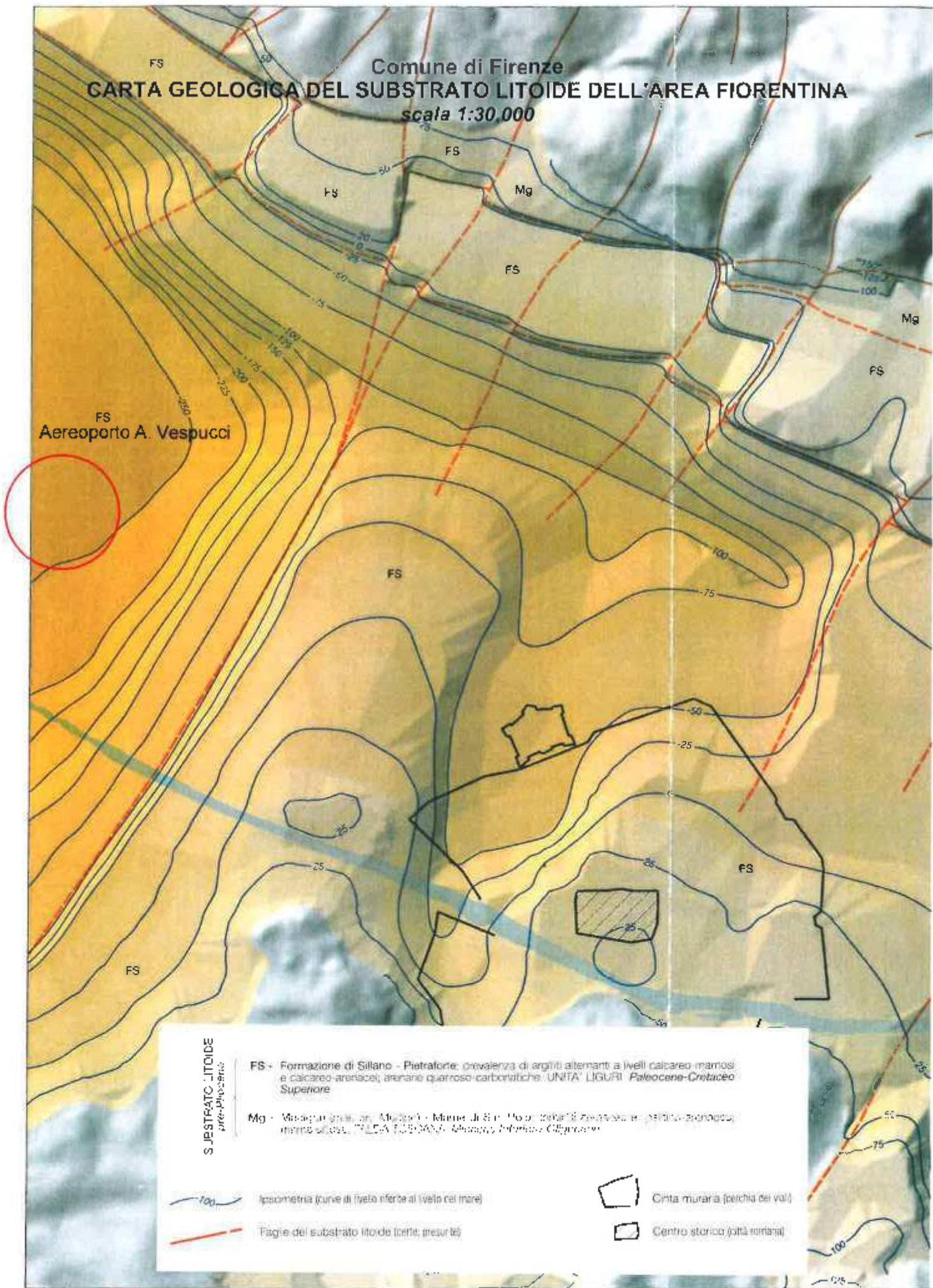
**LEGENDA:**

-  misura HVSR (dicembre 2016) con valore di fo
-  misura HVSR (maggio 2011) con valore di fo
-  curve di isofrequenza (fo)
-  interventi previsti





Comune di Firenze  
**CARTA GEOLOGICA DEL SUBSTRATO LITOIDE DELL'AREA FIORENTINA**  
 scala 1:30.000



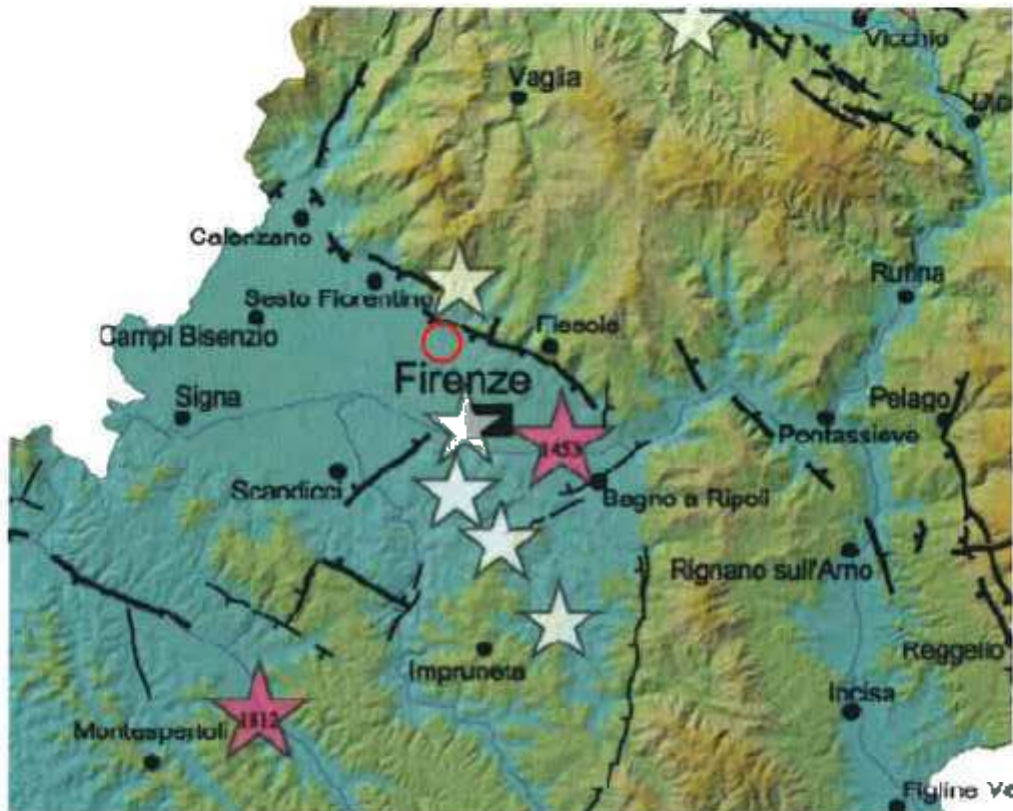
STRATO LITOIDE  
 pre-Pliocene

- FS - Formazione di Sillano - Pietraforte: prevalenza di argilli alternanti a livelli calcareo-marnosi e calcareo-arenacei; arenarie quarzose carbonatiche. UNITA' LIGURI Paleocene-Cretaceo Superiore
- Mg - Mugello (gr. di Mugello - Mugello di S. Maria della Zevalosa e (gr. di) - Mugello di S. Maria della Zevalosa - Mugello Inferiore - Mugello Superiore)

-  Ipotermia (curve di livello riferite al livello del mare)
-  Pagine del substrato litoidi (corte, presunte)
-  Città muraria (perchì dei voli)
-  Centro storico (città romana)

## SERVIZIO PROTEZIONE CIVILE

### Carta delle faglie attive e dei terremoti storici



### Legenda

 Faglie attive principali  
(i trattini indicano il blocco ribassato)

 Faglie attive minori  
(i trattini indicano il blocco ribassato)

Epicentri dei principali terremoti (461 a.C.-1997)  
estratti dal C.P.T.I. (1999), per gli eventi di maggior intensità è  
stata riportata la data.

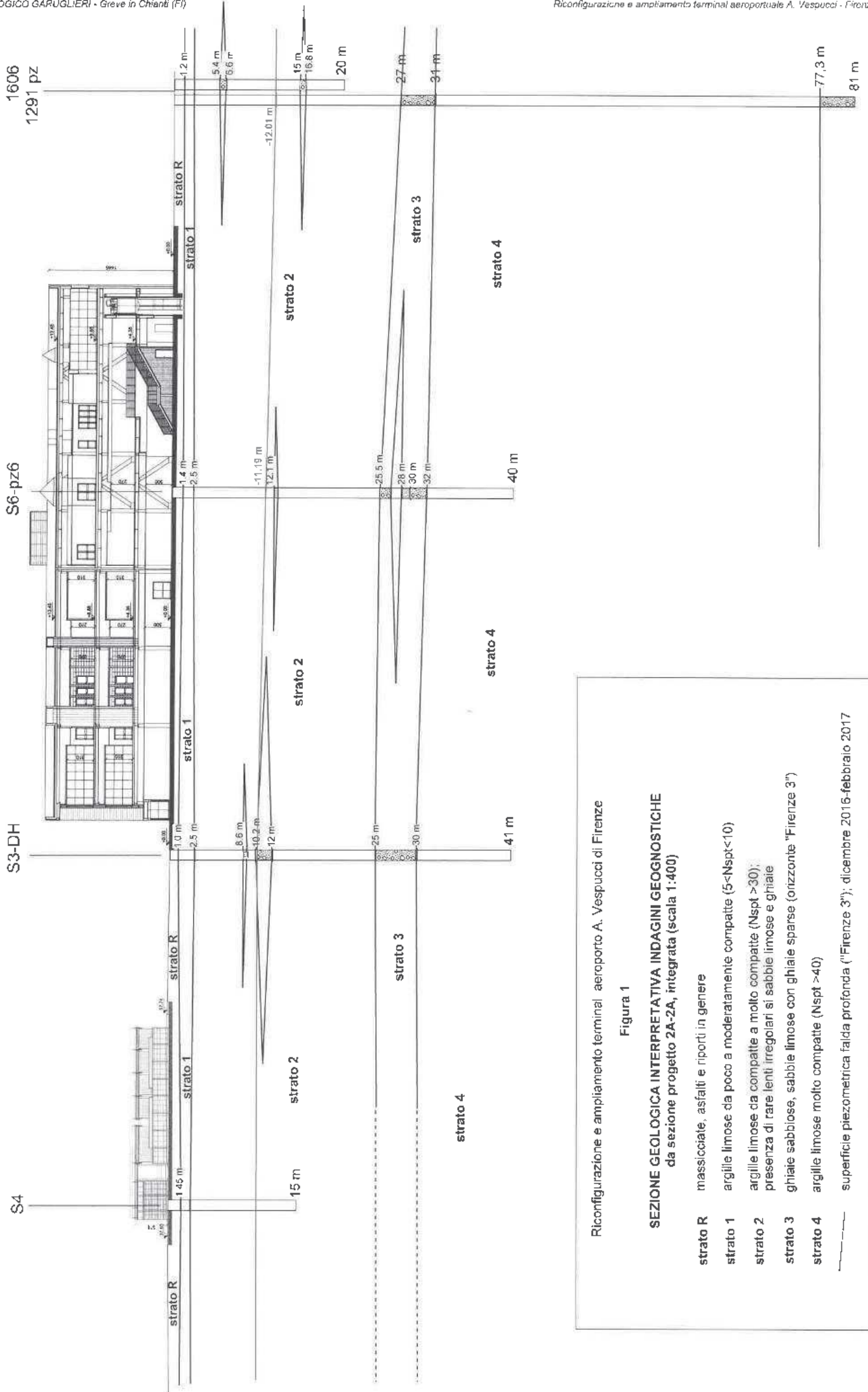
 1(MCS)<3.0

 3.0<1(MCS)<5.0

 5.0<1(MCS)<7.0

 7.0<1(MCS)<9.0

 Area di indagine



Riconfigurazione e ampliamento terminal aeroportuale A. Vespucci di Firenze

Figura 1

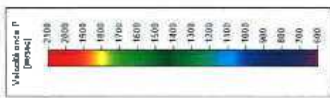
**SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA INDAGINI GEOGNOSTICHE**  
da sezione progetto 2A-2A, integrata (scala 1:400)

- strato R** massicciate, asfalti e riporti in genere
- strato 1** argille limose da poco a moderatamente compatte ( $5 < N_{sp} < 10$ )
- strato 2** argille limose da compatte a molto compatte ( $N_{sp} > 30$ ); presenza di rare lenti irregolari di sabbie limose e ghiaie
- strato 3** ghiaie sabbiose, sabbie limose con ghiaie sparse (orizzonte "Firenze 3")
- strato 4** argille limose molto compatte ( $N_{sp} > 40$ )
- superficie piezometrica falda profonda ("Firenze 3"); dicembre 2016-febbraio 2017

Riconfigurazione e ampliamento terminal aeroporto A. Vespucci di Firenze

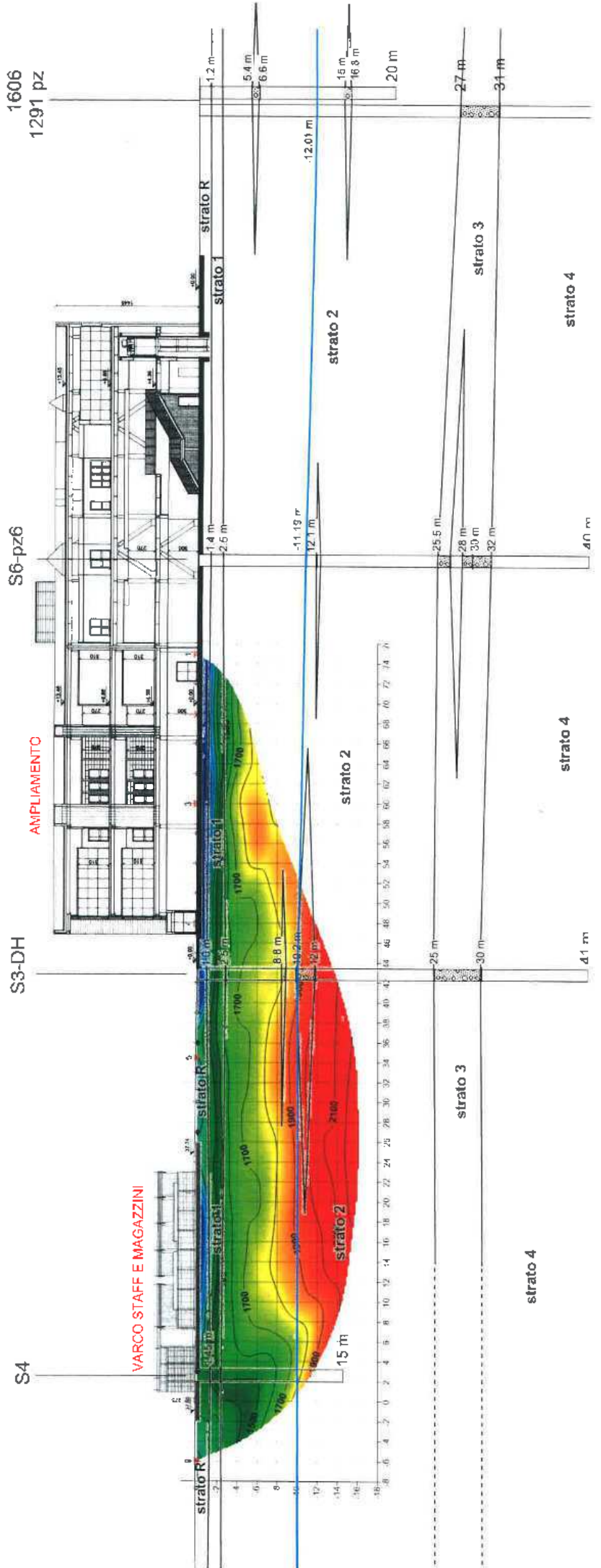
**SEZIONE GEOLOGICO-SISMICA**

da sezione progetto 2A-2A e  
sismica a rifrazione Sp2 (onde P)  
scala 1 : 400



- strato R** massicciate, asfalti e riporti in genere
- strato 1** argille limose da poco a moderatamente compatte (5<Nspt<10)
- strato 2** argille limose da compatte a molto compatte (Nspt >30); presenza di rare lenti irregolari di sabbie limose e ghiaie
- strato 3** ghiaie sabbiose, sabbie limose con ghiaie sparse (orizzonte "Firenze 3")
- strato 4** argille limose molto compatte (Nspt >40)

— superficie piezometrica falda profonda ("Firenze 3"); dicembre 2016-febbraio 2017





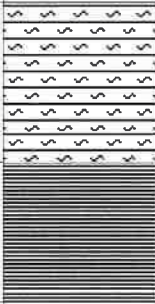

## SCHEMA TECNICA SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO CON PROVE SPT IN FORO

**S 3**

Ditta esecutrice **Mesa sas**  
 Sede Legale: via cervara 101, 54100 Massa (MS)  
 Sede Operativa: via Frassina 65, 54033 Carrara (MS)  
 C. F. o Part. IVA 01111000459  
 Data perforazione **Dicembre 2016**  
 Sonda.....Diametro perf. (mm) **101**  
 Nota: foro armato per prova down-hole

Committente **Toscana Aeroporti spa**   
 Cantiere **Riconfigurazione e ampliamento terminal**  
 In Comune di **Firenze**  
 Località **via del Termine - Peretola**  
 Coordinate: **Lat. 43,803202° Long. 11,201527°**  
 Quota (m slm): **37.7** Profondità: **41 m**

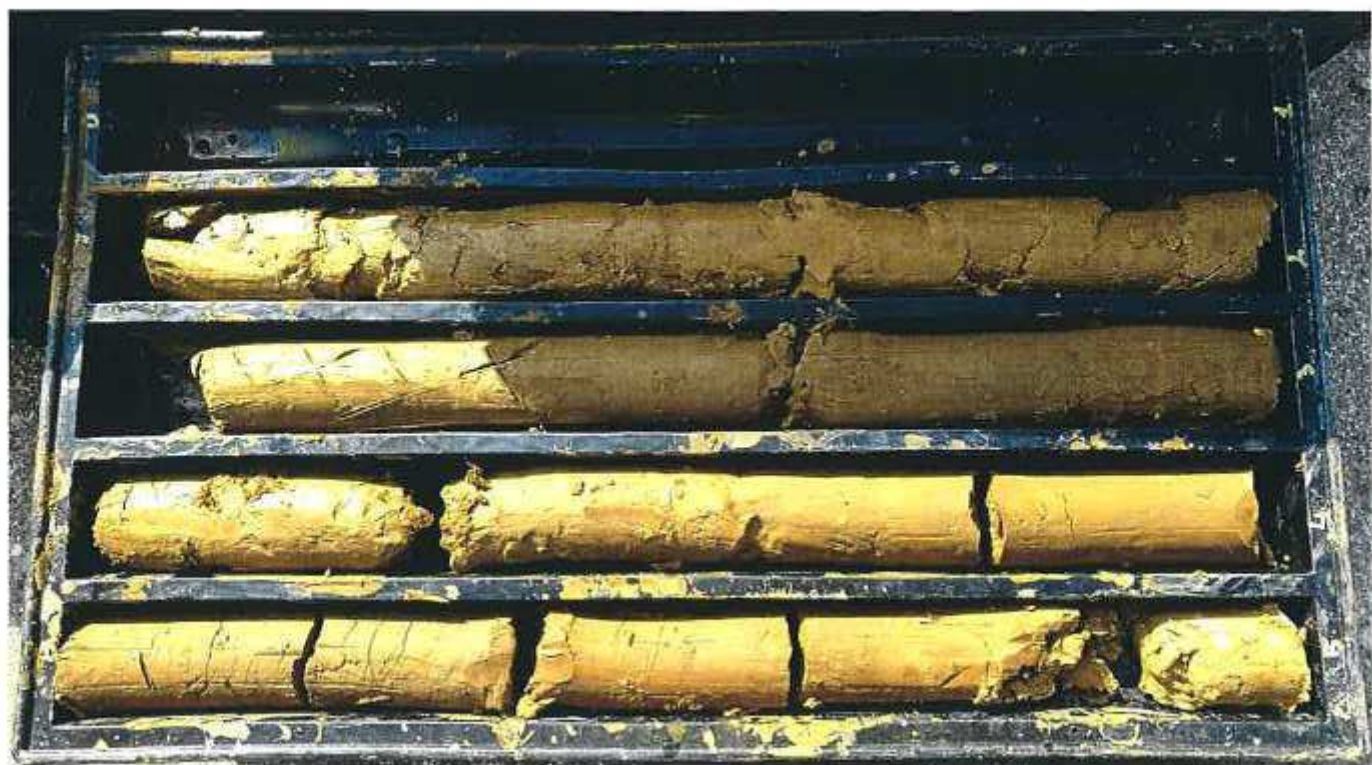
## CARATTERISTICHE TECNICHE E STRATIGRAFICHE DEL SONDAGGIO N. 3 -DH

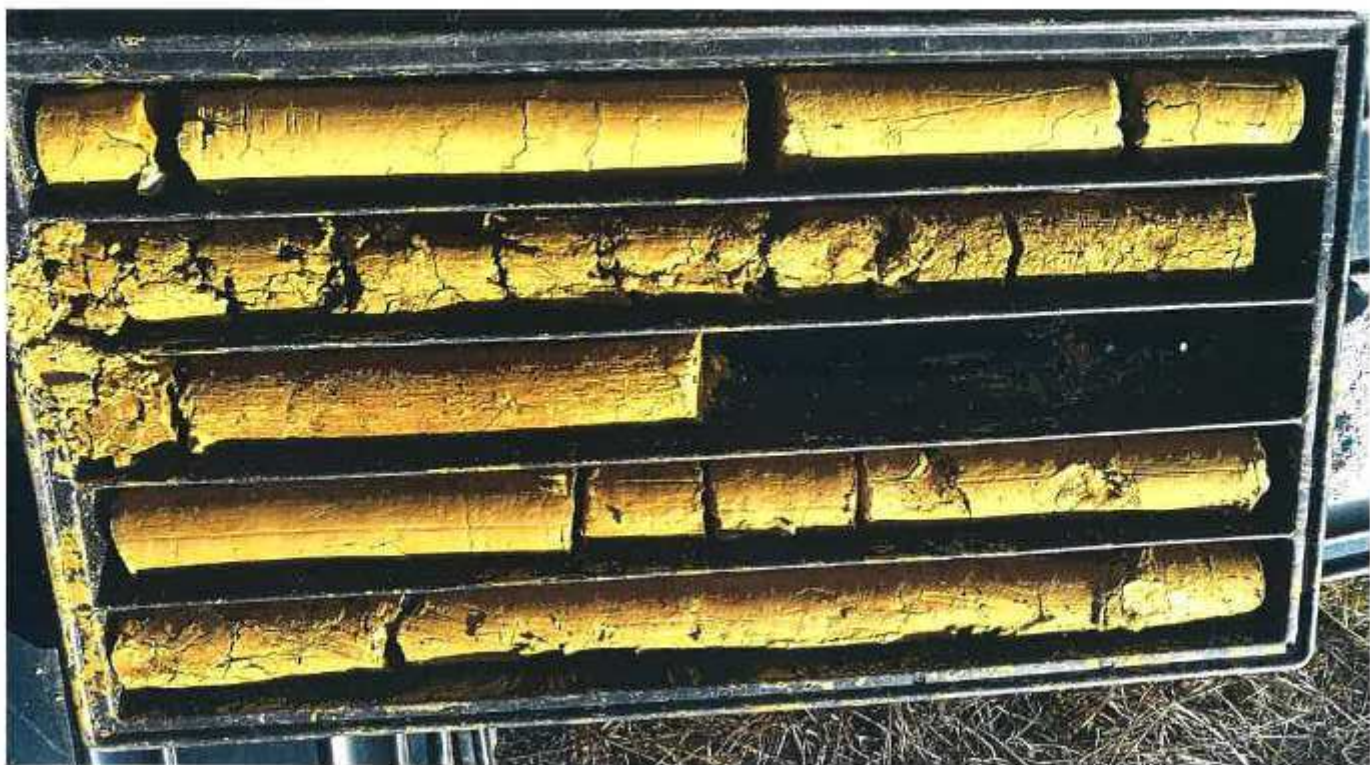
Profondità dal piano di campagna (m)	Stratigrafia	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Piezometria Tubo down-hole	SPT ▼	Campioni	R.Q.D.				
						10	30	50	70	90
34		Argilla limosa compatta, color nocciola-marrone								
36 36.6 38 40 41		Argilla limosa, compatta, colore da marrone chiaro a grigia								

Greve in Chianti, 16 marzo 2017

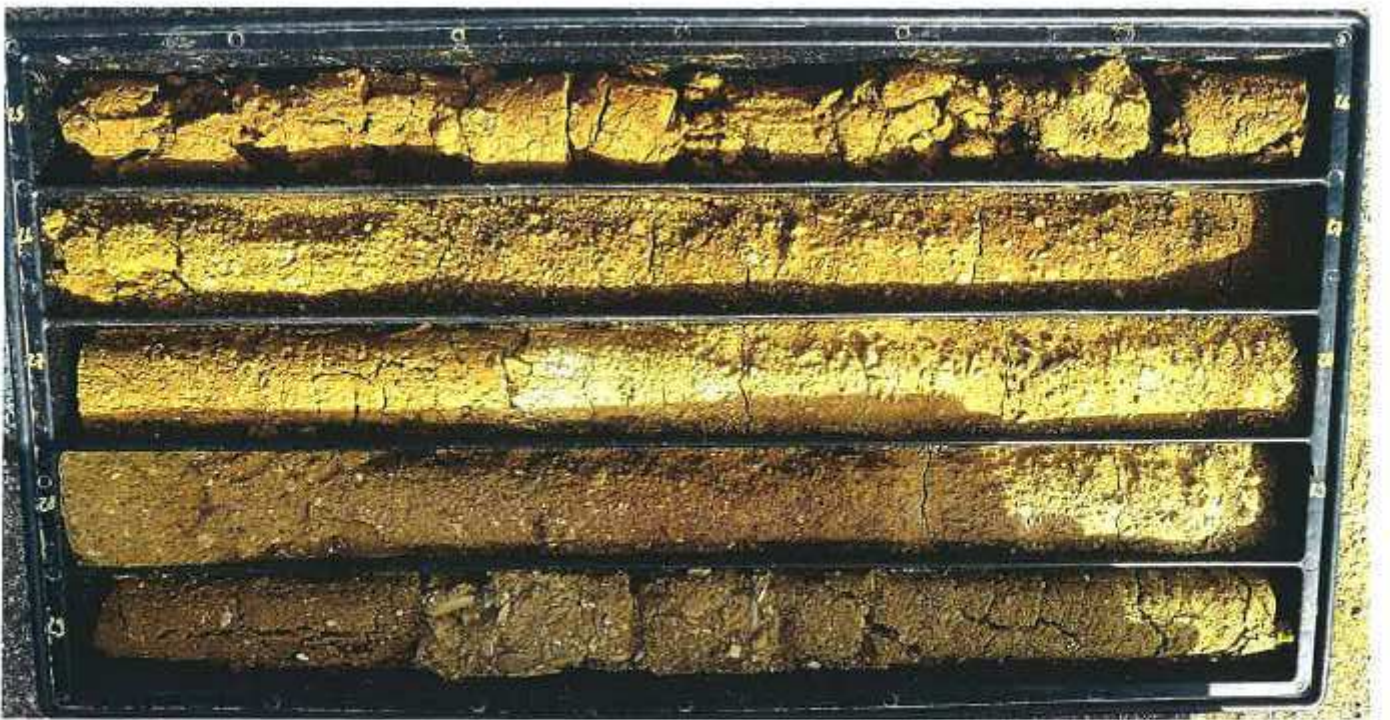
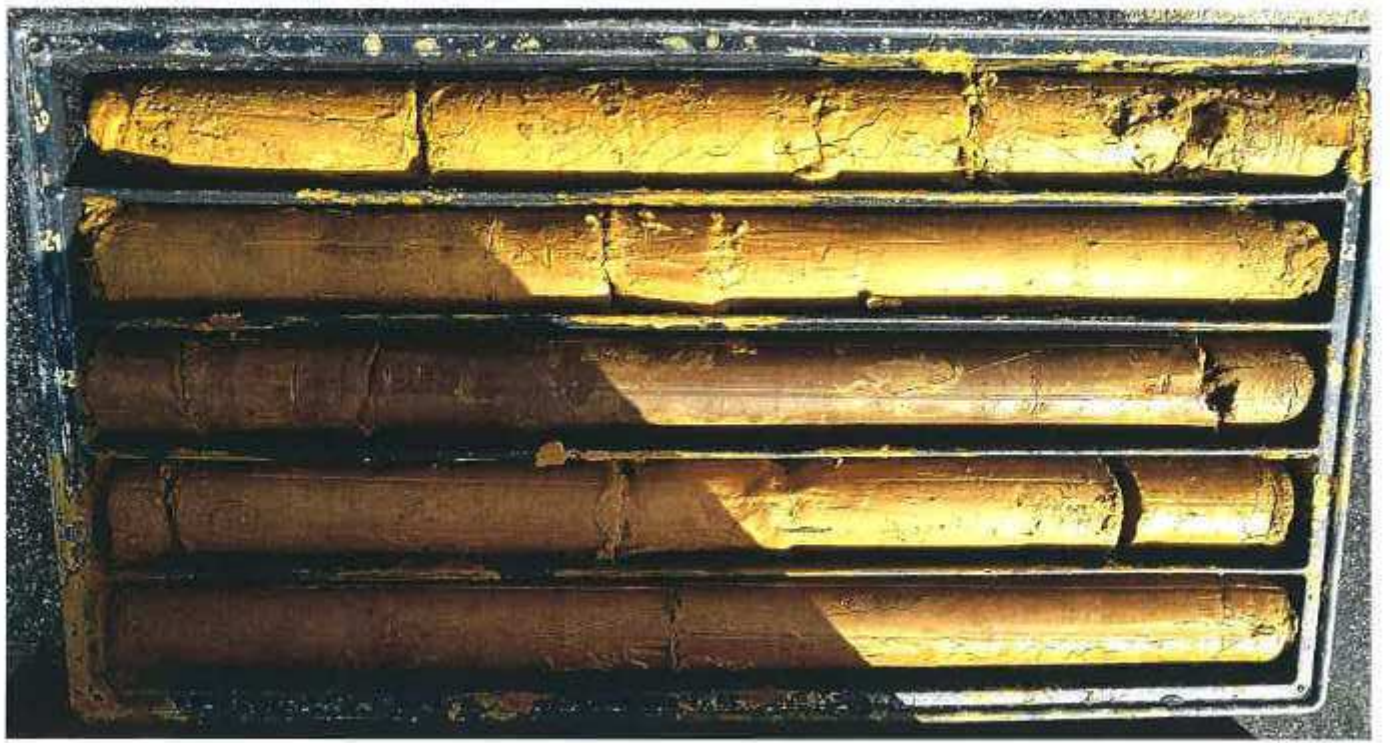
Il tecnico:

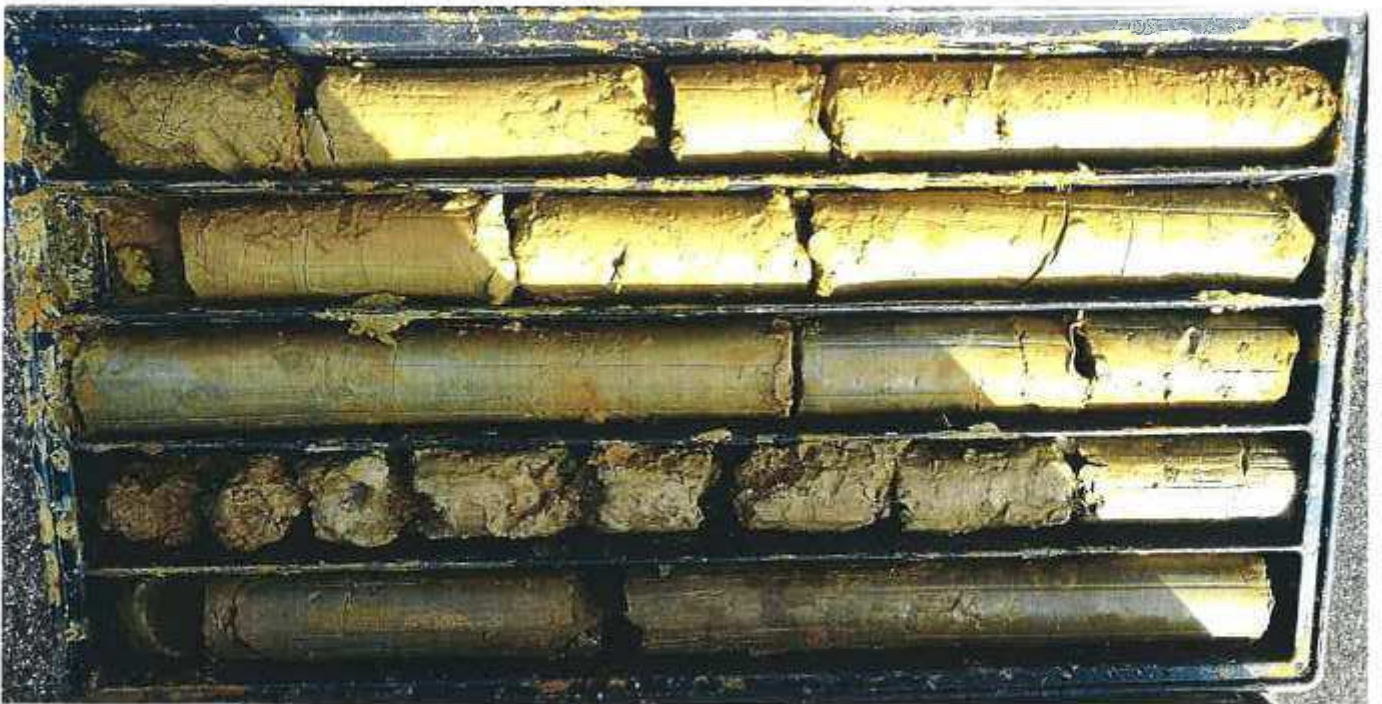
















## SCHEMA TECNICA SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO CON PROVE SPT IN FORO

S 6

Ditta esecutrice **Mesa sas**

Sede Legale: via cervara 101, 54100 Massa (MS)

Sede Operativa: via Frassina 65, 54033 Carrara (MS)


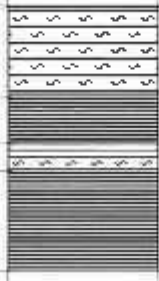

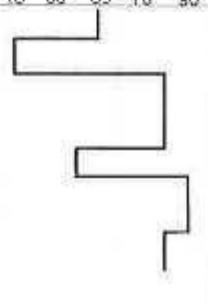
C. F. o Part. IVA 01111000459

Data perforazione **Febbraio 2017**Sonda.....Diametro perf. (mm) **101**Nota: foro armato con piezometro 3" (filtri da -34 a -40 m)  
liv. stat. -11,19 m da p.c. (9/3/2017)Committente **Toscana Aeroporti spa** Cantiere **Riconfigurazione e ampliamento terminal**In Comune di **Firenze**Località **via del Termine - Peretola**

Coordinate: Lat. 43,803050° Long. 11,202110°

Quota (m slm): **38,1** Profondità: **40 m**

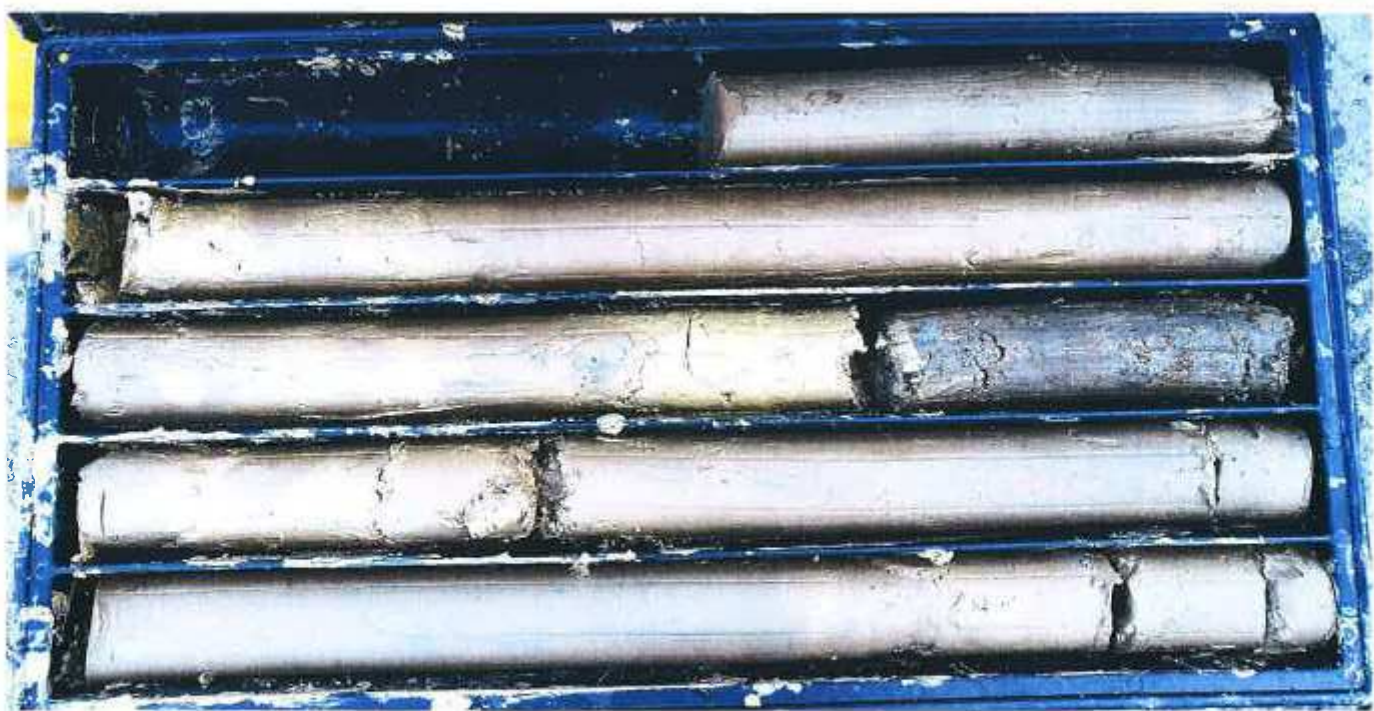
## CARATTERISTICHE TECNICHE E STRATIGRAFICHE DEL SONDAGGIO N. 6 -pz

Profondità dal piano di campagna (m)	Stratigrafia	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Piezometria	SPT 	Campioni	R.Q.D.				
						10	30	50	70	90
34		Argille limose compatte, color marrone chiaro								
34.5		Argille limose compatte, colore da grigio chiaro a marrone chiaro								
36		Argille limose compatte, marroni								
36.7		Argille limose compatte, colore grigio prevalente								
38										
40										

Greve in Chianti, 16 marzo 2017

Il tecnico:














## SCHEMA TECNICA SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO CON PROVE SPT IN FORO

**S 4**

Ditta esecutrice **Mesa sas**  
 Sede Legale: via cervara 101, 54100 Massa (MS)  
 Sede Operativa: via Frassina 65, 54033 Carrara (MS)  
 C. F. o Part. IVA 01111000459  
 Data perforazione **Febbraio 2017**  
 Sonda.....Diametro perf. (mm) **101**  
 Nota:

Committente **Toscana Aeroporti spa**   
 Cantiere **Riconfigurazione e ampliamento terminal**  
 In Comune di **Firenze**  
 Località **via del Termine - Peretola**  
 Coordinate: **Lat. 43,803609° Long. 11,201468°**  
 Quota (m slm): **37.8** Profondità: **15 m**

## CARATTERISTICHE TECNICHE E STRATIGRAFICHE DEL SONDAGGIO N. 4 - Torre faro

Profondità dal piano di campagna (m)	Stratigrafia	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Piezometria	SPT 	Campioni	R.Q.D.				
						10	30	50	70	90
0.5		Asfalto e calcestruzzo								
0.85		Asfalto								
1.45		Ghiaia di riporto								
2										
4										
6										
8										
10										
10.5										
12										
14										
15.0										
16										
18										
20										
22										
24										
25.5										
26										
26.5										
28										
28.0										
30										
30.0										
32										

Greve in Chianti, 16 marzo 2017

Il tecnico:







Sond. n°	Camp. l'	Profondità m	W %	Y N/m²	Y <sub>sc</sub> N/m²	Y <sub>sc</sub> N/m²	Indice sueci	Punto %	I matrici di consistenza				Gruppi omotria				Classificazione				Taglio diretto				Idrometrica			
									W <sub>p</sub>	IP	IP	IC	Cl. mat.	Sabbia %	Lim. %	Argilla %	CNR-LVII	D -Fa	φ	c kPa	σ <sub>1</sub>	σ <sub>2</sub>	σ <sub>3</sub>	49,2 kPa	98,4 kPa	156,8 kPa		
1	1	2,0-2,5	22,7	20,1	16,4	20,1	0,61	38,0	W <sub>p</sub>	52,5	23,4	29,1	1,02								123	15,2	27	3590	3406	5573	7693	11082
2	1	10,0-10,5	22,7	19,2	15,7	19,7	0,69	40,8	W <sub>p</sub>	54,4	24,3	30,1	1,05		1,2	34,6	64,2	A7-6 - I.G. = 19			287	22,3	9	18132	8916	6734	6785	8857
3	1	5,0-5,5	21,8	19,9	16,3	20,1	0,63	38,5	W <sub>p</sub>	52,7	21,9	30,8	1,00		4,1	33,7	62,2	A7-6 - I.G. = 19			203	15,3	24	25642	16910	11274	10661	12534
3	2	9,0-9,6	21,9	19,9	16,3	20,1	0,62	38,4	W <sub>p</sub>	56,6	25,8	30,8	1,13	4,3	5,4	28,4	61,9	A7-6 - I.G. = 19			236	22,0	13	13949	11786	13183	12705	13077
3	3	15,0-15,5	18,6	20,1	17,0	20,5	0,56	35,9	W <sub>p</sub>	57,5	23,5	34,0	1,14	1,0	4,8	43,8	50,6	A7-6 - I.G. = 20			465	18,5	32					
4	1	2,5-3,0	22,6	19,4	15,8	19,8	0,67	40,3	W <sub>p</sub>	58,0	22,7	33,3	1,00		1,0	28,9	70,1	A7-6 - I.G. = 19			321	16,0	22	22397	11961	8383	7574	8896
4	2	7,0-7,5	19,8	20,3	17,0	20,5	0,56	35,9	W <sub>p</sub>	63,1	24,0	39,1	1,11		4,2	35,3	60,5	A7-6 - I.G. = 20			286	19,3	12	15249	5980	5368	4761	7510
6	1	2,0-2,5	22,1	20,1	16,4	20,2	0,61	37,9	W <sub>p</sub>	56,3	26,7	29,6	1,06	1,8	3,7	39,1	55,4	A7-6 - I.G. = 19			326	20,1	20	62872	35029	10661	97,1	10608
6	2	5,0-5,5	22,7	19,8	16,4	20,0	0,64	39,0	W <sub>p</sub>	58,3	24,5	31,8	1,06		3,9	20,6	75,5	A7-6 - I.G. = 19			239	21,5	18	39276	14011	13436	17833	20223
6	3	7,5-13,0	24,2	19,7	15,9	19,8	0,67	40,1	W <sub>p</sub>	61,6	26,7	34,9	1,07	5,8	2,4	22,7	69,1	A7-6 - I.G. = 20			223	15,8	11					



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
*Certificazione settore "A" - Prove di laboratorio su terre*  
**Decreto 2436 del 14/03/2013 - ART. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**

# LABOTER s.n.c. di Paolo Tognelli e C. Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr.2436/13

<b>Committente :</b>	<b>MESA sas</b>
<b>Cantiere :</b>	<b>Aeroporto Firenze</b>
<b>Verbale Accettazione n° :</b>	<b>20 del 19/01/2017</b>
<b>Data Certificazione :</b>	<b>08/03/2017</b>
<b>Campioni n°:</b>	<b>10</b>
<b>Certificati da n° a n° :</b>	<b>00698 a 00769</b>





COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 3

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 5,0-5,5

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	21,8	%
Peso di volume	19,8	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	16,3	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	20,1	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,5	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,628	
Porosità	38,5	%
Grado di saturazione	93,9	%
Limite di liquidità	52,7	%
Limite di plasticità	21,9	%
Indice di plasticità	30,8	%
Indice di consistenza	1,00	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A7-6	I.G. = 19

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	4,1	%
Limo	33,7	%
Argilla	62,2	%
D 10	0,000293	mm
D 50	0,002100	mm
D 60	0,004319	mm
D 90	0,034103	mm
Passante set. 10	99,7	%
Passante set. 42	98,3	%
Passante set. 200	95,9	%

COMPRESSIONE

$\sigma$	203	kPa
$c_u$	101	kPa
$\sigma_{Rim}$		kPa
$c_{u R m}$		kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata lenta

$c$	23,8	kPa
$\phi$	15,3	°
$c_{Res}$		kPa
$\phi_{Res}$		°

PERMEABILITA'

Coefficiente k		cm/sec
----------------	--	--------

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$C_d$	kPa	$Q_d$	°
	$C'_{cu}$	kPa	$Q'_{cu}$	°
C.U.	$C_{cu}$	kPa	$Q_{cu}$	°
J.U.	$C_u$	kPa	$Q_u$	°

PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec
12,3 - 24,5	25542	0,000287	1,08E-09
24,5 - 49,0	16910	0,000239	1,38E-09
49,0 - 98,1	11274	0,000337	2,88E-09
98,1 - 196,2	10661	0,000335	3,08E-09
196,2 - 392,3	12534	0,000246	1,92E-09
392,3 - 784,6	18038	0,000150	8,14E-10
784,6 - 1569,3	30237	0,000124	4,03E-10

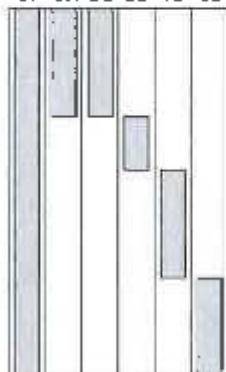
FOTOGRAFIA



OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Cilindrico      Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove  
CF GR BL ED LD CS      cm



$R_p$  kPa      VT kPa      cm

370		
480		
400		
		34

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE:

Argilla con limo con noduli di manganese e tracce torbose, molto consistente  
Munsell Soil Color Charts : 2,5Y 5/6 marrone oliva chiaro

Classificazione del terreno in base alla resistenza al piccolo penetrometro e vane test:

- < 24,5 kPa      molto molle
- 24,5 - 49,1 kPa      molle
- 49,1 - 98,1 kPa      plastica
- 98,1 - 196,2 kPa      consistente
- 196,2 - 392,4 kPa      molto consistente
- >392,4 kPa      duro



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

DNV Business Assurance  
Certificato No. 111171-0112-00-EN-AC00028  
DNV GL 2012 2014 (ISO 9001:2008)  
Primo gestore unico di laboratorio in Italia (Certific. EN 15167)

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2011

**CERTIFICATO DI PROVA N°:** 00715      Allegato 1      **DATA DI EMISSIONE:** 08/03/17      Inizio analisi: 22/02/17  
**VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:** 20 del 19/01/17      **Apertura campione:** 10/02/17      Fine analisi: 25/02/17

**COMMITTENTE:** MESA sas

**RIFERIMENTO:** Aeroporto Firenze

**SONDAGGIO:** 3

**CAMPIONE:** 1

**PROFONDITA':** m 5.0-5.5

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: HRB

ANALISI GRANLIOMETRICA

LIMITI DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	99,7	%	Limite di liquidità	52,7	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,3	%	Limite di plasticità	21,9	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	95,9	%	Indice di plasticità	30,8	%

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO:** A7-8

**INDICE DI GRUPPO:** 19

Tipi usuali dei materiali principali:

Argille fortemente compressibili fortemente plastiche





**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 44D - 51100 Pistoia  
tel. 0573570366

DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-0912-AG-ITA-ACCREDITA  
ISO 9001:2008 (800 989128000)  
Prestazione globale di laboratorio in terra (Settore CA - 11)

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 360/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00712** Pagina 1/1 **DATA DI EMISSIONE:** 08/03/17 **Inizio analisi:** 10/02/17  
**VERBALE DI ACCESSIONE N°: 20** del 19/01/17 **Apertura campione:** 10/02/17 **Fine analisi:** 11/02/17  
**COMMITTENTE:** MESA sas  
**RIFERIMENTO:** Aeroporto Firenze  
**SONDAGGIO:** 3 **CAMPIONE:** 1 **PROFONDITA':** m 5.0-5.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 21,8 %**

Struttura del materiale:

- Omogeneo
- Stratificato
- Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570966

DIV. Normativa Assistenza  
Certificazioni No. 11111/1/2012/AGITA/ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2008/ISO 9001:2015  
Prova geotecnica: 6. Laboratorio su terra (Settore SA - 23)

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00713** Pagina 1/1 **DATA DI EMISSIONE:** 08/03/17 Inizio analisi: 10/02/17  
**VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20** del 19/01/17 **Apertura campione:** 10/02/17 Fine analisi: 10/02/17  
**COMMITTENTE:** MESA sas  
**RIFERIMENTO:** Aeroporto Firenze  
**SONDAGGIO:** 3 **CAMPIONE:** 1 **PROFONDITA':** m 5,0-5,5

**PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 19,8 kN/m<sup>3</sup>**



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00714 Allegato 1 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 27/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17 Apertura campione: 10/02/17 Fine analisi: 28/02/17

COMMITTENTE: MESA sas  
RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze  
SONDAGGIO: 3

CAMPIONE: 1

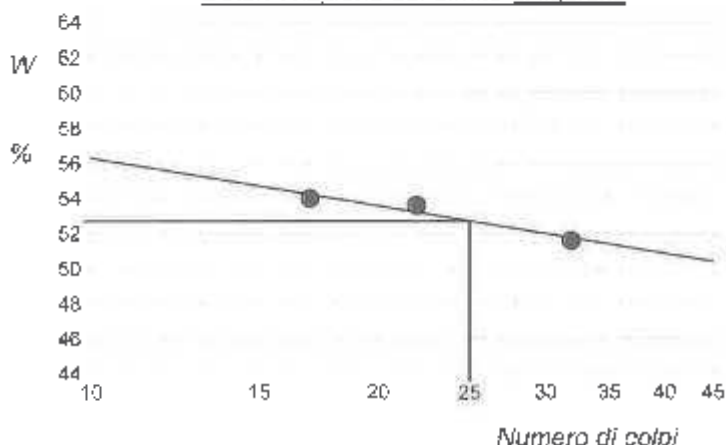
PROFONDITA': m 5.0-5.5

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-84

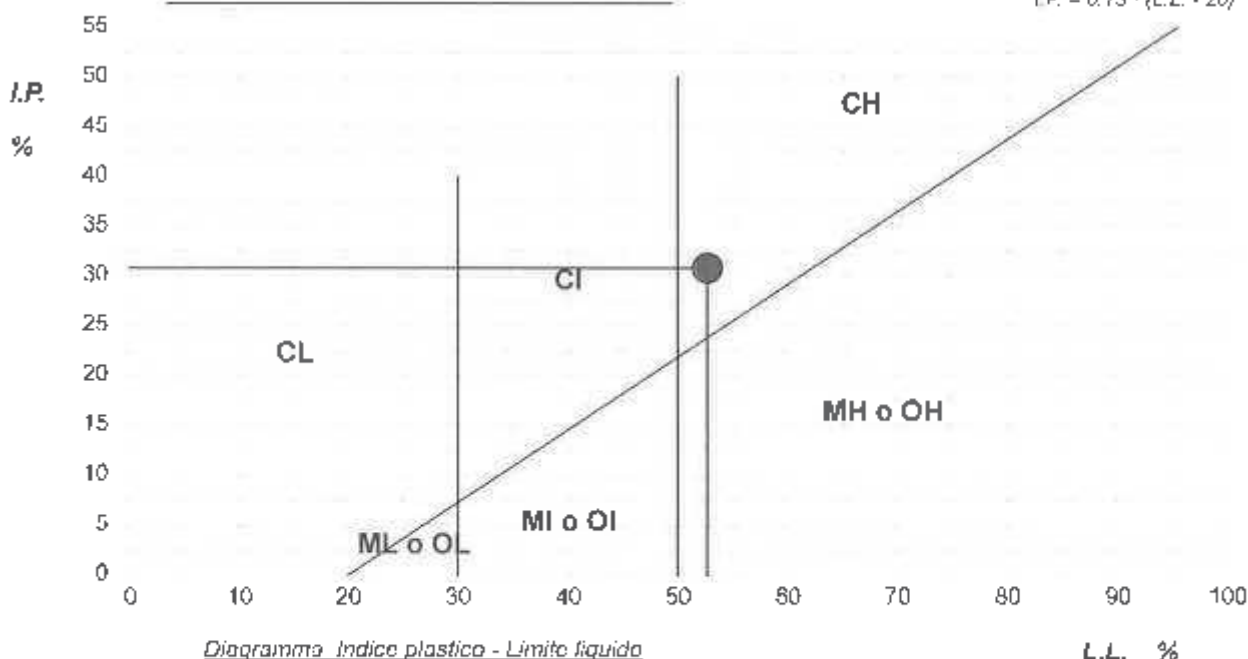
Determinazione del Limite di liquidità

Limite di liquidità	52,7	%
Limite di plasticità	21,9	%
Indice di plasticità	30,8	%
Indice di consistenza	1,00	
Passante al set. n° 40	SI	



C - Argille inorganiche L - Bassa compressibilità  
M - Limi inorganici I - Media compressibilità  
O - Argille e limi organici H - Alta compressibilità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00715 Pagina 1/1 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 22/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17 Apertura campione: 10/02/17 Fine analisi: 25/02/17

COMMITTENTE: MESA sas  
RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze  
SONDAGGIO: 3

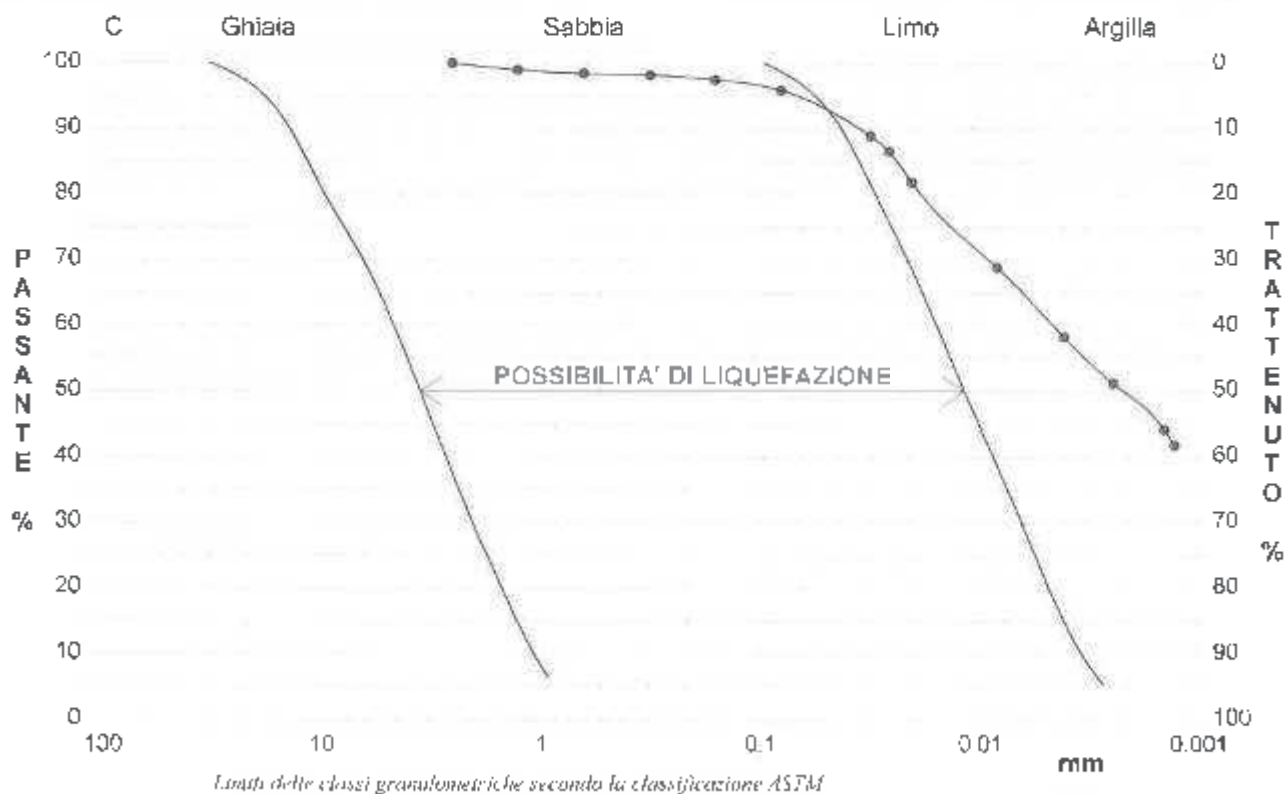
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': γ 5.0-5.5

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,7 %	D10	0,00029 mm
Sabbia	4,1 %	Passante setaccio 40 (0,42 mm)	98,3 %	D30	---
Limo	33,7 %	Passante setaccio 200 (0,075 mm)	95,9 %	D50	0,00210 mm
Argilla	62,2 %			D60	0,00432 mm
Coefficiente di uniformità	14,76	Coefficiente di curvatura	---	D90	0,03410 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,3600	100,00	0,0750	95,87	0,0030	58,22				
1,1900	98,94	0,0294	88,90	0,0023	51,15				
0,5950	98,42	0,0242	86,54	0,0013	44,07				
0,2970	98,16	0,0191	81,82	0,0012	41,71				
0,1500	97,46	0,0078	68,84						



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00716** Pagina 1/2 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 10/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N° 20 del 19/01/17 Apertura campione 10/02/17 Fine analisi: 21/02/17  
COMMITTENTE MESA sas  
RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze  
SONDAGGIO: 3 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 5.0-5.5

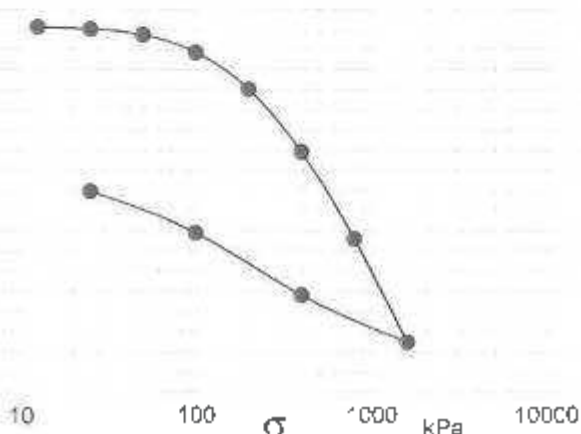
**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

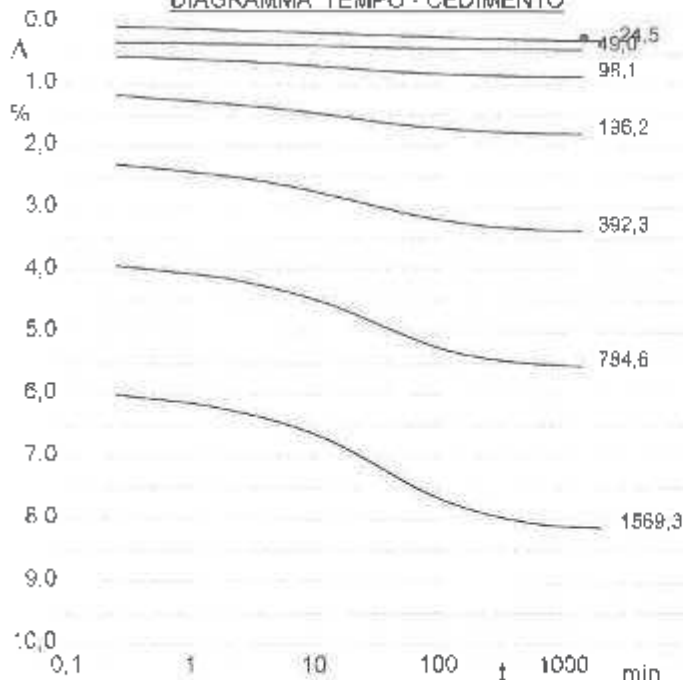
**Caratteristiche del campione**

		0,600
Peso di volume (kN/m³)	20,31	0,584
Umidità (%)	22,0	0,568
Peso specifico (kN/m³)	26,47	0,552
Altezza provino cm	2,00	0,536
Diametro provino cm	5,00	0,520
Sezione provino (cm²)	19,63	0,504
Volume provino (cm³)	39,27	0,488
Volume dei vuoti (cm³)	14,56	0,472
Indice dei vuoti	0,59	0,456
Porosità (%)	37,07	0,440
Saturazione (%)	100,0	1

**DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI**

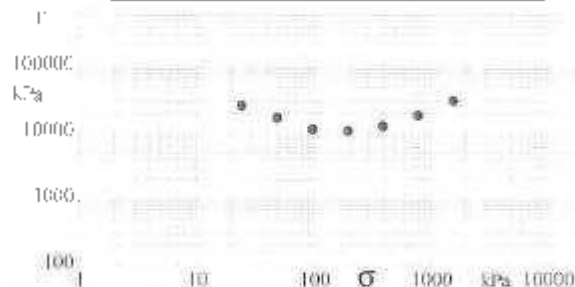


**DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO**



Pressione (kPa)	Cedim. (mm/100)	Indice Vuoti	Cc	Modulo (kPa)	Cv (cm²/sec)	k (cm/sec)
12,3	5,0	0,585				
24,5	6,0	0,584	0,003	25542	0,000281	1,08E-09
49,0	8,9	0,582	0,008	16910	0,000239	1,38E-09
98,1	17,6	0,575	0,023	11274	0,000331	2,80E-09
196,2	36,0	0,563	0,049	10681	0,000335	3,08E-09
392,3	67,3	0,536	0,083	12534	0,000246	1,92E-09
784,6	110,8	0,501	0,115	18038	0,000150	8,14E-10
1569,3	162,7	0,483	0,137	30237	0,000124	4,03E-10
392,3	139,0	0,479				
98,1	107,8	0,503				
24,5	87,0	0,520				

**Diagramma Pressione - Modulo edometrico**



**COMMITTENTE:** MESA sas  
**RIFERIMENTO:** Aeroporto Firenze  
**SONDAGGIO:** 3

**CAMPIONE:** 1

**PROFONDITA':** m 5.0-5.5

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	196	294	392
Tensione a rottura (kPa):	77	105	130
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	3,34	1,42	3,04
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,38	0,17	0,58
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 24,1	--- 23,7	--- 22,3
Peso di volume (kN/m³):	19,6	19,8	20,1

**DIAGRAMMA**

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 23,8 kPa  
 Angolo di attrito Interno: 15,3 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta  
 Velocità di deformazione: 0,007 mm / min  
 Tempo di consolidazione (ore): 24

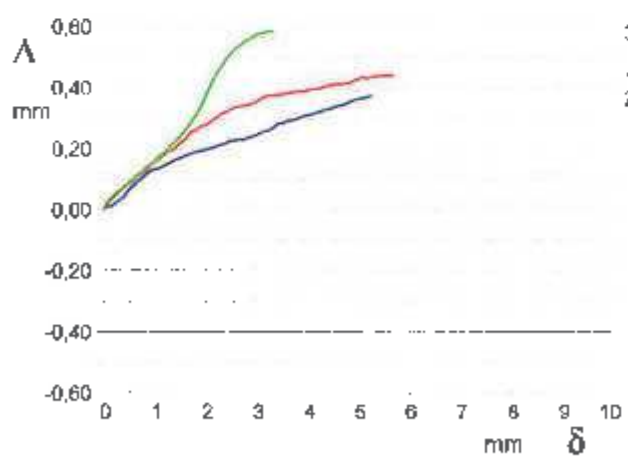
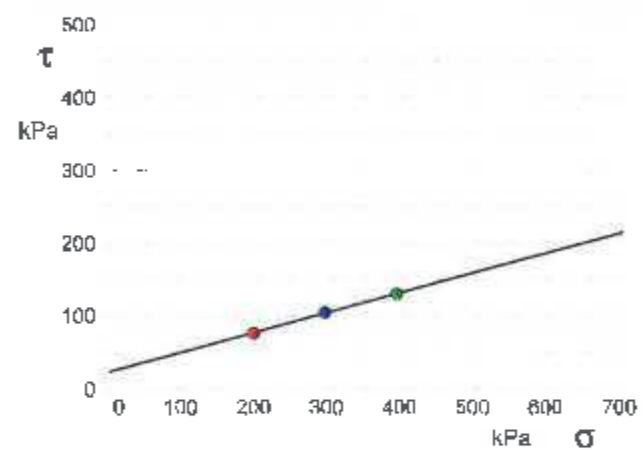


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

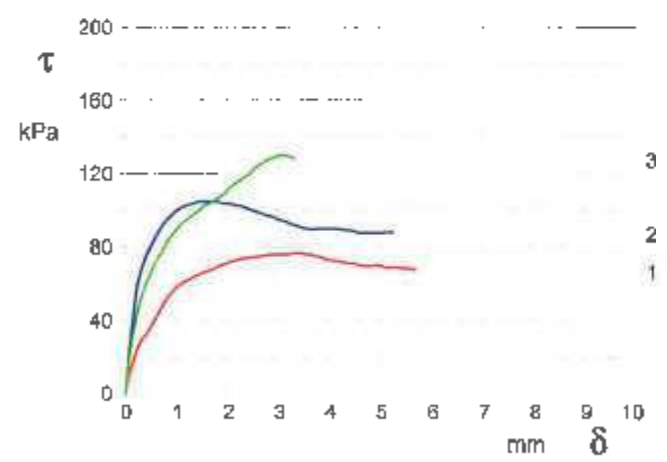


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573670586

DNV Business Assurance  
Certificata No. 11177-2813-AGITA-ACCREDITA  
UNE EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prestazioni pubbliche di laboratorio su terra (Settore SA - 10)

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - An. 59 DPR 360/2001 - Circolare 7618/S1/C 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00719      Pagina 1/1      DATA DI EMISSIONE: 08/03/17      Inizio analisi: 01/03/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17      Apertura campione: 10/02/17      Fine analisi: 01/03/17

COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 3

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 5.0-5.5

VALORE DEL BLU DI METILENE

Valore del Blu di Metilene (gMB/kgSS)      23,40 g/Kg

Analisi eseguita sulla classe granulometrica 0-2 mm



COMMITTENTE: MESA sas  
RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze  
SONDAGGIO: 3

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 9.3-9.6

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	21,0	%
Peso di volume	19,9	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	16,3	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	20,1	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,5	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,623	
Porosità	38,4	%
Grado di saturazione	95,0	%
Limite di liquidità	56,6	%
Limite di plasticità	25,8	%
Indice di plasticità	30,8	%
Indice di consistenza	1,13	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A7-6	I.G. = 19

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	4,3	%
Sabbia	5,4	%
Limo	28,4	%
Argilla	61,9	%
D 10	0,000223	mm
D 50	0,002180	mm
D 60	0,004380	mm
D 90	0,072431	mm
Passante set. 10	93,1	%
Passante set. 42	92,0	%
Passante set. 200	90,3	%

COMPRESSIONE

$\sigma$	236	kPa
$c_u$	118	kPa
$\sigma_{Rim}$		kPa
$c_u Rim$		kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

C	12,7	kPa
$\phi$	22,0	°
$c_{Res}$		kPa
$\phi_{Res}$		°

PERMEABILITA'

Coefficiente k		cm/sec
----------------	--	--------

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$C_d$	kPa	$O_d$	°
C.U.	$C'_{cu}$	kPa	$O'_{cu}$	°
	$C_{cu}$	kPa	$O_{cu}$	°
U.U.	$C_u$	kPa	$O_u$	°

PROVA EDOMETRICA

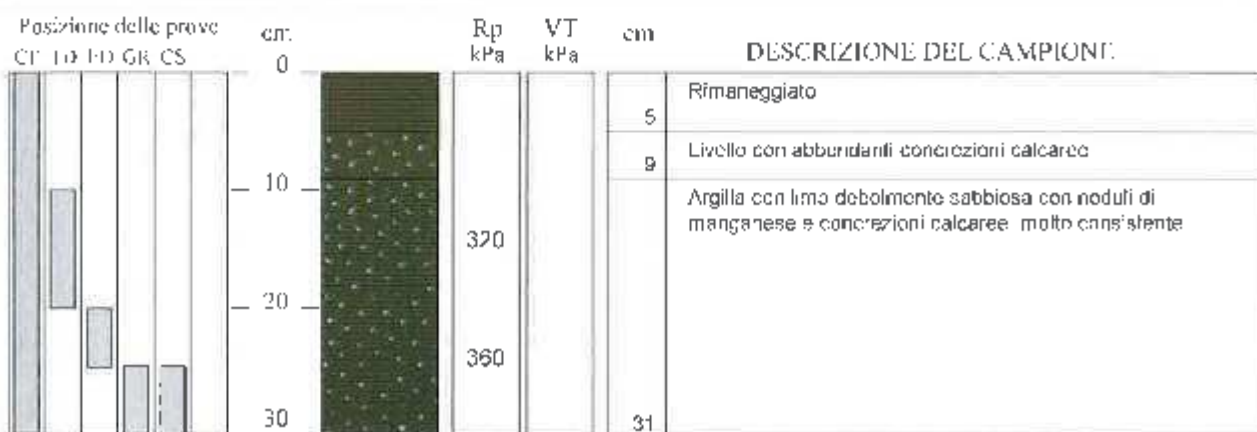
$\sigma$	E	$C_v$	k
kPa	kPa	cm <sup>2</sup> /sec	cm/sec
12,3 + 24,5	13949	0,000626	4,40E-09
24,5 + 49,0	11758	0,000104	8,61E-10
49,0 + 98,1	13183	0,000224	1,66E-09
98,1 + 196,2	12705	0,000510	3,94E-09
196,2 + 392,3	13077	0,000302	2,27E-09
392,3 + 784,6	17931	0,000267	1,46E-09
784,6 + 1569,3	24925	0,000202	7,93E-10

FOTOGRAFIA



OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Cilindrico      Qualità del campione: Q 5





**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570966DPI Settore Analisi  
Certifica No. 11117/2013-ADM-ACC0264  
04/09/2013-04/09/2018 (SC-ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terra (Settore EA: 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°:** 00723      Allegato 1      **DATA DI EMISSIONE:** 08/03/17      Inizio analisi: 22/02/17  
**VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:** 20 dei 19/01/17      **Apertura campione:** 15/02/17      Fine analisi: 25/02/17

**COMMITTENTE:** MESA sas**RIFERIMENTO:** Aeroporto Firenze**SONDAGGIO:** 3**CAMPIONE:** 2**PROFONDITA':** m 9.0-9.6**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO**

Classificazione secondo: HR8

## ANALISI GRANULOMETRICA

## LIMIT DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	93,1	%	Limite di liquidità	56,6	%
Passante setaccio 40 (0.425 mm)	92,0	%	Limite di plasticità	25,8	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	90,3	%	Indice di plasticità	30,8	%

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A7-6****INDICE DI GRUPPO: 19**

Tipi usuali dei materiali principali:

Argillo fortemente compressibili fortemente plastiche



CERTIFICATO DI PROVA N°: **00720** Pagina 1/1 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 15/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17 Apertura campione: 15/02/17 Fine analisi: 16/02/17  
COMMITTENTE: MESA sas  
RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze  
SONDAGGIO: 3 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m. 9.0-9.6

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 21,9 %**

Struttura del materiale:  Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570586

029/02000000000  
Certificato No. 01117/2013-AG/REG/ACQ/0000000000  
029/02000000000  
Prova geotecnica di laboratorio su terra (Settore SA - 15)

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00721 Pagina 1/1 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 15/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17 Apertura campione: 15/02/17 Fine analisi: 15/02/17

COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 3

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 9.0-9.6

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 19,9 kN/m<sup>3</sup>**



CERTIFICATO DI PROVA N°: **00722** Allegato **1** DATA DI EMISSIONE: **08/03/17** Inizio analisi: **27/02/17**  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: **20** del **19/01/17** Apertura campione: **15/02/17** Fine analisi: **28/02/17**

COMMITTENTE: **MESA sas**

RIFERIMENTO: **Aeroporto Firenze**

SONDAGGIO: **3**

CAMPIONE: **2**

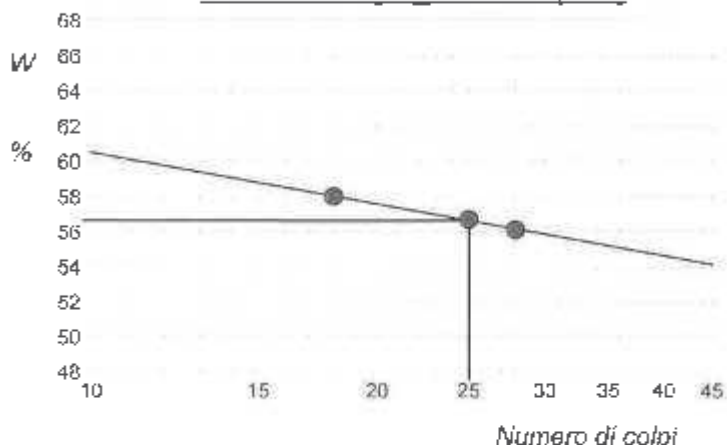
PROFONDITA': m **9.0-9.6**

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: **Norma ASTM D 4318-84**

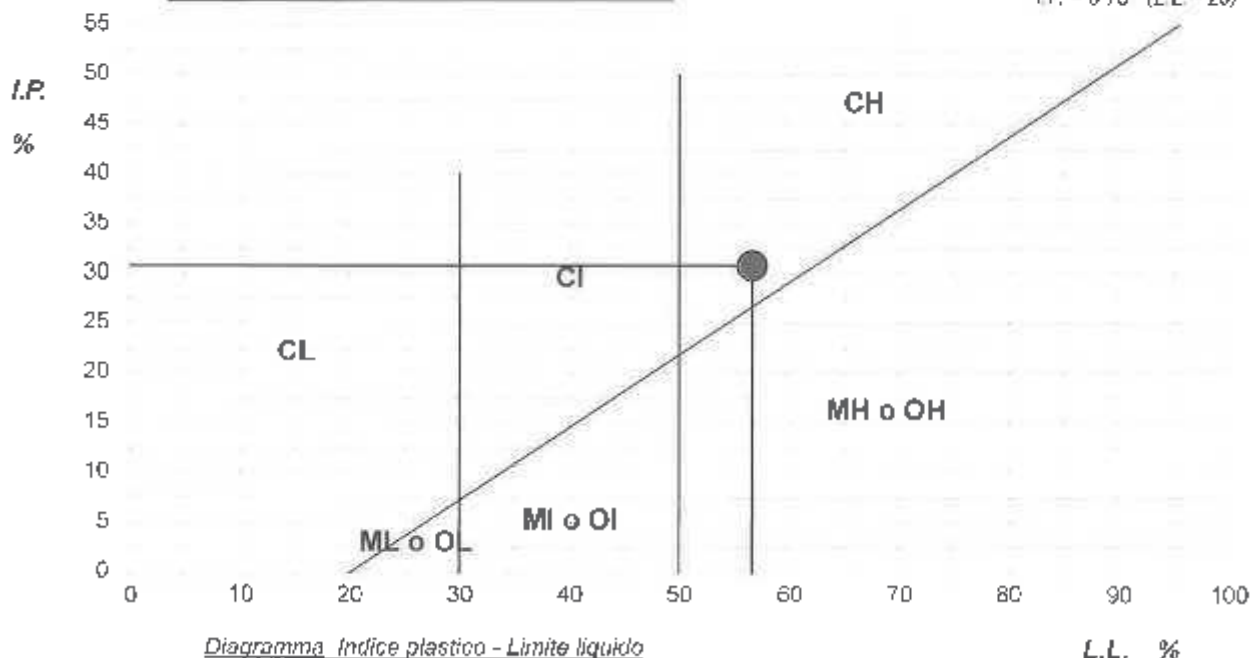
Determinazione del L mite di liquidità

L'mite di liquidità	56,6	%
L' mite di plasticità	25,8	%
Indice di plasticità	30,8	%
Indice di consistenza	1.13	
Passante al set. n° 40	SI	



- C - Argille inorganiche**
  - I - **Bassa compressibilità**
  - M - Lmi inorganici I - **Media compressibilità**
  - O - Argille e lim. organici. **H - Alta compressibilità**

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE





CERTIFICATO DI PROVA N°: **00723** Pagina 1/1 DATA DI EMISSIONE: **08/03/17** Inizio analisi: **22/02/17**  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: **20** del 19/01/17 Apertura campione: **15/02/17** Fine analisi: **25/02/17**

COMMITTENTE: **MESA sas**  
RIFERIMENTO: **Aeroporto Firenze**  
SONDAGGIO: **3**

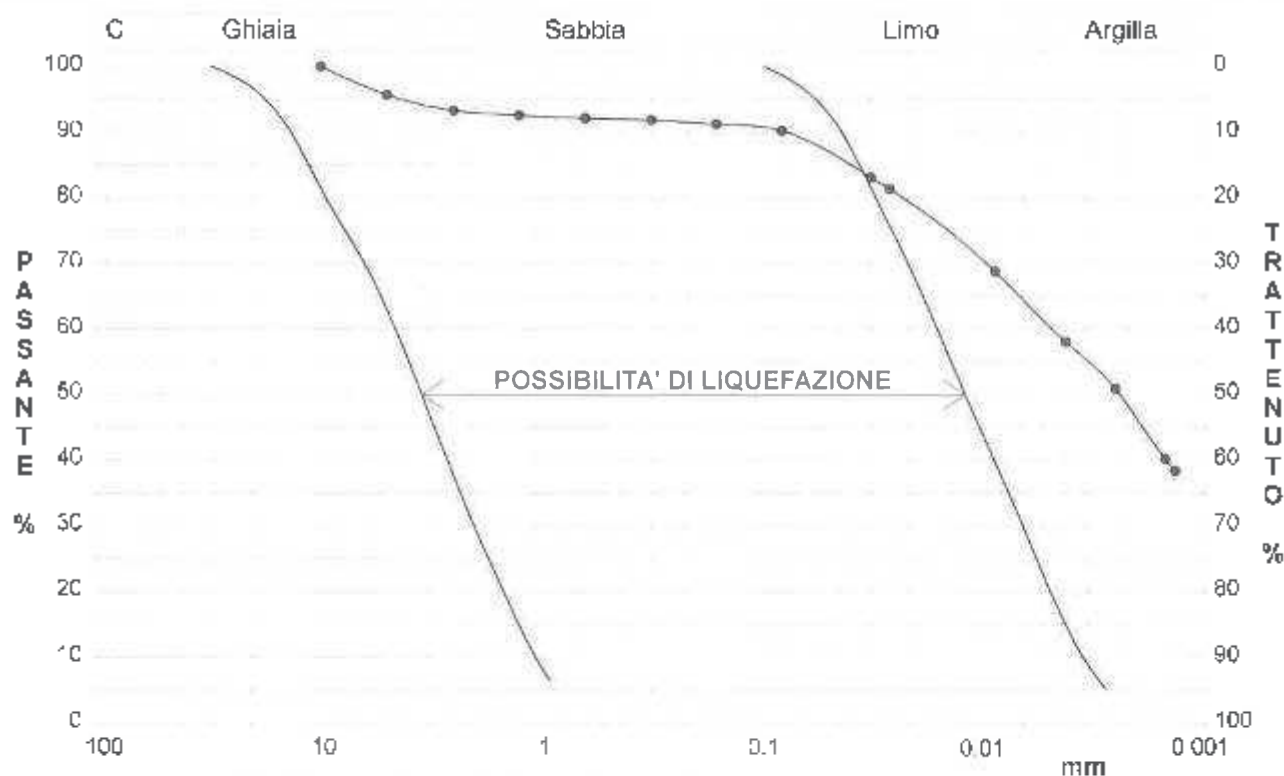
CAMPIONE: **2**

PROFONDITA': m **9,0-9,6**

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	4,3 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	93,1 %	D10	0,00022 mm
Sabbia	5,4 %	Passante setaccio 40 (0,42 mm)	92,0 %	D30	---
Limo	28,4 %	Passante setaccio 200 (0,075 mm)	90,3 %	D50	0,00216 mm
Argilla	61,9 %			D60	0,00436 mm
Coefficiente d' uniformità	19,65	Coefficiente di curvatura	---	D90	0,07243 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5200	100,00	0,2970	91,91	0,0080	88,83				
4,7500	95,71	0,1500	91,31	0,0038	68,07				
2,3600	93,32	0,0750	90,26	0,0023	50,91				
1,1900	92,61	0,0295	83,17	0,0013	40,15				
0,5950	92,17	0,0242	81,38	0,0012	38,36				



CERTIFICATO DI PROVA N°: **00724** Pagina 1/2 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 20/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17 Apertura campione: 15/02/17 Fine analisi: 02/03/17

COMMITTENTE: MESA sas  
RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze  
SONDAGGIO: 3

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 9,0-9,6

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Caratteristiche del campione

		0,630
Peso di volume (kN/m³)	19,92	0,614
Umidità (%)	22,5	0,598
Peso specifico (kN/m³)	26,47	0,582
Altezza provino cm	2,50	0,566
Diametro provino cm	5,00	0,550
Sezione provino (cm²)	19,63	0,534
Volume provino (cm³)	49,09	0,518
Volume dei vuoti (cm³)	18,93	0,502
Indice dei vuoti	0,63	0,486
Porosità (%)	38,55	0,470
Saturazione (%)	96,8	

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

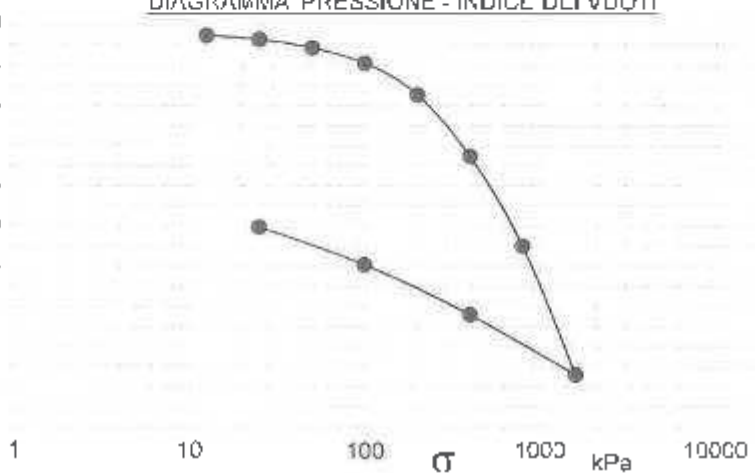
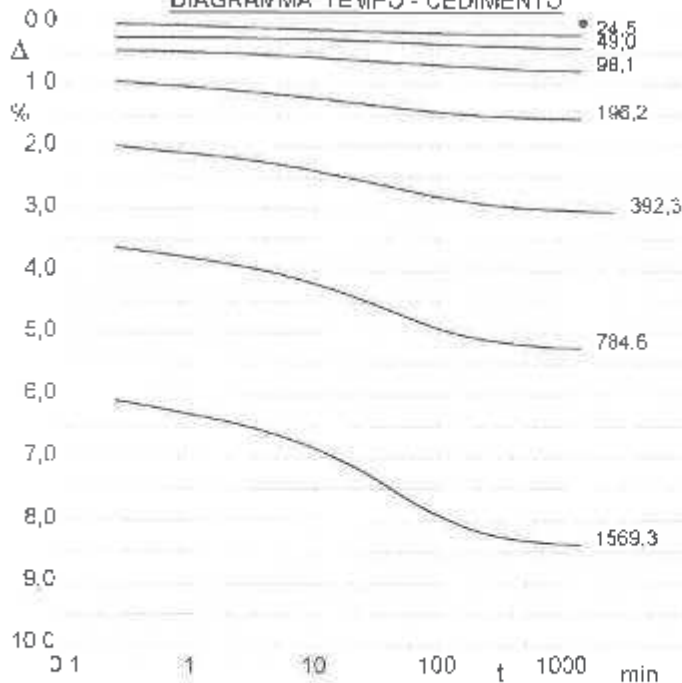
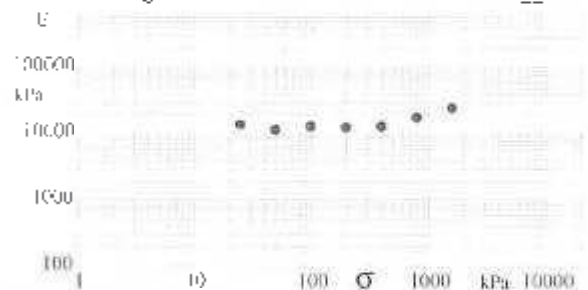


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione (kPa)	Cedim. (mm/100)	Indice vuoti	Cc	Modulo (kPa)	Cv (cm²/sec)	k (cm/sec)
12.3	2.8	0.626				
24.5	5.0	0.624	0.005	13949	0.000626	4.40E-06
49.0	10.2	0.621	0.011	11788	0.000104	8.61E-10
98.1	19.5	0.616	0.020	13183	0.000224	1.66E-06
196.2	38.8	0.602	0.042	12705	0.000510	3.94E-06
392.3	78.3	0.578	0.081	13077	0.000302	2.27E-06
784.6	131.0	0.542	0.118	17931	0.000267	1.46E-06
1569.3	209.7	0.491	0.173	24925	0.000202	7.93E-10
392.3	173.0	0.515				
98.1	142.4	0.535				
24.5	119.4	0.550				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 3

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 9.0-9.6

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	196	294	392
Tensione a rottura (kPa):	89	134	169
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,31	2,97	2,58
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,43	0,93	0,82
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 25,5	--- 26,4	--- 26,9
Peso di volume (kN/m³):	19,7	20,0	19,9

#### DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 12,7 kPa

Angolo di attrito interno: 22,0 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,007 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

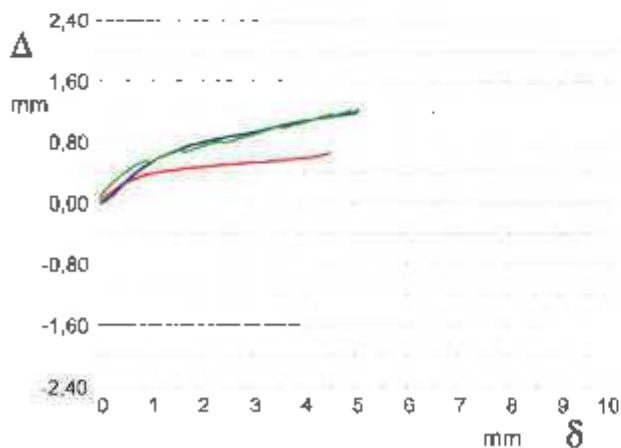
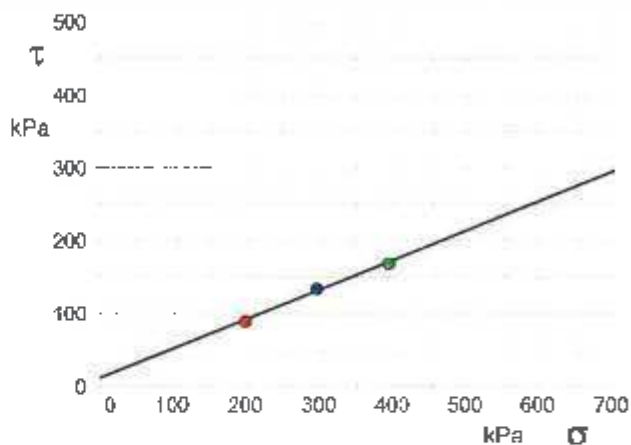


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

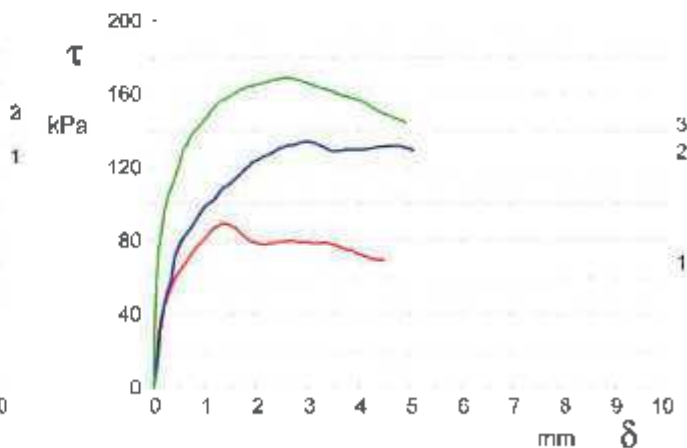


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



COMMITTENTE: MFSA sas  
RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze  
SONDAGGIO: 3

CAMPIONE: 3

PROFONDITÀ: m 15,0-15,5

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	19,6	%
Peso di volume	20,1	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	17,0	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	20,5	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,5	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,560	
Porosità	35,9	%
Grado di saturazione	89,9	%
L' limite di liquidità	57,5	%
L' limite di plasticità	23,5	%
Indice di plasticità	34,0	%
Indice di consistenza	1,14	
Passante al set. n° 40	SI	
L' limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A7-6	I.G. = 20

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiara	1,0	%
Sabbia	4,6	%
Limo	43,6	%
Argilla	50,6	%
D 10		mm
D 50	0,004695	mm
D 60	0,009177	mm
D 80	0,052103	mm
Passante set. 10	98,3	%
Passante set. 42	96,6	%
Passante set. 200	94,4	%

COMPRESSIONE

$\sigma$	465	kPa
$c_u$	233	kPa
$\sigma_{Rim}$		kPa
$c_{u Rim}$		kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

C	31,7	kPa
Q	18,5	°

PERMEABILITÀ

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

$c_{Res}$	kPa
$\phi_{Res}$	°

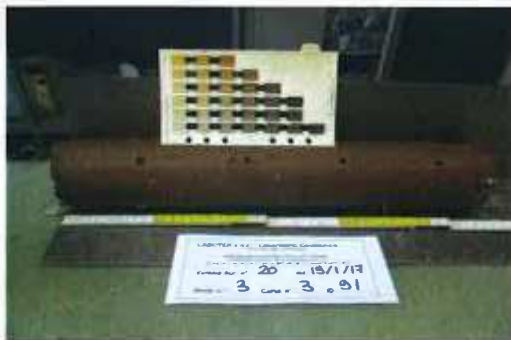
COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$C_d$	kPa	$Q_d$	°
	$C'_{cu}$	kPa	$Q'_{cu}$	°
C.U.	$C_{cu}$	kPa	$Q_{cu}$	°
J.U.	$C_u$	kPa	$Q_u$	°

PROVA EDOMETRICA

$\sigma$	E	$c_v$	k
kPa	kPa	cm <sup>2</sup> /sec	cm/sec

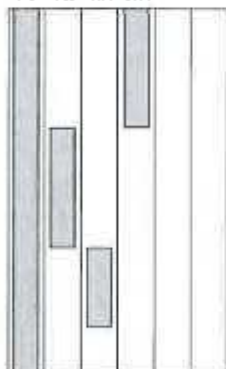
FOTOGRAFIA



OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Cilindrico      Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove  
CF TD CS GR      cm



$R_p$	VT	cm
kPa	kPa	
350		
320		
360		
400		
		46

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Argilla f.rosa con concrezioni calcaree, molto consistente  
Munsell Soil Color Charts - 2,5Y 4/4 marrone oliva

Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test

< 24,5 kPa	molto molle
24,5 - 49,1 kPa	molle
49,1 - 98,1 kPa	plastico
98,1 - 196,2 kPa	consistente
196,2 - 392,4 kPa	molto consistente
>392,4 kPa	duro



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DIN Sistema Assicurato  
Certificato No. 111171217 AG/ITALADONDA  
UNI EN ISO 9001:2008 ISO 9001:2015  
Prova geotecnica di laboratorio su terre (Settore SA - 33)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 35 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°:** 00730      Allegato 1      **DATA DI EMISSIONE:** 08/03/17      Inizio analisi: 22/02/17  
**VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:** 20 del 19/01/17      **Apertura campione:** 15/02/17      Fine analisi: 25/02/17

**COMMITTENTE:** MESA sas  
**RIFERIMENTO:** Aeroporto Firenze  
**SONDAGGIO:** 3      **CAMPIONE:** 3      **PROFONDITA' m:** 15.0-15.5

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: HRB

## ANALISI GRANULOMETRICA

## LIMITI DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	98,3 %	Limite di liquidità	57,5 %
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	96,6 %	Limite di plasticità	23,5 %
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	94,4 %	Indice di plasticità	34,0 %

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A7-6****INDICE DI GRUPPO: 20**

Tipi usuali dei materiali principali:

Argille fortemente compressibili fortemente plastiche



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pisa  
tel. 0573570586

LABOTER snc  
Certificata No. 11107/012/04/ACCREDIT  
Via Sauro 440 - 51100 Pisa  
Prov. Speciale di laboratorio su terra (Settore SA - 01)

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2636 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7688/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00727      Pagina 1/1      DATA DI EMISSIONE: 08/03/17      Inizio analisi: 15/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17      Apertura campione: 15/02/17      Fine analisi: 16/02/17  
COMMITTENTE: MESA sas  
RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze  
SONDAGGIO: 3      CAMPIONE: 3      PROFONDITA': m 15,0-15,5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 18,6 %**

Struttura del materiale:

- Omogeneo
- Stratificato
- Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pietola  
Tel. 0573570588

DIV. Edilizia Assicurata  
Certificato No. 11107/0112 AGITE-ACCENSA  
UNICEN (NO 8481 2008 200 9001 2008)  
Pratica gestionale per gli laboratori su terra (Settore Ed. - 01)

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 360/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00728      Pagina 1/1      DATA DI EMISSIONE: 08/03/17      Inizio analisi: 15/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17      Apertura campione: 15/02/17      Fine analisi: 15/02/17

COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 3

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 15.0-15.5

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 20,1 kN/m<sup>3</sup>**



CERTIFICATO DI PROVA N°: **00729** Allegato 1 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 27/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17 Apertura campione: 15/02/17 Fine analisi: 28/02/17

COMMITTENTE: MESA sas  
RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze  
SONDAGGIO: 3

CAMPIONE: 3

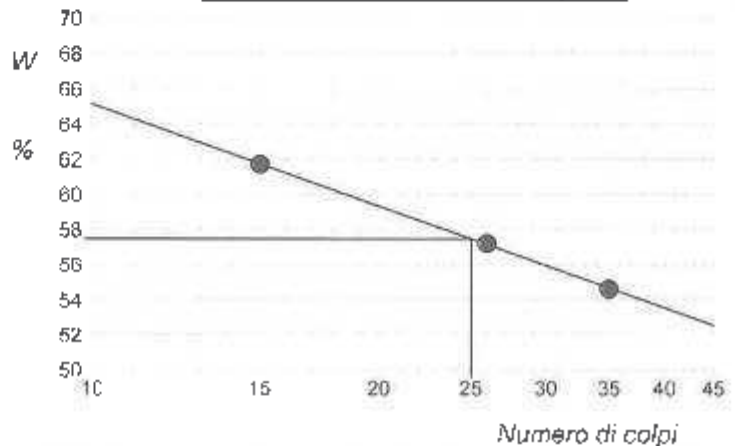
PROFONDITA': m 15.0-15.5

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norme ASTM D 4318 84

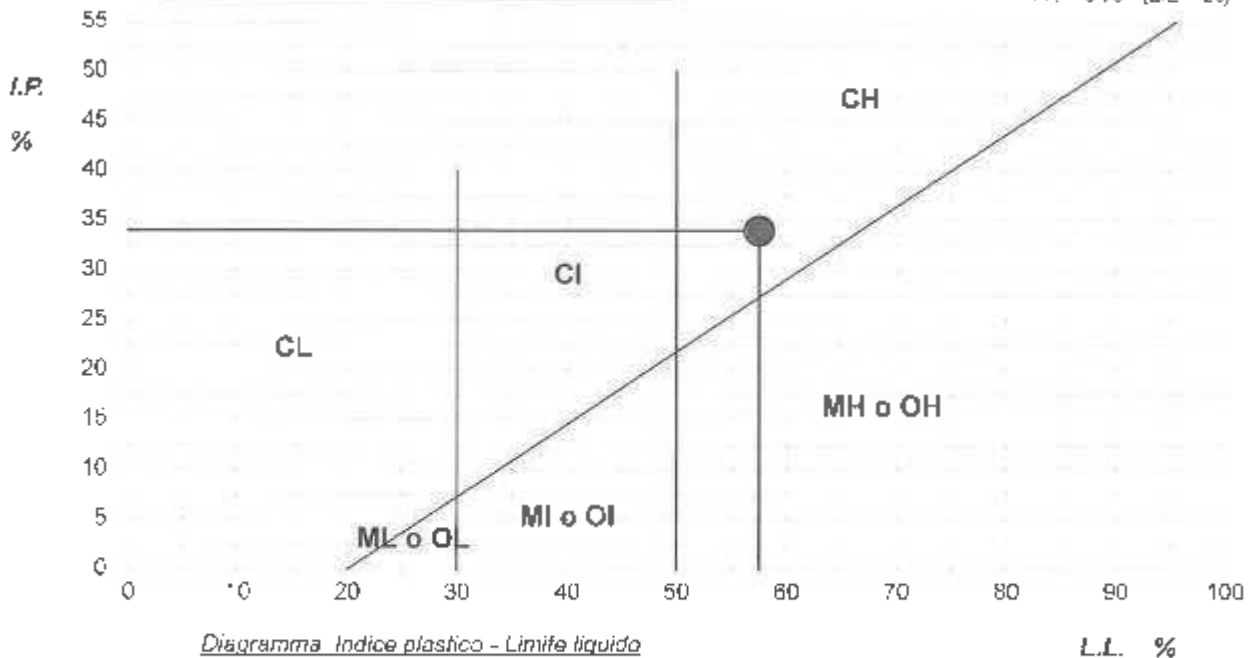
Determinazione del Limite di liquidità

Limite di liquidità	57.5	%
Limite di plasticità	23.5	%
Indice di plasticità	34.0	%
Indice di consistenza	1,14	
Passante al set. n° 40	SI	



**C - Argille inorganiche** L - Bassa compressibilità  
M - Limi inorganici I - Media compressibilità  
O - Argille e limi organici **H - Alta compressibilità**

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE





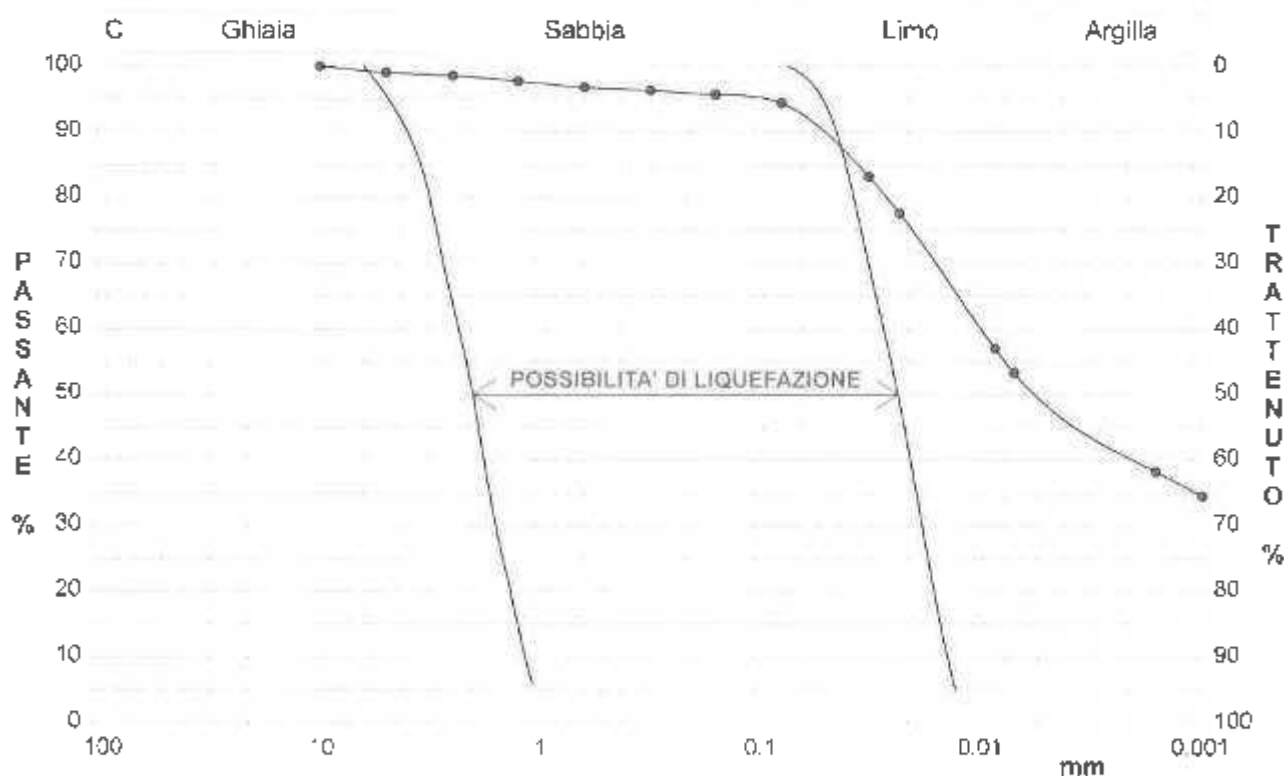
**CERTIFICATO DI PROVA N°:** 00730      Pagina 1/1      **DATA DI EMISSIONE:** 08/03/17      Inizio analisi: 22/02/17  
**VERBALE DI ACCETTAZIONE N°** 20 del 19/01/17      **Apertura campione:** 15/02/17      **Fine analisi:** 25/02/17

**COMMITTENTE:** MESA sas  
**RIFERIMENTO:** Aeroporto Firenze  
**SONDAGGIO:** 3      **CAMPIONE:** 3      **PROFONDITA':** m 15.0-15.5

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	1,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	98,3 %	D10	---	mm
Sabbia	4,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	96,6 %	D30	---	mm
Limo	43,8 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	94,4 %	D50	0.00469	mm
Argilla	50,6 %			D60	0.00918	mm
Coefficiente di uniformità	---	Coefficiente di curvatura	---	D90	0.05210	mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5200	100,00	0,2970	96,35	0,0079	57,00				
4,7500	99,01	0,1500	96,73	0,0065	53,25				
2,3600	98,54	0,0750	94,43	0,0015	38,25				
1,1900	97,73	0,0299	83,25	0,0009	34,50				
0,5950	96,83	0,0216	77,63						

COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 3

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 15.0-15.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	196	294	392
Tensione a rottura (kPa):	104	123	170
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	4,00	3,77	2,74
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,22	0,29	0,51
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 24,1	--- 22,7	--- 22,9
Peso di volume (kN/m³):	19,9	20,4	20,1

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 31,7 kPa

Angolo di attrito interno: 18,5 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,007 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

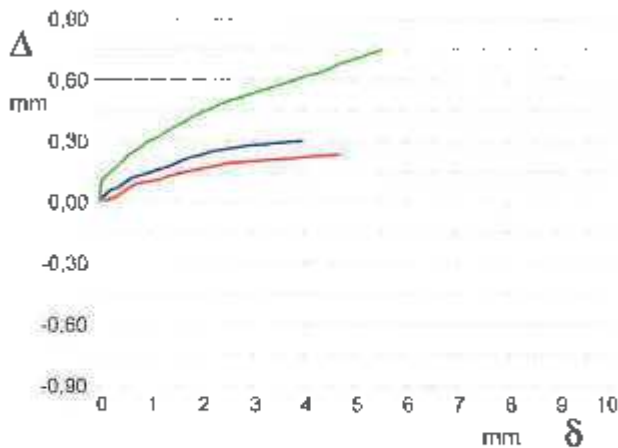
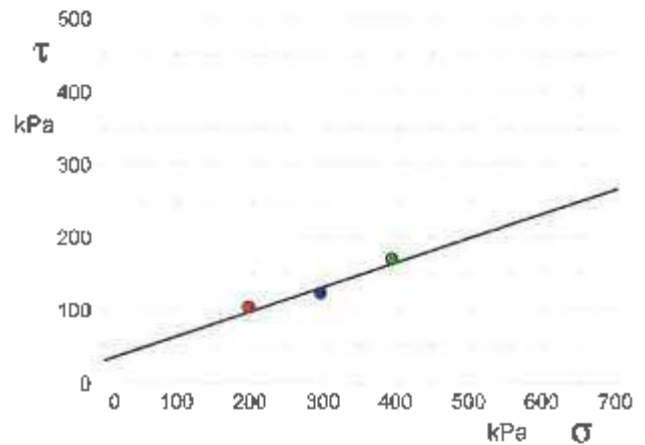


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

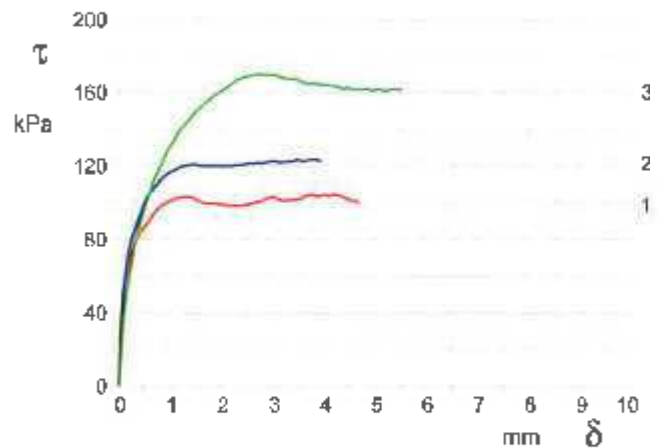


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



COMMITTENTE: MFSA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 6

CAMPIONE: 1

PROFONDITA' m 2,0-2,5

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	22,1	%
Peso di volume	20,1	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	16,4	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	20,2	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,5	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,509	
Porosità	37,9	%
Grado di saturazione	97,8	%
Limite di liquidità	56,3	%
Limite di plasticità	26,7	%
Indice di plasticità	29,6	%
Indice di consistenza	1,16	
Passante al set. n° 40	S	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A7-0	I.C. = 19

ANALISI GRANULOMETRICA

Chiaia	0,8	%
Sabbia	3,7	%
L.mc	39,1	%
Argilla	55,4	%
D 10	0,000159	mm
D 50	0,002878	mm
D 60	0,007991	mm
D 90	0,056683	mm
Passante set. 10	98,0	%
Passante set. 42	97,8	%
Passante set. 200	94,5	%

COMPRESSIONE

$\sigma$	326	kPa
$c_u$	163	kPa
$\sigma_{Rim}$		kPa
$c_{u Rim}$		kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-enta

$c$	19,7	kPa
$\phi$	20,1	°

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

$c_{Res}$	kPa
$\phi_{Res}$	°

COMPRESS. ONE TRIASSIALE

C.D.	$C_d$	kPa	$Q_d$	°
C.U.	$C'_{cu}$	kPa	$Q'_{cu}$	°
	$C_{cu}$	kPa	$Q_{cu}$	°
U.U.	$C_u$	kPa	$Q_u$	°

PROVA EDOMETRICA

$e$	$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec
	12,3 + 24,5	62872	Non calc.	---
	24,5 + 49,0	35029	0,000100	2,81E-10
	49,0 + 98,1	10661	0,000181	1,66E-09
	98,1 + 196,2	9711	0,000218	2,20E-09
	196,2 + 392,3	10808	0,000183	1,66E-09
	392,3 + 784,3	18279	0,000146	8,61E-10
	784,6 + 1569,3	28374	0,000128	4,77E-10

FOTOGRAFIA

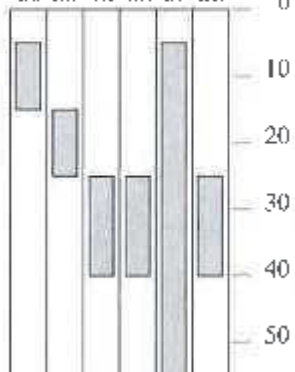


OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Cilindrico

Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove  
CS ED TD GR CF BL



cm	Rp kPa	VT kPa	cm
0			
10	290		
20	250		
30	300		
40	400		
50			
			55

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Argilla con limo, con rare concrezioni ca caree e tracce torbose molto consistente  
Munsell Soil Color Charts : 2,5Y 4/4 marrone oliva  
Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e varie test  
< 24,5 kPa molto molle  
24,5 - 49,1 kPa molle  
49,1 - 98,1 kPa plastico  
98,1 - 196,2 kPa consistente  
196,2 - 392,4 kPa molto consistente  
>392,4 kPa duro

**LABOTER snc**Via N. Spuro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570666

DPE (Società a partecipazione paritetica)  
 Certificato No. 11117/2013 (Società ACCREDITATA)  
 UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
 Prov. passiva da 19 laboratori accreditati (lab. n. 39)

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**

Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre

Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00751**      Allegato 1      DATA DI EMISSIONE: 08/03/17      Inizio analisi: 22/02/17  
**VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20** del 19/01/17      Apertura campione: 09/02/17      Fine analisi: 25/02/17

COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 6

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.0-2.5

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: HRB

## ANALISI GRANULOMETRICA

## LIMITI DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	98,0	%	Limite di liquidità	56,3	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	97,8	%	Limite di plasticità	26,7	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	94,5	%	Indice di plasticità	29,6	%

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A7-6****INDICE DI GRUPPO: 19**

Tipi usuali dei materiali principali:

Argille fortemente compressibili fortemente plastiche





**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
Tel. 0573570588

certificatore autorizzato  
dal ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
nel settore delle Prove di laboratorio su terra (D.M. 281)  
Prov. gestione di laboratorio su terra (D.M. 281)

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terra  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 360/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00748** Pagina 1/1 **DATA DI EMISSIONE:** 08/03/17 **Inizio analisi:** 09/02/17  
**VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:** 20 del 19/01/17 **Apertura campione:** 09/02/17 **Fine analisi:** 10/02/17  
**COMMITTENTE:** MESA sas  
**RIFERIMENTO:** Aeroporto Firenze  
**SONDAGGIO:** 6 **CAMPIONE:** 1 **PROFONDITA':** m 2.0-2.5

**CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 22,1 %**

**Struttura del materiale:**

- Omogeneo
- Stratificato
- Caotico

**Temperatura di essiccazione:** 110 °C



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570968

CPV (Giudizio Tecnico)  
Certificato No. 11171/2015-AD/ITA-ACCREDITA  
UNE EN ISO 9001:2008, UNI EN ISO 9001:2015  
Prima produzione di Laboratorio su terra (Settore EA - 35)

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terra  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/S1/G 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00749      Pagina 1/1      DATA DI EMISSIONE: 08/03/17      Inizio analisi: 09/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17      Apertura campione: 09/02/17      Fine analisi: 09/02/17  
COMMITTENTE: MESA sas  
RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze  
SONDAGGIO: 6      CAMPIONE: 1      PROFONDITA': m 2.0-2.5

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 20,1 kN/m<sup>3</sup>



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00750 Allegato 1 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 27/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17 Apertura campione: 09/02/17 Fine analisi: 28/02/17

COMMITTENTE: MESA sas  
RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze  
SONDAGGIO: 6

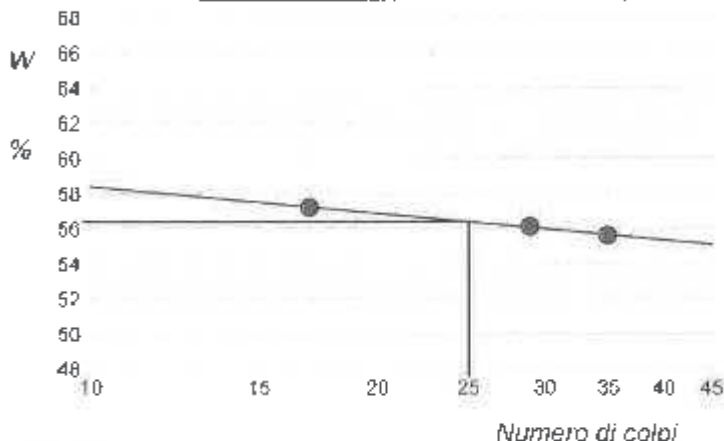
CAMPIONE: 1 PROFONDITA' m: 2,0-2,5

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-84

Determinazione del Limite di liquidità

Limite di liquidità	56,3	%
Limite di plasticità	26,7	%
Indice di plasticità	29,6	%
Indice di consistenza	1,16	
Passante al set. n° 40	SI	



C - Argille inorganiche L - Basse compressibilità  
M - limi inorganici I - Media compressibilità  
O - Argille e limi organici H - Alta compressibilità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

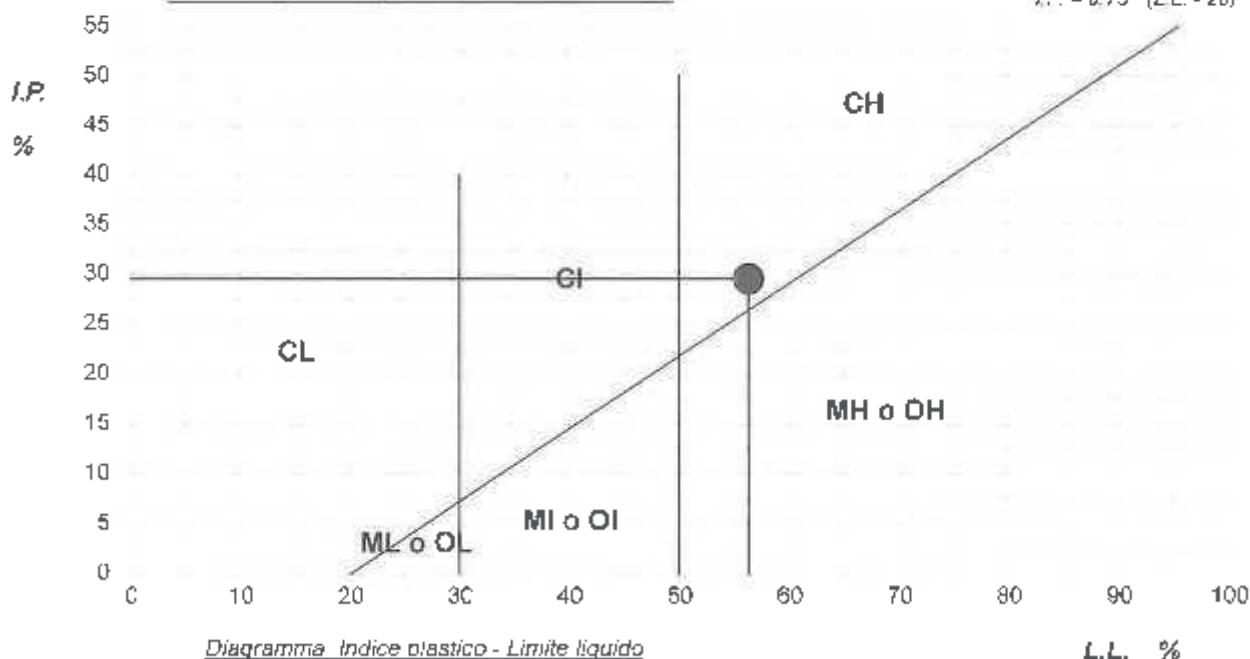


Diagramma Indice plastico - Limite liquido



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00751 Pagina 1/1 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 22/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17 Apertura campione: 09/02/17 Fine analisi: 25/02/17

COMMITTENTE: MESA sas  
RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze  
SONDAGGIO: 6

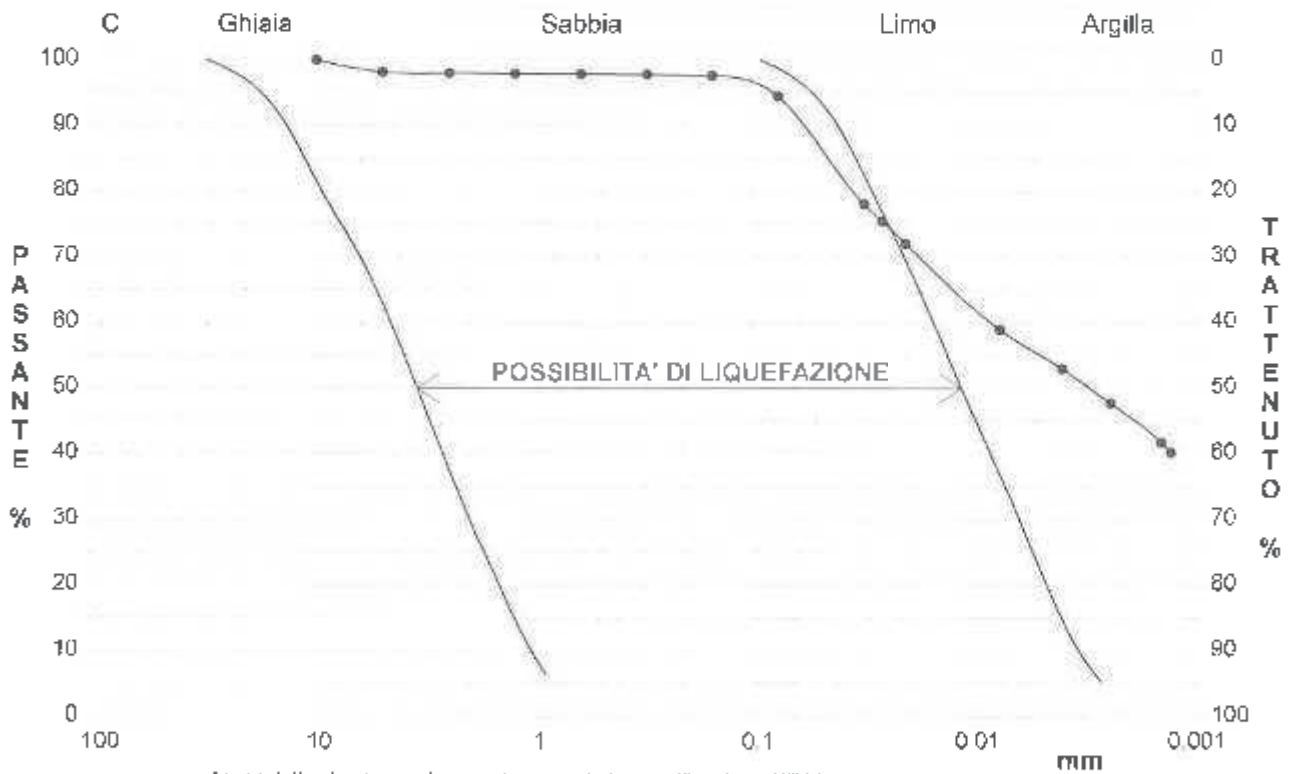
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2,0-2,5

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	1,8 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	98,0 %	D10	0,00016 mm
Sabbia	3,7 %	Passante setaccio 40 (0,42 mm)	97,8 %	D30	---
Limo	39,1 %	Passante setaccio 200 (0,075 mm)	94,5 %	D50	0,00286 mm
Argilla	55,4 %			D60	0,00799 mm
Coefficiente di uniformità	50,17	Coefficiente di curvatura	---	D90	0,05868 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5200	100,00	0,2970	97,82	0,0197	72,04	0,0012	40,15		
4,7500	98,15	0,1500	97,61	0,0074	58,91				
2,3600	97,99	0,0750	94,48	0,0039	52,91				
1,1900	97,93	0,0305	78,05	0,0023	47,65				
0,5950	97,87	0,0251	75,42	0,0013	41,65				



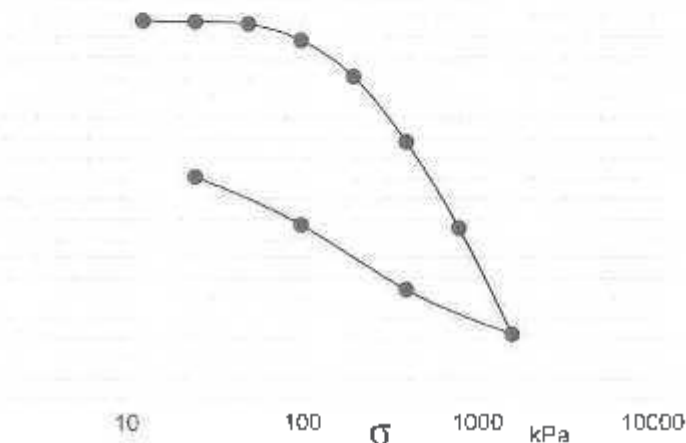
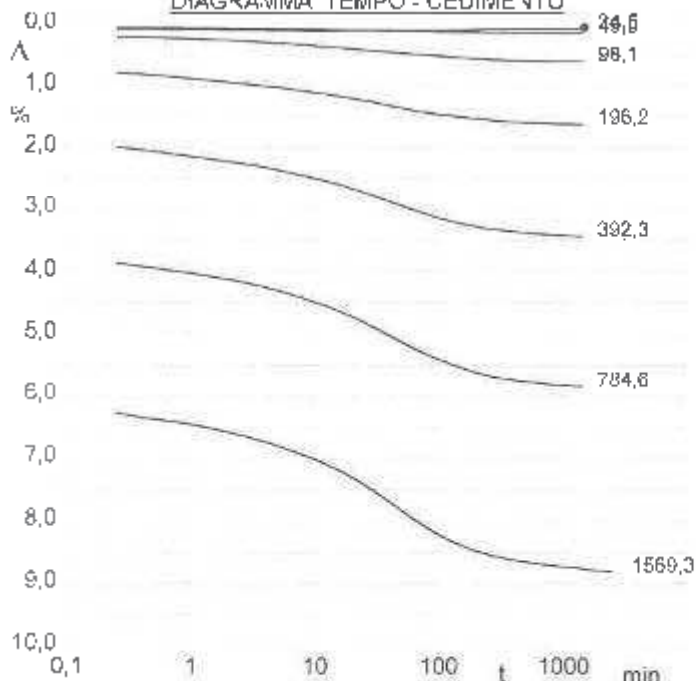
**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00752** Pagina 1/2 DATA D' EMISSIONE: 09/03/17 Inizio analisi: 11/02/17  
**VFRBAI F. DI ACCETTAZIONE N°: 20** del 19/01/17 Apertura campione: 09/02/17 Fine analisi: 21/02/17  
**COMMITTENTE:** MESA sas  
**RIFERIMENTO:** Aeroporto Firenze  
**SONDAGGIO:** B **CAMPIONE:** 1 **PROFONDITA':** m 2,0-2,5

**PROVA EDOMETRICA**

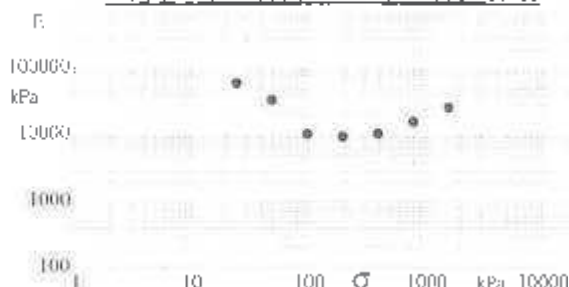
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

**Caratteristiche del campione**

		0,610
Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> )	20,36	e 0,592
Umidità (%)	23,1	0,574
Peso specifico (<N/m <sup>3</sup> )	26,47	0,556
Altezza provino cm	2,00	0,538
Diametro provino cm	5,00	0,520
Sezione provino (cm <sup>2</sup> )	19,63	0,502
Volume provino (cm <sup>3</sup> )	39,27	0,484
Volume dei vuoti (cm <sup>3</sup> )	14,73	0,466
Indice dei vuoti	0,60	0,448
Porosità (%)	37,51	0,430
Saturazione (%)	100,0	1

**DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI****DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO**

Pressione <Pa	Cedim mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec
12,3	1,2	0,599				
24,5	1,6	0,599	0,001	62872	N.C.	N.C.
49,0	3,0	0,598	0,004	35029	0,000100	2,81E-10
98,1	12,2	0,590	0,024	10861	0,000161	1,66E-09
196,2	32,4	0,574	0,054	9711	0,000218	2,20E-09
392,3	68,7	0,545	0,096	10808	0,000163	1,66E-09
784,6	116,9	0,507	0,128	16279	0,000146	8,81E-10
1569,3	176,4	0,459	0,158	26374	0,000128	4,77E-10
392,3	151,3	0,479				
98,1	115,0	0,508				
24,5	68,2	0,530				

**Diagramma Pressione - Modulo edometrico**

COMMITTENTE: MESA sas  
 RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze  
 SONDAGGIO: 6

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2 0-2.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	54	93	126
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,40	2,10	1,90
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,02	0,27	0,23
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 25,4	--- 25,6	--- 25,1
Peso di volume (kN/m³):	19,9	20,0	20,3

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 19,7 kPa  
 Angolo di attrito interno: 20,1 °

Tipo di prova: Consolidata lenta  
 Velocità di deformazione: 0,007 mm / min  
 Tempo di consolidazione (ore): 24

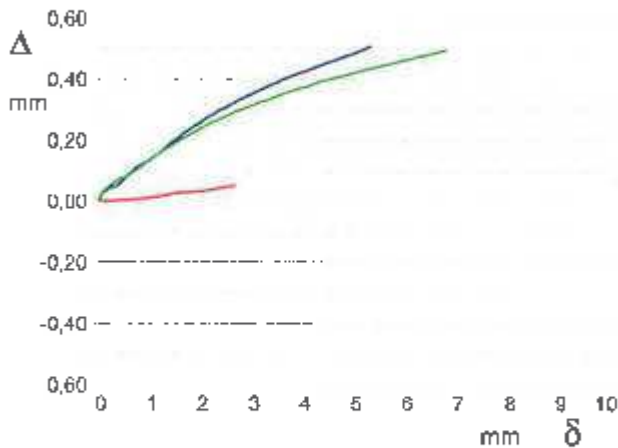
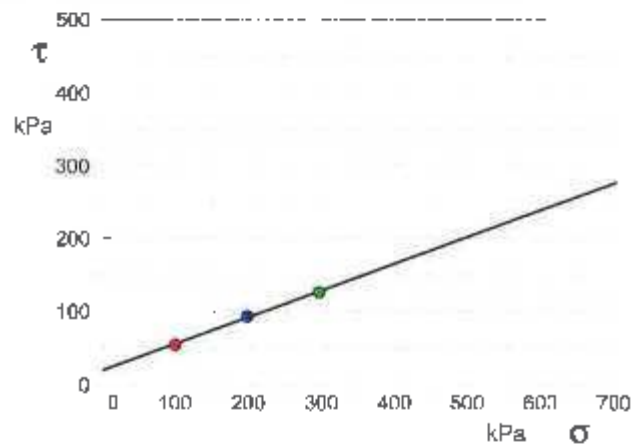


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

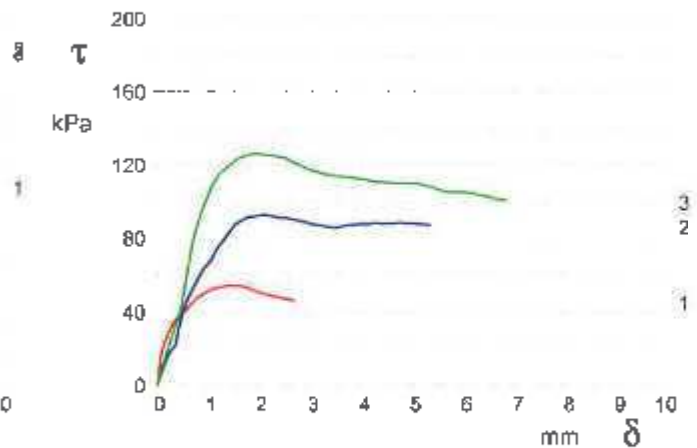


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570966

DNV Business Assurance  
Certificate No. 11117-0910-A0-ITA-ACCREDITA  
ISSUE 01/06/2011 2000 000 0001-20000  
Prima gestione del laboratorio su terra (labore 13 - 15)

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 340/2001 - Circolare 7608/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00755**      Pagina 1/1      **DATA DI EMISSIONE:** 08/03/17      Inizio analisi: 01/03/17  
**VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:** 20 del 19/01/17      **Apertura campione:** 09/02/17      Fine analisi: 01/03/17

**COMMITTENTE:** MESA sas  
**RIFERIMENTO:** Aeroporto Firenze  
**SONDAGGIO:** 6      **CAMPIONE:** 1      **PROFONDITA':** m 2.0-2.5

VALORE DEL BLU DI METILENE

**Valore del Blu di Metilene (gMB/kgSS)      27,40 g/Kg**

Analisi eseguita sulla classe granulometrica 0-2 mm



COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 6

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 5.0-5.5

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	22,7	%
Peso di volume	19,8	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	16,1	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	20,0	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,5	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,639	
Porosità	39,0	%
Grado di saturazione	96,0	%
Limite di liquidità	56,3	%
Limite di plasticità	24,5	%
Indice di plasticità	31,6	%
Indice di consistenza	1,06	
Passante al set, n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A7-6	I.G. = 19

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	3,9	%
Limo	20,6	%
Argilla	75,5	%
D 10		mm
D 50		mm
D 60	0,001378	mm
D 90	0,018043	mm
Passante set. 10	98,2	%
Passante set. 42	97,4	%
Passante set. 200	96,1	%

COMPRESSIONE

$\sigma$	239	kPa
$c_u$	119	kPa
$\sigma_{Rim}$		kPa
$c_u_{Rim}$		kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta		
C	17,9	kPa
$\phi$	21,5	°
$C_{Res}$		kPa
$\phi_{Res}$		°

PERMEABILITA'

Coefficiente $\alpha$	cm/sec
-----------------------	--------

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$C_d$	kPa	$\phi_d$	°
	$C'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
C.U.	$C_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
J.U.	$C_u$	kPa	$\phi_u$	°

PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec
12,3 + 24,5	39276	----	----
24,5 + 49,0	14011	0,000358	4,08E-10
49,0 + 98,1	13436	0,000342	3,04E-10
98,1 + 196,2	17833	0,000131	7,21E-10
196,2 + 392,3	20223	0,000137	6,62E-10
392,3 + 784,6	23777	0,000366	3,52E-10
784,6 + 1569,3	32423	0,000106	3,22E-10

FOTOGRAFIA

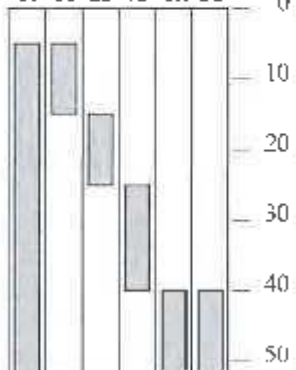


OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Cilindrico

Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove  
CL CS LD LU GR BL



Rp  
kPa

300
250
220
400

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Argilla limosa con concrezioni calcaree e magnesiache molto consistente  
Munsell Soil Color Charts : 2.5Y 4/4 marrone ol'va

Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test

< 24,5 kPa molto molle  
24,5 - 49,1 kPa molle  
49,1 - 98,1 kPa plastico  
98,1 - 196,2 kPa consistente  
196,2 - 392,4 kPa molto consistente  
>392,4 kPa duro





**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pisa  
Tel. 0573570900

DNV Business Analytics  
Certificato No. 110177/2013 AQ-ITALAGREDIA  
UNE EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore SA 33)

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7619/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00759** Allegato 1 **DATA DI EMISSIONE:** 08/03/17 **Inizio analisi:** 24/02/17  
**VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:** 20 del 19/01/17 **Apertura campione:** 10/02/17 **Fine analisi:** 27/02/17

**COMMITTENTE:** MESA sas

**RIFERIMENTO:** Aeroporto Firenze

**SONDAGGIO:** 6

**CAMPIONE:** 2

**PROFONDITA':** m 5.0-5.5

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: HRB

ANALISI GRANULOMETRICA

LIMITI DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	98,2	%	Limite di liquidità	58,3	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	97,4	%	Limite di plasticità	24,5	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	96,1	%	Indice di plasticità	31,8	%

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A7-6**

**INDICE DI GRUPPO: 19**

Tipi usuali dei materiali principali:

Argille fortemente compressibili fortemente plastiche



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pisa  
Tel. 0673570568

DNV Andersen Associate  
Certification No. 11117 2013 AQ-ITA-ACCREDITED  
Via Della Spina 200 - 20121 Milano (Italy)  
Three professional laboratories in Italy (Sector EA - 22)

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prova di laboratorio su terra  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 350/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: **00756** Pagina 1/1 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 10/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17 Apertura campione: 10/02/17 Fine analisi: 11/02/17  
COMMITTENTE: MESA sas  
RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze  
SONDAGGIO: 6 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 5.0-5.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 22,7 %**

Struttura del materiale:

- Omogeneo
- Stratificato
- Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



**LABOTER snc**  
Via M. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570365

UNI Ente Accreditato  
Certificato No. 11117 2010 AD-ITALACCREDITA  
Via M. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
Presto geotecnica di laboratorio su terra (Certific. TA - 04)

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Regione A - Prove di laboratorio su terra  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00757      Pagina 1/1      DATA DI EMISSIONE: 08/03/17      Inizio analisi: 10/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17      Apertura campione: 10/02/17      Fine analisi: 10/02/17

COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 6

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 5.0-5.5

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = **19,8 kN/m<sup>3</sup>**

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pisaia  
tel. 0573570566

00193 Accreditato  
 Centro no. 11117/2013-02-04-RO240004  
 UNI ISO/IEC 17025:2005 (800 880 1 7000)  
 Prova governativa di laboratorio su terra (Difesa ES: 21)

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**

Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terra

Decreto 2136 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 360/2001 - Circolare 7616/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: **00758** Allegato 1 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 27/02/17

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17 Apertura campione: 10/02/17 Fine analisi: 28/02/17

COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 6

CAMPIONE: 2

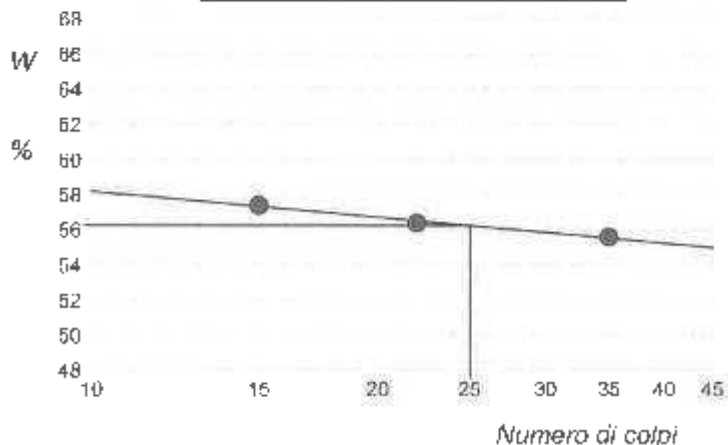
PROFONDITA': m 5.0-5.5

ABACO DI CASAGRANDE

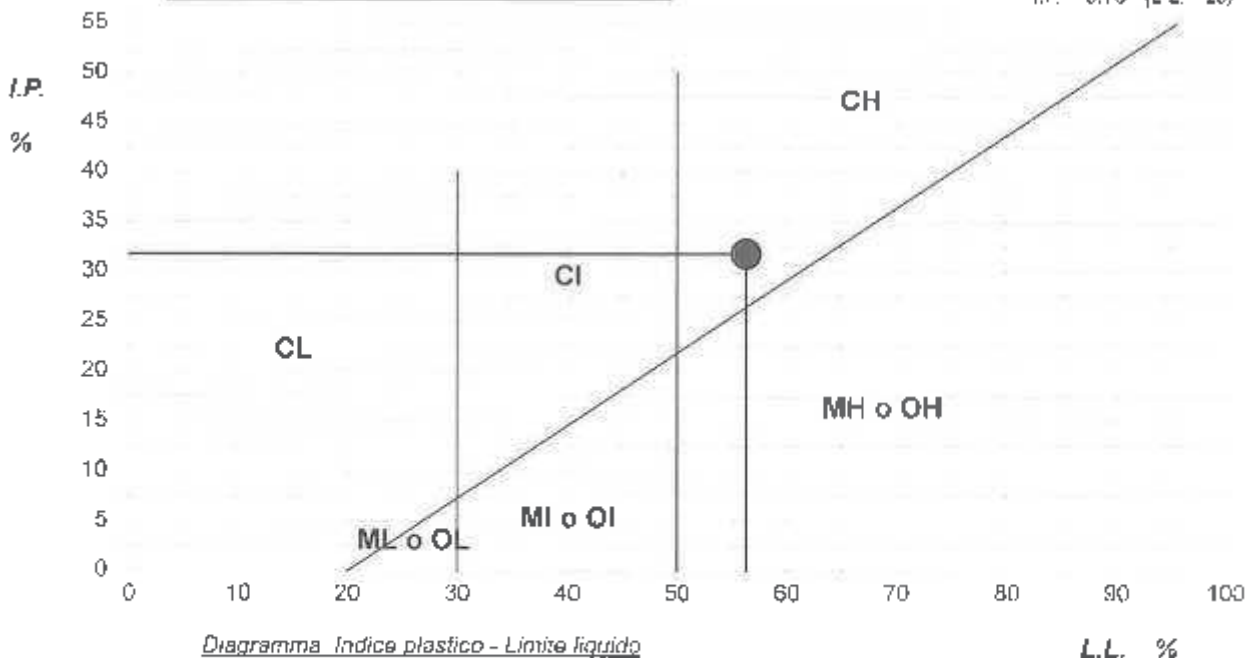
Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-84

Determinazione del L.mite di liquidità

L'indice di liquidità	56,3	%
L'indice di plasticità	24,5	%
Indice di plasticità	31,8	%
Indice di consistenza	1,06	
Passante al set. n° 40	SI	



<b>C - Argille inorganiche</b>	L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici	I - Media compressibilità
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ Diagramma Indice plastico - Limite liquido**L.L. %**

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0513570866DIP. Attività Stradali  
Certificato No. 11077/2010-AD-PTA-ACCRESA  
DIP. 001/010/011 - 0001/000-0001/0001  
Prestazione certificata di Adeguatezza in base all'Articolo 46 (1) 2011MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Serenità A - Prove di laboratorio sui terreni  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - An. 59 DPR 360/2001 - Circolare 7648/STC 2010CERTIFICATO DI PROVA N°: 00759 Pagina 1/1 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 24/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17 Apertura campione: 10/02/17 Fine analisi: 27/02/17

COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO 6

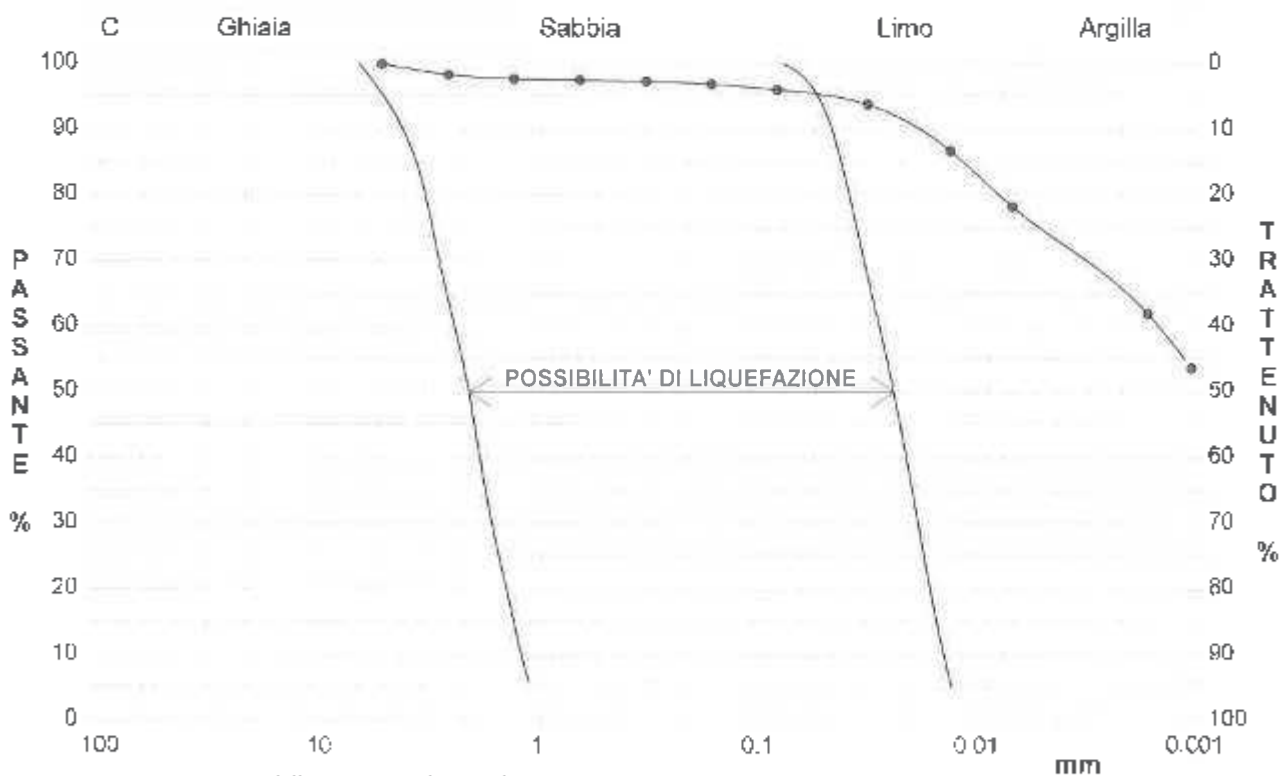
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 5.0-5.5

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	98,2 %	D10	---	mm
Sabbia	3,9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	97,4 %	D30	---	mm
Limo	20,6 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	96,1 %	D50	---	mm
Argilla	75,5 %			D60	0.00138	mm
Coefficiente di uniformità	---	Coefficiente d' curvatura	---	D90	0.01804	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,7500	100,00	0,1500	96,95	0,0015	81,91				
2,3600	98,36	0,0750	96,10	0,0010	53,63				
1,1900	97,75	0,0289	93,84						
0,5950	97,54	0,0121	86,75						
0,2970	97,37	0,0063	78,23						



**CERTIFICATO DI PROVA N°:** 00760      **Pagina** 1/2      **DATA DI EMISSIONE:** 08/03/17      **Inizio analisi:** 13/02/17  
**VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:** 20 del 19/01/17      **Apertura campione:** 10/02/17      **Fine analisi:** 23/02/17

**COMMITTENTE:** MESA sas  
**RIFERIMENTO:** Aeroporto Fierre/ze  
**SONDAGGIO:** 6      **CAMPIONE:** 2      **PROFONDITA':** m 5.0-5.5

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Caratteristiche del campione

		0,560
Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> )	20,71	0,548
Umidità (%)	21,7	0,536
Peso specifico (kN/m <sup>3</sup> )	26,47	0,524
Altezza provino cm	2,00	0,512
Diámetro provino cm	5,00	0,500
Sezione provino (cm <sup>2</sup> )	19,63	0,488
Volume provino (cm <sup>3</sup> )	39,27	0,476
Volume dei vuoti (cm <sup>3</sup> )	14,02	0,464
Indice dei vuoti	0,56	0,452
Porosità (%)	35,69	0,440
Saturazione (%)	100,0	

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

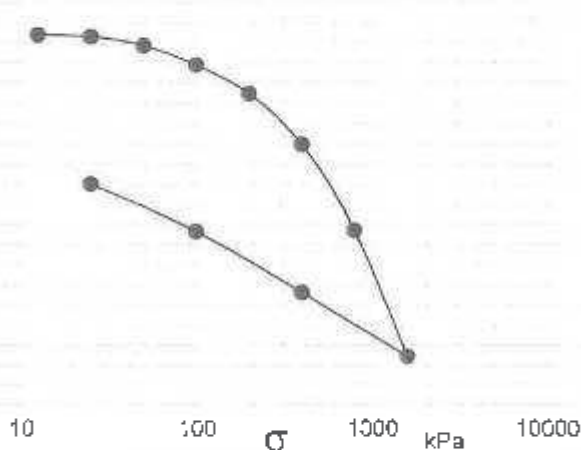
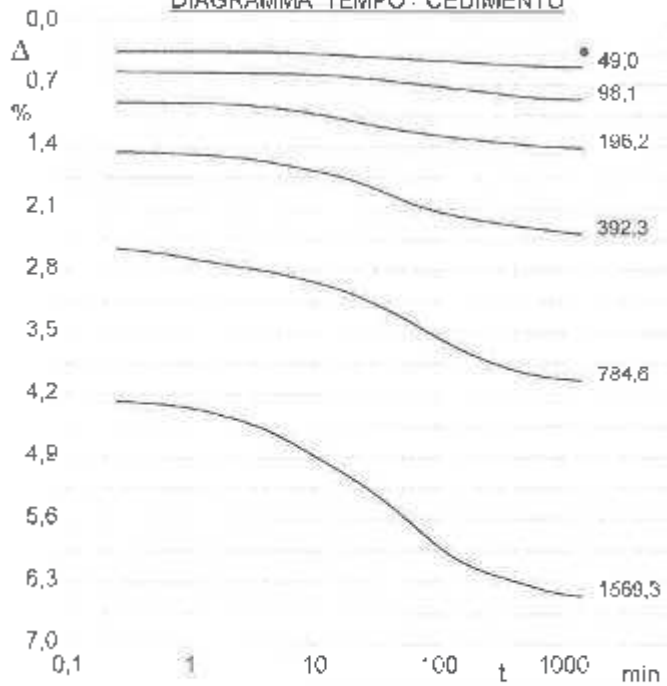
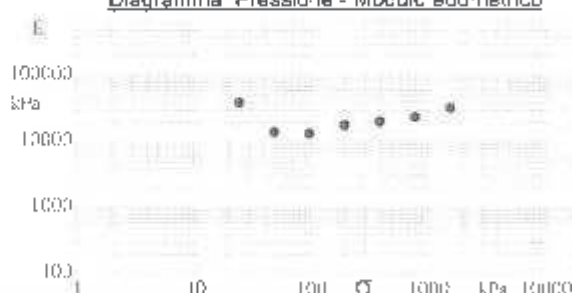


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm <sup>2</sup> /sec	k cm <sup>2</sup> /sec
12,3	6,0	0,550				
24,5	6,6	0,550	0,302	39276		
49,0	10,7	0,547	0,309	14011	0,000058	4,06E-10
98,1	17,4	0,542	0,319	13438	0,000042	3,04E-10
196,2	28,4	0,533	0,328	17833	0,000131	7,21E-10
392,3	47,6	0,518	0,350	20223	0,000137	6,82E-10
784,6	60,6	0,492	0,385	23777	0,000085	3,52E-10
1569,3	129,2	0,455	0,125	32423	0,000106	3,22E-10
392,3	134,6	0,474				
98,1	81,2	0,492				
24,5	63,0	0,506				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 6

CAMPIONE: 2

PROFONDITA' m 5,0-5,5

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

Provino n°:

Condizione del provino:

Pressione verticale (kPa):

Tensione a rottura (kPa):

Deformazione orizzontale a rottura (mm):

Deformazione verticale a rottura (mm):

Umidità iniziale e umidità finale (%):

Peso di volume (kN/m³):

	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	64	88	141
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,65	1,00	1,80
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,22	0,01	0,31
Umidità iniziale e umidità finale (%):	---- 25,6	---- 23,9	---- 24,6
Peso di volume (kN/m³):	20,0	20,0	19,4

#### DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 17,9 kPa

Angolo d. attrito interno: 21,5 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,007 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

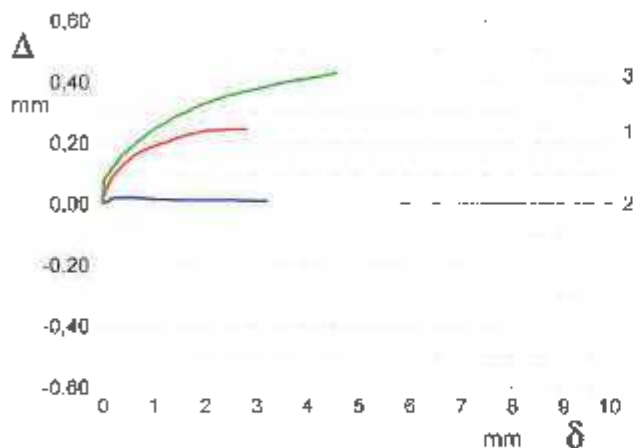
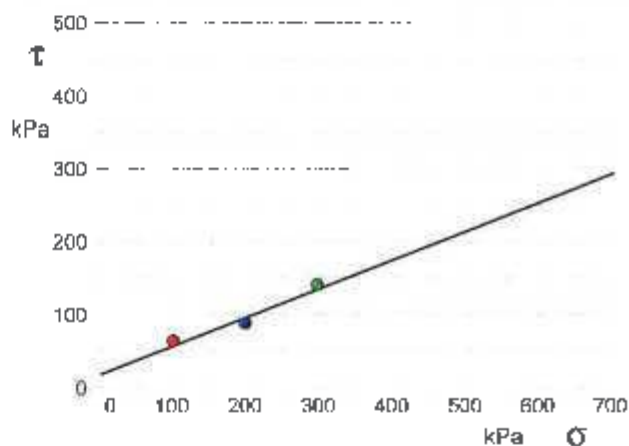


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

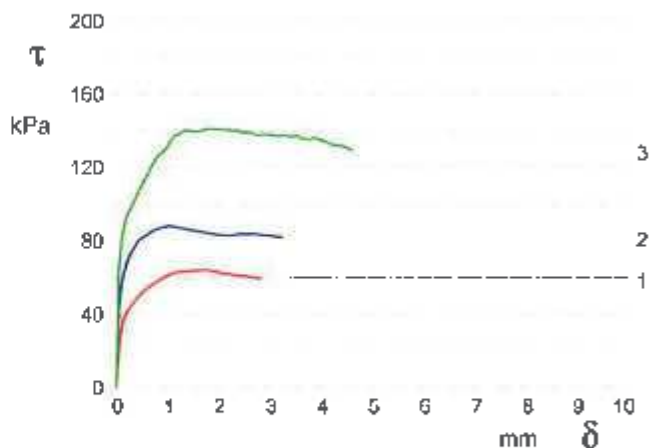


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

SGS S.p.A. - S.p.A. - S.p.A.  
Certificato No. 1117/2015-AD-18-ACC-2014  
UNI EN ISO 9001:2008 (900 9001:2008)  
Prova prestatrice in laboratorio su incarico (Relativa SA - 15)

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°:** 00763      Pagina 1/1      **DATA DI EMISSIONE:** 08/03/17      Inizio analisi: 01/03/17  
**VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:** 20 dal 19/01/17      **Apertura campione:** 10/02/17      Fine analisi: 01/03/17  
**COMMITTENTE:** MESA sas  
**RIFERIMENTO:** Aeroporto Firenze  
**SONDAGGIO:** 6      **CAMPIONE:** 2      **PROFONDITA':** m 5.0-5.5

VALORE DEL BLU DI METILENE

**Valore del Blu di Metilene (gMB/kgSS)      33,91 g/Kg**

Analisi eseguita sulla classe granulometrica 0-2 mm





COMMITTENTE: MESA sas  
RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze  
SONDAGGIO: 6

CAMPIONE: 3

PROFONDITA' m 12.5-13.0

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	24,2	%
Peso di volume	19,7	kN/m³
Peso di volume secco	15,9	kN/m³
Peso di volume saturo	19,8	kN/m³
Peso specifico	26,5	kN/m³
Indice dei vuoti	0,669	
Porosità	40,1	%
Grado di saturazione	97,7	%
L'indice di liquidità	61,6	%
L'indice di plasticità	26,7	%
Indice di plasticità	34,9	%
Indice di consistenza	1,07	
Passante al set, n° 40	SI	
L'indice di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A7-S	I.G. = 20

ANALISI GRANULOMETRICA

Chiaia	5,8	%
Sabbia	2,4	%
Limo	22,7	%
Argilla	69,1	%
D 10	0,000129	mm
D 50	0,001307	mm
D 60	0,002367	mm
D 90	0,051598	mm
Passante set. 10	93,7	%
Passante set. 42	93,1	%
Passante set. 200	91,8	%

COMPRESSIONE

$\sigma$	223	kPa
$c_u$	112	kPa
$\sigma_{Rim}$		kPa
$c_{u\ Rim}$		kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

$c$	11,2	kPa
$\phi$	15,8	°

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

$c_{Res}$	kPa
$\phi_{Res}$	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D	$C_d$	kPa	$\phi_d$	°
	$C'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cl}$	°
C.U	$C_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U	$C_u$	kPa	$\phi_u$	°

PROVA EDOMETRICA

$\sigma$	E	$C_v$	k
kPa	kPa	cm²/sec	cm/sec

FOTOGRAFIA



OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Cilindrico      Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove	cm	$R_p$	VT	cm
CS TD CR CF	0	kPa	kPa	
	10	300		
	20	320		
	30	400		
	40	400		42

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Argilla limosa con tracce torbose e concrezioni calcaree  
Munsell Soil Color Charts : 2.5Y 4/4 marrone oliva

Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test:

< 24,5 kPa	molto molle
24,5 - 49,1 kPa	molle
49,1 - 98,1 kPa	plastico
98,1 - 196,2 kPa	consistente
196,2 - 392,4 kPa	molto consistente
> 392,4 kPa	dura



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pisa  
Tel. 0573570586

DM Ministero Ambiente  
Certificato No. 11127-012-AG/ITA-ACQ/ES/04  
L. 15/12/1999 (n. 208) (15/12/1999)  
Prime procedure di laboratorio su terra (Rif. art. 39)

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terra  
Decreto 2636 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 360/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°:** 00767      Allegato 1      **DATA DI EMISSIONE:** 08/03/17      Inizio analisi: 22/02/17  
**VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:** 20 del 19/01/17      **Apertura campione:** 15/02/17      Fine analisi: 25/02/17

**COMMITTENTE:** MESA sas  
**RIFERIMENTO:** Aeroporto Firenze  
**SONDAGGIO:** 6      **CAMPIONE:** 3      **PROFONDITA': m** 12.5-13.0

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: HRB

ANALISI GRANULOMETRICA

LIMITI DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	93,7 %	Limite di liquidità	61,6 %
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	93,1 %	Limite di plasticità	26,7 %
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	91,8 %	Indice di plasticità	34,9 %

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A7-6**

**INDICE DI GRUPPO: 20**

Tipi usuali dei materiali principali:

Argille fortemente compressibili fortemente plastiche



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573579566

DNV Business Register  
Certificato No. 11111-2012-AD-ITA-ACCREDITA  
ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prima pubblicazione di laboratorio su terra (Labotter CA - 201)

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terra  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/S1C 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00764**      Pagina 1/1      **DATA DI EMISSIONE:** 08/03/17      Inizio analisi: 15/02/17  
**VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:** 20 del 19/01/17      **Apertura campione:** 15/02/17      Fine analisi: 16/02/17  
**COMMITTENTE:** MESA sas  
**RIFERIMENTO:** Aeroporto Firenze  
**SONDAGGIO:** 6      **CAMPIONE:** 3      **PROFONDITA':** m 12.5-13.0

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 24,2 %**

Struttura del materiale:

- Omogeneo
- Stratificato
- Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570966

CONFERMA ACCREDITAMENTO  
CIVILE AL 17/03/2013  
L. 10/03/2013 (Art. 59 DPR 380/2001)  
Prima postazione di laboratorio su terra (Settore A) (1)

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terra  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00765 Pagina 1/1 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 15/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17 Apertura campione: 15/02/17 Fine analisi: 15/02/17

COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 6

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 12.5-13.0

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 19,7 kN/m<sup>3</sup>



**LABOTER snc**

Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0373570566

DNV ASSOCIATI ACCREDITATI  
Certificati n. 11117/2011-AL/ITALIA/ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2008/ISO 9001:2015  
Prestazioni certificate in laboratorio su terra (Settore EA - 20)

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre

Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 89 DPR 380/2001 - Circolare 7619/STC 2016

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00766 Allegato 1 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 27/02/17

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17 Apertura campione: 15/02/17 Fine analisi: 28/02/17

COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 6

CAMPIONE: 3

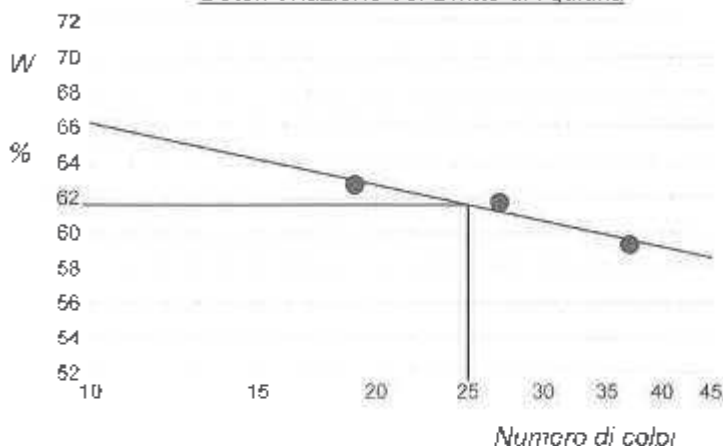
PROFONDITA': m 12,5-13,0

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-84

Determinazione del Limite di liquidità

Limite di liquidità	61,6	%
Limite di plasticità	26,7	%
Indice di plasticità	34,9	%
Indice di consistenza	1,07	
Passante al set. n° 40	SI	



- C - Argille inorganiche**
- M - limi inorganici
- O - Argille e limi organici
- L - Bassa compressibilità
- I - Media compressibilità
- H - Alta compressibilità**

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

$I.P. = 0.73 \cdot (I.L. - 20)$

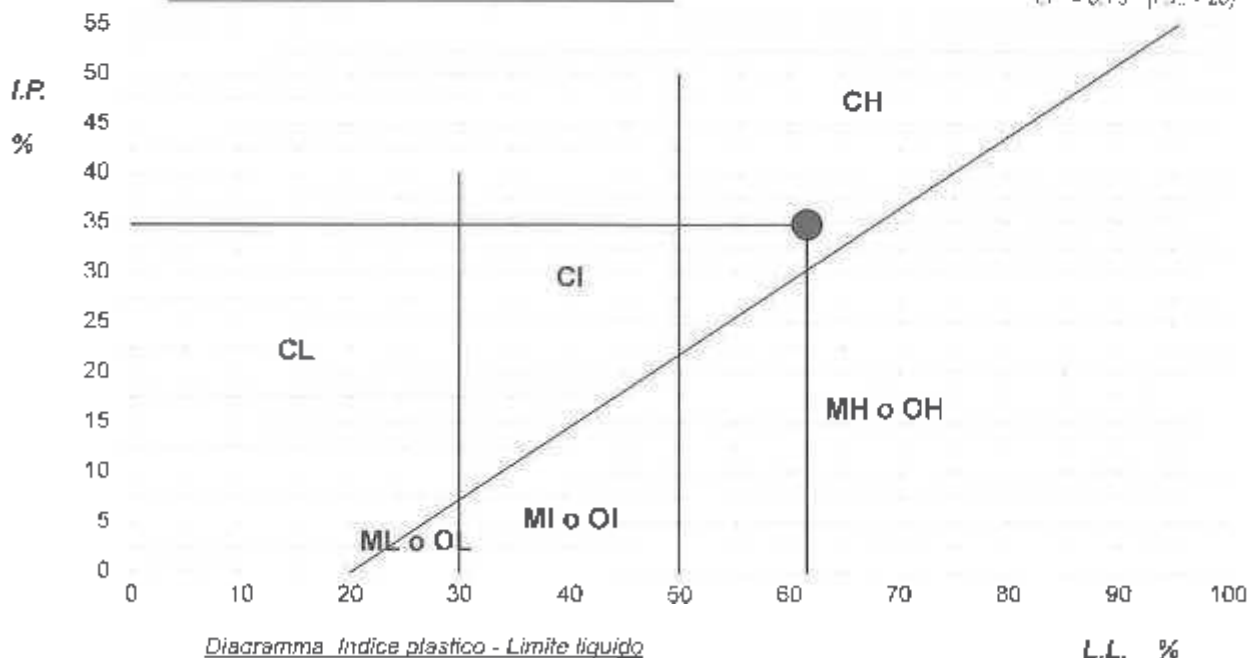


Diagramma Indice plastico - Limite liquido



CERTIFICATO DI PROVA N°: **00767** Pagina 1/1 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 22/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17 Apertura campione: 15/02/17 Fine analisi: 25/02/17

COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 6

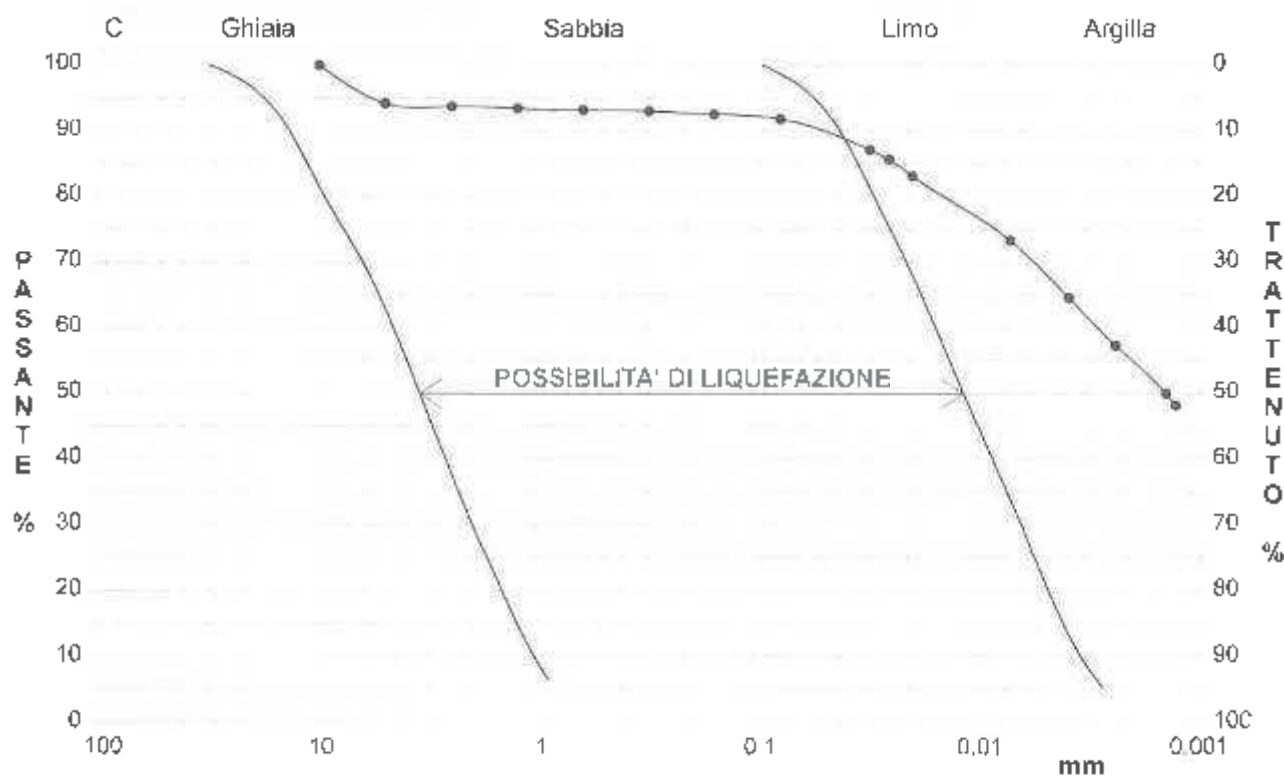
CAMPIONE: 3

PROFONDITA' m 12.5-13.0

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	5.8 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	93.7 %	D10	0,00013 mm
Sabbia	2.4 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	93.1 %	D30	mm
Limo	22.7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	91.8 %	D50	0,00131 mm
Argilla	69.1 %			D60	0,00266 mm
Coefficiente di uniformità	20.68	Coefficiente di curvatura		D90	0,05170 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5200	100,00	0,2970	93,02	0,0188	83,16	0,0012	48,15		
4,7500	94,19	0,1500	92,57	0,0067	73,31				
2,3600	93,72	0,0750	91,84	0,0036	64,56				
1,1900	93,45	0,0200	87,17	0,0022	57,26				
0,5950	93,21	0,0240	85,71	0,0013	49,97				

COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 6

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 12.5-13.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-77

Provino n°	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	196	294	392
Tensione a rottura (kPa):	62	99	118
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,26	0,67	1,15
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,26	0,12	0,09
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 30,1	--- 27,2	--- 27,5
Peso di volume (kN/m³):	19,7	19,7	19,7

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 11,2 kPa

Angolo di attrito interno: 15,8 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,007 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

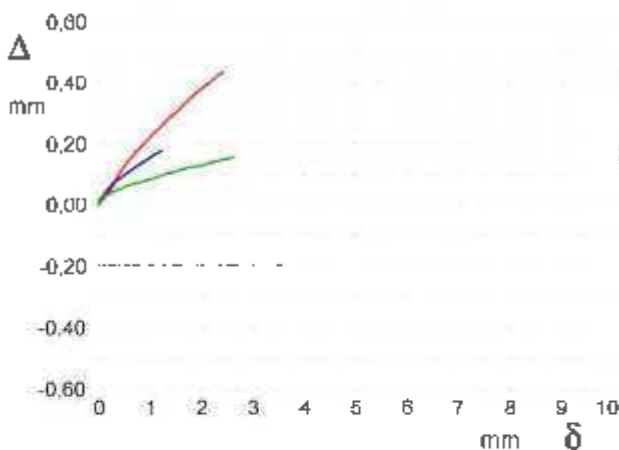
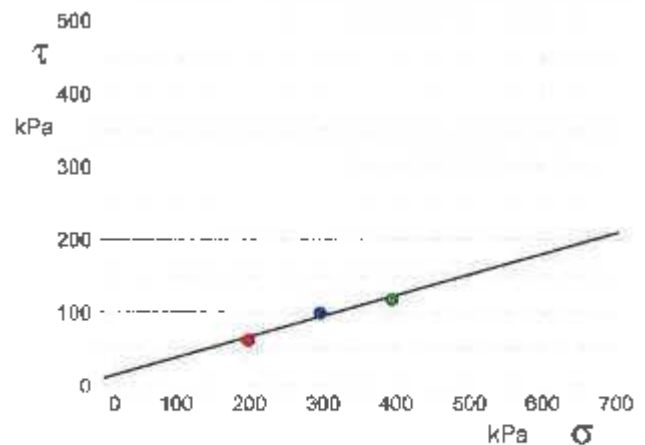


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

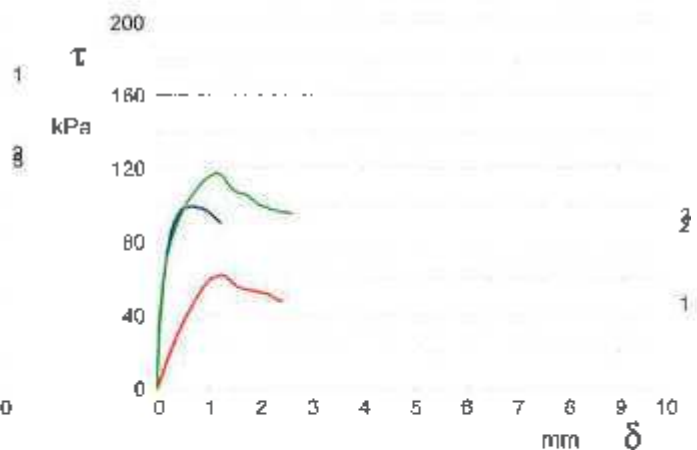


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



**LABOTER snc**

Via N. Sauro 44D - 51100 Pistoia  
Tel. 0573570566

UNI 9506  
Ordinanza Ministeriale n. 462/2009  
UNI EN ISO 9001:2008  
SISTEMA QUALITÀ CERTIFICATO DA UN CERTIFICAZIONE ACCREDITATA

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2136 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 4

CAMPIONE: 1

PROFONDITA' m 2,5-3,0

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	22,6	%
Peso di volume	19,4	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	15,8	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	19,8	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,5	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,674	
Porosità	40,3	%
Grado di saturazione	90,5	%
Limite di liquidità	56,0	%
Limite di plasticità	22,7	%
Indice di plasticità	33,3	%
Indice di consistenza	1,00	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UN. 10006/00	A7-6	I.G. = 19

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	1,0	%
Limo	28,9	%
Argilla	70,1	%
D 10	0,000106	mm
D 50	0,001317	mm
D 60	0,002540	mm
D 90	0,016830	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 42	100,0	%
Passante set. 200	99,0	%

COMPRESSIONE

$\sigma$	321	kPa
$c_u$	161	kPa
$\sigma_{Rim}$		kPa
$c_{u Rim}$		kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

$c$	21,8	kPa
$\phi$	15,0	°
$c_{Res}$		kPa
$\phi_{Res}$		°

PERMEABILITA'

Coefficiente k		cm/sec
----------------	--	--------

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$c_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$c'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$c_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$c_u$	kPa	$\phi_u$	°

PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	$e$ kPa	$c_v$ cm <sup>2</sup> /sec	$k$ cm/sec
12,3 - 24,5	22397	0,000146	6,40E-10
24,5 - 49,0	11961	0,000064	5,23E-10
49,0 - 98,1	8383	0,000103	1,20E-09
98,1 - 196,2	7574	0,000119	1,54E-09
196,2 - 392,3	8896	0,000127	1,40E-09
392,3 - 784,6	13390	0,000127	9,28E-10
784,6 - 1569,3	22165	0,000120	5,29E-10

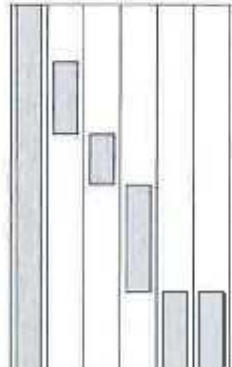
FOTOGRAFIA



OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Cilindrico      Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove  
CF CS FD TD GR BI



cm



Rp

kPa
370
270
220
300

VT

kPa
-----

cm

51
----

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Argilla con limo con concrezioni calcaree e noduli di manganese, molto consistente  
Munsell Soil Color Charts : 5Y 4/3 oliva

Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test  
 < 24,5 kPa      molto molle  
 24,5 - 49,1 kPa      molle  
 49,1 - 98,1 kPa      plastico  
 98,1 - 196,2 kPa      consistente  
 196,2 - 392,4 kPa      molto consistente  
 > 392,4 kPa      d.uro



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570966DNV Business Assurance  
Certificato No. 111171211-AG71A-ACCREDIA  
(44.04.02.001/2016/240.000/2016)  
Primo gestore tecnico di laboratorio su terra (Laboter SA) - 01**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°:** 00736      Allegato 1      **DATA DI EMISSIONE:** 08/03/17      Inizio analisi: 24/02/17  
**VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:** 20 del 19/01/17      **Apertura campione:** 09/02/17      Fine analisi: 27/02/17

**COMMITTENTE:** MESA sas  
**RIFERIMENTO:** Aeroporto Firenze  
**SONDAGGIO:** 4      **CAMPIONE:** 1      **PROFONDITA':** m 2.5-3.0

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: HRB

## ANALISI GRANULOMETRICA

## LIMITI DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0	%	Limite di liquidità	56,0	%
Passante setaccio 40 (0,42 mm)	100,0	%	Limite di plasticità	22,7	%
Passante setaccio 200 (0,075 mm)	99,0	%	Indice di plasticità	33,3	%

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A7-6****INDICE DI GRUPPO: 19**

Tipi usuali dei materiali principali:

Argille fortemente compressibili fortemente plastiche



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel 0573670680

CERTIFICAZIONE ACCREDITATA  
Certificato n° 11817/2015-AB-PA-ACCREDITA  
Una sola sede: 51100 Pistoia (PT) - Italia  
www.laboter.it - Tel. 0573 670680 - Fax 0573 670681

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7619/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00733 Pagina 1/1 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 09/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17 Apertura campione: 09/02/17 Fine analisi: 10/02/17

COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 4

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2,5-3,0

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 22,6 %**

Struttura del materiale:

- Omogeneo
- Stratificato
- Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
Tel. 0573570966

DNV Business Register  
Certificate No. 111772013-AG-28-ACCREDIA  
ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche ed idrometriche su terra (Settore EA - 21)

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terra  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 360/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00734** Pagina 1/1 **DATA DI EMISSIONE:** 08/03/17 **Inizio analisi:** 09/02/17  
**VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:** 20 del 19/01/17 **Apartura campione:** 09/02/17 **Fine analisi:** 09/02/17

**COMMITTENTE:** MESA sas

**RIFERIMENTO:** Aeroporto Firenze

**SONDAGGIO:** 4

**CAMPIONE:** 1

**PROFONDITA':** m 2.5-3.0

**PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 19,4 kN/m<sup>3</sup>**



CERTIFICATO DI PROVA N°: **00735** Allegato 1 DATA DI EMISSIONE: **08/03/17** Inizio analisi: **27/02/17**  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: **20** del **19/01/17** Apertura campione: **09/02/17** Fine analisi: **28/02/17**

COMMITTENTE: **MESA sas**

RIFFRIMENTO: **Aeroporto Firenze**

SONDAGGIO: **4**

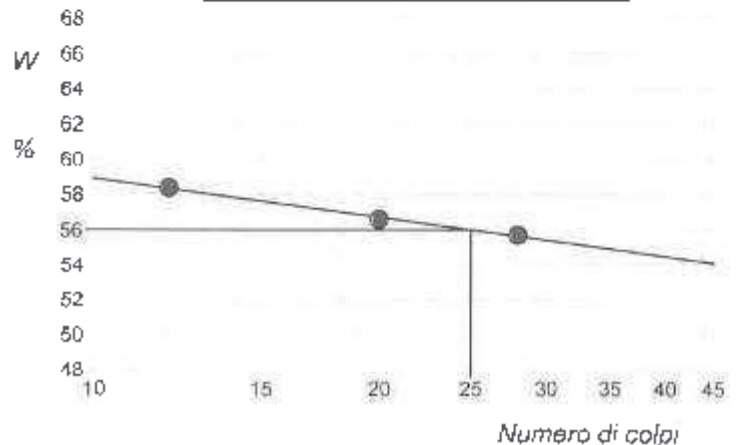
CAMPIONE: **1**

PROFONDITA': **m 2,5-3,0**

ABACO DI CASAGRANDE

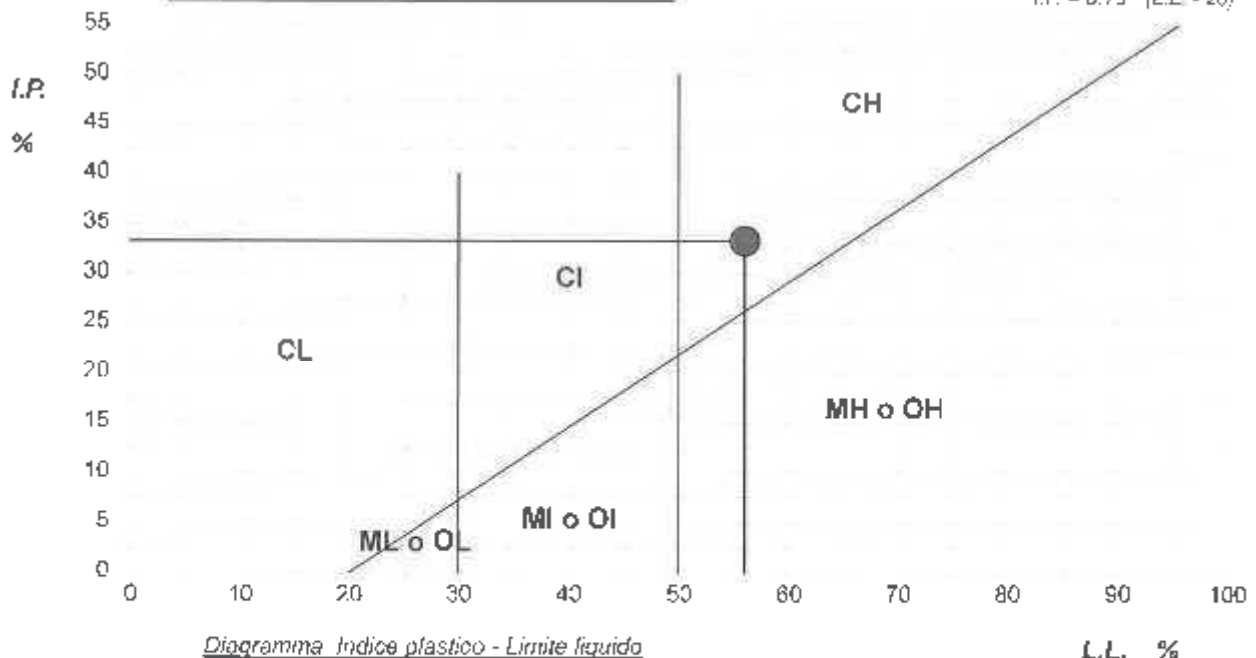
Modalità di prova: **Norma ASTM D 4318-84**

Limite di liquidità **56,0** %  
Limite di plasticità **22,7** %  
Indice di plasticità **33,3** %  
Indice di consistenza **1,00**  
Passante al set. n° 40 **SI**



**C - Argille inorganiche** I - Bassa compressibilità  
M - Limi inorganici I - Media compressibilità  
O - Argille e limi organici **H - Alta compressibilità**

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570465DIP. Metereologia  
Certificato No. 11117/2013 AGATE ACCREDITA  
L. 24 MARZO 2001 (2001/550/2001/2002)  
Prestazioni in laboratorio su terra (Settore 45 - 201)**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2456 - del 14/03/2013 - Art. 59 D.P.R. 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010CERTIFICATO DI PROVA N°: 00736 Pagina 1/1 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 24/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17 Apertura campione: 09/02/17 Fine analisi: 27/02/17

COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 4

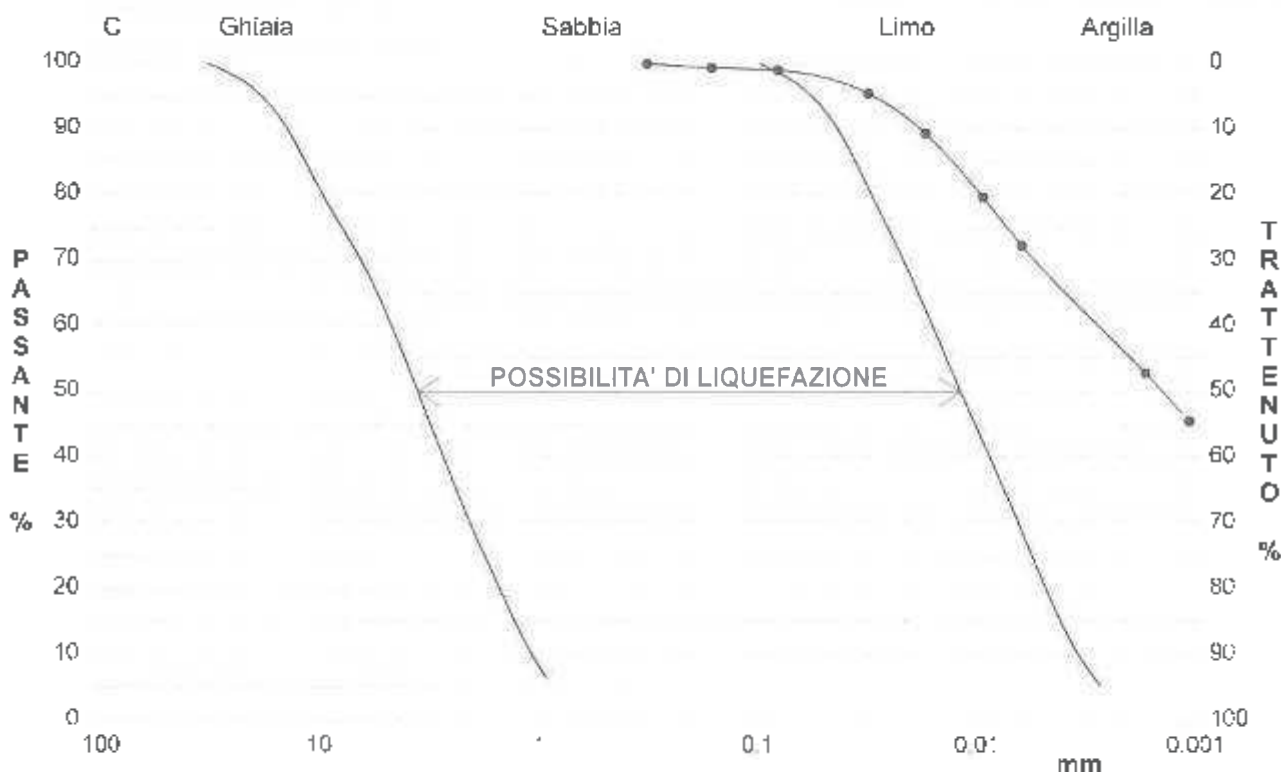
CAMPIONE 1

PROFONDITA' m 2.5-3.0

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,00011 mm
Sabbia	1,0 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	100,0 %	D30	---
Limo	28,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	99,0 %	D50	0,00132 mm
Argilla	70,1 %			D80	0,00254 mm
				D90	0,01683 mm
Coefficiente di uniformità	23,55	Coefficiente di curvatura	---		



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,2970	100,00	0,0087	79,55						
0,4500	99,40	0,0066	72,34						
0,0750	99,04	0,0016	52,84						
0,0290	95,50	0,0010	45,53						
0,0159	89,40								



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00737 Pagina 1/2 DATA DI EMISSIONE 08/03/17 Inizio analisi: 10/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17 Apertura campione: 09/02/17 Fine analisi: 21/02/17

COMMITTENTE: MESA sas  
RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze  
SONDAGGIO: 4

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2,5-3,0

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova Norma ASTM D 3080

Caratteristiche del campione

		0,810
Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> )	18,79	0,770
Umidità (%)	22,2	0,730
Peso specifico (kN/m <sup>3</sup> )	28,47	0,690
Altezza provino cm	2,00	0,850
Diametro provino cm	5,00	0,810
Sezione provino (cm <sup>2</sup> )	19,63	0,570
Volume provino (cm <sup>3</sup> )	39,27	0,530
Volume dei vuoti (cm <sup>3</sup> )	16,45	0,490
Indice dei vuoti	0,72	0,450
Porosità (%)	41,90	0,410
Saturazione (%)	83,1	

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

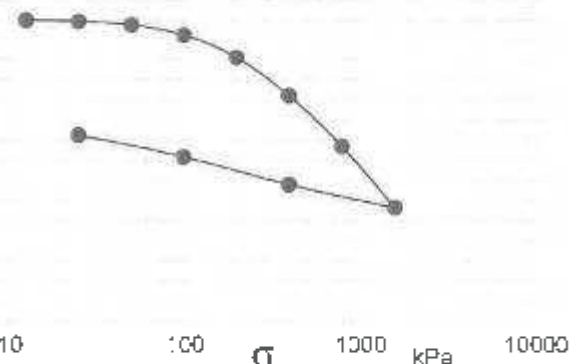
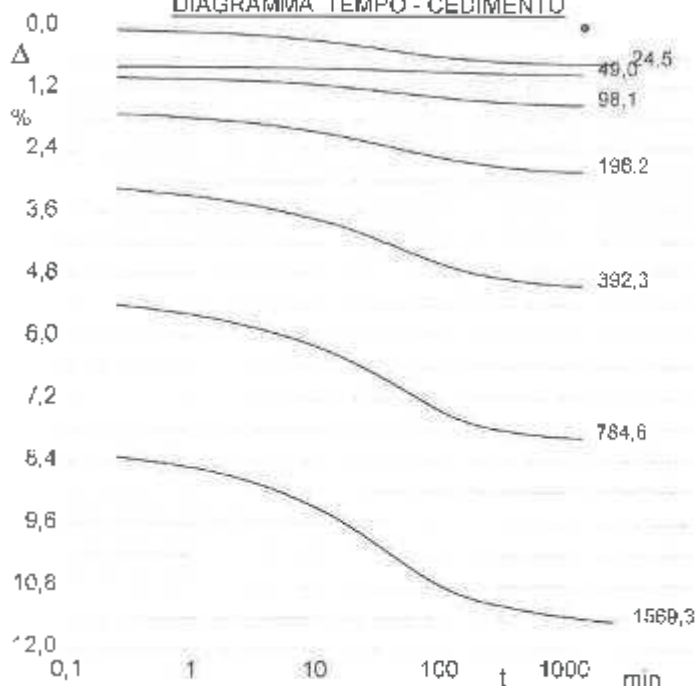


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice V <sub>vol</sub>	C <sub>c</sub>	Modulo kPa	C <sub>v</sub> cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec
12,3	13,5	0,709				
24,5	14,6	0,709	0,003	22397	0,000146	6,40E-10
49,0	18,7	0,705	0,012	11961	0,000064	5,23E-10
98,1	30,4	0,695	0,033	8383	0,000103	1,20E-09
196,2	50,3	0,673	0,074	7574	0,000119	1,54E-09
392,3	100,4	0,635	0,128	8698	0,000127	1,40E-09
784,6	159,0	0,584	0,168	13390	0,000127	9,28E-10
1569,3	229,8	0,523	0,202	22185	0,000120	5,29E-10
392,3	203,1	0,546				
98,1	171,2	0,574				
24,5	145,9	0,596				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 4

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2,5-3,0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	196	294	392
Tensione a rottura (kPa):	73	102	126
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,56	2,38	3,36
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,28	0,34	0,61
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 28,0	--- 25,3	--- 25,7
Peso di volume (kN/m³):	19,3	19,3	19,5

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 21,6 kPa

Angolo di attrito interno: 15,0 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,007 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

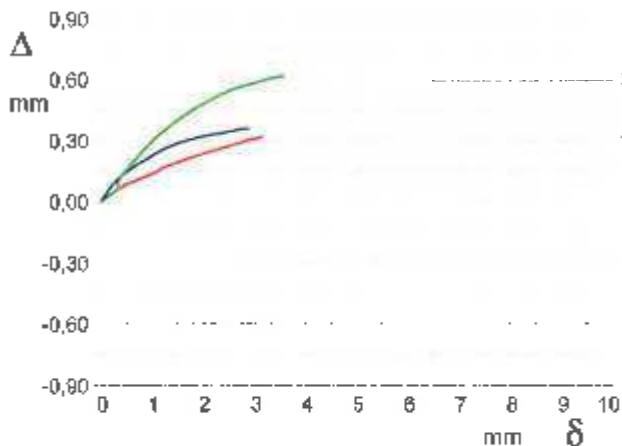
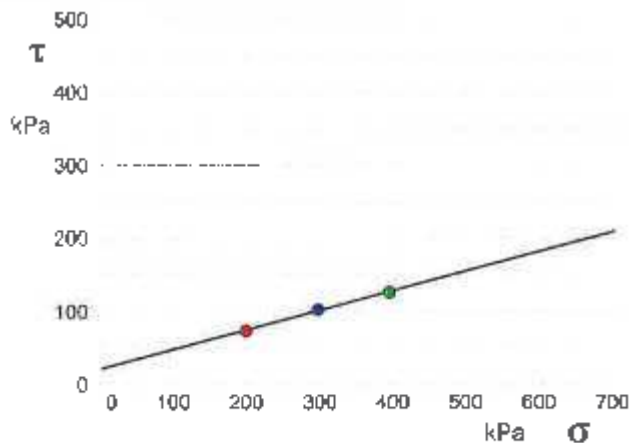


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

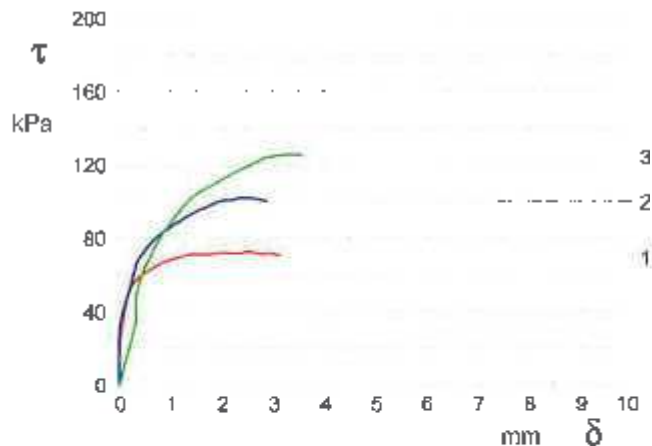


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



**LABOTER snc**

Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570988

DNV Business Assurance  
Certificato n. 111072512 AG/17A/000028A  
UNA BR LAD 882 - 7640 (SAC 801.1.000)  
Primo partecipante di laboratorio su terra (Metodo EN 1241)

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**

Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terra

Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00740**      Pagina 1/1      DATA DI EMISSIONE: 08/03/17      Inizio analisi: 01/03/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17      Apertura campione: 09/02/17      Fine analisi: 01/03/17

COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 4

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2,5-3,0

VALORE DEL BLU DI METILENE

**Valore del Blu di Metilene (gMB/kgSS)      34,84 g/Kg**

Analisi eseguita sulla classe granulometrica 0-2 mm





COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 4

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 7.0-7.5

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	19,8	%
Peso di volume	20,3	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	17,0	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	20,5	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,5	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,560	
Porosità	35,9	%
Grado di saturazione	95,7	%
Limite di liquidità	63,1	%
Limite di plasticità	24,0	%
Indice di plasticità	39,1	%
Indice di consistenza	1,11	
Passante al set. n° 4C	NO	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A7-6	I.G. = 20

ANALIS. GRANULOMETRICA

Chiaia		%
Sabbia	4,2	%
Limo	35,3	%
Argilla	60,5	%
D 10	0,000242	mm
D 50	0,002576	mm
D 60	0,004883	mm
D 90	0,036633	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 42	97,7	%
Passante set. 200	95,8	%

COMPRESSIONE

$\sigma$	288	kPa
$c_u$	144	kPa
$\sigma_{Rim}$		kPa
$c_u_{Rim}$		kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta		
$c$	12,1	kPa
$\phi$	19,3	°
$c_{Res}$		kPa
$\phi_{Res}$		°

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec.
----------------	---------

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$C_u$	kPa	$\phi_d$	°
	$C'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
C.U.	$C_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$C_u$	kPa	$\phi_u$	°

PROVA EDOMETRICA

$\sigma$	E	$C_v$	k
kPa	kPa	cm <sup>2</sup> /sec	cm/sec
12,3 - 24,5	15249	Non calc.	***
24,5 - 49,0	5980	0,000437	7,16E-C9
49,0 - 98,1	5368	0,000392	6,98E-C9
98,1 - 196,2	4761	0,000230	4,74E-C9
196,2 - 392,3	7510	0,000199	2,59E-C9
392,3 - 784,6	13991	0,000155	1,09E-C9
784,6 - 1569,3	22916	0,000108	4,64E-10

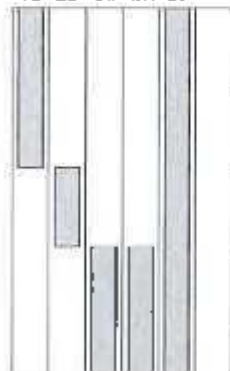
FOTOGRAFIA



OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Cilindrico      Quantità del campione: Q 5

Posizione delle prove  
LD LD CS GR CF



cm	$R_p$	VT	cm
0	kPa	kPa	
5			
10			
15	>600		
20			
			23

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE:

Argilla con limo dura  
Munsell Soil Color Charts : 2.5Y 5/4 marrone al va chiaro  
Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test  
< 24,5 kPa      molto molle  
24,5 - 49,1 kPa      molle  
49,1 - 98,1 kPa      plastica  
98,1 - 196,2 kPa      consistente  
196,2 - 392,4 kPa      molto consistente  
>392,4 kPa      duro



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570366

DMV - Istituto Nazionale  
Certificato N. 11017 07/04/14 ACCIAGA  
04/09/2015 001/2015 (2015/001/2015)  
Prove geotecniche di laboratorio su terra (Settore EA/35)

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terra  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7648/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°:** 00744      Allegato 1      **DATA DI EMISSIONE:** 08/03/17      Inizio analisi: 22/02/17  
**VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:** 20 del 19/01/17      **Apertura campione:** 15/02/17      Fine analisi: 25/02/17

**COMMITTENTE:** MESA sas  
**RIFERIMENTO:** Aeroporto Firenze

**SONDAGGIO:** 4      **CAMPIONE:** 2      **PROFONDITA':** m 7.0-7.5

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: HRB

ANALISI GRANULOMETRICA

LIMITI DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0	%	Limite di liquidità	63,1	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	97,7	%	Limite di plasticità	24,0	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	95,8	%	Indice di plasticità	39,1	%

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A7-6**

**INDICE DI GRUPPO: 20**

Tipi usuali dei materiali principali:

Argille fortemente compressibili fortemente plastiche



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pisa  
Tel. 0573570588

DNV Business Assessor  
Certified No. 11117/2013 (ITALY) ACCREDITED  
UNE EN ISO 9001:2008 (80012008)  
Prestazione certificata di Qualità (PCQ) (Sottosistema 201)

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Scoring A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00741      Pagina 1/1      DATA DI EMISSIONE: 08/03/17      Inizio analisi: 15/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17      Apertura campione: 15/02/17      Fine analisi: 16/02/17

COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 4

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 7.0-7.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 19,8 %**

Struttura del materiale:

- Omogeneo
- Stratificato
- ... Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pisa  
tel. 0573570586

DMV Business Assurance  
Certificato No. 12117/0012/AD/11/ACC/0204  
LM 818/2007/001/000/000/000/000  
Primo gestore/leader di laboratorio su terra (Art. 59 D.P.R. 380/2001)

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terra  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: **00742** Pagina 1/1 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 15/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17 Apertura campione: 15/02/17 Fine analisi: 15/02/17

COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 4

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 7.0-7.5

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 20,3 kN/m<sup>3</sup>**



CERTIFICATO DI PROVA N°: **00743** Allegato 1 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 27/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/02/17 Apertura campione: 15/02/17 Fine analisi: 28/02/17

COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 4

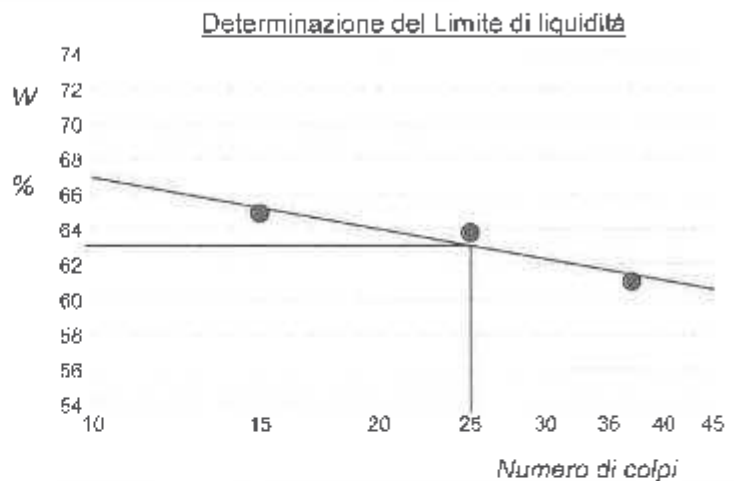
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 7.0-7.5

ABACO DI CASAGRANDE

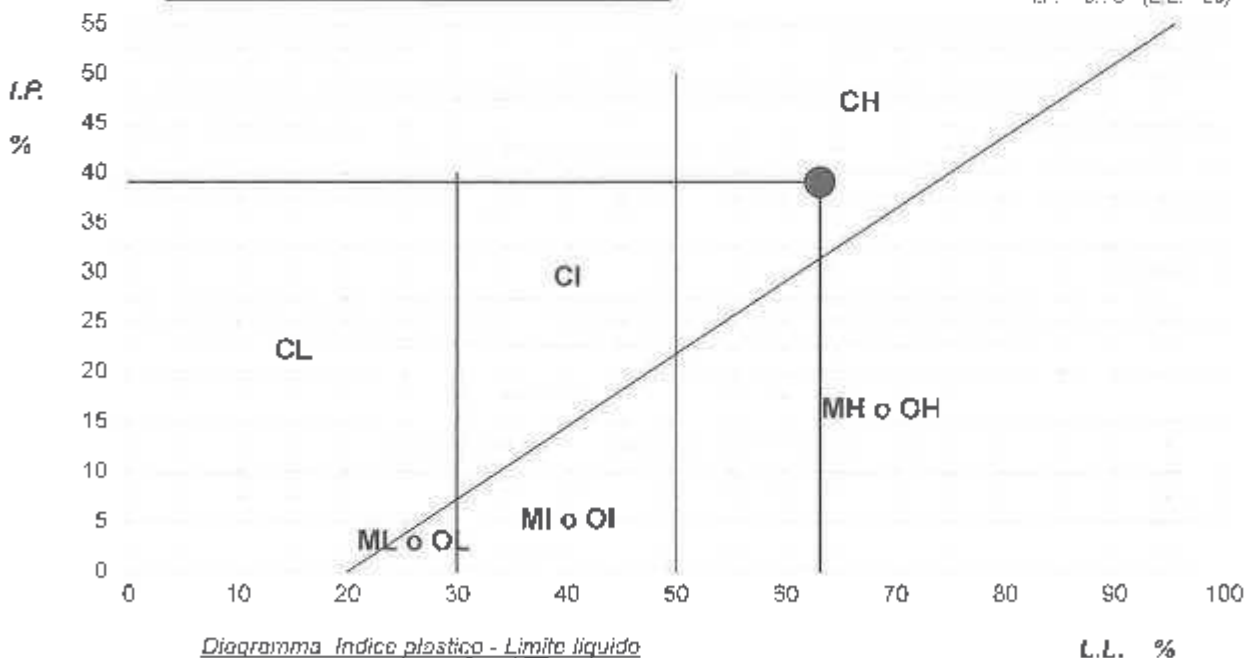
Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-84

Limite di liquidità	63,1	%
Limite di plasticità	24,0	%
Indice di plasticità	39,1	%
Indice di consistenza	1,11	
Passante al set. n° 40	NO	



- C - Argille inorganiche L - Bassa compressibilità
- M - Limi inorganici I - Media compressibilità
- O - Argille e limi organici H - Alta compressibilità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE





CERTIFICATO DI PROVA N°: 00744 Pagina 1/1 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 22/02/17  
VFRBAIF DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17 Apertura campione: 15/02/17 Fine analisi: 25/02/17

COMMITTENTE: MESA sas  
RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze  
SONDAGGIO: 4

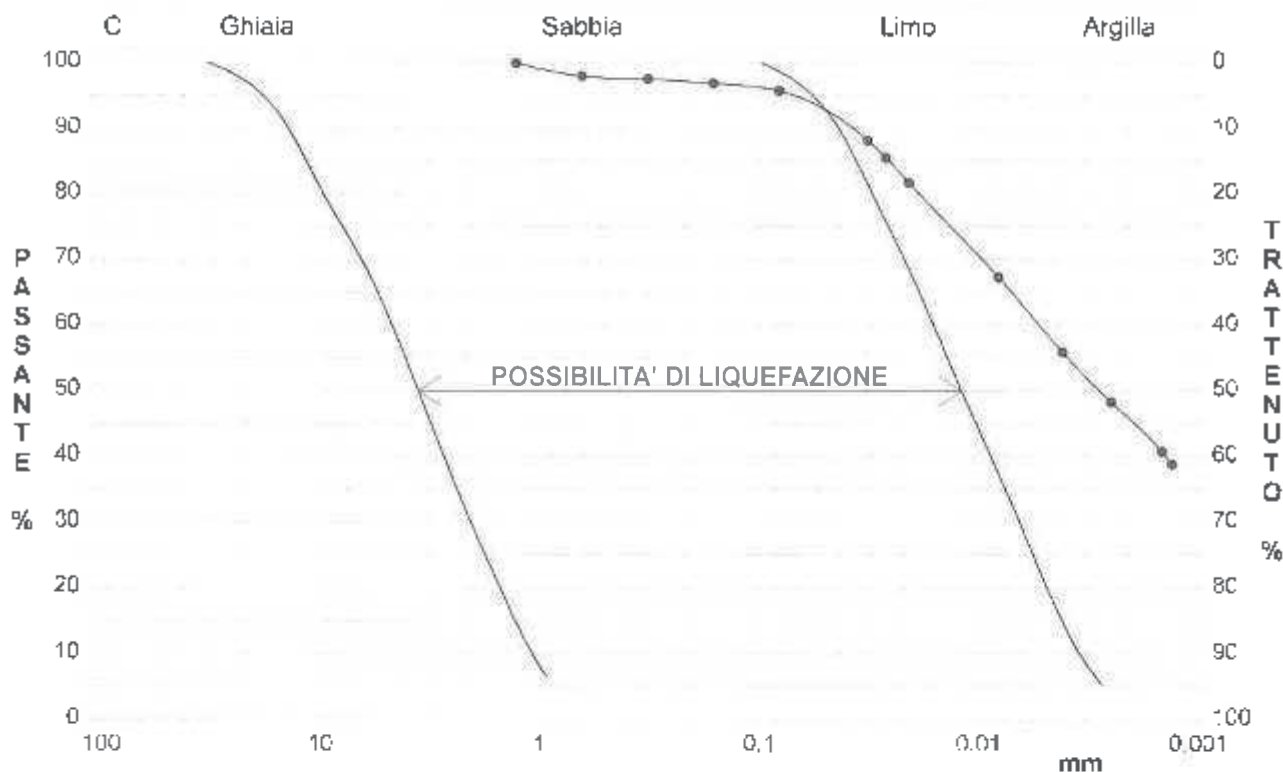
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m: 7.0-7.5

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,00024 mm
Sabbia	4,2 %	Passante setaccio 40 (0,42 mm)	97,7 %	D30	---
Limo	35,3 %	Passante setaccio 200 (0,075 mm)	95,8 %	D50	0,00258 mm
Argilla	60,5 %			D60	0,00486 mm
Coefficiente di uniformità	20,09	Coefficiente di curvatura	---	D90	0,03663 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
1.1900	100,00	0,0295	88,25	0,0023	40,31				
0,5950	98,00	0,0243	85,59	0,0014	40,70				
0,2970	97,56	0,0191	81,78	0,0012	38,60				
0,1500	96,90	0,0075	67,33						
0,0750	95,78	0,0038	55,92						



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00745** Pagina 1/2 DATA DI EMISSIONE: 08/03/17 Inizio analisi: 20/02/17  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 20 del 19/01/17 Apertura campione: 15/02/17 Fine analisi: 02/03/17

COMMITTENTE: MCSA sas  
RIFFRIMENTO: Aeroporto Firenze  
SONDAGGIO: 4

CAMPIONE: 2

PROFONDITA' in 7.0-7.5

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Caratteristiche del campione

		0,830
Peso di volume (kN/m³)	18,62	0,790
Umidità (%)	22,9	0,750
Peso specifico (kN/m³)	26,47	0,710
Altezza provino cm	2,50	0,670
Diametro provino cm	5,00	0,630
Sezione provino (cm²)	19,63	0,590
Volume provino (cm³)	49,09	0,550
Volume dei vuoti (cm³)	20,97	0,510
Indice dei vuoti	0,75	0,470
Porosità (%)	42,73	0,430
Saturazione (%)	82,7	1

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

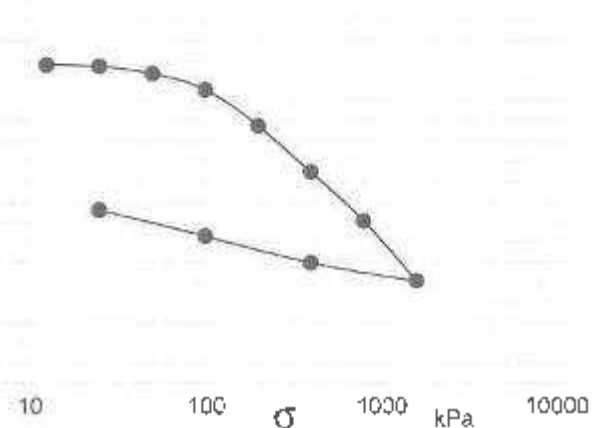


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO

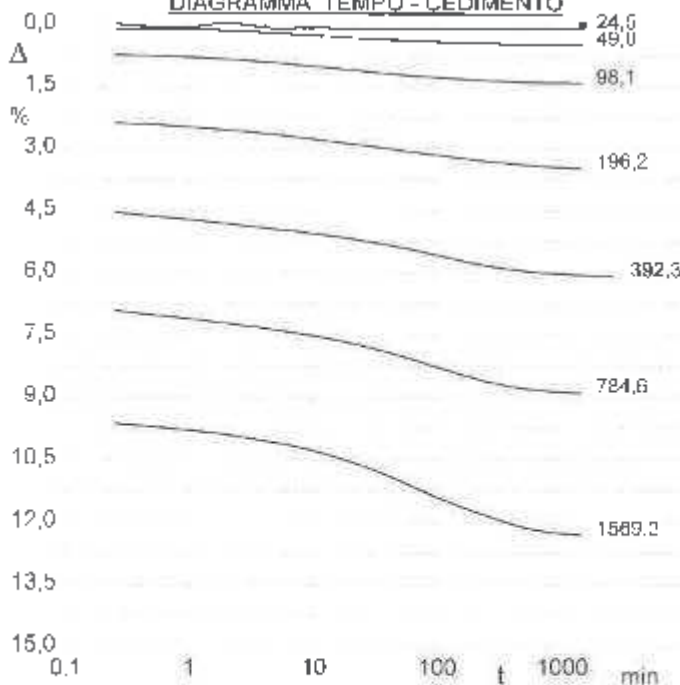
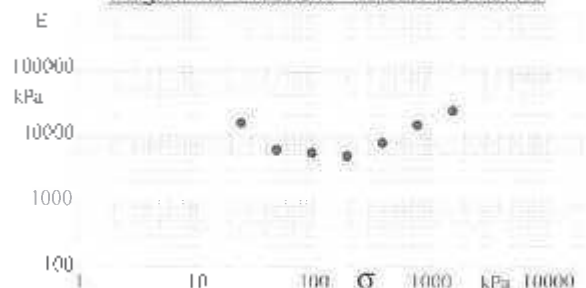


Diagramma Pressione - Modulo edometrico



COMMITTENTE: MESA sas

RIFERIMENTO: Aeroporto Firenze

SONDAGGIO: 4

CAMPIONE: 2

PROFONDITA' m 7,0-7,5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	196	294	392
Tensione a rottura (kPa):	84	112	153
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,01	1,41	2,12
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,24	0,16	0,69
Umidità iniziale e umidità finale (%):	23,9	24,2	24,6
Peso di volume (kN/m³):	19,6	20,0	21,4

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 12,1 kPa

Angolo di attrito interno: 19,3 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,007 mm / min

Tempo di consolidazione (pre): 24

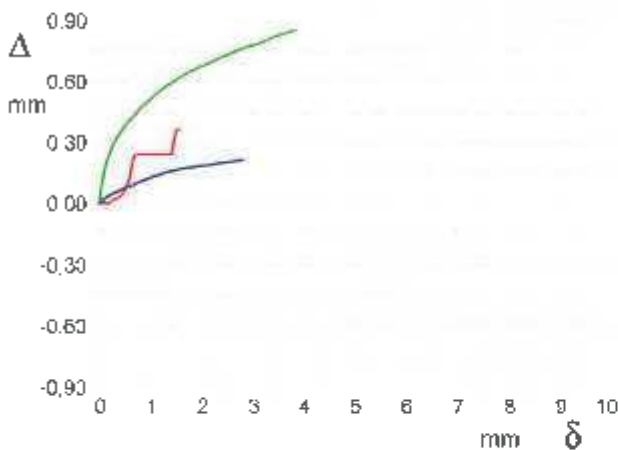
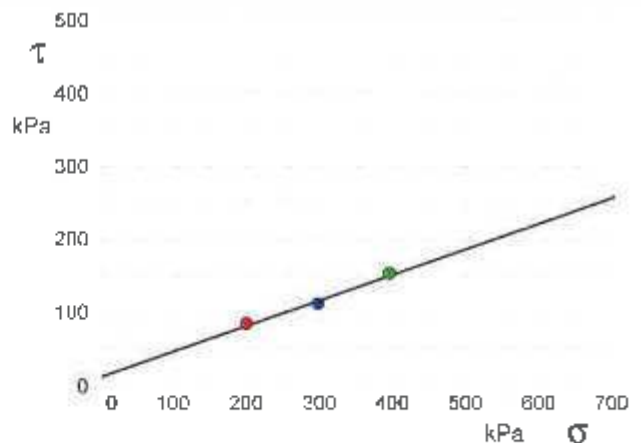


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

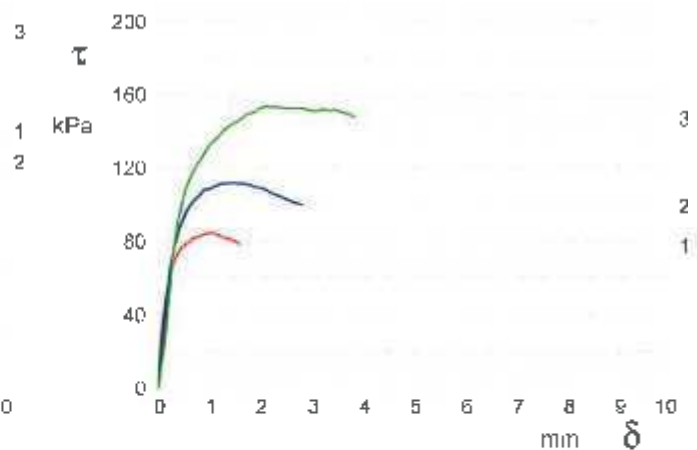


DIAGRAMMA Tensione - Defomaz. orizz.





**IGETECMA s.a.s.**

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale DM. 54143 del 7/11/05

Firenze li 2010412007

LOCALITA': Aeroporto Amerigo Vespucci (FI)

COMMITTENTE: Transtech s.r.l.

V.A. n. 5012007 del 03/04/07

**TABELLA FUASSUNTIVA CERTIFICATI DI PROVA N. 431-44212007**

CAMPIONE	SIC1	SIC2	SIC3
Profondità metri	2.0 - 2.5	8.0 - 8.5	19.5 - 20.0
<b>Prova di taglio</b>			
C (kPa)	15.0	31.9	30.7
$\phi$ (°)	21.5	16.0	16.4
<b>Prova edometrica</b>			
RR' (rapporto di ricomprensione)	0.02129	0.03146	0.03307
CR (rapporto di compressione)	0.11022	0.13410	0.11916
SR (rapporto di rigonfiamento)	0.04154	0.06031	0.05802
$\sigma'_{vmax}$ (kPa)	222.2	663.5	621.6
Cv (cm <sup>2</sup> /sec)	4.02E-04	3.603E-03	2.066E-03
K (cm/sec)	3.3E-09	6.2E-09	3.7E-09
Cv (cm <sup>2</sup> /sec)	1.77E-04	2.30E-04	1.21E-04
K (cm/sec)	1.7E-09	9E-10	5E-10
Cv (cm <sup>2</sup> /sec)		1.15E-04	9.60E-05
K (cm/sec)		4E-10	3E-10
<b>Parametri fisici</b>			
Peso volume naturale (kN/m <sup>3</sup> )	19.5	20.1	20.3
Peso volume secco (kN/m <sup>3</sup> )	17.7	18.0	18.2
<b>Limiti di Atterberg</b>			
Umidità naturale (%)	21.00	23.05	23.55
Limite liquido (%)	61.4	69.5	69.4
Limite plastico (%)	25.5	25.5	25.5
Indice plastico (%)	35.9	44.0	43.9
Indice di consistenza	1.13	1.05	1.04
Indice di attività	0.77	0.84	0.83
Classificaz. Casagrande	CH	CH	CH
<b>Granulometria</b>			
Ghiaia (%)	15.9	10.8	0.0
Sabbia (%)	8.6	5.0	5.0
Limo (%)	37.5	38.3	42.5
Argilla (%)	38.0	45.9	52.4





**IGETECMA s.a.s.**

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Montelupo Fiorentino li 16/12/2009

LOCALITA': Aeroporto di Peretola, Firenze




COMMITTENTE: Italiana Costruzioni S.p.A.

V.A. 225/09

**TABELLA RIASSUNTIVA CERTIFICATI DI PROVA N. 1806-1811/2009**

CAMPIONE	S1C1	S1C2	S1C3
Profondità metri	3.0 - 3.5	7.5 - 8.0	13.0 - 13.5
<b>Prova E.L.L.</b>			
Cu (kPa)	110.9		150.9
Eti (kPa)	5619		11390
<b>Prova di taglio</b>			
C (kPa)		26.4	29.8
$\phi$ (°)		20.1	21.1
<b>Prova triassiale CU</b>			
$\phi'$ (°) condizioni efficaci	22.3		
C' (kPa) condizioni efficaci	20.6		
$\phi$ (°) condizioni totali	18.4		
C (kPa) condizioni totali	36.4		
<b>Prova triassiale UU</b>			
Cu (kPa)		160.6	
<b>Parametri fisici</b>			
Peso volume naturale (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	19.9	20.3
Peso volume secco (kN/m <sup>3</sup> )	16.2	16.1	16.9
Umidità naturale (%)	23.52	23.60	19.86

*Michele Galimberti*

<b>Rapporto n° 20170224</b>			
Committente	Mesa Sas Via Cervara 101, 54100 MASSA		
Tipo di indagine	Indagini sismiche: sismica a rifrazione, prove MASW (Multi-Channel Analysis of Surface Waves), Down Hole e misure HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)		
Cantiere	Aeroporto di Firenze Peretola		
Data esecuzione misure	Dicembre 2016		
	Febbraio 2017		
Data emissione rapporto	24 febbraio 2017		
			
Redazione		Verifica	
Dott. Alessandro Bianchi		Dott. Simone Sartini	

Sa.Ge.T. di Sartini S. e Bianchi A. – s.n.c. Via per S. Alessio n° 1733/c – 55100 Lucca

e.mail: [info@soget.biz](mailto:info@soget.biz) – [www.soget.biz](http://www.soget.biz) Tel./Fax. 0583 343380 P.I. / C.F. 02115540466

## Sommario

1.	Scopo delle indagini sismiche.....	3
2.	Prova Down Hole (DH) .....	6
2.1.	Introduzione al metodo .....	6
2.2.	Risultati .....	7
2.3.	Proposta di interpretazione dei risultati della prova Down-Hole .....	8
3.	Tecnica sismica a rifrazione (SRT) .....	10
3.1.	Introduzione al metodo .....	10
3.2.	Inversione dei dati sismici a rifrazione.....	11
3.3.	Risultati delle prove sismiche a rifrazione .....	13
3.3.1.	Sito A.....	13
3.3.2.	Sito Varco.....	14
4.	MASW (Multi-Channel Analysis of Surface Waves) .....	15
4.1.	Introduzione al metodo .....	15
4.2.	Risultati indagine MASW.....	16
4.2.1.	Sito A.....	16
4.2.2.	Sito B .....	17
4.2.3.	Sito Varco.....	17
5.	Prove HVSR.....	18
5.1.	Cenni teorici del metodo HVSR.....	18
5.2.	Proposta di interpretazione dei risultati.....	22
6.	Conclusioni.....	23
7.	Elenco tavole allegate .....	24

## 1. Scopo delle indagini sismiche

Le indagini in oggetto sono state commissionate e progettate per la caratterizzazione sismica (determinazione delle velocità delle onde sismiche P/SH e parametro  $V_{s30}$  per la valutazione della Categoria di Suolo di Fondazione) dei terreni presenti all'interno dell'Aeroporto di Firenze Peretola, nel comune di Firenze (Figura 1-1). Inoltre, sono state eseguite tre prove HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) per l'analisi del Rumore Sismico Ambientale.



FIGURA 1-1 IMMAGINE SATELLITARE DELL'AREA DI INDAGINE

Le indagini hanno interessato tre differenti zone all'interno dell'area aeroportuale denominate, per una miglior comprensione della relazione, Sito A, Sito B e Sito Varco. In particolare sono state eseguite le seguenti indagini:

- **Sito A:**

- n°1 indagine sismica MASW:
  - distanza intergeofonica 2 m;
  - lunghezza totale 50 m;
  - 24 canali.
- n°1 indagine sismica a Rifrazione (Sp3):
  - distanza intergeofonica 2 m;
  - lunghezza totale 54 m;
  - 24 canali.
- n°1 indagine sismica HVSR
  - finestra temporale: 40 sec
  - *smoothing* triangolare: 10%

- **Sito B:**

- n°1 indagine sismica MASW:
  - distanza intergeofonica 2 m;
  - lunghezza totale 50 m
  - 24 canali
- n°1 indagine sismica HVSR
  - finestra temporale: 40 sec
  - *smoothing* triangolare: 10%

- **Sito Varco:**

- n°1 indagine sismica MASW:
  - distanza intergeofonica 2 m;
  - lunghezza totale 50 m;
  - 24 canali.
- n°2 indagine sismica a Rifrazione (Sp1 e Sp2):
  - distanza intergeofonica 3 m;
  - lunghezza totale 81 m;
  - 24 canali.
- n°1 indagine sismica Down Hole (DH1):
  - distanza intergeofonica 1 m;
  - profondità raggiunta 37 m.
- n°1 indagine sismica HVSR:
  - finestra temporale: 40 sec
  - *smoothing* triangolare: 10%

L'esatta ubicazione dei siti indagati è consultabile nelle tavole allegate denominate TAV.1 da pag.1 a pag.4.

Le MASW e la prova Down-Hole hanno permesso di studiare il parametro  $V_{S30}$  per la determinazione del tipo di Suolo di Fondazione, mentre le Rifrazioni, ed anche la prova Down-Hole stessa, hanno permesso l'analisi del parametro di velocità delle onde P del sottosuolo. Infine, le prove HVSR hanno consentito lo studio del Rumore Ambientale presente nei siti di indagine.

Oggetto della presente relazione, dopo una breve illustrazione dei metodi, sono i risultati a cui si è pervenuti.

## 2. Prova Down Hole (DH)

### 2.1. Introduzione al metodo

Lo scopo della prova è quello di determinare le velocità di propagazione delle Onde P ed SH in un terreno studiando i tempi di transito fra due punti: la sorgente posta in superficie ed un ricevitore posto ad una certa profondità. L'ipotesi di base di tale prova è che il terreno sia stratificato orizzontalmente e che per ogni strato il comportamento del terreno possa essere considerato elastico, omogeneo ed isotropo. La prova viene eseguita energizzando in superficie mediante sorgenti di onde compressive (P) o di taglio (SH) e misurando i tempi di arrivo delle onde generate ponendo, ogni volta, il sistema di ricezione a profondità differenti all'interno del perforo opportunamente attrezzato. Questa metodologia consente di rilevare anche inversioni di velocità e strati di spessore nell'ordine del metro, altrimenti non individuabili dal metodo di sismica a rifrazione.

Come sistema di energizzazione si è impiegata una mazza da 8 Kg incidente su una piastra per generare le onde di compressione mentre per generare le onde di taglio si è utilizzato un parallelepipedo colpito lateralmente dalla medesima mazza e appesantito mediante un carico (automezzo) al fine di migliorarne l'accoppiamento con il terreno.

Come sistema di ricezione si è impiegato un sistema costituito da due ricevitori triassiali posti alla distanza di 1,0 m lungo un'asta che viene calata a differenti profondità nel perforo ed acquisendo il segnale ogni metro. Il sistema costituito dai due ricevitori è stato calato mediante aste a sezione quadrata che hanno consentito di mantenere il sistema stesso sempre allineato nella posizione di acquisizione migliore. Nelle tavole allegate sono riportati i sismogrammi relativi alle Onde P ed SH ed i risultati della prova.

Il sismografo utilizzato per le misure sismiche è un SUMMIT™ Compact, uno strumento della DMT (Germania) a 24 canali e dinamica del convertitore analogico digitale a 24 Bit (Tecnologia Delta Sigma).



## 2.2. Risultati

Il risultato finale della prova Down Hole (la cui ubicazione è consultabile in TAV.1 allegata) è un grafico che esprime la variazione della velocità delle onde sismiche (P ed SH) con la profondità. In TAV.6 allegata sono riportati gli elaborati relativi, ovvero le dromocrone ed i valori delle velocità degli strati.

In Tabella 1 è possibile consultare i tempi di arrivo delle onde P ed SH e le velocità dei diversi strati:

Tempi di arrivo corretti			
Onde SH		Onde P	
1	0.0043	1	0.0012
2	0.0115	2	0.0025
3	0.0182	3	0.0037
4	0.0245	4	0.0046
5	0.0289	5	0.0054
6	0.0331	6	0.0062
7	0.0363	7	0.0067
8	0.0404	8	0.0077
9	0.0448	9	0.0080
10	0.0476	10	0.0086
11	0.0508	11	0.0096
12	0.0546	12	0.0102
13	0.0571	13	0.0107
14	0.0596	14	0.0113
15	0.0630	15	0.0119
16	0.0664	16	0.0124
17	0.0683	17	0.0130
18	0.0706	18	0.0135
19	0.0734	19	0.0142
20	0.0765	20	0.0149
21	0.0790	21	0.0155
22	0.0812	22	0.0158
23	0.0837	23	0.0167
24	0.0857	24	0.0171
25	0.0887	25	0.0178
26	0.0922	26	0.0183
27	0.0938	27	0.0187
28	0.0970	28	0.0190
29	0.0988	29	0.0199
30	0.1004	30	0.0203
31	0.1023	31	0.0205
32	0.1038	32	0.0209
33	0.1057098	33	0.0212
34	0.1067902	34	0.0217
35	0.1080	35	0.0221
36	0.1096	36	0.022362384
37	0.1123	37	0.022667921

Profondità (m dal p.c.)	Vel. Onde SH (m/sec)
0.00-4.00	148
4.00-8.00	255
8.00-13.00	300
13.00-21.00	366
21.00-29.00	390
29.00-37.00	620

Profondità (m dal p.c.)	Vel. Onde P (m/sec)
0.00-4.00	876
4.00-8.00	1320
8.00-13.00	1542
13.00-21.00	1690
21.00-29.00	1828
29.00-37.00	2861

TABELLA 1: TEMPI DI ARRIVO DELLE ONDE P ED SH E LE VELOCITÀ DEI DIVERSI STRATI

### 2.3. Proposta di interpretazione dei risultati della prova Down-Hole

Ai sensi della nuova normativa antisismica nazionale (D.M. 14 Gennaio 2008 Norme Tecniche per le costruzioni) è necessario procedere alla determinazione del parametro  $V_{s30}$ , che esprime la velocità media delle onde elastiche di taglio (onde S appunto) nei primi 30 metri di profondità al disotto del piano di fondazione. In particolare, per  $V_{s30}$ , si intende la media pesata della velocità delle onde S determinata come di seguito:

$$V_{s30} = 30 \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

	Suo di fondazione	$V_{s30}$	NSPT – $C_u$ (kPa)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	$> 800$ m/s	
B	Porre tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduo e miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT <sub>30</sub> > 50 nei terreni a grana grossa e $C_u > 250$ kPa nei terreni a grana fina).	$> 360$ m/s $< 800$ m/s	NSPT > 50 $C_u > 250$
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduo e miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina).	$> 180$ m/s $< 360$ m/s	$15 < NSPT < 50$ $70 < C_u < 250$
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduo e miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT <sub>30</sub> < 15 nei terreni a grana grossa e $C_u < 70$ kPa nei terreni a grana fina).	$< 180$ m/s	NSPT < 15 $C_u < 70$
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D nei spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).		
S	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < C_u < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 3 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	$< 100$ m/s	
S>	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.		

TABELLA 2 CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI DI FONDAZIONE

A conclusione di quanto fin qui scritto, il calcolo è stato eseguito considerando il piano di fondazione posto al piano campagna, come di seguito specificato:

Fondazione a piano di campagna (da 0 a -30 m): l'analisi eseguita conduce a un valore della velocità media delle onde elastiche di taglio pari a 298 m/s tra il p.c. e la profondità di 30 m che corrisponde ad un suolo di fondazione classificato come di seguito indicato:

#### **CATEGORIA C**

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.

## 3. Tecnica sismica a rifrazione (SRT)

### 3.1. Introduzione al metodo

La tecnica sismica a rifrazione è diffusamente applicata in ambito ingegneristico e trova applicazione nella determinazione delle caratteristiche visco-elastiche dei mezzi naturali e nell'individuazione di variazioni litologico-stratigrafiche e di velocità di propagazione delle onde sismiche.

Le velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo e nei materiali in genere sono proporzionali a diversi fattori tra i quali la densità, lo stato tensionale del materiale o della formazione, l'eventuale grado di fratturazione. La conoscenza della distribuzione delle velocità di propagazione consente di assegnare ai campi di variazione di quest'ultima la presenza di geomateriali differenti o anomalie presenti nelle sezioni o nei volumi indagati.

La prova sismica SRT consente di determinare sezioni bidimensionali di velocità delle onde di compressione P e di taglio SH, in un deposito di terreno, attraverso la misurazione dei tempi di percorrenza di tali onde lungo percorsi tra i punti sorgenti di energia e i sensori disposti in superficie.

Le sezioni d'indagine, attraverso un apposito programma di elaborazione, vengono suddivise per passi successivi in celle quadrate o rettangolari, (di dimensioni variabili in dipendenza delle spaziature adottate tra i sensori e del passo tra i diversi punti di scoppio), e per ciascuna di esse secondo un procedimento iterativo di convergenza si calcola il tempo necessario all'impulso sismico per attraversarle. Questa procedura rende possibile ricostruire la velocità sismica del mezzo nella sezione di interesse. Poiché le velocità di propagazione delle onde di compressione P e di taglio S sono proporzionali a diversi fattori tra i quali la densità, la composizione del materiale, lo stato tensionale della formazione, l'eventuale grado di fratturazione, è possibile dedurre una distribuzione dei vari materiali presenti.

Il potere risolutivo della tecnica tomografica è legato essenzialmente:

- al numero ed alla distribuzione delle misure nella sezione indagata;
- alla lunghezza d'onda della perturbazione sismica, la quale a sua volta dipende dalla velocità e dalla frequenza principale di oscillazione delle onde sismiche;

- all'orientamento ed alla distribuzione delle eventuali discontinuità ed alla stratificazione del sottosuolo;
- al rapporto tra la distanza di separazione tra i sensori e quindi alla lunghezza dello stendimento in superficie.

L'indagine a rifrazione è stata condotta secondo le seguenti specifiche:

- acquisizione dati con array a 24 geofoni;
- set-up costituito da 9 punti di energizzazione superficiali con 6 scoppi intermedi, 1 centrale e 2 offset esterni;
- distanza intergeofonica di 2 metri (profilo Sp3) e 3 metri (profili Sp1 e Sp2).

Per la generazione delle onde compressionali P è stata utilizzata una mazza da 8 Kg incidente verticalmente su una piastra in alluminio.

### 3.2. Inversione dei dati sismici a rifrazione

Lo schema d'interpretazione utilizzato è basato su un modello iniziale ottenuto mediante interpretazione con una tecnica sofisticata che consiste nel processare i tempi di primo arrivo mediante i metodi dei "Fronti d'onda" (Brückl 1987; Jones and Jovanovich 1985) e del Plus-minus (Hagedoorn 1959), fondati su una regressione del campo dei tempi di primo arrivo (Brückl 1987). Tale metodologia può essere considerata un'ottimizzazione dell'algoritmo del GRM (*Generalized reciprocal method*, Palmer, 1980), capace di risolvere l'immagine dei rifrattori con andamenti topografici molto accidentati. Il software di interpretazione utilizzato è il Rayfract™ della *Intelligent Resources Inc.* (Canada). Questo utilizza un codice di calcolo per la modellazione tomografica che realizza, nell'algoritmo d'inversione, un "raytracing" con raggi curvilinei e metodo di calcolo ai minimi quadrati attraverso la tecnica di *Delta t-v* (Gebrande and Miller 1985), al fine di migliorare il riconoscimento e la localizzazione di strutture di forma anomala e stabilizzando la soluzione dell'algoritmo d'iterazione.

In generale, il tempo di percorrenza di un'onda sismica lungo un percorso  $S$  attraverso un mezzo bidimensionale (2D) può essere scritto come

$$t = \int_S u(r(x, y)) |dr| \quad 1.$$

dove  $u(r)$  è il campo delle lentezze (l'inverso delle velocità) e  $r$  è il vettore posizione. Discretizzando il campo di lentezze  $u(r)$  con  $m$  celle equidimensionali ognuna caratterizzata da una lentezza costante  $u_k$  ( $k=1, 2, \dots, m$ ) la dromocrona  $i$ -esima delle  $n$  disponibili può essere scritta come

$$t_i = \sum_{k=1}^m l_{ik} \cdot u_k \quad 2.$$

dove  $l_{ik}$  rappresenta la porzione dell' $i$ -esima dromocrona nella cella  $k$ -esima. Considerando tutte le dromocrone disponibili si ottiene il seguente sistema

$$t = M \cdot u \quad 3.$$

dove  $t$  è il vettore dei dati sperimentali (tempi di primo arrivo letti sui sismogrammi),  $M$  è la matrice rettangolare contenente le porzioni dei percorsi nelle varie celle e  $u$  è il vettore delle lentezze (incognite del problema). Il problema inverso da risolvere è pertanto

$$u = \tilde{M}^{-1} \cdot t \quad 4.$$

dove  $\tilde{M}^{-1}$  è la matrice inversa generalizzata. Poiché i percorsi sismici dipendono dalle lentezze, la matrice  $M$  dipende anche dalle lentezze e quindi il problema inverso (4) è un problema non-lineare che deve essere risolto iterativamente partendo da una soluzione iniziale (modello di partenza). L'equazione da considerare è pertanto la seguente

$$J \cdot \Delta u = \Delta t \quad 5.$$

dove  $\Delta t = t - t(u_0)$  è la differenza tra i tempi sperimentali e i tempi calcolati per il modello di lentezze iniziale  $u_0$ ;  $\Delta u$  è la perturbazione del modello iniziale; e  $J$  è la matrice jacobiana contenente le derivate parziali delle dromocrone rispetto alle lentezze nelle celle  $\frac{\partial t_i}{\partial u_k}$ .

Poiché il problema è parzialmente sovradeterminato (per alcune celle si hanno molti percorsi) e parzialmente sottodeterminato (per alcune celle non è disponibile nessun percorso) esso è stato risolto con la tecnica dei minimi quadrati smorzati, cioè è stata minimizzata la seguente funzione errore

$$\varphi = \|J \cdot \Delta u - \Delta t\|^2 + \lambda \|L_2 u\|^2 \quad 6.$$

dove  $\lambda$  è il fattore di smorzamento e la matrice  $L_2$  è una matrice derivata seconda (operatore laplaciano) che forza la soluzione verso una soluzione la più regolare possibile (*smoothest solution*).

L'affinamento della soluzione supportata con il metodo *Delta t-v* è avvenuta attraverso un ulteriore processo finale tomografico implementato da G.I. Schuster et alii, (*Wavepath eikonal travelttime inversion: Theory*, 1993, *Geophysics*, Volume 58, Issue 9, pp. 1314-1323) e Watanabe (*Seismic travelttime tomography using Fresnel volume approach*, Expanded Abstracts of 69th SEG Annual Meeting, SPRO12.5, 1999) denominato procedimento tomografico WET (*Wavepath Eikonal Travelttime*).

Nonostante esista sempre un grado di incertezza nel processo interpretativo l'immagine, essendo quantitativa, se adeguatamente associata ad uno studio geologico dell'area, fornisce un notevole contributo alla conoscenza geologica e idrogeologica della zona. Infatti a differenza delle indagini geognostiche (penetrometrico, sondaggi, ecc.) che forniscono una conoscenza puntuale della stratigrafia, una tomografia sismica, permette una ricostruzione spaziale continua degli strati litologici.

Per non incorrere in errori interpretativi talvolta anche notevoli, è sempre consigliabile adottare diverse metodologie di indagine (studio geologico, indagine geognostica, indagine geofisica, ecc.), così da avere più informazioni, di origine diversa, da interpretare e di conseguenza un minor margine di errore dato dall'interpretazione stessa.

### 3.3. Risultati delle prove sismiche a rifrazione

#### 3.3.1. Sito A

La tomografia relativa al sito A e denominata Sp3 (la cui ubicazione è consultabile in TAV.1), mostra un quadro regolare della sismostratigrafia presente. Le velocità delle onde compressionali P crescono gradualmente scendendo in profondità e possono essere distinti due sismostrati:

- Un primo sismostrato che dal piano campagna raggiunge la profondità di  $-2 \div -2.5$  m con velocità comprese tra 600 m/s e  $800 \div 1000$  m/s che potrebbe essere rappresentativo del riporto costruttivo che caratterizza l'area;
- al di sotto di questo si colloca un secondo layer con velocità delle onde P (maggiori di  $800 \div 1000$  m/s) in continuo aumento con la profondità. Ciò testimonia un aumento graduale delle caratteristiche meccaniche del sottosuolo. Il valore massimo di velocità raggiunto alla profondità di 8 m circa è mediamente di 1800 m/s e tra le progressive 4 m e 16 m si notano anche valori di 2200 m/s.

### 3.3.2. Sito Varco

Le tomografie del sito Varco, la cui ubicazione è consultabile in TAV.1, sono state denominate Sp1 e Sp2.

La tomografia Sp1 presenta un primo sismostrato racchiuso tra le quote 0 m e - 2/3 m circa caratterizzato da un range di velocità P compreso tra 600 m/s e 1200 m/s. Il layer sopradescritto non risulta perfettamente omogeneo e presenta delle risalite delle isovelocità verso la superficie. In generale, però notiamo un aumento dei valori di velocità rispetto al corrispondente layer della Zona C.

Al di sotto del primo sismostrato la velocità delle onde P aumenta gradualmente con la profondità e solo tra le progressive 5 m e 15 m è presente una zona in cui si nota una contenuta inversione di velocità (profondità di -6 m dal piano campagna).

La tomografia denominata Sp2 presenta le stesse caratteristiche della tomografia Sp1 precedentemente descritta. Infatti è presente un primo sismostrato tra le profondità di 0 m e -2 m con velocità comprese tra 700 m/s e 1300 m/s. Al di sotto di questo, le velocità crescono regolarmente con la profondità e si raggiungono valori massimi di 2200 m/s a -15 m circa di profondità.



## 4. MASW (Multi-Channel Analysis of Surface Waves)

### 4.1. Introduzione al metodo

Ai fini della caratterizzazione in oggetto la velocità di propagazione delle onde sismiche può essere ottenuta per via indiretta, ovvero ricavandola da indagini geognostiche (ad esempio dal parametro  $N_{sp}$  ricavato da una prova penetrometrica standard) o per via diretta, impiegando indagini di tipo sismico (Down-Hole, Sismica a Rifrazione, MASW, Cono Sismico).

Questi ultimi metodi sono senz'altro più validi e corretti e quando esiste la possibilità di inversioni nel profilo di velocità il metodo MASW (Multi-Channel Analysis of Surface Waves) risulta particolarmente risolutivo. Si tratta di una tecnica di indagine piuttosto recente che sfrutta le onde di superficie di Rayleigh. Il MASW è una tecnica "multi-station" che rappresenta una evoluzione del metodo SASW e rispetto a quest'ultimo consente una determinazione senz'altro più affidabile delle proprietà del terreno. Il metodo mira ad una caratterizzazione sismica del sottosuolo basandosi sull'analisi della dispersione geometrica delle onde di superficie. Il risultato finale del processo di elaborazione è il profilo verticale delle velocità delle onde

S. I vantaggi della tecnica MASW possono essere così riassunti:

- particolarmente indicata per terreni attenuanti ed ambienti rumorosi;
- è in grado di evidenziare inversioni di velocità nel profilo di velocità;
- buona risoluzione.

Tali caratteristiche ne hanno reso particolarmente indicato l'uso nel sito in oggetto.

Schematicamente il processo di analisi è il seguente:

- creazione dello spettro FK;
- ricerca del miglior fitting fra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica;
- profilo di velocità delle onde S.

Il sismografo utilizzato per le misure sismiche è un SUMMIT Compact, uno strumento della DMF (Germania), a 24 canali e dinamica del convertitore analogico digitale a 24 Bit (Tecnologia Delta Sigma).

L'acquisizione del segnale è stata eseguita su uno stendimento di 24 geofoni aventi frequenza di 4,5 Hz ed equidistanziati a 2 metri nel caso del sito A e a 3 metri nel caso del sito Varco. Come fonte di energia elastica è stata utilizzata una mazza da 8 Kg incidente su una piastra in alluminio. L'energia prodotta ed il contenuto in frequenza dell'energizzazione sono risultati adeguati per le finalità dello studio ed il sismogramma ottenuto è risultato sempre di buona qualità. In mancanza di informazioni precise la densità dei terreni è stata assunta pari a 1800 Kg/m<sup>3</sup>.

## 4.2. Risultati indagine MASW

### 4.2.1. Sito A

L'ubicazione della stesa sismica relativa all'indagine MASW eseguita nel sito A è consultabile nella tavola allegata TAV.1, mentre i risultati dell'elaborazione sono visibili in TAV.2.

Prendendo in riferimento ciò che è stato illustrato nel paragrafo 2.3 della presente relazione, si è proceduto alla determinazione del parametro  $V_{S30}$ , che esprime la velocità media delle onde elastiche di taglio (onde SH) nei primi 30 metri di profondità al disotto del piano di fondazione. Ricordiamo che per  $V_{S30}$  si intende la media pesata della velocità delle onde S determinata come di seguito:

$$V_{S30} = 30 \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

Il valore di  $V_{S30}$  calcolato per il sito A nell'intervallo di profondità compreso tra 0 m e -30 m è pari a 284 m/s.

Quindi in base alla classificazione delle categorie di suoli presenti in Tabella 2 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, la tipologia di suolo indagato ricade nella categoria:

## C

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.

### 4.2.2. Sito B

L'analisi MASW è stata eseguita anche nell'area denominata sito B ed in TAV.1 è mostrata l'ubicazione della stesa sismica utilizzata per l'acquisizione dei dati. I risultati possono essere consultati in TAV.4 allegata.

In questo caso il valore di  $V_{s30}$  calcolato è pari a 291 m/s che indica una categoria di suolo:

## C

### 4.2.3. Sito Varco

La stesa sismica relativa all'analisi MASW è mostrata in TAV.1 ed i risultati dell'elaborazione sono consultabili in TAV.5.

Il valore di  $V_{s30}$  calcolato nell'intervallo di profondità compreso tra 0 m e -30 m è pari a 313 m/s ed il suolo indagato ricade, anche in questo caso, nella categoria:

## C

## 5. Prove HVSR

### 5.1. Cenni teorici del metodo HVSR

Le misure in oggetto mirano alla registrazione del cosiddetto “rumore sismico” (o “microtremore”). Il rumore sismico è presente ovunque sulla superficie della terra ed è generato dai fenomeni ambientali naturali (moti ondosi oceanici, vento) e dall’attività antropica.

Negli anni sono state sviluppate diverse metodologie per lo studio dei microtremori, ma, fra tutte, quella che ha avuto il maggior riconoscimento dalla comunità scientifica e pertanto la più usata ed affidabile, è quella che impiega i rapporti spettrali H/V e che consiste nella misura dei rapporti degli spettri nel piano orizzontale e della componente verticale. Il metodo è stato introdotto nei primi anni '70 da scienziati giapponesi tra cui Nogoshi e Igarashi (1971) e Shiono et al. (1979) e poi ripreso e pubblicato nel 1989 da Nakamura.

Il metodo H/V o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) mira all’individuazione di possibili fenomeni di risonanza sismica e delle relative frequenze e si basa sulla misura dei rapporti medi fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e della componente verticale del rumore sismico ambientale. In presenza di forti contrasti di impedenza sismica nel sottosuolo (ad esempio in corrispondenza del passaggio fra litologie caratterizzate da velocità delle onde sismiche molto differenti) la funzione H/V, che rappresenta i rapporti spettrali medi in funzione della frequenza, presenta dei massimi che corrispondono con le frequenze di risonanza. Esiste poi una proporzionalità (non lineare) fra l’ampiezza dei massimi della funzione H/V e l’entità del contrasto di impedenza sismica.

La frequenza di risonanza fornisce indicazioni sul rapporto fra la velocità delle onde S dello strato al tetto del bedrock sismico e la profondità di quest'ultimo:

$$f_0 = V_s / 4H$$

dove:

$f_0$  = frequenza di risonanza

$V_s$  = velocità delle onde S della copertura

$H$  = spessore della copertura ovvero profondità bedrock

Per l'esecuzione di misure quanto più significative possibili e di buona qualità è necessario curare in campagna due aspetti fondamentali: il posizionamento e l'accoppiamento dello strumento di acquisizione sul terreno e la scelta dei parametri di acquisizione. Le misure in oggetto sono state eseguite in condizioni meteo stabili e cielo sereno.

Per quanto riguarda la scelta dei parametri di acquisizione le misure sono state eseguite con una frequenza di campionamento di 128 Hz e su finestre temporali di 40 minuti (2400 sec). La scelta della durata della registrazione si basa sulla seguente considerazione. Supponendo di voler osservare la risonanza di una coltre sedimentaria su un bedrock piuttosto profondo con una frequenza di risonanza dell'ordine di 0,5 Hz, il segnale si ripeterà con un periodo di 2 sec che rappresenta il tempo minimo di ascolto utile per l'osservazione della frequenza attesa. A questo punto però è necessario (per garantire una adeguata risoluzione spettrale) che il segnale venga analizzato su finestre temporali almeno 10 volte maggiori del periodo di ripetizione del segnale. In questo esempio almeno 20 sec. Infine il segnale deve essere mediato a livello statistico campionando almeno 30-40 finestre da 20 secondi (800 sec).

La qualità delle misurazioni è valutata sulla base della direzionalità e della stazionarietà della funzione H/V e verificando che i picchi H/V ritenuti significativi coincidano con minimi locali della componente spettrale verticale. Questa è la circostanza caratteristica di discontinuità stratigrafiche. Molte volte si osservano dei picchi alti, stretti e ben definiti sulle tre componenti attribuibili a vibrazioni concentrate attorno ad una specifica frequenza dovuta rumore incoerente dovuto a transienti.

La strumentazione impiegata è un tromografo TROMINO™ prodotto dalla Micromed (serial no. TRZ-0195/01-12) ed i dati sono stati analizzati con il software dedicato GRILLA™. L'analisi dei dati è stata eseguita su finestre temporali di 40 sec e con uno *smoothing* triangolare al 10%. Per ogni misura singola, nelle tavole allegate viene riportato:

- grafico del rapporto spettrale orizzontale su verticale
- serie temporale H/V
- direzionalità H/V
- grafico degli spettri delle singole componenti

Infine viene valutata la qualità della misura secondo le linee guida SESAME 2005 riportando i Criteri per una curva H/V affidabile ed i Criteri per un picco H/V chiaro.

Inoltre viene riportata la Classificazione della Curva H/V (Albarello D. & Castellano S. (2011) – Tecniche sismiche passive indagini a stazione singola. Supplemento alla rivista Ingegneria sismica Anno XXVIII, n. 2-2011).

La Classificazione della Curva H/V avviene prendendo in considerazione tre classi di qualità: Classe A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola

1. La forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (stazionarietà);
2. Le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (isotropia);
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (assenza di disturbi);
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (plausibilità fisica);
5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3 criteri) sono verificati (robustezza statistica);
6. la misura è durata almeno 15/20 minuti (durata).

Eccezione: misure effettuate su roccia integra affiorante o in zone alluvionali fini con basamento sismico molto profondo (tipicamente > 1Km) possono non mostrare alcun picco statisticamente significativo della curva H/V nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico, a causa dell'assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati. In questi casi, in cui la curva H/V apparirà piatta a con ampiezza circa pari a 1, il criterio 5 risulterà non verificato anche se la misura è di fatto attendibile. In questo solo caso la misura può ricadere nella classe A ma si consiglia di ripetere la misura per confermare l'effettiva assenza di massimi significativi.

**Classe B: curva H/V sospetta (da "interpretare"): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze.**

1. almeno una delle condizioni della classe A non è soddisfatta, a condizione che non si rientri nell'ECCEZIONE citata per la classe A

**Classe C: curva H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata.**

1. misura di tipo B nella quale la curva H/V mostra una ampiezza crescente al diminuire della frequenza (deriva), indice di un movimento dello strumento durante la misura;
2. misura di tipo B nella quale si evidenzia la presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di potenziale interesse.

Per le sole Classi A e B si possono definire due sottoclassi delle classi precedenti:

Tipo 1. Presenta almeno un picco "chiaro" secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza;

Tipo 2: Non presenta picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse: assenza di risonanza.

È comunque necessario valutare attentamente ciascuna misura poiché in alcuni casi possono essere presenti ulteriori picchi con ampiezza inferiore ad A0 in corrispondenza di altri valori di frequenza. Questi picchi, se correlabili a minimi locali della componente spettrale verticale sono indice di discontinuità stratigrafiche che possono rivestire una certa importanza ai fini degli effetti amplificativi locali.

## 5.2. Proposta di interpretazione dei risultati

In Tab.1 (tratta da Albarello D. & Castellaro S. (2011) – Tecniche sismiche passive indagini a stazione singola. Supplemento alla rivista Ingegneria sismica Anno XXVIII, n. 2-2011) è riportata una correlazione fra il valore della frequenza di risonanza misurata e lo spessore delle coperture.

*Tab. 1 - Abaco per la stima dello spessore delle coperture (h) a partire dai valori delle frequenze di risonanza (fo) determinate dalle misure H/V.*

$F_0$ (Hz)	h (m)
<1	>100
1-2	50-100
2-3	30-50
3-5	20-30
5-8	10-20
8-20	5-10
>20	<5

Sulla base di questa tabella è possibile ottenere una indicazione di larga massima sulla profondità dello strato risonante.

È inoltre possibile ottenere una stima più accurata utilizzando la formula sopra riportata ( $f_0 = V_s/(4H)$ ) che correla la frequenza di risonanza con la velocità  $V_s$  e lo spessore delle coperture.

In tutte le misure si nota chiaramente la presenza di una inversione sulle curve degli spettri delle singole componenti in cui la componente verticale (UP-DOWN) sormonta le due componenti orizzontali rendendo di fatto inutilizzabili le misurazioni. Questo fenomeno avviene di norma quando la misura è eseguita su un substrato rigido. Per questo motivo si ritiene di classificare le misure in **Classe C**.

Le tre misure possono eventualmente conservare una loro validità per le basse frequenze ( $f$  fino a 1.0 Hz) e per la valutazione di bedrock profondi alcune centinaia di metri.



In particolare si è osservato:

- **Sito A:** Max H/V=0.47±0.12 Hz Average H/V ~ 2
- **Sito B:** Max H/V=0.41±0.09 Hz Average H/V ~ 2
- **Sito Varco:** Max H/V=0.41±0.19 Hz Average H/V ~ 2

Per ottenere informazioni utili dal punto di vista progettuale sull'eventuale presenza di fenomeni di risonanza più superficiali è consigliabile ripetere le misure in aree incrociate.

## 6. Conclusioni

La presente relazione presenta i risultati relativi ad una serie di indagini sismiche eseguite nell'area aeroportuale dell'Aeroporto di Firenze Peretola (FI). Sono state analizzate tre differenti zone: sito A, sito B e sito Varco.

Per ognuna di queste zone sono state eseguite differenti indagini sismiche comprendenti Sismica a Rifrazione, Down-Hole, MASW e HVSR. Le Sismiche a Rifrazione hanno permesso di analizzare il parametro di velocità delle onde P caratterizzante il sottosuolo. Il Down-Hole ha prodotto un risultato puntuale indicante i valori di velocità delle onde P ed SH. Le prove MASW hanno fornito, anche in questo caso, un'informazione puntuale rappresentante il profilo di velocità delle onde SH.

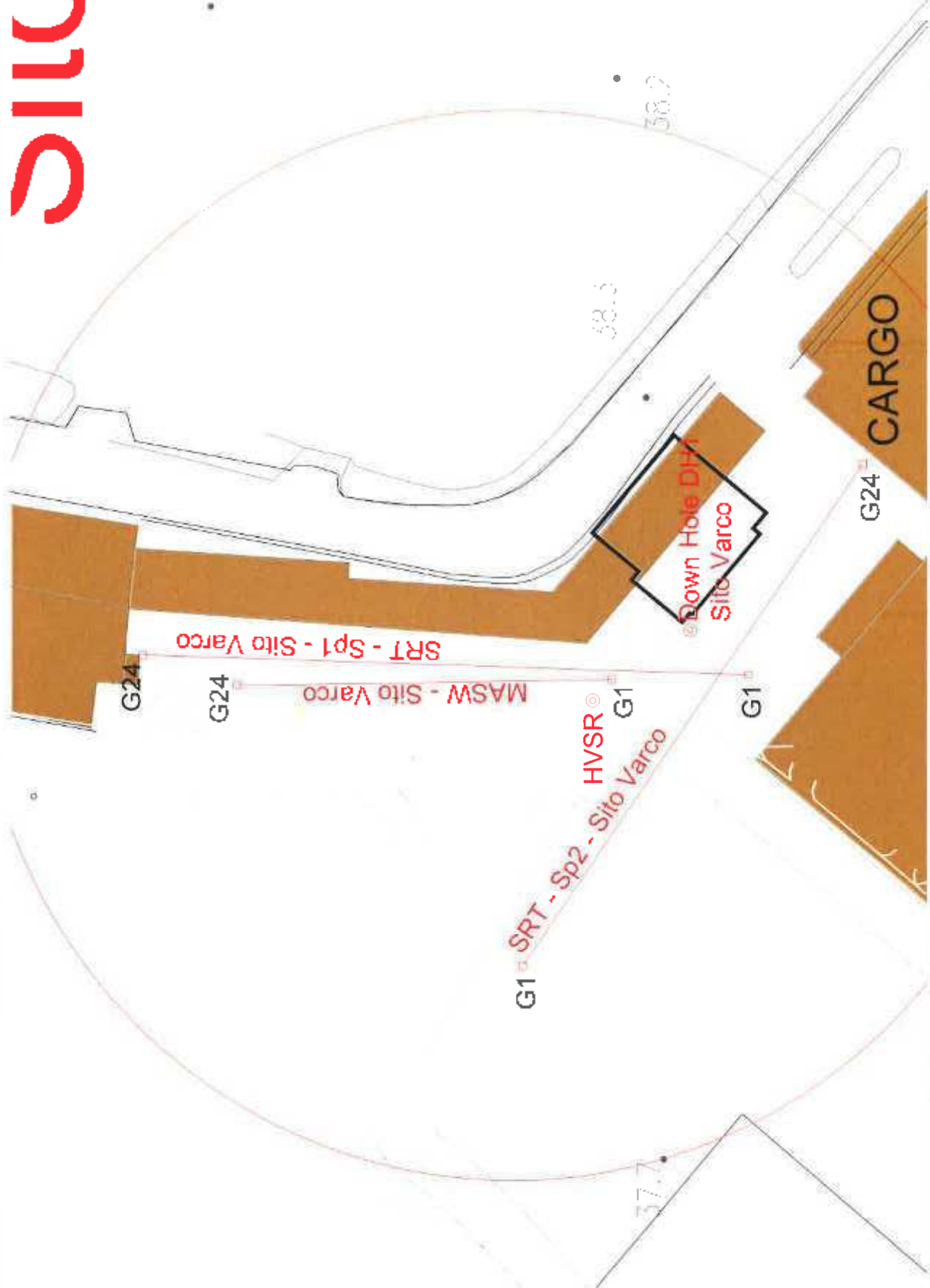
Sia la prova Down Hole che le MASW hanno prodotto lo stesso risultato per ciò che concerne la tipologia di suolo indagato; infatti tutte le indagini hanno fornito valori di Vs30 concordanti e rappresentative della Categoria di Suolo C.

Infine, per quanto riguarda le prove HVSR, queste risultano valide fino alla frequenza di 1.0 Hz con picchi del rapporto medio H/V posti tra 0.40 Hz e 0.5 Hz.

## 7. Elenco tavole allegate

- **TAV.1:** Ubicazione indagini sismiche
- **TAV.2:** MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) – Sito A
- **TAV.3:** Prova sismica a rifrazione Sp3 – Onde P – Sito A
- **TAV.4:** MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) – Sito B
- **TAV.5:** MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) – Sito C
- **TAV.6:** Prova sismica Down Hole DHI1 – Onde P e SH – Sito Varco
- **TAV.7:** Prova sismica a rifrazione Sp1 – Onde P – Sito Varco
- **TAV.8:** Prova sismica a rifrazione Sp2 – Onde P – Sito Varco
- **Schede delle misure HVSR (Sito A, Sito B, Sito Varco)**

# SLID



So.Ge.T. s.n.c. di Sarlin S., Bianchi A.  
Via Per S. Alessio, 4733C - 55100 S. Alessio (Lucca)  
P. / C.F. 02115540486 e mail: info@scaget.biz  
web: www.scaget.biz - Tel e Fax +39 0585 343380

**Cliente**  
MESA SAs  
via Cervaria 101, 54100 Massa

**Acquisizioni:** A. Bianchi  
Scala 1:500  
Revisione: 00  
Formato: A3

**Approvato:**  
A. Bianchi  
S. Sarlin

**Planimetria dei siti di indagine**  
SITO Varco  
TAV.1 - (pag.3)

**G1<sub>g</sub>** Geofono numero 1  
Stessa sistemica  
Ubicazione prova Down Hole e HVSR



So.Ge.T. s.n.c. di Sartini S., Bianchi A.  
Via Per S. Alessio, 1733/C - 55100 S. Alessio (Lucca)

P.I./C.F. 02115540466 e.mail: info@soget.biz  
web: www.soget.biz - Tel e Fax +39 0583 343380

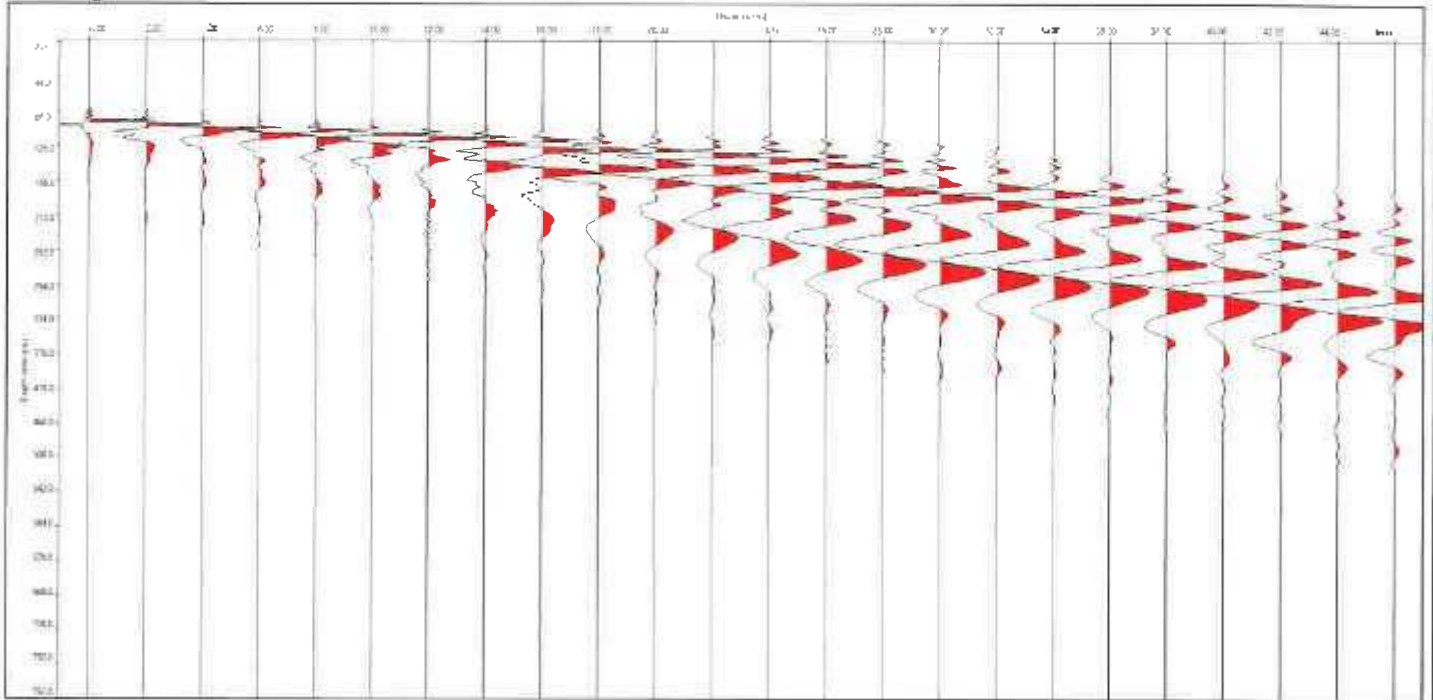
Risultati:

**MASW**

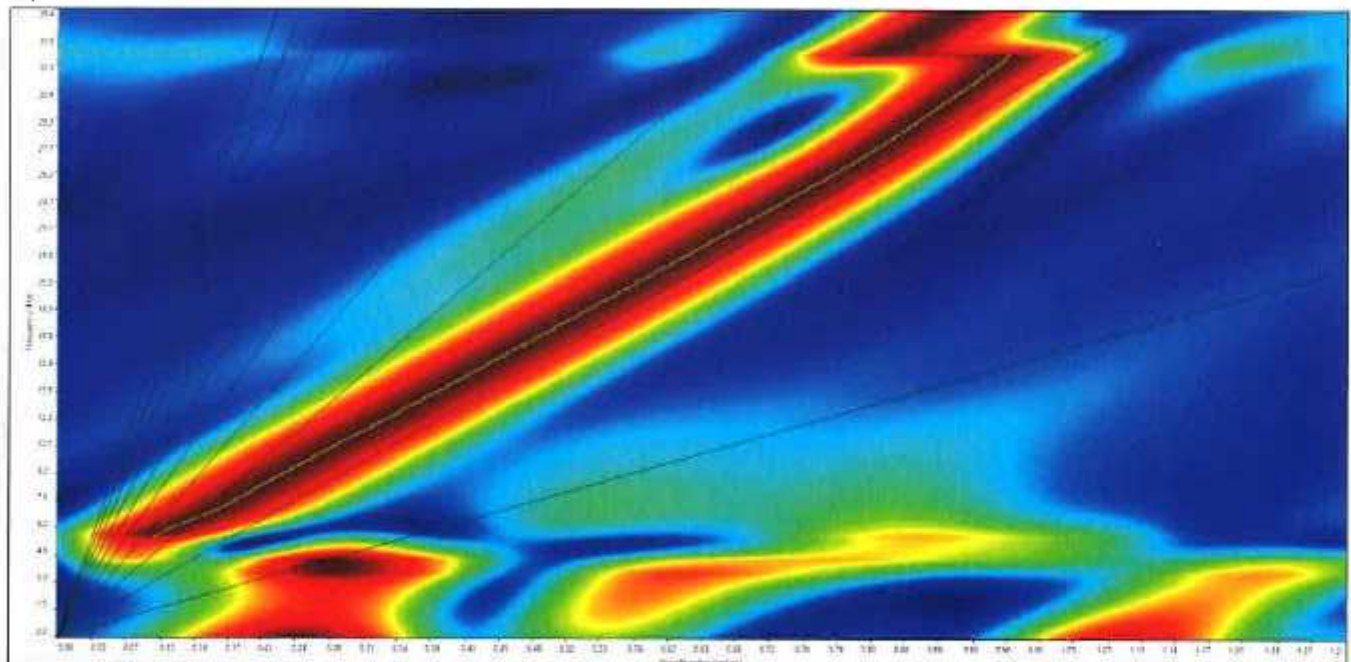
Multichannel Analysis of Surface Waves

**Sito Varco**

### Sismogramma



### Spettro f-k



Cliente:

MESA Sas  
via Corvara 101, 54100 Massa

Data acquisizione: 16/12/16

Acquisizione: A. Bianchi

Data processing: 21/12/16

Approvato:

A. Bianchi

S. Sartini

Formato: A4

Revisione: 00

**Tav.5**  
(pag 1)



So.Ge.T. s.n.c. di Sartini S , Bianchi A.  
Via Per S. Alessio, 1735/C - 55100 S. Alessio (Lucca)

P.I./C.F. 02115540466 e.mail info@soget.biz  
web: www soget.biz - Tel e Fax +39 0583 343380

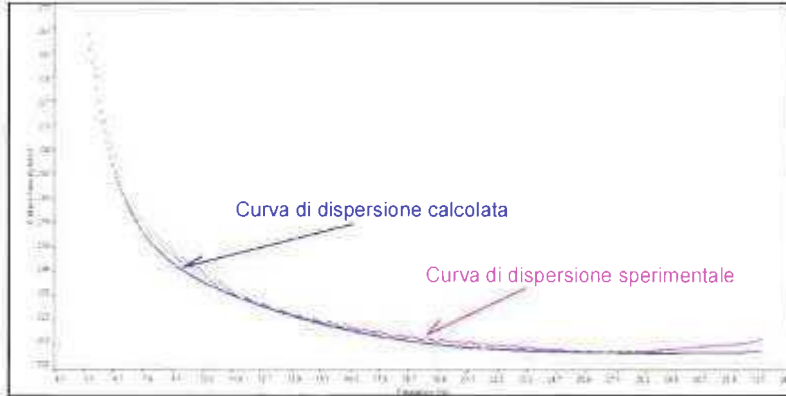
Risultati:

**MASW**

Multichannel Analysis of Surface Waves

**Sito Varco**

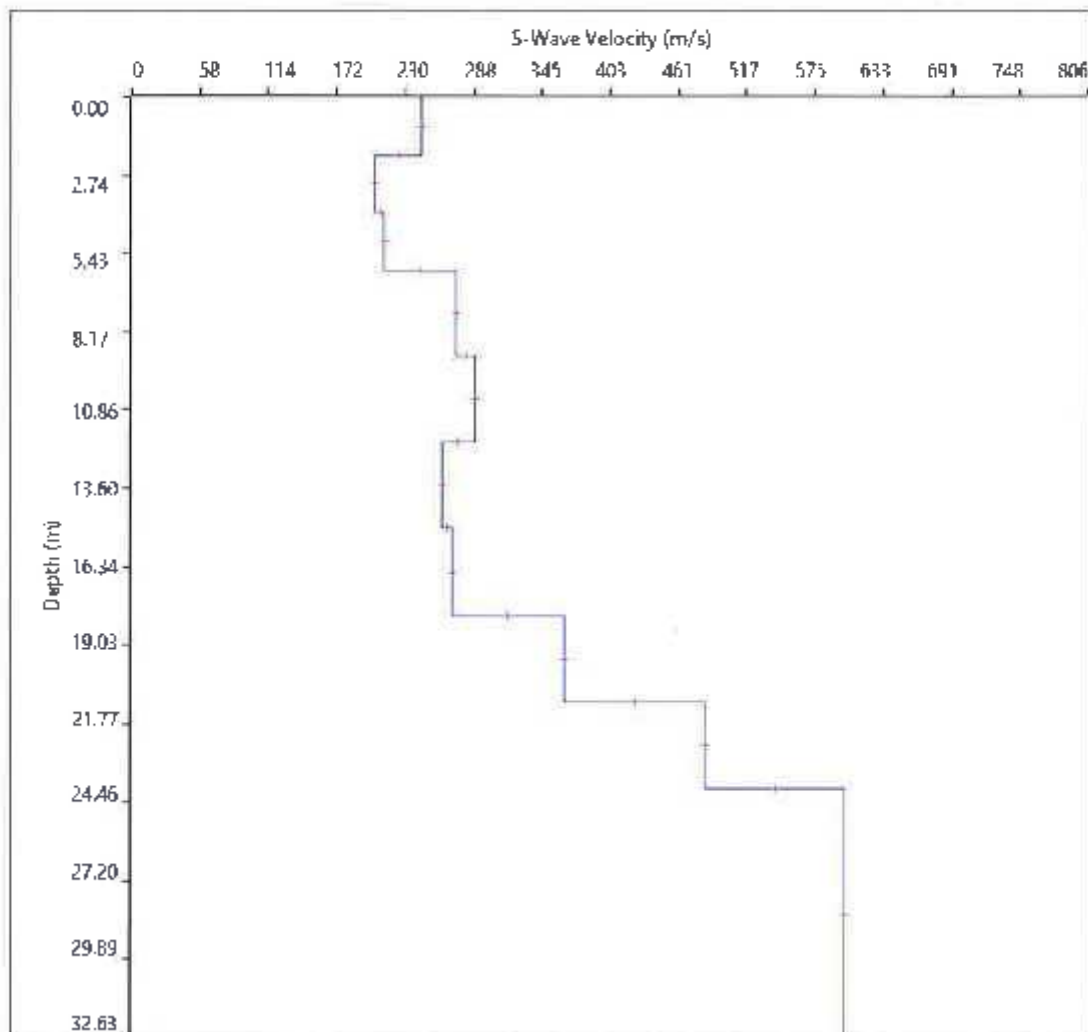
Curve di dispersione



Spessori (m) - Velocità onde S (m/s)

	Thickness	Depth	Vs
Layer 1	2.00	0.00	243
Layer 2	2.00	2.00	205
Layer 3	2.00	4.00	212
Layer 4	3.00	6.00	273
Layer 5	3.00	9.00	288
Layer 6	3.00	12.00	261
Layer 7	3.00	15.00	269
Layer 8	3.00	18.00	363
Layer 9	3.00	21.00	483
Layer 10	INF	24.00	600

Modello di velocità VS



Cliente:

MESA Sas  
via Cervara 101, 54100 Massa

Data acquisizione: 16/12/16

Acquisizione: A. Bianchi

Data processing: 21/12/16

Approvato:

A. Bianchi

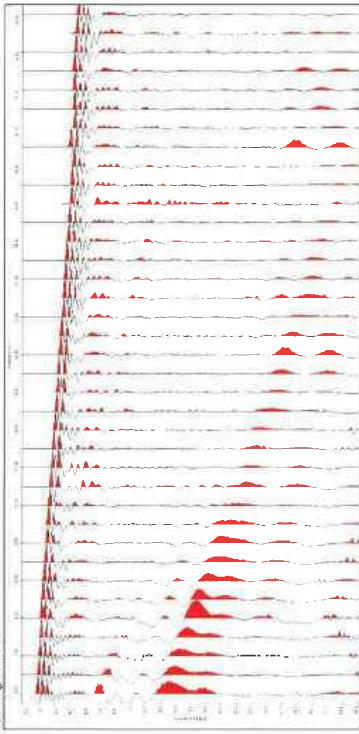
S Sartini

Formato: A4

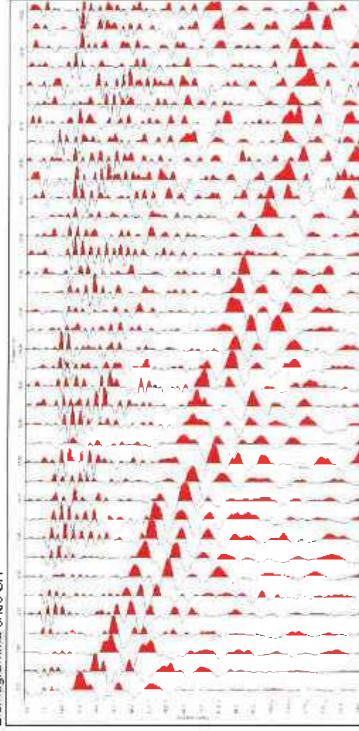
Revisione: 00

**Tav.5**  
(pag 2)

Sismogramma onde P



Sismogramma onde SH

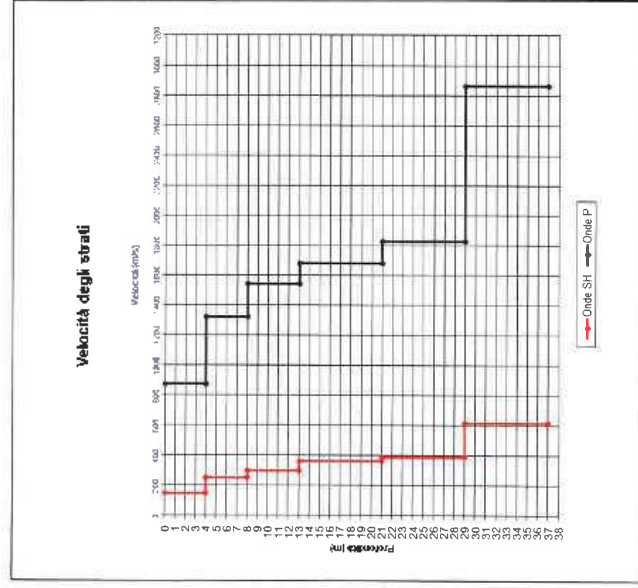
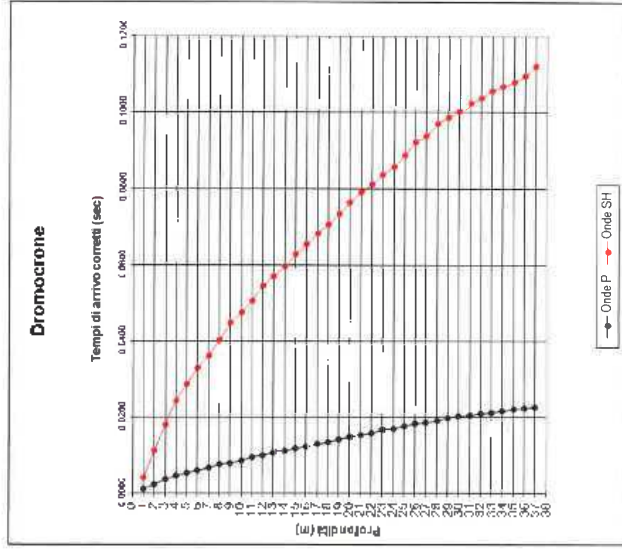


Tempi di arrivo corretti		Onde P	
Onde SH	Onde P	Profondità (m dal p.c.)	Vel. Onde SH (m/sec)
1	0.0043	1	0.0012
2	0.0115	2	0.0025
3	0.0182	3	0.0037
4	0.0245	4	0.0046
5	0.0289	5	0.0054
6	0.0331	6	0.0062
7	0.0363	7	0.0067
8	0.0404	8	0.0077
9	0.0448	9	0.0080
10	0.0476	10	0.0086
11	0.0508	11	0.0096
12	0.0546	12	0.0102
13	0.0571	13	0.0107
14	0.0596	14	0.0113
15	0.0630	15	0.0119
16	0.0654	16	0.0124
17	0.0683	17	0.0130
18	0.0706	18	0.0136
19	0.0734	19	0.0142
20	0.0765	20	0.0149
21	0.0790	21	0.0155
22	0.0812	22	0.0158
23	0.0837	23	0.0167
24	0.0857	24	0.0171
25	0.0887	25	0.0178
26	0.0922	26	0.0183
27	0.0938	27	0.0187
28	0.0970	28	0.0195
29	0.0988	29	0.0199
30	0.1004	30	0.0203
31	0.1023	31	0.0205
32	0.1038	32	0.0209
33	0.1057	33	0.0212
34	0.1067	34	0.0217
35	0.1080	35	0.0221
36	0.1095	36	0.0223
37	0.1123	37	0.0226

Profondità (m dal p.c.)	Vel. Onde SH (m/sec)
0 00-4 00	148
4 00-8 00	255
8 00-13 00	300
13 00-21 00	366
21 00-29 00	390
29 00-37 00	620

Profondità (m dal p.c.)	Vel. Onde P (m/sec)
0 00-4 00	876
4 00-8 00	1320
8 00-13 00	1542
13 00-21 00	1680
21 00-29 00	1828
29 00-37 00	2861



**Cliente:**  
**So.Ge.T. s.n.c. di Santini S., Bianchi A.**  
 Via Per S. Alessio, 1733/C - 55100 S. Alessio (Lucca)  
 P.I./C.F. 02115540466 e.mail: info@sogyet.biz  
 web: www.sogyet.biz - Tel e Fax +39 0583 343380

**Approvato:**  
 A. Bianchi  
 S. Santini

**Acquisizione:** 16/12/15  
**Acquisizione:** A. Bianchi  
**Data processing:** 20/12/16

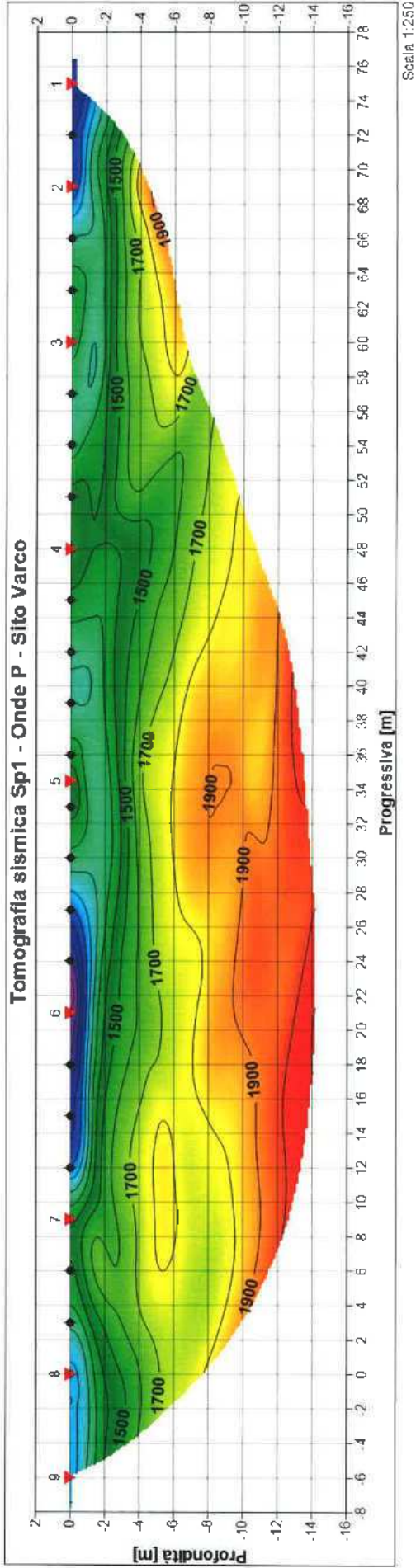
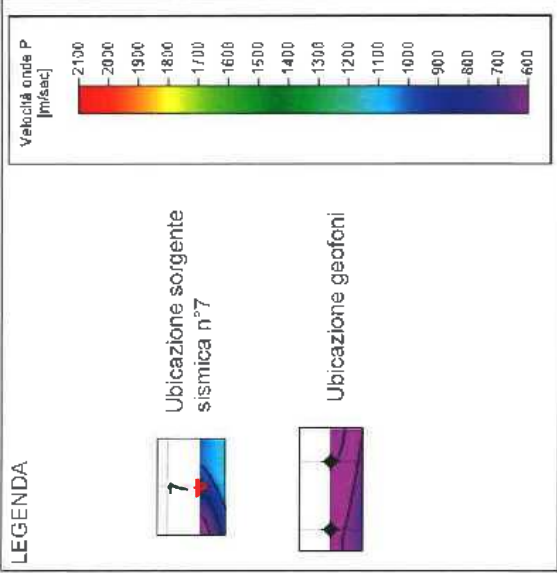
**Formato:** A3

**Revisione:** 00

**Risultati:**  
**Prova sismica Down Hole DH1 - Onde P e SH**  
**Sito Varco**

**Revisione:** 00





**So.Ge.T. s.n.c. di Sartini S., Bianchi A.**  
 Via Per S. Alessio, 1733/C - 55100 S. Alessio (Lucca)  
 P.I./C.F. 02115540466 e mail: info@soget.biz  
 web: www.soget.biz - Tel e Fax +39 0583 343380

**Cliente:**  
**MESA Sas**  
 via Cervara 101, 54100 Massa

<b>Data acquisizione:</b> 13/02/17	<b>Approvato:</b>	<b>Risultati:</b>	
<b>Acquisizione:</b> A. Bianchi	A. Bianchi	Prova sismica a rifrazione Sp1 - Onde P Sito Varco	
<b>Data processing:</b> 15/02/17	S. Santini		
<b>Formato:</b> A3	<b>Revisione:</b> 00		



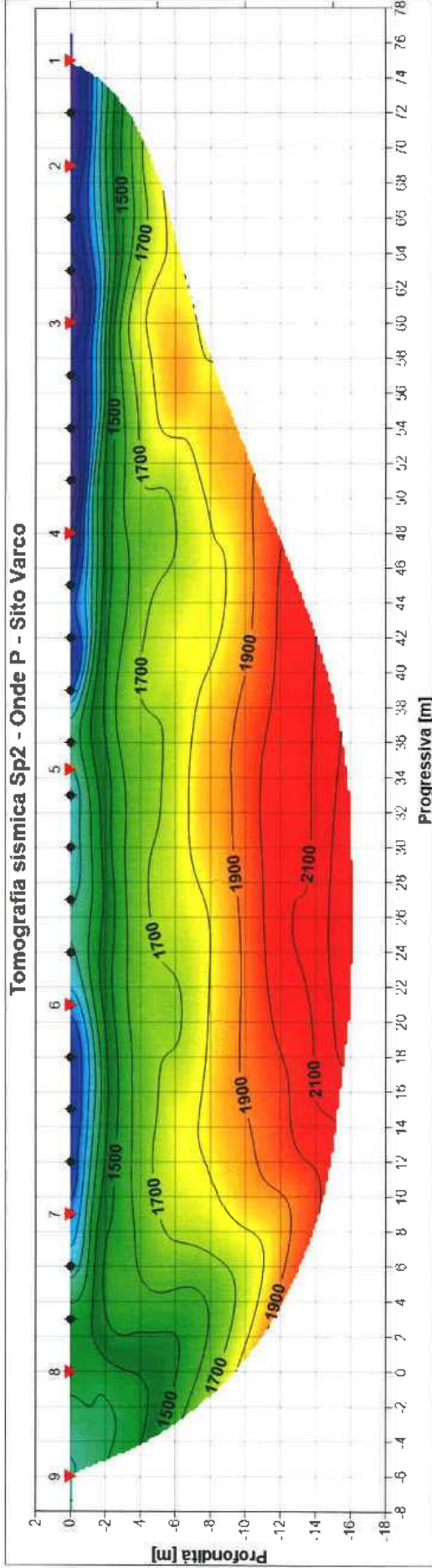
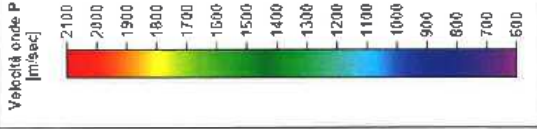
**LEGENDA**



Ubicazione sorgente  
sismica n°7



Ubicazione geofoni



Scala 1:250



So.Ge.T. s.n.c. di Sartini S., Bianchi A.  
Via Per S. Alessio, 1733/C - 55100 S. Alessio (Lucca)  
P.I./C.F. 02115540466 e-mail: info@soget.biz  
web: www.soget.biz - Tel e Fax +39 0583 343380

Cliente:  
MEGA Sas  
via Covara 101, 54100 Massa

Data acquisizione: 13/02/17	Approvato:	Risultati:
Acquisizione: A. Bianchi	A. Bianchi	
Data processing: 15/02/17	S. Sartini	
Formato: A3	Revisione: 00	

Prova sismica a rifrazione Sp2 - Onde P  
Sito Varco



# HVSR ZONA VARCO

**Aeroporto Amerigo Vespucci**  
Via del Termine, 11  
Firenze

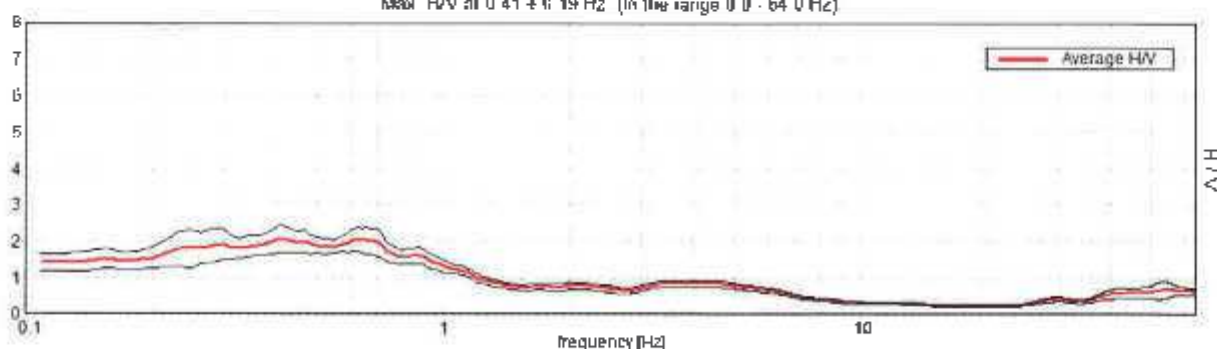
Coordinate:  
43°48'11.74"N  
11°12'5.09"E

Instrument: TRZ-0195/01-12  
Data format: 16 byte  
Full scale [mV]: n.a.  
Start recording: 12/12/16 12:06:27 End recording: 12/12/16 12:46:26  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
GPS data not available

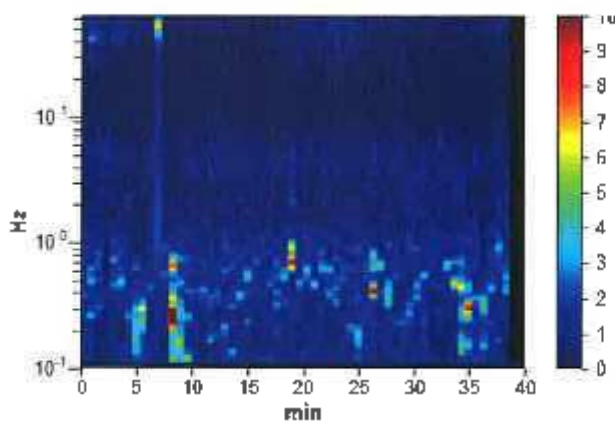
Trace length: 0h40'00". Analysis performed on the entire trace.  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 40 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 10%

## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

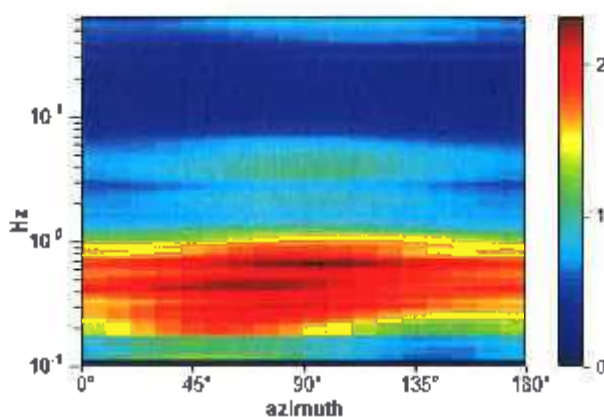
Max H/V at 0.41 ± 0.19 Hz (in 1/3 octave range 0.0 - 64.0 Hz)



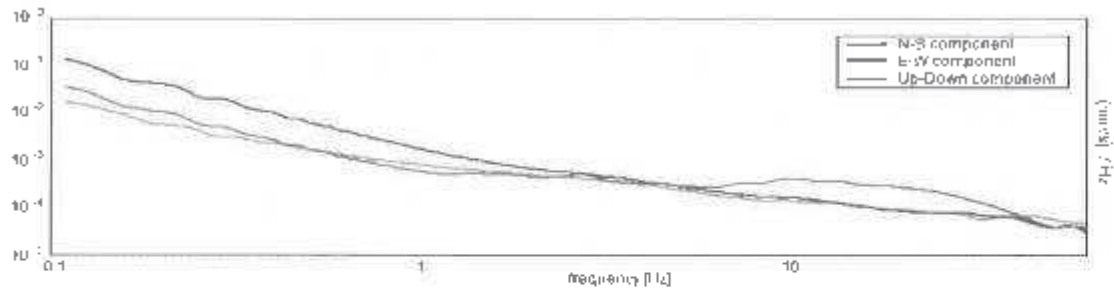
## H/V TIME HISTORY



## DIRECTIONAL H/V



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



**Max. H/V at  $0.41 \pm 0.19$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	0.41 > 0.25	OK	
$n_c(f_0) > 200$	975.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz	Exceeded 0 out of 40 times	OK	

### Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	1.203 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.07 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.46885  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.19047 < 0.08125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3838 < 2.5$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{HV}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{HV}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{HV}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{HV}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{HV}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log HV}(f)$	standard deviation of $\log A_{HV}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log HV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## INTRO

D.M. 14 gennaio 2008 - Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni

# Spettri di risposta

var. 1.0.3

Il documento Excel **SPETTRI-NTC** fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale. La definizione degli spettri di risposta relativi ad uno Stato Limite è articolata in 3 fasi, ciascuna delle quali prevede la scelta dei valori di alcuni parametri da parte dell'utente:

**FASE 1.** Individuazione della pericolosità del sito (sulla base dei risultati del progetto S1 - INGV);

**FASE 2.** Scelta della strategia di progettazione;

**FASE 3.** Determinazione dell'azione di progetto.

La schermata relativa a ciascuna fase è suddivisa in sotto-schermate: l'utente può intervenire nelle sotto-schermate con sfondo grigio scuro mentre quelle con sfondo grigio chiaro consentono un immediato controllo grafico delle scelte effettuate. In ogni singola fase l'utente può visualizzare e stampare i risultati delle elaborazioni -in forma sia grafica che numerica- nonché i relativi riferimenti alle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008 pubblicate nella G.U. n.29 del 04.02.2008 Suppl. Ord. n.30 e scaricabile dal sito [www.cslp.it](http://www.cslp.it)

Programma ottimizzato per una visualizzazione schermo 1024 x 768

*La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.*

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

## FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

Ricerca per comune

Elaborazioni grafiche  
 Gestisci spettri di risposta  
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche  
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

LONGITUDINE:

LATITUDINE:

REGIONE:

PROVINCIA:

COMUNE:

Reticolo di riferimento:

4	8
9	7
9	4

Controlli sul reticolo:

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

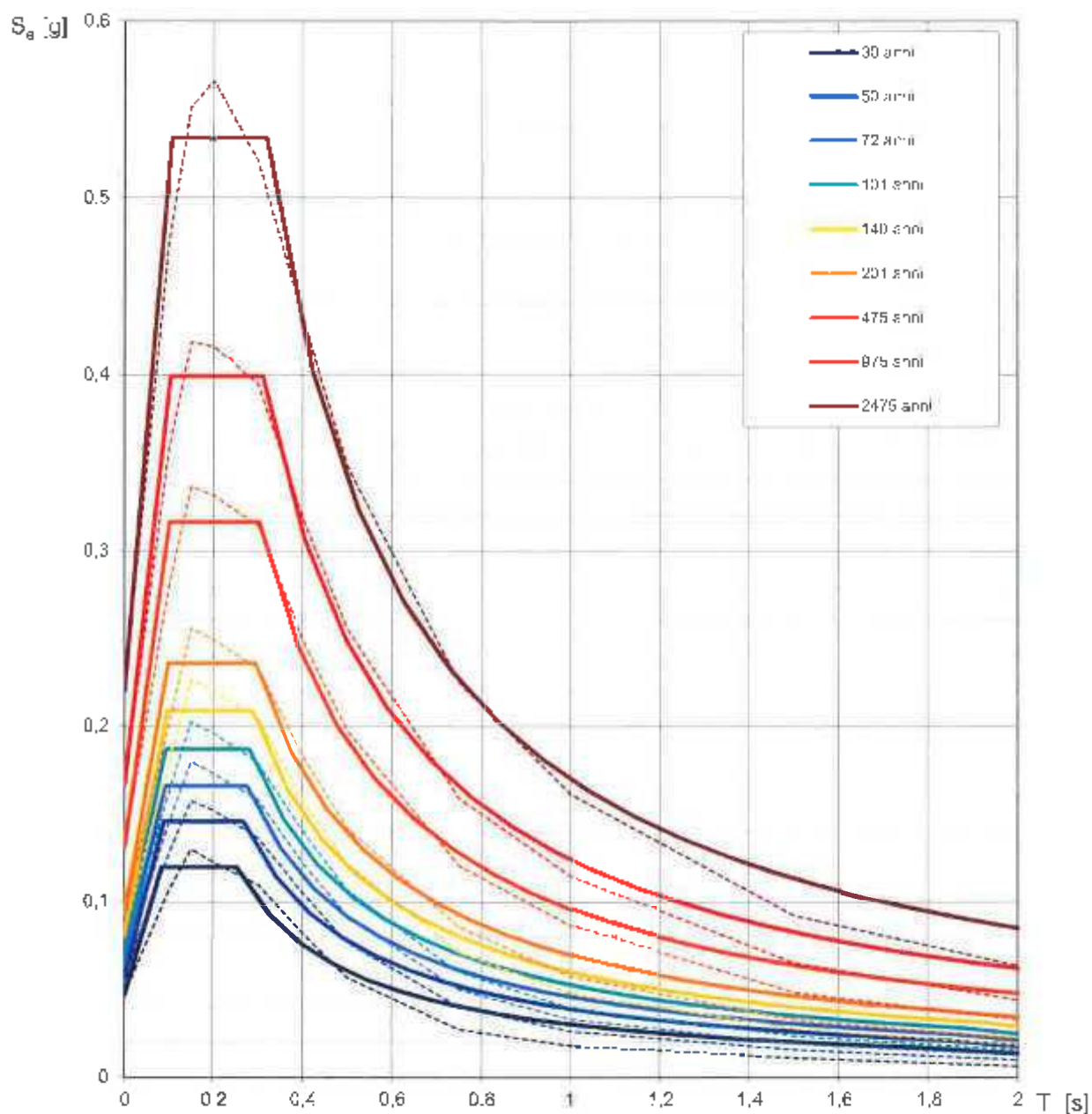
Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

### Valori dei parametri $a_g$ , $F_0$ , $T_C$ per i periodi di ritorno $T_R$ di riferimento

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C$ [s]
30	0,047	2,551	0,253
50	0,056	2,587	0,267
72	0,064	2,595	0,276
101	0,072	2,597	0,282
140	0,080	2,602	0,287
201	0,094	2,524	0,294
475	0,131	2,412	0,302
975	0,187	2,388	0,310
2475	0,221	2,414	0,318

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

## Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno $T_R$ di riferimento



### NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL  
 AEREOPORTO A. VESPUCCI DI FIRENZE  
 Elaborazione spettri di risposta sismica suolo cat. C  
 Varco staff e magazzino

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

### Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	$\left\{ \begin{array}{l} \text{SLO} - P_{VR} = 81\% \\ \text{SLD} - P_{VR} = 63\% \end{array} \right.$	<input type="text" value="30"/>
		<input type="text" value="50"/>
Stati limite ultimi - SLU	$\left\{ \begin{array}{l} \text{SLV} - P_{VR} = 10\% \\ \text{SLC} - P_{VR} = 5\% \end{array} \right.$	<input type="text" value="475"/>
		<input type="text" value="975"/>

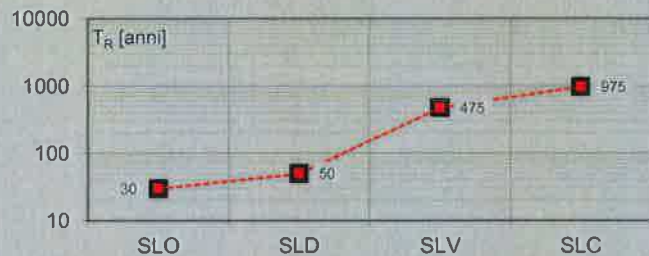
### Elaborazioni

Grafici parametrizzazione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametrizzazione

### Strategia di progettazione



### LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

INTRO

FASE 1

**FASE 2**

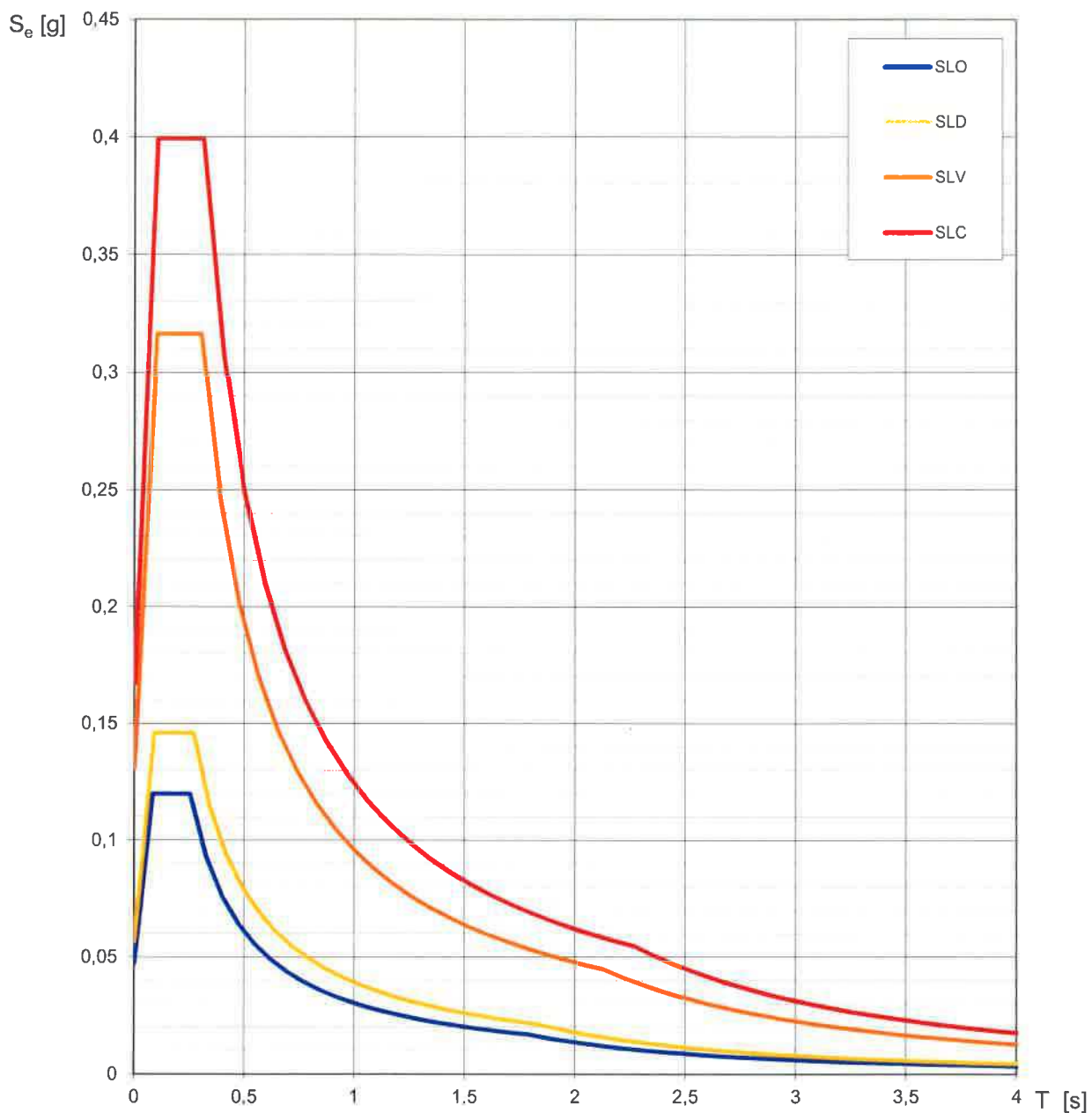
FASE 3

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0,047	2,551	0,253
SLD	50	0,056	2,587	0,268
SLV	475	0,131	2,412	0,302
SLC	975	0,167	2,388	0,310

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

## Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.



SLE = SLD

## FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**  
Stato Limite considerato: **SLD** info

**Risposta sismica locale**  
Categoria di sottosuolo: **C** info       $S_E = 1,500$        $C_C = 1,622$  info  
Categoria topografica: **T1** info       $h/H = 0,000$        $S_T = 1,000$  info  
(h: quota sito, H: altezza livello topografico)

**Compon. orizzontale**  
 Spettro di progetto elastico (SLE)      Smorzamento  $\xi$  (%) = **5**       $\eta_1 = 1,000$  info  
 Spettro di progetto inelastico (SLU)      Fattore q = **2,5**      Rigid. in altezza = **sì** info

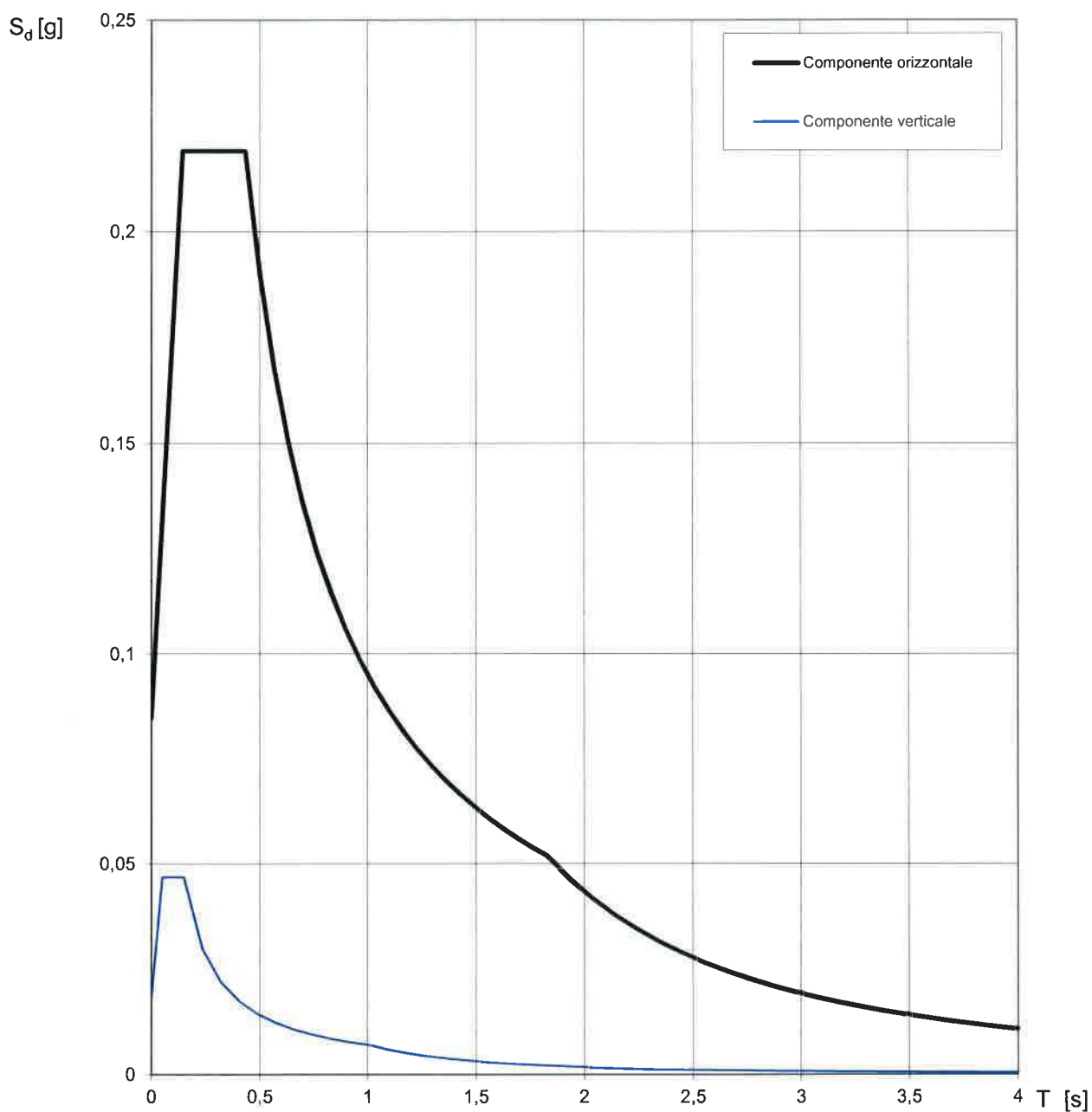
**Compon. verticale**  
Spettro di progetto      Fattore q = **1**       $\eta_1 = 1,000$  info

**Elaborazioni**  
Grafici spettri di risposta →  
Parametri e punti spettri di risposta →

**Spettri di risposta**

— Spettro di progetto - componente orizzontale  
— Spettro di progetto - componente verticale  
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1;  $\xi = 5\%$ )

**INTRO**      **FASE 1**      **FASE 2**      **FASE 3**

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD**

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0,056 g
$F_0$	2,587
$T_C$	0,268 s
$S_S$	1,500
$C_C$	1,622
$S_T$	1,000
$q$	1,000

**Parametri dipendenti**

$S$	1,500
$\eta$	1,000
$T_B$	0,145 s
$T_C$	0,434 s
$T_D$	1,826 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0.55: \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,085
$T_B$ ←	<b>0,145</b>	<b>0,219</b>
$T_C$ ←	<b>0,434</b>	<b>0,219</b>
	0,500	0,190
	0,567	0,168
	0,633	0,150
	0,699	0,136
	0,765	0,124
	0,832	0,114
	0,898	0,106
	0,964	0,099
	1,031	0,092
	1,097	0,087
	1,163	0,082
	1,229	0,077
	1,296	0,073
	1,362	0,070
	1,428	0,067
	1,494	0,064
	1,561	0,061
	1,627	0,058
	1,693	0,056
	1,759	0,054
$T_D$ ←	<b>1,826</b>	<b>0,052</b>
	1,929	0,047
	2,033	0,042
	2,136	0,038
	2,240	0,035
	2,343	0,032
	2,447	0,029
	2,550	0,027
	2,654	0,025
	2,758	0,023
	2,861	0,021
	2,965	0,020
	3,068	0,018
	3,172	0,017
	3,275	0,016
	3,379	0,015
	3,482	0,014
	3,586	0,013
	3,689	0,013
	3,793	0,012
	3,896	0,011
	4,000	0,011

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLD**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	
$a_{gv}$	0,018 g
$S_S$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,000
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	0,830
$S$	1,000
$\eta$	1,000

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,018
$T_B$ ←	0,050	0,047
$T_C$ ←	0,150	0,047
	0,235	0,030
	0,320	0,022
	0,405	0,017
	0,490	0,014
	0,575	0,012
	0,660	0,011
	0,745	0,009
	0,830	0,008
	0,915	0,008
$T_D$ ←	1,000	0,007
	1,094	0,006
	1,188	0,005
	1,281	0,004
	1,375	0,004
	1,469	0,003
	1,563	0,003
	1,656	0,003
	1,750	0,002
	1,844	0,002
	1,938	0,002
	2,031	0,002
	2,125	0,002
	2,219	0,001
	2,313	0,001
	2,406	0,001
	2,500	0,001
	2,594	0,001
	2,688	0,001
	2,781	0,001
	2,875	0,001
	2,969	0,001
	3,063	0,001
	3,156	0,001
	3,250	0,001
	3,344	0,001
	3,438	0,001
	3,531	0,001
	3,625	0,001
	3,719	0,001
	3,813	0,000
	3,906	0,000
	4,000	0,000

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

SLU = SLV

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

#### Stato Limite

Stato Limite considerato: **SLV** info

#### Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo: **C** info

$S_g =$  1,500

$C_e =$  1,559 info

Categoria topografica: **T1** info

$h/H =$  0,000

$S_T =$  1,000 info

(In quota sito, H: Altezza livello topografico)

#### Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento  $\xi$  (%): **5**

$\eta =$  1,000 info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore  $q_d$ : **2,5**

Regol. in altezza: **si** info

#### Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore  $q_v$ : **1**

$\eta =$  1,000 info

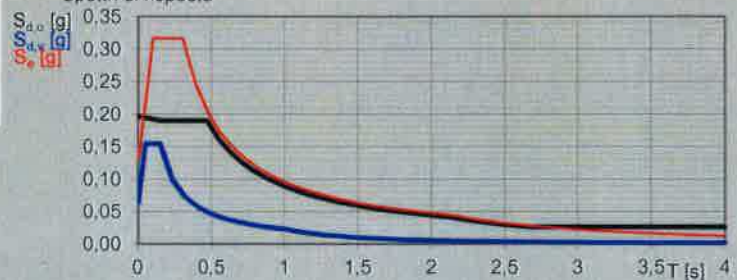
#### Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

- Spettro di progetto - componente orizzontale
- Spettro di progetto - componente verticale
- Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

#### Spettri di risposta

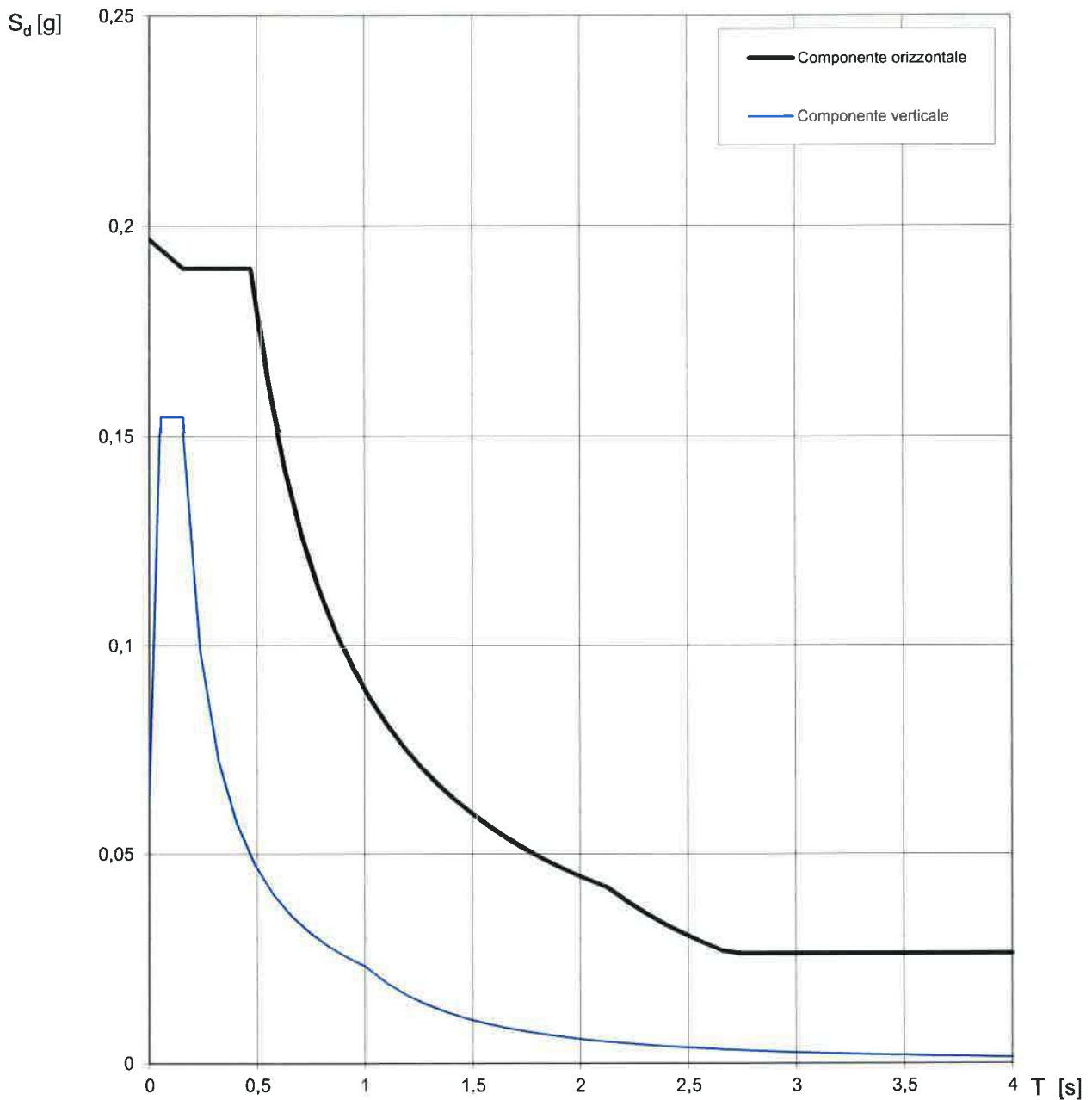


INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,131 g
$F_o$	2,412
$T_c$	0,302 s
$S_s$	1,500
$C_c$	1,559
$S_T$	1,000
$q$	2,500

**Parametri dipendenti**

$S$	1,500
$\eta$	0,400
$T_B$	0,157 s
$T_C$	0,471 s
$T_D$	2,125 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55: \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,197
$T_B \leftarrow$	0,157	0,190
$T_C \leftarrow$	0,471	0,190
	0,549	0,163
	0,628	0,142
	0,707	0,126
	0,786	0,114
	0,865	0,103
	0,943	0,095
	1,022	0,087
	1,101	0,081
	1,180	0,076
	1,258	0,071
	1,337	0,067
	1,416	0,063
	1,495	0,060
	1,573	0,057
	1,652	0,054
	1,731	0,052
	1,810	0,049
	1,889	0,047
	1,967	0,045
	2,046	0,044
$T_D \leftarrow$	2,125	0,042
	2,214	0,039
	2,303	0,036
	2,393	0,033
	2,482	0,031
	2,571	0,029
	2,661	0,027
	2,750	0,026
	2,839	0,026
	2,928	0,026
	3,018	0,026
	3,107	0,026
	3,196	0,026
	3,286	0,026
	3,375	0,026
	3,464	0,026
	3,554	0,026
	3,643	0,026
	3,732	0,026
	3,821	0,026
	3,911	0,026
	4,000	0,026

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	
$a_{gv}$	0,064 g
$S_S$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,000
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1,179
$S$	1,000
$\eta$	1,000

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,064
$T_B \leftarrow$	0,050	0,155
$T_C \leftarrow$	0,150	0,155
	0,235	0,099
	0,320	0,073
	0,405	0,057
	0,490	0,047
	0,575	0,040
	0,660	0,035
	0,745	0,031
	0,830	0,028
	0,915	0,025
$T_D \leftarrow$	1,000	0,023
	1,094	0,019
	1,188	0,016
	1,281	0,014
	1,375	0,012
	1,469	0,011
	1,563	0,010
	1,656	0,008
	1,750	0,008
	1,844	0,007
	1,938	0,006
	2,031	0,006
	2,125	0,005
	2,219	0,005
	2,313	0,004
	2,406	0,004
	2,500	0,004
	2,594	0,003
	2,688	0,003
	2,781	0,003
	2,875	0,003
	2,969	0,003
	3,063	0,002
	3,156	0,002
	3,250	0,002
	3,344	0,002
	3,438	0,002
	3,531	0,002
	3,625	0,002
	3,719	0,002
	3,813	0,002
	3,906	0,002
	4,000	0,001

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.



RICONFIGURAZIONE E AMPLIAMENTO TERMINAL  
 AEROPORTO A. VESPUCCI DI FIRENZE  
 Elaborazione spettri di risposta sismica suolo cat. C  
 Ampliamento Terminal

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info  
 Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

### Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

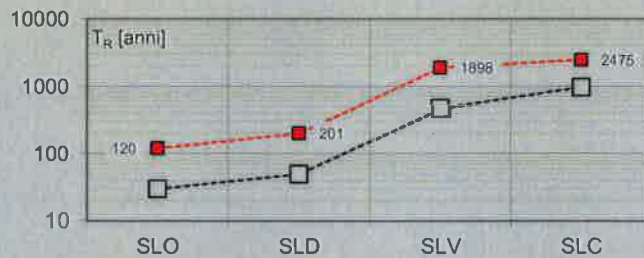
Stati limite di esercizio - SLE { SLO -  $P_{VR} = 81\%$    
 SLD -  $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU { SLV -  $P_{VR} = 10\%$    
 SLC -  $P_{VR} = 5\%$

### Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

### Strategia di progettazione



### LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- .....■..... Strategia scelta

INTRO

FASE 1

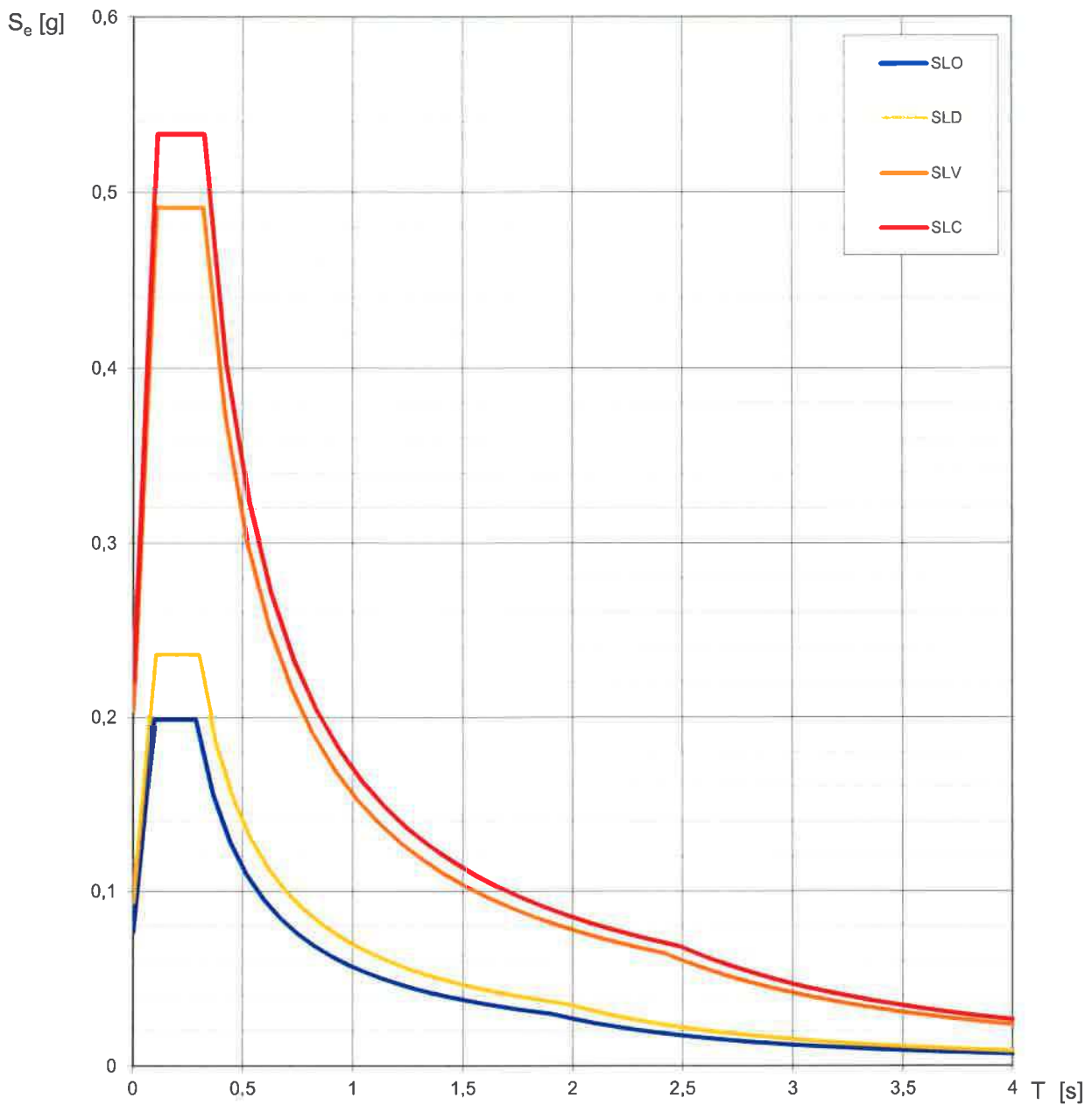
**FASE 2**

FASE 3

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	120	0,076	2,597	0,285
SLD	201	0,094	2,524	0,294
SLV	1898	0,204	2,407	0,316
SLC	2475	0,221	2,414	0,318

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

**Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite**

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

SLE = SLD

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

#### Stato Limite

Stato Limite considerato **SLD** info

#### Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **C** info

$S_g = 1,500$

$C_c = 1,573$  info

Categoria topografica **T1** info

$h/H = 0,000$

$S_T = 1,000$  info

(In quota sito, h=altezza rilievo topografico)

#### Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento  $\xi$  (%) **5**

$\eta = 1,000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore  $\eta_s$  **4**

Regol. in altezza **si** info

#### Compon. verticale

Spettro di progetto

1,5

Fattore  $q$  **1,5**

$\eta_v = 0,667$  info

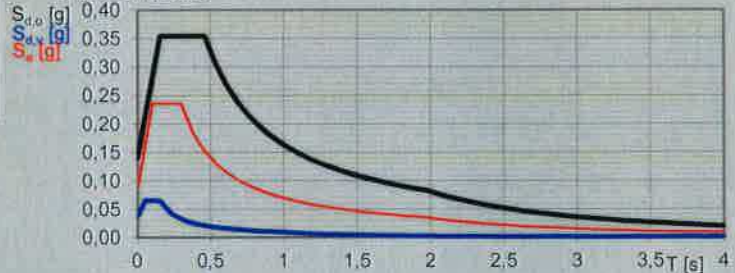
#### Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

- Spettro di progetto - componente orizzontale
- Spettro di progetto - componente verticale
- Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

#### Spettri di risposta

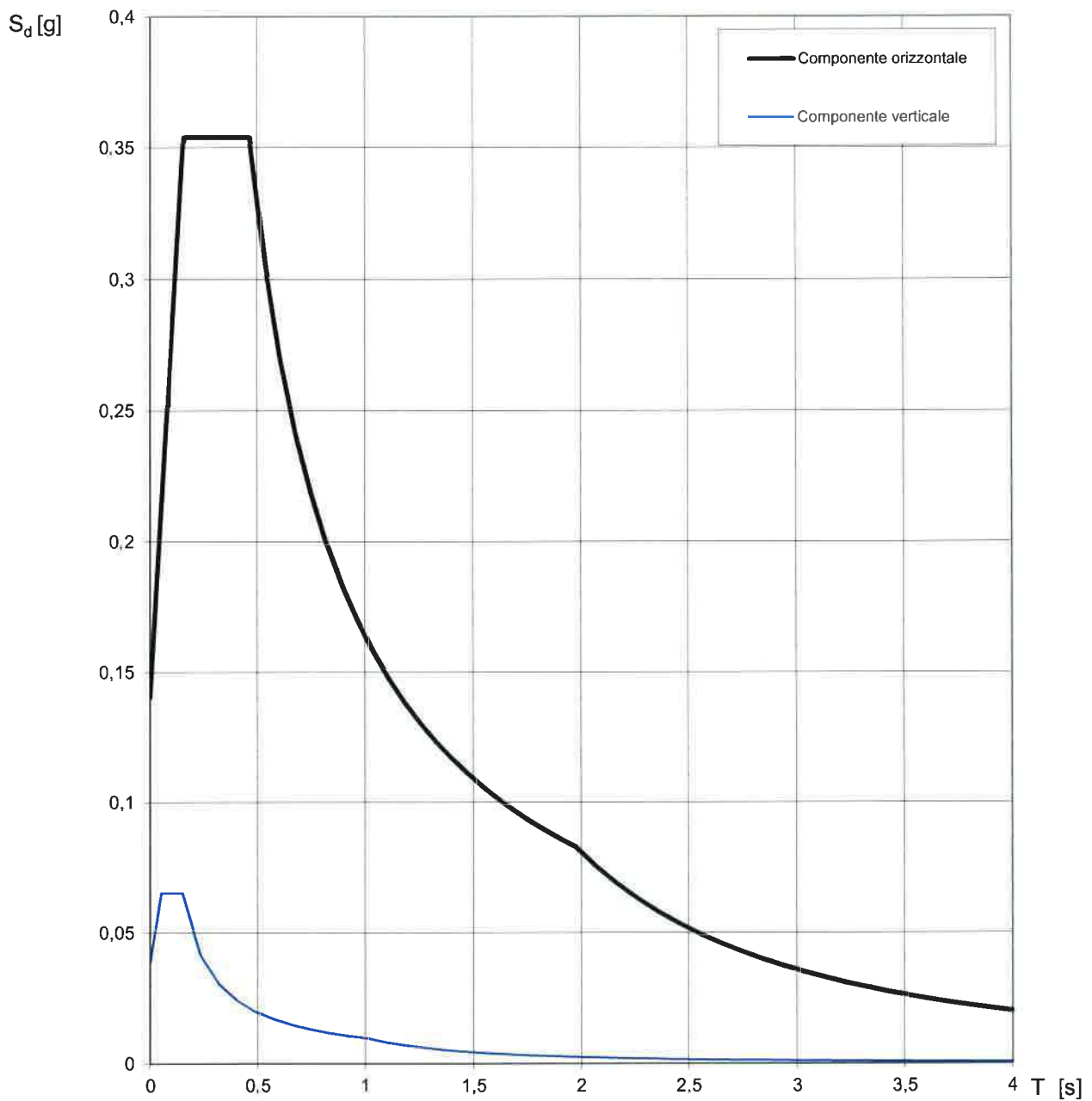


INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD**

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0,094 g
$F_o$	2,524
$T_C$	0,294 s
$S_S$	1,500
$C_C$	1,573
$S_T$	1,000
$q$	1,000

**Parametri dipendenti**

$S$	1,500
$\eta$	1,000
$T_B$	0,154 s
$T_C$	0,462 s
$T_D$	1,974 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,140
$T_B \leftarrow$	0,154	0,354
$T_C \leftarrow$	0,462	0,354
	0,534	0,306
	0,606	0,270
	0,678	0,241
	0,750	0,218
	0,822	0,199
	0,894	0,183
	0,966	0,169
	1,038	0,158
	1,110	0,147
	1,182	0,138
	1,254	0,131
	1,326	0,123
	1,398	0,117
	1,470	0,111
	1,542	0,106
	1,614	0,101
	1,686	0,097
	1,758	0,093
	1,830	0,089
	1,902	0,086
$T_D \leftarrow$	1,974	0,083
	2,071	0,075
	2,167	0,069
	2,264	0,063
	2,360	0,058
	2,456	0,054
	2,553	0,050
	2,649	0,046
	2,746	0,043
	2,842	0,040
	2,939	0,037
	3,035	0,035
	3,132	0,033
	3,228	0,031
	3,325	0,029
	3,421	0,028
	3,518	0,026
	3,614	0,025
	3,711	0,023
	3,807	0,022
	3,904	0,021
	4,000	0,020

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLD****Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	
$a_{gv}$	0,039 g
$S_S$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,500
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1,042
$S$	1,000
$\eta$	0,667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,039
$T_B$ ←	<b>0,050</b>	<b>0,065</b>
$T_C$ ←	<b>0,150</b>	<b>0,065</b>
	0,235	0,041
	0,320	0,030
	0,405	0,024
	0,490	0,020
	0,575	0,017
	0,660	0,015
	0,745	0,013
	0,830	0,012
	0,915	0,011
$T_D$ ←	<b>1,000</b>	<b>0,010</b>
	1,094	0,008
	1,188	0,007
	1,281	0,006
	1,375	0,005
	1,469	0,005
	1,563	0,004
	1,656	0,004
	1,750	0,003
	1,844	0,003
	1,938	0,003
	2,031	0,002
	2,125	0,002
	2,219	0,002
	2,313	0,002
	2,406	0,002
	2,500	0,002
	2,594	0,001
	2,688	0,001
	2,781	0,001
	2,875	0,001
	2,969	0,001
	3,063	0,001
	3,156	0,001
	3,250	0,001
	3,344	0,001
	3,438	0,001
	3,531	0,001
	3,625	0,001
	3,719	0,001
	3,813	0,001
	3,906	0,001
	4,000	0,001

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

SLU = SLV

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **C** info

$S_B = 1,405$

$C_D = 1,536$  info

Categoria topografica **T1** info

$H/H_0 = 0,000$

$S_T = 1,000$  info

(regolazione, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento  $\xi$  (%) **5**

$I_0 = 1,000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore  $q_0$  **4**

Regol. in altezza **si** info

Compon. verticale

Spettro di progetto

**1,5**

Fattore  $q_v$  **1,5**

$I_0 = 0,667$  info

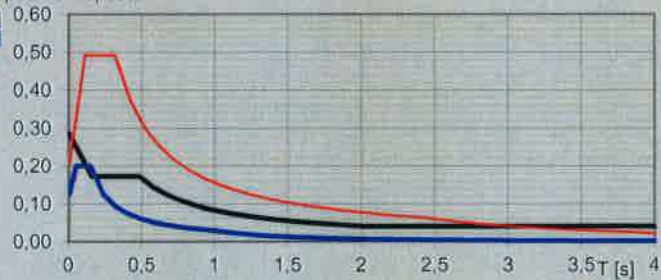
Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

$S_{d,0}$  [g]  
 $S_{d,v}$  [g]  
 $S_e$  [g]



- Spettro di progetto - componente orizzontale
- Spettro di progetto - componente verticale
- Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

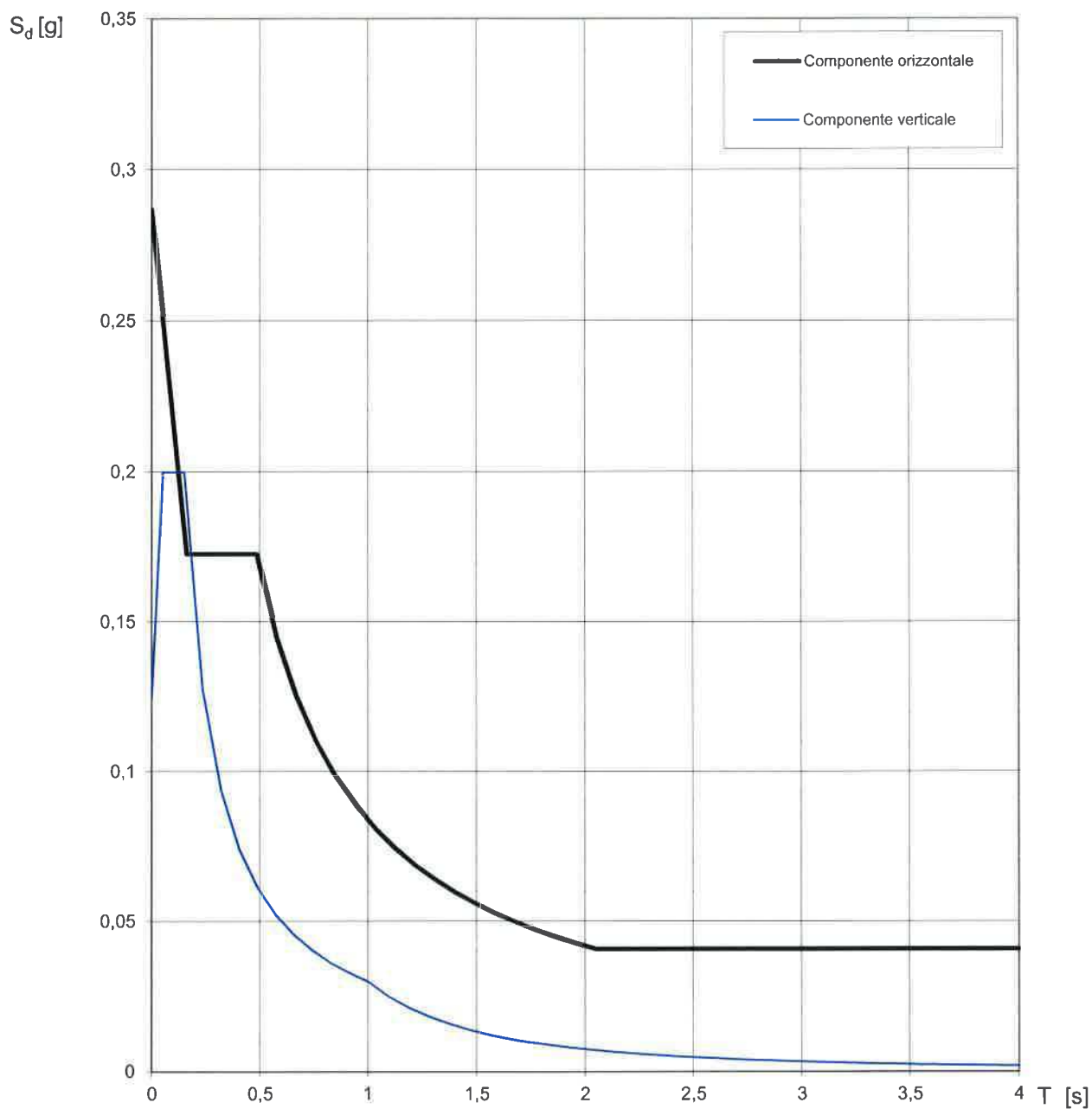
INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3



**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,204 g
$F_0$	2,407
$T_C$	0,316 s
$S_S$	1,405
$C_C$	1,536
$S_T$	1,000
$q$	4,000

**Parametri dipendenti**

$S$	1,405
$\eta$	0,250
$T_B$	0,162 s
$T_C$	0,485 s
$T_D$	2,416 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55: \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,287
$T_B$ ←	0,162	0,173
$T_C$ ←	0,485	0,173
	0,577	0,145
	0,669	0,125
	0,761	0,110
	0,853	0,098
	0,945	0,089
	1,037	0,081
	1,129	0,074
	1,221	0,069
	1,313	0,064
	1,405	0,060
	1,497	0,056
	1,589	0,053
	1,681	0,050
	1,773	0,047
	1,865	0,045
	1,957	0,043
	2,049	0,041
	2,141	0,041
	2,232	0,041
	2,324	0,041
$T_D$ ←	2,416	0,041
	2,492	0,041
	2,567	0,041
	2,643	0,041
	2,718	0,041
	2,793	0,041
	2,869	0,041
	2,944	0,041
	3,020	0,041
	3,095	0,041
	3,170	0,041
	3,246	0,041
	3,321	0,041
	3,397	0,041
	3,472	0,041
	3,548	0,041
	3,623	0,041
	3,698	0,041
	3,774	0,041
	3,849	0,041
	3,925	0,041
	4,000	0,041

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dell

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	
$a_{gv}$	0,124 g
$S_S$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,500
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1,468
$S$	1,000
$\eta$	0,667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,124
$T_B$ ←	<b>0,050</b>	<b>0,200</b>
$T_C$ ←	<b>0,150</b>	<b>0,200</b>
	0,235	0,127
	0,320	0,094
	0,405	0,074
	0,490	0,061
	0,575	0,052
	0,660	0,045
	0,745	0,040
	0,830	0,036
	0,915	0,033
$T_D$ ←	<b>1,000</b>	<b>0,030</b>
	1,094	0,025
	1,188	0,021
	1,281	0,018
	1,375	0,016
	1,469	0,014
	1,563	0,012
	1,656	0,011
	1,750	0,010
	1,844	0,009
	1,938	0,008
	2,031	0,007
	2,125	0,007
	2,219	0,006
	2,313	0,006
	2,406	0,005
	2,500	0,005
	2,594	0,004
	2,688	0,004
	2,781	0,004
	2,875	0,004
	2,969	0,003
	3,063	0,003
	3,156	0,003
	3,250	0,003
	3,344	0,003
	3,438	0,003
	3,531	0,002
	3,625	0,002
	3,719	0,002
	3,813	0,002
	3,906	0,002
	4,000	0,002

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

## Selezione set di 7 accelerogrammi non scalati da studio di disaggregazione

Località: Peretola (Firenze) - Aeroporto A. Vespucci

Lat. 43,80249° Long. 11,20134°

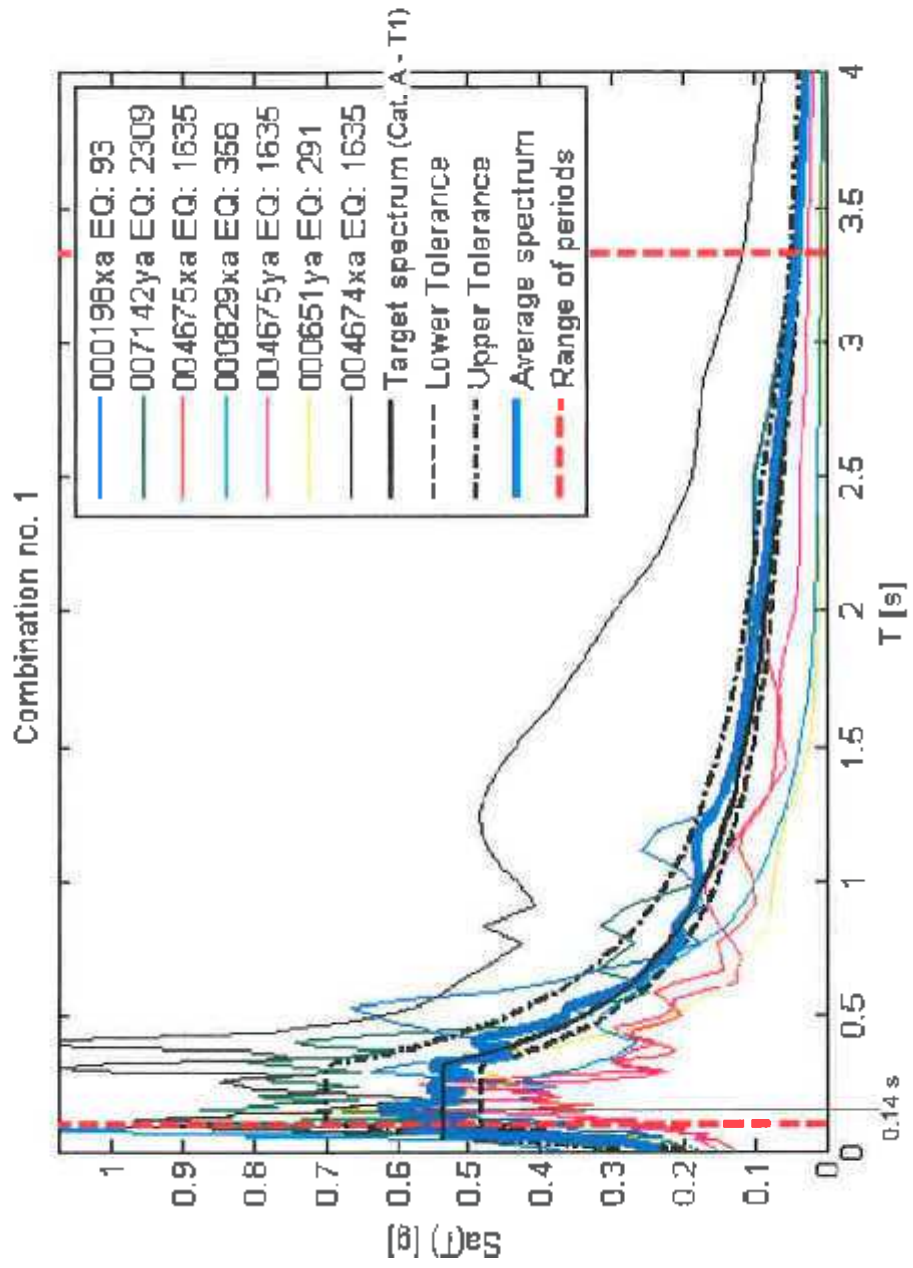
Indagine: Verifica sismica edifici aeroportuali

Categoria di suolo: C

Categoria topografica: T1

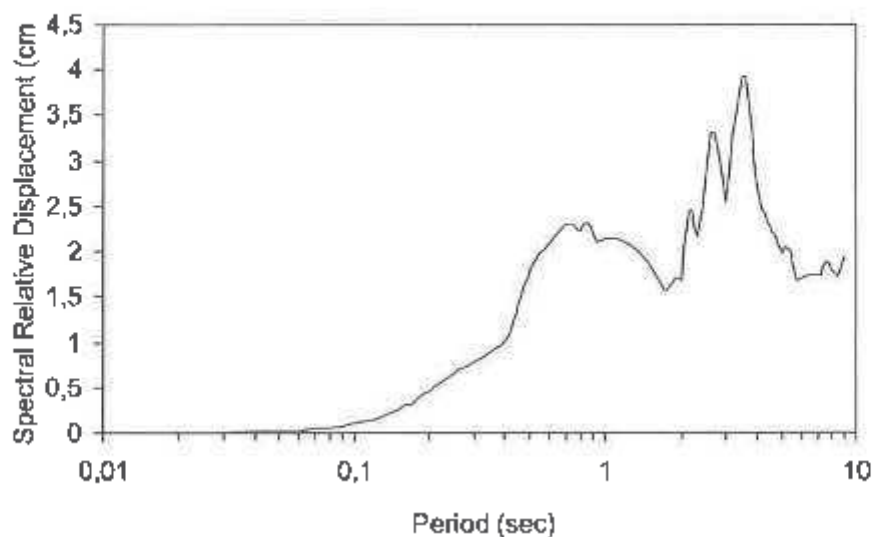
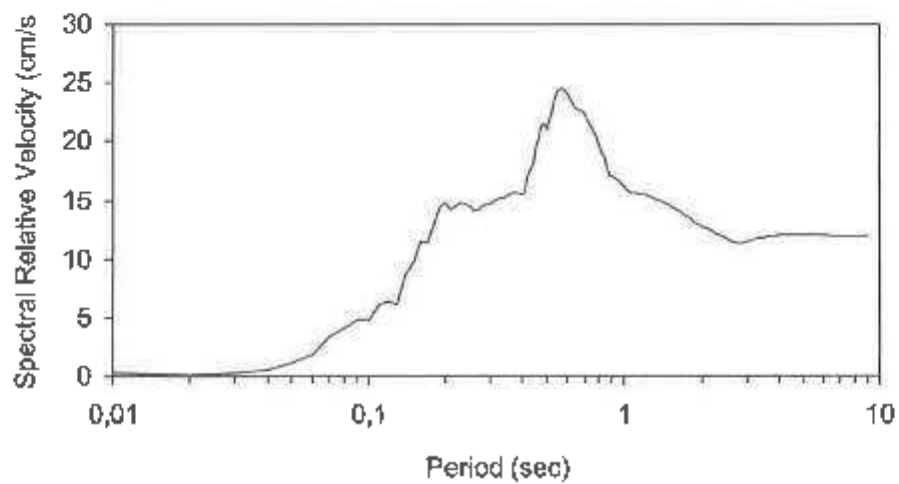
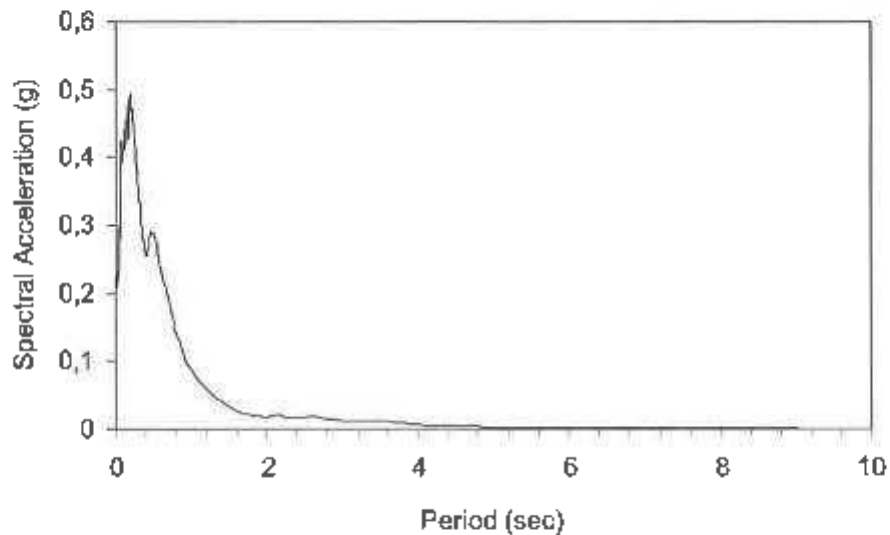
Vita nominale: 200 anni

Stato limite: crollo (SLC)

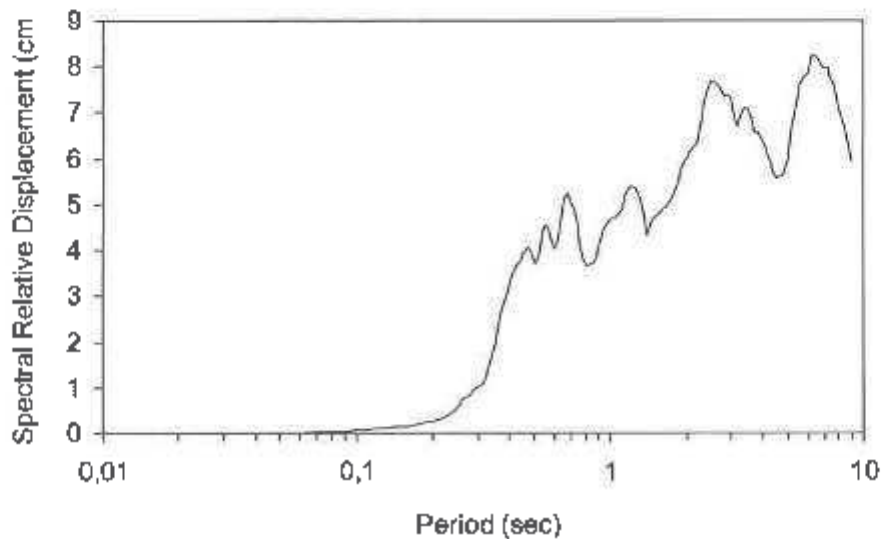
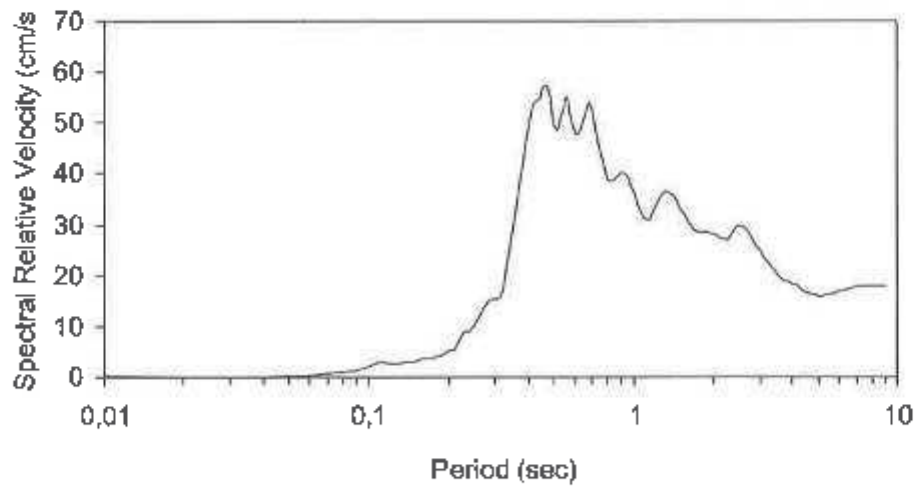
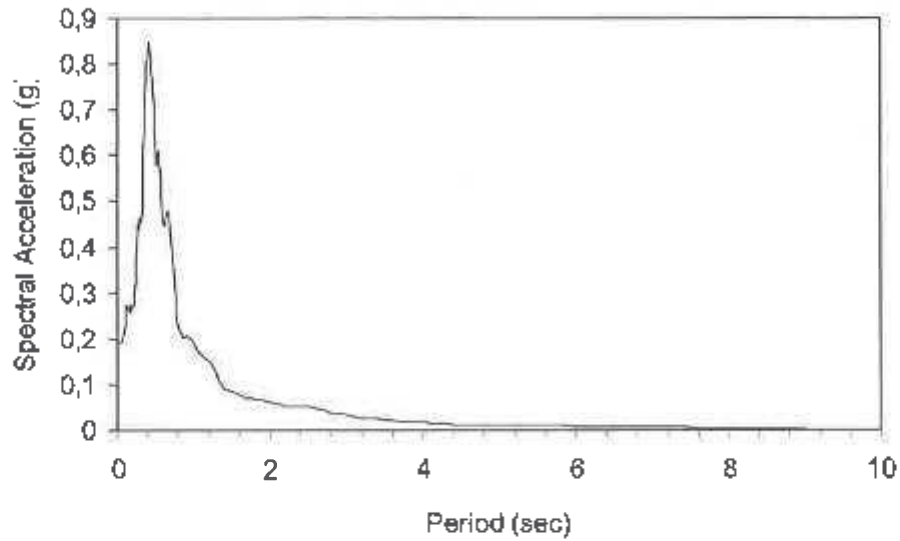


Elaborazione mediante REXEL v. 3.2 (2011), database ESD

Record = eera 00829xa  
Number of sublayer = 1  
Type of sublayer = Outcrop  
Ratio of critical Damping (%) = 5  
Depth at top of sublayer (m) = 0  
Maximum Spectral Acceleration (g) = 0,4939  
Maximum Spectral Velocity (cm/s) = 24,5929



Record = eera 00198a  
Number of sublayer = 1  
Type of sublayer = Outcrop  
Ratio of critical Damping (%) = 5  
Depth at top of sublayer (m) = 0  
Maximum Spectral Acceleration (g) = 0,8483  
Maximum Spectral Velocity (cm/s) = 57,5374



Record = eera 004674xa

Number of sublayer = 1

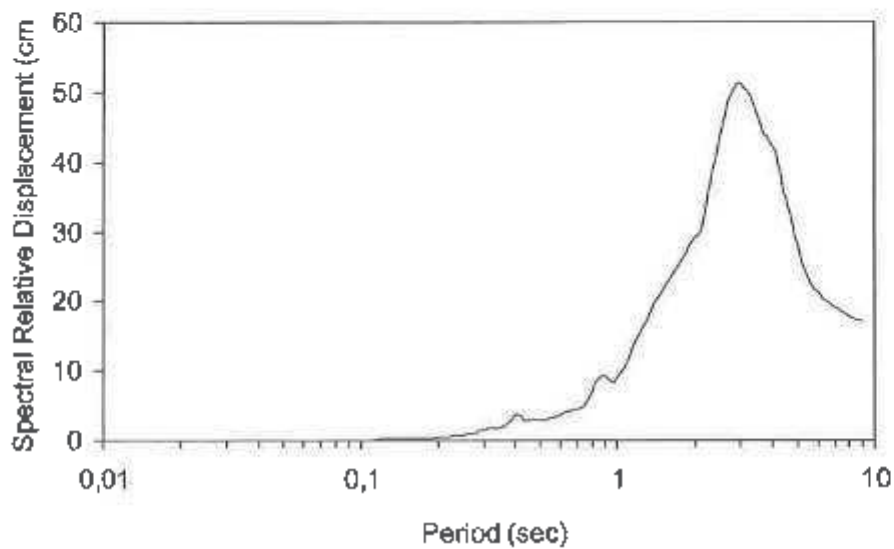
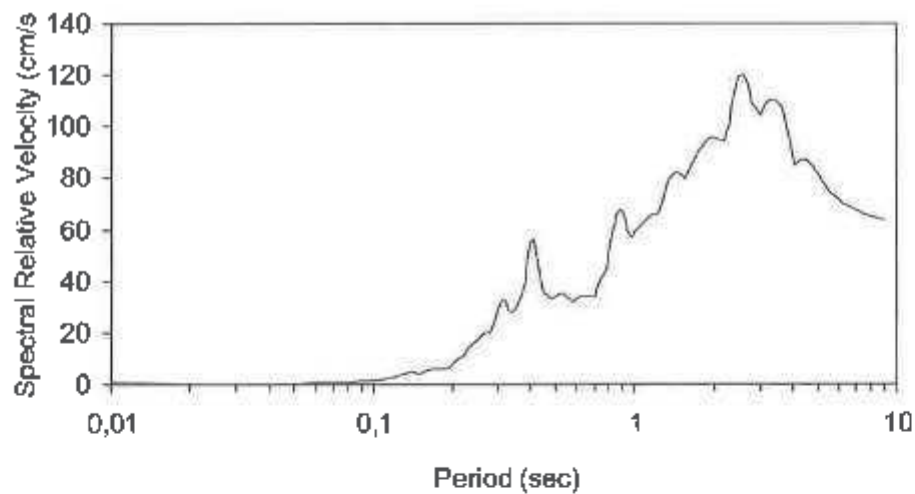
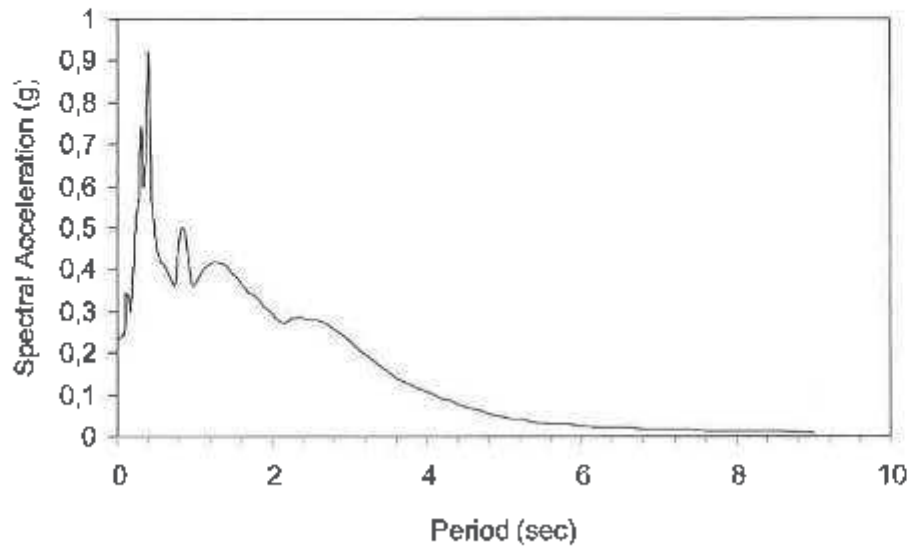
Type of sublayer = Outcrop

Ratio of critical Damping (%) = 5

Depth at top of sublayer (m) = 0

Maximum Spectral Acceleration (g) = 0,9208

Maximum Spectral Velocity (cm/s) = 119,8175



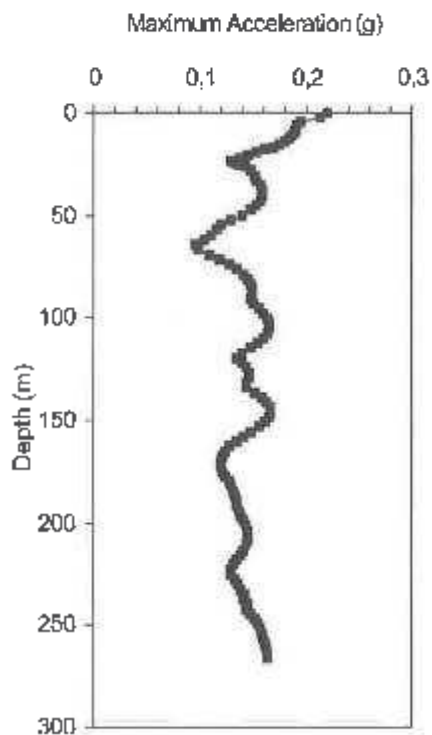
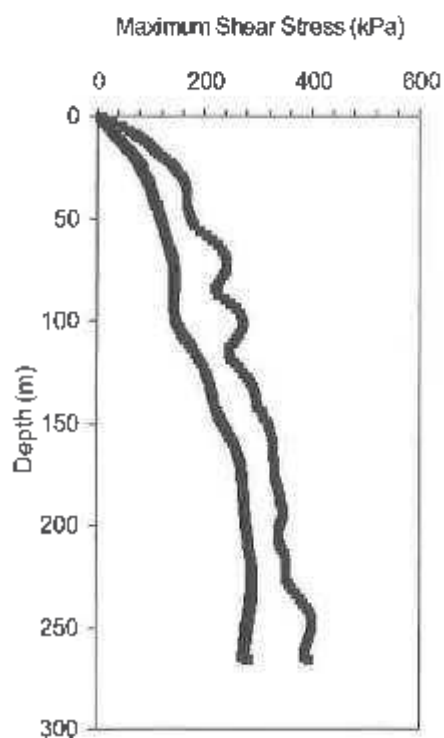
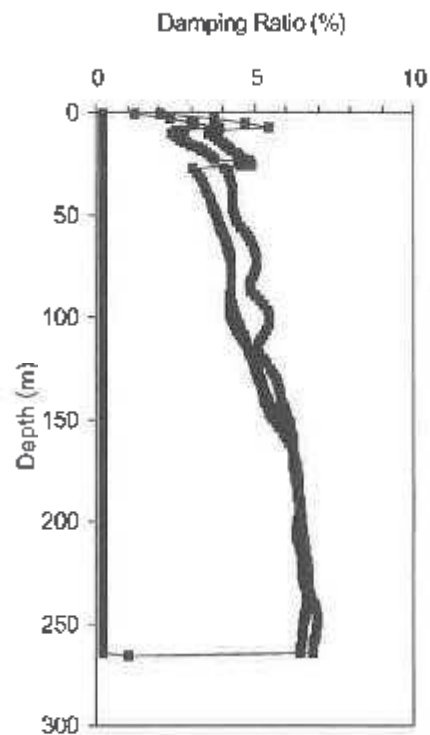
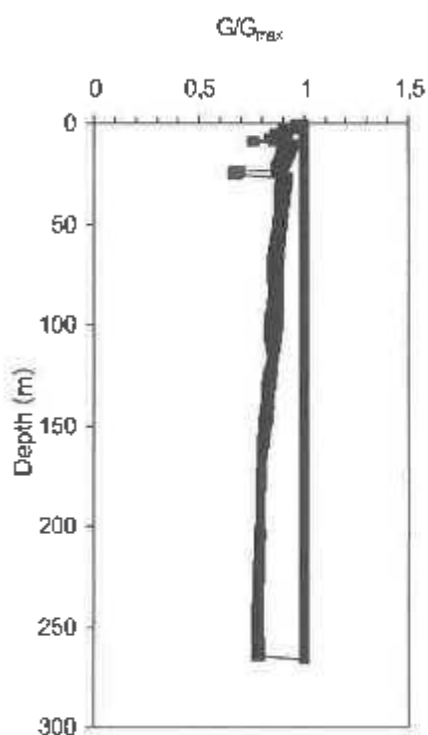
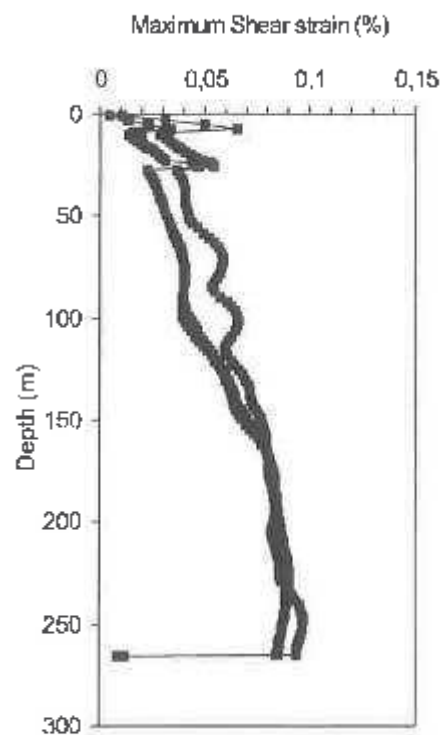
Record : eera 004675xa

Number of iterations : 8

Ratio of effective and maximum shear strain  $\gamma^e / \gamma^m = 0,5$

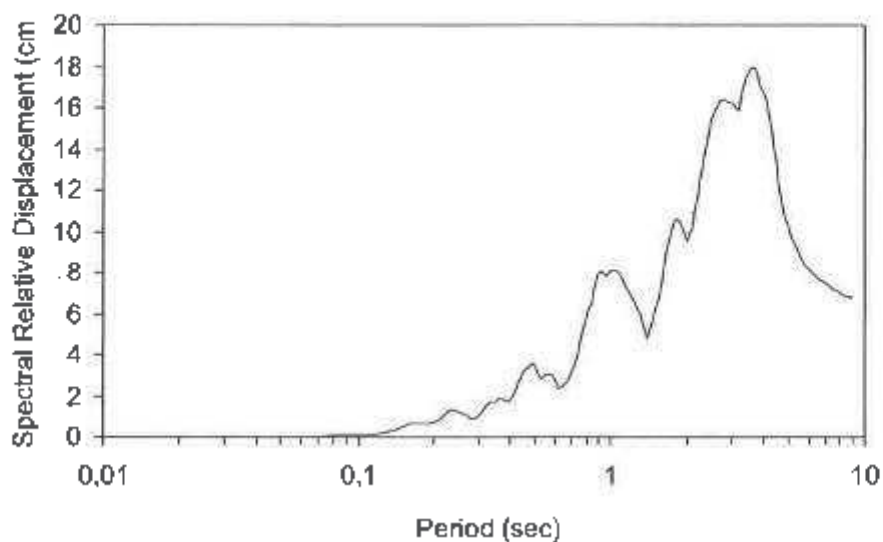
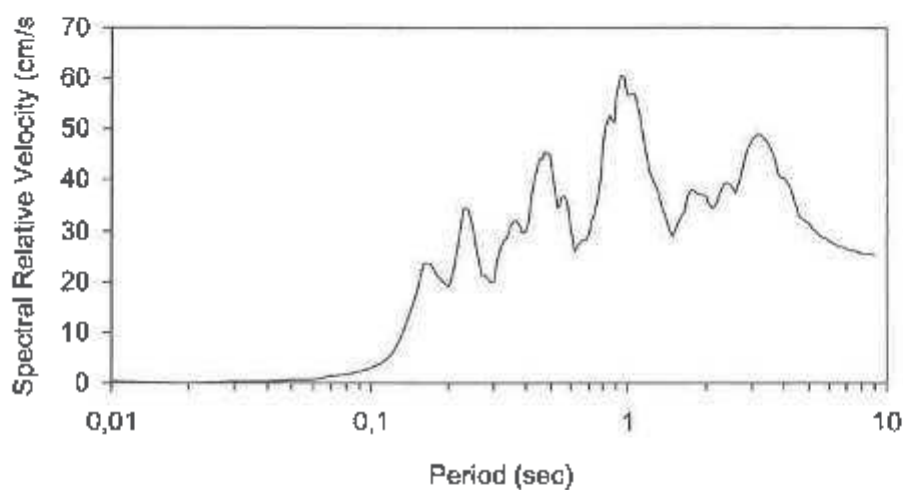
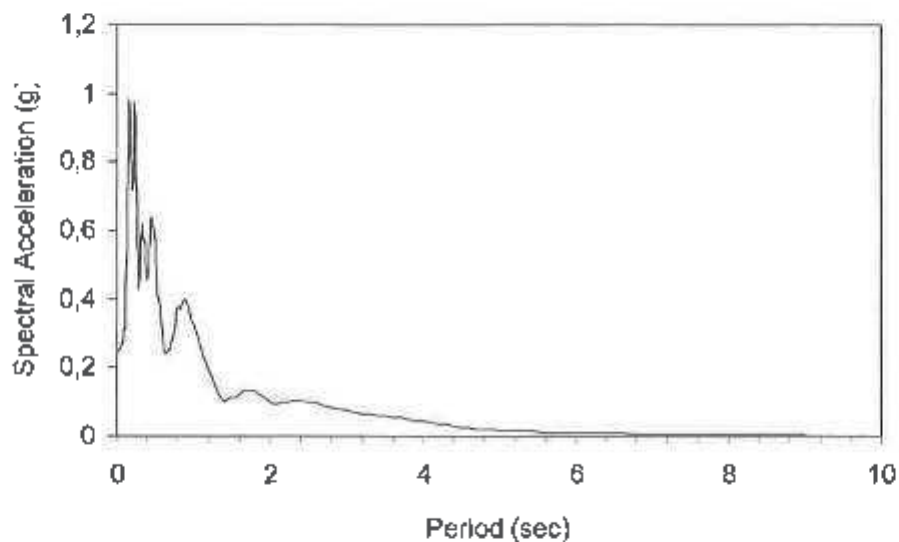
Type of shear modulus = Shake91

Convergence achieved (%)  $= 0,139233$





Record = eera 004675Ya  
Number of sublayer = 1  
Type of sublayer = Outcrop  
Ratio of critical Damping (%) = 5  
Depth at top of sublayer (m) = 0  
Maximum Spectral Acceleration (g) = 0.9763  
Maximum Spectral Velocity (cm/s) = 60,7369



Record = eera 006561ya

Number of sublayer = 1

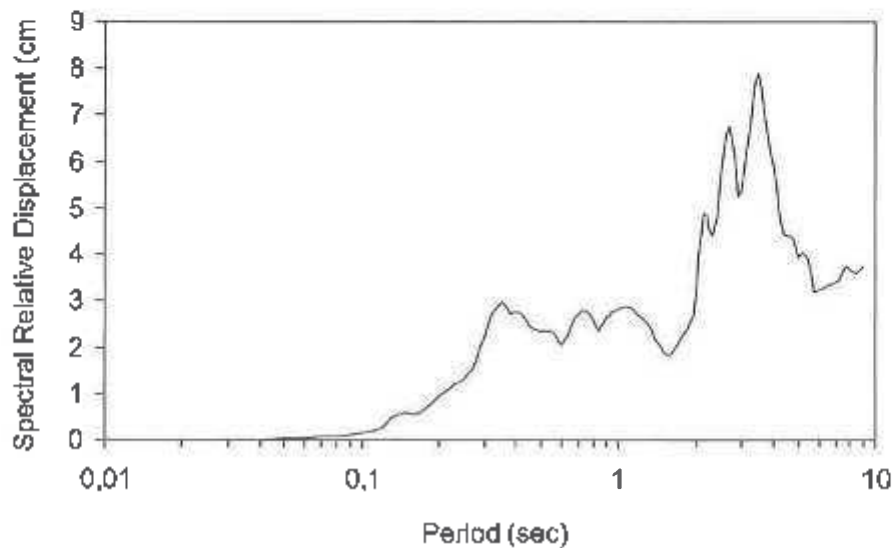
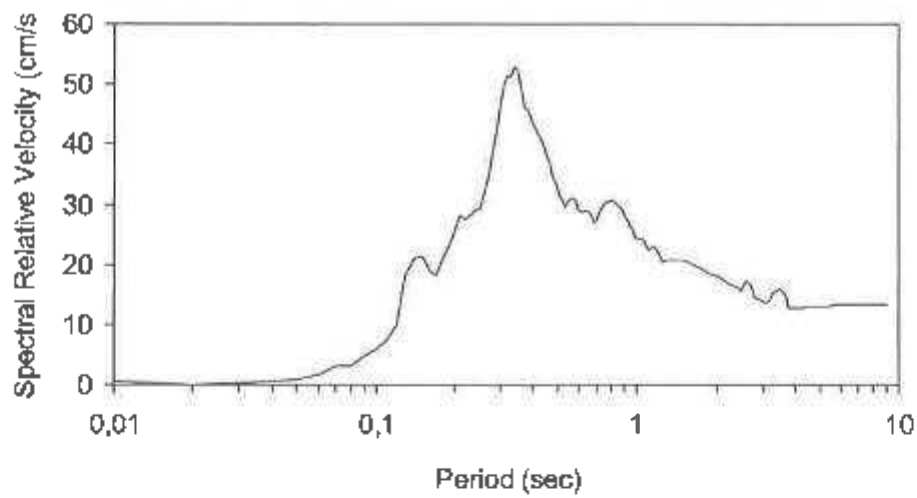
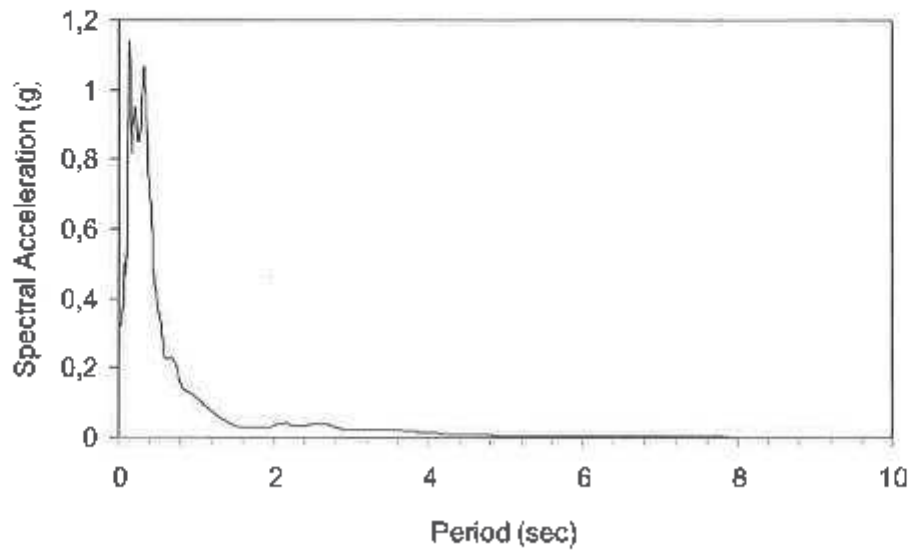
Type of sublayer = Outcrop

Ratio of critical Damping (%) = 5

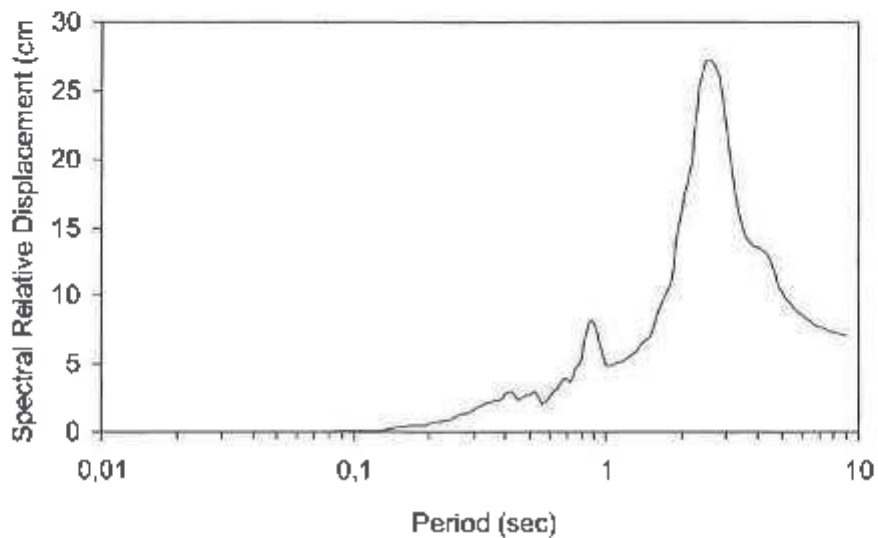
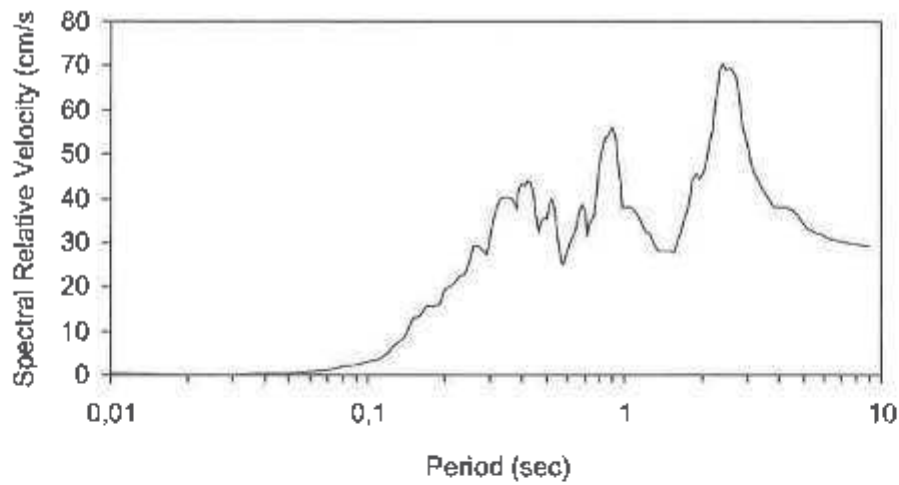
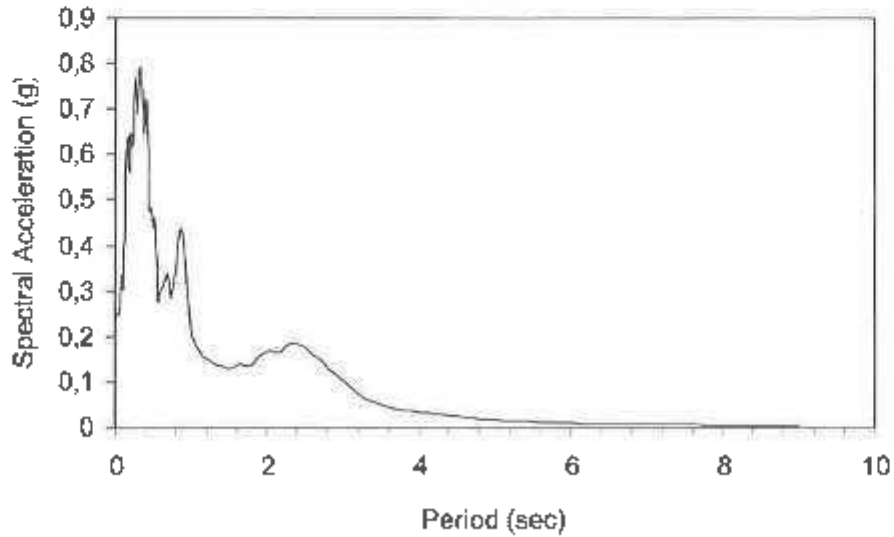
Depth at top of sublayer (m) = 0

Maximum Spectral Acceleration (g) = 1,1388

Maximum Spectral Velocity (cm/s) = 52,8545



Record = eera 007142Ya  
Number of sublayer = 1  
Type of sublayer = Outcrop  
Ratio of critical Damping (%) = 5  
Depth at top of sublayer (m) = 0  
Maximum Spectral Acceleration (g) = 0,7930  
Maximum Spectral Velocity (cm/s) = 70,3364



## SPELTRO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)

Località: Peretola (Firenze) - Aeroporto A. Vespucci

Lat. 43,80249° Long. 11,20134°

Indagine: Verifica sismica edifici aeroportuali

Categoria di suolo: C

Categoria topografica: T1

### Spettri medi

