

Comune di Firenze

Provincia di Firenze

*Progetto esecutivo per recupero dell'Ex
Centrale Termica nell'area ex Fiat Novoli*

Relazione Geologica

Committente
Immobiliare Novoli s.p.a.



Maggio 2019

Contenuti

PREMESSA	pag. 2
1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	pag. 3
2. MORFOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	pag. 6
3. FATTIBILITA' GEOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA DELL'AREA	pag. 6
4. INDAGINI GEOLOGICO-GEOTECNICHE ESEGUITE	pag. 14
5. GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA DELL' AREA DI PROGETTO	pag. 22
6. SISMICITA' DELL'AREA	pag. 26
7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	pag. 29
8. STABILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	pag. 36

APPENDICE

ANALISI RISPOSTA SISMICA LOCALE	pag. 37
---------------------------------	---------

ALLEGATI

- *Documentazione indagini geotecniche*
 - Colonne stratigrafiche*
 - Documentazione fotografica*
 - Prove di laboratorio geotecnico*
- *Indagini sismiche*

PREMESSA

Su incarico della Società Immobiliare Novoli s.p.a. è stato eseguito lo studio geologico e geotecnico sui terreni interessati dal progetto di recupero dell'ex Centrale Termica nell'area ex Fiat Novoli a Firenze. L'edificio in progetto è ubicato in Largo Gianfranco Bartolini, e si sviluppa su tre livelli per un'altezza pari a 31.5 m sul p.c. che insieme alla ciminiera sovrastante raggiunge 50 m dal p.c.. In pianta l'attuale edificio ha una forma quadrata con lato di ca. 20 m e nei lati nord ed est saranno aggiunti 2 moduli per le scale di accesso e di emergenza.

Nella presente sono riportate e commentate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e simiche di dettaglio della dell'area di progetto emerse nel corso delle campagne di indagine eseguite a partire da 2004 fino al 2016 sia specificatamente per l'edificio in progetto che per gli edifici adiacenti.

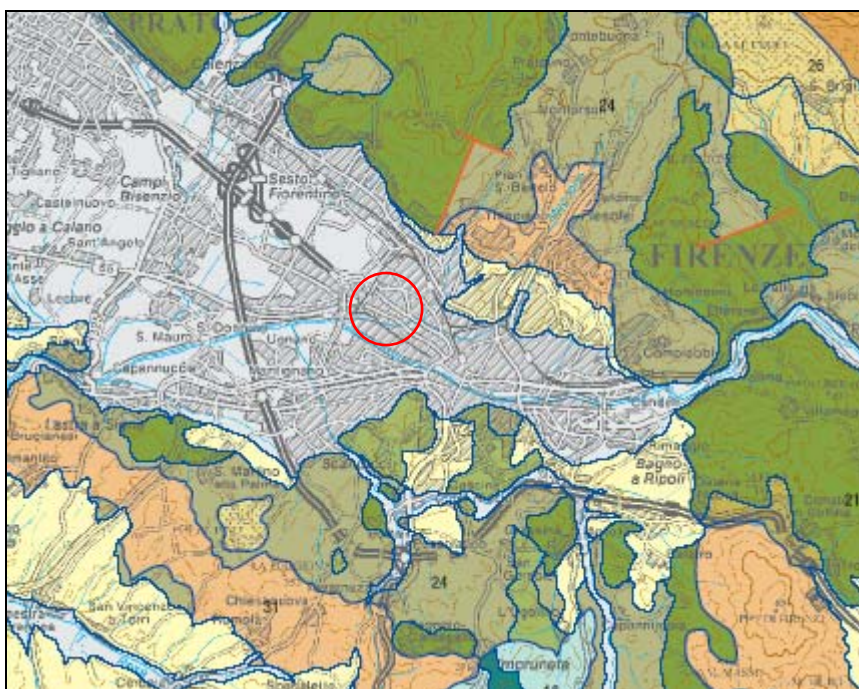
Quanto riportato è redatto in osservanza del Testo Unitario relativo al D.M. del 17-1-2018 relativo alle Norme Tecniche di Costruzione ed alle Istruzioni per l'Applicazioni, per le quali classe d'uso relativa alla struttura in progetto è la classe 3.

Le indagini sono state condotte ai sensi del D.P.R. 36/R del 9-7-2009 e a tal proposito la struttura in progetto è inserita in classe 4.

Inoltre la presente tiene conto del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale" (PGRA) con DPRGT del 27.10.2016, dell'adeguamento del Regolamento Urbanistico Comunale e della recente LR del 24.07.2018 relativa alle disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua.

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area di recupero ex Fiat Novoli è posta nel settore centro settentrionale della depressione tettonica del bacino di Firenze, il quale presenta una forma allungata all'incirca rettangolare, con dimensioni di ca. 45 x 10 km. Il bacino presenta una struttura a semi-graben, fortemente asimmetrica, il cui asse ha direzione NordOvest-SudEst, con un margine nordorientale molto acclive in corrispondenza del sistema di faglie principali (Faglia di Fiesole) che costituiscono la "master fault" del bacino, con rigetti superiori ai 1000 metri. Mentre il settore sudoccidentale del bacino è costituito da una rampa di raccordo poco inclinata. Tali strutture si sono iniziate a formare nell'ambito del ciclo tettonico di tipo trassensivo pliocenico ed hanno interessato i terreni appartenenti alla parte alta della Serie Toscana e le Unità Liguri s.l.



Estratto Carta Geologica della Toscana

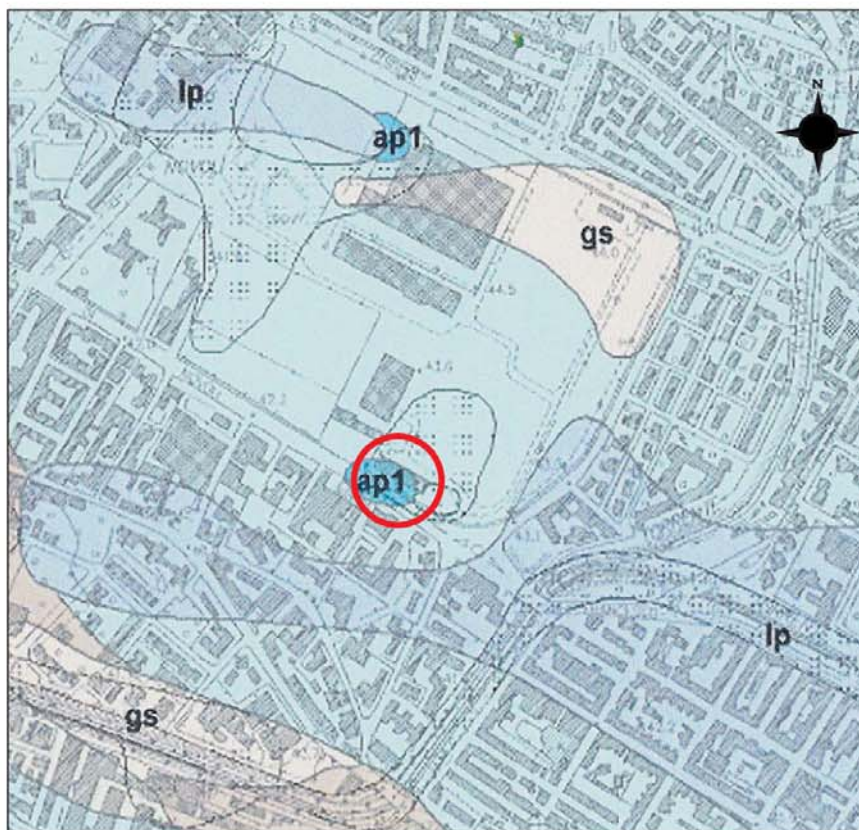
All'interno del bacino si sono sviluppati ampi delta e fan-delta che insieme ai movimenti tettonici di sollevamento dei margini ed allargamento del drenaggio fluviale hanno dato luogo a potenti sequenze sedimentarie clastiche.

La sedimentazione non è avvenuta in maniera uniforme su tutto il bacino infatti lo spessore di questi sedimenti continentali varia tra ca. 15 m in corrispondenza di Ponte Vecchio ad oltre 400 m nell'area di S. Donnino. Una serie di faglie dirette di direzione NordEst-SudOvest dislocano localmente i sistemi principali di direzione appenninica. In particolare il sistema Scandicci-Castello su cui si è impostata la parte alta del torrente Terzolle, che determina uno "scalino" del substrato pre-pliocenico ribassando la zona di Novoli rispetto al centro storico di Firenze, ed influenzando la sedimentazione dell'area.

I depositi presenti nell'area del bacino dal punto di vista sedimentologico si possono schematizzare nei seguenti ambienti:

- Supersintema del Lago di Firenze-Prato e Pistoia: lacusti, lacustri-palustri e fan-delta
- Supersintema di Firenze: lacustri e fan-delta
- Supersintema dell'Arno: fluvio-alluvionale e limno-palustre






Nelle aree in oggetto questi depositi presentano uno spessore variabile tra ca. 100 e 150 m prima di incontrare il substrato roccioso il quale si approfondisce rapidamente spostandosi verso Ovest. Schematicamente nell'area oggetto di studio affiorano terreni di riporto con spessore variabili che coprono sedimenti fluvio-palustri recenti, i quali spesso sono sovrapposti a depositi di tipo fluviale-torrentizio relativi al Sintema dell'Arno. Al di sotto sono stati rilevati sedimenti appartenenti ai depositi lacustri e fluvio-lacustri appartenenti al Sintema di Firenze e piu' in profondità si trovano i litotipi appartenenti al Sintema di Bacino.



Carta Geologica

Scala 1:10000

Depositi alluvionali (Plio-Quaternario)

-  **ap1** - Argille limose e Limi argillosi
-  **lp** - Limi e Limi argillosi
-  **ls** - Limi ghiaiosi e Limi sabbiosi
-  **gs** - Ghiaie sporche
-  **Area di interesse**

2. MORFOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

L'assetto morfologico originario in epoca precedente agli insediamenti industriali risultava lievemente degradante da Nord-Est verso Sud-Ovest, con locali e modesti cambi di pendenza. Successivamente l'industrializzazione dell'area ha regolarizzato la superficie topografica rendendola nel complesso pianeggiante, con una lieve inclinazione con quote compresa da Nord verso Sud tra 44.2 e 43.5 m.s.l.m..

L'area di progetto è posta ad una distanza di ca. 200 m dal piede dell'argine in corrispondenza della confluenza del torrente Mugnone con il torrente Terzolle.

Essa è posta ca. 1.5 km a valle della conoide inattiva del torrente Terzolle, il quale risulta a carattere torrentizio con elevato trasporto solido nei periodi di piena, per cui attraverso processi erosivi e deposizionali ha improntato l'assetto geomorfologico e geologico dell'intera area. Attualmente l'alveo dei torrenti Mugnone e Terzolle si presentano fortemente incassati dagli argini artificiali eseguiti nel corso degli anni.

La zona non presenta ulteriori caratteristiche geomorfologiche di rilievo, anche per la totale antropizzazione che ha uniformato le aree di progetto e le zone circostanti.

3. FATTIBILITA' GEOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA DELL' AREA

Per quanto riguarda la fattibilità geologica, idraulica e sismica delle aree di studio si fa riferimento al Regolamento Urbanistico ed al Piano Strutturale del Comune di Firenze, nei quali sono state definite le condizioni di pericolosità geologica e sismica. Mentre sono state riviste le condizioni di pericolosità idraulica in base a considerazioni desunte dallo studio sul rischio idraulico del comune di Firenze.

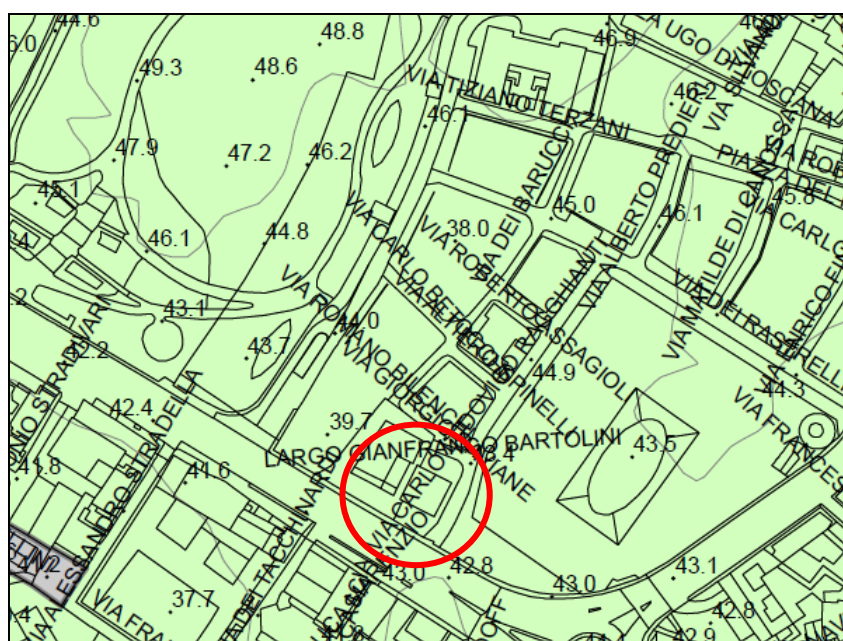
Le fattibilità dell'area di progetto è stata determinata in relazione agli aspetti geologici, sismici e idraulici, alle quali è possibile risalire attraverso l'intersezione tra classe di pericolosità esistente, la tipologia di intervento prevista ed ad eventuali considerazioni specifiche, il R.U. del comune di Firenze definisce per i singoli aspetti 4 classi di fattibilità.

3.1 Pericolosità e Fattibilità Geologica

Per quanto riguarda la pericolosità geologica relativa al piano strutturale del comune di Firenze approvato, le aree risultano inserite in classe di pericolosità geologica media (G.2) relativa ad aree di

pianura in cui sono presenti litologie afferibili a depositi alluvionali recenti dalle scadenti o modeste caratteristiche geotecniche.

In relazione alla situazione di media pericolosità geologica che caratterizza le aree e facendo riferimento alla matrice relativa alla fattibilità geologica del regolamento urbanistico comunale, risulta che per edifici di nuova costruzione appartenenti alla classe di indagine 4 (DPGR 36/R/2009) la fattibilità geologica e geotecnica ricade in **classe F.G. 3**, relativa ad una fattibilità geologica condizionata. Dal p.d.v. geotecnico gli interventi previsti saranno realizzabili con le verifiche condotte ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008.

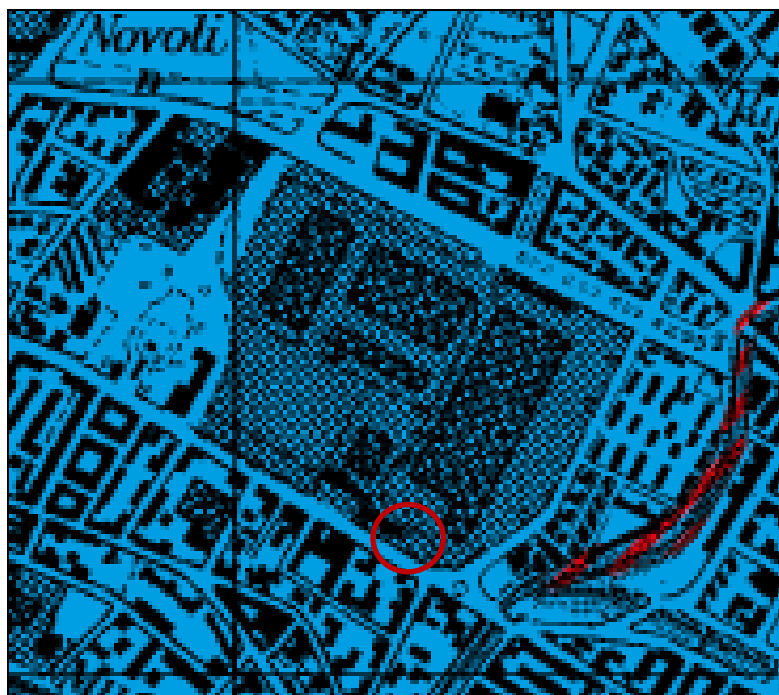


Estratto R.U.C. - Fattibilità Geologica

3.2 bis Pericolosità e Fattibilità Idraulica

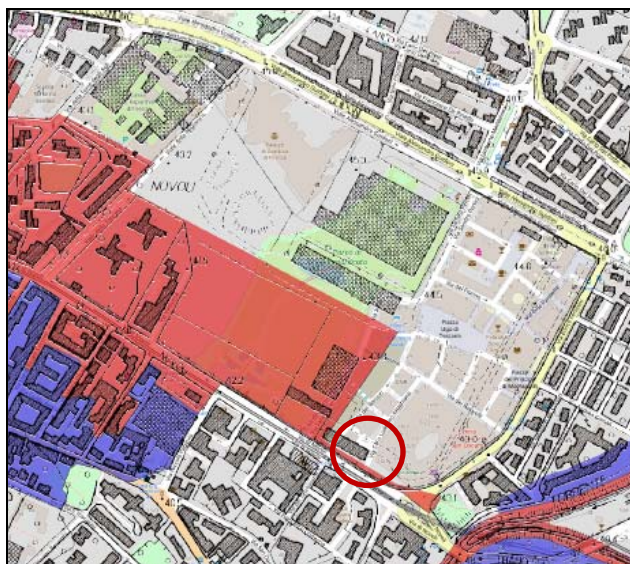
Per quanto riguarda i documenti dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (Distrettuale dell'Appennino Settentrionale) ed in particolare quelli del Piano Gestione del Rischio Alluvioni sono state considerate le Carte delle Aree Allagate, dei Battenti, della Pericolosità di Alluvioni e del Rischio di Alluvioni.

L'area in esame risulta al di fuori delle aree di pertinenza fluviale e per quanto riguarda le aree allagate essa rientra tra quelle interessate da inondazioni eccezionali



Estratto carta aree allagate (PGRA)

Per quanto riguarda la carta dei battenti indica che nell'area in esame non sono disponibili dati sui battenti.



Estratto carta battenti (PGRA)

Mentre per quanto riguarda la carta della pericolosità di alluvioni l'area in esame rientra in classe P2, che corrisponde ad una pericolosità media relativa a zone con alluvioni poco frequenti con tempi di ritorno compresi tra $100 < T_r < 200$ anni.

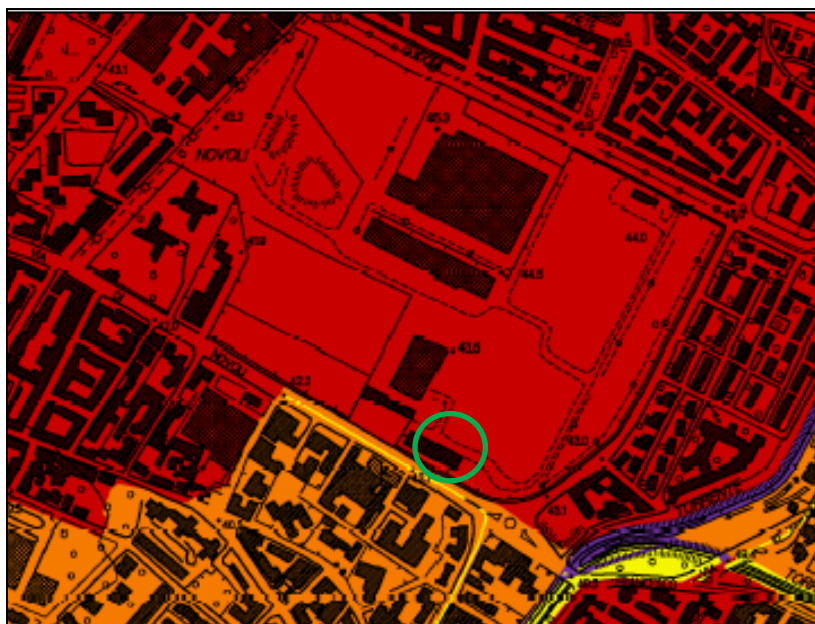


Estratto carta pericolosità da alluvioni (PGRA)

Per quanto riguarda il rischio di alluvioni esso indica le potenziali conseguenze negative per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche derivanti da fenomeni di inondazioni. Per cui il rischio si esprime come il prodotto della pericolosità e del danno potenziale in corrispondenza di un determinato evento.

Pertanto per la redazione della Mappa sono stati incrociati i 3 livelli di Pericolosità ed i 4 livelli di Danno Potenziale, individuando 4 livelli di Rischio.

L'area in esame rientra in classe di rischio R3, relativa ad un rischio elevato, per il quale sono possibili problemi di incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici ed alle infrastrutture, l'interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni relativi al patrimonio ambientale



Estratto carta rischio da alluvioni (PGRA)

In relazione alla recente legge regionale nel 24 luglio 2018 n°41 relativa alle “disposizione in materia di rischio alluvioni e di tutela dei corsi d’acqua” l’area rientra in quelle in cui si ha uno scenario con alluvioni poco frequenti definite da tempi di ritorno non inferiori ai 200 anni.

Per quanto riguarda la magnitudo l’area può essere considerata con magnitudo idraulica moderata in quanto non sono determinati né i battenti né la velocità degli stessi.

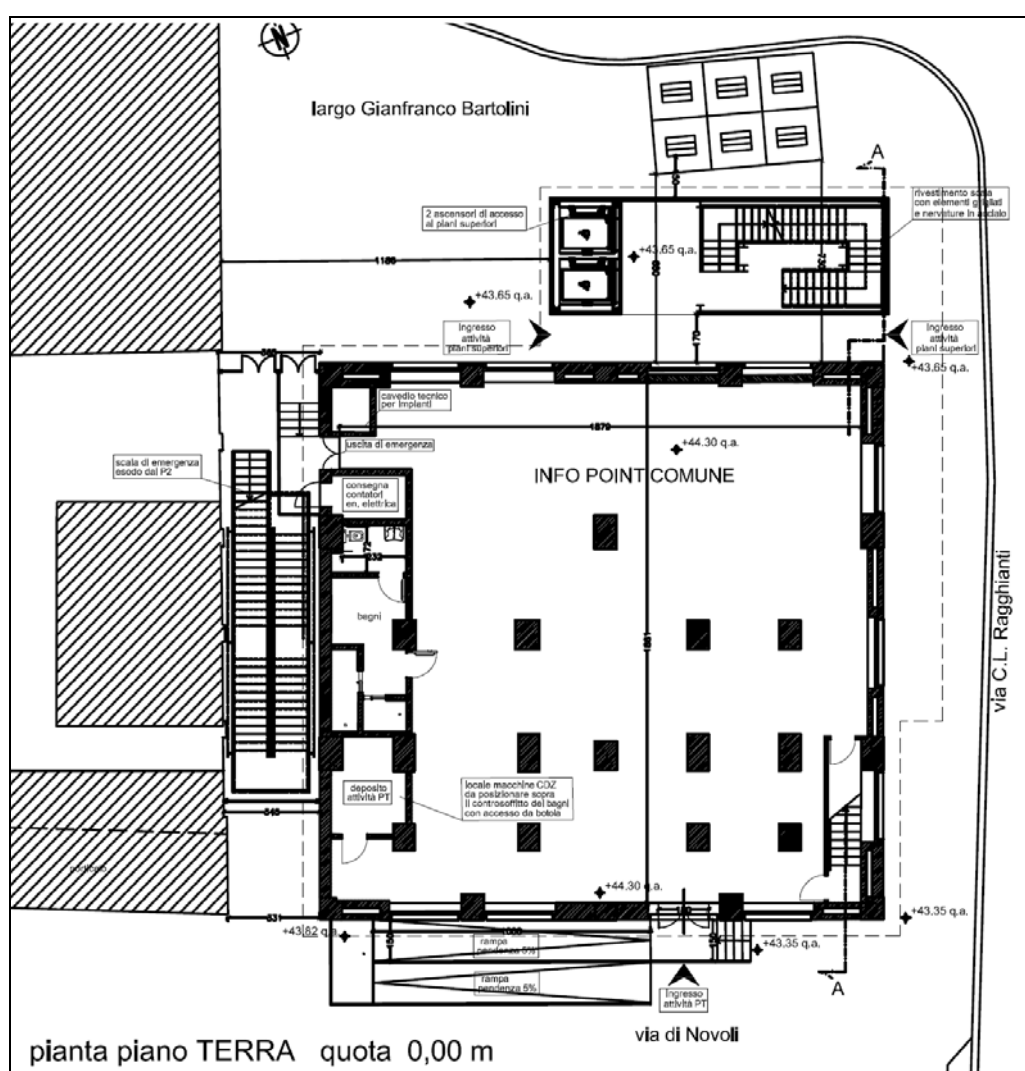
Nell’adeguamento del Piano Strutturale è stata combinata le definizioni di pericolosità idraulica del PGRA e di quelle del DPGR 53/R/2011 per cui l’area di studio è stata inserita in classe di **pericolosità idraulica I.3** (elevata) relativa ad aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < Tr < 200$ anni (Tav.1). Ricordiamo che nell’area in esame oltre che non essere stata interessata dall’evento del 1966 e non si hanno notizie di altre inondazioni storiche.

Per quanto riguarda la Fattibilità se facciamo riferimento alla matrice relativa del Regolamento Urbanistico Comunale, risulta che le area di progetto ricade in **classe di fattibilità idraulica F.I.3** relativa ad una fattibilità idraulica condizionata (Tav. 2).

In queste aree devono essere seguite sia le prescrizioni di carattere generale che quelle per la messa in sicurezza da eventi con tempi di ritorno di 200 anni.

In particolare non essendo presenti nell'area battenti idraulici legati ad un modello, gli interventi di messa in sicurezza consisteranno nella adozione di un franco convenzionale pari ad almeno 30 cm rispetto al piano stradale.

Infatti le soglie di accesso all'edificio sono poste ad una quota di 44.30 m.s.l.m., con la quota marciapiede su lato Largo Bartolini posta a 43.65 m.s.l.m., e la quota del marciapiede in Via di Novoli che si trova a 43.35 m.s.l.m.. Pertanto le quote delle soglie di accesso all'edificio si trovano ad un'altezza compresa tra 65 e 95 cm sopra alla quota dei marciapiedi corrispondenti, ben superiore rispetto ai 30 cm sul piano stradale prescritti.



Planimetria Piano Terra

Tale misura soddisfa anche la LR 41/2018 in quanto assicura l'assenza di allagamenti rispetto ad eventi poco frequenti, scenario relativo all'area in esame.

3.3 bis Pericolosità e Fattibilità Sismica

In riferimento al piano strutturale approvato l'area in esame è inserita in **classe di pericolosità sismica S.3 (elevata)**: relativa a zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili a liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie); zone stabili di amplificazioni locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.

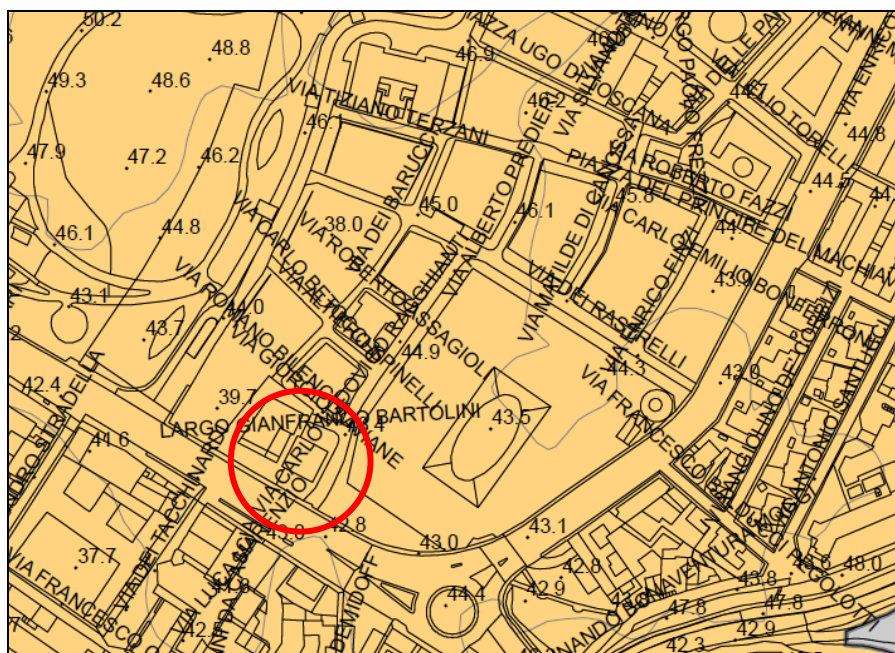
In base al Regolamento Urbanistico di Firenze, in particolare quanto riportato all'articolo 73 comma 1 delle NTA, la fattibilità degli interventi è disciplinata dalle apposite schede.

Tale fattibilità, per gli interventi che si realizzano attraverso strumenti urbanistici attuativi, come nel caso del Piano di Recupero di completamento dell'area ex Fiat Novoli, può essere ridefinita sulla base di considerazioni di maggior dettaglio derivanti da appositi studi e va valutata direttamente in base alle disposizioni del DPGR 53/R/2011.

Per cui alla luce delle evidenze trattate nella relazione geologica relativa agli aspetti sismici in relazione all'area in esame si evidenzia quanto segue:

- si trova in un area dal punto di vista morfologico pianeggiante o subpianeggiante
- non sono presenti terreni particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi
- non sono stati riconosciuti livelli significativi di terreni soggetti a liquefazione
- non sono presenti zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse
- non sono presenti faglie attive e/o capaci
- il substrato rigido è presente nell'area a profondità comprese tra 120 e 150 m dal p.c.

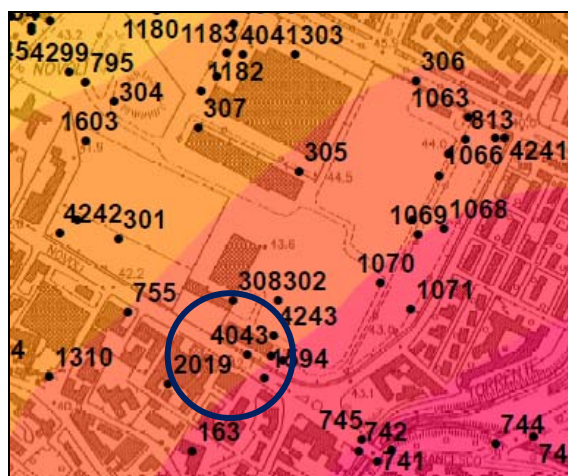
Pertanto in base alle precedenti considerazioni risulta che per l'edificio in esame possa essere assegnata una **classe di fattibilità sismica F.S. 3**, relativa ad una fattibilità condizionata a studi geofisici e geognostici di dettaglio funzionali alla determinazione dell'azione sismica di progetto, in cui dovrà essere considerato il periodo di oscillazione del terreno in relazione a quello delle opere da realizzare.



Estratto R.U.C. Fattibilità Sismica

Inoltre consultando la carta del fattore di amplificazione sismico locale inclusa nel quadro conoscitivo del P.S. 2014 risulta che l'area di progetto è inserita in una zona con Fattore di Amplificazione pari a:

$$FA = 1.50$$



Estratto Carta del fattore di amplificazione sismico locale Variante al P.S.2010

4. INDAGINI GEOLOGICO-GEOTECNICHE ESEGUITE

I dati utilizzati sono relativi ad un'apposita campagna di indagini eseguita nel 2005 integrata da campagne eseguite nel corso degli ultimi anni fino al 2016 su edifici adiacenti.

Per lo sviluppo dei modelli geologici, geotecnici e sismici sono stati utilizzati oltre i dati relativi al sondaggio S17 e S5 sono stati utilizzati anche i dati relativi all'edificio denominato H27 posto a ca. 40 m dalla struttura di progetto, anche in virtù della buona uniformità sia stratigrafica che geotecnica dell'area oggetto di studio, come evidenziato anche dalle sezioni geologico-geotecniche di seguito riportate. Tutti i sondaggi geotecnici sono stati spinti fino a profondità comprese tra 20 e 32 m ca. dall'attuale p.c. e sono eseguiti dalla società Soil Test di Arezzo. Nel corso dei sondaggi sono state eseguite prove dinamiche tipo Standard Penetration Test, prelevati alcuni campioni indisturbati, i quali sono stati inviati presso i laboratori geotecnici Sigma di Campi Bisenzio ed ElleTi di Firenze dove sono state eseguite alcune esperienze. Al fine di caratterizzare dal punto di vista sismico l'area, nel foro di sondaggio S14bis opportunamente attrezzato, sono state effettuate delle misure sismiche tipo down-hole ed una prova tipo HVSR.

Inoltre al fine di determinare il livello piezometrico è stato utilizzato il piezometro a tubo aperto posto nel foro di sondaggio S5.

4.1 SONDAGGI GEOTECNICI

I sondaggi geotecnici sono stati realizzati a carotaggio integrale continuo, l'avanzamento della perforazione è stato eseguito con batteria di aste e carotiere, mentre la protezione del foro è stata ottenuta attraverso tubi di rivestimento in ferro.

I sondaggi sono stati spinti rispettivamente fino alla profondità massima di 35 m dall'attuale p.c. e le relative colonne stratigrafiche sono visibili in allegato. I punti di indagine sono stati eseguiti a quote diverse come riportato nella seguente tabella (esprese in m.s.l.m.):

TABELLA 1

S5	S17	S14BIS	S14A	S14B	S14C	S14D	S14
42.4	44.2	39.8	43.7	43.7	43.9	43.8	43.7



Ubicazione indagini

Scala 1:1000



Sondaggi geotecnici



Aree di intervento



Sezioni geologico-geotecniche

4.1.1 ATTREZZATURA

Per l'esecuzione dei sondaggi sono state utilizzate una sonda Puntel tipo PX750 autocarrata, munita di testa idraulica avente coppia 750 Kgm ed argano da 5000 Kg di tiro ed una sonda Comacchio tipo MC600, montata su autocarro Iveco tipo E190, munita di testa idraulica avente coppia 800 Kgm ed argano da 3000 Kg di tiro

Le sonde sono dotate di n°2 morse e pompa Nenzi tipo triplex 90 in grado di raggiungere la pressione di 50 bar. Sono state utilizzate aste di lunghezza pari a 3 m, di diametro pari a 76 mm, e filettatura conica da $\frac{3}{4}$ ". I carotieri utilizzati sono di lunghezza variabile tra 1.5 e 3.0 m e diametro pari a 101 mm, mentre i tubi di rivestimento in ferro hanno lunghezza pari a 1.5 m e diametro esterno pari a 127 mm.



Esecuzione del sondaggio S17



Esecuzione del sondaggio S14 bis

4.1.2 PERFORAZIONI A CAROTAGGIO CONTINUO

I sondaggi a carotaggio continuo sono eseguiti avanzando a secco, la protezione del foro è ottenuta con l'ausilio del tubo di rivestimento, infisso a rotazione con circolazione di acqua.

I campioni di terreno rimaneggiati estratti nel corso della perforazione sono stati collocati con cura in apposite cassette catalogatrici in plastica.

Le cassette sono munite di 5 scomparti divisorii, ciascuno della lunghezza di 1 m, contrassegnate in ordine progressivo di profondità. Le cassette sono state fotografate con fotocamera digitale, quindi ricoverate e lasciate a disposizione del Committente.

Nel corso della redazione delle stratigrafie, nei testimoni di carotaggio con comportamento di tipo coesivo sono state effettuate, quando possibile, prove con pocket penetrometer e scissometro tascabile tipo Geonor H60, consentendo la classificazione di tali terreni secondo la norma "British Standard 5930".

Queste determinazioni possono essere utilizzate per definire approssimativamente la consistenza dei terreni attraverso la misura della resistenza al taglio non drenata.

4.2 PROVE PENETEROMETRICHE DINAMICHE TIPO STANDARD PENETRATION TEST

Nel corso delle perforazioni, relative ai sondaggi utilizzati, sono state eseguite 34 prove dinamiche tipo S.P.T. in avanzamento, per verificare il grado di addensamento dei litotipi attraversati, rispettando le norme definite nei documenti "ASTM designation D1586/67 e 84".

4.2.1 ATTREZZATURA E DESCRIZIONE DELLA PROVA

La prova consiste nell'infingere un campionatore standard a mezzo di un dispositivo a percussione del peso di Kg. 63.5 che cade da un'altezza costante di cm. 76. Nel corso della prova viene registrato il numero di colpi necessari per l'affondamento del campionatore per tre tratti consecutivi di cm. 15 ciascuno, tale valore è riportato nella colonna stratigrafica del sondaggio con la relativa profondità d'esecuzione. Il valore N_{SPT} dato dal numero di colpi necessari per l'infissione degli ultimi 30 cm.

Il rendimento energetico (ER) del sistema di battitura è del 60% ca..

Nella seguente tabella sono riportati per ogni prova SPT eseguita: il sondaggio, la profondità, il valore N_{spt} , oltre che l'unità geotecnica relativa al terreno interessato dalla prova.

TABELLA 2

Sondaggio	Profondità dal p.c.(m)	N_{spt} (non normalizzato)	Unità geotecnica
S17	3.00	7	0
S14A	3.50	16	1
S14	4.50	17	1
S14B	4.60	R	1a
S14C	5.80	20	1
S14A	6.50	14	1
S17	6.00	26	1
S14bis	2.50	9	1-2
S14bis	3.80	10	2
S14D	7.20	17	2-3
S14	7.50	60	3
S17	9.00	29	2-3
S14B	7.50	83	3
S5	6.00	rifiuto	3
S5	7.50	rifiuto	3
S14A	9.30	44	3

S14 C	9.50	40	3
S14bis	5.50	40	3
S14	10.00	33	3
S14B	10.80	43	3
S14D	11.50	36	3
S17	10.50	41	3
S14bis	5.50	40	3
S17	12.20	25 (*)	3
S5	10.70	24	3-4
S17	15.60	29	4
S14	12.00	65	4
S14A	12.50	44	4
S14C	12.50	36	4
S14B	13.50	47	4
S14bis	9.80	33	4
S14 bis	11.50	15	4-5
S5	16.70	31	5
S14bis	17.00	88	6

(*) livello di sabbie

I campioni semidisturbati prelevati nel corso delle prove hanno inoltre permesso di correlare il numero dei colpi con la litologia riscontrata.

4.2.2 INTERPRETAZIONE DELLE PROVE TIPO STANDARD PENETRATION TEST (SPT)

Al fine di ottenere la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio, in termini drenati, per litotipi con comportamento granulare, è stata applicata la relazione proposta da Shoi e Fukuni (1982):

$$\phi' = (15N_{SPT})^{0.5} + 15 \quad (^\circ)$$

Per la valutazione dei moduli di sforzo-deformazione è stata adottata la seguente relazione (Webb 1970):

$$E = S_1 + S_2 N_{SPT} \quad (MN/m^2)$$

dove a seconda dei litotipi presenti le costanti S_1 ed S_2 corrispondono ai seguenti valori:

	S ₁	S ₂
limi sabbiosi e sabbie limose	1,58	0,32
sabbie saturate	7,17	0,48
sabbie e ghiaie, ghiaie	18,75	0,75

4.3 PRELIEVO E PROVE ESEGUITE IN LABORATORIO SUI CAMPIONI

Il prelievo dei campioni indisturbati è avvenuto a mezzo di campionatore tipo Shelby a pareti sottili con fustelle di diametro pari a 88.9 mm.

Immediatamente dopo il prelievo, nelle superfici superiore ed inferiore del campione, opportunamente pulite con apposito attrezzo a lame, sono state eseguite prove con scissometro tascabile.

Quindi i campioni indisturbati sono stati sigillati con paraffina fusa, chiusi con appositi tappi e contrassegnati. Al termine dei lavori di indagine in situ i campioni indisturbati sono stati trasportati con cura presso i laboratori geotecnici, dove sono state eseguite le seguenti esperienze:

- massa volumica apparente
- umidità naturale
- massa volumica reale secondo CNR-UNI 100013
- granulometrie
- limiti di Atterberg liquido e plastico secondo CNR-UNI 10014
- prove di compressione con espansione laterale libera
- prove triassiali tipo UU
- prove di taglio diretto
- prove udometriche

Nelle seguenti tabelle sono riportati sinteticamente i risultati ottenuti nel corso delle prove di laboratorio insieme all'unità geotecnica relativa al terreno su cui è stato prelevato il campione:

TABELLA 3

Campione	profondità (m)	P _v	W	LL	LP	IP	Classe	φ'	c'	c _u	M	U. g.
S5/C1	3.0 - 3.5	19.8	20.4	57	24	33	CH	23°	18	154		1
S14/C1	3.0 - 3.5	19.3	25.9	41	24	17	CL			92	4670	1
S14C/C1	3.6 - 4.1	19.1	22.4	45	19	26	CL			61		1
S14D/C1	4.0 - 4.5	19.1	19.9	47	22	25	CL				5129	1
S14bis/C1	2.0 - 2.5	19.7	20.6	33	22	11	CL	30°	18	114	6457	1-2
S14/C2	6.0 - 6.5	19.4	29.8	n.d.	n.p.	n.p.		33°	11	106	11082	1-2
S14C/C2	15.5 - 16.0	19.4	25.8	27	89	62	CH			131	12527	5

dove:

P_v = peso di volume naturale espresso in KN/m³

W = umidità naturale espressa in %

LL = limite liquido espresso in percentuale

LP = limite plastico espresso in percentuale

IP = indice di plasticità espresso in percentuale

Classe = classe di appartenenza secondo la carta di plasticità di Casagrande

c_u = coesione non drenata (KPa)

φ' = angolo d'attrito interno efficace (°)

c' = coesione efficace (KPa)

M = modulo edometrico nell'intervallo di pressione di progetto (KPa)

U. g. = Unità stratigrafica e geotecnica

Mentre per quanto riguarda le caratteristiche granulometriche del campione semidisturbato prelevato nel corso del sondaggio S14bis durante la prova dinamica tipo S.P.T. alla profondità di 3.80 m dal p.c. risultano:

TABELLA 4

Campione	Profondità (m.l.m.)	Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia	U. g.
S14bis/C2	3.80 – 4.25	4	65	31	0	2

4.4 SISTEMAZIONE DEI FORI DI SONDAGGIO

Al fine di eseguire misure sismiche tipo down-hole il foro di sondaggio denominato S14bis è stato attrezzato fino a fondo foro (32 m del p.c.) con tubo in pvc spessorato, in barre pari a 3 m, filettate, con diametro interno di 80 mm. Insieme e lateralmente al tubo principale è stato inserito un tubo in polietilene di diametro pari a 16 mm, all'interno del quale è stata iniettata la miscela di acqua+cemento+bentonite, con pressione pari a 1-1.5 atm, al fine di garantire una cementazione uniforme esternamente al tubo di prova. La strumentazione è stata protetta da un chiusino in ferro provvisto di lucchetto.

La documentazione relativa alle modalità esecutive ed ai risultati delle prove sismiche tipo down-hole è riportata in allegato.

Il foro di sondaggio S5 è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto, attraverso l'inserimento di un tubo in pvc di diametro pari a 40 mm, fessurato lungo tutta la sua lunghezza (20 m). L'intercapedine tubo terreno è stata riempita con ghiaia calibrata da fondo foro fino a ca. 1 m dal p.c., mentre la parte sommitale è stata "sigillata" con boiacca cementizia.

5. GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO

Le indagini eseguite hanno consentito di definire in dettaglio la situazione litostratigrafica ed idrogeologica presente nel sottosuolo dell'area interessata dal progetto per una profondità di ca. 35 m dall'attuale p.c., fino alla quota di ca. 9 m.s.l.m..

Attraverso l'analisi e la correlazione dei risultati ottenuti è stato possibile ricostruire l'assetto stratigrafico delle aree di progetto, le quali sono risultate nel complesso abbastanza omogenee sia nei litotipi rilevati che nello spessore e nella distribuzione laterale dei terreni naturali. È stato possibile ricostruire un modello stratigrafico originale per cui classificare i terreni presenti in unità geologiche e geotecniche con caratteristiche comuni. Come evidenziato nelle sezioni di seguito riportate tali unità presentano un assetto sub-orizzontale con modeste variazioni laterali.

Unità 0 – Terreno di riporto

È rappresentata da terreno di riporto eterogeneo, generalmente costituita da elementi litoidi eterogenei, frammenti di laterizio e di calcestruzzo, eterometrici, con diametro massimo maggiore di 10 cm, in matrice limoso-argillosa, prevalente nella parte bassa, per uno spessore variabile tra ca. 1 e 3.5 m (41 m.s.l.m.), spostandosi da sud a nord.

Unità 1

Costituita da limo con argilla ed in subordine argilla con limo, a tratti sabbiosi, a tratti debolmente ghiaiosi, di colore marrone e marrone-ocra.

La sedimentazione di questi materiali indica ambienti generalmente “a bassa energia”, dovuta alle periodiche esondazioni del torrente Terzolle, intercalata a non frequenti episodi, a carattere più strettamente torrentizio come indica la presenza seppur sporadica di lenti di ghiaia (1a). Nel suo complesso l'unità è stata rilevata fino alla quote di ca. 38 m.s.l.m.

Unità 2

E' caratterizzata da limi con sabbia e sabbie medio-fini e medie limose, di colore marrone e marrone-ocra, passanti grigie. Questi materiali sono relativi ad un ambiente di transizione tra le ghiaie sottostanti e i limi ed argille sovrastanti. L'unità è stata riconosciuta fino a quote comprese tra 37 e 36 m.s.l.m. spostandosi da sud verso nord.

Unità 3

Formata da depositi di origine marcatamente alluvionale-torrentizio, è caratterizzata da ghiaie con rari ciottoli, con clasti eterogenei, arrotondati, di diametro massimo superiore ai 10 cm e diametro medio compreso tra 3-4 cm. La matrice è sabbiosa e sabbioso-limosa di colore marrone e nocciola, raramente abbondante. Presente rari passaggi decimetrici di sabbia medio-grossa. L'unità 3 è stata rilevata fino a quote variabili tra 31 e 30 m.s.l.m. spostandosi da sud verso nord.

Le Unità 1-2-3 sono riferibili in bibliografia al Supersistema dell'Arno.

Unità 4

Anch'essa è formata da ghiaie eterometriche con clasti prevalentemente calcareo-marnosi ed in subordine arenacei, alterati, in matrice limoso-argillosa e, specialmente nella parte alta limoso-sabbiosa, spesso abbondante raramente prevalente, di colore marrone-ocra, con passaggi decimetrici di argille con limo e limi con argilla, debolmente sabbiosi e sabbiosi. Questi litotipi sono stati rilevati fino a quote variabili tra 28 e 27 m.s.l.m.

Unità 5

Essa è caratterizzata da argille con limo e limose, talvolta debolmente sabbiose piu' raramente sabbiose, ghiaiose fini nella parte alta, grigie a tratti marroni e verdastre. I clasti spesso sono rappresentati da concrezioni carbonatiche di modeste dimensioni. Questi materiali sono stati rilevati fino alla quota di indagine (9 m.s.l.m.).

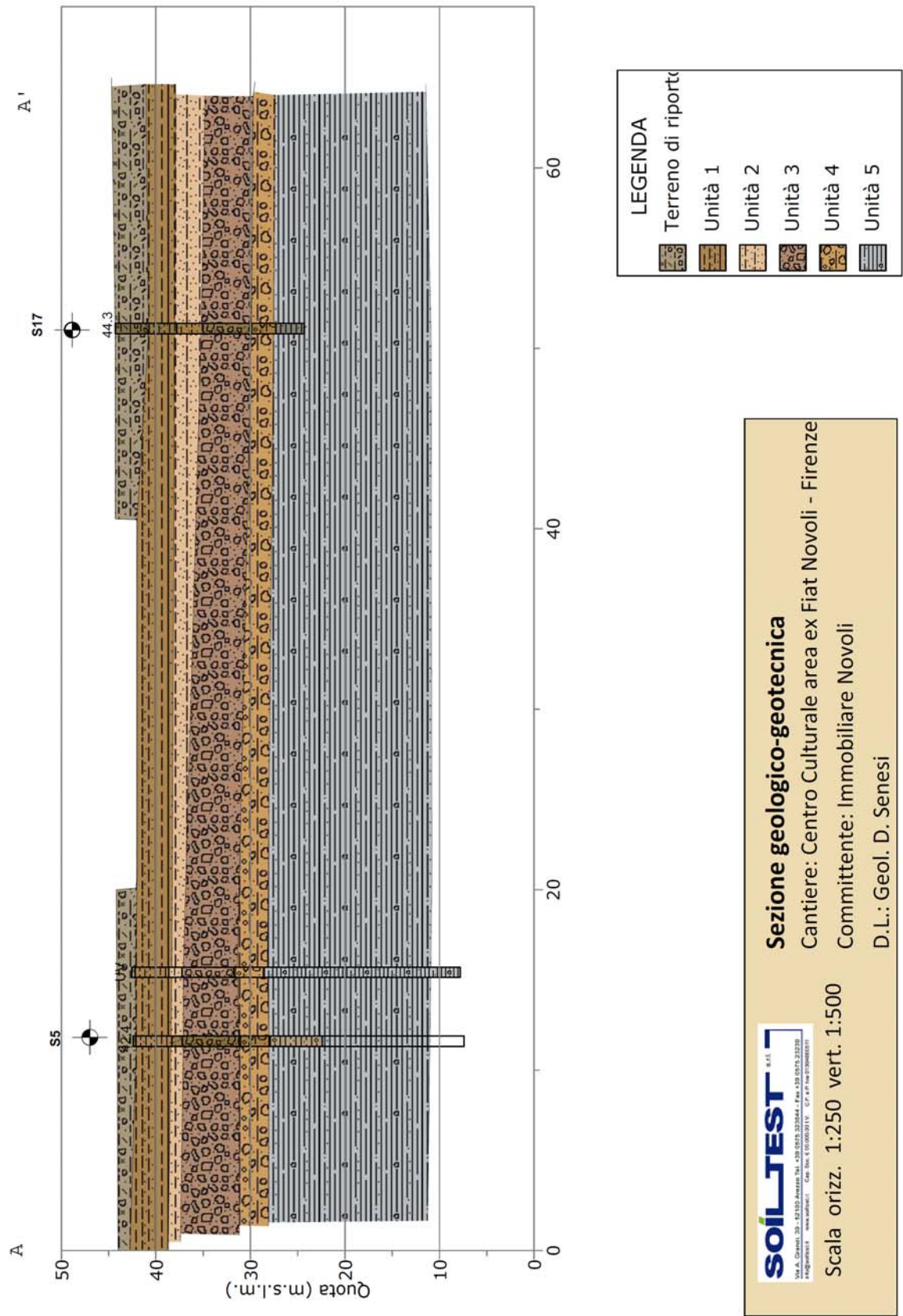
Unità 6

Quest'unità è formata da ghiaie eterometriche con ciottoli, i clasti sono di natura eterogenea, arrotondati, spesso alterati con diametro medio di 3-4 cm, in matrice limoso-sabbiosa. Essa può essere presente in lenti di spessore decimetrico all'interno dell'unità 5.

L'ambiente di sedimentazione dei litotipi piu' fini è di origine decisamente lacustre, mentre la presenza di ghiaie "sporche" (unità 4 e 6) testimonia un origine di tipo fluvio-lacustre che indica una posizione "distale" delle aree di progetto all'interno del bacino. Le unità 4, 5 e 6 possono essere riferite in bibliografia al Supersintema di Firenze.

Le misure piezometriche effettuate nel periodo 2005-2006 nei piezometri installati nell'area di progetto e nelle zone adiacenti hanno individuato una superficie piezometrica posta a ca. 35.8 m.s.l.m., relativa ad una falda di tipo freatico con direzione di flusso all'incirca NordEst-SudOvest.

Per quanto riguarda le oscillazioni stagionali del livello piezometrico, da notizie bibliografiche risulta che possano essere anche consistenti (>1 m).



6. SISMICITA' DELL'AREA

Il territorio comunale di Firenze ai sensi del P.C.M. n°3274 del 23-3-2003 è stato inserito in zona sismica 3.

Con l'entrata in vigore del D.M. del 1-1-2008 la stima della pericolosità sismica è definita con un approccio "sito dipendente". Nella presente relazione è stato effettuato sia una analisi con approccio semplificato che un analisi numerica della risposta sismica del sito, quest'ultima è riportata in appendice.

L'edificio in progetto ricade in classe d'uso 3 e quindi con coefficiente d'uso 1.5 e vita nominale $V_n \geq 75$ anni.

Per quanto riguarda l'approccio semplificato la pericolosità di base dell'area di progetto, con coordinate (ED50): **latitudine 43,79071 e longitudine 11,22717**, viene definita attraverso prove sismiche in foro. Data l'uniformità sia stratigrafica che delle misure sismiche tipo down-hole effettuate nei fori intorno all'area di studio, sono state utilizzate le misure tipo down-hole eseguite nella verticale del sondaggio S14bis (distante ca. 50 m dall'area di progetto) le quali hanno consentito di definire il seguente valore:

$$V_{s30} (S14bis) = 322 \text{ m/sec}$$

Per cui il sito in esame ricade nella **categoria di sottosuolo C** che definisce "i depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza" secondo la tabella 3.2 delle NCT 2008.

Il valore del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s derivato dalle indagini sismiche specifiche all'area di progetto è compreso tra:

$$1.43 \leq S_s \leq 1.50$$

Si ricorda che fattore di amplificazione sismica massimo riportato in cartografia, per l'area di progetto, è 1.50.

Mentre per quanto riguarda il coefficiente di amplificazione topografica S_t essendo l'area in esame su una superficie con inclinazione media $< 15^\circ$, esso sarà pari a:

$$S_t = 1.0$$

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido, con superficie topografica, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R . Per cui le forme spettrali sono definite, per

ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima del sito
 F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
 T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso per cui, per quanto riguarda gli **Stati Limite di Esercizio (SLE)** si definiscono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito di un sisma la costruzione nel suo complesso non deve subire danni ed interruzioni d'uso significative.
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito di un sisma la costruzione nel suo complesso subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente le capacità di resistenza e rigidezza, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Mentre per quanto riguarda gli **Stati Limite Ultimi (SLU)** sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito di sisma la costruzione subisce rotture e colli di componenti non strutturali ed impiantistici, con perdita significativa della rigidezza nei confronti di azioni orizzontali, pur conservando una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito di sisma la costruzione subisce gravi rotture e crolli di componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali, la costruzione conserva un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Di seguito sono riportati gli spettri di risposta elastici per l'area di progetto:

TABELLA 5

	% Sup.	T_r (anni)	a (g)	F_o	T_c (s)
SLO	81	45	0.054	2.58	0.26
SLD	63	75	0.065	2.59	0.28
SLV	10	712	0.150	2.40	0.31
SLC	5	1462	0.189	2.40	0.31

dove:

% **Sup.** probabilità di superamento nel periodo di riferimento

T_r periodo di ritorno

a (g) accelerazione massima orizzontale del sito

F_o valore max dl fattore di amplificazione dello spettro in accel. orizzontale

T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Con i seguenti coefficienti sismici:

TABELLA 6

	a_{max}	β	K_h	K_v
SLO	0.797	0.20	0.016	0.008
SLD	0.952	0.20	0.019	0.010
SLV	2.182	0.24	0.053	0.027
SLC	2.645	0.24	0.065	0.032

dove:

a_{max} accelerazione massima (m/s^2)

β coefficiente di riduzione accelerazione max. attesa sul sito

K_h coefficiente sismico orizzontale

K_v coefficiente sismico verticale

Dalla prova HVSR eseguita in corrispondenza del sondaggio S14bis nell'area di progetto è stato individuato un picco con frequenza di risonanza del terreno pari:

$$F_o = 1 \text{ Hz}$$

ed una ampiezza di ca. 2.5. Ricordiamo che attraverso l'espressione:

$$f = v_s/4h$$

è possibile determinare (seppur in maniera approssimata) la profondità del substrato roccioso, che nell'area di progetto risulta superiore a 100 m, come peraltro già riportato in bibliografia

7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Dall'elaborazione delle esperienze eseguite è stato possibile definire un quadro sufficientemente preciso delle caratteristiche fisiche, di resistenza e di deformazione dei terreni presenti. Infatti le indagini eseguite hanno consentito di costruire un modello originale suddividendo i terreni oggetto di studio in 5 unità principali oltre il terreno di riporto. Per ciascuna unità sono stati definiti dei parametri con valori medi da cui sono stati derivati i parametri caratteristici di seguito riportati.

In relazione al tipo di approccio progettuale adottato dai parametri caratteristici saranno successivamente ricavati i parametri di progetto.

7.1 PARAMETRI MEDI

Per quanto riguarda i valori medi facciamo riferimento ai valori medi statistici tenendo conto delle condizioni presenti nel sito e del tipo di prova da cui sono stati ricavati.

Per cui i terreni presenti sono stati suddivisi in unità geotecniche con caratteristiche analoghe, in accordo al modello stratigrafico esposto nel precedente paragrafo e definire la seguente successione:

Terreno di riporto

Costituito generalmente da elementi litoidi eterometrici in abbondante matrice limoso-argillosa, spesso prevalente. Il comportamento è di tipo intermedio-granulare, poco addensati, a cui orientativamente possono essere assegnati i seguenti parametri medi:

$$\gamma_m \text{ (massa volumica naturale media)} = 19.0 \text{ KN/m}^3$$

$$\phi'_m \text{ (angolo d'attrito interno efficace medio)} = 28^\circ$$

$$c'_m \text{ (coesione efficace media)} = 0 \text{ KN/m}^2$$

$$E_m \text{ (modulo edometrico medio)} = 4000 \text{ KN/m}^2$$

I materiali di riporto si trovano fino a quote variabili tra 43 e 41 m.s.l.m, anche se dai dati disponibili, essi non interessano la fondazione del manufatto esistente.

Unità 1

E' costituita da argilla con limo e limo con argilla, a tratti sabbiosi, con rari passaggi ghiaiosi. L'unità ha un comportamento nel complesso di tipo coesivo, anche se talvolta sono presenti rari passaggi con comportamento di tipo intermedio-granulare. I materiali appartenenti a quest'unità sono, nel suo complesso, classificabili secondo la tavola di Casagrande in posizione intermedia tra CH e CL per cui possono essere definiti: "argille inorganiche a media-elevata plasticità". I valori N_{SPT} sono compresi tra 16 e 26 colpi, con le misure dei pocket vane test compresi tra 85 e 140 KPa, che insieme alle prove di laboratorio indicano che i materiali appartenenti all'unità possono essere definiti come consistenti.

Pertanto all'unità possono essere assegnate le seguenti caratteristiche medie:

$$\gamma_m = 19.5 \text{ KN/m}^3$$

$$c_{um} \text{ (coesione non drenata media)} = 115 \text{ KN/m}^2$$

mentre per quanto riguarda la resistenza in termini efficaci:

$$\phi'_m \text{ (angolo d'attrito interno efficace medio)} = 25^\circ$$

$$c'_m \text{ (coesione efficace media)} = 15 \text{ KN/m}^2$$

Con modulo sforzi/deformazioni medio pari a:

$$E_m \text{ (modulo edometrico medio)} = 8000 \text{ KN/m}^2$$

Essi risultano moderatamente sovraconsolidati con un rapporto compreso tra:

$$OCR \text{ (rapporto di preconsolidazione)} = 2 - 3$$

L'unità nel suo complesso raggiunge una quota media intorno a 38 m.s.l.m..

Unità 2

E' caratterizzata da sabbia medio-fine e media limosa e da limo sabbioso argilloso, con comportamento essenzialmente di tipo granulare. I valori delle prove tipo S.P.T. sono compresi tra 10-15 colpi, per cui i materiali risultano da poco a moderatamente addensati, con i seguenti parametri medi:

$$\gamma_m = 19.0 \text{ KN/m}^3$$

$$\phi_m (\text{angolo di attrito interno medio}) = 30^\circ$$

$$E_m = 12000 \text{ KN/m}^2$$

I materiali appartenenti all'unità sono presenti fino a quote comprese tra 37 e 36 m.s.l.m..

Unità 3

Costituita da ghiaie eterometriche con rari ciottoli in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa talvolta abbondante, il cui comportamento è di tipo granulare. In questi materiali i valori di S.P.T. sono compresi tra 33 colpi ed il rifiuto strumentale, tale variabilità è probabilmente dovuta probabilmente alla presenza di ciottoli che a diversi gradi di addensamento. Per cui nel complesso le ghiaie risultano da poco a moderatamente addensate, e considerando le caratteristiche granulometriche si possono attribuire i seguenti parametri:

$$\gamma_m = 21.0 \text{ KN/m}^3$$

$$\phi_m = 39^\circ$$

$$E_m = 52000 \text{ KN/m}^2$$

Tale unità è stata rilevata fino alla quota compresa tra 31 e 30 m.s.l.m.

Unità 4

Anch'essa in prevalenza costituita da ghiaie eterometriche, anche se in abbondante matrice argilloso-limosa a tratti prevalente. Talvolta queste sono intercalate a livelli di limo con argilla. L'unità nel suo complesso ha comunque un comportamento di tipo granulare-intermedio con valori di S.P.T. variabili tra 29 e 65 colpi. Anch'esse risultano da poco a moderatamente addensate con le seguenti caratteristiche:

$$\gamma_m = 20.5 \text{ KN/m}^3$$

$$\phi_m = 37^\circ$$

$$E_m = 43500 \text{ KN/m}^2$$

Essa è presente fino a quote comprese tra 28 e 27 m.s.l.m..

Unità 5

E' costituita da argille con limo, a tratti debolmente sabbiose, raramente ghiaiose. I materiali appartenenti all'unità sono classificati generalmente come CH "argille inorganiche a elevata plasticità", hanno un comportamento nel complesso di tipo coesivo, risultando da consistenti a molto consistenti, leggermente sovraconsolidate, con le seguenti caratteristiche:

$$\gamma_m = 20.0 \text{ KN/m}^3$$

$$c_{um} = 140 \text{ KN/m}^2$$

$$E_m = 12500 \text{ KN/m}^2$$

$$OCR \approx 2$$

L'unità è stata rilevata fino alla quota di indagine (ca. 9 m.l.s.m.)

7.2 PARAMETRI CARATTERISTICI

Per quanto riguarda i valori caratteristici essi sono scelti come una stima cautelativa all'insorgere dello stato limite, adottandone valori a favore della sicurezza. A tal proposito la metodologia suggerita dall'Eurocodice 7 per la definizione dei valori caratteristici è di natura statistica. Lo stesso indica che si potrà scegliere di avere una probabilità del 5% che un valore peggiore governi il comportamento del materiale in sito o, in un'ottica molto meno pessimistica, scegliere una semplice stima cautelativa del valore medio spaziale. In generale quando il campo di variabilità (definito dal coefficiente di variabilità – COV) dei dati ottenuti dalle prove è ristretto, quando cioè non si ha una sistematica variazione dei risultati a seconda della posizione dei campioni analizzati le variazioni possono essere trattate come casuali, potrà essere accettabile adottare un valore cautelativo medio spaziale. Dove invece, il campo di variazione dei valori ottenuti dalle prove di laboratorio è ampio, è necessario adottare un valore caratteristico più pessimistico: con riferimento ad una distribuzione statistica tale probabilità può essere associata al frattile 5%. In particolare tale analisi potrà essere applicata per i dati che saranno inseriti nelle verifiche degli stati limite ultimi (resistenza). Mentre per quanto riguarda i dati applicati nelle verifiche degli stati limite di esercizio (deformabilità) è accettabile adottare valori relativi alla media. Per i terreni di riporto si possono considerare i valori medi già definiti cautelativamente.

Unità 1

Nella definizione dei parametri caratteristici sono stati elaborati i dati relativi all'unità da cui risulta un COV (coefficiente di variabilità) pari a ca. 27% che indica una moderata dispersione dei dati. Per cui considerando lo spessore dell'unità nell'assegnazione dei parametri di resistenza è stato adottato un valore compreso tra il 5 percentile ed il 5 percentile medio. Mentre in relazione ai valori relativi alla deformabilità considerando i tipi di prove eseguite possono essere acquisiti parametri vicini a quelli medi, per cui :

$$\gamma_k \text{ (massa volumica naturale caratteristica)} = 19.5 \text{ KN/m}^3$$

$$c_{uk} \text{ (coesione non drenata caratteristica)} = 85 \text{ KN/m}^2$$

mentre per quanto riguarda la resistenza in termini efficaci:

$$\phi'_k \text{ (angolo d'attrito interno efficace caratteristico)} = 23^\circ$$

$$c'_k \text{ (coesione efficace caratteristica)} = 10 \text{ KN/m}^2$$

$$E_k \text{ (modulo edometrico caratteristico)} = 8000 \text{ KN/m}^2$$

Fino alla quota di ca. 38 m.s.l.m..

Unità 2

Dall'analisi dei dati disponibili riferiti all'unità il valore del coefficiente di variabilità risulta poco disperso (9%), per cui considerando il limitato spessore dell'unità, nella determinazione dei valori caratteristici di resistenza si può fare riferimento al valore del 5 percentile riferito alla media. Per cui i parametri assegnabili all'unità sono:

$$\gamma_k = 19.0 \text{ KN/m}^3$$

$$\phi_k \text{ (angolo d'attrito interno caratteristico)} = 28^\circ$$

$$E_k = 12000 \text{ KN/m}^2$$

L'unità è presente fino a quota media di 36.5 m.s.l.m..

Unità 3

I dati appartenenti all'unità risultano poco infatti il COV risulta intorno al 8%, per cui nella determinazione dei valori caratteristici di resistenza si può fare per anch'essi riferimento ai valori del 5 percentile riferito alla media con i seguenti parametri caratteristici:

$$\gamma_k = 21.0 \text{ KN/m}^3$$

$$\phi'_k = 37^\circ$$

$$E_k = 52000 \text{ KN/m}^2$$

L'unità è stata rilevata fino alla quota di ca. 31 m.s.l.m.

Unità 4

I dati utilizzati relativi all'unità sono poco dispersi, con COV pari a 5%, e con spessori che risultano talvolta di alcuni metri si possono adottare i seguenti parametri caratteristici:

$$\gamma_k = 20.5 \text{ KN/m}^3$$

$$\phi'_k = 36^\circ$$

$$E_k = 43500 \text{ KN/m}^2$$

Presente fino a quota media di ca. 28 m.s.l.m..

Unità 5

Dall'analisi dei dati disponibili relativi all'unità risulta un COV pari a ca. 22% che indica una moderata dispersione. Altresì considerando l'elevato spessore dell'unità nell'assegnazione dei parametri di resistenza è stato adottato un valore intermedio tra il 5 percentile ed il 5 percentile riferito alla media, per cui :

$$\gamma_k = 20.0 \text{ KN/m}^3$$

$$c_{uk} = 110 \text{ KN/m}^2$$

$$E_k = 12000 \text{ KN/m}^2$$

Tale unità è stata riconosciuta fino alla profondità d'indagine (ca. 9 m.s.l.m.)

8. STABILITÀ' ALLA LIQUEFAZIONE

I fenomeni di liquefazione interessano in genere depositi sabbiosi saturi, i quali se soggetti a sollecitazioni cicliche di taglio, indotte da fenomeni sismici, producono un aumento della pressione interstiziale che uguaglia la pressione di confinamento. La possibilità che un deposito raggiunga le condizioni di liquefazione dipende, oltre che sia saturo, dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dallo spessore degli strati, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso.

Dall'analisi dei terreni presenti nelle aree di progetto gli unici litotipi che potrebbero essere suscettibili alla liquefazione quelli appartenenti all'unità 2, i quali sono rappresentati da sabbie medio limose e limi con sabbia. Ma questi materiali pur essendo generalmente poco addensati, presentano caratteristiche granulometriche che hanno una componente di materiale fine consistente ($>20\%$), tale che anche in caso di risalita del livello piezometrico essi non sono soggetti a fenomeni di liquefazione.

Pertanto possiamo affermare che nelle aree di progetto non sono presenti terreni suscettibili a fenomeni di liquefazione.

Arezzo, Maggio 2019



Dott. Geol. Dario Senesi

APPENDICE

ANALISI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Al fine di avere un quadro completo della sismicità dell'area è stata eseguita l'analisi della Risposta Sismica Locale mediante una analisi numerica.

Preventivamente sono state valutate e ritenute idonee le condizioni al contorno necessarie all'applicazione di modelli numerici 1D: l'assetto degli strati può essere ritenuto planolineare per una estensione sufficiente all'applicazione di un codice di calcolo basato sulla propagazione verticale di onde S planari, polarizzate orizzontalmente, propagatisi all'interno di un mezzo stratificato orizzontalmente con deformazione dipendente dalle proprietà dinamiche del suolo.

Il risultato dell'applicazione di tali modelli è la definizione della funzione di trasferimento rappresentativa della situazione geologico/strutturale al di sotto del sito in esame. La forma della funzione di trasferimento si presume, quindi, sia legata alle modalità di trasmissione delle onde all'interno degli strati superficiali ed in particolare alle interferenze che si generano fra queste onde. In generale ipotizzando una situazione semplificata con due soli strati, se il contrasto di impedenza tra i due sismostrati è alto e se il livello di base è considerabile un basamento rigido, l'onda sismica emergente dal basso rimarrà intrappolata nel livello più superficiale. Se l'intrappolamento è totale, tutta l'energia rimarrà confinata nel livello superficiale e le onde intrappolate tenderanno ad interferire tra loro. Quando l'interferenza sarà positiva avremo amplificazione e la relativa funzione matematica risulterà periodica con valori maggiori o uguali all'unità. Essa diviene infinita per determinate frequenze, definite di risonanza del terreno. Queste frequenze dipenderanno dallo spessore dello strato e dalla velocità delle onde al suo interno, secondo la seguente relazione:

$$\nu = (2n - 1) \frac{v_s}{4H}$$

v_s = velocità delle onde sismiche S nello strato n considerato e H = spessore.

Qualora il substrato non sia rigido ma deformabile, l'intrappolamento non sarà totale, con conseguente diminuzione del grado di amplificazione in funzione del rapporto di impedenza tra substrato e coperture.

Analogamente al caso del substrato rigido, sono sempre v_s e spessori a caratterizzare le frequenze in cui è verificata l'amplificazione. Qualora il comportamento del terreno non sia elastico ma viscoelastico (modello utilizzato nei più comuni programmi di RSL monodimensionale), il livello di amplificazione sarà decrescente all'aumentare della frequenza.

Le caratteristiche anelastiche dei terreni vengono considerate nei codici di calcolo, mediante l'inserimento per ognuno dei terreni modellati di curve dinamiche, relative alla variazione del modulo di taglio (G) e dello smorzamento (ξ) in funzione della deformazione sismica crescente. Tali curve sono ricavabili mediante esecuzione di analisi geotecniche di laboratorio in campo dinamico oppure desumibili da banche dati nazionali ed estere.

I più comuni codici di calcolo (Shake, EERA, Strata, etc..), agiscono in un contesto semplificato di tipo elastico-equivalente. Il modello fisico consiste di N strati piani e paralleli, di estensione orizzontale infinita, su un semispazio (bedrock). Ogni strato, considerato omogeneo ed isotropo, è caratterizzato dallo spessore h , dalla densità ρ , dal modulo di taglio G , e dal fattore di smorzamento ζ . Il programma è applicabile solo qualora il modello sia a strati orizzontali paralleli infinitamente estesi o assimilabile ad una situazione analoga per un intorno significativo.

Il processo di analisi è il seguente:

1. Estrazione degli accelerogrammi naturali da utilizzare come input sismici opportunamente scalati al valore di accelerazione del sito e deconvoluti (per stimare le sue caratteristiche se fosse registrato al tetto del substrato e non in superficie come di norma realmente accade);
2. Definizione del modello sismostratigrafico (spessori, v_s , densità, curve G/G_0 e ξ);
3. Calcolo dello spettro di risposta di input (utile per un successivo confronto con l'analogo dato finale);
4. Trasformazione del moto di input dal dominio del tempo al dominio delle frequenze (spettro di Fourier);
5. Esecuzione dell'analisi: sulla base del modello sismostratigrafico e quindi della funzione di trasferimento tipica del sito, lo spettro di input sarà modificato nell'attraversare il profilo. Il modello è iterativo e ciò comporta che all'aumentare della deformazione indotta, i valori di G e ξ iniziali vengano progressivamente sostituiti con i valori degradati, sulla base delle curve dinamiche inserite per ogni strato;
6. Alla fine dell'analisi sarà definito uno spettro di output, relativo alla modifica dello spettro di input sulla base delle caratteristiche geologico-tecniche del sito. Dal rapporto tra spettro di output e

spettro di input, sarà definibile la funzione di trasferimento peculiare del sito;

7. Mediante antitrasformata di Fourier sarà definito l'accelerogramma di output, tramite il quale il programma calcolerà lo spettro di risposta di output.

Relativamente all'utilizzo di accelerogrammi naturali di cui al punto 1), le NTC2008 riportano in sintesi le seguenti prescrizioni:

- l'uso di accelerogrammi registrati è ammesso, a condizione che la loro scelta sia rappresentativa della sismicità del sito e adeguatamente giustificata in base alle caratteristiche sismogenetiche della sorgente, alle condizioni del sito di registrazione, alla magnitudo, alla distanza dalla sorgente e alla accelerazione orizzontale di picco attesa al sito;
- gli accelerogrammi registrati devono essere selezionati e scalati in modo da approssimare spettri di risposta nel campo di periodi di interesse per il problema in esame;
- utilizzare le condizioni di compatibilità spettrale media definite per i segnali artificiali anche per quelli naturali, avendo cura in ogni caso di rispettare le condizioni geologiche di sito e di scegliere accelerogrammi il cui spettro è, per quanto possibile, generalmente simile a quello di riferimento;
- gli accelerogrammi possono essere scalati linearmente in ampiezza limitando il fattore di scala nel caso di segnali provenienti da eventi di piccola magnitudo;
- gli effetti sulla struttura sono rappresentati dai valori medi degli effetti più sfavorevoli ottenuti dalle analisi, se si utilizzano almeno 7 diversi gruppi di accelerogrammi, dai valori più sfavorevoli degli effetti, in caso contrario;
- in nessun caso si possono adottare meno di tre gruppi di accelerogrammi.

La Regione Toscana ha realizzato un apposito software denominato SCALCONA 3.0 che consente di ottenere un set di 7 accelerogrammi naturali registrati su roccia e soddisfacenti al requisito della spettro compatibilità con lo spettro di risposta di normativa (NTC2008) per un qualsiasi sito ricadente all'interno del territorio toscano. L'estrazione può essere effettuata per vari tempi di ritorno in funzione delle necessità dell'analisi. In questo studio l'utilizzo di SCALCONA 3.0 ha consentito di estrarre i dati di input per la valutazione della RSL relativo ad un edificio in classe d'uso 3 quindi con il coefficiente d'uso pari a 1.5 e vita nominale $V_n \geq 75$ anni. Per cui i tempi di ritorno da considerare per la stima dell'accelerazione

di base del sito al valore della quale bisognerà scalare ognuno dei 7 accelerogrammi costituenti l'input sismico sono 712 anni per gli SLV. Il sito in esame ha coordinate (ED50):

lat.: 43.79167 long.: 11.22816

per cui è prevista un accelerazione di base pari a:

$$a_g = 0.150 \text{ g}$$

Tale valore di accelerazione può essere stimato utilizzando il foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per la stima dell'azione sismica di progetto.

Fissato l'input sismico il codice di calcolo utilizzato per la realizzazione delle analisi di risposta sismica locale 1D è STRATA (Kottke & Rathje, 2008) un software distribuito sotto la GNU General Public License. Il codice utilizza un algoritmo tipo "SHAKE (Schnabel et al. 1972; Idriss & Sun 1992)" e consente la stima di accelerogrammi di output, spettri di risposta elastici e spettro normalizzato (parametri dipendenti ed indipendenti).

Per quanto attiene le curve di decadimento del modulo di taglio G e del fattore di smorzamento ζ necessarie tra i dati di input del programma, nell'impossibilità di avere dati specifici per il sito in esame su campioni prelevati in loco e sottoposti ad analisi di laboratorio, sono state utilizzate curve di archivio per terreni simili. Le curve testate sono le seguenti: limi argilloso sabbiosi del Mugello, della Lombardia, del Lazio e la curva di Idriss et al. per terreni limo sabbiosi; ghiaie della Lunigiana, della Lombardia, del Lazio e la curva di Seed et al. per terreni ghiaiosi. Oltre all'analisi lineare equivalente il programma esegue un'analisi elastica lineare nella quale si trascurano le curve di decadimento e si impiega il solo modello di velocità. La scelta del modello migliore è stata effettuata tenendo conto del risultato fornito dalle indagini HVSR, confrontando lo spettro di amplificazione con gli spettri di risposta ottenuti impiegando varie curve di decadimento.

In conclusione è stato scelto il modello elastico lineare perché fornisce un picco di frequenza molto vicino a quello dello spettro H/V generato dal contrasto di impedenza tra lo strato superficiale ed il bedrock posto oltre 100 m di profondità (Figura 1).

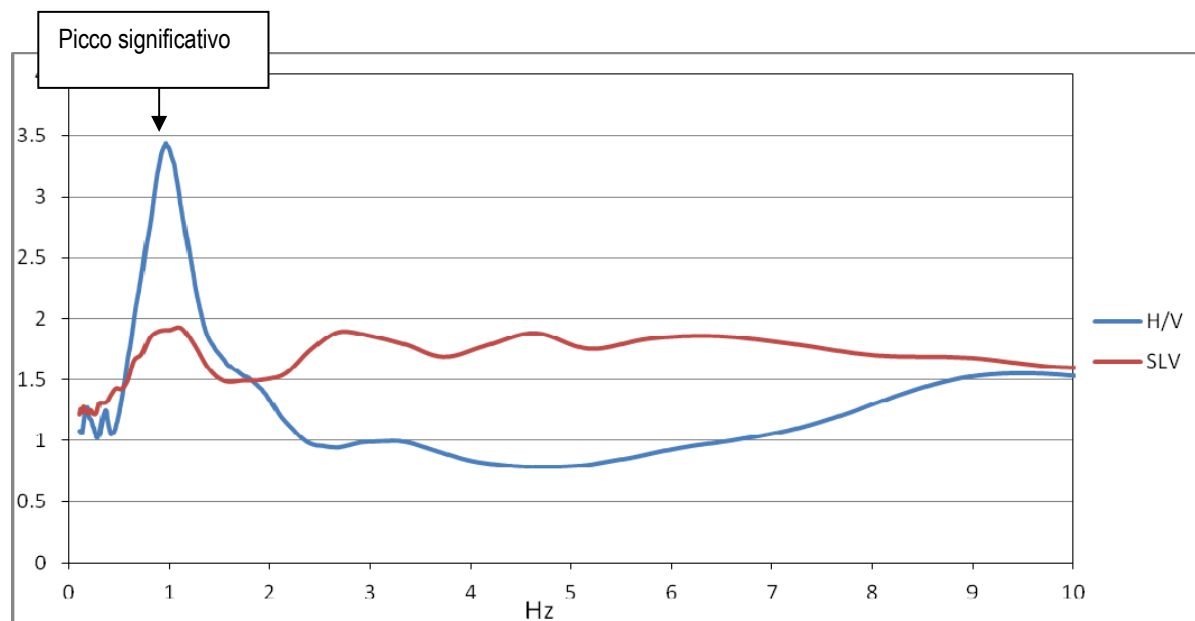
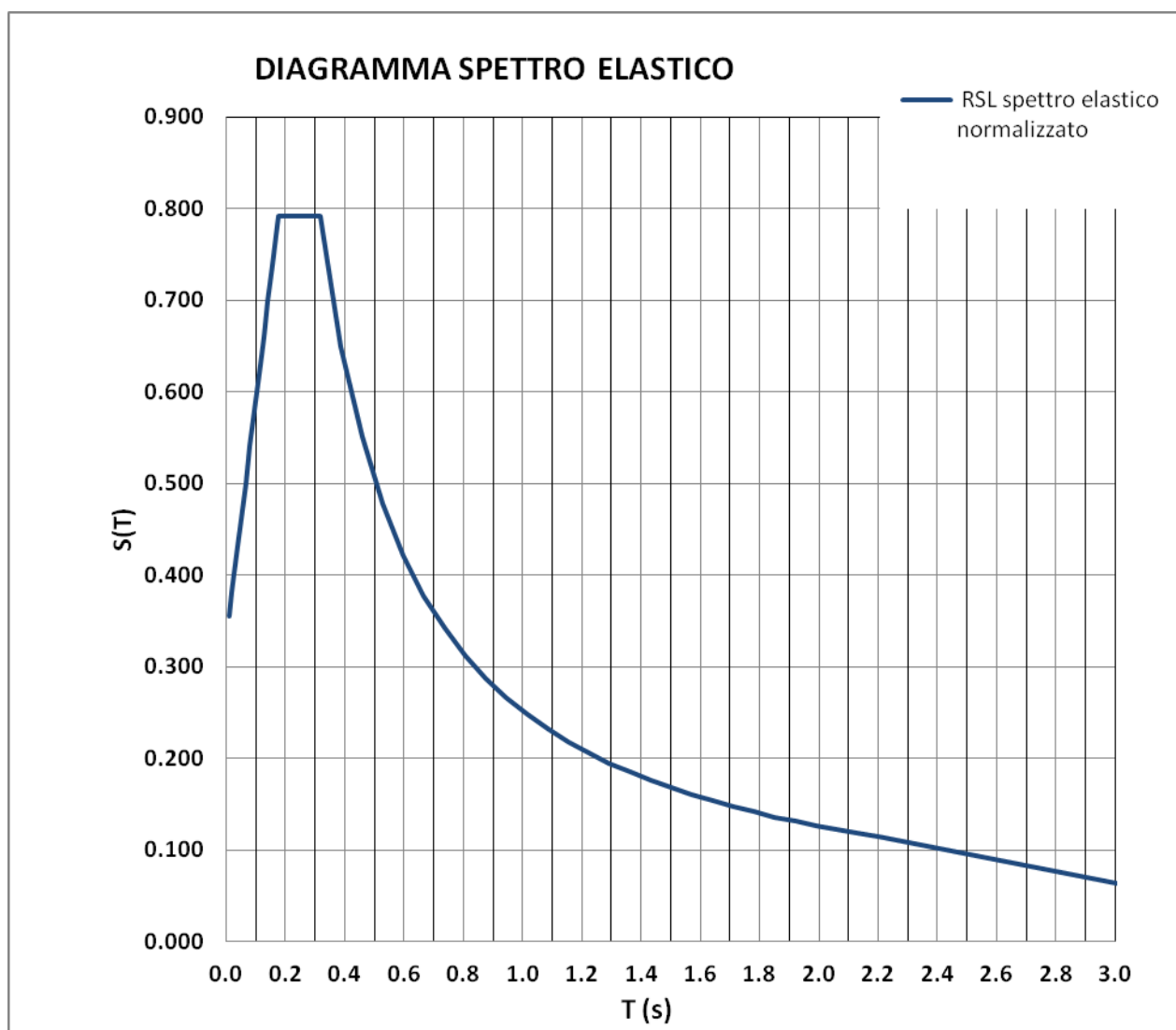


Figura 1 Confronto tra gli spettri elastici SLV con lo spettro H/V.

La modellazione ha consentito di fornire al progettista sia gli accelerogrammi modificati a partire dai 7 di input, sia lo spettro di risposta in accelerazione agli SLV normalizzato agli spettri di normativa, di seguito riportato sia in forma numerica che in grafico:

T (sec)	a (g)	T (sec)	a (g)	T (sec)	a (g)	T (sec)	a (g)
0.01	0.355	0.24	0.792	0.95	0.266	3.93	0.036
0.02	0.381	0.25	0.792	1.02	0.248	4.80	0.024
0.04	0.421	0.25	0.792	1.08	0.232	5.67	0.017
0.05	0.461	0.26	0.792	1.15	0.218	6.53	0.013
0.07	0.501	0.27	0.792	1.22	0.206	7.40	0.010
0.08	0.540	0.28	0.792	1.29	0.195	8.27	0.008
0.10	0.580	0.28	0.792	1.36	0.185	9.13	0.007
0.11	0.620	0.29	0.792	1.43	0.176	10.00	0.006
0.13	0.659	0.30	0.792	1.50	0.168		
0.14	0.699	0.30	0.792	1.57	0.160		
0.16	0.793	0.31	0.792	1.64	0.153		
0.18	0.792	0.32	0.792	1.71	0.147		
0.18	0.792	0.39	0.650	1.78	0.141		
0.19	0.792	0.46	0.551	1.85	0.136		
0.20	0.792	0.53	0.478	1.92	0.131		
0.20	0.792	0.60	0.422	1.99	0.126		
0.21	0.792	0.67	0.378	2.06	0.122		
0.22	0.792	0.74	0.342	2.13	0.118		
0.23	0.792	0.81	0.312	2.20	0.114		
0.23	0.792	0.88	0.288	3.07	0.059		



Spettro allo SLV normalizzato.

Arezzo, Maggio 2019



Dott. Geol. Dario Senesi

Allegati

Colonne Stratigrafiche

Sondaggio: S5

Cantiere: Edificio UMI F - Area ex Fiat Novoli - Firenze

Committente: Sandonato s.r.l.

Data inizio perforazione: 18-9-2004

Data fine perforazione: 18-9-2004

D.L.: Ing. B. Giachi

Lunghezza (m): 20.0

Scala grafica: 1:150

Inclinazione (°): 0.00

Quota sul p.c.	Profondità (m)	Litologia	Descrizione litologica	Campioni	S.P.T.	Pocket Penetrometer (kPa)	Pocket Vane Test (kPa)	Piezometro
						200 400	50 150	
	3.2		Elementi litoidi eterogenei, eterometrici, Dmax>10 cm, in matrice limoso-sabbiosa, grigio chiara con resti antropici (Terreno di riporto).				>600	
			Limo con argilla ed argilloso, debolm. sabbioso, nocciola e marrone, consistente.			180	120	
	4.1		Limo argilloso, debolm. sabbioso e sabbioso, nocciola, moderatamente consistente. Presente alla base livello di ghiaia tra 3.8-3.9 m.			310	140	
	4.9		Ghiaia eterometrica con clasti eterog., Dmax 4 cm, in abbond. matrice limoso-sabbiosa marrone (clasti 60-70%).				84	
	5		Limo con sabbia e sabbioso, argilloso, nocciola.					
			Sabbia medio-fine, con limo e limosa, nocciola, poco addensata.		6.00 m			
			Ghiaia eterometrica con rari ciottoli, con clasti eterogenei, arrotond., Dmax>10 cm, Dmed 3-5 cm, in matrice sabbiosa e limoso-sabbiosa, nocciola e marrone, a tratti abbond.. (clasti 60-90%).		50 14 cm			
	11.1		Sabbia media limosa debolm. ghiaiosa, nocciola.		7.50 m			
			Argilla con limo, debolm. sabbiosa, nella parte bassa sabbiosa debolm. ghiaiosa, nocciola, consistente, clasti Dmax 10 cm, molto alterati (clasti 0-10%).		50 11 cm			
	12.5		Ghiaia eterometrica con rari ciottoli, con clasti eterogenei, arrotond., alterati e molto alterati, Dmax>10 cm, Dmed 3-5 cm, in abbond. matrice limoso-argillosa a tratti preval. (clasti 60-80%).		10.70 m	280	124	
	14.5		Argilla con limo debolm. sabbiosa, avana e nocciola, consistente.		11-10-14	250	116	
	15.0		Limo con argilla ed argilla con limo, debolm. sabbioso e sabbioso, debolm. ghiaioso raramente ghiaioso fine, molto consistente, nocciola, con clasti molto alterati Dmax 3 cm (clasti 0-20%).			230	116	
	18.0		Limo sabbioso e con sabbia, argilloso, nocciola con rare striat. grigie.		16.70 m	400	200	
	18.7		Limo con argilla e ghiaia sabbioso, nocciola, con clasti Dmax 4 cm (clasti 30%).		10-14-17	420	192	
	20		Argilla limosa e con limo, grigio chiara con striat. nocciola, molto consistente, con concrez. carb. Dmax 2			470	240	

Diametro perforazione (mm): 101

Diametro rivestimenti (mm): 127

Macchina perforatrice: Puntel px700

Metodo di perforazione: con aste e carotiere semplice a secco

Operatore: Sig. M. Pighetti

Note: Al termine della perforazione nel foro di sondaggio è stato inserito un piezometro a tubo aperto.

Geologo compilatore: D. Senesi

Sondaggio: S17

Cantiere: Ampl. Centrale Termica - Area ex Fiat Novoli - Firenze

Committente: Immobiliare Novoli s.p.a.

D.L.: Arch. S. Paradisi

Lunghezza (m): 20.0

Data inizio perforazione: 4-8-2005

Scala grafica: 1:150

Data fine perforazione: 5-8-2005

Inclinazione (°): 0.00

Quota sul p.c.	Profondità (m)	Litologia	Descrizione litologica	Campioni	S.P.T.	Pocket Penetrometer (KPa)	Pocket Vane Test (KPa)	Piezometro
						200 400	50 150	
	3.6		Elementi litoidi eterogenei, frammenti di laterizio e cls, Dmax>10 cm, con passaggi, nella parte bassa di limo con argilla nocciola. (Terreno di riporto).	SPT	3.00 m 3-3-4	300	140	
5	6.5		Limo con argilla debolm. sabbioso, a tratti debolm. ghiaioso, nocciola, consistente.	SPT	6.00 m 7-12-14	280	124	
	8.4		Limo con sabbia e sabbioso, argilloso, nocciola, con passaggi grigi.			220	108	
	9.3		Sabbia medio-fine e fine con limo, marrone e grigia, con passaggi di limo con sabbia	SPT	9.00 m 3-4-25			
10			Ghiaia eterometrica con rari ciottoli, con clasti eterogenei, arrotond. Dmax>10 cm, Dmed 3-4 cm, in matrice limoso-sabbiosa e sabbiosa marrone (clasti 70-90%). Livello (12.5-12.7 m) di sabbia medio-grossa.	SPT	10.50 m 16-19-22			
	14.3			SPT	12.20 m 10-15-10			
15	17.0		Ghiaia eterometrica con rari ciottoli, con clasti preval. calcareo-marnosi ed arenacei, alterati e molto alterati, arrotond. e subangol., Dmax>10 cm, Dmed 4-5 cm, in matrice limoso-sabbiosa e limoso-argillosa, abbond. parte bassa, nocciola (clasti 50-80%). Livello (16.3-16.5 m) di argilla con limo consistente.	SPT	15.60 m 8-13-16	250	128	
	18.5		Argilla con limo, nocciola, a tratti debolm. ghiaiosa fine, da consistente a molto consistente.			380	200	
			Limo con argilla debolm. sabbioso e sabbioso, debolm. ghiaioso e ghiaioso fine, molto consistente, clasti Dmax 3 cm, nocciola con striat. grigie, consistente (clasti 0-20%).			370	180	
20						350	176	
						450	212	

Diametro perforazione (mm): 101

Diametro rivestimenti (mm): 127

Macchina perforatrice: Puntel px700

Metodo di perforazione: con aste e carotiere semplice a secco

Operatore: Sig. G. Ciocca

Geologo compilatore: D. Senesi

Note:

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

Cantiere: Edificio H27 Area ex Fiat Novoli - Firenze

Committente: Immobiliare Novoli

Data inizio perforazione: 29-4-2016

Data fine perforazione: 3-5-2016

Sondaggio: S14bis

Richiedente: Geol. D. Senesi

Lunghezza (m): 32.0 m

Scala grafica: 1:150

Inclinazione (°):

Profondità (m)	Quota (m.s.l.m)	Litologia	Descrizione litologica	Campioni	S.P.T.	Pocket Penetrometer (KPa)	Pocket Vane Test (KPa)	Piezometro Livello/i piez.
						100 200 300 400 350	50 100 150 200 180	
2,4	37,4		Limo con argilla debolm. sabbioso e raramente sabbioso, marrone-ocra, a tratti debolm. ghiaiosa fine			320 310	164 140	
			Limo sabbioso e con sabbia argilloso marrone	c.i. SPT	2.5 m	260 250	120 116	
3,9	35,9		Sabbia media-fine con limo, marrone		2-4-5			
4,4	35,4		Limo argilloso debolm. sabbioso marrone	SPT	3.8 m			
			Limo sabbioso e con sabbia, argilloso, marrone		1-4-6			
			Sabbia medio-fine limosa marrone-ocra	SPT	5.5 m			
			Sabbia fine emedia con limo e limosa, a tratti torbosa, grigia, con passaggi centim. di limo con argilla		5-22-18			
8,7	31,1		Ghiaia eterometrica con rari ciottoli, clasti eterog., arrotond., Dmax>10 cm, Dmed 3-4 cm, in matrice sabbiosa e sabb.-limosa, marrone, a tratti abbond. (clasti 60-80%)			180	88	
10,5	29,3		Limo con argilla ed argilla con limo, debolm. sabbiosi, marrone-ocra. Passaggio centim. (8.8 m) di ghiaia	SPT	9.8 m	250	132	
			Ghiaia eterometrica con clasti eterogenei, arrotond., Dmax 7 cm, Dmed 2-3 cm, in matrice sabbioso-limosa e limo-argillosa, marrone e marrone-ocra (clasti 80-90%)	SPT	8-18-15			
11,7	28,1		Argilla con limo debolm. sabbiosa, marrone-ocra	SPT	11.5 m	360 350 380	196 192 200	
			Ghiaia eterometrica con rari ciottoli, con clasti eterogenei, arrotondati, Dmax>10 cm, Dmed 3-4 cm, in abbondante matrice limoso-argillosa, marrone-ocra (clasti 60-80%)		6-6-9	320 380 380	160 204 204	
15,1	24,7		Argilla con limo marrone-ocra ed avana passante grigio chiara, a tratti debolm. ghiaiosa fine	c.i.		270	108	
16,6	23,2		Limo con argilla debolm. ghiaioso e ghiaioso fine, debolm. sabbioso e sabbioso (16.1-16.4 m), avana e marrone con striat. nerastre, con clasti Dmed 0.5 cm	SPT	17.0 m	240	112	
17,5	22,3		Ghiaia eterometrica con clasti eterogenei, Dmax 5 cm, Dmed 3 cm, arrotond., in matrice limoso-sabbiosa marrone-ocra e marrone (clasti 70-80%)		20-43-45	350 380 370	172 196 192	
			Argilla con limo spesso debolm. ghiaiosa, a tratti ghiaiosa fine, grigio chiara e marrone con striat. grigie, a tratti grigio-verdastra e grigie, con clasti e concrez. carb., Dmax 2 cm, Dmed 0.5 cm (clasti 0-30%)			360 400	180 204	
21,3	18,5		Argilla con limo e limosa, debolm. sabbiosa, grigia			350	184	
21,9	17,9		Limo sabbioso argilloso, grigio-verdastra					

Diametro perforazione (mm): 101

Diametro rivestimenti (mm): 127

Macchina perforatrice: Comacchio tipo MC450

Metodo di perforazione: aste e carotiere

Responsabile di sito: Geol. D. Senesi

Note: Al termine della perforazione il foro di sondaggio è stato attrezzato per l'esecuzione di prove sismiche tipo down-hole

Direttore laboratorio: Ing. M. Goretti

n° pagine certificato: 2

Pagina 1

Certificato n°: 091/2016 del 5-5-2016

Sondaggio: S14bis

Richiedente: Geol. D. Senesi

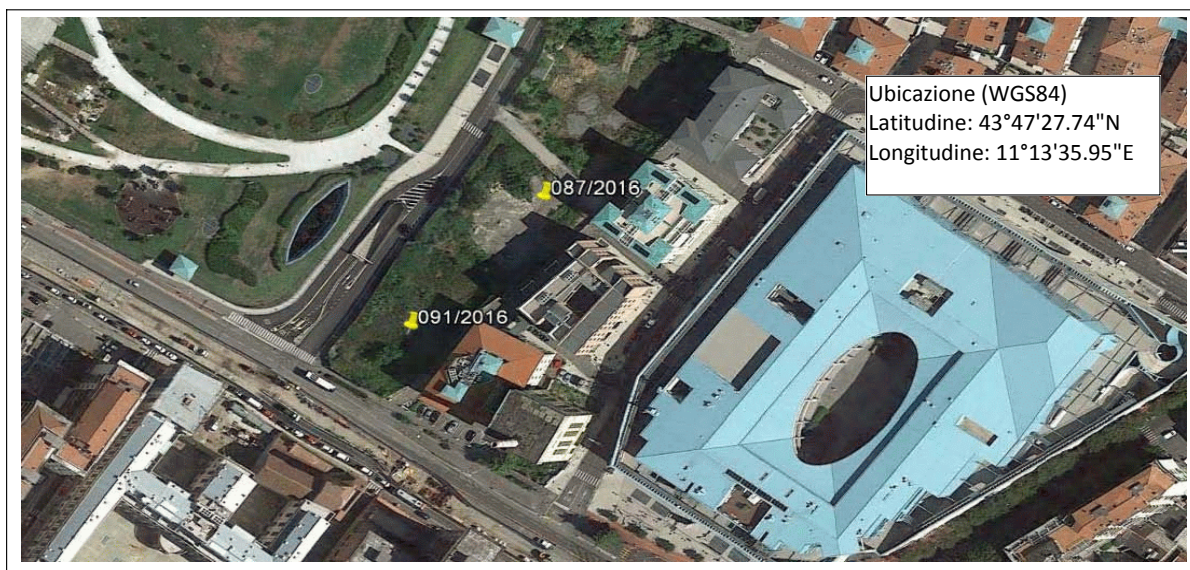
Lunghezza (m): 32.0 m

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

Cantiere: Edificio H27 Area ex Fiat Novoli - Firenze

Committente: Immobiliare Novoli

Profondità (m)	Quota (m.s.l.m.)	Litologia	Descrizione litologica	Campioni	S.P.T.	Pocket Penetrometer (KPa) 100 200 300 400	Pocket Vane Test (KPa) 50 100 150 200	Piezometro
32,0	7,8		Argilla con limo e limosa, raramente debolm. ghiaiosa fine, a tratti debolm. sabbiosa grigia raramente grigio-verdastra			320 410 380 450 420 380 340 350 300 350 320 350	160 212 180 208 216 196 184 176 152 180 168 176	



Documentazione fotografica



S5 c1 p.c. - 5.0 m



S5 c2 5.0 m - 10.0 m



S5 c3 10.0 m - 15.0 m



S5 c4 15.0 m - 20.0 m



S17 c1 p.c. - 5.0 m



S17 c2 5.0 m - 10.0 m



S17 c3 10.0 m - 15.0 m



S17 c4 15.0 m - 20.0 m



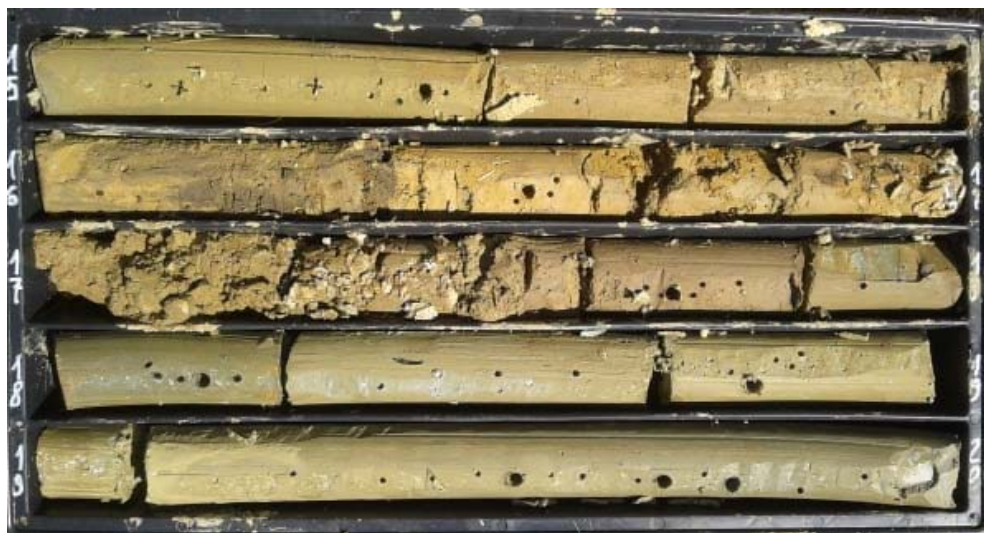
S14bis c1 p.c. – 5.0 m



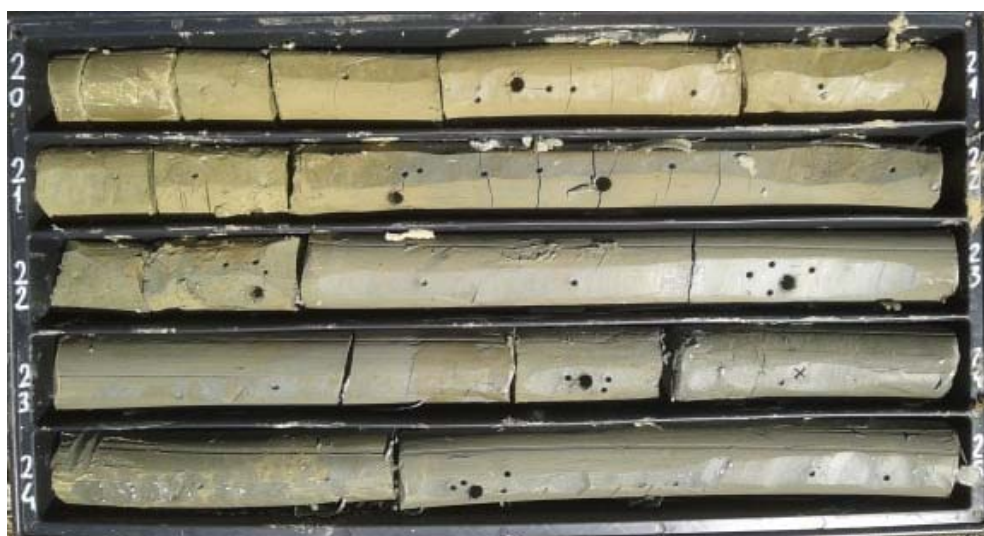
S14bis c2 5.0 m – 10.0 m



S14bis c3 10.0 m – 15.0 m



S14bis c4 15.0 m – 20.0 m



S14bis c5 20.0 m – 25.0 m



S14bis c6 25.0 m – 30.0 m



S14bis c7 30.0 m – 32.0 m

Prove di laboratorio geotecnico



ELLE TI
Laboratorio Terre S.r.l.

Laboratorio Associato
dal 1984



Associazione
Laboratori
Geotecnici
Italiani

Via. L. Galeotti n°3 50136 Firenze Tel/Fax: 055-6505508 Cell: 348-8850949 e-mail: laboratorio.elleti@tiscali.it P.IVA: 04390160481

Certificato n° 246-04 Data 22/10/04 Pagina 1 / 12

CERTIFICATO DI ANALISI GEOTECNICHE
(SISTEMA DI QUALITA' UNI EN ISO 9001)

Committente: Soil Test s.r.l.

Indirizzo: Via A. Grandi
Arezzo

Provenienza del campione : Edifici UMI F - Area ex-Fiat- Novoli - Firenze

Contenitore: Fustella acciaio

Consegna campione 01/10/04 Verbale n° 04066

Inizio delle analisi 05/10/04

Termine delle analisi 15/10/04

Il presente certificato si compone di 12 pagine

Il Direttore del Laboratorio
Prof. Piero Focardi

Lo Sperimentatore
Dr. Alessandro Lugo



Certificato n° 246-04 Data 22/10/04 Pagina 2 / 12
Sondaggio n° 5 Campione n° 1 Prof. m 3,0 - 3,5

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

Data di prova: 05/10/04

Tipo di contenitore	Fustella acciaio
Classe di qualità	Q 5
Diametro del campione (mm)	85
Lunghezza del campione (cm)	28

Descrizione del campione:

limo con argilla bruno, compatto.

Programma prove:

Cont. acqua w	<input checked="" type="checkbox"/>	Limiti cons. LC	<input checked="" type="checkbox"/>	Comp. ELL	<input checked="" type="checkbox"/>	Triassiale TX	<input type="checkbox"/>
Peso volume G	<input checked="" type="checkbox"/>	Vagliatura VG	<input type="checkbox"/>	Edometrica ED	<input type="checkbox"/>	T. diretto TG	<input checked="" type="checkbox"/>
Peso spec. Gs	<input type="checkbox"/>	Granulom. GR	<input type="checkbox"/>	Permeabilità k	<input type="checkbox"/>	T.residuo TR	<input type="checkbox"/>

Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

Alto	P.P.	V.T.
ELL	320	170
	320	
		160
	310	

Basso

OSSERVAZIONI:

--

Resistenza (kPa)

P.P. = Pocket penetrometer

V.T. = Vane test

Il Direttore del Laboratorio
Prof. Piero Focardi

P.Focardi

Lo Sperimentatore
Dr. Alessandro Lugo

Alessandro Lugo



Certificato n° 246-04 Data 22/10/04 Pagina 3 / 12
Sondaggio n° 5 Campione n° 1 Prof. m 3,0 - 3,5

CONTENUTO NATURALE DI ACQUA

PESO DI VOLUME

**Determinazione del contenuto
naturale di acqua**
(ASTM D2216)

Data di prova: 5-6/10/04

Tara	g	149,77
Terreno umido + tara	g	474,80
Terreno secco + tara	g	419,68
Contenuto di acqua	%	20,4

Determinazione del peso di volume
(BS 1377 T15/e)

Data di prova: 05/10/04

Massa del terreno	g	175,31
Volume del terreno	cm ³	86,83
Peso di volume	kN/m³	19,8

Il Direttore del Laboratorio
Prof. Piero Focardi

Piero Focardi

Lo Sperimentatore
Dr. Alessandro Lugo

Alessandro Lugo



Certificato n° 246-04 Data 22/10/04 Pagina 4 / 12
Sondaggio n° 5 Campione n° 1 Prof. m 3,0 - 3,5

LIMITI DI CONSISTENZA
(CNR-UNI 10014)

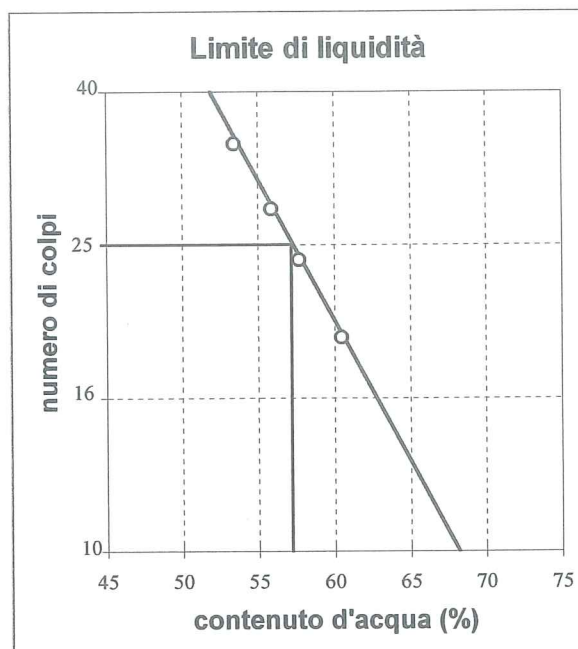
Data di prova: 11-12/10/04

Determinazione del limite di liquidità

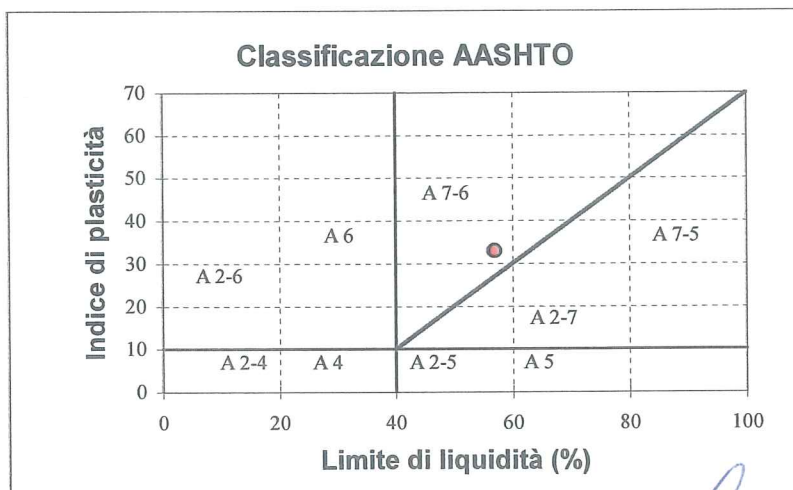
n° prova	Tara (g)	Tara + umido (g)	Tara + secco (g)	umidità %	n° colpi
1	20,51	42,44	34,80	53,5	34
2	21,03	44,71	36,22	55,9	28
3	20,50	43,98	35,39	57,7	24
4	20,45	42,45	34,16	60,5	19
Limite di liquidità LL				57,2	

Determinazione del limite di plasticità

n° prova	Tara (g)	Tara + umido (g)	Tara + secco (g)	umidità %
1	9,18	19,55	17,57	23,6
2	9,31	19,29	17,34	24,3
Limite di plasticità LP				23,9



Limite di liquidità 57
Limite di plasticità 24
Indice di plasticità 33



Il Direttore del Laboratorio
Prof. Piero Focardi

Piero Focardi

Lo Sperimentatore
Dr. Alessandro Lugo

Alessandro Lugo



Certificato n° 246-04 Data 22/10/04 Pagina 5 / 12
Sondaggio n° 5 Campione n° 1 Prof. m 3,0 - 3,5

PROVA DI COMPRESSIONE SEMPLICE

(ASTM D 2166)

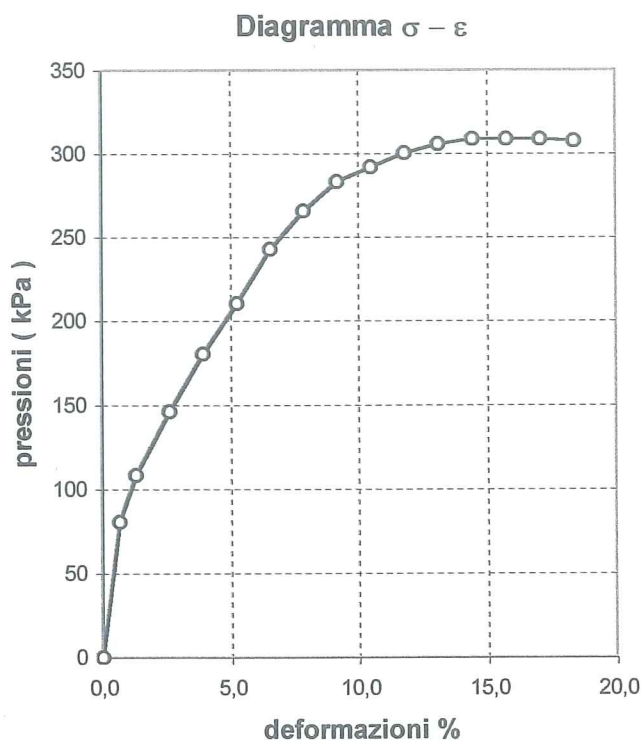
Dimensioni iniziali altezza cm 7,62
sezione cm² 11,40

Data di prova: 05/10/04

Contenuto di acqua % 22,6
Peso di volume kN/m³ 19,6

VELOCITA' DI PROVA 0,500 mm/min

Def. mm	Area cm ²	ε %	σ kPa
0	11,40	0,00	0
0,5	11,47	0,66	80
1	11,55	1,31	108
2	11,70	2,62	146
3	11,86	3,94	180
4	12,03	5,25	211
5	12,20	6,56	243
6	12,37	7,87	266
7	12,55	9,19	283
8	12,73	10,50	292
9	12,92	11,81	300
10	13,12	13,12	306
11	13,32	14,44	309
12	13,52	15,75	309
13	13,74	17,06	309
14	13,96	18,37	308



STATO TENSIONALE A ROTTURA

Resistenza alla compressione

kPa 309

Deformazione a rottura

% 15,7

Il Direttore del Laboratorio
Prof. Piero Focardi

Piero Focardi

Lo Sperimentatore
Dr. Alessandro Lugo

Alessandro Lugo

Certificato n° 246-04 Data 22/10/04 Pagina 6 / 12
 Sondaggio n° 5 Campione n° 1 Prof. m. 3,0 - 3,5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

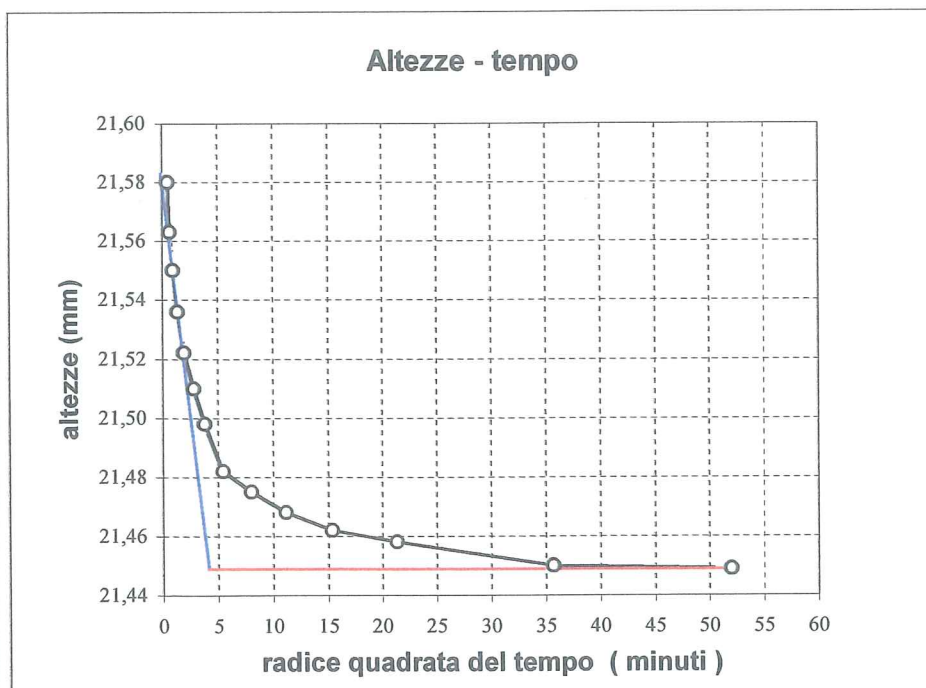
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO 1

Dimensioni iniziali altezza mm 21,75
 sezione cm² 36,00

Pressione normale: kPa 100

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	9,40	21,75
0,25	9,23	21,58
0,5	9,21	21,56
1	9,20	21,55
2	9,19	21,54
4	9,17	21,52
8	9,16	21,51
15	9,15	21,50
30	9,13	21,48
65	9,13	21,48
125	9,12	21,47
236	9,11	21,46
454	9,11	21,46
1275	9,10	21,45
2703	9,10	21,45



Tempo di consolidazione

t_{100} (min) 18

Il Direttore del Laboratorio
 Prof. Piero Focardi



Lo Sperimentatore
 Dr. Alessandro Lugo





Certificato n° 246-04 Data 22/10/04 Pagina 7 / 12
Sondaggio n° 5 Campione n° 1 Prof. m 3,0 - 3,5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO 1

Pressione di consolidazione	kPa	100
Tempo di consolidazione	ore	45
Pressione normale	kPa	100
Resistenza al taglio	kPa	62
Deformazione a rottura	%	4,2

s mm	ε %	Din. mm	ΔH mm	τ kPa
0,00	0,0	0,000	0,00	0
0,20	0,2	0,095	-0,03	13
0,60	0,6	0,223	-0,07	30
1,00	1,2	0,298	-0,18	40
1,50	1,9	0,369	-0,33	49
2,00	2,7	0,404	-0,51	54
2,50	3,4	0,457	-0,60	61
3,00	4,2	0,463	-0,63	62
3,60	5,3	0,446	-0,64	59
4,20	6,3	0,421	-0,65	56
4,80	7,3	0,401	-0,67	53
5,60	8,7	0,382	-0,67	51
6,37	10,0	0,367	-0,68	49

VELOCITA' DI PROVA 0,003 mm/min

s = spostamento (mm)

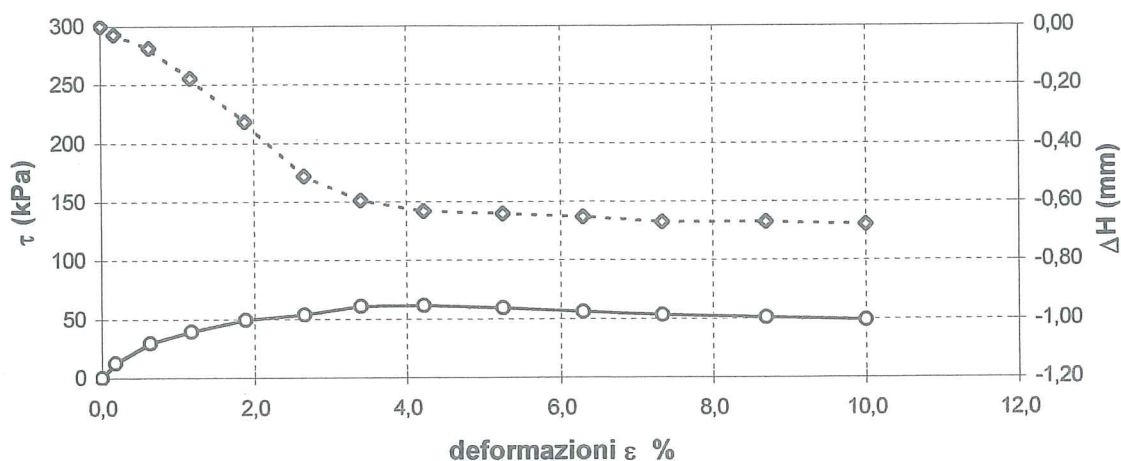
ε = deformazione provino (%)

Din = lettura dinamometro (mm)

ΔH = variazione di altezza del provino (mm)

τ = resistenza al taglio (kPa)

Diagramma delle tensioni tangenziali e delle variazioni di altezza in
funzione delle deformazioni



Il Direttore del Laboratorio
Prof. Piero Focardi

Piero Focardi

Lo Sperimentatore
Dr. Alessandro Ligo

Alessandro Ligo



Certificato n° 246-04 Data 22/10/04 Pagina 8 / 12
Sondaggio n° 5 Campione n° 1 Prof. m. 3,0 - 3,5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

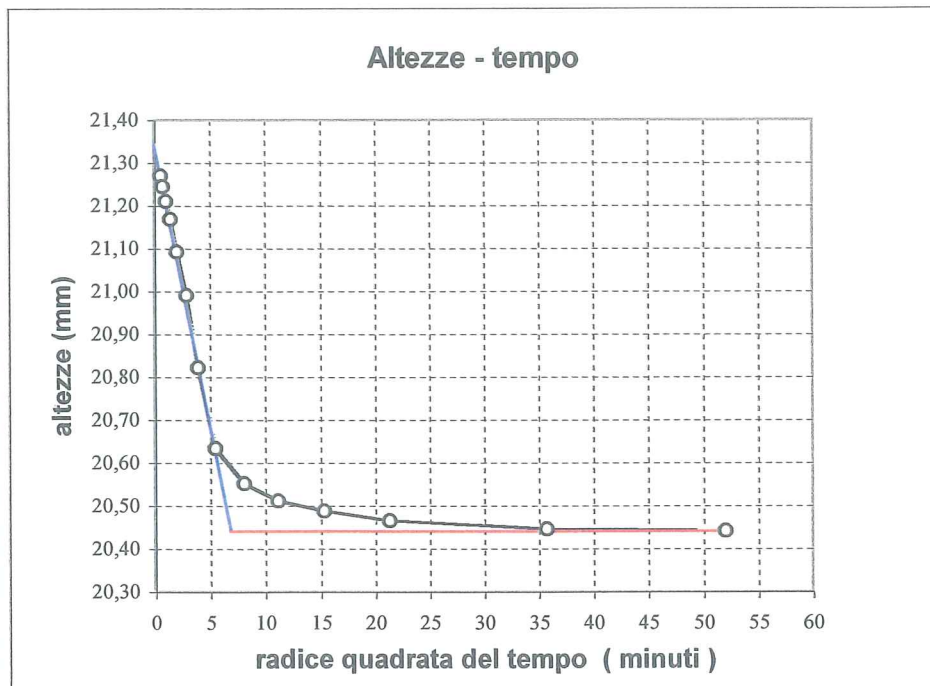
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO 2

Dimensioni iniziali altezza mm 21,75
 sez. cm² 36,00

Pressione normale: kPa 200

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	5,78	21,75
0,25	5,30	21,27
0,5	5,28	21,25
1	5,24	21,21
2	5,20	21,17
4	5,12	21,09
8	5,02	20,99
15	4,85	20,82
30	4,67	20,64
65	4,58	20,55
124	4,54	20,51
235	4,52	20,49
453	4,50	20,47
1274	4,48	20,45
2702	4,47	20,44



Tempo di consolidazione

t_{100} (min)

48

Il Direttore del Laboratorio
Prof. Piero Focardi

P. Focardi

Lo Sperimentatore
Dr. Alessandro Lugo

A. Lugo



Certificato n° 246-04 Data 22/10/04 Pagina 9 / 12
Sondaggio n° 5 Campione n° 1 Prof. m 3,0 - 3,5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO 2

Pressione di consolidazione	kPa	200
Tempo di consolidazione	ore	45
Pressione normale	kPa	200
Resistenza al taglio	kPa	100
Deformazione a rottura	%	8,7

s mm	ε %	Din. mm	ΔH mm	τ kPa
0,00	0,0	0,000	0,00	0
0,20	0,1	0,123	0,00	27
0,60	0,5	0,276	-0,05	60
1,00	1,1	0,357	-0,15	77
1,50	1,8	0,407	-0,22	88
2,00	2,6	0,44	-0,27	95
2,50	3,4	0,458	-0,30	99
3,00	4,2	0,462	-0,32	100
3,60	5,2	0,463	-0,34	100
4,30	6,4	0,463	-0,34	100
5,10	7,7	0,463	-0,35	100
5,70	8,7	0,463	-0,36	100
6,45	10,0	0,453	-0,36	98

VELOCITA' DI PROVA 0,003 mm/min

s = spostamento (mm)

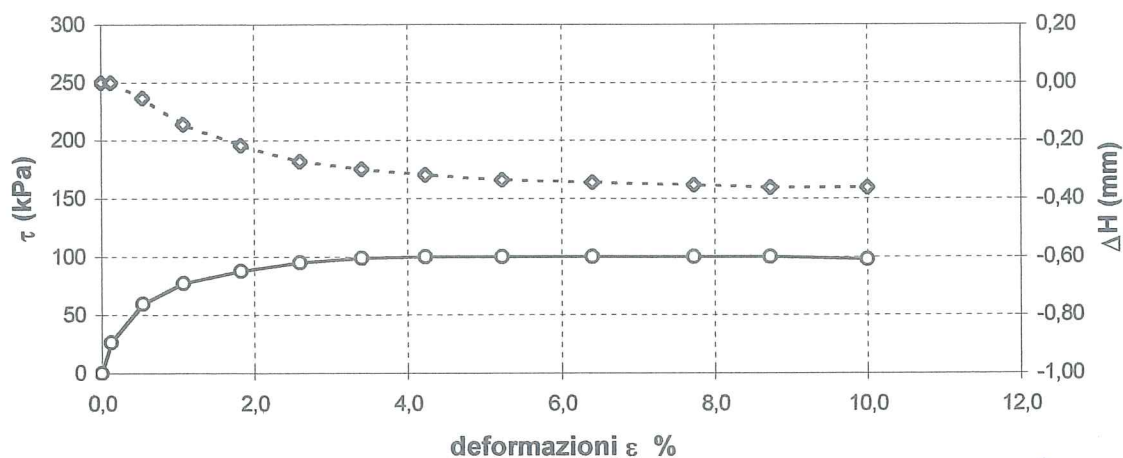
ε = deformazione provino (%)

Din = lettura dinamometro (mm)

ΔH = variazione di altezza del provino (mm)

τ = resistenza al taglio (kPa)

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in
funzione delle deformazioni



Il Direttore del Laboratorio
Prof. Piero Focardi
Piero Focardi

Lo Sperimentatore
Dr. Alessandro Lugo
Alessandro Lugo

Certificato n° 246-04 Data 22/10/04 Pagina 10 / 12
 Sondaggio n° 5 Campione n° 1 Prof. m. 3,0 - 3,5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

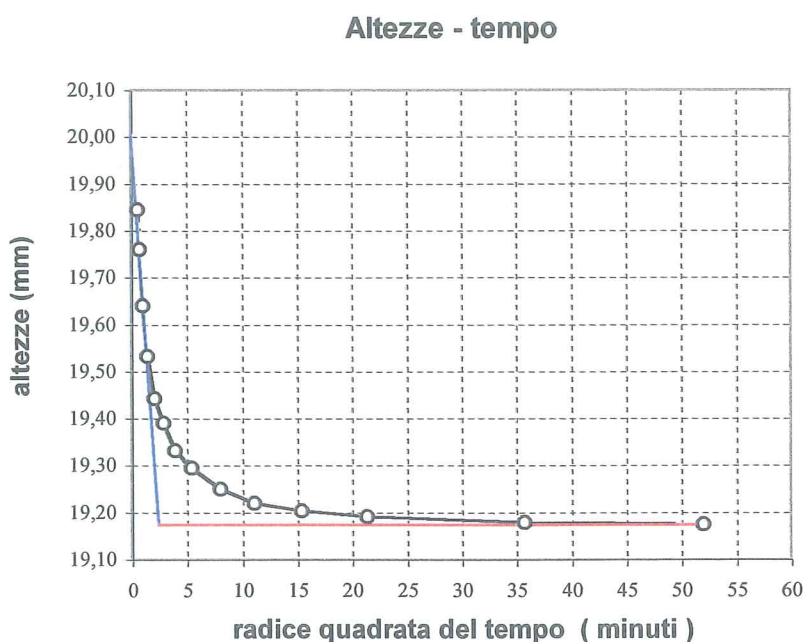
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO 3

Dimensioni iniziali altezza mm 21,75
 sez. cm² 36,00

Pressione normale: kPa 300

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	8,45	21,75
0,25	6,55	19,85
0,5	6,46	19,76
1	6,34	19,64
2	6,23	19,53
4	6,14	19,44
8	6,09	19,39
15	6,03	19,33
29	6,00	19,30
64	5,95	19,25
123	5,92	19,22
235	5,90	19,20
453	5,89	19,19
1273	5,88	19,18
2701	5,88	19,18




Tempo di consolidazione

t_{100} (min) 6

Il Direttore del Laboratorio
 Prof. Piero Focardi



Lo Sperimentatore
 Dr. Alessandro Lugo





Certificato n° 246-04 Data 22/10/04 Pagina 11 / 12
Sondaggio n° 5 Campione n° 1 Prof. m 3,0 - 3,5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO 3

Pressione di consolidazione	kPa	300
Tempo di consolidazione	ore	45
Pressione normale	kPa	300
Resistenza al taglio	kPa	142
Deformazione a rottura	%	8,4

s mm	ε %	Din. mm	ΔH mm	τ kPa
0,00	0,0	0,000	0,00	0
0,20	0,2	0,071	-0,01	30
0,60	0,7	0,168	-0,02	70
1,20	1,6	0,247	-0,07	103
1,80	2,5	0,294	-0,13	123
2,40	3,5	0,318	-0,19	133
3,00	4,4	0,331	-0,20	139
3,60	5,4	0,332	-0,21	139
4,20	6,4	0,334	-0,21	140
4,80	7,4	0,338	-0,23	142
5,40	8,4	0,340	-0,23	142
5,90	9,3	0,337	-0,25	141
6,33	10,0	0,328	-0,27	137

VELOCITA' DI PROVA 0,003 mm/min

s = spostamento (mm)

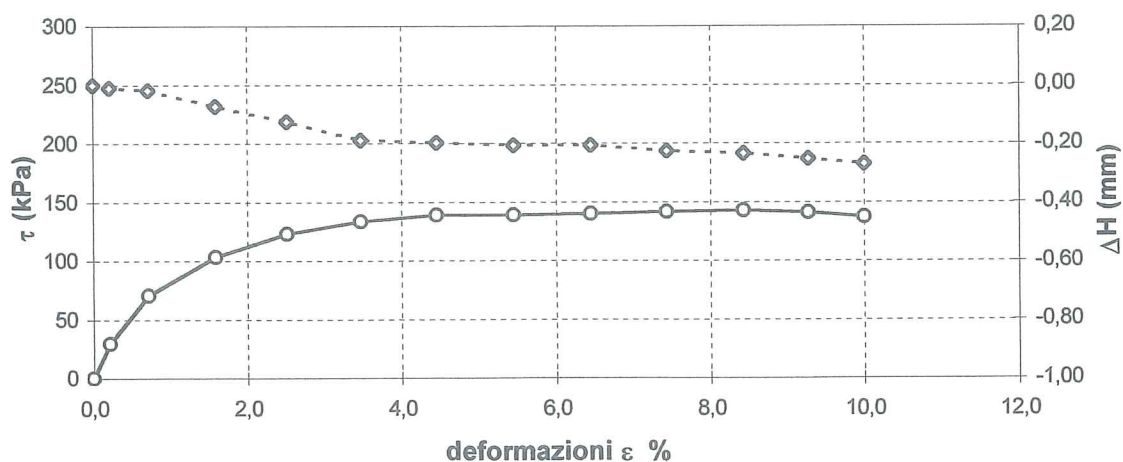
ε = deformazione provino (%)

Din = lettura dinamometro (mm)

ΔH = variazione di altezza del provino (mm)

τ = resistenza al taglio (kPa)

**Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in
funzione delle deformazioni**



Il Direttore del Laboratorio
Prof. Piero Focardi

Piero Focardi

Lo Sperimentatore
Dr. Alessandro Lugo

Alessandro Lugo



Certificato n° 246-04 Data 22/10/04 Pagina 12 / 12
Sondaggio n° 5 Campione n° 1 Prof. m 3,0 - 3,5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080)

Data di prova:

11-15/10/04

Dimensioni iniziali : altezza 2,18 cm sezione 36,00 cm²

Prima della prova

Dopo la rottura

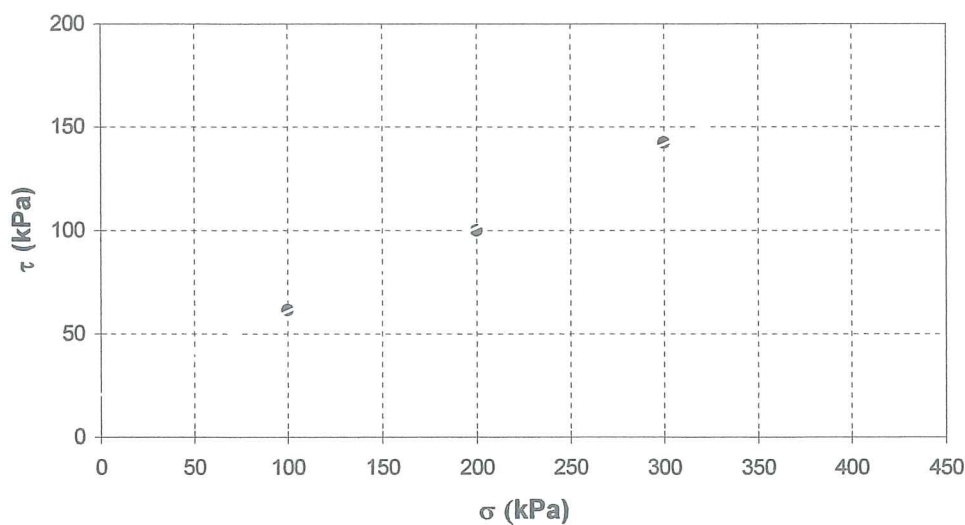
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Contenuto di acqua	%	23,5	23,6	22,7	24,8	23,2	22,3
Peso di volume	kN/m ³	19,9	19,5	20,2	20,4	20,9	22,8

VELOCITA' DI PROVA 0,003 mm/min

STATO TENSIONALE
A ROTTURA

Prova numero		1	2	3
Pressione normale	kPa	100	200	300
Resistenza al taglio	kPa	62	100	142
Deformazione a rottura	ε %	4,2	8,7	8,4

Resistenza al taglio in funzione delle pressioni normali



Il Direttore del Laboratorio
Prof. Piero Focardi

RTU

Lo Sperimentatore
Dr. Alessandro Lugo

CERTIFICATO N° **049-16** DATA **20/05/16** PAGINA **1 / 38**

 VERBALE DI ACCETTAZIONE: **16020** DATA **03/05/16**

 COMMITTENTE **Soil Test s.r.l.**
Via A. Grandi, 39
52100 Arezzo

 RICHIEDENTE **Geol. Dario Senesi**

 PROVENIENZA (dichiarata) **Area Ex Fiat - Edifici H26 e H27 - Via di Novoli - Firenze**


 NUMERO CAMPIONI **4**

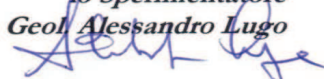
ELENCO PROVE ESEGUITE

Contrassegno			Codice campione	Codici delle prove eseguite, oggetto del certificato															
Sond.	Camp.	Prof.																	
13 BIS	1	6,0 - 6,5	16020	01	w	G	-	-	LC	-	-	ELL	TG	-	-	-	-	-	-
13 BIS	1 R	6,50-6,75	16020	02	-	-	Gs	Gr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14 BIS	1	2,0 - 2,5	16020	03	w	G	Gs	-	LC	-	-	ELL	TG	ED	-	-	-	-	-
14 BIS	1 R	3,80-4,05	16020	04	-	-	Gs	Gr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Simbologia: w=contenuto di acqua; G=peso di volume; Gs=peso specifico; GR=granulometria; LC= limite liquido e limite plastico; LR = limite di ritiro; BM= Blu di metilene; ELL= compres- sione semplice; TG= taglio diretto; ED= prova edometrica; RIG= prova di rigonfiamento; TX=prova triassiale; TT= taglio torsionale; K=permeabilità; CH= analisi chimiche; PC=prova di costipamento; cbr= CBR.

OSSERVAZIONI

 il Direttore
 Prof. Geol. Piero Focardi


 lo Sperimentatore
 Dr. Geol. Alessandro Lugo




ELLE TI
Laboratorio Terre s.r.l.

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A

Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007

Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **049-16** Data **20/05/16** Pagina **18 / 38**
Committente **Soil Test s.r.l. - Via A. Grandi, 39 - 52100 Arezzo**
Richiedente **Geol. Dario Senesi**
Provenienza **Area Ex Fiat - Edifici H26 e H27 - Via di Novoli - Firenze**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **51**
Contrassegno Sond. **14 BIS** Camp. **1** Profondità (m) **2,0 - 2,5**

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

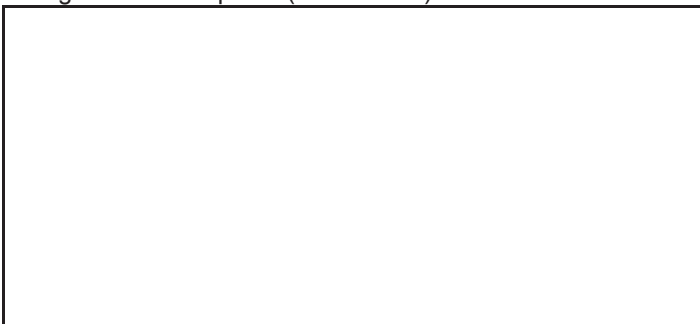
Data di apertura del campione **4/5/16**

Descrizione del campione:

Limo sabbioso bruno giallastro debolmente argilloso. Presenza di piccoli inclusi ghiaiosi.

Classe di qualità **Q5**

Fotografia del campione (se richiesta)



Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

		P.P.	V.T.
Alto	ELL	300	60
	TG	340	
	ED	350	70
Basso			

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)

V.T. = Vane test (kPa)

OSSERVAZIONI:

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo



ELLE TI
Laboratorio Terre s.r.l.

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A

Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007

Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it


Certificato n° **049-16** Data **20/05/16** Pagina **19 / 38**
Verbale di accettazione n° **16020** del **03/05/16** Prova numero **1602003 -w**
Committente **Soil Test s.r.l. - Via A. Grandi, 39 - 52100 Arezzo**
Richiedente **Geol. Dario Senesi** Provenienza **Via di Novoli - Firenze**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **51**
Contrassegno Sond. **14 BIS** Camp. **1** Profondità (m) **2,0 - 2,5**

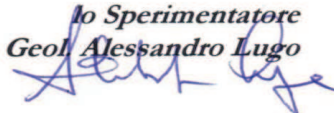
CONTENUTO NATURALE DI ACQUA

(UNI CEN ISO/TS 17892/1)

Data di prova: inizio **4/5/16** fine **5/5/16**

Tara	g	454,20
Massa terreno umido + tara	g	811,9
Massa terreno secco + tara	g	750,70
Contenuto di acqua	%	20,6

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi


lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo




ELLE TI
Laboratorio Terre s.r.l.

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **049-16** Data **20/5/16** Pagina **20 / 38**
Verbale di accettazione n° **16020** del **3/5/16** Prova numero **1602003 -G**
Committente **Soil Test s.r.l. - Via A. Grandi, 39 - 52100 Arezzo**
Richiedente **Geol. Dario Senesi** Provenienza **Via di Novoli - Firenze**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **51**
Contrassegno Sond. **14 BIS** Camp. **1** Profondità (m) **2,0 - 2,5**


.....

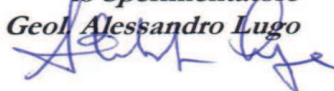
PESO DI VOLUME

(UNI CEN ISO/TS 17892/2)

Data di prova: **04/05/2016**

Peso del terreno	g	5797,0
Volume del terreno	cm ³	2882,6
Massa specifica	g/cm ³	2,01
Peso di volume	kN/m³	19,7

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi


lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo




ELLE TI
Laboratorio Terre s.r.l.

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A

Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007

Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **049-16** Data **20/05/16** Pagina **21 / 38**
Verbale di accettazione n° **16020** del **3/5/16** Prova numero **1602003 - Gs**
Committente **Soil Test s.r.l. - Via A. Grandi, 39 - 52100 Arezzo**
Richiedente **Geol. Dario Senesi** Provenienza **Via di Novoli - Firenze**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **51**
Contrassegno Sond. **14 BIS** Camp. **1** Profondità (m) **2,0 - 2,5**

PESO SPECIFICO DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892/3)

Data di prova inizio **10/5/16** termine **11/5/16**

Picnometro	g	42,78
Campione + picnometro	g	74,12
Camp. + picnometro + acqua	g	161,79
Picnometro + acqua	g	142,36
Temperatura °C	°C	20,0
Fattore di correzione K		1
Peso specifico	g/cm³	2,63

il Direttore

Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore

Dr. Geol. Alessandro Lugo

Certificato n° **049-16** Data **20/05/16** Pagina **22 / 38**
 Verbale di accettazione n° **16020** del **3/5/16** Prova numero **16020 - LC**
 Committente **Soil Test s.r.l. - Via A. Grandi, 39 - 52100 Arezzo**
 Richiedente **Geol. Dario Senesi** Provenienza **Via di Novoli - Firenze**
 Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (m) **51**
 Contrassegno **Sond.. 14 BIS** camp. **1** Profondità (m) **2,0 - 2,5**

LIMITI DI CONSISTENZA

(ASTM D4318 Metodo B)

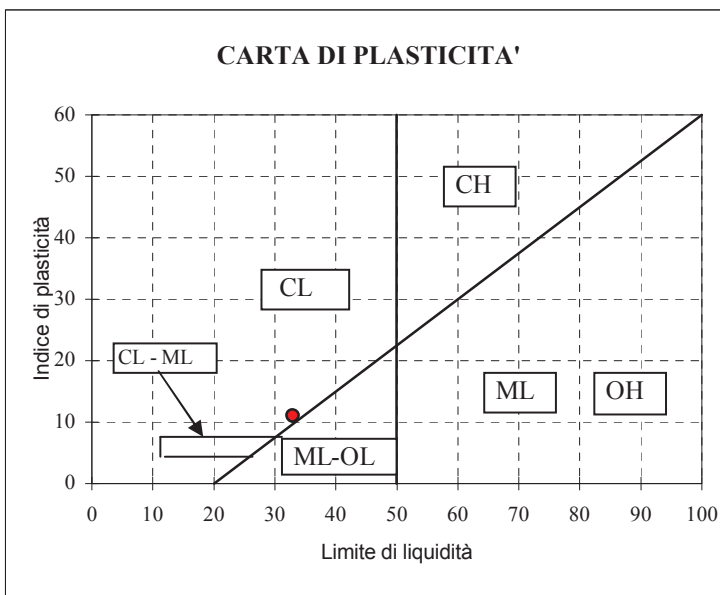
Data di prova: inizio **17/5/16** termine **18/5/16**

Determinazione del limite di liquidità

n° prova	Tara	Tara +	Tara +	umidità %
		umido	secco	
	(g)	(g)	(g)	
1	21,11	45,96	39,73	33,5
2	20,54	54,34	45,85	33,5
Numero di colpi				20
Limite di liquidità LL				32,6

Determinazione del limite di plasticità

n° prova	Tara	Tara +	Tara +	umidità %
	(g)	umido	secco	
1	9,35	14,33	13,44	21,8
2	9,29	14,33	13,43	21,7
Limite di plasticità LP				21,7



Determinazione del limite di ritiro

n° prova	umidità iniziale %	volume iniziale (cc)	volume finale (cc)	peso secco (g)	umidità %
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
Limite di ritiro LR (valore medio)					-

Limite di liquidità **33**
 Limite di plasticità **22**
 Indice di plasticità **11**
 Limite di ritiro **-**

CLASSIFICAZIONE AASHO M 145-49 GRUPPO - INDICE DI GRUPPO -

il Direttore
 Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
 Dr. Geol. Alessandro Lugo

Certificato n° **049-16** Data **20/5/16** Pagina **23 / 38**
 Verbale di accettazione n° **16020** del **3/5/16** Prova numero **1602003 -ELL**
 Committente **Soil Test s.r.l. - Via A. Grandi, 39 - 52100 Arezzo**
 Richiedente **Geol. Dario Senesi** Provenienza **Via di Novoli - Firenze**
 Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **51**
 Contrassegno Sond. **14 BIS** Camp. **1** Profondità (m) **2,0 - 2,5**

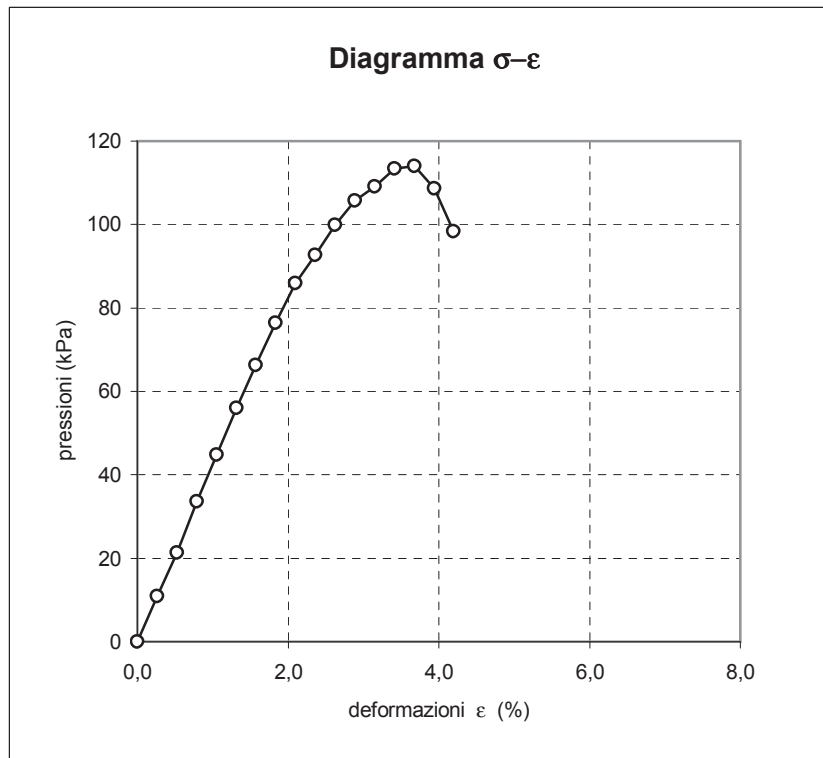
PROVA DI COMPRESSIONE SEMPLICE

(ASTM D 2166)

 Inizio prova **17/5/16**

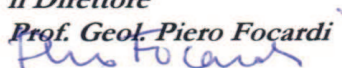
Dimensioni iniziali altezza cm 7,62 VELOCITA' DI PROVA
 sezione cm² 11,40 0,500 mm/min
 Contenuto di acqua % 19,3
 Peso di volume kN/m³ 19,3

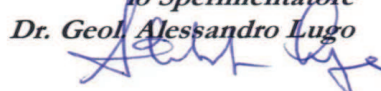
Def. mm	Area cm ²	e %	s kPa
0,00	11,40	0,0	0
0,20	11,43	0,3	11
0,40	11,46	0,5	21
0,60	11,49	0,8	34
0,80	11,52	1,0	45
1,00	11,55	1,3	56
1,20	11,58	1,6	66
1,40	11,61	1,8	76
1,60	11,64	2,1	86
1,80	11,67	2,4	93
2,00	11,70	2,6	100
2,20	11,73	2,9	106
2,40	11,77	3,1	109
2,60	11,80	3,4	113
2,80	11,83	3,7	114
3,00	11,86	3,9	109
3,20	11,89	4,2	98



STATO TENSIONALE A ROTTURA

Resistenza alla compressione **kPa 114**
 Deformazione a rottura **% 3,7**

il Direttore
 Prof. Geol. Piero Focardi


lo Sperimentatore
 Dr. Geol. Alessandro Lugo


Certificato n°	049-16	Data	20/5/16	Pagina	24 / 38
Verbale di accettazione n°	16020	del	03/05/16	Prova numero	1602003 -TG/1
Committente	Soil Test s.r.l. - Via A. Grandi, 39 - 52100 Arezzo				
Richiedente	Geol. Dario Senesi	Provenienza	Via di Novoli - Firenze		
Contenitore	Fustella acciaio	Diametro (mm)	85	Lunghezza (cm)	51
Contrassegno	Sond. 14 BIS	Camp.	1	Profondità (m)	2,0 - 2,5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080)

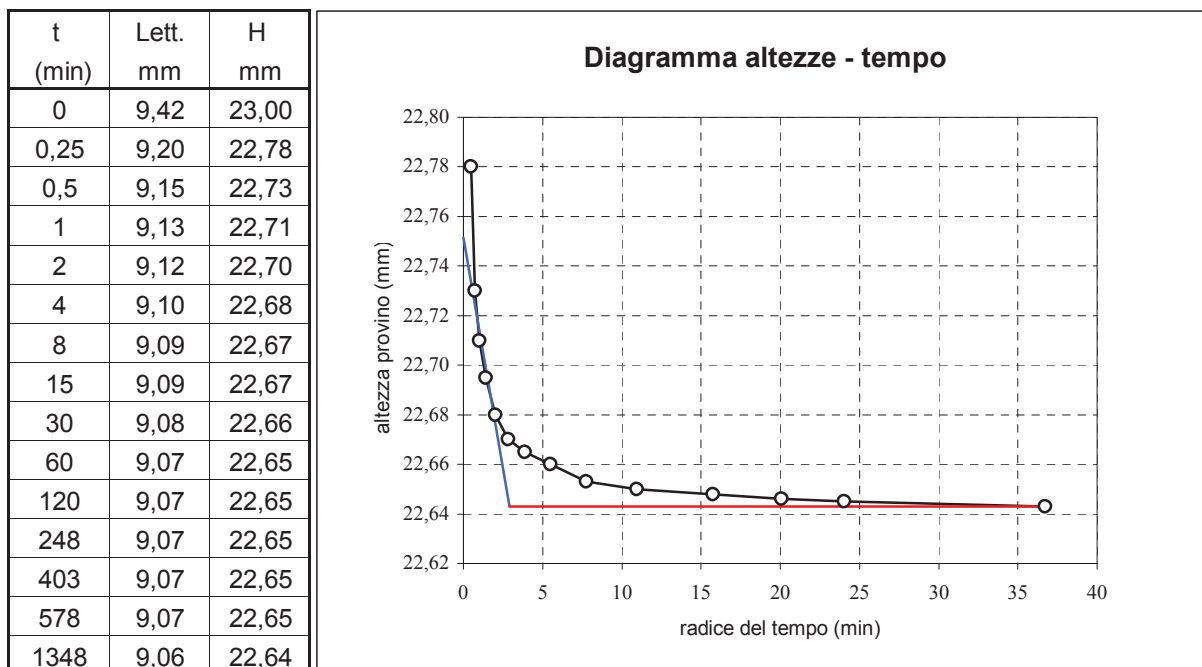
 Data di prova inizio **9/5/16** termine **12/5/16**

 TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **1**

Dimensioni iniziali	altezza	mm	23,00
	sezione	cm ²	36,00

Pressione normale: kPa 100

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.


 Tempo di consolidazione t_{100}

8 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) <

0,0556 mm/min

 il Direttore
 Prof. Geol. Piero Focardi

 lo Sperimentatore
 Dr. Geol. Alessandro Lugo

Certificato n° **049-16** Data **20/05/16** Pagina **25 / 38**
Verbale di accettazione n° **16020** Prova numero / pagina prova **1602003 -TG/2**
Committente **Soil Test s.r.l.** Provenienza **Via di Novoli - Firenze**
Sondaggio n° **14 BIS** Campione n° **1** Prof. (metri) **2,0 - 2,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

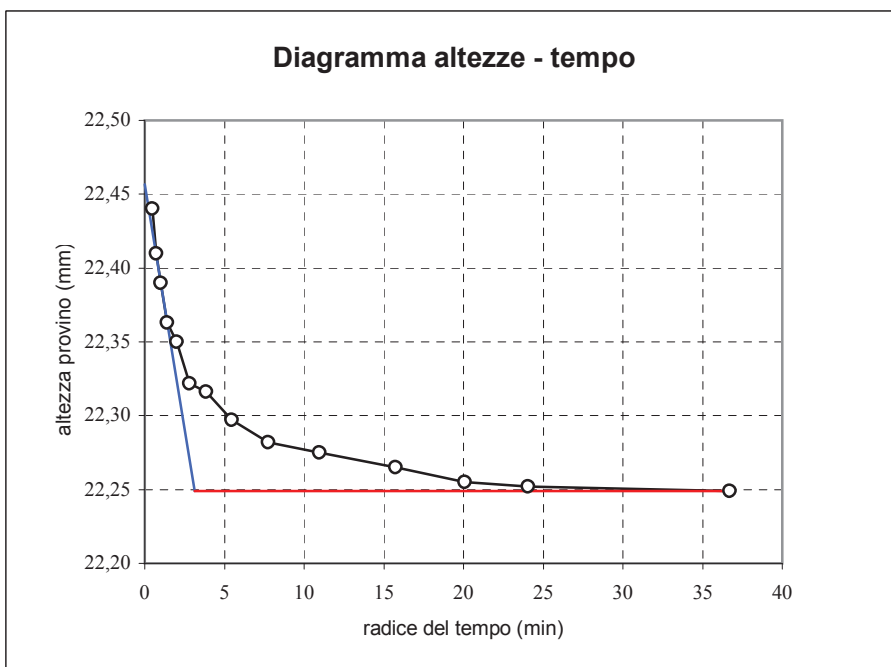
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **2**

Dimensioni iniziali altezza mm 23,00
sez. cm2 36,00

Pressione normale: kPa 200

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	8,53	23,00
0,25	7,97	22,44
0,5	7,94	22,41
1	7,92	22,39
2	7,89	22,36
4	7,88	22,35
8	7,85	22,32
15	7,85	22,32
30	7,83	22,30
60	7,81	22,28
120	7,81	22,28
248	7,80	22,27
403	7,79	22,26
578	7,78	22,25
1348	7,78	22,25



Tempo di consolidazione t_{100}

10 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) <

0,0482 mm/min

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo



ELLE TI
Laboratorio Terre s.r.l.

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A

Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007

Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	049-16	Data	20/05/16	Pagina	26 / 38
Verbale di accettazione n°	16020	Prova numero / pagina prova	1602003 -TG/3		
Committente	Soil Test s.r.l.	Provenienza	Via di Novoli - Firenze		
Sondaggio n°	14 BIS	Campione n°	1	Prof. (metri)	2,0 - 2,5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

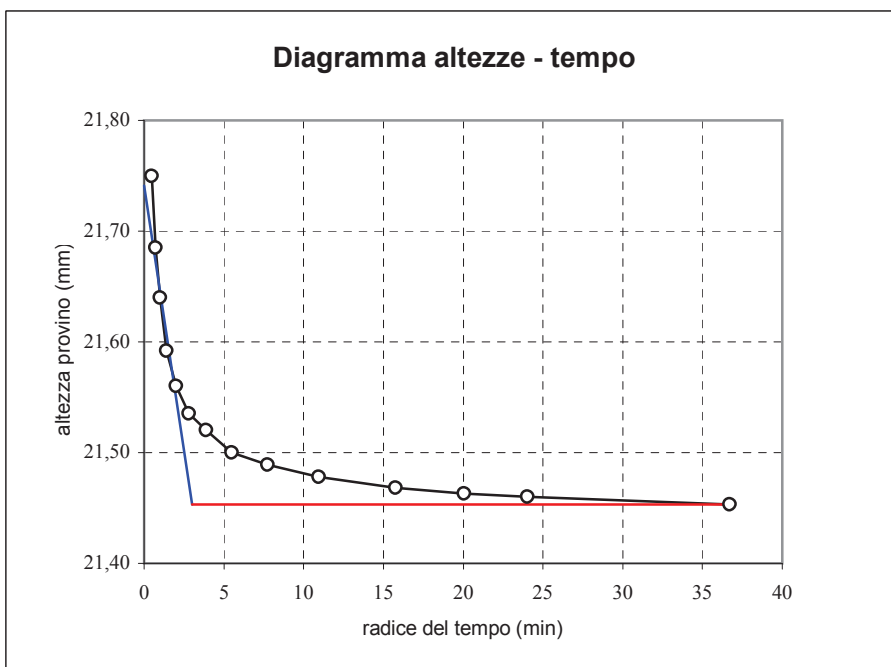
TEST DI CONSOLIDAZIONE SUL PROVINO NUMERO **3**

Dimensioni iniziali	altezza	mm	23,00
	sez.	cm2	36,00

Pressione normale: kPa 300

Drenaggio attraverso pietre porose situate sopra e sotto il provino.

t (min)	Lett. mm	H mm
0	8,85	23,00
0,25	7,60	21,75
0,5	7,54	21,69
1	7,49	21,64
2	7,44	21,59
4	7,41	21,56
8	7,39	21,54
15	7,37	21,52
30	7,35	21,50
60	7,34	21,49
120	7,33	21,48
248	7,32	21,47
403	7,31	21,46
578	7,31	21,46
1348	7,30	21,45



Tempo di consolidazione t_{100}

9 min

Velocità di taglio da imporre (per deformazioni a rottura di 6,0 mm) <

0,0516 mm/min

il Direttore

Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore

Dr. Geol. Alessandro Lugo

Certificato n°	049-16	Data	20/05/16	Pagina	27 / 38
Verbale di accettazione n°	16020	Prova numero / pagina prova	1602003 -TG/4		
Committente	Soil Test s.r.l.	Provenienza	Via di Novoli - Firenze		
Sondaggio n°	14 BIS	Campione n°	1	Prof. (metri)	2,0 - 2,5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

 PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **1**

Pressione di consolidazione	kPa	100
Tempo di consolidazione	ore	22
Pressione normale	kPa	100
Resistenza al taglio	kPa	74
Spostamento orizz. a rottura	mm	4,30

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)

e = deformazione provino (%)

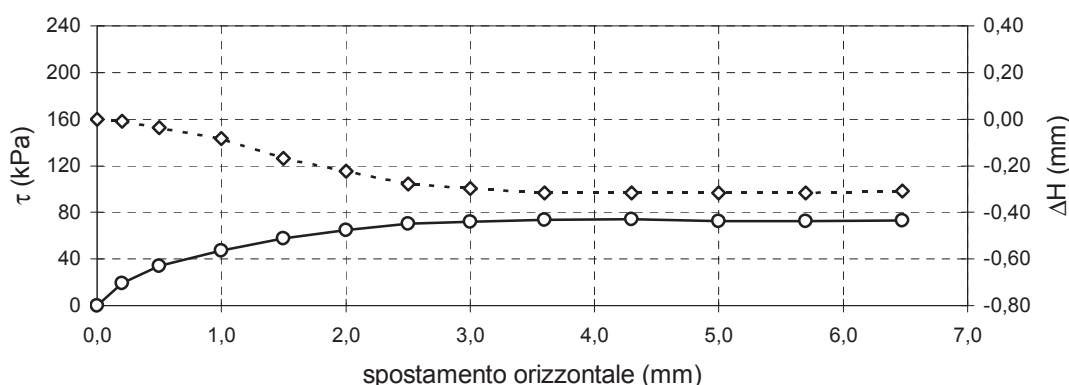

Din = lettura dinamometro (mm)


DH = variazione di altezza del provino (mm)

t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,125	-0,01	19
0,50	0,221	-0,04	34
1,00	0,307	-0,08	47
1,50	0,372	-0,17	57
2,00	0,421	-0,22	65
2,50	0,455	-0,28	70
3,00	0,466	-0,30	72
3,60	0,478	-0,32	74
4,30	0,480	-0,32	74
5,00	0,471	-0,32	73
5,70	0,470	-0,32	73
6,48	0,475	-0,31	73

Diagramma delle tensioni tangenziali e delle variazioni di altezza in funzione delle deformazioni


 il Direttore
 Prof. Geol. Piero Focardi


 lo Sperimentatore
 Dr. Geol. Alessandro Lugo


Certificato n° **049-16** Data **20/05/2016** Pagina **28 / 38**
Verbale di accettazione n° **16020** Prova numero / pagina prova **1602003 -TG/5**
Committente **Soil Test s.r.l.** Provenienza **Via di Novoli - Firenze**
Sondaggio n° **14 BIS** Campione n° **1** Prof. (metri) **2,0 - 2,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **2**

Pressione di consolidazione	kPa	200
Tempo di consolidazione	ore	22
Pressione normale	kPa	200
Resistenza al taglio	kPa	140
Spostamento orizz. a rottura	mm	5,00

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)

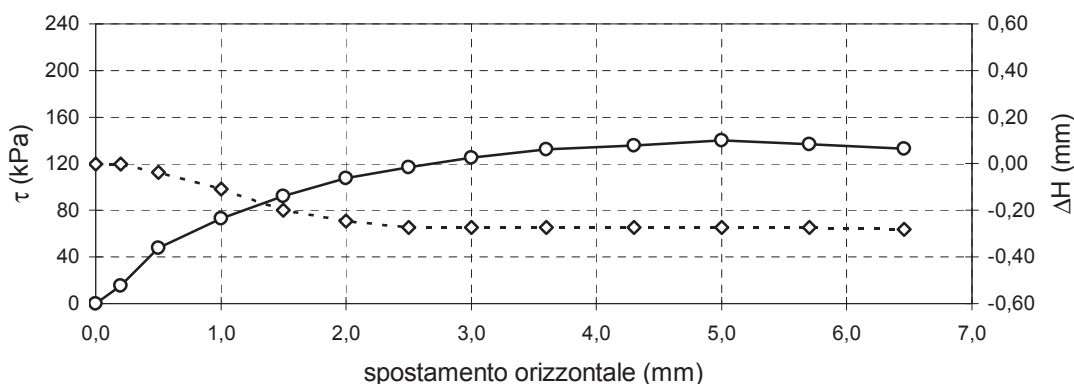
Din = lettura dinamometro (mm)

DH = variazione di altezza del provino (mm)

t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,0523	0,00	15
0,50	0,1634	-0,04	48
1,00	0,2509	-0,11	73
1,50	0,3159	-0,20	92
2,00	0,3691	-0,24	108
2,50	0,4007	-0,27	117
3,00	0,4287	-0,27	125
3,60	0,4531	-0,27	132
4,30	0,4648	-0,27	136
5,00	0,4792	-0,27	140
5,70	0,4693	-0,27	137
6,46	0,4558	-0,28	133

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

Certificato n° **049-16** Data **20/05/16** Pagina **29 / 38**
Verbale di accettazione n° **16020** Prova numero / pagina prova **1602003 -TG/6**
Committente **Soil Test s.r.l.** Provenienza **Via di Novoli - Firenze**
Sondaggio n° **14 BIS** Campione n° **1** Prof. (metri) **2,0 - 2,5**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO SUL PROVINO NUMERO **3**

Pressione di consolidazione	kPa	300
Tempo di consolidazione	ore	22
Pressione normale	kPa	300
Resistenza al taglio	kPa	191
Spostamento orizz. a rottura	mm	6,40

VELOCITA' DI PROVA 0,005 mm/min

s = spostamento (mm)

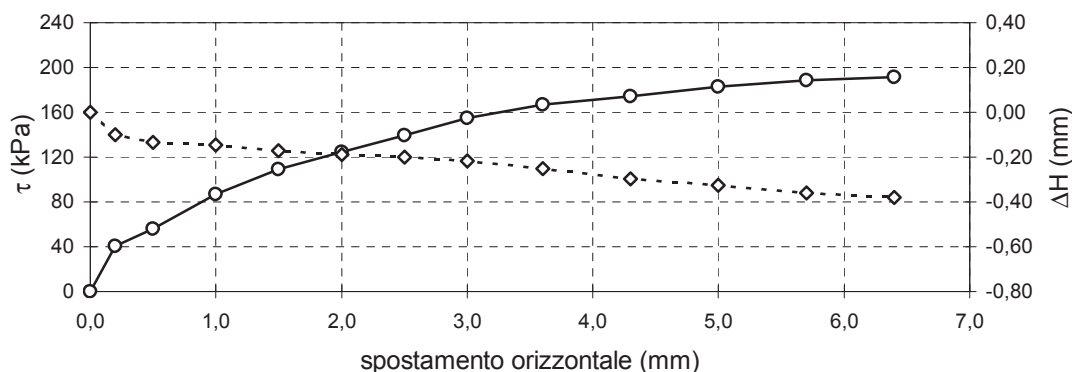
Din = lettura dinamometro (mm)

DH = variazione di altezza del provino (mm)

t = resistenza al taglio (kPa)

s mm	Din. mm	DH mm	t kPa
0,00	0,000	0,00	0
0,20	0,085	-0,10	41
0,50	0,117	-0,14	56
1,00	0,182	-0,14	87
1,50	0,228	-0,17	109
2,00	0,259	-0,19	124
2,50	0,291	-0,20	140
3,00	0,323	-0,22	155
3,60	0,348	-0,25	167
4,30	0,363	-0,30	174
5,00	0,381	-0,32	183
5,70	0,393	-0,36	188
6,40	0,399	-0,38	191

Diagramma delle tensioni tangenziali e della variazione di altezza in funzione delle deformazioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

Certificato n°	049-16	Data	20/05/16	Pagina	30 / 38
Verbale di accettazione n°	16020	Prova numero / pagina prova	1602003 -TG/7		
Committente	Soil Test s.r.l.	Provenienza	Via di Novoli - Firenze		
Sondaggio n°	14 BIS	Campione n°	1	Prof. (metri)	2,0 - 2,5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080)


 Dimensioni iniziali : altezza 2,30 cm sezione : 36,00 cm²

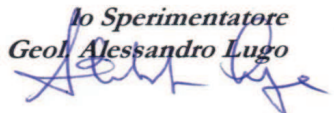
PESO DI VOLUME

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa del terreno	g	167,22	167,98	165,89	166,37	165,38	161,30
Volume del terreno	cm ³	82,80	82,80	82,80	80,33	78,98	75,72
Massa specifica	g/cm ³	2,02	2,03	2,00	2,07	2,09	2,13
Peso di volume	kN/m ³	19,81	19,90	19,65	20,31	20,54	20,89

CONTENUTO DI ACQUA

		Prima della prova			Dopo la rottura		
Provino numero		1	2	3	1	2	3
Massa terreno umido	g	167,22	167,98	165,89	166,37	165,38	161,30
Massa terreno secco	g	138,81	139,47	138,00	138,81	139,47	138,00
Contenuto di acqua	%	20,47	20,44	20,21	19,85	18,58	16,88

 il Direttore
 Prof. Geol. Piero Focardi


 lo Sperimentatore
 Dr. Geol. Alessandro Lugo


Certificato n° **049-16** Data **20/05/16** Pagina **31 / 38**
 Verbale di accettazione n° **16020** Prova numero / pagina prova **1602003 - ED/1**
 Committente **Soil Test s.r.l. - Via A. Grandi, 39 - 52100 Arezzo**
 Richiedente **Geol. Dario Senesi** Provenienza **Via di Novoli - Firenze**
 Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **51**
 Contrassegno Sond. **14 BIS** Camp. **1** Profondità (m) **2,0 - 2,5**

PROVA EDOMETRICA

(ASTM D 2435)

 Data di prova inizio **4/5/16** termine **19/5/16**

Dimensioni iniziali del provino

sezione	cm ²	20
altezza	cm	2,00
volume iniziale	cm ³	40,00

Parametri fisici iniziali e dopo la prova.


	iniziale	finale
umidità %	21,47	16,53
peso di volume kN/m ³	19,4	21,0
indice dei vuoti	0,614	0,435

Peso specifico dei grani Gs = 2,63

Cedimenti (DH) e indice dei vuoti (e) relativi alle pressioni indicate con permanenza del carico di 24 ore.

Press kPa	DH mm	e	mv kPa ⁻¹	E ed kPa
0	0,000	0,614	*	*
12,3	0,052	0,610	2,14E-04	4677
25	0,099	0,606	1,91E-04	5222
49	0,182	0,599	1,69E-04	5920
98	0,332	0,587	1,55E-04	6457
196	0,582	0,567	1,30E-04	7720
392	0,954	0,537	9,77E-05	10238
785	1,507	0,492	7,40E-05	13510
1569	2,199	0,436	4,77E-05	20966
3138	2,951	0,376	2,69E-05	37142
785	2,867	0,383	*	*
196	2,703	0,396	*	*
49	2,458	0,416	*	*
12,3	2,218	0,435	*	*

Coefficiente di compressibilità volumetrica (mv) e modulo edometrico (Eed) relativi al campo di pressione compreso tra il valo- re indicato in tabella e quello precedente.

 il Direttore
 Prof. Geol. Piero Focardi


 lo Sperimentatore
 Dr. Geol. Alessandro Lugo




ELLE TI
Laboratorio Terre s.r.l.

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A

Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007

Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	049-16	Data	20/05/16	Pagina	32 / 38
Verbale di accettazione n°	16020	Prova numero / pagina prova	1602003 - ED/2		
Committente	Soil Test s.r.l.	Provenienza	Via di Novoli - Firenze		
Sondaggio n°	14 BIS	Campione n°	1	Prof. (metri)	2,0 - 2,5

PROVA EDOMETRICA

Diagramma indice dei vuoti - pressioni (scala logaritmica)

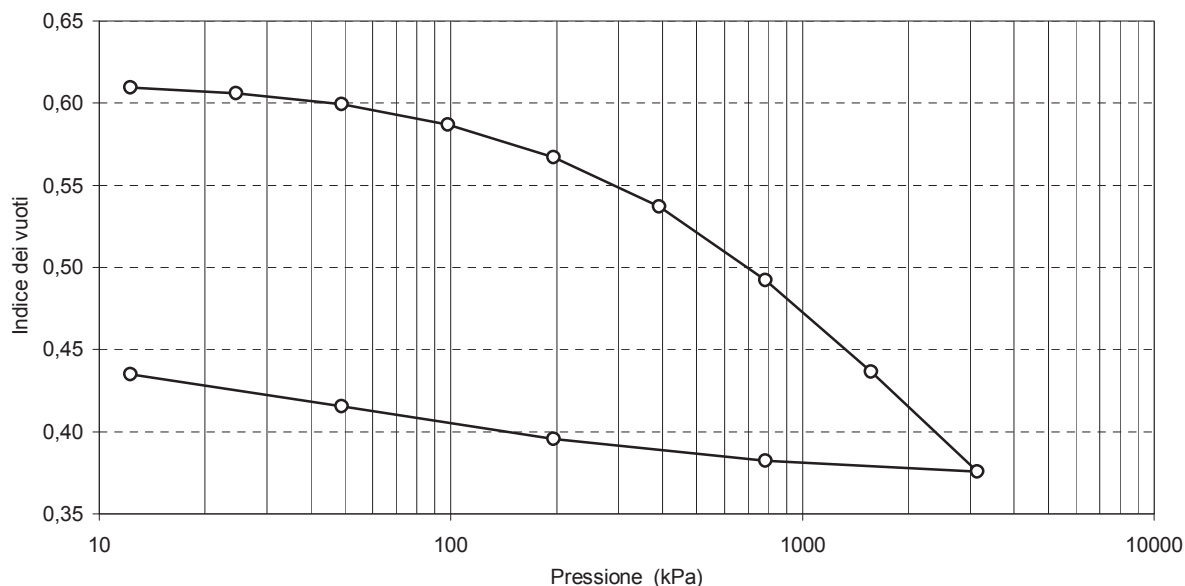
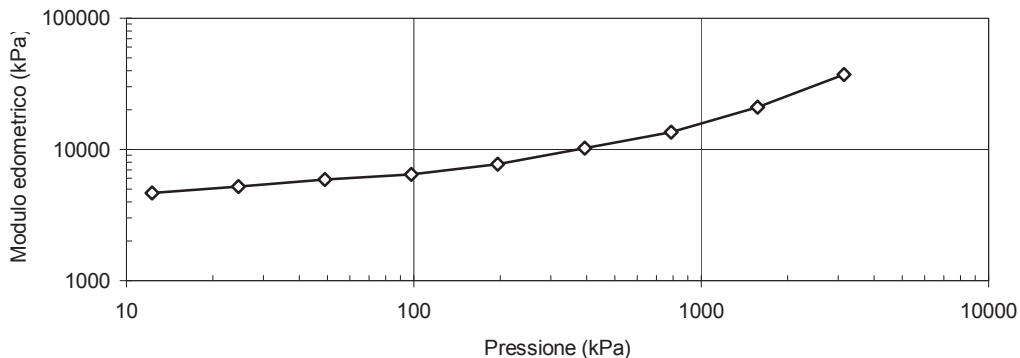


Diagramma modulo edometrico- pressioni



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo



ELLE TI
Laboratorio Terre s.r.l.

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A

Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007

Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **049-16** Data **20/05/16** Pagina **33 / 38**
Verbale di accettazione n° **16020** Prova numero / pagina prova **1602003 - ED/3**
Committente **Soil Test s.r.l.** Provenienza **Via di Novoli - Firenze**
Sondaggio n° **14 BIS** Campione n° **1** Prof. (metri) **2,0 - 2,5**

PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

Pressione iniziale 98 kPa

Pressione durante la prova 196 kPa

Tempo di consolidazione $t_{50} = 70$ sec

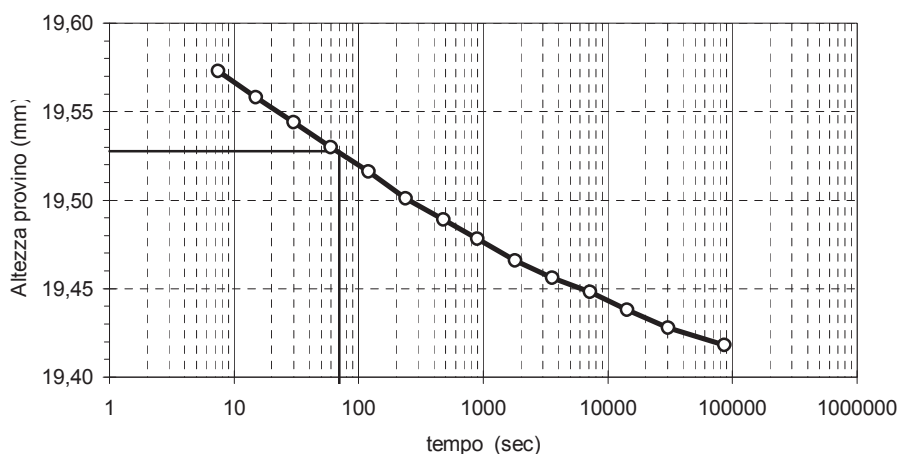
Altezza media del provino $H_M = 19,53$ mm

Coefficiente di consolidazione $c_v = 0,00269$ cm²/sec

Coefficiente di permeabilità $k = 3,1E-08$ cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	7,341	19,64
7,5	7,273	19,57
15	7,258	19,56
30	7,244	19,54
60	7,230	19,53
120	7,216	19,52
240	7,201	19,50
480	7,189	19,49
900	7,178	19,48
1800	7,166	19,47
3600	7,156	19,46
7200	7,148	19,45
14400	7,138	19,44
30600	7,128	19,43
86700	7,118	19,42

Diagramma cedimento - tempo



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi
Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo
Alessandro Lugo

Certificato n° **049-16** Data **20/05/16** Pagina **34 / 38**
Verbale di accettazione n° **16020** Prova numero / pagina prova **1602003 - ED/4**
Committente **Soil Test s.r.l.** Provenienza **Via di Novoli - Firenze**
Sondaggio n° **14 BIS** Campione n° **1** Prof. (metri) **2,0 - 2,5**

PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

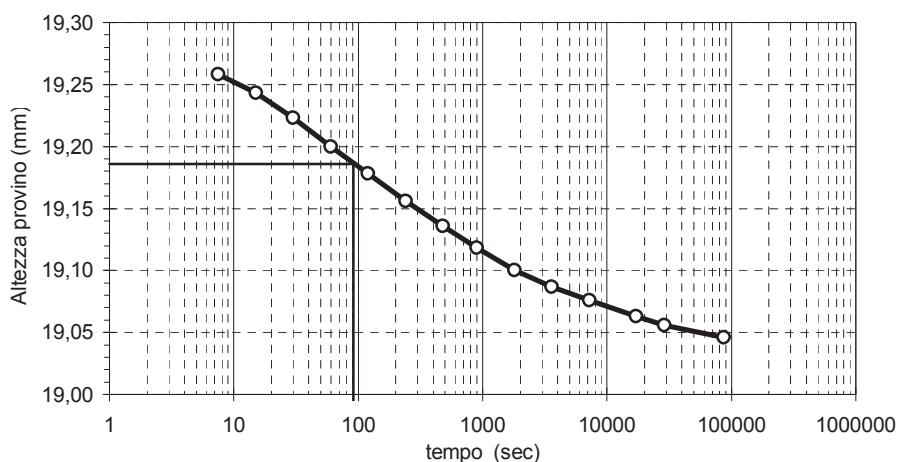
Pressione iniziale 196 kPa
Pressione durante la prova 294 kPa

Tempo di consolidazione $t_{50} = 91$ sec
Altezza media del provino $H_M = 19,19$ mm

Coefficiente di consolidazione $c_v = 0,00198$ cm²/sec
Coefficiente di permeabilità $k = 3,8E-08$ cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	7,118	19,42
7,5	6,958	19,26
15	6,943	19,24
30	6,923	19,22
60	6,900	19,20
120	6,878	19,18
240	6,856	19,16
480	6,836	19,14
900	6,818	19,12
1800	6,800	19,10
3600	6,787	19,09
7200	6,776	19,08
17100	6,763	19,06
29100	6,756	19,06
87600	6,746	19,05

Diagramma cedimento - tempo



il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo



ELLE TI
Laboratorio Terre s.r.l.

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A

Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007

Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n°	049-16	Data	20/05/16	Pagina	35 / 38
Committente	Soil Test s.r.l. - Via A. Grandi, 39 - 52100 Arezzo				
Richiedente	Geol. Dario Senesi				
Provenienza	Area Ex Fiat - Edifici H26 e H27 - Via di Novoli - Firenze				
Contenitore	Fustella PVC	Diametro (mm)	38	Lunghezza (cm)	25
Contrassegno	Sond. 14 BIS	Camp. 1 R	Profondità (m)	3,80-4,05	

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

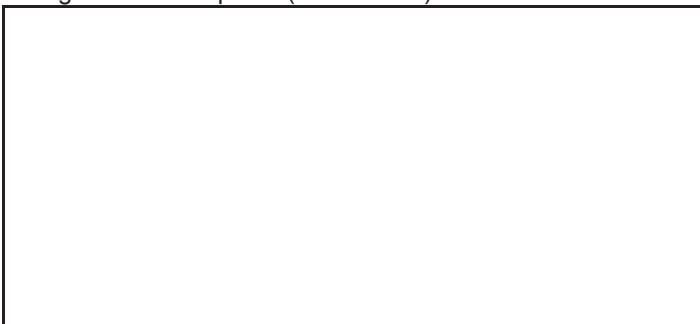
Data di apertura del campione **4/5/16**

Descrizione del campione:

Limo sabbioso grigio.

Classe di qualità **Q3**

Fotografia del campione (se richiesta)



Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

	P.P.	V.T.
Alto		
Basso		

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)

V.T. = Vane test (kPa)

OSSERVAZIONI:

--

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo



ELLE TI
Laboratorio Terre s.r.l.

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A

Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007

Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **049-16** Data **20/05/16** Pagina **36 / 38**
Verbale di accettazione n° **16020** del **3/5/16** Prova numero **1602004 - Gs**
Committente **Soil Test s.r.l. - Via A. Grandi, 39 - 52100 Arezzo**
Richiedente **Geol. Dario Senesi** Provenienza **Via di Novoli - Firenze**
Contenitore **Fustella PVC** Diametro (mm) **38** Lunghezza (cm) **25**
Contrassegno Sond. **14 BIS** Camp. **1 R** Profondità (m) **3,80-4,05**

PESO SPECIFICO DEI GRANI

(UNI CEN ISO/TS 17892/3)

Data di prova inizio **10/5/16** termine **11/5/16**

Picnometro	g	45,80
Campione + picnometro	g	71,96
Camp. + picnometro + acqua	g	162,20
Picnometro + acqua	g	145,59
Temperatura °C	°C	20,0
Fattore di correzione K		1,00
Peso specifico	g/cm³	2,74

il Direttore

Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore

Dr. Geol. Alessandro Lugo



ELLE TI
Laboratorio Terre s.r.l.

Concessione Ministeriale Circ. 7618/STC - Settore A
Sistema di Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2007
Certificato Nr 50 100 10624 TUV SUD - Italia

Via Galeotti 3 - 50136 Firenze - Tel/fax 055 6505508 - www.laboratorioelleti.it - laboratorio.elleti@tiscali.it

Certificato n° **049-16** Data **20/5/16** Pagina **37 / 38**
Verbale di accettazione n° **16020** del **3/5/16** Prova numero **1602004 - GR 1**
Committente **Soil Test s.r.l. - Via A. Grandi, 39 - 52100 Arezzo**
Richiedente **Geol. Dario Senesi** Provenienza **Via di Novoli - Firenze**
Contenitore **Fustella PVC** Diametro (mm) **38** Lunghezza (cm) **25**
Contrassegno Sond. **14 BIS** Camp. **1 R** Profondità (m) **3,80-4,05**

ANALISI GRANULOMETRICA

Date di prova: inizio **4/5/16** termine **12/5/16**

Analisi granulometrica per setacciatura
(via umida) (CNR-UNI A. V. N.23)

Massa del materiale g = 147,83

Set. ASTM	Diam. mm	Peso %	Tratt. %	Pass. %
3"	76,2	0,00	0,00	100,0
2"	50,8	0,00	0,00	100,0
1,5"	38,1	0,00	0,00	100,0
3/4"	19	0,00	0,00	100,0
3/8"	9,5	0,00	0,00	100,0
4	4,75	0,00	0,00	100,0
10	2,00	0,32	0,32	99,7
40	0,425	3,19	3,51	96,5
100	0,150	4,42	7,93	92,1
200	0,075	18,49	26,42	73,6

Analisi granulometrica per sedimentazione
(AASHTO T 88-72)

Agente disperdente: esametafosfato di sodio 45,70 g/l

Idrometro: tipo 151 H

Massa del materiale g = 50,00

Materiale passante al setaccio ASTM 40

Peso specifico dei grani: 2,74

Temp. °C	Tempo min	Lettura densim.	Dimen. mm	Pass. %
19,5	0,5	1,0150	0,067	73,6
19,5	1	1,0125	0,049	61,3
19,5	2	1,0095	0,035	46,6
19,5	4	1,0080	0,025	39,2
19,5	8	1,0065	0,018	31,9
19,5	15	1,0050	0,014	24,5
19,5	30	1,0038	0,010	18,6
19,5	60	1,0025	0,007	12,3
19,5	120	1,0018	0,005	8,8
19,5	240	1,0015	0,003	7,4
19,5	480	1,0010	0,002	4,9
19,5	3075	1,0005	0,001	2,5

il Direttore
Prof. Geol. Piero Focardi

lo Sperimentatore
Dr. Geol. Alessandro Lugo

RIEPILOGO DEI RISULTATI DI ANALISI DI LABORATORIO

Committente: **Soil Test s.r.l.**

Dati del campione:

Provenienza: **Area Ex Fiat - Edifici H26 e H27 - Via di Novoli - Firenze**

Sondaggio n° **14 BIS** Campione n° **1** Prof. m **2,0 - 2,5**

CODICE CAMPIONE **16020 03**

Descrizione del campione:

Limo sabbioso bruno giallastro debolmente argilloso. Presenza di piccoli inclusi ghiaiosi.

GRANDEZZE FISICHE DETERMINATE	Contenuto di acqua %	20,6
	Peso di volume kN/m^3	19,7
	Peso specifico dei granuli	2,63
GRANDEZZE FISICHE CALCOLATE	Indice dei vuoti	0,58
	Porosità	0,37
	Grado di saturazione %	93,9
	Densità secca kN/m^3	16,3
LIMITI DI CONSISTENZA	Limite di liquidità	33
	Limite di plasticità	22
	Limite di ritiro	-
GRANULOMETRIA PER SETACCIATURA	Passante setaccio 200 %	-
COMPLETA (SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE)	ciottoli+ghiaia %	-
	sabbia %	-
	limo %	-
	argilla %	-
CLASSIFICAZIONE AASHO (GRUPPO e SOTTOGRUPPO)	-	-
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE SEMPLICE	(kPa)	114
PROVA DI TAGLIO DIRETTA	angolo di attrito interno (gradi)	30
	coesione (kPa)	18
PROVA TRIASSIALE CD	angolo di attrito interno eff. (gradi)	-
	coesione eff. (kPa)	-
PROVA TRIASSIALE CUD	angolo di attrito interno eff. (gradi)	-
	coesione eff. (kPa)	-
PROVA TRIASSIALE UU	coesione non drenata (kPa)	-
PROVA DI TAGLIO TORSIONALE	angolo di attrito di picco (gradi)	-
	coesione di picco (kPa)	-
	angolo di attrito residuo (gradi)	-
	coesione residua (kPa)	-
PROVA EDOMETRICA	Indice di compressione c_c	0,202
	Indice di rigonfiamento c_s	0,025
	Pressione di preconsolidazione	320
PERMEABILITA'	Coeff.di permeabilità k (cm/s)	-

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA DI TAGLIO

Committente: Soil Test s.r.l.

Dati del campione:

Provenienza: Via di Novoli - Firenze

Sondaggio n° 14 BIS

Campione n° 1

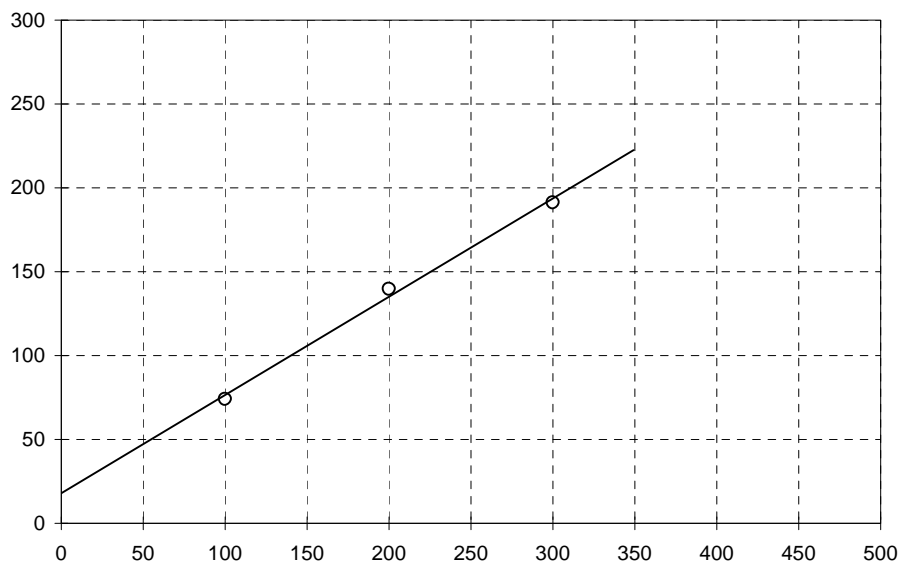
Prof. m

2,0 - 2,5

STATO TENSIONALE
A ROTTURA

Prova numero		1	2	3	
Pressione normale	kPa	100	200	300	
Resistenza al taglio	kPa	74	140	191	
Deformazione a rottura	mm	4,30	5,00	6,40	

Resistenza al taglio in funzione delle pressioni normali



Coesione = 18 kPa

Angolo di attrito interno 30 °

Coefficiente di correlazione della retta: 0,9969

ELABORAZIONE RISULTATI DATI SPERIMENTALI

PROVA EDOMETRICA -

Committente: Soil Test s.r.l.

Dati del campione:

Provenienza: Area Ex Fiat - Edifici H26 e H27 - Via di Novoli - Firenze

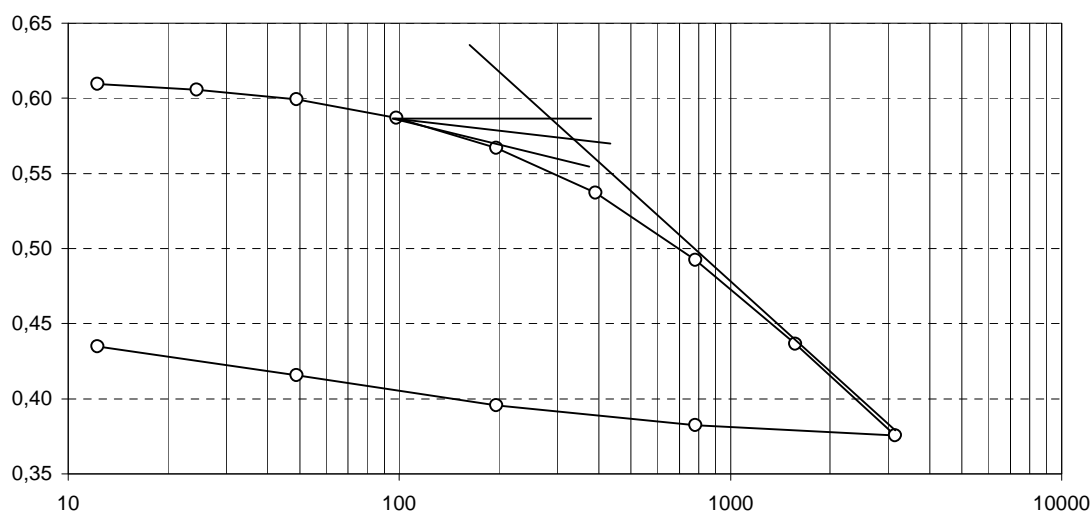
Sondaggio n° 14 BIS

Campione n° 1

Prof. m

2,0 - 2,5

Diagramma indice dei vuoti - pressioni (scala logaritmica)



Press kPa	DH mm	e	mv kPa ⁻¹	E ed kPa
0	0,000	0,614	*	*
12	0,052	0,610	2,14E-04	4677
25	0,099	0,606	1,91E-04	5222
49	0,182	0,599	1,69E-04	5920
98	0,332	0,587	1,55E-04	6457
196	0,582	0,567	1,30E-04	7720
392	0,954	0,537	9,77E-05	10238
785	1,507	0,492	7,40E-05	13510
1569	2,199	0,436	4,77E-05	20966
3138	2,951	0,376	2,69E-05	37142

Indice di compressione Cc	0,202
Indice di decompressione Cs	0,025
Pressione di preconsolidazione s' _p	kPa 320
Pressione di rigonfiamento s _r	kPa *

RIEPILOGO DEI RISULTATI DI ANALISI DI LABORATORIO

Committente: **Soil Test s.r.l.**

Dati del campione:

Provenienza: **Area Ex Fiat - Edifici H26 e H27 - Via di Novoli - Firenze**

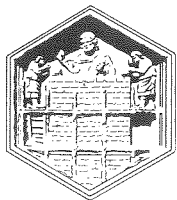
Sondaggio n° **14 BIS** Campione n° **1 R** Prof. m **3,80-4,05**

CODICE CAMPIONE **16020 04**

Descrizione del campione:

Limo sabbioso grigio.

GRANDEZZE FISICHE DETERMINATE	Contenuto di acqua %	-	
	Peso di volume kN/m^3	-	
	Peso specifico dei granuli	2,74	
GRANDEZZE FISICHE CALCOLATE	Indice dei vuoti		
	Porosità		
	Grado di saturazione %		
	Densità secca kN/m^3	-	
LIMITI DI CONSISTENZA	Limite di liquidità	-	
	Limite di plasticità	-	
	Limite di ritiro	-	
GRANULOMETRIA PER SETACCIATURA	Passante setaccio 200 %	74	
COMPLETA (SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE)	ciottoli+ghiaia %	0	
	sabbia %	31	
	limo %	65	
	argilla %	4	
CLASSIFICAZIONE AASHO (GRUPPO e SOTTOGRUPPO)	-	-	-
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE SEMPLICE	(kPa)	-	
PROVA DI TAGLIO DIRETTA	angolo di attrito interno (gradi)	-	
	coesione (kPa)	-	
PROVA TRIASSIALE CD	angolo di attrito interno eff. (gradi)	-	
	coesione eff. (kPa)	-	
PROVA TRIASSIALE CUD	angolo di attrito interno eff. (gradi)	-	
	coesione eff. (kPa)	-	
PROVA TRIASSIALE UU	coesione non drenata (kPa)	-	
PROVA DI TAGLIO TORSIONALE	angolo di attrito di picco (gradi)	-	
	coesione di picco (kPa)	-	
	angolo di attrito residuo (gradi)	-	
	coesione residua (kPa)	-	
PROVA EDOMETRICA	Indice di compressione c_c	-	
	Indice di rigonfiamento c_s	-	
	Pressione di preconsolidazione	-	
PERMEABILITA'	Coeff.di permeabilità k (cm/s)	-	



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti (D.P.R. 246/93 art.8)

D. M. n° 52501 del 11.10.2004 • Riconoscimento RINA - Associato ASSO.L.I.G.

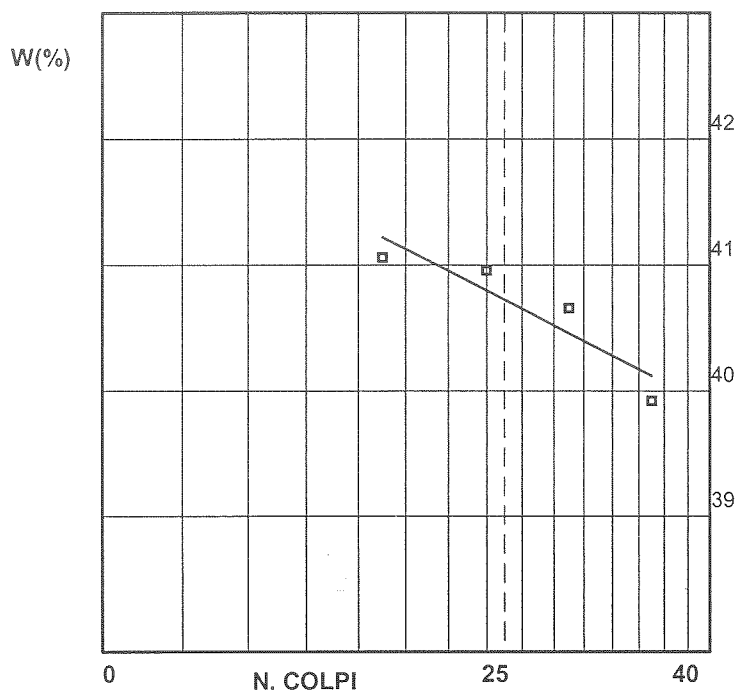


COMMITTENTE: SOIL TEST
IMPRESA:
CANTIERE: AREA EX FIAT
NOVOLI - FIRENZE

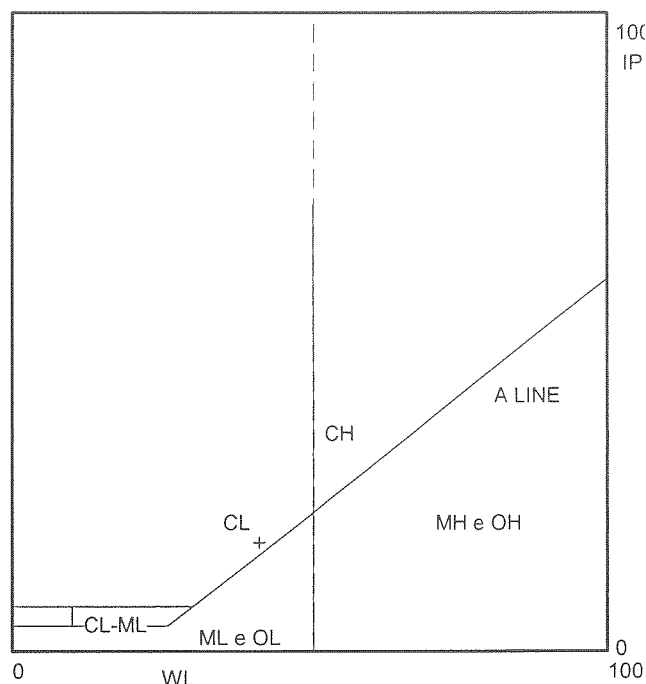
SONDAGGIO: 14
CAMPIONE: 1
PROFONDITA', m: 3.00 - 3.60

PROVE DI CLASSIFICAZIONE

LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA'



CONTENUTO IN ACQUA %= 25.88
CNR-UNI 10008/63

LIMITE LIQUIDO %= 41
CNR-UNI 10014

LIMITE PLASTICO %= 24
CNR-UNI 10014

INDICE PLASTICO %= 17

INDICE DI CONSISTENZA= 0.89

INDICE DI GRUPPO= -

PESO DI VOLUME kN/m^3 = 19.30
BS 1377 T 15/e

ARGILLA %= -

ATTIVITA'= -

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 :

CLASSIFICAZIONE USCS :

NOTA: Peso specifico dei grani: 2.76 (g/cm³)

N. di certificato: 00001

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 11/18

Il Direttore del laboratorio
Dr. Ing. A. Manuelli

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

Raccomandazioni AGI 1994

SETACCIO	APERTURA	PASSANTE
mesh	mm	%
10	2	-
40	0.420	
200	0.074	

LIMITE DI RITIRO %= -
CNR-UNI 10014

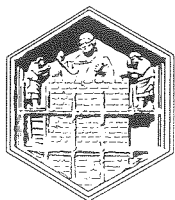
CONTENUTO IN SOSTANZE ORGANICHE(%)= -

TIPO DI CAMPIONE: Indisturbato

Verbale di accettazione: 1057/4265

Data esecuzione prove:

Lo Sperimentatore
Dr. Geol. R. Baggiani



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti (D.P.R. 246/93 art.8)

D. M. n° 52501 del 11.10.2004 • Riconoscimento RINA - Associato ASSO.L.I.G.



COMMITTENTE: SOIL TEST

IMPRESA:

CANTIERE: AREA EX FIAT

NOVOLI - FIRENZE

SONDAGGIO: 14

CAMPIONE: 1

PROFONDITA', m: 3.00 - 3.60

PROVA EDOMETRICA I.L. Raccomandazioni AGI 1994

Condizioni del campione: INDISTURBATO

Caratteristiche del campione

diametro, cm= 5.05

altezza, cm= 2.00

	Iniziale	Finale
contenuto in acqua, %	26.10	22.44
grado di saturazione, %	95.90	-
peso di volume, kN/m ³	19.46	0.00
densità secca, kN/m ³	15.43	0.00
Peso specifico dei grani, t/m ³	2.76	2.76
Indice dei vuoti, -	0.75	-

Pressioni	Cedimenti	$\Delta H/H$	Indice Vuoti	Mod. Edom.
Kpa	mm	%	-	KPa
24.52	0.320	1.60	0.722	-
49.03	0.490	2.45	0.707	2825.14
98.07	0.750	3.75	0.684	3655.37
196.13	1.150	5.75	0.649	4670.11
392.27	1.630	8.15	0.607	7604.51
784.53	2.310	11.55	0.548	10400.66
1569.06	3.110	15.55	0.478	16955.65
392.27	2.910	14.55	0.495	-
98.07	2.530	12.65	0.529	-
24.52	2.350	11.75	0.544	-

NOTA:

N. di certificato: 00001

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

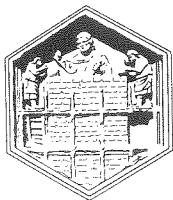
Pagina: 12/18

Il Direttore del laboratorio
Dr. Ing. A. Manuelli

Verbale di accettazione: 1057/4265

Data esecuzione prove:

Lo Sperimentatore
Dr. Geol. R. Baggiani



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti (D.P.R. 246/93 art.8)

D. M. n° 52501 del 11.10.2004 • Riconoscimento RINA - Associato ASSO.L.I.G.

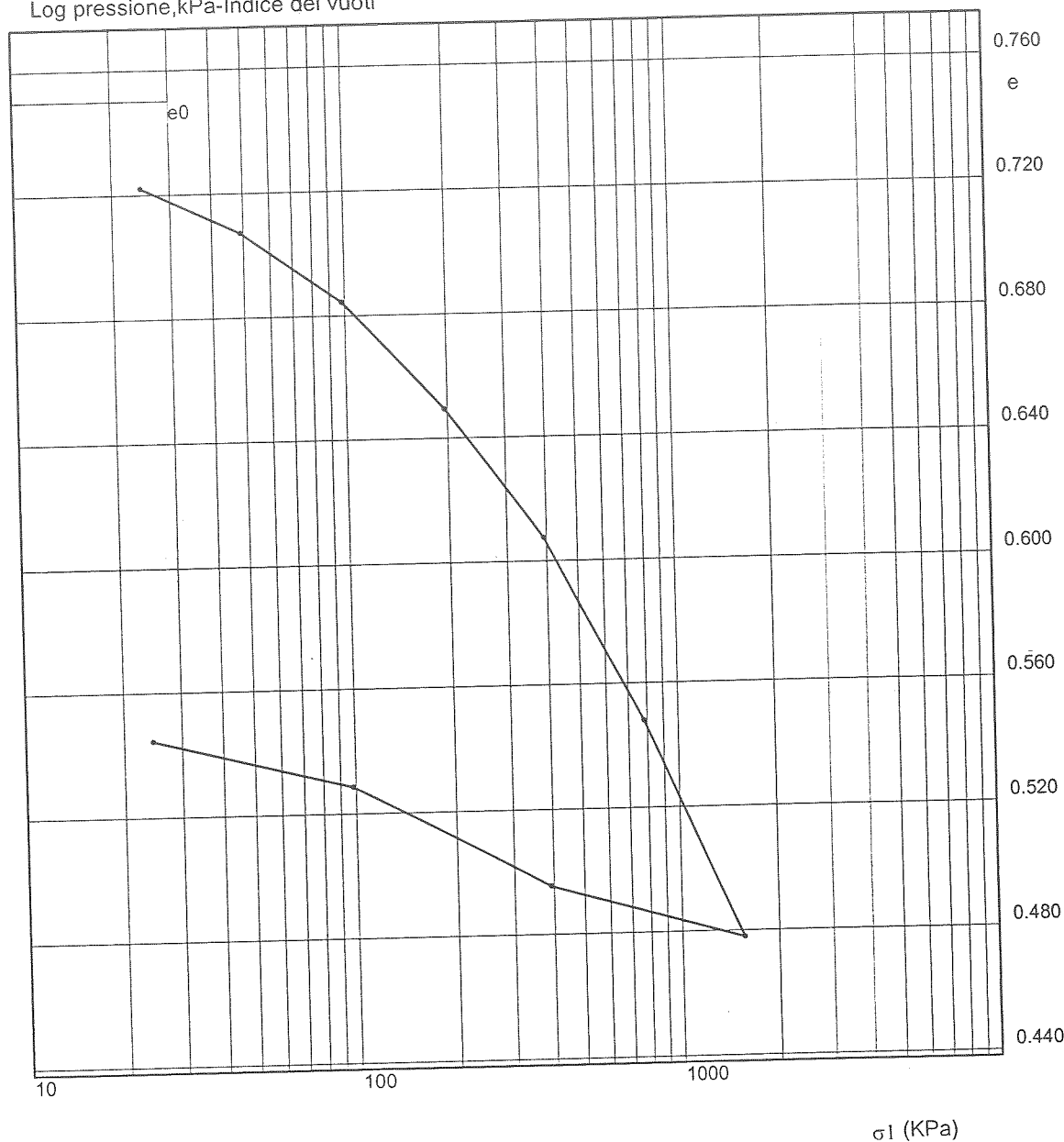


COMMITTENTE: SOIL TEST
IMPRESA:
CANTIERE: AREA EX FIAT
NOVOLI - FIRENZE

SONDAGGIO: 14
CAMPIONE: 1
PROFONDITA', m: 3.00 - 3.60

PROVA EDOMETRICA I.L. Raccomandazioni AGI 1994

Log pressione, kPa-Indice dei vuoti



NOTA:

N. di certificato: 00001

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

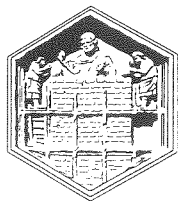
Pagina: 13/18

Il Direttore del laboratorio
Dr. Ing. A. Mandelli

Verbale di accettazione: 1057/4265

Data esecuzione prove:

Lo Sperimentatore
Dr. Geol. R. Baggiani



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti (D.P.R. 246/93 art.8)

D. M. n° 52501 del 11.10.2004 • Riconoscimento RINA - Associato ASSO.L.I.G.



COMMITTENTE: SOIL TEST

IMPRESA:

CANTIERE: AREA EX FIAT

NOVOLI - FIRENZE

SONDAGGIO: 14

CAMPIONE: 1

PROFONDITA', m: 3.00 - 3.60

PROVA TRIASSIALE U.U. Racc. AGI 1994

Condizioni del campione: INDISTURBATO

Caratteristiche iniziali del campione

	1	2	3
diametro, cm	3.81	3.81	3.81
altezza, cm	7.62	7.62	7.62
contenuto in acqua, %	24.45	25.57	27.39
grado di saturazione, %	93.05	93.58	92.11
peso di volume, kN/m ³	19.49	19.35	18.91
densità secca, kN/m ³	15.66	15.41	14.84
Peso specifico dei grani, t/m ³	2.76	2.76	2.76
Indice dei vuoti, -	0.72	0.75	0.82

Caratteristiche finali del campione

	1	2	3
diametro, cm	3.81	3.81	3.81
altezza, cm	7.62	7.62	7.62
contenuto in acqua, %	24.41	25.49	27.42
grado di saturazione, %	-	-	-
peso di volume, kN/m ³	0.00	0.00	0.00
densità secca, kN/m ³	0.00	0.00	0.00
Peso specifico dei grani, t/m ³	2.76	2.76	2.76
Indice dei vuoti, -	-	-	-

FASE DI TAGLIO

provino n.	1	2	3
pressione di cella (kPa)	98	196	294
velocità di taglio (mm/min)	0.75	0.75	0.75
$\sigma_1 - \sigma_3$ a rottura (kPa)	209.58	188.14	156.50
ϵ a rottura (%)	9.96	10.80	20.97

Cu= 92.37 kPa

NOTA:

N. di certificato: 00001

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

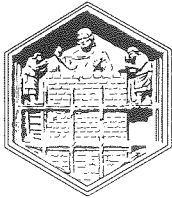
Pagina: 14/18

Il Direttore del laboratorio
Dr. Ing. A. Manelli

Verbale di accettazione: 1057/4265

Data esecuzione prove:

Lo Sperimentatore
Dr. Geol. R. Baggiani



Laboratorio SIGMA s.r.l. – Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti (D.P.R. 246/93 art.8)

D. M. n° 52501 del 11.10.2004 • Riconoscimento RINA - Associato ASSO.L.I.G.



COMMITTENTE: SOIL TEST

IMPRESA:

CANTIERE: AREA EX FIAT

NOVOLI - FIRENZE

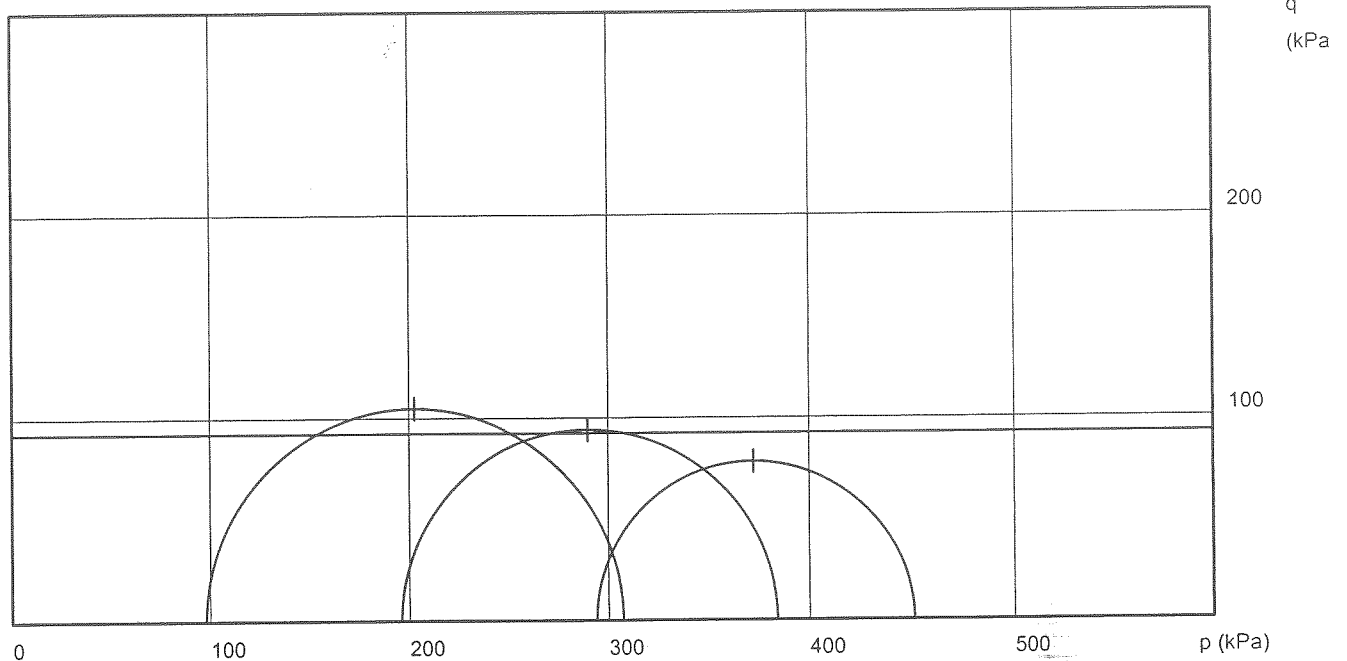
SONDAGGIO: 14

CAMPIONE: 1

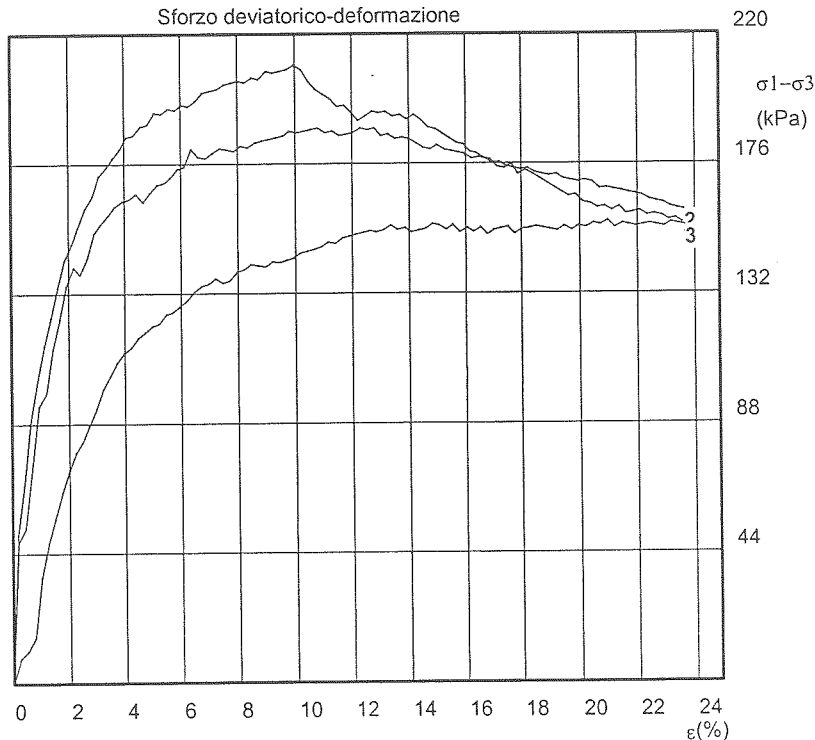
PROFONDITA', m: 3.00 - 3.60

PROVA TRIASSIALE U.U. Racc. AGI 1994

Piano di mohr



Sforzo deviatorico-deformazione



NOTA:

N. di certificato: 00001

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

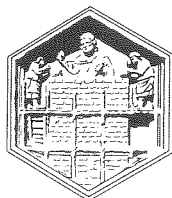
Pagina: 15/18

Il Direttore del laboratorio
Dr. Ing. A. Manuelli

Verbale di accettazione: 1057/4265

Data esecuzione prove:

Lo Sperimentatore
Dr. Geol. R. Baggiani



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti (D.P.R. 246/93 art.8)

D. M. n° 52501 del 11.10.2004 • Riconoscimento RINA - Associato ASSO.L.I.G.



COMMITTENTE: SOIL TEST

IMPRESA:

CANTIERE: AREA EX FIAT

NOVOLI - FIRENZE

SONDAGGIO: 14

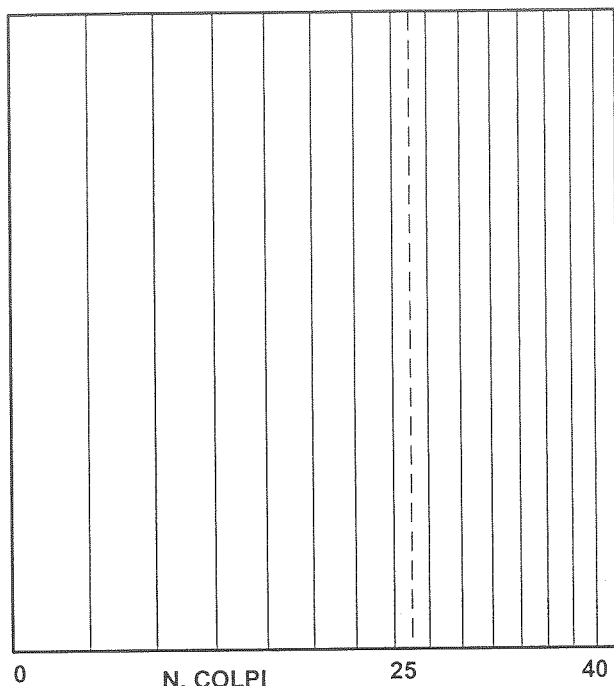
CAMPIONE: 2

PROFONDITA', m: 6.00 - 6.60

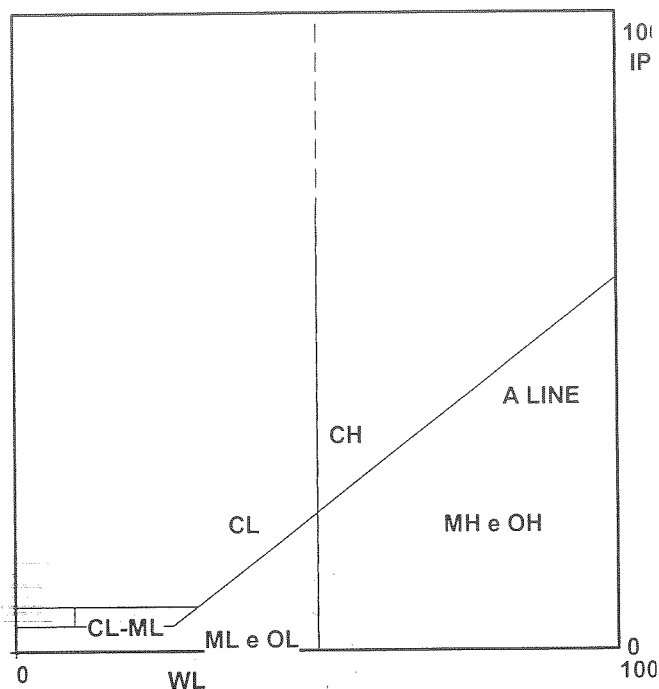
PROVE DI CLASSIFICAZIONE

LIMITE LIQUIDO

W(%)



CARTA DI PLASTICITA'



CONTENUTO IN ACQUA %= 29.88
CNR-UNI 10008/63

LIMITE LIQUIDO %= N.D.
CNR-UNI 10014

LIMITE PLASTICO %= N.P.
CNR-UNI 10014

INDICE PLASTICO %= N.P.

INDICE DI CONSISTENZA= -

INDICE DI GRUPPO= -

PESO DI VOLUME kN/m^3 = 19.43
BS 1377 T 15/e

ARGILLA %= -

ATTIVITA'= -

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 :

CLASSIFICAZIONE USCS :

NOTA:

N. di certificato: 00001

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

Raccomandazioni AGI 1994

SETACCIO	APERTURA	PASSANTE
mesh	mm	%
10	2	-
40	0.420	
200	0.074	

LIMITE DI RITIRO %= -
CNR-UNI 10014

CONTENUTO IN SOSTANZE ORGANICHE(%)= -

TIPO DI CAMPIONE: Indisturbato

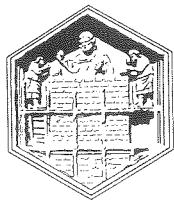
Pagina: 16/18

Il Direttore del laboratorio
Dr. Ing. A. Manuelli

Verbale di accettazione: 1057/4265

Data esecuzione prove:

Lo Sperimentatore
Dr. Geol. R. Baggiani



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti (D.P.R. 246/93 art.8)

D. M. n° 52501 del 11.10.2004 • Riconoscimento RINA - Associato ASSO.L.I.G.



COMMITTENTE: SOIL TEST

IMPRESA:

CANTIERE: AREA EX FIAT

NOVOLI - FIRENZE

SONDAGGIO: 14

CAMPIONE: 2

PROFONDITA', m: 6.00 - 6.60

PROVA DI TAGLIO DIRETTO C.D. Raccomandazioni AGI 1994

Condizioni del campione: Indisturbato

Caratteristiche iniziali del campione

lato, mm= 60.00

altezza, mm= 23.00

	1	2	3
contenuto in acqua, %	29.83	29.72	30.09
grado di saturazione, %	-	-	-
peso di volume, kN/m ³	18.88	20.20	19.21
densità secca, kN/m ³	14.54	15.57	14.77
Peso specifico dei grani, t/m ³	-	-	-
Indice dei vuoti, -	-	-	-

PRESSIONI VERTICALI

kPa

98.07

196.14

294.21

RESISTENZA AL TAGLIO

kPa

75.58

141.53

205.07

RESISTENZA RESIDUA

kPa

-

-

-

PARAMETRI A ROTTURA

RESISTENZA AL TAGLIO

kPa

75.58

141.53

205.07

DEF. ORIZZONTALE

mm

3.73

6.00

5.94

DEF. VERTICALE

mm/100

182.00

277.00

271.00

C'= 11.23 kPa

$\phi' = 33.43^\circ$

$\phi_r = -$

Velocità di taglio= 0.0250 mm/minuto

NOTA:

N. di certificato: 00001

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

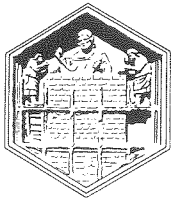
Pagina: 17/18

Il Direttore del laboratorio
Dr. Ing. A. Manuelli

Verbale di accettazione: 1057/4265

Data esecuzione prove:

Lo Sperimentatore
Dr. Geol. R. Baggiani



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti (D.P.R. 246/93 art.8)

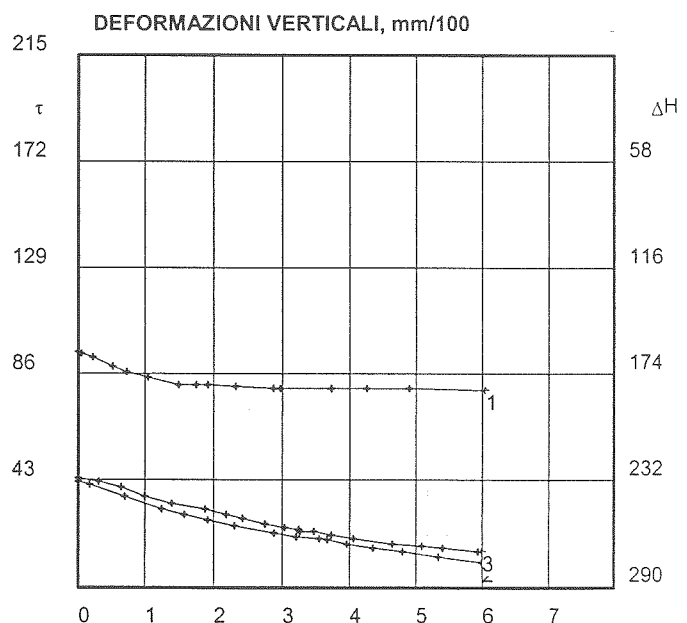
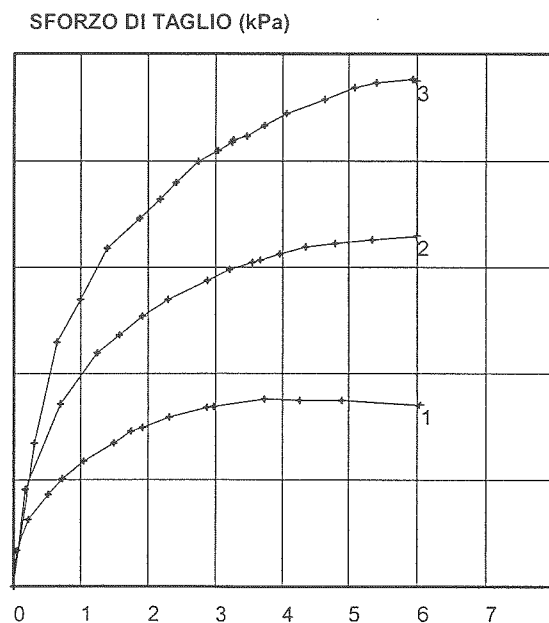
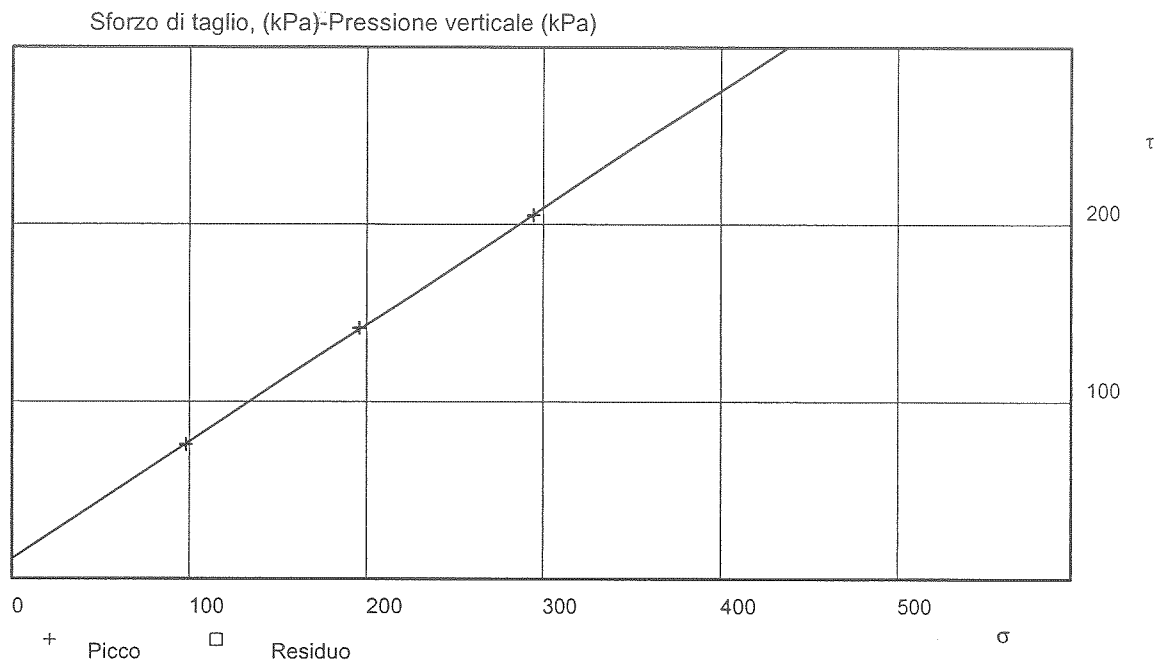
D. M. n° 52501 del 11.10.2004 • Riconoscimento RINA - Associato ASSO.L.I.G.



COMMITTENTE: SOIL TEST
IMPRESA:
CANTIERE: AREA EX FIAT
NOVOLI - FIRENZE

SONDAGGIO: 14
CAMPIONE: 2
PROFONDITA', m: 6.00 - 6.60

PROVA DI TAGLIO DIRETTO C.D. Raccomandazioni AGI 1994



Deformazione orizzontale (mm)

NOTA:

N. di certificato: 00001

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 18/18

Il Direttore del laboratorio
Dr. Ing. A. Manuelli

Verbale di accettazione: 1057/4265

Data esecuzione prove:

Lo Sperimentatore
Dr. Geol. R. Baggiani

Verbale di accettazione n° **06001** del **9/1/06** Cod. campione **06001 01**
 Committente **SOIL TEST s.r.l.** Via **À. Grandi** **Arezzo**
 Richiedente **Dr. Geol. Dario Senesi**
 Provenienza **Edifici H 27 Area ex Fiat - Novoli - Firenze**
 Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **50**
 Contrassegno **Sond. 14 C Camp. 1** Profondità (m) **3,6 - 4,1**

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

Data di apertura del campione **9/1/06**

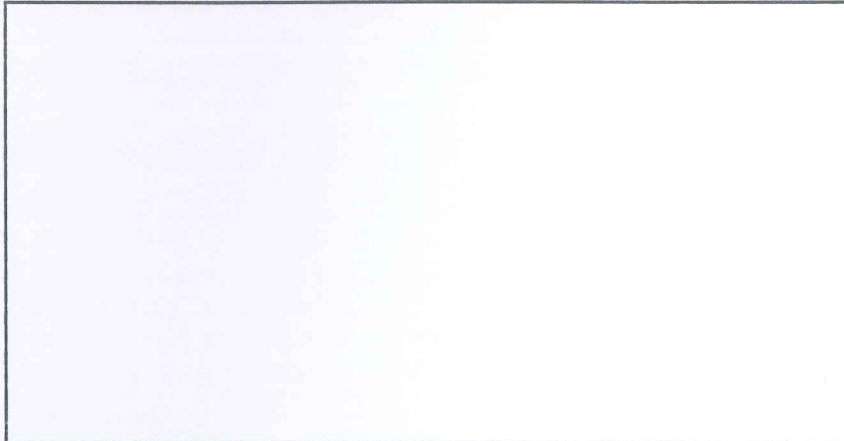
Descrizione del campione:

limo argilloso bruno, debolmente sabbioso, compatto.

Classe di qualità **Q 5**

Prove eseguite: Cert. N°

Fotografia del campione (se richiesta)



Cont. acqua w	<input checked="" type="checkbox"/>	002-06
Peso volume G	<input checked="" type="checkbox"/>	003-06
Peso spec. Gs	<input type="checkbox"/>	*
Limiti cons. LC	<input checked="" type="checkbox"/>	004-06
Granulom. GR	<input type="checkbox"/>	*
Compress. ELL	<input checked="" type="checkbox"/>	005-06
Edometrica ED	<input type="checkbox"/>	*
Permeabilità k	<input type="checkbox"/>	*
Triassiale TX	<input type="checkbox"/>	*
T. diretto TG	<input type="checkbox"/>	*
T.residuo TR	<input type="checkbox"/>	*

Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

		P.P.	V.T.
Alto	ELL	240	120
		280	
Basso		240	120

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)

V.T. = Vane test (kPa)

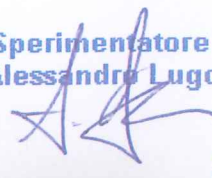
OSSERVAZIONI:



Il Direttore del Laboratorio
 Prof. Piero Focardi



Lo Sperimentatore
 Dr. Alessandro Lugo



Certificato n° **002-06** Data **26/01/2006** Pagina **1/ 1**
Verbale di accettazione n° **06001** del **9/1/06** Cod. campione **06001 01**
Committente **SOIL TEST s.r.l.** Via **A. Grandi** **Arezzo**
Richiedente **Dr. Geol. Dario Senesi** Provenienza **Area ex Fiat - Novoli**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **50**
Contrassegno **Sond. 14 C** Camp. **1** Profondità (m) **3,6 - 4,1**

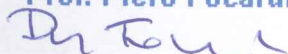
CONTENUTO NATURALE DI ACQUA

(ASTM D2216)

Data di prova: inizio **9/1/06** fine **10/1/06**

Tara	g	274,80
Massa terreno umido + tara	g	504,20
Massa terreno secco + tara	g	462,16
Contenuto di acqua	%	22,4

Il Direttore del Laboratorio
Prof. Piero Focardi



Lo Sperimentatore
Dr. Alessandro Lugo



Certificato n° **003-06** Data **26/01/2006** Pagina **1/ 1**
Verbale di accettazione n° **06001** del **9/1/06** Cod. campione **06001 01**
Committente **SOIL TEST s.r.l.** Via **A. Grandi** **Arezzo**
Richiedente **Dr. Geol. Dario Senesi** Provenienza **Area ex Fiat - Novoli**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **50**
Contrassegno **Sond. 14 C** Camp. **1** Profondità (m) **3,6 - 4,1**

PESO DI VOLUME

(BS 1377 T15/e)

Data di prova: 10/01/2006

Peso del terreno	g	169,16
Volume del terreno	cm ³	86,83
Massa specifica	g/cm ³	1,95
Peso di volume	kN/m ³	19,1

Il Direttore del Laboratorio
Prof. Piero Focardi

P.F.

Lo Sperimentatore
Dr. Alessandro Lugo

A. Lugo

Certificato n° **004-06** Data **26/01/2006** Pagina **1/ 1**
 Verbale di accettazione n° **06001** del **9/1/06** Cod. campione **06001 01**
 Committente **SOIL TEST s.r.l.** Via **A. Grandi** **Arezzo**
 Richiedente **Dr. Geol. Dario Senesi** Provenienza **Area ex Fiat - Novoli**
 Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **50**
 Contrassegno **Sond. 14 C** Camp. **1** Profondità (m) **3,6 - 4,1**

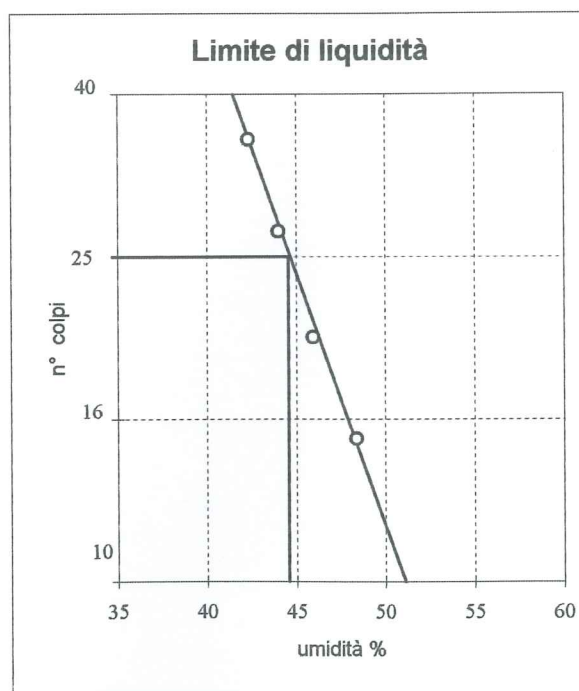
LIMITI DI CONSISTENZA

(CNR-UNI 10014)

Data di prova: inizio **11/1/06** termine **12/1/06**

Determinazione del limite di liquidità

n° prova	Tara (g)	Tara + umido (g)	Tara + secco (g)	umidità %	n° colpi
1	20,97	42,59	36,16	42,3	35
2	20,95	42,03	35,59	44,0	27
3	20,43	43,14	35,99	46,0	20
4	20,51	42,10	35,06	48,4	15
Limite di liquidità LL				44,6	



Determinazione del limite di plasticità

n° prova	Tara (g)	Tara + umido (g)	Tara + secco (g)	umidità %
1	8,98	18,78	17,21	19,1
2	9,33	18,49	17,02	19,1
Limite di plasticità LP				19,1

Limite di liquidità **45**
 Limite di plasticità **19**
 Indice di plasticità **26**

Il Direttore del Laboratorio
 Prof. Piero Focardi

Lo Sperimentatore
 Dr. Alessandro Lugo

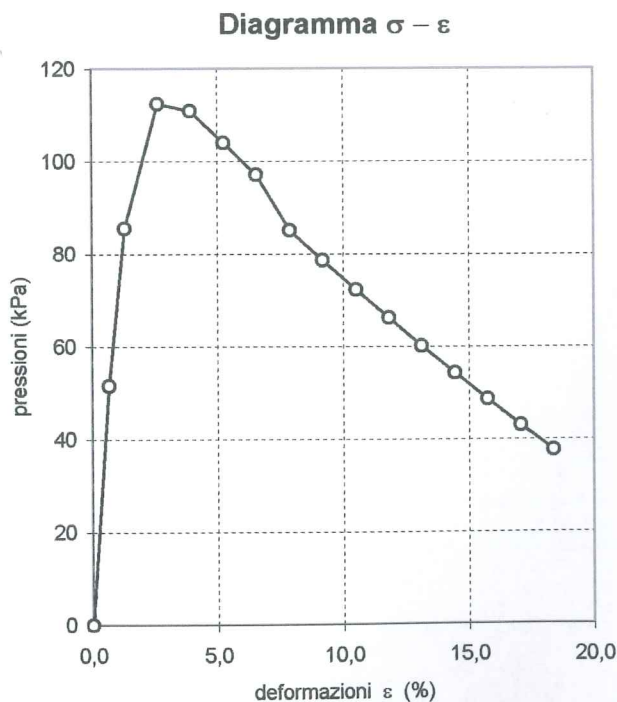
Certificato n° **005-06** Data **26/1/06** Pagina **1/ 1**
 Verbale di accettazione n° **06001** del **9/1/06** Cod. campione **06001 01**
 Committente **SOIL TEST s.r.l.** Via **A. Grandi** **Arezzo**
 Richiedente **Dr. Geol. Dario Senesi** Provenienza **Area ex Fiat - Novoli**
 Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **50**
 Contrassegno **Sond. 14 C** Camp. **1** Profondità (m) **3,6 - 4,1**

PROVA DI COMPRESSIONE SEMPLICE (ASTM D 2166)

Data di prova **10/1/06**

Dimensioni iniziali altezza cm **7,62** VELOCITA' DI PROVA
 sezione cm² **11,40** **0,500 mm/min**
 Contenuto di acqua % **23,0**
 Peso di volume kN/m³ **18,9**

Def. mm	Area cm ²	ε %	σ kPa
0	11,40	0,00	0
0,5	11,47	0,66	52
1	11,55	1,31	85
2	11,70	2,62	112
3	11,86	3,94	111
4	12,03	5,25	104
5	12,20	6,56	97
6	12,37	7,87	85
7	12,55	9,19	79
8	12,73	10,50	72
9	12,92	11,81	66
10	13,12	13,12	60
11	13,32	14,44	54
12	13,52	15,75	49
13	13,74	17,06	43
14	13,96	18,37	38



STATO TENSIONALE A ROTTURA

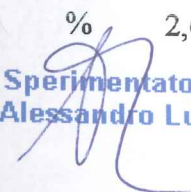
Resistenza alla compressione
 Deformazione a rottura

kPa **112**
 % **2,6**

Il Direttore del Laboratorio
 Prof. Piero Focardi



Lo Sperimentatore
 Dr. Alessandro Lugo



Verbale di accettazione n° **06001** del **9/1/06** Cod. campione **06001 02**
 Committente **SOIL TEST s.r.l.** Via **A. Grandi** **Arezzo**
 Richiedente **Dr. Geol. Dario Senesi**
 Provenienza **Edifici H 27 Area ex Fiat - Novoli - Firenze**
 Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **25**
 Contrassegno **Sond. 14 D Camp. 1** Profondità (m) **4,0 - 4,5**

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

Data di apertura del campione **9/1/06**

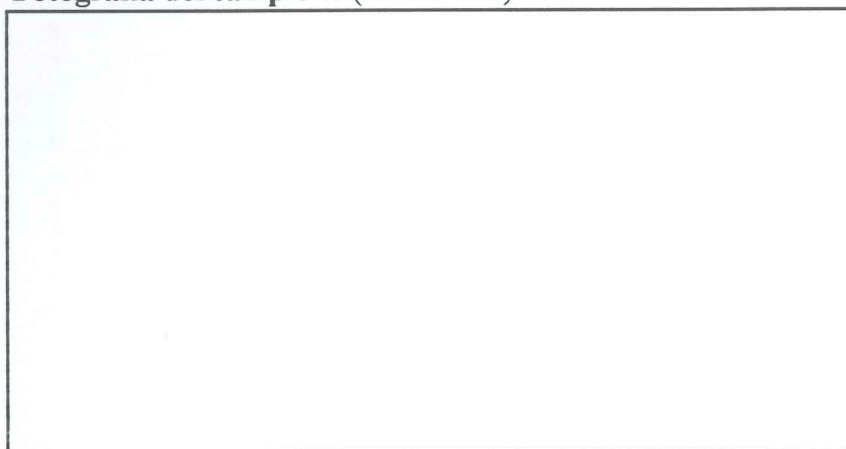
Descrizione del campione:

limo argilloso bruno, debolmente sabbioso, compatto. Presenza occasionale di inclusi ghiaiosi.

Classe di qualità **Q 5**

Prove eseguite: Cert. N°

Fotografia del campione (se richiesta)



Cont. acqua w	<input checked="" type="checkbox"/>	006-06
Peso volume G	<input checked="" type="checkbox"/>	007-06
Peso spec. Gs	<input checked="" type="checkbox"/>	008-06
Limiti cons. LC	<input checked="" type="checkbox"/>	009-06
Granulom. GR	<input type="checkbox"/>	*
Compress. ELL	<input type="checkbox"/>	*
Edometrica ED	<input checked="" type="checkbox"/>	010-06
Permeabilità k	<input type="checkbox"/>	*
Triassiale TX	<input type="checkbox"/>	*
T. diretto TG	<input type="checkbox"/>	*
T.residuo TR	<input type="checkbox"/>	*

Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

	P.P.	V.T.
Alto	180	110
	220	
	240	120
Basso		

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)
 V.T. = Vane test (kPa)

OSSERVAZIONI:



Il Direttore del Laboratorio
 Prof. Piero Focardi



Lo Sperimentatore
 Dr. Alessandro Lugo



Certificato n° **006-06** Data **26/01/2006** Pagina **1/ 1**
Verbale di accettazione n° **06001** del **9/1/06** Cod. campione **06001 02**
Committente **SOIL TEST s.r.l.** Via **A. Grandi** **Arezzo**
Richiedente **Dr. Geol. Dario Senesi** Provenienza **Area ex Fiat - Novoli**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **25**
Contrassegno **Sond. 14 D Camp. 1** Profondità (m) **4,0 - 4,5**

CONTENUTO NATURALE DI ACQUA

(ASTM D2216)

Data di prova: inizio **9/1/06** fine **10/1/06**

Tara	g	277,00
Massa terreno umido + tara	g	478,30
Massa terreno secco + tara	g	444,95
Contenuto di acqua	%	19,9

Il Direttore del Laboratorio
Prof. Piero FocardiLo Sperimentatore
Dr. Alessandro Lugo

Certificato n° **007-06** Data **26/01/2006** Pagina **1/ 1**
 Verbale di accettazione n° **06001** del **9/1/06** Cod. campione **06001 02**
 Committente **SOIL TEST s.r.l.** Via **A. Grandi** **Arezzo**
 Richiedente **Dr. Geol. Dario Senesi** Provenienza **Area ex Fiat - Novoli**
 Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **25**
 Contrassegno **Sond. 14 D** Camp. **1** Profondità (m) **4,0 - 4,5**

PESO DI VOLUME

(BS 1377 T15/e)

Data di prova: 10/01/2006

Peso del terreno	g	169,30
Volume del terreno	cm ³	86,83
Massa specifica	g/cm ³	1,95
Peso di volume	kN/m ³	19,1

Il Direttore del Laboratorio
 Prof. Piero Focardi

DUT

Lo Sperimentatore
 Dr. Alessandro Lugo



Certificato n° **008-06** Data **26/01/2006** Pagina **1/ 1**
 Verbale di accettazione n° **06001** del **9/1/06** Cod. campione **06001 02**
 Committente **SOIL TEST s.r.l.** Via **A. Grandi** **Arezzo**
 Richiedente **Dr. Geol. Dario Senesi** Provenienza **Area ex Fiat - Novoli**
 Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **25**
 Contrassegno **Sond. 14 D** Camp. **1** Profondità (m) **4,0 - 4,5**

PESO SPECIFICO DEI GRANI

(CNR-UNI 10013)

Data di prova inizio **12/1/06** termine **13/1/06**

Prova n°		1	2
Picnometro	g	45,82	53,43
Campione + picnometro	g	72,95	78,29
Camp. + picnometro + acqua	g	162,83	167,88
Picnometro + acqua	g	145,57	152,06
Temperatura °C	°C	21,2	21,1
Fattore di correzione K		0,9997	0,9998
Peso specifico	g/cm ³	2,748	2,749
Peso specifico medio	g/cm³	2,75	

Il Direttore del Laboratorio
 Prof. Piero Focardi

Pf

Lo Sperimentatore
 Dr. Alessandro Lugo



Certificato n°	009-06	Data	26/01/2006	Pagina	1 / 1
Verbale di accettazione n°	06001	del	9/1/06	Cod. campione	06001 02
Committente	SOIL TEST s.r.l.	Via A. Grandi	Arezzo		
Richiedente	Dr. Geol. Dario Senesi	Provenienza	Area ex Fiat - Novoli		
Contenitore	Fustella acciaio	Diametro (mm)	85	Lunghezza (cm)	25
Contrassegno	Sond. 14 D	Camp.	1	Profondità (m)	4,0 - 4,5

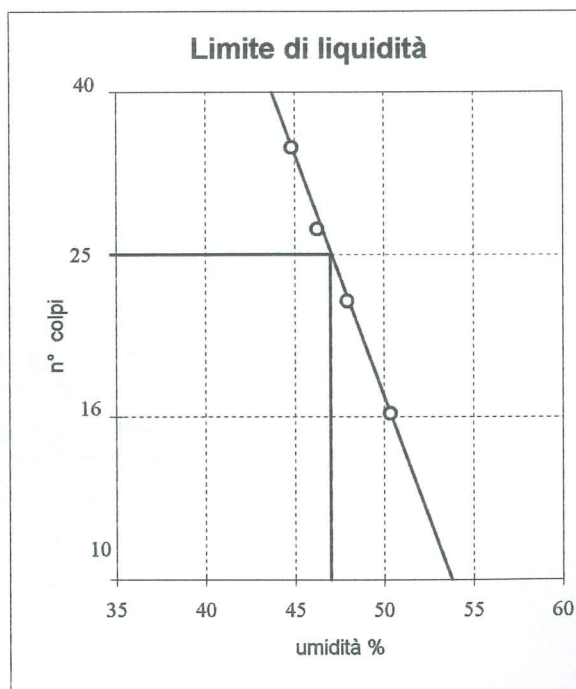
LIMITI DI CONSISTENZA

(CNR-UNI 10014)

 Data di prova: inizio **11/1/06** termine **12/1/06**

Determinazione del limite di liquidità

n° prova	Tara (g)	Tara + umido (g)	Tara + secco (g)	umidità %	n° colpi
1	20,68	37,51	32,30	44,8	34
2	20,45	36,95	31,73	46,3	27
3	20,25	36,23	31,05	48,0	22
4	20,88	36,53	31,29	50,3	16
Limite di liquidità LL				47,0	



Determinazione del limite di plasticità

n° prova	Tara (g)	Tara + umido (g)	Tara + secco (g)	umidità %
1	9,36	17,63	16,12	22,3
2	9,18	17,44	15,96	21,8
Limite di plasticità LP				22,1

Limite di liquidità	47
Limite di plasticità	22
Indice di plasticità	25

 Il Direttore del Laboratorio
 Prof. Piero Focardi



 Lo Sperimentatore
 Dr. Alessandro Lugo



Certificato n° **010-06** Data **26/01/2006** Pagina **1 / 4**
 Verbale di accettazione n° **06001** del **9/1/06** Cod. campione **06001 02**
 Committente **SOIL TEST s.r.l.** Via **A. Grandi** **Arezzo**
 Richiedente **Dr. Geol. Dario Senesi** Provenienza **Area ex Fiat - Novoli**
 Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **25**
 Contrassegno **Sond. 14 D** Camp. **1** Profondità (m) **4,0 - 4,5**

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435)

Data di prova inizio **9/1/06** termine **24/1/06**

Dimensioni iniziali del provino

sezione	cm ²	20,00
altezza	cm	2,00
volume iniziale	cm ³	40,00

Parametri fisici iniziali e dopo la prova.

	iniziale	finale
umidità %	20,75	17,99
peso di volume kN/m ³	19,1	21,4
indice dei vuoti	0,703	0,489

Peso specifico dei grani **G_s = 2,75**

Certificato n° **008-06**

Cedimenti (DH) e indice dei vuoti (e) relativi alle pressioni indicate con permanenza del carico di 24 ore.

Press kPa	ΔH mm	e	mv kPa ⁻¹	E ed kPa
0	0,000	0,703	*	*
12,3	0,023	0,701	9,38E-05	10659
25	0,097	0,694	3,02E-04	3309
49	0,264	0,680	3,43E-04	2914
98	0,540	0,657	2,85E-04	3512
196	0,912	0,625	1,95E-04	5129
392	1,425	0,581	1,37E-04	7299
785	2,097	0,524	9,22E-05	10842
1569	2,816	0,463	5,12E-05	19536
3138	3,478	0,406	2,45E-05	40748
785	3,329	0,419	*	*
196	3,073	0,441	*	*
49	2,757	0,468	*	*
12,3	2,509	0,489	*	*

Coefficiente di compressibilità volumetrica (mv) e modulo edometrico (Eed) relativi al campo di pressione compreso tra il valore indicato in tabella e quello precedente.

Il Direttore del Laboratorio
 Prof. Piero Focardi

P.F.

Lo Sperimentatore
 Dr. Alessandro Lugo

A. Lugo

Certificato n°	010-06	Data	26/01/2006	Pagina	2/ 4
Verbale di accettazione n°	06001	Codice del campione	06001 02		
Committente	SOIL TEST s.r.l.	Provenienza	Area ex Fiat - Novoli		
Sondaggio n°	14 D	Campione n°	1	Prof. (metri)	4,0 - 4,5

PROVA EDOMETRICA

Diagramma indice dei vuoti - pressioni (scala logaritmica)

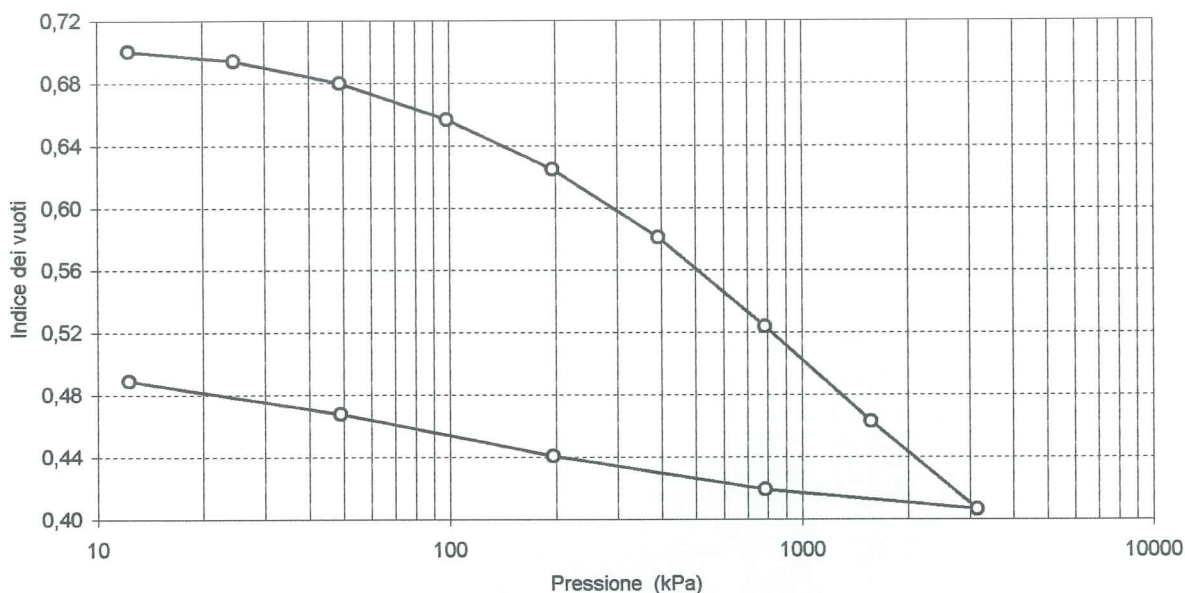
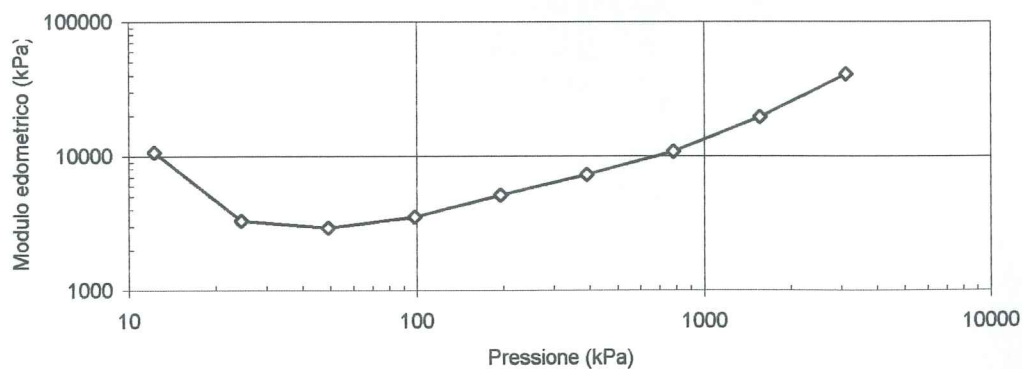


Diagramma modulo edometrico- pressioni



Il Direttore del Laboratorio
Prof. Piero Focardi

Lo Sperimentatore
Dr. Alessandro Lugo

D.L. +

Certificato n°	010-06	Data	26/01/2006	Pagina	3/ 4
Verbale di accettazione n°	06001	Codice del campione	06001 02		
Committente	SOIL TEST s.r.l.	Provenienza	Area ex Fiat - Novoli		
Sondaggio n°	14 D	Campione n°	1	Prof. (metri)	4,0 - 4,5

PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

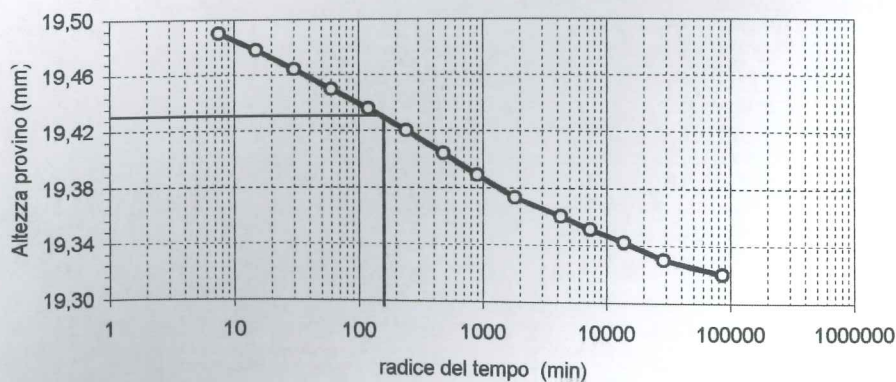
Pressione iniziale 49 kPa
 Pressione durante la prova 98 kPa

Tempo di consolidazione $t_{50} = 159$ sec
 Altezza media del provino $H_M = 19,43$ mm

Coefficiente di consolidazione $c_v = 0,00117$ cm²/sec
 Coefficiente di permeabilità $k = 3,3E-08$ cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	7,530	19,59
7,5	7,430	19,49
15	7,418	19,48
30	7,404	19,46
60	7,390	19,45
120	7,376	19,44
240	7,360	19,42
480	7,344	19,40
900	7,329	19,39
1800	7,313	19,37
4260	7,300	19,36
7320	7,291	19,35
13800	7,282	19,34
28920	7,270	19,33
86040	7,260	19,32

Diagramma cedimento - tempo



Il Direttore del Laboratorio
 Prof. Piero Focardi

Pf

Lo Sperimentatore
 Dr. Alessandro Lugo



Certificato n°	010-06	Data	26/01/2006	Pagina	4/ 4
Verbale di accettazione n°		06001	Codice del campione	06001 02	
Committente	SOIL TEST s.r.l.		Provenienza	Area ex Fiat - Novoli	
Sondaggio n°	14 D	Campione n°	1	Prof. (metri)	4,0 - 4,5

PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

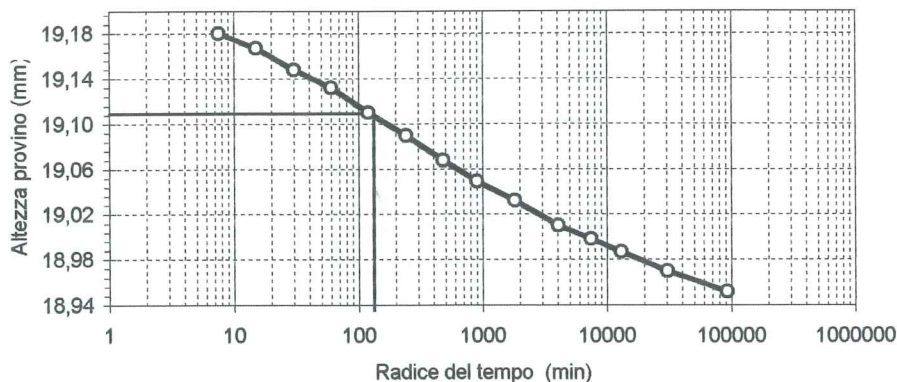
Pressione iniziale 98 kPa
 Pressione durante la prova 196 kPa

Tempo di consolidazione $t_{50} = 133$ sec
 Altezza media del provino $H_M = 19,11$ mm

Coefficiente di consolidazione $c_v = 0,00135$ cm²/sec
 Coefficiente di permeabilità $k = 2,6E-08$ cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	7,260	19,32
7,5	7,120	19,18
15	7,107	19,17
30	7,088	19,15
60	7,072	19,13
120	7,050	19,11
240	7,030	19,09
480	7,008	19,07
900	6,989	19,05
1800	6,972	19,03
4080	6,950	19,01
7440	6,938	19,00
12960	6,927	18,99
30540	6,910	18,97
92280	6,892	18,95

Diagramma cedimento - tempo



Il Direttore del Laboratorio
 Prof. Piero Focardi

Lo Sperimentatore
 Dr. Alessandro Lugo

Det

[Firma]

Verbale di accettazione n° **06001** del **9/1/06** Cod. campione **06001 03**
 Committente **SOIL TEST s.r.l.** Via **A. Grandi** **Arezzo**
 Richiedente **Dr. Geol. Dario Senesi**
 Provenienza **Edifici H 27 Area ex Fiat - Novoli - Firenze**
 Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **35**
 Contrassegno **Sond. 14 C Camp. 2** Profondità (m) **15,5 - 16,0**

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE E PROGRAMMA PROVE

Data di apertura del campione **9/1/06**

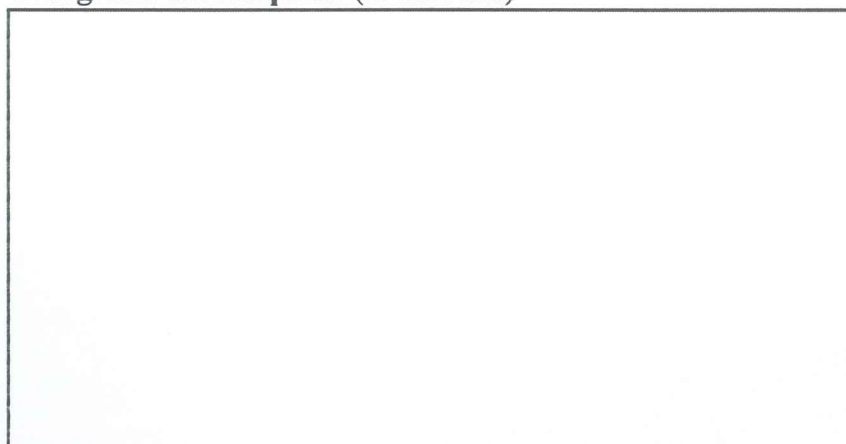
Descrizione del campione:

argilla limosa bruno giallastra, compatta. Presenza occasionale di inclusi ghiaiosi.

Classe di qualità **Q 5**

Prove eseguite: Cert. N°

Fotografia del campione (se richiesta)



Cont. acqua w	<input checked="" type="checkbox"/>	011-06
Peso volume G	<input checked="" type="checkbox"/>	012-06
Peso spec. Gs	<input checked="" type="checkbox"/>	013-06
Limiti cons. LC	<input checked="" type="checkbox"/>	014-06
Granulom. GR	<input type="checkbox"/>	*
Compress. ELL	<input checked="" type="checkbox"/>	015-06
Edometrica ED	<input checked="" type="checkbox"/>	016-06
Permeabilità k	<input type="checkbox"/>	*
Triassiale TX	<input type="checkbox"/>	*
T. diretto TG	<input type="checkbox"/>	*
T.residuo TR	<input type="checkbox"/>	*

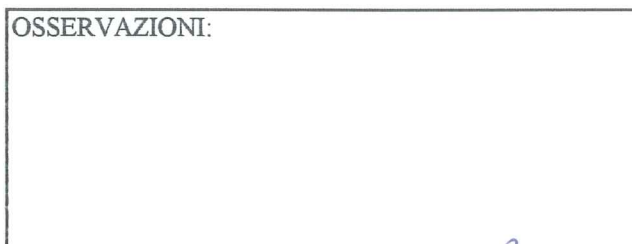
Ubicazione dei provini sottoposti ad analisi (disegno non in scala)

	P.P.	V.T.
Alto	320	150
	300	
ELL		
		150
ED		
	300	
Basso		

P.P. = Pocket penetrometer (kPa)

V.T. = Vane test (kPa)

OSSERVAZIONI:



Il Direttore del Laboratorio
 Prof. Piero Focardi



Lo Sperimentatore
 Dr. Alessandro Lugo



**ELLE TI****LABORATORIO TERRE S.R.L.**

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
D.P.R. 380 / 01, art. 59 – Circolare n. 349 / 99
Concessione per l'esecuzione e certificazione di prove geotecniche
Decreto n° 53361 del 06.05.05 e n° 50451 del 13.06.05



Associazione
Laboratori
Geotecnici
Italiani

Via Galeotti, 3 - 50136 Firenze - Tel / Fax: 055 6505508 Cell: 348 8850949 e.mail: laboratorio.elletitiscali.it - www.laboratorioelletiti.it - P. IVA: 04390160481

Certificato n° **011-06** Data **26/01/2006** Pagina **1/ 1**
Verbale di accettazione n° **06001** del **9/1/06** Cod. campione **06001 03**
Committente **SOIL TEST s.r.l.** Via **A. Grandi** **Arezzo**
Richiedente **Dr. Geol. Dario Senesi** Provenienza **Area ex Fiat - Novoli**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **35**
Contrassegno **Sond. 14 C Camp. 2** Profondità (m) **15,5 - 16,0**

CONTENUTO NATURALE DI ACQUA

(ASTM D2216)

Data di prova: inizio **9/1/06** fine **10/1/06**

Tara	g	275,30
Massa terreno umido + tara	g	457,20
Massa terreno secco + tara	g	419,85
Contenuto di acqua	%	25,8

Il Direttore del Laboratorio
Prof. Piero Focardi

DE

Lo Sperimentatore
Dr. Alessandro Lugo

[Signature]



ELLE TI
LABORATORIO TERRE S.R.L.

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
D.P.R. 380 / 01, art. 59 – Circolare n. 349 / 99
Concessione per l'esecuzione e certificazione di prove geotecniche
Decreto n° 53361 del 06.05.05 e n° 50451 del 13.06.05



Associazione
Laboratori
Geotecnici
Italiani

Via Galeotti, 3 - 50136 Firenze – Tel / Fax: 055 6505508 Cell: 348 8850949 e.mail: laboratorio.elleti@tiscali.it - www.laboratorioelleti.it - P. IVA: 04390160481

Certificato n° **012-06** Data **26/01/2006** Pagina **1/ 1**
Verbale di accettazione n° **06001** del **9/1/06** Cod. campione **06001 03**
Committente **SOIL TEST s.r.l.** Via **A. Grandi** **Arezzo**
Richiedente **Dr. Geol. Dario Senesi** Provenienza **Area ex Fiat - Novoli**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **35**
Contrassegno **Sond. 14 C** Camp. **2** Profondità (m) **15,5 - 16,0**

PESO DI VOLUME

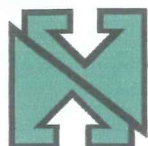
(BS 1377 T15/e)

Data di prova: 10/01/2006

Peso del terreno	g	172,20
Volume del terreno	cm ³	86,83
Massa specifica	g/cm ³	1,98
Peso di volume	kN/m³	19,4

Il Direttore del Laboratorio
Prof. Piero Focardi

Lo Sperimentatore
Dr. Alessandro Lugo



ELLE TI
LABORATORIO TERRE S.R.L.

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
D.P.R. 380 / 01, art. 59 – Circolare n. 349 / 99
Concessione per l'esecuzione e certificazione di prove geotecniche
Decreto n° 53361 del 06.05.05 e n° 50451 del 13.06.05



Associazione
Laboratori
Geotecnici
Italiani

Via Galeotti, 3 - 50136 Firenze - Tel / Fax: 055 6505508 Cell: 348 8850949 e.mail: laboratorio.elletit@tiscali.it - www.laboratorioelletit.it - P. IVA: 04390160481

Certificato n° **013-06** Data **26/01/2006** Pagina **1/ 1**
Verbale di accettazione n° **06001** del **9/1/06** Cod. campione **06001 03**
Committente **SOIL TEST s.r.l.** Via **A. Grandi** **Arezzo**
Richiedente **Dr. Geol. Dario Senesi** Provenienza **Area ex Fiat - Novoli**
Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **35**
Contrassegno **Sond. 14 C** Camp. **2** Profondità (m) **15,5 - 16,0**

PESO SPECIFICO DEI GRANI

(CNR-UNI 10013)

Data di prova inizio **12/1/06** termine **13/1/06**

Prova n°		1	2
Picnometro	g	42,78	42,26
Campione + picnometro	g	68,22	67,37
Camp.+ picnometro + acqua	g	158,74	158,05
Picnometro + acqua	g	142,34	141,86
Temperatura °C	°C	20,9	21,2
Fattore di correzione K		0,9998	0,9997
Peso specifico	g/cm ³	2,814	2,814
Peso specifico medio	g/cm ³	2,81	

Il Direttore del Laboratorio
Prof. Piero Focardi

Dit

Lo Sperimentatore
Dr. Alessandro Lugo

Certificato n°	014-06	Data	26/01/2006	Pagina	1/ 1
Verbale di accettazione n°	06001	del	9/1/06	Cod. campione	06001 03
Committente	SOIL TEST s.r.l.	Via A. Grandi		Arezzo	
Richiedente	Dr. Geol. Dario Senesi	Provenienza	Area ex Fiat - Novoli		
Contenitore	Fustella acciaio	Diametro (mm)	85	Lunghezza (cm)	35
Contrassegno	Sond. 14 C	Camp. 2	Profondità (m)	15,5 - 16,0	

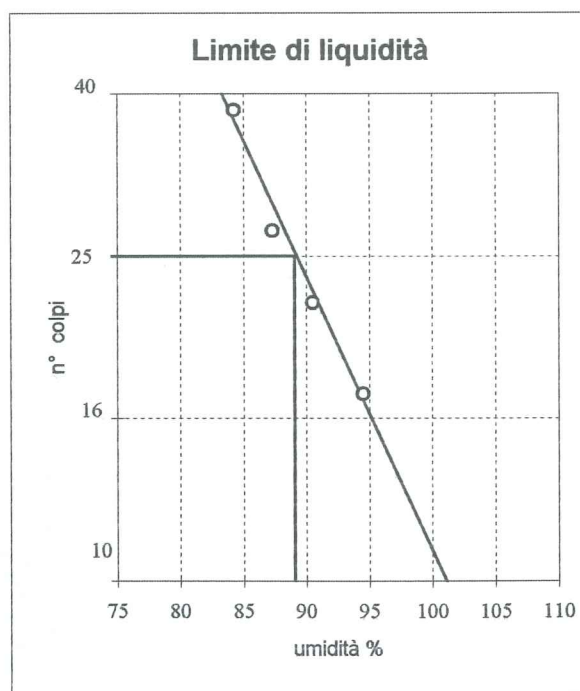
LIMITI DI CONSISTENZA

(CNR-UNI 10014)

 Data di prova: inizio **11/1/06** termine **12/1/06**

Determinazione del limite di liquidità

n° prova	Tara (g)	Tara + umido (g)	Tara + secco (g)	umidità %	n° colpi
1	20,56	36,46	29,19	84,2	38
2	21,09	35,55	28,81	87,3	27
3	20,51	34,95	28,09	90,5	22
4	20,77	35,34	28,26	94,5	17
Limite di liquidità LL				89,1	



Determinazione del limite di plasticità

n° prova	Tara (g)	Tara + umido (g)	Tara + secco (g)	umidità %
1	9,30	16,83	15,25	26,6
2	9,14	17,12	15,41	27,3
Limite di plasticità LP				26,9

Limite di liquidità	89
Limite di plasticità	27
Indice di plasticità	62

 Il Direttore del Laboratorio
 Prof. Piero Focardi



 Lo Sperimentatore
 Dr. Alessandro Lugo



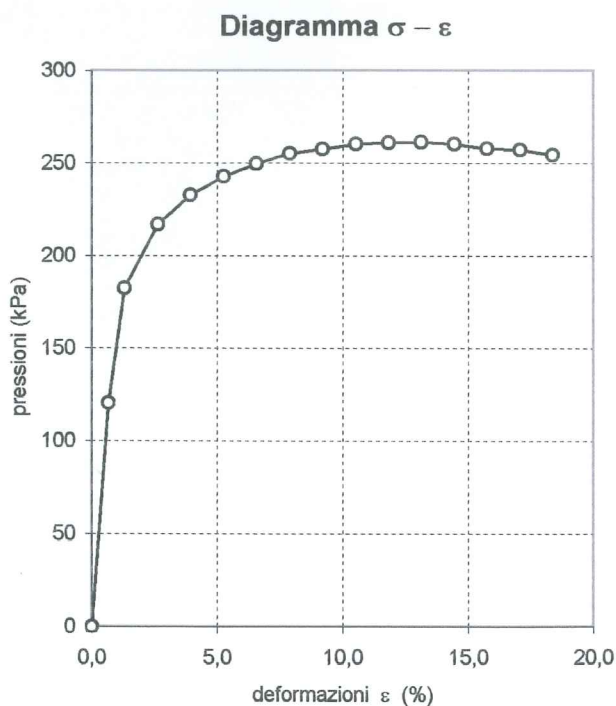
Certificato n° **015-06** Data **26/1/06** Pagina **1 / 1**
 Verbale di accettazione n° **06001** del **9/1/06** Cod. campione **06001 03**
 Committente **SOIL TEST s.r.l.** Via **A. Grandi** **Arezzo**
 Richiedente **Dr. Geol. Dario Senesi** Provenienza **Area ex Fiat - Novoli**
 Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **35**
 Contrassegno **Sond. 14 C** Camp. **2** Profondità (m) **15,5 - 16,0**

PROVA DI COMPRESSIONE SEMPLICE (ASTM D 2166)

Data di prova **17/1/06**

Dimensioni iniziali altezza cm **7,62** VELOCITA' DI PROVA
 sezione cm² **11,40** **0,500 mm/min**
 Contenuto di acqua % **23,9**
 Peso di volume kN/m³ **19,6**

Def. mm	Area cm ²	ε %	σ kPa
0	11,40	0,00	0
0,5	11,47	0,66	120
1	11,55	1,31	182
2	11,70	2,62	217
3	11,86	3,94	233
4	12,03	5,25	243
5	12,20	6,56	250
6	12,37	7,87	255
7	12,55	9,19	257
8	12,73	10,50	260
9	12,92	11,81	261
10	13,12	13,12	261
11	13,32	14,44	260
12	13,52	15,75	258
13	13,74	17,06	257
14	13,96	18,37	254



STATO TENSIONALE A ROTTURA

Resistenza alla compressione **kPa 261**
 Deformazione a rottura **% 13,1**

Il Direttore del Laboratorio
 Prof. Piero Focardi



Lo Sperimentatore
 Dr. Alessandro Lugo



Certificato n° **016-06** Data **26/01/2006** Pagina **1 / 4**
 Verbale di accettazione n° **06001** del **9/1/06** Cod. campione **06001 03**
 Committente **SOIL TEST s.r.l.** Via **A. Grandi** **Arezzo**
 Richiedente **Dr. Geol. Dario Senesi** Provenienza **Area ex Fiat - Novoli**
 Contenitore **Fustella acciaio** Diametro (mm) **85** Lunghezza (cm) **35**
 Contrassegno **Sond. 14 C** Camp. **2** Profondità (m) **15,5 - 16,0**

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435)

Data di prova **inizio 9/1/06** **termine 24/1/06**

Dimensioni iniziali del provino

sezione	cm ²	20,00
altezza	cm	2,00
volume iniziale	cm ³	40,00

Parametri fisici iniziali e dopo la prova.

	iniziale	finale
umidità %	26,31	26,55
peso di volume kN/m ³	19,2	19,5
indice dei vuoti	0,812	0,788

Peso specifico dei grani **Gs = 2,81**

Certificato n° **013-06**

Cedimenti (DH) e indice dei vuoti (e) relativi alle pressioni indicate con permanenza del carico di 24 ore.

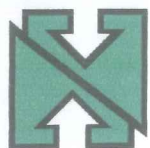
Press kPa	ΔH mm	e	mv kPa ⁻¹	E ed kPa
0	0,000	0,812	*	*
12,3	0,000	0,812	*	*
25	0,000	0,812	*	*
49	0,000	0,812	*	*
98	0,036	0,809	3,66E-05	27328
196	0,178	0,796	7,26E-05	13776
392	0,488	0,768	7,98E-05	12527
785	0,984	0,723	6,48E-05	15442
1569	1,663	0,662	4,55E-05	21972
3138	2,490	0,587	2,87E-05	34791
785	1,964	0,634	*	*
196	1,294	0,695	*	*
49	0,738	0,745	*	*
12,3	0,270	0,788	*	*

Coefficiente di compressibilità volumetrica (mv) e modulo edometrico (Eed) relativi al campo di pressione compreso tra il valore indicato in tabella e quello precedente.

Il Direttore del Laboratorio
Prof. Piero Focardi

Lo Sperimentatore
Dr. Alessandro Lugo



ELLE TI
LABORATORIO TERRE S.R.L.

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
D.P.R. 380 / 01, art. 59 – Circolare n. 349 / 99
Concessione per l'esecuzione e certificazione di prove geotecniche
Decreto n° 53361 del 06.05.05 e n° 50451 del 13.06.05



Associazione
Laboratori
Geotecnici
Italiani

Via Galeotti, 3 - 50136 Firenze - Tel / Fax: 055 6505508 Cell: 348 8850949 e.mail: laboratorio.elletti@tiscali.it - www.laboratorioelletti.it - P. IVA: 04390160481

Certificato n°	016-06	Data	26/01/2006	Pagina	2/ 4
Verbale di accettazione n°	06001	Codice del campione	06001	03	
Committente	SOIL TEST s.r.l.	Provenienza	Area ex Fiat - Novoli		
Sondaggio n°	14 C	Campione n°	2	Prof. (metri)	15,5 - 16,0

PROVA EDOMETRICA

Diagramma indice dei vuoti - pressioni (scala logaritmica)

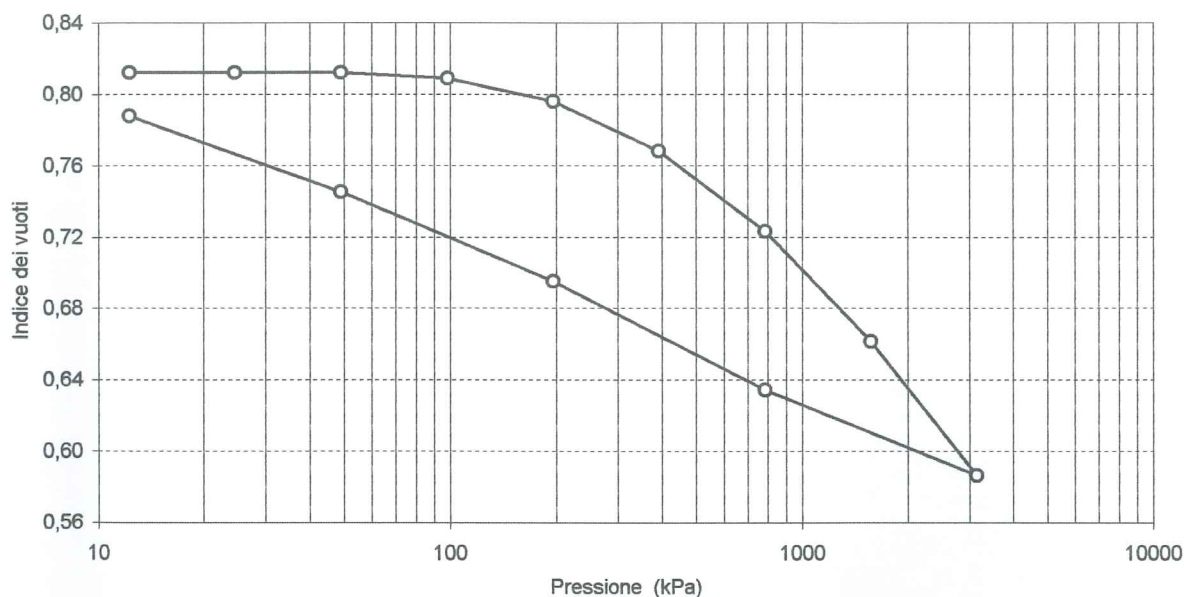
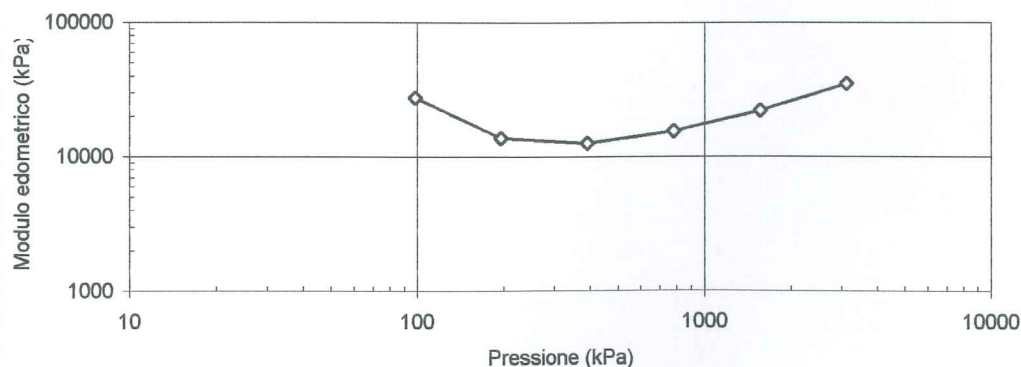


Diagramma modulo edometrico- pressioni



Il Direttore del Laboratorio
Prof. Piero Focardi

P.F.

Lo Sperimentatore
Dr. Alessandro Lugo

A. Lugo

Certificato n°	016-06	Data	26/01/2006	Pagina	3/ 4
Verbale di accettazione n°	06001	Codice del campione	06001 03		
Committente	SOIL TEST s.r.l.	Provenienza	Area ex Fiat - Novoli		
Sondaggio n°	14 C	Campione n°	2	Prof. (metri)	15,5 - 16,0

PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

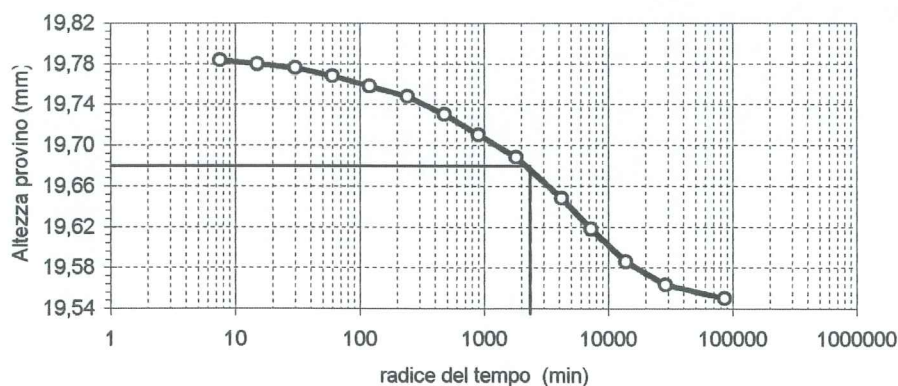
Pressione iniziale 98 kPa
 Pressione durante la prova 196 kPa

Tempo di consolidazione $t_{50} = 2363$ sec
 Altezza media del provino $H_M = 19,68$ mm

Coefficiente di consolidazione $c_v = 0,000081$ cm²/sec
 Coefficiente di permeabilità $k = 5,7E-10$ cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	8,231	19,83
7,5	8,183	19,78
15	8,180	19,78
30	8,176	19,78
60	8,168	19,77
120	8,158	19,76
240	8,148	19,75
480	8,130	19,73
900	8,110	19,71
1800	8,088	19,69
4200	8,048	19,65
7260	8,018	19,62
13740	7,986	19,59
28860	7,963	19,56
85980	7,950	19,55

Diagramma cedimento - tempo



Il Direttore del Laboratorio
 Prof. Piero Focardi



Lo Sperimentatore
 Dr. Alessandro Lugo



Certificato n°	016-06	Data	26/01/2006	Pagina	4/ 4
Verbale di accettazione n°	06001	Codice del campione	06001 03		
Committente	SOIL TEST s.r.l.	Provenienza	Area ex Fiat - Novoli		
Sondaggio n°	14 C	Campione n°	2	Prof. (metri)	15,5 - 16,0

PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

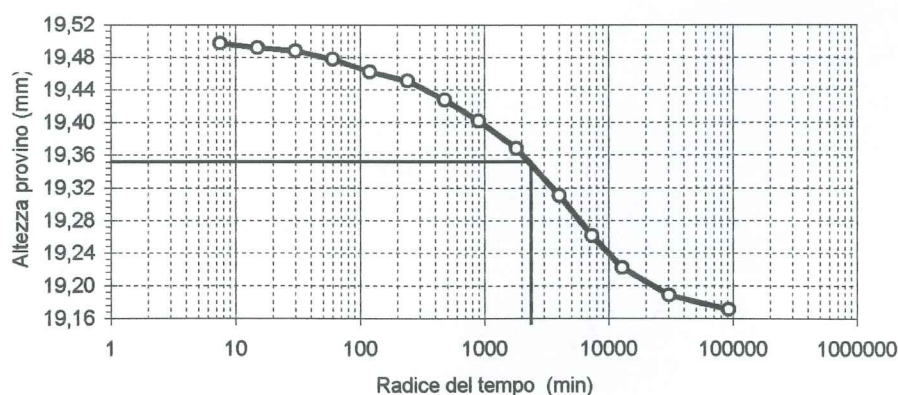
Pressione iniziale 196 kPa
 Pressione durante la prova 392 kPa

Tempo di consolidazione $t_{50} = 2392$ sec
 Altezza media del provino $H_M = 19,35$ mm

Coefficiente di consolidazione $c_v = 0,000077$ cm²/sec
 Coefficiente di permeabilità $k = 6,0E-10$ cm/sec

tempo sec	Lett. mm	H mm
0	7,950	19,55
7,5	7,897	19,50
15	7,892	19,49
30	7,888	19,49
60	7,878	19,48
120	7,862	19,46
240	7,851	19,45
480	7,828	19,43
900	7,802	19,40
1800	7,768	19,37
4020	7,710	19,31
7380	7,661	19,26
12900	7,622	19,22
30480	7,588	19,19
92220	7,571	19,17

Diagramma cedimento - tempo



Il Direttore del Laboratorio
 Prof. Piero Focardi

P.F.

Lo Sperimentatore
 Dr. Alessandro Lugo

A. Lugo

TRIGEO snc

di Andrea Nencetti e Benedetto Burchini
Via Mazzini, 18
52011 Soci (AR)
P.IVA 02024110518
info@trigeo.it

FIRENZE

Via Nino Bixio, 9
50131 Firenze
firenze@trigeo.it
T/F 055 400619
M 328 7213928

AREZZO

Via Trasimeno, 7
52100 Arezzo
arezzo@trigeo.it
T/F 0575 294500
M 339 2288117

RELAZIONE TECNICA

“PROSPEZIONE DI SISMICA IN FORO TIPO DOWN HOLE (ONDE P ED SH) - CALCOLO VS30 D.M. 14/01/2008 EDIFICIO H27 AREA EX FIAT NOVOLI - FIRENZE”

**COMMITTENTE :
IMMOBILIARE NOVOLI**

30 – MAGGIO - 2016



CERTIFICATO
ISO N°14PA00028P06

ADDETTO ALLE PROVE
NON DISTRUTTIVE E
SEMIDISTRUTTIVE
NEL SETTORE CIVILE

TRIGEO s.n.c.
di Nencetti Andrea e Burchini Benedetto
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 02024110518
Tel/Fax 0575 294500 - 056 9962212
Cell. 339 3348117 - 328 7213928
www.trigeo.it - info@trigeo.it



WWW.TRIGEO.IT

INDICE

INTRODUZIONE.....	3
1.0 PRESENTAZIONE ELABORATI.....	4
2.0 STRUMENTAZIONE IMPIEGATA E SCHEMA OPERATIVO.....	5
3.0 ELABORAZIONE DATI.....	8
3.1 PARAMETRI ELASTICI DINAMICI	10
4.0 ANALISI DATI DELL'INDAGINE DOWN HOLE	11
ALLEGATI	13

INTRODUZIONE

Il presente lavoro viene svolto per incarico della committenza e riguarda l'indagine mediante prospezione sismica verticale in pozzo, “**DOWN-HOLE**”. L'indagine è stata eseguita allo scopo di fornire la caratterizzazione dei suoli di fondazione nel cantiere dell'**EDIFICIO H27 AREA EX FIAT NOVOLI – FIRENZE (FIG. 1)**.



Figura 1: Particolare della fase di acquisizione prova Down Hole: Edificio H27 Area ex Fiat Novoli – Firenze.

L'indagine Down-Hole, eseguita nel mese di **MAGGIO 2016**, sotto la supervisione del tecnico incaricato **Geol. D.Senesi**, ha come obiettivo, quello di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio, ai fini della classificazione del sottosuolo secondo le Nuove Norme Tecniche 2008.

L'impiego combinato delle onde di compressione e quelle di taglio consente di caratterizzare dinamicamente, tramite il calcolo delle velocità di propagazione delle onde compressionali (P) e di Taglio (SH), le litologie presenti nell'area d'indagine e determinarne la geometria (spessori e superfici di contatto) nel sottosuolo. L'impiego dei valori di velocità delle onde di taglio SH consente di ottenere i parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette VS30), come richiesto dal nuovo D.M. 14/01/2008

“Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni” che definisce cinque tipologie di suoli in funzione del valore di VS30 (**Fig.2**):

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce 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 graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>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 e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>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 graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>
S1	<i>Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.</i>
S2	<i>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.</i>

Figura 2: Definizione categoria suolo di fondazione in funzione della Vs30.

Di seguito viene descritto, lo schema operativo e le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all'interpretazione scaturita dai dati elaborati.

1.0 PRESENTAZIONE ELABORATI

La relazione tecnica riferisce sui risultati ottenuti dall'indagine sismica verticale in pozzo (tecnica “DOWN-HOLE”) ed è corredata dalle seguenti documentazioni che ne costituiscono parte integrante:

- Ubicazione della prova down hole da immagine satellitare;

- Tabelle con i tempi d'arrivo (onde P - Tabella 1 ed SH - Tabella 2) originali e corretti in funzione della profondità di misura;
- Diagramma delle dromocrone, dove in grigio viene riportato l'andamento delle onde P ed in viola quello delle onde SH;
- Tabella riassunti valori V_p , V_{sh} , V_p/V_{sh} e coefficiente di Poisson;
- Diagramma ad istogrammi con riportate le velocità Onde P-SH calcolate (in m/s) in funzione della profondità (in m);
- Diagramma ad istogrammi del rapporto V_p/V_{sh} e dell'andamento in profondità del Coefficiente di Poisson;
- **Tavola 01:** Ubicazione prova Down Hole CTR in scala 1:1.000;
- **Tavola 02:** Sismogrammi onde P;
- **Tavola 03:** Sismogrammi onde SH.

2.0 STRUMENTAZIONE IMPIEGATA E SCHEMA OPERATIVO

Il principio dell'analisi sismica è basato sul calcolo del tempo che impiega un'onda sismica ad attraversare differenti strati del sottosuolo; la velocità con cui la deformazione prodotta artificialmente si propaga nei terreni è funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni stessi e pertanto la possibilità di determinare dette velocità con grande dettaglio permette di assegnare caratteri ragionevolmente realistici ai terreni da investigare e di seguirne l'andamento in profondità.

Un sistema digitale di acquisizione dati in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo Geometrics GEODE a 24 ch, strumentazione che presenta le seguenti caratteristiche: **A/D Conversion:** 24 bit; **Dynamic Range:** 144 dB; **Distortion:** 0.0005% 2 ms, 1.75 to 208 Hz; **Bandwidth:** 1.75 Hz to 20 kHz; **Common Mode Rejection:** > -100 dB at ≤ 100 Hz, 36 dB; **Crosstalk:** -125 dB at 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms; **Noise Floor:** 0.2uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 to 208 Hz; **Stacking Trigger Accuracy:** 1/32 of sample interval; **Maximum Input Signal:** 2.8 VPP; **Input Impedance:** 20 kOhm, 0.02 uf; **Preamplifier Gains; Anti-alias Filters:** -3 dB at 83% of Nyquist frequency;

Sample Interval: 0.02 to 16.0 ms; **Record Length:** 16,000 samples; **Acquisition and Display Filters:** *LowCut, Notch, HighCut*; **Data Formats:** SEG-2 standard with SGOS.

Per quel che riguarda i sensori, sono due geofoni da pozzo, con frequenza caratteristica di 10 Hz, 70 % di smorzamento. che registrano le tre componenti del moto, due orizzontali, ortogonali fra loro ed una verticale; questi tipi di geofoni hanno come caratteristica peculiare, di essere rigidamente collegati tra loro ad una distanza di **1.0 m** da una barra in teflon e di essere dotati di un sistema pneumatico di anco-raggio alle pareti del pozzo stesso, caratteristica che permette di spostarli e quindi fissarli alla profondità voluta, inoltre l'orientazione assoluta del sistema è regolata tramite una batteria di aste. Il cavo di connessione tra geofoni e sismografo è uno standard NK-27-21C.

La generazione di onde P è avvenuta mediante una massa battente (nel caso specifico una mazza da 8 kg) ad impatto verticale, mentre per quel che riguarda la produzione di onde SH si utilizza generalmente una trave di circa 2.00 m di lunghezza. La Trave è resa solidale al terreno mediante l'applicazione di un carico (rappresentato nel nostro caso dalla stessa autovettura). La tavola viene colpita lateralmente dalla massa battente, in modo da generare onde di taglio SH ad elevata energia, inoltre per facilitare la genesi di onde di taglio è stato disposto sotto la trave uno strato sottile di materiale a granulometria fine. Per poter riconoscere in maniera inequivocabile sui sismogrammi le onde di taglio SH, che non costituiscono mai la prima fase, sono state effettuate energizzazioni ai due estremi della tavola, in modo da generare treni d'onda identici, ma in opposizione di fase. Ogni energizzazione viene quindi memorizzata su supporto magnetico sia singolarmente che, invertendo la fase, come somma.

La tecnica di prospezione sismica "Down-Hole" prevede la misura dei tempi di propagazione delle onde di compressione P e di taglio SH tra il punto di energizzazione, posto in superficie ed i punti di ricezione nel foro di sondaggio (**Fig.3**).

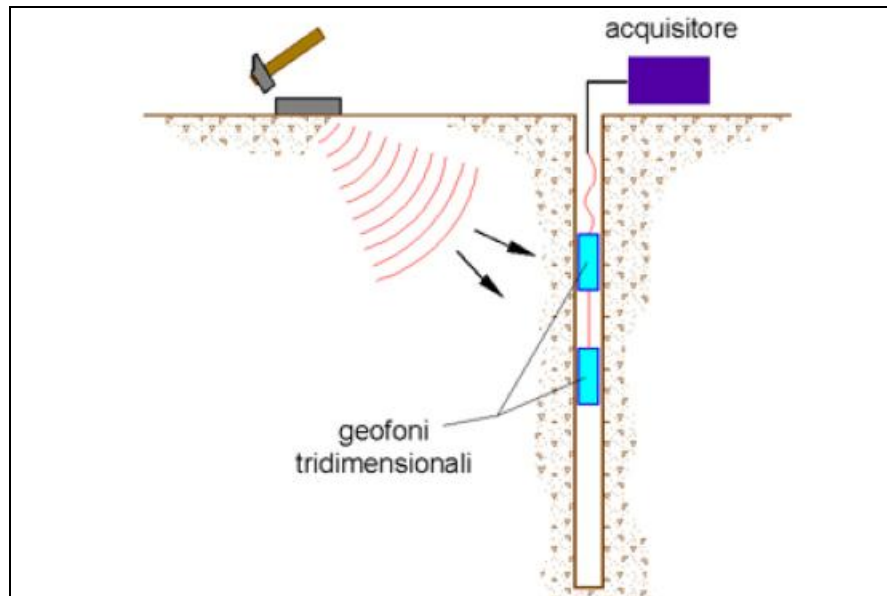


Figura 3: Schema Down-Hole a due ricevitori.

Per quanto riguarda il rilievo, dopo alcune misure test è stata determinata l'orientazione più efficace del sistema per massimizzare l'ampiezza di ricezione dei ricevitori; quindi sono state eseguite misure di controllo ogni 5 m in discesa e le misure definitive ogni metro in risalita (da 32 m sino al piano di campagna). L'intervallo di campionamento è stato fissato in 0.125 msec ed è stata scelta una lunghezza della registrazione pari a 2000 msec.

Oltre al consueto sistema con funzione *trigger*, posizionato nel punto di energizzazione, all'imboccatura del pozzo sono stati posti due geofoni uno per le onde P ed uno per le onde SH, di riferimento o controllo trigger, rimasti fissi per tutta la fase di acquisizione dati; tale procedura ha permesso di correggere le eventuali discrepanze nei tempi d'arrivo di energizzazioni relative a quote diverse. In particolare le tracce di ciascuna registrazione si riferiscono (dall'alto verso il basso):

- **canale 01:** primo geofono – trasduttore orizzontale (y)
- **canale 02:** primo geofono – trasduttore orizzontale (x)
- **canale 03:** primo geofono – trasduttore verticale (z)
- **canale 04:** secondo geofono – trasduttore orizzontale (y)
- **canale 05:** secondo geofono – trasduttore orizzontale (x)
- **canale 06:** secondo geofono – trasduttore verticale (z)

- **canale 07:** geofono di riferimento trasduttore verticale - controllo trigger
- **canale 08:** geofono di riferimento trasduttore orizzontale - controllo trigger

dove per primo geofono si intende quello più vicino alla superficie del terreno e per secondo quello posto un metro più in basso.

3.0 ELABORAZIONE DATI

Il primo passo nel “Processing data” è quello di individuare direttamente su ciascuna traccia il tempo del primo arrivo. Successivamente mediante un foglio di calcolo, riportato negli allegati, i tempi letti sono stati corretti in funzione dello scarto di trigger ed in funzione della geometria del sistema (posizione della sorgente rispetto al foro ed alla profondità di acquisizione) attraverso la seguente formula:

$$t^* = \frac{z}{d} \cdot t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} \cdot t$$

indicata con **z** la profondità del ricevitore, con **d** la distanza effettiva tra sorgente e ricevitore e con **R** la distanza superficiale tra sorgente e centro del foro, con **t** il tempo determinato dalle tracce di registrazione e con **t*** il tempo corretto.

La figura sottostante illustra un esempio di lettura dei primi arrivi dove le quattro tracce nere indicano i geofoni orizzontali (onde SH), mentre le tracce blu indicano i geofoni verticali (onde P).

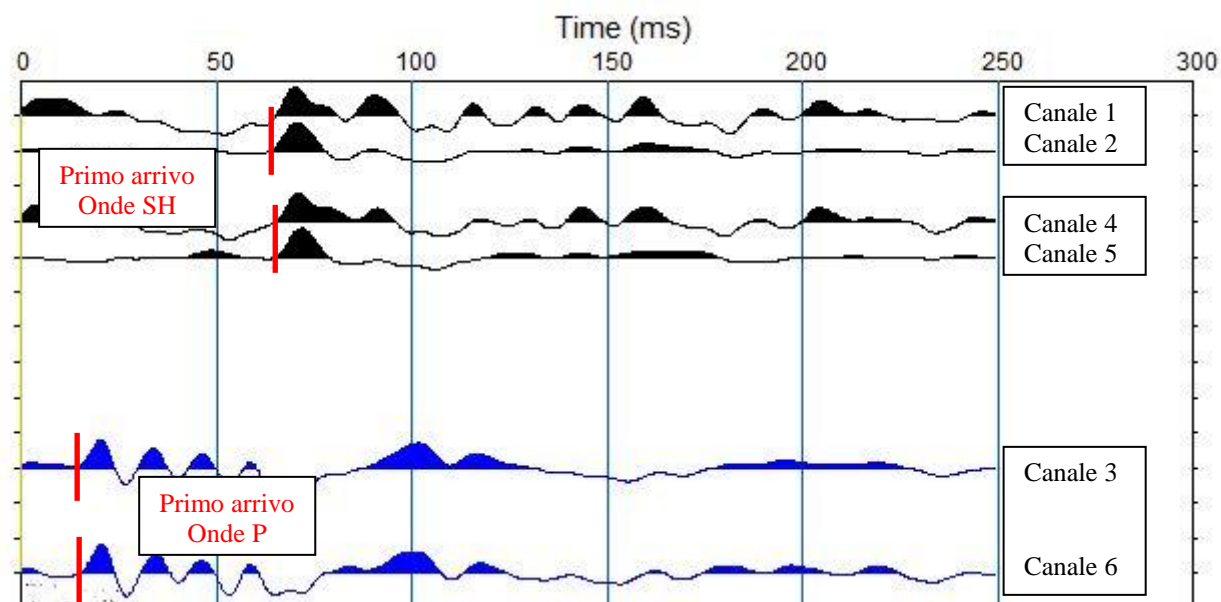


Figura 4: Esempio di lettura dei tempi d'arrivo per le onde sismiche P ed SH (a -25.0 m di profondità da p.c.).

Nei tabulati di Excel le profondità di misura sono riferite al primo (e più alto in quota) dei due geofoni tridimensionali: pertanto i tempi di arrivo utilizzati nella costruzione del diagramma tempi/profondità, relativi al metro zero sono quelli registrati dal primo geofono, mentre i tempi di arrivo relativi all'ultimo m sono quelli registrati dal secondo geofono posizionato un metro più basso rispetto al primo.

Per il calcolo delle velocità delle onde sismiche (onde P ed onde SH) dei vari strati si è proceduto utilizzando la funzione di regressione lineare relativa a ciascuno degli intervalli rettilinei del diagramma tempi di arrivo-profondità.

Nelle tabelle 1 e 2 sono rappresentati i tempi d'arrivo (onde P ed SH) originali e corretti in funzione della profondità di misura ed i tempi medi (poi rappresentati nei grafici 1-2).

Nel Grafico 1, sono rappresentate le Dromocrone sia delle onde compressionali P che di quelle di taglio SH; in ascisse si hanno i tempi di percorrenza misurati in m/sec ed in ordinate le corrispondenti profondità in metri da bocca pozzo. Nel Grafico 2, sono invece rappresentate le velocità V_p calcolate per le onde di compressione o primae e le velocità V_{SH} calcolate per le onde di taglio o secundae, sottoforma di istogrammi cumulativi; anche in questo caso, in ordinate, si hanno le profondità in metri da bocca pozzo mentre in ascisse i

corrispondenti valori di velocità in m/s. Nel diagramma sono riportate le velocità calcolate per ogni intervallo.

3.1 PARAMETRI ELASTICI DINAMICI

L'utilizzo combinato delle velocità delle onde P ed onde SH consente, in associazione ai dati geotecnici, di fornire una caratterizzazione del sito/terreno in esame in termini di deformabilità dei materiali. Le velocità di propagazione delle onde compressione e di taglio sono legate alla densità ρ ed alle coppie di moduli elastici E e ν o λ e μ dalle relazione:

$$V_p = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}} = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1}{2(1+\nu)}} = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

Nota la densità dalla misura di tali velocità si risale al valore dei moduli; i metodi sismici di tipo tradizionale permettono di ricavare i cosiddetti moduli “dinamici” di un materiale. I moduli così definiti possono fornire indicazioni utili alla verifica dei carichi e delle spinte da parte di manufatti sul terreno di fondazione.

Nella presente relazione sono stati calcolati i seguenti parametri:

- Coefficiente di Poisson (ν);
- Modulo di Taglio (G_{din});
- Modulo di Young (E_{din})
- Modulo di compressibilità

Il modulo o coefficiente adimensionale di Poisson (σ) che esprime il rapporto tra le deformazioni trasversali e le deformazioni longitudinali indotte nel mezzo; può assumere valori compresi tra 0 e 0.5, i valori più alti indicano generalmente comportamenti più plastici. Il parametro è definito dalla seguente relazione:

$$\nu = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)}$$

Il Modulo di Young o di elasticità lineare (E) corrisponde al rapporto tra lo sforzo applicato ad un corpo e la variazione relativa di lunghezza:

$$E = V_p^2 \delta \frac{(1 + \nu) \cdot (1 - 2\nu)}{(1 - \nu)}$$

Il Modulo di taglio o rigidità (G) che rappresenta il rapporto tra sforzi di taglio e deformazioni angolari (esprime la capacità di resistenza del corpo alle variazioni di forma; ad esempio è nullo nell'acqua) è definito dalla seguente relazione;

$$G = \delta V_s^2$$

Il Modulo di incompressibilità o bulk (K) esprime il rapporto tra pressioni totali e variazioni relative di volume; utilizzando i valori del modulo di elasticità e del coefficiente di Poisson il parametro è definito dalla seguente relazione:

$$K = \frac{E}{3(1 - 2\nu)}$$

4.0 ANALISI DATI DELL'INDAGINE DOWN HOLE

DH – SONDAGGIO

Geometria del sistema di acquisizione:

distanza foro – sorgente onde P: m 2.00

distanza foro – sorgente onde SH: m 2.00

distanza intergeofonica: i = m 1.00

Profondità in m	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
0.0-4.0	785	185
4.0-9.0	900	305
9.0-12.0	1350	325
12-15.0	1850	330
15.0-17.0	1945	435
17.0-21.0	1825	440
21.0-32.0	1950	410

Nella Tabella sopra sono riportate le velocità (Vp-Vsh) calcolate per ogni intervallo sismostratigrafico individuato. Dai valori di velocità in m/s ricavati dalle dromocrone dei tempi di percorso sia delle onde sismiche compressionali (P) sia delle onde di taglio (SH) (GRAFICO 1), risulta evidente un primo livello di limo sabbioso con argilla compreso tra 0.0 e 4.0 m (onde P 785 m/s – Onde SH 185 m/s), oltre il quale è presente un livello di ghiaia eterometrica compreso tra 4.0-9.0 m (onde P 900 m/s – Onde SH 305 m/s). Nel tratto

compreso tra 9.0 e 12.0 m (ghiaia eterometrica con limi e argilla con limo) i valori delle onde P mostrano un netto aumento (1.350 m/s), mentre le onde SH crescono lievemente (325 m/s). Nel tratto compreso tra 12.0 e 15.0 m (argilla con limo) i valori delle onde P continuano a crescere (1.850 m/s), così come le onde SH (330m/s). Nel tratto compreso tra 15.0-17.0, costituito da limo con argilla e ghiaia eterometrica, sia le onde P che le onde SH mostrano un leggero aumento, con velocità rispettivamente 1.945 m/s e 435 m/s. Sotto a questo si distingue un livello compreso tra 17.0-21.0 m di argilla con limo in cui i valori delle onde P tendono a diminuire (1.825 m/s), mentre le onde SH rimangono pressoché costanti (440 m/s). Il tratto finale (argilla con limo e limosa) mostra un netto aumento delle onde P (1.950 m/s) e una lieve diminuzione delle onde SH (410 m/s).

La V_{s30} calcolata da p.c., in ottemperanza al nuovo D.M. 14/01/2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”, è risultata essere pari a **322 m/s.**

Arezzo, lì 30/05/2016

Trigeo snc
TRIGEO s.n.c.
 di Nencetti Andrea & Benvenuti Benedetto
 Via Mazzini n°16 - 52011 - SGGI (AR)
 P.IVA 02026110516
 Tel/Fax 0573 254800 - 056 9962212
 Cell. 339 3568117 - 339 7213923
 www.trigeo.it - info@trigeo.it

ALLEGATI

UBICAZIONE PROVA DH – SONDAGGIO S14bis



TABELLA 1 – TEMPI ONDE P – DH

ONDE P	Profondità	T start	Scarto	Tempi letti (mms)		Tempi corretti scarto		z/d	Tempi corretti dist		Tempi medi
	P (m)	(mms)		G1	G2	G1	G2		G1	G2	(mms)
	0.0			3.3		4.00		0.000	0.00		0
	1.0	5.5	0.70	4.4	3.6	4.20	4.30	0.447	1.88	1.92	1.90
	2.0	6.4	-0.20	3.8	5.2	5.10	5.00	0.707	3.61	3.54	3.57
	3.0	4.9	1.30	4.9	3.8	4.70	5.10	0.832	3.91	4.24	4.08
	4.0	6.4	-0.20	3.8	5.9	5.30	5.70	0.894	4.74	5.10	4.92
	5.0	4.7	1.50	7.5	5.9	7.30	7.40	0.928	6.78	6.87	6.82
	6.0	6.4	-0.20	7.5	8.6	8.20	8.40	0.949	7.78	7.97	7.87
	7.0	5.5	0.70	7.5	8.8	9.30	9.50	0.962	8.94	9.13	9.04
	8.0	4.4	1.80	8.1	8.0	10.50	9.80	0.970	10.19	9.51	9.85
	9.0	3.8	2.40	9.4	8.9	9.90	11.30	0.976	9.66	11.03	10.35
	10.0	5.7	0.50	10.5	11.0	12.50	11.50	0.981	12.26	11.28	11.77
	11.0	4.2	2.00	11.0	11.0	11.50	13.00	0.984	11.31	12.79	12.05
	12.0	5.7	0.50	11.6	11.8	12.40	12.30	0.986	12.23	12.13	12.18
	13.0	5.4	0.80	10.0	11.2	12.20	12.00	0.988	12.06	11.86	11.96
	14.0	4.0	2.20	12.9	10.5	12.00	12.70	0.990	11.88	12.57	12.23
	15.0	7.1	-0.90	13.5	14.0	13.50	13.10	0.991	13.38	12.99	13.18
	16.00	6.2	0.00	14.3	13.4	13.40	13.40	0.992	13.30	13.30	13.30
	17.00	7.1	-0.90	10.4	14.6	14.60	13.70	0.993	14.50	13.61	14.05
	18.00	2.0	4.20	12.6	10.5	14.30	14.70	0.994	14.21	14.61	14.41
	19.00	4.5	1.70	16.8	13.4	15.60	15.10	0.995	15.51	15.02	15.27
	20.00	7.4	-1.20	17.2	17.2	16.00	16.00	0.995	15.92	15.92	15.92
	21.00	7.4	-1.20	17	17	15.80	15.80	0.995	15.73	15.73	15.73
	22.00	7.4	-1.20	15	18.5	18.90	17.30	0.996	18.82	17.23	18.03
	23.00	7.9	-1.70	16.5	19.4	19.40	17.70	0.996	19.33	17.63	18.48
	24.00	7.9	-1.70	17.2	20.2	20.20	18.50	0.997	20.13	18.44	19.28
	25.00	7.4	-1.20	20.2	20.2	19.00	19.00	0.997	18.94	18.94	18.94
	26.00	7.4	-1.20	20.6	20.6	19.40	19.40	0.997	19.34	19.34	19.34
	27.00	7.4	-1.20	19.7	21.1	21.10	19.90	0.997	21.04	19.85	20.44
	28.00	7.4	-1.20	19.8	21.6	21.60	20.40	0.997	21.55	20.35	20.95
	29.00	7.4	-1.20	21.9	22	20.70	20.80	0.998	20.65	20.75	20.70
	30.00	7.4	-1.20	22.3	22	21.10	20.80	0.998	21.05	20.75	20.90
	31.00	7.4	-1.20	22.8	22.8	21.60	21.60	0.998	21.56	21.56	21.56
	32.00	7.4	-1.20		23		21.80	0.998		21.76	21.76

SOMMA	182.3
MEDIA	6.2

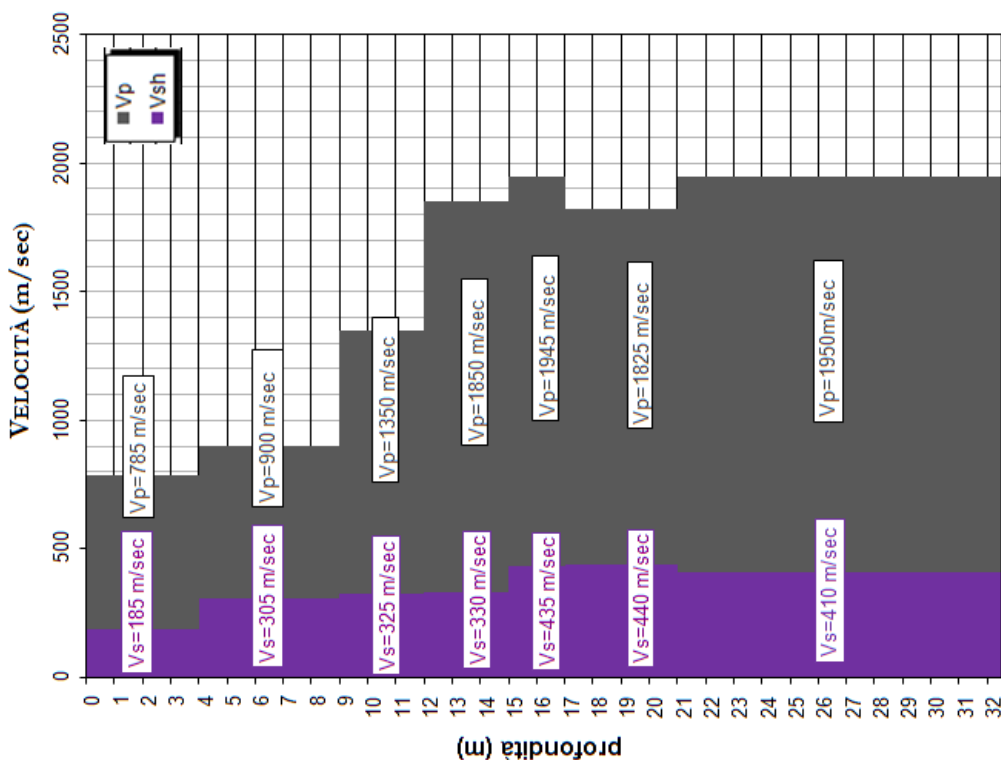
TABELLA 2 – TEMPI ONDE SH – DH

ONDE SH	Profondità	T start	Scarto			Tempi corretti scarto		z/d	Tempi corretti dist		Tempi medi
	P (m)	(mms)		G1	G2	G1	G2		G1	G2	(mms)
	0.0			6.3		5.70		0.000	0.00		0
	1.0	112.0	-0.60	14.8	14.9	13.60	14.30	0.447	6.08	6.40	6.24
	2.0	112.6	-1.20	15.5	16.3	15.40	15.10	0.707	10.89	10.68	10.78
	3.0	111.5	-0.10	16.0	17.5	19.40	17.40	0.832	16.14	14.48	15.31
	4.0	108.0	3.40	23.4	22.0	24.40	25.40	0.894	21.82	22.72	22.27
	5.0	110.4	1.00	28.2	26.6	27.60	27.60	0.928	25.63	25.63	25.63
	6.0	112.0	-0.60	31.1	31.6	30.80	31.00	0.949	29.22	29.41	29.31
	7.0	111.7	-0.30	31.4	33.7	32.70	33.40	0.962	31.44	32.11	31.78
	8.0	110.1	1.30	35.6	35.3	36.40	36.60	0.970	35.31	35.51	35.41
	9.0	110.6	0.80	36.8	38.8	39.90	39.60	0.976	38.95	38.66	38.80
	10.0	108.3	3.10	42.2	39.9	41.60	43.00	0.981	40.79	42.16	41.48
	11.0	112.0	-0.60	42.0	44.7	45.40	44.10	0.984	44.67	43.39	44.03
	12.0	108.0	3.40	48.2	46.0	48.10	49.40	0.986	47.45	48.73	48.09
	13.0	111.5	-0.10	49.5	51.5	50.80	51.40	0.988	50.21	50.80	50.51
	14.0	110.1	1.30	55.5	53.8	54.90	55.10	0.990	54.35	54.55	54.45
	15.0	112.0	-0.60	58.0	58.0	57.10	57.40	0.991	56.60	56.90	56.75
	16.00	112.3	-0.90	59.6	60.1	60.60	59.20	0.992	60.13	58.74	59.44
	17.00	110.4	1.00	62	60.7	61.70	61.70	0.993	61.28	61.28	61.28
	18.00	111.7	-0.30	64.3	64.1	63.70	63.80	0.994	63.31	63.41	63.36
	19.00	112.0	-0.60	65.7	66.1	64.50	65.50	0.995	64.15	65.14	64.64
	20.00	112.6	-1.20	67.8	68.3	67.50	67.10	0.995	67.17	66.77	66.97
	21.00	111.7	-0.30	72	71	70.80	70.70	0.995	70.48	70.38	70.43
	22.00	112.6	-1.20	73.4	73.2	72.50	72.00	0.996	72.20	71.70	71.95
	23.00	112.3	-0.90	75.2	75.7	74.30	74.80	0.996	74.02	74.52	74.27
	24.00	112.3	-0.90	78.5	78.8	76.30	77.90	0.997	76.04	77.63	76.83
	25.00	113.6	-2.20	79.4	82.6	79.20	80.40	0.997	78.95	80.14	79.55
	26.00	111.6	-0.20	82.8	83.4	82.20	83.20	0.997	81.96	82.95	82.46
	27.00	112.0	-0.60	86.2	86	85.30	85.40	0.997	85.07	85.17	85.12
	28.00	112.3	-0.90	89.3	89	88.40	88.10	0.997	88.18	87.88	88.03
	29.00	112.3	-0.90	91	91.5	90.10	90.60	0.998	89.89	90.39	90.14
	30.00	112.3	-0.90	92	93	92.50	92.10	0.998	92.30	91.90	92.10
	31.00	110.9	0.50	94	95	92.80	95.50	0.998	92.61	95.30	93.95
	32.00	112.6	-1.20		97		95.80	0.998		95.61	95.61

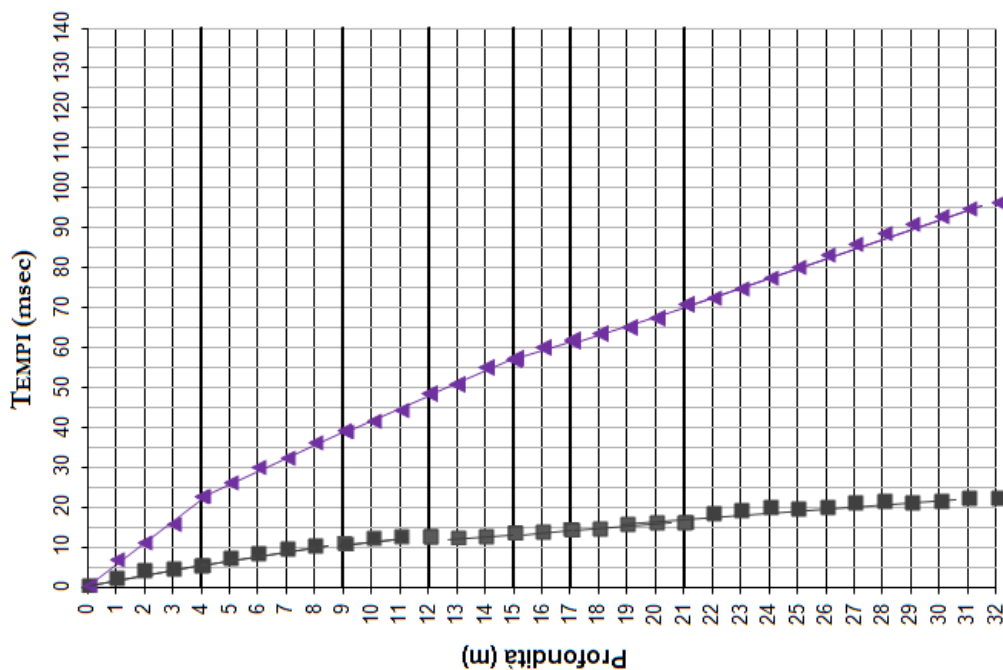
SOMMA	3342.8
MEDIA	111.4

EDIFICIO H27 AREA EX FIAT NOVOLI - FIRENZE
PROVA DOWN HOLE - SONDAGGIO S14BIS

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,30} \frac{h_i}{V_i}} = 322 \text{ m/s}$$



VELOCITÀ SISMOSTRATI - GRAFICO 2

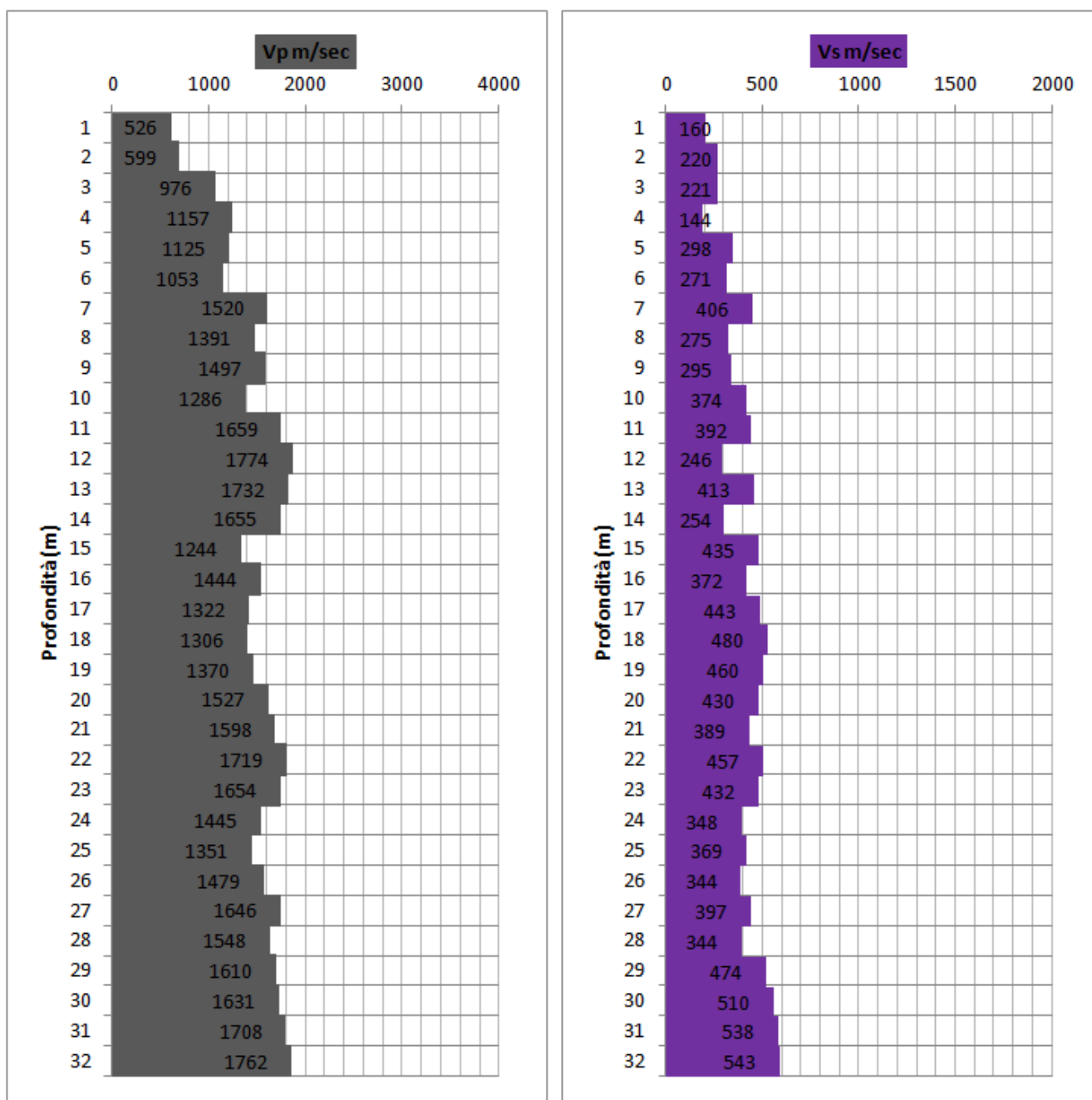


DROMOCRONE - GRAFICO 1

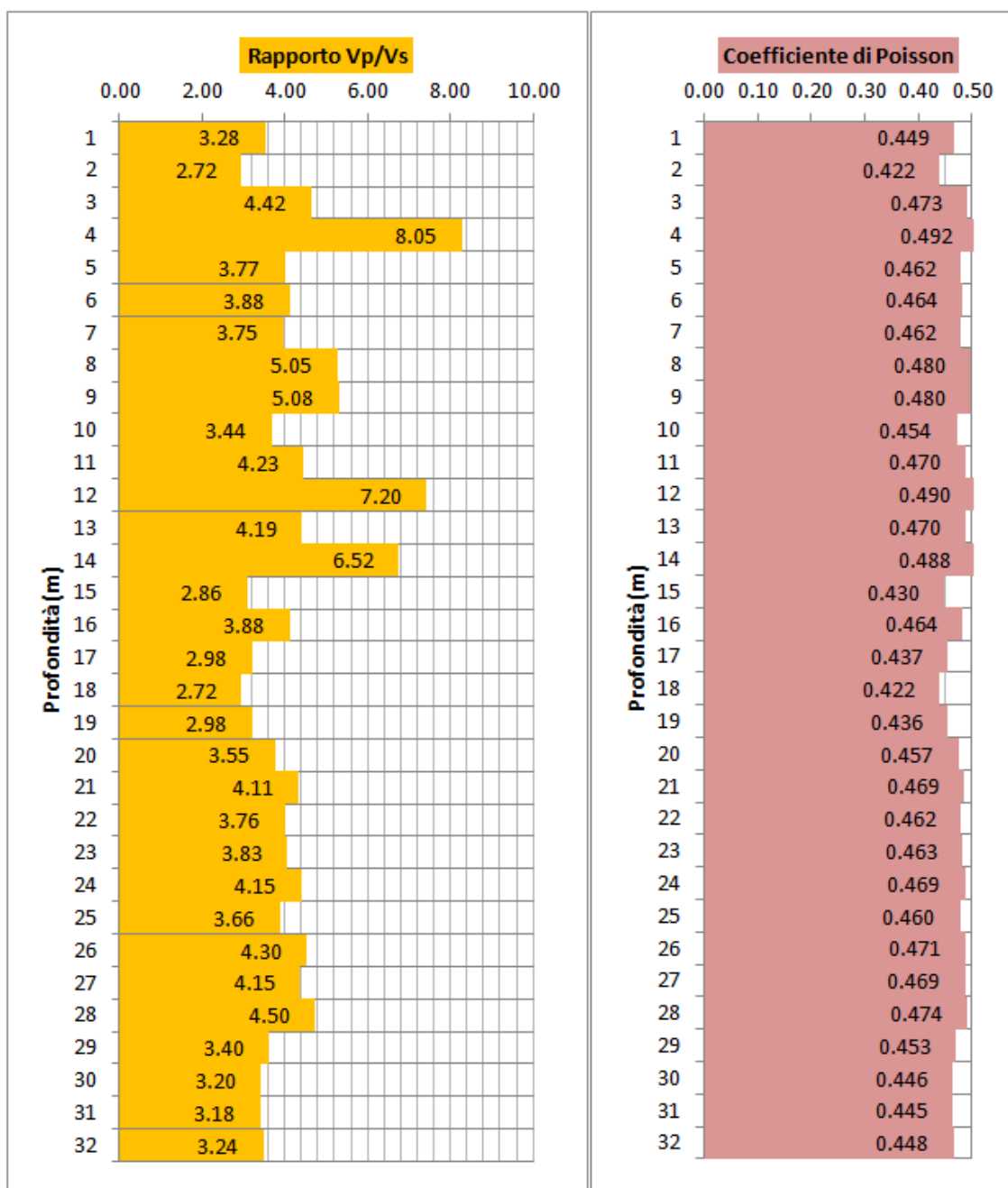
TABELLA RIASSUNTIVA $V_p - V_{sh}$; V_p/V_{sh} ; Coefficiente di Poisson

PARAMETRI	Profondità	V_p	V_s	V_p/V_s	Coefficiente di Poisson
		m/s	m/s		
	0.0				
	1.0	526	160	3.28	0.45
	2.0	599	220	2.72	0.42
	3.0	976	221	4.42	0.47
	4.0	1157	144	8.05	0.49
	5.0	1125	298	3.77	0.46
	6.0	1053	271	3.88	0.46
	7.0	1520	406	3.75	0.46
	8.0	1391	275	5.05	0.48
	9.0	1497	295	5.08	0.48
	10.0	1286	374	3.44	0.45
	11.0	1659	392	4.23	0.47
	12.0	1774	246	7.20	0.49
	13.0	1732	413	4.19	0.47
	14.0	1655	254	6.52	0.49
	15.0	1244	435	2.86	0.43
	16.00	1444	372	3.88	0.46
	17.00	1322	443	2.98	0.44
	18.00	1306	480	2.72	0.42
	19.00	1370	460	2.98	0.44
	20.00	1527	430	3.55	0.46
	21.00	1598	389	4.11	0.47
	22.00	1719	457	3.76	0.46
	23.00	1654	432	3.83	0.46
	24.00	1445	348	4.15	0.47
	25.00	1351	369	3.66	0.46
	26.00	1479	344	4.30	0.47
	27.00	1646	397	4.15	0.47
	28.00	1548	344	4.50	0.47
	29.00	1610	474	3.40	0.45
	30.00	1631	510	3.20	0.45
	31.00	1708	538	3.18	0.44
	32.00	1762	543	3.24	0.45

GRAFICI DISTRIBUZIONE V_p – V_{sh}



GRAFICI DISTRIBUZIONE Vp/ Vsh e Coefficiente di Poisson





Scala 1: 500

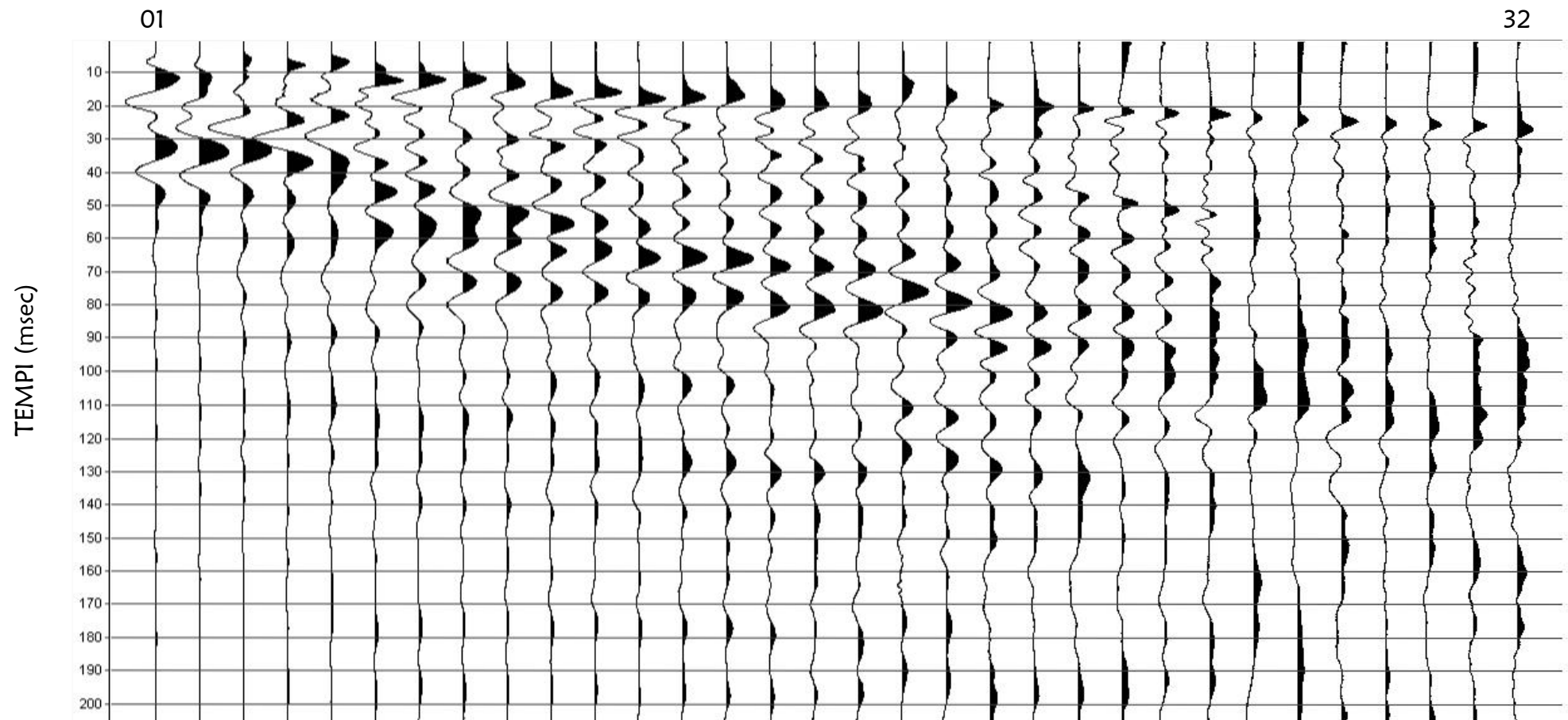
Maggio 2016

Tavola 01 - Planimetria dettaglio - Edificio H27 Area ex Fiat Novoli - Firenze

TRI+GEO

Sismogrammi Onde P

Profondità in m (da p.c.)

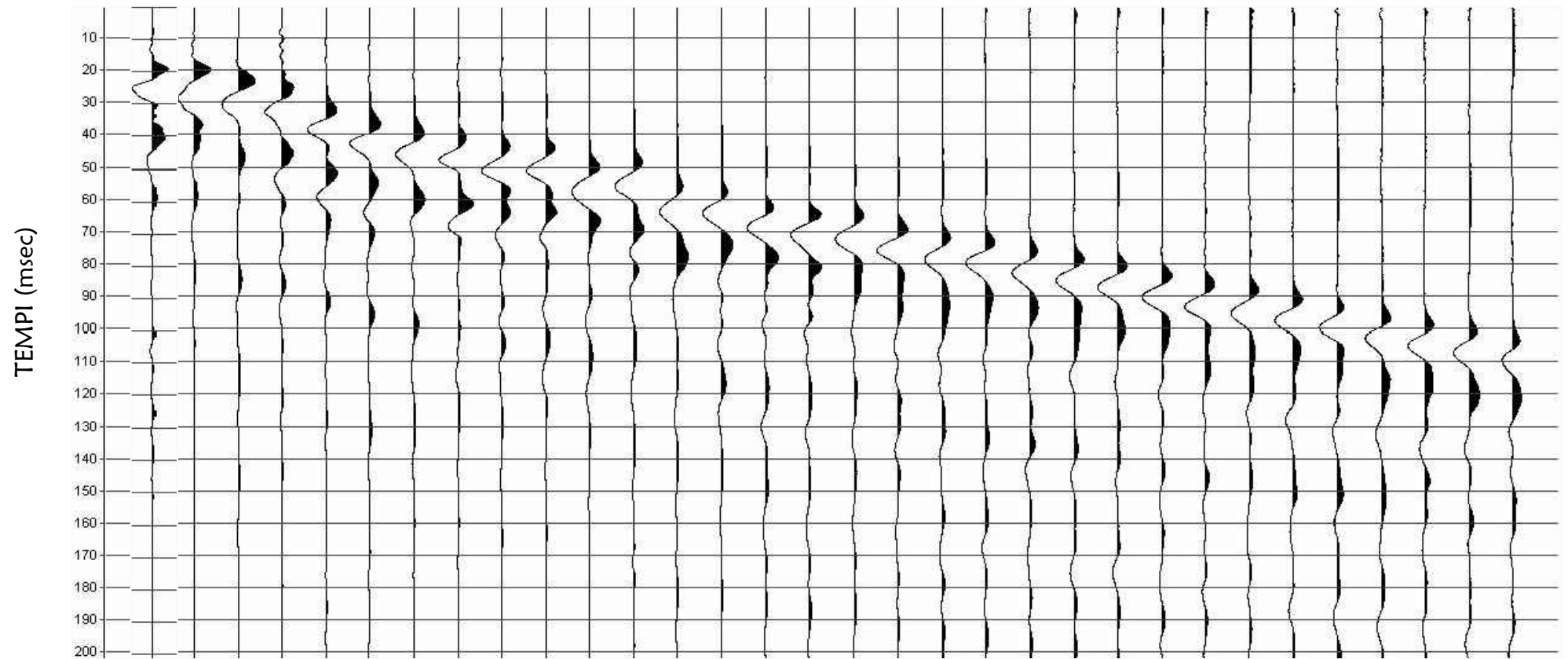


Sismogrammi Onde SH

Profondità in m (da p.c.)

01

32



TRIGEO snc

di Andrea Nencetti e Benedetto Burchini
Via Mazzini, 18
52011 Soci (AR)
P.IVA 02024110518
info@trigeo.it

FIRENZE

Via Nino Bixio, 9
50131 Firenze
firenze@trigeo.it
T/F 055 400619
M 328 7213928

AREZZO

Via Trasimeno, 7
52100 Arezzo
arezzo@trigeo.it
T/F 0575 294500
M 339 2288117

RELAZIONE TECNICA

“MISURA PASSIVA DI RUMORE SISMICO A STAZIONE SINGOLA TECNICA HVSR EDIFICI H26 - H27 AREA EX FIAT NOVOLI - FIRENZE”

**COMMITTENTE :
IMMOBILIARE NOVOLI**

01 - SETTEMBRE - 2016



CERTIFICATO
ISO N°14PA00028P06

ADDETTO ALLE PROVE
NON DISTRUTTIVE E
SEMIDISTRUTTIVE
NEL SETTORE CIVILE

TRIGEO s.n.c.
di Nencetti Andrea e Burchini Benedetto
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 02024110518
Tel/Fax 0575 294500 - 056 9962212
Cell. 339 2288117 - 328 7213928
www.trigeo.it - info@trigeo.it



WWW.TRIGEO.IT

INDICE

INTRODUZIONE.....	3
1.0 SCHEMA OPERATIVO.....	3
2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE (METODO H/V) [DA D. ALBARELLO E S. CASTELLARO].....	4
3.0 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	7
4.0 CAMPAGNA DI ACQUISIZIONE E SCHEDE DI ACQUISIZIONE.....	10
5.0 ANALISI DEI DATI E VALUTAZIONI DI QUALITÀ DELLE MISURE.....	10
6.0 INTERPRETAZIONE DELLE MISURE H/V	15
7.0 REPORT DEI RISULTATI – SIGNIFICATIVITÀ E CLASSIFICAZIONE DELLE MISURE	16
ALLEGATI	20

INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati delle indagini geofisiche di tipo sismico “passive” che utilizzano il “noise” o rumore ambientale per rilevare le caratteristiche fisiche del sottosuolo, per la definizione delle geometrie e delle caratteristiche elastiche dei terreni, in funzione della relazione tra la forma dello spettro di risposta del terreno, la struttura e caratteristiche elastiche del sottosuolo.

Nel mese di Settembre 2016, per conto della committenza, nel cantiere EDIFICIO H26-H27 AREA EX FIAT NOVOLI – FIRENZE (FIG. 1)., è stata eseguita una misura di rumore sismico ambientale con tecnica HVSR (**Figura 1**).

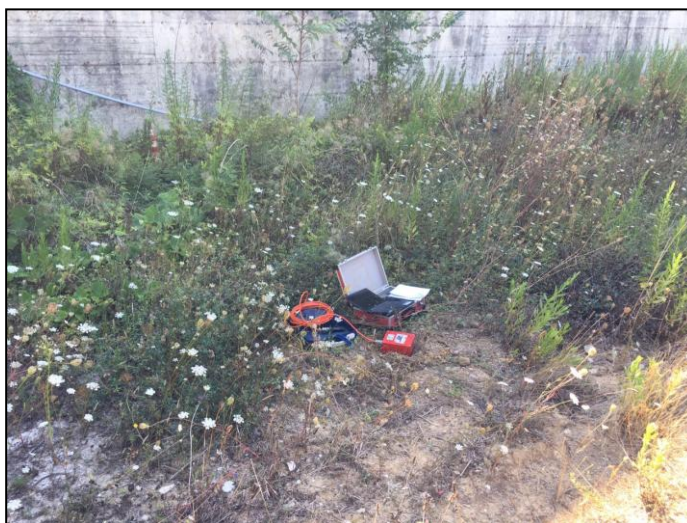


Figura 1: Area dove è stata eseguita la misura di rumore sismico a stazione

Di seguito viene descritto lo schema operativo e le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati e viene fornito un report dei risultati oltre ad una scheda di acquisizione per la misura, così come indicato dalle linee guida del progetto SESAME (Site Effects Assessment using Ambient Excitations).

1.0 SCHEMA OPERATIVO

La misura di microtremore a stazione singola deve avere una durata commisurata alla frequenza di indagine di interesse. Le misure di tipo passivo mirano a determinare caratteristiche medie del moto del suolo associato alle vibrazioni ambientali. Si tratta quindi di misure che devono risultare statisticamente rappresentative del fenomeno analizzato.

Poiché una misura di interesse ingegneristico ricade nell'intervallo 0.1-20 Hz, segue che un campionamento adeguato deve durare 15-40 minuti, in modo da poter analizzare il segnale su finestre di almeno 30 s di lunghezza e da avere almeno 20-30 finestre su cui effettuare una media, considerando che qualcuna potrà essere rimossa per la presenza di disturbi (transienti) che alterano lo spettro medio.

Nel nostro caso la durata delle misure è stata pari a **1200 secondi (20 minuti)**.

La Frequenza di campionamento adeguata per questo tipo di prove non deve essere inferiore a 50 Hz, in modo da permettere una ricostruzione spettrale sino ad almeno 20 Hz.

Nel nostro caso è stata utilizzata una Frequenza di campionamento pari a **300 Hz** ed in fase di elaborazione i dati sono stati ricampionati a **128 Hz**.

2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE (METODO H/V) [DA D. ALBARELLO E S. CASTELLARO]

Esistono due configurazioni sperimentali per lo studio del rumore sismico ai fini geognostici:

1. la configurazione a stazione singola
2. la configurazione ad antenna sismica (array)

La prima è basata sull'analisi dell'ampiezza delle componenti spettrali del campo di vibrazioni ambientali misurato nelle tre direzioni dello spazio, mentre nella seconda vengono analizzati i rapporti di fase tra i treni d'onda che attraversano un'antenna sismica (array) ovvero una distribuzione di sensori disposti con geometrie variabili alla superficie del terreno.

Quello trattato nel presente lavoro riguarda la configurazione a stazione singola.

La prova comunemente nota con il termine H/V (prova di Nakamura) o HVSR acronimo per *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* è una tecnica di indagine applicata la prima volta da Nogoshi e Igarshi (1970) e resa nota da Nakamura (1989).

Si tratta di una valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e le componenti verticali (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con apposito sismometro a tre componenti.

I dettagli riguardo a questo tipo di analisi sono efficacemente raccolti nel web-site del progetto Sesame. Nel sito si trova anche l'indicazione per accedere ad un pacchetto software open source dedicato a questo tipo di analisi. L'esito di questa prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione (**Fig. 2**). Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura.

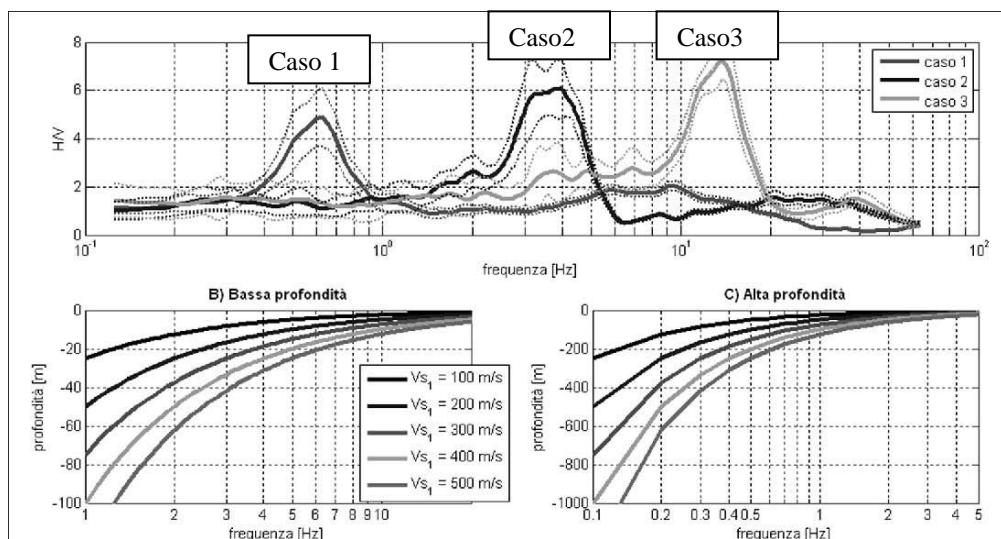


Figura 2) Esempio di bedrock sismico a diverse profondità che genera risonanze a diverse frequenze. Caso 1: bedrock a 300 m di profondità. Caso 2: bedrock a 20 m di profondità. Caso 3: bedrock a 4 m di profondità; B) relazione V-f0-H alle medioalte frequenze; C) relazione V-f0-H alle medio-basse frequenze.

Quando la misura è effettuata su un basamento sismico affiorante (e quindi dove non sono attesi fenomeni di risonanza sismica) la curva non mostra massimi significativi e si assesta intorno ad ampiezza 1 (**Fig. 3**).

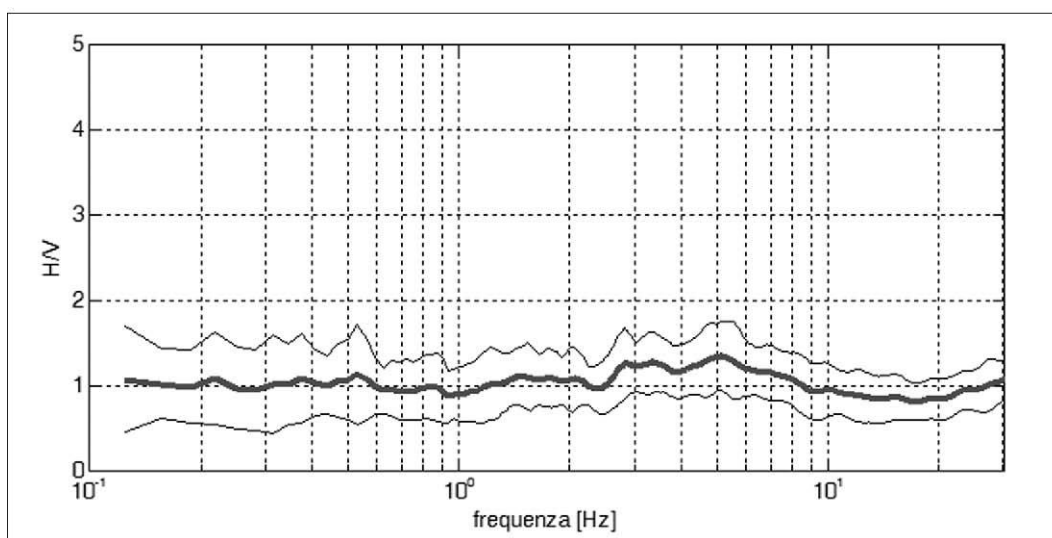


Figura 3 - Curva H/V di un sito su roccia non fratturata e morfologicamente piatta. Si noti l'assenza di amplificazione per risonanza in tutto il dominio delle frequenze.

Pertanto, questa prova ha lo scopo di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni. Contestualmente fornisce indicazioni di tipo qualitativo sull'entità delle

risonanze attese. In generale, la stima della frequenza di risonanza f sarà tanto più precisa quanto maggiore è il contrasto di impedenza sismica responsabile del fenomeno, ovvero dove sono maggiori gli effetti potenzialmente pericolosi. Inoltre, se i risultati della prova sono invertiti mediante opportune procedure numeriche, soprattutto se in associazione ad altre indicazioni sperimentali (per esempio le curva di dispersione delle onde superficiali, prove Down Hole, sismica a rifrazione) possono fornire vincoli importanti al profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo.

In casi semplici (coperture soffici al disopra di un basamento sismico rigido), è possibile stabilire una relazione fra lo spessore dello strato soffice, la velocità media delle onde S all'interno di quest'ultimo (V_s) e la frequenza di risonanza fondamentale f dello strato, nella forma:

$$f = \frac{V_s}{4h}$$

Poiché la tecnica H/V indica la risonanza verticale locale nell'assunzione di una configurazione puramente 1D (sono ammesse solo variazioni verticali del profilo di velocità), essa è sensibile alle variazioni stratigrafiche laterali, permettendo di discriminare geometrie 1D da geometrie 2D, entro i limiti di visibilità imposti dalla legge fisica $\lambda \neq V$ (lunghezza d'onda per frequenza = velocità).

In Fig. 4 è illustrato il caso di due misure effettuate a 40 m di distanza reciproca, una delle quali situata su terreno limoso sovrastante un paleoalveo di ghiaie posto a circa 12 m di profondità; l'altra situata sullo stesso terreno, ma dove non si incontra il livello di ghiaie. È evidente come nel primo caso si generi a 6 Hz una risonanza dei limi sopra le ghiaie, del tutto assente nel secondo caso. Nonostante la vicinanza dei luoghi, il sito 1 è più sfavorevole dal punto di vista degli effetti sismici di sito rispetto al sito 2 per strutture antropiche con modi propri attorno a 6-8 Hz.

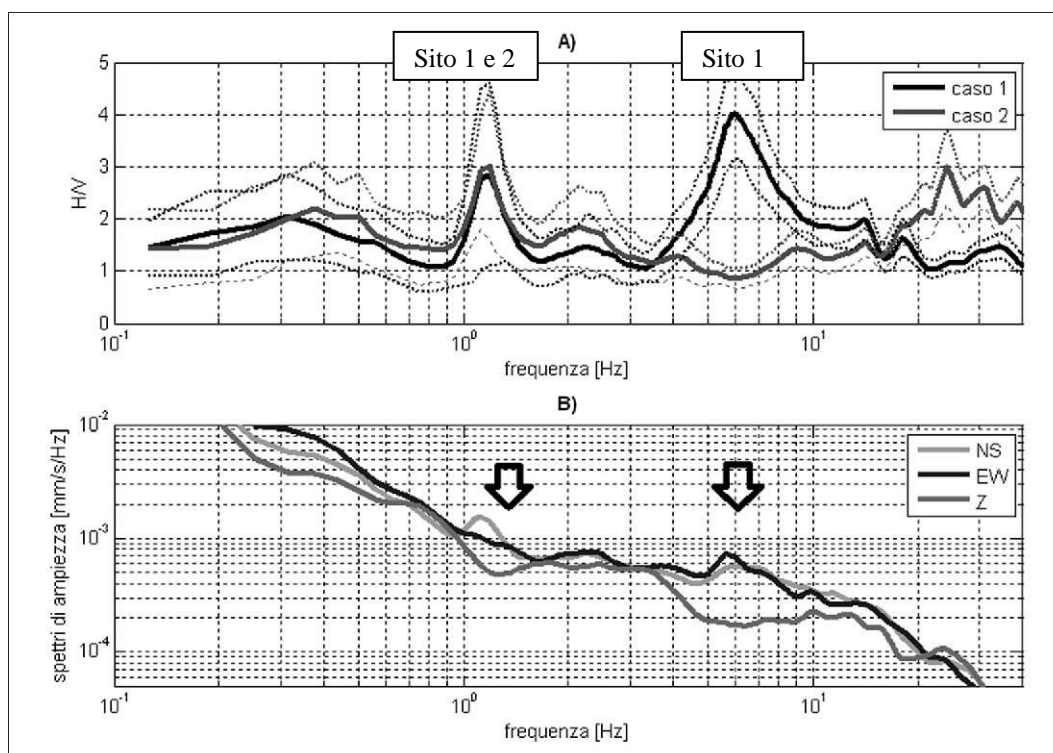


Figura 4 - A) Esempi di curve H/V registrate a 40 m di distanza. Nella curva 1 emerge una risonanza a 6 Hz legata alla presenza di un livello di ghiaie a 12 m di profondità che è assente nella curva relativa al sito 2. Nel dominio delle medio basse frequenze le curve sono statisticamente uguali. **B)** Spettri delle singole componenti del moto (NS, EW e Z) registrati nel sito 1. **Le frecce evidenziano le forme “a ogiva” caratterizzate da un minimo locale della componente verticale che caratterizzano le risonanze di natura stratigrafica.**

Dal punto di vista fisico nel campo delle vibrazioni ambientali sono presenti sia onde di volume (P e S) che onde di superficie (Love e Rayleigh). Non è però possibile prevedere a priori per un dato sito l'entità del contributo relativo delle onde di volume e delle onde di superficie (nei diversi modi di propagazione) al campo d'onda delle vibrazioni ambientali. I rapporti relativi delle diverse fasi cambiano in funzione delle frequenze, della situazione stratigrafica e della distribuzione delle sorgenti all'intorno della stazione di misura.

Tuttavia questa eterogeneità non influenza la stima della frequenza di risonanza fondamentale, ma solo l'ampiezza della curva H/V in corrispondenza di f , ampiezza che va quindi interpretata con cautela.

3.0 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata nel presente lavoro risulta essere:

SISMOMETRO SR04S3 “GeoBox” della Sara electronic instruments, di cui si riportano sotto (**Fig.5**) le caratteristiche tecniche, dotato di 3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, Technology – Huston – Texas –USA con frequenza di ca. 4.5 Hz di cui si allega l'ultimo certificato di calibrazione.

Alimentazione:	10-16Vdc (batteria interna)
Consumo di energia:	< 1 W
Numero canali:	3
Convertitore A/D:	24 bit ($\Sigma\Delta$)
Range dinamico:	124dB @ 100SPS
Campionamento:	simultaneo sui tre canali
Sampling rates:	10-600
Impedenza d'ingresso:	300 kOhm
Sensibilità:	2V p-p (119nV/count)
Real Time Clock:	+/-10ppm (-20/+50°C)
Sincron. Real Time Clock:	GPS via PPS modulato
Precisione rispetto a UTC:	<50 μ s
Antenna GPS:	amplificata con 10mt di cavo e connettore BNC
CPU:	AVR RISC processor @ 11.592MHz
Interfaccia dati sismici:	RS232, cavo USB in dotazione
Formato dati:	protocollo binario SADC20HS
Velocità:	115200 baud
Interfaccia dati GPS:	RS232
Formato dati:	NMEA; 4800 baud, n,8,1
Contenitore:	Alluminio IP66
Temperatura operativa:	-30/+60°C

FIG.5


I dati sono stati quindi registrati ed archiviati su un *notebook Toshiba satellite*, mediante il software di acquisizione **SEISMOWIN** mediante l'applicazione **SEISMOLOG-MT** per l'acquisizione dei microtremori.

4.0 CAMPAGNA DI ACQUISIZIONE E SCHEDE DI ACQUISIZIONE

Dal punto di vista pratico, nelle prove di sismica passiva si tratta di misurare vibrazioni del terreno caratterizzate da ampiezze molto piccole. Questo implica che la prova vada effettuata con cura, soprattutto per quanto riguarda l'accoppiamento dello strumento di misura con il terreno e la riduzione delle possibili fonti di disturbo nelle immediate vicinanze dei sensori. Lo strumento di misura va dunque posto a diretto contatto col terreno e reso solidale con questo, possibilmente senza interfacce intermedie.

Quando questo non fosse possibile è necessario tener conto dei possibili effetti indotti dai terreni artificiali rigidi in questo tipo di misure. Bisogna inoltre evitare possibili movimenti dello strumento nel corso della misura (basculamenti, assestamenti del suolo, ecc.) e curare la messa in bolla dei sensori, controllando al termine della misura che questa sia stata conservata. Infine, le eventuali parti mobili della strumentazione devono essere poste al riparo da spostamenti d'aria, va evitato il contatto con elementi mobili (fili d'erba, ecc.). Una lista di cautele per l'esecuzione di questo genere di misura è stata messa a punto nell'ambito del progetto **SESAME**.

La misura effettuata nel presente lavoro segue le linee guida presentate dal progetto **SESAME**.

5.0 ANALISI DEI DATI E VALUTAZIONI DI QUALITÀ DELLE MISURE

Le serie temporali registrate nelle tre componenti del moto vengono analizzate secondo procedure spettrali di vario tipo (FFT, wavelet, ecc.) fino alla produzione delle curve H/V, dove H è la media di due componenti spettrali orizzontali ortogonali. Si rimanda a SESAME (2004) e D'Amico et al. (2008) per due possibili protocolli di analisi. Tuttavia va rilevato che in presenza di un buon segnale e di fenomeni di risonanza significativi, i diversi protocolli producono gli stessi esiti.

Prima di qualsiasi interpretazione delle curve H/V sono indispensabili due accorgimenti:

- 1) la curva H/V deve essere statisticamente significativa, ossia essere caratterizzata da una deviazione in ampiezza e in frequenza ridotta. Quando questa caratteristica non

sia presente sin dall'inizio, essa va ricercata tramite una pulizia del tracciato. Esistono diversi metodi per “pulire” una curva H/V.

- 2) la curva H/V non va mai osservata da sola ma sempre congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui essa deriva. Questo permette di discernere agevolmente i picchi di natura stratigrafica da quelli generati da fonti di disturbo di natura antropica (motori elettrici, ecc.). In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si genera spesso un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma “a occhio” o “a ogiva” come quella indicata dalle frecce in **Fig. 4** ed in **Fig. 7**. Questa forma è indicativa di risonanze stratigrafiche.

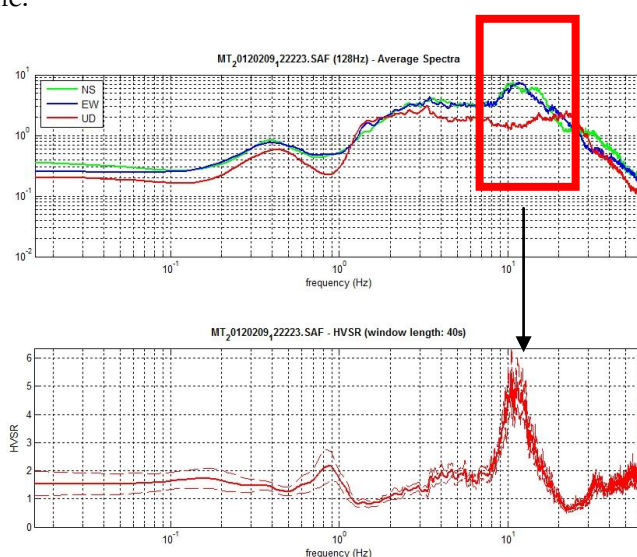


Figura 7: forma ad occhio o a “ogiva” tipica di una risonanza stratigrafica

Nel 2004 il progetto SESAME ha stabilito una serie di criteri per la valutazione della significatività dei picchi H/V. Si tratta essenzialmente di criteri di tipo statistico che hanno lo scopo di segnalare situazioni poco chiare per le quali sono necessarie ulteriori indagini (ripetizione della misura, variazione delle condizioni di accoppiamento con il terreno, ecc.).

La prima parte di questi criteri è dedicata alla valutazione dell’attendibilità statistica della curva H/V. In pratica, individuata la frequenza del picco di risonanza, i criteri aiutano a verificare se la registrazione è stata effettuata per un periodo abbastanza lungo e analizzata per un numero sufficiente di intervalli di tempo adeguati.

La seconda parte è dedicata alla valutazione della chiarezza del picco H/V. In pratica viene analizzata la morfologia del picco e si valuta semplicemente se il picco ha una forma geometricamente

ben definita. Questa parte dei test SESAME va interpretata con cognizione di causa perché solo un contatto netto tra litotipi diversi dal punto di vista meccanico genera picchi nitidi. Al contrario, le transizioni graduali (per es. roccia fratturata su roccia sana, passaggi da limo-argilloso a sabbia-limosa, ecc.) generano più spesso amplificazione in una banda larga di frequenze. In questo caso eventuali non superamenti dei criteri SESAME non significano che non ci siano risonanze importanti ma solo che non ci sono picchi singoli ben definiti.

Naturalmente, i criteri SESAME (2004) risultano non soddisfatti nei siti che non presentano amplificazione.

I criteri SESAME (2004) considerano significativi solo picchi con ampiezza H/V superiore a 2. Questo criterio ha carattere puramente empirico. Tuttavia va tenuto presente che massimi H/V di ampiezza inferiore a 2 indicano bassi contrasti di impedenza e, in questo caso, la frequenza corrispondente al massimo della curva H/V potrebbe fornire una indicazione meno precisa della frequenza di risonanza delle onde S. Questo non significa che il massimo osservato non sia fisicamente significativo, ma solo che l'interpretazione della curva va effettuata con maggiore cautela ed utilizzando procedure di inversione più raffinate.

Questi criteri hanno solo carattere statistico e non tengono conto di altre caratteristiche del campo di vibrazioni utili per individuare misure potenzialmente poco attendibili. Per ovviare a questi limiti, nell'ambito delle attività di microzonazione successive al terremoto di L'Aquila dell'aprile 2009, sono state definiti altri criteri di classificazione delle misure H/V che integrano le proposte nell'ambito del progetto SESAME (Albarelli et al., 2010). Anche in questo caso, lo scopo è di fornire all'operatore impegnato nell'interpretazione dei risultati alcuni criteri di giudizio sulla qualità delle singole misure.

CRITERI DI SESAME (2004)

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]	$f_0 > 10 / L_w$ $n_c(f_0) > 200$ $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ $A_0 > 2$ $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

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

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

CLASSIFICAZIONE MISURE H/V – [Albarelli et. Al. 2010]

Obiettivo della classificazione è fornire una indicazione immediata circa la qualità delle singole misure H/V, con lo scopo di aiutare gli operatori nella fase interpretativa e nel confronto con altri dati osservati. Questo tipo di classificazione trova il suo principale impiego nella redazione delle mappe delle indagini relative al livello 1 della microzonazione sismica. I criteri proposti sono più rigidi di quelli di SESAME in quanto includono elementi di giudizio non contemplati in precedenza, quali:

1. durata complessiva della registrazione che deve essere tale da produrre stime “robuste” del campo medio delle vibrazioni ambientali
2. stazionarietà temporale dei rapporti spettrali
3. isotropia del segnale in termini dei rapporti spettrali
4. assenza di rumore elettromagnetico
5. andamento complessivo della curva H/V

Si confrontano misure ottenute con spettri lisciati con una finestra triangolare al 5% della frequenza centrale. Valori maggiori dell'ampiezza della finestra di liscio possono essere utilizzati per migliorare la leggibilità della curva in fase di interpretazione.

Vengono proposte 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 > 1 km) 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 e 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

I criteri delineati sopra non riguardano l'interpretazione in chiave geologico-stratigrafica della curva, per la quale sono richiesti ulteriori criteri (per esempio i criteri SESAME per la “chiarezza” del picco).

Per le sole Classi A e B si possono pertanto definire due sottoclassi delle classi precedenti, ossia:

Tipo 1. Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: *possibile risonanza*

Tipo 2. Non presenta picchi “chiari” nell'intervallo di frequenze di interesse: *assenza di risonanza*

6.0 INTERPRETAZIONE DELLE MISURE H/V

Le misure H/V possono essere utilizzate negli ambiti:

- 1) della microzonazione sismica (**uso esplorativo**)
- 2) della stratigrafia sismica, nel qual caso la tecnica aspira a fornire indicazioni di tipo quantitativo sul profilo di velocità delle onde S nel sottosuolo (uso stratigrafico).

Il presente lavoro prevede in questa fase solo uno studio esplorativo delle misure H/V nell'ambito della microzonazione.

In questo contesto, le misure H/V hanno lo scopo di individuare la presenza di fenomeni di risonanza sismica dando indicazioni sulle frequenze interessate dal fenomeno. In funzione di questi risultati è possibile fornire indicazioni qualitative e relative sull'entità del contrasto di impedenza responsabile del fenomeno di risonanza e informazioni sullo spessore delle coperture che ne sono responsabili. Elementi chiave di questo genere di applicazione delle misure H/V sono: un buon controllo geologico dell'area di interesse e la disponibilità di un campione significativo di siti di misura (almeno 2 o 3) per ciascuna delle diverse unità litologiche o formazioni affioranti nella zona esplorata e potenzialmente interessanti ai fini della caratterizzazione sismica. Vengono prese in considerazione solo **misure di classe A o B** secondo la classificazione riportata sopra.

Vengono distinte le misure nelle quali è presente almeno un picco della curva H/V statisticamente significativo nell'intervallo di frequenze di interesse (**misure di Tipo 1** secondo la classificazione di Albarello et al. 2010) e quelle dove non ci sono picchi significativi (**misure di Tipo 2**). Le prime saranno rappresentative di siti o unità litologiche caratterizzate da possibili fenomeni di risonanza.

Se tutte le stime H/V dell'area sono state ottenute utilizzando le stesse procedure numeriche per l'analisi del dato (durata delle misure, ampiezza e caratteristiche delle finestre di lisciamiento, ecc.) sarà possibile distinguere in prima approssimazione le aree dove ci si aspetta la presenza nel sottosuolo di variazioni significative del contrasto di impedenza sismica alla base delle coperture (ampiezza $H/V > 3$) da zone dove questi contrasti hanno ampiezze ridotte ($H/V < 3$). Sulla base delle frequenze di risonanza determinate sperimentalmente sarà poi possibile fornire una stima di massima degli spessori delle coperture soffici responsabili dei possibili fenomeni di risonanza osservati. Un abaco utile in questo senso, che è stato utilizzato nell'ambito delle attività per il livello 1 di microzonazione sismica nell'area interessata dal terremoto aquilano dell'Aprile 2009 (Albarello et al., 2010), è fornito in **Fig.8**

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

Fig. 8 - Abaco per la stima dello spessore delle coperture (h) a partire dai valori delle frequenze di risonanza (F_0) determinate dalle misure H/V.

Va sottolineato ancora una volta che i risultati prodotti a partire da un'interpretazione semplificata delle misure H/V, quale quella effettuata mediante l'abaco in Fig.8 hanno carattere statistico e semiquantitativo e vanno considerati solo previo confronto con le indicazioni derivanti da prove indipendenti (sezioni geologiche di dettaglio, sondaggi geognostici, ecc.).

7.0 REPORT DEI RISULTATI – SIGNIFICATIVITÀ E CLASSIFICAZIONE DELLE MISURE

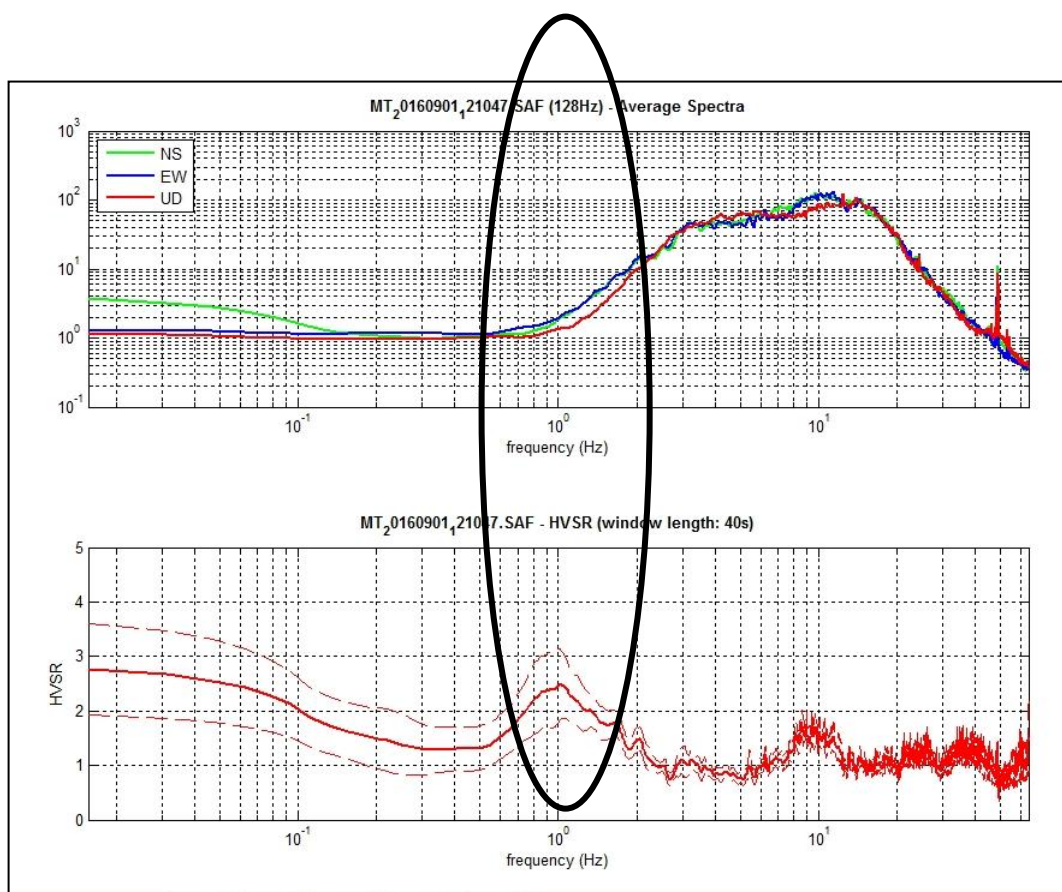
Vengono qui riportati i Report dell'elaborazione del punto di misura secondo la tecnica H/V mediante software **WINMASW 4.8 pro.**

Viene indicata la significatività dei picchi secondo i criteri di SESAME 2004.

Viene indicata la classificazione delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

Il dato è stato quindi ripulito dai transienti attribuibili a disturbi locali e puntuali.
Sul dato ripulito è stata quindi eseguita l'elaborazione.

HVSR - Novoli



E' individuabile 1 picco a 1 Hz ed che mostra un'ampiezza = 2,5

Si riportano di seguito il report dei risultati e la significatività secondo i criteri SESAME:

Dataset: MT_20160901_121047.SAF

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 40

Length of analysed temporal sequence (min): 11.3

Tapering (%): 10

=====

In the following the results considering the data in the 0.1-5.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 1.0 (± 0.6)

Peak HVSR value: 2.5 (± 0.6)

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

#1. [$f_0 > 10/Lw$]: $1.0 > 0.25$ (OK)

#2. [$nc > 200$]: $1320 > 200$ (OK)

#3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

#1. [exists f- in the range [$f_0/4, f_0$] | $AH/V(f-) < A_0/2$]: (NO)

#2. [exists f+ in the range [$f_0, 4f_0$] | $AH/V(f+) < A_0/2$]: yes, at frequency 2.2Hz (OK)

#3. [$A_0 > 2$]: $2.5 > 2$ (OK)

#4. [$f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (OK)

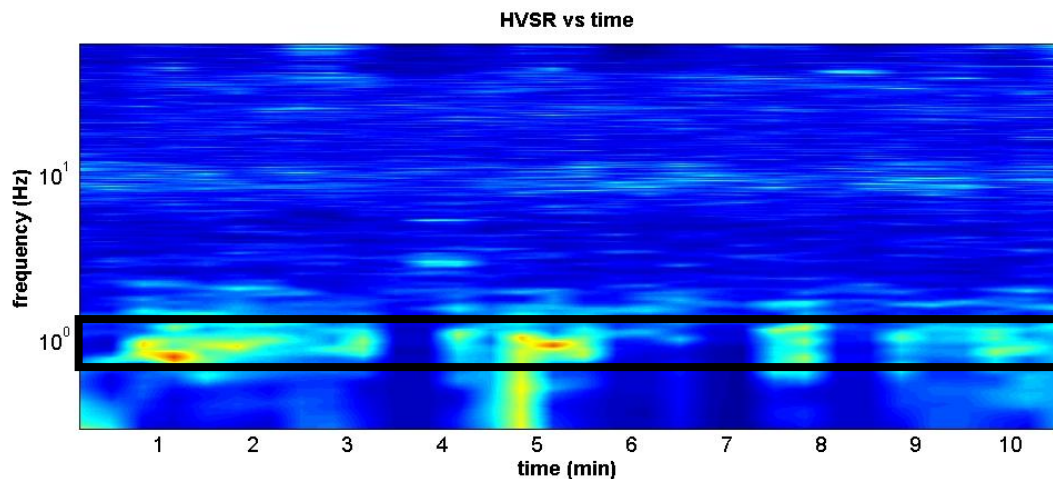
#5. [$\sigma_A < \epsilon(f_0)$]: $0.597 > 0.103$ (NO)

#6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: $0.653 < 1.78$ (OK)

Infine viene indicata la classificazione (di qualità) delle Misure di H/V secondo Albarello et al. 2010.

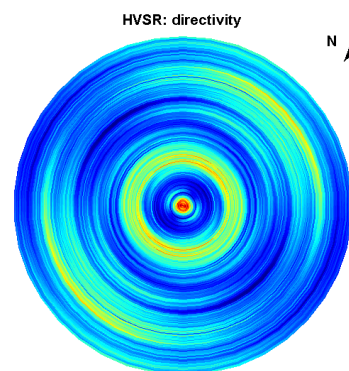
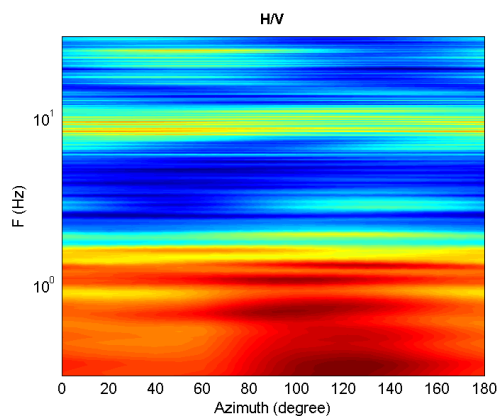
CLASSE B: curva sospetta (da interpretare) va usata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze. **Sottoclasse TIPO 1:** Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

1) Stazionarietà rispettata



P.2

2) Isotropia rispettata



- 3) Assenza di disturbi: rispettata
- 4) Plausibilità fisica: rispettata
- 5) Robustezza statistica: rispettata
- 6) Durata: rispettata

Arezzo, lì 01/09/2016

Trigeo snc
TRIGEO s.n.c.
 di Nenetti Andrea & Sestini Benedetto
 Via Mazzini n°16 - 52011 - SOGI (AR)
 P.IVA 02026110518
 Tel/Fax 0579 254800 - 056 9962212
 Cell. 339 3058117 - 305 7213623
 www.trigeo.it - info@trigeo.it

ALLEGATI

UBICAZIONE MISURA DI RUMORE A STAZIONE SINGOLA HVSR

