

***COMUNE DI LONDA***

***S.P. N.556 "LONDA-STIA"***

***MESSA IN SICUREZZA DELLA VIABILITA' PEDONALE***

***NEL TRATTO TRA IL CONFINE COMUNALE E LA SCUOLA MEDIA***

***RELAZIONE GEOLOGICA***

D. M. 14.01.2008 Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

D.P.G.R. n.36/R 09.07.2009

***FIRENZE, gennaio 2018***

**GEOTECNO**  
Studio Associato **1967|2018**

Via Nino Bixio, 9 – 50131 Firenze tel. 055572280 fax 055/57.22.80

email: [geotecno@geotecno.net](mailto:geotecno@geotecno.net) P. IVA 00935720482

## INDICE

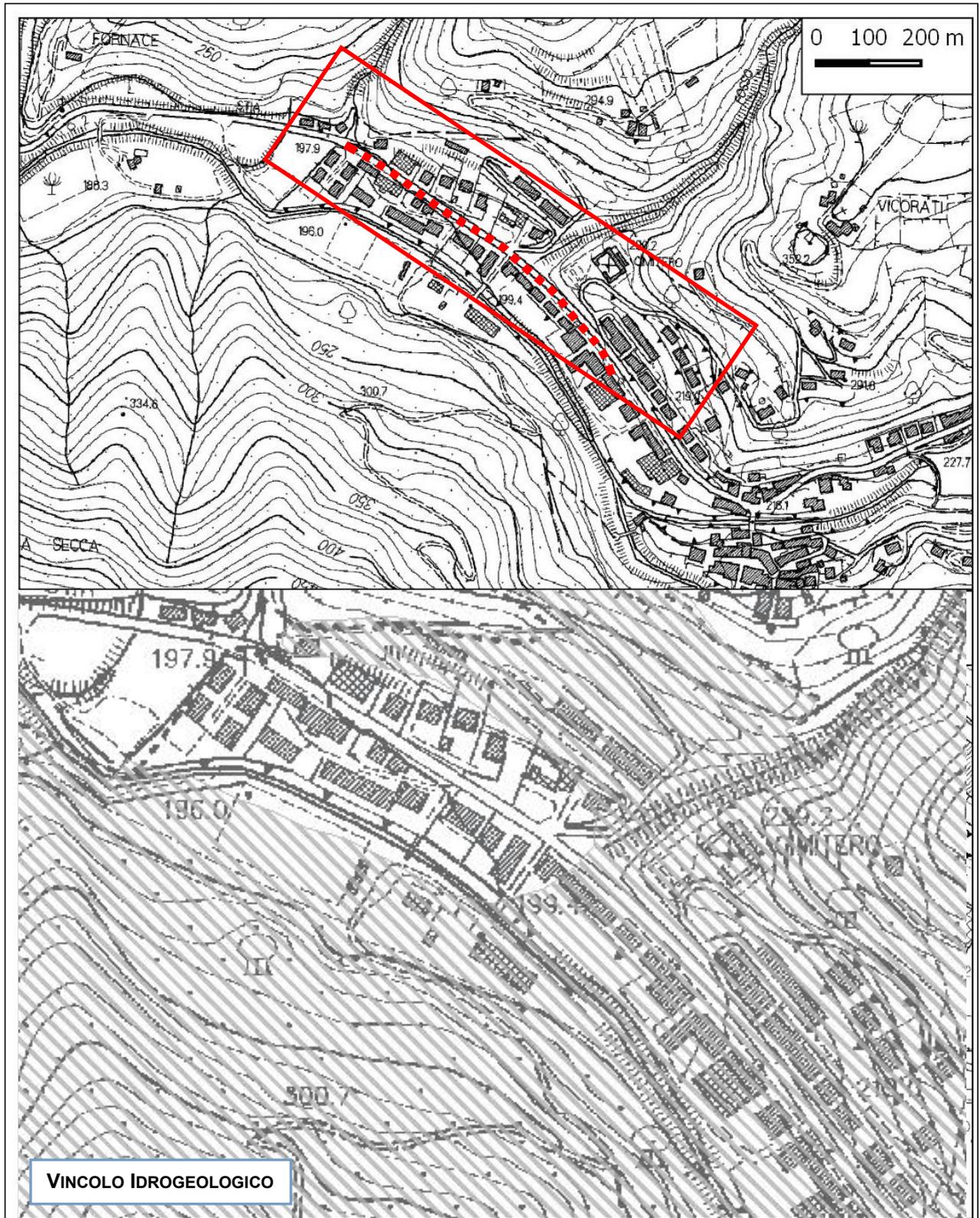
1. PREMESSA.....	3
2. CARATTERI GENERALI DELL'AREA DI INTERVENTO.....	5
3. INDAGINE GEOGNOSTICA.....	7
4. MODELLO STRATIGRAFICO LOCALE.....	9
Condizioni piezometriche e meccanismi di circolazione idrica.....	11
5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO.....	12
6. PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI.....	15
7. MODELLO SISMICO LOCALE.....	16
Attribuzione della categoria di sottosuolo.....	16
8. PERICOLOSITA' E FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO.....	18
Attribuzione della pericolosità negli strumenti urbanistici comunali.....	18
Attribuzione della pericolosità nel PAI e PGRA.....	18
Attribuzione della fattibilità dell'intervento.....	19
9. VINCOLO IDROGEOLOGICO.....	19

## 1. PREMESSA

Il progetto definitivo di un nuovo percorso di viabilità pedonale lungo la SP n.556 - nel suo tratto che dal Capoluogo raggiunge il confine comunale in direzione Dicomano - prevede la realizzazione di varie opere finalizzate alla riqualificazione della fascia compresa tra la strada asfaltata e gli edifici su essa affaccianti: in particolare lungo tutto il tratto - pari a circa 500 metri - verranno riqualificate le aree verdi mediante nuovi arredi, realizzata una nuova banchina pedonale e riorganizzati gli stalli per le auto; inoltre sarà messo in posto un nuovo sistema di raccolta delle acque reflue che si allaccerà all'esistente e un sistema di caditoie per la raccolta delle acque superficiali.

Il presente studio è pertanto realizzato a supporto di tali opere, ai sensi del DPGR 36/R/2009 e del D.M. 14.01.2008, configurandosi come strumento di supporto alla definizione della fattibilità urbanistica e alla progettazione, oltre che all'istruttoria per la porzione di progetto soggetta a Vincolo Idrogeologico di cui alla L.R. 39/2000 e DPGR 48/R/2003 (vedi figura 1).

**Figura 1 - Corografia dell'intervento e limiti area soggetta a Vincolo Idrogeologico**



## 2. CARATTERI GENERALI DELL'AREA DI INTERVENTO

L'intervento in esame si ubica in prossimità del corso del Torrente Moscia, in un contesto morfologico di fondovalle con acclività medie; la SP n.556 corre in questo tratto parallelamente al corso d'acqua e presenta pendenza sopra e sotto scarpa superiore a 20%. La quota assoluta dell'intervento è compresa tra 208 m slm (quota strada lato est) e 197 m slm (quota strada lato ovest).

### ***Aspetti geologici***

L'area di intervento ricade in zona di affioramento della Formazione delle Arenarie del Monte Falterona nella sua facies arenaceo-pelitica nota come Membro di Montalto (FAL3): i terreni in loco risultano prevalentemente arenaceo-siltitici con strati di media potenza intercalati a calcareniti, spesso molto fratturati e scompaginati; al tetto sono diffusamente presenti suoli di copertura derivati dal disfacimento dei terreni in posto. In prossimità del Torrente Moscia si segnalano modesti spessori di depositi alluvionali recenti e attuali.

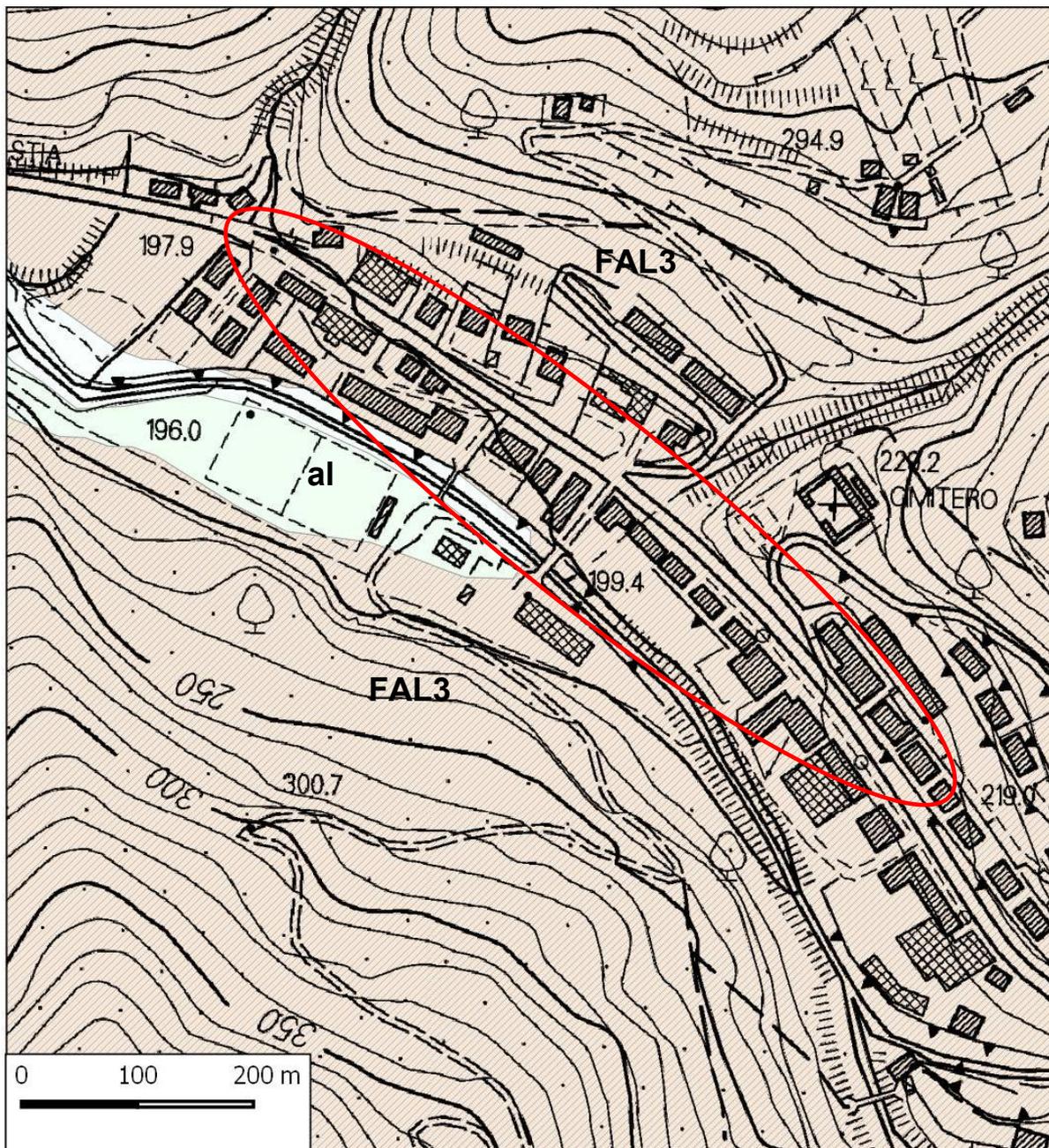
L'inquadramento geologico è mostrato nello stralcio di figura 2.

Sotto l'aspetto della stabilità non si segnalano elementi geomorfologici di rilievo con caratteristiche di attività attuale o recente.

Anche per gli aspetti idraulici non si evidenzia nessun elemento di rilievo, vista la posizione medio collinare, elevata rispetto ad ambiti e pertinenze fluviali dei corsi d'acqua.

Per gli aspetti della tutela della risorsa idrica le condizioni di media vulnerabilità dell'unità idrogeologica siltitico-arenacea non offrono segnali di problematicità in atto.

**Figura 2** – Carta geologica (FAL3=Arenarie del Falterona, Membro di Montalto; al=depositi alluvionali)



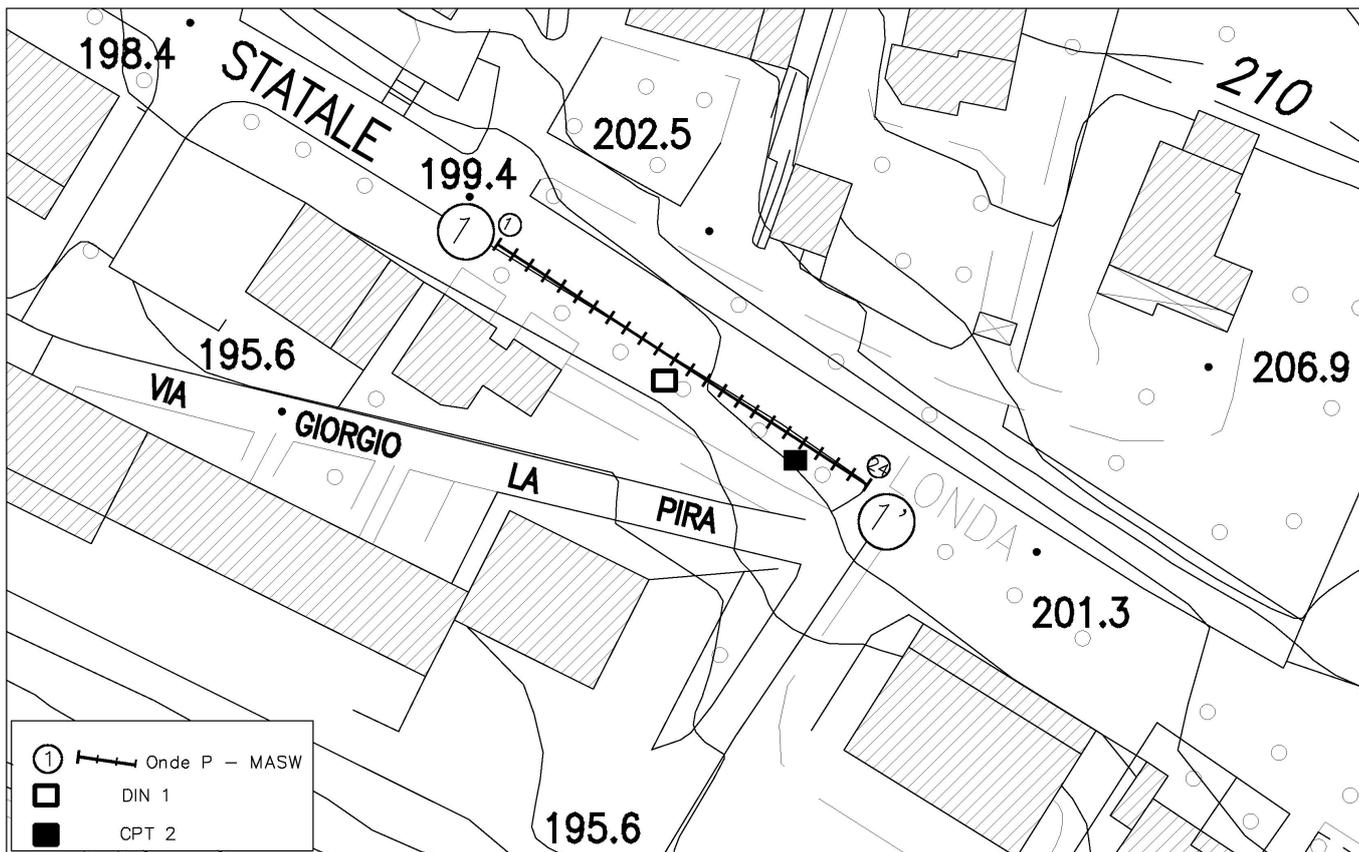
### 3. INDAGINE GEOGNOSTICA

Le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dell'area sono state ricostruite avvalendosi di **n. 2 prove penetrometriche di cui una dinamica (DIN1) e una statica (CPT2)**, la cui ubicazione è riportata nella planimetria di **figura 3**, eseguite in adiacenza all'attuale sede stradale dove in sede preliminare era prevista la realizzazione di un'opera di sostegno per il marciapiede; l'indagine si è spinta fino al raggiungimento delle condizioni di rifiuto strumentale raggiunte alla profondità massima di 5,4 metri dal piano di campagna.

Per quanto riguarda la definizione della risposta sismica locale è stata condotta una **indagine geofisica di superficie** in onde P mediante metodologia **MASW**.

L'impresa esecutrice è stata TECNA snc di Arezzo per le prove penetrometriche e TRIGEO snc di Firenze per la geofisica di superficie; la relativa documentazione viene riportata in appendice. Entrambe le prove sono state ubicate nella posizione più vicina all'opera in progetto stanti le attuali condizioni di accessibilità dell'area.

Figura 3 - ubicazione delle indagini

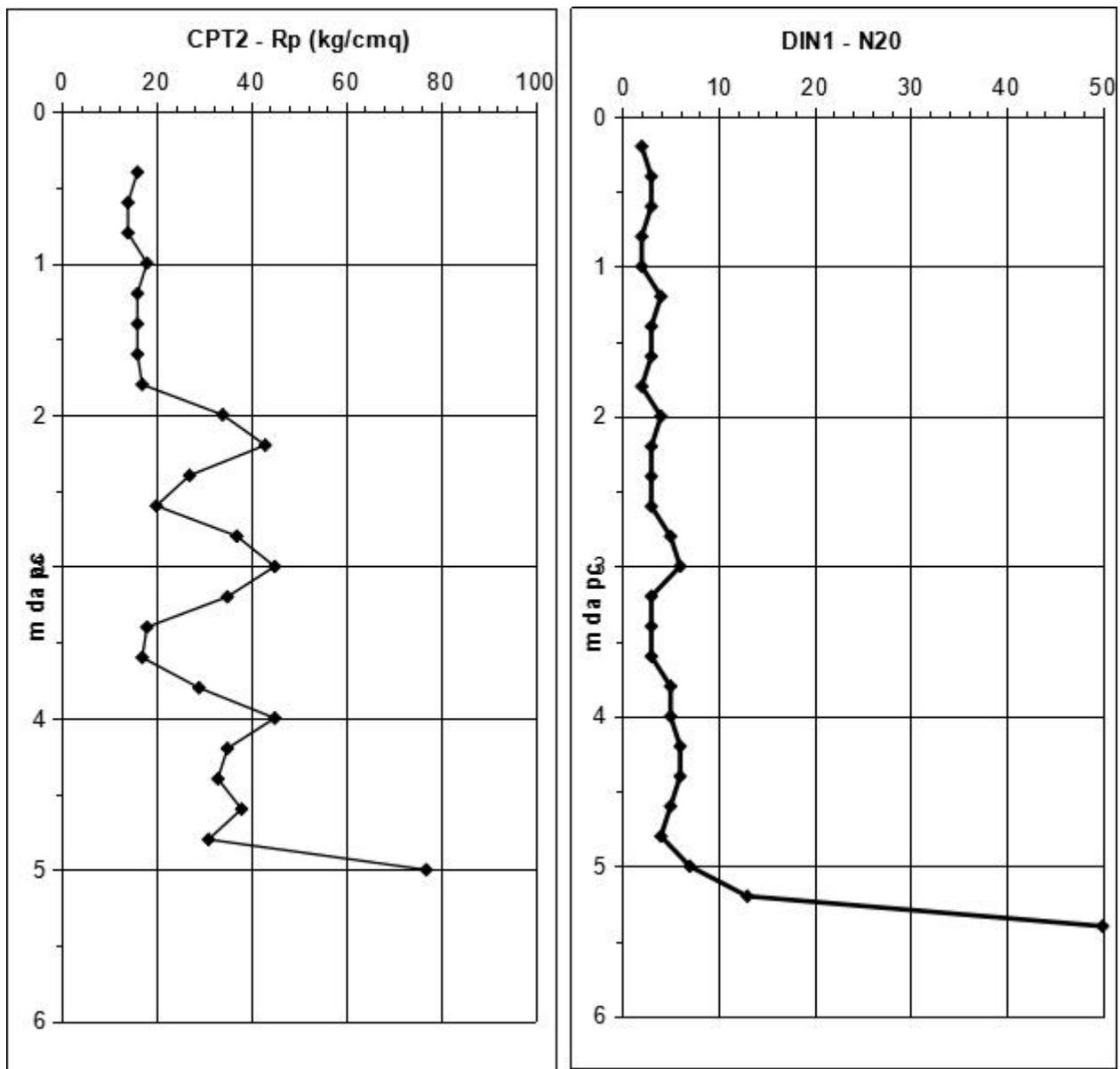


## 4. MODELLO STRATIGRAFICO LOCALE

In **figura 4** viene riportato l'andamento con la profondità dei valori di resistenza alla punta  $R_p$  e del numero di colpi N20 rispettivamente per la prova CPT2 e DIN1.

Per la determinazione delle caratteristiche litologiche dei terreni si è fatto riferimento alla metodologia di Begemann (1965) applicata ai risultati della prova statica, riportata in **figura 5**.

Figura 4



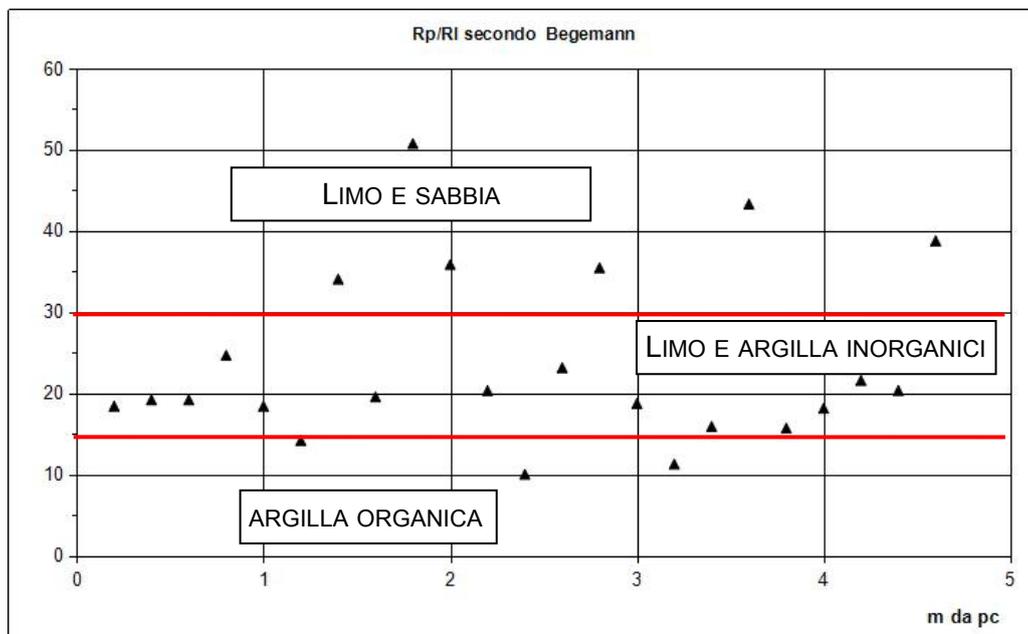
### Metodo di Begemann

Il metodo di BEGEMANN considera il rapporto tra Rp e RI come parametro indicativo delle variazioni litologiche. In particolare l'Autore suggerisce le seguenti correlazioni:

Rapporto Rp/RI	Litologia
Rp/RI < 15	Argilla organica e torba
15 < Rp/RI < 30	Limo e/o argilla inorganica
30 < Rp/RI < 60	Limo sabbioso e sabbia limosa
Rp/RI > 60	Sabbie o sabbia più ghiaia

I limi e le argille inorganiche e organiche rappresentano il litotipo con presenza sostanzialmente esclusiva nell'area di indagine fino alla profondità di 5 m da p.c. (cfr. **Figura 5**).

**Figura 5**



I risultati risultano coerenti con i dati di N20 ricavati dalla prova penetrometrica dinamica.

In sintesi, le indagini eseguite permettono di ricostruire un modello stratigrafico locale caratterizzato dalla presenza di una copertura di terreno - in parte rimaneggiato - a composizione prevalentemente fine e comportamento coesivo, di spessore pari a circa 5/5,5 metri a partire dall'attuale piano di campagna; si tratta dello spessore di alterazione del

substrato roccioso sottostante, in cui i materiali sciolti (per lo più limi argilloso e argilloso-sabbiosi) si alternano a elementi arenacei e siltitici fortemente alterati, in assetto scompaginato e rimaneggiato dalle operazioni di realizzazione della viabilità esistente; al disotto, come già detto, sono presenti i materiali litoidi per lo più arenacei e siltitici della Formazione delle Arenarie dal Falterona.

Nella tabella seguente si riporta schematicamente il modello geologico del sottosuolo nell'area di indagine.

**Tabella 1**

<b>Orizzonte</b>	<b>Profondità</b>	<b>Descrizione litologica</b>	<b>Interpretazione stratigrafica</b>
<b>Or. 1</b>	p.c. - 5.0/5.5	Limi argilloso-sabbiosi con presenza di materiale litoide alterato	Coperture di alterazione del substrato roccioso, in parte rimaneggiate e modificate dall'intervento antropico
<b>Or. 2</b>	> 5.0/5.5	Siltiti e arenarie in strati da decimetrici a centimetrici	Substrato litoide in posto (FAL3)

### ***Condizioni piezometriche e meccanismi di circolazione idrica***

Nell'intervallo di profondità indagato (p.c. - 5.5 m da p.c.) è stata rinvenuta acqua in foro alla profondità di circa 3 metri da p.c; è altresì probabile che, soprattutto in occasione di eventi piovosi, le condizioni di saturazione dei terreni di copertura presenti nei primi metri del sottosuolo possano subire delle modifiche a causa della ridotta capacità di dissipazione delle pressioni interstiziali da parte dei materiali presenti (frazione fine prevalente), con conseguente variazione della tavola d'acqua.

Il sottostante substrato roccioso può invece essere sede di corpi acquiferi a causa delle sue caratteristiche di discreta permeabilità per fratturazione, soprattutto negli orizzonti in cui prevalgono gli strati arenacei rispetto ai livelli siltitici.

## 5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO

La caratterizzazione geotecnica del sottosuolo viene svolta avvalendosi dei risultati dell'indagine in situ limitatamente ai materiali presenti nel volume interessato dalle opere di progetto.; si tratta pertanto (vedi modello geologico) di un orizzonte limoso-argilloso a comportamento meccanico prevalentemente coesivo sovrastante il substrato roccioso.

Le coperture (ORIZZONTE 1 di tabella 1) vengono caratterizzate meccanicamente avvalendosi dei valori di resistenza alla punta  $R_p$  ottenuta dalla prova statica CPT2 e del numero di colpi N20 ricavati dalla prova dinamica DIN1. Quest'ultimi sono trasformati in valori di  $N_{spt}$  - più diffusi in letteratura - tramite la relazione:  $N_{spt} = N20 \times \beta$  ( $\beta=1,52$  coefficiente teorico di energia). I risultati ottenuti vengono rappresentati graficamente nei diagrammi di **figura 6**.

Per la determinazione della **coesione non drenata ( $C_u$ )** viene fatto riferimento alla ben nota relazione (*Penetration Testing, 1988*):

$$C_u = \frac{R_p - \sigma}{Nk}$$

dove:

$R_p$  = resistenza alla punta lungo la probabile superficie di rottura;

$\sigma$  = *pressione verticale*

$Nk$  = *coefficiente pari a  $17 \pm 5$  (Lacasse et al., 1978) prudenzialmente assunto uguale a 22.*

Per la determinazione dell'**angolo di attrito efficace  $\phi$** ' viene fatto riferimento alle relazioni:

$$\phi = 5.9 + 4.76 \ln\left(\frac{R_p}{\sigma}\right) \quad \phi = \sqrt{15N_{spt} + 15}$$

Per quanto concerne le caratteristiche di compressibilità dei materiali, il **modulo di deformabilità ( $M$ )** viene ricavato secondo il metodo Mitchell-Gardner basato sulla seguente relazione:

$$M = \alpha R_p$$

dove:

$R_p$  = *resistenza alla punta media dello strato;*

$\alpha$  = *coefficiente variabile in funzione del tipo di terreno in base alle indicazioni riportate nella seguente tabella ( $R_p$  in MPa):*

**Tabella 2**

Terreno	$\alpha$
CL	Per $0.7 > R_p$ $\alpha=5$
	Per $2 > R_p > 0.7$ $\alpha=3.5$ ←
	Per $R_p > 2$ $\alpha=1.7$ ←
ML	Per $2 > R_p$ $\alpha=2$
	Per $2 < R_p$ $\alpha=4.5$
MH-CH	$\alpha=4$
OL-OH	$\alpha=4$

La **coesione efficace  $c'$**  viene desunta da dati di letteratura per materiali analoghi a quelli rinvenuti nel sottosuolo e assunta cautelativamente pari a  **$c' = 0,07 \text{ kg/cmq}$** .

Nel caso del **peso di volume**, considerate le caratteristiche litologiche del terreno, si ritiene adeguato utilizzare un valore pari a  **$Y = 1,9 \text{ t/mc}$** .

Per quanto concerne invece il substrato roccioso (ORIZZONTE 2 di tabella 1), dove l'indagine eseguita ha raggiunto condizioni di rifiuto strumentale, i parametri geotecnici vengono desunti da dati di letteratura per materiali analoghi a quelli presenti nel sottosuolo.

I valori medi dei parametri fisico-meccanici del litotipo arenaceo intatto, solo parzialmente rappresentativo dell'assetto litostratigrafico locale, sono i seguenti:

**$Y = 2.4 \text{ t/mc}$**  (peso di volume)

**$c = 160 \text{ Kg/cmq}$**  (coesione del litotipo intatto)

**$\varphi = 40^\circ$**  (angolo di attrito interno sec. Mohr-Coulomb)

Invece per il litotipo in condizioni medie, in cui le arenarie spesso fratturate si alternano a interstrati siltitici, si danno i seguenti parametri:

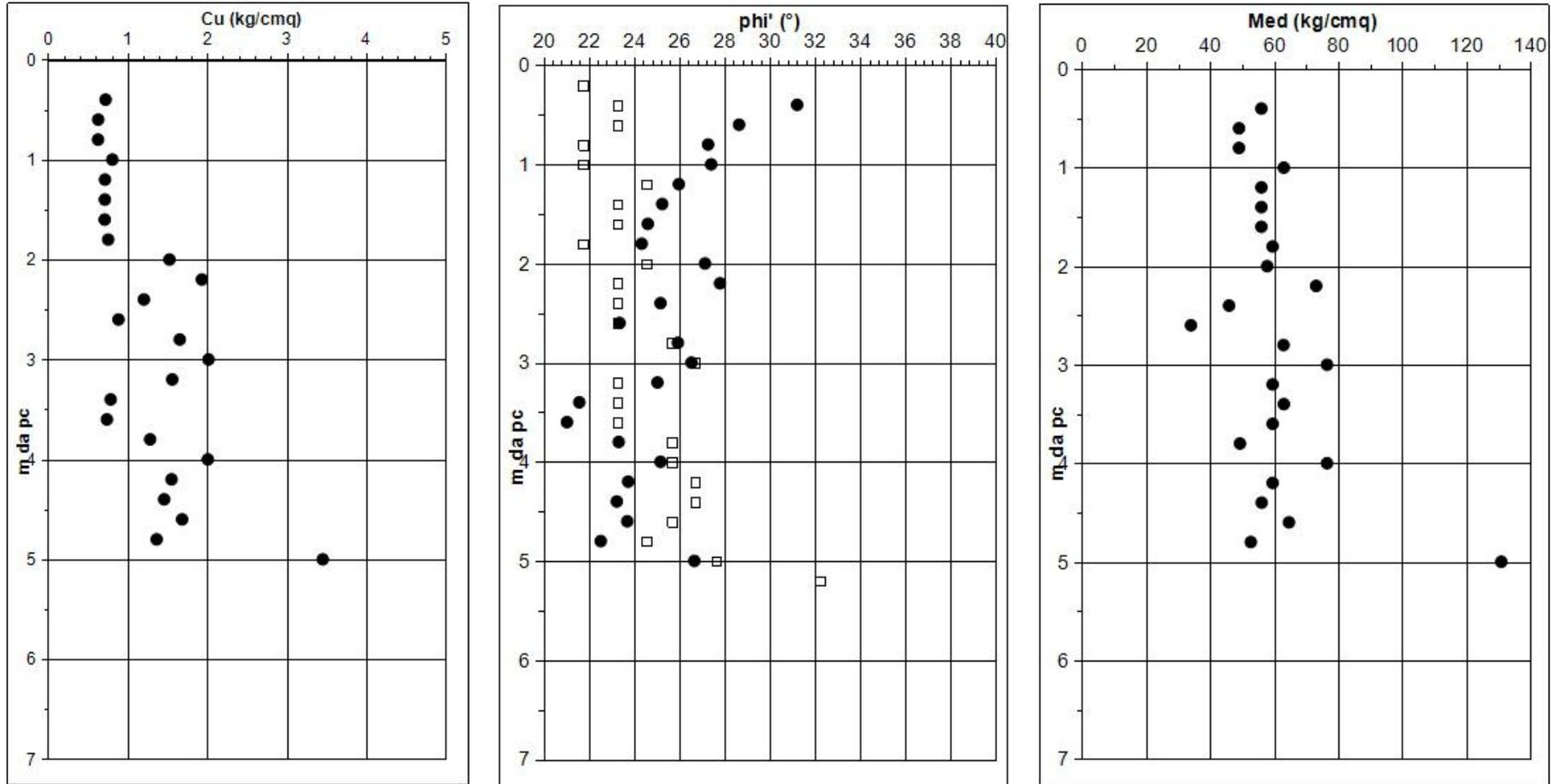
**$Y = 2.2 \text{ t/mc}$**  (peso di volume)

**$c' = 0.6 \text{ Kg/cmq}$**  (resistenza al taglio drenata)

**$\varphi' = 28^\circ$**  (angolo di attrito interno)

**$M > 100 \text{ Kg/cmq}$**  (modulo edometrico)

**Figura 6** - Distribuzione dei principali parametri geotecnici nell'orizzonte 1 (coperture)



## 6. PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

L'individuazione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici di interesse per la progettazione risulta da un trattamento statistico dei dati, in ottemperanza alle indicazioni presenti nella normativa vigente (NTC 2008 par 6.2.2), che in primo luogo ha verificato l'eventuale presenza di "outliers" nel campione escludendoli dalle computazioni e ha in seguito adottato la metodologia proposta da Schneider (1999) per la quale:

$$X_k = \text{media} - \frac{1}{2} \text{dev.st.},$$

Sulla base dello studio esposto, i valori statistici dei parametri geotecnici di interesse per la progettazione per lo spessore di sottosuolo di interesse (fino a 7 metri dal p.c.) risultano:

**Tabella 3- Parametri caratteristici**

### ORIZZONTE 1

<b>Parametro</b>	<b>Cu</b>	<b>phi'</b>	<b>M</b>	<b>c'</b>	<b>Y</b>
	<i>Kg/cmq</i>	(°)	<i>Kg/cmq</i>	<i>Kg/cmq</i>	<i>t/mc</i>
Media	1.2	24.7	58		
Dev. standard	0.5	2.2	9.6		
<b>Valore caratteristico X<sub>k</sub></b>	<b>0.95</b>	<b>23.6</b>	<b>53</b>	<b>0.07<sup>1</sup></b>	<b>1.9<sup>1</sup></b>

### ORIZZONTE 2

<b>Parametro</b>	<b>Cu</b>	<b>phi'</b>	<b>M</b>	<b>c'</b>	<b>Y</b>
	<i>Kg/cmq</i>	(°)	<i>Kg/cmq</i>	<i>Kg/cmq</i>	<i>t/mc</i>
Media					
Dev. standard					
<b>Valore caratteristico X<sub>k</sub><sup>1</sup></b>	<b>--</b>	<b>28</b>	<b>&gt; 100</b>	<b>0.6</b>	<b>1.9</b>

<sup>1</sup> Valori derivati da dati di letteratura

## 7. MODELLO SISMICO LOCALE

Il territorio comunale di Londa è collocato in classe **2** nella classificazione sismica della Regione Toscana ai sensi della Deliberazione di G.R.T. n° 421 del 26 maggio 2014.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più tramite un criterio “zona dipendente”. L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla “pericolosità di base “ del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

### ***Attribuzione della categoria di sottosuolo***

L'Ordinanza P.C.M. n°3274/03 istituisce diverse categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto. Tali categorie vengono definite in base al calcolo del parametro Vs30 che è dato da:

$$Vs30 = 30 / \sum_{i=1,N} (h_i/V_i)$$

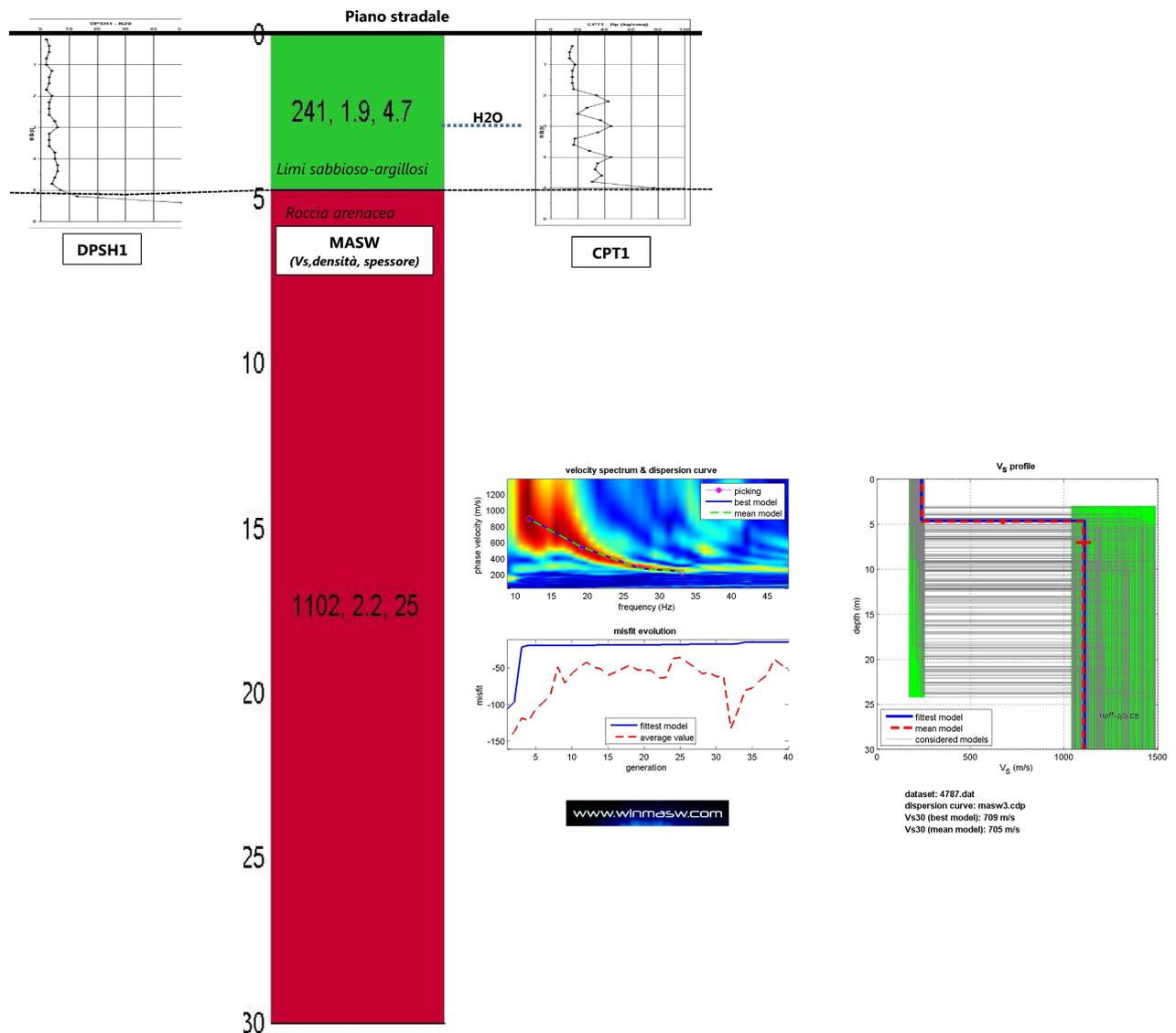
dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio SH (in m/sec.) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori.

Per la determinazione della categoria di suolo di fondazione si è fatto quindi ricorso ad indagini sismiche di superficie eseguite mediante metodologia MASW per il presente studio nella posizione riportata in figura 3, i cui risultati sono riportati nella **figura 7** seguente (oltre che nel certificato in appendice).

Si ricava un valore **Vs = 241 m/sec** nell'orizzonte 1 (coperture) passante bruscamente a **Vs=1102 m/sec** nel sottostante orizzonte 2 litoide.

Facendo riferimento alla tabella 3.2.II del Decreto 14 gennaio 2008 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti “Norme Tecniche per le Costruzioni” il sito in esame ricade quindi nella **categoria di sottosuolo E**.

**Figura 7** - risultati indagine sismica di superficie e sua correlazione con il modello stratigrafico



**Tabella 3.2.II** – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
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 $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositati 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 $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositati 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 $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

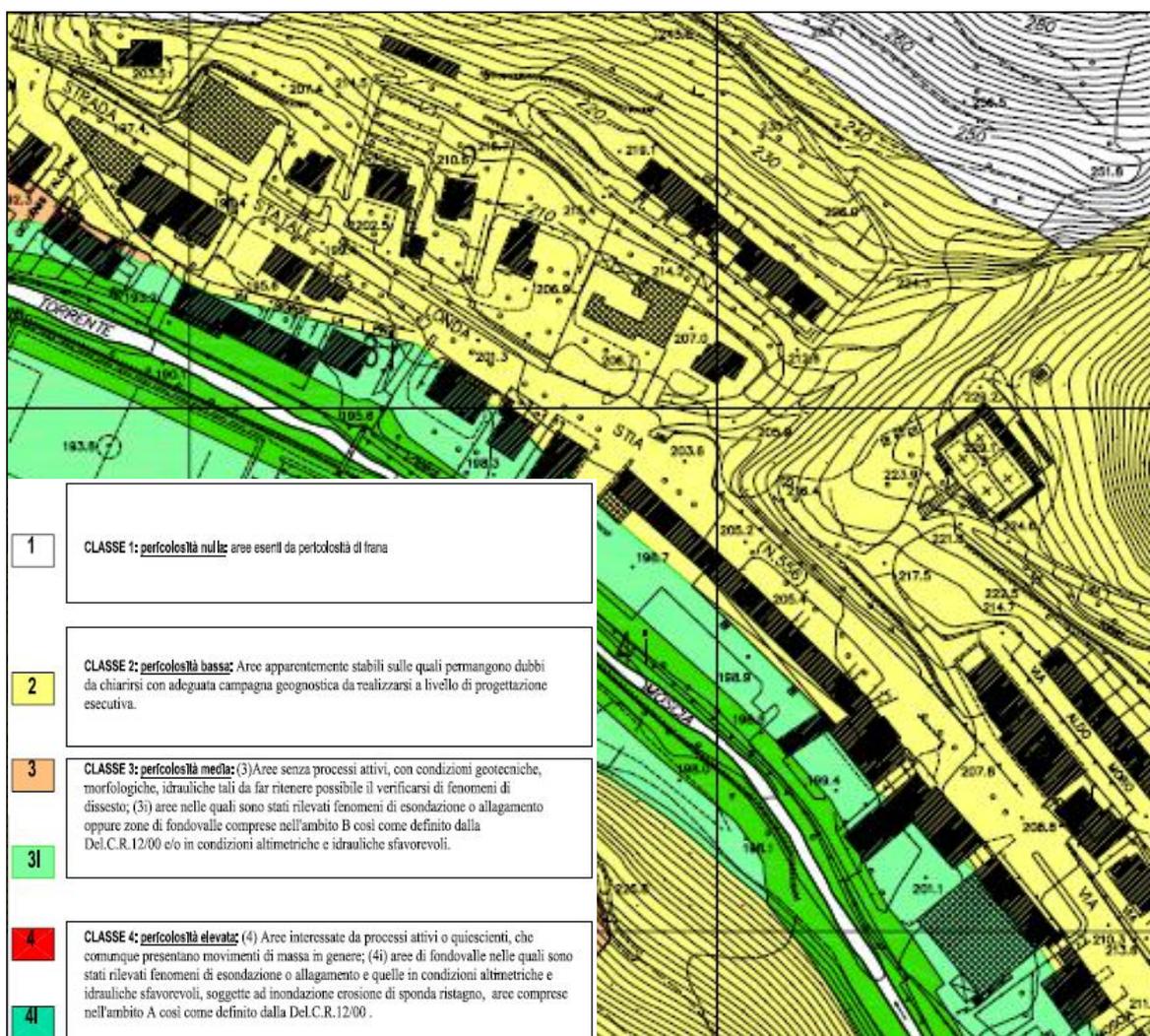
## 8. PERICOLOSITA' E FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO

### *Attribuzione della pericolosità negli strumenti urbanistici comunali*

Le tavole di pericolosità del RUC(vedi estratto di **figura 8**) assegnano all'area:

- Pericolosità geologica **bassa P2**
- Pericolosità idraulica **assente**

**Figura 8** - Estratto dalla tavola di pericolosità del RUC



### *Attribuzione della pericolosità nel PAI e PGRA*

Le tavole di pericolosità geomorfologica del PAI assegnano all'area:

- Pericolosità da frana generalmente **assente**, con un piccolo tratto (circa 80 m) in pericolosità **bassa PF1**

Le tavole di pericolosità idraulica del PGRA assegnano all'area pericolosità **bassa P1**

### ***Attribuzione della fattibilità dell'intervento***

Facendo riferimento agli abachi di fattibilità riportati in allegato alle NTA del RUC, si inquadra il presente intervento come tipologia n.9 "percorsi e aree di sosta pedonale" e n.10 "aree verdi a corredo della viabilità di arredo urbano e decoro": si assegna pertanto all'intervento **fattibilità geologica e idraulica 1 senza particolari limitazioni**.

## **9. VINCOLO IDROGEOLOGICO**

L'intero intervento risulta di trascurabile impatto sulle condizioni di stabilità dei terreni: infatti l'area è geologicamente caratterizzata da materiali lapidei di arenarie e siltiti con coperture detritiche attualmente rimodellate dall'attuale urbanizzazione, con condizioni locali di stabilità.

Per la corretta regimazione delle acque superficiali verranno realizzate lungo tutto il percorso nuove caditoie adeguatamente dimensionate in numero e portata per convogliare le acque di scorrimento nella rete fognaria esistente.

Sotto l'aspetto idrogeologico sia i lavori che le opere a regime sono ininfluenti sull'assetto delle acque di falda.

Sono previsti interventi di movimento terra con scavi da eseguire a mano e con mezzo meccanico per un totale di circa 1100 mc, da destinare a discarica. Tali scavi avranno profondità massima di 0,5 metri in corrispondenza delle fondazioni dei nuovi stalli di sosta.

Pertanto ai fini del Vincolo idrogeologico l'intervento è fattibile con le seguenti condizioni:

- durante i lavori di cantiere e al termine di essi dovrà essere garantita la funzionalità del sistema di smaltimento delle acque meteoriche;
- i materiali di demolizione potranno essere temporaneamente accantonati purchè in zona limitrofa e in condizioni di sicurezza, e quindi conferiti a discarica.

Firenze, 24 gennaio 2018

Dott. Geol. Nicolò Spolci

[Ordine Geologi della Toscana n.1251]



## **APPENDICE**

### Indagini geognostiche e sismiche in situ

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE**

<b>DIN</b>	<b>1</b>
referimento	<b>173-2016</b>
certificato n°	596/2016
n° verb. accett.	266 del 30-11-16

Committente: <b>Comune di Londa</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: 22/12/2016
Cantiere: <b>Indagine geognostica</b>	Pagina: 1/17	Data certificato: 30/01/2017
Località: <b>Londa - FI</b>	Elaborato:	Falda: -3,00 m da quota inizio

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>
0,20	1	2		14,9					
0,40	1	3		16,0					
0,60	2	3		16,0					
0,80	2	2		10,7					
<b>1,00</b>	2	2		10,7					
1,20	2	4		21,4					
1,40	2	3		16,0					
1,60	3	3		16,0					
1,80	3	2		10,7					
<b>2,00</b>	3	4		21,4					
2,20	3	3		16,0					
2,40	3	3		16,0					
2,60	4	3		16,0					
2,80	4	5		26,7					
<b>3,00</b>	4	6		32,1					
3,20	4	3		16,0					
3,40	4	3		16,0					
3,60	5	3		16,0					
3,80	5	5		26,7					
<b>4,00</b>	5	5		26,7					
4,20	5	6		32,1					
4,40	5	6		32,1					
4,60	6	5		26,7					
4,80	6	4		21,4					
<b>5,00</b>	6	7		37,4					
5,20	6	13		69,5					
5,40	6	50		267,2					

H = profondità  
 L1 = prima lettura (colpi punta)  
 L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)  
 qcd = resistenza dinamica punta  
 Asta = numero di asta impiegata

nota: Falda rilevata da aste bagnate

FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

<b>CPT</b>	<b>2</b>
riferimento	<b>173-2016</b>
certificato n°	597/2016
n° verb. accett.	266 del 30-11-16

Committente: <b>Comune di Londa</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: 22/12/2016
Cantiere: <b>Indagine geognostica</b>	Pagina: 1/17	Data certificato: 30/01/2017
Località: <b>Londa - FI</b>	Elaborato:	Falda: Assente

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	-	%	m	-	-	-	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	-	%
0,20	0,0	0,0		0,0	0,93	0									
0,40	16,0	30,0		16,0	0,87	18	5,4								
0,60	14,0	27,0		14,0	0,73	19	5,2								
0,80	14,0	25,0		14,0	0,73	19	5,2								
<b>1,00</b>	18,0	29,0		18,0	0,73	25	4,1								
1,20	16,0	27,0		16,0	0,87	18	5,4								
1,40	16,0	29,0		16,0	1,13	14	7,1								
1,60	16,0	33,0		16,0	0,47	34	2,9								
1,80	17,0	24,0		17,0	0,87	20	5,1								
<b>2,00</b>	34,0	47,0		34,0	0,67	51	2,0								
2,20	43,0	53,0		43,0	1,20	36	2,8								
2,40	27,0	45,0		27,0	1,33	20	4,9								
2,60	20,0	40,0		20,0	2,00	10	10,0								
2,80	37,0	67,0		37,0	1,60	23	4,3								
<b>3,00</b>	45,0	69,0		45,0	1,27	35	2,8								
3,20	35,0	54,0		35,0	1,87	19	5,3								
3,40	18,0	46,0		18,0	1,60	11	8,9								
3,60	17,0	41,0		17,0	1,07	16	6,3								
3,80	29,0	45,0		29,0	0,67	43	2,3								
<b>4,00</b>	45,0	55,0		45,0	2,87	16	6,4								
4,20	35,0	78,0		35,0	1,93	18	5,5								
4,40	33,0	62,0		33,0	1,53	22	4,6								
4,60	38,0	61,0		38,0	1,87	20	4,9								
4,80	31,0	59,0		31,0	0,80	39	2,6								
<b>5,00</b>	77,0	89,0		77,0											

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

qc = resistenza di punta  
 fs = resistenza laterale calcolata  
 0.20 m sopra quota qc  
 F = rapporto Begemann (qc / fs)  
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

nota:

FON049

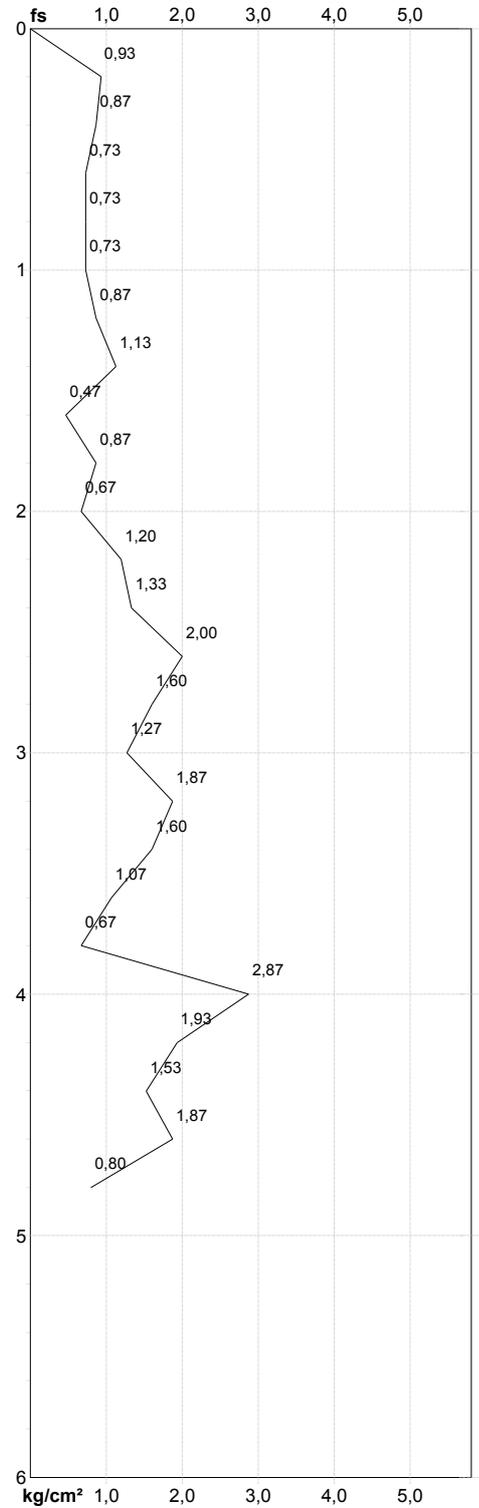
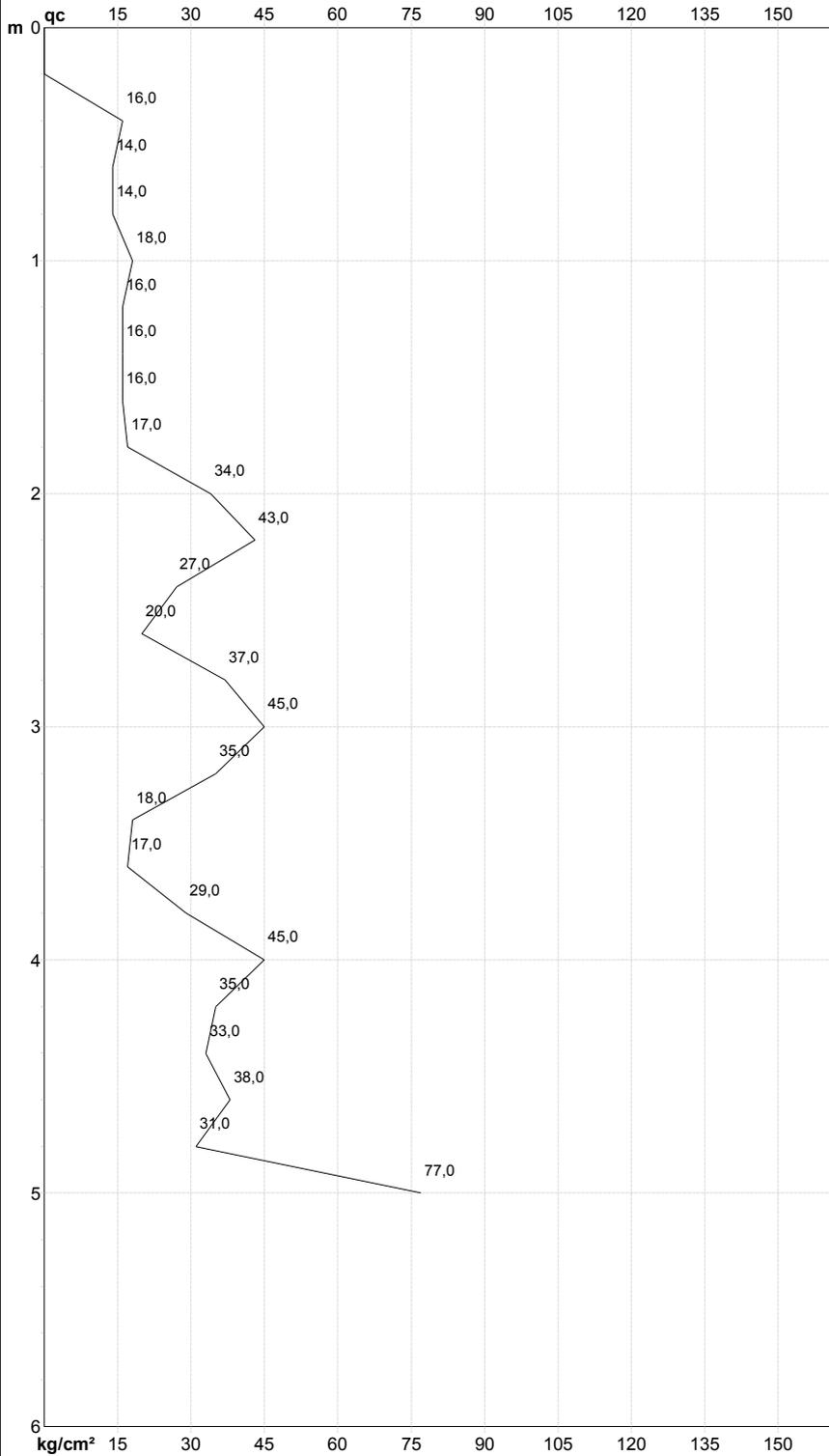
Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

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

<b>CPT</b>	<b>2</b>
riferimento	<b>173-2016</b>
certificato n°	597/2016
n° verb. accett.	266 del 30-11-16

Committente: **Comune di Londa**  
 Cantiere: **Indagine geognostica**  
 Località: **Londa - FI**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>** Data esec.: 22/12/2016  
 Scala: 1:30 Data certificato: 30/01/2017  
 Pagina: 2/17 Quota inizio: Piano Campagna  
 Elaborato: Falda: Assente



Penetrometro: TG63-200	Preforo: m
Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
Assistente:	Cod.ISTAT: 048025
	Cod. punta:

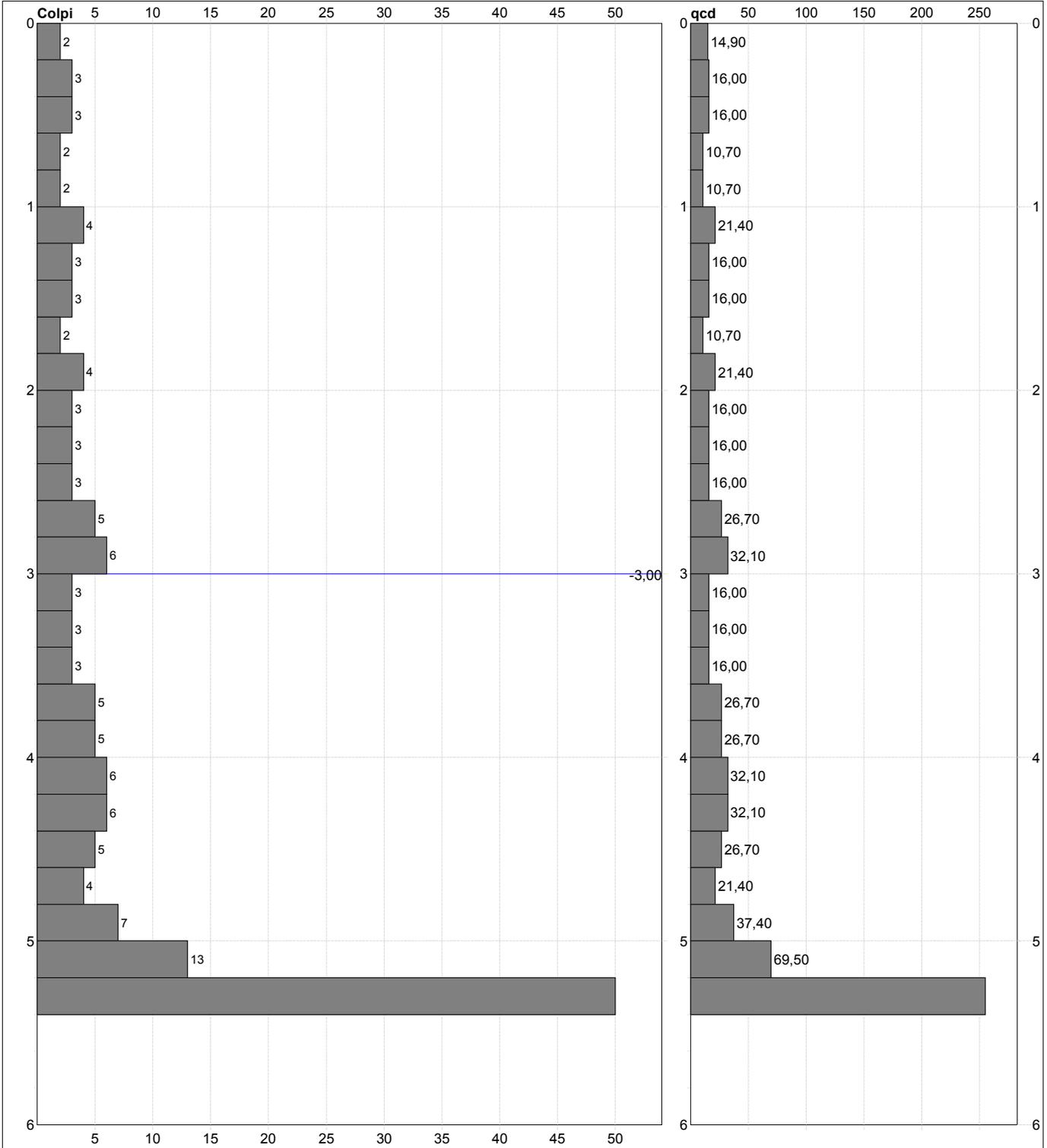
nota:

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA**

<b>DIN</b>	<b>1</b>
riferimento	<b>173-2016</b>
certificato n°	596/2016
n° verb. accett.	266 del 30-11-16

Committente: **Comune di Londa**  
 Cantiere: **Indagine geognostica**  
 Località: **Londa - FI**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>** Data esec.: 22/12/2016  
 Scala: 1:30 Data certificato: 30/01/2017  
 Pagina: 2/17 Quota inizio: Piano Campagna  
 Elaborato: Falda: -3,00 m da quota inizio



**Penetrometro:** DPSH (S. Heavy)  
 Massa battente: 63,50 kg  
 Altezza caduta: 0,75 m  
 Avanzamento: 0,20 m

Responsabile:  
 Assistente:

Preforo: m  
 Corr.astine: kg/ml  
 Cod.ISTAT: 048025

nota: Falda rilevata da aste bagnate

FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**SUDDIVISIONE GEOTECNICA**

**DIN 1**

Committente: <b>Comune di Londa</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: <b>22/12/2016</b>
Cantiere: <b>Indagine geognostica</b>	Pagina: <b>1</b>	Falda: <b>-3,00 m da quota inizio</b>
Località: <b>Londa - FI</b>	Elaborato:	

**PARAMETRI GENERALI**

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	$\beta$ -	Nspt colpi	rp kg/cm <sup>2</sup>	qc kg/cm <sup>2</sup>	Vs m/sec	G kg/cm <sup>2</sup>	Q kg/cm <sup>2</sup>	natura	descrizione
1	0,00 : 5,20	Media	4	1,52	6	22,4	24,1	122	50	1,12	Coes./Gran.	
2	5,20 : 5,40	Media	50	1,52	76	267,2	240,4	238	384	13,36	Coes./Gran.	

**NATURA COESIVA**

**NATURA GRANULARE**

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	W %	e -	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	$\phi$ °	E' kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	Yd t/m <sup>3</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Liq. -
1	0,00 : 5,20	6	0,38	1,85	37,04	1,00	36	22	28	238	1,89	1,43	139	---
2	5,20 : 5,40	76	4,75	2,10	20,20	0,55	183	95	44	777	2,21	1,94	770	---

nota: Falda rilevata da aste bagnate

FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

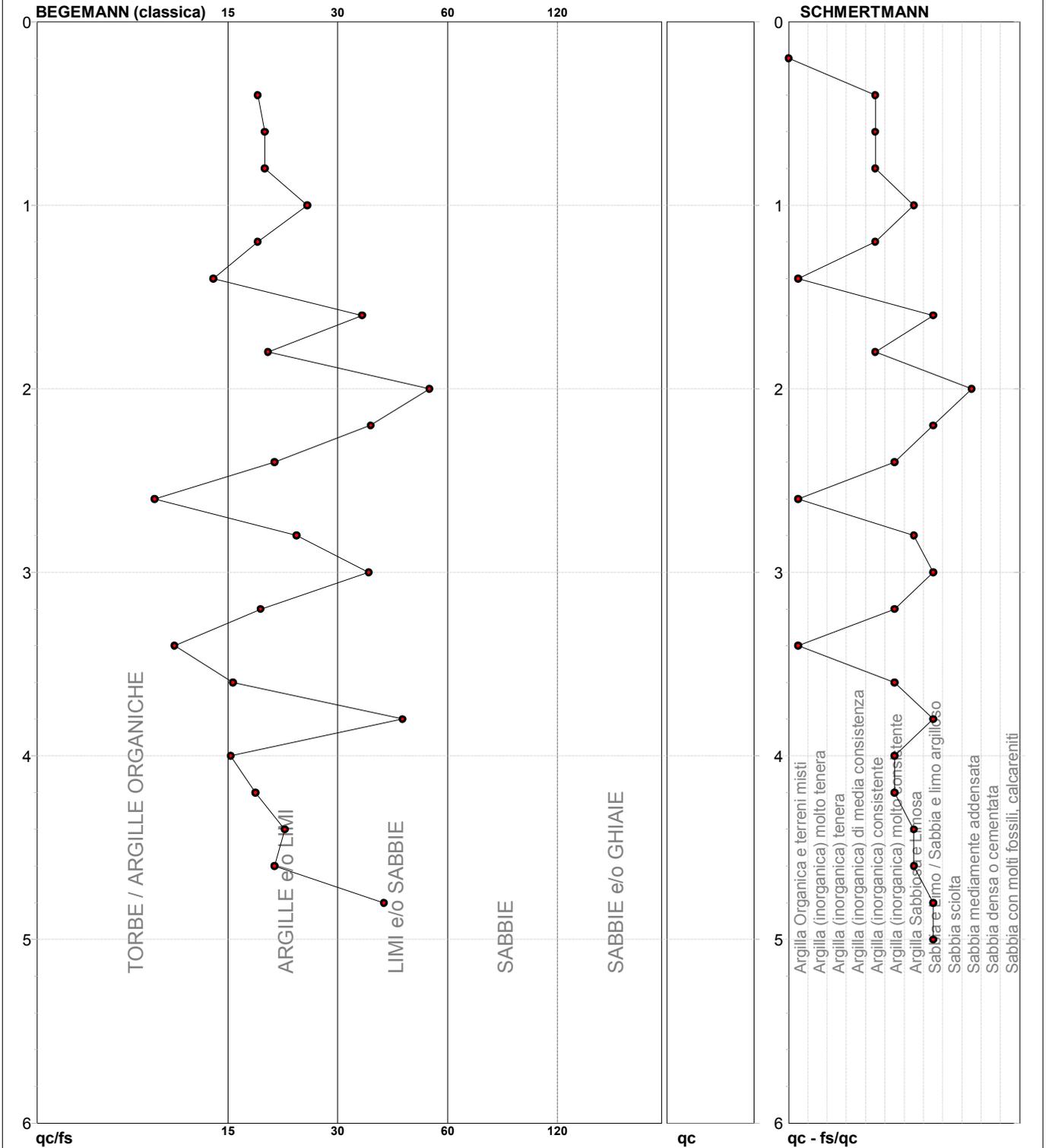
**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI LITOLOGIA**

**CPT**

**2**

Committente: **Comune di Londa**  
 Cantiere: **Indagine geognostica**  
 Località: **Londa - FI**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data eseg.: **22/12/2016**  
 Scala: **1:30**  
 Pagina: **1**  
 Elaborato:                      Falda: **Assente**



Torbe / Argille org. :	4 punti, 13,79%	Argilla Organica e terreni misti:	3 punti, 10,34%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	4 punti, 13,79%
Argille e/o Limi :	14 punti, 48,28%	Argilla (inorganica) consistente:	5 punti, 17,24%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	5 punti, 17,24%
Limi e/o Sabbie :	6 punti, 20,69%	Argilla (inorganica) molto consist.:	5 punti, 17,24%	Sabbia mediamente addensata:	1 punti, 3,45%



### TRIGEO snc

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

### FIRENZE

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

### AREZZO

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

## RELAZIONE TECNICA

**“INDAGINI GEOFISICHE DI  
SUPERFICIE MEDIANTE TECNICA  
MASW – CALCOLO Vs30 NTC  
2008 LUNGO LA SP 556  
"LONDA-STIA" A SUPPORTO  
DELLA MESSA IN SICUREZZA DELLA  
VIABILITÀ PEDONALE NEL TRATTO  
TRA IL CONFINE COMUNALE E LA  
SCUOLA MEDIA – LONDA (FI)”**

## COMMITTENTE : COMUNE DI LONDA

30 – GENNAIO - 2017



CERTIFICATO  
ISO N°14PA00028P06

ADDETTO ALLE PROVE  
NON DISTRUTTIVE E  
SEMIDISTRUTTIVE  
NEL SETTORE CIVILE

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



WWW.TRIGEO.IT

**INDICE**

<b>INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>1.0 SCHEMA OPERATIVO</b>	<b>3</b>
<b>2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA</b>	<b>4</b>
<b>3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI</b>	<b>6</b>
<b>4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA</b>	<b>6</b>
<b>5.0 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE OTTENUTA CON IL MASW</b>	<b>8</b>
<b>7.0 CONSIDERAZIONI FINALI</b>	<b>10</b>
<b>ALLEGATI</b>	<b>11</b>

## INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante metodologia MASW nel mese di Dicembre 2016, per conto della committenza, eseguita per lo studio di un'area posta lungo la S.P. 556 "Londa-Stia" nel centro abitato di Londa (FI), a supporto della messa in sicurezza della viabilità pedonale nel tratto tra il confine comunale e la scuola media.



**Figura 1:** Area d'indagine, S.P. 556 Londa - Stia - in località Londa (FI).

Dopo aver preso visione della zona e delle problematiche ad essa connesse è stata programmata, con il tecnico incaricato, **DOTT. GEOL. NICOLÒ SBOLCI** dello **STUDIO ASSOCIATO GEOTECNO**, una campagna di prospezioni geofisiche mediante Metodologia MASW, tesa a fornire i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette VS30), così come richiesto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni.

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

### 1.0 SCHEMA OPERATIVO

Nella **Tavola 01** allegata, è stato riportato un inquadramento corografico generale in scala 1:10.000, con inserita la sezione sismica eseguita e le coordinate UTM dei geofoni 1 e 24. Nella **Tavola 02** viene illustrata la planimetria di dettaglio in scala 1:500.

Dopo una prima analisi dei test eseguiti in loco ed in considerazione dei risultati prefissati ed in base agli spazi a disposizione è stata scelta una distanza intergeofonica di **2.0 m** per la sezione 1-1', eseguita con Onde P. La distanza inter-elettrodica è stata scelta al fine di poter calcolare la Vs 30 con Metodologia MASW. Complessivamente sono stati acquisiti **46 ml** di rilievo.

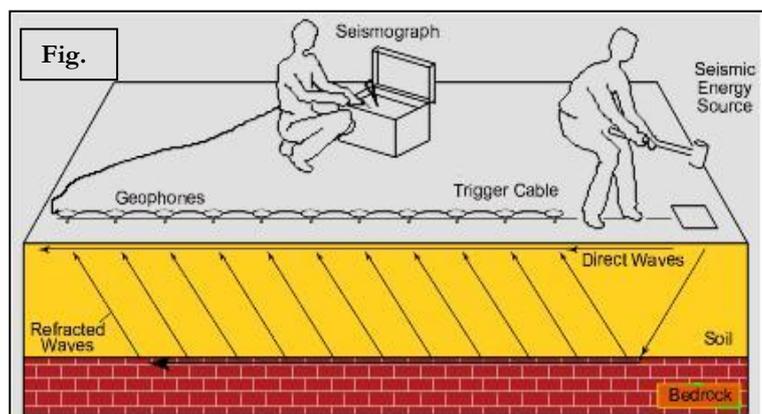


**Figura 2:** Fase di acquisizione della sezione sismica 1-1' – Londa (FI).

## 2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

- **INDAGINE SISMICA**

Il principio dell'analisi sismica è basato sul calcolo del tempo che impiega un'onda sismica ad attraversare differenti strati del sottosuolo; la velocità con cui la deformazione prodotta artificialmente si propaga nei terreni è funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni stessi e pertanto la possibilità di



determinare dette velocità con grande dettaglio permette di assegnare caratteri ragionevolmente realistici ai terreni da investigare e di seguirne l'andamento in profondità.

Un sistema digitale di acquisizione dati (Fig. 2) in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo PASI mod. 16S24 a 24 canali, dotato di filtri analogici e digitali, notch filter a 50 Hz ed Automatic Gain Control, con risoluzione di acquisizione pari a 24 bit con sovracampionamento e post-processing, 4 contatori indipendenti, base dei tempi 20 Mhz, accuratezza  $\pm 0.01\%$ , trattamento dei dati come Floating Point 32 bit, processore Pentium Intel, ambiente operativo Windows ed un Hard Disk da 10 Gb dove vengono immagazzinati i dati acquisiti, i dati sono quindi visualizzati sul display VGA a colori in LCD-TFT 10.4". le registrazioni vengono gestite dal PC interno ed in seguito trasferite mediante RS232 ad altri PC per le successive elaborazioni.

Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni "PASI" verticali, del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 4.5-10 Hz, 70 % di smorzamento. Il cavo di connessione tra geofoni e sismografo è uno standard NK-27-21C.

Generalmente come sorgente di energia sismica per le onde P, nel caso di rilievi a piccola profondità si fa uso di una mazza da 8 kg o del Minibang: nel nostro caso, dato le distanze in gioco, l'utilizzo della mazza ha consentito di ottenere risultati ottimali.

In questo lavoro utilizzando il metodo "MASW" sono stati calcolati i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette VS30), come richiesto dalla nuova "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 14 Gennaio 2008 e dall'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003.

- **MASW**

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio orizzontali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980 ) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più

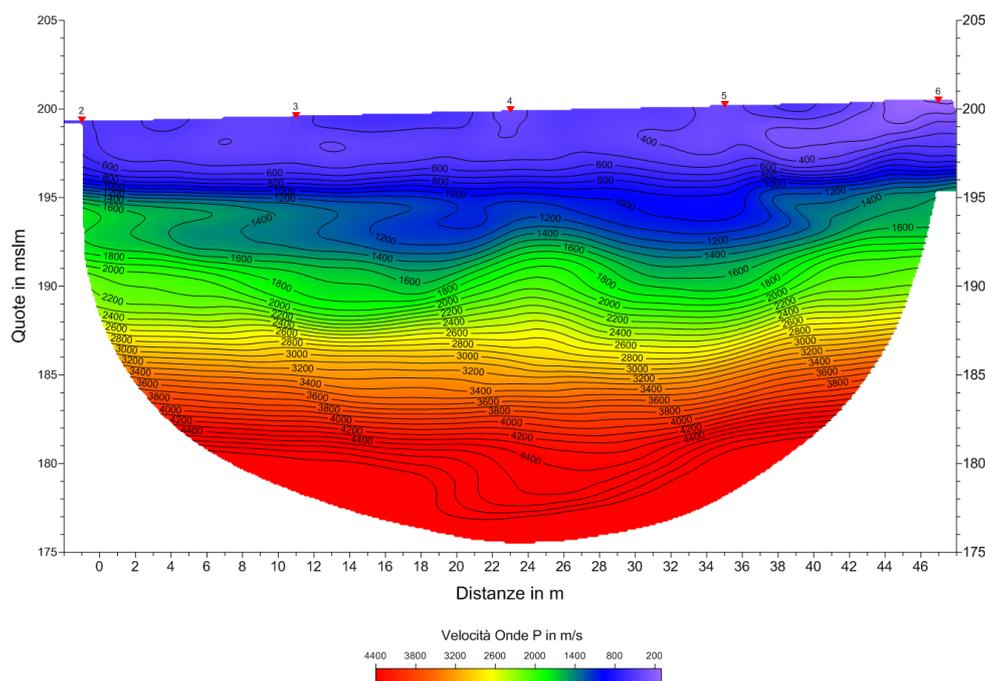
superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo utilizzato nel presente lavoro le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30 m-50 m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50 m, in funzione della rigidità del suolo. Il software utilizzato nel presente lavoro è il **WIN-MASW 4.3** della Eliosoft.

### 3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI

Nella **Tavola 03** sono riportati i risultati dell'elaborazione tramite il Programma WinMasw.

### 4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA

Per il calcolo del modello di velocità (onde SH), ottenuto da WinMasw, sono state usate informazioni ottenute dall'elaborazione della sezione anche con tecnica tomografica la quale ha evidenziato, la presenza di materiale superficiale con spessori costanti lungo tutta la sezione, mediamente attorno ai 4.00/5.00

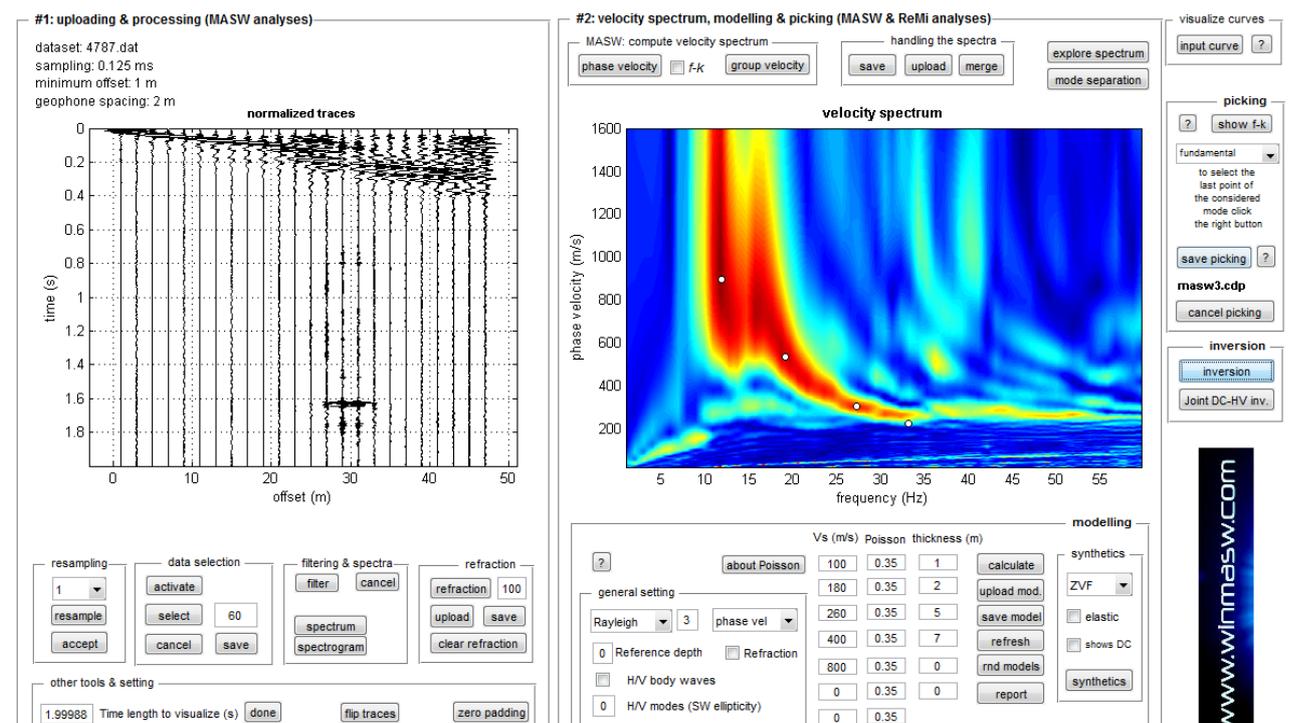


m. I materiali più profondi, non presentano oscillazioni degne di rilievo e si presentano omogenei e compatti. Il raffittimento delle curve di isovelocità, a partire dalla curva dei 1.200-1.400 m/s, indicano il passaggio al substrato roccioso integro.

I dati sono stati quindi interpretati soltanto mediante metodologia MASW.

L'elaborazione con metodologia MASW fornisce lo spettro delle velocità, all'interno del quale viene eseguito il picking. La curva di dispersione ottenuta consente di estrapolare il modello di velocità (Vs) riportato nella Tavola 02 ed utilizzato nel calcolo della Vs30.

Viene qui di seguito riportato il *report* del processing dei dati:



**BEST MODEL**

Vs (m/s): 239 1107  
 thickness (m): 4.6307

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 498 2071  
 Density (gr/cm3): 1.89 2.23  
 Vp/Vs ratio: 2.08 1.87  
 Poisson: 0.35 0.30  
 Shear modulus (MPa): 108 2734

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

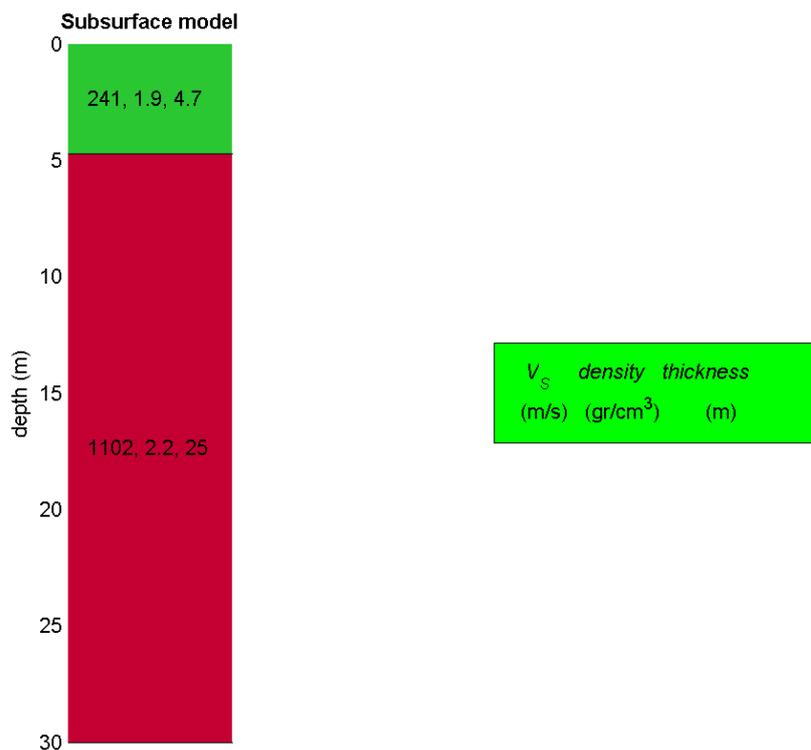
Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
11.8506	903.5424
19.0998	549.2137
27.2091	276.9723
33.1068	242.0211

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 30 m

**Vs30 (best model): 709 m/s**



## 5.0 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE OTTENUTA CON IL MASW

Il Masw fornisce i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette Vs30), così come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni.

Le "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" definiscono 7 tipologie di suoli principali:

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

La profondità tenuta in considerazione nel calcolo della Vs30 differisce in funzione del tipo di fondazione e del tipo di opera:

Per le **fondazioni superficiali**, tale profondità è riferita al **piano di imposta** delle stesse, mentre per le fondazioni su **pali** è riferita alla **testa dei pali**.

Nel caso di **opere di sostegno di terreni naturali**, la profondità è riferita alla **testa dell'opera**.

Per **muri di sostegno di terrapieni**, la profondità è riferita al **piano di imposta** della fondazione.

Sulla base delle caratteristiche litologiche, ma soprattutto sulla base dei valori di velocità ottenuti è stato possibile definire il valore di Vs30 per l'area in oggetto:

**Vs30=709 m/s**

La **Vs30** così calcolata rappresenta un'assunzione sempre cautelativa, poiché calcolata dal piano campagna e non dal piano di posa delle fondazioni. Si rimanda al tecnico incaricato la definizione più precisa, in funzione della tipologia fondale dell'opera.

## 7.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio ha individuato le caratteristiche geofisiche dei materiali superficiali e profondi lungo la SP 556 "Londa-Stia", a supporto dell'intervento di messa in sicurezza della viabilità pedonale nel tratto tra il confine comunale e la scuola media – Londa (FI).

L'indagine geofisica di superficie, eseguita mediante metodologia **MASW**, ha permesso, di ricostruire il modello di distribuzione della Vs30 in profondità.

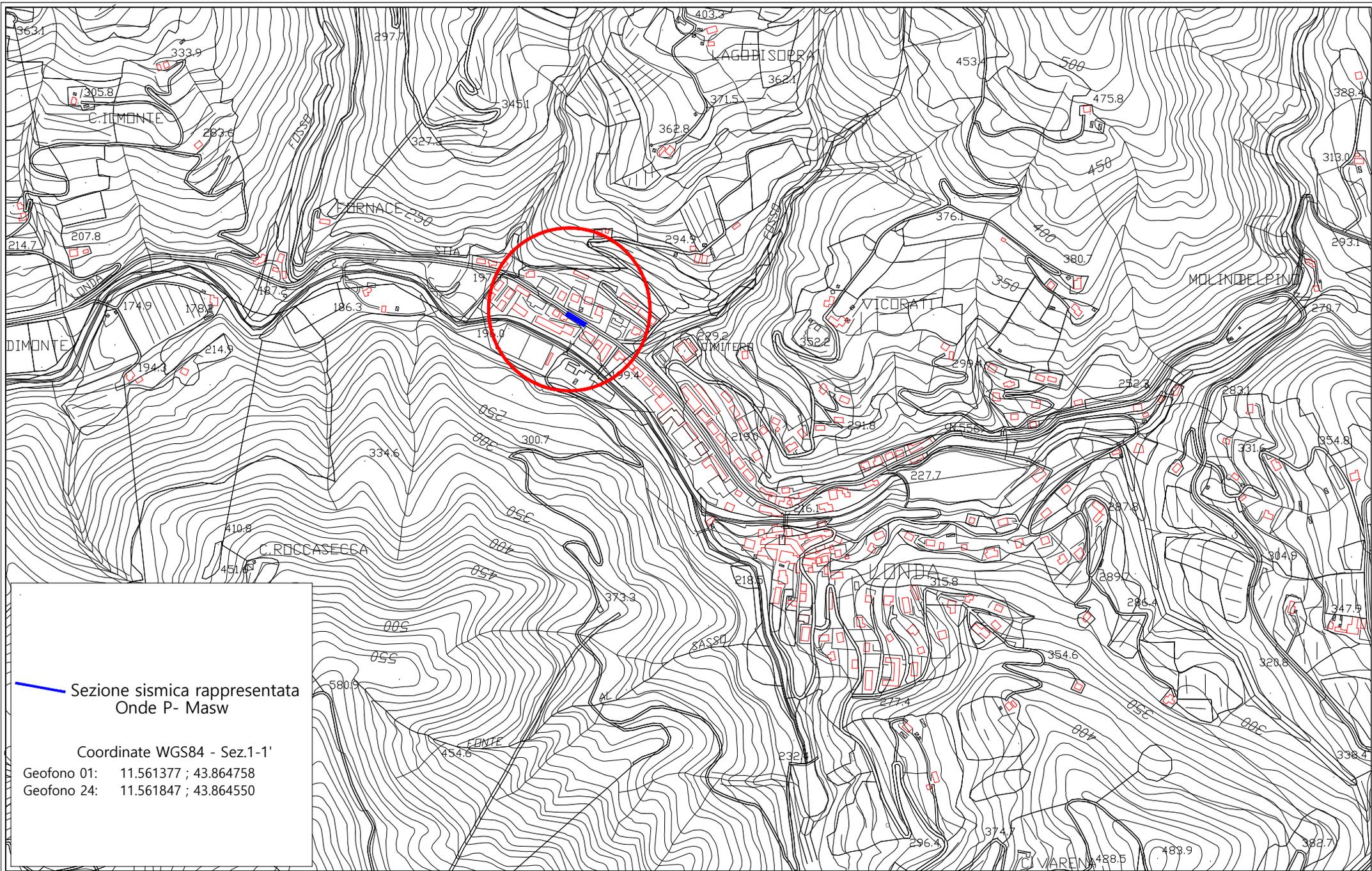
Sulla base di quanto fino ad ora riportato è possibile trarre le seguenti considerazioni conclusive relativamente all'area in oggetto:

- è stata calcolata mediante metodologia **MASW**, come previsto dal D.M. 14/01/2008, una Vs30 mediata sui primi 30 m da p.c pari a **709 m/s.**

Firenze, lì 30/01/2016

TRIGEO SNC  
**TRIGEO s.n.c.**  
di Nazzari Andrea / Dato G. Benedetto  
Via Mazzini n°19 - 52011 - SOCI (AR)  
P.IVA 020226110518  
Tel/Fax 0573 234820 - 056 9862212  
Cell. 329 5248117 - 328 7213623  
www.trigeo.it - info@trigeo.it

## ALLEGATI

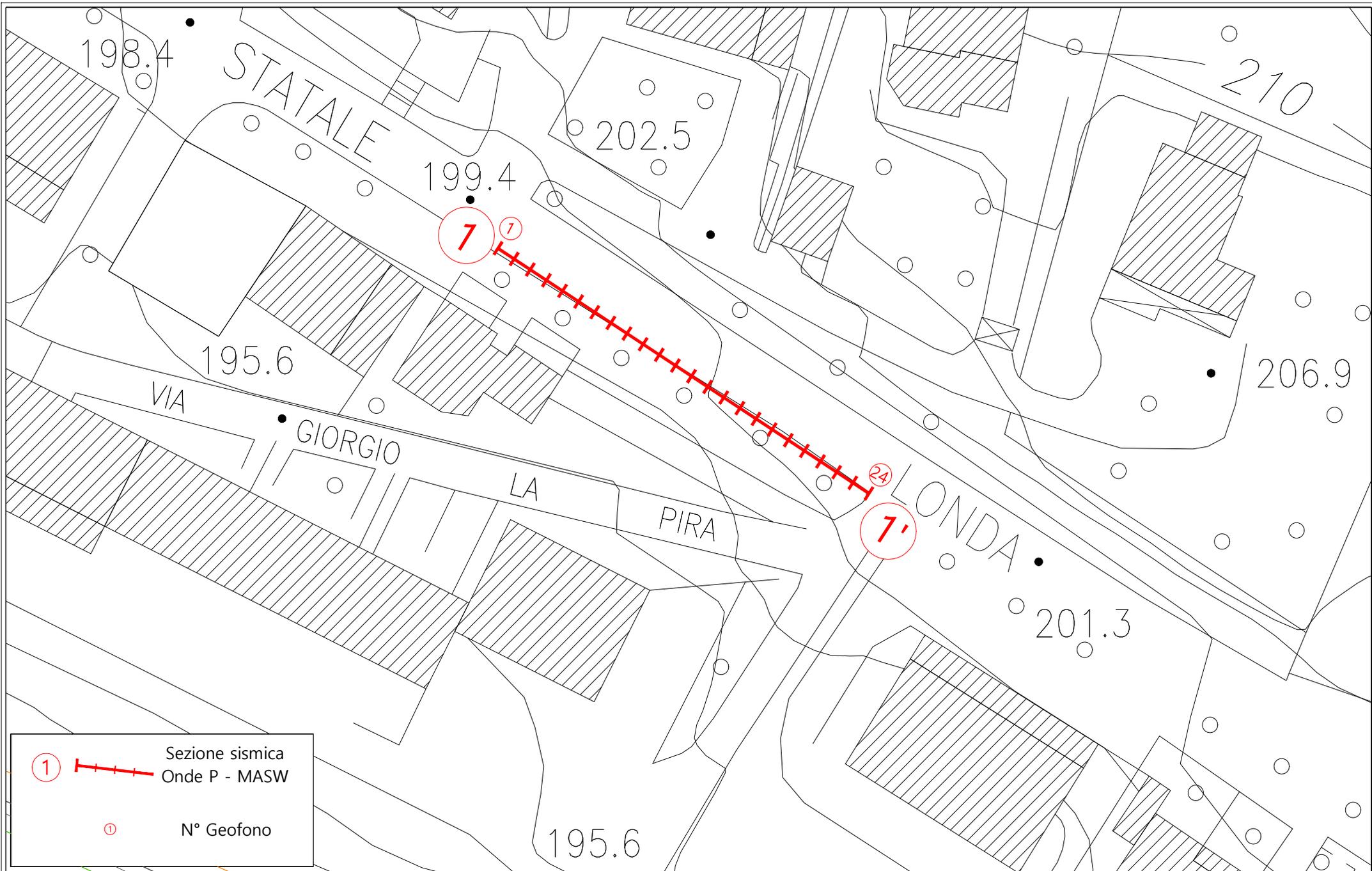


Scala 1: 10000

Gennaio 2017

Tavola 01 - Planimetria generale - Londa (Fi)

TRI+GEO



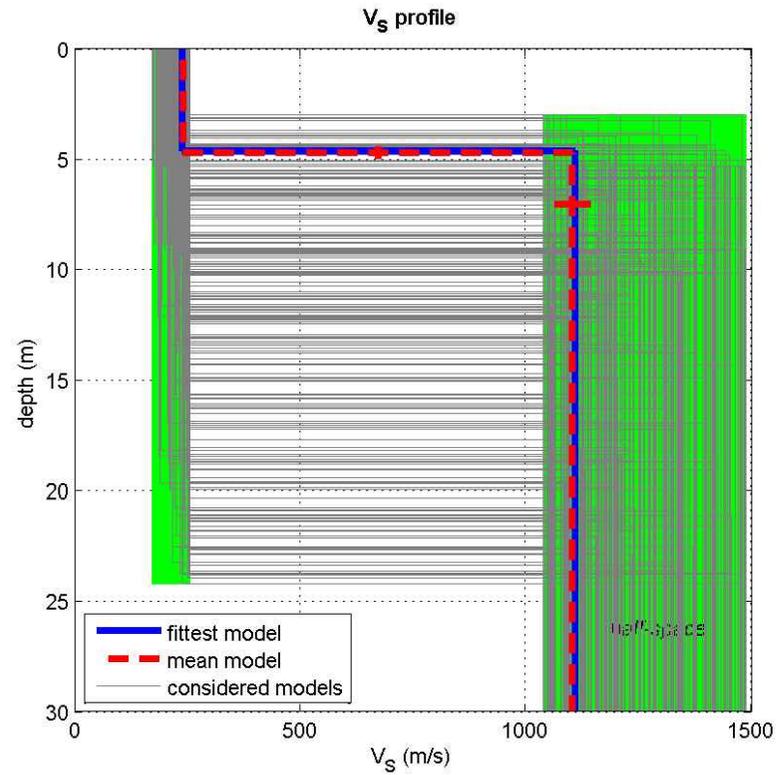
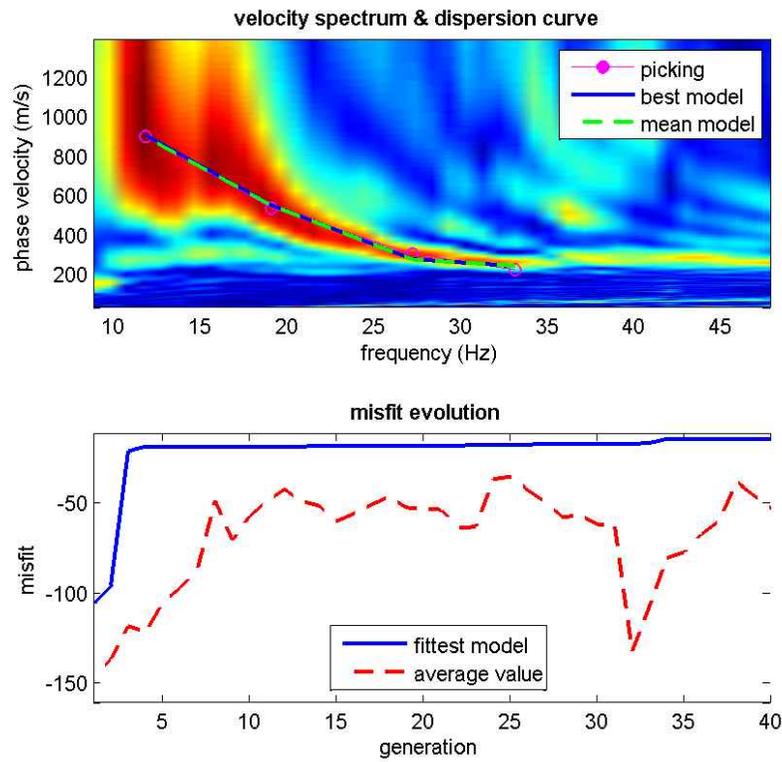
Scala 1: 500

Gennaio 2017

Tavola 02 - Planimetria di dettaglio - Londa (Fi)

TRI+GEO

Elaborazione MASW Sezione 1-1'



dataset: 4787.dat  
 dispersion curve: masw3.cdp  
 Vs30 (best model): 709 m/s  
 Vs30 (mean model): 705 m/s

[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)