

ALESSANDRA BISERNA GEOLOGA
Via dei Bevilacqua, 133/e, S. Quirico di Moriano
55100 LUCCA
CELL. 333 6744960
C.F.: BSRLSN60R43E715B - P. IVA: 01357840469
e-mail: alessandrabiserna@gmail.com
alo484a@geologitoscana.net

PROVINCIA DI LUCCA

COMUNE DI LUCCA

□ VALUTAZIONI SULLA
VULNERABILITA' SISMICA PER
LAVORI DI RESTAURO E
RISANAMENTO CONSERVATIVO
DELLE SERRE ORTO BOTANICO



Immagine tratta da Google Earth

Ubicazione: via del giardino Botanico

Committenza: Comune di Lucca

Progettista:
STUDIO INTRE

RELAZIONE GEOLOGICA

Tecnico incaricato:
GEOL. ALESSANDRA BISERNA

marzo 2026

INDICE

1- PREMESSA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
2- INQUADRAMENTO TERRITORIALE E PIANIFICATORIO.....	4
2.1- Lineamenti geografici e idrografia	4
2.2- Pianificazione sovracomunale.....	4
2.3- Pianificazione comunale.....	5
3- INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	9
4- MODELLO GEOLOGICO E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA	11
4.1- Stratigrafia da prove penetrometriche.....	11
4.2- Modello stratigrafico del sottosuolo.....	13
5- MODELLO SISMICO LOCALE.....	14
5.1- Indagini geofisiche e relativa interpretazione	14
6- CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DEL SITO.....	16
6.1- Sismicità storica.....	16
6.2 - Classificazione sismica.....	17
6.3 - Classificazione sismica di sito.....	18
6.4 - Coefficiente di amplificazione topografica	23
6.5- Individuazione dei nodi del reticolo di riferimento e calcolo dei parametri sismici.....	23
6.5 - Suscettibilità alla liquefazione.....	24
7 - CONCLUSIONI	25

TAVOLE

TAV. 1- Inquadramento topografico	scala 1:10.000
TAV. 2- Carta geologica	scala 1:10.000
TAV. 3- Carta di dettaglio con ubicazione delle prove di riferimento	scala 1: 5000
TAV. 4- Planimetria e sezioni	s scala 1:100/200

ALLEGATI

- ALL.1- Indagini geognostiche e sismiche pregresse
- ALL. 2: Sezione geologica estratta dalla Tav. QG. 09 – Sezioni geologico-tecniche (fuori scala)
- ALL.3- Mappa della Pericolosità da alluvione
- ALL. 4- Eventi sismici per località da CPTI15 v4.0 - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani
- ALL. 5 - Parametri sismici

1- PREMESSA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente elaborato realizzato per conto del Comune di Lucca, si propone di fornire una ricostruzione geologica, geomorfologica, idrogeologica, stratigrafica e sismica del sito ai fini di un intervento di recupero per l'edificio detto "casermetta" facente parte del complesso immobiliare a varie funzioni posto all'interno delle aree pertinenziali dell'ORTO BOTANICO di Lucca.

La progettazione dell'intervento in oggetto è a carico dello **Studio INTRE di Lucca**.

Il fabbricato, che si presenta attualmente integro strutturalmente, è di epoca seicentesca e si colloca a ridosso della cinta muraria della città, estendendosi anche in parte al di sotto del terrapieno delle stesse opere murarie, come evidenziato dalla sezione qui sotto riportata.

L'immobile si presenta dotato di un ingombro volumetrico irregolare: una porzione è posta in adiacenza alla cinta muraria, mentre l'altra è costituita da un passaggio voltato che attraversa il terrapieno della stessa. La configurazione del manufatto è meglio evidenziata nelle Tavole in allegato. Di fatto ha un ingombro planimetrico a forma rettangolare di 9.4 m x 19.8 m, al piano primo dove avverrà la ristrutturazione della copertura e un'altezza sempre per questa porzione di struttura pari a 3.3 m, in gronda.

Gli interventi in progetto, come già puntualizzato, riguardano principalmente il rifacimento della copertura, attualmente realizzata mediante capriate lignee che non risultano più strutturalmente idonee, come attestato dalla presenza di lesioni e fenomeni di degrado riscontrati sugli elementi portanti in legno.

L'intervento, configurandosi sostanzialmente come la **sostituzione di un elemento strutturale esistente** senza variazioni significative di schema statico e di carichi permanenti, **comporterà trascurabili modifiche delle tensioni massime trasmesse al terreno**. L'intervento prevede nel dettaglio la **sostituzione dell'attuale copertura** con una nuova struttura simile alla precedente, composta da elementi in legno (capriate, arcarecci, travicelli e mezzane). Sopra la struttura verranno realizzati una soletta collaborante e un pacchetto di copertura con isolamento termo-acustico, guaina impermeabile e manto di copertura. Oltre a questi interventi, è previsto la realizzazione di un cordolo sommitale, l'inserimento di catene sommitali, la realizzazione di collegamenti d'angolo per migliorare la stabilità della struttura, il rinforzo del solaio del piano mediante l'inserimento di travi metalliche.

Alla luce di queste premesse si è ritenuto sufficiente ricostruire il modello geologico di riferimento utilizzando informazioni disponibili dal Quadro Conoscitivo comunale (v. Allegati 1 e 2). In particolare sono state considerate, le seguenti indagini (v. ALL. 1) eseguite sempre nell'area urbana del centro storico della città (v. TAV. 3, a una distanza di ca. 200 m a NW, dal sito di interesse (Piazza S. Maria Forisportam):

- n. 4 prove penetrometriche -dinamiche (DPSH);
- n. 3 prove penetrometriche statiche (CPT);
- n. 1 sondaggio geognostico con prelievo di campioni in terra indisturbati e indagini di laboratorio
- n. 1 prova down hole - DH
- n. 1 misure di rumore ambientale (HVSR)
- n. 1 stesa sismica a rifrazione per onde P e onde Sh

La categoria di intervento che dovrà essere considerata nel Progetto di Fattibilità Tecnico ed Economica -PFTE, è la **classe di indagine 4** - ai sensi dell'art. 5 "Classi di indagine geologiche, geofisiche e geotecniche" del D.P.G.R. 19 gennaio 2022, n. 1/R "Disciplina sulle modalità di svolgimento dell'attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico", in pur essendo di classe III, con riferimento alla sua volumetria, in virtù del suo carattere di **opera rilevante** (Allegato 1 del summenzionato D.P.G.R. n. 1/R), viene automaticamente inserito nella classe di indagine n. 4. Per il presente rapporto tecnico, il quadro normativo di riferimento è il seguente:

- ✓ D.M. 17 gennaio 2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni";
- ✓ Circolare del 21 gennaio 2019, n.7 del C.S. LL. PP: -Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;

- ✓ D.G.R. 8 ottobre 2012 n. 878 “Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell’O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 – Revoca della DGRT 431/2006” e s.m.i. (D.G.R.T. n°421 del 26/05/2014);
- ✓ L.R. n. 65 /2014 – Norme per il governo del territorio;
- ✓ L.R. n. 41, del 24 luglio 2018. Disposizioni in materia di rischio di alluvione di tutela dei corsi d’acqua [...].
- ✓ D.P.G.R. 01/R 2022 - Regolamento di attuazione dell’articolo 181 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento dell’attività di vigilanza e verifica ca. delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico.
- ✓ Autorità di Distretto Appennino Settentrionale: Piano di bacino stralcio “Assetto Idrogeologico del distretto idrografico dell’Appennino settentrionale per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica” (PAI dissesti), e relative misure di salvaguardia - Gazzetta Ufficiale n.82 del 8 aprile 2024.
- ✓ Piano Strutturale- PS- comunale approvato con del. C.C n. 39 del 24/04/2017.
- ✓ Piano Operativo – PO -comunale adottato con del. C.C n. 103 del 26/10/2021

2- INQUADRAMENTO TERRITORIALE E PIANIFICATORIO

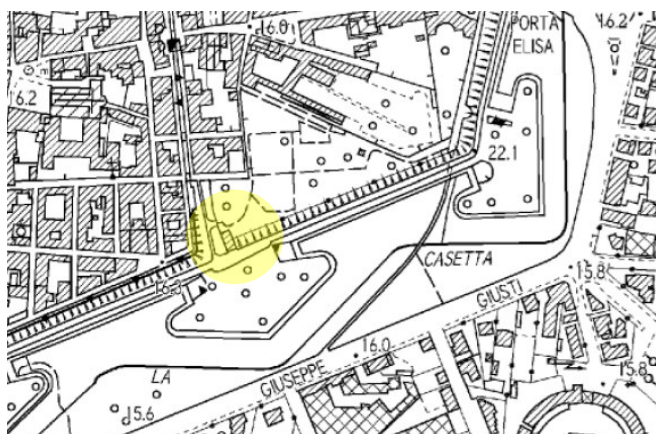
2.1- Lineamenti geografici e idrografia

L’ambito territoriale della pianura alluvionale di Lucca è rappresentato da una zona, piuttosto vasta, contrassegnata da due importanti e contigui bacini imbriferi: quello del Serchio e quello dell’ex lago di Bientina.

Le aree collinari, poste al margine della pianura lucchese sono individuabili nelle pendici meridionali delle Apuane, a ovest nord-ovest, nelle alture del subappennino, a nord - monti delle Pizzorne -, e in quelle del monte Pisano, a sud.

La pianura lucchese è fortemente caratterizzata dal sistema idrico dell’alveo del Serchio e dalla complessa rete dei suoi tributari, a cui si aggiunge il diffuso reticolo di fossi campestri e talvolta di canali artificiali.

L’area in esame, a quota di ca. **16.5 m s.l.m.** ed inclusa nel Foglio 261110 del CTR 10k, si colloca come già puntualizzato, in corrispondenza del centro storico delle città di Lucca, in adiacenza all’imponente manufatto della cerchia muraria, nel settore di SE.



Estratto da Regione Toscana -

SIPT: Cartoteca - CTR 10 FOGLIO 261150

2.2- Pianificazione sovracomunale

Dalle cartografie riguardanti la pianificazione sovracomunale dell’**AUTORITA’ di DISTRETTO APPENNINO SETTENTRIONALE**, ma in particolare, trattandosi di un’area di pianura, dal **PGRA** - Del. C.I. n. 184, 3/03/2016 - si ha

per il sito in studio una **pericolosità da alluvioni fluviali P1**. Pertanto non si ravvedono particolari problematiche ai fini della presente valutazione tecnica (v. ALL. 3).

2.3- Pianificazione comunale

PS e PO comunale

Facendo riferimento alla cartografia presente nel **Piano Strutturale vigente** (approvato con Deliberazione C.C. n. 39 del 24/04/2017), redatto in conformità al D.P.G.R. 53/R/2011 ed al PAI del F. Serchio, si riassumono nella successiva tabella i principali vincoli e le classi di pericolosità che interessano l'area in esame, considerando aspetti geologici e sismici e/o ad essi correlati.

SCHEMA RIASSUNTIVO DEI VINCOLI DA PIANO STRUTTURALE (2016)	
Tavola	Vincolo – Classe di pericolosità
Carta geologica (Tav.QG01)	Il sito ricade su depositi alluvionali di età olocenica – all, all1 : Ghiaie, sabbie e limi di composizione poligenica, ghiaie monogeniche a ciottoli di arenaria Macigno in matrice sabbiosa, di colore rosso ocra in più ordini di terrazzi (bnb). Età: Olocene;
Carta geomorfologica (Tav.QG02)	Il sito si colloca al disopra di depositi alluvionali e più precisamente sulla traccia di un paleoalveo fluviale;
Carta litologico-tecnica (Tav.QG03)	I terreni di imposta del sito in studio sono descritti come sabbie limose, miscela di sabbia e limo;
Carta idrogeologica (Tav.QG04)	I terreni presenti sono descritti ad ALTA VULNERABILITA': falda acquifera libera in materiali a granulometria mista, con scarsa o nulla copertura. Inoltre buona parte dell'are dell'Orto botanico viene ad essere inclusa nella fascia di rispetto per punti di prelievo ad uso acquedottistico;
Carta della pericolosità geomorfologica (Tav.QG05)	L'area ricade in classe di pericolosità geomorfologica bassa – G1 : aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfo-evolutivi;
Carta delle microzone omogenee (MOPS) (Tav.QG08)	La zona di interesse è definita come zona stabile suscettibile di amplificazione topografica-zona Z7.
Carta delle categorie di sottosuolo (Tav.QG10)	Il sito ricade in aree di tipo C a carattere presunto;
Carta della pericolosità sismica (Tav.QG11)	L'area ricade in classe di pericolosità sismica media – S2 : zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3);
Carta delle aree a pericolosità idraulica (Tav.QG15)	L'area in esame ricade in classe di pericolosità media - I.2 , riferibile ad aree a pericolosità idraulica moderata e tempo di ritorno > a 200 anni

In seguito all'approvazione del **Piano Operativo**, avvenuta in tempi recenti (2024) il quadro geologico-tecnico (QG) è stato altresì corredato e supportato da approfondimenti di indagine, studi specialistici ed analisi che integrano ed aggiornano il PS vigente. In particolare successivamente attraverso una tabella di sintesi si riportano in elenco le mappe tematiche ritenute significative per il presente rapporto tecnico e si precisa l'elenco degli elaborati del PS che non hanno subito alcuna variazione:

- QG 01 Nord, centro e sud - Carta geologica
- QG 04 Nord, centro e sud - Carta idrogeologica e della vulnerabilità degli acquiferi
- QG 10 Nord, centro e sud – Carta delle categorie di sottosuolo

SCHEMA RIASSUNTIVO DEI VINCOLI DA PIANO OPERATIVO COMUNALE (2024)	
Tavola	Vincolo – Classe di pericolosità
Carta delle indagini e dei dati di base QG 03b.4	Nell'area in esame non sono presenti misure di rumore sismico (H.V.S.R. -Stazione microtremore a stazione singola); si riscontrano invece nelle vicinanze;
Carta geologico tecnica QG 03b.4	I terreni di copertura sui quale ricade l'area in esame, sono costituiti da ghiaie limose, miscela di ghiaia e sabbia (GW);
Carta della pericolosità geologica - QG 05.4	L'area ricade in classe di Pericolosità geomorfologica bassa – G1 : aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfo-evolutivi;
Carta delle frequenze fondamentali dei terreni QG 06.4	L'area in esame non presenta misure di rumore sismico (H.V.S.R.), tuttavia, si riscontrano nelle vicinanze; la zona è inserita nella Zona 18: Sabbie limose, miscela di sabbia e limo – SM (5-10m) su ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia – GW (10-30m) su coesivo sovra-consolidato – CO (10->100m) (>30 m nel complesso) su substrato lapideo stratificato – LPS (>100 m) ;
Carta di Microzonazione Sismica di livello 2: Fha 0.1- 0.5 – QG 07°.4	L'area in esame ricade in prossimità di due zone stabili suscettibili di amplificazioni locali: B e C . In particolare all'area di sedime del fabbricato in studio è assegnato un Fattore di Amplificazione – FA compreso tra 1,1 e 1,2 (B) ;
Carta di Microzonazione Sismica di livello 2: Fha 0.5 – 1.0 – QG 07b.4	L'area in esame ricade al limite di due zone stabili suscettibili di amplificazioni locali: F e C . In particolare all'area di sedime del fabbricato in studio si ha come FA, il valore compreso tra 1,3 e 1,4 ;
Carta di Microzonazione Sismica di livello 2: Fha MAX – QG 07c.4	L'area in esame ricade al limite di due zone stabili suscettibili di amplificazioni locali: F e C . In funzione di quanto sopra indicato al sito è quindi assegnato come FHMAX – il valore compreso tra 1,3 e 1,4 ;
Carta delle nuove MOPS (Microzonazione sismica di livello 1) – QG 08.4	L'area in esame ricade in zone stabili suscettibili di amplificazioni locali: Zona 18 ; come riportato anche nella <i>Carta delle frequenze fondamentali dei terreni</i> , la misura di rumore sismico di riferimento è siglata Tr99 ;
Carta della pericolosità sismica locale – QG 11.4	Pericolosità sismica locale media – S.2. estratto da Relazione illustrativa indagini geologiche- QG19: a) <i>zone stabili suscettibili di amplificazioni locali connessi con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore a 1hz; (ZONE MOPS 2018 E 2019)</i> b) <i>zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (Fx) < 1.4; (ZONE MOPS 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2009, 201, 2017, 2018, 2019, 2020, 2022)</i> c) <i>[...]</i> d) <i>zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, non rientranti tra quelli previsti nelle classi di pericolosità sismica S.3.</i>
Carta della pericolosità da alluvioni –QG 15.4	L'area in esame ricade in classe di pericolosità da alluvione P2 , riferibile ad aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti o a pericolosità media (aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e inferiore o uguale 200 anni)
ALL. G1 Dati geognostici e geofisici	Tenendo conto della modesta rilevanza della tipologia di intervento previsto, da questo documento sono state ottenute le indagini di riferimento eseguite comunque in aree di analoga composizione e natura lito-stratigrafica e

Oltre a questa documentazione per il quadro geologico e sismico dell'area in studio è stata considerata la **Tavola QG 09 delle sezioni geologiche** "finalizzate ad esplicitare i rapporti tra le formazioni rocciose ed i depositi quaternari, anche nell'ottica della pericolosità sismica e ad illustrare il passaggio tra le zone con substrato roccioso posto a profondità <30 m e zone con substrato posto a profondità >30 m". Un estratto del tratto della sezione di interesse è riportato in ALL. 3.

Di seguito si riportano gli estratti cartografici delle mappe del PO riguardanti le condizioni di pericolosità del sito:



Estratto cartografico da tavola:
QG 05.4 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA
 PO - 2024

Classi di pericolosità geologica

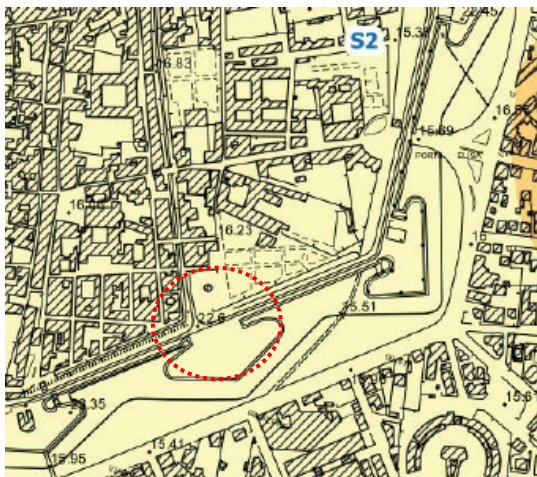
G1	G1= Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche e giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.
G2	G2= Aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori a 15°; conoidi misti detritico-alluvionali; aree interessate da DGPV presunte.
G3a	G3a= Frane quiescenti; aree con potenziale instabilità connessa a giacitura, acclività e litologia; masse rocciose dislocate unitamente da movimenti franosi; aree interessate da DGPV certe; corpi detritici su versanti con pendenze superiori a 15°; conoidi di detrito pedemontani e conoidi soggetti a fenomeni di debris-flow.
G3b	G3b= Aree interessate da possibili instabilità di tipo gravitativo, erosivo e/o dovuti all'azione delle acque incanalate negli alvei naturali, per effetto di condizioni geomorfologiche e fisiche sfavorevoli che determinano elevata propensione al dissesto.
G3*	G3*= Aree in rocce coerenti e semicoerenti soggette a franosità per forte acclività, in particolare aree esposte a possibili fenomeni di crollo o distacco di massi, aree al bordo di terrazzi fluviali o morfologici.
G4	G4= Aree interessate da fenomeni franosi attivi e relative aree di evoluzione; aree con presenza di intensi fenomeni geomorfologici attivi di tipo erosivo; doline attive.



Estratto cartografico da tavola:
QG 05.4 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA ALLUVIONE
 PO - 2024

Classi di pericolosità da alluvione

- P1** P1= Aree a pericolosità per alluvioni rare o a pericolosità bassa (aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni).
- P2** P2= Aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti o a pericolosità media (aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e inferiore o uguale a 200 anni).
- P3** P3= Aree a pericolosità per alluvioni frequenti o a pericolosità elevata (aree inondabili da eventi con tempo di ritorno inferiore o uguale a 30 anni).



Estratto cartografico da tavola:
QG 11.4 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA
 PO - 2024

- S1** Pericolosità bassa: Zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.
- S2** Pericolosità media: Zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3).
- S3** Pericolosità elevata: Zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica; zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.
- S4** Pericolosità molto elevata: Zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici.

Per quanto riguarda la **Fattibilità**, dalla specifica relazione del PO – **elaborato QG.01 – Relazione generale di fattibilità** – si analizzano di seguito le disposizioni previste in funzione delle diverse classi di pericolosità assegnate al sito di interesse.

Dal § 2.0 le **condizioni di fattibilità geologica** per l'area in studio si ha:

2.5. Le condizioni di fattibilità nelle aree a pericolosità geologica bassa (G.1)

- 1. Nelle aree caratterizzate da una classe di pericolosità geologica bassa (G.1) le condizioni di attuazione degli interventi ammessi dal P.O. non presentano limitazioni o prescrizioni di carattere geomorfologico.**
- 2. Le condizioni di attuazione degli interventi sono rappresentate dagli usuali approfondimenti di carattere geotecnico da eseguirsi a livello di intervento diretto sulla base di indagini commisurate a quanto stabilito dalle NTC 2018, finalizzate ad una corretta progettazione degli interventi stessi.**
- 3. In particolare le indagini di supporto alla progettazione edilizia dovranno pervenire alla definizione del modello geologico di riferimento, comprensivo della relativa caratterizzazione stratigrafico-geotecnica ed idrogeologica. [...]**

Dal § 3.0 le **condizioni di fattibilità sismica** per l'area in studio si ha:

3.3. Le condizioni di fattibilità nelle aree a pericolosità sismica media (S.2)

1. Nelle aree definite nell'elaborato *QG. 11 a pericolosità sismica media (S2)* non vengono dettate condizioni di attuazione per la fase attuativa o progettuale degli interventi, salvo il rispetto degli approfondimenti dettato dall'NTC 2018 e dal regolamento di attuazione dell'articolo 181 della l.r.65/2014. [...]

Infine dal § 4.0 le **condizioni di fattibilità idraulica** per l'area in studio si ha:

4.2. Le condizioni di fattibilità nelle aree a pericolosità da alluvioni rare P1

1. Nelle aree definite nell'elaborato *QG. 15 a pericolosità da alluvioni rare (P1)* le condizioni di attuazione degli interventi ammessi dal P.O. non presentano limitazioni. [...]

Da quanto sopra illustrato, **non si ravvedono condizioni limitanti la fattibilità dell'intervento in oggetto**, tanto più che questo di fatto è rappresentato essenzialmente dal rifacimento di un tetto a elementi lignei in

3- INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

I terreni presenti nell'area di indagine sono riconducibili a **depositi alluvionali attuali e recenti – all1 – b1**, connessi con le recenti vicende geologiche che hanno interessato la pianura di Lucca, alla cui formazione hanno concorso le attività di erosione e di sedimentazione del F. Serchio e dei suoi tributari. In particolare come indicato dalla **Carta geologica - Centro - QG01** del PS comunale, i depositi suddetti, sono caratterizzati, a partire dalla superficie, da una copertura di materiale fine, costituita in genere da **alternanze di livelli limo-argillosi e limo-sabbiosi** (Bellettone), seguiti a profondità di alcuni metri da **sedimenti a granulometria più grossolana di facies francamente fluviale a composizione sabbiosa e ghiaiosa (Tav. 1)**.

- ✓ **All1 - b1- Ghiaie eterometriche, sabbie e limi di composizione generalmente poligenica dei terrazzi fluviali recenti – età Olocene.**

A questi terreni, di età quaternaria, succedono poi a quote dal p.c. di ca. 25÷30 metri, gli antichi **depositi alluvionali** di natura argillosa e sabbioso-conglomeratica, riconducibili ai cicli fluviali e fluvio-lacustri del Villafranchiano.

In TAV. 2 è riportata la **Carta Geologica** in scala 1:5.000, acquisita dal QC del PS – 2015, del Comune di Lucca.

Dal punto di vista geomorfologico, il sito trattandosi di una zona di pianura, **non presenta indizi di instabilità legati a pericolosità da frana, mentre si rileva la presenza di un percorso di paleoalveo dalla Carta geomorfologica di Tav. QG.02.4.**

Relativamente agli aspetti *idrogeologici*, i terreni alluvionali in questione sono sede di una falda, confinata in corrispondenza dei depositi sabbioso-ghiaiosi, alimentata nella zona essenzialmente dalla circolazione idrica del subalveo del F. Serchio e subordinatamente dalle locali infiltrazioni di acque meteoriche.

La zona in studio per le acque di superficie si inserisce nel quadro del **sistema idrografico della piana di Lucca**, ed è quindi rappresentata localmente da una rete di canalette, spesso tombate locate in genere lungo le viabilità del centro urbano, preposte all'allontanamento delle acque meteoriche.

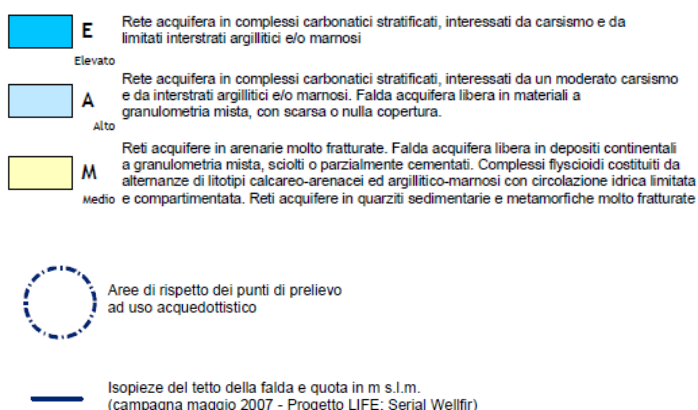
Più in generale si precisa che la Piana di Lucca è comunque caratterizzata da una rete artificiale di fossati a cielo aperto, di origine storica, riferibili al vecchio sistema di drenaggio e di alimentazione della pianura stessa, come il canale del **Pubblico Condotto**, che con il tratto denominato **“il fosso”** costeggia l'area dell'Orto botanico. Questo canale dopo essere uscito dalle mura urbane attraversa gli spalti delle mura e da qui in poi lo stesso, denominato C. Piscilla, nella zona della fraz. di Pontetetto, arriva infine a confluire nel Canale Ozzeri.

Secondo la **Carta idrogeologica e della vulnerabilità** (QC del PS comunale – QG04), nella zona studiata la **falda freatica si trova tra 13,0 e 13,5 m s.l.m.**, con una **soggiacenza di circa 3 m**. Il dato del maggio 2007, tratto dal Progetto Life “Serial Wellfir”, pur essendo relativo a un periodo normalmente piovoso, rappresenta un anno relativamente siccitoso, quindi con una ridotta ricarica della falda.

Considerando un'oscillazione stagionale media di circa 2 m, si può ritenere che **nei periodi di maggiore ricarica il livello della falda possa risalire fino a circa 1–1,5 m** dal piano campagna.



Estratto cartografico da tavola:
QG 04 CENTRO- CARTA IDROLOGICA E DELLA VULNERABILITÀ
PO - 2024



Inoltre osservando la mappa sopra riportata, il sito in studio è contrassegnato da un *grado di vulnerabilità della falda* ALTO: *falda acquifera libera in materiali a granulometria media*: Tale valutazione è ottenuta attraverso l'impiego di una metodologia *parametrica* a punteggi e pesi (SINTACS) che analizza causa la permeabilità dei terreni, lo spessore dell'orizzonte acquifero e quello della copertura impermeabile affiorante.

In merito alla **L.R. n. 21 del 21 maggio 2012** “Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua “ ed in particolare all'art. 1 “ Tutela dei corsi d'acqua, e in riferimento alla **L.R. 79/2012** - “Nuova disciplina in materia dei Consorzi di bonifica”-, aggiornata con la **D.C.R. 24/2025**, dalla consultazione della cartografia pertinente (Consorzio Lamma – Reticolo Ente Gestori:), si evidenzia, qui sotto, come **nella zona in esame non sono presenti corsi d'acqua del RETICOLO IDROGRAFICO E DI GESTIONE**.



4- MODELLO GEOLOGICO E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1- Stratigrafia da prove penetrometriche

Il locale assetto stratigrafico è stato ricostruito prendendo in considerazione alcune prove geognostiche eseguite nelle vicinanze all'area di interesse. In particolare si tratta di **n. 4 prove dinamiche, DPSH**, e **n. 3 prove statiche, CPT**, eseguita in **Piazza S. Maria FORISPORTAM** (v. ALL. 1). La loro esecuzione che risale al marzo 2007, è stata condotta dalla ditta GEOPROVE Sas di Pietro Barsanti, Alessandro Petroni e C. S.a.s. - via Buiamonti 29 LUCCA. La loro ubicazione è riportata in TAV.3.

Nella tabella seguente sono riassunti i dati penetrometrici acquisiti per le diverse verticali di indagine CPT-DPSH di riferimento, unitamente alla descrizione della stratigrafia ricostruita mediante opportune correlazioni tra le letture strumentali e le informazioni geotecniche derivate dall'interpretazione dei risultati.

Tipologia di prova	Profondità dal p.c. (m)	Stratigrafia	Nspt	Rd (kg/cm ²)
DPSH	0.00 – 1.80 (PD1bis)	Terreni di riporto	Variabile	Variabile
	0.00 - 3.00 (PD2)			
	0.00— 2.00 (PD3)			
	0.00- 0.40 (PD4)			
	1.80 - 5.00 (PD1bis)	Sabbie limose sciolte e limi argilloso sabbiosi poco consistenti,	1.0	4.5
	3.00- 4.60 (PD2)		1.5	7.0
	-		3.6	15.0
	0.40- 6.00 (PD4)		3.6	15.0
	5.00- 7.20 (PD1bis)	Sabbie limose prevalenti, da mediamente addensate ad addensate, alternate talvolta a livelli arricchiti nella frazione limoso-argillosa	4.0÷29.0	14.0 – 92.0
	4.60- 4.60 (PD2)		10.0÷57.0	37.0 – 189.0
	6.00- 8.20 (PD4)		10.0÷46.0	35.0-154.0

(nessuno dei punti indagine, ad eccezione della prova PD3, ha raggiunto il substrato resistente per rifiuto strumentale)

Tipologia di prova	Profondità dal p.c. (m)	Stratigrafia	Rp (kg/cm ²)	correlazioni di Bergemann			
				φ°	Dr %	Cu (kg/cm ²)	mv
CPT	2.4 – 5.8 (P1)	Alternanza di sabbie limose argillose, da sciolte a poco addensate , e orizzonti limoso sabbioso -argillosi, poco consistenti	5.0 / 25.0	25.0/26.0	25÷45	0.4÷0.6	0.028
	3.0- 6.2 (P2)						
	1.8 – 5.0 (P3)						
	5.8 – 6.4 (P1)	Sabbie limoso-argillose da mediamente addensate ad addensate, talvolta con livelli di limi-argillosi mediamente consistenti	14.0 / 43.0 (in corrispondenza delle quote di 6.4, 6.6 e 5.40 m si ha un netto incremento della resistenza alla punta: 70/80 Kg/cm ²)	26.0/28.0	55.0	1.0	0.010
	6.2- 6.6 (P2)						
	5.0- 5.6 (P3)						

Dove: *Rd* = resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 Nspt = numero colpi Standard Penetration Test
 Dr (%) = densità relativa

- Φ = angolo d'attrito interno (°)
 Cu = coesione non drenata (Kg/cm²)
 mv = coefficiente di compressibilità volumetrica (cm²/Kg)

Sulla base di queste informazioni si è provveduto alla sezione geologico-stratigrafica riportata in TAV. 4.

Oltre alle prove penetrometriche come già precisato, è stato considerato un **sondaggio geognostico a carotaggio continuo** spinto fino alla profondità di 40.0 m eseguito nel 2009, effettuato come già indicato in P. S. Maria Forisportam: il suo report grafico è visibile nell'ALL. 1. Durante la sua esecuzione è stato inoltre prelevato un **campione indisturbato di terreno** - C1- alla profondità di 3.0 m, per il quale sono state svolte le seguenti prove certificate:

- 1 - Umidità naturale (CNR - UNI 10008)
- 2 - Peso di volume naturale (Boll. Uff. CNR n. 40)
- 3 - Limiti di Atterberg (ASTM D 4318/84)
- 4 - Analisi granulometrica per setacciatura: per via umida (ASTM D 421/85)
- 5 - Analisi granulometrica della frazione fine: metodo del densimetro (ASTM D 1140/71)
- 6 - Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM 2435)
- 7 - Peso specifico dei grani (Boll. Uff. CNR n. 64)
- 8 - Prova di espansione laterale libera (ASTM D 2166/85)
- 9 - Prova di taglio (ASTM D 3080/72)

TABELLA RIASSUNTIVA CERTIFICATI DI PROVA N. 1054-1059/2006

CAMPIONE	SIC1
Profondità metri	3.0 - 3.6
Prova E.L.L.	
Cu (kPa)	2,8
Eti (kPa)	98
Prova di taglio	
C (kPa)	0,5
ϕ (°)	35,9
Prova edometrica	
Cr (indice di ricomprensione)	0,05984
Cr1 (indice di ricomprensione)	0,01046
Cc (indice di compressione)	0,21769
Cs (indice di rigonfiamento)	0,02152
Cv (cm ² /sec)	1,1218E-02
K (cm/sec)	8,98E-08
Cv (cm ² /sec)	1,7570E-02
K (cm/sec)	1,191E-07
Metodo di Schmertmann	
cv'max (kPa)	140,2
Cr (indice di ricomprensione)	0,01046
Cc (indice di compressione)	0,23615
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	18,7
Peso volume secco (kN/m ³)	14,2
Peso specifico dei grani (kN/m ³)	26,60
Indice dei vuoti	0,816
Grado di saturazione (%)	97,26
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	30,18
Limite liquido (%)	30,2
Limite plastico (%)	22,5
Indice plastico (%)	7,7
Indice di consistenza	0,00
Indice di attività	0,93
Classificaz. Casagrande	CL
Granulometria	
Ghiaia (%)	3,3
Sabbia (%)	33,6
Limo (%)	55,3
Argilla (%)	7,8



In sintesi, il campione è descritto come un **limo con sabbie debolmente argilloso** (CL - argille inorganiche di bassa plasticità secondo la Carta di Casagrande) ed è riconducibile ai terreni della copertura superficiale che, pur essendo costituita da materiale essenzialmente fine, presenta una discreta variabilità nelle frazioni sabbiose e limose.

Per quanto riguarda i dati geotecnici acquisiti e riportati nella tabella precedente, si precisa che le *prove di laboratorio* eseguite sono da considerarsi altamente affidabili sotto il profilo tecnico; tuttavia, occorre evidenziare che esse restituiscono una valutazione puntuale, riferita a un campione di terreno di spessore limitato a poche decine di centimetri.

Diversamente, le *prove penetrometriche* – sia dinamiche sia statiche – pur presentando un grado di precisione inferiore rispetto alle prove di laboratorio, forniscono in questo caso una caratterizzazione maggiormente continua e rappresentativa dell'intero volume di terreno indagato e, in questa fase preliminare, rivestono un ruolo informativo e di inquadramento di indubbia utilità.

4.2- Modello stratigrafico del sottosuolo

Le indagini geognostiche considerate (v. ALL.1), in quanto prossime al sito di interesse, consentono di ritenere ragionevolmente, che il sottosuolo nella zona in studio possa essere descritto dal seguente **modello geologico-stratigrafico**:

- ✓ Al disotto di uno strato di *terreni di riporto*, con spessore che può essere anche di alcuni metri, è presente una copertura di sedimenti fini, **con spessore di 5.0/6.6 m**, composta, nella porzione più superficiale dell'orizzonte stratigrafico **da sabbie limoso - argillose sciolte e limi sabbioso-argillosi poco consistenti**, mentre a profondità più elevate, **da livelli leggermente più addensati e consistenti, sempre di natura sabbioso-limoso-argillosa**.
- ✓ Oltre questa quota (tra i -5.5/-7.0 m dal p.c.) ha inizio un orizzonte prevalentemente **sabbioso e sabbioso-limoso più addensato**.
Quest'ultimo strato ha infatti impedito la penetrazione delle prove *penetrometriche statiche* che sono andate tutte al così detto *rifiuto strumentale*.
- ✓ Da qui in poi, in particolare, si rileva un livello decimetrico più granulare – **sabbie grossolane e sabbie ghiaiose** - dotato di migliori proprietà geotecniche che preclude l'inizio dei **depositi più grossolani di composizione prevalentemente ghiaioso-ciottolosa**, di facies francamente fluviale, presenti fino alla profondità di ca. **22 m**.

Quanto descritto è visibile in TAV. 4, dove è mostrata una sezione lito-stratigrafica di dettaglio del sottosuolo convolto.

Altro dato da considerare, e ottenuto unicamente dal campione di terreno indisturbato, è certamente quello fisico dei *pesi di volume per questi sedimenti di copertura*.

- ✓ γ_n - peso di volume naturale del terreno di **1870 kg/m³**
- ✓ γ_d peso di volume secco del terreno **1420 kg/m³**
- ✓ Superato questo orizzonti di *depositi olocenici* - "materasso" di ghiaie e sabbie - hanno inizio i sedimenti **alluvionali antichi**, di età villafranchiana, **consistenti ed addensati** (velocità di avanzamento della sonda geognostica alta e continua – v. log – sondaggio geognostico, ALL. 1). La loro composizione, come evidenzia il sondaggio, è prevalentemente **limoso-argillosa**, con talvolta **orizzonti sabbioso-ghiaiosi**.

Questi depositi sono definiti dalla sezione geologica del PO, TAV. QG - 09, per tutto il territorio della pianura lucchese, come **substrato coesivo sovra-consolidato**, di spessore superiore a 100 m.

5- MODELLO SISMICO LOCALE

Per la caratterizzazione geofisica dei terreni di fondazione è stata considerata una campagna di indagini geofisiche indirette, eseguite nelle vicinanze del lotto in esame e acquisite dal QC del Comune.

Le indagini considerate assumono un valore indicativo, in coerenza con la natura preliminare dello studio di vulnerabilità. Tuttavia, considerando la sostanziale omogeneità tra i terreni di fondazione interessati dalle indagini pregresse e quelli dell'area in esame, si ritiene che tali dati possano fornire informazioni significative.

In fase di progettazione dovranno comunque essere eseguiti tutti i necessari approfondimenti sul modello sismico, affinché esso non presenti interpretazioni dubbie o incoerenti con quanto emerge dal QC, e risulti conforme alle norme regionali e alle prescrizioni di fattibilità del Piano Operativo.

5.1- Indagini geofisiche e relativa interpretazione

Al fine di giungere a un **modello sismico** di riferimento per l'area in esame, si è proceduto come già accennato nel considerare indagini pregresse ottenute dal QC comunale, eseguite in aree contigue di analoga composizione sedimentologica e natura geologica.

La ricostruzione bidimensionale sismo - stratigrafia del sito di interesse, è stata ottenuta da una **linea sismica a rifrazione**, effettuata in data 16/11/2004, con passo inter-geofonico di 4.0 m **per onde P e Sh**, posta a una distanza di ca. 400 m dal sito di interesse.

La stesa sismica in particolare evidenzia uno strato, a partire dal p.c., con **Vp 720÷ 1280 m/sec** e con **Vh 220÷ 280 m/sec**, riconducibile all'orizzonte di **terreni di riporto e sedimenti sabbioso -limoso-argillosi da poco a mediamente addensati**, di spessore fino ai **5.0 m ca.**

A questo primo sismo-strato, che si spinge fino alla profondità di ca. 20 m, segue un livello con **Vp 1965 m/sec** e con **Vh 430 m/sec**, riferibile a materiale prevalentemente granulare costituito da **sabbie e ghiaie da mediamente addensate ad addensate e/o argille molto compatte**.

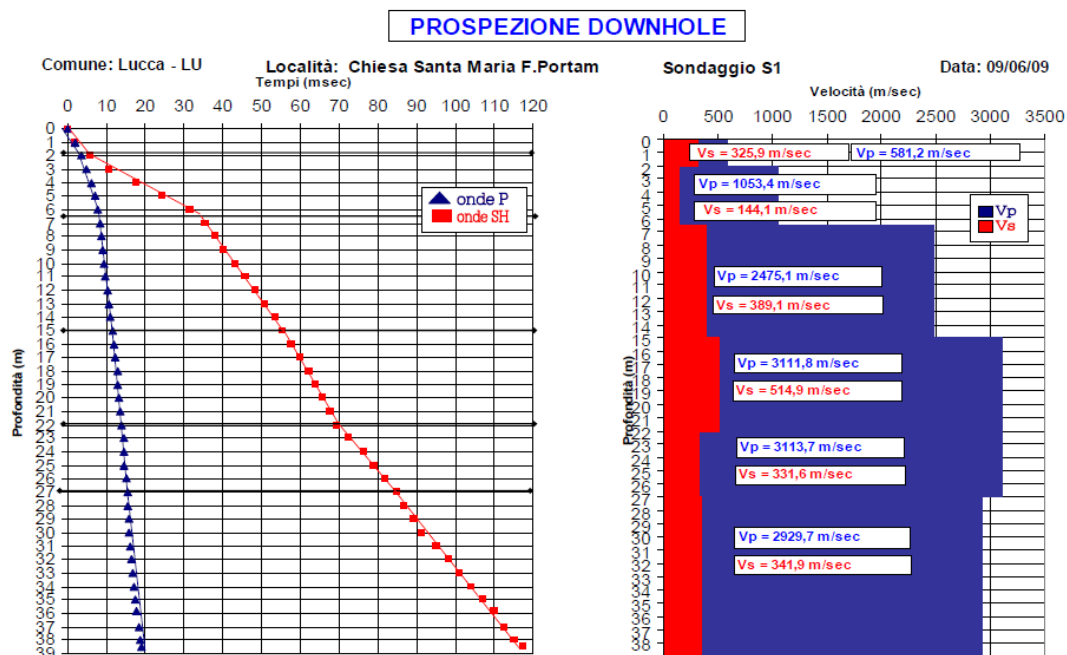
Le lievi differenze di spessore osservate tra le indagini sismiche con onde P e con onde S, per la copertura, sono da attribuire al diverso comportamento delle due tipologie d'onda nei mezzi porosi in caso di circolazione idrica o saturazione. In particolare, l'acqua aumenta notevolmente la velocità delle onde di compressione (P), ma incide poco o negativamente sulla velocità di taglio (S), generando quindi contrasti apparenti nello spessore o nella profondità del limite stratigrafico.

Per tale motivazione risulta sempre necessario integrare le indagini sismiche con indagini geognostiche puntuali, al fine di pervenire a una attendibile ricostruzione del modello geologico di riferimento.

Si osserva inoltre che per il profilo delle onde **Sh non è stato possibile intercettare il cosiddetto substrato sismico di riferimento** ($V_s > 800$ m/sec), dal momento che la $V_{s_{max}}$ alla massima profondità investigativa è risultata 430 m/sec).

A conferma di quanto sopra, si riportano i grafici della prova DH eseguita mediante il sondaggio geognostico di riferimento (v. ALL. 1).

Tali grafici evidenziano i bassi valori delle onde sismiche nella copertura dei sedimenti fini (circa 5–6 m) e il loro netto incremento in corrispondenza del livello ghiaioso-sabbioso.



Per le informazioni circa la **frequenza fondamentale del sito**, è stata considerata una misura di **rumore sismico passivo** mediante tromografo (H.V.S.R.), sempre eseguita in prossimità della chiesa di *Santa Maria Forisportam* (v. in ALL.1).

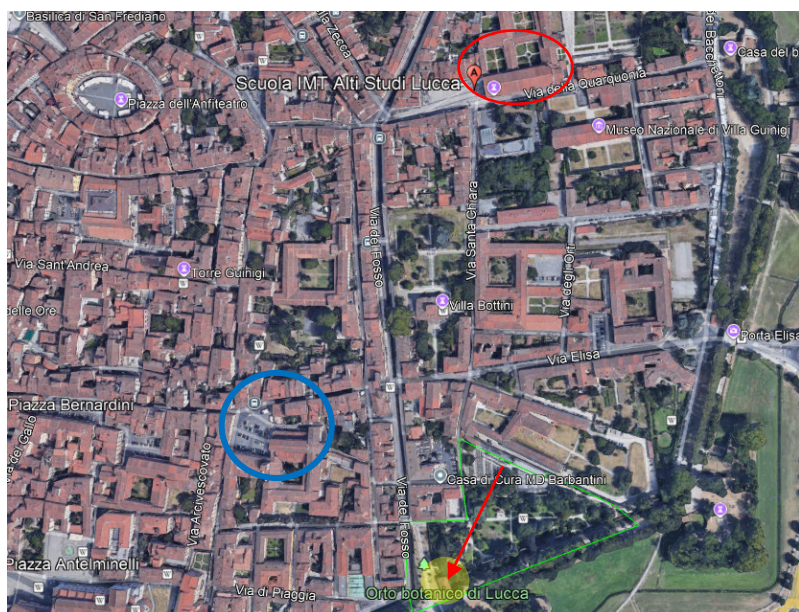
La misura di rumore sismico eseguita con il metodo H.V.S.R. ha permesso di ricavare la *frequenza fondamentale* del sito investigato. Analizzando le risultanze di questa indagine indiretta, si evidenziano, con riferimento all'Abaco tratto da Albarello D. e Castellano S. (2011), qui sotto riportato, le seguenti osservazioni:

- Un **primo picco ad elevata frequenza, $f_0 < 1$ Hz (0.75 ± 0.01 Hz ca.)**, riferibile a un contrasto di rigidità molto profondo: maggiore di 100 m, riferibile con molta probabilità al passaggio sedimenti alluvionali e substrato litoide;
- Un **secondo picco**, peraltro corrispondente a quello evidenziato dalla mappa delle indagini sismiche del QC comunale, pari alla frequenza, **f_0 di 1.09 Hz**, con ampiezza di risonanza $A_0 = 2.23$. Questo dato evidenzia un contrasto di velocità delle onde intorno alla profondità di 50 m ca;
- Un **terzo picco** intorno a **5.0 ± 6.0 Hz**, rappresentativo per la profondità di ca. 20 m del passaggio sedimenti alluvionali olocenici - depositi fluvio-lacustri. A questo corrisponde un periodo fondamentale del terreno pari a $T=0,02$ sec. Il picco evidenzia un valore di 1.8 del rapporto H/V;
- Infine un **picco di 13 Hz** della frequenza di risonanza, peraltro molto stretto, riferibile solo ad alcuni metri di profondità (5-10 m), e identificativo, con molta probabilità, del contrasto tra i terreni sciolti, in affioramento, e quelli più addensati, sottostanti.

Tab. 1 - Abaco per la stima dello spessore delle coperture (h) a partire dai valori delle frequenze di risonanza (f_0) determinate dalle misure H/V

F_0 (Hz)	h (m)
<1	>100
1-2	50-100
2-3	30-50
3-5	20-30
5-8	10-20
8-20	5-10
>20	<5

Abaco per la stima dello spessore delle coperture (Albarello D. & Castellano S., 2011).



Fabbricato in esame



Area di ubicazione della stesa sismica a rifrazione - SR



Area di ubicazione della misura di rumore sismico (HVSr) – TR099



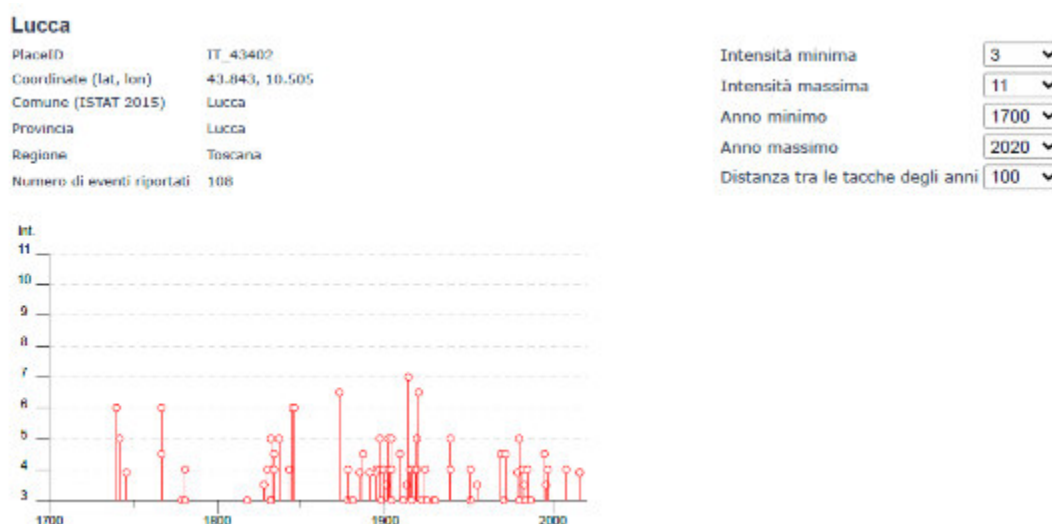
Nella foto sopra tratta da Google Earth pro sono riportate le ubicazioni delle indagini sismiche considerate rispetto al sito di interesse

6 - CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DEL SITO

6.1- Sismicità storica

La sismicità storica del Comune di LUCCA è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico **CPTI15 v. 4.0 - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani** -Parametri dei terremoti: Rovida A., Locati M., Camassi R., Lollì B., Gasperini P., Antonucci A. (2022). *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0 [Data set]*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/cpti/cpti15.4>. Intensità macrosismiche - Rovida A., Locati M., Camassi R., Lollì B., Gasperini P. (2020). *The Italian earthquake catalogue CPTI15*. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 18(7), 2953-2984. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00818-y>.

La sismicità del territorio comunale è riassunta graficamente nel diagramma riportato qui sotto, per aventi con intensità superiori a M=3, a partire dall'anno 1700.

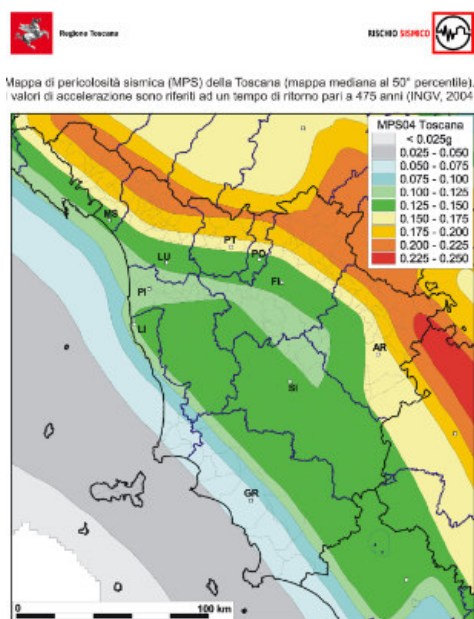


Oltre a questo diagramma, in ALL. 4, è riportata la tabella in cui sono indicati per i diversi eventi per il territorio del comune di Lucca, con magnitudo superiore a 3, a partire dal 1700, l'intensità al sito (IMCS), l'anno, il mese (Me), il giorno (Gi) e l'orario, in cui si è verificato, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io), e la magnitudo momento (Mw).

6.2 - Classificazione sismica

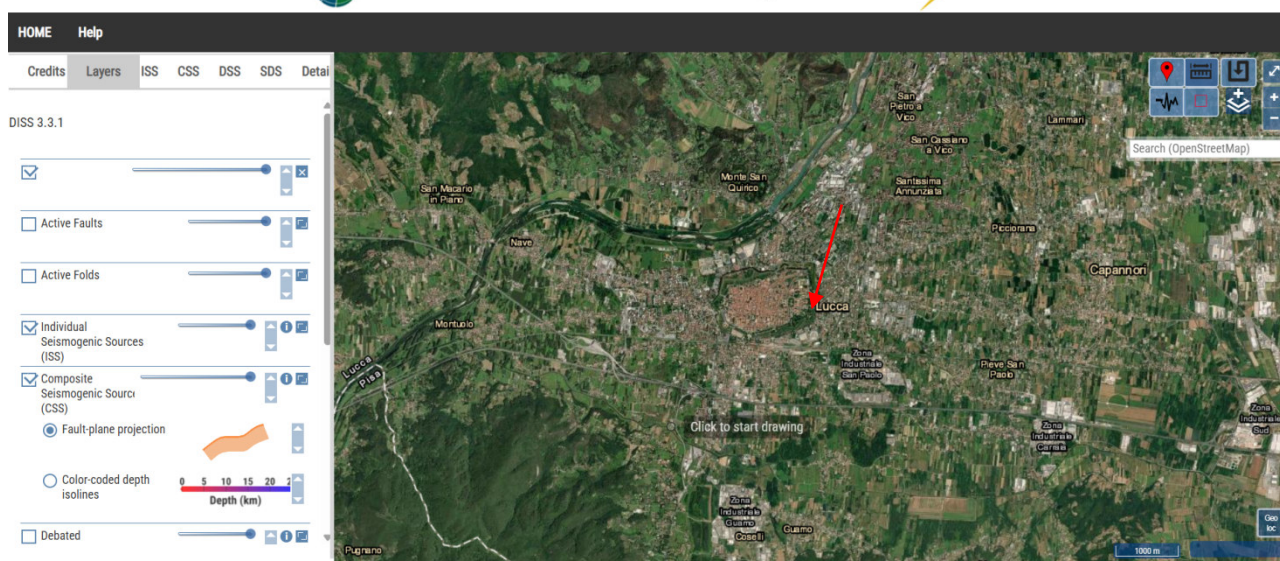
Secondo l'aggiornamento della classificazione sismica della Regione Toscana realizzato nel 2012, il territorio comunale di **LUCCA ricade nella Zona 3**.

- (http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/03normativa/classificazione/classificazione_toscana/imgclassificazione/class_elenco2012.pdf).



Nell'ambito di questa classificazione, il territorio di LUCCA viene quindi indicato come soggetto a classificazione sismica ma caratterizzato da livelli di pericolosità relativamente ridotti: **zona sismica 3**.





Anche con riferimento al Data Base of Individual Seismogenic Sources (DISS) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), nell'area in esame non risultano censite strutture sismogenetiche attive né faglie capaci. Tale condizione è evidenziata nell'immagine sopra riportata.

6.2 - Classificazione sismica di sito

Con l'entrata in vigore del D.M. 17 gennaio 2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" (revisione 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"; per questo motivo l'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei differenti stati limite presi in esame, viene definita a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione quale elemento fondamentale per la determinazione dell'azione sismica stessa.

Per descrivere la **pericolosità sismica** di un generico sito con precisione sufficiente sia in termini geografici sia temporali nonché secondo quanto disciplinato dalla suddetta normativa, i risultati dello studio di pericolosità saranno forniti in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento, per differenti probabilità di superamento in 50 anni o diversi periodi di ritorno (ricadenti in un intervallo compreso almeno tra 30 e 2475 anni) ed in termini di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri (a_g , F_0 , T_c^*) che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle suddette NTC nelle condizioni di sottosuolo rigido affiorante.

Tale condizione di scuotimento sismico del suolo sarà corretta per tenere conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali del sottosuolo (coefficienti di amplificazione stratigrafica SS) e dalla morfologia della superficie (coefficienti di amplificazione topografica ST) effettivamente presenti nel sito di costruzione.

Per definire l'azione sismica di progetto, infatti, si valuta l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi o, in assenza di tali analisi, facendo riferimento ad un **approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento**.

Per quanto riguarda la categoria di sottosuolo le NTC18 alla tabella 3.2. Il evidenziano le seguenti classi:

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreno molto rigido caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m</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 Vs30 compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $Cu,30 > 250KPa$ 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 Vs30 compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < Cu,30 < 250KPa$ 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 Vs30 inferiori a 180 m/sec ($N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $Cu,30 < 70KPa$ 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 $Vs30 > 800$ m/sec)</i>

Dalla definizione della categoria di sottosuolo, si determinano i seguenti coefficienti: S_s e C_c .

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_s e C_c valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, illustrata sopra, nelle quali $g = 9,81$ m/s² è l'accelerazione di gravità e T_c^* , è espresso in secondi).

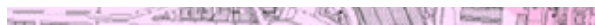
Per tener conto delle **condizioni topografiche** e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del **coefficiente topografico - ST** i cui valori sono indicati nella Tab. 3.2.III, definiti sulla base dell'assetto topografico del sito di imposta dell'opera o dell'intervento in oggetto.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Ai fini della definizione della categoria di sottosuolo, si è fatto riferimento alla cartografia del Piano Operativo comunale, che per l'area in esame attribuisce la classificazione in categoria C, desunta da dati stratigrafici disponibili.

Anche alla luce di tale informazione, si è ritenuto di non procedere con specifiche indagini sismiche di dettaglio, in quanto l'assunzione della categoria di sottosuolo C — in luogo della categoria B che potrebbe eventualmente emergere da una caratterizzazione diretta — risulta maggiormente cautelativa sotto il profilo della risposta sismica locale e delle conseguenti azioni di progetto.



Estratto cartografico da tavola:

QG 10 - Centro

CARTA DELLE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

PS 2016



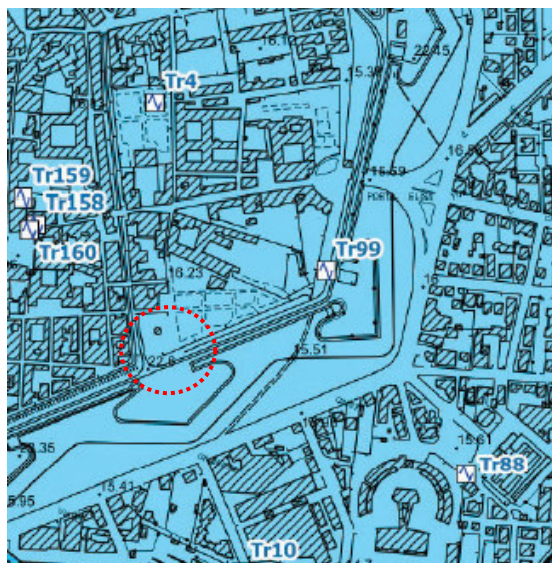
C	Aree con categoria di sottosuolo C accertato tramite indagine sismica	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati, o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_s 30$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s
C	Aree con categoria di sottosuolo C presunto da dati stratigrafici	

Questa valutazione risulta mancante a livello di PO in quanto il QC dello stesso è stato supportato da specifici studi **di microzonazione – MS- di II° livello**, di cui riportiamo gli esiti cartografici nelle pagine successive.

Lo **studio di MS di I° livello**, in particolare, ha avuto l'obiettivo di supportare la pianificazione attuativa garantendo scelte orientate alla riduzione del rischio sismico e individuando l'eventuale necessità di ulteriori approfondimenti.

Dalla Carta della MOPS – elaborato **TAV. QG 08.4 del PO** – l'area di interesse è così descritta:


- **Zona 18:** Sabbie limose, miscela di sabbia e limo - SM (5-10m) su ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia - GW (10-30m) su coesivo sovraconsolidato - CO (10->100m) (>30 m nel complesso) su substrato lapideo-stratificato - LPS (>100 m)



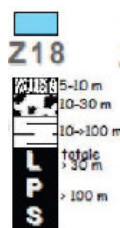
Estratto cartografico da tavola:

QG 08.4 - CARTA DELLE MOPS

PO - 2024

Tr8  Punto di misura di rumore ambientale con numero d'ordine

B. Zone stabili suscettibili di amplificazioni stratigrafiche



Aggiungendo ulteriori informazioni per gli aspetti sismici, di seguito si mostrano, mediante opportune mappe per l'area in esame, gli esiti degli studi di **MS di II° livello**, ossia la redazione della **Carte delle frequenze fondamentali dei terreni** – TAV. QG.06.4.

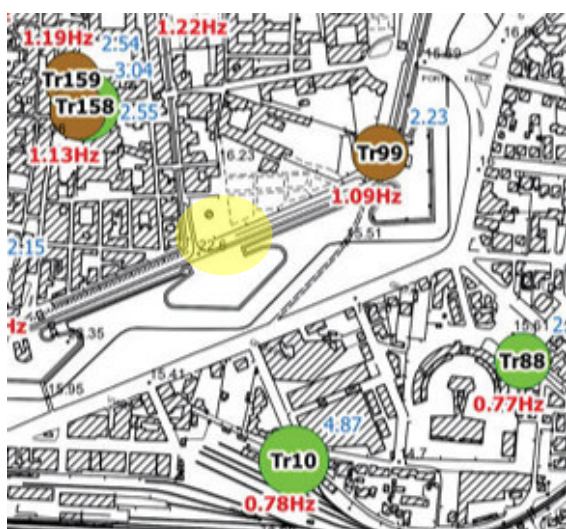
L'elaborazione delle carte di *Microzonazione Sismica di II° livello* si basa sulla caratterizzazione stratigrafica e sismica dei terreni di *copertura e del bedrock*, seguita dal calcolo del **parametro Ha**, definito come rapporto tra lo spessore dei depositi e la lunghezza d'onda sismica di riferimento.

Sulla base dei valori di H_a , della velocità equivalente delle onde di taglio (V_{s30} o V_{sh} , qualora il bedrock si trovi a meno di 30 m) e della *frequenza fondamentale di risonanza dei depositi* (f_0), i **fattori di amplificazione - FHa** vengono determinati per le diverse verticali di indagine considerate (HVSR), tramite gli abachi della Regione Toscana, distinti per gli intervalli di **periodo 0.1–0.5 s e 0.5–1.0 s**.

I valori di FHa così ottenuti vengono quindi associati alle diverse zone della Carta delle MOPS, permettendo di ottenere una o più microzone di II° livello. Pertanto le carte tematiche forniscono un quadro sintetico e coerente del comportamento sismico locale (aree stabili, stabili con amplificazione, suscettibili di instabilità) e supportano l'eventuale necessità di approfondimenti mediante analisi numeriche specifiche.

Estratto cartografico da tavola:

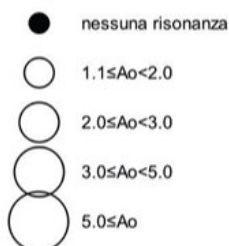
CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI TERRENI – QG.06.4 – PO 2024



Frequenza di risonanza del picco principale (Hz)



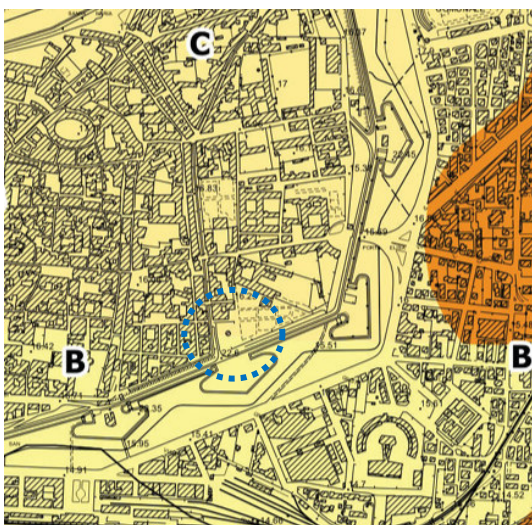
Ampiezza di risonanza del picco principale (H/V)



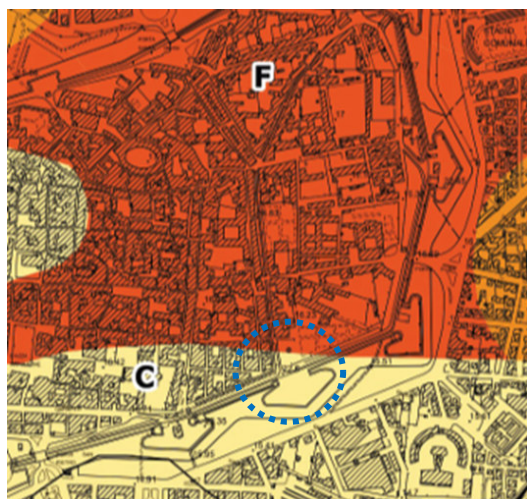
10.25 Hz
Tr8
3.4
In nero il numero d'ordine delle stazioni, in rosso i valori di frequenza ed in blu i valori di ampiezza di risonanza

Dall'insieme di queste informazioni sono state ottenute per gli studi di microzonazione sismica le mappe successive:

Estratto cartografico da tavola: **CARTA MS 2 - QG 07a.4 - FHa 0.1- 0.5**



Estratto cartografico da tavola: **CARTA MS 2 - QG 07b.4 - FHa 0.5- 1.0**



Zone stabili

A FA = 1

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

B FA = 1.1 - 1.2

C FA = 1.3 - 1.4

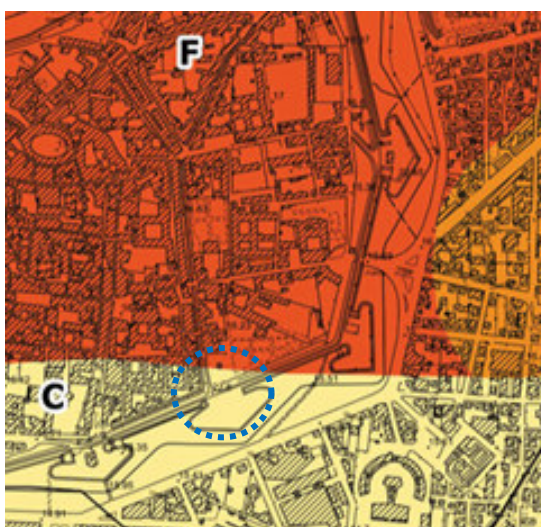
D FA = 1.5 - 1.6

E FA = 1.7 - 1.8

F FA = 1.9 - 2.0

G FA = 2.1 - 2.2

Estratto cartografico da tavola: **CARTA MS 2 - QG 07c.4 - FHa Max**



Si puntualizza che i **fattori di amplificazione, F**, derivanti dalla cartografia comunale di *Microzonazione Sismica di Livello 2*, possono variare anche in presenza di una medesima successione stratigrafica. Ciò dipende dal **parametro Ha**, utilizzato negli abachi regionali, che *esprime il rapporto tra lo spessore dei terreni di copertura e la lunghezza d'onda sismica di riferimento*. Poiché Ha riflette il comportamento dinamico del deposito (rigidezza, V_s media, frequenza fondamentale), valori differenti di Ha comportano diversi livelli di amplificazione: per Ha più bassi si ottengono amplificazioni contenute, mentre per Ha più elevati possono manifestarsi condizioni più favorevoli alla risonanza, con conseguente incremento del fattore F. Pertanto, le **variazioni di F riportate nella cartografia non dipendono esclusivamente dalla stratigrafia, ma dal comportamento dinamico del sistema copertura-bedrock sintetizzato nel parametro Ha**.

Nel caso specifico, per valori bassi del parametro Ha (0.1–0.5), i terreni di copertura — caratterizzati da uno spessore ridotto e da una rigidezza piuttosto modesta — non sono in grado di generare fenomeni significativi di risonanza. In tali condizioni, l'amplificazione risultante risulta generalmente contenuta ($F \approx 1.1-1.2$).

Per valori più elevati di Ha (0.5–1.0), lo spessore e la deformabilità dei depositi sono invece tali da favorire l'innescio di condizioni risonanti tra copertura e bedrock, con conseguente incremento dei valori di amplificazione (F fino a 1.9–2.0).

Come già puntualizzato, una stessa stratigrafia è quindi in grado di produrre valori di F differenti che derivano non solo dalla composizione litotecnica dei terreni, ma principalmente dal comportamento dinamico del sistema copertura-bedrock, espresso dal parametro Ha. Gli abachi regionali non restituiscono dunque un valore litologico univoco, ma una stima della risposta sismica locale basata sulla relazione tra spessore dei depositi, velocità V_s , frequenza fondamentale e condizioni dinamiche del sito.

6.3 - Coefficiente di amplificazione topografica

Per quanto riguarda il coefficiente di **amplificazione topografica** così come riportato nella tabella 3.2.V delle N.T.C. si evidenzia come l'area in esame oggetto di verifica della vulnerabilità sismica, sia ubicato nell'ambito della pianura lucchese, in un contesto dove la topografia risulta praticamente orizzontale, con una inclinazione media $i < 15^\circ$.

Per questo motivo si potrà applicare cautelativamente una **categoria topografica T1 a cui corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica $ST = 1,00$** .

6.4- Individuazione dei nodi del reticolo di riferimento e calcolo dei parametri sismici.

Dalle informazioni fornite dalla progettazione, l'intervento in esame rientra nel tipo di costruzione 2 secondo quanto riportato nella tab. 2.4.I delle NTC (costruzioni con livelli di prestazioni ordinari), per il quale è stata prevista una vita nominale $VN=50$ anni.

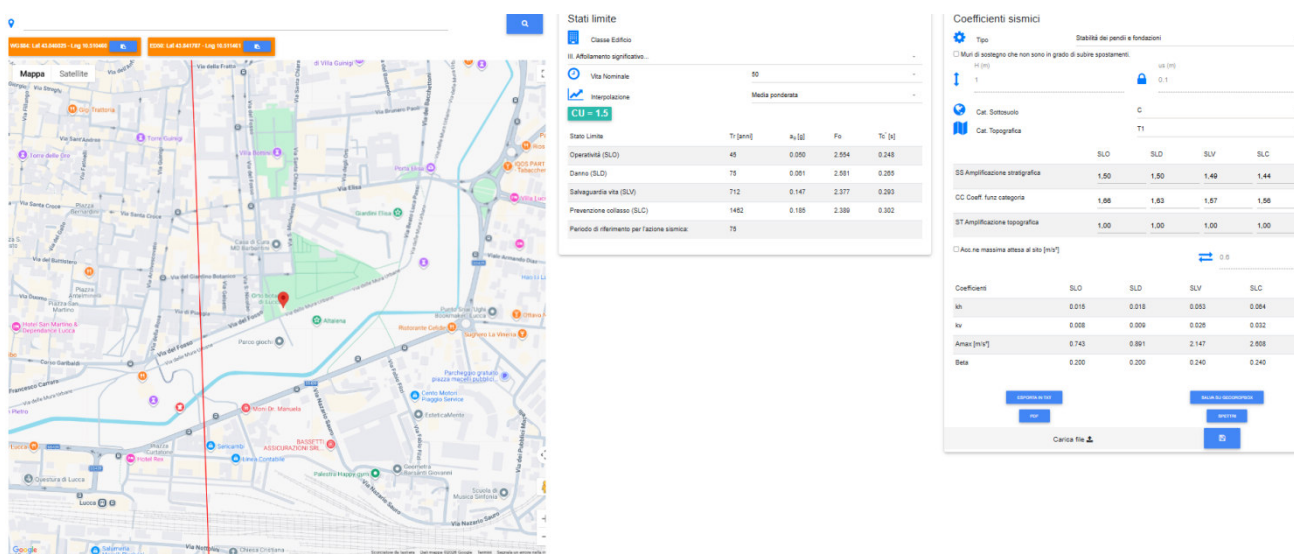
Analogamente è stato definito che tale intervento possa ricadere in classe d'uso III (costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità...). La tab. 2.4.II delle NTC prevede che per tale classe d'uso sia computabile un relativo coefficiente d'uso pari a $C_u=2,0$ parametro necessario per poter ricavare il periodo di riferimento VR in relazione al quale saranno valutate le azioni sismiche sulla costruzione.

Nella successiva tabella si riassumono i parametri sismici necessari per determinare i coefficienti sismici sul sito di riferimento come forniti dal Progettista Strutturale:

Tabella riepilogativa parametri sismici

Tipo di costruzione		2
Vita nominale	V_N	50 anni
Classe d'uso		III
Coefficiente d'uso	C_U	1.5
Periodo di riferimento per l'azione sismica	$V_R = V_N \cdot C_U$	75
Categoria di sottosuolo individuata da indagine sismica		C
Categoria topografica individuata		T1

Indicativamente in questa sede, abbiamo comunque deciso di procedere la definizione dei parametri sismici per l'area in esame. In particolare per il calcolo dei *parametri sismici* e l'interpolazione degli stessi nei nodi del reticolo (ag, FO, T*C) di riferimento, è stato fatto ricorso al software on line (<https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>) *GeoStru PS Advance*, inserendo le coordinate del sito ed i dati relativi alla Classe dell'edificio, alla Vita nominale, Periodo di riferimento nonché la Categoria di sottosuolo e la Categoria topografica. Questo permette di ricavare per i vari *stati limite* sia di esercizio (SLO, SLD) sia *ultimi* (SLV, SLC) e relativi e prefissati tempi di ritorno dell'azione sismica TR, i coefficienti sismici del sito in esame (v. ALL. 5)



6.5 - Suscettibilità alla liquefazione

Dal PO del comune di Lucca si riporta quanto segue.

[...]

Il D.M. 17 gennaio 2018 – Norme tecniche per le costruzioni, prescrive che la verifica alla liquefazione non sia eseguita qualora si verifichi almeno una delle seguenti condizioni:

- 1) *accelerazione massima attesa in superficie in condizioni free-field (assenza di manufatti) minore di 0.1 g;*
- 2) *profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;*
- 3) *depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica valore della resistenza determinata con prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa;*
- 4) *distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle Fig. 7.11.1 delle norme.*

Per il territorio in esame, assunto che non si verifichi alcuna delle condizioni suddette, si ritiene comunque che non sussistano le condizioni per cui possano verificarsi fenomeni di liquefazione, sia in relazione alla bassa energia del terremoto atteso, sia in relazione all'assenza di depositi di sabbie pulite.

[...]

Sulla base di queste considerazioni per il caso in esame si è ritenuto opportuno non eseguire la verifica della suscettibilità al fenomeno di liquefazione. Tale aspetto potrà essere approfondito in sede di PFTF mediante l'utilizzo di un software adeguato, integrato da informazioni stratigrafiche, idrogeologiche e geofisiche di dettaglio e da una corretta valutazione della magnitudo di riferimento.

7 - CONCLUSIONI

Su incarico della Committenza – Comune di Lucca, si è proceduto alla realizzazione del presente studio a supporto dei LAVORI DI RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DELLE SERRE ORTO BOTANICO del Comune, suddetto, via del Giardino Botanico.

Il presente studio ha preso in esame la modellazione geologica, idrogeologica e sismica del sito, facendo riferimento a indagini geognostiche e sismiche già disponibili ed eseguite in aree limitrofe caratterizzate da analoghe condizioni litologiche e da un assetto geologico-strutturale assimilabile.

Tale scelta metodologica è stata adottata in coerenza con il principio di proporzionalità tra livello di approfondimento delle indagini e rilevanza dell'intervento in progetto, il quale presenta carattere di modesta entità, consistendo esclusivamente nel rifacimento della copertura lignea, attualmente in stato di degrado, di un edificio appartenente al complesso delle Serre dell'Orto Botanico di Lucca, nell'ambito di opere di restauro e risanamento conservativo.

Lucca, 11.03.2026

Geologa Alessandra Biserna



Regione Toscana



Regione Toscana - SIPT: Cartoteca

Scala 1 :10,000

622,137.9



TAV. 1 – Inquadramento topografico



area di interesse

TAV. 2 – Carta geologica

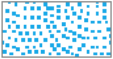

Estratto cartografico dal QUADRO GEOLOGICO -
tav. QG 01 Centro - Carta geologica



scala 1: 10 000

DEPOSITI QUATERNARI

Depositi alluvionali attuali e recenti

- b2**  *Ghiaie eterometriche, sabbie e limi di composizione generalmente poligenica dei letti fluviali attuali. Età: Olocene*
- b1**  *Ghiaie eterometriche, sabbie e limi di composizione generalmente poligenica dei terrazzi fluviali recenti (b1). Età: Olocene*



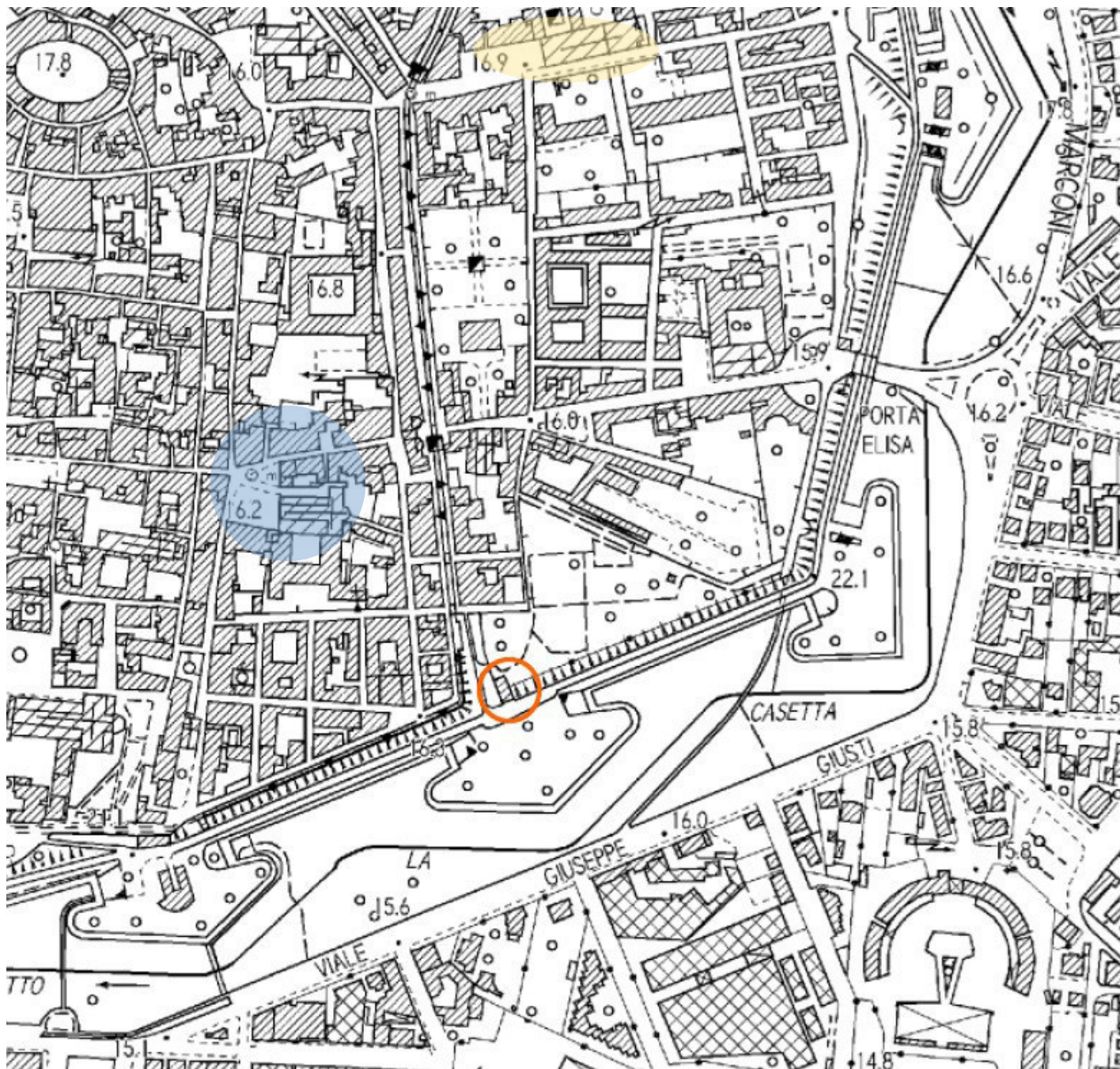
Area di interesse

TAV. 3- Carta di dettaglio con ubicazione delle prove di riferimento



scala 1: 5000

Regione Toscana - SIPT: Cartoteca



Fabbricato in oggetto

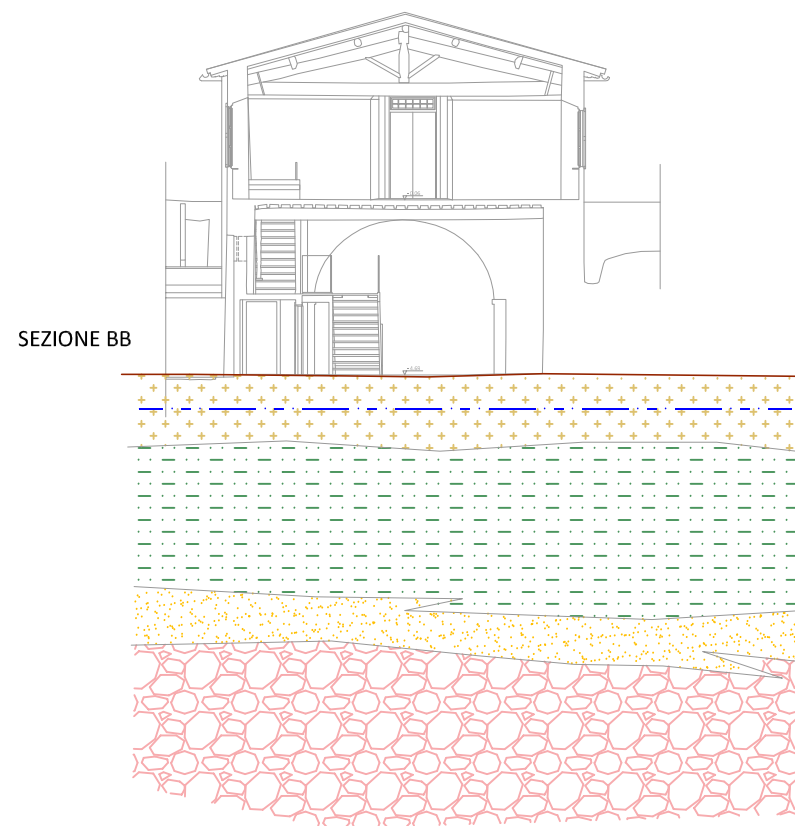
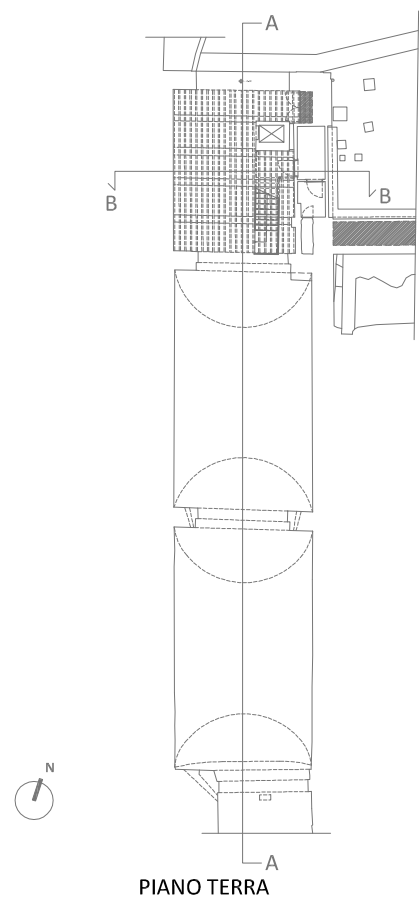







Area di ubicazione delle indagini geognostiche e (prove penetrometriche statiche e dinamiche, sondaggio geognostico sismiche (prova DH, misura di rumore ambientale – HVSR)



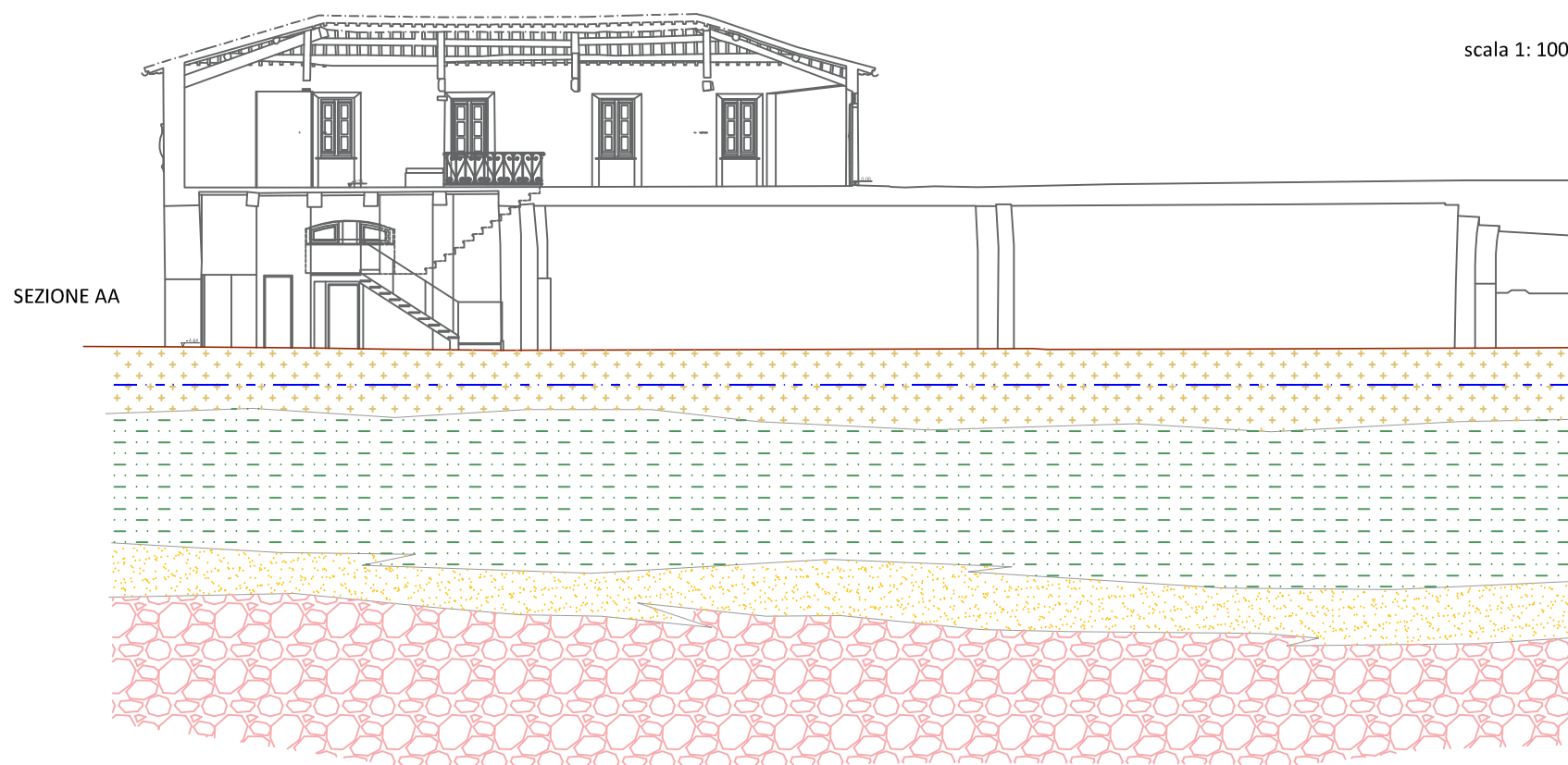
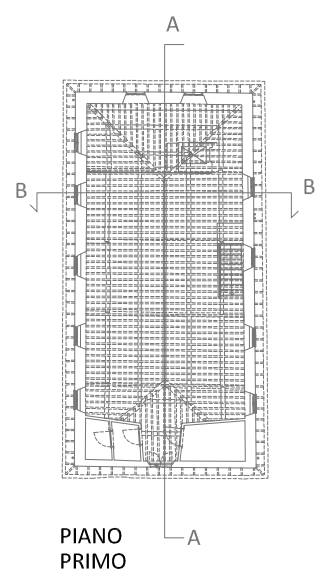
Area di ubicazione della stesa sismica a rifrazione - SR

TAVOLA 4 - Planimetrie e sezioni



-  terreni di riporto
-  sabbie limoso- argillose da sciolte a poco addensate e limi argilloso-sabbiosi da poco a mediamente consistenti
-  sabbie limose prevalenti, da mediamente addensate ad addensate alternate talvolta a livelli arricchiti nella frazione limosa
-  sabbie grossolane e sabbie ghiaiose
-  livello piezometrico in periodi di ricarica della falda

scala 1: 200



ALL.1- Indagini geognostiche e sismiche pregresse

Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH

(Classifica ISSMFE 1988)

Committente :	Parrocchia di S. Maria Forisportam
Località:	Piazza S. Maria Forisportam - LU
Data:	1/23/2007
N° totale di prove:	4

Cartella: S.MariaForisportam060926Parrocchia

Penetrometro dinamico superpesante tipo "Emilia"

Ditta produttrice: PAGANI GEOTHECNICAL EQUIPMENT
Modello: TG63-100

Caratteristiche

M	=	63,5 kg peso massa battente
H	=	75 cm altezza di caduta del maglio
Ms	=	0,7 kg peso sistema di battuta (massa passiva)
d	=	5,1 cm diametro punta conica
A	=	20 cmq sezione della punta conica
ϕ	=	60° angolo apertura punta
L	=	1,0 m lunghezza aste
da	=	3,2 cm diametro delle aste
dr	=	4,8 cm diametro eventuale rivestimento
Pa	=	6,25 kg peso delle aste
δ	=	20 cm penetrazione standard

Legenda

N_{20}	=	numero di colpi/penetrazione standard
Rd	=	resistenza dinamica alla punta (kg/cm ²)
Nriv	=	numero di colpi/avanzamento rivestimento
N_{20}^*	=	numero di colpi corretto in funzione dell'attrito sulle aste (solo con punta a perdere in prove senza rivestimento)
Rd*	=	resistenza dinamica alla punta corretta in funzione dell'attrito sulle aste (kg/cm ²) (solo con p.a p. in pr. s. riv.)
β	=	fattore di corr. con il numero di colpi della prova SPT
Nspt	=	numero di colpi della prova SPT

N.B.: I valori derivati del numero di colpi della prova SPT si basano sulle correlazioni empiriche o semiempiriche proposte da vari Autori. Si declina qualsiasi responsabilità sull'uso di tali dati senza adeguate verifiche dirette (sondaggi, prove SPT)

GEOPROVE S.a.S.
Il Socio Accomandatario
e Direttore Tecnico
Dr. Geol. Pietro Barsanti
(n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Prova penetrometrica N° 1 bis

Committente : Parrocchia di S. Maria Forisportam Data: 23/01/07
 Località: Piazza S. Maria Forisportam - LU

Quota: p.c.

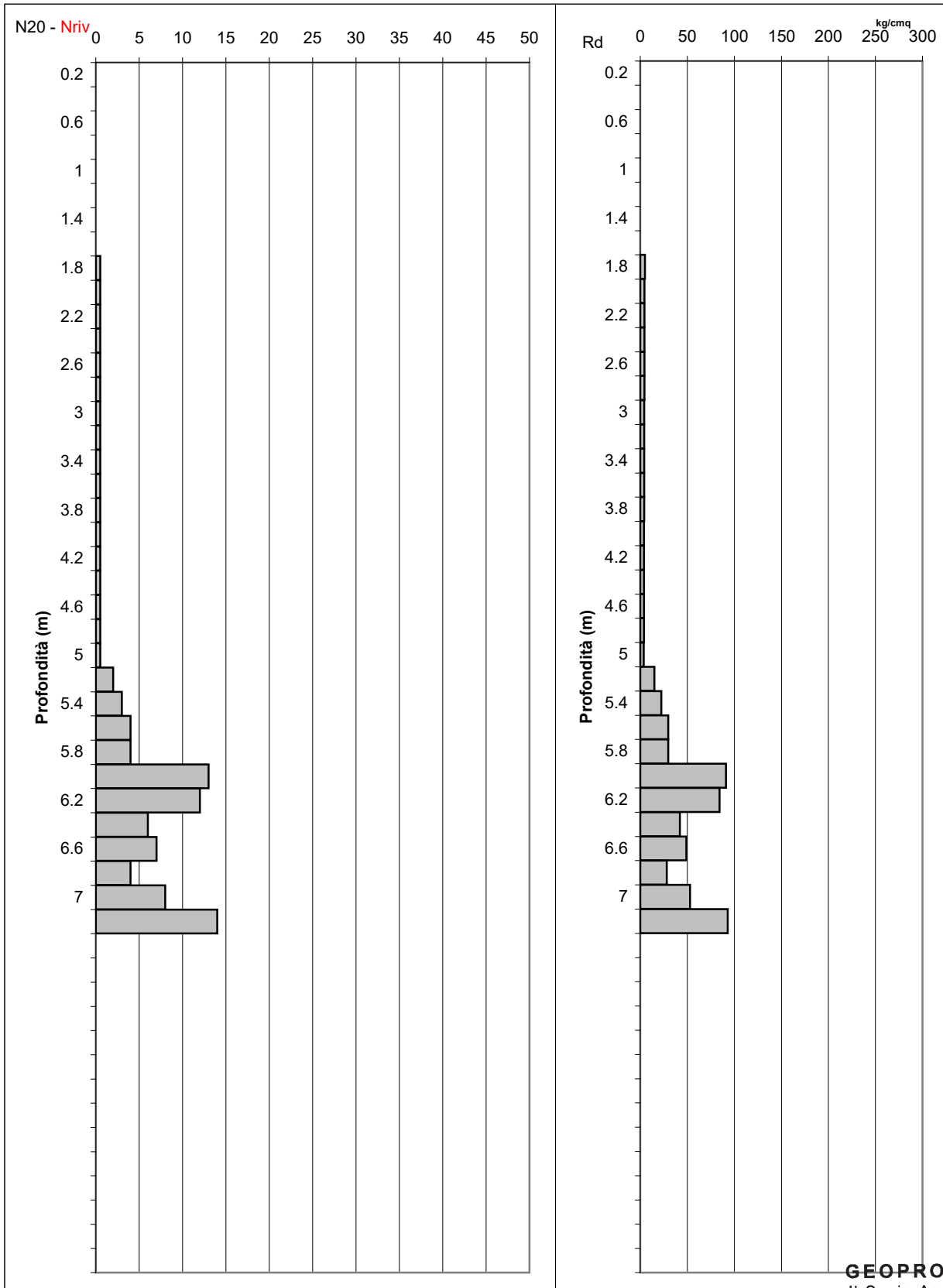
Livello della falda: non mis.

Letture di camp.			Valori derivati				
profond.	N ₂₀	Nriv	Rd	N ₂₀ *	Rd*	β	Nspt
0.2							
0.4							
0.6							
0.8							
1							
1.2							
1.4							
1.6							
1.8	0.5		4.94	1	4.94	2.12	1
2	0.5		4.57	1	4.57	2.12	1
2.2	0.5		4.57	1	4.57	2.12	1
2.4	0.5		4.57	1	4.57	2.12	1
2.6	0.5		4.57	1	4.57	2.12	1
2.8	0.5		4.57	1	4.57	2.12	1
3	0.5		4.25	1	4.25	2.12	1
3.2	0.5		4.25	1	4.25	2.12	1
3.4	0.5		4.25	1	4.25	2.12	1
3.6	0.5		4.25	1	4.25	2.12	1
3.8	0.5		4.25	1	4.25	2.12	1
4	0.5		3.97	1	3.97	2.12	1
4.2	0.5		3.97	1	3.97	2.12	1
4.4	0.5		3.97	1	3.97	2.12	1
4.6	0.5		3.97	1	3.97	2.12	1
4.8	0.5		3.97	1	3.97	2.12	1
5	0.5		3.72	1	3.72	2.12	1
5.2	2		14.90	2	14.90	2.12	4
5.4	3		22.35	3	22.35	2.12	6
5.6	4		29.79	4	29.79	2.12	8
5.8	4		29.79	4	29.79	2.12	8
6	13		91.22	13	91.22	2.12	27
6.2	12		84.20	12	84.20	2.12	25
6.4	6		42.10	6	42.10	2.12	12
6.6	7		49.12	7	49.12	2.12	14
6.8	4		28.07	4	28.07	2.12	8
7	8		53.06	8	53.06	2.12	16
7.2	14		92.85	14	92.85	2.12	29
Prova riferita al piano della pavimentazione interna							

GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore tecnico
 Dr. Geol. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Prova penetrometrica N° 1 bis

Committente :	Parrocchia di S. Maria Forisportam	Data:	1/23/2007
Località:	Piazza S. Maria Forisportam - LU	File:	pdp0701231bis



GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio-Accomandatario
 e Direttore Tecnico
 Dr. Geol. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Prova penetrometrica N° 2

Committente : Parrocchia di S. Maria Forisportam Data: 26/09/06
 Località: Piazza S. Maria Forisportam - LU

Quota: p.c.

Livello della falda: non mis.

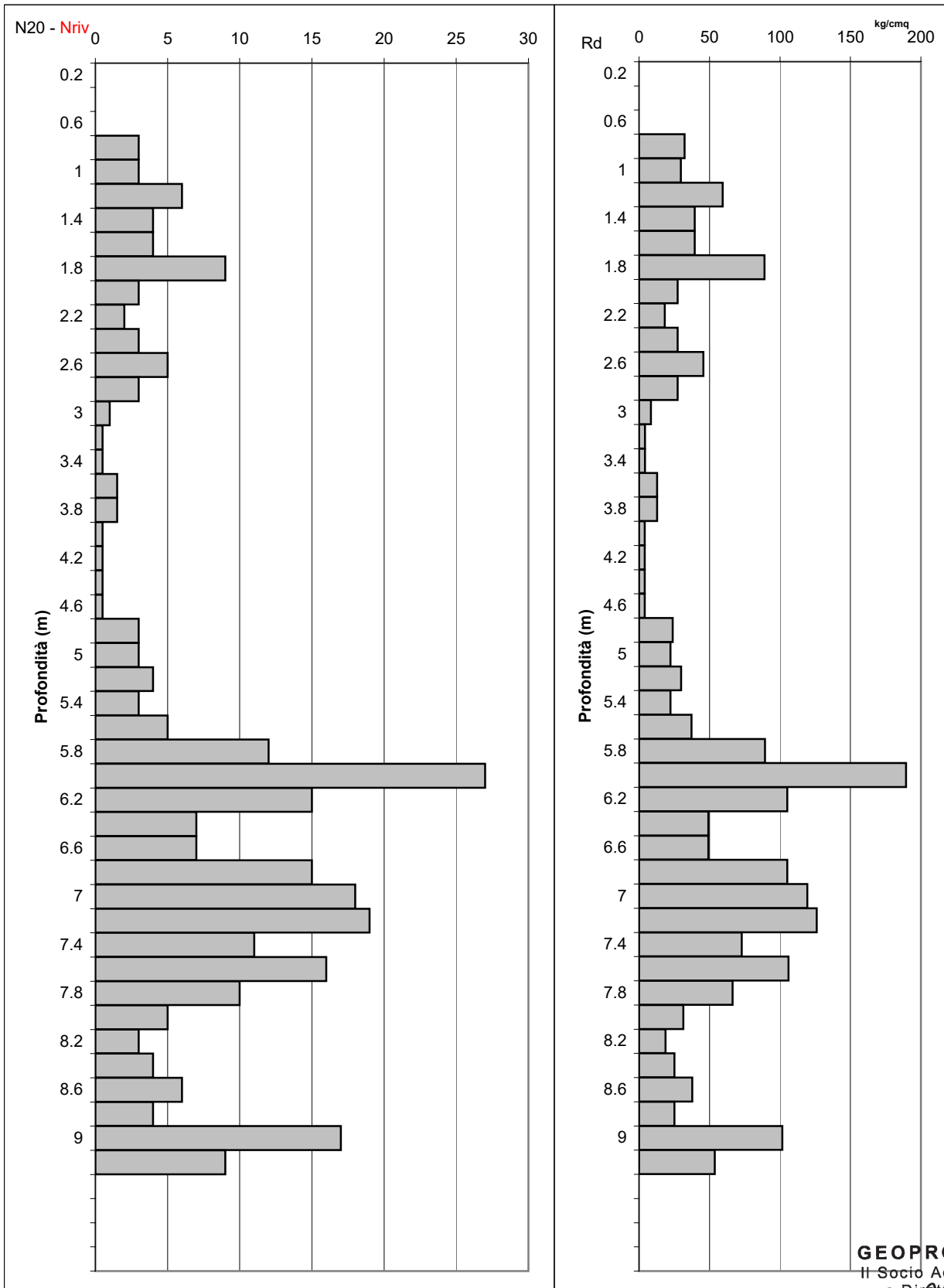
Letture di camp.			Valori derivati				
profond.	N ₂₀	Nriv	Rd	N ₂₀ *	Rd*	β	Nspt
0.2	0		0.00	0	0.00	2.12	0
0.4	0		0.00	0	0.00	2.12	0
0.6	0		0.00	0	0.00	2.12	0
0.8	3		32.29	3	32.29	2.12	6
1	3		29.65	3	29.65	2.12	6
1.2	6		59.30	6	59.30	2.12	12
1.4	4		39.53	4	39.53	2.12	8
1.6	4		39.53	4	39.53	2.12	8
1.8	9		88.95	9	88.95	2.12	19
2	3		27.41	3	27.41	2.12	6
2.2	2		18.27	2	18.27	2.12	4
2.4	3		27.41	3	27.41	2.12	6
2.6	5		45.68	5	45.68	2.12	10
2.8	3		27.41	3	27.41	2.12	6
3	1		8.49	1	8.49	2.12	2
3.2	0.5		4.25	1	4.25	2.12	1
3.4	0.5		4.25	1	4.25	2.12	1
3.6	1.5		12.74	2	12.74	2.12	3
3.8	1.5		12.74	2	12.74	2.12	3
4	0.5		3.97	1	3.97	2.12	1
4.2	0.5		3.97	1	3.97	2.12	1
4.4	0.5		3.97	1	3.97	2.12	1
4.6	0.5		3.97	1	3.97	2.12	1
4.8	3		23.81	3	23.81	2.12	6
5	3		22.35	3	22.35	2.12	6
5.2	4		29.79	4	29.79	2.12	8
5.4	3		22.35	3	22.35	2.12	6
5.6	5		37.24	5	37.24	2.12	10
5.8	12		89.38	12	89.38	2.12	25
6	27		189.45	27	189.45	2.12	57
6.2	15		105.25	15	105.25	2.12	31
6.4	7		49.12	7	49.12	2.12	14
6.6	7		49.12	7	49.12	2.12	14
6.8	15		105.25	15	105.25	2.12	31
7	18		119.38	18	119.38	2.12	38
7.2	19		126.01	19	126.01	2.12	40
7.4	11		72.95	11	72.95	2.12	23
7.6	16		106.11	16	106.11	2.12	33
7.8	10		66.32	10	66.32	2.12	21
8	5		31.44	5	31.44	2.12	10
8.2	3		18.86	3	18.86	2.12	6
8.4	4		25.15	4	25.15	2.12	8
8.6	6		37.72	6	37.72	2.12	12
8.8	4		25.15	4	25.15	2.12	8
9	17		101.60	17	101.60	2.12	36
9.2	9		53.79	9	53.79	2.12	19

Prova eseguita senza rivestimento

GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore Tecnico
 Dr. Geol. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Prova penetrometrica N° 2

Committente :	Parrocchia di S. Maria Forisportam	Data:	9/26/2006
Località:	Piazza S. Maria Forisportam - LU	File:	pdp0609262



GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore Tecnico
 Dr. Geol. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Prova penetrometrica dinamica pesante DPSH

Prova penetrometrica N° 3

Committente : Parrocchia di S. Maria Forisportam Data: 26/09/06
 Località: Piazza S. Maria Forisportam - LU

Quota: p.c.

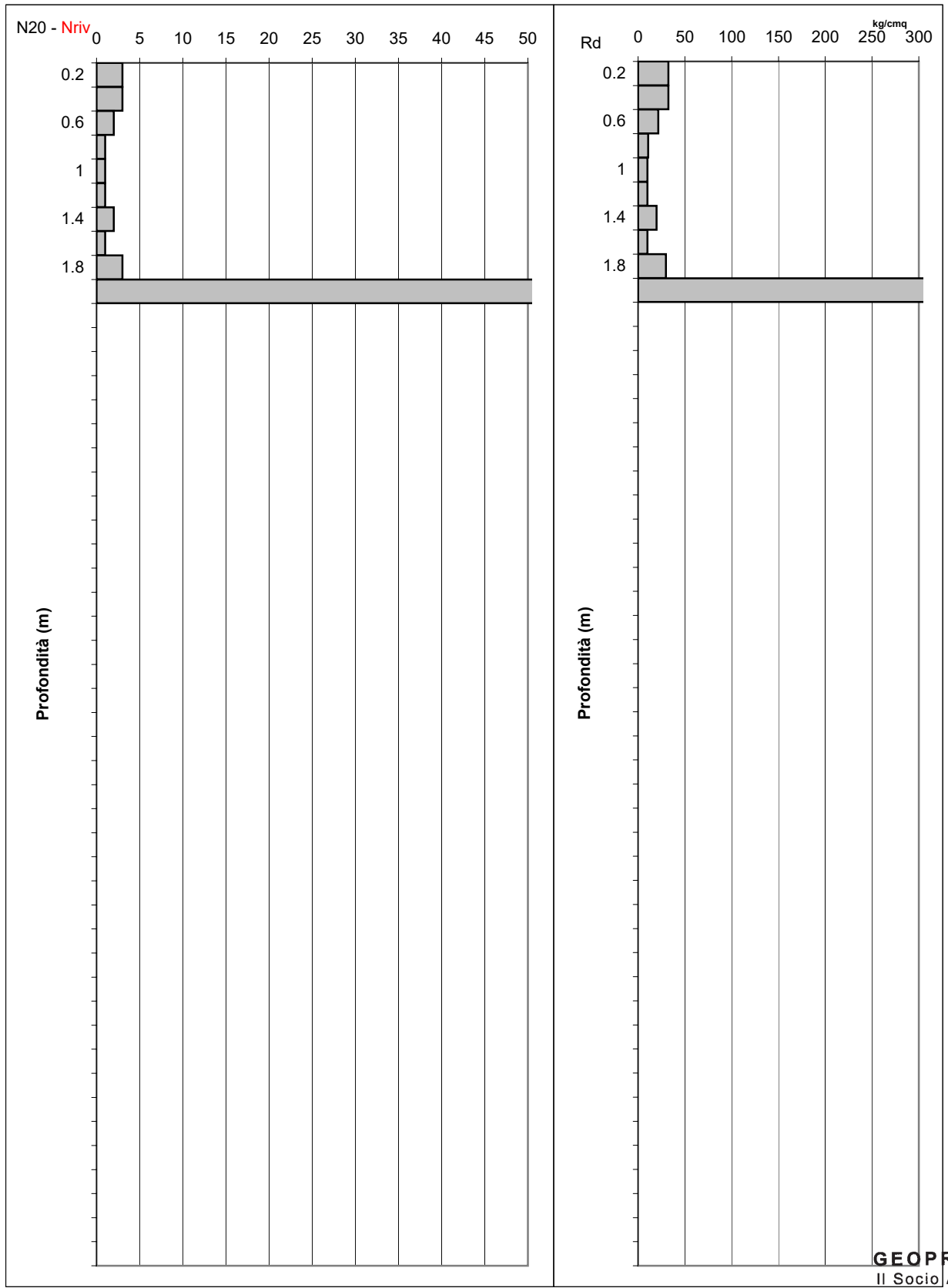
Livello della falda: non mis.

Lecture di camp.			Valori derivati				
profond.	N ₂₀	Nriv	Rd	N ₂₀ *	Rd*	β	Nspt
0.2	3		32.29	3	32.29	2.12	6
0.4	3		32.29	3	32.29	2.12	6
0.6	2		21.52	2	21.52	2.12	4
0.8	1		10.76	1	10.76	2.12	2
1	1		9.88	1	9.88	2.12	2
1.2	1		9.88	1	9.88	2.12	2
1.4	2		19.77	2	19.77	2.12	4
1.6	1		9.88	1	9.88	2.12	2
1.8	3		29.65	3	29.65	2.12	6
2	80		730.92	80	730.92	2.12	169

GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore Tecnico
 Dr. Geol. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Prova penetrometrica N° 3

Committente :	Parrocchia di S. Maria Forisportam	Data:	9/26/2006
Località:	Piazza S. Maria Forisportam - LU	File:	pdp0609263



GEOPROVE S.a.S.
Il Socio Accomandatario
e Direttore Tecnico
Dr. Geol. Pietro Barsanti
(n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Prova penetrometrica N° 4

Committente : Parrocchia di S. Maria Forisportam Data: 23/01/07
 Località: Piazza S. Maria Forisportam - LU

Quota: p.c.

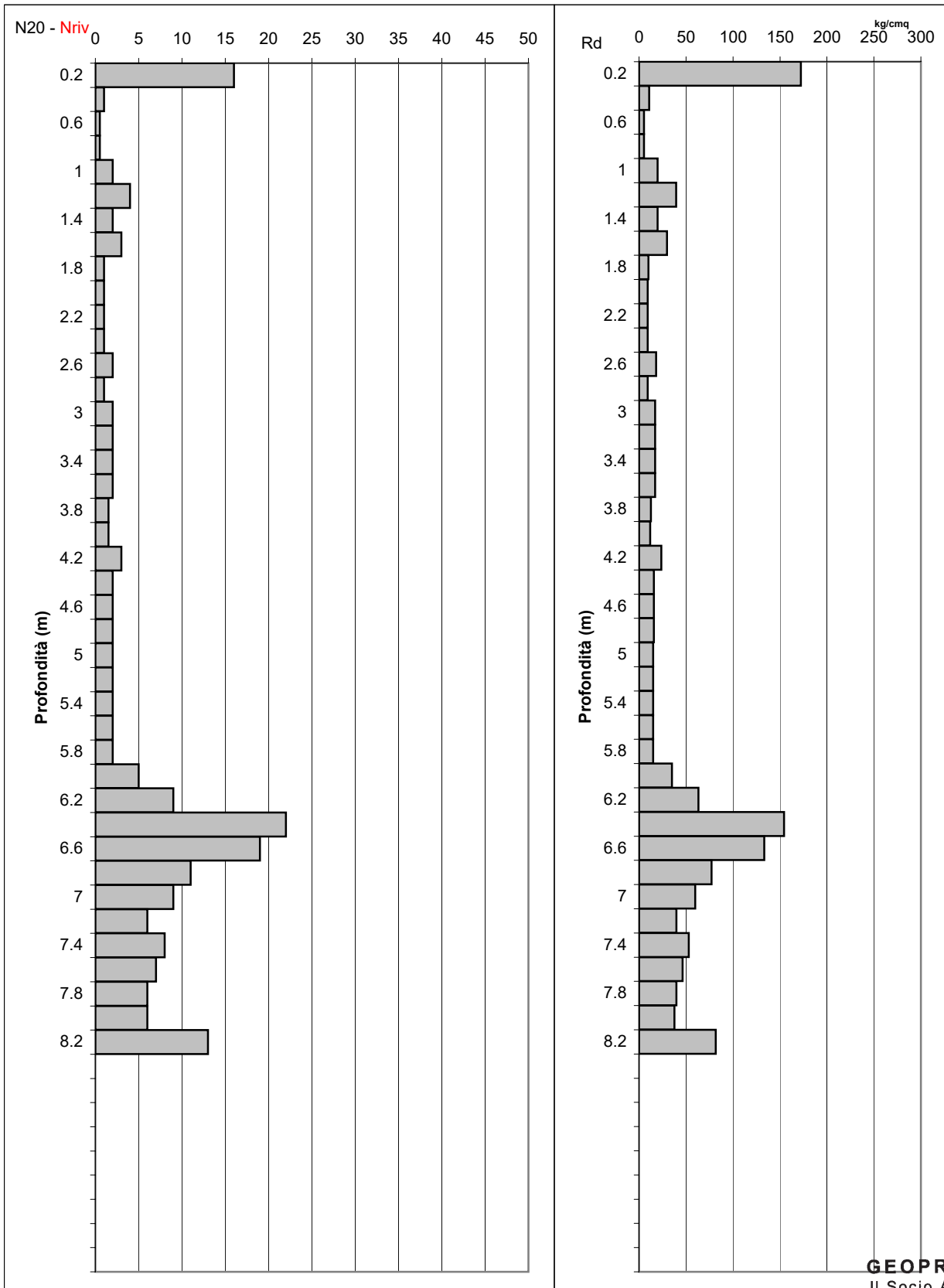
Livello della falda: non mis.

Letture di camp.			Valori derivati				
profond.	N ₂₀	Nriv	Rd	N ₂₀ *	Rd*	β	Nspt
0.2	16		172.20	16	172.20	2.12	33
0.4	1		10.76	1	10.76	2.12	2
0.6	0.5		5.38	1	5.38	2.12	1
0.8	0.5		5.38	1	5.38	2.12	1
1	2		19.77	2	19.77	2.12	4
1.2	4		39.53	4	39.53	2.12	8
1.4	2		19.77	2	19.77	2.12	4
1.6	3		29.65	3	29.65	2.12	6
1.8	1		9.88	1	9.88	2.12	2
2	1		9.14	1	9.14	2.12	2
2.2	1		9.14	1	9.14	2.12	2
2.4	1		9.14	1	9.14	2.12	2
2.6	2		18.27	2	18.27	2.12	4
2.8	1		9.14	1	9.14	2.12	2
3	2		16.99	2	16.99	2.12	4
3.2	2		16.99	2	16.99	2.12	4
3.4	2		16.99	2	16.99	2.12	4
3.6	2		16.99	2	16.99	2.12	4
3.8	1.5		12.74	2	12.74	2.12	3
4	1.5		11.91	2	11.91	2.12	3
4.2	3		23.81	3	23.81	2.12	6
4.4	2		15.88	2	15.88	2.12	4
4.6	2		15.88	2	15.88	2.12	4
4.8	2		15.88	2	15.88	2.12	4
5	2		14.90	2	14.90	2.12	4
5.2	2		14.90	2	14.90	2.12	4
5.4	2		14.90	2	14.90	2.12	4
5.6	2		14.90	2	14.90	2.12	4
5.8	2		14.90	2	14.90	2.12	4
6	5		35.08	5	35.08	2.12	10
6.2	9		63.15	9	63.15	2.12	19
6.4	22		154.37	22	154.37	2.12	46
6.6	19		133.32	19	133.32	2.12	40
6.8	11		77.18	11	77.18	2.12	23
7	9		59.69	9	59.69	2.12	19
7.2	6		39.79	6	39.79	2.12	12
7.4	8		53.06	8	53.06	2.12	16
7.6	7		46.42	7	46.42	2.12	14
7.8	6		39.79	6	39.79	2.12	12
8	6		37.72	6	37.72	2.12	12
8.2	13		81.73	13	81.73	2.12	27
Prova riferita al piano della strada							

GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore tecnico
 Dr. Geol. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Prova penetrometrica N° 4

Committente :	Parrocchia di S. Maria Forisportam	Data:	1/23/2007
Località:	Piazza S. Maria Forisportam - LU	File:	pdp0701234



GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore Tecnico
 Dr. Geol. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)



Prove Penetrometriche Statiche

Committente : Parrocchia di S. Maria Forisportam
 Località: Piazza S. Maria Forisportam - LU
 Data: 26/09/06
 N° totale di prove: 3

Cartella: S.MariaForisportam060926Parrocchia

Penetrometro

Ditta produttrice: PAGANI GEOTHECNICAL EQUIPMENT
 Modello: TG63-100
 Spinta: 100 KN
 Punta: meccanica tipo Begemann
 Cella di carico di sommità: Hottinger - Classe: 0,2
 Centralina elettronica di rilevamento dati

Legenda

A	= resistenza totale alla punta	(Kg)
B	= resistenza totale alla punta + manicoto	(Kg)
T	= resistenza totale	(Kg)
Rp	= resistenza alla punta	(Kg/cmq)
Rf	= resistenza laterale	(Kg/cmq)
Rp/Rf	= rapporto Begemann	

Valori derivati

Φ	= angolo d'attrito interno	(°)
Dr	= densità relativa	(%)
Cu	= coesione non drenata	(Kg/cmq)
mv	= coefficiente di compressibilità volumetrica	(cmq/Kg)

N.B.: I valori derivati si basano sulle correlazioni empiriche o semiempiriche proposte da Begemann, Searle, Shmertmann e Altri. Si declina qualsiasi responsabilità sull'uso di tali dati senza adeguate verifiche dirette (sondaggi, prove di laboratorio su campioni indisturbati etc.)

GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore Tecnico
 Dr. Geol. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Legende della stratigrafia schematica

Begemann (1965)	
Torbe e arg. organiche	#-#-#-#-#
Argille	=====
Limi argillosi	~~~~~=====
Limi	~~~~~
Limi argille sabbie	~~~~~=====.....
Sabbie limose~~~~~.....
Sabbie fini
Sabbie grossolane
Sabbie e ghiaie	0**0**0**0**0

Searle (1979)	
Torbe	#####
Argille torbose	#-#-#-#-#
Argille	=====
Argille limose	=====
Limi argillosi	~~~~~=====
Limi argillosi sabbiosi	~~~~~=====.....
Sabbie limose argillose~~~~~.....
Sabbie fini
Sabbie
Sabbie ghiaiose	0**0**0**0**0
Ghiaie sabbiose	00*00*00*00*00
Ghiaie	0000*0000*0000

Riporto	vengono indicati nei livelli per i quali sono disponibili
Substrato roccioso	informazioni derivanti da altri mezzi di indagine

Prova penetrometrica statica **Prova N° 1** Geoprove S.a.s.

Committente : Fondazione Cassa di Risparmio Data: 14/03/2006
Località: Lucca P.zza S.Maria Forisportam File: ps0603141

Quota: p.c.	Livello della falda:			Parametri meccanici del terreno										
	Letture di campagna			Valori derivati			(Searle 1979)				(Begemann 1968)			
profond.	A	B	T	Rp	Rf	Rp/Rf	ϕ	Dr	Cu	mv	ϕ	Dr	Cu	mv
0,2	0			0										
0,4	0			0										
0,6	0			0										
0,8	0			0										
1	0			0										
1,2	0			0										
1,4	0			0										
1,6	0			0										
1,8	0			0										
2	0			0										
2,2	0			0										
2,4	0			0	0,6	0,0	--	--	--	--	--	--	--	--
2,6	90	180	210	9	0,3	27,0	25,6	24%	--	0,028	--	--	0,4	0,028
2,8	70	120	180	7	0,3	26,3	25,5	21%	--	0,036	--	--	0,3	0,036
3	60	100	170	6	0,1	45,0	27,9	8%	--	0,056	27,9	8%	--	0,056
3,2	70	90	150	7	0,3	26,3	25,5	21%	--	0,036	--	--	0,3	0,036
3,4	60	100	160	6	0,2	30,0	25,7	20%	--	0,042	25,0	20%	--	0,042
3,6	90	120	170	9	0,3	27,0	25,6	24%	--	0,028	--	--	0,4	0,028
3,8	100	150	200	10	0,5	21,4	--	--	0,4	0,025	--	--	0,5	0,025
4	180	250	350	18	0,7	27,0	26,1	37%	--	0,014	--	--	0,7	0,014
4,2	340	440	600	34	0,4	85,0	32,7	26%	--	0,015	32,7	26%	--	0,015
4,4	110	170	500	11	0,5	23,6	25,5	27%	--	0,023	--	--	0,6	0,023
4,6	90	160	450	9	0,5	19,3	--	--	0,4	0,028	--	--	0,5	0,028
4,8	80	150	450	8	0,4	20,0	--	--	0,3	0,031	--	--	0,4	0,031
5	70	130	350	7	0,4	17,5	--	--	0,3	0,036	--	--	0,4	0,036
5,2	70	130	350	7	0,5	15,0	--	--	0,4	0,041	--	--	0,4	0,041
5,4	90	160	370	9	0,5	16,9	--	--	0,4	0,028	--	--	0,5	0,028
5,6	100	180	380	10	0,5	18,8	--	--	0,4	0,025	--	--	0,5	0,025
5,8	140	220	400	14	0,5	26,3	26,0	31%	--	0,018	--	--	0,6	0,018
6	280	360	450	28	1,3	21,0	--	--	1,1	0,012	--	--	1,4	0,012
6,2	380	580	700	38	1,3	28,5	26,9	54%	--	0,009	26,2	54%	--	0,009
6,4	800	1000	1200	80										

Prova penetrometrica statica

Prova N° 2

Geoprove S.a.s.

Committente : Fondazione Cassa di Risparmio
 Località: Lucca P.zza S.Maria Forisportam

Data: 14/03/2006
 File: ps0603142

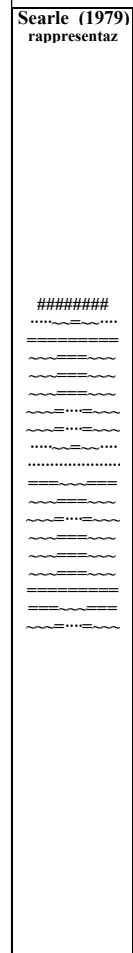
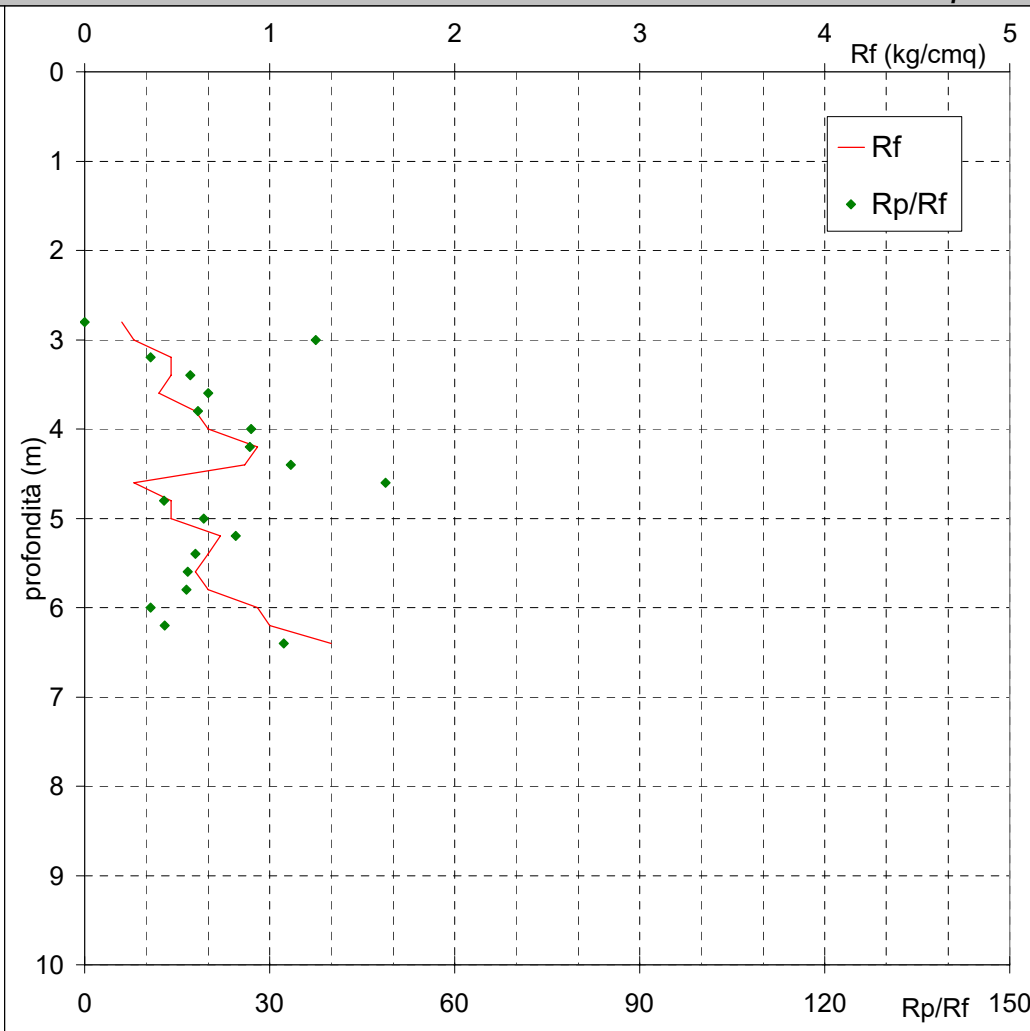
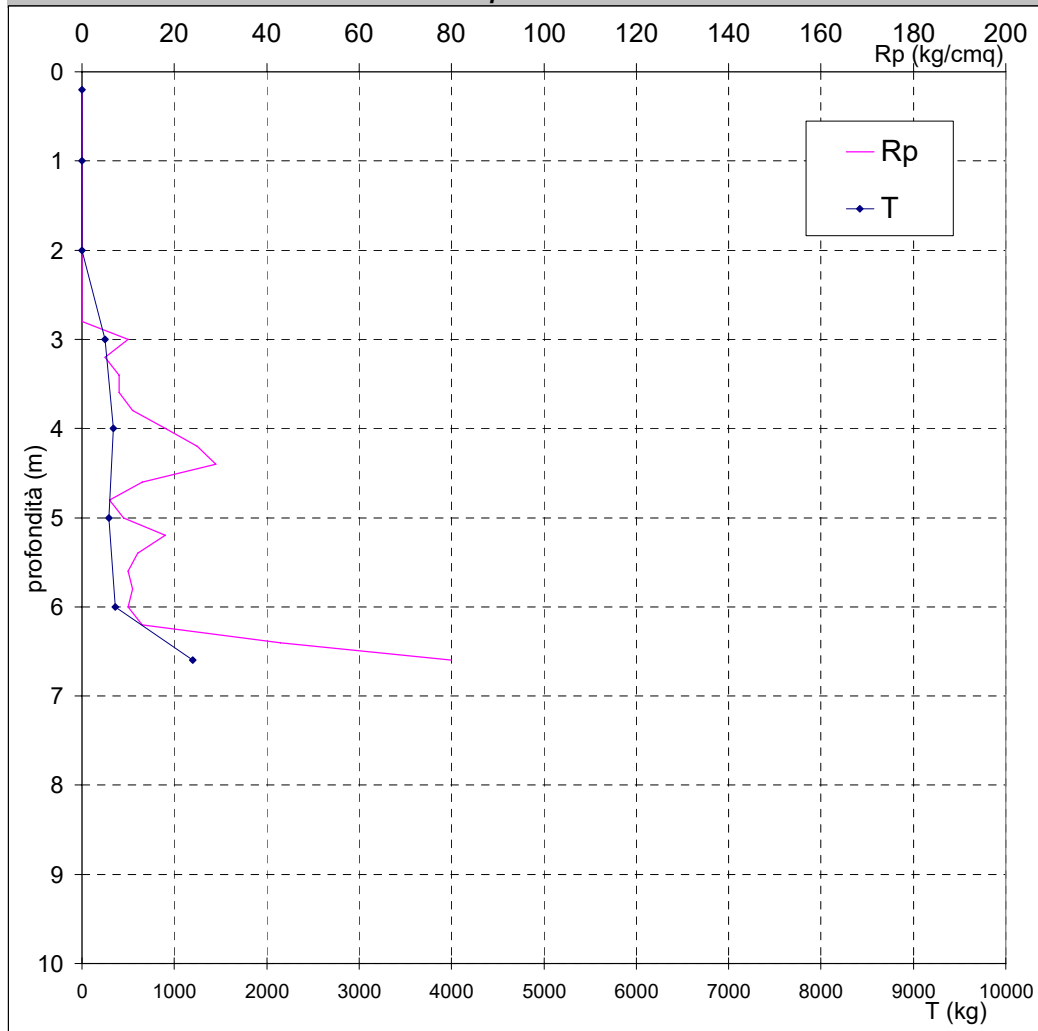
Quota: p.c.	Livello della falda:			Parametri meccanici del terreno										
	Letture di campagna			Valori derivati			(Searle 1979)				(Begemann 1968)			
profond.	A	B	T	Rp	Rf	Rp/Rf	ϕ	Dr	Cu	mv	ϕ	Dr	Cu	mv
0,2	0			0										
0,4	0			0										
0,6	0			0										
0,8	0			0										
1	0			0										
1,2	0			0										
1,4	0			0										
1,6	0			0										
1,8	0			0										
2	0			0										
2,2	0			0										
2,4	0			0										
2,6	0			0										
2,8	0			0	0,2	0,0	--	--	--	--	--	--	--	--
3	100	130	250	10	0,3	37,5	27,5	25%	--	0,025	26,8	25%	--	0,025
3,2	50	90	200	5	0,5	10,7	--	--	0,3	0,050	--	--	0,3	0,050
3,4	80	150	250	8	0,5	17,1	--	--	0,3	0,031	--	--	0,4	0,031
3,6	80	150	300	8	0,4	20,0	--	--	0,3	0,031	--	--	0,4	0,031
3,8	110	170	320	11	0,6	18,3	--	--	0,4	0,023	--	--	0,6	0,023
4	180	270	340	18	0,7	27,0	26,1	37%	--	0,014	--	--	0,7	0,014
4,2	250	350	350	25	0,9	26,8	26,6	44%	--	0,013	--	--	1,0	0,013
4,4	290	430	370	29	0,9	33,5	27,8	47%	--	0,011	27,1	47%	--	0,011
4,6	130	260	400	13	0,3	48,8	29,2	18%	--	0,038	29,2	18%	--	0,038
4,8	60	100	250	6	0,5	12,9	--	--	0,3	0,033	--	--	0,4	0,033
5	90	160	290	9	0,5	19,3	--	--	0,4	0,028	--	--	0,5	0,028
5,2	180	250	400	18	0,7	24,5	25,7	37%	--	0,014	--	--	0,9	0,014
5,4	120	230	380	12	0,7	18,0	--	--	0,5	0,021	--	--	0,6	0,021
5,6	100	200	370	10	0,6	16,7	--	--	0,4	0,025	--	--	0,5	0,025
5,8	110	200	370	11	0,7	16,5	--	--	0,4	0,023	--	--	0,6	0,023
6	100	200	360	10	0,9	10,7	--	--	0,7	0,025	--	--	0,7	0,025
6,2	130	270	380	13	1,0	13,0	--	--	0,7	0,022	--	--	0,9	0,022
6,4	430	580	800	43	1,3	32,3	28,4	56%	--	0,008	27,5	56%	--	0,008
6,6	800	1000	1200	80										

Committente : **Fondazione Cassa di Risparmio**

Data: **14/03/2006**

Località: **Lucca P.zza S.Maria Forisportam**

File: **ps0603142**



Prova penetrometrica statica

Prova N° 3

Geoprove S.a.s.

Committente : Parrocchia di S. Maria Forisportam

Data: 26/09/2006

Località: Piazza S. Maria Forisportam - LU

File: ps0609261

Piezometro fondo foro

Livello della falda: -3.07

Quota: p.c.	Livello della falda: -3.07						Parametri meccanici del terreno							
	Letture di campagna			Valori derivati			(Searle 1979)				(Begemann 1968)			
profond.	A	B	T	Rp	Rf	Rp/Rf	ϕ	Dr	Cu	mv	ϕ	Dr	Cu	mv
0.2														
0.4														
0.6														
0.8														
1														
1.2														
1.4														
1.6					0.9	0.0	--	--	--	--	--	--	--	--
1.8	140	280	300	14	0.3	42.0	28.7	19%	--	0.024	28.7	19%	--	0.024
2	160	210	310	16	0.7	24.0	25.6	34%	--	0.016	--	--	0.8	0.016
2.2	210	310	320	21	0.6	35.0	28.1	41%	--	0.016	27.4	41%	--	0.016
2.4	230	320	330	23	0.3	69.0	31.5	27%	--	0.022	31.5	27%	--	0.022
2.6	70	120	340	7	0.3	21.0	--	--	0.3	0.036	--	--	0.4	0.036
2.8	100	150	350	10	0.3	37.5	27.5	25%	--	0.025	26.8	25%	--	0.025
3	100	140	330	10	1.3	7.5	--	--	1.0	0.025	--	--	0.7	0.025
3.2	200	400	340	20	0.3	75.0	31.1	25%	--	0.025	31.1	25%	--	0.025
3.4	100	140	350	10	0.7	15.0	--	--	0.5	0.029	--	--	0.5	0.029
3.6	240	340	360	24	0.5	51.4	30.0	28%	--	0.021	30.0	28%	--	0.021
3.8	110	180	320	11	0.3	41.3	28.6	16%	--	0.030	28.6	16%	--	0.030
4	110	150	380	11	0.5	23.6	25.5	27%	--	0.023	--	--	0.6	0.023
4.2	190	260	420	19	1.0	19.0	--	--	0.8	0.013	--	--	1.0	0.013
4.4	270	420	490	27	0.9	28.9	27.0	45%	--	0.012	26.3	45%	--	0.012
4.6	210	350	570	21	0.9	22.5	--	--	0.8	0.016	--	--	1.1	0.016
4.8	130	270	540	13	0.5	24.4	25.7	30%	--	0.019	--	--	0.7	0.019
5	220	300	510	22	0.9	25.4	26.3	42%	--	0.015	--	--	0.9	0.015
5.2	330	460	560	33	1.3	24.8	26.2	50%	--	0.010	--	--	1.7	0.010
5.4	480	680	630	48										
5.6	700		800	70										

Prova riferita al piano della pavimentazione interna alla Chiesa



IGETECMA s.a.s.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

002

Certificati di prova n. 1054-1059/2006

Firenze li 26/05/2006

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 96/2006 del 04/05/06

COMMITTENTE: Geoprove s.a.s.

LOCALITA': Chiesa S. Maria Forisportam, Lucca

DATA ESECUZIONE PROVE: 05/05/06 - 22/05/06

CAMPIONI:

S2C1 profondità 3.0 - 3.6 m

Prove eseguite

- 1 - Umidità naturale (CNR - UNI 10008)
- 2 - Peso di volume naturale (Boll. Uff. CNR n. 40)
- 3 - Limiti di Atterberg (ASTM D 4318/84)
- 4 - Analisi granulometrica per setacciatura: per via umida (ASTM D 421/85)
- 5 - Analisi granulometrica della frazione fine: metodo del densimetro (ASTM D 1140/71)
- 6 - Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM 2435)
- 7 - Peso specifico dei grani (Boll. Uff. CNR n. 64)
- 8 - Prova di espansione laterale libera (ASTM D 2166/85)
- 9 - Prova di taglio (ASTM D 3080/72)

Lo sperimentatore

Michele Calm



Il Direttore del Laboratorio
ing. Francesco Politi

Francesco Politi



IGETECMA s.a.s.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 2

CERTIFICATO DI PROVA N. 1054/2006

CAMPIONE: S2C1 profondità 3.0 - 3.6 m	Firenze li 26/05/2006
COMMITTENTE: Geoprobe s.a.s.	V.A. n. 96/2006 del 04/05/06
LOCALITA': Chiesa S. Maria Forisportam, Lucca	Data apertura campione: 05/05/06

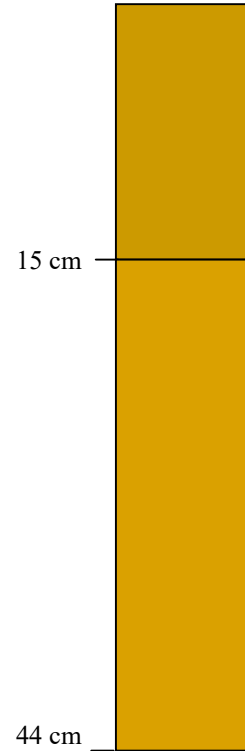
Descrizione del campione

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

0 - 15 cm: elementi litici in matrice limo argillosa, presenti frammenti di laterizi, colore marrone

15 - 44 cm: limo sabbioso colore marrone

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, granulometria, limiti, taglio, E.L.L., peso specifico dei grani e edometria



Lo sperimentatore
Michele Calm



Il direttore del Laboratorio
Ing. Francesco Politi

Francesco Politi



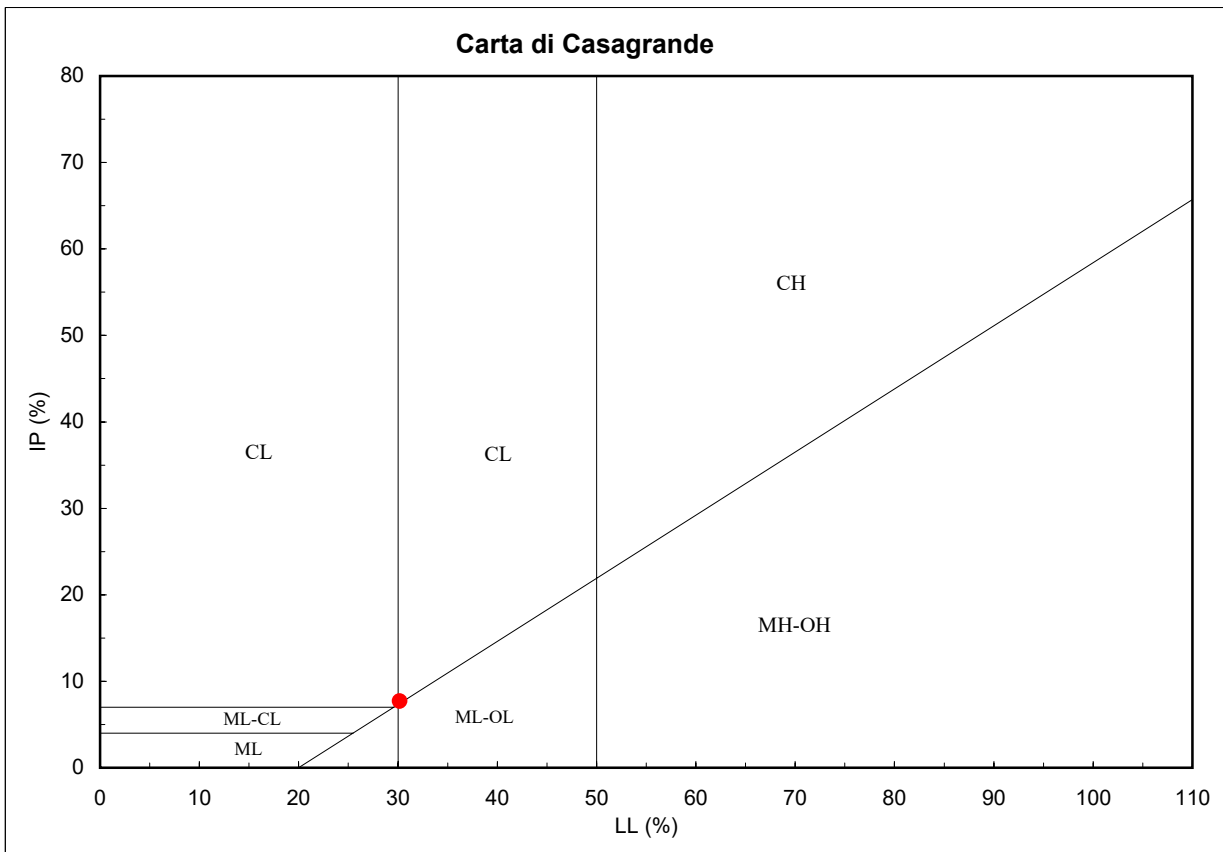
CERTIFICATO DI PROVA N. 1054/2006

CAMPIONE: S2C1 profondità 3.0 - 3.6 m	Firenze li 26/05/2006
COMMITTENTE: Geoprobe s.a.s.	V.A. n. 96/2006 del 04/05/06
LOCALITA': Chiesa S. Maria Forisportam, Lucca	Data prova: 08/05/06 - 16/05/06

**Contenuto d'acqua (CNR - UNI 10008)
Limiti di Atterberg (CNR-UNI 10014)**

Contenuto d'acqua (Wn) =	30,18%	Limite di liquidità (LL) =	30,2%
Limite di plasticità (LP) =	22,5%	Indice di plasticità (IP) =	7,7%
Indice di consistenza (Ic) =	0,00	Indice di attività (Iat) =	0,93

CL = argille inorganiche di media plasticità



Lo sperimentatore
Michèle Calm

 Il direttore del Laboratorio
Ing. Francesco Politi
Francesco Politi



IGETECMA s.a.s.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 1

CERTIFICATO DI PROVA N. 1055/2006

CAMPIONE: S2C1 profondità 3.0 - 3.6 m

COMMITTENTE: Geoprove s.a.s.

LOCALITA': Chiesa S. Maria Forisportam, Lucca

Firenze li 26/05/2006

V.A. n. 96/2006 del 04/05/06

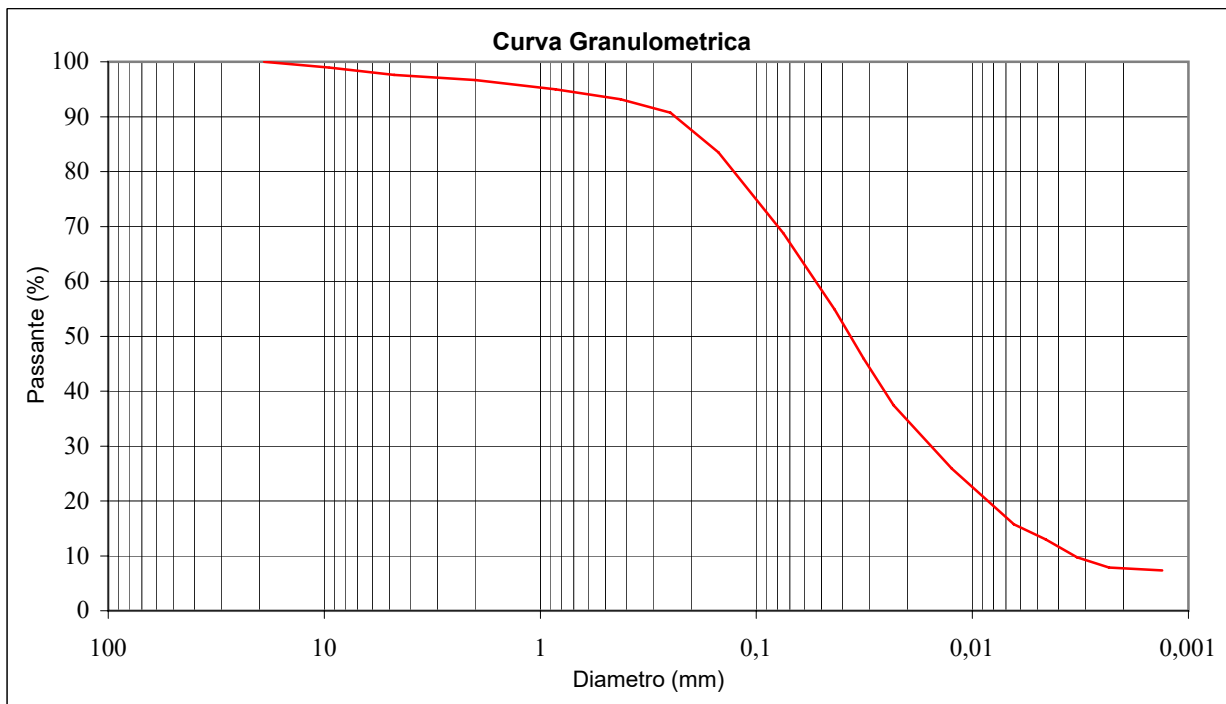
Data prova: 08/05/06 - 16/05/06

Analisi granulometrica

Setacciatura: per via umida (ASTM D 421)

Frazione fine: metodo del densimetro (ASTM D 422)

Setacciatura		Sedimentazione	
Diametro (mm)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
19	100	0,0434	54,8
9,5	99,0	0,0318	45,9
4,75	97,6	0,0232	37,4
2	96,7	0,0124	25,9
0,850	95,0	0,0064	15,7
0,425	93,2	0,0046	13,0
0,250	90,7	0,0033	9,7
0,150	83,5	0,0023	7,9
0,075	68,8	0,0013	7,4



Ghiaia: 3,3%

Sabbia: 33,6%

Limo: 55,3%

Argilla: 7,8%

Limo con sabbia debolmente argilloso

Lo sperimentatore

Michèle Calmo



direttore del Laboratorio
Ing. Francesco Politi

Francesco Politi



CERTIFICATO DI PROVA N. 1056/2006

CAMPIONE: S2C1 profondità 3.0 - 3.6 m

Firenze li 26/05/2006

COMMITTENTE: Geoprobe s.a.s.

V.A. n. 96/2006 del 04/05/06

LOCALITA': Chiesa S. Maria Forisportam, Lucca

Data prova: 19/05/06 - 22/05/06

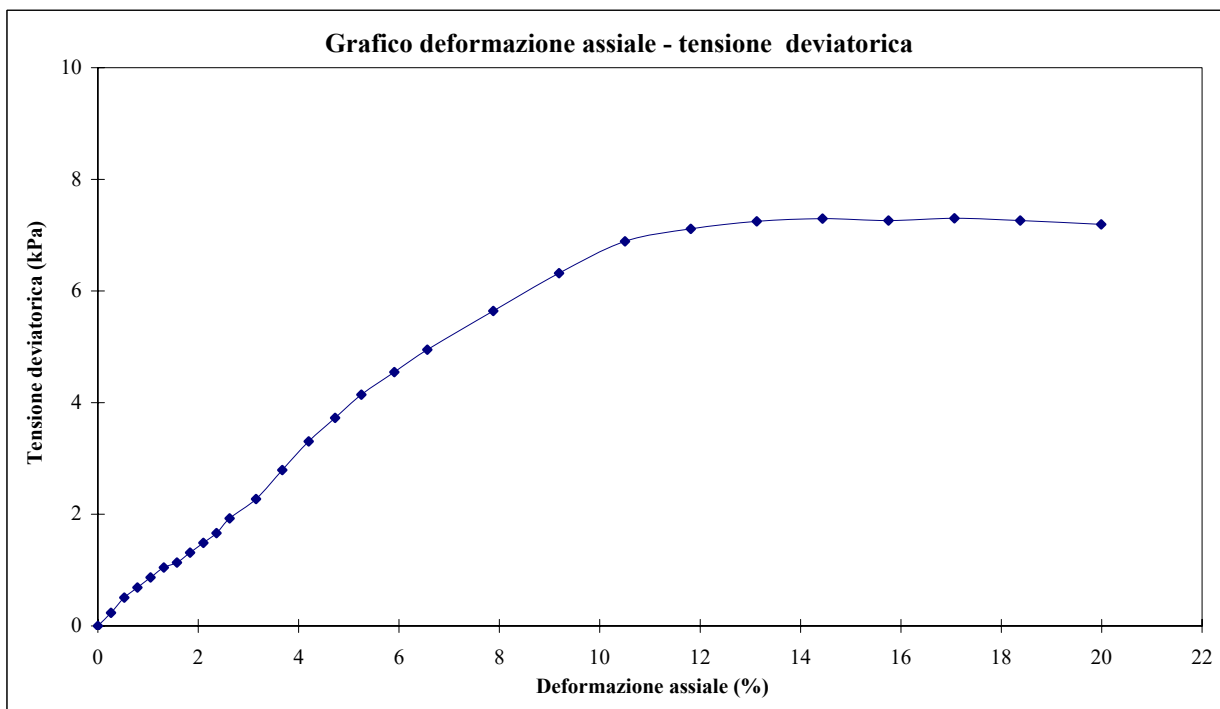
Contenuto d'acqua (ASTM D 2216)

Peso di volume (BS 1377 T15/e)

Prova di espansione laterale libera (ASTM D 2166)

Peso di volume naturale (kN/m ³)	18,3	Sigma a rottura (kPa)	5,6
Peso di volume secco (kN/m ³)	14,0	Coesione non drenata (kPa)	2,8
Contenuto d'acqua (%)	31,43	Modulo elastico	
Vel. def. (mm/min)	1,27	tangente iniziale (kPa)	98

ϵ (%)	σ (kPa)	ϵ (%)	σ (kPa)	ϵ (%)	σ (kPa)
0,26	0,2	2,63	1,9	9,19	6,3
0,53	0,5	3,15	2,3	10,50	6,9
0,79	0,7	3,68	2,8	11,81	7,1
1,05	0,9	4,20	3,3	13,13	7,2
1,31	1,0	4,73	3,7	14,44	7,3
1,58	1,1	5,25	4,1	15,75	7,3
1,84	1,3	5,91	4,5	17,06	7,3
2,10	1,5	6,56	4,9	18,38	7,3
2,36	1,7	7,88	5,6	19,99	7,2



Lo sperimentatore

Michele Calmo



Il direttore del Laboratorio
Ing. Francesco Polini

Francesco Polini



IGETECMA s.a.s.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 1

CERTIFICATO DI PROVA N. 1057/2006

CAMPIONE: S2C1 profondità 3.0 - 3.6 m

COMMITTENTE: Geoprove s.a.s.

LOCALITA': Chiesa S. Maria Forisportam, Lucca

Firenze li 26/05/2006

V.A. n. 96/2006 del 04/05/06

Data prova: 09/05/06 - 16/05/06

Peso specifico dei grani (CNR-UNI 10013)

Peso specifico dei grani (kN/m³) 26,60

Peso di volume secco (kN/m³) 14,6

Indice dei vuoti = 0,816

Grado di saturazione (%) = 97,26

Contenuto d'acqua (%) = 29,22

Lo sperimentatore
Michèle Calm



Il direttore del Laboratorio
Ing. Francesco Politi

Francesco Politi



IGETECMA s.a.s.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 1 di 3

CERTIFICATO DI PROVA N. 1058/2006

CAMPIONE: S2C1 profondità 3.0 - 3.6 m

Firenze li 26/05/2006

COMMITTENTE: Geoprove s.a.s.

V.A. n. 96/2006 del 04/05/06

LOCALITA': Chiesa S. Maria Forisportam, Lucca

Data prova: 05/05/06 - 22/05/06

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216)

Peso di volume (BS 1377 T15/e)

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM 2435)

	Iniziale	Finale
Altezza (mm)	19,795	17,057
Volume (cmc)	39,331	33,892
Peso di volume naturale (kN/m ³)	18,9	20,8
Peso di volume secco (kN/m ³)	14,6	17,0
Contenuto d'acqua (%)	29,22	22,14
Indice dei vuoti	0,816	0,678

Pressione (kPa)	Cedimento (%)	Indice dei vuoti	Mv (m²/kN)	Av (m²/kN)
24,5	0,816	0,801	--	--
49,0	1,562	0,788	0,0003039	0,0005520
98,1	2,800	0,765	0,0002526	0,0004587
196,1	4,813	0,729	0,0002052	0,0003727
98,1	4,726	0,730	0,0000089	0,0000161
49,0	4,579	0,733	0,0000298	0,0000542
98,1	4,658	0,732	0,0000160	0,0000290
196,1	5,009	0,725	0,0000358	0,0000650
392,3	7,629	0,678	0,0001336	0,0002426
784,6	11,065	0,615	0,0000876	0,0001591
1569,1	14,845	0,547	0,0000482	0,0000875
392,3	14,481	0,553	0,0000031	0,0000056
98,1	13,830	0,565	0,0000221	0,0000402
24,5	13,055	0,579	0,0001054	0,0001914

Lo sperimentatore

Michele Colm



Il direttore del Laboratorio
Ing. Francesco Politi

Francesco Politi



IGETECMA s.a.s.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

Pag. 2 di 3

CERTIFICATO DI PROVA N. 1058/2006

CAMPIONE: S2C1 profondità 3.0 - 3.6 m

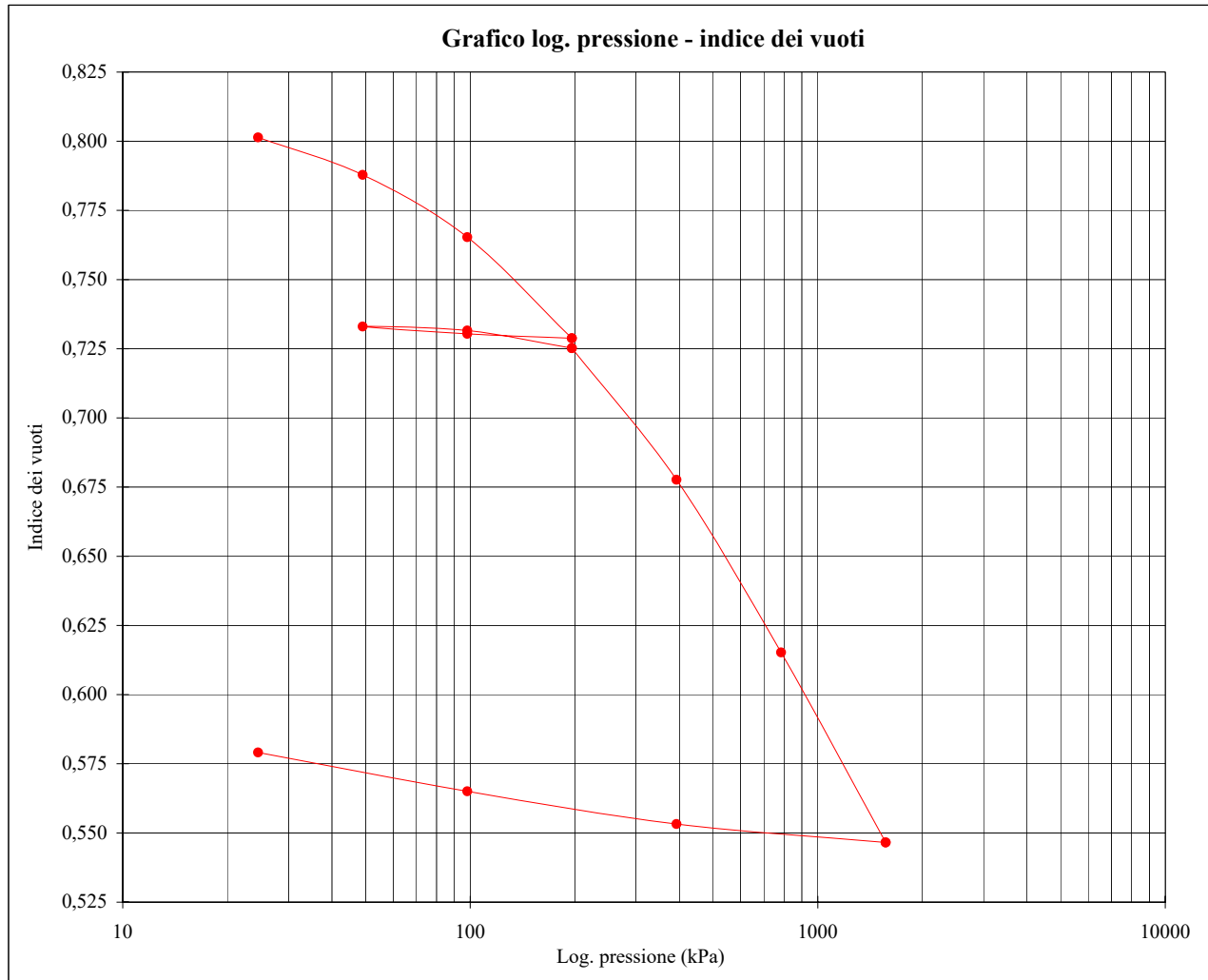
COMMITTENTE: Geoprove s.a.s.

LOCALITA': Chiesa S. Maria Forisportam, Lucca

Firenze li 26/05/2006

V.A. n. 96/2006 del 04/05/06

Data prova: 05/05/06 - 22/05/06



Lo sperimentatore
Michèle Colm



Il direttore del Laboratorio
Ing. Francesco Polini

Francesco Polini



CERTIFICATO DI PROVA N. 1058/2006

CAMPIONE: S2C1 profondità 3.0 - 3.6 m

Firenze li 26/05/2006

COMMITTENTE: Geoprobe s.a.s.

V.A. n. 96/2006 del 04/05/06

LOCALITA': Chiesa S. Maria Forisportam, Lucca

Data prova: 05/05/06 - 22/05/06

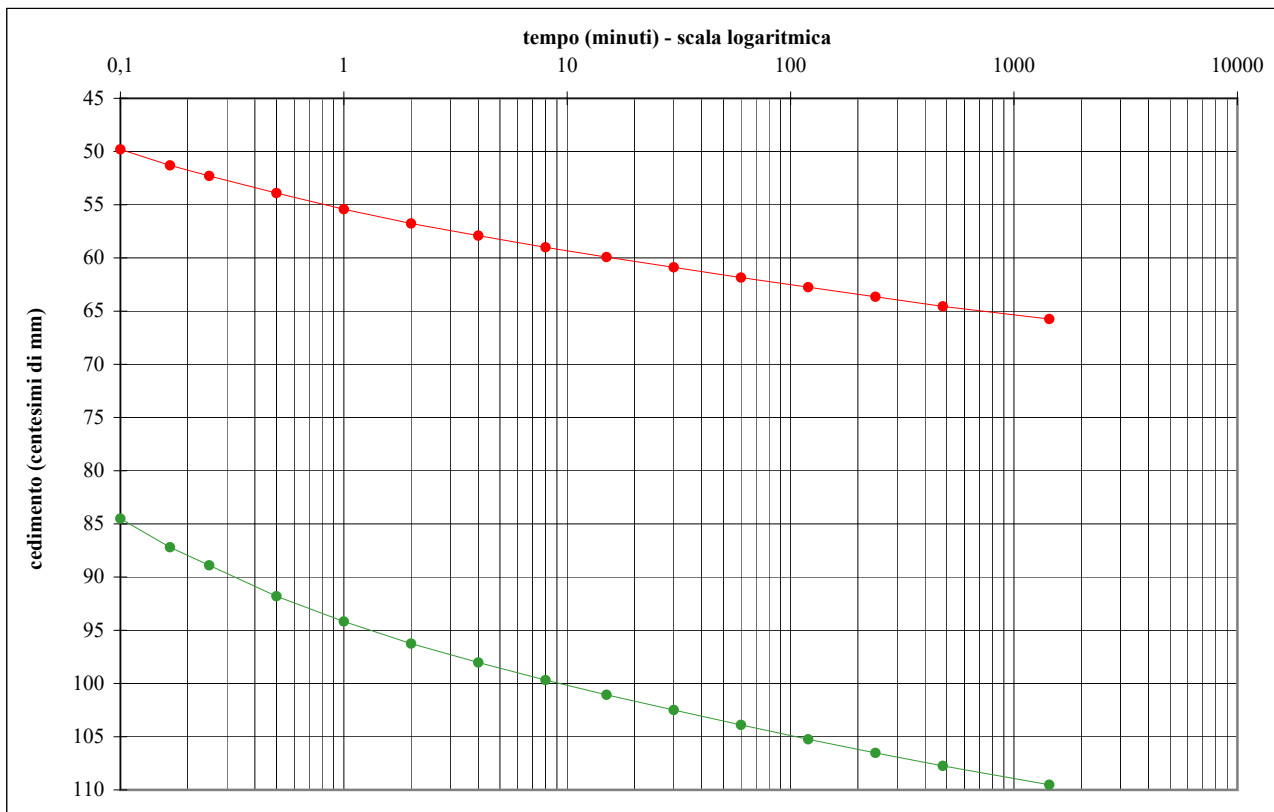
Cedimento in funzione del tempo

carico da 49.0 a 98.1 kPa

carico da 98.1 a 196.1 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻² mm)
0,10	49,800
0,17	51,300
0,25	52,300
0,50	53,900
1	55,425
2	56,760
4	57,900
8	59,000
15	59,915
30	60,890
60	61,855
120	62,750
240	63,660
480	64,555
1440	65,750

tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻² mm)
0,10	84,500
0,17	87,200
0,25	88,900
0,50	91,800
1	94,175
2	96,250
4	98,030
8	99,680
15	101,070
30	102,500
60	103,900
120	105,245
240	106,525
480	107,750
1440	109,515



Lo sperimentatore
Michèle Calmo



Il direttore del Laboratorio
Ing. Francesco Politi
Francesco Politi

**CERTIFICATO DI PROVA N. 1059/2006****CAMPIONE: S2C1 profondità 3.0 - 3.6 m**

Firenze li 26/05/2006

COMMITTENTE: Geoprobe s.a.s.

V.A. n. 96/2006 del 04/05/06

LOCALITA': Chiesa S. Maria Forisportam, Lucca

Data prova: 08/05/06 - 16/05/06

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216)**Peso di volume (BS 1377 T15/e)****Prova di taglio (ASTM D 3080/72)**

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Peso di volume naturale iniziale (kN/m ³)	18,8	18,7	18,6
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	18,9	19,3	20,0
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	14,2	14,2	14,2
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	14,8	15,2	15,7
Contenuto d'acqua iniziale (%)	31,81	31,53	31,47
Contenuto d'acqua finale (%)	27,55	27,00	26,85
Velocità di deformazione (mm/min.)	0,0020	0,0020	0,0020
Sigma (kPa)	49,0	98,1	147,1
Tau a rottura (kPa)	36,1	71,4	107,2

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau
(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)
0,11	5,3	0,06	5,0	0,26	18,6
0,17	7,7	0,12	8,6	0,49	35,6
0,24	10,0	0,18	11,7	0,75	49,1
0,43	15,3	0,25	15,3	1,02	58,6
0,64	18,6	0,50	27,5	1,29	65,3
0,84	21,4	0,76	37,0	1,56	71,4
1,06	23,6	1,04	43,6	1,84	76,7
1,27	25,8	1,32	48,6	2,12	81,1
1,48	27,5	1,59	53,1	2,39	85,2
1,69	29,1	1,87	57,0	2,67	88,1
1,91	30,6	2,16	60,0	2,96	91,1
2,12	32,0	2,44	62,8	3,25	94,1
2,34	32,8	2,72	64,7	3,54	96,4
2,56	33,6	3,02	67,2	3,83	98,1
2,78	34,1	3,31	68,8	4,12	99,7
3,00	35,3	3,60	70,3	4,40	101,4
3,22	35,8	3,89	70,8	4,69	102,8
3,44	36,1	4,18	71,4	4,97	104,7
3,73	35,8	4,53	70,8	5,26	105,5
3,95	35,6	4,82	70,3	5,55	106,1
4,17	35,0	5,11	69,4	5,99	107,2

Lo sperimentatore

Il direttore del Laboratorio
Ing. Francesco Politi



IGETECMA s.a.s.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

CERTIFICATO DI PROVA N. 1059/2006

CAMPIONE: S2C1 profondità 3.0 - 3.6 m

COMMITTENTE: Geoprove s.a.s.

LOCALITA': Chiesa S. Maria Forisportam, Lucca

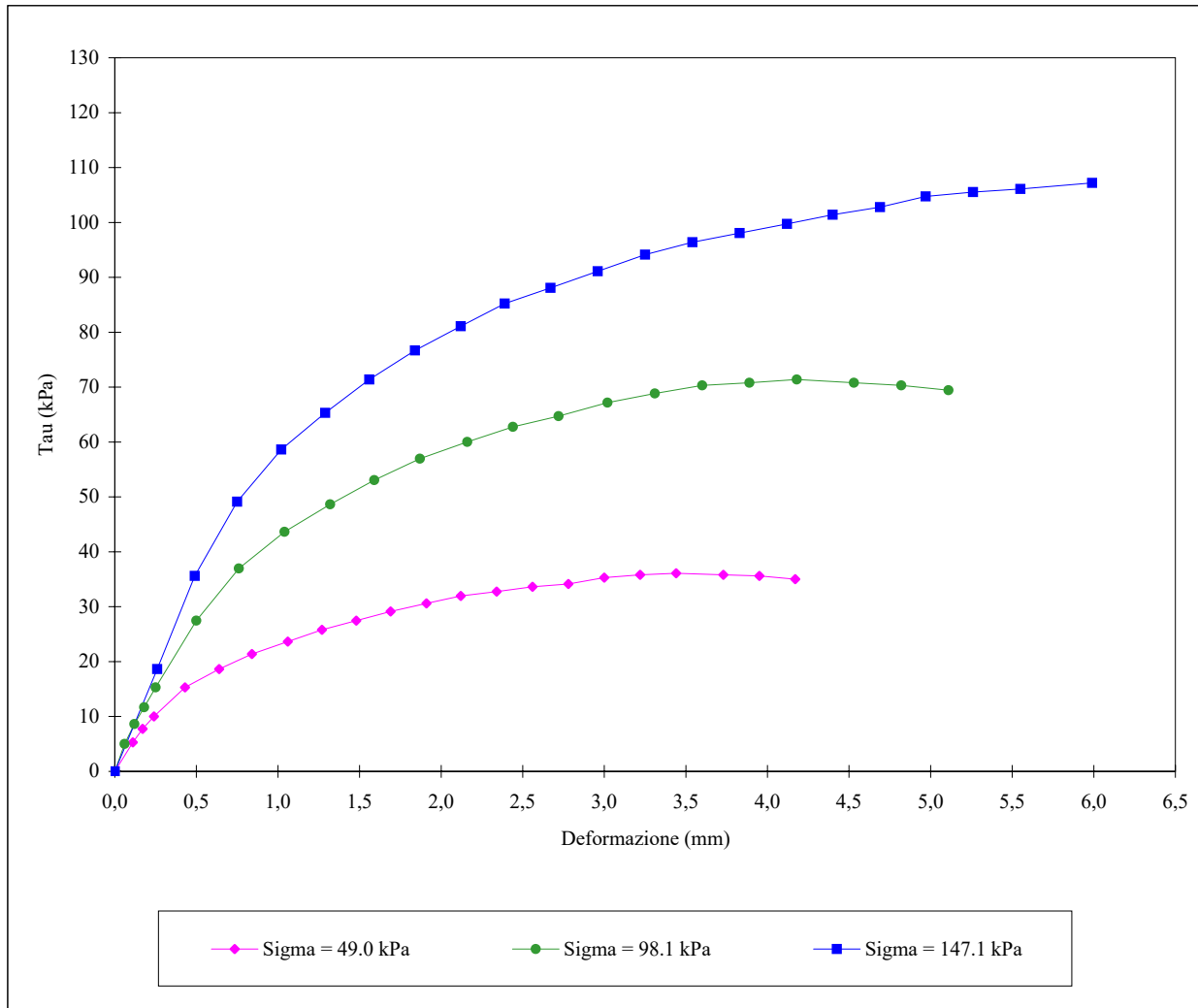
Firenze li 26/05/2006

V.A. n. 96/2006 del 04/05/06

Data prova: 08/05/06 - 16/05/06

Prova di taglio (ASTM D 3080/72)

Grafico Deformazione - Tau



Lo sperimentatore
Michele Calm



Il direttore del Laboratorio
Ing. Francesco Polini

Francesco Polini



IGETECMA s.a.s.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

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

LOCALITA': Chiesa S. Maria Forisportam, Lucca
COMMITTENTE: Geoprove s.a.s.

Firenze li 26/05/2006
V.A. n. 96/2006 del 04/05/06

TABELLA RIASSUNTIVA CERTIFICATI DI PROVA N. 1054-1059/2006

CAMPIONE	S1C1
Profondità metri	3.0 - 3.6
Prova E.L.L.	
Cu (kPa)	2,8
Eti (kPa)	98
Prova di taglio	
C (kPa)	0,5
ϕ (°)	35,9
Prova edometrica	
Cr (indice di ricomprensione)	0,05984
Cr1 (indice di ricomprensione)	0,01046
Cc (indice di compressione)	0,21769
Cs (indice di rigonfiamento)	0,02152
Cv (cm ² /sec)	1,1218E-02
K (cm/sec)	8,98E-08
Cv (cm ² /sec)	1,7570E-02
K (cm/sec)	1,191E-07
Metodo di Schmertmann	
σ'_{vmax} (kPa)	140,2
Cr (indice di ricomprensione)	0,01046
Cc (indice di compressione)	0,23615
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	18,7
Peso volume secco (kN/m ³)	14,2
Peso specifico dei grani (kN/m ³)	26,60
Indice dei vuoti	0,816
Grado di saturazione (%)	97,26
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	30,18
Limite liquido (%)	30,2
Limite plastico (%)	22,5
Indice plastico (%)	7,7
Indice di consistenza	0,00
Indice di attività	0,93
Classificaz. Casagrande	CL
Granulometria	
Ghiaia (%)	3,3
Sabbia (%)	33,6
Limo (%)	55,3
Argilla (%)	7,8



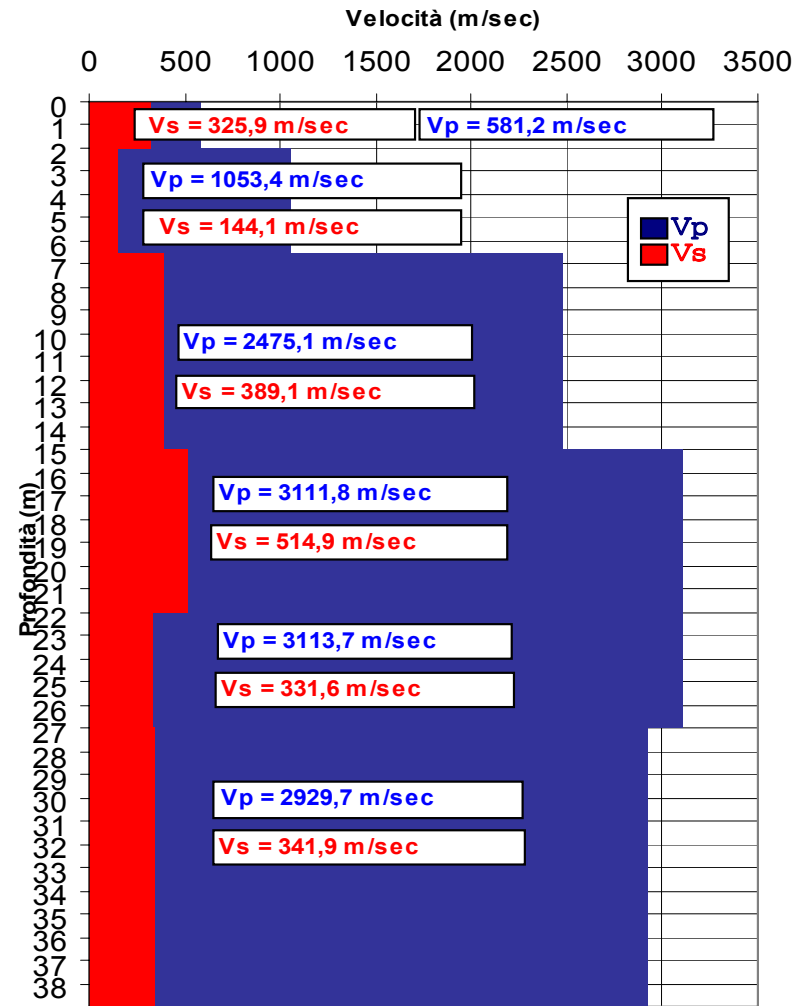
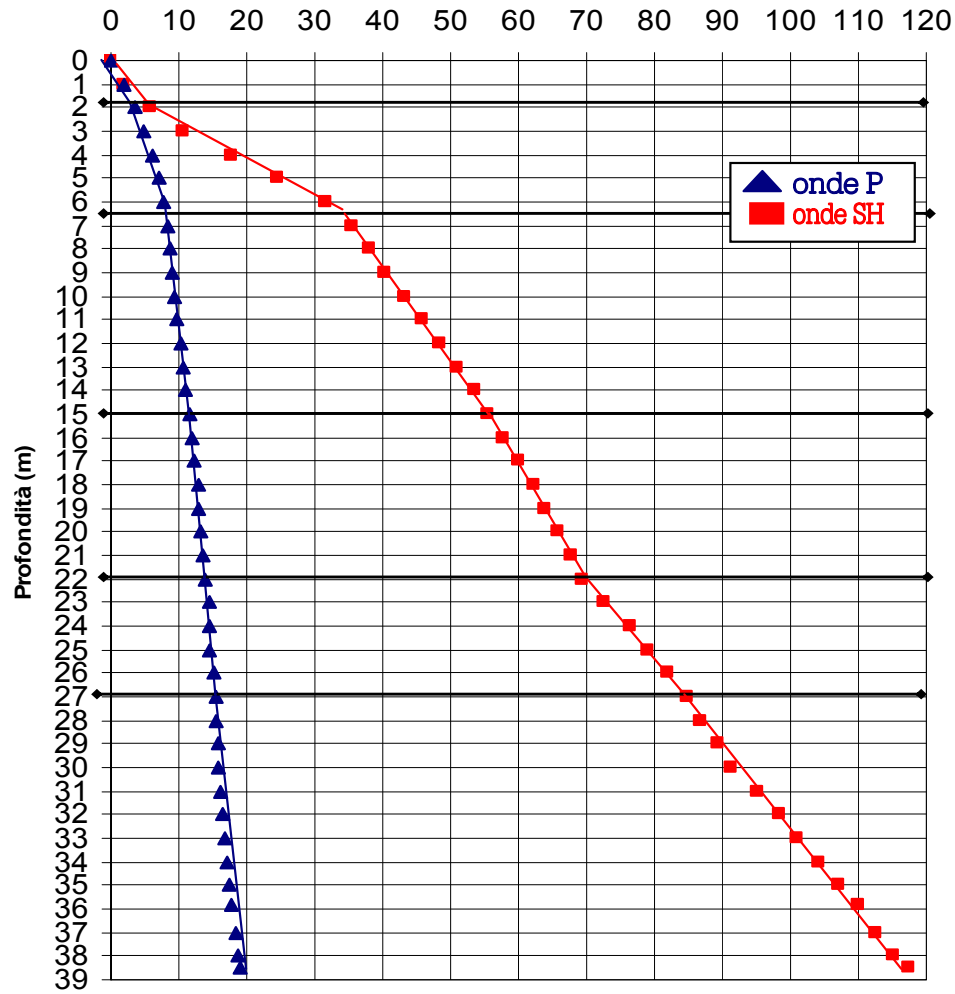

PROSPEZIONE DOWNHOLE

Comune: Lucca - LU

Località: Chiesa Santa Maria F.Portam

Sondaggio S1

Data: 09/06/09



Profondità da m	Vp	Vs	Poisson	Vp/Vs
0-2	581,22	325,87	0,27	1,78
2-6,5	1.053,41	144,11	0,49	7,31
6,5-15	2.475,13	389,06	0,49	6,36
15-22	3.111,80	514,94	0,49	6,04
22-27	3.113,73	331,63	0,49	9,39
27-38,5	2.929,74	341,94	0,49	8,57

Data: 19-20/5/2009		Committente: Ministero per i Beni e le Attività Culturali		Quota: 15.6 m s.l.m.	
Sistema di foro: Carotaggio Continuo		Località: P.zza S.Maria Forisportam		Ditta esecutrice: Methodo srl	
Sondaggio n° 1/2009		Cantiere: Chiesa parrocchiale		Sondatore: Sig. Antonio Golino	
		Geologo di cantiere: Dr. G. Matraia			

Diametro foro (mm)	Carotiere	Velocità di avanzamento	Rivestimento	Manovre	CAROTAGGIO % recupero	Campioni	Quota campioni (m)	Quota assoluta	Profondità dal p.c. (m)	Spessore strato (m)	Scala riferimento (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI	PROVE IN SITU			RQD	Scala riferimento (m)		
														Profondità dal p.c.	Pocket penetrometer (kg/cm²)	Vane test (kg/cm²)			Numero colpi S.P.T.	
101	S-V	A-C					3.0 3.5	12.8	2.8	2.8	2	Terreno di riporto: Sabbie con limo marrone e pezzame di laterizi.				N ₁ = 02 N ₂ = 03 N ₃ = 07 N _{tot} = 10	2			
								10.2	5.4	2.6	4	Sabbia limosa marrone.	3.5 P.A.							
								8.8	6.8	1.4	6	Sabbia limosa talora debolmente argillosa grigia.						N ₁ = 22 N ₂ = 30 N ₃ = 38 N _{tot} = 68	6	
								8.6	7.0	0.2	8	Sabbia limosa marrone.	7.5 P.C.							
									9.0		10	Ghiaia e sabbia limosa nocciola. La ghiaia ha un buon indice dia arrotondamento e appiattimento con $\phi_{med}=2-3$ cm di natura prevalentemente arenacea.								
									11.5		12	Come sopra avana. Presenti sporadici ciottoli ($\phi=7-8$ cm).	11.5 P.C.						N ₁ = 31 N ₂ = Rx5 cm	12
									14.5		14	Come sopra nocciola.								
		15.4	15.1	16	Limo e sabbia con sporadiche ghiaie sparse di piccolo diametro.	15.5 P.C.							N ₁ = 16 N ₂ = 34 N ₃ = 41 N _{tot} = 75	16						
				18	Sabbia grossolana e ghiaia nocciola. Ghiaia a buon indice di arrotondamento e appiattimento $\phi_{med}=1-2$ cm e $\phi_{max}=3-4$ cm. Molto saltuariamente ciottoli.															
				20		21.0 P.C.											N ₁ = 38 N ₂ = Rx7 cm	20		
				22		22.4	2.2	0.8												
				24		23.4	1.5	0.8												
				26																
				28																
				30																
				32																
				34																
				36																
				38																
				40																

CAMPIONI INDISTURBATI:

Shelby Denison

Osterberg Percussione

Mazier Disturbato

SPT:
P.A.=punta aperta
P.C.=punta chiusa

Velocità di avanzamento:
B = bassa
M = media
A = alta
C = continua
D = discontinua

Carotiere:
S = semplice
WL=Wire Line
T6=Carotiere doppio
T6S=Carotiere doppio

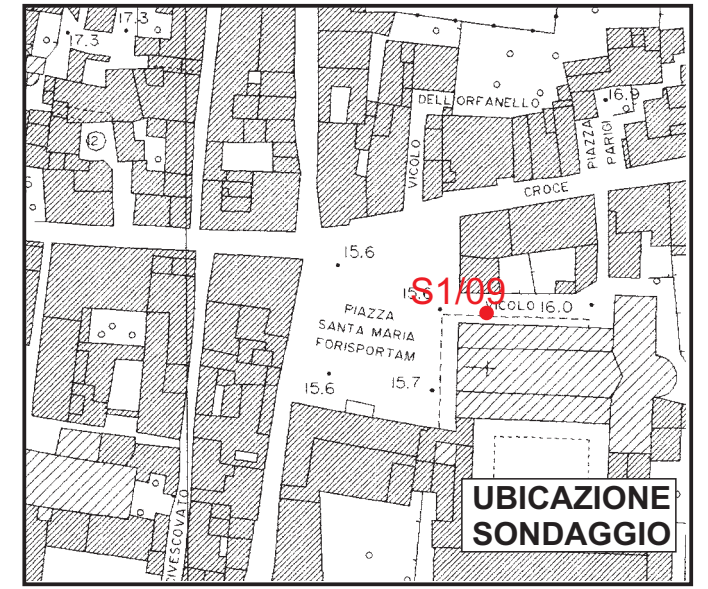
Corona:
D = diamante
V = vidia

MISURA FALDA ACQUIFERA (m. dal p.c.)

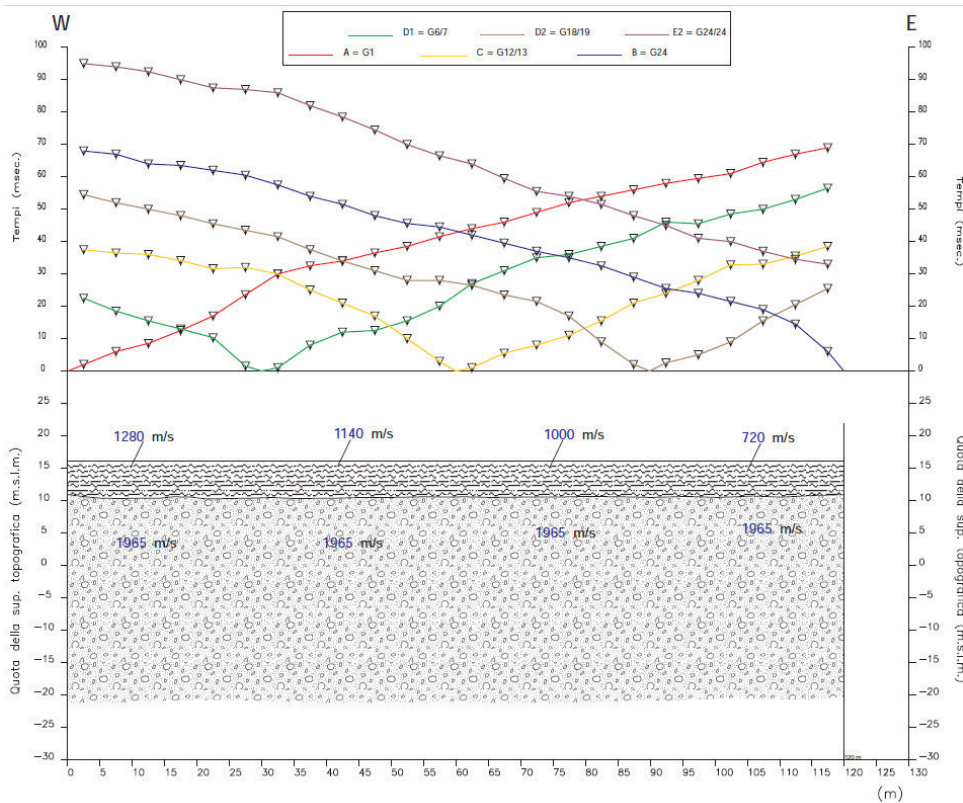
Data	Prof. foro	Quota rivest.	Liv. acqua
20/5/09	25.5	22.5	3.5

NOTE

-Posa in opera di tubo inclinometrico di 40 m



UBICAZIONE SONDAGGIO



GEOPROVE
di PAOLO SANI, PIETRO BARSANTI & C.

GEOGNOSTICA - GEOFISICA
PROVE PENE TROMETRICHE

via Buzameri, 29 LUCCA - tel. 0583467427 fax. 0583910500
http://www.geoprove.com e-mail: info@geoprove.com n. 01068070461

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON ONDE P

LEGENDA

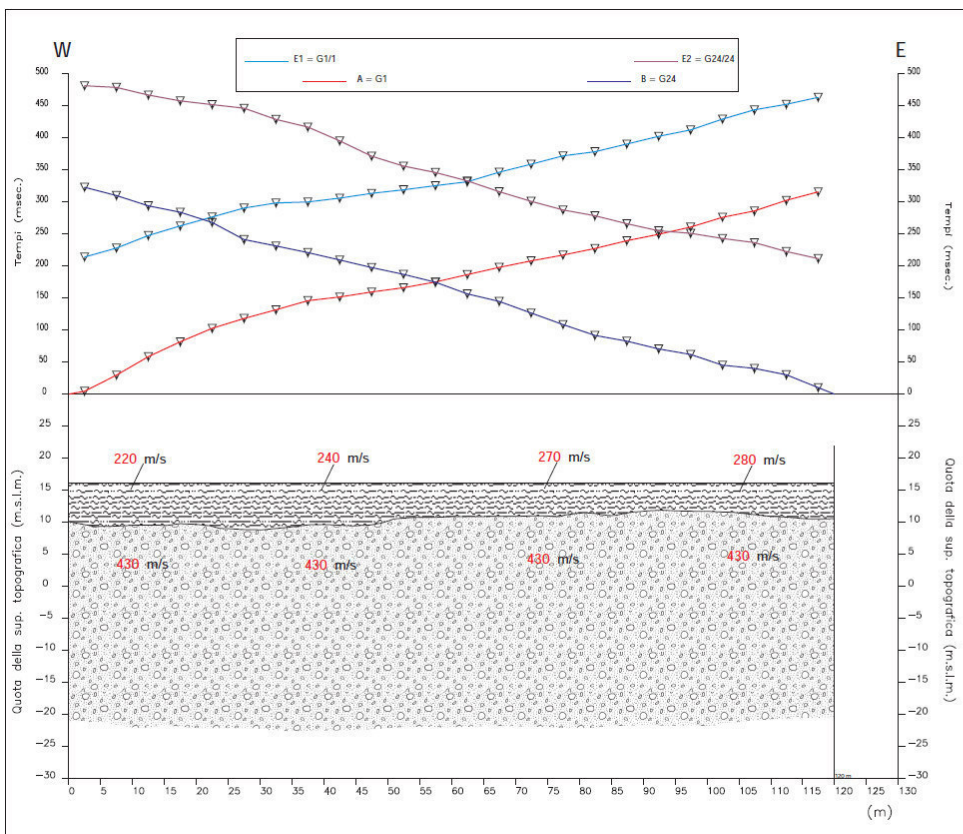
- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Profilo topografico
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato
- 2500 m/s Velocità sismica dello strato in metri al secondo
- Massicciata stradale, riporto, limi, limi argillosi, sabbie mediamente addensate, parzialmente sature
- Sabbie, ghiaie e ciottoli da mediamente addensati ad addensati e sotto falda; argille molto compatte/dure

Committente:
 Fondazione Lucchese per l'Alta Formazione e la Ricerca

Località: Lucca

Profilo: ST 1 **Scala:** 1:500

File: 0411161 **Data:** 16/11/04



GEOPROVE
di PAOLO SANI, PIETRO BARSANTI & C.

GEOGNOSTICA - GEOFISICA
PROVE PENE TROMETRICHE

via Buzameri, 29 LUCCA - tel. 0583467427 fax. 0583910500
http://www.geoprove.com e-mail: info@geoprove.com n. 01068070461

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON ONDE SH

LEGENDA

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Profilo topografico
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato
- 2500 m/s Velocità sismica dello strato in metri al secondo
- Massicciata stradale, riporto, limi, limi argillosi, sabbie mediamente addensate
- Sabbie, ghiaie e ciottoli da mediamente addensati ad addensati; argille molto compatte/dure

Committente:
 Fondazione Lucchese per l'Alta Formazione e la Ricerca

Località: Lucca

Profilo: ST 1 **Scala:** 1:500

File: 0411162 **Data:** 16/11/04

LUCCA COMUNE, CENTRO STORICO
 Coordinate (WGS84): N 43,84161°; E 10,51339°

TR099

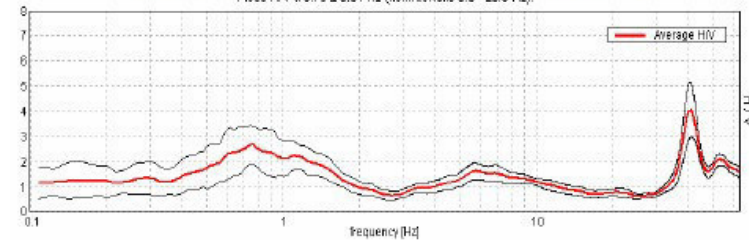


Strumento: TRZ-0101/01-10
 Inizio registrazione: 11/08/14 09:45:58
 Fine registrazione: 11/08/14 10:25:58

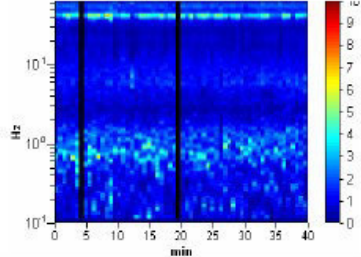
Durata registrazione: 0h40'00".
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 40 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 5% (*) e 10% (**)
 Analizzato 97% tracciato (selezione manuale)
 Condizioni meteo: sereno, calma di vento
 Tipo di superficie: terreno naturale
 Disturbi: rari transienti ed artefatti

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE (**)

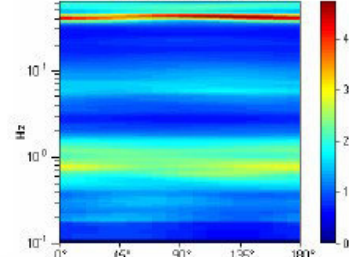
Picco HV a 0.75 ± 0.01 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz)



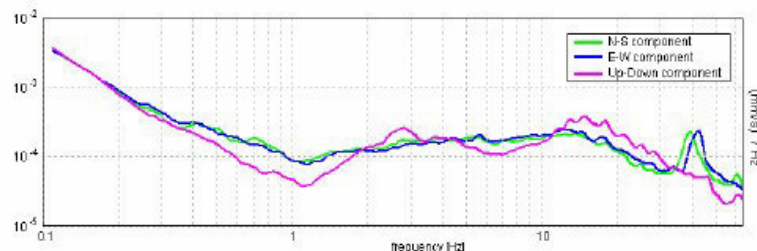
SERIE TEMPORALE HV



DIREZIONALITA' HV



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI (*)



CRITERI SESAME (2004) (1)

Picco HV a 0.75 ± 0.01 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva HV affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	0.75 > 0.25	OK	
$n_w(f_0) > 200$	1740.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 73	OK	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz			
Criteri per un picco HV chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^* in $[f_0/4, f_0] A_{HV}(f) < A_0/2$	0.375 Hz	OK	
Esiste f^* in $[f_0, 4f_0] A_{HV}(f) < A_0/2$	1.703 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.66 > 2	OK	
$f_{picco} A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f) = f_0 \pm 5\%$	[0.00393] < 0.05	OK	
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$	0.00295 < 0.1125	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3793 < 2.0	OK	

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

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

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA HV (2) (3)

CLASSE	B
TIPO	1

La classificazione delle curve HV prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (HV affidabile, può essere utilizzata anche da sola)

1)-La forma dell'HV nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura; 2)-le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo; 3)-assenza di disturbi elettromagnetici nella banda di frequenza di interesse; 4)-i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata dello spettro della componente verticale; 5)-i primi 3 criteri SESAME per una curva HV attendibile sono verificati; 6)-durata della misura di almeno 15-20 minuti.

Eccezione: nel caso di assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati, la condizione 5) non sarà soddisfatta anche se la misura è affidabile (HV tipo 2, v. sotto).

Classe B (HV da "interpretare": va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)

Almeno una delle 6 condizioni della classe A non è soddisfatta (a meno che non si rientri nell'eccezione sopra citata)

Classe C (HV scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)

1)-Misura di tipo B con curva HV che mostra ampiezza crescente al diminuire della frequenza (deriva) indice di movimento dello strumento durante la misura; 2)-misura di tipo B con presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di interesse.

Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:

Tipo 1: HV con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (possibile risonanza)

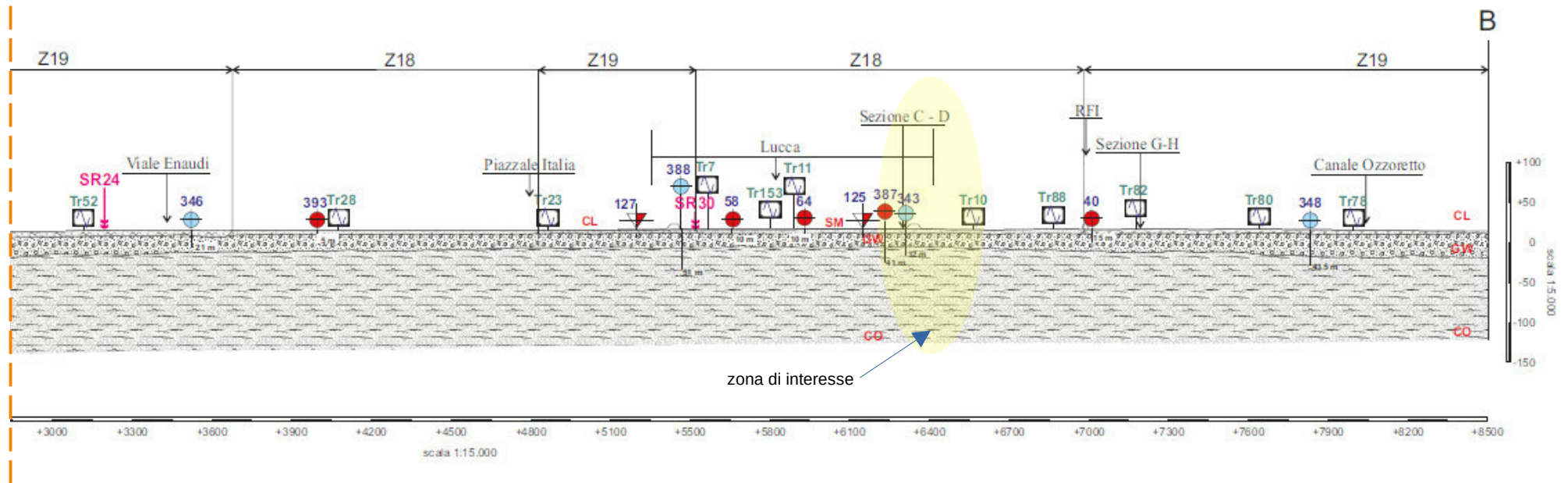
Tipo 2: HV senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguale ad 1: assenza di risonanza)

NOTE

Risonanza del sottosuolo anche a 1,1 Hz. Possibilità di debole risonanza anche alla frequenza di 6 Hz.

(1) - SESAME - Smart (2004) - Guidelines for the Implementation of the HV spectral ratio technique on ambient vibration Measurements: progressive and

ALL. 2: Sezione geologica estratta dalla Tav. QG. 09 – Sezioni geologico-tecniche del PIANO OPERATIVO del comune di LUCCA (fuori scala)



Dati geognostici di base

- 15 Prova penetrometrica statica con punta meccanica (con ID in rosso: dai dati allegati al P.S. 2003)
- 19 Sondaggio a carotaggio continuo
- Tr7 Misura di microtremore a stazione singola
- SR6 Profilo sismico a rifrazione
- 41 Pozzo per acqua

Legenda I.C.M.S. Legenda P.A.I. Legenda C.A.R.G.

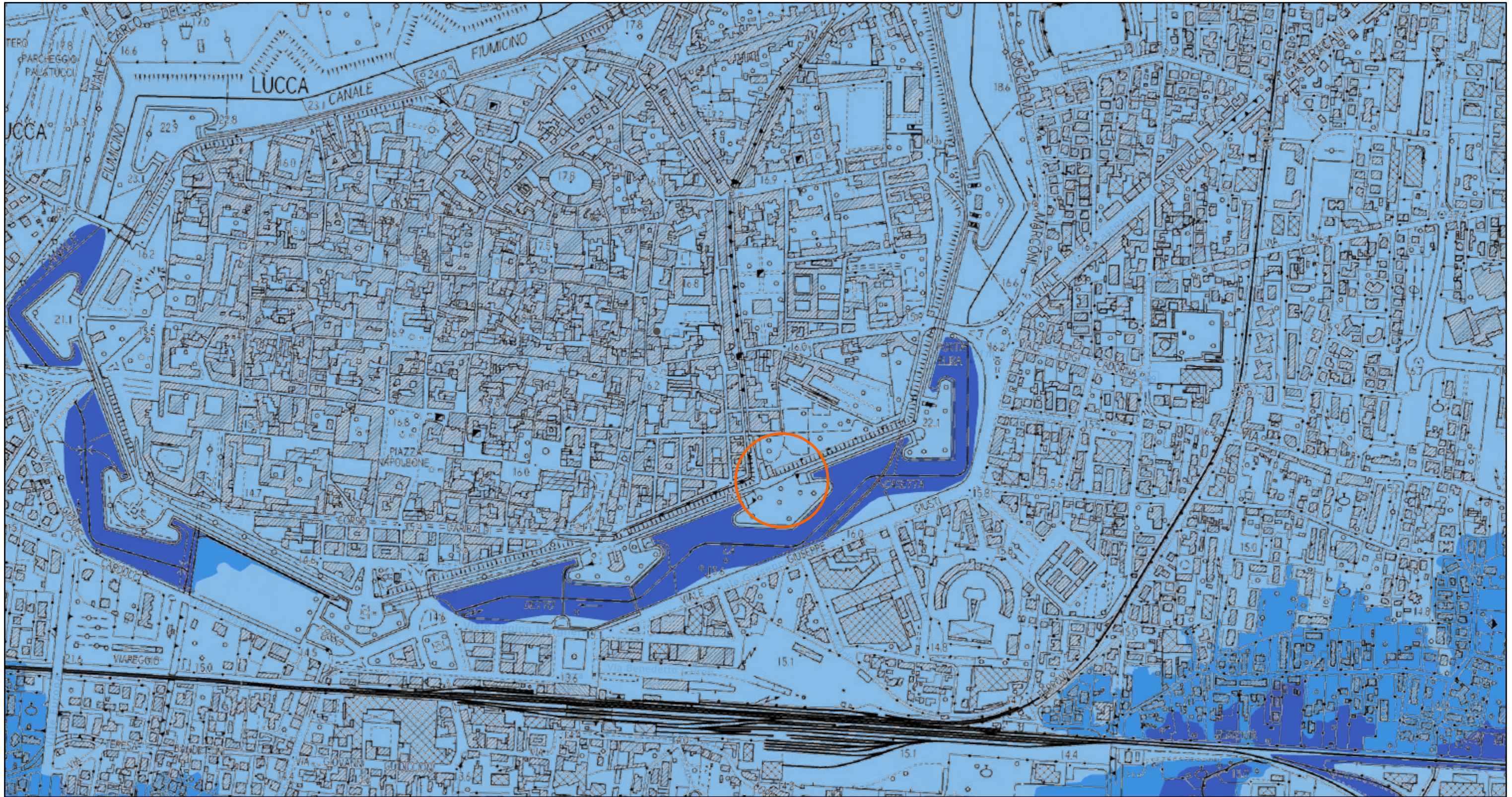
- RI rp h5
- GM c bn
- SM all1 b1
- CL all1 e3a
- GW all2, cg b2
- CO arg, fl VIL

DEPOSITI PLIO-QUATERNARI

- Terreno contenente resti di attività antropica (1-3 m)
- Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (0-30 m)
- Sabbie limose, miscela di sabbie e limo (0-10 m)
- Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre (0-12 m)
- Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie (0-30 m)
- Substrato coesivo sovraconsolidato (0->100 m)

ALL.3- Mappa della Pericolosità da alluvione

Mappa della Pericolosità da alluvione

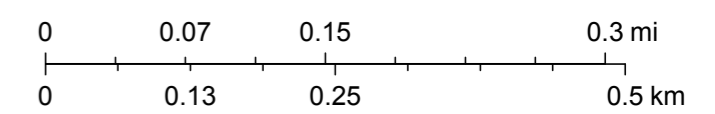


08/09/2025, 12:46:27

1:9,028

— Reticolo_principale
■ P2 Pericolosità Dominio Costiero
■ Pericolosità Dominio Fluviale
■ P1
■ P2
■ P3

○ area di interesse

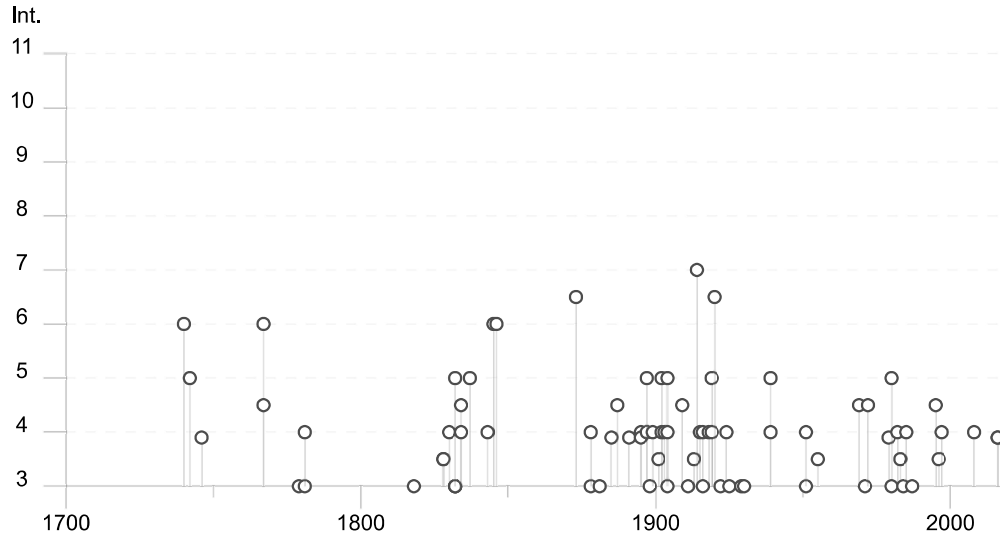


Esri, Intermap, NASA, NGA, USGS, Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale, Esri Community Maps Contributors, Esri, TomTom, Garmin, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS


ALL. 4- Eventi sismici per località da CPTI15 v4.0 - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani

Lucca

PlaceID IT_43402
 Coordinate (lat, lon) 43.843, 10.505
 Comune (ISTAT 2015) Lucca
 Provincia Lucca
 Regione Toscana
 Numero di eventi riportati 108



Intensità minima ▼
 Intensità massima ▼
 Anno minimo ▼
 Anno massimo ▼
 Distanza tra le tacche degli anni ▼

 **Ridisegna il diagramma**

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1117	01	03	15	15		Monti Pisani	5		
F	1222	12	25	12	30		Bresciano-Veronese	18	7-8	5.68
6	1306	07					Lucca	1	6	4.63
6	1414	08	07				Colline Metallifere	8	7-8	5.70
3-4	1433	05	04	08	05		Bologna	4	6	4.63
4	1455	12	20	20	45		Appennino bolognese	5	5-6	4.40
5	1464	03	24				Garfagnana	2	5	4.16
3-4	1465	04	07	15	30		Pianura emiliana	5	5-6	4.40
5-6	1481	02	06	21	15		Monti Pisani	4	5-6	4.40
5-6	1481	02	07	06	20		Lucca	1	5-6	4.40
5	1481	05	07	14	15		Lunigiana	6	8	5.60
5	1536	08	17	00	05		Appennino settentrionale	10	6-7	5.12
4-5	1542	06	13	02	15		Mugello	46	9	6.02
4-5	1611	09	08	22	10		Mugello	4	7	5.10

Effetti		In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
6	1740	03	06	05	40		Garfagnana	32	8	5.64	
5	1742	01	27	11	20		Livornese	16	6	4.87	
F	1746	07	23	18	15		Garfagnana	10	7	5.15	
6	1767	01	21	07	45		Lunigiana	10	7	5.27	
4-5	1767	02	07	03	45		Genovese	10	6	4.98	
3	1779	12	24	17			Appennino pistoiese	9	5-6	4.59	
3	1781	04	04	21	20		Faentino	96	9-10	6.12	
4	1781	07	17	09	40		Faentino	46	8	5.61	
2-3	1796	10	22	04			Emilia orientale	27	7	5.45	
3	1818	12	09	18	55		Parmense	26	7	5.24	
3-4	1828	04	11	22	25		Appennino umbro-marchigiano	22	5-6	4.93	
3-4	1828	10	09	02	20		Oltrepò Pavese	110	8	5.72	
4	1830	01	26	04	30		Alto Reno	11	5	4.53	
3	1832	03	11	06	45		Carpi	14	5	4.51	
3	1832	03	11	08	45		Parmense	14			
3	1832	03	12	08	45		Reggiano	7			
5	1832	03	13	03	30		Reggiano	97	7-8	5.51	
4-5	1834	02	14	13	15		Val di Taro-Lunigiana	112	9	5.96	
4	1834	07	04	00	45		Val di Taro-Lunigiana	24	6-7	5.08	
5	1837	04	11	17			Lunigiana	60	9	5.94	
4	1843	10	25	03	30		Mugello	17	6-7	5.03	
6	1845	09	14	22	20		Appennino tosco-emiliano	9	5	4.73	
6	1846	08	14	12			Colline Pisane	121	9	6.04	
6-7	1873	09	17				Appennino tosco-ligure	64	6-7	5.26	
3	1878	06	04	14	40		Bolognese	13	5	4.52	
4	1878	09	10	13	31		Lunigiana	12	6-7	4.98	
3	1881	01	24	16	14		Bolognese	38	7	5.22	
F	1885	02	26	20	48		Pianura Padana	78	6	5.01	
4-5	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27	
NF	1887	11	14	05	48	0	Fiorentino	101	6	4.47	
F	1891	06	07	01	06	1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87	
4	1895	05	18	19	55	1	Fiorentino	401	8	5.50	
F	1895	08	07	19	49	3	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67	
4	1897	07	27	09	02	1	Valdarno inferiore	33	5-6	4.27	
5	1897	09	06	03	10	4	Valdarno inferiore	104	5-6	4.59	
3	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8	5.37	
4	1899	06	26	23	17	2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02	
3-4	1901	10	30	14	49	5	Garda occidentale	289	7-8	5.44	
5	1902	03	05	07	06		Garfagnana	83	7	4.98	
4	1902	08	04	22	36	1	Lunigiana	60	6	4.78	
4	1903	07	27	03	46		Lunigiana	79	7-8	5.19	

Effetti		In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
5	1904	02	25	18	47	5	Reggiano	62	6	4.81	
3	1904	06	10	11	15	2	Frignano	101	6	4.82	
4	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10	
4-5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36	
NF	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34	
NF	1911	02	19	07	18	3	Forlivese	181	7	5.26	
3	1911	09	13	22	29	0	Chianti	115	7	5.08	
NF	1913	02	13	16	39		Corno alle Scale	26	5	4.18	
3-4	1913	11	25	20	55		Appennino parmense	73	4-5	4.65	
2	1914	01	15	03	27	2	Livornese	25	5	4.33	
7	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63	
2	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08	
4	1915	10	10	23	10		Reggiano	30	6	4.87	
2	1916	05	17	12	50		Riminese	132	8	5.82	
4	1916	07	27	18	38		Garfagnana	22	5-6	4.56	
3	1916	08	16	07	06	1	Riminese	257	8	5.82	
4	1918	11	10	15	12	2	Appennino forlivese	187	9	5.96	
5	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38	
4	1919	09	25	03	15		Frignano	7	4	3.70	
6-7	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53	
3	1922	08	02	21	13		Frignano	21	5	4.32	
4	1924	06	12	21	03	4	Frignano	25	5-6	4.46	
3	1925	03	15	17	15		Appennino tosco-emiliano	16	4	4.10	
2	1926	11	18	22	57		Lunigiana	17	5	4.25	
3	1929	04	10	05	44		Bolognese	87	6	5.05	
2	1929	04	19	04	16		Bolognese	82	6-7	5.13	
3	1930	05	24	22	02		Appennino tosco-emiliano	43	5	4.91	
5	1939	10	15	14	05		Garfagnana	62	6-7	4.96	
4	1939	10	31	06	47		Lunigiana	19	5-6	4.85	
3	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17	
4	1951	08	12	21	19		Garfagnana	21	5	4.59	
3-4	1955	12	13	17	04		Lunigiana	19	5	4.53	
2	1960	10	29	00	08	3	Mugello	69	7	4.91	
4-5	1969	01	06	22	03	2	Appennino pistoiese	74	6-7	4.67	
3	1971	07	15	01	33	2	Parmense	228	8	5.51	
4-5	1972	10	25	21	56	1	Appennino settentrionale	198	5	4.87	
2-3	1974	01	28	19	57	2	Appennino pistoiese	18	5	4.31	
F	1979	09	19	21	35	3	Valnerina	694	8-9	5.83	
5	1980	06	07	18	35	0	Garfagnana	102	6-7	4.64	
3	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81	
4	1982	09	01	15	33	1	Valle del Serchio	47	5-6	4.21	

Effetti		In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
3-4	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04	
3	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7	5.62	
4	1985	01	23	10	10	1	Garfagnana	73	6	4.60	
3	1987	01	22	05	10	5	Costa pisano-livornese	157	5-6	4.15	
NF	1988	02	08	11	24	4	Garfagnana	75	6	4.34	
4-5	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82	
3-4	1996	10	15	09	55	5	Pianura emiliana	135	7	5.38	
4	1997	12	24	17	53	1	Garfagnana	98	5	4.33	
NF	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30	
4	2008	12	23	15	24	2	Parmense	291	6-7	5.36	
F	2016	08	24	01	36	3	Monti della Laga	221	10	6.18	
F	2016	10	30	06	40	1	Valnerina	379		6.61	

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Pontetetto	1	2
San Vito	1	3
Sant'Alessio	1	3
Massa Pisana	1	4
Nave	1	4
Montuolo	1	5
San Lorenzo a Vaccoli	5	5
Ponte San Pietro San Macario	1	5
Capannori	13	5
Lammari	7	6
Nozzano Vecchio	1	6
Cerasomma	2	6
Massa Macinaia	1	6
San Cassiano di Moriano	1	6
Colognora	1	6
Vorno	5	6
Fregionaia	1	7
San Leonardo in Treponzio	2	7
Nozzano Castello	5	7
Ponte a Moriano	13	8
Ripafratta	2	8
Pieve di Compito	6	8
Molina di Quosa	5	8
Castiglioncello	1	9
Ciciana	1	9
Filettole	2	9
Rigoli	1	9

Località	EQs	Distanza (km)
Porcari	5	9
Avane	2	10

ALL. 5 - Parametri sismici

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 43,841787
longitudine: 10,511461
Classe: 3
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 19604	Lat: 43,8471	Lon: 10,5092	Distanza:
614,443				
Sito 2	ID: 19605	Lat: 43,8488	Lon: 10,5785	Distanza:
5428,340				
Sito 3	ID: 19827	Lat: 43,7988	Lon: 10,5808	Distanza:
7333,638				
Sito 4	ID: 19826	Lat: 43,7971	Lon: 10,5117	Distanza:
4970,105				

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 75anni
Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 45 [anni]
ag: 0,050 g
Fo: 2,554
Tc*: 0,248 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 75 [anni]
ag: 0,061 g
Fo: 2,581
Tc*: 0,265 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 712 [anni]
ag: 0,147 g
Fo: 2,377
Tc*: 0,293 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 1462 [anni]
ag: 0,185 g
Fo: 2,389
Tc*: 0,302 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,660
St: 1,000

Kh: 0,015
Kv: 0,008
Amax: 0,743
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,630
St: 1,000
Kh: 0,018
Kv: 0,009
Amax: 0,891
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,490
Cc: 1,570
St: 1,000
Kh: 0,053
Kv: 0,026
Amax: 2,147
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,440
Cc: 1,560
St: 1,000
Kh: 0,064
Kv: 0,032
Amax: 2,608
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru

Coordinate WGS84
latitudine: 43.840825
longitudine: 10.510460