



COMUNE DI LIVORNO

(Provincia di Livorno)

RELAZIONE GEOLOGICA PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVI
SERBATOI A SERVIZIO DELL'IMPIANTO MASOL
CONTINENTAL BIOFUEL SRL IN VIA DA VINCI 35
NEL COMUNE DI LIVORNO

Gennaio 2019

-----**RELAZIONE GEOLOGICA**-----

GEOPIU' Studio Associato di Geologia

Dott. Geol. Lorenzo Mannella



1. PREMESSA.....	3
2. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.....	4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL' AREA.....	4
4. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	5
5. CONSIDERAZIONI AI FINI DEL RISCHIO IDRAULICO.....	5
6. Pericolosità e fattibilità.....	6
7. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELL' AREA.....	6
8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E STRATIGRAFICA DEI TERRENI.....	8
8.1.1. Penetrometria statica PS1.....	9
8.1.2. Penetrometria statica PS2.....	9
8.2. Sondaggio geognostico.....	10
9. Analisi di laboratorio.....	11
10. CARATTERISTICHE Geotecniche.....	12
11. Conclusioni.....	13
12. Allegati.....	15

1. PREMESSA

La presente relazione ha come oggetto l'indagine geologica di supporto alla realizzazione di tre silos all'interno dell'impianto di proprietà MASOL Continental Biofuel S.R.L. in via Leonardo Da Vinci 35, nel Comune di Livorno. L'intervento prevede inoltre la realizzazione di una scala in metallo, adiacente ai silos, da porre su una platea di dimensioni indicative di circa 2,15x8,1 m.

L'ubicazione è riportata in Fig. – 1.

Lo studio in oggetto è stato redatto in conformità al D.M. 17/01/2018 Testo Unitario-Norme tecniche per le Costruzioni, Eurocodice 8 (1998) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture, Eurocodice 7.1 (1997) Progettazione geotecnica – parte I: regole generali – UNI, Eurocodice 7.2 (2002) Progettazione geotecnica – parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002) UNI, Eurocodice 7.3 (2002) Progettazione assistita da prove in situ (2002) UNI, al D.L. 279/2000, alla L. 365/2000, al DPGR 9 luglio 2009 n. 36/R, al PIT (DCR 27 marzo 2015 n. 37), alla L.R. 24 luglio 2018, n. 41.

In conformità a quanto indicato nel D.M. 17/01/2018 Testo Unitario-Norme tecniche per le Costruzioni, l'intervento di progetto è stato inserito nella classe d'uso 3 *“Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso”*.

Ai sensi del DPGR 9 luglio 2009, n. 36/R *“Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico”* ed in base alla tipologia dell'intervento, l'opera in progetto è stata inserita nella classe d'indagine n.3, *“riferita alle opere di volume lordo inferiore a seimila metri cubi con altezza in gronda inferiore a venti metri. Con riferimento a tale classe d'indagine, la categoria di suolo di fondazione e le geometrie sepolte si determinano mediante indagini geofisiche, quali quelle sismiche a rifrazione o riflessione, eseguite nel sito oggetto di studio. In presenza di problematiche di versante sono altresì prodotte verifiche di stabilità del pendio e del complesso opera-pendio basate su sondaggi geognostici. La definizione dei parametri geotecnici è basata su sondaggi geognostici”*.

Al fine di accertare e valutare la fattibilità degli interventi previsti nell'area, l'indagine si è articolata nell'analisi geologica, idrogeologica, idraulica e geomorfologica di dettaglio del sito allo scopo di ottenere informazioni sulla litostratigrafia del substrato e di arrivare ad una caratterizzazione dei parametri fisico-meccanici dei terreni interessati dalla fase di progetto. A tale scopo sono state analizzate due prove penetrometriche statiche ed un sondaggio a carotaggio continuo con prelievo di campioni ed indagine sismica down-hole, realizzate nelle adiacenze dell'area nell'ambito di interventi precedenti, opportunamente confrontate con numerose indagini e prove realizzate nell'intorno dell'area o in studi precedenti.

2. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'Area di intervento si trova all'interno dell'area del Porto Industriale di Livorno, in un settore compreso tra il Terminal da Vinci a est e lo scalmatore a nord, ad una quota di circa 2,0 metri s.l.m.

Le coordinate ED 50 dell'area sono: Lat. = 43,583633 Long. = 10,316040.

La corografia del sito è visibile nelle Fig. 2 e 3.

Questo settore è caratterizzato dalla presenza di numerosi edifici a carattere produttivo ed industriale oltre a strade, ferrovie e canali di servizio.

L'area risulta interamente impostata su terreni di riporto distribuiti con uno spessore indicativo di circa 1-2 m.

A più grande scala il Comune di Livorno, nel settore di interesse, appare diviso in due ambienti distinti essendo costituiti da due terrazzi geomorfologici posti a quote diverse caratterizzati da Formazioni di età ed ambienti diversi.

Le Formazioni del Pleistocene medio appaiono collegate con la morfologia discretamente conservata del Terrazzo alto (*Terrazzo della Fattoria delle Pianacce*) che esprimono un antico episodio trasgressivo eustatico e le fasi continentali che seguirono alla regressione conseguente la fine della fase interglaciale verosimilmente del Mindel-Riss.

Le Formazioni del Pleistocene superiore si trovano sul Terrazzo basso (*Terrazzo di Livorno*), ove è posta l'area di interesse, esprimenti talora la fase trasgressiva del ciclo eustatico dell'interglaciale Tirreniano ma, principalmente, episodi regressivi continentali da attribuirsi a diverse fasi del Wurm.

Paleogeograficamente la deposizione di questi sedimenti doveva vedere una costa marina tutta più spostata verso l'orlo occidentale della odierna pianura di Pisa. Durante il Pleistocene medio i movimenti neotettonici si sono esplicitati con il sollevamento epirogenetico di tutta la Toscana Marittima, compreso i Monti Livornesi, così i sedimenti del Pleistocene medio risultano variamente sollevati al di sopra delle quote alle quali è possibile sia giunta una trasgressione glacioeustatica.

I sedimenti del Pleistocene medio attualmente sono tutti distribuiti in Terrazzi per il sollevamento epirogenetico che li ha interessati e per le intense fasi di erosione fluviale conseguente l'abbassamento del livello del mare e l'aumento delle precipitazioni nei periodi anaglaciali.

L'inizio del Pleistocene superiore è molto ben caratterizzato, al piede occidentale dei Monti Livornesi dai sedimenti dell'Eutirreniano a *Strombus bubonius* e dal Terrazzo di Livorno. Questa trasgressione glacioeustatica ha riportato nuovamente il litorale in una posizione più a est di quella attuale con le piane di Livorno e di Rosignano sommerse dalle acque.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

L'area oggetto del presente studio è situata nella parte nord occidentale del comune di Livorno nei pressi della costa.

Questa porzione del comune è caratterizzata, prevalentemente, sotto il profilo geologico, dalla presenza di terreni di riporto distribuiti con uno spessore indicativo di circa 1-2 m, al di sotto dei quali sono presenti terreni alluvionali di varia natura ma sempre a prevalenza fine; al di sotto sono presenti terreni appartenenti alla Formazione delle Sabbie di Ardenza (fig.4):

Sabbie di Ardenza q₉

Complesso Neoauctono – Pleistocene superiore

Ha spessori molto vari. È priva di strutture sedimentarie, anche di stratificazione, e quindi molto omogenea. Tuttavia può rappresentare depositi di natura diversa, ma sempre continentale e di facies ossidante; in prevalenza è costituita da sabbie molto fini, di accumulo eolico e di colore rosso – arancio, probabilmente derivato da quello dei materiali detritici di provenienza in gran parte dallo smantellamento dei depositi già molto arrossati per intensi fenomeni pedologici. È probabile che corrispondano alle fasi epiglaciali di maggior ritiro del livello del mare e di un'ampia continentalizzazione.

Questa formazione largamente rintracciabile nell'intera piana di Livorno affiora nella gran parte dell'area in esame ed è stratigraficamente in contatto con i Conglomerati, calcareniti sabbiose e sabbie limose di Rio Maggiore.

Spesso al di sotto di tale formazione è presente la Formazione delle Calcareniti sabbiose di Castiglioncello (non affioranti nell'area di inquadramento); queste rappresentano il membro calcareo – detritico che si trova in molti luoghi alla base della successione stratigrafica del Terrazzo di Livorno a partire dalla trasgressione eustatica del Tirreniano. Questi depositi presentano due cicli stratigrafici, dovuti alle variazioni glacioeustatiche del livello marino, ai quali si intercala un episodio continentale.

4. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Dal punto di vista idrogeologico la zona presenta terreni in affioramento aventi caratteristiche variabili in funzione delle granulometrie esistenti.

I sondaggi eseguiti nei pressi dell'area hanno evidenziato la presenza di terreni di riporto limoso sabbiosi nei primi metri e successivamente argillosi o sabbiosi. A seconda del prevalere delle frazioni, limosa argillosa o sabbiosa, si possono avere variabilità del valore della permeabilità che quindi varia da scarsa a media .

I sondaggi ed i saggi esaminati hanno evidenziato la presenza di falda a profondità modeste, 0.5-1.3 m da p.c.

Anche dati bibliografici per l'area confermano tali profondità.

La vicinanza del mare associata alla permeabilità dei sedimenti lascia supporre che la profondità della falda sia suscettibile di buone oscillazioni in funzione anche del regime di pioggia potendo risalire fin quasi al p.c. nei periodi di morbida.

Nei sopralluoghi effettuati non si sono ravvisati segni di scarsa o inefficiente regimazione delle acque meteoriche e le opere di regimazione presenti sembrano assolvere bene alla loro funzione.

5. CONSIDERAZIONI AI FINI DEL RISCHIO IDRAULICO

L'area oggetto di indagine, per quanto riguarda la classificazione in merito alla pericolosità idraulica secondo le direttive del PIT (DCR marzo 2015 n. 37) non rientra negli ambiti di corsi d'acqua inseriti nell'elenco della succitata delibera.

I corsi d'acqua più importanti e vicini alla zona di interesse sono il Canale Scolmatore posto a circa 390 m a nord ed inserito nell'elenco della suddetta delibera

con il codice LI3044 ed il Canale dei Navicelli che scorre con direzione circa nord - sud a circa 680 m a ovest dell'area.

L'Autorità di Bacino Toscana Costa inserisce l'area tra quelle dotate di particolare attenzione per la prevenzione da allagamenti (fig.5).

6. PERICOLOSITA' E FATTIBILITA'

Il Piano Strutturale del Comune di Livorno (fig.6) inserisce la zona in oggetto nella classe 3b di pericolosità geomorfologica media.

Classe 3 - pericolosità media - si hanno le aree con condizioni geologico-tecniche e morfologiche tali da far ritenere che esse si trovino al limite dell'equilibrio, in base al diverso grado di propensione all'instabilità;

Sottoclasse 3b - pericolosità media - per: zone collinari : versanti costituiti da terreni incoerenti e pseudocoerenti con pendenza superiore alla soglia critica propria della classe litotecnica; pendii costituiti da rocce lapidee di scarsa resistenza ed elevata franosità e versanti al cui piede affiorano formazioni geologiche con litotipi in prevalenza argillosi di bassa resistenza.

Lo stesso Strumento non evidenzia una classe di pericolosità idraulica.

7. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA

Il territorio comunale di Livorno era classificato sismico con S=9 ai sensi del D.M. 19/03/1982.

La nuova normativa sismica nazionale adottata con Ord. P.C.M. 3274 del 20/03/2003 ha definito la nuova classificazione sismica del territorio nazionale inserendo il Comune di Livorno nella zona 2. Ai sensi della suddetta normativa e della Del.19/06/2006 n. 431 "Riclassificazione Sismica del territorio regionale-Attuazione del D.M. 14/09/2005 e O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006 pubblicata su G.U. dell'11/05/2006", il Comune di Livorno è stato inserito nelle zone sismiche 3s, cui corrispondono valori del coefficiente d'intensità sismica o accelerazione massima convenzionale al suolo a_g di 0.25 g.

Con la deliberazione della Giunta Regionale n. 421 del 26 maggio 2014 viene approvata la ri-classificazione sismica del territorio regionale. Ai sensi della suddetta deliberazione il Comune di Livorno viene classificato in zona 3.

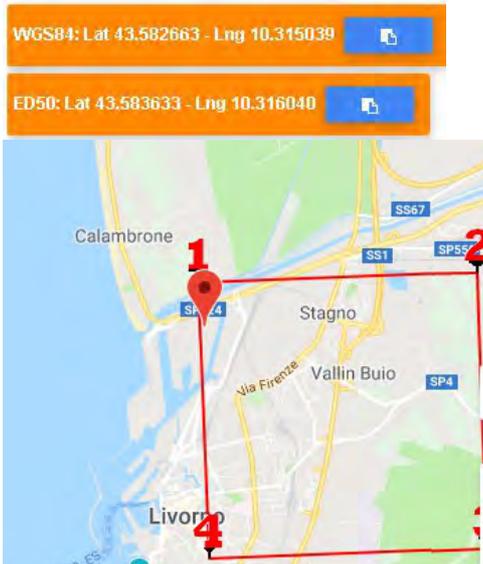
In accordo al D.M. 17/01/2018, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante approccio "sito dipendente".

Per tale motivo sull'area è stato realizzato un sondaggio attrezzato a down-hole opportunamente confrontato con varie prove sismiche realizzate nelle immediate vicinanze del settore di intervento; la prova più vicina è un sondaggio down-hole realizzato nell'ambito del programma docup Toscana 2000-2006 asse 2 misura 2.8.3. L'ubicazione delle indagini eseguite e di quelle analizzate sono riportate in fig. 2.

In base a tali dati ed al risultato dell'indagine down-hole eseguita sull'area che ha fornito una velocità delle $V_{s30}=165$ m/s ed alla natura dei terreni presenti è stata attribuita una categoria di sottosuolo tipo "D": *"Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà"*

meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.”.

In base a tale caratteristica, alle coordinate del sito, alla classe dell'intervento e alla vita nominale, sono stati calcolati i coefficienti sismici di seguito riportati:



Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.014	0.018	0.063	0.076
kv	0.007	0.009	0.031	0.038
Amax [m/s ²]	0.749	0.967	2.567	3.087
Beta	0.180	0.180	0.240	0.240

Stati limite

Classe Edificio

III. Affollamento significativo...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1.5

Stato Limite	Tr [anni]	ag [g]	F0	Tc* [s]
Operatività (SLO)	45	0.042	2.549	0.236
Danno (SLD)	75	0.055	2.514	0.249
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.145	2.435	0.271
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.183	2.484	0.278

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 75

Coefficienti sismici

Tipo: Muri di sostegno NTC 2008

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1

us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: D

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,80	1,80	1,80	1,72
CC Coeff. funz categoria	2,57	2,51	2,40	2,37
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

I valori Ss, amplificazione stratigrafica, ed il coefficiente Cc, coefficiente funzione della categoria, variano in funzione dei valori precedentemente calcolati F0, Tc e ag e di seguito tabellati:

Categoria sottosuolo	Ss	Cc
A	1	1
B	$1,00 < 1,40 - 0,40 F_0 \text{ ag/g} \leq 1,20$	$1,10 (T^*c)^{-020}$
C	$1,00 < 1,70 - 0,60 F_0 \text{ ag/g} \leq 1,50$	$1,05 (T^*c)^{-033}$
D	$0,90 < 2,40 - 1,50 F_0 \text{ ag/g} \leq 1,80$	$1,25 (T^*c)^{-050}$
E	$1,00 < 2,00 - 1,10 F_0 \text{ ag/g} \leq 1,60$	$1,15 (T^*c)^{-040}$

Per quanto riguarda il valore di S_T , amplificazione topografica, varia in funzione delle categorie topografiche definite in precedenza e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del pendio	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Dal valore nominale di ag (g) si passa a A_{max} (m/s^2) attraverso la seguente formula:

$$A_{max} = ag * 9.81 * S$$

Dove

$$S = S_s * S_t$$

Per cui per SLV avremo

$$A_{max} = 2.567 \text{ m/s}^2$$

Per cui avremo per SLD

$$A_{max} = 0.967 \text{ m/s}^2$$

8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E STRATIGRAFICA DEI TERRENI

Le caratteristiche litologiche e geotecniche sono state ottenute mediante l'analisi di due prove penetrometriche ed un sondaggio realizzati nelle adiacenze della porzione di intervento opportunamente confrontati con varie prove penetrometriche statiche, sondaggi e pozzi esistenti nei pressi dell'area e realizzati nell'ambito di precedenti studi.

Le prove penetrometriche, la cui ubicazione è riportata nelle fig.2 e 3, sono state spinte fino a 30 m da p.c. o a rifiuto (la prova P2 si è arrestata a circa 23 m da p.c. per rifiuto).

Il sondaggio è stato spinto fino a -35 m da p.c.

Integrando i dati ottenuti dalle prove con la geologia della zona si è potuto ricostruire la successione lito-stratigrafica.

Di seguito si riportano la stratigrafia e le caratteristiche geotecniche desunte dall'analisi delle prove.

8.1.1. Penetrometria statica PS1

La penetrometria statica S.C.P.T. è stata spinta alla profondità di -30.00 m dal p.c. I primi dati della prova non sono stati rilevati; essendo presente terreno di riporto, nella prova specifica, fino a circa -1,60 m da p.c., è stato necessario attestare la punta Begemann al di sotto di tale strato.

L'integrazione dei dati derivanti dalla prova penetrometrica ha permesso di ricostruire la seguente stratigrafia (le profondità sono espresse in metri rispetto al piano campagna):

0.0 - 1.60 metri dal p.c.: si hanno terreni di riporto eterogenei;

1.60-5.20 metri dal p.c.: si hanno terreni argillosi organici con γ variabile tra 1,47 e 1,90 Kg/dmc, coesione c_u variabile tra 0,13 e 0,69 Kg/cm²; gli m_v variano tra 10,6 e 77,7 cm²/t;

5.20-8.60 metri dal p.c.: si hanno terreni sabbioso limoso o sabbiosi con γ variabile tra 1,71 e 1,94 Kg/dmc e caratterizzati da angoli di attrito ϕ variabili tra 27° e 35°; gli m_v variano tra 8,3 e 16,9 cm²/t;

8.60-19.20 metri dal p.c.: si hanno terreni argillosi talvolta organici o limosi con γ variabile tra 1,50 e 1,92 Kg/dmc, coesione c_u variabile tra 0,18 e 0,74 Kg/cm²; gli m_v variano tra 16,9 e 47,8 cm²/t;

19.20-30.00 metri dal p.c.: si hanno terreni argillosi talvolta limosi con intercalazioni di strati sabbiosi; nelle litologie argillose il γ è variabile tra 1,71 e 1,97 Kg/dmc, la coesione c_u è variabile tra 0,72 e 1,54 Kg/cm²; gli m_v variano tra 11,0 e 19,9 cm²/t; tra -19,4 e -19,8 m da p.c., tra -24,0 e -24,4 m da p.c. e tra -28,6 e -29,2 m da p.c. sono presenti intercalazioni sabbiose con γ variabile tra 1,75 e 1,98 Kg/dmc e caratterizzati da angoli di attrito ϕ variabili tra 28° e 30°; gli m_v variano tra 4,3 e 11,0 cm²/t.

La falda, rilevata in questo foro di sondaggio nel mese di settembre, si è attestata a -1.3 m da p.c.

I risultati sono rappresentati in appendice.

8.1.2. Penetrometria statica PS2

La penetrometria statica S.C.P.T. è stata spinta alla profondità di -22.80 m dal p.c. Per la realizzazione di tale prova è stato necessario realizzare uno scavo per eliminare i primi 80-100 cm di terreno di riporto. Il rapporto prova in allegato pertanto considera come inizio prova il fondo dello scavo. Lo zero di prova pertanto è da intendersi come 0,8 m da p.c.

La stratigrafia riportata di seguito, tiene conto di tale variazione e pertanto le profondità indicate si riferiscono al piano campagna.

L'integrazione dei dati derivanti dalla prova penetrometrica ha permesso di ricostruire la seguente stratigrafia (le profondità sono espresse in metri rispetto al piano campagna):

0.00-1.60 metri dal p.c.: si hanno terreni di riporto eterogenei;

1.60-5.80 metri dal p.c.: si hanno terreni argillosi organici con γ variabile tra 1,46 e 1,93 Kg/dmc, coesione c_u variabile tra 0,09 e 0,98 Kg/cm²; gli mv variano tra 16,1 e 108,1 cmq/t;

5.80-8.60 metri dal p.c.: si hanno terreni sabbioso limoso o sabbiosi con γ variabile tra 1,73 e 1,80 Kg/dmc e caratterizzati da angoli di attrito ϕ variabili tra 28° e 36°; gli mv variano tra 8,3 e 12,8 cmq/t;

8.60-19.00 metri dal p.c.: si hanno terreni argillosi talvolta organici o limosi con γ variabile tra 1,49 e 1,91 Kg/dmc, coesione c_u variabile tra 0,19 e 0,61 Kg/cm²; gli mv variano tra 18,1 e 57,0 cmq/t;

19.00-22.80 metri dal p.c.: si hanno terreni argillosi talvolta limosi con intercalazioni di strati sabbiosi; nelle litologie argillose il γ è variabile tra 1,60 e 1,93 Kg/dmc, la coesione c_u è variabile tra 0,53 e 0,97 Kg/cm²; gli mv variano tra 15,5 e 22,0 cmq/t; tra -19,6 e -20,0 m da p.c. e tra -21,0 e -21,6 m da p.c. sono presenti intercalazioni sabbiose con γ variabile tra 1,83 e 2,1 Kg/dmc e caratterizzati da angoli di attrito ϕ variabili tra 28° e 35°; gli mv variano tra 3,3 e 7,1 cmq/t.

La falda, rilevata in questo foro di sondaggio nel mese di settembre, si è attestata a -1.1 m da p.c.

I risultati sono rappresentati in appendice.

8.1.3. Penetrometria statica PS3

La penetrometria statica S.C.P.T., eseguita a dicembre 2018, è stata spinta alla profondità di -20.00 m dal p.c.

Prima della prova, essendo presente terreno di riporto, si è proceduto alla rimozione di eventuali trovanti effettuando uno scavo fino a circa 1,5 m da p.c.

L'integrazione dei dati derivanti dalla prova penetrometrica ha permesso di ricostruire la seguente stratigrafia (le profondità sono espresse in metri rispetto al piano campagna):

1.0 - 1.60 metri dal p.c.: si hanno terreni di riporto a prevalente composizione granulare; nella porzione di realizzazione della prova è stata riscontrata la presenza di ghiaia con γ variabile tra 1,83 e 2,10 Kg/dmc, angoli di attrito ϕ variabili tra 41° e 45°; gli mv variano tra 1,7 e 7,4 cmq/t;

1.60-4.00 metri dal p.c.: si hanno terreni sabbiosi con γ variabile tra 1,65 e 1,77 Kg/dmc e caratterizzati da angoli di attrito ϕ variabili tra 28° e 39°; gli mv variano tra 9,7 e 36,4 cmq/t;

4.00-5.00 metri dal p.c.: si hanno terreni argillosi organici con γ variabile tra 1,48 e 1,68 Kg/dmc, coesione c_u pari a 0,17 Kg/cm²; gli mv variano tra 21,1 e 91,3 cmq/t;

5.00-7.40 metri dal p.c.: si hanno terreni sabbioso limoso o sabbiosi con γ variabile tra 1,66 e 1,95 Kg/dmc e caratterizzati da angoli di attrito ϕ variabili tra 27° e 35°; gli mv variano tra 7,3 e 25,8 cmq/t;

7.40-10.00 metri dal p.c.: si hanno terreni argillosi talvolta organici talvolta con intercalazioni sabbiose con γ variabile tra 1,51 e 1,92 Kg/dmc, coesione cu variabile tra 0,22 e 0,82 Kg/cm²; gli mv variano tra 11,7 e 45,5 cmq/t;

10.00-18.80 metri dal p.c.: si hanno terreni argillosi con γ variabile tra 1,49 e 1,90 Kg/dmc, coesione cu variabile tra 0,19 e 0,40 Kg/cm²; gli mv variano tra 21,8 e 53,9 cmq/t;

18.80-19.80 metri dal p.c.: si hanno terreni argillosi talvolta organici con γ variabile tra 1,67 e 1,69 Kg/dmc, coesione cu variabile tra 0,57 e 0,64 Kg/cm²; gli mv variano tra 16,9 e 17,5 cmq/t.

La falda, rilevata in questo foro di sondaggio nel mese di dicembre, si è attestata a -0.6 m da p.c.

I risultati sono rappresentati in appendice.

8.2. Sondaggio geognostico

Nel settembre 2015 è stato realizzato un sondaggio a carotaggio continuo spinto fino a 35.0 m da p.c. (le ubicazioni sono riportate nelle fig.2 e 3; tale sondaggio, denominato S1 è stato utilizzato per la realizzazione dell'indagine Down-Hole); nel sondaggio sono stati prelevati tre campioni indisturbati. Sui vari campioni sono state effettuate analisi di laboratorio, il cui riepilogo è riportato nella seguente tabella:

Sondaggio S1								
Sondaggio	Campione	Prof. di prel. (m da p.c.)	Analisi eseguite					
			Carat.fisic.	Taglio diretto	Limiti Atterberg	Edometrica		
	C11	2.50-3.00	X	X	X			
	C12	11.00-11.50	X	X	X			
	C13	22.00-22.50	X	X	-	X		

Nella seguente tabella è riportato il riepilogo delle prove SPT eseguite:

Sondaggio	Prova eseguita	Profondità di esecuzione	Risultati prova
S1	SPT1	2.00-2.5	1-1-5

Di seguito vengono riportate le stratigrafie osservate nel sondaggio:

– *Sondaggio S1*

0.00 – 1.20 metri dal p.c.: Terreno di riporto; primi 30 cm cemento armato poi sottofondo;

- 1.20 – 6.20 metri dal p.c.: limi con torbe ed argille talvolta con intercalazioni sabbiose grigie; tra –2.00 e –2.50 m è stata realizzata una prova S.P.T con numero di colpi $n = 1-1-5$; tra –2.50 e –3.00 m è stato prelevato un campione indisturbato CI1;
- 6.20 – 8.30 metri dal p.c.: sabbie fini limose grigie;
- 8.30 – 9.00 metri dal p.c.: limi con torbe ed argille talvolta con intercalazioni sabbiose, grigie; tra –11.00 e –11.50 m è stato prelevato un campione indisturbato CI2;
- 9.00 – 12.20 metri dal p.c.: argille molli o plastiche grigie;
- 12.20 – 20.50 metri dal p.c.: argille poco più consistenti delle soprastanti (tra 14.0 m e 15.0 m e tra 20.0 m e 20.5 m come le soprastanti) grigie;
- 20.50 – 22.50 metri dal p.c.: argille limose o sabbiose grigie; tra –22.00 e –22.50 m è stato prelevato un campione indisturbato CI3;
- 22.50 – 24.70 metri dal p.c.: argille o limi, sabbiosi grigi;
- 24.70 – 26.50 metri dal p.c.: limi con sabbie o argille talvolta con ghiaino, grigie;
- 26.50 – 30.40 metri dal p.c.: argille limose talvolta sabbiose mediamente consistenti, grigie;
- 30.40 – 33.00 metri dal p.c.: argille marroni con sabbie;
- 33.00 – 35.00 metri dal p.c.: sabbie limose marroni.

In allegato è riportato lo schema del sondaggio eseguito.

9. ANALISI DI LABORATORIO

Nel foro di sondaggio analizzato sono stati prelevati tre campioni che sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio.

I risultati delle analisi sono illustrati nella tabella seguente. Negli allegati sono riportati i certificati di alcune delle misurazioni effettuate.

Parametro	CI ₁	CI ₂	CI ₃
profondità	2.5-3.0	11.0-11.5	22.0-22.5
γ (peso di volume gr/cm ³)	2.10	1.92	2.02
W (umidità naturale %)	15.7	38.1	25.8
γ_{sat} (peso spec. saturo gr/cm ³)	2.14	1.87	2.01
γ_d (densità secca gr/cm ³)	1.81	1.39	1.61
e (indice dei vuoti)	0.49	0.94	0.68
Sr (grado di saturazione %)	87	109	102
n (porosità)	0.33	0.49	0.4
Wl (limite liquido %)	23.5	39.5	-
Wp (limite plastico %)	19.0	23.5	-
Ip (indice di plasticità %)	4.5	16.0	-
Ic (indice di consistenza)	1.72	0.1	-
ϕ' (angolo di attrito drenato °)	30	21	25
C' (coesione drenata Kg/cm ²)	0.04	0.19	0.02
Mod. Edometrico (E' ed Kg/cm ²)			
1 Kg/cm ²			51.77

10. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

La diretta osservazione dei terreni affioranti eseguita durante il rilevamento geologico dell'area e le ricostruzioni lito-stratigrafiche derivate dalle prove geognostiche analizzate nell'ambito del presente studio o realizzate in precedenti studi condotti nei pressi dell'area, hanno consentito il raggiungimento di una sufficiente definizione del quadro litologico e stratigrafico del sottosuolo in esame.

La stratigrafia tipo (basata su assunzioni cautelative) risulta essere costituita da un terreno di riporto entro 1,00-1,40 m dal p.c.. Al di sotto sono presenti terreni argilloso organici fino a circa -5,4 m da p.c. (Unità A). Da tale livello fino a circa -8,6 m da p.c. sono presenti terreni limoso sabbiosi (Unità B). Al di sotto e fino a circa -19,2 m da p.c. sono presenti terreni argillosi talvolta limosi o sabbiosi (Unità C). Al di sotto e fino a circa -30,4 m da p.c. sono presenti terreni argillosi e limosi con intercalazioni sabbiose (Unità D). Quest'ultima unità è stata suddivisa, in base alle caratteristiche geotecniche in unità D1 tra -19,2 e -20,6 m da p.c. e unità D2 tra -20,6 e -30,0 m da p.c.

Sulla scorta delle indagini svolte e delle informazioni acquisite si riportano di seguito i principali parametri geotecnici medi attribuiti alle formazioni rilevate:

Parametri geotecnici					
Unità		Peso di volume γ (Kg/dmc)	Angolo di attrito	Coesione (Kg/cmq)	Coeff. di compressibilità Vol (cmq/t)
Unità A (1.4-5.4)	Param.medi	1.63	-	$C_u=0.25$	45.7
	Condizioni drenate	1.95	30°	$C'=0.04$	
Unità B (5.4-8.6)	Param.medi	1.73	30°	-	10.7
Unità C (8.6-19.2)	Param.medi	1.74	-	$C_u=0.25$	30.7
	Condizioni drenate	1.92	21°	$C'=0.19$	
Unità D1 (19.2-20.6)	Param.medi	1.81	28°		18.0
Unità D2 (20.6-30.0)	Param.medi	1.90		$C_u=0.7$	13.9
	Condizioni drenate	1.95	25°	$C'=0.02$	

Si ricorda che nelle verifiche in condizioni non drenate, laddove indicati valori di angoli di attrito e coesione contemporaneamente, dovranno essere utilizzati alternativamente e non congiuntamente.

11. CONCLUSIONI

La presente relazione ha come oggetto l'indagine geologica di supporto alla realizzazione di tre silos all'interno dell'impianto di proprietà MASOL Continental Biofuel S.R.L. in via Leonardo Da Vinci 35, nel Comune di Livorno. L'intervento prevede inoltre la realizzazione di una scala in metallo, adiacente ai silos, da porre su una platea di dimensioni indicative di circa 2,15x8,1 m.

Il Piano Strutturale del Comune di Livorno, come riportato sulla Carta della Pericolosità Geomorfológica e Idraulica, inserisce la zona di intervento nella classe 3b di pericolosità geomorfologica media.

L'Autorità di Bacino Toscana Costa inserisce l'area tra quelle dotate di particolare attenzione per la prevenzione da allagamenti.

I sopralluoghi eseguiti su tutta la proprietà ed i terreni vicini non hanno evidenziato problemi di natura geomorfologica in atto o quiescenti.

La caratterizzazione geotecnica del sottosuolo è stata ottenuta per mezzo di indagini eseguite nella adiacenze dell'area di intervento, costituite da due prove penetrometriche statiche spinte fino a 30 m da p.c. o a rifiuto (la prova P2 si è arrestata a circa 23 m da p.c. per rifiuto) ed un sondaggio a carotaggio continuo spinto fino a 35 m da p.c. attrezzato a down-hole; tali indagini sono state opportunamente confrontate con indagini eseguite negli intorni dell'area. Nel mese di dicembre 2018 è stata realizzata una prova penetrometrica statica di approfondimento di indagine, realizzata sulla porzione su cui verrà realizzata la struttura.

La caratterizzazione sismica è stata ottenuta mediante la realizzazione di una indagine down-hole realizzata sull'area di intervento, confrontata con indagini down-hole e MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) condotte nelle vicinanze del settore di intervento.

Data la natura dei terreni presenti associata alla presenza di una falda a profondità variabile, eventuali scavi di una certa importanza dovranno essere dotati di accorgimenti atti ad evitare il franamento delle sponde. La stessa natura dei terreni evidenzia l'importanza di porre particolare attenzione alla regimazione delle acque superficiali, evitando i ristagni, convogliandole verso gli impluvi naturali. Per lo stesso motivo e in base all'importanza ed alle caratteristiche delle opere (anche nei confronti dei cedimenti) dovrà essere valutata la necessità di sottofondare.

Le attuali scelte progettuali sono orientate verso la realizzazione di un miglioramento delle caratteristiche geotecniche mediante la realizzazione di iniezioni Jet Grouting impostate indicativamente ad una profondità di circa -5,5 - -5,8 m da p.c.

Si riporta uno stralcio dal D.M. 17/01/2018 Testo Unitario-Norme tecniche per le Costruzioni, relativo agli interventi previsti:

“6.9. MIGLIORAMENTO E RINFORZO DEI TERRENI E DEGLI AMMASSI ROCCIOSI.

Le presenti norme riguardano la progettazione, la costruzione e il controllo degli interventi di miglioramento e rinforzo dei terreni e degli ammassi rocciosi, realizzati per diverse finalità applicative.

6.9.1. SCELTA DEL TIPO DI INTERVENTO E CRITERI GENERALI DI PROGETTO

La scelta del tipo di intervento deve derivare da una caratterizzazione geotecnica dei terreni e degli ammassi rocciosi da trattare e da un'analisi dei fattori tecnici, organizzativi e ambientali.

Gli interventi devono essere giustificati, indicando i fattori geotecnici che ci si propone di modificare e fornendo valutazioni quantitative degli effetti meccanici attesi.

Le indagini geotecniche devono riguardare anche l'accertamento dei risultati conseguiti, avvalendosi di misure e di appositi campi prova.

Nel progetto devono essere definiti il dimensionamento degli interventi, le caratteristiche degli eventuali elementi strutturali e dei materiali di apporto, le tecniche necessarie e le sequenze operative.

Il progetto deve indicare le modalità di accertamento dei risultati, specificando le misure e le indagini sperimentali più opportune in relazione alla tipologia ed agli obiettivi dell'intervento di miglioramento e/o rinforzo. Negli interventi di particolare importanza il progetto deve prevedere una fase preliminare di verifica sperimentale e messa a punto delle modalità esecutive dell'intervento (campi prova).

6.9.2. MONITORAGGIO

Il monitoraggio ha lo scopo di valutare l'efficacia degli interventi e di verificare la rispondenza dei risultati ottenuti con le ipotesi progettuali. Ha inoltre lo scopo di controllare il comportamento nel tempo del complesso opera-terreno trattato.

Il monitoraggio deve essere previsto nei casi in cui gli interventi di miglioramento e di rinforzo possano condizionare la sicurezza e la funzionalità dell'opera in progetto o di opere circostanti."

Durante l'esecuzione dei lavori deve essere accertata in loco la corrispondenza delle indagini geologiche e delle previsioni di progetto con lo stato effettivo dei terreni, ed adottato di conseguenza ogni ulteriore accorgimento necessario ad assicurare la stabilità dei terreni stessi e la regimazione delle acque.

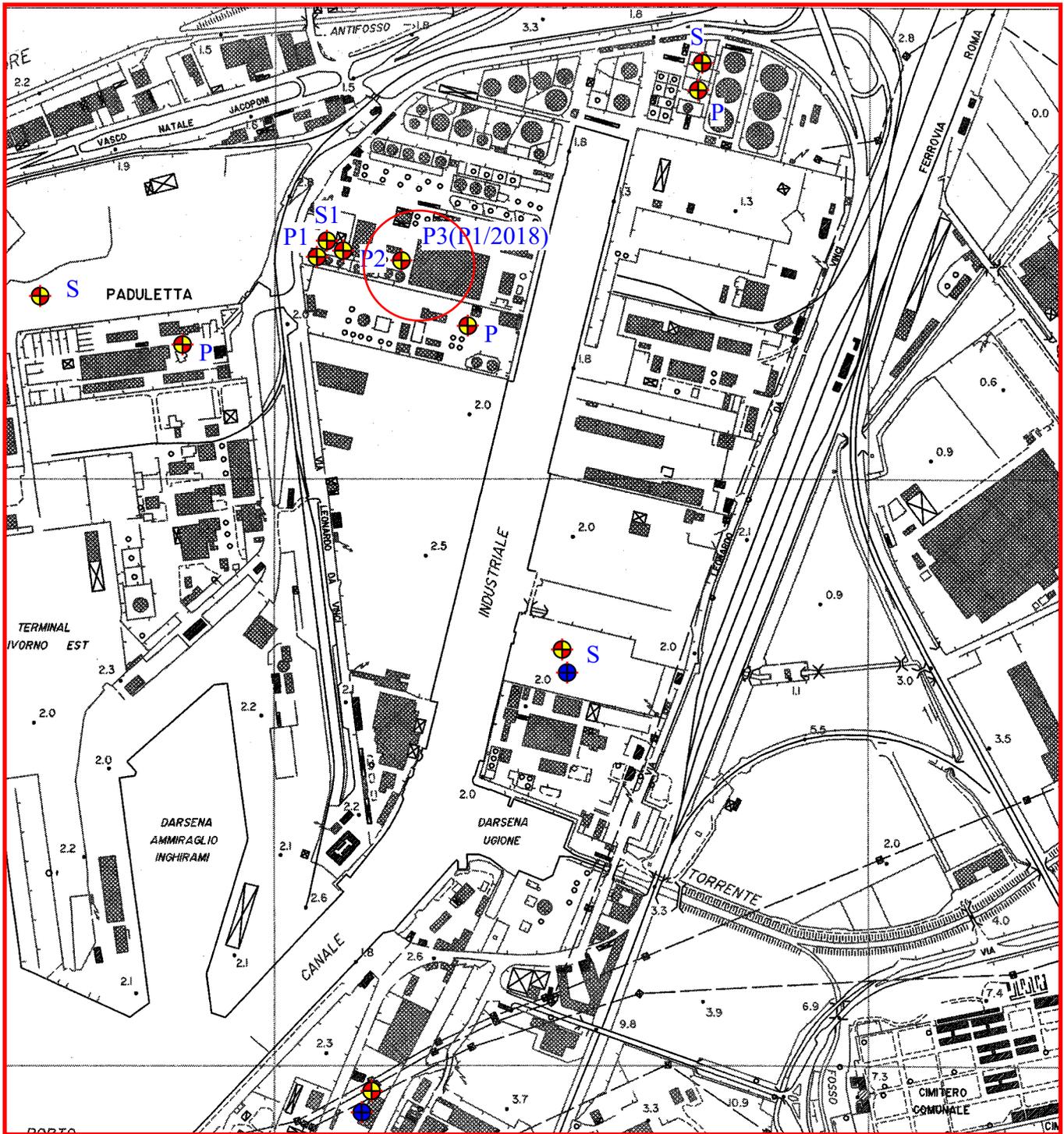
12. ALLEGATI



Scala 1: 25.000

 Area oggetto di indagine

Figura 1: Inquadramento area oggetto di indagine (cartografia IGM)



Scala 1: 10.000

- Area oggetto di indagine
- S Sondaggi e prove analizzati
- Indagini MASW o Down Hole

Figura 2: Ubicazione area ed indagini analizzate

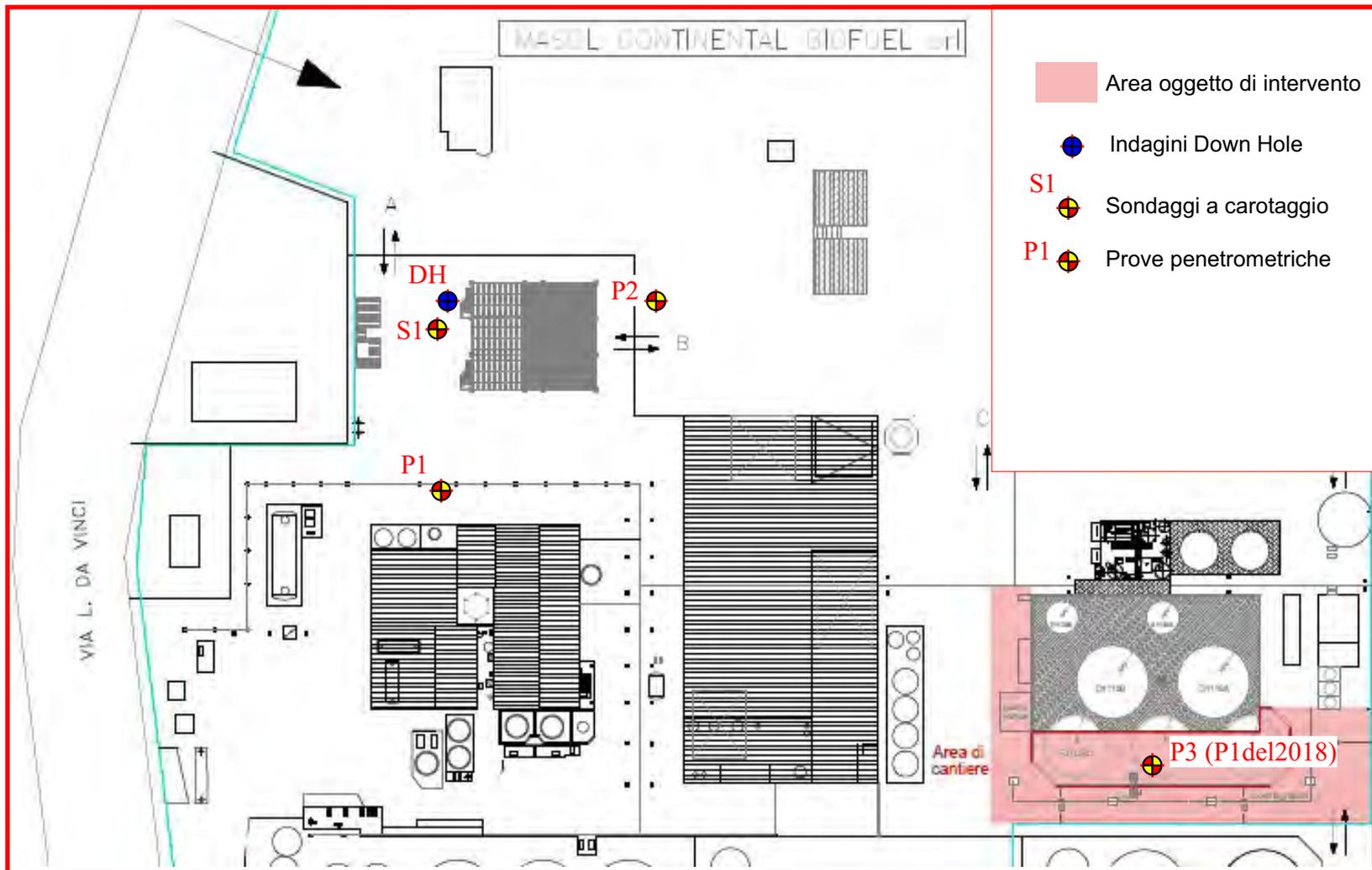
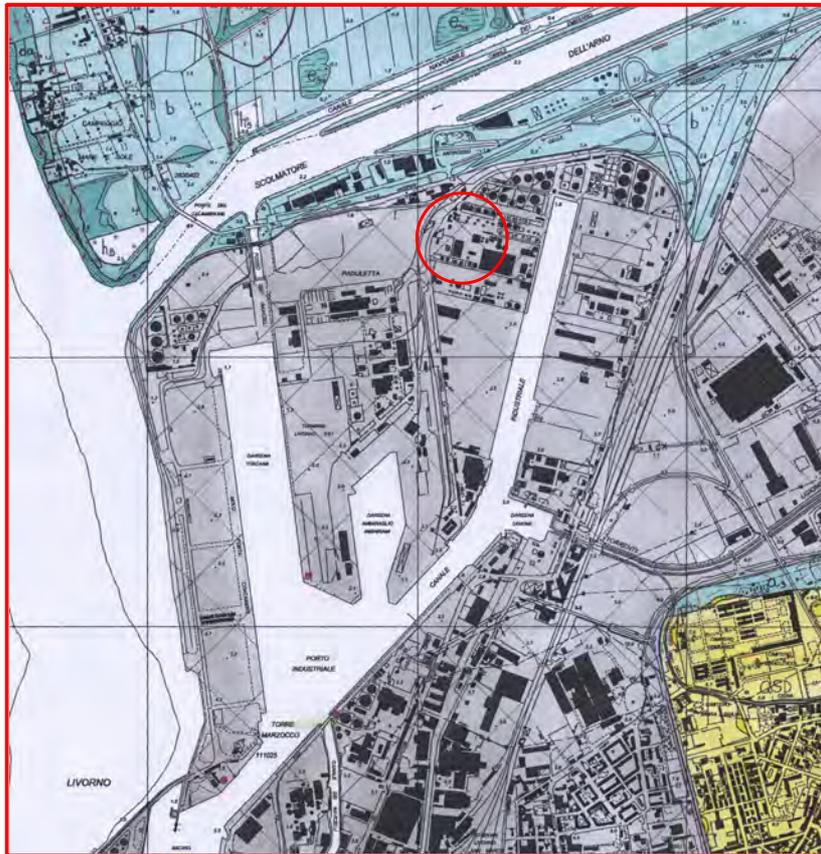


Figura 3: Particolare area di intervento ed indagini realizzate



Depositi Olocenici

- | | | | |
|--|---|--|----------------------------|
| | Depositi Antropici
h₅ – Terreni di riporto, bonifica per colmata | | Area oggetto di intervento |
| | a₃ – Coperture detritiche indifferenziate
Accumuli di detrito non riconducibili ad uno specifico processo genetico. | | |
| | b – Depositi alluvionali attuali
Limi sabbiosi contenenti rari ciottoli di dimensioni ruditiche fini. Talvolta sono state osservate lenti argillose di colore grigio verde con resti vegetali. | | |
| | d_a – Depositi eolici
Sabbie da medie a fini di colore marrone chiaro e avana con ridotta porzione siltosa e talvolta contenenti resti vegetali. | | |
| | e_{3a} – Depositi palustri
Sabbie siltose e silt sabbiosi di colore marrone bruno contenenti livelli argillosi di colore grigio verde e livelli con resti organici di colore grigio nerastro. | | |
| | g_{2a} – Depositi di spiaggia, sabbie litorali
Sabbie medie e grossolane ben classate. | | |

Depositi Pleistocenici

- | | |
|--|---|
| | QSD – Sabbie rosse di Donoratico
Sabbie da medie a fini, talora siltose, di colore variabile dal rosso bruno all'arancio, con screziature giallo ocre o grigio verdi e presenza di noduli carboniosi e ferro-manganesiferi. Massive, talvolta contenenti lenti, da centimetriche a decimetriche, di sabbie più grossolane con clasti di dimensioni ruditiche fini matrice sostenute. Il contenuto fossilifero è limitato a gasteropodi di ambiente continentale e resti vegetali.
* Corrispondono alle Sabbie rosse di Ardenza (di Lazzarotto et al., 1990) p.p. Pleistocene superiore |
|--|---|

Figura 4: Carta geologica dell'area di intervento (estratta da Progetto CARG Regione Toscana)



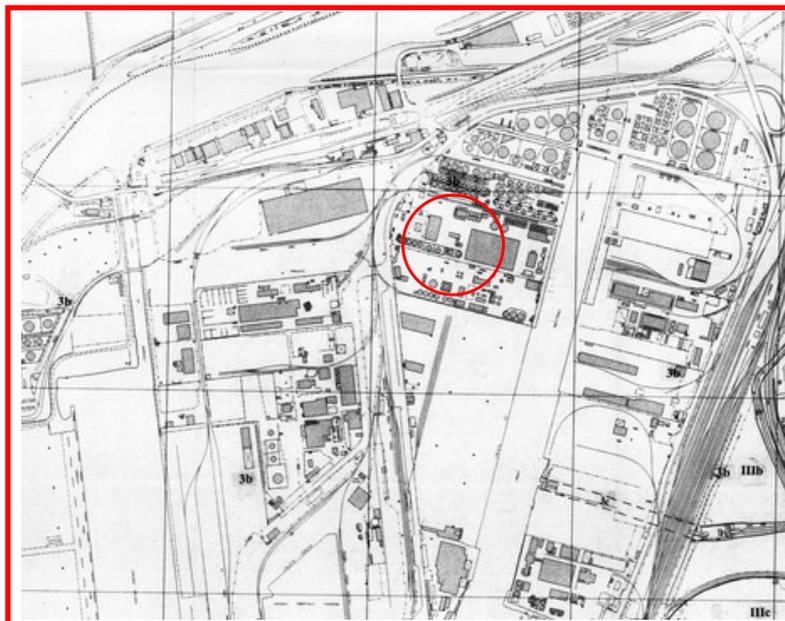
Legenda :

-  Reticolo significativo ai fini della difesa del suolo
-  Reticolo a sollevamento meccanico
-  Aree a sollevamento meccanico
-  ASIP (Aree Strategiche per Interventi di Prevenzione)
-  Casse di espansione realizzate
- Pericolosità geomorfologica
 -  Molto elevata (P.F.M.E.)
 -  Elevata (P.F.E.)
- Pericolosità idraulica
 -  Molto elevata (P.I.M.E.)
 -  Elevata (P.I.E.)
-  Punti critici noti (ponti e attraversamenti)
-  Aree di particolare attenzione per la prevenzione dei dissesti idrogeologici
-  Aree di particolare attenzione per la prevenzione da allagamenti
- Aree di particolare attenzione per l'equilibrio costiero
 -  Dune di spiaggia
 -  Sedimenti dunali
 -  Coste Basse
 -  Coste Basse con fenomeni di criticità
 -  Coste alte con fenomeni di instabilità



 Area oggetto di intervento

Figura 5: Stralcio della Cartografia del PAI Toscana Costa



CLASSI DI PERICOLOSITA'

GEOMORFOLOGICA		IDRAULICA		
1	Aree di pianura. Assenza di condizioni limitanti geologiche, morfologiche, idrogeologiche, strutturali, stratigrafiche, litotecniche	<i>PERICOLOSITA' IRRILEVANTE</i>	I	Evento di esondazione non possibile, in aree collinari
2	Basso grado di accadimento dell'evento franoso / dissesto / cedimento	<i>PERICOLOSITA' BASSA</i>	II	Evento di esondazione non possibile o molto poco probabile in aree alluvionali e/o terrazzate
3		<i>PERICOLOSITA' MEDIA</i>	III	
3a	Probabilità di accadimento dell'evento franoso / dissesto / cedimento	medio bassa	IIIa	Evento di esondazione con ricorrenza > 200 anni
3b	Probabilità di accadimento dell'evento franoso / dissesto / cedimento	media	IIIb	Evento di esondazione con ricorrenza tra 20 e 200 anni
3c	Probabilità di accadimento dell'evento franoso / dissesto / cedimento	medio elevata	IIIc	Evento di esondazione con ricorrenza tra 2 e 20 anni
4	Erosione marcata in atto Dissesto attivo	<i>PERICOLOSITA' ELEVATA</i>	IV	Evento di esondazione con ricorrenza ≤ 2 anni

 Area oggetto di intervento

Figura 6: Carta della Pericolosità (geomorfologica e idraulica) (tratta da P.S. Comune di Livorno)

DATA: 24/09/2015 CANTIERE: Via Da Vinci 35 Livorno

SOND. N°

S1

Geopiu/Studio Associato di Geologia

METODO DI PERFORAZIONE	TIPO DI CORONA	ATTREZZO DI PERFORAZIONE	PROFONDITA' DAL P.C. (m)	COLONNA STRATIGRAFICA	LIVELLO PALDA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAROTAGGIO				N. SPT	CAMPIONI			SITUAZIONE INSTALLATA		
							20	40	60	80		100	NUMERO	TIPO		PROFONDITA'	
																	I = CAMPIONE INDISTURBATO
CAROTAGGIO CONTINUO	WIDIA	CAROTIERE SEMPLICE	1		Massetto in cemento più sottofondo o riporto.												
			2														
			3														
			4														
			5														
			6														
			7														
			8														
			9														
			10														
			11														
			12														
			13														
			14														
			15														
			16														
			17														
			18														
			19														
			20														
			21														
			22														
			23														
			24														
			25														
			26														
			27														
			28														
			29														
			30														
			31														
			32														
			33														
			34														
			35														

Piezometro

1-1-5

CI2

CI3

2.0-2.5

2.5-3.0

11.0-11.5

22.0-22.5



GEOSERVIZI S.N.C. di Cosco e Spadaro

Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI)
Cell. 339-1344492
geoservizipisa@gmail.com



PROVA PENETROMETRICA STATICA

ELABORAZIONE NUMERICA DEI RISULTATI

Committente: GEOPIU'
Località: LIVORNO
Cantiere: STAB. MASOL
Data: 23/9/15
N. prove: 2

Caratteristiche del sistema

Penetrometro statico TG 73 200KN Pagani
Punta meccanica tipo "Begemann"
Diametro = 35,7 mm; Angolo di apertura = 60°
Ap=10 cm²; At=20 cm²; Am=150 cm²
Velocità di avanzamento = 2 cm/sec
peso aste interne: 0,130 Kg
passo di lettura: 20 cm

LEGENDA

#####	aot	argilla organica e/o torba	Qc	Resistenza alla Punta (Kg/cm ²)
=====	a	argilla	Fs	Attrito laterale unitario (Kg/cm ²)
=====	al	argilla limosa	Qc/Fs	Rapporto Begemann
~~~~~	l	limo	Rt	Spinta totale (rivest.+punta)
~~~~~	sl	sabbia e limo	$\gamma$	Peso di volume
~~~~~	ss	sabbia sciolta	$\sigma'_{vo}$	Pressione verticale efficace
~~~~~	sm	sabbia mediamente addensata	$\phi$	Angolo di attrito interno
~~~~~	sdg	sabbia densa e/o ghiaia	Dr	Densità relativa
*****	rip	riporto	Cu	Coesione non drenata
			m _v	Coeff. di compressibilità volum.



GEOSERVIZI S. N. C.

di Cosco e Spadaro

Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI)

Cell. 339-1344492

geoservizipisa@gmail.com

Prova numero: 1

Data: 23/9/15

Committente: GEOPIU'

Località: LIVORNO

Cantiere: STAB. MASOL

Profondità massima: 30,0 m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: 1,3 m dal p.c.

Prof. [metri]	Qc [Kg/cmq]	Fs [Kg/cmq]	Qc/Fs	Rt [Kgf]	parametri geotecnici stimati							Colonna stratig.	lito_ logia
					$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cmq]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cmq]	m _v [cmq/t]			
0,2					1,80	0,04	-	-	-	-	-	non ril.	
0,4					1,80	0,07	-	-	-	-	-	non ril.	
0,6					1,80	0,11	-	-	-	-	-	non ril.	
0,8					1,80	0,14	-	-	-	-	-	non ril.	
1					1,80	0,18	-	-	-	-	-	non ril.	
1,2					1,80	0,22	-	-	-	-	-	non ril.	
1,4					1,80	0,23	-	-	-	-	-	non ril.	
1,6					1,80	0,25	-	-	-	-	-	non ril.	
1,8	19,4	0,27	73	184	1,70	0,26	36	42	-	17,2		ss	
2	5,4	0,47	12	374	1,48	0,27	-	-	0,20	56,2	#####	aot	
2,2	31,4	0,47	67	314	1,76	0,29	37	57	-	10,6	=====	sm	
2,4	23,4	0,53	44	444	1,72	0,30	28	-	-	14,3	~~~~~	sl	
2,6	16,4	0,47	35	434	1,68	0,31	-	-	0,64	17,2	~~~~~	l	
2,8	4,5	0,33	14	275	1,48	0,32	-	-	0,17	64,8	#####	aot	
3	8,5	0,40	21	265	1,83	0,34	-	-	0,33	25,8	=====	a	
3,2	13,5	0,53	25	285	1,91	0,36	-	-	0,53	20,3	=====	a	
3,4	11,5	0,67	17	305	1,90	0,38	-	-	0,45	21,7	=====	a	
3,6	8,5	0,40	21	335	1,83	0,39	-	-	0,33	25,8	=====	a	
3,8	3,7	0,33	11	377	1,47	0,40	-	-	0,13	77,7	#####	aot	
4	6,7	0,13	50	407	1,63	0,42	28	2	-	50,1	=====	ss	
4,2	8,7	0,13	65	397	1,64	0,43	28	3	-	38,5	=====	ss	
4,4	3,7	0,27	14	667	1,47	0,44	-	-	0,13	77,7	#####	aot	
4,6	7,7	0,13	57	717	1,64	0,45	28	2	-	43,6	=====	ss	
4,8	17,8	0,47	38	698	1,69	0,46	-	-	0,69	16,9	~~~~~	l	
5	10,8	0,60	18	658	1,90	0,48	-	-	0,41	22,4	=====	a	
5,2	3,8	0,60	6	788	1,47	0,49	-	-	0,13	75,4	#####	aot	
5,4	33,8	0,67	51	838	1,77	0,51	35	46	-	9,9	=====	sm	
5,6	29,8	0,60	50	948	1,75	0,52	34	41	-	11,2	=====	sm	
5,8	35,9	0,73	49	1069	1,78	0,54	35	47	-	9,3	=====	sm	
6	36,9	0,60	62	1109	1,78	0,55	35	48	-	9,0	=====	sm	
6,2	38,9	1,00	39	1249	1,79	0,57	30	-	-	8,6	~~~~~	sl	
6,4	28,9	0,80	36	1249	1,74	0,58	28	-	-	11,5	~~~~~	sl	
6,6	27,9	0,60	47	1209	1,74	0,60	28	-	-	11,9	~~~~~	sl	
6,8	35,0	0,80	44	1170	1,78	0,61	29	-	-	9,5	~~~~~	sl	
7	40,0	0,87	46	1190	1,80	0,63	30	-	-	8,3	~~~~~	sl	
7,2	28,0	1,00	28	1150	1,94	0,65	-	-	1,10	14,3	=====	al	
7,4	23,0	0,53	43	1040	1,72	0,66	27	-	-	14,5	~~~~~	sl	
7,6	25,0	1,07	23	1010	1,93	0,68	-	-	0,97	16,0	=====	al	
7,8	36,2	0,47	78	972	1,78	0,70	33	42	-	9,2	=====	sm	
8	21,2	1,07	20	972	1,92	0,72	-	-	0,82	18,9	=====	a	
8,2	33,2	0,60	55	982	1,77	0,73	33	38	-	10,0	=====	sm	
8,4	24,2	0,93	26	832	1,93	0,75	-	-	0,94	16,5	=====	al	
8,6	22,2	0,67	33	892	1,71	0,76	27	-	-	15,0	~~~~~	sl	
8,8	19,3	0,73	26	813	1,92	0,78	-	-	0,74	19,7	=====	al	
9	9,3	0,60	16	763	1,87	0,80	-	-	0,34	24,4	=====	a	
9,2	7,3	0,47	16	693	1,50	0,81	-	-	0,26	44,9	#####	aot	
9,4	10,3	0,27	39	693	1,65	0,82	-	-	0,38	21,8	~~~~~	l	
9,6	7,3	0,40	18	583	1,77	0,84	-	-	0,26	28,8	=====	a	
9,8	6,4	0,33	19	754	1,72	0,85	-	-	0,22	31,7	=====	a	
10	8,4	0,27	32	784	1,82	0,87	-	-	0,30	26,0	=====	al	



**GEOSERVIZI S. N. C.**

di Cosco e Spadaro

Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI)

Cell. 339-1344492

geoservizipisa@gmail.com

Prova numero: 1

Data: 23/9/15

Committente: GEOPIU'

Località: LIVORNO

Cantiere: STAB. MASOL

Profondità massima: 30,0 m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: 1,3 m dal p.c.

Prof. [metri]	Qc [Kg/cmq]	Fs [Kg/cmq]	Qc/Fs	Rt [Kgf]	parametri geotecnici stimati							Colonna stratig.	lito_ logia
					$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cmq]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cmq]	mv [cmq/t]			
10,2	5,4	0,20	27	794	1,67	0,88	-	-	0,18	36,2	=====	a	
10,4	12,4	0,20	62	764	1,66	0,90	28	2	-	26,8	=====	ss	
10,6	19,4	0,80	24	974	1,92	0,91	-	-	0,74	19,8	=====	al	
10,8	11,6	0,33	35	1046	1,66	0,93	-	-	0,43	20,3	=====	l	
11	7,6	0,53	14	1056	1,51	0,94	-	-	0,26	43,8	#####	aot	
11,2	9,6	0,33	29	906	1,88	0,96	-	-	0,34	24,0	=====	al	
11,4	6,6	0,33	20	876	1,73	0,97	-	-	0,22	31,2	=====	a	
11,6	8,6	0,20	43	1016	1,64	0,98	-	-	0,30	24,8	=====	l	
11,8	8,7	0,20	43	1037	1,64	1,00	-	-	0,31	24,5	=====	l	
12	7,7	0,20	38	1057	1,64	1,01	-	-	0,27	26,8	=====	l	
12,2	6,7	0,40	17	1077	1,50	1,02	-	-	0,23	47,8	#####	aot	
12,4	7,7	0,27	29	1067	1,78	1,03	-	-	0,27	27,7	=====	al	
12,6	7,7	0,27	29	1157	1,78	1,05	-	-	0,27	27,7	=====	al	
12,8	7,8	0,27	29	1168	1,79	1,07	-	-	0,27	27,4	=====	al	
13	7,8	0,33	23	1198	1,79	1,08	-	-	0,27	27,4	=====	a	
13,2	7,8	0,27	29	1148	1,79	1,10	-	-	0,27	27,4	=====	al	
13,4	7,8	0,27	29	1078	1,79	1,11	-	-	0,27	27,4	=====	al	
13,6	7,8	0,33	23	1158	1,79	1,13	-	-	0,27	27,4	=====	a	
13,8	8,0	0,33	24	1210	1,80	1,14	-	-	0,27	27,1	=====	a	
14	8,0	0,53	15	1210	1,51	1,15	-	-	0,27	42,4	#####	aot	
14,2	8,0	0,33	24	1280	1,80	1,17	-	-	0,27	27,1	=====	a	
14,4	8,0	0,40	20	1280	1,80	1,19	-	-	0,27	27,1	=====	a	
14,6	8,0	0,33	24	1430	1,80	1,20	-	-	0,27	27,1	=====	a	
14,8	9,1	0,33	27	1451	1,85	1,22	-	-	0,31	24,8	=====	al	
15	9,1	0,33	27	1431	1,85	1,24	-	-	0,31	24,8	=====	al	
15,2	11,1	0,33	33	1481	1,90	1,25	-	-	0,39	22,1	=====	al	
15,4	9,1	0,33	27	1491	1,85	1,27	-	-	0,31	24,8	=====	al	
15,6	8,1	0,40	20	1541	1,80	1,29	-	-	0,27	26,8	=====	a	
15,8	9,2	0,33	28	1602	1,86	1,31	-	-	0,32	24,6	=====	al	
16	9,2	0,40	23	1572	1,86	1,32	-	-	0,32	24,6	=====	a	
16,2	9,2	0,33	28	1662	1,86	1,34	-	-	0,31	24,6	=====	al	
16,4	9,2	0,40	23	1592	1,86	1,36	-	-	0,31	24,6	=====	a	
16,6	9,2	0,40	23	1822	1,86	1,37	-	-	0,31	24,6	=====	a	
16,8	10,3	0,47	22	1943	1,90	1,39	-	-	0,36	22,9	=====	a	
17	10,3	0,47	22	1913	1,90	1,41	-	-	0,36	22,9	=====	a	
17,2	11,3	0,40	28	1903	1,90	1,43	-	-	0,40	21,8	=====	al	
17,4	11,3	0,53	21	1883	1,90	1,45	-	-	0,40	21,8	=====	a	
17,6	12,3	0,47	26	2033	1,91	1,46	-	-	0,44	21,0	=====	al	
17,8	11,5	0,47	25	2055	1,90	1,48	-	-	0,40	21,7	=====	a	
18	13,5	0,73	18	2035	1,91	1,50	-	-	0,48	20,3	=====	a	
18,2	12,5	0,47	27	1995	1,91	1,52	-	-	0,44	20,9	=====	al	
18,4	12,5	0,33	37	1965	1,66	1,53	-	-	0,44	19,4	=====	l	
18,6	12,5	0,40	31	2055	1,91	1,55	-	-	0,44	20,9	=====	al	
18,8	10,6	0,27	40	2056	1,65	1,56	-	-	0,36	21,4	=====	l	
19	9,6	0,33	29	2036	1,88	1,58	-	-	0,32	24,0	=====	al	
19,2	17,6	0,53	33	2146	1,69	1,59	-	-	0,64	16,9	=====	l	
19,4	33,6	0,53	63	2276	1,77	1,61	28	20	-	9,9	=====	sm	
19,6	44,6	0,73	61	2436	1,82	1,63	30	30	-	7,5	=====	sm	
19,8	37,7	0,73	51	2427	1,79	1,64	29	24	-	8,8	=====	sm	
20	24,7	1,00	25	2397	1,93	1,66	-	-	0,92	16,2	=====	al	



**GEOSERVIZI S. N. C.**

di Cosco e Spadaro

Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI)

Cell. 339-1344492

geoservizipisa@gmail.com

Prova numero: 1

Data: 23/9/15

Committente: GEOPIU'

Località: LIVORNO

Cantiere: STAB. MASOL

Profondità massima: 30,0 m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: 1,3 m dal p.c.

Prof. [metri]	Qc [Kg/cmq]	Fs [Kg/cmq]	Qc/Fs	Rt [Kgf]	parametri geotecnici stimati							Colonna stratig.	lito_ logia
					$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cmq]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cmq]	mv [cmq/t]			
20,2	20,7	1,13	18	2447	1,92	1,68	-	-	0,76	19,3	=====	a	
20,4	20,7	0,93	22	2487	1,92	1,70	-	-	0,76	19,3	=====	a	
20,6	19,7	0,87	23	2677	1,92	1,72	-	-	0,72	19,9	=====	a	
20,8	22,9	0,73	31	2719	1,71	1,73	27	-	-	14,6	=====	sl	
21	20,9	0,87	24	2759	1,92	1,75	-	-	0,76	19,2	=====	al	
21,2	22,9	1,07	21	2789	1,93	1,77	-	-	0,84	17,5	=====	a	
21,4	27,9	1,00	28	2839	1,94	1,79	-	-	1,04	14,4	=====	al	
21,6	23,9	1,33	18	2979	1,93	1,80	-	-	0,88	16,8	=====	a	
21,8	22,0	1,13	19	2960	1,93	1,82	-	-	0,81	18,2	=====	a	
22	21,0	1,00	21	2990	1,92	1,84	-	-	0,77	19,1	=====	a	
22,2	23,0	0,80	29	3100	1,93	1,86	-	-	0,85	17,4	=====	al	
22,4	23,0	1,13	20	3080	1,93	1,88	-	-	0,84	17,4	=====	a	
22,6	21,0	1,07	20	3200	1,92	1,90	-	-	0,76	19,1	=====	a	
22,8	23,1	1,13	20	3241	1,93	1,92	-	-	0,85	17,3	=====	a	
23	24,1	1,13	21	3261	1,93	1,93	-	-	0,89	16,6	=====	a	
23,2	24,1	1,13	21	3311	1,93	1,95	-	-	0,89	16,6	=====	a	
23,4	23,1	1,13	20	3301	1,93	1,97	-	-	0,85	17,3	=====	a	
23,6	23,1	1,13	20	3381	1,93	1,99	-	-	0,85	17,3	=====	a	
23,8	23,3	1,00	23	3463	1,93	2,01	-	-	0,85	17,2	=====	a	
24	30,3	0,53	57	3473	1,75	2,02	28	12	-	11,0	=====	sm	
24,2	32,3	0,67	48	3523	1,76	2,04	28	14	-	10,3	=====	sm	
24,4	29,3	1,47	20	3553	1,94	2,06	-	-	1,09	13,7	=====	a	
24,6	30,3	1,40	22	3683	1,95	2,08	-	-	1,13	13,2	=====	a	
24,8	32,4	0,40	81	3754	1,76	2,09	28	13	-	10,3	=====	sm	
25	25,4	0,87	29	3754	1,93	2,11	-	-	0,93	15,8	=====	al	
25,2	29,4	1,07	28	3804	1,94	2,13	-	-	1,09	13,6	=====	al	
25,4	30,4	1,27	24	3814	1,95	2,15	-	-	1,13	13,2	=====	al	
25,6	27,4	0,93	29	3874	1,94	2,17	-	-	1,01	14,6	=====	al	
25,8	27,5	1,27	22	3885	1,94	2,19	-	-	1,01	14,5	=====	a	
26	28,5	1,20	24	4005	1,94	2,21	-	-	1,05	14,0	=====	al	
26,2	33,5	1,40	24	4055	1,95	2,22	-	-	1,25	11,9	=====	al	
26,4	36,5	1,73	21	4105	1,96	2,24	-	-	1,37	11,0	=====	a	
26,6	29,5	1,87	16	4215	1,94	2,26	-	-	1,09	13,6	=====	a	
26,8	30,6	1,13	27	4266	1,95	2,28	-	-	1,13	13,1	=====	al	
27	27,6	1,13	24	4346	1,94	2,30	-	-	1,01	14,5	=====	al	
27,2	26,6	1,20	22	4416	1,94	2,32	-	-	0,97	15,0	=====	a	
27,4	27,6	1,33	21	4476	1,94	2,34	-	-	1,01	14,5	=====	a	
27,6	29,6	1,27	23	4676	1,94	2,36	-	-	1,09	13,5	=====	al	
27,8	33,8	1,53	22	4748	1,95	2,38	-	-	1,26	11,8	=====	a	
28	31,8	1,20	26	4848	1,95	2,39	-	-	1,18	12,6	=====	al	
28,2	29,8	1,53	19	4848	1,94	2,41	-	-	1,09	13,4	=====	a	
28,4	27,8	1,67	17	4968	1,94	2,43	-	-	1,01	14,4	=====	a	
28,6	48,8	0,93	52	5088	1,84	2,45	28	24	-	6,8	=====	sm	
28,8	40,9	2,00	20	5489	1,97	2,47	-	-	1,54	9,8	=====	a	
29	72,9	0,80	91	6199	1,96	2,49	30	37	-	4,6	=====	sm	
29,2	76,9	1,27	61	5779	1,98	2,51	30	39	-	4,3	=====	sm	
29,4	32,9	1,53	21	5629	1,95	2,53	-	-	1,21	12,2	=====	a	
29,6	34,9	1,47	24	5169	1,96	2,55	-	-	1,29	11,5	=====	al	
29,8	31,0	1,13	27	5160	1,95	2,56	-	-	1,14	12,9	=====	al	
30	32,0	1,20	27	5180	1,95	2,58	-	-	1,18	12,5	=====	al	



**GEOSERVIZI S.N.C.**

di Cosco e Spadaro

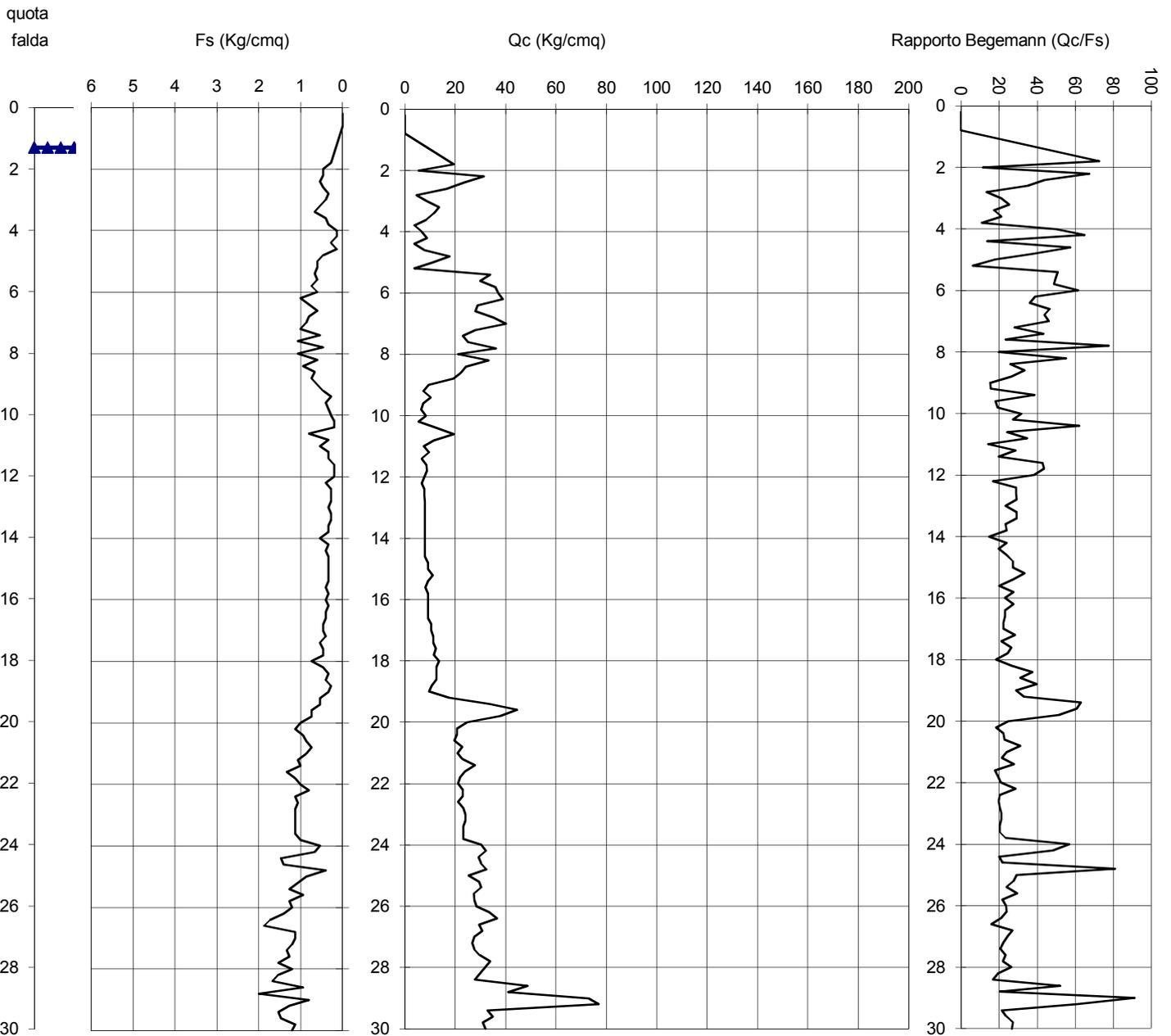
Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello(PI)

Cell. 339-1344492

Prova numero 1  
Committente GEOPIU'  
Località LIVORNO  
Cantiere STAB. MASOL  
Data 23/9/15

Profondità massima (m): 30

Quota falda (m dal p.c.): 1,3



PENETROMETRO STATICO: TG 73 200 KN PAGANI



**GEOSERVIZI S. N. C.**

di Cosco e Spadaro

Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI)

Cell. 339-1344492

geoservizipisa@gmail.com

Prova numero: 2

Data: 23/9/15

Committente: GEOPIU'

Località: LIVORNO

Cantiere: STAB. MASOL

Profondità massima: 22,0 m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: 0,3 m dal p.c.

**parametri geotecnici stimati**

Prof. [metri]	Qc [Kg/cmq]	Fs [Kg/cmq]	Qc/Fs	Rt [Kgf]	$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cmq]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cmq]	m _v [cmq/t]	Colonna stratig.	lito_ logia
0,2				211	1,80	0,04	-	-	-	-	non ril.	
0,4				271	1,80	0,05	-	-	-	-	non ril.	
0,6	24,1	0,60	40	491	1,72	0,07	28	-	-	13,8	~~~~	sl
0,8	22,3	0,73	30	323	1,71	0,08	27	-	-	15,0	~~~~	sl
1	6,3	0,60	10	213	1,49	0,09	-	-	0,25	50,1	#####	aot
1,2	7,3	0,40	18	103	1,76	0,11	-	-	0,29	28,9	=====	a
1,4	3,3	0,13	24	83	1,56	0,12	-	-	0,13	56,0	=====	a
1,6	10,3	0,20	51	183	1,65	0,13	36	36	-	32,5	~~~~	ss
1,8	9,4	0,40	23	184	1,87	0,15	-	-	0,37	24,3	=====	a
2	3,4	0,47	7	194	1,46	0,16	-	-	0,13	82,9	#####	aot
2,2	4,4	0,33	13	164	1,47	0,17	-	-	0,17	66,4	#####	aot
2,4	8,4	0,20	42	194	1,64	0,18	-	-	0,33	25,1	~~~~	l
2,6	7,4	0,47	16	224	1,50	0,19	-	-	0,29	44,5	#####	aot
2,8	6,5	0,40	16	255	1,50	0,20	-	-	0,25	48,7	#####	aot
3	3,5	0,47	8	235	1,47	0,21	-	-	0,13	80,2	#####	aot
3,2	2,5	0,20	13	255	1,46	0,22	-	-	0,09	108,1	#####	aot
3,4	4,5	0,13	34	295	1,63	0,23	-	-	0,17	42,1	====~	al
3,6	7,5	0,20	38	475	1,64	0,24	-	-	0,29	27,3	~~~~	l
3,8	6,7	0,27	25	507	1,73	0,26	-	-	0,26	30,9	=====	a
4	18,7	0,27	70	547	1,69	0,27	35	40	-	17,9	~~~~	ss
4,2	9,7	0,67	14	457	1,53	0,28	-	-	0,37	37,7	#####	aot
4,4	4,7	0,47	10	437	1,48	0,29	-	-	0,17	63,3	#####	aot
4,6	9,7	0,33	29	487	1,88	0,31	-	-	0,37	23,9	====~	al
4,8	9,8	0,40	24	498	1,89	0,33	-	-	0,38	23,7	=====	a
5	24,8	0,93	27	588	1,93	0,35	-	-	0,98	16,1	====~	al
5,2	29,8	0,53	56	928	1,75	0,36	36	50	-	11,2	~~~~	sm
5,4	30,8	0,80	38	1018	1,75	0,38	29	-	-	10,8	~~~~	sl
5,6	26,8	0,73	37	968	1,73	0,39	28	-	-	12,4	~~~~	sl
5,8	34,9	0,53	65	999	1,77	0,41	36	53	-	9,5	~~~~	sm
6	29,9	0,87	35	1009	1,75	0,42	28	-	-	11,1	~~~~	sl
6,2	31,9	0,87	37	1009	1,76	0,44	29	-	-	10,4	~~~~	sl
6,4	26,9	0,73	37	949	1,73	0,45	28	-	-	12,4	~~~~	sl
6,6	27,9	0,80	35	999	1,74	0,47	28	-	-	11,9	~~~~	sl
6,8	38,0	0,40	95	970	1,79	0,48	36	52	-	8,8	~~~~	sm
7	32,0	0,67	48	990	1,76	0,50	35	45	-	10,4	~~~~	sm
7,2	33,0	0,73	45	1070	1,77	0,51	29	-	-	10,1	~~~~	sl
7,4	40,0	0,47	86	1040	1,80	0,53	36	51	-	8,3	~~~~	sm
7,6	26,0	0,87	30	1150	1,73	0,54	28	-	-	12,8	~~~~	sl
7,8	35,2	0,73	48	1032	1,78	0,56	29	-	-	9,5	~~~~	sl
8	10,2	0,67	15	852	1,90	0,58	-	-	0,38	23,1	=====	a
8,2	6,2	0,40	15	582	1,49	0,59	-	-	0,22	50,7	#####	aot
8,4	6,2	0,40	15	572	1,49	0,60	-	-	0,22	50,7	#####	aot
8,6	7,2	0,27	27	932	1,76	0,61	-	-	0,26	29,2	=====	a
8,8	14,3	0,33	43	473	1,67	0,62	-	-	0,55	18,1	~~~~	l
9	6,3	0,93	7	763	1,49	0,63	-	-	0,23	49,9	#####	aot
9,2	5,3	0,40	13	903	1,48	0,64	-	-	0,19	57,0	#####	aot
9,4	8,3	0,13	62	1013	1,64	0,66	28	2	-	40,2	~~~~	ss
9,6	8,3	0,20	42	943	1,64	0,67	-	-	0,31	25,3	~~~~	l
9,8	6,4	0,73	9	934	1,49	0,68	-	-	0,23	49,2	#####	aot
10	6,4	0,33	19	864	1,72	0,69	-	-	0,23	31,7	=====	a



GEOSERVIZI S. N. C.

di Cosco e Spadaro

Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI)

Cell. 339-1344492

geoservizipisa@gmail.com

Prova numero: 2

Data: 23/9/15

Committente: GEOPIU'

Località: LIVORNO

Cantiere: STAB. MASOL

Profondità massima: 22,0 m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: 0,3 m dal p.c.

Prof. [metri]	Qc [Kg/cmq]	Fs [Kg/cmq]	Qc/Fs	Rt [Kgf]	parametri geotecnici stimati							Colonna stratig.	lito_ logia
					$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cmq]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cmq]	mv [cmq/t]			
10,2	9,4	0,13	71	824	1,65	0,71	28	2	-	35,3	=====	ss	
10,4	6,4	0,27	24	844	1,72	0,72	-	-	0,23	31,7	=====	a	
10,6	5,4	0,27	20	954	1,67	0,73	-	-	0,19	36,2	=====	a	
10,8	5,6	0,27	21	906	1,68	0,75	-	-	0,19	35,5	=====	a	
11	6,6	0,27	25	966	1,73	0,76	-	-	0,23	31,2	=====	a	
11,2	8,6	0,13	64	816	1,64	0,78	28	2	-	38,9	=====	ss	
11,4	6,6	0,27	25	726	1,73	0,79	-	-	0,23	31,2	=====	a	
11,6	7,6	0,27	28	746	1,78	0,81	-	-	0,27	28,1	=====	al	
11,8	6,7	0,20	33	747	1,73	0,82	-	-	0,23	30,7	=====	al	
12	6,7	0,27	25	757	1,73	0,83	-	-	0,23	30,7	=====	a	
12,2	6,7	0,40	17	747	1,50	0,84	-	-	0,23	47,8	#####	aot	
12,4	6,7	0,33	20	747	1,73	0,86	-	-	0,23	30,7	=====	a	
12,6	6,7	0,33	20	817	1,73	0,87	-	-	0,23	30,7	=====	a	
12,8	7,8	0,33	23	788	1,79	0,89	-	-	0,28	27,4	=====	a	
13	6,8	0,33	20	768	1,74	0,90	-	-	0,24	30,3	=====	a	
13,2	7,8	0,40	20	768	1,79	0,92	-	-	0,28	27,4	=====	a	
13,4	6,8	0,40	17	768	1,74	0,94	-	-	0,24	30,3	=====	a	
13,6	6,8	0,33	20	818	1,74	0,95	-	-	0,23	30,3	=====	a	
13,8	7,0	0,40	17	810	1,75	0,97	-	-	0,24	29,9	=====	a	
14	8,0	0,33	24	740	1,80	0,98	-	-	0,28	27,1	=====	a	
14,2	7,0	0,40	17	810	1,75	1,00	-	-	0,24	29,9	=====	a	
14,4	8,0	0,33	24	830	1,80	1,01	-	-	0,28	27,1	=====	a	
14,6	7,0	0,40	17	910	1,75	1,03	-	-	0,24	29,9	=====	a	
14,8	8,1	0,33	24	911	1,80	1,04	-	-	0,28	26,8	=====	a	
15	8,1	0,33	24	921	1,80	1,06	-	-	0,28	26,8	=====	a	
15,2	8,1	0,33	24	891	1,80	1,08	-	-	0,28	26,8	=====	a	
15,4	8,1	0,33	24	921	1,80	1,09	-	-	0,28	26,8	=====	a	
15,6	8,1	0,40	20	991	1,80	1,11	-	-	0,28	26,8	=====	a	
15,8	8,2	0,40	21	1022	1,81	1,12	-	-	0,28	26,5	=====	a	
16	8,2	0,47	18	1072	1,81	1,14	-	-	0,28	26,5	=====	a	
16,2	9,2	0,47	20	1042	1,86	1,16	-	-	0,32	24,6	=====	a	
16,4	8,2	0,47	18	1052	1,81	1,17	-	-	0,28	26,5	=====	a	
16,6	9,2	0,33	28	1142	1,86	1,19	-	-	0,32	24,6	=====	al	
16,8	11,3	0,53	21	1113	1,90	1,21	-	-	0,41	21,8	=====	a	
17	10,3	0,60	17	1123	1,90	1,23	-	-	0,36	22,9	=====	a	
17,2	10,3	0,53	19	1143	1,90	1,24	-	-	0,36	22,9	=====	a	
17,4	10,3	0,53	19	1163	1,90	1,26	-	-	0,36	22,9	=====	a	
17,6	14,3	0,47	31	1243	1,91	1,28	-	-	0,52	19,9	=====	al	
17,8	16,5	0,53	31	1205	1,91	1,30	-	-	0,61	19,4	=====	al	
18	8,5	0,47	18	1165	1,82	1,32	-	-	0,29	25,9	=====	a	
18,2	8,5	0,47	18	1145	1,82	1,33	-	-	0,29	25,9	=====	a	
18,4	10,5	0,13	79	1175	1,65	1,34	28	2	-	31,8	=====	ss	
18,6	13,5	0,13	101	1235	1,67	1,36	28	2	-	24,7	=====	ss	
18,8	17,6	0,67	26	1246	1,92	1,38	-	-	0,65	19,4	=====	al	
19	14,6	0,67	22	286	1,91	1,39	-	-	0,53	19,8	=====	a	
19,2	16,6	0,27	62	1306	1,68	1,41	28	2	-	20,1	=====	ss	
19,4	17,6	0,47	38	1636	1,69	1,42	-	-	0,65	16,9	=====	l	
19,6	60,6	0,40	152	2046	1,90	1,44	32	43	-	5,5	=====	sm	
19,8	46,7	1,47	32	1927	1,83	1,46	30	-	-	7,1	=====	sl	
20	25,7	1,40	18	1717	1,93	1,48	-	-	0,97	15,5	=====	a	



**GEOSERVIZI S. N. C.**

di Cosco e Spadaro

Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI)

Cell. 339-1344492

geoservizipisa@gmail.com

Prova numero: 2

Data: 23/9/15

Committente: GEOPIU'

Località: LIVORNO

Cantiere: STAB. MASOL

Profondità massima: 22,0 m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: 0,3 m dal p.c.

Prof. [metri]	Qc [Kg/cmq]	Fs [Kg/cmq]	Qc/Fs	Rt [Kgf]	parametri geotecnici stimati							Colonna stratig.	lito_ logia
					$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cmq]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cmq]	m _v [cmq/t]			
20,2	18,7	1,00	19	2247	1,92	1,49	-	-	0,69	19,6	=====	a	
20,4	99,7	0,67	150	2397	2,10	1,52	35	59	-	3,3	=====	sm	
20,6	102,7	1,00	103	2607	2,10	1,54	35	60	-	3,2	=====	sdg	
20,8	46,9	0,53	88	2449	1,83	1,55	30	33	-	7,1	=====	sm	
21	16,9	1,27	13	2149	1,60	1,57	-	-	0,61	22,0	#####	aot	
21,2	14,9	0,47	32	1909	1,91	1,58	-	-	0,53	19,7	====~	al	
21,4	16,9	0,40	42	4879	1,68	1,60	-	-	0,61	17,1	~~~~~	l	
21,6	19,9	0,53	37	3049	1,70	1,61	-	-	0,73	16,7	~~~~~	l	
21,8	224,0	1,60	140	5070	2,10	1,63	39	85	-	1,5	=====	sdg	
22	277,0	1,87	148	7880	2,10	1,66	39	92	-	1,2	=====	sdg	
22,2													
22,4													
22,6													
22,8													
23													
23,2													
23,4													
23,6													
23,8													
24													
24,2													
24,4													
24,6													
24,8													
25													
25,2													
25,4													
25,6													
25,8													
26													
26,2													
26,4													
26,6													
26,8													
27													
27,2													
27,4													
27,6													
27,8													
28													
28,2													
28,4													
28,6													
28,8													
29													
29,2													
29,4													
29,6													
29,8													
30													



**GEOSERVIZI S.N.C.**

di Cosco e Spadaro

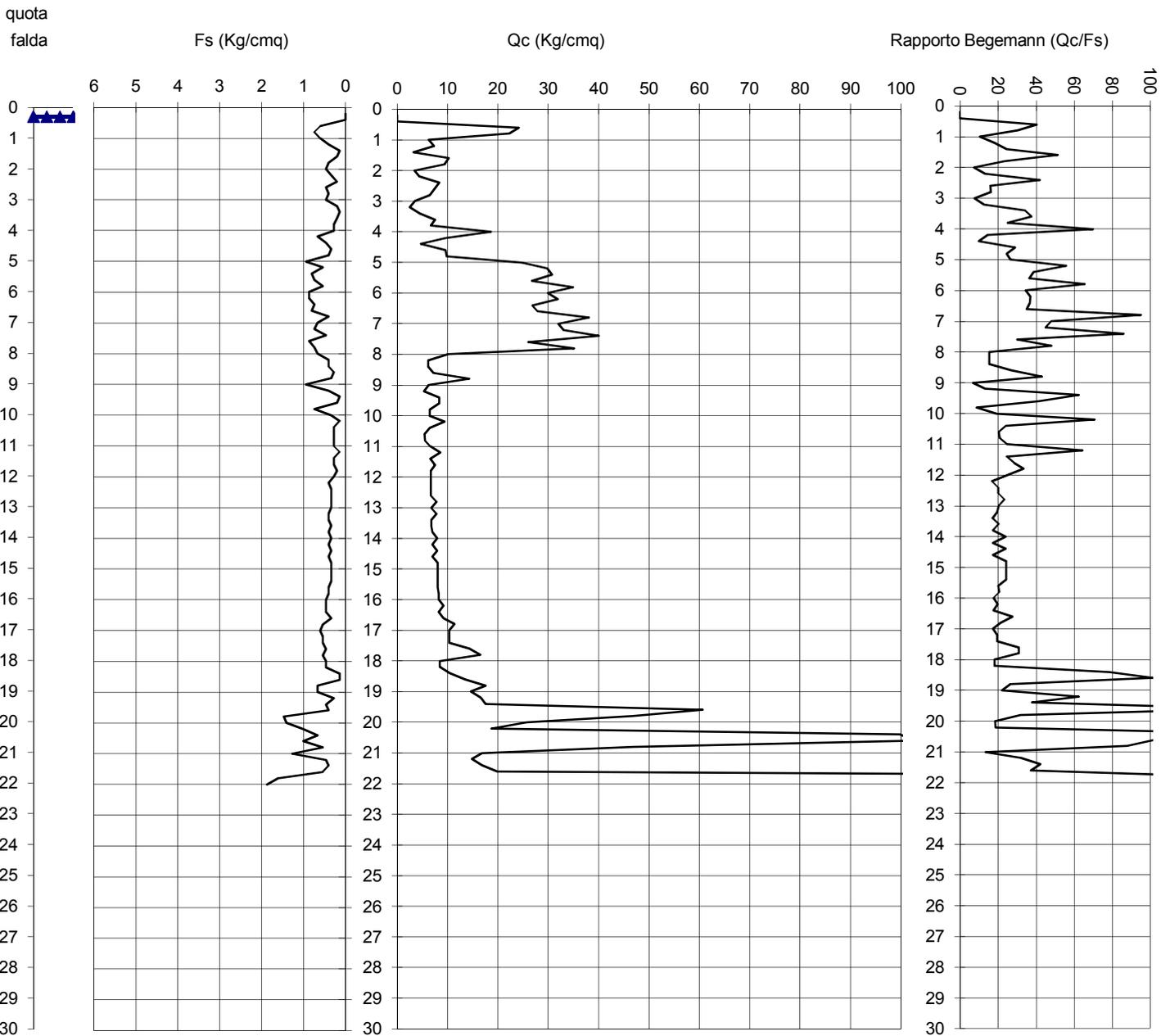
Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello(PI)

Cell. 339-1344492

Prova numero 2  
Committente GEOPIU'  
Località LIVORNO  
Cantiere STAB. MASOL  
Data 23/9/15

Profondità massima (m): 22

Quota falda (m dal p.c.): 0,3



PENETROMETRO STATICO: TG 73 200 KN PAGANI



**GEOSERVIZI S. N. C.**  
 di Cosco e Spadaro  
 Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI)  
 Cell. 339-1344492  
 geoservizipisa@gmail.com

Prova numero: 1

Data: 19/12/18

Committente: DOTT. MANNELLA

Località: LIVORNO-VIA L. DA VINCI

Cantiere: STAB. MASOL

Profondità massima: 19,8 m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: 0,6 m dal p.c.

**parametri geotecnici stimati**

Prof. [metri]	Qc [Kg/cmq]	Fs [Kg/cmq]	Qc/Fs	Rt [Kgf]	$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cmq]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cmq]	mv [cmq/t]	Colonna stratig.	lito_ logia
0,2				1021	1,80	0,04	-	-	-	-	non ril.	
0,4				1701	1,80	0,07	-	-	-	-	non ril.	
0,6	192,1	1,20	160	2491	2,10	0,09	45	100	-	1,7		sdg
0,8	172,3	2,07	83	1873	2,10	0,12	45	100	-	1,9		sdg
1	114,3	2,07	55	1983	2,10	0,14	45	100	-	2,9		sdg
1,2	99,3	0,87	115	1273	2,10	0,16	45	100	-	3,4		sm
1,4	69,3	0,60	115	893	1,95	0,18	43	95	-	4,8		sm
1,6	45,3	0,53	85	453	1,83	0,20	41	78	-	7,4		sm
1,8	34,4	0,60	57	454	1,77	0,21	39	67	-	9,7		sm
2	26,4	0,40	66	354	1,73	0,23	38	56	-	12,6		sm
2,2	12,4	0,20	62	234	1,66	0,24	33	29	-	26,9		ss
2,4	10,4	0,27	39	154	1,65	0,25	-	-	0,41	21,7	~~~~~	l
2,6	5,4	0,27	20	164	1,67	0,27	-	-	0,20	36,4	=====	a
2,8	11,5	0,20	58	195	1,66	0,28	32	23	-	28,9		ss
3	6,5	0,20	33	435	1,73	0,29	-	-	0,25	31,3	=====	al
3,2	34,5	0,40	86	355	1,77	0,31	38	58	-	9,7		sm
3,4	25,5	0,47	55	595	1,73	0,32	36	47	-	13,1		sm
3,6	26,5	0,60	44	445	1,73	0,34	28	-	-	12,6		sl
3,8	15,7	0,13	117	197	1,68	0,35	32	28	-	21,3		ss
4	3,7	0,07	55	117	1,62	0,36	28	2	-	91,3		ss
4,2	4,7	0,13	35	97	1,63	0,38	-	-	0,17	41,1	=====	al
4,4	4,7	0,27	17	97	1,48	0,39	-	-	0,17	63,3	#####	aot
4,6	4,7	0,20	23	177	1,63	0,40	-	-	0,17	41,1	=====	a
4,8	15,8	0,27	59	218	1,68	0,41	32	25	-	21,1		ss
5	4,8	0,47	10	398	1,48	0,42	-	-	0,17	61,9	#####	aot
5,2	28,8	0,20	144	428	1,74	0,44	35	44	-	11,6		sm
5,4	20,8	0,47	45	688	1,70	0,45	27	-	-	16,0		sl
5,6	31,8	0,67	48	818	1,76	0,47	29	-	-	10,5		sl
5,8	34,9	0,67	52	989	1,77	0,48	35	49	-	9,5		sm
6	45,9	0,73	63	879	1,83	0,50	37	57	-	7,3		sm
6,2	12,9	0,27	48	839	1,66	0,51	29	13	-	25,8		ss
6,4	10,9	0,53	20	639	1,90	0,53	-	-	0,42	22,3	=====	a
6,6	28,9	0,27	108	719	1,74	0,54	33	40	-	11,5		sm
6,8	36,0	0,47	77	830	1,78	0,56	35	46	-	9,2		sm
7	33,0	1,13	29	1030	1,95	0,58	-	-	1,30	12,1	=====	al
7,2	39,0	0,53	73	1140	1,80	0,59	35	48	-	8,5		sm
7,4	29,0	0,40	73	980	1,75	0,61	33	37	-	11,5		sm
7,6	21,0	1,00	21	860	1,92	0,63	-	-	0,82	19,0	=====	a
7,8	24,2	0,53	45	772	1,72	0,64	28	-	-	13,8		sl
8	7,2	0,60	12	612	1,50	0,65	-	-	0,26	45,5	#####	aot
8,2	8,2	0,40	20	582	1,81	0,67	-	-	0,30	26,6	=====	a
8,4	6,2	0,40	15	522	1,49	0,68	-	-	0,22	50,7	#####	aot
8,6	16,2	0,13	121	632	1,68	0,69	29	14	-	20,6		ss
8,8	13,3	0,33	40	653	1,67	0,71	-	-	0,50	18,8	~~~~~	l
9	9,3	0,33	28	783	1,87	0,72	-	-	0,34	24,4	=====	al
9,2	13,3	0,20	67	813	1,67	0,74	28	6	-	25,1		ss
9,4	18,3	0,53	34	873	1,69	0,75	-	-	0,70	16,8	~~~~~	l
9,6	17,3	0,60	29	853	1,92	0,77	-	-	0,66	19,4	=====	al
9,8	28,4	0,33	85	904	1,74	0,78	31	31	-	11,7		sm
10	8,4	0,53	16	894	1,51	0,79	-	-	0,31	40,8	#####	aot



**GEOSERVIZI S. N. C.**  
 di Cosco e Spadaro  
 Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI)  
 Cell. 339-1344492  
 geoservizipisa@gmail.com

Prova numero: 1

Data: 19/12/18

Committente: DOTT. MANNELLA

Località: LIVORNO-VIA L. DA VINCI

Cantiere: STAB. MASOL

Profondità massima: 19,8 m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: 0,6 m dal p.c.

**parametri geotecnici stimati**

Prof. [metri]	Qc [Kg/cmq]	Fs [Kg/cmq]	Qc/Fs	Rt [Kgf]	$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cmq]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cmq]	m _v [cmq/t]	Colonna stratig.	lito_ logia
10,2	7,4	0,47	16	904	1,50	0,80	-	-	0,27	44,4	#####	aot
10,4	7,4	0,27	28	914	1,77	0,82	-	-	0,26	28,4	====~	al
10,6	6,4	0,40	16	994	1,49	0,83	-	-	0,22	49,2	#####	aot
10,8	7,6	0,27	28	1026	1,78	0,84	-	-	0,27	28,1	====~	al
11	6,6	0,27	25	1026	1,73	0,86	-	-	0,23	31,2	=====	a
11,2	5,6	0,27	21	1146	1,68	0,87	-	-	0,19	35,5	=====	a
11,4	8,6	0,20	43	1076	1,64	0,88	-	-	0,31	24,8	~~~~~	l
11,6	6,6	0,47	14	1166	1,50	0,89	-	-	0,23	48,4	#####	aot
11,8	5,7	0,33	17	1157	1,49	0,90	-	-	0,19	53,9	#####	aot
12	6,7	0,20	33	1177	1,73	0,92	-	-	0,23	30,7	====~	al
12,2	6,7	0,33	20	1207	1,73	0,93	-	-	0,23	30,7	=====	a
12,4	6,7	0,27	25	1227	1,73	0,95	-	-	0,23	30,7	=====	a
12,6	6,7	0,33	20	1267	1,73	0,96	-	-	0,23	30,7	=====	a
12,8	6,8	0,27	26	1288	1,74	0,98	-	-	0,23	30,3	=====	a
13	7,8	0,27	29	1298	1,79	0,99	-	-	0,27	27,4	====~	al
13,2	8,8	0,20	44	1318	1,64	1,01	-	-	0,31	24,2	~~~~~	l
13,4	6,8	0,33	20	1338	1,74	1,02	-	-	0,23	30,3	=====	a
13,6	6,8	0,27	26	1408	1,74	1,04	-	-	0,23	30,3	=====	a
13,8	7,0	0,33	21	1440	1,75	1,05	-	-	0,24	29,9	=====	a
14	7,0	0,27	26	1460	1,75	1,07	-	-	0,24	29,9	=====	a
14,2	7,0	0,33	21	1510	1,75	1,08	-	-	0,23	29,9	=====	a
14,4	7,0	0,33	21	1500	1,75	1,10	-	-	0,23	29,9	=====	a
14,6	8,0	0,27	30	1540	1,80	1,11	-	-	0,27	27,1	====~	al
14,8	7,1	0,33	21	1551	1,75	1,13	-	-	0,24	29,4	=====	a
15	7,1	0,33	21	1551	1,75	1,14	-	-	0,24	29,4	=====	a
15,2	7,1	0,27	27	1571	1,75	1,16	-	-	0,24	29,4	=====	a
15,4	7,1	0,33	21	1571	1,75	1,17	-	-	0,24	29,4	=====	a
15,6	8,1	0,33	24	1631	1,80	1,19	-	-	0,28	26,8	=====	a
15,8	8,2	0,33	25	1672	1,81	1,20	-	-	0,28	26,5	=====	a
16	8,2	0,40	21	1692	1,81	1,22	-	-	0,28	26,5	=====	a
16,2	8,2	0,40	21	1712	1,81	1,24	-	-	0,28	26,5	=====	a
16,4	9,2	0,33	28	1742	1,86	1,25	-	-	0,32	24,6	====~	al
16,6	10,2	0,33	31	1822	1,90	1,27	-	-	0,36	23,1	====~	al
16,8	9,3	0,33	28	1843	1,87	1,29	-	-	0,32	24,4	====~	al
17	7,3	0,40	18	1893	1,77	1,31	-	-	0,24	28,7	=====	a
17,2	10,3	0,40	26	1943	1,90	1,32	-	-	0,36	22,9	=====	a
17,4	11,3	0,40	28	1923	1,90	1,34	-	-	0,40	21,8	====~	al
17,6	10,3	0,40	26	1173	1,90	1,36	-	-	0,36	22,9	=====	a
17,8	8,5	0,40	21	1965	1,82	1,38	-	-	0,28	25,9	=====	a
18	7,5	0,27	28	1175	1,77	1,39	-	-	0,24	28,3	====~	al
18,2	8,5	0,27	32	1175	1,82	1,41	-	-	0,28	25,9	====~	al
18,4	9,5	0,33	28	1985	1,87	1,43	-	-	0,32	24,2	====~	al
18,6	14,5	0,20	72	2065	1,67	1,44	28	2	-	23,0	#####	ss
18,8	15,6	0,33	47	2136	1,68	1,45	-	-	0,57	17,5	~~~~~	l
19	15,6	0,33	47	2146	1,68	1,47	-	-	0,57	17,5	~~~~~	l
19,2	17,6	0,40	44	2176	1,69	1,48	-	-	0,64	16,9	~~~~~	l
19,4	17,6	0,40	44	2246	1,69	1,49	-	-	0,64	16,9	~~~~~	l
19,6	51,6	1,13	46	2816	1,86	1,51	31	-	-	6,5	#####	sl
19,8	72,7	1,53	47	3047	1,96	1,53	32	-	-	4,6	#####	sl

20



**GEOSERVIZI S.N.C.**

di Cosco e Spadaro

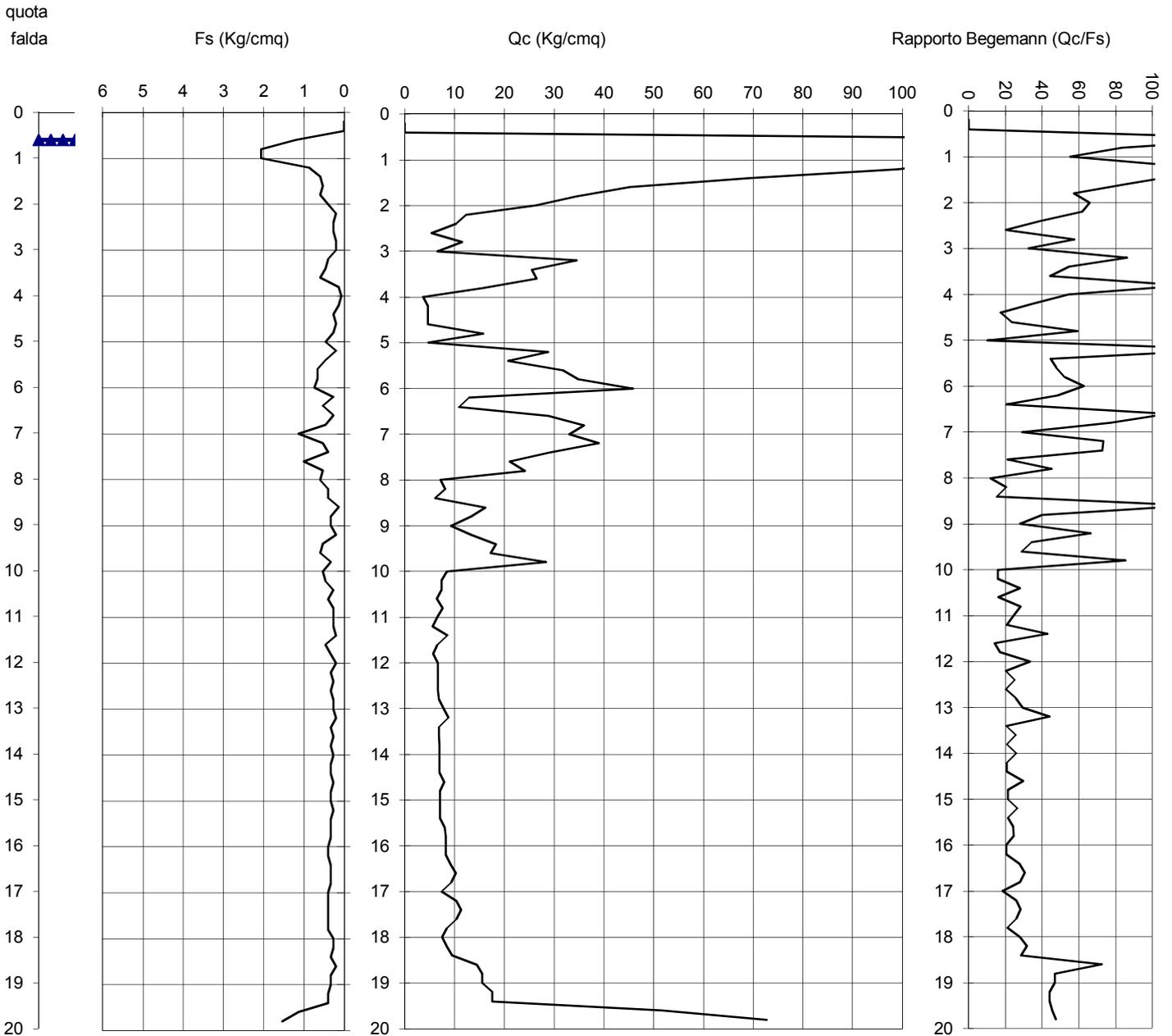
Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello(PI)

Cell. 339-1344492

Prova numero 1  
Committente DOTT. MANNELLA  
Località LIVORNO-VIA L. DA VINCI  
Cantiere STAB. MASOL  
Data 19/12/18

Profondità massima (m): 19,8

Quota falda (m dal p.c.): 0,6



PENETROMETRO STATICO: TG 73 200 KN PAGANI

## INDAGINE SISMICA ATTIVA IN FORO CON METODOLOGIA DOWN-HOLE

Area MASOL CONTINENTAL BIOFUEL S.R.L. -  
Stabilimento di Livorno in via Leonardo Da Vinci 35/A



### RELAZIONE TECNICA

Settembre 2015

**S.I.S.M.A. geo**  
**PROSPEZIONI SISMICHE**  
Studio Associato: via Novelli, 5 - 56124 Pisa  
P. IVA: 01961590500

Dott. S. Buttiglieri

Dott. L. Guido

## Indice

1 – PREMESSA .....	3
2 - STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA DELLA PROSPEZIONE SISMICA IN FORO .....	4
4 - ELABORAZIONE DEI DATI.....	8
5 - INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI.....	10
6 - CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE (D.M. 14/01/2008) .....	10

## 1 – PREMESSA

In data 26/09/2015, per conto della *Masol Continental Biofuel S.r.l.* e su incarico del *Dott. Geol. Lorenzo Mannella*, è stata eseguita un'indagine geofisica di sismica in foro con metodologia Down-Hole (DH) in via Leonardo Da Vinci 35/A nel Comune di Livorno (Figg. 1a e 1b).

Scopo dell'indagine è quello di definire il parametro  $V_{s30}$ , così come previsto dal O.P.C.M. 3274 e s.m.i, D.M. 14.09.2005 e D.M. 14.01.2008, determinando lo spessore e le velocità sismiche longitudinali ( $V_p$ ) e trasversali ( $V_s$ ) dei vari sismostrati incontrati sulla base delle loro proprietà meccaniche elastiche e i relativi parametri ( $E, G, K$  e  $\nu$ ) dei terreni presenti.

Il modello sismico monodimensionale (successione stratigrafica delle unità geofisiche) costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica).

Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sitespecifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.09.2005; D.M. 14.01.2008).

Nei capitoli successivi verranno descritte le modalità d'esecuzione delle misure sperimentali e l'interpretazione geofisica delle stesse.

Nelle figg. 1a e 1b si riporta l'ubicazione della prospezione sismica eseguita.

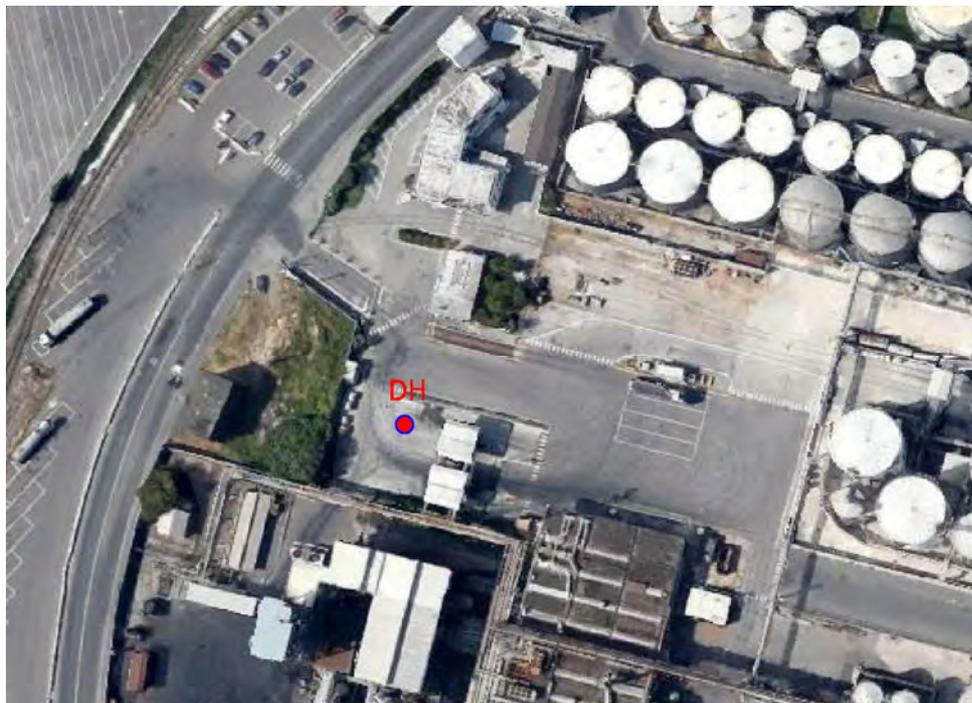


Fig. 1a

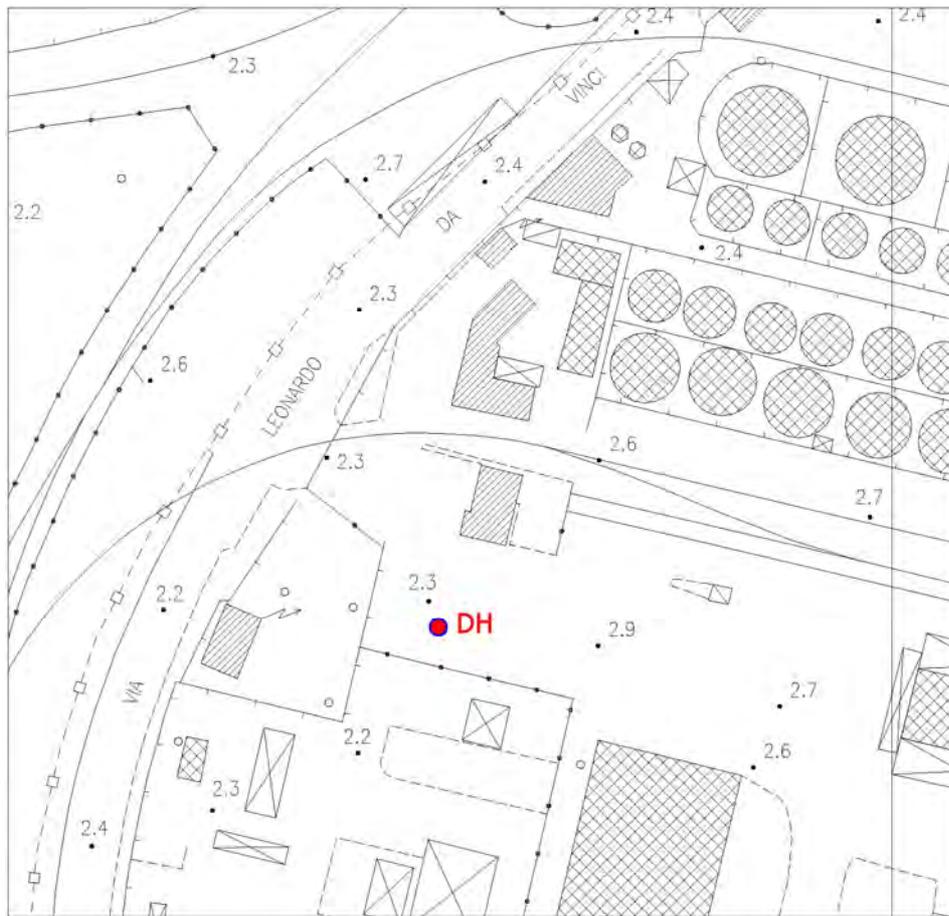


Fig. 1b

## 2 - STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA DELLA PROSPEZIONE SISMICA IN FORO

Lo scopo della prova consiste nel determinare direttamente la velocità di propagazione, all'interno del mezzo in esame, delle onde di compressione (onde P), di taglio (onde S) ed indirettamente, utilizzando i valori delle velocità acquisiti (VP, VS), fare una stima di massima di alcune proprietà meccaniche delle litologie investigate. Le indagini sismiche che utilizzano i sondaggi sono utili per avere una sismostratigrafia dettagliata del sottosuolo. Si applicano vari metodi di indagine in foro: Up Hole, Down Hole e Cross Hole.

### Sistema di acquisizione

Il metodo Down-Hole prevede la sistemazione della sorgente in superficie e la misura delle onde d'arrivo in foro. La sonda, contenente il geofono a 5 componenti (una verticale e 4 orizzontali disposte a 90°/45° tra di loro), si fissa pneumaticamente alle pareti del tubo in PVC all'interno del foro di sondaggio (Fig. 2). Tale tubo in PVC viene preventivamente reso solidale con le pareti del foro a

mezzo di cementazione con opportune malte introdotte nell'intercapedine tra le pareti del foro e il tubo stesso.

Le principali caratteristiche tecniche del geofono da foro e del sismografo sono le seguenti.

#### **Caratteristiche tecniche geofono da foro**

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geofoni con frequenza di 4,5 Hz</li> <li>- Componente verticale n.1 (S3)</li> <li>- Componente orizzontale n.4 (S5)</li> <li>- Sfasamento delle componenti orizzontali: 90 gradi (S3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sfasamento delle componenti orizzontali: 45 gradi (S5)</li> <li>- Bloccaggio ad aria compressa 1,5 bar</li> <li>- Lunghezza: 300 mm</li> <li>- Cavo in dotazione: 60 mt</li> </ul>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### **Caratteristiche tecniche sismografo**

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risoluzione: 24 bit</li> <li>- Numero canali: 24</li> <li>- Campioni per canale : 20.000</li> <li>- Campionamento : da 80 a 13.500 c/s</li> <li>- Analisi del rumore ambientale pre-acquisizione</li> <li>- Test geofoni automatico</li> <li>- Funzioni Trigger e Pre-Trigger</li> <li>- Filtri settabili da software</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentazione: power box esterno 12V</li> <li>- Valigia in copolimeri di polypropylene</li> <li>- Temperatura di funzionamento da 0 a 60°C</li> <li>- Interfaccia USB su pannello interno</li> <li>- Connettore per cavo sismico 1-12</li> <li>- Connettore per cavo sismico 13-24</li> <li>- Dimensioni: 30 x 22,5 x 13,2 cm.</li> </ul>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Il geofono da foro a cinque componenti è collegato tramite cavo al sismografo M.A.E., modello SYSMATRACK (Fig. 3), sistema multicanale (24 canali) in grado, insieme ad un pc portatile ed al software di acquisizione, di scaricare, visualizzare ed intervenire sul segnale ricevuto e sul sismogramma risultante dall'energizzazione provocata in superficie.

Sul pannello frontale trovano posto i due connettori 24 poli per i cavi sismici da 12 canali ciascuno, il connettore per lo starter, l'alimentazione esterna 12V e l'interfaccia USB per collegare il notebook necessario alla gestione della strumentazione. Esso è collegato a ciascuno dei trasduttori di velocità al trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger per il quale è stato utilizzato un geofono verticale a 14Hz posto in prossimità della piastra di energizzazione.

I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati con appositi programmi per la determinazione della sismostratigrafia del sottosuolo.

#### **Sistema di energizzazione**

Il sistema consiste in due parti principali: la parte *energizzante* ed il *trigger*.

Per la parte *energizzante*, a seconda della tipologia di onde da generare, si utilizza una mazza battente da 8Kg impattante verticalmente su una piastra metallica di 20 cm di diametro poggiata a

terra, per generare onde compressionali (tipo P) ed impattante orizzontalmente su una traversina in legno, per generare onde di taglio.

La traversina viene sovraccaricata da una massa statica e disposta ortogonalmente alla distanza della stessa con il foro superficiale attrezzato (congiungente shot-boccaforo); essa viene percossa alle due estremità al fine di generare onde di taglio (tipo Sh) polarizzate orizzontalmente (destra DX e sinistra SX). I sismogrammi delle onde trasversali generate, in fase di elaborazione, vengono quindi sommate,  $DX+(-SX)$ , consentendo l'amplificazione del segnale utile.

Il *trigger* consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la sorgente viene attivata, consentendo a un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato al sensore collegato al sistema di acquisizione dati; questo consente di individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica (Fig. 4).



Fig. 2 – Geofono da foro a 5 componenti



Fig. 3 - Sismografo: modello Sysmatrack

### **Metodologia di esecuzione dell'indagine**

Definita come profondità da indagare quella della lunghezza complessiva del tubo in PVC, è stato calato il geofono a fondo foro, eseguendo l'indagine dal basso verso l'alto.

I profili sismici delle  $V_p$ ,  $V_{sx}$  e  $V_{sy}$  sono stati eseguiti energizzando artificialmente il terreno e rilevando la vibrazione prodotta mediante il geofono tridimensionale da foro collegato al sismografo attraverso un cavo multipolare. Questo geofono è stato posto inizialmente alla profondità di 30 metri, fatto aderire alla parete attraverso un sistema pneumatico e dopo le tre registrazioni necessarie (scoppio verticale  $V_p$ , scoppio orizzontale destro  $V_{sx}$  e scoppio orizzontale sinistro  $V_{sy}$ : la posizione destra o sinistra è valutata guardando il lato anteriore della nostra autovettura) è spostato di 1 metro verso il piano campagna e ripetuta la procedura fino a coprire tutti i 32 metri.

L'offset di scoppio (distanza tra gli scoppi e il centro del foro di misura) è stato scelto di 2,00 metri corrispondente alla somma della larghezza delle ruote posteriori dell'autoveicolo in nostro possesso, con l'aggiunta di 40 cm d'ingombro della traversina in legno per gli scoppi orizzontali (Figg. 4 e 5).

Per ogni registrazione si è intervenuti sulla sensibilità dei geofoni in acquisizione, variando il guadagno degli stessi (generalmente crescente con la profondità), cercando di ottenere il giusto compromesso fra il segnale chiaro e il disturbo dovuto al rumore ambientale.

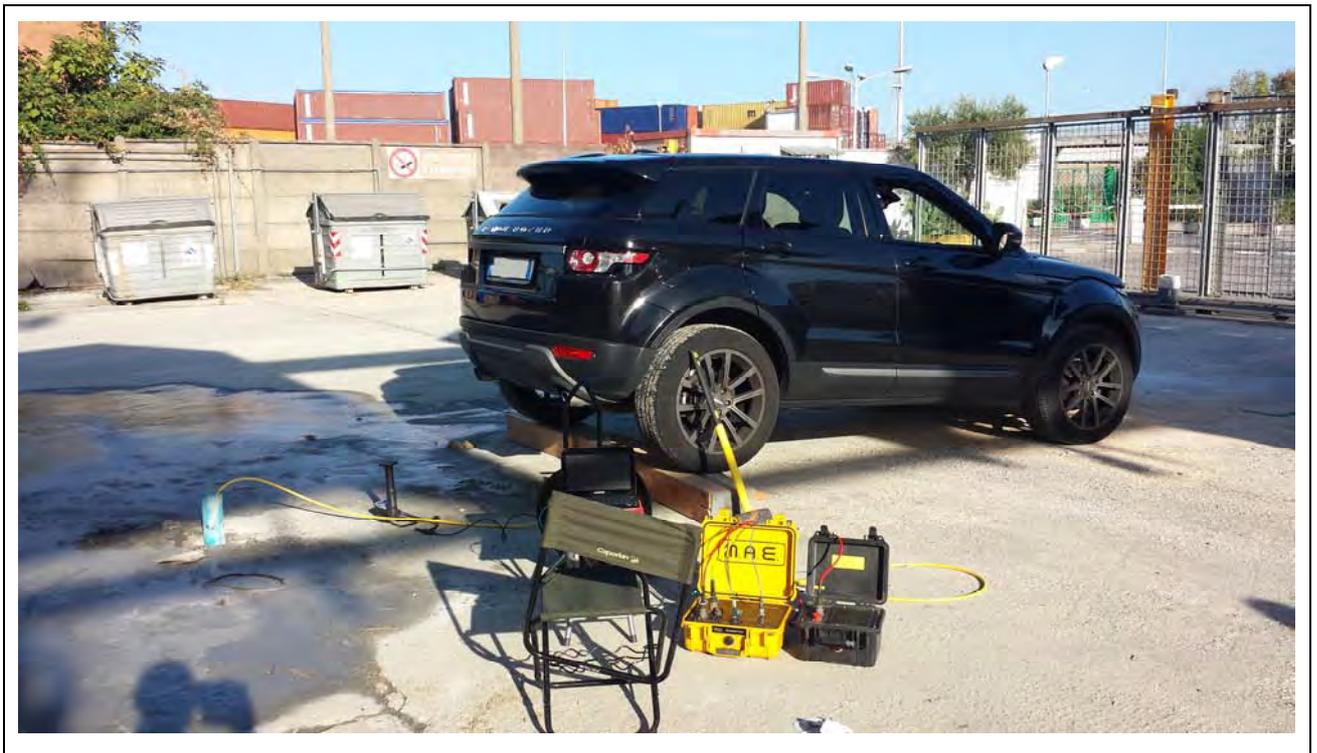


Fig. 4 – Sistema di energizzazione: mazza battente, piastra metallica e traversina in legno

L'acquisizione è stata effettuata utilizzando come durata del sismogramma un tempo di 512 millisecondi e come tempo di campionamento 250 microsecondi per un totale di 2.048 campioni per ogni traccia. Attraverso lo studio dei tempi di percorso delle onde di compressione e di taglio e quindi delle velocità, si può risalire alla disposizione geometrica e alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti nell'area di indagine.

Le onde di volume P ed S, che attraversano un mezzo omogeneo e isotropo (condizioni ideali) hanno ben definite equazioni di moto. Note le velocità  $V_p$  e  $V_s$  che vengono ottenute tramite misure dirette, possono essere ricavate alcune proprietà meccaniche, quali il *modulo di Young* o *modulo elastico* E, il *modulo di taglio* G o *modulo di rigidità*  $\mu$ , il *coefficiente di Poisson*  $\nu$ , la *densità*  $\rho$  e il *modulo di incompressibilità* o bulk k.

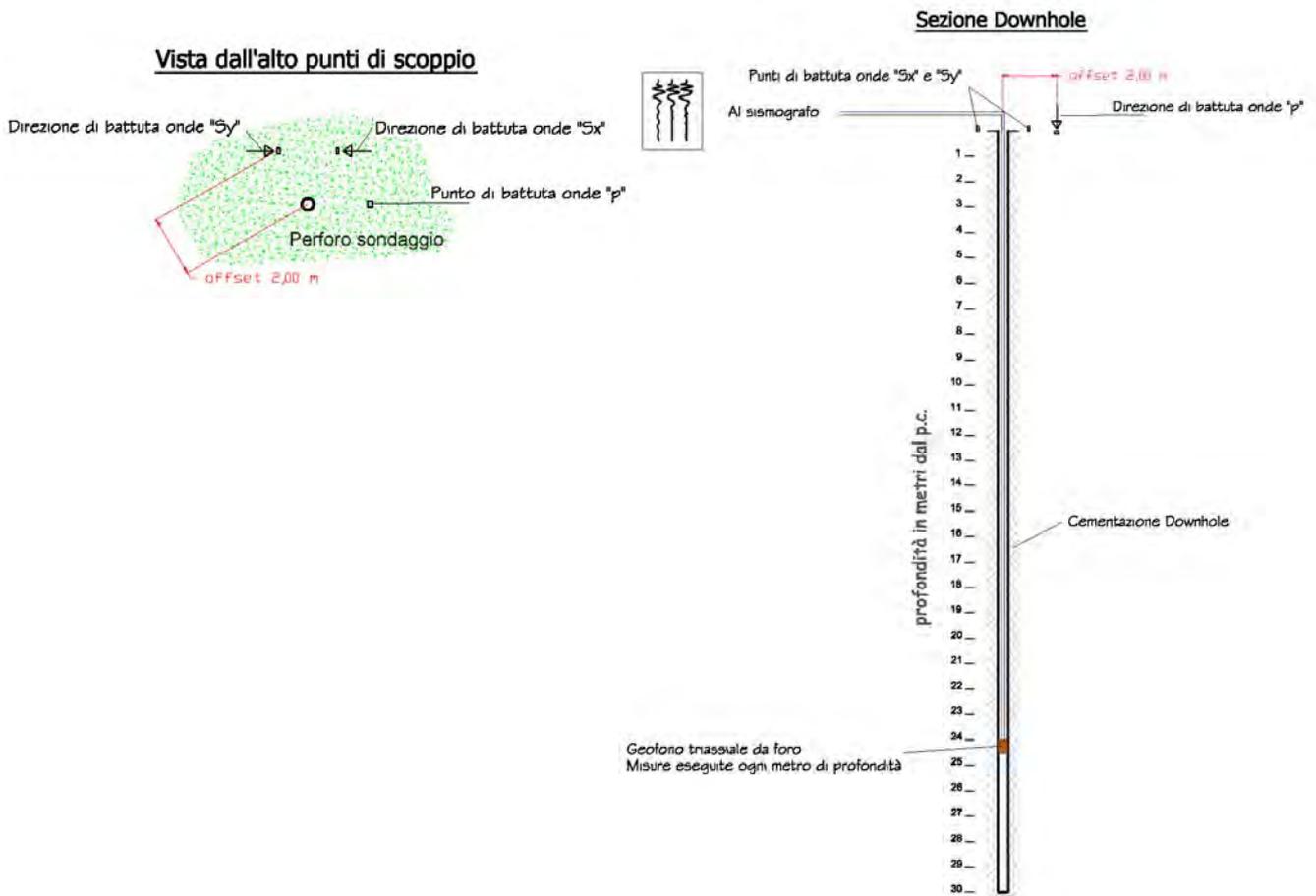


Fig. 5 - Geometria schematica della strumentazione necessaria all'indagine *Down-Hole*

#### 4 - ELABORAZIONE DEI DATI

Una volta visualizzate le tracce abbiamo effettuato, con l'ausilio del software "*Intersism v. 2.1*" della *Geo&Soft International*, il picking dei primi arrivi delle onde P, delle onde Sx e delle onde Sy per ciascuna postazione effettuata (Allegato A - Figg. 6a, 6b e 6c).

I dati relativi ai tempi dei primi arrivi sono stati utilizzati per tracciare le dromocrone su grafici profondità/tempo (Allegato B - Fig. 7a).

Tracciate le dromocrone è stato individuato il numero dei possibili rifrattori (nel nostro caso 2) e quindi il numero di strati (nel nostro caso 3) caratterizzati da una differente velocità di propagazione delle onde sismiche (Allegato B - Fig. 7b). Infine attraverso la valutazione dello spazio intercorrente tra i punti di scoppio e di rilevazione, ed il tempo impiegato dall'onda a percorrerlo, sono state valutate le velocità sismiche delle onde P e delle onde S (sia dello scoppio destro che sinistro). Le velocità così ricavate sono state utilizzate per calcolare alcuni moduli elastici e il parametro Vs30 della successione sismica in esame (Tab. 1).

**TABELLA 1**  
PROFONDITÀ DEI VARI RIFRATTORI INDIVIDUATI E LE RELATIVE VELOCITÀ SISMICHE  
DISTANZA DELLO SPARO DA BOCCA FORO = 2.00 [m]

N° Geof.	Profondità [m]	Onde P [ms]	Onde S (X) [ms]	Onde S (Y) [ms]	Onde P (corretti) [ms]	Onde S (X) (corretti) [ms]	Onde S (Y) (corretti) [ms]
1	1.00	4.20	26.30	20.00	1.88	11.76	8.94
2	2.00	6.00	33.70	31.40	4.24	23.83	22.20
3	3.00	8.20	40.00	41.70	6.82	33.28	34.70
4	4.00	9.50	49.70	48.00	8.50	44.45	42.93
5	5.00	11.60	57.10	54.30	10.77	53.02	50.42
6	6.00	14.00	68.00	64.00	13.28	64.51	60.72
7	7.00	15.90	72.60	71.50	15.29	69.81	68.75
8	8.00	17.90	81.10	74.30	17.37	78.68	72.08
9	9.00	20.10	87.50	88.00	19.62	85.42	85.90
10	10.00	22.50	93.70	93.70	22.06	91.88	91.88
11	11.00	24.80	100.50	100.50	24.40	98.88	98.88
12	12.00	27.30	108.00	104.50	26.93	106.53	103.08
13	13.00	29.10	112.50	111.50	28.76	111.19	110.20
14	14.00	30.90	119.40	116.00	30.59	118.20	114.83
15	15.00	32.70	126.30	121.70	32.41	125.19	120.63
16	16.00	34.30	129.70	125.70	34.04	128.70	124.73
17	17.00	36.00	132.00	131.40	35.75	131.10	130.50
18	18.00	38.70	138.80	136.00	38.46	137.95	135.17
19	19.00	41.40	140.50	140.50	41.17	139.73	139.73
20	20.00	43.10	144.00	145.70	42.89	143.29	144.98
21	21.00	45.30	148.50	150.20	45.10	147.83	149.52
22	22.00	48.00	152.00	153.10	47.80	151.38	152.47
23	23.00	49.80	156.50	156.50	49.61	155.91	155.91
24	24.00	51.40	158.80	161.10	51.22	158.25	160.54
25	25.00	52.80	166.20	163.40	52.63	165.67	162.88
26	26.00	54.90	167.40	165.70	54.74	166.91	165.21
27	27.00	56.20	171.40	168.50	56.05	170.93	168.04
28	28.00	57.60	174.80	170.80	57.45	174.36	170.37
29	29.00	58.20	178.80	175.40	58.06	178.38	174.98
30	30.00	59.40	182.20	180.50	59.27	181.80	180.10

VELOCITÀ ONDE P

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	10	456
2	21	467
3	30	600

PARAMETRI ONDE SX

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	10	102	0.46	20808.0	60759.0	253162
2	21	213	0.32	90738.0	239548..	221803
3	30	277	0.32	153458..	405129..	375119

PARAMETRI ONDE SY

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	10	105	0.45	22050.0	63944.0	213146
2	21	200	0.34	80000.0	214400..	223333
3	30	315	0.26	198450..	500093..	347286

VELOCITA' MEDIE VS30

Geofono	VS30 [m/s]
orizzontale Sx	164.7
orizzontale Sy	167.8

## 5 - INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Sono stati individuati quattro sismostrati caratterizzati da velocità di propagazione delle onde sismiche (P ed S) diverse (Tab. 1). La visualizzazione dei sismogrammi in onde P e onde S fornisce un trend dei sismostrati sostanzialmente in accordo con i risultati della stratigrafia restituita dal sondaggio.

L'interpretazione sismostratigrafica effettuata con le dromocrone delle onde P denota un primo strato di circa 10 metri di spessore, con velocità di 456 m/sec, seguito da un secondo strato con velocità di 467 m/sec fino alla profondità di circa 21 metri, un terzo con velocità di 600 m/sec fino alla profondità indagata di 32 metri dal p.c. attuale.

L'analisi delle dromocrone delle onde Sx è in linea con quella delle onde P mettendo in evidenza un primo strato di circa 10 metri di spessore con V_{sx} di 102 m/sec, un secondo strato con V_{sx} di 213 m/sec fino alla profondità di 21 metri e un terzo strato con V_{sx} di 277 m/sec fino a 32 metri dal p.c. attuale. Anche le velocità delle onde Sy sono simili alle velocità delle onde Sx con valori che si attestano intorno a 105 m/sec per il primo strato, 200 m/sec per il secondo e 315 m/sec per il terzo. Questo riscontro è molto importante poiché mette in luce l'omogenea risposta del terreno alle onde di taglio S, la buona esecuzione delle misure di campagna e del foro di sondaggio.

## 6 - CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE (D.M. 14/01/2008)

A partire dal modello sismico riportato nel capitolo precedente, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la "velocità equivalente" di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio. Le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008), coerentemente con quanto indicato nell'Eurocodice 8, propongono l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del sottosuolo, mediante cinque tipologie di suoli (A - B - C - D - E più altri due speciali: S1 e S2), da individuare attraverso la stima dei valori della velocità media delle

onde sismiche di taglio mediate, ovvero sul numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuti in una prova penetrometrica dinamica, ovvero sulla coesione non drenata media  $C_u$ .

Dal punto di vista strettamente normativo si fa riferimento al *punto 3.2.2 del D.M. 14/01/2008 (Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche)*.

In base alle grandezze sopra definite si identificano le seguenti Categorie di Sottosuolo:

categoria	descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ 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)
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt, 30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 \text{ kPa} < C_{u, 30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ 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 fine)
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s).
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 \text{ kPa} < C_{u,30} < 20$ 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
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 3.2.II (NTC) – Categorie di sottosuolo

In base ai risultati dell'indagine sismica eseguita è stato calcolato il parametro  $V_{s30}$  utilizzando la seguente formula (D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni").

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

Sulla base delle indicazioni fornite del progettista, il valore di  $V_{s30}$  è stato calcolato a partire da -2m dal p.c. fino alla profondità di 32 m.

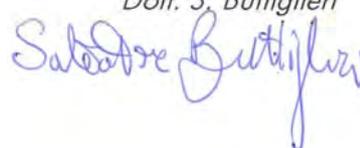
La Vs30 è risultata essere pari a **164 m/s** e a **167 m/s** rispettivamente per le onde Sx e per le onde Sy.

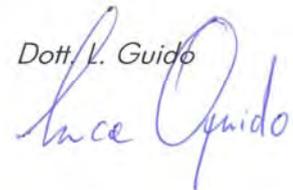
Il parametro Vs30 deve essere accuratamente definito, oltre che sulla base dei dati contenuti nel presente rapporto, anche sulla scorta di ulteriori informazioni quali, in particolare, le caratteristiche geometriche delle opere di fondazione in progetto così da potere determinare l'effettiva categoria di suolo.

Concludendo si ribadisce che i modelli ottenuti dai risultati geofisici non invasivi, in generale, sono utilizzabili ai fini di valutazioni semiquantitative della risposta sismica locale e devono essere accertati mediante indagini dirette di tipo geologico, geotecnico e/o idrogeologico; infatti, le indagini geofisiche non invasive devono considerarsi conoscitive e non esaustive per la definizione della reale situazione litostratigrafica del sottosuolo. In ragione di ciò, la S.I.S.M.A. geo declina ogni responsabilità relativamente alle attività che si basano esclusivamente sui risultati geofisici e poste in essere dal committente o da terzi incaricati sui luoghi oggetto dell'indagine.

Pisa, settembre 2015

S.I.S.M.A. geo  
PROSPEZIONI SISMICHE  
Studio Associato: via Novelli, 5 - 56124 Pisa  
P. IVA: 01961590500

Dott. S. Buttiglieri  


Dott. L. Guido  


# ALLEGATO A

## PICKING DEI PRIMI ARRIVI DELLE ONDE P, Sx e Sy

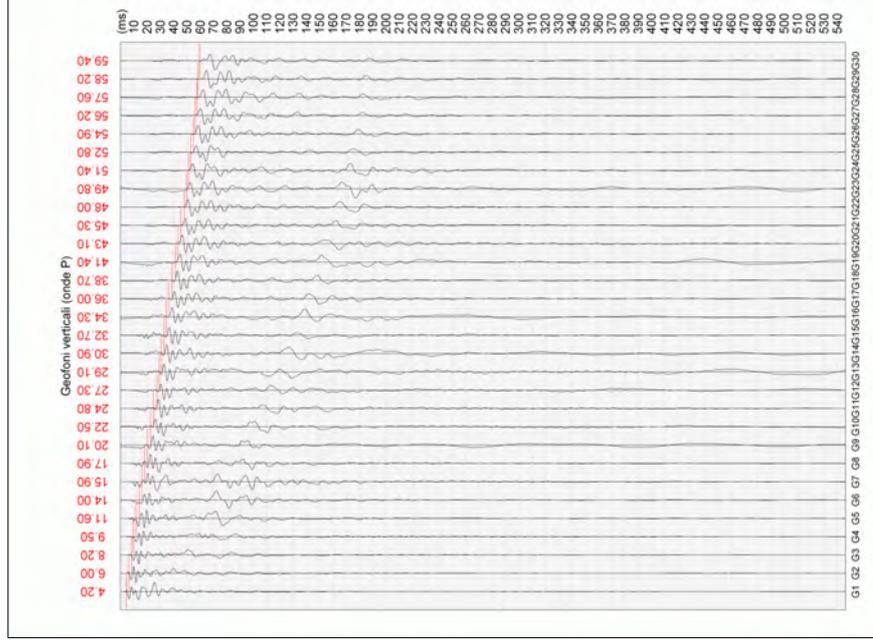


Fig. 6a - Ricerca dei primi arrivi delle onde P

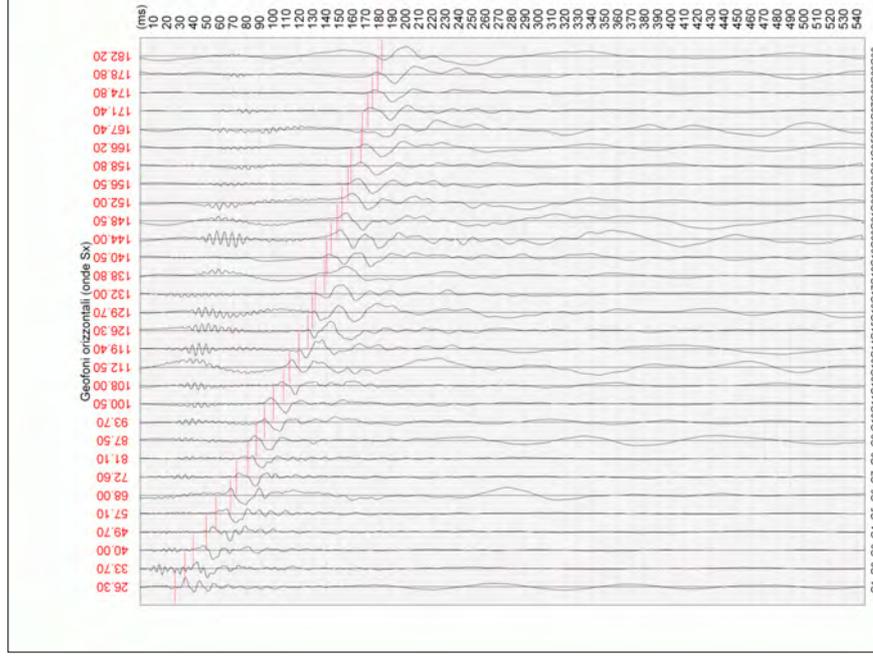


Fig. 6b - Ricerca dei primi arrivi delle onde Sx

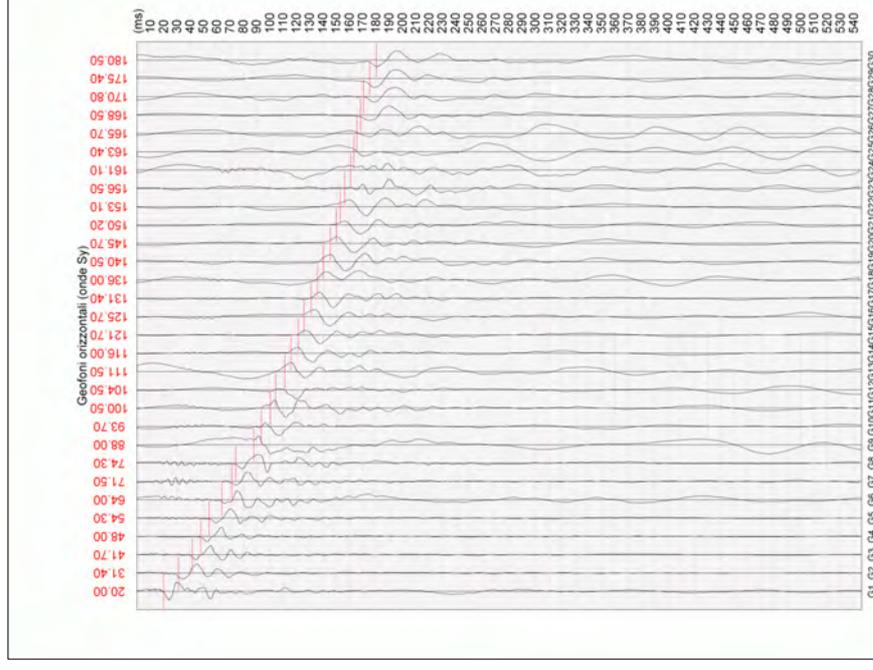


Fig. 6c - Ricerca dei primi arrivi delle onde Sy

# ALLEGATO B

Rifrattori  
 caratterizzati da una differente  
 velocità di propagazione delle onde sismiche

Dromocrone (grafici profondità/tempo) delle onde P, Sx e Sy

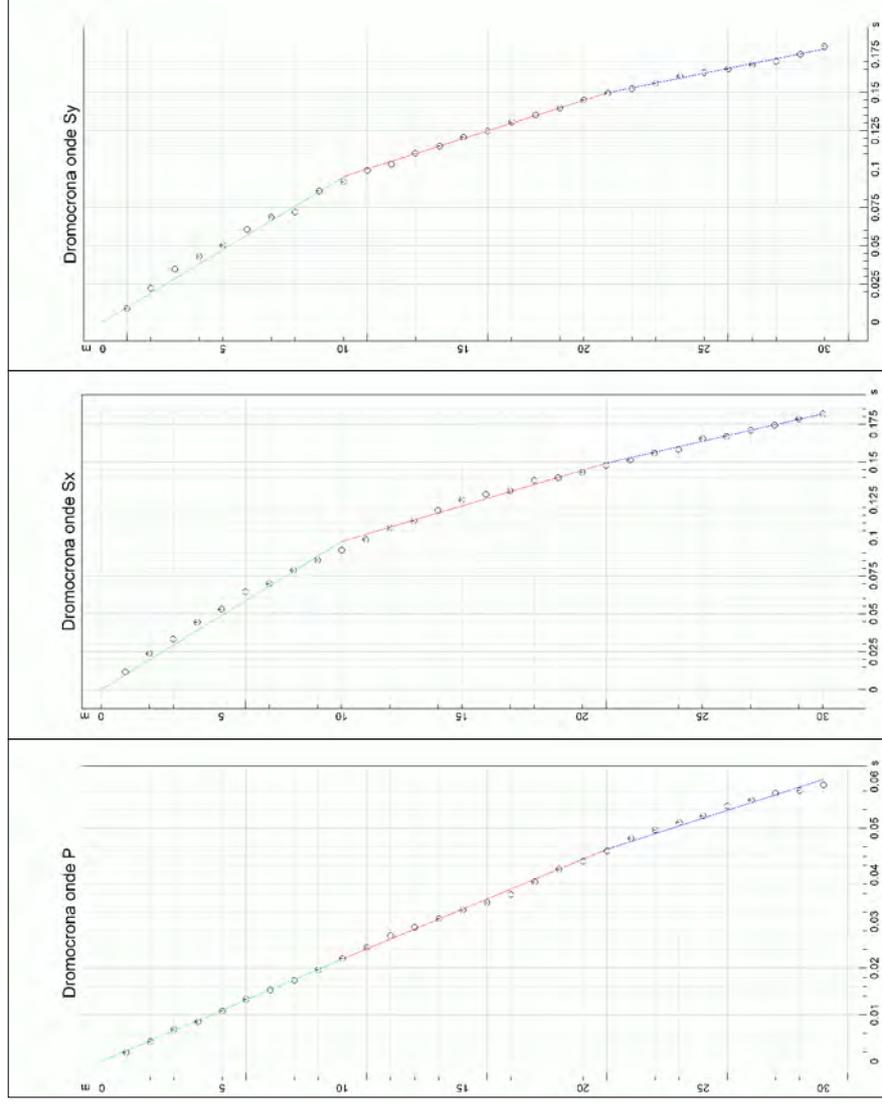


Fig. 7a - Dromocrone delle onde P, delle onde Sx e delle onde Sy

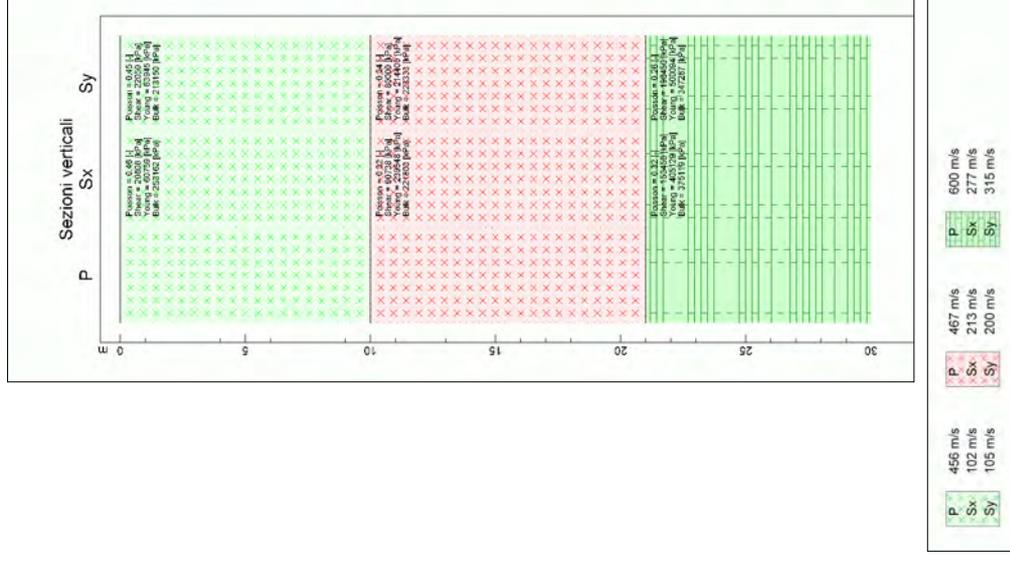
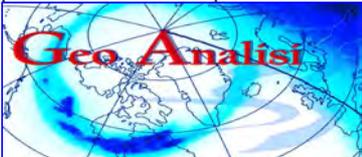


Fig. 7b - Sezioni verticali delle onde P, Sx e Sy

		Ministero Infrastrutture PCSLP STC autorizzazione n. 2516 del 15.03.13 alla esecuzione e certificazione di prove sui terreni ai sensi della circolare 7618/STC		 l'ente di certificazione	
<b>LABORATORIO TERRE</b> via livio tempesta 41 cap 00151 - Roma tel/fax 06 83086093 <a href="http://www.prove.pressiometriche.it">www.prove.pressiometriche.it</a> email: <a href="mailto:geoanalisisrl@libero.it">geoanalisisrl@libero.it</a>		<b>ESECUZIONE          DI PROVE GEOTECNICHE          SU TERRE E ROCCE</b> <b>SETTORE EA 35          N° QBC234</b>			
Commessa	1512	Certificato n°	1291	AP	mod AP_3
Verbale Acc	1512LAB40	Data Prelievo	SET2015	Data Inizio Prova	16/10/2015
		Data Ricevim.	16/10/2015	Data Fine Prova	16/10/2015
		Data Apertura	16/10/2015	Data Certificato	02/11/2015
Committente	GEOTIRRENO	Cantiere	LIVORNO	pag	1/1
Sondaggio	MASOL	Campione	C1	profondità m	2,50

**APERTURA CAMPIONE**  
(ASTM D 2248-09a )

TIPO DI CAMPIONE	INDISTURBATO
TIPO DI FUSTELLA	INOX
LUNGHEZZA mm	VEDI FOTO
DIAMETRO mm	84

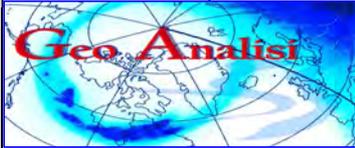
PROGRAMMA DI PROVE	AP		AS		ED		ELL	
	Wn gn		LC		TUU		DR	
	gs		LR		TCU		CBR	
	AV		TD		TCD		PL	
	CS		UCS		PL		CIV	

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA *	TV /PP (Kg/cm ² )	FOTO CAMPIONE
	<b>P.P.</b> 0,7-1,0	
SABBIA CON GHIAIA E LIMO DEB ARGILLOSA ( MAX 3 CM., MONOGENICI , SPIGOLOSI), MATRICE MODERATAMENTE CONSISTENTE , MODERATAMENTE PLASTICO , PRESENZA DI RADICI VEGETALI INDECOMPOSTI , PRESENZA DI MICHE CHIARE , UMIDO ,REAGISCE AD HCL	<b>T.V.</b> 0,4	

Apparecchiatura Utilizzata: METRO , LENTE D'INGRANDIMENTO , HCL

NOTE: pressione apertura N.D.

La procedura utilizzata in questo rapporto di prova è esclusivamente di tipo sensoriale e quindi qualitativa, l'analisi viene fatta sull'intero campione di terreno e puo differire dalle risultanze delle analisi deterministiche come per esempio la classifica granulometrica e quella derivante dai limiti di Atterberg, a cui si rimanda



**LABORATORIO TERRE**  
via livio tempesta 41 cap 00151 - Roma  
tel/fax 06 83086093  
www.prove.pressiometriche.it  
email: geonanalysisrl@lihero.it



Commissa	1512	Certificato n°	<b>1292</b>	WNGN	mod WNGN_2
Verbale Acc	1512LAB40	Data Prelievo	01/09/2015	Data Inizio Prova	16/10/2015
		Data Ricevim.	16/10/2015	Data Fine Prova	17/10/2015
		Data Apertura	16/10/2015	Data Certificato	02/11/2015
Committente	1512	Cantiere	LIVORNO	pag	1/1
Sondaggio	MASOL	Campione	C1	profondità m	2,5

### CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE

#### CONTENUTO NATURALE D'H₂O (ASTM D 2216 10)

Provino	1	2	3
Peso tara Pt (g)	1,50	2,50	3,50
Peso um.lor. Pul (g)	83,21	80,08	16,30
Peso sec.lor. Psl (g)	72,13	70,48	14,40
CONTENUTO D'ACQUA W(%)	15,69	14,12	17,43
W(%)media	15,75		

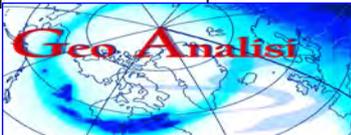
#### PESO DI VOLUME UMIDO (BS 1377-2 1990)

altezza provino	H	5,70	cm	NOTE
diámetro provino	D	3,80	cm	
area provino	A	11,36	cmq	
volume provino	V	64,73	cmc	
peso lordo provino	PL	177,10	g	
tara g	T	41,40	(g/cm ³ )	
peso di volume naturale	$\gamma_n$	2,10	(g/cm ³ )	

#### CARATTERISTICHE DERIVATE (in grassetto quelle effettivamente misurate)

Umidità naturale (Pw/Ps)	Wn	15,7	(%)	NOTE
Indice dei vuoti (Vv/Vs)	e	0,49		
Porosità (Vv/V)	n	0,33		
Grado di saturazione (Vw/Vv)	Sr	87	(%)	
Peso di volume naturale (P/V)	$\gamma_n$	2,10	(g/cm ³ )	
Peso di volume secco (Ps/V)	$\gamma_d$	1,81	(g/cm ³ )	
Peso di volume saturo (Psat/V)	$\gamma_{sat}$	2,14	(g/cm ³ )	PARAMETRI
Peso Specifico dei grani (Ps/Vs)	Gs	2,7	(g/cm ³ )	STIMATI

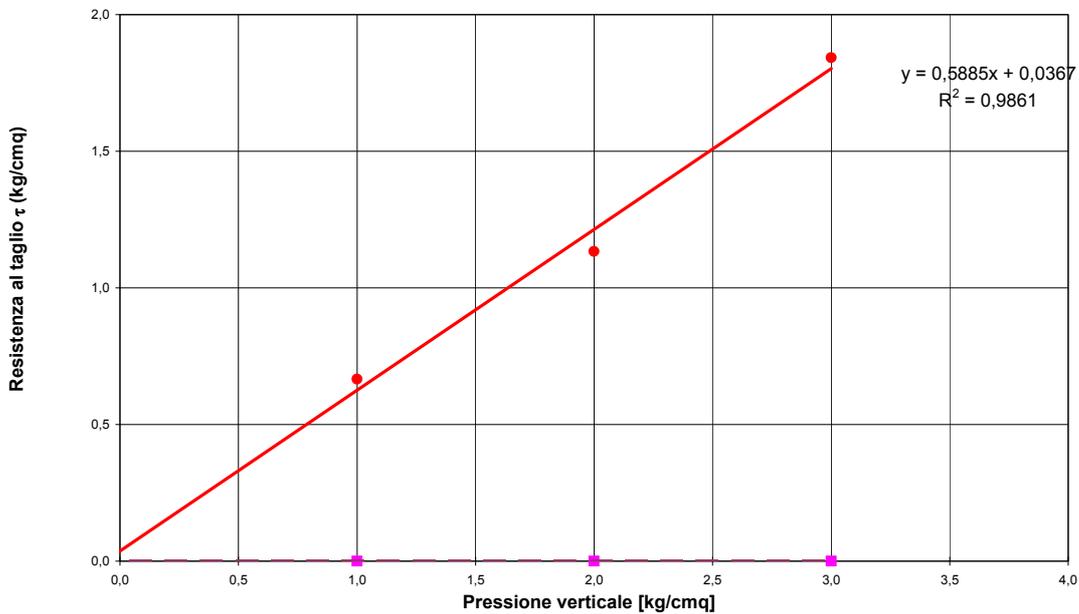
NOTE

		Ministero Infrastrutture PCSLP STC autorizzazione n. 2516 del 15.03.13 alla esecuzione e certificazione di prove sui terreni ai sensi della circolare 7618/STC			
<b>LABORATORIO TERRE</b> via livio tempesta 41 cap 00151 - Roma tel/fax 06 83086093 www.prove.pressiometriche.it email: geoanalisirl@libero.it		<b>1293</b>		<b>TD</b>	
Commissa	1512	Certificato n°	1293 TD mod TD_3		
Verbale Acc	1512LAB40	Data Prelievo	01/09/2015		
		Data Ricevim.	16/10/2015		
		Data Apertura	16/10/2015		
Committente	GEOTIRRENO S.R.L.	Cantiere	LIVORNO		
Sondaggio	MASOL	Campione	C1		
			pag 1/3		
			profondità m 2,5		

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
(A.S.T.M. D 3080/90)

LITOTIPO		FORMAZIONE							
Condizioni iniziali/finali		1	2	3	4	media			
Provino n°									
diametro	cm	6,8	6,8	6,8		6,80			
Area di base	cmq	36,36	36,36	36,36		36,36			
Altezza iniziale	cm	2,0	2,0	2,0		2,00			
Peso iniziale	g	148,59	150,21	151,23		150,01			
peso di volume iniziale	g/cm ³	2,04	2,07	2,08		2,06			
peso umido iniziale	g	17,2	12,3	13,6		14,35			
peso secco iniziale	g	14,9	10,9	11,9		12,53			
contenuto d'H ₂ O iniziale	%	15,5	13,4	14,3		14,40			
peso saturo finale	g	135,20	142,30	143,60		140,37			
peso secco finale	g	115,20	120,20	125,69		120,36			
Contenuto d'H ₂ O finale	%	17,4	18,4	14,2		16,67			
taglio	diretto				inverso		vel def mm/min		0,005
	p verticale	forza	cedim.	defor. oriz.	sforzo τ	forza	cedim.	defor. oriz.	sforzo τ
	Kg/cm ²	kg	mm	mm	Kg/cm ²	kg	mm	mm	Kg/cm ²
provino 1	1,0	24,2	0,1	2,6	0,67				
provino 2	2,0	41,2	0,4	2,8	1,13				
provino 3	3,0	67,0	0,6	3,2	1,84				
provino 4									

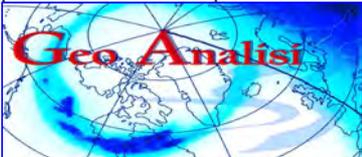
**Diagramma di resistenza al taglio**



**NOTE:** la valutazione dei parametri a rottura di progetto è univocamente competenza del Progettista

di seguito si riporta una possibile analisi sintetica ai fini esclusivi di Controllo Qualità Interno del Laboratorio

Retta di correlazione (dir.)	m =	0,59	b =	0,04		
Retta di correlazione (inv.)	m =	0,00	b =	0,00		
Angolo di attrito: $\phi'$ =	<b>30,5</b>	°	Coesione $c'$ =	<b>4</b>	kPa	
Attrito residuo $\phi''$ =		°	Coesione residua $c''$ =		kPa	

		Ministero Infrastrutture PCSLP STC autorizzazione n. 2516 del 15.03.13 alla esecuzione e certificazione di prove sui terreni ai sensi della circolare 7618/STC		 l'ente di certificazione	
<b>LABORATORIO TERRE</b> via livio tempesta 41 cap 00151 - Roma tel/fax 06 83086093 <a href="http://www.prove.pressiometriche.it">www.prove.pressiometriche.it</a> email: <a href="mailto:geoanalisisrl@libero.it">geoanalisisrl@libero.it</a>		<b>ESECUZIONE DI PROVE GEOTECNICHE SU TERRE E ROCCE</b> <b>SETTORE EA 35</b> <b>N° QBC234</b>			
Commessa	1512	Certificato n°	1294	AP	mod AP_3
Verbale Acc	1512LAB40	Data Prelievo	SET2015	Data Inizio Prova	16/10/2015
		Data Ricevim.	16/10/2015	Data Fine Prova	16/10/2015
		Data Apertura	16/10/2015	Data Certificato	02/11/2015
Committente	GEOTIRRENO	Cantiere	LIVORNO	pag	1/1
Sondaggio	MASOL	Campione	C2	profondità m	11,00

### APERTURA CAMPIONE

(ASTM D 2248-09a )

TIPO DI CAMPIONE	INDISTURBATO
TIPO DI FUSTELLA	INOX
LUNGHEZZA mm	VEDI FOTO
DIAMETRO mm	84

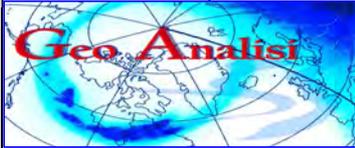
PROGRAMMA DI PROVE	AP		AS		ED		ELL	
	Wn gn		LC		TUU		DR	
	gs		LR		TCU		CBR	
	AV		TD		TCD		PL	
	CS		UCS		PL		CIV	

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA *	TV /PP (Kg/cm ² )	FOTO CAMPIONE
	P.P. 0,4	
LIMO CON ARGILLA DEB SABBIOSA GRIGIA SCURA , POCO CONSISTENTE ( MOLLE) SOVRASATURA, PLASTICA , MODERATA REAZIONE AD HCL, MALEODORANTE (GAS)	T.V. 0,18	

Apparecchiatura Utilizzata: METRO , LENTE D'INGRANDIMENTO , HCL

NOTE: pressione apertura N.D.

La procedura utilizzata in questo rapporto di prova è esclusivamente di tipo sensoriale e quindi qualitativa, l'analisi viene fatta sull'intero campione di terreno e puo differire dalle risultanze delle analisi deterministiche come per esempio la classifica granulometrica e quella derivante dai limiti di Atterberg, a cui si rimanda



**LABORATORIO TERRE**  
via livio tempesta 41 cap 00151 - Roma  
tel/fax 06 83086093  
www.prove.pressiometriche.it  
email: geonanalysisrl@lihero.it



Commissa	1512	Certificato n°	<b>1295</b>	WNGN	mod WNGN_2
Verbale Acc	1512LAB40	Data Prelievo	01/09/2015	Data Inizio Prova	16/10/2015
		Data Ricevim.	16/10/2015	Data Fine Prova	17/10/2015
		Data Apertura	16/10/2015	Data Certificato	02/11/2015
Committente	1512	Cantiere	LIVORNO	pag	1/1
Sondaggio	MASOL	Campione	C2	profondità m	11

### CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE

#### CONTENUTO NATURALE D'H₂O (ASTM D 2216 10)

Provino	1	2	3
Peso tara Pt (g)	1,50	2,50	3,50
Peso um.lor. Pul (g)	54,34	53,77	19,98
Peso sec.lor. Psl (g)	39,32	39,69	15,55
CONTENUTO D'ACQUA W(%)	39,71	37,86	36,76
W(%)media	<b>38,11</b>		

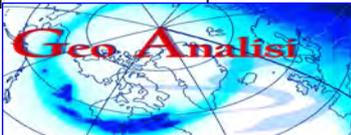
#### PESO DI VOLUME UMIDO (BS 1377-2 1990)

altezza provino	H	5,70	cm	NOTE
diámetro provino	D	3,80	cm	
area provino	A	11,36	cmq	
volume provino	V	64,73	cmc	
peso lordo provino	PL	165,50	g	
tara g	T	41,40	(g/cm ³ )	
peso di volume naturale	$\gamma_n$	1,92	(g/cm ³ )	

#### CARATTERISTICHE DERIVATE (in grassetto quelle effettivamente misurate)

Umidità naturale (Pw/Ps)	Wn	38,1	(%)	NOTE
Indice dei vuoti (Vv/Vs)	e	0,94		
Porosità (Vv/V)	n	0,49		
Grado di saturazione (Vw/Vv)	Sr	109	(%)	
Peso di volume naturale (P/V)	$\gamma_n$	1,92	(g/cm ³ )	
Peso di volume secco (Ps/V)	$\gamma_d$	1,39	(g/cm ³ )	
Peso di volume saturo (Psat/V)	$\gamma_{sat}$	1,87	(g/cm ³ )	PARAMETRI
Peso Specifico dei grani (Ps/Vs)	Gs	2,7	(g/cm ³ )	STIMATI

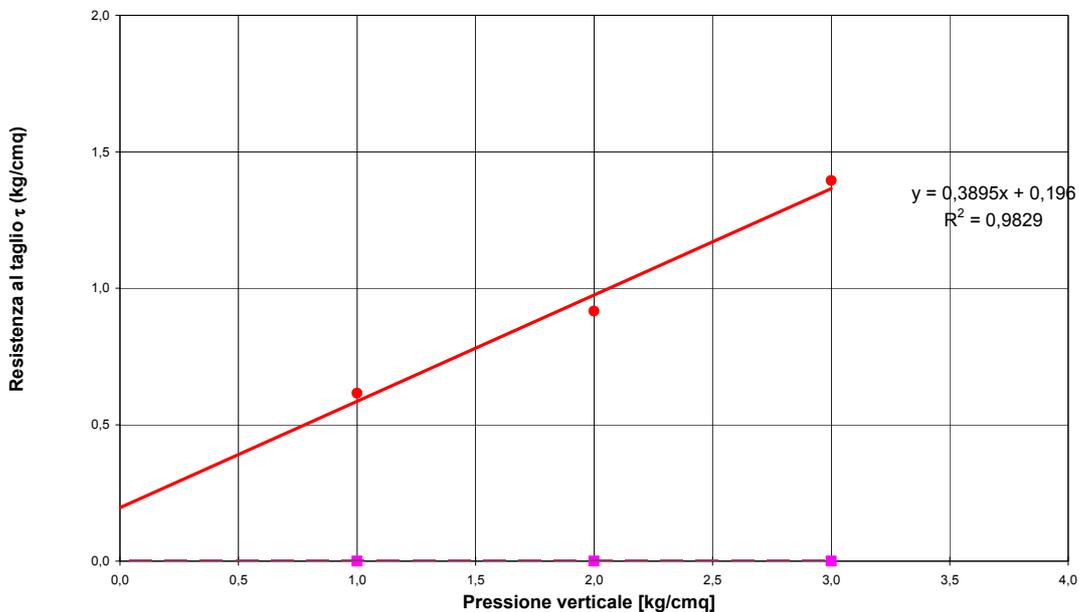
NOTE

		Ministero Infrastrutture PCSLP STC autorizzazione n. 2516 del 15.03.13 alla esecuzione e certificazione di prove sui terreni ai sensi della circolare 7618/STC			
<b>LABORATORIO TERRE</b> via livio tempesta 41 cap 00151 - Roma tel/fax 06 83086093 www.prove.pressiometriche.it email: geoanalisirl@libero.it		<b>Certificato n°</b>		<b>1296</b>	
Commessa 1512 Verbale Acc 1512LAB40	Data Prelievo 01/09/2015 Data Ricevim. 16/10/2015 Data Apertura 19/10/2015	Cantiere LIVORNO		TD mod TD_3 Data Inizio Prova 20/10/2015 Data Fine Prova 23/10/2015 Data Certificato 02/11/2015	pag 1/3
Committente GEOTIRRENO S.R.L. Sondaggio MASOL	Campione C2		profondità m 11,00		

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
(A.S.T.M. D 3080/90)

LITOTIPO		FORMAZIONE							
Condizioni iniziali/finali		1	2	3	4	media			
Provino n°									
diametro	cm	6,8	6,8	6,8		6,80			
Area di base	cmq	36,36	36,36	36,36		36,36			
Altezza iniziale	cm	2,0	2,0	2,0		2,00			
Peso iniziale	g	136,84	136,2	135,28		136,11			
peso di volume iniziale	g/cm ³	1,88	1,87	1,86		1,87			
peso umido iniziale	g	52,1	68,5	71,9		64,18			
peso secco iniziale	g	40,2	52,9	55,6		49,57			
contenuto d'H ₂ O iniziale	%	29,6	29,5	29,4		29,49			
peso saturo finale	g	59,2	66,2	66,5		63,97			
peso secco finale	g	44,9	52,4	53,5		50,23			
Contenuto d'H ₂ O finale	%	31,9	26,5	24,4		27,58			
taglio	diretto				inverso		vel def mm/min	0,005	
	p verticale	forza	cedim.	defor. oriz.	sforzo τ	forza	cedim.	defor. oriz.	sforzo τ
	Kg/cm ²	kg	mm	mm	Kg/cm ²	kg	mm	mm	Kg/cm ²
provino 1	1,0	22,4	0,2	4,6	0,62				
provino 2	2,0	33,3	0,5	3,2	0,92				
provino 3	3,0	50,7	0,7	2,8	1,39				
provino 4									

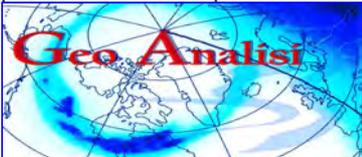
**Diagramma di resistenza al taglio**



**NOTE:** la valutazione dei parametri a rottura di progetto è univocamente competenza del Progettista

di seguito si riporta una possibile analisi sintetica ai fini esclusivi di Controllo Qualità Interno del Laboratorio

Retta di correlazione (dir.)	m = 0,39	b = 0,20		
Retta di correlazione (inv.)	m = 0,00	b = 0,00		
Angolo di attrito: $\phi'$ =	<b>21,3</b> °		Coesione $c'$ =	<b>19</b> kPa
Attrito residuo $\phi''$ =			Coesione residua $c''$ =	kPa

		Ministero Infrastrutture PCSLP STC autorizzazione n. 2516 del 15.03.13 alla esecuzione e certificazione di prove sui terreni ai sensi della circolare 7618/STC		 l'ente di certificazione	
<b>LABORATORIO TERRE</b> via livio tempesta 41 cap 00151 - Roma tel/fax 06 83086093 www.prove pressiometriche.it email: geoanalisisrl@libero.it		<b>ESECUZIONE          DI PROVE GEOTECNICHE          SU TERRE E ROCCE</b> SETTORE EA 35 N° QBC234			
Commissa	1512	Certificato n°	1297	AP	mod AP_3
Verbale Acc	1512LAB40	Data Prelievo	SET2015	Data Inizio Prova	19/10/2015
		Data Ricevim.	16/10/2015	Data Fine Prova	19/10/2015
		Data Apertura	19/10/2015	Data Certificato	02/11/2015
Committente	GEOTIRRENO	Cantiere	LIVORNO	pag	1/1
Sondaggio	MASOL	Campione	C3	profondità m	22

### APERTURA CAMPIONE (ASTM D 2248-09a )

TIPO DI CAMPIONE	INDISTURBATO
TIPO DI FUSTELLA	INOX
LUNGHEZZA mm	VEDI FOTO
DIAMETRO mm	84

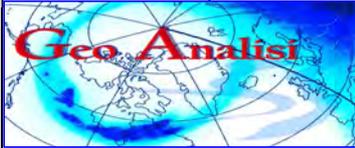
PROGRAMMA DI PROVE	AP		AS		ED		ELL	
	Wn g _n		LC		TUU		DR	
	gs		LR		TCU		CBR	
	AV		TD		TCD		PL	
	CS		UCS		PL		CIV	

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA *	TV /PP (Kg/cm ² )	FOTO CAMPIONE
	<b>P.P.</b> 1,9-4,0	
ARGILLALIMOSA PASSANTE A LIMO ARGILLOSO SABBIOSO GRIGIO, PLASTICA, SATURA, DA CONSISTENTE (ARGILLA) A MOLTO CONSISTENTE (LIMO), CON TRACCE DI SOSTANZA ORGANICA	<b>T.V.</b> 1,02-2,1	

Apparecchiatura Utilizzata: METRO , LENTE D'INGRANDIMENTO , HCL

NOTE: pressione apertura N.D.

La procedura utilizzata in questo rapporto di prova è esclusivamente di tipo sensoriale e quindi qualitativa, l'analisi viene fatta sull'intero campione di terreno e puo differire dalle risultanze delle analisi deterministiche come per esempio la classifica granulometrica e quella derivante dai limiti di Atterberg, a cui si rimanda



**LABORATORIO TERRE**  
via livio tempesta 41 cap 00151 - Roma  
tel/fax 06 83086093  
www.prove.pressiometriche.it  
email: geonanalysisrl@lihero.it



Commissa	1512	Certificato n°	<b>1298</b>	WNGN	mod WNGN_2
Verbale Acc	1512LAB40	Data Prelievo	01/09/2015	Data Inizio Prova	19/10/2015
		Data Ricevim.	16/10/2015	Data Fine Prova	20/10/2015
		Data Apertura	19/10/2015	Data Certificato	02/11/2015
Committente	1512	Cantiere	LIVORNO	pag	1/1
Sondaggio	MASOL	Campione	C3	profondità m	22

### CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE

#### CONTENUTO NATURALE D'H₂O (ASTM D 2216 10)

Provino	1	2	3
Peso tara Pt (g)	1,50	2,50	3,50
Peso um.lor. Pul (g)	13,24	15,20	16,23
Peso sec.lor. Psl (g)	10,89	12,50	13,65
CONTENUTO D'ACQUA W(%)	25,03	27,00	25,42
W(%)media	<b>25,82</b>		

#### PESO DI VOLUME UMIDO (BS 1377-2 1990)

altezza provino	H	5,70	cm	NOTE
diámetro provino	D	3,80	cm	
area provino	A	11,36	cmq	
volume provino	V	64,73	cmc	
peso lordo provino	PL	172,25	g	
tara g	T	41,40	(g/cm ³ )	
peso di volume naturale	$\gamma_n$	2,02	(g/cm ³ )	

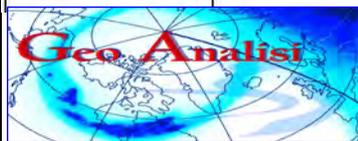
#### CARATTERISTICHE DERIVATE (in grassetto quelle effettivamente misurate)

Umidità naturale (Pw/Ps)	Wn	25,8	(%)	NOTE
Indice dei vuoti (Vv/Vs)	e	0,68		
Porosità (Vv/V)	n	0,40		
Grado di saturazione (Vw/Vv)	Sr	102	(%)	
Peso di volume naturale (P/V)	$\gamma_n$	2,02	(g/cm ³ )	
Peso di volume secco (Ps/V)	$\gamma_d$	1,61	(g/cm ³ )	
Peso di volume saturo (Psat/V)	$\gamma_{sat}$	2,01	(g/cm ³ )	PARAMETRI
Peso Specifico dei grani (Ps/Vs)	Gs	2,7	(g/cm ³ )	STIMATI

NOTE



Ministero Infrastrutture PCSLP STC autorizzazione n. 2516 del 15.03.13 alla esecuzione e certificazione di prove sui terreni ai sensi della circolare 7618/STC



**LABORATORIO TERRE**  
via livio tempesta 41 cap 00151 - Roma  
tel/fax 06 83086093  
www.prove.pressiometriche.it  
email: geoanalisi@libero.it

**ABICert**  
l'ente di certificazione  
**ESECUZIONE  
DI PROVE GEOTECNICHE  
SU TERRE E ROCCE**  
SETTORE EA 35  
N° QBC234

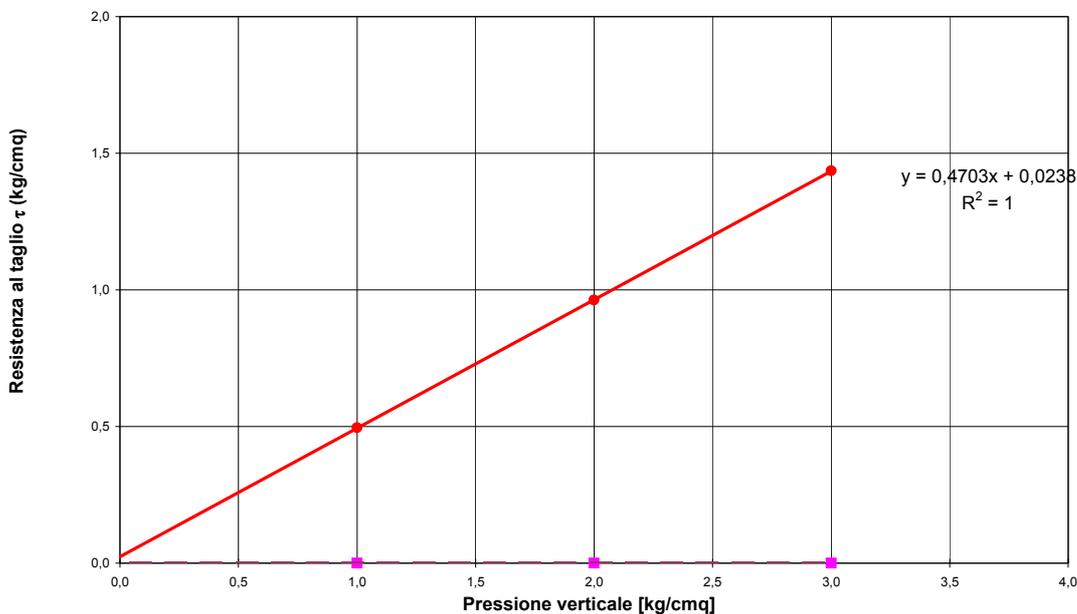
Commessa	1512	Certificato n°	1299	TD	mod TD_3
Verbale Acc	1512LAB40	Data Prelievo	01/09/2015	Data Inizio Prova	28/10/2015
		Data Ricevim.	16/10/2015	Data Fine Prova	31/10/2015
		Data Apertura	19/10/2015	Data Certificato	02/11/2015
Committente	GEOTIRRENO S.R.L.	Cantiere	LIVORNO	pag	1/3
Sondaggio	MASOL	Campione	C3	profondità m	22,00

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(A.S.T.M. D 3080/90)

LITOTIPO	FORMAZIONE								
<b>Condizioni iniziali/finali</b>									
Provino n°		1	2	3	4	media			
diametro	cm	6,8	6,8	6,8		6,80			
Area di base	cmq	36,36	36,36	36,36		36,36			
Altezza iniziale	cm	2,0	2,0	2,0		2,00			
Peso iniziale	g	149,52	151,23	148,39		149,71			
peso di volume iniziale	g/cm ³	2,06	2,08	2,04		2,06			
peso umido iniziale	g	52,09	68,52	71,92		64,18			
peso secco iniziale	g	40,98	54,74	57,81		51,18			
contenuto d'H ₂ O iniziale	%	27,1	25,2	24,4		25,56			
peso saturo finale	g	123,11	132,45	118,56		124,71			
peso secco finale	g	96,56	106,56	96,58		99,90			
Contenuto d'H ₂ O finale	%	27,5	24,3	22,8		24,85			
taglio	diretto				inverso		vel def mm/min	0,005	
	p verticale	forza	cedim.	defor. oriz.	sforzo τ	forza	cedim.	defor. oriz.	sforzo τ
	Kg/cm ²	kg	mm	mm	Kg/cm ²	kg	mm	mm	Kg/cm ²
provino 1	1,0	18,0	0,2	2,2	0,50				
provino 2	2,0	35,0	0,4	3,2	0,96				
provino 3	3,0	52,2	1,1	1,8	1,44				
provino 4									

Diagramma di resistenza al taglio



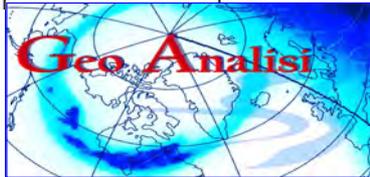
NOTE: la valutazione dei parametri a rottura di progetto è univocamente competenza del Progettista

di seguito si riporta una possibile analisi sintetica ai fini esclusivi di Controllo Qualità Interno del Laboratorio

Retta di correlazione (dir.)	m =	0,47	b =	0,02		
Retta di correlazione (inv.)	m =	0,00	b =	0,00		
Angolo di attrito: $\phi'$ =	25,2	°	Coesione c' =	2	kPa	
Attrito residuo $\phi''$ =		°	Coesione residua c'' =		kPa	



Ministero Infrastrutture PCSLP STC autorizzazione n. 2516 del 15.03.13 alla esecuzione e certificazione di prove sui terreni ai sensi della circolare 7618/STC



LABORATORIO TERRE  
via Livio Tempesta 41 cap 00151 - Roma  
tel/fax 06 83086093  
www.prove.pressiometriche.it  
email: geonanalysisrl@libero.it

**ABCert**  
l'ente di certificazione  
ESECUZIONE  
DI PROVE GEOTECNICHE  
SU TERRE E ROCCE  
SETTORE EA 35  
N° QBC234

Commissa	1512	Certificato	1300 ED	mod ED_3	
Verbale Acc	1512LAB40	Data Prelievo	01/09/15	Data Inizio Prova	19/10/15
		Data Ricevim.	16/10/15	Data Fine Prova	29/10/15
		Data Apertura	19/10/15	Data Certificato	02/11/15
Committente	GEOTIRRENO SRL	Cantiere	LIVORNO	pag	1/3
Sondaggio	MASOL	Campione	C3	profondità m	22

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA**

(A.S.T.M. D 2435-04)

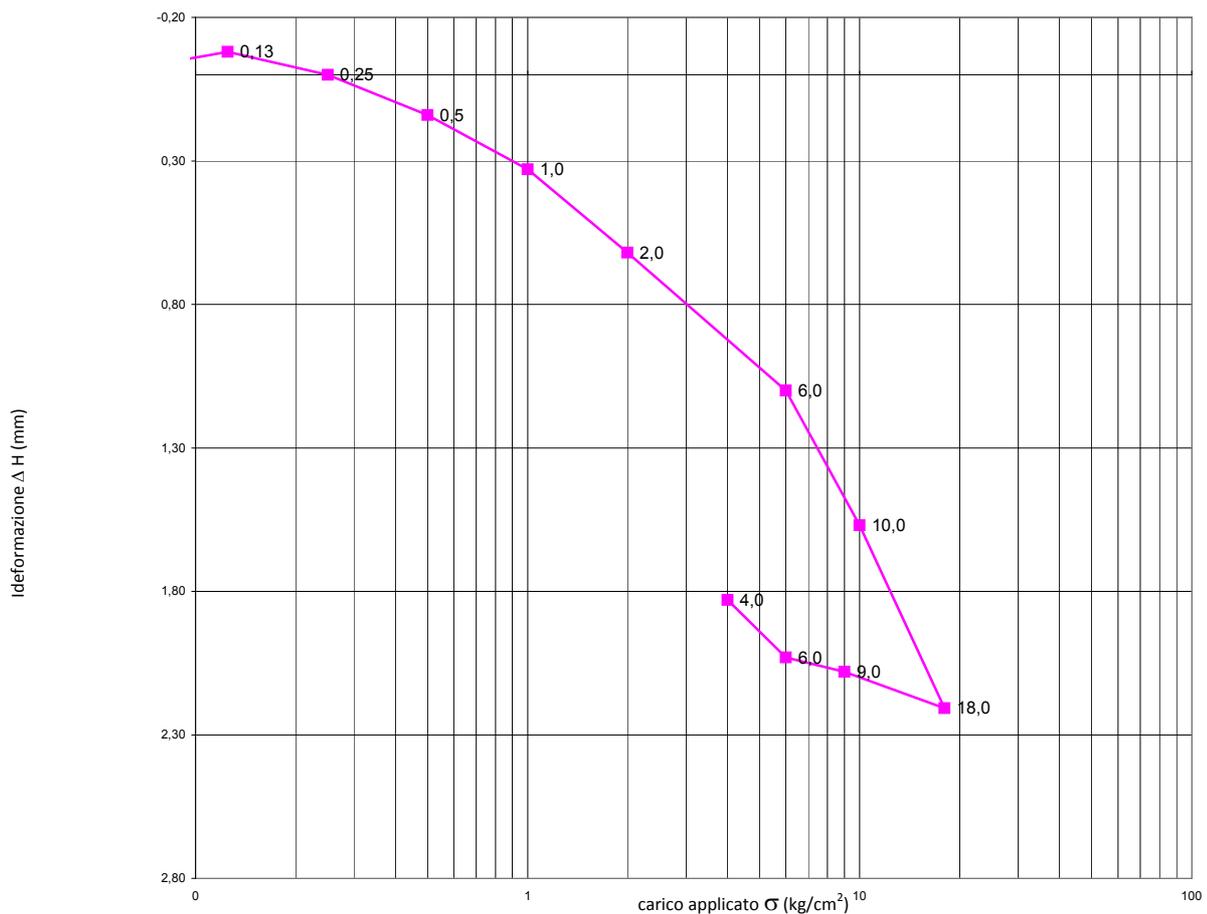
metodo A  metodo B

**CARATTERISTICHE DEL PROVINO**

n° Provino	1	
diámetro	50,47	mm
altezza Ho	20,06	mm
altezza Hf	15,79	mm
area	20,00	cmq
volume	40,12	cmc
Contenuto d'acqua iniziale $W_i$	0,25	
Contenuto d'acqua finale $W_f$	0,18	

	inizio	fine	
peso fustella	59,18		limite LL
peso f+camp.	141,07		limite LP
peso camp	81,89		
Peso di volume gn	2,04		
peso secco gdi	1,63		
Peso specifico dei granuli gs	2,70		
Indice dei vuoti iniziali $e_o$	0,65		
Grado di saturazione $S_r$	1,03		

Diagramma deformazione  $\Delta H - \log \sigma$



NOTE:

